

*Les ondes de choc ont été largement reconnues dans la littérature. À ce jour, l'application de Shockwave thérapie (SWT) dans les TMS a été principalement utilisée dans le traitement des tendinopathies (fasciopathie plantaire proximale, tendinopathie latérale du coude, tendinopathie calcifiante de l'épaule et tendinopathie patellaire, etc.). Ses potentialités concernant le traitement de pathologies telles que l'absence ou les retards de consolidation des fractures osseuses, les nécroses avasculaires de la tête fémorale, etc. sont cependant peu mises en avant. Bien que le mécanisme soit encore peu connu, la majorité des articles publiés ont montré les effets positifs et bénéfiques de l'utilisation de la SWT comme traitement des TMS, avec un taux de réussite allant de 65 à 91 %. Après une présentation des effets physiologiques de la SWT, nous appréhenderons cette technique thérapeutique au travers de cas cliniques. Pour finir, nous évoquerons la place qu'elle occupe dans notre pratique professionnelle.*

## ONDES DE CHOC : EFFETS PHYSIOLOGIQUES ? UN SOUTIEN À NOS TECHNIQUES MANUELLES EN AGISSANT NOTAMMENT SUR LA CELLULE VASCULAIRE

### Définition

“Ondes de choc” : le terme est en principe réservé aux ondes sonores, mais on l’emploie également, par extension, pour dénommer l’onde mécanique qui se transmet à partir d’un point de percussion directe. Ces ondes sont caractérisées par une augmentation brutale et transitoire d’une pression de forte amplitude (jusqu’à plusieurs dizaines de bars) pendant un temps très court (10 nanosecondes). À cette phase d’augmentation succède une phase de pression négative, un peu plus prolongée, qui est à l’origine des phénomènes de cavitation entrant en ligne de compte dans leur action mécanique (création de microbulles gazeuses). La fréquence d’impulsion varie de 1 à 15/20 Hertz pour les 2 méthodes [1].

Il existe 2 types de machines (Fig. 1 et 2):

- **Les machines délivrant des ondes de choc focalisées** utilisent une technique ultra-sonore. On les appelle ainsi car elles sont libérées en un point précis, à distance de la lentille d’émission. Le trajet est direct et la zone d’énergie maximale est fonction de l’applicateur utilisé : elle varie entre 0 et 12 cm. Ce type d’ondes de choc peut pénétrer les tissus profonds. Elles délivrent une pression de plusieurs centaines de bars.
- **Les appareils d’ondes de choc radiales.** Ces ondes mécaniques fonctionnent par choc direct et sont libérées directement au contact de la tête émettrice. Elles peuvent pénétrer dans les tissus jusqu’à 3 à 4 cm de profondeur. Elles sont toutes extracorporelles, et la

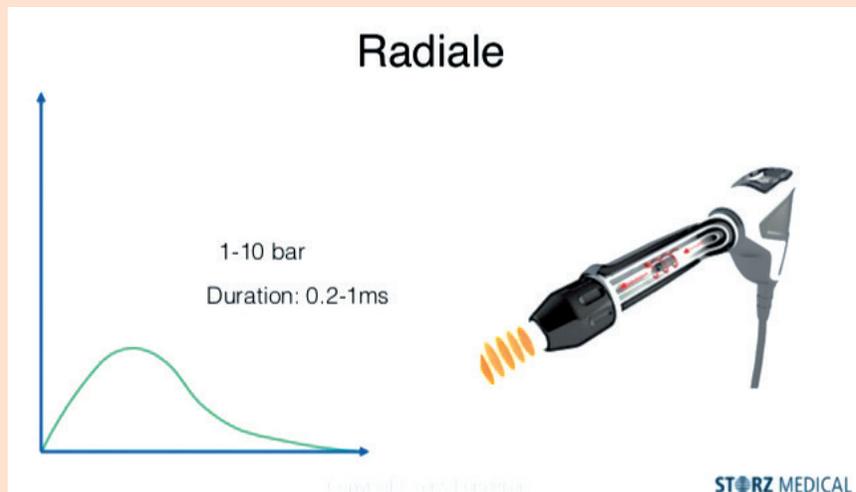


Fig. 1a.

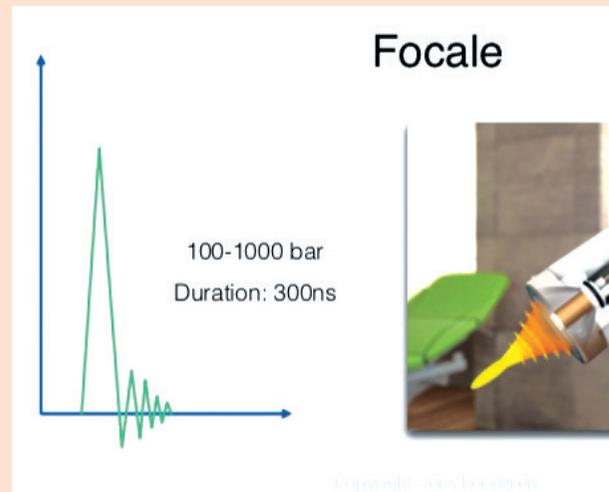


Fig. 1b.

pression délivrée varie de 1 à 10 bars. Elles sont générées à partir d'un compresseur d'air qui propulse un petit projectile qui vient frapper un applicateur fixé dans une pièce à main, posée directement sur la peau. Lorsque le projectile frappe l'applicateur, une onde mécanique radiale (ou sphérique) est créée, et l'onde de choc produite se propage dans les tissus selon une zone d'action qui a la forme d'un cône. La pointe du cône correspond au point de contact entre l'applicateur et la peau ; c'est à cet endroit que l'énergie est maximale pour s'épuiser en profondeur. Pour les 2 appareils, l'application des ondes de choc se fait sur la peau préalablement enduite d'un gel favorisant la distribution des ondes de choc dans les tissus. Cette thérapie est non invasive.

### Des modes d'action combinés

#### Action mécanique

Cette action "traumatisante" est primordiale. C'est d'elle que l'on attend les résultats à long terme [6].

Elle agit de plusieurs façons :

- Par action défibrosante : les ondes de choc ont le même effet que les massages transverses profonds. Tout se passe comme si on créait une microlésion au niveau du tendon, ce qui le rend susceptible de mieux cicatriser ensuite ;
- Par la création d'une hypervascularisation et l'augmentation du réseau capillaire à l'issue d'une séance (prouvée par écho-doppler couleur), qui permettent d'augmenter et d'améliorer le métabolisme local ;
- Par la modification de l'arc réflexe du contrôle du tonus musculaire.

Il est important alors de préciser au patient que l'efficacité du traitement par SWT ne peut pas être observée immédiatement : il faut attendre les délais normaux de cicatrisation des tissus mous, qui sont de l'ordre de 6 semaines, pour apprécier le résultat final.

#### Action sur la douleur : théorie du gate control

Elle explique l'action antalgique immédiate observée en cours de séance ou juste après. On ne peut, en revanche, en attendre qu'une efficacité à très court terme. Elle repose sur le fait que la stimulation des fibres de gros calibre à vitesse de conduction rapide bloque les influx nociceptifs véhiculés par les fibres lentes de faible diamètre. L'inhibition de la douleur se fait au niveau de la substance grise de la corne dorsale de la moelle épinière. *Ce phénomène de priorisation de la voie rapide empêche la remontée des messages douloureux vers les centres supérieurs [5].*

#### Action cellulaire : une cible, la cellule vasculaire

En 2018, Cui HS et al. publient sur la modification par SWT de l'expression des molécules liées à la fibrose dans les fibroblastes dérivés de cicatrices hypertrophiques humaines. Néanmoins le mécanisme n'est pas bien compris [8].

Cet effet s'ajoute aux actions mécaniques et antalgiques. *C'est par cette action cellulaire que l'on peut constater une amélioration clinique plus précoce, ceci dès les premières séances, alors que l'action mécanique n'a pas encore eu le temps de se manifester.*

*Le mécanisme se nomme la "mécanotransduction" : il s'agit d'un phénomène par lequel l'énergie méca-*



© Jens Lundgren

	<i>r</i> ESWT	<i>f</i> ESWT
<b>TYPE</b>	<i>Onde de pression</i>	<i>Onde de choc</i>
<b>PRESSION</b>	<i>0-10 Bar</i>	<i>100-1000 Bar</i>
<b>PULSATION</b>	<i>1 second micro</i>	<i>300 second nano</i>
<b>DIVERGENCE</b>	<i>Divergé / Radiale</i>	<i>Focalisée</i>
<b>PROFONDEUR</b>	<i>Superficielle</i>	<i>Profonde</i>
<b>EFFET</b>	<i>Niveau myofascielle</i>	<i>Niveau cellulaire</i>

Fig. 2.

© Jens Lundgren/Storz Medical

nique présente dans les tissus vivants est transformée en énergie biochimique ou moléculaire, ceci afin d'induire une variété de changements intracellulaires spécifiques. Cela amène ainsi un soulagement de la douleur et une régénération tissulaire qui sont produits, comme cela a été rapporté, par les réponses hématologiques, microscopiques, moléculaires et immunologiques de diverses cellules. Le SWT est donc à l'origine de libération d'endorphines à un niveau local [4].

Il a également été démontré que l'augmentation de la perméabilité de la membrane cellulaire et la destruction des tissus endommagés par induction radicale après SWT favorisent la cicatrisation par :

- La libération de la substance P qui augmente la perméabilité et la division cellulaire. De Girolamo et al. ont constaté que le SWT régularise l'expression du collagène et initie la prolifération cellulaire dans les

ténocytes sains, ce qui affecte positivement le métabolisme des tendons ;

- La diminution du nombre de fibres nerveuses non myélinisées qui déclenchent la douleur ;

- *Concernant la cellule vasculaire* : la libération de facteurs de croissance pour les vaisseaux sanguins. Mariotto montre en 2005 que le SWT stimule la production de monoxyde d'azote qui induit une stimulation du métabolisme cellulaire, la croissance et le remodelage de nouvelles artéioles (néoangiogenèse) et un effet anti-inflammatoire. Les nouveaux vaisseaux sanguins améliorent l'apport sanguin et donc l'oxygénation qui en résulte, ce qui amène une guérison plus rapide des tissus traités.

#### **Du diagnostic vers un traitement plus précis au travers d'une expérience pratique**

Un certain nombre de marques comme Storz Medical offrent les 2 types d'ondes de choc. Leurs applications sont-elles complémentaires ?

#### **Affiner l'évaluation des douleurs des pelvitrochantériens**

Le diagnostic est trop souvent limité à l'atteinte du pyramidal, plus facile à évaluer. Même avec l'imagerie, il est difficile de cibler les éléments pathogènes. Or d'après mon expérience, l'utilisation des ondes de choc focales permet une meilleure identification du ou des muscles lésés, ainsi que des structures concernées (corps musculaire, tendon, jonction myotendineuse) ; elle permet une confirmation plus

**UN PHÉNOMÈNE  
DE PRIORISATION  
DE LA VOIE RAPIDE  
EMPÊCHE LA REMONTÉE  
DES MESSAGES  
DOULOUREUX VERS  
LES CENTRES SUPÉRIEURS**

Fig. 3.



D.R.

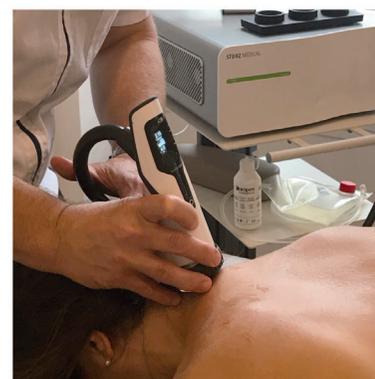
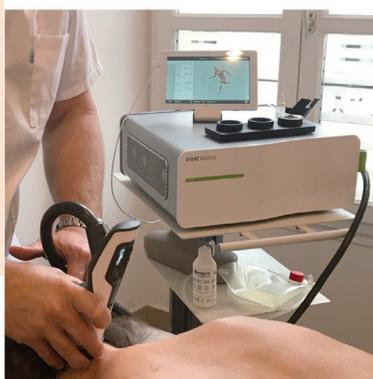


Fig. 4.

D.R.

aisée du diagnostic préalable. En outre, sur le plan thérapeutique, il n'est pas rare de retrouver, grâce à la technologie, une réponse positive sur le muscle obturateur interne ou le carré fémoral. Par ses propriétés, l'onde de choc focale atteint avec précision les structures les plus profondes.

### Inflammations chroniques du tendon d'Achille

Une zone est souvent oubliée, or la jonction myotendineuse, composée de 2 à 4 % de fibres d'élastine, joue un rôle d'amortisseur entre le corps musculaire et son tendon ; en cela, elle sert de véritable zone tampon des contraintes mécaniques. Avec le vieillissement, des microlésions adviennent, qui amènent la jonction myotendineuse à perdre certaines de ses propriétés. Les contraintes exercées sur cette dernière s'en trouvent augmentées, ce qui favorise l'apparition de pathologies sur la gaine du tendon, mais aussi des contractures musculaires dues à la douleur, une perte d'efficacité de la vascularisation du triceps sural : cela entraîne un véritable cercle vicieux. Afin de contrer cela, l'onde de choc focale permet :

- Lors du bilan, de confirmer l'hypothèse thérapeutique ;
- Lors du traitement (Fig. 3), de retrouver tout ou partie des caractéristiques élastiques de cette zone et de stimuler sa cicatrisation par néovascularisation. Si on est équipé des 2 technologies, le traitement est

complété par l'utilisation des ondes de choc radiales sur les corps musculaires (applicateur D20) et le corps du tendon (applicateur C15).

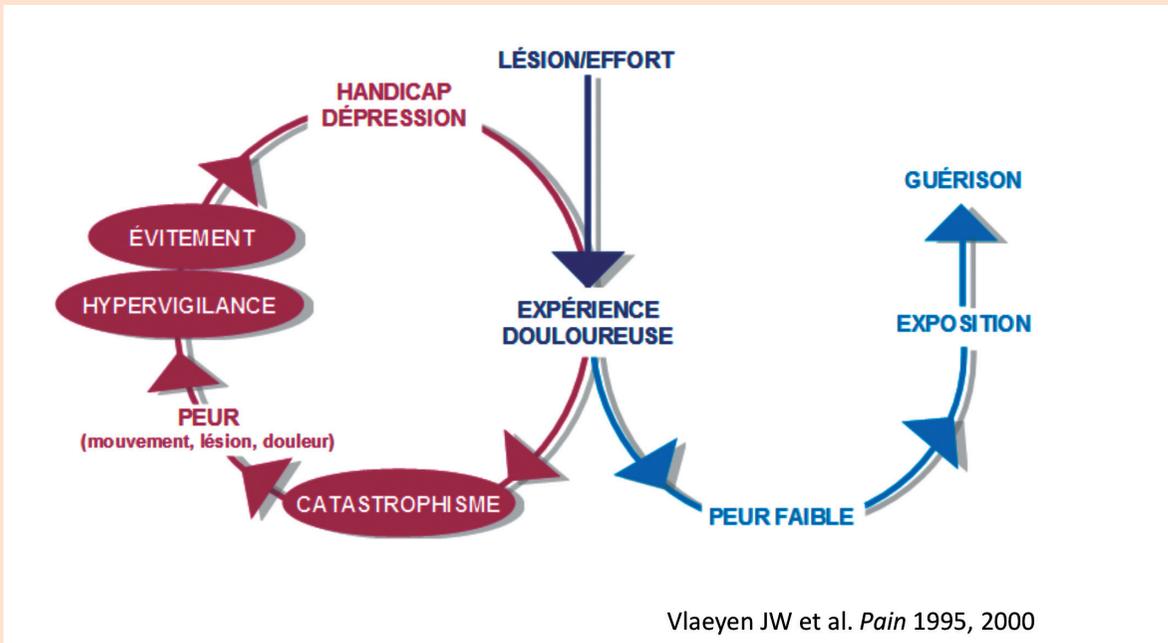
### Le syndrome myofascial

La douleur myofasciale est supposée provenir d'une augmentation anormale de la production et de la libération d'acétylcholine, ce qui induit une dépolarisation prolongée de la membrane de la fibre musculaire, et provoque éventuellement une libération continue et une absorption de l'ion calcium : cela provoque une ischémie musculaire en raison du raccourcissement des sarcomères et de la libération de substances sensibilisantes (substance P, bradykinine, peptide liée au gène de la calcitonine). Le cercle vicieux est activé lorsque les nocicepteurs sont sensibilisés et que l'ischémie musculaire est aggravée. On intègre le SWT dans le syndrome de la douleur myofasciale afin de la soulager en diminuant la concentration de substances P apparentées à la douleur, en favorisant l'angiogenèse et en augmentant la perfusion dans les tissus ischémiques [8].

### Cas clinique 1

Patiente âgée de 40 ans, secrétaire, souffrant d'une scoliose dorsolombaire concave en lombaire droite, et qui présente une douleur augmentée à l'allongement en regard du carré des lombes droit. Diagnostic : syndrome myofascial du carré des

Fig. 5.



D.R.

lombes droit. Objectifs : diminuer ses douleurs, favoriser le mouvement du tronc et retrouver un contrôle lombopelvien efficace. Pour cela, il faut traiter le muscle dans l'ensemble de ses composantes :

- Recherche des points gâchettes avec les ondes de choc focales ;
- Traitement avec les ODCF des différents points, entre 1 000 et 1 500 coups. Ne pas hésiter à travailler à faible intensité, mais en étant bien sur la zone localisée (le faisceau de l'onde est de 3 mm de diamètre), la douleur lors du traitement n'étant pas synonyme d'efficacité ;
- Traitement en utilisant les ondes de choc radiales pour le corps musculaire du carré des lombes avec les applicateurs D20 pour la gamme Storz Medical. La patiente est installée en décubitus latéral pour mettre le muscle en légère tension. On "masse" le muscle à l'aide des ondes de choc (rappel des effets : vascularisation, gate control, raideur...) pendant 2 000 coups en moyenne. Le plus important est de *sentir l'évolution des tissus sous nos doigts*.
- La séance se complète en rééducation par un travail excentrique spécifique du carré des lombes, puis par un travail symétrique de la zone lombo-pelvi-fémorale pour réintégrer le muscle dans la globalité et la fonction.

### Contractures réflexes, triggers points

Ces points douloureux sont provoqués par des positions statiques, des gestes monotones et répétés, ou sont la conséquence de traumatismes. Ils se situent au milieu d'une contracture musculaire.

Les triggers points peuvent également apparaître à la suite d'un traumatisme ou de grandes tensions psychiques [9]. Plusieurs théories tentent d'expliquer le mécanisme qui provoque l'apparition de ces points. Ainsi cela pourrait venir :

- D'une sécrétion importante d'acétylcholine qui provoquerait une contraction "chronique" des fibres musculaires concernées ;
- D'une tension psychique et d'un stress qui augmenteraient l'activité sympathique et le tonus musculaire, même au repos.

Même si ces mécanismes ne sont pas encore confirmés, on sait que physiologiquement, un muscle contracté (qui ne se relâche pas) présente un manque de circulation sanguine. Après un certain temps, les substances chimiques s'accumulent à l'intérieur de cette contracture, ce qui provoque des douleurs renforcées par la fibrose, conséquence du déficit de vascularisation. Cette "douleur chronique" peut renforcer le cercle vicieux décrit par Verhalen. Les propriétés des ondes de choc associées à des techniques de thérapies manuelles nous aident à retrouver un cercle plus vertueux pour le patient.

### Cas clinique 2

Mme B., 45 ans, suite à une chute en ski, souffre, après 48 h, d'une cervicalgie aiguë et porte une minerve.

Le bilan radiologique réalisé à J3 ne révèle aucune lésion.

La perte de mobilité se trouve être de plus de 80 % dans les 3 plans.

La palpation permet de diagnostiquer des contrac-

## Bibliographie

[1] Schmitz C. **La thérapie par ondes de choc extracorporelles radiales.**

Kiné actualité n°1474, 2017.

[2] Nicolle J. **Ondes de choc, une nouvelle possibilité du traitement des fascias.** Kiné actualité n°1436, 2016

[3] Visco V., Vulpiani MC., al. **Études expérimentales sur les effets biologiques de la thérapie par ondes de choc extracorporelles sur les modèles tendineux. Une révision de la littérature.** Ligaments Muscles Tendons 2014 ; 4 :357-361

[4] Waugh CM., Morrissey D., al. **Réponse biologique in vivo à la thérapie par ondes de choc extracorporelles dans la tendinopathie humaine.** Eur Cell Mater 2015 ; 29 :268-80

[5] Santamato A., Notarnicola A., al. **Étude SBOTE : thérapie par ondes de choc extracorporelles versus stimulation électrique après injection de toxine botulique pour la spasticité post-AVC - un essai prospectif randomisé.** Ultrasound Med Biol 2013 ; 39 :283-91

[6] Pavone V., Cannavo L., Di Stefano A., al. **Thérapie par ondes de choc extracorporelles à faible énergie dans le traitement de la tendinopathie d'Achille chronique à insertions : une série de cas.** Biomed Res Int 2016

[7] Hong JO., Park JS, al. **Thérapie par ondes de choc extracorporelles versus injection à point de déclenchement dans le traitement du syndrome de la douleur myofasciale dans le Quadratus Lumborum.** Ann Rehabil Med 2017 ; 41 :582-588

[8] Cui HS., Hong AR., Kim JB., al. **La thérapie par ondes de choc extracorporelles modifie l'expression des molécules liées à la fibrose chez les fibroblastes dérivés de cicatrices hypertrophiques humaines.** Int J Mol Sci 2018 ; 19 pli :E 124

[9] Moghtaderi A., Khosrawi S., Dehghan F. **Thérapie par ondes de choc extracorporelles des points gâchettes du gastro-solaire chez des patients atteints de fasciite plantaire: un essai randomisé et contrôlé par placebo.** Adv Biomed Res 2014 ; 3 :99.

tures, un raccourcissement et une raideur des muscles profonds de la charnière C0-C2 (50 % de la mobilité du rachis cervical en rotation), ainsi que des contractures, un tonus augmenté et une hypoextensibilité des splenius et multifides cervico-dorsaux.

Après un bilan, le traitement est proposé sur 4 séances réparties sur 5 jours, afin de récupérer les mobilités et une EVA < 2, puis égale à 0 au bout d'une semaine. Séance type qui sera répétée 3 jours de suite, suivie de 48 h sans séance puis une 4<sup>e</sup> séance à J5 ou J6.

- On utilise les ondes de choc focales sur les muscles de la charnière cervico-occipitale et sur le splenius, en ciblant les points triggers (Fig. 4). Le relâchement intervient pendant la séance : on ressent sous les doigts la décontraction des muscles ;

- On complète la séance avec les ondes de choc radiales en utilisant les applicateurs "Spine Actor" (Storz Medical). Les propriétés des ondes de choc prolongent significativement l'effet vasculaire et la stimulation cellulaire [2] des multifides, splenius, etc.

- Indispensable, un travail manuel clôture la séance : pompe et mobilisation douce des pivots, qui sera dès lors plus aisée, aussi bien pour nous que pour le patient, rendu moins algique.

### Sport santé : éviter les blessures et favoriser la pratique d'activités physiques en extérieur pour des personnes en surpoids et/ou diabétiques

Le mollet est un muscle gâchette : on note chez les patients en surpoids une perte d'efficacité du déroulement du pas, ce qui a pour conséquence de rendre les chefs musculaires souvent raides et hypoextensibles. Dès les premières sorties, il n'est pas rare que les patients reviennent avec des inflammations de la gaine du tendon et/ou des contractures liées à une perturbation de la vascularisation. À titre curatif comme préventif, nos objectifs thérapeutiques sont de favoriser une meilleure perfusion et l'"élasticité" des tissus pour optimiser leur fonctionnement en endurance, ainsi que leur résistance aux contraintes. L'efficacité de la fonction (dans ce cas, la marche) est synonyme de plaisir pour le patient. Le plaisir est important pour inscrire ce projet dans le temps. Et le temps est primordial pour la réussite d'un projet de sport santé. Pour cela, les ondes de choc semblent parfaitement indiquées :

- Les focales permettent un travail au niveau de la zone myotendineuse du soléaire qui se situe plus en profondeur. On privilégie alors sur cette zone les effets de la SWT sur les fibres d'élastine. Elles sont entretenues par la qualité du mouvement et répondent parfaitement aux stimuli mécaniques ;
- Les focales pourront également être privilégiées pour la bourse pré/rétro Achilléenne ;
- Les ondes de choc radiales permettent de défibroser, d'assouplir et de vasculariser (effet sur les cellules vasculaires, néovascularisation) les corps musculaires du triceps, et principalement le soléaire dont la profondeur limite l'action mécanique du massage manuel. En relâchant ce muscle, on redonne tout son rôle à la pompe musculaire du mollet. Il est primordial, lors de ces prises en charge, d'éviter au maximum les apparitions de la douleur, qui replacent le patient dans son cercle vicieux et le renvoient souvent vers un comportement sédentaire, voire suscitent l'intention de mettre un terme à son projet thérapeutique (Fig. 5).

### Conclusion

À toutes fins utiles, rappelons que *sans les mains du kinésithérapeute, le traitement par ondes de choc est inutile*. Tout au long de la séance, il est essentiel de toucher la zone traitée pour sentir les évolutions suscitées par la SWT.

MATHIAS WILLAME

*DU pathologies rachidiennes. Enseignant à l'École de Montpellier pour le module rachis. Créateur de l'Espace Human Physio à Nîmes.*