

INTÉRÊT DE LA RADIOTHÉRAPIE DANS LE TRAITEMENT DES TENDINOPATHIES

CHABOT C (1), KAUX J-F (2), PIRET P (3), COLIN G (3)

RÉSUMÉ : Les tendinopathies sont des altérations des tendons, souvent causées par une sollicitation excessive. Elles touchent fréquemment les sportifs et les travailleurs manuels, posant un défi médical majeur. Les traitements actuels sont nombreux, incluant la kinésithérapie, les anti-inflammatoires et parfois la chirurgie. Cependant, face à des résultats parfois décevants, la radiothérapie apparaît comme une alternative. Utilisée pour ses propriétés anti-inflammatoires, elle pourrait cibler spécifiquement les processus pathologiques des tendinopathies. À faibles doses, la radiothérapie montre des effets bénéfiques sur l'inflammation, la néovascularisation et la régénération tissulaire. Elle contribue ainsi à la restauration des tendons. Les études cliniques suggèrent qu'elle peut soulager les symptômes, améliorer la qualité de vie et souvent éviter la chirurgie. Toutefois, des préoccupations subsistent quant aux risques potentiels, notamment le risque de cancer radio-induit. Malgré ce faible risque, les avantages de la radiothérapie en font une option prometteuse.

MOTS-CLÉS : Radiothérapie - Tendinopathie - Faible dose - Anti-inflammatoire

THE BENEFITS OF RADIOTHERAPY IN THE TREATMENT OF TENDINOPATHIES

SUMMARY : Tendinopathies are disorders of the tendons, often caused by overuse. They often affect athletes and manual workers and represent a major medical challenge. Current treatments are numerous, including physiotherapy, anti-inflammatory drugs and sometimes surgery. However, because of sometimes disappointing results with these treatments, radiotherapy is emerging as an alternative. Used for its anti-inflammatory properties, it could specifically target the pathological processes of tendinopathy. At low doses, radiotherapy shows beneficial effects on inflammation, neovascularization and tissue regeneration. It thus contributes to tendon repair. Clinical studies suggest that it can relieve symptoms, improve quality of life and often avoid surgery. However, concerns remain about potential risks, particularly the risk of radiation-induced cancer. Despite this small risk, the benefits of radiation therapy make it a promising option.

KEYWORDS : Radiotherapy - Tendinopathy - Low dose - Anti-inflammatory drug

INTRODUCTION

Les tendinopathies, caractérisées par des altérations réactives, inflammatoires ou dégénératives des tendons, résultent souvent d'une sollicitation excessive, de mouvements répétés ou de traumatismes. Elles affectent principalement les sportifs et les travailleurs manuels (1, 2). Le vieillissement constitue également un facteur prédisposant, influençant la qualité de récupération du tendon (3). Représentant une part significative des troubles musculo-squelettiques, les tendinopathies touchent environ 30 à 50 % de la population, pouvant générer jusqu'à 30 % des consultations en médecine générale (4, 5). Les manifestations cliniques incluent douleur, perte de fonction, épaississement du tendon et raideur, affectant parfois la gaine tendineuse (ténosynovite) ou l'insertion sur l'os (enthésopathie) (6).

APPROCHES THÉRAPEUTIQUES ACTUELLES ET LIMITATIONS

L'approche thérapeutique des tendinopathies est multifactorielle, adaptée à la gravité de la lésion, à l'âge du patient et à ses besoins spécifiques (6). Les traitements conservateurs incluent repos et ajustement des activités pour soulager la douleur et améliorer la fonction (7, 8). La kinésithérapie, par des exercices de rééducation excentriques, isométriques et des étirements dynamiques, améliore la synthèse des fibres de collagène et les réorganise dans le sens longitudinal (7, 8). Les anti-inflammatoires non-stéroïdiens (AINS), bien qu'efficaces à court terme sur la réduction de la douleur, entraînent une inhibition de la réponse inflammatoire précoce, ce qui altère la cicatrisation naturelle du tendon. De plus, l'effet antalgique des AINS pourrait permettre d'augmenter trop précocement les contraintes sur le tendon et, par conséquent, influencer négativement la guérison (9).

Les infiltrations de corticoïdes, parfois guidées par échographie, sont limitées par leur impact négatif sur le métabolisme tendineux entraînant un risque accru de rupture tendineuse (10).

D'autres traitements incluent la thérapie par ondes de choc extracorporelles, les injections de Plasma Riche en Plaquettes (PRP), et diverses

(1) Département Sciences cliniques, ULiège, Belgique.
(2) Service de Médecine Physique et Réadaptation, ULiège, CHU de Liège, Belgique.
(3) Service de Radiothérapie, CHU Liège, Belgique.

autres méthodes comme les orthèses, les injections d'acide hyaluronique, et les thérapies sclérosantes (11-17). En cas d'échec de ces approches, des options chirurgicales comme la ténotomie ou le débridement peuvent être envisagées selon l'âge du patient, son niveau d'activité et la nature des lésions (18).

EXPLORATION DES POSSIBILITÉS DE LA RADIOTHÉRAPIE

La radiothérapie, couramment utilisée en oncologie, suscite un intérêt croissant pour traiter les tendinopathies et autres maladies ostéo-articulaires (19). Depuis ses premières utilisations pour les affections ostéo-articulaires à la fin du 19^{ème} siècle, elle a montré des effets bénéfiques en tendant à perturber les processus pathologiques au sein des tendons affectés, favorisant la récupération (19-21).

La radiothérapie présente plusieurs avantages : non douloureuse, facile à mettre en œuvre, non invasive et permettant d'administrer des doses relativement faibles avec précision (22). Elle est particulièrement intéressante pour les tendinopathies résistantes aux approches conventionnelles (23-26). Toutefois, le risque carcinologique, bien que faible, doit être pris en compte, surtout chez les jeunes patients (27, 28).

MÉCANISMES FONDAMENTAUX DE LA RADIOTHÉRAPIE

La radiothérapie agit par ionisation et excitation des molécules traversées par le rayonnement, endommageant en particulier l'ADN cellulaire et entraînant des altérations tissulaires significatives (29). Elle cible préférentiellement les cellules prolifératives, comme les cellules cancéreuses, ainsi que les fibroblastes et les cellules inflammatoires dans les maladies inflammatoires bénignes (30).

Contrairement à la radiothérapie à doses élevées couramment utilisée dans le traitement des cancers, la radiothérapie à faibles doses, soit des doses inférieures à 1Gy, se révèle être un acteur clé dans la régulation de l'inflammation (31). Cette approche thérapeutique se distingue par son caractère anti-inflammatoire. Les cellules macrophages et les cellules endothéliales exposées à de faibles doses stimulent la production de cytokines anti-inflammatoires telles que l'IL-10 et le TGF-B, tout en inhibant la production de cytokines pro-inflammatoires comme

l'IL-6. En réponse à cette irradiation subtile, les macrophages réduisent également la synthèse de l'enzyme iNOS, entraînant ainsi une diminution du taux de monoxyde d'azote (NO) et une production moins élevée d'oxydants. Ces mécanismes combinés contribuent à l'effet anti-inflammatoire recherché (30-32).

De plus, la radiothérapie à faible dose influence l'interaction entre les cellules mononucléaires du sang et les cellules endothéliales. L'irradiation des cellules mononucléaires sanguines entraîne leur apoptose, induisant ainsi un effet immunosuppresseur. Parallèlement, elle diminue l'expression de molécules d'adhérence telles que l'E-sélectine des cellules endothéliales et la L-sélectine des leucocytes. Ces molécules favorisent l'adhérence des leucocytes aux cellules endothéliales, un événement central dans les processus inflammatoires. En limitant cette adhérence, l'irradiation retarde le développement de l'inflammation (30, 33-35).

PROTOCOLE DE TRAITEMENT UTILISÉ DANS LA RADIOTHÉRAPIE POUR LES TENDINOPATHIES

Typiquement, la radiothérapie est administrée avec une technique d'orthovoltage (rayonnement X d'énergie comprise en 200 et 500 kV) ou de mégavoltage (énergie supérieure à 1 MV) sur une période de 3 semaines en 6 séances de doses variant entre 0,5 et 1 Gy. En cas de réponse insuffisante après 6 à 12 semaines, une deuxième séquence peut être envisagée.

REVUE DES ÉTUDES CLINIQUES

Le **Tableau 1** (36-46) présente quelques études prospectives sur l'usage de la radiothérapie pour diverses localisations de tendinopathies. L'évaluation de l'efficacité du traitement reposait sur la réduction de la douleur, mesurée avant, juste après, 6 semaines après le traitement et au long cours (47, 48). Les résultats des études montrent un taux de réponse précoce à la radiothérapie de l'ordre de 80 % à 94 %, comparable pour les tendinopathies de la coiffe des rotateurs, les épicondylopathies et les tendinopathies calcanéennes. Le taux de réponse à long terme est meilleur pour les épicondylopathies et les tendinopathies calcanéennes que pour les tendinopathies de la coiffe des rotateurs. En revanche, le taux de réponse à la radiothérapie est moins élevé pour les tendinopathies du moyen glutéal (62 %) (42).

Tableau I. Revue des études cliniques existantes

	Type d'étude	Critères d'évaluation	Nombres de patients inclus	Taux de réponse favorable
Études de Ott et coll. sur les douleurs à l'épaule (36, 37)*	Essais prospectifs randomisés	Réduction de la douleur mesurée par une échelle visuelle analogique (EVA) et un score global de douleur (CPS)	312 patients présentant des douleurs à l'épaule	83 % immédiatement après la radiothérapie, 85 % après 6 semaines. 82 % après un suivi médian de 35 mois
Études de Adamietz et coll. sur les tendinopathies de la coiffe des rotateurs (38, 39)*	Études prospectives randomisées	Réduction de la douleur	102 patients avec tendinopathies de la coiffe des rotateurs	82 % après un suivi médian de 18 mois La tendinopathie calcifiante, la bursite subacromiodeltoïdienne, la tendinopathie du long biceps, le conflit sous-acromial et la capsulite adhésive ont toutes bien répondu Tendinopathie calcifiante de type III: Bien répondu Tendinopathie calcifiante de type I : Moins favorable Classification radiologique non prédictive de la réponse au traitement. Suggestion d'utilisation de la classification échographique de Farin pour prédire la réponse à la radiothérapie à faible dose
Étude de Ott et coll. sur les épicondylites médiales ou latérales (40)*	Étude prospective randomisée	Réduction de la douleur mesurée par une échelle visuelle analogique (EVA) et un score global de douleur (CPS)	199 patients	80 % immédiatement après la radiothérapie, 91 % après 6 semaines
			457 patients	80 % immédiatement après la radiothérapie, 90 % après 6 semaines. 94 % après un suivi médian de 35 mois
Études de Hautmann et coll. sur les épicondylites latérales ou médiales (41, 42)*	Études prospectives randomisées	Réduction de la douleur mesurée par une échelle de notation numérique (NRS)	138 coudes	Score médian de douleur de 7 avant la radiothérapie, de 0 après 12 et 24 mois pour l'ensemble de l'échantillon
			99 coudes ayant fait l'objet d'un nouveau cycle de radiothérapie après une première radiothérapie	Tous les sous-groupes, notamment les patients sans réponse, avec une réponse partielle et avec une douleur récurrente, ont connu une réduction significative de la douleur après ré-irradiation. Pour l'ensemble de l'échantillon, le score médian de la douleur était de 6 avant la ré-irradiation, de 3 après 6 semaines, de 2 après 12 mois et de 1 après 24 mois
Études de Ott et coll. sur les douleurs calcanéennes (tendinopathie calcanéenne) (43, 44)*	Études prospectives randomisées	Réduction de la douleur mesurée par une échelle visuelle analogique (EVA) et un score global de douleur (CPS)	112 patients	84 % immédiatement après la radiothérapie, 88 % après 6 semaines
			457 patients	87 % immédiatement après la radiothérapie, 88 % après 6 semaines. 95 % après un suivi médian de 32 mois
Étude de Micke et coll. sur les douleurs à divers endroits (calcanéodynie, achillodynie, douleurs à l'épaule, gonarthrose, bursite trochantérienne) (45)	Évaluation clinique prospective	Réduction de la douleur mesurée par une échelle visuelle analogique (EVA) et une échelle de douleur à quatre paliers selon «von Pannewitz» (VPS)	703 patients, dont 286 souffraient de calcanéodynie	40,9 % des patients immédiatement après le traitement, 74,3 % lors du suivi, pour ceux atteints de calcanéodynie, d'Achillodynie ou de douleurs à l'épaule
Étude de Valduvico et coll. sur la trochantérite (46)	Étude prospective	Réduction de la douleur mesurée par une échelle visuelle analogique (EVA)	60 patients	62 % après 1 mois, largement maintenu après 4 mois. Dans les cas ayant répondu à la radiothérapie, la probabilité de maintenir une amélioration au-delà de 24 mois était de 70 %

Les études prospectives randomisées (*) comparent des doses respectivement de 6 x 0,5 Gy et 6 x 1 Gy. On n'observe pas de différence entre les deux séries.

À noter que les études référencées 36-44 ont toutes été publiées dans le même journal.

La principale limite de ces études est l'absence de groupe placebo, ce qui empêche de comparer la radiothérapie à l'histoire naturelle de la maladie. En l'absence de traitement, les tendinopathies peuvent parfois s'améliorer spontanément ou avec des soins conservateurs, ce qui doit être pris en compte pour évaluer l'efficacité réelle de la radiothérapie dans des conditions similaires à celles des études décrites.

TÉNOSYNOVITE MAIN-POIGNET

La radiothérapie peut être efficace pour traiter les ténosynovites de la main et du poignet. Cependant, il est important de la distinguer des maladies fibrosantes comme la maladie de Dupuytren, qui nécessitent un mécanisme d'action et un schéma de dose différents.

L'étude de Ferrara et coll. (49) montre que la radiothérapie est une solution efficace et non invasive pour les ténosynovites. Pour la maladie de Dupuytren, les doses utilisées (2 séries de 5 séances de 3 Gy) suggèrent un mécanisme d'action distinct. Un essai randomisé (étude DEPART) est en cours pour comparer la radiothérapie à une radiothérapie factice (sham-RT). Une étude similaire pour la maladie de Ledderhose (étude LedRad) montre des résultats en faveur de la radiothérapie (50, 51).

RISQUES POTENTIELS DE LA RADIOTHÉRAPIE À FAIBLES DOSES

Aux faibles doses utilisées pour la radiothérapie anti-inflammatoire (6 x 0,5 Gy), le risque de fibrose ou d'atrophie tissulaire est considéré comme nul. Cependant, un faible risque de cancer radio-induit demeure. Une étude menée par Jansen et coll. évalue le risque potentiel d'apparition de tumeurs mortelles chez les patients soumis à une radiothérapie pour diverses affections bénignes, montrant une grande variabilité des doses efficaces (5 à 400 mSv) en fonction des localisations et des doses prescrites (52, 53). À titre de comparaison, la dose efficace d'un scanner des poumons est d'environ 3 mSv. Pour une population d'âge moyen, le risque de tumeurs mortelles varie de 0,5 à 40 pour 1000 patients traités.

CONCLUSION

La radiothérapie offre, par son activité anti-inflammatoire à faible dose, une possibilité de

traitement des tendinopathies, notamment par sa capacité à réduire la douleur et à améliorer la fonction tendineuse. Bien que le risque de cancer radio-induit existe, il demeure extrêmement faible à ces niveaux de doses. Les autres manifestations indésirables sont extrêmement rares, faisant de la radiothérapie une option viable et sûre. Les études montrent des résultats prometteurs, mais davantage de recherches sont nécessaires pour optimiser les protocoles avec des groupes contrôles et comprendre pleinement les mécanismes d'action. Quoi qu'il en soit, la radiothérapie se présente comme une alternative efficace et non invasive pour les patients souffrant de tendinopathies réfractaires aux traitements conventionnels.

BIBLIOGRAPHIE

1. Sancerne A, Kaux JF. Revue épidémiologique des tendinopathies les plus fréquentes. *Journal de Traumatologie du Sport* 2015;**32**:223-8.
2. Kaux JF, Crielaard JM. Tendon et tendinopathie. *Journal de Traumatologie du Sport* 2014;**31**:235-40.
3. Zhou B, Zhou Y, Tang K. An overview of structure, mechanical properties, and treatment for age-related tendinopathy. *J Nutr Health Aging* 2014;**18**:441-8.
4. Millar NL, Silbernagel KG, Thorborg K, et al. Tendinopathy. *Nat Rev Dis Primers* 2021;**7**:1.
5. Millar NL, Murrell GA, McInnes IB. Inflammatory mechanisms in tendinopathy - towards translation. *Nat Rev Rheumatol* 2017;**13**:110-22.
6. Riley G. Tendinopathy—from basic science to treatment. *Nat Clin Pract Rheumatol* 2008;**4**:82-9.
7. Gremion, G., Zufferey, P. Tendinopathies du sportif : étiologie, diagnostic et traitement. *Rev Med Suisse* 2015;**1**:596-601.
8. Gard, S. Tendinopathies: quels sont les traitements efficaces en physiothérapie? *Rev Med Suisse* 2007;**3**:1788-91.
9. Joseph MF, Denegar CR. Treating tendinopathy: perspective on anti-inflammatory intervention and therapeutic exercise. *Clin Sports Med* 2015;**34**:363-74.
10. Habib GS, Saliba W, Nashashibi M. Local effects of intra-articular corticosteroids. *Clin Rheumatol* 2010;**29**:347-56.
11. Smallcomb M, Khandare S, Vidt ME, Simon JC. Therapeutic ultrasound and shockwave therapy for tendinopathy: a narrative review. *Am J Phys Med Rehabil* 2022;**101**:801-7.
12. Wang CJ. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. *J Orthop Surg Res* 2012;**7**:11.
13. Kaux JF, Drion P, Croisier JL, Crielaard JM. Plasma riche en plaquettes pour le traitement de lésions tendineuses. *Journal de Réadaptation Médicale* 2015;**35**:181-91.
14. Kulig K, Reischl SF, Pomrantz AB, et al. Nonsurgical management of posterior tibial tendon dysfunction with orthoses and resistive exercise: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2009;**89**:26-37.
15. Oliva F, Marsilio E, Asparago G, et al. The impact of hyaluronic acid on tendon physiology and its clinical application in tendinopathies. *Cells* 2021;**10**:3081.
16. Hoksrud A, Torgalsen T, Harstad H, et al. Ultrasound-guided sclerosis of neovessels in patellar tendinopathy: a prospective study of 101 patients. *Am J Sports Med* 2012;**40**:542-7.

17. Kaux JF, Roberjot M, Samson A. Comparaison entre infiltrations de plasma riche en plaquettes et d'acide hyaluronique pour le traitement des tendinopathies patellaires. *Journal de Traumatologie du Sport* 2018;**35**:63.
18. Kooistra B, Gurnani N, Weening A, et al. Tenotomy or tenodesis for tendinopathy of the long head of the biceps brachii: an updated systematic review and meta-analysis. *Arthrosc Sports Med Rehabil* 2021;**3**:e1199-e1209.
19. Kahlmeter G. Roentgentherapie dans les maladies rhumatismales : expérience de plus de dix ans, fondée sur environ 5.000 cas et plus de 30.000 séances. *Acta Radiologica* 1938;**os-19**:529-38.
20. Feldmann HJ. Painful degenerative and inflammatory diseases of joints and soft tissue: x-ray instead of pharmaceuticals? *MMW Fortschr Med* 2013;**155**:42.
21. Kantor G, Van Houtte P, Beauvois S, Roelandts M. Rôle de la radiothérapie dans les affections bénignes. *Cancer Radiother* 1997;**1**:407-16.
22. D'Addona A, Maffulli N, Formisano S, Rosa D. Inflammation in tendinopathy. *Surgeon* 2017;**15**:297-302.
23. Gross CE, Frank RM, Hsu AR, et al. External beam radiation therapy for orthopaedic pathology. *J Am Acad Orthop Surg* 2015;**23**:243-52.
24. Seegenschmiedt MH, Micke O. Radiotherapy of non-malignant diseases. Past, present and future. *Strahlenther Onkol* 2012;**188**(Suppl 3):272-90.
25. Seegenschmiedt MH, Micke O, Muecke R; German Cooperative Group on Radiotherapy for Non-malignant Diseases (GCG-BD). Radiotherapy for non-malignant disorders: state of the art and update of the evidence-based practice guidelines. *Br J Radiol* 2015;**88**:20150080.
26. Nardone V, D'Ippolito E, Grassi R, et al. Non-oncological radiotherapy: a review of modern approaches. *J Pers Med* 2022;**12**:1677.
27. Dubray B. Complications tardives de la radiothérapie: rôle des facteurs temps. *Bull Cancer Radiother* 1995;**82**:98-100.
28. Hermann RM, Bruns F, Nitsche M. Low-dose radiotherapy of painful heel spur/plantar fasciitis as an example of treatment effects in benign diseases. In: Onal C editor. Radiotherapy [Internet]. Gent University: IntechOpen. 2017;10.5772/63695 (Chapter 8). Available from: <https://www.intechopen.com/books/5611>
29. Hawley L. Principles of radiotherapy. *Br J Hosp Med (Lond)* 2013;**74**:C166-9.
30. Torres Royo L, Antelo Redondo G, Áñez Pianetta M, Arenas Prat M. Low-Dose radiation therapy for benign pathologies. *Rep Pract Oncol Radiother* 2020;**25**:250-4.
31. Arenas M, Sabater S, Hernández V, et al. Anti-inflammatory effects of low-dose radiotherapy. Indications, dose, and radiobiological mechanisms involved. *Strahlenther Onkol* 2012;**188**:975-81.
32. Arenas M, Gil F, Gironella M et al. Time course of anti-inflammatory effect of low-dose radiotherapy: correlation with TGF-beta(1) expression. *Radiother Oncol* 2008;**86**:399-406.
33. Rödel F, Frey B, Manda K, et al. Immunomodulatory properties and molecular effects in inflammatory diseases of low-dose x-irradiation. *Front Oncol* 2012;**2**:120
34. Rödel F, Hofmann D, Auer J. The anti-inflammatory effect of low-dose radiation therapy involves a diminished CCL20 chemokine expression and granulocyte/endothelial cell adhesion. *Strahlenther Onkol* 2008;**184**:41-7.
35. Rödel F, Keilholz L, Herrmann M, et al. Radiobiological mechanisms in inflammatory diseases of low-dose radiation therapy. *Int J Radiat Biol* 2007;**83**:357-66.
36. Ott OJ, Hertel S, Gaipl US, et al. Benign painful shoulder syndrome: initial results of a single-center prospective randomized radiotherapy dose-optimization trial. *Strahlenther Onkol* 2012;**188**:1108-13.
37. Ott OJ, Hertel S, Gaipl US, et al. The Erlangen Dose Optimization trial for radiotherapy of benign painful shoulder syndrome. Long-term results. *Strahlenther Onkol* 2014;**190**:394-8.
38. Adamietz B, Sauer R, Keilholz L. Radiotherapy for shoulder impingement. *Strahlenther Onkol* 2008;**184**:245-50.
39. Adamietz B, Schulz-Wendtland R, Alibek S, et al. Calcifying tendonitis of the shoulder joint : predictive value of pretreatment sonography for the response to low-dose radiotherapy. *Strahlenther Onkol* 2010;**186**:18-23.
40. Ott OJ, Hertel S, Gaipl US, et al. Benign painful elbow syndrome. First results of a single center prospective randomized radiotherapy dose optimization trial. *Strahlenther Onkol* 2012;**188**:873-7.
41. Hautmann MG, Beyer LP, Süß C, et al. Radiotherapy of epicondylitis humeri : Analysis of 138 elbows treated with a linear accelerator. *Strahlenther Onkol* 2019;**195**:343-51.
42. Hautmann MG, Beyer LP, Hipp M, et al. Re-irradiation for humeral epicondylitis : retrospective analysis of 99 elbows. *Strahlenther Onkol* 2020;**196**:262-9.
43. Ott OJ, Jeremias C, Gaipl US, et al. Radiotherapy for achilodynia : results of a single-center prospective randomized dose-optimization trial. *Strahlenther Onkol* 2013;**189**:142-6.
44. Ott OJ, Jeremias C, Gaipl US, et al. Radiotherapy for benign calcaneodynia: long-term results of the Erlangen Dose Optimization (EDO) trial. *Strahlenther Onkol* 2014;**190**:671-5.
45. Micke O, Ugrak E, Bartmann S, et al. Radiotherapy for calcaneodynia, achilodynia, painful gonarthrosis, bursitis trochanterica, and painful shoulder syndrome - Early and late results of a prospective clinical quality assessment. *Radiat Oncol* 2018;**13**:71.
46. Valduvico I, Biete A, Moreno LA, et al. Is anti-inflammatory radiotherapy an effective treatment in trochanteritis? *Br J Radiol* 2017;**90**:20160520.
47. Niewald M, Micke O, Mücke R. Don't Forget Radiotherapy. *Dtsch Arztebl Int* 2018;**115**:342-3.
48. Ott OJ, Niewald M, Weitmann HD, et al. German Cooperative Group on Radiotherapy for Benign Diseases (GCG-BD). DEGRO guidelines for the radiotherapy of non-malignant disorders. Part II: Painful degenerative skeletal disorders. *Strahlenther Onkol* 2015;**191**:1-6.
49. Ferrara PE, Codazza S, Cerulli S, et al. Physical modalities for the conservative treatment of wrist and hand's tenosynovitis: A systematic review. *Semin Arthritis Rheum* 2020;**50**:1280-90.
50. De Haan A, van Nes JGH, Kolff MW, et al. Radiotherapy for Ledderhose disease: Results of the LedRad-study, a prospective multicentre randomised double-blind phase 3 trial. *Radiother Oncol* 2023;**185**:109718.
51. Colin G. La radiothérapie des pathologies non tumorales : un bref historique et possibilités en 2024. *Rev Med Liege* 2024;**79**(Suppl1):26-32.
52. Mazonakis M, Lyraraki E, Tzedakis A, Damilakis J. Radiotherapy for non-malignant shoulder syndrome: Is there a risk for radiation-induced carcinogenesis? *Phys Med* 2017;**43**:73-8.
53. Jansen JT, Broerse JJ, Zoetelief J, et al. Estimation of the carcinogenic risk of radiotherapy of benign diseases from shoulder to heel. *Radiother Oncol* 2005;**76**:270-7.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au
Dr Chabot C, Département Sciences cliniques, ULiège,
Belgique.
Email : charlotte.chabot@student.uliege.be