



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νευρικός αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά

Χριστιάνα Γεωργίου Προδρόμου

Επιβλέπουσα: Παρασκευή Ματσώτα, Καθηγήτρια
Αναισθησιολογίας, Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Επιστημονικός υπεύθυνος: Θεοδόσιος Σαραντέας, Αν.
Καθηγητής Αναισθησιολογίας, Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νευρικός αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά

Χριστιάνα Προδρόμου

A.M 20190010

Αναισθησιολόγος

Επιβλέποντες:

Παρασκευή Ματσώτα, Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

Χρυσάνθη Μπατιστάκη, Αν. Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

Τατιάνα Σιδηροπούλου, Αν. Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021

Περίληψη

Εισαγωγή: Ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος με στόχο την αναισθησία στα άνω άκρα χρονολογείται πάνω από εκατό χρόνια. Η τεχνική της νευροδιέγερσης σε συνδυασμό με τα ανατομικά στοιχεία υπήρξε η «χρυσή μέθοδος» αποκλεισμού των νεύρων του βραχιονίου πλέγματος για πάνω από τέσσερις δεκαετίες. Σήμερα, η Περιφερική Αναισθησία θεωρείται αναπόσπαστο στοιχείο της αναισθησιολογικής παιδιατρικής φροντίδας. Ο σημαντικότερος λόγος για αυτό, αποτελεί η εφαρμογή της υπερηχογραφικής καθοδήγησης στην περιφερική αναισθησία τις τελευταίες δύο δεκαετίες.

Σκοπός: Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιαστούν όλα τα δεδομένα που αφορούν την εφαρμογή του αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά.

Μέθοδος: Στο πρώτο μέρος γίνεται περιγραφή της ανατομίας του βραχιονίου πλέγματος και των διαφόρων προσπλάσεων που χρησιμοποιούνται για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος. Στην κάθε προσπέλαση γίνεται συγκεκριμένα αναφορά στις διάφορες εφαρμοζόμενες τεχνικές συμπεριλαμβανομένων της νευροδιέγερσης και των ανατομικών οδηγιών σημείων, καθώς και της νεότερης τεχνικής-της υπερηχογραφικής καθοδήγησης. Παρουσιάζονται όλα τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούν την εφαρμογή των τεχνικών αυτών στα παιδιά, τα πλεονεκτήματα καθώς και οι όποιοι περιορισμοί και επιπλοκές μπορεί να υπάρχουν. Στο δεύτερο μέρος αναφέρονται τα τοπικά αναισθητικά και τα επικουρικά φάρμακα που χρησιμοποιούνται στα παιδιά για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος και γίνεται σύγκριση με τους ενήλικες όσο αφορά ανατομικές και φυσιολογικές διαφορές, τεχνικές και φάρμακα.

Συμπέρασμα: Ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για διεγχειρητική αναισθησία και αναλγησία σε όλες τις χειρουργικές επεμβάσεις που αφορούν τα άνω άκρα.

Θεματική Περιοχή: Περιοχική Αναισθησία

***Λέξεις-κλειδιά: παιδιά; περιοχική αναισθησία; αποκλεισμός βραχιονίου
πλέγματος; τοπικά αναισθητικά; άνω άκρα***

Abstract

Introduction: Brachial plexus block in order to anaesthetize upper limb has been in use over one hundred years. Nerve stimulation in combination with anatomical landmarks has been the “gold standard” blockade of nerves in the last four decades. Regional anesthesia today is an integral part of the pediatric anesthetic care. The main reason for this is the application of ultrasound guidance in regional anesthesia the last two decades.

Objectives: The purpose of this review is to analyze all the data regarding brachial plexus block in children.

Methods: In the first part the anatomy of the brachial plexus and the anatomy of the different approaches in brachial plexus blockade is described. For each approach the different techniques as nerve stimulation, anatomical landmarks and ultrasound guidance is described and all the advantages, limits and disadvantages of each of these approaches are described and analysed. The second part is focused in local anesthetics drugs and adjuvants that are used in brachial plexus blockade in children. The techniques and drugs for brachial plexus block in children as the anatomical and physiological differences is compared with adults.

Results: Brachial plexus block is the most effective analgesia and anesthesia procedure for the upper extremity surgeries in pediatric patients.

Scientific domain: *Regional Anesthesia*

Keywords: *pediatric; regional anesthesia; brachial plexus block; local anesthetics; upper extremity*

Ο όρκος του Ιπποκράτη



ΟΜΝΥΜΙ ΑΠΟΛΛΩΝΑ ΙΗΤΡΟΝ ΚΑΙ ΑΣΚΛΗΠΙΟΝ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΑΝ
ΚΑΙ ΠΑΝΑΚΕΙΑΝ ΚΑΙ ΘΕΟΥΣ ΠΑΝΤΑΣ ΤΕ ΚΑΙ ΠΑΣΑΣ ΙΣΤΟΡΑΣ
ΠΟΙΟΥΜΕΝΟΣ, ΕΠΙΤΕΛΕΑ ΠΟΙΗΚΕΙΝ ΚΑΤΑ ΔΥΝΑΜΙΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΝ
ΕΜΗΝ ΟΡΚΟΝ ΤΟΝΔΕ.

ΗΓΗΣΘΑΙ ΜΕΝ ΤΟΝ ΔΙΔΑΣΚΑΝΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΝ ΤΑΥΤΗΝ ΙΣΑ
ΓΕΝΕΤΗΣΙΝ ΕΜΟΙΣΙ ΚΑΙ ΒΙΟΥ ΚΟΙΝΩΣΕΘΑΙ ΚΑΙ ΧΡΕΩΝ ΧΡΗΣΟΝΤΙ
ΜΕΤΑΔΟΣΙΝ ΠΟΙΗΣΕΘΑΙ ΚΑΙ ΓΕΝΟΣ ΤΟ ΕΞ ΑΥΤΟΥ ΑΔΕΛΦΕΟΙΣ ΙΣΟΝ
ΕΠΙΚΡΙΝΕΕΙΝ ΑΡΡΕΣΙ, ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΕΙΝ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΝ ΤΑΥΤΗΝ,
ΗΝ ΧΡΗΣΙΩΣΙ ΜΑΝΘΑΝΕΙΝ, ΑΝΕΥ ΜΙΣΘΟΥ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ.

ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΗΣ ΤΕ ΚΑΙ ΑΚΡΟΗΣΙΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΟΙΠΗΣ ΑΓΛΑΨΗΣ ΜΑΘΗΣΙΟΣ
ΜΕΤΑΔΟΣΙΝ ΠΟΙΗΣΕΘΑΙ ΥΙΟΙΣΙ ΤΕ ΕΜΟΙΣΙ ΚΑΙ ΤΟΙΣΙ ΤΟΥ ΕΜΕ
ΔΙΔΑΣΚΑΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΑΙΣΙ ΣΥΓΓΕΓΡΑΜΜΕΝΟΙΣΙ ΤΕ ΚΑΙ ΩΡΚΙΣΜΕΝΟΙΣ
ΝΟΜΩ ΙΗΤΡΙΚΩ ΑΛΛΩ ΔΕ ΟΥΔΕΝΙ.

ΔΙΑΙΤΗΜΑΣΙ ΤΕ ΧΡΗΣΟΜΑΙ ΕΠ'ΩΦΕΛΕΙΗ ΚΑΜΝΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑ ΔΥΝΑΜΙΝ
ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΝ ΕΜΗΝ, ΕΠΙ ΔΗΛΗΚΕΙ ΔΕ ΚΑΙ ΑΔΙΚΗΝ ΕΙΡΞΕΙΝ.

ΟΥ ΔΩΣΩ ΔΕ ΟΥΔΕ ΦΑΡΜΑΚΟΝ ΟΥΔΕΝΙ ΑΙΤΗΘΕΙΣ ΘΑΝΑΤΙΜΟΝ, ΟΥΔΕ
ΥΦΗΓΗΣΟΜΑΙ ΣΥΜΒΟΥΛΗΝ ΤΟΙΗΝ ΔΕ ΟΜΟΙΩΣ ΔΕ ΟΥΔΕ ΓΥΝΑΙΚΙ
ΠΕΧΣΟΝ ΦΘΟΡΙΟΝ ΔΩΣΩ ΑΓΝΩΣ ΔΕ ΚΑΙ ΟΞΙΩΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΩ ΒΙΟΝ
ΤΟΝ ΕΜΟΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΝ ΤΗΝ ΕΜΗΝ.

Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Νευρικός αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά» γίνεται με την ολοκλήρωση του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στην Περιοχική Αναισθησία. Με την ευκαιρία αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να γίνει ο στόχος μου για απόκτηση της γνώσης της περιοχικής αναισθησίας εφικτός.

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Αναισθησιολογίας Θεοδόσιο Σαραντέα, επιστημονικό υπεύθυνο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος, ο οποίος με τις γνώσεις, την άρτια εκπαίδευση και τον επαγγελματισμό που διαθέτει, καθώς και με τις συμβουλές και την καθοδήγησή του με βοήθησε στο μέγιστο, σε όλα τα στάδια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Επίσης θερμά θέλω να ευχαριστήσω και τις Αναπληρώτριες Καθηγήτριες Αναισθησιολογίας Χρυσάνθη Μπατιστάκη και Τατιάνα Σιδηροπούλου, οι οποίες με την εξειδικευμένη εμπειρία τους βοήθησαν στην εκπόνηση και ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού προγράμματος με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Μέσα από την καρδιά μου θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας Παρασκευή Ματσώτα, για την αμέριστη βοήθεια, εμπιστοσύνη και υποστήριξη σε όλα τα στάδια εκπόνησης και συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι εξειδικευμένες γνώσεις που διαθέτει και η επιστημονική της κατάρτιση ήταν για μένα ένα ουσιαστικό βοηθητικό εργαλείο κατά την διάρκεια του

μεταπτυχιακού προγράμματος και στην ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους άντρες της ζωής μου, τον σύζυγό μου Σπύρο και τα παιδιά μου, Δημήτρη και Γιώργο για την απέραντη αγάπη, υπομονή, στήριξη και συμπαράσταση σε όλο το χρονικό διάστημα του μεταπτυχιακού προγράμματος και ειδικά της συγγραφής της διπλωματικής εργασίας.

Αφιερώνω την παρούσα διπλωματική εργασία στον φίλο και συνάδελφο Αναισθησιολόγο Δημήτριο Ζαχαρόπουλο, θερμό υποστηρικτή της Περιτομικής Αναισθησίας στα παιδιά εδώ και πολλά χρόνια. Με τη μεθοδικότητα και τη συνεχή ενθάρρυνσή του με βοήθησε στα πρώτα βήματα της πρακτικής μου άσκησης στην Περιτομική Αναισθησία στο Νοσοκομείο μας «Παίδων Αγία Σοφία».

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	Σελ.10
B. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ	Σελ.12
Γ. ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ	Σελ.18
Γ1. Διασκαληνικός αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος	Σελ.18
Γ2. Υπερκλείδιος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος	Σελ.23
Γ3. Υποκλείδιος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος	Σελ.27
Γ4. Μασχαλιαίος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος	Σελ.30
Δ. ΤΟΠΙΚΑ ΑΝΑΙΣΘΗΤΙΚΑ-ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΑ ΦΑΡΜΑΚΑ	Σελ.35
Ε. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	Σελ.45
Ζ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	Σελ.58
ΣΤ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ.59

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος με στόχο την αναισθησία στα άνω άκρα χρονολογείται πάνω από εκατό χρόνια. Από το 1897, υπάρχουν αρκετές αναφορές στην βιβλιογραφία που υποστηρίζουν ότι ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος είναι η μέθοδος εκλογής για όλες τις μεγάλες χειρουργικές επεμβάσεις των άνω άκρων στους ενήλικες. Πολλές επίσης ήταν οι αναφορές εκείνη την εποχή για τον προβληματισμό που υπήρχε όσον αφορά την εφαρμογή του αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά. Πολλοί υποστήριζαν ότι η τεχνική ήταν δύσκολο να εφαρμοστεί στα παιδιά, λόγω ιδιαιτερότητας στη συνεργασία τους όταν είναι ξυπνητά και λόγω της ανησυχίας μήπως τα παιδιά βιώσουν μια έντονη στρεσογόνο κατάσταση με ψυχολογικές επιπτώσεις στην υγεία τους στο μέλλον.¹

Το 1951, ο Small¹ δημοσιεύει την πρώτη μεγάλη σειρά αποκλεισμού βραχιονίου πλέγματος σε παιδιά υπό καταστολή, με την τεχνική των ανατομικών-οδηγών σημείων. Ο αποκλεισμός έγινε με βάση δύο οδηγία σημεία, την ψηλάφηση της πρώτης πλευράς κάτω από τον υπερκλείδιο βόθρο και την ψηλάφηση της υποκλείδιας αρτηρίας. Από τους 151 αποκλεισμούς σε παιδιά ηλικίας 15 μηνών μέχρι 12 ετών, οι 124 αφορούσαν υπερκλείδια προσπέλαση και οι 27 μασχαλιαία προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος. Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν ενθαρρυντικά, αφού μόνο σε οκτώ ασθενείς υπήρξε αποτυχία στην αναισθησία των άνω άκρων μετά τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος.

Από τότε, η εφαρμογή της Περιτομικής Αναισθησίας στον παιδιατρικό πληθυσμό ολοένα και αυξάνεται. Το πρώτο εκπαιδευτικό παιδιατρικό πρόγραμμα στην περιτομική αναισθησία εφαρμόστηκε πριν από τριάντα χρόνια στην Γαλλία από τον Dalens το 1989, ακριβώς ένα χρόνο μετά τον πρώτο Παγκόσμιο Συνέδριο σχετικά με τον Παιδιατρικό Πόνο (Seattle 1988).²

Σήμερα, η Περιτομική Αναισθησία θεωρείται αναπόσπαστο στοιχείο της αναισθησιολογικής παιδιατρικής φροντίδας. Ο σημαντικότερος λόγος για αυτό, αποτελεί η εφαρμογή της υπερηχογραφικής καθοδήγησης στην περιτομική αναισθησία τις τελευταίες δύο δεκαετίες.^{3,4} Πριν από την ανακάλυψη της υπερηχογραφίας, η τεχνική της νευροδιέγερσης σε συνδυασμό με τα ανατομικά στοιχεία υπήρξε η «χρυσή μέθοδος» αποκλεισμού των νεύρων για πάνω από τέσσερις

δεκαετίες.⁵ Η πρώτη περιγραφή στην περιοχική αναισθησία υπό υπερηχογραφική παρακολούθηση έγινε το 1994 από τους Karpal et al και αφορούσε το βραχιόνιο πλέγμα, συγκεκριμένα την υπερκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος σε ενήλικες.⁶ Από τότε, η εφαρμογή της, αρχικά στους ενήλικες και μια δεκαετία αργότερα στα παιδιά, έχει εξαπλωθεί ταχύτατα. Ήδη, από το 2002, αρκετά αναισθησιολογικά παιδιατρικά κέντρα στην Ευρώπη εφαρμόζουν την υπερηχογραφική καθοδήγηση στην περιοχική αναισθησία.^{7,8} Το 2004, δημοσιεύεται η πρώτη μελέτη με υπερηχογραφική καθοδήγηση στα παιδιά και αφορά επίσης το βραχιόνιο πλέγμα, συγκεκριμένα την υποκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος.⁹

Ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις χειρουργικές επεμβάσεις που αφορούν τα άνω άκρα. Αυτές περιλαμβάνουν χειρουργεία λόγω όγκου, συγγενών ανωμαλιών ή αγγειακών βλαβών. Το μεγαλύτερο όμως ποσοστό χειρουργείων άνω άκρου στα παιδιά αφορά τις τραυματικές βλάβες, κυρίως τα κατάγματα.⁴ Τα κατάγματα αυτά προκαλούνται κυρίως από πτώσεις εντός και εκτός σπιτιού και κατά δεύτερο λόγο, από οδικά τροχαία ατυχήματα με ποδήλατο ή αυτοκίνητο. Τα παιδιά που έχουν υποστεί τραυματικές κακώσεις αισθάνονται πόνο συνήθως σοβαρής έντασης και συνοδεύονται από γονείς που βιώνουν άγχος και εκνευρισμό, ποικίλης έντασης. Για αυτό, έχει ιδιαίτερη αξία η έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση των παιδιών αυτών. Σήμερα, ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος με περιοχική αναισθησία, με ή χωρίς συνοδό γενική αναισθησία, έχει συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην επιτυχή διεγχειρητική διαχείριση των παιδιών με κακώσεις των άνω άκρων.⁸

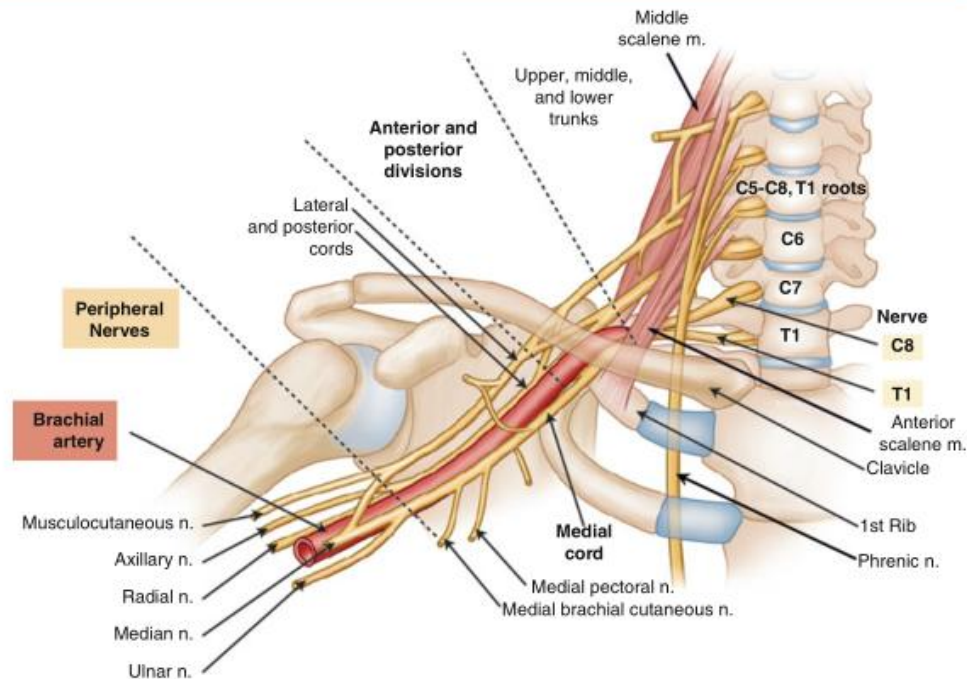
Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιαστούν τα δεδομένα που αφορούν την εφαρμογή του αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά. Συγκεκριμένα, γίνεται περιγραφή της ανατομίας του βραχιονίου πλέγματος, των διαφόρων προσπελάσεων που χρησιμοποιούνται για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος, καθώς και των διαφόρων εφαρμοζόμενων τεχνικών συμπεριλαμβανομένων της νευροδιέγερσης και των ανατομικών οδηγιών σημείων, καθώς και της νεότερης τεχνικής - της υπερηχογραφικής καθοδήγησης - που χρησιμοποιούνται στον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος. Παρουσιάζονται όλα τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούν την εφαρμογή των τεχνικών αυτών στα παιδιά, αναφέρονται τα τοπικά αναισθητικά και τα επικουρικά φάρμακα που

χρησιμοποιούνται στα παιδιά και γίνεται σύγκριση με τις αντίστοιχες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στους ενήλικες. Ειδικά, όσον αφορά στην υπερηχογραφική καθοδήγηση για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά, που έχει πια ευρεία εφαρμογή στην καθημερινή κλινική πρακτική, παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα που αφορούν την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια της τεχνικής αυτής.

B. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΤΟΜΙΑΣ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Το βραχιόνιο πλέγμα σχηματίζεται από την αναστόμωση των πρόσθιων κλάδων του 5ου, 6ου, 7ου, 8ου αυχενικού νεύρου και του 1ου θωρακικού νεύρου καθώς και με ποικίλη συμμετοχή αναστομωτικών κλάδων από τους πρόσθιους κλάδους του 4ου αυχενικού και του 2ου θωρακικού νεύρου (Εικόνες 1 και 2).

Το βραχιόνιο πλέγμα βρίσκεται στην πλάγια τραχηλική χώρα, στο έδαφος του υπερκλείδιου βόθρου και μαζί με την υποκλείδια αρτηρία διέρχεται μεταξύ του πρόσθιου και του οπίσθιου σκαληνού μυός, φερόμενο στη μασχαλιαία χώρα. Συνολικά, εμφανίζει σχήμα τριγώνου, του οποίου η βάση αντιστοιχεί στα μεσοσπονδύλια τρήματα μέσα από τα οποία διέρχονται τα νωτιαία νεύρα, που σχηματίζουν το πλέγμα, η δε κορυφή αντιστοιχεί στο έξω τοίχωμα της μασχαλιαίας κοιλότητας. Το βραχιόνιο πλέγμα είναι υπεύθυνο για την αισθητική και κινητική νευρώση ολόκληρου του άνω άκρου, με δυο εξαιρέσεις: τον τραπεζοειδή μυ, που νευρώνεται από το παραπληρωματικό νεύρο και μια περιοχή του δέρματος κοντά στη μασχάλη που νευρώνεται από το μεσοπλευροβραχιόνιο νεύρο.¹⁰

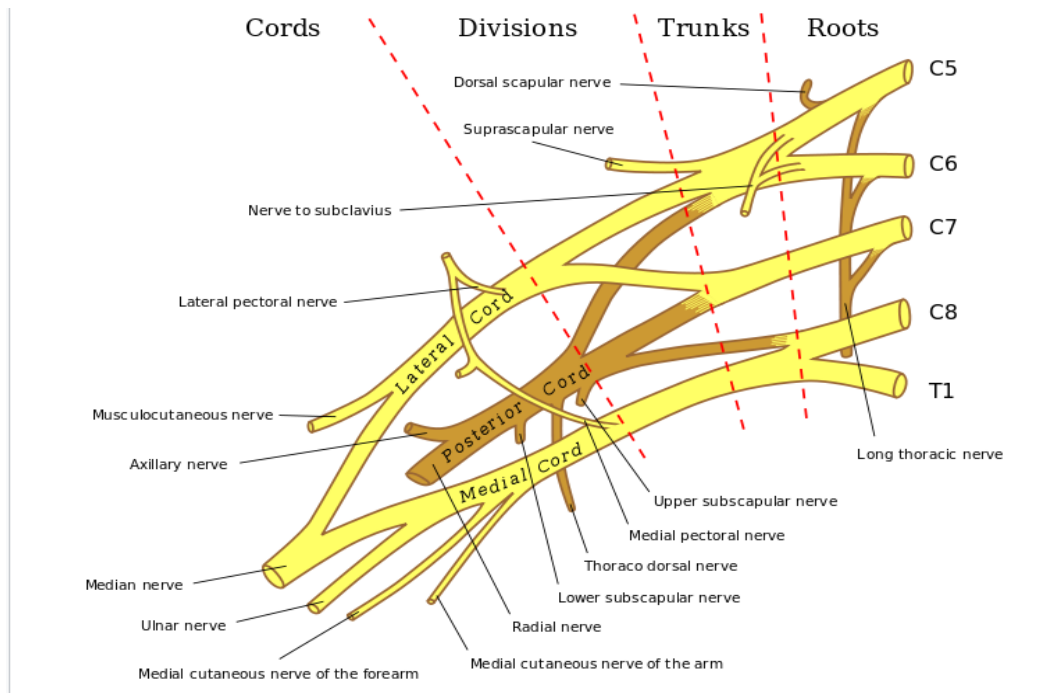


Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση πορείας βραχιονίου πλέγματος (Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Το βραχιόνιο πλέγμα, αποτελείται από τις εκφυτικές ρίζες, από τα **πρωτεύοντα στελέχη**, από τους **πρωτεύοντες κλάδους**, από τα **δευτερεύοντα στελέχη** και από τα **νεύρα(ή κλάδους)** του. Οι εκφυτικές ρίζες του βραχιονίου πλέγματος είναι οι πρόσθιοι κλάδοι των A5 – A8 και οι αναστομωτικοί κλάδοι από τους πρόσθιους κλάδους του A4 και Θ1 νεύρου. Οι εκφυτικές ρίζες, συνενούμενες, κατά ορισμένη διάταξη σχηματίζουν τα πρωτεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος, τα οποία διακρινόμενα σε άνω, μέσο και κάτω, σχηματίζονται ως εξής^{11,12}:

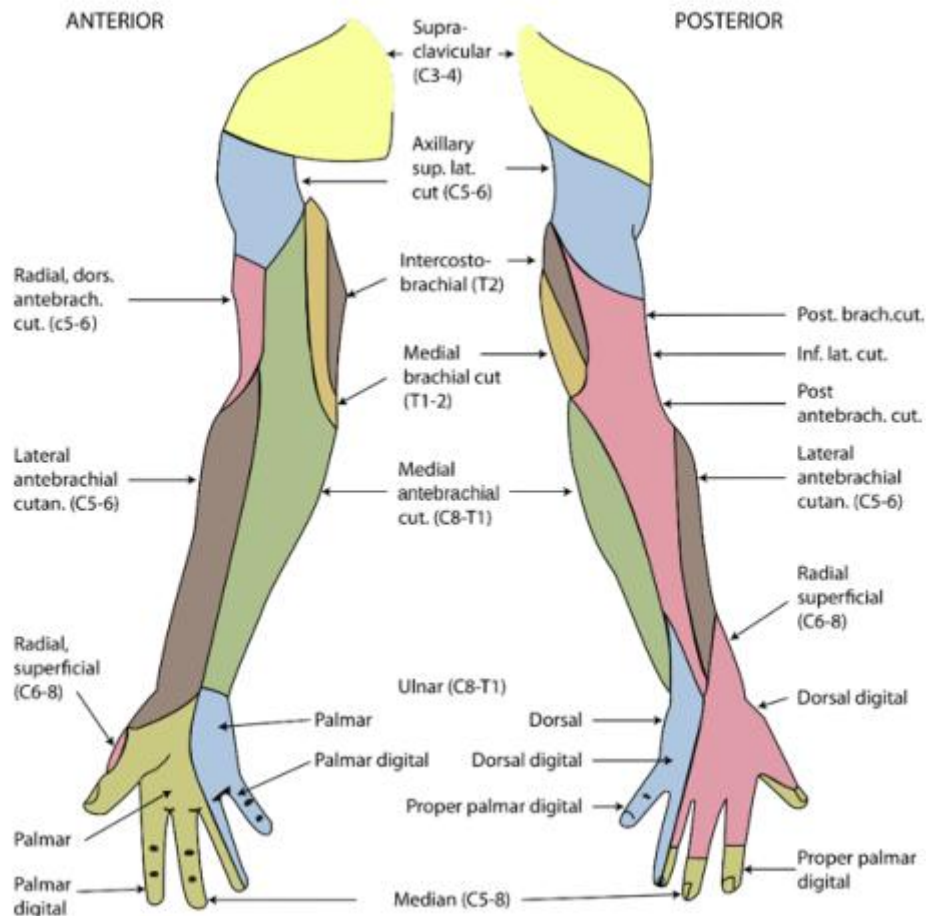
- Το άνω πρωτεύον στέλεχος σχηματίζεται με τη συνένωση των πρόσθιων κλάδων του A5 και A6 και του αναστομωτικού κλάδου από τον πρόσθιο κλάδο του A4.
- Το μέσο πρωτεύον στέλεχος σχηματίζεται από μόνο τον πρόσθιο κλάδο του A7.

- Το κάτω πρωτεύον στέλεχος σχηματίζεται από τον πρόσθιο κλάδο του A8 που δέχεται τον αναστομωτικό κλάδο από τον πρόσθιο κλάδο του Θ1.



Εικόνα 2: Σχηματικό διάγραμμα ανατομίας βραχιονίου πλέγματος (Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>)

Η αισθητική νευρώση του άνω άκρου από το βραχιόνιο πλέγμα και τους κλάδους του φαίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 3: Αισθητική νευρώση άνω άκρου από το βραχιόνιο πλέγμα και τους κλάδους του (Πηγή: Wingate R, Foxall G, Russon K. Ultrasound Guided Axillary Brachial Plexus Block. Anesth Tutorial 2016. www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week)

Κάθε ένα **πρωτεύον στέλεχος** υποδιαιρείται σε κοιλιακό (πρόσθιο) και ραχιαίο (οπίσθιο) πρωτεύοντα κλάδο, με τη συνένωση των οποίων κατά ορισμένη διάταξη, σχηματίζονται τα δευτερεύοντα στελέχη.

Τα **δευτερεύοντα στελέχη** του βραχιόνιου πλέγματος, ανάλογα με την τοπογραφική τους θέση, σε σχέση με τη μασχαλιαία αρτηρία διακρίνονται σε πρόσθιο-έξω, πρόσθιο-έσω και ραχιαίο δευτερεύον στέλεχος.^{11,12}

- Το πρόσθιο-έξω δευτερεύον στέλεχος σχηματίζεται από τη συνένωση των κοιλιακών κλάδων του άνω και του μέσου πρωτεύοντος στελέχους.

- Το πρόσθιο έσω δευτερεύον στέλεχος σχηματίζεται από μόνο τον κοιλιακό κλάδο του κάτω πρωτεύοντος στελέχους.
- Το ραχιαίο δευτερεύον στέλεχος σχηματίζεται από τη συνένωση των ραχιαίων κλάδων και των τριών πρωτευόντων στελεχών.

Κλάδοι του βραχιόνιου πλέγματος:

Τα νεύρα (κλάδοι) του βραχιόνιου πλέγματος εκπορεύονται άλλα από τις εκφυτικές ρίζες (δηλαδή τους πρόσθιους κλάδους των Α5-Α8 αυχενικών και Θ1 θωρακικών νεύρων), άλλα από τα πρωτεύοντα στελέχη και άλλα από τα δευτερεύοντα στελέχη.¹³

Από τις εκφυτικές ρίζες του βραχιόνιου πλέγματος εκπορεύονται:

- Κλάδος για το φρενικό νεύρο (Α5).
- Κλάδοι για τον επιμήκη τραχηλικό και τους σκαληνούς μύες (Α5 – Α8).
- Το επικουρικό φρενικό νεύρο (Α5): νευρώνει το διάφραγμα.
- Το ραχιαίο νεύρο της ωμοπλάτης: νευρώνει τον ανελκτήρα μυ της ωμοπλάτης και τους ρομβοειδείς μύες.
- Το μακρύ θωρακικό νεύρο του Bell (Α5 – Α7): νευρώνει τον πρόσθιο οδοντωτό μυ.

Από τα πρωτεύοντα στελέχη του βραχιόνιου πλέγματος εκπορεύονται:

- Το υποκλείδιο νεύρο (Α5 – Α6): νευρώνει τον υποκλείδιο μυ
- Το υπερπλάτιο νεύρο (Α5 – Α6): νευρώνει τον υπερακάνθιο και τον υπακάνθιο μυ και αισθητικά την άρθρωση του ώμου.

Από τα δευτερεύοντα στελέχη του βραχιόνιου πλέγματος εκπορεύονται:

- Από το πρόσθιο-έξω δευτερεύον στέλεχος:
 - Το έξω πρόσθιο θωρακικό νεύρο (Α5 – Α7): νευρώνει τον μείζονα θωρακικό και τον ελάσσονα θωρακικό μυ.
 - Το μυοδερματικό νεύρο (Α5 – Α7): νευρώνει τον δικέφαλο βραχιόνιο, τον κορακοβραχιόνιο και τον πρόσθιο βραχιόνιο μυ. Στον αγκώνα εξελίσσεται σε

έξω δερματικό νεύρο του αντιβραχίου και νευρώνει αισθητικά την έξω επιφάνεια του αντιβραχίου.

- Η έξω ρίζα του μέσου νεύρου (A6 – A7): Μαζί με την έσω ρίζα νευρώνει τους επιπολής καμπτήρες των δακτύλων, τους εν τω βάθει καμπτήρες των δακτύλων, τους κερκιδικούς καμπτήρες του καρπού, τον αντιθετικό και τον απαγωγό του αντίχειρα. Αισθητικά νευρώνει την παλαμιαία επιφάνεια του αντίχειρα, του δείκτη, του μέσου και του μισού παράμεσου δακτύλου.
- **Από το πρόσθιο-έσω δευτερεύον στέλεχος:**
 - Η έσω ρίζα του μέσου νεύρου (A8): Μαζί με την έξω ρίζα νευρώνει τους επιπολής καμπτήρες των δακτύλων, τους εν τω βάθει καμπτήρες των δακτύλων, τους κερκιδικούς καμπτήρες του καρπού, τον αντιθετικό και τον απαγωγό του αντίχειρα. Αισθητικά νευρώνει την παλαμιαία επιφάνεια του αντίχειρα, του δείκτη, του μέσου και του μισού παράμεσου δακτύλου.
 - Το έσω πρόσθιο θωρακικό νεύρο (A8 – Θ1): νευρώνει τον μείζονα θωρακικό και τον ελάσσονα θωρακικό μυ.
 - Το ωλένιο νεύρο (A8 – Θ1): νευρώνει τον ωλένιο καμπτήρα του καρπού, τον εν τω βάθει καμπτήρα του μικρού δακτύλου και του παράμεσου, τους μεσόστεους μύες, τους μύες του οπισθέναρος, τον προσαγωγό του αντίχειρα, τους ελμινθοειδούς μύες του μικρού δακτύλου και του παράμεσου. Η αισθητική λειτουργία αφορά το μικρό δάκτυλο, τον μισό παράμεσο και το ωλένιο τμήμα της παλάμης.
 - Το έσω δερματικό νεύρο του αντιβραχίου (A8 – Θ1): νευρώνει την έσω επιφάνεια του αντιβραχίου.
 - Το έσω δερματικό νεύρο του βραχίονα (A8 – Θ1): νευρώνει την έσω επιφάνεια του βραχίονα.
- **Από το ραχιαίο δευτερεύον στέλεχος:**
 - Το άνω και κάτω υποπλάτιο νεύρο (A5 – A6): νευρώνουν τον υποπλάτιο μυ και το μείζονα στρογγύλο μυ.
 - Το θωρακορραχιαίο νεύρο (A5 – A6): νευρώνουν τον πλατύ ραχιαίο μυ.
 - Το μασχαλιαίο νεύρο (A5 – A6): νευρώνει το δελτοειδή, τον ελάσσονα στρογγύλο και την έξω επιφάνεια του ώμου.

Το κερκιδικό νεύρο (A5 – Θ1): νευρώνει τον τρικέφαλο μυ, τους εκτείνοντες του καρπού, και τους εκτείνοντες τους δακτύλους και τον αντίχειρα. Παρέχει αισθητικότητα στη ραχιαία και την κερκιδική πλευρά της πηγεοκαρπικής και τη βάση του αντίχειρα.^{10,13,14}

Γ. ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ

Το βραχιόνιο πλέγμα μπορεί να αποκλειστεί σε διαφορετικές ανατομικές περιοχές κατά μήκος της πορείας του, ανάλογα με τις ενδείξεις και το επιθυμητό αναισθητικό αποτέλεσμα. Στα παιδιά ο αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος χρησιμοποιείται κυρίως σε χειρουργεία άνω άκρου για διεγχειρητική αναισθησία και μετεγχειρητική αναλγησία.

Οι τέσσερις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες προσπελάσεις στην κλινική πράξη είναι η διασκαληνική, η υπερκλείδια, η υποκλείδια και η μασχαλιαία προσπέλαση.

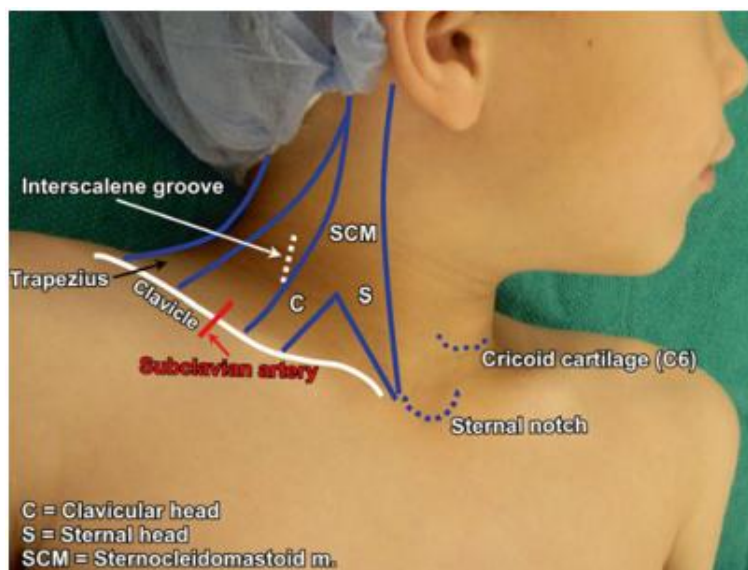
Γ1. Διασκαληνικός αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος

Στα παιδιά ο διασκαληνικός αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος είναι λιγότερο διαδεδομένος, γιατί οι ενδείξεις είναι περιορισμένες και οι επιπλοκές είναι αυξημένες. Όταν υπάρχει ένδειξη, θα πρέπει να γίνεται πάντα υπό υπερηχογραφική παρακολούθηση. Στο παρελθόν, έχει χρησιμοποιηθεί η τεχνική με βάση τα ανατομικά στοιχεία ως οδηγία σημεία και η νευροδιέγερση.

Με την διασκαληνική προσπέλαση αποκλείονται οι ρίζες και τα πρωτεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος ανάμεσα στον πρόσθιο και μέσο σκαληνό μυ στο επίπεδο του έκτου αυχενικού σπονδύλου. Προσφέρει αναλγησία ολόκληρου του άνω άκρου μέχρι την άκρα χείρα συμπεριλαμβανομένου και του σύστοιχου ώμου. Ενδείκνυται σε χειρουργεία ώμου και βραχιόνιου οστού.

Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση, με το κεφάλι σε πλάγια θέση 45⁰ μοιρών περίπου αντίθετα από το άκρο που θα γίνει ο αποκλεισμός. Τα ανατομικά

στοιχεία στα οποία βασίζεται η τυφλή τεχνική για την διασκαληνική προσπέλαση είναι το έσω όριο της κλειδικής μοίρας του στερνοκλειδομαστοειδούς μύος, περίπου 1cm πάνω από το σημείο που χωρίζεται η κλειδική με την στερνική μοίρα, στην διασκαληνική αύλακα, στο επίπεδο του έκτου αυχενικού χόνδρου (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Ανατομικά σημεία για διασκαληνικό αποκλεισμό βραχιονίου πλέγματος. (Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>)

Τεχνική με χρήση νευροδιεγέρτη

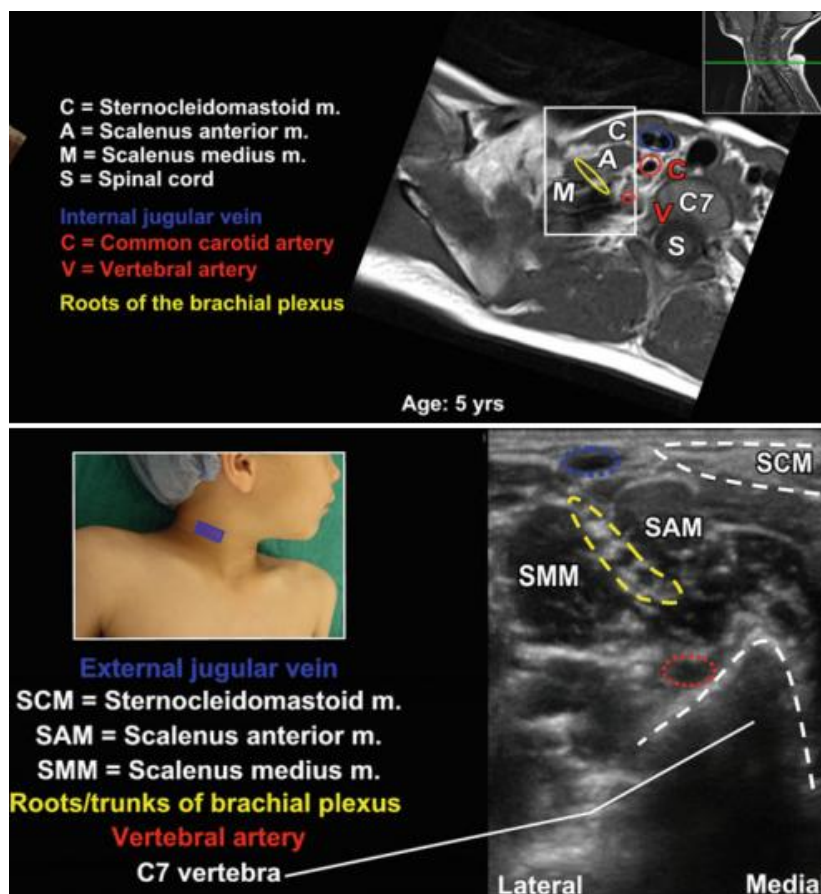
Στο σημείο αυτό εισέρχεται με οξεία γωνία (περίπου 60^0 μοιρών) η βελόνα του νευροδιεγέρτη (22-25G, 30-35mm, το μέγεθος είναι ανάλογο με την ηλικία και το μέγεθος του παιδιού), με κατεύθυνση προς τα έσω, οπίσθια και ουραία. Στα παιδιά πρέπει να αποφεύγεται η κάθετη κατεύθυνση της βελόνας που εφαρμόζεται στους ενήλικες, για αποφυγή τρώσης της σπονδυλικής αρτηρίας ή ατυχηματικής εισόδου της βελόνας στον επισκληρίδιο ή υπαραχνοειδή χώρο. Αρχικά, εφαρμόζεται ρεύμα εντάσεως 0.8-1.0 mA το οποίο είναι αρκετό για τη διέγερση του βραχιονίου πλέγματος. Όταν προκληθεί κινητική απάντηση από τη διέγερση του άνω και μέσου πρωτεύοντος στελέχους (θωρακικός, δελτοειδής, δικέφαλος, τρικέφαλος βραχιόνιος μυς) ή/και του κάτω πρωτεύοντος στελέχους (μυς αντιβραχίου και άκρας χείρας), το ρεύμα μειώνεται στα 0.4 mA. Όταν σε αυτή την ένταση οι κινητικές συσπάσεις

εξαφανίζονται έχει βρεθεί ότι η βελόνα βρίσκεται σε θέση ασφαλή, μακριά από το νεύρο και μπορεί να χορηγηθεί με ασφάλεια το τοπικό αναισθητικό. Σε αντίθετη περίπτωση δηλαδή όταν οι μυικές συσπάσεις συνεχίζονται σε ρεύμα χαμηλότερης έντασης από 0.4 mA, η βελόνη πιθανότατα βρίσκεται εντός του πλέγματος. Απαγορεύεται η χορήγηση του τοπικού αναισθητικού γιατί οι πιθανότητες για βλάβη του νεύρου είναι αυξημένες και η βελόνη πρέπει να αλλάξει κατεύθυνση. Η ήπια και συχνή αναρρόφηση πριν την χορήγηση του τοπικού αναισθητικού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εκτέλεση της περιοχικής αναισθησίας στα παιδιά.

Υπερηχογραφικά καθοδηγούμενες τεχνικές

Στην υπερηχογραφική απεικόνιση έχουν περιγραφεί δύο τεχνικές. Η μία είναι η προσέγγιση με βάση τον κρικοειδή χόνδρο και η άλλη είναι προς τα άνω τεχνική ξεκινώντας από το άνω έσω όριο της κλείδας.

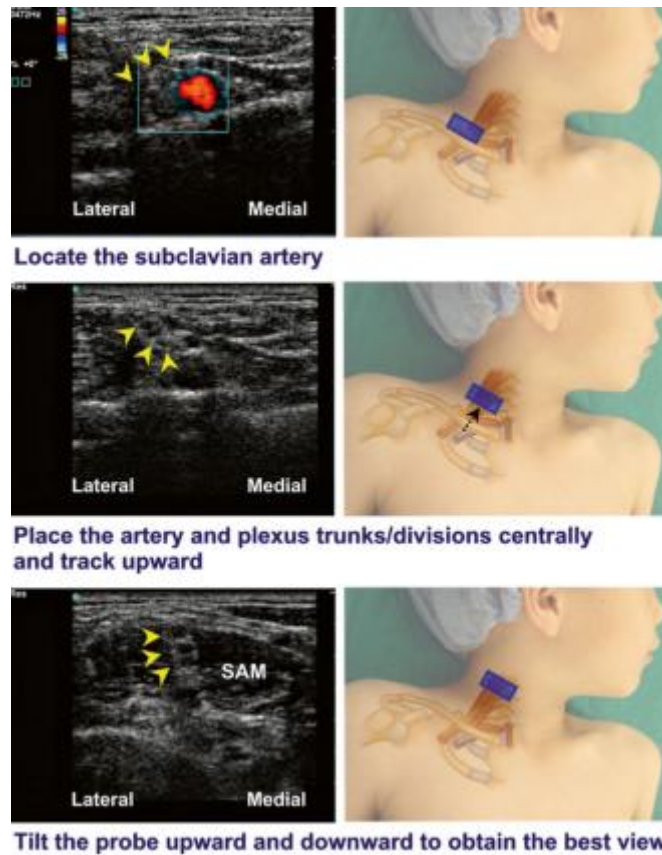
Στην πρώτη τεχνική η κεφαλή του υπερήχου τοποθετείται σε εγκάρσιο επίπεδο, στο ύψος του κρικοειδούς χόνδρου, με σκοπό την απεικόνιση της καρωτίδας αρτηρίας. Μετά η κεφαλή κινείται προς τα έξω, στην τραχηλική χώρα, με σκοπό την απεικόνιση των αυχενικών ριζών A₅, A₆, A₇ στην διασκαληνική αύλακα (υποηχογενείς δομές).



Εικόνα 5: Μαγνητική και υπερηχογραφική απεικόνιση του βραχιονίου πλέγματος στην διασκαληνική αύλακα.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>)

Στην δεύτερη τεχνική η κεφαλή του υπερήχου τοποθετείται στο μέσο της έσω επιφάνειας της κλείδας (όπως στην υπερκλείδια προσπέλαση). Στο σημείο αυτό εύκολα απεικονίζεται η υποκλείδιος αρτηρία. Προς τα άνω και έσω της υποκλείδιου αρτηρίας βρίσκονται τα πρωτεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος και οι κλάδοι τους (υποηχογενείς δομές-απεικόνιση σαν τσαμπί από σταφύλι). Στη συνέχεια, η κεφαλή του υπερήχου μετακινείται κεφαλικά κατά μήκος της διασκαληνικής αύλακας, στο επίπεδο του έκτου αυχενικού σπονδύλου, μέχρι τα πρωτεύοντα στελέχη να μεταπέσουν στις ρίζες του βραχιονίου πλέγματος (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Διασκαληνικός αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος (τεχνική προς τα άνω-traceback).

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Συστήνεται η χρήση έγχρωμου Doppler για τον εντοπισμό των αγγειακών δομών της περιοχής και για αποφυγή της ατυχηματικής τρώσης τους. Χρησιμοποιείται η **τεχνική in-plane** (η βελόνη περιοχικής αναισθησίας έχει κατεύθυνση από έξω προς τα μέσα) και η **τεχνική out-of-plane** (με ουραία κατεύθυνση βελόνης- Εικόνα 7). Μετά από προσεχτική αναρρόφηση για αποφυγή της ατυχηματικής εισόδου της βελόνας σε κάποιο αγγείο, δίνεται το τοπικό αναισθητικό. Η χορήγηση γίνεται αργά. Αρχικά, χορηγείται πολύ μικρός όγκος στα παιδιά (0.2-0.3 ml) για επιβεβαίωση της σωστής θέσης της βελόνας και στη συνέχεια δίνεται όλη η ποσότητα του φαρμάκου.



Εικόνα 7: Τεχνικές “in-plane” και “out-of-plane” στο Διασκαληνικό αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>)

Οι επιπλοκές στον διασκαληνικό αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος περιλαμβάνουν βράγχος φωνής, σύνδρομο Horner και πάρεση του ημιδιαφράγματος από παροδικό αποκλεισμό του ομώνυμου παλίνδρομου λαρυγγικού νεύρου, του αστεροειδούς γαγγλίου και του φρενικού νεύρου αντίστοιχα. Οι επιπλοκές αυτές οφείλονται στην εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού στους γύρω νευρικούς ιστούς.

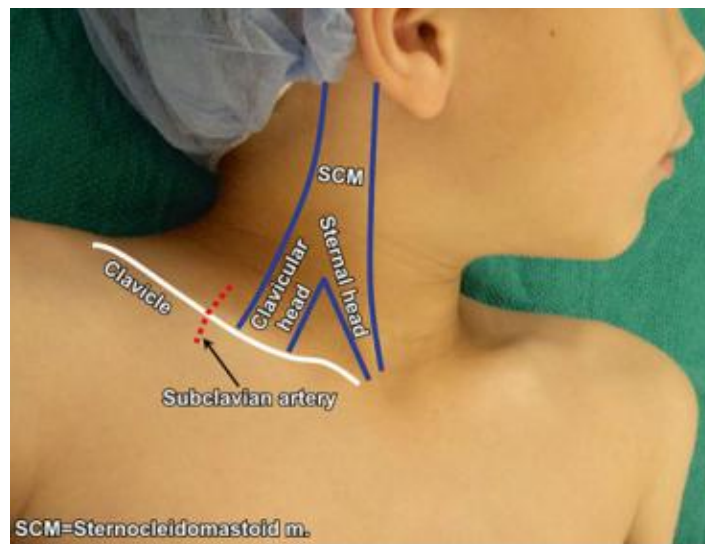
Γ2. Υπερκλείδιος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος

Πριν την χρήση των υπερήχων στην περιοχική αναισθησία, ο υπερκλείδιος αποκλεισμός σπάνια εφαρμοζόταν στα παιδιά, λόγω της στενής ανατομικής σχέσης με τον υπεζωκότα και της πιθανής τρώσης αυτού. Με την γνώση της υπερηχογραφίας και την κατάλληλη εκπαίδευση, ο αποκλεισμός βρήκε ευρεία εφαρμογή στην κλινική πράξη στα παιδιά.

Με την προσέλαση αυτή αποκλείονται τα πρωτεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος (άνω, μέσο και κάτω) και οι κλάδοι αυτών (πρόσθιος και οπίσθιος), που βρίσκονται κεφαλοοπίσθια της υποκλειδίου αρτηρίας, πάνω από το μέσο της κλείδας και της πρώτης πλευράς. Εφαρμόζεται για διεγχειρητική και

μετεγχειρητική αναλγησία σε χειρουργεία άνω άκρου, κάτω από την περιοχή της ωμικής ζώνης.

Το παιδί τοποθετείται σε ύπτια θέση, με το κεφάλι σε πλαγία θέση 45° μοιρών περίπου (αντίθετα με την περιοχή που θα γίνει ο αποκλεισμός). Το σύστοιχο χέρι βρίσκεται σε παράλληλη θέση με το σώμα του παιδιού. Ανατομικά σημεία για τον αποκλεισμό είναι η κλείδα (το σημείο εισόδου της βελόνας είναι περίπου το μέσο της κλείδας) και η υποκλείδιος αρτηρία (το βραχιόνιο πλέγμα εντοπίζεται οπισθοπλάγια της υποκλείδιου αρτηρίας). (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Θέση ασθενούς και ανατομικά σημεία για υπερκλείδιο αποκλεισμό βραχιονίου πλέγματος.

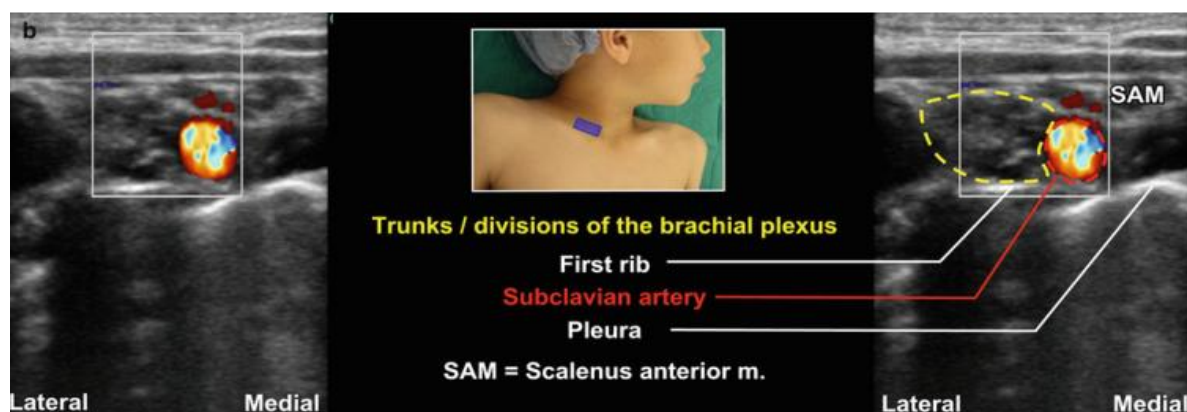
(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Οι κινητικές απαντήσεις και η τεχνική της νευροδιέγερσης είναι οι ίδιες που περιεγράφηκαν πιο πάνω στην διασκαληνική προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος.

Οι De Jose και συνεργάτες το 2008¹⁵ περιέγραψαν την πρώτη υπερηχογραφική υπερκλείδια προσπέλαση βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά άνω των

πέντε ετών και την σύγκριναν με την υποκλείδια προσπέλαση που είχαν περιγράψει νωρίτερα οι Marhofer et al.⁹

Για την υπερηχογραφική προσπέλαση, το παιδί τοποθετείται στην ίδια θέση όπως και στην τεχνική της νευροδιέγερσης και των ανατομικών σημείων. Σε μικρότερα παιδιά μπορεί να χρειαστεί κάποιο στήριγμα στους ώμους, έτσι ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος για τοποθέτηση της κεφαλής του υπερήχου και της βελόνας περιοχικής αναισθησίας. Η κεφαλή του υπερήχου τοποθετείται στον υπερκλείδιο βόθρο, ακριβώς πάνω από το άνω όριο της κλείδας στο σημείο που απεικονίζεται η υποκλείδιος αρτηρία. Στόχος είναι να απεικονιστούν οι υποχωγενείς δομές, άνω και πλάγια της υποκλείδιου αρτηρίας, πάνω από την πρώτη πλευρά. Αυτό είναι το σημείο στο οποίο τα πρωτεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος (άνω, μέσο, κάτω) διακλαδίζονται σε πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Υπερηχογραφική απεικόνιση υπερκλείδιας προσπέλασης βραχιονίου πλέγματος.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>)

Η βελόνα εισέρχεται με την τεχνική **“in-plane”**, με φορά από έξω προς τα έσω, με ήπια κεφαλική κατεύθυνση για αποφυγή του υπεζωκότα. Η **“out of plane”** τεχνική θεωρείται επικίνδυνη και δεν συστήνεται. Το βάθος εισόδου της βελόνας είναι συνήθως λιγότερο από 1cm στα παιδιά. (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Τεχνική “in-plane” και τοποθέτηση κεφαλής υπερήχου για υπερκλείδια προσπέλαση βραχιονίου πλέγματος.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui

Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Συστήνεται ταυτόχρονη χρήση της νευροδιέγερσης για επιβεβαίωση σωστής θέσης της βελόνας. Η πρώτη πλευρά είναι υπερηχογενής (λευκή στατική γραμμή) με υποηχογενή μαύρη σκιά κάτω από αυτή, σε αντίθεση με τον υπεζωκότα που απεικονίζεται με μια υπερηχογενή λευκή γραμμή και δυναμική κίνηση κάτω από αυτή. Στα μικρότερα παιδιά η πρώτη πλευρά μπορεί να μην είναι οστεοποιημένη και επομένως να μην έχει καλή απεικόνιση. Πρέπει να υπάρχει συνεχόμενη οπτική επαφή της βελόνας περιοχικής αναισθησίας και το διάλυμα τοπικού αναισθητικού να δίνεται σε μικρές δόσεις, αφού πάντα προηγηθεί ήπια αναρρόφηση, για αποφυγή ατυχηματικής τρώσης των αγγείων της περιοχής. Συστήνεται να χρησιμοποιείται το έγχρωμο Doppler για την απεικόνιση των αγγείων στην περιοχή (ραχιαία αρτηρία της ωμοπλάτης και εγκάρσια αυχενική αρτηρία, ενώ κλάδοι της υποκλείδιου αρτηρίας μπορεί να περνούν μπροστά ή διαμέσου του βραχιονίου πλέγματος). Στην προσπέλαση αυτή υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για πνευμοθώρακα, γιατί το βραχιόνιο πλέγμα βρίσκεται πολύ κοντά με τον υπεζωκότα. Άλλες επιπλοκές όπως το σύνδρομο Horner και ο αποκλεισμός του φρενικού νεύρου με αποτέλεσμα την παράλυση του διαφράγματος, είναι λιγότερο πιθανές σε σχέση με την διασκαληνική προσπέλαση.

Η εναπόθεση του τοπικού αναισθητικού στην περιοχή ανάμεσα στην πρώτη πλευρά (προς τα κάτω) και στην υποκλείδια αρτηρία (προς τα έσω), γνωστή σαν τεχνική “corner pocket”, βοηθάει στην αναισθησία του κάτω πρωτεύοντος στελέχους του βραχιονίου πλέγματος και του ωλενίου νεύρου, αυξάνοντας το ποσοστό επιτυχίας του υπερκλείδιου αποκλεισμού.

Γ3. Υποκλείδιος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος

Στον αποκλεισμό αυτό αποκλείονται τα δευτερεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος (έξω, έσω και ραχιαίο), τα οποία περικυκλώνουν την μασχαλιαία αρτηρία. Ενδείκνυται σε χειρουργεία άνω άκρου, κάτω από το επίπεδο της ωμικής ζώνης, όπως και ο υπερκλείδιος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος (χειρουργεία εγγύς βραχιονίου οστού, αγκώνα, αντιβραχίου και άκρας χείρας).

Για την εκτέλεση της τεχνικής ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση με ένα μαξιλάρι κάτω από τους ώμους. Το σύστοιχο χέρι βρίσκεται σε παράλληλη θέση με το σώμα και ο αγκώνας σε γωνία 90⁰ μοιρών ακουμπάει στην κοιλιά του παιδιού. Τα ανατομικά σημεία για τον αποκλεισμό είναι κεφαλικά η κλείδα, προς τα έσω η στερνική εντομή με την στερνοκλειδική αύλακα και το μέσο όριο της κλείδας, ενώ προς τα έξω έχουμε την πρόσθια επιφάνεια του ακρώμιου και την κορακοειδή απόφυση (Εικόνα 11).



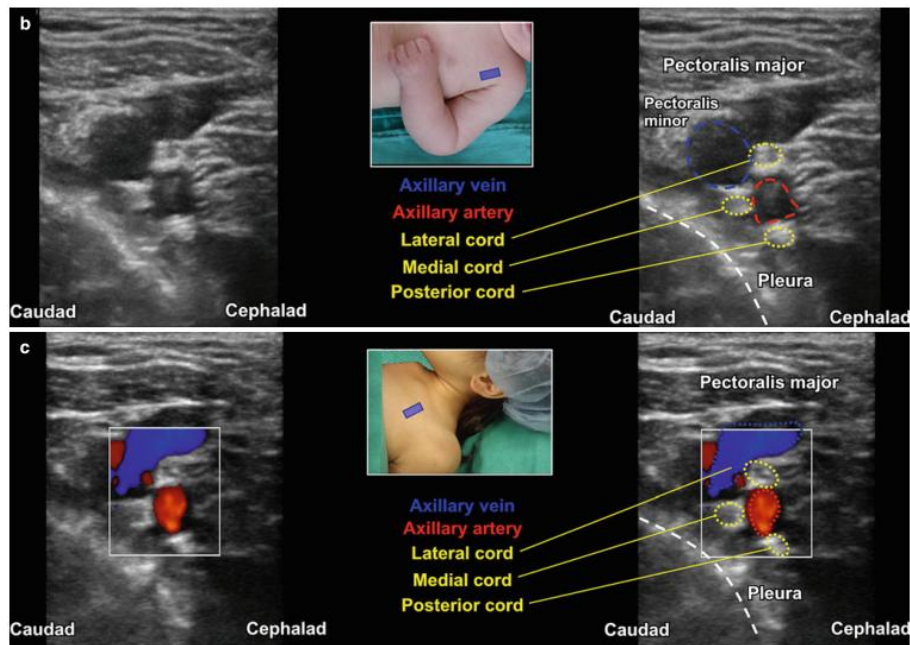
Εικόνα 11: Ανατομικά σημεία για υποκλείδιο αποκλεισμό βραχιονίου πλέγματος. (Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science +

Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Το σημείο εισόδου της βελόνας (βελόνα 21-24G, μήκους 30-50 mm) είναι 0.5-1.0 cm προς τα έσω και κάτω από την κορακοειδή απόφυση, ανάλογα και με την ηλικία του ασθενούς. Η κατεύθυνση είναι κατακόρυφη και ο νευροδιεγέρτης τίθεται σε αρχικό ρεύμα εντάσεως 0.8 mA. Όταν υπάρξει κινητική απάντηση από τη σύστοιχο άκρο χέρι ή/και κάμψη ή έκταση καρπού το ρεύμα στον νευροδιεγέρτη μειώνεται στα 0.4 mA. Αν η κινητική απάντηση εξαφανίζεται στην ένταση αυτή, μετά από προσεχτική αναρρόφηση μπορεί να δοθεί το τοπικό αναισθητικό.

Για τον υπερηχογραφικό αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ίδια θέση που αναφέρθηκε πιο πάνω στην τεχνική με τα ανατομικά σημεία και την νευροδιέγερση. Μια άλλη ίσως πιο πλεονεκτική θέση για την απεικόνιση των δομών (τα δευτερεύοντα στελέχη είναι πιο διατεταμένα και πιο επιφανειακά) είναι το σύστοιχο χέρι να μπει σε απαγωγή με τον αγκώνα λυγισμένο και σε έξω στροφή.

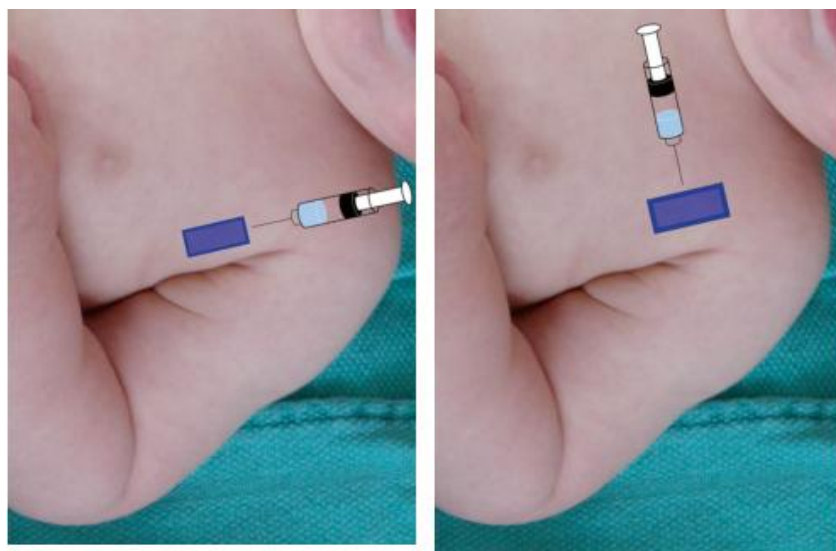
Η κεφαλή του υπερήχου τοποθετείται κάθετα, κάτω από την κλείδα, προς τα έσω της κορακοειδούς απόφυσης. Το βάθος εισόδου της βελόνας δεν ξεπερνά τα 2-3 cm. Ανατομικό σημείο κλειδί είναι η απεικόνιση της μασχαλιαίας αρτηρίας. Η κεφαλή του υπερήχου μετακινείται προς τα έσω ή έξω με πολύ ήπιες κινήσεις με στόχο την καλύτερη απεικόνιση του πλέγματος. Στη θέση αυτή τα δευτερεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος έχουν υπερηχογενή δομή. Τα ραχιαία δευτερεύοντα στέλεχος συνήθως εντοπίζεται βαθιά στην μασχαλιαία αρτηρία ενώ το έσω έχει πιο δύσκολη εντόπιση γιατί βρίσκεται ανατομικά ανάμεσα στην μασχαλιαία αρτηρία και τη φλέβα. Ο μείζων και ελάσσων θωρακικός μυς εντοπίζονται ανατομικά του βραχιονίου πλέγματος. Πρέπει να εντοπίζεται ο υπεζωκότας (υπερηχογενής γραμμή), ο οποίος βρίσκεται σε στενή σχέση με το βραχιόνιο πλέγμα και να υπάρχει συνεχής απεικόνισή του σε όλη την διάρκεια του αποκλεισμού. Αν τα δευτερεύοντα στελέχη είναι δύσκολο να εντοπιστούν στη θέση αυτή, ο ηχοβολέας μετακινείται προς τα έσω περίπου στο έσω όριο της κλείδας. Εκεί οι νευρικές δομές εντοπίζονται οπισθοπλάγια της υποκλειδίου αρτηρίας (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Υπερηχογραφική απεικόνιση υποκλείδιας προσπέλασης βραχιονίου πλέγματος σε δύο θέσεις, προς τα έξω και προς τα έσω της κλείδας.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Προτείνεται να χρησιμοποιείται η τεχνική “**in-plane**”, για καλύτερη απεικόνιση των αγγειακών δομών της περιοχής και αποφυγή ατυχηματικής τρώσης τους. Η βελόνα εισέρχεται με γωνία $45-60^{\circ}$ μοίρες με το δέρμα, κεφαλικά της κεφαλής του υπερήχου με ουραία κατεύθυνση. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και η “**out-of-plane**” τεχνική. Στην τεχνική αυτή η βελόνα έχει κατεύθυνση από έσω προς τα έξω, γωνία 45° μοίρες και εισέρχεται στο μέσο της κεφαλής του υπερήχου (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Τεχνικές “in-plane” και “out- of plane” για υπερηχογραφικό υποκλείδιο αποκλεισμό βραχιονίου πλέγματος.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

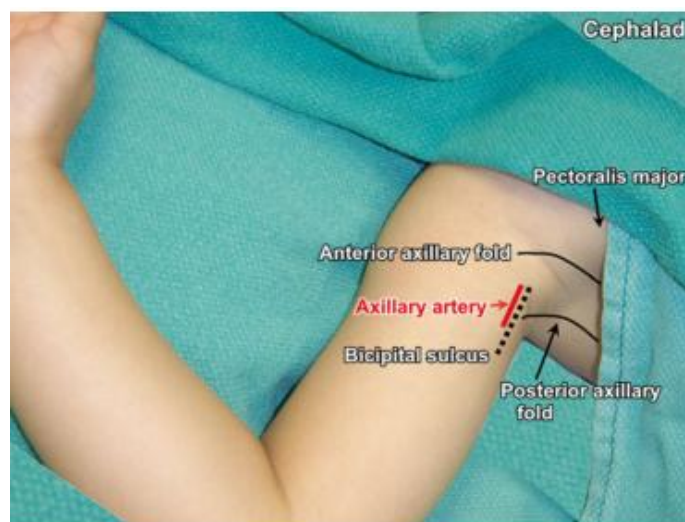
Ο υποκλείδιος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος έχει τις ίδιες επιπλοκές με τον υπερκλείδιο αποκλεισμό που αναφέρθηκε πιο πάνω. Επειδή βρίσκεται πολύ κοντά με τον υπεζωκότα, την μασχαλιαία αρτηρία και φλέβα, υπάρχει ο κίνδυνος του πνευμοθώρακα και του αιματώματος από ατυχηματική τρώση των αγγείων.

Γ4. Μασχαλιαίος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος

Στην μασχαλιαία προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος αποκλείονται το μέσο, το ωλένιο, το κερκιδικό και το μυοδερματικό νεύρο, τελικοί κλάδοι του βραχιονίου πλέγματος. Το μέσο, ωλένιο και κερκιδικό νεύρο περικυκλώνουν και ακολουθούν την μασχαλιαία αρτηρία από την κορυφή της μασχαλιαίας χώρας κατά μήκος του βραχιονίου οστού. Ενώ το μυοδερματικό νεύρο δεν ακολουθεί την ίδια πορεία και πρέπει να αποκλειστεί ξεχωριστά από τα προηγούμενα νεύρα. Ο

αποκλεισμός αυτός ενδείκνυται σε χειρουργεία αγκώνα, αντιβραχίου, καρπού και άκρας χείρας.

Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση, με το σύστοιχο χέρι σε απαγωγή 70-80⁰ μοιρών και έξω στροφή, τον αγκώνα σε κάμψη 90⁰ μοιρών και την ραχιαία επιφάνεια της άκρας χείρας προς το τραπέζι. Τα ανατομικά στοιχεία αποτελούν η πρόσθια μασχαλιαία πτυχή (σχηματίζεται από τον μείζονα θωρακικό μυ), η οπίσθια μασχαλιαία πτυχή (σχηματίζεται από τον πλατύ ραχιαίο μυ και τον μείζονα στρογγυλό μυ) και η αύλακα του δικεφάλου (ανάμεσα στους τένοντες του δικεφάλου και τρικέφαλου βραχιόνιου μυός). Ανάμεσα στα σημεία αυτά γίνεται η ψηλάφηση της μασχαλιαίας αρτηρίας (Εικόνα 14).

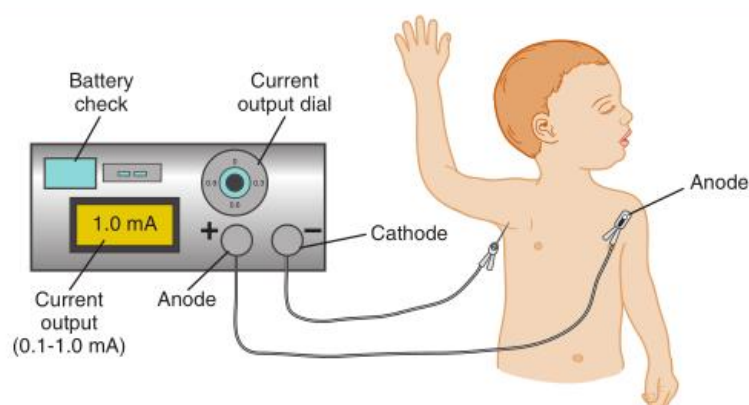


Εικόνα 14: Θέση ασθενούς και ανατομικά στοιχεία για μασχαλιαία προσπέλαση βραχιονίου πλέγματος.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Η τεχνική με βάση τα ανατομικά στοιχεία και τη νευροδιέγερση βασίζεται στην ψηλάφηση της μασχαλιαίας αρτηρίας. Το σημείο εισόδου της βελόνας (βελόνα 22-24G, μήκους 30-50mm) είναι στο άνω όριο της πορείας της μασχαλιαίας αρτηρίας όσο πιο ψηλά στην μασχάλη, στην γωνία που σχηματίζει το έσω όριο του κορακοβραχιόνιου μυός με το κάτω έσω όριο του μείζονος θωρακικού μυός. Η γωνία

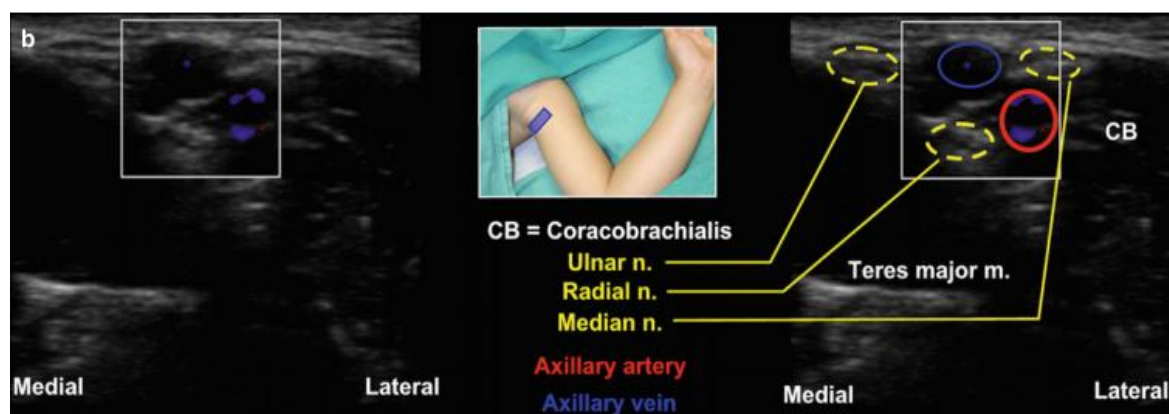
είναι περίπου 45^0 μοίρες και η κατεύθυνση προς τα έσω και ουραία. Αυτός που εκτελεί την τεχνική αισθάνεται το χαρακτηριστικό «pop», λόγω απώλειας αντίστασης, όταν η βελόνα διεισδύσει το έλυτρο που καλύπτει το βραχιόνιο πλέγμα. Ακολουθούνται οι ίδιες αρχές νευροδιέγερσης που αναφέρθηκαν και στους προηγούμενους αποκλεισμούς (εικόνα 15). Η χορήγηση του τοπικού αναισθητικού γίνεται μόνο μετά από ήπια αναρρόφηση για αποφυγή τρώσης των αγγείων της περιοχής (μασχαλιαία αρτηρία και φλέβα). Το μυοδερματικό νεύρο βρίσκεται ανάμεσα στον δικέφαλο και κορακοβραχιόνιο μυ. Για να αποκλειστεί χρειάζεται από το ίδιο σημείο εισόδου να κατευθυνθεί η βελόνα στο εσωτερικό του κορακοβραχιόνιου μυός.



Εικόνα 15: Μασχαλιαία προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος με την τεχνική της νευροδιέγερσης.

(Πηγή: A Practice of Anesthesia for Infants and Children. Charles J. Cote, Jerold Lerman, Brian Anderson. Elsevier 2018:4115-4118)

Για την υπερηχογραφική απεικόνιση η κεφαλή του υπερήχου τοποθετείται σε εγκάρσιο επίπεδο, κάθετα στον άξονα του βραχιόνιου οστού, στο επίπεδο της αύλακας του δικέφαλου μυός, πάνω από το σημείο που ψηλαφάται η μασχαλιαία αρτηρία. Σημείο κλειδί υπερηχογραφικά αποτελεί η πάλλουσα, υποηχογενής μασχαλιαία αρτηρία. Γύρω από αυτήν απεικονίζονται τα νεύρα, το μέσο, το ωλένιο και το κερκιδικό νεύρο με ποικίλες παραλλαγές στην εντόπιση. Είναι υποηχογενείς δομές στο κέντρο με σχήμα στρογγυλό ή οβάλ και περιβάλλονται από λεπτή υπερηχογενή γραμμή (επινεύριο). Το μυοδερματικό νεύρο εντοπίζεται ανάμεσα στον δικέφαλο και κορακοβραχιόνιο μυ και το σχήμα του ποικίλλει από στρογγυλό ή οβάλ σε εγγύ θέση, μέχρι τριγωνικό σε πιο απομακρυσμένη θέση (Εικόνα 16).

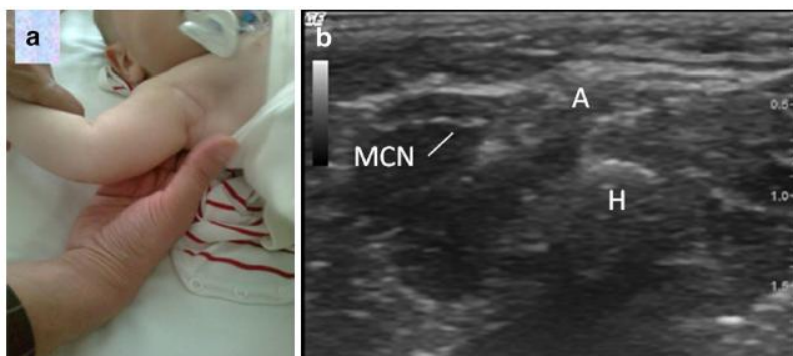


Εικόνα 16: Υπερηχογραφική απεικόνιση μασχαλιαίας προσπέλασης βραχιονίου πλέγματος.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

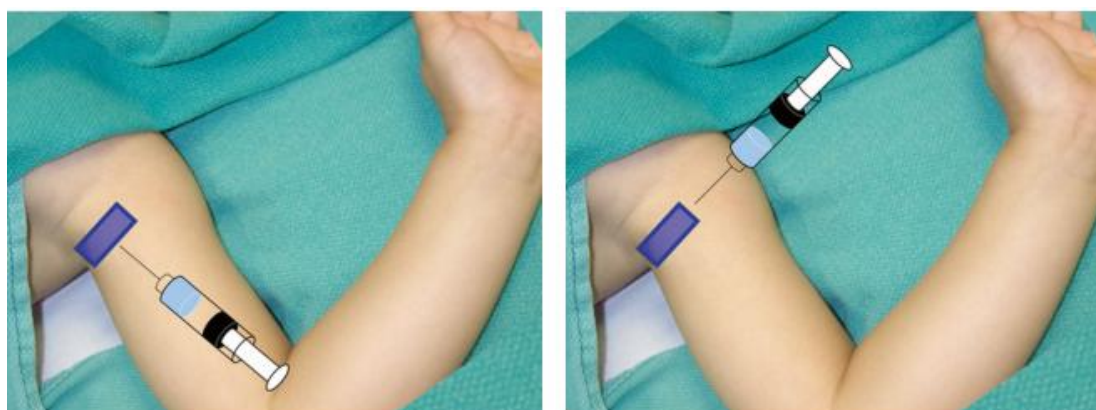
Η υπέγερση του σύστοιχου ώμου με το χέρι ενός βοηθού έχει βρεθεί ότι αυξάνει σημαντικά την δυνατότητα υπερηχογραφικής απεικόνισης του μυοδερματικού νεύρου στα βρέφη και τα νεογνά¹⁶ (Εικόνα 17).

Fig. 1 **a** Elevation of the axillary fossa, by placing the hand of an assistant beneath the ipsilateral shoulder of the infant, resulted in better visualization of the musculocutaneous nerve. **b** Ultrasound image of the axillary region of an infant (4 months old). *MCN* musculocutaneous nerve, *H* humerus, *A* axillary artery



Εικόνα 17: Χειρισμός διευκόλυνσης της υπερηχογραφικής απεικόνισης του μυοδερματικού νεύρου σε βρέφη. (Πηγή: P. Matsota et al. Ultrasound imaging of the musculocutaneous nerve of infants, preschool children, and school children. J Anesth 2015;29:790-3)

Χρησιμοποιούνται και οι δύο τεχνικές προώθησης της βελόνας **“in-plane”** και **“out-of plane”** (Εικόνα 18).



Εικόνα 18: Μασχαλιαίος αποκλεισμός βραχιονίου πλέγματος: “out-of-plane” και “in-plane” τεχνική προώθησης της βελόνας.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Editors Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>).

Η μασχαλιαία προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος δεν προκαλεί τις συνήθεις επιπλοκές του πνευμοθώρακα ή του πάρεσης του ημιδιαφράγματος που παρατηρούνται στις άλλες προσπελάσεις, λόγω ανατομικής θέσης. Η μόνη επιπλοκή στην περιοχή αυτή είναι η ατυχηματική τρώση της μασχαλιαίας αρτηρίας ή των φλεβών που θα έχει σαν αποτέλεσμα αιμάτωμα και τον κίνδυνο της συστηματικής τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά αν η τρώση της αρτηρίας δεν γίνει άμεσα αντιληπτή και ατυχηματικά γίνει χορήγηση του τοπικού αναισθητικού ενδαγγειακά.

Δ. ΤΟΠΙΚΑ ΑΝΑΙΣΘΗΤΙΚΑ- ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΑ ΦΑΡΜΑΚΑ

Το είδος και η δόση του τοπικού αναισθητικού και των επικουρικών φαρμάκων που θα χρησιμοποιηθούν για περιοχική αναισθησία στα παιδιά έχει ιδιαίτερη σημασία, λόγω των φυσιολογικών και φαρμακολογικών διαφορών που υπάρχουν στα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες. Στην καθημερινή πρακτική για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος και γενικότερα για τους αποκλεισμούς των άκρων στα παιδιά χρησιμοποιούνται τα τοπικά αναισθητικά ροπιβακαΐνη με συγκέντρωση 0.2%, λεβοβουπιβακαΐνη 0.25%, βουπιβακαΐνη 0.25% και ξυλοκαΐνη 2% με αδρεναλίνη. Οι μέγιστες δόσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ροπιβακαΐνη, την λεβοβουπιβακαΐνη και τη βουπιβακαΐνη είναι 2.5mg/kg, ενώ για την ξυλοκαΐνη με αδρεναλίνη 7mg/kg¹⁷ (πίνακας 1).

Table 1: Commonly used LA with their respective dosages					
Local anaesthetics	Maximum allowable dose (mg/kg)	Bolus for peripheral and truncal blocks		Infusion for continuous block	
		Concentration (%)	Volume (mL/kg)	Concentration (%)	Rate* (mg/kg/h)
Bupivacaine	2.5	0.25	0.5	0.125	0.4
Ropivacaine	2.5	0.2	0.5	0.2 or 0.1	0.4
Levobupivacaine	2.5	0.25	0.5	0.125	0.4
Lignocaine with adrenaline	7	2	0.25	-	-

*The infusion rate should be halved in children below 1 year of age

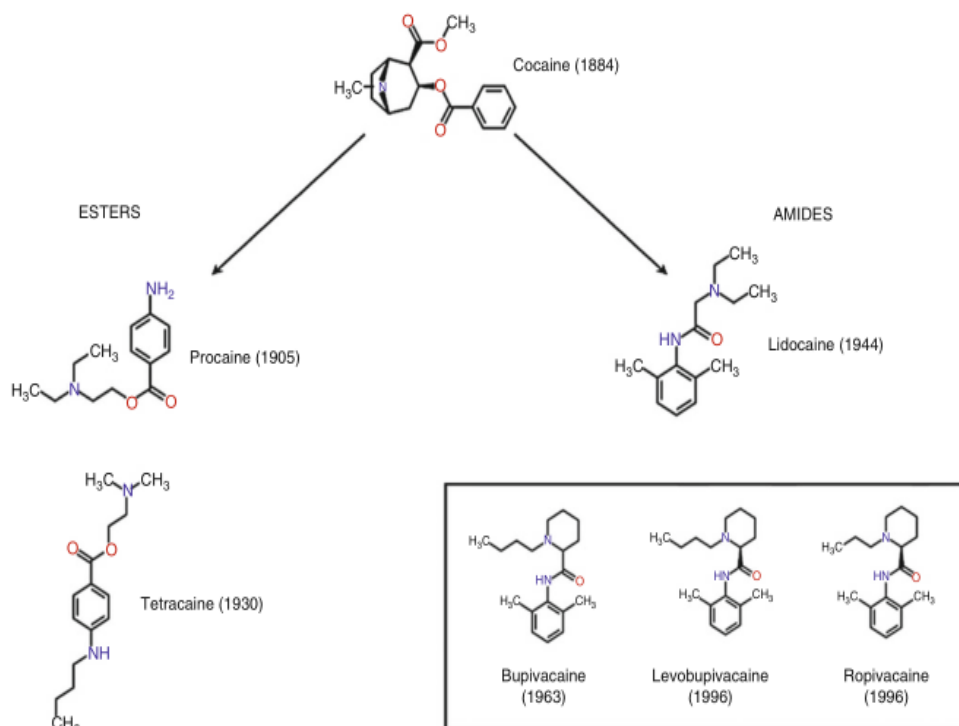
Πίνακας 1: Τοπικά αναισθητικά για περιοχική αναισθησία στα παιδιά (μέγιστη δόση, μία μόνη δόση και συνεχή χορήγηση).

Πηγή: Ponde V. Recent trends in paediatric regional anaesthesia. Indian J Anaesth 2019;63:746-53.

Όλα τα τοπικά αναισθητικά είναι ασθενείς βάσεις, με μοριακό βάρος 220 μέχρι 280 Da. Αποτελούνται από ένα λιπόφιλο αρωματικό δακτύλιο και ένα υδρόφιλο μέρος, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με υδρογονική αλυσίδα. Κλινικά, ταξινομούνται σαν αμινοεστέρες ή αμινοαμίδες, ανάλογα με το είδος της αλυσίδας που υπάρχει ανάμεσα στο λιπόφιλο και υδρόφιλο μέρος (σχήμα 1). Ο μηχανισμός δράσης

τους βασίζεται στη παρεμπόδιση της εκπόλωσης της κυτταρικής μεμβράνης (σύνδεσή τους με το κανάλι Na^+), εμποδίζοντας έτσι την μετάδοση της νευρικής ίνας, τόσο για την αισθητική όσο και για την κινητική απάντηση.

Τα τοπικά αναισθητικά τύπου αμινοεστέρων υδρολύονται ταχέως από τη ψευδοχοληνεστεράση του πλάσματος τόσο σε ενήλικες, όσο και σε παιδιά, ακόμα και σε νεογνά. Τα τοπικά αναισθητικά τύπου αμιδίων μεταβολίζονται στο ήπαρ από τα ένζυμα του κυτοχρώματος P450 (CYP). Συγκεκριμένα η λιδοκαΐνη και η βουπιβακαΐνη από το ισομερές CYP3A4 και η ροπιβακαΐνη από το ισομερές CYP1A2. Και τα δύο ισομερή είναι ανώριμα κατά την γέννηση. Η βουπιβακαΐνη μεταβολίζεται κατά το ένα τρίτο σε βρέφος ηλικίας ενός μηνός και κατά τα δύο τρίτα σε βρέφος ηλικίας έξι μηνών σε σχέση με τον αντίστοιχο μεταβολισμό της στους ενήλικες. Το ισομερές CYP1A2 γίνεται πλήρως λειτουργικό, όταν το παιδί γίνει τριών ετών. Παρόλα αυτά ο μεταβολισμός της ροπιβακαΐνης φθάνει τα επίπεδα ενήλικα όταν το παιδί φθάσει τα οκτώ έτη.¹⁸ Σε σχέση με τους εστέρες, τα τοπικά αναισθητικά τύπου αμιδίων προκαλούν μικρότερη πιθανότητα για αλλεργικές αντιδράσεις, έχουν μεγαλύτερη λιποδιαλυτότητα και ισχύ, παρατεταμένη διάρκεια δράσης και καλύτερο μεταβολισμό. Στα παιδιά το μόνο τοπικό αναισθητικό τύπου εστέρα που χρησιμοποιείται στην κλινική πράξη είναι η τετρακαΐνη, η οποία έχει ένδειξη για ραχιαία αναισθησία σε νεογνά, βρέφη και παιδιά.¹⁹



Σχήμα 1: Χημική δομή και έτος εμφάνισης τοπικών αναισθητικών.

(Πηγή: Paediatric Atlas of Ultrasound and Nerve-Stimulation Guided Regional Anaesthesia, Ban C.H. Tsui Santhanam Suresh, Springer Science + Business Media, New York 2016, DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79964-3>)

Από τα τοπικά αναισθητικά τύπου αμιδίων η λιδοκαΐνη είναι το πιο παλιό, το πιο ασφαλές και το πιο δημοφιλές. Έχει όμως πολύ μικρή διάρκεια δράσης. Φάρμακα εκλογής για περιοχική αναισθησία στα παιδιά και ειδικά για τους αποκλεισμούς άκρων, θεωρούνται τα καινούρια τοπικά αναισθητικά λεβοβουπιβακαΐνη και ροπιβακαΐνη (S-εναντιομερή), τα οποία εμφανίστηκαν στις αρχές του 2000. Και τα δύο αυτά φάρμακα έχουν παρατεταμένη διάρκεια δράσης με λιγότερες πιθανότητες για καρδιοτοξικότητα και νευροτοξικότητα σε σχέση με την αντίστοιχη ρακεμική βουπιβακαΐνη. Η έναρξη δράσης, η διάρκεια δράσης και η ισχύς των τοπικών αναισθητικών που χρησιμοποιούνται σήμερα στην περιοχική αναισθησία στα παιδιά φαίνονται στον πίνακα 2:

TABLE 2. Onset and Duration of Action and Potency of Various LAs

Drug	Onset of Action	Duration of Action	Potency
Lidocaine	Short	1 h 30 min to 2 h	1
Bupivacaine	Intermediate	3 h to 3 h 30 min	4
Levobupivacaine	Intermediate	3 h to 3 h 30 min	3.9
Ropivacaine	Intermediate	2 h 30 min to 3 h	3.3

Πίνακας 2: Έναρξη, διάρκεια δράσης και ισχύς τοπικών αναισθητικών.

(Πηγή: Suresh S, Ecoffey C, Bosenberg A et al. The European society of regional anaesthesia and pain therapy/American society of regional anesthesia and pain medicine recommendations on local anesthetics and adjuvants dosage in pediatric regional anesthesia. Reg Anesth Pain Med 2018;43: 211-6).

Όσο αφορά την φαρμακολογία, τα βρέφη και τα νεογνά έχουν μεγαλύτερο όγκο κατανομής, μειωμένη αποβολή φαρμάκου λόγω ανώριμης ηπατικής λειτουργίας και περισσότερο ελεύθερο μη συνδεδεμένο με τους πρωτεϊνικούς υποδοχείς κλάσμα φαρμάκου και άρα μεγαλύτερη ποσότητα δραστικού φαρμάκου, σε σχέση με τα μεγαλύτερα παιδιά και τους ενήλικες.¹⁷ Ο ηπατικός μεταβολισμός γίνεται πλήρως λειτουργικός σε ηλικία εννιά μηνών και η συγκέντρωση της α_1 οξύ-γλυκοπρωτεΐνης (η κύρια πρωτεΐνη που συνδέεται με τα τοπικά αναισθητικά) είναι μειωμένη μέχρι την ηλικία του ενός έτους. Τα νεογνά και τα βρέφη έχουν επίσης υψηλή καρδιακή παροχή με υψηλό ποσοστό ανοιχτών καρδιακών διαύλων Na και άρα μεγαλύτερη κυκλοφορία φαρμάκου. Οι φαρμακολογικές και φυσιολογικές ιδιαιτερότητες των παιδιών έχουν σαν αποτέλεσμα αυξημένη συστηματική απορρόφηση και άθροιση του τοπικού αναισθητικού στα ευαίσθητα όργανα των παιδιών, ειδικά στις μικρότερες ηλικίες, με συνέπεια αυξημένο κίνδυνο για καρδιοτοξικότητα και για συστηματική τοξικότητα (local anesthetic toxicity, LAST). Ο κίνδυνος αυτός είναι μεγαλύτερος κυρίως σε επαναλαμβανόμενες δόσεις ή σε συνεχή έγχυση τοπικού αναισθητικού μέσω περιφερικών καθετήρων.^{17,19}

Η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Περιτοχικής Αναισθησίας (European Society of Regional Anesthesia, ESRA) σε συνεργασία με την Αμερικανική Εταιρεία Περιτοχικής Αναισθησίας (American Society of Regional Anesthesia, ASRA) πρόσφατα το 2018, ανακοίνωσε συστάσεις- κατευθυντήριες οδηγίες που αφορούν το είδος και την δόση των τοπικών αναισθητικών καθώς και των επικουρικών φαρμάκων για την εφαρμογή της υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιτοχικής αναισθησίας στα παιδιά. Συγκεκριμένα, αναφέρει ότι στους περιφερικούς αποκλεισμούς των άνω άκρων στα παιδιά (αποκλεισμοί βραχιονίου πλέγματος-μασχαλιαίος, διασκαληνικός, υπερκλείδιος και υποκλείδιος), μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία και ασφάλεια τα τοπικά αναισθητικά βουπιβακαΐνη σε συγκέντρωση 0.25%, λεβοβουπιβακαΐνη 0.25% και ροπιβακαΐνη 0.2%, με δόση 0.5-1.5mg/kg.¹⁸ (πίνακας 3).

Table 1 ASRA/ESRA recommendations for a single-injection LA dose for neuraxial nerve block and PNB in children

Nerve block	Drug and concentration	Dose (mg kg ⁻¹)
Spinal anaesthesia	Tetracaine 0.5%	0.5–1
	(Child <5 kg) hyper-isobaric bupivacaine 0.5%	1
	(Child 5–15 kg) hyper-isobaric bupivacaine 0.5%	0.4
	(Child >15 kg) hyper-isobaric bupivacaine 0.5%	0.3
Caudal	Ropivacaine 0.2% or levobupivacaine 0.25%	0.5–1.2
Upper limb	Bupivacaine, levobupivacaine 0.25%, or ropivacaine 0.2%	0.5–1.5
Lower limb	Bupivacaine, levobupivacaine 0.25%, or ropivacaine 0.2%	0.5–1.5
Fascial plane blocks	Bupivacaine 25% or ropivacaine 0.2%	0.2–0.75

Πίνακας 3: ESRA και ASRA συστάσεις για τα τοπικά αναισθητικά στα παιδιά (μία μόνη χορήγηση).

(Πηγή: Suresh S, Ecoffey C, Bosenberg A et al. The European society of regional anaesthesia and pain therapy/American society of regional anesthesia and pain medicine recommendations on local anesthetics and adjuvants dosage in pediatric regional anesthesia. Reg Anesth Pain Med 2018;43: 211-6).

Μετά από μία μόνο δόση τοπικού αναισθητικού στους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς, το αναλγητικό αποτέλεσμα έχει περιορισμένη διάρκεια (περίπου τέσσερις με δώδεκα ώρες). Επειδή η χρήση περιφερικών καθετήρων δεν έχει τόσο ευρεία εφαρμογή στην παιδιατρική περιτοχική αναισθησία, για να αυξηθεί η διάρκεια

της αναλγησίας κατά τη μετεγχειρητική περίοδο έχει προταθεί και στα παιδιά όπως στους ενήλικες, η χρήση συμπληρωματικών φαρμάκων μαζί με τα τοπικά αναισθητικά.^{20,21} Τα πλεονεκτήματα των επικουρικών φαρμάκων είναι η επιτυχής αντιμετώπιση του επίμονου μετεγχειρητικού πόνου μετά από χειρουργεία μέσης ή μεγάλης βαρύτητας αυξάνοντας τη διάρκεια αποκλεισμού κατά 20-50%. Επίσης, μειώνουν την χορήγηση των οπιοειδών φαρμάκων και την εμφάνιση των ανεπιθύμητων τους ενεργειών και επιτρέπουν τη χρήση πιο αραιών συγκεντρώσεων των τοπικών αναισθητικών, μειώνοντας έτσι τη συνολική δόση του τοπικού αναισθητικού και συμβάλλοντας τελικά στην μείωση της πιθανότητας για εμφάνιση τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά.¹⁹ Συνολικά βελτιώνουν την ποιότητα της μετεγχειρητικής περιόδου για το παιδί, την ποιότητα νοσηλείας και την ταχύτερη έξοδο από το Νοσοκομείο.¹⁸ Από μια πρόσφατη μετανάλυση, η κλονιδίνη και η δεξμεδετομιδίνη φάνηκε ότι έχουν σαφή βελτίωση στην μετεγχειρητική αναλγησία σε σχέση με την χρήση μόνο των τοπικών αναισθητικών. Επειδή δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την τοξικότητα και τα επικουρικά φάρμακα, προτείνεται να χρησιμοποιείται η ελάχιστη αποτελεσματική δόση.²² Σύμφωνα με τις πρόσφατες συστάσεις-κατευθυντήριες οδηγίες της ESRA και της ASRA για τους περιφερικούς αποκλεισμούς των άνω άκρων στα παιδιά (αποκλεισμοί βραχιονίου πλέγματος) προτείνεται η χρήση μόνο των α₂ αδρενεργικών υποδοχέων, συγκεκριμένα της κλονιδίνης και δεξμεδετομιδίνης.¹⁸ Προς το παρόν κανένα άλλο επικουρικό φάρμακο δεν έχει βρεθεί να βελτιώνει την μετεγχειρητική αναλγησία στους περιφερικούς αποκλεισμούς στα παιδιά.²¹

Η χρήση των περιφερικών καθετήρων για συνεχή έγχυση τοπικού αναισθητικού στους αποκλεισμούς του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία, παραμένει όμως σε αρκετά χαμηλά επίπεδα τόσο εντός όσο και εκτός νοσοκομείου και σίγουρα είναι σε χαμηλότερα ποσοστά από την αντίστοιχη χρήση σε ενήλικες.³ Η ESRA και η ASRA συστήνουν για τους περιφερικούς καθετήρες να χρησιμοποιούνται τα τοπικά αναισθητικά βουπιβακαΐνη ή ροπιβακαΐνη σε συγκεντρώσεις 0.2% και έγχυση 0.1-0.3mg/Kg την ώρα.¹⁸ Σε νευρικούς αποκλεισμούς βραχιονίου πλέγματος η χρήση τους ενδείκνυται κυρίως σε χειρουργεία άνω άκρων με σοβαρό μετεγχειρητικό πόνο μεγάλης διάρκειας και σε χειρουργεία ακρωτηριασμού της άκρας χείρας για μείωση της πιθανότητας εμφάνισης του πόνου από το μέλος-φάντασμα. Οι περιφερικοί καθετήρες χρησιμοποιούνται

επίσης σε παιδιατρικά ιατρεία χρόνιου πόνου για διαχείριση του επιμέλλοντος μετεγχειρητικού πόνου, για την αντιμετώπιση του σύνθετου συνδρόμου περιοχικού πόνου και του καρκινικού πόνου των άκρων.²³

Η ανάλυση από την Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN) απέδειξε ότι η χρήση των περιφερικών καθετήρων περιοχικής αναισθησίας στα παιδιά είναι ασφαλής. Από τα 2074 παιδιατρικά περιστατικά στα οποία εφαρμόστηκε περιφερικός αποκλεισμός των άκρων με τοποθέτηση περιφερικού καθετήρα, μόνο σε 251 εμφανίστηκαν ήπιες επιπλοκές (ποσοστό 12.1%). Αυτές αφορούσαν δυσλειτουργία ή αποτυχία λειτουργίας καθετήρα, λοίμωξη ή τρώση αγγείου. Δεν υπήρχε όμως καμία καταγραφή νευρολογικής επιπλοκής ή συστηματικής τοξικότητας. Καταλήγοντας οι Walker και συνεργάτες αναφέρουν ότι επειδή τα μικρά παιδιά ηλικίας κάτω των τριών ετών αφορούσαν μόνο το 5% του συνόλου των περιστατικών, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν σε αυτή την ομάδα του παιδιατρικού πληθυσμού.²⁴ Ακόμα χαμηλότερο ποσοστό επιπλοκών (6.1%), κυρίως προβλήματα του καθετήρα, βρήκαν οι Gurnaney και συνεργάτες σε μια μελέτη 1492 καθετήρων σε περιφερικούς αποκλεισμούς σε παιδιά υπό γενική αναισθησία, όπως και σε επόμενη τους μελέτη που αφορούσε εκλεκτικά περιφερικούς καθετήρες σε διασκαληνική προσπέλαση βραχιονίου πλέγματος υπό γενική αναισθησία σε παιδιά. Προτείνουν μάλιστα την παραμονή του καθετήρα για αναλγησία μετά την έξοδο του παιδιού από το Νοσοκομείο, με την προϋπόθεση να υπάρχει η κατάλληλη ενημέρωση των γονέων και οι απαραίτητες δομές για ασφάλεια του μικρού ασθενούς.^{25,26}

Για την χρήση των καθετήρων στους περιφερικούς αποκλεισμούς των άνω άκρων στα παιδιά, απαραίτητη είναι η εφαρμογή της υπερηχογραφικής τεχνικής. Η χρήση των βελόνων Tuohy δεν συστήνεται, γιατί μπορεί να προκαλέσει σημαντική απώλεια τοπικού αναισθητικού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε η “in-plane” είτε η “out-of-plane” τεχνική για την είσοδο του καθετήρα. Προτείνεται σταθεροποίηση του καθετήρα υποδορίως μέσω τούνελ, έτσι ώστε να απομακρύνεται από την χειρουργική τομή. Προτείνεται επίσης να καλύπτεται το σημείο εισόδου με διάφανα αποστειρωμένα αυτοκόλλητα, για να είναι εύκολος ο συχνός έλεγχος της περιοχής.³

Η Παιδοαναισθησιολογική Εταιρεία της Μεγάλης Βρετανίας προτείνει ότι για την τοποθέτηση και αφαίρεση των περιφερικών καθετήρων στην περιοχική αναισθησία,

πρέπει να τηρούνται οι ίδιοι κανόνες όσο αφορά την πηκτικότητα που ισχύουν για τους καθετήρες που εφαρμόζονται στους κεντρικούς αποκλεισμούς στα παιδιά.²⁷

Η συστηματική τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά (LAST) είναι μια πολύ σπάνια, δυνητικά όμως μοιραία επιπλοκή στα παιδιά, με τις περισσότερες περιπτώσεις να αφορούν βρέφη^{28,29}. Επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα και το καρδιαγγειακό προκαλώντας σπασμούς και ταχυαρρυθμίες που μπορεί να εξελιχθούν σε μη ανατασσόμενη καρδιαγγειακή και αναπνευστική ανεπάρκεια και να οδηγήσει σε ανακοπή.³⁰ Τα πρώιμα συμπτώματα όπως η μεταλλική γεύση, η αδιαθεσία και η τάση για λιποθυμία που μπορεί να εμφανιστούν στους ενήλικες, δεν είναι εύκολα αντιληπτά γιατί στο μεγαλύτερο ποσοστό των παιδιών η περιοχική αναισθησία γίνεται υπό γενική αναισθησία ή καταστολή. Για αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία η συνεχής παρακολούθηση των ζωτικών σημείων του παιδιού και η έγκαιρη αντιμετώπιση της συστηματικής τοξικότητας με χορήγηση του λιπιδικού γαλακτώματος και η υποστήριξη της αναπνοής και της κυκλοφορίας με ΚΑΡΠΑ όταν χρειάζεται.

Σε πρόσφατη δημοσίευση της PRAN, μια μετανάλυση που αφορούσε 100.000 αποκλεισμούς καταγράφηκαν μόνο επτά περιπτώσεις συστηματικής τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά (0.76 στις 10,000, 95% CI: 0.3-1.6). Η μετανάλυση αυτή ήταν μια προοπτική περιγραφική μελέτη της καθημερινής κλινικής πρακτικής από 20 διαφορετικά παιδιατρικά νοσοκομεία. Από τους 100.000 αποκλεισμούς, οι 5636 αφορούσαν αποκλεισμούς βραχιονίου πλέγματος.²⁸ Οι περιπτώσεις αυτές είναι κατά δύο μόνο περισσότερες από την προηγούμενη δημοσίευση της PRAN το 2014.³¹ Από τα επτά περιστατικά που εμφάνισαν συστηματική τοξικότητα, μόνο τα τρία χρειάστηκαν αντιμετώπιση με χορήγηση λιπιδικού γαλακτώματος (*Lipid emulsion*). Το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο από αυτό που καταγράφεται στους ενήλικες από την Αμερικανική Εταιρεία Περιοχικής Αναισθησίας.³² Από τις επτά περιπτώσεις με συστηματική τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά, οι πιο σοβαρές εμφανίστηκαν αμέσως μετά τη χορήγηση μίας δόσης, ενώ οι πιο ήπιες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν στην μετεγχειρητική περίοδο μετά από συνεχή έγχυση τοπικού αναισθητικού. Οι τέσσερις από τις επτά περιπτώσεις αφορούσαν βρέφη ηλικίας 1-5 μηνών, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 4. Οι Walker και συνεργάτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα βρέφη ηλικίας κάτω των 6 μηνών, φαίνεται να έχουν αυξημένο κίνδυνο για σοβαρή τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά, επιβεβαιώνοντας τα

ανατομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των μικρότερων παιδιών. Τα βρέφη έχουν μικρότερα αγγεία, επομένως είναι πιο εύκολη η ατυχηματική ενδαγγειακή έγχυση του τοπικού αναισθητικού, ενώ όσο αφορά την φαρμακολογία, έχουν γρήγορη απορρόφηση και κατανομή του φαρμάκου και η μειωμένη ηπατική σύνθεση της α_1 -οξυγλυκοπρωτεΐνης αφήνει περισσότερο ελεύθερο δραστικό κλάσμα φαρμάκου.²⁸

Local Anesthetic Systemic Toxicity by Age Group				
Age Group	Cases	Total Patients	Incidence	95% CI
Neonate	0	998	0:10,000	0–46.3
1–5 months	4	7,935	5.0:10,000	1.5–13.5
6–11 months	1	12,943	0.8:10,000	0–4.8
1–2 yr	0	17,829	0:10,000	0–2.6
3–9 yr	1	22,702	0.4:10,000	0–2.8
≥ 10 yr	1	29,294	0.3:10,000	0–2.1
Total	7	91,701	0.76:10,000	0.3–1.6

Πίνακας 4: Συχνότητα εμφάνισης συστηματικής τοξικότητας από τοπικά αναισθητικά ανάλογα με την ηλικία του παιδιού.

(Πηγή: Walker BJ, Long J, Madhankumar S et al. Complications in pediatric regional anesthesia: an analysis of more than 100,000 blocks from the Pediatric Regional Anaesthesia Network (**PRAN**). *Anesthesiology* **2018**;129:721-32).

Η πρόωμη αναγνώριση της τοξικότητας είναι ζωτικής σημασίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα παιδιά, στα οποία η εφαρμογή της περιοχικής αναισθησίας γίνεται συνήθως υπό γενική αναισθησία ή καταστολή και τα συμπτώματα από το καρδιαγγειακό ή το κεντρικό νευρικό σύστημα δεν είναι εύκολα αντιληπτά. Για την μείωση της πιθανότητας εμφάνισης συστηματικής τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά προτείνεται η συνεχής παρακολούθηση των ζωτικών σημείων του παιδιού, η αυστηρή τήρηση των προτεινόμενων δόσεων των τοπικών αναισθητικών ανάλογα με το είδος αποκλεισμού και την ηλικία και η ήπια αναρρόφηση πριν την αργή και τμηματική χορήγηση του τοπικού αναισθητικού. Καταστάσεις που μπορεί να επιβαρύνουν ενδεχόμενη τοξικότητα όπως, η υποξαιμία, η οξέωση και η υπερκαπνία, θα πρέπει να αποφεύγονται.¹⁹

Η θεραπεία με χορήγηση λιπιδικού γαλακτώματος (*Lipid emulsion*, Intralipid 20%) αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για τη θεραπεία της τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά. Το Intralipid φαίνεται ότι λειτουργεί με ποικίλους μηχανισμούς με σκοπό την απομάκρυνση του τοπικού αναισθητικού από τον εγκέφαλο και το μυοκάρδιο και την μετακίνησή του στο ήπαρ και στους μυς, έτσι ώστε να βοηθήσει στον μεταβολισμό του και στην απέκκρισή του από τον οργανισμό. Βοηθάει επίσης και στην βελτίωση της μυοκαρδιακής λειτουργίας.³³ Το Intralipid δίνεται ενδοφλέβια, αρχικά σε δόση 1.5ml/Kg μέσα σε ένα λεπτό. Στη συνέχεια ακολουθεί η ενδοφλέβια έγχυση με 0.25ml/Kg, η οποία μπορεί να αυξηθεί μέχρι 0.5ml/Kg, αν δεν υπάρχει βελτίωση των συμπτωμάτων από το καρδιαγγειακό. Η bolus χορήγηση μπορεί να επαναληφθεί σε χρονικό διάστημα 3-5 λεπτών, μέχρι το σύνολο των 4.5ml/Kg. Η συνολική δόση που χορηγείται στο παιδί δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10ml/Kg. Οι υπόλοιπες οδηγίες για την θεραπεία της τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά βασίζονται στην αντιμετώπιση των συμπτωμάτων. Για παράδειγμα σε εμφάνιση σπασμών πρέπει να χορηγηθεί βενζοδιαζεπίνη (π.χ μιδαζολάμη 0.05-0.1mg/Kg/min), σε υπόταση δίνεται επινεφρίνη (μέγιστη δόση 1mcg/Kg) και σε καρδιαγγειακή κατάρριψη το παιδί αντιμετωπίζεται με εφαρμογή ΚΑΡΠΑ σύμφωνα με τον κανόνα της εξειδικευμένης υποστήριξης της ζωής. Πρόσφατα η Εταιρεία Παιδιατρικής Αναισθησίας (Society for Pediatric Anesthesia), δημοσίευσε κατευθυντήριες οδηγίες για την αντιμετώπιση της τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά στα παιδιά.³⁴ (Society for Paediatric Anesthesia 2018).

Ε. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο νευρικός αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά είναι μια ασφαλής και αποτελεσματική τεχνική για την επιτυχή χειρουργική αντιμετώπιση των τραυμάτων και βλαβών των άνω άκρων στα παιδιά και την αντιμετώπιση του οξέος και χρόνιου πόνου, παρόλο που οι ελεγχόμενες τυχαιοποιημένες και αναδρομικές μελέτες στον παιδιατρικό πληθυσμό είναι πολύ λιγότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες στους ενήλικες. Σε αυτή την ιδιαίτερη ευαίσθητη ομάδα πληθυσμού οι συστάσεις και κατευθυντήριες οδηγίες προκύπτουν κυρίως από μετα-αναλύσεις, ανασκοπήσεις (reviews) και ελέγχους ποιότητας (audit).

Οι τεχνικές για τον εντοπισμό και αποκλεισμό των νεύρων του βραχιονίου πλέγματος που υπήρχαν στο παρελθόν όπως, η τοποθέτηση της βελόνας με βάση τα ανατομικά στοιχεία της περιοχής (π.χ. η ψηλάφηση της αρτηρίας στην μασχαλιαία περιοχή κατά την μασχαλιαία προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος) και η προκαλούμενη παραισθησία από τον ερεθισμό του νεύρου από την βελόνα, έχουν εγκαταλειφθεί κυρίως, λόγω της τυφλής μεθόδου και των επιπλοκών που είχαν. Ο μασχαλιαίος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος ήταν ο πρώτος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος που περιγράφηκε. Η πρώτη περιγραφή έγινε το 1911 από τον Hirschel, και πολύ γρήγορα καθιερώθηκε σαν μέθοδος περιοχικής αναισθησίας για τους ενήλικες.³⁵ Στα παιδιά περιγράφηκε πολύ αργότερα.^{1,36} Λόγω της σχετικής ευκολίας εφαρμογής του αποκλεισμού και λόγω αποφυγής σημαντικών επιπλοκών που μπορεί να παρουσιαστούν στις άλλες προσπελάσεις του βραχιονίου πλέγματος, η μασχαλιαία προσπέλαση καθιερώθηκε πολύ γρήγορα για την χειρουργική αναισθησία των άνω άκρων και στα παιδιά.³⁷ Αργότερα, η τεχνική της ηλεκτρικής νευροδιέγερσης αποτέλεσε την «χρυσή μέθοδο» για πολλά χρόνια, μέχρι το τέλος του εικοστού αιώνα που εμφανίστηκε η υπερηχογραφία. Η τεχνική της νευροδιέγερσης παρείχε μια σχετική ασφάλεια σε σχέση με την τεχνική των ανατομικών σημείων για την αποφυγή τραυματισμού των νεύρων σε αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά.^{38,39,40}

Οι περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές της εποχής εκείνης αφορούσαν κυρίως μεμονωμένες παρουσιάσεις περιστατικών αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά. Επίσης, ελάχιστες είναι και οι μελέτες που δημοσιεύονται σχετικά με τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος με βάση τα ανατομικά οδηγία

σημεία που έχουν μεγάλο σχετικά αριθμό παιδιατρικών περιστατικών. Συγκεκριμένα, σε αυτές περιλαμβάνονται η μελέτη των Fisher et al ⁴¹ που αφορά τον μασχαλιαίο αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος σε 250 παιδιά και η μελέτη των Pande et al ⁴² που αφορά την υπερκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος σε 200 παιδιά. Στις μελέτες αυτές, η προώθηση της βελόνας και η έγχυση του τοπικού αναισθητικού γινόταν με βάση τα οδηγία ανατομικά σημεία.



Εικόνα 19: Μασχαλιαία προσπέλαση βραχιονίου πλέγματος σε παιδιά. Τεχνική με βελόνα και ψηλάφηση μασχαλιαίας αρτηρίας, χωρίς νευροδιέγερση.

(Πηγή: Fisher WJ, Bingham RM, Hall R. Axillary brachial plexus block for perioperative analgesia in 250 children. Paediatr Anaesth 1999; 9: 435-8).

Μετά την δημοσίευση της πρώτης βιβλιογραφικής αναφοράς για την υπερηχογραφική καθοδήγηση, η οποία αφορούσε την υπερκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος στους ενήλικες⁶, παρατηρήθηκε μια σταδιακή μικρή αύξηση όσον αφορά την εφαρμογή του υπερηχογραφικού αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος και στα παιδιά. Το 2012, σύμφωνα με την μελέτη της Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN), ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος υπό υπερηχογραφική παρακολούθηση αφορούσε μόνον το 3% της υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιοχικής αναισθησίας στα παιδιά.²⁹

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η υπερηχογραφική απεικόνιση και καθοδήγηση της βελόνας στον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος κερδίζει συνεχώς έδαφος.

Με τις μεθόδους του παρελθόντος, οι δόσεις των τοπικών αναισθητικών ήταν αναπόφευκτα ψηλές και έτσι η πιθανότητα για εμφάνιση συστηματικής τοξικότητας στα παιδιά ήταν μεγαλύτερη. Η υπερηχογραφική απεικόνιση επιτρέπει προσεκτική εκτίμηση των ανατομικών δομών στα παιδιά, τον εντοπισμό τυχόν ανατομικών παραλλαγών, την απεικόνιση των ζωτικών δομών γύρω από τα νεύρα, αλλά και την παρακολούθηση όσον αφορά την έγχυση και την εναπόθεση του τοπικού αναισθητικού γύρω από το νεύρο-στόχος.¹⁹ Η εξέλιξη στην υπερηχογραφία βελτίωσε την ακρίβεια και σαφήνεια των δομών που απεικονίζονται, με αποτέλεσμα την επίτευξη ταχύτερης έναρξης και μεγαλύτερης διάρκειας αποκλεισμού. Πρώτοι οι Marhofer et al το 2004⁹ σύγκριναν την νευροδιέγερση με την χρήση της υπερηχογραφίας στην υποκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά. Παρατήρησαν ότι η έναρξη της δράσης του αποκλεισμού ήταν πιο σύντομη και η διάρκεια του κινητικού και αισθητικού αποκλεισμού ήταν μεγαλύτερη, όταν η υποκλείδια προσπέλαση γινόταν με την χρήση της υπερηχογραφίας.⁹ Λίγα χρόνια αργότερα, οι De Jose et al¹⁵ απέδειξαν την ασφάλεια και αποτελεσματικότητα της υπερκλείδιας και της υποκλείδιας προσπέλασης του βραχιονίου πλέγματος υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση στα παιδιά, εξασφαλίζοντας 95% και 88% χειρουργική αναισθησία στα παιδιά με υπερκλείδια και υποκλείδια προσπέλαση, αντίστοιχα. Απέδειξαν επίσης ότι ο χρόνος εφαρμογής του αποκλεισμού υπό υπερηχογραφική παρακολούθηση είναι σχετικά σύντομος και στις δύο προσπελάσεις, συγκεκριμένα, 9 λεπτά για την υπερκλείδια και 13 λεπτά για την υποκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος.¹⁵ Ίδιους χρόνους υπερκλείδιας και υποκλείδιας υπερηχογραφικής προσπέλασης βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά χωρίς επιπλοκές βρήκαν πρόσφατα και οι Altinay et al.⁴³ σε δική τους μελέτη με μικρό αριθμό περιστατικών.⁴³

Η υπερηχογραφία επέτρεψε επίσης την εύρεση καινούριων, λιγότερο επεμβατικών τεχνικών για τον αποκλεισμό νεύρων του βραχιονίου πλέγματος. Σε παιδιά με σκελετικές ανωμαλίες ή ανωμαλίες του συνδετικού ιστού (π.χ. επιδερμόλυση ή συνδαχτυλία) θα πρέπει να ληφθεί υπόψη αφενός μεν ότι οι απαντήσεις από τον νευροδιεγέρτη μπορεί να μην είναι αξιόπιστες αφετέρου δε ότι οι μυϊκές συσπάσεις που προκαλούνται σαν απάντηση στην νευροδιέγερση μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στους ευαίσθητους ιστούς.⁴⁴ Η χρήση της υπερηχογραφίας

μειώνει την πιθανότητα για βλάβη των ιστών λόγω άμεσης απεικόνισης και αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιπτώσεις αυτές.^{19,72}

Πρόσφατα, πριν ένα χρόνο, δημοσιεύθηκε η μεγαλύτερη αναδρομική μελέτη που αφορά τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος σε 565 παιδιά με τραύμα άνω άκρου υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση.⁸ Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση μπορεί να γίνει στα παιδιά με ασφάλεια χωρίς γενική αναισθησία ή βαθειά καταστολή. Το δείγμα αφορούσε παιδιά όλων των ηλικιών, όμως ήταν σαφώς μικρότερο στις ακραίες ηλικίες (πολύ μικρές ή πολύ μεγάλες ηλικίες). Η περιοχή της βλάβης στο άνω άκρο, το είδος προσπέλασης του βραχιονίου πλέγματος και της χειρουργικής επέμβασης φαίνονται στον πίνακα 5. Αξιοσημείωτο είναι ότι η υπερκλείδια προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος υπερτερεί σε αριθμό από τις άλλες προσπελάσεις, ενώ η διασκαληνική προσπέλαση αφορά μόνο 2% του συνόλου των προσπελάσεων.

Types of injury	Brachial plexus approaches
Forearm: 59	Supraclavicular: 73
Upper arm: 23	Axillary: 19
Hand: 17	Infraclavicular: 6
Elbow: 1	Interscalene: 2
Surgical procedures	
Internal fixation: 77	Internal fixation removal: 5
Soft-tissue surgery: 15	Fracture reduction: 3

Πίνακας 5: Είδος βλάβης, χειρουργικής επέμβασης και προσπέλασης βραχιονίου πλέγματος. Οι πληροφορίες εκφράζονται σαν ποσοστό επί τοις εκατό.

(Πηγή: Zadrazil M, Opfermann P, Marhofer P et al. Brachial plexus block with ultrasound guidance for upper-limb trauma surgery in children: a retrospective cohort study of 565 cases. B J Anesth 2020; 125:104-109).

Επίσης, αξίζει να τονισθεί ότι στην μελέτη αυτή δεν παρατηρήθηκε καμία επιπλοκή στο σύνολο των 565 προσπελάσεων του βραχιονίου πλέγματος και ότι το συνολικό ποσοστό επιτυχίας αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος ήταν 94.9%. Η αποτυχία εφαρμογής της περιοχικής αναισθησίας όταν αυτή εφαρμοζόταν χωρίς συνοδό γενική αναισθησία και η ανάγκη για συνδυασμό με γενική αναισθησία

αφορούσε μόνο το 5.1% των παιδιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην μελέτη των Zadrazil et al, το ποσοστό αποτυχίας αυξάνεται με την ηλικία. Στις μικρότερες ηλικίες κάτω των 3 ετών το ποσοστό αποτυχίας αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος είναι μόνο 1.2% και αυξάνεται σταδιακά όσο μεγαλώνει η ηλικία του παιδιού και φτάνει το 12.5% στις ηλικίες 15-18 ετών (πίνακας 6). Η εξήγηση που δόθηκε από τους συγγραφείς είναι ότι το δείγμα σε αυτές τις ηλικίες ήταν σχετικά μικρό, οπότε τα αποτελέσματα δεν μπορούν να είναι αντιπροσωπευτικά και ότι τα μεγαλύτερα παιδιά αντιμετωπίζονταν από παιδοαναισθησιολόγους με την μικρότερη εμπειρία και εκπαίδευση στην παιδιατρική αναισθησία. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το ποσοστό αυτό φαίνεται να είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των ενηλίκων στο ίδιο κέντρο. Την παρατήρηση αυτή ενισχύει η πρόσφατα δημοσιευμένη μεγάλη αναδρομική μελέτη παρατήρησης της APRICOT που υποστηρίζει ότι μεγαλύτερη πιθανότητα για επιπλοκές διεγχειρητικά έχουν τα παιδιά που αντιμετωπίζονται από λιγότερο έμπειρους παιδοαναισθησιολόγους.⁴⁵

Age strata	0–3 yr (n=84)	4–6 yr (n=163)	7–10 yr (n=138)	11–14 yr (n=132)	15–18 yr (n=48)	P-value
Block failures	1 (1.2)	4 (2.5)	7 (5.1)	11 (8.3)	6 (12.5)	<0.01*

Πίνακας 6: Ποσοστό αποτυχίας αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος με βάση την ηλικία του παιδιού. (Πηγή: Zadrazil M, Opfermann P, Marhofer P et al. Brachial plexus block with ultrasound guidance for upper-limb trauma surgery in children: a retrospective cohort study of 565 cases. *B J Anesth* 2020; 125:104-109).

Μια διαφορετική προσπέλαση, η πλευροκλειδική προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος (costoclavicular brachial plexus block), έχει περιγραφεί πολύ πρόσφατα.⁴⁶ Στόχος στην προσπέλαση αυτή είναι να αποκλειστούν τα δευτερεύοντα στελέχη του βραχιονίου πλέγματος τα οποία πορεύονται επιφανειακά σε δεμάτιο στον χώρο που κείται ανάμεσα στην κλείδα και την πρώτη πλευρά. Η εμπειρία στα παιδιά με αυτή την προσπέλαση είναι πολύ περιορισμένη, ενώ η πρώτη σχετική δημοσιευμένη μελέτη στα παιδιά έγινε μόλις πριν 2 χρόνια.⁴⁷ Τον επόμενο χρόνο, οι Carioca et al⁴⁸ με την δική τους αναδρομική μελέτη αναφέρουν ότι σε περίοδο 3 ετών εφάρμοσαν πλευροκλειδική προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος σε 200 παιδιά με βάρος σώματος 11-97 κιλά, με μεγάλο ποσοστό ασφάλειας και επιτυχίας της τεχνικής. Σε ένα μόνο παιδί ηλικίας 2 ετών παρουσιάστηκε τρώση της μασχαλιαίας αρτηρίας. Δεν παρατηρήθηκαν άλλες επιπλοκές όπως νευρολογικό έλλειμμα, τρώση πνευμονικού

παρεγχύματος και πνευμοθώρακας ή πάρεση φρενικού νεύρου. Οι συγγραφείς καταλήγουν ότι η πλευροκλειδική προσπέλαση του βραχιονίου πλέγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια στα παιδιά για την επίτευξη χειρουργικής αναισθησίας άνω άκρου στην περιοχή κάτω από τον αγκώνα.⁴⁸

Τα πλεονεκτήματα και οφέλη από τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά όσον αφορά στη χειρουργική αναισθησία των άνω άκρων και την αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου είναι πλέον μη αμφισβητούμενα. Στα βρέφη και παιδιά η περιοχική αναισθησία βελτιώνει την αιμοδυναμική σταθερότητα, μειώνει την πιθανότητα μετεγχειρητικών αναπνευστικών επιπλοκών, μειώνει την έκκριση κατεχολαμινών και την μεταβολική απάντηση στο χειρουργικό στρες, βοηθά στην γρήγορη επάνοδο της λειτουργίας του εντέρου, στην βελτίωση της συσταλτικότητας και στην επανασίτιση.^{49,50} Επίσης, είναι ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι μειώνει τις ανάγκες σε οπιοειδή και σε μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα (ΜΣΑΦ) και κατά συνέπεια, τις ανεπιθύμητες ενέργειες αυτών.^{3,51,52,53} Τα οπιοειδή προκαλούν ναυτία, έμετο, αναπνευστική καταστολή, αύξηση του εντερικού μυϊκού τόνου με μείωση της κινητικότητας του εντέρου⁵⁴ και αυξημένη πιθανότητα για απονοϊκές κρίσεις στην ευαίσθητη νεογνική και βρεφική ηλικία, ενώ τα ΜΣΑΦ επηρεάζουν δυσμενώς το ανώριμο νεφρικό σύστημα. Αντίθετα, η περιοχική αναισθησία προσφέρει σημαντική ανακούφιση του πόνου χωρίς να αλλάζει το φυσιολογικό περιβάλλον του οργανισμού (σε κυτταρικό, μεταβολικό, ανοσολογικό, ορμονικό επίπεδο και επίπεδο ομοιόστασης).¹⁷ Η απάντηση των ορμονών του άγχους (επινεφρίνη, νορεπινεφρίνη, αδρενοκορτικοτρόπος ορμόνη, κορτιζόνη, προλακτίνη) φαίνεται να είναι πιο χαμηλή μετά από περιοχική αναισθησία συγκριτικά με τη γενική αναισθησία.^{49,55} Η προστατευτική δράση της περιοχικής αναισθησίας στην ελάττωση της έντασης του χειρουργικού ερεθίσματος, βοηθάει και στην ελάττωση της απαιτούμενης ελάχιστης κυψελιδικής συγκέντρωσης των πτητικών αναισθητικών.⁵⁰ Επίσης, μειώνοντας αποτελεσματικά την διάρκεια και την ένταση του οξέος πόνου, μειώνεται σημαντικά ο κίνδυνος για την μετάπτωση του μετεγχειρητικού οξέος πόνου σε χρόνιο πόνο με όλες τις ψυχο-κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις που συνεπάγεται ο χρόνιος πόνος στα παιδιά.^{56,57,58} Ο Bosenberg εδώ και δέκα χρόνια απέδειξε ότι, όταν η γενική αναισθησία συνδυάζεται με περιοχική, οι διεγχειρητικές συνθήκες στα παιδιά είναι καλύτερες και μειώνεται σημαντικά η διεγχειρητική απώλεια αίματος συγκριτικά με την γενική αναισθησία όταν εφαρμόζεται μόνη της.⁴⁹

Η πιο πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση που αφορά την χρήση της υπερηχογραφίας στα παιδιά καταλήγει ότι, η χρήση της υπερηχογραφίας στην εφαρμογή κεντρικών και περιφερικών αποκλεισμών στα παιδιά έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως: αυξάνει την ακρίβεια στην περιοχική αναισθησία, αυξάνει το ποσοστό επιτυχίας του αποκλεισμού, επιτρέπει την γρήγορη έναρξη και την μεγαλύτερη διάρκεια του αποκλεισμού και μειώνει το ποσό του τοπικού αναισθητικού που χορηγείται μειώνοντας έτσι την πιθανότητα πρόκλησης ανεπιθύμητων ενεργειών των τοπικών αναισθητικών.⁵⁹

Η έντονη και μακρά συζήτηση του κατά πόσον ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος και γενικότερα η περιοχική αναισθησία στα παιδιά θα πρέπει να επιτελείται υπό γενική αναισθησία ή βαθειά καταστολή, απασχόλησε αρκετά τους παιδοαναισθησιολόγους.⁶⁰ Μετά από την δημοσίευση το 2010 της Γαλλικής Εταιρείας Παιδιατρικής Αναισθησίας (ADARPEF-French Language Society of Paediatric Anaesthesia)⁶¹ και λίγα χρόνια αργότερα, το 2014, τις πληροφορίες της Paediatric Regional Anesthesia Network (PRAN),⁶² εξάγεται το συμπέρασμα ότι η εκτέλεση περιοχικής αναισθησίας σε παιδιά υπό γενική αναισθησία ή υπό βαθειά καταστολή ενέχει ένα πολύ χαμηλό ποσοστό κινδύνου για μετεγχειρητικές νευρολογικές επιπλοκές. Επίσης, οι δημοσιευμένες κατευθυντήριες οδηγίες το 2017 από την Ευρωπαϊκή (ESRA) και την Αμερικανική Εταιρεία Περιοχικής Αναισθησίας (ASRA), όσον αφορά την ασφαλή εκτέλεση της παιδιατρικής περιοχικής αναισθησίας, καταλήγουν ότι υπάρχει σαφής σύσταση οι περιφερικοί αποκλεισμοί άνω και κάτω άκρων στα παιδιά όλων των ηλικιών να εφαρμόζονται υπό γενική αναισθησία ή βαθειά καταστολή.²¹ Επιπλέον, η τελευταία δημοσίευση από την Paediatric Regional Anesthesia Network (PRAN) το 2018,²⁸ που αφορούσε πάνω από 100.000 περιοχικούς νευρικούς αποκλεισμούς, έδειξε επίσης ότι η περιοχική αναισθησία στα παιδιά έχει ένα αποδεχτό επίπεδο ασφάλειας συγκρίσιμο με εκείνο των ενηλίκων. Η μελέτη καταλήγει στο σαφές συμπέρασμα ότι η υπερηχογραφική εκτέλεση της περιοχικής αναισθησίας στα παιδιά σταδιακά αντικαθιστά την νευροδιέγερση και ότι η πλειονότητα των περιοχικών αποκλεισμών θα πρέπει να γίνεται υπό γενική αναισθησία. Οι Roberts et al⁶³ συμφωνούν επίσης ότι σε παιδιά η περιοχική αναισθησία πρέπει να εφαρμόζεται υπό γενική αναισθησία ή βαθειά καταστολή. Ένα παιδί που είναι ξύπνιο κατά τη διάρκεια της επιτέλεσης του αποκλεισμού και φοβάται, δεν αναμένεται να συνεργαστεί ή να εκφράσει ότι δεν

αισθάνεται καλά κατά την διάρκεια του αποκλεισμού, στοιχεία που υποδηλώνουν νευρολογική βλάβη ή εκδήλωση συνδρόμου συστηματικής τοξικότητας των τοπικών αναισθητικών. Αντίθετα, οποιαδήποτε ακούσια κίνηση του παιδιού κατά την διάρκεια της τεχνικής, μπορεί να αποβεί επικίνδυνη, ακόμη και μοιραία.

Με βάση τα παραπάνω, ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος είναι απόλυτα ασφαλής να εφαρμόζεται υπό γενική αναισθησία ή καταστολή στα παιδιά, επομένως, το επίπεδο της καταστολής εξαρτάται από την συγκεκριμένη χειρουργική επέμβαση και το εύρος της περιοχής που πρέπει να αποκλειστεί, τις ανάγκες του συγκεκριμένου παιδιού και κυρίως, την εμπειρία του αναισθησιολόγου που εκτελεί την τεχνική³¹. Από την άλλη, τα ώριμα συνεργάσιμα παιδιά που υποβάλλονται σε μικρής διάρκειας χειρουργικές επεμβάσεις των άνω άκρων μπορεί να παραμείνουν ξυπνητά, όταν εφαρμόζεται αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος.⁸

Από την στιγμή που προτείνεται κάποιο επίπεδο καταστολής για την εκτέλεση του αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά, τότε σημαντικό θέμα αποτελεί και οι ώρες προεγχειρητικής νηστείας, με βάση τις κατευθυντήριες οδηγίες (6 ώρες για στερεά τροφή και ξένο γάλα, 4 ώρες για θηλασμό και 1-2 ώρες για καθαρά υγρά). Είναι αποδεδειγμένο ότι σε τραυματισμένα παιδιά που πονάνε, το στομάχι δεν είναι ποτέ άδειο^{64,65,66}, επομένως, η διαχείριση ενός παιδιού με γεμάτο στομάχι σε επείγοντα περιστατικά είναι άλλο ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να χειριστεί ο παιδοαναισθησιολόγος που εκτελεί την περιοχική αναισθησία.⁸ Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση να μειωθούν οι ώρες προεγχειρητικής νηστείας στα παιδιά. Πρόσφατα, οι Anderson et al⁶⁷, αμφισβητούν τις κατευθυντήριες οδηγίες για τις ώρες προεγχειρητικής νηστείας και υποστηρίζουν ότι τα παιδιά πρέπει να καταναλώνουν ένα ελαφρύ πρωινό πριν την γενική αναισθησία. Είναι ενδιαφέρον να δούμε την εξέλιξη της παρατήρησης αυτής, σε συνδυασμό με την εκτέλεση αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος σε παιδιά ξυπνητά ή υπό ελαφρά καταστολή, στην βιβλιογραφία τα επόμενα χρόνια. Επισημαίνεται όμως ότι, στα παιδιά που πρόκειται να υποβληθούν σε προγραμματισμένες επεμβάσεις, οι ώρες προεγχειρητικής νηστείας θα πρέπει να τηρούνται ανεξάρτητα του είδους της αναισθησίας που πρόκειται να εφαρμοσθεί.

Απόλυτες αντενδείξεις για την εφαρμογή του αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος αποτελούν η άρνηση από τους γονείς ή το ίδιο το παιδί-ασθενή, η

αλλεργία στα τοπικά αναισθητικά ή τα έκδοχά τους και η λοίμωξη στο σημείο εισόδου της βελόνας.³ Οι σχετικές αντενδείξεις περιλαμβάνουν τη γενικευμένη σήψη, την επηρεασμένη πηκτικότητα, την επιδεινούμενη νευρολογική πάθηση και την βλάβη νεύρου στην επικείμενη περιοχή.⁸

Τα νεογνά και τα βρέφη έχουν ανατομικές και φυσιολογικές διαφορές σε όλα τα συστήματά τους, αλλά και διαφορές στην φαρμακοκινητική και φαρμακοδυναμική σε σχέση με τα μεγαλύτερα παιδιά και τους ενήλικες.¹⁹ Όσον αφορά το αναπτυσσόμενο νευρικό σύστημα στα νεογνά και τα βρέφη, τα νεύρα, οι φλέβες και οι τένοντες είναι μικρότερα, είναι πολύ επιφανειακά, έχουν λιγότερο λιπώδη ιστό και βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο. Αυτό ενέχει τον κίνδυνο για τραυματισμό των νεύρων και των δομών γύρω από τα νεύρα-στόχους, όταν εφαρμόζεται περιοχική αναισθησία. Η υπερηχογραφική καθοδήγηση βοηθάει την προώθηση της βελόνας με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια και αποφυγή τραυματισμών. Επιπλέον, το ενδονεύριο έχει λιγότερο συνδετικό ιστό, τα νεύρα έχουν μικρότερη διάμετρο με μη ολοκληρωμένο έλυτρο μυελίνης, ενώ η πλήρης μυελινοποίηση ολοκληρώνεται μετά από αρκετά χρόνια. Οι διαφορές στην ανατομία και την φυσιολογία των νεύρων στα νεογνά έχουν σαν αποτέλεσμα την ταχύτερη έναρξη τόσο του αισθητικού όσο και του κινητικού αποκλεισμού συγκριτικά με τους ενήλικες και ενέχουν τον κίνδυνο για παρατεταμένο κινητικό αποκλεισμό ακόμα και με χαμηλές συγκεντρώσεις τοπικού αναισθητικού.

Πέρα από τις επιπλοκές που αναφέρθηκαν στο ειδικό μέρος όσον αφορά τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά (πνευμοθώρακας, πάρεση φρενικού νεύρου, τρώση αγγείων), η βλάβη των νεύρων της περιοχής αποτελεί μία δυνητική σοβαρή βλάβη και αφορά όλους τους περιφερικούς και κεντρικούς αποκλεισμούς. Στους ενήλικες, ο κίνδυνος για μόνιμη νευρολογική βλάβη έχει βρεθεί να είναι 2-4:10000 για τους περιφερικούς αποκλεισμούς και 1-2:10000 για τους κεντρικούς αποκλεισμούς, αντίστοιχα.⁶⁸ Αντίθετα, οι σοβαρές ανεπιθύμητες νευρολογικές βλάβες μετά από περιοχική αναισθησία στα παιδιά είναι εξαιρετικά σπάνιες. Η Γαλλική Εταιρεία Παιδιατρικής Αναισθησίας (French- Language Society of Paediatric Anaesthesiologists ADARPEF) μετά από δύο ελέγχους ποιότητας (audit) με μεγάλο αριθμό περιστατικών, μία το 1996³⁷ και την επόμενη 15 χρόνια αργότερα, το 2010⁶¹, αναφέρει έναν αριθμό επιπλοκών εξαιρετικά χαμηλό (0.12%, 95% confidence interval CI : 0.09-0). Συγκεκριμένα, στην μελέτη της ADARPEF το

2010 καταγράφηκε μόνο μία περίπτωση με νευρολογικό έλλειμμα και αυτό αποδόθηκε σε λάθος προγραμματισμό της αντλίας συνεχούς έγχυσης.

Ανάλογο εξαιρετικά χαμηλό ποσοστό επιπλοκών προκύπτει και από τις αναλύσεις που προέρχονται από την Paediatric Regional Anesthesia Network (PRAN): η πρώτη το 2012²⁹, η δεύτερη το 2014³¹ και η τρίτη το 2018²⁸. Η ανάλυση των Walker et al²⁸ το 2018, αφορούσε 100.000 περιφερικούς και κεντρικούς νευρικούς αποκλεισμούς στα παιδιά. Παροδικά νευρολογικά ελλείμματα καταγράφηκαν μόνο σε 25 περιπτώσεις (2.4 στις 10000, 95% CI:1.6-3.6), κανένα όμως από αυτά δεν κατέληξε σε μόνιμη αναπηρία. Τα νευρολογικά ελλείμματα φαίνεται ότι πιθανά σχετίζονται με την ηλικία του παιδιού, επειδή δεν εμφανίστηκαν σε παιδιά ηλικίας κάτω των 2 ετών και γιατί κυρίως αφορούσαν παιδιά ηλικίας άνω των 10 ετών (πίνακας 7). Η εξήγηση που δίνουν οι συγγραφείς για αυτό είναι ότι πιθανά τα μικρότερα παιδιά μπορεί να έχουν την ικανότητα να ανανήπτουν πλήρως μετά από περιφερικές βλάβες νεύρων σε σχέση με τα μεγαλύτερα παιδιά και τους ενήλικες.⁶⁹ Οι πιο συχνές επιπλοκές που παρατηρήθηκαν (σε ποσοστό 4%) ήταν οι επιπλοκές που σχετίζονταν με τους καθετήρες (π.χ. αποσύνδεση, απόφραξη, μετακίνηση κ.λπ.), οι οποίες ήταν συχνότερες σε παιδιά ηλικίας κάτω των τριών ετών. Οι Walker et al²⁸ επιβεβαίωσαν την ασφάλεια εκτέλεσης της περιοχικής αναισθησίας στα παιδιά υπό γενική αναισθησία που είναι σύμφωνη με τις κατευθυντήριες οδηγίες της Ευρωπαϊκής και Αμερικανικής Εταιρείας Περιοχικής Αναισθησίας (ESRA/ASRA) στα παιδιά το 2015.⁷⁰ Μάλιστα, διευκρινίζουν ότι παρατηρήθηκε μεγαλύτερος κίνδυνος για εμφάνιση συστηματικής τοξικότητας από τοπικά αναισθητικά (LAST) και νευρολογικών επιπλοκών, όταν η περιοχική αναισθησία εφαρμοζόταν σε ξύπνια παιδιά ή παιδιά υπό ελαφρά καταστολή. Βέβαια, στην πλειονότητα (80%) τα παιδιά αυτά ήταν ηλικίας 10 ετών ή μεγαλύτερα, δεδομένου ότι αυτή η ηλικία κρίθηκε κατάλληλη όσον αφορά την συνεργασία του παιδιού με τον αναισθησιολόγο για την εκτέλεση της περιοχικής χωρίς συνοδό γενική αναισθησία. Εντούτοις, οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι, επειδή το δείγμα των παιδιών αυτών ήταν μικρό, το εύρημα αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί στατιστικά σημαντικό.

Neurologic Complications by Age Group (N = 104,393 Blocks)

Age Group	Cases	Blocks	Incidence	95% CI
Neonate	0	1,058	0:10,000	0–43.7
1–5 months	0	8,465	0:10,000	0–5.5
6–11 months	0	13,505	0:10,000	0–3.4
1–2 yr	0	18,751	0:10,000	0.02–4
3–9 yr	3	25,742	1.2:10,000	0.2–3.6
≥10 yr	27	36,872	7.3:10,000*	5–10.7

*P < 0.01. Cases total more than 25 because 4 patients received multiple blocks (3 patients received 2 blocks, and 1 patient received 3 blocks).

Πίνακας 7: Νευρολογικές επιπλοκές που παρατηρήθηκαν σε σχέση με την ηλικία του παιδιού. (Πηγή: Walker BJ, Long J, Madhankumar S et al. Complications in pediatric regional anesthesia: an analysis of more than 100,000 blocks from the Pediatric Regional Anaesthesia Network (PRAN). *Anesthesiology* 2018;129:721-32).

Επίσης, στην μετα-ανάλυση των Walker et al καταγράφηκε ένα μικρό ποσοστό λοιμώξεων στο δέρμα.²⁸ Οι λοιμώξεις στο δέρμα ήταν ήπιες και δεν υπήρξε ανάγκη για χορήγηση αντιβιοτικής θεραπείας. Στη μελέτη αυτή βρέθηκε ότι το ποσοστό λοίμωξης ήταν μεγαλύτερο με τους κεντρικούς καθετήρες σε σχέση με τους περιφερικούς καθετήρες, ενώ ο κίνδυνος λοίμωξης δεν σχετιζόταν τόσο με το επίπεδο εισαγωγής του καθετήρα, αλλά φαινόταν να συνδέεται κυρίως με την χρονική διάρκεια παραμονής του καθετήρα.

Ο προβληματισμός του κατά πόσον ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος σε κατάγματα άνω άκρων μπορεί να επικαλύψει την εκδήλωση του έντονου πόνου από ισχαιμία σε σύνδρομο διαμερίσματος, προκάλεσε σημαντική ανησυχία όσον αφορά την εφαρμογή των αποκλεισμών αυτών στο παρελθόν.^{21,19, 71} Η απότομη αύξηση της πίεσης μέσα στο περιτοναϊκό διαμέρισμα, συνήθως μετά από κάταγμα, τραύμα ή ισχαιμικό αγγειακό επεισόδιο προκαλεί το Σύνδρομο Οξέος Διαμερίσματος. Η διάταση των μαλακών ιστών σε ένα χώρο που δεν μπορεί να διαταθεί, προκαλεί ισχαιμία με αρχικά συμπτώματα δυσλειτουργίας (αισθητικά και κινητικά). Αν δεν γίνει έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία, οδηγεί σε νεκρωτική βλάβη νεύρων και μυών. Πίεση μεγαλύτερη των 30mmHg μέσα στο περιτοναϊκό διαμέρισμα θεωρείται ότι είναι οριακή για πρόκληση ισχαιμίας και πρέπει να γίνει άμεσα παρέμβαση. Στα παιδιά έχουν αναφερθεί πολύ λίγες περιπτώσεις στην βιβλιογραφία συνδρόμου οξέος

διαμερίσματος και σε καμία περίπτωση δεν αποδεικνύεται άμεση συσχέτιση της περιοχικής αναισθησίας με καθυστέρηση διάγνωσης του συνδρόμου οξέος διαμερίσματος. Οι εταιρείες Περιοχικής Αναισθησίας Ευρώπης και Αμερικής (ESRA/ASRA committee) το 2017 ²¹ αναφέρουν ότι κοινά συμπτώματα Συνδρόμου Οξέος Διαμερίσματος τόσο στα άνω όσο και στα κάτω άκρα αποτελούν η συνεχόμενη αύξηση της έντασης του πόνου παράλληλα με την αύξηση της ανάγκης για αναλγητική θεραπεία και το οίδημα της περιοχής. Καταλήγουν ότι μέχρι τώρα δεν υπάρχει αποδεδειγμένη συσχέτιση της περιοχικής αναισθησίας με την καθυστέρηση στη διάγνωση του Συνδρόμου. Οι οδηγίες-συστάσεις που προτείνουν για την έγκαιρη διάγνωση του Συνδρόμου Οξέος Διαμερίσματος, όταν εφαρμόζεται αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά, περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- ✓ Η συγκέντρωση του τοπικού αναισθητικού (βουπιβακαΐνη, λεβοβουπιβακαΐνη, ροπιβακαΐνη), όταν χορηγείται σε μία μόνη εφάπαξ δόση, πρέπει να είναι 0.1-0.25%. Έτσι, υπάρχει μικρότερη πιθανότητα να καλυφθεί ο ισχαιμικός πόνος ή να προκληθεί μυϊκή αδυναμία.
- ✓ Όταν τα τοπικά αναισθητικά χορηγούνται σε συνεχή έγχυση, η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση του τοπικού αναισθητικού είναι 0.1%.
- ✓ Η χρήση των επικουρικών φαρμάκων πρέπει να γίνεται με προσοχή, γιατί αυξάνουν την διάρκεια και την ισχύ του αποκλεισμού και μπορεί να επικαλύψουν τα συμπτώματα του Συνδρόμου Οξέος Διαμερίσματος.
- ✓ Οι παιδιατρικοί ασθενείς ψηλού κινδύνου πρέπει να έχουν συχνή παρακολούθηση από τις ομάδες οξέος πόνου, έτσι ώστε να αναγνωρίζονται έγκαιρα τα σημεία και συμπτώματα του Συνδρόμου Οξέος Διαμερίσματος.
- ✓ Όταν τίθεται υποψία για Σύνδρομο Οξέος Διαμερίσματος, άμεσα πρέπει να γίνεται μέτρηση της πίεσης, ώστε να προχωρήσει άμεσα και η αντιμετώπιση.

Εν κατακλείδι, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι κάθε παιδί αποτελεί μια ξεχωριστή προσωπικότητα και ότι χρειάζεται εξατομικευμένη προσέγγιση και αντιμετώπιση. Η περιεγχειρητική αναισθησιολογική διαχείριση του παιδιατρικού ασθενούς όσον αφορά την εφαρμογή της περιοχικής αναισθησιολογικής τεχνικής είναι εξίσου σημαντική όσο και η επιτέλεση της τεχνικής αυτής καθ' εαυτής.⁴ Το

πρώτο και πιο σημαντικό βήμα της σωστής διαχείρισης αποτελεί η ενημέρωση και η συζήτηση με τους γονείς και το ίδιο το παιδί και η λήψη της έγγραφης συγκατάθεσης. Η συζήτηση αφορά την επεξήγηση της τεχνικής του αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος, τα οφέλη και τα πλεονεκτήματα, αλλά και τις πιο συχνές επιπτώσεις, επιθυμητές ή μη, όπως μούδιασμα στην περιοχή, αισθητικός αποκλεισμός σε διαφορετικά επίπεδα και πιθανός κινητικός αποκλεισμός για αρκετές ώρες μετά το τέλος της χειρουργικής επέμβασης.^{3,4} Επίσης, θα συζητηθεί και το κατά πόσον η τεχνική θα εφαρμοσθεί με το παιδί ξυπνητό ή υπό καταστολή ή γενική αναισθησία. Σημειωτέον, στην περίπτωση που κρίνεται ότι ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος πρόκειται να εφαρμοσθεί με το παιδί ξυπνητό, θα πρέπει να δίνεται η πληροφορία ότι ενέχεται και η πιθανότητα μετατροπής σε γενική αναισθησία.

Συμπερασματικά, η χρήση της υπερηχογραφίας, η επιλογή της κατάλληλης κατά περίπτωση προσπέλασης, ο εξατομικευμένος υπολογισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης δόσης και συγκέντρωσης των τοπικών αναισθητικών, το κατάλληλο διεγχειρητικό monitoring, η στενή μετεγχειρητική παρακολούθηση των παιδιών για την αξιολόγηση τόσο της επαρκούς αντιμετώπισης του μετεγχειρητικού τους πόνου όσο και για την αναγνώριση πιθανών επιπλοκών, καθώς και η συνεχής, συνεχιζόμενη εκπαίδευση και εφαρμογή στην κλινική πρακτική αποτελούν τους βασικούς πυλώνες για την αποτελεσματική και ασφαλή εφαρμογή του αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά.

Z. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Ο αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος έχει εξελιχθεί ραγδαία με το πέρασμα του χρόνου έτσι ώστε σήμερα να έχει καθιερωθεί σαν μια ασφαλής και αποτελεσματική τεχνική για την αντιμετώπιση του διεγχειρητικού πόνου σε κακώσεις και βλάβες των άνω άκρων στα παιδιά. Στο μέλλον θα ήταν ενδιαφέρον να δούμε την εφαρμογή του αποκλεισμού σε τμήματα επειγόντων περιστατικών και ιατρεία χρόνιου πόνου, αλλά και σε Παιδιατρικά Προγράμματα ERAS (Enhanced Recovery after Surgery). Ίσως με την ανακάλυψη καινούριων τοπικών αναισθητικών μακράς διάρκειας, την χρήση ασφαλών επικουρικών φαρμάκων και την ευρεία χρήση των καθετήρων συνεχούς έγχυσης στον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά να καταστεί στο μέλλον εφικτή η ταχεία έξοδος των παιδιατρικών ασθενών από το νοσοκομείο με στόχο την επιτυχή αντιμετώπιση του πόνου στο σπίτι.^{19,71}

Απαραίτητο εργαλείο για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος αποτελεί πλέον η υπερηχογραφική καθοδήγηση. Μπορεί να επιτελεστεί και σε συνδυασμό με νευροδιέγερση. Αυτό κυρίως εξαρτάται από την εμπειρία του παιδοαναισθησιολόγου, το είδος της βλάβης και αν το παιδί είναι ξυπνητό ή υπό γενική αναισθησία κατά την εκτέλεση του αποκλεισμού. Η γνώση της υπερηχογραφίας είναι γνώση που αποκτάται με κόπο. Χρειάζεται θεωρητική γνώση, γνώση του μηχανήματος των υπερήχων, καλή αντίληψη της ανατομίας και φυσιολογίας των παιδιών, αλλά και εξάσκηση όπως και πρακτικές δεξιότητες.¹⁷ Επίσης ο παιδοαναισθησιολόγος που ασχολείται με την περιοχική αναισθησία χρειάζεται να είναι ενήμερος για όλες τις πρόσφατες κατευθυντήριες οδηγίες που αφορούν την χρήση της υπερηχογραφίας, τα τοπικά αναισθητικά και τα συνοδά φάρμακα για τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος στα παιδιά.^{18,21}

Με εφόδια την θεωρητική γνώση και την πρακτική εξάσκηση, αλλά και την συνεχή ενημέρωση ο παιδοαναισθησιολόγος μπορεί να εφαρμόσει με ασφάλεια τον αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος για την επιτυχή αντιμετώπιση του πόνου από τραυματικές ή άλλες βλάβες των άνω άκρων στα παιδιά.

ΣΤ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. G.A.Small. Brachial Plexus Block Anesthesia in Children. JAMA 1951. 147(17): 1648-1651.
- 2 Dalens B. Regional anesthesia in children. Anesth. Analg 1989;68:654-72.
3. F.Merella and V.Mossetti. Ultrasound –guided upper and lower extremity nerve blocks in children. B J Anesth 2020; 20:42-50.
4. Marhofer P, Willschke H, Kettner SC. Ultrasound-guided upper extremity blocks- tips and tricks to improve the clinical practice. Paediatr Anaesth 2012; 22: 65-71.
5. Mian A., Chaudhry I., Huang R., Rizk E., Tubbs R., Loukas M. Brachial Plexus Anesthesia: A Review of the Relevant Anatomy, Complications, and Anatomical Variations. Clin Anatomy 2014; 27:210-221.
6. S.Kapral, P.Krafft, K. Eibenberger, R.Fitzgerald, M.Gosh, and C.Weinstabl. Ultrasound –guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. Anesth and Analg 1994;78:507-513.
- 7.Bosenberg A. Regional anaesthesia in children: un update. South Afr J Anaesth Analg 2013;19:282-8.
8. Zadrazil M, Opfermann P, Marhofer P et al. Brachial plexus block with ultrasound guidance for upper-limb trauma surgery in children: a retrospective cohort study of 565 cases. B J Anesth 2020; 125:104-109.
- 9.Marhofer P, Sitzwohl C, Greher M et al. Ultrasound guidance for infraclavicular brachial plexus anaesthesia in children. Anaesthesia 2004; 59: 642-6.
- 10.Leinberry CF, Wehbé MA. Brachial plexus anatomy. Hand Clin 2004;20:1-5.
- 11.Wade RG, Bligh ER, Nar K, Stone RS, Roberts DJ, Teh I, et al. The Geometry of the roots of the Brachial Plexus. J Anat 2020;237:999-1005.

- 12.Hyodoh K, Hyodoh H, Akiba H, Tamakawa M, Nakamura N, Yama N, et al. Brachial plexus: normal anatomy and pathological conditions. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2002;31:179-88.
- 13.Bowen BC, Pattany PM, Saraf-Lavi E, Maravilla KR. The brachial plexus: normal anatomy, pathology, and MR imaging. *Neuroimaging Clin N Am* 2004;14:59-85.
14. Orebaugh SL, Williams BA. Brachial plexus anatomy: normal and variant. *Scientific World Journal* 2009; 28:300-12.
- 15.De Jose Maria B, Banus E, Navarro Egea M, Serrano S, Perello M, Mabrok M. Ultrasound-guided supraclavicular vs infraclavicular brachial plexus blocks in children. *Paediatr Anaesth* 2008; 18: 838-44.
- 16.Matsota P, Paraskevopoulos T, Kalimeris K et al. Ultrasound imaging of the musculocutaneous nerve of infants, preschool children, and school children. *J Anesth* 2015;29:790-3.
- 17.Ponde V. Recent trends in paediatric regional anaesthesia. *Indian J Anaesth* 2019;63:746-53.
- 18.Suresh S, Ecoffey C, Bosenberg A et al. The European society of regional anaesthesia and pain therapy/American society of regional anesthesia and pain medicine recommendations on local anesthetics and adjuvants dosage in pediatric regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43: 211-6.
- 19.Merella F. , Ganchi-Murali N., Mossetti V. General principles of regional anaesthesia in children. *BJA Education* 2019;19:342-348.
- 20.Lonnqvist PA. Adjuncts should always be used in pediatric regional anesthesia. *Paediatr Anaesth* 2015;25:100-106.
- 21.Lonnqvist PA, Ecoffey C, Bosenberg A, Suresh S, Ivani G. The European Society of Regional Anesthesia and Pain Therapy (ESRA) and the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine (ASRA) joint committee practice advisory on

controversial topics in pediatric regional anesthesia I and II: what do they tell us? *Curr Opin Anaesthesiol* 2017; 30:613-20.

22.Lundblad M, Trifa M, Kaabachi O et al. Alpha-2 adrenoceptor agonists as adjuncts to peripheral nerve blocks in children: a meta-Analysis. *Paediatr Anaesth* 2016; 26:232-8.

23.Cucchiaro G, Craig K, Marks K, Cooley K, Cox TKB, Schwartz J. Short- and long-term results of an inpatient programme to manage complex regional pain syndrome in children and adolescents. *Br J Pain* 2017; 11: 87-96.

24.Walker BJ, Long JB, De Oliveira GS et al. Peripheral nerve catheters in children: an analysis of safety and practice patterns from the Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN). *Br J Anaesth* 2015; 115: 457-62.

25.Gurnaney H, Kraemer FW, Maxwell L, Muhly WT, Schleele L, Ganesh A. Ambulatory continuous peripheral nerve blocks in children and adolescents: a longitudinal 8-year single center study. *Anesth Analg*. 2014;118:621–7.

26.Gurnaney H, Muhly WT, Kraemer FW, Cucchiaro G, Ganesh A. Safety of pediatric continuous interscalene block catheters placed under general anesthesia: a single center's experience. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2015;59:377–83.

27.Morgan J, Checketts M, Arana A et al. Prevention of perioperative venous thromboembolism in paediatric patients. *Paediatr Anaesth* 2018; 28: 382-91.

28.Walker BJ, Long J, Madhankumar S et al. Complications in pediatric regional anesthesia: an analysis of more than 100,000 blocks from the Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN). *Anesthesiology* 2018;129:721-32.

29.Polaner D, Taenzer A, Walker BJ et al. Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN): a multi-institutional study of the use and incidence of complications of pediatric regional anesthesia. *Anesth Analg* 2012;115: 1353-64.

30.Lonnqvist PA. Toxicity of local anesthetic drugs: A pediatric perspective. *Paediatr Anaesth* 2012;22:39-43.

31. Taenzer A, Walker BJ, Bosenberg AT, et al. Interscalene brachial plexus blocks under general anesthesia in children: is this safe practice?: a report from the Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN). *Reg Anesth Pain Med* 2014;39:502-5.
32. Neal JM, Barrington MJ, Fettiplace MR, Gitman M, Memtsoudis SG, Mörwald EE, Rubin DS, Weinberg G: The Third American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine practice advisory on local anesthetic systemic toxicity: Executive summary 2017. *Reg Anesth Pain Med* 2018; 43:113–23
33. Fettiplace MR, Weinberg G. The mechanisms underlying lipid resuscitation therapy. *Reg Anesth Pain Med* 2018; 43:138-49.
34. Society for Pediatric Anesthesia. Pedi crisis checklist 2018. Available from: <https://www.pedsanesthesia.org/wpcontent/uploads/2018/11/SPAPediCrisisChecklistsNov2018.pdf>.
35. Hirschel G. Die Anesthesierung des plexus brachialis bei operationen an der oberen extremitat. *Munchener Medizinische Wochenschrift* 1911; 58: 1555–1556.
36. Arthur DS, McNicol LR. Local anaesthetic techniques in pediatric surgery. *Br J Anaesth* 1986; 58: 760–778.
37. Giaufre E, Dalens B, Gombert A. Epidemiology and morbidity of regional anesthesia in children: a one-year prospective survey of the French-Language Society of Pediatric Anesthesiologists (**ADARPEF**). *Anesth Analg* 1996; 83: 904-12.
38. Tuominen MK, Pitkanen MT, Numminen MK et al. Quality of axillary brachial plexus block. *Anaesthesia* 1987; 42: 20–22.
39. Fassetta G, Borrelli A, Spadotto E, Salmoiraghi L. Block of the brachial plexus via the axilla with nerve stimulation in children. *Minerva Anesthesiol.* 1991 Sep;57(9):510-1.
40. Tissot M, Lassaune F, Arbez-Gindre F, Barale F. Brachial plexus block by infraclavicular approach in children. Value of a nerve stimulator? Apropos of 20 cases. *Agressologie.* 1991;32(1):86-7.

- 41.Fisher WJ, Bingham RM, Hall R. Axillary brachial plexus block for perioperative analgesia in 250 children. *Paediatr Anaesth* 1999; 9: 435-8.
- 42.Pande R, Pande M, Bhadani U, Pandey CK, Bhattacharya A. Supraclavicular brachial plexus block as a sole anaesthetic technique in children: an analysis of 200 cases. *Anaesthesia* 2000; 55: 798-802.
- 43.Altınay M., Turk H., Ediz N., Talmac M., Oba S. Our Ultrasound Guided Brachial Plexus Block Experiences for Upper Extremity Surgeries in Pediatric Patients. *Med Bull Sisli Etfal Hosp* 2020;54(2):231-235.
- 44.Englbrecht JS, Langer M, Hahnenkamp K, Ellger B. Ultrasound-guided axillary plexus block in a child with dystrophic epidermolysis bullosa.. *Anaesth Intensive Care*. 2010;38:1101-5.
- 45.Dadure C, Veyckemans F, Bringuier S, Habre W. Epidemiology of regional anesthesia in children: lessons learned from the European Multi-Institutional Study APRICOT. *Paediatr Anaesth* 2019; 29: 1128-35.
- 46.Karmakar MK, Sala-Blanch X, Songthamwat B, Tsui BC. Benefits of the costoclavicular space for ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: description of a costoclavicular approach. *Reg Anesth Pain Med* 2015;40:287–8.
- 47.Yayık AM, Cesur S, Oztürk F, Celik EC, Ahiskalioglu A. Ultrasound guided costoclavicular approach to brachial plexus: first pediatric report. *J Clin Anesth* 2019;55:136–7.
- 48.Carioca F, Silva M, Bispo C, Mafra J, Cenicante. Costoclavicular brachial plexus block in paediatric anaesthesia: A retrospective pilot study. *J Clin Anesth*. 2021;69:110113.
- 49.Bosenberg A. Benefits of regional anaesthesia in children. *Paediatr Anaesth*. 2012;22:10-8.

50. Bosenberg A. Regional anaesthesia in children: an update. *South Afr J Anaesth Analg* 2013;19:282-8.
51. Gerrard C., Roberts S. Review article. Ultrasound-Guided Regional Anaesthesia in the Paediatric Population. International Scholarly Research Network. *Anesthesiology* 2012;31:1-7
52. De Windt AC, Asehnoune K, Roquilly A et al. An opioid- free anaesthetic using nerve blocks enhances rapid recovery after minor hand surgery in children. *Eur J Anaesthesiol* 2010;27:521-5.
53. Suresh S, Schaldenbrand K, Wallis B, De Oliveira Jr GS. Regional anaesthesia to improve pain outcomes in paediatric surgical patients: a qualitative systematic review of randomized controlled trials. *Br J Anaesth* 2014; 113:375-90
54. Kovac A.L. Postoperative nausea and vomiting in Pediatric Patients. Review 2020. *Pediatric Drugs*. doi:10.1007/s40272-020-00424-0.
55. Ferland CE, Vega E, Ingelmo PM. Acute pain management in children: challenges and recent improvements. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2018;31:327–32.
56. Batoz H, Semjen F, Bordes-Demolis M, Benard A, Nouette-Gaulain K. Chronic postsurgical pain in children: prevalence and risk factors. A prospective observational study. *Br J Anaesth* 2016; 117: 489-96..
57. Gottschalk A, Raja SN. Severing the link between acute and chronic pain: the anesthesiologist's role in preventive medicine. *Anesthesiology* 2004; 101: 1063-5.
58. Voscopoulos C, Lema M. When does acute pain become chronic. *Br J Anaesth* 2010; 105:69-85.
59. Guay J, Suresh S, Kopp S. The use of ultrasound guidance for perioperative neuraxial and peripheral nerve blocks in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;2:CD011436. doi:10.1002/14651858.CD011436.pub2.

60. Per-Arne Lonnqvist. Asleep or awake: is paediatric regional anaesthesia without general anaesthesia possible? *B J Anaesth* 2020; 125:115-117.
61. Ecoffey C, Lacroix F, Giaufre E, Orliaguet G, Courreges P. Association des Anesthésistes Réanimateurs Pédiatriques d'Expression Française (ADARPEF). Epidemiology and morbidity of regional anesthesia in children: a follow-up one-year prospective survey of the French-Language Society of Paediatric Anaesthesiologists (ADARPEF). *Paediatr Anaesth* 2010; 20: 1061-9.
62. Taenzer AH, Walker BJ, Bosenberg AT, et al. Asleep versus awake: Does it matter? pediatric regional block complications by patient state: a report from the Pediatric Regional Anesthesia Network (**PRAN**). *Reg Anesth Pain Med* 2014;39: 279-83.
63. Roberts F, Wilson K. Paediatric Regional Block Guidelines; World Anaesthesia Tutorial of the Week. 2019. Available from: www.world-anaesthesia.org.
64. Zaricznyj B, Rockwood CA, O'Donoghue DH, Ridings GR. Relationship between trauma to the extremities and stomach motility. *J Trauma* 1977; 17: 920-30.
65. Kraus GB, Pohl B, Reinhold P. The child with minor trauma. Does observation of fasting times reduce the risk of aspiration? *Anaesthesist* 1996; 45: 420-7.
66. Splinter WM, Schreiner MS. Preoperative fasting in children. *Anesth Analg* 1999; 89: 80-9.
67. Andersson H, Frykholm P. Gastric content assessed with gastric ultrasound in paediatric patients prescribed a light breakfast prior to general anaesthesia: a prospective observational study. *Paediatr Anaesth* 2019; 29: 1173-8.
68. Neal JM, Barrington MJ, Brull R, Hadzic A, Hebl JR, Horlocker TT, Huntoon MA, Kopp SL, Rathmell JP, Watson JC: The second ASRA practice advisory on neurologic complications associated with regional anesthesia and pain medicine: Executive summary 2015. *Reg Anesth Pain Med* 2015;40:401–30.

69. Chemnitz A, Björkman A, Dahlin LB, Rosén B: Functional outcome thirty years after median and ulnar nerve repair in childhood and adolescence. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:329–37.
70. Ivani G, Suresh S, Ecoffey C, Bosenberg A, Lonnqvist PA, Krane E, Veyckemans F, Polaner DM, Van de Velde M, Neal JM: The European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy and the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Joint Committee practice advisory on controversial topics in pediatric regional anesthesia (ESRA/ASRA) *Reg Anesth Pain Med* 2015; 40:526–32.
71. Stein A., Baumgard D., Rio I., Tutiven J. Updates in Paediatric Regional Anesthesia and its Role in the Treatment of Acute Pain in the Ambulatory Setting. *Curr Pain Headache Rep* 2017; 21:11.
72. Ponde VC, Diwan S. Does ultrasound guidance improve the success rate of infraclavicular brachial plexus block when compared with nerve stimulation in children with radial club hands. *Anesth Analg* 2009; 108: 1967-70