



par R. Hamisultane

Rhumatologue, Antibes ; Président de la SFOCAL (Société française pour les ondes de choc sur l'appareil locomoteur) ; Conseiller à l'ISMST (International Society for musculoskeletal shockwave therapy).

La thérapie par ondes de choc dans la pathologie abarticulaire

Des ondes mécaniques appliquées à l'extérieur du corps sont employées depuis les années 80 en urologie pour détruire les calculs rénaux. Comme cette technique servait alors à traiter les lithiases urinaires, on a appelé ces ondes de choc thérapeutiques "lithotripsie" ou "thérapie par ondes de choc extracorporelles" ou ESWT (pour Extra-corporeal Shockwave Therapy).

Au début des années 90, on a commencé à les étudier pour leur capacité à favoriser la guérison des fractures, particulièrement dans les cas de retard

de consolidation ou de pseudarthrose.

Par la suite, cette thérapie a été de plus en plus utilisée pour traiter différents types de lésions de l'appareil locomoteur, par exemple les calcifications de l'épaule, les tendinopathies (particulièrement les enthésopathies), les bursites et les fasciites plantaires. De nouvelles applications sont régulièrement suggérées comme l'ostéochondrite dissecante, les ostéonécroses, les déchirures partielles de coiffe, etc. Outre son emploi chez l'homme, des utilisations en médecine vétéré-

rinaire, particulièrement chez le cheval, ont aussi vu le jour.

Après une période d'hésitation, l'emploi de cette thérapie commence à se développer en France, il est donc important de faire le point ici, non seulement des indications des ondes de choc, mais aussi des critères de sélection des types de lésions et des patients pour lesquels cette thérapie serait susceptible d'avoir le meilleur rendement par rapport aux autres traitements.

>> Définition

Les ondes de choc utilisées en médecine sont des ondes sonores qui ne peuvent se propager qu'à travers un milieu gazeux liquide ou solide caractérisé par :

Une haute pression positive de 8 à 100 Mpa, avec un temps d'élévation rapide inférieur à 10 ns (onde de choc directe) de courte durée (< 10 ns), suivie d'une phase de pression négative responsable de la cavitation (onde de choc indirect), dans un large spectre de fréquence (200 kHz-20 MHz).

Elles diffèrent des ultrasons qui sont des ondes ultrasonores continues de haute intensité engendrant de la chaleur dans le corps (effet utilisé), alors que, dans les ondes de choc, l'élévation de la température est négligeable.

Un système générateur d'onde de choc comprend une source d'énergie électrique, un mécanisme de conversion électro-acoustique et un matériel pour focaliser l'onde de choc.

Il y a trois systèmes d'appareil produisant des ondes de choc :

- Électro-hydraulique (HMT, MTS, Orthospec) ;
- Piézo-électrique (Wolf) ;
- Électromagnétique (Dormier EPOS, Siemens).

Il faut classer à part les systèmes émettant des ondes de choc radiales (Dolorclast).

En effet, les ondes émises sont d'origine mécanique et non

acoustique et leur diffusion radiale et non focale, et elles sont dénuées de phase négative (RSWT).

Néanmoins, outre leur prix attractif, ces derniers ont montré une certaine efficacité dans le traitement des tendinopathies (43 à 73 % de bons résultats selon la localisation après 6 semaines, d'après une étude ouverte de H.de Labarreyre et G. Saillant) (1).

Propriétés des ondes de choc

L'équation utilisée pour déterminer l'efficacité d'un lithotripteur est : $V = eEn$, où V = volume à désintégrer ; e = capacité spécifique de désintégration du matériel ; E = l'énergie totale d'une pulsation ; n = nombre de pulsations. Cette équation n'a pas de valeur en rhumatologie car la désintégration n'est pas la finalité.

Pour les effets des ondes de choc dans ce domaine, les hypothèses suivantes ont été avancées :

Stimulation de la croissance des ostéoblastes, néo-vascularisation au niveau de l'os et de l'enthèse, *biofeedback*, libération d'endorphines, changement structural au niveau des tissus et stimulation de la régénération, changement structural au niveau du dépôt calcique, suivi de sa réabsorption par le corps

Certains auteurs croient, par exemple, que lors de tendinopathies dégénératives ou chroniques, la stimulation d'un processus inflammatoire, par exemple par une inci-

sion lors d'une chirurgie, avec l'ASTM (*Augmented Soft Tissue Mobilization*) (3) ou avec les générateurs ESWT2 ou RSWT, pourrait aider à stimuler la régénération du tendon (4). Ce phénomène pourrait aussi peut-être expliquer certains effets suggérés des frictions de Cyriax, MTP, ou des exercices excentriques.

>> Indications des ondes de choc

On considère qu'il y a des indications classiques du traitement par ondes de choc, parce qu'elles ont démontré des résultats cliniques statistiquement significatifs et ont fait l'objet d'études multicentriques, contrôlées, voire pour certaines en double-aveugle, aboutissant parfois à l'agrément de la *Food and Drug Administration* aux États-Unis :

- dans la pseudarthrose ;
 - dans l'aponévrosite plantaire (agrément FDA pour Dornier EPOS)
 - dans la tendinite calcifiante de l'épaule ;
 - dans l'épicondylite radiale (agrément FDA récent pour Siemens)
 - dans la tendinite calcanéenne (agrément FDA récent)
- Les autres indications utilisées de manière empirique devront faire l'objet d'études cliniques.

>> Études cliniques

De très nombreuses études favorables à cette thérapie ont été publiées, mais sont controversées car la plupart étaient ouvertes. Les études multicentriques, contrôlées, en double-aveugle, font défaut. Or, depuis deux ans, sous l'impulsion de l'ISMST, nous disposons de nombreuses études contre-placebo plus rigoureuses. C'est seulement sur ces dernières que nous allons nous pencher.

■ Fasciites plantaires

- Rompe, 1996 : 2N = 30 patients, supériorité du traitement avec ESWT sur le placebo.
- Buch, 20015 : N = 150 cas randomisés en deux groupes : ESWT à 0,36 mJ/mm² vs placebo. *Résultats* : amélioration significative du groupe traité par ESWT.

- Ogden, 20016 : 81 % de bons résultats, supérieur au placebo, résultats maintenus chez 96,4 % des patients après 1 an.

Amélioration significative du groupe traité par ESWT.

- Rompe, 2002 : 7: N = 100 patients divisés en deux groupes. A : ESWT 1000 impulsions vs B : ESWT 10 impulsions.

Supériorité du groupe A sur le groupe B, 6 mois après le traitement.

- Hammer, 20028 : N = 49 divisé en traitement conservateur vs ESWT.

Résultats : diminution des douleurs de 64 à 88 % et augmentation de la vitesse de marche après traitement avec ESWT.

- Weil, 2002 : 9: 82 % de succès pour les patients traités avec ESWT vs 83 % avec la fasciotomie percutanée plantaire.

- Buchbinder, 2002 ; 10: N = 160 patients divisés en deux groupes (n = 81 avec ESWT vs n = 85 placebos), résultats 34,8 % de patients améliorés pour le "groupe ESWT" vs 34,9 % pour le "groupe placebo" après 12 semaines.

>> Tendinites calcifiantes de l'épaule

Loew M., Daecke W., Kusnierczak D. et al. *Shock-wave Therapy is Effective for Chronic Calcifying Tendinitis of the Shoulder*. *Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 81-B, 1999 : 863-67 (Tableau I).

L'étude comportait deux parties, la première randomisée de 80 patients avec le "groupe placebo" et des groupes recevant des ESWT, la deuxième avec 115 patients traités avec une ou deux séances d'ESWT.

Les résultats étaient meilleurs dans les groupes traités et dépendaient de la somme d'énergie et du nombre de séances délivrées.

L'analyse de l'ensemble de l'étude montre qu'après un suivi de 6 mois, plus de 58 % des patients traités voient la douleur disparaître complètement ou substantiellement, alors qu'il n'y a aucune amélioration pour le "groupe contrôle", et les dépôts calciques sur les radiographies disparaissent chez 77 % des patients qui ont subi deux séances. De nombreuses études récentes arrivent à la même conclusion sur l'efficacité de l'ESWT par rapport au placebo (11-14).



Tableau I : Étude de Loew et coll. sur les ondes de choc et les tendinites calcifiantes de l'épaule.

1 ^{re} partie 80 patients	Groupe 1 placebo (N = 20)	Groupe 2 (N = 20)	Groupe 3 (N = 20)	Groupe 4 (N = 20)
Énergie (nombre de séances)	Rien	0,1 mJ/mm ²	0,3 mJ/mm ²	0,3 mJ/mm ² (2 séances)
Résultats subjectifs à 12 semaines	Bon = 5 %	Bon = 30 %	Bon = 60 %	Bon = 70 %
Résultats radiologiques à 12 semaines (diminution)	10 %	20 %	55 %	60 %

» Tendinites non calcifiantes de l'épaule

Schmitt J., Haake M., Hildebrand R. et al. *Low-energy Extracorporeal Shock-wave Treatment (ESWT) for Tendinitis of the Supraspinatus*. Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 83-B, 2001 : 873-76.

Étude randomisée et contrôlée de 40 patients ayant une tendinite non calcifiante du sus-épineux, comportant 3 séances d'ESWT ou de placebo. Il n'y a pas de différence entre les deux groupes au niveau de la fonction et de la douleur après un suivi de 6 mois.

Mais il faut noter qu'on retrouve une amélioration significative dans les deux groupes, alors que chez tous les patients la symptomatologie datait de 2 ans en moyenne et que les traitements conservateurs avaient échoué.

» Études sur épicondylites latérales

Ogden (2002) ; 16 : étude FDA, contrôlée, en double-aveugle, contre placebo ; 206 patients (dont 169 randomisés).

Succès thérapeutique : 53% contre 29 % dans le "groupe placebo".

- Pettrone (2002) ; 17 : N = 114, divisés en deux groupes : placebo ou ESWT.

Résultats : 64 % d'amélioration dans le "groupe ESWT" vs 31 % dans le "groupe placebo". Différences significatives à $p < 0,01$.

- Haake (2001) ; 18 : N = 399 cas traités par ESWT (dosage variant entre 0,04 et 0,22 mJ/mm²) et 402 placebos.

Résultat : les traitements à l'aide de l'ESWT ne sont pas supérieurs au placebo.

- Melikyan (2002) ; 19 : pas de différence entre le "groupe ESWT" et le "groupe placebo" après 12 mois.

» En pratique

Il existe encore une certaine controverse quant à l'efficacité réelle ou relative de cette thérapie, puisque certaines études ne montrent pas de résultats satisfaisants. Le coût de l'appareillage et de la maintenance est particulièrement élevé et se répercute sur le coût des traitements.

Le problème est que les paramètres rendant performant un lithotripteur en urologie peuvent au contraire en rhumatologie être source d'inconvénients.

À l'heure actuelle, la conclusion du congrès international sur les ondes de chocs à Winterthur est que nous ne savons pas encore quels sont les paramètres techniques déterminants dans le traitement en rhumatologie : rôle de l'onde de choc positive, de l'onde négative, risques de la cavitation ou, au contraire, bénéfique ? Faut-il traiter en basse ou haute énergie ? Faut-il un repérage échographique ou radiologique ou pas de repérage du tout en se fiant à une focale de champs large ?

Ces nombreuses études ont été faites avec des appareils aux caractéristiques différentes, avec des paramètres différents en ce qui concerne le nombre de coups par séance, le nombre de séances, l'énergie appliquée, le positionnement du patient. Ceci explique que les résultats soient contradictoires, même entre des études contrôlées.

Pour ces raisons, l'ISMST (*International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy*) a élaboré des protocoles de traitement et d'évaluation pour chacune des indications et centralisera l'ensemble des résultats afin de pouvoir – dans un avenir proche – dresser un cahier des charges des qualités techniques que devrait avoir l'appareil d'onde de choc pour l'appareil locomoteur et uniformiser la pratique.

En attendant, pour se décider dans le choix, il est important de :

- connaître les caractéristiques du matériel : la surface de la zone focale de traitement et l'énergie délivrée, par exemple une focale large et une énergie de haute puissance seront recherchées dans le traitement des pseudarthroses, mais seront évitées en revanche dans les enthésopathies ;
 - savoir choisir la méthode de repérage optimale dans une indication donnée ;
 - adopter l'orientation la plus adéquate de la tête thérapeutique par rapport à la zone de traitement
- Les effets des ondes de choc seront différents selon la puissance délivrée ; ainsi, à basse énergie, on aura surtout des effets antalgiques, alors qu'en moyenne énergie se surajoutera la possibilité de désintégration (lithotripsie). À haute énergie apparaissent les phénomènes de cavitation, les hématomes et les effets ostéogéniques.

En fait, la thérapie extracorporelle par onde de choc est composée de trois thérapies différentes, et donc, peut-être, de trois pratiques différentes :

- l'orthotripsie par ondes de choc, dispensée à haute énergie, pour le traitement des pseudarthroses et du retard de consolidation, voire des ostéonécroses, demandant à être réalisée dans des structures lourdes, voire hospitalières à cause du caractère indispensable de l'anesthésie ;
- la lithotripsie pour les calcifications (*ESWL : Extracorporeal shock wave Lithotripsy*), en haute ou moyenne énergie, requérant des dispositifs onéreux (100 000 euros), avec un repérage nécessaire, échographique ou radiologique (obligatoire en Allemagne), demandant le regroupement de plusieurs rhumatologues d'une région dans un centre ;
- le traitement des enthésopathies et tendinites (*ESWT : Extracorporeal shock wave Therapy*) à basse ou moyenne énergie.

■ Quelles seraient les meilleures indications de l'ESWT ?

Les études suivantes et notre expérience peuvent nous apporter des éléments de réponse :

- Maier M. *Extracorporeal Shock-Wave Therapy for Chronic Lateral Tennis Elbow, Prediction of Outcome by Imaging*. Archives of Orthopedics and Trauma Surgery, 2001 ; 20.

42 patients avec un *tennis elbow*, suivis pendant 18 mois, avec une IRM préalable, ceux qui avaient les tendons anormaux à l'IRM sont ceux qui ont eu la meilleure réponse à l'ESWT.



- Maier M. *Extracorporeal Shock Wave Application for Chronic Plantar Fasciitis Associated with Heel Spurs: Prediction of Outcome by Magnetic Resonance Imaging*. Journal of Rheumatology, 2000 ; 21.

48 talagies réfractaires > 6 mois, suivis sur 19 mois, 75 % de bons résultats.

L'analyse IRM montre que les patients qui avaient un œdème intra-spongieux répondaient mieux (94 % de bons résultats) ;

- Rompe J.D. *Shock Wave Therapy Versus Conventional Surgery in the Treatment of Calcifying Tendinitis of the Shoulder*. Clinical Orthopedics and Related Research. 2001, Number 22.

79 patients réfractaires au traitement conservateur (médications, injections, PT). Randomisés entre chirurgie arthroscopique de l'épaule ou 1 seule séance d'ESWT suivi sur 24 mois (avec rééducation et physiothérapie sur 6 semaines). Les résultats sont similaires à 1 an, meilleurs pour la chirurgie à 2 ans (75 % dans le "groupe chirurgie" contre 64 % dans le "groupe ESWT").

Les patients avec une calcification solide bénéficient de meilleurs résultats avec la chirurgie, les patients avec des dépôts disséminés bénéficient de résultats similaires voire meilleurs avec l'ESWT.

À noter que dans cette étude les résultats des ESWT n'ont été obtenus qu'après une seule séance, alors que les protocoles habituels en comprennent trois.

■ Qui est susceptible de retirer un bénéfice de l'ESWT ?

Les patients dont le traitement conservateur a échoué peuvent retirer un bénéfice de l'ESWT. Le traitement conserva-

teur correspond en général à un médicament anti-inflammatoire, une infiltration de corticostéroïde, et/ou une physiothérapie. Des symptômes continus qui altèrent le travail ou les activités après au moins 3 mois de traitement constituent un échec. L'échec peut être aussi l'absence de réponse ou la réapparition des symptômes après deux infiltrations. L'ESWT peut également être proposé avant la chirurgie aux patients présentant des anomalies objectives à l'examen clinique ou à l'imagerie (Échographie, IRM).

Selon la littérature, les patients présentant des calcifications dans ou autour des tendons semblent très bien répondre à l'ESWT. Il en va de même pour des patients présentant les signes objectifs d'anomalies du tendon, comme le gonflement ou un épaississement. L'échographie ou l'IRM peuvent montrer ces anomalies.

■ Quelles parties du corps sont susceptibles de réagir au traitement ?

Les études montrent presque toutes un avantage significatif en termes de soulagement de la douleur, d'amélioration des fonctions, et de coût. Celui-ci est beaucoup moins élevé que celui du traitement conservateur ou chirurgical pour les tendinopathies du coude, de l'épaule et du talon. Les études ont suggéré que les tendinites non calcifiantes de l'épaule ne répondent pas à l'ESWT aussi bien que l'intervention chirurgicale.

Théoriquement, n'importe quelle enthésopathie peut répondre aux ESWT, mais ces trois parties du corps seront impliquées dans 90 % des cas probablement.

D'autres secteurs peuvent être considérés comme les tendinites chroniques du genou (quadricipitales et rotuliennes), de la hanche, et du poignet. ■

Bibliographie

- Labareyre H. (de), Saillant G. *Tendinopathies du membre inférieur chez le sportif; intérêt du traitement par ondes de choc radiales*. Réflexions Rhumatologiques, 2002, 47 : 40-42.
- Rompe J.D. et coll. *Analgesic effect of extracorporeal shock-wave therapy on chronic tennis elbow*, J. Bone Joint Surg. 1996 ; 78B : 233-37.
- Gehlsen G. et coll. *Fibroblast response to variation in soft tissue mobilization pressure*, Med. Sci. Sports Exerc. 1999 ; 31 : 531-35.
- Mooney V. *Overuse syndromes of the upper extremity : rational and effective treatment*, J. Musculoskel. Med. 1998 ; 15 : 11-18.
- Buch M. et coll. *Prospective randomized placebo controlled double blind multicenter study to evaluate safety and efficacy of extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in chronic plantar fasciitis*, 4th International Congress of the ISMST, Berlin, 2001.
- Ogden J.A. et coll. *ESWT for heel pain. Final FDA study outcome at one year*, 4th International Congress of the ISMST, Berlin, 2001.
- Rompe J.D. et coll. *Shock waves effectively treat plantar fasciitis*, J. Bone Joint Surg. 84A : 335-41, 2002.
- Hammer D.S. et coll. *Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in patients with chronic proximal plantar fasciitis*, Foot Ankle Int. 2002 ; 23 : 309-13.
- Weil L.S. et coll. *Extra Corporeal Shock Wave Therapy for the Treatment of Chronic Plantar Fasciitis : Indications, Protocol, Intermediate Results, and a Comparison of Results to Fasciotomy*, The Journal of Foot and Ankle Surgery, mai-juin 2002.
- Buchbinder R. et coll. *Ultrasound guided shockwave extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. A randomized controlled trial*, JAMA, 2002 ; 19 ; 288 : 1364-72.
- Loew M., Daecke W., Kusnierczak D. et al. *Shock-wave Therapy is Effective for Chronic Calcifying Tendinitis of the Shoulder*. Journal of Bone and Joint Surgery, Volume 81-B, 1999, pp. 863-67.
- Hearnden A., Flannery M.C. *A prospective, blinded randomised control trial assessing the use of different energy extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendonitis*, 3rd International Congress of the ISMST, Naples, 2000.
- Juan F.J. et coll. *Effectiveness of low-energy extracorporeal shock wave*

therapy on tendinitis of shoulder without evidence of calcific deposit : a preliminary report of a prospective blinded randomized control trial, 4th International Congress of the ISMST, Berlin, 2001.

14. Cosentino R. et coll. *Extracorporeal Shockwave Therapy of Chronic Calcific Tendinitis of the Shoulder in Single-Blind Study*, 5^e International Congress of the ISMST Winterthur, 2002.

15. Schmitt J., Haake M., Hildebrand R. et al. *Low-energy Extracorporeal Shock-wave Treatment (ESWT) for Tendinitis of the Supraspinatus*. Journal of Bone and Joint Surgery, Volume 83-B, 2001 : 873-76.

16. Ogden J.A. et coll. *Lateral Epicondylitis: The FDA Study*, 5^e International Congress of the ISMST, Winterthur, 2002.

17. Haake M. et coll. *Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of lateral epicondylitis : A randomized multicenter trial*. J. Bone Joint Surg. Am. 2002 ; 84-A : 1982-91.

18. Pettrone F.A. et coll. *Evaluation of Extracorporeal Shock Wave Therapy for Chronic Lateral Epicondylitis*, American Academy of Orthopaedic Surgeons : Meeting, Dallas, fév. 2002.

19. Melikyan E.Y., Miles J.N.V., Bainbridge L.C. *A Randomised Double Blinded Study of Extracorporeal Shockwave Treatment (ESWT) for Lateral Epicondylitis - The Derby Tennis Elbow Study*, 5^e International Congress of the ISMST, Winterthur, 2002.

20. Maier M., Steinborn M., Schmitz C. et al. *Extracorporeal Shock-Wave Therapy for Chronic Lateral Tennis Elbow, Prediction of Outcome by Imaging*. Archives of Orthopedics and Trauma Surgery, 2001 ; Vol. 121 : 379-84.

21. Maier M., Steinborn M., Schmitz C. et al. *Extracorporeal Shock Wave Application for Chronic Plantar Fasciitis Associated with Heel Spurs: Prediction of Outcome by Magnetic Resonance Imaging*. Journal of Rheumatology, Vol. 27, 2000 : 2455-62.

22. Rompe J.D., Zoellner J., Nafe B. *Shock Wave Therapy Versus Conventional Surgery in the Treatment of Calcifying Tendinitis of the Shoulder*. Clinical Orthopedics and Related Research. Number 387, June, 2001 : 72-82.

23. Haake M., Rautmann M., Wirth T., Haake M., Rautmann M., Wirth T. *Assessment of the Treatment Costs of Extracorporeal Shock Wave Therapy Versus Surgical Treatment for Shoulder Disease*. International Journal of Technology Assessment in Health Care. Number 4, 2001 : 612-17.