

# Innovation Dans l'Imagerie: Ultrasons 3D

SORNEST 14 Mars 2024



Stefano Carda, PD, MER  
Service de Neuropsychologie et Neuroréhabilitation  
CHUV - Lausanne - Switzerland

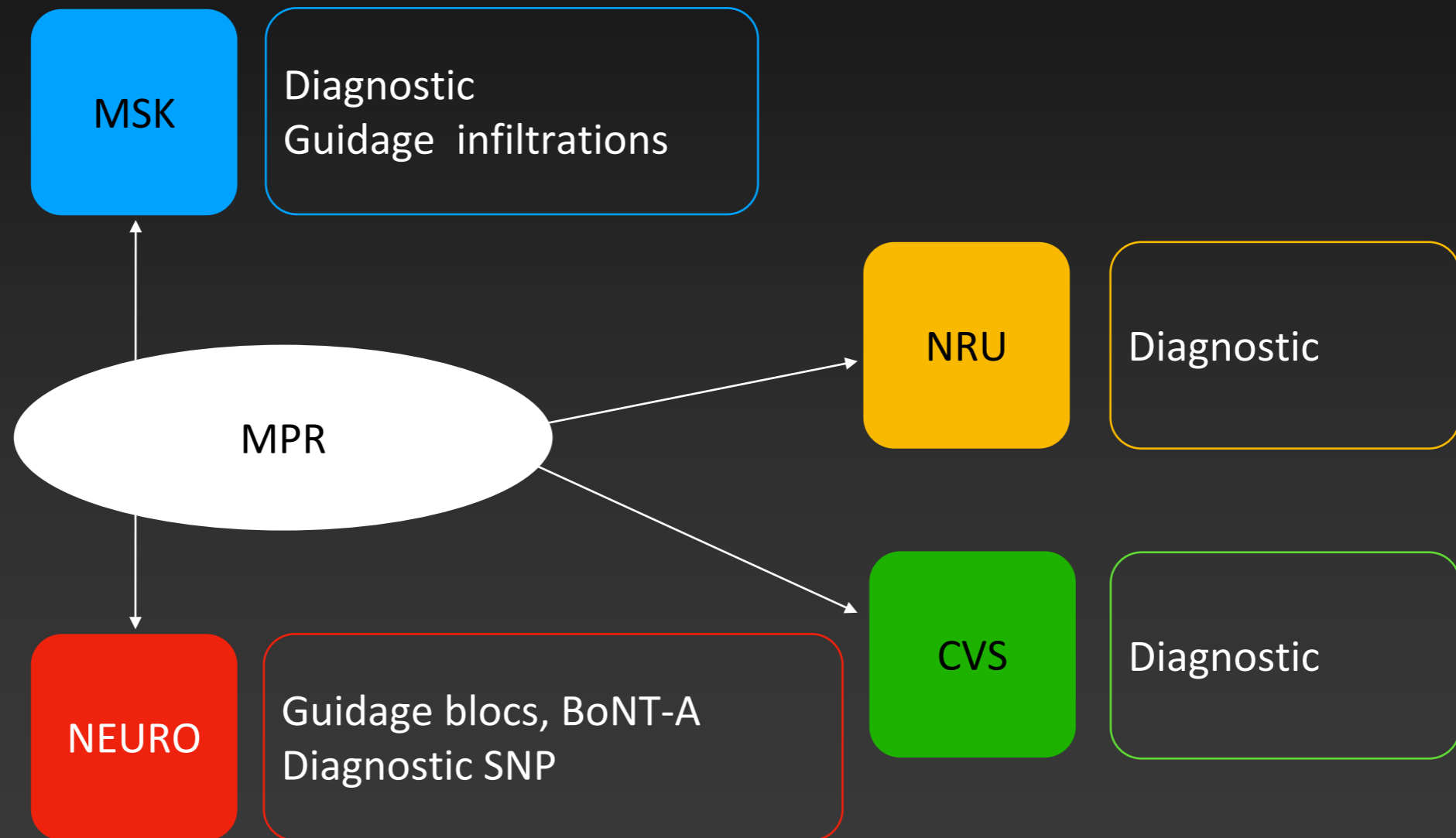
# Objectifs

- Illustrer les possibilités actuelles de l'US3D
- Illustrer les possibles utilisations cliniques de l'US3D, pertinentes pour la MPR
- Discuter les limitations actuelles et les possibles développements



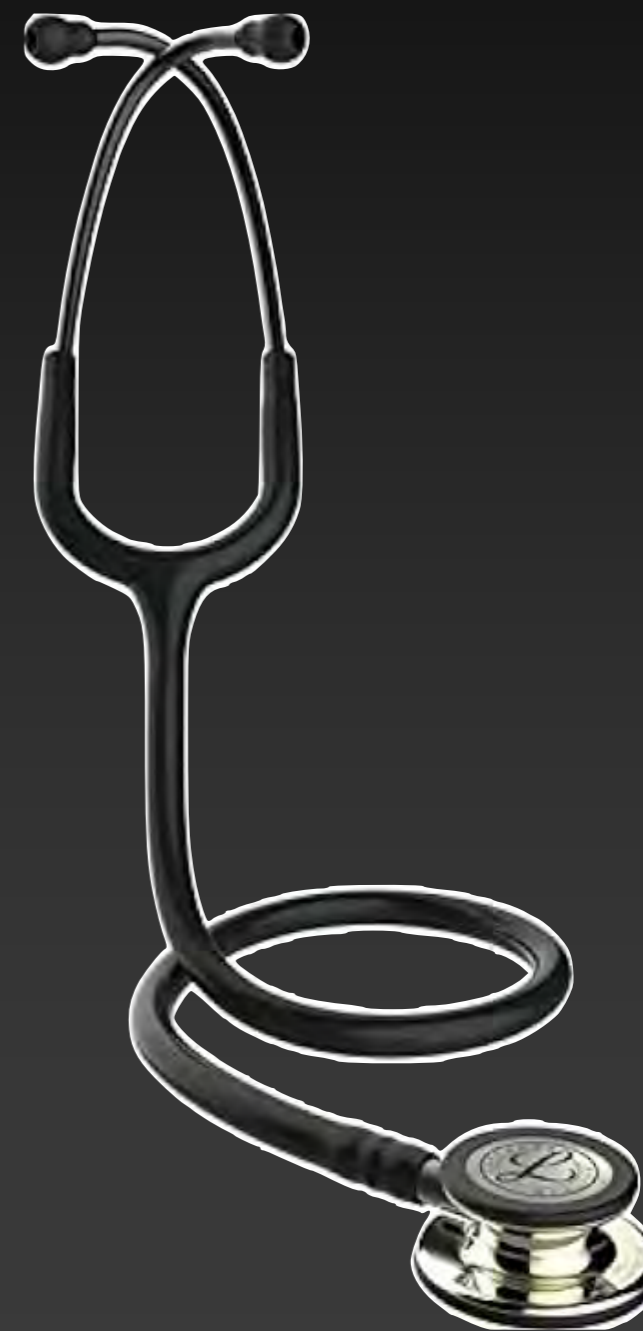
# Ultrasons et MPR

Liste non-exhaustive...



# Ultrasons et MPR

Rôle

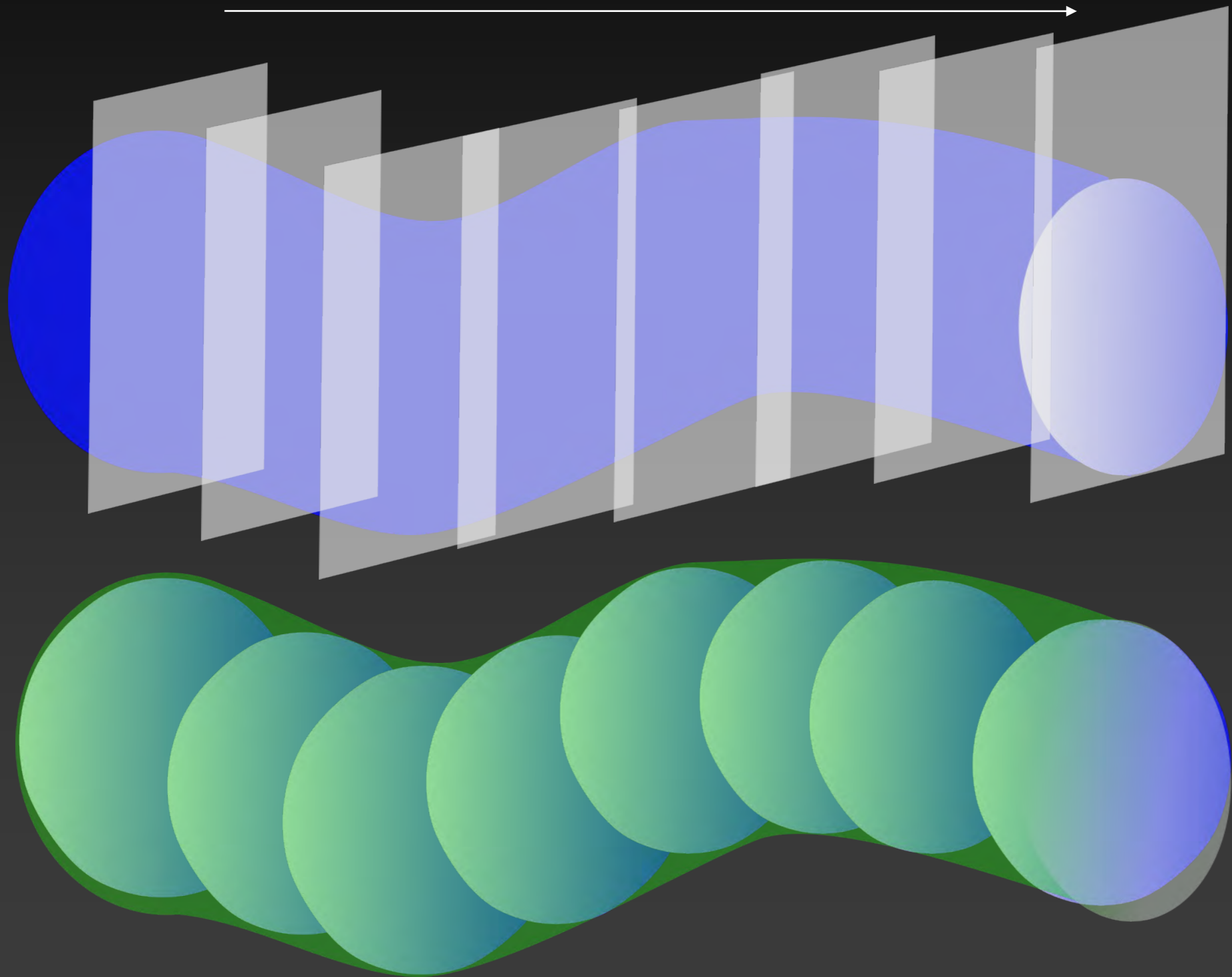


# US3D - Qu'est-ce?

- US3D est une technique qui permet d'acquérir des volumes avec l'US
- Les volumes peuvent être manipulés pour obtenir des images 3D
- Premières utilisations en gynécologie



# Principe US3D



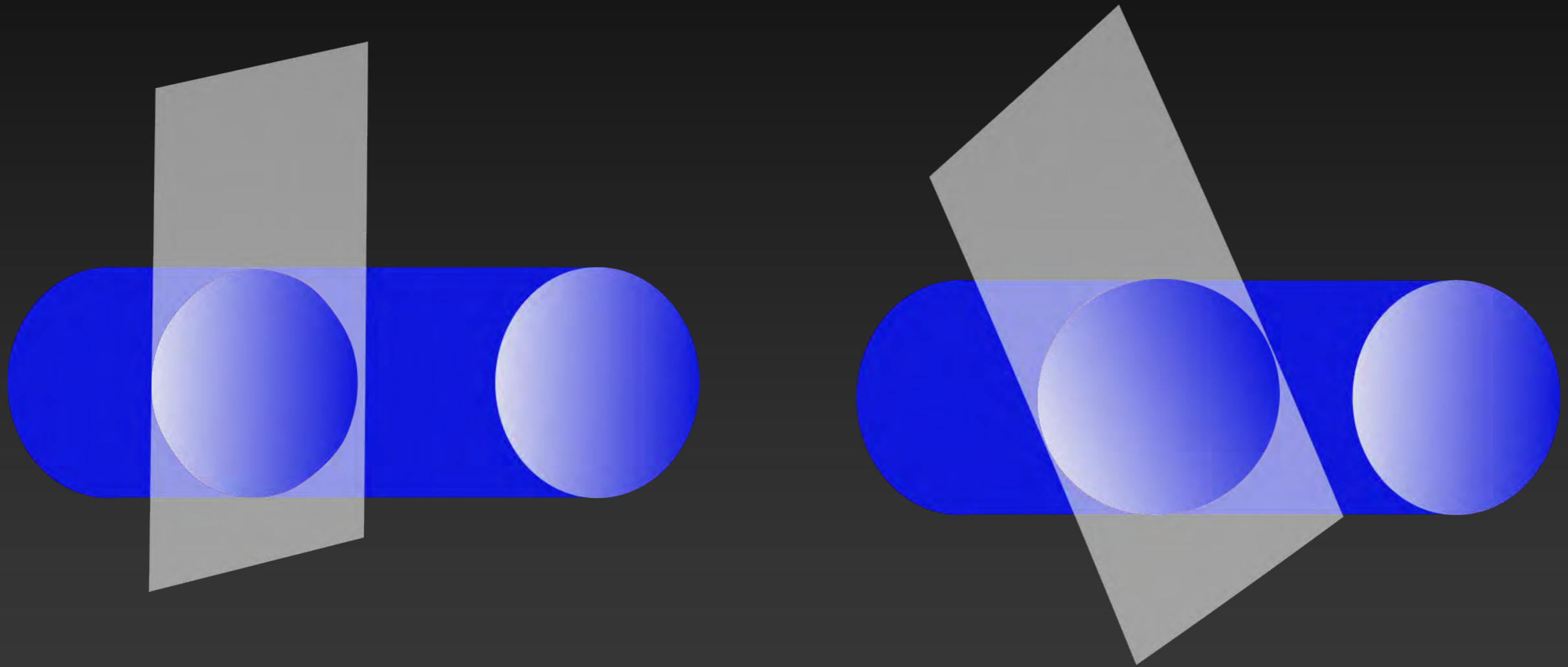
# Systeme Commerciaux US3D



**PIUR**  
IMAGING

# Pourquoi US3D?

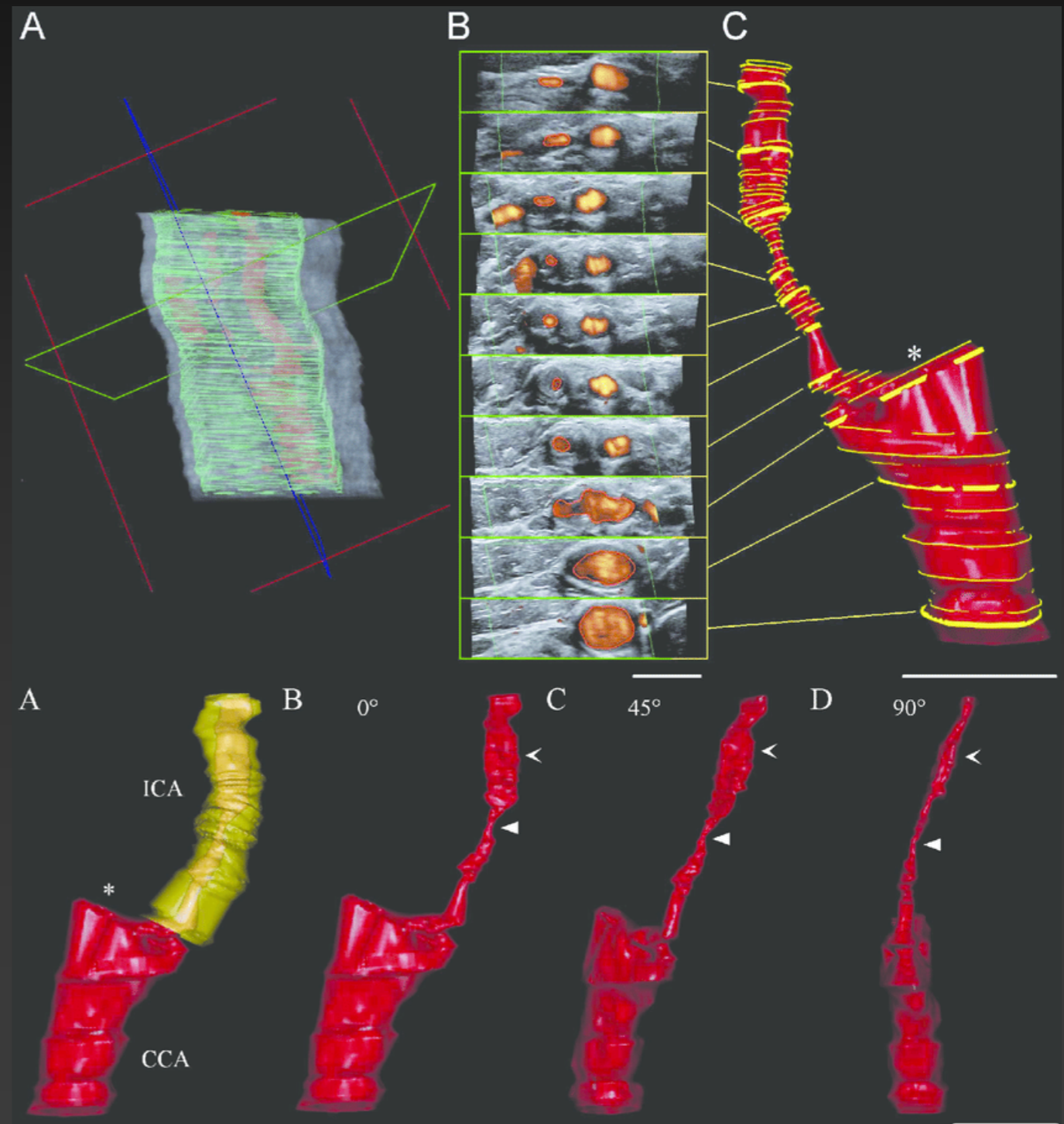
Diamètre Nerf Périphérique





# US3D: Applications - Histoire

- L'application suivante était la médecine vasculaire
- Possibilité de mesurer la sténose d'un vaisseau (carotide interne)



# Applications

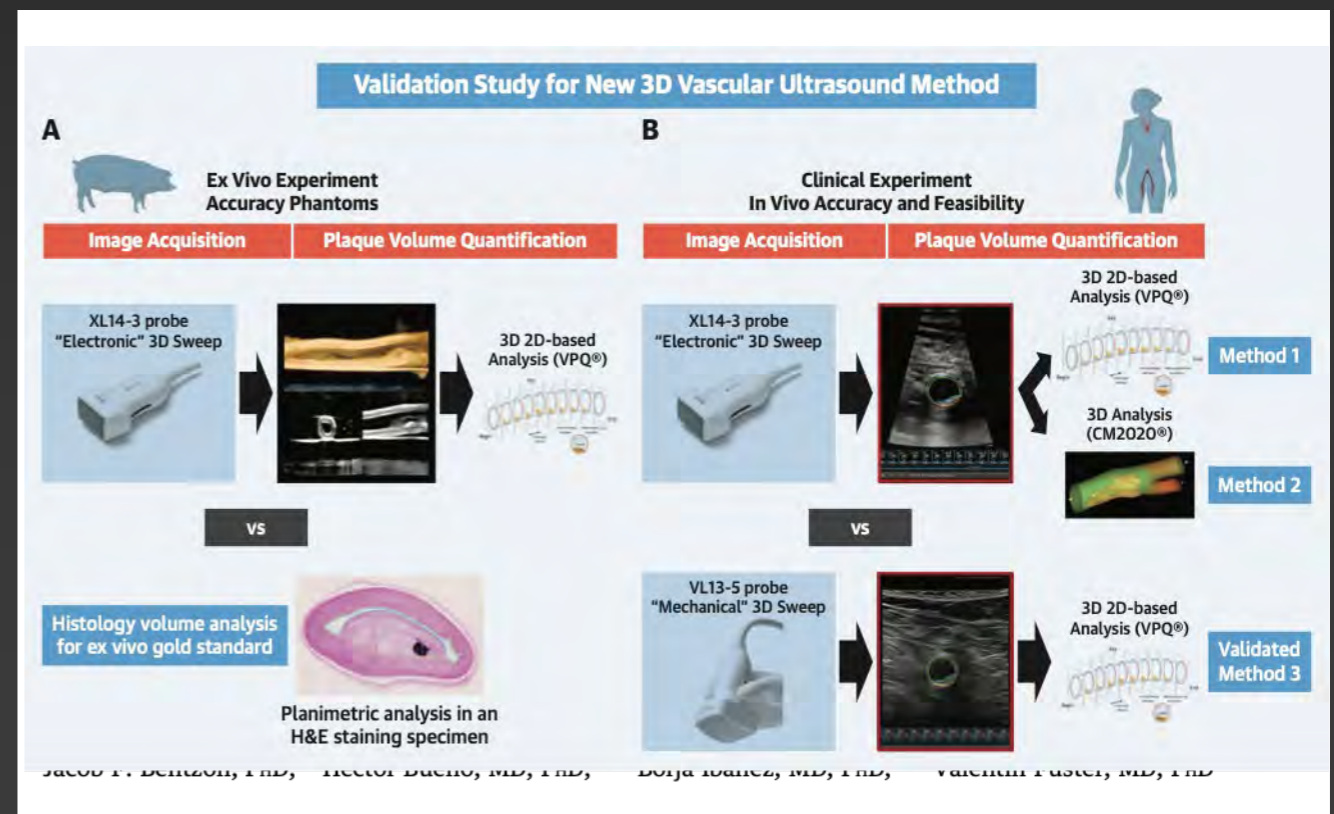
## Analyse de Plaque Carotidienne

- L'amélioration des machines et logiciels a permis de quantifier les plaques
- Validation avec modèles translationnels et cliniques
- Accuracy: ICC 0.992

### Can Carotid Bulb Plaque Assessment Rule Out Significant Coronary Artery Disease? A Comparison of Plaque Quantification by Two- and Three-Dimensional Ultrasound

Amer M. Johri, MD, David W. Chitty, MSc, Murray Matangi, MD, Paul Malik, MD, Parvin Mousavi, PhD, Andrew Day, MSc, Matthew Gravett, and Chris Simpson, MD, *Kingston, Ontario, Canada*

Johri AM et al. J Am Soc Echocard 2013

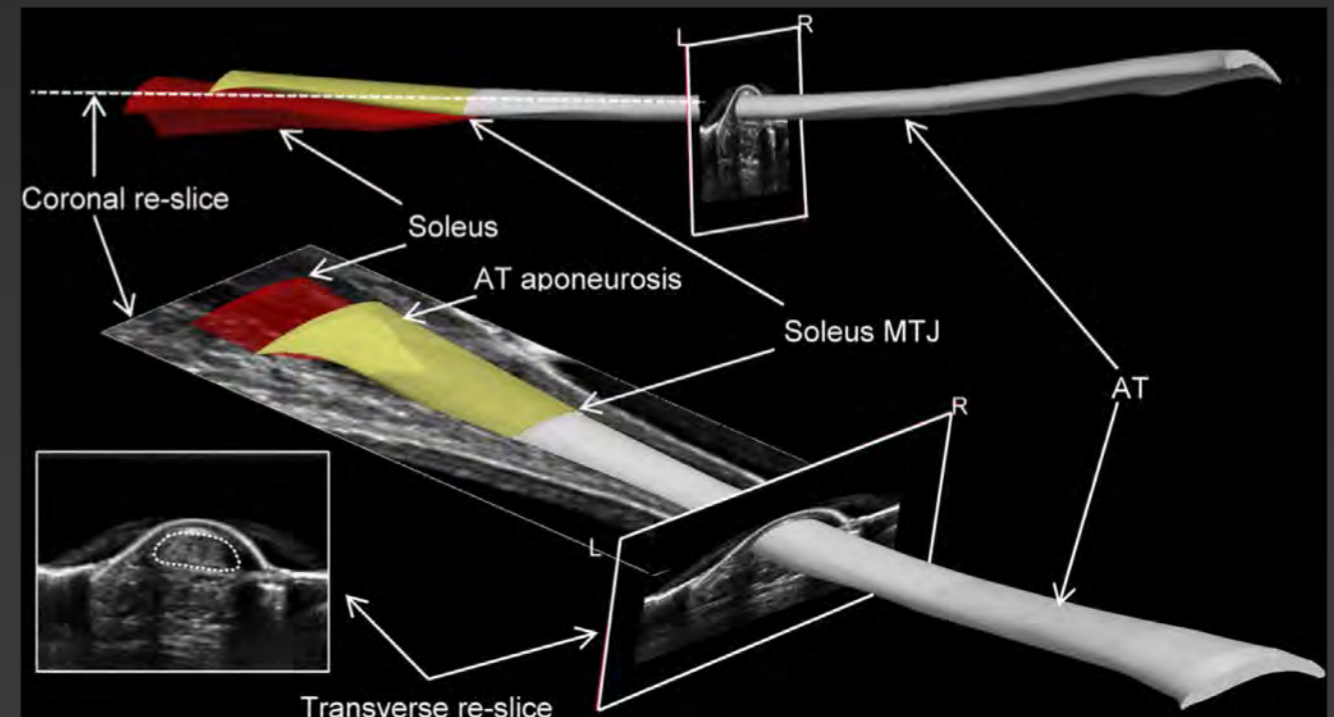
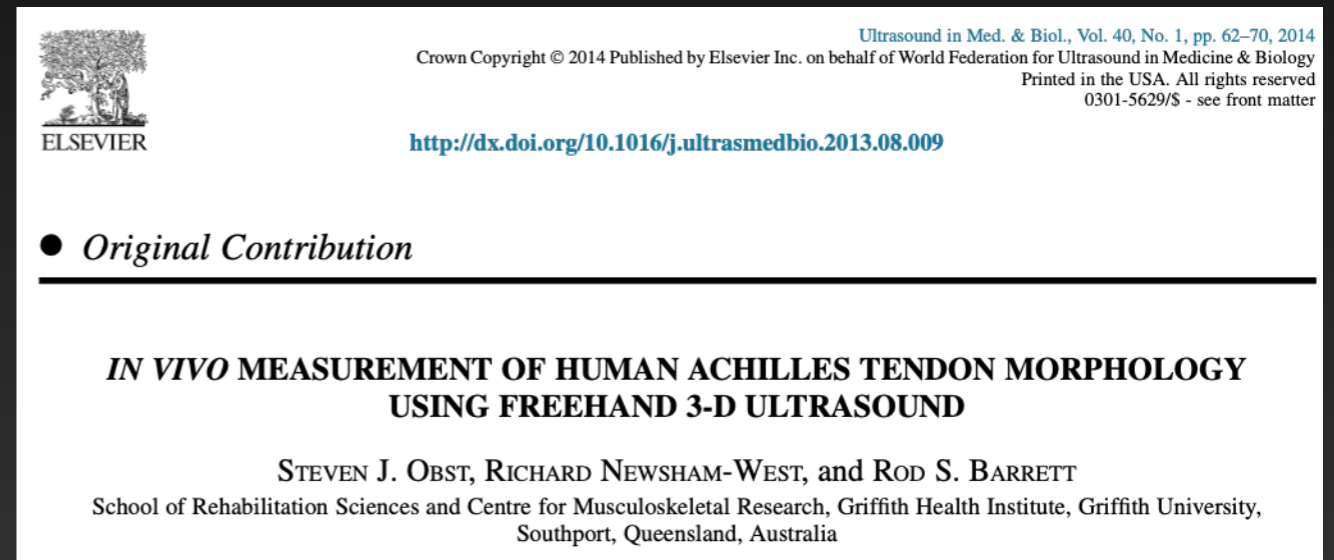




# 3DUS

## Applications

- 3DUS peut mesurer de façon fiable la morphologie (longueur, volume, CSA) du tendon d'Achille *in vivo*
- Différence avec fantôme de 0.05 ml; ICC 0.998
- Positionnement important
- Le TdA dans les tendinopathies a une différence (sain-pathologique, mes. avec IRM) beaucoup plus élevée, 41%
- *Shalabi A et al. Am J Sports Med 2004*



# US3D

## Applications: Tendon d'Achille

- Valeurs normaux, portion moyenne tendon:
  - 4-9 mm (mo 6.2)
    - Mathieson JR et al. AJR 2012
  - $4.9 \pm 0.5$  mm
    - Szaro P et al. Sci Rep 2021
- Attention:
  - la position de renflement peut varier
  - la longueur du tendon et le rapport longueur/épaisseur sont importants



## scientific reports

OPEN

**The correlations between dimensions of the normal tendon and tendinopathy changed Achilles tendon in routine magnetic resonance imaging**

Pawel Szaro<sup>1,2,3</sup> & Khaldun Ghali Gataa<sup>2</sup>

# Applications

## Nerf Périphérique

- US3D permet une analyse rapide (6 min) et fiable du n. médian ou poignet
- Diminution de la dépendance de l'opérateur
  - Pyun SB et al. J Ultrasound Med 2011
- Corrélation entre US et ENMG
  - Kwon HK et al. J Clin Neurol 2014

ORIGINAL RESEARCH

### Application of 3-Dimensional Ultrasonography in Assessing Carpal Tunnel Syndrome

*Sung Bum Pyun, MD, Chang Ho Kang, MD, Joon Shik Yoon, MD, Hee Kyu Kwon, MD, Jung Hyuk Kim, MD, Kyoo Byung Chung, MD, Yu Whan Oh, MD*

©2011 by the American Institute of Ultrasound in Medicine | J Ultrasound Med 2011; 30:3-10 | ISSN 0278-4297 | www.aium.org

ORIGINAL ARTICLE  
J Clin Neurol 2014;10(4):348-353

Print ISSN 1738-6586 / On-line ISSN 2005-5013  
<http://dx.doi.org/10.3988/jcn.2014.10.4.348>

 CrossMark  
click for updates

**Open Access**

### Correlation between Ultrasonography Findings and Electrodiagnostic Severity in Carpal Tunnel Syndrome: 3D Ultrasonography

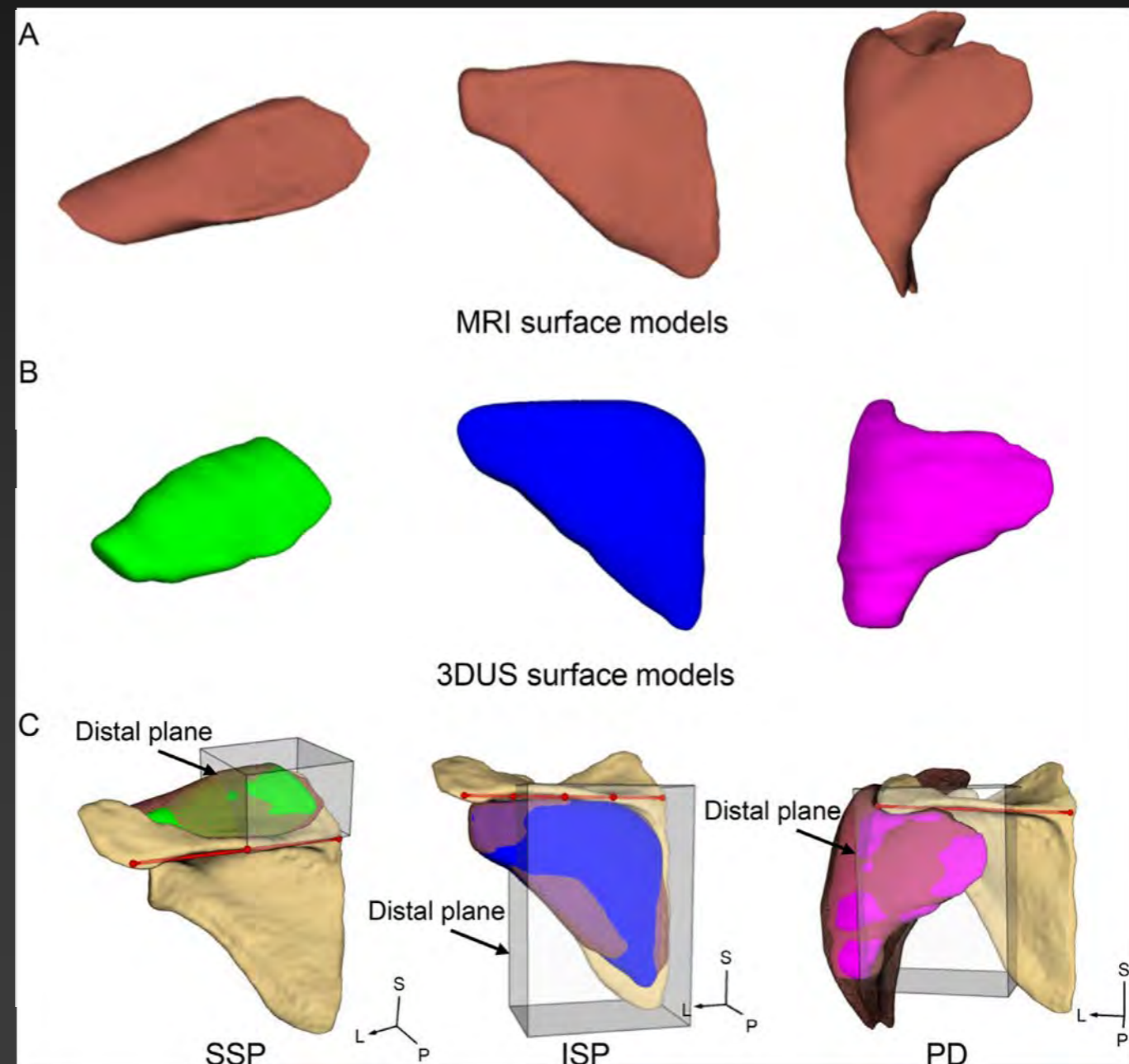
Hee Kyu Kwon,<sup>a</sup> Hyo Jung Kang,<sup>b</sup> Chan Woo Byun,<sup>b</sup> Joon Shik Yoon,<sup>b</sup> Chang Ho Kang,<sup>c</sup> Sung Bum Pyun<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departments of Physical Medicine & Rehabilitation and <sup>c</sup>Radiology, Korea University Anam Hospital, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea  
<sup>b</sup>Department of Physical Medicine & Rehabilitation, Korea University Guro Hospital, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

# Applications

## Analyse Volumes Musculaires

- Il est possible de mesurer, chez les sujets sains, le volume musculaire (au moins pour des muscles superficiels, comme GAM, ST)
  - De Jong L et al. Muscle Nerve 2021
- Possible aussi la reconstruction volumétrique des muscles (superficiels) de l'épaule
  - Umehara J et al. Ultrasound Med Biol 2022





# Applications

## Analyse Volumes Musculaires

- Aussi chez des patients avec IMC est possible de mesurer le volume musculaire de GAM et ST avec une précision élevée (err. <5%)
- Volume du GAM varie entre opérateurs de <2ml (IMC) avec une ICC de 0.997
  - Cenni F et al. Comp Met Progr Biomed 2018
- Valeurs similaires ont été obtenus pour RF, ST, TA
- Être attentif que parfois l'analyse n'est pas possible
  - Hanssen B et al. J Anat 2022

Computer Methods and Programs in Biomedicine 156 (2018) 97–103

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

**Computer Methods and Programs in Biomedicine**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cmpb](http://www.elsevier.com/locate/cmpb)

**Reliability of a clinical 3D freehand ultrasound technique: Analyses on healthy and pathological muscles**

Francesco Cenni<sup>a,b,\*</sup>, Simon-Henri Schless<sup>b,c</sup>, Lynn Bar-On<sup>b,c</sup>, Erwin Aertbeliën<sup>a</sup>, Herman Bruyninckx<sup>a</sup>, Britta Hanssen<sup>b,c</sup>, Kaat Desloovere<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> KU Leuven, Department of Mechanical Engineering, Celestijnenlaan 300b, 3001 Leuven, Belgium  
<sup>b</sup> Clinical Motion Analysis Laboratory, University Hospital, Pellenberg, Weligerveld 1, 3212 Pellenberg, Belgium  
<sup>c</sup> KU Leuven, Department of Rehabilitation Sciences, Tervuursevest 101, 3001 Leuven, Belgium

Received: 5 October 2022 | Revised: 29 December 2022 | Accepted: 20 January 2023

DOI: 10.1111/joa.13839

**ORIGINAL ARTICLE**

**Journal of Anatomy** ANATOMICAL SOCIETY WILEY

**Reliability of 3D freehand ultrasound to assess lower limb muscles in children with spastic cerebral palsy and typical development**

Britta Hanssen<sup>1,2</sup> | Nicky Peeters<sup>1,2</sup> | Tijl Dewit<sup>1,3</sup> | Ester Huyghe<sup>1</sup> | Bernard Dan<sup>4,5</sup> | Guy Molenaers<sup>6,7</sup> | Anja Van Campenhout<sup>6,7</sup> | Lynn Bar-On<sup>1,2,8</sup> | Christine Van den Broeck<sup>2</sup> | Patrick Calders<sup>2</sup> | Kaat Desloovere<sup>1,3</sup>

# 3DUS

## Fiabilité

- Fiabilité globalement très bonne des mesures 3DUS pour:
  - TA, GAM, ST, RF
- Les mesures ont une variabilité qui est  $<5\%$
- Importance du positionnement du sujet

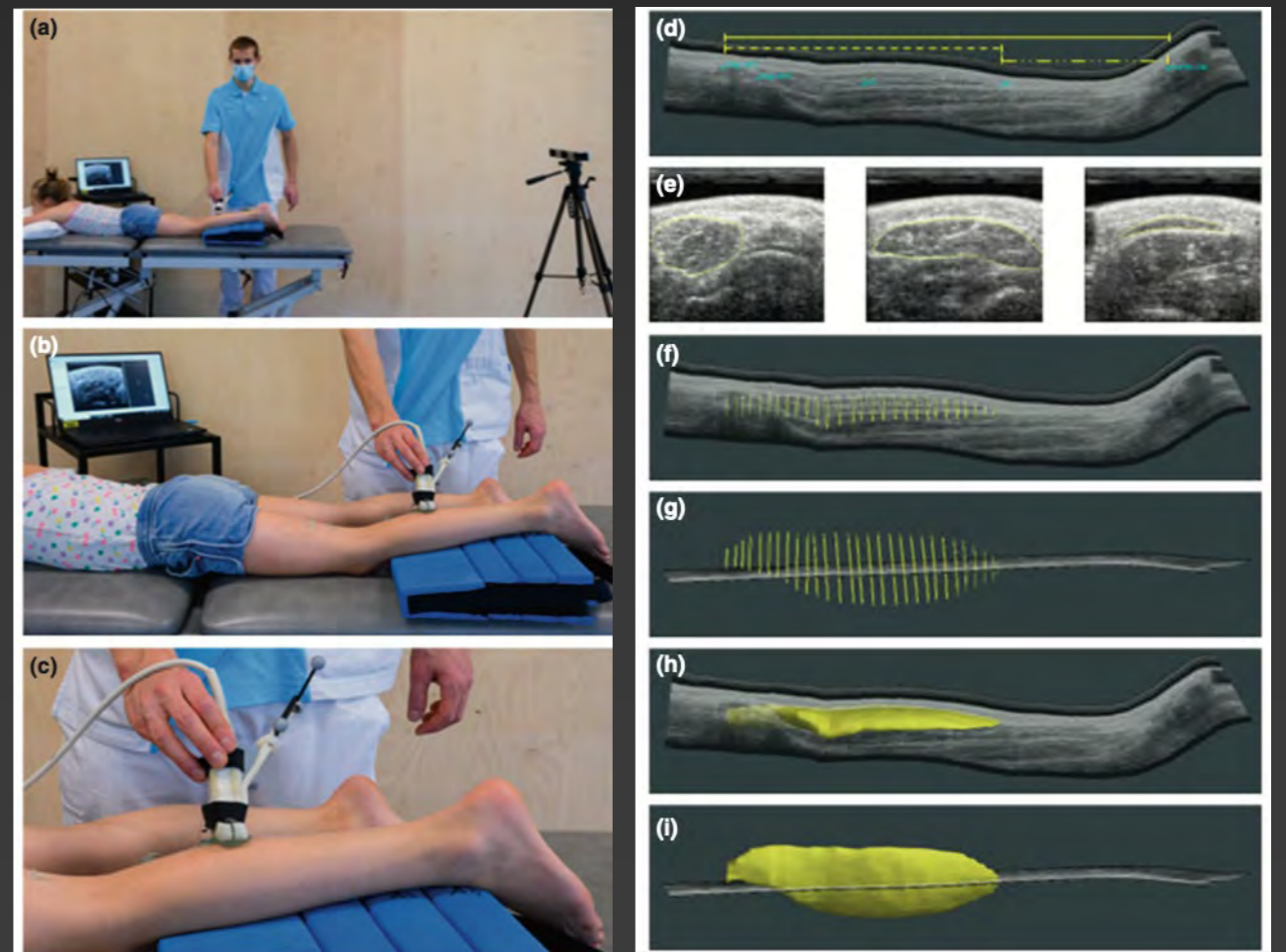
Received: 5 October 2022 | Revised: 29 December 2022 | Accepted: 20 January 2023  
DOI: 10.1111/joa.13839

Journal of **Anatomy** ANATOMICAL SOCIETY WILEY

ORIGINAL ARTICLE

### Reliability of 3D freehand ultrasound to assess lower limb muscles in children with spastic cerebral palsy and typical development

Britta Hanssen<sup>1,2</sup> | Nicky Peeters<sup>1,2</sup> | Tijl Dewit<sup>1,3</sup> | Ester Huyghe<sup>1</sup> | Bernard Dan<sup>4,5</sup> | Guy Molenaers<sup>6,7</sup> | Anja Van Campenhout<sup>6,7</sup> | Lynn Bar-On<sup>1,2,8</sup> | Christine Van den Broeck<sup>2</sup> | Patrick Calders<sup>2</sup> | Kaat Desloovere<sup>1,3</sup>



# Applications

## Analyse Volumes Musculaires

- Applications aussi chez les patients avec myopathie
- 31 FSHD et 16 DM
- Analyse du Tibial Antérieur (volume et EI), comparé à un DB de sujets sains
- 3DUS peut mesurer les modifications musculaires chez les patients myopathes, avec une bonne corrélation avec la clinique
- Acquisition images nettement plus rapide que l'IRM

Received: 26 June 2022 | Revised: 2 July 2023 | Accepted: 7 July 2023

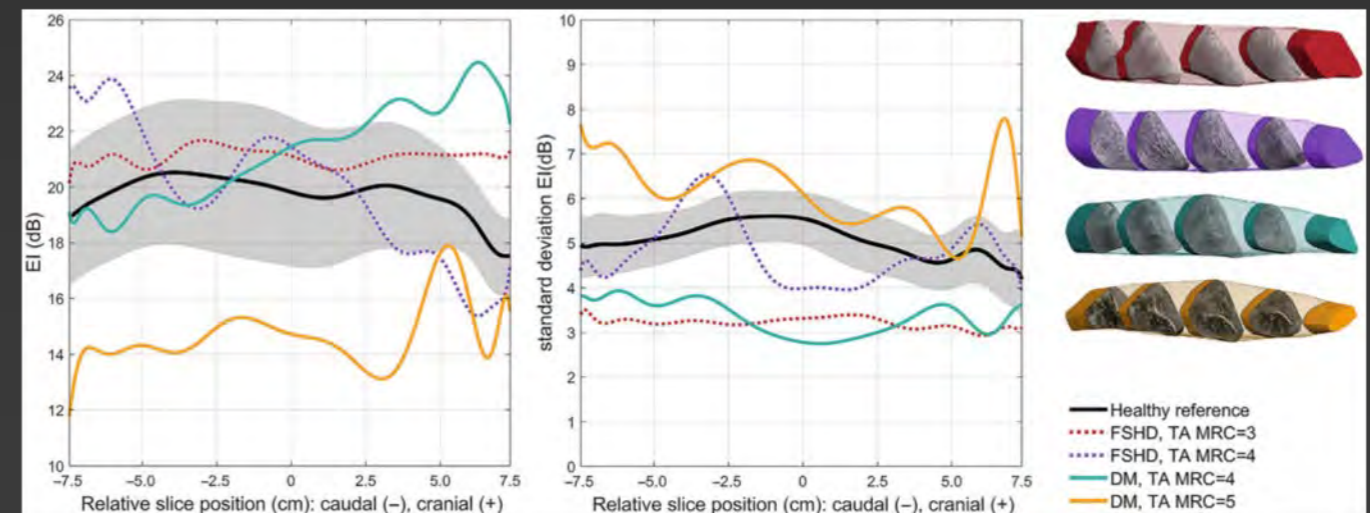
DOI: 10.1002/mus.27943

CLINICAL RESEARCH ARTICLE

MUSCLE & NERVE | WILEY

### Three-dimensional quantitative muscle ultrasound in patients with facioscapulohumeral dystrophy and myotonic dystrophy

Leon de Jong MSc<sup>1</sup> | Anna Greco MD<sup>2</sup> | Anton Nikolaev MSc<sup>1</sup> |  
Gert Weijers PhD<sup>1</sup> | Baziël G. M. van Engelen MD, PhD<sup>2</sup> | Chris L. de Korte PhD<sup>1</sup> |  
Jurgen J. Fütterer MD, PhD<sup>1</sup>





# 3DUS

Fiabilité: Noorkoiv 2019

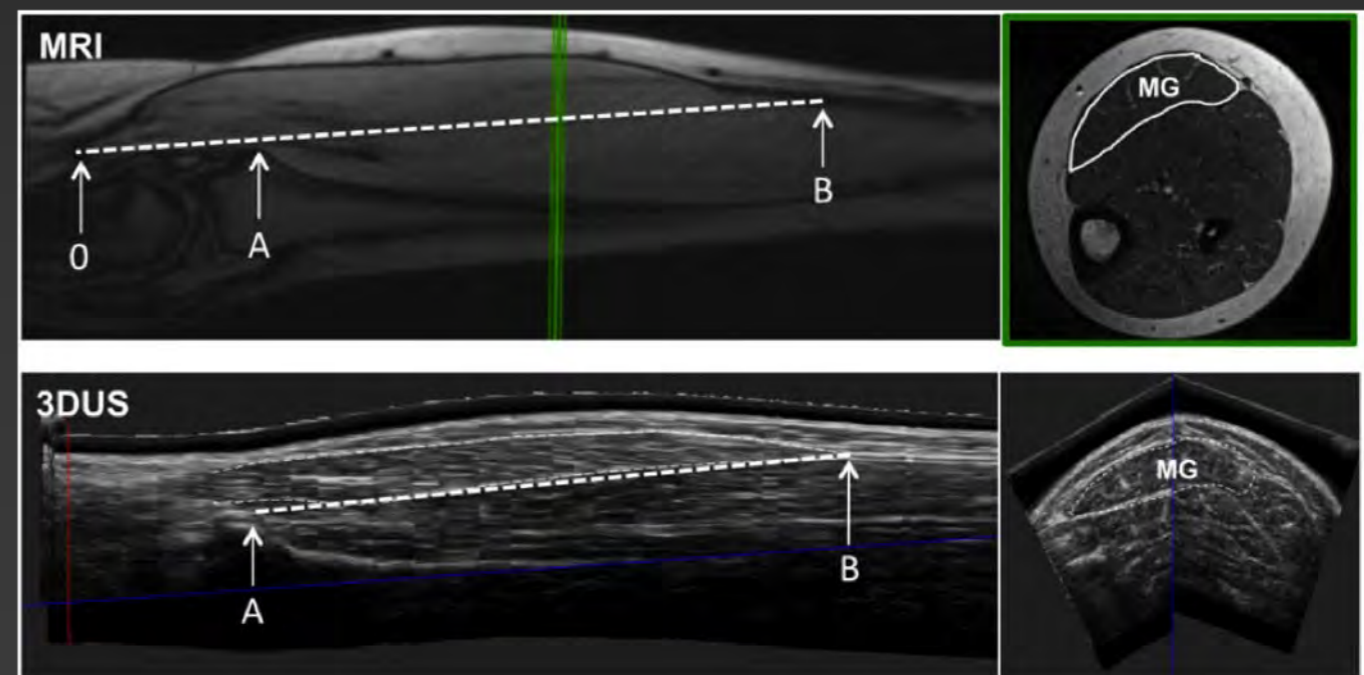
- Différence entre volume MRI et 3DUS <2%, mais:
  - Parfois origine GAM difficile à identifier à l'US
  - Nécessité d'utiliser gel-pad
  - Plus difficile si modifications structurelles muscle (IMC, autres)
- Noorkoiv M et al. Clin Anat 2019

Clinical Anatomy 32:319–327 (2019)

## ORIGINAL COMMUNICATION

### A Comparison of 3D Ultrasound to MRI for the Measurement and Estimation of Gastrocnemius Muscle Volume in Adults and Young People with and Without Cerebral Palsy

MARIKA NOORKOIV <sup>1,2,3\*</sup> NICOLA THEIS,<sup>4</sup> AND GRACE LAVELLE<sup>1,2,3</sup>

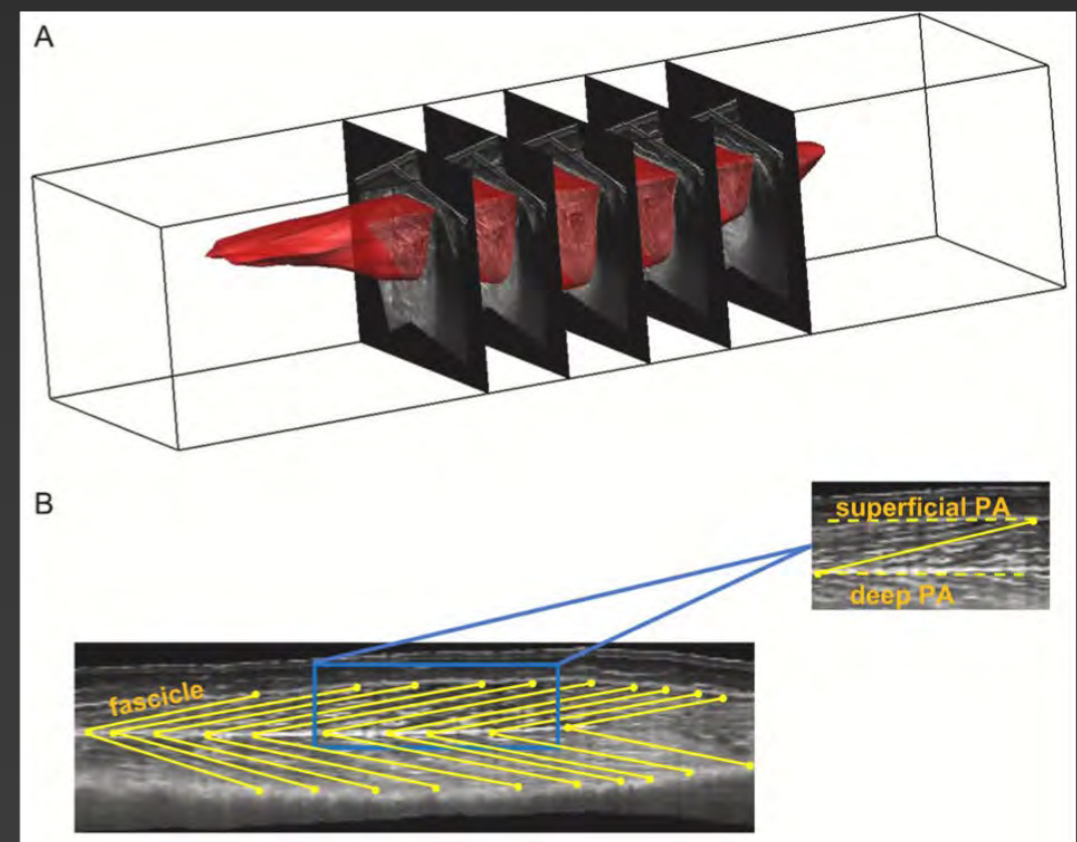
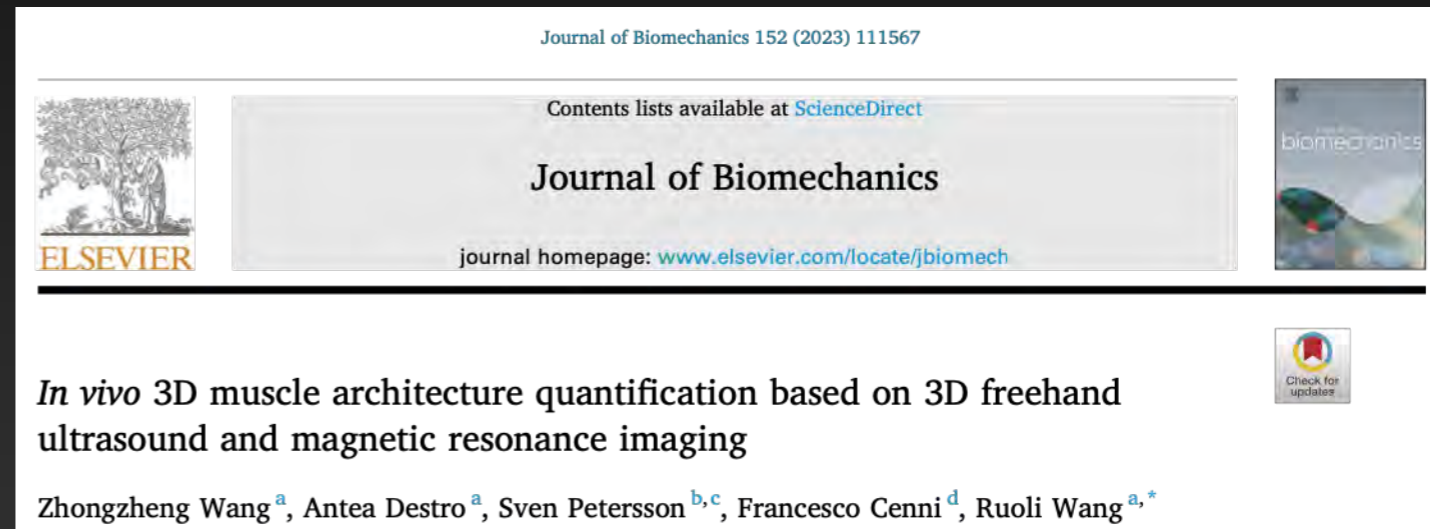




# 3DUS

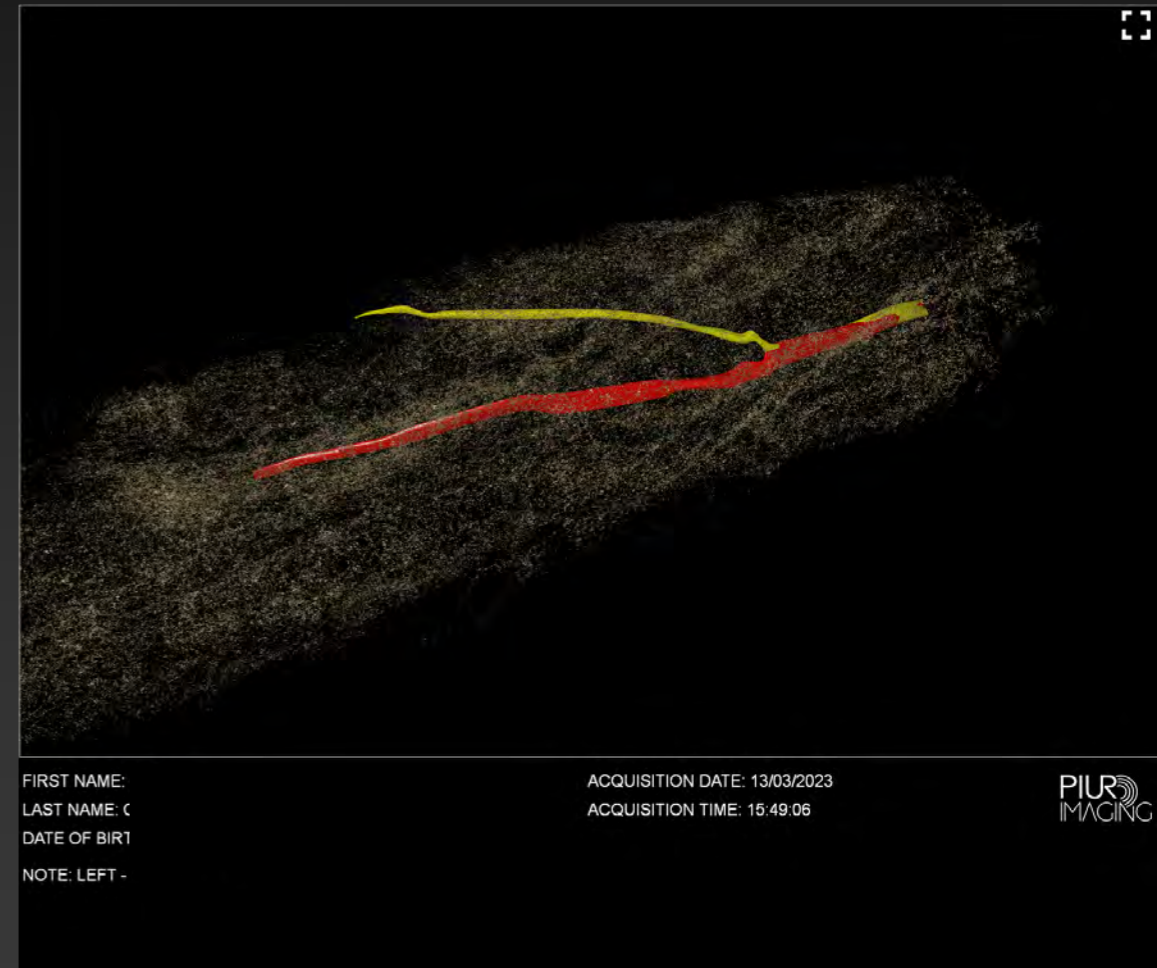
Fiabilité: Wang 2023

- Le volume du TA et GAM peuvent être mesurés avec 3DUS et MRI avec la même fiabilité ( $\Delta < 2\%$ )
- Longueur des fibres et angle de pennation peuvent être mesurés de façon similaire à l'IRM et 2DUS
  - Wang Z et al. J Biomech 2023



# Nerf Musculocutané 3DUS

Sain



# Nerf Médian

Sain



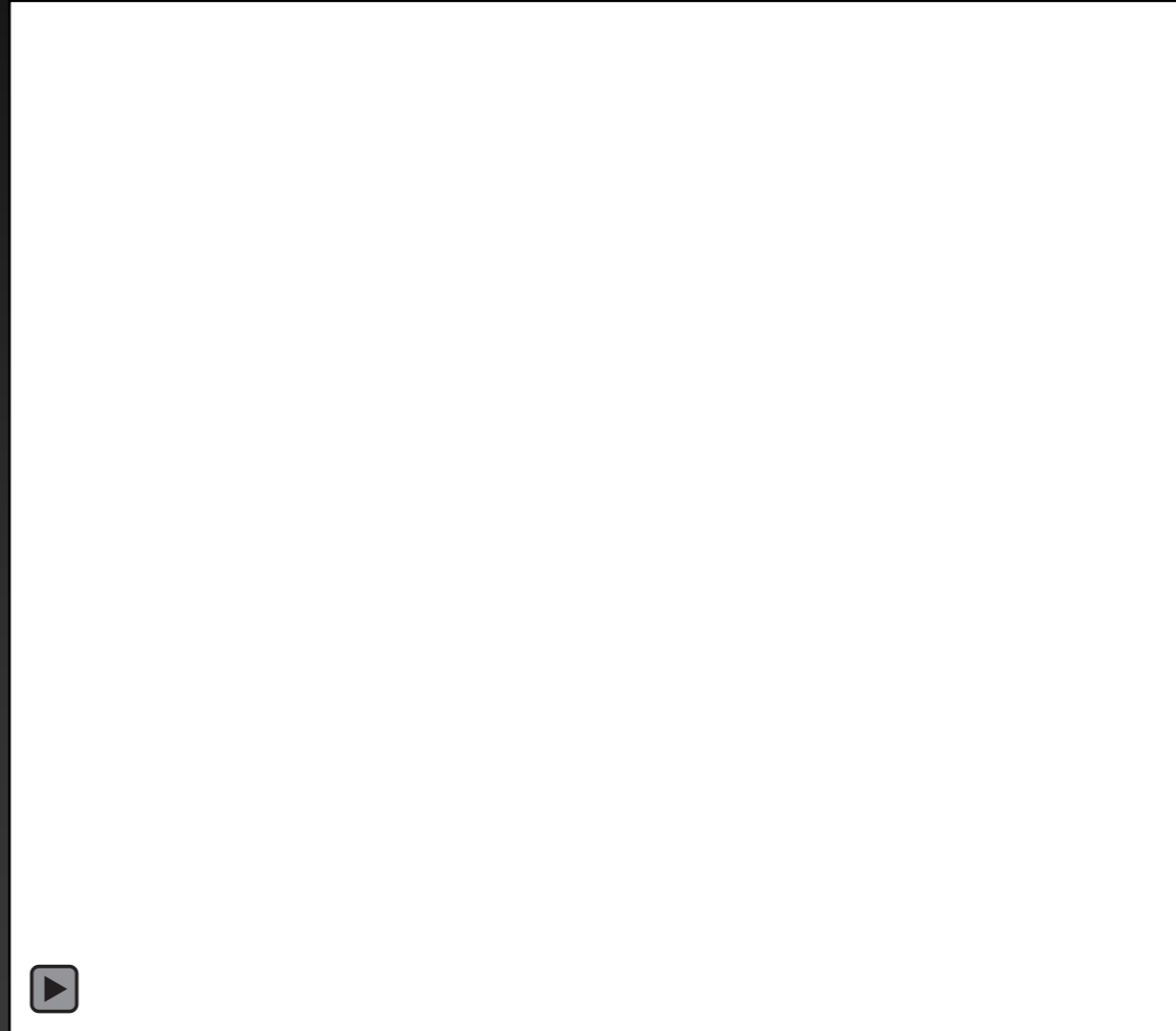
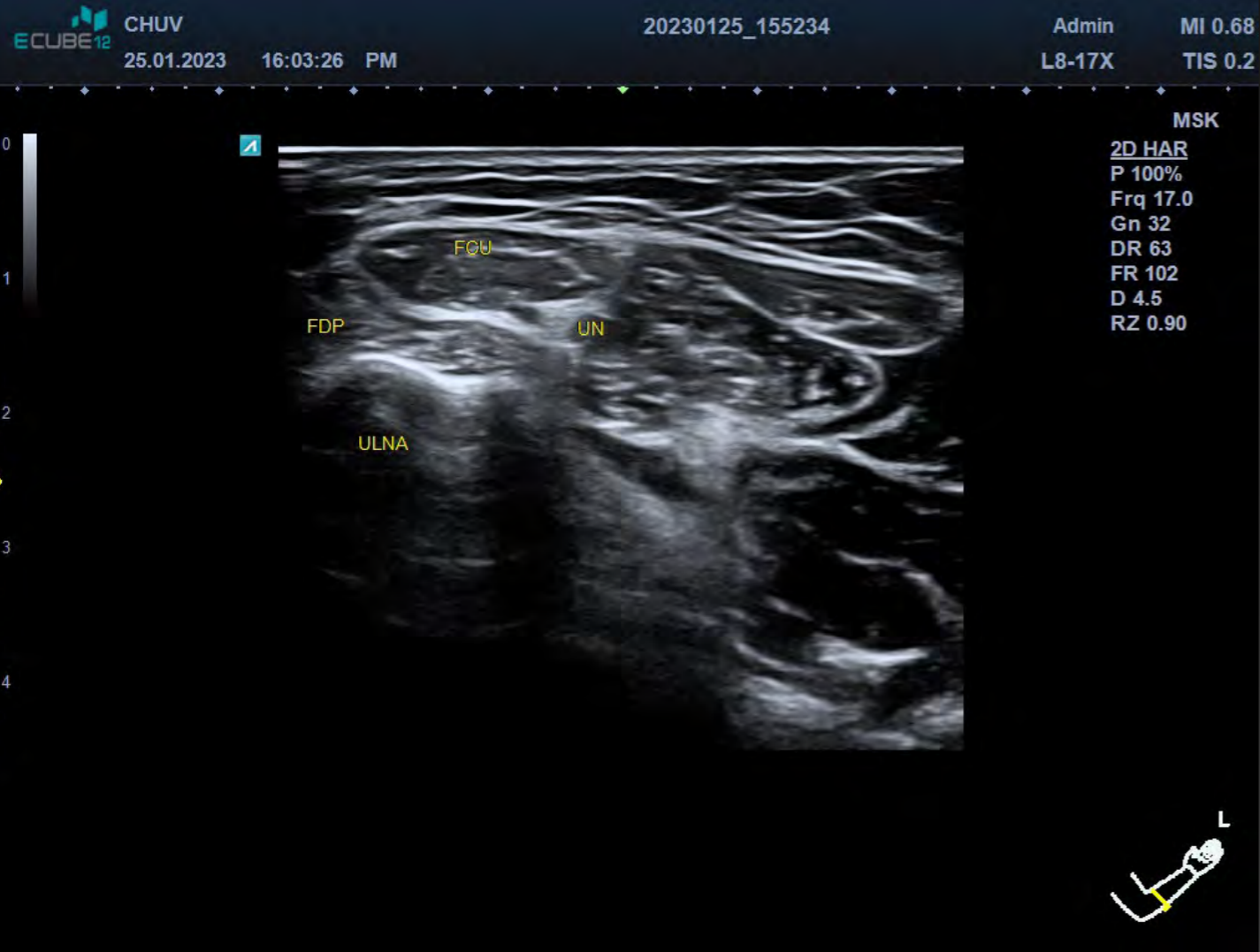
# Nerf Radial

Sain



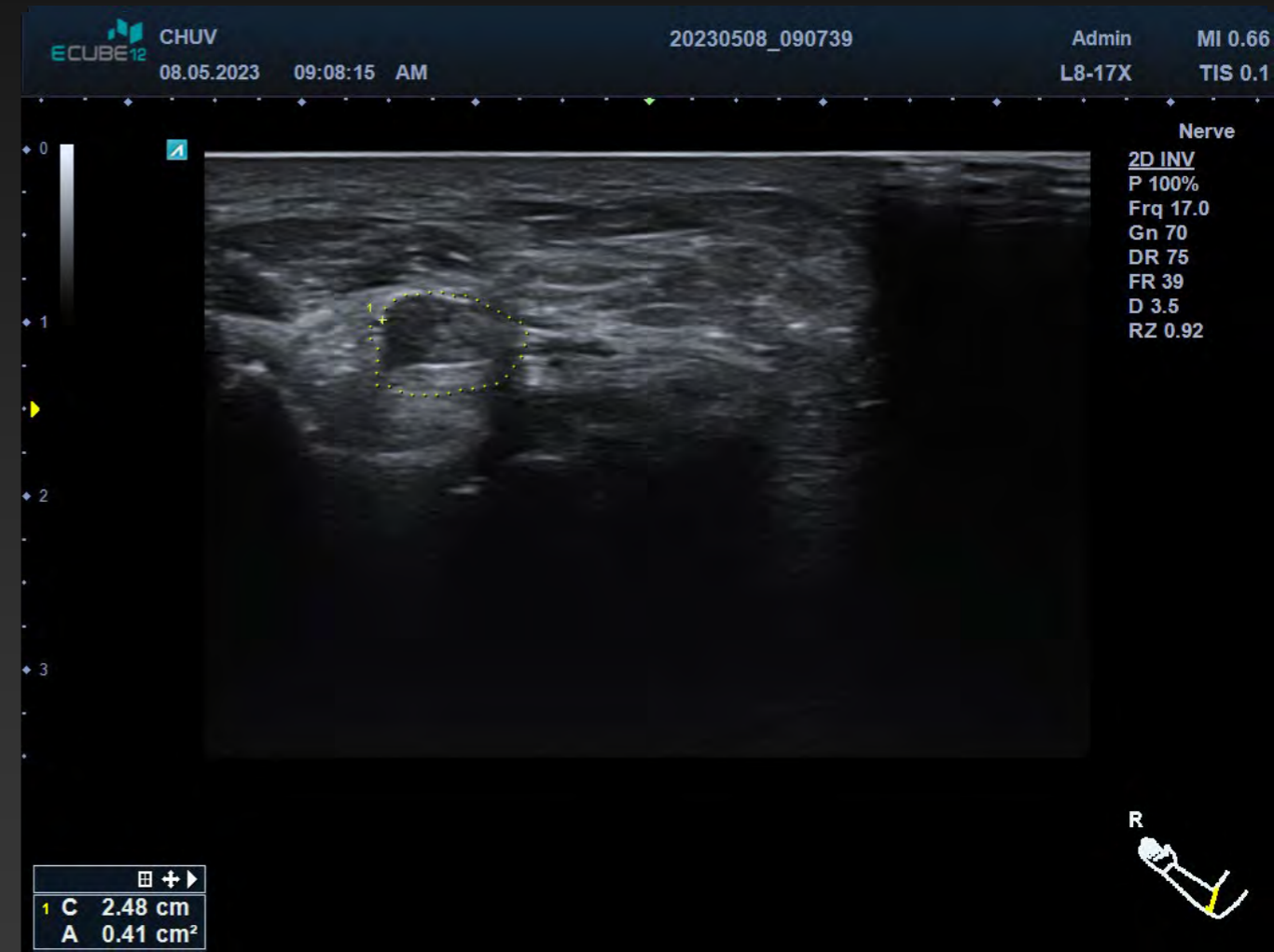
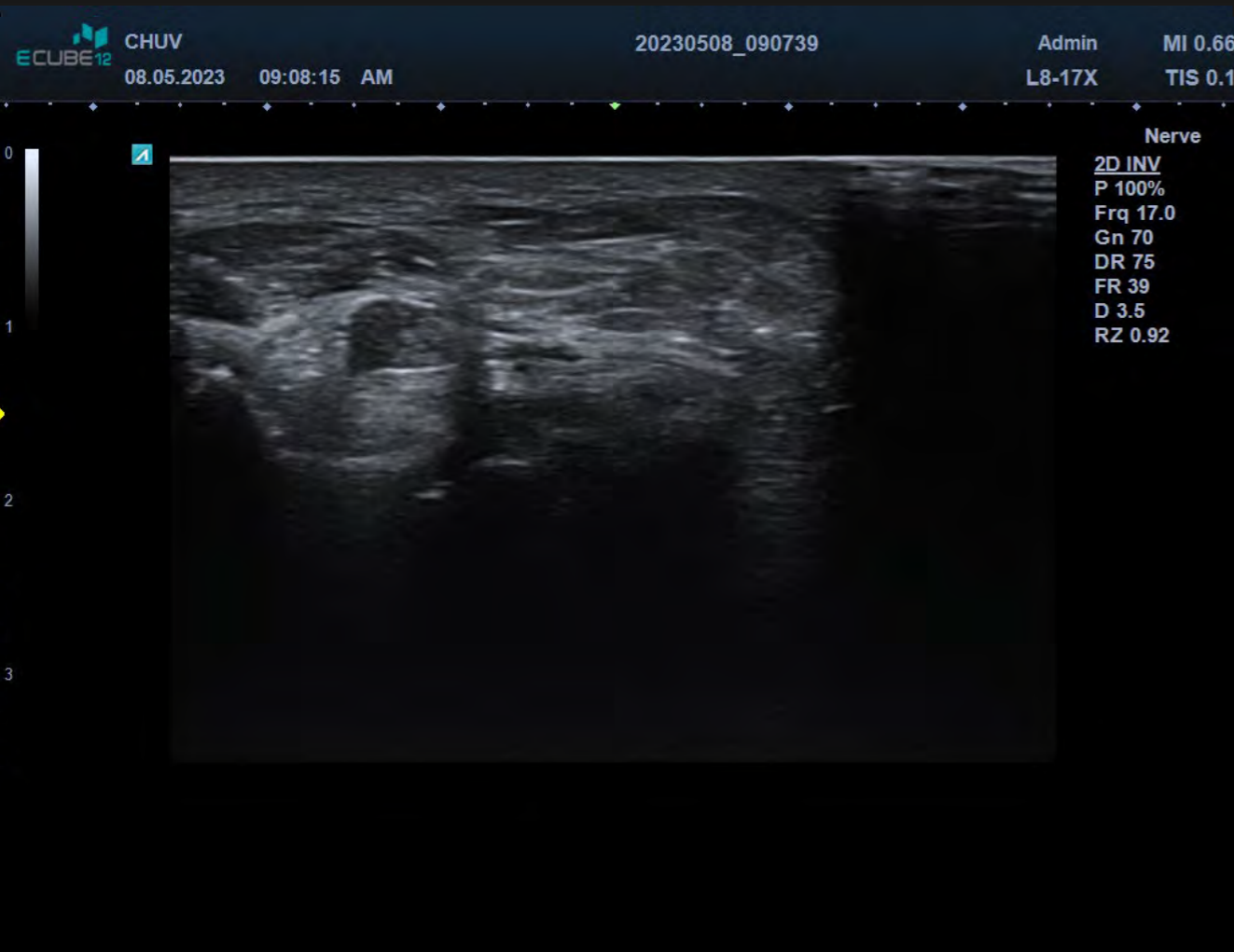
# Nerf Ulnaire

Snd. Loges (>25 aa arrière)



# Nerf Ulnaire

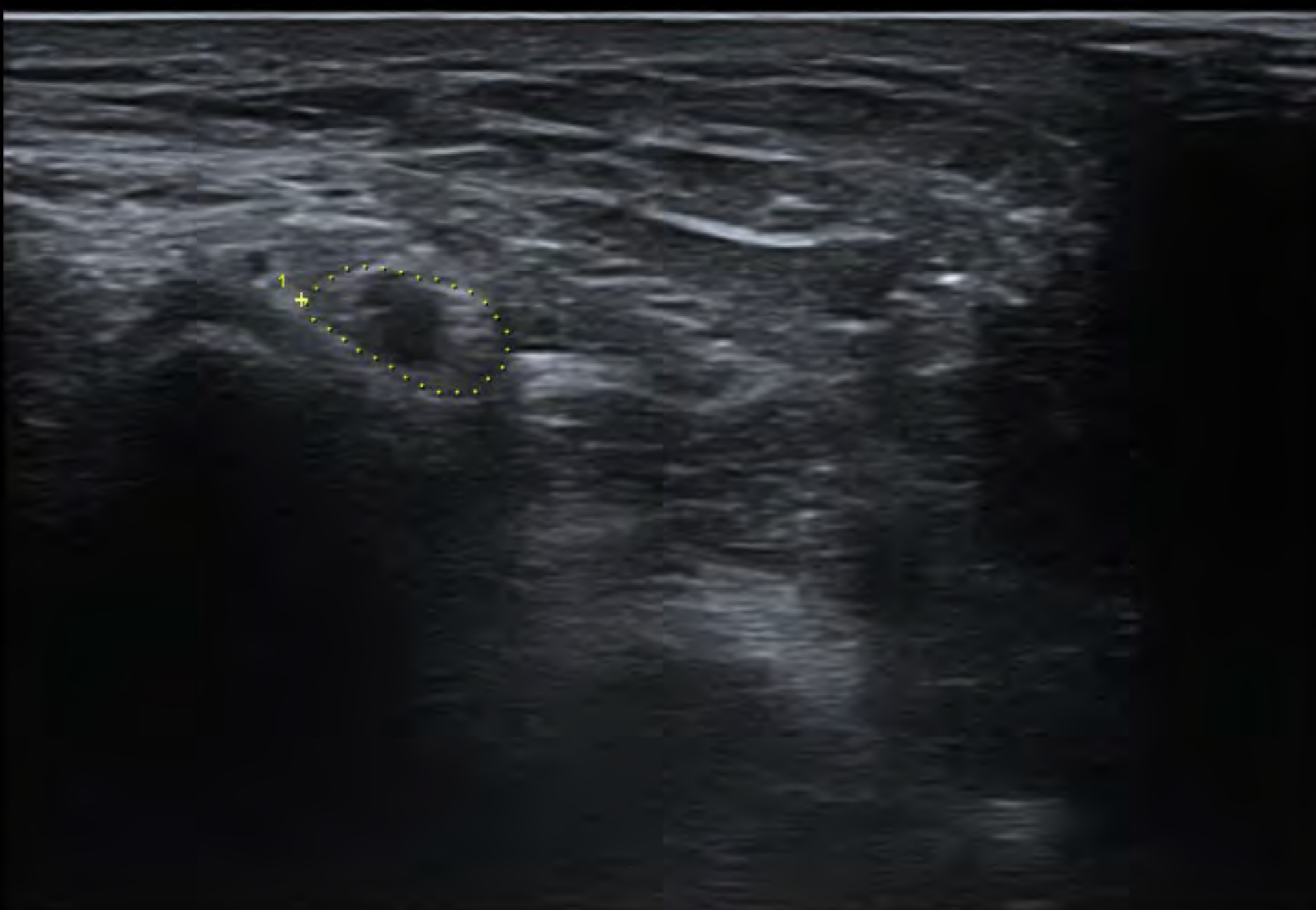
## Neuropathie ulnaire au coude



- Nerf enfle (v.n. 10 mm<sup>2</sup>), hypoéchogène, epinèvre épaissi



◆ 0  
◆ 1  
◆ 2  
◆ 3



Nerve

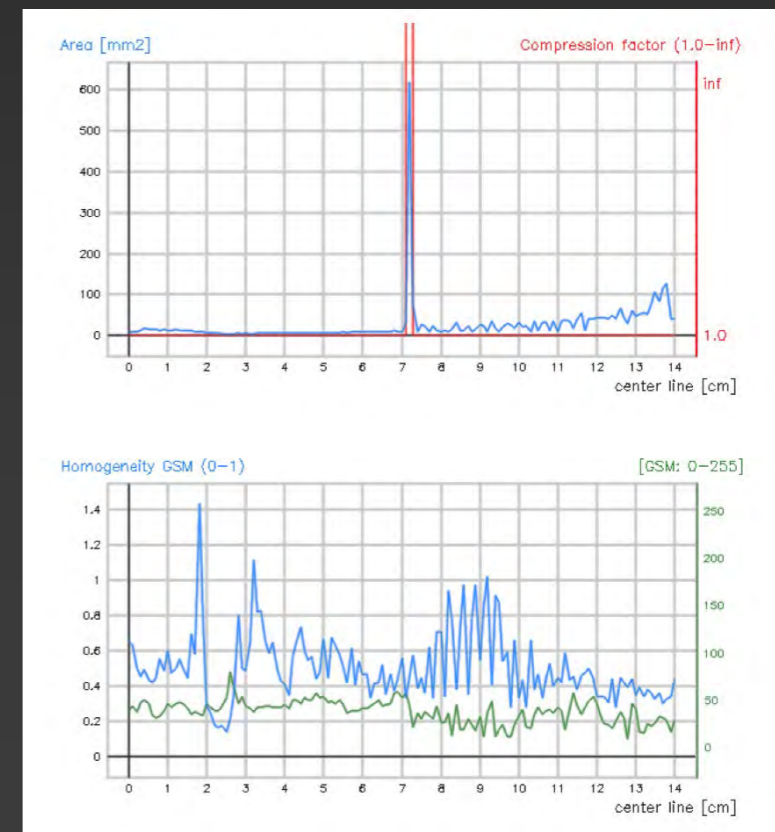
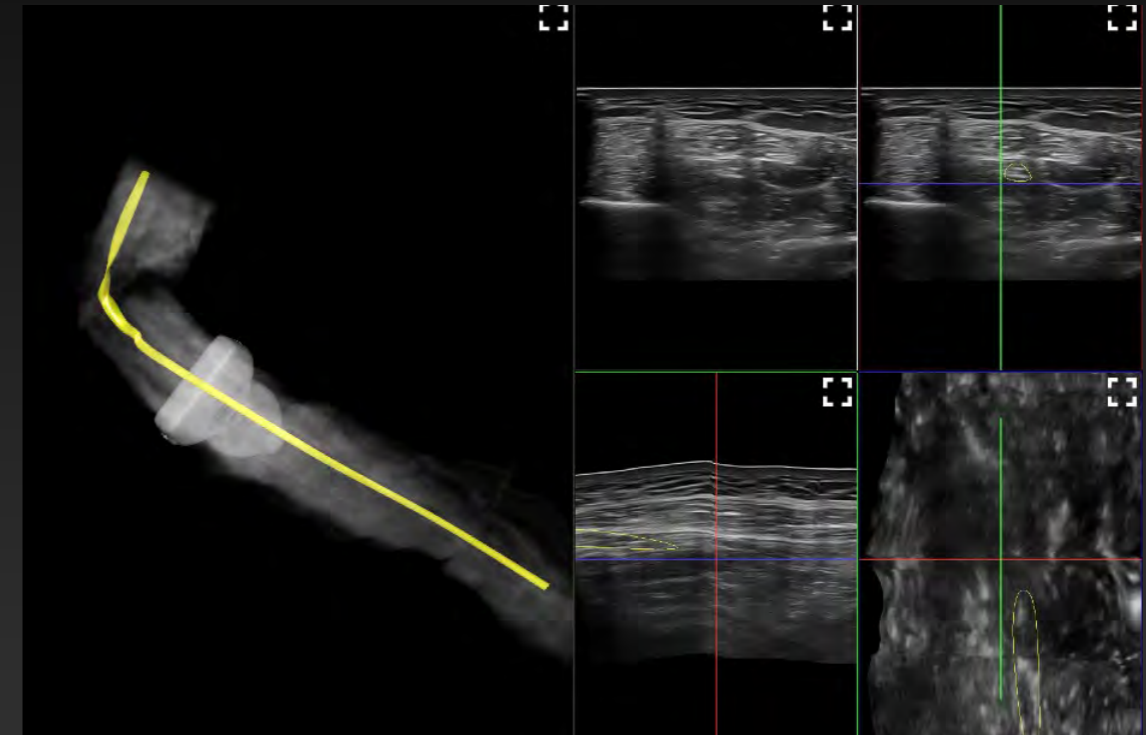
2D INV  
P 100%  
Frq 17.0  
Gn 70  
DR 75  
FR 39  
D 3.5  
RZ 0.92



|     |                      |
|-----|----------------------|
|     | 田 + ▶                |
| 1 C | 2.00 cm              |
| A   | 0.25 cm <sup>2</sup> |

# Nerf Ulnaire 3DUS

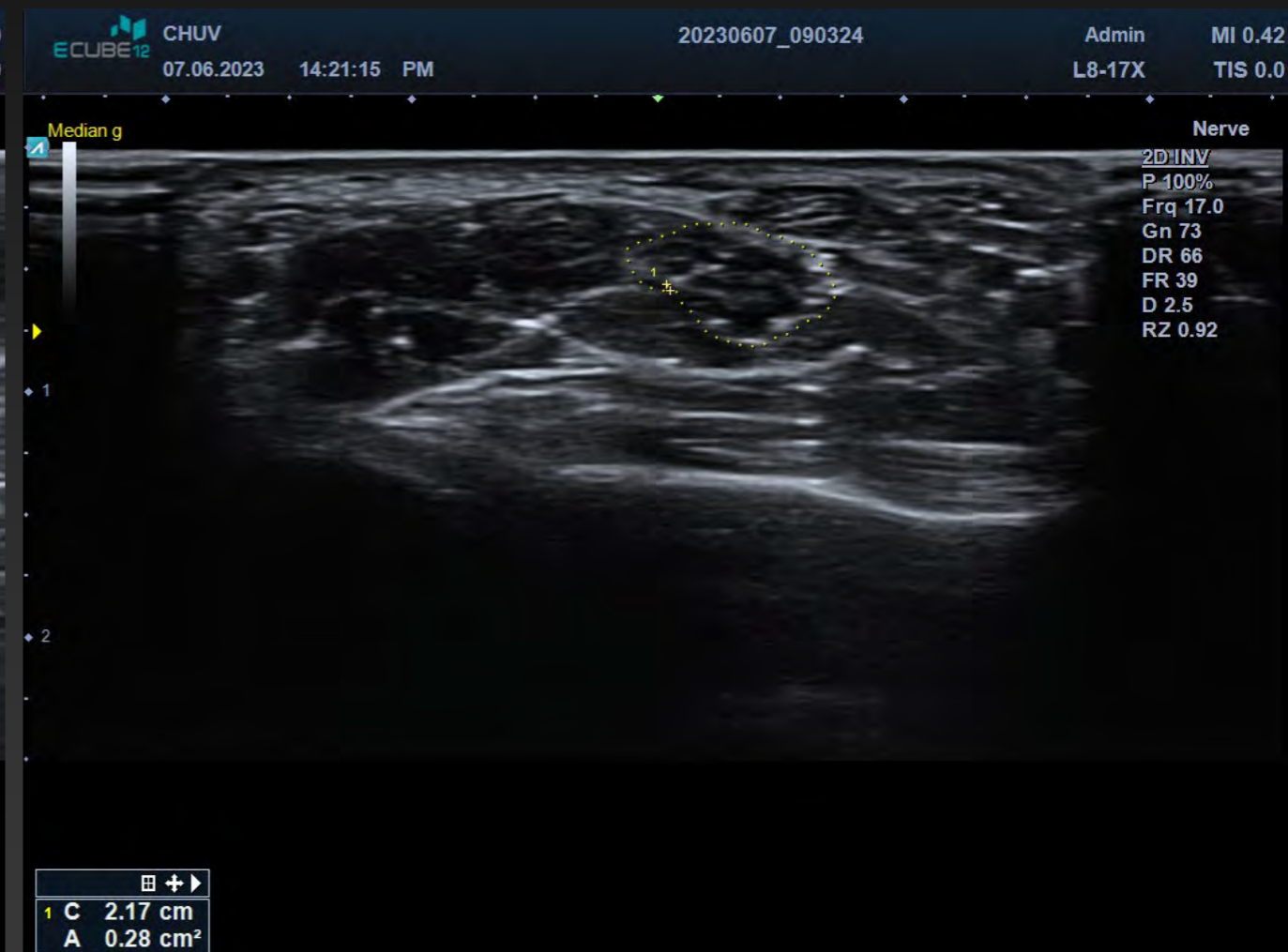
## Neuropathie Ulnaire au coude





# Nerf Median

## Examples



- CMT1A: nerf de dimension augmenté (v.n. 9 mm<sup>2</sup>), hypoéchogène; les fascicules sont bien visibles

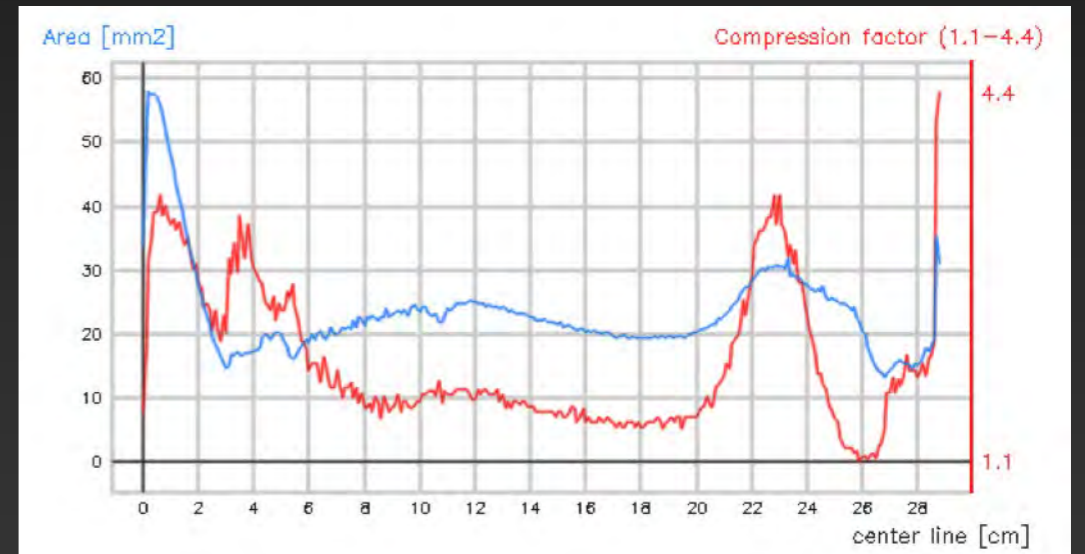
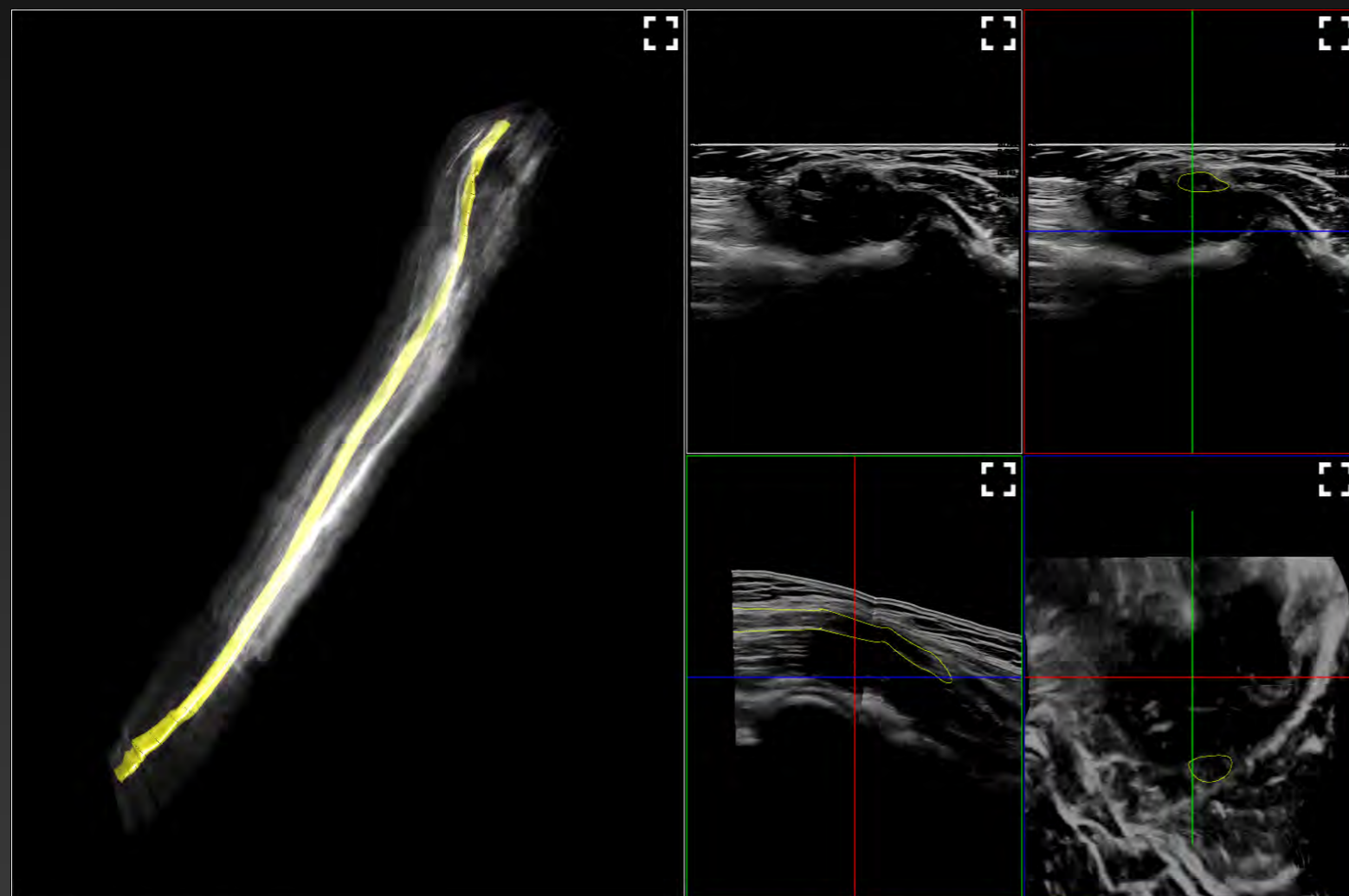
# Nerf Médian 3DUS

CMT1a



# Nerf Median 3DUS

## CMT1a



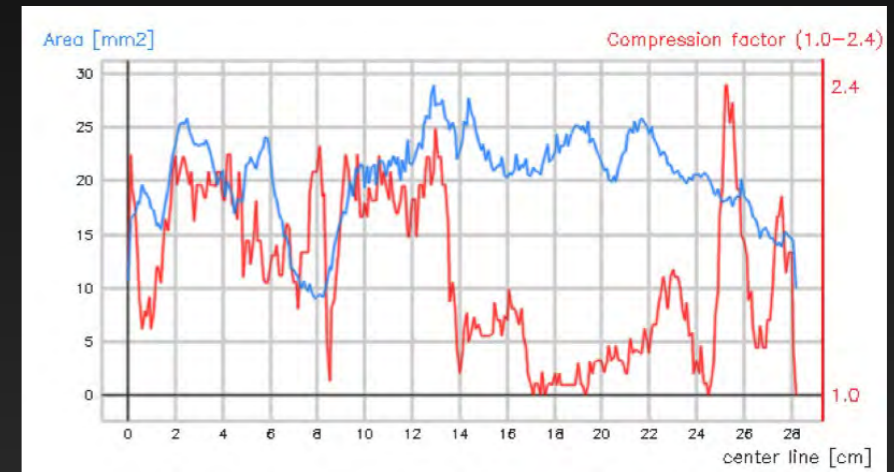
FIRST NAME  
LAST NAME  
DATE OF BIR  
NOTE

ACQUISITION DATE: 07/06/2023  
ACQUISITION TIME: 14:15:58

PIUR  
IMAGING

# Nerf Median 3DUS

CMT1a



CHUV 20230608\_135320 Admin MI 0.42  
ECUBE12 08.06.2023 13:53:17 PM L8-17X TIS 0.0

MEDIAN L ELBOW

Nerve  
2D INV  
P 100%  
Frq 17.0  
Gn 67  
DR 75  
FR 39  
D 3.5  
RZ 0.92

1 C 2.10 cm  
A 0.28 cm<sup>2</sup>



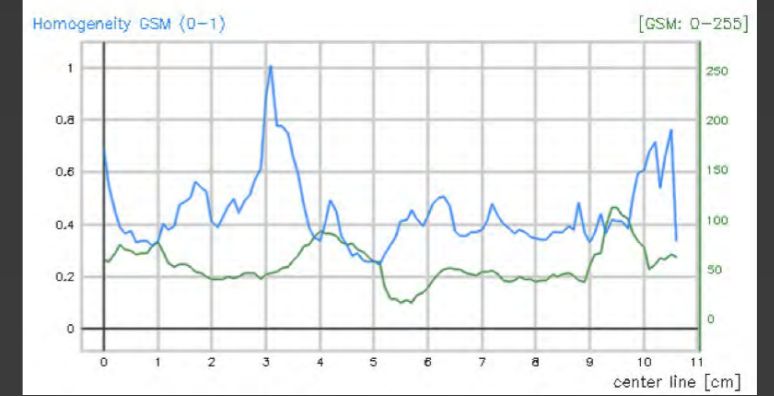
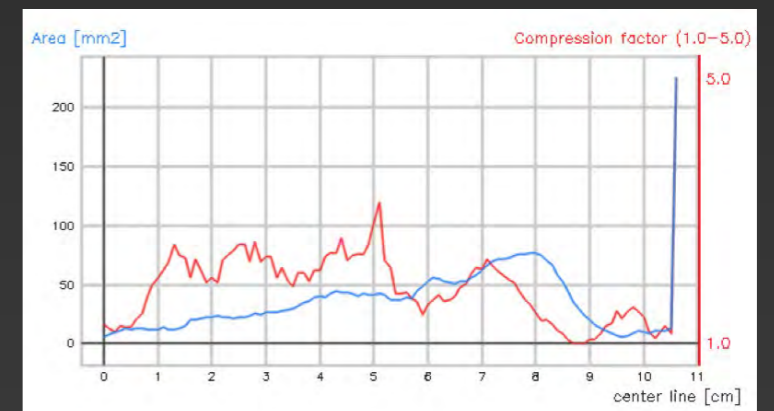
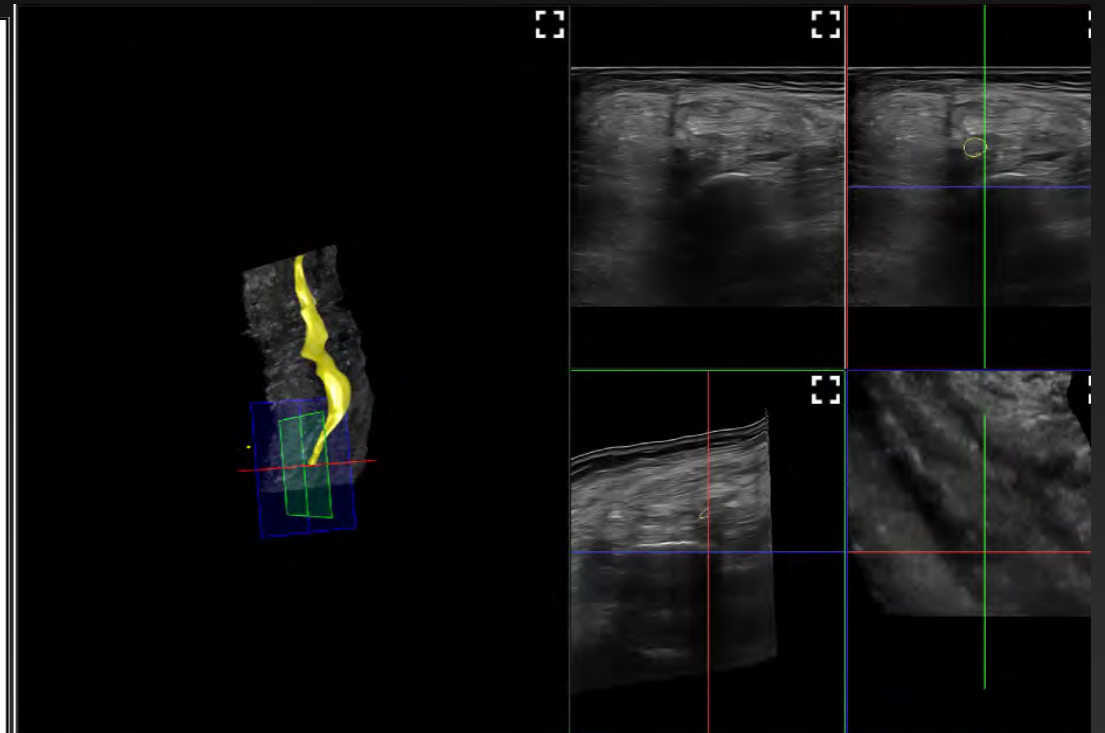
# Nerf Median US

## CMT1a



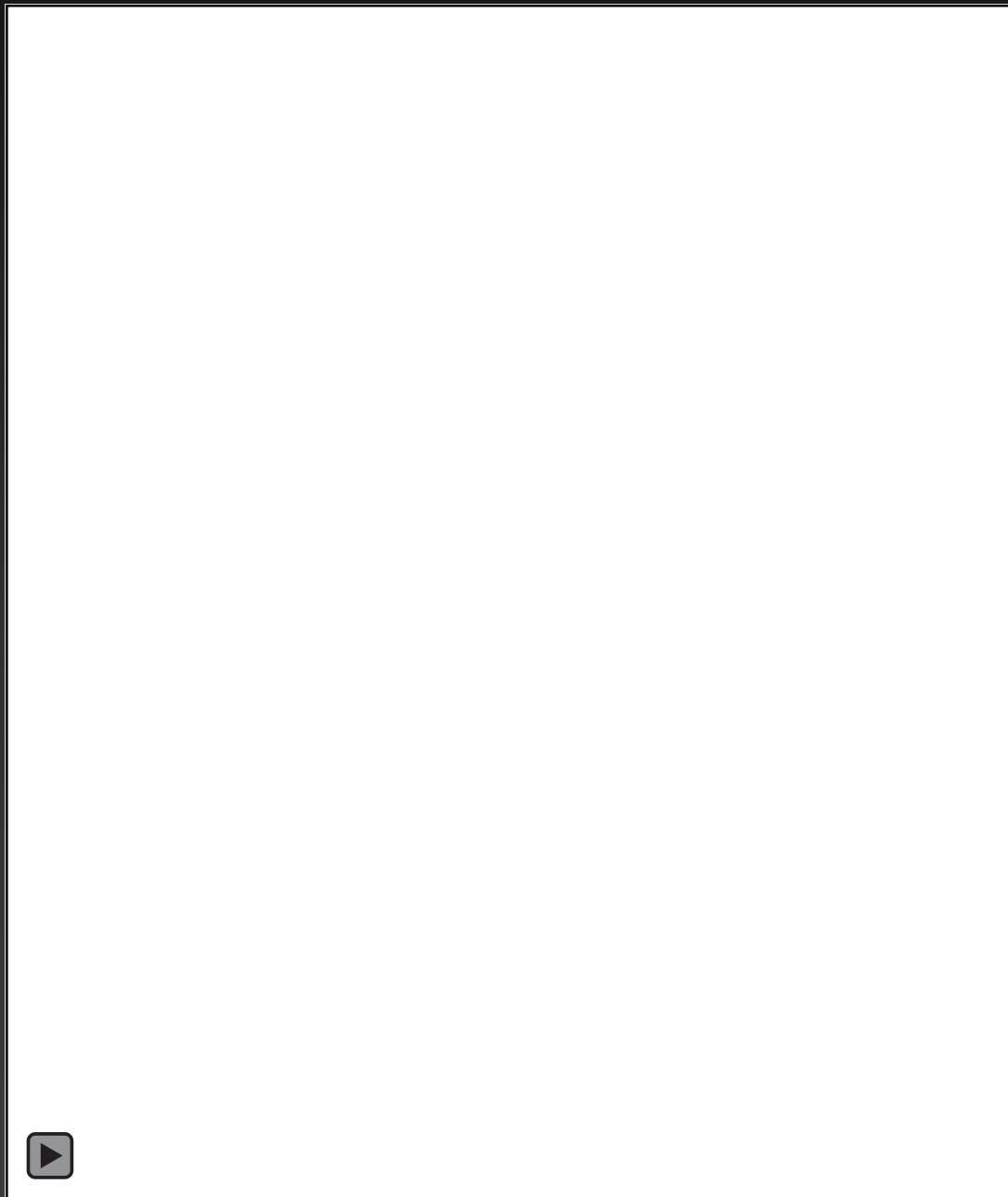
# Nerf Fibulaire 3DUS

## Operated Neuroma



# Tibialis Anterior

FSHD



# 3DUS

## Pros & Cons

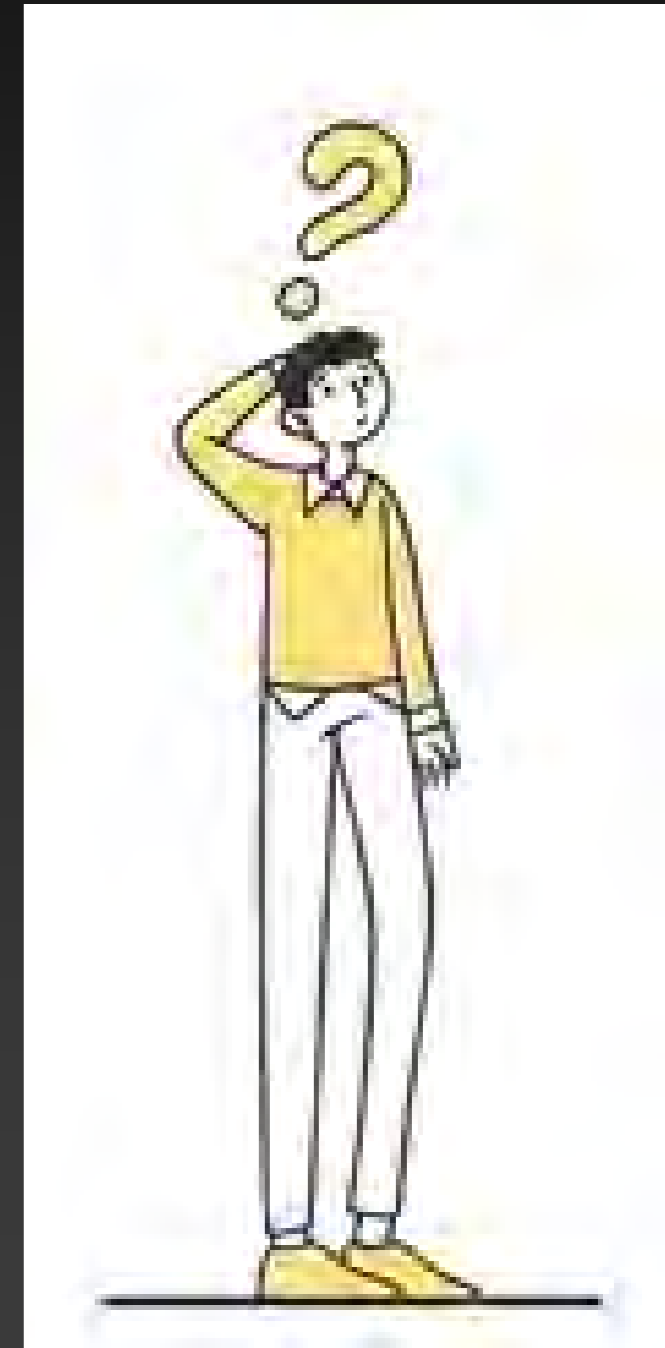
- Limitation de la dépendance de l'opérateur
  - Pelz JO et al. Muscle Nerve 2016
- Limitation des erreurs de positionnement
- Données continues
- Time
- Cout
- Données encore limitées



# 3DUS

Qu'est-ce qu'on peut faire avec, donc?

- **Mesurer des volumes (nerfs, muscles, etc)**
  - Reliability: similaire à MRI, avec différences <2%
    - Noorkoiv M Clin Anat 2019
    - De Jong M Muscle Nerve 2021
    - Frouin A Ultrasound Med Biol 2023
- **Evaluer les modifications dans le temps des structures (atrophie)**
- **Evaluer la structure musculaire: involution fibro-adipeuse (quantitative US); architecture musculaire (angle pennation, fiber length)**



Merci