

Ο ρόλος της υπερηχογραφίας στις παθήσεις του περιφερικού νευρικού συστήματος

Αντώνιος Κερασνούδης, Χρήστος Κρόγιας

Νευρολογική Κλινική, Νοσοκομείο St. Josef του Πανεπιστημίου Ruhr, Bochum, Γερμανία

Περίληψη

Η υπερηχογραφία υψηλής συχνότητας αποτελεί μία νέα, μη επεμβατική μέθοδο στη διαγνωστική προσέγγιση του ασθενούς με πάθηση του περιφερικού νευρικού συστήματος (ΠΝΣ).

Με βάση τα υπάρχοντα επιστημονικά δεδομένα, ο συνδυασμός της μεθόδου αυτής, ως μορφολογική αξιολόγηση του ΠΝΣ, με το νευροφυσιολογικό έλεγχο αυξάνει σημαντικά την ευαισθησία και την αξιοπιστία της διαγνωστικής προσέγγισης του αρρώστου, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των πιεστικών βλαβών του ΠΝΣ.

Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η παρουσίαση των βασικών αρχών της υπερηχογραφίας του ΠΝΣ και των υπάρχοντων υπερηχογραφικών μελετών των συχνότερων παθήσεων του ΠΝΣ.

Λέξεις ευρετηρίου: υπέρηχος, περιφερικό νευρικό σύστημα, πιεστικές νευροπάθειες, πολυνευροπάθειες

The role of ultrasound in diseases of the peripheral nervous system

Antonios Kerasnoudis, Christos Krogias

St. Josef Hospital, Ruhr University, Bochum, Germany

Abstract

Neuromuscular ultrasonography is a new, non invasive diagnostic method in patients with diseases of the peripheral nervous system (PNS). According to the published data, the combination of this method, as a morphological evaluation of PNS, with the electrophysiologic studies increases the sensitivity and specificity of the diagnostic approach to the patient, especially in cases of compressive PNS lesions.

The purpose of this literature review is to present the basic principles of ultrasound of PNS and existing sonographic studies of the most common disorders of the PNS.

Key words: ultrasound, peripheral nervous system, acute neuropathies, neuropathies

Εισαγωγή

Η υπερηχογραφία έχει καταλάβει τα τελευταία 20 χρόνια καίρια θέση στη διαγνωστική προσέγγιση του ασθενούς με αγγειακές βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ). Η ανάπτυξη ωστόσο τα τελευταία χρόνια της υψηλής υπερηχογραφίας, έδωσε στο νευρολόγο την επιπλέον δυνατότητα ευκρινούς μελέτης των δομών του περιφερικού νευρικού συστήματος (ΠΝΣ).

Οι πρώτες περιγραφές των υπερηχογραφικών ευρημάτων σε βλάβες του ΠΝΣ δημοσιεύτηκαν το 1985 από τους Solbiati και συν. (1) και αφορούσαν βλάβες του παλίνδρομου λαρυγγικού νεύρου σε πτώματα. Το 1988 οι Fornage και Rifkin (2) περιέγραψαν με τη χρήση του υπέρηχου τις παθολογικές αλλοιώσεις της παγιδευτικής νευροπάθειας του μέσου νεύρου στον καρπιαίο σωλήνα, ανοίγοντας ουσιαστικά το δρόμο για

μία πρωτοποριακή μέθοδο στη διαγνωστική προσέγγιση του ασθενούς. Στην πορεία των ετών και με τη βοήθεια της τεχνολογικής εξέλιξης των υπερηχογραφικών συσκευών, δημοσιεύτηκαν πολυάριθμες μελέτες επί του θέματος, αυξάνοντας το επιστημονικό ενδιαφέρον των νευρολόγων για τη μέθοδο αυτή.

Εισαγωγή στην υπερηχογραφία του περιφερικού νευρικού συστήματος

Για την παραγωγή του ήχου σε ένα μέσο διάδοσης απαιτείται η ταλάντωση των σωματιδίων που απαρτίζουν το μέσο αυτό. Για να γίνει αυτό είναι απαραίτητος ένας μετατροπέας ενέργειας (ultrasound transducer), ο οποίος μετατρέπει την ηλεκτρική τάση σε μηχανική κίνηση (πομπός) και αντίστροφα (δέκτης). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την μετατροπή αυτή ονομάζονται πιεζοηλεκτρικά. Ύστερα από την

εκπομπή των υπερήχων ακολουθεί η διάδοση τους στον ανθρώπινο ιστό και εν μέρει η ανάκλιση τους. Τόσο η διάδοση όσο και η ανάκλιση του υπερήχου διαφέρει από ιστό σε ιστό και εξαρτάται κυρίως από τη δομή του, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία της χαρακτηριστικής του ηχογένειας. Ο ανακλώμενος υπερήχος αναγνωρίζεται από το δέκτη (κεφαλή υπερήχων) και μετατρέπεται με τη χρήση ειδικού λογισμικού σε εικόνα. (3)

Η τελική ποιότητα της εικόνας εξαρτάται από τη χωρική ανάλυση όπως και από την αντίθεση μεταξύ των ιστών. Η χωρική ανάλυση διακρίνεται σε αξονική και πλευρική. Για τη βελτίωση της αξονικής ανάλυσης του λαμβανόμενου σήματος απαιτείται η αύξηση της συχνότητας εκπομπής των υπερήχων, η οποία οδηγεί με βάση τους φυσικούς κανόνες στη ταυτόχρονη μείωση του μήκους κύματος εκπομπής. Για τη βελτίωση από την άλλη πλευρά της πλευρικής ανάλυσης χρειάζεται η μείωση του πεδίου εστίασης των υπερήχων αλλά και η χρήση πολλαπλών σειρών πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων στην υπερηχογραφική κεφαλή. Τις παραπάνω δυνατότητες προσφέρουν στη σημερινή εποχή οι υψίσυχνες κεφαλές υπερήχων (12-18Mhz).

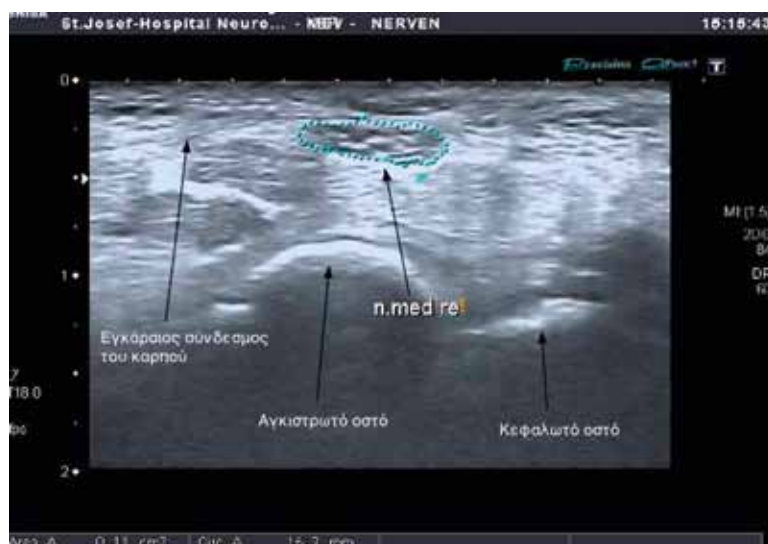
Βασισμένη στις παραπάνω ιδιότητες αναπτύχθηκε τη τελευταία δεκαετία η υψίσυχη υπερηχογραφία, καθιστώντας δυνατή την εντόπιση των δομών του ΠΝΣ. Για την ακόμα καλύτερη απεικόνιση των νεύρων εφαρμόζεται σήμερα η τεχνική της αρμονικής απεικόνισης των ιστών (Tissue Harmonic Imaging, THI). Σύμφωνα με τη τεχνική αυτή, για τη βελτίωση του λαμβανόμενου σήματος χρησιμοποιείται η διπλάσια συχνότητα των υπερήχων (2f0 ή δεύτερη αρμονική) από την εκπεμπόμενη (f0 ή πρώτη αρμονική). Επιπλέον, η χρήση της μηχανογραφημένης γκρι κλίμακας (computerised gray scale) ήρθε τα τελευταία χρόνια να προστεθεί στα εργαλεία λεπτομερέστερης ανάλυσης της ηχογένειας των διαφόρων ιστών, μία μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως στην υπερηχογραφική μελέτη των μυών.

Από πλευράς τεχνικής, μείζονα σημασία έχει η σωστή τοποθέτηση της κεφαλής των υπερήχων (90ο) για την εκτίμηση της ηχογένειας ενός νεύρου ή ενός μυός. Κάθε αλλαγή της γωνίας εκπομπής των υπερήχων επηρεάζει την ηχογένεια του νεύρου και μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα, φαινόμενο που καλείται ανισοτροπία. Επιπλέον θα πρέπει να αποφεύγεται η πίεση στο δέρμα για τη μείωση των τεχνητών παραμορφώσεων των επιφανειακών δομών (artefacts).

Τα κυριότερα προβλήματα που συναντώνται στην καθημερινή πρακτική της υψίσυχνης υπερηχογραφίας του ΠΝΣ είναι 1) η δυσκολία απεικόνισης των εν τω βάθει ιστών και νεύρων του ΠΝΣ λόγω του μικρού βάθους διείσδυσης του υπερήχου 2) Η δυσκολία απεικόνισης των νεύρων σε περιπτώσεις όπου αυτά περιβάλλονται από λιπώδη ιστό, λόγω της παρόμοιας ηχογένειας τους, ή από οστίτη ιστό λόγω της ακουστικής «σκιάς».

Υπερηχογραφικά ευρήματα των φυσιολογικών νεύρων

Οι Fornage και συν. (1988) δημοσίευσαν για πρώτη φορά τα φυσιολογικά ευρήματα των κυριότερων περιφερικών νεύρων, όπως του μέσου, του ωληνίου, του ισχιακού και του περονιαίου νεύρου (2). Οι Silvestri και συν. (1995) (4) περιέγραψαν εκτενέστερα την υπερηχογραφική δομή των παραπάνω νεύρων. Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, τα φυσιολογικά περιφερικά νεύρα εμφανίζουν από άποψη ηχογένειας σωληνοειδή δομή, με εναλλαγή υπερηχογενών και υποηχογενών ζωνών, που αντιστοιχούν στις νευρικές ίνες και στο περινεύριο, έτσι ώστε δίνεται η εντύπωση στον εξεταστή ενός μοτίβου δίκην “κερήθρας” (Εικόνα 1). Το πάχος των νεύρων μπορεί να μετρηθεί επακριβώς τόσο στην επιμήκη όσο και στην εγκάρσια τομή (5), ενώ το μέγεθος τους εξαρτάται τόσο από τη λειτουργία που επιτελούν (κινητικά, αισθητικά, μικτά)

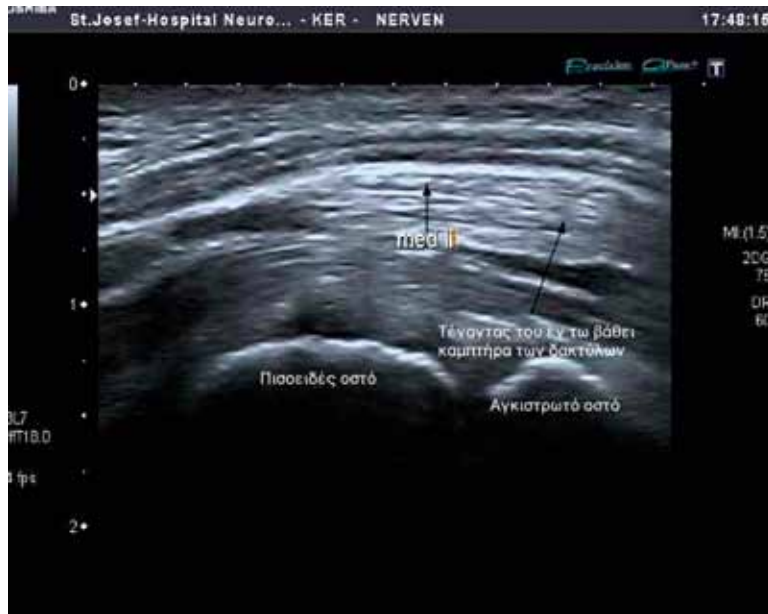


Εικόνα 1

Τίτλος: Εγκάρσια υπερηχογραφική τομή του μέσου νεύρου στον καρπιαίο σωλήνα με εμφάνιση του χαρακτηριστικού μοτίβου “κερήθρας” με εναλλαγή υπερηχογενών (επινεύριο, περινεύριο) και υποηχογενών ζωνών (νευρικές ίνες) (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία).

όπως και από το σημείο μέτρησης στην πορεία του νεύρου, παρατήρηση που έγινε από τους Heinemeyer και Reimers (1999) (6).

Η υπερηχογραφική διαφοροποίηση μεταξύ νεύρων και τένοντων είναι σχετικά εύκολη, καθώς οι τένοντες εμφανίζουν ινώδες μοτίβο, με πολλαπλές υποηχογενείς ζώνες (Εικόνα 2). Η σχετική ακινησία των νεύρων κατά τη διάρκεια της ενεργητικής κάμψης ή έκτασης του άκρου, αποτελεί ένα επιπλέον διαφοροδιαγνωστικό



Εικόνα 2

Τίτλος: Επιμήκης υπερηχογραφική τομή του μέσου νεύρου στον καρπιαίο σωλήνα με εμφάνιση της χαρακτηριστικής σωληνοειδούς δομής του και του ινώδες μοτίβου του τένοντα του εν τω βάθει καμπτήρα των δακτύλων. (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία)

στοιχείο σε σχέση με τους τένοντες (4) .

Με βάση τις παραπάνω αρχές καθίσταται δυνατή η απεικόνιση στους περισσότερους ασθενείς στα άνω άκρα του μέσου, ωληνίου, κερκιδικού, μυοδερματικού, μασχαλιαίου νεύρου όπως και του βραχιονίου πλέγματος (6-8). Αντίθετα η απεικόνιση των νεύρων των κατω άκρων είναι περισσότερο επίπονη και καθίσταται δυνατή κυρίως στις περιπτώσεις του κνημιαίου, περνιαίου, γαστροκνημίου, ισχιακού, μηριαίου και πλάγιου μηροδερματικού νεύρου. Απεικόνιση του οσφυϊκού ή ισχιακού πλέγματος δεν είναι δυνατή, λόγω της δυσχέρειας του υψίσουχου υπέρηχου να προσεγγίσει τις εν τω βάθει νευρικές δομές.

Υπερηχογραφία των παγιδευτικών νευροπαθειών

Οι κύριες παθολογικές αλλοιώσεις που παρατηρούνται υπερηχογραφικά στις παγιδευτικές νευροπάθειες είναι η εστιακή πάχυνση ενός νεύρου και η διαταραχή της ηχογένειας του. Οι παθολογικοί μηχανισμοί ωστόσο που οδηγούν σε αυτές τις αλλοιώσεις παραμένουν έως σήμερα άγνωστοι. Οι εκτενέστερα μελετημένες υπερηχογραφικά παθήσεις του ΠΝΣ είναι:

Το σύνδρομο του καρπιαίου σωλήνα

Το σύνδρομο του καρπιαίου σωλήνα είναι η πιο καλά μελετημένη από υπερηχογραφικής άποψης παγιδευτική νευροπάθεια. Σε ανασκοπικές μελέτες της βιβλιογραφίας διαπιστώθηκε ότι το αυξημένο εμβαδό του νεύρου (cross sectional area) κατά την είσοδο του στον καρπιαίο σωλήνα (Εικόνα 3) είναι το συχνότερο ευρήμα της νευροπάθειας αυτής, με ευαισθησία που κυμαίνεται από 70 έως 88% και ειδικότητα από 57 έως 97% μεταξύ των μελετών (9). Σε πρόσφατες μελέτες από τους Kele και Reimers προτάθηκε ένας διαγνωστικός αλγόριθμος του συνδρόμου αυτού με υπερηχογραφική εκτίμηση του μέσου νεύρου τόσο στο επίπεδο του καρπιαίου σωλήνα όσο και στο αντιβράχιο. Ο αλγόριθμος αυτός αύξησε την ευαισθησία της μεθόδου σε 89.1% και την ειδικότητα της σε 98% (10). Η μέθοδος αυτή συγκρίθηκε βιβλιογραφικά με το νευροφυσιολογικό έλεγχο ως προς την ευαισθησία και την ειδικότητα της παρουσιάζοντας παρόμοια αποτελέσματα (11-12).

Άλλα παθολογικά ευρήματα του συνδρόμου του καρπιαίου σωλήνα είναι η εστιακή στένωση του νεύρου στις επιμήκεις τομές (Εικόνα 4), η αύξηση >50% του εμβαδού του νεύρου σε σχέση με την υγιή πλευρά, η μείωση της κινητικότητας του κατά την κάμψη των δακτύλων, όπως και η ανίχνευση με έγχρωμο duplex της αύξησης του αγγειακού δικτύου στον καρπιαίο σωλήνα, εύρημα με ευαισθησία 95% και ειδικότητα 71% σε σχετική μελέτη (13). Η εμφάνιση υποηχογένειας του νεύρου στον καρπιαίο σωλήνα (Εικόνα 4) είναι ένα συχνό εύρημα κατά την εμπειρία των συγγραφέων, το οποίο όμως δεν έχει μελετηθεί συστηματικά στην βιβλιογραφία. Τέλος, στην περίπτωση του "προχωρημένου" συνδρόμου του καρπιαίου σωλήνα με βαριά νευροφυσιολογικά ευρήματα (distal motor latency > 11ms), ενδέχεται λόγω ατροφίας του νεύρου από χρόνια πίεση να μη βρεθεί υπερηχογραφικά διεύρυνση του εμβαδού του (14).

Στο 16% των ασθενών με σύνδρομο του καρπιαίου σωλήνα μπορεί να διαπιστωθεί υπερηχογραφικά ως ανατομική αγγειακή παραλληλαγή η εμβρυϊκή μέση αρτηρία, η οποία συνήθως εντοπίζεται πλευρικά του μέσου νεύρου. Η σημασία αυτού του ευρήματος για το σύνδρομο δεν έχει ερευνηθεί βιβλιογραφικά, ωστόσο έχουν περιγραφεί βιβλιογραφικές περιπτώσεις (case reports) θρόμβωσης της αρτηρίας αυτής ως αιτία του συνδρόμου του καρπιαίου σωλήνα. (15,16)

2. Παγιδευτική νευροπάθεια του ωληνίου νεύρου στον αγκώνα και στο κανάλι Loge de Guyon

Το ωλένιο νεύρο μπορεί να εντοπιστεί υπερηχογραφικά στο κανάλι Loge de Guyon με τη βοήθεια της ωληνίου αρτηρίας, η οποία βρίσκεται εσωτερικά αυτού. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές περιστατικών παγίδευσης του νεύρου στο

κανάλι αυτό, συνήθως από αιτίες όπως γάγγλια, μυϊκές ανωμαλίες και ανευρύσματα της ωλένιου αρτηρίας (17-19).

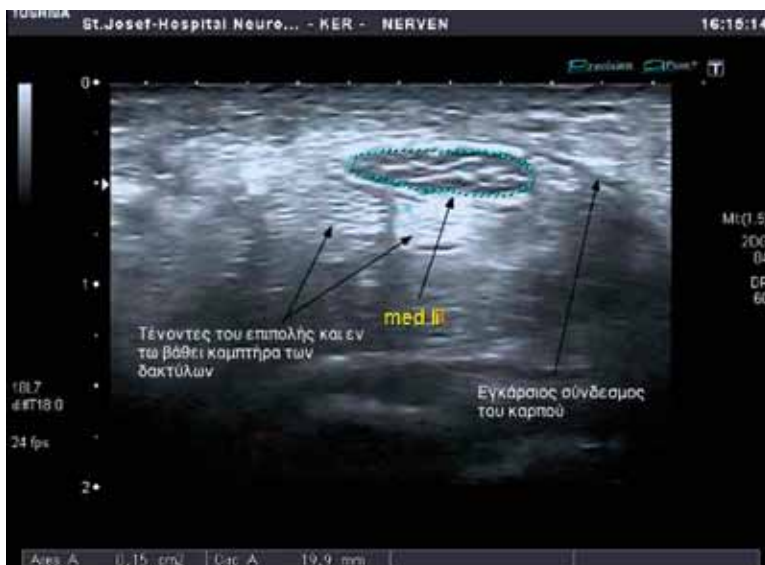
Αντίθετα, η παγίδευση του νεύρου στην ωλένιο αύλακα αποτελεί τη δεύτερη πιο συχνή νευροπάθεια μετά το σύνδρομο του καρπιαίου σωλήνα. Η χρήση του νευροφυσιολογικού έλεγχου είναι μείζονος σημασίας για την εντόπιση και τη βαρύτητα της βλάβης, ωστόσο η ευαισθησία του στη νευροπάθεια αυτή είναι μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη στο σύνδρομο του καρπιαίου σωλήνα (21,22). Η ικανότητα των υπερήχων να απεικονίσουν την ανατομία της περιοχής αυτής, είναι ίσως το κύριο όφελος, ιδιαίτερα για το νευροχειρουργό, από το συνδυασμό αυτών των δύο διαγνωστικών μεθόδων. Οι Beekman και οι συν. έδειξαν ότι η προσθήκη του υπερήχου στο νευροφυσιολογικό έλεγχο αυξάνει την ευαισθησία της διάγνωσης του συνδρόμου από 78% σε 98% (23). Επίσης οι Kato και συν. διαπίστωσαν υπερηχογραφικά ότι στο 8% των περιπτώσεων με νευροπάθεια στην ωλένιο αύλακα η αιτία ήταν εκφυλιστική οστεοαρθρίτιδα ή πιεστική βλάβη από γάγγλια (24).

Η παθολογική διεύρυνση του νεύρου στον υπέρηχο εμφανίζει στατιστική συσχέτιση με τα ευρήματα του νευροφυσιολογικού ελέγχου, ενώ το σημείο της διεύρυνσης αυτής μπορεί να ταιριάζει επακριβώς με το σημείο εμφάνισης μπλοκ αγωγιμότητας στο ηλεκτρονευρογράφημα. (25-27). Τέλος οι Yoon και συνεργάτες έδειξαν σε σχετικές μελέτες ότι η περιοχή μέγιστης διεύρυνσης του νεύρου, κατά την πορεία του μέσα στην ωλένιο αύλακα, μπορεί να ποικίλλει, με πιο συχνό σημείο στο ύψος του ωλεκράνου (28,9) (Εικόνα 5A,B). Η χρήση του κλάσματος του εμβადού του νεύρου στο σημείο πίεσης και περιφερικά αυτού όπως και η σύγκριση με την υγιή πλευρά, μπορεί να βελτιώσει την ευαισθησία και ειδικότητα της εξέτασης, η οποία αγγίζει το 80% (29).

3. Νευροπάθειες του κερκιδικού νεύρου

Σε αντίθεση με το μέσο και το ωλένιο, το κερκιδικό νεύρο δεν είναι εύκολο να απεικονισθεί υπερηχογραφικά σε όλο του το μήκος. Το εν λόγω νεύρο μπορεί να εντοπιστεί στο έξω τμήμα του βραχίονα και από εκεί να ακολουθηθεί με την υπερηχογραφική κεφαλή μέχρι την έκφυση του από το βραχιόνιο πλέγμα στη μασάλη. Η μελέτη του ωστόσο στο αντιβράχιο, ιδιαίτερα κατά την έκφυση του αισθητικού κλάδου του, εμφανίζει ιδιαίτερες δυσκολίες λόγω της μικρής διαμέτρου του αλλά και των συγγενών μυϊκών δομών που εμφανίζουν παρόμοια ηχογένεια. Συγκεκριμένα οι Visser και συν. εξέτασαν το επιπολής κερκιδικό νεύρο 20 υγιών ατόμων και διαπίστωσαν εμβαδό 2 mm² (30).

Η πιο κοινή αιτία νευροπάθειας του νεύρου αυτού στο άνω άκρο είναι το κάταγμα του βραχιονίου



Εικόνα 3

Τίτλος: Εγκάρσια υπερηχογραφική τομή του μέσου νεύρου στον καρπιαίο σωλήνα με παθολογική αύξηση του εμβადού και εμφάνιση υποηχογένειας ως ένδειξη πιεστικής νευροπάθειας (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία)

οστού, κατάσταση η οποία έχει μελετηθεί εκτενώς υπερηχογραφικά. Οι Bodner και συν. εξέτασαν συγκεκριμένα το κερκιδικό νεύρο σε ασθενείς με νευροπάθεια από κλειστό κάταγμα στο μεσαίο τρίτο του βραχίονα περιγράφοντας τα αντίστοιχα παθολογικά ευρήματα (31,32). Περιπτώσεις πάρεσης του κερκιδικού νεύρου από πίεση στη σπιροειδή αύλακα έχουν αναφερθεί επίσης βιβλιογραφικά (33-35).

4. Νευροπάθεια του ισχιακού νεύρου

Το ισχιακό νεύρο είναι το μεγαλύτερο περιφερικό νεύρο στο σώμα, αλλά λόγω της βαθιάς ανατομικής θέσης του στο μηρό, η υπερηχογραφική του απεικόνιση μπορεί να εμφανίζει δυσκολίες (5). Το εν λόγω νεύρο μπορεί να εντοπιστεί αρχικά στη γλουτιαία πτυχή και να ακολουθηθεί στην πορεία του προς τον ιγνυακό βόθρο, όπου εμφανίζει συνήθως ομοιογενή εμφάνιση χωρίς διακριτές νευρικές ίνες.

Λόγω της δυσκολίας απεικόνισης του υπάρχουν ελάχιστες αναφορές των φυσιολογικών υπερηχογραφικών ευρημάτων του και οι περισσότερες από αυτές έχουν γίνει στα πλαίσια απεικόνισης άλλων παθολογικών καταστάσεων, όπως ανευρύσματα της ισχιακής αρτηρίας ή χωροκατακτητικές εξεργασίες (6,36,37). Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα με βάση τα υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα, η μαγνητική τομογραφία να υπερτερεί των υπερήχων στην απεικόνιση των παθολογιών του.



Εικόνα 4

Τίτλος: Επιμήκης υπερηχογραφική τομή του μέσου νεύρου στον καρπιαίο σωλήνα με εμφάνιση εστιακής στένωσης του νεύρου ως ένδειξη παγιδευτικής νευροπάθειας από πιεστική βλάβη (βέλος). Στην εν λόγω περίπτωση η αιτία της παγίδευσης ήταν η ανάπτυξη συμφύσεων από προηγούμενη νευροχειρουργική επέμβαση αποσυμπίεσης του νεύρου στα πλαίσια γνωστού συνδρόμου του καρπιαίου σωλήνα (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία)

5. Νευροπάθεια του περνιαίου νεύρου

Από τα νεύρα των κάτω άκρων, το περνιαίο είναι το πιο καλά υπερηχογραφικά μελετημένο. Η παγίδευση του γύρω από την κεφαλή της περόνης μπορεί να διαγνωστεί εύκολα υπερηχογραφικά, ωστόσο η πλήρης απεικόνιση του νεύρου σε όλη την πορεία του και ιδιαίτερα μετά το διαχωρισμό του σε επιπολής και εν τω βάθει κλάδο είναι ιδιαίτερα δύσκολη.

Οι περισσότερες υπερηχογραφικές αναφορές νευροπάθειας του κοινού περνιαίου νεύρου αφορούν αιτίες όπως γάγγλια (38), αλλήλα και εξαρθρώσεις του γόνατου. Οι Gruber και οι συνεργάτες χρησιμοποίησαν τους υπερήχους για να εξετάσουν την νευροπάθεια του κοινού περνιαίου νεύρου σε εννέα άτομα με υπεξάρθρωμα του γόνατος, διαπιστώνοντας σημαντική διεύρυνση του νεύρου σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (39). Τέλος οι Lo και οι συνεργάτες έδειξαν διεύρυνση του νεύρου σε πέντε ασθενείς με ιδιοπαθή νευροπάθεια του περνιαίου στο ύψος της κεφαλής της περόνης. Τα ευρήματα ήταν παρόμοια με τη αντίστοιχη διεύρυνση σε άτομα με ιδιοπαθή σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα (40). (Εικόνα 6)

6. Νευροπάθεια του κνημιαίου νεύρου

Το κνημιαίο νεύρο μπορεί να εντοπιστεί εύκολα και αξιόπιστα στον ιγνυακό βόθρο. Υπάρχουν αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές πιεστικής νευροπάθειας του νεύρου στην περιοχή αυτή από ρήξη κύστεων του Baker ή γάγγλια (41-43). Αντίθετα, η πιεστική νευροπάθεια στην περιοχή του αστραγάλου (σύνδρομο του ταρσίου σωλήνα) θεωρείται μια σπάνια πάθηση, η οποία μπορεί στην πραγματικότητα να διαγιγνώσκεται συχνότερα από ότι πραγματικά υφίσταται (44). Αν και το ιδιοπαθές σύνδρομο ταρσίου σωλήνα είναι σπάνιο, πιεστικές βλάβες του νεύρου μπορεί να διαγνωστούν εύκολα υπερηχογραφικά λόγω της επιφανειακής φύσης των δομών στην περιοχή αυτή.

Έτσι οι Nagaoka και οι συνεργάτες ανέφεραν 30 περιστατικά νευροπάθειας του κνημιαίου νεύρου από γάγγλια, τα περισσότερα εκ των οποίων (17 περιστατικά) προερχόταν από τον πρόσθιο σύνδεσμο της αστραγαλοκνημικής άρθρωσης. Σε όλες τις 17 περιπτώσεις, το υπερηχογράφημα ήταν σε θέση να θέσει σωστή προεγχειρητική διάγνωση της αιτίας του συνδρόμου (45/46).

7. Νευροπάθεια του γαστροκνημίου νεύρου

Η αποκάλυψη δευτερογενών βλαβών του γαστροκνημίου νεύρου μέσω υπερηχογραφικής μελέτης αποτελεί μία ιδιαίτερη πρόκληση για τον εξεταστή, λόγω της μικρής διαμέτρου του, συνεπώς και της δυσκολίας απεικόνισης του νεύρου. Υπάρχουν ελάχιστες βιβλιογραφικές αναφορές νευροπάθειας του γαστροκνημίου νεύρου και αφορούν κυρίως τραυματισμό του στα πλαίσια απογύμνωσης της ελάσσονος σαφηνούς φλέβας κατά τις αγγειοχειρουργικές επεμβάσεις (47).

8. Νευροπάθεια του μηριαίου νεύρου

Η υπερηχογραφική απεικόνιση του μηριαίου νεύρου μπορεί να είναι δύσκολη λόγω της ύπαρξης πολλών κλάδων του, ιδιαίτερα περιφερικά του βουβωνικού συνδέσμου. Παρά τον περιορισμό αυτό, οι Gruber και οι συν. χρησιμοποίησαν υπερήχους για να εξετάσουν το μηριαίο νεύρο σε επτά άτομα με ιατρογενή νευροπάθεια, και παρατήρησαν διεύρυνση του σε πέντε από αυτά (48). Ο κλάδος του μηριαίου νεύρου, που ονομάζεται πλάγιο μηροδερματικό νεύρο είναι γνωστό ότι είναι εύκολο να παγιδευτεί, συνήθως σε παχύσαρκα άτομα, προκαλώντας μια κατάσταση που ονομάζεται meralgia paresthetica. Το πλάγιο μηροδερματικό νεύρο μπορεί να απεικονιστεί με τοποθέτηση της κεφαλής των υπερήχων στην πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα, περιφερικά του πλευρικού βουβωνικού συνδέσμου. Υπάρχουν ωστόσο ελάχιστες βιβλιογραφικές αναφορές παθολογικής διεύρυνσης του νεύρου σε ασθενή με meralgia paresthetica [49]

9. Υπερηχογραφία του βραχιονίου πλέγματος

Η υπερηχογραφία του βραχιονίου πλέγματος περιλαμβάνει την υπερκλείδια, υποκλείδια και μασχαλιαία προσέγγιση. Μέσω της υπερκλείδιας προσέγγισης μπορεί να απεικονιστεί το πλέγμα κατά την πορεία του από την έκφυση των αυχενικών ριζών προς τον πρόσθιο και μέσο σκαληνό μυ, εμφανίζοντας την εικόνα ενός δέματος “σταφυλιών” (Εικόνα 7). Το πλέγμα εν συνεχεία μπορεί να απεικονιστεί στην υποκλείδια και μασχαλιαία χώρα έως τις εκφύσεις του μέσου, ωληνίου, κερκιδικού, μασχαλιαίου και μυοδερματικού νεύρου. Η απεικόνιση αυτή λαμβάνει ιδιαίτερη σημασία στην προεγχειρητική αναισθησία όπως επίσης και στη μελέτη τραυμάτων, όγκων, και απομυελινωτικών νευροπαθειών.

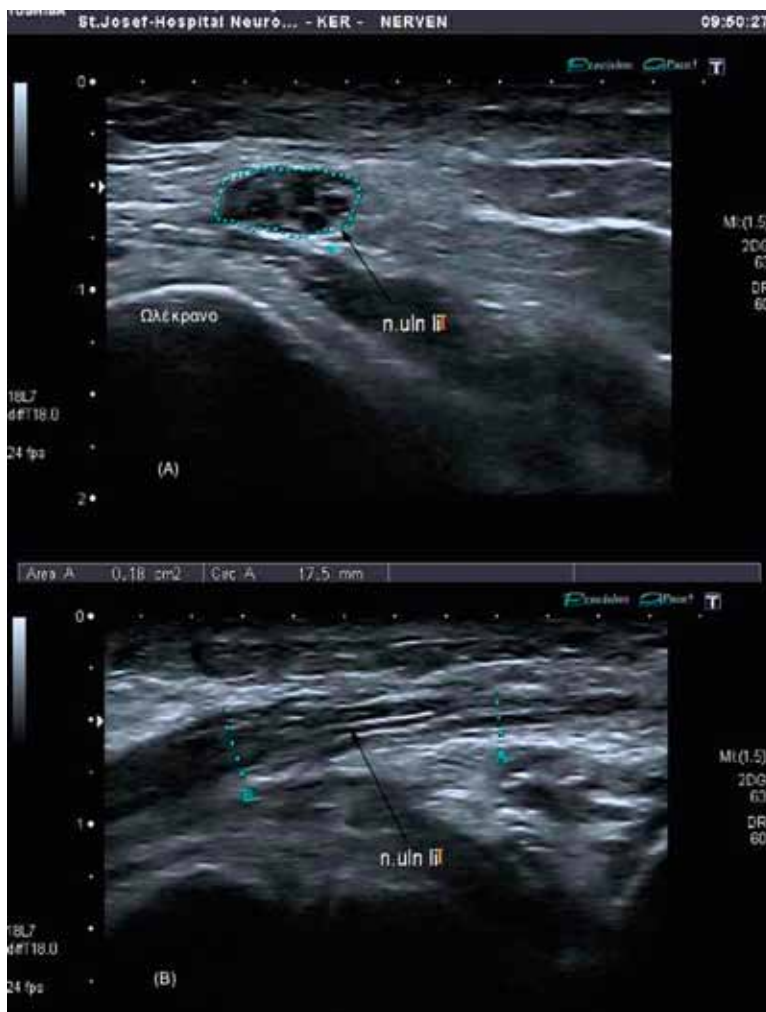
Προς το παρόν, η μαγνητική τομογραφία αποτελεί το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο εργαλείο στην απεικόνιση και την αξιολόγηση των παθολογιών του βραχιονίου πλέγματος, παρουσιάζοντας ωστόσο μία σειρά από περιορισμούς. Πρόκειται για μία στατική, σχετικά ακριβή εξέταση η οποία δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους ασθενείς (π.χ. σε ασθενείς με βηματοδότη). Έτσι το υπερηχογράφημα κερδίζει συνεχώς έδαφος στην διαγνωστική προσέγγιση της παθολογίας του βραχιονίου πλέγματος.

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν ενδιαφέρουσες αναφορές περιστατικών όπως η υπερηχογραφική αποκάλυψη ενός χειρουργικού τραυματισμού του άνω κορμού του βραχιονίου πλέγματος, η οποία δεν ήταν εμφανής στη μαγνητική τομογραφία (50). Επιπρόσθετα μία μεγάλη προοπτική μελέτη 221 ασθενών με τραυματικές βλάβες του βραχιονίου πλέγματος έδειξε υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα της μεθόδου, καθώς συνέβαλλε στη σωστή διάγνωση των 84 από τις 89 βλάβες (51). Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η υψηλής ανάλυσης υπερηχογραφική εξέταση θα πρέπει να θεωρείται εξέταση πρώτης γραμμής για τραύματα του βραχιονίου πλέγματος και η έγκαιρη διενέργεια της μπορεί να οδηγήσει στην καλύτερη πρόγνωση του ασθενούς.

Υπερηχογραφικά ευρήματα πολυνευροπαθειών

1. Charcot Marie Tooth

Η πρώτη περιγραφή των υπερηχογραφικών ευρημάτων της Charcot Marie Tooth (CMT Type 1,2) πολυνευροπάθειας έγινε από τους Reimers και συν. οι οποίοι δεν διαπίστωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις διαστάσεις των νεύρων σε σύγκριση με το γκρουπ ελέγχου (6). Αντιθέτως σε μελέτη της CMT από τους Martinoli και συν. διαπιστώθηκαν διάχυτες διογκώσεις του μέσου νεύρου σε 24 ασθενείς



Εικόνα 5

Τίτλος: (Α) Εγκάρσια υπερηχογραφική τομή του ωληνίου νεύρου στην ωληνίου αύλακα σε ασθενή με παλαιό τραυματισμό με κάταγμα του άνω τμήματος της ωληνής. Στην εν λόγω τομή παρατηρείται εμφάνιση παθολογικής αύξησης του εμβαδού (0,18cm²) και μείωση της ηχογένειας του νεύρου. (Β) Στην επιμήκη τομή γίνεται φανερή η παθολογική διεύρυνση του νεύρου η οποία αντιστοιχεί μορφολογικά σε μετατραυματικό νεύρωμα (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία)

με γενετικά αποδεδειγμένη CMT (τύπου 1A, 2 και φυλοσύνδετη) σε σχέση με τους 50 υγιείς ασθενείς (52). Στατιστική συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους των νεύρων και των νευροφυσιολογικών ευρημάτων ωστόσο δε διαπιστώθηκε. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώθηκαν από μία μεταγενέστερη μελέτη από τις ΗΠΑ των Cartwright και συν [53].



Εικόνα 6

Τίτλος: (Α) Εγκάρσια υπερηχογραφική τομή του περιονιαίου νεύρου στον ιγυακό βόθρο σε 26 χρονή γυναίκα με προοδευτική πάρεση της έκτασης του άκρου ποδός από 1 χρόνο και εμφάνιση μπλοκ αγωγιμότητας στο νευροφυσιολογικό έλεγχο. Στην εν λόγω τομή παρατηρείται εμφάνιση παθολογικής αύξησης του εμβαδού (0,20cm²) και πλήρης εξαφάνιση της νχογένειας του νεύρου. (Β) Στην επιμήκη τομή γίνεται φανερή η παθολογική διεύρυνση του νεύρου η οποία αντιστοιχεί μορφολογικά σε νευρίνωμα (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία)

2. Χρόνια φλεγμονώδης απομυελινωτική πολυνευροπάθεια (CIDP)

Η πρώτη περιγραφή των υπερηχογραφικών ευρημάτων της CIDP δημοσιεύθηκε ως βιβλιογραφική αναφορά το 2000 [54]. Στη μελέτη αυτή οι συγγραφείς εξέτασαν μία ασθενή που έπασχε από CIDP τα τελευταία 3 χρόνια, η διάγνωση της οποίας βασίστηκε στην κλινική εικόνα, στα αυξημένα επίπεδα θλευκώματος στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό (ENY) και

στα τυπικά νευροφυσιολογικά ευρήματα. Κατά την υπερηχογραφική εκτίμηση μίας βρογχοκήλης της ίδιας ασθενούς παρατηρήθηκε ως τυχαίο εύρημα η υπερτροφία του βραχιονίου πλέγματος και εν συνεχεία των περιφερικών νεύρων της. Η υπερτροφία αυτή δεν είχε απεικονιστεί έως τότε ποτέ υπερηχογραφικά, παρά μόνο είχε περιγραφεί σε μελέτες με μαγνητική τομογραφία [55-57] και συσχετίζεται με την κλασική ιστολογική εμφάνιση των νεύρων δίκην «βολβού κρεμμυδιού» [58]. Οι αλλοιώσεις αυτές οφείλονται σε επαναλαμβανόμενα επεισόδια απομυελίνωσης και επαναμυελίνωσης, δημιουργώντας περιοχές διεύρυνσης των νεύρων. Το παραπάνω εύρημα επιβεβαιώνεται και από τη σειρά των ασθενών του υπερηχογραφικού εργαστηρίου της νευρολογικής κλινικής του νοσοκομείου St. Josef του Bochum Γερμανίας (Εικόνα 8).

Μετά την αρχική δημοσίευση, αρκετά χρόνια πέρασαν έως ότου μελετηθούν τα ευρήματα αυτά συστηματικά. Το 2004, οι Matsuoka και οι συν. δημοσίευσαν μια μελέτη που εξετάζε τις αυχενικές ρίζες σε 13 ασθενείς με CIDP και 35 φυσιολογικά άτομα (59). Οι αυχενικές ρίζες A5-7 εξετάστηκαν και στις δύο ομάδες και οι φυσιολογικές τιμές για τη διάμετρο τους προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας το γκρουπ των υγιών ατόμων. Οι συγγραφείς απέδειξαν την υπερτροφία των ριζών σε 9 από τους 13 ασθενείς με CIDP, ένα εύρημα που είχε άμεση συσχέτιση με τα επίπεδα θλευκώματος στο ENY.

Το 2009 οι Zaidman και οι συν. εξέτασαν επίσης 36 άτομα με CIDP ως μέρος μιας ευρύτερης μελέτης της χρήσης της υπερηχογραφίας στις νευροπάθειες (60). Το μέσο και ωλένιο νεύρο απεικονίστηκαν σε προκαθορισμένες τοποθεσίες στα άνω άκρα. Στους ασθενείς αυτούς βρέθηκε διάχυτη διεύρυνση των νεύρων (2-3 φορές μεγαλύτερη) από αυτήν που παρατηρήθηκε στην ομάδα ελέγχου. Διαπιστώθηκε επίσης στατιστική συσχέτιση μεταξύ της διάρκειας της ασθένειας και του μεγέθους των νεύρων, και αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της διατομής και της ταχύτητας αγωγιμότητας στο νευροφυσιολογικό έλεγχο.

Τελευταία εξέλιξη στον τομέα της υπερηχογραφίας στη CIDP είναι η πιθανή χρήση της μεθόδου αυτής για την αναγνώριση του μπλοκ αγωγιμότητας στα νεύρα. Η εντόπιση του μπλοκ αγωγιμότητας είναι συχνά δύσκολο να γίνει με τη χρήση του νευροφυσιολογικού ελέγχου, ιδιαίτερα όταν αφορά τα κεντρομελικά τμήματα των νεύρων. Κάτι τέτοιο μπορεί να οδηγήσει, επί ελλείψεως των τυπικών κλινικών συμπτωμάτων και αλλοιώσεων του ENY σε καθυστέρηση της διάγνωσης και συνεπώς της θεραπείας. Σε τρεις αναφορές περιστατικών με CIDP περιγράφηκε έως τώρα η διεύρυνση των νεύρων (κυρίως του μέσου και του ωλενίου) στο σημείο όπου ανιχνεύτηκε μπλοκ αγωγιμότητας στον νευροφυσιολογικό έλεγχο (61-63). Αν και αυτό φαίνεται να είναι μια πολλή υποσχόμενη

εξέλιξη, αξίζει να σημειωθεί ότι Zaidman και συν. δεν κατάφεραν να επιβεβαιώσουν αυτά τα ευρήματα [60], συνεπώς απαιτούνται συστηματικότερες μελέτες για τον έλεγχο της ευαισθησίας και ειδικότητας αυτού του ευρήματος.

3. Σύνδρομο Guillain Barre

Λίγες υπερηχογραφικές αναφορές έχουν γίνει για την οξεία φλεγμονώδη απομυελινωτική πολυριζονευροπάθεια (σύνδρομο Guillain Barre). Ο Zaidman δημοσίευσε τα ευρήματα 17 ασθενών με Guillain Barre, εντός 4 εβδομάδων από την έναρξη της νευρολογικής σημειολογίας. Το μέσο και ωλένιο νεύρο βρέθηκαν να είναι κατά 1,4-φορές διευρυσμένα σε σχέση με το γκρουπ ελέγχου. Δεν υπήρχε συσχέτιση ωστόσο μεταξύ της διεύρυνσης αυτής και των ευρημάτων του νευροφυσιολογικού ελέγχου (60).

4. Πολυεστιακή κινητική νευροπάθεια (MMN)

Οι Beekman και συν. δημοσίευσαν το μοναδικό άρθρο σχετικά με τα υπερηχογραφικά ευρήματα της πολυεστιακής κινητικής νευροπάθειας (64). Σε αυτή τη μελέτη εξετάστηκαν 21 ασθενείς με γνωστή πολυεστιακή κινητική νευροπάθεια, με διάρκεια της νόσου μεταξύ 2 και 39 έτη. Η διάμετρος των νεύρων των άνω άκρων αξιολογήθηκε σε όλους τους ασθενείς, και βρέθηκε να είναι αυξημένη σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

5. Διαβητική Νευροπάθεια

Μέχρι σήμερα, έχουν δημοσιευτεί λίγες μελέτες σχετικά με τα υπερηχογραφικά ευρήματα της διαβητικής νευροπάθειας. Οι Lee και Dauphinée μελέτησαν τη διατομή του κνημιαίου νεύρου σε 24 διαβητικούς ασθενείς με συμπτώματα πολυνευροπάθειας [65]. Η μέση διατομή του νεύρου βρέθηκε να είναι 12 mm² στους ασθενείς χωρίς σακχαρώδη διαβήτη αήλικα και στους διαβητικούς ασθενείς χωρίς συμπτώματα νευροπάθειας, ενώ στα άτομα με διαβητική νευροπάθεια η αντίστοιχη τιμή ήταν 24 mm². Οι Watanabe και συν. επιβεβαίωσαν τα παραπάνω ευρήματα σε μεταγενέστερη μελέτη [66], ωστόσο οι Zaidman και συν. δεν βρήκαν καμία διαφορά ανάμεσα σε διαβητικούς με αξονικού τύπου νευροπάθεια και στο γκρουπ ελέγχου [60]. Για την αξιολόγηση των παραπάνω ευρημάτων απαιτούνται συστηματικότερες μελέτες.

6. Νευροπάθεια αγγειϊδικής αιτιολογίας

Η έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία της νευροπάθειας στα πλαίσια αγγειϊτιδας είναι απαραίτητη για την πρόληψη των μόνιμων νευρολογικών ελλειμμάτων. Υπάρχουν μόνο δύο δημοσιεύσεις σχετικά με τα



Εικόνα 7

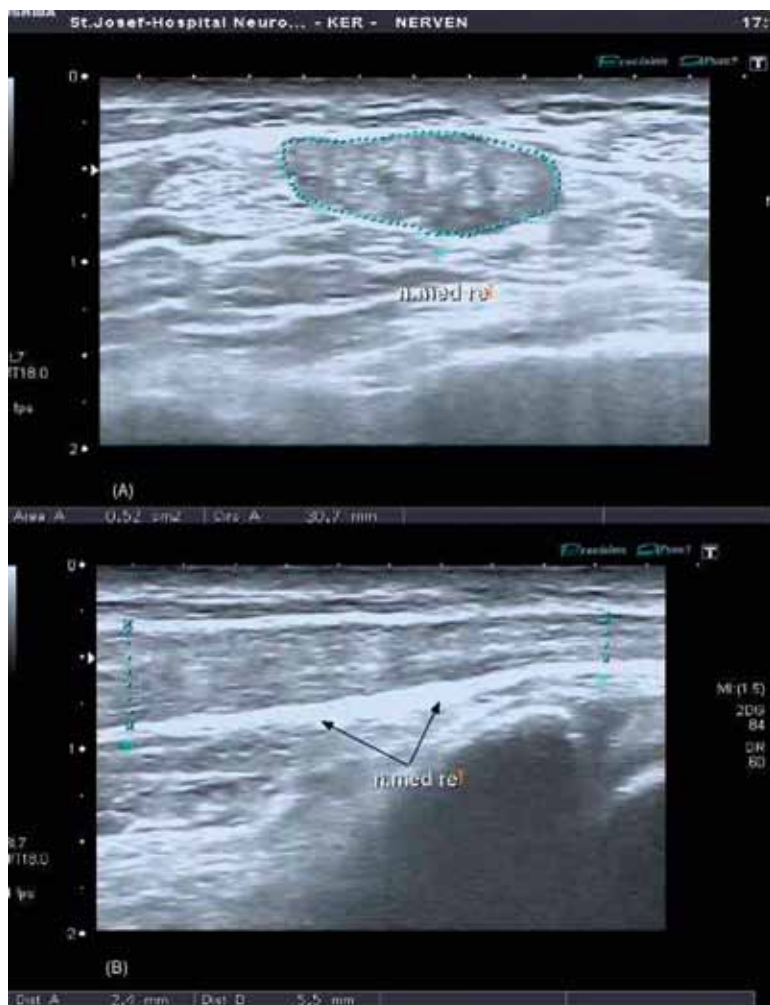
Τίτλος: Εγκάρσια υπερηχογραφική τομή του βραχιονίου πλέγματος στην υπερκλειδίο περιοχή με απεικόνιση της χαρακτηριστικής εμφάνισης του δίκην “δεματίου σταφυλιών” (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία)

υπερηχογραφικά ευρήματα της νευροπάθειας στα πλαίσια αγγειϊτιδας. Οι Nodera και συνεργάτες το 2006, παρατήρησαν μείωση της ηχογένειας και διάχυτη πάχυνση του μέσου, ωλενίου και κνημιαίου νεύρου, καθώς και των αυχενικών ριζών [67]. Στη μελέτη αυτή ο υπερηχογραφικός έλεγχος επαναλήφθηκε μετά από 2 εβδομάδες θεραπείας με κορτικοστεροειδή και έδειξε σημαντική μείωση του μεγέθους των νεύρων.

Η δεύτερη δημοσίευση έγινε από τους Ito και οι συν. το 2007 (68), συγκρίνοντας υπερηχογραφικά το κνημιαίο νεύρο στους ασθενείς με νευροπάθεια αγγειϊτιδικής αιτιολογίας και στην ομάδα ελέγχου. Όλοι οι ασθενείς είχαν συμμετοχή του κνημιαίου νεύρου τεκμηριωμένη μέσω της κλινικής εξέτασης ή του νευροφυσιολογικού ελέγχου. Υπερηχογραφικά διαπιστώθηκε στατιστικώς σημαντική διεύρυνση του νεύρου σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Οι συγγραφείς θεώρησαν ότι η διεύρυνση αυτή στην αγγειϊτιδα μπορεί οφείλεται σε εναπόθεση κοκκιωματωδών βλαβών στο επινεύριο ή στην ανάπτυξη οιδήματος.

Συμπέρασμα

Η υπερηχογραφία του περιφερικού νευρικού συστήματος εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια λαμβάνοντας συνεχώς σημαντικότερη θέση στην εκτίμηση του αρρώστου με βλάβη του περιφερικού νευρικού συστήματος. Ο συνδυασμός της με τον νευροφυσιολογικό έλεγχο, παρέχει



Εικόνα 8

Τίτλος: (Α) Εγκάρσια υπερηχογραφική τομή του μέσου νεύρου στο ύψος του αντιβραχίου σε 52 χρόνο ασθενή με CIDP απο δεκαετία. Στην εν λόγω τομή παρατηρείται εμφάνιση παθολογικής αύξησης του εμβαδού (0,52cm²) και οίδημα ενός μέρους των νευρικών ινών προκαλώντας μετατόπιση των υπολοίπων προς το επινεύριο. (Β) Στην επιμήκη τομή γίνεται φανερό η παθολογική διεύρυνση του νεύρου (Υπερηχογραφικό εργαστήριο Νευρολογικής Κλινικής Νοσοκομείου St. Josef, Bochum, Γερμανία)

τη δυνατότητα στον κλινικό ιατρό να αυξήσει την ευαισθησία και την αξιοπιστία της διαγνωστικής προσέγγισης του ασθενούς. Στο μέλλον απαιτείται ωστόσο η διενέργεια συστηματικότερων μελετών για τον έλεγχο της ευαισθησίας και της ειδικότητας της μεθόδου ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των αυτοάνοσων πολυνευροπάθειών.

Βιβλιογραφία

1. Solbiati L, De Pra L, Ierace T et al. High-resolution sonography of the recurrent laryngeal nerve: anatomic and pathologic considerations. *AJR Am*

2. J Roentgenol. 1985 Nov;145(5):989-93.
3. Fornage BD, Rifkin MD. Ultrasound examination of the hand and foot. *Radiol Clin North Am.* 1988 Jan;26(1):109-29
4. Walker FO. Principles of Ultrasound. In: Walker FO and Cartwright MS. *Neuromuscular Ultrasound*, Elsevier Saunders, Philadelphia, 1. ed. 2011, p 1-23.
5. Silvestri E, Martinoli C, Derchi LE, Bertolotto M. Echotexture of peripheral nerves: correlation between US and histologic findings and criteria to differentiate tendons. *Radiology.* 1995 Oct;197(1):291-6
6. Kamolz LP, Schrögenderer KF, Rab M et al. The precision of ultrasound imaging and its relevance for carpal tunnel syndrome. *Surg Radiol Anat.* 2001;23(2):117-21.
7. Heinemeyer O, Reimers CD. Ultrasound of radial, ulnar, median, and sciatic nerves in healthy subjects and patients with hereditary motor and sensory neuropathies. *Ultrasound Med Biol.* 1999 Mar;25(3):481-5.
8. Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W. Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth Analg.* 2001 May;92(5):1271-5
9. Okamoto M, Abe M, Shirai H, Ueda N. Diagnostic ultrasonography of the ulnar nerve in cubital tunnel syndrome. *J Hand Surg Br.* 2000 Oct;25(5):499-502
10. Beekman R, Visser LH. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a critical review of the literature. *Muscle Nerve.* 2003 Jan;27(1):26-33
11. Kele H, Verheggen R, Bittermann HJ, Reimers CD. The potential value of ultrasonography in the evaluation of carpal tunnel syndrome. *Neurology.* 2003 Aug 12;61(3):389-91
12. Deniz FE, Oksüz E, Sarikaya B, Kurt S, Erkorkmaz U, Ulusoy H, Arslan S. Comparison of the diagnostic utility of Electromyography, Ultrasonography, Computed Tomography, Magnetic Resonance Imaging in idiopathic Carpal Tunnel Syndrome determined by clinical findings. *Neurosurgery.* 2011 Sep 12
13. Padua L, Pazzaglia C, Caliandro P, Granata G, Foschini M, Briani C, Martinoli C. Carpal tunnel syndrome: ultrasound, neurophysiology, clinical and patient-oriented assessment. *Clin Neurophysiol.* 2008 Sep;119(9):2064-9
14. Mallouhi A., Pulzl P., Trieb T., et al: Predictors of carpal tunnel syndrome: accuracy of gray scale and color doppler sonography. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186:1240-1245
15. A.Kerasnoudis. Letter to the editor : " Ultrasonography in severe carpal tunnel syndrome". *Muscle and Nerve* DOI: 10.1002/mus.23396 in press
16. Kele H., Verheggen R., Reimers C.D.: Carpal

- tunnel syndrome caused by thrombosis of the median artery: the importance of high-resolution ultrasonography for diagnosis, case report. *J Neurosurg* 2002; 97:471-473
16. Dutly-Guinand M., Muller M., Bleuler P., Steiger R.: Carpal tunnel syndrome from a thrombosed median artery: four case reports and review of the literature. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2009; 41:179-182.
 17. Elias D.A., Lax M.J., Anastakis D.J.: Musculoskeletal images: ganglion cyst of Guyon's canal causing ulnar nerve compression. *Can J Surg* 2001; 44:331-332.
 18. Inaparthi P.K., Anwar F., Botchu R., et al: Compression of the deep branch of the ulnar nerve in Guyon's canal by a ganglion: two cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128:641-643.
 19. Jacob A., Moorthy T.K., Thomas S.V., Sarada C.: Compression of the deep motor branch of the ulnar nerve: an unusual cause of pure motor neuropathy and hand wasting. *Arch Neurol* 2005; 62:826-827.
 20. Harvie P., Patel N., Ostlere S.J.: Ulnar nerve compression at Guyon's canal by an anomalous abductor digiti minimi muscle: the role of ultrasound in clinical diagnosis. *Hand Surg* 2003; 8:271-275
 21. Kim B.J., Date E.S., Lee S.H. et al: Distance measure error induced by displacement of the ulnar nerve when the elbow is flexed. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86:809-812.
 22. Kim B.J., Koh S.B., Park K.W. et al: Pearls and oysters: false positives in short-segment nerve conduction studies due to ulnar nerve dislocation. *Neurology* 2008; 70:e9-e13.
 23. Beekman R, Visser LH, Verhagen WJ. Ultrasonography in ulnar neuropathy at the elbow: a critical review. *Muscle Nerve*. 2011May;43(5):627-35.
 24. Kato H., Hirayama T., Minami A., et al: Cubital tunnel syndrome associated with medial elbow ganglia and osteoarthritis of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 84-A:1413-1419 2002
 25. Bayrak A.O., Bayrak I.K., Turker H., et al: Ultrasonography in patients with ulnar neuropathy at the elbow: comparison of cross-sectional area and swelling ratio with electrophysiological severity. *Muscle Nerve* 2009; 41:661-666.
 26. Volpe A., Rossato G., Bottanelli M., et al: Ultrasound evaluation of ulnar neuropathy at the elbow: correlation with electrophysiological studies. *Rheumatology (Oxford)* 2009; 48:1098-1101.
 27. Caress J.B., Becker C.E., Cartwright M.S., Walker F.O.: Ultrasound in the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow. *J Clin Neuromuscul Dis* 2003; 4:161-162
 28. Yoon J.S., Walker F.O., Cartwright M.S.: Ultrasonographic swelling ratio in the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve* 2008; 38:1231-1235.
 29. Yoon J.S., Kim B.J., Kim S.J., et al: Ultrasonographic measurements in cubital tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2007; 36:853-855.
 30. Visser L.H.: High-resolution sonography of the superficial radial nerve with two case reports. *Muscle Nerve* 2009; 39:392-395
 31. Bodner G., Huber B., Schwabegger A. et al: Sonographic detection of radial nerve entrapment within a humerus fracture. *J Ultrasound Med* 1999; 18:703-706.
 32. Bodner G., Buchberger W., Schocke M. et al: Radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture: evaluation with US—initial experience. *Radiology* 2001; 219:811-816.
 33. Lo Y.L., Fook-Chong S., Leoh T.H. et al: Rapid ultrasonographic diagnosis of radial entrapment neuropathy at the spiral groove. *J Neurol Sci* 2008; 271:75-79.
 34. Hugon S., Daubresse F., Depierreux L.: Radial nerve entrapment in a humeral fracture callus. *Acta Orthop Belg* 2008; 74:118-121.
 35. Kassabian E., Coppin T., Combes M. et al: Radial nerve compression by a large cephalic vein aneurysm: case report. *J Vasc Surg* 2003; 38:617-619
 36. Kim H.J., Cho Y.S., Lim H.: Persistent sciatic artery with monoplegia in right lower leg without vascular complication symptoms in an obese woman. *J Emerg Med* 2008; 34:291-294.
 37. Eguchi K., Majima M.: Sciatic neuropathy caused by disorder of a nutrient artery: a case report of thromboembolism secondary to profunda femoral artery aneurysm. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82:253-255.
 38. Visser L.H.: High-resolution sonography of the common peroneal nerve: detection of intraneural ganglia. *Neurology* 2006; 67:1473-1475.
 39. Gruber H., Peer S., Meirer R., Bodner G.: Peroneal nerve palsy associated with knee luxation: evaluation by sonography—initial experiences. *AJR Am J Roentgenol* 2005; 185:1119-1125.
 40. Lo Y.L., Fook-Chong S., Leoh T.H. et al: High-resolution ultrasound as a diagnostic adjunct in common peroneal neuropathy. *Arch Neurol* 2007; 64:1798-1800
 41. Dash S., Bheemreddy S.R., Tiku M.L.: Posterior tibial neuropathy from ruptured Baker's cyst. *Semin Arthritis Rheum* 1998; 27:272-276.
 42. Gosk J., Rutowski R., Urban M., Reichert P., Rabczynski J.: Intraneural ganglion of the tibial nerve: a case report. *Neurol Neurochir Pol* 2007; 41:176-180.
 43. Ghaly R.F.: A posterior tibial nerve neurilemoma unrecognized for 10 years: case report.

- Neurosurgery 2001; 48:668-672.
44. Campbell W.W., Landau M.E.: Controversial entrapment neuropathies. *Neurosurg Clin North Am* 2008; 19:597-608
 45. Nagaoka M., Satou K.: Tarsal tunnel syndrome caused by ganglia. *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81:607-610.
 46. Nagaoka M., Matsuzaki H.: Ultrasonography in tarsal tunnel syndrome. *J Ultrasound Med* 2005; 24:1035-1040.
 47. Ricci S., Moro L., Antonelli I.: Ultrasound imaging of the sural nerve: ultrasound anatomy and rationale for investigation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009; 39:636-641
 48. Gruber H., Peer S., Kovacs P. et al: The ultrasonographic appearance of the femoral nerve and cases of iatrogenic impairment. *J Ultrasound Med* 2003;22:163-172
 49. Park J.W., Kim D.H., Hwang M., Bun H.R.: Meralgia paresthetica caused by hip-huggers in a patient with aberrant course of the lateral femoral cutaneous nerve. *Muscle Nerve* 2007; 35:678-680.
 50. Shafiqi M., Gurunluoglu R., Ninkovic M. et al: Ultrasonography for depiction of brachial plexus injury. *J Ultrasound Med* 2003; 22:631-634.
 51. Graif M., Martinoli C., Rochkind S. et al: Sonographic evaluation of brachial plexus pathology. *Eur Radiol* 2004; 14:193-200.
 52. Martinoli C., Schenone A., Bianchi S. et al: Sonography of the median nerve in Charcot-Marie-Tooth disease. *AJR* 2002; 178:1553-1556.
 53. Cartwright M.S., Brown M.E., Eulitt P. et al: Diagnostic nerve ultrasound in Charcot-Marie-Tooth disease type 1B. *Muscle Nerve* 2009; 40:98-102
 54. Taniguchi N., Itoh K., Wang Y. et al: Sonographic detection of diffuse peripheral nerve hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *J Clin Ultrasound* 2000; 28:488-491.
 55. Duggins A.J., McLeod J.G., Pollard J.D. et al: Spinal root and plexus hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Brain* 1999; 122:1383-1390.
 56. Mizuno K., Nagamatsu M., Hattori N. et al: Chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy with diffuse and massive peripheral nerve hypertrophy: distinctive clinical and magnetic resonance imaging features. *Muscle Nerve* 1998; 21:805.
 57. Naganuma M., Doi S., Shima K. et al: Chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy associated with multifocal nerve hypertrophy: report of a case with MRI study. *Rinsho Shinkeigaku* 1991; 31:1186.
 58. Matsuda M., Ikeda S., Sakurai S. et al: Hypertrophic neuritis due to chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy (CIDP): a postmortem pathological study. *Muscle Nerve* 1996; 19:163-169.
 59. Matsuoka N., Kohriyama T., Ochi K. et al: Detection of cervical nerve root hypertrophy by ultrasonography in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. *J Neurol Sci* 2004; 219:15-21.
 60. Zaidman C.M., Al-Lozi M., Pestronk A.: Peripheral nerve size in normal and patients with polyneuropathy: an ultrasound study. *Muscle Nerve* 2009; 40:960-966.
 61. Smith E.C., Hobson-Webb L.D., Massey E.: Nerve ultrasound in motor conduction block: pre- and posttreatment findings. *Muscle Nerve* 2008; 38:1369.
 62. Granata G., Pazzaglia C., Calandro P. et al: Ultrasound visualization of nerve morphological alteration at the site of conduction block. *Muscle Nerve* 2009; 40:1068-1070.
 63. Imamura K., Tajiri Y., Kowa H. et al: Peripheral nerve hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy detected by ultrasonography. *Intern Med* 2009; 48:581-582.
 64. Beekman R., van den Berg L.H., Franssen H., et al: Ultrasonography shows extensive nerve enlargements in multifocal motor neuropathy. *Neurology* 2005; 65:305-307.
 65. Lee D., Dauphinée D.M.: Morphological and functional changes in the diabetic peripheral nerve. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005; 95:433-437.
 66. Watanabe T., Ito H., Morita A. et al: Sonographic evaluation of the median nerve in diabetic patients. *J Ultrasound Med* 2009; 28:727-734.
 67. Nodera H., Sato K., Terasawa Y. et al: High-resolution sonography detects inflammatory changes in vasculitic neuropathy. *Muscle Nerve* 2006; 34:380-381.
 68. Ito T., Kijima M., Watanabe T., et al: Ultrasonography of the tibial nerve in vasculitic neuropathy. *Muscle Nerve* 2007; 35:379-382.