

Traitement des gonalgies en antalgie interventionnelle

Dre CAROLINE CHOFFAT^a, PAUL CHU SIN CHUNG^a et Dr MATTHIEU CACHEMAILLE^a

Rev Med Suisse 2020; 16: 1342-7

La principale cause des gonalgies chez l'adulte de plus de 50 ans est l'arthrose. Si la chirurgie prothétique est le traitement définitif, l'antalgie interventionnelle percutanée est une alternative intéressante et peu risquée pour les patients non candidats à une chirurgie ou qui présentent des douleurs persistantes après une intervention. Les injections intra-articulaires de corticostéroïdes ou d'acide hyaluronique ont un bénéfice modéré à court terme. Les traitements de neurolyse par radiofréquence ou cryothérapie peuvent avoir des effets antalgiques de plus de 6 mois. Enfin, la médecine régénérative, soit l'injection intra-articulaire de plasma riche en plaquettes ou de cellules souches mésenchymateuses, semble très prometteuse dans l'amélioration des douleurs et de la mobilité dans le temps.

Interventional pain management for knee pain.

Arthritis is the main cause of knee pain among adults over 50 years old. Prosthetic surgery is the ultimate treatment, however percutaneous interventional pain management is a good alternative treatment for patients who are not eligible for an operation or for those who experiment persistent pain after surgery. Intra-articular corticosteroids or hyaluronic acid injections have a mild effect which is limited in time. Nerve ablation treatment using radiofrequency or cryotherapy may have longer lasting analgesic effects superior than 6 months. Finally, regenerative medicine, meaning platelet-rich plasma or mesenchymal stem cells, seems a very promising treatment by improving pain and mobility for a longer period.

TRAITEMENT DES GONALGIES EN ANTALGIE INTERVENTIONNELLE

La prévalence des gonalgies a augmenté de près de 65% ces 20 dernières années pour affecter 25% des adultes.¹ Parmi les plaintes ostéoarticulaires chez le médecin de premier recours, les gonalgies représentent la troisième en termes de fréquence.

L'étiologie des gonalgies est vaste. Elle peut être de nature traumatique ou non. Parmi les causes les plus fréquentes, qui sont plutôt extra-articulaires chez les jeunes adultes, citons notamment la chondromalacie rotulienne, la bursite de la patte d'oie, le syndrome de la bandelette ilio-tibiale ou le syndrome de la plica médiale (repli de la synoviale qui peut s'interposer entre le fémur et la rotule).

Chez les patients plus âgés, les pathologies articulaires méniscales dégénératives, les arthropathies inflammatoires microcristallines ou les kystes poplités (de Baker) sont courants.² L'arthrose, dont les principaux facteurs de risque sont l'âge, l'obésité et les traumatismes anciens, est la principale cause de gonalgies chez les patients de plus de 50 ans. Les douleurs associées sont généralement présentes dès le stade 2 (stades radiologiques de l'arthrose selon Kellgren et Lawrence). Il s'agit d'une pathologie évolutive, non spontanément résolutive, souvent responsable de douleurs chroniques nociceptives (inflammatoires) puis neuropathiques qui mènent les patients à consulter en antalgie interventionnelle.³

Chez les patients présentant une gonarthrose, la douleur est le symptôme cardinal ainsi que la principale raison d'une arthroplastie.⁴ Les arthroplasties du genou ont connu un essor considérable ces dernières années en raison du vieillissement de la population et de l'augmentation de la prévalence de l'obésité.⁵

L'antalgie interventionnelle peut être une alternative à l'arthroplastie chez les patients qui ne sont pas candidats à une chirurgie en raison de leur âge ou de leurs comorbidités. Elle peut permettre de retarder la pose d'une prothèse. Elle est également indiquée pour traiter les douleurs chroniques après les chirurgies du genou. En effet, jusqu'à 44% des patients présentent des douleurs persistantes en postopératoire.⁶ Un exemple d'algorithme de prise en charge est illustré dans la **figure 1**.

Les possibilités en antalgie interventionnelle sont multiples et se composent d'infiltrations intra-articulaires de corticostéroïdes, de traitements ciblés sur les nerfs (neurolyse par radiofréquence thermique ou par cryothérapie) et de médecine régénérative (injection d'acide hyaluronique, de plasma riche en plaquettes, de cellules mésenchymateuses par prélèvement de tissu adipeux ou de moelle osseuse).

RAPPEL ANATOMIQUE

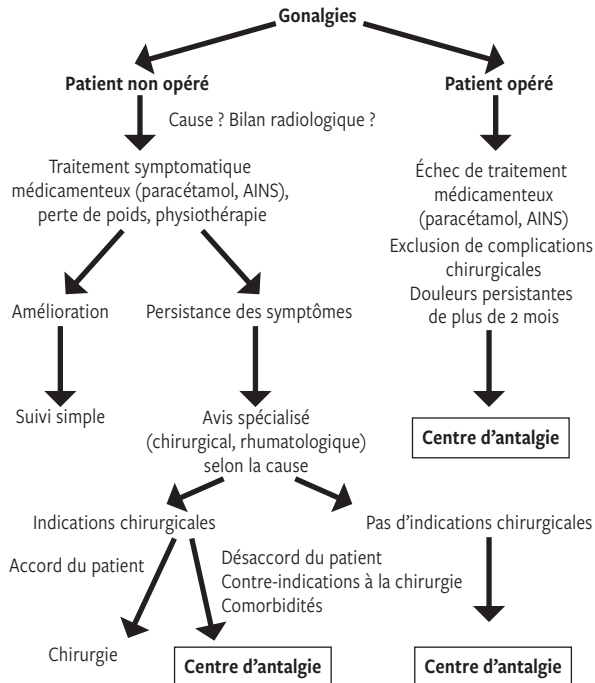
L'innervation de la capsule articulaire du genou est complexe et variable selon les individus. Elle est séparée en régions antérieure et postérieure. Selon une étude anatomique de dissection, les branches articulaires antérieures proviennent de 10 nerfs différents et se divisent en 4 quadrants (supéro-latéral, supéro-médial, inféro-latéral et inféro-médial)⁷ (**figure 2**).

Pour la région postérieure, 4 nerfs fournissent les branches articulaires (obturateur, sciatique, tibial et fibulaire commun) avec une prédominance pour les nerfs obturateur et tibial⁸ (**figure 3**).

^aCentre d'antalgie, Service d'anesthésiologie, CHUV, 1011 Lausanne
caroline.choffat@chuv.ch | paul.chusinchung@unil.ch
matthieu.cachemaille@chuv.ch

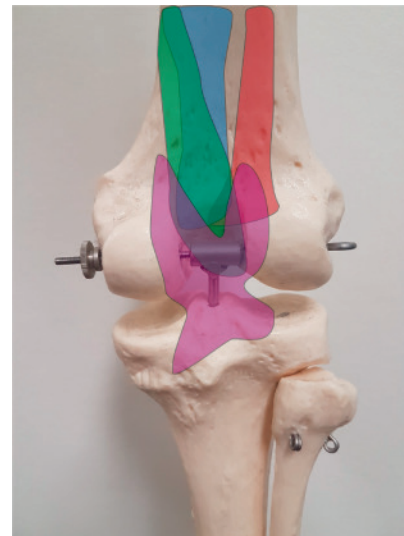
FIG 1 Exemple d'algorithme de prise en charge des patients présentant des gonalgies

Cet algorithme est proposé par les auteurs.
AINS: anti-inflammatoire non stéroïdien.



Les douleurs articulaires étant majoritairement ressenties antérieurement, un traitement par neurolyse peut être appliqué en conséquence dans les quadrants supéro-latéral, supéro-médial et inféro-médial.²

FIG 3 Innervation de la capsule postérieure du genou



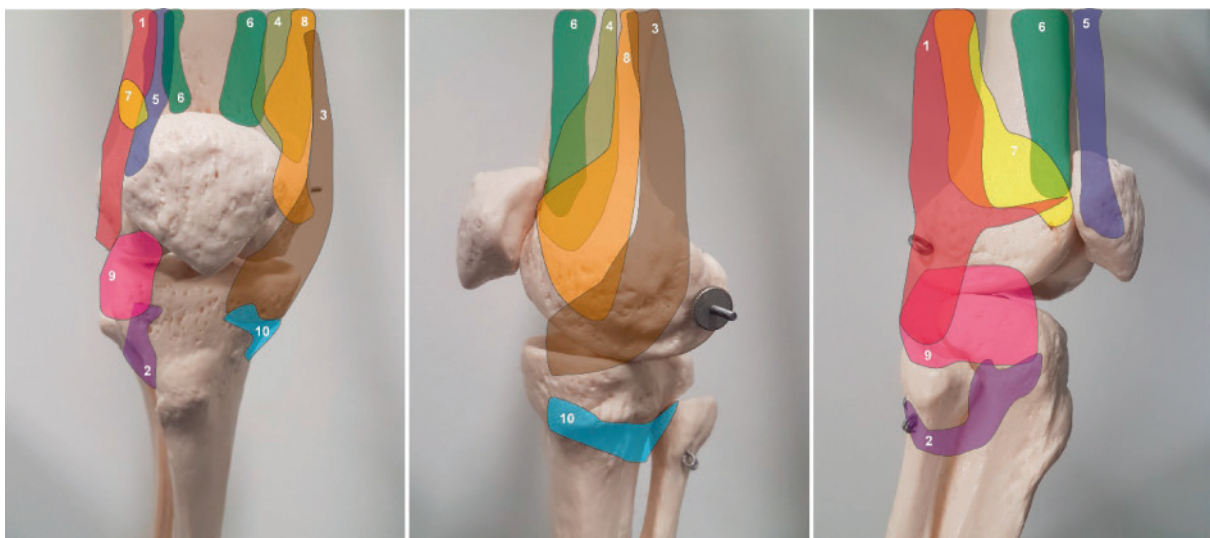
- Branche postérieure des nerfs tibial et fibulaire commun
- Branche supérieure du nerf tibial
- Branche inférieure du nerf tibial
- Division postérieure du nerf obturateur

(Adaptée de réf.⁸).

INJECTION INTRA-ARTICULAIRE DE CORTICOSTÉROÏDES

Les injections intra-articulaires de corticostéroïdes s'effectuent depuis les années 1950 déjà dans le but de diminuer la douleur et l'inflammation articulaire. Elles peuvent être effectuées selon des repères anatomiques ou de manière échoguidée avec une précision qui augmente de 77,8 à 95,8%

FIG 2 Innervation de la capsule antérieure du genou



- 1 Nerf fibulaire commun
- 2 Nerf fibulaire récurrent
- 3 Branche infra-patellaire du nerf saphène
- 4 Nerf vaste médial
- 5 Nerf vaste latéral
- 6 Nerf vaste intermédiaire
- 7 Nerf géniculé supéro-latéral
- 8 Nerf géniculé supéro-médial
- 9 Nerf géniculé inféro-latéral
- 10 Nerf géniculé inféro-médial

(Adaptée de réf.⁷).

avec la technique ultrasonographique. Les techniques par un abord supéro-latéral ou médio-latéral à la patella ont été décrites avec un succès de 100 et 95% respectivement, permettant d'éviter de ponctionner le tendon supra-patellaire de même que les coussinets graisseux⁹ (figure 4). En comparaison, la précision d'une injection sous repères anatomiques est largement dépendante de l'expérience du praticien.¹⁰

Les effets bénéfiques sont sujets à controverse dans la littérature: selon une récente revue *Cochrane*, l'injection intra-articulaire de corticostéroïdes dans le contexte de gonarthrose améliore de façon modeste les scores de douleurs (1 cm sur une échelle analogique de douleur de 10 cm) pour une durée maximale de 3 mois, les résultats à 26 semaines étant les mêmes entre une injection placebo et une injection de corticostéroïdes. Les corticostéroïdes permettent également d'améliorer la fonction articulaire (indice *Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index* (WOMAC)) pour une durée qui ne dépasse pas 6 semaines, mais sans amélioration de la qualité de vie.¹¹

Les effets secondaires, souvent redoutés, sont mineurs. Les infections sont rares, mais le risque de toxicité sur le cartilage est réel en cas de doses élevées ou de traitements prolongés.¹² Les experts recommandent donc que le nombre d'infiltrations intra-articulaires de corticostéroïdes soit limité à 3 ou 4 par année, avec une dose maximale efficace de 40 mg de méthylprednisolone ou de triamcinolone.¹⁰ Elles devraient, de plus, être évitées dans les 3 mois qui précèdent la pose d'une prothèse afin de ne pas majorer le risque d'infection.¹³

NEUROLYSE PAR RADIOFRÉQUENCE

La radiofréquence consiste à appliquer un courant alternatif à haute fréquence à travers une sonde (aiguille) percutanée afin de cibler une structure nerveuse. Le champ électrique généré au bout de la sonde entraîne une hausse de la température résultant en une lésion nerveuse par thermocoagulation. L'endonevrie et la lame basale des cellules de Schwann étant conservés, le nerf peut ensuite se reconstituer.

La radiofréquence thermique conventionnelle se fait de manière continue et résulte en des températures de 65 à 90° C. La taille de la lésion dépend de la taille de l'aiguille, des températures générées ainsi que de la durée d'exposition.

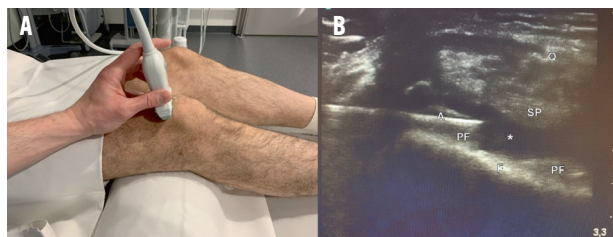
La radiofréquence refroidie utilise la circulation de l'eau pour réduire les températures à 60° C environ. En changeant la forme de la zone d'ablation, elle permet des lésions plus étendues en minimisant les effets secondaires.

La radiofréquence pulsée est une technique de neuromodulation. Le courant généré est dispensé en courtes impulsions, espacées par des périodes de repos, permettant l'élimination de la chaleur. La température maximale est de 45° C, prévenant les effets lésionnels sur les nerfs.

La radiofréquence cible les nerfs geniculés supéro-latéral, supéro-médial et inféro-médial au-dessus du périoste, à la jonction entre la diaphyse et l'épiphyse du fémur ou du tibia (figure 2). Le nerf geniculé inféro-latéral, étant à proximité

	FIG 4	Injection intra-articulaire	
--	--------------	------------------------------------	--

A. Positionnement transverse de la sonde linéaire d'ultrasons à haute fréquence proximale à la patella pour une injection dans le plan de latéral à médial.
B. Vision ultrasonographique d'une injection intra-articulaire correspondant à la position de la figure 4A. Q: Tendon du muscle quadriceps. F: Fémur. SP: Coussin graisseux supra-patellaire. PF: Coussin graisseux pré-fémoral. A: Aiguille dans le plan. * Liquide synovial.



du nerf fibulaire, n'est normalement pas ciblé, en raison du risque de lésion motrice.

La mise en place des sondes est faite par contrôle radioscopique ou ultrasonographique et le traitement est précédé d'au minimum une infiltration test positive au moyen d'anesthésique local sur les nerfs susmentionnés (figure 5 A à C). La lésion thermique est effectuée à l'aide d'une aiguille de radiofréquence, isolée à l'exception de la pointe. Certaines aiguilles (Trident™) permettent de dénervier une zone plus large grâce à une pointe déployable (figure 5 D).

La radiofréquence conventionnelle sur les nerfs geniculés améliore les scores de douleurs jusqu'à 6 mois après le geste.^{14,15} La radiofréquence refroidie est supérieure à l'injection intra-articulaire de corticostéroïdes quant aux scores de douleurs, à l'impotence fonctionnelle et à la consommation d'opioïdes sur une période de 6 mois,¹⁶ voire jusqu'à 24 mois.¹⁷

Bien que le coût d'une radiofréquence soit plus élevé que celui d'une injection intra-articulaire de corticostéroïdes, la radiofréquence est plus rentable; elle a un meilleur rapport coût-efficacité.¹⁸

La radiofréquence pulsée n'est pas supérieure à la radiofréquence conventionnelle sur les nerfs sensitifs, elle peut en revanche être utilisée sur les nerfs mixtes (moteurs et sensitifs) sans risque de lésions grâce à un effet de neuromodulation, avec parfois des résultats analgésiques prolongés.

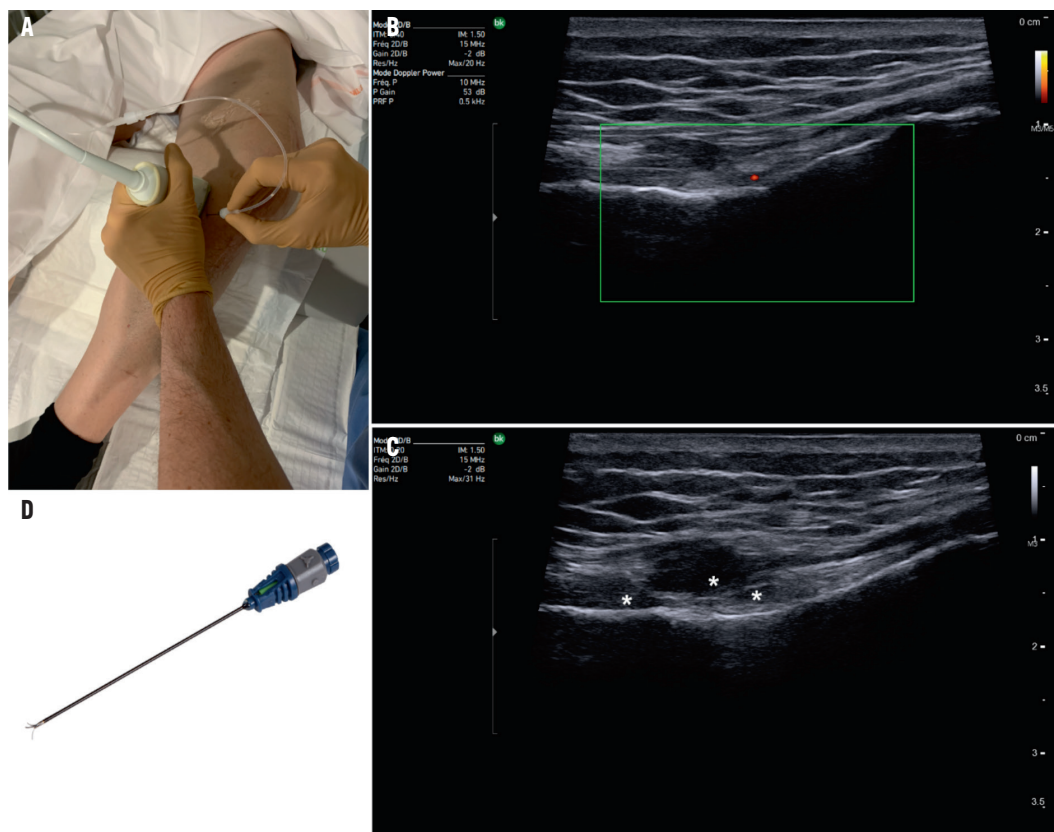
Les effets secondaires après traitement par radiofréquence sont rares. Des lésions des artères geniculées pouvant résulter en pseudo-anévrismes, fistules artérioveineuses, hémarthroses ou ostéonécrose de la rotule ont été décrites dans la littérature après arthroplastie ou arthroscopie du genou. Elles représentent un risque théorique de la radiofréquence conventionnelle sous fluoroscopie, puisque celle-ci ne permet pas de repérage vasculaire.¹⁹

NEUROLYSE PAR CRYOTHÉRAPIE

La cryothérapie ou cryoanalgésie est une méthode consistant à appliquer des basses températures autour d'un nerf à l'aide

FIG 5 Infiltration du nerf géniculé inféro-médial

A. Position coronale de la sonde pour l'infiltration du nerf géniculé inféro-médial avec insertion de l'aiguille hors du plan. B. Vision ultrasonographique de la figure 5A: visualisation au Doppler couleur de l'artère géniculée inféro-médiale à la jonction entre la diaphyse et l'épiphyse du tibia. Le nerf peut se situer distalement ou proximale à l'artère géniculée contre la corticale. C. Image similaire après injection. * Diffusion de l'anesthésique local au-dessus de la corticale. D. Aiguille Trident de radiofréquence 18G 100 mm déployée (Diros Technology Inc).



d'une sonde percutanée afin d'obtenir une lésion réversible (cryoneurolyse). Des températures de 10 à -20° C vont créer une neurapraxie, soit un bloc de conduction axonal transitoire sans lésion de structures.

En appliquant des températures de -20 à -100° C autour d'un nerf, on obtient une lésion type axonotmésis, soit une rupture de l'axone connue sous le nom de dégénérescence wallérienne, avec préservation de l'endonèvre, du périnèvre et de l'épinèvre. La régénérescence axonale est d'environ 1 mm par semaine conduisant à une récupération fonctionnelle en moyenne après 3 mois sans création de névrome. La cryoanalgésie est effectuée essentiellement autour des nerfs sensitifs qui ont été antérieurement bloqués au minimum une fois positivement par un anesthésique local.²⁰

La littérature est essentiellement constituée de rapports de cas sur la cryoanalgésie. Seule une étude randomisée contrôlée en double aveugle a démontré l'efficacité de la cryoneurolyse sur la branche infrapatellaire du nerf saphène chez des patients atteints d'arthrose du genou avec une réduction significative des scores de douleurs ainsi qu'une amélioration fonctionnelle. L'amélioration des scores de douleurs n'était pas supérieure aux injections intra-articulaires de corticostéroïdes mais persistait en revanche jusqu'à 150 jours.²¹

Le traitement pourrait être répété sans limites avec des effets secondaires minimes contrairement aux injections de corticostéroïdes. La cryoneurolyse est donc une alternative intéressante mais nécessite des études plus robustes.

MÉDECINE RÉGÉNÉRATIVE

La médecine régénérative a pour but de rétablir les propriétés intrinsèques du tissu dégénéré. Elle est utilisée en injection intra-articulaire, intratendineuse ou intraligamentaire afin de stimuler la croissance de la matrice extracellulaire. Le but étant non seulement d'améliorer la mobilité mais aussi de diminuer la douleur.

Les injections intra-articulaires d'acide hyaluronique pour la gonarthrose se pratiquent depuis 20 ans. L'acide hyaluronique agit par plusieurs mécanismes: il améliore la viscoélasticité du liquide synovial, effet limité dans le temps par son élimination; il stimule également la production d'acide hyaluronique par les chondrocytes et prévient leur élimination par les radicaux libres.

Malgré des résultats controversés dans la littérature, plusieurs revues systématiques et méta-analyses font état d'un traite-

ment non délétère avec un effet modéré sur les douleurs. En effet, les injections intra-articulaires d'acide hyaluronique semblent être plus efficaces dès 5 semaines après injections et ce jusqu'à 26 semaines par rapport aux injections de corticostéroïdes.²² Elles restent cependant plus chères et souvent non remboursées.

Le principe de la prolothérapie est l'injection de dextrose (D-glucose) à différents sites (articulations, insertions de tendons ou de ligaments) pour traiter différents symptômes musculosquelettiques. Des concentrations de 12,5 à 25% de dextrose sont irritantes et provoquent localement la stimulation de processus régénératifs. Étant hypertoniques, ces solutions provoquent des lésions par déshydratation cellulaire, ce qui attire des granulocytes et des macrophages engendrant un phénomène de guérison tissulaire. Dans le cadre de la gonarthrose, il est démontré un effet favorable de la prolothérapie sur la tuméfaction du genou ainsi que sur les douleurs.²³

Le plasma riche en plaquettes (*Platelet Rich Plasma*, PRP) définit une couche cellulaire obtenue après la centrifugation du sang du patient. Cette couche contient une quantité importante de plaquettes (entre 3 et 5 fois la valeur de base du patient) avec plus ou moins de leucocytes. Une fois le PRP injecté, les facteurs de croissance (PDGF, TGF- β , VEGF) présents et relâchés par les plaquettes provoquent une réaction inflammatoire suivie d'une régénération tissulaire. Ce procédé peut être utilisé en injection intra-articulaire (PRP pauvre en leucocytes) dans la gonarthrose tout comme dans les pathologies tendineuses ou ligamentaires (PRP riche en leucocytes). Pour la gonarthrose, l'injection intra-articulaire répétée (entre 1 à 3 fois) réduit significativement les scores de douleurs à 3, 6 et 12 mois et a prouvé être supérieure aux injections placebos et à celles d'acide hyaluronique ou de corticostéroïdes selon une méta-analyse de 14 études randomisées et contrôlées.^{22,24} Les signes radiologiques d'arthrose s'améliorent également après injection intra-articulaire de PRP en comparaison avec un placebo selon une dernière étude randomisée.²⁵ L'injection de PRP n'est pour l'instant pas remboursée par l'assurance de base.

Les cellules souches mésenchymateuses multipotentes isolées à partir de la moelle osseuse ou du tissu adipeux sont d'un intérêt particulier. Ayant la capacité de se différencier en chondroblastes, fibroblastes ou ostéoblastes, elles promeuvent

la régénération du cartilage. Elles libèrent également des facteurs de croissance, stimulent l'angiogenèse et ont une fonction immunomodulatrice. En injection intra-articulaire, les cellules souches mésenchymateuses issues de tissu adipeux autologue se sont montrées efficaces sur les scores de douleurs, ainsi que sur la fonction articulaire (indice WOMAC) sur une période de 2 ans, avec une augmentation du volume du cartilage objectivé sur l'imagerie par résonance magnétique (IRM).²⁶ Malheureusement, cette technique n'est actuellement pas autorisée par Swissmedic, malgré des résultats très prometteurs.

CONCLUSION

L'antalgie interventionnelle propose des techniques utiles et efficaces pour le traitement des gonalgies. Elle a pour but primaire de diminuer les douleurs mais également d'améliorer, en conséquence, la mobilité. Elle s'applique chez des patients de tout âge qui désirent retarder une intervention chirurgicale prothétique ou chez ceux qui ne sont pas éligibles pour une opération du fait de leurs comorbidités. Elle est aussi indiquée chez des patients qui présentent des douleurs persistantes après une chirurgie.

Conflit d'intérêts: Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en lien avec cet article.

IMPLICATIONS PRATIQUES

- L'antalgie interventionnelle permet de retarder la chirurgie lors de gonarthrose
- Elle est également une option pour les patients ne pouvant être opérés en raison de leurs comorbidités ou pour ceux présentant des douleurs postchirurgicales
- Les possibilités thérapeutiques sont multiples, peuvent être répétées et permettent souvent un soulagement efficace des douleurs à moyen terme et une amélioration de la mobilité dans le temps

1 Bunt CW, Jonas CE, Chang JG. Knee Pain in Adults and Adolescents: The Initial Evaluation. *Am Fam Physician* 2018;98:576-85.

2 **Kermode T, Cornuz J, Zufferey P, Pasche O. Gonalgies : que faire en médecine de premier recours ? *Rev Med Suisse* 2014;10:2238-45.

3 *Heim C, Hügler T. Douleurs et arthrose. *Rev Med Suisse* 2018;14:1287-90.

4 Nguyen US, Zhang Y, Zhu Y, et al. Increasing prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis: survey and cohort data. *Ann Intern Med* 2011;155:725-32.

5 Heidari B. Knee osteoarthritis prevalence, risk factors, pathogenesis and features: Part I. *Caspian J Intern Med*

2011;2:205-12.

6 Wylde V, Hewlett S, Learmonth ID, Dieppe P. Persistent pain after joint replacement: prevalence, sensory qualities, and postoperative determinants. *Pain* 2011;152:566-72.

7 Tran J, Peng PWH, Lam K, et al. Anatomical Study of the Innervation of Anterior Knee Joint Capsule: Implication for Image-Guided Intervention. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43:407-14.

8 Tran J, Peng PWH, Gofeld M, Chan V, Agur AMR. Anatomical study of the innervation of posterior knee joint capsule: implication for image-guided intervention. *Reg Anesth Pain Med* 2019;44:234-8.

9 Park Y, Lee SC, Nam HS, Lee J, Nam SH. Comparison of sonographically

guided intra-articular injections at 3 different sites of the knee. *J Ultrasound Med* 2011;30:1669-76.

10 Oo WM, Liu X, Hunter DJ. Pharmacodynamics, efficacy, safety and administration of intra-articular therapies for knee osteoarthritis. *Expert Opin Drug Metab Toxicol* 2019;15:1021-32.

11 Jüni P, Hari R, Rutjes AW, et al.

Intra-articular corticosteroid for knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2015:CD005328.

12 Wernecke C, Braun HJ, Dragoo JL. The Effect of Intra-articular Corticosteroids on Articular Cartilage: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med* 2015;3:2325967115581163.

13 Richardson SS, Schairer WW, Sculco TP, Sculco PK. Comparison of infection

Risk with Corticosteroid or Hyaluronic Acid Injection Prior to Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2019;101:112-8.

14 Bhatia A, Peng P, Cohen SP. Radiofrequency Procedures to Relieve Chronic Knee Pain: An Evidence-Based Narrative Review. *Reg Anesth Pain Med* 2016;41:501-10.

15 Iannaccone F, Dixon S, Kaufman A. A Review of Long-Term Pain Relief after Genicular Nerve Radiofrequency Ablation in Chronic Knee Osteoarthritis. *Pain Physician* 2017;20:E437-44.

16 Davis T, Loudermilk E, DePalma M, et al. Prospective, Multicenter, Randomized, Crossover Clinical Trial Comparing the Safety and Effectiveness of Cooled Radiofrequency Ablation With Corticoste-

- roid Injection in the Management of Knee Pain From Osteoarthritis. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43:84-91.
- 17* Hunter C, Davis T, Loudermilk E, Kapural L, DePalma M. Cooled Radiofrequency Ablation Treatment of the Genicular Nerves in the Treatment of Osteoarthritic Knee Pain: 18- and 24-Month Results. *Pain Pract* 2020;20:238-46.
- 18 Desai M, Bentley A, Keck WA, et al. Cooled radiofrequency ablation of the genicular nerves for chronic pain due to osteoarthritis of the knee: a cost-effectiveness analysis based on trial data. *BMC Musculoskelet Disord* 2019;20:302.
- 19 Kim SY, Le PU, Kosharsky B, et al. Is Genicular Nerve Radiofrequency Ablation Safe? A Literature Review and Anatomical Study. *Pain Physician* 2016;19:E697-705.
- 20 Ilfeld BM, Preciado J, Trescot AM. Novel cryoneurolysis device for the treatment of sensory and motor peripheral nerves. *Expert Rev Med Devices* 2016;13:713-25.
- 21 **Radnovich R, Scott D, Patel AT, et al. Cryoneurolysis to treat the pain and symptoms of knee osteoarthritis: a multicenter, randomized, double-blind, sham-controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage* 2017;25:1247-56.
- 22 Campbell KA, Erickson BJ, Saltzman BM, et al. Is Local Viscosupplementation Injection Clinically Superior to Other Therapies in the Treatment of Osteoarthritis of the Knee: A Systematic Review of Overlapping Meta-analyses. *Arthroscopy* 2015;31:2036-45.e14.
- 23 Hauser RA, Lackner JB, Steilen-Matias D, Harris DK. A Systematic Review of Dextrose Prolotherapy for Chronic Musculoskeletal Pain. *Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord* 2016;9:139-59.
- 24 *Shen L, Yuan T, Chen S, Xie X, Zhang C. The temporal effect of platelet-rich plasma on pain and physical function in the treatment of knee osteoarthritis: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res* 2017;12:16.
- 25 Raeissadat SA, Ghorbani E, Sanei Taheri M, et al. MRI Changes After Platelet Rich Plasma Injection in Knee Osteoarthritis (Randomized Clinical Trial). *J Pain Res* 2020;13:65-73.
- 26 Jo CH, Chai JW, Jeong EC, et al. Intra-articular Injection of Mesenchymal Stem Cells for the Treatment of Osteoarthritis of the Knee: A 2-Year Follow-up Study. *Am J Sports Med* 2017;45:2774-83.

* à lire

** à lire absolument