دور الأمواج فوق الصّوتية في تشخيص تناذر النّفق الرّسغي

The Role of Ultrasound in Diagnosing Carpal Tunnel Syndrome

بحث علمي أُعِدّ لنيل شهادة الماجستير في
التشخيص الشعاعي والتصوير الطبي

إعداد طالبة الدراسات العليا
لين الخليلي

برئاسة الأستاذ الدكتور
عامر ناجي جميل

بإشراف الأستاذ الدكتور
محمّد شحادة آغا

2022

جامعة دمشق
كلية الطب البشري
قسم التشخيص الشعاعي والتصوير الطبي

"أوّلُ العبادةِ الصّمْت، ثُمَّ طلبُ العِلم، ثُمَّ العمَلُ به، ثُمَّ حِفْظُه، ثُمَّ نشْرُه"

سُفيان الثّوري

بسم الله الرحمن الرحيم

Acknowledgement شكر

أتوجّه بالشكر لجامعة دمشق وقسم التصوير الطبي والتشخيص الشعاعي
وأخصّ الأستاذ الدكتور عامر جميل بجزيل الشكر وعميق التقدير
لبقائه معنا طيلة مدّة الاختصاص وحرصه الدّائم على مصلحتنا
وأنّه لم يتوان يوماً عن تقديم الدعم لنا

وأتقدّم بأسمى كلمات الشكر والامتنان وأعمقها للأستاذ الدكتور محمّد شحادة آغا
لكونه قدوة ومثل أعلى في الاحترافيّة في الممارسة الطبيّة
وقد توّج ذلك بإشرافه على هذا البحث

Dedication

For My Mother, My Father
and My Brother Bassel
For believing in me, for your unconditional love and support
Mom, for the sleepless nights you've spent praying for us all
I wouldn't be here if it wasn't for you!
I love you beyond expression, and I hope I can make you proud…

For Riham
My beloved sister, and dear friend
For your unwavering love and support
for not losing faith in me
You gave me something I never knew existed!
And I will love you and cherish you forever…

جدول المحتويات Table of Contents

الإطار التّمهيدي 1

المراجعة النّظريّة

وصف تشريحي

تشريح النّفق الرّسغي 7
تشريح العصب المحيطي 9
التشريح الصّدوي الطبيعي 10
تغايُرات تشريحيّة 13

تناذُر النّفق الرّسغي

التعريف والوبائيّات 18
الفيزيولوجيا المرضيّة 18
الأسباب وعوامل الخطورة 18
المُقاربة التّشخيصيّة 19
العِلاج 21

دور الأمواج فوق الصوتية في تناذر النفق الرسغي

إثْبات الاعْتِلال العصبي الانْضِغاطيّ 24
اكْتِشاف الآفات البنيويّة 29
تَوْجيه الإجراءات الطبيّة 38
المُتابَعَة ما بعد الجِراحَة 39

الدّراسة العمليّة

مقدّمة والهدف من البحث 43
الموادّ والطّرائق 44
النّتائج 51
المناقشة 55
المُقترحات والتوصيات 61

المراجع 64

قائمة الجداول List of Tables

الجدول 1 يبيّن تفصيل بروتوكول الفحص بالأمواج فوق الصوتية وتِكنيك قياس العصب الناصف 46
الجدول 2 يوضّح الخصائص الديموغرافيّة للمشاركين في الدراسة 51
الجدول 3 يوضّح قياسات العصب الناصف في مجموعة المرضى مُقابِل مجموعة الشواهد 52
الجدول 4 يوضّح مدى الارتباط بين الموجودات الصدوية والموجودات التخطيطية في مجموعة المرضى ... 53
الجدول 5 يلخّص مقاييس دقّة مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف في تشخيص تناذر النفق الرسغي عند كلّ عَتَبة مُخْتارة 54
الجدول 6 يستعرض نتائج بعض الدراسات التي أورَدَت الدقّة التشخيصية للأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي 57

قائمة الأشكال List of Figures

شكل 1 يوضّح تشريح النفق الرسغي 8
شكل 2 يوضّح توزّع العصب الناصف في اليد 9
شكل 3 يوضّح تشريح العصب المحيطي..... 10
شكل 4 يوضّح المظهر الصدوي الطبيعي للعصب الناصف 11
شكل 5 يبيّن التشريح الصدوي الطبيعي للنفق الرسغي 12
شكل 6 يوضّح التطوّر الجنيني لشرايين الطرف العلوي 13
شكل 7 يوضّح التغايرات التشريحية للعصب الناصف بمستوى الرسغ 14
شكل 8 يوضّح أكثر الأوضاع شيوعاً للشريان الناصف المستديم بالنسبة العصب الناصف 15
شكل 9 صور إيكوغرافي للنفق الرسغي تُظهِر موقع الشريان الناصف المستديم بالنسبة للعصب
الناصف المشقوق وغير المشقوق 16
شكل 10 صور إيكوغرافي للنفق الرسغي تُظهِر موقع الشريان الناصف المستديم بالنسبة لعصب
ناصف غير مشقوق 17
شكل 11 صور إيكوغرافي للنفق الرسغي تُظهِر موقع الشريان الناصف المستديم بالنسبة لعصب
ناصف مشقوق 17
شكل 12 يُظهِر دراسات التوصيل الحسي والحركي للعصب الناصف 21
شكل 13 يُظهِر مقطعاً عرضياً في النفق الرسغي 22
شكل 14 يُظهِر تِكنِيك التحرير الجراحي المفتوح للنفق الرسغي 23
شكل 15 يوضّح الآليّة الإمراضيّة والمظهر الصدوي لاعْتِلال العصب الناصف الانْضِغاطي 25
شكل 16 صور إيكوغرافي للعصب الناصف بمستوى الرسغ لدى شخص طبيعي ومريض مصاب
بتناذر النفق الرسغي 26
شكل 17 صور إيكوغرافي تُظهِر العلامات الصدوية لاعْتِلال العصب الناصف الانْضِغاطي لدى
مريض مصاب بتناذر النفق الرسغي 26
شكل 18 صورة إيكوغرافي تُظهِر العلامات الصدوية لاعْتِلال العصب الناصف الانْضِغاطي بمستوى الرسغ ... 27

شكل 19 صور إيكوغرافي للنفق الرسغي تُظهِر التَقَبُّب الراحي لقيد القابضات 28
شكل 20 صور إيكوغرافي للعصب الناصف بمستوى الرسغ تُظهِر علامة الثُّلْمَة 28
شكل 21 صور إيكوغرافي تُظهِر التبارز العضلي إلى داخل النفق الرسغي 30
شكل 22 صور لعصب ناصف مشقوق مُشاهَد بالإيكوغرافي وأثناء الجراحة 30
شكل 23 صور إيكوغرافي تُظهِر خُثار شريان ناصف مُستديم مُتَرافِق مع عصب ناصف غير مشقوق 31
شكل 24 صور إيكوغرافي تُظهِر خُثار شريان ناصف مُستديم مُتَرافِق مع عصب ناصف مشقوق 32
شكل 25 صور إيكوغرافي تُظهِر حالات مختلفة لكيسات عُقْدِيّة داخل النفق الرسغي 33
شكل 26 صور إيكوغرافي تُظهِر كيسة عُقْدِيّة داخل النفق الرسغي 33
شكل 27 صور إيكوغرافي للنفق الرسغي تُظهِر حالة التهاب زَلِيْل أوتار عَدْوائِيّ بالمُتَفَطِّرَة الطَّيْرِيّة 34
شكل 28 صور إيكوغرافي للنفق الرسغي تُظهِر حالة التهاب زَلِيْل أوتار لاعَدْوائِيّ 35
شكل 29 صور لـ FLH of the median nerve مُشاهَد بالإيكوغرافي وأثناء الجراحة في مريضين
مختلفين يترافق في أحدهما مع ضخامَة الأصابع 36
شكل 30 صور لـ FLH of the median nerve مُشاهَد بالإيكوغرافي والرَّنين المِغناطيسي وتحت المجهر 37
شكل 31 صور تُظهِر رَشْف كيسة عُقْدِيّة في الوجه الرّاحي للرّسغ بتوجيه الإيكوغرافي 38
شكل 32 صور إيكوغرافي في حالة حقن غير مَقْصود للستيرويد داخل العصب 38
شكل 33 صور إيكوغرافي تُظهِر أشيع أسباب استمراريّة الأعراض أو نكسها بعد التحرير الجراحي للنفق
الرسغي 39
شكل 34 صور إيكوغرافي تُظهِر حركة العصب الناصف داخل النفق الرسغي 40
شكل 35 صورة إيكوغرافي تُظهِر العصب الناصف في الثّلث القاصي من السّاعد بمستوى العضلة
الكابّة المربّعة 47
شكل 36 صورة إيكوغرافي تُظهِر العصب الناصف في مدخل النفق الرسغي 47
شكل 37 صورة إيكوغرافي تُظهِر تِكنيك قياس مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف 48
شكل 38 شكل ترسيمي يوضّح تِكنيك قياس مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف والنقاط الواجب
الانتباه إليها 48

قائمة الاختصارات Abbreviations

AAN	American Academy of Neurology	**FN**	false negative
AANEM	American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine	**FP**	false positive
AUC	area under the ROC curve	**FPL**	flexor pollicis longus
CMAP	compound muscle action potential	**MN**	median nerve
CSA	cross-sectional area	**MRI**	magnetic resonance imaging
CSA_c	carpal tunnel CSA, at pisiform level	**NAP**	nerve action potential
CSA_p	proximal CSA, at pronator quadratus level	**NCS**	nerve conduction studies
ΔCSA	delta cross-sectional area, difference between CSAc and CSAp	**NPV**	negative predictive value
CT	carpal tunnel – computed tomography	**PBFR**	palmar bowing of the flexor retinaculum
CTS	carpal tunnel syndrome	**PMA**	persistent median artery
DML	distal motor latency	**PPV**	positive predictive value
DSL	distal sensory latency	**PQ**	pronator quadratus
EDX	electrodiagnostic testing / studies	**ROC**	Receiver Operating Characteristic
EMG	electromyography	**SNAP**	sensory nerve action potential
FCR	flexor carpi radialis	**SNCV**	sensory nerve conduction velocity
FDP	flexor digitorum profundus	**TCL**	transverse carpal ligament
FDS	flexor digitorum superficialis	**TN**	true negative
FDT	flexor digitorum tendons	**TP**	true positive
FLH	fibrolipomatous hamartoma	**US**	ultrasound

مُلَخّص البحث

الهدف

الهدف من هذا البحث هو تقييم دقّة الأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي اعتماداً على دِلْتا مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف (ΔCSA)، وذلك مقارنةً بالمِعيار المَرجِعي الرّاهِن ألا وهو اختبار التشخيص الكهربائي أو "تخطيط الأعصاب".

المواد والطرائق

أُجْرِيَ الفحص بالأمواج فوق الصوتية على 50 رسغاً لـ 34 مريضاً مُصاباً بتناذر النفق الرسغي مُثْبَت تخطيطياً، وعلى 81 رسغاً لـ 45 شاهداً من مُتَطوّعين أصِحّاء لاعَرَضيّين. تمّت تَعمِية الطبيب الشعاعي الفاحِص عن الموجودات السريريّة والتخطيطيّة للمشاركين في الدراسة. قِيسَت مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى مدخل النفق الرسغي CSA_c (مستوى العظم الحمّصي) وبمستوى الثّلث القاصي من السّاعد CSA_p (مستوى العضلة الكابّة المربّعة)، ومن ثمّ حُسِب الفرق بين هاتين المساحتين "دِلْتا مساحة العصب ΔCSA" لكلّ رسغ.

النتائج

وجدْنا أنَّ مُتوسِّط مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف عند مدخل النفق CSA_c كان أكبر بشكل مهمّ في المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي منه في مجموعة الأصِحّاء ($p < .0001$)

كذلك فإنَّ مُتوسِّط دِلْتا مساحة العصب الناصف ΔCSA كان أيضاً أكبر بشكل مهمّ في المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي منه في المُتَطوّعين الأصِحّاء ($p < .0001$)

بَيّن تحليل مُنحَنى ROC أنَّ هناك أفضليّة تشخيصيّة لحساب ΔCSA على CSA_c وحدَها ($p = .006$)

ووَجَدْنا أنّ ΔCSA أكثر من ٢ مم٢ كانت قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي، بحساسية 100% ونوعية 99%

الاستنتاجات

حساب دِلْتا مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف ΔCSA يؤدّي لتمييز أدقّ بين الرسغ المُصاب بتناذر النفق الرسغي والرسغ غير المُصاب حسب تحليل مُنحَنى ROC.

Abstract

Purpose

Our objective in this study was to assess the accuracy of ultrasound in the diagnosis of carpal tunnel syndrome using the delta cross-sectional area of the median nerve (ΔCSA), compared to the current reference standard of electrodiagnostic testing.

Materials and Methods

50 wrists of 34 patients with electrodiagnostically proven CTS, and 81 wrists of 45 asymptomatic healthy volunteers were examined with ultrasound.
The radiologist performing the ultrasound exam was blinded to both the participant's symptom status, and results of electrodiagnostic testing.
The cross-sectional area (CSA) of the median nerve was measured on transverse sonographic images at the carpal tunnel inlet CSA_c (pisiform level), and at the distal forearm CSA_p (pronator quadratus level), and then the difference between these two measurements "the delta CSA" was calculated for each wrist.

Results

The mean CSA_c was significantly larger in patients with CTS than in healthy volunteers ($p < .0001$). The mean ΔCSA was also significantly greater in patients with CTS than in healthy volunteers ($p < .0001$). Receiver operating characteristic analysis revealed a diagnostic advantage to using the ΔCSA rather than the CSA_c alone ($p = .006$). Use of a ΔCSA threshold of 2 mm^2 yielded the greatest sensitivity (100%) and specificity (99%) for the diagnosis of CTS.

Conclusion

The delta CSA of the median nerve provides a more accurate discrimination between patients with CTS and controls according to receiver operator characteristic (ROC) analysis.

الإِطار التَّمْهيدي

الإطار التَّمْهيدي

مقدّمة

إنّ قصّة مريض يعاني من ألم وخَدَر ونَمَل في أصابع يدِه يوقِظُه من النّوم... قد تدفع الطبيب للتفكير في التشخيص السريري المُرجَّح لتناذر النفق الرسغي. ومن ثمّ يُمكِنه إثبات اعْتِلال العصب الناصف بمستوى الرسغ عن طريق تخطيط الأعصاب.

ولكن... **يبقى السؤال: ما سبب اعتِلال العصب الناصف؟**

هل هو ببساطة الإجْهاد الزّائد للمعصم واليد؟ أم أنَّ المريض يعاني من التهاب في زَليل الأوتار؟ أو من كيسة عُقْدِيّة؟ أو من ورم في الغمد العصبي؟ أو من ترسُّب مواد غير طبيعية (كالمادّة النّشَوانيَّة، أو الثُّوفَة النِقْرسيّة، أو بَيروفُسفات الكالسيوم) داخل النفق الرسغي؟...

وحتماً فإنَّ التشخيص التفريقي للأسباب المُحتَملة لا ينتهي هنا...

فعلى الرّغم من أنّه يُمكِن بسهولة للطبيب أن يُشخِّص تناذر النفق الرسغي سريريّاً، وأن يُثْبِت اعتِلال العصب الناصف بمستوى الرسغ تخطيطيّاً، لكن حقيقة الأمر أنّه ليس بمقدور هذه المُقارَبة أنْ تَكْشِف سبب انْضِغاط العصب الناصف داخل النفق (1).

ومن هنا جاءت مُحاولات عديدة لتصوير النفق الرّسغي الطّبيعي والمَرَضي، ولَطالَما عُدَّت الأمواج فوق الصوتية مُرشَّحاً جيّداً.

فدور التصوير الشُّعاعي البسيط conventional radiography والتصوير المَقْطعي المُحَوسَب CT هنا محدود بسبب ضعف تَبايُن الأنسجة الرّخوة فيهما، مقارنةً بالتصوير بالرَّنين المغناطيسي MRI والأمواج فوق الصوتية US؛ وتقتصر فائدتهما على تقييم عظام الرسغ، والكسور الحاصِلة فيها، وكشف التكوّن المُفرِط للدُشْبُذ أو التّشوّهات التالية للكسور، وكشف الآفات والترسّبات الكلسيّة داخل النفق (2, 3).

ولقد كان هناك وقت كان فيه الرَّنين المِغناطيسي الوسيلة التصويريّة الوحيدة المُعَوَّل عليها في تقييم النفق الرسغي. أوّل استعمال لـ MRI لتصوير النفق الرّسغي يعود إلى 1987 حين أورَد Middleton et al أنّ بمقدوره أن يُظْهِر بدقّة التشريح الطبيعي للنفق الرسغي، وكذلك التغيّرات المورفولوجيّة المُشاهَدة لدى المرضى المصابين بتناذر النفق الرسغي (4).

في عام 1991 أَظْهَر Buchberger et al أنّ دقّة الأمواج فوق الصوتية مُماثِلة لدقّة التَّصوير بالرَّنين المِغناطيسي في تشخيص تناذر النفق الرّسغي؛ وذلك اعتماداً على المعايير ذاتِها، مِن انْتِفاخ العصب في الجزء القريب من النفق، وتَسَطُّحه في الجزء البعيد من النفق، وزيادة التَقَبُّب الراحي لقيد القابضات (3, 5).

وفي المبدأ تُعدّ الأمواج فوق الصوتية تقنيّة أكثر مُلاءمة في المُمَارسة العمليّة، نظراً لأنّ إجراءَها أسرع وأسهل من الـ MRI، وأكثر قبولاً للمرضى، وتكلفة الفحص معقولة نسبياً.
في عام 1999 أَظْهَر Duncan et al أنّ المعيار الصّدوي الأمْثَل لتشخيص تناذر النفق الرسغي هو زيادة مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى العظم الحمّصي (6).
وخَلُصَت دراسات كثيرة لاحِقة إلى نتائج مُشابِهة.

الإشكاليّة البحثيّة

في المُراجَعة الأكثر شُمولاً للأدب الطبّي المُتَعَلّق باستعمال الأمواج فوق الصوتية لتشخيص تناذر النفق الرسغي، وَجَد Cartwright et al أنّ قيمة الأمواج فوق الصوتية ليست فقط في التَحرّي عن الآفات البنيوية التي يمكن أن تكون سبباً لانْضِغاط العصب، بل أكثر من ذلك فإنّ قياس مساحة المقطع العرضي CSA للعصب الناصف بمستوى الرسغ يُعَدّ اختباراً دقيقاً لتشخيص تناذر النفق الرسغي (7). لكن حتّى الآن لاتزال قيمة مساحة العصب المُشَخِّصة مَحَطّ جَدَل. ويُعزَى ذلك لعدّة أسباب، أبرزها الفروق الفرديّة الطبيعية في حجم العصب الناصف (1, 7).
في محاولة للتأقلم مع هذه الفروق الفرديّة، طرح بعض الباحثين فكرة المقارنة الداخلية لمساحة المقطع العرضي للعصب الناصف في منطقة النفق الرسغي مع أخرى يتمّ الحصول عليها في موقعٍ دانٍ غير متأثّر في الفرد نفسه. ووَجدَ Klauser et al تحسُّناً ملْحوظاً في الدقّة التّشخيصيّة للأمواج فوق الصوتية عند حساب دِلْتا مساحة العصب (8).

هدف البحث

الهدف من هذا البحث هو تقييم دقّة الأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي اعتماداً على فكرة المقارنة الداخلية لمساحة المقطع العرضي للعصب الناصف، تحديداً... اعتماداً على دِلْتا مساحة العصب ΔCSA، وذلك مقارنةً بالمِعيار المَرجِعي الرّاهِن ألا وهو اختبار التشخيص الكهربائي أو "تخطيط الأعصاب".

التَّساؤلات البحثيّة

- هل هناك فرق مهمّ في مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف عند مدخل النفق CSA_c وفي دِلْتا مساحة العصب الناصف ΔCSA بين الرسغ المُصاب بتناذر النفق الرسغي والرسغ غير المُصاب؟
- هل هناك أفضليّة تشخيصيّة لحساب ΔCSA على CSA_c وحدَها للتمييز بين الرسغ المُصاب بتناذر النفق الرسغي والرسغ غير المُصاب؟

• ماهي قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي لكلّ من ΔCSA و CSA_c ؟

• ما طبيعة العلاقة بين انْتِفاخ العصب الناصف عند مدخل النفق وتَطاوُل الكُمُون الحسّي البعيد DSL وتَطاوُل الكُمُون الحركي البعيد DML في تخطيط الأعصاب؟

أهميّة البحث

تَبيَّن أنَّ انْتِفاخ العصب الناصف بمستوى مدخل النفق (مستوى العظم الحمّصي) هو المعيار الأكثر حساسيّة ونوعيّة لتشخيص تناذر النفق الرسغي بالأمواج فوق الصّوتية.
لكن اختلفت الدراسات حول قيمة مساحة العصب المُشَخِّصة... حيث تراوَحت القيم المُورَدة بين 9 و 15 مم^2، بحساسية ونوعية تتراوحان بين 57% و 100%.
ويُعْزى ذلك لعدّة أسباب أبرزُها الفروق الفرديّة الطبيعية في حجم العصب الناصف، باختلاف الخصائص الديموغرافيّة والبَيومِتريّة للأفراد، وباختلاف المجموعات السكّانية؛ إضافةً إلى غياب منهجيّة بحث موحّدة وبروتوكول فحص صدوي موحّد.
لذا تبرز أهميّة هذا البحث في دراسة فعاليّة المقارنة الداخلية internal comparison لمساحة المقطع العرضي للعصب الناصف، وتحديد قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي في المرضى السُّوريّين... استناداً إلى بروتوكول فحص اقترحه Chen et al (9).

محدوديّات البحث

• الصّغر النّسبي لحجم العيّنة
• الفحص بالأمواج فوق الصوتية جرى باستخدام جهازَين مُخْتلِفَين
• مجموعة الشواهد تكَوّنَت من مُتَطوّعين أصِحّاء ممّا قد سبّب تحيُّزاً spectrum bias في تعزيز الدّقة التشخيصية للأمواج فوق الصوتية، نظراً لأنّ مجموعة المرضى ومجموعة الشواهد على طرفي نقيض من طيف المرض.

الدراسات السابقة

وَجدَ Klauser et al تحسُّناً ملْحوظاً في الدقّة التّشخيصيّة للأمواج فوق الصوتية عند حساب دِلْتا مساحة العصب ΔCSA - وذلك بطَرْح مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف في الساعد بمستوى العضلة الكابّة المربّعة CSA_p من مساحة مقطعه العرضي بمستوى مدخل النفق CSA_c (مستوى العظم الحمّصي) - ووجَد أنّ ΔCSA أكثر من 2 مم^2 كانت قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي، بحساسية 99% ونوعية 100% (8).

عَمَد Elnady et al إلى تقييم دقّة الأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي لدى المرضى السَّعوديّين اعتماداً على الطريقة ذاتها التي طوَّرها Klauser et al (أي الـ ΔCSA)، ووجَد أنّ ΔCSA أكثر من 2.5 مم^2 كانت قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي، بحساسية 97% ونوعية 100% (10).

لكن في دراسة قام بها Hunderfund et al وجَد أنّ قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي $\Delta CSA \geq 6mm^2$، وهي أعلى من القيمة التي أوردها Klauser et al، وبحساسية ونوعيّة أقلّ من التي أوردها Klauser ...
كما أنّه لم يجدْ أفضلية تشخيصية لحساب ΔCSA على CSA_c وحدَها (11).

مناهج البحث وأدواته

أُجْرِيَ الفحص بالأمواج فوق الصوتية على 50 رسغاً لـ 34 مريضاً مُصاباً بتناذر النفق الرسغي مُثْبَت تخطيطياً، وعلى 81 رسغاً لـ 45 شاهداً من مُتَطوّعين أصِحّاء لاعَرَضيّين. تمّت تَعمِية الطبيب الشعاعي الفاحِص عن الموجودات السريريّة والتخطيطيّة للمشاركين في الدراسة. قِيسَت مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى مدخل النفق الرسغي CSA_c (مستوى العظم الحمّصي) وبمستوى الثّلث القاصي من السّاعد CSA_p (مستوى العضلة الكابّة المربّعة)، ومن ثمّ حُسِب الفرق بين هاتين المساحتين "دِلْتا مساحة العصب ΔCSA" لكلّ رسغ.
حُسِبَت الحساسية، والنّوعية، والقيمة التنبؤية الإيجابية، والقيمة التنبؤية السّلبية للأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي اعتماداً على CSA_c و ΔCSA وباتِّخاذ نتائج تخطيط الأعصاب معياراً مرجعيّاً.

الاعْتِبارات الأخلاقيّة

تمّت الموافقة على بروتوكول الدراسة من قبل مجلِس الجامعة، وأعطى جميع المشاركين في الدراسة موافقةً خطيّةً مُستَنيرة.
هذا وقد اتُّخِذَت التدابير كافّة التي تضمن سِرّيّة المشاركين.
لم يتمّ تشجيع المرضى على المشاركة في الدراسة مقابل حوافِز ماديّة أو غيرها. وجرى الوقوف على رغبة المرضى الذين رفضوا المشاركة.

References المراجع

1. Preston, D. C., & Shapiro, B. E. (2021). Electromyography and neuromuscular disorders: Clinical-electrophysiologic-ultrasound correlations. Philadelphia, PA: Elsevier, Inc.
2. Duncan, S. F.M., & Kakinoki, R. (2017). Carpal tunnel syndrome and related median neuropathies. Springer International Publishing AG.
3. Buchberger, W., Schön, G., Strasser, K., & Jungwirth, W. (1991). High-resolution ultrasonography of the carpal tunnel. Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine, 10(10), 531–537. https://doi.org/10.7863/jum.1991.10.10.531
4. Middleton, W. D., Kneeland, J. B., Kellman, G. M., Cates, J. D., Sanger, J. R., Jesmanowicz, A., Froncisz, W., & Hyde, J. S. (1987). MR imaging of the carpal tunnel: normal anatomy and preliminary findings in the carpal tunnel syndrome. AJR. American journal of roentgenology, 148(2), 307–316. https://doi.org/10.2214/ajr.148.2.307
5. Buchberger, W., Judmaier, W., Birbamer, G., Lener, M., & Schmidauer, C. (1992). Carpal tunnel syndrome: diagnosis with high-resolution sonography. AJR. American journal of roentgenology, 159(4), 793–798. https://doi.org/10.2214/ajr.159.4.1529845
6. Duncan, I., Sullivan, P., & Lomas, F. (1999). Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. AJR. American journal of roentgenology, 173(3), 681–684. https://doi.org/10.2214/ajr.173.3.10470903
7. Cartwright, M. S., Hobson-Webb, L. D., Boon, A. J., Alter, K. E., Hunt, C. H., Flores, V. H., Werner, R. A., Shook, S. J., Thomas, T. D., Primack, S. J., Walker, F. O., & American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine (2012). Evidence-based guideline: neuromuscular ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. Muscle & nerve, 46(2), 287–293. https://doi.org/10.1002/mus.23389
8. Klauser, A. S., Halpern, E. J., De Zordo, T., Feuchtner, G. M., Arora, R., Gruber, J., Martinoli, C., & Löscher, W. N. (2009). Carpal tunnel syndrome assessment with US: value of additional cross-sectional area measurements of the median nerve in patients versus healthy volunteers. Radiology, 250(1), 171177. https://doi.org/10.1148/radiol.2501080397
9. Chen, Y. T., Williams, L., Zak, M. J., & Fredericson, M. (2016). Review of Ultrasonography in the Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome and a Proposed Scanning Protocol. Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine, 35(11), 2311–2324. https://doi.org/10.7863/ultra.15.12014
10. Elnady, B., Rageh, E. M., Ekhouly, T., Fathy, S. M., Alshaar, M., Fouda, E. S., Attar, M., Abdelaal, A. M., El Tantawi, A., Algethami, M. M., & Bong, D. (2019). Diagnostic potential of ultrasound in carpal tunnel syndrome with different etiologies: correlation of sonographic median nerve measures with electrodiagnostic severity. BMC musculoskeletal disorders, 20(1), 634. https://doi.org/10.1186/s12891-019-3010-5
11. Hunderfund, A. N., Boon, A. J., Mandrekar, J. N., & Sorenson, E. J. (2011). Sonography in carpal tunnel syndrome. Muscle & nerve, 44(4), 485–491. https://doi.org/10.1002/mus.22075

المُراجَعة النّظريّة

وصف تشريحي Anatomical Description

تشريح النّفق الرّسغي Anatomy of the Carpal Tunnel

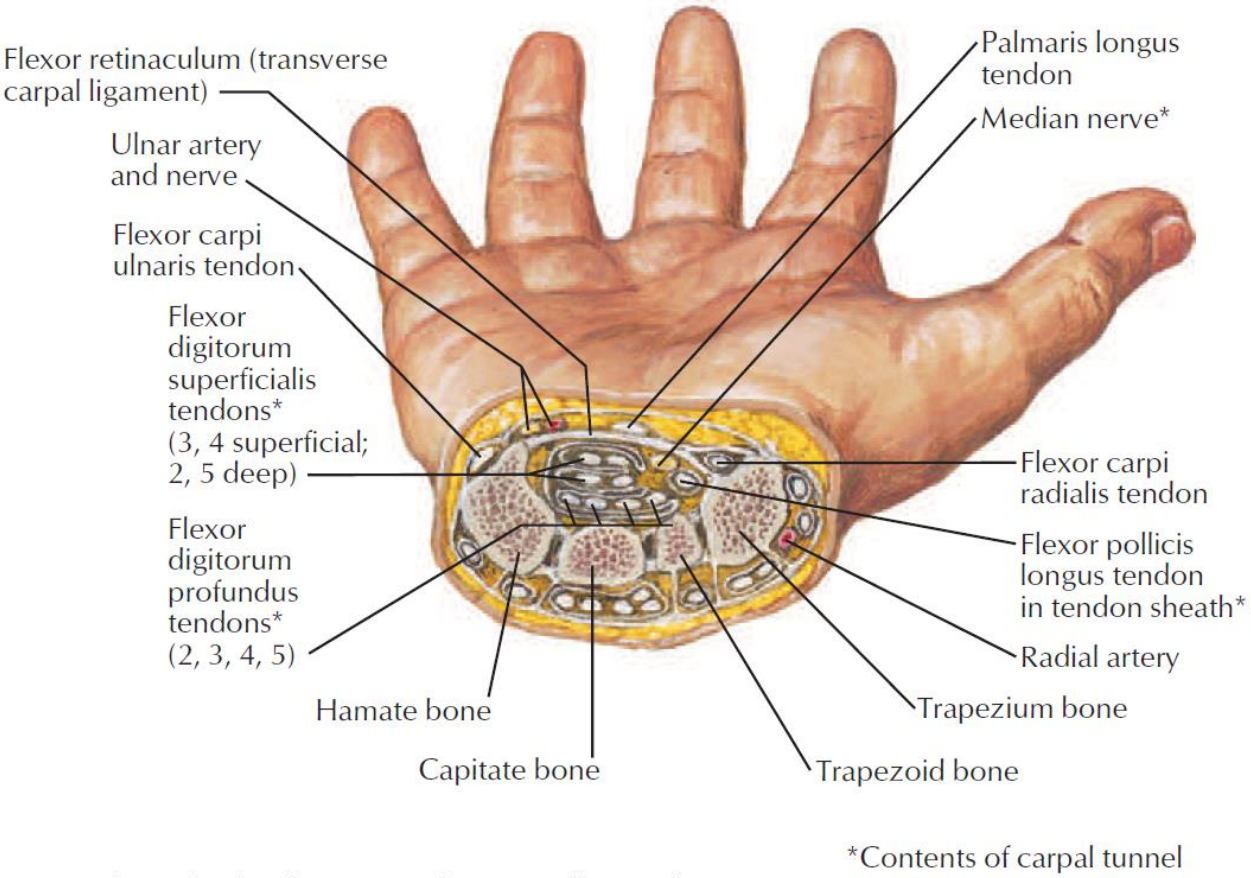
النّفق الرّسغي هو **قناة ليفيّة عظميّة** واقعة في الوجه الرّاحي للرّسغ، تسمح بعبور الأوتار القابضة وعناصر وعائيّة وعصبيّة من الساعد إلى اليد.

- **أرضيّة النفق وجوانبه** مكوّنة من تقعّر القوس الرّسغية (المكوّنة من عظام الرسغ).
- **سقف النفق** مكوّن من رباط ليفي قويّ يُعرَف بقيد القابضات (أو الرّباط الرّسغي المُستعرِض)، وهو تسمّك في اللّفافة العميقة للساعد، يرتكز في الجانب الوحشيّ على العظمين الزّورقي والمربّعي وفي الجانب الأنسيّ على العظمين الحمّصي والكلّابي.
- **العصب الناصف والأوتار التسعة القابضة للأصابع تمرّ جميعها عبر النفق الرسغي.**

حيث يتوضّع العصب الناصف مباشرةً تحت قيد القابضات متبوعاً بالأوتار الأربعة لقابضة الأصابع السّطحيّة flexor digitorum superficialis (FDS)، ومن ثُمّ الأوتار الأربعة لقابضة الأصابع العميقة flexor digitorum profundus (FDP). فيما يتوضّع وتر قابضة الإبهام الطّويلة flexor pollicis longus (FPL) وحشيّ أوتار الـ FDS ، ويمتلك غمداً زليليّاً خاصّاً به؛ في حين أنَّ هناك غمداً زليليّاً مشتركاً يحيط بالأوتار القابضة السّطحيّة و العميقة.

في الجانب الوحشيّ ينقسم قيد القابضات لِيحيط بوتر قابضة الرّسغ الكعبريّة flexor carpi radialis (FCR) في حجرتها الخاصّة. على سطح النفق في الجانب الأنسيّ تتوضّع قناة Guyon، التي يمرّ عبرها العصب الزندي والحُزمة الوعائية المُرافِقة له؛ إلى الوحشيّ قليلاً، هناك وتر العضلة الراحيّة الطويلة (1) (الشكل 1).

يقع مدخل النفق الرسغي بمستوى ثنية الرسغ البعيدة distal wrist crease، أمّا النفق الرسغي نفسُه فيتوضّع فعليّاً في قاعدة راحة اليد (2).

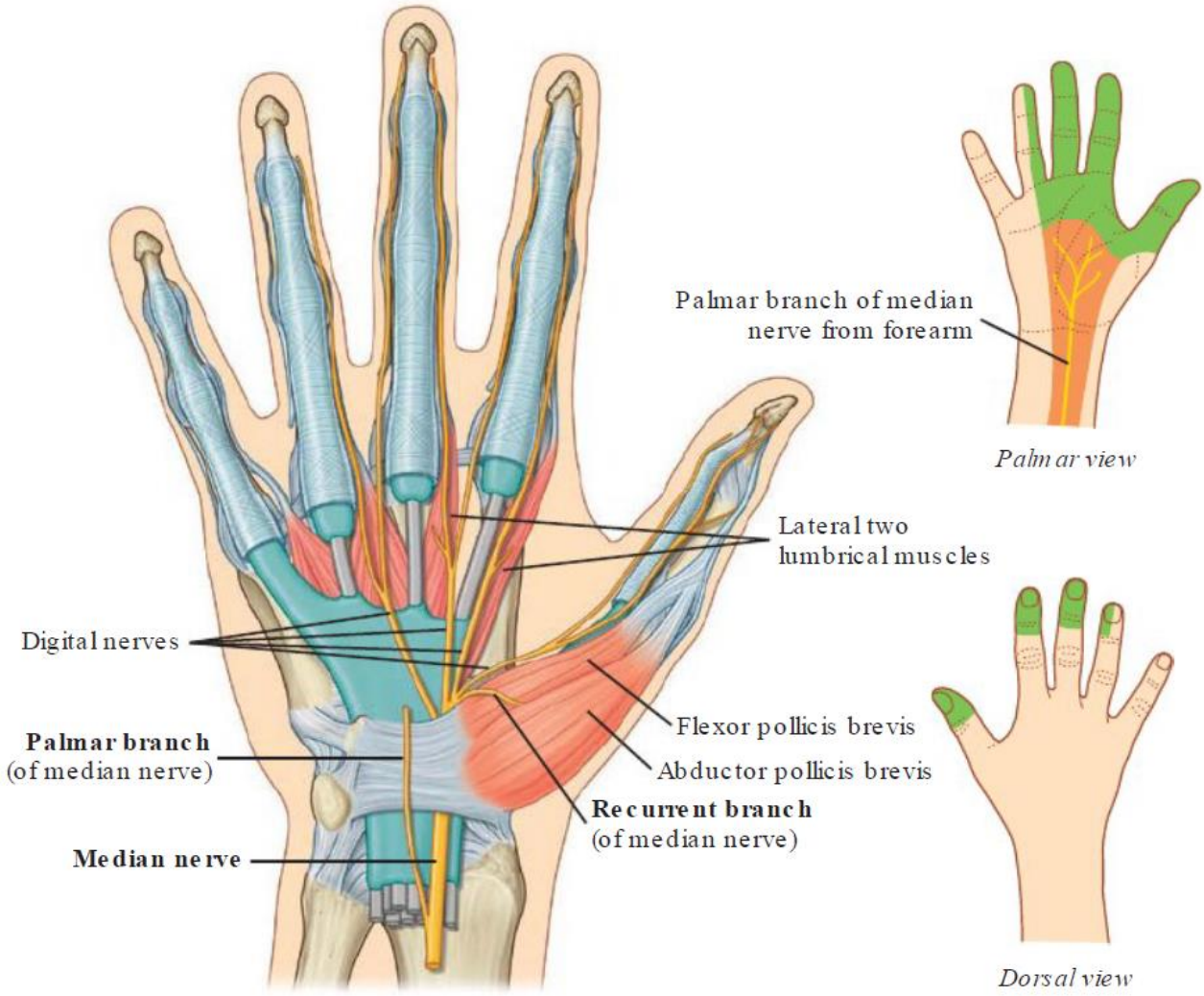


Cross section of wrist demonstrating carpal tunnel.
Adapted from "Atlas of Human Anatomy," by F. H. Netter, 2019. Elsevier Inc.

الشكل 1.

• مباشرةً بعد خروجه من النفق الرّسغي، ينقسم العصب الناصف إلى **فرع راجِع recurrent branch** يُعصّب عضلات الرّانفة (المسؤولة عن مُقابلة الإبهام مع الأصابع الأخرى)؛ **وفروع راحيّة إصبعيّة palmar digital branches** تُعصّب العضلتين الخَراطينيَّتين الوحشيّتين (المسؤولتين عن عطف المفاصل السّنعية السّلاميّة وفي الوقت نفسه بسط المفاصل بين السّلاميّة للإصبعين السبابة والوسطى) والجلد المغطّي للوجه الرّاحي والوجه الظهري القاصي للأصابع الثلاثة الأولى والنّصف الوحشي من الإصبع الرّابعة، فضلاً عن الجلد المغطّي للجزء المجاور من راحة اليد.

• أمّا بالنسبة **للعصب الجلدي الرّاحي palmar cutaneous branch**، فهو ينشأ من العصب الناصف قبل دخوله إلى النفق الرسغي، ويمرّ سطحيّاً بالنسبة لقيد القابضات إلى اليد، ليعصّب الجلد المغطّي لقاعدة راحة اليد ومركزها (2) (الشكل 2).

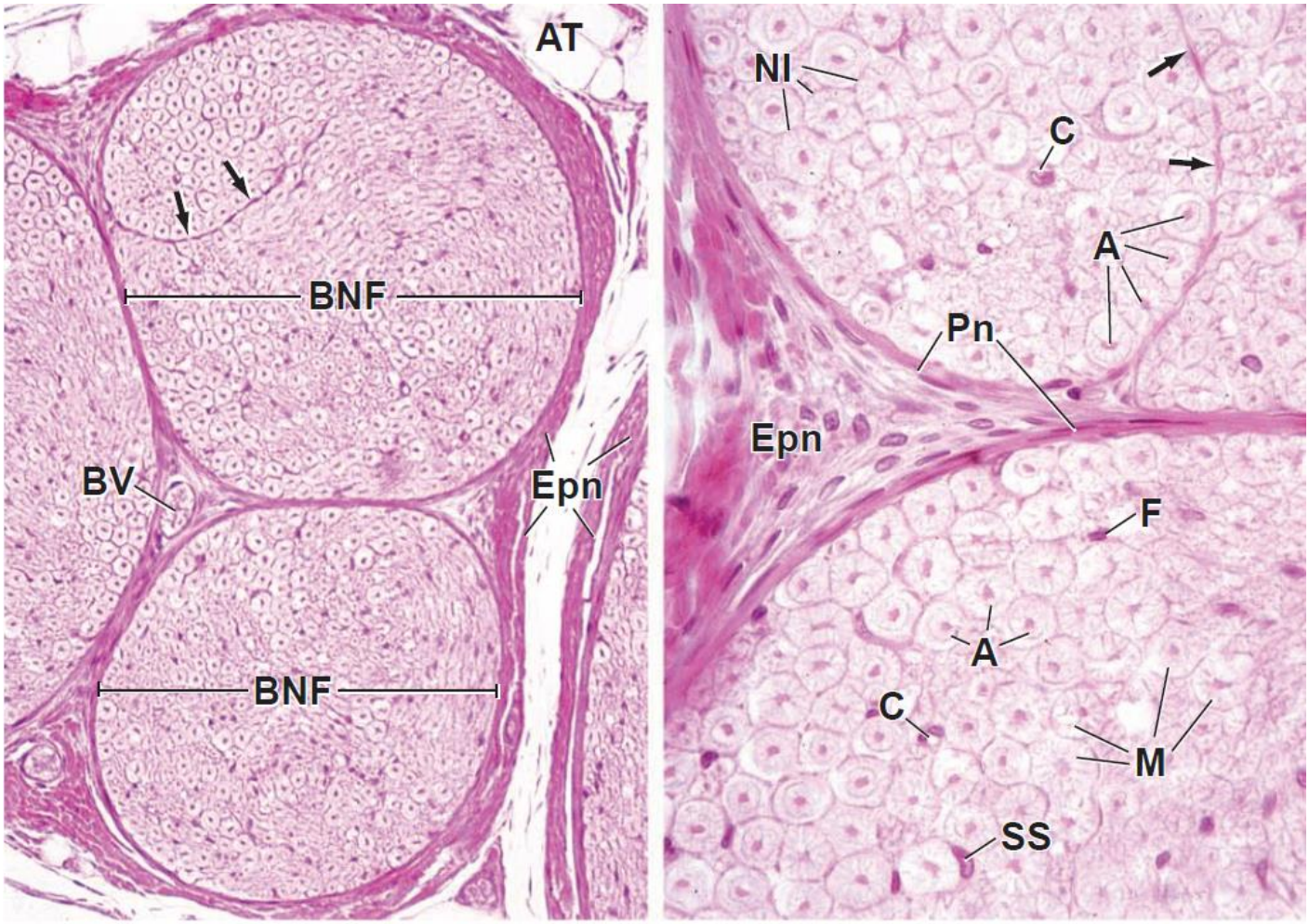


Median nerve in the hand.
Adapted from "Gray's Basic Anatomy, " by R. I. Drake, A. W. Vogl, & A. W.M. Mitchell, 2018. Elsevier Inc.

الشكل 2.

تشريح العصب المحيطيّ Anatomy of a Peripheral Nerve

تتكوّن الأعصاب المحيطيّة من العديد من الألياف العصبية، التي قد تكون مُغمَّدة أو غير مُغمَّدة بالمَيَالين، مُجتمعة في حُزَم. تُحاط كلّ حُزْمة بطبقة رقيقة من نسيج ضام، تُعرَف بظِهارة الحُزْمَة العصبيّة perineurium. ومن ثُمّ تُحاط جميع هذه الحُزَم سَويَّةً بطبقة من نسيج ضام كثيف تجمعها معاً، تُعرَف بغِمْد العصب epineurium. أمّا لُحْمة النسيج الضّام المُرتبطة بالألياف العصبية المُفْردة فَتُعرَف بغمد اللّيف العصبي endoneurium (3) (الشكل 3).



Photomicrograph of a peripheral nerve in cross-section, H&E.
Adapted from "Histology a text and atlas," by M. H. Ross, & W. Pawlina, 2011. Lippincott Williams & Wilkins.

الشكل 3.

BNF: bundle of nerve fibers (fascicle); Epn: epineurium; BV: blood vessels; AT: adipose tissue; Pn: perineurium; A: axon; M: myelin; SS: Schwann cell nucleus; Nl: neurilemma; C: capillary.

التّشريح الصّدوي الطّبيعي Normal Sonographic Anatomy

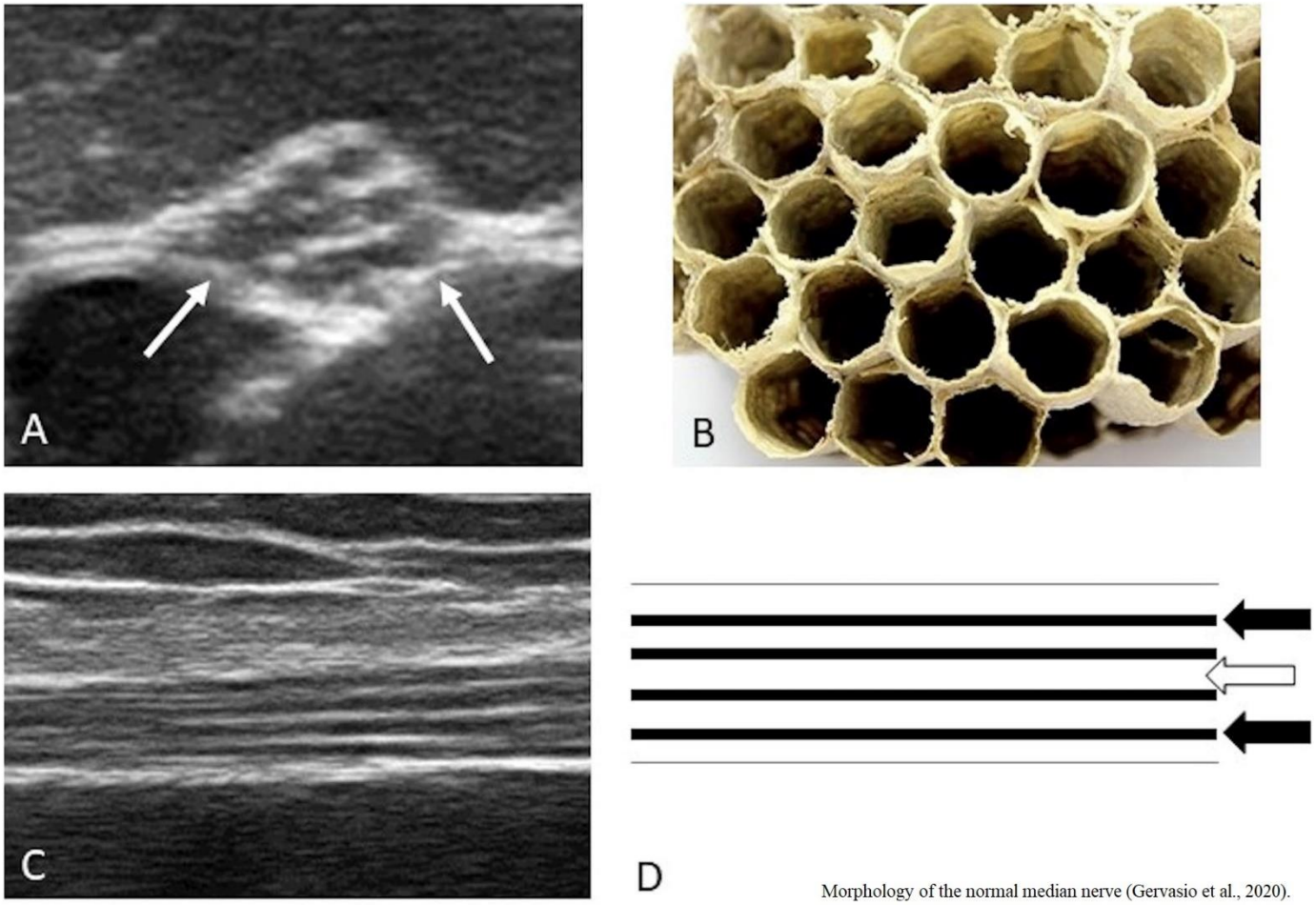
• صَدَويّاً، تظهر السطوح العظميّة على هيئة بُنى خطيّة أو منحنية مُفْرِطة الصدى مع خيال صوتي خلفها.

• قيد القابضات يظهر كشريط رقيق مُفْرِط الصدى يمتدّ بين العظمين الحمّصي/ الكلّابي أُنسيّاً والزّورقي/ المربّعي وحشيّاً.

• الأوتار تظهر كبُنى مُفْرِطة الصدى تتكوّن في المقاطع الطّولية من خطوط متوازية، وفي المقاطع العرضيّة من أصداء نُقطيّة متعدّدة (4).

عند تصويرها بزاوية مائلة، يمكن للأوتار أن تظهر ناقصة الصدى... ولكن هذه خادِعة artifact تُعرَف بتبايُن الخواص المُتَأثّر بالجهة anisotropy، وتُشير إلى الظاهرة التي تُبدي فيها الأنسجة صدىً مُتغيّراً بتغيُّر الزّاوية التي تتمّ رؤيتها فيها؛ وهي أكثر ما تكون وضوحاً في الأوتار والأربطة (5).

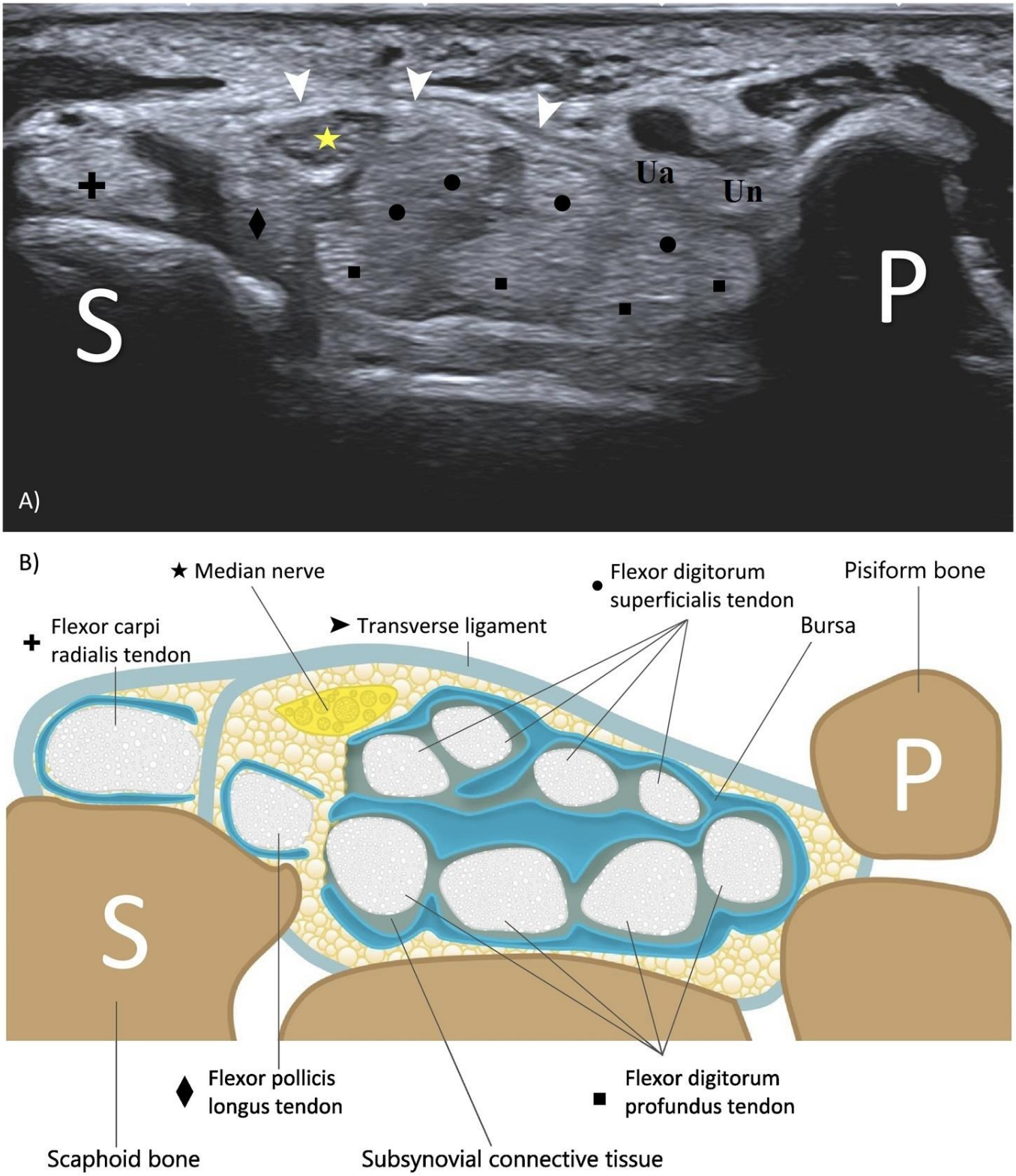
• تظهر الأعصاب على هيئة حُزَم مُتعدّدة ناقصة الصدى، يفصل بينها، ويحيط بها نسيج ضام مُفْرِط الصدى perineurium/epineurium، ممّا يعطيها مظهر "قرص العسل" الكلاسيكي (4) (الشكل 4 و5).



Morphology of the normal median nerve (Gervasio et al., 2020).

الشكل 4.

(**A**) مقطع عرضي في العصب الناصف يُظهِر البنية الصّدويّة النموذجية للحُزَم العصبية ناقصة الصدى المُحَدّدة بنسيج ضام مُفرِط الصدى، أشبه بقرص العسل (**B**). (**C**) مقطع طولي في العصب وشكل ترسيمي مرافق (**D**)، يُظهران البنية الحُزَميّة للعصب والتناوب بين الحُزَم ناقصة الصدى (الأسهم السوداء) والنسيج الضام مفرط الصدى (السهم الأبيض).



الشكل 5.

التشريح الصدوي للنفق الرسغي بمستوى مدخل النفق.

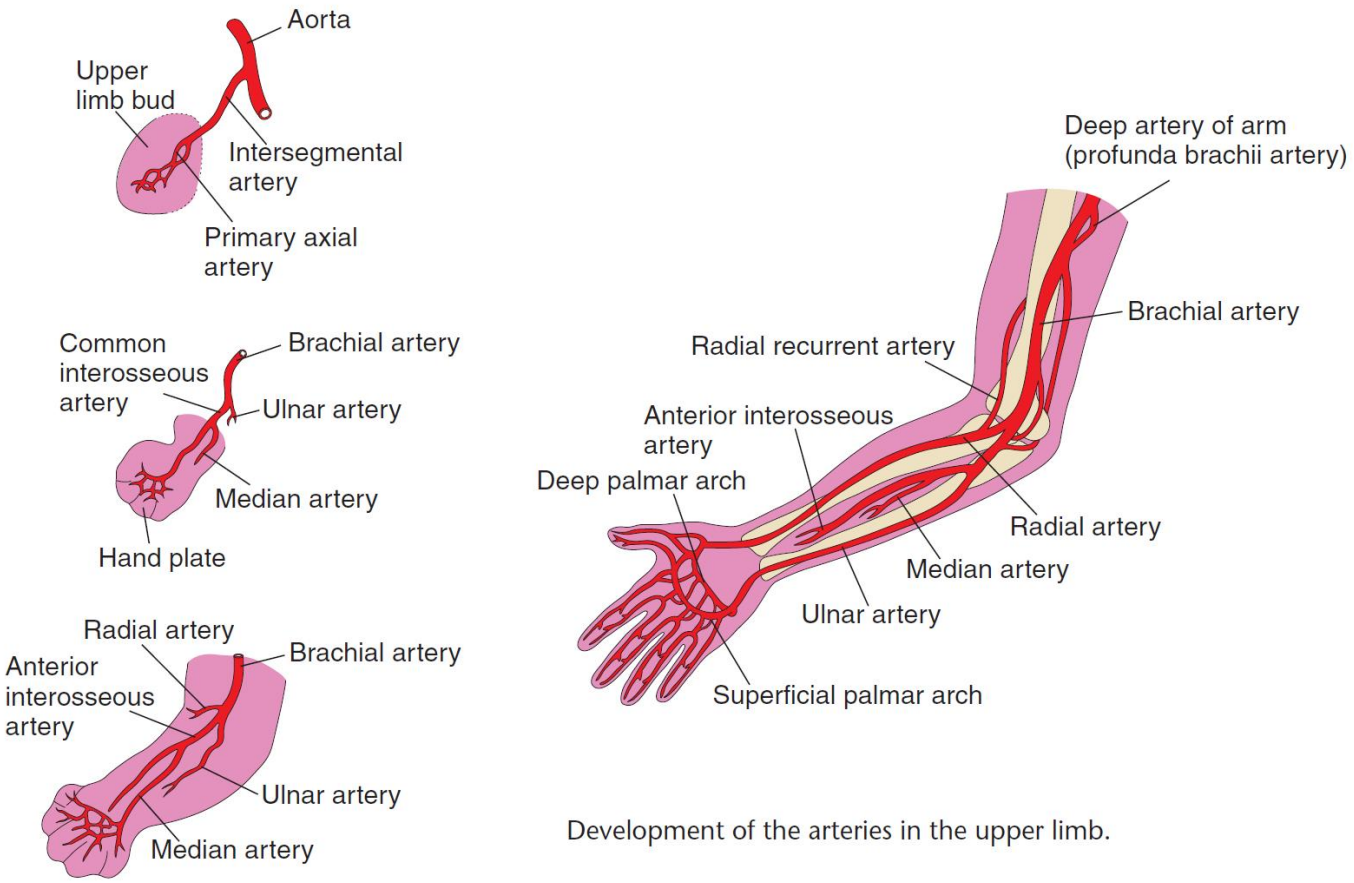
تغايُرات تشريحيّة Variant Anatomy

العصب الناصف المشقوق Bifid median nerve

قد ينقسم العصب الناصف إلى حُزمتين عصبيّتين في الجزء القاصي من الساعد، ليظهرَ مشقوقاً في النفق الرسغي. يختلف معدّل انتشار العصب الناصف المشقوق باختلاف المجموعات السكّانيّة، ويتراوح بين 2٪ و 13٪. أورَد Lanz أنّ جُزأي العصب غالباً ما يكونان بقطرين متساويين تقريباً. في حين أورَدَت تقارير أخرى في الأدب الطبّي حجمَين مختلِفَين لهذين الجزأين، ليكون الجزء الوحشيّ مسيطراً في بعض الحالات، والجزء الأنسيّ مسيطراً في حالات أخرى. غالبًا ما يترافق العصب الناصف المشقوق مع شريان ناصف مستديم يمتدّ بين الحُزمتين العصبيّتين (6، 7).

الشريان الناصف المُستَديم Persistent median artery (PMA)

يؤمّن الشريان الناصف الجريان الدموي للساعد واليد في أثناء التطوّر الجنيني. مع تطوّر الشريان الكعبري والزندي، يتراجع الشريان الناصف لوعاء صغير يُرافق العصب الناصف في الساعد (8) (الشكل 6).



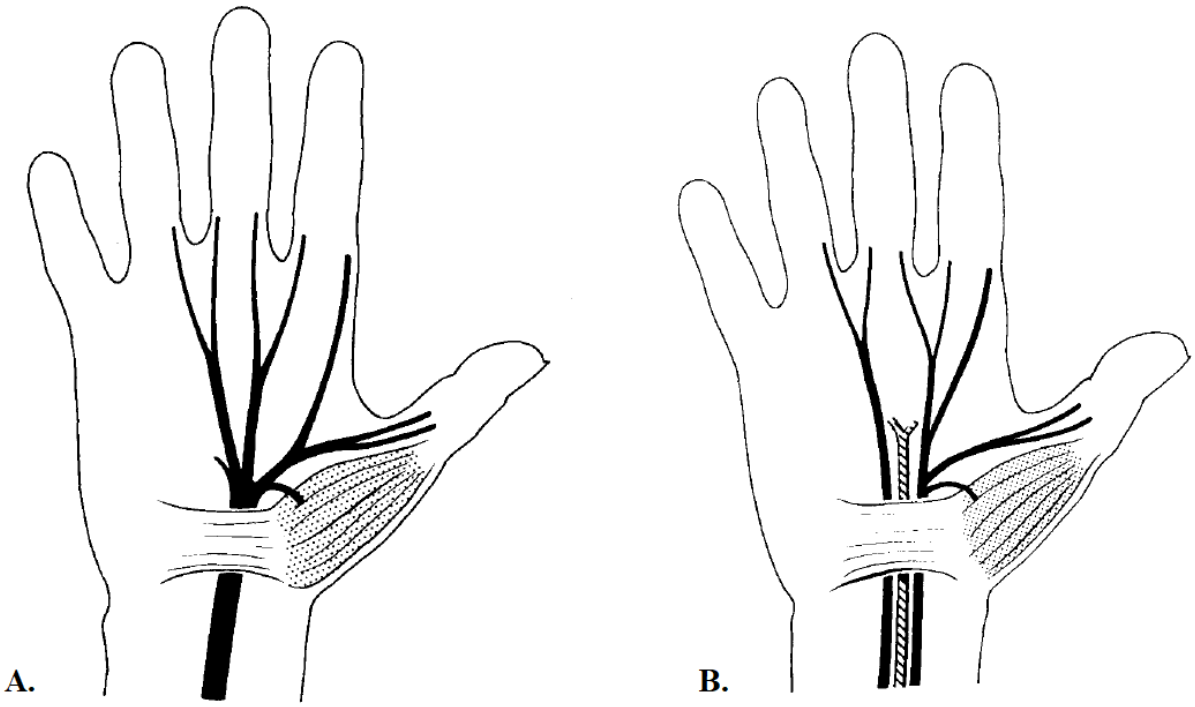
Development of the arteries of the upper limb.
Adapted from "Before we are born," by K. L. Moore, T.V.N. Persaud, & M. G. Torchia, 2016. Elsevier Inc.

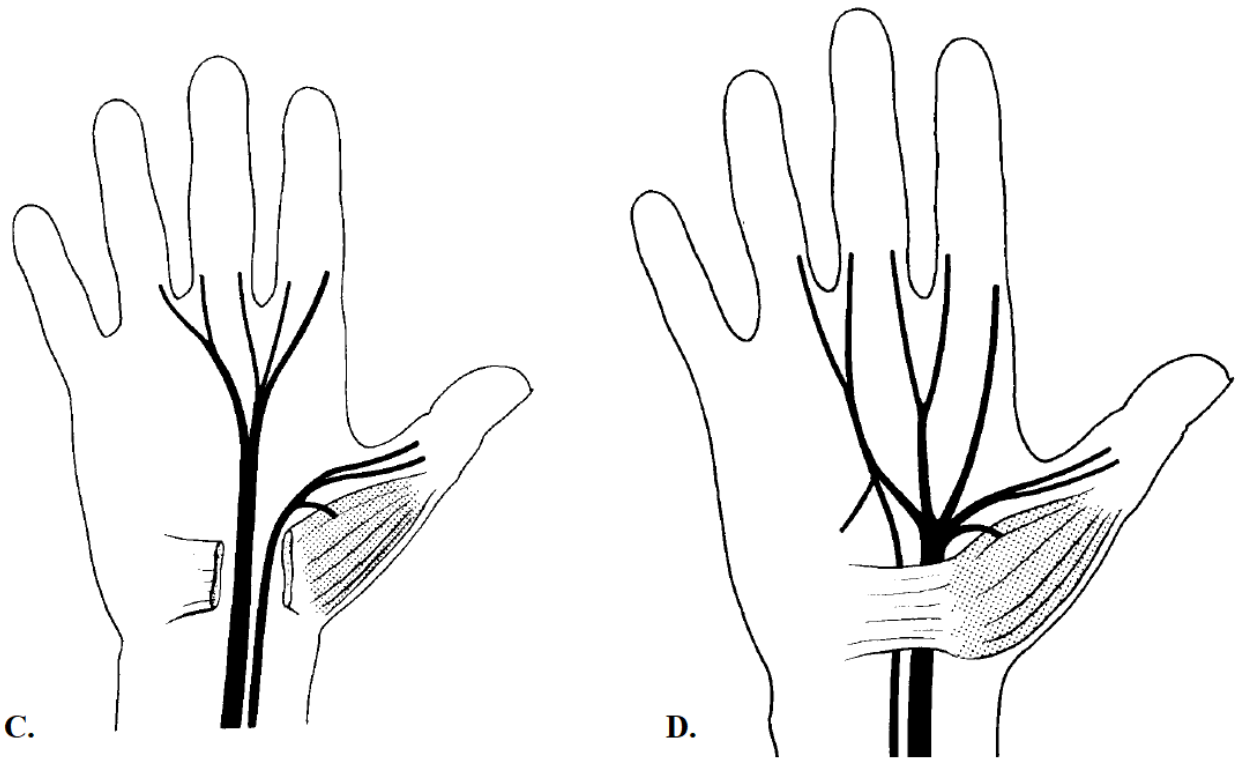
الشكل 6.

• عند بقائه، بمعدّل انتشار يتراوح بين 10 ٪ و 50 ٪ حسب المجموعة السكّانيّة، فإنّ الشريان الناصف المستديم يحمل الدم إلى القوس الراحيّة السطحيّة أو إلى الأصابع الوحشيّة، إضافةً إلى العصب الناصف. وهو غالباً ما يقع إلى الجانب الزندي من العصب الناصف الطبيعي (غير المشقوق). أمّا عندما يكون العصب مشقوقًا، فالشريان غالبًا ما يتوضّع بين حُزمتي العصب (7، 9) (الشكل 7 و 8 و 9).

• لم يُعْثَر على ارتباط مهمّ بين العصب الناصف المشقوق وزيادة خطورة الإصابة بتناذر النفق الرسغي؛ لكن يمكن للشريان الناصف المستديم أن يكون سببًا لتناذر النفق الرسغي (7).

معرفة هذه الاختلافات التشريحية أمرٌ ضروريٌّ لتجنب الأذيّة غير المقصودة للعصب أو الشريان أثناء التحرير الجراحي للرّباط الرسغي المستعرض.

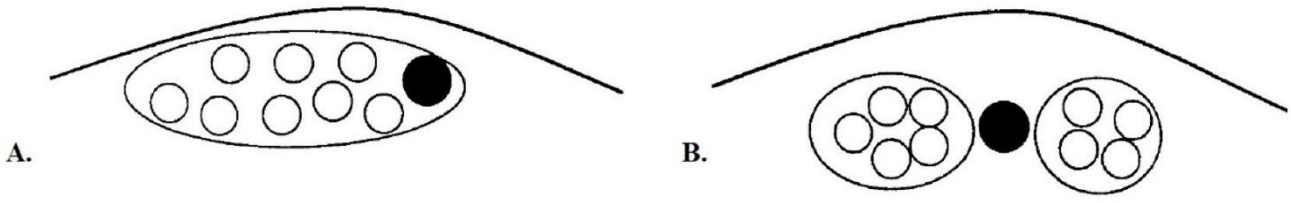




الشكل 7.

تغايرات تشريحية للعصب الناصف بمستوى الرسغ (Lanz, 1977).

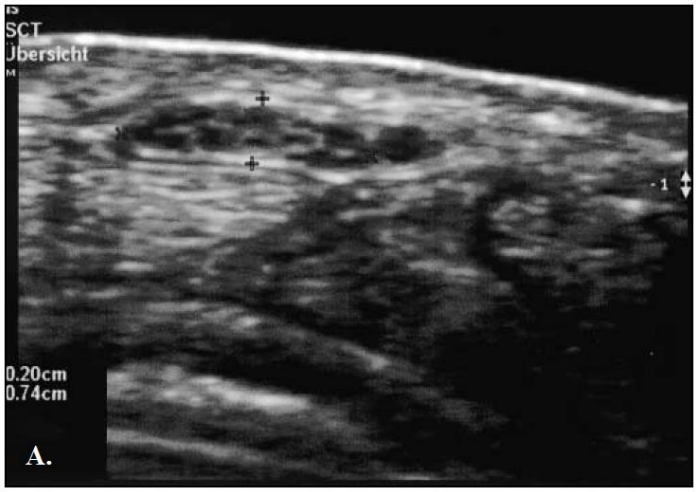
A. عصب ناصف طبيعي غير مشقوق ذو تفرّع منتظم. **B.** عصب ناصف مشقوق مع شريان ناصف مستديم يمتدّ بين حزمتي العصب. **C.** عصب ناصف مشقوق مع جزء زندي مسيطر. **D.** عصب ناصف مشقوق مع جزء كعبري مسيطر.

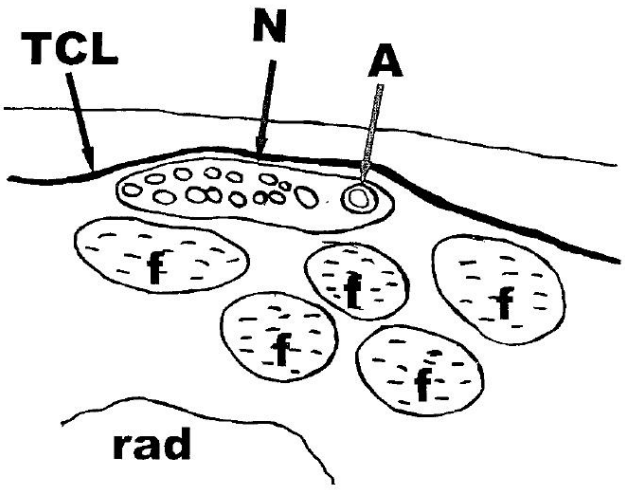


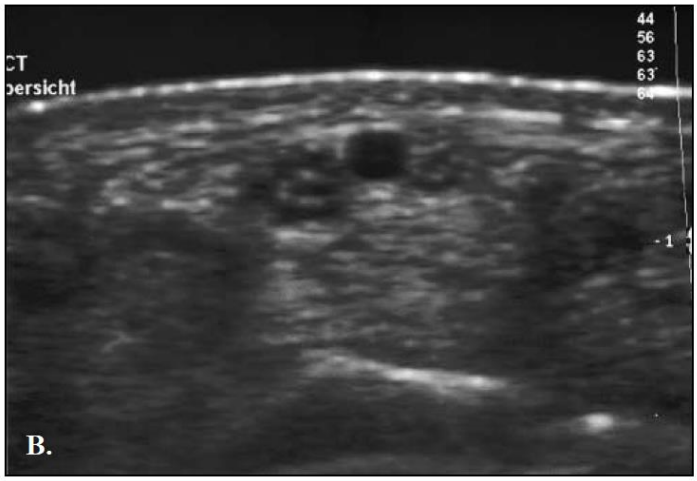
الشكل 8.

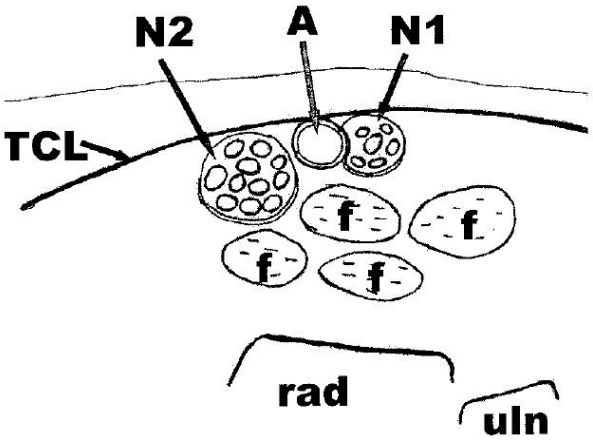
أكثر الأوضاع شيوعاً للشريان الناصف المستديم بالنسبة العصب الناصف (Gassner et al., 2002).

A. عصب ناصف غير مشقوق مترافق مع شريان ناصف مستديم متطرّف التوضّع (عادةً إلى الجانب الزندي من العصب)، مع وجود غمد مشترك يحيط بكليهما. **B.** عصب ناصف مشقوق مع شريان ناصف مستديم يمتدّ بين حزمتي العصب.









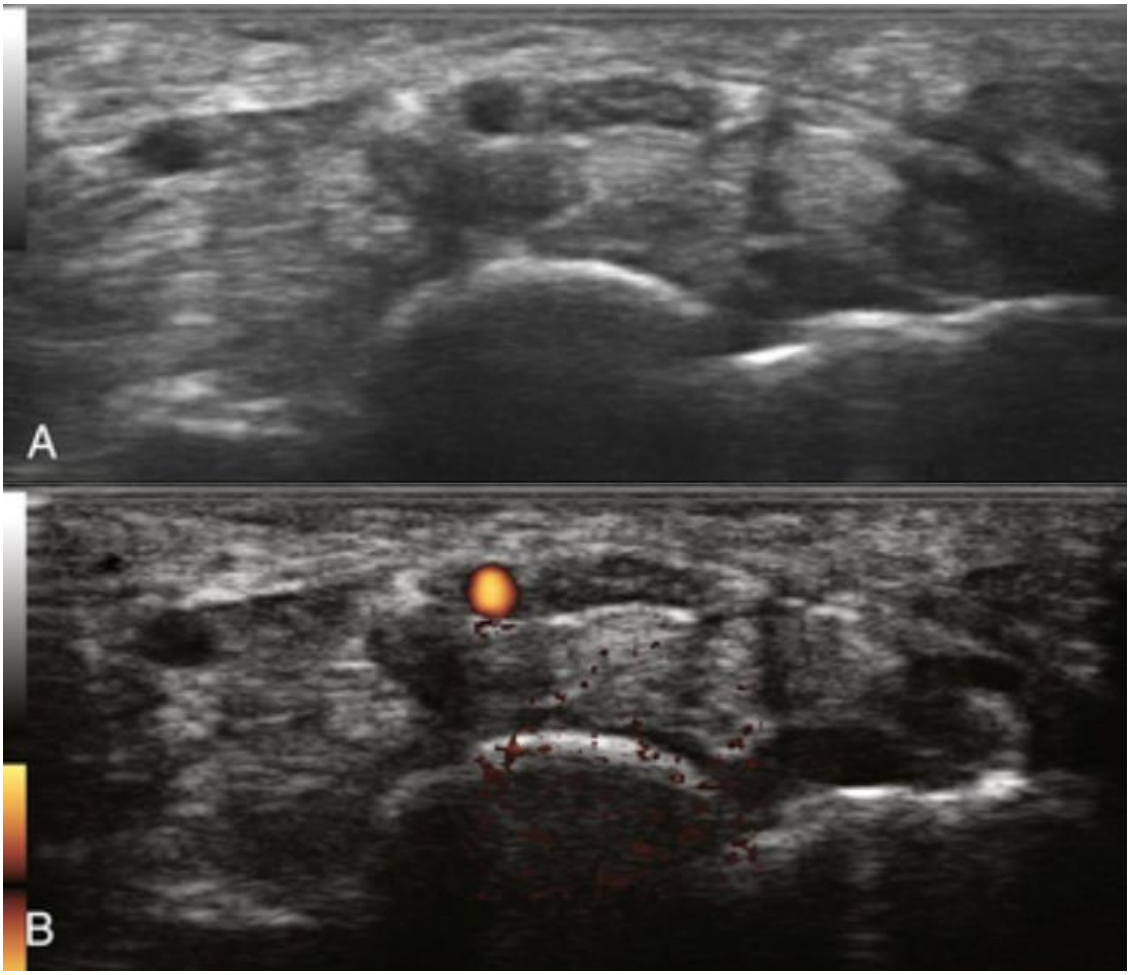
الشكل 9.

صُوَر لمقاطع عرضية بالأمواج فوق الصوتية بمستوى الجزء القريب من النفق الرسغي، مع أشكال ترسيمية مقابلة لها، في مريضين مختلفين تُظهِر (Gassner et al., 2002):

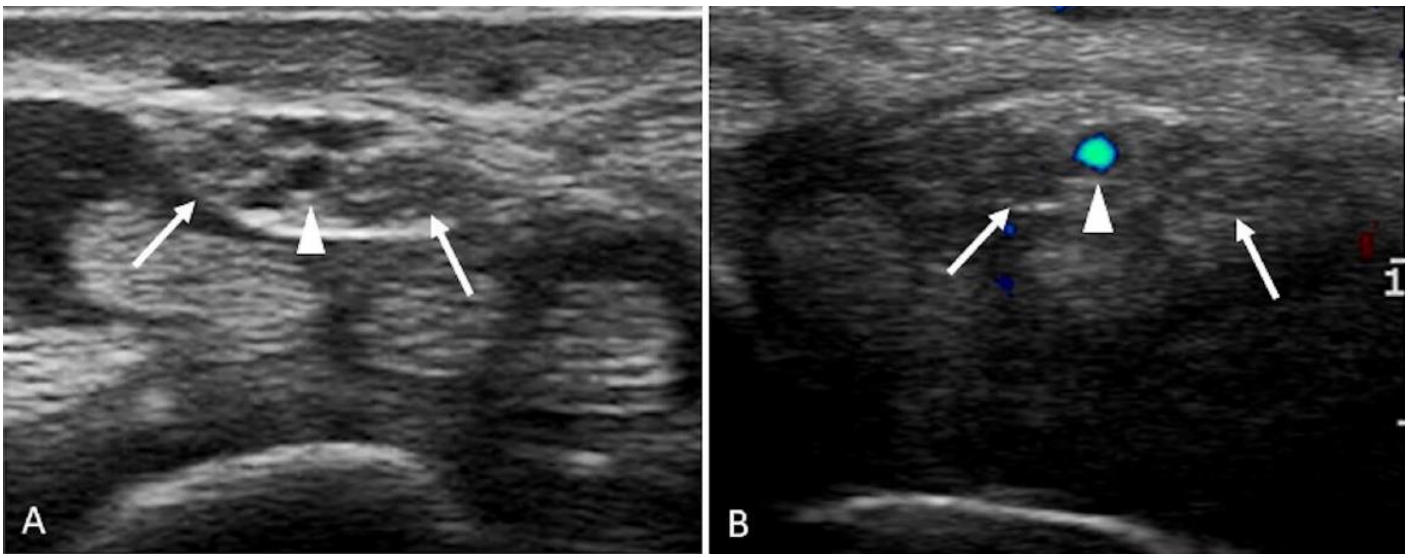
A. شريان ناصف مستديم إلى الجانب الزندي من عصب ناصف غير مشقوق، مع غمد مشترك يحيط بهما.

B. عصب ناصف مشقوق مع شريان ناصف مستديم يمتدّ بين حزمتي العصب.

صُوَر لمقاطع عرضية بالأمواج فوق الصوتية بمستوى الجزء القريب من النفق الرسغي في مريضين مختلفين تُظهِر: شريان ناصف مستديم يمرّ إلى الجانب الزندي من عصب ناصف غير مشقوق (الشكل 10)
Adapted from "Ultrasound of Focal Neuropathies," by M. S. Cartwright, 2016, Radiology Key
وعصب ناصف مشقوق مع شريان ناصف مستديم يمتدّ بين حزمتي العصب (الشكل 11)
(Gervasio et al., 2020)



الشكل 10.



الشكل 11.

تناذُر النّفق الرّسغي Carpal Tunnel Syndrome

التعريف والوبائيّات Definition & Epidemiology

تناذر النفق الرسغي Carpal tunnel syndrome (CTS) هو أكثر اعتلالات الأعصاب الانحِصاريّة شيوعاً في الطرف العلوي. وهو مجموعة من الأعراض والعلامات الناجمة عن انضغاط العصب الناصف داخل النفق الرسغي. يُشاهد عند النساء بتواترٍ أعلى منه عند الرجال، في ذروةٍ عمريّة بين الـ 40 و 60 عاماً. من أعراضه النموذجيّة حِسّ الخَدَر والنَّمَل والألَم في توزّع العصب الناصف، وضعف أو خراقة اليد (10).

الفيزيولوجيا المرضيّة Pathophysiology

• يرتبط هذا التناذر بمجموعة متنوّعة من عوامل الخطورة المُحتملة؛ السّبيل المشترك النّهائي لمُعظمها هو ارتفاع الضغط داخل النفق الرسغي... هذا النفق الذي هو عبارة عن قناة ليفية عظمية ذات حجم ثابت نسبيّاً.
• الضغط المُتزايد داخل الحيّز الضيّق، غير المُطاوِع للنفق الرسغي يؤدّي إلى انضغاط العصب الناصف. لأنّه أكثر بنية ليّنة داخل النفق، فإنّه يتأثّر بارتفاع الضغط أولاً.
• يؤدّي انضغاط العصب إلى سلسِلة من الحوادِث التي تُفضي إلى الاحتقان الوريدي، وإقفار العصب، مع تخرّب الحاجز الدّموي العصبي، وما يتبعها من وذمة داخل العصب.
• إذا استمرّ ارتفاع الضغط، يمكن لهذه العوامل أن تسبّب زوال مَيَالين العصب، وتليّفه، مؤديّةً إلى تنكّس المحاور العصبيّة في المراحل المتقدّمة من المرض.
• في المراحل المبكِّرة، يمكن أن تكون الأذيّة عَكوسة؛ بمجرّد تخفيف الضغط داخل النفق وعودة الدوران الدموي الطبيعي، من الممكن حتّى أن يستعيد العصب تمَلُيُنه.
• ولكن عند حدوث التليُّف وتنكُّس المحاوِر العصبيّة، سيكون هناك فِقْدان دائم لوظيفة العصب وضمور في العضلات التي يعصّبها (11، 12).

الأسباب وعوامل الخطورة Etiology & Risk Factors

• الضغط المُرتفِع داخل النفق الرسغي عادةً ما ينجُم عن **التهاب زَلِيْل الأوتار القابضة** اللّانوعي. إلّا أنَّ **التضَيُّق الخَلْقي للنفق الرسغي، البدانة،** وبعض الحالات المرضيّة تُؤَهِّب أيضاً لهذا التناذر... مثل **التهاب المفاصل الروماتويدي،** غالباً بسبب تَسمُّك الغشاء الزَلِيْليّ للمفاصل وأغْمَاد الأوتار الموجودة بمستوى الرسغ؛ **الدّاء السُّكَّري،** ويعود ذلك جُزْئيَّاً لزيادة عُرْضة الأعصاب المُتأثِّرة باعْتِلال الأعصاب المُتَعدِّد polyneuropathy للانْضِغاط

"sick nerves are more prone to compression"؛ **التَّحَال الكُلويّ**، لربّما يعود ذلك لِترسُّب المادّة النّشَوانيَّة داخل النفق الرسغي؛ إضافةً إلى **اضطرابات الغدّة الدّرقية**.

• حوالي 25٪ من **النِّساء الحوامل** يُطوِّرْنَ أعراض تناذر النفق الرسغي، والخُطُورَة أعلى ما تكون في الثُّلث الثالث من الحمل. ولكن عادةً ما تتراجع هذه الأعراض في غضون أسابيع من الولادة.

• **المهن والهوايات التي تتطلّب حركات متكرّرة للمعصم، أو استخدام أدوات اهتزازيّة** مَقْرُونة أيضاً بهذا التناذر. في هذه الحالات تُصاب اليد المُسَيطِرة أوّلاً وبِصورة أشدّ.

• **كسور النّهاية البعيدة للكعبرة وكسور عظام الرسغ** تزيد خطورة الإصابة بتناذر النفق الرسغي إلى أكثر من الضِّعف، والذي يمكن أن يتظاهر بصورة حادّة عند حدوث الكسر، بسبب الأذيّة المباشِرة للعصب، أو بسبب النّزف أو الوذمة الحاصِلة التي تسبّب ارتفاعاً حادّاً في ضغط النفق الرسغي؛ بصورة تحت حادّة، بسبب الضغط الخارجي على النفق من الجبائِر المُستعملة، أو بسبب الإجْهاد الزّائد للمعصم أثناء المُعالَجَة الفيزيائِيَّة؛ أو بصورة مُزمنة بسبب النقص الحاصِل في حجم النفق الرسغي في حال التكوّن المُفرِط للدُشْبُذ أو في حال حدوث تشوّه تالي للكسر. من الجَدير بالذّكر أنَّ أوّل وصف لتناذر النفق الرسغي من قِبَل Sir James Paget في عام 1853 تحدّث عن انضغاط العصب الناصف تالٍ لكسر في النهاية البعيدة للكعبرة.

• **الآفات الشّاغلة للحيّز** ضمن النفق الرسغي تمثِّل أحد الأسباب القليلة الواضحة لتناذر النفق الرسغي (الشكل 13) (10، 13، 14).

المُقاربة التّشخيصيّة Approach to Diagnosis

تقليديّاً، يقوم تشخيص تناذر النفق الرسغي على القصّة المرضيّة والفحص السّريري، بناءً على المعايير التَّشْخيصِيَّة السّريرية للأكاديمية الأمريكية لطبّ الأعصاب (15):

• **القصّة المرضيّة:** حِسّ خَدَر، ونَمَل، وألَم في توزّع العصب الناصف؛ تورّم، ضعف أو خراقة اليد. تتحرَّض هذه الأعراض أو تتفاقم أثناء النوم، أو عند الحفاظ على وضعيّة ثابتة لليد أو الذّراع لمدّة طويلة، أو بالحركات المتكرّرة لليد أو الرسغ؛ في حين أنَّ تغيير وضعية اليد أو هزّها بِقُوّة يُخفِّف من تلك الأعراض.

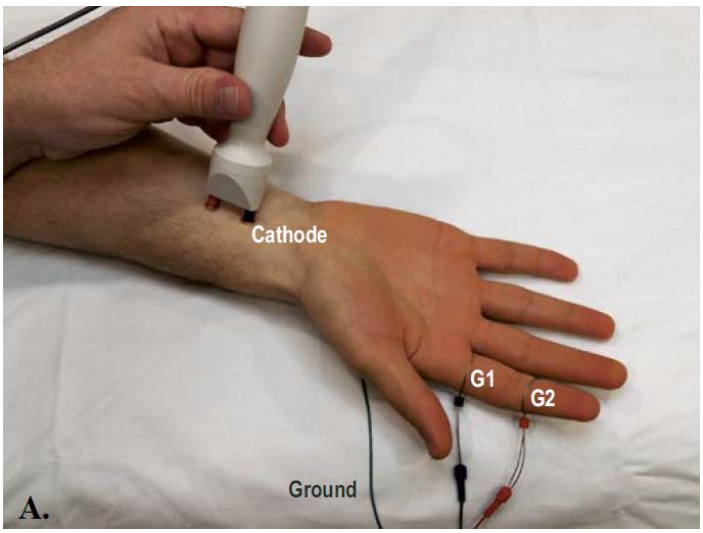
• **الفحص السّريري:** نقص الحِسّ في توزّع العصب الناصف، ضعف أو ضمور عضلات الرّانفة. يمكن إثارة أعراض المريض بِوَاسِطَة اختبار Tinel (القرع على العصب الناصف بمستوى الرسغ)، أو اختبار Phalen (العطف المُنفَعِل للرسغ لِمدّة دقيقة).

تُستخدم دراسات التشخيص الكهربائي Electrodiagnostic studies (EDX) "تخطيط الأعصاب"، والتي تتكوّن من دراسات التّوصيل العصبي nerve conduction studies (NCS) وتخطيط كهربائية العضلات electromyography (EMG)، لتأكيد التّشخيص.

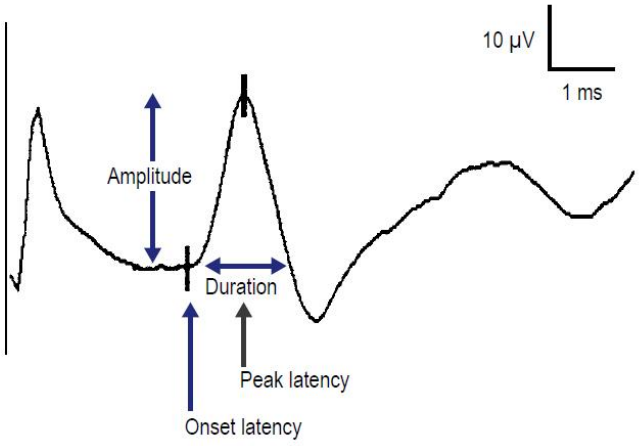
• يقوم اختبار التشخيص الكهربائي على تنبيه العصب الناصف بِوَاسِطَة نَبْضات كهربائيَّة صغيرة آمِنة فوق نقاط معينة على سطح الجلد، ومن ثمَّ قياس الاستجابة أو كُمُون الفعل الذي يتمّ الحصول عليه (الشكل 12).
• دراسات التّوصيل العصبي تُقيِّم الألياف العصبية الحسيّة والحركيّة، بينما تخطيط كهربائية العضلات يقيّم العضلات التي يعصّبها هذا العصب.
• معاً، دراسات التّوصيل العصبي وتخطيط كهربائية العضلات يوفّران حساسيّة بنسبة 85٪ ونوعيّة بنسبة 95٪ لتشخيص تناذر النفق الرسغي، وهي المعيار الذهبي الرّاهِن لإثبات انضغاط العصب الناصف.
• يُمكِن لدراسات التشخيص الكهربائي أن تُبَيِّن نمط الأذيّة العصبيّة (زوال المَيَالين demyelination، أو خسارة المحاور العصبيّة axonal loss)، وتَوَضُّعها (اعْتِلال عصب أُحادي mononeuropathy، أم اعْتِلال أعصاب مُتَعدِّد polyneuropathy، أم اعْتِلال جُذور عصبية radiculopathy)؛ كما يُمكِنها تقييم شدّة إصابة العصب الناصف (حيث تُوجَد عدّة أنظمة في الأدب الطبّي لتصنيف درَجة الإصابة)، والمُساعَدة في توجيه الخِطَّة العلاجيّة، وحتى التنبُّؤ بإنْذار المرض (16، 17، 18، 19).

تصنيف شِدّة تناذر النفق الرسغي حسب الموجودات التخطيطيّة (10):

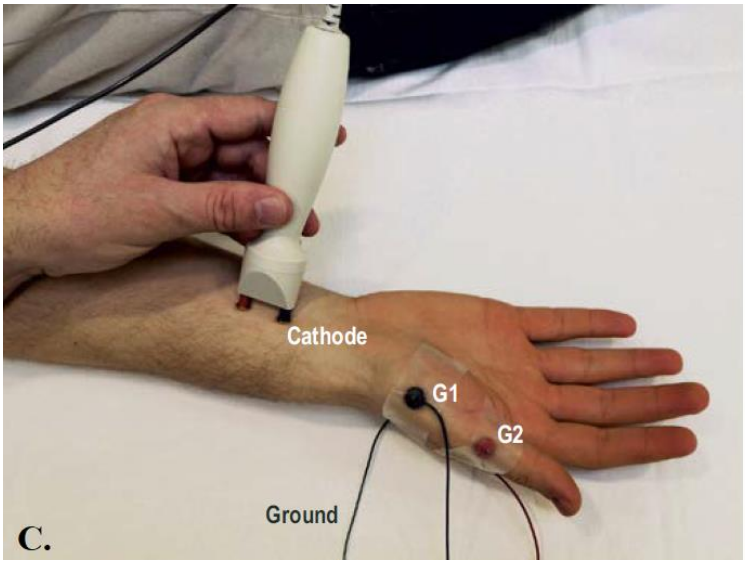
• خفيف الشدّة: وجود اضطراب في الألياف الحسيّة دون أيّ دليل على خسارة محاور عصبيّة.
• متوسِّط الشدّة: وجود اضطراب في الألياف الحسيّة والحركيّة دون خسارة محاور عصبيّة.
• شديد: وجود دليل على خسارة محاور عصبيّة في الألياف الحسيّة أو الحركيّة.

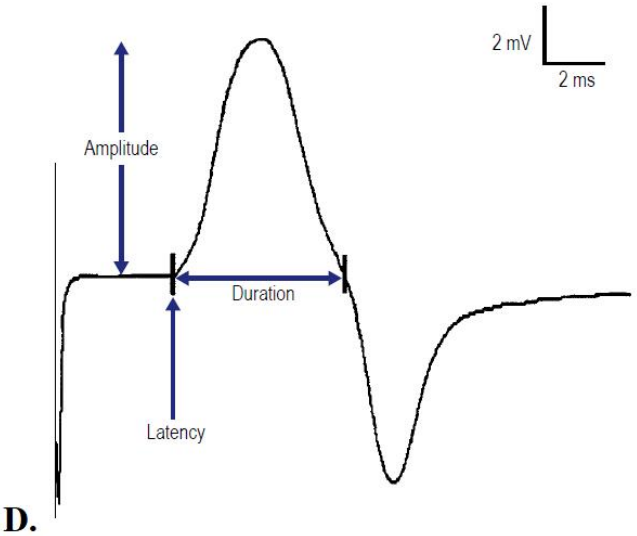


A.



B.





الشكل 12.
(A) دراسة التوصيل الحسي للعصب الناصف (التِكنِيك المُعاكِس للمَسيرَة antidromic)، وكُمُون الفعل الذي تمّ تسجيله **(B)**؛ و **(C)** دراسة التوصيل الحركي للعصب الناصف، حيث يتمّ تنبيه العصب الناصف بمستوى الرسغ وتسجيل اسْتِجابة العضلة مُبَعِّدَة الإبهام القصيرة (إحدى عضلات الرّانفة) **(D)**.

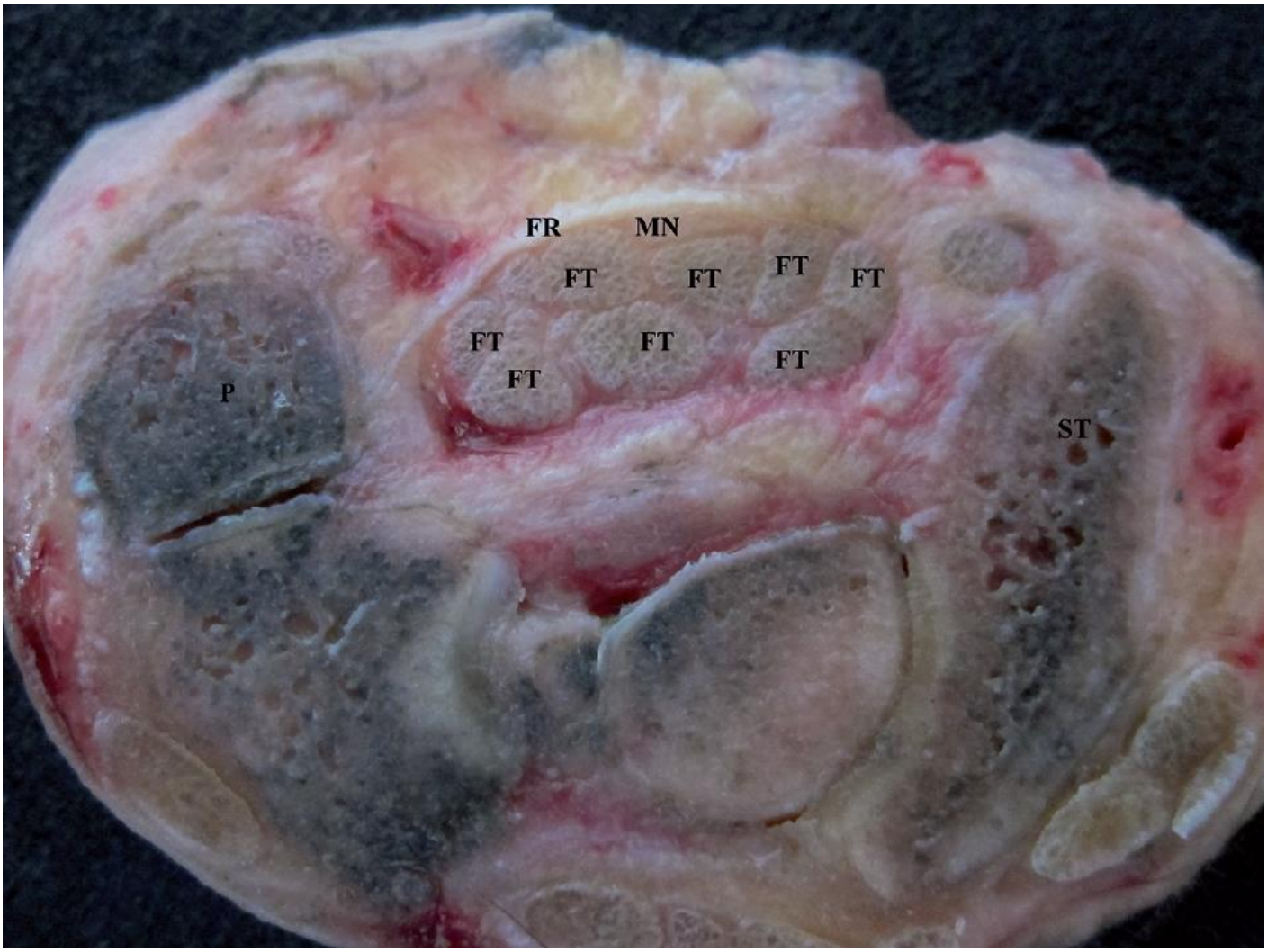
العِلاج Treatment

المرضى في الفئة الخفيفة أو متوسّطة الشّدّة

• في البداية يجب على جميع المرضى ارتداء جَبيرَة للمعصم wrist splint ليلاً، إضافةً إلى درجة معيّنة من تعديل الأنشِطة التي يقومون بها حسب ظروف كلّ مريض.
• إن لم يجدْ المريض تحسُّناً ملحوظاً مع اسْتِعْمال الجَبيرَة (بعد تَجرِبَة لِمُدّة شهر إلى شهرين)، يُوصَى عندئذٍ بحقن الكورتيكوستيرويد بالمُشاركة مع اسْتِعْمال الجَبيرَة.
• المرضى في الفئة متوسّطة الشدّة الذين فشِلوا في الاستِجابة للجَبيرَة وَحدَها (بعد تَجرِبَة لِمُدّة شهر)، أو للجَبيرَة بالمُشاركة مع حقن الكورتيكوستيرويد (< حُقنَتين خلال 12 شهراً)، حِينَئِذٍ يجب أن يخْضَعوا للتحرير الجراحي.

المرضى في الفئة الشّديدة

• يجب إحالتُهم لإجراء عمل جراحي لتخفيف الضغط عن النفق الرسغي، من خلال قطع الرباط الرسغي المستعرض، في محاولة للحدّ من خسارة المحاور العصبيّة (10، 19).

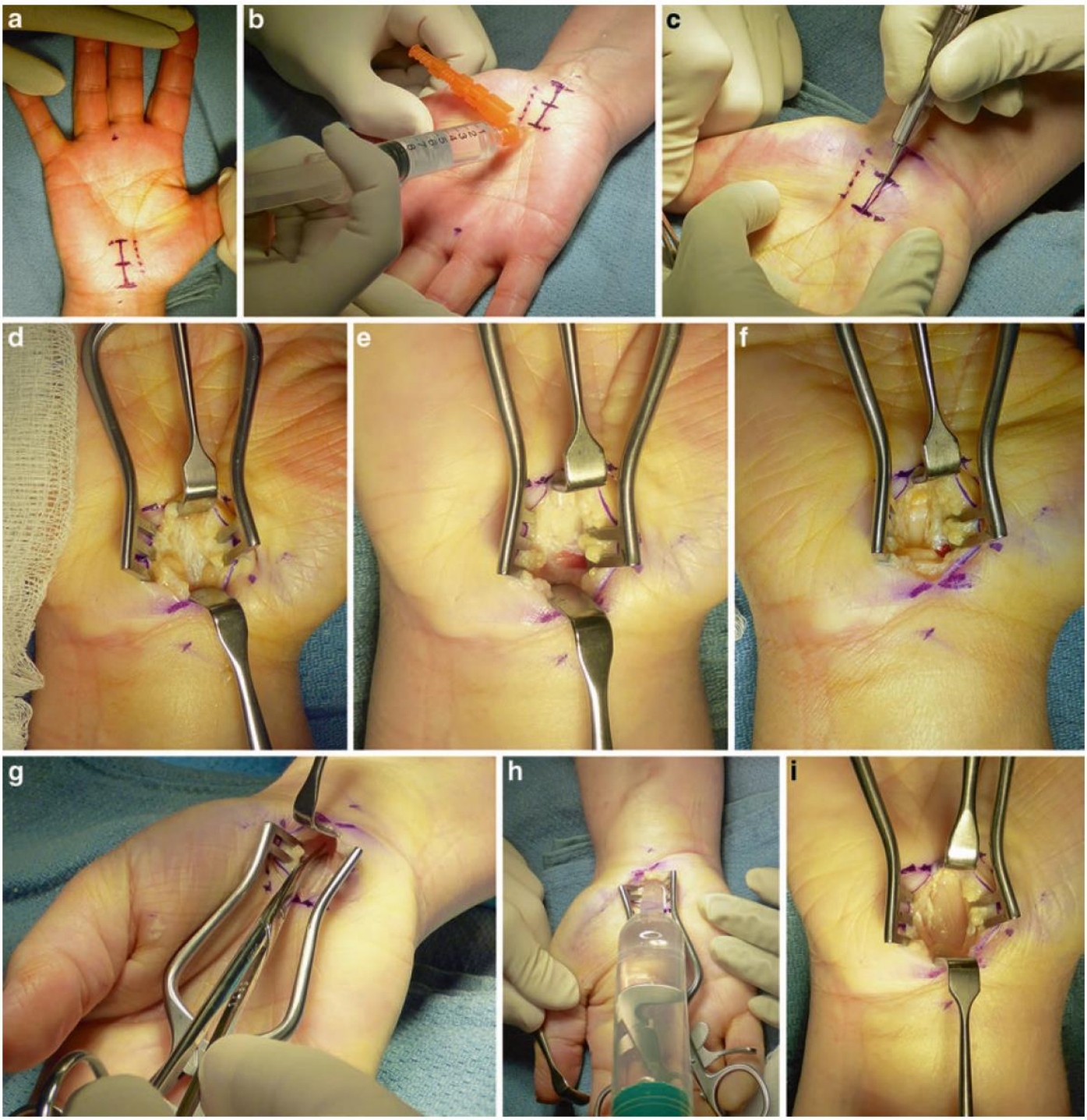


الشكل 13.
مقطع عرضي في النفق الرسغي. يمكننا أن نتخيّل كيف يمكن لبنية واحدة إضافيّة شاغلة للحيّز في الحيّز المحصور للنفق الرسغي، غير موجودة عادةً، أو كيف يمكن لزيادة حجم أحد العناصر الموجودة مُسبَقاً أن يؤدّيان إلى انضغاط العصب الناصف. P: العظم الحمّصي، ST: حديبة العظم الزورقي، FR: قيد القابضات، MN: العصب الناصف، FT: الأوتار القابضة (Möller et al., 2018).

Open surgical technique for carpal tunnel release (19) *(Figure 14)*:

(a) The incision of a standard open carpal tunnel release is a longitudinal incision (straight, or curvilinear parallel to the thenar crease) at the base of the palm, along an axis defined by the radial aspect of the ring finger, extending proximally toward the distal wrist crease without crossing it. (b) Injection of local anesthesia. (c) Incision is made with a scalpel through skin and subcutaneous tissue. (d) Beneath the subcutaneous fat, the palmar fascia is exposed. The fibers of the palmar fascia run longitudinally and can be distinguished from the fibers of the TCL which run transversely. (e) A small incision is made

in the TCL. (f) The TCL is transected distally until the volar fat pad is visible. (g) The TCL is then released proximally using tenotomy scissors. (h) A bulb syringe can be used to inject saline into the proximal aspect of the incision. A visible collection of fluid underneath the skin indicates adequate release of the antebrachial fascia. (i) Exposure of the median nerve after complete release of the TCL.



الشكل 14.

دور الأمواج فوق الصوتية في تناذر النفق الرسغي
The Utility of Ultrasound in Carpal Tunnel Syndrome

إنَّ أحَد الأهداف الرئيسية لاسْتِقْصَاء اعْتِلالات الأعصاب الانْحِصاريّة هو معرفة سبب انضغاط العصب.

فَفي حين أنّ دراسات التشخيص الكهربائي تُقيّم الوظيفة الفيزيولوجيّة للعصب، إلَّا أنَّها لا تُقَدِّم الكثير من المعلومات حول سبب اعْتِلال العصب الناصف بمستوى الرسغ، لاسِيَّما في **الحالات غير النموذجيّة** — مَثَلاً الأعراض أحاديّة الجانب الصّرفة (فمعظم المرضى لديهم إصابة ثنائيّة الجانب... وفقاً للموجودات السريريّة، أو التخطيطيّة، أو كليهما)، الأعراض البارِزة أكثر في اليد غير المُسيطِرة، البَدء المُفاجِئ للأعراض (فغالباً ما يُبْلِغ المرضى عن بَدء تدريجي للأعراض)، البَدء في سياق الرّضوض، أو الخصائص الديموغرافية غير الاعتيادية للمرضى (على سبيل المثال، تناذر النفق الرسغي نادر الحدوث تحت سنّ الـ 30 عاماً؛ يبدو أيضاً أنه نادر الحدوث عند الأشخاص ذَوي البَشَرَة السّوداء) (10، 20، 21).

شَهِدَتْ السّنوات الماضية استخداماً مُتَزايِداً للأمواج فوق الصوتية neuromuscular ultrasound في تقييم المرضى الذين يُعانون من حالات عصبيّة وعصبيّة عضليّة مختلفة. ويُعزَى ذلك جزئيّاً إلى التطوّرات التكنولوجية الحديثة التي حسّنت بشكلٍ ملحوظ جودة الصّورة ودقّة أجهزة الأمواج فوق الصوتية. من بين جميع الحالات العصبيّة العضليّة، لربّما تناذر النفق الرسغي هو الحالة التي دُرِسَت على أوسع نطاق بِوَاسِطَة الأمواج فوق الصوتية، وهناك كثير من المقالات المنشورة حول هذا الموضوع. وعلى الرّغم من أنَّها لا تُسْتَخدم بصورة روتينية في دراسة المرضى الذين يُشْتَبه بِإصابتهم بتناذر النفق الرسغي، إلَّا أنَّ الأدِلّة تُظْهِر بوضوح أنَّ الأمواج فوق الصوتية ليست فقط دقيقة للغاية في تشخيص اعْتِلال العصب الناصف بمستوى الرسغ، بلْ بإمكانها أيضاً أن تضيف معلومات قيّمة جدّاً حول الشُّذوذات البنيويّة التي يمكن أن تكون العامل المسبّب لانْضِغاط العصب (20).

إثْبات الاعْتِلال العصبي الانْضِغاطيّ
Confirming Compressive Neuropathy

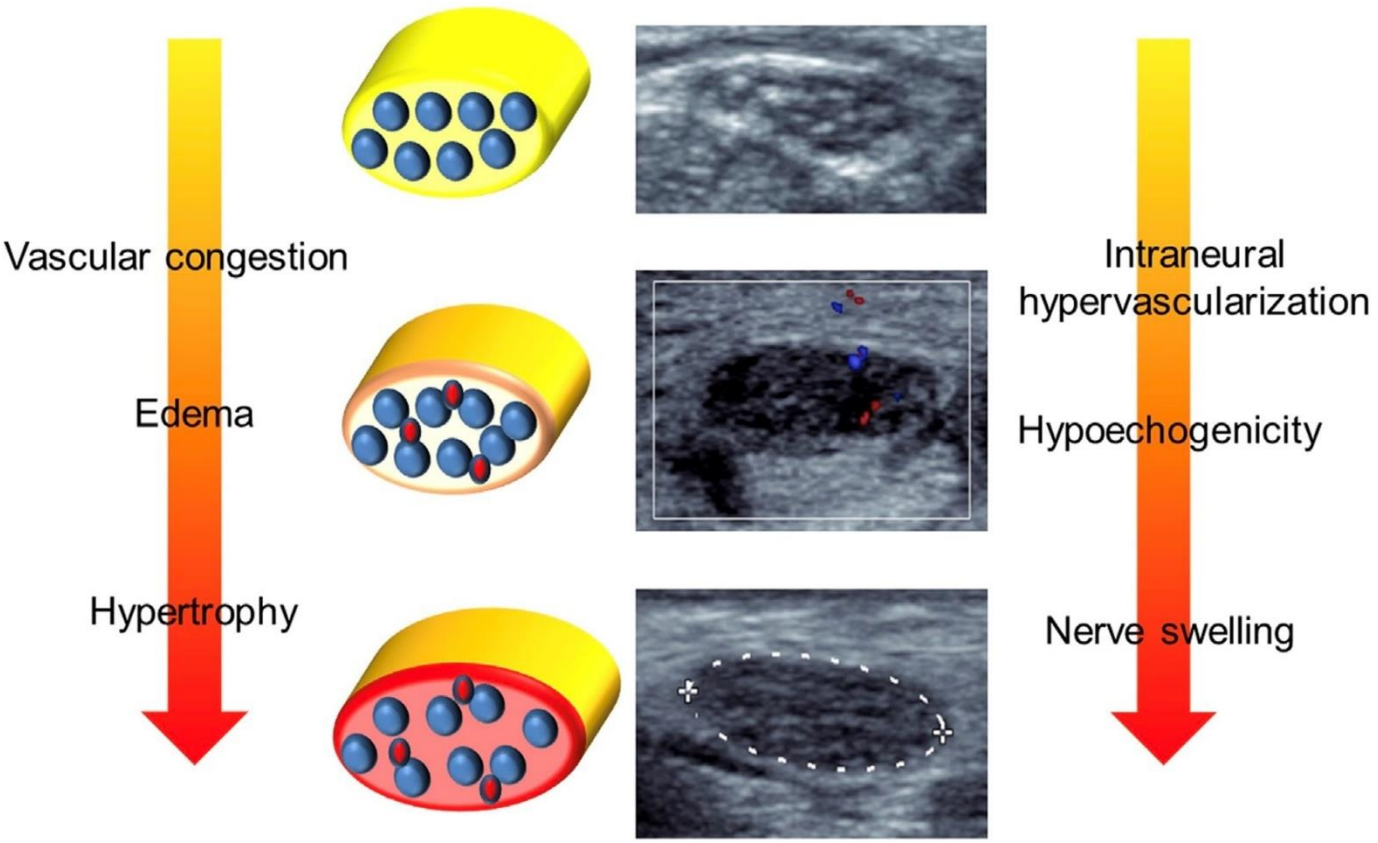
إنَّ مَبدَأ الأمواج فوق الصوتية في تقييم تناذر النفق الرسغي يعكِس الآليّة الإمراضيّة الكامِنة وراءَه (20, 22):

• إنَّ انْضِغاط العصب الناصف داخل النفق الرسغي يُؤدّي إلى تَسطُّحه أثناء مروره تحت قيد القابضات. ولكن مباشرةً قبل موقع الانحِصار entrapment، بمستوى العظم الحمّصي، فإنَّ العصب ينْتَفِخ (ويُرى ذلك كزيادة في مساحة مقطعه العرضي cross-sectional area)؛ ويصبحُ مُتوَذِّماً،

ناقصَ الصدى، ويفقِدُ مَظهَره الحُزَميّ الطبيعيّ، مع اكْتِظاظ الحُزَم العصبيّة المُتوذِّمة وبما أنّ النسيج الضام المُفرِط الصدى طبيعيًّاً الذي يحيط بالحُزَم العصبيّة ناقِصة الصدى يصبحُ بدوره مُتوَذِّماً وناقصَ الصدى.

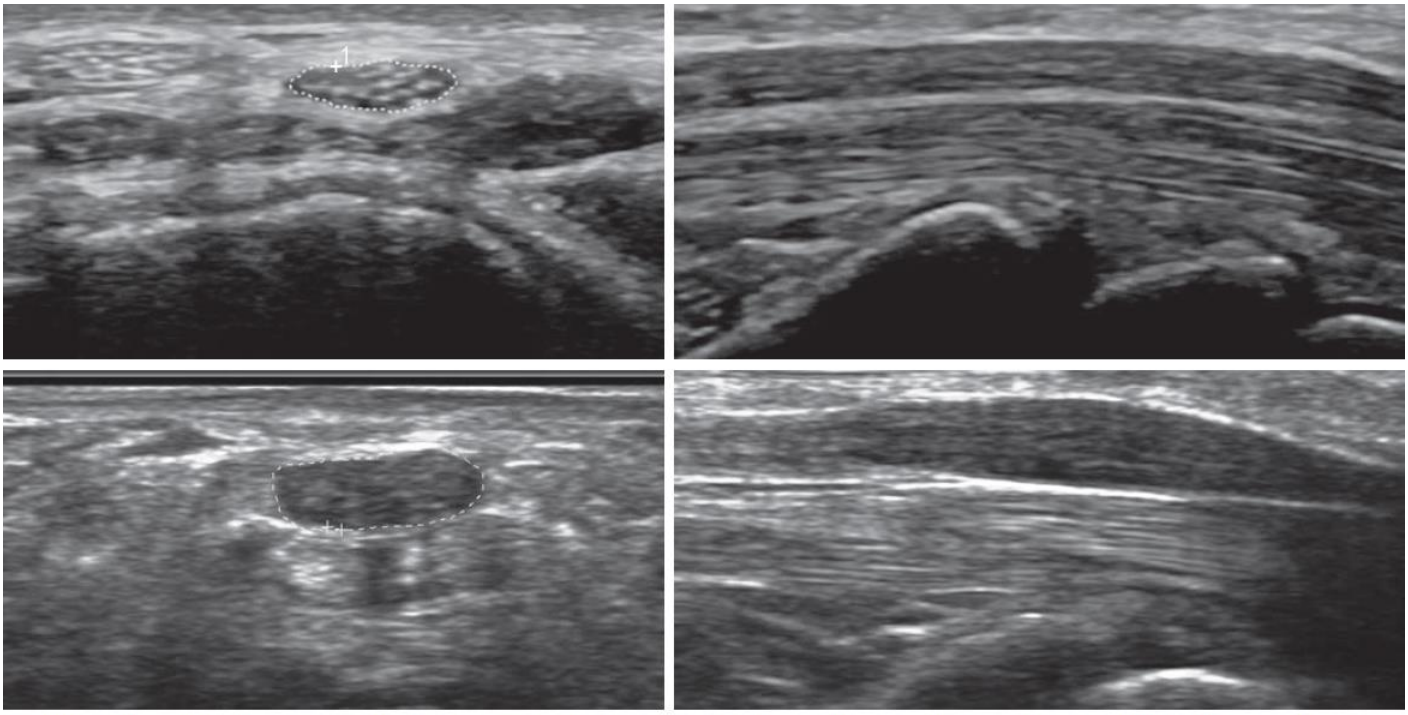
• قد يحدُث أيضاً زيادة في جريان الدم داخل وحول العصب بسبب اضطراب دوران الأوعية الدقيقة المُغذّية للعصب neural microcirculation، وبسبب التَبَيُّغ hyperemia الذي يُرافق التهاب العصب، والذي يمكن كشْفُه أثناء التصوير بالدوبلر (الأشكال 15، 16).

في الحالة الطبيعية، عند تطبيق دوبلر اللون أو القوة color or power Doppler على العصب الناصف لا يمكن رؤية جريان الدم؛ لأنّ الأوعية الدموية التي تغذّي الأعصاب المحيطية عادةً ما تكون صغيرة جدّاً لدرجة تفوق قدرة الدوبلر على كشفِها. وغالباً ما ترتبط زيادة جريان الدم بحدثيّة التهابيّة، إنتانيّة، أو ورميّة.



Pathophysiology and ultrasound appearance of compressive median neuropathy *(Deniel et al., 2015)*.

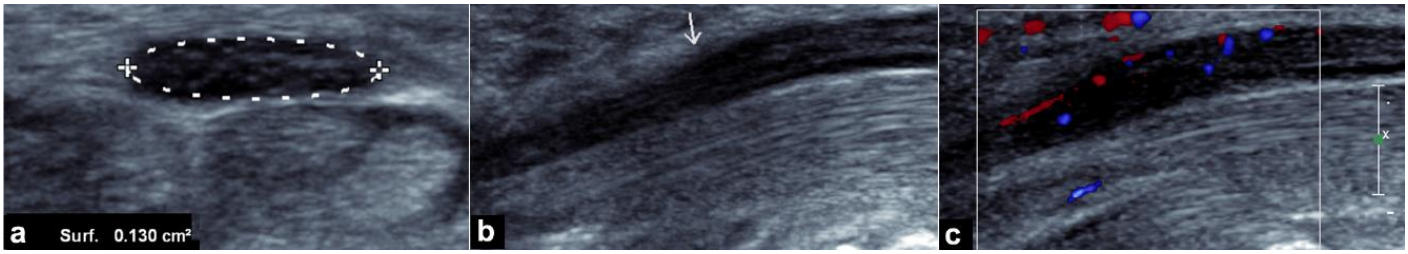
الشكل 15.



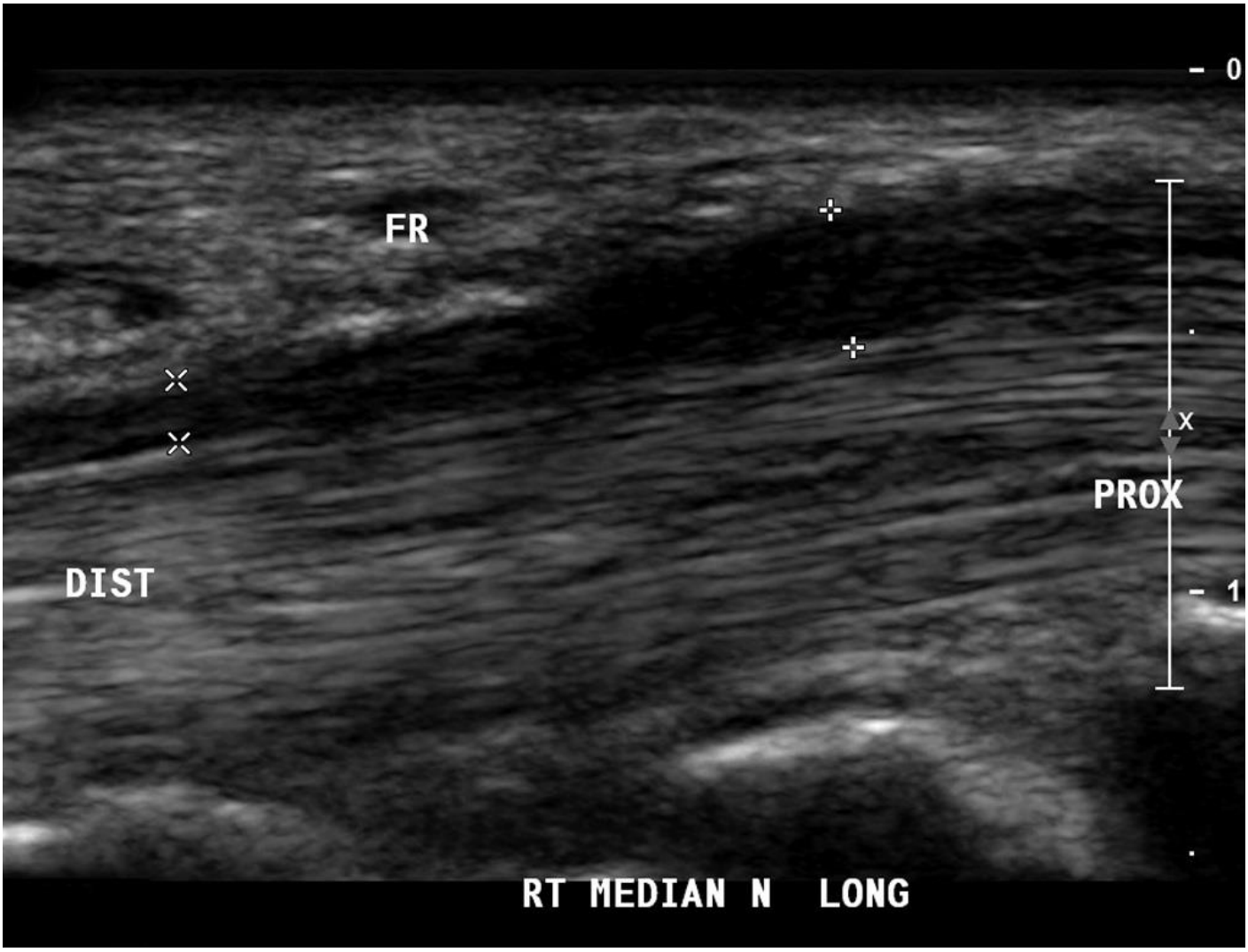
Adapted from "Electromyography & neuromuscular disorders," by D. C. Preston, & B. E. Shapiro, 2021. Elsevier, Inc.

الشكل 16.
صُوَر لمقاطع عرضية (في الأيسر) وطولية (في الأيمن) للعصب الناصف بمستوى الرسغ، لدى شخص طبيعي (في الأعلى)، ومريض مصاب بتناذر النفق الرسغي (في الأسفل).
لاحظ في الصور السفلية كيف أصبح العصب مُتوَذِّماً، ناقصَ الصدى، وفاقِداً لِمظهَره الحُزَميّ.

• هذا الانْتِفاخ القريب والتسطُّح البعيد يُسبِّب تثَلُّماً notching في العصب الناصف، بسبب التغيُّر المُفاجِئ في القُطْر بمستوى الجزء القريب من النفق بدلاً من الاِسْتِدقاق التدريجيّ gradual tapering المُشاهد طبيعيّاً. هذه المَوجودَة، التي تُعرَف ب "علامة الثَّلْمَة" "notch sign" ، هي مؤشِّر على الانْضِغاط القائم للعصب (الأشكال 17، 18، 20).



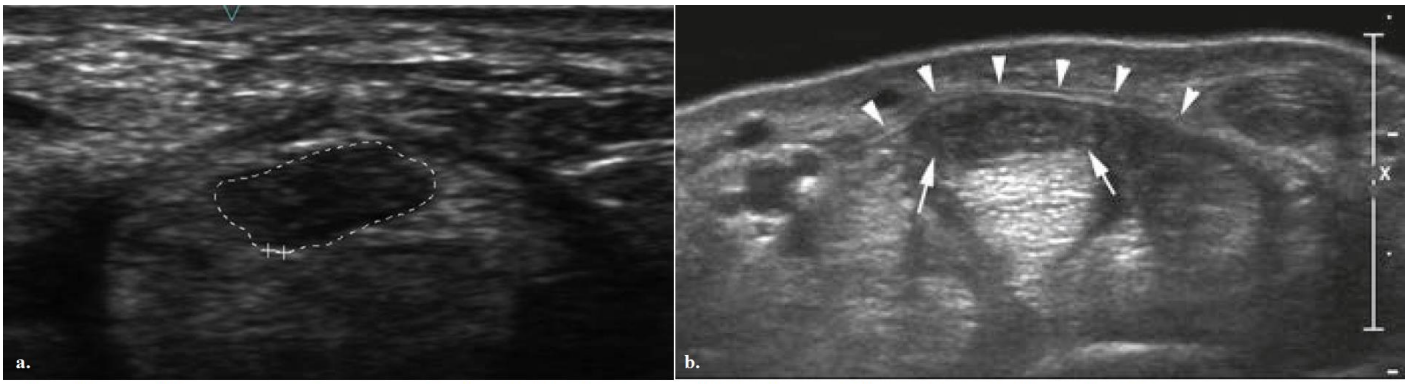
الشكل 17.
العلامات الصّدويّة لاعْتِلال العصب الناصف الانْضِغاطيّ لدى مريض مصاب بتناذر النفق الرسغي مُثْبَت تخطيطيًّاً. a: انتفاخ ونقص صدى العصب الناصف، حيث تقيس CSA بمستوى الجزء القريب من النفق (النقاط) حوالي 13 ملم²؛ b: انتفاخ العصب قبل مدخل النفق (السهم)؛ c: فرط التوعية داخل العصب عند تطبيق الدوبلر (Deniel et al., 2015).



الشكل 18.
مقطع طولي للوجه الرّاحي للرسغ يُظهِر عصباً ناصفاً مُتوَذِّماً، ناقصَ الصدى، وفاقِداً لِمظهَره الحُزَميّ؛ ثمّ يصبح فجأةً أرقّ بكثير عند مروره تحت قيد القابضات.
(Case courtesy of Assoc Prof Frank Gaillard, Radiopaedia.org, rID: 8164)

• أبْلَغ الباحثون عن علامات صدويّة أخرى مُشاهدَة لدى المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي، لكنّها مُثْبَتة بدرجة أقلّ — مثل التَقَبُّب الراحي لقيد القابضات palmar bowing of the flexor retinaculum (PBFR)، والذي يُعتقد بأنّه نتيجةٌ للضغط المُرتفِع داخل النفق الرسغي، ممّا يؤدّي إلى زيادة انْتِباج bulging أو tenting قيد القابضات (الشكل 19). وصَفت بعض التقارير كيفيّة قياس درجة التَقَبُّب؛ لكن في المُمارَسة العمليّة، غالباً ما يكون ذلك صعباً.

من الجَدير بالذّكر أنَّ التَقَبُّب الراحي لقيد القابضات يُمكِن أن يكون مَوجودَة طبيعية لدى المرضى الذين خضعوا للتّحرير الجراحي للنفق الرسغي. في الواقع جميع محتويات النفق الرسغي قد تكون مُنْزاحَة بهذا الاتجاه.



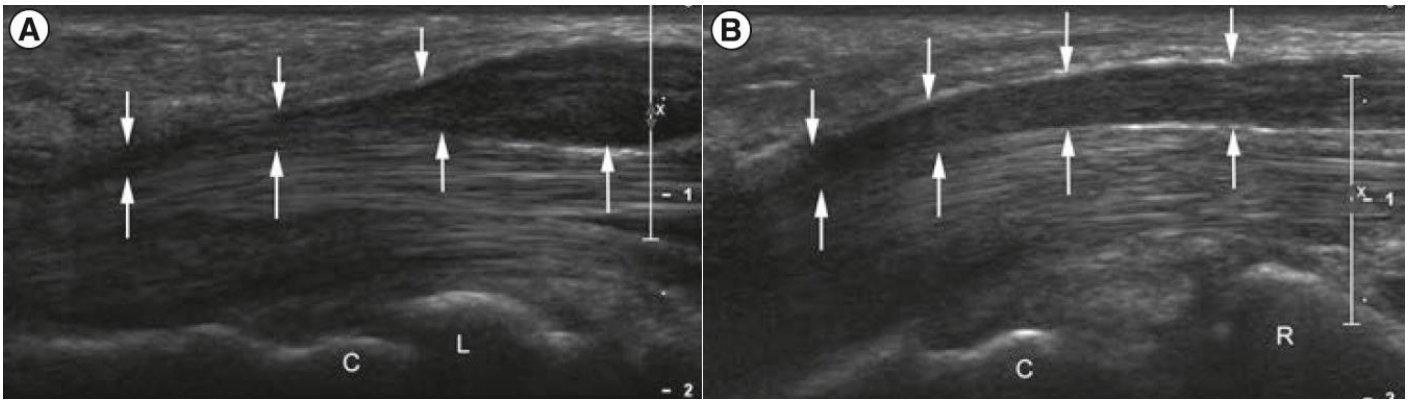
Adapted from: **a.** "Electromyography & neuromuscular disorders," by D. C. Preston, & B. E. Shapiro, 2021. Elsevier, Inc. **b.** (Peer et al., 2012).

الشكل 19.

صُوَر لمقاطع عرضية بالأمواج فوق الصوتية بمستوى النفق الرسغي في مريضين مختلفين تُظهِرُ عصباً ناصفاً مُنْتَفِخاً، ناقصَ الصدى، وفاقِداً لِمظهَره الحُزَميّ؛ مع زيادة التَقَبُّب الراحي لقيد القابضات.

تَبيَّن أنَّ انْتِفاخ العصب الناصف مباشرةً قبل قيد القابضات هو المعيار الذي تَفَوّق على باقي المعايير الصدويّة لكشف تناذر النفق الرسغي.

والقياس الذي تمّت دراسته والتَّحقُّق منه على أوسع نطاق هو في الواقع مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف CSA؛ مع اعتبار مدخل النفق الرسغي، بمستوى العظم الحمّصي، المَعْلَم التشريحيّ الأمْثَل لقياس الـ CSA. بشكلٍ عامّ، فإنّ CSA أكثر من 10 ملم^2 تقترح وجود تناذر النفق الرسغي (20، 22).



الشكل 20.

صُوَر لمقاطع طوليّة بالأمواج فوق الصوتية للعصب الناصف الأيسر A والأيمن B بمستوى الرسغ عند مريض لديه إصابة شديدة بتناذر النفق الرسغي في يده اليسرى. لاحظ الإسْتِدقاق التدريجيّ الطبيعي للعصب الناصف الأيمن؛ والتغيُّر المُفاجِئ في قُطْر العصب الناصف الأيسر عند دخوله النفق الرسغي، مع انْتِفاخ جُزْئه القريب وتَسطُّح جُزْئه البعيد وإيجابيّة علامة الثُّلْمَة (Peer et al., 2012).

أصْدرَت الجمعيّة الأمريكية للطبّ العصبي العضلي والتشخيص الكهربائي American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine (AANEM) دَلائِل إرشاديَّة فيما يَخُصّ استعمال الأمواج فوق الصوتية لتشخيص تناذر النفق الرسغي.
وقد صُمِّمَت لِمعالَجة **سؤالين مُهمَّين**...
أوَّلاً، ما دقّة زيادة مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف، عندما تُقاس بالأمواج فوق الصوتية، لتشخيص تناذر النفق الرسغي؟
ثانياً، ما هي القيمة المُضافَة، إن وُجِدت، التي تُقَدِّمُها الأمواج فوق الصوتية مُقارنةً بدراسات التشخيص الكهربائي وحدَها لتشخيص تناذر النفق الرسغي؟

بعد مُراجَعة الأدب الطبّي المُتَعَلّق بهذه المَسألَة، وتقييم الأدلّة وفقًا للمعايير التي وضعتها الأكاديمية الأمريكية لطبّ الأعصاب American Academy of Neurology (AAN)، **نشَرت إرشاداتِها في عام 2012:**
• إنّ قياس مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى الرسغ بِواسِطَة الأمواج فوق الصوتية يُعَدُّ دقيقاً، وإنْ كان مُتاحاً، يُمكن طَرْحُه كاختبار مُشخِّص لتناذر النفق الرسغي.
• إنَّ الأمواج فوق الصوتية تُقَدِّم قيمة مُضافَة لدراسات التشخيص الكهربائي وينبغي اللّجوء إليها للتَحرّي عن الشُّذوذات البنيويّة للعصب الناصف والأنسجة المحيطة به عِنْد المرضى الذين يعانون من تناذر النفق الرسغي (21).

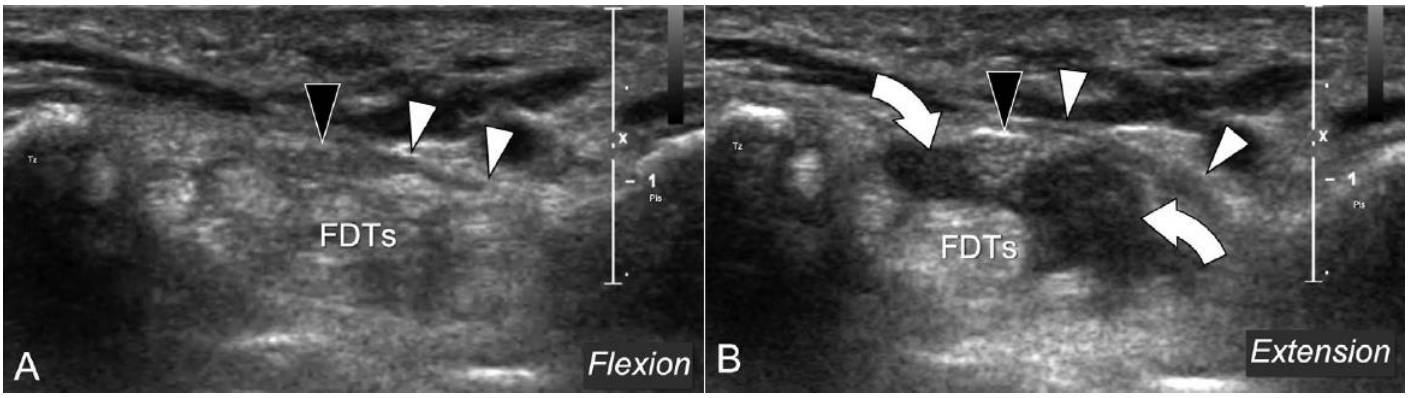
اكْتِشاف الآفات البنيويّة Identifying Structural Lesions

إنَّ إحدى المزايا الكُبرَى للأمواج فوق الصوتية في تقييم تناذر النفق الرسغي هي قدرُتها على البحث عن الشُّذوذات البنيويّة التي يمكن أن تكون سبباً أو مُسَاهِماً رئيسيّاً في حدوث هذا التناذر.

يتَضَمَّن التشخيص التفريقي انحصار العصب من مُخْتَلَف **الآفات الشّاغلة للحيّز**، مثل الكيسات العُقْدِيّة والكيسات الزَليليّة؛ شُذوذات الأوتار وأغْمَاد الأوتار؛ الخرّاجات؛ الأورام (الحميدة منها والخبيثة)، فضلاً عن اكْتِشَاف **التغايُرات التشريحيّة** الكامِنة (20، 23، 24).
فيما يلي سوف نسْتَعْرِض بعضاً من هذه الأمثلة...

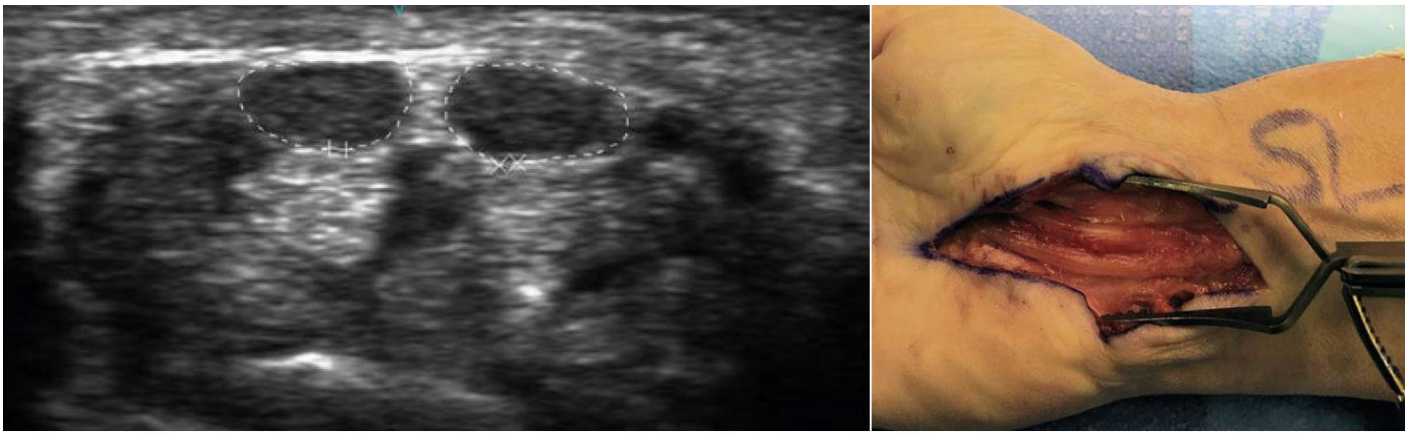
عند تقييم النفق الرسغي بالأمواج فوق الصوتية، من الضروري أن يكون الفاحِص على دِراية بالتغايُرات التشريحيّة الشّائعة، مثل العصب الناصف المشقوق، والشريان الناصف المُستديم، أو العضلات الشاذّة. هذه التغايُرات التشريحيّة قد تكون أو لا تكون مُرتبِطة بزيادة خطورة الإصابة بتناذر النفق الرسغي؛ بِالرّغْمِ مِنْ أنّها، على الأقلّ من الناحية الإحصائية، أكثر شيوعاً عند الأشخاص العرَضِيّين. ومع ذلك، فمن المهمّ تَمْييزها لا سيّما قبل الإجراءات العلاجيّة الغازية (حقن الكورتيكوستيرويد أو التحرير الجراحي) (20).

• بعض الأفراد، سيكون لديهم **تَبارُز عضلي muscle intrusion** إلى داخل النفق الرسغي مع عطف الأصابع أو بسطها. وَلَوْ أنَّ هذه الظاهرة غالباً ما تكون لاعَرَضيّة، إلا أنها قد تُؤهِّب بعض الأشخاص للإصابة بتناذر النفق الرسغي. ويُمكن ملاحظتها في أثناء التصوير الديناميكي بالأمواج فوق الصوتية حيث تُرَى العضلات ناقصة الصدى وهي تتحرّك إلى داخل النفق الرسغي وخارجه مع عطف الأصابع وبسطها (20، 23) (الشكل 21).



الشكل 21.
صُوَر لمقاطع عرضية في النفق الرسغي لدى مريضة عمرها 45 عاماً، مأخوذة في نفس المستوى أثناء عطف (**A**) وبسط (**B**) الأصابع، تُبَيِّن تَبارُز النسيج العضلي ناقص الصدى (الأسهم المنحنية) إلى داخل النفق الرسغي أثناء بسط الأصابع، بين العصب الناصف (رأس السهم الأسود) والأوتار القابضة FDTs. لاحظ تَقَبُّب قيد القابضات (رؤوس الأسهم البيضاء) وتَغيُّر شكل العصب الناصف في B مقارنةً بـ A.
(Bianchi et al., 2020)

• في بعض الأحيان، **العصب الناصف المشقوق bifid median nerve** المُشاهَد بالأمواج فوق الصوتية يُشاهَد أيضاً أثناء الجراحة (الشكل 22)، ولكن في أحيانٍ أخرى لا يكون الأمر كذلك. من المُعْتَقَد في هذه الحالات أنَّ حُزمتي العصب تكونان مُحاطَتين بغمد عصبي مُشترك، لذا لا تُرَيان أثناء الجراحة (20).



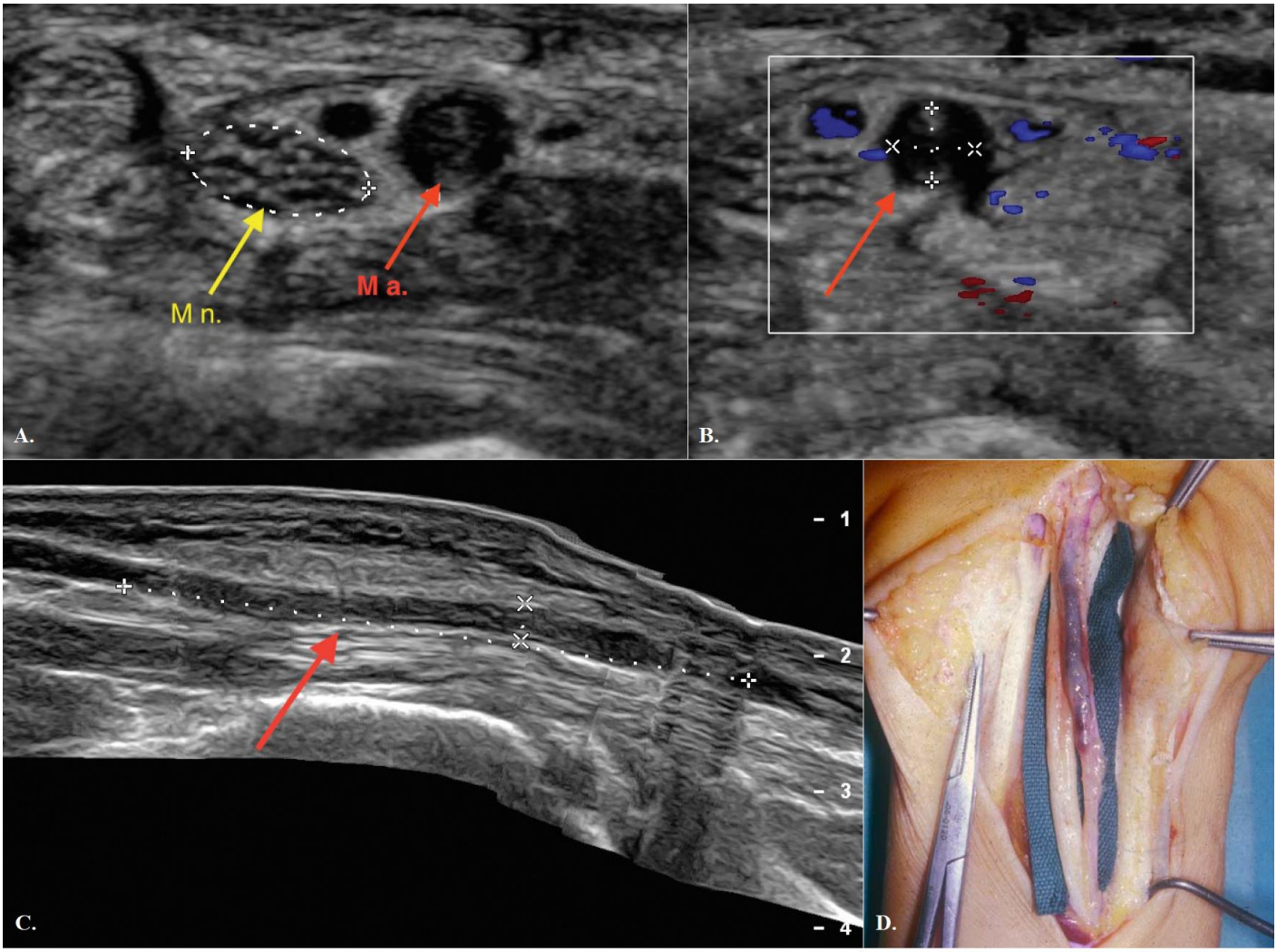
Adapted from "Electromyography & neuromuscular disorders," by D. C. Preston, & B. E. Shapiro, 2021. Elsevier, Inc.

الشكل 22.
صُوَر لعصب ناصف مشقوق مُشاهَد بالأمواج فوق الصوتية وأثناء الجراحة.

• على الرّغم من أن **الشريان الناصف المُستديم persistent median artery** عادةً ما يكون لاعَرَضيّ، إلّا أنَّه قد يؤدّي إلى حدوث تناذر النفق الرسغي في حالات الخُثار، أو التكلُّس، أو أُمّهات الدَّم؛ مع كون الخُثار السبب الأكثر شيوعاً.

يُعْتَقَد أنَّ **خُثار الشريان الناصف المُستديم PMA thrombosis** ينجُم عن رضّ مباشر للرسغ، أو حركات متكرّرة للمعصم؛ الحَمل ومانِعات الحمل الفمويّة (الهرمونيّة) تُمثِّل أيضاً عوامل خطورة مُحْتَمَلة. وغالباً ما يتظاهر ببَدء حاد أو تحت حاد للألم والنَمَل في توزّع العصب الناصف، إمَّا بسبب انْضِغاط أو إقْفار العصب (20، 25، 26).

يُظهِر الفحص بالأمواج فوق الصوتية الشريان الناصف المُستديم مُتَوسِّعاً، بالقرب من العصب الناصف الطبيعي أو المشقوق، مع خَثْرة داخل اللُّمْعة وغياب الجَرَيان عند تطبيق الدوبلر. أمّا العصب الناصف فقد يكون مظهرُه طبيعيّاً أو مرضيّاً حسب مُدّة الأعراض (23) (الشكلان 23 و 24).

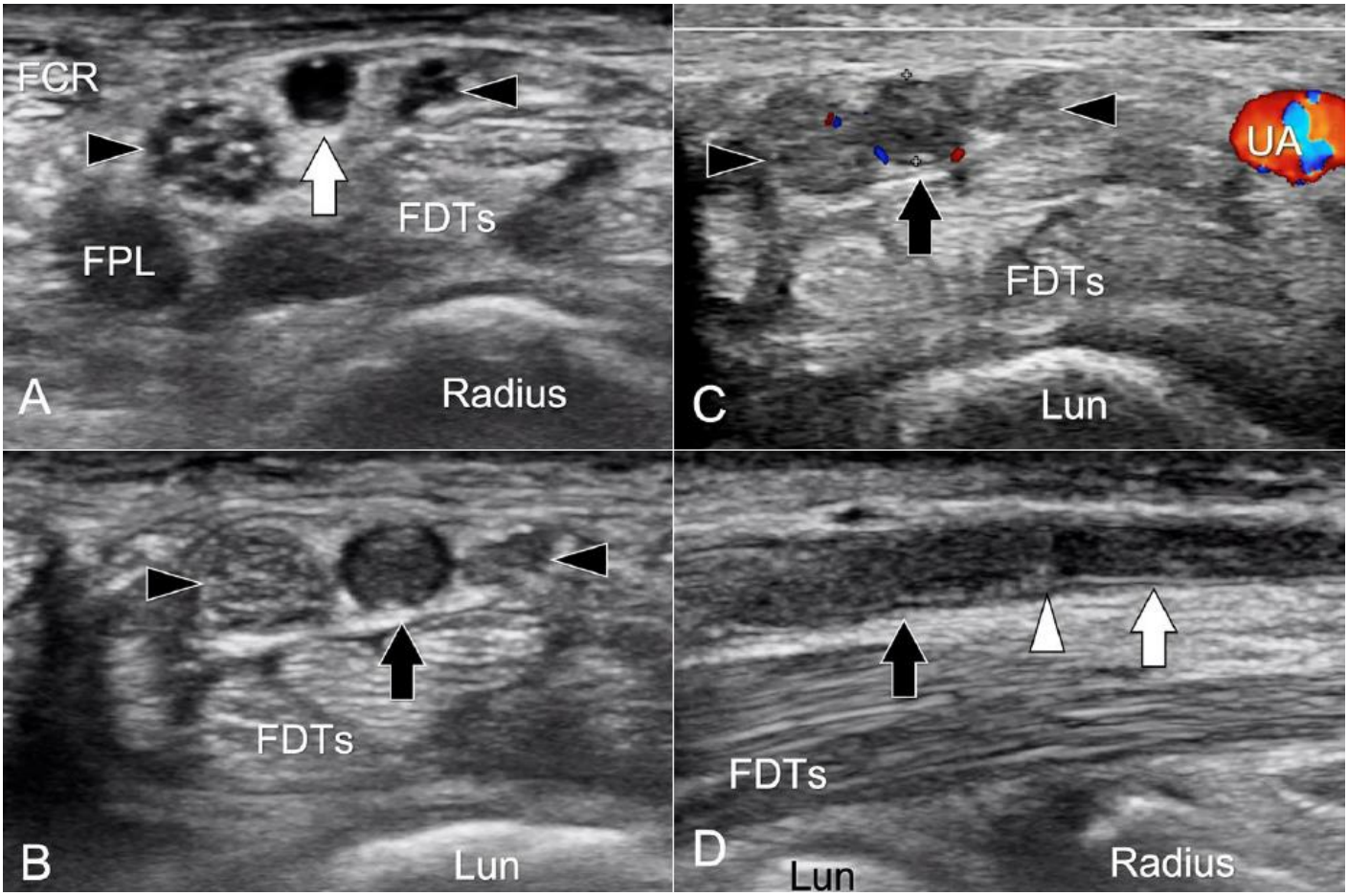


Adapted from *(Srivastava et al., 2015)* and "Carpal tunnel syndrome," by R. Luchetti, & P. Amadio, 2007. Springer.

الشكل 23.

صُوَر لمقطع عرضي (**A & B**) ومقطع طولي (**C**) في النفق الرسغي تُظهِر شرياناً ناصفاً مُستديماً (السهم الأحمر) يمتد أنْسيّ عصب ناصف غير مشقوق (السهم الأصفر)، على جانبيه وريدان؛ مع مُلاحظة

غياب جَرَيان الدوبلر داخل الشريان في B، وخَثْرة داخل اللُّمْعة تمتدّ لمسافة طويلة ضمن الشريان في C.
صورة أثناء العمل الجراحي **D** في مريضٍ آخر تُظهِر خُثار الشريان الناصف المُستديم.

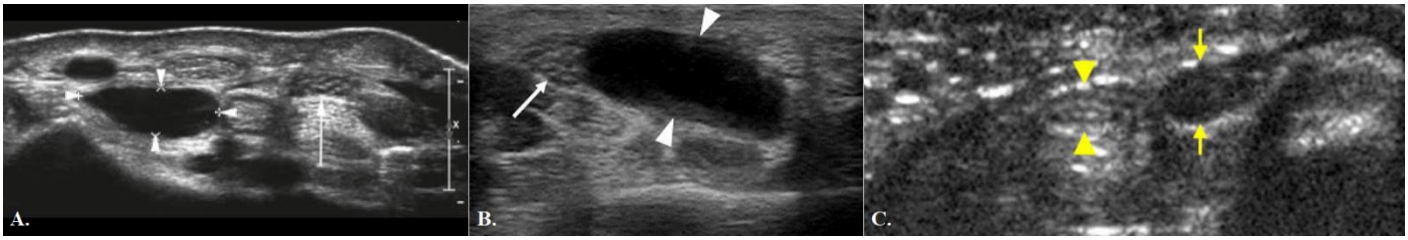


الشكل 24.

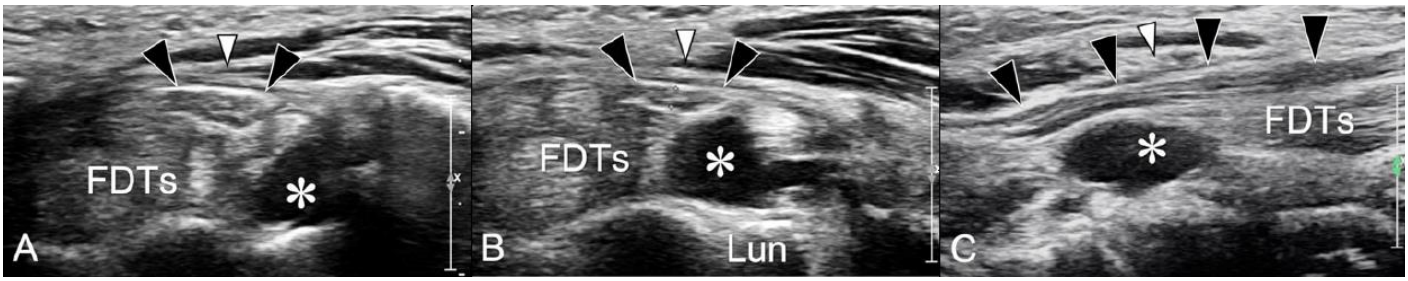
صُوَر لمقاطع عرضية بالأمواج فوق الصوتية لدى مريضة عمرها 65 عاماً، بمستوى النهاية البعيدة للكعبرة (**A**) تُظهِر عصباً ناصفاً مشقوقاً (رؤوس الأسهم السوداء) وشرياناً ناصفاً مُستديماً (السهم الأبيض) بين حُزمتي العصب، وبمستوى العظم الحمّصي (**B**) تُظهِر تَوسُّع الشريان الناصف المُستديم (السهم الأسود) مع خَثْرة داخل اللُّمْعة. لاحظ في B أنَّ العصب الناصف قد فقد شيئاً من مظهَره الحُزَميّ مقارنةً بـ A. وعند تطبيق الدوبلر (**C**)، وهي الصورة المقابلة لـ B، نلاحظ غياب الجَرَيان داخل الشريان مع فَرْط تَوعية جداره. صورة لمقطع طولي (**D**) فوق الحافة القريبة (رأس السهم الأبيض) للخَثْرة، تُظهِر الشريان الطبيعي بمستوى الكعبرة... وكيف يتوسّع بالخَثْرة داخل لمْعته بمستوى العظم الحمّصي.
(Bianchi et al., 2020)

لا يوجد إِجْماع في الأدب الطبّي بِخُصُوص تدبير حالات تناذر النفق الرسغي الثانويّة لخُثار الشريان الناصف المُستديم (التحرير الجراحي مع استئصال الـ PMA أو دونه، مُقابِل العلاج المحافظ بِمُضادّات التَخثُّر) (25).

• **الكيسات العُقْدِيّة Ganglion cysts** هي أكثر الآفات الشبيهة بالكُتَل mass-like lesions شيوعاً في اليد والمعصم. وهي كيسات حميدة مليئة بالميوسين تظهر بالقرب من المفاصل والأوتار. وغالباً ما تنشأ من الوجه الظهري للرسغ (70٪)، مع نِسْبة صغيرة تنشأ من الوجه الرّاحي للرسغ (20٪) عادةً بين الشريان الكعبري ووتر قابضة الرسغ الكعبرية. إنّ التّاريخ الطّبيعي للكيسات العُقْدِيّة هو التّراجُع التِّلْقائي فيما يصل حتّى نصف المرضى؛ ولكنْ إنْ ظهرَت الكيسة العُقْدِيّة داخل النفق الرسغي، يمكن لها أن تؤدّي إلى انْضِغاط العصب الناصف... ممّا يَسْتَدعي علاجها إمّا بِالرَّشْف عبر الجلد أو بالاستئصال الجراحي (23، 27، 28). تظهر عادةً على الأمواج فوق الصوتية على أنّها آفات كيسيّة ناقِصة إلى عديمة الصدى ومُحَدَّدة الحواف جيّداً (الشكلان 25 و 26)، إلّا أنّها تَميل إلى أن تصبح مفَصَّصة و ذات مَظْهَر أكثر تعقيداً عندما تتَضخَّم (29).



الشكل 25.
صُوَر لمقاطع عرضية في النفق الرسغي في ثلاثة مرضى لديهم علامات وأعراض تناذر النفق الرسغي، تُظهِر مَوجودات مُتَمَاثِلة: كيسة عُقْدِيّة (رؤوس الأسهم في A & B، الأسهم في C) داخل النفق الرسغي، يبدو أنّها تُزيح الأوتار القابضة والعصب الناصف في الحالة الأولى (Peer et al., 2012)، وتضغط العصب الناصف في الحالة الثانية (Gervasio et al., 2020) والثالثة (Chiou et al., 2003).



الشكل 26.
صُوَر لمقطع عرضي (**A & B**) ومقطع طولي (**C**) في النفق الرسغي، لدى رجل عمره 27 عامًا مُصاب بتناذر النفق الرسغي، حيث A بمستوى الجزء القريب من النفق، بينما B في مستوى أبعد. تُشاهد كيسة عُقْدِيّة عديمة الصدى ومُحَدَّدة الحواف جيّداً (العلامات النجمية) في الجانب الوحشي من النفق الرسغي. ويبدو أنّها تُزيح الأوتار القابضة FDTs والعصب الناصف (رؤوس الأسهم السوداء). في A، يبدو العصب مُنتفِخاً، بينما في B، يبدو رقيقاً ومَضْغوطاً بواسطة الكيسة العُقْدِيّة قُبالةَ قيد القابضات (رؤوس الأسهم البيضاء) (Bianchi et al., 2020).

• **التهاب زَلِيْل الأوتار القابضة Flexor tenosynovitis**، يُشير إلى التهاب الغِمْد الزَليليّ المُحيط بالأوتار القابضة. قد يكون بسبب فَرْط الاستعمال overuse injury، أو بسبب حدثيّة التهابيّة، أو إنتانيّة قائمة. عندما يُصيب الأوتار القابضة للأصابع داخل النفق الرسغي، يمكن أن يؤدّي إلى تطوّر تناذر النفق الرسغي.

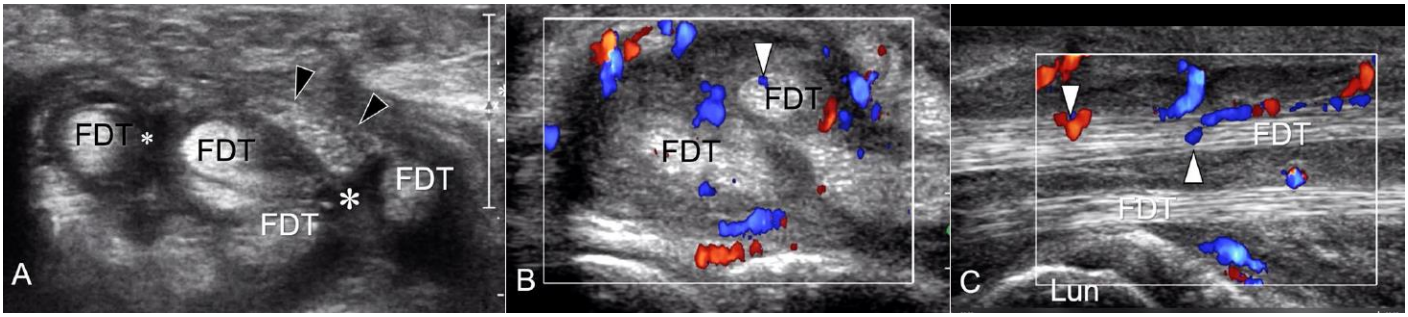
التهاب زَلِيْل الأوتار اللّاعَدْوائيّ Inflammatory (non-infectious) tenosynovitis شائع جداً في الرسغ واليد عِنْدَ مرضى التهاب المفاصل الروماتويديّ، حيث يحدُث التكاثُر الزَليليّ في أغْماد الأوتار بصورة مُشابِهة للمفاصل.

التهاب زَلِيْل الأوتار العَدْوائيّ Infectious tenosynovitis غالباً ما يكون ثانويّاً لأذيّة نافِذة - كجُروح العَضّ أو الجُروح الطَّعْنيّة، أو تَعاطي المُخَدَّرات الوريديّة - أو نتيجةً للامْتِداد المباشر لإنتان في الأنْسِجة الرّخوة المُجاورة. أو قد يكون، بدرجة أقل شيوعاً، ناجماً عن الانتشار الدّموي لإنتان مُوضَّع في مكانٍ آخر من الجسم. والعامل المُمْرِض يختلف باختلاف السّبب. *وهنا تَجْدُر الإشارة إلى أنّ التهاب زَلِيْل الأوتار القابضة المُقَيّح الحادّ acute pyogenic flexor tenosynovitis هو حالة جِراحيّة إسْعافيّة.* عندما يتمدّد غمد الأوتار القابضة بالسّائل القَيْحيّ، سيكون هناك ارتفاع سريع في ضغط الغِمد وضغط النفق الرسغي، مؤدياً إلى إقْفار العصب الناصف والأوتار القابضة، يتْبَعُه نَخر وتمزُّق الأوتار، مُحْدِثاً اضطراباً شديداً في وظيفة اليد في حال عدم تمييزه أو سوء تدبيره.

ومع ذلك، فإنّ معظم حالات تناذر النفق الرسغي المَنسُوبة للأخْماج المَنشورة في الأدب الطبّي كانت حالات مُزمِنة، تعود لأنواع مختلفة من المُتَفطِّرات (23، 30، 31، 32).

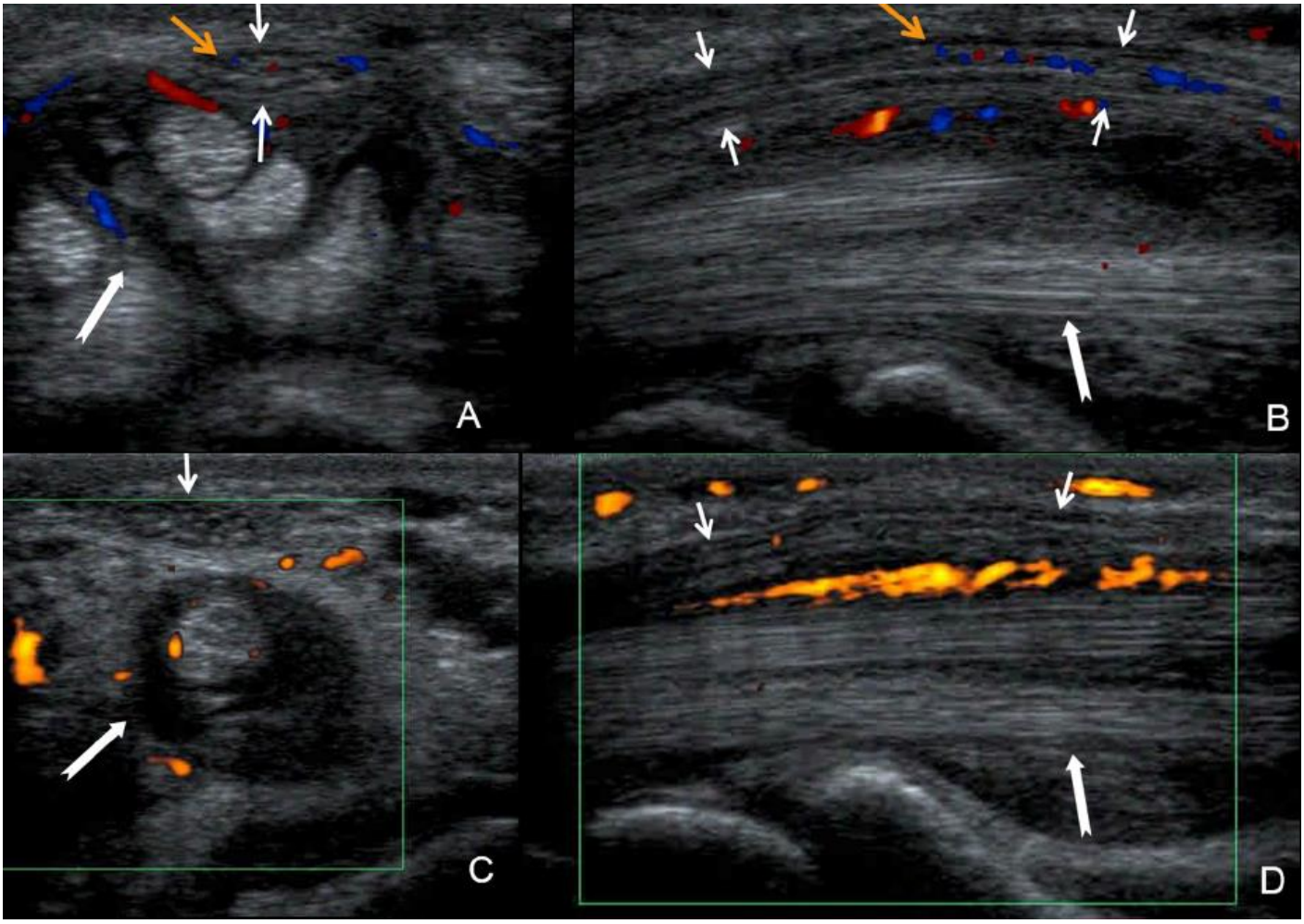
يظهَر التهاب زَلِيْل الأوتار على الأمواج فوق الصوتية بصورة تسمُّك زَليليّ غير مُتجانِس، مع تَمدُّد غِمْد الوتر بالسّائل، وتَبَيُّغ مُرافِق يُشاهَد عند تطبيق الدوبلر. أمّا الوتر نفسُه فقد يكون طبيعيّاً، أو قد يُبْدي انتفاخاً وتغيُّراً في صداه (الشكلان 27 و 28). لِسوء الحظّ، قد يكون من الصّعب التّمييز بين التهاب زَلِيْل الأوتار العَدْوائيّ واللّاعَدْوائيّ اعتِماداً على الأمواج فوق الصوتية وحدَها.

إنْ كان هناك أيّ شكّ حول وجود إنتان، فيجب رَشْف غمد الوتر لإجراء اختبار الزَّرْع والتَّحَسُّس (23، 28، 32).



الشكل 27.

صُوَر لمقطع عرضي (**A & B**) ومقطع طولي (**C**) في النفق الرسغي، مع تطبيق الدوبلر في B و C، لدى امرأة عمرها 56 عاماً مُصابة بتناذر النفق الرسغي ثانوي لالتهاب زَلِيْل الأوتار بالمُتَفَطِّرَة الطَّيْريّة. هناك تسمُّك زَليليّ واسِع (العلامات النجمية) مع تَبَيُّغ مُرافِق في الغِمد الزَّليليّ، وفي الأوتار القابضة نفسِها (رؤوس الأسهم البيضاء). تشير رؤوس الأسهم السوداء إلى العصب الناصف (Bianchi et al., 2020)



الشكل 28.
صُوَر لمقاطع عرضية (**C & A**) وطولية (**D & B**) في النفق الرسغي مع تطبيق الدوبلر لدى مريض مُصاب بالتهاب زَلِيْل الأوتار اللّاعَدْوائيّ، تُظهِر تسمُّكاً زَليليّاً مُفْرِط التَّوعية مع وجود سائل يحيط بالأوتار القابضة في النفق الرسغي، وتَبَيُّغ مُرافِق حتى في العصب الناصف (الأسهم الصغيرة).
(Meyer et al., 2018)

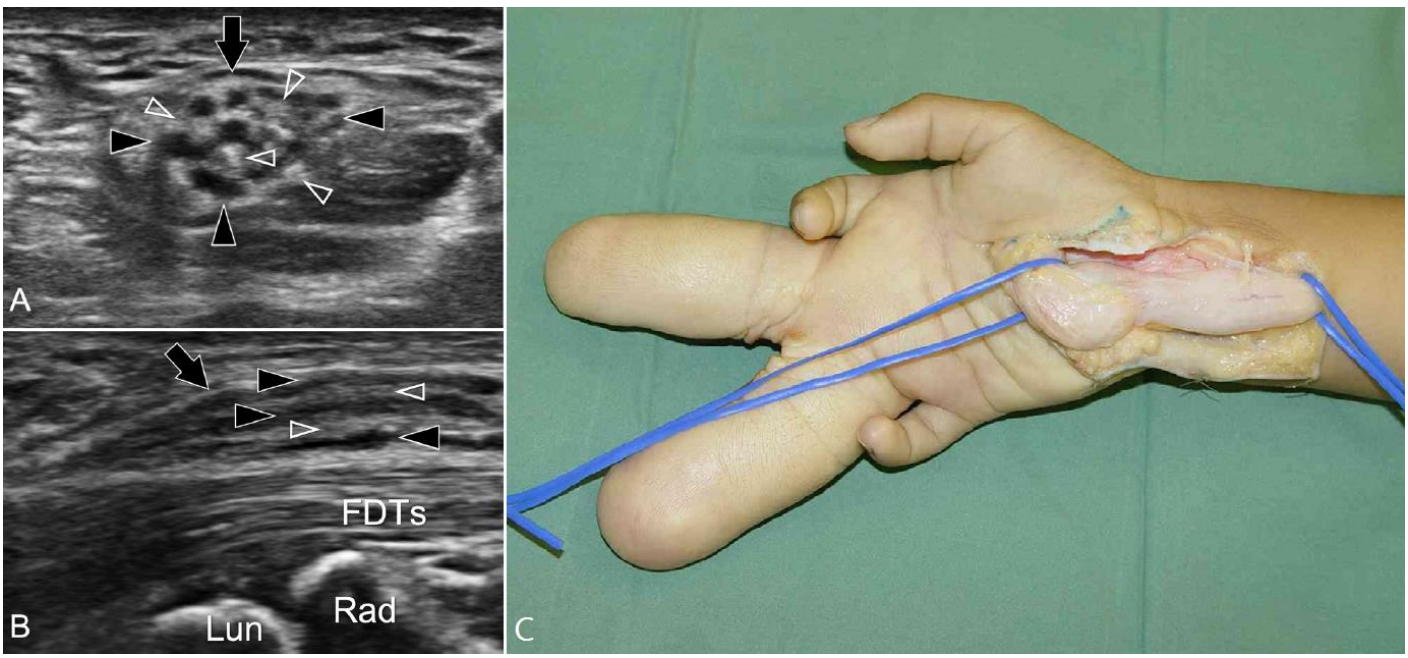
• **الوَرَم العَابيّ الشَّحْمي اللِّيفي Fibrolipomatous hamartoma (FLH)**، المعروف أيضاً باسم **الوُرام الشَّحْمي العَصَبي Lipomatosis of nerve**، هو فَرْط نُمُوّ عَابِي، حميد، نادر الحدوث، في النَّسيج اللِّيفي الشَّحْمي المُرْتبِط بظِهارة الحُزَم العصبيّة perineurium وغِمْد العصب epineurium، ومحْصُور ضمن حدود الغِمْد العصبيّ الذي يُغَلِّف الأعصاب المُحيطيّة.
حيث تَرْتَشِح خلايا شَحْميّة ناضِجة في الـ perineurium والـ epineurium مُباعِدةً بين الحُزَم العصبيّة، التي تتوضّع عادةً بجِوار بعضِها؛ كما يحدُث تليُّف حول الحُزَم العصبيّة perineurial fibrosis مُؤديّاً لزيادة ثخانتها... والنتيجة هي ضخامَة العصب كَكُلّ.

إنَّ الموقع الأكثر شيوعاً لِحدوث الـ FLH هو العصب الناصف بمستوى الرسغ أو راحة اليد (< 80٪ من الحالات)، ولكن بإمكانه أن يُصيب أيّاً من الأعصاب المُحيطيّة. ويبدو أنَّ النفق الرسغي يُقَيِّد التَكاثُر الشَّحْمي داخل العصب الناصف، لِعدم قدرته على التوسُّع؛ في حين أنّ المُرَكِّبة الشَّحْميّة لديها مُتَّسَع للتكاثُر بِحُريَّة أكبر في الأنسجة الرَّخوة الأقل تقييداً أعلى مستوى النفق وأسفله... ينتج عن ذلك ضخامَة في العصب الناصف أشْبه بالسَّاعَة الرَّمْليَّة.

عادةً ما يُراجع المرضى الذين لديهم إصابة في العصب الناصف بعلامات وأعراض تناذر النفق الرسغي، مَصْحوبةً بكتلة مَجْسوسة، غير مُؤلِمة، في الجزء القاصي من السّاعد-الوجه الراحي للرّسغ، كانت تنمو بِبُطْء على مَرّ سنوات عديدة، وغالباً لوحِظَت لِأوَّل مرَّة في مرحلة الطُّفولة. تترافق ثلث الحالات تقريباً مع ضخامَة الأصابع في توزّع العصب الناصف nerve-territory macrodactyly، مع فَرْط نُمُوّ في العظام والأنسجة الرخوة.

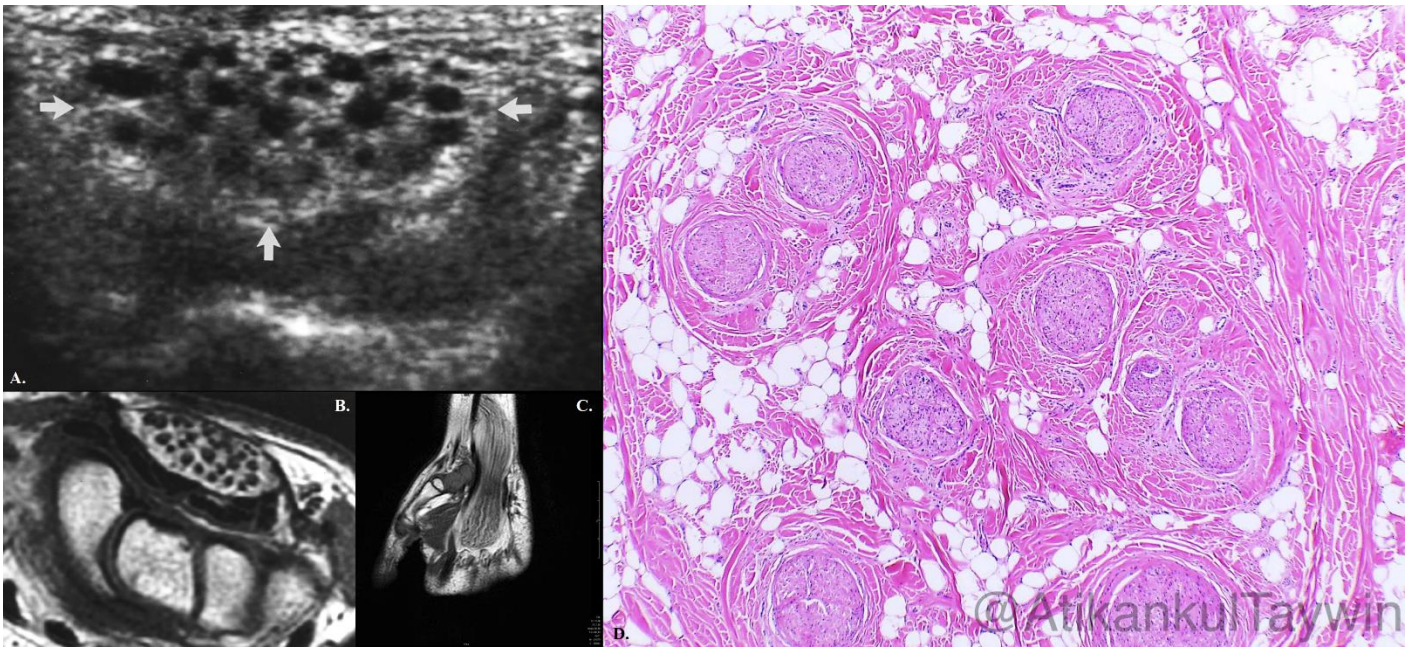
قبل تَوافُر التَّصوير بالرَّنين المِغناطيسيّ MRI، لم يكُن بالإمْكان تأكيد التشخيص إلّا بعد الجراحة الاسْتِقْصَائيّة وخَزْعة العصب. لكنّنا نعلم الآن أنّ الـ FLH يمتلك مظهراً شُعاعيّاً واسِماً، يعكس ملامِحه الباثولوجيّة؛ تمييزُه قد يُغني عن الحاجة للخَزْعة لوَضْع التشخيص.

وفي الحقيقة إنّ مَوجُودات التَّصوير بالأمواج فوق الصوتية تُطابق مَوجُودات التَّصوير بالرَّنين المِغناطيسيّ، وفي المبدأ فالأمواج فوق الصوتية هي التِّقنيّة الأكْثر مُلاءمةً، نظراً لأنّ إجراءَها أسرع وأسهل من الـ MRI. يُظهِر الفحص بالأمواج فوق الصوتية على نحوٍ مُمَيَّز عصباً مُتضَخِّماً مع حُزَم بارزة مُلتَوية ناقصة الصدى مُحاطة بنسيج شحميّ مُفرِط الصدى، ممّا يعطيه مظهر "الكابِل" cable-like appearance الكلاسيكي (الأشكال 29 و 30) (23، 33، 34، 35).



الشكل 29.

مقطع عرضي (**A**) ومقطع طولي (**B**) في العصب الناصف بمستوى الرسغ لدى رجل عمره 53 عاماً مُصاب بتناذر النفق الرسغي ثانوي لـ FLH of the median nerve. تكاثُر النسيج الشحميّ مُفرِط الصدى بين الحُزَم (رؤوس الأسهم الفارغة) يؤدّي إلى ضخامَة العصب الناصف (الأسهم) مع تباعُد الحُزَم العصبية (رؤوس الأسهم السوداء). لاحظ في B زيادة ثخانة العصب الناصف نسبةً للـ FDTs الأوتار القابضة (Bianchi et al., 2020). صورة أثناء العمل الجراحي (**C**) بعد تحرير النفق الرسغي تُظهِر ضخامَة العصب الناصف الشّبيهة بالسَّاعَة الرَّمْليَّة (isolated on blue vessel loops)، عند مريض لديه FLH مُترافق مع ضخامَة الأصابع (Araújo et al., 2017).

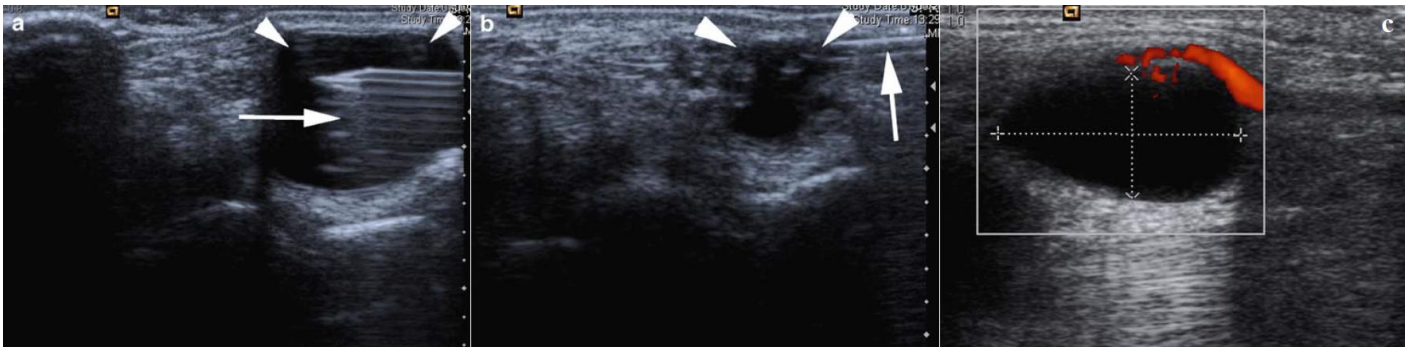


الشكل 30.
فتاة تبلغ من العمر 13 عامًا لديها FLH of the median nerve. صورة بالأمواج فوق الصوتية (**A**) لمقطع عرضي في العصب الناصف بمستوى النفق الرسغي تُظهِر الحُزَم العصبية المُتَثَخِّنة ناقصة الصدى مفصولةً بنسيج شحمي وافِر مُفرِط الصدى. تُظهِر (**B**)، الصورة المقابلة ل A بالرّنين المغناطيسي موزونة بالزمن الأول، الحُزَم العصبية المُتَثَخِّنة ناقصة الإشارة مفصولةً بنسيج شحمي وافِر مُرتفع الإشارة، مع ملاحظة تَقَبُّب قيد القابضات وانزياح الأوتار القابضة (Stuart et al., 2004). صورة رنين مغناطيسي موزونة بالزمن الأول لمقطع إكليليّ في رسغ مريض آخر (**C**) تُظهِر الحُزَم العصبية المُلتَوية ناقصة الإشارة مُحاطة بنسيج شحمي مُرتفع الإشارة، وضخامَة العصب الناصف الشّبيهة بالسَّاعَة الرَّمْليَّة.
(Case courtesy of Assoc Prof Frank Gaillard, Radiopaedia.org, rID: 7825)
صورة (**D**) تبيّن المظهر الباثولوجي للـ FLH: ارْتِشاح الـ perineurium بنسيج ليفي شحمي ناضج يُباعِد بين الحُزَم العصبية، مع فَرْط تَصَنُّع ظِهارة الحُزَم العصبيّة وتَلَيُّف مجاوِر لها.
(Case courtesy of Taywin Atikankul, MD)

تَوْجيه الإجراءات الطبيّة Guiding Medical Procedures

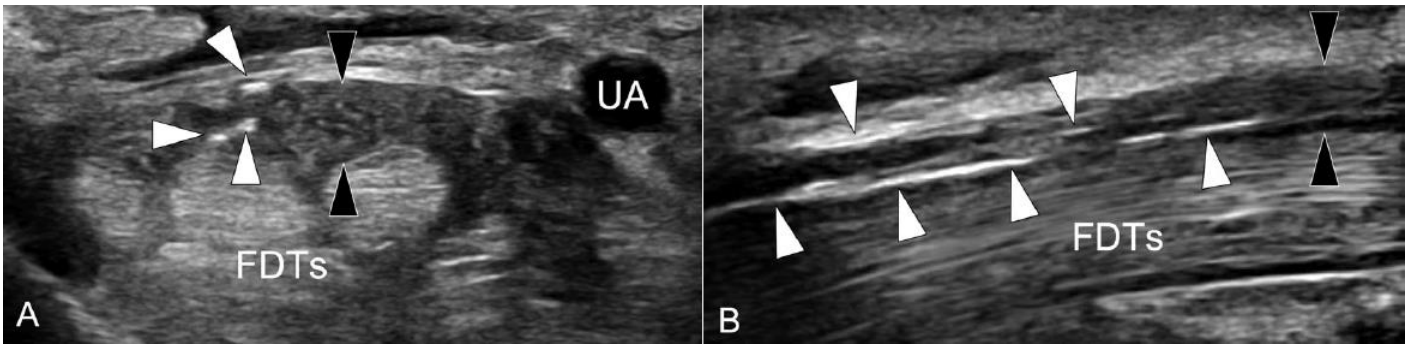
إنَّ الإجراءات التَّداخُلية عبر جلد الرسغ Percutaneous interventional procedures of the wrist، مثل حَقْن الستيرويد العلاجيّ؛ رَشْف الكيسات العُقْدِيّة؛ رَشْف السّائل الزَّليليّ من المفاصل أو أغْماد الأوتار لتمييز الحالات العَدْوائيّة من اللّاعَدْوائيّة؛ وخَزْعة الغشاء الزَّليليّ أو خَزْعة كتل الأنسجة الرخوة، غالباً ما يتمّ إجراؤُها دون توجيه التَّصوير الطِّبّي. **من المَخاطِر المُحْتَمَلة لِذلك:** أذيّة العصب نتيجةً للحَقْن الدّوائيّ داخل الحُزَم العصبيّة intrafascicular injection، النَّزْف النّاجِم عن الإصابة الوعائيّة، تمزُّق الأوتار، وأخْذ الخَزْعة من مناطق مُتَنَخِّرة أو غير نموذجيّة داخل الكتل مما يُقلِّل من فُرصَة الوصول إلى تشخيص دقيق.

إلّا أنَّ التَّوجيه بالأمواج فوق الصوتية، من خلال الحِرص على أن تكون وَضْعيّة الإبرة أمْثَل ما يمكن، يُقلِّل من خُطورة الأذيّة عِلاجيّة المَنْشأ iatrogenic injury، ويزيد من نَجاعَة هذه الإجراءات وسَلامتها (10، 28) (الشكلان 31 و 32).



الشكل 31.

رَشْف كيسة عُقْدِيّة في الوجه الرّاحي للرّسغ بتوجيه الأمواج فوق الصوتية: تُبَيِّن (**a**) مَوْضَعة الإبرة داخل الكيسة العُقْدِيّة (رؤوس الأسهم)، مع مُلاحظة خادِعة الارتداد reverberation artifact المُترافِقة مع الإبرة (السهم)؛ انْخِماص الكيسة في (**b**) بعد أن تمَّت عمليّة رَشْفِها بنِجاح (رؤوس الأسهم). صورة مع تطبيق الدوبلر (**c**) تُظهِر شرياناً سطحيّاً صغيراً يمُرّ فوق كيسة عُقْدِيّة راحيّة يمكن له أن يتأذَّى بسهولة في حال مُحاولة رَشْف الكيسة دون توجيه الأمواج فوق الصوتية (Teh et al., 2009).



الشكل 32.

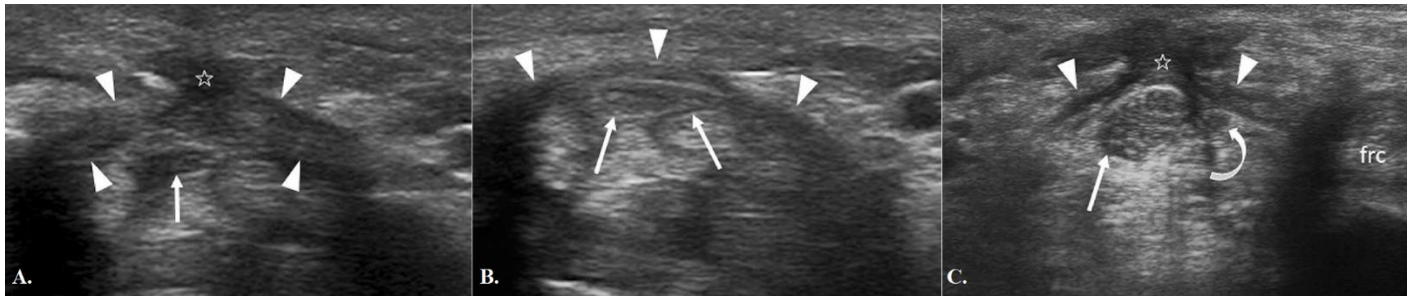
صُوَر لمقطع عرضي (**A**) ومقطع طولي (**B**) في النفق الرسغي لامرأة عمرها 53 عاماً مُصابة بتناذر النفق الرسغي، وقد ساءَت أعراضُها بعد حقن الستيرويد، تُظهِر جُسَيْمات مُوَلِّدة للصَّدى (رؤوس الأسهم

البيضاء) داخل الجزء الوحشي من العصب الناصف (رؤوس الأسهم السوداء) على ما يبدو بعد الحقن غير المَقْصود داخل العصب. لاحظ في B أنّ الجُسَيْمات المُوَلِّدة للصَّدى قد تَخَلَّلَت ما بين الحُزَم العصبيّة (Bianchi et al., 2020).

المُتابَعَة ما بعد الجِراحَة Postoperative Follow-up

في المرضى الذين ليسوا أفضل حالاً أو لربَّما أنَّهم أسوأ حالاً no better or worse بعد التحرير الجراحي لِقيد القابضات، قد يعود عدم التَّحسُّن لِـ : عدم كِفاية تخفيف الضغط عن النفق الرسغي (وهو السبب الأكثر شيوعاً لاستمراريّة الأعراض)؛ الوذمة أو الورم الدَّموي أو الإنتان التّالي للجراحة (والتي يمكن أن تُفاقِم أعراض تناذر النفق الرسغي مؤقَّتاً)؛ إصابة العصب الناصف نفسه أو أحد فروعه أثناء الجِراحَة؛ أو التليُّف والتَّندُّب المُفْرِط بِجوار العصب الناصف (وهو السبب الأكثر شيوعًا لنكْس الأعراض).

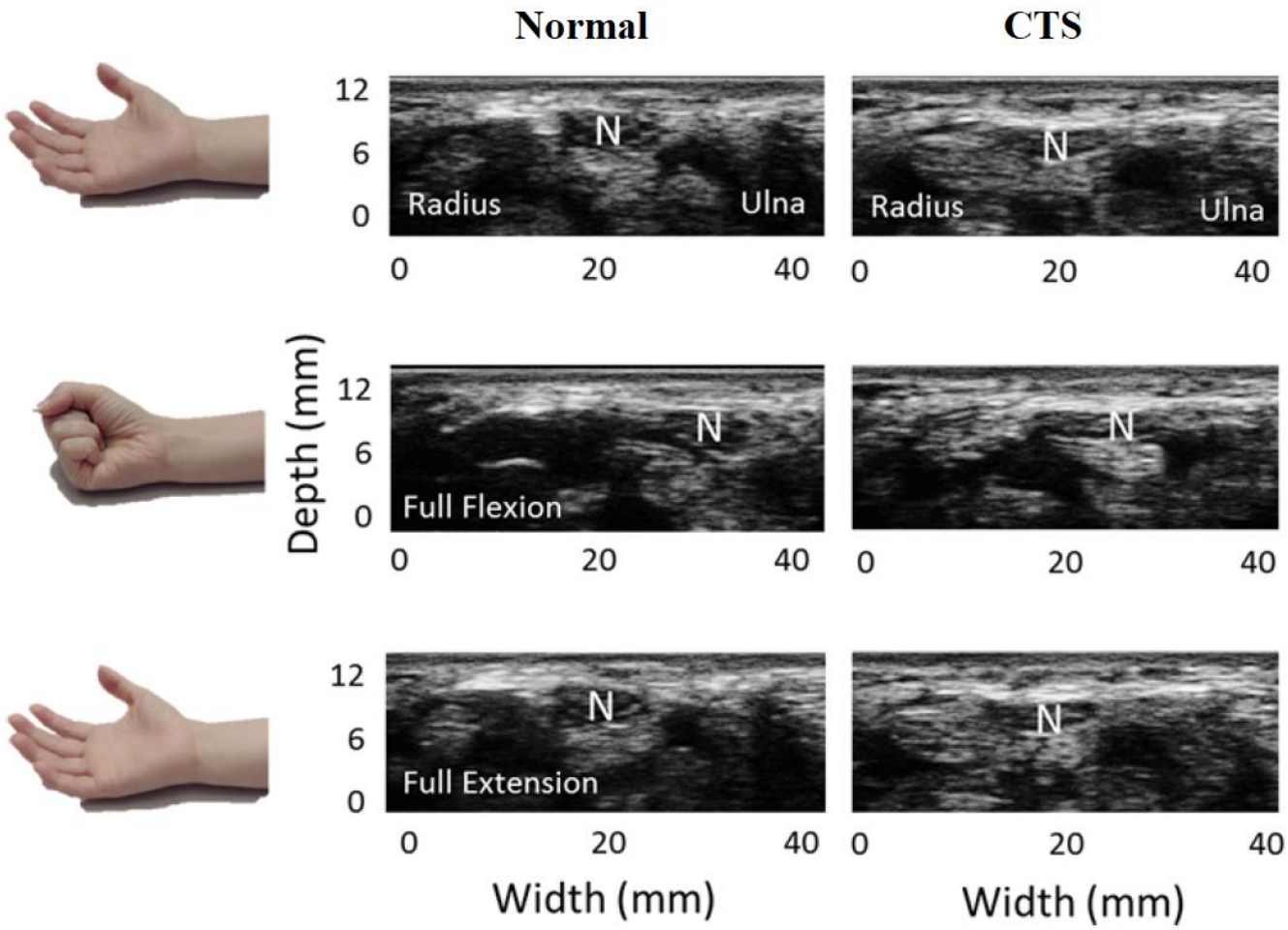
يمكن للاسْتِقْصَاء بِواسِطة الأمواج فوق الصوتية أن يُفيد في البحث عن أسباب نتائج العمل الجراحي غير المُرْضِية (10، 24، 36) (الشكل 33).



الشكل 33.

صُوَر لمقطع عرضي في الجزء البعيد (**A**) والجزء القريب (**B**) من النفق الرسغي لدى مريض يشكو من استمراريّة الأعراض بعد الجراحة، تُظهِر فشَل قطع قيد القابضات بمستوى الجزء القريب من النفق (رؤوس الأسهم). لاحظ في A تثخّن طرفي الرّباط (رؤوس الأسهم) وشَتَرهما نحو النّدبة السّطحيّة (النجمة). صورة لمقطع عرضي في النفق الرسغي (**C**) لدى مريض يشكو من نكس الأعراض بعد التحرير الجراحي، تُظهِر تليُّفاً وتندُّباً مُفْرِطاً (النجمة) يشْتُر طرفي الرّباط (رؤوس الأسهم) والعصب الناصف (السهم) (Gervasio et al., 2020).

لربَّما إحدى المَزايا الرئيسيّة للأمواج فوق الصوتية هي قدرتُها على فحص العناصر التشريحية أثناء الحركة. في الحالة الطبيعية، يمكن رؤية الحركة الحُرَّة للعصب الناصف داخل النفق الرسغي؛ حيث يَنْزلِق بسهولة على الأوتار القابضة مع عطف الأصابع وبسطها. في المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي، غالبًا ما تكون حركة العصب مَحْدودة أو مُقَيَّدة (الشكل 34). كذلك فإنَّ التليُّف المُفْرِط بعد التحرير الجراحي للنفق الرسغي يشْتُر العصب الناصف نحو النّدبة ويُعيق انْزلاقه الحُرّ، والذي يُمكن تقييمه في أثناء التصوير الديناميكي بالأمواج فوق الصوتية (20، 36).



الشكل 34.
إنّ العصب الناصف (N) الطبيعي يتحرَّك داخل النفق الرسغي في الإِتِّجاه الزنديّ-الكعبريّ أثناء عطف الأصابع وبسطها، وهي حركة يشار إليها باسم "الانْزِلاق المُسْتَعرِض" transverse sliding، ويُمكن مُلاحظتها أثناء التصوير الديناميكي بالأمواج فوق الصوتية، وهي غالبًا ما تكون مُقَيَّدة في تناذر النفق الرسغي (Kuo et al., 2016).

يُمكننا أن نُدْرِك من المُنَاقَشَة السَّابِقة أنَّ هناك أدِلَّة مُهِمّة تدْعم استعمال الأمواج فوق الصوتية في تناذر النفق الرسغي، كاخْتِبار تَشْخيصيّ، وكأداة للتَحرّي عن الشُّذوذات البنيويّة؛ ولاسِيَّما في الحالات غير النموذجيّة، حيث يمكن للأمواج فوق الصوتية أن تُقَدِّم مَعلُومَات قَيِّمة مُتَمِّمة لِلفحص السّريري ودراسات التشخيص الكهربائي وأن تُحْدِث أثراً في رِعاية المريض (20).

إنَّ الإجراءات التَّداخُلية عبر جلد الرسغ، حتّى عند توخِّي الحَذَر أثناء القيام بها والإنتباه الدَّقيق للمَعالِم التشريحية، فهي تحْمِل نسبة خطورة صغيرة ولكنّها مُتَأصِّلة فيها... تتمثّل في حدوث أذيّة غير مَقْصودة للعصب الناصف أو البنى المجاورة. يَسمح التَّوجيه بالأمواج فوق الصوتية بمَوْضَعة الإبرة بشكل صحيح أثناء الفحص بالزّمن الحقيقي، وبذلكَ يُقَلِّل من خُطورة الأذيّة عِلاجيّة المَنْشأ ويزيد فاعِلِيّة هذه الإجراءات (23، 28).

وأكثر من ذلك، فقد أصبحت الأمواج فوق الصوتية اسْتِقْصَاءً مُهِمّاً في تقييم المرضى الذين يعانون من استمراريّة الأعراض أو نكسها بعد التحرير الجراحي للنفق الرسغي. حيث يمكنها أن توجّه الطبيب المُعالِج من خلال كَشْف القطع غير الكامل لقيد القابضات؛ أو موقع ومدى التليُّف، وإنْ كان هناك شتر مرافِق للعصب الناصف (36).

الدّراسة العمليّة

مقدّمة

تبيّن أنّ زيادة مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف cross-sectional area (CSA) بمستوى مدخل النفق الرسغي (مستوى العظم الحمّصي) هو المعيار الأكثر حساسيّة ونوعيّة لتشخيص تناذر النفق الرسغي بالأمواج فوق الصّوتية، لكن لايزال هناك جَدَل حول القيمة الفاصلة المُثلى للحجم المرضيّ.
من الأسباب المُحتَملة لذلك أنّ هناك تفاوُتاً طبيعيّاً في حجم العصب الناصف حتى بين الأشخاص الأصحّاء من كِلا الجنسين، وأصحاب تكوينات الجسم body compositions المختلفة، وبين المجموعات السكّانية المختلفة. فضلاً عن غياب منهجيّة بحث موحّدة — مثلاً فيما يتعلّق بمكان قياس العصب، وطريقة القياس (20، 21، 22، 24).

في الواقع، في إرشاداتها المنشورة عام 2012، أوصَت الجمعيّة الأمريكية للطبّ العصبي العضلي والتشخيص الكهربائي American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine (AANEM) بضرورة تطوير بروتوكول فحص موحّد. وأنّ هذا البروتوكول ينبغي أن يتضمّن تعريف الموقع الأمثل لقياس CSA العصب الناصف، وطريقة تحديد العصب لإجراء القياس، وإجراء المزيد من التّنقيح للقِيم المَرجعيّة المُتَداولة (21).

في محاولة للتأقلم مع الاختلافات الفرديّة، طرح بعض الباحثين فكرة مقارنة الـ CSA للعصب الناصف في منطقة النفق الرسغي مع تلك التي تمّ الحصول عليها في موقعٍ دانٍ غير متأثّر، من مُنْطَلق أنّ مثل هذه المقارنة الداخلية قد توفّر معلومات أكثر دقّة بخصوص التغيّرات الحاصِلة في حجم العصب في فرد معين (24).

وَجدَ Klauser et al. تحسّناً ملحوظاً في دقّة تشخيص تناذر النفق الرسغي عند حساب الـ ΔCSA — و التي تمثّل الفرق بين مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى النفق الرسغي (CSA_c) وتلك التي تمّ الحصول عليها في مكانٍ أقرب في الساعد، بمستوى العضلة الكابّة المربّعة (CSA_p) — مع فرق > ٢ مم^2 (للعصب الناصف غير المشقوق) وفرق > ٤ مم^2 (للعصب الناصف المشقوق) وُجِدَ مُشَخِّصاً لتناذر النفق الرسغي، بحساسيّة و نوعيّة تفوقان الـ 90٪ (37 ، 38).

هدف البحث

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم دقّة الأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي اعتماداً على الطريقة التي طوّرها Klauser et al. (أي الـ ΔCSA)، مقارنةً بالمِعيار المَرجِعي الرّاهِن لتشخيص تناذر النفق الرسغي وهو اختبار التشخيص الكهربائي أو "تخطيط الأعصاب"؛ آمِلين أن نوفّر للأطبّاء أداة إضافيّة لدراسة المرضى المُشْتَبه بإصابتِهم بهذا التناذر.

الفرضيّة البحثيّة

من المُفْتَرض أنّ الأمواج فوق الصوتية هي اختبار دقيق لتشخيص تناذر النفق الرسغي، وأنّ حساب الـ ΔCSA يُعاوِض عن الفروق الفرديّة في حجم العصب الناصف، ويحقّق تشخيصاً أكثرَ دقّة.

الموادّ والطّرائق

تصميم البحث

A diagnostic accuracy case-control selection cross-sectional study

وصف العيّنة

الحالات cases: المرضى المُحالون لعيادة تخطيط الأعصاب في مُسْتَشفَيَي المواساة والأسد الجامِعيَّين في دمشق بتشخيص سريريّ لتناذر النفق الرسغي، اعتماداً على المعايير التَّشْخيصِيَّة السّريرية للأكاديمية الأمريكية لطبّ الأعصاب (15)، ومن ثمّ تمّ تأكيده باخْتِبار التشخيص الكهربائي.

الشواهد controls: مُتَطوّعون أصِحّاء ليست لديهم أيّة علامات سريرية أو أعراض تُشير إلى تناذر النفق الرسغي.

معايير الاستِبعاد: قصّة عمل جراحي سابق على الرسغ، أو كسر في عظام الرسغ، أو وجود عصب ناصف مشقوق.

جمع البيانات

تمّت الموافقة على بروتوكول الدراسة من قبل مجلِس الجامعة، وأعطى جميع المشاركين في الدراسة موافقةً خطيّةً مُستَنيرة.

أجريت الدراسة في المدّة الواقعة بين شهري كانون الأول 2020 وكانون الثاني 2022، على 50 رسغاً لـ 34 مريضاً، و 81 رسغاً لـ 45 شاهداً.

المرضى المُؤهَّلون خضعوا لتخطيط الأعصاب والفحص بالأمواج فوق الصوتية بفاصل لا يتجاوز أسبوعاً واحداً.

مجموعة الشواهد خضعوا فقط للفحص بالأمواج فوق الصوتية.

اختبار التشخيص الكهربائي (تخطيط الأعصاب) Electrodiagnostic testing

اعتماداً على معايير الجمعيّة الأمريكية للطبّ العصبي العضلي والتشخيص الكهربائي (39)، اعتُبِرَت النتائج مُشَخِّصة لتناذر النفق الرسغي في حال تَطاوُل الكُمُون الحسّي البعيد distal sensory latency (DSL) أكثر من 3.5 مللي ثانية، أو تَطاوُل الكُمُون الحركي البعيد distal motor latency (DML) أكثر من 4.5 مللي ثانية، أو في حال كانت سرعة التَوصِيل العصبي الحسّي sensory nerve conduction velocity (SNCV) عبر النفق الرسغي أقل من 50 م/ ثا.

الفحص بالأمواج فوق الصوتية Ultrasound exam

أُجْرِيَ الفحص باستعمال جهاز التصوير بالأمواج فوق الصوتية GE Logiq F بالمجس السطحي (6-12MHz) الموجود في قسم الأشعة في مستشفى الأسد الجامعي، وجهاز Esatoe MyLabX6 بالمجس السطحي (4-15MHz) الموجود في قسم الأشعة في مستشفى المواساة الجامعي...
اسْتِناداً إلى بروتوكول منشور مُسْبَقاً من قبل Chen et al (22).
حيث يجلِس المريض في مواجهة الفاحِص وذراعه مَمْدُودَة، وساعده مُسْتَلَقٍ، وأصابعه نصف مبسوطة. تُوضع لفافة قماشيّة صغيرة تحت المعصم للسّماح ببسط الرّسغ بزاوية 30 إلى 45 درجة، لتقليل بروز الرّانفة والسّماح للمجس بالانزلاق بسلاسة على سطح الرسغ في أثناء الفحص.

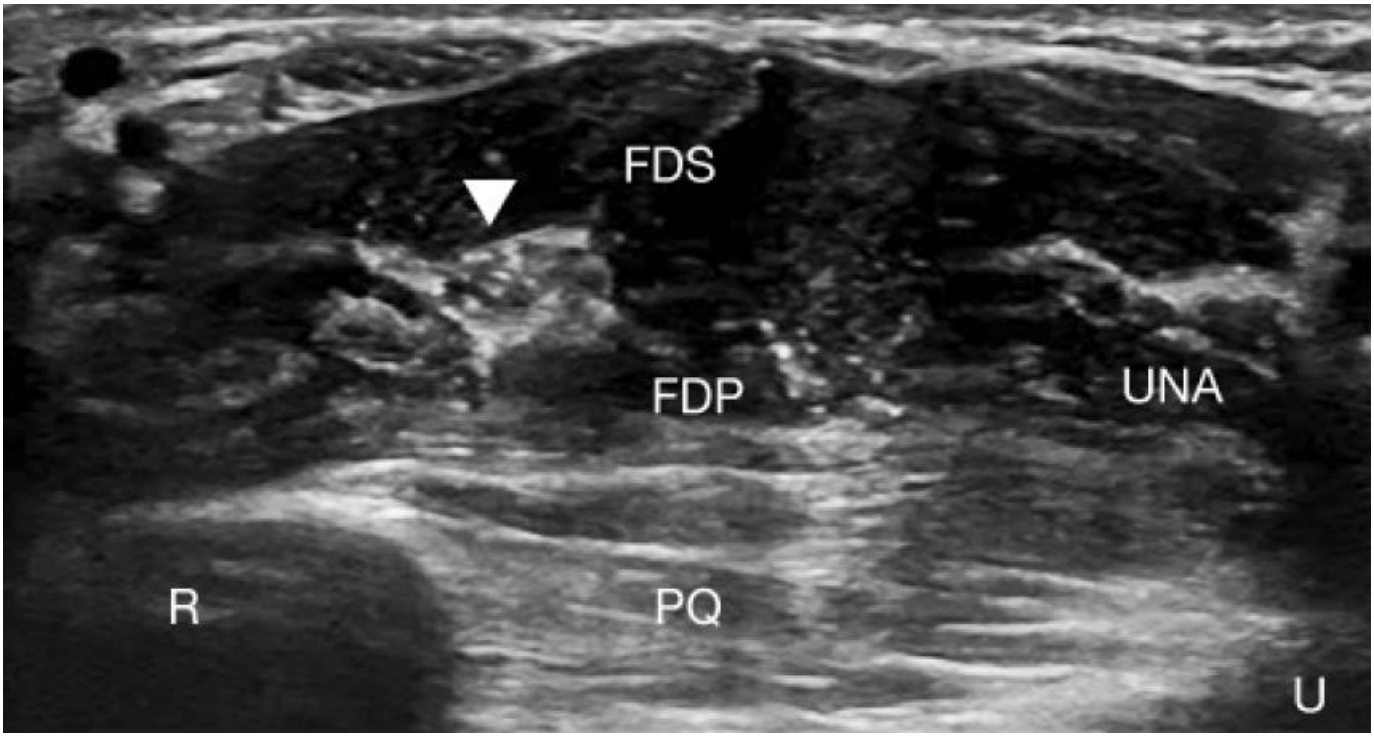
تفصيل بروتوكول الفحص وتِكنيك القياس في الجدول 1.

تمّت إعادة كل قياس 3 مرات، ومن ثُمَّ حساب مُتوسِّط القياسات الثلاثة في كل موقع وتسجيله للتحليل الإحصائي. لتجنُّب الوقوع في انحياز التحقُّق ascertainment bias، تمّت تَعمِية الطبيب الشعاعي الفاحِص عن الموجودات السريريّة والتخطيطيّة للمشاركين في الدراسة.

الجدول 1. بروتوكول الفحص بالأمواج فوق الصوتية وتِكنيك قياس العصب

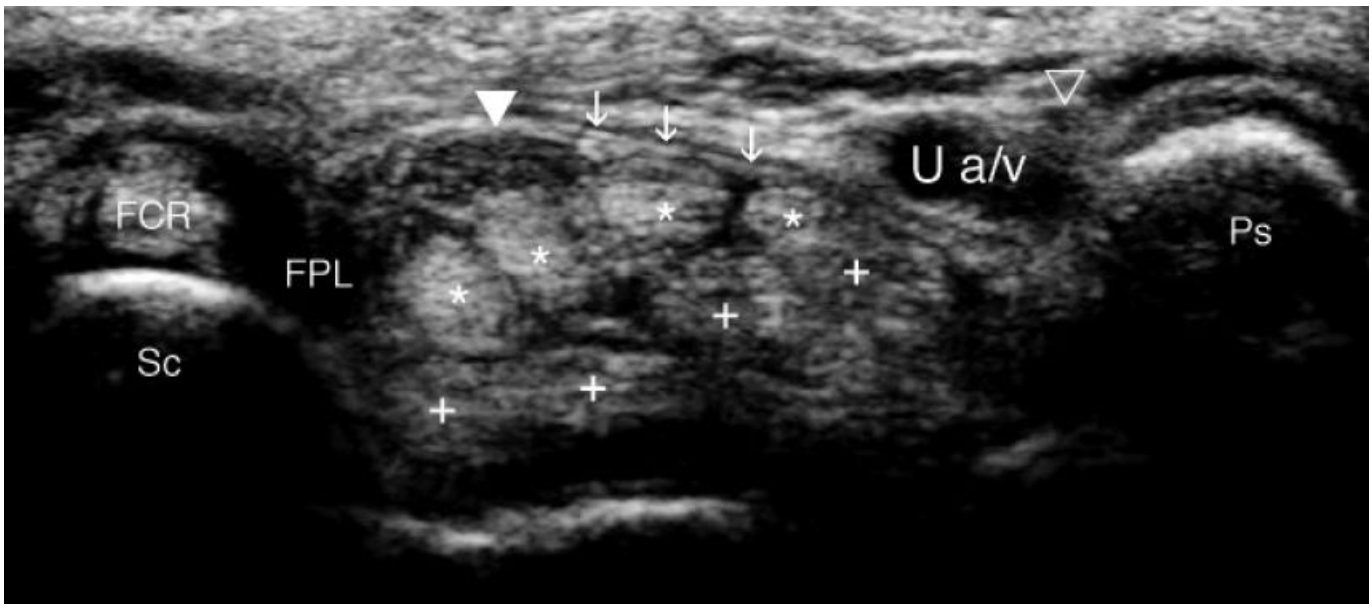
المعيار الصَّدَوي	مَعالِم تشريحيّة مَرْجِعيّة لإجراء القياس	تِكنِيك القياس
مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف (CSA_p) بمستوى العضلة الكابّة المربّعة (mm^2)	**<u>مستوى العضلة الكابّة المربّعة PQ:</u>** مقطع عرضي للثّلث القاصي من الوجه الرّاحي للسّاعد بمستوى الجزء الأثْخَن من العضلة الكابّة المربّعة. في هذا المستوى، يتوضّع العصب الناصف بين قابضة الأصابع السطحية (FDS) وقابضة الأصابع العميقة (FDP). ويمكن رؤية الحزمة الوعائيّة العصبيّة الزنديّة في نفس المستوى الأفقي لكن في الجانب الأنسيّ منه (الشكل 35).	عند قياس الـ CSA ، يجب على الفاحِص الانتباه إلى بضع نقاط مهمّة. أوَّلاً، يجب أن يكون المجس عموديَّاً على الرسغ. وإلّا فستظهر CSA العصب الناصف مُتَضَخِّمةً بشكلٍ خادِع نتيجةً لقياسها وفق محورٍ مائل. يمكن الاستعانة بتَبايُن خواص الأوتار القابضة المُتأثِّر بالجهة "anisotropy" لضبط مَيْل المجس إلى الرّسغ؛ حيث يكون عموديّاً على الرسغ عندما تتّخِذ الأوتار مظهرها الكلاسيكي مُفرِط الصّدى. الخطوة التالية هي إجراء القياس الفعليّ. إجماع الخبراء هو أنّ تتبُّع محيط العصب يدويَّاً manually tracing the outline of the nerve هو الطريقة الأكثر دقّة لقياس الـ CSA. ومن المهمّ أن يكون التتبُّع مباشرةً داخل الغمد العصبي مُفرِط الصدى، مُلاصقاً للحوافّ الخارجيّة للحزم العصبية ناقصة الصدى، دون الدّخول في الشقوق بين هذه الحزم... آخذين النّسيج العصبي فقط في الحُسبان ومُقَلِّلين من تأثير الغمد العصبي (الشكل 37 و 38).
	عند العبور من الجزء القاصي للساعد إلى النفق الرسغي يتأرجح العصب الناصف وحشيّاً ثمّ يعود إلى الخط الناصف، في أثناء انتقالِه من بين الـ FDS و الـ FDP ليصبح سطحيّ التوضّع بالنسبة لأوتارهما.	
مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف (CSA_c) بمستوى مدخل النّفق الرّسغي (mm^2)	**<u>مستوى مدخل النّفق الرّسغي:</u>** مقطع عرضي للوجه الرّاحي للرّسغ بمستوى العظم الحمّصي. في هذا المستوى، يتوضّع العصب الناصف مباشرةً تحت قيد القابضات متبوعاً بالأوتار الأربعة لل FDS، ومن ثمّ الأوتار الأربعة للـ FDP. فيما يتوضّع وتر قابضة الإبهام الطويلة (FPL) وحشيّ أوتار الـ FDS، وأنسيّ وتر قابضة الرّسغ الكعبريّة (FCR). غالبًا ما يظهر وتر الـ FPL ناقصَ الصّدى لكونه في نافذة صدويّة مختلفة in a different anisotropic window. يمكن رؤية الحزمة الوعائيّة العصبيّة الزنديّة في الجانب الأنسيّ سطحيّاً بالنسبة لقيد القابضات، وحشيّ العظم الحمّصي (الشكل 36).	
دِلْتا المساحة ΔCSA (mm^2)		$\Delta CSA = CSA_c$ *(at the inlet)* $- CSA_p$ *(at the PQ level)*

PQ: pronator quadratus, FDS: flexor digitorum superficialis, FDP: flexor digitorum profundus, FPL: flexor pollicis longus, FCR: flexor carpi radialis



الشكل 35.

مقطع عرضي في الثّلث القاصي من السّاعد بمستوى العضلة الكابّة المربّعة (PQ)، والتي تُرى وهي تُجَسِّر المسافة بين عظمي الكعبرة (R) والزند (U). FDS: قابضة الأصابع السطحية، FDP: قابضة الأصابع العميقة، المثلث المُصْمَت: العصب الناصف، و UNA: الحزمة الوعائيّة العصبيّة الزنديّة (Chen et al., 2016).

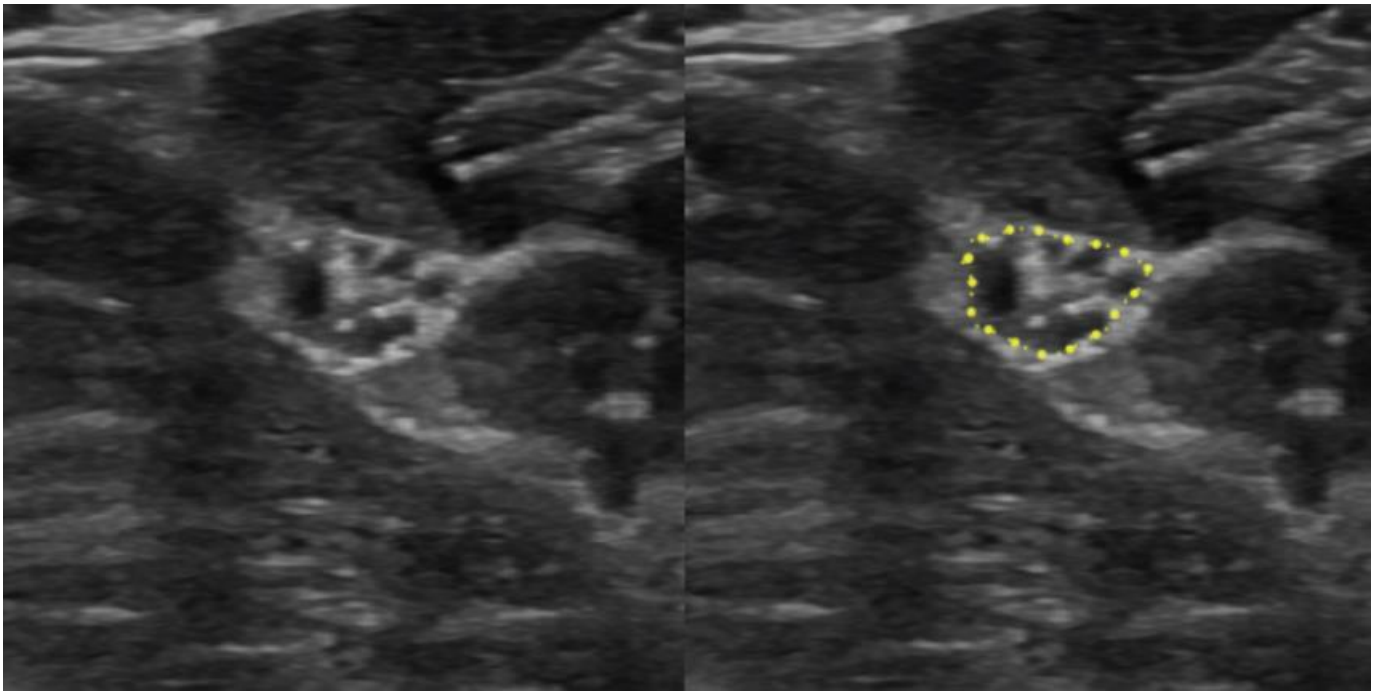


الشكل 36.

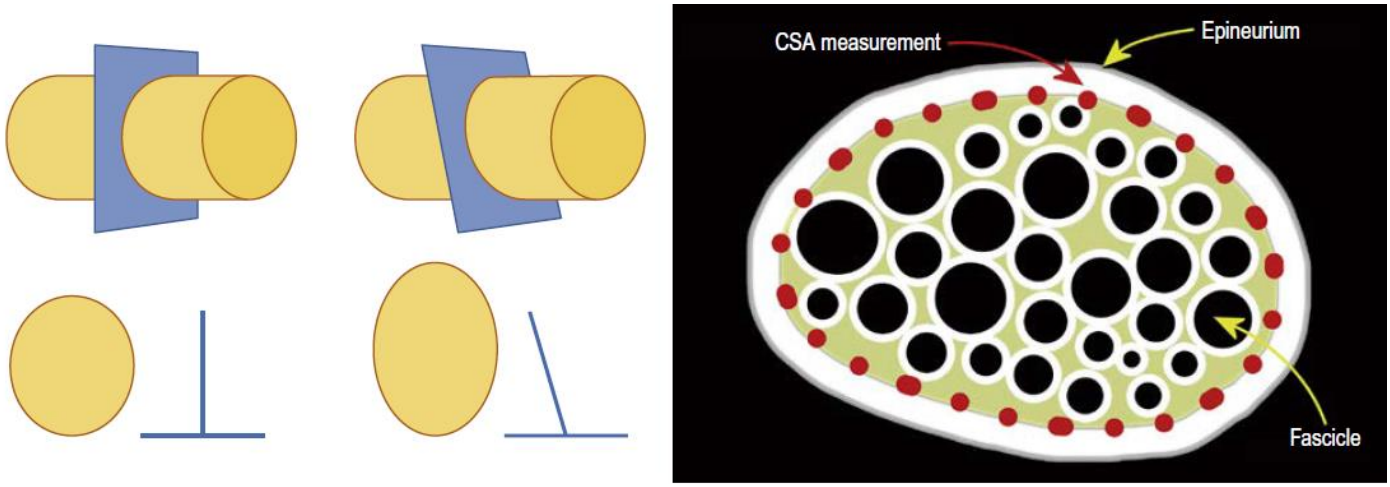
مقطع عرضي في مدخل النفق الرسغي، بمستوى العظم الحمّصي (Ps)

Sc: العظم الزورقي، الأسهم: قيد القابضات، المثلث المُصْمَت: العصب الناصف، العلامات النجميّة: أوتار قابضة الأصابع السطحية، علامات الجمع: أوتار قابضة الأصابع العميقة، FPL: وتر قابضة الإبهام الطويلة، FCR: وتر قابضة الرّسغ الكعبريّة، المثلث الفارغ: العصب الزندي، و U a / v: الشريان والوريد الزندي.

(Chen et al., 2016)



الشكل 37.
تتبُّع محيط المقطع العرضي للعصب الناصف لقياس المساحة (Chen et al., 2016).



Adapted from "Electromyography & neuromuscular disorders," by D. C. Preston, & B. E. Shapiro, 2021. Elsevier, Inc.

الشكل 38.

التّحليل الإحصائي

أُدْخِلَت المعلومات إلى قاعدة بيانات باستخدام Microsoft Excel، ثُمَّ أُجْريت إحصاءات وصفيّة descriptive statistics، وحُسِبت الحساسية، والنّوعية، والقيمة التنبؤية الإيجابية، والقيمة التنبؤية السّلبية لتقييم دقّة الأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي اعتماداً على مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى مدخل النفق CSA_c
(باعتبار قيمة العتبة 10، 11، و 12 مم^2) واعتماداً على دِلْتا مساحة العصب Δ CSA (باعتبار قيمة العتبة 1، 2، و 3 مم^2).

حُسِب مُعامِل ارتباط سبيرمان Spearman's rank correlation coefficient لمعرفة درجة التّوافق بين الموجودات الصدوية والموجودات التخطيطية لدى مجموعة المرضى.

تمّ إجراء تحليل مُنحَنَى خصائص تشغيل المُستقبِل ROC analysis لمعرفة ما إذا كانت Δ CSA أكثر دقّة من CSA_c في تشخيص تناذر النفق الرسغي.

تمّ اعتبار القيمة P أقلّ من 0.05 ذات أهمية إحصائية.

لِنُعرِّف ببعض المقاييس (40، 41)...

الإيجابية الحقيقية True Positive (TP)، هي إيجابية الفحص مُؤكَّدة بالمعيار الذهبي

الإيجابية الكاذبة False Positive (FP)، هي إيجابية الفحص منْقوضة بالمعيار الذهبي

السّلبية الحقيقية True Negative (TN)، هي سلبيّة الفحص مُؤكَّدة بالمعيار الذهبي

السّلبية الكاذبة False Negative (FN)، هي سلبيّة الفحص منْقوضة بالمعيار الذهبي

الحساسية Sensitivity أو "معدّل الإيجابية الحقيقية"، هي TP/ TP + FN

النّوعية Specificity أو "معدّل السّلبية الحقيقية"، هي TN/ TN + FP

القيمة التنبؤية الإيجابية Positive Predictive Value (PPV)، هي TP/ TP + FP

القيمة التنبؤية السّلبية Negative Predictive Value (NPV)، هي TN/ TN + FN

مُعامِل ارتباط سبيرمان Spearman's correlation coefficient r_s، هو مقياس إحصائي يقيّم درجة الارتباط أو التوافق بين مُتغيّرين كميّين؛ تتراوح قيمته بين -1 و +1.
عندما تكون قيمة المُعامِل بين 0 و +1، فتزايُد أحد المُتغيّرين يقابِلُه تزايُد الآخر، ويكون الارتباط بينهما موجباً positive correlation. عندما تكون قيمة المُعامِل بين -1 و 0، فتزايُد أحد المُتغيّرين يقابِلُه تناقُص الآخر، ويكون الارتباط بينهما سالباً negative correlation.
وتزداد قوّة الارتباط كلّما اقتربت قيمة المُعامِل من الواحد، وتضعُف قوّته كلما اقترب المُعامِل من الصّفر.

.00-.19 "very weak"
.20-.39 "weak"
.40-.59 "moderate"
.60-.79 "strong"
.80-1.0 "very strong"

المساحة تحت المُنحَنَى Area under the ROC curve (AUC)، هي مقياس لمدى قدرة الاختبار الطبي على التمييز بين الأشخاص المصابين بالمرض وغير المصابين بالمرض... هي مقياس لدقّة التصنيف؛ تتراوح قيمتها بين 0 و1.
وكلّما زادت المساحة تحت مُنحَنَى ROC ازدادت القدرة التمييزية للاختبار (أو ازدادت دقّته).

0.9–1.0 excellent
0.8-0.9 very good
0.7-0.8 good
0.6-0.7 median or middle
0.5-0.6 weak
< 0.5 very weak

النّتائج

لقد كانت الخصائص الديموغرافيّة (المُلخّصة في الجدول 2) مُتَمَاثِلة بين مجموعتي المرضى والشّواهد. حيثُ تَكَوّنت مجموعة المرضى من 25 امرأة (73.5%) و 9 رجال (26.4%)، تراوحت أعمارُهم بين 30 و 85 عاماً بمُتَوسِّط عُمْري بَلَغ 59.5 عاماً. وتَكَوّنت مجموعة الشّواهد من 32 امرأة (71.1 %) و ١٣ رجُل (28.8%)، تراوحت أعمارُهم بين 30 و 86 عاماً بمُتَوسِّط عمري بَلَغ 57.6 عاماً.

كانت الإصابة ثنائية الجانب في 16 حالة (47.1%)، وأحاديّة الجانب في 18 حالة (52.9%).

Table 2. Demographic characteristics of study participants

	CTS Patients (n = 34)	Controls (n = 45)
Number of scanned wrists, n	50	81
Gender, n (%)		
Female	25 (73.5 %)	32 (71.1 %)
Male	9 (26.4 %)	13 (28.8 %)
Age in years, mean (range)	59.5 (30 – 85)	57.6 (30 – 86)

كان مُتَوسِّط مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى العضلة الكابّة المُربّعة CSA_p في مجموعة المرضى 7.7 مم^2 (انحراف معياري 1.8 مم^2)، وفي مجموعة الشواهد 7.8 مم^2 (انحراف معياري 1.9 مم^2)؛ بمستوى مدخل النفق الرسغي CSA_c في مجموعة المرضى 13.9 مم^2 (انحراف معياري 3.2 مم^2)، وفي مجموعة الشواهد 8 مم^2 (انحراف معياري 2 مم^2). وكان مُتَوسِّط دِلْتا مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف Δ CSA في مجموعة المرضى 6.2 مم^2 (انحراف معياري 2.8 مم^2)، وفي مجموعة الشواهد 0.2 مم^2 (انحراف معياري 0.8 مم^2) (الجدول 3).

Table 3. Nerve measurements in CTS versus control groups

	CTS Patients	Controls
CSA_p in mm^2, mean (SD)	7.7 (1.8)	7.8 (1.9)
CSA_C in mm^2, mean (SD)	13.9 (3.2)	8 (2)
Δ CSA in mm^2, mean (SD)	6.2 (2.8)	0.2 (0.8)

SD: standard deviation
CSA_p : cross-sectional area at the PQ level
CSA_C : cross-sectional area at the carpal tunnel inlet
Δ CSA = CSA_c – CSA_p

الجدول 4 يوضّح مدى الارتباط correlation بين الموجودات الصدوية والموجودات التخطيطية في مجموعة المرضى.

من المُلاحَظ أنَّ هناك ارتباطاً موجباً متوسّطاً مهمّاً إحصائيّاً بين CSA_c والكُمُون الحركي البعيد DML حيثُ قيمة مُعامل الارتباط r_s تساوي 0.45 (p = .0013)، وكذلك بين Δ CSA و DML حيثُ قيمة r_s تساوي 0.44 (p = .001).

Table 4. Correlation between US and NCS findings in CTS patients

	DSL	DML
CSA_p	- 0.04	0.02
CSA_C	0.23	0.45
Δ CSA	0.29	0.44

US: ultrasound, NCS: nerve conduction studies, DSL: distal sensory latency, DML: distal motor latency

تحليل مُنحَنَى ROC بيَّن أنّ المساحة تحت المُنحَنَى لـ CSA_c تساوي 0.950 و لـ ΔCSA تساوي 0.996 ... ممّا يدلّ على دقّة ممتازة في التصنيف لكُلٍّ من هذين القياسَين.

إلّا أنّ ΔCSA تفوّقت في أدائها التّشخيصي على CSA_c حيث (p = .006).

الجدول 5 يلخّص مقاييس دقّة مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف في تشخيص تناذر النفق الرسغي عند كلّ عَتَبة مُخْتارة.

Table 5. Diagnostic accuracy of median nerve CSA measurements

	Sensitivity %	Specificity %	PPV %	NPV %
CSA_C with 10 mm^2 threshold	98 (49/50) [89.4 – 99.9]	83 (67/81) [73.0 – 90.5]	78 (49/63) [65.7 – 87.6]	99 (67/68) [92.6 – 100]
CSA_C with 11 mm^2 threshold	86 (43/50) [73.3 – 94.2]	91 (74/81) [82.4 – 96.3]	86 (43/50) [73.3 – 94.2]	91 (74/81) [82.4 – 96.3]
CSA_C with 12 mm^2 threshold	64 (32/50) [49.2 – 77.1]	96 (77/81) [89.0 – 99.2]	89 (32/36) [73.6 – 97.3]	81 (77/95) [71.6 – 88.3]
Δ CSA with 1 mm^2 threshold	100 (50/50) [94.2 – 100]	84 (68/81) [74.1 – 91.3]	79 (50/63) [66.8 – 88.3]	100 (66/66) [95.6 – 100]
Δ CSA with 2 mm^2 threshold	100 (50/50) [94.2 – 100]	99 (80/81) [93.3 – 100]	98 (50/51) [89.5 – 99.9]	100 (80/80) [96.3 – 100]
Δ CSA with 3 mm^2 threshold	92 (46/50) [80.3 – 98.0]	100 (81/81) [96.4 – 100]	100 (46/46) [93.7 – 100]	95 (81/85) [87.8 – 98.6]

Numbers in parentheses are numbers of wrists used to calculate the percentages
Numbers in brackets are 95% confidence intervals

المناقشة

عادةً ما يقوم تشخيص تناذر النفق الرسغي على القصّة المرضيّة والفحص السّريري، لِيتمّ بعدها تأكيدُه عن طريق تخطيط الأعصاب. لكِن في الواقِع، ليس بمقدور هذه المُقارَبة أنْ تَكْشِف سبب انْضِغاط العصب الناصف داخل النفق. ومن هنا جاءت مُحاولات عديدة لتصوير النفق الرّسغي الطَّبيعي والمَرَضي، ولَطالَما عُدَّت الأمواج فوق الصوتية مُرشَّحاً جيّداً.

بدايةً Buchberger et al أَظْهَر أنّ دقّة الأمواج فوق الصوتية مُماثِلة لدقّة التَّصوير بالرَّنين المِغناطيسي في تشخيص تناذر النفق الرّسغي — في وقتٍ كان فيه الرَّنين المِغناطيسي الوسيلة التصويرية الوحيدة المُعَوَّل عليها في تقييم النفق الرسغي — وذلك اعتماداً على المعايير ذاتِها، مِن انْتِفاخ العصب في الجزء القريب من النفق، وتَسَطُّحه في الجزء البعيد من النفق أثناء مروره تحت قيد القابضات، وزيادة التَقَبُّب الراحي لقيد القابضات (42، 43).

وكان Duncan et al أوّل مَن أَظْهَر أنّ المعيار الصّدوي الأمْثَل لتشخيص تناذر النفق الرسغي هو زيادة مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى العظم الحمّصي، بحساسيّة ونوعيّة تَفوق تلك التي يُمكن الحصول عليها بالاعتماد على المعايير الصدويّة الأخرى (44).
ومن ذلك الوقت، فإنّ دراسات عديدة لاحِقة بما فيها دراسة Lee et al و Wong et al و El Miedany et al و Keleş et al خَلُصَت إلى نتائج مُشابِهة (22).

لكن في الحقيقة، حتّى الآن لا يوجد إِجْماع في الأدب الطبّي حول قيمة مساحة العصب المُشَخِّصة لتناذر النفق الرسغي... قيمة العتبة أو القيمة الفاصِلة threshold (cut-off) value؛ حيث تراوَحت القيم المُورَدة في الدراسات بين 9 و 15 مم^2، بحساسية ونوعية تتراوحان بين 57% و 100%. ومِن المُعْتقَد أنّ ذلك يعود لعدّة أسباب بما فيها الفروق الفرديّة الطبيعية في حجم العصب الناصف، وغياب منهجيّة بحث موحّدة (22، 24).

وَجدَ Klauser et al تحسُّناً ملْحوظاً في الدقّة التّشخيصيّة للأمواج فوق الصوتية عند حساب دِلْتا مساحة العصب ΔCSA، وذلك بطَرْح مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف في الساعد بمستوى العضلة الكابّة المربّعة CSA_p من مساحة مقطعه العرضي بمستوى مدخل النفق CSA_c (مستوى العظم الحمّصي) — مع فرق أكثر من ٢ مم^2 (للعصب الناصف غير المشقوق) وفرق أكثر من ٤ مم^2 (للعصب الناصف المشقوق) وُجِدَ مُشَخِّصاً لتناذر النفق الرسغي، بحساسيّة و نوعيّة تفوقان الـ 90٪ — من مُنْطَلَق أنّ مِثْلَ هذه المقارنة الداخلية تُعاوِض عن الفروق الفرديّة في حجم العصب الناصف، وتُقدِّم معلومات أكثر دقّة بخصوص التغيُّرات الحاصِلة في حجم العصب في فردٍ معين. كذلك وَجدَ أنّه كُلّما زادت شدّة الإصابة حسب الموجودات التخطيطيّة زادَت درجة انْتِفاخ العصب (37، 38).

قامت هذه الدراسة بقياس مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف في الموقِعَين اللّذَيْن وصفهما Klauser، ومن ثُمَّ حساب دِلْتا مساحة العصب، في مجموعة من المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي ومجموعة من المُتَطوّعين الأصِحّاء؛ تمَّ بعدها مقارنة هذه البيانات، باعتبار نتائج تخطيط الأعصاب معياراً مَرْجِعيّاً لتشخيص تناذر النفق الرسغي.

لم تُعنَ هذه الدراسة بتقييم العلامات الصّدوية الأخرى التي قد تُشاهد في تناذر النفق الرسغي، ولا بتحرّي الآفات البنيوية التي قد تكون سبباً لانْضِغاط العصب الناصف داخل النفق.

لم نَجِدْ فرقاً مهمّاً في مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف بمستوى العضلة الكابّة المربّعة CSA_p بين مجموعة المرضى والمُتَطوّعين الأصِحّاء ($p = .83$)

لكن وجدْنا أنَّ مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف عند مدخل النفق CSA_c كانت أكبر بشكل مهمّ في المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي منها في مجموعة الأصِحّاء ($p < .0001$)

كذلك وجدْنا أنَّ دِلْتا مساحة العصب الناصف ΔCSA كانت أيضاً أكبر بشكل مهمّ في المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي منها في المُتَطوّعين الأصِحّاء ($p < .0001$)

وجدْنا أنّ ΔCSA أكثر من ٢ مم^2 كانت قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي، بحساسية 100% ونوعية 99% وقيمة تنبؤية إيجابية 98% وقيمة تنبؤية سلبية 100%
وأنَّ CSA_c أكثر من ١١ مم^2 كانت قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي، بحساسية 86% ونوعية 91% وقيمة تنبؤية إيجابية 86% وقيمة تنبؤية سلبية 91%

لكن ΔCSA تفوّقت على CSA_c حسب تحليل مُنحَنى ROC بقُدرتها على التمييز بين الرسغ المُصاب بتناذر النفق الرسغي والرسغ غير المُصاب... وذلك بالتوافق مع دراسة Klauser et al (37)

الجدول 6 يستعرض نتائج بعضٍ من الدراسات التي أورَدَت الدقّة التشخيصية للأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي.

وأخيراً وجدَت هذه الدراسة نسبة توافق مهمّة بين انتفاخ العصب الناصف (مُتَمَثِّلاً بزيادة ΔCSA أو CSA_c) وتَطاوُل الكُمون الحركي البعيد DML في المرضى المُصابين بتناذر النفق الرسغي

Table 6. Studies reporting diagnostic performance of US for the diagnosis of CTS

Aurhors (year)	Number of wrists CTS/controls	Diagnostic referemce	CSA_C (mm^2)	Sen (%)	Spc (%)
Duncan et al. (1999) (44)	102/68	NCS	9	82	97
El Miedany et al. (2004) (45)	96/156	Clinical and NCS	10	98	100
Klauser et al. (2009) (37)	100/93	Clinical and NCS	11 $\Delta CSA > 2$	99 99	86 100
Hunderfund et al. (2011) (46)	55/49	NCS	11 $\Delta CSA \geq 6$	84 82	84 84
Elnady et al. (2019) (47)	89/76	NCS	13 $\Delta CSA > 2.5$	90 97	95 100
Our study	50/81	NCS	11 $\Delta CSA > 2$	86 100	91 99

US: ultrasound, CTS: carpal tunnel syndrome, Sen: sensitivity, Spc: specificity, NCS: nerve conduction studies, CSA_C: cross-sectional area at the carpal tunnel inlet (pisiform level)

الدّراسات المَرْجِعيّة

Klauser, A. S., Halpern, E. J., De Zordo, T., Feuchtner, G. M., Arora, R., Gruber, J., Martinoli, C., & Löscher, W. N. (2009). Carpal tunnel syndrome assessment with US: value of additional cross-sectional area measurements of the median nerve in patients versus healthy volunteers. *Radiology*, *250*(1), 171177.

وَجدَ Klauser et al تحسُّناً ملْحوظاً في الدقّة التّشخيصيّة للأمواج فوق الصوتية عند حساب دِلْتا مساحة العصب ΔCSA - وذلك بطَرْح مساحة المقطع العرضي للعصب الناصف في الساعد بمستوى العضلة الكابّة المربّعة CSA_p من مساحة مقطعه العرضي بمستوى مدخل النفق CSA_c (مستوى العظم الحمّصي) - حيث قام بفحص 100 رسغ لـ 68 مريضاً مُصاباً بتناذر النفق الرسغي مُثْبَتاً سريريّاً وتخطيطيّاً (76.4% منهم نساء، بمُتوسِّط عمري 57.9 عاماً)، و 93 رسغاً لـ 58 شاهداً من مُتَطوّعين أصِحّاء لاعَرَضيّين (72.4% منهم نساء، بمُتوسِّط عمري 55.1 عاماً).

كان مُتوسِّط CSA_c في مجموعة المرضى 16.8 مم^2 (انحراف معياري 5.8 مم^2) أكبر بشكل مهمّ منه في مجموعة الأصِحّاء 9 مم^2 (انحراف معياري 1.5 مم^2) ($p < .01$)
كذلك فإنَّ مُتوسِّط ΔCSA كان أيضاً أكبر بشكل مهمّ في مجموعة المرضى 7.4 مم^2 (انحراف معياري 5.6 مم^2) منه في مجموعة الأصِحّاء 0.25 مم^2 (انحراف معياري 0.43 مم^2) ($p < .01$)
وبَيّن تحليل مُنحَنى ROC أنَّ هناك أفضليّة تشخيصيّة لحساب ΔCSA على CSA_c وحدَها.
ووجَد أنّ ΔCSA أكثر من 2 مم^2 كانت قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي، بحساسية 99% ونوعية 100%.

Elnady, B., Rageh, E. M., Ekhouly, T., Fathy, S. M., Alshaar, M., Fouda, E. S., Attar, M., Abdelaal, A. M., El Tantawi, A., Algethami, M. M., & Bong, D. (2019). Diagnostic potential of ultrasound in carpal tunnel syndrome with different etiologies: correlation of sonographic median nerve measures with electrodiagnostic severity. *BMC musculoskeletal disorders*, *20*(1), 634.

عَمَد Elnady et al إلى تقييم دقّة الأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي لدى المرضى السَّعوديّين اعتماداً على الطريقة التي طوّرها Klauser et al (أي ΔCSA).
حيث قام بفحص 89 رسغاً لـ 60 مريضاً مُصاباً بتناذر النفق الرسغي مُثْبَتاً سريريّاً وتخطيطيّاً (70% منهم نساء، بمُتوسِّط عمري 50.2 عاماً)، و 76 رسغاً لـ 50 شاهداً من مُتَطوّعين أصِحّاء لاعَرَضيّين كانت نتيجة تخطيط الأعصاب لديهم سلبية (76% منهم نساء، بمُتوسِّط عمري 48.4 عاماً).

كان مُتوسِّط CSA_c في مجموعة المرضى 18.4 مم٢ (انحراف معياري 5.4 مم٢) أكبر بشكل مهمّ منه في مجموعة الأصِحّاء 9.3 مم٢ (انحراف معياري 1.6 مم٢) ($p = .0001$)
كذلك فإنَّ مُتوسِّط ΔCSA كان أيضاً أكبر بشكل مهمّ في مجموعة المرضى 9.2 مم٢ (انحراف معياري 4.6 مم٢) منه في مجموعة الأصِحّاء 0.9 مم٢ (انحراف معياري 1.5 مم٢) ($p = .0001$)
ووجَد أنّ ΔCSA أكثر من 2.5 مم٢ كانت قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي، بحساسية 97% ونوعية 100%.

هذا وقد وَجدَ كلٌّ من Klauser et al و Elnady et al ارتباطاً مهمّاً بين درجة انْتِفاخ العصب الناصف (مُتَمَثِّلاً بزيادة CSA_c و ΔCSA) وشدّة الإصابة حسب الموجودات التخطيطيّة.

Hunderfund, A. N., Boon, A. J., Mandrekar, J. N., & Sorenson, E. J. (2011). Sonography in carpal tunnel syndrome. *Muscle & nerve*, *44*(4), 485–491.

قام Hunderfund et al بإجراء دراسة على 55 مريضاً مُصاباً بتناذر النفق الرسغي مُثْبَتاً سريريّاً وتخطيطيّاً (58% منهم نساء، بمُتوسِّط عمري 59 عاماً)، و 49 شاهداً من المرضى المُراجِعين لعيادة تخطيط الأعصاب لأسباب غير مُتَعلِّقة بتناذر النفق الرسغي (أعراض في الطرفين السفليين) وكانت نتيجة تخطيط العصب الناصف لديهم طبيعية (53% منهم نساء، بمُتوسِّط عمري 56 عاماً).

كان مُتوسِّط CSA_c في مجموعة المرضى 14.8 مم٢ (انحراف معياري 4.9 مم٢) أكبر بشكل مهمّ منه في مجموعة الشواهد 8.6 مم٢ (انحراف معياري 2.9 مم٢) ($p < .0001$)
كذلك فإنَّ مُتوسِّط ΔCSA كان أيضاً أكبر بشكل مهمّ في مجموعة المرضى 10 مم٢ (انحراف معياري 4.7 مم٢) منه في مجموعة الشواهد 4 مم٢ (انحراف معياري 3 مم٢) ($p < .0001$)
ووجَد أنّ قيمة العتبة المُثْلى لتشخيص تناذر النفق الرسغي $\Delta CSA \geq 6mm^2$، وهي أعلى من القيمة التي أوردها Klauser et al، وذلك بحساسية 82% ونوعية 84% أقلّ من التي أوردها Klauser وقد يُعْزى الفارِق عن نتائج Klauser بأنّ CSA_p في دراسة Hunderfund قِيسَت في الثلث المتوسّط بدلاً من الثلث القاصي من الساعد.

وعلى كلِّ حال فلم يجدْ Hunderfund أفضلية تشخيصية لحساب ΔCSA على CSA_c وحدَها.
وعلى خلاف Klauser et al و Elnady et al وجد ارتباطاً ضعيفاً بين درجة انْتِفاخ العصب الناصف وشدّة الإصابة حسب الموجودات التخطيطيّة.

وبذلك بيَّنَت هذه الدراسة أنَّ الفحص بالأمواج فوق الصوتية فعلاً اختبار دقيق لتقييم تناذر النفق الرسغي، وأنَّه عندما تكون قيمة ΔCSA أكثر من ٢ مم٢ يمكن اعتبار نتيجة الفحص مُشَخِّصة لتناذر النفق الرسغي بحساسية 100% ونوعية 99%، فبهذه الطريقة نُعاوِض عن الفروق الفردية الطبيعية في حجم العصب الناصف والتي غالباً ما يُعزى إليها الخلاف القائم حول قيمة العتبة المُثْلى للمساحة المَرَضيّة.

من المُفيد أن يكون هناك بروتوكول مَنْهَجي ونقطة بداية مُحدّدة عند القيام بالفحص الصّدوي للعصب الناصف. باتِّخاذ نقطة مَعْلومة لبدء الفحص في كل مرّة، يتآلف الفاحِص مع المظهر الصّدوي للعناصر التشريحية في هذ المستوى ومع مظهر العصب الناصف نفسه وموقعه من هذه العناصر، عندها يسهُل تتبُّعه بعيداً distally وقريباً proximally على معظم مسارِه، لاسيّما أنّ المظهر الصّدوي للأوتار القابضة قد يكون مُضلِّلاً في بعض الأحيان، وقد يَخْلُط الفاحِص بينها وبين العصب.
وجدَتْ هذه الدراسة أن بروتوكول الفحص الذي اقترحَه Chen et al (22) سهل التطبيق عمليّاً، وقابل للإعادة reproducible، ويُمكِن الاعتماد عليه.

لابُدَّ من إجراء المزيد من الدراسات قبل اتِّخاذ القرار باعتبار الفحص بالأمواج فوق الصوتية اختباراً روتينياً لدى المرضى المُشتبه بإصابتهم بتناذر النفق الرسغي، أمْ اقْتِصار طلبه على الحالات غير النّموذجية atypical presentations أو قبلَ الخضوع لإجراءات علاجيّة غازية (حقن الكورتيكوستيرويد أو التحرير الجراحي) للتّحرّي عن الشُّذوذات البنيوية.

من مَحدوديّات هذه الدراسة:

- حجم العينة الصّغير
- الفحص بالأمواج فوق الصوتية جرى باستخدام جهازَين مُخْتلِفَين
- مجموعة الشواهد تكَوّنَت من مُتَطوّعين أصِحّاء ممّا قد سبّب تحيُّزاً spectrum bias في تعزيز الدّقة التشخيصية للأمواج فوق الصوتية، نظراً لأنّ مجموعة المرضى ومجموعة الشواهد على طرفي نقيض من طيف المرض.

توصي هذه الدراسة ب:

- الاهتمام بالتّدرّب على الفحص الصّدوي للنفق الرسغي والعصب الناصف الطبيعي والمرضي. فكما هو الحال في جميع حالات الفحص بالأمواج فوق الصوتية... تعْتَمِد دقّة الفحص بشكل أساسي على جودة الجهاز وخبرة الفاحِص
- التأكيد على أنّ الأمواج فوق الصوتية هي فحص مُتمِّم لتخطيط الأعصاب، ولا تحُلّ مَحَلّه.

صحيح أنّ تخطيط الأعصاب اختبار لا يخلو من الألم، كما هو حال معظم الاختبارات التشخيصية، لكنّه لايزال في وقتنا الرّاهن المعيار الذهبي لتشخيص تناذر النفق الرسغي

"No one would try to diagnose diabetes without knowing the blood sugar level because blood sampling is painful"

لكن كما أورَدَ Preston و Shapiro في كتابهما (20):

"The situation is similar to the role that electrodiagnostic studies and MRI have in the evaluation of radiculopathy. EDX studies are physiologic tests and, as such, yield information about the function of the nerves, nerve roots, and muscles. In contrast, imaging studies show a picture of the nerves, nerve roots, and muscles, but yield no information on the functioning.
Thus, for example, whereas EDX studies give information about how well the nerve root is functioning, an MRI can show the nerve roots and whether they appear impinged by a disk, spondylosis, or other structural causes.
Likewise, whereas EDX studies may be able to identify median neuropathy at the wrist, they cannot discern what is causing it. This is where ultrasound may add critical complementary information. For example, it may reveal thickened synovium, compressive cysts, tumors, or vessels.
Indeed, one can make a reasonable argument that ultrasound should be employed as a useful complement to EDX studies in all mononeuropathies, since ultrasound can add structural information that EDX studies cannot determine."

تقترح هذه الدراسة:

• إجراء دراسات مُتمِّمة لتحرّي مدى دقّة الأمواج فوق الصوتية في تشخيص تناذر النفق الرسغي في حالات العصب الناصف المشقوق، والتداخل الجراحي السابق على الرسغ، وبانْتِقاء مجموعة شواهد تُمَثِّل بصورة أفضل الحالات المُشاهدة في الممارسة السريرية

• تسهيل إجراءات البحث العلمي عبر تعاون أكبر بين الأقسام وتوثيق الحالات وأرشفتها بشكل جيّد

References المراجع

1. Butler, P., Mitchell, A. W. M., & Healy, J. C. (2012). *Applied radiological anatomy*. New York, NY: Cambridge University Press.
2. Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W.M. (2018). *Gray's basic anatomy*. Philadelphia, PA: Elsevier, Inc.
3. Ross, M. H., & Pawlina, W. (2011). *Histology a text and atlas.* Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
4. Lee, J. C., & Healy, J. C. (2005). Normal sonographic anatomy of the wrist and hand. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, *25*(6), 1577–1590. https://doi.org/10.1148/rg.256055028
5. Hertzberg, B. S., & Middleton, W. D. (2016). *Ultrasound: The requisites.* Philadelphia, PA: Elsevier, Inc.
6. Lanz U. (1977). Anatomical variations of the median nerve in the carpal tunnel. *The Journal of hand surgery*, *2*(1), 44–53. https://doi.org/10.1016/s0363-5023(77)80009-9
7. Henry, B. M., Zwinczewska, H., Roy, J., Vikse, J., Ramakrishnan, P. K., Walocha, J. A., & Tomaszewski, K. A. (2015). The Prevalence of Anatomical Variations of the Median Nerve in the Carpal Tunnel: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS one*, *10*(8), e0136477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136477
8. Moore, K. L., Persaud, T.V.N., & Torchia, M. G. (2016). *Before we are born.* Philadelphia, PA: Elsevier, Inc.
9. Gassner, E. M., Schocke, M., Peer, S., Schwabegger, A., Jaschke, W., & Bodner, G. (2002). Persistent median artery in the carpal tunnel: color Doppler ultrasonographic findings. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, *21*(4), 455–461. https://doi.org/10.7863/jum.2002.21.4.455
10. Ashworth, N. (2019, Oct 23). *Carpal tunnel syndrome*. Retrieved from BMJ Best Practice website: https://bestpractice.bmj.com/topics/en-gb/380
11. Maggi, S. P., Lowe, J. B., 3rd, & Mackinnon, S. E. (2003). Pathophysiology of nerve injury. *Clinics in plastic surgery*, *30*(2), 109–126. https://doi.org/10.1016/s0094-1298(02)00101-3
12. Luchetti, R., & Amadio, P. (2007). *Carpal Tunnel Syndrome*. Berlin Heidelberg: Springer.
13. Brazis, P. W., Masdeu, J. C., & Biller, J. (2011). *Localization in clinical neurology*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
14. Paget J. (2007). The first description of carpal tunnel syndrome. *The Journal of hand surgery, European volume*, *32*(2), 195–197. https://doi.org/10.1016/J.JHSB.2006.12.010
15. Practice parameter for carpal tunnel syndrome (summary statement). Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. (1993). Neurology, 43(11), 2406–2409.
16. American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, and American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation (2002). Practice parameter for electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome: summary statement. Muscle & nerve, 25(6), 918–922. https://doi.org/10.1002/mus.10185

17. Mallik, A., & Weir, A. I. (2005). Nerve conduction studies: essentials and pitfalls in practice. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, *76 Suppl 2*(Suppl 2), ii23–ii31. https://doi.org/10.1136/jnnp.2005.069138
18. Quan, D. (2021, Aug 24). *Diabetic Neuropathy Workup.* Retrieved from Medscape website: https://emedicine.medscape.com/article/1170337-workup#c10
19. Duncan, S. F.M., & Kakinoki, R. (2017). *Carpal tunnel syndrome and related median neuropathies*. Springer International Publishing AG.
20. Preston, D. C., & Shapiro, B. E. (2021). *Electromyography and neuromuscular disorders: Clinical-electrophysiologic-ultrasound correlations*. Philadelphia, PA: Elsevier, Inc.
21. Cartwright, M. S., Hobson-Webb, L. D., Boon, A. J., Alter, K. E., Hunt, C. H., Flores, V. H., Werner, R. A., Shook, S. J., Thomas, T. D., Primack, S. J., Walker, F. O., & American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine (2012). Evidence-based guideline: neuromuscular ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle & nerve*, *46*(2), 287–293. https://doi.org/10.1002/mus.23389
22. Chen, Y. T., Williams, L., Zak, M. J., & Fredericson, M. (2016). Review of Ultrasonography in the Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome and a Proposed Scanning Protocol. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, *35*(11), 2311–2324. https://doi.org/10.7863/ultra.15.12014
23. Bianchi, S., Hoffman, D. F., Tamborrini, G., & Poletti, P. A. (2020). Ultrasound Findings in Less Frequent Causes of Carpal Tunnel Syndrome. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, *39*(12), 2469–2482. https://doi.org/10.1002/jum.15349
24. Peer, S., Gruber, H., & Loizides, A. (2012). Sonography of carpal tunnel syndrome: why, when and how. *Imaging in Medicine*, *4*(3), 287-297.
25. Nowicki, J. L., Cameron, A., Griffin, P., & Lam, Q. T. K. (2019). Persistent median artery carpal tunnel syndrome: A case series and literature review. *Australasian Journal of Plastic Surgery*, *2*(1), 93–98. https://doi.org/10.34239/ajops.v2i1.71
26. Tosti, R., & Ilyas, A. M. (2012). Acute carpal tunnel syndrome. *The Orthopedic clinics of North America*, *43*(4), 459–465. https://doi.org/10.1016/j.ocl.2012.07.015
27. Gude, W., & Morelli, V. (2008). Ganglion cysts of the wrist: pathophysiology, clinical picture, and management. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, *1*(3-4), 205–211. https://doi.org/10.1007/s12178-008-9033-4
28. Teh, J., & Vlychou, M. (2009). Ultrasound-guided interventional procedures of the wrist and hand. *European radiology*, *19*(4), 1002–1010. https://doi.org/10.1007/s00330-008-1209-1
29. Teefey, S. A., Dahiya, N., Middleton, W. D., Gelberman, R. H., & Boyer, M. I. (2008). Ganglia of the hand and wrist: a sonographic analysis. *AJR. American journal of roentgenology*, *191*(3), 716–720. https://doi.org/10.2214/AJR.07.3438
30. Crowe, C. S. (2021, Jan 06). *Tenosynovitis*. Retrieved from Medscape website: https://emedicine.medscape.com/article/2189339-overview
31. Nourissat, G., Fournier, E., & Werther, J. R. (2006). Acute carpal tunnel syndrome secondary to pyogenic tenosynovitis. *Journal of Hand Surgery*, *31* (6), 687-688. https://doi.org/10.1016/J.JHSB.2006.05.015

32. Plotkin, B., Sampath, S. C., Sampath, S. C., & Motamedi, K. (2016). MR Imaging and US of the Wrist Tendons. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, *36*(6), 1688–1700. https://doi.org/10.1148/rg.2016160014
33. Tjarks, B. J., Gardner, J. M., & Riddle, N. D. (2019). Hamartomas of skin and soft tissue. *Seminars in diagnostic pathology*, *36*(1), 48–61. https://doi.org/10.1053/j.semdp.2018.12.001
34. Stuart, R. M., Koh, E. S., & Breidahl, W. H. (2004). Sonography of peripheral nerve pathology. *AJR. American journal of roentgenology*, *182*(1), 123–129. https://doi.org/10.2214/ajr.182.1.1820123
35. Toms, A. P., Anastakis, D., Bleakney, R. R., & Marshall, T. J. (2006). Lipofibromatous hamartoma of the upper extremity: a review of the radiologic findings for 15 patients. *AJR. American journal of roentgenology*, *186*(3), 805–811. https://doi.org/10.2214/AJR.04.1717
36. Botchu, R., Khan, A., & Jeyapalan, K. (2012). Pictorial essay: Role of ultrasound in failed carpal tunnel decompression. *The Indian journal of radiology & imaging*, *22*(1), 31–34. https://doi.org/10.4103/0971-3026.9540
37. Klauser, A. S., Halpern, E. J., De Zordo, T., Feuchtner, G. M., Arora, R., Gruber, J., Martinoli, C., & Löscher, W. N. (2009). Carpal tunnel syndrome assessment with US: value of additional cross-sectional area measurements of the median nerve in patients versus healthy volunteers. Radiology, 250(1), 171177. https://doi.org/10.1148/radiol.2501080397
38. Klauser, A. S., Halpern, E. J., Faschingbauer, R., Guerra, F., Martinoli, C., Gabl, M. F., Arora, R., Bauer, T., Sojer, M., Löscher, W. N., & Jaschke, W. R. (2011). Bifid median nerve in carpal tunnel syndrome: assessment with US cross-sectional area measurement. *Radiology*, *259*(3), 808–815. https://doi.org/10.1148/radiol.11101644
39. Werner, R. A., & Andary, M. (2011). Electrodiagnostic evaluation of carpal tunnel syndrome. *Muscle & nerve*, *44*(4), 597–607. https://doi.org/10.1002/mus.22208
40. Santini, A., Man, A., & Voidăzan, S. (2021). Accuracy of Diagnostic Tests. *Journal of critical care medicine (Universitatea de Medicina si Farmacie din Targu-Mures)*, *7*(3), 241–248. https://doi.org/10.2478/jccm-2021-0022
41. Thomas E. (2005). An introduction to medical statistics for health care professionals: basic statistical tests. *Musculoskeletal care*, *3*(4), 201–212. https://doi.org/10.1002/msc.11
42. Buchberger, W., Schön, G., Strasser, K., & Jungwirth, W. (1991). High-resolution ultrasonography of the carpal tunnel. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, *10*(10), 531–537. https://doi.org/10.7863/jum.1991.10.10.531
43. Buchberger, W., Judmaier, W., Birbamer, G., Lener, M., & Schmidauer, C. (1992). Carpal tunnel syndrome: diagnosis with high-resolution sonography. *AJR. American journal of roentgenology*, *159*(4), 793–798. https://doi.org/10.2214/ajr.159.4.1529845
44. Duncan, I., Sullivan, P., & Lomas, F. (1999). Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *AJR. American journal of roentgenology*, *173*(3), 681–684. https://doi.org/10.2214/ajr.173.3.10470903
45. El Miedany, Y. M., Aty, S. A., & Ashour, S. (2004). Ultrasonography versus nerve conduction study in patients with carpal tunnel syndrome: substantive or complementary tests?. *Rheumatology (Oxford, England)*, *43*(7), 887–895. https://doi.org/10.1093/rheumatology/keh190

46. Hunderfund, A. N., Boon, A. J., Mandrekar, J. N., & Sorenson, E. J. (2011). Sonography in carpal tunnel syndrome. *Muscle & nerve*, *44*(4), 485–491. https://doi.org/10.1002/mus.22075
47. Elnady, B., Rageh, E. M., Ekhouly, T., Fathy, S. M., Alshaar, M., Fouda, E. S., Attar, M., Abdelaal, A. M., El Tantawi, A., Algethami, M. M., & Bong, D. (2019). Diagnostic potential of ultrasound in carpal tunnel syndrome with different etiologies: correlation of sonographic median nerve measures with electrodiagnostic severity. *BMC musculoskeletal disorders*, *20*(1), 634. https://doi.org/10.1186/s12891-019-3010-5

المُعْجَم الطّبّي الموحّد، الطبعة الرّابعة، منظّمة الصّحّة العالميّة ومَكتَبة لبنَان نَاشِرُون – بيروت 2006