

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

Β' ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΟΛΟΓΙΑΣ, ΠΓΝ «ΑΤΤΙΚΟΝ»

ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ: ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ΓΕΡΟΛΟΥΚΑ-ΚΩΣΤΟΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ

ΚΑΙ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΚΑΝΔΑΛΑΚΗΣ

**ΕΙΔΙΚΕΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΩΝ ΝΕΥΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΟΛΟΓΙΑ -
ΣΑΦΗΝΕΣ ΝΕΥΡΟ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗ Β. ΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΟΛΟΓΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2013

Το πόνημα τούτο αφιερώνεται

με Αγάπη,

στην οικογένειά μου που μου δίνει δύναμη να προχωρήσω

με Ευγνωμοσύνη,

*στην Καθηγήτριά μου κα. Γερολουκα-Κωστοπαναγιώτου Γεωργία για την εμπιστοσύνη
και υποστήριξη που μου έδειξε*

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα Αναισθησιολογίας Σαραντέα Θεοδόσιο για την εκπαίδευση και την καθοδήγηση που μου παρείχε στην επιτέλεση περιφερικών νευρικών αποκλεισμών με τη βοήθεια υπερηχογραφίας , τον συνάδελφο και φίλο Τηλέμαχο Παρασκευόπουλο για την αμέριστη βοήθειά του και την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Περιγραφικής Ανατομικής κ. Αναγνωστοπούλου Σοφία, τόσο για τη βοήθειά της στις ανατομικές παρασκευές στην Αίθουσα Ανατομών και την επεξήγηση όλων των ανατομικών δομών τις πολύτιμες συμβουλές της όσο και για τη στήριξη που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της Διατριβής.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Ημερομηνία αιτήσεως : 27/01/2010
Ορισμός συμβουλευτικής επιτροπής : 30/06/2010
Ημερομηνία ορισμού θέματος : 27/09/2010
Ημερομηνία κατάθεσης της διατριβής :
Ορισμός εξεταστικής επιτροπής :

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Αναγνωστοπούλου Σοφία, Αν. Καθηγήτρια Περιγραφικής Ανατομικής ΕΚΠΑ
(Επιβλέπουσα)
2. Ματσώτα Παρασκευή, Επίκουρος Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
3. Σαραντέας Θεοδόσιος, Λέκτορας Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Γερολουκά – Κωστοπαναγιώτου Γεωργία, Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
2. Παπαγγελόπουλος Παναγιώτης, Καθηγητής Ορθοπεδικής ΕΚΠΑ
3. Πανταζή Αγγελική, Επίκουρος Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
4. Μπατιστάκη Χρυσάνθη, Λέκτορας Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
5. Αναγνωστοπούλου Σοφία, Αν. Καθηγήτρια Περιγραφικής Ανατομικής ΕΚΠΑ
6. Ματσώτα Παρασκευή, Επίκουρος Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
7. Σαραντέας Θεοδόσιος, Λέκτορας Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από την Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Αθηνών, δεν υποδηλώνει ότι παραδέχεται τις γνώμες του συγγραφέα.

Οργανισμός Πανεπιστημίου Αθήνας, άρθρο 202, παράγραφος 2, νόμος 5343.

Περιεχόμενα

1. Βιογραφικό Σημείωμα.....	6
2. Πρόλογος	10
3. Γενικό Μέρος	
Μέρος Α	
Φυσική των υπερήχων.....	12
Τεχνολογία των υπερήχων.....	20
Εκπαίδευση για την διενέργεια περιφερικών νευρικών αποκλεισμών με τη βοήθεια της υπερηχογραφίας.....	42
Απεικόνιση των ιστών και επεμβατικής βελόνας στην υπερηχογραφία.....	45
Ειδικές υπερηχογραφικές τεχνικές στην περιοχική αναισθησία.....	62
Οδηγίες για την χορήγηση περιοχικής αναισθησίας με τη βοήθεια υπερήχων....	73
Μέρος Β	
Ανατομία οσφυικού πλέγματος.....	93
Ανατομία του σαφηνούς νεύρου και του πόρου των προσαγωγών.....	101
Τεχνικές αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου.....	109
Υπερηχογραφικά καθοδηγούμενοι αποκλεισμοί περιφερικών νεύρων του οσφυικού πλέγματος.....	122
4. Ειδικό Μέρος	
Εισαγωγή.....	125
Υλικό και μέθοδος.....	130
Αποτελέσματα.....	138
Συζήτηση.....	146
Συμπεράσματα.....	158
5. Βιβλιογραφία.....	159
Περίληψη.....	176
Δημοσίευση.....	178

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Αναγνώστης Γεώργιος
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ: Αναισθησιολόγος
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ: 20/10/1973 στην Αθήνα
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ: Έγγαμος με δύο παιδιά
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: Αγ. Σοφίας 57 , 171.24 Νέα Σμύρνη, Αθήνα
ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ: 2109355045, 6944440468
E-MAIL: gdoctor13@yahoo.gr
ΓΛΩΣΣΕΣ: Ελληνικά: άριστα
Αγγλικά: άριστα
Ρουμανικά: άριστα
Γαλλικά, Γερμανικά: μέτρια

1/3/2011 Εργάζομαι στο Αναισθησιολογικό Τμήμα του Γενικού
έως σήμερα Νοσοκομείου Βόλου «Αχιλλοπούλειο» όπου διορίστηκα στον
εισαγωγικό βαθμό του Επιμελητή Β' Αναισθησιολογίας του
κλάδου ιατρών ΕΣΥ.
26/7/2010 - Θητεία στο Γ.Ν.Α «Ιπποκράτειο» ως Επικουρικός Ιατρός με
28/2/2011 καθήκοντα Επιμελητού Β' Αναισθησιολογίας όπου
εργάζομαι στο τμήμα καρδιοχειρουργικών επεμβάσεων.
27/1/2010 Υποψήφιος διδάκτωρ Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών
με θέμα: «Ειδικές υπερηχογραφικές τεχνικές για την εντόπιση
περιφερικών νεύρων στην αναισθησιολογία»
9/04/2009 - Θητεία στο Γ.Ν.Α «Ο ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ» ως
8/4/2010 Επικουρικός Ιατρός με καθήκοντα Επιμελητή Β'

Αναισθησιολογίας

20/03/2008 - Θητεία στο Γ.Ν.Α «Ο ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ» ως

19/03/2009 Επικουρικός Ιατρός με καθήκοντα Επιμελητή Β΄

Αναισθησιολογίας

1/2008 – 3/2008 Επιστημονικός συνεργάτης στο Ιατρικό Κέντρο Π. Φαλήρου

16/01/2008 Απονομή του τίτλου ειδικότητας της Αναισθησιολογίας

5/11/2007- Παραμονή στο Αναισθησιολογικό Τμήμα του «Ασκληπιείου

9/1/2008 Βούλας» μετά το πέρας της ειδικότητας

2/2003 -11/2007 Ειδικευόμενος στην Αναισθησιολογία Γενικό Νοσοκομείο

«Ασκληπιείο Βούλας» , Αναισθησιολογικό Τμήμα

2/2002-12/2002 Υπηρεσία Υπαίθρου στο Περιφερικό Ιατρείο Αττικής Λήμνου

συμμετέχοντας στο πρόγραμμα εφημεριών του Γενικού

Νοσοκομείου Λήμνου.

11/2001-1/2002 Ειδικευόμενος για το τρίμηνο εκπαίδευσης στην Καρδιολογία,

Χειρουργική, Παθολογία στο Γενικό Νοσοκομείο Λήμνου

3/2000-9/2001 Εκπλήρωση 18μηνου στρατιωτικής θητείας ως οπλίτης

ιατρός στο Κέντρο Εκπαίδευσης Υγειονομικού Άρτας και στη

συνέχεια στο ΣΤ.ΕΠ . Πλάτης Ορεστιάδας .Από 15/3/2001

ως 27/9/2001 υπηρέτησα στη Β΄ Ορθοπαιδική Κλινική του

401 Γενικού Στρατιωτικού Νοσοκομείου ως Βοηθός Κλινικής.

24/3/2000 Απονομή της αναγνώρισης του πτυχίου μου από το ΔΙΚΑΤΣΑ

με εξετάσεις στην Αθήνα

1992- 1998 Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Cluj-Napoca ,Ρουμανία. Πτυχίο (1/10/1998),
γενικός βαθμός diploma de licenta 8,74

Κλινικό έργο ως ειδικευμένος Αναισθησιολόγος

Χορήγηση αναισθησίας στο Αναισθησιολογικό Τμήμα του Γ.Ν. Βόλου «Αχιλλοπούλειο» σε τακτικά και επείγοντα περιστατικά που αφορούν τις παρακάτω ειδικότητες : γενική χειρουργική, μαιευτική και γυναικολογία, ορθοπεδική, ΩΡΛ, ουρολογία, νευροχειρουργική και οφθαλμιατρική. Χορήγηση αναισθησίας σε παιδιά για προγραμματισμένες επεμβάσεις που αφορούσαν κυρίως ΩΡΛ περιστατικά και κατά περίπτωση σε επείγουσες επεμβάσεις όλων των ειδικοτήτων. Χορήγηση επισκληρίδιου αναλγησίας σε επίτοκες. Εφημέρευση στο Αναισθησιολογικό Τμήμα κατά μέσο όρο 6 φορές το μήνα.

Χορήγηση αναισθησίας στο Γ.Ν.Α. «ΙΠΠΟΚΡΑΤΕΙΟ» σε καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις (επεμβάσεις αορτοστεφανιαίας παράκαμψης, βαλβιδοπλαστικές, ανευρύσματα αορτής, αορτικού τόξου κ.α). Αναισθησιολογική υποστήριξη στο τμήμα Επεμβατικής Καρδιολογίας (σε ασθενείς που υποβάλλονταν σε ενδοαγγειακή αποκατάσταση στενώσεων αορτικής με τοποθέτηση βαλβίδας-μοσχεύματος). Εφημέρευση στο Αναισθησιολογικό Τμήμα κατά μέσο όρο 5 φορές το μήνα.

Χορήγηση αναισθησίας ως ειδικευμένος αναισθησιολόγος στο Αναισθησιολογικό Τμήμα του Γ. Ν. Α «Ο ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ» για διάστημα δύο ετών σε τακτικά και επείγοντα περιστατικά όλων των χειρουργικών ειδικοτήτων που διαθέτει το νοσοκομείο πλην των καρδιοχειρουργικών. Πιο συγκεκριμένα ήμουν υπεύθυνος αναισθησιολόγος σε επεμβάσεις που αφορούν τη γενική χειρουργική, ορθοπεδική, αγγειοχειρουργική, θωρακοχειρουργική, νευροχειρουργική, ΩΡΛ, γναθοχειρουργική, οφθαλμιατρική, ουρολογία, πλαστική χειρουργική και χειρουργική μεταμοσχεύσεων (νεφρού). Κατά τη θητεία μου έκανα κατά μέσο όρο 6-7 εφημερίες μηνιαίως. Ιδιαίτερα επισημαίνεται η συμβολή μου στην εκπαίδευση των ειδικευόμενων σε περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς (βλέπε συστατική επιστολή, πεπραγμένα).

Κλινικό Έργο ως Ειδικευόμενος στην Αναισθησιολογία

5/2/2003-4/11/2007 Γ.Ν. «Ασκληπιείο Βούλας», Αναισθησιολογικό Τμήμα

Χορήγηση γενικής και περιοχικής αναισθησίας (ραχιαία και επισκληρίδιος αναισθησία όπως και αποκλεισμοί περιφερικών νευρικών πλεγμάτων) σε περιστατικά γενικής χειρουργικής, ωτορινολαρυγγολογικά, ουρολογικά, ορθοπεδικά, οφθαλμολογικά, νευροχειρουργικά καθώς και ειδική εμπειρία σε άτομα με ειδικές ανάγκες για οδοντιατρικές επεμβάσεις. Μέριμνα για μετεγχειρητική αναλγησία.

Εξασφάλιση αεραγωγού σε περιστατικά χρήζοντα διασωλήνωσης-ανάντησης στα

Τ.Ε.Π. και τα τμήματα του νοσοκομείου.

Ειδική εμπειρία στη χορήγηση γενικής αναισθησίας σε άτομα με ειδικές ανάγκες (ΑΜΕΑ) για οδοντοθεραπεία (βλ. πιστοποιητικό)

Επιστημονικός συνεργάτης της Πανεπιστημιακής Κλινικής
Αναισθησιολογίας του Νοσοκομείου «Αττικών» όπου εκπαιδεύομαι σε περιφερικούς
νευρικούς αποκλεισμούς με χρήση υπερηχογραφίας.

European Diploma of Anaesthesiology» & Intensive Care Part I (9/2009)

Επιμέλεια μετάφρασης κεφαλαίου Miller : «Το πεδίο εφαρμογής και η άσκηση της αναισθησίας
διεθνώς»

Μέλος της Ελληνικής Αναισθησιολογικής Εταιρείας και της Ελληνικής Εταιρείας Αλγολογίας.

➤ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

- British Journal of Anesthesia 2010 Oct; 105 (4) : 549-50

“Feasibility of ultrasound imaging of the abdominal wall in elderly obese volunteers”

Saranteas T, Anagnostis G , Lappas T , Cristodouloupoulou T , Kostopanagiotou G .

- Regional Anesthesia and Pain Medicine, vol 29, supplement 2 September-October 2004

“Axillary brachial plexus block and elbow block for hand and wrist surgery. A comparative study”

Manoudis A., Gioka M., Anagnostis G., Tsagaris E., Lekka N., Mela A., Kostaki S.,

Department of Anesthesiology, Asklepeio Voulas Hospital , Athens, Greece

- Regional Anesthesia and Pain Medicine 32(5):131 September/October 2007

“0.375% ropivacaine vs 0.25% levobupivacaine for nerve blocks at the elbow(radial, ulnar, and median nerve blocks) in high risk patients undergoing hand surgery”

G.Anagnostis, N.Scarpa, D.Zioga, M.Lekka, A.Manoudis, M.Vlachou,S.Kostaki-Sgouromalli

Department of Anaesthesiology , “Asklepeion” Hospital, Voula-Athens, Greece

- Regional Anesthesia and Pain Medicine 32(5):131 September/October 2007

“A comparison between the nerve blocks at the knee (tibial and peroneal nerve blocks) and spinal anesthesia in hallus vagus peration based on the patients’ satisfaction”

N.Scarpa, G.Anagnostis, E. Panagiotou, FDafni, T. Lappas, A.Paisoglou, St.Kostaki-Sgouromalli

Department of Anaesthesiology , “Asklepeion” Hospital, Voula-Athens, Greece

- Regional Anesthesia and Pain Medicine 32(5):102 September/October 2007

“Tolerance of the tourniquet in knee surgery after sciatic-femoral block”

Dafni F, Lekka N, Vlachou M, Anagnostis G, Koutsoupaki A, Mela A, Sgouromalli-Kostaki S

Department of Anaesthesiology , “Asklepeion” Hospital, Voula-Athens, Greece

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το *σαφηνές νεύρο* (μακρό ή έσω σαφηνές νεύρο) είναι ο μεγαλύτερος αισθητικός, δερματικός κλάδος του μηριαίου νεύρου. Ο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου απαιτεί λεπτομερή γνώση της ανατομίας του και της πορείας του από την έκφυσή του ως οπίσθιος και έσω κλάδος του μηριαίου νεύρου, μέχρι την κατανομή των τελικών του αισθητικών κλάδων. Ο αποκλεισμός του με τη χρήση μόνο οδηγών ανατομικών σημείων μπορεί να είναι δύσκολος. Για τον αποκλεισμό του έχουν χρησιμοποιηθεί η σχέση του νεύρου με τον υπερκείμενο ραπτικό μυ, την μηριαία αρτηρία, την άνω κατιούσα αρτηρία του γόνατος, τον πόρο των προσαγωγών και την έκλυση κινητικής αντίδρασης του έσω ορθού μηριαίου μυ με νευροδιεγέρτη, μέσω ερεθισμού του κινητικού του νεύρου, που γειτνιάζει με το σαφηνές.

Η απεικόνιση με υπερήχους του σαφηνούς νεύρου είναι δύσκολη, όπως και η απεικόνιση γειτονικών του ανατομικών στοιχείων όπως η άνω κατιούσα αρτηρία του γόνατος λόγω του μικρού τους μεγέθους. Από την άλλη, η σταθερή του σχέση με τον ραπτικό μυ και την μηριαία αρτηρία θα μπορούσε να αποτελέσει χρήσιμο σημείο αναφοράς για τον αποκλεισμό του, ενώ θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η ύπαρξη ανατομικών παραλλαγών που ενδεχομένως θα εξηγούσε τυχόν αποτυχία του αποκλεισμού.

Ιδανικά, ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου θα πρέπει να γίνεται αυτόνομα, χωρίς το συνοδό αποκλεισμό του νεύρου του έσω ορθού μυός ή άλλου κλάδου του μηριαίου νεύρου που θα προκαλούσε μυϊκή αδυναμία του μηρού και θα εμπόδιζε τη γρήγορη κινητοποίηση των ασθενών. Σε συνδυασμό με τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου στον ιγνυακό βόθρο, επιτρέπει την πλήρη απώλεια της αισθητικότητας του κάτω άκρου κάτω από το γόνατο.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι:

1. η μελέτη της ανατομίας του σαφηνούς νεύρου, για να προσδιορισθεί η σταθερή ανατομική του θέση εκτός του πόρου των προσαγωγών ή η σταθερή του σχέση με κάποια αναγνωρίσιμη ανατομική δομή.

2. η κλινική μελέτη της δυνατότητας επίτευξης αξιόπιστης χειρουργικής αναισθησίας με υπερηχογραφική καθοδήγηση στην περιοχή της αισθητικής κατανομής του σαφηνούς νεύρου, με βάση τα ευρήματα της ανατομικής μελέτης.

ΜΕΡΟΣ Α

Υπερηχογραφία και περιοχική αναισθησία

Εισαγωγή

Η χρήση των υπερήχων τείνει να καθιερωθεί ως μέρος της καθημερινής πρακτικής στην αναισθησιολογία τα τελευταία χρόνια. Ειδικότερα η υπερηχογραφία βρίσκει εφαρμογή στον καθοδηγούμενο καθετηριασμό μεγάλων αγγείων καθώς και στην πραγματοποίηση περιοχικών νευρικών αποκλεισμών αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα αλλά και μειώνοντας τη συχνότητα των επιπλοκών σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές (τυφλές ανατομικές μέθοδοι, πρόκληση παραισθησίας, χρήση νευροδιεγέρτη) [1,2,3].

Οι υπέρηχοι επιτρέπουν την άμεση απεικόνιση της βελόνας αποκλεισμού, των περιφερικών νεύρων και της κατανομής του τοπικού αναισθητικού. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται το ποσοστό αποτυχίας (έως και 20% με συμβατικές μεθόδους), μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για την επίτευξη αναισθησίας και η συνακόλουθη καθυστέρηση των χειρουργικών επεμβάσεων και αποφεύγεται ο άσκοπος πόνος και η δυσαρέσκεια των ασθενών από τις πολλαπλές προσπάθειες εντοπισμού των περιφερικών νεύρων. Η πρόοδος στην τεχνολογία των υπερήχων έδωσε τη δυνατότητα στην πραγματοποίηση στοχευμένων εγχύσεων φαρμάκου αλλά και στην τοποθέτηση καθετήρα για μετεγχειρητική αναλγησία. Επίσης καθίσταται δυνατή η διαφοροποίηση της εξονευρικής από την ενδονευρική ή την ενδαγγειακή έγχυση των τοπικών αναισθητικών μειώνοντας έτσι τον αριθμό των επιπλοκών [4,5,6,7].

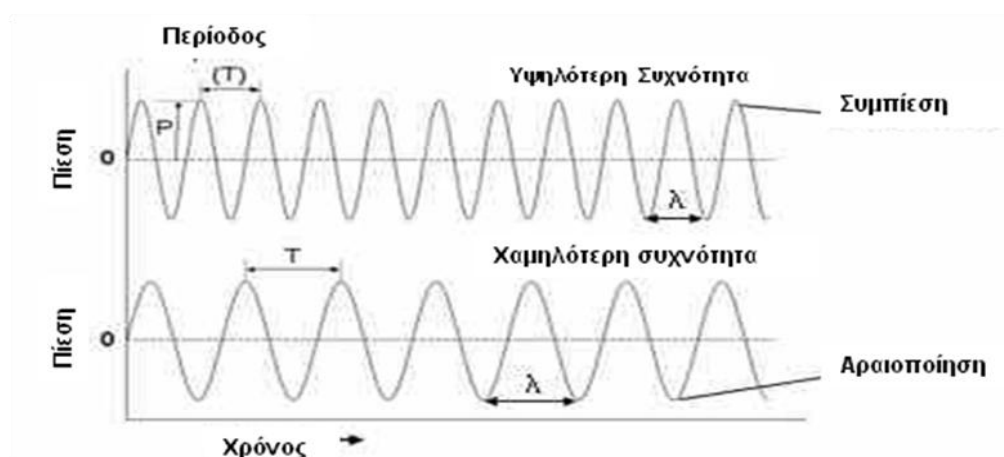
Βασικές αρχές φυσικής υπερήχων

Τα ηχητικά κύματα είναι μηχανικές ταλαντώσεις και αποτελούν μεταβολές πίεσεως-ώσεως της θετικής φάσης ακολουθούμενης από αρνητικής και των δύο μαζί να συνθέσουν ένα κύμα

Η ακουστική ζώνη βρίσκεται μετά 16-16.000 κύκλων ανά δευτερόλεπτο (τα μικρά παιδιά μπορούν να ακούσουν ήχους συχνότητας 20.000 κύκλων ανά δευτερόλεπτο).

Με τον όρο *υπέρηχοι* (*ultrasounds*) ορίζουμε ήχους πέραν της ακουστικής ζώνης (πέραν των 20.000 Hz). Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στην κλινική απεικόνιση βρίσκονται στο φάσμα από 2,5 έως 15 MHz. Η ταχύτητα του κύματος των υπερήχων είναι 1540 m/sec στην πλειονότητα των μαλακών ιστών (13 μ sec/cm ιστού για το συνολικό χρόνο επιστροφής των λαμβανόμενων αντηχίσεων)[1].

Τα βασικά χαρακτηριστικά που περιγράφουν μία δέσμη υπερήχων είναι (Εικόνα 1):



Εικόνα 1. Τα βασικά χαρακτηριστικά των υπερήχων σχετικά με τη διάδοσή τους στο χρόνο. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

- Η *περίοδος* είναι ο χρόνος μέσα στον οποίο δημιουργείται ένας πλήρης κύκλος. Η ηχητική δέσμη μεταφέρεται μέσα στο υλικό κυματοειδώς. Ο αέρας λόγω της αραιάς διάταξης των μορίων αποτελεί κακό αγωγό της ηχητικής δέσμης ενώ τα υγρά και κυρίως τα στερεά αποτελούν καλούς ηχητικούς αγωγούς (σε κενό αέρος δεν μεταδίδεται ο ήχος).
- Το *μήκος κύματος* (λ) είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου και ισχύουν οι εξισώσεις: $\lambda = V/f$ και $V = f \times \lambda$.
- Η *συχνότητα* (f) ορίζεται ως ο αριθμός των κύκλων του κύματος (ταλάντωσης) ανά δευτερόλεπτο και μετράται σε Hertz (Hz). Στην ιατρική χρησιμοποιούνται συχνότητες της τάξης 2,5-15MHz. Η συχνότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος.
- Η *ταχύτητα* (V) του κύματος των υπερήχων είναι 1540 m/sec στους μαλακούς ιστούς, 330 m/sec στον αέρα και 3500 m/sec στα οστά. Όσο μικρότερη είναι η απόσταση μεταξύ των μορίων τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ήχου και είναι σταθερή για κάθε ιστό, ενώ δεν επηρεάζεται από το μήκος κύματος ή τη συχνότητα της ηχητικής δέσμης.
- Το *πλάτος* (Amplitude) του ηχητικού κύματος έχει σχέση με το εύρος του κύματος και μετράται σε decibel (dB).
- Η *ένταση* εκφράζει την ενέργεια ανά εμβαδόν επιφάνειας κάθετης στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος ανά μονάδα χρόνου.

- Η *ακουστική αντίσταση* (impedance) είναι η αντίσταση που προβάλλει ένα μέσο στη μετάδοση της ηχητικής δέσμης και εξαρτάται αναλογικά από την πυκνότητα του μέσου .

Η χρήση της υπερηχογραφίας έχει 2 βασικούς στόχους: ο ένας να λάβει τμηματικές εικόνες και ο άλλος να μετρήσει ταχύτητες αιματικής ροής. Η υπερηχογραφία θεωρείται σήμερα η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος της ιατρικής απεικόνισης, η δε χρήση της μεθόδου Doppler (μέτρηση αιματικής ροής, έλεγχος κατάστασης αγγείων) συνεχώς αυξάνει ιδίως τα τελευταία χρόνια με την χρήση και του χρώματος (Color Doppler) [5,8,9].

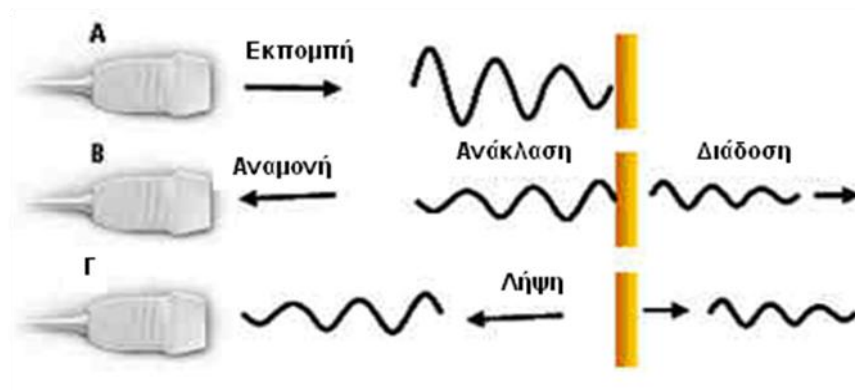
Απόσβεση και ανάκλαση των υπερήχων

Η ταχύτητα του ήχου καθορίζεται από τη σκληρότητα και την πυκνότητα του μέσου διάδοσης. Κατά συνέπεια, η ταχύτητα του ήχου σε ένα δεδομένο μέσο είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη από τη συχνότητα. Το γινόμενο της συχνότητας και του μήκους κύματος των κυμάτων του ήχου είναι ίσο με την ταχύτητα του κύματος (ταχύτητα = συχνότητα x μήκος κύματος) [8].

Ο πρώτος τύπος απεικόνισης με υπερήχους που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο τύπος Α αντήχησης (Α=Πλάτος, απεικονίζεται με παλμογράφο). Σήμερα, οι περισσότερες απεικονίσεις εκτελούνται με τύπο Β αντήχησης (Β=Φωτεινότητα). Αυτός ο τύπος χρησιμοποιεί μετεπεξεργασμένες αποτυπώσεις για να ορίσει τιμές στη κλίμακα του γκρι στα εικονοστοιχεία (pixels) από το λαμβανόμενο πλάτος των αντηχήσεων. Ο ρυθμός στιγμιότυπων (Frame rate) για 2D (δισδιάστατη) απεικόνιση είναι περίπου 30/sec. Ο περιβάλλον φωτισμός έχει σημαντική επίπτωση στην οπτική

διάκριση, συνεπώς ο αμυδρός φωτισμός χωρίς λάμπεις είναι ιδιαίτερος χρήσιμος για απεικονίσεις στόχων χαμηλής αντίθεσης, όπως τα νεύρα. Ένας ακόμη χρήσιμος τρόπος απεικόνισης είναι ο τύπος Μ αντήχησης (κίνησης-χρόνου). Ο ρυθμός στιγμιότυπων του τύπου Μ είναι πολύ υψηλός (γύρω στο 1800/sec, επιτυγχάνοντας υψηλή ευκρίνεια χρόνου-κίνησης όμως σε μία μόνο διάσταση του χώρου [5,8].

Η ηχητική δέσμη κατά τη διάδοσή της στους ιστούς του σώματος υφίσταται τα εξής φυσικά φαινόμενα (Εικόνα 2):

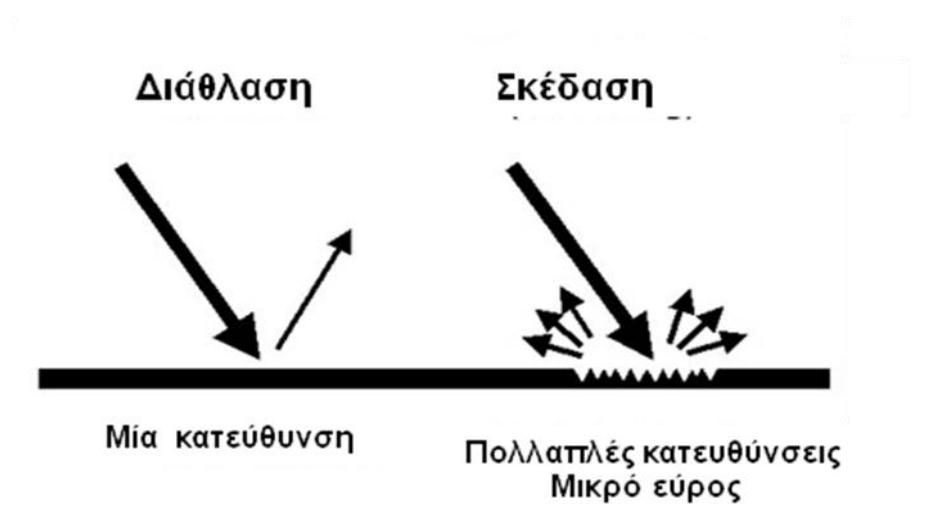


Εικόνα 2. Εκπομπή και λήψη υπερήχων Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].*

1. *Ανάκλαση ή οπίσθια σκέδαση:* Όταν η ηχητική δέσμη συναντά κάθετα μια διαχωριστική επιφάνεια δύο ιστών (κοινό σημείο επαφής), τα οποία έχουν εγγενώς διαφορετική ακουστική αντίσταση, τότε κάποιο ποσοστό της δέσμης διαδίδεται στο εσωτερικό του δεύτερου ιστού, ενώ το υπόλοιπο ανακλάται με αντίθετη φορά στην ίδια ακριβώς πορεία με την προσπίπτουσα δέσμη και επιστρέφει στην πηγή εκπομπής με γωνία ανάκλασης ίση με τη γωνία πρόσπτωσης. Το ποσοστό του ανακλώμενου ηχητικού κύματος εξαρτάται από τη διαφορά της ακουστικής αντίστασης μεταξύ δύο ιστών.

2. *Διάθλαση (specular reflection)*: Όταν η ηχητική δέσμη προσπίπτει σε διαχωριστική επιφάνεια δύο ιστών υπό γωνία και διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης, τότε ένα ποσοστό της αποκλίνει από την αρχική τροχιά της δέσμης πρόπτωσης και το κύμα διαδίδεται με διαφορετική κατεύθυνση. Αυτό είναι αποτέλεσμα της αλλαγής του μήκους κύματος προκειμένου να εξομαλυνθεί η διαφορά ταχύτητας της ηχητικής δέσμης μέσα στους δύο ιστούς. Η διάθλαση είναι σημαντική καθώς αποτελεί μια από τις αιτίες τεχνικού σφάλματος (artifacts) στην εικόνα των υπερήχων (οπίσθια ενίσχυση, σκιά στο χείλος κυστικών δομών κ.α).

3. *Σκέδαση (Diffuse reflection-scattering)*: Όταν μια δέσμη υπερήχων προσπίπτει σε μια σκληρή επιφάνεια ή σε σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από το μήκος κύματος της δέσμης (πχ ερυθρά), τότε αυτή διασπείρεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Προκαλείται ευρεία διασπορά του ηχητικού κύματος και το φαινόμενο της σκέδασης είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία του μεγαλύτερου τμήματος της εικόνας (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Διάθλαση και σκέδαση των υπερήχων Chan V. Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

4. *Διάχυση*: Εκφράζει την ανώμαλη ανάκλαση σε ανώμαλες (όχι κατοπτρικές) επιφάνειες.

5. *Απορρόφηση*: Μέρος της ενέργειας του ηχητικού κύματος καθώς μεταφέρεται στους ιστούς μετατρέπεται σε θερμότητα.

6. *Εξασθένηση (Attenuation)*: Τα συνδυασμένα αποτελέσματα της ανάκλασης, της σκέδασης και της απορρόφησης προκαλούν την εξασθένιση της έντασης του ηχητικού κύματος καθώς αυτό μεταδίδεται δια μέσου των ιστών, δηλαδή απώλεια ενέργειας ανά μονάδα απόστασης. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα της δέσμης και συνεπώς μικρότερο το μήκος κύματος, τόσο πιο σύντομα εξασθενεί η ηχητική δέσμη κατά τη διαδρομή της στους ιστούς. Λόγω του φαινομένου της εξασθένησης, οι ιστοί από μεγάλο βάθος ανακλούν ασθενές ανακλώμενο ηχητικό κύμα. Έτσι είναι αναγκαία η επιλεκτική ενίσχυση της ανακλώμενης δέσμης από μεγαλύτερα βάθη μέσω του λογισμικού της ρύθμισης της τιμής απολαβής σε σχέση με το χρόνο (time-gain compensation-TGC) που υπάρχει στα διαθέσιμα μηχανήματα υπερήχων [9,10].

Η ένταση της δέσμης υπερήχων (η οποία αρχίζει την πορεία της από τον ηχοβολέα τοποθετημένο επί του δέρματος) κατά την διαδρομή της μέσα από τους ιστούς του σώματος είναι φθίνουσα. Η συνολική απώλεια αυτής της έντασης ή ισχύος καλείται απόσβεση. Κύριος λόγος της απόσβεσης αυτής είναι η μετατροπή μέρους των υπερήχων σε θερμότητα. Το ποσοστό της απόσβεσης είναι ανάλογο της συχνότητας. Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα εκπομπής υπερήχων τόσο υψηλότερη και η απώλεια ενέργειας σαν θερμότητα. Το μέρος της υπερηχογραφικής δέσμης που δεν απωλέσθηκε κατά τον περιγραφέντα τρόπο, διασκορπίζεται ή ανακλάται από τους ιστούς προς τον ηχοβολέα σαν ηχώ. Η δέσμη των υπερήχων συμπεριφέρεται σαν δέσμη φωτός (ανακλάται-διαθλάται κλπ). Μεταξύ δύο ιστών διαφόρου συστάσεως η

δέσμη ανακλάται και αυτή η ανάκλαση εξαρτάται από την διαφορά των ιστών αλλά και από την γωνία πρόσπτωσης της δέσμης (ακουστική παρεμπόδιση - impedance). Βεβαίως με εξαίρεση την διαφορά αέρος / ιστών και μαλακών μορίων / οστών οι διαφορές μεταξύ των άλλων ιστών στην ακουστική συμπεριφορά δεν είναι σημαντική (διαφορετική ακουστική συμπεριφορά-property). Συνεπώς μέρος του σήματος μπορεί να ανακλάται οποτεδήποτε υπάρχει μεταβολή στην "αντίσταση" κατά την διαδικασία μετάδοσης του υπερηχογραφικού σήματος. Το πόσο εύκολα λοιπόν μεταδίδεται ένα τέτοιο σήμα δια μέσου ενός ιστού, εξαρτάται εν μέρει, από την μοριακή δομή αυτού (του ιστού) που καθορίζει και την συχνότητα του και εν μέρει από τις δυνάμεις (ελαστικές δυνάμεις) που συγκρατούν τα μόρια μεταξύ τους. Η ταχύτητα μετάδοσης υπερήχων στο σώμα εξαρτάται ή και καθορίζεται από την ελαστικότητα του ιστού μέσω του οποίου διέρχονται - διαπερνούν. Πυκνότητα και ελαστικότητα ενός ιστού καθορίζουν μαζί την καλούμενη ακουστική παρεμπόδιση ή "αντίσταση".

$$Z = \rho \cdot c$$

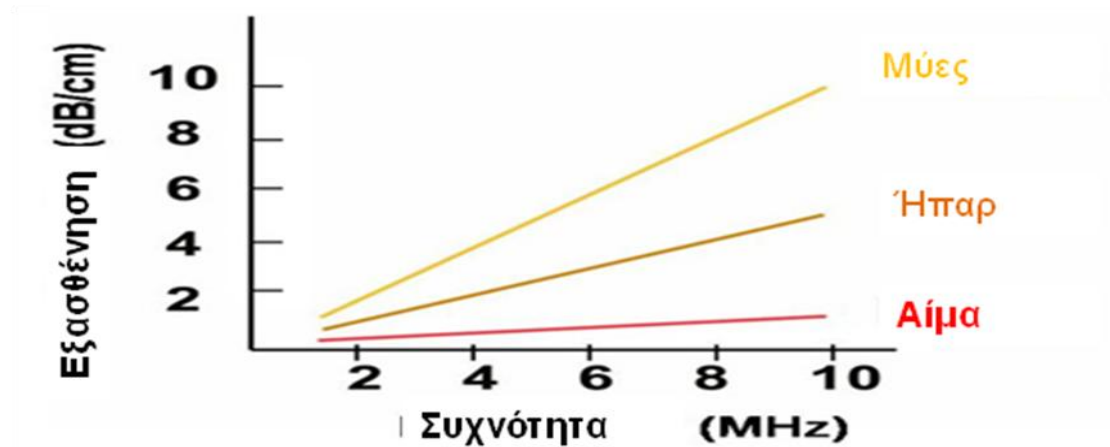
Όπου

Z η ακουστική παρεμπόδιση

ρ η πυκνότητα

c η ταχύτητα μετάδοσης των υπερήχων στον ιστό.

Όσο μεγαλύτερη η διαφορά μεταξύ των ιστών (συνεπώς κι η ακουστική παρεμπόδιση) τόσο μεγαλύτερη και η ανάκλαση της δέσμης υπερήχων, με ακραία περίπτωση αυτή μεταξύ αέρα και μαλακών μορίων όπου σχεδόν το σύνολο της δέσμης αυτής ανακλάται (Εικόνα 4).



↑ Συχνότητα = ↑ Απόσβεση; ↑ Απόσβεση = ↓ Διείσδυση

Εικόνα 4. Η διάδοση των υπερήχων μέσω των ιστών. Chan V. Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Η παρεμβολή υδατικής γέλης μεταξύ ηχοβολέα και δέρματος, έχει ακριβώς τον σκοπό να εξαλείψει τον μεταξύ τους αέρα και να επιτρέψει την απρόσκοπτη μετάδοση της υπερηχογραφικής δέσμης. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, με την υπερηχογραφία δεν μπορεί να ελεγχθούν όργανα που περιέχουν αέρα (πνεύμονες, εντερικές έλικες), ενώ υπάρχει και μία σχετικά μεγάλη ακουστική παρεμπόδιση μεταξύ της οστικής επιφάνειας και των υποκείμενων μαλακών ορίων με αποτέλεσμα την εξασθένηση των υπερήχων κάτω από τις οστικές δομές [5,8,9].

Απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο

Με τον διεθνή όρο απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο (γλώσσα ηλεκτρονικών υπολογιστών – real time imaging) εννοούμε την δυναμική παρουσίαση τμηματικών εικόνων άνω των 60/sec έτσι ώστε να έχουμε κινηματογραφική παρουσίαση των

οργάνων προς εξέταση. Παρακολουθούμε συνεπώς και καταγράφουμε τις αλλαγές θέσης-μορφής των οργάνων στο χρόνο (δυναμική εικόνα). Οι εικόνες που λαμβάνονται έχουν σχήμα_κολούρου κώνου με την κορυφή του προς τα άνω (τμήμα πλησιέστερο στο δέρμα του ασθενούς και την ηχογόνο κεφαλή) ή ορθογωνίου παραλληλόγραμμου (τμηματικοί sector και γραμμικοί ηχοβολείς αντιστοίχως) [5,8,9].

Τεχνολογία υπερήχων - Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

Η παραγωγή και η ανίχνευση των υπερήχων βασίζεται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο των κεραμικών κρυστάλλων, οι οποίοι, όταν εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση στα άκρα τους, διεγείρονται και παραμορφώνονται με αποτέλεσμα να παράγονται τα ηχητικά κύματα. Αντίθετα, η ανίχνευση βασίζεται στην πρόπτωση στον ίδιο τον κρύσταλλο των ανακλώμενων ηχητικών κυμάτων από τους ιστούς του σώματος (μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική).

Η παραγωγή της υπερηχογραφικής εικόνας βασίζεται στην τεχνική «παλμός-ηχώ» (pulse-echo technique), όταν μέσω ενός ηχοβολέα τα ηχητικά κύματα εκπέμπονται με τη μορφή παλμών. Κατά τη διάδοσή τους μέσα στους ιστούς, ένα ποσοστό παλμών ανακλάται και το υπόλοιπο συνεχίζει την πορεία του μέχρι την τελική εξασθέτισή του. Η ανίχνευση των επιστρεφόμενων παλμών (ηχώ) γίνεται στο μεσοδιάστημα μεταξύ εκπομπής των δύο παλμών. Τα επιστρεφόμενα κύματα υπόκειται σε ενίσχυση και ηλεκτρονική επεξεργασία για να απεικονισθούν στην οθόνη ως εικονοστοιχεία, που αποδίδουν την τελική υπερηχογραφική απεικόνιση των ανατομικών δομών.

Οι ιδιότητες αυτές των κρυστάλλων οφείλονται στον Τιτανιούχο Ζιργκονιούχο Μόλυβδο (PZT) που περιέχουν. Κάθε κεραμικό έχει την δική του συχνότητα αντήχησης στην οποία θα παραχθεί υπέρηχος με αποτελεσματικό τρόπο. Αυτοί οι πιεζο-ηλεκτρικοί κρύσταλλοι έχουν διπλή ιδιότητα. Η μηχανική δόνηση του κρυστάλλου παράγεται από βραχύ ηλεκτρικό παλμό και η συχνότητα των υπερήχων που δημιουργείται καθορίζεται από την συχνότητα αντήχησης του κρυστάλλου ανάλογα με το πάχος αυτού. Όσο λεπτότερο το κεραμικό τόσο υψηλότερη η συχνότητα. Με απλά λόγια ο ηχοβολέας (transducer) κατασκευασμένος από τα παραπάνω υλικά θα μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική και αντιθέτως. Αν δηλαδή υπάρξει διαφορά δυναμικού στις 2 άκρες του πιεζο-ηλεκτρικού υλικού, το υλικό πάλι ανάλογα με τη χορηγούμενη τάση του ρεύματος (voltage) με αποτέλεσμα την προηγούμενα αναφερόμενη μετατροπή μιας μορφής ενέργειας σε άλλη. Η δέσμη υπερήχων απλά μπορεί να θεωρηθεί σαν δέσμη φωτός προσπίπτουσα σε κάτοπτρο (όργανο) και επιστρέφουσα (ηχώ) προς την παράγουσα ηχοβόλο κεφαλή και κατά προέκταση προς την οθόνη του μηχανήματος. Οι ηχώ που επιστρέφουν στον ηχοβολέα (πομπός και δέκτης υπερήχων) δημιουργούν μηχανικές δονήσεις του υλικού ηλεκτρικά κύματα των αυτών συχνοτήτων με την προσπίπτουσα ηχώ. Με αυτό τον τρόπο οι ηχώ καταγράφονται. Ο ήχος που εκπέμπεται από τον ηχοβολέα είναι παλλόμενος. Ένας παλμός διάρκειας 1 msec μεταδίδεται 1000 φορές/sec, κατά το λοιπό 999/1000 (ή 99,9%) του χρόνου ο ηχοβολέας λειτουργεί σαν ακουστικός δέκτης των υπερήχων [10].

Οι μικρές συχνότητες των υπερήχων είναι ιδιαίτερα διεισδυτικές ενώ οι μεγάλες είναι κατάλληλες για τον έλεγχο των επιπολής οργάνων. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η ταχύτητα του ήχου σε κάθε μέσον είναι σταθερή σε δεδομένη θερμοκρασία ενώ η συχνότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος.

Εφόσον το γινόμενο πρέπει να μείνει σταθερό, αυξανόμενης της συχνότητας ελαττώνεται το μήκος κύματος.

Ταχύτητα Υπερήχων: Αέρας: 331 μ / SEC (Μέτρα ανά 2λεπτο)

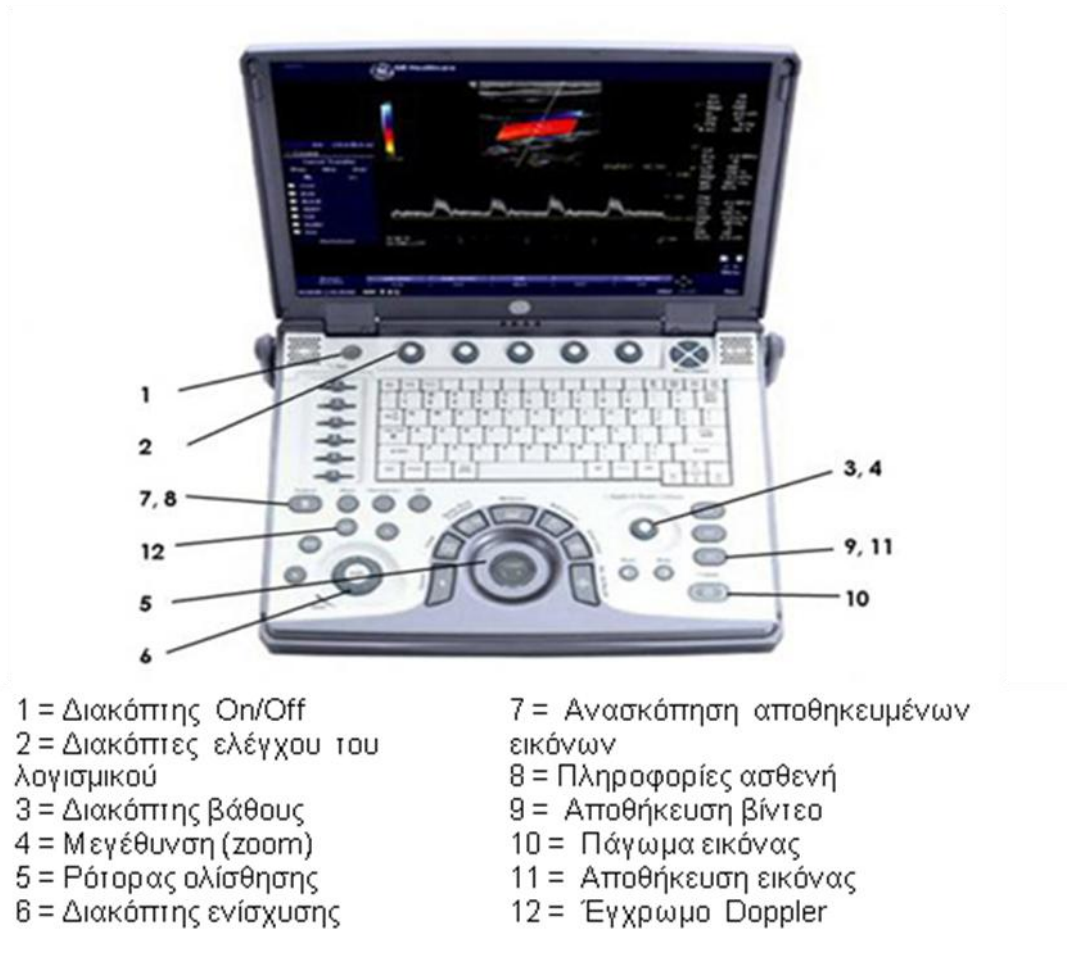
Μαλακά μόρια: 1.500 μ /SEC

Οστά: 4.080 μ /SEC

Μηχανήματα υπερήχων

Η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητα ενός υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου περιφερικού νευρικού αποκλεισμού βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση του χειρισμού των μηχανημάτων των υπερήχων. Παρά τις διαφορές στην εμφάνιση, όλα τα μηχανήματα υπερήχων έχουν παρόμοιες δυνατότητες χειρισμού, με κουμπιά και διακόπτες η ρύθμιση των οποίων χρησιμεύει στη βελτίωση της ποιότητας της παραγόμενης εικόνας (Εικόνα 6). Παρά το γεγονός ότι τα σύγχρονα μηχανήματα υπερήχων παρέχουν πληθώρα δυνατοτήτων, οι βασικές τους λειτουργίες με τις οποίες πρέπει να είναι εξοικειωμένοι όλοι οι χειριστές, είναι η συχνότητα και η επιλογή του αντίστοιχου ηχοβολέα, το βάθος, η ενίσχυση, η ρύθμιση της τιμής απολαβής σε σχέση με το χρόνο (time gain compensation-TGC), η εστίαση, την προρυθμισμό τους (preprogrammed presets), το έγχρωμο Doppler, το δυναμικό Doppler, η συνδυαστική τους απεικόνιση, η αρμονική ιστική απεικόνιση (tissue harmonic imaging-THI) σε κάποια μοντέλα, το πάγωμα της εικόνας (freeze) και η λήψη (acquisition). Συχνά, η προσπάθεια για την απεικόνιση όσο το δυνατόν καλύτερης εικόνας περιλαμβάνει την αλληλουχία μιας σειράς αλληλοαναιρούμενων ενεργειών, αφού η βελτίωση μιας παραμέτρου αποβαίνει σε βάρος μιας άλλης. Η

κατανόηση των φυσικών αρχών των υπερήχων μπορεί να εξηγήσει το φαινόμενο [11,12].



Εικόνα 5. Φορητό μηχάνημα υπερήχων στο οποίο απεικονίζονται οι συνήθεις δυνατότητες χειρισμού. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Τα περισσότερα μηχανήματα υπερήχων αποτελούνται από:

1. Έναν πομπό (pulser- transmitter) που παράγει ώσεις υπερήχων

2. Έναν μορφομετατροπέα (transducer) που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική και το αντίστροφο
3. Ένα δέκτη (receiver) που ανιχνεύει, συμπιέζει και ενισχύει τα σήματα που επιστρέφουν στον μορφομετατροπέα
4. Μια οθόνη που εμφανίζει το σήμα σε φωτεινότητα B-mode (B- Brightness) την κίνηση σε M-mode (M- Motion) και το εύρος σε A-mode (A-Amplitude)
5. Μια μνήμη που αποθηκεύει στιγμιότυπα και εικόνες βίντεο [13,14].

Συχνότητα και επιλογή του ηχοβολέα (transducer)

Από τα σημαντικότερα στοιχεία ενός μηχανήματος υπερήχων είναι ο ηχοβολέας (ή κεφαλή σάρωσης). Οι ηχοβολείς εκπέμπουν κύματα υπερήχων, τα οποία δημιουργούνται από ένα ηλεκτρικό πεδίο εναλλασσόμενου ρεύματος. Αυτό εφαρμόζεται σε μικρούς πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους που είναι τοποθετημένοι κάτω από την επιφάνεια του ηχοβολέα, και τα κύματα συγχωνεύονται σε μια ακουστική δέσμη.

Η δέσμη των υπερήχων μπορεί να διεισδύσει μέσα από μύες, τένοντες και άλλους μαλακούς ιστούς σε διαφορετικό βαθμό που εξαρτάται από τη σύνθεση του ιστού, αν και δεν μπορεί να διαπεράσει μέσα από πολύ πυκνούς ιστούς όπως τα οστά. Τα ακουστικά κύματα που δημιουργούνται, ανακλώνται μέσω των ιστών με διαφορετική ένταση στον ηχοβολέα των υπερήχων και μετατρέπονται σε εικόνα. Έτσι, οι ηχοβολείς είναι ταυτόχρονα πομποί και δέκτες των υπερηχητικών κυμάτων.

Η επιλογή του κατάλληλου ηχοβολέα καθορίζεται από το βάθος της περιοχής που εντοπίζονται οι αναζητούμενες δομές. Όσο αυξάνει η συχνότητα εκπομπής, τόσο

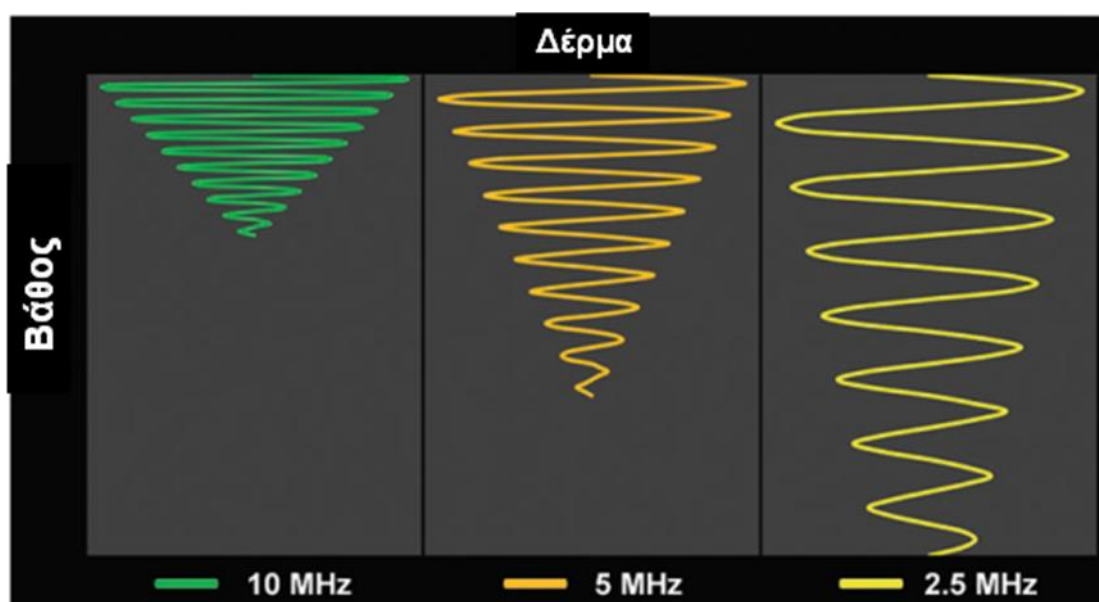
μειώνεται το βάθος της απεικόνισης των ανατομικών δομών στην οθόνη, ενώ όταν μειώνεται η συχνότητα αυξάνεται το βάθος απεικόνισης.

Οι υψηλότερες συχνότητες του ηχοβολέα προσδίδουν καλύτερη αξονική διακριτική ικανότητα (axial spatial resolution), δηλαδή επιτρέπουν την καλύτερη διάκριση μεταξύ ιστικών δομών που γειτνιάζουν σε διαφορετικό βάθος στον άξονα των y . Όταν η διακριτική ικανότητα είναι πτωχή, ως συνέπεια μιας λανθασμένα χαμηλής επιλογής της συχνότητας, δυο γειτονικές δομές οι οποίες είναι στην πραγματικότητα η μια κάτω από την άλλη, μπορεί να απεικονιστούν λανθασμένα ως μια ενιαία δομή (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Η αξονική διακριτική ικανότητα. δηλαδή η ικανότητα να απεικονιστούν ξεχωριστά δύο δομές που βρίσκονται η μια πάνω από την άλλη, παράλληλα με τη δέσμη των υπερήχων (στον y άξονα), αυξάνεται όσο η συχνότητα αυξάνει, το βάθος, όμως, της διείσδυσης της δέσμης μειώνεται. Στην εικόνα φαίνεται ότι η ικανότητα του μηχανήματος των υπερήχων να διακρίνει μεταξύ τους χωριστές δομές μειώνεται όσο μειώνεται η συχνότητα. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Δυστυχώς, τα κύματα υψηλών συχνοτήτων εξασθενούν περισσότερο από τα κύματα των χαμηλών συχνοτήτων. Ο όρος «εξασθένιση» αναφέρεται στην προοδευτική απώλεια ενέργειας (και συνεπώς της έντασης του σήματος), καθώς τα κύματα των υπερήχων κινούνται από τον ηχοβολέα στον ιστό-στόχο και επιστρέφουν από αυτόν για να αποδώσουν μια εικόνα. Το αποτέλεσμα μιας μεγάλης εξασθένισης είναι μια δυσδιάκριτη εικόνα. Για το λόγο αυτό, ο χειριστής πρέπει να επιλέξει την υψηλότερη δυνατή συχνότητα που είναι ικανή να διεισδύσει στο κατάλληλο βάθος ώστε να απεικονιστεί η δομή-στόχος [5,9,15].



Εικόνα 7. Η εξασθένιση των υπερήχων αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της συχνότητας και την απόσταση που διανύεται από τα κύματα των υπερήχων. Τα υψίσυχνα (10 MHz) κύματα υπερήχων εξασθενούν περισσότερο από τα κύματα υπερήχων χαμηλής συχνότητας (5 και 2,5 MHz) στην ίδια απόσταση (βάθος). Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Οι ηχοβολείς που χρησιμοποιούνται στην κλινική πράξη διακρίνονται ανάλογα με τον αριθμό, το πάχος και τον τρόπο διάταξης των κρυστάλλων σε:

A. Ηχοβολείς γραμμικής διάταξης (linear) υψηλής συχνότητας, εύρους 7,5-15 MHz. Χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση επιφανειακών δομών (έως βάθος 4-5cm), έχουν εξαιρετική διακριτική ικανότητα και μεγάλο επιφανειακό ορατό πεδίο, αλλά όχι καλή διεισδυτικότητα (Για παράδειγμα απεικόνιση νεύρων στη διασκαλενική αύλακα ή τη μασχαλιαία χώρα).

B. Ηχοβολείς καμπυλόγραμμης διάταξης (convex) χαμηλής συχνότητας, εύρους 2-5 MHz. Χρησιμοποιούνται για απεικόνιση δομών σε μεγαλύτερα βάθη (>6 cm) με πολύ καλή διεισδυτικότητα και λιγότερο καλή διακριτική ικανότητα (Για παράδειγμα απεικόνιση νεύρων υποκλείδια ή την ιγνυακή χώρα).



Εικόνα 8. Αριστερά: Ηχοβολέας γραμμικής διάταξης. Δεξιά: Ηχοβολέας καμπυλόγραμμης διάταξης. Ο δείκτης του ηχοβολέα (σε κόκκινο κύκλο) τοποθετείται συμβατικά προς τη δεξιά μεριά του σώματος ώστε να είναι πάντοτε αναγνωρίσιμος ο προσανατολισμός της απεικόνισης της οθόνης. Εικόνα από Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

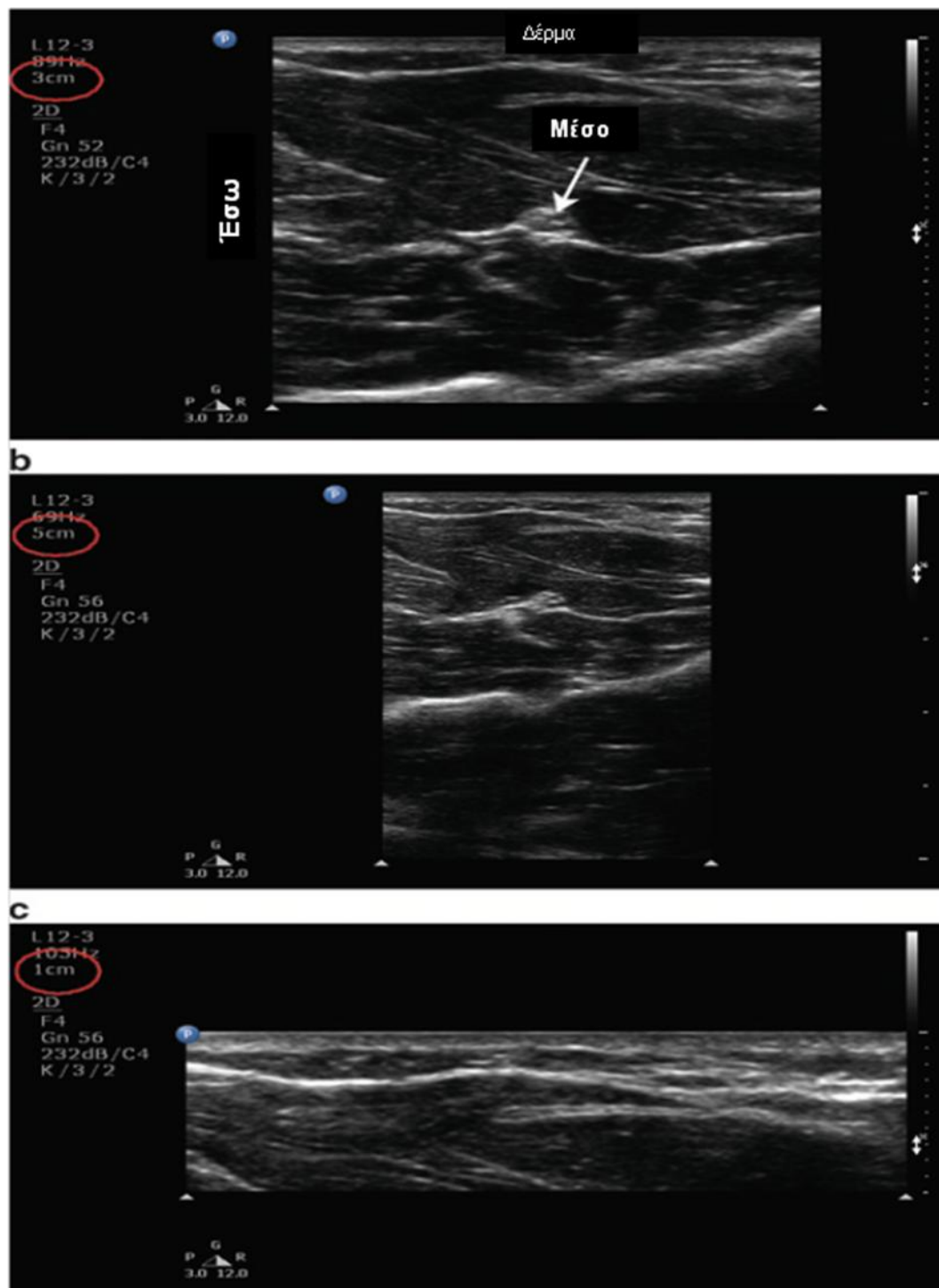
Τα περισσότερα μηχανήματα υπερήχων έχουν μια «κεντρική» (βέλτιστη) συχνότητα με ένα εύρος συχνοτήτων γνωστό ως ευρυζωνικότητα (bandwidth). Αφού

επιλεγεί ο καταλληλότερος ηχοβολέας (ανάλογα με το βάθος της εξεταζόμενης δομής) ο χειριστής μπορεί να ρυθμίσει τη συχνότητα για να βελτιστοποιήσει την εικόνα [5,9,16].

Βάθος

Το βάθος προσαρμόζεται έτσι ώστε οι δομές που μας ενδιαφέρουν να βρίσκονται στο πεδίο της απεικόνισης. Ζητούμενο είναι να θέσουμε το βάθος ακριβώς κάτω από τη δομή-στόχο. Αυτό εξυπηρετεί δύο σκοπούς: καταρχάς, η απεικόνιση σε βάθος μεγαλύτερο από το απαιτούμενο έχει ως συνέπεια τη σμίκρυνση του στόχου, αφού η απεικόνιση έχει συγκεκριμένο μέγεθος και επομένως η δομή-στόχος είναι δυσκολότερο να απεικονιστεί αλλά και να στοχευθεί με τη βελόνα. Δεύτερο, μειώνοντας το βάθος βελτιώνεται η *χρονική διακριτική ικανότητα (temporal resolution)*. Η χρονική διακριτική ικανότητα αναφέρεται στην ταχύτητα με την οποία παράγονται διαδοχικές εικόνες (εκφραζόμενες σε στιγμιότυπα ανά δευτερόλεπτο), η αλληλουχία των οποίων αποδίδει την απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο. Η χρονική διακριτική ικανότητα εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία με την οποία διαδοχικά κύματα υπερήχων αποστέλλονται ώστε να σχηματίσουν μια πλήρη δέσμη (συνήθως της τάξης χιλιάδων ανά δευτερόλεπτο). Δεδομένου ότι τα κύματα των υπερήχων αποστέλλονται κατά ώσεις, με την κάθε ώση να αποστέλλεται αφού η προηγούμενη έχει επιστρέψει στον ηχοβολέα, η συνολικά ταχύτητα των ώσεων που αποστέλλονται για τις εν τω βάθει δομές πρέπει να είναι μικρότερη. Συνεπώς, η

χρονική διακριτική ικανότητα εκπίπτει όσο το βάθος αυξάνει (Εικόνα 9).



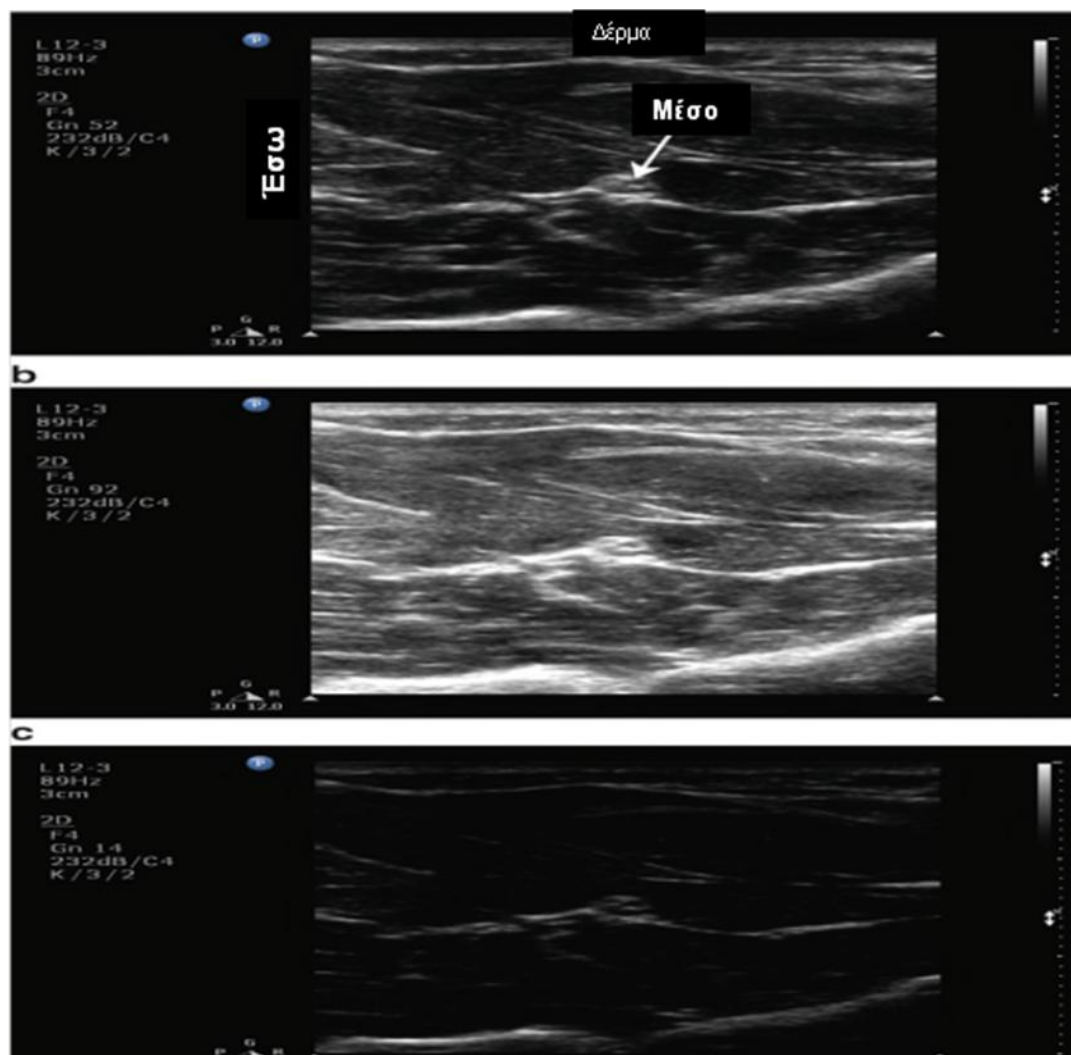
Εικόνα 9. Απεικόνιση του μέσου νεύρου σε διαφορετικά βάθη. Στην εικόνα A, όπου το βάθος είναι επιθυμητό το νεύρο και οι περιβάλλοντες μύες απεικονίζονται ευκρινώς. Στην εικόνα B όπου το βάθος είναι μεγαλύτερο το μέγεθος των δομών μειώνεται, ενώ στην εικόνα Γ όπου το βάθος είναι μειωμένη, η απεικόνιση του νεύρου

δεν είναι δυνατή. Εικόνα από Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Τα σύγχρονα μηχανήματα υπερήχων διατηρούν τη χρονική διακριτική ικανότητα μειώνοντας το πλάτος της δέσμης των υπερήχων, γεγονός που εξηγεί την αυτόματη προσαρμογή σε στενότερη εικόνα όσο το βάθος αυξάνει. Η μείωση του πλάτους της δέσμης προκαλεί τη μείωση του αριθμού των αποστελλόμενων κυμάτων που πρέπει να επιστρέψει στο μορφομετατροπέα, μειώνοντας έτσι το χρόνο που απαιτείται για να αποδοθεί μια εικόνα ώστε να διατηρηθεί η ταχύτητα των στιγμιοτύπων. Σε αντίθεση με την απεικόνιση της καρδιάς, όπου η προβολή κινούμενων αντικειμένων είναι κρίσιμης σημασίας, η χρονική διακριτική ικανότητα στην περιοχική αναισθησία και τη διαχείριση του πόνου είναι ήσσονος σημασίας. Όταν όμως η ταχύτητα των στιγμιοτύπων είναι ιδιαίτερα χαμηλή μπορεί να προκαλέσει την ανεπιθύμητη θόλωση της εικόνας κατά την προώθηση της βελόνας ή κατά την ταχεία έγχυση του τοπικού αναισθητικού [5,9,10].

Ενίσχυση (Gain)

Ο διακόπτης της ενίσχυσης καθορίζει το πόσο φωτεινή (υπερηχογενής) ή σκοτεινή (υπόηχη) εμφανίζεται η εικόνα (Εικόνα 10). Η μηχανική ενέργεια των αντηχήσεων που επιστρέφουν στον ηχοβολέα μετατρέπεται από το μηχανήμα των υπερήχων σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο με τη σειρά του μετατρέπεται στην παραγόμενη εικόνα. Η αύξηση της ενίσχυσης μεγεθύνει το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από τις ανακλόμενες αντηχήσεις οι οποίες με τη σειρά τους αυξάνουν τη φωτεινότητα ολόκληρης της εικόνας, συμπεριλαμβανομένου του θορύβου του περιβάλλοντος.



Εικόνα 10. Στην εικόνα Α το μέσο νεύρο και οι περιβάλλοντες μύες του πήχεως απεικονίζονται με ικανοποιητική ενίσχυση. Στις εικόνες Β και Γ η ενίσχυση έχει υψηλή και χαμηλή ρύθμιση αντιστοίχως. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA 2010 [5].

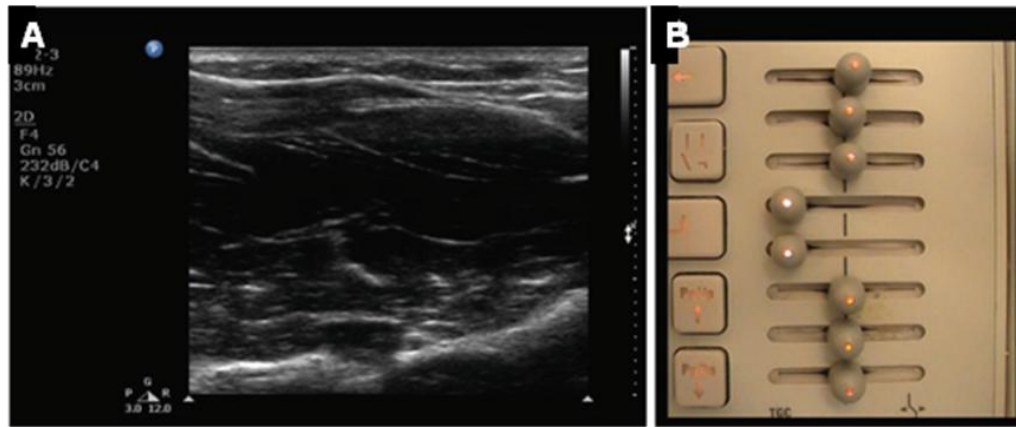
Η ρύθμιση της ενίσχυσης απαιτεί προσεκτικό χειρισμό, διότι, παρά την αντίληψη από αρχάριους ότι η αύξηση της φωτεινότητας είναι επιθυμητή, η υπερβολική φωτεινότητα μπορεί στην πραγματικότητα να προκαλέσει τεχνητά αντηχήσεις ή να αποκρύψει υπάρχουσες δομές. Επίσης η αύξηση της ενίσχυσης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ηχογενούς πληροφορίας αλλά και τη

μείωση της πλάγιας διακριτικής ικανότητας (lateral resolution), δηλαδή της ικανότητας να διακριθούν στοιχεία που βρίσκονται δίπλα το ένα από το άλλο.

Τιμή απολαβής (Time Gain Compensation -TGC)

Όπως και στην περίπτωση της ενίσχυσης, η λειτουργία της τιμής απολαβής (TGC) επιτρέπει στο χειριστή να προβεί σε ρυθμίσεις της φωτεινότητας. Ενώ η ρύθμιση της ενίσχυσης αυξάνει τη φωτεινότητα συνολικά, η ρύθμιση της τιμής απολαβής επιτρέπει στο χειριστή να προσαρμόσει τη φωτεινότητα ανεξάρτητα σε διαφορετικά βάθη του πεδίου. Για την κατανόηση της χρησιμότητας της τιμής απολαβής, είναι απαραίτητη η εκτίμηση του φαινομένου της εξασθένισης. Τα κύματα των υπερήχων περνώντας διαμέσου των ιστών υφίστανται εξασθένιση, κυρίως λόγω απορρόφησης αλλά και λόγω αντανάκλασης και διάθλασης. Η εξασθένιση εξαρτάται από τη συχνότητα της δέσμης (τα υψίσυχνα κύματα εξασθενούν περισσότερο) και το είδος του ιστού διαμέσου του οποίου διαδίδονται οι υπέρηχοι (περιγράφεται από τον *συντελεστή εξασθένισης* που είναι χαρακτηριστικός για κάθε είδος ιστού). Η εξασθένιση επίσης αυξάνει με το βάθος, και εάν το μηχάνημα εμφάνιζε άμεσα τις αντανάκλασεις που επιστρέφουν στον ηχοβολέα, η εικόνα θα γινόταν προοδευτικά πιο σκοτεινή, από την επιφάνεια προς το βάθος. Αν και τα μηχανήματα των υπερήχων είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε η εξασθένιση να διορθώνεται αυτόματα, η διόρθωση δεν είναι πάντοτε ακριβής. Έτσι, η τιμή απολαβής συνήθως ρυθμίζεται με τέτοιο τρόπο που να αυξάνει τη φωτεινότητα των εν τω βάθει δομών και να απεικονίζεται έτσι μια πιο ομοιογενής εικόνα (Εικόνα 11). Κάποια μηχανήματα διαθέτουν ξεχωριστούς ολισθαίνοντες διακόπτες ρύθμισης για κάθε τμήμα της εικόνας, ενώ άλλα έχουν απλά «εγγύς» και «άπω» ενίσχυση. Όταν η ρύθμιση γίνεται ανεξάρτητα σε τμήματα της

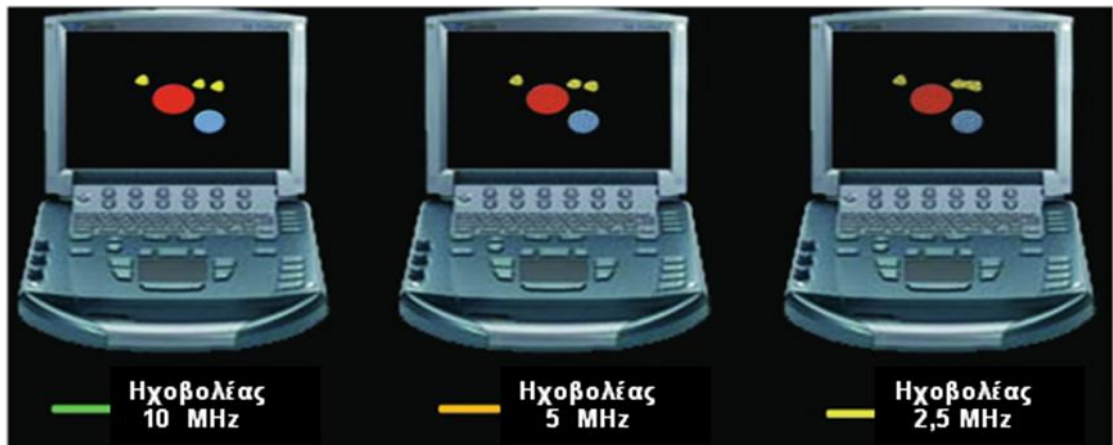
εικόνας με ολισθαίνοντες διακόπτες ρύθμισης, η εξασθένιση αντιρροπείται με αύξηση της ενίσχυσης από την επιφάνεια προς το βάθος [5,9,16].



Εικόνα 11. Στο παράδειγμα της εικόνας το μέσο νεύρο δεν απεικονίζεται στο μέσο της εικόνας λόγω υπορρύθμισης του τέταρτου και πέμπτου ολισθαίνοντα διακόπτη της τιμής απολαβής (TGC) και μειωμένη την αντίστοιχη τιμή της απολαβής. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

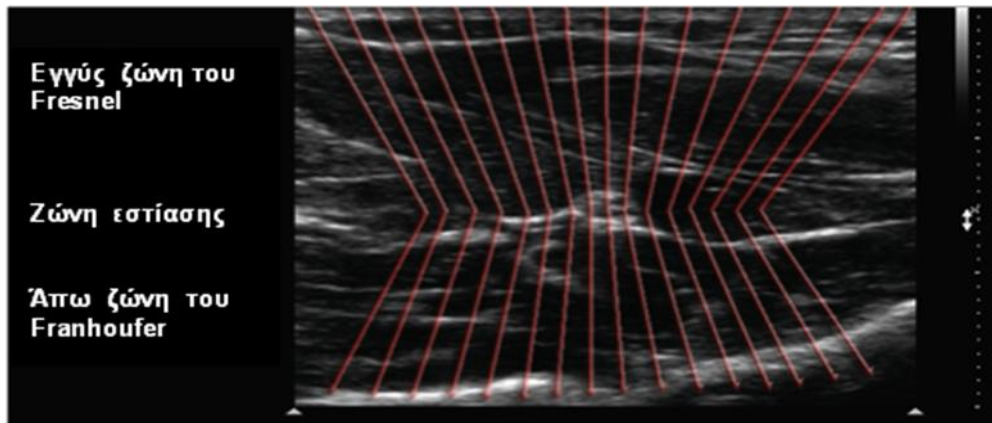
Εστίαση (focus)

Η ρύθμιση της εστίασης δεν είναι δυνατή σε όλα τα μηχανήματα υπερήχων, αλλά όταν αυτή είναι διαθέσιμη τροποποιείται για να βελτιστοποιήσει την πλάγια αναλυτική ικανότητα (Εικόνα 12). Η τελευταία αναφέρεται στην ικανότητα του μηχανήματος να διακρίνει δύο στοιχεία που βρίσκονται δίπλα το ένα από το άλλο στο ίδιο βάθος, κάθετα στη δέσμη των υπερήχων (στον άξονα των x).



Εικόνα 12. Όπως φαίνεται στην εικόνα, η πλάγια αναλυτική ικανότητα αυξάνει όσο αυξάνει η συχνότητα αλλά το βάθος της διείσδυσης μειώνεται. Στις χαμηλές συχνότητες η διείσδυση αυξάνει αλλά η πλάγια αναλυτική ικανότητα μειώνεται. Το μηχάνημα των υπερήχων δεν μπορεί να διακρίνει δύο ξεχωριστά στοιχεία όσο η συχνότητα μειώνεται. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Πολλά πιεζοηλεκτρικά στοιχεία τα οποία τοποθετούνται παράλληλα στην επιφάνεια του μορφομετατροπέα αποστέλλουν ανεξάρτητα κύματα τα οποία μαζί δημιουργούν μια τρισδιάστατη δέσμη υπερήχων. Η δέσμη αυτή αρχικά συγκλίνει (ζώνη του Fresnel) μέχρι σε ένα σημείο όπου η δέσμη είναι στενότερη (ζώνη εστίασης) και στη συνέχεια αποκλίνει (ζώνη του Fraunhofer) καθώς διαδίδεται μέσω των ιστών. Έτσι όταν η δέσμη αποκλίνει, τα ανεξάρτητα κύματα της δέσμης δεν κινούνται παράλληλα το ένα με το άλλο, αλλά απομακρύνονται (Εικόνα 13). Σε ιδανικές συνθήκες, κάθε σημείο του πεδίου θα διαχεόταν από ανεξάρτητα κύματα υπερήχων (και συνεπώς θα δημιουργούσε την αντίστοιχη εικόνα) ανεξαρτήτως του πόσο κοντά βρίσκονται δύο στοιχεία που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Τα στοιχεία-στόχοι μπορεί να απολεσθούν, αν βρίσκονται μεταξύ δύο ανεξάρτητων κυμάτων υπερήχων που αποκλίνουν.



Εικόνα 13. Η ζώνη εστίασης είναι το όριο στο οποίο τελειώνει η σύγκλιση της δέσμης και αρχίζει η απόκλισή της. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Για αυτό το λόγο, ο περιορισμός της διάχυσης της δέσμης στη ζώνη εστίασης βελτιώνει την πλάγια αναλυτική ικανότητα. Ο σκοπός του διακόπτη εστίασης είναι να επιτρέψει στο χειριστή να ρυθμίσει τη ζώνη εστίασης σε διάφορα βάθη στο πεδίο. Το επίπεδο της εστίασης εμφανίζεται συνήθως ως μικρό βέλος στο άκρο της οθόνης [5,10].

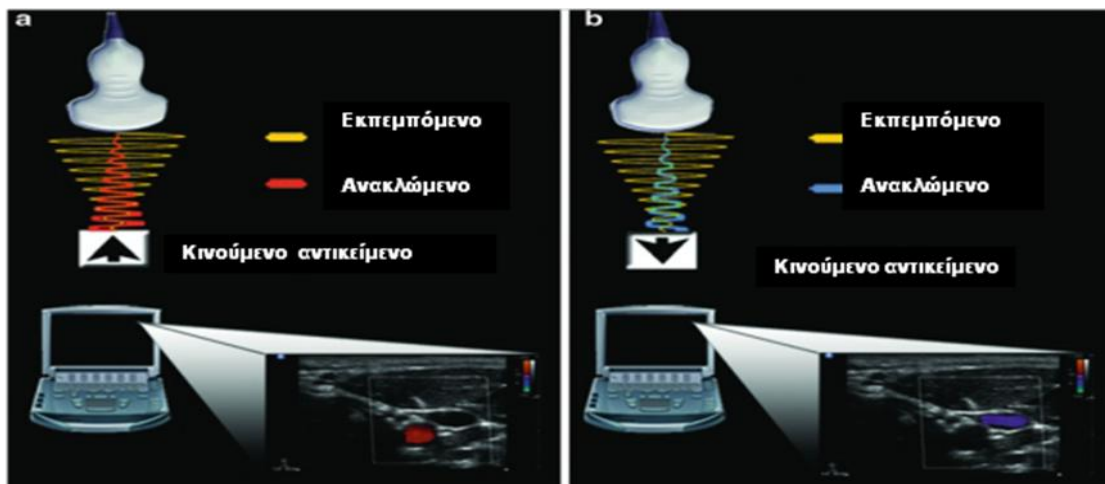
Προρρυθμιση (Presets)

Όλα τα μηχανήματα έχουν προρυθμίσεις, δηλαδή ένα προκαθορισμένο συνδυασμό των χαρακτηριστικών που περιγράφηκαν, ο οποίος είναι γενικά ο βέλτιστος για έναν ιστό. Αυτές μπορεί να παρουσιάζονται απλά ως επιλογή νεύρων ή αγγείων, κάποια μηχανήματα όμως μπορεί να έχουν προρυθμίσεις για συγκεκριμένους νευρικούς αποκλεισμούς. Αν και αποτελούν χρήσιμο σημείο εκκίνησης, συνήθως απαιτείται περαιτέρω χειροκίνητη ρύθμιση [5,9,14].

Έγχρωμο Doppler

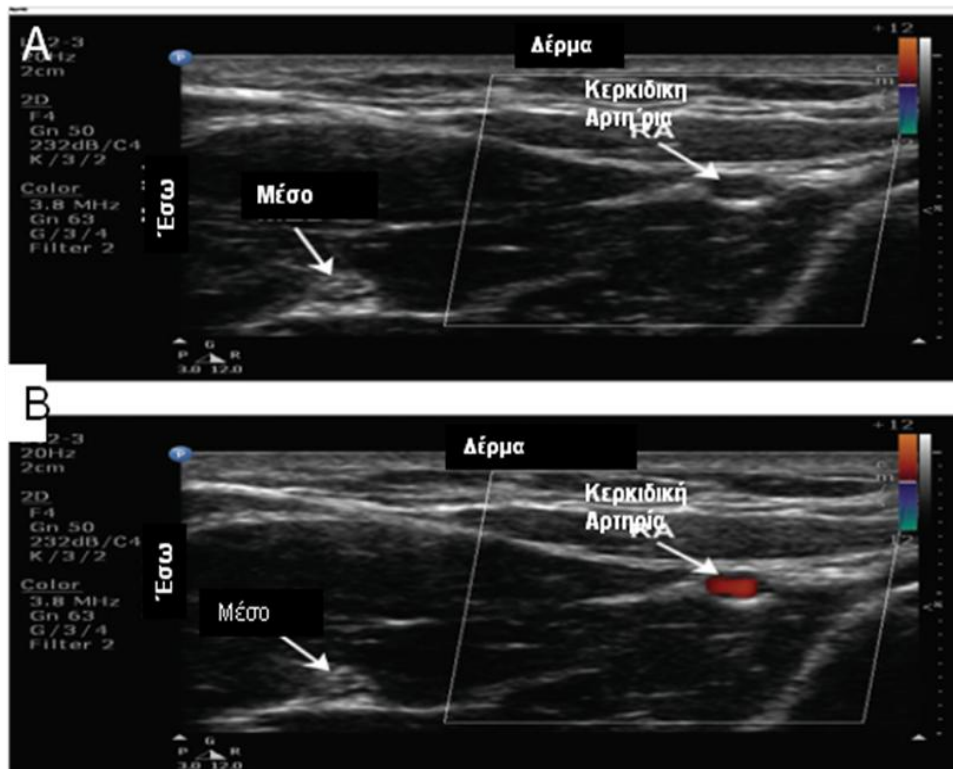
Η τεχνολογία του έγχρωμου Doppler προστίθεται στην εικόνα πραγματικού χρόνου και διευκολύνει την ταυτοποίηση και την ποσοτικοποίηση (ταχύτητα, κατεύθυνση) της αιματικής ροής. Το κύριο πλεονέκτημά της όμως για τους αναισθησιολόγους είναι η επιβεβαίωση της απουσίας αιματικής ροής από την πιθανή πορεία της βελόνας.

Η μέτρηση της αιματικής ροής, βασίζεται στο φαινόμενο ότι η ταχύτητα μιας κυματικής μορφής εξαρτάται από την σχετική ταχύτητα μεταξύ του πομπού και του δέκτη του κύματος. Το φαινόμενο αυτό καλείται φαινόμενο Doppler και εφαρμόζεται σε κάθε μορφής κύμα τόσο ηλεκτρομαγνητικό (π.χ. φως) όσο και μηχανικό (π.χ. υπέρηχοι). Βασική παράμετρος είναι η κατεύθυνση της αιματικής ροής σε σχέση με τον ηχοβολέα. Αν η αιματική ροή κινείται προς τον ηχοβολέα, τότε οι ανακλώμενοι ήχοι, έχουν υψηλότερη συχνότητα από το εκπεμπόμενο ηχητικό κύμα, και αναπαριστώνται με κόκκινο χρώμα. Αντίθετα αν η ροή του αίματος απομακρύνεται του ηχοβολέα, οι αντηχήσεις έχουν χαμηλότερη συχνότητα από το εκπεμπόμενο κύμα και αναπαριστώνται με μπλε χρώμα. Το χρώμα δεν αντιστοιχεί απαραίτητα σε αρτηρία ή φλέβα. Αυτή η διαφορά των συχνοτήτων καλείται μεταβολή της συχνότητας Doppler (Doppler frequency shift). Αυτή η αλλαγή συχνότητας είναι ευθέως ανάλογη της ταχύτητας αιματικής ροής και επειδή συνήθως βρίσκεται μέσα στην ακουστική κλίμακα, τα συστήματα υπερήχων, επιπλέον του οπτικού σήματος ροής επί της οθόνης του monitor, είναι εξοπλισμένα και με ακουστικό σήμα με το οποίο μπορούν να ανιχνευθούν. Όσο ο ηχοβολέας προσεγγίζει ένα αγγείο, τόσο το ηχητικό σήμα γίνεται εντονότερο (Εικόνα 14).



Εικόνα 14. Α/ Όταν ένα ηχητικό κύμα εκπέμπεται από τον ηχοβολέα και ανακλάται από ένα στοιχείο – στόχο που κινείται προς τον ηχοβολέα, η συχνότητα της επιστροφής θα είναι υψηλότερη από το αρχικό ηχητικό κύμα και αναπαρίσταται από κόκκινο χρώμα. Β/ Όταν το στοιχείο- στόχος απομακρύνεται από τον ηχοβολέα, η ανακλώμενη συχνότητα είναι χαμηλότερη από το αρχικό ηχητικό κύμα και αναπαρίσταται με μπλε χρώμα. Εικόνα από Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι όταν η γωνία της δέσμης προσεγγίζει τις 90 μοίρες, η αιματική ροή σε μια υπόηχη δομή μπορεί να μην απεικονίζεται. Στην λειτουργία Doppler, απαιτείται περισσότερος χρόνος για την επιστροφή των υπερήχων σε σχέση με την απλή λειτουργία (B-Mode), και η χρονική διακριτική ικανότητα είναι μειωμένη. Για το λόγο αυτό, μια μικρή μόνο περιοχή της εικόνας (συνήθως ορθογώνια ή παραλληλόγραμμη) απεικονίζεται για μεταβολή της συχνότητας όταν η λειτουργία του είναι ενεργοποιημένη (Εικόνα 15). Ο χειριστής μπορεί ακολούθως να μετακινήσει το πεδίο αυτό στον επιθυμητό στόχο, συνήθως με τη χρήση ενός ρότορα [5,9,14].



Εικόνα 15. Απεικόνιση της κερκιδικής αρτηρίας κατά το βραχύ άξονα με έγχρωμο Doppler. Στην εικόνα A όπου η δέσμη των υπερήχων είναι κάθετη στην αιματική ροή αυτή δεν απεικονίζεται. Στην εικόνα B, η αλλαγή της γωνίωσης του ηχοβολέα έχει συνέπεια την εμφάνιση της αρτηρίας. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

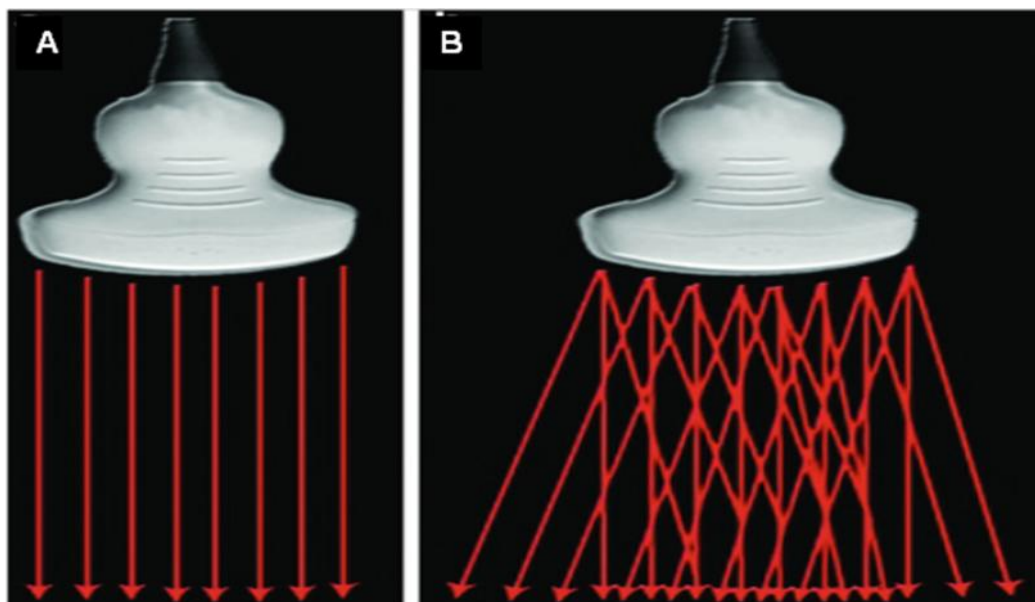
Παλλόμενο Doppler

Η μέθοδος του παλλόμενου Doppler βασίζεται στο ότι ο πομπός και ο δέκτης βρίσκονται σε ένα και τον αυτό κρύσταλλο. Ο ήχος στέλνεται κατά βραχείς παλμούς - ώσεις, οι δε αντηχήσεις λαμβάνονται στα μεσοδιαστήματα των ώσεων. Ο χρόνος από την εκπομπή παλμού μέχρι την υποδοχή της αντήχησης, καθορίζει το βάθος στο οποίο μπορούν να μετρηθούν ταχύτητες, επιτρέποντας στο σύστημα να καταμετρά πολύ μικρούς τόνους-ήχους. Το παλλόμενο είναι έως και 5 φορές πιο ευαίσθητο σε

σχέση με το έγχρωμο Doppler. Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι είναι σχεδόν ανεξάρτητο της γωνίας μειώνοντας τις ψευδώς αρνητικές περιπτώσεις του έγχρωμου Doppler, ενώ μειονεκτεί στο ότι δεν καθορίζεται η κατεύθυνση της ροής [5,9,14].

Σύνθετη απεικόνιση

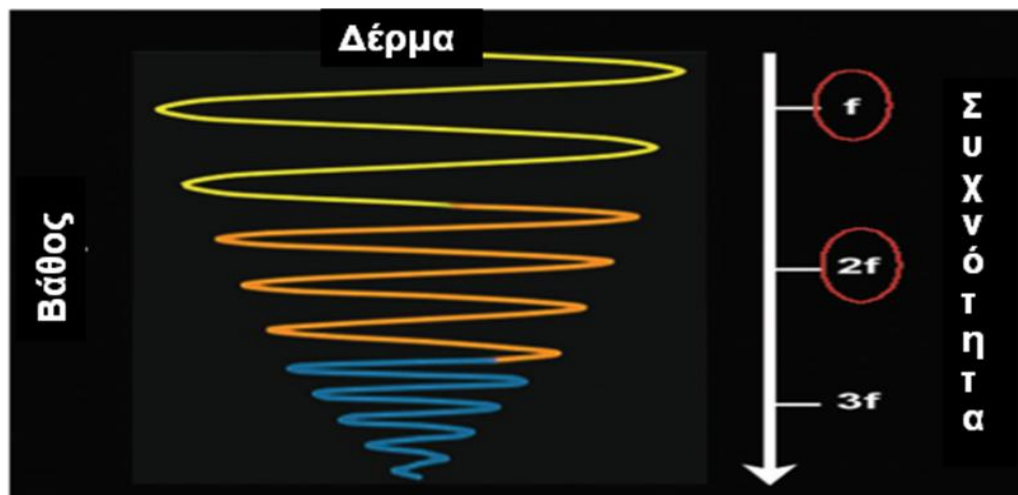
Η σύνθεση εικόνων είναι μια από τις πιο πρόσφατες τεχνολογικές προόδους των υπερήχων. Βελτιώνει την ποιότητα της εικόνας συγκριτικά με τους απλούς υπερήχους, μειώνοντας τα στίγματα και τα άλλα ακουστικά σφάλματα, και βοηθά στη διαφοροποίηση των ιστών και την απεικόνιση της βελόνας. Οι συμβατικοί ηχοβολείς εκπέμπουν κύματα προς μια κατεύθυνση, κάθετα στον ηχοβολέα. Τα σύγχρονα μηχανήματα υπερήχων με σύνθεση εικόνας μπορούν ταυτόχρονα να εκπέμπουν κύματα υπερήχων έως και σε εννιά διαφορετικές γωνίες, παράγοντας έτσι εικόνες του ίδιου ιστού από διαφορετικές γωνίες εκπομπής κυμάτων (Εικόνα 16). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ηλεκτρονικής σύνθεσης των ανακλώμενων αντηχήσεων από όλες τις διαφορετικές γωνίες για να παραχθεί μια υψηλής ποιότητας εικόνα. Παρόμοια είναι η σύνθετη απεικόνιση μέσω συχνοτήτων αλλά χρησιμοποιεί διαφορετικές συχνότητες και όχι διαφορετικές γωνίες εκπομπής κυμάτων για τη δημιουργία της εικόνας [5,9].



Εικόνα 16. Σύνθεση της δέσμης. Στην εικόνα A απεικονίζεται συμβατικός ηχοβολέας που εκπέμπει κύματα προς μια κατεύθυνση, ενώ στην εικόνα B ο ηχοβολέας εκπέμπει κύματα υπερήχων προς διάφορες κατευθύνσεις επιτρέποντας σύνθετη απεικόνιση. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Ιστική αρμονική απεικόνιση (Tissue Harmonic Imaging)

Ενώ τα κύματα των υπερήχων κινούνται μέσω των ιστών δημιουργούνται αρμονικές συχνότητες. Οι αρμονικές αυτές συχνότητες είναι πολλαπλάσιες της αρχικής, βασικής συχνότητας. Όταν η ιστική αρμονική απεικόνιση είναι διαθέσιμη, ο ηχοβολέας συλλαμβάνει κατά την επιστροφή τους στον ηχοβολέα κατά προτίμηση αυτές τις υψίσυχνες αντηχήσεις για τη δημιουργία της εικόνας (Εικόνα 17).



Εικόνα 17. Στην εικόνα φαίνεται η αύξηση της συχνότητας των υπερήχων ως πολλαπλάσια της αρχικής καθώς διεισδύει στους ιστούς. Κατά την ιστική αρμονική απεικόνιση, ο ηχοβολέας συλλαμβάνει κατά προτίμηση τις υψηλές συχνότητες (συνήθως τις διπλάσιες της αρχικής) για τη βελτίωση της εικόνας. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 : 13-72 [5].

Επειδή οι αρμονικές συχνότητες είναι υψηλότερες, η αξονική και πλάγια αναλυτική ικανότητα είναι αυξημένες και τα τεχνικά σφάλματα λιγότερα. Επιπλέον, σε αντίθεση με τους συμβατικούς υπερήχους, οι υψηλές αυτές συχνότητες επιτυγχάνονται χωρίς μείωση του βάθους της διείσδυσης. Η λειτουργία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την απεικόνιση υπόηχων ,κυστικών δομών αν και έχει αναφερθεί ότι δυσχεραίνει την απεικόνιση της βελόνας [9].

Διακόπτης βελτιστοποίησης

Πολλά νεότερα μηχανήματα διαθέτουν ένα διακόπτη που χρησιμεύει για τη σύνθεση όλων των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών για να δημιουργήσουν τη βέλτιστη εικόνα [14].

Διακόπτης παγώματος και απόκτησης της εικόνας

Η απεικόνιση των υπερήχων είναι μια δυναμική διαδικασία. Η εικόνα στην πράξη δημιουργείται από ένα αριθμό στιγμιοτύπων που διαδέχονται με αρκετή ταχύτητα το ένα το άλλο έτσι ώστε να παραχθεί μια εικόνα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Ο διακόπτης του παγώματος εμφανίζει την τρέχουσα εικόνα στην οθόνη αλλά συνήθως επιτρέπει και την απεικόνιση προηγούμενων στιγμιοτύπων για μια μικρή περίοδο. Επίσης είναι δυνατόν να αποθηκευθούν και χρησιμεύουν για μετρήσεις, για καταγραφή αρχείου και την εκπαίδευση [5,9,14].

Εισαγωγή στην εκπαίδευση για την εκτέλεση νευρικών αποκλεισμών με τη βοήθεια υπερήχων

Η χρήση των υπερήχων σε επεμβατικές τεχνικές για τον έλεγχο του πόνου παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Η τεχνολογία των υπερήχων αναπτύσσεται με γεωμετρική πρόοδο και έχει ως αποτέλεσμα την απόδοση βελτιωμένης, σε πραγματικό χρόνο και υψηλής ευκρίνειας απεικόνισης. Επιπλέον, η χρήση των υπερήχων δεν συνοδεύεται από τους κινδύνους που συνεπάγεται η έκθεση σε ακτινοβολία του ασθενούς και του χειριστή [17,18].

Με την κατάλληλη εκπαίδευση και εμπειρία, γίνεται εφικτή η εισαγωγή και προώθηση του άκρου της βελόνας μέχρι τον τελικό στόχο, ώστε να επιτευχθούν ασφαλείς και αποτελεσματικοί νευρικοί αποκλεισμοί. Η αποτυχία της απεικόνισης της βελόνας και ιδιαίτερα του άκρου της, κατά τη διάρκεια της προώθησής της είναι από τα συνηθέστερα σφάλματα κατά την εκτέλεση νευρικών αποκλεισμών με τη βοήθεια υπερήχων.

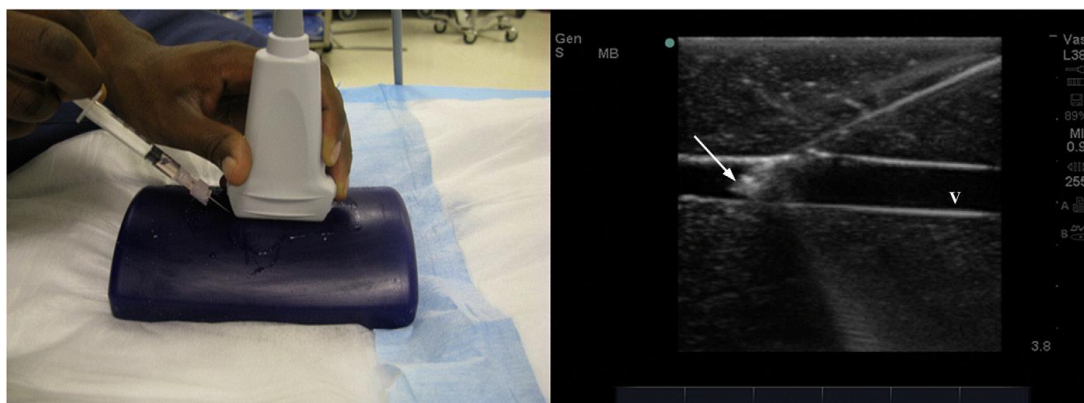
Ο λάθος χειρισμός της βελόνας και η άστοχη έγχυση τοπικών αναισθητικών, στεροειδών ή άλλων φαρμάκων εξαιτίας της πλημμελούς απεικόνισης του άκρου της βελόνας μπορεί να προκαλέσει αγγειακό, νευρικό ή σπλαχνικό τραυματισμό. Η συχνότητα των άσκοπων παρακεντήσεων αγγείων κατά την εκτέλεση περιφερικών νευρικών αποκλεισμών μειώνεται από 40% σε 10 % με τη χρήση υπερήχων σε σύγκριση με τις συμβατικές τεχνικές. Η συχνότητα των επιπλοκών, ιδιαίτερα από εκπαιδευόμενους, μπορεί να μειωθεί αν οι νευρικοί αποκλεισμοί εκτελεστούν με τεχνικές που βελτιώνουν την απεικόνιση του άκρου της βελόνας. Η απεικόνιση του άκρου της βελόνας μπορεί να είναι δυσχερής λόγω των διαφορών που μπορεί να έχουν οι βελόνες στην ηχογένεια και της ποικιλίας της εφαρμοσμένης τεχνολογίας των ηχοβολέων και των μηχανημάτων των υπερήχων [5,17].

Η λεπτομερής γνώση της ανθρώπινης ανατομίας και η απόδοση τυπικών, «ανατομικών» εικόνων με τη βοήθεια των υπερήχων, πολλές φορές δεν αρκούν για τη σωστή απεικόνιση του άκρου της βελόνας. Η ικανότητα να απεικονίζεται σε πραγματικό χρόνο η προώθηση της βελόνας μπορεί να είναι πρόκληση ακόμη και για έμπειρους χειριστές. Οι αρχάριοι χειριστές πρέπει να εκπαιδεύονται επαρκώς δίπλα σε έμπειρους συναδέλφους με τη χρήση προπλασμάτων και να εκτελέσουν μεγάλο

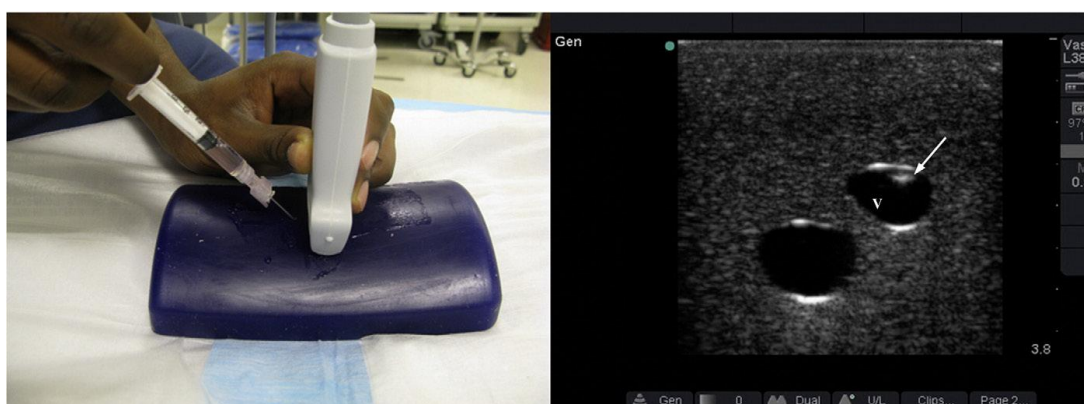
αριθμό εκπαιδευτικών σαρώσεων για την αναγνώριση των ανατομικών δομών στους ίδιους ή σε συναδέλφους τους, πριν ασκηθούν σε ασθενείς [18,19].

Εκπαίδευση σε προπλάσματα

Για να αποκτηθεί η απαραίτητη εξοικείωση με τον εξοπλισμό των υπερήχων και ο ικανός χειρισμός των προσπελάσεων, απαιτείται επαρκής εκπαίδευση των αναισθησιολόγων με τη χρήση προπλάσμάτων (phantoms), πριν από την εφαρμογή των υπερήχων για τη χορήγηση περιοχικής αναισθησίας. Τα προπλάσματα είναι υλικά προσομοίωσης τα οποία παρουσιάζουν αρκετές από τις ιδιότητες των ανθρώπινων ιστών όσο αναφορά στην αφή και την συμπίεση του ανθρώπινου δέρματος αλλά και την εμφάνιση της βελόνας με τη χρήση υπερήχων. Τα προπλάσματα μπορεί να είναι κατασκευασμένα από συνθετικό ζελατινώδες υλικό που μιμούνται τους ιστούς όσο αναφορά την μετάδοση των υπερήχων ή από ζωικούς ιστούς π.χ. χοίρους (Εικόνα 18). Στην τελευταία περίπτωση, ένα βόειος τένοντας που εισάγεται μέσα σε χοίρειους μυϊκούς ιστούς αναπαριστά ικανοποιητικά το νεύρο όπως εμφανίζεται στην οθόνη των υπερήχων. Πρόσφατα, έχουν παρασκευαστεί υψηλής πιστότητας διαδραστικά συνθετικά προπλάσματα, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μιμηθούν την κίνηση του άκρου όταν επιτυγχάνεται στόχευση και νευροδιέγερση του εικονικής δομής-στόχου ενώ άλλα ενεργοποιούν μια φωτεινή πηγή όταν επιτυγχάνεται ο εικονικός νευρικός αποκλεισμός (Εικόνα 19). Κάποια μηχανήματα υπερήχων από την άλλη παρέχουν εκπαιδευτικό υλικό, όπως αποθηκευμένες εικόνες και βίντεο για την εκπαίδευση στους νευρικούς αποκλεισμούς ή ακόμα και τη δυνατότητα ερμηνείας της εμφανιζόμενης εικόνας [20,21,22].



Εικόνα 18. Προσομοίωση εντοπισμού αγγείου σε συνθετικό πρόπλασμα (Blue Phantom) με χρήση υπερηχογραφίας. Η βελόνα εισάγεται παράλληλα στον ηχοβολέα (αριστερή εικόνα) και εμφανίζεται στην οθόνη (δεξιά εικόνα) ως μια ηχογενής γραμμή με το άκρο της βελόνας (βέλος) στο εσωτερικό του εικονικού αγγείου. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].



Εικόνα 19. Η βελόνα εισάγεται κάθετα στον ηχοβολέα (αριστερή εικόνα) και το άκρο της εμφανίζεται στην υπερηχογραφική οθόνη ως μια κουκίδα (δεξιά εικόνα- βέλος) στο εσωτερικό του εικονικού αγγείου. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Η ακουστική αντίσταση ως παράγων για την απεικόνιση της βελόνας

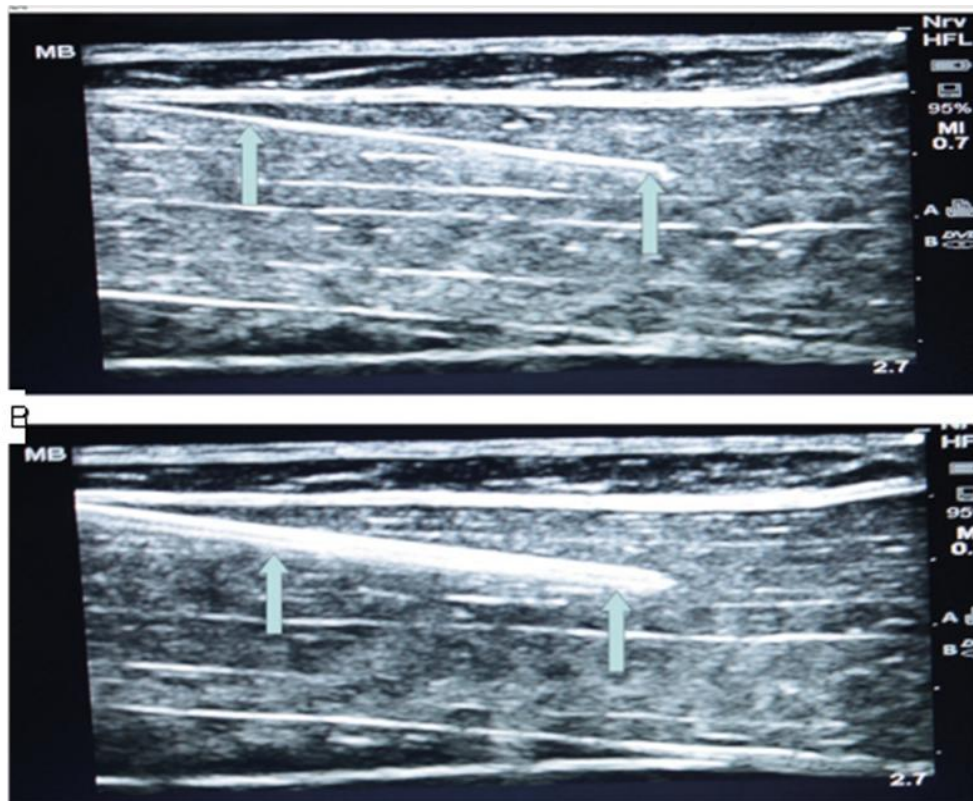
Η ακουστική αντίσταση των ιστών του σώματος εξαρτάται από την πυκνότητα των ιστών και την ταχύτητα με την οποία η δέσμη των υπερήχων περνάει μέσα από κάθε περιβάλλον. Η ταχύτητα της δέσμης των υπερήχων κυμαίνεται, μεταξύ 1500-1600 m/sec αναλόγως του είδους των ιστών. Οι μικρές αυτές διαφορές στην ταχύτητα της δέσμης των υπερήχων είναι υπεύθυνες για τη διαφορά στην ένταση του σήματος και τη φωτεινότητα. Όσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά στις ακουστικές αντιστάσεις δυο διαφορετικών ιστών, όπως για παράδειγμα μεταξύ μαλακών ιστών και μιας βελόνας ή ενός οστού, τόσο φωτεινότερο ή περισσότερο υπερηχογενές γίνεται το σήμα των υπερήχων. Από τη στιγμή που ένα τμήμα της βελόνας που χρησιμοποιείται για την επεμβατική πράξη βρεθεί σε αγγείο, θα παραχθεί ένα φωτεινό υπερηχογενές σήμα αφού θα υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των ακουστικών αντιστάσεων του κάθε ιστού (μεταξύ βελόνας και αίματος-υγρού) [23,24].

Η διάμετρος της βελόνας ως παράγων ηχογένειας

Η διάμετρος της βελόνας έχει σημασία για την υπερηχογραφική τους απεικόνιση. Μια βελόνα μεγάλου διαμετρήματος (Gauge) συνήθως απεικονίζεται ευκολότερα από μια μικρότερου μεγέθους για δύο σημαντικούς λόγους. Πρώτον, μια βελόνα μεγάλου διαμετρήματος έχει μεγάλη επιφάνεια που προκαλεί πιο σημαντική αλλαγή στην ακουστική αντίσταση από αυτή των μικρότερων βελόνων και αυτό μπορεί να μεταφράζεται σε φωτεινότερη εικόνα στην οθόνη των υπερήχων. Δεύτερον, η μεγαλύτερη επιφάνεια της βελόνας έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να υποκλέψει τη δέσμη των υπερήχων και να παραχθεί έτσι ένα φωτεινό σήμα από ότι οι μικρότερες βελόνες. Οι μεγάλοι εύρους (για παράδειγμα 17G) είναι περισσότερο

ηχογενείς από τις λεπτές και προτιμώνται σε βαθείς αποκλεισμούς (π.χ. σε υποκλείδιους αποκλεισμούς) και όταν η γωνία εισαγωγής της βελόνας είναι μεγάλη (>45 μοίρες). Οι μικρότερου εύρους βελόνες (π.χ. 22G) έχουν θέση σε πιο επιφανειακούς αποκλεισμούς (π.χ. μασχαλιαίους αποκλεισμούς) όπου η γωνία εισαγωγής της βελόνας είναι μικρή (Εικόνα 20).

Η κατεύθυνση της αιχμής επηρεάζει την αντήχηση της κορυφής της βελόνας, έχοντας την καλύτερη ορατότητα στρέφοντας την αιχμή είτε προς, είτε σε αντίθετη κατεύθυνση σε σχέση με τον ηχοβολέα. Όμως, μια βελόνα μεγάλου διαμετρήματος είναι και περισσότερο τραυματική και προκαλεί περισσότερο πόνο στους ασθενείς [23,25,26].

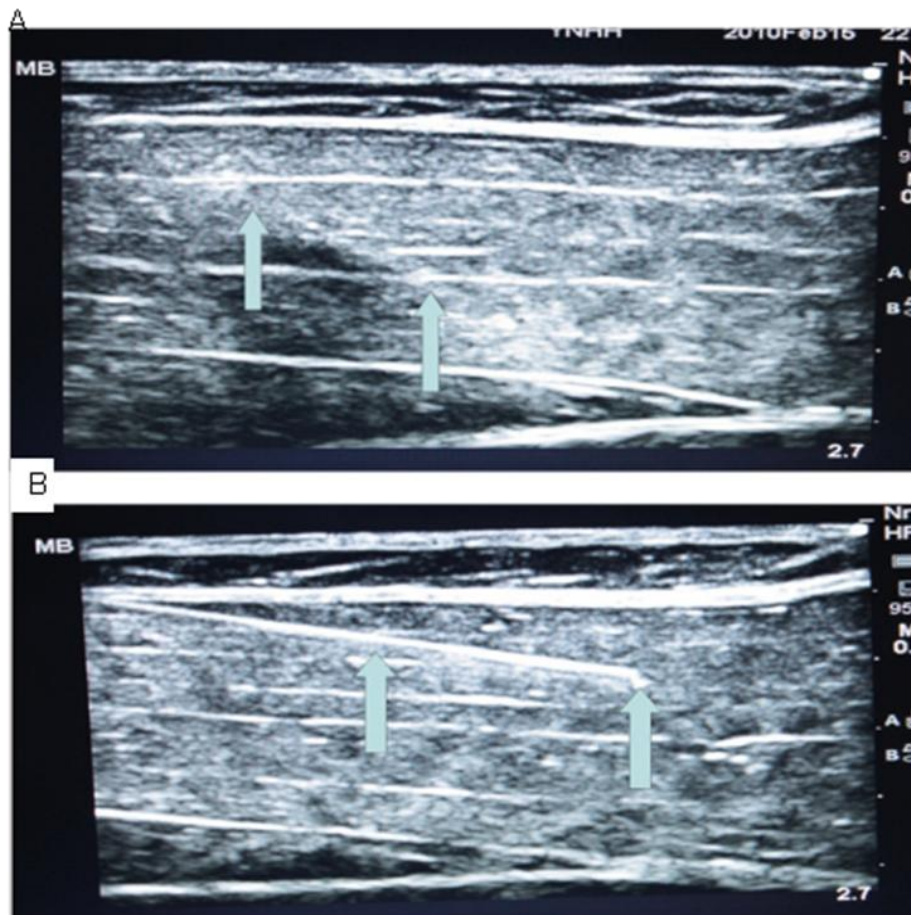


***Εικόνα 20.** Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος της βελόνας τόσο βελτιώνεται η απεικόνιση της, ενώ ακόμα και μια μικρή αύξηση του μεγέθους έχει σημαντικά αποτελέσματα. Στην εικόνα Α απεικονίζεται βελόνα 21 G ενώ στην εικόνα Β βελόνα 18*

G. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Επιλογή του σημείου και της γωνίας εισόδου της βελόνας

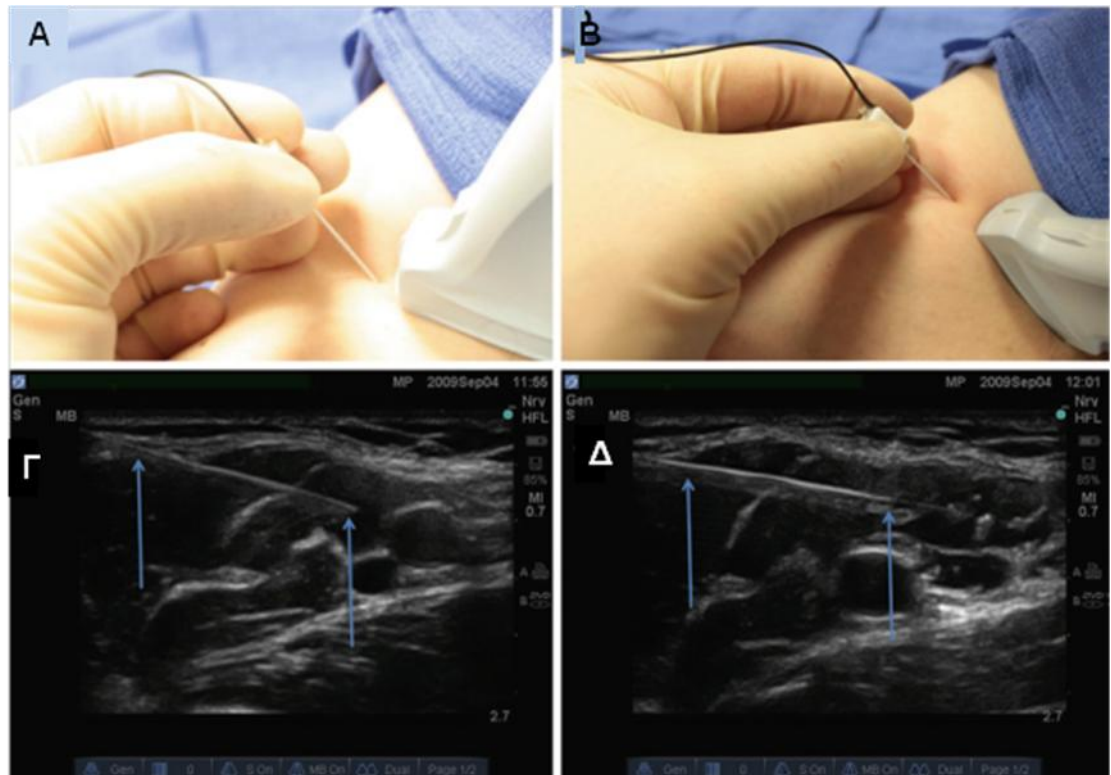
Η γωνία και το σημείο εισόδου, σε σχέση με το εμβαδό βάσης του ηχοβολέα, που επιλέγεται για την αρχική εισαγωγή της βελόνας παίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της απεικόνισής της. Αν η γωνία εισόδου σε σχέση με το εμβαδό βάσης του ηχοβολέα είναι οξεία, τότε ένα μικρότερο τμήμα της δέσμης των υπερήχων θα ανακλαστεί στον ηχοβολέα έχοντας ως αποτέλεσμα την μειωμένη ορατότητα της βελόνας. Μια απλή προσέγγιση για να επιτευχθεί καλύτερη απεικόνιση της βελόνας είναι η εισαγωγή της με όσο το δυνατόν πιο κάθετη γωνία σε σχέση με το εμβαδό βάσης του ηχοβολέα, αφού, όταν η μεταξύ τους γωνία προσεγγίζει τις 90^0 , μεγεθύνεται η πρόσληψη της δέσμης των ανακλώμενων στη βελόνα κυμάτων από τον ηχοβολέα (Εικόνα 21).



Εικόνα 21. Η κάθετη γωνία της βελόνας ως προς τη δέσμη των υπερήχων (εικόνα B) προκαλεί τη βελτίωση της απεικόνισής της σε σχέση με την οξεία γωνία της εικόνας A. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Ένας άλλος τρόπος ώστε να επιτευχθεί γωνία 90^0 μεταξύ βελόνας και ηχοβολέα είναι η άσκηση επιτόπιας στροφικής πίεσης του αντίθετου άκρου του ηχοβολέα. Ο χειρισμός αυτός είναι μερικές φορές δυσάρεστος για τον ασθενή ιδιαίτερα όταν πραγματοποιείται με γραμμικό ηχοβολέα. Η χρήση καμπυλόγραμμου ηχοβολέα επιτρέπει την πιο άνετη διενέργεια του χειρισμού, αν και δεν είναι ο καταλληλότερος όταν χρησιμοποιείται για την απεικόνιση επιφανειακών δομών ενώ η

καλύτερη γωνία εισαγωγής της βελόνας στο δέρμα κυμαίνεται μεταξύ 30^0 και 45^0 (Εικόνα 22) [25,26].

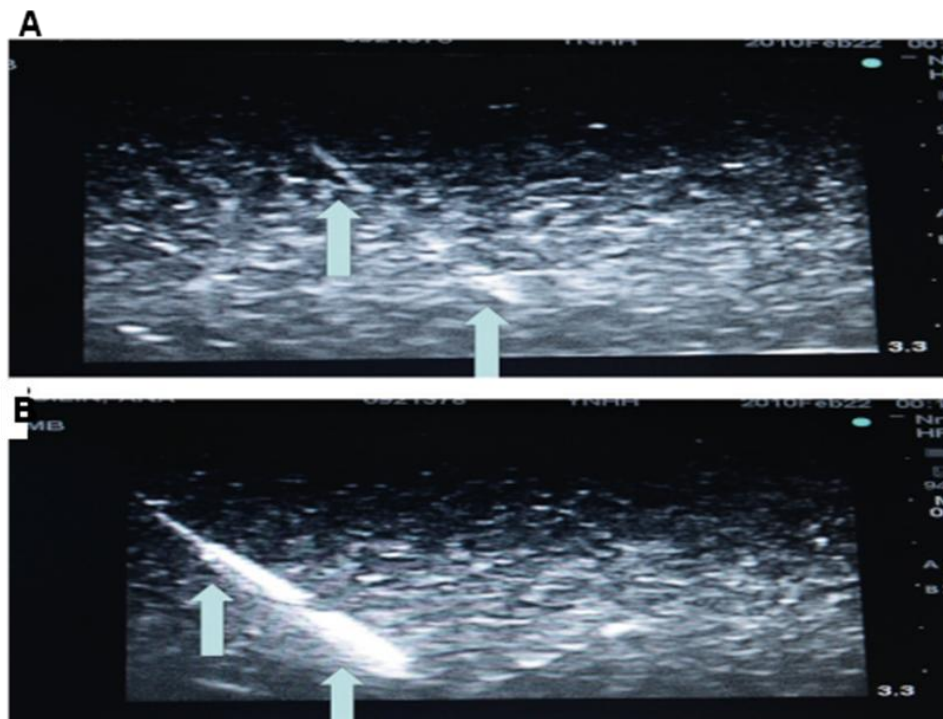


Εικόνα 22. Στις εικόνες A και Γ, παρουσιάζεται μια εντός πλάνου απεικόνιση της βελόνας. Στις εικόνες B και Δ παρουσιάζεται η ίδια εικόνα μετά την άσκηση επιτόπιας στροφικής πίεσης του ηχοβολέα. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Ηχογενείς επεμβατικές βελόνες

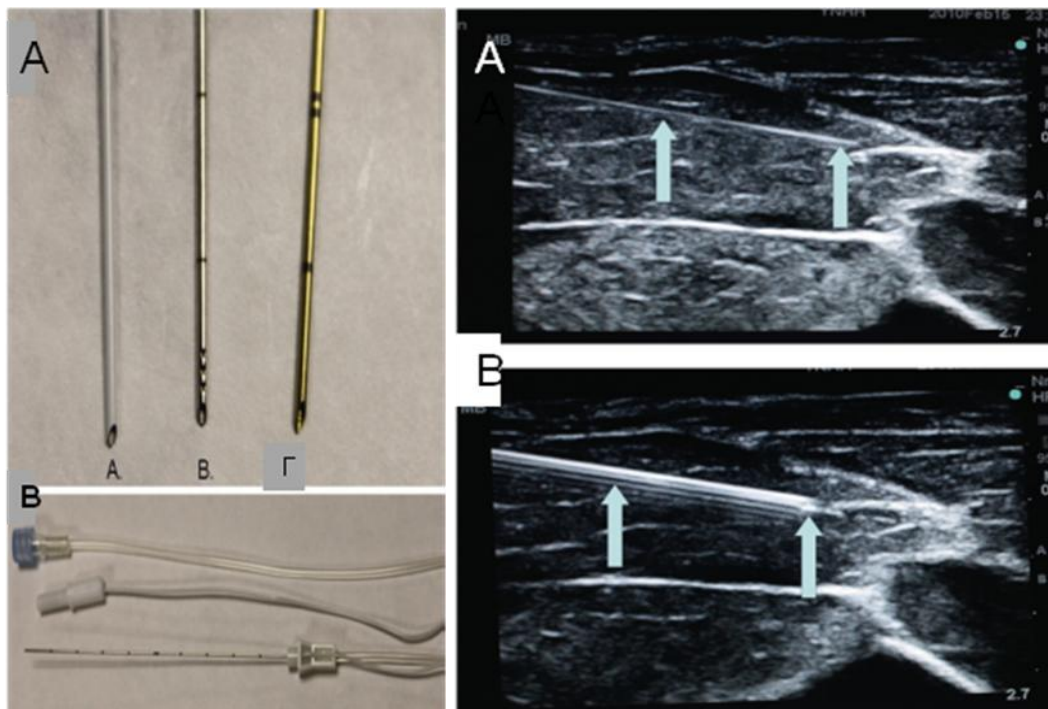
Με την κατάλληλη απεικόνιση, σχεδόν όλες οι επεμβατικές βελόνες θα δημιουργήσουν μια υπερηχογραφική απεικόνιση από την επιστροφή μιας ακουστικής αντήχησης, υπό τη σάρωση των υπερήχων. Παρόλα αυτά, έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί βελόνες με ειδικές ιδιότητες, που ενισχύουν και βελτιστοποιούν την

ποιότητα της υπερηχογραφικής απεικόνισης, οι οποίες ονομάζονται ηχογενείς επεμβατικές βελόνες. Μικρά εξογκώματα ή εγχοπές στο άκρο της βελόνας δημιουργούν ανώμαλη επιφάνεια στη βελόνα και αυξάνουν τη διασκόρπιση των κυμάτων των υπερήχων, και θεωρητικά, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία καθαρότερης και φωτεινότερης εικόνας, υπό διάφορες γωνίες εισαγωγής της βελόνας στο δέρμα (Εικόνα 23). Η αύξηση όμως των εξογκωμάτων ή των εγχοπών αυτών, έχει ως συνέπεια την αύξηση της τραχύτητας της βελόνας, με αποτέλεσμα κατά την προώθησή της, την αύξηση της τριβής της με τους διάφορους ιστούς και τη συνακόλουθη αύξηση της δυσφορίας του ασθενή [25,27,28].



Εικόνα 23. Η απεικόνιση της βελόνας με υπερήχους είναι βελτιωμένη όταν αυτή φέρει εξογκώματα ή εγχοπές όπως στην εικόνα B, συγκριτικά με την απλή βελόνα της εικόνας A υπό την ίδια γωνία εισαγωγής. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Οι μεταλλικές βελόνες είναι υπερηχογενείς και προκαλούν τεχνητά σφάλματα ηχοανάκλασης. Η τεχνολογική πρόοδος οδήγησε στην κατασκευή ειδικών βελόνων με επικάλυψη πολυμερούς που βελτιώνει την ηχογένειά τους. Σε κάποιες περιπτώσεις, το ειδικό πολυμερές περίβλημα προκαλεί τη δημιουργία φυσαλίδων στην επιφάνεια της βελόνας κατά τη διόδό της μέσω των ιστών, και αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα την επακόλουθη αύξηση της ακουστικής αντίστασης και την βελτίωση της απεικόνισης της βελόνας. Επιπλέον, όταν οι βελόνες αυτές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με νευροδιεγέρτη για την ακριβή εντόπιση των νευρών, το περίβλημα του πολυμερούς χρησιμεύει ως μονωτικό υλικό για το ηλεκτρικό ερέθισμα και ελαχιστοποιεί τη διάχυση των ηλεκτρικών ερεθισμάτων στους ιστούς που περιβάλλουν τη βελόνα (Εικόνα 24).



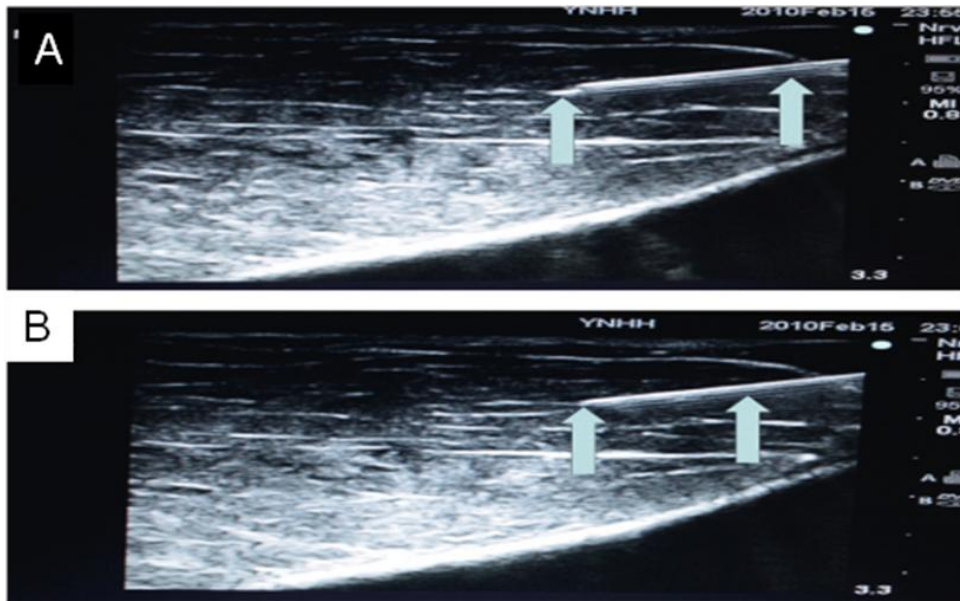
Εικόνα 24. Στην αριστερή εικόνα απεικονίζονται διάφορες βελόνες που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση περιφερικών νευρικών αποκλεισμών με τη βοήθεια υπερήχων (ευθείες ή με εξογκώματα, γυμνές ή καλυμμένες από πολυμερές υλικό, με ή

χωρίς τη δυνατότητα νευροδιέγερσης). Στη δεξιά εικόνα, είναι εμφανής η βελτίωση της απεικόνισης της βελόνας όταν αυτή επικαλύπτεται από πολυμερές υλικό. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA 2010 [5].

Μια άλλη τεχνολογική καινοτομία που μελετάται τελευταία, είναι η εμφύτευση μιας ειδικής, χαμηλής συχνότητας γεννήτριας στη λαβή της βελόνας η οποία θα προκαλεί ταλαντώσεις στην βελόνα καθιστώντας την περισσότερο εμφανή στην υπερηχογραφική της απεικόνιση. Ένα δυνητικό μειονέκτημα μιας φωτεινής, ηχογενούς βελόνας είναι η πρόκληση αθέμιτης αύξησης της σκίασης της βελόνας στην εικόνα των υπερήχων και η δημιουργία παραστίτων [5,25,29,30].

Απεικόνιση του άκρου της βελόνας

Η ακριβής απεικόνιση του άκρου της βελόνας είναι κρίσιμης σημασίας, ώστε να αποφευχθούν άσκοποι αγγειακοί, νευρικοί και ιστικοί τραυματισμοί καθώς και η ενδαγγειακή έγχυση τοπικού αναισθητικού. Ανάμεσα στις βελόνες που αναπτύχθηκαν για χρήση στην περιοχική αναισθησία, η βελόνα Hustead έχει αιχμή που τείνει να γίνει περισσότερο ορατή σε σύγκριση με τις βελόνες πλάγιας οπής. Το άκρο της βελόνας συνήθως προκαλεί τη διάχυση της δέσμης των υπερήχων, λόγω της ανώμαλης επιφάνειάς του σε σύγκριση με τον άξονα της βελόνας. Για τον ίδιο λόγο άλλωστε, έχουν κατασκευαστεί βελόνες με αυλακώσεις κατά μήκους του άξονά τους. Το άκρο της βελόνας είναι επίσης καλύτερα ορατό όταν το άνοιγμά του είναι προσανατολισμένο επάνω, προς τη δέσμη των υπερήχων ή όταν έχει από την κατασκευή του σκόπιμα ανώμαλη επιφάνεια σε σύγκριση με την υπόλοιπη βελόνα (Εικόνα 25).



Εικόνα 25. Ο προσανατολισμός του άκρου της βελόνας προς τα επάνω (εικόνα A) έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της απεικόνισής της λόγω της μέγιστης διάχυσης της δέσμης των υπερήχων στη θέση αυτή, συγκριτικά με τον προσανατολισμό της βελόνας στο πλάι ή προς τα κάτω (εικόνα B). Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Ένα άλλο χαρακτηριστικό ποιότητας στο σχεδιασμό των βελόνων είναι η ευελιξία τους, αφού πρέπει να είναι εύχρηστες σε όλα είδη των ιστών και να καθίστανται ευκρινείς από τους περιβάλλοντες ιστούς υπό διαφορετικές γωνίες χωρίς τη δημιουργία παραστίτων. Η χαμηλή ρύθμιση της ενίσχυσης (gain) μπορεί να βελτιώσει την ανίχνευση της ανάκλασης στην κορυφή της βελόνας [25,29,30,31].

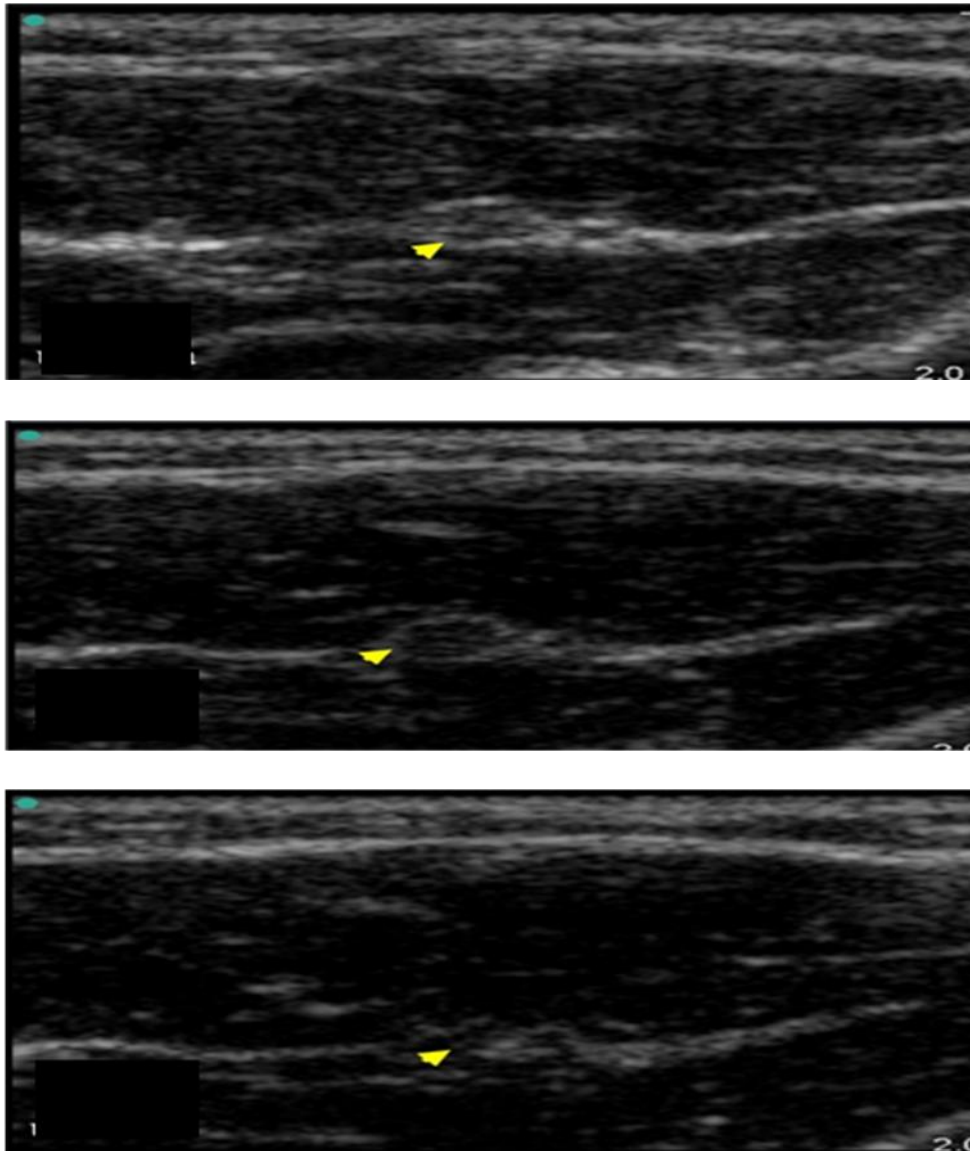
Ορατότητα της βελόνας της βελόνας και παράσιτα κατά την υπερηχογραφική απεικόνιση.

Η ορατότητα της βελόνας εξαρτάται όχι μόνο από τις ιδιότητες της χρησιμοποιούμενης βελόνας, αλλά και από την τεχνολογία και τις δυνατότητες τόσο

του ηχοβολέα όσο και του μηχανήματος των υπερήχων. Η αναλυτική ικανότητα της εικόνας των υπερήχων εξαρτάται από την πυκνότητα των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων της κεφαλής του ηχοβολέα, το είδος των κρυστάλλων και τα χαρακτηριστικά του δέκτη του ηχοβολέα. Η ανάλυση της εικόνας των υπερήχων εξαρτάται επίσης από την ισχύ του επεξεργαστή της εικόνας των υπερήχων. Παρά την όποια πρόοδο στην τεχνολογία των υπερήχων όμως, η γνώση και εμπειρία του χειριστή των υπερήχων είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την αναγνώριση δυνητικών σφαλμάτων στην απεικόνιση της βελόνας [25,29,30].

Το φαινόμενο της ανισοτροπίας

Σε κάποιες περιπτώσεις, ένα υπερηχογενές στοιχείο μπορεί να απεικονιστεί ως υπόηχο ή άνηχο, γεγονός που οφείλεται στην εκφύλιση των ανακλώμενων κυμάτων των υπερήχων ή στην εσφαλμένη ευθυγράμμιση της δέσμης των υπερήχων. Το φαινόμενο αυτό, δηλαδή η αλλαγή της ηχογένειας ενός ιστού ή οργάνου με την αλλαγή της γωνίας εξέτασης του από τον ηχοβολέα ονομάζεται *ανισοτροπία* (Εικόνα 26). Η ανισοτροπία, μπορεί να είναι ανεξάρτητη της εσφαλμένης ευθυγράμμισης της ακουστικής δέσμης από το χειριστή και να εμφανίζεται ως αποτέλεσμα μιας αποκλίνουσας ανάκλασης ή διάθλασης. Γενικότερα, όταν τα αντικείμενα παρατηρούνται πλαγίως εμφανίζονται λιγότερο ηχογενή. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο στους τένοντες, αλλά επίσης συμβαίνει στους μυς και στα νεύρα. Παρόλο που ο όρος ανισοτροπία χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να περιγράψει τις μεταβολές στους λαμβανόμενους ήχους κατά τις κινήσεις ταλάντωσης του ηχοβολέα, με τις δομές να παρουσιάζονται σε επιμήκη άξονα, χρησιμοποιήθηκε επίσης και για λήψεις κατά τον βραχύ άξονα μετά από κινήσεις γωνίωσης του ηχοβολέα [31,32].

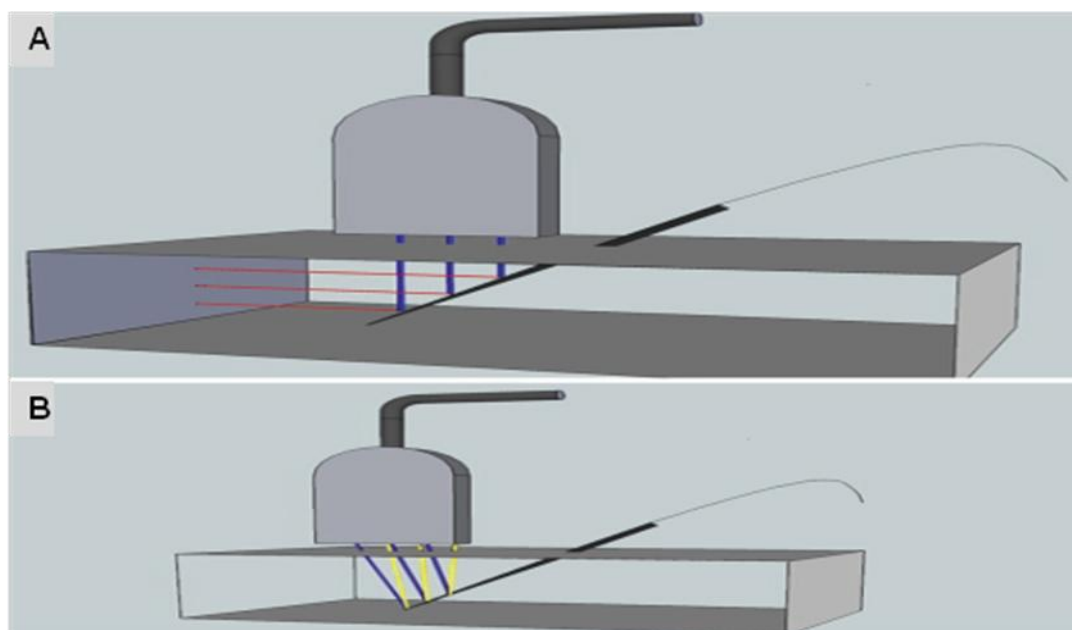


Εικόνα 26. Στις παραπάνω εικόνες απεικονίζεται το μέσο νεύρο του πήχεως υπό διαφορετική γωνία. Στην εικόνα Α ο ηχοβολέας είναι τοποθετημένος κάθετα ως προς το νεύρο (γωνία 90 μοιρών) το οποίο είναι πολύ καλά ορατό. Στην εικόνα Β η γωνίωση του ηχοβολέα είναι στις 75 μοίρες και το νεύρο είναι ακόμα ορατό αλλά λιγότερο καθαρά, ενώ στην εικόνα Γ η γωνίωση του ηχοβολέα είναι στις 45 μοίρες και το νεύρο δεν είναι πλέον ορατό. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Η επίπτωση διάφορων υπερηχογραφικών παραμέτρων στην απεικόνιση της επεμβατικής βελόνας

Τα σύγχρονα μηχανήματα υπερήχων παρέχουν τη δυνατότητα για βελτιωμένη αναπαραγωγή της εικόνας με τη βοήθεια της τροποποίησης της κατεύθυνσης της δέσμης των υπερήχων και την μεταβολή της συχνότητάς τους.

Το πρόβλημα της εκτροπής της δέσμης των υπερήχων που ανακλάται σε μια επεμβατική βελόνα αντιμετωπίζεται συνήθως με ένα σύστημα διεύθυνσης των υπερήχων που επιτρέπει έτσι την παραγωγή σύνθετων αξονικών απεικονίσεων. Η μεταβολή της γωνίας ανάκλασης της δέσμης των υπερήχων στη βελόνα προκαλεί αλλαγή στην κατεύθυνση της ανακλώμενης δέσμης των υπερήχων και έτσι τροποποιεί την ποιότητα της παραγόμενης εικόνας (Εικόνα 27).



Εικόνα 27. Το σύστημα διεύθυνσης της δέσμης των υπερήχων βελτιώνει την απεικόνιση της βελόνας μεταβάλλοντας τη γωνία πρόσκρουσης της δέσμης των υπερήχων. Στην εικόνα A, η δέσμη των υπερήχων δεν μεταβάλλει την κατεύθυνσή της προς τη βελόνα και έτσι μικρότερο ποσοστό της παραγόμενης δέσμης των υπερήχων

(μπλε) ανακλάται στον ηχοβολέα (κόκκινο). Στην εικόνα B, η δέσμη των υπερήχων μεταβάλλει την κατεύθυνσή της προς τη βελόνα (μπλε) και ανακλάται προς τον ηχοβολέα (κίτρινο). Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA, 2010 [5].

Η σύνθετη αξονική απεικόνιση (*compound spatial imaging*) επιτυγχάνεται με υπολογιστική μέθοδο και αναφέρεται στο συνδυασμό τριών ή περισσότερων λήψεων για τη σύνθεση μιας εικόνας. Οι παραγόμενες με τον τρόπο αυτό εικόνες είναι καθαρότερες, έχουν καλύτερη ανάλυση και επιτρέπουν καλύτερη απεικόνιση του περιγράμματος της βελόνας. Η σύνθετη υπερηχογραφία συχνοτήτων (*frequency compound sonography*), με ανάλογο τρόπο, συνδυάζει λήψεις διαφορετικών συχνοτήτων μειώνοντας την εμφάνιση στιγμάτων και κόκκων που παρατηρούνται με τη συμβατική υπερηχογραφία. Στην περίπτωση αυτή, το αποτέλεσμα είναι μια βελτιωμένη υπερηχογραφική εικόνα της ανατομίας των διάφορων ιστικών δομών, χωρίς όμως βελτίωση της απεικόνισης της βελόνας [32,33].

Η εξέλιξη των υπερήχων ως παράγων της απεικόνισης της βελόνας.

Η σύνθετη επεξεργασία του υπερηχητικού σήματος, οι ηχοβολείς ευρέος φάσματος με διευρυμένο πεδίο σάρωσης, το εξελιγμένο λογισμικό και άλλες προόδοι στην τεχνολογία έχουν οδηγήσει στη βελτίωση της ποιότητας της παραγόμενης εικόνας. Συστήματα υπερήχων με συχνότητα έως 50 MHz, ίσως θα είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή καλύτερης απεικόνισης ιδιαίτερα σε επιφανειακές δομές ή κατά την εφαρμογή περιοχικής αναισθησίας με τη βοήθεια υπερήχων σε παιδιά. Η σύνθεση των υπερήχων με άλλες μεθόδους απεικόνισης όπως η αξονική τομογραφία ή η μαγνητική τομογραφία μπορεί να οδηγήσουν στη βελτίωση της απεικόνισης της

βελόνας. Η χρήση υπερήχων τεσσάρων διαστάσεων (4D) είναι δυνατή και μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή βελτιωμένων απεικονίσεων, ενώ πρόσφατες τεχνολογικές πρόοδοι μπορεί να εφαρμοσθούν στο εγγύς μέλλον για την καλύτερη οριοθέτηση των διάφορων ιστικών δομών και τον αυτόματο χρωματισμό τους (τα νεύρα με κίτρινο, οι μύες με καφέ, οι αρτηρίες με κόκκινο και οι φλέβες με μπλε χρώμα). Παρόλα αυτά η πρόοδος στην τεχνολογία των υπερήχων δεν βρίσκει ιδιαίτερη εφαρμογή στην απεικόνιση της βελόνας αυτής καθαυτής, η οποία βασίζεται κυρίως στην δεξιότητα του χειριστή στην ευθυγράμμιση της με τον ηχοβολέα [31].

Ευθυγράμμιση βελόνας- ηχοβολέα

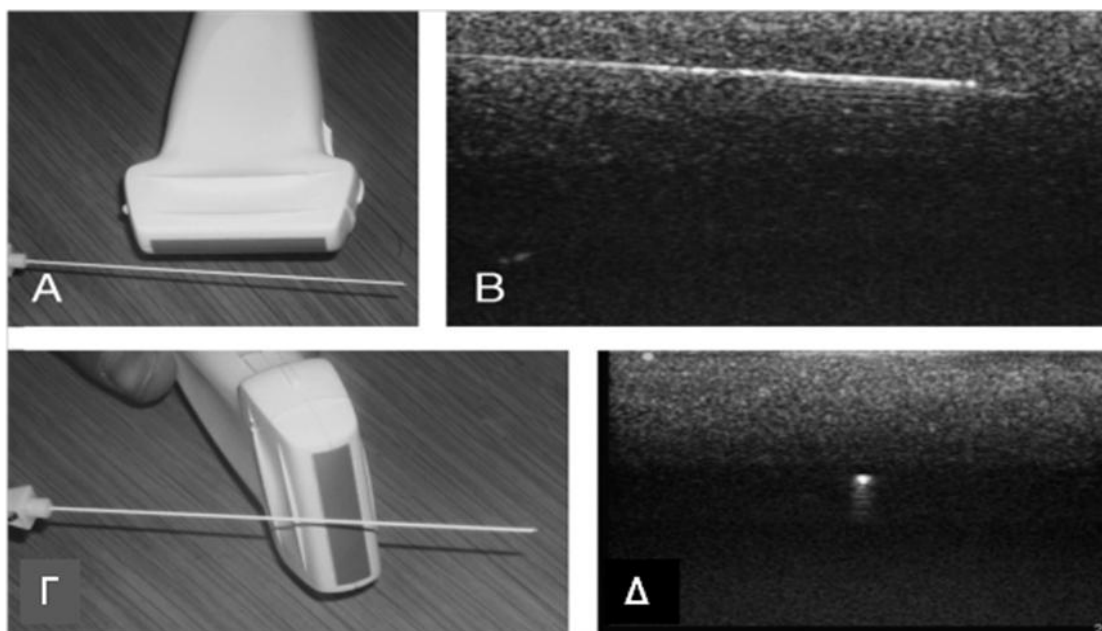
Το πάχος μιας τυπικής δέσμης υπερήχων που εκπέμπεται από τον ηχοβολέα είναι μόνο 1 mm και η απόκλιση της βελόνας από την ιδιαίτερα στενή δέσμη των υπερήχων είναι εξαιρετικά πιθανή. Επομένως, απαιτείται αυξημένη εγρήγορση από το χειριστή αφού ακόμη και πολύ λεπτές κινήσεις της βελόνας μπορεί να την θέσουν εκτός της οθόνης των υπερήχων αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό τον χρόνο που απαιτείται για την εκτέλεση του αποκλεισμού και την πιθανότητα ιστικών βλαβών και επιπλοκών [9].

Οι κλασσικές τοποθετήσεις ηχοβολέα-βελόνας: εντός και εκτός πεδίου δέσμης προσέγγιση.

Η όραση της βελόνας για τη διενέργεια περιφερικών αποκλεισμών είναι καλύτερη όταν η πορεία της βελόνας είναι παράλληλη (εντός πεδίου δέσμης-long axis, in plane) με την ενεργό επιφάνεια του ηχοβολέα (και άρα με τη δέσμη των

υπερήχων), είναι δε δυνατή η απεικόνιση της προώθησής σε σχεδόν πραγματικό χρόνο ως μια φωτεινή υπερηχογενής γραμμή.. Όταν ο ηχοβολέας και η βελόνα είναι κάθετα μεταξύ τους στην μέση γραμμή (εκτός πεδίου δέσμης - short axis, out of plane) η βελόνα απεικονίζεται μόνο σαν μια φωτεινή υπερηχογενής κουκίδα και είναι σημαντική η ολίσθηση του ηχοβολέα κατά μήκος του άξονα της βελόνας ώστε να γίνει ορατό το άκρο της και να καθίσταται δυνατή η απεικόνιση της έγχυσης του τοπικού αναισθητικού (Εικόνα28).

Ο χρόνος εντόπισης του νεύρου, όταν ο χειριστής είναι έμπειρος, είναι μικρότερος με την εκτός πεδίου δέσμης προσέγγιση, συνδέεται όμως με μεγαλύτερη συχνότητα επιπλοκών. Στην εντός πεδίου δέσμης προσέγγιση επίσης είναι δυνατόν να εμφανισθούν ψευδοανακλάσεις στην βελόνα που εμποδίζουν την ομαλή απεικόνιση των υποκείμενων δομών. Η εκτός πεδίου δέσμη προσέγγιση εμφανίζει μειωμένη ακρίβεια στη στόχευση των ιστικών δομών, ενώ η απεικόνιση μιας και μόνο φωτεινής κουκίδας μπορεί να προκαλέσει σύγχυση για το αν πρόκειται για το άκρο της βελόνας ή τον άξονα αυτής. Η εντός πεδίου δέσμης προσέγγιση απαιτεί την προώθηση 2-3 φορές μεγαλύτερου μήκους της βελόνας για να φθάσει στο επιθυμητό όργανο- στόχο προκαλώντας έτσι και μεγαλύτερη δυσφορία. Η εμπειρία του χειριστή καθορίζει τελικά και την μέθοδο εκλογής. Ως ενδιάμεση των δύο μεθόδων παρουσιάζεται η λοξή προσέγγιση η οποία απαιτεί αυξημένη δεξιότητα και εμπειρία. Ορισμένα σύγχρονα μηχανήματα επιτρέπουν επίσης την ταυτόχρονη απεικόνιση του όργανου-στόχου και της επεμβατικής βελόνας κατά την προώθησή της σε δύο επίπεδα [5,9,37].



Εικόνα 28. Στις εικόνες A και B παρουσιάζεται η εντός πεδίου δέσμης απεικόνιση (long axis – in plane) της βελόνας. Στις εικόνες C και D είναι ορατή η βελόνα κατά τον εγκάρσιο άξονα – εκτός πεδίου δέσμης (short axis – out of plane) σαν υπερηχογενές στίγμα. Για να γίνει ορατό το άκρο της θα πρέπει να γίνει ολίσθηση του ηχοβολέα. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

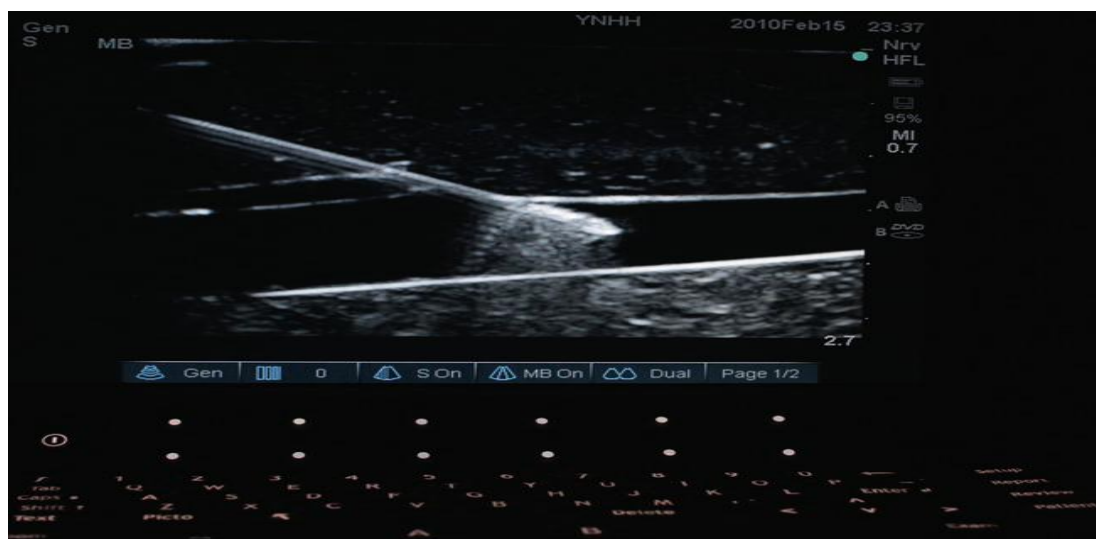
Μηχανικοί και οπτικοί οδηγοί της επεμβατικής βελόνας

Η σπουδαιότητα της ευθυγράμμισης της επεμβατικής βελόνας με τη δέσμη των υπερήχων οδήγησε στην κατασκευή οδηγών διαφόρων ειδών που χρησιμεύουν για τη σταθεροποίηση της βελόνας και την εντός διαύλου καθοδήγησή της. Διάφοροι τύποι οδηγών έχουν σχεδιαστεί, όπως ένας μηχανικός οδηγός που προσαρμόζεται απευθείας στον ηχοβολέα έτσι ώστε η τροχιά της βελόνας να κατευθύνεται εντός της υπερηχητικής δέσμης. Έχει αποδειχθεί ότι, η μηχανική καθοδήγηση της βελόνας μειώνει σημαντικά (κατά το ήμισυ) τον απαιτούμενο χρόνο για την εκτέλεση ενός

υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου νευρικού αποκλεισμού. Ένα μειονέκτημα που παρουσιάζουν οι σταθεροί μεταλλικοί οδηγοί είναι ότι παρεμποδίζουν τις μικρές προσαρμογές της βελόνας που συχνά απαιτούνται για τους νευρικούς αποκλεισμούς, ενώ δεν είναι επίσης εύκολη η κατάλληλη απεικόνιση των γειτονικών νευρικών δομών. Μια πρόσφατη καινοτομία που είναι στο στάδιο της έρευνας είναι η καθοδήγηση της επεμβατικής βελόνας με τη βοήθεια φωτεινής δέσμης laser [5,33].

Ενίσχυση και τεχνικές βελτίωσης της εντόπισης της επεμβατικής βελόνας

Ως *ενίσχυση*, ορίζεται το φαινόμενο της αύξησης της ηχογένειας ενός ιστού, όταν ιστοί με χαμηλή ακουστική αντίσταση, όπως το αίμα που εμπεριέχεται σε ένα αγγείο προκαλεί αύξηση του σήματος των υπερήχων των τοιχωμάτων του αγγείου, το οποίο εμφανίζεται ως μια υπερηχογενής δομή. Με τον ίδιο τρόπο, το φαινόμενο της ενίσχυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της απεικόνισης μιας επεμβατικής βελόνας όταν αυτή βρίσκεται σε ιστούς μικρότερη ακουστική αντίσταση σε σχέση με τη βελόνα, όπως για παράδειγμα ένα αγγείο ή λιπώδης ιστός (Εικόνα 29).



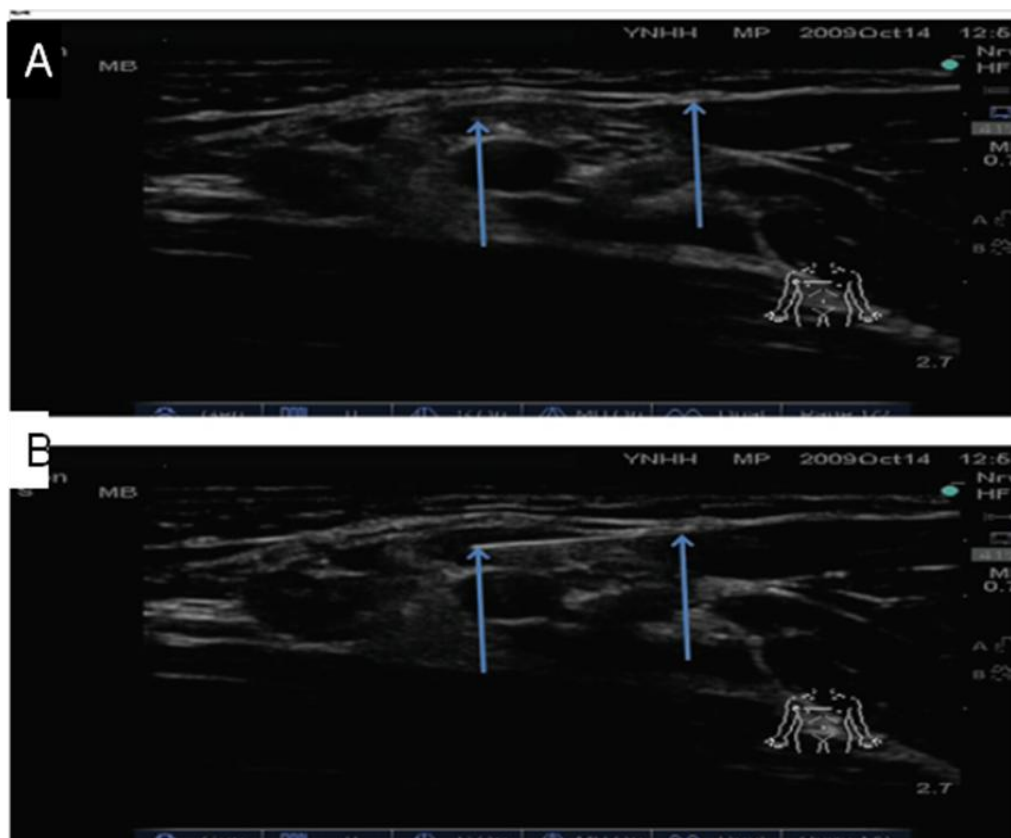
Εικόνα 29. Ενίσχυση της βελόνας. Η ενίσχυση της απεικόνισης της βελόνας εντός των τοιχωμάτων ενός αγγείου εμφανίζεται λόγω της αύξησης της διαφοράς στην ακουστική αντίσταση μεταξύ της βελόνας και του αγγειακού περιεχομένου. Ο άξονας της βελόνας στο σημείο εισόδου στο αγγειακό τοίχωμα απεικονίζεται λιγότερο φωτεινό σε σύγκριση με το άκρο της βελόνας στο εσωτερικό του αγγείου. Narouze S, *Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management*, Springer, Cleveland, USA 2010 [5].

Η απεικόνιση της βελόνας μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να είναι δυσχερής, παρά τη σωστή τοποθέτηση της βελόνας και την σωστή ευθυγράμμισή της με τον ηχοβολέα. Μικρές μετατοπίσεις της επεμβατικής βελόνας με τη μορφή ταλαντώσεων σε προσθιοπίσθια ή πλάγια κατεύθυνση, μπορεί να την καταστήσουν περισσότερο ευκρινή, αυξάνουν όμως την πιθανότητα ιστικών τραυματισμών και τη δυσφορία του ασθενή. Η δια μέσου της βελόνας τοποθέτηση ενός οδηγού ή η εμφύσηση της βελόνας σε αποστειρωμένο νερό πριν την προώθησή της μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν ως μέσα ενίσχυσης της απεικόνισης. Μια άλλη μέθοδος για την ενίσχυση της απεικόνισης αποτελεί ο συνδυασμός μηχανικών ταλαντώσεων της βελόνας και της Doppler υπερηχογραφίας [25,26].

Υδατοεντόπιση της επεμβατικής βελόνας

Υπάρχουν μελέτες οι οποίες περιγράφουν την έγχυση μικρής ποσότητας υγρού (0,5-1 ml) διαμέσου της επεμβατικής βελόνας με σκοπό την επιβεβαίωση της θέσης του άκρου της. Ο χειρισμός αυτός πραγματοποιείται συνήθως μετά από μια αρχική μετακίνηση της βελόνας και την παρατήρηση των γύρω ιστών, η οποία ακολουθείται από την έγχυση μικρής ποσότητας υγρού με σκοπό τη δημιουργία ενός

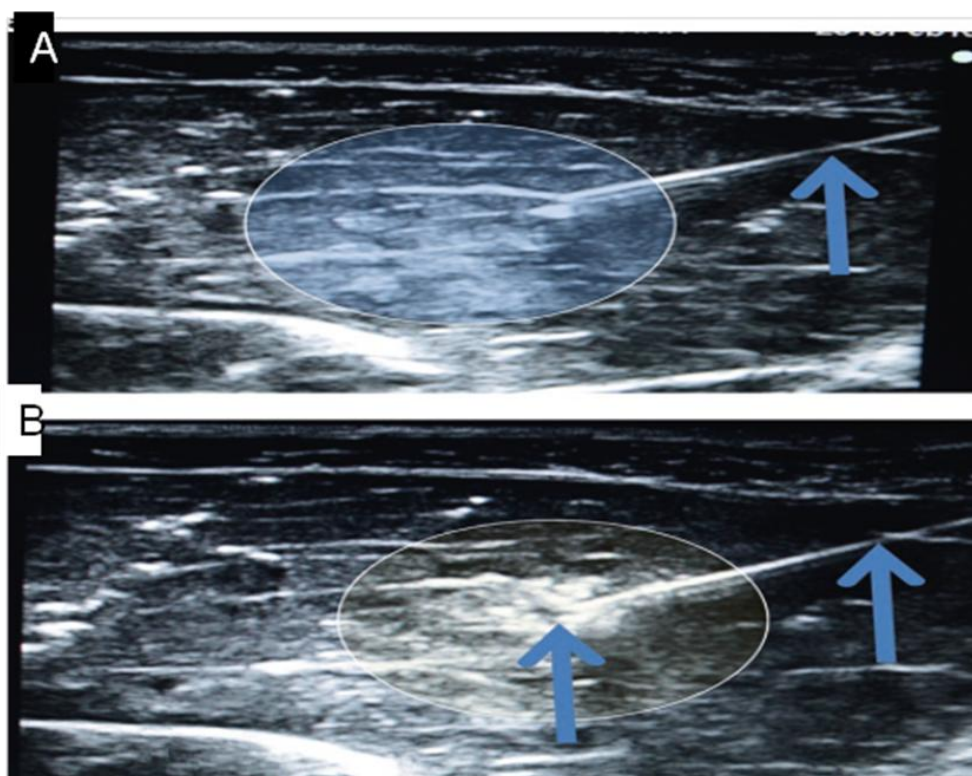
μικρού άνηχου ή υπόηχου θυλάκου υγρού που περιβάλλει το άκρο της επεμβατικής βελόνας (Εικόνα 30). Το υγρό που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι αποστειρωμένο νερό, φυσιολογικός ορός ή διάλυμα γλυκόζης 5%. Η χρήση διαλύματος γλυκόζης 5% έχει το πλεονέκτημα ότι διατηρείται η φυσιολογική λειτουργικότητα των νεύρων και η αντίστοιχη κινητική απάντηση στα ηλεκτρικά ερεθίσματα και για το λόγο αυτό αποτελεί το διάλυμα εκλογής, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται νευροδιεγέρτης για την εκτέλεση περιφερικών νευρικών αποκλεισμών [27,28,29].



Εικόνα 30. Τεχνική της υδατοεντόπισης. Η έγχυση υγρού στην εικόνα B, βελτιώνει την απεικόνιση του άκρου της βελόνας (αριστερό βέλος) μέσα σε θύλακο υγρού, σε σχέση με την απλή απεικόνιση της εικόνας A Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA 2010 [5].

Απεικόνιση του άκρου της βελόνας με την βοήθεια ανακινημένων ή σκιαγραφικών διαλυμάτων στους υπερήχους.

Όπως και στην περίπτωση της υδατοεντόπισης που περιγράφηκε, η έγχυση ανακινημένων διαλυμάτων ή φυσαλίδων διαμέσου της επεμβατικής βελόνης μπορεί να βελτιώσει την απεικόνιση τόσο της επεμβατικής βελόνας όσο και ενδεχομένως του προωθούμενου καθετήρα (Εικόνα 31). Οι μικροφυσαλίδες προκαλούν ακουστική ενίσχυση λόγω της διαφοράς της ακουστικής αντίστασης μεταξύ των μικροφυσαλίδων και των περιβαλλόντων ιστών, είναι όμως δυνατό να δημιουργήσουν μια ακουστική σκιά και δυνητικά μπορεί να αποκρύψουν τα όργανα-στόχους. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα έγχυσης ειδικών διαλυμάτων, συνήθως πολυμερών, που αυξάνουν τον οπισθοσκεδασμό της υπερηχογραφικής απεικόνισης αυξάνοντας την απεικόνιση της βελόνας με τους συμβατικούς υπερήχους ή με το έγχρωμο Doppler ροής [27,28,33].



Εικόνα 31. Τεχνική της έγχυσης μικροφυσαλίδων. Στην εικόνα Α εμφανίζεται το άκρο της βελόνας πριν από την έγχυση, ενώ στην εικόνα Β διάλυμα φυσιολογικού ορού ανακινείται και εγχύεται σε χοίριο παρασκεύασμα. Οι ιστικές δομές που βρίσκονται βαθύτερα από τις φυσαλίδες μπορεί να αποκρύπτονται. Πριν την εκτέλεση ενός νευρικού αποκλεισμού με τη βοήθεια υπερήχων, οι σύριγγες πληρούνται με τοπικό αναισθητικό, κενώνονται από τον αέρα και θερμαίνονται σε θερμοκρασία δωματίου πριν από τη χρήση τους, για να αποφευχθεί το φαινόμενο της άσκοπης παραγωγής φυσαλίδων. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA 2010 [5].

Εντόπιση του άκρου της επεμβατικής βελόνας με τη βοήθεια νευροδιεγέρτη

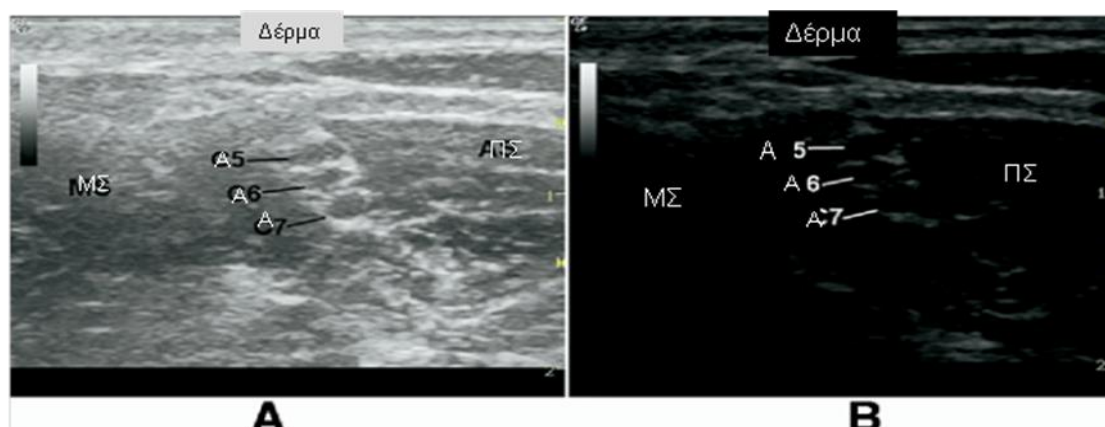
Καθώς η εγγύτητα του άκρου της βελόνας με το όργανο-στόχο δεν πιστοποιείται πάντα στην οθόνη των υπερήχων, ο συνδυασμός της υπερηχογραφίας και της νευροδιέγερσης μπορεί να διευκολύνει το χειριστή, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης στους υπερήχους. Είναι επίσης γνωστό ότι με τον τρόπο αυτό, αυξάνονται τα ποσοστά επιτυχίας των νευρικών αποκλεισμών, ακόμη και όταν δεν υπάρχει κινητική απάντηση στο ερέθισμα του νευροδιεγέρτη. Πιθανά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η αύξηση του διαθέσιμου εξοπλισμού στο περιορισμένο πεδίο εκτέλεσης του αποκλεισμού και η ανάγκη ταυτόχρονου χειρισμού τους. Δυνητικά προβλήματα στην επάρκεια της νευροδιέγερσης μπορεί να προκαλέσει η χρήση της γέλης των υπερήχων ή φυσιολογικού ορού για το σκοπό αυτό τα οποία ενδεχομένως δύναται να παρεμποδίσουν τις προσπάθειες διέγερσης του νεύρου. Η χρήση αντίθετα διαλύματος γλυκόζης 5% δεν επηρεάζει τη νευροδιέγερση καθώς δεν είναι ηλεκτρικά αγωγίμο υλικό [38,39].

Σφάλματα κατά την υπερηχογραφική απεικόνιση

Υπάρχουν 4 γενικές κατηγορίες σφαλμάτων κατά την υπερηχογραφική απεικόνιση: α) *ακουστικά*: σφάλματα στην παρουσίαση της υπερηχητικής πληροφορίας β) *ανατομικά*: σφάλματα στην ερμηνεία της εικόνας γ) *οπτική ψευδαίσθηση*: σφάλματα στην αντίληψη της εικόνας και δ) *άλλα*: για παράδειγμα σφάλματα από ηλεκτρικές παρεμβολές. Τα συνηθέστερα είναι τα ακουστικά και τα ανατομικά σφάλματα.

α) Ακουστικά σφάλματα

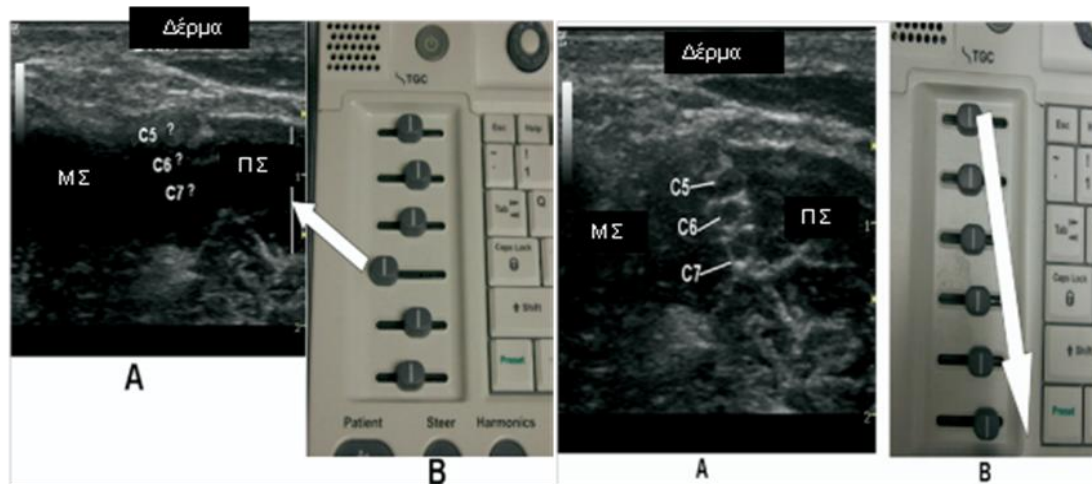
Η εσφαλμένη ρύθμιση της ενίσχυσης (gain) μπορεί να οδηγήσει σε φαινομενική απουσία μιας δομής ενώ στην πραγματικότητα αυτή υπάρχει (όταν η ρύθμιση της ενίσχυσης είναι χαμηλή), αλλά και σε θόλωση της εικόνας με σύγχυση των δομών (σε υψηλή ρύθμιση). Αποφεύγεται με την ηλεκτρονική εστίαση στην περιοχή του ενδιαφέροντος και τη σωστή επιλογή του εστιακού βάθους (Εικόνες 32,33).



Εικόνα 32. Εσφαλμένη ρύθμιση της ενίσχυσης στην υπερηχογραφική

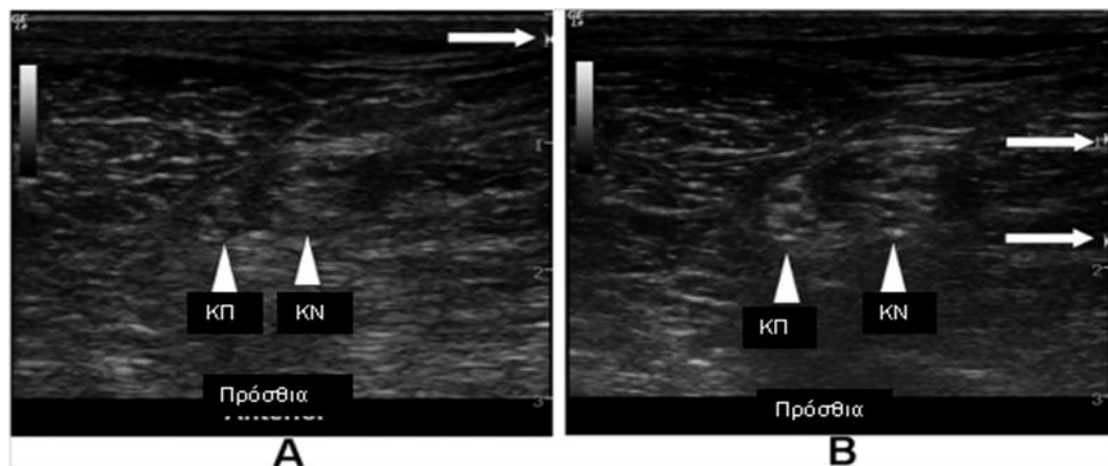
απεικόνιση του βραχιόνιου πλέγματος στην διασκαλενική αύλακα: Υψηλή ρύθμιση στην εικόνα A και χαμηλή στην εικόνα B. MS= μέσος σκαληνός μυς AS: πρόσθιος σκαληνός

μυς C5,C6, C7= Αγγεινικές ρίζες . Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].



Εικόνα 33. Εσφαλμένη ρύθμιση της τιμής απολαβής (TGC- Time Gain Compensation) με λάθος τοποθέτηση του τέταρτου διακόπτη και πλημμελής απεικόνιση των αγγεινικών νευρικών ριζών στη διασκαλενική αύλακα. Στη δεξιά εικόνα εμφανίζεται η σωστή ρύθμιση με αύξουσα κλιμάκωση της τιμής απολαβής σε σχέση με το βάθος της απεικόνισης και διορθωμένη την υπερηχογραφική εικόνα. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Σφάλματα στην πλάγια ανάλυση. Η πλάγια ανάλυση αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να διακρίνει δύο διακριτά αντικείμενα όταν βρίσκονται πλάγιως μεταξύ τους (Εικόνα 34).



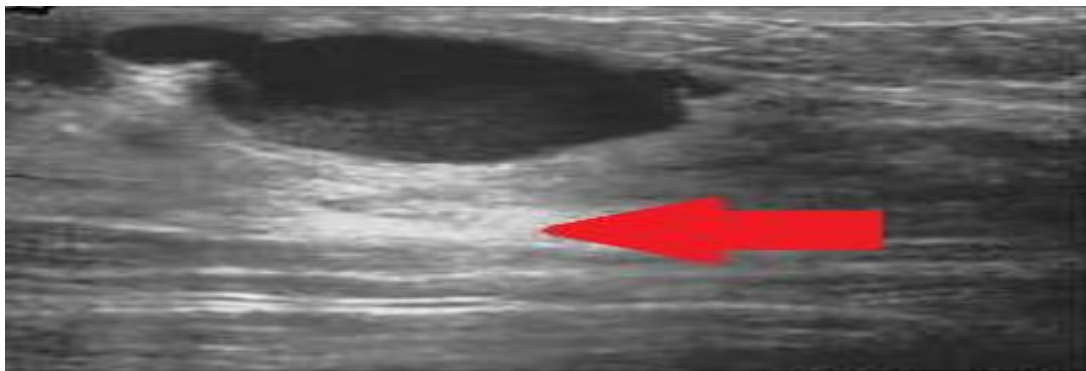
Εικόνα 34. Η επίπτωση της πλάγιας ανάλυσης στην ικανότητα να διακριθεί το κοινό περονιαίο νεύρο (ΚΠ) και το κνημιαίο νεύρο (ΚΝ) σε βραχέος άξονος εικόνα στον ιγνυακό βόθρο. Στην εικόνα Α η συχνότητα είναι 12 MHz και το βέλος υποδεικνύει το εστιακό βάθος. Στην εικόνα Β όταν η συχνότητα τίθεται στα 8 MHz με αύξηση του εστιακού βάθους γίνεται φανερή η διάκριση των δύο νεύρων. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Η ακουστική σκιά συμβαίνει όταν μία δομή έχει μεγαλύτερο συντελεστή εξασθένησης από τη δομή που βρίσκεται βαθύτερα από αυτή, με συνέπεια η βαθύτερη δομή να εμφανίζεται λιγότερο ηχογενής από ότι φυσιολογικά θα εμφανιζόταν. Συμβαίνει συνήθως όταν η δομή που αναζητείται βρίσκεται βαθύτερα από κάποιο οστό (Εικόνα 35).



Εικόνα 35. Εικόνα υπερήχου των δομών που απεικονίζονται στην οσφυϊκή χώρα κατά την τοποθέτηση επισκληριδίου καθετήρα. Η ακανθώδης απόφυση (AA) και το σπονδυλικό τόξο (T) δρουν ως ισχυροί ανακλαστήρες. Σαν συνέπεια η δέσμη των υπερήχων δεν μπορεί να διαπεράσει το οστό και μια υπόηχη ακουστική σκιά (drop out) εμφανίζεται που βαθύτερα του οστού που εμποδίζει την απεικόνιση του νωτιαίου μυελού. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Ακουστική ενίσχυση συμβαίνει όταν μια περιοχή που βρίσκεται κάτω από ιστό με μικρή εξασθένηση παράγει ήχους ισχυρότερους από τις υπερκείμενες δομές (Εικόνα 36). Τα σφάλματα ενίσχυσης μπορούν να συμβούν όταν η δέσμη υπερήχων περνά μέσα από αιμοφόρα αγγεία, όπως για παράδειγμα οι ιστοί πίσω από τη μασχαλιαία αρτηρία στη μασχαλιαία χώρα οι οποίοι μπορούν εσφαλμένα να δώσουν την εικόνα του κερκιδικού νεύρου. Στην υποκλείδια περιοχή, η ακουστική ενίσχυση, εν τω βάθει της μασχαλιαίας αρτηρίας, μπορεί να εκληφθεί ως το οπίσθιο δευτερεύο στέλεχος του βραχιόνιου πλέγματος



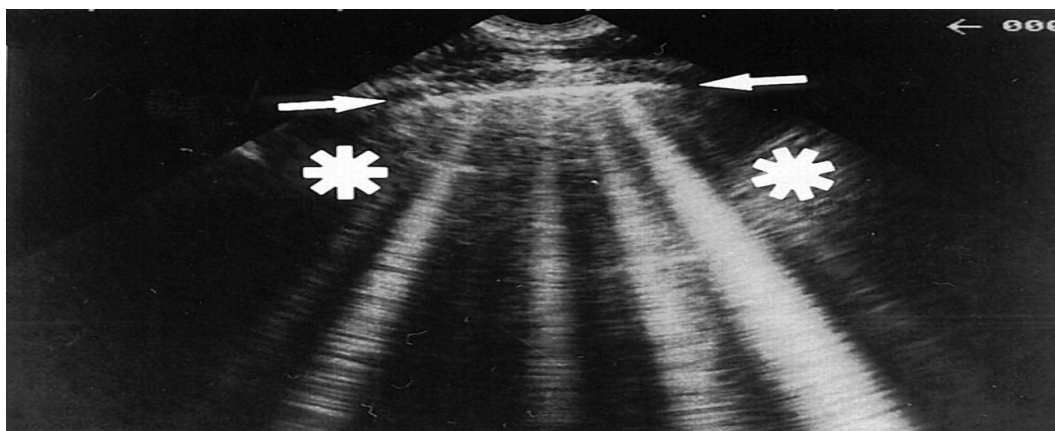
Εικόνα 36. Ψευδείς ηχοανακλάσεις τύπου ακουστικής ενίσχυσης που προέρχονται από την υπερηχογραφική εξέταση κυστικού σχηματισμού. Βέλος= ακουστική ενίσχυση. *Imaging Consult, Elsevier, 2009*

Το σφάλμα της ακουστικής αντήχησης της βελόνας λόγω της ανάκλασης του ήχου σε σταθερές δομές όπως τα τοιχώματα της βελόνας ή ο αυλός της και ο ίδιος ο ηχοβολέας. Το αποτέλεσμα είναι συνήθως η διπλή απεικόνιση της βελόνας με το ψευδές είδωλο να εμφανίζεται βαθύτερα από το πραγματικό.

Η ταχύτητα του ήχου θεωρείται ότι είναι 1540m/sec. Η εκτίμηση αυτή προέρχεται από τις μετρήσεις σε μαλακούς ιστούς σε θερμοκρασία σώματος. Όταν εξετάζονται υπερηχογραφικά ιστοί που περιέχουν ετεροηχογενείς περιοχές, μπορεί να παρατηρηθεί τεχνητή κάμψη του σώματος της βελόνας, το επονομαζόμενο τεχνικό σφάλμα τύπου λόγχης.

Τα κύματα ήχου θεωρούνται ότι ακολουθούν μια ευθύγραμμη πορεία, από και προς τον ιστό. Όταν αυτό δεν συμβαίνει, προξενούνται ψευδείς ηχοανακλάσεις από τις διάφορες πορείες των αντηχήσεων. Η «ουρά του κομήτη» είναι ένα είδος ψευδούς ηχοανάκλασης (Εικόνα 37). Σε χαμηλή τιμή απολαβής (gain), η ουρά του κομήτη εμφανίζεται σαν επιμήκεις σειρές από διακριτές ηχητικές ζώνες στο βάθος μίας έντονα ηχοανακλαστικής δομής. Το διάστημα ανάμεσα στις ζώνες συμβολίζει την απόσταση μεταξύ των πρόσθιων και των οπίσθιων τοιχωμάτων του αντικειμένου. Οι εσωτερικές ηχοανακλάσεις (απορρέουν από το εσωτερικό του αντικειμένου) προκαλούν την ουρά κομήτη, η οποία παρατηρείται πιο έντονα όταν το αντικείμενο είναι κάθετο στη δέσμη. Ο υπεζωκότας προκαλεί έντονη ηχοανάκλαση και κατά συνέπεια τεχνικά σφάλματα τύπου ουράς κομήτη. Οι ηχοανακλάσεις είναι ορατές

όταν το σώμα τις βελόνας είναι σε σχεδόν παράλληλο στην ενεργό επιφάνεια του ηχοβολέα, οπότε λαμβάνονται έντονες κατοπτρικές ανακλάσεις [32,33].



Εικόνα 37. Ψευδείς ηχοανακλάσεις τύπου «ουρά του κομήτη» που προέρχονται από την υπερηχογραφική εξέταση του πνεύμονα ασθενούς με πνευμονικό οίδημα με χρήση καμπυλοειδούς κεφαλής. *= Ακουστική σκιά πλευρών, Βέλη= υπεζωκότας

Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997; 156:1640-1646

Έως τώρα, όλοι οι ανακλαστές θεωρούνται ότι είναι στην κεντρική τροχιά της ακτίνας του ηχοβολέα. Όταν αυτό δεν συμβαίνει, παρατηρούνται τα εκτός πεδίου τεχνικά σφάλματα. Η οριστική απόδειξη αυτών των τεχνικών σφαλμάτων απαιτεί πολλές εικόνες, που προτείνονται όταν τίθεται θέμα ασάφειας της εικόνας [32,33].

β) Ανατομικά σφάλματα

Ιστικές δομές είτε φυσιολογικές είτε αποκλίνουσες μπορούν να υποδυθούν το νεύρο-στόχο. Ο συνηθέστερος τρόπος για την αποφυγή της εσφαλμένης ταυτοποίησης είναι η ακολουθία του νεύρου στην αναμενόμενη ανατομική του οδό ή η χρήση περιφερικού νευροδιεγέρτη που θα επιβεβαιώσει την ταυτότητα του στόχου. Το

συνηθέστερο των ανατομικών σφαλμάτων είναι η σύγχυση του νεύρου με κάποιο τένοντα. Η παρουσία οιδήματος των ιστών μπορεί επίσης να αλλοιώσει τη φυσιολογική ανατομία, να αραιώσει την πυκνότητα του τοπικού αναισθητικού και πιθανόν να μεταβάλλει τον ουδό του ερεθισμού του μέσω νευροδιεγέρτη [32,33].

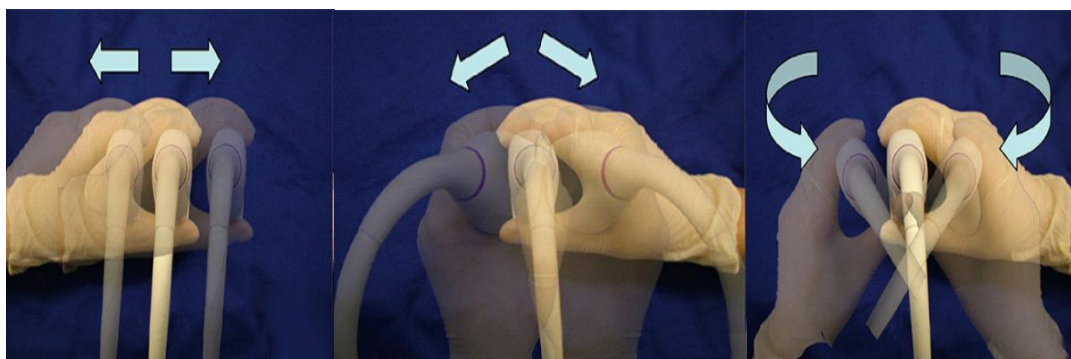
Τρόπος εξέτασης

Χειρισμός του ηχοβολέα

Δίδοντας ο χρήστης στην κεφαλή του ηχοβολέα ανάλογη κατεύθυνση, η σάρωση της ελεγχόμενης περιοχής γίνεται επιμήκως, εγκαρσίως ή λοξώς. Εκτός της αλλαγής του άξονα του ηχοβολέα, κι ο ασθενής λαμβάνει διάφορες θέσεις κατά την εξέταση, που διευκολύνουν την καλύτερη απεικόνιση των διαφόρων οργάνων (ύπτια, λοξές αριστερά - δεξιά, πλάγιες δεξιά και αριστερά, καθιστή, όρθια κλπ). Η προσπάθεια ελέγχου των οργάνων με υπερήχουν απαιτεί συχνά και την ανεύρεση ενός οργάνου που θα χρησιμεύσει σαν "ακουστικό παράθυρο" διευκολύνοντας έτσι την υπερηχογραφική προσπέλαση της διερευνούμενης περιοχής. Έτσι για παράδειγμα το ήπαρ χρησιμεύει ως "ακουστικό παράθυρο" του δεξιού νεφρού, η γεμάτη ούρα ουροδόχος κύστη ως "παράθυρο" για τον έλεγχο των έσω γεννητικών οργάνων της γυναίκας ή του προστάτου στον άνδρα, ή ακόμη το γεμάτο υγρό στομάχι χρησιμεύει ως ακουστικό παράθυρο για τον έλεγχο του παγκρέατος.

Ο χειρισμός του ηχοβολέα είναι μία από τις βασικές δεξιότητες που πρέπει να αποκτηθεί για τις υπερογραφικά καθοδηγούμενες τεχνικές περιοχικής αναισθησίας (Εικόνα 38). Για την περιγραφή των διαφόρων χειρισμών του ηχοβολέα έχει καθιερωθεί μία τυποποιημένη ορολογία :

- *Ολίσθηση (μετακινούμενη επαφή).* Η ολίσθηση του ηχοβολέα κατά μήκος της γνωστής πορείας του νεύρου και η χρήση προβολής του βραχύ άξονα συχνά βοηθούν τον προσδιορισμό της ταυτότητας του νεύρου .
- *Γωνίωση (Tilting-διαγώνιος επιπέδου, από πλευρά σε πλευρά).* Η φωτεινότητα των περιφερικών νεύρων εξαρτάται από το βαθμό της κλίσης. Η βελτιστοποίηση της γωνίας είναι κρίσιμη για την προώθηση της δυνατότητας απεικόνισης του νεύρου .
- *Συμπίεση.* Η συμπίεση χρησιμοποιείται συχνά για να επιβεβαιώσει τις φλεβικές δομές. Με στόχο τη βελτιστοποίηση της εικόνας, η συμπίεση όχι μόνο παρέχει μια καλύτερη επαφή αλλά φέρνει πιο κοντά τις δομές στην επιφάνεια του ηχοβολέα. Ο μαλακός ιστός υπόκειται σε διαδικασία συμπίεσης και για αυτό το λόγο εκτιμήσεις ιστικών αποστάσεων θα ποικίλλουν.
- *Ταλάντωση (Rocking)* (εντός του επίπεδου, προς και μακριά από το όργανο ένδειξης). Η ταλάντωση είναι συχνά απαραίτητη έτσι ώστε να βελτιωθεί η ορατότητα της βελόνας και της ανατομικής δομής όταν ο χώρος εργασίας είναι περιορισμένος.
- *Περιστροφή (Rotation).* Μερική στροφή του ηχοβολέα θα σχηματίσει πραγματικές τομές στο βραχύ άξονα και όχι πλάγιες ή στο επιμήκη άξονα τομές [5,9,37].



Κίνηση ολίσθησης

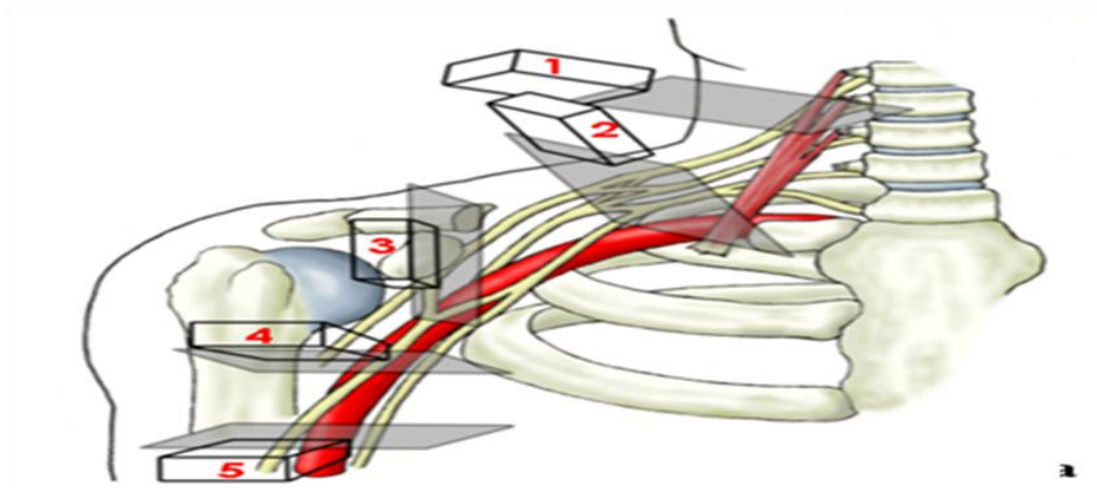
Κίνηση γωνίωσης

Κίνηση στροφής

Εικόνα 38. Οι συνήθεις χειρισμοί του ηχοβολέα για τη βελτιστοποίηση της εικόνας. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Προσανατολισμός του ηχοβολέα

Ο ηχοβολέας θα πρέπει να τοποθετείται με τέτοιο τρόπο ώστε η δέσμη των υπερήχων να τέμνει κάθετα το προς απεικόνιση νεύρο (Εικόνα 39).



Εικόνα 39. Η παραπάνω εικόνα εμφανίζει την ορθή τοποθέτηση του ηχοβολέα σε διαδοχικές θέσεις του βραχιόνιου πλέγματος για την καλύτερη απεικόνιση νεύρων και αγγείων. (1.Διασκαλενική, 2.υπερκλείδια,3.υποκλείδια, 4.μασχαλιαία και 5.μεσοβραχιόνιος προσπέλαση). Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009[9].

Χειρισμός της βελόνας και εργονομία του σώματος

Ο ορθός χειρισμός του ηχοβολέα και η ακριβής τοποθέτηση της βελόνας εξαρτώνται από τη θέση του χειριστή. Συνιστάται ο χειρισμός του ηχοβολέα με το αριστερό χέρι και της βελόνας με το δεξί εφόσον ο χειριστής είναι δεξιόχειρας. Ο χειριστής πρέπει να τροποποιεί τη θέση του σώματός του ανάλογα σε ποια πλευρά του ασθενούς θα χορηγηθεί αναισθησία (Εικόνα 40).



Εικόνα 40. Στην εικόνα *A* του παραδείγματος για την επιτέλεση αριστερού διασκαλενικού αποκλεισμού ο χειριστής, που είναι δεξιόχειρας, στέκεται στην αριστερή πλευρά του ασθενή και κρατά με το χέρι του τη βελόνα κάτω από το επίπεδο της κλείδας. Στην εικόνα *B* για την επιτέλεση δεξιού διασκαλενικού αποκλεισμού ο χειριστής στέκεται πάνω από τον ασθενή και κρατά με το χέρι του τη βελόνα πάνω από

το επίπεδο της κλείδας. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Ο χειριστής πρέπει να έχει τοποθετημένη την οθόνη των υπερήχων μπροστά του ώστε να έχει ευθεία όραση της εικόνας (Εικόνα 41).



Εικόνα 41. Ορθός, υπό ευθεία όραση, (εικόνα A) και λανθασμένος προσανατολισμός της οθόνης (εικόνα B) καθώς ο χειριστής είναι υποχρεωμένος να στραφεί σχεδόν 90 μοίρες για να δει την οθόνη. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Το κρεβάτι πρέπει να είναι τοποθετημένο στο κατάλληλο ύψος (Εικόνα 42).

A/



B/



Εικόνα 42. Στην εικόνα A η θέση του σώματος και το ύψος του κρεβατιού είναι σωστά ενώ στην εικόνα B η θέση του σώματος είναι λανθασμένη καθώς το ύψος του κρεβατιού είναι χαμηλό Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009[9].

Ο ηχοβολέας θα πρέπει να κρατείται κοντά στην επιφάνεια επαφής με το δέρμα (Εικόνα 43).

A/





Εικόνα 43. Η λαβή του ηχοβολέα είναι σωστή στην εικόνα Α και λανθασμένη στην εικόνα Β όπου το χέρι κρατεί τον αυχένα του ηχοβολέα Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Τα χέρια του χειριστή πρέπει να είναι σταθερά και άνετα στηριγμένα (Εικόνα 44).





Εικόνα 44. Τα χέρια του χειριστή είναι σταθερά στηριγμένα στην εικόνα B ενώ στην εικόνα A τόσο το η λαβή του ηχοβολέα όσο και της βελόνας δεν είναι σταθερά.^{5,9,35,37}.

Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

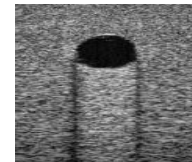
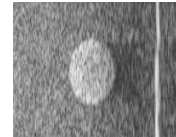
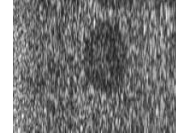
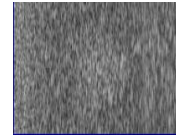
Ιστική ηχογένεια

Ηχογένεια (Echogenicity) ορίζεται ο βαθμός φωτεινότητας μιας δομής που εμφανίζεται στην οθόνη, ο οποίος επηρεάζεται από την ποσότητα του ανακλώμενου κύματος στον ηχοβολέα μετά τη συνάντηση με τη δομή-στόχο. Ο ηχοβολέας εκπέμπει μια δέσμη υπερήχων στην προέκταση των κρυστάλλων που περιέχει και ταυτόχρονα συλλέγει τις ανακλάσεις που προέρχονται από τους ιστούς (διπλή δράση: πομπός και δέκτης). Οι διαφορές της ακουστικής αντίστασης εκφράζονται στην οθόνη του μηχανήματος υπό μορφή φωτεινών κηλίδων στην κλίματα του γκρι, δηλαδή απεικόνιση B-Mode (Πίνακας 1) [9, 41,42].

Ιστική ηχογένεια – Κλίμακα του Γκρι

Μία ανατομική δομή χαρακτηρίζεται απεικονιστικά σε σχέση με περιβάλλοντες ιστούς ως:

1. **Ισοηχογενής:** ίδια ηχογένεια
2. **Υποηχογενής:** Λιγότερη ηχογένεια από περιβάλλοντες ιστούς.
 - Εμφανίζουν ασθενές ανακλώμενο ηχητικό κύμα
 - Απεικονίζονται με γκριζες σκουρότερες κουκίδες
(Συμπαγή όργανα, μύες, παχύρευστο υγρό).
3. **Υπερηχογενής:** Μεγαλύτερη ηχογένεια σε σχέση με περιβάλλοντες ιστούς.
 - Εμφανίζουν ισχυρότερο ανακλώμενο κύμα
 - Απεικονίζονται με άσπρες κουκίδες
(Υπεζωκότας, Διάφραγμα, Οστά)
4. **Άνηχη (anechoic):** καμία ανάκλαση ηχητικής δέσμης
 - Εμφανίζονται ως μαύρες κουκίδες
(Υγρό κύστης, αίμα, ούρα)



ΙΣΤΟΙ	ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΑ
Φλέβες	Άνηχες (Συμπίεσιμες)
Αρτηρίες	Άνηχες (Σφυγμικές- Μη συμπίεσιμες)
Λίπος	Υποηχογενές με ακανόνιστες υπερηχογενείς γραμμές
Μύες	Ετερογενείς (Υπερηχογενείς γραμμές σε υποηχογενές ιστικό πλαίσιο)
Τένοντες	Υπερηχογενείς κυρίως (Υποηχογενείς σε τεχνικό σφάλμα)
Οστά	Έντονες υπερηχογενείς γραμμώσεις με υποηχογενή σκιά
Νεύρα	Υπερηχογενή/Υποηχογενή (Υποηχογενή σε τεχνικό σφάλμα)

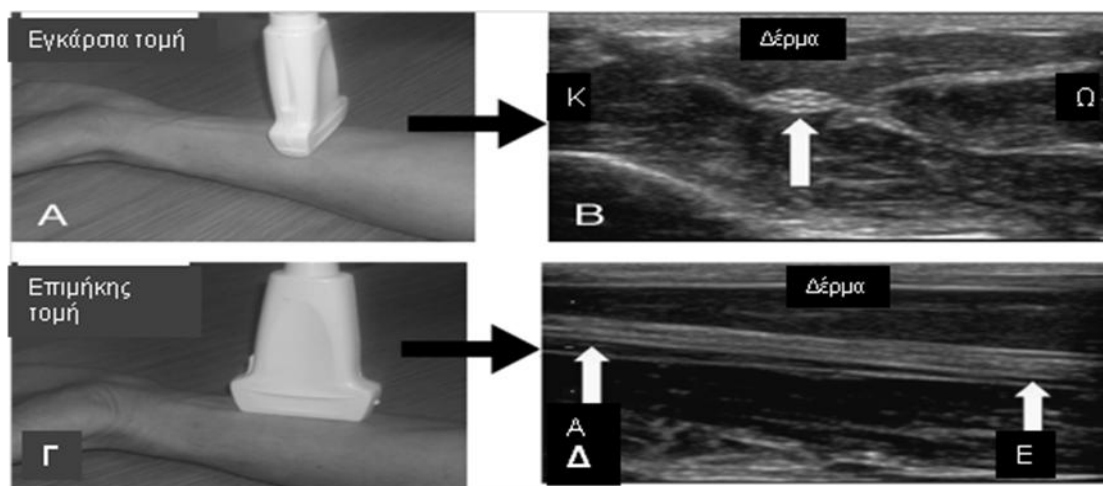
Πίνακας 1. Υπερηχογραφική απεικόνιση ιστών στην περιοχική αναισθησία. Chan V.

Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Απεικόνιση νεύρων με τη χρήση υπερήχων

Οι δεσμίδες των περιφερικών νεύρων μπορεί να ανιχνευθούν με την υπερηχογραφική απεικόνιση. Τα νεύρα στη διασκαλενική αύλακα και στην υπερκλείδια χώρα εμφανίζονται ως υποηχογενείς δομές. Τα νεύρα των άνω άκρων κάτω από το επίπεδο της κλείδας και τα νεύρα των κάτω άκρων είναι στην πλειονότητά τους υπερηχογενή. Μια υπερηχογενής νευρική δομή μπορεί να φανεί ως υποηχογενής όταν η γωνία εξέτασης αλλάξει από τις 90 στις 45 μοίρες (ανισοτροπία). Η δίκην δεσμίδας ήχο-μορφή είναι χαρακτηριστική των νεύρων («κυψελοειδής» αρχιτεκτονική). Συχνότητες υπερήχων 10 MHz ή και παραπάνω απαιτούνται για τη διάκριση των τενόντων από τα νεύρα με βάση μόνο την ηχομορφολογία.

Τα κεντρικότερα νεύρα, όπως οι πρόσθιοι αυχενικοί κλάδοι, έχουν λιγότερες δεσμίδες και απεικονίζονται σαν μια μονήρης δεσμίδα στο υπερηχογράφημα (Εικόνα 45). Μια από τις σημαντικότερες τεχνικές ταυτοποίησης των δεσμίδων του νεύρου είναι η ολίσθηση ενός γραμμικού ηχοβολέα πάνω από τη γνωστή πορεία του περιφερικού νεύρου, με το ίδιο το νεύρο να παρουσιάζεται σε εγκάρσια διατομή [9,42].



Εικόνα 45. Υπερηχογραφική απεικόνιση του μέσου νεύρου. Στις εικόνες Α και Β εμφανίζεται σε εγκάρσια διατομή μικρού άξονα (short axis) ωοειδές με κυψελοειδή αρχιτεκτονική. Στις εικόνες Γ και Δ όταν ο ηχοβολέας περιστραφεί 90 μοίρες, είτε σε ωρολογιακή είτε σε αντιωρολογιακή κατεύθυνση, απεικονίζεται στο διαμήκη μακρό άξονα (long axis.) Α= άπω (περιφερικό) μέρος του νεύρου, Ε= εγγύς (κεντρικό) μέρος του νεύρου Ω=ωλένια πλευρά, Κ=κερκιδική πλευρά Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009[9].

Τα νεύρα μπορεί να έχουν κυκλική, ωοειδή ή τριγωνική μορφή. Παρά το γεγονός ότι το σχήμα του νεύρου μπορεί να μεταβάλλεται κατά μήκος της πορείας του, η περιοχή της εγκάρσιας διατομής του νεύρου είναι σταθερή σε απουσία μεγάλων διακλαδώσεων. Η άμεση απεικόνιση νεύρων είναι σημαντική στην εκτέλεση περιφερικών αποκλεισμών, ζωτικής σημασίας όμως είναι και η ταυτοποίηση άλλων γειτονικών ανατομικών δομών (π.χ. περιτονίες, ανατομικά διαμερίσματα). Οι συγκεκριμένες δομές δεν επιτρέπουν την κατανομή του τοπικού αναισθητικού όταν η έγχυση του φαρμάκου γίνεται έξω από αυτές και μπορεί να αποτελέσουν αιτία αποτυχίας των νευρικών αποκλεισμών. Σε άλλες περιπτώσεις, η έγχυση εντός του μυοπεριτοναικού περιβλήματος βοηθά στη διάχυσή του σε κεντρικότερα σημεία του

διαμερίσματος έτσι ώστε η επαφή του νεύρου με τη βελόνα να μην είναι απαραίτητη (επί παραδείγματι αναφέρεται ο «3 σε 1» νευρικός αποκλεισμός των νεύρων του μηρού).

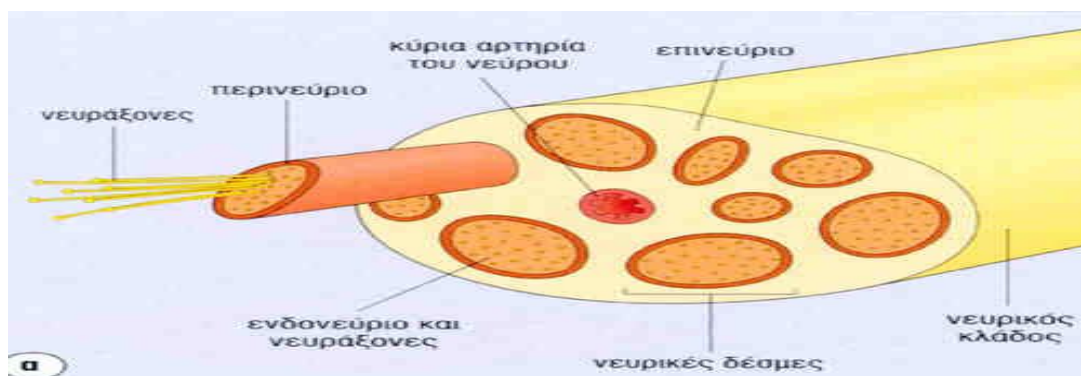
Τεχνική έγχυσης του τοπικού αναισθητικού στο νεύρο

Σκοπός είναι η τοποθέτηση του άκρου της βελόνας σε κάθε πλευρά του νεύρου- στόχου (περινευρικά) και όχι στο εσωτερικό του νεύρου (ενδονευρικά). Επομένως θα πρέπει να αποφευχθεί η άμεση επαφή της κορυφής της βελόνας με το νεύρο. Η περινευρική έγχυση απεικονίζεται ως επεκτεινόμενη συλλογή υπόηχου υγρού περιμετρικά του νεύρου. Η ενδονευρική έγχυση εμφανίζεται ως επέκταση της διαμέτρου του νεύρου με τη χορήγηση ακόμη και 1 ml υγρού. Η κυκλοτερής διάδοση του τοπικού αναισθητικού μπορεί να περιοριστεί από την ύπαρξη περιτονιών [43].

Διάταξη ινοκολλαγονώδους ιστού περιφερικών νεύρων και τοπικά αναισθητικά

Τα περιφερικά νεύρα περιέχουν προσαγωγές και απαγωγές νευρικές ίνες (νευράξονες) που εσωκλείονται σε μια λεπτή θήκη συνδετικού ιστού που τις περιβάλλει—το *ενδονεύριο*. Τα δεμάτια των νευραξόνων εσωκλείονται σε ένα πλακώδες κυτταρικό περίβλημα, το *περινεύριο*, που είναι ημιπερατό στα τοπικά αναισθητικά. Η όλη δομή περιβάλλεται από μια θήκη από ίνες κολλαγόνου, το *επινεύριο*, που επιτρέπει τη διάχυση των τοπικών αναισθητικών (Εικόνα 46). Επομένως, σε ένα αισθητικό νεύρο με εμμύελες νευρικές ίνες, τα τοπικά αναισθητικά πρέπει να διαπεράσουν τέσσερα ή πέντε στρώματα συνδετικού ιστού και λιπώδεις μεμβράνες για να προκαλέσουν αναισθητικό αποτέλεσμα. Το σημαντικότερο από

αυτά είναι το περινεύριο που αποτελεί το σημαντικότερο φραγμό και εξηγεί το γεγονός ότι, σε κλινικές συνθήκες, μόνο το 5 % της εγχυόμενης δόσης του τοπικού αναισθητικού διαπερνά το νεύρο [44].



Εικόνα 46. Διάταξη των περιφερικών νεύρων. NYSORA (The New York School OfRegionalAnesthesia)http://www.nysora.com/regional_anesthesia/other_topics/3132_complications_of_regional_anesthesia.html#functional_anatomy

Προετοιμασία του ασθενή

Ο σχεδιασμός για χορήγηση περιοχικής αναισθησίας δεν καταργεί την ανάγκη για ολοκληρωμένη προεγχειρητική εκτίμηση και προετοιμασία. Η πιθανότητα αποτυχίας του νευρικού αποκλεισμού και η πιθανή ανάγκη χορήγησης γενικής αναισθησίας πρέπει να έχει προβλεφθεί και επιβάλλει την τήρηση των κανόνων της προεγχειρητικής νηστείας. Πριν την χορήγηση οποιασδήποτε μορφής περιοχικής αναισθησίας ο ασθενής πρέπει να έχει ενημερωθεί μετά από αναλυτική συζήτηση για τα πλεονεκτήματα και τους πιθανούς κινδύνους της εφαρμοζόμενης τεχνικής. Συνεπώς πριν την έναρξη οποιασδήποτε χειρουργικής επέμβασης, πρέπει να λαμβάνεται η ενυπόγραφη συγκατάθεση για χορήγηση γενικής αναισθησίας ακόμη και αν προγραμματίζεται η εφαρμογή περιοχικών τεχνικών.

Προαπαιτείται η αξιολόγηση αρκετών παραγόντων για την τεκμηρίωση της καταλληλότητας των ασθενών για την εφαρμογή τεχνικών περιοχικής αναισθησίας. Πρωταρχική προϋπόθεση είναι η δυνατότητα του ασθενή να επικοινωνεί. Έτσι η βοήθεια μεταφραστή μπορεί να είναι απαραίτητη όταν υπάρχει πρόβλημα επικοινωνίας λόγω γλώσσας. Η συνεργασία του ασθενή απαιτείται για την εφαρμογή περιοχικών τεχνικών. Πολλοί ασθενείς είναι ιδιαίτερα αγχώδεις και δεν ανέχονται οπτικά ή ακουστικά ερεθίσματα στην αίθουσα του χειρουργείου, ενώ κάποιοι εμφανίζουν κλειστοφοβία όταν τοποθετούνται τα χειρουργικά πεδία κοντά στο πρόσωπό τους. Οι ακραίες ηλικίες, τα ψυχιατρικά νοσήματα και η αδυναμία των ασθενών να παραμείνουν ακίνητοι λόγω άγχους ή πόνου, μπορεί να αποτελούν αντένδειξη για την εφαρμογή αμιγώς περιοχικών ασθενών. Μια άβολη θέση ή μια μεγάλης διάρκειας χειρουργική επέμβαση μπορεί να αποδιοργανώσουν ακόμα και ασθενείς με θετική προδιάθεση. Ειδικές συνθήκες που μπορεί να δημιουργήσουν άγχος ή όψιμο ψυχολογικό τραύμα του ασθενή όπως ακρωτηριαστικές επεμβάσεις, ή διαγνωστικές ογκολογικές τεχνικές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν. Ασθενείς με φοβία στην χρήση βελονών, οι οποίοι δεν ανέχονται τη φλεβοκέντηση είναι ακατάλληλοι για την εφαρμογή τεχνικών περιοχικής αναισθησίας.

Η συνετή χορήγηση προνάρκωσης συμβάλλει στην άνεση και συνεργασία του ασθενή, διευκολύνει την γρήγορη εφαρμογή του αποκλεισμού και τον καθιστά περισσότερο ασφαλή, μειώνοντας τον κίνδυνο για απότομες κινήσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία του αποκλεισμού ή ακόμη και νευρική βλάβη. Επιπλέον, η χρήση υψηλών δόσεων τοπικών αναισθητικών είναι ασφαλέστερη σε ασθενείς στους οποίους έχουν χορηγηθεί βενζοδιαζεπίνες, οι οποίες αυξάνουν τον ουδό των σπασμών στο ΚΝΣ. Με τον τρόπο όμως αυτό, αμβλύνεται η πρώιμη αναγνώριση των

συμπτωμάτων υπερδοσολογίας των τοπικών αναισθητικών, ενώ η χορήγηση βενζοδιαζεπινών μπορεί να συνοδεύεται με παράδοξη διέγερση [45,46].

Οι αποκλεισμοί περιφερικών νεύρων συχνά πραγματοποιούνται έξω από την χειρουργική αίθουσα, έτσι ώστε να μειωθεί ο περιττός χρόνος καθυστέρησης του χειρουργικού προγράμματος λόγω του απαιτούμενου χρόνου για την εφαρμογή των τεχνικών και της καθυστερημένης έναρξης δράσης των τοπικών αναισθητικών. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να ακολουθούνται οι κατευθυντήριες οδηγίες ασφαλείας και να χρησιμοποιείται το ίδιο ελάχιστο monitoring που προτείνεται για τη γενική αναισθησία (σφυγμικό οξύμετρο, ηλεκτροκαρδιογραφία, μη επεμβατική μέτρηση αρτηριακής πίεσης). Φάρμακα αναζωογόνησης (θειοπεντάλη ή προποφόλη, σουκκυνιλοχολίνη, ατροπίνη) και εξοπλισμός αναζωογόνησης (αναρρόφηση, μάσκες, ασκός AMPU ή αναπνευστικό σύστημα, στοματοφαρυγγικοί και ρινοφαρυγγικοί αεραγωγοί, λαρυγγοσκόπιο και λάμες, ενδοτραχειακοί σωλήνες και μηχανήμα αναισθησίας) πρέπει να είναι σε άμεση διαθεσιμότητα. [47,48,49,50].

Αντενδείξεις – Επιπλοκές- Προφυλάξεις

Δεν υπάρχουν γνωστές απόλυτες αντενδείξεις στη χρήση των υπερήχων. Όσο αναφορά την ασφάλεια, η Αμερικανική Επιτροπή για τη Χορήγηση Τροφών και Φαρμάκων (Food and Drugs Administration - FDA) αναφέρει: «Αν και δεν υπάρχουν γνωστοί κίνδυνοι, η ενέργεια των υπερήχων προκαλεί θέρμανση των ιστών και μπορεί να έχει άλλες βιολογικές δράσεις. Μπορεί επίσης να προκαλέσει μικρές αποθέσεις αερίου σε σωματικά υγρά ή ιστούς (σπηλαιοποίηση-cavitation). Τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της θέρμανσης των ιστών και της σπηλαιοποίησης δεν είναι γνωστά» [34,50].

Απόλυτες αντενδείξεις για την πραγματοποίηση περιφερικών αποκλεισμών είναι η γνωστή αλλεργία στα τοπικά αναισθητικά (σπάνια), η μόλυνση στο σημείο της παρακέντησης οι διαταραχές της πήκτικότητας και η άρνηση του ασθενούς. Σχετικές αντενδείξεις είναι η περιφερική νευροπάθεια, οι απομυελινωτικές νευρικές παθήσεις, η ψύχωση ή άνοια, η παρατεταμένη χειρουργική επέμβαση και η άρνηση της χειρουργικής ομάδας.

Πιθανές επιπλοκές είναι η ισχαιμική βλάβη του νεύρου, το αιμάτωμα, η ενδοαγγειακή έγχυση και η τοξικότητα από υπερδοσολογία των τοπικών αναισθητικών. Η τοξικότητα των τοπικών αναισθητικών προκαλεί συμπτώματα κυρίως από το κεντρικό νευρικό και το καρδιαγγειακό σύστημα, και σχετίζεται με την ταχύτητα απορρόφησης του φαρμάκου που είναι διαφορετική στους διάφορους ιστούς, ανάλογα με την αιμάτωσή τους. Η απορρόφηση του τοπικού αναισθητικού είναι ταχύτερη στους μεσοπλεύριους και τους παρασπονδυλικούς αποκλεισμούς, και ακολούθως με φθίνουσα σειρά στους ιερούς επισκληρίδιους αποκλεισμούς, στη θωρακική και οσφυϊκή επισκληρίδιο, στους αποκλεισμούς του βραχιονίου πλέγματος, στον ισχιακό και το μηριαίο αποκλεισμό και την υποδόρια διήθηση. Τα συμπτώματα από το κεντρικό νευρικό επέρχονται γενικά πιο γρήγορα από το καρδιαγγειακό σύστημα, και τα συμπτώματα διέγερσης ταχύτερα από τα συμπτώματα καταστολής. Συνήθως, η δοσολογία που μπορεί να προκαλέσει καρδιαγγειακή κατάρριψη είναι 4 έως 7 φορές μεγαλύτερη από αυτή που προκαλεί σπασμούς. Η μπουβιβακαΐνη είναι περισσότερο καρδιοτοξική από τη λιδοκαΐνη, ενώ ο ουδός σπασμών της ροπιβακαΐνης είναι μεγαλύτερος της λιδοκαΐνης. Τα συμπτώματα και σημεία από το κεντρικό νευρικό σύστημα περιλαμβάνουν την περιστοματική αιμωδία, που συνήθως επέρχεται νωρίτερα, τη μεταλλική γεύση, τη ζάλη, τη διπλωπία, τις εμβοές, τη σύγχυση, την ακαθισία, το σπασμό μυών και τους γενικευμένους σπασμούς και το

κώμα. Τα συμπτώματα από το καρδιαγγειακό προκαλούνται από τον προοδευτικό αποκλεισμό των διαύλων νατρίου και περιλαμβάνουν τη βραδυκαρδία, τους κολποκοιλιακούς αποκλεισμούς, τη διεύρυνση του QRS, τις ταχυκαρδίες επανεισόδου και την κοιλιακή μαρμαρυγή. Η χορήγηση γαλακτώματος λιπιδίων (Intralipid Emulsion) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία συμπτωμάτων τοξικότητας: η αρχική χορήγηση γαλακτώματος 20% 1,5 ml/kg ακολουθείται από έγχυση 0,25 ml/kg /min και περαιτέρω χορήγηση αν απαιτείται [17,50-58].

Οδηγίες για τη χορήγηση περιοχικής αναισθησίας με τη βοήθεια υπερήχων

Η Αμερικανική Εταιρεία Περιοχικής Αναισθησίας και Πόνου σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Περιοχικής Αναισθησίας εξέδωσαν οδηγίες στα μέλη τους σχετικά με το πεδίο της άσκησης, την απαιτούμενη εκπαίδευση και τις επιλογές εφαρμογής της υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιοχικής αναισθησία [50].

Η παρακάτω λίστα περιγράφει, σε μια ακολουθία 10 βημάτων, τη διαδικασία που πρέπει να τηρείται για την υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία. Τα βήματα δεν είναι απαραίτητο να γίνονται διαδοχικά και ενδεχομένως να μην είναι κατάλληλα για όλους τους τύπους των νευρικών αποκλεισμών.

1. Απεικόνισε τα οδηγιά ανατομικά σημεία - κλειδιά και συγκεκριμένα τα αιμοφόρα αγγεία, τους μύες, τις περιτονίες και τα οστά
2. Προσδιόρισε τα νεύρα ή το πλέγμα με απεικόνιση βραχέος άξονος
3. Επιβεβαίωσε την ύπαρξη φυσιολογικής ανατομίας και αναγνώρισε τυχόν ανατομικές παραλλαγές.

4. Καθόρισε ένα πλάνο για της προώθηση της βελόνας που δεν προκαλεί άσκοπο ιστικό τραύμα.
5. Διατήρησε άσηπτη τεχνική περιλαμβανομένου και του εξοπλισμού των υπερήχων.
6. Ακολούθησε τη βελόνα με παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο καθώς προωθείται προς το στόχο.
7. Σκέψου το συνδυασμό μιας δεύτερης τεχνικής ταυτοποίησης όπως η νευροδιέγερση.
8. Όταν το άκρο της βελόνας θεωρείται ότι βρίσκεται στη σωστή θέση, χορήγησε μικρή ποσότητα δοκιμαστικού διαλύματος. Αν το διάλυμα δεν απεικονίζεται κατά τη διάρκεια της δοκιμής θεώρησε ότι το άκρο της βελόνας βρίσκεται ενδαγγειακά ή εκτός του πεδίου δέσμης της απεικόνισης.
9. Κάνε τις απαραίτητες προσαρμογές της βελόνας αν εμφανίζεται ανεπιθύμητη διάδοση του τοπικού αναισθητικού. Η απεικόνιση του τοπικού αναισθητικού πρέπει να είναι συνεχής σε όλη τη διάρκεια της έγχυσης για να αποφευχθεί ενδαγγειακή έγχυση.
10. Τήρησε τις παραδοσιακές κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ασφάλεια: την ύπαρξη διαθέσιμου εξοπλισμού ανάνηψης, τη συχνή αναρρόφηση, τη χορήγηση δοκιμαστικού διαλύματος, την ύπαρξη βασικού monitoring, την ανταπόκριση του ασθενή και την κλινική εκτίμηση σε σχέση με τις ιδιότητες του εγχυόμενου διαλύματος.

Ικανότητα χορήγησης υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιοχικής αναισθησίας

Η ικανότητα χορήγησης υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιοχικής αναισθησίας απαιτεί συγκεκριμένες δεξιότητες που σχετίζονται με διαφορετικές πτυχές της διαδικασίας. Οι δεξιότητες αυτές μπορεί να χωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: α) την κατανόηση του χειρισμού της συσκευής β) τη βελτιστοποίηση της εικόνας γ) την ερμηνεία της εικόνας και δ) την απεικόνιση της εισαγωγής της βελόνας και της χορήγησης του διαλύματος του τοπικού αναισθητικού [17,34,50].

α) Κατανόηση του χειρισμού της συσκευής. Αυτή περιλαμβάνει:

- Την κατανόηση των βασικών τεχνικών αρχών για τη δημιουργία της εικόνας
- Την επιλογή του κατάλληλου ηχοβολέα
- Την επιλογή του κατάλληλου βάθους και σωστής εστίασης
- Την κατανόηση και κατάλληλη χρήση της τιμής απολαβής (gain)
- Την κατανόηση και εφαρμογή του έγχρωμου Doppler
- Τη δημιουργία αρχείου εικόνων
- Την τήρηση των κατευθυντηρίων οδηγιών σχετικά με τον προσανατολισμό της εικόνας σε σχέση με τον ασθενή

β) Βελτιστοποίηση της εικόνας. Αυτή προϋποθέτει:

- Την γνώση της σημασίας της πίεσης του ηχοβολέα
- Την γνώση της σπουδαιότητας της ευθυγράμμισης του ηχοβολέα
- Την γνώση του χειρισμού περιστροφής του ηχοβολέα
- Την γνώση του χειρισμού της γωνίωσης του ηχοβολέα

γ) Ερμηνεία της εικόνας. Περιλαμβάνει:

- Τον προσδιορισμό των νεύρων.
- Τον προσδιορισμό μυών και περιτονιών
- Τον προσδιορισμό αιμοφόρων αγγείων, με διάκριση αρτηριών και φλεβών.
- Τον προσδιορισμό οστών και του υπεζωκότα.
- Την αναγνώριση των συνήθων ακουστικών σφαλμάτων
- Την αναγνώριση των συνήθων ανατομικών σφαλμάτων
- Τον προσδιορισμό της αγγείωσης σε σχέση με την τροχιά της βελόνας

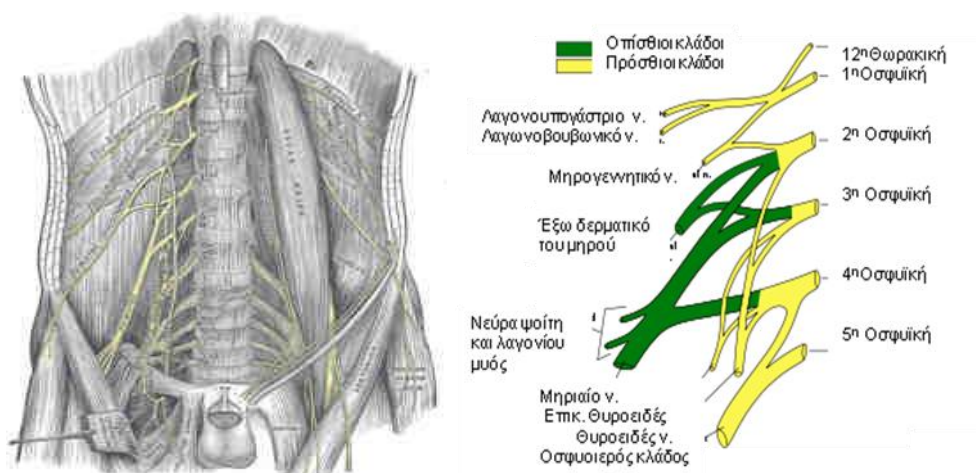
δ) Εισαγωγή της βελόνας και έγχυση. Προϋποθέτει:

- Την εκπαίδευση στην εντός πεδίου δέσμης τεχνική.
- Την εκπαίδευση στην εκτός πεδίου δέσμης τεχνική.
- Την γνώση των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών των δύο τεχνικών
- Την αναγνώριση της ενδομυϊκής τοποθέτησης της βελόνας
- Την αναγνώριση της σωστής και της άστοχης διάδοσης του τοπικού αναισθητικού.
- Την ελαχιστοποίηση της ακούσιας κίνησης του ηχοβολέα
- Την αναγνώριση της ενδονευρικής τοποθέτησης της βελόνας

ΜΕΡΟΣ Β

Ανατομία οσφυϊκού πλέγματος

Το οσφυϊκό πλέγμα βρίσκεται εντός της μάζας του μείζονος ψοίτη μυός, μεταξύ πρόσθιων και οπίσθιων μυϊκών του τμημάτων. Σχηματίζεται από τις πρόσθιες ρίζες των πρώτων τεσσάρων οσφυϊκών νεύρων (O_1-O_4) και στο 60% των περιπτώσεων με συνεισφορά νευρικών ινών από το τελευταίο θωρακικό νεύρο (Θ_{12}). Η διάμετρος των οσφυϊκών νεύρων αυξάνει κατά την κάθοδό τους (Εικόνα 47).



Εικόνα 47. Το οσφυϊκό πλέγμα http://en.wikipedia.org/wiki/Lumbar_plexus

Grays Anatomy of the Human Body. The Lumbosacral Plexus Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice by Susan Standring PhD DSc. Pp 956-964 Elsevier, 2008

Σε αντίθεση με το βραχιόνιο πλέγμα, δεν υπάρχει περίπλοκη συνδιαπλοκή μεταξύ των νεύρων τα οποία σχηματίζονται από ένα ή περισσότερα νωτιαία νεύρα με τον ακόλουθο τρόπο: το πρώτο οσφυϊκό νεύρο, που κάποιες φορές δέχεται ένα μικρό κλάδο του τελευταίου θωρακικού νεύρου, διαιρείται σε ένα ανώτερο και ένα κατώτερο κλάδο. Ο ανώτερος και μεγαλύτερος κλάδος διαιρείται στο

λαγωνοβουβονικό και το λαγονουπογάστριο νεύρο ενώ ο κατώτερος και μικρότερος κλάδος ενώνεται με ένα κλάδο του δεύτερου οσφυϊκού νεύρου για να σχηματιστεί το αιδιοιμηρικό νεύρο. Το υπόλοιπο του δεύτερου νεύρου και το τρίτο και τέταρτο νεύρο διαιρούνται σε πρόσθιους και οπίσθιους κλάδους. Ο πρόσθιος κλάδος του δεύτερου νεύρου ενώνεται με τους πρόσθιους κλάδους του τρίτου και του τέταρτου νεύρου για να σχηματίσει το θυροειδές νεύρο. Τα οπίσθια τμήματα του δεύτερου και του τρίτου νεύρου διαιρούνται σε δύο κλάδους, με τους μικρότερους κλάδους να ενώνονται για να σχηματίσουν το έξω μηροδερματικό νεύρο και τους μεγαλύτερους να ενώνονται με το οπίσθιο τμήμα του τέταρτου νεύρου για το σχηματισμό του μηριαίου νεύρου. Το επικουρικό θυροειδές νεύρο, όταν υπάρχει, σχηματίζεται από δύο μικρούς κλάδους του τρίτου και τέταρτου νεύρου [59-69].

Τα οσφυϊκά νεύρα συνδέονται κοντά στην έκφυσή τους με φαιούς συνδετικούς κλάδους από τα συμπαθητικά γάγγλια της οσφυϊκής συμπαθητικής αλύσου. Οι κλάδοι αυτοί σχηματίζονται από μακρές, λεπτές ίνες που συνοδεύουν τις οσφυϊκές αρτηρίες επί τα εκτός των σπονδυλικών σωμάτων κάτω από το μείζονα ψοίτη και έχουν ακανόνιστη δομή: ένα νωτιαίο νεύρο μπορεί να δέχεται ίνες από δύο γάγγλια αλλά και από ένα γάγγλιο μπορεί να ξεκινούν κλάδοι προς δύο οσφυϊκά νεύρα. Το πρώτο και το δεύτερο οσφυϊκά νεύρα και σε μερικές περιπτώσεις το τρίτο και το τέταρτο νεύρο συνδέονται επίσης με την οσφυϊκή συμπαθητική αλυσίδα και με ένα λευκό συνδετικό κλάδο (Πίνακας 2).

Νεύρο	Έκφυση	Μύες που νευρώνονται	Δερματικοί κλάδοι
Λαγονοϋπογάστριο	$\Theta_{12}-O_1$	- Εγκάρσιος κοιλιακός μυς - Έσω και έξω λοξός κοιλιακός μυς	- Πρόσθιος δερματικός κλάδος - Πλάγιος δερματικός κλάδος - Πρόσθια οσχέου νεύρα στους άνδρες
Λαγονοβουβωνικό	O_1-O_2		Πρόσθια χειλικά νεύρα στις γυναίκες
Αιδοιομηρικό	O_1, O_2	Κρεμαστήρας στους άνδρες	- Μηριαίος κλαδος - Γεννητικός κλάδος
Αιδοιομηρικό	O_1, O_2		
Έξω μηροδερματικό	O_2, O_3	Έξω θυροειδής μυς	Έξω δερματικό του μηρού
Θυροειδές	O_2-O_4 O_2-O_4	- Μακρός προσαγωγός - Βραχύς προσαγωγός	Δερματικός κλάδος
Μηριαίο	O_2-O_4 O_2-O_4	- λαγονοψοϊτής - Μείζονες και ελάσσονες προσαγωγοί του	- Πρόσθιοι δερματικοί κλάδοι - Σαφηνές

μηρού

- Κτενίτης

- Ισχνός

- Ραπτικός

- Τετρακέφαλος

μηριαίος

- Μείζονας ψοιτης

Βραχείς άμεσοι μυϊκοί $\Theta_{12}-O_4$ • Τετράγωνος οσφυϊκός

κλάδοι $\Theta_{12}-\Theta_4$ • Λαγόνιος

- Εγκάρσιοι οσφυϊκοί

Πίνακας 2. Τα νεύρα του οσφυϊκού πλέγματος *Grays Anatomy of the Human Body. The Lumbosacral Plexus Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice by Susan Standring PhD DSc. Pp 956-964 Elsevier, 2008*

Σε πολλά εγχειρίδια ανατομικής το οσφυϊκό περιγράφεται σε συνδυασμό με το ιερό πλέγμα (οσφυοιερό πλέγμα) το οποίο παρέχει αισθητική και κινητική νευρώση στο σύνολο του κάτω άκρου. Κλάδοι του οσφυϊκού πλέγματος νευρώνουν την υπερηβική και τη βουβωνική χώρα. Το λαγονουπογάστριο νεύρο ($\Theta_{12}-O_1$), φέρεται πάνω στον τετράγωνο οσφυϊκό μυ περνά μέσα από το περινεφρικό λίπος, διέρχεται της απονεύρωσης του εγκάρσιου κοιλιακού μύος και φέρεται ανάμεσα σε αυτόν και τον έξω λοξό μέχρι το μέσο της λαγόνιας ακρολοφίας. Με κλάδους του νευρώνει τη μέση γλουτιαία χώρα, το κατώτερο μέρος των κοιλιακών τοιχωμάτων και την περιοχή του εφηβαίου. Το λαγονοβουβωνικό νεύρο (O_1) έχει παρόμοια

πορεία, περνά τον βουβωνικό πόρο και βγαίνει από το υποδερμάτιο στόμιό του. Νευρώνει τη ράχη του πέους και την πρόσθια μοίρα του όσχεου. Το *αιδιομηρικό* (O_1-O_2), μετά την έξοδό του από τον ψοίτη, σε άλλοτε άλλη απόσταση από το βουβωνικό σύνδεσμο αποσχίζεται στο μηροβουβωνικό και το σπερματικό νεύρο. Το πρώτο νευρώνει το μηριαίο τρίγωνο, ενώ το δεύτερο το ριζομήριο, το εφήβαιο και το όσχεο ή το μεγάλο χείλος του αιδοίου [59-69].

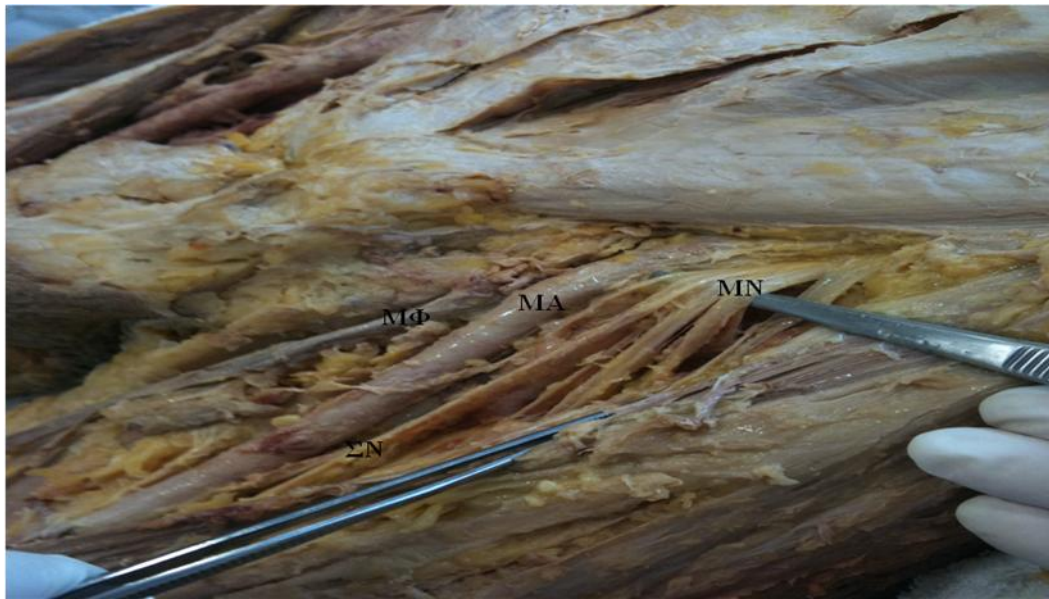
Το *έξω μηροδερματικό* (O_3-O_4), εκφύεται από το έξω όριο του μείζονος ψοίτη περίπου στη μεσότητά του, περνά κάτω από τη λαγόνια έκφυση του βουβωνικού συνδέσμου, εισέρχεται στο μηρό, πάνω από το ραπτικό μυ και διαιρείται σε δύο κλάδους, πρόσθιο και οπίσθιο. Ο πρόσθιος κλάδος γίνεται επιφανειακός περίπου 10 εκατοστά κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο και διαιρείται σε κλάδους που διανέμονται στο δέρμα του πρόσθιου και του πλάγιου τμήματος του μηρού, μέχρι το γόνατο. Οι τελικές ίνες αυτού του νεύρου αναστομώνονται με τους πρόσθιους δερματικούς κλάδους του μηριαίου νεύρου και με τον υποεπιγονατιδικό κλάδο του σαφηνούς νεύρου σχηματίζοντας έτσι το επιγονατιδικό πλέγμα. Ο οπίσθιος κλάδος διαπερνά την πλατεία περιτονία και υποδιαιρείται σε ίνες που πορεύονται οπίσθια κατά μήκος της έξω και της οπίσθιας επιφάνειας του μηρού νευρώνοντας το δέρμα από τον μείζονα τροχαντήρα έως τη μεσότητα του μηρού.

Το *θυροειδές νεύρο* (O_2-O_4), φέρεται προς τα κάτω και εντός στο πλάγιο τοίχωμα της ελάσσονος πυέλου, επί τα εκτός της ωοθήκης και του ουρητήρα, φθάνει στο θυροειδή πόρο και αποσχίζεται σε δύο τελικούς κλάδους, έναν πρόσθιο και έναν οπίσθιο, που χωρίζονται αρχικά από ίνες του έξω θυροειδή μυ και περιφερικότερα από το βραχύ προσαγωγό. Ο *πρόσθιος κλάδος* εξέρχεται της πυέλου μπροστά από τον έξω θυροειδή μυ και κατέρχεται μπροστά από τον βραχύ και πίσω από τον μακρό προσαγωγό μυ. Στο κατώτερο όριο του τελευταίου επικοινωνεί με πρόσθιους

δερματικούς κλάδους του μηριαίου και κλάδους του σαφηνούς σχηματίζοντας ένα μικρό πλέγμα. Μετά εξέρχεται μπροστά από τη μηριαία αρτηρία όπου τελικά διανέμεται. Κοντά στο θυροειδή πόρο το νεύρο δίνει έναν κλάδο στην άρθρωση του ισχίου. Παρέχει κινητική νεύρωση στους προσαγωγούς μύες και τον έξω θυροειδή μυ. Επίσης συνδέεται με έναν αναστομαωτικό κλάδο από το επικουρικό θυροειδές νεύρο όταν αυτό υπάρχει. Σε κάποιες περιπτώσεις ο αναστομαωτικός κλάδος στους πρόσθιους δερματικούς και σαφηνείς κλάδους του μηριαίου συνεχίζεται περιφερικά, ως δερματικός κλάδος στο μηρό και τον άκρο πόδα. Όταν συμβαίνει αυτό, κατέρχεται κατά μήκος του οπίσθιου άκρου του ραπτικού μυ στην έσω πλευρά του γόνατος, όπου διαπερνά την εν τω βάθει περιτονία επικοινωνεί με το σαφηνές νεύρο και κατανέμεται στο δέρμα της κνημιαίας επιφάνειας του ποδιού έως τη μεσότητά του. Ο *οπίσθιος κλάδος* διαπερνά το πρόσθιο τμήμα του έξω θυροειδή μυ τον οποίο νευρώνει κινητικά. Στη συνέχεια διαιρείται σε κλάδους που κατανέμονται στους προσαγωγούς μύες και συνήθως νευρώνει με ένα τελικό κλάδο την άρθρωση του γόνατος [59-69].

Το *μηριαίο νεύρο* (O_2-O_4), είναι ο παχύτερος κλάδος του οσφυϊκού πλέγματος. Κατέρχεται μέσα στη μυϊκή μάζα του μείζονος ψοίτη και εξέρχεται από αυτόν στο κατώτερο τμήμα του έξω ορίου του και περνά μεταξύ αυτού και του λαγονίου μυ πίσω από τη λαγόνια περιτονία. Στη συνέχεια περνά κάτω από το βουβονικό σύνδεσμο, εισέρχεται στο μηριαίο τρίγωνο όπου πορεύεται επί τα εκτός της μηριαίας αρτηρίας και αποσχίζεται σε αισθητικούς και κινητικούς κλάδους που νευρώνουν το δέρμα της πρόσθιας επιφάνειας του μηρού, της έσω επιφάνειας του γόνατος και της κνήμης, το δέρμα του έσω χείλους του άκρου ποδός, το λαγονοψοίτη, τον κτενίτη και τους πρόσθιους μηριαίους μύες (Εικόνα 48). Οι πρόσθιοι δερματικοί κλάδοι περιλαμβάνουν το έσω και το ενδιάμεσο δερματικό κλάδο. Ο ενδιάμεσος

δερματικός κλάδος διαπερνά την πλατεία περιτονία (και γενικά τον ραπτικό μυ) περίπου 7,5 εκατοστά κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο και διαιρείται σε δύο κλάδους που κατέρχονται στο πρόσθιο μέρος του μηρού και νευρώνουν το δέρμα έως το γόνατο. Στο σημείο αυτό επικοινωνεί με το έσω δερματικό νεύρο και τον υποεπιγονατιδικό κλάδο του σαφηνούς νεύρου, για να σχηματίσει το επιγονατιδικό πλέγμα. Το έσω δερματικό νεύρο περνά λοξά κατά μήκος του άνω άκρου της θήκης της μηριαίας αρτηρίας και διαιρείται μπροστά ή στην έσω πλευρά του αγγείου σε δύο κλάδους, ένα πρόσθιο και ένα οπίσθιο. Ο πρόσθιος κλάδος κατέρχεται μπροστά από τον ραπτικό μυ, διαπερνά την πλατεία περιτονία στο κατώτερο τριτημόριο του μηρού και διαιρείται σε δύο κλάδους : ο ένας νευρώνει το δέρμα έως την έσω πλευρά του γόνατος, ενώ ο άλλος περνά στην έξω πλευρά της επιγονατίδος επικοινωνώντας στην πορεία του με τον υποεπιγονατιδικό κλάδο του σαφηνούς νεύρου. Ο οπίσθιος κλάδος κατέρχεται κατά μήκος του έσω ορίου του ραπτικού μυός στο γόνατο, όπου διαπερνά την πλατεία περιτονία, επικοινωνεί με το σαφηνές νεύρο αποδίδει κάποιους δερματικούς κλάδους, και κατέρχεται για να υποστηρίξει το δέρμα της έσω πλευράς του άκρου ποδός. Κάτω από την πλατεία περιτονία, αναστομώνεται με κλάδους του σαφηνούς και του θυροειδούς για να σχηματίσει το υποραπτικό πλέγμα. Όταν ο αναστομωτικός κλάδος από το θυροειδές νεύρο είναι μακρύς υποστηρίζοντας το δέρμα του έσω ποδός, τότε ο οπίσθιος κλάδος του έσω δερματικού είναι μικρός και τερματίζεται στο πλέγμα.. Το έσω δερματικό νεύρο, πριν διαιρεθεί, αποδίδει μερικές δεσμίδες, που διαπερνούν την πλατεία περιτονία που αποδίδονται στην έσω πλευρά του μηρού, συνοδεύοντας την σαφήνη φλέβα. Μια από τις δεσμίδες αυτές περνά διαμέσου του σαφηνούς τρήματος, μια δεύτερη γίνεται υποδόρια στο ύψος του μηρού ενώ μια τρίτη διαπερνά την περιτονία στο κατώτερο τριτημόριο. Από το μηριαίο νεύρο ξεκινούν μυϊκοί κλάδοι στον κτενίτη μυ και τον ραπτικό μυ [70].



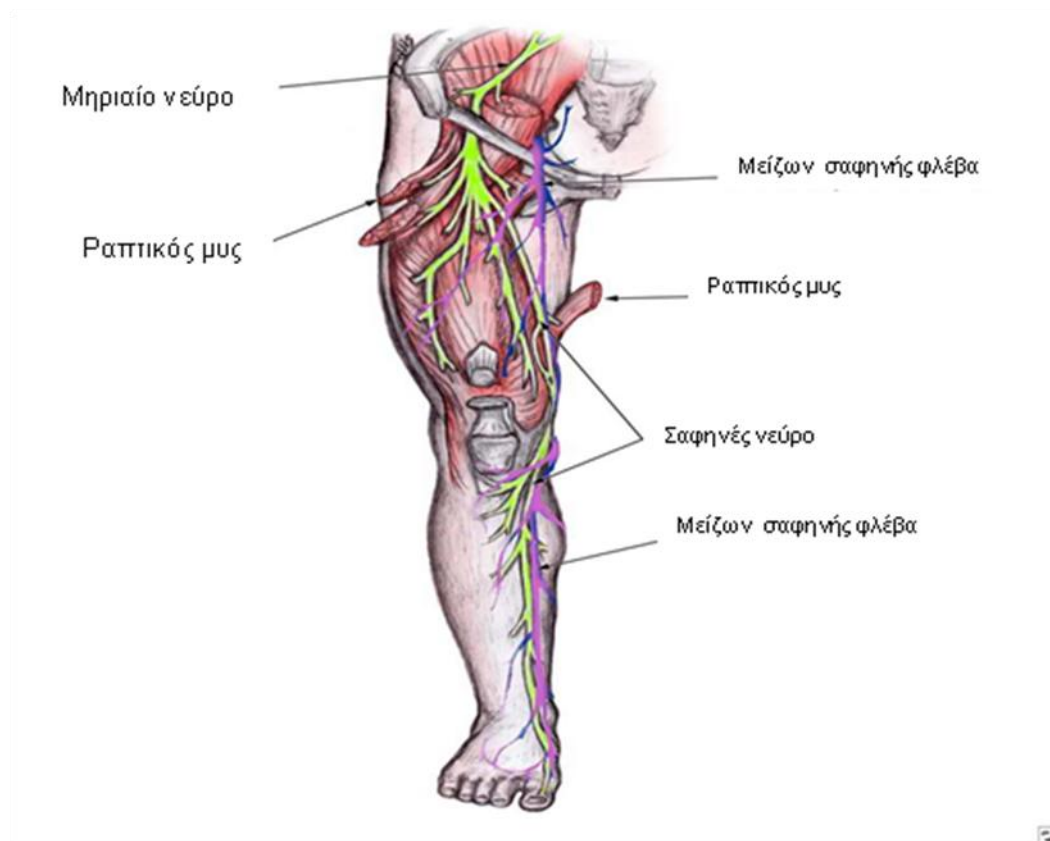
Εικόνα 48. Ανατομικό παρασκεύασμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Στην εικόνα φαίνεται η διαίρεση του σαφηνούς νεύρου κάτω από το επίπεδο του μηριαίου τριγώνου. Το σαφηνές νεύρο είναι ο πιο έσω και οπίσθιος κλάδος του, ο οποίος πορεύεται στον μηρό συνοδεύοντας την μηριαία αρτηρία. MA = Μηριαία αρτηρία, MΦ = Μηριαία φλέβα, MN = Μηριαίο νεύρο, ΣΝ = Σαφηνές νεύρο,

Η οπίσθια διαίρεση του μηριαίου νεύρου αποδίδει μυϊκούς, αρθρικούς κλάδους και το σαφηνές νεύρο. Οι μυϊκοί κλάδοι νευρώνουν τα τέσσερα τμήματα του τετρακέφαλου μηριαίου. Ο κλάδος στον ορθό μηριαίο εισέρχεται στο ανώτερο μέρος του μυός και αποδίδει ένα κλάδο στην άρθρωση του ισχίου. Ο μεγάλος κλάδος του έξω ορθού μυός αποδίδει ένα αρθρικό κλάδο στην άρθρωση του γόνατος, ενώ ο κλάδος του έσω ορθού κατέρχεται επί τα έξω των μηριαίων αγγείων μαζί με το σαφηνές νεύρο. Εισέρχεται στο μυ περίπου στη μεσότητά του και αποδίδει ένα κλάδο στην επιφάνεια του μυός, στην άρθρωση του γόνατος. Οι κλάδοι στον ενδιάμεσο ορθό, δύο ή τρεις στον αριθμό, εισέρχονται στην πρόσθια επιφάνεια του μυός περίπου στη μεσότητα του μηρού, ενώ ένας νευρώνει την άρθρωση του γόνατος. Οι αρθρικοί

κλάδοι στην άρθρωση του γόνατος είναι τρεις: ένας εκφύεται από το νεύρο του έξω ορθού μυός, άλλος από το νεύρο του έσω ορθού και ο τρίτος από το νεύρο του ενδιάμεσου ορθού μυός [59-69,71].

Το σαφηνές νεύρο

Το *σαφηνές νεύρο* (μακρό ή έσω σαφηνές νεύρο) είναι ο μεγαλύτερος αισθητικός, δερματικός κλάδος του μηριαίου νεύρου (Εικόνα 49). Η ετυμολογία της λέξης προέρχεται από το ρήμα σαφηνίζω που σημαίνει κάνω κάτι εμφανές, «καθαρό», κάνω κάτι σαφές, αναγνωρίσιμο και ποιητικά σαφηνής. Μετά τη διαίρεση του μηριαίου νεύρου, το σαφηνές, που είναι ο πιο έσω και οπίσθιος τελικός κλάδος, προσεγγίζει την μηριαία αρτηρία στο σημείο που αυτή περνά κάτω από το ραπτικό μυ. Αρχικά φέρεται επί τα έξω και πρόσθια από την μηριαία αρτηρία εντός της θήκης που σχηματίζεται από την ινώδη περιτονία του ραπτικού μυός, στον πόρο των προσαγωγών μυών, έως το πρόσθιο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, στο κατώτερο τμήμα του μείζονος προσαγωγού μυός. Στο σημείο αυτό, χιάζεται με την μηριαία αρτηρία από τα έξω προς τα έσω, στις περισσότερες των περιπτώσεων μετά την έκφυση της άνω κατιούσας αρτηρίας του γόνατος την οποία συνοδεύει στην έξοδο του από τον πόρο των προσαγωγών. Στη συνέχεια πορεύεται διαπερνώντας την πλατεία περιτονία, συνήθως μεταξύ των τενόντων του ραπτικού και του ισχνού έσω ορθού μηριαίου μυός, στην έσω πλευρά του γόνατος, όπου βρίσκεται υποδοριώς.



Εικόνα 49. Το σαφηνές νεύρο. <http://emedicine.medscape.com/article/83237-o>

Grays Anatomy of the Human Body. The Lumbosacral Plexus Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice by Susan Standring PhD DSc. Elsevier, 2008

Το νεύρο στη συνέχεια φέρεται κατά μήκος της κνημιαίας πλευράς του κάτω άκρου μαζί με τη σαφηνή φλέβα, δίπλα από το έσω όριο της κνήμης και στο κατώτερο τριτημόριο του ποδιού διαιρείται σε δύο κλάδους: ο ένας συνεχίζει την πορεία του κατά μήκος της κνήμης και απολήγει στην ποδοκνημική, ενώ ο άλλος περνά μπροστά από το έσω σφυρό και κατανέμεται στο δέρμα της έσω πλευράς του άκρου ποδός, έως το μεγάλο δάκτυλο του ποδιού και αναστομώνεται με τον έσω κλάδο του επιπολής περονιαίου νεύρου [72-75].

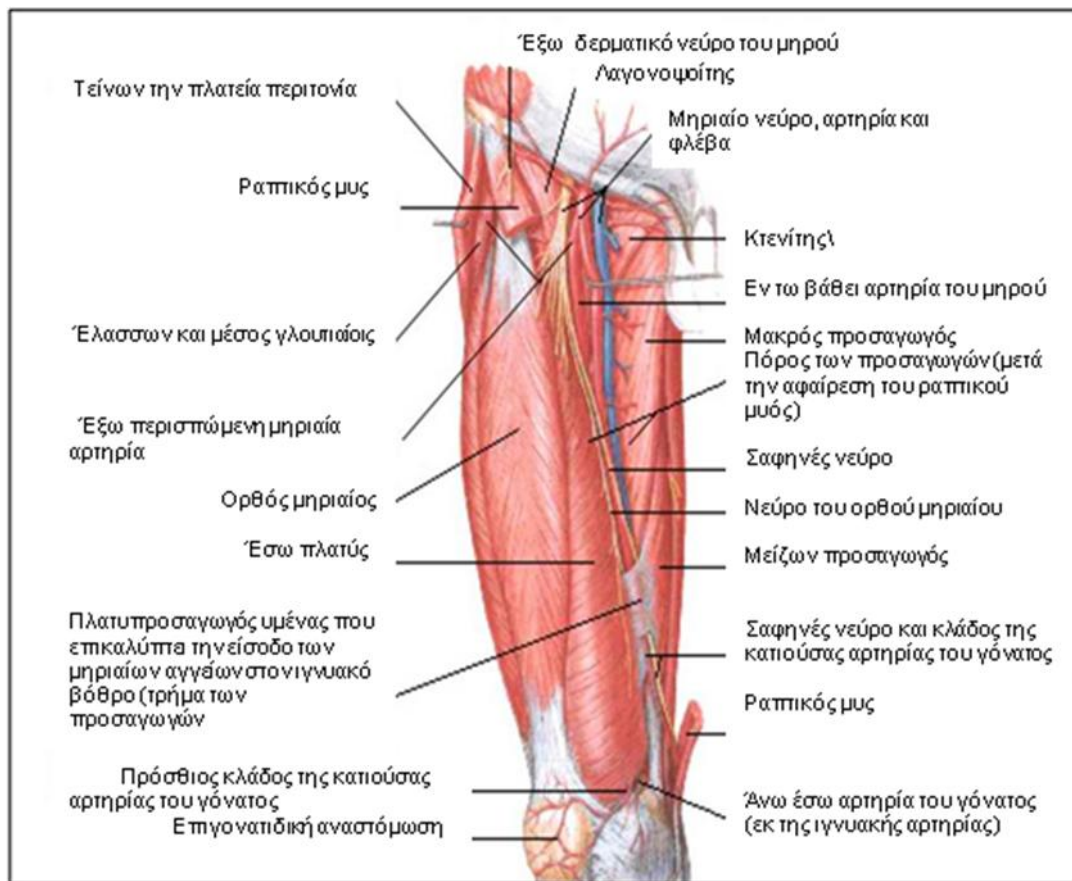
Το σαφηνές νεύρο, περίπου στη μεσότητα του μηρού, αποδίδει ένα κλάδο που συμμετέχει στο σχηματισμό του υποραπτικού νευρικού πλέγματος. Στην έσω πλευρά της κνήμης αποδίδει ένα μεγάλο υποεπιγονατιδικό κλάδο που διαπερνά το ραπτικό μυ

και την πλατεία περιτονία και κατανέμεται στο δέρμα μπροστά από την επιγονατίδα. Κάτω από το γόνατο, κλάδοι του σαφηνούς νεύρου κατανέμονται στο δέρμα της πρόσθιας και έσω επιφανείας του ποδιού, επικοινωνώντας με δερματικούς κλάδους του μηριαίου ή με ίνες του θυροειδούς νεύρου [76,77].

Επεμβάσεις που περιλαμβάνουν την εκτομή της σαφηνούς φλέβας (όπως η χρήση φλεβικών μοσχευμάτων σε επεμβάσεις αορτοστεφανιαίας παράκαμψης στην καρδιοχειρουργική) έχουν σαν αποτέλεσμα την απώλεια της αισθητικότητας στο δέρμα του έσω ποδός, λόγω της εγγύτητας στην πορεία του σαφηνούς νεύρου με τη σαφηνή φλέβα. Ανάλογα περιγράφεται μεταβολή της αισθητικότητας μετά από διατομή του υποεπιγονατιδικού κλάδου, σε ορθοπεδικές επεμβάσεις στην άρθρωση του γόνατος (οστεοτομίες κνήμης, επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής) [71, 79-85].

Ο πόρος των προσαγωγών

Ο *πόρος των προσαγωγών* (υποραπτικό κανάλι ή κανάλι του Hunter) είναι μια στενή, απονευρωτική σήραγγα στο μηρό μήκους περίπου 15 εκατοστών. Βρίσκεται στο μέσο τριτημόριο του μηρού και συνίσταται σε μια διαμυική δίοδο μέσω της οποίας τα μηριαία αγγεία πορεύονται στον μηρό μέχρι να εισέλθουν στον ιγνυακό βόθρο όπου μεταπίπτουν στα ιγνυακά αγγεία. Σχηματίζεται περίπου 15 εκατοστά κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο, στο σημείο που ο ραπτικός μυς εφάπτεται λοξά στον μακρό προσαγωγό μυ και απολήγει στο τρήμα των προσαγωγών στον τένοντα του μείζονος προσαγωγού μυός (Εικόνα 50).



Εικόνα 50. Τα περιεχόμενα του πόρου των προσαγωγών. Ο ραπτικός μυς έχει αφαιρεθεί. <http://edwards-smith.blogspot.gr/~saphenous-picture> Grays Anatomy of the Human Body. The Lumbosacral Plexus Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice by Susan Standring PhD DSc. Elsevier, 2008

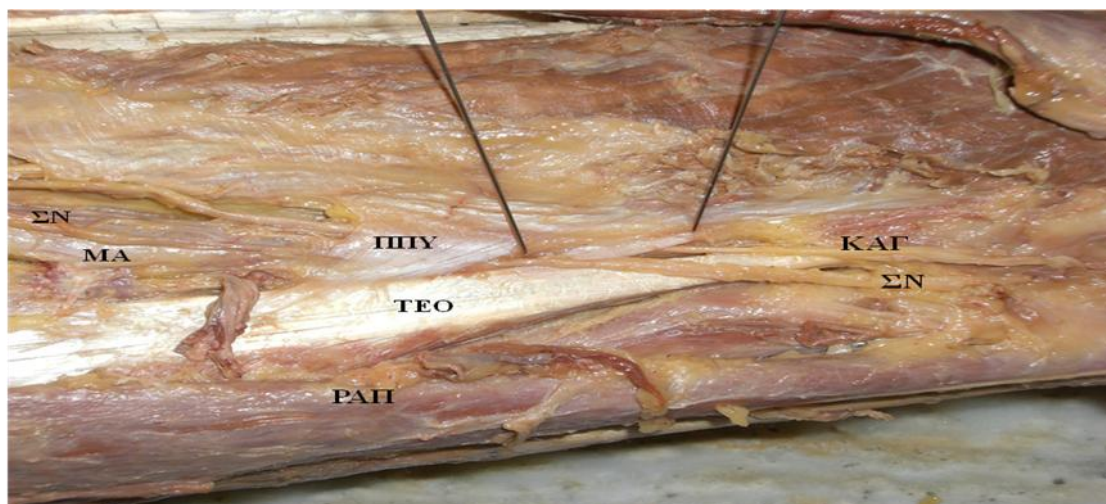
Ο πόρος των προσαγωγών ορίζεται: επί τα έξω από τον έσω πλατύ μυ, οπίσθια και έσω από τον μακρό προσαγωγό και τον μείζονα προσαγωγό μυ, και πρόσθια από ινώδες πέταλο στην οπίσθια επιφάνεια του ραπτικού μυός. Ο ραπτικός μυς και η υποραπτική περιτονία με τον πλατυπροσαγωγό υμένα αποτελούν την οροφή του πόρου των προσαγωγών. Περίπου στη μεσότητα του μηρού, ένα υποραπτικό νευρικό πλέγμα εφάπτεται της περιτονίας και νευρώνει το υπερκείμενο δέρμα.

Το σαφηνές νεύρο φέρεται μαζί με την μηριαία αρτηρία, αρχικά επί τα έξω της αρτηρίας, και στη συνέχεια διασταυρώνεται προσθίως με αυτή ώστε πριν το κάτω

όριο του πόρου βρίσκεται επί τα έσω αυτής. Το σαφηνές νεύρο δεν διέρχεται του τρήματος των προσαγωγών μαζί με τα αγγεία αλλά περνά μεταξύ των τενόντων του ραπτικού και του ισχνού έσω ορθού μηριαίου μυ στην έσω επιφάνεια του γόνατος. Το νεύρο του έσω πλατέως μυός φέρεται κάτω από τη μηριαία αρτηρία στο εγγύς τμήμα του πόρου των προσαγωγών και στη συνέχεια διαιρείται σε κλάδους που νευρώνουν το μυ και την άρθρωση του γόνατος [86, 87, 88].

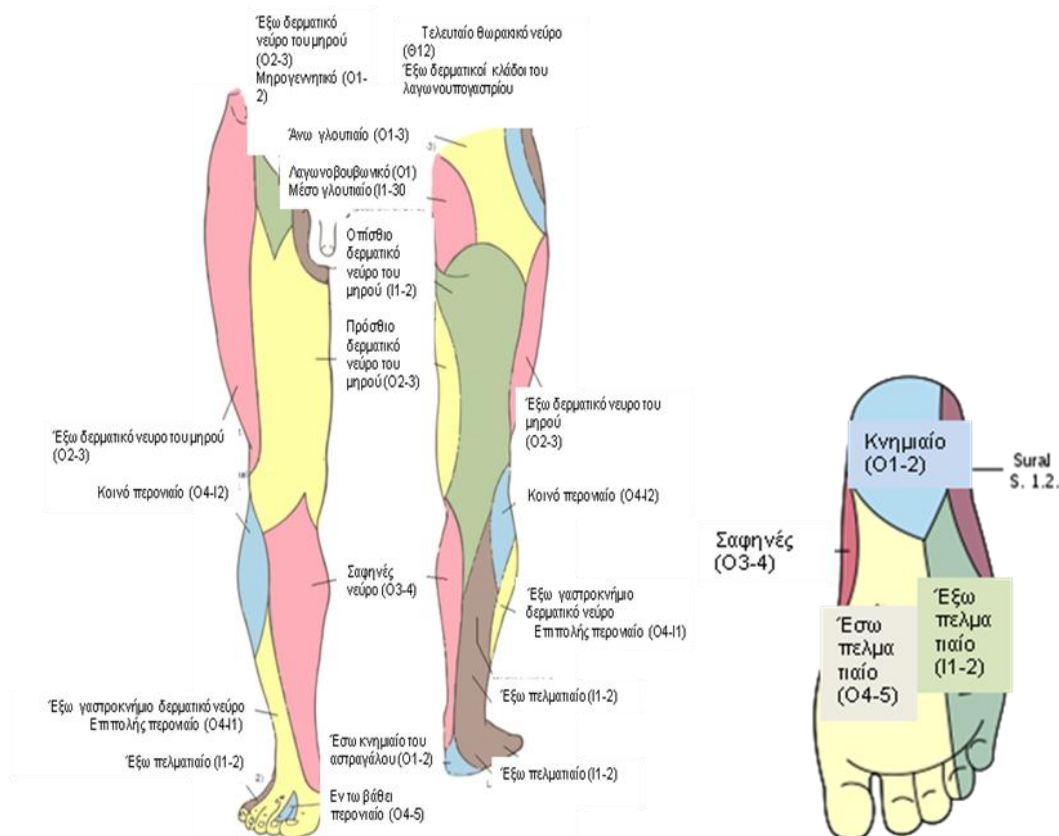
Πλατυπροσαγωγός υμένας

Η μεμβράνη αυτή αποτελεί μέρος του έσω μεσομύιου διαφράγματος και σπάνια περιγράφεται στην βιβλιογραφία αν και είναι παρούσα σε όλα τα πτωματικά παρασκευάσματα (Εικόνα 51). Έχοντας τραπεζοειδές σχήμα με τη μικρότερη πλευρά του να βρίσκεται περιφερικότερα, ο πλατυπροσαγωγός υμένας συνδέει λοξώς το έσω όριο του έσω πλατέως μυός με το έξω όριο του μείζονος προσαγωγού μυός, αποτελώντας την οροφή του υπορραπτικού πόρου των προσαγωγών στο κατώτερο τμήμα του. Έχει μήκος που κυμαίνεται μεταξύ 5- 15 εκατοστών και πλάτος που μειώνεται από τα 2,5 εκατοστά στο εγγύς άκρο του στο 0,5 εκατοστό στο περιφερικό άκρο του. Το σαφηνές νεύρο και η κατιούσα αρτηρία του γόνατος περνούν κάτω από τον υμένα και δεν τον διαπερνούν, ο οποίος όμως είναι όμως πιθανό να είναι διάτρητος από μικρότερους κλάδους του σαφηνούς νεύρου και, σε κάποιες περιπτώσεις, του θυροειδούς νεύρου [89].



Εικόνα 51. Ανατομικό παρασκεύασμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Στην εικόνα παρουσιάζεται σε ανατομικό παρασκεύασμα η πορεία του σαφηνούς νεύρου κάτω από τον πλατυπροσαγωγό υμένα κατά την έξοδό του από τον πόρο των προσαγωγών. Ο ραπτικός μυς είναι σε εξωτερική έλξη. ΜΑ = Μηριαία αρτηρία, ΣΝ = Σαφηνές νεύρο, ΡΑΠ = Ραπτικός μυς, ΠΠΥ = Πλατυπροσαγωγός υμένας, ΤΕΟ = Τένοντας του έσω ορθού μυός, ΚΑΓ = Κατιούσα αρτηρία του γόνατος

Νεύρωση του υπολοίπου κάτω άκρου. Ισχιακό νεύρο



Εικόνα 52. Η αισθητική νευρώση του κάτω άκρου

<http://thepainsource.com/high-femoral-neuropathy-an-emg-case/saphenous-nerve/>

Grays Anatomy of the Human Body. The Lumbosacral Plexus Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice by Susan Standring PhD DSc. Elsevier, 2008

Το *ισχιακό νεύρο* είναι το μακρύτερο και παχύτερο νεύρο του ανθρώπινου σώματος. Νευρώνει το σύνολο του δέρματος του ποδιού πλην της κατανομής του σαφηνούς, τους οπίσθιους μηριαίους μύες και τους όλους μύες της κνήμης και του άκρου ποδός (Εικόνα 52). Σχηματίζεται από τα Ο₄ έως Ι₃ νωτιαία νεύρα και περιέχει ίνες τόσο από τις πρόσθιες όσο και από τις οπίσθιες ρίζες του οσφυοιερού πλέγματος. Το νεύρο αποδίδει αρθρικούς και μυϊκούς κλάδους. Οι αρθρικοί κλάδοι εκφύονται από το ανώτερο τμήμα του νεύρου και νευρώνουν την άρθρωση του ισχίου. Οι μυϊκοί κλάδοι κατανέμονται στους εξής μύες του κάτω άκρου: δικέφαλο μηριαίο, ημιτενοντώδη, ημιμεμβρανώδη, και μείζονα προσαγωγό. Το νεύρο στην

βραχεία κεφαλή του δικεφάλου μηριαίου προέρχεται από το κοινό περνιαίο ενώ οι υπόλοιποι μυικοί κλάδοι από το κνημιαίο νεύρο (αμφότερα είναι κλάδοι του ισχιακού). Στο επίπεδο του ιγνυακού βόθρου το ισχιακό νεύρο διχάζεται σε κνημιαίο και κοινό περνιαίο.

Το *κνημιαίο νεύρο* σχηματίζεται στον ιγνυακό βόθρο και αποδίδει κλάδους στον γαστροκνήμιο, τον ιγνυακό τον μακρό πελματικό και τον πελματιαίο μυ. Επιπλέον, αποδίδει έναν αρθρικό κλάδο στην άρθρωση του γόνατος και ένα δερματικό κλάδο, το *γαστροκνημιαίο νεύρο* που ενώνεται με ίνες από το κοινό περνιαίο και κατέρχεται στην ποδοκνημική για να νευρώσει την έξω πλευρά του άκρου ποδός. Κάτω από τον πελματιαίο μυ, το κνημιαίο νεύρο βρίσκεται κοντά στην κνήμη και νευρώνει τον οπίσθιο κνημιαίο μυ, τον μακρό καμπτήρα των δακτύλων, και τον μακρό καμπτήρα του μεγάλου δακτύλου του ποδιού. Το νεύρο εισέρχεται στο πόδι πίσω από το έσω σφυρό μαζί με την οπίσθια κνημιαία αρτηρία. Στο πόδι, το νεύρο διαιρείται σε έσω και έξω πελματιαίους κλάδους. Το έσω πελματιαίο νεύρο νευρώνει τον απαγωγό του μεγάλου δακτύλου του ποδός, τον βραχύ καμπτήρα των δακτύλων και τον πρώτο ελμινθοειδή του ποδιού. Η αισθητική κατανομή του έσω πελματιαίου νεύρου είναι στο έσω πέλμα, στα έσω τρία και το έσω μισό του τέταρτου δακτύλου και το οπίσθιο τμήμα της ονυχοφόρου φάλαγγος (κατά αναλογία με το μέσο νεύρο του χεριού). Το έξω πελματιαίο νεύρο νευρώνει τον τετράγωνο πελματιαίο, τους ελάσσονες καμπτήρες των δακτύλων, τον προσαγωγό του μεγάλου δακτύλου του ποδιού, τους μεσόστεους πελματιαίους, τρεις ελμινθοειδείς και τον ελάσσονα απαγωγό των δακτύλων. Η αισθητική κατανομή είναι στο έξω πέλμα, το έξω μισό του τέταρτου δακτύλου και το μικρό δάκτυλο (κατά αναλογία με το ωλένιο).

Το *κοινό περνιαίο* νεύρο, περίπου το μισό σε μέγεθος του κνημιαίου νεύρου, κατέρχεται λοξώς κατά μήκος της έξω πλευράς του ιγνυακού βόθρου προς την κεφαλή της περόνης σε συνάφεια με τον τένοντα του δικέφαλου μηριαίου μυ. Αφού περιβάλλει την κεφαλή της περόνης κατέρχεται προς το πόδι μεταξύ του μακρού περνιαίου μυ και του οστού, και διαιρείται κάτω από το μυ σε επιπολής και εν τω βάθει περνιαίο νεύρο. Πριν το διχασμό του, νευρώνει το βραχύ και τον μακρό περνιαίο μυ και αποδίδει αρθρικούς και δερματικούς κλάδους. Οι αρθρικοί κλάδοι είναι τρεις: δύο από αυτούς συνοδεύουν τις άνω και κάτω έξω γονατιαίες αρτηρίες στο γόνατο, ενώ ο τρίτος (παλίνδρομος) αρθρικός κλάδος εκφύεται πριν το διχασμό του νεύρου. Το *έξω γαστροκνήμιο δερματικό* νεύρο νευρώνει το δέρμα της οπίσθιας και της πλάγιας επιφανείας του ποδιού. Το εν τω βάθει περνιαίο νεύρο νευρώνει τους μύες του πρόσθιου διαμερίσματος του ποδιού: τον πρόσθιο κνημιαίο, τον μακρό εκτείνοντα του μεγάλου δακτύλου του ποδιού και τον μακρό εκτείνοντα των δακτύλων. Το επιπολής περνιαίο νεύρο νευρώνει τους μύες του έξω διαμερίσματος του ποδιού και συγκεκριμένα τον μακρύ και το βραχύ περνιαίο [59-69].

Υπερηχογραφικά καθοδηγούμενοι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί της αισθητικής κατανομής του σαφηνούς νεύρου.

Η αισθητικότητα του δέρματος που νευρώνεται από το σαφηνές νεύρο, μπορεί να αποκλεισθεί με κεντρικό νευρικό αποκλεισμό (υπαραχνοειδής και επισκληρίδιος αναισθησία) και με περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς του διαμερίσματος του ψοίτη, του μηριαίου και του ίδιου του σαφηνούς νεύρου.

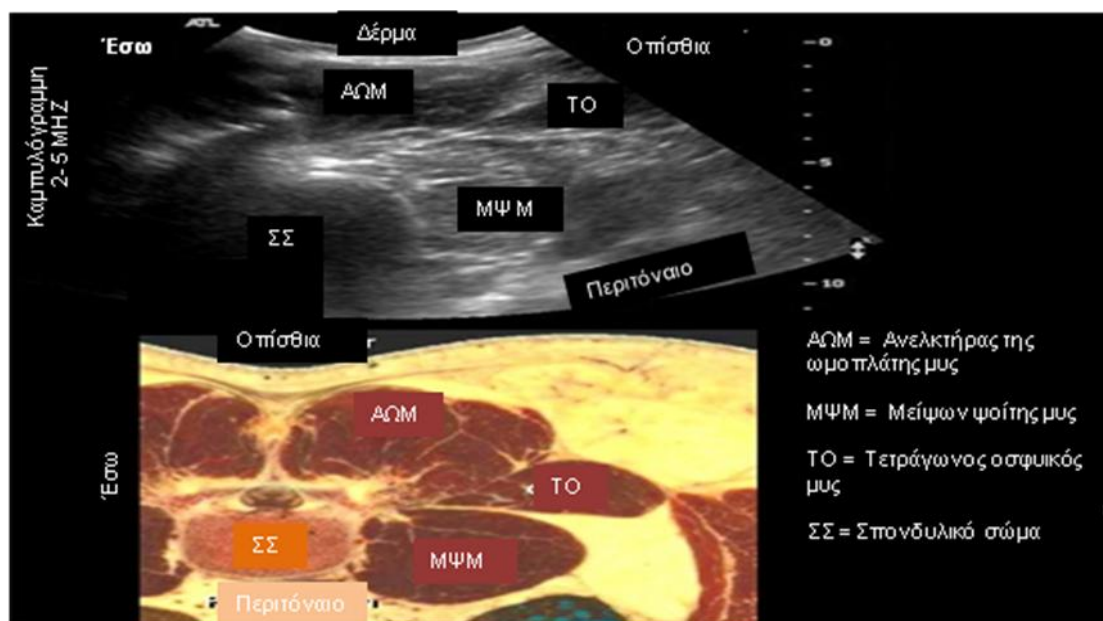
Α) Αποκλεισμός του διαμερίσματος του ψοίτη (παρασπονδυλικός αποκλεισμός)

Οι δομές του οσφυϊκού πλέγματος που συνήθως εμφανίζονται με τους υπερήχους στον αποκλεισμό του διαμερίσματος του ψοίτη (παρασπονδυλικά) είναι: η σπονδυλική απόφυση, το τόξο και οι πλευρικές σπονδυλικές διαρθρώσεις (facet joints), οι εγκάρσιες αποφύσεις, ο ορθοτήρας μυς της σπονδυλικής στήλης και ο μείζων ψοίτης μυς. Ο ασθενής τοποθετείται σε πλάγια κατάκλιση με την πλευρά που πρόκειται να αποκλειστεί προς τα επάνω. Εναλλακτικά τοποθετείται σε πρηνή θέση με την τοποθέτηση μαξιλαριού στην κοιλιά ώστε να προκληθεί οσφυϊκή λόρδωση και να διευρυνθούν τα μεσοσπονδύλια διαστήματα. Γίνεται σάρωση της παρασπονδυλικής χώρας στο O₂-O₃ επίπεδο κεφαλικά από τη λαγόνια άκανθα. Μετά την ετοιμασία του δέρματος και του ηχοβολέα τοποθετείται ένας καμπυλόγραμμος ηχοβολέας συχνότητας 2-5 MHz επιμήκως αμέσως παράλληλα με τη σπονδυλική στήλη ώστε να ληφθεί μια επιμήκης όψη των εγκάρσιων αποφύσεων. (Εικόνα 53). Αφού ρυθμιστεί αναλόγως το βάθος του πεδίου (συνήθως >8 εκ), η εστίαση και η τιμή απολαβής (gain) για βελτίωση της λαμβανόμενης εικόνας, ο ηχοβολέας στρέφεται ώστε να γίνει και η εγκάρσια λήψη του διαμερίσματος του ψοίτη [2,5,9, 90,91].



Εικόνα 53. Αποκλεισμός του διαμερίσματος του ψοίτη δεξιά. Η βελόνα κατευθύνεται από μέσα προς τα έξω. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Το οσφυϊκό πλέγμα στους ενήλικες βρίσκεται μέσα στο σώμα του ψοίτη μυ. Συνήθως δεν απεικονίζεται με τους υπερήχους και υποτίθεται ότι βρίσκεται στο οπίσθιο τριτημόριο της μυϊκής μάζας του ψοίτη. Σκοπός της υπερηχογραφικής απεικόνισης είναι ο προσδιορισμός της εγκάρσιας απόφυσης των σπονδύλων και του ψοίτη μυ και ο υπολογισμός της απόστασής τους από το δέρμα. Αφού γίνει συστηματική επισκόπηση και ανατομικός προσδιορισμός της εικόνας από τα έσω προς τα έξω, εντοπίζονται οι παρασπονδυλικοί μύες (ο ορθοτήρας μυς της σπονδυλικής στήλης, και ο τετράγωνος οσφυϊκός μυς) πίσω από τις εγκάρσιες αποφύσεις. Επίσης απεικονίζεται ο ψοίτης μυς μπροστά από τις εγκάρσιες αποφύσεις. Η προς τα έσω μετακίνηση του ηχοβολέα βοηθά στην απεικόνιση των πλευρικών σπονδυλικών διαρθρώσεων ενώ η προς τα έξω κύλισή του στην εκτίμηση του μήκους των εγκαρσίων αποφύσεων. Αφού εντοπιστούν τα παραπάνω ανατομικά στοιχεία στην αρχική επισκόπηση, σημειώνεται η απόσταση του περιτοναίου από το δέρμα, η οποία αποτελεί τη μέγιστη ασφαλή απόσταση που μπορεί με ασφάλεια να προωθηθεί η βελόνα χωρίς να εισέλθει στο περιτόναιο και διαπεράσει το έντερο.



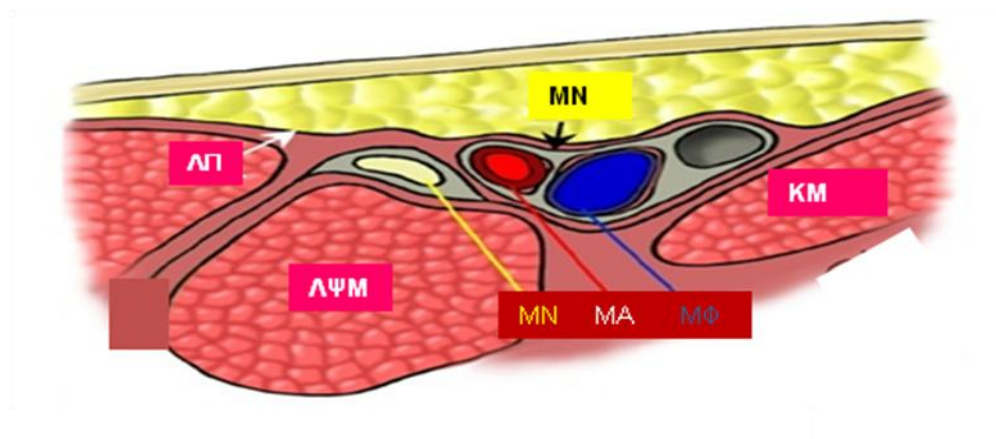
Εικόνα 54. Υπερηχογραφική απεικόνιση του διαμερίσματος του ψοίτη και εγκάρσια διατομή στο ύψος του τρίτου οσφυϊκού σπονδύλου, όπου ονομάζονται τα ανατομικά στοιχεία Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Ο υπερηχογραφικά υποβοηθούμενος αποκλεισμός του ψοίτη απαιτεί εμπειρία από το χειριστή λόγω του μεγάλου βάθους της προώθησης της βελόνας. Ο ηχοβολέας τοποθετείται κάθετα στο δέρμα έτσι, ώστε στην εγκάρσια απεικόνιση για τη τέλεση του αποκλεισμού, η δέσμη των υπερήχων να εισέρχεται μεταξύ των εγκαρσίων αποφύσεων, οι οποίες δεν απεικονίζονται (Εικόνα 54). Η βελόνα 22G μήκους 12-15 εκατοστών, εισάγεται παράλληλα στον επιμήκη άξονα του ηχοβολέα (in plane), ώστε να είναι ορατή σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της προώθησής της. Το άκρο της βελόνας, εξ αιτίας του μεγάλου βάθους, μπορεί να μην απεικονίζεται και συχνά είναι απαραίτητη η υποβοήθηση της τεχνικής, με το ηλεκτρικό ερέθισμα ενός νευροδιεγέρτη που θα προκαλέσει μυϊκή σύσπαση του τετρακεφάλου μυ στο μηρό. Όταν το άκρο της βελόνας εντοπίσει το πλέγμα, στο οπίσθιο τριτημόριο του μείζονα

ψοίτη μυ, εγχέονται 20-30 ml τοπικού αναισθητικού και παρατηρείται η εξάπλωσή του στη μάζα του μυός. Η κατεύθυνση της βελόνας είναι πιθανόν ασφαλέστερο να κατευθύνεται από μέσα προς τα έξω, επειδή το κάλυμμα της σκληράς μήνιγγας μπορεί να εκτείνεται κάποια απόσταση από το σπονδυλικό σωλήνα. Η έγχυση του φαρμάκου πρέπει να γίνεται αργά, μετά από συχνή αναρρόφηση. Πιθανές επιπλοκές είναι η ολική ραχιαία αναισθησία και ο τραυματισμός του νεφρού [2,5,9, 90,91].

B) Αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου

Το μηριαίο νεύρο εισέρχεται στο πρόσθιο τμήμα του μηρού κάτω από το βουβονικό σύνδεσμο. Το νεύρο περικλείεται στην περιτονία του λαγονίου μυός (λαγόνια περιτονία), που το διαχωρίζει επί τα έξω, από τη μηριαία θήκη που περιέχει την μηριαία αρτηρία και την μηριαία φλέβα. Πάνω από αυτά βρίσκεται η πλατεία περιτονία. Η απόσταση που το χωρίζει από την μηριαία αρτηρία είναι συνήθως 1-2 εκατοστά, σε κάποιες περιπτώσεις όμως είναι σε στενή επαφή με το σφυγμό της μηριαίας αρτηρίας (Εικόνα 55).

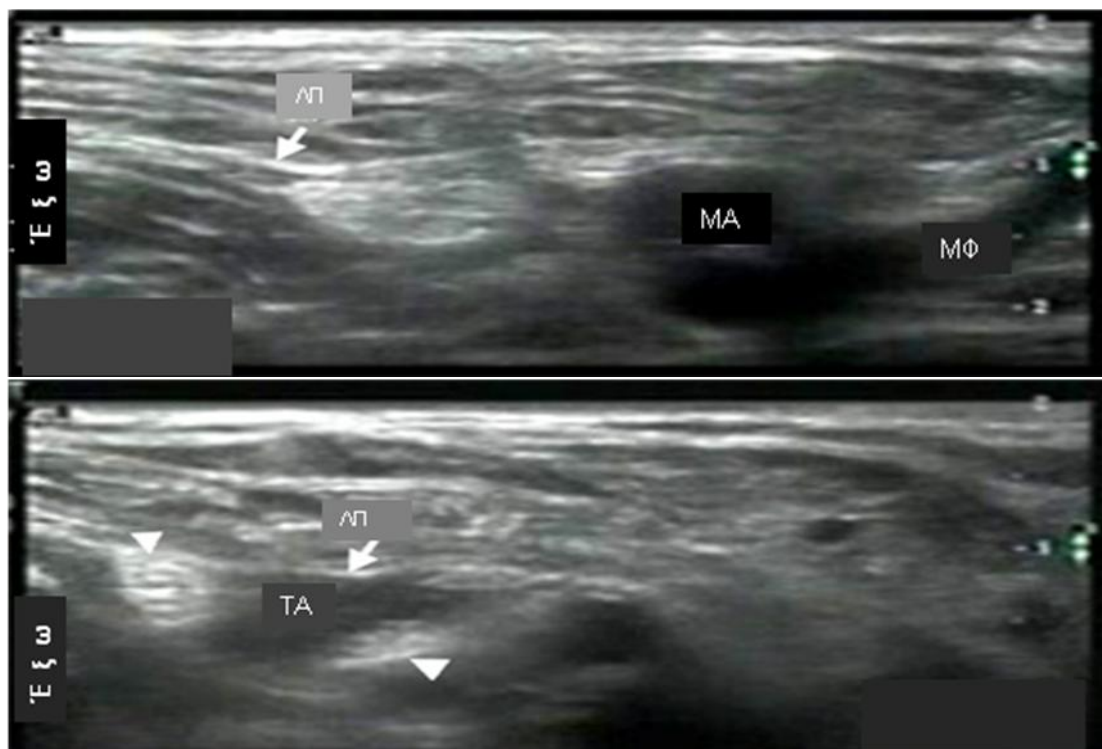


Εικόνα 55. Το πρόσθιο τμήμα του μηριαίου τριγώνου σε εγκάρσια διατομή

ΠΠ = Πλατεία περιτονία, ΜΘ = Μηριαία θήκη, ΛΨΜ = Λαγονοψοίτης μυς, ΚΤ = Κτενίτης μυς, ΜΝ = Μηριαίο νεύρο, ΜΑ = Μηριαία αρτηρία, ΜΦ = Μηριαία Φλέβα

Chan V. Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

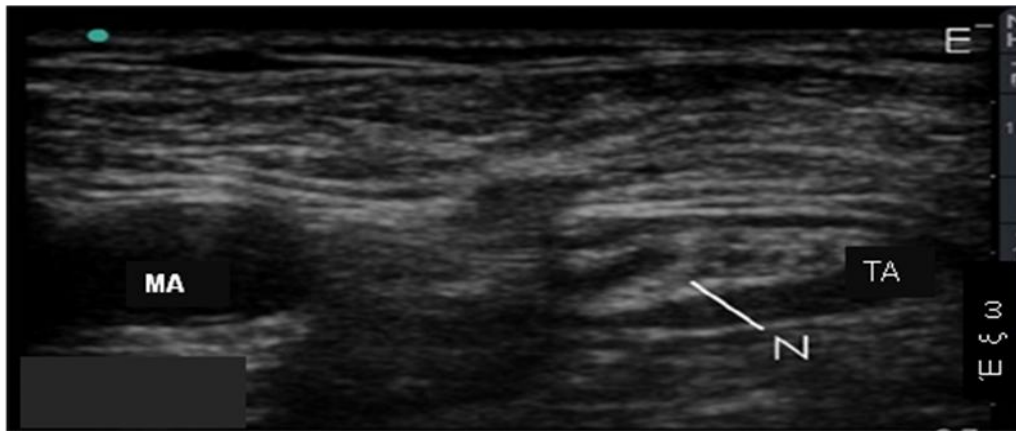
Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση. Μετά την προετοιμασία του δέρματος και του ηχοβολέα, ένας ευθύγραμμος ηχοβολέας (10-12 MHz) τοποθετείται κατά μήκος της μηριαίας πτυχής. Αν η αρτηρία και το νεύρο βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος (> 4 εκ), επιλέγεται ηχοβολέας 7 MHz. Ρυθμίζονται το βάθος, η εστίαση και η ενίσχυση (gain), και πραγματοποιείται συστηματική επισκόπηση από μέσα προς τα έξω, και από την επιφάνεια στο βάθος (Εικόνα 56). Το μηριαίο νεύρο εντοπίζεται συνήθως εύκολα στην περιοχή αυτή. Αρχικά εντοπίζεται η μηριαία αρτηρία. Αν εμφανίζονται δύο αρτηρίες, τότε η σάρωση του ηχοβολέα γίνεται κεντρικότερα έτσι ώστε να απεικονιστεί η αρτηρία πριν την έκφυση της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας. Η μηριαία φλέβα βρίσκεται επί τα έσω της αρτηρίας και μπορεί να μην απεικονίζεται, παρά μόνο αν ελαττωθεί η πίεση του ηχοβολέα στο δέρμα. Βαθύτερα απεικονίζεται η μάζα του λαγονοψοίτη. Το μηριαίο νεύρο συχνά βρίσκεται σε μια τριγωνική υπερηχογενή περιοχή έξω από τη μηριαία αρτηρία, ενώ αν εμφανίζεται επίπεδο, τότε έχει αρχίσει να αποσχίζεται σε πολλαπλούς κλάδους. Οι βουβωνικοί λεμφαδένες κάποιες φορές μπορεί να εμφανίζονται και να προκαλούν σύγχυση, ιδιαίτερα στην απεικόνιση κατά το βραχύ άξονα. Η κεντρικότερη και περιφερικότερη σάρωση του ηχοβολέα θα προσδιορίσει το νεύρο που είναι μια συνεχής δομή [2,5,9].



Εικόνα 56. Εντός πεδίου δέσμης εντόπιση και αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου πριν (εικόνα Α) και μετά την έγχυση (εικόνα Β) του τοπικού αναισθητικού. Απεικονίζονται η μηριαία αρτηρία, η μηριαία φλέβα και η λαγόνιος περιτονία. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Για την εκτός πεδίου δέσμης εντόπιση του νεύρου, μια βελόνα 5 εκατοστών 22G εισάγεται κάθετα στον ηχοβολέα και τη δέσμη των υπερήχων. Με αυτήν την προσπέλαση, μόνο η διασταύρωση του άκρου ή του άξονα της βελόνας με τη δέσμη των υπερήχων δύναται να γίνει ορατή, ως ένα φωτεινό στίγμα. Η έγχυση μικρής ποσότητας δοκιμαστικού (υπόηχου) διαλύματος, θα διευρύνει το μηριαίο τρίγωνο και μπορεί να διευκολύνει την απεικόνιση του υπερηχογενούς νεύρου. (Εικόνα 57). Η ταυτοποίηση του νεύρου μπορεί να επιβεβαιωθεί και με τη χρήση νευροδιεγέρτη που θα προκαλέσει σύσπαση της επιγονατίδας. Όταν η βελόνα είναι στη σωστή θέση,

εγχέονται 20-30 ml τοπικού αναισθητικού και παρατηρείται η διάσταση της θήκης και ένας υπόηχος δακτύλιος γύρω από την υπερηχογενή νευρική δομή [92, 93].

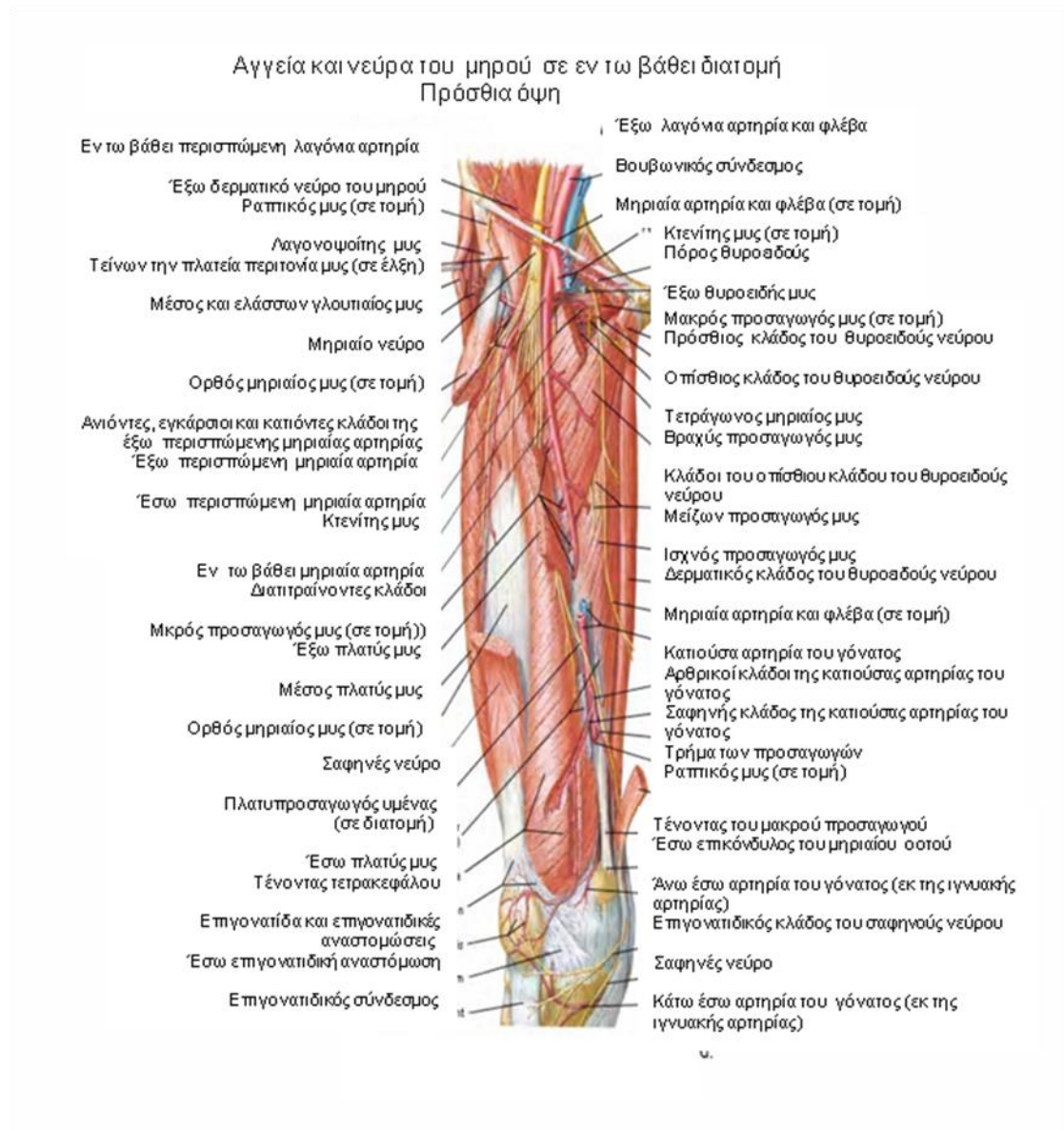


Εικόνα 57. Περιβροχισμός του μηριαίου νεύρου με τοπικό αναισθητικό το οποίο απεικονίζεται ως τριγωνική δομή. Chan V. Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009

Η εντός πεδίου δέσμης τεχνική επιτρέπει τη συνεχή απεικόνιση του νεύρου, είναι συνήθως όμως περισσότερο χρονοβόρα, καθώς απαιτείται περισσότερος χρόνος για να ευθυγραμμισθεί η βελόνα με την δέσμη των υπερήχων.

Γ) Αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου

Το σαφηνές είναι ο μεγαλύτερος δερματικός κλάδος του μηριαίου νεύρου και η συνηθέστερη εντόπισή του για τον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του, είναι στον πόρο των προσαγωγών στην έσω επιφάνεια του μηρού, κάτω από το ραπτικό μυ (Εικόνα 58).



Εικόνα 58. Ανατομία του μηρού μετά την αφαίρεση του ραπτικού μνός

<http://scientia.wikispaces.com/file/view/tl483.jpg/30332579/tl483.jpg> Grays Anatomy of the Human Body. The Lumbosacral Plexus Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice by Susan Standring PhD DSc. Pp 956-964 Elsevier, 2008

Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση, με το άκρο πόδι ελαφρώς σε έξω στροφή. Μετά την προετοιμασία δέρματος και ηχοβολέα, ένας γραμμικός ηχοβολέας 10-12 MHz χρησιμοποιείται ξεκινώντας αρχικά από τον εγγύς μηρό και σαρώνοντας προς το γόνατο. Το σαφηνές νεύρο μπορεί να αποκλειστεί αξιόπιστα στο κατώτερο τριτημόριο του μηρού (Εικόνα 59). Ρυθμίζονται το βάθος, η εστίαση και η ενίσχυση.



Εικόνα 59. Αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου με εκτός πεδίου δέσμης τεχνική.

Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009.

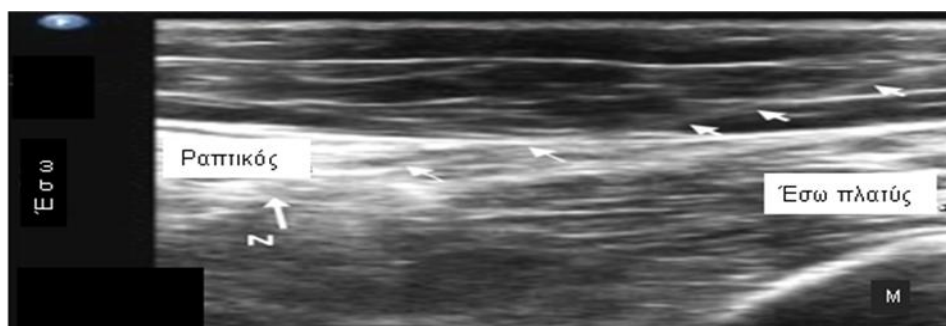
Μετά από συστηματική επισκόπηση από το εγγύτερο στο κατώτερο σημείο του μηρού, εντοπίζεται το σαφηνές νεύρο ως υπερηχογενής δομή. Καθώς το πάχος του νεύρου είναι μικρό, η απεικόνισή του είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Προσδιορίζεται ο ραπτικός μυς και η μηριαία αρτηρία. Ο ραπτικός μυς, ο οποίος κατέρχεται από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα λοξά επί τα έσω, προς το άνω τμήμα της έσω επιφάνειας της κνήμης, διασταυρώνεται με την πορεία της μηριαίας αρτηρίας την οποία επικαλύπτει. Στον κατώτερο μηρό, το σαφηνές νεύρο βρίσκεται στο υποραπτικό διαμέρισμα σε συνάφεια με την αρτηρία που κατέρχεται στον πόρο των προσαγωγών, όπως και το κινητικό νεύρο του έσω ορθού μηριαίου μυός (Εικόνα 60). Νευροδιεγέρτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση του σαφηνούς από το νεύρο του έσω ορθού όταν και τα δύο είναι ορατά. Περιφερικότερα στο μηρό, το σαφηνές γίνεται επιφανειακό και εντοπίζεται στην περιτονία μεταξύ του έσω ορθού και του ραπτικού μυός [9,94-

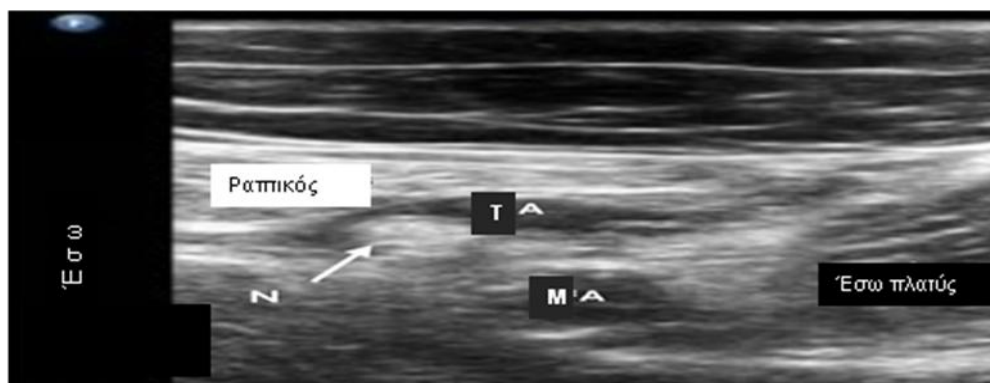
100].



***Εικόνα 60.** Υπερηχογραφική απεικόνιση του σαφηνούς νεύρου στο υποραπτικό διαμέρισμα στο κατώτερο τριτημόριο του μηρού Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].**

Κατά την εντός πεδίου δέσμης προσέγγιση, μια βελόνα 5 εκατοστών 22G εισάγεται παράλληλα με τον ηχοβολέα και τη δέσμη των υπερήχων, με κατεύθυνση από έξω προς τα μέσα, με στόχο την περιτονία μεταξύ του ραπτικού και του έσω ορθού μυός του μηρού (Εικόνα 61). Αν το σαφηνές νεύρο είναι ορατό, εγχέονται 5-10 ml τοπικού αναισθητικού περιμετρικά του νεύρου. Αν το νεύρο δεν είναι ορατό, η έγχυση συνιστάται στην περιτονία μεταξύ του έσω ορθού και του ραπτικού μυός και πιθανόν η έγχυση 5-10 ml τοπικού αναισθητικού βαθιά στο ραπτικό μυ [94-100].

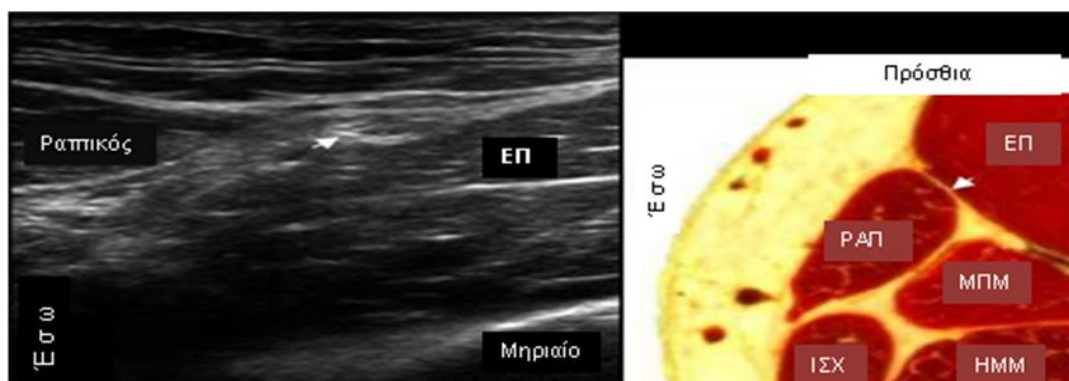




Εικόνα 61. Εντός πεδίου δέσμης εντόπιση και περιβροχισμός του σαφηνούς νεύρου με τοπικό αναισθητικό Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].*

Το σαφηνές νεύρο μπορεί να αποκλεισθεί περιφερικότερα υποδορίως στις εξής εντοπίσεις:

α) μεταξύ του ραπτικού και του ισχνού προσαγωγού μυός στο μηρό πάνω από το γόνατο (Εικόνα 62).



Εικόνα 62. Υπερηχογραφική απεικόνιση του σαφηνούς πάνω από το γόνατο. ΡΑΠ = Ραπτικός μυς, ΕΠ = Έσω πλατύς μυς, ΙΣΧ = Ισχνός προσαγωγός μυς, ΜΠΜ = Μείζων προσαγωγός μυς, ΗΜΜ = Ημιμεμβρανώδης μυς. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].*

β) στην έσω πλευρά της γαστροκνημίας, κάτω από το γόνατο στο επίπεδο του κνημιαίου κονδύλου, όπου το σαφηνές νεύρο εντοπίζεται μαζί με τη σαφήνη φλέβα.

γ) στην μεσότητα της γαστροκνημίας, όπου το νεύρο είναι υπερκείμενο της σαφηνούς φλέβας.

δ) στην ποδοκνημική, όπου το νεύρο βρίσκεται μαζί με τη σαφήνη φλέβα (Εικόνα 63).



Εικόνα 63. Υπερηχογραφικός αποκλεισμός του σαφηνούς στην ποδοκνημική.

Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

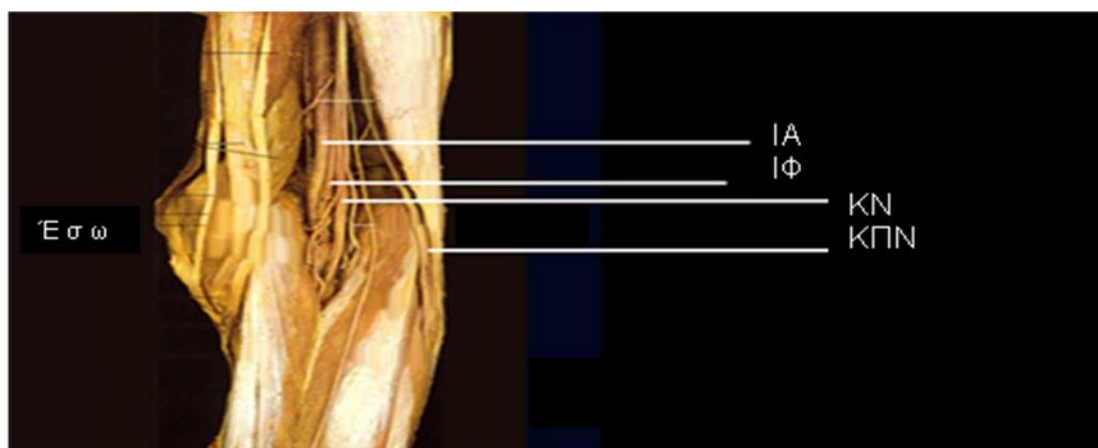
Το σαφηνές νεύρο σπανίως μπορεί να εντοπιστεί υπερηχογραφικά κάτω από το γόνατο, λόγω του μικρού του πάχους και της υποδόριας εντόπισής του. Η τοποθέτηση ίσχαιμης περιδέσης στη γαστροκνημία μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη, καθώς προκαλεί διεύρυνση της σαφηνούς φλέβας και την καθιστά ορατή. Το σαφηνές νεύρο βρίσκεται συνηθέστερα πάνω από τη σαφήνη φλέβα.

Η εκτός πεδίου δέσμης εντόπιση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου. Στην περίπτωση αυτή, η κορυφή της βελόνας

είναι δυσκολότερο να απεικονισθεί αλλά η απόσταση που πρέπει να διανυθεί από τη βελόνα είναι μικρότερη [100-104].

Αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου στον ιγνυακό βόθρο

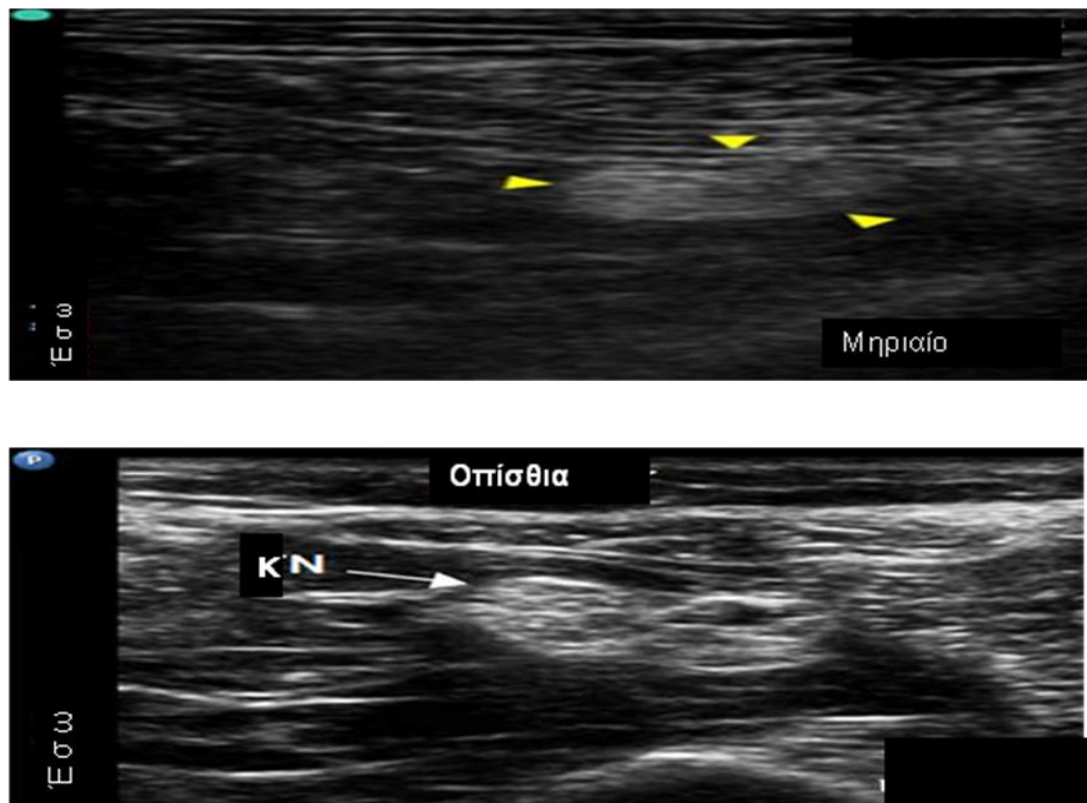
Ο ιγνυακός βόθρος ορίζεται άνω και έξω από την μακρά κεφαλή του δικεφάλου μηριαίου μυός και άνω και έσω από τους ημιμεμβρανώδη και ημιτενοντώδη μυ. Το ισχιακό νεύρο διακλαδίζεται στο κοινό περνιαίο και το κνημιαίο νεύρο, σε όχι πάντα σταθερή θέση, κατά μήκος της διαδρομής του στο μηρό (Εικόνα 64). Ο αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου στον ιγνυακό βόθρο ενδείκνυται για επεμβάσεις του άκρου ποδός και της ποδοκνημικής.



Εικόνα 64. Ανατομία του ιγνυακού βόθρου Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].*

Ο ασθενής τοποθετείται σε πρηνή θέση, με τα δάκτυλα του ποδιού έξω από το κρεβάτι, αν χρησιμοποιηθεί νευροδιέγερση για την πρόκληση κίνησης του ποδιού. Μετά την προετοιμασία του δέρματος και του ηχοβολέα, ένας γραμμικός ηχοβολέας 38 mm, 7- 10 MHz τοποθετείται σε εγκάρσιο επίπεδο πάνω από την ιγνυακή πτυχή. Επιλέγεται το κατάλληλο βάθος (συνήθως μέχρι 5 εκατοστά), η εστίαση και

ρυθμίζεται η τιμή απολαβής. Η περιοχή σαρώνεται κεντρικότερα και περιφερικότερα, από την επιφάνεια στο βάθος και από τα μέσα προς τα έξω για να προσδιορισθεί η ανατομία των νεύρων και το σημείο που το ισχιακό νεύρο διχάζεται σε κνημιαίο και κοινό περονιαίο νεύρο (Εικόνα 65). Αρχικά, εντοπίζεται το μηριαίο οστό το οποίο βρίσκεται στο βάθος και δημιουργεί οστική σκιά. Κατόπιν, εντοπίζεται η σφύζουσα μηριαία αρτηρία επιφανειακότερα του οστού. Εάν δεν είναι ορατή, απαιτείται σάρωση περιφερικότερα, προς την ιγνυακή πτυχή, όπου βρίσκεται πιο επιφανειακά. Η ιγνυακή φλέβα πιθανόν να μην είναι ορατή, λόγω της πίεσης του ηχοβολέα. Ο αποκλεισμός πρέπει να γίνει κεντρικότερα του διχασμού του νεύρου.



Εικόνα 65. Υπερηχογραφικός αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου στον ιγνυακό βόθρο. Στην εικόνα Α το νεύρο απεικονίζεται πριν διχαστεί. Στην εικόνα Β απεικονίζεται ο διχασμός του νεύρου σε κνημιαίο και κοινό περονιαίο νεύρο που φαίνεται καλύτερα μετά από οπίσθια κάμψη του άκρου ποδός. Chan V. Ultrasound

Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9].

Το ισχιακό νεύρο είναι συνήθως υπερηχογενές και βρίσκεται επί τα έξω της ιγνυακής αρτηρίας ενώ συχνά είναι απαραίτητο να γωνιασθεί ο ηχοβολέας προς τα κάτω για να βελτιωθεί η απεικόνιση του νεύρου. Τόσο η εντός όσο και η εκτός πεδίου δέσμης προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθούν με βελόνα 22G, 5-8 εκατοστών. Η απεικόνιση του νεύρου συνήθως ενισχύεται μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού λόγω της αντίθεσης μεταξύ του υπερηχογενούς νεύρου και του υπόηχου υγρού. Για τον αποκλεισμό του νεύρου απαιτούνται συνήθως 20-25 ml τοπικού αναισθητικού, με κυκλοτερή εξάπλωσή του γύρω από το νεύρο [78,103].

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Το σαφηνές νεύρο (μακρό ή έσω σαφηνές νεύρο) είναι ο μεγαλύτερος αισθητικός, δερματικός κλάδος του μηριαίου νεύρου, νευρώνοντας την πρόσθια-έσω επιφάνεια της κνήμης (Εικόνα 66).





Εικόνα 66. Ανατομικά παρασκευάσματα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών στα οποία παρουσιάζεται η πορεία του σαφηνούς νεύρου. Μετά τη διαίρεση του μηριαίου νεύρου, το σαφηνές, που είναι ο πιο έσω και οπίσθιος τελικός κλάδος, προσεγγίζει την μηριαία αρτηρία στο σημείο που αυτή περνά κάτω από το ραπτικό μυ. Αρχικά φέρεται επί τα έξω και πρόσθια από την μηριαία αρτηρία, στον πόρο των προσαγωγών μυών, έως το πρόσθιο στόμιο αυτού (εικόνα Α). Στο σημείο αυτό, χιάζεται με την μηριαία αρτηρία από τα έξω προς τα έσω, διαπερνά την πλατεία περιτονία, συνήθως μεταξύ των τενόντων του ραπτικού και του ισχνού έσω ορθού μηριαίου μύος, ώστε να βρεθεί υποδορίως, στην έσω πλευρά του γόνατος (εικόνα Β,Γ). Το νεύρο στη συνέχεια φέρεται κατά μήκος της κνημιαίας πλευράς του κάτω άκρου μαζί με τη

σαφηνή φλέβα, δίπλα από το έσω όριο της κνήμης και απολήγει στην ποδοκνημική (εικόνα Δ). ΣΝ= Σαφηνές νεύρο, ΜΑ= Μηριαία αρτηρία, ΡΑΠ= Ραπτικός μυς, ΣΦ= Σαφηνής φλέβα, ΤΕΟ = Τένοντας έσω ορθού μύος, ΚΑΓ = Κατιούσα αρτηρία του γόνατος, ΠΠΥ = Πλατυπροσαγωγός υμένας, ΕΠΚ = Επιγονατιδικός κλάδος σαφηνούς νεύρου.

Η πρόοδος της τεχνολογίας των υπερήχων άνοιξε νέους ορίζοντες στην εξέλιξη της περιοχικής αναισθησίας, αφού είναι πλέον δυνατή η ευκρινής απεικόνιση περιφερικών νεύρων και ο επακόλουθος αποκλεισμός τους. Κάποιες πρόσφατες μελέτες επικεντρώθηκαν στην εντόπιση του σαφηνούς νεύρου με τη βοήθεια των υπερήχων. Εντούτοις, η ακριβής ανατομική εντόπιση της απεικόνισης του νεύρου στις μελέτες αυτές ποικίλλει. [106-109].

Ειδικότερα, οι Tsai και συν. στην μελέτη τους συμπέραναν ότι ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου κάτω από τον ραπτικό μυ στο επίπεδο της μεσότητας του μηρού (δηλαδή στο μέσο της απόστασης μεταξύ του γόνατος και της βουβωνικής δερματικής πτυχής) έχει μέτρια μόνο αποτελεσματικότητα στην αναισθησία της πρόσθιας –έσω επιφανείας του κάτω άκρου. Οι Tsui και Ozelsel περιγράφουν τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου με την βοήθεια υπερηχογραφικής απεικόνισης, χρησιμοποιώντας την μηριαία αρτηρία ως απεικονιστικό οδηγό- σημείο, σε μια απόσταση 10 έως 12 εκατοστά πάνω από την ιγνυακή πτυχή, ενώ οι Krombach και Gray προέβησαν στον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου κάτω από τον ραπτικό μυ σε μια πιο αποκεντρωμένη εντόπιση, 5 έως 7 εκατοστά εγγύτερα της ιγνυακής πτυχής. Οι Manickam και συν. περιέγραψαν στη μελέτη τους την αποτελεσματικότητα του υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου στο άπω άκρο του πόρου των προσαγωγών. Οι συγγραφείς εντόπισαν το σαφηνές νεύρο εντός του πόρου των προσαγωγών, και

κατέληξαν ότι με την τεχνική τους το νεύρο αποκλείστηκε επιτυχώς στο σύνολο των 20 ασθενών που περιλήφθηκαν στην μελέτη τους. Ο όγκος του διαλύματος του τοπικού αναισθητικού που χρησιμοποιήθηκε στις αναφερόμενες μελέτες ήταν σε κάθε περίπτωση ίσος ή μεγαλύτερος των 10 ml [75,96,99,110].

Ο πόρος των προσαγωγών είναι μια στενή απονευρωτική σήραγγα μήκους περίπου 15 εκατοστών, στο μέσο τριτημόριο του μηρού. Σχηματίζεται στο πρόσθιο-έσω διαμέρισμα του μηρού στο σημείο που ο ραπτικός μυς εφάπτεται λοξά στον μακρό προσαγωγό μυ και συνίσταται σε μια διαμυϊκή δίοδο μέσω της οποίας τα μηριαία αγγεία φέρονται στον μηρό μέχρι το πρόσθιο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, διαμέσου του οποίου εισέρχονται στον ιγνυακό βόθρο για να μετονομαστούν σε ιγνυακά αγγεία. (Εικόνα 67). Στον πόρο των προσαγωγών περιέχονται η μηριαία αρτηρία, η μηριαία φλέβα και κλάδοι του μηριαίου νεύρου: το σαφηνές νεύρο και το νεύρο του έσω πλατύ μυός. Ο ραπτικός μυς και η υποραπτική περιτονία αποτελούν την οροφή του πόρου των προσαγωγών. Το κατώτερο τμήμα του πόρου των προσαγωγών καλύπτεται από τον πλατυπροσαγωγό υμένα.



Εικόνα 67. Ανατομικό παρασκεύασμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου

Αθηνών. Η πορεία του σαφηνούς νεύρου από το σχηματισμό του εκ του διχασμού του μηριαίου νεύρου (πράσινη κουκίδα) εντός του πόρου των προσαγωγών επί τα έξω της μηριαίας αρτηρίας (κόκκινη κουκίδα) μέχρι το κατώτερο στόμιο αυτού (κίτρινη κουκίδα). MN = Μηριαίο νεύρο, MA = Μηριαία αρτηρία, ΣΦ = Σαφηνής φλέβα, ΡΑΠ = Ραπτικός μυς, ΤΕΟ = Τένοντας έσω ορθού

Το σαφηνές νεύρο πορεύεται μαζί με την μηριαία αρτηρία, αρχικά επί τα έξω της αρτηρίας, και στη συνέχεια χιάζεται από τα έξω προς τα έσω, έτσι ώστε πριν το κάτω όριο του πόρου βρίσκεται επί τα έσω αυτής. Το σαφηνές νεύρο δεν διέρχεται του τρήματος των προσαγωγών μαζί με τα αγγεία αλλά περνά μεταξύ των τενόντων του ραπτικού και του ισχνού έσω ορθού μηριαίου μυός στην έσω επιφάνεια του γόνατος (Εικόνα 68). Μέχρι σήμερα, λίγοι μόνο συγγραφείς έχουν μελετήσει εκτενώς την ανατομία του σαφηνούς νεύρου ιδιαίτερα στο σημείο εξόδου του νεύρου από τον πόρο των προσαγωγών [71,89,100,111].



Εικόνα 68. Ανατομικό παρασκεύασμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το σαφηνές νεύρο βρίσκεται εντός του πόρου των προσαγωγών, αρχικά επί τα

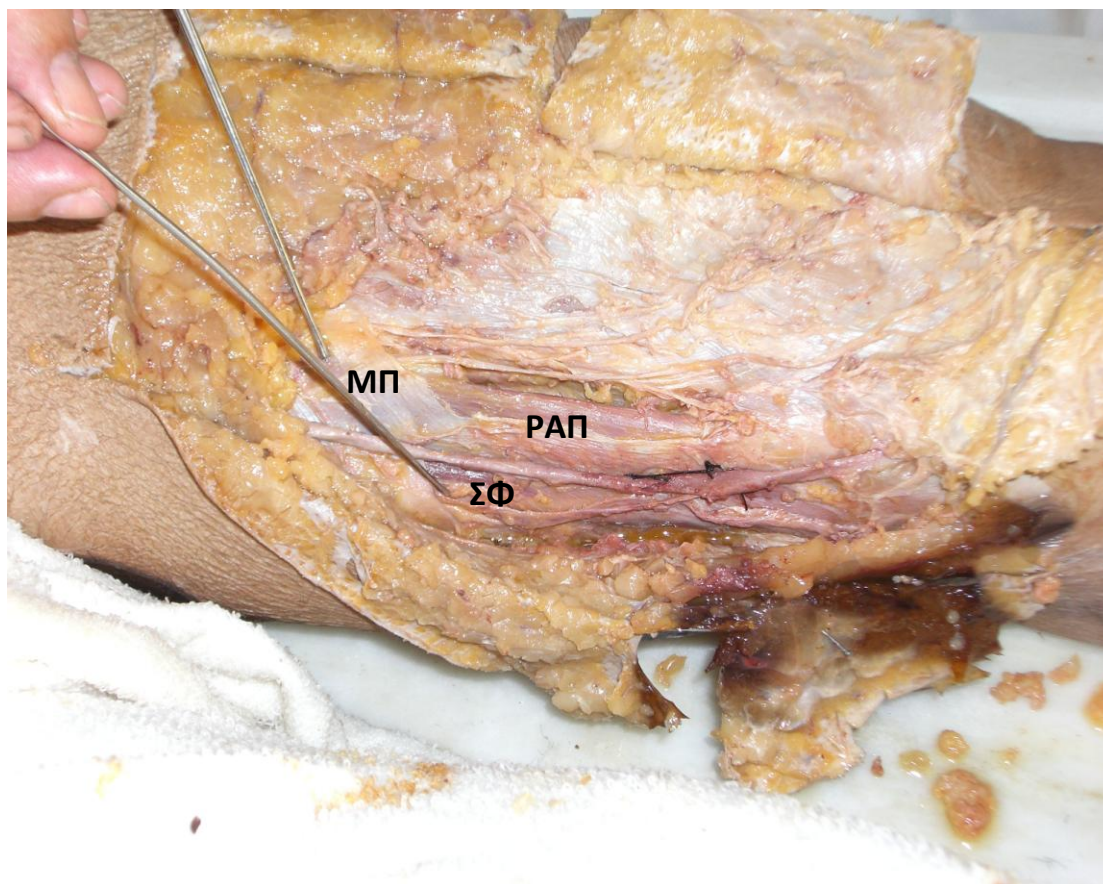
εκτός της μηριαίας αρτηρίας. Στη συνέχεια χιάζεται με αυτήν προσθίως της και εξέρχεται από τον πόρο των προσαγωγών κάτω από τον πλατυπροσαγωγό υμένα. ΠΠΥ = Πλατυπροσαγωγός υμένας. Ο ραπτικός μυς έχει διατμηθεί στην μεσότητά του.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ανατομικά παρασκευάσματα στα οποία μελετήθηκε αναλυτικά η ανατομία του σαφηνούς νεύρου, ιδιαίτερα στο κατώτερο τμήμα του πόρου των προσαγωγών, ώστε να προσδιορισθεί με σαφήνεια το ανατομικό υπόβαθρο του υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου.

Μέθοδος

Ανατομική μελέτη

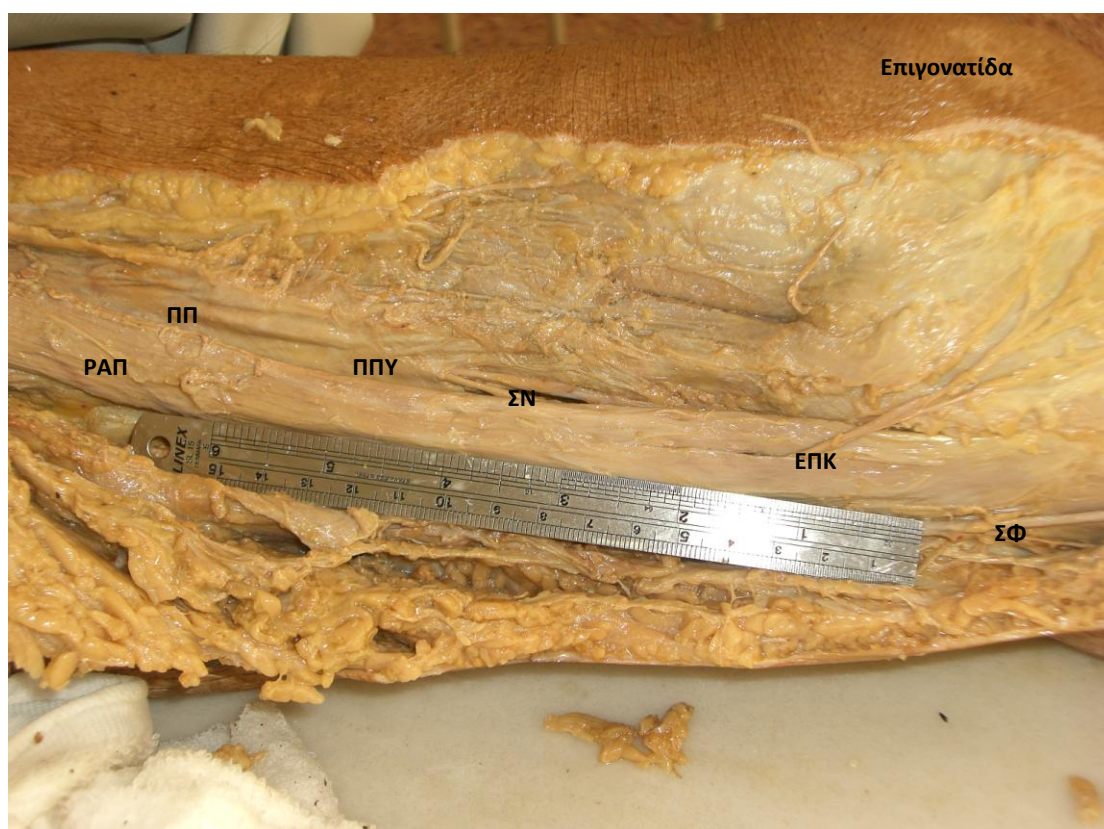
Η ανατομική μελέτη έγινε στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το υλικό περιλάμβανε 11 κάτω άκρα από 9 πτωματικά παρασκευάσματα ενηλίκων αρρένων και θηλέων της λευκής φυλής. Τα παρασκευάσματα αυτά προήλθαν από δωρητές με σκοπό την εκπαίδευση των φοιτητών της Ιατρικής και ήταν συντηρημένα σε διάλυμα φορμόλης. Τα πτωματικά παρασκευάσματα ήταν σε ύπτια θέση με τα κάτω άκρα σε απαγωγή και έξω στροφή. Το δέρμα και οι υποδόριοι ιστοί του προσθίου και του έσω τμήματος του μηρού, από το επίπεδο του ανώτερου τριτημορίου του μηρού έως το επίπεδο του έσω κνημιαίου κονδύλου, αφαιρέθηκαν προσεκτικά, επιτρέποντας την αποκάλυψη του υποκείμενου ραπτικού και του έσω ορθού μυός (Εικόνα 69).



Εικόνα 69. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το δέρμα και ο υποδόριος ιστός αφαιρούνται από το κατώτερο τριτημόριο του μηρού επιτρέποντας την αποκάλυψη αρχικά της μηριαίας περιτονίας, του ραπτικού μυός και της σαφηνούς φλέβας ΜΠ = Μηριαία περιτονία, ΣΦ = Σαφηνής φλέβα, ΡΑΠ = Ραπτικός μυς.

Ο ραπτικός μυς μετακινήθηκε επί τα έξω επιτρέποντας την αποκάλυψη του πόρου των προσαγωγών μυών και του υποραπτικού διαμερίσματος. Στη συνέχεια διενεργήθηκε προσεκτική διατομή του υπερκείμενου του έσω ορθού και του μείζονος προσαγωγού μυός συνδετικού ιστού. Το σαφηνές νεύρο εντοπίσθηκε στο σημείο αυτό και καθορίσθηκε η πορεία του νεύρου και των μεγαλύτερων κλάδων του από το περιφερικό άκρο του πόρου των προσαγωγών έως το επίπεδο του έσω επικόνδylου

του μηριαίου. Επίσης καθορίστηκαν τα γειτονικά αγγεία και νεύρα όπως και η σχέση του νεύρου με τον πλατυπροσαγωγό υμένα (Εικόνα 70).



Εικόνα 70. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Η μετακίνηση επί τα εκτός του ραπτικού μνός επιτρέπει την αποκάλυψη του πλατυπροσαγωγού υμένα και την έξοδο κάτω από αυτόν του σαφηνούς νεύρου. ΡΑΠ = Ραπτικός μνός, ΣΝ = Σαφηνές νεύρο, ΣΦ = Σαφηνής φλέβα, ΡΑΠ = Ραπτικός μνός, ΠΠ = Πόρος προσαγωγών, ΠΠΥ = Πλατυπροσαγωγός υμένας, ΕΠΚ = Επιγονατιδικός κλάδος του σαφηνούς νεύρου.

Κλινική μελέτη

Ο επιτυχής αποκλεισμός του νεύρου στις γνωστές δημοσιευμένες μελέτες έγινε με 10 ml τοπικού αναισθητικού. Αρχικά, έγινε διερεύνηση της

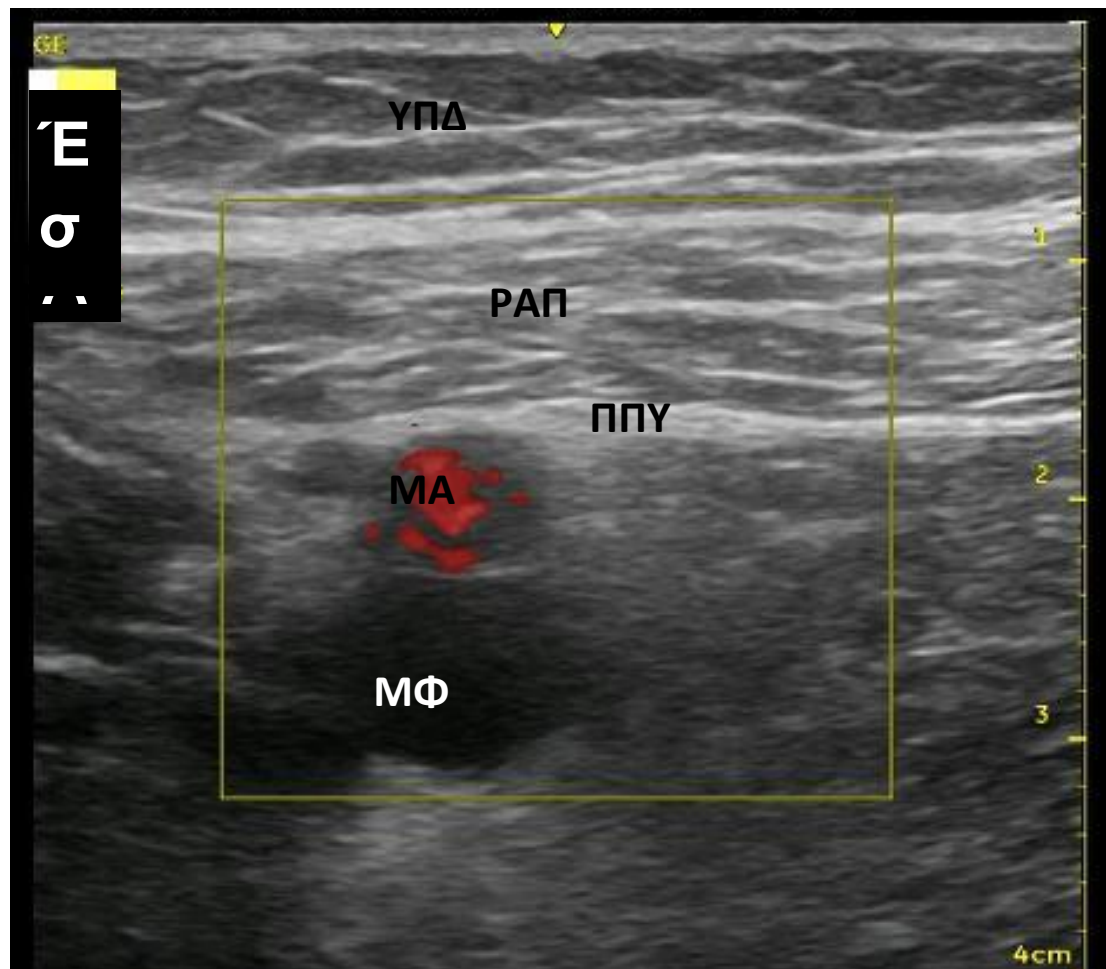
αποτελεσματικότητας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου με 5 ml τοπικού αναισθητικού σε πιλοτική μελέτη που περιέλαβε 17 ενήλικους εθελοντές. Καθώς η αποτελεσματικότητα των αποκλεισμών του νεύρου καταγράφηκε ως μέτρια, η πιλοτική μελέτη διακόπηκε και ξεκίνησε η καταγραφή των περιστατικών με την έγχυση 10 ml τοπικού αναισθητικού για τον νευρικό αποκλεισμό με την ίδια μεθοδολογία.

Η προοπτική μελέτη πραγματοποιήθηκε σε 23 ενήλικους εθελοντές που υποβλήθηκαν σε αρθροπλαστική γόνατος στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο «Αττικόν» μετά από έγκριση του σχετικού πρωτοκόλλου από την Επιστημονική Επιτροπή του Νοσοκομείου «Αττικόν» και από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Έντυπα πληροφόρησης και συναίνεσης χορηγήθηκαν και υπογράφηκαν από όλους τους ασθενείς. Από την μελέτη αποκλείστηκαν άτομα με ηλικία μικρότερη των 18 και μεγαλύτερη των 80 ετών, κύηση, γνωστή αλλεργία στα τοπικά αναισθητικά, αιμορραγική διάθεση, νευρολογικά ελλείμματα και δείκτη μάζας σώματος μεγαλύτερο του 35 κιλά/μ².

Βασική διεγχειρητική παρακολούθηση εφαρμόστηκε σε όλους τους ασθενείς και περιλάμβανε σφυγμική οξυμετρία, ηλεκτροκαρδιογραφία και μη αιματηρή μέτρηση της αρτηριακής πίεσης.

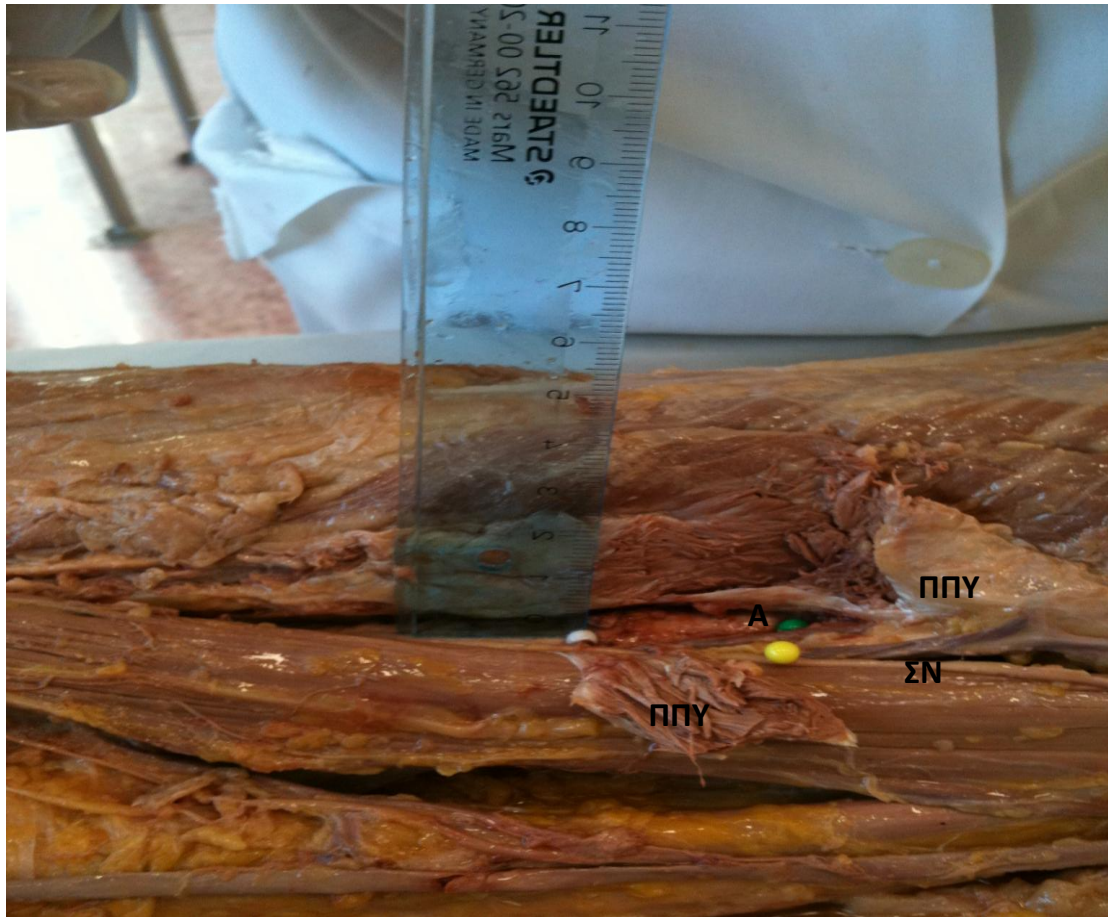
Οι ανατομικές δομές της υποορραπτικής χώρας απεικονίστηκαν με τη χρήση μιας φορητής συσκευής υπερήχων (Vivid I: GE Healthcare, Waukesha, Wis) με γραμμικούς ηχοβολείς των 5 ή 10 MHz. Οι αποκλεισμοί πραγματοποιήθηκαν από 3 διαφορετικούς αναισθησιολόγους εκπαιδευμένους στην περιοχική αναισθησία με τη βοήθεια υπερήχων.

Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση, με το άκρο πόδι ελαφρώς σε έξω στροφή και το γόνατο σε ήπια κάμψη. Μετά την προετοιμασία του δέρματος στο μέσο τριτημόριο του μηρού, με διάλυμα 2% χλωρεξιδίνης σε 70% ισοπροπυλική αλκοόλη, ο γραμμικός ηχοβολέας τοποθετείται κάθετα στο δέρμα της έσω επιφάνειας του μηρού, στην μεσότητα της απόστασης μεταξύ του γόνατος και της βουβωνικής πτυχής. Ρυθμίζονται το βάθος, η εστίαση και η ενίσχυση. Τα μηριαία αγγεία και ο ραπτικός μυς απεικονίζονται εγκάρσιως (κατά το βραχύ άξονα). Ο ηχοβολέας ολισθαίνει ξεκινώντας αρχικά από τον εγγύς μηρό και σαρώνοντας προς το γόνατο ακολουθώντας στην απεικόνιση τα μηριαία αγγεία εντός του πόρου των προσαγωγών (Εικόνα71).

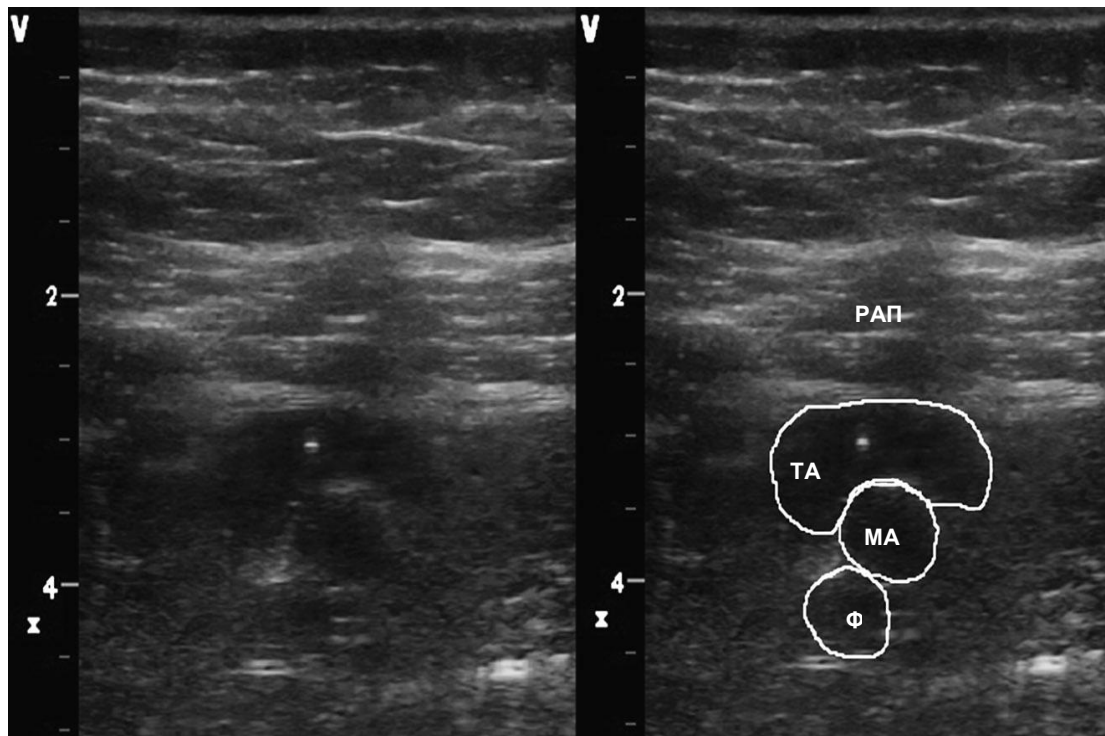


Εικόνα 71. Β΄ Κλινική Αναισθησιολογίας Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο «Αττικόν». Υπερηχογραφική απεικόνιση της μηριαίας αρτηρίας (κόκκινο χρώμα) με Doppler mode σε εστιακό βάθος 2 εκ. στο σημείο που αρχίζει να εμφανίζεται ο πλατυπροσαγωγός υμένας. ΥΠΑ = Υποδόριο λίπος, ΡΑΠ = Ραπτικός μυς, ΜΑ = Μηριαία αρτηρία, ΜΦ = Μηριαία φλέβα, ΠΠΥ = Πλατυπροσαγωγός υμένας.

Το σημείο όπου η υπερηχογραφική απεικόνιση των μηριαίων αγγείων κατά την κάθοδό του ηχοβολέα προς το γόνατο, αρχίζει να εμφανίζεται σε μεγαλύτερο εστιακό βάθος, αντιστοιχεί με την έξοδό τους από το κατώτερο στόμιο των προσαγωγών προς το οπίσθιο διαμέρισμα του μηρού, στον ιγνυακό βόθρο. Ακριβώς στο σημείο αυτό, η μηριαία αρτηρία απεικονίζεται να απομακρύνεται της μάζας του ραπτικού μυός επιτρέποντας τη σαφή απεικόνιση ανατομικού χώρου μεταξύ της μηριαίας αρτηρίας και του ραπτικού μυός (Εικόνα 72). Μετά από τοπική διήθηση του δέρματος με 3 ml διαλύματος Lidocaine 1,5 %, καθοδηγείται μονωμένη βελόνα περιφερικού αποκλεισμού 22 G, μήκους 8 cm, (Stimuplex; B Braun, Melsungen, Germany) με τεχνική εκτός πεδίου δέσμης, στον χώρο μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας. Στο σημείο αυτό, γίνεται έγχυση διαλύματος 10 ml Lidocaine 1,5 % μετά από προσεκτική αναρρόφηση ενώ παρατηρείται υπερηχογραφικά σε πραγματικό χρόνο η κατανομή του τοπικού αναισθητικού στην επιθυμητή περιοχή (Εικόνα 73).



Εικόνα 72. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Τα μηριαία αγγεία βυθίζονται στον ιγνυακό βόθρο για να μετονομαστούν σε ιγνυακά αγγεία, αυξάνοντας το βάθος από την επιφάνεια του δέρματος στην πρόσθια-έσω επιφάνεια του μηρού. Ταυτόχρονα στο σημείο αυτό, το σαφηνές νεύρο κινείται επί τα εντός προς την επιφάνεια του έσω επικόνδylου του μηριαίου.



Εικόνα 73. Β^η Κλινική Αναισθησιολογίας Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο «Αττικόν». Η έγχυση τοπικού αναισθητικού μετά την «εμβύθιση» και απομάκρυνση της μηριαίας αρτηρίας από τον πλατυπροσαγωγό υμένα έχει ως αποτέλεσμα την παραπάνω υπερηχογραφική απεικόνιση. Στην εικόνα φαίνεται η κορυφή της βελόνας ως λευκό φωτεινό στίγμα που περιβάλεται από την υπόψη μάζα του τοπικού αναισθητικού κατά τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου με τεχνική εκτός πεδίου δέσμης. ΡΑΠ = Ραπτικός μυς, ΜΑ = Μηριαία αρτηρία, Φ= Μηριαία φλέβα, ΤΑ = Τοπικό αναισθητικό

Η πρόοδος του αποκλεισμού ελέγχεται συγκριτικά με το άλλο κάτω άκρο, σε μεσοδιαστήματα 5 λεπτών έως τα 15 λεπτά μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού με τη δοκιμασία θερμού/ψυχρού και την αντίληψη του νυγμού από βελόνα σε δύο επίπεδα: στο μέσο της απόστασης μεταξύ του έσω σφυρού και του κνημιαίου ογκώματος (κεντρικά) και εγγύτερα του έσω σφυρού (περιφερικά). Το αποτέλεσμα του αποκλεισμού καταγράφηκε με τη παρακάτω βαθμονόμηση :

0= Αποτυχία του αποκλεισμού. Πλήρης αισθητικότητα.

1= Μερικός αισθητικός αποκλεισμός. Υπαισθησία/μειωμένη αντίληψη του πόνου σε αλγεινό ερέθισμα

2= Πλήρης αισθητικός αποκλεισμός.

Ο αισθητικός αποκλεισμός θεωρήθηκε επιτυχής, όταν καταγράφηκε πλήρης απώλεια της αισθητικότητας σε νυγμό βελόνας και στα δύο σημεία ελέγχου.

Καταγράφηκε επίσης η μυική ισχύς των καμπτήρων του μηρού στο ισχίο και των εκτεινόντων στο γόνατο με την παρακάτω βαθμονόμηση:

0= Μηδενικός κινητικός αποκλεισμός

1= Μερικός κινητικός αποκλεισμός (μυική αδυναμία κάμψης του ισχίου ή/και της έκτασης του γόνατος)

2= Πλήρης κινητικός αποκλεισμός (ανικανότητα κάμψης του ισχίου ή/και της έκτασης του γόνατος).

Επίσης, καταγράφηκαν οι πιθανές επιπλοκές της τεχνικής (ενδαγγειακή έγχυση).

Υπήρξε επικοινωνία με τους εθελοντές την επομένη ημέρα μετά τη διενέργεια του αποκλεισμού η οποία θα επαναλαμβάνονταν σε καθημερινή βάση μέχρις ότου να είναι ελεύθεροι συμπτωμάτων. Μετά τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου, διενεργήθηκε υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του ισχιακού, του μηριαίου και του έξω μηροδερματικού νεύρου για την αρθροσκόπηση του γόνατος.

Αποτελέσματα

Ανατομική μελέτη

Από τα 9 πτωματικά παρασκευάσματα τα 6 ήταν θήλυ και οι 3 αρρενες, με μέση ηλικία τα 67 έτη (SD= 12) και μέσο βάρος τα 71 κιλά (SD=12). Η έκφυση του έσω ορθού μυός, και συγκεκριμένα ο πλατυπροσαγωγός υμένας εντοπίστηκε με την

μορφή πεπαχυσμένου συνδετικού ιστού, σε όλα τα παρασκευάσματα (Εικόνα 74). Η έξοδος του σαφηνούς νεύρου από τον πλατυπροσαγωγό υμένα γινόταν κατά μέσο όρο στα 10,7 εκατοστά ($SD = 0,47$) από το γόνατο και συγκεκριμένα την υπολογιζόμενη απόσταση από την εκτιμώμενη ιγνυακή πτυχή (Πίνακας 3).

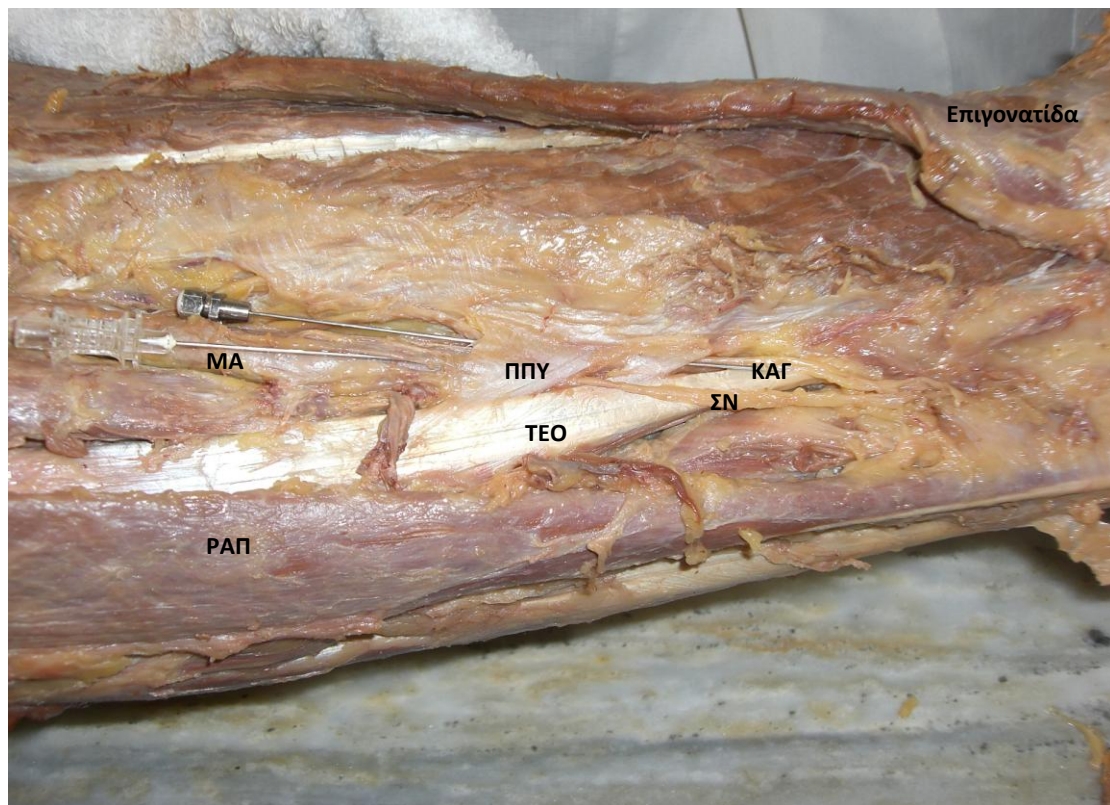


Εικόνα 74. Ανατομικό παρασκεύασμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Μέτρηση της απόστασης της εξόδου του σαφηνούς νεύρου εκ των πόρου των προσαγωγών από την ιγνυακή πτυχή στο γόνατο.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	9,8	10,6	11,2	11	10,2	10,5	10,9	11,2	10,8	11,4

Πίνακας 3. Η μέση απόσταση μεταξύ της εξόδου του σαφηνούς νεύρου από τον πλατυπροσαγωγό υμένα και του γόνατος στα πτωματικά παρασκευάσματα που μελετήθηκαν ήταν 10,7 εκατοστά.

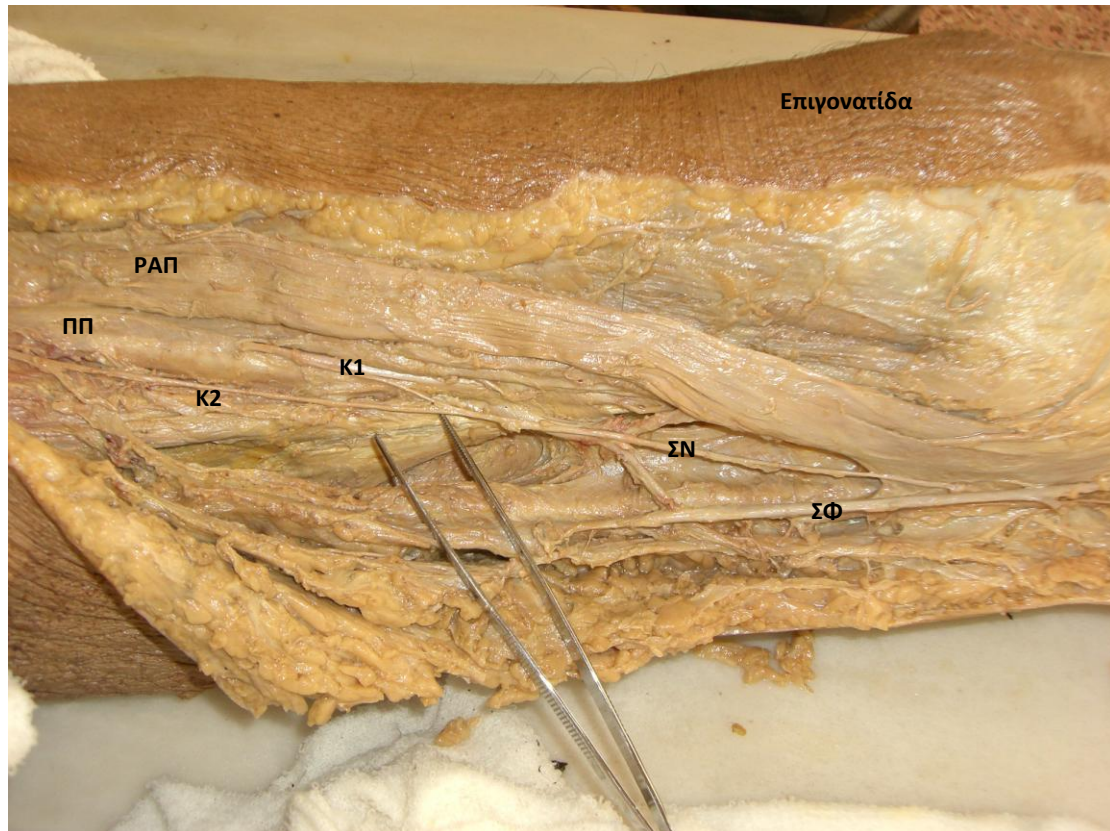
Σε 9 από τα 11 παρασκευάσματα (82%), το σαφηνές νεύρο εξερχόταν του πόρου των προσαγωγών από το περιφερικό άκρο της περιτονίας του ορθού προσαγωγού μυός, ενώ σε 2 από τα παρασκευάσματα (18%), το σαφηνές νεύρο διαπερνούσε τον πλατυπροσαγωγό υμένα και εξερχόταν του πόρου των προσαγωγών σε κεντρικότερο σημείο (Εικόνα 75).



Εικόνα 75. Ανατομικό παρασκεύασμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Στο ανατομικό παρασκεύασμα της εικόνας το σαφηνές νεύρο διαπερνά τον πλατυπροσαγωγό υμένα για να βρεθεί στην έσω επιφάνεια του γόνατος, ενώ αντίθετα η κατιούσα αρτηρία του γόνατος περνά κάτω από αυτόν. Ο ραπτικός μύς έχει

μετακινηθεί προς τα κάτω. ΜΑ = Μηριαία αρτηρία, ΣΝ = Σαφηνές νεύρο, ΡΑΠ = Ραπτικός μύς, ΠΠΥ = Πλατυπροσαγωγός υμένας, ΤΕΟ = Τένοντας του έσω ορθού μύος, ΚΑΓ = Κατιούσα αρτηρία του γόνατος.

Σε 1 παρασκεύασμα (9%), το σαφηνές νεύρο σχηματιζόταν από την αναστόμωση 2 κλάδων: ο ένας ακολουθούσε την ανατομική πορεία του σαφηνούς νεύρου στον πόρο των προσαγωγών ενώ ο άλλος εκφυόταν από το μηριαίο νεύρο και πορεύονταν στον μηρό παράλληλα με την μηριαία αρτηρία αλλά εκτός του πόρου των προσαγωγών (Εικόνα 76). Οι δύο κλάδοι ενώνονταν στο επίπεδο του κάτω στομίου του πόρου των προσαγωγών. Σε όλα τα παρασκευάσματα (100%), το σαφηνές νεύρο κατά την έξοδό του από τον πόρο των προσαγωγών δεν παρουσίασε ανατομικές παραλλαγές ευρισκόμενο σταθερά μεταξύ του ραπτικού μύος και της μηριαίας αρτηρίας.



Εικόνα 76. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Ανατομική παραλλαγή κατά την οποία το σαφηνές νεύρο σχηματίζεται από την αναστόμωση δύο κλάδων: ενός που ακολουθούσε τη συνήθη πορεία του σαφηνούς νεύρου εντός του πόρου των προσαγωγών και ενός κλάδου που εκφυσόταν από το μηριαίο νεύρο και ακολουθούσε πορεία παράλληλη με την μηριαία αρτηρία, ευρισκόμενη όμως εκτός του πόρου των προσαγωγών. Ο ραπτικός μυς έχει μετακινηθεί επί τα έσω και άνω. ΡΑΠ = Ραπτικός μυς, ΠΠ = Πόρος προσαγωγών, ΣΝ = Σαφηνές νεύρο, ΣΦ = Σαφηνής φλέβα, Κ1 = Κλάδος του σαφηνούς νεύρου εντός του πόρου των προσαγωγών, Κ2 = Κλάδος του σαφηνούς νεύρου εκτός του πόρου των προσαγωγών.

Κλινική μελέτη

Ο αριθμός των συμμετεχόντων στην πιλοτική μελέτη που υπεβλήθησαν σε αρθροσκόπηση γόνατος ήταν 17 (9 άνδρες και 8 γυναίκες) με μια μέση (SD) ηλικία 52 (13) και ένα μέσο βάρος 79 (13) κιλών.

Τα αποτελέσματα των αποκλεισμών στους εθελοντές της πιλοτικής μελέτης καταγράφονται στον πίνακα 4:

	Αρχικά Ονομ/μου	Φύλλο	Ημ/νία	Ηλικία (Έτη)	Βάρος (Κιλά)	Αποτέλεσμα (κεν/περ)
1	Μ.Δ.	Α	25/5/2010	38	108	0\0
2	Α.Ν.	Α	14/5/2010	48	95	1\2
3	Λ. Α.	Θ	9/5/2010	50	74	1\2
4	Ν.Μ.	Θ	6/7/2010	53		0\0

					66	
5	M. I.	A	29/6/2010	45	80	1\1
6	N. N.	A	1/6/2010	28	76	0\0
7	T .N.	A	18/5/2010	52	78	2\2
8	Δ .I.	A	25/5/2010	62	75	2\2
9	A. E.	Θ	8/6/2010	62	65	1\2
10	Γ .Γ.	A	21/9/2010	51	80	2\2
11	K .M.	A	12/8/2010	28	82	2\2
12	N.Γ.	Θ	23/11/2010	52	64	1\1
13	T.E.	Θ	23/11/2010	75	70	2\1
14	A .E.	Θ	10/12/2010	62	65	2\1
15	Δ .A.	Θ	10/12/2010	68	95	2\2
16	K.A.	Θ	24/1/2011	68	95	2\2
17	A.Γ.	A	1/2/2011	51	85	2\2

Πίνακας 4. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης με έγχυση 5 ml διαλύματος Lidocaine 1,5 % για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου

Πλήρης αισθητικός αποκλεισμός επιτεύχθηκε στο 41% των περιστατικών, σε ίσο ποσοστό των περιστατικών ο αποκλεισμός ήταν ατελής ενώ στο 18% των περιστατικών δεν επιτεύχθηκε καθόλου νευρικός αποκλεισμός. Κινητικός αποκλεισμός δεν καταγράφηκε σε κανένα περιστατικό και σε κανένα περιστατικό δεν καταγράφηκαν επιπλοκές.

Καθώς η αποτελεσματικότητα του αποκλεισμού με 5 ml έγχυσης τοπικού αναισθητικού ήταν μέτρια, αποφασίσθηκε η διακοπή της μελέτης και η έναρξη νέας, με αύξηση του όγκου του εγχυόμενου τοπικού αναισθητικού σε 10 ml, ποσότητα η οποία ήταν ίση με την ελάχιστη ποσότητα με την οποία υπήρχε αποκλεισμός του νεύρου σε δημοσιευμένες μελέτες.

Ο αριθμός των συμμετεχόντων εθελοντών στην μελέτη ήταν 23 (14 άνδρες και 9 γυναίκες) με μια μέση (SD) ηλικία 50 (22) και ένα μέσο βάρος 74 (11) κιλών.

Τα αποτελέσματα των αποκλεισμών στους συμμετέχοντες στην μελέτη καταγράφονται στον πίνακα 5:

	Αρχικά Ονομ/μου	Φύλλο	Ημ/νία	Ηλικία (Έτη)	Βάρος (Κιλά)	Αποτέλεσμα (Κεν/περ)
1	Β. Σ.	A	24/8/2010	40	71	2/2
2	Φ. Γ.	A	29/6/2010	52	80	2/2
3	Σ.Χ.	A	15/6/2010	37	130	2/2
4	Δ. Σ.	A	8/6/2010	50	72	2/2
5	Γ.Π.	A	21/9/2010	27	75	2/2
6	Μ. Μ.	Θ	21/9/2010	64	74	2/2
7	Π. Α.	Θ	10/8/2010	59	69	2/2
8	Σ. Κ.	A	10/8/2010	47	93	2/2
9	Θ. Ε.	Θ	16/11/2010	75	51	2/2

10	Φ. Μ.	A	16/11/2010	43	94	2/2
11	Χ. Π.	A	23/11/2010	32	65	2/2
12	Υ. Ι.	A	23/11/2010	45	88	2/2
13	Χ. Ξ.	Θ	10/12/2010	46	64	2/2
14	Ζ. Ι.	Θ	27/12/2010	68	72	2/2
15	A.K	A	15/06/2010	56	94	0/0
16	Γ.Γ	A	9/11/2010	35	82	2/2
17	Θ.Α.	A	25/05/2010	44	76	2/2
18	Γ.Σ.	A	2/11/2010	65	85	2/2
19	A.M.	Θ	26/10/2010	61	72	2/2
20	Π.Κ.	Θ	11/5/2010	63	62	2/2
21	Σ.Ρ.	A	18/5/2010	54	79	2/2
22	Θ.Κ	Θ	12/10/2010	49	69	2/2
23	Μ.Α.	Θ	5/10/2010	51	54	2/2

Πίνακας 5. Τα αποτελέσματα της μελέτης με έγχυση 10 ml διαλύματος

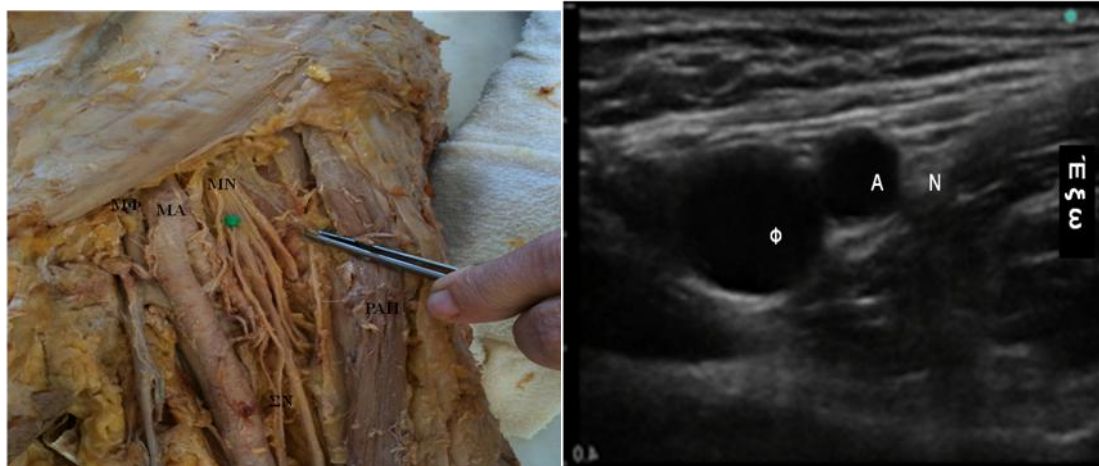
Lidocaine 1,5 % για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου.

Από τους 23 εθελοντές, οι 22 (95,6%) είχαν πλήρη αισθητικό αποκλεισμό (4/4), ενώ ένας εθελοντής ανέφερε μηδενικό αισθητικό αποκλεισμό. Κινητικός αποκλεισμός με αδυναμία κάμψης του ισχίου ή/και της έκτασης του γόνατος δεν

καταγράφηκε σε κανένα περιστατικό. Ένας εθελοντής ανέφερε την ύπαρξη ήπιων συμπτωμάτων συστηματικής τοξικότητας των τοπικών αναισθητικών (αίσθημα ελαφρότητας της κεφαλής, περιστοματική αιμωδία, αιμωδία της γλώσσας) μετά την ολοκλήρωση του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου, η οποία παρήλθε αυτόματα χωρίς την ανάγκη περαιτέρω θεραπείας. Δεν καταγράφηκε άλλη επιπλοκή σε κανένα εκ των συμμετεχόντων εθελοντών στη μελέτη.

Συζήτηση

Το *σαφηνές νεύρο* (μακρό ή έσω σαφηνές νεύρο) είναι ο μεγαλύτερος αισθητικός, δερματικός κλάδος του μηριαίου νεύρου. Μετά τη διαίρεση του μηριαίου νεύρου, το σαφηνές, που είναι ο πιο έσω και οπίσθιος τελικός κλάδος, προσεγγίζει την μηριαία αρτηρία στο σημείο που αυτή περνά κάτω από το ραπτικό μυ (Εικόνα 77).



Εικόνα 77. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών και εικόνα από Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9]. Το μηριαίο νεύρο σε ανατομικό παρασκευάσμα μετά το διαχωρισμό του κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο (το σαφηνές

νεύρο είναι ο πιο οπίσθιος έσω κλάδος του που συνοδεύει την μηριαία αρτηρία
σημασμένο με πράσινη ψηφίδα). Στη δεξιά εικόνα, εμφανίζεται η υπερηχογραφική
απεικόνιση των ανωτέρω δομών στο επίπεδο του μηριαίου τριγώνου. MA = Μηριαία
αρτηρία, MΦ = Μηριαία φλέβα, MN = Μηριαίο νεύρο, ΣΝ = Σαφηνές νεύρο.

Αρχικά φέρεται επί τα έξω και πρόσθια από την μηριαία αρτηρία εντός της
θήκης που σχηματίζεται από την ινώδη περιτονία του ραπτικού μυός, στον πόρο των
προσαγωγών μυών, έως το πρόσθιο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, στο
κατώτερο τμήμα του μείζονος προσαγωγού μυός (Εικόνα 78).



Εικόνα 78. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του
Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου
Αθηνών και εικόνα από Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A
Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009 [9]. Η μηριαία αρτηρία και το
σαφηνές νεύρο κατά την είσοδό του στον πόρο των προσαγωγών. Ο ραπτικός μυς είναι
σε έλξη επί τα έξω. MA = Μηριαία αρτηρία, ΣΝ = Σαφηνές νεύρο, ΠΠ= Πόρος
προσαγωγών.

Στο σημείο αυτό, χιάζεται με την μηριαία αρτηρία από τα έξω προς τα έσω,
στις περισσότερες των περιπτώσεων μετά την έκφυση της άνω κατιούσας αρτηρίας
του γόνατος την οποία συνοδεύει στην έξοδο του από τον πόρο των προσαγωγών.

Στη συνέχεια πορεύεται διαπερνώντας την πλατεία περιτονία, συνήθως μεταξύ των τενόντων του ραπτικού και του ισχνού έσω ορθού μηριαίου μυός, στην έσω πλευρά του γόνατος, όπου βρίσκεται υποδορίως. Στον κατώτερο μηρό, το σαφηνές νεύρο βρίσκεται στο υποραπτικό διαμέρισμα σε συνάφεια με την αρτηρία που κατέρχεται στον πόρο των προσαγωγών, όπως και το κινητικό νεύρο του έσω ορθού μηριαίου μυός. Νευροδιεγέρτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση του σαφηνούς από το νεύρο του έσω ορθού όταν και τα δύο είναι ορατά [72-75].

Περιφερικότερα στο μηρό, το σαφηνές γίνεται επιφανειακό και εντοπίζεται στην περιτονία μεταξύ του έσω ορθού και του ραπτικού μυός. Το νεύρο στη συνέχεια φέρεται κατά μήκος της κνημιαίας πλευράς του κάτω άκρου μαζί με τη σαφήνη φλέβα, δίπλα από το έσω όριο της κνήμης και στο κατώτερο τριτημόριο του ποδιού διαιρείται σε δύο κλάδους: ο ένας συνεχίζει την πορεία του κατά μήκος της κνήμης και απολήγει στην ποδοκνημική, ενώ ο άλλος περνά μπροστά από το έσω σφυρό και κατανέμεται στο δέρμα της έσω πλευράς του άκρου ποδός, έως το μεγάλο δάκτυλο του ποδιού και αναστομώνεται με τον έσω κλάδο του επιπολής περνιαίου νεύρου (Εικόνα 79). Το σαφηνές νεύρο, περίπου στη μεσότητα του μηρού, αποδίδει ένα κλάδο που συμμετέχει στο σχηματισμό του υποραπτικού νευρικού πλέγματος. Στην έσω πλευρά της κνήμης αποδίδει ένα μεγάλο υποεπιγονατιδικό κλάδο που διαπερνά το ραπτικό μυ και την πλατεία περιτονία και κατανέμεται στο δέρμα μπροστά από την επιγονατίδα. Κάτω από το γόνατο, κλάδοι του σαφηνούς νεύρου κατανέμονται στο δέρμα της πρόσθιας και έσω επιφανείας του ποδιού, επικοινωνώντας με δερματικούς κλάδους του μηριαίου ή με ίνες του θυροειδούς νεύρου [76,77].



Εικόνα 79. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών και εικόνα από Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009. Στην κνήμη, το σαφηνές νεύρο συνοδεύει τη σαφηνή φλέβα μέχρι το έσω σφυρό, παρέχοντας αισθητική νεύρωση στο δέρμα της πρόσθιας έσω επιφανείας της κνήμης και της έσω επιφανείας του άκρου ποδός. Στη δεξιά εικόνα, εμφανίζεται η υπερηχογραφική απεικόνιση του σαφηνούς νεύρου, ως μικρή υπερηχογενής δομή, στο ύψος του έσω σφυρού. ΣΝ = Σαφηνές νεύρο, ΣΦ = Σαφηνής φλέβα, ΕΣ= Έσω σφυρό.

Ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα :

- στην μεσότητα του μηρού, με την έμμεση βοήθεια νευροδιεγέρτη που διεγείρει το νεύρο του έσω ορθού μυός, το οποίο βρίσκεται μαζί με το σαφηνές νεύρο και τα μηριαία αγγεία εντός της θήκης που σχηματίζεται από τα ινώδη πέταλα του πόρου των προσαγωγών [101].
- Υπό την καθοδήγηση υπερήχων, στην έσω επιφάνεια του μηρού κάτω από τον ραπτικό μυ. Όταν το νεύρο είναι ορατό συνιστάται η έγχυση τοπικού αναισθητικού στην περιτονία μεταξύ του ραπτικού μυός και του έσω

ορθού μυός του μηρού. Όταν αυτό δεν είναι αυτό συνίσταται η έγχυση τοπικού αναισθητικού πιθανόν βαθιά στο ραπτικό μυ [98,110].

- Με τυφλή υποδόρια έγχυση, με αμφίβολή αποτελεσματικότητα, μεταξύ ραπτικού και του ισχνού προσαγωγού μυός στο μηρό πάνω από το γόνατο, ενώ κάτω από το γόνατο στο επίπεδο του κνημιαίου κονδύλου, στην μεσότητα της γαστροκνημίας και στην ποδοκνημική. Το σαφηνές νεύρο σπανίως μπορεί να εντοπιστεί υπερηχογραφικά κάτω από το γόνατο, λόγω του μικρού του πάχους και της υποδόριας εντόπισής του [100].

Ο αποκλεισμός του στο κάτω τριτημόριο του μηρού συνδυασμό με τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου στον ιγνυακό βόθρο, επιτρέπει τη διενέργεια χειρουργικών επεμβάσεων κάτω από το γόνατο, στην γαστροκνημία την ποδοκνημική και τον άκρο πόδα, διατηρώντας την κινητικότητα του άνω άκρου άνωθεν του γόνατος [102].

Το σαφηνές νεύρο ανιχνεύεται συνήθως με υπερήχους στον πόρο των προσαγωγών, αν και αυτό είναι συχνά δυσχερές λόγω του μικρού του πάχους. Σε μια αναδρομική μελέτη από τους Tsai και συν., ο ηχοβολέας τοποθετήθηκε στην έσω πλευρά του μηρού στην μεσότητα της απόστασης μεταξύ του γόνατου και της βουβωνικής πτυχής και το σαφηνές νεύρο ανιχνεύθηκε ως υπερηχογενής δομή επί τα έσω της μηριαίας αρτηρίας. Οι Manickam και συν. εντόπισαν το σαφηνές νεύρο 12 εκατοστά εγγύτερα της ιγνυακής πτυχής, ως έναν υπερηχογενή σχηματισμό πρόσθια-έσω της μηριαίας αρτηρίας. Στην μελέτη αυτή, το 30% των ασθενών ανέφερε μηδενική παραισθησία ως αποτέλεσμα της επαφής της βελόνας με το νεύρο, υποδεικνύοντας ότι η παραισθησία ως απάντηση, πιθανόν να στερείται αξιοπιστίας ως μοναδική μέθοδος εντόπισης του νεύρου [99,110,111].

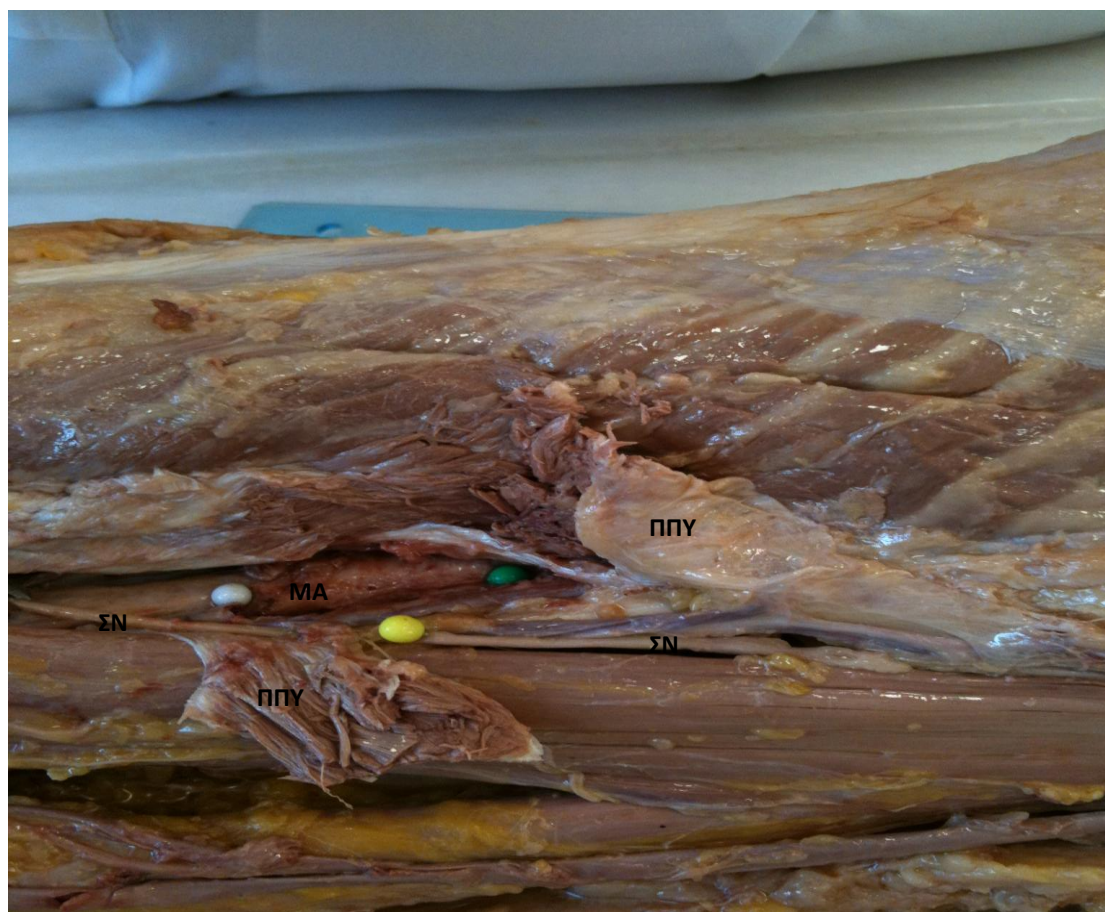
Ένας δυνητικός περιορισμός του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου σε εγγύτερη θέση εντός του πόρου των προσαγωγών είναι ο συνοδός αποκλεισμός του νεύρου του έσω ορθού μυός, προκαλώντας κάποιου βαθμού αδυναμία του έσω ορθού. Το παράπλευρο αυτό αποτέλεσμα του αποκλεισμού, δυνητικά θα προκαλούσε δυσχέρεια στην πρώιμη αποδέσμευση από την κλινική των περιπατητικών ασθενών. Κανένας ασθενής στην παρούσα μελέτη δεν ανέφερε μυική αδυναμία του μηρού [78].

Επιπλέον, υπάρχουν μελέτες στις οποίες αναφέρεται ότι η κατανομή του υποεπιγονατιδικού κλάδου του σαφηνούς νεύρου στο δέρμα πάνω από την επιγονατίδα μπορεί να διαφέρει σημαντικά. Για το λόγο αυτό, δεν καταγράφηκε η αποτελεσματικότητα του αποκλεισμού στο δέρμα της υποεπιγονατιδικής χώρας που θα αντιστοιχούσε στην κατανομή του τοπικού αναισθητικού στον υποεπιγονατιδικό κλάδο [76,77,88].

Η τοποθέτηση της κορυφής της βελόνας κάτω από τον πλατυπροσαγωγό υμένα, εντός του πόρου των προσαγωγών μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την επιτυχή εντόπιση του σαφηνούς νεύρου. Εντός του πόρου των προσαγωγών, η θήκη των αγγείων αποτελείται από ισχυρό δίκτυο κολλαγόνου και ελαστικών ινών, ενώ ο περιαγγειακός ιστός περιέχει ινώδη πέταλα συνδετικού ιστού που οριοθετούν το νεύρο από τον περιβάλλοντα λιπώδη ιστό. Για το λόγο αυτό, ο συνδυασμός του πλατυπροσαγωγού υμένα, ως τμήμα του έσω μεσομύιου διαφράγματος της μηριαίας περιτονίας, με την αγγειακή θήκη στον πόρο των προσαγωγών σχηματίζει δομές που παρουσιάζουν μια υπερηχογενή ηχοδομή, παρόμοια με αυτή των νευρικών σχηματισμών. Έτσι, κατά τη διάρκεια της υπερηχογραφικής απεικόνισης, οι αναισθησιολόγοι είναι δυνατό να παραπλανηθούν θεωρώντας την υπερηχογενή εμφάνιση αυτών των ιστών (του πλατυπροσαγωγού υμένα και του περιεχομένου

συνδετικού ιστού στον πόρο των προσαγωγών) ως το σαφηνές νεύρο [71,77,86, 87,89].

Στην παρούσα μελέτη των ανατομικών παρασκευασμάτων, όπως άλλωστε παρουσιάζεται και σε άλλες ανάλογες ανατομικές μελέτες, ο πλατυπροσαγωγός υμένας παρουσιάστηκε ως μια ισχυρή, πεπαχυσμένη περιτονία συνδετικού ιστού που υπέρκειται του σαφηνούς νεύρου (Εικόνα 80). Επιπλέον αποτελούσε μια ανατομική δομή που βρισκόταν στην οροφή του ανατομικού χώρου που οριζόταν μεταξύ της μηριαίας αρτηρίας και του ραπτικού μυός, παρεμποδίζοντας τη διάχυση του τοπικού αναισθητικού σε άλλους ιστούς. Η παρουσία του επομένως διευκόλυνε τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου από το τοπικό αναισθητικό, όταν αυτό εγχυόταν σε επαρκή όγκο.



Εικόνα 80. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του

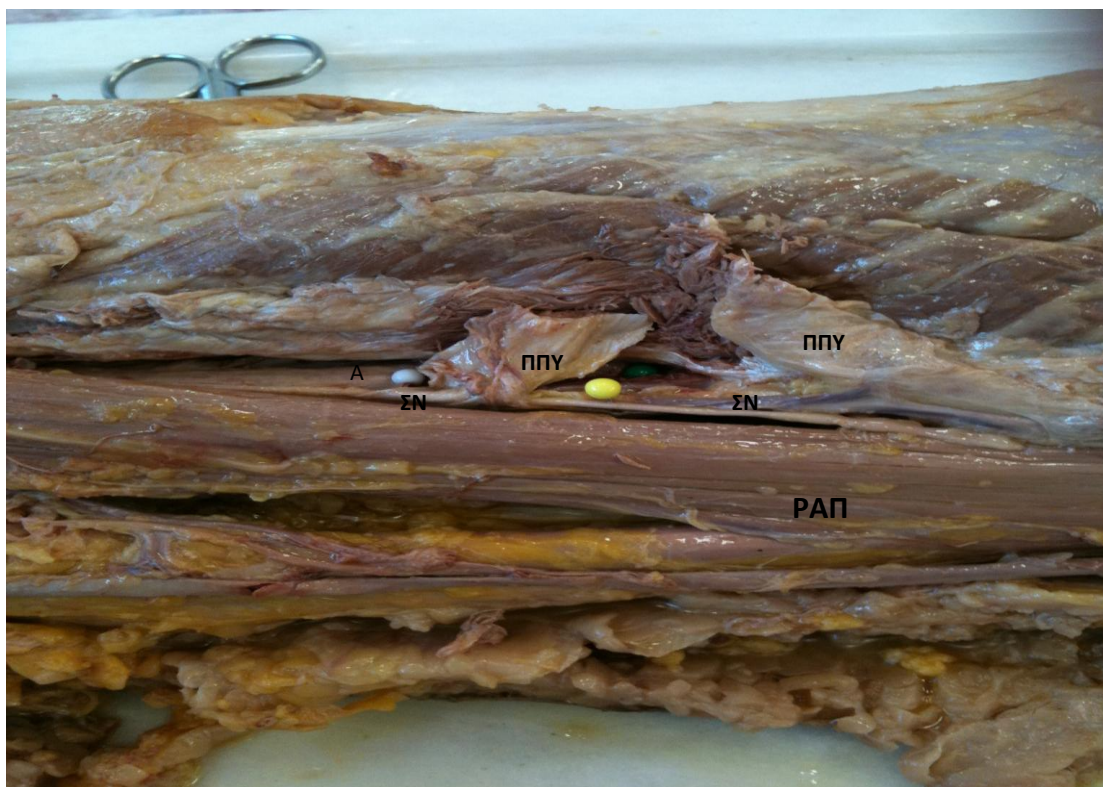
Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Η διατομή του πλατυπροσαγωγού υμένα, που παρουσιάζεται σαν ισχυρή πεπαχυσμένη περιτονία, αποκαλύπτει το σαφηνές νεύρο καθώς αυτό κατά την πορεία προς την έσω επιφάνεια του γόνατος, απομακρύνεται από την μηριαία αρτηρία η οποία πορεύεται προς το οπίσθιο διαμέρισμα του γόνατος $ΣΝ =$ Σαφηνές νεύρο, $ΜΑ =$ Μηριαία αρτηρία, $ΠΠΥ =$ Πλατυπροσαγωγός υμένας.

Στα περιστατικά της μελέτης μας, 10 ml τοπικού αναισθητικού αρκούσαν ώστε να επιτευχθεί επαρκής διάδοση του φαρμάκου ικανή να προκαλέσει τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου στο 95,6% των περιπτώσεων, ενώ αντίθετα η έγχυση 5 ml τοπικού αναισθητικού είχε μέτρια αποτελεσματικότητα στον αποκλεισμό του νεύρου. Το γεγονός αυτό εξηγείται από την ύπαρξη ανατομικών παραλλαγών, καθώς το σαφηνές νεύρο δεν εξέρχεται πάντα του πόρου των προσαγωγών από το κατώτερο στόμιό του. Στην ανατομική μελέτη σε 2 από τα 11 παρασκευάσματα, το σαφηνές νεύρο εξερχόταν του πόρου των προσαγωγών σε εγγύτερο σημείο, διαπερνώντας τον πλατυπροσαγωγό υμένα. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου θα απαιτούσε μεγαλύτερο όγκο τοπικού αναισθητικού, για να φθάσει στο όργανο-στόχο και να υπάρξει επιτυχής αποκλεισμός του.

Στην κλινική μελέτη, ο ηχοβολέας αρχικά τοποθετήθηκε στην έσω πλευρά του άνω τριτημορίου του μηρού και μετέπειτα, ακολουθώντας την πορεία των μηριαίων αγγείων ολίσθησε περιφερικότερα, έως ότου η τριγωνική υπερηχογενής εμφάνιση του πλατυπροσαγωγού υμένα αρχίζει να εξασθενεί και η μηριαία αρτηρία απεικονίζεται να «βυθίζεται» προς το οπίσθιο διαμέρισμα του μηρού, συνήθως 1-2 εκατοστά περιφερικότερα του κατώτερου στομίου του πόρου των προσαγωγών. Το σαφηνές νεύρο, από την είσοδό του στον ανώτερο στόμιο του πόρου των

προσαγωγών έως την έξοδό του από το πρόσθιο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, φέρεται στον μηρό μαζί με τα μηριαία αγγεία κάτω από το ραπτικό μυ. Αν και η έρευνά μας δεν επικεντρώθηκε στο σαφηνές νεύρο, εκμεταλλευτήκαμε το γεγονός ότι η μηριαία αρτηρία και η μηριαία φλέβα μέσω του σχίσματος των προσαγωγών πορεύονται στον ιγνυακό βόθρο, ενώ αντίθετα το σαφηνές νεύρο συνέχισε στην αρχική του πορεία επιφανειακότερα κάτω από τον ραπτικό μυ. Στην ανατομική μελέτη, το σαφηνές νεύρο και τα μηριαία αγγεία είχαν σταθερή, αμετάβλητη μεταξύ τους ανατομική σχέση έως λίγο πριν το κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών : το νεύρο φέρεται επί τα εκτός των αγγείων έως το επίπεδο του πλατυπροσαγωγού υμένα.

Στο σημείο αυτό το νεύρο περνά πρόσθια της μηριαίας αρτηρίας για να βρεθεί τελικά επί τα έσω αυτής, πριν τα μηριαία αγγεία κατέλθουν στο οπίσθιο διαμέρισμα του μηρού. Βασιζόμενοι σε αυτήν την παρατήρηση, στα περιστατικά της κλινικής μελέτης το τοπικό αναισθητικό εγχύθηκε στον ανατομικό χώρο μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας, ακριβώς στο σημείο όπου η μηριαία αρτηρία απομακρύνεται από την μάζα του ραπτικού μυός, αυξάνοντας το εστιακό της βάθος στην υπερηχογραφική της απεικόνιση (Εικόνα 81).



Εικόνα 81. Ανατομικό παρασκευάσμα στην Αίθουσα Ανατομών του Εργαστηρίου Περιγραφικής Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Κατά την σάρωση με τον ηχοβολέα της έσω επιφάνειας του κατώτερου τριτημορίου του μηρού προς το γόνατο, παρατηρείται αύξηση του εστιακού βάθους της μηριαίας αρτηρίας μετά το τέλος της υπερηχογενούς εμφάνισης του πλατυπροσαγωγού υμένα. Αυτό αντιστοιχεί με τα ευρήματα της μελέτης των ανατομικών παρασκευασμάτων. Ο πλατυπροσαγωγός υμένας είναι μια ανατομική δομή που επικαλύπτει το σαφηνές νεύρο το οποίο βρίσκεται αρχικά σε συνάφεια και στο ίδιο βάθος με την μηριαία αρτηρία (λευκή κουκίδα). Η «εμβύθιση» της μηριαίας αρτηρίας (πράσινη κουκίδα), επιτρέπει τον καθορισμό σαφούς ανατομικού χώρου για την έγχυση τοπικού αναισθητικού, που, σε ικανή ποσότητα προκαλεί τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου.

Αν και σε διάφορες μελέτες το ποσοστό επιτυχίας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου με τη βοήθεια της υπερηχογραφικής απεικόνισης ήταν ικανοποιητικό, οι διαφορές μεταξύ τους πιθανόν να σχετίζονται με τις ανατομικές παραλλαγές του νεύρου. Στην προκειμένη περίπτωση, στα 9 από τα 11 ανατομικά παρασκευάσματα της μελέτης μας, η έξοδος του σαφηνές νεύρου από τον πόρο των προσαγωγών πραγματοποιούνταν κοντά στο κατώτερο στόμιό του. Σε όμως 2 παρασκευάσματα, το σαφηνές νεύρο διαπερνούσε τον πλατυπροσαγωγό υμένα σε εγγύτερο σημείο. Παρά την εντόπιση της παραπάνω ανατομικής παραλλαγής, το νεύρο βρισκόταν σταθερά μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας και η ανατομική πορεία του σαφηνούς νεύρου μετά την έξοδό του από τον πόρο των προσαγωγών ήταν αμετάβλητη. Σε ένα εκ των παρασκευασμάτων, το σαφηνές νεύρο σχηματιζόταν από 2 κλάδους, έναν εντός και έναν εκτός του πόρου των προσαγωγών. Οι δύο κλάδοι ενώνονταν μεταξύ τους στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, σχηματίζοντας το σαφηνές νεύρο, το οποίο σταθερά φερόταν μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας. Στην περίπτωση αυτή, η έγχυση τοπικού αναισθητικού σε εγγύτερη θέση εντός του πόρου των προσαγωγών θα είχε ως αποτέλεσμα τον ατελή αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου.

Οι Tsui και Ozelsel χρησιμοποίησαν επίσης την μηριαία αρτηρία και τον ραπτικό μυ ως απεικονιστικά οδηγία σημεία για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου, ακριβώς εγγύτερα του σημείου που η μηριαία αρτηρία περνά στον οπίσθιο χώρο του μηρού για να μετονομασθεί σε ιγνυακή αρτηρία, τα ακριβή όμως αποτελέσματα της τεχνικής τους δεν καταγράφηκαν. Οι Horn και συν., χρησιμοποίησαν για να επιτύχουν αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου, ένα ανεπαίσθητο απεικονιστικό οδηγό σημείο, την κατιούσα αρτηρία του γόνατος. Ο

αποκλεισμός τους έγινε με επιτυχία σε πρηνή θέση, σε ένα ασθενή που επρόκειτο να υποβληθεί σε επέμβαση στην ποδοκνημική [94,97].

Η κατιούσα αρτηρία του γόνατος συνοδεύει το σαφηνές νεύρο κατά την έξοδο του από τον πόρο των προσαγωγών. Η διάμετρός της όμως είναι ιδιαίτερα μικρή, γεγονός που καθιστά την απεικόνισή της στην υπερηχογραφική απεικόνιση αμφίβολη. Η περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας των υπερήχων ενδεχομένως να δώσει τη δυνατότητα μεγαλύτερης αξονικής και πλάγιας διακριτικής ικανότητας, έτσι ώστε στο μέλλον να διακρίνονται με μεγαλύτερη ευχέρεια λεπτές δομές όπως η κατιούσα αρτηρία του γόνατος και το σαφηνές νεύρο.

Συμπεράσματα

1. Το σαφηνές νεύρο βρίσκεται σταθερά μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας κατά την έξοδό του από τον πόρο των προσαγωγών.
2. Το σαφηνές νεύρο εμφανίζει ανατομικές παραλλαγές που είναι δυνατό να εξηγήσουν την αποτυχία του πλήρους αποκλεισμού του εντός του πόρου των προσαγωγών.
3. Η υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη έγχυση τοπικού αναισθητικού στο χώρο μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας πριν την κάθοδό της στον ιγνυακό βόθρο, είναι μια αξιόπιστη και ασφαλής τεχνική για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου. Η μέθοδος είναι απλή και μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς τη χρήση νευροδιεγέρτη.
4. Ο όγκος του διαλύματος του τοπικού αναισθητικού που απαιτείται για τον αξιόπιστο αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου με την συγκεκριμένη τεχνική είναι 10 ml.
5. Ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου εκτός του πόρου των προσαγωγών δεν προκαλεί μυική αδυναμία των μυών του μηρού.
6. Είναι η πρώτη τεχνική που μελετάται η οποία περιγράφει τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου με τη βοήθεια υπερήχων χωρίς να είναι αναγκαία η αναγνώριση του νεύρου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gofeld M. Ultrasonography in pain medicine: a critical review. *Pain Pract.* 2008;8:226–240.
2. Raj P. Textbook of Regional Anesthesia, Churchill Livingstone, Lubbock, Texas, 2003
3. Manchikanti L, Singh V, Derby R, et al. Review of occupational medicine practice guidelines for interventional pain management and potential implications. *Pain Physician.* 2008;11:271–289
4. Fitzgibbon DR, Posner KL, Domino KB, et al. Chronic pain management: ASA Closed Claims Project. *Anesthesiology.* 2004;100:98–105.
5. Narouze S, Atlas of Ultrasound- Guided Procedures in Interventional Pain Management, Springer, Cleveland, USA, 2010 : 13-72.
6. Koscielniak-Nielsen ZJ. Ultrasound-guided peripheral nerve blocks: what are the benefits? *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;52:727-37
7. Casati A, Danelli G, Baciarello M, Corradi M, Leone S, Di Cianni S, Fanelli G. A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block. *Anesthesiology* 2007;106:992-6.

8. Nolsoe CP, Lorentzen T, Skjoldbye BO, Bachmann Nielsen M. The basics of interventional ultrasound. *Ultraschall Med* 2007;28:248-63; quiz 64, 67.
9. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide*, Toronto, Ontario, Canada, 2009
10. Weyman A. Physical principles of ultrasound. In: *Principles and Practice of Echocardiography*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1994:3-25.
11. Brull R, Perlas A, Chan VW. Ultrasound-guided peripheral nerve blockade. *Curr Pain Headache Rep* 2007;11:25-32.
12. Marhofer P, Greher M, Kapral S. Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2005;94:7-17.
13. Sites BD, Spence BC, Gallagher J, Beach ML, Antonakakis JG, Sites VR, Hartman GS. Regional anesthesia meets ultrasound: a specialty in transition. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;52:456-66.
14. Brull R, Macfaulane AJ, Tse cc. Practical knobology for ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35(2 suppl): S68–73
15. Gray AT. Ultrasound-guided regional anesthesia: current state of the art. *Anesthesiology* 2006;104:368-73, discussion 5A
16. Chin KJ, Chan V. Ultrasound-guided peripheral nerve blockade. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008;21:624-31.

17. Marhofer P, Chan VW. Ultrasound-guided regional anesthesia: current concepts and future trends. *Anesth Analg* 2007;104:1265-9.
18. Minimum training guidelines. European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology. Xu D, Abbas S, Chan V. Ultrasound phantom for hands-on practice. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30:593Y594.
19. Sites BD, Brull R. Ultrasound guidance in peripheral regional anesthesia: philosophy, evidence-based medicine, and techniques. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006;19:630-9..
20. Sites B, Chan WV, Neal M.J, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen J, Ivani G. The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee Recommendations for Education and Training in Ultrasound-Guided Regional Anesthesia *Reg Anesth Pain*, Suppl1, 2010, 35: 74-80
21. Sites BD, Gallagher JD, Cravero J, Lundberg J, Blike G. The learning curve associated with a simulated ultrasound-guided interventional task by inexperienced anesthesia residents. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29:544-8.
- Gray AT. Ultrasound-guided regional anesthesia. Current state of the art. *Anesthesiology*. 2006;104:368Y373.
22. Fornage BD. A simple phantom for training in ultrasoundguided needle biopsy using the freehand technique. *Journal of Ultrasound in Medicine* 1989; 8: 701–3.

23. Schafhalter-Zoppoth I, McCulloch CE, Gray AT. Ultrasound visibility of needles for regional nerve block: an in vitro study. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 2004; 29: 480–9.
24. Chapman GA, Johnson D, Bodenham AR. Visualisation of needle position using ultrasonography. *Anaesthesia* 2006;61:148-58.
25. Tsui BC, Finucane B. Practical recommendations for improving needle-tip visibility under ultrasound guidance? *Reg Anesth Pain Med* 2005;30:596-7; author reply 7-8.
26. Maecken T, Zenz M, Grau T. Ultrasound characteristics of needles for regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2007;32:440-7.
27. Bloc S, Ecoffey C, Dhonneur G. Controlling needle tip progression during ultrasound-guided regional anesthesia using the hydrolocalization technique. *Reg Anesth Pain Med* 2008;33:382-3.
28. Tsui BC, Dillane D. Needle puncture site and a "walkdown" approach for short-axis alignment during ultrasound-guided blocks. *Reg Anesth Pain Med* 2006;31:586-7.
29. Tsui BC, Kropelin B. The electrophysiological effect of dextrose 5% in water on single-shot peripheral nerve stimulation. *Anesth Analg* 2005;100:1837-9.

30. Klein SM, Fronheiser MP, Reach J, Nielsen KC, Smith SW. Piezoelectric vibrating needle and catheter for enhancing ultrasound-guided peripheral nerve blocks. *Anesth Analg* 2007;105:1858-60
31. Stone M, Moon C, Sutijono D, Blaivas M, Needle tip visualization during ultrasound-guided vascular access: short-axis vs long-axis approach *American Journal of Emergency Medicine* (2010) 28, 343–347
32. Sites B, Brull R, Chan V, Spence B, Gallagher J, Beach M, et al. Part I of II: artifacts and pitfall errors associated with ultrasound guided regional anesthesia: understanding the basic principles of ultrasound physics and machine operations. *Reg Anesth Pain Med*. 2007;32(5):412Y418.
33. Sites B, Brull R, Chan V, Spence B, Gallagher J, Beach M, et al. Part II of II: artifacts and pitfall errors associated with ultrasound guided regional anesthesia: a pictorial approach to understanding and avoidance. *Reg Anesth Pain Med*. 2007;32:419Y438.
- Chapman G. A., Johnson D., Bodenham A. R. Visualisation of needle position using ultrasonography *Anaesthesia*, 2006, 61:148–158
34. Sites B, Brull R. Ultrasound guidance in peripheral regional anesthesia: philosophy, evidence-based medicine, and techniques. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2006;19:630Y639. American Medical Association House of Delegates. Privileging for ultrasound imaging. Resolution 802, December 1999;

35. Neal J, Bernardis C, Hadzic A, Hebl J, Hogan Q, Horlocker T, Lee L, Rathmell T, Sorenson E, Suresh T, Wedel D ASRA Practice Advisory on Neurologic Complications in Regional Anesthesia and Pain Medicine Reg Anesth Pain Med. 2008 ; 33(5): 404–15
36. A. Hatfield and A. Bodenham Ultrasound: an emerging role in anaesthesia and intensive care Br J Anaesth 1999;83: 789–800
37. Blaivas M, Brannam L, Fernandez E. Short-axis versus longaxis approaches for teaching ultrasound-guided vascular access on a new inanimate model. Academy of Emergency Medicine 2003; 10: 1307–11.
38. Choyce A, Chan VWS, Middleton WJ, Knight PR, Peng P, McCartney CJL. What is the relationship between paresthesia and nerve stimulation for axillary brachial plexus block? Reg Anesth Pain Med 2001;26:100–104.
39. Perlas A, Niazi A, McCartney C, Chan V, Xu D, Abbas S. The sensitivity of motor responses to nerve stimulation and paresthesia for nerve localization as evaluated by ultrasound. Reg Anesth Pain Med 2006;31:445–450.
40. Marhofer P, Greher M, Kapral M Ultrasound guidance in regional anaesthesia British Journal of Anaesthesia 94 (1): 7–17 (2005) Steiner E, Naṣel C. Sonography of peripheral nerves: basic principles. Acta Anaesthesiol Scand 1998; 42 (Suppl. 112): 46–8

41. Hopkins PM. Ultrasound guidance as a gold standard in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2007;98:299-301.
42. Wiebalck A, Grau T. Ultrasound imaging techniques for regional blocks in intensive care patients. *Crit Care Med* 2007;35:S268-74
43. Liguori GA. Complications of regional anesthesia: Nerve injury and peripheral nerve blockade. *J Neurosurg Anesthesiol* 2004;16:84–86
44. Hebl JR. Ultrasound-guided regional anesthesia and the prevention of neurologic injury: Fact or fiction? *Anesthesiology* 2008;108:186–188
45. Hebl JR, Horlocker TT, Schroder DR. Neuraxial anesthesia and analgesia in patients with preexisting central nervous system disorders. *Anesth Analg* 2006;103:223–228.
46. Moore JM, Liu SS, Neal JM. Premedication with fentanyl and midazolam decreases the reliability of intravenous lidocaine test dose. *Anesth Analg* 1998;86:1015–1017
47. Thompson GE, Rorie DK. Functional anatomy of the brachial plexus sheath. *Anesthesiology* 1983; 59: 117–22
48. Kapral S, Greher M, Huber G, Willschke H, Kettner S, Kdolsky R, Marhofer P. Ultrasonographic guidance improves the success rate of

interscalene brachial plexus blockade.

Reg Anesth Pain Med 2008;33:253-8.

49. Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, Brull R, Xu D, Abbas S. Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block.

Can J Anaesth 2007;54:176-82

50. Sites B, Chan VW, Neal J, Wheeler R, Grau T, Koscielniak-Nielsen Z, Ivani G. The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee Recommendations for Education and Training in Ultrasound-Guided Regional Anesthesia

51. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, et al. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists

52. Task Force for certification in perioperative transesophageal echocardiography. Anesth Analg. 1999;89:870Y884. National Institute for Health and Clinical Excellence. Final appraisal determination: ultrasound location devices for placing central venous catheters.

53. Sutton M, Oldershaw P, Kotler M. *Textbook of Echocardiography and Doppler in Adults and Children*. 2nd ed. Cambridge: Blackwell Science; 1996:4-18.

Fiegenbaum H. *Echocardiography*. 5th ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994:1.

415

54. Horlocker TT, Wedel DJ, Benzon H, Brown DL, Enneking FK, Heit JA, Mulroy MF, Rosenquist RW, Rowlingson J, Tryba M, Yuan C-S. Regional anesthesia in the anticoagulated patient: Defining the risks (The second ASRA consensus conference on neuraxial anesthesia and anticoagulation). *Reg Anesth Pain Med* 2003;28:172–197.

55. Auroy Y, Benhamou D, Bargues L, Ecoffey C, Falissard B, Mercier F, Bouaziz H, Samii K. Major complications of regional anesthesia in France. The SOS regional anesthesia hotline service. *Anesthesiology* 2002;97:1274–1280

56. Capdevila X, Pirat P, Bringuier S, Gaertner E, Singelyn FJ, Bernard N, Choquet O, Bouaziz H, Bonnet F. Continuous peripheral nerve blocks in hospital wards after orthopedic surgery. *Anesthesiology* 2005;103:1035–1045

57. Miller AH, Roth BA, Mills TJ, et al. Ultrasound guidance versus the landmark technique for the placement of central venous catheters in the emergency department. *Acad Emerg Med* 2002;9:800-5

58. Williams SR, Chovinard P, Arcand G, et al. Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. *Anesth Analg* 2003; 97: 1518–23
59. Gray Anatomy of the Human Body. Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice by Susan Standring PhD DSc. The Lumbosacral Plexus. 956-64 Elsevier, 2008
60. Cunningham DJ: Text book of Anatomy. 2nd Edn.; William Wood and Company, New York, 1905; pp. 662- 673.
61. Lazorthes G. Le systeme nerveux peripherique. Paris: Masson, 1976:270.
62. Caggiati A. Surgical and radiologic anatomy. 1999:21, 29.
63. Rouviere H. Anatomía humana. Barcelona: Masson, 1987: 478.
64. Testut L, Latarjet A. Tratado de anatomía humana, vol 3. Barcelona: Salvat, 1951:343.
65. Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Ferguson MWJ, eds. Gray's Anatomy. Edinburgh, Great Britain: Churchill Livingstone, 1995:1281.
66. Sim IW, Webb T: Anatomy and anaesthesia of the lumbar somatic plexus. *Anaesthesia and Intensive Care*, 2004; 32 (2): 178-187.

67. Uzmansel D, Aktekin M, Kara A: Multiple variations of the nerves arising from the lumbar plexus.
68. Newell RLM: Pelvic girdle, gluteal region & hip joint . In: Gray's anatomy - The anatomical basis of clinical practice.
69. Anloague PA, Huijbregts P: Anatomical Variations of the Lumbar Plexus: A Descriptive Anatomy Study with Proposed Clinical Implications. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 2009; 17(4): e107-e114.
70. Das S, Vasudeva N: Anomalous higher branching pattern of the femoral nerve: a case report with clinical implications. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, 2007; 50 (4): 245–246.
71. Horner G, Dellon A. Innervation of the human knee joint and implications for surgery. *Clin Orthop* 1994;301:221-6
72. Hunter LY, Louis DS, Riccardi JR, O'Connor GA. The saphenous nerve: its course and importance in medial arthrotomy. *Am J Sports Med* 1979;7:227–9.
73. Dunaway DJ, Steensen RN, Wiand W, Dopirak RM. The sartorial branch of the saphenous nerve: its anatomy at the joint line of the knee. *Arthroscopy*. 2005 May;21(5):547-51
74. Victor Dayan, Leandro Cura, Santiago Cubas, Guillermo Carriquiry, Surgical Anatomy of the saphenous nerve. *Ann Thorac Surg* 2008;85:896 –900

75. Gosling JA, Harris PF, Whitmore I, Willan P. Medial compartment of the thigh. In: Gosling JA, Harris PF, Whitmore I, Willan P. *Human anatomy*. 4th ed. Edinburg: Mosby, inc; 2002:234-236
76. Ebraheim NA, Mekhail AO. The infrapatellar branch of the saphenous nerve: an anatomic study. *J Orthop Trauma*. 1997;11(3):195-9.
77. Arthornthurasook A, Gaew-Im K. Study of the infrapatellar nerve. *Am J Sports Med* 1988;16(1):57-9
78. Thiranagama R. Nerve supply of the human vastus medialis muscle. *J Anat* 1990; 170: 193-8.
79. Checroun AJ, Mekhail AO, Ebraheim NA, Jackson WT, Yeasting RA. Extensile medial approach to the femur. *J Orthop Trauma* 1996;10:481–6
80. Mountney J, Wilkinson GA. Saphenous neuralgia after coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;16:440 –3.
81. Wellwood JM, Cox SJ, Martin A, Cockett FB, Browse NL. Sensory changes following stripping of the long saphenous vein. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1975;16:123– 4.

82. Urayama H, Misaki T, Watanabe Y, Bunko H. Saphenous neuralgia and limb edema after femoropopliteal artery bypass. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1993;34:389 – 93.
83. Lavee J, Schneidermann J, Yorav S, Schewach-Mileet M, Adar R. Complications of saphenous vein harvesting following coronary artery bypass surgery. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1989;30:989 –91.
84. Budillon AM, Zoffoli G, Nicolini F, et al. Neurologic symptoms after great saphenous vein harvesting for coronary artery bypass grafting. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2003;44:707–11.
85. Adar R, Meyer E, Zweig A. Saphenous neuralgia: a complication of vascular reconstruction below the inguinal ligament. *Ann Surg* 1979;190:609 –13
86. De Oliveira F, de Vasconcellos Fontes RB, da Silva Baptista J, Mayer WP, de Campos Boldrini S, Liberti EA. The connective tissue of the adductor canal--a morphological study in fetal and adult specimens. *J Anat* 2009 ;214(3):388-95
87. De Souza RR, Ferraz de Carvalho CA, Merluzzi Filho TJ, Andrade Vieira JA. Functional anatomy of the perivascular tissue in the adductor canal. *Gegenbaurs Morphol Jahrb.* 1984;130(5):733-8.
88. Davis J, Bond T, Swenson J. Adductor canal block. More than just the

saphenous nerve? *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 618-19 Moore KL, Agur MR. Essential clinical anatomy. In Lower Limb. 3rd Ed, 2007. Page 338-340. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia

89. Tubbs RS, Loukas M, Shoja MM, Apaydin N, Oakes WJ, Salter EG. Anatomy and potential clinical significance of the vastoadductor membrane. *Surg Radiol Anat* 2007 ;29(7):569-73.

90. Ellis H, Feldman SA, Harrop Griffith W: Anatomy for anaesthetists. 8th Edn.; Blackwell publishing, Massachusetts, 2004; pp. 188–191.

91. Hann MB, Mc Millan PM, Sheplock GJ: Regional Anesthesia Μετάφραση Αναγνωστοπούλου Σ., Παρισιάνος ΑΕ, Αθήνα 2003

92. Dias Filho LC, Valenc MM, Guimaraes FA, Medeiros RC, Silva RA, Morais MG, Valente FP, Franca SM: Lateral femoral cutaneous neuralgia: an anatomical insight. *Clinical Anatomy*, 2003; 16 (4): 309–316.

93. Sharrock N: Inadvertent “3-in-1” block following injection of the lateral cutaneous nerve of thigh. *Anesthesia and Analgesia*, 1980; 59 (11): 887-888.

94. Horn JL, Pitsch T, Salinas F, Benninger B. Anatomic basis to the ultrasound-guided approach for saphenous nerve blockade *Reg Anesth Pain Med*. 2009 Sep-Oct;34(5):486-9.

95. Van der Wal M, Lang SA, Yip RW. Transsartorial approach for saphenous nerve block. *Can J Anaesth* 1993; 40: 542-6
96. Krombach J, Gray AT. Sonography for saphenous nerve block near the adductor canal. *Reg Anesth Pain Med* 2007; 32: 369-70
97. Tsui BC, Ozelsel T. Ultrasound-guided transsartorial perfemoral artery approach for saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med*. 2009 ;34(2):177-8
98. Gray AT, Collins AB. Ultrasound-guided saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med*. 2003 Mar-Apr;28(2):148
99. Manickam B, Perlas A, Duggan E, Brull R, Chan VW, Ramlogan R. Feasibility and efficacy of ultrasound-guided block of the saphenous nerve in the adductor canal. *Reg Anesth Pain Med*. 2009 Nov-Dec;34(6):578-80
100. Benzon HT, Sharma S, Calimaran A. Comparison of the different approaches to saphenous nerve block. *Anesthesiology* 2005; 102: 633-8.
101. Mansour NY. Sub-sartorial saphenous nerve block with the aid of nerve stimulator. *Reg Anesth* 1993; 18: 266-8.
102. Bouaziz H, Benhamou D, Narchi P. A new approach for saphenous nerve block. *Reg Anesth* 1996; 21: 490.

103. Thiranagama R. Nerve supply of the human vastus medialis muscle. *J Anat* 1990; 170: 193-8.
104. Bouaziz H, Narchi P, Zetlaoui PJ, Paqueron X, Benhamou D. Lateral approach to the sciatic nerve at the popliteal fossa combined with saphenous nerve block. *Tech Reg Anesth Pain Manag* 1999; 3: 19-22.
105. Akkaya T, Ersan O, Ozkan D, et al. Saphenous nerve block is an effective regional technique for post-menisectomy pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008; 16: 855-8.
106. Anagnostopoulou S, Kostopanagiotou G, Paraskeuopoulos T, Chantzi C, Lolis E, Saranteas T. Anatomic variations of the obturator nerve in the inguinal region: implications in conventional and ultrasound regional anesthesia techniques. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34:33Y39.
107. McCartney CJ, Dickinson V, Dubrowski A, Riazi S, McHardy P, Awad IT. Ultrasound provides a reliable test of local anesthetic spread. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35:361Y363.
108. Ivani G, Mosseti V. Pediatric regional anesthesia. *Minerva Anesthesiol*. 2009;75:577Y583.
109. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Kettner SC, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: part 1. *Br J Anaesth*. 2010;104:538Y546.

110. Tsai PB, Karnwal A, Kakazu C, Tokhner V, Julka IS. Efficacy of an ultrasound-guided subsartorial approach to saphenous nerve block: a case series. *Can J Anaesth.* 2010;57:683Y688.

111. Kirkpatrick JD, Sites BD, Antonakakis JG. Preliminary experience with a new approach to performing an ultrasound-guided saphenous nerve block in the mid to proximal femur. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35: 222Y223.

.

Περίληψη\

Εισαγωγή: Μελετήσαμε το ανατομικό υπόβαθρο και τα κλινικά αποτελέσματα ενός υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου, κατά την έξοδό του από το κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών μυών.

Μέθοδος: Η ανατομική μελέτη διενεργήθηκε σε 11 κάτω άκρα από πτωματικά παρασκευάσματα συντηρημένα σε διάλυμα φορμόλης στα οποία μελετήθηκε η πορεία του σαφηνούς νεύρου κοντά στο επίπεδο της εξόδου του από το κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών. Η κλινική μελέτη διενεργήθηκε σε 23 ενήλικους που θα υποβάλλονταν σε αρθροσκόπηση γόνατος. Με τη χρήση ενός γραμμικού ηχοβολέα, αναγνωρίστηκαν τα μηριαία αγγεία και ο ραπτικός μύς σε εγκάρσια διατομή, στο επίπεδο που το σαφηνές νεύρο εξέρχεται από το κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών. 10 ml διαλύματος λιδοκαΐνης 1,5 % εγχύθηκαν στο ανατομικό χώρο μεταξύ της μηριαίας αρτηρίας και του ραπτικού μυός.

Αποτελέσματα: Το σαφηνές νεύρο βρέθηκε ότι εξερχόταν του πόρου των προσαγωγών από το κατώτερο στόμιο του σε 9 από τα 11 πτωματικά παρασκευάσματα (81.8%), ενώ σε εγγύτερο σημείο σε 2 ανατομικά παρασκευάσματα (18.2%). Σε 1 ανατομικό παρασκεύασμα (9%), το σαφηνές νεύρο σχηματιζόταν από την αναστόμωση 2 κλάδων. Σε όλα τα παρασκευάσματα, το σαφηνές νεύρο, μετά την έξοδό του από τον πόρο των προσαγωγών, βρέθηκε ότι βρισκόταν σταθερά μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας. Από τους 23 συμμετέχοντες της κλινικής μελέτης, σε 22 επιτεύχθηκε πλήρης αισθητικός αποκλεισμός ενώ 1 δεν παρουσίασε καθόλου αισθητικό αποκλεισμό. Κανείς από τους εθελοντές δεν παρουσίασε κινητικό αποκλεισμό στους καμπτήρες μύες του ισχίου ή στους εκείνοντες μύες του γόνατος.

Συμπέρασμα: Η υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη έγχυση τοπικού αναισθητικού αμέσως περιφερικότερα από το κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας φαίνεται ότι είναι αποτελεσματική μέθοδος αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου.

Summary

Background: We evaluated the anatomic basis and the clinical results of an ultrasound-guided saphenous nerve block close to the level of the nerve's exit from the inferior foramina of the adductor canal.

Methods: The anatomic study was conducted in 11 knees of formalin preserved cadavers in which the saphenous nerve was dissected from near its exit from the inferior foramina of the adductor canal. The clinical study was conducted in 23 volunteers. Using a linear probe, the femoral vessels and the sartorius muscle were depicted in short-axis view at the level where the saphenous nerve exits the inferior foramina of the adductor canal. Ten milliliters of 1.5% lidocaine was injected into the compartment structured by the sartorius muscle and the femoral artery.

Results: The saphenous nerve was found to exit the adductor canal from its inferior foramina in 9 (81.8%) of 11 and at a more proximal level in 2 (18.2%) of 11 of the anatomic specimens. In a single specimen (9%), the saphenous nerve was formed by the anastomosis of 2 branches. In all the dissections, the saphenous nerve, after exiting the adductor canal, passed between the sartorius muscle and the femoral artery. Of the 23 volunteers, 22 responded with a complete sensory block, whereas a single volunteer demonstrated no sensory blockade. None of the volunteers experienced a motor block of the hip flexors and knee extensors.

Conclusions: Ultrasound-guided injection directly caudally from the inferior foramina of the adductor canal, between the sartorius muscle and the femoral artery, seems to be an effective approach for saphenous nerve block.

Δημοσίευση

Η παρούσα μελέτη δημοσιεύθηκε στο περιοδικό:

Regional Anesthesia and Pain Medicine

(official publication of the American Society of Regional Anesthesia And Pain Medicine-ASRA)

Ranking 4 of 28 in Anaesthesiology

Impact Factor 4,079

με τον τίτλο:

Anatomy and clinical implications of the ultrasound-guided subsartorial saphenous nerve block

Reg Anesth Pain Med 2011;36: 399-402

Anatomy and Clinical Implications of the Ultrasound-Guided Subsartorial Saphenous Nerve Block

Theodoros Saranteas, MD, PhD,* George Anagnostis, MD,* Tilemachos Paraskewopoulos, PhD,†
Dimitrios Koukalis, MD,‡ Zinon Kokkalis, MD,‡ Mariza Nakou, MD,* Sofia Anagnostopoulou, PhD,†
and Georgia Kostopanagiou, PhD*

Background: We evaluated the anatomic basis and the clinical results of an ultrasound-guided saphenous nerve block close to the level of the nerve's exit from the inferior foramina of the adductor canal.

Methods: The anatomic study was conducted in 11 knees of formalin-preserved cadavers in which the saphenous nerve was dissected from near its exit from the inferior foramina of the adductor canal. The clinical study was conducted in 23 volunteers. Using a linear probe, the femoral vessels and the sartorius muscle were depicted in short-axis view at the level where the saphenous nerve exits the inferior foramina of the adductor canal. Ten milliliters of 1.5% lidocaine was injected into the compartment structured by the sartorius muscle and the femoral artery.

Results: The saphenous nerve was found to exit the adductor canal from its inferior foramina in 9 (81.8%) of 11 and at a more proximal level in 2 (18.2%) of 11 of the anatomic specimens. In a single specimen (9%), the saphenous nerve was formed by the anastomosis of 2 branches. In all the dissections, the saphenous nerve, after exiting the adductor canal, passed between the sartorius muscle and the femoral artery. Of the 23 volunteers, 22 responded with a complete sensory block, whereas a single volunteer demonstrated no sensory blockade. None of the volunteers experienced a motor block of the hip flexors and knee extensors.

Conclusions: Ultrasound-guided injection directly caudally from the inferior foramina of the adductor canal, between the sartorius muscle and the femoral artery, seems to be an effective approach for saphenous nerve block.

(Reg Anesth Pain Med 2011;36: 399–402)

The recent introduction of ultrasound imaging for the facilitation of nerve localization and blockade is an important advance in regional anesthesia.^{1–4} Recently, a number of studies have ultrasonographically identified the saphenous nerve. The exact anatomic region, however, at which the nerve is visualized differs between studies.^{5–8} Tsai et al⁵ showed that an ultrasound-guided subsartorial approach to saphenous nerve blockade at the midfemoral level (at the midpoint between the knee and inguinal crease) is a moderately effective means to anesthetize the anteromedial lower extremity. Tsai and Orsel⁶ used ultrasound imaging to describe a saphenous nerve block 10 to 12 cm above the popliteal crease, using the femoral artery as an “imaging”

landmark, whereas Krombach and Gray⁷ described a more distal approach, 5 to 7 cm proximal to the popliteal crease and performed a trans-sartorial approach to saphenous nerve block. Manicam et al⁸ also performed a descriptive study to evaluate the efficacy of an ultrasound-guided saphenous nerve block technique at the distal part of adductor canal. The authors identified the saphenous nerve within the adductor canal and found that with this technique the nerve was blocked successfully in all 20 of their patients.

The adductor canal is an aponeurotic tunnel in the middle third of the thigh. It courses between the anterior-medial compartment of thigh and is covered by strong aponeurosis, the vastoadductor membrane. The canal contains the femoral artery, femoral vein, and branches of the femoral nerve (specifically, the saphenous nerve and the nerve to vastus medialis). The saphenous nerve exits the vastoadductor membrane at the level of the inferior foramina of the adductor canal and runs on the medial side of the knee.⁹ Up to now, only a small number of reports have thoroughly studied the anatomy of the saphenous nerve in the adductor canal^{10–12} and, more specifically, the place at which the nerve exits the inferior foramina of the canal.

In the present study, a dissection was conducted in a series of cadavers to provide a detailed description of the saphenous nerve anatomy at the inferior foramina of the adductor canal, and the anatomic basis for an ultrasound-guided saphenous nerve block was clinically evaluated.

METHODS

Anatomic Study

The cadaver study was performed in the dissection room of the Anatomy Department at the Medical School of the University of Athens, after approval by the institutional review board (Medical school, University of Athens, Athens, Greece). Eleven knees from 9 adult human formalin-embalmed cadavers were dissected. Each cadaver was placed in the supine position with the legs fully abducted. The skin and subcutaneous tissues of the anterior and medial thigh were carefully removed from the level of the superior third of the thigh to the level of the medial tibial condyle, revealing the underlying sartorius and vastus medialis muscles. The sartorius muscle was reflected laterally, allowing examination of the adductor canal and the subsartorial compartment. The connective tissue overlying the vastus medialis and adductor magnus muscles was carefully dissected. The course of the saphenous nerve, along with the courses of the major nerve branches at this region, was documented from the distal end of the adductor canal to the level of the medial epicondyle of the femur. The relationship of the saphenous nerve with the vastoadductor

From the *2nd Department of Anesthesia and Cardiovascular Critical Care, School of Medicine, Attikon Hospital, †Department of Anatomy, School of Medicine, and ‡2nd Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Attikon Hospital, University of Athens, Athens, Greece.
Accepted for publication April 4, 2011.

Address correspondence to: Theodoros Saranteas, MD, PhD, 14, Kardilifon str., Goudou, Athens, Greece (e-mail: tsaranteas@gmail.com).
Supplemental digital contents are available for this article. Direct URL

Έως την παρουσίαση της μελέτης στην εξεταστική επιτροπή υπήρξαν οι ακόλουθες αναφορές σε αυτήν:

Effects of Adductor-Canal-Blockade on pain and ambulation after total knee arthroplasty: a randomized study

MT Jenstrup, P Jaeger, J Lund Acta Anaesthesiologica Scandinavica Volume 56, Issue 3, pages 357–364, March 2012

Effect of adductor-canal-blockade on established, severe post-operative pain after total knee arthroplasty: a randomised study

P Jæger, U Grevstad, MH Henningsen Acta Anaesthesiologica Scandinavica Volume 56, Issue 8, pages 1013–1019, September 2012

The Effects of Ultrasound Guided Sub-Sartorial Saphenous Nerve Block (SSSNB) Versus Femoral Nerve Block (FNB) on Quadriceps Strength and Balance and ...

U Shastri, K Kwofie, D Xu, E Salviz, A Frulla, J Gadsden - asaabstracts.com

The saphenous nerve and its relationship to the nerve to the vastus medialis in and around the adductor canal: an anatomical study

R Kapoor, SD Adhikary, C Siefring Acta Anaesthesiologica Scandinavica Volume 56, Issue 3, pages 365–367, March 2012

Ultrasound-guided regional anesthesia in children and adults: aspects on central and peripheral blocks

M Lundblad - 2012 - publications.ki.se

Continuous Saphenous Nerve Block as Supplement to Single-Dose Local Infiltration Analgesia for Postoperative Pain Management After Total Knee ...

HL Andersen, J Gyrn, L Møller Anesthesia and Pain 2012 - researchgate.net

Exertional Leg Pain in the Athlete

S Rajasekaran, K Kvinlaug, JT Finnoff - PM&R, 2012 - Elsevier