

## Apport du Doppler couleur en ostéo-articulaire

E Lefebvre\* (1), R Bargoin (2) et D Montagnon (3)

### Abstract

#### Value of Color Doppler in musculoskeletal disorders

J Radiol 2005;86:1879-91

In the field of bone and joint diseases, Doppler US signal can now be assessed both qualitatively and quantitatively owing to recent technical improvements. Doppler parameters must be optimized in order to limit intra and inter observer variability. Thus, we propose the systematic use of standard references. First, this review will describe normal anatomical findings on Doppler US. Then, we shall go through each anatomical region detailing not only diagnostic signs and applications, but also the therapeutic impact for patient management.

**Key words:** Tendons. Ultrasound. Doppler.

### Résumé

Les progrès techniques permettent actuellement une étude qualitative et quantitative des signaux Doppler en ostéo-articulaire. Les réglages Doppler doivent être parfaitement optimisés pour éviter une trop grande variabilité des résultats aussi nous conseillons l'utilisation d'un étalon. Après un descriptif anatomo-Doppler normal seront ensuite développées par région anatomique, les multiples applications diagnostiques et ses implications thérapeutiques en pratique courante.

**Mots-clés :** Tendon et gaine. Échographie. Doppler.

**L**'imagerie Doppler couleur a amélioré le diagnostic des lésions abdominales ou gynéco-obstétricales par la prise en compte des modifications vasculaires et ou hémodynamiques au sein des territoires explorés.

Pour la pathologie ostéo-articulaire, les études sont plus récentes car il a fallu attendre le développement des sondes à haute fréquence pour améliorer suffisamment la qualité 2D et Doppler, permettant l'étude des flux superficiels et des flux lents nécessaires à l'étude des tissus superficiels.

Le codage Puissance ou Énergie, ou le Doppler couleur (DC) demande une grande rigueur dans son application et son interprétation. Dans cette revue, nous montrerons comment le DC permet d'apporter des informations nouvelles en terme de physiologie et de caractérisation des tissus en rappelant les conditions techniques nécessaires. Il ne sera pas évoqué au cours de cet article la pathologie vasculaire qui peut accompagner des lésions ostéo-articulaires.

## Conditions techniques

### 1. Les réglages

Les sondes matricielles paraissent actuellement les plus performantes. Les réglages cherchent à obtenir une information couleur la plus riche et la plus fine possible tout en restant interprétable et différentiable des artefacts. Voici les principales règles qui peuvent être proposées :

- la vitesse couleur doit être la plus basse possible adaptée au calibre du vaisseau (artère, artériole) sans aliasing (*fig. 1*) ;
- la fréquence couleur doit être la plus haute possible et adaptée à la profondeur examinée mais il ne faut pas hésiter à essayer

toutes les bandes d'émission avec une focalisation du faisceau sur la zone étudiée (*fig. 2*) ;

- le gain couleur doit être suffisant et doit se situer à la limite de l'apparition d'un bruit de fond avec un filtre de paroi réglé au plus bas ;
- suivant le matériel, on utilisera le mode doppler le plus informatif soit le doppler couleur soit le doppler énergie voire le doppler convergent (bidirectionnel) qui précise le sens d'écoulement des flux. Le 4D couleur donne une cartographie couleur volumique mais compte tenu de la taille de la sonde, elle n'est actuellement utilisable que sur des zones planes et assez larges comme la hanche, le genou. Il n'est pas approprié pour l'exploration des doigts.

### 2. Les pièges

Ils sont nombreux mais se regroupent autour de 2 grands types :

- les artefacts couleur exagérant la vascularisation réelle liés aux mouvements et aux réglages excessifs ;
- un signal couleur trop pauvre sous-évaluant la vascularisation réelle lié à :
  - des réglages insuffisants ou un seuillage des filtres bas trop élevé,
  - une fréquence doppler trop importante par rapport à la profondeur d'exploration,
  - une pression trop forte de la sonde sur les vaisseaux,
  - une focalisation non adaptée à la profondeur étudiée.

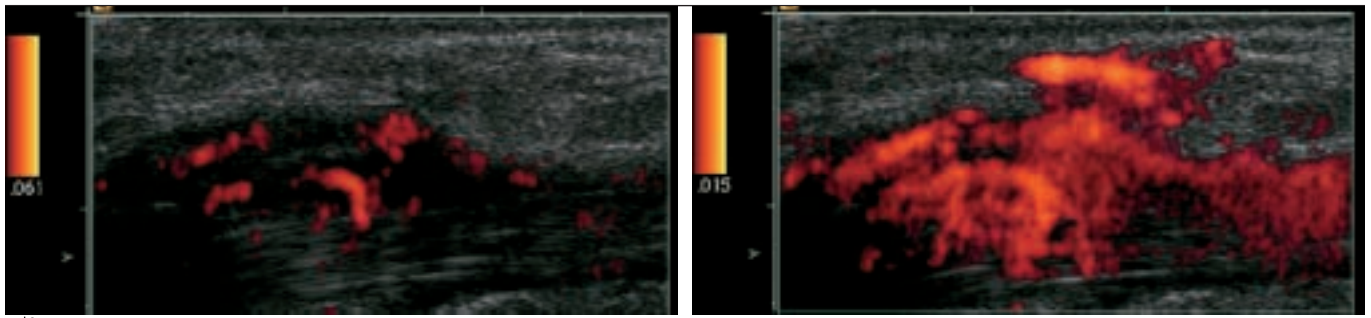
## Que doit-on voir ?

Voici les critères d'évaluation des capacités minimales nécessaires de votre matériel pour être utilisé de façon pertinente en échodoppler musculo-tendineux. La recherche de ces critères permettra aussi d'optimiser vos réglages pour les 3 champs d'exploration les plus utilisés en pathologie ostéo-articulaire :

- champ superficiel de 0 à 2 cm ;

\* E Lefebvre, coauteur du cas clinique avec L Creste.

(1) Centre médical Roosevelt, 45, boulevard Roosevelt, 41100 Vendôme. (2) Centre de Radiologie, 112, allée de la gare, 77350 Le Mée sur Sein. (3) Institut Radiologique Mutualiste, 3, rue Le Verrier, 42100 Saint-Étienne.  
Correspondance : E Lefebvre



a|b

**Fig. 1 :** Coupes longitudinales rétro malléolaires internes. Les 2 clichés sont identiques, seule l'échelle de vitesse Doppler est différente.

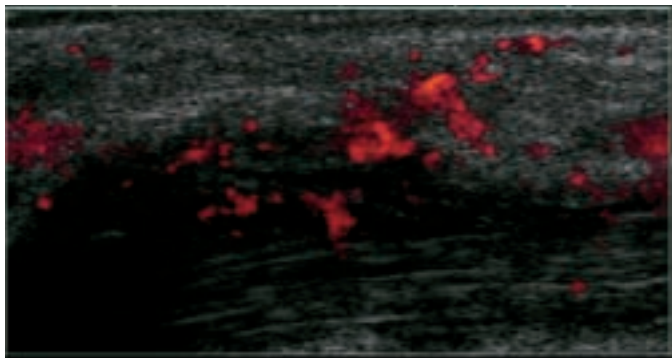
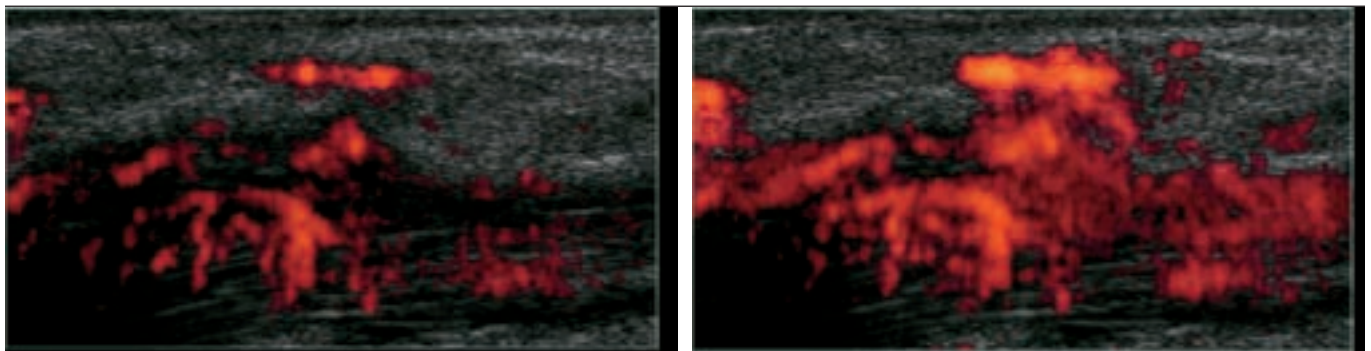
a Échelle de vitesse maximum de 6 cm/sec.

b Échelle de vitesse maximum de 1,5 cm/sec. Ces images donnent une imagerie Doppler énergie de la gaine du tendon jambier postérieur.

**Fig. 1:** Longitudinal sections of internal tuberosity. Both images are identical, only the Doppler velocity scale is different.

a Maximum of 6 cm/sec.

b Maximum of 1,5 cm/s. This image allows Power Doppler analysis and demonstrates synovitis within the posterior tibialis tendon.

a|b  
c|

**Fig. 2 :** Coupes longitudinales rétro malléolaires internes. Les 3 clichés sont identiques, seule la fréquence Doppler est différente.

a Fréquence à 7 Mhz.

b Fréquence à 8,5 Mhz.

c Fréquence à 14 Mhz.

Dans ce cas, l'imagerie doppler énergie de la gaine du tendon jambier postérieur la plus pertinente est de 8,5 Mhz.

**Fig. 2:** Longitudinal section of the internal tuberosity of the ankle 3 similar views using 3 Power Doppler frequencies.

a 7 Mhz.

b 8.5 Mhz.

c 14 Mhz.

The best analysis is at 8.5 Mhz which demonstrates synovitis of the posterior tibialis tendon.

- champ moyen de 3 à 5 cm ;
- champ profond de 6 à 10 cm.

Le champ superficiel (fig. 3a Test 1) est le plus utilisé (main, poignet, coude, épaule, cheville...). L'étalon humain sera la pulpe du pouce de l'examineur (température de la main de plus de 30 °C). Sonde contre la pulpe recouverte de gel et sans appui : on doit voir l'artère pulpaire sur plus de 5 mm et des collatérales sur plus de 2 mm ainsi que des lacs veineux dans les plans hypodermiques superficiels avec un gain maximum sans artefact « de bruit de saturation ».

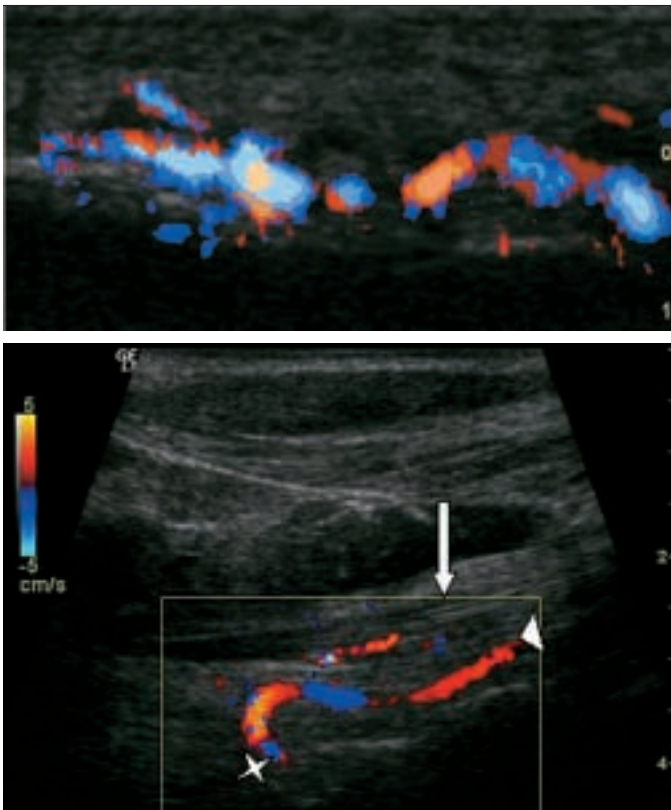
Pour le champ moyen (fig. 3b, c Test 2), la main de l'examineur reste la référence : il faut placer la sonde sur la face externe de l'éminence thénar, viser tangentielle la paume et visualiser le plan des tendons fléchisseurs de l'index et du majeur (reconnus

facilement en mobilisant ses doigts), le DC devant identifier l'arcade palmaire et une collatérale digitale.

Pour le champ profond, on prendra avec une sonde barrette courbe le réglage qui permet de voir la vascularisation rénale jusqu'à 3 mm de la capsule rénale sur un patient sans surpoids corporel.

## Intérêt des produits de contraste ultrasonore ?

Les produits injectables utilisables en doppler peuvent aider dans l'étude des zones profondes (cuisse de sportif) tels le Léovist® (Schering) en augmentant le signal doppler ou le SonoVue® (Bracco), le signal 2D vasculaire avec un programme spécifique



a | b  
c |

**Fig. 3 :**

- a** Test 1 : pouce comme étalon : coupe sagittale (12 Mhz, profondeur 1 cm) montrant l'artère pulpaire sur son trajet et ses collatérales sur 2 mm.
- b-c** Test 2: sonde sur la face externe de l'éminence thénar, visant tangentiellement la paume et visualisant le plan des tendons fléchisseurs de l'index et du majeur (flèche blanche). Voir l'arcade palmaire superficielle (étoile) et artère digitale du 3<sup>e</sup> espace (tête de flèche).

**Fig. 3:**

- a** Test 1: distal thumb used as a standard reference: Doppler showing the distal digital artery and collaterals over 2 mm.
- b-c** Test 2: probe over the lateral end of the thenar eminence with palmar angulation showing the flexor tendons of the second and third fingers (white arrow). The superficial palmar arcade (star) and 3<sup>rd</sup> digital artery (arrowhead) are demonstrated.

harmonique avec une inversion de pulse. Les premières études montrent peu de différences significatives avec la cartographie vasculaire obtenue par Doppler (1, 2).

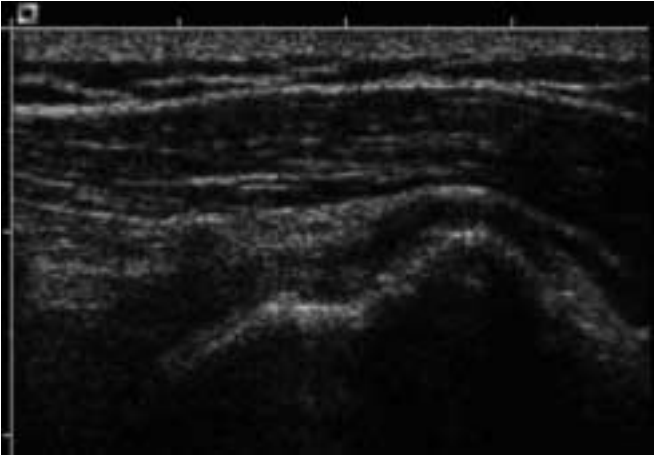
## Sémiologie écho-Doppler couleur

Le principal signe sémiologique recherché est l'hyperhémie ou l'hypervascularisation. Voici quelques règles pour vous aider :

- un vaisseau d'un calibre inférieur à 0,3 mm est difficile à caractériser sur son flux artériel ou veineux peu pulsatile, utiliser la compression douce. Une néo angiogenèse (sur un tendon peigné) est de basse résistance car il y a de nombreux shunts alors que sur une bourse inflammatoire les index sont plus élevés (le lit artériel est présent mais moins développé). L'angiogenèse est plus rapide et abondante quand il y a une origine inflammatoire alors que dans les lésions d'origine mécanique l'angiogenèse est rarement décelable ;
- certains tissus ne présentent aucune vascularisation visible à l'état physiologique avec notre technologie actuelle, l'apparition d'une vascularisation est donc considérée comme pathologique. Ces tissus sont le tendon, la corticale osseuse, la bourse et le paquet graisseux péri-tendineux. Pour ces deux derniers, la vascularisation est non visible spontanément mais joue un rôle important dans la vascularisation et revascularisation du tendon adjacent en cas de lésion. Sur la synoviale saine, on retrouve exceptionnellement quelques spots colorés sur le cul de sac supérieur du genou et sur la face palmaire métacarpo-phalangienne

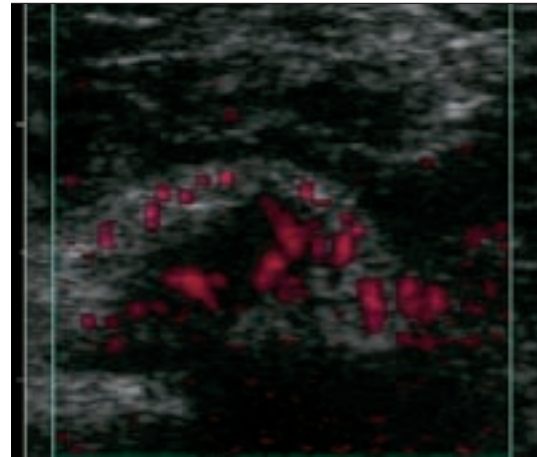
de l'index et du majeur ou la carpo-métacarpienne du pouce (3). Sur l'enthèse, il existe assez souvent des artéfacts de clignotement (crissement au Doppler Pulsé) mais aussi des spots vasculaires en périphérie des enthèses les plus volumineuses correspondant aux artères nourricières. Voir des spots vasculaires sur la jonction myotendineuse est fréquent comme pour le biceps brachial, le tendon quadriceps et le tendon d'Achille. Sur les muscles, de nombreuses artères et veines peuvent être vues principalement dans le péri-mysium (fascia intermusculaire). Lors des traumatismes à type de déchirure, de très nombreux vaisseaux siègent dans le foyer de réparation ;

- l'examen sera systématiquement bilatéral dans les mêmes conditions de réglage, les différences de vascularisation seront bien sûr considérées comme significatives ;
- on peut essayer de quantifier l'hyperhémie. Il existe plusieurs grilles de classification suivant le compartiment anatomique, nous en retiendrons deux :
  - sur une synoviale on peut faire le rapport de longueur, sur une coupe sagittale de la synoviale dans le grand axe de l'articulation, des spots colorés/longueur 2D de la capsule : l'on cote + si le rapport est inférieur à 50 % et ++ s'il est supérieur soit une cotation de 0 à 2+,
  - sur une bourse ou autour d'une calcification une classification avec une échelle de 0 à 3 est envisagée : grade 0 (pas de signal), grade 1 (points colorés de faible intensité), grade 2 (signal linéaire de visualisation de vaisseaux), grade 3 (plusieurs vaisseaux nets) ;
- En dehors des signaux vasculaires d'autres signaux colorés peuvent exister dont 2 sont particulièrement utiles. Le signe du clignotement, artefact de scintillements colorés sur des zones



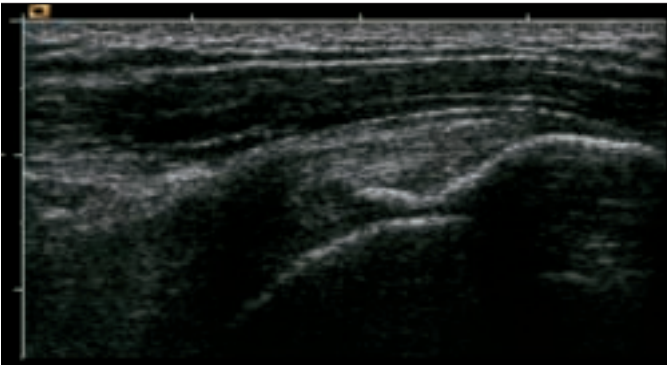
**Fig. 4 :** Coupe verticale antéro externe de l'épaule. Rupture complète du tendon supra épineux.

**Fig. 4:** *Sagittal US image of the shoulder. Full thickness tear of the supraspinatus tendon.*



**Fig. 5 :** Coupe transversale antérieure de l'épaule. Tendinopathie du long biceps avec hypervascularisation. La symptomatologie clinique était liée à la tendinopathie bicipitale et non pas à la rupture.

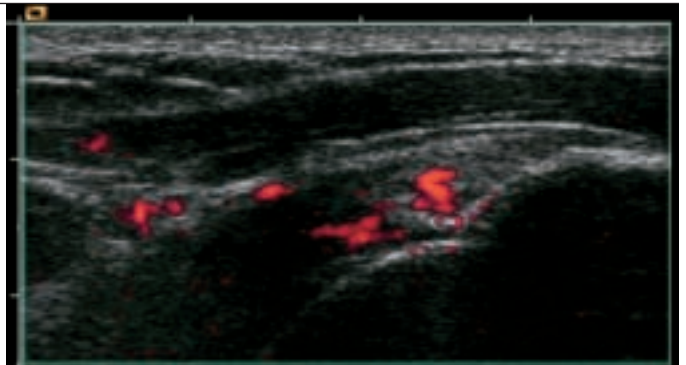
**Fig. 5:** *Transverse view of the shoulder. Tendinosis of the long head biceps with hypervascularity. The clinical symptoms was probably due to the tendinosis of the long head biceps and not to the tear.*



a|b

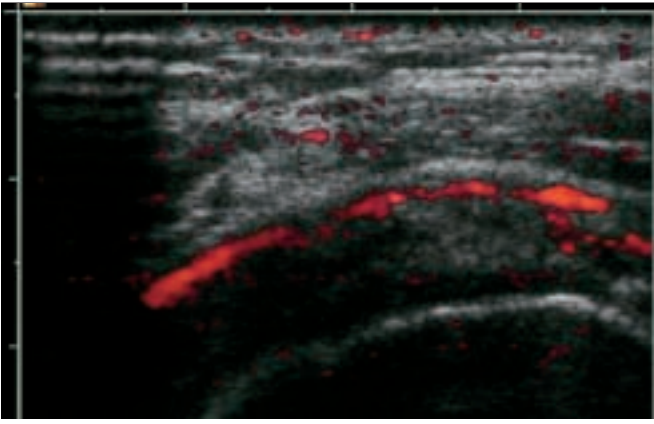
**Fig. 6 :** Coupes verticales antérieures de l'épaule droite. Petit spicule calcifié du tendon supra épineux avec hypervascularisation périphérique, tendinopathie « active » expliquant la douleur clinique.

**Fig. 6:** *Sagittal view of the right shoulder. Small calcified spur of the supraspinatus tendon with peripheral hypervascularity, "active" tendinosis explaining the clinical pain.*



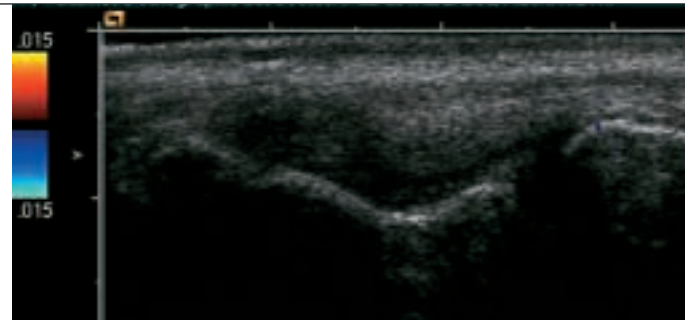
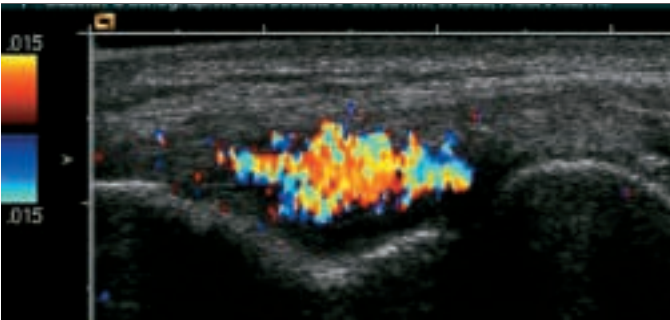
**Fig. 7 :** Coupe de l'épaule en regard d'une calcification du supra épineux DC++ autour de la calcification expliquant la symptomatologie douloureuse aiguë de ce patient.

**Fig. 7:** *View of the shoulder with a calcification of the supraspinatus. DC ++ around the calcification which explains this patient's exquisite pain.*



**Fig. 8 :** Coupe transversale antérieure de l'épaule. Bursite sous deltoïdienne très inflammatoire dans le cadre d'une migration d'une calcification.

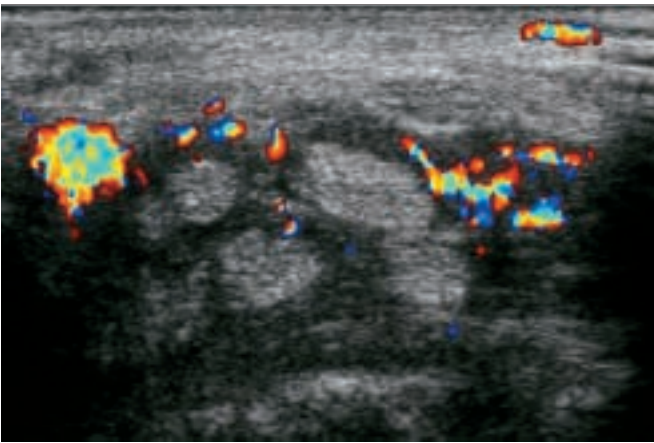
**Fig. 8:** *Transverse view of the shoulder. Inflammatory subacromial bursitis due migration of a calcification.*



a|b

**Fig. 9 :** Coupes verticales externes des 2 coudes en regard de l'épicondyle. Épicondylite simple droite très douloureuse vascularisée. À gauche, tendon épicondylien normal.

**Fig. 9:** *External sagittal view of the right and left epicondyle. Very painful right epicondyle. Normal left tendon.*



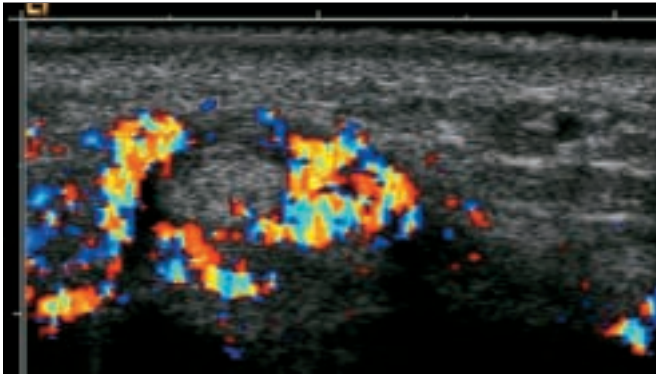
**Fig. 10 :** Coupe transversale du poignet. Ténosynovite des tendons fléchisseurs en regard du canal carpien dans le cadre d'une polyarthrite rhumatoïde.

**Fig. 10:** *Cross section of the wrist. Flexor tendon tenosynovitis with active rheumatoid arthritis.*

hyper échogènes cristallines avec des crissements au Doppler pulsé (DP), correspond sur des zones intra-tissulaires ou des interfaces « rugueuses » comme l'enthèse ou sur les parois d'une collection à des cristaux (apatite, acide urique...) (4). L'artefact de scintillement sur des zones hyper échogènes mobiles dans un liquide (indépendant du mouvement brownien créé par l'effet mécanique du doppler) au sein d'une collection ou d'une bursite traduit souvent la présence de cristaux comme le cholestérol.

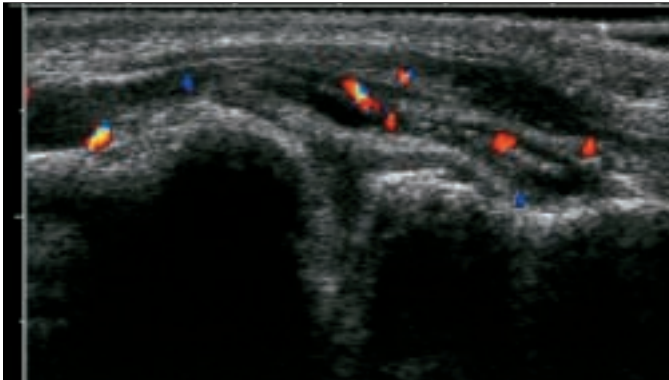
- Doit-on utiliser des indices de Doppler pulsé ? En Doppler pulsé, les indices les plus utilisés sont suivant les écoles la vitesse systolique et la vitesse diastolique et l'index de résistance (IR) ou l'index de pulsatilité (IP). Une mesure est fiable si l'angle de mesure avec le vaisseau est inférieur à 30°. Compte-tenu du calibre

des vaisseaux et de la faible célérité systolique et diastolique, l'IR est plus adapté. Il faut toujours prendre ces mesures en périphérie des nodules ou des « masses » ou sur le plus gros tronc vasculaire extra capsulaire car, que ce soit pour un nodule vascularisé ou une synoviale hypertrophiée l'ouverture des micro shunts fait toujours chuter l'IR au centre de la lésion. En amont par contre, une variation de l'IR pourra être un reflet de la variation du nombre de micro shunts, mais il faut comparer les vitesses à celles mesurées sur la plus grosse artère régionale. Des études ont montré que l'IR est élevé dans les tendinopathies mécaniques et l'IR est bas par élévation de la vitesse diastolique dans les enthèses rhumatismales (néo angiogenèse avec des micro shunts). La mesure de ces indices se justifie en fait en présence de gros vaisseaux obliques



**Fig. 11 :** Coupe transversale de la main. Ténosynovite inflammatoire des tendons fléchisseurs dans le cadre d'une polyarthrite rhumatoïde.

**Fig. 11:** *Cross section of the hand. Flexor tendon inflammatory tenosynovitis with rheumatoid arthritis.*



**Fig. 12 :** Coupes verticales des 2 articulations trapézo métacarpiennes des pouces.  
a Doppler couleur négatif : aspect normal  
b Doppler couleur très positif : atteinte inflammatoire à gauche DC++ avec une hypertrophie synoviale et des microgéodes débutantes dans le cadre évolutif d'une PR.

**Fig. 12:** *Sagittal view of the carpometacarpal joint of both thumbs.*

a DC - on the right synovitis  
b DC ++ on the left synovial hypertrophy and micro geodes in active rheumatoid arthritis.

par rapport au faisceau Doppler et pour une surveillance spécifique. Sur un petit vaisseau les mesures sont peu reproductibles.

## Réalisation pratique de l'examen

L'étude écho-doppler couleur (EDC) ne peut se concevoir qu'après un examen échographique préalable et complet guidé par la clinique et l'exploration radiographique si cela est nécessaire.

L'examen EDC devra être minutieux et comparatif avec le côté controlatéral.

Le DC est un complément ponctuel dans le cours de l'examen, son interprétation intégrera donc l'ensemble des données cliniques, biologiques, radiologiques et bien sûr échographiques.

Dans le cas d'un suivi pathologique comme dans la polyarthrite rhumatoïde (PR), des photos avec des repères (osseux, ligamentaires...) ainsi que le marquage des valeurs techniques permettent une bonne reproductibilité.

## Intérêts pratiques

### 1. Le membre supérieur

#### 1.1. L'épaule

La vascularisation de l'épaule est assurée par : d'une part des branches ascendantes provenant de l'artère circonflexe et d'autre

part, à la partie supérieure par une branche de l'artère acromio thoracique avec une zone toujours vascularisée dans la coulisse bicipitale ou sous le ligament huméral transverse ainsi que des collatérales musculaires.

Le DC peut apporter de nombreux renseignements intéressants dans l'étude des pathologies de l'épaule.

#### 1.1.1. Conditions pratiques particulières

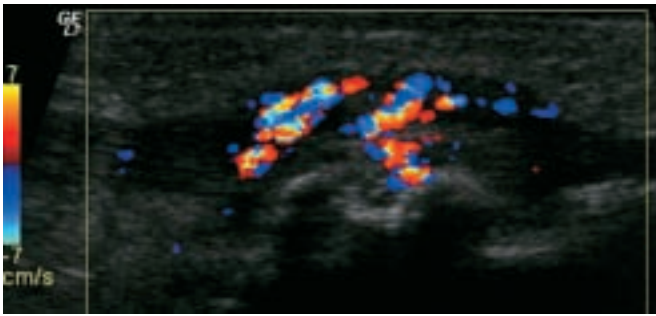
Il faut examiner le tendon qui nous intéresse dans la position la plus neutre possible sans tension ou position de conflit au risque « d'effacer » une hypervascularisation pourtant réelle.

#### 1.1.2. La rupture

Le DC est négatif car il s'agit d'une pathologie mécanique, sa positivité orienterait vers un diagnostic différentiel (tendinopathie...). L'interprétation de la clinique pourra en être modifiée (fig. 4-5).

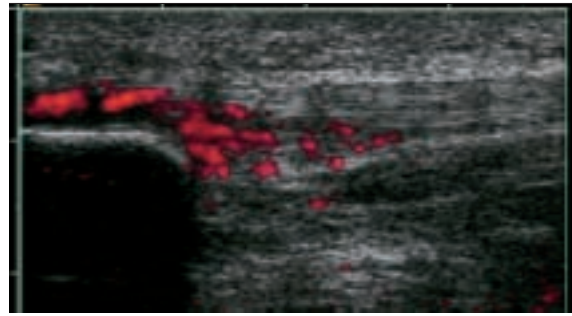
#### 1.1.3. La tendinopathie

La découverte d'une hypervascularisation dans un tendon ou dans une zone d'un tendon d'aspect « sain » en 2D ou à type de tendinopathie chronique plus ou moins calcifié oriente vers une tendinopathie « active » et explique la symptomatologie douloureuse (fig. 6-7). La disparition du signal et de la douleur sous traitement anti-inflammatoire est habituelle. Il existe une bonne corrélation douleur-cartographie DC et traitement (5). De fines plaques calcifiées intra tendineuses, si elles sont peu enveloppées de signaux doppler grade 0 ou 1 diminueront bien à la ponction à l'aiguille fine ; celles classées grade 2 et 3 réagiront mieux au



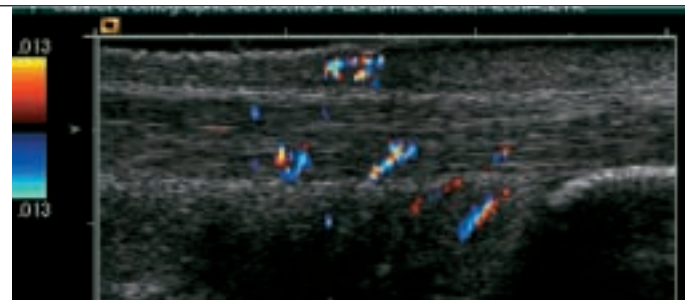
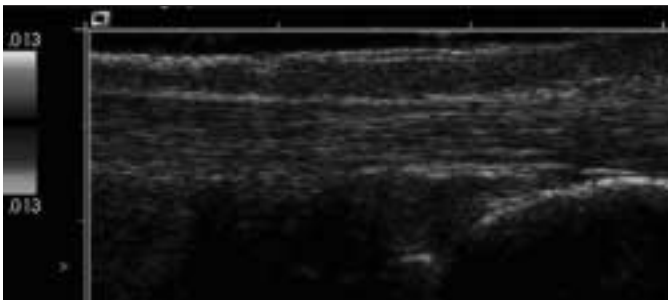
**Fig. 13 :** Coupe verticale antérieure du tendon rotulien d'un enfant. Syndrome d'Osgood-Schlatter.

**Fig. 13:** *Sagittal view of a child patellar tendon. Osgood-Schlatter Syndrome.*



**Fig. 14 :** Coupe verticale antérieure sous rotulienne. Douleur prérotulienne post-jogging. Tendinopathie d'insertion.

**Fig. 14:** *Sagittal anterior patellar view. Post jogging pain. Patellar insertion tendinosis.*



a|b

**Fig. 15 :** Coupes verticales postérieures des tendons d'Achille droit et gauche. Aspect échographique normal mais hypervascularisation à gauche correspondant à la douleur clinique. Tendinopathie débutante.

**Fig. 15:** *Posterior views of the right and left Achilles' tendons. Normal US aspect but hypervascularity on the left corresponding to the clinical pain. Tendinosis.*

traitement médical d'après Chiou *et al.* (6). À long terme, des tendinopathies calcifiantes traitées par infiltration entraînent des épisodes douloureux subaigus avec une tendinopathie à tendon épaissi hypervascularisé focalement avec parfois des signaux DC liés à des artefacts de clignotement sur des micro-calcifications non visibles sur la radiographie.

Jusqu'à présent on considère la calcification comme quasi nécessaire à une tendinopathie, le DC nous permet de montrer qu'un certain nombre de tendinopathies ne présentent en fait pratiquement aucune anomalie à l'échographie 2D.

#### 1.1.4. La bursite

La mise en évidence d'une hypervascularisation au niveau d'une bourse séreuse est importante, une cartographie couleur grade 0 orientant vers une origine mécanique (absence), grade 1 vers un conflit marqué (discrète), et grade 1 à 3 vers des étiologies beaucoup plus inflammatoires (marquées à très marquées) comme une migration d'une calcification ou une polyarthrite. Le DC peut permettre aussi de différencier un épaissement synovial inflammatoire (DC+) d'un épanchement avec des ponts solides fibrineux (DC-) (*fig. 8*).

#### 1.1.5. La capsulite rétractile

Elle s'accompagne au début, lorsque la douleur prime sur l'enraidissement, d'une hypervascularisation de l'ensemble des tendons mais cette situation est temporaire le premier mois, elle correspond à la sémiologie retrouvée en IRM.

### 1.2. Le coude

Les artères visibles sont principalement les artères huméro-radio-ulnaires et les collatérales accompagnant les différents nerfs.

Le DC nous intéressera essentiellement dans l'étude des épicondylites (*fig. 9*), mais il pourra être aussi utile dans les épanchements et les bursites pour déterminer l'origine mécanique, inflammatoire ou infectieuse.

Dans le cas de l'épicondylite, s'il existe une hypervascularisation au sein du tendon hypertrophié de tendinopathie chronique, l'infiltration cortisonique se justifie et diminue efficacement la symptomatologie douloureuse. Dans le cas contraire, elle ne fait que fragiliser le tendon sans aucun bénéfice clinique.

### 1.3. Le poignet

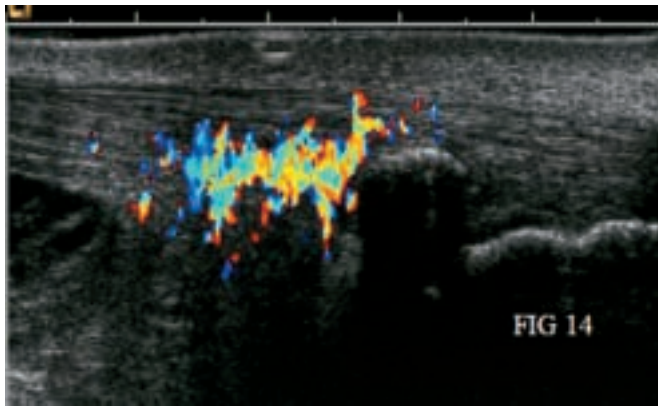
L'étude du poignet est une situation assez fréquente que ce soit devant des tableaux de tendinopathie ou de syndrome du canal carpien.

Bien que le DC n'apporte que peu de renseignements dans le diagnostic positif de compression du nerf médian, il est essentiel de rechercher une artère médiane persistante normale ou thrombosée car sa présence peut être une cause secondaire de compression et surtout contre-indique une chirurgie laparoscopique. Il peut parfois exister une hypervascularisation du nerf dans les cas les plus sévères. La découverte d'une synovite des gaines des fléchisseurs des doigts au DC oriente vers une cause inflammatoire et donc vers un traitement médical de la compression (*fig. 10*).

Le DC peut aussi aider à différencier tendinopathie et ténosynovite sténosante échogène.

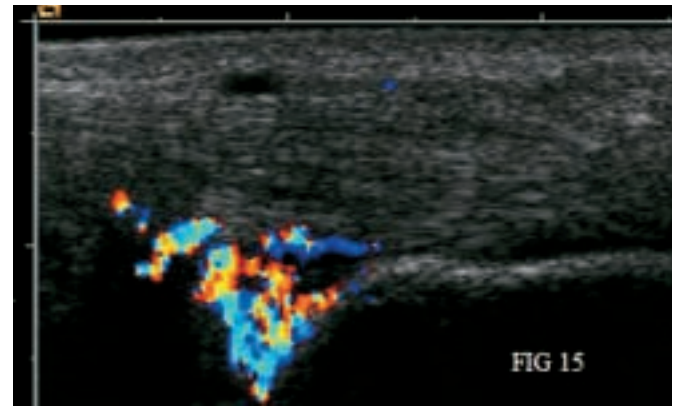
### 1.4. La main

Le DC est surtout intéressant dans l'étude des synovites des articulations métacarpo phalangiennes, inter phalangiennes proximales



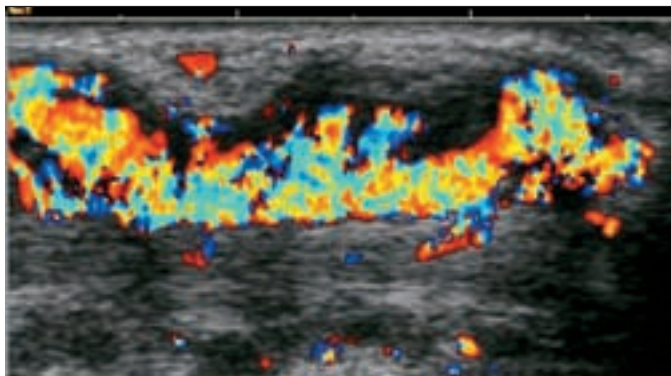
**Fig. 16 :** Tendinopathie calcifiante ancienne en phase aiguë. Coupes verticales postérieures de 2 tendons d'Achille douloureux.

**Fig. 16:** *Acute pain with chronic calcified tendinopathy. Sagittal posterior view of both painful Achille's tendons.*

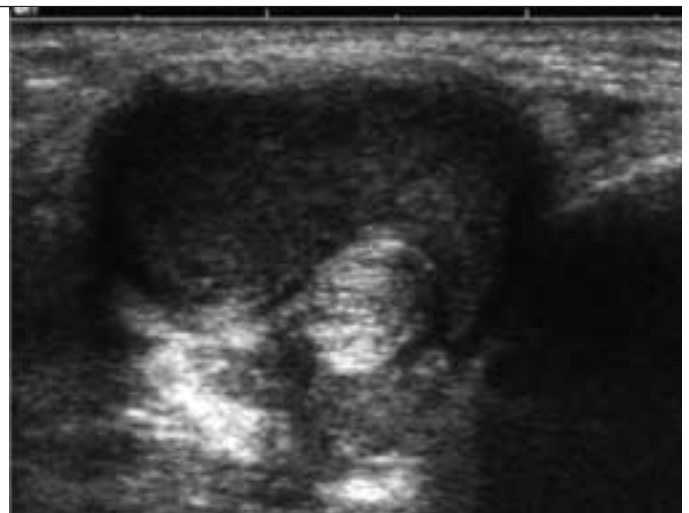


**Fig. 17 :** Bursite pré-achilléenne.

**Fig. 17:** *Achille's tendons bursitis.*

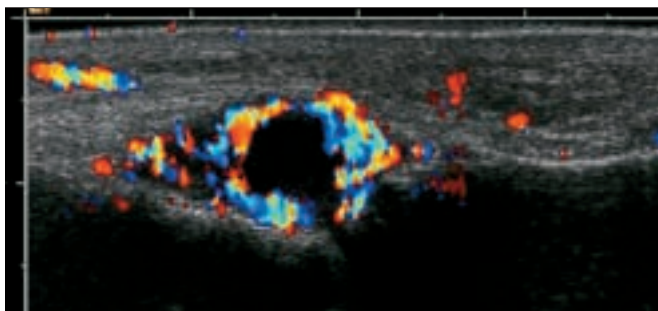


a|b



**Fig. 18 :** Coupes verticale (a) et transversale (b) rétro malléolaires internes. Synovite isolée hypertrophique de la gaine du tendon du jambier postérieur. Le tendon est normal. Il s'agit d'une polyarthrite rhumatoïde.

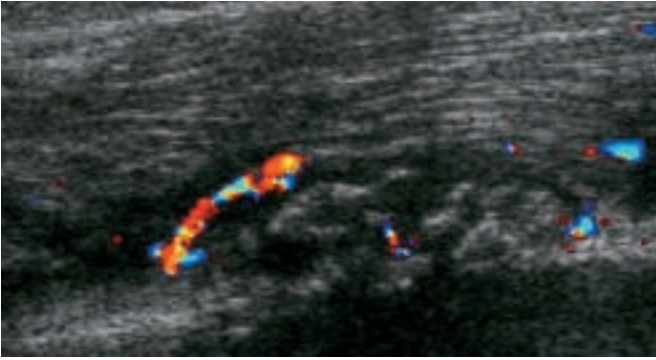
**Fig. 18:** *Sagittal (a) and transverse (b) views of the medial tuberosity of the ankle. Isolated hypertrophic synovitis of the posterior tibialis tendon sheath. The tendon is normal. Rheumatoid arthritis.*



**Fig. 19 :** Coupe longitudinale de l'articulation métatarso-phalangienne du gros orteil. Épanchement artériel hypervascularisation en couronne de la synoviale sans anomalie des contours osseux. Crise de goutte.

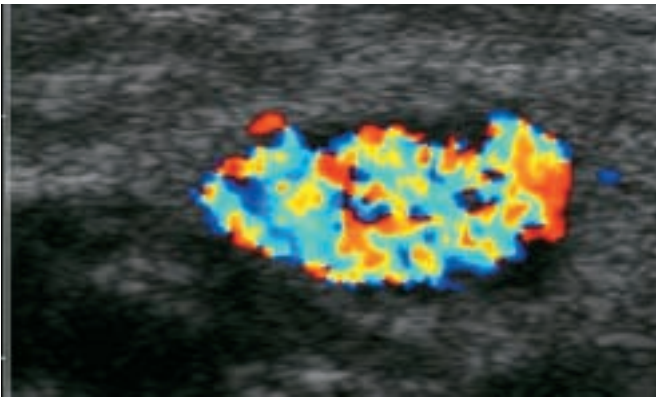
**Fig. 19:** *Longitudinal section of the metatarsophalangeal joint of the first toe. Acute episode of gout with synovial hypervascularity.*





**Fig. 20 :** Coupe verticale du fémur. Lésion sous périostée ostéoblastique irrégulière avec une hypervascularisation périostée. Métastase osseuse d'origine colique.

**Fig. 20:** *Sagittal scanning of the femur. Irregular osteoblastic lesion with hypervascular periostitis. Metastasis from colon carcinoma.*

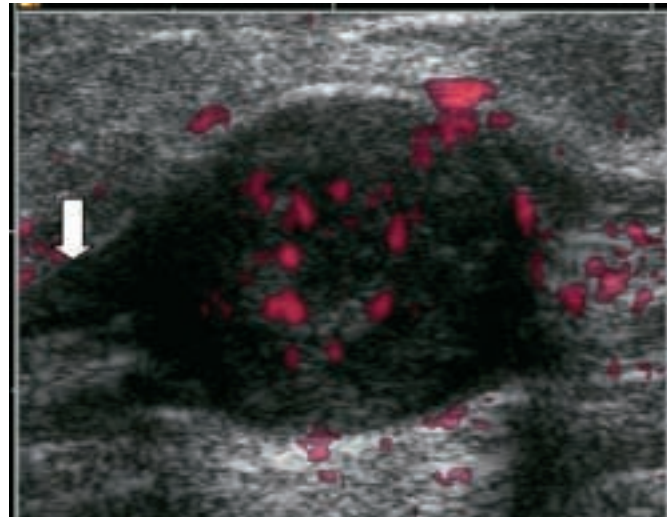


**Fig. 22 :** Coupe verticale externe du genou. Tumeur glomique.

**Fig. 22:** *Sagittal external view of the knee. Glomus tumor.*

et des ténosynovites. L'atteinte de ces articulations est souvent précoce dans la PR. L'échographie objective des synovites dont le caractère bilatéral et symétrique est évocateur. L'exploration des articulations métacarpo-phalangiennes et inter phalangiennes proximales est facile. L'épanchement articulaire est souvent écho-gène, hétérogène et se différencie d'une atteinte septique par la multiplicité des atteintes. L'épaississement synovial est souvent irrégulier avec des franges hypertrophiées « flottantes ». Le DC va quantifier la vascularisation par cartographie entre 0 et ++ par articulation. Le Doppler pulsé permet de déterminer la vitesse systolique, l'index de Résistance et le rapport avec l'artère terminale la plus proche. Des études sont en cours de validation pour des traitements utilisant l'éthanercept (Rémicade\*) et l'infliximab (Embrel\*) en association avec le méthotrexate. Si la synoviale est cotée 0, cette synovite est peu évolutive à ce niveau. En fonction du nombre de sites touchés et de la cotation totale, un score (tenant compte du DC mais aussi des épanchements, de la taille des érosions) peut servir pour la surveillance et peut influencer l'institution d'un traitement local ou général (7, 8, 9). Dans le suivi thérapeutique, la régression des symptômes cliniques et biologiques est associée à la disparition de l'hypervascularisation au DC (10). La surveillance en EDC permet de détecter précocement une rechute par la réapparition des hyper signaux vasculaires.

Le DC synovial est aussi positif dans d'autres maladies inflammatoires (ex : rhumatisme psoriasique) et en pathologie infec-



**Fig. 21 :** Coupe verticale postérieure de cuisse. Schwannome du sciatique poplité externe. Nerf normal fléché.

**Fig. 21:** *Posterior sagittal view of the thigh. Schwannoma of the lateral popliteal nerve.*

tieuse, mais il sera négatif dans les pathologies mécaniques arthrosiques. Dans les conflits avec les poulies, bien que les tendinopathies présentent une hypervascularisation, elle est en général moins intense. Une hypervascularisation des gaines digitales peut traduire des ténosynovites révélatrices d'une PR débutante ou d'une autre maladie inflammatoire (fig. 11-12).

## 2. Le membre inférieur

### 2.1. La hanche

La vascularisation de la hanche est bien visible en pédiatrie, elle est abondante près du col et dans la capsule en liaison avec les artères orbiculaires qui proviennent de collatérales de la circonflexe externe.

En pédiatrie, le DC est surtout utile dans 2 cas :

- la suspicion d'arthrite chez le nouveau-né ;
- plus tard pour différencier une synovite aiguë (ex : rhume de hanche) d'une synovite infectieuse.

Il existe un épanchement dans ces 3 cas du côté symptomatique, mais les flux synoviaux ou sous capsulaire sur le col fémoral sont nettement augmentés dans l'arthrite ou la synovite infectieuse avec un décollement périosté fréquent. Dans la synovite aiguë, il existe temporairement une hypervascularisation de la synoviale qui disparaît lorsque l'épanchement s'installe. Il est conseillé de faire une ponction articulaire au moindre doute en urgence s'il existe un épanchement avec cette hypervascularisation (11). L'arthrite rhumatoïde juvénile retrouve dans un contexte clinique particulier les signes d'une synovite à synoviale épaissie hypervascularisée.

Chez l'adulte, le DC n'apporte pour l'instant que peu de renseignements à ce niveau, sauf pour identifier une origine inflammatoire. Toutefois dans le cadre d'une infection ostéo-articulaire sur du matériel d'ostéosynthèse ou sur une prothèse l'apport de l'écho-doppler est souvent méconnu alors que le scanner ou l'IRM ne sont pas contributifs. L'abcès des parties molles au contact de l'os montre une coque hypervasculaire alors que la partie centrale n'est pas vascularisée ce qui le différencie d'un

hématome, d'un anévrisme avec son flux caractéristique ou d'un kyste mucoïde avasculaire.

La présence d'un épanchement intra-articulaire avec une synoviale vascularisée et des collections extra articulaires est en faveur d'une infection sur prothèse. Les hématomes vieillissants sont hyperéchogènes sans couronne vasculaire (12).

## 2.2. Le genou — la jambe

### 2.2.1. Syndrome de la bandelette ilio-tibiale ou de l'« essuie-glace »

Il correspond à une tendinite de la bandelette ilio-tibiale accompagnée dans 30 % des cas d'une bursite. Située entre la bandelette et le condyle latéral, c'est une collection circonscrite avec une hypervascularisation de l'espace entre la bandelette ilio-tibiale et le processus latéral remontant vers les fibres terminales du muscle vaste latéral, associé à un épaissement hypoéchogène de la bandelette ilio-tibiale au contact.

### 2.2.2. Le cal fracturaire

Depuis longtemps, des études sur les berges fracturaires ont trouvé des vaisseaux sur le périoste qui disparaissent normalement vers 3 mois en présence d'un cal osseux. L'absence de vaisseaux sur la zone de fracture sans cal osseux à la radiographie à 3 mois est en faveur d'une pseudarthrose, la persistance de vaisseaux est en faveur d'un simple retard de consolidation (13).

### 2.2.3. Syndrome d'Osgood-Schlatter

C'est une enthésopathie micro-traumatique souvent associée à une tendinopathie distale du tendon rotulien. Elle correspond rarement à une avulsion du bord antérieur de la tubérosité. Elle survient chez les adolescents actifs pratiquant des sports impliquant des extensions brutales comme le football et est bilatérale dans 50 % des cas. Le diagnostic est clinique. Le cliché simple de profil avec un rayonnement de faible énergie centré sur le compartiment antérieur confirme ce diagnostic en montrant une fragmentation du bord antérieur et distal de la tubérosité antérieure, sans anomalie de la physe et sans arrachement tubérositaire. L'échographie retrouve un épaissement souvent bilatéral du tendon rotulien sans remaniement de l'échostructure mais seul le côté douloureux est hypervascularisé avec des vaisseaux visibles dans l'enthèse du tendon rotulien et ascendant dans le tendon et en périphérie (fig. 13). Une étude faite sur 80 tendons rotuliens dont 30 présentaient ce syndrome clinique, objectivait le même aspect Doppler couleur. L'examen échographique élimine le diagnostic d'arrachement ou une atteinte des parties molles. L'information EDC est supérieure à celle fournie par les clichés radiographiques classiques et n'est pas source d'irradiation. Il doit rapidement devenir l'examen de première intention en cas de suspicion clinique.

### 2.2.4. Le syndrome du Jumper's knee

Il survient chez l'adolescent ou l'adulte jeune avec une prédominance masculine, caractérisé par des douleurs au niveau des insertions proximales et distales du tendon rotulien. L'enthésopathie supérieure du tendon rotulien est la plus fréquente des tendinopathies patellaires (fig. 14). Suite à des sauts répétés, l'atteinte microtraumatique entraîne un élargissement sur le versant profond de la partie centrale du tendon avec une néovascularisation périphérique prédominant aux 2 extrémités. C'est donc une tendinopathie sub-aiguë avec DC positif + survenant à un âge

plus tardif que les maladies de Sinding Larsen Johansson et d'Osgood-Schlatter.

### 2.2.5. La périostite

À la phase pré-radiologique, on retrouve le décollement périosté et une hypervascularisation.

## 2.3. La cheville

### 2.3.1. Le tendon calcanéen (tendon d'Achille)

À l'état physiologique, quelques spots colorés sont visibles dans la graisse de Kager ou en avant de la bourse préachilléenne, mais jamais dans le tendon (fig. 15).

Dans l'étude des tendinoses ou des enthésopathies, le DC permet de s'assurer de l'origine de la douleur : s'il est positif, le tendon peut être légitimement impliqué dans la symptomatologie clinique. Si le Doppler est négatif, il faut rester critique, les altérations échographiques peuvent persister longtemps après la guérison. Parfois les changements de structure sont minimes (fig. 15) ou bilatéraux, un DC positif incriminant alors le tendon hypervascularisé de même qu'autour d'une calcification (fig. 16).

Dans les ruptures, le Doppler couleur permet d'évaluer la présence ou l'absence de tendinopathie préexistante, il peut aider à différencier les zones hématiques organisées avasculaires des zones de tendinopathies habituellement hypervascularisées.

Enfin, le DC est aussi utile dans l'étude des bursites préachilléennes (mécaniques ou inflammatoires) (fig. 17).

L'aspect du tendon achilléen opéré dépend du type de reconstruction, mais il est toujours épaissi avec une perte de l'aspect fibrillaire dans le grand axe du tendon et une hétérogénéité plus ou moins échogène. En post-opératoire immédiat, aucune vascularisation n'est décelée en intra-tendineux, elle apparaît après un mois et s'accroît jusqu'au troisième mois avec un flux diastolique qui augmente progressivement. La vascularisation péri-tendineuse est toujours plus importante et ses modifications sont en parallèle avec la vascularisation intra-tendineuse. Une hypervascularisation péri-tendineuse focale doit attirer l'attention. Il s'agit vraisemblablement d'un facteur de mauvais pronostic comme l'apparition d'un spectre résistif en cas de suture tendineuse ou d'un tendon localement aminci. De même, il existe une bonne corrélation entre la persistance de la douleur et la présence d'une hypervascularisation intratendineuse à 6 mois (14).

### 2.3.2. Les autres tendons de la cheville

Ils sont entourés d'une gaine synoviale, leur atteinte donnera donc des ténosynovites. Le DC permettra, comme nous l'avons vu au niveau du poignet ou de la main, d'aider à la différenciation des pathologies d'origine mécanique ou inflammatoire.

Dans l'enthésite rhumatismale, les lésions prédominent sur les tendons tibiaux antérieur, postérieur et court fibulaire avec des lésions en 2D ainsi que des hyper signaux nombreux sur l'enthèse au contact de l'os. Dans l'enthésite « mécanique » les lésions et les hyper signaux sont plus en amont (environ 5 mm) vers le corps du tendon respectant la zone d'insertion osseuse (15) (fig. 18).

## 2.4. Le pied

De nombreuses pathologies touchant le pied peuvent bénéficier du DC. Nous n'en citerons que quelques-unes plus spécifiques :

- les tendinopathies et les ténosynovites qui présentent les mêmes caractéristiques qu'au niveau de la main ;

- l'aponévrosite plantaire qui correspond à un épaississement parfois vascularisé sur la face plantaire de son insertion ;
- la bursite inter métatarsienne (DC+) qui peut être différenciée du névrome de Morton (DC-) ;
- la synovite aiguë de la crise de goutte débutante de l'articulation métatarso-phalangienne du gros orteil qui présente une couronne hypervascularisée sans érosion osseuse (fig. 19).

### 3. La pathologie tumorale

Elle n'est pas fréquente mais peut toucher l'ensemble du système ostéo-articulaire. Le comportement DC de ces différentes lésions n'est en fait pas encore très bien connu en raison essentiellement de leur rareté et de leur diversité. La plus fréquente est la formation d'origine lipomateuse souvent très infiltrante (épaule, fesse) en échographie 2D paraissant « avasculaire » mais sans signe spécifique de caractérisation tissulaire.

Pour les lésions d'origine musculaire souvent découvertes au cours d'un épisode aigu à type d'hématome sans traumatisme important, il n'y a pas non plus de critère spécifique en dehors du fait de voir la lésion 2D, l'hypervascularisation DC n'ayant pas de valeur décisionnelle évidente actuellement.

L'hémangiome est plus caractéristique car c'est une masse très vascularisée au DC et déformable. Des phlébolithes (zones échogènes avec un cône d'ombre) sont très évocatrices de l'hémangiome.

D'autres tumeurs sont toutefois un peu plus typiques comme le schwannome (fig. 21) à la vascularisation peu dense mais constante situé sur le trajet du nerf ou les tumeurs glomiques (fig. 22) (hyperalgiques) à l'hypervascularisation intense de l'ensemble de la masse. Le neurofibrome est caractérisé par un aspect plus homogène centré sur l'axe du nerf à DC négatif. Pour les tumeurs articulaires comme la synovite villo-nodulaire pigmentaire qui se traduit le plus souvent par une tuméfaction douloureuse du genou, un épaississement synovial nodulaire est retrouvé, il est hypervasculaire (16).

Les métastases osseuses des os longs (fig. 20) montrent en générale au DC une hypervascularisation assez nette.

### Conclusion

Le DC est le témoin d'hypervascularisation ou de l'angiogenèse donc de l'inflammation qui évolue au cours du temps. L'abondante littérature surtout dans les journaux rhumatologiques insiste sur les potentialités de cette technique vérifiée dans des études contrôlées pour tester de nouveaux médicaments anti-inflammatoires ou bloquant l'angiogenèse. Bien réglé, le DC est un outil d'orientation diagnostique aux multiples applications.

### Références

1. Fiocco U, Ferro F, Cozzi L et al. Contrast medium in power Doppler ultrasound for assessment of synovial vascularity: comparison with arthroscopy. *J Rheumatol* 2003;30(10):2170-6.
2. Wamser G, Bohndorf K, Vollert K, Bucklein W, Schalm J. Power Doppler sonography with and without echo-enhancing contrast agent and contrast-enhanced MRI for the evaluation of rheumatoid arthritis of the shoulder joint: differentiation between synovitis and joint effusion. *Skeletal Radiol* 2003;32(6):351-9.
3. Terslev L, Torp-Pedersen S, Qvistgaard E, von der Recke P, Bliddal H. Doppler ultrasound findings in healthy wrists and finger joints. *Ann Rheum Dis* 2004;63(6):644-8.
4. Rahmouni A, Bargoin R, Herment A, Bargoin N, Vasile N. Color Doppler twinkling artifact in hyperechoic regions. *Radiology* 1996;199(1):269-71.
5. Chiou HJ, Chou YH, Wu JJ, Hsu CC, Huang DY, Chang CY. Evaluation of calcific tendonitis of the rotator cuff: role of color Doppler ultrasonography. *J Ultrasound Med* 2002;21(3):289-95.
6. Chiou HJ, Chou YH, Wu JJ et al. The role of high-resolution ultrasonography in management of calcific tendonitis of the rotator cuff. *Ultrasound Med Biol* 2001;27(6):735-43.
7. Teh J, Stevens K, Williamson L, Leung J, McNally EG. Power Doppler ultrasound of rheumatoid synovitis: quantification of the therapeutic response. *Br J Radiol* 2003;76(912):875-9.
8. Cimmino MA, Parodi M, Silvestri E, Garlaschi G. Correlation between radiographic, echographic and MRI changes and rheumatoid arthritis progression. *Reumatismo* 2004;56(1 Suppl 1):28-40.
9. Filippucci E, Farina A, Carotti M, Salaffi F, Grassi W. Grey scale and power Doppler sonographic changes induced by intra-articular steroid injection treatment. *Ann Rheum Dis* 2004;63(6):740-3.
10. Walther M, Harms H, Krenn V. Correlation of power Doppler sonography with vascularity the synovial tissue of the knee joints in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum* 2001;44(2):331-8.
11. Strouse PJ, Di Pietro MA, Adler RS. Pediatric hip effusions: evaluation with power Doppler sonography. *Radiology* 1998;206(3):731-5.
12. Morvan G, Busson J, Wybier M, Mathieu P, Vuillemin-Bodaghi V. L'échographie des arthroplasties de hanche douloureuse. Actualités en échographie de l'appareil locomoteur. Montpellier : Sauramps ; 2004. p. 9-18.
13. Elanga M, Bouche B, Putz P, Dumont N. Ultrasonography and Doppler effect, an original method for the early and dynamic evaluation of bone callus. *Acta Orthop Belg* 1997;63(4):233-9.
14. Brasseur JL, Nicolaon L, Saillant G. Critères de reprises des activités sportives après chirurgie des tendons ; l'apport de l'échographie in J Rodineau et G Saillant : Panorama en médecine sportive. Paris : Masson ; 2002. p. 271-8.
15. Miquel A, Lesavre A, Micelli C, Menu Y. Échographie-Doppler des enthésites. Actualités en échographie de l'appareil locomoteur. Montpellier : Sauramps ; 2004. p. 167-74.
16. Yang PY, Wang CL, Wu CT, Wang TG, Hsieh FJ. Sonography of pigmented villonodular synovitis in the ankle joint. *J Clin Ultrasound* 1998;26(3):166-70.

Suite en page suivante.

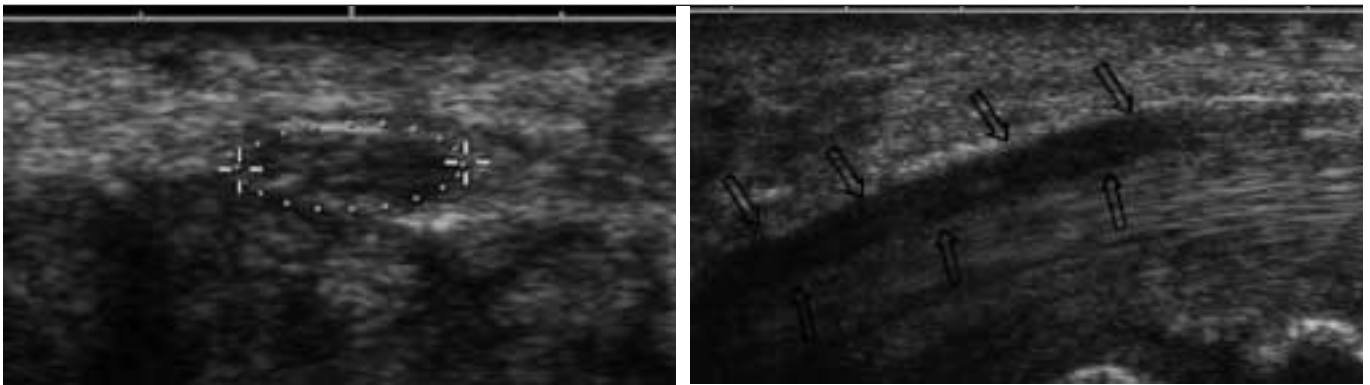
## Histoire de la maladie

Le patient présente une symptomatologie clinique faisant évoquer un syndrome du canal carpien droit survenant au décours d'un week-end de motocross, avec à l'examen une tuméfaction de la paume de la main d'apparition apparemment récente. L'interrogatoire relève une chute de cyclomoteur avec plaie de la paume de la main 10 ans auparavant sans problème au décours. L'électromyogramme montre un aspect de syndrome du canal

carpien D et l'échographie révèle la présence de corps étrangers pyramidaux peu réverbérants. Le nerf médian présente un aspect normal (la section du nerf est de  $8 \text{ mm}^2$ ).

## Questions

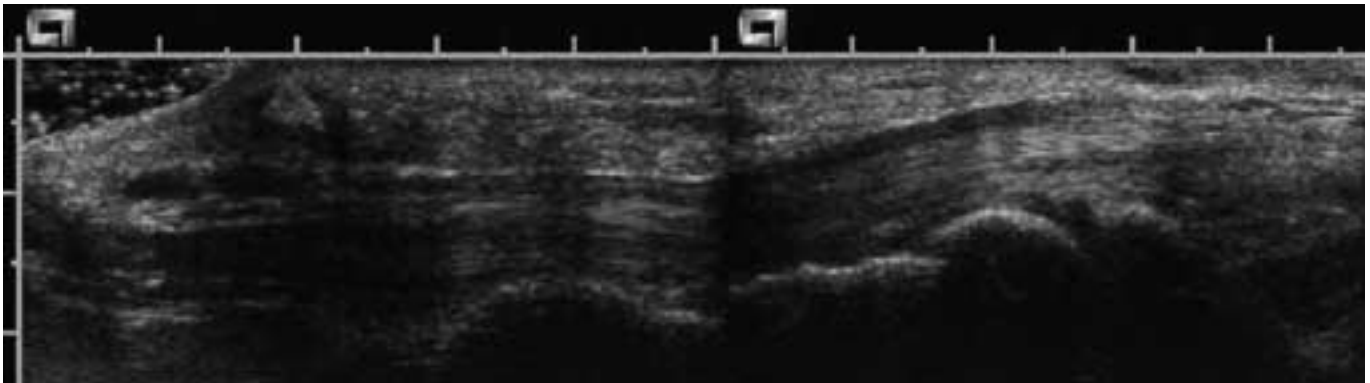
1. Que déduisez vous de ces coupes (fig. 1 à 4) ?
2. Quel est votre diagnostic ?



a|b

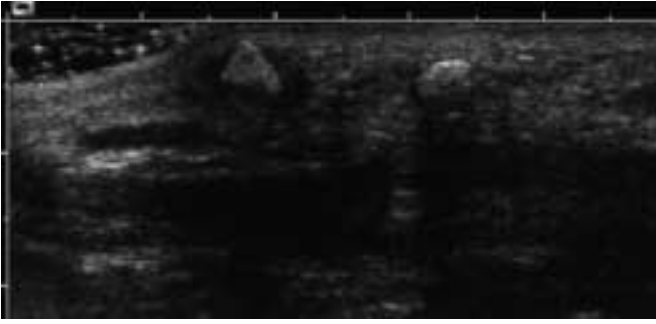
**Fig. 1 :** Nerf médian au niveau du canal carpien en coupe transversale et en coupe longitudinale : aspect normal (la section du nerf est de  $8 \text{ mm}^2$ ).

**Fig. 1:** *Median nerve inside the carpal tunnel on transverse section and longitudinal section: normal aspect (the section of the nerve is of  $8 \text{ mm}^2$ ).*



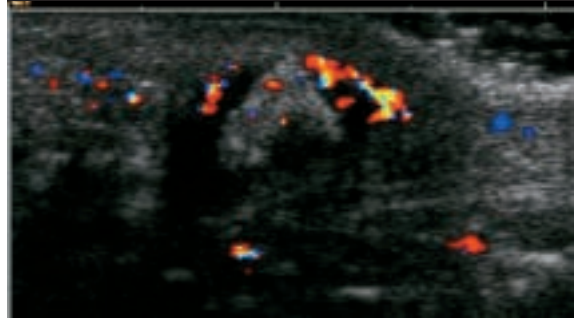
**Fig. 2 :** Coupe longitudinale de la paume de la main et du canal carpien (corps étranger avec son œdème comprimant le nerf médian).

**Fig. 2:** *Longitudinal section of the palm of the hand and carpal tunnel (Foreign body with œdema compressing the median nerve).*



**Fig. 3 :** Deux corps étrangers avec et sans œdème de 3 à 4 mm.

**Fig. 3:** *2 foreign bodies, 3 and 4 mm in size, with and without edema.*



**Fig. 4 :** Réaction inflammatoire au Doppler couleur autour du corps étranger symptomatique.

**Fig. 4:** *Inflammatory reaction with DC around the symptomatic foreign body.*

## Réponses

1. Il n'est mis en évidence aucun signe échographique en faveur d'un syndrome du canal carpien droit. En regard de la tuméfaction située dans la paume de la main, il existe une masse quadrangulaire hyperéchogène de 5 mm incluse dans une zone arrondie hypoéchogène avec une hypervascularisation au Doppler couleur, cet aspect fait évoquer un corps étranger. Cette masse est située juste au dessus du nerf médian entraînant manifestement une compression à la pression de la masse. À noter d'autres images de possible corps étranger, mais sans aspect hypoéchogène périphérique et sans vascularisation périphérique visible au DC.

2. Compression du nerf médian par un corps étranger ancien et son œdème secondaire dû à l'inflammation provoquée par traumatismes répétés de la poignée des gaz de la moto.