



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

Β' ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΟΛΟΓΙΑΣ, Π.Γ.Ν. «ΑΤΤΙΚΟΝ»

ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ: ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ΓΕΡΟΛΟΥΚΑ-ΚΩΣΤΟΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ

**ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΟΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ
ΤΟΥ ΣΑΦΗΝΟΥΣ ΝΕΥΡΟΥ**

ΑΡΕΤΗ ΑΔΩΝΗ

ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΟΛΟΓΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΘΗΝΑ 2017

Ο ΟΡΚΟΣ ΤΟΥ ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ

ΑΡΧΑΙΟ ΚΕΙΜΕΝΟ

ΟΜΝΥΜΙ ΑΠΟΛΛΩΝΑ ΙΗΤΡΟΝ ΚΑΙ ΑΣΚΛΗΠΙΟΝ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΑΝ ΚΑΙ ΠΑΝΑΚΕΙΑΝ ΚΑΙ ΘΕΟΥΣ ΠΑΝΤΑΣ ΤΕ ΚΑΙ ΠΑΣΑΣ, ΙΣΤΟΡΑΣ ΠΟΙΟΥΜΕΝΟΣ, ΕΠΙΤΕΛΕΑ ΠΟΙΗΣΕΙΝ ΚΑΤΑ ΕΥΝΑΜΙΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΝ ΕΜΗΝ ΟΡΚΟΝ ΤΟΝΒΕ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗΝ ΤΗΝΒΕ. ΗΤΗΣΕΣΘΑΙ ΜΕΝ ΤΟΝ ΔΙΔΑΞΑΝΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΝ ΤΑΥΤΗΝ ΙΣΑ ΤΕΝΕΤΗΣΙΝ ΕΜΟΙΣΙ, ΚΑΙ ΒΙΟΥ ΚΟΙΝΩΣΕΣΘΑΙ ΚΑΙ ΧΡΕΩΝ ΧΡΗΖΟΝΤΙ ΜΕΤΑΒΟΣΙΝ ΠΟΙΗΣΕΣΘΑΙ ΚΑΙ ΤΕΝΟΣ ΤΟ ΕΞ ΕΛΑΥΤΟΥ ΑΔΕΛΦΕΙΟΣ ΙΣΟΝ ΕΠΙΚΡΙΝΕΕΙΝ ΑΡΡΕΣΙ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΕΙΝ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΝ ΤΑΥΤΗΝ, ΗΝ ΧΡΗΖΩΣΙ ΜΑΝΘΑΝΕΙΝ, ΑΝΕΥ ΜΙΣΘΟΥ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ. ΠΑΡΑΤΤΕΛΙΗΣ ΤΕ ΚΑΙ ΑΚΡΟΗΣΙΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΟΙΠΗΣ ΑΠΑΣΗΣ ΜΑΘΗΣΙΟΣ ΜΕΤΑΒΟΣΙΝ ΠΟΙΗΣΕΣΘΑΙ ΥΙΟΙΣΙ ΤΕ ΕΜΟΙΣ ΚΑΙ ΤΟΙΣ ΤΟΥ ΕΜΕ ΔΙΔΑΞΑΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΑΙΣΙ ΣΥΓΓΕΤΡΑΜΜΕΝΟΙΣΙ ΤΕ ΚΑΙ ΩΡΚΙΣΜΕΝΟΙΣ ΝΟΜΩ ΙΗΤΡΙΚΩ, ΑΛΛΩ ΒΕ ΟΥΒΕΝΙ. ΔΙΑΙΤΗΜΑΣΙ ΤΕ ΧΡΗΣΟΜΑΙ ΕΠ' ΩΦΕΛΕΙΗ, ΚΑΜΝΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑ ΕΥΝΑΜΙΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΝ ΕΜΗΝ. ΕΠΙ ΔΗΛΗΣΕΙ ΒΕ ΚΑΙ ΑΔΙΚΗΝ ΕΙΡΣΕΙΝ. ΟΥ ΒΩΣΩ ΒΕ ΟΥΒΕ ΦΑΡΜΑΚΟΝ ΟΥΒΕΝΙ ΛΙΤΗΘΕΙΣ ΘΑΝΑΣΙΜΟΝ, ΟΥΒΕ ΥΦΗΤΗΣΟΜΑΙ ΣΥΜΒΟΥΛΙΗΝ ΤΟΙΗΝΒΕ, ΟΜΟΙΩΣ ΒΕ ΟΥΒΕ ΤΥΝΑΙΚΙ ΠΕΣΣΟΝ ΦΘΟΡΙΟΝ ΒΩΣΩ. ΑΤΝΩΣ ΒΕ ΚΑΙ ΟΣΙΩΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΩ ΒΙΟΝ ΤΟΝ ΕΜΟΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΝ ΤΗΝ ΕΜΗΝ. ΟΥ ΤΕΜΕΩ ΒΕ ΟΥΒΕ ΜΗΝ ΛΙΘΙΩΝΤΑΣ, ΕΚΧΩΡΗΣΩ ΒΕ ΕΡΓΙΑΤΗΣΙΝ ΑΣΦΑΣΙΝ ΠΡΗΣΙΟΣ ΤΗΣΒΕ. ΕΣ ΟΙΚΙΑΣ ΒΕ ΟΚΟΣΑΣ ΑΝ ΕΣΙΩ, ΕΣΕΛΕΥΣΟΜΑΙ ΕΠ' ΩΦΕΛΕΙΗ ΚΑΜΝΟΝΤΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΕΩΝ ΠΑΣΗΣ ΑΔΙΚΗΣ ΕΚΟΥΣΙΗΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΙΗΣ ΤΗΣ ΤΕ ΑΛΛΗΣ ΚΑΙ ΑΦΡΟΛΙΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΠΙ ΤΕ ΤΥΝΑΙΚΕΙΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΕΡΕΙΩΝ, ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΤΕ ΚΑΙ ΒΟΥΛΩΝ. Α Β' ΑΝ' ΕΝ ΘΕΡΑΠΕΙΗ Η ΙΣΩ Η ΑΚΟΥΣΩ, Η ΚΑΙ ΑΝΕΥ ΘΕΡΑΠΕΙΗΣ ΚΑΤΑ ΒΙΟΝ ΑΝΘΡΩΠΩΝ, Α ΜΗ ΧΡΗ ΠΟΤΕ ΕΚΛΑΛΕΙΣΘΑΙ ΕΞΩ, ΣΙΤΗΣΟΜΑΙ, ΑΡΡΗΤΑ ΗΤΕΥΜΕΝΟΣ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΤΟΙΟΥΤΑ. ΟΡΚΟΝ ΜΕΝ ΟΥΝ ΜΟΙ ΤΟΝΒΕ ΕΠΙΤΕΛΕΑ ΠΟΙΕΟΝΤΙ ΚΑΙ ΜΗ ΣΥΓΧΕΟΝΤΙ ΕΙΗ ΕΠΑΥΡΑΣΘΑΙ ΚΑΙ ΒΙΟΥ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΣ, ΒΟΣΑΖΟΜΕΝΩ ΠΑΡΑ ΠΑΣΙΝ ΑΝΘΡΩΠΟΙΣ ΕΣ ΤΟΝ ΑΙΕΙ ΧΡΟΝΟΝ, ΠΑΡΑΒΑΙΝΟΝΤΙ ΒΕ ΚΑΙ ΕΠΙΟΡΚΟΥΝΤΙ, ΤΑΝΑΝΤΙΑ ΤΟΥΤΕΩΝ.

Ο ΟΡΚΟΣ ΤΟΥ ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΟΡΚΙΖΟΜΑΙ ΣΤΟΝ ΑΠΟΛΛΩΝΑ ΤΟ ΓΙΑΤΡΟ, ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΔΕΣΚΥΨΗΠΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΎΓΙΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΠΥΡΑΚΕΙΑ ΚΑΙ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΘΕΟΥΣ ΚΑΙ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΘΕΕΣ ΜΑΡΤΥΡΕΣ ΒΑΣΩ, ΠΩΣ ΘΑ ΤΗΡΗΣΩ ΤΟΝ ΟΡΚΟ ΜΟΥ ΑΥΤΟ, ΚΑΙ ΑΥΤΟ ΤΟ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟ, ΟΣΟ ΘΑ ΔΙΑΤΗΡΩ ΤΙΣ ΨΥΧΑΜΕΙΣ ΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΜΟΥ. ΤΟ ΜΕΝ ΠΙΣΤΕΥΟΝΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗ ΑΥΤΗ, ΘΑ ΠΙΜΩ ΟΣΟ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΔΙΚΟΥΣ ΜΟΥ ΓΟΝΕΙΣ, ΚΑΙ ΘΑ ΤΟΝ ΚΑΝΩ ΚΟΙΝΩΝΟ ΤΟΥ ΔΙΚΟΥ ΜΟΥ ΒΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑ ΤΟΥ ΟΦΕΙΛΩ ΤΑ ΜΕΝΟΜΙΣΜΕΝΑ. ΤΟΥΣ ΔΕ ΤΙΟΥΣ ΤΟΥ, ΘΑ ΘΕΩΡΩ ΊΣΟΥΣ ΠΡΟΣ ΔΕΥΕΡΟΥΣ ΜΟΥ, ΚΑΙ ΘΑ ΤΟΥΣ ΠΙΣΤΕΩ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗ ΑΥΤΗ, ΑΝ ΝΟΙΩΘΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΓΚΗ ΝΑ ΤΗΝ ΜΑΘΟΥΝ, ΧΩΡΙΣ ΜΙΣΘΟ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΕΓΓΡΑΦΟ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟ. ΘΑ ΠΙΣΤΕΩ ΤΑ ΠΡΟΦΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΓΡΑΦΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΛΗ ΤΕΛΗΚΑ ΤΗΝ ΨΙΔΟΛΟΓΙΗ ΕΞΑΣΚΗΣΗ ΤΟΥ ΕΛΙΑΓΓΕΛΜΑΤΟΣ, ΜΟΝΟ ΣΤΟΥΣ ΔΙΚΟΥΣ ΜΟΥ ΤΙΟΥΣ, ΣΤΟΥΣ ΤΙΟΥΣ ΤΟΥ ΠΙΣΤΕΚΛΟΥ ΜΟΥ, ΚΑΙ ΔΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΠΟΥ ΜΕ ΟΡΚΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟ, ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΑΓΡΑΦΟΥΣ ΝΟΜΟΥΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, ΘΑ ΕΛΘΟΥΝ ΣΥΝΒΕΘΕΙ ΜΑΖΙ ΜΟΥ. ΔΕ ΚΑΝΕ-ΑΥΤ' ΑΛΛΙΟ. ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΩ ΤΙΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΕΣ, ΜΟΝΟ ΠΡΟΣ ΟΦΕΛΟΣ ΤΩΝ ΔΕΘΕΝΩΝ, ΟΣΟ ΜΠΩΡΩ ΚΑΙ ΟΠΩΣ ΚΡΙΝΩ ΟΡΘΟ, ΝΑ ΔΙΠΟΦΥΓΩ ΔΕ ΚΑΘΕ ΒΛΑΒΗ ΚΑΙ ΔΙΣΚΙΑ. ΔΕΝ ΘΑ ΧΟΡΗΘΗΣΩ ΚΑΝΕΝΑ ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΟ ΦΑΡΜΑΚΟ, ΟΠΟΙΟΣ ΚΙ ΑΝ ΜΟΥ ΤΟ ΖΗΤΗΣΕΙ ΚΑΙ ΔΕΝ ΘΑ ΞΩΣΩ ΚΑΜΙΑ ΤΕΤΟΙΑ ΣΥΜΒΟΥΥΗ. ΕΠΙΣΗΣ ΔΕΝ ΘΑ ΞΩΣΩ ΔΕ ΚΑΜΙΑ ΓΥΝΑΙΚΑ ΦΑΡΜΑΚΟ ΕΚΤΡΩΤΙΚΟ. ΑΥΤΟ ΚΑΙ ΘΕΙΟ ΘΑ ΠΙΣΤΕΥΗΣΩ ΟΛΟ ΜΟΥ ΤΟ ΒΙΟ, ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗ ΜΟΥ ΝΑ ΜΗΝ ΕΥΝΟΥΧΗΣΩ ΔΕ ΚΑΝΕΝΑ, ΟΠΩΣ ΤΟ ΖΗΤΟΥΝ, ΑΦΗΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΥΤΗ, ΓΙΑ ΑΛΛΟΥΣ ΠΟΥ ΔΕΧΟΛΟΥΝΤΑΙ ΜΕ ΤΕΤΟΙΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ. ΔΕ ΟΣΑ ΣΠΗΤΑ ΠΗΓΑΙΝΩ, ΘΑ ΕΙΣΒΡΧΟΜΑΙ ΜΟΝΟ ΠΡΟΣ ΟΦΕΛΟΣ ΤΩΝ ΔΕΘΕΝΩΝ, ΜΑΚΡΙΑ ΑΥΤΟ ΚΑΘΕ ΘΕΛΥΜΑΤΙΚΗ ΔΙΣΚΙΑ ΚΑΙ ΒΛΑΒΗ ΚΑΙ ΜΑΚΡΙΑ ΑΥΤΟ ΑΦΡΟΒΙΣΤΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ, ΕΠΙ ΓΥΝΑΙΚΕΥΩΝ ΣΟΜΑΤΟΥΝ ΚΑΙ ΑΝΤΡΙΚΩΝ, ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ Η ΔΟΥΛΩΝ. ΟΣΑ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΘΕΡΑΠΕΙΕΣ ΑΚΟΥΣΩ Η ΘΑ ΞΩ Η ΚΑΙ ΠΕΡΑΝ ΤΗΣ ΔΕΧΟΛΙΑΣ ΜΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΩΝ, ΓΙΑ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΔΕΝ ΠΡΕΣΤΕΙ ΝΑ ΛΕΓΕΤΑΙ ΤΙΣΙΟΤΕ, ΘΑ ΣΙΩΠΩ ΘΕΩΡΩΝΤΑΣ ΤΑ ΩΣ ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΑ ΜΥΣΤΙΚΑ. ΟΣΟ ΤΟΝ ΟΡΚΟ ΜΟΥ ΔΟΙΩΝ ΘΑ ΤΗΡΩ ΚΑΙ ΔΕΝ ΘΑ ΤΟΝ ΠΑΡΑΒΑΙΝΩ, ΕΙΘΕ ΝΑ ΕΧΩ ΚΑΛΟ ΟΝΟΜΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΖΩΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΤΕΧΝΗ ΜΟΥ ΚΑΙ ΝΑ ΜΕ ΕΚΤΙΜΟΥΝ ΓΙΑ ΠΑΝΤΑ ΟΛΟΙ ΟΙ ΑΝΘΡΩΠΩΙ. ΕΑΝ ΔΕ ΠΑΡΑΒΩ ΤΟΝ ΟΡΚΟ ΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΟΡΚΗΣΩ, ΝΑ ΠΑΘΩ ΤΑ ΑΝΤΙΘΕΤΑ.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή αφιερώνεται εις τον προστάτη μου Άγιο Λουκά

Ιατρό, Αρχιεπίσκοπο Συμφερουπόλεως και Κριμαίας τον θαυματουργό.

Επίσης, στην οικογένεια μου που με στηρίζει σε κάθε μου βήμα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής θα ήταν αδύνατη χωρίς την συμμετοχή και την στήριξη ορισμένων ανθρώπων.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια μου κα Γερολουκά-Κωστοπαναγιώτου Γεωργία για την υποστήριξη της και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια των χρόνων αυτών.

Επίσης θα ήθελα από καρδιάς να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα επίκουρο Καθηγητή Αναισθησιολογίας Σαραντέα Θεοδόσιο για την αμέριστη στήριξη και την υπομονή του, για την εκπαίδευση και την καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της εργασίας. Ήταν ο άνθρωπος ο οποίος μου έδωσε απλόχερα τις γνώσεις και τις συμβουλές του όσες φορές χρειάστηκα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συνάδελφους Παρασκευόπουλο Τηλέμαχο και Μπριασούλη Παναγιώτη για την πολύτιμη βοήθεια τους στην υλοποίηση της διδακτορικής διατριβής.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Ημερομηνία αιτήσεως : 05/09/2012

Ημερομηνία ορισμού τριμελούς επιτροπής : 09/10/2012

Ημερομηνία ορισμού θέματος : 08/02/2013

Ημερομηνία αιτήσεως ορισμού επταμελούς εξεταστικής επιτροπής : 27/01/17

Ημερομηνία καταθέσεως της διδακτορικής διατριβής :

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Ματσώτα Παρασκευή, Αν. Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
2. Σαραντέας Θεοδόσιος, Επίκουρος Καθηγητής Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
(επιβλέπων)
3. Σιδηροπούλου Τατιανή, Επίκουρος Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Γερολουκά – Κωστοπαναγιώτου Γεωργία, Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
2. Σιαφάκα Ιωάννα, Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας και Θεραπείας Πόνου ΕΚΠΑ
3. Ματσώτα Παρασκευή, Αν. Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
4. Σαραντέας Θεοδόσιος, Επίκουρος Καθηγητής Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
5. Σιδηροπούλου Τατιανή, Επίκουρος Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
6. Μπατιστάκη Χρυσάνθη, Επίκουρος Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ
7. Τσαρουχά-Δημητροπούλου Αθανασία, Επίκουρος Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ	9
2.	ΠΡΟΛΟΓΟΣ	14
3.	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	16
	Μέρος Α	
	Ιστορία των υπερήχων.....	17
	Ορισμός υπερήχων.....	19
	Ορολογία υπερήχων.....	22
	Αλληλεπίδραση υπερηχητικών κυμάτων με τον ιστό.....	28
	Τρόποι απεικόνισης των υπερήχων.....	32
	Μηχανήματα υπερήχων.....	37
	Επιλογή βελόνας.....	39
	Αντιστάθμιση απολαβής χρόνου.....	40
	Εστίαση.....	42
	Βιοεπίδραση και Ασφάλεια.....	44
	Βελτιστοποίηση εικόνας.....	45
	Τεχνικές απεικόνισης της βελόνας.....	55
	Τεχνικά Σφάλματα.....	58
	Εξοπλισμός.....	60
	Φαινόμενο ανισοτροπίας.....	62
	Πλεονεκτήματα.....	64
	Αντενδείξεις – Επιπλοκές.....	65

Μέρος Β	Αποκλεισμός του επιπολής αυχενικού πλέγματος.....	67
	Βραχιόνιο πλέγμα:	
	Διασκαληνικός αποκλεισμός.....	76
	Υπερκλείδιος αποκλεισμός.....	89
	Υποκλείδιος αποκλεισμός.....	104
	Ανατομία οσφυϊκού πλέγματος.....	114
	Μηριαίο νεύρο.....	117
	Ανατομία του σαφηνούς νεύρου.....	127
	Ο πόρος των προσαγωγών.....	128
4.	ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
	Εισαγωγή.....	139
	Μέθοδος – Κλινική μελέτη.....	145
	Στατιστική Ανάλυση.....	153
	Αποτελέσματα.....	154
	Συζήτηση.....	158
	Συμπεράσματα.....	171
	Περίληψη.....	172
	Abstract.....	174
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	175

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Άδωνη Αρετή

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ: 27/03/1980

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ: Αναισθησιολόγος

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ: Έγγαμη με δύο παιδιά

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: Αλκαίου 1, Τ.Κ. 6045, Λάρνακα, Κύπρος

ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ: +35724638210, +35799408697

E-MAIL: aretiadoni@gmail.com

ΓΛΩΣΣΕΣ: Ελληνικά: άριστα
Αγγλικά: άριστα
Γερμανικά: μέτρια

Μέλος της Ελληνικής Αναισθησιολογικής Εταιρίας και της Ελληνικής Εταιρίας Αλγολογίας. Επίσης μέλος της Ευρωπαϊκής Εταιρίας Περιφερειακής Αναισθησίας (ESRA).

2/5/2016 – έως σήμερα Ειδικευμένη στο Αναισθησιολογικό τμήμα στο ιδιωτικό Νοσοκομείο Τίμιος Σταυρός Λάρνακα, Κύπρος.

15/10/2015 – 20/4/2016 Clinical fellow σε θέση Senior Registrar στο Ηνωμένο Βασίλειο στα νοσοκομεία Barnet and Chase Farm NHS Hospitals Trust.

12/2014 Απονομή τίτλου ειδικότητας της Αναισθησιολογίας

8/2/2013	Υποψήφια διδάκτωρ Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών με θέμα: «Υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου»
1/9/2009 – 31/8/2014	Ειδικευόμενη στην Αναισθησιολογία, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Αττικών, Αναισθησιολογικό Τμήμα
8/2/2009 – 8/8/2009	Υπηρεσία στο Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας, 6 μήνες στη Παθολογική κλινική
8/8/2008 – 7/2/2009	Υπηρεσία στο Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας, 6 μήνες στη Χειρουργική κλινική
7/2007	Απονομή πτυχίου από Ιατρική Σχολή Semmelweis, Βουδαπέστη, Ουγγαρία
1992–1999	Απόφοιτος Αμερικάνικης Ακαδημίας Λάρνακας, Κύπρος.

Κλινικό έργο ως ειδικευμένη στην Αναισθησιολογία

Χορήγηση γενικής και περιοχικής αναισθησίας σε περιστατικά γενικής χειρουργικής, ορθοπεδικά, μαιευτικά και γυναικολογικά. Διατηρώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο πεδίο της περιοχικής αναισθησίας (ραχιαία, επισκληρίδιος αναισθησία καθώς και περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς όπου εκτός από διεγχειρητική αναισθησία προσφέρει και ανακούφιση από τον πόνο στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο.

Κλινικό έργο ως ειδικευόμενη στην Αναισθησιολογία

Προεγχειρητική αξιολόγηση των ασθενών. Χορήγηση γενικής και περιοχικής αναισθησίας σε περιστατικά γενικής χειρουργικής, αγγειοχειρουργικά, ορθοπαιδικά, ωτορινολαρυγγολογικά, ουρολογικά, σε μαιευτικά και γυναικολογικά καθώς και καρδιοχειρουργικά περιστατικά.

Επίσης, η μετεγχειρητική φροντίδα και η διαχείριση οξέως μετεγχειρητικού πόνου ιδιαίτερα σε ασθενείς μετά από μείζωνες επεμβάσεις.

Η χορήγηση αναισθησίας σε επείγοντα περιστατικά και η εξασφάλιση αεραγωγού σε περιστατικά στα Τ.Ε.Π.

Συμμετοχή σε διεθνή συνέδρια και σεμινάρια

1. **9/2012:** Participated in the 31st Annual ESRA Congress in Bordeaux, France
2. **6/2012:** International Symposium on Ultrasound and Regional Anesthesia course, Toronto Western Hospital, Canada
3. **2/2012:** 15th ESRA Cadaver workshop-neural blockades on cadavers in Innsbruck, Austria

Συμμετοχή σε ελληνικά συνέδρια και σεμινάρια

- 5/2016:** Ημερίδα Αναισθησιολογικής Εταιρίας Κύπρου
- 4/2016:** Advanced Life Support (ALS): Γενικό νοσοκομείο Λευκωσίας, Κύπρος

- 2009-2014:** Παρακολούθηση Φροντιστηριακών για διάφορα θέματα (Παιδοαναισθησιολογία, Καρδιοαναισθησιολογία, Μαιευτική Αναισθησία για Ειδικευόμενους στην Αναισθησιολογία)
- 12/2014:** Κλινικό φροντιστήριο Ελληνικής Αναισθησιολογικής Εταιρίας «Βελτιστοποίηση της περιεγχειρητικής διαχείρισης υγρών»
- 01/2013:** Εφαρμοσμένο Σεμινάριο Εξειδικευμένης Διαχείρισης Αεραγωγού (Δίπλωμα Επάρκειας στη Διαχείριση Αεραγωγού, Ελληνική Αναισθησιολογική Εταιρία, Αθήνα)
- 5/2012:** Πανελλήνιο συνέδριο Αλγολογίας
- 11/2011 & 02/2012:** Part I & Part II Annual ESRA Hellas Workshop
Αρεταίειο Νοσοκομείο Αθηνών

Τιμητικές διακρίσεις

- 5/2012:** Βραβείο καλύτερης κλινικής παρουσίασης στο συνέδριο Αλγολογίας με θέμα:
«Ultrasound-Guided technique for Perineural Catheter Insertion using hydrolocalisation».

Δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά

1. Br J Anaesth. 2011 Dec;107(6):1008-9

‘Combined ultrasound imaging and hydrolocalization technique for accurate placement of perineural catheters’.

Saranteas T, **Adoni A**, Sidiropoulou T, Paraskeuopoulos T, Kostopanagiotou G.

2. J Anaesthesiol Clin Pharmacol 2014;30:378-82

‘Prospective randomized comparison between ultrasound-guided saphenous nerve block within and distal to the adductor canal with low volume of local anesthetic’.

Adoni A, Paraskeuopoulos T, Saranteas T, Sidiropoulou T, Mastrokalos D, Kostopanagiotou G.

3. Pain Physician. 2013 Nov-Dec;16(6):E799-801

‘Ultrasound-guided anterior abdominal cutaneous nerve block for the management of bilateral abdominal cutaneous nerve entrapment syndrome

(ACNES)’. Batistaki C. Saranteas T, **Adoni A**, Kostopanagiotou G.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γνώση της ανατομίας μιας περιοχής αποτελεί το κλειδί της επιτυχίας σε ένα αποκλεισμό περιφερικού νεύρου. Οι κλασσικές προσπελάσεις με τη χρήση νευροδιεγέρτη ενέχει το μειονέκτημα κάθε «τυφλής» τεχνικής. Έχουν περιγραφεί ορισμένες τεχνικές αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου που βασίζονται σε ανατομικά οδηγιά σημεία. Η θέση, η πορεία και οι σχέσεις του στελέχους των νεύρων με τα παρακείμενα ανατομικά σημεία είναι δυνατόν να μελετηθεί με τη βοήθεια της υπερηχογραφίας.

Το σαφηνές νεύρο είναι ο μεγαλύτερος δερματικός κλάδος του μηριαίου νεύρου. Είναι αμιγώς αισθητικός κλάδος και επίσης είναι ο τελικός κλάδος του μηριαίου νεύρου όπου εκφύεται από τους οπίσθιους κλάδους των προσθίων ριζών O₂-O₄. Ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου άνωθεν του γόνατος, δεν μπορεί να εφαρμοστεί με τη χρήση μόνο οδηγών ανατομικών σημείων παρά μόνο με τη χρήση υπερηχογραφίας.

Η απεικόνιση του σαφηνούς νεύρου με την χρήση υπερήχων είναι δύσκολη λόγω του μικρού μεγέθους του νεύρου. Χρειάζεται επαρκής εκπαίδευση των αναισθησιολόγων δίπλα σε έμπειρους συναδέλφους πριν την χορήγηση περιοχικής αναισθησίας με την χρήση υπερήχων. Η εξέλιξη και η πρόοδος στην τεχνολογία των υπερήχων δίνει τη δυνατότητα για άμεση απεικόνιση των ανατομικών δομών. Συνεπώς, η έγχυση του φαρμάκου μπορεί να πραγματοποιηθεί ακριβώς στο σημείο γύρω από το νεύρο και επίσης να αποφευχθεί η ενδονευρική και ενδαγγειακή έγχυση των τοπικών αναισθητικών.

Σκοπός της μελέτης είναι η δυνατότητα επίτευξης υπερεκλεκτικού αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου με την χρήση υπερήχων για χειρουργική αναισθησία. Συνεπώς, χρησιμοποιήθηκε μικρός όγκος τοπικού αναισθητικού για την επίτευξη του αισθητικού αποκλεισμού ακριβώς στο σημείο του νεύρου. Ο αποκλεισμός πραγματοποιήθηκε

άνωθεν του γόνατος με δύο διαφορετικές τεχνικές, εντός και εκτός του πόρου των προσαγωγών.

Επίσης, με βάση τα ευρήματα της κλινικής μελέτης, παρατηρήθηκε και η πιθανότητα μερικού αποκλεισμού του νεύρου του έσω πλατύ μυός από διάχυση του τοπικού αναισθητικού, όπου μπορεί να οδηγήσει σε κινητικό αποκλεισμό, συνεπώς σε μυϊκή αδυναμία του μηρού.

Η μελέτη έχει δημοσιευτεί στο διεθνές περιοδικό «Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology, 2014;30:378-82» και συμπεριλαμβάνεται στις κατευθυντήριες οδηγίες της Αμερικάνικης Εταιρίας Περιοχικής Αναισθησίας και Θεραπείας Πόνου (ASRA).

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΕΡΟΣ Α

Βασικές αρχές φυσικής των υπερήχων

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί πολύ η εφαρμογή των υπερήχων στο χώρο της περιοχικής αναισθησίας. Αυτή η ανάπτυξη της υπερηχογραφίας έχει προσφέρει πληθώρα πλεονεκτημάτων και επίσης έδωσε τη δυνατότητα στον αναισθησιολόγο να μελετήσει τις δομές του περιφερικού νευρικού συστήματος. Η υπερηχογραφία, επιτρέπει την μη επεμβατική απεικόνιση των εσωτερικών δομών του ανθρώπινου ιστού, οπότε εστιάζεται στον τομέα της διάγνωσης. Οι εικόνες υπερήχων σε πραγματικό χρόνο είναι ολοκληρωμένες εικόνες που προκύπτουν από την αντανάκλαση των επιφανειών των οργάνων και την σκέδαση ανάμεσα στους ετερογενείς ιστούς. Η σάρωση με υπερήχους είναι μια διαδικασία που εμπλέκει τον χειριστή, τον ασθενή και τις συσκευές υπερήχων. Αν και η φυσική πίσω από την αναπαραγωγή υπερήχων, τη διάδοση, την ανίχνευση και την μετατροπή σε πρακτικές πληροφορίες είναι περισσότερο περίπλοκη, η κλινική της εφαρμογή είναι πολύ απλούστερη. Η κατανόηση των βασικών αρχών της φυσικής υπερήχων, είναι πολύ σημαντική για την εφαρμογή των υπερηχογραφικά καθοδηγούμενων αποκλεισμών των περιφερικών νεύρων [1,2].

Ιστορία των Υπερήχων

Το 1880, ο Γάλλος φυσικός Pierre Curie και ο μεγαλύτερος αδελφός του Jacques Curie, ανακάλυψαν την πιεζοηλεκτρική επίδραση σε διάφορους κρυστάλλους. Ο Paul Langevin, μαθητής του Pierre Curie, ανέπτυξε πιεζοηλεκτρικά υλικά, τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν και να λάβουν μηχανικές δονήσεις με υψηλή συχνότητα (επομένως υπερ-ήχους). Στη διάρκεια του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, οι υπέρηχοι εισήχθησαν στο πολεμικό ναυτικό ως μέσο για την ανίχνευση εχθρικών υποβρυχίων. Στον ιατρικό χώρο όμως, οι υπέρηχοι αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για θεραπευτικούς παρά για διαγνωστικούς σκοπούς. Στα τέλη του 1920, ο Paul Langevin ανακάλυψε ότι η υψηλή ισχύς των υπερήχων μπορούσε να δημιουργήσει θερμότητα στα οστά και να διασπάσει ιστούς ζώων. Ως αποτέλεσμα, οι υπέρηχοι χρησιμοποιήθηκαν για τη θεραπεία ασθενών με νόσο του Ménière, νόσο του Πάρκινσον και ρευματοειδή αρθρίτιδα στις αρχές του 1950. Οι διαγνωστικές εφαρμογές των υπερήχων ξεκίνησαν μέσω της συνεργασίας φυσικών και μηχανικών SONAR. Το 1942, ο Karl Dussik, ένας νευροψυχίατρος και ο αδελφός του, Friederich Dussik, φυσικός στο επάγγελμα, περιέγραψαν τους υπερήχους ως ένα διαγνωστικό εργαλείο για την απεικόνιση νεοπλαστικών ιστών στον εγκέφαλο και στις κοιλίες του εγκεφάλου. Όμως, οι περιορισμοί στη χρήση υπερήχων εκείνη την εποχή, εμπόδιζε την περαιτέρω ανάπτυξη των κλινικών εφαρμογών τους, έως τις αρχές του 1970.

Όσον αφορά την περιοχική αναισθησία, ήδη από τις αρχές του 1978 ο P. La Grange και οι συνεργάτες του ήταν οι πρώτοι αναισθησιολόγοι που δημοσίευσαν μια σειρά περιπτώσεων που αφορούσε την εφαρμογή υπερήχων στους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς. Χρησιμοποίησαν απλά έναν ηχοβολέα Doppler για να εντοπίσουν την υποκλείδιο αρτηρία και να εφαρμόσουν υπερκλείδιο αποκλεισμό του

βραχιονίου πλέγματος σε 61 ασθενείς. Σύμφωνα με πληροφορίες, η καθοδήγηση με Doppler οδήγησε ένα υψηλό ποσοστό επιτυχίας στον αποκλεισμό (98%) και στην απουσία επιπλοκών όπως πνευμοθώρακα, παράλυση του φρενικού νεύρου, αιμάτωμα, σπασμούς, υποτροπιάζων αποκλεισμό του λαρυγγικού νεύρου και υπαραχνοειδή αναισθησία.

Το 1989, οι P. Ting και V. Sivagnanaratham δημοσίευσαν την χρήση υπερηχογραφίας B-mode για να περιγράψουν την ανατομία της μασχαλιαίας περιοχής και να παρατηρήσουν την διάχυση τοπικού αναισθητικού κατά τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος με μασχαλιαία προσπέλαση. Το 1994, ο Stephan Kapral και οι συνεργάτες του διερεύνησαν συστηματικά το βραχιόνιο πλέγμα με υπερήχους B-mode. Από τότε, πολλές ομάδες σε όλο τον κόσμο έχουν εργαστεί πολύ για τον σχεδιασμό και την βελτίωση των συσκευών απεικόνισης υπερήχων στην περιοχική αναισθησία. Ο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός των νεύρων χρησιμοποιείται πλέον καθημερινά στην πρακτική της περιοχικής αναισθησίας σε πολλά κέντρα ανά τον κόσμο.

Μια περίληψη των γεγονότων για τους υπερήχους είναι:

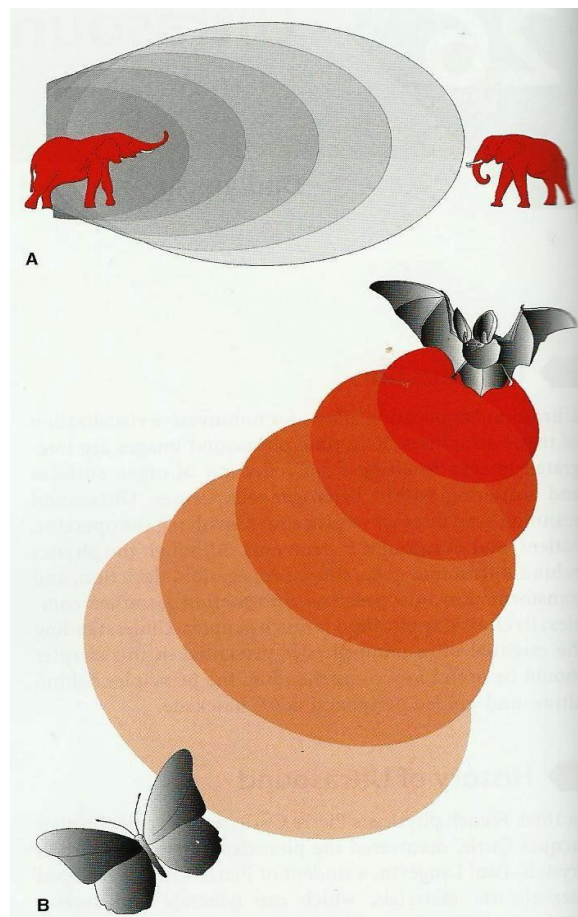
- 1880: Οι Pierre και Jacques Curie ανακάλυψαν την πιεζοηλεκτρική επίδραση στους κρυστάλλους.
- 1915: Οι υπέρηχοι χρησιμοποιήθηκαν από το πολεμικό ναυτικό για την ανίχνευση υποβρυχίων.
- 1920: Ο Paul Langevin ανακάλυψε ότι οι υπέρηχοι υψηλής ισχύος μπορούν να δημιουργήσουν θερμότητα σε οστίτη ιστό και να διασπάσει τους ιστούς των ζώων.
- 1942: Οι Karl και Dussik περιέγραψαν την χρήση υπερήχων ως ένα διαγνωστικό εργαλείο.

- 1950: Οι υπέρηχοι χρησιμοποιήθηκαν για τη θεραπεία ασθενών με νόσο Ménière, νόσο του Πάρκινσον και ρευματοειδή αρθρίτιδα.
- 1978: Ο P. La Grange δημοσίευσε την πρώτη αναφορά της εφαρμογής υπερήχων για την τοποθέτηση των βελόνων για αποκλεισμό των νεύρων.
- 1989: Οι P. Ting και V. Sivagnanaratham χρησιμοποίησαν υπερήχους για να περιγράψουν την ανατομία της μασχαλιαίας χώρας και να παρατηρήσουν την διάχυση του τοπικού αναισθητικού κατά τον μασχαλιαίο αποκλεισμό.
- 1994: Ο Steve Kapral και οι συνεργάτες, διερεύνησαν τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος με την χρήση υπερήχων B-mode [3,4,5,7,8].

Ορισμός των Υπερήχων

Ο ήχος ταξιδεύει σαν ένα μηχανικό επίμηκες κύμα όπου τα σωματίδια στον αέρα ταλαντώνονται εμπρός και πίσω παράλληλα με την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Ο υπέρηχος είναι ένας ήχος υψηλής συχνότητας πάνω από το ακουστικό όριο και αφορά μηχανικές ταλαντώσεις άνω των 20 kHz. Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να ακούσει μόνο ήχους με συχνότητα μεταξύ 20 Hz και 20 kHz. Οι ελέφαντες μπορούν να δημιουργήσουν και να ανιχνεύσουν ήχους με συχνότητα <20 Hz για την επικοινωνία μακρινών αποστάσεων. Οι νυχτερίδες και τα δελφίνια παράγουν ήχους σε εύρος 20 έως 100 kHz για ακριβής πλοήγηση (Εικόνα 1). Οι συχνότητες των υπερήχων που συνήθως χρησιμοποιούνται στην ιατρική διαγνωστική είναι μεταξύ 2 MHz και 15 MHz. Εντούτοις, ήχοι με συχνότητες πάνω από 100 kHz δεν εκδηλώνονται στη φύση. Μόνο

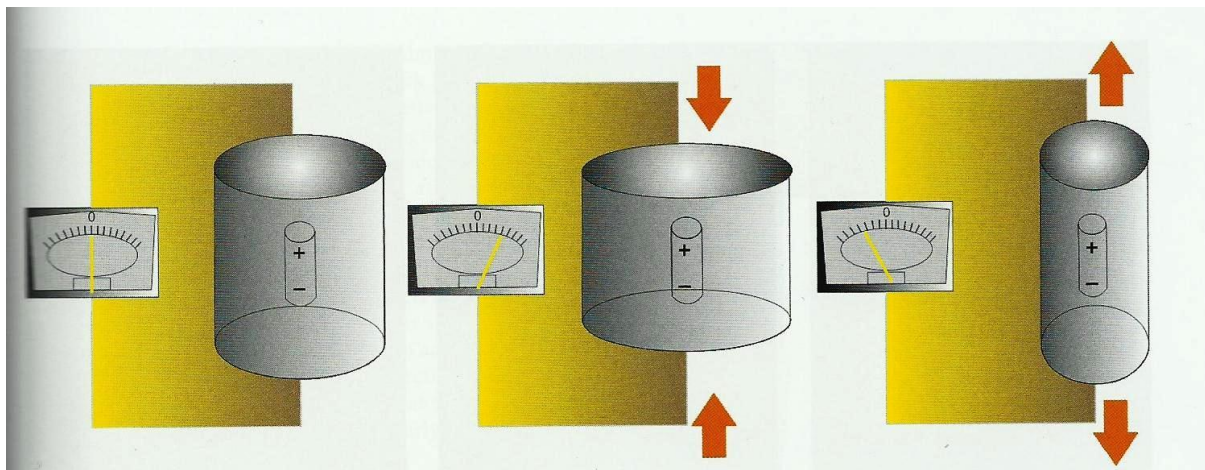
οι συσκευές που έχουν αναπτυχθεί από τον άνθρωπο μπορούν να δημιουργήσουν και να ανιχνεύσουν αυτές τις συχνότητες ή τους υπερήχους [1,2,6].



Εικόνα 1. (A) Οι ελέφαντες μπορούν να παράγουν και να ανιχνεύσουν συχνότητες ήχων <20 Hz για τη δυνατότητα επικοινωνίας για μεγάλες αποστάσεις. (B) Οι νυχτερίδες και τα δελφίνια παράγουν ήχους μεταξύ 20-100 kHz για πλοήγηση και προσανατολισμό στο χώρο. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (Εικόνα 2) χρησιμοποιείται για την παραγωγή και την ανίχνευση των υπερήχων. Το φαινόμενο αυτό, προκύπτει από την δημιουργία μιας ηλεκτρικής φόρτισης ως απάντηση σε μια μηχανική δύναμη (πίεση ή επιμήκυνση) που εφαρμόζεται σε κρυστάλλους με πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες. Αντίστροφα, η μηχανική παραμόρφωση μπορεί να δημιουργηθεί όταν εφαρμόζεται ένα ηλεκτρικό πεδίο σε διάφορα υλικά, επίσης γνωστή ως πιεζοηλεκτρική ενέργεια. Τα φυσικά υλικά, αλλά και αυτά που είναι φτιαγμένα από τον άνθρωπο, όπως ο κρύσταλλος χαλαζία και τα κεραμικά υλικά, μπορούν να επιδείξουν πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες. Πρόσφατα, χρησιμοποιήθηκε Τιτανιούχο Ζιργκονιούχο μόλυβδος σαν πιεζοηλεκτρικό υλικό για ιατρική απεικόνιση. Αυτά τα υλικά ονομάζονται μετατροπείς ενέργειας μια και παρέχουν σύζευξη μεταξύ της ηλεκτρικής και μηχανικής ενέργειας. Έτσι ο ίδιος ο κρύσταλλος λειτουργεί σαν πομπός και σαν δέκτης. Όταν δηλαδή οι κρύσταλλοι αυτοί δεχθούν ένα ηλεκτρικό παλμό, παράγουν μία μηχανική δόνηση σε κάποια χαρακτηριστική συχνότητα που κυρίως εξαρτάται από το πάχος των κρυστάλλων. Καθώς η δόνηση αυτή διαδίδεται στους μαλακούς ιστούς ως δέσμη υπερήχων, οι ανακλάσεις προσκρούουν πάνω στην επιφάνεια του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου, ο οποίος μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα πιεζοηλεκτρικά υλικά χωρίς μόλυβδο είναι επίσης υπό ανάπτυξη. Μεμονωμένα πιεζοηλεκτρικά υλικά παράγουν ένα μικρό ποσό ενέργειας. Όμως, ο ηχοβολέας περιέχει συσσωρευμένα πολλαπλά πιεζοηλεκτρικά στοιχεία, έτσι ώστε να μπορεί να μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική πιο αποτελεσματικά. Όμως, για την κατασκευή και την καταγραφή της τελικής εικόνας, οι μηχανικές ταλαντώσεις μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια [1,3,9,10].



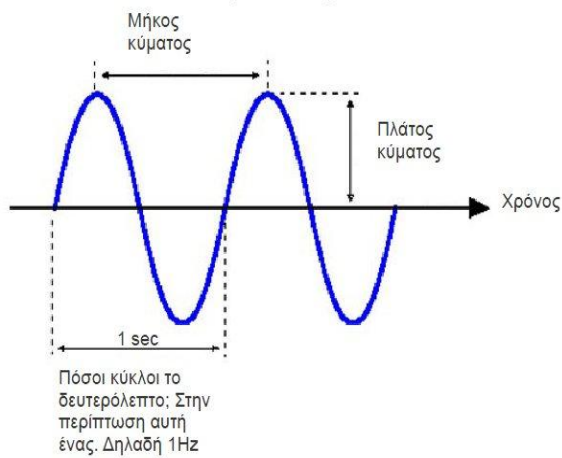
*Εικόνα 2. Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Η μηχανική παραμόρφωση και η επακόλουθη ταλάντωση που δημιουργείται από ένα ηλεκτρικό πεδίο, εφαρμόζεται σε ορισμένα υλικά που παράγουν υψηλής συχνότητας ήχους. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].*

Ορολογία Υπερήχων

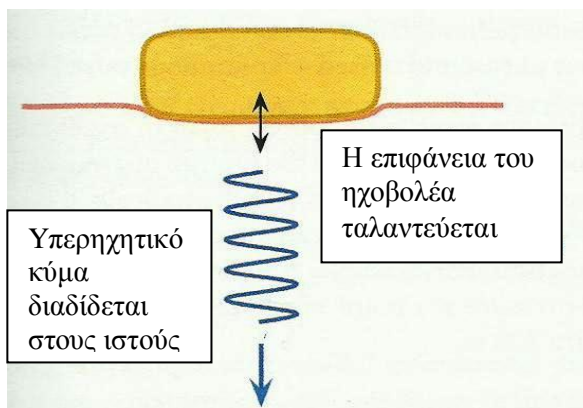
Περίοδος είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος. Η μονάδα μέτρησης της περιόδου είναι το μικροδευτερόλεπτο (μs).

Το μήκος κύματος είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε μια περίοδο. Είναι δηλαδή ίσο με την απόσταση από την αρχή έως το τέλος ενός ολοκληρωμένου κύκλου (Εικόνα 3).

α



β



Εικόνα 3. (α) Πλάτος, μήκος και συχνότητα κύματος. **(β)** Η μετάδοση των υπερήχων στους ιστούς. Gill R. *The Physics and Technology of Diagnostic Ultrasound. A Practitioner's Guide*. Sydney Australia, 2012 [11].

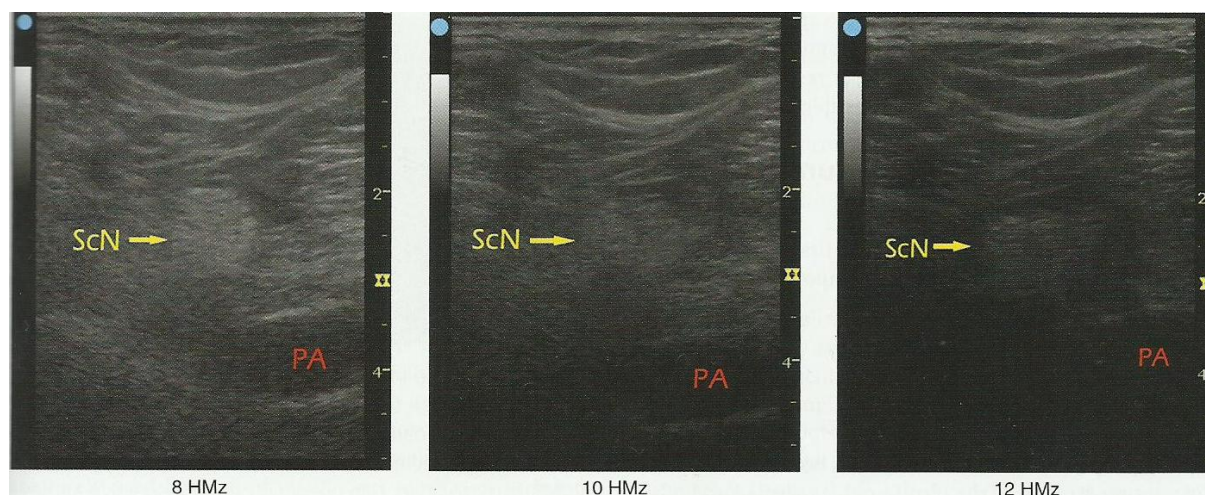
Η *ακουστική ταχύτητα* είναι η ταχύτητα του ήχου που διαδίδεται μέσα σε ένα μέσο μετάδοσης. Είναι ίση με τον ρυθμό συχνότητας του μήκους κύματος. Η ταχύτητα ορίζεται από την πυκνότητα (ρ) και την ελαστικότητα (κ) του μέσου ($c = (\kappa/\rho)^{1/2}$). Η *πυκνότητα* είναι η συγκέντρωση του μέσου διάδοσης και η *ελαστικότητα* είναι η αντίσταση ενός υλικού στην πίεση. Όσο αυξάνεται η ελαστικότητα ενός μέσου,

αυξάνεται και η ταχύτητα διάδοσης του υπερήχου σε αυτό το μέσο. Επίσης, όταν η πυκνότητα ενός υλικού αυξάνεται, σε αυτή τη περίπτωση η ταχύτητα διάδοσης του υπερήχου μειώνεται. Η μέση ταχύτητα διάδοσης σε μαλακούς ιστούς είναι 1540 m/s (κυμαίνεται από 1400 m/s έως 1640 m/s). Εντούτοις, οι υπερήχοι δεν μπορούν να διαπεράσουν ιστούς που περιέχουν αέρα όπως τον πνεύμονα ή καθώς και οστέινους ιστούς.

Η *ακουστική αντίσταση* (z) του μέσου διάδοσης, είναι ο βαθμός δυσκολίας διέλευσης των ηχητικών κυμάτων μέσα στους ιστούς και εξαρτάται από την ελαστικότητα και την πυκνότητα του μέσου. Συνεπώς, ορίζεται ως το γινόμενο της πυκνότητας ρ του μέσου επί την ακουστική ταχύτητα c του συγκεκριμένου μέσου ($z = \rho c$). Αυτό αυξάνεται εάν η ταχύτητα διάδοσης ή η πυκνότητα του μέσου αυξηθούν.

Ο *συντελεστής εξασθένησης* είναι η παράμετρος που χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η εξασθένηση της έντασης του μήκους των υπερηχητικών κυμάτων σε συγκεκριμένα μέσα, ως μια λειτουργία της συχνότητας των υπερήχων. Η μονάδα μέτρησης της εξασθένησης είναι τα decibels (dB). Η ένταση και το εύρος του υπερηχητικού κύματος εξασθενούν κατά τη διάδοση του μέσα στους ιστούς και αυτό οφείλεται σε δύο φυσικά φαινόμενα τη σκέδαση και την απορρόφηση. Το φαινόμενο της σκέδασης παρατηρείται όταν η διαδιδόμενη δέσμη υπερήχων στον ανθρώπινο ιστό εξ αιτίας της ανομοιογένειας του και της επιφάνειας του σκεδάζετε προς όλες τις κατευθύνσεις. Ένα μικρό ποσοστό αυτών των κυμάτων σκεδάζετε προς την πηγή εκπομπής. Κατά την απορρόφηση, η ενέργεια μεταφέρεται με μια υπερηχητική δέσμη όπου απορροφάται σταδιακά από τους ιστούς του σώματος που συναντά κατά τη διάδοσή της, άρα αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένηση της ενέργειας αυτής. Επίσης, μέρος της ενέργειας αυτής χάνεται παίρνοντας άλλες μορφές, όπως για παράδειγμα, τη μορφή της θερμότητας. Επίσης, το μήκος κύματος ελαττώνεται, δηλαδή

η διείδυση του υπερήχου στο μέσο μειώνεται καθώς αυξάνεται η συχνότητα, έτσι ο συντελεστής εξασθένησης αυξάνεται και με τη αυξανόμενη συχνότητα (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Το εύρος των υπερηχητικών κυμάτων μειώνεται σε συγκεκριμένα μέσα ανάλογα με τη συχνότητα που χρησιμοποιείται, ένα φαινόμενο που ονομάζεται συντελεστής εξασθένησης. ScN-Ισχιακό νεύρο, PA- Ιγνυακή αρτηρία. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

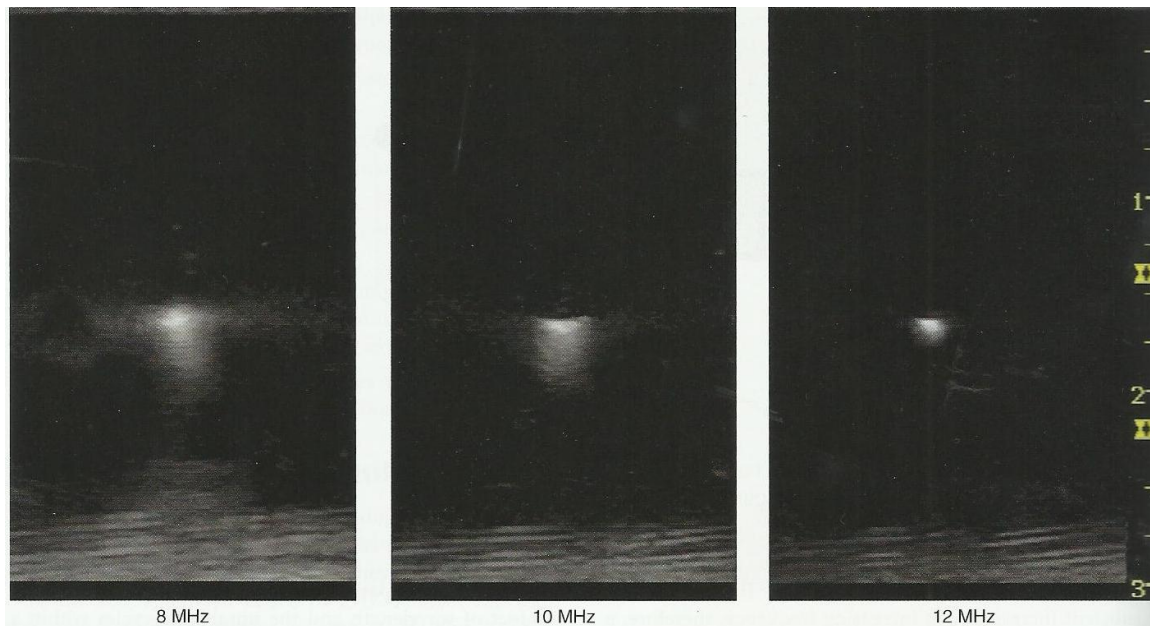
Τα κύματα των υπερήχων παρουσιάζουν το φαινόμενο *αυτό-εστίασης*, που σχετίζεται με τον φυσικό περιορισμό των ακτίνων των υπερήχων σε μια ορισμένη απόσταση μετάδοσης στο πεδίο των υπερήχων. Το εύρος των ακτίνων στο επίπεδο της μετάδοσης είναι ίσο με το μισό της διαμέτρου του ηχοβολέα. Σε απόσταση διπλάσια από το μήκος του κοντινού πεδίου, το εύρος της ακτίνας φτάνει την διάμετρο του ηχοβολέα. Η επίδραση της αυτοεστίασης ενισχύει το υπερηχητικό σήμα αυξάνοντας την ακουστική πίεση.

Στην υπερηχοτομογραφία υπάρχουν δύο παράγοντες χωρικής διακριτικής ικανότητας: η αξονική και η πλάγια διακριτική ικανότητα οι οποίες καθορίζουν την ανάλυση σάρωσης στο χώρο. Η *αξονική διακριτική ικανότητα* είναι ο ελάχιστος δυνατός διαχωρισμός των γειτονικών άνω και κάτω ανακλαστήρων κατά μήκος του άξονα της δέσμης των υπερήχων. Η παράμετρος αυτή εξαρτάται από το μήκος του ακουστικού παλμού στο χώρο που είναι ίσο με το γινόμενο του αριθμού κύκλων ανά παλμό και του μήκους κύματος των υπερήχων. Μπορεί να παρουσιαστεί με τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Αξονική ανάλυση} = \text{μήκος κύματος } (\lambda) \times \text{αριθμός κύκλων ανά παλμό } (n) / 2$$

Ο αριθμός των κύκλων ανά παλμό καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά απόσβεσης του ηχοβολέα. Ο αριθμός των κύκλων ανά παλμό ορίζεται συνήθως μεταξύ 2 και 4 από τον κατασκευαστή των μηχανημάτων των υπερήχων. Για παράδειγμα, όταν ένας 2MHz ηχοβολέας θεωρητικά χρησιμοποιηθεί για να εκτελέσει τη σάρωση, η αξονική διακριτική ικανότητα θα είναι μεταξύ 0.8 και 1.6 mm, καθιστώντας ανέφικτη την απεικόνιση μιας 21G βελόνας. Για μια σταθερή ακουστική ταχύτητα, οι υψηλές συχνότητες των υπερηχητικών κυμάτων, μπορούν να ανιχνεύσουν μικρότερα αντικείμενα και να παρέχουν μια καλύτερη ανάλυση εικόνας.

Στην εικόνα 5 δείχνει τη διακριτική ικανότητα ενός αντικειμένου με διάμετρο 0.5mm όταν απεικονίζεται με τρεις διαφορετικές συχνότητες. Η *πλάγια διακριτική ικανότητα* είναι μια άλλη παράμετρος ευκρίνειας που περιγράφει την ελάχιστη δυνατή απόσταση μεταξύ δύο ανακλαστήρων κάθετα στην κατεύθυνση της δέσμης των υπερήχων. Η πλάγια διακριτική ικανότητα εξαρτάται από την συχνότητα και το εύρος της δέσμης των υπερήχων. Επίσης, μπορεί να βελτιωθεί εστιάζοντας στην μείωση του εύρους της δέσμης.



Εικόνα 5. Η διακριτική ικανότητα του αντικείμενου που απεικονίζεται επηρεάζεται από τη συχνότητα των υπερήχων. Η διακριτική ικανότητα μπορεί να βελτιωθεί αυξάνοντας τη συχνότητα και μειώνοντας το εύρος της δέσμης κατά την εστίαση. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

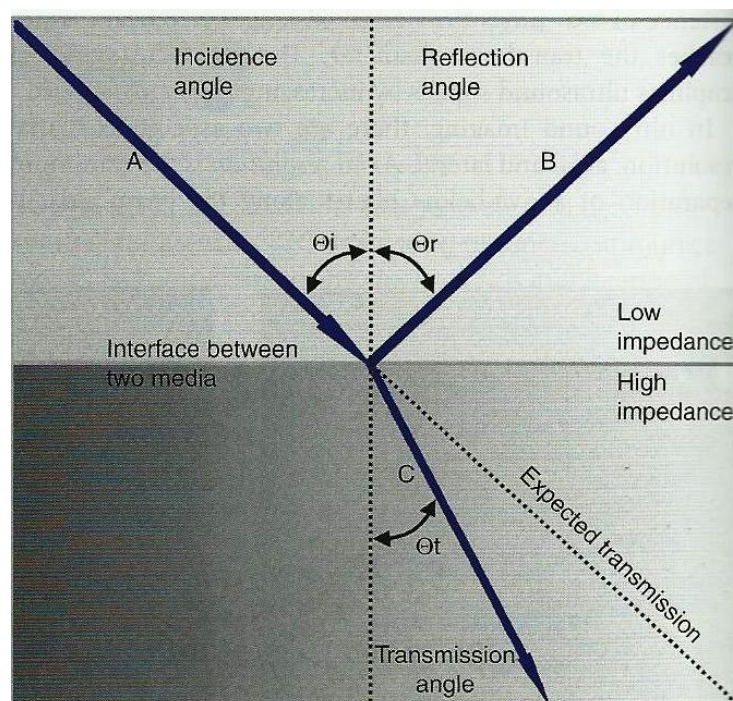
Η χρονική διακριτική ικανότητα είναι επίσης σημαντική για την παρατήρηση αντικειμένων σε κίνηση, όπως τα αιμοφόρα αγγεία και την καρδιά. Όμοια με μια ταινία ή ένα βίντεο κινουμένων σχεδίων, το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται μια εικόνα υπερήχων σε ένα ρυθμό περίπου 25 φορές το δευτερόλεπτο ή περισσότερο για να φαίνεται συνεχόμενη. Όμως, η ανάλυση και η προβολή της εικόνας γίνεται αυξάνοντας την ταχύτητα ανανέωσης των αλληπάλληλων εικόνων ανά δευτερόλεπτο (ρυθμοί απεικόνισης). Η βελτιστοποίηση της σχέσης της ανάλυσης προς την ταχύτητα των ρυθμών απεικόνισης είναι απαραίτητη για να έχουμε την καλύτερη δυνατή εικόνα [1,2,10].

Αλληλεπίδραση των Υπερηχητικών Κυμάτων με τον Ιστό

Καθώς τα υπερηχητικά κύματα διαδίδονται μέσα στον ανθρώπινο ιστό, υπόκεινται σε ένα πλήθος αλληλεπιδράσεων. Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά είναι:

- Ανάκλαση
- Σκέδαση
- Απορρόφηση

Τα κύματα υπερήχων αλληλεπιδρούν με διάφορους τρόπους με τα διάφορα μέσα όπως για παράδειγμα, ένα μέρος των υπερήχων ανακλάται και άλλο μέρος μεταδίδεται. Οι κατευθύνσεις ανάκλασης και μετάδοσης δίνονται από την γωνία ανάκλασης θ_r και την γωνία μετάδοσης θ_t , αντίστοιχα (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Η αλληλεπίδραση των υπερηχητικών κυμάτων μέσω των διαφόρων υλικών στα οποία ταξιδεύουν είναι πολύπλοκη. Όταν ο υπέρηχος συναντά τα όρια μεταξύ

διαφορετικών μέσων, μέρος των υπερήχων ανακλάται και μέρος μεταδίδεται. Οι κατευθύνσεις των ανακλώμενων και διαθλώμενων κυμάτων εξαρτώνται από τις αντίστοιχες γωνίες της ανάκλασης και μετάδοσης. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia. A Practical Guide, 3rd ed. Toronto, Ontario, Canada, 2010 [10].*

Η ανάκλαση ενός ηχητικού κύματος είναι παρόμοια με την οπτική ανάκλαση. Μέρος της ενέργειάς του στέλνεται πίσω στο σημείο εκπομπής του κύματος. Σε μια πραγματική ανάκλαση, η γωνία ανάκλασης θ_r θα πρέπει να είναι ίση με την γωνία πρόσπτωσης θ_i . Η ισχύς του ανακλώμενου ηχητικού κύματος κατά τη διάδοση του από την επιφάνεια επαφής, είναι μεταβλητή και εξαρτάται από την διαφορά της εμπέδησης δύο όμοιων μέσων και την γωνία πρόσπτωσης. Εάν οι αντιστάσεις των μέσων είναι ίσες, τότε δεν υπάρχει ανάκλαση (χωρίς ηχώ). Σε περίπτωση που η ηχητική δέσμη προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων διαφορετικής διαπερατότητας, τότε θα υπάρξει πολύ μεγαλύτερη ή σχεδόν ολική ανάκλαση. Για παράδειγμα, ένα σημείο επαφής μεταξύ των μαλακών ιστών και του πνεύμονα ή των οστών, συνεπάγεται μια αξιόλογη αλλαγή στην ακουστική αντίσταση και παράγει δυνατή ηχώ. Αυτή η ένταση της ανάκλασης είναι επίσης σε μεγάλο βαθμό εξαρτώμενη από τη γωνία, που σημαίνει ότι ο ηχοβολέας θα πρέπει να τοποθετηθεί κάθετα στο νεύρο στόχο για να απεικονιστεί καθαρά.

Η αλλαγή στην κατεύθυνση της δέσμης υπερήχων όταν διαπερνά το όριο μεταξύ δύο μέσων λέγεται *διάθλαση* και αυτό συμβαίνει λόγω της διαφορετικής ταχύτητας του ήχου στα δύο μέσα διάδοσης. Εάν η διάδοση της ταχύτητας μέσα σε ένα δεύτερο μέσο είναι πιο αργή από ότι είναι στο πρώτο μέσο, η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από

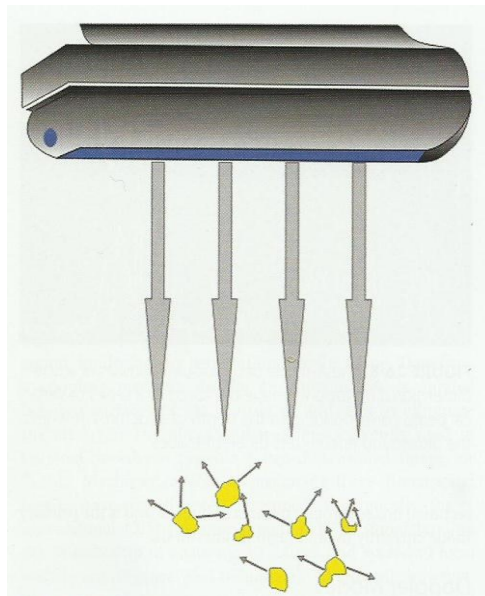
την γωνία πρόσπτωσης. Η διάθλαση της δέσμης υπερήχων είναι πηγή τεχνικών σφαλμάτων όπως αυτά που συχνά συμβαίνουν κάτωθεν των μεγάλων αγγείων.

Κατά την σάρωση με υπερήχους, όταν ο ηχοβολέας τοποθετείται πάνω στο δέρμα θα πρέπει να γίνεται χρήση ενός υλικού όπως για παράδειγμα υδατική γέλη μεταξύ του ηχοβολέα και του δέρματος. Με αυτό τον τρόπο αποτρέπεται η παρεμβολή αέρα μεταξύ τους από την αλληλεπίδραση ηχοβολέα – δέρματος. Επίσης λειτουργεί ως λιπαντικό, παρέχοντας μια ομαλή και λεία επιφάνεια σάρωσης.

Οι περισσότερες επιφάνειες που σαρώνονται με τους υπερήχους είναι κάπως ανώμαλες και καμπυλωτές. Εάν οι διαστάσεις των ορίων είναι σημαντικά μικρότερες από το μήκος κύματος ή δεν είναι λείες, τα ανακλώμενα κύματα θα διασκορπιστούν. Η σκέδαση είναι η ανακατεύθυνση του ήχου σε οποιαδήποτε κατεύθυνση από ανώμαλες επιφάνειες ή από ετερογενή υλικά (Εικόνα 7). Η ένταση της σκέδασης είναι πολύ μικρότερη από τις εντάσεις σκέδασης όπως του καθρέπτη και είναι σχετικά ανεξάρτητες από την κατεύθυνση του προσπίπτοντος ηχητικού κύματος. Έτσι, η απεικόνιση ενός νεύρου στόχου δεν επηρεάζεται σημαντικά από άλλη κοντινή σκέδαση.

Η απορρόφηση ορίζεται ως μια άμεση μετατροπή της ενέργειας του ήχου σε θερμότητα. Με άλλα λόγια, η σάρωση με υπέρηχους δημιουργεί θερμότητα στον ιστό. Οι υψηλές συχνότητες απορροφώνται σε μεγαλύτερο ρυθμό από τις χαμηλότερες συχνότητες. Εντούτοις, η υψηλή συχνότητα σάρωσης προσφέρει καλύτερη αξονική διακριτική ικανότητα. Εάν η διείσδυση των υπερήχων δεν είναι επαρκής για να απεικονιστούν οι δομές που μας ενδιαφέρουν, επιλέγεται μια χαμηλότερη συχνότητα για να αυξηθεί η διείσδυση. Η χρήση μεγαλύτερου εύρους κύματος (χαμηλότερη συχνότητα) έχει ως αποτέλεσμα την μικρότερη ανάλυση επειδή η ανάλυση της απεικόνισης με υπερήχους είναι ανάλογη με το εύρος κύματος του κύματος

απεικόνισης. Συχνότητες μεταξύ 6 και 12 MHz τυπικά αποδίδουν καλύτερη ανάλυση για απεικόνιση των περιφερικών νεύρων επειδή εντοπίζονται πιο επιφανειακά. Οι χαμηλές συχνότητες απεικόνισης, μεταξύ 2 και 5 MHz, χρειάζονται συνήθως για την απεικόνιση δομών του νευράξονα. Για τις περισσότερες κλινικές εφαρμογές, συχνότητες χαμηλότερες από 2 MHz ή υψηλότερες από 15 MHz σπάνια χρησιμοποιούνται λόγω της ανεπαρκούς ανάλυσης ή της ανεπαρκούς διείσδυσης αντίστοιχα [1,2,9,10].



Εικόνα 7. Όταν μια δέσμη υπερήχων προσπίπτει σε μια σκληρή επιφάνεια ή σε ετερογενή σωματίδια, τότε σκεδάζεται προς όλες τις κατευθύνσεις ακολουθώντας τυχαίες κατευθύνσεις. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Τρόποι Απεικόνισης Υπερήχων

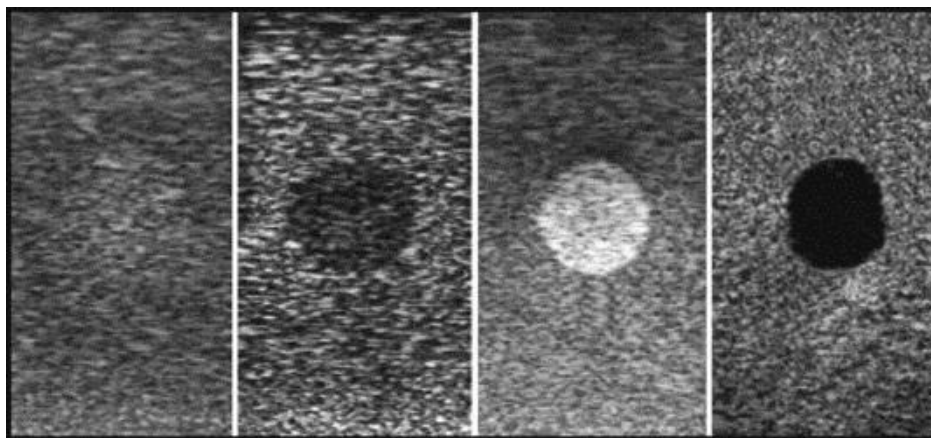
A-Mode

Η υπερηχητική εικόνα ουσιαστικά δημιουργείται από τις πληροφορίες που μεταφέρονται από τις ανιχνευόμενες ανακλάσεις. Η εμφάνιση ενός μονοδιάστατου τρόπου απεικόνισης (A-mode) είναι η πιο παλιά μορφή υπερήχων, που χρονολογείται από το 1930. Ο ηχοβολέας στέλνει έναν μόνο παλμό του υπερήχου στο μέσον και περιμένει για το επιστρεφόμενο σήμα. Επομένως, δημιουργείται μια μονοδιάστατη εικόνα υπερήχων που περιλαμβάνει μια σειρά κάθετων κορυφών που αντιστοιχούν στο βάθος στο οποίο οι δομές ανιχνεύονται καθώς η δέσμη υπερήχων συναντά διάφορους ιστούς. Η απόσταση μεταξύ των επαναλαμβανόμενων κορυφών μπορεί να υπολογιστεί διαιρώντας την ταχύτητα του υπερήχου στον ιστό (1540 m/sec) με το μισό του παρερχόμενου χρόνου. Συνεπώς το ύψος των κορυφών είναι ανάλογο με την ένταση της ανακλώμενης δέσμης. Αυτό το μοντέλο παρέχει λίγες πληροφορίες για τις χωρικές σχέσεις των απεικονιζόμενων δομών. Έτσι, η μέθοδος απεικόνισης με τον τρόπο A, δεν χρησιμοποιείται στην περιοχική αναισθησία [1,11]

B-mode

Η απεικόνιση B-mode (Brightness Mode), διαμόρφωση φωτεινότητας, υποστηρίζει δισδιάστατες εικόνες της περιοχής, σαρώνοντας ταυτόχρονα από ηχοβολέα γραμμικής συστοιχίας 100-300 πιεζοηλεκτρικών στοιχείων (Εικόνα 8). Το εύρος του ήχου από μια σειρά σαρώσεων του A τρόπου, μετατρέπεται σε κηλίδες διαφορετικών φωτεινοτήτων σε απεικόνιση B-mode (Brightness mode). Οι οριζόντιες και κάθετες

κατευθύνσεις αντιπροσωπεύουν πραγματικές διαστάσεις στον ιστό, ενώ η δυνατότητα απεικόνισης αποχρώσεων της κλίμακας του γκριζου δείχνει την ισχύ του ήχου (Εικόνα 9). Η απεικόνιση B-mode παρέχει εγκάρσια τομή της εικόνας στη περιοχή του ενδιαφέροντος και είναι η πιο σύνηθες απεικόνιση που χρησιμοποιείται σήμερα στην περιοχική αναισθησία [1,3,9,10]



Ισοηχογενής

Υποηχογενής

Υπερηχογενής

Άνηχος

*Εικόνα 8. Αποχρώσεις της κλίμακας του γκρι. <http://clinicalgate.com/ultrasound-guided-regional-anesthesia>. Manoj K. Karmakar, Wing H. Kwok. *Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, 2015.*

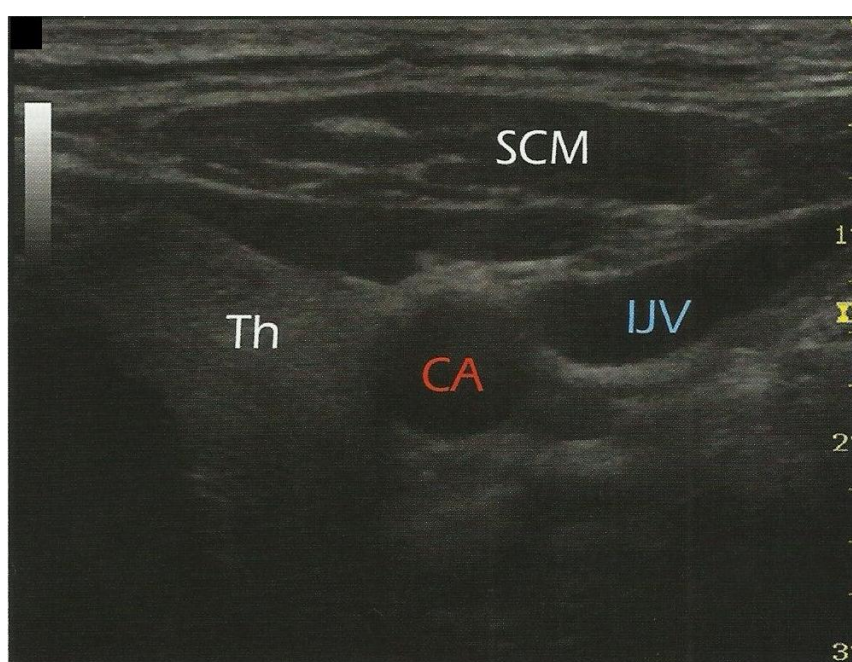
Ισοηχογενής: ιστοί με ίδια φωτεινότητα και ηχογένεια όπως οι περιβάλλοντες ιστοί

Υπερηχογενής: ιστοί με αυξημένη ηχογένεια, ισχυρή ανάκλαση σε σχέση με τον περιβάλλοντα ιστό απεικονίζονται ως άσπρες κουκίδες

Υποηχογενής: ιστοί με μειωμένη ηχογένεια, ασθενή ανάκλαση σε σχέση με τον περιβάλλοντα ιστό απεικονίζονται ως σκούρες κουκίδες

Άνηχος: ιστοί χωρίς ηχογένεια / ανάκλαση ήχου, απεικονίζονται ως μαύρες κουκίδες

Στην οθόνη διακρίνονται οι εντάσεις των σημάτων που προέρχονται από τις ανακλαστικές επιφάνειες που συναντούν οι υπέρηχοι στις διαδοχικές γραμμές σάρωσης, με φωτεινότητα ανάλογη με την ένταση του ανακλώμενου παλμού. Ο τρόπος σάρωσης με B-mode, μπορεί να δώσει μια απεικόνιση εγκάρσιας τομής στο σώμα και αυτός είναι ο βασικός τρόπος που χρησιμοποιείται στην περιοχική αναισθησία.



*Εικόνα 9. Ένα παράδειγμα B-mode απεικόνισης. Οι οριζόντιες και κάθετες κατευθύνσεις αντιπροσωπεύουν τις αποστάσεις και τους ιστούς, ενώ οι αποχρώσεις της κλίμακας γκρι υποδηλώνει την ισχύ του ήχου. SCM –Στερνοκλειδομαστοειδής μυς, Th-Θυρεοειδής αδένας, C-Καρωτίδα, IJV-Έσω Σφαγίτιδα Φλέβα. Hadzic A, Hadzic's *Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].*

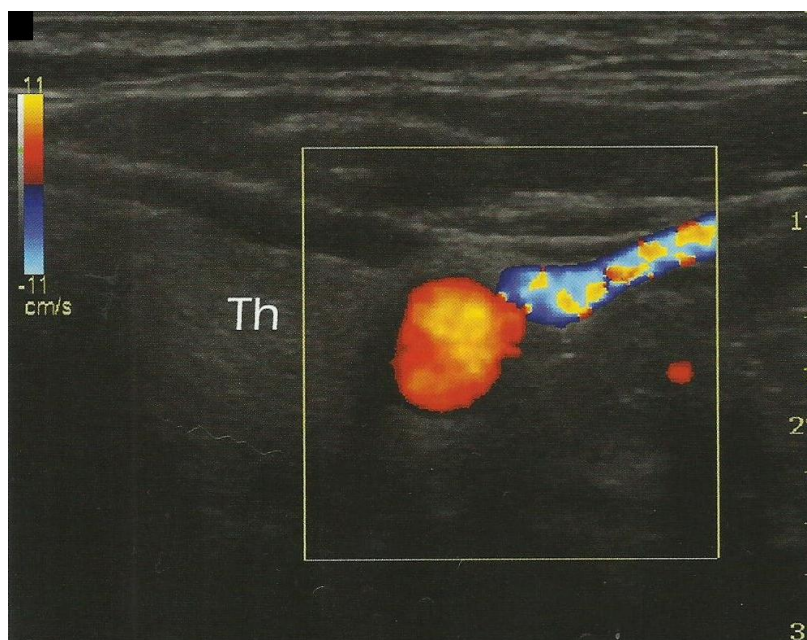
Το φαινόμενο Doppler

Το φαινόμενο *Doppler* είναι γνωστό από το όνομα του Αυστριακού φυσικού Johann Christian Doppler και χρησιμοποιείται για την μελέτη και την ανίχνευση κινούμενων επιφανειών όπως για παράδειγμα τον υπολογισμό της ταχύτητας της αιματικής ροής και την απεικόνιση της σε πραγματικό χρόνο. Το φαινόμενο αυτό περιγράφει μια αλλαγή στη συχνότητα ή στο μήκος ενός ηχητικού κύματος που προκύπτει από την σχετική κίνηση μεταξύ του πομπού και του δέκτη του ήχου. Με άλλα λόγια, σε μια στατική θέση, η συχνότητα του ήχου είναι σταθερή. Εάν η πηγή του ήχου κινηθεί προς τον δέκτη του ήχου, τότε οι ήχοι εμφανίζονται σε υψηλότερη συχνότητα. Εάν η πηγή του ήχου κινηθεί μακριά από τον δέκτη, ο λαμβανόμενος ήχος έχει χαμηλότερη συχνότητα από το εκπεμπόμενο ηχητικό κύμα.

Η έγχρωμη Doppler απεικόνιση συνδυάζει την παρατήρηση των ανατομικών δομών και τη δυνατότητα μέτρησης αιματικής ροής με ακρίβεια. Η κατεύθυνση της αιματικής ροής εξαρτάται αν η κίνηση είναι προς ή μακριά από τον ηχοβολέα. Ανάλογα με τον έγχρωμο χάρτη, το κόκκινο και μπλε χρώμα παρέχουν πληροφορίες για την κατεύθυνση και την ταχύτητα της ροής του αίματος (Εικόνα 10). Σύμφωνα με τον χάρτη χρώματος (έγχρωμη λωρίδα) στην πάνω αριστερή γωνία του σχήματος, το κόκκινο χρώμα στην κορυφή της λωρίδας αντιπροσωπεύει τη ροή προς τον ηχοβολέα του υπερήχου και το μπλε χρώμα στο κάτω μέρος της λωρίδας δείχνει την ροή μακριά από τον ηχοβολέα. Όσο ο ηχοβολέας πλησιάζει προς ένα αγγείο, τόσο πιο ισχυρό γίνεται το ηχητικό σήμα. Στον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό των περιφερικών νεύρων, χρησιμοποιείται το έγχρωμο Doppler για ανίχνευση της παρουσίας του αγγείου και το είδος του αγγείου (αρτηρία ή φλέβα) στην περιοχή που μας ενδιαφέρει, έτσι ώστε να αποφευχθεί η πιθανή τρώση με τη βελόνα. Όταν η

κατεύθυνση της δέσμης των υπερήχων αλλάζει, το χρώμα της αρτηριακής ροής αλλάζει από μπλε σε κόκκινο ή αντίστροφα, ανάλογα με τον τύπο που χρησιμοποιείται.

Η τεχνική ισχύος Doppler είναι έως πέντε φορές πιο ευαίσθητη στην ανίχνευση της ροής του αίματος σε σχέση με το έγχρωμο Doppler και εξαρτάται λιγότερο από την γωνία σάρωσης. Έτσι, όσον αφορά τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί με περισσότερη αξιοπιστία για τον εντοπισμό μικρότερων αιμοφόρων αγγείων, εφόσον έχει και αυξημένη ευαισθησία σε μικρές ταχύτητες ροής. Επίσης, άλλο ένα πλεονέκτημα της Doppler ισχύος είναι η καλύτερη διευκρίνιση μεταξύ του ρέοντος αίματος και του τοιχώματος του αγγείου. Το μειονέκτημα της Doppler ισχύος είναι ότι δεν παρέχει πληροφορίες για την κατεύθυνση και την ταχύτητα ροής του αίματος [5,12].



Εικόνα 10. Το έγχρωμο Doppler χρησιμοποιεί ένα χρωματικό κώδικα πάνω σε μια υπερηχογραφική εικόνα B-mode. Το κόκκινο και το μπλε χρώμα παρέχουν πληροφορίες για την κατεύθυνση και την ταχύτητα της αιματικής ροής. Hadzic. Hadzic's

Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

M-mode

Με ένα σταθερό ρυθμό σάρωσης με τον ηχοβολέα, κατά μήκος του άξονα της δέσμης των υπερήχων, μπορεί να καταγραφεί μια εικόνα της κίνησης των ανακλαστικών επιφανειών όπου η κίνηση μιας δομής όπως η καρδιακή βαλβίδα μπορεί να απεικονιστεί με έναν κυματοειδή τρόπο. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως για την παρακολούθηση της κίνησης της καρδιάς και την εμβρυϊκή καρδιά. Όμως, η παρούσα χρήση του στην περιοχική αναισθησία είναι ασήμαντη [11].

Μηχανήματα Υπερήχων

Τα μηχανήματα υπερήχων μετατρέπουν την ηχώ που λαμβάνεται από τον ηχοβολέα σε ορατές κηλίδες, οι οποίες δημιουργούν την ανατομική εικόνα στην οθόνη του υπερήχου. Η φωτεινότητα κάθε κηλίδας αντιπροσωπεύει την ισχύ του ήχου δημιουργώντας μια εικόνα στις αποχρώσεις του γκριζου. Η ένταση του τόνου του γκριζου είναι ανάλογη με το ανακλώμενο σήμα.

Επιλογή και χειρισμός ηχοβολέα: Η κατάλληλη επιλογή της κεφαλής του ηχοβολέα είναι σημαντική για την απεικόνιση των δομών και καθορίζεται από το βάθος των συγκεκριμένων δομών. Τα χαρακτηριστικά του ηχοβολέα όπως η συχνότητα και το σχήμα καθορίζουν την ποιότητα της υπερηχογραφικής εικόνας. Δύο τύποι ηχοβολέων σάρωσης χρησιμοποιούνται στην περιοχική αναισθησία: γραμμικής διάταξης και

κυρτής διάταξης. Το εύρος συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται για τους νευρικούς περιφερικούς αποκλεισμούς είναι 3-15MHz.

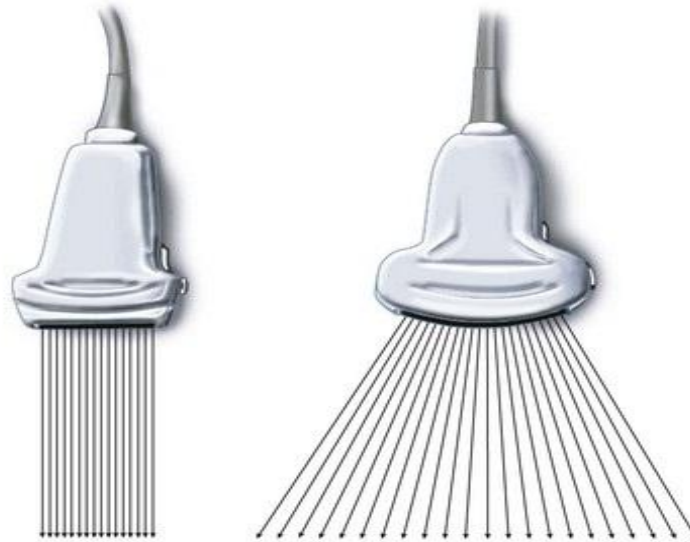
Οι ηχοβολείς γραμμικής διάταξης με εύρος συχνοτήτων 7-15MHz είναι υψηλής συχνότητας με πολύ καλή διακριτική ικανότητα και χρησιμοποιούνται για επιφανειακούς νευρικούς αποκλεισμούς (π.χ διασκαληνικός, υπερκλείδιος). Το μέγιστο βάθος απεικόνισης των δομών περιορίζεται στα 2-3cm κάτω από το δέρμα.

Οι ηχοβολείς καμπυλοειδούς διάταξης με εύρος συχνοτήτων 2-5 MHz είναι χαμηλής συχνότητας και χρησιμοποιούνται για εν τω βάθει αποκλεισμούς μια και έχουν καλή διεισδυτικότητα (π.χ υποκλείδιος, ιγνυακή χώρα). Το βάθος απεικόνισης των δομών μπορεί να φθάσει τα 4-5cm ή και περισσότερο κάτω από το δέρμα.

Ο ηχοβολέας γραμμικής διάταξης μπορεί να παράγει παράλληλες σειρές σάρωσης και ορθογώνια εμφάνιση, που ονομάζεται γραμμική σάρωση, ενώ ο κυρτός ηχοβολέας αποδίδει μια καμπυλόγραμμη σάρωση και μια εικόνα σχήματος τόξου (Εικόνα 11).

Στην κλινική απεικόνιση, ακόμα και ένα λεπτό στρώμα αέρα μεταξύ του ηχοβολέα και του δέρματος μπορεί να αντανακλά σχεδόν όλη τη δέσμη των υπερήχων, εμποδίζοντας κάθε διείσδυση στον ιστό. Έτσι, εφαρμόζεται ένα μέσο σύζευξης, συνήθως τη χρήση υδατικής γέλης, μεταξύ των επιφανειών του ηχοβολέα και του δέρματος για να εξαλειφθεί το στρώμα αέρα. Τα μηχανήματα υπερήχων που πλέον χρησιμοποιούνται στην περιοχική αναισθησία παρέχουν μια δυσδιάστατη εικόνα. Πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί μηχανήματα που μπορούν να παράγουν τρισδιάστατες εικόνες. Θεωρητικά, η τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της σχέσης των ανατομικών δομών και στη διάχυση του τοπικού αναισθητικού. Προς το παρόν όμως, τα τρισδιάστατα μηχανήματα απεικόνισης πραγματικού χρόνου ακόμα στερούνται ανάλυσης και την απλότητα των δυσδιάστατων

εικόνων, συνεπώς η πρακτική χρήση τους στην περιοχική αναισθησία είναι περιορισμένη [6,11,12].



Εικόνα 11. (A) Ηχοβολέας με απλή γραμμική διάταξη κρυστάλλων παράγει παράλληλες σειρές σάρωσης. (B) Ο κυρτός ηχοβολέας αποδίδει μια καμπυλόγραμμη διάταξη και σχηματίζει μια εικόνα σε σχήμα τόξου. Gill R. *The Physics and Technology of Diagnostic Ultrasound. A Practitioner's Guide.* Sydney Australia, 2012 [11].

Επιλογή βελόνας

Η επιλογή της κατάλληλης βελόνας παίζει σημαντικό ρόλο για τη βέλτιστη υπερηχογραφική της απεικόνιση. Μια βελόνα μεγάλης διαμέτρου (π.χ 17 Gauge) απεικονίζεται και κατευθύνεται πιο εύκολα υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση. Συνήθως, οι μεγάλης διαμέτρου βελόνες προτιμούνται στους εν τω βάθει περιφερικούς

αποκλεισμούς (π.χ υποκλείδιος αποκλεισμός) διότι η γωνία που κάνει στο σημείο εισόδου έχει μια κλίση $>45^0$. Οι βελόνες μικρότερης διαμέτρου (π.χ 22 Gauge) είναι ορατές και κατάλληλες για επιφανειακούς αποκλεισμούς (π.χ μασχαλιαίος αποκλεισμός) με μια μικρή γωνία εισαγωγής.

Οι μονωμένες βελόνες επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό σε περίπτωση που είναι επιθυμητή και η χρήση νευροδιεγέρτη. Επιπλέον, οι μονωμένες βελόνες έχουν αμβλύ άκρο που είναι λιγότερο αιχμηρό από και δεν προκαλούν παραισθησία όταν έρθουν σε επαφή με το νεύρο.

Οι ηχογενείς βελόνες βιοψίας είναι επίσης διαθέσιμες, αλλά δεν έχουν σχεδιαστεί για τους περιφερικούς αποκλεισμούς. Μετά από μελέτες, αναμένεται στο εγγύς μέλλον να καθιερωθούν στους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς λόγω βελτιωμένης ορατότητας της βελόνας υπερηχογραφικά. Βελόνες με ηχογενή άκρο, βελτιστοποιούν την ποιότητα της απεικόνισης της βελόνας κυρίως με την εκτός πεδίου τεχνική (κάθετα στη δέσμη των υπερήχων) καθώς το άκρο της βελόνας φαίνεται σαν μια φωτεινή κουκκίδα. Είναι σημαντική η αυξημένη φωτεινότητα και ορατότητα της βελόνας με ηχογενή άκρο, γιατί έτσι μπορούν να αποφευχθούν τραυματισμοί νεύρων και αγγείων καθώς και η ενδονευρική έγχυση του τοπικού αναισθητικού [12,14].

Αντιστάθμιση απολαβής χρόνου (Time-Gain Compensation)

Η ηχώ εμφανίζει μια σταθερή εξασθένιση στην ένταση καθώς αυξάνεται το βάθος. Η αύξηση της απολαβής του ενισχυτή (TGC) ελέγχει την ενίσχυση της δέσμης των υπερήχων από βαθύτερες δομές στο σώμα. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους:

Πρώτον, ένα μέρος της ενέργειας των υπερηχητικών κυμάτων ανακλάται, μειώνοντας

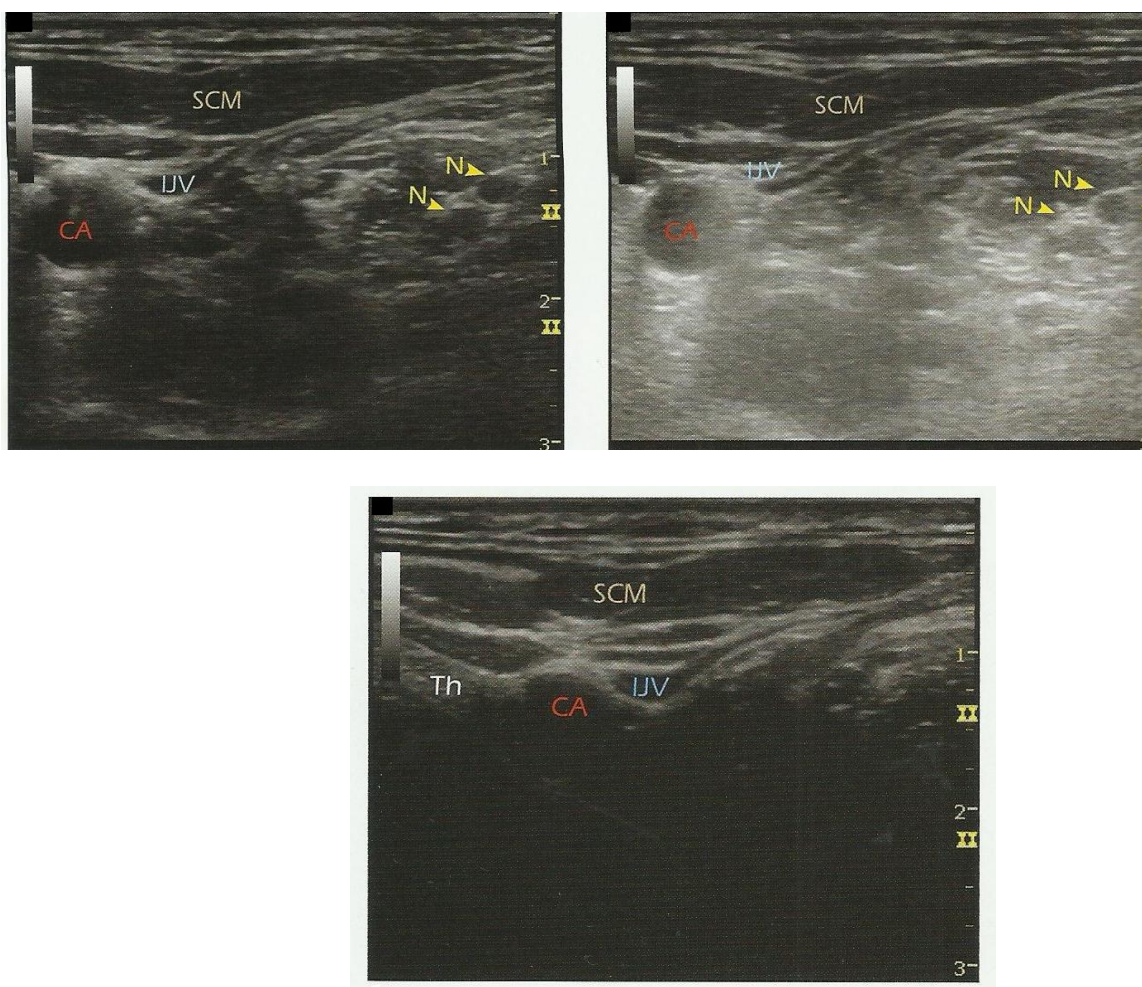
την δημιουργία μεταγενέστερων ήχων. Δεύτερον, ο ιστός απορροφά τα υπερηχητικά κύματα και έτσι υπάρχει μια σταθερή απώλεια ενέργειας καθώς ο παλμός του υπερήχου ταξιδεύει μέσω των ιστών. Αυτό μπορεί να διορθωθεί, ρυθμίζοντας τις λειτουργίες της αντιστάθμισης απολαβής χρόνου (TGC) και συμπίεσης.

Η *ενίσχυση* είναι η μετατροπή μικρών τάσεων που λαμβάνονται από τον ηχοβολέα σε μεγαλύτερες τάσεις, ώστε να είναι κατάλληλες για περαιτέρω επεξεργασία και αποθήκευση.

Η *αύξηση ισχύος* είναι ο λόγος της εξερχόμενης προς την εισερχόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Η λειτουργία της αντιστάθμισης απολαβής χρόνου είναι χρονο-εξαρτώμενη εκθετική ενίσχυση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει την ενίσχυση του εισερχόμενου σήματος από ιστούς σε διαφορετικά βάθη. Η διάταξη των λειτουργιών της αντιστάθμισης απολαβής χρόνου (TGC) διαφέρει από το ένα μηχάνημα στο άλλο. Ένα δημοφιλές σχέδιο είναι ένα σύνολο από κουμπιά ρύθμισης. Κάθε κουμπί ελέγχει την αύξηση ισχύος για ένα συγκεκριμένο βάθος, το οποίο επιτρέπει μια ισορροπημένη κλίμακα αύξησης ισχύος στην εικόνα (Εικόνα 12). Η *συμπίεση* είναι η διαδικασία μείωσης των διαφορών μεταξύ του μικρότερου και μεγαλύτερου εύρους ηχώ-τάσης. Δηλαδή λόγω της περιορισμένης κλίμακας της οθόνης, γίνεται συμπίεση των μεγεθών των διαφόρων ανακλάσεων έτσι ώστε η μέγιστη διαφορά μεταξύ τους να είναι συμβατή με την κλίμακα της οθόνης. Η βέλτιστη συμπίεση είναι μεταξύ 2 και 4 για μια μέγιστη κλίμακα ίση με 6 [1,9,12].

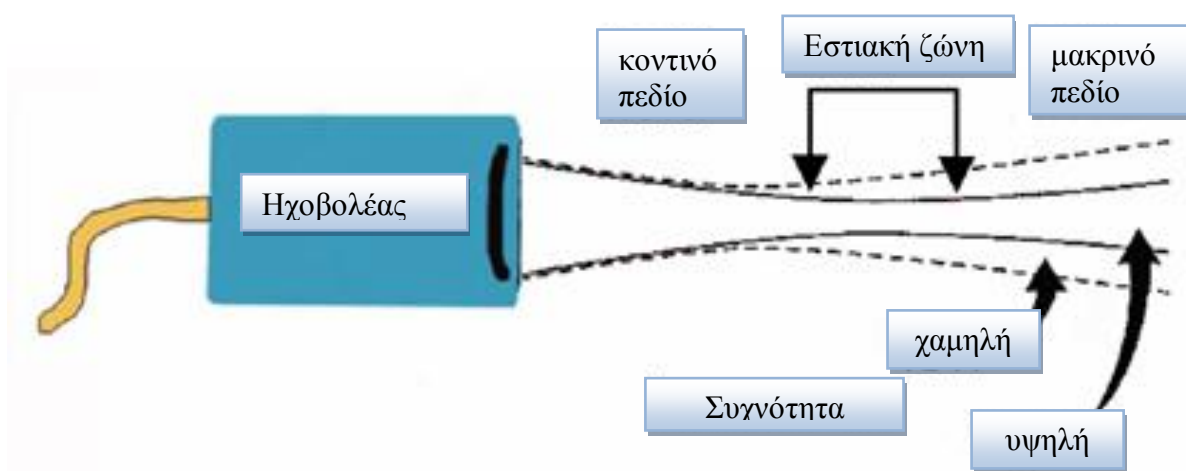
Εστίαση

Στη ρύθμιση της εστίασης συνήθως χρησιμοποιείται ένα ηλεκτρονικό μέσο για να περιορίζεται το εύρος της ακτίνας σε κάποιο βάθος και να λαμβάνεται μια εστίαση παρόμοια με αυτή που πετυχαίνεται με την χρήση κυρτών φακών (Εικόνα 13). Αυτή η στρατηγική βελτιώνει την ανάλυση εντός πεδίου επειδή συγκλίνει το εύρος της ακτίνας. Όμως, η μείωση του εύρους της ακτίνας σε επιλεγμένο βάθος πετυχαίνεται σε βάρος της υποβίβασης του εύρους της ακτίνας σε άλλα βάθη, που έχει ως αποτέλεσμα πιο αδύναμες εικόνες κάτω από την περιοχή εστίασης [1,10].



Εικόνα 12. Το αποτέλεσμα της ρύθμισης της αντιστάθμισης απολαβής χρόνου (TGC). Είναι μια λειτουργία που η ενίσχυση των σημάτων εξαρτάται από τον χρόνο

(βάθος) όταν επιστρέφουν από διαφορετικά βάθη. SCM-Στερνοκλειδομαστοειδής μυς, Th-Θυρεοειδής αδένας, CA-Καρωτίδα αρτηρία, IJV-Εσω σφαγίτιδα φλέβα. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



Εικόνα 13. Μια επίδειξη του αποτελέσματος της εστίασης. Ένα ηλεκτρονικό μέσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιορίσει το εύρος της δέσμης στο ειδικό βάθος με αποτέλεσμα την καλύτερη εστίαση και μια μεγαλύτερη ανάλυση σε επιλεγμένο βάθος. Μια υψηλής συχνότητας δέσμης υπερήχων έχει μειωμένο βάθος διείσδυσης αλλά αυξημένη πλάγια αναλυτική ικανότητα. Chan V. *Ultrasound Imaging for Regional Anesthesia. A practical guide*, 3rd ed. Toronto, Ontario, Canada 2010 [10].

Βιοεπίδραση και Ασφάλεια

Οι μηχανισμοί δράσης με τους οποίους το μηχανήμα υπερήχων μπορεί να παράγει μια βιολογική επίδραση μπορεί να χαρακτηριστεί από δύο πλευρές: την θερμική και την μηχανική. Η δημιουργία θερμότητας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ένταση ή η συχνότητα των υπερήχων. Για παρόμοιες συνθήκες έκθεσης, η αναμενόμενη θερμοκρασία που αυξάνεται στο οστό είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή στους μαλακούς ιστούς.

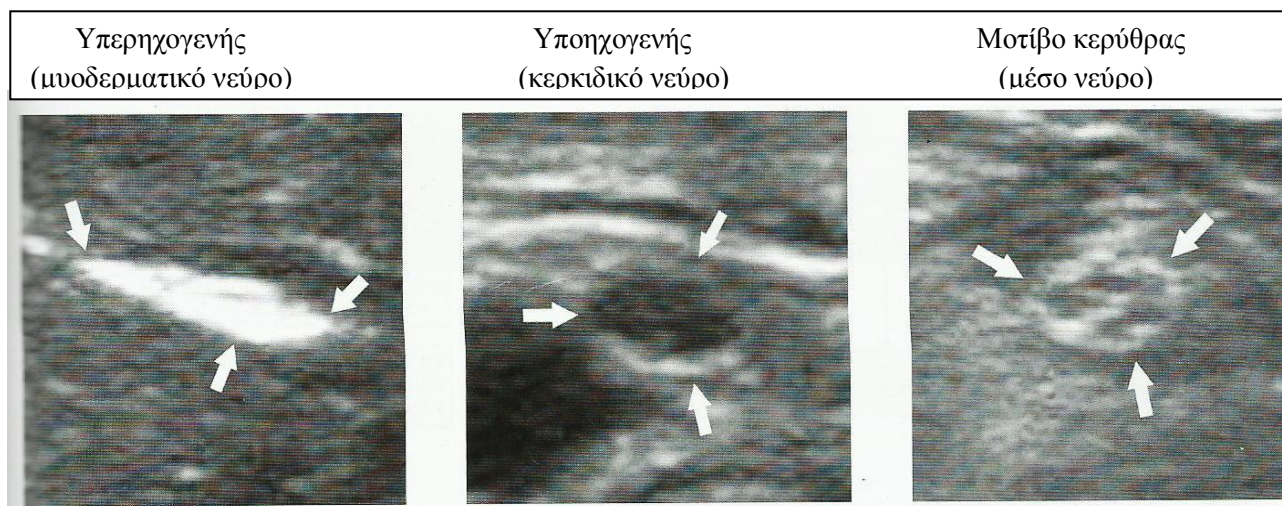
Αναφορές σε ζωικά μοντέλα (ποντίκια και αρουραίοι) δείχνουν ότι η εφαρμογή υπερήχων μπορεί να έχει αποτέλεσμα ένα πλήθος μη επιθυμητών επιδράσεων, όπως μείωση του εμβρυϊκού βάρους, θνησιμότητα μετά τον τοκετό, εμβρυϊκές ανωμαλίες, αλλοιώσεις στους ιστούς, παράλυση των οπίσθιων άκρων, διακοπή της ροής του αίματος και υποτροπή των όγκων. Άλλες αναφερόμενες ανεπιθύμητες επιδράσεις σε ποντίκια ήταν ανωμαλίες στην ανάπτυξη Β-κυττάρων και ωοθυλακιορρηκτική αντίδραση καθώς και τερατογένεση. Γενικά, οι ιστοί των ενηλίκων είναι πιο ανθεκτικοί στην αύξηση της θερμοκρασίας από τους εμβρυϊκούς και νεογνικούς ιστούς. Ένα σύγχρονο μηχανήμα υπερήχων εμφανίζει δύο κοινές ενδείξεις: θερμική και μηχανική. Η θερμική ένδειξη (TI) ορίζεται σαν την ακουστική ισχύ παραγωγής του ηχοβολέα διαιρούμενη με την υπολογιζόμενη ισχύ που απαιτείται για να ανέβει η θερμοκρασία του ιστού κατά 1° C. Η μηχανική ένδειξη (MI) είναι ίση με την μέγιστη πίεση αραιώσης διαιρούμενη με την τετραγωνική ρίζα της κεντρικής συχνότητας του εύρους ζώνης των παλμών. Οι θερμική ένδειξη (TI) και μηχανική ένδειξη (MI) δείχνουν την σχετική πιθανότητα του θερμικού και μηχανικού κινδύνου στον οργανισμό, αντίστοιχα. Εάν η θερμική ένδειξη ή η μηχανική ένδειξη είναι πάνω από > 1.0 είναι επικίνδυνες.

Οι βιολογικές επιδράσεις στους υπερήχους επίσης εξαρτώνται από τον χρόνο έκθεσης του ιστού. Ευτυχώς, ο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός των νεύρων απαιτεί την χρήση μόνο χαμηλών τιμών TI και MI στον ασθενή για μια μικρή χρονική περίοδο. Βάσει των πειραματικών μελετών εντός και εκτός οργανισμού έως σήμερα, δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι η χρήση των διαγνωστικών υπερήχων στην καθημερινή κλινική πρακτική συνδέεται με κάποιον βιολογικό κίνδυνο [1,9].

Βελτιστοποίηση μιας εικόνας υπερήχων

Η βελτιστοποίηση της εικόνας που δημιουργείται με υπερήχους, είναι μια σημαντική ικανότητα για την εκτέλεση ενός υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου νευρικού αποκλεισμού. Ανατομικά, τα περιφεριακά νεύρα συχνά εντοπίζονται κοντά σε μια αρτηρία ή μεταξύ μυϊκών στρωμάτων. Οι δεσμίδες των περιφερικών νεύρων εμφανίζονται ως υπερηχογενής ή υποηχογενής δομές και κάποιες φορές εμφανίζονται με χαρακτηριστικό μοτίβο ‘‘κερήθρας’’ (Εικόνα 14). Είναι χαρακτηριστική η απεικόνιση των αυχενικών ριζών και των στελεχών του βραχιονίου πλέγματος που φαίνονται ως υποηχογενείς δομές. Αντιθέτως, τα νεύρα των άνω και κάτω άκρων απεικονίζονται ως υπερηχογενείς δομές ποικίλου σχήματος (π.χ στρογγυλό, τριγωνικό ωοειδές). Επίσης μεγάλη σημασία έχει η τοποθέτηση του ηχοβολέα να είναι κάθετη (90°) με τα νεύρα, για την ορθή απεικόνιση της ηχογένειας του νεύρου. Σε περίπτωση που η γωνία του ηχοβολέα αλλάξει από 90° σε 45° θα επηρεάσει την ηχογένεια του νεύρου και θα οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα, φαινόμενο που ονομάζεται ανισοτροπία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα βήματα σάρωσης και τεχνικές που διευκολύνουν την επαρκή απεικόνιση του νεύρου, συμπεριλαμβάνοντας τη

ρύθμιση των πλήκτρων λειτουργίας, την βέλτιστη απεικόνιση της βελόνας, αποφυγή της πίεσης στο δέρμα και την ερμηνεία των διαφόρων τεχνικών σφαλμάτων [1,10].



Εικόνα 14. Αρχιτεκτονική των περιφερικών νεύρων. *Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].*

Υπερηχογραφική απεικόνιση ιστών	
Φλέβες	Ανηχοϊκές (συμπιέζονται)
Αρτηρίες	Ανηχοϊκές σφύζουσες (με αμετάβλητο περίγραμμα)
Λίπος	Υποηχογενές με ανώμαλες υπερηχογενείς γραμμές
Μύες	Ετερογενείς (συνδυασμός, υπερηχογενείς γραμμές ανάμεσα σε υποηχογενή ιστό
Τένοντες	Κυρίως υπερηχογενείς (Υποηχογενείς λόγω τεχνικού σφάλματος)
Οστά	Υπερηχογενείς γραμμές με υποηχογενή σκιά
Νεύρα	Υπερηχογενή / Υποηχογενή

Πίνακας 1. Chan V. Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia, A Practical Guide, Toronto, Ontario, Canada, 2010 [10].

Γενικά, η χρήση των υπερήχων για την περιοχική αναισθησία και για την ιατρική διαγνωστική είναι η συμβατική απεικόνιση, η σύνθετη απεικόνιση και η αρμονική απεικόνιση των ιστών (ΤΗΙ). Η *συμβατική απεικόνιση* δημιουργείται από μια δέσμη μονού στοιχείου. Η *σύνθετη απεικόνιση* πραγματοποιείται από την απόκτηση διαφόρων (συνήθως τρεις έως εννιά) αλληλεπικαλυπτόμενων εικόνων από διαφορετικές συχνότητες ή από διαφορετικές γωνίες. Η *αρμονική απεικόνιση του ιστού* λαμβάνει τις πληροφορίες από τις αρμονικές συχνότητες που δημιουργούνται από την μετάδοση της δέσμης του υπερήχου μέσω των ιστών, οι οποίες βελτιώνουν την αντίθεση των ιστών καταστέλλοντας τα διασκορπισμένα σήματα. Η σύνθετη απεικόνιση μαζί με την αρμονική απεικόνιση των ιστών έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ανάλυση της

εικόνας, τη διείσδυση, τα όρια και τη βελτίωση των περιθωρίων, σε σύγκριση με αυτές που λαμβάνονται με την χρήση της συμβατικής υπερηχογραφίας. Στην εικόνα 15, η σύνθετη απεικόνιση μαζί με την αρμονική απεικόνιση χρησιμοποιήθηκε για να δείξει το βραχιόνιο πλέγμα στη διασκαληνική αύλακα. Υπάρχει ένα ξεκάθαρο όριο των δύο υποηχοϊκών με ελλειπτικό σχήμα νεύρων στη σύνθετη απεικόνιση.

Πέντε λειτουργικά πλήκτρα σε μια συσκευή υπερήχων είναι μέγιστης σημασίας για να λάβουμε μια βέλτιστη εικόνα κατά την εκτέλεση της απεικόνισης του περιφερικού νεύρου (Εικόνα 16Α).

1. Βάθος: Ένας από τους κυριότερους προβληματισμούς είναι το βάθος του νεύρου όταν εκτελείται ένας υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός. Λόγω του μικρού βάθους διείσδυσης του υπερήχου, είναι αναπόφευκτη η δυσκολία απεικόνισης των εν τω βάθει νεύρων και ειδικά σε περιπτώσεις όταν αυτά περιβάλλονται από λιπώδη ιστό λόγω της παρόμοιας ηχογένειας τους. Το βάθος του περιφερικού νεύρου και συνεπώς η απεικόνιση του σε αυτό το βάθος, διαφέρουν κατά πολύ. Η ιδανική ρύθμιση του βάθους είναι σημαντική για την κατάλληλη εστίαση κατά την απεικόνιση. Ο Πίνακας 1 περιγράφει τις προτεινόμενες αρχικές ρυθμίσεις του βάθους για τα κοινά περιφερικά νεύρα. Το νεύρο στόχος θα πρέπει να είναι στο κέντρο της εικόνας του υπερήχου για να έχουμε την καλύτερη ανάλυση του νεύρου και την αποκάλυψη των άλλων γετονικών ανατομικών δομών. Για παράδειγμα, η υπερηχογραφική καθοδήγηση για αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος κατά την υπερκλείδια ή την υποκλείδια προσπέλαση, μπορεί να μειώσει σημαντικά τον κίνδυνο τρώσης του υπεζωκότα με τη βελόνα, εφόσον το πρώτο πλευρό και ο υπεζωκότας απεικονίζονται ταυτόχρονα [1,14,15].

Απεικόνιση B-mode

Σύνθετη απεικόνιση

Συμβατική απεικόνιση

Βελτιώνει τα σήματα από τα όρια του ιστού και μειώνει τις κηλίδες.

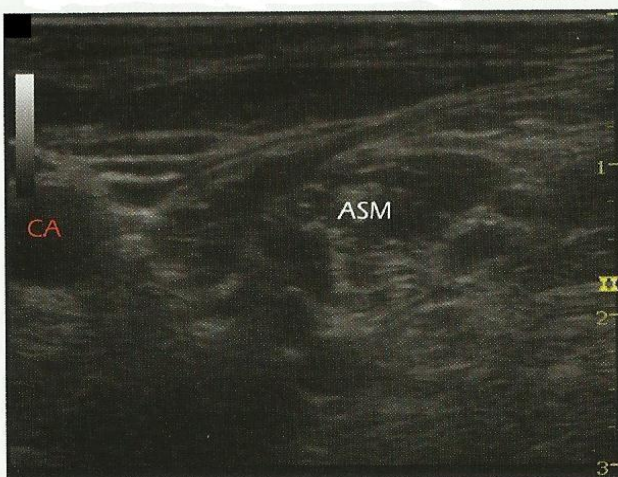
Χωρικός συνδυασμός

Συνδυάζει τα πολλαπλά καρέ από διαφορετικές γωνίες: οι κηλίδες εμφανίζονται σε διαφορετικά μοντέλα.

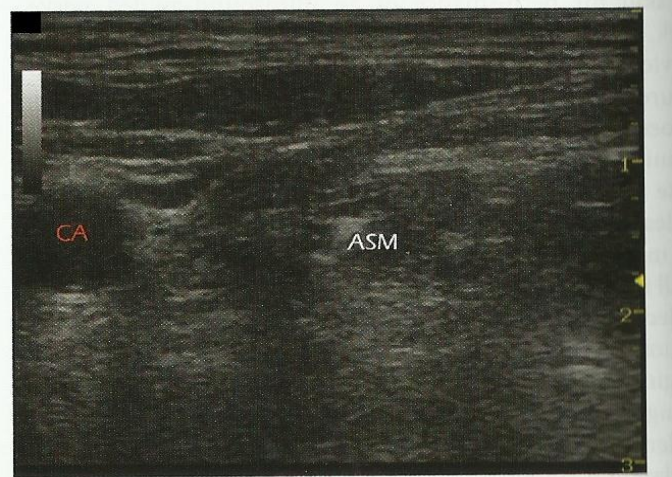
Συνδυασμός συχνότητας

Συνδυάζει δύο εικόνες με διαφορετικές συχνότητες: οι κηλίδες ελαττώνονται.

Η απεικόνιση λαμβάνεται από μία μόνο γραμμική διάταξη.



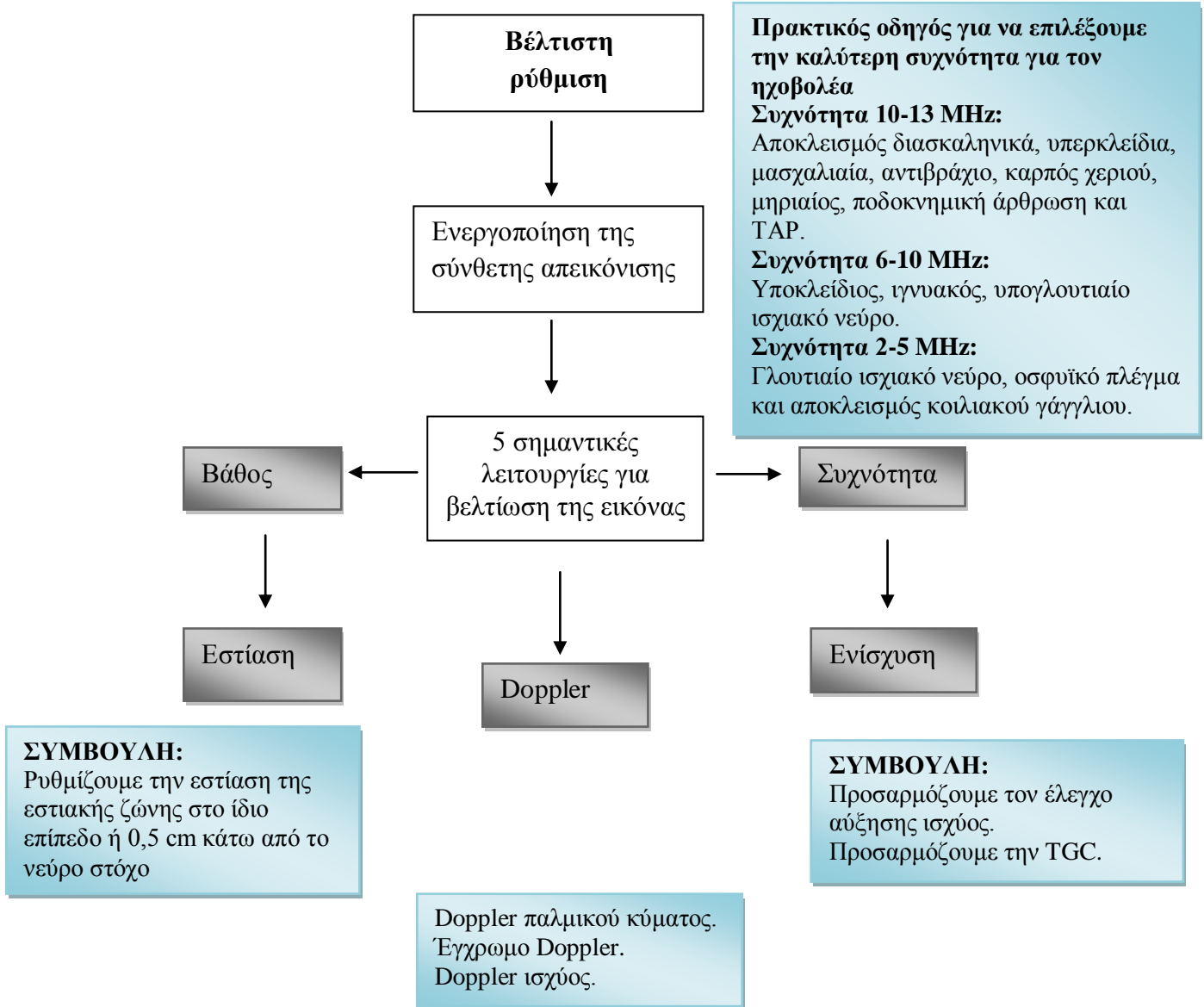
Σύνθετη απεικόνιση



Συμβατική απεικόνιση

Εικόνα 15. Παραδείγματα της ποιότητας της εικόνας που λαμβάνονται με συμβατική απεικόνιση σε σχέση με την σύνθετη απεικόνιση. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

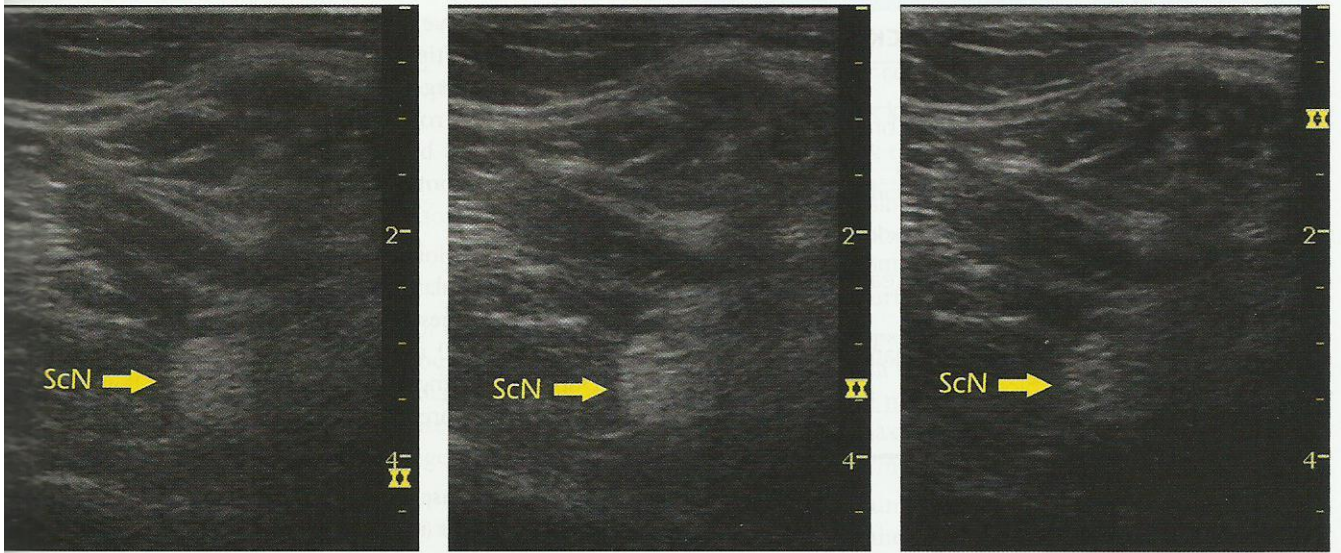
A



Εικόνα 16. Βελτιστοποίηση της εικόνας υπερήχων χρησιμοποιώντας πέντε βασικές λειτουργικές προσαρμογές (A) ειδικές συμβουλές για την προσαρμογή της εστίασης (B) και ενίσχυσης (Γ). Ορισμένα μοντέλα υπερήχων έχουν προσαρμοστεί για την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και βελτιστοποίηση της εφαρμογής της περιοχικής αναισθησίας. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

B

Η ρύθμιση της εστίασης, στενεύει το πλάτος της δέσμης υπερήχων για τη βελτίωση της πλάγιας διακριτικής ικανότητας και ευαισθησίας . Παρακάτω είναι τρία παραδείγματα της εστίασης όταν απεικονίζεται το ισχιακό νεύρο: 0,5 cm κάτω από το νεύρο , στο επίπεδο του νεύρου και επιφανειακά του ισχιακού νεύρου (SCN).



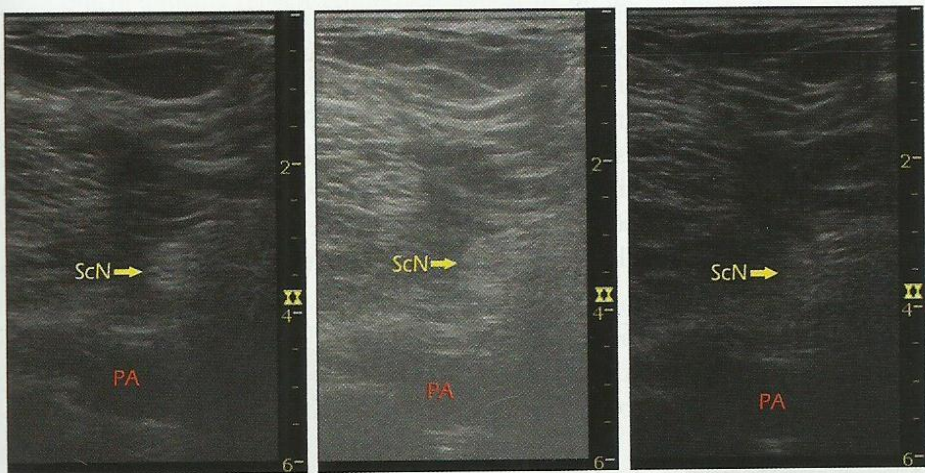
Γ

Ενίσχυση

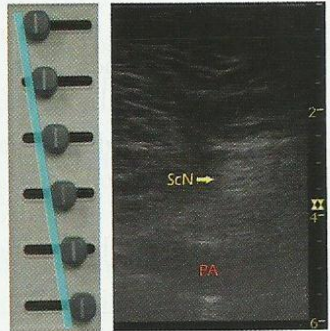
Ενίσχυση του επιστρέφον ηχητικού σήματος χωρίς να αυξάνεται η ένταση των υπερήχων

Ρύθμιση της ενίσχυσης

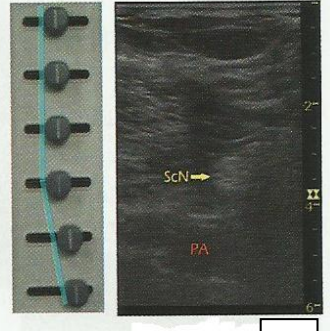
Μετακίνηση των TGC ρυθμιστών για την κατάλληλη ενίσχυση



Ιδανική ρύθμιση *Υψηλή ρύθμιση* *Χαμηλή ρύθμιση*



1



2

Εικόνα 16. (Συνέχεια) Προοδευτική αύξηση της ενίσχυσης σε μεγαλύτερα βάθη (1). Αύξηση της ενίσχυσης κάτω από το σημείο εστίασης (2).

Βέλτιστο βάθος απεικόνισης για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς	
ΒΑΘΟΣ ΠΕΔΙΟΥ	ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΙ
<2.0 cm	Αποκλεισμός πηγεοκαρπικής και ποδοκνημικής άρθρωσης
2.0-3.0 cm	Διασκαληνικός, μασχαλιαίος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος
3.0-4.0 cm	Μηριαίο νεύρο, υπερκλείδιος, αποκλεισμός εγκάρσιου κοιλιακού μυός
4.0-7.0 cm	Υποκλείδιος, ιγνυακός, αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου κάτωθεν του γλουτιαίου μυός
7.0-10 cm	Αιδοιομηρικό νεύρο, ισχιακό νεύρο, αποκλεισμός οσφυϊκού πλέγματος
>10 cm	Πρόσθια προσπέλαση ισχιακού νεύρου

Πίνακας 1. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

2. Συχνότητα: Θα πρέπει να επιλέγεται ο ηχοβολέας υπερήχων με το κατάλληλο εύρος συχνοτήτων για την καλύτερη απεικόνιση των νευρών στόχων. Η ενέργεια των υπερήχων απορροφάται προοδευτικά από τον ιστό. Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα των υπερήχων, τόσο πιο γρήγορη η απορρόφηση και μικρότερη η απόσταση διάδοσης. Έτσι, η επιλογή του κατάλληλου ηχοβολέα καθορίζεται από το βάθος των δομών. Για παράδειγμα, ένας ηχοβολέας καμπυλόγραμμης διάταξης χαμηλής συχνότητας, χρησιμοποιείται για τη σάρωση δομών σε μια βαθύτερη θέση. Δυστυχώς, αυτό γίνεται σε βάρος της μειωμένης ανάλυσης της εικόνας. Όμως, ένας ηχοβολέας γραμμικής

διάταξης που είναι υψηλής συχνότητας χρησιμοποιείται για να απεικονίσει επιφανειακές δομές με καλύτερη όμως διακριτική ικανότητα.

3. Εστίαση: Η πλάγια διακριτική ικανότητα μπορεί να βελτιωθεί επιλέγοντας υψηλότερη συχνότητα καθώς επίσης εστιάζοντας την δέσμη του υπέρηχου. Στην πραγματικότητα, η εστίαση ρυθμίζεται στο επίπεδο του νεύρου στόχου. Η καλύτερη ανάλυση εικόνας για ένα συγκεκριμένο νεύρο πετυχαίνεται επιλέγοντας μια κατάλληλη συχνότητα του ηχοβολέα και από την εστιακή ζώνη (Εικόνα 16B).

4. Ενίσχυση: Η φωτεινότητα της οθόνης μπορεί να ρυθμιστεί χειροκίνητα από δύο πλήκτρα λειτουργίας: την ενίσχυση και την αντιστάθμιση απολαβής χρόνου (TGC). Η υπερβολική ή ανεπαρκής ενίσχυση μπορεί να προκαλέσει την θαμπάδα των ορίων των ιστών ή ακόμα και την απώλεια πληροφοριών. Η ιδανική ρύθμιση της ενίσχυσης για την σάρωση περιφερικών νεύρων είναι η αύξηση στην οποία λαμβάνεται η καλύτερη αντίθεση μεταξύ των μυών και των γειτονικών συνδετικών ιστών. Ο λόγος είναι ότι οι μυικές ίνες είναι αγγειοβριθής δομές που περιβάλλονται με ίνες συνδετικού ιστού, ενώ η υπερηχογραφική εικόνα των συνδετικών ιστών είναι παρόμοια με αυτή των νεύρων. Επιπλέον, η αύξησης της ενίσχυσης κάτω από το σημείο εστίασης λειτουργεί καλά με τη χρήση του TGC διακόπτη για να απεικονιστεί το νεύρο-στόχος και οι δομές κάτω από αυτό. Η εικόνα 16Γ δείχνει το ίδιο τμήμα με διορθωμένη και μη διορθωμένη ενίσχυση και την ρύθμιση της αντιστάθμισης απολαβής χρόνου (TGC).

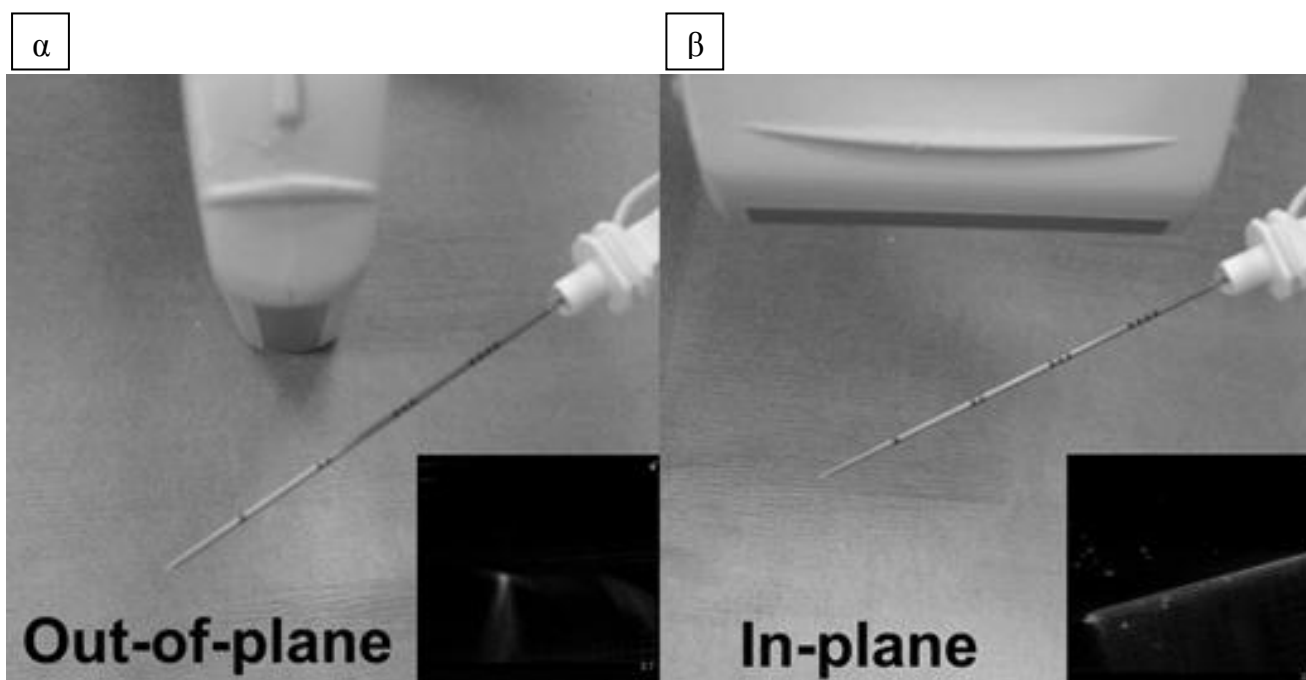
5. Doppler: Στην περιοχική αναισθησία, χρησιμοποιείται η Doppler απεικόνιση για να ανιχνευθούν αγγειακές δομές ή η κατανομή του τοπικού αναισθητικού στη περιοχή που πραγματοποιήθηκε η έγχυση. Η καλύτερη ρύθμιση της ταχύτητας του Doppler είναι μεταξύ 10 και 20 cm/s για να μειωθεί η αλλοίωση της απεικόνισης του έγχρωμου Doppler και τα τεχνικά σφάλματα του χρώματος. Σημαντικό είναι ότι το power Doppler

είναι πιο ευαίσθητο στην ανίχνευση της ροής του αίματος παρά το έγχρωμο Doppler, καθώς και λιγότερο εξαρτώμενο από τη γωνίωση του ηχοβολέα.

Τεχνικές απεικόνισης της βελόνας

Οι δύο πιο δημοφιλής τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή της βελόνας και είναι καθοριστικές για την σχέση βελόνας – ηχοβολέα στον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του νεύρου είναι: η τεχνική εντός πεδίου δέσμης και η τεχνική εκτός πεδίου δέσμης (Εικόνα 17). Η τεχνική *εντός πεδίου δέσμης* σημαίνει ότι η βελόνα τοποθετείται στο πεδίο της δέσμης του υπερήχου. Ως αποτέλεσμα, η λαβή και η κορυφή της βελόνας μπορεί να παρατηρηθούν στην επιμήκη όψη σε πραγματικό χρόνο καθώς η βελόνα προωθείται προς το νεύρο στόχο. Όταν η βελόνα δεν είναι εμφανής στην εικόνα, θα πρέπει να σταματήσει η προώθησή της. Μια κλίση ή περιστροφή του ηχοβολέα μπορεί να φέρει τη δέσμη του ηχοβολέα σε ευθυγράμμιση με την βελόνα, με σκοπό να γίνει ορατό το στέλεχος της βελόνας. Επιπλέον, ένα ανεπαίσθητο, γρήγορο κούνημα της βελόνας και η έγχυση μικρής ποσότητας τοπικού αναισθητικού μπορεί να βοηθήσει στην απεικόνιση της θέσης της βελόνας. Η τεχνική *εκτός πεδίου δέσμης*, περιγράφει την εισαγωγή της βελόνας κατακόρυφα στον ηχοβολέα, δηλαδή κατά τον βραχύ άξονα του ηχοβολέα. Η λαβή της βελόνας απεικονίζεται σε ένα πλάνο εγκάρσιας τομής και μπορεί να αναγνωριστεί σαν μια φωτεινή κηλίδα στην εικόνα. Η απεικόνιση του άκρου της βελόνας, όμως, είναι δύσκολη και αναξιόπιστη. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για να απεικονιστεί το άκρο της βελόνας έχει ως εξής: Αφού αναγνωριστεί στην εικόνα μια φωτεινή κηλίδα (λαβή), η βελόνα μπορεί να κουνηθεί ελαφρώς και/ή ο ηχοβολέας μπορεί να κλίνει προς την κατεύθυνση της εισαγωγής της βελόνας συγχρόνως έως ότου να εξαφανιστεί η κηλίδα.

Το κούνημα της βελόνας βοηθά στο να διαφοροποιηθεί ο ήχος που προέρχεται από την βελόνα ή από τον περιβάλλοντα ιστό. Η τελευταία λήψη της υπερηχογραφικής κηλίδας είναι το άκρο της βελόνας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μικρή ποσότητα έγχυσης τοπικού αναισθητικού για να επιβεβαιωθεί η θέση του άκρου της βελόνας [1,13,15].



Εκτός πεδίου δέσμης προσέγγιση

Εντός πεδίου δέσμης προσέγγιση

Εικόνα 17. Απεικόνιση της βελόνας με δύο διαφορετικές τεχνικές: α) η εκτός πεδίου δέσμης τεχνική, όπου απεικονίζεται το άκρο της βελόνας ως μια φωτεινή κουκκίδα και β) η εντός πεδίου δέσμης τεχνική, όπου η βελόνα ευθυγραμμίζεται με τον επιμήκη άξονα του ηχοβολέα. Tsui BC, Santhanam S. Anesthesiology 2010;112;473-492.

Επαφή νεύρου με βελόνα και η στρατηγική έγχυσης τοπικού αναισθητικού

Η περινευρική έγχυση είναι ο στόχος του αναισθησιολόγου όταν εκτελεί περιφερικούς αποκλεισμούς. Κατά την προώθηση της βελόνας, σκοπός είναι το άκρο της να τοποθετηθεί ακριβώς δίπλα από το νεύρο και ποτέ μέσα στο νεύρο. Συνεπώς, η έγχυση γίνεται περιμετρικά του νεύρου. Η περινευρική έγχυση απεικονίζεται σαν μια συλλογή υποχηϊκού υγρού γύρω από το νεύρο. Η κυκλική διάχυση γύρω από το νεύρο είναι ένδειξη επαρκούς διάχυσης τοπικού αναισθητικού (σε σχήμα ντονατ) [1,10].

Πολλές φορές είναι τεχνικά δύσκολο να εντοπιστεί το άκρο της βελόνας όταν τοποθετείται με μια μεγάλη γωνία άνω των 45° και όταν ο στόχος είναι βαθύτερος από 4-5 cm. Χρησιμοποιώντας την τεχνική υδατοεντόπισης, μια μικρή ποσότητα έγχυσης υγρού (0.5-1.0 mL) διαμέσου της βελόνας, έχει σκοπό να απεικονίσει τη θέση του άκρου της βελόνας, δημιουργώντας μια εξάπλωση των ιστών γύρω από τη βελόνα. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί νευροδιεγέρτης για τον αποκλεισμό των περιφερικών νεύρων, τότε το υγρό εκλογής για έγχυση είναι το διάλυμα γλυκοζης 5% εφόσον δεν επηρεάζει την κινητική απάντηση των νευρών στα ηλεκτρικά ερεθίσματα.

Εναλλακτικά, σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί νευροδιεγέρτης μπορεί να γίνει έγχυση φυσιολογικού ορού ή τοπικού αναισθητικού. Στις περιπτώσεις που πραγματοποιείται έγχυση για την απεικόνιση του άκρου της βελόνας, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή όταν υπάρχει αντίσταση (πίεση) στην έγχυση, σε περίπτωση που η επαφή βελόνας – νεύρου δεν είναι ορατή, για να αποφευχθεί ο κίνδυνος ενδονευρικής έγχυσης [10].

Τεχνικά Σφάλματα

Εξ ορισμού, ένα τεχνικό σφάλμα στους υπερήχους είναι η ανωμαλία της εικόνας που δεν αναπαριστά την σωστή ανατομική διάταξη. Τα πέντε τεχνικά σφάλματα που εμφανίζονται συχνά στην πρακτική της περιοχικής αναισθησίας (Εικόνα 18) είναι τα ακόλουθα:

Η *ακουστική σκίαση* είναι μια σημαντική μείωση της ενέργειας των υπερήχων που εμφανίζεται κάτω από στερεά αντικείμενα (π.χ. οστέινες δομές, χολόλιθοι). Η ηχητική σκίαση εκδηλώνεται από την εξασθένηση του ηχητικού σήματος και εμφανίζεται ως μια ανώμαλη μείωση της φωτεινότητας, η οποία φαίνεται σαν μια σκιά στην εικόνα.

Η *ενίσχυση* εκδηλώνεται ως μια υπερβολικά έντονη ηχογένεια πίσω από ένα αντικείμενο (όπως ένα αγγείο, κύστη) που είναι λιγότερο εξασθενημένο από τον περιβάλλοντα μαλακό ιστό. Τα ηχητικά σήματα αυξάνονται σε φωτεινότητα δυσανάλογα με την ένταση του ήχου. Η σάρωση από διαφορετικές γωνίες ή από διαφορετικά πεδία μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της σκίασης / ενίσχυσης και να απεικονιστεί το νεύρο στόχος.

Η *αντήχηση* είναι ένα σύνολο από φωτεινές παράλληλες λωρίδες ίσης απόστασης που δημιουργούνται λόγω της αύξησης του συντελεστή ανάκλασης μιας δομής. Όταν η κατεύθυνση της σάρωσης αλλάξει, ή η συχνότητα των υπερήχων μειωθεί, η αντήχηση εξασθενεί ή πιθανόν να εξαλειφτεί. Επίσης, η ανακλώμενη ηχώ εξασθενεί όσο το βάθος αυξάνεται.

Σφάλμα ειδώλου ακουστικού κατόπτρου προκύπτει από ένα αντικείμενο που βρίσκεται στην μία πλευρά μιας ανακλαστικής επιφάνειας και φαίνεται επίσης στην άλλη πλευρά. Οι εικονικές και οι ψευδείς εικόνες έχουν μια ίση απόσταση από τον

ανακλαστήρα από αντίθετες κατευθύνσεις. Η αλλαγή της κατεύθυνσης της σάρωσης μπορεί να μειώσει το τεχνικό σφάλμα.

Το *σφάλμα ταχύτητας ήχου* είναι η μετατόπιση του σημείου επαφής, το οποίο προκαλείται από την διαφορά της πραγματικής ταχύτητας των υπερήχων στον μαλακό ανθρώπινο ιστό σε σύγκριση με την ταχύτητα που έχει ρυθμιστεί, η οποία θεωρείται ότι είναι 1540 m/sec στο σύστημα υπερήχων. Παρουσιάζεται δηλαδή, σε απεικονίσεις ιστών με ταχύτητα διαφορετική των 1540 m/sec, κυρίως χαμηλότερη [1,17,18,19].

Το ενυπάρχον τεχνικό σφάλμα στην διαδικασία της σάρωσης δεν μπορεί να εξαλειφθεί τελείως σε όλες τις περιπτώσεις με τον χειρισμό της συσκευής ή με την αλλαγή των ρυθμίσεων. Όμως, η αναγνώριση και η κατανόηση των τεχνικών σφαλμάτων των υπερήχων βοηθά τον χειριστή να αποφεύγει παρερμηνείες στις εικόνες. Παρακάτω υπάρχει ένα ακρωνύμιο της λέξης SCANNING, για την προετοιμασία της σάρωσης:

S: Εξοπλισμός (Supplies)

C: Άνετη τοποθέτηση του ασθενούς (Comfortable patient position)

A: Ρυθμίσεις στο χώρο (Ambiance)

N: Όνομα και διαδικασία (Name and procedure)

N: Επιλογή ηχοβολέα (Nominate transducer)

I: Έλεγχος μόλυνσης (Infection control)

N: Σημείωση της πλάγιας / μέσης πλευράς της οθόνη (Note lateral/medial side on screen)

G: Βάθος ισχύος (Gain)

Συγκέντρωση εξοπλισμού: Πριν την διεξαγωγή ενός περιφερικού νευρικού αποκλεισμού ο εξοπλισμός που χρειάζεται για την υπερηχογραφική σάρωση πρέπει να είναι συγκεντρωμένος. Περιλαμβάνει τα εξής:

- α. Μηχάνημα υπερήχων
- β. Κάλυμα του ηχοβολέα
- γ. Νευροδιεγέρτη
- δ. Τήρηση των βασικών κανόνων ασηψίας
- ε. Τοπικό αναισθητικό επισημασμένο στη σύριγγα

Άνετη τοποθέτηση ασθενούς: Ο ασθενής θα πρέπει να είναι τοποθετημένος με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε ο ασθενής, ο αναισθησιολόγος, το μηχάνημα υπερήχων και ο αποστειρωμένος δίσκος να πληρούν άνετες και εργονομικές συνθήκες εργασίας.

Ρυθμίσεις στο χώρο: Η ρύθμιση του φωτισμού στο χώρο του χειρουργείου όπου πρόκειται να πραγματοποιηθεί ο αποκλεισμός με την καθοδήγηση του υπερήχου είναι σημαντική, για την καλύτερη απεικόνιση των δομών στη οθόνη.

Το αμυδρό φως βελτιστοποιεί την εικόνα ενώ περισσότερος φωτισμός χρειάζεται στην περιοχή που πρόκειται να εκτελεστεί ο αποκλεισμός των περιφερικών νεύρων.

Όνομα ασθενούς, διαδικασία και η περιοχή του αποκλεισμού: Πριν την διεξαγωγή οποιασδήποτε μορφής αναισθησίας, πρέπει να επιβεβαιωθούν τα προσωπικά στοιχεία του ασθενούς, η ενημέρωση και η γραπτή συγκατάθεση για την αναισθησία και το χειρουργείο που πρόκειται να υποβληθεί. Τα προσωπικά δεδομένα του ασθενούς καταχωρούνται στη μνήμη του μηχανήματος των υπερήχων το οποίο επιτρέπει την αποθήκευση των εικόνων κατά την διάρκεια της σάρωσης.

Επιλογή ηχοβολέα: Επιλέγεται ο κατάλληλος ηχοβολέας που ταιριάζει στη συγκεκριμένη επέμβαση για την εφαρμογή του περιφερικού νευρικού αποκλεισμού.

Για παράδειγμα ένας ηχοβολέας γραμμικής διάταξης είναι ιδανικός για σάρωση επιφανειακών ανατομικών δομών, ενώ ένας ηχοβολέας καμπυλόγραμμης διάταξης απεικονίζει καλύτερα βαθύτερες δομές.

Κανόνες ασηψίας: Οι βασικοί κανόνες ασηψίας για μείωση του κινδύνου μόλυνσης σε αυτή τη περίπτωση αφορούν τον αναισθησιολόγο, τον ηχοβολέα, τη βελόνη και το σημείο του δέρματος που θα παρακεντηθεί.

Ο χειρισμός του ηχοβολέα και η εφαρμογή γέλης: Ο χρήστης, τοποθετεί την κεφαλή του ηχοβολέα και την κατευθύνει ανάλογα με την υπό εξέταση περιοχή. Συνήθως η σάρωση με τον ηχοβολέα γίνεται από έσω προς τα έξω του ανθρώπινου σώματος.

α. Ο χρήστης ακουμπάει στο δέρμα το ένα άκρο του ηχοβολέα και με αυτό τον τρόπο προσανατολίζει τη μεριά του ηχοβολέα στην οθόνη, έτσι ώστε η έσω προς τα έξω κατεύθυνση του ασθενούς αντιστοιχεί σε αυτή της οθόνης.

β. Επαρκής ποσότητα γέλης τοποθετείται στον ηχοβολέα ή στο δέρμα του ασθενούς, έτσι ώστε να μην παρεμβάλλεται αέρας μεταξύ του ηχοβολέα και του δέρματος.

Συνεπώς, επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή επαφή μεταξύ τους για την διάδοση της δέσμης των υπερήχων. Σε κάποιες περιπτώσεις άφθονη ποσότητα απολυμαντικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της γέλης.

γ. Ανεπαρκής ποσότητα γέλης μειώνει το ρυθμό ανάκλασης-απορρόφησης και έχει ως αποτέλεσμα θολή και ασαφή εικόνα.

Τοποθέτηση του ηχοβολέα στο δέρμα του ασθενούς και προσαρμογή των ρυθμίσεων της συσκευής υπερήχων:

α. Η ενίσχυση μπορεί να ρυθμιστεί με τη γενική ρύθμιση απολαβής χρησιμοποιώντας τη λειτουργία αντιστάθμισης απολαβής χρόνου (TGC).

β. Το βάθος ρυθμίζεται για την βελτιστοποίηση των δομών που επιθυμεί ο χρήστης να απεικονίσει.

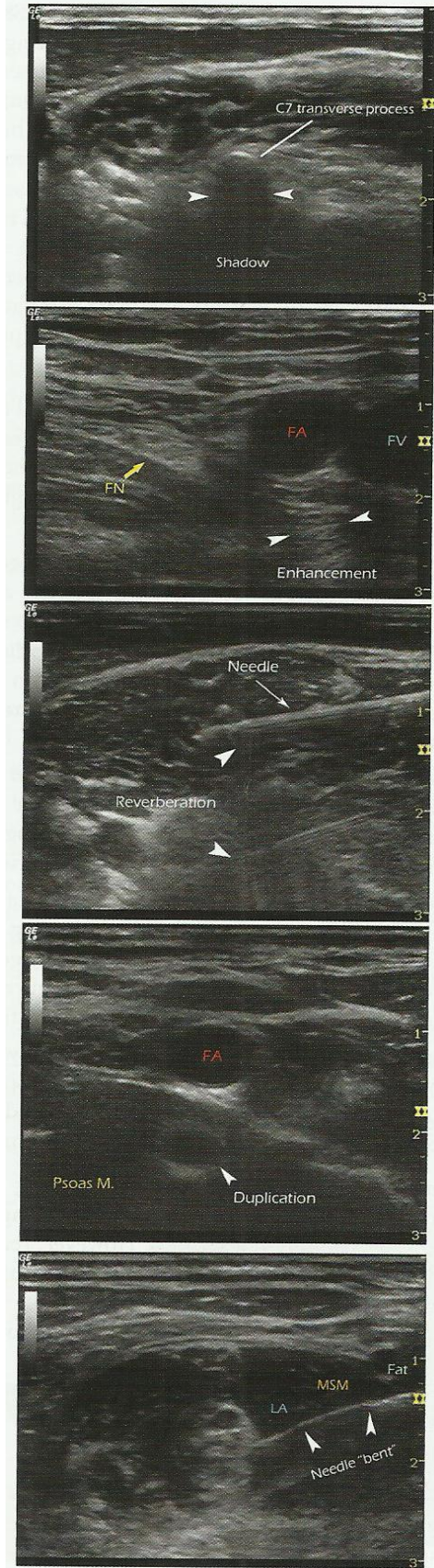
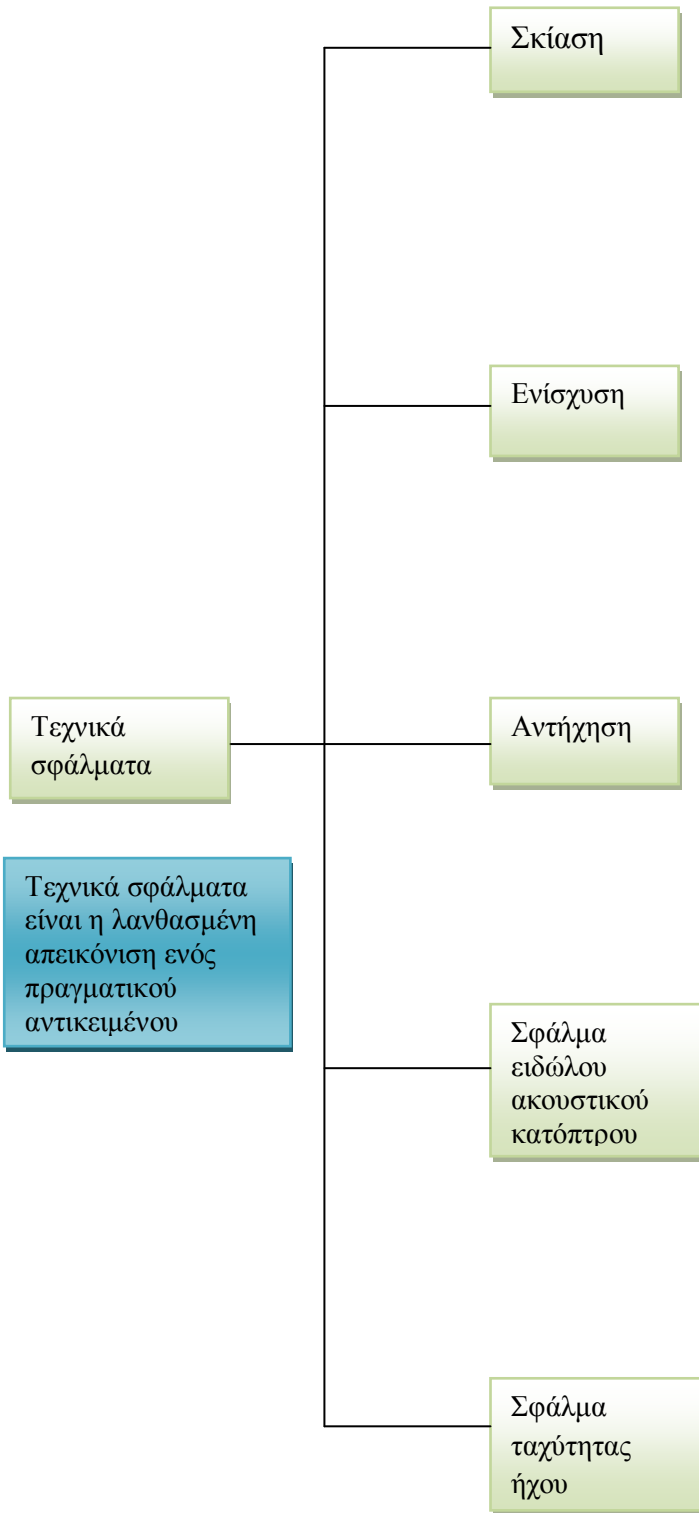
γ. Το σημείο εστίασης ρυθμίζεται στο επιθυμητό επίπεδο.

δ. Η λειτουργία σάρωσης μπορεί να ενεργοποιηθεί για να βοηθήσει στην αναγνώριση των δομών όπου είναι απαραίτητη (π.χ το έγχρωμο Doppler απεικονίζει τα αιμοφόρα αγγεία, M-mode μπορεί να διαχωρίσει τις αρτηρίες από τις φλέβες) [1,12,15].

Η σημασία του φαινομένου της ανισοτροπίας

Τα τεχνικά σφάλματα είναι η λανθασμένη υπερηχογραφική απεικόνιση των ανατομικών στοιχείων. Η ανισοτροπία είναι ένα συχνό τεχνικό σφάλμα κατά τη διάρκεια της απεικόνισης των ιστών με υπερήχους. Συγκεκριμένα αναφέρεται στην αλλαγή της ηχογένειας των ιστών κυρίως σε νεύρα, μύες και τένοντες που είναι αποτέλεσμα της αλλαγής της γωνίωσης του ηχοβολέα. Ένα υπερηχογενές νεύρο μπορεί να εμφανιστεί ως υπόηχο όταν η γωνίωση του ηχοβολέα που είναι σε επαφή με το δέρμα αλλάζει από 90 μοίρες σε 45 μοίρες. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα συχνό στους τένοντες που είναι γραμμικοί, δηλαδή βρίσκονται σε επιμήκη άξονα. Λόγω της αλλαγής γωνίωσης του ηχοβολέα κατά τη σάρωση, μεταβάλλονται τα ανακλώμενα κύματα και έχει ως αποτέλεσμα την εσφαλμένη απεικόνιση των ανατομικών δομών [10,12,19].

Εικόνα 18. Τα πιο συχνά τεχνικά σφάλματα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της απεικόνισης με υπερήχους. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



Πλεονεκτήματα υπερήχων

Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη των ηχοβολέων υψηλής διακριτικής ικανότητας έχει βελτιώσει αισθητά την απεικόνιση των ανατομικών δομών. Τα πλεονεκτήματα των υπερήχων έναντι των τυφλών τεχνικών όπως η παραισθησία και η νευροδιέγερση υπερισχύουν.

Η αύξηση ποσοστού επιτυχίας, η γρήγορη έναρξη, η βελτίωση της ποιότητας του αποκλεισμού, η καθοδήγηση και η προώθηση της βελόνας σε πραγματικό χρόνο μειώνουν τα πολλαπλά τρυπήματα στον ασθενή. Με την δυνατότητα απεικόνισης του νεύρου και των γειτονικών δομών, μειώνεται σημαντικά ο κίνδυνος ενδαγγειακής έγχυσης.

Επίσης, χρησιμοποιείται μικρότερη δόση τοπικού αναισθητικού, εφόσον υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης του νεύρου και η διάχυση του τοπικού αναισθητικού υπό όραση.

Μείωση των επιπλοκών, όπως για παράδειγμα πιθανή ενδονευρική έγχυση.

Ο χρόνος εκτέλεσης του αποκλεισμού επίσης μειώνεται, όταν ο αναισθησιολόγος έχει εκπαιδευτεί στους υπερήχους για τους περιφερικούς αποκλεισμούς.

Με την χρήση των υπερήχων, αποφεύγονται επίσης οι επώδυνες μυϊκές συσπάσεις που συμβαίνουν με τη χρήση νευροδιεγέρτη.

Είναι πολύ σημαντική επίσης η χρήση των υπερήχων στον οξύ και χρόνιο πόνο [1,16].

Αντενδείξεις-Επιπλοκές

Δεν υπάρχουν απόλυτες αντενδείξεις όσον αφορά τη χρήση υπερήχων για την εφαρμογή περιφερικών νευρικών αποκλεισμών.

Οι απόλυτες αντενδείξεις για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς περιλαμβάνουν την άρνηση του ασθενούς, παρουσία λοίμωξης στο σημείο εισαγωγής της βελόνης και γνωστή από το ιστορικό του ασθενούς αλλεργία στα τοπικά αναισθητικά καθώς και σοβαρές διαταραχές πήξεως.

Η χρήση αντιπηκτικών, οι προϋπάρχουσες νευρολογικές παθήσεις, το σύνδρομο διαμερίσματος, η αλλοιωμένη ανατομία καθώς και η άνοια είναι σχετικές αντενδείξεις για την εφαρμογή των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών.

Επειδή τα περιφερικά νεύρα έχουν διπλή αιμάτωση, η οποία αποτελείται από αγγεία που βρίσκονται στο ενδονεύριο και αναστομώνονται με αγγεία στο περινεύριο, η ισχαιμία των περιφερικών νεύρων είναι μια από τις αιτίες της νευρικής βλάβης όταν εγχέεται τοπικό αναισθητικό ενδονευρικά. Οι περινευρικές εγχύσεις με υψηλές πιέσεις > 20 psi, πρέπει να αποφεύγονται γιατί μπορεί να προκαλέσουν νευρολογικά ελλείμματα που επιμένουν για 7 μέρες ή και ακόμα πιο σπάνια μόνιμη νευρική βλάβη. Μια άλλη επιπλοκή είναι η έγχυση υπερβολικής δόσης, η μεγάλη συγκέντρωση του τοπικού αναισθητικού και η ενδαγγειακή έγχυση των τοπικών αναισθητικών που μπορεί να προκαλέσουν τοξικότητα. Πρώιμα συμπτώματα εμφανίζονται από το κεντρικό νευρικό σύστημα και μετά ακολουθούν τα συμπτώματα από το καρδιαγγειακό. Η τοξικότητα των τοπικών αναισθητικών από το κεντρικό νευρικό σύστημα εκφράζεται με περιστοματική αιμωδία, εμβοές, σύγχυση, παραισθησία, διέγερση, αποπροσανατολισμό, μυικούς σπασμούς, επιληπτικές κρίσεις και αναπνευστική ανακοπή. Όσον αφορά το καρδιαγγειακό, τα συμπτώματα είναι όψιμα

και περιλαμβάνουν μειωμένη συσταλτικότητα της καρδιάς, βραδυκαρδία, κολποκοιλιακό αποκλεισμό, διεύρυνση του συμπλέγματος QRS όπου ακολουθεί ξαφνική έναρξη αρρυθμιών όπως κοιλιακή μαρμαρυγή.

Τα τελευταία δέκα χρόνια οι κατευθυντήριες οδηγίες για την αντιμετώπιση της τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά περιλαμβάνει το γαλάκτωμα λιπιδίων 20% το οποίο χορηγείται ενδοφλεβίως. Δίνεται αρχικά μια έγχυση εφόδου 1.5ml/kg σε ένα λεπτό και έπειτα δίνεται σε συνεχή έγχυση 0.25ml/kg/m με αύξηση της δόσης εάν χρειαστεί σε 0.5ml/kg/m [1,17,19].

ΜΕΡΟΣ Β

Επιπολής Αυχενικό Πλέγμα

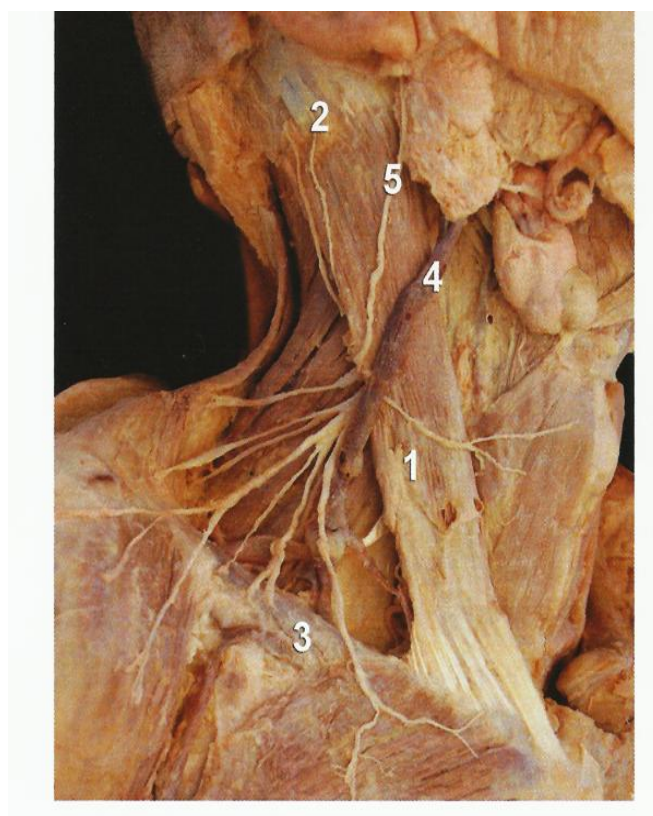
Γενικές Εκτιμήσεις

Ο σκοπός της υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης τεχνικής για αποκλεισμό του επιπολής αυχενικού πλέγματος είναι η έγχυση τοπικού αναισθητικού στην περιοχή των αισθητικών κλάδων των ριζών των A_2 , A_3 και A_4 νωτιαίων νεύρων. Ένα από τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής περιλαμβάνει την δυνατότητα διάχυσης του τοπικού αναισθητικού στο σωστό ανατομικό χώρο. Επομένως, το ποσοστό επιτυχίας αυξάνεται και επίσης αποφεύγεται η βαθιά εισαγωγή της βελόνας και/ή ακούσια διάτρηση των γειτονικών δομών. Οι δυο τεχνικές με την χρήση υπερήχων που μπορούν να εφαρμοστούν είναι η εντός πεδίου δέσμης και η εκτός πεδίου δέσμης προσέγγιση για εντοπισμό του νεύρου. Η εμπειρία με την υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη τεχνική για το εν τω βάθει αυχενικό πλέγμα είναι ακόμη σε πρώιμα στάδια [1].

Ηχοανατομία

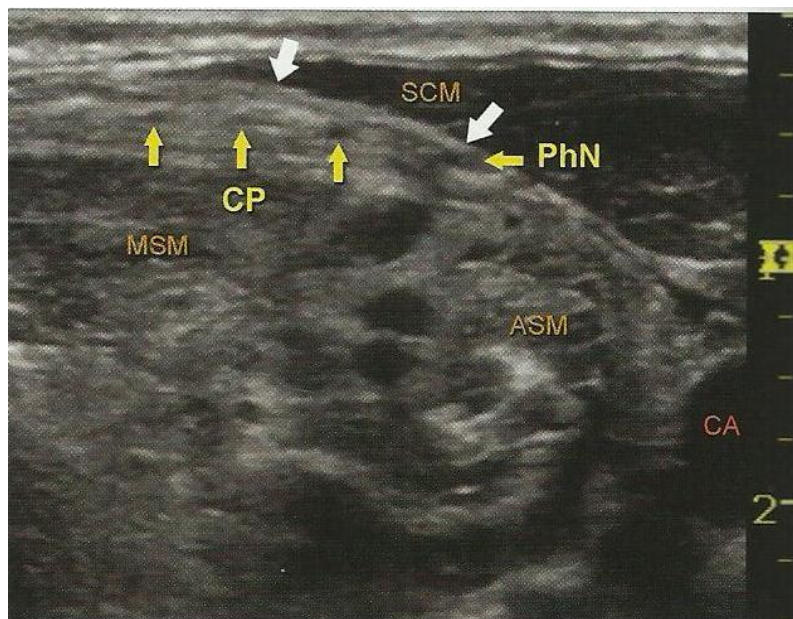
Ο στερνοκλειδομαστοειδής μυς σχηματίζει μια «οροφή» πάνω από τα νεύρα του επιπολής αυχενικού πλέγματος (A_2 - A_4). Οι ρίζες συνενώνονται για να σχηματίσουν τους τέσσερεις τελικούς κλάδους (έλασσον ινιακό, μείζον ωτιαίο, εγκάρσιο αυχενικό και τα υπερκλείδια νεύρα) όπου εξέρχονται πίσω από το οπίσθιο όριο του

στερνοκλειδομαστοειδούς (Εικόνα 19). Το πλέγμα μπορεί να απεικονιστεί σαν μια μικρή συλλογή υποηχογενών οζιδίων (εμφάνιση σαν κηρύθρα ή υποηχογενείς ωοειδείς δομές) αμέσως βαθύτερα ή πλαγίως στο οπίσθιο όριο του στερνοκλειδομαστοειδούς (Εικόνα 20) ανεξάρτητα αν αυτό δεν είναι πάντα εμφανές. Ενίοτε, το μείζων ωτιαίο νεύρο απεικονίζεται στην επιπολής στιβάδα του στερνοκλειδομαστοειδούς μύος σαν μια μικρή, στρογγυλή υποηχογενής δομή. Ο στερνοκλειδομαστοειδής μυς διαχωρίζεται από το βραχιόνιο πλέγμα και τους σκαληνούς μύες μέσω της προσπονδυλικής περιτονίας, η οποία φαίνεται ως μια υπερηχογενής γραμμική δομή. Η επιπολής μοίρα του αυχενικού πλέγματος υπόκειται του στερνοκλειδομαστοειδούς μύος βρισκόμενη κάτωθεν της προσπονδυλικής περιτονίας ενώ επικάθεται στην διασκαληνική αύλακα (Εικόνα 20) [1,20].



Εικόνα 19. Ανατομία του επιπολής αυχενικού πλέγματος. **1.**

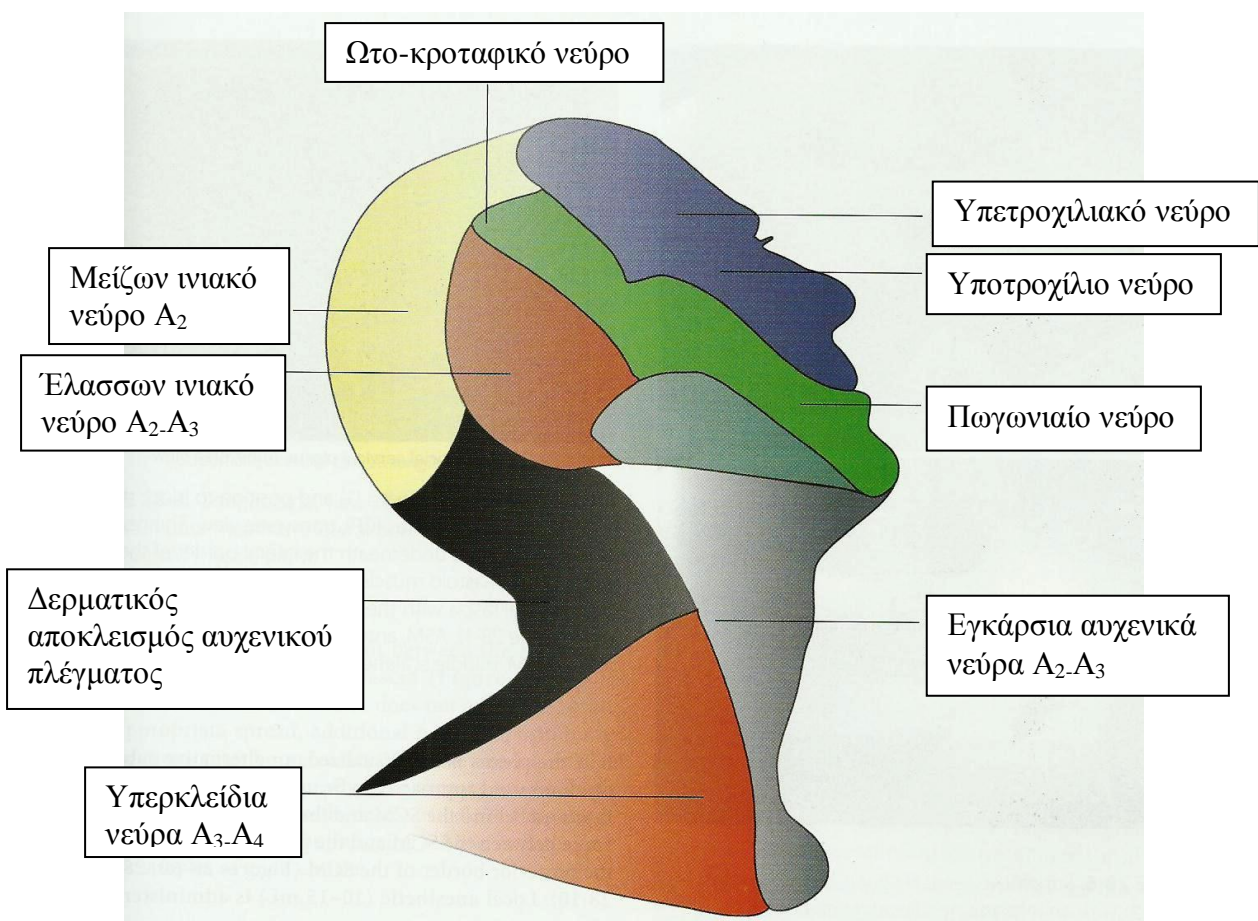
Στερνοκλειδομαστοειδής μυς. **2.** Μαστοειδής απόφυση. **3.** Κλείδα. **4.** Έξω σφαγίτιδα φλέβα. Το επιπολής αυχενικό πλέγμα φαίνεται να εξέρχεται πίσω από το οπίσθιο χείλος του στερνοκλειδομαστοειδούς μύος στη διασταύρωση των μυών με την έξω σφαγίτιδα φλέβα. **5.** Κύριο ωτιαίο νεύρο. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



Εικόνα 20. Κλάδοι του επιπολής αυχενικού πλέγματος (CP) αναδύονται πίσω από την προσπονδυλική περιτονία η οποία καλύπτει τον πρόσθιο και μέσο σκαληνό μυ και οπίσθια τον στερνοκλειδομαστοειδή μυ (SCM). Τα λευκά βέλη, Προσπονδυλική περιτονία, καρωτίδα-CA, φρενικό νεύρο-PhN. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Κατανομή του αποκλεισμού

Ο αποκλεισμός του επιπολής αυχενικού πλέγματος περιλαμβάνει την αναισθησία του δέρματος της προσθιοπλάγιας περιοχής του τραχήλου, των προσθιο-ωτιαίων και οπίσθο-ωτιαίων περιοχών, καθώς και του δέρματος που καλύπτει το θωρακικό τοίχωμα κάτωθεν της κλείδας (Εικόνα 21).



Εικόνα 21. Αισθητική κατανομή του αυχενικό πλέγματος και η νύρωση της πλάγιας όψης του προσώπου. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Στόχος

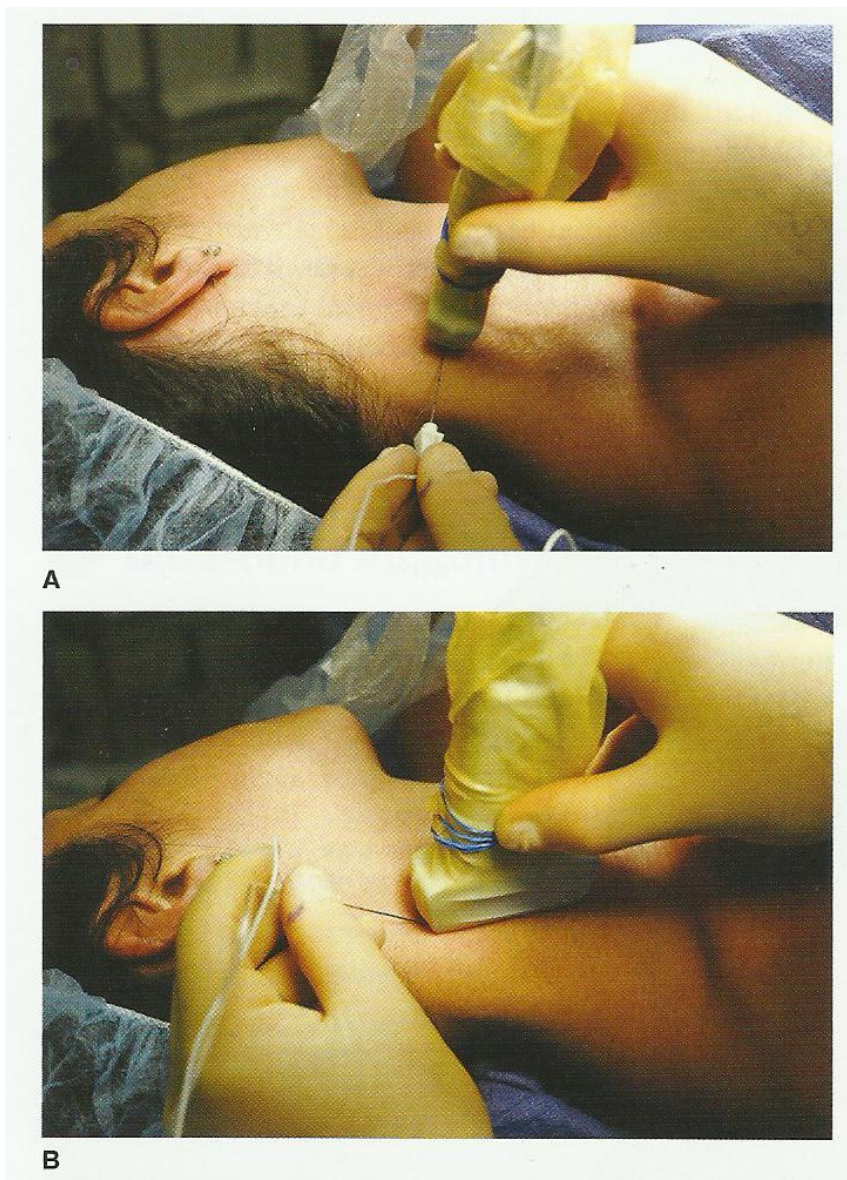
Ο στόχος είναι η τοποθέτηση του άκρου της βελόνας ακριβώς δίπλα από το επιπολής αυχενικό πλέγμα. Σε περίπτωση δυσκολίας στην απεικόνιση του άκρου της βελόνας, τότε η έγχυση του τοπικού αναισθητικού μπορεί να γίνει βαθιά στον στερνοκλειδομαστοειδή μυ, κάτωθεν της προσπονδυλικής περιτονίας. Συνήθως ο όγκος του τοπικού αναισθητικού που χρειάζεται για τον επιτυχή αποκλεισμό είναι από 10 έως 15 ml [10,21].

Τεχνική Αποκλεισμού

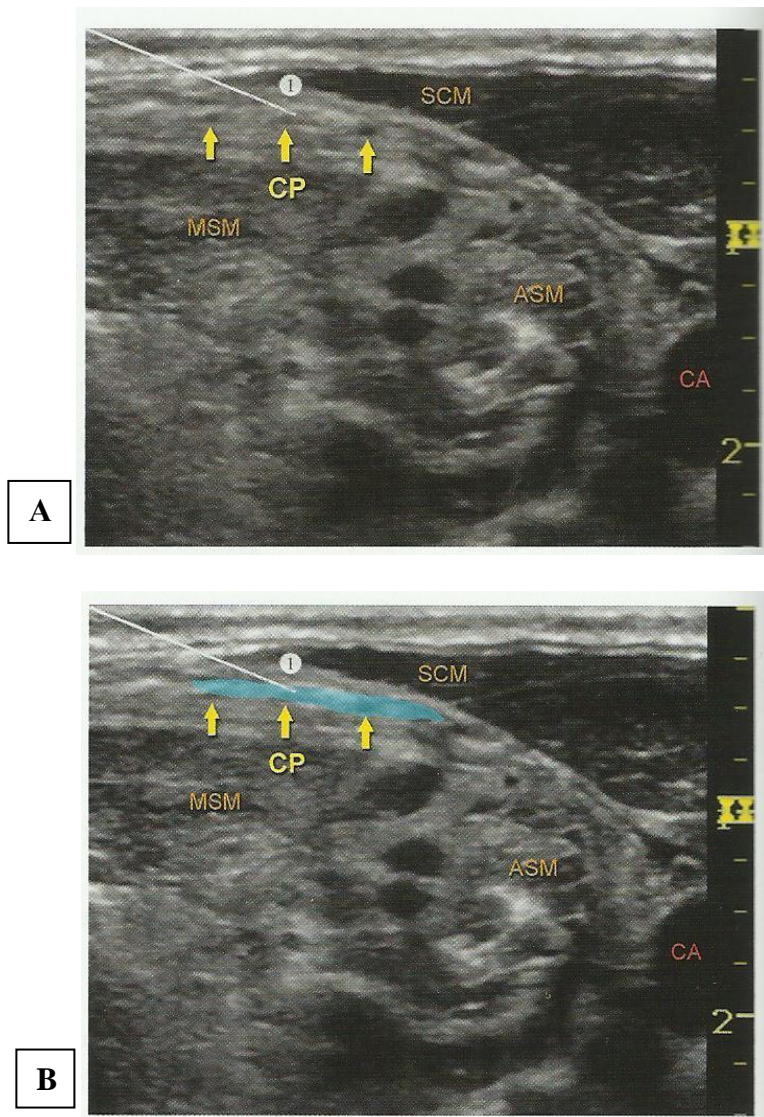
Με τον ασθενή τοποθετημένο στην κατάλληλη θέση, σε ύπτια ή ημι-καθιστή θέση με το κεφάλι ελαφρώς στραμμένο προς την αντίθετη μεριά του αποκλεισμού (Εικόνα 22) και εφόσον έχει απολυμανθεί το δέρμα, ο ηχοβολέας τοποθετείται στον τράχηλο, επικαλύπτοντας τον στερνοκλειδομαστοειδή μυ στο επίπεδο του κρικοειδή χόνδρου. Αφού εντοπιστεί ο στερνοκλειδομαστοειδής, ο ηχοβολέας κινείται πίσω από τον τράχηλο μέχρι το λεπτό οπίσθιο όριο να τοποθετηθεί στο μέσο της οθόνης. Σε αυτό το σημείο, γίνεται μια προσπάθεια να αναγνωριστεί το βραχιόνιο πλέγμα και η διασκαληνική αύλακα μεταξύ των σκαληνών μυών, του προσθίου και του μέσου. Το πλέγμα είναι ορατό σαν μια μικρή συλλογή υπόηχων οζιδίων (σαν κερύθρα) αμέσως κάτω από την προσπονδυλική περιτονία, η οποία επικαλύπτει την διασκαληνική αύλακα (Εικόνα 20).

Αφού αναγνωριστεί το πλέγμα, η βελόνα εισέρχεται στο δέρμα, διαπερνά το μυώδες πλάτυσμα και την προσπονδυλική περιτονία, έτσι ώστε η κορυφή της βελόνας να τοποθετείται δίπλα στο πλέγμα (Εικόνα 23Α). Λόγω της σχετικά ρηχής θέσης του

στόχου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι δυο τεχνικές με τη χρήση υπερήχων, τόσο η εντός πεδίου δέσμης (από την έσω ή πλάγια πλευρά) όσο και η εκτός πεδίου δέσμης τεχνική. Μετά από αρνητική αναρρόφηση, εγχέονται 1 έως 2 ml τοπικού αναισθητικού για να επιβεβαιωθεί η ορθή θέση της έγχυσης. Έπειτα, η υπολειπόμενη ποσότητα τοπικού αναισθητικού (10-15 ml) χορηγείται για να διαχυθεί γύρω από το πλέγμα (Εικόνα 23B) [21,22,24].



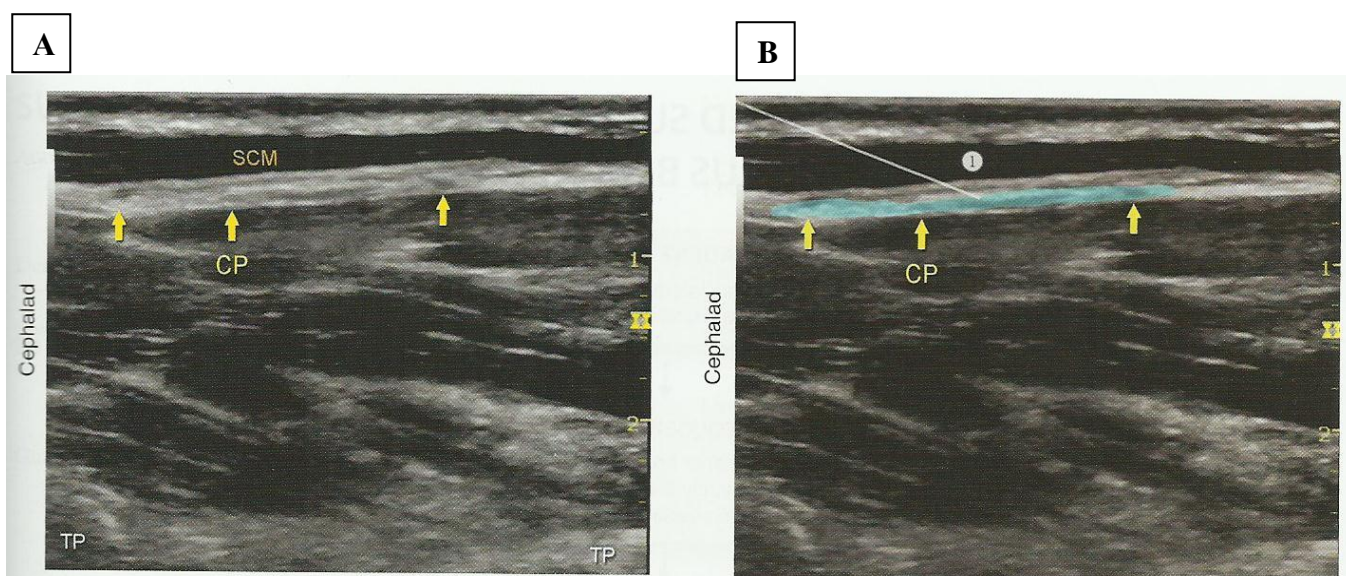
Εικόνα 22. Αποκλεισμός του επιπολής αυχενικού πλέγματος. (A) Εγκάρσια προσέγγιση με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική. (B) Επιμήκης προσέγγιση. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

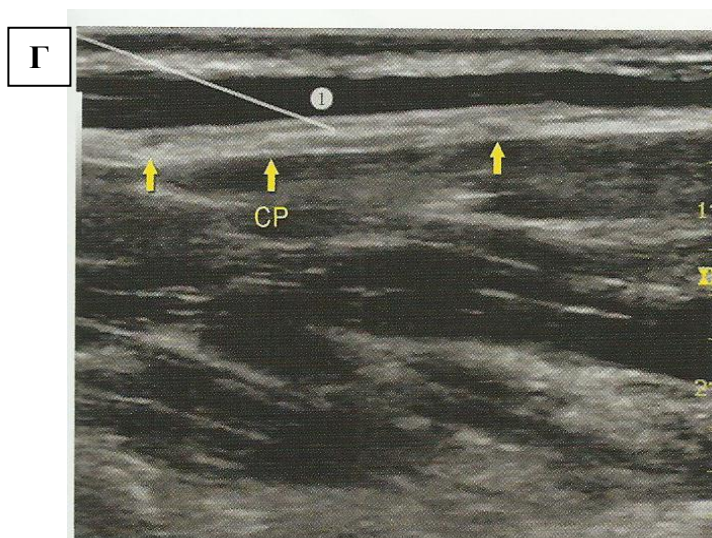


Εικόνα 23. (A) Πορεία της βελόνας (1) και θέση αποκλεισμού του επιπολής αυχενικού πλέγματος (CP), εγκάρσια όψη. Η βελόνα είναι τοποθετημένη ακριβώς κάτω από τον στερνοκλειδομαστοειδή μυ (SCM) και κάτω από την προσπονδυλική περιτονία με

τον ηχοβολέα σε εγκάρσια θέση. **(B)** Η επιθυμητή κατανομή του τοπικού αναισθητικού (περιοχή σκιασμένη με γαλάζιο χρώμα) για αποκλεισμό του επιπολής αυχενικού πλέγματος. Πρόσθιος σκαληνός μυς-ASM; Καρωτίδα-CA, Μέσος σκαληνός μυς-MSM. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Στις περιπτώσεις που το πλέγμα δεν είναι ορατό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια εναλλακτική υποστερνοκλειδομαστοειδής προσέγγιση. Σε αυτή την περίπτωση, η βελόνα περνά πίσω από τον στερνοκλειδομαστοειδή μυ και το άκρο της κατευθύνεται στο διάστημα μεταξύ του στερνοκλειδομαστοειδούς και της προσπονδυλικής περιτονίας, κοντά στο οπίσθιο χείλος του συγκεκριμένου μύς (Εικόνα 24Α, 2Β). Χορηγείται τοπικό αναισθητικό (10-15ml) και θα πρέπει να φαίνεται ότι τοποθετείται μεταξύ του στερνοκλειδομαστοειδούς και της υποκείμενης προσπονδυλικής περιτονίας (Εικόνα 24Γ) [23,24,25].





Εικόνα 24. (A) Επιμήκης απεικόνιση του επιπολής αυχενικού πλέγματος (CP) στο κάτω μέρος του πλάγιου ορίου του στερνοκλειδομαστοειδούς μύος (SCM). (B) Η επιθυμητή διάχυση του τοπικού αναισθητικού κάτωθεν της τραχηλικής περιτονίας για αποκλεισμό του αυχενικού πλέγματος. (Γ) Τοποθέτηση της βελόνης για αποκλεισμό του επιπολής αυχενικού πλέγματος. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Σε περίπτωση που η έγχυση του τοπικού αναισθητικού δεν φαίνεται να έχει ως αποτέλεσμα την επιθυμητή κατανομή, μπορεί να είναι απαραίτητη η επανατοποθέτηση της βελόνας και η επιπλέον έγχυση. Επειδή το επιπολής αυχενικό πλέγμα απαρτίζεται αποκλειστικά από αισθητικά νεύρα, συνήθως δεν απαιτείται υψηλή συγκέντρωση τοπικού αναισθητικού; 0.25%-0.5% ροπιβακαΐνης, 0.25% βουπιβακαΐνης ή 1% λιδοκαΐνης είναι παραδείγματα καλής επιλογής.

Η απεικόνιση του πλέγματος δεν είναι απαραίτητη για να εφαρμοστεί ο συγκεκριμένος αποκλεισμός εφόσον κάποιες φορές δεν είναι τόσο εύκολα ορατό. Η

χορήγηση 10 έως 15 ml τοπικού αναισθητικού βαθιά στον στερνοκλειδομαστοειδή μυ, παρέχει ασφαλή αποκλεισμό χωρίς να επιβεβαιωθεί η θέση του πλέγματος.

Το επιπολής αυχενικό πλέγμα επικαλύπτει το βραχιόνιο πλέγμα (για παράδειγμα, κείται επιφανειακά στη διασκαληνική αύλακα και κάτω από την προσπονδυλική περιτονία). Αυτό εξυπηρετεί ως υπερηχογραφικό σημείο αναγνωρίζοντας τους σκαληνούς μύες, τα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος ή την ίδια την αύλακα και την προσπονδυλική περιτονία [23,26,27].

Διασκαληνικός Αποκλεισμός Βραχιονίου Πλέγματος

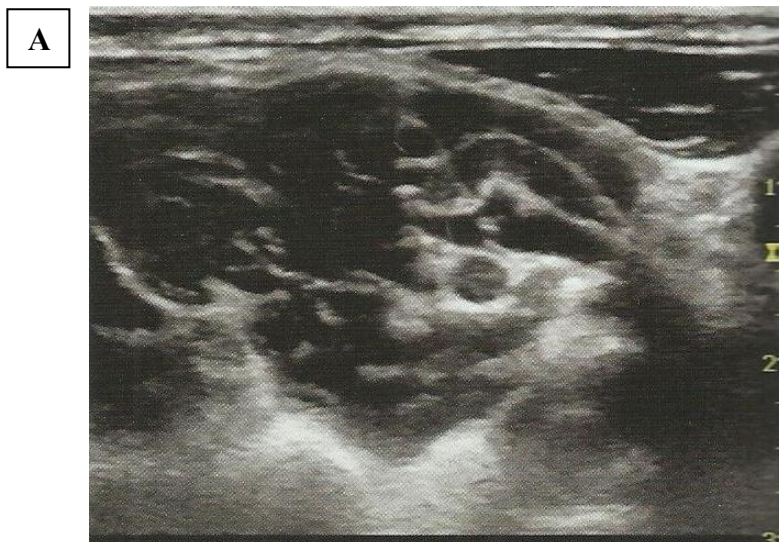
Γενικές Εκτιμήσεις

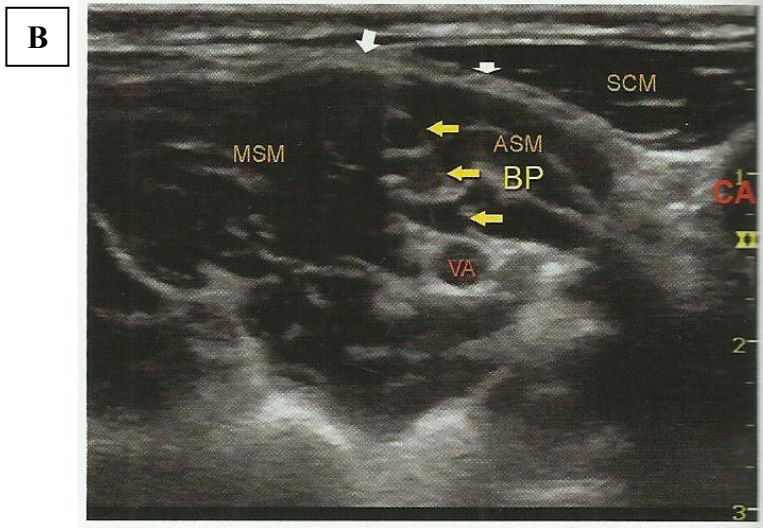
Η υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη τεχνική για τον διασκαληνικό αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος διαφέρει από την νευροδιέγερση και από άλλες τεχνικές που βασίζονται στα ανατομικά οδηγία σημεία. Το σημαντικότερο είναι ότι απεικονίζεται σε πραγματικό χρόνο η κατανομή του τοπικού αναισθητικού για να επιβεβαιωθεί η επαρκής έγχυση γύρω από το βραχιόνιο πλέγμα. Η καθοδήγηση με τον υπέρηχο επιτρέπει τις πολλαπλές εγχύσεις γύρω από το βραχιόνιο πλέγμα, εξαλείφοντας έτσι την εξάρτηση από μια μόνο έγχυση μεγάλου όγκου τοπικού αναισθητικού για επιτυχή αποκλεισμό όπως με την περίπτωση των τεχνικών χωρίς την χρήση υπερήχων. Η δυνατότητα έγχυσης πολλαπλών μικρών δόσεων τοπικού αναισθητικού επιτρέπει πολλές φορές μείωση του όγκου τοπικού αναισθητικού που απαιτείται για να επιτευχθεί ο αποκλεισμός. Επίσης, είναι πιθανή η επανάληψη του αποκλεισμού σε περίπτωση ανεπαρκούς αναισθησίας, μια επιλογή διαχείρισης που είναι ασταθής χωρίς τη βοήθεια

του υπέρηχου. Τέλος, ο κίνδυνος τραυματισμού και κατ' επέκταση τρώσης μεγάλου αγγείου και νεύρου κατά τη διενέργεια του αποκλεισμού με υπέρηχο είναι σημαντικά μειωμένη [1].

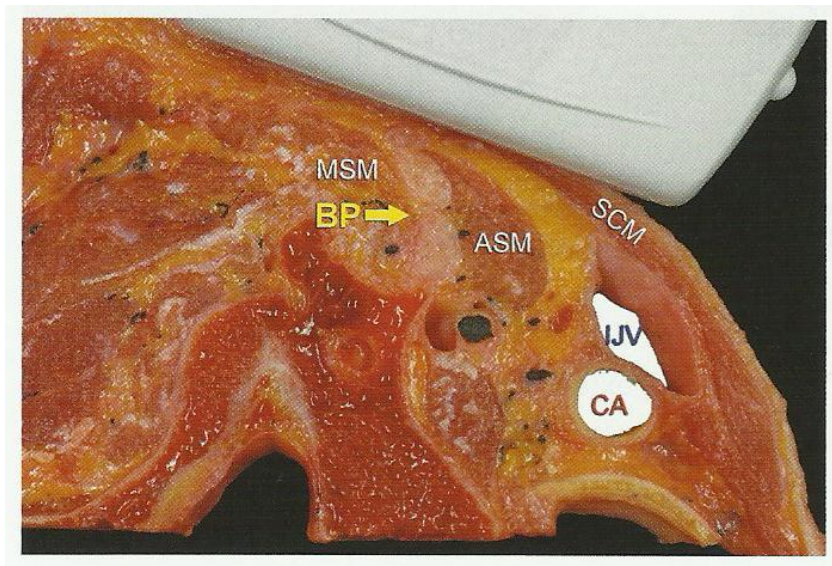
Ηχοανατομία

Το βραχιόνιο πλέγμα στο επίπεδο των σκαληνών μυών απεικονίζεται επί τα εκτός της καρωτίδας αρτηρίας, μεταξύ του πρόσθιου και του μέσου σκαληνού μυ (Εικόνες 25,26). Η προσπονδυλική περιτονία, το επιπολής αυχενικό πλέγμα και ο στερνοκλειδομαστοειδής μυς απεικονίζονται πιο επιφανειακά σε σχέση με το βραχιόνιο πλέγμα. Ο ηχοβολέας σαρώνει την περιοχή με κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω έως ότου δύο ή περισσότερα από τα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος εντοπιστούν στο χώρο μεταξύ των σκαληνών μυών. Ανάλογα με το βάθος του πεδίου που επιλέγεται και το επίπεδο στο οποίο διενεργείται η σάρωση εντοπίζονται η πρώτη πλευρά και η κορυφή του πνεύμονα. Το βραχιόνιο πλέγμα είναι συνήθως ορατό σε βάθος 1 έως 3 cm [28,31].





Εικόνα 25. (A) Το βραχιόνιο πλέγμα (BP) φαίνεται μεταξύ του μέσου σκαληνού μυός και του πρόσθιου σκαληνού μυός. Η καρωτίδα σε αυτή την εικόνα φαίνεται επί τα εντός του πλέγματος σε βάθος 1 εκατοστού. (B) Χαρακτηριστική εικόνα του βραχιονίου πλέγματος. Το επιπολής αυχενικό πλέγμα (λευκό βέλος) απεικονίζεται πίσω από το οπίσθιο χείλος του στερνοκλειδομαστοειδούς και κάτωθεν της προσπονδυλικής περιτονίας. Σε αυτή την εικόνα, απεικονίζονται επίσης η σπονδυλική αρτηρία (VA), η καρωτίδα (CA) καθώς και η εγκάρσια απόφυση του A₆ αυχενικού σπονδύλου. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



*Εικόνα 26. Η σχετική ανατομία για τον διασκαληνικό αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος. Το βραχιόνιο πλέγμα φαίνεται ανάμεσα στο μέσο σκαληνό μυ (MSM) από τα πλάγια και τον πρόσθιο σκαληνό μυ (ASM) από την έσω μεριά. Hadzic A. Hadzic's *Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].*

Κατανομή Αποκλεισμού

Η προσέγγιση του διασκαληνικού αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος ενδείκνυται για επεμβάσεις της περιοχής του ώμου και του άνω βραχίονα. Το κατώτερο στέλεχος μπορεί επίσης να αποκλειστεί για πιο περιφερική αναισθησία, από επιπλέον επιλεγμένη έγχυση, βαθύτερη στο πλέγμα. Αυτό επιτυγχάνεται είτε ελέγχοντας την ανακατεύθυνση της βελόνας χαμηλότερα ή με επιπλέον σάρωση με τον ηχοβολέα για απεικόνιση του κατώτερου στελέχους για να εφαρμοστεί άλλη μια εισαγωγή της βελόνας για στοχευμένη έγχυση [1,31].

Τεχνική Αποκλεισμού

Κάθε θέση που επιτρέπει την άνετη τοποθέτηση του ηχοβολέα και την προώθηση της βελόνας θεωρείται κατάλληλη. Ο αποκλεισμός τυπικά διενεργείται με τον ασθενή σε ύπτια θέση, ημικαθιστή ή ημιπλάγια θέση κατάκλισης, με το πρόσωπό του να κοιτάει από την αντίθετη πλευρά που πρόκειται να πραγματοποιηθεί ο αποκλεισμός. Η ημιπλάγια θέση κατάκλισης μπορεί να αποδειχθεί εργονομικά πιο κατάλληλη, ειδικά κατά την εντός πεδίου προσέγγιση με τον υπέρηχο από την πλάγια μεριά, όπου η βελόνα εισέρχεται στο δέρμα από την οπισθοπλάγια πλευρά του τραχήλου. Μια ελαφριά ανύψωση στο κεφάλι του κρεβατιού είναι συχνά πιο άνετα για τον ασθενή και επιτρέπει καλύτερη παροχέτευση και μικρότερη διάταση των αυχενικών φλεβών [12,29].

Η τήρηση των αυστηρών ανατομικών σημείων είναι μικρότερης σημασίας όσον αφορά τον αποκλεισμό του διασκαληνικού με τη χρήση υπερήχων από ότι είναι στη περίπτωση των τεχνικών που βασίζονται αποκλειστικά στα ανατομικά σημεία. Παρόλα αυτά, η γνώση της υποκείμενης ανατομίας και η θέση του βραχιονίου πλέγματος είναι σημαντικά για τη διευκόλυνση της αναγνώρισης των ανατομικών δομών με τον υπέρηχο. Η σάρωση συνήθως αρχίζει ακριβώς κάτω από το επίπεδο του κρικοειδούς χόνδρου και στο μέσο του στερνοκλειδομαστοειδούς μυός με σκοπό να αναγνωριστεί η καρωτίδα.

Το δέρμα απολυμαίνεται και τοποθετείται ένα αποστειρωμένο διαφανές κάλυμα στον ηχοβολέα ο οποίος τοποθετείται εγκάρσια για να απεικονιστεί η καρωτίδα (Εικόνα 27). Αφού προσδιοριστεί η καρωτίδα, ο ηχοβολέας ολισθαίνει αργά και πλάγια κατά μήκος του αυχένα. Ο σκοπός είναι να προσδιοριστούν οι σκαληνοί μύες, και το βραχιόνιο πλέγμα που στριμώχνονται μεταξύ των σκαληνών μυών, του πρόσθιου και μέσου.

Έπειτα, η βελόνα εισάγεται παράλληλα στον επιμήκη άξονα του ηχοβολέα, δηλαδή με την τεχνική της εντός δέσμης προσέγγιση προς το βραχιόνιο πλέγμα, τυπικά σε μια κατεύθυνση από έξω προς τα έσω (Εικόνα 29) ή και αντίστροφα αν θεωρηθεί πιο βολικό. Καθώς η βελόνα περνά μέσα από την προσπονδυλική περιτονία, συνήθως υπολογίζεται μια ασφαλής «χορήγηση» [31].

Όταν χρησιμοποιείται διέγερση των νεύρων (0.5 mA, 0.1 msec) η εισαγωγή της βελόνας στη διασκαληνική αύλακα συχνά συνδέεται με μια κινητική απάντηση από τον ώμο, τον βραχίονα ή το αντιβράχιο ως μια ακόμη επιβεβαίωση της σωστής τοποθέτησης της βελόνας. Μετά από μια προσεκτική αναρρόφηση για να αποκλειστεί η τοποθέτηση της βελόνας ενδαγγειακά, εγχέεται 1 έως 2 mL τοπικού αναισθητικού για να επιβεβαιωθεί η σωστή τοποθέτηση της. Η έγχυση αρκετής ποσότητας τοπικού αναισθητικού συχνά μετατοπίζει το βραχιόνιο πλέγμα μακριά από τη βελόνα [32].

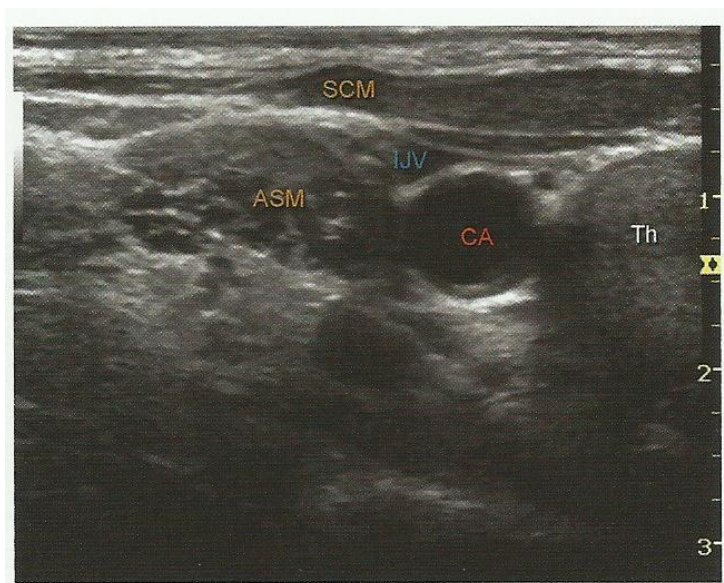
Μια επιπλέον προώθηση της βελόνας 1 έως 2 mm προς το βραχιόνιο πλέγμα, μπορεί να αποβεί χρήσιμη για να διασφαλιστεί η σωστή διάχυση του τοπικού αναισθητικού (Εικόνα 30B). Κάθε φορά που η βελόνα προωθείται περισσότερο ή γίνονται πολλαπλές εγχύσεις, η διαβεβαίωση της απουσίας υψηλής αντίστασης στην έγχυση μειώνει τον κίνδυνο ενδονευρικής έγχυσης. Όταν η έγχυση του τοπικού αναισθητικού δεν φαίνεται να έχει μια κυκλική κατανομή γύρω από το βραχιόνιο πλέγμα, μπορεί να είναι αναγκαία η επανατοποθέτηση της βελόνας και οι επιπλέον εγχύσεις [29,30].

Σε έναν ενήλικα ασθενή, 15 έως 25 ml τοπικού αναισθητικού συνήθως είναι επαρκής δόση για επιτυχή και γρήγορη έναρξη του αποκλεισμού. Μικρότεροι όγκοι τοπικού αναισθητικού, είναι επίσης αποτελεσματικοί, όμως το ποσοστό επιτυχίας τους στην καθημερινή κλινική πράξη μπορεί να είναι μικρότερο από αυτό που αναφέρεται σε διεξαγόμενες κλινικές δοκιμές [32].

Στόχος

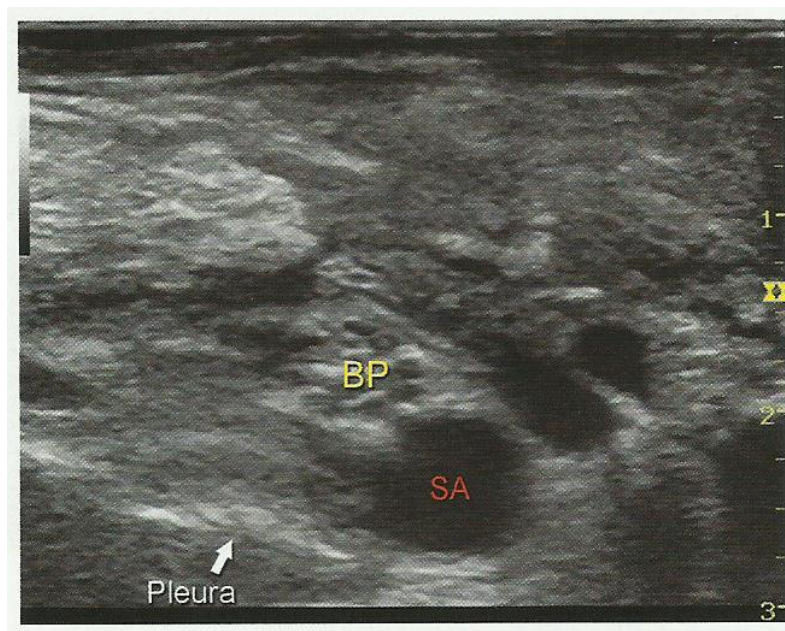
Ο στόχος αυτής της τεχνικής είναι η τοποθέτηση της βελόνας στο χώρο των ιστών μεταξύ του πρόσθιου και μέσου σκαληνού μύος, για να πραγματοποιηθεί έγχυση τοπικού αναισθητικού έως ότου η επέκταση της κατανομής του γύρω από το βραχιόνιο πλέγμα να επιβεβαιωθεί μέσω του υπέρηχου. Ο όγκος του τοπικού αναισθητικού και ο αριθμός των παρακεντήσεων της βελόνας που εφαρμόζεται κατά τον αποκλεισμό, καθορίζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας και εξαρτώνται από την επαρκή διάχυση του τοπικού αναισθητικού που παρατηρείται σε πραγματικό χρόνο.

Σε περίπτωση που υπάρχει δυσκολία στην απεικόνιση του βραχιονίου πλέγματος ανάμεσα στους σκαληνούς μύες, ο ηχοβολέας μετακινείται πιο χαμηλά στον υπερκλείδιο βόθρο. Σε αυτή τη θέση, το βραχιόνιο πλέγμα αναγνωρίζεται πλάγια και πιο επιφανειακά από την υποκλείδιο αρτηρία (Εικόνα 28). Από το σημείο αυτό, το βραχιόνιο πλέγμα εντοπίζεται κεφαλικά στο επιθυμητό επίπεδο [31,34].

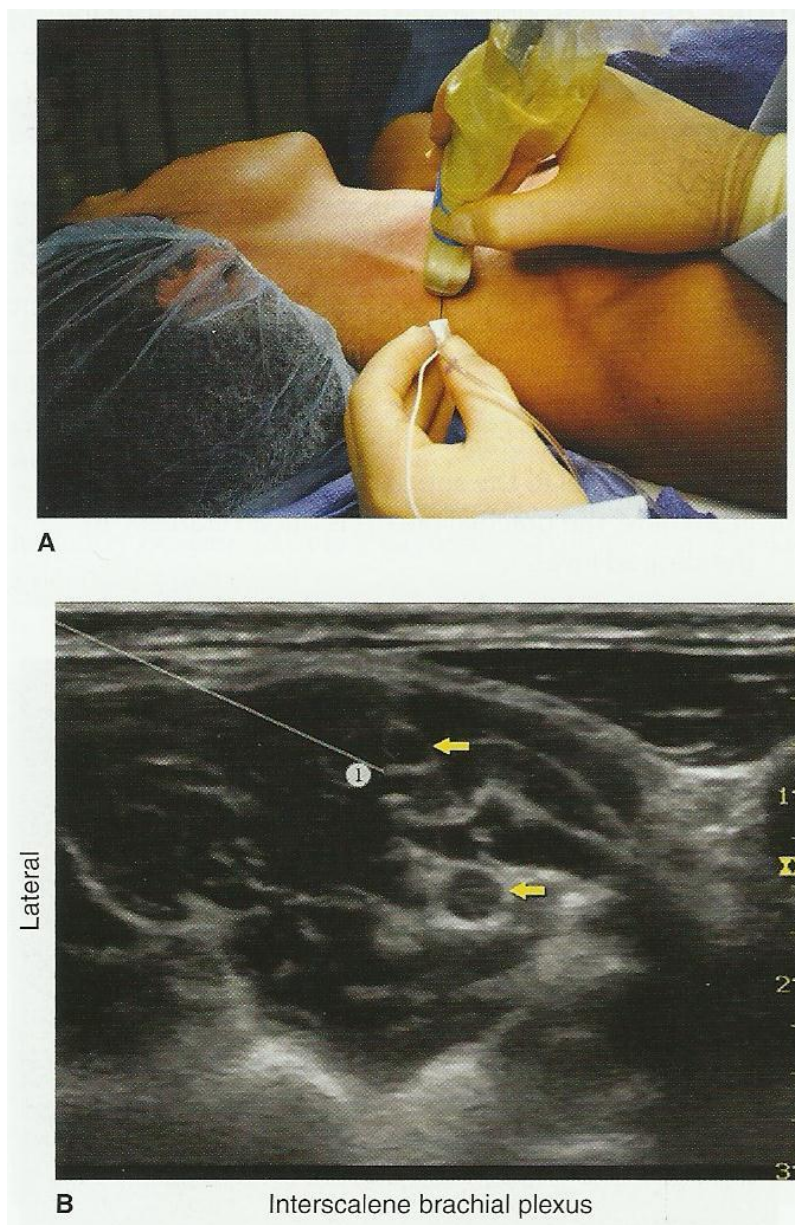


Εικόνα 27. Η υπερηχογραφική εικόνα ακριβώς κάτω από το επίπεδο του κρικοειδούς χόνδρου και επί τα εντός του στερνοκλειδομαστοειδούς μύος. Πρόσθιος

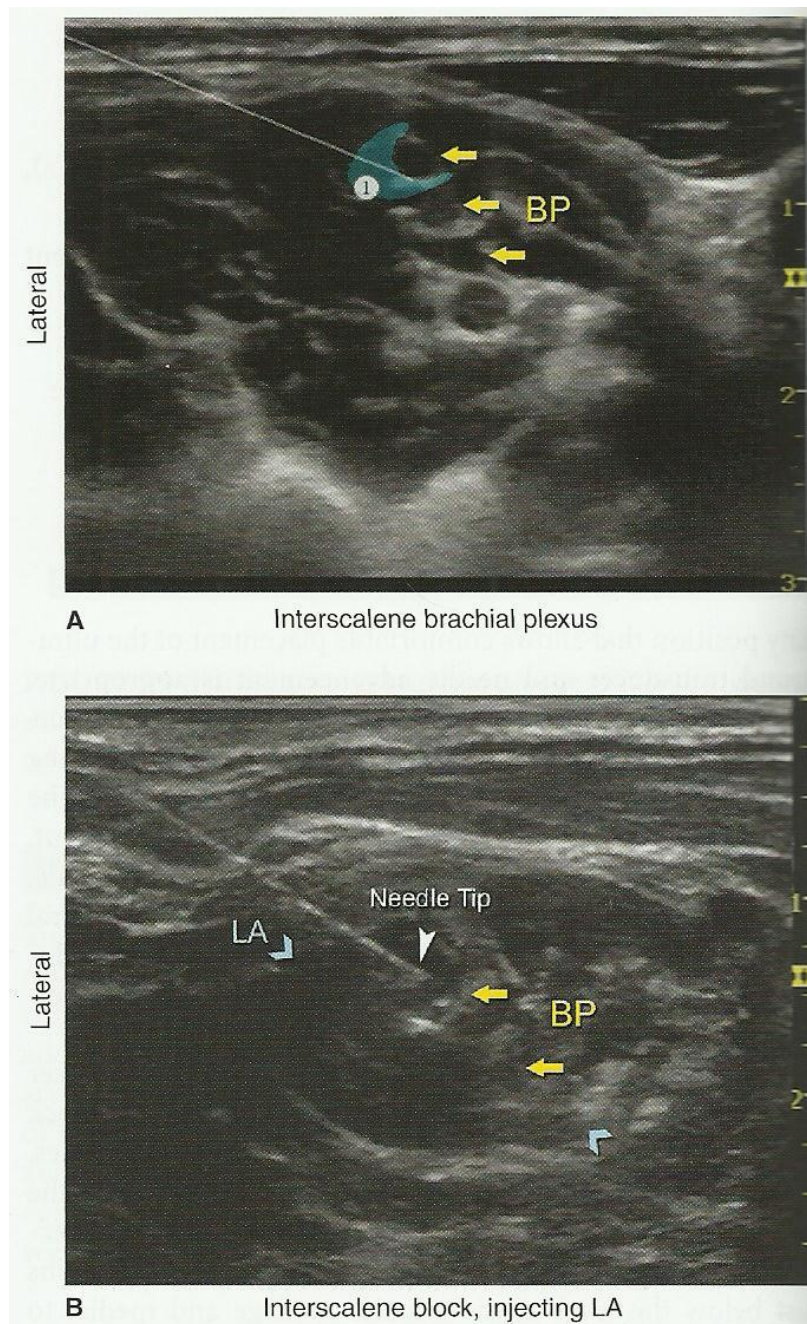
σκαληνός μυς-ASM, Στερνοκλειδομαστοειδής μυς-SCM, Έξω σφαγίτιδα φλέβα-IJV
Καρωτίδα-CA, Θυρεοειδής αδένας-Th. Hadzic A. Hadzic's *Peripheral Nerve Blocks and
Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA,
2012 [1].



Εικόνα 28. Εικόνα του βραχιονίου πλέγματος (BP) στον υπερκλείδιο βόθρο. Όταν υπάρχει δυσκολία αναγνώρισης του βραχιονίου πλέγματος στο διασκαληνικό επίπεδο, τότε ο ηχοβολέας τοποθετείται στον υπερκλείδιο βόθρο για να αναγνωρισθεί το βραχιόνιο πλέγμα επιφανειακά και πλάγια της υποκλειδίου αρτηρίας (SA). Ο ηχοβολέας τότε μετακινείται ελαφρώς κεφαλικά, ενώ συνεχώς απεικονίζεται το βραχιόνιο πλέγμα μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο. Υπεζοκώτας απεικονίζεται κάτωθεν της αρτηρίας (Pleura). Hadzic A. Hadzic's *Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



Εικόνα 29. (A) Τοποθέτηση του ηχοβολέα και εισαγωγή της βελόνας. (B) Θέση της βελόνας (1) για τον διασκαληνικό αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος με την εντός πεδίου προσέγγιση. Το άκρο της βελόνας φαίνεται να έρχεται σε επαφή με τον άνω πρωτεύων στέλεχος του βραχιονίου πλέγματος (κίτρινα βέλη). Αυτό πάντα έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή πίεση έγχυσης (>15 psi) δείχνοντας έτσι ότι η βελόνα θα πρέπει να αποσυρθεί ελαφρώς μακριά από το στέλεχος. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



Εικόνα 30. (A) Μια μικρή ποσότητα τοπικού αναισθητικού εγχέεται για να επιβεβαιωθεί η σωστή τοποθέτηση της βελόνας (σκίαση με γαλάζιο χρώμα). Μια σωστά τοποθετημένη βελόνα έχει ως αποτέλεσμα τη διάχυση του τοπικού αναισθητικού ανάμεσα ή/και παράλληλα στις ρίζες του βραχιονίου πλέγματος (BP). (B) Η τοποθέτηση της βελόνας (λευκό βέλος) υπό άμεση όραση στη διασκαληνική αύλακα με το τοπικό

αναισθητικό να διαχέεται και να κατανέμεται γύρω από το βραχιόνιο πλέγμα. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Συστάσεις

Η παρουσία της κινητικής απάντησης στη διέγερση των νεύρων είναι χρήσιμη αλλά δεν είναι απαραίτητη η πρόκληση της στη περίπτωση που το πλέγμα, η βελόνα και η διάχυση του τοπικού αναισθητικού απεικονίζονται ξεκάθαρα.

Ο τράχηλος είναι μια πολύ αγγειοβριθής περιοχή και θα πρέπει με προσοχή να εισάγεται η βελόνα και πριν γίνει η έγχυση του τοπικού αναισθητικού ανάμεσα στο αγγειακό δίκτυο να γίνεται αναρρόφηση. Έχει ιδιαίτερη σημασία να αποφεύγεται η σπονδυλική αρτηρία και οι κλάδοι του θυρεοαυχενικού στελέχους: η κάτω θυρεοειδική αρτηρία, η υπερπλάτια αρτηρία και η εγκάρσια αυχενική αρτηρία.

Πρέπει πάντοτε να αποφεύγεται η έγχυση κατά της υψηλής αντίστασης (>15 psi) διότι αυτό μπορεί να είναι ένδειξη επαφής βελόνας – νεύρου ή ενδαγγειακής έγχυσης [33,34].

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πολλαπλών εγχύσεων

Πλεονέκτημα: Μπορεί να επιταχύνει την έναρξη δράσης και το ποσοστό επιτυχίας του διασκαληνικού αποκλεισμού.

Πλεονέκτημα: Μειώνεται ο συνολικός όγκος και η δόση του τοπικού αναισθητικού που απαιτείται για να επιτευχθεί ο αποκλεισμός.

Μειονέκτημα: Μπορεί να διατρέχει μεγαλύτερο κίνδυνο τραυματισμού του νεύρου επειδή μέρος του πλέγματος μπορεί να αναισθητοποιηθεί από τις αλληπάλληλες εγχύσεις που γίνονται.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Είναι σημαντικό να αποφεύγεται η υψηλή αντίσταση στην έγχυση και η επαφή βελόνας – νεύρου γιατί έτσι μπορεί να αποτραπεί η ενδονευρική έγχυση εφόσον η αξιοπιστία στη διέγερση του νεύρου με πολλαπλές εγχύσεις μειώνεται [30,31,34].

Συνεχής υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος διασκαληνικός αποκλεισμός

Ο σκοπός του συνεχούς διασκαληνικού νευρικού αποκλεισμού είναι παρόμοιος με τις μη-υπερηχογραφικά καθοδηγούμενες τεχνικές: η τοποθέτηση του καθετήρα στην περιοχή γύρω από τα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος μεταξύ των σκαληνών μυών. Η διαδικασία αποτελείται από τρία στάδια: την τοποθέτηση της βελόνας, την προώθηση του καθετήρα και την διασφάλιση του καθετήρα. Για τα δύο πρώτα στάδια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υπέρηχος για να επιβεβαιωθεί με ακρίβεια η διαδικασία. Η βελόνα εισέρχεται με την τεχνική της εντός πεδίου δέσμης, με κατεύθυνση από έξω προς τα έσω και κάτω από την προσπονδυλική περιτονία για να εισαχθεί στον διασκαληνικό χώρο, μολονότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλες κατευθύνσεις της βελόνας.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διεγχειρόμενοι και μη διεγχειρόμενοι καθετήρες, αν και για λόγους απλούστευσης, προτιμούνται οι μη διεγχειρόμενοι καθετήρες για τον συνεχή υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο διασκαληνικό αποκλεισμό.

Η σωστή τοποθέτηση της βελόνας μπορεί επίσης να επιβεβαιωθεί από την λήψη μιας κινητικής απάντησης του δελτοειδούς μυός, του βραχίονα ή του αντιβράχιου (0.5 mA, 0.1 msec) στο σημείο των οποίων μπορεί να εγχυθούν 4 έως 5 ml τοπικού

αναισθητικού. Αυτή η μικρή δόση τοπικού αναισθητικού χρησιμεύει για να διασφαλιστεί η επαρκής κατανομή του τοπικού αναισθητικού, καθώς επίσης και η προώθηση του καθετήρα με αυτό τον τρόπο είναι πιο βολική για τον ασθενή. Η πρώτη φάση της διαδικασίας δεν διαφέρει σημαντικά από την τεχνική της ενιαίας έγχυσης. Η δεύτερη φάση της διαδικασίας περιλαμβάνει τη διατήρηση της βελόνας στο σωστό σημείο και την εισαγωγή του καθετήρα 2 έως 3 εκατοστά στον διασκαληνικό χώρο, στην περιοχή γύρο από το βραχιόνιο πλέγμα. Η εισαγωγή του καθετήρα μπορεί να επιτευχθεί με έναν μόνο χειρουργό ή με έναν βοηθό. Η κατάλληλη θέση του καθετήρα καθορίζεται είτε με την απεικόνιση της πορείας του καθετήρα ή με την έγχυση τοπικού αναισθητικού μέσω του καθετήρα. Σε περίπτωση που αυτό αποδειχθεί δύσκολο, εναλλακτικά, μπορεί να εγχυθεί μια μικρή ποσότητα αέρα (1 ml) για να επιβεβαιωθεί η θέση του άκρου του καθετήρα.

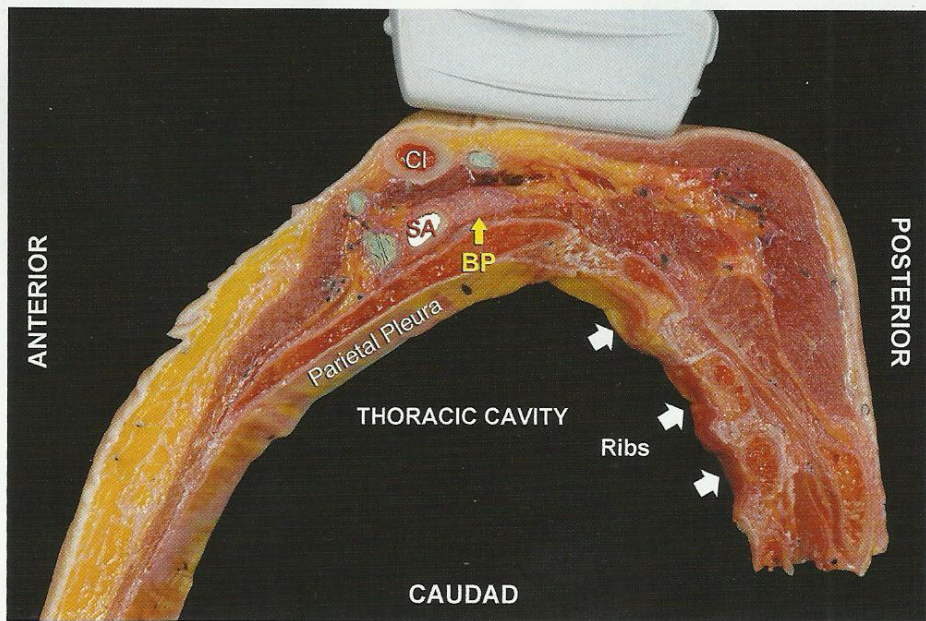
Δεν υπάρχει επίσημη οδηγία για το τι συνιστά το ιδανικό σύστημα στερέωσης του καθετήρα. Ο καθετήρας ασφαρίζεται είτε στερεώνοντας τον στο δέρμα ή με διάνοιξη. Ορισμένοι κλινικοί ιατροί έχουν προτίμηση σε μία από τις δύο τεχνικές. Όμως, η απόφαση σχετικά με το ποια μέθοδος θα χρησιμοποιηθεί, βασίζεται στην ηλικία του ασθενούς, στη διάρκεια της θεραπείας με καθετήρα και στην ανατομία. Η διάνοιξη μπορεί να είναι προτιμότερη σε μεγαλύτερης ηλικίας ασθενείς με παχυσαρκία ή ευκίνητο δέρμα στην περιοχή του τραχήλου και όταν αναμένεται μεγαλύτερη διάρκεια έγχυσης με καθετήρα. Τα δύο κύρια μειονεκτήματα της διάνοιξης είναι ο κίνδυνος να μετακινηθεί ο καθετήρας κατά την διάνοιξη και η πιθανή δημιουργία ουλής. Πλέον είναι διαθέσιμες συσκευές στερέωσης των καθετήρων που βοηθούν την σταθεροποίηση του καθετήρα [35,36,37].

Υπερκλείδιος Αποκλεισμός Βραχιονίου Πλέγματος

Γενικές Εκτιμήσεις

Το γεγονός ότι η υπερκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος ανατομικά βρίσκεται σε μια θέση πολύ κοντά στην θωρακική κοιλότητα και στον υπεζωκότα (Εικόνα 31), έχει προβληματίσει πολλούς επαγγελματίες όσον αφορά τις μη-υπερηχογραφικά καθοδηγούμενες τεχνικές, διότι έχει υψηλό ποσοστό ιατρογενούς πνευμοθώρακα. Ωστόσο, ο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός έχει οδηγήσει σε αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την υπερκλείδια προσέγγιση του βραχιονίου πλέγματος. Η δυνατότητα απεικόνισης του πλέγματος, της πλευράς, του υπεζωκότα και της υποκλειδίου αρτηρίας με υπερηχογραφική καθοδήγηση, προσφέρει αυξημένη ασφάλεια έναντι των τυφλών τεχνικών μια και η βελόνα επίσης είναι ορατή κατά τη διενέργεια του αποκλεισμού [38].

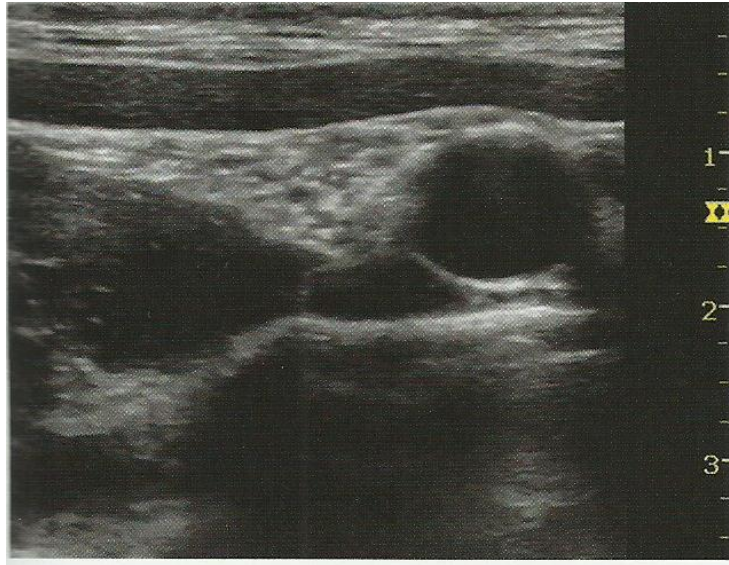
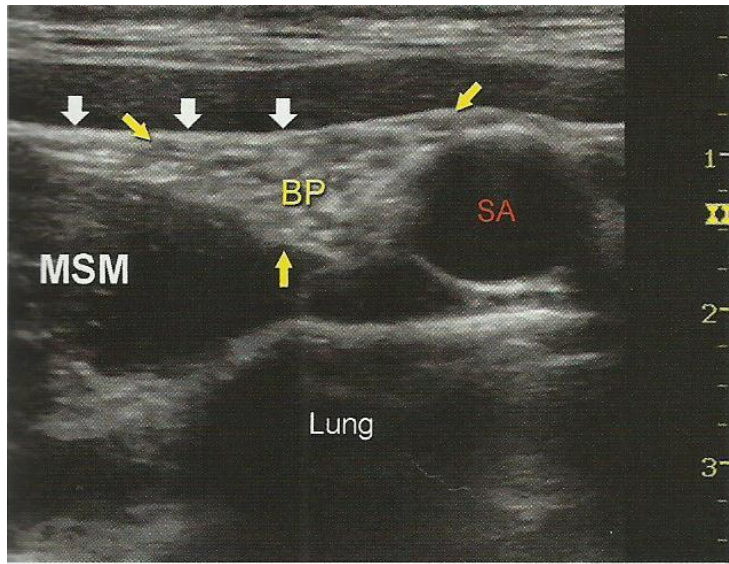
Επειδή τα στελέχη και οι τελικοί κλάδοι του βραχιονίου πλέγματος διαπλέκονται μεταξύ τους πάνω από την πρώτη πλευρά, η έναρξη και η ποιότητα της αναισθησίας είναι γρήγορη και πλήρης. Για αυτούς τους λόγους, ο υπερκλείδιος αποκλεισμός είναι πλέον μια δημοφιλής τεχνική για χειρουργικές επεμβάσεις κάτω από τον ώμο [39,41].



Εικόνα 31. Ανατομία του βραχιονίου πλέγματος στην υπερκλείδια χώρα. Η σωστή τοποθέτηση του ηχοβολέα με μια μικρή γωνίωση πάνω από την κλείδα. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Ηχοανατομία

Η υποκλείδια αρτηρία διασταυρώνεται με την πρώτη πλευρά ανάμεσα στις καταφύσεις των σκαληνών μυών, του προσθίου και του μέσου, περίπου στο μέσον της κλείδας. Η υποκλείδιος αρτηρία είναι άμεσα εμφανής στην οθόνη και αναγνωρίζεται με ευκολία πάνω από την πρώτη πλευρά, ενώ ο τοιχωματικός υπεζοκότας και η πρώτη πλευρά απεικονίζονται ως γραμμικές υπερηχογενής δομές επί τα εκτός της αρτηρίας και πιο βαθιά από την αρτηρία (Εικόνα 32). Η πλευρά ως μία οστεώδης δομή, προκαλεί μια ακουστική σκιά, έτσι ώστε το πεδίο της εικόνας, βαθύτερα της πλευράς εμφανίζεται άνηχος ή σκοτεινή.

A**B**

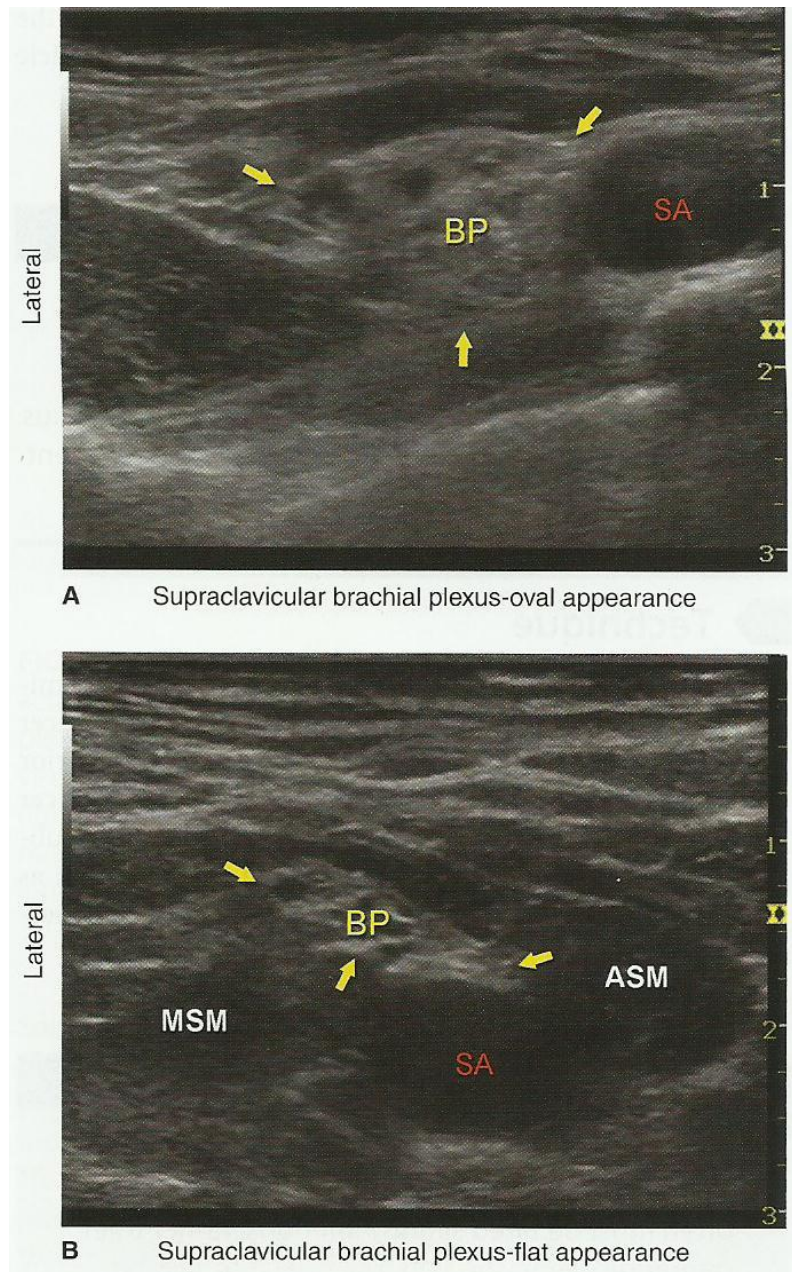
Εικόνα 32. (A) Μη επισημασμένη υπερηχογραφική εικόνα του βραχιονίου πλέγματος στην υπερκλείδια χώρα. (B) Το βραχιόνιο πλέγμα απεικονίζεται ελαφρώς επιφανειακά και πλάγια (επί τα εκτός), της υποκλείδιας αρτηρίας στον υπερκλείδιο χώρο το οποίο περιβάλλεται από έλυτρα συνδετικού ιστού. Ανατομικά, απεικονίζεται η κοντινή θέση του υπεζωκότα και του πνεύμονα σε σχέση με το βραχιόνιο πλεγμα και την υποκλείδιο αρτηρία (SA). Μέσος σκαληνός μυσ- (MSM), Λευκά βέλη: Προσπονδυλική περιτονία. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Τεχνικά σφάλματα όπως ψευδείς ανακλάσεις είναι συχνό φαινόμενο, καθώς μιμείται μία δεύτερη υποκλείδια αρτηρία κάτω από την πλευρά. Το βραχιόνιο πλέγμα είναι ορατό ως μια δέσμη που αποτελείται από στρογγυλούς, υποηχογενείς όζους επί τα εκτός και επιφανειακά της αρτηρίας (Εικόνες 32,33). Πολύ συχνά φαίνεται η περιτονία που περιβάλλει το βραχιόνιο πλέγμα. Ανάλογα με το ύψος που σαρώνεται το πλέγμα και τον προσανατολισμό του ηχοβολέα, το βραχιόνιο πλέγμα μπορεί να έχει είτε μια ωοειδές ή πεπλατυσμένη εμφάνιση. Κατά την απεικόνιση του πλέγματος, αυτές οι δύο υπερηχογραφικά διαφορετικές εμφανίσεις, είναι εύκολα ορατές όταν αλλάζει η γωνίωση του ηχοβολέα.

Ο υπερηχογενής υπεζοκώτας βρίσκεται επί τα εκτός αλλά και επί τα εντός της πρώτης πλευράς με τον πνευμονικό ιστό να βρίσκεται βαθύτερα από αυτόν. Αυτή η δομή μπορεί να επιβεβαιωθεί παρατηρώντας μία «κίνηση ολίσθησης» του σπλαχνικού υπεζοκώτα κατά την αναπνοή του ασθενούς. Σε αυτή τη θέση το βραχιόνιο πλέγμα απεικονίζεται 1 με 2 εκατοστά βάθος, σημαντικό ανατομικό χαρακτηριστικό του πλέγματος το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του αποκλεισμού [40-43].

Κατανομή Αποκλεισμού

Η υπερκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος αποτελεί την αναισθησία του άνω άκρου κάτω από τον ώμο διότι όλα τα στελέχη και οι κλάδοι μπορούν να αναισθητοποιηθούν. Όμως, η έσω επιφάνεια του δέρματος του βραχίονα, δεν αναισθητοποιείται ποτέ με καμία τεχνική αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος και σε περίπτωση που χρειαστεί να αποκλειστεί, εφαρμόζεται μια επιπρόσθετη υποδόρια έγχυση πάνω από την μασχαλιαία περιοχή.



Εικόνα 33. (Α) Υπερκλείδιος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος (BP). Η υπερηχογραφική εικόνα απεικονίζει το πλέγμα ως ένα ωοειδές σχήμα που περιβάλλεται από τη θήκη του (κίτρινα βέλη). **(Β)** Η υπερηχογραφική εικόνα του βραχιονίου πλέγματος απεικονίζεται ως μια πεπλατυσμένη μορφή καθώς κατευθύνεται κάτω από την κλείδα μέσα στον υποκλείδιο βόθρο. Υποκλείδιος αρτηρία-SA, Πρόσθιος σκαληνός μυς-ASM. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Το βραχιόνιο πλέγμα είναι μεγαλύτερο και πιο σύνθετο από το αυχενικό πλέγμα. Το πλέγμα σχηματίζεται από την αναστόμωση των πρόσθιων κλάδων των νωτιαίων νεύρων των ριζών A₅ έως A₈ καθώς και από το μεγαλύτερο μέρος του προσθίου κλάδου του Θ₁. Οι ρίζες συγκλίνουν και σχηματίζουν αρχικά τα πρωτεύοντα στελέχη τα οποία ονομάζονται ως άνω (A₅-A₆), μέσο (A₇) και κάτω πρωτεύοντα στελέχη. Καθώς το πλέγμα πλησιάζει την κλείδα, κάθε πρωτεύων στέλεχος δίνει ένα πρόσθιο και ένα οπίσθιο κλάδο που διαπλέκονται για να προκύψουν τα δευτερεύοντα στελέχη τα οποία παίρνουν την ονομασία τους ανάλογα με την τοπογραφική τους σχέση με την μασχालιαία αρτηρία: το έξω, το έσω και το ραχιαίο δευτερεύων στέλεχος. Το βραχιόνιο πλέγμα αναδύεται μεταξύ του πρόσθιου και μέσου σκαληνού μυός και στη συνέχεια καταδύεται πίσω από την κλείδα, όπου σε αυτό το σημείο τα δευτερεύοντα στελέχη εισέρχονται στη κοιλότητα της μασχάλης και πορεύονται πλησίον της μασχालιαίας αρτηρίας. Κάθε δευτερεύων στέλεχος αναδεικνύει ένα κύριο νεύρο. Το μέσο νεύρο και το μυοδερματικό νεύρο προκύπτουν από το έξω δευτερεύων στέλεχος, το ωλένιο νεύρο προκύπτει από το έσω δευτερεύων στέλεχος και το μασχालιαίο νεύρο που σχηματίζει περιφερικότερα το κερκιδικό, προκύπτει από το ραχιαίο δευτερεύων στέλεχος [41,42,44].

Στόχος

Ο στόχος είναι η τοποθέτηση της βελόνας μέσα στη θήκη του βραχιονίου πλέγματος στην περιοχή της υποκλειδίου αρτηρίας έτσι ώστε με την έγχυση του τοπικού αναισθητικού να επιτευχθεί η διάχυση του μέσα στο βραχιόνιο πλέγμα. Με την χρήση υπερήχων, επιβεβαιώνεται παρατηρώντας σε πραγματικό χρόνο, η φυγόκεντρη μετατόπιση των στελεχών και των κλάδων του πλέγματος.

Για την επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή εικόνα, η δέσμη των υπερήχων πρέπει να τέμνει κάθετα το νεύρο προς απεικόνιση. Συνεπώς, ο ηχοβολέας σε αυτή τη περίπτωση χρειάζεται να κάνει μια μικρή κλίση προς τα κάτω αντί να είναι κάθετα στο δέρμα. Ο στόχος είναι η απεικόνιση της αρτηρίας που φαίνεται ως μια σφύζουσα στρογγυλή δομή (εγκάρσια προβολή) αντί για μια ωοειδής ή γραμμική δομή [1,41].

Τεχνική Αποκλεισμού

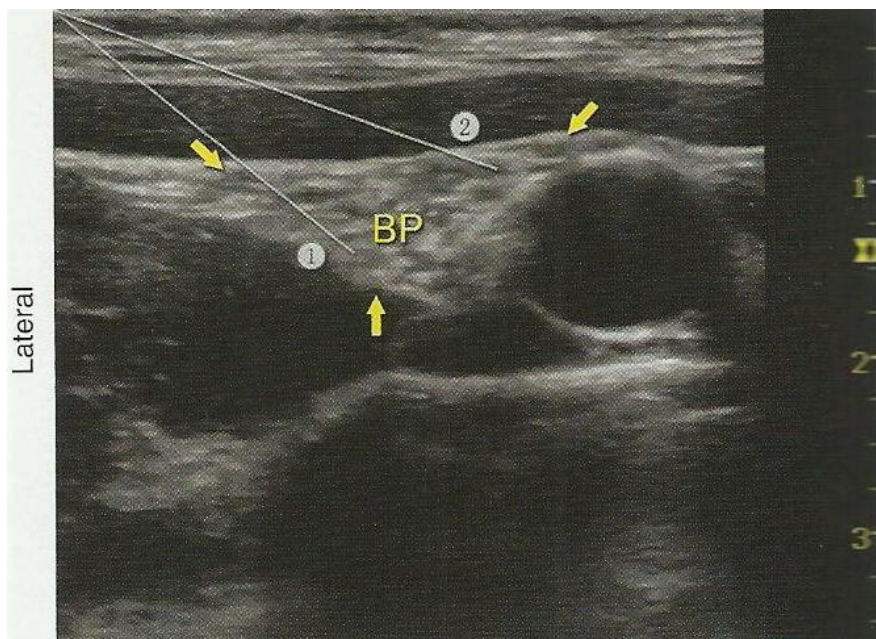
Ο συγκεκριμένος νευρικός αποκλεισμός μπορεί να εφαρμοστεί με τον ασθενή σε ύπτια, ημι-καθιστή θέση με το κεφάλι του ασθενούς στραμμένο από την αντίθετη μεριά που πρόκειται να πραγματοποιηθεί ο αποκλεισμός. Όταν παρίσταται δυνατόν, ζητείται από τον ασθενή να ακουμπήσει το σύστοιχο γόνατο, όπου αυτό θα συμπίεσει την κλείδα ελαφρώς και συνεπώς θα επιτρέψει καλύτερη πρόσβαση στις δομές του προσθιοπλάγιου τραχήλου. Επίσης, μια μικρή ανύψωση της κεφαλής του κρεβατιού είναι συχνά πιο άνετη για τον ασθενή και επιτρέπει την λιγότερη διάταση των φλεβών του τραχήλου.

Η αυστηρή τήρηση των ανατομικών σημείων είναι μικρότερης σημασίας για τον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο υπερκλείδιο αποκλεισμό σε σχέση με άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούν τα ανατομικά οδηγία σημεία. Ωστόσο, η γνώση της υποκείμενης ανατομίας και της θέσης του βραχιονίου πλέγματος σε σχέση με την υποκλείδια αρτηρία, την πρώτη πλευρά και τον υπεζωκότα είναι σημαντική για την επιτυχία και την ασφάλεια της τεχνικής. Η σάρωση με τον ηχοβολέα συνήθως ξεκινά εφόσον τοποθετηθεί εγκάρσια στον υπερκλείδιο βόθρο περίπου στο μέσο της κλείδας.

Με ελαφρά ουραία κλίση του ηχοβολέα απεικονίζεται η υποκλείδιος αρτηρία ως μια στρογγυλή δομή που πάλλεται σε μια εγκάρσια προβολή (Εικόνα 34). Το βραχιόνιο πλέγμα θεωρείται ως μια συλλογή από ελλειπτικούς υποηχογενείς σχηματισμούς πλάγια και επιφανειακά της αρτηρίας.



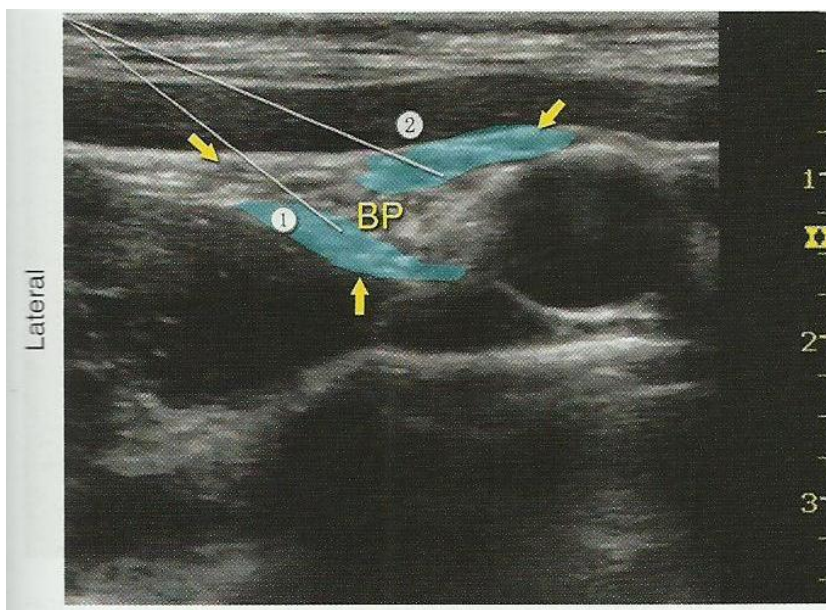
Εικόνα 34. Υπερκλείδιος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική; Τοποθέτηση ηχοβολέα και εισαγωγή της βελόνας. Ban C.H. Tsui, Atlas of Ultrasound and Nerve Stimulation-Guided Regional Anesthesia, Springer, Canada, 2007.



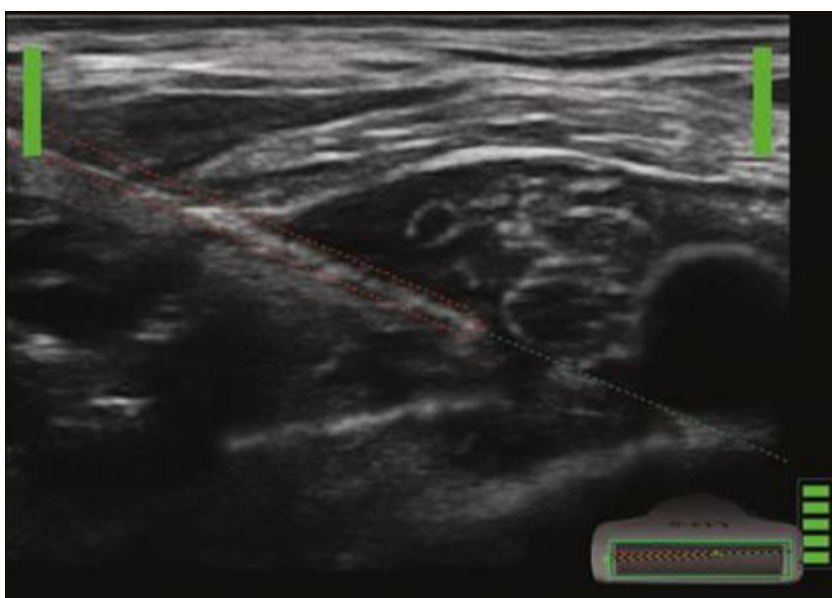
Εικόνα 35. Η κατεύθυνση της βελόνας και οι δυο ξεχωριστές εγχύσεις που είναι απαραίτητες για τον υπερκλείδιο αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος. Στην υπερηχογραφική εικόνα, απεικονίζονται δύο διαφορετικές θέσεις της βελόνας (1 και 2) που χρησιμοποιούνται για την έγχυση του τοπικού αναισθητικού μέσα στη θήκη που περικλύει το βραχιόνιο πλέγμα (BP). Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Με τη χρήση μια βελόνας 25G ή 27G, γίνεται έγχυση 1 έως 2 ml τοπικού αναισθητικού υποδορίως, 1 εκατοστό πλάγια του ηχοβολέα για να μειώσει τη δυσφορία κατά την εισαγωγή της βελόνας. Η τοπική διήθηση μπορεί να μην είναι αναγκαία σε ασθενείς που έχουν λάβει καλή προνάρκωση. Η βελόνα ποτέ δεν πρέπει να εισάγεται βαθύτερα από 1 εκατοστό γιατί έτσι αποφεύγεται η ακούσια διάτρηση και έγχυση του βραχιονίου πλέγματος. Είναι σημαντικό πάντοτε να παρακολουθείται η κατανομή του τοπικού αναισθητικού κατά τη χορήγηση του. Καθώς η βελόνα προωθείται ανάμεσα

στα στρώματα των ιστών, χορηγούνται μικρές ποσότητες τοπικού αναισθητικού (υδρο-εντοπισμός). Στη συνέχεια η βελόνα εισάγεται με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική, δηλαδή ευθυγραμμίζεται με τον επιμήκη άξονα του ηχοβολέα, όπου απεικονίζεται όλο το μήκος της βελόνας σαν μια φωτεινή γραμμή, προς το βραχιόνιο πλέγμα, με μια κατεύθυνση από τα έξω προς τα έσω (Εικόνες 34,35). Όταν χρησιμοποιείται νευροδιέγερση (0.5mA 0.1 msec) η είσοδος της βελόνας μέσα στη θήκη του βραχιονίου πλέγματος συνδέεται συχνά με ένα ψηλαφητό «ποπ» λόγω μιας μικρής απώλειας αντίστασης, καθώς η βελόνα περνά μέσα από την παρασπονδυλική περιτονία ή τη θήκη του βραχιονίου πλέγματος. Επιπλέον, η κινητική απάντηση του βραχίονα, του αντιβράχιου, ή του χεριού είναι άλλη μία επιβεβαίωση της σωστής τοποθέτησης της βελόνας. Ωστόσο, η κινητική απάντηση μπορεί να απουσιάζει, παρά την επαρκή τοποθέτηση της βελόνας. Μια ελαφρά κλίση της βελόνας μέσα στο πλέγμα και η αύξηση της έντασης ρεύματος (π.χ. 1.0-1.5mA) θα επιφέρει την κινητική απάντηση. Μετά από προσεκτική αναρρόφηση, γίνεται έγχυση 1 έως 2 ml τοπικό αναισθητικό για να επιβεβαιωθεί η σωστή τοποθέτηση της βελόνας. Όταν η έγχυση μετατοπίζει το βραχιόνιο πλέγμα μακριά από τη βελόνα, μια μικρή προώθηση της βελόνας 1 έως 2 mm βαθύτερα μπορεί να χρειαστεί για την εκπλήρωση επαρκούς διάχυσης του τοπικού αναισθητικού (Εικόνες 36, 37 και 38). Όταν η έγχυση του τοπικού αναισθητικού δεν φαίνεται να περιβροχίζει το πλέγμα, τότε η επανατοποθέτηση της βελόνας και οι επιπλέον εγχύσεις μπορεί να είναι απαραίτητες. Ο απαιτούμενος όγκος του τοπικού αναισθητικού, δεν θα πρέπει να είναι προκαθορισμένος, αλλά να καθορίζεται με βάση την επαρκή διάχυση. Σε έναν ενήλικα ασθενή, 20-25 ml τοπικό αναισθητικό είναι συνήθως αρκετό για την επιτυχή και ταχεία έναρξη του αποκλεισμού, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερες ποσότητες όταν αυτό παραστεί αναγκαίο.

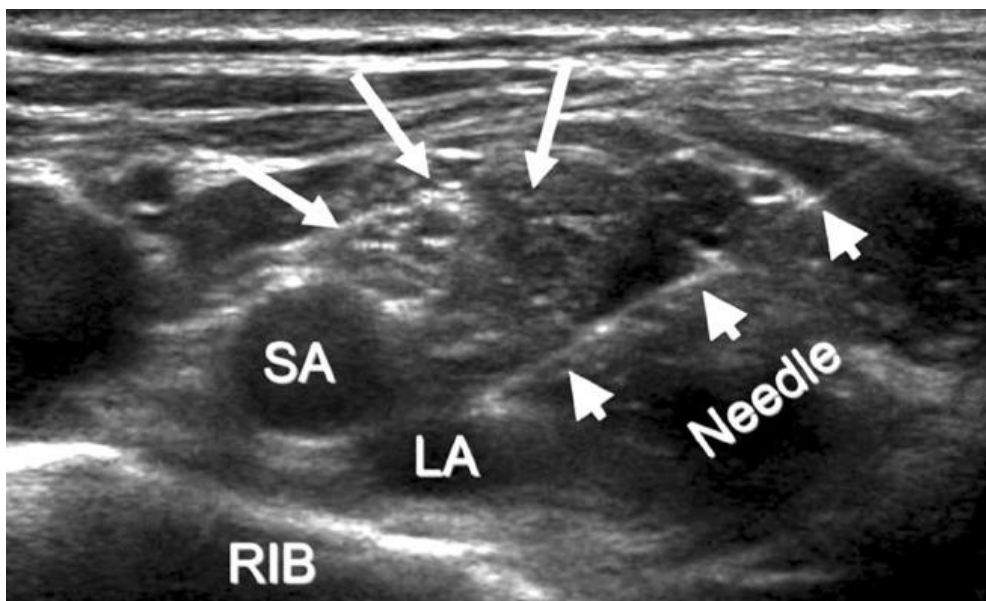


*Εικόνα 36. Η επιθυμητή διάχυση του τοπικού αναισθητικού μέσα από δύο διαφορετικές θέσεις βελόνας (1 και 2) για την εκ πλήρωση του βραχιόνιου αποκλεισμού (BP). Το τοπικό αναισθητικό πρέπει να διαχέεται ελεύθερα, χωρίς αντίσταση μέσα στη θήκη του βραχιονίου πλέγματος, με αποτέλεσμα να διαχωρίζονται οι κλάδοι του πλέγματος. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].*



***Εικόνα 37.** Υπερκλείδιος σποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος με μια πραγματική βελόνα να περνά το περίβλημα του ιστού που περιβάλλει το βραχιόνιο πλέγμα. Η βελόνα απεικονίζεται μέσα στο πλέγμα αν και το άκρο της δεν είναι ορατό. Η έγχυση σε αυτό το σημείο έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της υπερηχογραφικής εικόνας; με συμπληρωματική παρακολούθηση (αντίσταση στην έγχυση, νευροδιέγερση) για αποφυγή έγχυσης εντός των δεσμίδων των νευρικών ινών. Pollard B. *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*, 2012 [18].*

Ορισμένοι αναισθησιολόγοι προτείνουν μια άπαξ έγχυση στο σημείο όπου η υποκλείδια αρτηρία συναντά την πρώτη πλευρά. Με αυτό τον τρόπο πιστεύουν ότι το πλέγμα «επιπλέει» επιφανειακά και οδηγεί σε πιο αξιόπιστο αποκλεισμό των κατώτερων κλάδων του πλέγματος. Ωστόσο, από κάποιους άλλους αυτή η μέθοδος δεν θεωρείται ασφαλής, εφόσον εγκυμονεί τον κίνδυνο παρακέντησης του υπεζωκότα. Αντιθέτως, θεωρείται πιο χρήσιμο να γίνονται δύο ή τρεις μικρές εγχύσεις σε διαφορετικά σημεία μέσα στη θήκη του πλέγματος για να διασφαλιστεί η επιτυχής κατανομή του τοπικού αναισθητικού σε όλα τα σημεία που περιλαμβάνουν το βραχιόνιο πλέγμα [12,44-46,48,49].



*Εικόνα 38. Η επιθυμητή διάχυση του τοπικού αναισθητικού (LA). Η υποκλείδιος αρτηρία (SA) που σε αυτό το σημείο βρίσκεται πάνω από την πρώτη πλευρά (Rib). Τα μεγάλα βέλη υποδεικνύουν το βραχιόνιο πλέγμα και τα μικρά βέλη το μήκος της βελόνας (Needle). Winchester B. *Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, 2009. Co-founder, www.blockjocks.com.*

Συστάσεις

Η παρουσία της κινητικής απάντησης στη νευροδιέγερση είναι χρήσιμη αλλά όχι απαραίτητη αν το πλέγμα, η βελόνα και η κατανομή του τοπικού αναισθητικού απεικονίζονται και είναι ορατά στην οθόνη με την χρήση υπερήχων.

Η περιοχή του αυχένα είναι αγγειοβριθής και χρήζει ιδιαίτερης προσοχής κυρίως για την αποφυγή τοποθέτησης της βελόνας ή έγχυσης μέσα στα αγγεία. Επίσης, ιδιαίτερη σημασία έχει η πολύ κοντινή ανατομική θέση της έσω σφαγίτιδας φλέβας, το κατώτερο τμήμα της καρωτίδας, η υποκλείδιος αρτηρία και η ραχιαία αρτηρία ωμοπλάτης που συνήθως διασχίζει το βραχιόνιο πλέγμα στην υπερκλείδια χώρα. Η

χρήση του έγχρωμου Doppler προτείνεται σε αυτή την περίπτωση, πριν την προώθηση της βελόνας και την έγχυση του τοπικού αναισθητικού.

Πάντοτε πρέπει να αποφεύγεται η έγχυση σε υψηλές αντιστάσεις (>15psi) διότι αυτό μπορεί να σημάνει ενδονευρική έγχυση (εντός των νευρικών δεσμίδων), συνεπώς πιθανό τραυματισμό του νεύρου.

Πολλαπλές εγχύσεις:

- α.** Μπορεί να αυξήσουν τον ταχύτητα έναρξης και το ποσοστό επιτυχίας του αποκλεισμού.
- β.** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί λιγότερος όγκος τοπικού αναισθητικού.
- γ.** Μπορεί να υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος για τραυματισμό του νεύρου γιατί μέρος του πλέγματος πιθανόν να αναισθητοποιείται από προηγούμενες εγχύσεις [45,47,50-54,57].

Συνεχής υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος υπερκλείδιος αποκλεισμός

Ο συνεχής υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος υπερκλείδιος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος είναι από πολλές απόψεις παρόμοιος με την τεχνική τοποθέτησης καθετήρα στη διασκαληνική αύλακα. Στόχος είναι να τοποθετηθεί ο καθετήρας στην περιοχή των στελεχών και κλάδων του βραχιονίου πλέγματος δίπλα στην υποκλείδια αρτηρία. Η διαδικασία αποτελείται από τρεις φάσεις: την τοποθέτηση της βελόνας, την προώθηση του καθετήρα και τη διασφάλιση του καθετήρα. Για τις δύο πρώτες φάσεις της διαδικασίας, στους περισσότερους ασθενείς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υπέρηχος για να επιβεβαιωθεί η ακριβής τοποθέτηση του καθετήρα.

Η βελόνα εισάγεται με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική, τυπικά σε μια κατεύθυνση από τα έξω προς τα έσω, έτσι ώστε το άκρο της να βρίσκεται ακριβώς πλάγια στη θήκη του βραχιονίου πλέγματος. Η βελόνα τότε προωθείται για να διαπεράσει και να διασχίσει τη θήκη του πλέγματος και να ακολουθήσει η τοποθέτηση του καθετήρα.

Η σωστή τοποθέτηση της βελόνας μπορεί επίσης να επιβεβαιωθεί με την κινητική απάντηση του άνω άκρου, όπου και δίνεται ένας όγκος 4-5 ml τοπικού αναισθητικού. Μια τόσο μικρή δόση, χρησιμεύει για να εξασφαλιστεί επαρκής κατανομή του τοπικού αναισθητικού, καθώς και για να γίνει η προώθηση του καθετήρα πιο άνετα για τον ασθενή. Αυτή η πρώτη φάση της διαδικασίας δεν διαφέρει σημαντικά από την τεχνική η οποία περιλαμβάνει χορήγηση μιας δόσης τοπικού αναισθητικού. Το δεύτερο στάδιο της διαδικασίας, περιλαμβάνει τη διατήρηση της βελόνας στην κατάλληλη θέση και την εισαγωγή του καθετήρα 2 έως 3 εκατοστά μέσα στη θήκη του βραχιονίου πλέγματος. Χρειάζεται πολύ προσοχή για να μην προχωρήσει ο καθετήρας πολύ βαθιά, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει την μετακίνηση του και την έξοδο του από το βραχιόνιο πλέγμα, συνεπώς αποτυχία της τεχνικής να παρέχει αναλγησία.

Ο καθετήρας στερεώνεται στο δέρμα με αυτοκόλλητο ή μέσω μιας υποδόριας σήραγγας. Η απόφαση σχετικά με το ποια μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιηθεί θα μπορούσε να βασίζεται σε ορισμένα κριτήρια όπως την ηλικία του ασθενούς, τη διάρκεια της θεραπείας με τη χρήση του καθετήρα και την ανατομία. Στερεώνοντας τον καθετήρα με υποδόρια σήραγγα, προτιμάται σε ηλικιωμένους ασθενείς με παχυσαρκία ή με κινητό δέρμα και προβλεπόμενη μεγαλύτερη διάρκεια έγχυσης του καθετήρα. Δύο κύρια μειονεκτήματα της υποδόριας σήραγγας είναι ο κίνδυνος μετακίνησης του καθετήρα κατά τη δημιουργία της και η μεγάλη πιθανότητα για σχηματισμό ουλής. Το

αρχικό σχήμα έγχυσης είναι τυπικά 5 ml / ώρα 0.2% ροπιβακαΐνη με ελεγχόμενη από τον ασθενή έγχυση 5 ml την ώρα [55,58,59,60].

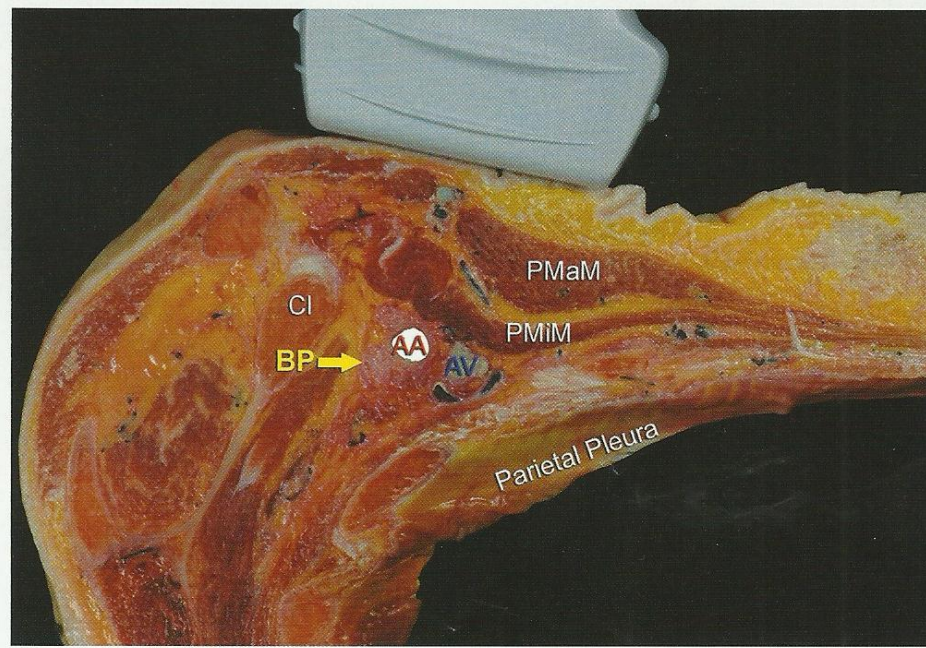
Υποκλείδιος Αποκλεισμός Βραχιονίου Πλέγματος

Γενικές Εκτιμήσεις

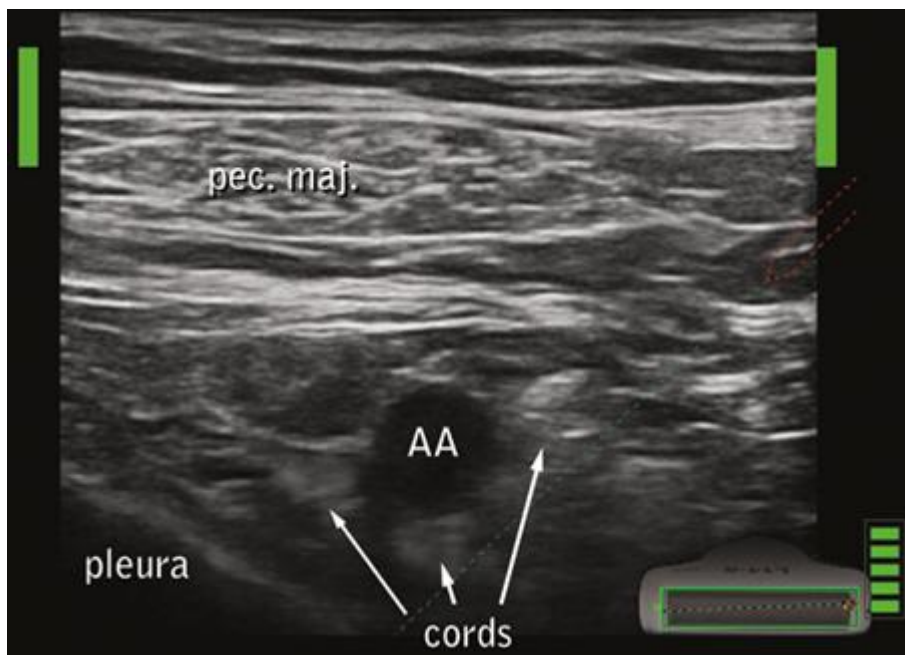
Ο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος υποκλείδιος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος είναι ταυτόχρονα απλός αλλά και με αρκετές προκλήσεις. Είναι απλός με την έννοια ότι η μέτρηση αποστάσεων και γωνιών γεωμετρικά επί της επιφάνειας του ασθενούς, όπως και στην περίπτωση με την τεχνική νευροδιέγερσης δεν είναι απαραίτητη. Η αναγνώριση του αρτηριακού σφυγμού στην υπερηχογραφική εικόνα είναι ένας εύκολος πρώτος στόχος για την αναγνώριση των ανατομικών σημείων. Ωστόσο, το πλέγμα σε αυτό το επίπεδο βρίσκεται πιο βαθιά, και η γωνία προσέγγισης είναι πιο οξεία, κάνοντας ταυτόχρονα την απεικόνιση της βελόνας και τη σχετική ανατομία πιο δύσκολα. Παρόλο που δεν είναι πάντοτε δυνατό να αναγνωριστούν με αξιοπιστία οι τρεις κλάδοι του πλέγματος σε αυτήν τη θέση, επαρκής αποκλεισμός μπορεί να επιτευχθεί με την απλή εναπόθεση του τοπικού αναισθητικού σε σχήμα «U» γύρω από την αρτηρία. Ο υποκλείδιος αποκλεισμός είναι κατάλληλος για τοποθέτηση καθετήρα διότι οι μύες του θωρακικού τοιχώματος βοηθάνε στη σταθεροποίηση του καθετήρα και αποτρέπουν την παρεκτόπιση του σε σχέση με την διασκαληνική ή την υπερκλείδια τοποθέτηση [1,61,62,64,65].

Ηχοανατομία

Η μασχαλιαία αρτηρία ανατομικά βρίσκεται βαθύτερα από το μείζονα και ελάσσονα θωρακικό μυ. Είναι σημαντικό να προσδιορίζονται υπερηχογραφικά οι δύο θωρακικοί μύες και οι αντίστοιχες περιτονίες τους, διότι η περιοχή του ενδιαφέροντος βρίσκεται κάτω από την περιτονία του ελάσσων θωρακικού μυός. Πέριξ της αρτηρίας είναι οι τρεις κλάδοι του βραχιόνιου πλέγματος: ο έξω, ο οπίσθιος και ο έσω κλάδος. Αυτοί οι κλάδοι έχουν πάρει την ονομασία τους ανάλογα με την θέση που βρίσκονται σε σχέση με την μασχαλιαία αρτηρία, αν και πολλές φορές υπάρχουν ανατομικές παραλλαγές. Με την αριστερή μεριά της οθόνης να αντιστοιχεί κεφαλικά, οι κλάδοι συχνά φαίνονται σαν στρογγυλοί υπερηχογενείς σχηματισμοί γύρω από τη αρτηρία (Εικόνες 39 και 40). Η μασχαλιαία φλέβα θεωρείται ως μια συμπίεσιμη υποηχογενής δομή που βρίσκεται κατώτερα ή ελαφρώς επιφανειακά της μασχαλιαίας αρτηρίας. Συχνά απεικονίζονται πολλά άλλα μικρότερα αγγεία (π.χ. κεφαλική φλέβα). Ο ηχοβολέας ξεκινάει να σαρώνει σε μια κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω έως ότου η αρτηρία απεικονιστεί σε εγκάρσια διατομή. Ανάλογα με τη ρύθμιση του βάθους του πεδίου που επιλέγεται και το επίπεδο στο οποίο η σάρωση εκτελείται, το θωρακικό τοίχωμα και οι πνεύμονες μπορεί να διακριθούν στην κάτω πλευρά της εικόνας. Η μασχαλιαία αρτηρία και το βραχιόνιο πλέγμα συνήθως εντοπίζονται σε βάθος 3 έως 5 εκατοστών σε ασθενείς μεσαίου μεγέθους [63,65,66].



Εικόνα 39. Ανατομία του βραχιονίου πλέγματος στην υποκλείδια χώρα και η θέση του ηχοβολέα. Το βραχιόνιο πλέγμα (BP) φαίνεται να περιβάλλει κυκλοτερώς την μασχαλιαία αρτηρία (AA) κάτωθεν της κλείδας (Cl) και του ελάσσων θωρακικού μύος (PMiM). Η έγχυση του τοπικού αναισθητικού πρέπει να εφαρμοστεί κάτω από την περιτονία του ελάσσων θωρακικού μύος για να υπάρχει δυνατότητα να διαχυθεί περίξ της αρτηρίας και του μείζονα θωρακικού μύος (PMaM). Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



*Εικόνα 40. Υπερηχογραφική εικόνα του υποκλειδίου βόθρου επιδεικνύοντας τους θωρακικούς μύες, τις περιτονίες τους, την υποκλείδια αρτηρία και το θωρακικό τοίχωμα. Το έξω δευτερεύων στέλεχος, ραχιαίο δευτερεύων στέλεχος, έσω δευτερεύων στέλεχος του βραχιονίου πλέγματος και η μασχαλιαία αρτηρία βρίσκονται κάτω από την περιτονία του ελάσσων θωρακικού μύος περίξ της αρτηρίας. Μείζων θωρακικός μυς (Pec.maj). Pollard B. *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*, 2012 [18].*

Κατανομή Αποκλεισμού

Η υποκλείδιος προσέγγιση για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος αποτελεί την αναισθησία του άνω άκρου κάτω από τον ώμο. Το δέρμα στην έσω επιφάνεια του άνω βραχίονα, εάν χρειαστεί, μπορεί να αποκλειστεί με μία επιπρόσθετη υποδόρια έγχυση στη έσω μεριά του βραχίονα άπω της μασχαλιαίας περιοχής. Μια πιο απλή προσέγγιση για τους χειρουργούς είναι να διηθήσουν το δέρμα με τοπικό αναισθητικό απευθείας πάνω από τη γραμμή τομής, εάν είναι απαραίτητο [18,66].

Στόχος

Ο στόχος της τεχνικής είναι η κατανομή του τοπικού αναισθητικού γύρω από την αρτηρία μετά την έγχυση του, τεκμηριώνοντας τη διάχυση του με τη χρήση των υπερήχων. Δεν είναι απαραίτητο να αναγνωρισθεί και να στοχεύσει ο χρήστης τον κάθε κλάδο ξεχωριστά. Αντιθέτως, η έγχυση του τοπικού αναισθητικού να περιβάλλει την αρτηρία σε σχήμα «U» (κεφαλικά, ουριαία και ραχιαία) επαρκεί για τον αποκλεισμό και τον τριών κλάδων [65,67].

Τεχνική Αποκλεισμού

Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση με την κεφαλή στραμμένη προς την αντίθετη πλευρά που επρόκειτο να πραγματοποιηθεί ο αποκλεισμός (Εικόνα 41). Ο βραχίονας απάγεται 90° και ο αγκώνας επίσης τοποθετείται σε κάμψη 90°. Αυτός ο ελιγμός μειώνει το βάθος του δέρματος από το πλέγμα και ουσιαστικά διευκολύνει την απεικόνιση των θωρακικών μυών καθώς και των κλάδων του βραχιονίου πλέγματος.



Εικόνα 41. Η θέση του ασθενούς για την εισαγωγή της βελόνας για την εφαρμογή του υποκλείδιου αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος. Ο ηχοβολέας τοποθετείται παραοβελιαία επί τα εντός της κορακοειδής απόφυσης και κάτωθεν της κλείδας.

Winchester B. Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, 2009. Co-founder, www.blockjocks.com.

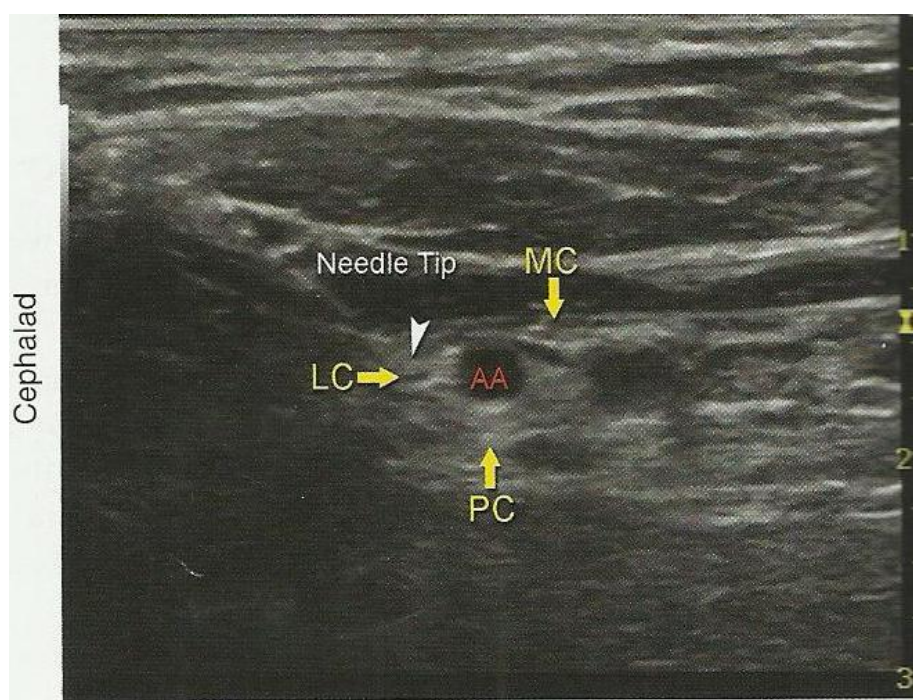
Η κορακοειδής απόφυση είναι ανατομικό σημείο που μπορεί εύκολα να αναγνωριστεί με ψηλάφηση της οστικής προεξοχής επί τα εντός της ωμοπλάτης, τη στιγμή που ο βραχίονας ανυψώνεται και κατεβαίνει. Καθώς ο βραχίονας κατεβαίνει προς τα κάτω, η κορακοειδής απόφυση είναι εύκολα ψηλαφητή.

Ένας γραμμικός ηχοβολέας υψηλής συχνότητας 8-12 MHz τοποθετείται σε παραοβελιαία θέση με σκοπό να προσδιορίσει την μασχαλιαία αρτηρία. Αυτό απαιτεί ρύθμιση του βάθους και της εστίασης, ανάλογα με το πάχος των μυών του θωρακικού τοιχώματος του ασθενούς. Η σάρωση με τον ηχοβολέα ξεκινάει από την έσω μεριά της κορακοειδής απόφυσης και κάτωθεν της κλείδας.

Η μασχαλιαία αρτηρία (ή μετάβαση της υποκλείδιας σε μασχαλιαία αρτηρία) εύκολα εντοπίζεται ως σφύζοντας σχηματισμός μεταξύ 3 και 5 εκατοστών. Στη συνέχεια, αφού εντοπιστεί η αρτηρία ως οδηγό σημείο, γίνεται προσπάθεια αναγνώρισης των υπερηχογενών νευρικών σχηματισμών του βραχιονίου πλέγματος και οι αντίστοιχες θέσεις τους σε σχέση με την αρτηρία, αν και αυτές μπορεί να μην αναγνωρίζονται πάντα. Ευτυχώς, η εξαντλητική προσπάθεια να απεικονιστούν οι κλάδοι δεν είναι απαραίτητη για τον επιτυχή αποκλεισμό.

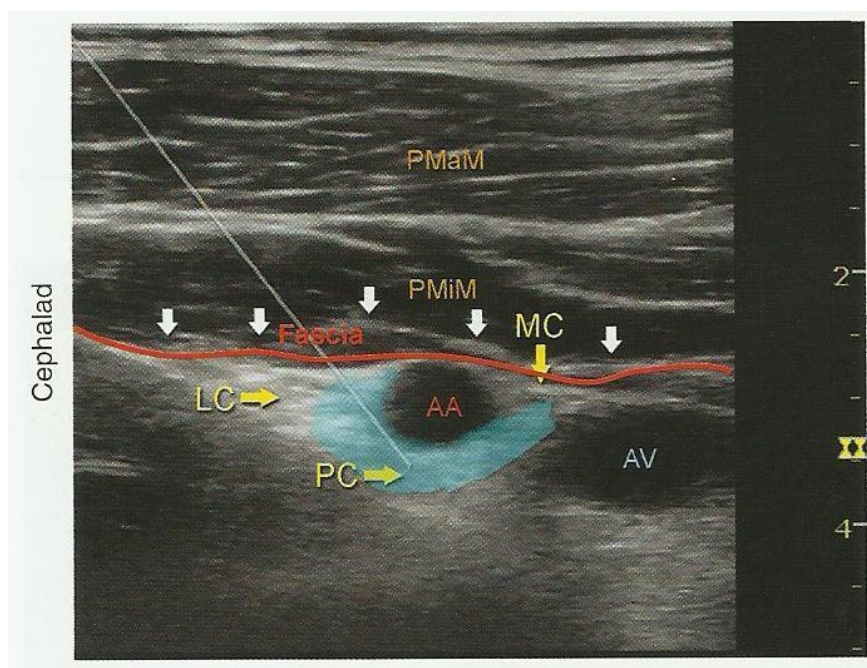
Ψευδείς ανακλάσεις πίσω από την αρτηρία (Εικόνα 42), συχνά παρερμηνεύονται ως το ραχιαίο δευτερεύων στέλεχος (ένωση των οπισθίων κλάδων).

Η βελόνα εισάγεται με την εντός δέσμης τεχνική, κεφαλικά του ηχοβολέα, με το σημείο εισαγωγής της βελόνας μόλις κάτω από την κλείδα. Η βελόνα στοχεύει πίσω από την αρτηρία και περνά μέσα από τον μείζονα θωρακικό και ελάσσων θωρακικό μυ. Αν ταυτόχρονα χρησιμοποιηθεί νευροδιέγερση (0.5-0.8mA, 0.1 msec) η πρώτη κινητική απάντηση είναι συνήθως από τον ραχιαίο κλάδο (είτε είναι κάμψη του αγκώνα ή κάμψη δακτύλου).



Εικόνα 42. Υπερηχογραφική εικόνα επιδεικνύοντας την πραγματική τοποθέτηση της βελόνας, κεφαλικά της μασχαλιαίας αρτηρίας (AA) και μια έγχυση του τοπικού αναισθητικού 2mL; να τεκμηριώσει τη σωστή τοποθέτηση της βελόνας. Έξω δευτερέων στέλεχος-LC, Έσω δευτερέων στέλεχος-MC, Ραχιαίο δευτερέων στέλεχος-PC. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Καθώς η βελόνα προωθείται περαιτέρω κάτω από την αρτηρία, μπορεί να δώσει μια κινητική απάντηση (έκταση δακτύλου και καρπού) από το ραχιαίο δευτερεύον στέλεχος. Μετά από προσεκτική αναρρόφηση, εγχέεται 1 έως 2 ml τοπικού αναισθητικού για να επιβεβαιωθεί η κατανομή και η σωστή τοποθέτηση της βελόνας. Η διάχυση του τοπικού αναισθητικού θα πρέπει να κατανεμηθεί κεφαλικά και ουραία για να καλύψει τον έξω και τον έσω κλάδο του βραχιονίου πλέγματος, αντίστοιχα (Εικόνα 43). Όταν έγχυση με μία εφάπαξ δόση δεν φαίνεται να έχει ικανοποιητικό αποτέλεσμα, επιπλέον επανατοποθετήσεις της βελόνας και εγχύσεις γύρω από τη μασχαλαία αρτηρία μπορεί να παραστούν απαραίτητες.



Εικόνα 43. Υπερηχογραφική εικόνα δείχνει την ιδανική πορεία της βελόνας για την εφαρμογή του υποκλειδίου αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος. Η γαλάζια σκιασμένη περιοχή μιμείται την ιδανική κατανομή του τοπικού αναισθητικού γύρω από την μασχαλαία αρτηρία (AA) η οποία καλύπτει και τα τρία δευτερεύοντα στελέχη του

βραχιονίου πλέγματος (LC, PC, MC) κάτωθεν της περιτονίας (κόκκινη γραμμή) του ελάσσων θωρακικού μυός. Μείζων θωρακικός μυς- PMaM, ελάσσων θωρακικός μυς- PMiM. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Καθώς η εμπειρία με τη χρήση υπερήχων αυξάνεται, η αναγνώριση της κορακοειδής απόφυσης πριν από τη σάρωση είναι περιττή. Ο στόχος της τεχνικής είναι η κατανομή του τοπικού αναισθητικού κατά την έγχυση γύρω από την αρτηρία η οποία επιβεβαιώνεται υπερηχογραφικά. Δεν είναι απαραίτητο να εντοπιστούν μεμονωμένα οι τελικοί κλάδοι. Αντίθετα, η έγχυση του τοπικού αναισθητικού γύρω από την αρτηρία, με εξάπλωση του διαλύματος σε σχήμα «U» (κεφαλικά, ουραία, οπίσθια) αρκεί για τον αποκλεισμό και των τριών στελεχών.

Σε έναν ενήλικα ασθενή, 20 έως 30 ml τοπικού αναισθητικού είναι συνήθως επαρκής για τον επιτυχή αποκλεισμό. Μία και μόνο έγχυση με ένα τόσο μεγάλο όγκο τοπικού αναισθητικού είναι συνήθως αρκετή. Δύο με τρεις μικρές δόσεις δοκιμαστικού διαλύματος εγχέονται σε διαφορετικά σημεία για να εξασφαλιστεί η κατανομή του τοπικού αναισθητικού σε όλα τα σημεία που βρίσκεται το βραχιόνιο πλέγμα [69,70,72,73,75-78,80].

Συνεχής υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος υποκλείδιος αποκλεισμός

Ο στόχος του συνεχούς υποκλείδιου αποκλεισμού με την χρήση υπερήχων είναι παρόμοιος με τις τεχνικές που δεν βασίζονται στους υπερήχους: τοποθέτηση του καθετήρα κοντά στην περιοχή των κλάδων του βραχιονίου πλέγματος κάτω από τους

θωρακικούς μύες. Η διαδικασία αποτελείται από τρεις φάσεις: τοποθέτηση της βελόνας, την προώθηση του καθετήρα και τη διασφάλιση του καθετήρα. Για τις δύο πρώτες φάσεις της διαδικασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υπέρηχος για να εξασφαλιστεί η ακριβής τοποθέτηση του καθετήρα στους περισσότερους ασθενείς. Η βελόνα εισάγεται με την εντός πεδίου τεχνική με μια κατεύθυνση κεφαλικά προς ουραία.

Όπως με την άπαξ έγχυση, το άκρο της βελόνας θα πρέπει να τοποθετηθεί πίσω από τη μασχालιαία αρτηρία πριν από την έγχυση και την προώθηση του καθετήρα. Η σωστή τοποθέτηση της βελόνας μπορεί επίσης να επιβεβαιωθεί με την κινητική απάντηση του ραχιαίου δευτερεύων στελέχους (κάμψη του δακτύλου ή του καρπού) στο σημείο όπου γίνεται έγχυση 1 έως 2 ml τοπικού αναισθητικού. Αυτή η μικρή δόση χρησιμεύει για να επιβεβαιωθεί η σωστή τοποθέτηση του άκρου της βελόνας, όπως αποδεικνύεται από την επαρκή κατανομή του τοπικού αναισθητικού. Επίσης, η έγχυση διευκολύνει την προώθηση του καθετήρα. Αυτή η πρώτη φάση της διαδικασίας δεν διαφέρει σημαντικά από την τεχνική με άπαξ έγχυση. Η δεύτερη φάση της διαδικασίας περιλαμβάνει τη διατήρηση της βελόνας στην κατάλληλη θέση και προώθηση του καθετήρα 2 έως 4 εκατοστά πέρα από το άκρο της βελόνας, στην περιοχή του ραχιαίου δευτερεύων στελέχους. Η εισαγωγή του καθετήρα μπορεί να επιτευχθεί μόνο με ένα χειριστή. Ένα συνηθισμένο δοσολογικό σχήμα έναρξης έγχυσης είναι 5 ml / ώρα, με ελεγχόμενη έγχυση από τον ασθενή 8 ml ανά ώρα. Ο μεγαλύτερος όγκος άπαξ που μπορεί να δοθεί είναι απαραίτητος για την επαρκή διάχυση του διαλύματος γύρω από την αρτηρία για να καλύψει όλους τους κλάδους του βραχιονίου πλέγματος. Ο καθετήρας είναι στερεωμένος στο δέρμα ή στερεώνεται με τη δημιουργία μιας υποδόριας σήραγγας. Ωστόσο, η απόφαση για το ποια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί βασίζεται στην ηλικία του ασθενούς, στη διάρκεια θεραπείας με τη χρήση του καθετήρα και στην ανατομία. Ένα από τα πλεονεκτήματα της τοποθέτησης

του καθετήρα με υποκλείδια προσέγγιση είναι ότι οι θωρακικοί μύες τείνουν να σταθεροποιούν τους καθετήρες και να αποτρέπουν την μετακίνηση τους [68,71,74,79,81,82].

Οσφυϊκό Πλέγμα

Το οσφυϊκό πλέγμα σχηματίζεται με την αναστόμωση των πρόσθιων κλάδων του 1^{ου}, 2^{ου}, 3^{ου} οσφυϊκών νεύρων και μέρος του πρόσθιου κλάδου του 4^{ου} οσφυϊκού νεύρου. Επίσης, συμμετέχει αναστοματικός κλάδος από τον πρόσθιο κλάδο του 12^{ου} θωρακικού νεύρου, ο οποίος αναστομώνεται με τον πρόσθιο κλάδο του 1^{ου} οσφυϊκού νεύρου. Τα οσφυϊκά νεύρα που αποτελούν το οσφυϊκό πλέγμα είναι τα παρακάτω:

Λαγονοϋπογάστριο νεύρο	Θ ₁₂ -Ο ₁
Λαγονοβουβωνικό νεύρο	Ο ₁ -Ο ₂
Αιδοιομηρικό νεύρο	Ο ₁ -Ο ₂
Πλάγιο μηροδερματικό νεύρο	Ο ₂ -Ο ₃
Μηριαίο νεύρο	Ο ₂ -Ο ₄
Θυροειδές νεύρο	Ο ₂ -Ο ₄

Το πλέγμα πορεύεται μέσα στο διαμέρισμα του μείζονα ψοΐτη μυ μπροστά από τις εγκάρσιες αποφύσεις των οσφυϊκών σπονδύλων.

Το πρώτο οσφυϊκό νεύρο διαιρείται σε ανώτερο και κατώτερο κλάδο με συμμετοχή ενός μικρού κλάδου του 12^{ου} θωρακικού νεύρου. Το λαγονοϋπογάστριο νεύρο προέρχεται από τον ανώτερο κλάδο του 1^{ου} οσφυϊκού νεύρου όπου δέχεται και

ίνες από το Θ_{12} . Επίσης, το λαγονοβουβωνικό προέρχεται από τον ανώτερο κλάδο του 1^{ου} οσφυϊκού αλλά είναι μικρότερο νεύρο και περνάει κάτω από το λαγονοϋπογάστριο.

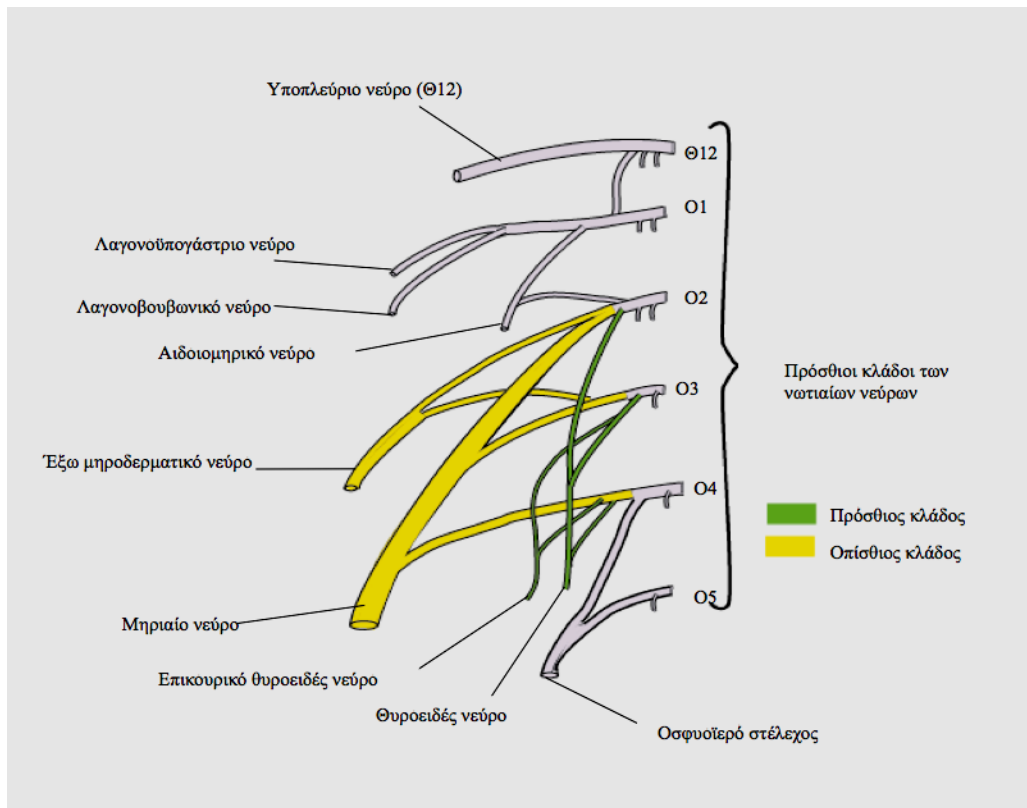
Το έξω μηροδερματικό νεύρο είναι αποκλειστικά αισθητικό νεύρο και προκύπτει από τους οπίσθιους κλάδους των οσφυϊκών νεύρων O_2-O_3 . Είναι αμιγώς δερματικό νεύρο όπως και το αιδιομηρικό. Εκφύεται από το έξω όριο του μείζονος ψοίτη μυ, συνεχίζει προς την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα, περνάει κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο και έπειτα περνάει πάνω από το ραπτικό αφού πρώτα εισέλθει στο μηρό. Σε αυτό το σημείο διαιρείται σε δύο κλάδους (πρόσθιο και οπίσθιο). Ο πρόσθιος κλάδος νευρώνει το προσθιοπλάγιο τμήμα του μηρού και ο οπίσθιος κλάδος νευρώνει την οπίσθια επιφάνεια του μηρού.

Το θυροειδές νεύρο σχηματίζεται από τους πρόσθιους κλάδους των οσφυϊκών νεύρων $O_2-O_3-O_4$ και είναι μικτό νεύρο, δηλαδή περιέχει κινητικές και αισθητικές ίνες. Εισέρχεται στη πύελο από την έσω μεριά του ψοίτη μυ, μέχρι να φθάσει στο θυροειδή πόρο. Τις περισσότερες φορές το νεύρο χωρίζεται σε πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο πριν διαπεράσει τον θυροειδή πόρο κατά την έξοδο του από τη πύελο. Σε αυτό το σημείο δίνει και έναν κλάδο στην άρθρωση του ισχίου. Ο πρόσθιος κλάδος εξέρχεται της πύελου και στο ύψος της μηριαίας πτυχής βρίσκεται ανάμεσα στον μακρύ προσαγωγό μυ και τον βραχύ προσαγωγό μυ. Παρέχει κινητική νευρώση στους προσαγωγούς μύες, στον έξω θυροειδή μυ και σε λίγες περιπτώσεις στον κτενίτη μυ.

Το μηριαίο νεύρο σχηματίζεται από τους κλάδους O_2-O_4 και αποτελεί τον μεγαλύτερο κλάδο του οσφυϊκού πλέγματος. Το νεύρο καταφύεται μέσα στη μυϊκή μάζα του μείζονα ψοίτη μυ και στη συνέχεια περνά κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο μέσα στο μηριαίο τρίγωνο όπου συμπεριλαμβάνει την μηριαία αρτηρία και φλέβα. Η μηριαία φλέβα βρίσκεται επί τα εντός της αρτηρίας και το νεύρο πορεύεται επί τα εκτός της μηριαίας αρτηρίας. Σε αυτό το σημείο, χωρίζεται σε αισθητικούς και κινητικούς

κλάδους. Συνεπώς, νευρώνει με κινητικές ίνες τον τετρακέφαλο μυ και με αισθητικές ίνες το δέρμα της πρόσθιας και πλάγιας επιφάνειας του μηρού, της έσω επιφάνειας του γόνατος και της κνήμης και το δέρμα του άκρου πόδα, μεταπίπτοντας στο σαφηνές νεύρο. Επίσης, προμηθεύει με αισθητικές ίνες το λαγονοψοϊτή, τον κτενίτη και τους πρόσθιους μηριαίους μύες. Στη μηριαία πτυχή το νεύρο βρίσκεται στην επιφάνεια του λαγόνιου μυ το οποίο περιβάλλεται από τη λαγόνια περιτονία (Εικόνα 45). Λίγα εκατοστά κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο διαιρείται σε πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο. Ο πρόσθιος κλάδος δίνει κλάδους στον ραπτικό μυ και ο οπίσθιος τελευταίος κλάδος του μηριαίου νεύρου είναι το σαφηνές νεύρο.

Το σαφηνές νεύρο είναι αμιγώς αισθητικός κλάδος. Δείχνει να είναι ο έσω και οπίσθιος κλάδος όπου νευρώνει την έσω μεριά του κάτω άκρου και ποδός (Εικόνα 45). Αρχικά, πορεύεται μαζί με την μηριαία αρτηρία κάτω από τον ραπτικό μυ, μέχρι το ύψος του πόρου των προσαγωγών. Στη συνέχεια περνά μεταξύ των τενόντων του ραπτικού και του ισχνού προσαγωγού μυός και γίνεται υποδόριο ενώ τα μηριαία αγγεία κατευθύνονται προς τον ιγνυακό βόθρο διαμέσου του τμήματος του μεγάλου προσαγωγού. Το σαφηνές νεύρο κάτωθεν του γόνατος πορεύεται στην έσω επιφάνεια της κνήμης συνοδευόμενο από τη μείζονα σαφηνή φλέβα και στο ύψος του κατώτερου τριτημορίου της κνήμης διαιρείται σε δύο τελικούς κλάδους: ο ένας καταλήγει στη ποδοκνημική άρθρωση και ο δεύτερος κατανέμεται στο δέρμα της έσω επιφάνειας του άκρου ποδός μέχρι το μεγάλο δάκτυλο. Κλάδοι του σαφηνούς νεύρου είναι ο υποεπιγονατιδικός κλάδος που κατανέμεται στο δέρμα κάτω από τη επιγονατίδα, κλάδοι για το υποεπιγονατιδικό πλέγμα και δερματικοί αισθητικοί κλάδοι κάτω από το γόνατο που νευρώνουν την πρόσθια και έσω επιφάνεια της κνήμης. Οι κλάδοι αυτοί αναστομώνονται με κλάδους από το μηριαίο, το θυροειδές και το ισχιακό νεύρο [83,84,85].



Εικόνα 44. Το οσφυϊκό πλέγμα. Frank H. Netter MD. *Atlas of Human Anatomy* 6th Edition, Saunders Elsevier, Philadelphia USA, 2014.

Το μηριαίο νεύρο

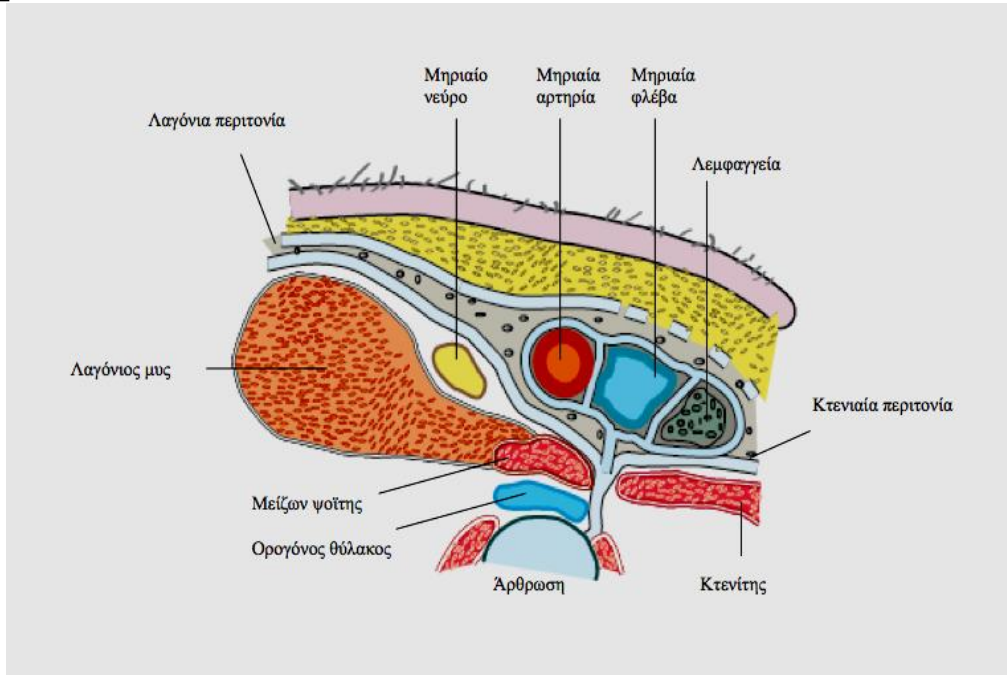
Η υπερηχογραφική τεχνική του αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου διαφέρει από την τεχνική με νευροδιέγερση σε πολλά σημεία. Η εφαρμογή των υπερήχων επιτρέπει στον χρήστη να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο την κατανομή του τοπικού αναισθητικού, την τοποθέτηση της βελόνας και να κάνει τις κατάλληλες προσαρμογές εάν η αρχική έγχυση θεωρηθεί ανεπαρκής. Επίσης, λόγω της εγγύτητας της μηριαίας αρτηρίας η οποία είναι αρκετά μεγάλη και εμφανής, ο υπέρηχος μειώνει τον κίνδυνο

τρώσης της αρτηρίας που συχνά συμβαίνει με άλλες τυφλές τεχνικές. Η ψηλάφηση της αρτηρίας ως οδηγό ανατομικό σημείο για τον αποκλεισμό, δεν είναι απαραίτητο όταν χρησιμοποιείται η υπερηχογραφική τεχνική μια διαδικασία που είναι σίγουρα πρόκληση στους παχύσαρκους ασθενείς [1,85].

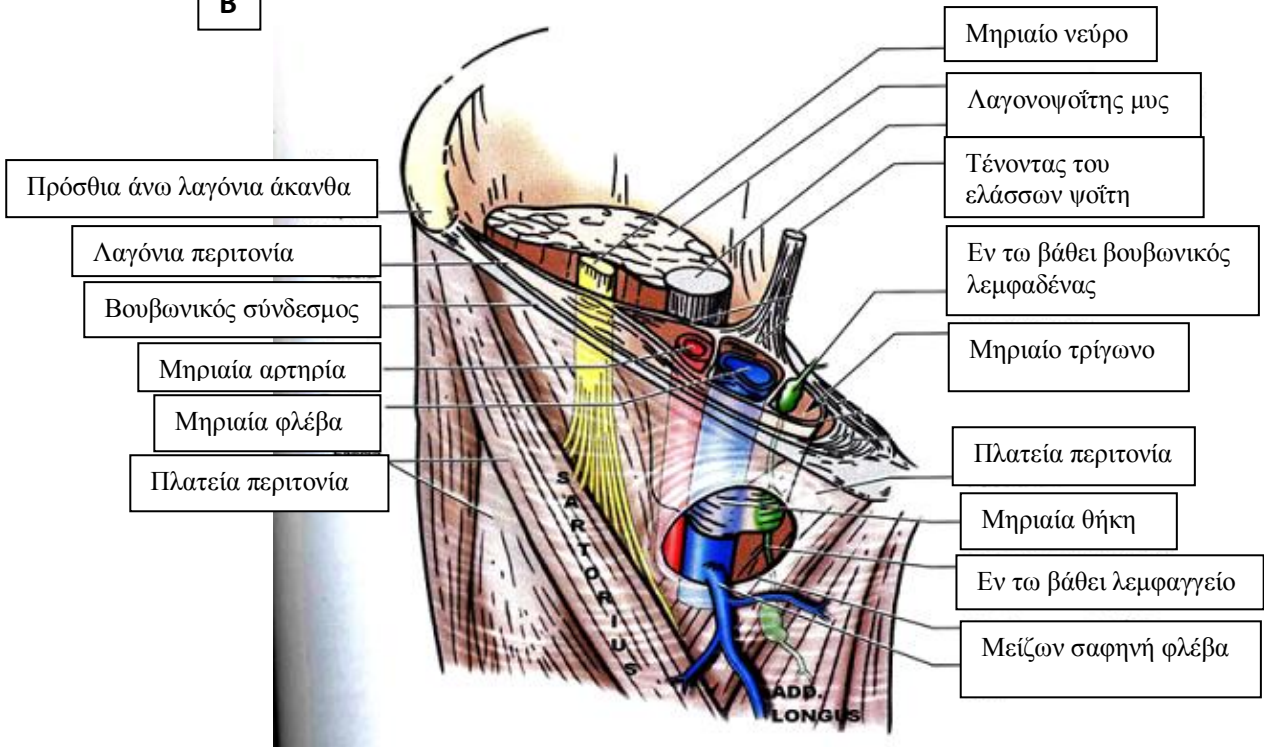
Ηχοανατομία του μηριαίου νεύρου

Ο προσανατολισμός ξεκινάει με την αναγνώριση της μηριαίας αρτηρίας που απεικονίζεται ως μια στρογγυλή σφύζουσα δομή στο επίπεδο της βουβωνικής πτυχής. Εάν δεν αναγνωριστεί άμεσα η αρτηρία, η ολίσθηση του ηχοβολέα προς τα έσω και προς τα έξω της βουβωνικής περιοχής θα απεικονίσει τελικά το αγγείο. Επί τα εκτός της αρτηρίας η οποία βρίσκεται στη μηριαία θήκη και κάτω από τη λαγόνια περιτονία, είναι το μηριαίο νεύρο που απεικονίζεται ως μια υπερηχογενής δομή το οποίο έχει τριγωνικό ή ωοειδές σχήμα (Εικόνες 45,46). Το νεύρο φέρεται στην αύλακα του λαγονοψοίτη μυ κάτω από τη λαγόνια περιτονία η οποία περικλείει το νεύρο και έπειτα περνά κάτω από τον βουβωνικό σύνδεσμο και εισέρχεται στο μηριαίο τρίγωνο. Άλλες δομές που μπορούν να απεικονιστούν είναι η μηριαία φλέβα (επί τα εντός της αρτηρίας) και περιστασιακά η πλατεία περιτονία (επιφανειακά στο υποδόριο στρώμα). Το μηριαίο νεύρο συνήθως απεικονίζεται στα 2 με 4 εκατοστά βάθος [85-87,89,90].

A



B



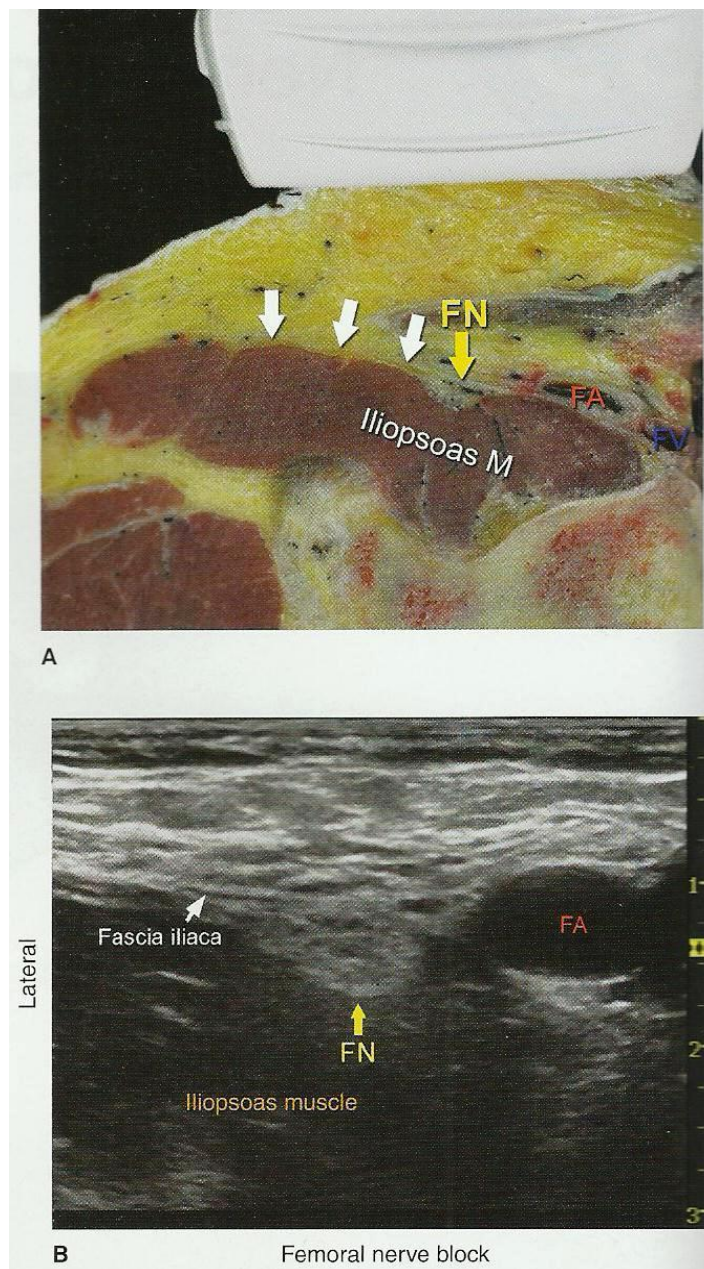
Εικόνα 45. (Α) Εγκάρσια τομή του άνω τριτημορίου του μηρού όπου φαίνεται το μηριαίο έλυτρο και το νεύρο κάτω από τη λαγόνια περιτονία. (Β) Το μηριαίο νεύρο πορεύεται κάτω από την λαγόνια περιτονία επί τα εκτός των αγγείων. Ellis Harold, Susan Standring; Gray, Henry David 2005. Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. St. Louis, Mo: Elsevier Churchill Livingstone.

Στόχος

Η αναγνώριση του μηριαίου νεύρου συνήθως είναι πιο εύκολη με μια ελαφρά γωνίωση του ηχοβολέα κεφαλικά ή ουραία. Η συγκεκριμένη προσαρμογή βοηθάει να «φωτίσει» το νεύρο και να το ξεχωρίσει από τις υπόλοιπες γειτονικές δομές.

Κατανομή Αποκλεισμού

Ο αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου παρέχει αναισθησία στη περιοχή του πρόσθιου και έσω μηρού μέχρι το γόνατο το οποίο συμπεριλαμβάνεται καθώς και μια μεταβλητή λωρίδα του δέρματος της έσω επιφάνειας της κνήμης και της έσω επιφάνειας του ποδιού. Επίσης, χορηγεί αρθρικούς κλάδους στο ισχίο και στο γόνατο [1].



Εικόνα 46. (Α) Το μηριαίο νεύρο σε εγκάρσια διατομή στο επίπεδο της μηριαίας πτυχής. Το μηριαίο νεύρο απεικονίζεται στην επιφάνεια του λαγονοψοϊτή μυ, το οποίο καλύπτεται από τη λαγόνια περιτονία (λευκά βέλη). Μηριαία αρτηρία (FA) και μηριαία φλέβα (FV) περικλείονται μέσα στη μηριαία θήκη η οποία δημιουργείται από στρώμα της λαγόνιας περιτονίας. **(Β)** Ηχοανατομία του μηριαίου νεύρου στο μηριαίο τρίγωνο. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

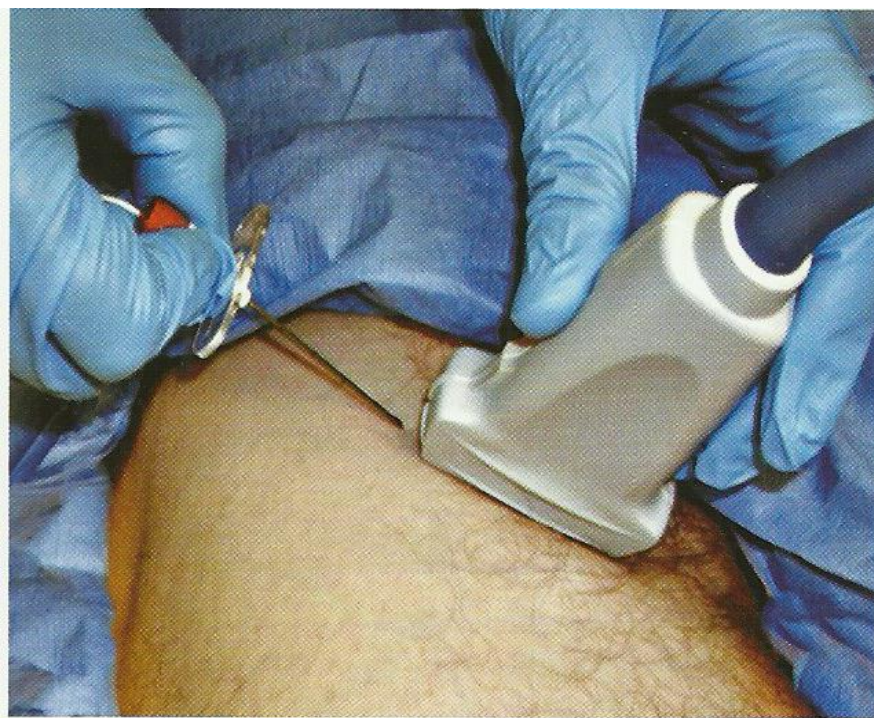
Τεχνική

Ο αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου διενεργείται με τον ασθενή σε ύπτια θέση. Εφόσον απολυμανθεί το δέρμα τοποθετείται ο γραμμικός ηχοβολέας εγκάρσια στη βουβωνική σχισμή για να αναγνωριστεί αρχικά η μηριαία αρτηρία ή/και το μηριαίο νεύρο (Εικόνα 47). Με αργές και ήπιες συνεχείς κινήσεις του ηχοβολέα σαρώνοντας την περιοχή περιφερικά και κεντρικά, με μια ελαφρά γωνίωση, συνήθως βοηθάει να απεικονίσει και να αναδείξει το νεύρο από τις υπόλοιπες δομές, όπως τον λαγονοψοϊτή μυ και τον πιο επιφανειακό λιπώδη ιστό. Με αυτόν τον τρόπο, θα πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια να αναγνωριστεί ο λαγονοψοϊτής και η περιτονία του όπως επίσης και η πλατεία περιτονία διότι η έγχυση κάτω από τη λάθος περιτονία δεν θα μπορέσει το τοπικό αναισθητικό να διαχυθεί στον επιθυμητό χώρο. Μόλις προσδιοριστεί το μηριαίο νεύρο, γίνεται ένας πομόφος στο δέρμα με τοπικό αναισθητικό στην έξω περιοχή του μηρού 1 εκατοστό μακριά από την άκρη του ηχοβολέα.

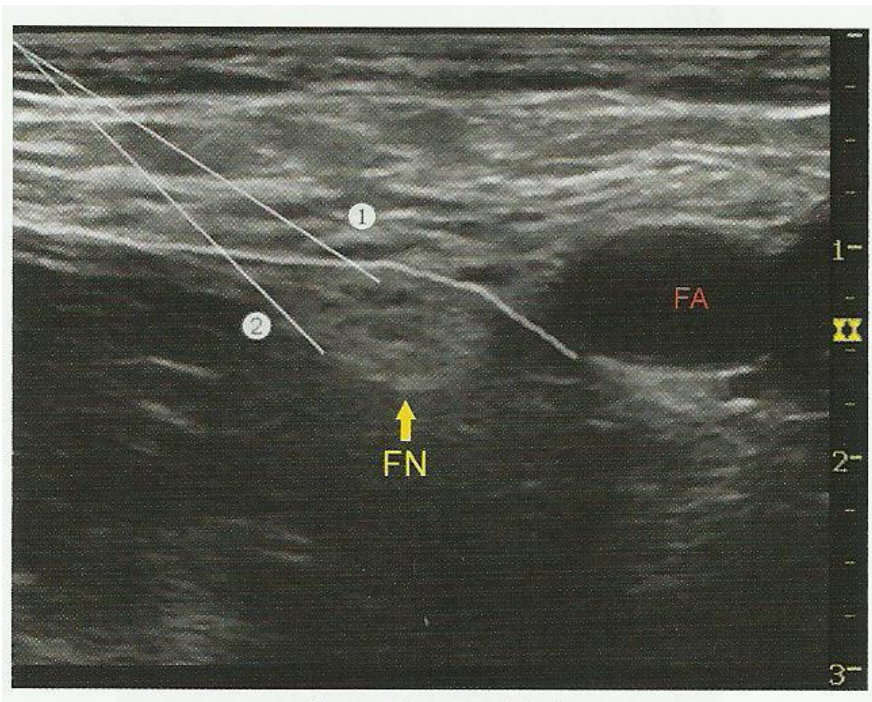
Η βελόνα εισάγεται με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική με μια κατεύθυνση από τα έξω προς τα έσω και προωθείται προς το μηριαίο νεύρο (Εικόνα 47). Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί νευροδιέγερση (0.5mA, 0.1 msec) η προώθηση της βελόνας μέσα από την λαγόνια περιτονία και η επαφή του άκρου της βελόνας με το μηριαίο νεύρο αυτό συνήθως σχετίζεται με μια κινητική απάντηση από την ομάδα των μυών του τετρακέφαλου. Επιπλέον, η προώθηση της βελόνας καθώς διαπερνά τη λαγόνια περιτονία έχει συχνά μια αίσθηση απώλειας αντίστασης, σαν αίσθηση «ποπ».

Όταν το άκρο της βελόνας αναγνωριστεί δίπλα από το νεύρο (Εικόνα 48) και μετά από προσεκτική αναρρόφηση, γίνεται έγχυση 1 με 2 mL τοπικού αναισθητικού για να επιβεβαιωθεί η σωστή θέση της βελόνας (Εικόνα 49). Όταν η έγχυση του τοπικού αναισθητικού δεν φαίνεται να κατανέμεται κοντά στο μηριαίο νεύρο, τότε μπορεί να

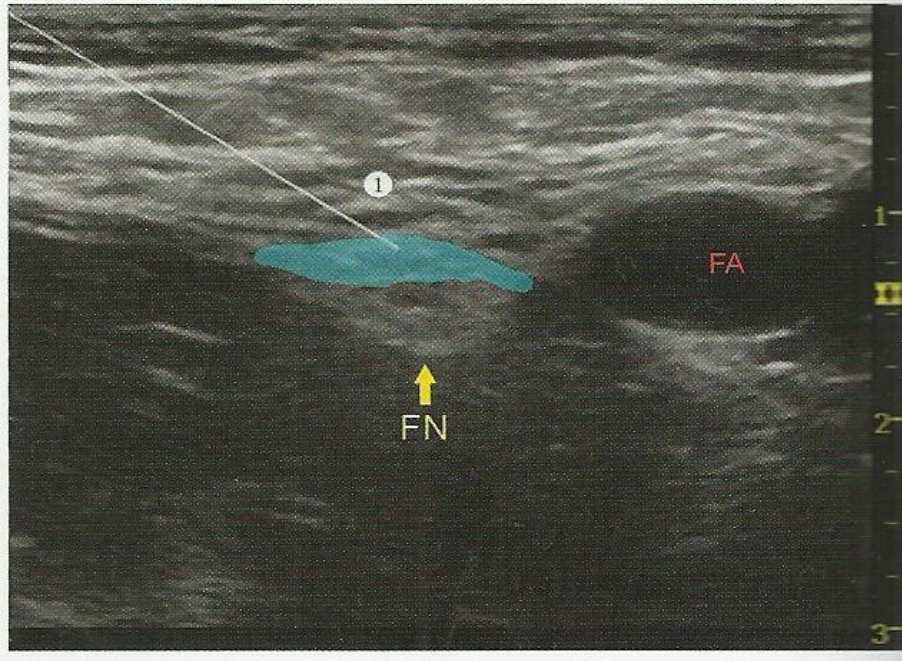
είναι απαραίτητες επιπλέον επανατοποθετήσεις της βελόνας και εγχύσεις του τοπικού αναισθητικού.



***Εικόνα 47.** Ο ηχοβολέας τοποθετείται εγκάρσια στην μηριαία πτυχή για την απεικόνιση της μηριαίας αρτηρίας ή/και του μηριαίου νεύρου. Η θέση του ηχοβολέα και η εισαγωγή της βελόνας με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική για τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου στη μηριαία πτυχή. Tsui BC. Atlas of Ultrasound and Nerve Stimulation-Guided Regional Anesthesia, Springer, Canada, 2007.*

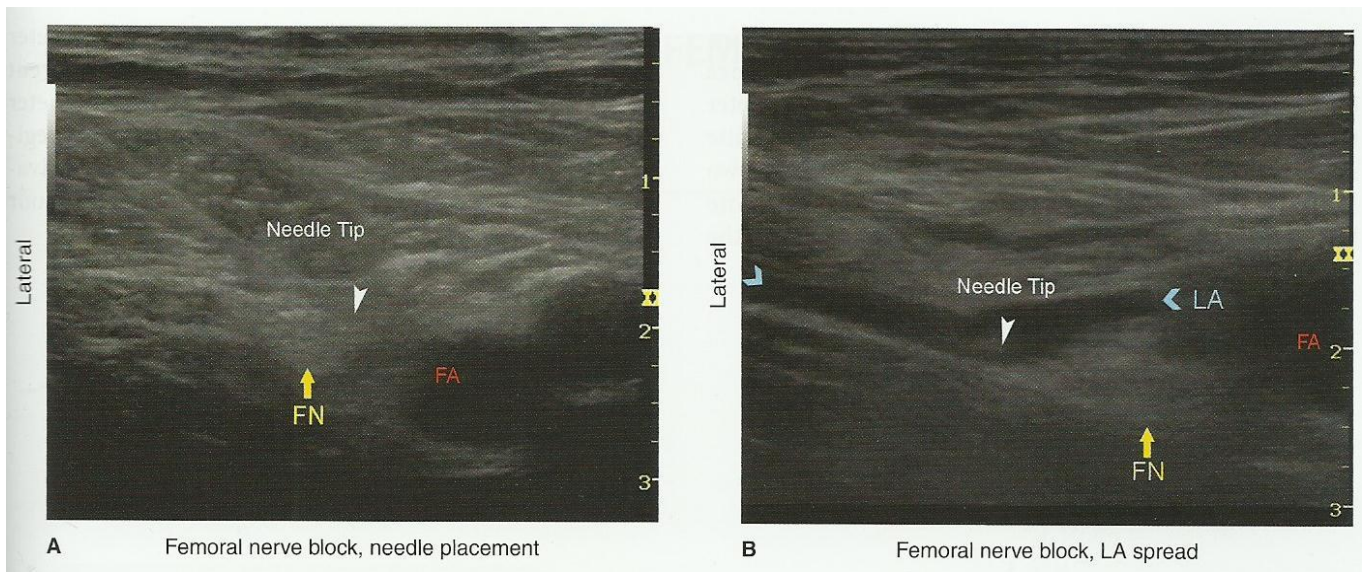


Εικόνα 48. Η υπερηχογραφική εικόνα δείχνει την κατεύθυνση της βελόνας για τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου. Οι δύο θέσεις της βελόνας που απεικονίζονται βρίσκονται κάτω από τη λαγόνιο περιτονία. Η πρώτη βελόνα επιφανειακά στο μηριαίο νεύρο και η δεύτερη βελόνα πιο κάτω από το νεύρο πιο βαθιά. Οι δύο θέσεις είναι αποδεκτές εφόσον το τοπικό αναισθητικό διαχέεται εντός της λαγόνιας περιτονίας (άσπρη γραμμή) για να έρθει σε επαφή με το μηριαίο νεύρο. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



Εικόνα 49. Η θέση της βελόνας (1) και η διάχυση του τοπικού αναισθητικού (σκιασμένη περιοχή με χρώμα γαλάζιο) για τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου (FN). Μηριαία αρτηρία-FA. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Σε ενήλικα ασθενή μια ποσότητα 10 με 20 mL τοπικού αναισθητικού είναι αρκετή για ένα επιτυχή αποκλεισμό (Εικόνα 50). Το πρώτο σημάδι έναρξης του αποκλεισμού είναι η απώλεια αίσθησης στο δέρμα από την έσω μεριά του ποδιού κάτω από το γόνατο (σαφηνές νεύρο). Όμως, επειδή προκαλεί και κινητικό αποκλεισμό, θα πρέπει να ενημερωθεί ο ασθενής για τις συνέπειες του αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου για να αποφευχθούν πιθανές πτώσεις λόγω αδυναμίας του τετρακέφαλου μηριαίου μυ [88,91-99].



Εικόνα 50. (Α) Μια πραγματική βελόνα όπου απεικονίζεται το άκρο της για τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου (FN). **(Β)** Διάχυση του τοπικού αναισθητικού (LA) εντός των δύο στρωμάτων της λαγόνιας περιτονίας με στόχο να περικυκλώσει το μηριαίο νεύρο. Μηριαία αρτηρία-FA. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Συστάσεις

Η πρόκληση της κινητικής απάντησης στη νευροδιέγερση δεν είναι απαραίτητη εφόσον το νεύρο, η βελόνα και η διάχυση του τοπικού αναισθητικού απεικονίζονται στην οθόνη κατά τη διενέργεια του αποκλεισμού με τους υπερήχους

Η υψηλή αντίσταση κατά την έγχυση πρέπει να αποφεύγεται, διότι αυτό είναι ένδειξη ότι η βελόνα πιθανόν να βρίσκεται ενδονευρικά και μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό του νεύρου .

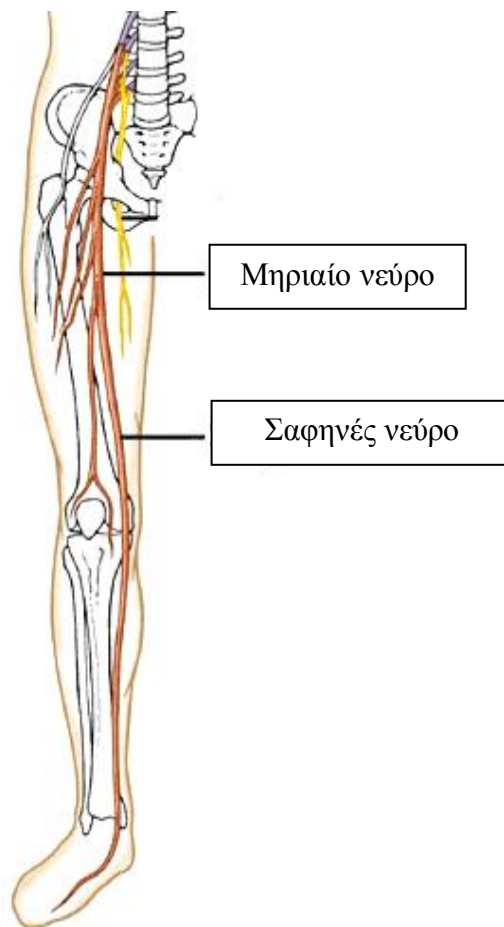
Στον συγκεκριμένο περιφερικό νευρικό αποκλεισμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εκτός πεδίου δέσμης τεχνική. Πολλές φορές το άκρο της βελόνας δεν είναι ορατό κατά

τη διενέργεια του αποκλεισμού, συνεπώς συνιστάται διακοπτόμενη χορήγηση τοπικού αναισθητικού σε μικρές δόσεις (0.5-1 mL) καθώς η βελόνα προωθείται προς τη κατεύθυνση του νεύρου. Με αυτόν τον τρόπο εντοπίζεται στην οθόνη η θέση του άκρου της βελόνας.

Η έγχυση του τοπικού αναισθητικού περίξ του μηριαίου νεύρου δεν είναι απαραίτητη για τον συγκεκριμένο αποκλεισμό. Μια ικανοποιητική δόση έγχυσης τοπικού αναισθητικού οπισθοπλάγια ή πρόσθια του νεύρου είναι επαρκής [96-100].

Σαφηνές Νεύρο

Το σαφηνές νεύρο είναι ο μεγαλύτερος δερματικός και τελικός αισθητικός κλάδος του μηριαίου νεύρου που εκφύεται από τον οπίσθιο κλάδο. Νευρώνει την έσω επιφάνεια του γόνατος, την έσω επιφάνεια της κνήμης και το έσω χείλος του άκρου ποδός (Εικόνα 51). Ο αποκλεισμός του συγκεκριμένου νεύρου επαρκεί για επιφανειακές επεμβάσεις; όμως είναι ο πιο χρήσιμος αποκλεισμός για συμπλήρωμα του αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου για επεμβάσεις ποδοκνημικής άρθρωσης και άκρου ποδός που περιλαμβάνει την έσω επιφάνεια του ποδιού και του αστραγάλου. Η χρήση των υπερηχογραφικών τεχνικών έχει αυξήσει τα ποσοστά επιτυχίας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου σε σχέση με τις τυφλές τεχνικές. Οι υπερηχογραφικές τεχνικές που περιγράφονται είναι σχετικά απλές και γρήγορες σε εκτέλεση [101,102].



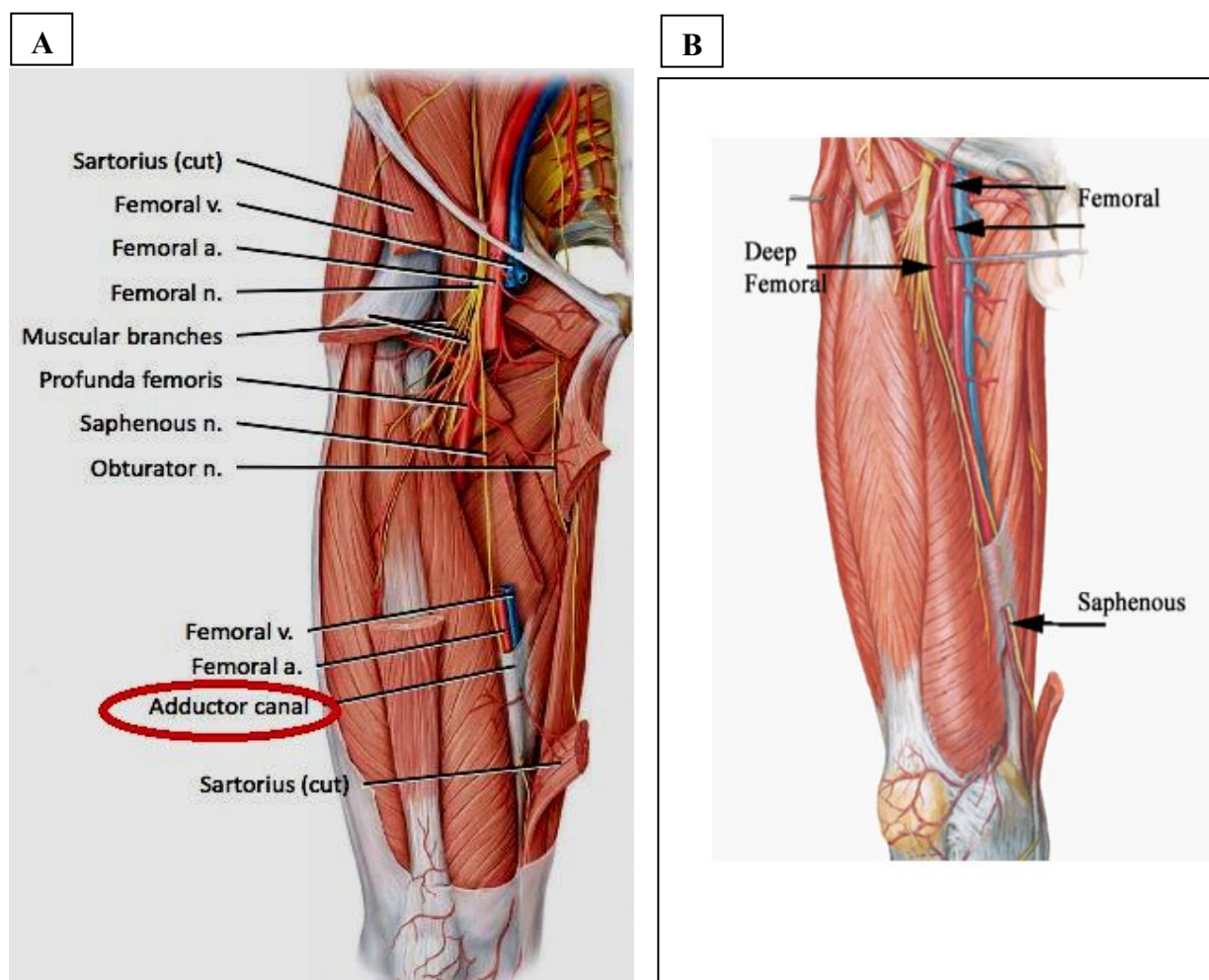
Εικόνα 51. Η πορεία του σαφηνούς νεύρου. <http://legacy.owensboro.kctcs.edu>

Ο πόρος των προσαγωγών

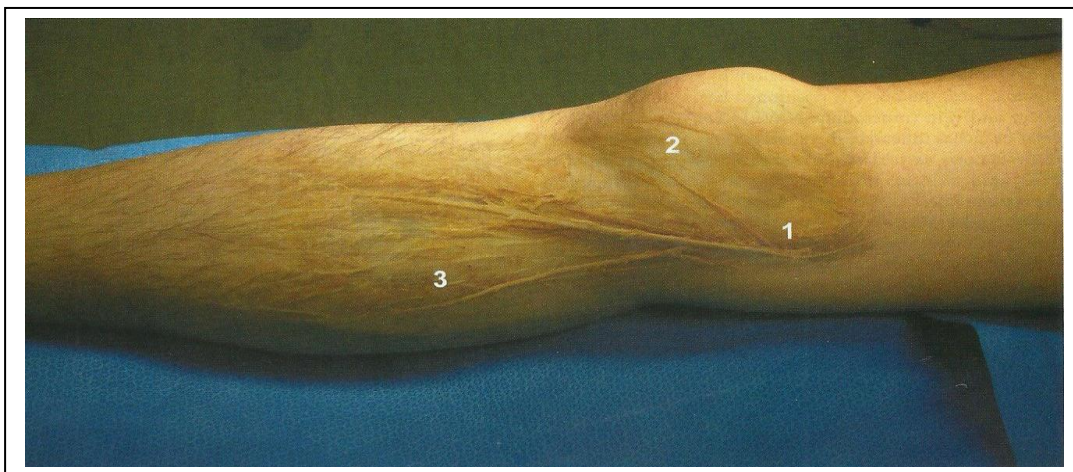
Ο πόρος των προσαγωγών (υποραπτικό κανάλι ή πόρος του Hunter) έχει περιγραφεί για πρώτη φορά από τον John Hunter το 1786. Αργότερα, στα μέσα του 20 αιώνα περιγράφεται να έχει σχήμα κώνου ή πυραμίδας. Ο πόρος των προσαγωγών είναι μια απονευρωτική σήραγγα που έχει μήκος 15 εκατοστά και βρίσκεται στη μεσότητα του μηρού. Επεκτείνεται από την κορυφή του μηριαίου τριγώνου και καταλήγει στο τρήμα του μείζονος προσαγωγού μυός, στον τένοντα του συγκεκριμένου μυός. Τα όρια

του πόρου των προσαγωγών περιλαμβάνουν τα εξής: ο ραπτικός μυς μαζί με τον πλατυπροσαγωγό υμένα αποτελούν την οροφή, οπίσθια και έσω ορίζεται από τον μακρύ προσαγωγό και τον μείζονα προσαγωγό μυ και επί τα εκτός από τον έσω πλατύ μυ. Καλύπτεται από μια ισχυρή απονευρωτική μεμβράνη η οποία εκτείνεται από τον έσω πλατύ μυ μέχρι το έξω όριο του μακρύ προσαγωγού και του μεγάλου προσαγωγού μυός. Ο πόρος των προσαγωγών χρησιμεύει κυρίως ως δίοδος για αγγεία που κατευθύνονται από τον πρόσθιο μηρό στον οπίσθιο. Περιέχει την μηριαία αρτηρία, τη μηριαία φλέβα, το σαφηνές νεύρο και το νεύρο του έσω πλατέος μυός. Η μηριαία αρτηρία, φλέβα και το σαφηνές νεύρο εισέρχονται στον πόρο των προσαγωγών μέσα από το ανώτερο στόμιο του. Αρχικά, το σαφηνές νεύρο πορεύεται επί τα εκτός της μηριαίας αρτηρίας κάτω από τον ραπτικό μυ μέχρι το ύψος του πόρου των προσαγωγών. Έπειτα, διασταυρώνει μπροστά την μηριαία αρτηρία και πριν την έξοδο του από τον πόρο των προσαγωγών βρίσκεται επί τα εντός της αρτηρίας (Εικόνα 52B). Το σαφηνές νεύρο διατιτραίνει την πλατεία περιτονία και περνά μεταξύ των καταφυτικών απονευρώσεων του ραπτικού και του ισχνού προσαγωγού μυός και γίνεται υποδόριο στην έσω επιφάνεια του γόνατος (Εικόνα 52), ενώ τα μηριαία αγγεία κατευθύνονται προς τον ιγνυακό βόθρο διαμέσου του τμήματος του μεγάλου προσαγωγού. Ο υποεπιγονατιδικός κλάδος του σαφηνούς νεύρου χωρίζεται από το σαφηνές νεύρο στο σημείο που εξέρχεται από τον πόρο των προσαγωγών και είναι ο μεγαλύτερος κλάδος, ο οποίος διαπερνά τον ραπτικό μυ και την πλατεία περιτονία και νευρώνει την πρόσθια και έσω επιφάνεια της επιγονατίδας (Εικόνα 53). Μαζί με τη σαφηνή φλέβα πορεύεται κατά μήκος της κνήμης στη ραχιαία επιφάνεια του άκρου ποδός, στον έσω σφυρό και στη περιοχή του πρώτου μεταταρσίου όπου αναστομώνεται με κλάδο του επιπολής περνιαίου νεύρου. Επίσης, στην ποδοκνημική, κλάδος του

σαφηνούς νεύρου βρίσκεται μεταξύ του έσω σφυρού και του πρόσθιου κνημιαίου τένοντα επί τα εκτός της σαφηνούς φλέβας [101,104,107,110].



Εικόνα 52. (A) Ο πόρος των προσαγωγών περιέχει τη μηριαία αρτηρία, μηριαία φλέβα και το σαφηνές νεύρο. Η μηριαία αρτηρία μαζί με την φλέβα και το σαφηνές νεύρο περνούν μέσα από το άνω τμήμα του πόρου των προσαγωγών. (B) Το σαφηνές νεύρο περνάει μπροστά από την μηριαία αρτηρία στο ύψος του πόρου των προσαγωγών.
Anatomic drawing. Used with permission from Netter; Atlas of Human Anatomy, 2006, Elsevier.



Εικόνα 53. Το σαφηνές νεύρο και οι κλάδοι του καθώς αναδύεται μέσα από την κατάφυση του τένοντα του ραπτικού μύος. (1) Σαφηνές νεύρο, (2) υποεπιγονατιδικός κλάδος του σαφηνούς νεύρου (3) κλάδοι του σαφηνούς νεύρου στην έσω επιφάνεια της κνήμης κάτωθεν του γόνατος. Hadzic A. *Textbook of Regional Anesthesia and Acute Pain Management*, NY, McGraw-Hill, USA 2007 [83].

Στόχος

Ο στόχος είναι η τοποθέτηση της βελόνας ακριβώς δίπλα και επί τα εντός της αρτηρίας σε βάθος 2 με 4 εκατοστά κάτω από το ραπτικό μυ. Έπειτα γίνεται έγχυση 5 με 10 mL τοπικού αναισθητικού έως ότου η διάχυση περίξ της αρτηρίας επιβεβαιωθεί με την υπερηχογραφική απεικόνιση. Ο αποκλεισμός του νεύρου σε άλλα ανατομικά σημεία, όπως κάτωθεν του γόνατος και σε πιο επιφανειακά σημεία, γίνεται με μια υποδόρια έγχυση των ιστών που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με το νεύρο, αλλά μπορεί επίσης να γίνει και με την καθοδήγηση των υπερήχων.

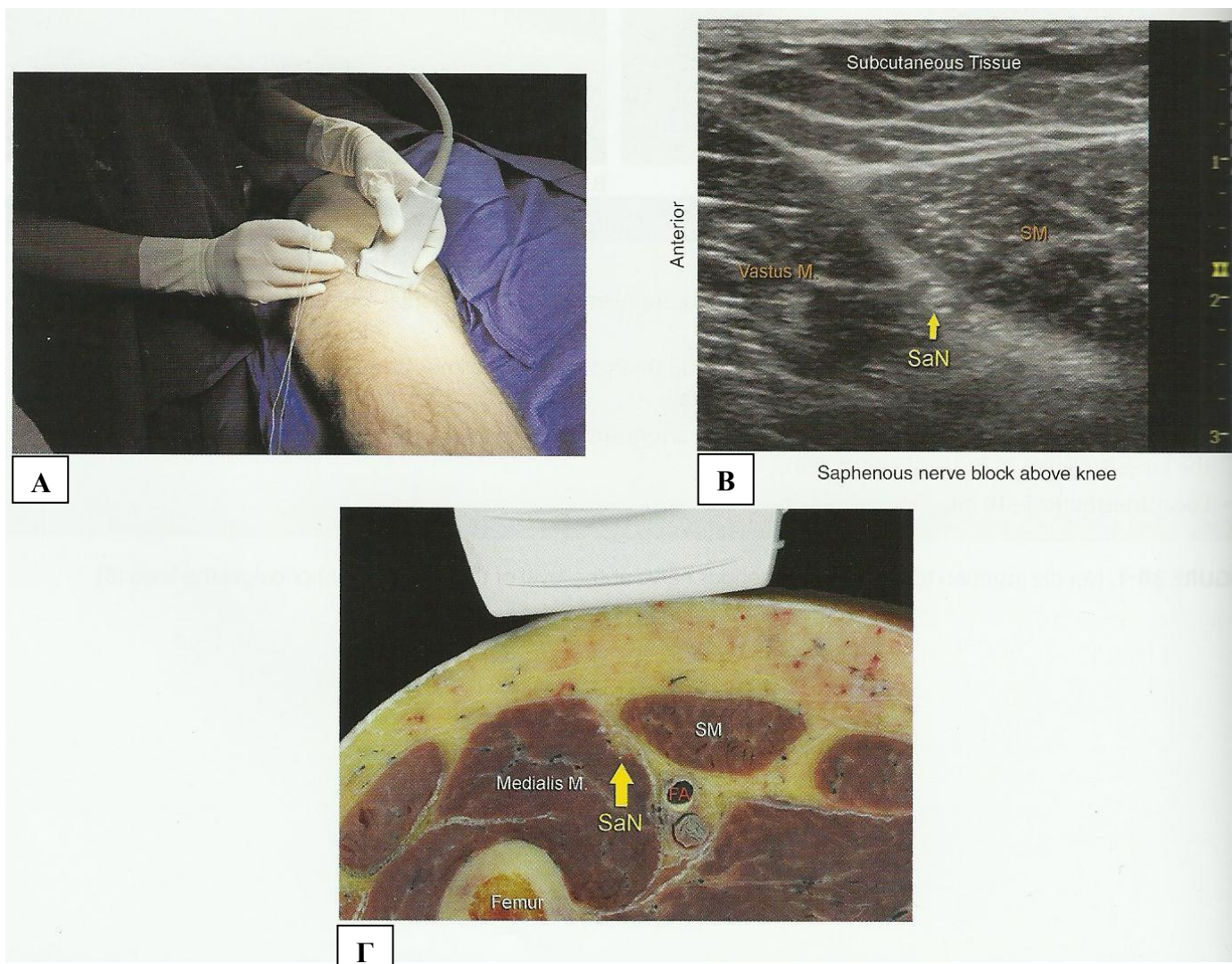
Η απεικόνιση του σαφηνούς νεύρου κατά τη διενέργεια του αποκλεισμού δεν είναι απαραίτητη μια και το νεύρο πολύ δύσκολα εντοπίζεται υπερηχογραφικά λόγω του μικρού πάχους που έχει.. Η χορήγηση 5 με 10 mL τοπικού αναισθητικού είναι επαρκής ποσότητα δίχως να επιβεβαιωθεί η θέση του νεύρου [102,103,112-116].

Ηχοανατομία

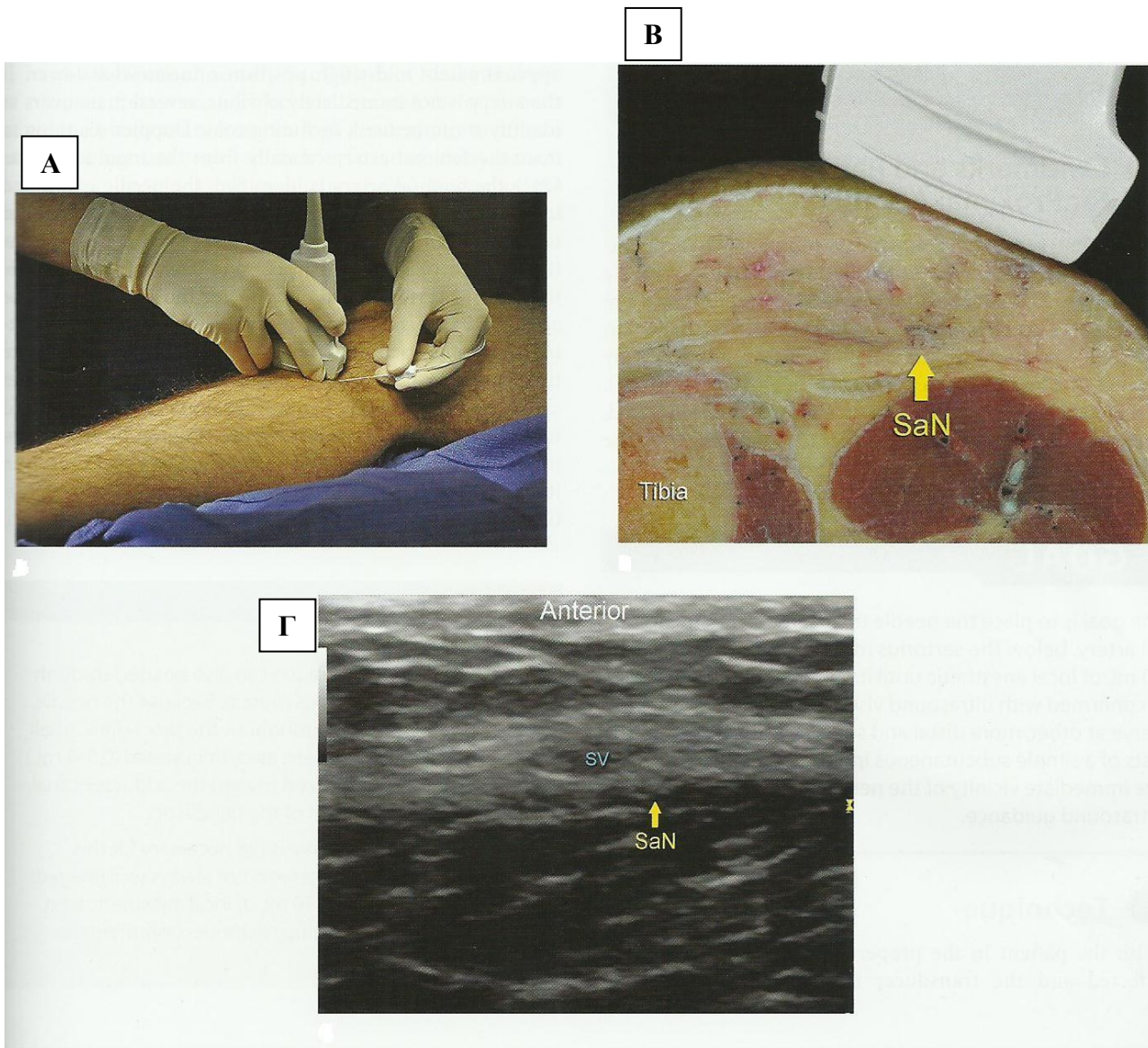
Ο ραπτικός μυς σχηματίζει μια «οροφή» πάνω από τον πόρο των προσαγωγών στη μεσότητα του μηρού κατά την κάθοδο του από τα έξω προς τα έσω, σε όλη τη πρόσθια επιφάνεια του μηρού. Ο μυς φαίνεται σαν ένα ωοειδές σχήμα κάτω από το υποδόριο στρώμα του λιπώδους ιστού. Συνήθως, η μηριαία αρτηρία ψηλαφάται σχετικά εύκολα, η οποία διέρχεται κάτω από τον μυ. Τα όρια του τριγώνου σχηματίζονται από τον έσω πλατύ μυ που είναι από την έξω μεριά του τριγώνου και από τον μακρύ προσαγωγό ή τον μεγάλο προσαγωγό μυ από την έσω μεριά του τριγώνου (ανάλογα με το πόσο εγγύς ή άπω εκτελείται η σάρωση). Το σαφηνές νεύρο σπάνια απεικονίζεται στην οθόνη, όμως κάποιες φορές φαίνεται να είναι ορατό ως μια μικρή στρογγυλή υπερηχογενής δομή επί τα εντός της αρτηρίας. Η μηριαία φλέβα συνοδεύει την αρτηρία και το σαφηνές νεύρο, όπου εντοπίζονται υπερηχογραφικά στα 2 με 3 εκατοστά βάθος. Όταν γίνεται προσπάθεια να αναγνωρισθεί και να απεικονιστεί το σαφηνές νεύρο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες ανατομικές δομές:

- Άνωθεν του γόνατος: Το σαφηνές νεύρο διαπερνά την πλατεία περιτονία ανάμεσα στους τένοντες του ραπτικού μυός και του ισχνού προσαγωγού μυός πριν βρεθεί υποδορίως.

- Το σαφηνές νεύρο μπορεί να εντοπιστεί μεταξύ του ραπτικού μυ και του έσω πλατύ μυ (Εικόνα 54A, B και Γ).
- Κάτωθεν του γόνατος: Το νεύρο περνάει από την έσω μεριά του γόνατος, κατά μήκος της κνημιαίας πλευράς, πλησίον της μείζονος σαφηνούς φλέβας που βρίσκεται υποδορίως (Εικόνα 55A, B και Γ).
- Στην περιοχή της ποδοκνημικής, ένας κλάδος του νεύρου βρίσκεται από την έσω πλευρά μαζί με την υποδορίως τοποθετημένη σαφηνή φλέβα [104-107,113-116].



Εικόνα 54. (Α) Ο ηχοβολέας και η τοποθέτηση της βελόνας για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου στη μεσότητα του μηρού. (Β) Η ηχοανατομία απεικονίζει το σαφηνές νεύρο στο επίπεδο των ιστών ανάμεσα στον ραπτικό μυ (SM) και τον έσω πλατύ μυ. (Γ) Εγκάρσια διατομή του σαφηνούς νεύρου (SaN) στο επίπεδο του μηρού. Το νεύρο είναι τοποθετημένο ανάμεσα στον ραπτικό μυ και τον έσω πλατύ μυ. Σε αυτό το παράδειγμα, το νεύρο του ραπτικού μύος βρίσκεται επιφανειακά της μηριαίας αρτηρίας (FA) και φλέβας (μη επισημασμένη δομή όπισθεν της μηριαίας αρτηρίας (FA)). Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].



Εικόνα 55. (Α) Η τοποθέτηση του ηχοβολέα και η εισαγωγή της βελόνας με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου (SaN) στο επίπεδο του κνημιαίου κυρτώματος. (Β) Εγκάρσια διατομή στο επίπεδο του κνημιαίου κυρτώματος. (Γ) Υπερηχογραφική εικόνα του σαφηνούς νεύρου κάτωθεν του γόνατος. Το σαφηνές νεύρο παρατηρείται σε άμεση γειτνίαση με τη σαφηνή φλέβα (SV). Ο ηχοβολέας θα πρέπει να εφαρμόζεται ελαφρά στο δέρμα για να αποφευχθεί η συμπίεσης της σαφηνούς φλέβας διότι η φλέβα εξυπηρετεί ως σημαντικό ανατομικό σημείο για την

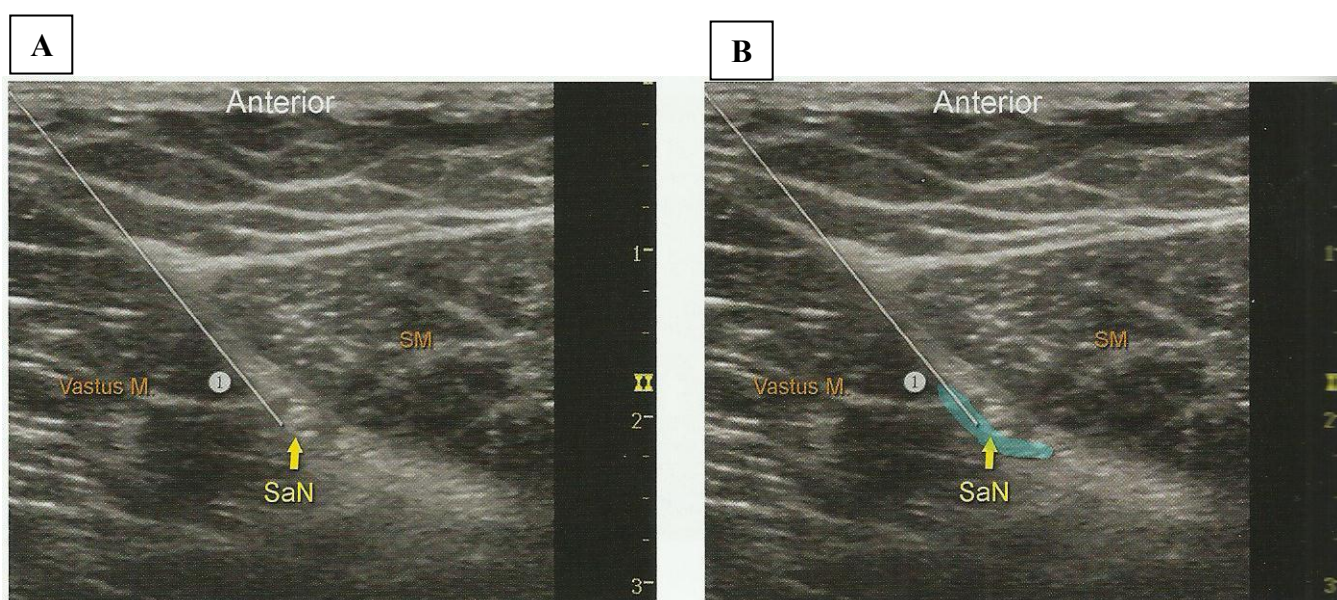
τεχνική. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Τεχνική

Ο ασθενής τοποθετείται σε τέτοια θέση που επιτρέπει εύκολα την τοποθέτηση του ηχοβολέα και την εισαγωγή της βελόνας. Η πριηνή και η πλάγια προσέγγιση είναι πιθανές θέσεις για την εκτέλεση του αποκλεισμού, όμως ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου συνήθως πραγματοποιείται σε ύπτια θέση. Το κάτω άκρο τοποθετείται σε απαγωγή και σε έξω στροφή, έτσι ώστε να η πρόσβαση στην περιοχή του έσω μηρού να είναι εφικτή. Σε περίπτωση δυσκολίας αναγνώρισης του ραπτικού μυ, είναι χρήσιμη η έκθεση όλου του μηρού και η σάρωση με τον ηχοβολέα από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα.

Τοποθετώντας τον ηχοβολέα υψηλής συχνότητας 8-14 MHz, κάθετα στο δέρμα της έσω επιφάνειας του μηρού, στη μεσότητα ή στο κατώτερο τριτημόριο του μηρού γίνεται ανίχνευση των μηριαίων αγγείων όπου απεικονίζονται εγκάρσια. Σε περίπτωση που υπάρχει δυσκολία να προσδιοριστεί η μηριαία αρτηρία, τότε διάφοροι ελιγμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση της, όπως η σάρωση με την έγχρωμη Doppler απεικόνιση, ξεκινώντας από την βουβωνική πτυχή προς το γόνατο. Μόλις αναγνωριστεί η μηριαία αρτηρία, η βελόνα εισάγεται με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική από έξω προς τα έσω και προωθείται προς την μηριαία αρτηρία (Εικόνα 56Α). Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί νευροδιεγέρτης το πέρασμα της βελόνας μέσα από τον ραπτικό μυ και/ή τους προσαγωγούς μύες μέσα στον πόρο των προσαγωγών, όπως αναφέρουν πολλοί ασθενείς σχετίζεται με παραισθησία στην περιοχή κατανομής του

σαφηνούς νεύρου. Μόλις το άκρο της βελόνας είναι ορατό στην οθόνη και τοποθετηθεί επί τα εντός της αρτηρίας, μετά από προσεκτική αναρρόφηση, γίνεται έγχυση 1 με 2 mL τοπικού αναισθητικού για να επιβεβαιωθεί η σωστή θέση της βελόνας (Εικόνα 56B). Όταν μετά από έγχυση τοπικού αναισθητικού, ο όγκος δεν φαίνεται να κατανέμεται δίπλα από τη μηριαία αρτηρία, τότε επιπρόσθετες επανατοποθετήσεις της βελόνας και εγχύσεις είναι απαραίτητες.



Εικόνα 56. (A) Προσομοίωση της διαδρομής της βελόνας (1) προς το σαφηνές νεύρο (SaN) στο επίπεδο της μεσότητας του μηρού. (B) Προσομείωση της διαδρομής της βελόνας (1) και η κατανομή του τοπικού αναισθητικού (σκιασμένη περιοχή με γαλάζιο χρώμα) για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου στο επίπεδο της μεσότητας του μηρού. Ραπτικός μυς-SM, Έσω πλατύς-VM. Στη συγκεκριμένη εικόνα η μηριαία αρτηρία δεν απεικονίζεται ξεκάθαρα. Είναι τοποθετημένη ακριβώς πίσω από το σαφηνές νεύρο (SaN).
Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia*, NYSORA, McGraw-Hill, USA, 2012 [1].

Η εκτός πεδίου δέσμης τεχνική μπορεί επίσης να εφαρμοστεί για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου. Η βελόνα περνά μέσα από τον ραπτικό μυ, όμως το άκρο της κατά τη διάρκεια της διαδικασίας είναι δύσκολο να απεικονιστεί. Συνεπώς, γίνονται εγχύσεις μικρές ποσότητες τοπικού αναισθητικού (0.5-1 mL) καθώς η βελόνα προωθείται προς τον πόρο των προσαγωγών για να επιβεβαιωθεί η θέση της κορυφής της βελόνας.

Μια ποσότητα 5 με 10 mL τοπικού αναισθητικού είναι αρκετή για ένα επιτυχή αποκλεισμό. Επειδή το σαφηνές νεύρο είναι αποκλειστικά αισθητικό νεύρο, δεν χρειάζονται υψηλές συγκεντρώσεις τοπικού αναισθητικού. Αντιθέτως, οι υψηλές συγκεντρώσεις και οι μεγαλύτερες ποσότητες τοπικού αναισθητικού μπορεί να καθυστερήσουν την κινητοποίηση του ασθενούς λόγω διάχυσης σε κάποιο κλάδο του μηριαίου νεύρου που νευρώνει τους τετρακέφαλους μύες [106-109,113-116].

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Το σαφηνές νεύρο

Το σαφηνές νεύρο αναδύεται ως ο μεγαλύτερος αισθητικός και τελικός κλάδος του μηριαίου νεύρου όπου νευρώνει την έσω επιφάνεια του γόνατος, την έσω επιφάνεια της κνήμης και το έσω χείλος του άκρου ποδός υποδόρια κατά μήκος της μέσης επιφάνειας του σφυρού.

Ο επιτυχής αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου κατέχει μεγάλη κλινική σημασία για τα χειρουργεία που αφορούν το κάτω άκρο όπως επεμβάσεις γόνατος, ποδοκνημικής και ειδικά όταν συνδυάζεται με άλλους περιφερικούς αποκλεισμούς. Η γνώση της ανατομίας μιας περιοχής αποτελεί το κλειδί της επιτυχίας σε ένα αποκλεισμό περιφερικού νεύρου. Υπάρχουν διάφορες ανατομικές περιοχές που μπορεί να εφαρμοστεί ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου: άνωθεν του γόνατος με υπερηχογραφικές τεχνικές (Εικόνα 57), στο ύψος του γόνατος, κάτωθεν του γόνατος ή ακόμη ακριβώς πάνω από τον έσω σφυρό (Εικόνα 58) [107]. Έχει αποδειχθεί ότι ο αποκλεισμός του νεύρου άνωθεν ή στο ύψος του γόνατος, έχει μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας αποκλεισμού, συνεπώς παρέχει πιο αξιόπιστη αναισθησία σε σχέση με τις παραδοσιακές τυφλές τεχνικές που εφαρμόζονταν κάτωθεν του γόνατος [105,107,108]. Ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου με τη χρήση υπερήχων αποτελεί πλέον επιλογή σε αρθροσκοπήσεις γόνατος και επεμβάσεις άκρου ποδός. Συγκεκριμένα, στη προοπτική μελέτη τους οι Michael L. Kent και συν. [111] χρησιμοποίησαν τρεις τεχνικές για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου (οι δύο άνωθεν του γόνατος με υπερηχογραφική καθοδήγηση και η άλλη κάτωθεν του γόνατος με ανατομικά οδηγία σημεία). Η μελέτη τους έδειξε ότι και οι δύο υπερηχογραφικές τεχνικές άνωθεν του

γόνατος είχαν σημαντικά υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας έναντι της τεχνικής κάτωθεν του γόνατος. Οι δύο τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν άνωθεν του γόνατος δεν είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους όσον αφορά το ποσοστό επιτυχίας του αποκλεισμού.



*Εικόνα 57. Η σάρωση αρχίζει από την μηριαία πτυχή προς τη μεσότητα του μηρού για την διενέργεια του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου. Winchester B. *Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, 2009. Co-founder, www.blockjocks.com.**



Εικόνα 58. Αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου με τυφλή τεχνική στο σημείο ακριβώς πάνω από τον έσω σφυρό. Σ. Σταματόπουλος και συν. Περιοχική Αναισθησία του άκρου ποδός, www.iatrikionline.gr, 2009.

Αρκετές μελέτες έχουν δημοσιευτεί τα τελευταία χρόνια με στόχο την αναγνώριση του σαφηνούς νεύρου και συνεπώς τον αποκλεισμό του με τη χρήση υπερήχων σε συνδυασμό με άλλους περιφερικούς αποκλεισμούς, για διεγχειρητική αναισθησία και αναλγησία. Εντούτοις, το ακριβές ανατομικό σημείο που απεικονίζεται το νεύρο και επίσης ο όγκος του τοπικού αναισθητικού που χρησιμοποιείται για τον αποκλεισμό του νεύρου ποικίλει μεταξύ των μελετών. Στις περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες ο όγκος του τοπικού αναισθητικού που έχει μελετηθεί ήταν μεταξύ 7 με 15 ml [104,106,109-116]. Επιπλέον, δεν έχει περιγραφεί λεπτομερώς κατά πόσο ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου επηρεάζει τον έσω πλατύ μυ, ο οποίος είναι ένας από στους τετρακέφαλους μύες.

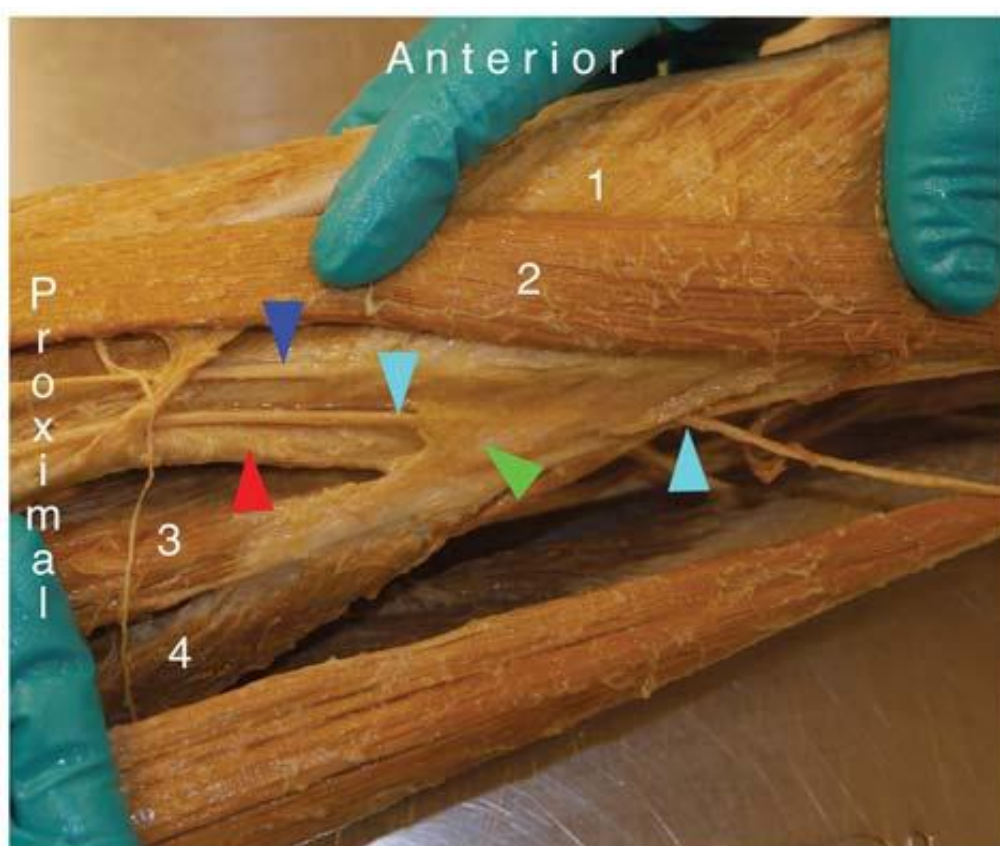
Επομένως, ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου και τις συνέπειες που έχει

ο αποκλεισμός του νεύρου στον έσω πλατύ μυ, μεταξύ των δύο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενων τεχνικών με μικρό όγκο έγχυσης τοπικού αναισθητικού σε χειρουργεία που αφορούν αρθροσκοπήσεις γόνατος και επεμβάσεις άκρου ποδός. Η πρώτη έγχυση του τοπικού αναισθητικού εφαρμόστηκε μέσα στον πόρο των προσαγωγών και η δεύτερη περιφερικότερα του κατώτερου στομίου του πόρου των προσαγωγών ακριβώς στο σημείο που εξέρχεται το σαφηνές νεύρο.

Ο πόρος των προσαγωγών (υποραπτικός ή πόρος του Hunter) καθώς και το μηριαίο τρίγωνο, αναφέρονται στην κλασσική βιβλιογραφία να δείχνουν ασυνέπεια ως προς την ανατομική τους θέση, δηλαδή με αρκετές παραλλαγές. Η πρόσφατη βιβλιογραφία, περιγράφει ότι ο ινομυώδης πόρος των προσαγωγών είναι σαν μια σήραγγα, που αρχίζει από την κορυφή του μηριαίου τριγώνου μέχρι το τρήμα του μεγάλου προσαγωγού μυ όπου βρίσκεται στο ανώτερο τριτημόριο του μηρού και κυμαίνεται σε ένα μήκος μεταξύ 5.5 cm και 15 cm.

Ο πλατυπροσαγωγός υμένας αποτελεί την οροφή του πόρου των προσαγωγών και συγκεκριμένα καλύπτει το κατώτερο μέρος του πόρου. Είναι μια ισχυρή μεμβράνη όπου εκτείνεται από τον έσω πλατύ μυ κατά μήκος των μηριαίων αγγείων και καταλήγει στο τρήμα του μεγάλου προσαγωγού (Εικόνα 59). Έχει τριγωνικό σχήμα και μαζί με τον ραπτικό μυ αποτελούν την οροφή. Επίσης, χωρίζει τον πόρο των προσαγωγών από το υπορραπτικό διαμέρισμα. Το οπίσθιο και το έσω όριο του πόρου των προσαγωγών, ορίζεται από τον μακρύ προσαγωγό και τον μείζονα προσαγωγό μυ και το έξω όριο από τον έσω πλατύ μυ. Η κορυφή του τριγώνου είναι το σημείο όπου ο ραπτικός μυς διασχίζει λοξά τον έσω μακρύ μυ. Τα μηριαία αγγεία εισέρχονται στον πόρο των προσαγωγών μαζί με το σαφηνές νεύρο και το νεύρο του έσω πλατύ μυός κάτω από τον ραπτικό μυ και κατευθύνονται μέχρι την μεσότητα του μηρού. Σε αυτό το

σημείο η μηριαία αρτηρία και φλέβα βυθίζονται και περνάνε μέσα από το τρήμα του μεγάλου προσαγωγού όπου πια φέρονται στην ιγνυακή χώρα. Η μηριαία αρτηρία βρίσκεται βαθιά κάτω από τον ραπτικό μυ μέσα σε όλο τον πόρο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ανατομικό οδηγό σημείο με την χρήση υπερήχων για να απεικονιστεί η περιοχή του πόρου των προσαγωγών.[101,104,107,116,125].



Εικόνα 59. Ο πλατυπροσαγωγός υμένας (πράσινος βέλος) αποτελεί την οροφή του πόρου των προσαγωγών και εκτείνεται από τον έσω πλατύ μυ (1) κατά μήκος των μηριαίων αγγείων, κάτω από τον ραπτικό μυ (2) και καταλήγει στους τένοντες του μακρύ προσαγωγού μυ (3) και του μεγάλου προσαγωγού μυ (4). Σαφηνές νεύρο (κυανό βέλος), Μηριαία αρτηρία (κόκκινο βέλος) , Νεύρο του έσω πλατύ μύος (μπλε βέλος) [125].

Το σαφηνές νεύρο είναι ο τελικός αισθητικός κλάδος του μηριαίου νεύρου και αρχικά φέρεται επί τα εκτός της μηριαίας αρτηρίας όταν αυτά εισέρχονται στον πόρο των προσαγωγών (Εικόνα 60). Έπειτα, διασταυρώνει μπροστά την μηριαία αρτηρία από έξω προς τα έσω και πριν την έξοδο του από τον πόρο των προσαγωγών βρίσκεται επί τα εντός της αρτηρίας. Το σαφηνές νεύρο διατιτραίνει την απονευρωτική μεμβράνη του πόρου των προσαγωγών στο κατώτερο όριο του και περνά μεταξύ των καταφυτικών απονευρώσεων του ραπτικού και του ισχνού προσαγωγού μυός και γίνεται υποδόριο στην έσω επιφάνεια του γόνατος, ενώ τα μηριαία αγγεία απομακρύνονται και κατευθύνονται προς τον ιγνυακό βόθρο διαμέσου του τρήματος του μεγάλου προσαγωγού μυός [106,116,125,133].



Εικόνα 60. Το σαφηνές νεύρο στο ανατομικό παρασκεύασμα αποκαλύπτεται εντός του πόρου των προσαγωγών στην αρχή επί τα εκτός της μηριαίας αρτηρίας. Στη συνέχεια, καθώς πορεύεται μαζί με την αρτηρία περνάει μπροστά από αυτήν και πριν την έξοδο του από τον πόρο των προσαγωγών, κάτω από τον πλατυπροσαγωγό υμένα βρίσκεται επί τα εντός της αρτηρίας. Ανατομικό παρασκεύασμα στο Εργαστήριο Ανατομίας της Ιατρικής

Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών. Αναγνώστης Γ. Ειδικές υπερηχογραφικές τεχνικές για τον αποκλεισμό περιφερικών νεύρων στην Αναισθησιολογία, 2013 [116].

Μέθοδος

Κλινική μελέτη

Η συγκεκριμένη προοπτική τυχαιοποιημένη μελέτη εφαρμόστηκε σε 48 ασθενείς για προγραμματισμένη ορθοπεδική επέμβαση (αρθροσκόπηση γόνατος και χειρουργική αποκατάσταση άκρου ποδός) μετά από έγκριση του πρωτοκόλλου, από την Επιστημονική Επιτροπή του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου «Αττικόν» και από την Επιτροπή Βιοηθικής και Ερευνητικής Δεοντολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η επιλογή των ασθενών έγινε μετά από προσεκτική λήψη ιστορικού και προαναισθητική εκτίμηση ώστε να αποκλειστούν οι ασθενείς που δεν πληρούσαν κάποιο από τα ακόλουθα κριτήρια αποκλεισμού:

- ❖ ΔΜΣ > 30 kg / m²
- ❖ αιμορραγικές διαταραχές
- ❖ γνωστή αλλεργία σε τοπικό αναισθητικό
- ❖ κλίμακα Γλασκώβης < 15
- ❖ εγκυμοσύνη
- ❖ νευρολογικά ελλείμματα
- ❖ μη συνεργαζόμενοι ασθενείς

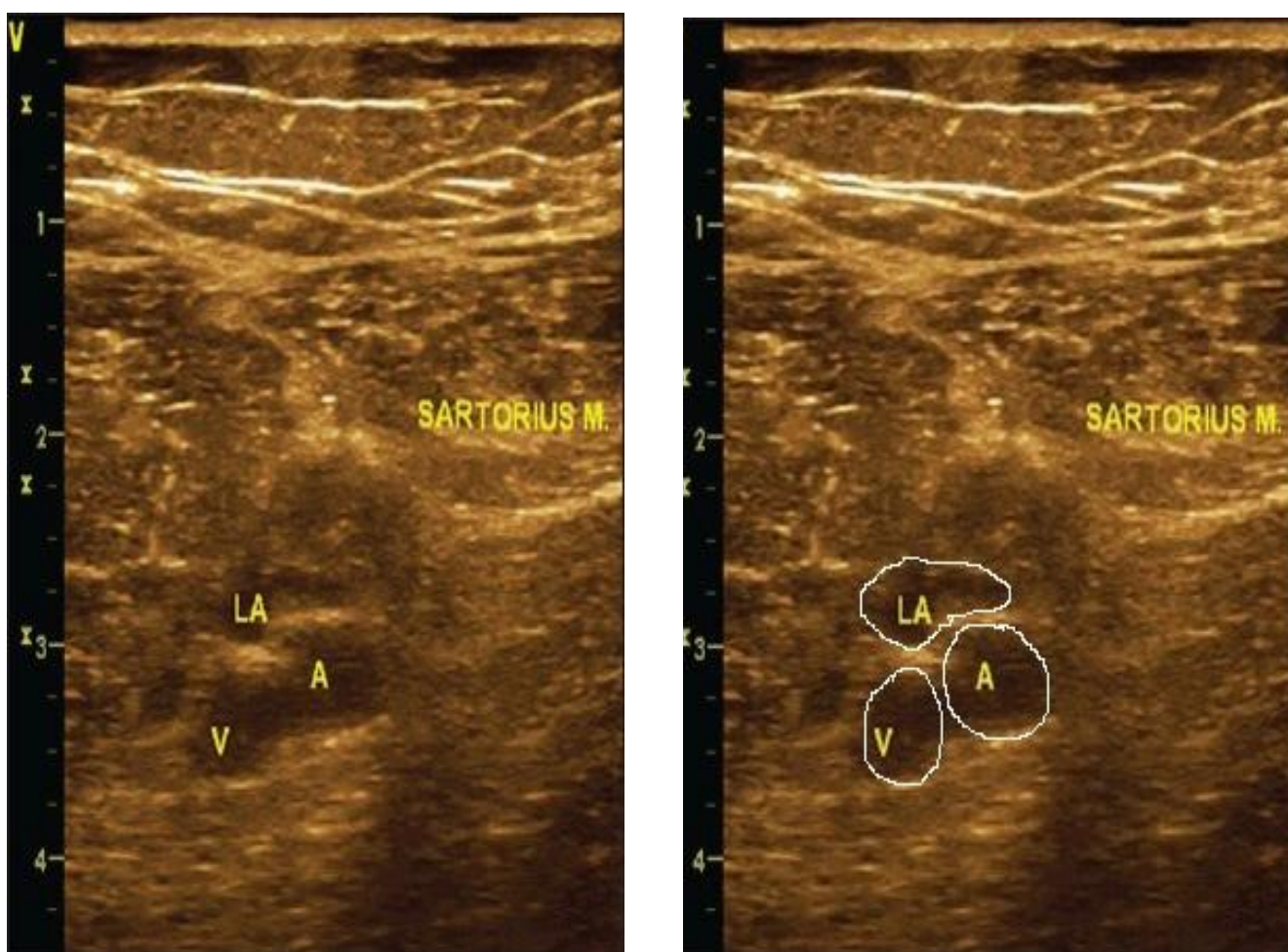
Μετά από έγγραφη συγκατάθεση για συμμετοχή στη συγκεκριμένη μελέτη, οι ασθενείς διαχωρίστηκαν τυφλά σε δύο ομάδες:

Στην πρώτη ομάδα η έγχυση έγινε μέσα στον πόρο των προσαγωγών (AC): Ο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου, πραγματοποιήθηκε μέσα στον πόρο των προσαγωγών στο σημείο όπου το νεύρο βρίσκεται επί τα εντός της μηριαίας αρτηρίας (Εικόνα 61) [114]. Στην δεύτερη ομάδα η έγχυση του τοπικού αναισθητικού έγινε περιφερικότερα στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών ακριβώς στο σημείο εξόδου του σαφηνούς νεύρου από τον πόρο (DAC): Ο υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου στο διαμέρισμα μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών ακριβώς στο σημείο που εξέρχεται από τον πόρο των προσαγωγών (Εικόνα 62) [116].

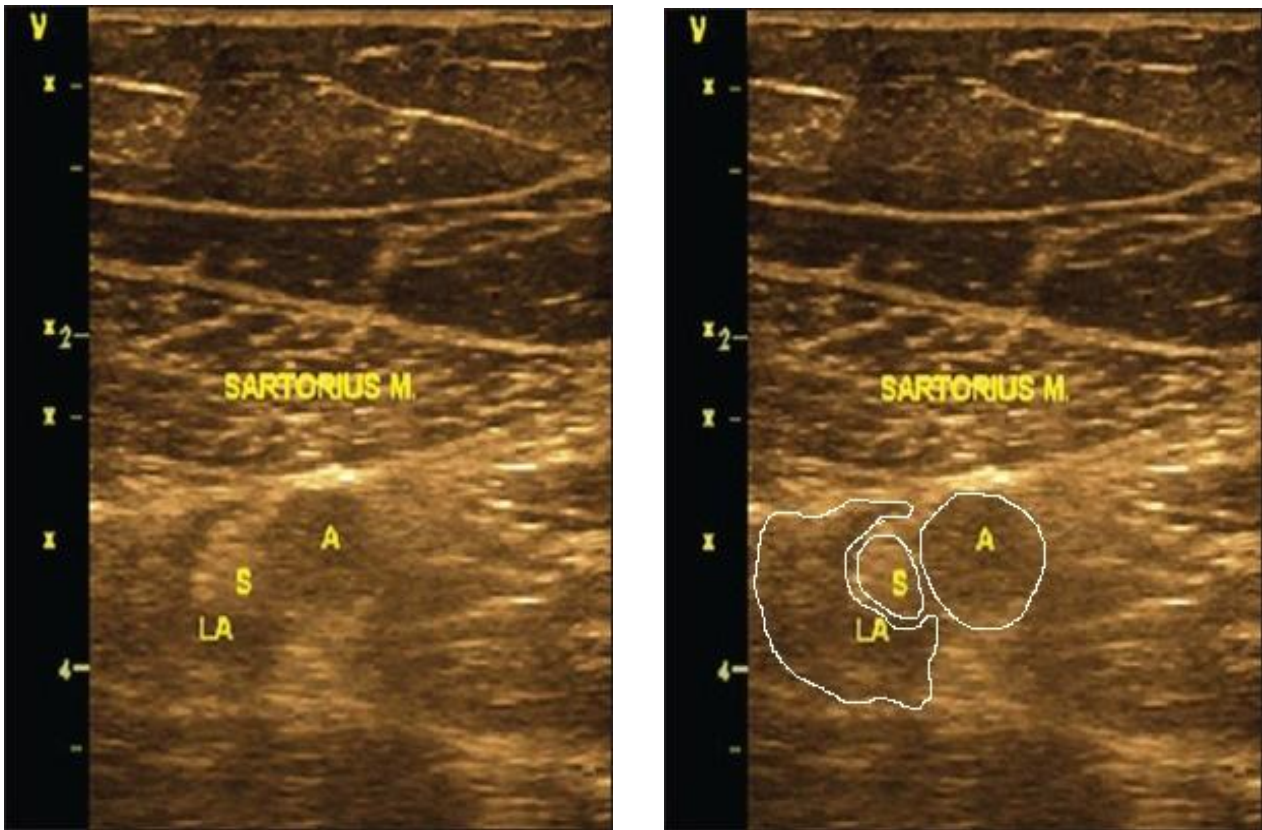
Η τυχαιοποίηση επιτεύχθηκε μέσω προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (www.randomizer.org) με προπαρασκευασμένους αδιαφανείς φακέλους. Η αξιολόγηση του αισθητικού και του κινητικού αποκλεισμού πραγματοποιήθηκε από ένα αναισθησιολόγο που δεν γνώριζε ποια από τις δύο τεχνικές χρησιμοποιήθηκε σε κάθε ασθενή.

Εφαρμόστηκε βασική διεγχειρητική παρακολούθηση σε όλους τους ασθενείς, η οποία περιλάμβανε ηλεκτροκαρδιογραφία, παλμική οξυμετρία και μέτρηση αναίμακτης αρτηριακής πίεσης. Οι ασθενείς και των δύο ομάδων έλαβαν προαναισθητικά μιδαζολάμη (0.03 mg/kg) ενδοφλεβίως. Εφαρμόστηκε απολύμανση της επιφάνειας του δέρματος στην πρόσθια και την έσω επιφάνεια του μηρού, συγκεκριμένα στα δύο κατώτερα τριτημόρια του μηρού με 2% χλωρεξιδίνη σε 70% ισοπροπυλική αλκοόλη και επίσης χρησιμοποιήθηκε αποστειρωμένο κάλυμμα για τον ηχοβολέα. Όλες οι ανατομικές δομές στην περιοχή του πόρου των προσαγωγών, στο υπορραπτικό

διαμέρισμα, απεικονίστηκαν με την χρήση φορητής συσκευής υπερήχων (Vivid I; GE Healthcare, Waukesha, Wisconsin) με ένα γραμμικό ηχοβολέα υψηλής συχνότητας 5-12 MHz. Χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο ομάδες μονωμένες βελόνες περιφερικού αποκλεισμού 22 G, (Stimulplex D, B Braun, Melsungen, Germany) για την έγχυση 5 ml διαλύματος λιδοκαΐνης 1.5% με 5 mcg/ml αδρεναλίνη.



Εικόνα 61. Υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική. Η έγχυση του τοπικού αναισθητικού έγινε στο κάτω όριο του πόρου των προσαγωγών πέριξ της αρτηρίας. A = Μηριαία Αρτηρία, V = Μηριαία Φλέβα, LA = Τοπικό Αναισθητικό. Β' Κλινική Αναισθησιολογίας Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο «Αττικόν».



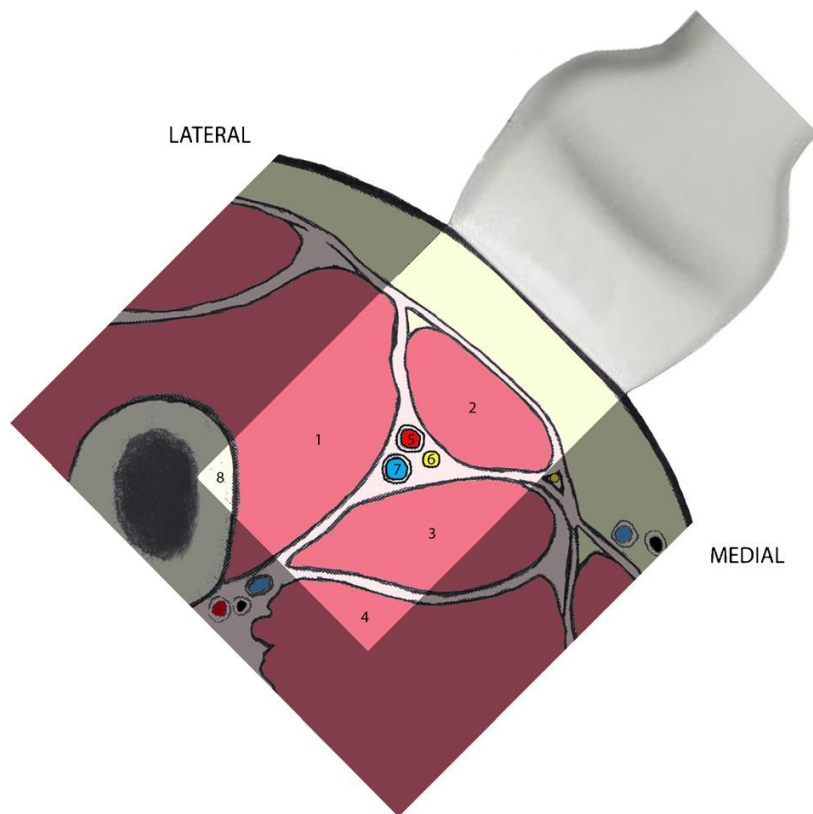
Εικόνα 62. Υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου με την εντός πεδίου δέσμης τεχνική. Η έγχυση του τοπικού αναισθητικού έγινε μεταξύ του ραπτικού μύος και της μηριαίας αρτηρίας περιφερικότερα στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών. A = Μηριαία Αρτηρία, S = Σαφηνές νεύρο, LA = Τοπικό Αναισθητικό. Β' Κλινική Αναισθησιολογίας Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο «Αττικόν».

Στη συνέχεια, τοποθετείται ο ασθενής σε ύπτια θέση με το κάτω άκρο που πρόκειται να χειρουργηθεί σε απαγωγή και σε ήπια έξω στροφή, έτσι ώστε η πρόσβαση στην περιοχή του έσω μηρού κατά την σάρωση να είναι εφικτή. Ο ηχοβολέας τοποθετείται κάθετα στο δέρμα και η σάρωση αρχίζει από τον εγγύς μηρό προς το γόνατο (Εικόνα 63). Στη μεσότητα του μηρού, απεικονίζονται εγκαρσίως τα μηριαία αγγεία μέσα στον πόρο των προσαγωγών και ο ραπτικός μυς. Το σαφηνές νεύρο

πορεύεται μαζί με την μηριαία αρτηρία επί τα εκτός της αρτηρίας και πριν το κατώτερο όριο του πόρου των προσαγωγών διασταυρώνεται με την αρτηρία και βρίσκεται επί τα έσω αυτής. Ο ηχοβολέας συνεχίζει και σαρώνει στη πορεία του επιμήκη άξονα του μηρού, στο σημείο όπου το σαφηνές νεύρο βρίσκεται πια επί τα εντός της μηριαίας αρτηρίας (Εικόνα 64), η οποία σε αυτό το σημείο αρχίζει και βυθίζεται, δηλαδή αρχίζει να απομακρύνεται από το σαφηνές νεύρο και τους πρόσθιους μύες (ραπτικό και έσω πλατύ μυ). Τότε γίνεται τοπική διήθηση του δέρματος με 3 ml λιδοκαΐνη 1.5% και έπειτα εφαρμόζεται στην πρώτη ομάδα με την καθοδήγηση υπερήχων, η έγχυση του τοπικού αναισθητικού 5 ml διαλύματος λιδοκαΐνης 1.5% με 5 mcg/ml αδρεναλίνη εφόσον έχει προηγηθεί προσεκτική αναρρόφηση.



Εικόνα 63. Εισαγωγή της βελόνας περίπου στη μεσότητα του μηρού για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου μέσα στον πόρο των προσαγωγών με υπερηχογραφική καθοδήγηση με το κάτω άκρο σε ήπια έξω στροφή. World Federations of Societies of Anaesthesiologists, Anaesthesia Tutorial of the week, www.totw.anaesthesiologists.org, 2014.



Εικόνα 64. Εγκάρσια διατομή του κάτω ορίου του πόρου των προσαγωγών σε σχέση με το σαφηνές νεύρο. 1=έσω πλατύς μυς, 2=ραπτικός μυς, 3=μακρύς προσαγωγός μυς, 4= μέγας προσαγωγός μυς, 5=μηριαία αρτηρία, 6= σαφηνές νεύρο, 7=σαφηνή φλέβα, 8=μηριαίο οστό. *Manickam et al. Efficacy of Ultrasound-Guided Block of Saphenous Nerve. Regional Anesthesia and Pain Medicine. 2009 Nov-Dec;34(6):578-580 [114].*

Καθώς ο ηχοβολέας συνεχίζει να ολισθαίνει, απεικονίζεται υπερηχογραφικά το σημείο που τα μηριαία αγγεία βυθίζονται και απομακρύνονται από τον ραπτικό μυ. Στη συνέχεια, τα αγγεία εξέρχονται στον ιγνυακό βόθρο διαμέσου του οπισθίου τρήματος του μεγάλου προσαγωγού, δηλαδή στο οπίσθιο διαμέρισμα του μηρού. Στο σημείο που

έχουν βυθιστεί τα αγγεία, απεικονίζεται ο ανατομικός χώρος μεταξύ του ραπτικού μυός και της μηριαίας αρτηρίας στο κατώτερο στόμιο, στην έξοδο του νεύρου από τον πόρο των προσαγωγών. Σε αυτό το σημείο γίνεται η έγχυση του διαλύματος 5 ml λιδοκαΐνη 1.5% με 5 mcg/ml αδρεναλίνη στη δεύτερη ομάδα πάντα με υπερηχογραφική καθοδήγηση και παρατηρείται η διάχυση του τοπικού αναισθητικού στη συγκεκριμένη περιοχή σε πραγματικό χρόνο.

Αμέσως μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού, η εξέλιξη του αποκλεισμού ελέγχεται συγκριτικά με το άλλο κάτω άκρο σε χρονικά διαστήματα 5, 10 και 15 λεπτών σε δύο διαφορετικά ανατομικά σημεία. Το ένα είναι στην περιοχή που βρίσκονται οι ραπτικοί κλάδοι του σαφηνούς νεύρου και το άλλο σημείο είναι στην περιοχή του νεύρου του έσω πλατύ μυός.

Ο αισθητικός αποκλεισμός του νεύρου αξιολογήθηκε με την εξής βαθμονόμηση:

0 = Πλήρης αισθητικότητα. Χωρίς αισθητικό αποκλεισμό-αποτυχία.

1 = Μερικός αισθητικός αποκλεισμός. Ελαττωμένη αντίληψη πόνου σε επώδυνο ερέθισμα.

2 = Πλήρης αισθητικός αποκλεισμός.

Ο αποκλεισμός θεωρήθηκε επιτυχής, εφόσον η αισθητικότητα σε νυγμό βελόνας είχε καταργηθεί πλήρως και στα δύο ανατομικά σημεία που ελέγχθηκαν (εγγύς του έσω σφυρού και ακριβώς στο σημείο κάτω από το κνημιαίο κύρτωμα με μέγιστη συνολική βαθμολογία το 4) [107,108,114].

Επίσης, εξετάστηκε και καταγράφηκε η μυϊκή δύναμη και ισχύς του έσω πλατύ μυός κατά τη σύσπαση του τις τελευταίες 20 μοίρες έκτασης του γόνατος, ψηλαφώντας την έσω μεριά του μηρού για πιθανή αντίχνευση σύσπασης του μυός. Η μυϊκή αδυναμία του έσω πλατύ μυ βραχυνομήθηκε ως εξής:

0 = Χωρίς κινητικό αποκλεισμό. Πλήρης κινητικότητα του γόνατος.

1 = Μερικός κινητικός αποκλεισμός (αδυναμία έκτασης γόνατος κατά τις τελευταίες 20°).

2 = Πλήρης κινητικός αποκλεισμός (ανικανότητα έκτασης γόνατος κατά τις τελευταίες 20°) [117-119].

Σε κάθε περίπτωση, μετά τα 15 λεπτά διενέργειας και αξιολόγησης του αποκλεισμού, πραγματοποιήθηκε υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου και γενική αναισθησία με τοποθέτηση λαρυγγικής μάσκας για αρθροσκοπικές επεμβάσεις γόνατος.

Το κύριο σημείο της μελέτης μας ήταν το ποσοστό πλήρους αισθητικού αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου άνωθεν του γόνατος στα 15 λεπτά μετά από έγχυση διαλύματος 5 ml λιδοκαΐνη 1.5% με 5 mcg/ml αδρεναλίνη. Ένα δεύτερο σημείο που μελετήθηκε, ήταν ο πλήρης ή μερικός κινητικός αποκλεισμός του έσω πλατύ μυός στα 15 λεπτά μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού. Καταγράφηκαν επίσης και οι πιθανές επιπλοκές κατά τη διενέργεια του αποκλεισμού όπως ενδαγγειακή έγχυση, παραισθησία και πιθανές νευρολογικές επιπλοκές μέχρι και 7 μέρες μετά τον αποκλεισμό.

Στατιστική Ανάλυση

Η αποτελεσματικότητα των διαφόρων τεχνικών αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου είναι μεταβλητή ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται και τον όγκο του τοπικού αναισθητικού που χορηγείται. Το ποσοστό επιτυχίας ποικίλει σημαντικά στη βιβλιογραφία: ένα ποσοστό επιτυχίας στο 80% αναφέρεται όταν η προσέγγιση του σαφηνούς νεύρου εφαρμόζεται είτε διαμέσων του ραπτικού μυός, ή πέριξ της μηριαίας αρτηρίας, ένα ποσοστό επιτυχίας 40% αναφέρεται κάτωθεν του γόνατος [105,107,108] και τέλος, με την χρήση υπερηχογραφικών τεχνικών σε διαφορετικά ανατομικά σημεία άνωθεν του γόνατος η βιβλιογραφία αναφέρει ποσοστό επιτυχίας από 77% μέχρι 100% [106,109-116]. Επιπλέον, δεν προηγήθηκε άλλη μελέτη που να εξετάζει την αποτελεσματικότητα του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου με όγκο έγχυσης τοπικού αναισθητικού 5 ml μέσα στον πόρο και στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών. Με βάση τα δεδομένα μιας μικρής προοπτικής μελέτης με την χρήση υπερήχων, για αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών που έγινε στο νοσοκομείο μας με 10 ασθενείς, παρατηρήσαμε ένα μέσο ποσοστό επιτυχίας στο 50% πλήρους αισθητικού αποκλεισμού του νεύρου στα 15 λεπτά. Με βάση τα προκαταρκτικά δεδομένα του αρχικού πιλοτικού δείγματος, υπολογίστηκε με στατιστική επεξεργασία το μέγεθος του δείγματος των ασθενών (21 ασθενείς) που απαιτείται για τη μελέτη μας. Τα χαρακτηριστικά που αποδεχθήκαμε για τον υπολογισμό του δείγματος είναι :

1. Το ποσοστό ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων δηλαδή β error ή Τύπου II error να είναι 20% δηλαδή αυτό να αντιστοιχεί σε ισχύ $(1-\beta)$ ίσο με 80%.

2. Το ποσοστό ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων δηλαδή το Type I error ή α - error να είναι ίσο με 5% ή $\alpha=0.05$ γεγονός που ισοδυναμεί με το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (statistical significance level= α). Θεωρήσαμε ότι το P-value < 0.05. Αυτό με τη σειρά του υποδηλώνει ότι αν το p-value είναι λιγότερο ή ίσο με το παραπάνω επίπεδο (α) τότε οι παρατηρήσεις δεν υποστηρίζουν την μηδενική υπόθεση, συνεπώς η μηδενική υπόθεση πρέπει να απορριφθεί.
3. Τέλος το μέγεθος του αποτελέσματος (effect size) καθορίστηκε ως η αύξηση του ποσοστού επιτυχίας του αισθητικού αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου στα 15 λεπτά από 50% στην ομάδα όπου η έγχυση έγινε στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών σε 90% στην ομάδα έγχυση εντός του πόρου των προσαγωγών.

Να σημειωθεί ότι για να συμπεριλάβουμε πιθανές παραλήψεις στο πρωτοκόλλο ή αυξημένη μεταβλητότητα στα δεδομένα, πήραν μέρος στη μελέτη μας 48 ασθενείς.

Αποτελέσματα

Δύο ασθενείς από την κάθε ομάδα που τυχαιοποιήθηκαν στη μελέτη, αποκλείστηκαν για περαιτέρω ανάλυση λόγω ανεπιτυχούς κατανομής του τοπικού αναισθητικού στην επιθυμητή ανατομική περιοχή, συνεπώς 22 ασθενείς από την κάθε ομάδα πήραν μέρος στη μελέτη μας. Τα πληθυσμιακά δεδομένα των 44 ασθενών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πλήρης αισθητικός αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου επιτεύχθηκε στους 12 από τους 22 (55%) και στους 13 από τους 22 (59%) εθελοντές της μελέτης μας (συνολική βαθμολογία 4/4) όταν η έγχυση του τοπικού αναισθητικού

πραγματοποιήθηκε είτε εντός του πόρου ή στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών αντίστοιχα ($P = 0.88$).

Στην πρώτη ομάδα ασθενών όπου η έγχυση έγινε μέσα στον πόρο των προσαγωγών, οι 5 από τους 22 εθελοντές παρουσίασαν αισθητικό αποκλεισμό (συνολική βαθμολογία 3/4) και στην δεύτερη ομάδα όπου η έγχυση έγινε περιφερικότερα του κατώτερου στομίου του πόρου των προσαγωγών, οι 6 στους 22 εθελοντές είχαν επίσης την ίδια συνολική βαθμολογία 3/4, όσον αφορούσε τον αισθητικό αποκλεισμό του νεύρου ($P = 0.88$). Με μια συνολική βαθμολογία αξιολόγησης του αισθητικού αποκλεισμού 2/4, παρουσίασαν στην πρώτη ομάδα οι 5 στους 22 εθελοντές και στην δεύτερη ομάδα 3 στους 22 εθελοντές ($P = 0.91$). Σε καμία από τις δύο ομάδες δεν αναφέρθηκε πλήρης ή σχεδόν πλήρης αποτυχία του αισθητικού αποκλεισμού (συνολική βαθμολογία 0/4 ή 1/4). Επίσης, το ποσοστό των ασθενών με πλήρη αισθητικό αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου που αξιολογήθηκε σε χρονικό μεσοδιάστημα κάθε 5 λεπτών μέχρι και 15 λεπτά ήταν στατιστικώς ισοδύναμα (Πίνακας 2).

Δεν αναφέρθηκε πλήρης κινητικός αποκλεισμός του έσω πλατύ μυός σε καμία από τις δύο τεχνικές στα 15 λεπτά μετά τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου. Όταν η έγχυση διενεργήθηκε στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών κανένας ασθενής δεν παρουσίασε κινητική αδυναμία μετά από 15 λεπτά. Αντιθέτως, όταν η έγχυση πραγματοποιήθηκε μέσα στον πόρο των προσαγωγών, οι 8 στους 22 (36.2%) ασθενείς παρουσίασαν κάποιου βαθμού κινητική αδυναμία λόγω αποκλεισμού του νεύρου του έσω πλατύ μυός, ένα ποσοστό σαφώς πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με την τεχνική έγχυσης στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών (Πίνακας 3).

Πίνακας 1: Πληθυσμιακά δεδομένα

Μεταβλητός παράγοντας	DAC (N=22)	AC (N=22)	P value
Ηλικία (έτη)	47 ± 17	48 ± 16	0.81
ΔΜΣ (kg / m ²)	26 ± 3.3	25.5 ± 3	0.33
Φύλο (Άρρεν / Θήλυ)	9/13	12/10	0.50

DAC = Έγχυση στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών,

AC = Έγχυση μέσα στον πόρο των προσαγωγών, ΔΜΣ = Δείκτης Μάζας Σώματος

Πίνακας 2: Ποσοστό ασθενών με αποκλεισμό σαφηνούς νεύρου που ελέγχθηκαν σε κάθε σημείο εξέτασης ανά τακτά χρονικά διαστήματα

Λεπτά	DAC (N=22)	AC (N=22)	P value
5	18	18	NA
10	13.6	18	0.9
15	27	18	0.76

NA = Δεν αξιολογείται, DAC = Έγχυση στο κατώτερο στόμιο του πόρου των

προσαγωγών, AC = Έγχυση μέσα στον πόρο των προσαγωγών

Πίνακας 3: Ποσοστό ασθενών με κινητικό αποκλεισμό του έσω πλατύ μυός που ελέγχθηκαν σε κάθε ανατομικό σημείο ανά τακτά χρονικά διαστήματα

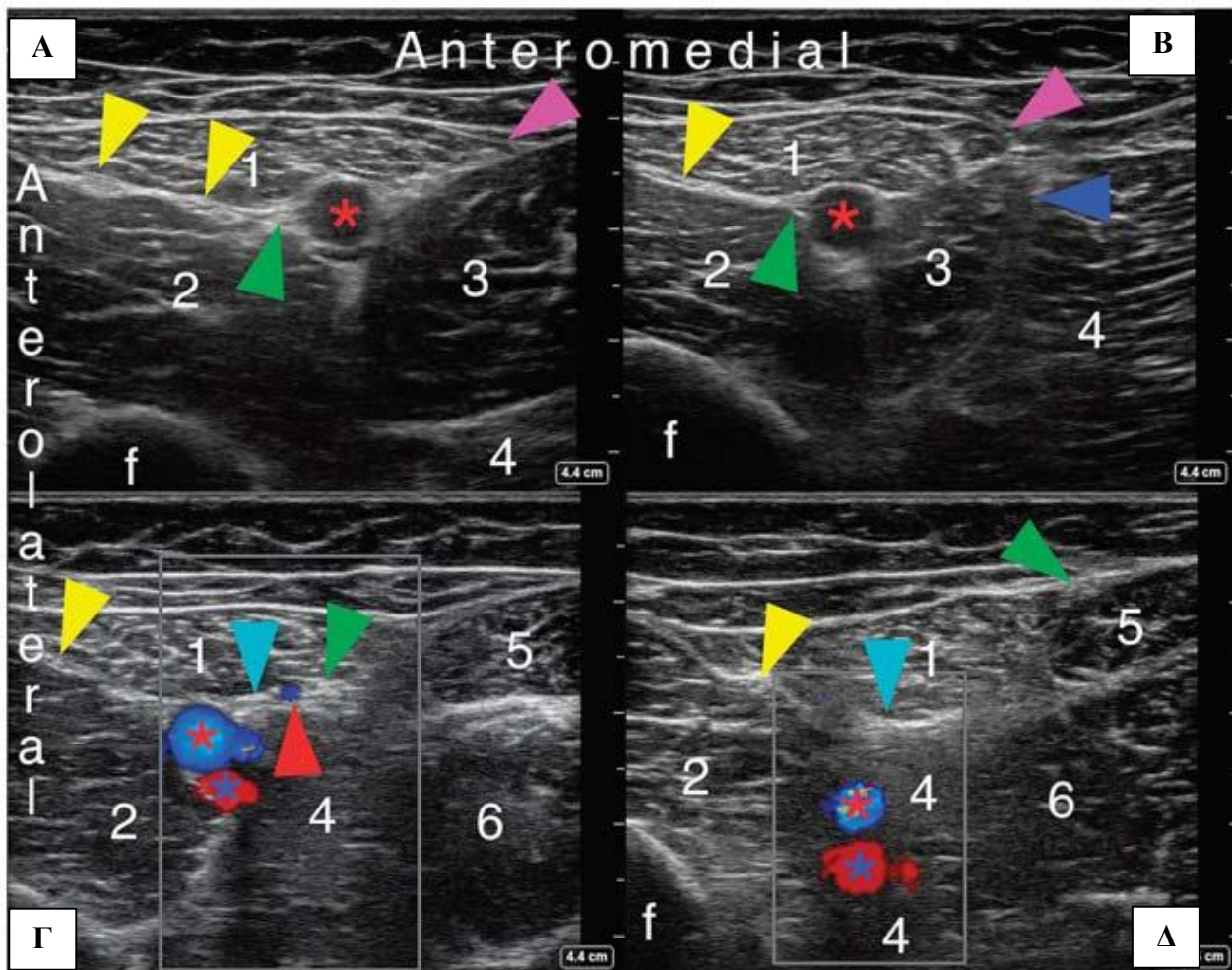
Λεπτά	DAC (N=22)	AC (N=22)	P value
5	0	0	NA
10	0	0	NA
15	0	36	0.021

NA = Δεν αξιολογείται, DAC = Έγχυση στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, AC = Έγχυση μέσα στον πόρο των προσαγωγών

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά ως προς την τρώση αγγείου μεταξύ των δύο ομάδων (αναφέρεται μία τρώση αγγείου στην ομάδα ασθενών με έγχυση στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών). Σημεία και συμπτώματα τοξικότητας από την έγχυση του τοπικού αναισθητικού δεν παρατηρήθηκαν. Τρεις περιπτώσεις ασθενών στην ομάδα έγχυσης τοπικού αναισθητικού μέσα στον πόρο των προσαγωγών παρουσίασαν παροδική παραισθησία και μόνο ένας ασθενής στην ομάδα έγχυσης τοπικού αναισθητικού στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών. Δεν καταγράφηκε καμία νευρολογική επιπλοκή σε κανένα από τους ασθενείς που συμμετείχαν στη μελέτη μετά από παρακολούθηση επτά ημερών.

Συζήτηση

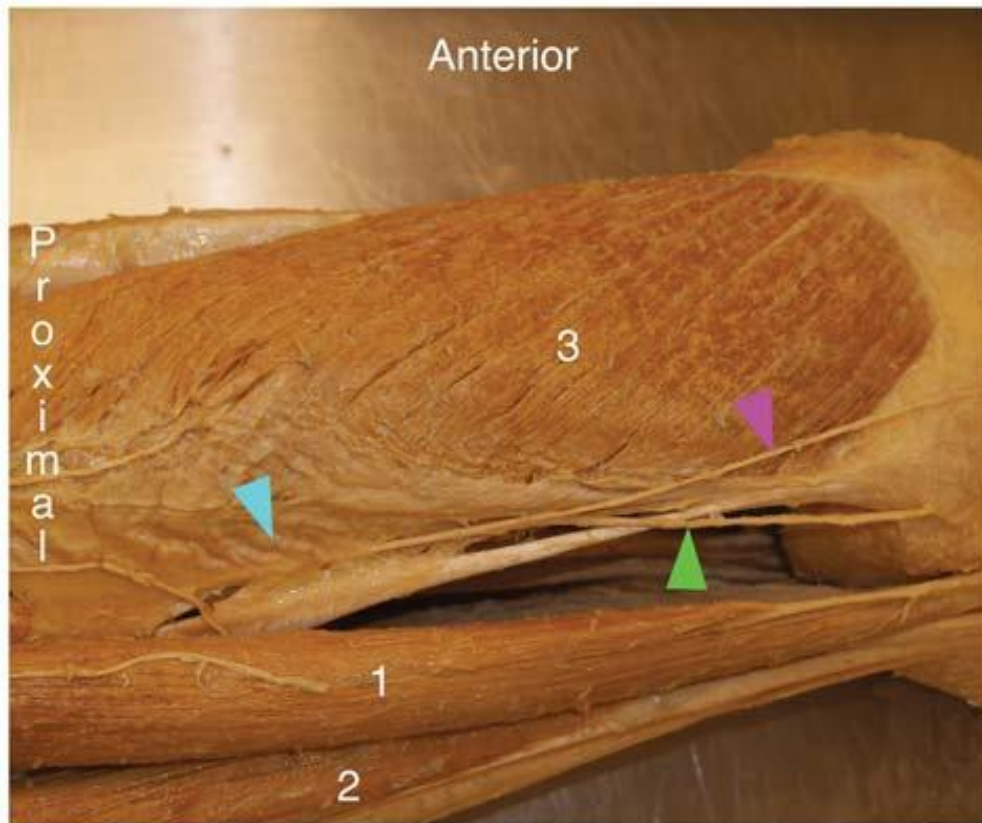
Το σαφηνές νεύρο, ο τελικός δερματικός κλάδος του οπίσθιου κλάδου του μηριαίου νεύρου, είναι αμιγώς αισθητικός κλάδος και νευρώνει την έσω και πρόσθια επιφάνεια της κνήμης μέχρι τον έσω σφυρό. Το σαφηνές νεύρο χωρίζεται από το μηριαίο νεύρο στο πρώτο τριτημόριο του μηρού. Στη συνέχεια, εισέρχεται μαζί με την μηριαία αρτηρία μέσα στον πόρο των προσαγωγών επί τα εκτός αυτής και πριν το κατώτερο όριο του πόρου περνάει μπροστά από την αρτηρία και φέρεται επί τα εντός αυτής. Ο πόρος των προσαγωγών περιέχει τη μηριαία αρτηρία και φλέβα, την κατιούσα αρτηρία του γόνατος, μυϊκούς κλάδους της μηριαίας αρτηρίας, το σαφηνές νεύρο του έσω πλατύ μυός. Τα μηριαία αγγεία βυθίζονται και περνάνε στον ιγνυακό βόθρο μέσα από το τρήμα του μεγάλου προσαγωγού μυ (Εικόνα 65).



Εικόνα 65. Η υπερηχογραφική απεικόνιση των αγγείων και των νεύρων μέσα στο μηριαίο τρίγωνο και τον πόρο των προσαγωγών. **(Α)** Το μηριαίο τρίγωνο βρίσκεται στη μεσότητα μεταξύ πρόσθιας άνω λαγόνιας άκανθας και της βάσης της επιγονατίδας. **(Β)** Στο σημείο της κορυφής του μηριαίου τριγώνου είναι το εγγύς σημείο του πόρου των προσαγωγών στη διασταύρωση των έσω ορίων του ραπτικού και του μακρύ προσαγωγού μύος. **(Γ)** Το σαφηνές νεύρο διατιτραίνει τον πλατυπροσαγωγό υμένα και βρίσκεται στον υποραπτικό χώρο μαζί με την κατιούσα αρτηρία του γόνατος. **(Δ)** Το κατώτερο τμήμα του πόρου των προσαγωγών είναι το σημείο όπου τα μηριαία αγγεία διέρχονται του τρήματος των προσαγωγών για να μετονομαστούν σε γιγνακά αγγεία. Σαφηνές νεύρο (πράσινα βέλη), Νεύρο του έσω πλατύ μύος και κλάδοι (κίτρινα βέλη), Μηριαία αρτηρία (κόκκινο αστερίσκο), Μηριαία φλέβα (μπλε αστερίσκο), Κατιούσα αρτηρία του γόνατος (κόκκινο

βέλος), Πλατυπροσαγωγός υμένας (κυανό βέλος), Ραπτικός μυς (1), Έσω πλατύς μυς (2), Μακρὺς προσαγωγός (3), Μεγάλος προσαγωγός (4), Ισχνός προσαγωγός (5), Ημιμεμβρανώδης μυς (6), Μηριαίο οστό (f), Πλάγιο έσω όριο του έσω πλατύ μύος (ροζ βέλος), Έσω όριο του μακρὺ προσαγωγού μυ (μπλε βέλος). *Bendtsen FT, Moriggl B, Chan V, Børghlum J. The Optimal Analgesic Block for Total Knee Arthroplasty. Reg Anesth Pain Med. 2016;41:711-719 [125].*

Το σαφηνές νεύρο χωρίζεται από το μηριαίο νεύρο στο πρώτο τριτημόριο του μηρού και εισέρχεται στον πόρο των προσαγωγών μαζί με την επιπολής μηριαία αρτηρία. Στη συνέχεια, εξέρχεται από τον πόρο των προσαγωγών μαζί με την κατιούσα αρτηρία του γόνατος, διατιτραίνει την πλατεία περιτονία και περνά ανάμεσα στις καταφυτικές απονευρώσεις του ραπτικού και του ισχνού προσαγωγού μυός πριν γίνει υποδόριο στην έσω επιφάνεια του γόνατος. Στο σημείο εξόδου του από τον πόρο, αποδίδει δύο αισθητικούς κλάδους, τον ραπτικό και τον υποεπιγονατιδικό. Ο υποεπιγονατιδικός κλάδος, εισέρχεται στο υποεπιγονατιδικό πλέγμα του γόνατος (Εικόνα 66) όπου κατανέμεται στο δέρμα κάτω από την επιγονατίδα και κάτωθεν του γόνατος πορεύεται στην έσω επιφάνεια της κνήμης μαζί με την σαφηνή φλέβα υποδορίως, δίνοντας πολλαπλούς δερματικούς αισθητικούς κλάδους όπου νευρώνουν την πρόσθια και έσω επιφάνεια της κνήμης (Εικόνα 67) [129,134].



Εικόνα 66. Στο ανατομικό παρασκεύασμα φαίνεται το σαφηνές νεύρο (πράσινο βέλος) να διαπιτράίνει τον πλατυπροσαγωγό υμένα (κυανό βέλος) πριν διαχωριστεί από τον υποεπιγονατιδικό κλάδο (ροζ βέλος) ο οποίος νευρώνει το πρόσθιο και έσω πλάγιο τμήμα του γόνατος. Ραπτικός μυς (1), Ισχνός προσαγωγός (2), Έσω πλατύς μυς (3).

Bendtsen FT, Moriggl B, Chan V, Børglum J. The Optimal Analgesic Block for Totalk Knee Arthroplasty. Reg Anesth Pain Med. 2016;41:711-719 [125].



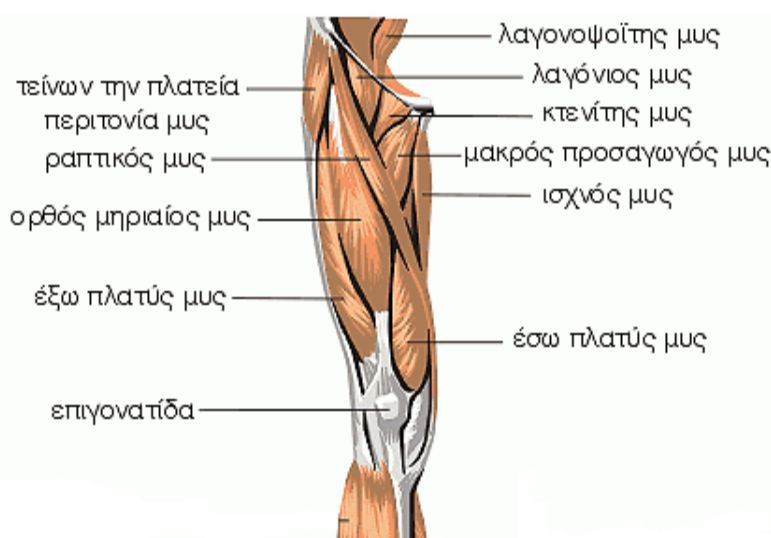
Εικόνα 67. Η πρόσθια και έσω επιφάνεια του δέρματος που καλύπτεται από τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου. <http://emedicine.medscape.com/article/83237-overview>.

Η χρήση και η εξέλιξη των υπερηχογραφικών τεχνικών για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς έχει γίνει πολύ δημοφιλής τα τελευταία χρόνια και είναι πλέον πολύ σημαντικό εργαλείο για την αναγνώριση και απεικόνιση των νεύρων στην περιοχική αναισθησία. Παρόλο που έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου άνωθεν του γόνατος με τη βοήθεια των υπερηχογραφικών τεχνικών, είναι περιορισμένος ο αριθμός μελετών που περιγράφουν λεπτομερώς τον

συγκεκριμένο αποκλεισμό [106,109-116]. Ο όγκος του τοπικού αναισθητικού, η ανατομική προσέγγιση και το ποσοστό επιτυχίας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου ποικίλει σημαντικά ανάμεσα στις μελέτες που έχουν γίνει. Σε μια μελέτη, έγινε έγχυση μικρού όγκου τοπικού αναισθητικού, συγκεκριμένα 2.5 mg/ml λεβο-μπουπιβακαΐνη, ανάμεσα στους τένοντες του ραπτικού και του ισχνού προσαγωγού μυός με αναφερόμενο ποσοστό επιτυχίας 92% (13/14). Ο όγκος του τοπικού αναισθητικού όμως, δεν ήταν σταθερός και κυμάνθηκε μεταξύ 5 και 7 ml [112]. Στη δική μας μελέτη, η έγχυση μικρού όγκου τοπικού αναισθητικού στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών, πιθανόν να μην ήταν επαρκής για την πλήρη διάχυση του γύρω από το σαφηνές νεύρο. Μέσα στον πόρο των προσαγωγών, οι ανατομικές παραλλαγές του σαφηνούς νεύρου σε συνδυασμό με τη θήκη των μηριαίων αγγείων, μπορεί έχουν συμβάλει στην ανεπαρκή διάχυση του τοπικού αναισθητικού πέριξ του νεύρου, συνεπώς αυτό να δικαιολογεί το μέτριο αποτέλεσμα επιτυχίας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου [116]. Επιπλέον, σημαντικός αριθμός των ασθενών είχαν συνολική βαθμολογία 3/4 αισθητικού αποκλεισμού δηλαδή σχεδόν πλήρη αισθητικό αποκλεισμό και κανείς ασθενής δεν είχε πλήρη αποτυχία αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου δηλαδή βαθμολογία 1/4 ή 0/4. Πιθανόν η μικρή δόση λιδοκαΐνης που χορηγήθηκε που ήταν 75 mg, να ήταν ένας επιπλέον παράγοντας που συνέβαλε στο τελικό μας αποτέλεσμα. Μια άλλη πρόσφατη μελέτη, επίσης αναφέρει ότι η τεχνική εντός του πόρου των προσαγωγών υπερτερεί έναντι της τεχνικής στο κατώτερο στόμιο του πόρου ως προς το ποσοστό επιτυχίας του αποκλεισμού, την γρηγορότερη έναρξη του αποκλεισμού και καλύτερη απεικόνιση του ανατομικού χώρου [129].

Ο τετρακέφαλος μυς είναι ένας μεγάλος μυς στο πρόσθιο διαμέρισμα του μηρού και αποτελείται από τέσσερεις μυς, τον έσω πλατύ, τον έξω πλατύ, τον μέσο πλατύ και τον ορθό μηριαίο. Ο έσω πλατύς, ο οποίος εκφύεται από το μηριαίο οστό και

καταφύεται στην επιγονατίδα, είναι ο πιο έσω μυς στο πρόσθιο διαμέρισμα του μηρού και καθλώνει την επιγονατίδα στη θέση της μαζί με τον μέσο και έξω πλατύ μυ κατά τη διάρκεια των κινήσεων (Εικόνα 68). Επίσης βοηθάει στη σταθεροποίηση της επιγονατίδας κατά τη διάρκεια της έκτασης του γόνατος στις τελευταίες 10-20 μοίρες [119,120].



Εικόνα 68. Μύες της πρόσθιας επιφάνειας του μηρού. Ο έσω πλατύς είναι ο πιο έσω μυς από την ομάδα των τετρακεφάλων μυών. <http://www.care.gr/category/enc>, 2000.

Επομένως, στη μελέτη μας λάβαμε υπόψη, μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου (είτε εντός του πόρου των προσαγωγών είτε ακριβώς στο σημείο εξόδου του νεύρου από το κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών) και τον πιθανό αποκλεισμό του νεύρου του έσω πλατύ μυός

στην περίπτωση που οι ασθενείς αναφέρανε αδυναμία έκτασης του γόνατος τις τελευταίες 20 μοίρες.

Μια προηγούμενη μελέτη, με τη χρήση μαγνητικής τομογραφίας έδειξε ότι με μια έγχυση 30 ml τοπικού αναισθητικού δια μέσου ενός καθετήρα μέσα στον πόρο των προσαγωγών διαχύθηκε μέσα σε όλο τον πόρο [121].

Επιπλέον, σε μια άλλη μελέτη, οι Jaeger και συν. [122] σε ολικές αρθροπλαστικές γόνατος έκαναν έγχυση 30 ml τοπικού αναισθητικού στον πόρο των προσαγωγών, η οποία έδειξε μειωμένη μυϊκή ισχύ του τετρακέφαλου μυ στο 8% των ασθενών. Οι συγγραφείς παρατήρησαν καθυστερημένη και παροδική ανταπόκριση της μυϊκής ισχύος του τετρακεφάλου μυός. Η πιο πιθανή εξήγηση για την αδυναμία του τετρακεφάλου μυός είναι ότι πραγματοποιήθηκε έγχυση μεγάλου όγκου τοπικού αναισθητικού και πιθανόν να διαχύθηκε στις κινητικές ίνες του μηριαίου νεύρου έξω από τον πόρο των προσαγωγών [122,123]. Σε αυτές τις μελέτες, [122,123] χρησιμοποιήθηκε ένα ισοκινητικό δυναμόμετρο χειρός, το οποίο αξιολογούσε την μυϊκή ισχύ κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ωστόσο, ενώ αυτή η μέθοδος είναι σε θέση να υπολογίσει με ακρίβεια τη μυϊκή δύναμη του τετρακεφάλου σε μονάδες, δεν μπορεί να αξιολογήσει την λειτουργικότητα του κάθε μυ ξεχωριστά που αποτελεί τον τετρακέφαλο μυ. Επιπλέον, έχει αναφερθεί αδυναμία των μυών του τετρακεφάλου, μετά από συνεχή έγχυση τοπικού αναισθητικού μέσα στον πόρο των προσαγωγών. Συνεπώς, παρατηρήθηκε ότι η συνεχής έγχυση τοπικού αναισθητικού μέσα στον πόρο των προσαγωγών, μπορεί να διαχυθεί με ένα παλίνδρομο τρόπο προς το μηριαίο νεύρο όπου δυνητικά οδηγεί σε αδυναμία του τετρακεφάλου μυός [124].

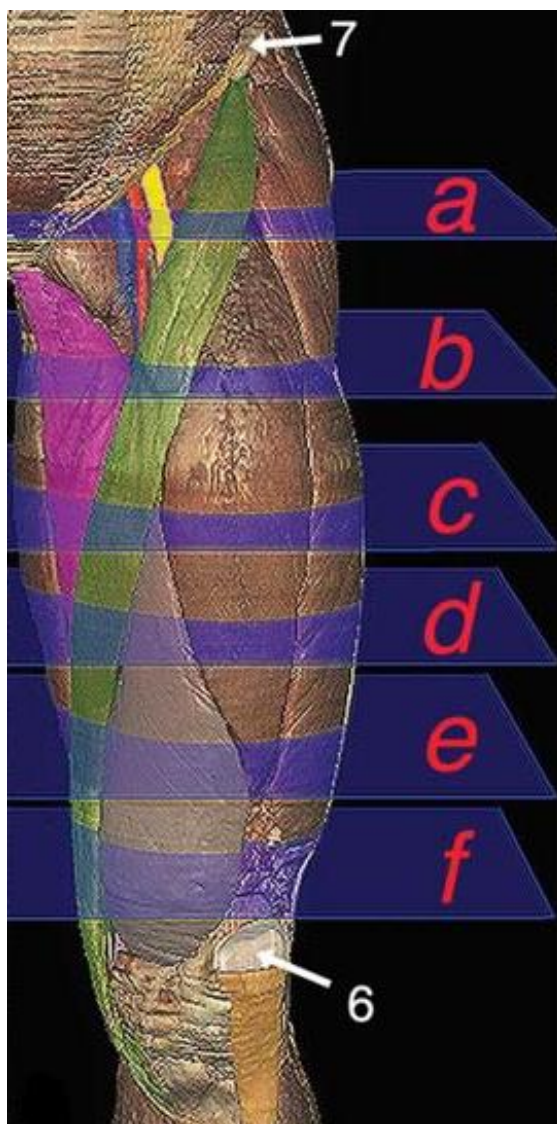
«Ο αποκλεισμός του πόρου των προσαγωγών» όπως αναφέρεται σε ορισμένες μελέτες, είναι η προσέγγιση του σαφηνούς νεύρου για αποκλεισμό του στο τρίτο τριτημόριο του μηρού, δηλαδή μέσα στον πόρο των προσαγωγών και χρησιμοποιείται κυρίως για

επεμβάσεις γόνατος. Οι Jaeger και συν. [122] τοποθέτησαν τον ηχοβολέα στην έσω επιφάνεια του μηρού, συγκεκριμένα στη μεσότητα του μηρού, μεταξύ της βουβωνικής περιοχής και του γόνατος. Όμως, ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου σε αυτό το σημείο τις περισσότερες φορές δεν πραγματοποιείται μέσα στον πόρο των προσαγωγών. Σε μια τελευταία μελέτη, [125] τα 13 από τα 17 ανατομικά παρασκευάσματα, έδειξε ότι το εγγύς στόμιο του πόρου των προσαγωγών είναι πιο περιφερικά από τη μεσότητα του μηρού, η οποία βρίσκεται μεταξύ άνω λαγόνιας άκανθας και επιγονατίδας. Ανατομικά, στους περισσότερους ανθρώπους στο επίπεδο της μεσότητας του μηρού βρίσκεται το μηριαίο τρίγωνο. Στο τρίτο τριτημόριο του μηρού, το πρόσθιο στόμιο του πόρου των προσαγωγών εντοπίζεται στο σημείο της κορυφής του μηριαίου τριγώνου (Εικόνα 69).

Για αυτό το λόγο στη δική μας μελέτη όσον αφορά τη πρώτη τεχνική, ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου έγινε πιο χαμηλά από τη μεσότητα του μηρού, με την τεχνική κατά Manickam [114] η οποία είναι αξιόπιστη ανατομικά όσον αφορά το γεγονός ότι η έγχυση γίνεται μέσα στον πόρο των προσαγωγών, στο σημείο όπου αρχίζει να βυθίζεται η μηριαία αρτηρία προς το οπίσθιο διαμέρισμα του μηρού, συνεπώς ανατομικά επιβεβαιώνει τον πόρο των προσαγωγών.

Πρόσφατα, σε μια άλλη μελέτη ο Kim και συν. [126] έδειξαν ότι στον αποκλεισμό του πόρου των προσαγωγών, αποφεύχθηκε η μυϊκή αδυναμία του τετρακεφάλου μυός όπου αυτό αξιολογήθηκε με τη χρήση ενός δυναμόμετρου. Αντιθέτως, ο αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου εμφάνισε μυϊκή αδυναμία 6-8 μετεγχειρητικά. Συνεπώς, ο αποκλεισμός του πόρου των προσαγωγών βοήθησε στη γρήγορη κινητοποίηση των ασθενών. Επίσης, ο αποκλεισμός του πόρου των προσαγωγών σε αυτές τις 6-8 ώρες μετεγχειρητικά, απέδειξε ότι δεν μειονεκτούσε αλλά

ήταν εξίσου αποτελεσματικός σε σχέση με τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου όσον αφορούσε την αναλγησία και την χρήση οπιοειδών.



Εικόνα 69. Το σχήμα δείχνει έξι εγκάρσιες τομές του μηρού (a-f). Τα επίπεδα είναι τα εξής: βουβωνική πτυχή (a), η κορυφή του λαγόνιου βόθρου (b), η μεσότητα του μηρού μεταξύ πρόσθιας άνω λαγόνιας άκανθας και επιγονατίδας (c), η κορυφή του μηριαίου τριγώνου, δηλαδή το εγγύς άκρο του πόρου των προσαγωγών (d), η μεσότητα του πλατυπροσαγωγού υμένα (e), τμήμα του μεγάλου προσαγωγού, δηλαδή το

περιφερικότερο σημείο του πόρου των προσαγωγών (f), Επιγονατίδα (6), Πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα (7). *Bendtsen FT, Moriggl B, Chan V, Børglum J. The Optimal Analgesic Block for Total Knee Arthroplasty. Reg Anesth Pain Med. 2016;41:711-719 [125].*

Σε μια άλλη μελέτη, ο Kwofie και συν. [127] παρατήρησαν επίσης, ότι ο αποκλεισμός μέσα στον πόρο των προσαγωγών σε σχέση με τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου και πάλι δεν οδήγησε σε μυϊκή αδυναμία του τετρακεφάλου μυός, συνεπώς οι ασθενείς είχαν χαμηλό ρίσκο για πτώσεις και μεγαλύτερη σταθερότητα, εφόσον μισή ώρα μετά τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου μέσα στον πόρο των προσαγωγών διατήρησαν την έκταση του γόνατος χωρίς αδυναμία.

Οι Hussain και συν. [128] σε μια πρόσφατη μετα-ανάλυση για τον αποκλεισμό του πόρου των προσαγωγών έναντι του αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου για ολικές αρθροπλαστικές γόνατος συμπεριέλαβαν 6 μελέτες και συμπέραναν τα εξής:

1. Για την αξιολόγηση του πόνου χρησιμοποιήθηκε η οπτική αναλογική κλίμακα σε διαφορετικούς χρόνους παρακολούθησης μετεγχειρητικά. Στις 3 μελέτες, 4 ώρες μετεγχειρητικά δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στην ένταση του πόνου ανάμεσα στον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου και του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου μέσα στον πόρο των προσαγωγών. Το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες 3 μελέτες που αξιολόγησαν τον πόνο 48 ώρες μετεγχειρητικά.
2. Καμία από τις 6 μελέτες δεν έδειξε βελτίωση της μυϊκής ισχύος του τετρακεφάλου μυός όταν χρησιμοποιήθηκε η τεχνική αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου. Όταν όμως η έγχυση του τοπικού αναισθητικού έγινε μέσα στον πόρο των προσαγωγών, οι 4 μελέτες έδειξαν ότι η κινητοποίηση των ασθενών έγινε

πιο γρήγορα, γιατί είχαν σημαντική βελτίωση την μυϊκής ισχύος του τετρακεφάλου μυός νωρίτερα από ότι με τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου. Συνεπώς, ο κινητικός αποκλεισμός του τετρακεφάλου μυός ήταν σε πολύ μικρότερο βαθμό όταν η έγχυση εφαρμόστηκε μέσα στον πόρο των προσαγωγών.

Στη δική μας μελέτη, η εκτίμηση της μυϊκής ισχύος του έσω πλατύ μυός αξιολογήθηκε με το χέρι του εξεταστή που παρόλο που υφίσταται ορισμένους περιορισμούς είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος που χρησιμοποιείται στη κλινική εξέταση [129]. Αξιολογήσαμε ειδικά την κινητικότητα του έσω πλατύ μυός και παρατηρήσαμε τη μυϊκή αδυναμία του συγκεκριμένου μυός 15 λεπτά αμέσως μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού, που ήταν αποτέλεσμα του αποκλεισμού του νεύρου του έσω πλατύ μυός και όχι λόγω διάχυσης από τον πόρο των προσαγωγών σε άλλους κλάδους του μηριαίου νεύρου.

Σε μια ανατομική μελέτη που περιλάμβανε 40 πτωματικά παρασκευάσματα κάτω άκρων, ο Karoor και συν. [130] συμπέραναν ότι 72.5% των κάτω άκρων των παρασκευασμάτων ο πιο περιφερικός και ταυτόχρονα ορατός κλάδος του νεύρου που τροφοδοτεί τον έσω πλατύ μυ, διαπερνούσε τον μυ κοντά στο σημείο όπου το σαφηνές νεύρο χιάζεται με την πρόσθια επιφάνεια της μηριαίας αρτηρίας για να βρεθεί επί τα εντός του αγγείου. Αναφέρεται ότι σε αυτό το σημείο λόγω ανατομικής θέσης και των δύο νεύρων, ο αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου μέσα στον πόρο των προσαγωγών πιθανόν να προκαλέσει και αποκλεισμό στους περιφερικότερους κλάδους του νεύρου που τροφοδοτεί τον έσω πλατύ μυ με αποτέλεσμα την κινητική αδυναμία του μυός. Στην πιο πρόσφατη ανατομική μελέτη που έγινε σε 20 πτωματικά παρασκευάσματα κάτω άκρων, ο Burckett-St. Laurant και συν. [131] συμπέραναν ότι ο συνδυασμός και των δύο νεύρων μαζί, το σαφηνές και το νεύρο του έσω πλατύ μυός παρέχουν

σημαντική νεύρωση στην πρόσθια και έσω επιφάνεια της άρθρωσης του γόνατος και της αρθρικής κάψας. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι η μεσότητα του πόρου των προσαγωγών θεωρείται ιδανικό σημείο για χορήγηση τοπικού αναισθητικού σε χειρουργεία αρθροπλαστικής γόνατος με σκοπό να αποκλειστούν και τα δύο νεύρα και ταυτόχρονα μειώνει τις πιθανότητες διάχυσης στον ιγνυακό βόθρο και επίσης στο μηριαίο τρίγωνο.

Ανατομικά, το σαφηνές νεύρο και το νεύρο του έσω πλατύ μυός είναι κλάδοι του οπίσθιου κλάδου του μηριαίου νεύρου. Πορεύονται επί τα εκτός της επιπολής μηριαίας αρτηρίας στον εγγύς μηρό, μέσα στον πόρο των προσαγωγών [130]. Η νεύρωση για τον έσω πλατύ μυ προέρχεται από δύο νεύρα; το άνω τρίτο του μυός συνήθως τροφοδοτείται από ένα ξεχωριστό κλάδο που σχετίζεται άμεσα με τον μέσο πλατύ μυ, ενώ τα υπόλοιπα 2/3 του έσω πλατύ μυός δέχεται κλάδους από ένα κοινό νεύρο.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το νεύρο του έσω πλατύ μυός, πορεύεται μέσα στον πόρο των προσαγωγών μαζί με το σαφηνές νεύρο και τα μηριαία αγγεία [131]. Το νεύρο του έσω πλατύ μυός διατιτραίνει τον έσω πλατύ μυ κοντά στο σημείο όπου το σαφηνές νεύρο φέρεται επί τα εντός της αρτηρίας [132]. Επίσης, κάποιες ανατομικές μελέτες έδειξαν ότι το νεύρο του έσω πλατύ μυός καλύπτεται από τη δική του περιτονία δημιουργώντας έτσι ένα δικό του αγωγό καθώς καταδύεται. [125,133].

Αν και στις περιπτώσεις των ασθενών που πήραν μέρος στη μελέτη μας, η έγχυση του τοπικού αναισθητικού πραγματοποιήθηκε πιο περιφερικά από αυτό το ανατομικό σημείο, αναφέρθηκε μυϊκή αδυναμία του έσω πλατύ μυός. Η διάχυση του τοπικού αναισθητικού κεντρικότερα και / ή η πιθανότητα το νεύρο του έσω πλατύ μυός να ακολουθεί μια πιο περιφερική πορεία, πιθανόν να δικαιολογεί αυτό το αποτέλεσμα.

Η μετεγχειρητική οπτική αναλυτική βαθμολογία πόνου (VAS), ο χρόνος εκτέλεσης του αποκλεισμού και η ικανοποίηση του ασθενούς κατά τη διάρκεια του αποκλεισμού δεν αξιολογήθηκαν εφόσον τα κύρια σημεία της μελέτη μας ήταν το ποσοστό επιτυχίας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου και οι συνέπειες αυτού στη λειτουργικότητα του έσω πλατύ μυός. Ως εκ τούτου, αυτοί ήταν οι περιορισμοί της μελέτης μας, που ίσως θα μπορούσαν να ξεπεραστούν σε μελλοντικές μελέτες γύρω από το συγκεκριμένο θέμα.

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης μας, η έγχυση χαμηλού όγκου τοπικού αναισθητικού μέσα στον πόρο των προσαγωγών ή περιφερικότερα στο κατώτερο στόμιο δηλαδή στο σημείο εξόδου του νεύρου από τον πόρο, οδηγεί σε μέτρια ποσοστά επιτυχίας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου. Επιπλέον, η έγχυση του τοπικού αναισθητικού μέσα στον πόρο των προσαγωγών μπορεί να οδηγήσει σε μερικό κινητικό αποκλεισμό του έσω πλατύ μυός και κατ' επέκταση αδυναμία έκτασης του γόνατος στις τελευταίες 10-20 μοίρες.

Τέλος, έχουν γίνει αναφορές στη μελέτη μας σε 6 διαφορετικές δημοσιευμένες μελέτες και συμπεριλαμβάνεται στις κατευθυντήριες οδηγίες της Αμερικάνικης Εταιρίας Περιτοχικής Αναισθησίας και Θεραπείας Πόνου (ASRA) [135-141].

Περίληψη

Σκοπός της μελέτης: Η ανατομική περιοχή και ο όγκος έγχυσης τοπικού αναισθητικού που χρειάζεται για τον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου διαφέρει στη βιβλιογραφία. Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να ερευνήσουμε το αποτέλεσμα δύο διαφορετικών μεθόδων με την χρήση υπερήχων στο σαφηνές νεύρο και στο νεύρο του έσω πλατύ μυός όταν έγινε έγχυση χαμηλού όγκου τοπικού αναισθητικού.

Υλικά και μέθοδοι: 48 ασθενείς έλαβαν μέρος στη μελέτη, οι οποίοι προγραμματίστηκαν για ορθοπεδικό χειρουργείο χωρίστηκαν με τη μέθοδο τυχαιοποίησης σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα η έγχυση του τοπικού αναισθητικού (5ml) για τον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου έγινε περιφερικότερα στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών ακριβώς στο σημείο εξόδου του σαφηνούς νεύρου από τον πόρο (DAC). Στη δεύτερη ομάδα η υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη έγχυση τοπικού αναισθητικού (5ml) για τον αποκλεισμό του σαφηνούς νεύρου έγινε μέσα στον πόρο των προσαγωγών (AC). Αμέσως μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού, η εξέλιξη του αποκλεισμού ελέγχεται συγκριτικά με το άλλο κάτω άκρο σε χρονικά διαστήματα 5, 10 και 15 λεπτών στην περιοχή που βρίσκονται οι ραπτικοί κλάδοι του σαφηνούς νεύρου και στο σημείο του νεύρου του έσω πλατύ μυός.

Αποτελέσματα: Τη μελέτη ολοκλήρωσαν 22 ασθενείς από την κάθε ομάδα. Πλήρης αισθητικός αποκλεισμός του σαφηνούς νεύρου παρατηρήθηκε στο 55% των ασθενών στην πρώτη ομάδα (AC) και στο 59% των ασθενών στη δεύτερη ομάδα (DAC) ($P = 0.88$).

Όταν η έγχυση πραγματοποιήθηκε μέσα στον πόρο των προσαγωγών (36%) των ασθενών παρουσίασαν κάποιου βαθμού κινητική αδυναμία λόγω αποκλεισμού του νεύρου του έσω πλατύ μυός, ένα ποσοστό σαφώς πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με την τεχνική έγχυσης στο κατώτερο στόμιο του πόρου των προσαγωγών DAC (0/22), ($P = 0.021$).

Συμπεράσματα: Η έγχυση χαμηλού όγκου τοπικού αναισθητικού μέσα στον πόρο των προσαγωγών ή περιφερικότερα στο σημείο εξόδου του νεύρου από τον πόρο, οδηγεί σε μέτρια ποσοστά επιτυχίας του αποκλεισμού του σαφηνούς νεύρου. Επιπλέον, η έγχυση του τοπικού αναισθητικού μέσα στον πόρο των προσαγωγών μπορεί να οδηγήσει σε μερικό κινητικό αποκλεισμό του έσω πλατύ μυός.

Λέξεις – κλειδιά: αποκλεισμός σαφηνούς νεύρου, υπερηχογράφημα, έσω πλατύς μυς

Abstract

Background and Aims: The anatomic site and the volume of local anesthetic needed for an ultrasound-guided saphenous nerve block differ in the literature. The purpose of this study was to examine the effect of two different ultrasound-guided low volume injections of local anesthetic on saphenous and vastus medialis nerves.

Materials and Methods: Recruited patients ($N = 48$) scheduled for orthopedic surgery were randomized in two groups; Group distal adductor canal (DAC): Ultrasound-guided injection (5 ml of local anesthetic) distal to the inferior foramina of the adductor canal. Group adductor canal (AC): Ultrasound-guided injection (5 ml local anesthetic) within the adductor canal. Following the injection of local anesthetic, block progression was monitored in 5 min intervals for 15 min in the sartorial branches of the saphenous nerve and vastus medialis nerve.

Results: Twenty two patients in each group completed the study. Complete block of the saphenous nerve was observed in 55% and 59% in Group AC and DAC, respectively ($P = 0.88$). The proportion of patients with vastus medialis weakness at 15 min in Group AC, 36%, was significantly higher than in Group DAC (0/22), ($P = 0.021$).

Conclusions: Low volume of local anesthetic injected within the adductor canal or distally its inferior foramina leads to moderate success rate of the saphenous nerve block, while only the injection within the adductor canal may result in vastus medialis nerve motor block.

Key words: saphenous nerve block, sonographic, vastus medialis

BIBΛIOΓPAΦIA

1. Hadzic A. Hadzic's Peripheral Nerve blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia 2nd ed. NYSORA, McGraw- Hill, USA, 2012.
2. Edelman SK. *Understanding Ultrasound Physics*. 3d ed. Woodlands, TX: ESP; 2004.
3. Hedrick WR, Hykes DL, Starchman DE. *Ultrasound Physics and Instrumentation*. 4th ed. Chicago, IL: Mosby Yearbook; 2004.
4. Karpal S, Krafft, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg* 1994;78:507-513.
5. La Grange PDP, Foster PA, Pretorius LK. Application of the Doppler ultrasound bloodflow detector in supraclavicular brachial plexus block. *Br J Anesth*. 1978;50:965-967.
6. MarhoferP, Greher M, Karpal S. Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anesth*. 2005;94:7-17.
7. O'Neill JM. *Musculoskeletal Ultrasound Anatomy and Technique*. New York, NY: Springer; 2008.
8. Ting PL, Sivagnanaratnam V. Ultrasonographic study of the spread of local anaesthetic during axillary brachial plexus block. *Br J Anesth*. 1978;63:326-329.
9. Zagzebski JA. *Essentials of Ultrasound Physics*. St Louis, MO: Mosby; 1996.

10. Chan V. *Ultrasound Imaging For Regional Anesthesia. A Practical Guide*, 3rd ed. University of Toronto, Ontario, Canada, 2010.
11. Gill R. *The Physics and Technology of Diagnostic Ultrasound. A Practitioner's Guide*. Sydney, Australia, 2012.
12. Tsui B.C. *Atlas of Ultrasound and Nerve Stimulation-Guided Regional Anesthesia*, Alberta, Edmonton, Canada, Springer 2007.
13. Narouze S. *Atlas of Ultrasound-Guided Procedures in Interventional Pain Management*. Springer, Cleveland, USA 2010: 13-72.
14. Chudleigh T, Thilaganathan B. *Obstetric Ultrasound: How, Why and When*. 3rd ed. Edinburgh, UK: Elsevier Churchill Livingstone; 2004.
15. Grau T. Ultrasonography in the current practice of regional anaesthesia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2005;19:175-200.
16. Grey AT. Ultrasound-guided regional anesthesia: current state of the art. *Anesthesiology*. 2006;104(2):368-373.
17. Sites BD, Brull R, Chan VW, et al. Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia. Part I: understanding the basic principles of ultrasound physics and machine operations. *Reg Anesth Pain Med*. 2007;32(5):412-418.
18. Pollard B. *Ultrasound Imaging for Vascular Access and Regional Anesthesia*. Toronto, Canada, 2012.

19. Sites BD, Brull R, Chan VW, et al. Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia. Part II: a pictorial approach to understanding and avoidance. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32(5):419-433.
20. Demondion X, Herbinet P, Boutry N, et al. Sonographic mapping of the normal brachial plexus. *Am J Neuroradiol.* 2003;24:1303-1309.
21. Eti Z, Irmak P, Gulluoglu BM, Manukyan MN, Gogus FY. Does bilateral superficial cervical plexus block decrease analgesic requirement after thyroid surgery? *Anesth Analg.* 2006;102:1174-1176.
22. Guay J. Regional anesthesia for carotid surgery. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2008;21:638-644.
23. Narouze S. Sonoanatomy of the cervical spinal nerve roots: implications for brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:616.
24. Roessel T, Wiessner D, Heller AR, et al. High-resolution ultrasound-guided interscalene plexus block for carotid endarterectomy. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32:247-253.
25. Sanderman DJ, Griffiths MJ, Lennox AF. Ultrasound guided deep cervical plexus block. *Anaesth Intensive Care.* 2006;34:240-244.
26. Soeding P, Eizenberg N. Review article: anatomical considerations for ultrasound guidance for regional anesthesia of the neck and upper limb. *Can J Anaesth.* 2009; 56:518-533.

27. Usui Y, Kobayashi T, Kakinuma H, Watanabe K, Kitajima T, Matsuno K. An anatomical basis for blocking of the deep cervical plexus and cervical sympathetic tract using an ultrasound- guided technique. *Anesth Analg.* 2010; 110:964-968.
28. Fredrickson MJ, Ball CM, Dagleish AJ. Posterior versus anterolateral approach interscalene catheter placement: a prospective randomized trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36:125-33.
29. Gadsden J, Hadzic A, Gandhi K, Shariat A, Xu D, Maliakal T, Patel V. The effect of mixing 1.5% mepivacaine and 0.5% bupivacaine on duration of analgesia and latency of block onset in ultrasound-guided interscalene block. *Anesth Analg.* 2011;112:471-6.
30. Liu SS, YaDeau JT, Shaw PM, Wilfred S, Shetty T, Gordon M. Incidence of unintentional intraneural injection and postoperative neurological complications with ultrasound-guided interscalene and supraclavicular nerve blocks. *Anaesthesia.* 2011;66:168-74.
31. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Willschke H, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part-2 recent development in block techniques. *Br J Anaesth.* 2010;104:673-83.
32. Mc Naught A, Shastri U, Carmichael N, Awad IT, Columb M, Cheung J, Holtby RM, McCartney CJ. Ultrasound reduces the minimum effective volume compared with peripheral nerve stimulation for interscalene block. *Br J Anaesth.* 2011;106:124-30.

33. Renes SH, van Geffen GJ, Rettig HC, Gielen MJ, Scheffer GJ. Minimum effective volume of local anesthetic for shoulder analgesia by ultrasound-guided block at root C7 with assessment of pulmonary function. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:529-34.
34. Spence BC, Beach ML, Gallagher JD, Sites BD. Ultrasound-guided interscalene blocks; understanding where to inject the local anaesthetic. *Anaesthesia.* 2011;66:509-14.
35. Antonakakis JG, Sites BD, Shiffrin J. Ultrasound-guided posterior approach for the placement of a continuous interscalene catheter. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:64-8.
36. Friedrichson MJ, Ball CM, Dalglish AJ. Analgesic effectiveness of an continuous versus single-injection interscalene block for minor arthroscopic shoulder surgery. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:28-33.
37. Mariano ER, Afra R, Loland VJ, Sandhu NS, Bellars RH, Bishop ML, Cheng GS, Choy LP, Maldonado RC, Ilfeld BM. Continuous interscalene brachial plexus block via an ultrasound-guided posterior approach: a randomized triple-masked, placebo-controlled study. *Anesth Analg.* 2009;108:1688-94.
38. Aguirre J, Ekatodramis G, Ruland P, Borgeat A: Ultrasound-guided supraclavicular block: is it really safer? *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:622.
39. Arcand G, Williams SR, Chouinard P, et al. Ultrasound-guided infraclavicular versus supraclavicular block. *Anesth Analg.* 2005;101:886-890.

40. Bigeleisen PE, Moayeri N, Groen GJ. Extraneural versus intraneural stimulation thresholds during ultrasound-guided supraclavicular block. *Anesthesiology*. 2009;110:1235-1243.
41. Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O. Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg*. 2003;97:1514-1517.
42. Chin KJ, Niazi A, Chan V. Anomalous brachial plexus anatomy in the supraclavicular region detected by ultrasound. *Anesth Analg*. 2008;107:729-731.
43. Collins AB, Gray AT, Kessler J. Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block: a modified Plumb-Bob technique. *Reg Anesth Pain Med*. 2006;31:591-592.
44. Cornish PB, Leaper CJ, Nelson G, Anstis F, McQuillan C, Stienstra R. Avoidance of phrenic nerve paresis during continuous supraclavicular regional anaesthesia. *Anaesthesia*. 2007;62:354-358.
45. Duggan E, El Beheiry H, Perlas A, et al. Minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34:215-218.
46. Fredrickson MJ, Kilfoyle DH. Neurological complication analysis of 1000 ultrasound guided peripheral nerve blocks for elective orthopedic surgery: a prospective study. *Anaesthesia*. 2009;64:836-844.

47. Gupta PK, Pace NL, Hopkins PM. Effect of body mass index on the ED50 volume of bupivacaine 0.5% for supraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth.* 2010;104:490-495.
48. Jeon DG, Kim WI. Case series: ultrasound-guided supraclavicular block in 105 patients. *Korean J Anesthesiol.* 2010;58:267-271.
49. Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg.* 1994;78:507-513.
50. Manickam BP, Oosthuysen SA, Parikh MK. Supraclavicular brachial plexus block-variant relation of brachial plexus to Subclavian artery on the first rib. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:383-384.
51. Marhofer P, Schrogendorfer K, Koinig H, Karpal S, Weinstabl C, Mayer N. Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg.* 1997;85:854-857.
52. Morfey DH, Brull R. Finding the corner pocket: landmarks in ultrasound-guided supraclavicular block. *Anaesthesia.* 2009;64:1381.
53. Neal JM, Moore JM, Kopacz DJ, Liu SS, Kramer DJ, Plorde JJ. Quantitative analysis of respiratory, motor, and sensory function after supraclavicular block. *Anesth Analg.* 1998;86:1239-1244.

54. Perlas A, Lobo G, Lo N, Brull R, Chan VW, Karkhanis R. Ultrasound-guided supraclavicular block: outcome of 510 consecutive cases. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:171-176.
55. Plunkett AR, Brown DS, Rogers JM, Buckenmaier CC 3rd. Supraclavicular continuous peripheral nerve block in a wounded soldier: when ultrasound is the only option. *Br J Anaesth.* 2006;97:715-717.
56. Renes SH, Spoormans HH, Gielen MJ, Rettig HC, van Geffen GJ. Hemidiaphragmatic paresis can be avoided in ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:595-599.
57. Soares LG, Brull R, Lai J, Chan VW. Eight ball, corner pocket: the optimal needle position for ultrasound-guided supraclavicular block. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32:94-95.
58. Tran de QH, Munoz L, Zaouter C, Russo G, Finlayson RJ. A prospective, randomized comparison between single- and double- injection, ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:420-424.
59. Tsui BC, Doyle K, Chu K, Pillay J, Dillane D. Case series: ultrasound-guided supraclavicular block using a curvilinear probe in 104 day-case hand surgery patients. *Can J Anaesth.* 2009;56:46-51.
60. VadeBoncouer TR, Weinberg GL, Oswald S, Angelov F. Early detection of intravascular injection during ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 2008;33:278-279.

61. Aguirre J, Baulig B, Borgeat A. Does ultrasound-guided infraclavicular block meet users' expectations? *Can J Anaeth.* 2010;57:176-177.
62. Akyildiz E, Gurkan Y, Caglayan C, Solak M, Toker K. Single vs. double stimulation during a lateral sagittal infraclavicular block. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2009;53:1262-1267.
63. Bigeleisen PE. Ultrasound-guided infraclavicular block in an anticoagulated and anesthetized patient. *Anesth Analg.* 2007;104:1285-1287.
64. Bowens C Jr, Gupta RK, O'Byrne WT, Schildcrout JS, Shi Y, Hawkins JJ, Michaels DR, Berry JM. *Selective local anesthetic placement using ultrasound guidance and neurostimulation for infraclavicular brachial plexus block.* *Anesth Analg.* 2010;110:1480-5.
65. Brull R, McCartney CJ, Chan VW. A novel approach to infraclavicular brachial plexus block: the ultrasound experience. *Anesth Analg.* 2004;99:950.
66. Chin KJ, Singh M, Velayutham V, Chee V. *Infraclavicular brachial plexus block for regional anaesthesia of the lower arm.* *Anesth Analg.* 2010;111:1072.
67. Desgagnes MC, Levesque S, Dion N, et al. A comparison of a single or triple injection for ultrasound-guided infraclavicular block: a prospective randomized controlled study. *Anesth Analg.* 2009;109:668-672.
68. Dhir S, Ganapathy S. Comparative evaluation of ultrasound-guided continuous infraclavicular brachial plexus block with stimulating catheter and traditional

technique: a prospective-randomized trial. *Acta Anaesthesiol Scand.*

2008;52:1158-1166.

69. Dolan J. Ultrasound-guided infraclavicular nerve block and the cephalic vein. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:528-529.
70. Jiang XB, Zhu SZ, Jiang Y, Chen QH, Xu XZ. Optimal dose of local anesthetic mixture in ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block via coracoid approach: analysis of 160 cases [in Chinese]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2009;89:449-452.
71. Koscielniak-Nielsen ZJ, Frederiksen BS, Rasmussen H, Hesselbjerg L. A comparison of ultrasound-guided supraclavicular and infraclavicular blocks for upper extremity surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2009;53:620-626.
72. Levesque S, Dion N, Desgagne MC. Endpoint for successful, ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Can J Anaesth.* 2008;55:308.
73. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Willschke H, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 2-recent developments in block techniques. *Br J Anaesth.* 2010;104:673-683.
74. Mariano ER, Loland VJ, Bellars RH, et al. Ultrasound-guidance versus electrical stimulation for infraclavicular brachial plexus perineural catheter insertion. *J Ultrasound Med.* 2009;28:1211-1218.
75. Nadig M, Ekatodramis G, Borgeat A. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth.* 2003;90:107-108.

76. Ootaki C, Hayashi H, Amano M. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: an alternative technique to anatomical landmark-guided approaches. *Reg Anesth Pain Med.* 2000;25:600-604.
77. Porter JM, McCartney CJ, Chan VW. Needle placement and injection posterior to the axillary artery may predict successful infraclavicular brachial plexus block: a report of three cases. *Can J Anaesth.* 2005;52:69-73.
78. Renes S, Clark L, Gielen M, Spoormans H, Giele J, Wadhwa A. A simplified approach to vertical infraclavicular brachial plexus blockade using hand-held Doppler. *Anesth Analg.* 2008;106:1012-1014.
79. Sandhu NS, Maharlouei B, Patel B, Erkulwater E, Medabalmi P. Simultaneous bilateral infraclavicular brachial plexus blocks with low-dose lidocaine using ultrasound guidance. *Anesthesiology.* 2006;104:199-201.
80. Sauter AR, Smith HJ, Stubhaug A, Dodgson MS, Klaastad O. Use of magnetic resonance imaging to define the anatomical location of closest to all three cords of the infraclavicular brachial plexus. *Anesth Analg.* 2006;103:1574-1576.
81. Tran de QH, Dugani S, Dyachenko A, Correa JA, Finlayson RJ. *Minimum effective volume of lidocaine for ultrasound-guided infraclavicular block.* *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36:190-4.
82. Tran de QH, Russo G, Munoz L, Zaouter C, Finlayson RJ. A prospective randomized comparison between ultrasound-guided supraclavicular,

infraclavicular, and axillary brachial plexus blocks. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:366-371.

83. Hadzic A. Textbook of Regional Anesthesia and Acute Pain Management. *The New York School of Regional Anesthesia.* The McGraw –Hill Companies. New York, 2007; pp. 478-692.

84. Cunningham's Textbook of Anatomy. 12th Edition. Edited by G.J Romanes. Oxford University Press. 1995;790-805.

85. Gray's Anatomy: The Anatomical basis of Clinical Practice, 39th ed. Philadelphia, Elsevier, 2005.

86. Casati A, et al. Effects of ultrasound guidance on the minimum effective anaesthetic volume required to block the femoral nerve. *Br J Anaesth.* 2007;98(6):823-827.

87. Fredrickson MJ, Kilfoyle DH. Neurological complication analysis of 1000 ultrasound guided peripheral nerve blocks for elective orthopaedic surgery: a prospective study. *Anaesthesia.* 2009;64(8):836-844.

88. Hotta K, et al. Ultrasound-guided combined femoral nerve and lateral femoral cutaneous nerve blocks for femur neck fracture surgery-case report [in Japanese]. *Masui.* 2008;57(7):892-894.

89. Ito H, et al. Ultrasound-guided femoral nerve block [in Japanese]. *Masui.* 2008;57(5):575-579.

90. Marhofer P, et al. Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg*. 1997;85(4):854-857.
91. Mariano ER, et al. Ultrasound guidance versus electrical stimulation for femoral perineural catheter insertion. *J Ultrasound Med*. 2009;28(11):1453-1460.
92. Murray JM, Derbyshire S, Shields MO. Lower limb blocks. *Anaesthesia*. 2010;65(Suppl 1):57-66.
93. Oberndorfer U, et al. Ultrasonographic guidance for sciatic and femoral nerve blocks in children. *Br J Anaesth*. 2007;98(6):797-801.
94. O'Donnell BD, Mannion S. Ultrasound-guided femoral nerve block, the safety way to proceed? *Reg Anesth Pain Med*. 2006;31(4):387-388.
95. Reid N, et al. Use of ultrasound to facilitate accurate femoral nerve block in the emergency department. *Emerg Med Australas*. 2009;21(2):124-130.
96. Salinas FV. Ultrasound and review of evidence for lower extremity peripheral nerve blocks. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35(2 Suppl):S16-25.
97. Schafhalter-Zoppoth I, Moriggl B. Aspects of femoral nerve block. *Reg Anesth Pain Med*. 2006;31(1):92-93.
98. Sites BD, et al. A comparison of sensory and motor loss after a femoral nerve block conducted with ultrasound versus ultrasound and nerve stimulation. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(5):508-513.

99. Soong J, Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT. The importance of transducer angle to ultrasound visibility of the femoral nerve. *Reg Anesth Pain Med.* 2005;30(5):505.
100. Tsui B, Suresh S. Ultrasound imaging for regional anesthesia in infants children and adolescents: a review of current literature and its application in the practice of extremity and trunk blocks. *Anesthesiology.* 2010;112(2):473-492.
101. Davis JJ, Bond TS, Swenson JD. Adductor canal block: more than just the saphenous nerve? *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:618-619.
102. Gray AT, Collins AB. Ultrasound-guided saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med.* 2003;28:148.
103. Lundblad M, Kapral S, Marhofer P, et al. Ultrasound-guided infrapatellar nerve block in human volunteers: description of a novel technique. *Br J Anaesth.* 2006;97:710-714.
104. 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;35:222-3.
105. De Mey JC, Deruyck LJ, Cammu G, De Baerdenmaecker LE, Mortier EP. A paravenous approach for the saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med.* 2001;26:504-6.
106. Horn JL, Pitsch T, Salinas F, Benninger B. Anatomic basis to the ultrasound-guided approach for saphenous nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:486-9.

107. Benzon HT, Sharma S, Calimaran A. Comparison of the different approaches to saphenous nerve block. *Anesthesiology*. 2005;102:633-8.
108. Van der Wal M, Lang SA, Yip RW. Transsartorial approach for saphenous nerve block. *Can J Anaesth*. 1993;40:542-6.
109. Krombach J, Gray AT. Sonography for saphenous nerve block near the adductor canal. *Reg Anesth Pain Med*. 2007;32:369-70.
110. Andersen HL, Gyrn J, Møller L, Christensen B, Zaric D. Continuous saphenous nerve block as supplement to single-dose local infiltration analgesia for postoperative pain management after total knee arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med*. 2013;38:106-11.
111. Kent ML, Hackworth RJ, Riffenburgh RH, Kaesberg JL, Assef DC, Lujan E, et al. A comparison of ultrasound-guided and landmark-based approaches to saphenous nerve blockade: A prospective, controlled, blinded, crossover trial. *Anesth Analg*. 2013;117:265-70.
112. Sahin L, Sahin M, Isikay N. A different approach to ultrasound-guided saphenous nerve block. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011;55:1030-1.
113. 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;57:683-8.

114. 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;34:578-80.
115. Tsui BC, Ozelsel T. Ultrasound-guided transsartorial perifemoral artery approach for saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:177-8.
116. Saranteas T, Anagnostis G, Paraskeuopoulos T, Koulalis D, Kokkalis Z, Nakou M, et al. Anatomy and clinical implications of the ultrasound-guided subsartorial saphenous nerve block. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36:399-402.
117. Javadpour PJ, Finigan PJ, O'Brien M. The anatomy of the extensor mechanism and its clinical relevance. *Clin J Sport Med.* 1991;1:233-5.
118. Lieb FJ, Perry J. Quadriceps function. An anatomical and mechanical study using amputated limbs. *J Bone Joint Surg Am.* 1968;50:1535-48.
119. Smith TO, Nichols R, Harle D, Donell ST. Do the vastus medialis obliquus and vastus medialis longus really exist? A systematic review. *Clin Anat.* 2009;22:183-99.
120. Malone T, Davies G, Walsh WM. Muscular control of the patella. *Clin Sports Med.* 2002;21:349-62.
121. Lund J, Jenstrup MT, Jaeger P, Sørensen AM, Dahl JB. Continuous adductor-canal-blockade for adjuvant post-operative analgesia after major knee surgery: Preliminary results. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2011;55:14-9.

122. Jaeger P, Zaric D, Fomsgaard JS, Hilsted KL, Bjerregaard J, Gyrn J, et al. Adductor canal block versus femoral nerve block for analgesia after total knee arthroplasty: A randomized, double-blind study. *Reg Anesth Pain Med*. 2013;38:526-32.
123. Jaeger P, Nielsen ZJ, Henningsen MH, Hilsted KL, Mathiesen O, Dahl JB. Adductor canal block versus femoral nerve block and quadriceps strength: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study in healthy volunteers. *Anesthesiology*. 2013;118:409–15.
124. Veal C, Auyong DB, Hanson NA, Allen CJ, Strodtbeck W. Delayed quadriceps weakness after continuous adductor canal block for total knee arthroplasty: A case report. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2014;58:362–4.
125. Bendtsen FT, Moriggl B, Chan V, Børglum J. The Optimal Analgesic Block for Total Knee Arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med*. 2016;41:711-9.
126. Kim DH, Lin Y, Goytizolo EA, Kahn RL, Maalouf DB, Manohar A, et al. Adductor canal block versus femoral nerve block for total knee arthroplasty: A Prospective, randomized, controlled trial. *Anesthesiology*. 2014;120:540–50.
127. Kwofie MK, Shastri UD, Gadsden JC, et al. The effects of ultrasound guided adductor canal block on quadriceps strength and fall risk: a blinded randomized trial of volunteers. *Reg Anesth Pain Med*. 2013;38:321–325.
128. Hussain N, Ferreri TG, Prusick PJ, Banfield L, Long B, Prusick VR, Bhandari M. Adductor Canal block Versus Femoral Nerve Canal Block for Total Knee

Arthroplasty: A Meta-Analysis: What Does the Evidence Suggest? *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41:314-20.

129. Maffiuletti NA. Assessment of hip and knee muscle function in orthopaedic practice and research. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:220–9.
130. Kapoor R, Adhikary SD, Siefring C, McQuillan PM. The saphenous nerve and its relationship to the nerve to the vastus medialis in and around the adductor canal: An anatomical study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2012;56:365–7.
131. Burckett-St Laurant D, Peng P, Girón Arango L, Niazi AU, Chan VW, Agur A, Perlas A. The Nerves of the Adductor Canal and the Innervation of the Knee. An Anatomic Study. *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41:321-7.
132. Thiranagama R. Nerve supply of the human vastus medialis muscle. *J Anat.* 1990;170:193–8.
133. Andersen HL, Andersen SL, Trandum-Jensen J. The spread of injectate during saphenous nerve block at the adductor canal: a cadaver study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2015;59:238-45.
134. Marian AA, Ranganath Y, Bayman EO, Senasu J, Brennan TJ. A Comparison of 2 Ultrasound-Guided Approaches to the Saphenous Nerve Block: Adductor Canal Versus Distal Transsartorial: A Prospective, Randomized, Blinded, Noninferiority Trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2015;40:623-30.
135. Ghassemi J, Gray AT. Regional Nerve blocks in Anesthesia and Pain Therapy. *The Adductor Canal Block.* Springer. 2015; pp. 843-52.

136. Neal JM, Brull R, Horn JL, Liu SS, McCartney CJ, Perlas A, Salinas FV, Tsui BC. The Second American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Medicine Assessment of Ultrasound-Guided Regional Anesthesia: Executive Summary. *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41:181-94.
137. Salinas FV. Evidence Basis for Ultrasound Guidance for Lower-Extremity Nerve Block. *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41:261-74.
138. Anagnostopoulou S, Anagnostis G, Saranteas T, Mavrogenis AF, Paraskeuopoulos T. Saphenous and Infrapatellar Nerves at the Adductor Canal: Anatomy and Implications in Regional Anesthesia. *Orthopedics.* 2016;39:259-62.
139. Ardon AE, Clendenen SR, Porter SB, Robards CB, Greengrass RA. Opioid consumption in total knee arthroplasty patients: a retrospective comparison of adductor canal and femoral nerve continuous infusions in the presence of a sciatic nerve catheter. *J Clin Anesth.* 2016 Jun;31:19-26.
140. Saranteas T, Mavrogenis AF. Holistic Ultrasound in Trauma: An update. *Injury, Int. J. Care Injured.* 47 (2016) 2110–2116.
141. Pepper AM, North TW, Sunderland AM, Davis JJ. Intraoperative Adductor Canal Block for Augmentation of Periarticular Injection in Total Knee Arthroplasty: A Cadaveric Study. *J Arthroplasty.* 2016 Sep;31(9):2072-6.