

Chirurgie de la main percutanée échoguidée

Ultrasound-guided percutaneous hand surgery

MOUNGONDO F.¹, VAN OVERSTRAETEN L.^{1,2} et SCHUIND F.¹

¹Service d'Orthopédie-Traumatologie, Hôpital Erasme, Université libre de Bruxelles (ULB)

²Hand and foot surgery unit, Tournai

RÉSUMÉ

Introduction : L'amélioration de la résolution échographique avec le développement de sondes haute fréquence a augmenté la précision de cette technique permettant de meilleures performances diagnostiques dans les pathologies des membres supérieurs. En particulier, une autre utilisation de cette technologie a été développée à des fins non seulement diagnostiques mais aussi thérapeutiques. Cette technologie est à présent utilisée non seulement par le radiologue mais aussi par d'autres acteurs comme les chirurgiens de la main pour effectuer des infiltrations précises, des blocs nerveux et de nos jours une chirurgie mini invasive voire percutanée.

Matériel et Méthodes : la chirurgie percutanée guidée par échographie est principalement orientée sur des procédures de libération telles que le traitement du syndrome du canal carpien, du doigt à ressaut ou de la maladie de de Quevrain. Différentes techniques chirurgicales ont été décrites, utilisant des aiguilles de ponction modifiées, des crochets tranchants, des pinces basket ou des instruments spécialement conçu pour effectuer la libération percutanée.

Résultats : certaines études décrivent des résultats cliniques identiques voire meilleurs après la libération percutanée échoguidée en termes de temps de récupération, de douleurs postopératoires et de cicatrice résiduelle. Des études *in vitro* ont révélé une bonne précision de ces procédures avec une faible courbe d'apprentissage et de bons résultats en terme d'efficacité de la libération.

Conclusion : La chirurgie guidée par échographie du membre supérieur est une technique prometteuse alliant précision et efficacité. Même si aujourd'hui ces procédures restent limitées à certaines indications spécifiques, leur utilisation augmente rapidement avec le temps et de nombreuses nouvelles indications et techniques apparaîtront probablement dans les prochaines années.

Rev Med Brux 2020 ; 41 : 348-354

ABSTRACT

Introduction : Improvement of sonographic resolution with the development of high frequency probes increased the accuracy of this technique allowing best diagnostic performances in the upper limb pathologies. Particularly, another use of this technology was developed not only for diagnosis but also for treatment and this technique is now used not only by radiologists but also by others like hand surgeons to perform accurate infiltrations, nerves bloc and nowadays minimally invasive and percutaneous surgery.

Materials and Methods : percutaneous sonographically guided surgery is mainly oriented on release procedure such as treatment of carpal syndrome tunnel, trigger finger or de Quevrain disease. Different surgical techniques are described, using modified punctures needles, hook, basket punch or specifically designed instrument to perform the percutaneous release.

Results : some studies describe similar or better clinical outcomes after percutaneous sonographic guided release in terms of recovery time, post-operative pain and residual scar. *In vitro* studies revealed a good accuracy of these procedures with a low learning curve and good results in terms of release efficiency.

Conclusions : Sonographic guided surgery in upper limb is a promising technique combining accuracy and efficiency. Even if today these procedures remain limited to some specific indications, their use is rapidly increasing with time and many new indications and techniques will probably appear in the next few years.

Rev Med Brux 2020 ; 41 : 358-354

Key words : sonography, hand surgery, percutaneous release

INTRODUCTION

Les avancées technologiques faites ces dernières années en matière d'imagerie médicale par échographie ont permis d'accroître considérablement les performances de cet outil, notamment avec le développement de sondes d'échographie à très haute fréquence qui améliorent sensiblement la résolution et la précision des images obtenues. Cette évolution fait de l'échographie un examen de plus en plus incontournable dans la pratique médicale journalière pour différentes disciplines.

Depuis plusieurs décennies, l'échographie est utilisée à des fins diagnostiques par le radiologue dans le cadre de mise au point de pathologies tendineuses ou ligamentaires, vasculaires, neurologiques ou encore tumorales. Depuis peu, cet outil a été adopté par les anesthésistes dans le cadre de la réalisation d'anesthésies locorégionales ou pour la mise en place de cathéters. Plus récemment, l'échographie a commencé à être utilisée dans le but de guider des gestes thérapeutiques lors de réalisation d'infiltrations de corticoïdes par exemple, gestes pouvant être réalisés par les radiologues, les rhumatologues, les anesthésistes ou les chirurgiens.

La résolution des images issues de l'échographie est proportionnelle à la fréquence de la sonde utilisée. Plus cette fréquence est élevée, moins les ondes sont aptes à pénétrer les tissus en profondeur. Ces caractéristiques font de l'échographie à haute fréquence un outil tout à fait adapté au système musculo-squelettique en général et plus particulièrement au domaine de la chirurgie de la main où les structures anatomiques sont fines et superficielles.

L'utilisation de l'échographie pendant la chirurgie procure certains avantages potentiels. Du fait que l'échographie permet de voir les structures sans réaliser d'ouverture, elle donne accès à la pratique de gestes moins invasifs voire percutanés avec comme conséquence une récupération fonctionnelle potentiellement plus rapide du patient opéré. En chirurgie de la main, la taille de la plaie conditionne l'importance de la fibrose cicatricielle qui s'y associe et dès lors une partie des raideurs postopératoires. Enfin, l'image dynamique obtenue grâce à l'échographie permet au chirurgien d'avoir une meilleure compréhension de la biomécanique normale et des mécanismes physiopathologiques et lésionnels.

Le présent article passe en revue les procédures percutanées échoguidées développées ces dernières années dans le domaine de la chirurgie de la main.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les instruments

La chirurgie percutanée échoguidée consiste principalement en la réalisation de libérations chirurgicales de structures tendineuses ou nerveuses par le biais de sections ligamentaires ou de ténotomies. Différents types d'instruments ont déjà été décrits dans ce but. Certains auteurs ont décrit l'utilisation de deux ai-

guilles de ponction biseautées introduites l'une dans l'autre avec une rotation de 180° qui permettrait de réaliser des ténotomies percutanées de manière précise et efficace¹. D'autres auteurs décrivent l'utilisation d'aiguilles de ponction de différentes tailles telles quelles ou modifiées par pliage², de broches de Kirchner modifiées³ ou encore d'instruments dédiés tels que des pinces d'arthroscopie⁴, des crochets coupants⁵⁻⁸ ou des instruments coupants spécifiques^{9,10}. D'autres auteurs encore décrivent le recours à un fil métallique irrégulier pour couper les structures ligamentaires par des mouvements de va et vient¹².

Les techniques chirurgicales

Ces interventions se déroulent sous anesthésie locale ce qui permet au chirurgien de bénéficier de la collaboration du patient tout au long de la procédure.

La chirurgie du doigt à ressaut

Ayant une prévalence de 2 à 3 % dans la population générale, le doigt à ressaut est dû à une métaplasie fibro-cartilagineuse de la poulie annulaire A1. La chirurgie est indiquée pour les cas réfractaires aux traitements conservateurs¹³.

La chirurgie percutanée du doigt à ressaut n'est pas nouvelle. Décrite initialement en 1958 par Lorthioir⁴, la technique percutanée à l'aveugle présente néanmoins des risques de section partielle de la poulie A1 et de lésions iatrogènes tendineuses ou de structures vasculo-nerveuses adjacentes⁶. L'utilisation de l'échographie permet de contrôler de manière continue la position de l'instrument de section en évitant les structures à risque. Quel que soit l'instrument utilisé, la section de la poulie A1 peut se faire de manière rétrograde (de distal à proximal) ou antérograde (de proximal à distal). Certains auteurs décrivent un mouvement de dedans en dehors de la gaine tendineuse (méthode dite « *intra-sheath* »)⁶, d'autres un mouvement de dehors en dedans de la gaine (méthode dite « *extrasheath* »)⁷ (figures 1 et 2). L'échographie est également utilisée pour contrôler le caractère complet de la libération qui se manifeste par un glissement harmonieux des tendons en plus de la disparition du ressaut clinique.

La chirurgie du canal carpien

Le syndrome du canal carpien est lié à une irritation du nerf médian bien souvent par compression au niveau de cette région anatomique. Il s'agit de la neuropathie périphérique compressive la plus fréquente avec une incidence de 3,5 à 6,2 % de la population générale¹¹. D'origine le plus souvent idiopathique, son traitement consiste en une section du ligament transverse du carpe (LTC).

Cette procédure peut être réalisée de manière percutanée échoguidée, l'échographie permettant de repérer les structures à risques et de définir une ligne de sûreté que Nakamichi⁴ décrit comme étant située sur le LTC à mi-distance entre le bord ulnaire du nerf médian et le bord radial de l'artère ulnaire. Selon cet auteur, c'est au niveau de cette « *safe line* » que le ligament transverse du carpe peut être sectionné avec un faible risque de lésion vasculo-nerveuse ou tendineuse (figures 3 et 4).

Figure 1

Illustration montrant un exemple de traitement percutané échoguidé d'un troisième doigt à ressaut (libération rétrograde, méthode « intra-sheath »). L'échographie permet de distinguer les différentes structures anatomiques et de sectionner précisément la poulie A1 (flèche noire) sans léser d'autres structures par le biais d'un seul point d'entrée (point rouge).

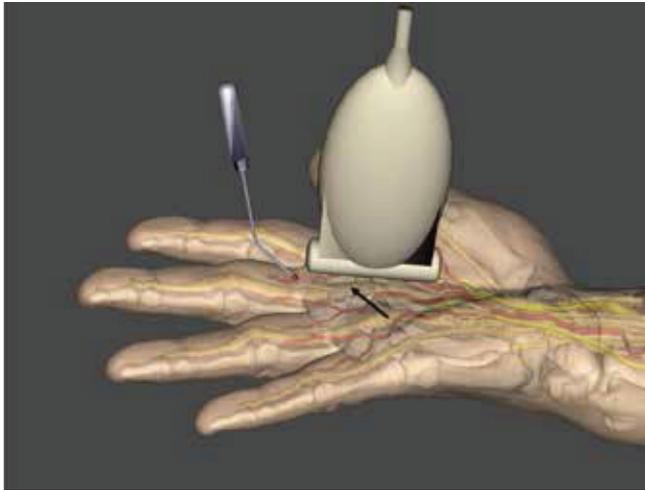


Figure 2

Photo d'une main à trois jours postopératoire d'une chirurgie percutanée échoguidée de trois doigts à ressaut (index, majeur, annulaire). Les points d'entrée sont encore visibles à la base de chaque doigt (flèches bleues).



Figure 3

Illustration montrant un exemple de chirurgie percutanée échoguidée du syndrome du canal carpien par section dorso-palmaire antérograde du ligament transverse du carpe. L'échographie permet de distinguer les différentes structures anatomiques et de placer l'instrument coupant dans la zone de sureté (flèche noire) afin d'éviter de léser les structures vasculo-nerveuses à proximité.

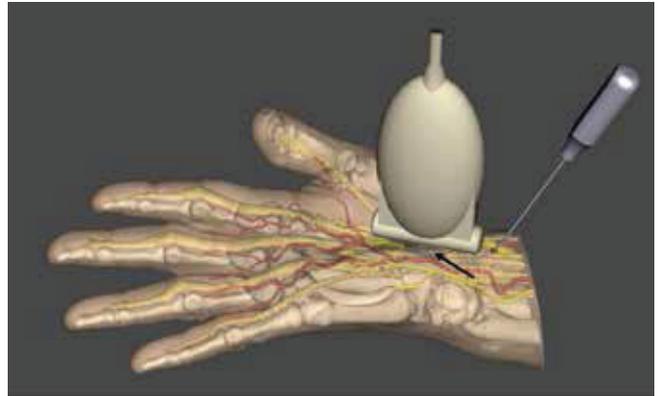
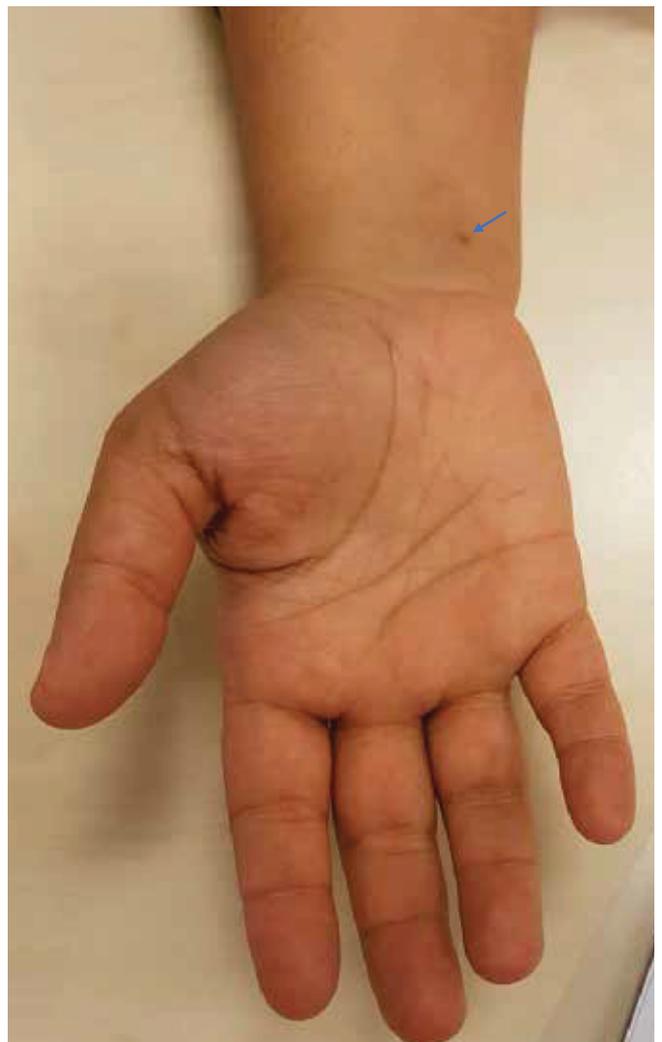


Figure 4

Photo d'une main à une semaine postopératoire d'une libération percutanée échoguidée du nerf médian au canal carpien. Absence de plaie opératoire, seule persiste la cicatrice du point d'entrée (flèche bleue).



Différentes techniques de section percutanée du LTC ont été décrites. En 1997, Nachamichi⁴ fut le premier à décrire une technique utilisant une pince coupante (*pince basket*), dédiée initialement à l'arthroscopie, qu'il coupla à un trocart afin d'éviter l'interposition des tendons dans la pince. Utilisée de manière rétrograde, cette technique nécessitait néanmoins un petit abord chirurgical permettant d'introduire les instruments. Rowe⁵ au début des années 2000 décrivit l'utilisation de l'échographie couplée à celle d'un instrument coupant dédié aux libérations endoscopiques du canal carpien. En 2013, Markinson décrivit l'utilisation d'un instrument coupant nécessitant deux voies d'entrée, l'une proximale et l'autre distale au tunnel carpien⁹. Cet instrument permettait la section du LTC par des mouvements de va et vient une fois son bon positionnement réalisé sous contrôle échographique. Chern *et al.*¹⁵ décrivent en 2014 l'utilisation d'un crochet coupant pour réaliser la section du LTC. Introduit en proximal par une petite incision de 3 mm de long, un dilateur permettait dans un premier temps de créer de l'espace sur la partie palmaire extra-canalair du LTC. Le crochet coupant était ensuite introduit dans l'espace ainsi créé correspondant à la jonction de deux « *safe zones* », l'une transversale localisée entre le nerf médian et le crochet de l'hamatum et l'autre longitudinale n'allant pas plus en distalité que la jonction entre la base et la diaphyse du métacarpien, préservant ainsi l'arcade palmaire superficielle. La section ligamentaire se faisait de palmaire en dorsal par un mouvement rétrograde. Pétrover en 2017 présentait une technique similaire à la précédente, utilisant également un crochet coupant mais introduit en intra-canalair au niveau de la « *safe zone* » longitudinale qu'il décrit comme étant localisée entre le nerf médian, le crochet de l'hamatum, le LTC et les tendons fléchisseurs. La section du LTC se faisait également de manière rétrograde⁸. En 2018, Hening *et al.* proposèrent l'utilisation d'un instrument dédié s'introduisant par une petite incision proximale au canal carpien¹¹. Cet instrument, est équipé d'un ballonnet qui est gonflé une fois introduit dans le canal carpien afin d'écartier les structures à risque. Ensuite, une lame coupante est déployée et permet la section sécurisée du LTC. Alors que les interventions précitées se déroulent en réalisant une incision de taille plus ou moins limitées, Guo *et al.* proposèrent en 2016 une technique 100 % percutanée dans laquelle un fil métallique strié était introduit à l'aide d'un cathéter entrant en proximal et en distal du canal carpien, permettant de disposer le fil métallique tout autour du LTC, la section se faisant par des mouvements d'oscillation du fil métallique strié¹².

La chirurgie percutanée échoguidée de la maladie de Quevrain

La ténosynovite de de Quevrain est une pathologie fréquente dont la prévalence dans la population est de l'ordre de 1,2 %¹⁶. Il s'agit d'une ténosynovite sténosante du premier compartiment des extenseurs du poignet atteignant dès lors les tendons long abducteur du pouce et court extenseur du pouce. La chirurgie est indiquée en cas de non-réponse au traitement conserva-

teur (repos, attelle, AINS ou injection de corticoïdes)¹⁷. La chirurgie consiste en la section du rétinaculum des extenseurs à hauteur du premier compartiment. La-pègue *et al.* décrivent une technique de section percutanée échoguidée rétrograde du rétinaculum des extenseurs à l'aide d'une aiguille de ponction modifiée¹⁶ tandis que Crouzet *et al.* proposent l'utilisation d'une lame spécifique introduite distalement et réalisant également de façon rétrograde la section du rétinaculum¹⁸. La difficulté majeure de cette intervention est liée à la disposition des branches sensibles dorsales du nerf radial qui longent le rétinaculum à hauteur de la zone de section et sont donc à haut risque de lésion iatrogène.

RÉSULTATS

Les résultats des différentes techniques percutanées échoguidées sont très encourageants. Dans la chirurgie du doigt à ressaut, Rojo-Manaute *et al.* décrivent dans une étude sur cadavre un taux de section complète de la poulie A1 de l'ordre de 95,7 %⁶. Dans une étude prospective portant sur 35 procédures sur 25 patients sur une période de suivi de 6 mois, Rajeswaran *et al.*, qui utilisaient des aiguilles de ponction modifiées pour réaliser la section de la poulie A1, ont montré un taux de résolution complète du ressaut de 91 % et une disparition complète des douleurs dans 86 % des cas². Dans la chirurgie du canal carpien Nakamichi⁴ réalisa une étude prospective randomisée et contrôlée comparant 50 libérations percutanées échoguidées à 50 libérations par voie ouverte. Il observait une différence significative entre les deux procédures en termes de douleurs postopératoires et de sensibilité au niveau de la cicatrice opératoire, celles-ci étant moindres après la chirurgie échoguidée jusqu'à la treizième semaine postopératoire. La force de poigne était significativement plus grande dans le groupe échoguidé à la troisième et à la sixième semaine. Cet auteur ne décrit aucune complication neurovasculaire ni tendineuse dans les deux groupes.

Rowe⁵ réalisa une étude sur spécimens cadavériques qui montra l'aspect complet de la section et l'absence de lésion iatrogène au niveau des tissus alentours. Chern *et al.* réalisèrent une étude sur cadavre montrant un taux de section complète du LTC de 90 %. Dans une étude clinique sur 80 patients, ces auteurs décrivent l'absence de complications per et postopératoires et aucune nécessité de conversion en chirurgie ouverte. Une normalisation des symptômes à 12 mois est observée dans 100 % des cas, deux cas présentaient néanmoins des résultats insatisfaisants à 22,5 mois postopératoires¹⁵. Petrover *et al.* rapportent des résultats sur une série de 129 patients ayant bénéficié d'une section percutanée échoguidée du LTC en utilisant un crochet coupant introduit en intracanalair. Dans leur série, une résonance magnétique de contrôle avait été réalisée en postopératoire et avait permis de mettre en évidence un taux de section complète du LTC de l'ordre de 100 %. Dans cette série, le temps chirurgical moyen était de six minutes, les résultats cliniques sont décrits comme bons et aucune complication neurologique n'a

été déplorée⁸.

Dans le traitement de la ténosynovite de de Quevrain, Lapègue *et al.* décrivent sur 10 spécimens cadavériques un taux de section complète du rétinaculum de 0 % et l'absence de lésion vasculo-nerveuse. Dans leur étude clinique sur 35 patients, ces mêmes auteurs décrivent l'absence de complication neurovasculaire, une négativation du signe de Finkelstein de 91,4 % à un mois et 77,1 % de patients satisfaits ou très satisfaits. Ces auteurs décrivent une nécessité de reprise chirurgicale chez 3 patients pour lesquels aucun signe de section du rétinaculum n'était objectivé lors de la chirurgie. Dans leur étude sur 14 spécimens cadavériques, Crouzet *et al.*¹⁸ observent un taux de section complète de 13/14. La présence d'une sous-compartmentalisation du premier compartiment des extenseurs était décrite comme un facteur favorisant une libération partielle. Dans leur étude clinique, ces mêmes auteurs montrent un taux de succès de 19/22 après trois mois sans aucune lésion neurovasculaire déplorée.

DISCUSSION

A la main et au poignet, l'échographie est actuellement utilisée pour assister la chirurgie percutanée du doigt à ressaut, du canal carpien et de la ténosynovite de de Quervain. Un avantage certain semble ressortir de la chirurgie percutanée échoguidée du doigt à ressaut et de celle du canal carpien. Si dans le cadre du traitement du doigt à ressaut, le succès de la procédure est facilement objectivable de par la disparition du ressaut, il n'en est pas de même pour les autres procédures.

L'intervention chirurgicale classique du canal carpien est la section à ciel ouvert du ligament transverse du carpe. Cette procédure présente néanmoins son lot d'effets indésirables tels que la présence d'une cicatrice hypertrophique, une diminution de la force de poigne, la fatigabilité de la main et des douleurs à l'appui sur la paume de la main (*pillar pain*)¹⁵ avec comme conséquences un temps de convalescence prolongé. Ces complications de la chirurgie n'ont été que partiellement diminuées avec la chirurgie endoscopique qui a notamment diminué le temps nécessaire au retour au travail⁹. Néanmoins, la chirurgie endoscopique, du fait de l'insertion à l'aveugle de son trocart et de la vision restreinte qu'elle offre, présente un risque de

complications telles qu'une section incomplète ou des lésions neurovasculaires ou tendineuses⁹.

Compte tenu des différentes études décrites, la chirurgie percutanée échoguidée du canal carpien est prometteuse en termes d'efficacité mais il reste encore à définir l'avantage qu'elle confère en termes de temps de récupération et de complications postopératoires. La chirurgie percutanée échoguidée du canal carpien présente néanmoins des contre-indications. Parmi les contre-indications absolues peuvent être citées la présence d'une déformation du poignet, la présence d'un kyste synovial ou d'éléments responsables d'un effet de masse dans le canal carpien, la présence d'une variation anatomique musculaire ou tendineuse contribuant à la compression du nerf médian et un syndrome du canal cubital coexistant⁹. Les coagulopathies, la présence d'un nerf médian bifide, l'absence d'espace adéquat entre le bord ulnaire du nerf médian et le crochet de l'hamatum et une artère médiane persistante occupant la partie ulnaire du canal carpien sont des contre-indications relatives dépendantes de la technique chirurgicale utilisée.

En ce qui concerne la chirurgie percutanée de la ténosynovite de de Quevrain, les études cliniques ont combiné la libération chirurgicale avec l'injection de corticoïdes chez au moins une partie des patients traités. Cela ne permet pas de distinguer l'efficacité propre de la libération percutanée qui peut être remise en question du fait d'un taux non négligeable de libération incomplète dans les études cadavériques^{16,18}. D'autres études cliniques impliquant plus de patients et n'utilisant qu'une modalité thérapeutique à la fois, semblent nécessaires afin de confirmer l'efficacité propre des procédures percutanées échoguidées dans cette indication. Le tableau résume les différentes techniques percutanées décrites ci-dessus. Des techniques de chirurgie percutanée échoguidée se développent également ailleurs au niveau du membre supérieur, notamment au coude où la chirurgie de l'épicondylalgie peut également se faire de manière percutanée échoguidée consistant alors en une ténotomie du tendon commun des extenseurs¹⁹. Par ailleurs, des techniques de libération du nerf ulnaire au coude ont été décrites²⁰ sur cadavre avec des résultats encourageants en termes de courbe d'apprentissage et de précision dans la section des structures compressives mais leur application clinique n'a pas encore été décrite à ce jour.

Résumé de techniques percutanées échoguidées décrites en fonction de la pathologie traitée. La plupart des techniques décrites ne sont pas tout à fait percutanée mais nécessitent un petit abord chirurgical pour pouvoir être réalisées.

DOIGT À RESSAUT					
Auteurs	Instrument utilisé	Technique	Sens de la section	Voie d'abord	Type d'étude
Chern <i>et al.</i> (2005) ⁷	Crochet coupant	Extra-sheath	Antérograde	Petite incision	Cadavérique et clinique
Rojo Manaute <i>et al.</i> (2010) ⁶	Crochet coupant	Intra-sheath	Antérograde	Petite incision	Clinique
Rajeswaran <i>et al.</i> (2009) ²	Aiguilles	Intra-sheath	Rétrograde	Percutanée	Clinique
CANAL CARPIEN					
Auteurs	Instrument utilisé	Technique	Sens de la section	Voie d'abord	Type d'étude
Nakamichi <i>et al.</i> (1997) ⁴	Pince Basket	Intra et extra-canalalaire	Rétrograde	Une petite incision	Cadavérique et clinique
Rowe <i>et al.</i> (2005) ⁵	lame rétractable	Intra-canalalaire	Rétrograde	Une petite incision	Cadavérique
Markinson (2013) ⁹	Crochet coupant	Extra-canalalaire	Va-et-vient	Une petite incision	Clinique
Chern <i>et al.</i> (2014) ¹⁵	Crochet coupant	Extra-canalalaire	Rétrograde	Deux petites incisions	Cadavérique et clinique
Guo <i>et al.</i> (2016) ¹²	Fil métallique strié	Intra et extra-canalalaire	Va-et-vient	Percutanée	Cadavérique et clinique
Petrover <i>et al.</i> (2017) ⁸	Crochet coupant	Intra-canalalaire	Rétrograde	Une petite incision	Clinique
Hening <i>et al.</i> (2018) ¹¹	Intrument spécifique lame rétractable	Intra-canalalaire	Rétrograde	Une petite incision	Clinique
TÉNOSYNOVITE DE DE QUERVAIN					
Auteurs	Instrument utilisé	Technique	Sens de la section	Voie d'abord	Type d'étude
Lapègue <i>et al.</i> (2018) ¹⁶	Aiguilles	Intra-canalalaire	Rétrograde	Percutanée	Cadavérique et clinique
Croutzet <i>et al.</i> (2019) ¹⁸	Lame spécifique	Intra-canalalaire	Rétrograde	Percutanée	Cadavérique

CONCLUSION

La chirurgie percutanée échoguidée est une technique prometteuse, les procédures percutanées offrent un avantage économique potentiel pour le patient et pour la société de par le raccourcissement du temps de convalescence et la diminution du temps de retour au travail. Certaines techniques peuvent par ailleurs être réalisées en consultation diminuant encore le coût pour la société. La bonne résolution obtenue grâce aux sondes d'échographie à haute fréquence en fait un outil de grande précision permettant de guider ces procédures et de diminuer les complications liées à la chirurgie. Du fait que toutes les structures sont superficielles au niveau de la main, les chirurgies percutanées échoguidées vont probablement se développer dans le cadre d'une chirurgie de la main de moins en moins invasive. Il est probable qu'à l'avenir l'utilisation de l'échographie par les chirurgiens à des fins thérapeutiques se généralise avec comme conséquence une augmentation progressive des indications et des techniques percutanées échoguidées qui seront stimulées par l'amélioration de l'instrumentation et la standardisation des procédures. Cette chirurgie percutanée échoguidée constitue aujourd'hui un carrefour dans lequel chirurgiens, radiologues et rhumatologues se retrouvent à arpenter un même chemin.

Conflits d'intérêt : Le Pr Schuind est fondateur et CEO de Spirecut SA (2020).

BIBLIOGRAPHIE

1. Hopkins J, Sampson M. Percutaneous tenotomy: Development of a novel, percutaneous, ultrasound-guided needle-cutting technique for division of tendons and other connective tissue structures. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2014;58(3):327-30.
2. Rajeswaran G, Lee JC, Eckersley R, Katsarma E, Healy JC. *Eur Radiol.* Ultrasound-guided percutaneous release of the annular pulley in trigger digit. 2009;19(9):2232-7.
3. Saengnipanthkul S, Sae-Jung S, Sumananont C. Percutaneous release of the A1 pulley using a modified Kirschner wire: a cadaveric study. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2014;22(2):232-5.
4. Nakamichi K, Tachibana S. Ultrasonographically assisted carpal tunnel release. *J Hand Surg Am.* 1997;22(5):853-62.
5. Rowe NM, Michaels J 5th, Soltanian H, Dobryansky M, Peimer CA, Gurtner GC. Sonographically guided percutaneous carpal tunnel release: an anatomic and cadaveric study. *Ann Plast Surg.* 2005;55(1):52-6.
6. Rojo-Manaute JM, Soto VL, De las Heras Sánchez-Heredero J, Del Valle Soto M, Del Cerro-Gutiérrez M, Martín JV. Percutaneous intrasheath ultrasonographically guided first annular pulley release: anatomic study of new technique. *J Ultrasound Med.* 2010;29(11):1517-29.
7. Chern TC, Jou IM, Yen SH, Lai KA, Shao CJ. Cadaveric study of sonographically assisted percutaneous release of the A1 pulley. *Plast Reconstr Surg.* 2005;115(3):811-22.
8. Petrover D, Silvera J, De Baere T, Vigan M, Hakimé A. Percutaneous Ultrasound-Guided Carpal Tunnel Release: Study Upon Clinical Efficacy and Safety. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2017;40(4):568-75.
9. Markison RE. A Percutaneous ultrasound-guided MANOS carpal tunnel release technique. *Hand (N Y).* 2013;8(4):445-9.
10. Chung TL, Holton LH 3rd, Banks ND, Goldberg NH, Silverman RP. Efficacy of a percutaneous A1 pulley release technique with identification of anatomic differences between genders. *Ann Plast Surg.* 2006;56(2):133-8.
11. Henning PT, Yang L, Awan T, Lueders D, Pourcho AM. Minimally Invasive Ultrasound-Guided Carpal Tunnel Release: Preliminary Clinical Results. *J Ultrasound Med.* 2018;37(11):2699-706.
12. Guo D, Guo J, Malone DG, Wei N, McCool LC. A Cadaveric Study for the Improvement of Thread Carpal Tunnel Release. *J Hand Surg Am.* 2016;41(10):e351-7.
13. Trigger digits: management, and complications. Ryzewicz M, Wolf JM. *J Hand Surg Am.* 2006;31(1):135-46.
14. Lorthioir J Jr. Surgical treatment of trigger-finger by a subcutaneous method. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40-A(4):793-5.
15. Chern TC, Wu KC, Huang LW, Shao CJ, Wu TT, Kuo LC *et al.* A cadaveric and preliminary clinical study of ultrasonographically assisted percutaneous carpal tunnel release. *Ultrasound Med Biol.* 2014;40(8):1819-26.
16. Lapègue F, André A, Pasquier Bernachot E, Akakpo EJ, Laumonerie P, Chiavassa-Gandois H *et al.* US-guided percutaneous release of the first extensor tendon compartment using a 21-gauge needle in de Quervain's disease: a prospective study of 35 cases. *Eur Radiol.* 2018;28(9):3977-85.
17. McDermott JD, Ilyas AM, Nazarian LN, Leinberry CF. Ultrasound-guided injections for de Quervain's tenosynovitis. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(7):1925-31.
18. Croutzet P, Guinand R, Mares O, Aparid T, Candelier G, David I. Ultrasound-Guided de Quervain's Tendon Release, Feasibility, and First Outcomes. *J Wrist Surg.* 2019;8(6):13-519.
19. Barnes DE, Beckley JM, Smith J. Percutaneous ultrasonic tenotomy for chronic elbow tendinosis: a prospective study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(1):67-73.
20. Poujade T, Hanouz N, Lecoq B, Hulet C, Collon S. Ultrasound-guided surgical treatment for ulnar nerve entrapment: a cadaver study. *Chir Main.* 2014;33(4):256-62.

Travail reçu le 17 août 2020 ; accepté dans sa version définitive le 22 octobre 2020.

CORRESPONDANCE :

F. MOUNGONDO
Hôpital Erasme
Service d'Orthopédie-Traumatologie
Route de Lennik, 808 - 1070 Bruxelles
E-mail : Fabian.Moungondo@erasme.ulb.ac.be