



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ

Διευθύντρια: Ελένη Αρναούτογλου

Διδακτορική Διατριβή

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΣΦΥΪΚΟΥ – ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ VS
ΜΗΡΙΑΙΟΥ – ΘΥΡΟΕΙΔΟΥΣ – ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΓΙΑ
ΑΡΘΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΠΟΚΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΞΗΣ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ:
ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ

υπό

ΜΕΤΑΞΙΑ ΜΠΑΡΕΚΑ

Αναισθησιολόγος

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διδακτορικού Διπλώματος

Λάρισα, 2018

© 2018 Μεταξία Μπαρέκα

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής της Σχολής Επιστημών Υγείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 202, παράγραφος 2 του Ν.5343/1932).

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1^{ος} Εξεταστής:** **Γεώργιος Βρετζάκης**
(Επιβλέπων) Αναπληρωτής Καθηγητής Αναισθησιολογίας, Ιατρική Σχολή,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 2^{ος} Εξεταστής:** **Μιχαήλ Χαντές**
Καθηγητής Ορθοπαιδικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- 3^{ος} Εξεταστής:** **Ελένη Αρναούτογλου**
Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας.
- 4^{ος} Εξεταστής:** **Κων/νος Μαλίζος**
Καθηγητής Ορθοπαιδικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- 5^{ος} Εξεταστής:** **Θεόφιλος Καραχάλιος**
Καθηγητής Ορθοπαιδικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 6^{ος} Εξεταστής:** **Σωκράτης Βαρυτιμίδης**
Καθηγητής Ορθοπαιδικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 7^{ος} Εξεταστής:** **Ιωάννης Μπιζάκης**
Καθηγητής ΩΡΛ, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

*«Σα βγεις στον πηγαιμό για την Ιθάκη,
να εύχεται νάναι μακρύς ο δρόμος,
γεμάτος περιπέτειες, γεμάτος γνώσεις.
Τους Λαιστρυγόνες και τους Κύκλωπας,
τον θυμωμένο Ποσειδώνα μη φοβάσαι,
τέτοια στον δρόμο σου ποτέ σου δεν θα βρεις,
αν μόν' η σκέψις σου υψηλή, αν εκλεκτή
συγκίνησις το πνεύμα και το σώμα σου αγγίζει.
Τους Λαιστρυγόνες και τους Κύκλωπας,
τον άγριο Ποσειδώνα δεν θα συναντήσεις,
αν δεν τους κουβανείς μες στην ψυχή σου,
αν η ψυχή σου δεν τους στήνει εμπρός σου.*

*Να εύχεται νάναι μακρύς ο δρόμος.
Πολλά τα καλοκαιρινά πρωιά να είναι
που με τι ευχαρίστησι, με τι χαρά
θα μπαίνεις σε λιμένας πρωτοειδωμένους·
να σταματήσεις σ' εμπορεία Φοινικικά,
και τες καλές πραγμάτειες ν' αποκτήσεις,
σεντέφια και κοράλλια, κεχριμπάρια κ' έβενους,
και ηδονικά μυρωδικά κάθε λογής,
όσο μπορείς πιο άφθονα ηδονικά μυρωδικά·
σε πόλεις Αιγυπτιακές πολλές να πας,
να μάθεις και να μάθεις απ' τους σπουδασμένους.*

*Πάντα στον νου σου νάχεις την Ιθάκη.
Το φθάσιμον εκεί είν' ο προορισμός σου.
Αλλά μη βιάζεις το ταξείδι διόλου.
Καλλίτερα χρόνια πολλά να διαρκέσει·
και γέρος πια ν' αράξεις στο νησί,
πλούσιος με όσα κέρδισες στον δρόμο,
μη προσδοκώντας πλούτη να σε δώσει η Ιθάκη.*

*Η Ιθάκη σ' έδωσε τ' ωραίο ταξείδι.
Χωρίς αυτήν δεν θάβγανες στον δρόμο.
Άλλα δεν έχει να σε δώσει πια.*

*Κι αν πτωχική την βρεις, η Ιθάκη δεν σε γέλασε.
Έτσι σοφός που έγινες, με τόση πείρα,
ήδη θα το κατάλαβες η Ιθάκες τι σημαίνουν.»*

Κ.Π. Καβάφης, 1910

Και πράγματι ο δρόμος για την εκπόνηση αυτής της διαδακτορικής διατριβής ήταν μακρύς, με δυσκολίες, διαστήματα ανάπαυσης στο νησί της Κίρκης, αναποδιές, αλλά και καλή παρέα. Όλα άρχισαν το 2010 με την όμορφη παρέα μας, την κα Σημαιοφορίδου και την κα Ελένη Χατζή. Όλες μαζί ασχοληθήκαμε με ιδιαίτερο ζήλο με τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς στην αναισθησιολογική πράξη, και με την ενασχόληση μας αυτή έπεσε ο σπόρος για την εφαρμογή του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου στα χειρουργεία αρθροσκοπικής αποκατάστασης ρήξης του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου. Πολλοί προβληματισμοί, πολλές οι συζητήσεις. Με ενθουσιασμό και οι τρεις μέναμε απογεύματα ολόκληρα στο νοσοκομείο μελετώντας τη βιβλιογραφία και συζητώντας τη δική μας προσέγγιση. Είχαμε να πούμε κάτι διαφορετικό και με κλινικό αντίκτυπο.

Χρειαζόμασταν όμως καθοδήγηση και αυτή μας την προσέφερε πρόθυμα και αβίαστα ο Αναπληρωτής Καθηγητής Αναισθησιολογίας κος Γιώργος Βρετζάκης. Ο κος Βρετζάκης οργάνωσε την επιστημονική μας σκέψη, σχεδίαζε πάντα τα επόμενα βήματα μας πριν από εμάς, για εμάς. Πίστεψε σε εμένα και μου έδωσε τελικά την ευκαιρία να δοκιμαστώ στα δύσβατα, αλλά συνάμα και όμορφα μετερίζια των επιστημονικών εργασιών. Τίποτα δεν θα είχε ξεκινήσει, αν ο κος Βρετζάκης δεν πίστευε σε αυτό που του παρουσιάσαμε, και αν στη συνέχεια δεν γινόταν καλός δάσκαλος, συνοδοιπόρος, αλλά και φίλος.

Αυτή η διδακτορική διατριβή δεν θα μπορούσε φυσικά να προχωρήσει χωρίς τη συμβολή των ορθοπεδικών. Και με μεγάλη μου χαρά, η Ορθοπεδική Κλινική του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας, αγκάλιασε το εγχείρημα μου και ήταν πολύτιμος αρωγός. Στην αρχή ήμουν πολύ επιφυλακτική και φοβισμένη θα μπορούσα να πω, καθώς οι ίδιοι οι Ορθοπεδικοί μας εφαρμόζουν περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς και έχουν μεγάλη εμπειρία. Παρόλα αυτά προσφέρθηκαν να συμβάλλουν αγόγγυστα σε όλα τα επίπεδα. Είναι λίγα τα λόγια για να εκφράσω τις ευχαριστίες μου ιδιαίτερα στον Καθηγητή Μιχάλη Χαντέ, ο οποίος όχι μόνο πρόσφερε τα μέγιστα στο κλινικό κομμάτι της μελέτης, αλλά συνέβαλε σημαντικά στη συγγραφή και δημοσίευση της κύριας εργασίας της μελέτης. Πραγματικός ακαδημαϊκός δάσκαλος στάθηκε πάντα δίπλα μου, σε όποια δυσκολία και αν συνάντησα.

Και επειδή αναφέρθηκα στους δασκάλους, δεν μπορώ να μην ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου την Καθηγήτρια Ελένη Ασκητοπούλου, η οποία υπήρξε πηγή έμπνευσης και θαυμασμού για την πορεία μου στην αναισθησιολογία. Η κα Ασκητοπούλου με έμαθε να αγαπώ και να τιμώ την αναισθησιολογία, ή καλύτερα την επιστήμη της περιεγχειρητικής ιατρικής όπως αυτή έβλεπε την ειδικότητα της αναισθησιολογίας. Διδάχθηκα περιεγχειρητική ιατρική υψηλών προδιαγραφών, αλλά και πήρα πολύτιμες αρχές, οι οποίες με συντροφεύουν σε όλη μου την επαγγελματική πορεία. Είναι πραγματικά τιμή μου και μεγάλη μου χαρά που είμαι ειδικευόμενη της Καθηγήτριας Ελένης Ασκητοπούλου.

Όμως ο δρόμος για την Ιθάκη δεν περνάει μόνο από τον επαγγελματικό στίβο. Θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που μου στάθηκε σε αυτό το ταξίδι. Το σύζυγο μου, που δεν έπαψε να με ενθαρρύνει, ακόμη και όταν εγώ ήμουν έτοιμη να τα παρατήσω. Και φυσικά τα παιδιά μου, τη Μιχαέλα και το Θησέα, από τα οποία έκλεψα πολύτιμο χρόνο κατά τη συγγραφή της διδακτορικής διατριβής. Τη Μιχαέλα, που ερχόταν για μία αγκαλιά και ένα φιλί στο γραφείο την ώρα που έγραφα, για να μου δώσει δύναμη, όπως λέγαμε οι δυο μας, και το Θησέα, που είναι πολύ μικρός για να καταλάβει γιατί δεν πρέπει να παίζουμε τύμπανα πάνω στο γραφείο με το πληκτρολόγιο της μαμάς.

Άπειρα είναι τα ευχαριστώ που οφείλω και στον «σκληρό πυρήνα» της οικογένειάς μου, όπως χαριτολογώντας λέει ο σύζυγός μου, τη μητέρα μου και την αδερφή μου. Η μητέρα μου ήταν πάντα στο πλευρό μου, ακοίμητη φρουρός κυριολεκτικά, και η οποία συγκεντρώνει όλες τις αρετές μιας «μάνας». Μετά το θάνατο του πατέρα μου, βρέθηκε μόνη, νέα κοπέλα με δύο ανήλικα

κορίτσια και στάθηκε όρθια μόνο και μόνο για να προσφέρει τα μέγιστα σε εμάς. Όρες ώρες νομίζω ότι δεν μπορεί να την περιγράψει κανείς με τίποτα άλλο ή τίποτα λιγότερο από το «μητέρα». Αυτός ο χαρακτηρισμός είναι όλη η ύπαρξη της μητέρας μου, με όλη την τρυφερότητα, τη γλύκα, αλλά και τη σκληρότητα, που μπορεί αυτό να περιλαμβάνει. Αλλά και η αδερφή μου, λόγω της μικρής διαφοράς ηλικίας, που είναι ο άλλος μου εαυτός. Είμαι εγώ σε άλλη έκδοση, είναι όλα αυτά που δεν είμαι και θα ήθελα να είμαι. Θαρρώ ότι είναι το απόλυτο στήριγμα μου, εκεί που όλα καταρρέουν, η αδερφή μου είναι πάντα αυτή που ήρεμα, σιωπηλά με κρατάει στην επιφάνεια.

Το δικό μου ταξίδι για την Ιθάκη όπως ξεκίνησε νωρίς με μία μεγάλη απώλεια. Την απώλεια του πατέρα στα τρυφερά χρόνια της εφηβείας. Ο πατέρας μου ήταν πάντα η αδυναμία μου. Τον λάτρευα. Η χειρότερη τιμωρία που μου επέβαλλε η μαμά ήταν να πει τι έκανα στο μπαμπά. Και αυτό όχι γιατί θα με μάλωνε, όχι κάθε άλλο. Μπορεί να μην έλεγε τίποτα. Αλλά να, δεν άντεχα να δω τα μάτια του στεναχωρημένα εξαιτίας μου. Ο μπαμπάς μου, κατόρθωνε να είναι λογικός και τρυφερός ταυτόχρονα. Με έπαιρνε παντού μαζί του, στη δουλειά στο μαγαζί, στο χωράφι, στη βόλτα. Με έμαθε να οδηγώ μηχανάκι στα 11 μου χρόνια, ενώ η μαμά φώναζε τι πάει και κάνει στο παιδί, και εμείς γελούσαμε μαζί της. Παίζαμε ότι ήθελα και όταν άρχισα να σοβαρεύω κάναμε ατέλειωτες συζητήσεις στις βόλτες μας. Όταν του έλεγα ότι θέλω να γίνω γιατρός, μου έλεγε να το σκεφτώ καλά αυτό που πάω να κάνω. Όχι επειδή δεν πίστευε σε μένα, αντίθετα έλεγε ότι αν θέλω κάτι θα γίνει ακόμη και αν χρειαστεί να γυρίσει ο κόσμος ανάποδα. Όχι, απλά ήθελε μία πιο ξέγνοιαστη ζωή για μένα, πιο ήρεμη. Ήθελε το κορίτσι του να περνάει καλά και να είναι απλά ευτυχισμένη. Για αυτό εξάλλου δούλευε αυτός και η μητέρα μου τόσο σκληρά. Όμως δεν τα υπολόγισε καλά τα πράγματα. Έτσι ξαφνικά ήρθε το ατύχημα, η γη χάθηκε κάτω από τα πόδια μας... Ο μπαμπάς, έτσι ξαφνικά, έτσι άδικα, απλά μετακόμισε στη γειτονιά τον αγγέλων. Έφυγε νωρίς. Πάνω που θα άρχιζαν οι χαρές μας. Ως γεωργός, έφυγε ακριβώς πριν το θέρος. Δεν ήταν εκεί όταν βγήκαν τα αποτελέσματα στις Πανελλήνιες και πέρασε με την πρώτη στην Ιατρική. Δεν ήταν εκεί όταν τελείωσα την Ιατρική Σχολή. Δεν ήταν εκεί όταν τελείωσα την ειδικότητα. Δεν ήταν εκεί όταν παντρεύτηκα. Δεν ήταν εκεί όταν γεννήθηκε η Μιχαέλα. Δεν ήταν εκεί όταν γεννήθηκε ο Θησέας. Δεν ήταν εκεί όταν τελείωσα τη διδακτορική μου διατριβή. Δεν ήταν εκεί, κι όμως ήταν...

Έφυγες νωρίς, ούτε που πρόλαβα ν' αρχίσω

Έφυγες νωρίς, μα είχα κι άλλα να σου πω...

Έφυγες νωρίς, κι όλα μείνανε στη μέση...

Τόση μοναξιά σε ποιο αστείο να χωρέσει

Τίποτα δεν ζω που να μη φαίνεται μικρό...

Αφιερώνω αυτή τη διδακτορική μου διατριβή στον πατέρα μου, που έφυγε νωρίς...

Μεταξία Μπαρέκα

ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

- Ιανουάριος 2010. Παρατηρήσεις-σκέψεις επί των τεχνικών των περιφερικών αποκλεισμών για τη χειρουργική του γόνατος. Μελέτη της βιβλιογραφίας αναφορικά με τις τεχνικές αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου. Προσχέδιο Διατριβής.
- Φεβρουάριος 2010. Πιλοτικά περιστατικά. Διαμόρφωση της τεχνικής dual guidance (νευροδιέγερση και υπερηχογραφία) στον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου. Διαμόρφωση της μεθόδου ελέγχου αποτελεσματικότητας του block.
- Φεβρουάριος 2010. Ανάλυση-αξιολόγηση των παραπάνω. Σχεδιασμός του πρωτοκόλλου.
- Μάρτιος 2010. Πρώτος υπό μελέτη ασθενής.
- Απρίλιος 2010. Αίτημα στο Επιστημονικό Συμβούλιο του ΠΓΝ Λάρισας.
- Μάιος 2010. Υποβολή του πρωτοκόλλου και αίτημα εκπόνησης Διδακτορικής Διατριβής στον Χειρουργικό Τομέα του Ιατρικού Τμήματος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Πρόταση σύνθεσης Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής.
- Μάιος 2010. Έναρξη της Διατριβής με απόφαση της 6ης/26-05-2010 Συνέλευσης ειδικής σύνθεσης του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Τίτλος Διατριβής: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΣΦΥΪΚΟΥ-ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ VS ΜΗΡΙΑΙΟΥ-ΘΥΡΟΕΙΔΟΥΣ-ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΑΡΘΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗ-ΞΗΣ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ: ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ
- Σεπτέμβριος 2010. Υποβολή (registration) του πρωτοκόλλου στη βάση δεδομένων Clinicaltrials.gov. Ανάρτηση: ClinicalTrials.gov Identifier: NCT01194505.
- Νοέμβριος 2011. Κατάθεση πρώτης προόδου.
- Νοέμβριος 2012. Κατάθεση δεύτερης προόδου.
- Ιούνιος 2013. Υποβολή προς δημοσίευση πρωτότυπης εργασίας που αναφέρεται στην τεχνική αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου. Η τεχνική αποτελεί τροποποίηση που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στη μελέτη.
- Νοέμβριος 2013. Δημοσίευση: Peripheral nerve blockade as an exclusive approach to obturator nerve block in anterior cruciate ligament reconstructive surgery. Simeoforidou M, Bareka M, Basdekis G, Tsiaka K, Chantzi E, Vretzakis G. Korean J Anesthesiol. 2013 Nov;65(5):410-7. doi: 10.4097

- Μάρτιος 2016. Αίτημα αντικατάστασης της Καθηγήτριας κ. Ε. Ασκητοπούλου, μέλους Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, με την Αν.Καθηγήτρια κ. Ε.Αρναούτογλου.
- Απρίλιος 2016. Κατάθεση τρίτης προόδου.
- Ιούλιος 2016. Τελευταίος ασθενής μελέτης. Στατιστική επεξεργασία.
- Δεκέμβριος 2016. Υποβολή προς δημοσίευση πρωτότυπης εργασίας: Ultrasound guided combined sciatic - femoral - obturator nerve block compared to combined lumbar plexus and sciatic nerve block for ACL reconstructive surgery.
- Ιανουάριος 2016. Έναρξη συγγραφής έναρξη συγγραφής του ειδικού τμήματος της διατριβής.
- Φεβρουάριος 2017. Κατάθεση τέταρτης προόδου.
- Μάρτιος 2017. Δημοσίευση της παραπάνω εργασίας στο περιοδικό Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc (αναφέρεται στο PUBMED) DOI 10.1007/s00167-017-4525-7.
- Απρίλιος 2018. Περάτωση δοκιμίου. Ορθογραφικές, συντακτικές και άλλες διορθώσεις. Έλεγχος από τον επιβλέποντα. Έλεγχος λογοκλοπής.
- Μάιος 2018. Αίτηση προς το ΤΙ για ορισμό Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής και για δημόσια υποστήριξη της Διατριβής.
- Μάιος 2018. Έγκριση της Γενικής Συνέλευσης της Ιατρικής Σχολής της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής.
- Ιούνιος 2018. Δημόσια υποστήριξη της Διατριβής.

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΣΦΥΪΚΟΥ – ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ VS
ΜΗΡΙΑΙΟΥ – ΘΥΡΟΕΙΔΟΥΣ – ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΓΙΑ
ΑΡΘΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΠΟΚΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΞΗΣ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ:
ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ**

ΜΕΤΑΞΙΑ ΜΠΑΡΕΚΑ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Ιατρικής, 2018

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. **Γεώργιος Βρετζάκης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Αναισθησιολογία, Ιατρική Σχολή,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (**Επιβλέπων**)
2. **Μιχαήλ Χαντές**, Καθηγητής, Ορθοπεδικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
3. **Ελένη Αρναούτογλου** Καθηγήτρια, Αναισθησιολογία, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ρήξεις του Πρόσθιου Χιαστού Συνδέσμου (ΠΧΣ) γίνονται όλο και πιο συχνές στους αθλητές, και υπολογίζεται ότι 250,000 – 350,000 αποκαταστάσεις ΠΧΣ πραγματοποιούνται ετησίως στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με αυξημένο ρυθμό τα τελευταία χρόνια (1), (2), (3). Μία επιδημιολογική μελέτη από τη Νέα Ζηλανδία υπολογίζει μία επίπτωση της τάξεως των 36.9 τραυματισμών να χρειάζονται χειρουργείο ανά 100,000 ανθρωποέτη (4). Οι περισσότεροι τραυματισμοί γίνονται χωρίς άμεση επαφή, ενώ η επίπτωση τους αλλάζει ανάλογα με το φύλο, την ηλικία και το άθλημα (5). Για τους ασθενείς που επιθυμούν να επιστρέψουν στα επίπεδα δραστηριότητας που είχαν πριν από τον τραυματισμό τους η έγκαιρη αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος αποτελεί σήμερα το «χρυσό κανόνα».

Η αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τύπους αναισθησίας και αναλγησίας. Οι ασθενείς μπορεί να διαλέξουν ανάμεσα στη γενική και την περιοχική αναισθησία. Συνήθως η γενική αναισθησία επιλέγεται από ασθενείς οι οποίοι «δεν θέλουν να νιώσουν ή να ακούσουν τίποτα» κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης. Από την άλλη μεριά υπάρχουν ασθενείς που τρέμουν τη γενική αναισθησία και την παραχώρηση του πλήρους ελέγχου του εαυτού τους, και προτιμούν την περιοχική αναισθησία. Η περιοχική αναισθησία περιλαμβάνει τους κεντρικούς αποκλεισμούς – ραχιαία αναισθησία, επισκληρίδιος αναισθησία, συνδυασμένη ραχιαία επισκληρίδιος αναισθησία – και τους περιφερικούς αποκλεισμούς.

Η αναισθησία με κεντρικούς αποκλεισμούς κέρδισε τη δημοτικότητα της στις ορθοπεδικές επεμβάσεις, εξαιτίας του ότι σχετίστηκε με μειωμένη απώλεια αίματος και λιγότερες θρομβοεμβολικές επιπλοκές (6). Ο οσφυϊκός επισκληρίδιος αποκλεισμός προσφέρει καλή μετεγχειρητική αναλγησία, αλλά ο αυξημένος κίνδυνος υπότασης, επίσχεσης ούρων, κνησμού και σοβαρών νευρολογικών επιπλοκών (7), πάντα προβλημάτιζε ασθενείς, αναισθησιολόγους και ορθοπεδικούς χειρουργούς. Επιπλέον, όταν η επισκληρίδιος αναλγησία συγκρίθηκε με τον περιφερικό νευρικό αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου για ολική αρθροπλαστική γόνατος, φάνηκε ότι ο αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου μπορεί να παρέχει το ίδιο καλή αναλγησία με λιγότερες παρενέργειες (8). Ειδικά για τις ορθοπεδικές επεμβάσεις, η περιοχική αναισθησία παρέχει καλύτερης ποιότητας αναλγησία, και ο καλύτερος έλεγχος του μετεγχειρητικού πόνου οδήγησε σε πρόωμη κινητοποίηση. Άλλα οφέλη της περιοχικής αναισθησίας είναι η μικρότερη επίπτωση της μετεγχειρητικής ναυτίας και εμέτου, η μεγαλύτερη ικανοποίηση των ασθενών, και πιθανόν λιγότερη μετεγχειρητική νοητική δυσλειτουργία (9).

Οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί μπορεί να εφαρμοστούν ως η κύρια αναισθητική τεχνική για την αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ ή ως συμπληρωματική τεχνική για αναλγησία σε γενική ή ραχιαία αναισθησία. Αυτές οι τεχνικές, και με την προσθήκη της εφαρμογής της υπερηχογραφικής καθοδήγησης, φαίνεται να προσφέρουν επαρκή διεγχειρητική αναλγησία, αποτελεσματικό έλεγχο του μετεγχειρητικού πόνου, ταχεία ανάνηψη, λιγότερες ανεπιθύμητες ενέργειες, και όλα αυτά μαζί έχουν ως αποτέλεσμα την υψηλότερη ικανοποίηση του ασθενούς (10), (11).

Σήμερα, στα πλαίσια της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης και της προφανούς επίδρασης της στα οικονομικά της υγείας, το θέμα του κόστους στην περιεγχειρητική φροντίδα απαιτεί την προσοχή όλων. Αυτός είναι ένας από τους λόγους που τα χειρουργεία ταχείας διακίνησης ασθενών αυξάνονται στη σημερινή εποχή. Μελέτες έχουν δείξει ότι η έγκαιρη και δραστική αντιμετώπιση του πόνου και της μετεγχειρητικής ναυτίας και εμέτου, επιτρέπει στους ασθενείς να παρακάμψουν με ασφάλεια τη μονάδα μεταναισθητικής φροντίδας, επιταχύνοντας την έξοδο τους από το νοσοκομείο (12), (13). Οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί σε ασθενείς που υποβάλλονται σε αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ μπορεί να οδηγήσουν στην παράκαμψη της μονάδας μεταναισθητικής φροντίδας, σε έξοδο από το νοσοκομείο την ίδια ημέρα του χειρουργείου και επομένως σε μείωση του συνολικού κόστους (14), ενώ η φυσιοθεραπεία και η περίοδος αποκατάστασης ξεκινά πρώιμα (15).

Έως σήμερα η πιο διαδεδομένη τεχνική περιφερικών νευρικών αποκλεισμών που χρησιμοποιείται για την αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ είναι ο συνδυασμός του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος και του αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου. Αν και αυτή η τεχνική έχει φανεί χρήσιμη στα χέρια των αναισθησιολόγων τόσα χρόνια, είναι ταυτόχρονα και αμφιλεγόμενη, λόγω των υψηλών ποσοστών αποτυχίας και σοβαρών επιπλοκών (16), (17). Θεωρητικά, μία εναλλακτική μέθοδος για την πραγματοποίηση της αρθροσκοπικής χειρουργικής ανακατασκευής του ΠΧΣ υπό περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς είναι ο αποκλεισμός πιο περιφερικά και των τριών νεύρων, του θυροειδούς νεύρου, του μηριαίου νεύρου και του ισχιακού νεύρου, καθώς αυτά είναι τα νεύρα που νευρώνουν την ανατομική περιοχή και τις δομές που εμπλέκονται. Το έξω μηροδερματικό νεύρο παρέχει μόνο αισθητική νευρώση στην πρόσθια έξω και πιθανόν σε ανατομικές παραλλαγές και στην οπίσθια έξω επιφάνεια του μηρού (18). Ο αποκλεισμός του δεν είναι απαραίτητος καθώς δεν προκαλεί δυσφορία στον ασθενή. Προβλήματα από το έξω μηροδερματικό νεύρο ίσως προκύψουν σε παρατεταμένη διάρκεια χειρουργείου λόγω της ίσχαιμης περίδεσης. Αισθητικοί κλάδοι που προέρχονται από το θυροειδές νεύρο, όπως ο αρθρικός κλάδος για το γόνατο και οι δερματικοί κλάδοι στον έσω μηρό, συνεισφέρουν στην αίσθηση του πόνου στα χειρουργεία του γόνατος, διεγχειρητικά και μετεγχειρητικά. Η συνεισφορά του περιφερικού νευρικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου στην ποιότητα της αναλγησίας για μείζονες χειρουργικές επεμβάσεις στο γόνατο έχει αναγνωριστεί σε μελέτες, οι οποίες δείχνουν ότι

οι ασθενείς βιώνουν σημαντικά λιγότερο πόνο και έχουν μειωμένη κατανάλωση οπιοειδών όταν προστίθεται ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου (19).

Σε μία πρόσφατη μελέτη στην οποία δοκιμάστηκε μία τεχνική υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου, οι ασθενείς χειρουργήθηκαν για αποκατάσταση του ΠΧΣ με συνδυασμό των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου, και ολοκλήρωσαν το χειρουργείο χωρίς να χρειαστεί μετατροπή σε γενική αναισθησία και με μόνο το 14% των ασθενών να χρειάζονται μικρές συμπληρωματικές δόσεις οπιοειδών (20). Τεχνικές για τον αποκλεισμό του μηριαίου και του ισχιακού νεύρου με τη χρήση νευροδεδέρτη ή υπό διπλή καθοδήγηση, έχουν περιγραφεί αναλυτικά στη βιβλιογραφία, με πολύ καλά αποτελέσματα (21), (22). Αντίθετα, ακόμη και με υπερηχογραφική καθοδήγηση, λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας που εμφανίζει το θυροειδές νεύρο (23), (24), η σωστή αναγνώριση του αποτελεί πρόκληση. Η πορεία του θυροειδούς νεύρου ανάμεσα στις περιτονίες του μηρού, οι ανατομικές παραλλαγές που παρουσιάζει και οι περίπλοκοι τρόποι με τους οποίους διακλαδίζεται, θέτουν σε κίνδυνο την επιτυχία του αποκλεισμού. Οι τεχνικές που βασίζονται στην αναγνώριση επιφανειακών οδηγών σημείων με την έκκληση παραισθησίας ή με τη νευροδιέγερση, σχετίζονται με μη ικανοποιητικό αποκλεισμό λόγω της αναγνώρισης μόνο κλάδου του θυροειδούς νεύρου και χαμηλά ποσοστά επιτυχίας (25), (26). Τελευταία, η υπερηχογραφική απεικόνιση του θυροειδούς νεύρου έχει περιγραφεί από αρκετούς ερευνητές σε εθελοντές ή σε κλινικό περιβάλλον (20), (27), (28), (29). Γενικά, η υπερηχογραφική καθοδήγηση επιτρέπει καλύτερη αναγνώριση του νεύρου και στις μελέτες που χρησιμοποιήθηκε αυτή η τεχνική για τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου, τα αναφερόμενα ποσοστά επιτυχίας ήταν πάνω από 90%. Ωστόσο, στις περισσότερες μελέτες ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου είχε ως στόχο τη βελτίωση της μετεγχειρητικής αναλγησίας μετά από χειρουργικές επεμβάσεις στο γόνατο, ενώ το χειρουργείο πραγματοποιούνταν με τη χρήση γενικής αναισθησίας. Επιπλέον, λόγω των ανατομικών παραλλαγών του θυροειδούς νεύρου, δεν υπάρχει ακόμη μία εύκολη, αναπαραγωγίμη και κοινά αποδεκτή κλινική δοκιμασία για την επιτυχία του αποκλεισμού πριν από το χειρουργείο.

ΡΗΞΗ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ

Μία από τις πρώτες περιγραφές του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ) βρίσκεται σε έναν Αιγυπτιακό πάπυρο του 3000 π.Χ. (30). Ο Ιπποκράτης (460-370 π.Χ.) περιέγραψε ένα υπεξάρθρημα γόνατος που σχετιζόταν με τραυματισμό του ΠΧΣ. Ωστόσο, ο Έλληνας ιατρός, χειρουργός και φιλόσοφος, Κλαύδιος Γαληνός (129-199 π.Χ.) ήταν τελικά αυτός που ονόμασε τον σύνδεσμο “*ligamenta genu cruciate*”. Ο ΠΧΣ είναι μία από τις πιο μελετημένες δομές του μυοσκελετικού συστήματος κατά τις τελευταίες δεκαετίες.

Ανατομία

Η άρθρωση του γόνατος είναι επιρρεπής σε τραυματισμούς λόγω της πολυπλοκότητας της και της λειτουργίας στήριξης βάρους που επιτελεί. Αποτελείται από την κνήμη, το μηριαίο οστό και την επιγονατίδα, τα οποία σταθεροποιούνται από τον έσω πλάγιο σύνδεσμο, τον έξω πλάγιο σύνδεσμο, τον οπίσθιο χιαστό σύνδεσμο και τον ΠΧΣ. Ο έσω και έξω μηνίσκος λειτουργούν ως απορροφητές των δονήσεων, κατανέμοντας το βάρος ομοιόμορφα. Η δυναμική σταθερότητα του γόνατος επηρεάζεται από τους παθητικούς (συνδεσμικούς) και ενεργητικούς (νευρομυϊκούς) περιοριστές της άρθρωσης. Οι μύες που περιβάλλουν την άρθρωση του γόνατος συμβάλουν ενισχυτικά στην σταθεροποίηση του γόνατος στις ακραίες κινήσεις. Οι πρωταρχικοί μύες είναι ο τετρακέφαλος πρόσθια, οι οπίσθιοι μηριαίοι μύες οπίσθια, ο μέσος γλουτιαίος μυς και ο τείνων την πλατιά περιτονία μυς εξωτερικά και οι προσαγωγοί μύες (κτενίτης μυς, μακρύς προσαγωγός μυς, βραχύς προσαγωγός μυς, μεγάλος προσαγωγός μυς, ισχνός προσαγωγός μυς και ο έξω θυροειδής μυς) εσωτερικά.

Ο ΠΧΣ περικλείεται ανάμεσα στα δύο στρώματα του αρθρικού υμένα της άρθρωσης του γόνατος. Αυτή η ειδική ανατομική λεπτομέρεια σημαίνει ότι ο ΠΧΣ βρίσκεται ενδο-αρθρικά, αλλά έξω από το αρθρικό υγρό (31). Ο ΠΧΣ είναι μία λωρίδα πυκνού συνδετικού ιστού που πορεύεται από το μηριαίο προς την κνήμη και αποτελεί την πρωταρχική σταθεροποιητική δομή του γόνατος (32), (33). Προέρχεται από την οπίσθια έξω πλευρά του μηριαίου οστού –τον έξω μηριαίο κόνδυλο- , και πορεύεται πλάγια προς τα έσω έως τον έσω και έξω κνημιαίο κόνδυλο και την περιοχή μεταξύ των δύο κονδύλων. Η κατεύθυνση από την προέλευση του στο μηριαίο κόνδυλο είναι προς τα κάτω πρόσθια – έσω προς την κνήμη. Αποτελείται από πυκνό συνδετικό ιστό που συνδέει το μηριαίο με την κνήμη και ο οποίος διακρίνεται στην έσω – πρόσθια και στην έξω - οπίσθια δεσμίδα. Ο ΠΧΣ είναι ο πρωταρχικός παθητικός περιοριστής της πρόσθιας κνημιαίας φόρτισης του γόνατος, καθώς αντιτίθεται έως 87% σε αυτή τη δύναμη (32). Επίσης λειτουργεί ως δευτερεύων περιοριστής της απαγωγής του γόνατος και της έσω κνημιαίας περιστροφής. Συμβάλει δηλαδή στην περιστροφική σταθερότητα του γόνατος τόσο στο πρόσθιο, όσο και στο εγκάρσιο επίπεδο, λόγω του ειδικού

προσανατολισμού του (34), (35). Μαζί με τον οπίσθιο χιαστό σύνδεσμο, καθοδηγούν το κέντρο περιστροφής του γόνατος και επομένως ελέγχουν την κινηματική της άρθρωσης.

Επιδημιολογία

Η αποκατάσταση της ρήξης του ΠΧΣ είναι μία από τις πιο συχνές ορθοπεδικές τεχνικές που πραγματοποιούνται παγκοσμίως και μάλιστα από τις πιο συχνά μελετημένες στην ορθοπεδική βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά όμως, η πραγματική επίπτωση της ρήξης του ΠΧΣ στο γενικό πληθυσμό δεν είναι καλά καθορισμένη και εκτιμάται μεταξύ 30 και 78 ανά 100 000 πληθυσμού (4), (36), (37), (38), (39). Η επίπτωση των τραυματισμών του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου αυξήθηκε από περίπου 33 περιστατικά στα 100 000 το 1994 σε 40 – 60 περιστατικά σε 100 000 το 2014. Τα άτομα που συμμετέχουν σε οργανωμένες αθλητικές δραστηριότητες είναι αυτά που επηρεάζονται περισσότερο (40), (41), (42), (5), και ίσως για αυτό τον λόγο οι περισσότερες μελέτες περιγράφουν τα επιδημιολογικά στοιχεία εστιασμένα σε επιλεγμένες αθλητικές ομάδες (43), (44), (45), (46). Εκτιμάται ότι περίπου 200 000 αποκαταστάσεις ΠΧΣ πραγματοποιούνται μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, ένας αριθμός που αναμένεται να αυξηθεί ακόμη περισσότερο ως αποτέλεσμα της αύξησης της συμμετοχής σε αθλητικές δραστηριότητες από ανήλικους και νέους (40), (41), (47). Με το εκτιμώμενο κόστος της χειρουργικής επέμβασης και αποκατάστασης να φτάνει τα 17,000 δολάρια (48), υπολογίζεται ότι ξοδεύονται πάνω από 2 δισεκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο για τις ανακατασκευές του ΠΧΣ.

Οι τραυματισμοί του ΠΧΣ συμβαίνουν συχνά σε αθλητικό περιβάλλον κατά τη διεξαγωγή κινήσεων που περιλαμβάνουν ταχεία επιβράδυνση και/ή αλλαγή κατεύθυνσης (49), (40). Οι τραυματισμοί του ΠΧΣ γενικά συμβαίνουν στο τέλος της εφηβείας. Οι νεαρότεροι αθλητές συνήθως υφίστανται τραυματισμούς ανάπτυξης (αποσπαστικά κατάγματα) παρά συνδεσμικούς τραυματισμούς, λόγω της σχετικής αδυναμίας του χόνδρου στην επιφυσιακή πλάκα σε σύγκριση με τον ΠΧΣ.

Μία στις πενήντα γυναίκες αθλήτριες υφίστανται τραυματισμό του γόνατος κάθε χρόνο (50). Οι ρήξεις του ΠΧΣ κυριαρχούν κυρίως στις γυναίκες αθλήτριες που αγωνίζονται σε επίπεδο σχολικών ή πανεπιστημιακών αγώνων, καθώς είναι τέσσερις με πέντε φορές πιο πιθανό να υποστούν τραυματισμό από ότι οι αντίστοιχοι άντρες (51), (49). Άλλες μελέτες δείχνουν 1.4 με 9.5 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο για ρήξη ΠΧΣ στις γυναίκες (43). Διαφορετικές θεωρίες για της επικράτηση των γυναικών έχουν προταθεί. Επίσης φαίνεται ότι η ένταση του παιχνιδιού αποτελεί από μόνη της έναν παράγοντα, καθώς αυξάνεται 3 έως 5 φορές ο κίνδυνος η ρήξη του ΠΧΣ να συμβεί κατά τη διάρκεια του αγώνα σε σχέση με την προπόνηση (52).

Η μετα-ανάλυση των Prodromos και συν. (5) ανέφερε επίπτωση που ποικίλει ανάλογα με το φύλο, το άθλημα και τη συμμετοχή σε προγράμματα εκπαίδευσης για τη μείωση των τραυματισμών. Οι γυναίκες είχαν περίπου 3 φορές μεγαλύτερη επίπτωση σχισίματος του ΠΧΣ στο ποδόσφαιρο και την καλαθοσφαίριση από ότι οι άντρες. Τα προγράμματα εκπαίδευσης με στόχο

την ενημέρωση, την πρόληψη και τελικά τη μείωση των τραυματισμών ήταν αποτελεσματικά για το ποδόσφαιρο, αλλά όχι για το μπάσκετ. Οι ερασιτέχνες σκιέρ είχαν την υψηλότερη επίπτωση τραυματισμού του ΠΧΣ, ενώ οι επαγγελματίες σκιέρ είχαν τη μικρότερη επίπτωση. Το βόλει είναι ένα άθλημα χαμηλού κινδύνου σε ό,τι αφορά τον κίνδυνο για τραυματισμό του ΠΧΣ. Οι σκιέρ δεν εμφανίζουν διαφορές στο φύλο στα ποσοστά τραυματισμού. Ετησίως οι γυναίκες αθλήτριες ποδοσφαίρου και καλαθοσφαίρισης έχουν ένα ποσοστό ρήξεων στου ΠΧΣ περίπου 5%.

Η μελέτη των Sanders και συν. (53) περιγράφει την επίπτωση της μεμονωμένης ρήξης του ΠΧΣ και αναφέρει τις τάσεις στην επίπτωση και τα ποσοστά των χειρουργικών ανακατασκευών στο γενικό πληθυσμό για δύο δεκαετίες. Η συνολική επίπτωση τραυματισμού του ΠΧΣ υπολογίστηκε στα 68.6 ανά 100 000, το οποίο ήταν παρόμοιο με προηγούμενες εκτιμήσεις βασισμένες σε εθνικές βάσεις καταγραφών (38), (42). Η επίπτωση του τραυματισμού ΠΧΣ στο γενικό πληθυσμό ήταν υψηλότερη στους άντρες από ότι στις γυναίκες. Σε αυτή τη μελέτη, η αιχμή του τραυματισμού ΠΧΣ ήταν για τους άνδρες τα 19 με 25 έτη, όταν δηλαδή εμπλέκονται σε αθλήματα άμεσης επαφής και/ή υψηλής ενέργειας, που αποτελούν και προδιαθεσικό παράγοντα. Η δεύτερη μεγαλύτερη υποομάδα που ήταν σε υψηλό κίνδυνο για τραυματισμό στον ΠΧΣ ήταν οι γυναίκες 14 με 18 ετών. Αυτές οι τάσεις συνοδεύονται από σημαντική αύξηση της ανακατασκευής του ΠΧΣ μέσα στο χρόνο. Αυτό πιθανόν να αντικατοπτρίζει την αυξημένη επιθυμία των ασθενών να επιστρέψουν σε υψηλά επίπεδα δραστηριότητας μετά τον τραυματισμό τους. Μπορεί όμως να αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στην αντιμετώπιση καθώς οι χειρουργοί ανέπτυξαν καλύτερες τεχνικές και με πιο προβλέψιμα αποτελέσματα. Επιπλέον, η αναγνώριση ότι η ανακατασκευή του ΠΧΣ μπορεί πιθανά να μειώσει τον επακόλουθο τραυματισμό του μηνίσκου ή την εξέλιξη της οστεοαρθρίτιδας, κάνει την επιλογή της χειρουργικής αποκατάστασης να προσφέρεται πιο συχνά στους ασθενείς από τους ορθοπεδικούς.

Μηχανισμός κάκωσης

Όπως προαναφέρθηκε, ο ΠΧΣ είναι ο πρωταρχικός παθητικός περιοριστής της πρόσθιας κνημιαίας φόρτισης του γόνατος, ενώ λειτουργεί ως δευτερεύων περιοριστής της απαγωγής του γόνατος και της έσω κνημιαίας περιστροφής. Οι αθλητές με φτωχό νευρομυϊκό έλεγχο επιδεικνύουν μοτίβα κινήσεων σε συμφωνία με την κινηματική που θα φόρτιζε άμεσα τον πρόσθιο χιαστό σύνδεσμο (54), (55). Αυτά τα μοτίβα μπορεί να επιφέρουν μη φυσιολογικές φορτίσεις στον πρόσθιο χιαστό σύνδεσμο που οδηγεί σε ρήξη καθώς το 70% των τραυματισμών του πρόσθιου χιαστού συμβαίνει σε περιπτώσεις μη επαφής (49). Ειδικότερα, η αυξημένη απαγωγή του γόνατος κατά τη φάση της προσγείωσης σε ένα κάθετο πήδημα έχει αναγνωριστεί ως ένας κυρίαρχος παράγοντας κινδύνου για τραυματισμό του ΠΧΣ (55). Αυτό το φορτίο απαγωγής στο γόνατο μπορεί να οδηγήσει σε μη φυσιολογική φόρτιση στο έσω και έξω διαμέρισμα της κνημομηριαίας άρθρωσης. Αντίστοιχα, ο έσω πλάγιος σύνδεσμος, που είναι ο πρωταρχικός παθητικός περιοριστής

την απαγωγής του γόνατος (32), (56), υφίσταται ταυτόχρονη ανεπάρκεια σε πάνω από 30% των τραυματισμών του ΠΧΣ (57),(56).

Οι τραυματισμοί του ΠΧΣ που προκαλούνται από επαφή απαιτούν ένα σταθεροποιημένο κάτω πόδι και περιστροφή με αρκετή δύναμη για να προκαλέσει το σχίσσιμο. Όμως οι τραυματισμοί επαφής αποτελούν μόλις το 30% των τραυματισμών του ΠΧΣ (58). Το υπόλοιπο 70% είναι τραυματισμοί χωρίς επαφή που συμβαίνουν κυρίως κατά την επιβράδυνση του κάτω άκρου, με τους τετρακέφαλους σε μέγιστη σύσπαση και το γόνατο σε πλήρη ή σχεδόν πλήρη έκταση. Στις περιπτώσεις μη επαφής, η πίεση στον ΠΧΣ μοιάζει με αυτή της πρόσκρουσης του γόνατος. Όταν το γόνατο είναι σε πλήρη ή σχεδόν πλήρη έκταση, η σύσπαση του τετρακέφαλου αυξάνει τη δύναμη τεντώματος. Οι οπίσθιοι μηριαίοι μύες, οι οποίοι σταθεροποιούν τον ΠΧΣ οπίσθια, είναι συχνά ελάχιστα συσπασμένοι κατά τη διάρκεια αυτών των τραυματισμών, ιδιαίτερα αν το ισχίο είναι σε έκταση και το βάρος του σώματος είναι στην πτέρνα, επιτρέποντας υπερβολική μετακίνηση του μηρού πάνω στην κνήμη. Παραδείγματα τέτοιου τύπου τραυματισμών περιλαμβάνουν τους σκιέρ ή αυτούς που κάνουν snowboard, των οποίων οι ποδοκνημικές είναι κλειδωμένες όταν πέφτουν προς τα πίσω πάνω στο χιόνι, τους ποδοσφαιριστές, που εκτελούν αιφνίδιους ελιγμούς σταματήματος, και τους καλαθοσφαιριστές, που προσγειώνονται σε ένα στραμμένο προς τα έσω γόνατο χωρίς πλήρη κάμψη (40).

Ταξινόμηση

Υπάρχουν τρεις βαθμοί ρήξης του ΠΧΣ. Στον τύπο I, οι ίνες του συνδέσμου είναι τεντωμένες, ξεχειλωμένες, αλλά δεν υπάρχει πραγματική ρήξη. Υπάρχει ευαισθησία και οίδημα στην άρθρωση του γόνατος, η οποία όμως είναι σταθερή. Στον τύπο II, υπάρχει μερική ρήξη των ινών του ΠΧΣ, συνοδευόμενη από ευαισθησία και αρκετό οίδημα και η άρθρωση του γόνατος μπορεί να είναι ασταθής ή να γίνεται ασταθής κατά τη δραστηριότητα. Τέλος στον τύπο III, οι ίνες του συνδέσμου είναι έχουν σχιστεί πλήρως και ο ίδιος ο ΠΧΣ έχει υποστεί πλήρη ρήξη. Ο ΠΧΣ δεν μπορεί να ελέγξει τις κινήσεις του γόνατος και η άρθρωση είναι ασταθής.

Διάγνωση

Οι ασθενείς που υφίστανται τραυματισμούς του ΠΧΣ κλασικά περιγράφουν έναν ήχο σκασίματος, που ακολουθείται άμεσα από πόνο και οίδημα του γόνατος. Το αίσθημα της αστάθειας ή των επεισοδίων υποχώρησης τυπικά περιορίζουν την ικανότητα συμμετοχής σε δραστηριότητες. Οι ασθενείς περιγράφουν το αίσθημα της αστάθειας με το «σημείο της διπλής γροθιάς», δηλαδή οι γροθιές απέναντι η μία στην άλλη, περιστρέφονται με μία κίνηση σαν άλεσμα.

Η ρήξη του ΠΧΣ δημιουργεί αστάθεια στο γόνατο που μπορεί να αλλάξει την κινηματική (59) και την κνημομηριαία επαφή (60), (61). Οι αλλαγές οδηγούν σε μη φυσιολογική φόρτιση του γόνατος και δημιουργούν μία δυσοίωνα μακροπρόθεσμη πρόγνωση για αυξημένο κίνδυνο οστεοαρθρίτιδας (61), (62).

Η εκτίμηση της βλάβης του ΠΧΣ θα πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τον τραυματισμό, αν αυτό είναι εφικτό, αλλά πολλές φορές δεν είναι δυνατό λόγω του οιδήματος και του πόνου. Η εκτίμηση θα πρέπει να ξεκινήσει με την παρατήρηση του τρόπου βαδίσματος του ασθενούς, όπως και της θέσης ανακούφισης που λαμβάνει στο εξεταστικό τραπέζι. Ο ιατρός θα πρέπει να σημειώσει οποιαδήποτε ασυμμετρία, συμπεριλαμβανομένου και της απώλειας της επιγονατιδικής αύλακας που υποδεικνύει την ύπαρξη συλλογής, αίμαρθρου ή και των δύο.

Μία πιο ήπια συλλογή μπορεί να ανιχνευτεί πιέζοντας την έσω και άνω μεριά του γόνατος, και συνεχώς χτυπώντας την έξω μεριά για να δημιουργηθεί εικόνα κύματος. Ο ιατρός μπορεί επίσης να προσπαθήσει να ψηλαφίσει την επιγονατίδα με υπερεπιγονατιδική συμπίεση, η οποία θα δώσει την αίσθηση ότι είναι σπογγώδης αν υπάρχει συλλογή (63).

Όταν υπάρχει αίμαρθρο, ο αυξημένος ενδο-αρθρικός όγκος προκαλεί σημαντικό πόνο στην κίνηση. Αυτός ο πόνος οδηγεί σε εκτεταμένη προφύλαξη και σπασμό των οπίσθιων μηριαίων μυών, περιορίζοντας ακόμη περισσότερο το εύρος κίνησης του γόνατος και καθιστώντας τη λεπτομερή εξέταση δύσκολη. Ο ασθενής μπορεί να μην είναι σε θέση να κάμψει πλήρως το γόνατο, αλλά η απώλεια της υπερέκτασης είναι πιο ενδεικτική της διατομής του ΠΧΣ. Το σκισμένο στέλεχος του ΠΧΣ συμπιεσμένο μεταξύ της κνήμης και του μηριαίου, καθώς και από τη συλλογή υγρού στην άρθρωση, εμποδίζει την πλήρη έκταση. Η αδυναμία του ασθενούς να επιτύχει πλήρη έκταση αυξάνει την πιθανότητα να συνυπάρχει εκτοπισμένο σχίσμα στο μηνίσκο.

Αν γίνει σωστά, μία πλήρης εξέταση του γόνατος για τον τραυματισμό του ΠΧΣ μπορεί να είναι πολύ ακριβής, με ευαισθησία και ειδικότητα 82% και 94% αντίστοιχα (64). Οι τρεις πιο ακριβείς δοκιμασίες για την ανίχνευση σχισίματος στον ΠΧΣ είναι η δοκιμασία Lachman (ευαισθησία από 60 έως 100%, μέση 84%), η δοκιμασία του πρόσθιου συρταριού (ευαισθησία από 9 έως 93%, μέση 62%), και η δοκιμασία αλλαγής άξονα (ευαισθησία από 27% έως 95%, μέση 62%) (64).

Μία σειρά ακτινογραφιών του γόνατος, συμπεριλαμβανομένων της προσθιοπίσθιας, της πλάγιας, και της λήψης ηλιοβασιλέματος, θα πρέπει να διενεργηθούν κατά την αρχική απεικονιστική εξέταση για να εκτιμηθούν τυχόν κατάγματα, να αξιολογηθεί η ευθυγράμμιση του γόνατος, να καθοριστεί η σκελετική ωριμότητα, και να αναγνωριστούν εκφυλιστικές αλλαγές σε μεσήλικες ασθενείς. Η απεικόνιση με μαγνητική τομογραφία είναι η πρωταρχική εξέταση που χρησιμοποιείται για τη διάγνωση τους τραυματισμού του ΠΧΣ. Έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της αναγνώρισης τραυματισμού στο μηνίσκο, παράπλευρου σχισίματος συνδέσμου, και οστικής βλάβης. Περίπου 60% με 75% των τραυματισμών του ΠΧΣ σχετίζονται με σχίσματα στους μηνίσκους, έως 46% έχουν τραυματισμό και άλλων συνδέσμων του γόνατος, και 5 έως 24% σχετίζονται με πλήρη ρήξη του άλλου συνδέσμου (65). Η ευαισθησία και η ειδικότητα της μαγνητικής τομογραφίας για την ανίχνευση σχισίματος στον ΠΧΣ είναι 86% και 95% αντίστοιχα, όπως επιβεβαιώνεται από την αρθροσκόπηση (66).

Οι μακροχρόνιες συνέπειες της ρήξης του ΠΧΣ είναι σημαντικές. Η επίπτωση της οστεοαρθρίτιδας του γόνατος αυξάνεται κατά περίπου κατά 15% με 20% (67). Επίσης έχει υποστηριχθεί ότι περισσότεροι από τους μισούς ασθενείς που έχουν υποστεί ρήξη ΠΧΣ, θα αναπτύξουν συμπτωματική οστεοαρθρίτιδα τα επόμενα 10 με 20 χρόνια (68). Όταν συνδυάζεται και με αφαίρεση του μηνίσκου, η συχνότητα της οστεοαρθρίτιδας αυξάνεται ακόμη περισσότερο (67). Παρόλη τη συχνότητα ανάπτυξης οστεοαρθρίτιδας μετά από τραυματισμό του ΠΧΣ, φαίνεται ότι η χειρουργική αποκατάσταση του μειώνει τον κίνδυνο για την εξέλιξη της οστεοαρθρίτιδας. Όντως, η αναφερόμενη επίπτωση της οστεοαρθρίτιδας μετά από χειρουργική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ ποικίλει μεταξύ 39% και 47% σε επταετή παρακολούθηση (69), (70), (71) και φαίνεται να αυξάνει μεταξύ 74% και 80% μετά από μία περίοδο 13 έως 15 ετών (72), (73). Το ανδρικό φύλο, ο αυξημένος Δείκτης Μάζας Σώματος, ο χρόνος από τον τραυματισμό έως την αποκατάσταση και η εκτομή του μηνίσκου, όπως και η παρουσία εκφύλισης του χόνδρου στο έσω διαμέρισμα, σχετίζονται με τη μελλοντική ανάπτυξη οστεοαρθρίτιδας γόνατος (71).

Αντιμετώπιση

Η απόφαση για χειρουργική ή συντηρητική αντιμετώπιση της ρήξης του ΠΧΣ εξαρτάται κατά πολύ από το πιο επίπεδο δραστηριότητας επιθυμεί να έχει ο ασθενής. Οι πιο νέοι, περισσότερο δραστήριοι ασθενείς συχνά επιλέγουν τη χειρουργική διόρθωση έναντι της συντηρητικής αντιμετώπισης. Κάθε ασθενής που σκοπεύει να συνεχίσει δραστηριότητες που περιλαμβάνουν ταχεία επιτάχυνση και επιβράδυνση, κοψίματα και αλλαγές φόρτισης βάρους θα πρέπει να αξιολογείται για χειρουργική επέμβαση. Το ίδιο ισχύει και για τους ασθενείς που εμφανίζουν επαναλαμβανόμενα επεισόδια υποχώρησης της άρθρωσης του γόνατος ή ταυτόχρονη βλάβη στο μηνίσκο ή σε άλλους συνδέσμους (74), (75). Οι ασθενείς που αποφασίζουν να υποστούν χειρουργική επέμβαση θα πρέπει να δεσμευτούν σε ένα εκτεταμένο πρόγραμμα αποκατάστασης. Γενικά απαιτούνται βακτηριές μετεγχειρητικά, και τα περισσότερα προγράμματα αποκατάστασης έχουν 10 – 12 εβδομάδες δραστηριότητες ενδυνάμωσης.

Η μη επεμβατική αντιμετώπιση των ατόμων με ανεπάρκεια του ΠΧΣ, έχει προταθεί στο παρελθόν, αλλά με φτωχή λειτουργική έκβαση (76), (77), (78), (79), (80). Συγκεκριμένα, η μη-επεμβατική αντιμετώπιση οδήγησε σε πτωχές ή μέτριες βαθμολογίες λειτουργικής έκβασης, αποτρέποντας έτσι την επιστροφή στις ίδιες δραστηριότητες όπως πριν από τον τραυματισμό στην πλειοψηφία των ασθενών, όπως και σε αυξημένη επίπτωση δευτερογενούς χειρουργικής επέμβασης για ΠΧΣ και μηνίσκο (78), (79), (80), (81), (82). Επομένως την πιο ευνοϊκή έκβαση για την αποκατάσταση του ΠΧΣ την επιβάλει η χειρουργική προσέγγιση ως αντιμετώπιση πρώτης γραμμής για δραστήριους ασθενείς (83).

Για να αποκατασταθεί η σταθερότητα της άρθρωσης, η ανακατασκευή του ΠΧΣ είναι η πιο κοινή επέμβαση που πραγματοποιείται σε ασθενείς που επιθυμούν να επανακτήσουν ένα δραστήριο τρόπο ζωής, να επιστρέψουν δηλαδή στο επίπεδο δραστηριότητας που είχαν πριν από τον

τραυματισμό τους (59), (84). Προς το παρόν, το gold standard για την ανακατασκευή του ΠΧΣ είναι η αρθροσκοπική επέμβαση με αυτόλογο μόσχευμα σε εξωτερικούς ασθενείς (85).

Σε ό,τι αφορά την τεχνική της χειρουργικής αποκατάστασης του ΠΧΣ, υπάρχουν ορισμένα θέματα που έχουν προβληματίσει τους ερευνητές. Ειδικότερα, ο χρόνος της επιδιόρθωσης και της αποκατάστασης και ο τύπος του μοσχεύματος είναι θέματα διαμάχης.

Χρόνος επιδιόρθωσης και αποκατάστασης

Τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να ζυγίζονται για την επιλογή του χρόνου που θα γίνει η αποκατάσταση. Η αυξημένη επίπτωση των τραυματισμών των χόνδρινων στοιχείων της άρθρωσης του γόνατος, ο κίνδυνος της ίωσης στην άρθρωση που σχετίζεται με την πρόιμη αποκατάσταση του ΠΧΣ και την απώλεια μυϊκής δύναμης λόγω αδράνειας όταν καθυστερεί η χειρουργική επέμβαση.

Ο αριθμός των ασθενών που θα υποστούν σκίσιμο στο μηνίσκο, σε έναν προηγουμένως άθικτο μηνίσκο, μετά τη ρήξη του ΠΧΣ ποικίλει από 10% έως 50% (86), (87), (88). Ο κίνδυνος της εκφύλισης του χόνδρου μετά από ένα σκίσιμο στον ΠΧΣ αυξάνεται σημαντικά, με τις περισσότερες μελέτες να δείχνουν ότι 20% των χόνδρινων αλλοιώσεων συμβαίνουν τη στιγμή του τραυματισμού και άλλο ένα 20% με 30% να αναπτύσσονται αργότερα λόγω της ανεπάρκειας του ΠΧΣ (87), (89).

Η ίωση της άρθρωσης, δηλαδή η δυσκαμψία της άρθρωσης που αποτρέπει την αποκατάσταση την κίνησης σε όλο της το εύρος (κυρίως την απώλεια από τις 5° έως την πλήρη έκταση), έχει συσχετιστεί με την πρόιμη αποκατάσταση του ΠΧΣ. Σε μία μεγάλη αναδρομική ανάλυση (90), το 52% των ασθενών που χειρουργήθηκαν μέσα στην πρώτη εβδομάδα από τον τραυματισμό τους ανέπτυξαν απώλεια της έκτασης από τις 5°, ενώ μόνο το 17% των ασθενών που χειρουργήθηκαν μεταξύ της όγδοης και της 21^{ης} ημέρας από τον τραυματισμό ανέπτυξαν ίωση της άρθρωσης. Κανένας από τους ασθενείς που αντιμετωπίστηκαν μετά την τρίτη εβδομάδα από τον τραυματισμό δεν είχε απώλεια της έκτασης. Η ύπαρξη προγράμματος αποκατάστασης μετεγχειρητικά, το οποίο περιελάμβανε την πλήρη παθητική έκταση, πρόιμη κίνηση και άμεση φόρτιση βάρους, συσχετίστηκε με χαμηλότερα ποσοστά δυσκαμψίας της άρθρωσης (90), (91). Ενδιαφέρον προκαλεί ότι η απώλεια της έκτασης ήταν επίσης παρούσα σε αποκαταστάσεις ΠΧΣ που πραγματοποιήθηκαν μετά από έξι μήνες από τον αρχικό τραυματισμό (92). Ορισμένες μελέτες αναφέρουν εξαιρετικά χαμηλή επίπτωση ίωσης της άρθρωσης όταν χρησιμοποιείται μετεγχειρητικό πρόγραμμα αποκατάστασης, και αμφισβητούν την ίδια την ύπαρξη της ως κλινική οντότητα (90), (93), (94). Οι ορθοπεδικοί χειρουργοί θα πρέπει να έχουν στο νου τους την πιθανότητα ίωσης της άρθρωσης, να αποφεύγουν τη χειρουργική αποκατάσταση μέσα στις πρώτες εβδομάδες από τον τραυματισμό και να δημιουργήσουν ένα κατάλληλα σχεδιασμένο πρωτόκολλο μετεγχειρητικής αποκατάστασης (83).

Τα προγράμματα προεγχειρητικής αποκατάστασης είναι επίσης σημαντικά για τη διατήρηση της μυϊκής ισχύς κατά την αναμονή για τη χειρουργική ανακατασκευή του συνδέσμου. Ένα προεγχειρητικό έλλειμμα της δύναμης των τετρακεφάλων της τάξης του 20% βρέθηκε να είναι

μεταξύ των πιο σημαντικών παραγόντων πρόβλεψης για φτωχή κλινική έκβαση (95). Πράγματι, η ύπαρξη ενός προγράμματος αποκατάστασης με ασκήσεις διάρκειας 5 εβδομάδων σε ασθενείς με τραυματισμό του ΠΧΣ, φάνηκε ότι βελτίωσε σημαντικά την λειτουργική έκβαση του γόνατος (96). Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός ότι ο χρόνος της ανακατασκευής του ΠΧΣ και η επιλογή του αυτόλογου μοσχεύματος, μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη στρατηγική αποκατάστασης. Η προσεκτικά σχεδιασμένη αποκατάσταση τόσο προ- όσο και μετ-εγχειρητικά, η οποία να στοχεύει στη διατήρηση της δύναμης των τετρακεφάλων και στη διαφύλαξη του εύρους κίνησης της άρθρωσης του γόνατος, φαίνεται να είναι ένα στρατηγικά σημαντικό βήμα προς μία επιτυχή έκβαση μετά από ανακατασκευή του ΠΧΣ (97).

Τύπος του μοσχεύματος

Οι δύο τύποι αυτόλογων μοσχευμάτων που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για την ανακατασκευή του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου είναι ο επιγονατιδικός σύνδεσμος και ο τένοντας των οπίσθιων μηριαίων μυών. Σύμφωνα με τις περισσότερες τυχαιοποιημένες μελέτες και μετα-αναλύσεις και τα δύο μοσχεύματα επιδεικνύουν άριστα αποτελέσματα χωρίς διαφορές μεταξύ τους σχετικά με τη λειτουργική έκβαση και το επίπεδο δραστηριότητας (98), (99), (100), (101), (102), (103). Βέβαια, υπάρχουν ισχυροί υποστηρικτές για το κάθε τύπο μοσχεύματος και συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έχουν προταθεί από τη βιβλιογραφία για κάθε μόσχευμα.

Στα πλεονεκτήματα του επιγονατιδικού τένοντα συμπεριλαμβάνονται το ότι είναι πιο ισχυρός, εμφανίζει λιγότερα ποσοστά καινούργιου σχισίματος, πιο γρήγορη αναδιαμόρφωση του μοσχεύματος και επούλωση, και καλύτερη σταθερότητα στην άρθρωση του γόνατος. Από την άλλη μεριά όμως, εμφανίζει μεγαλύτερη επίπτωση πόνου στο πρόσθιο τμήμα του γόνατος και πόνου κατά το γονάτισμα του ασθενούς, μεγαλύτερη επίπτωση οστεοαρθρίτιδας μετά την ανακατασκευή του ΠΧΣ και υψηλότερα ποσοστά ελλειμμάτων στην έκταση του γόνατος λόγω συμφύσεων (83).

Το βασικό πλεονέκτημα του μοσχεύματος από τον τένοντα των οπίσθιων μηριαίων μυών είναι η μικρότερη νοσηρότητα στο σημείο λήψης που σχετίζεται με τη λήψη του μοσχεύματος. Πράγματι, η λήψη του τένοντα των οπίσθιων μηριαίων μπορεί να είναι μία τεχνικά απαιτητική τεχνική, αλλά προκαλεί μικρότερη τομή η οποία οδηγεί σε καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα στην εμφάνιση του τραύματος, ένα θέμα που μπορεί να είναι σημαντικό για τις νέες γυναίκες ασθενείς. Επίσης, προκαλεί σημαντικά λιγότερο πόνο στο πρόσθιο γόνατο και μικρότερη επίπτωση του πόνου κατά το γονάτισμα (99), (104), (101).

Οι επιπλοκές που σχετίζονται με το μόσχευμα των οπίσθιων μηριαίων είναι μάλλον ελάσσονες, για παράδειγμα, η ηλεκτρομηχανική καθυστέρηση στους καμπτήρες του γόνατος και αδυναμία, και δεν έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν λειτουργικό πρόβλημα (105), (106). Είναι ενδιαφέρον ότι οι περισσότερες μελέτες αναφέρουν αναγέννηση των οπίσθιων μηριαίων μέσα σε δύο χρόνια από το χειρουργείο, ενώ η αναγέννηση του επιγονατιδικού συνδέσμου μπορεί να είναι μία πιο παρατεταμένη διαδικασία (105), (107), (108). Στα μειονεκτήματα της λήψης των οπίσθιων μηριαίων για μόσχευμα είναι η πιο συχνή διεύρυνση του τούνελ. Αυτό συμβαίνει ενάντια στην

αρχική πεποίθηση ότι μιας και το μόσχευμα των οπίσθιων μηριαίων γεμίζει το τούνελ εντελώς, θα προκαλούσε λιγότερη διεύρυνση του τούνελ.

Η επιλογή του αλλομοσχεύματος για την ανακατασκευή του ΠΧΣ είναι ο επιγονατιδικός, ο αχίλλειος και ο κνημιαίος τένοντας. Τα κύρια πλεονέκτημα του αλλομοσχεύματος είναι η έλλειψη νοσηρότητας στο σημείο λήψης, ο συντομότερος χειρουργικός χρόνος και η εγγυημένη επάρκεια ιστού για το μόσχευμα. Όμως τα μειονεκτήματα είναι περισσότερα καθώς σχετίζονται με υψηλότερα ποσοστά αποτυχίας, πιθανή καθυστέρηση στην ενσωμάτωση και ανοσολογική απάντηση. Η σταθερότητα του γόνατος είναι επίσης χειρότερη, ενώ υπάρχει ο κίνδυνος της μετάδοσης νοσημάτων και υψηλότερα ποσοστά λοιμώξεων. Τέλος η αυτή η επιλογή συνοδεύεται και από υψηλότερο κόστος.

Η χειρουργική αντιμετώπιση της ρήξης του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου φαίνεται να είναι η κατάλληλη επιλογή για τους ασθενείς που επιθυμούν να επιστρέψουν στο επίπεδο δραστηριότητας που είχαν πριν τον τραυματισμό τους. Ο χρόνος της ανακατασκευής και την αποκατάστασης είναι εξαιρετικά σημαντικά για μία επιτυχή έκβαση. Κάθε τύπος μοσχεύματος έχει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, και επομένως η προσεκτική επιλογή του μοσχεύματος για κάθε ασθενή είναι σημαντική. Η χειρουργική τεχνική θα πρέπει να ακολουθεί τις βασικές αρχές βιομηχανικής και ανατομίας του ΠΧΣ, διασφαλίζοντας την ιδανική τοποθέτηση του μοσχεύματος και την επιτυχημένη τελική κλινική έκβαση (83).

Πριν από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, η ανακατασκευή του ΠΧΣ ήταν μία επέμβαση που πραγματοποιούνταν σε εσωτερικούς ασθενείς με μία μέση διάρκεια νοσηλείας 2 -3 μέρες. Ωστόσο, οι εξελίξεις στις χειρουργικές τεχνικές έκαναν την ανακατασκευή του ΠΧΣ λιγότερο επεμβατική και έχει μετατραπεί σταδιακά από τότε σε επέμβαση που πραγματοποιείται σε εξωτερική βάση (109), (110). Σύμφωνα με τη μελέτη των Bates και συν. (111) κατά τη χρονική περίοδο 2003-2011 μόλις το 7.1% των επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν ετησίως έγιναν σε εσωτερικούς ασθενείς. Η ανακατασκευή του πρόσθιου χιαστού σε εξωτερικούς ασθενείς έχει καταφέρει να μειώσει το κόστος και να βελτιώσει την ικανοποίηση των ασθενών (110)

Σύμφωνα με τη μελέτη των Buller και συν. (1) η χρήση της γενικής αναισθησίας ως μοναδική τεχνική για τις επεμβάσεις αρθροσκοπικής αποκατάστασης της ρήξης του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου έχει μειωθεί μέσα στο χρόνο και έχει αυξηθεί τόσο η χρήση της συνδυασμένης γενικής και περιοχικής αναισθησίας, όσο και της περιοχικής αναισθησίας από μόνη της. Είναι λοιπόν φανερό ότι η αναισθησία για την αποκατάσταση της ρήξης του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου έχει αλλάξει μέσα στο χρόνο. Μεταξύ του 1994 και του 2006, υπήρξε μία μεγάλη αύξηση στον αριθμό των επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση περιοχικών αποκλεισμών, με ή χωρίς την ταυτόχρονη χορήγηση γενικής αναισθησίας, από 0,7% στο 30,8%. Οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί είναι μία ασφαλής και οικονομικά αποδοτική μέθοδος για τον έλεγχο του πόνου στις χειρουργικές επεμβάσεις γόνατος, σε σύγκριση με τη γενική αναισθησία (10).

ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΙ ΝΕΥΡΙΚΟΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΙ

Ιστορία

Η αναφορά στην ιστορία της περιοχικής αναισθησίας (112) είναι επιβεβλημένη, αν και ένα κεφάλαιο όπως αυτό, δεν θα μπορούσε να περιγραφτεί κάθε λεπτομέρεια της ιστορίας της περιοχικής αναισθησίας. Εξάλλου, κάτι τέτοιο θα ήταν πέρα από τους στόχους και την αρμοδιότητα αυτής της σύντομης εισαγωγής για το συναρπαστικό παρελθόν της υποειδικότητας μας.

Ένα από τα αυτόχθονα φυτά της Νότιας Αμερικής είναι ένας μέτριος θάμνος με μουντά πράσινα φύλλα και κόκκινους καρπούς, το οποίο ονομάστηκε από τους δυτικούς βοτανολόγους Ερυθρόξυλον Κόκα, μετά από την εισβολή και την κατάκτηση των Ίνκας από τους Ισπανούς κονκισταδόρους. Για αιώνες πριν την άφιξη των Ισπανών, στις αρχές του 16^{ου} αιώνα, οι γηγενείς Ινδιάνοι μασούσαν φύλλα κόκας, πιθανότατα για την ικανότητα τους να δίνουν επιπλέον ενέργεια και να μειώνουν την όρεξη, ενώ μούδιαζε τα χείλη τους. Το 1653 ο Πατέρας Bernabe Cobo αναφέρει ότι ακολουθώντας τη συμβουλή ενός μοναχού, χρησιμοποίησε αυτό το φυτό για τον πονόδοντο, και πράγματι μετά από λίγο ο πόνος εξαφανίστηκε. Ο Albert Niemann ήταν αυτός που απομόνωσε το δραστικό φάρμακο από το φυτό και το ονόμασε κοκαΐνη. Ο Niemann παρατήρησε ότι η ουσία αυτή μούδιάζει τα χείλη, αλλά δεν κατάφερε να κάνει τη σύνδεση με τις πιθανές ιατρικές εφαρμογές. Το 1865 ο Wilhelm Lossen καθόρισε το μοριακό τύπο της κοκαΐνης ($C_{17}H_{21}NO_4$). Η πραγματική δομή της κοκαΐνης καθορίστηκε τελικά από τον Richard Willstätter στη διδακτορική διατριβή του το 1894. Αυτή η ανακάλυψη επέτρεψε στον Einhorn το 1905 να παράγει το πρώτο συνθετικό παράγωγο της κοκαΐνης, την προκαΐνη.

Το πρώτο άτομο που αναγνώρισε τη πιθανή χρήση της κοκαΐνης ως τοπικό αναισθητικό ήταν ο Thomas Moreno Y Maiz, ένας περουβιανός χειρουργός που το 1868, παρατήρησε η κοκαΐνη που χορηγούσε ενέσιμα προκαλούσε αναισθησία σε ποντίκια, σε ινδικά χοιρίδια και σε βατράχια. Η ιστορική πρωτιά για τη χρήση κοκαΐνης ως τοπικό αναισθητικό κλινικά σε ανθρώπους ανήκει στον Vasily (Basil) von Anrep, και το δημοσίευσε το 1880. Το 1884, ο Sigmund Freud δημοσίευσε ένα άρθρο ανασκόπησης με τίτλο «Σχετικά με την κόκα» (“Über Coca”), όπου αναφέρεται στις δράσεις της αλκαλοειδούς αυτής ουσίας ως τοπικού αναισθητικού στους βλεννογόνους. Ένας συνάδελφος του Freud, ο οφθαλμίατρος χειρουργός Karl Koller, μετά από μία σύντομη σειρά πειραμάτων σε ζώα, πραγματοποίησε την πρώτη του εγχείρηση υπό τοπική αναισθησία, στις 11 Σεπτεμβρίου 1884. Αυτό ανακοινώθηκε σε ένα συνέδριο στις 15 Σεπτεμβρίου 1884 στη Heidelberg. Μία ανασκόπηση του συνεδρίου δημοσιεύτηκε στο New York journal τον Οκτώβριο του 1884, τον ίδιο μήνα που ο Koller δημοσίευσε την πρώτη του εργασία για την αναισθητική χρήση της κοκαΐνης στο Viennese Weekly Medical Journal. Η ανακάλυψη του Koller εξαπλώθηκε γρήγορα σε όλο το δυτικό κόσμο, και σήμερα θεωρείται ο πατέρας της περιοχικής αναισθησίας.

Ο πρώτος πραγματικός αποκλεισμός νεύρου, ήταν ο αποκλεισμός του νεύρου της κάτω γνάθου, και πραγματοποιήθηκε από τον Αμερικάνο χειρουργό William Stewart Halsted, τον Δεκέμβριο του 1884. Ο Halsted επίσης πραγματοποίησε τον πρώτο νευρικό αποκλεισμό του βραχιονίου πλέγματος το 1885.

Τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και τα πρώτα χρόνια του 20^{ου} αιώνα η περιοχική αναισθησία άνθισε και αναπτύχθηκαν όλοι οι χρήσιμοι νευρικοί αποκλεισμοί που είναι γνωστοί σήμερα, με τη μία ή την άλλη μορφή. Ο Louis Gaston Labat ήταν ένας από τους ιδρυτές της πρώτης ενσάρκωσης της Αμερικάνικης Εταιρείας Περιοχικής Αναισθησίας (American Society of Regional Anesthesia – ASRA), η οποία διήρκησε από το 1923 έως το 1940. Η αναγέννηση της ASRA έγινε το 1975, όταν οι «ιδρυτικοί πατέρες», όπως αποκαλούνται από την ASRA σήμερα, την επανεκκίνησαν. Οι ιδρυτικοί πατέρες της ASRA ήταν ο Allon P Winnie, ο L Donald Bridenbaugh Jr, ο Harrold Carron, ο P Prithvi Raj και ο Jordan Katz. Ένα χρόνο αργότερα δημοσιεύεται το πρώτο τεύχος του περιοδικού Περιοχική Αναισθησία υπό την αρχισυνταξία του Harrold Carron.

Οι πρώτοι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί (ΠΙΝΑ) πραγματοποιήθηκαν υπό άμεση όραση από τους χειρουργούς κατά τη διάρκεια του χειρουργείου, όπως ακριβώς έκανε ο Halsted που αναφέρθηκε παραπάνω. Μόλις οι ΠΙΝΑ εδραιώθηκαν ως μέθοδος χειρουργικής αναισθησίας και ανακούφισης του μετεγχειρητικού πόνου, πραγματοποιούνταν «τυφλά». Οδηγά σημεία επιφανείας σώματος καθοδηγούσαν τη διαδερμική προσέγγιση που νεύρου και χρησιμοποιούσαν την έκλυση παραισθησίας ως τελικό σημείο για την έγχυση του τοπικού αναισθητικού.

Μέθοδοι αποκλεισμού

Η επιτυχία της περιοχικής αναισθησίας εξαρτάται από την ακριβή αναγνώριση της θέσης του νευρικού πλέγματος, τις κατάλληλες τεχνικές εντόπισης του νεύρου και της θέσης της βελόνης, την ακριβή εναπόθεση του φαρμάκου γύρω από το πλέγμα, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγεται η ενδο-αγγειακή ή –νευρική έγχυση και η ατυχηματική τρώση του υπεζοκότα. Μέχρι και σήμερα οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό, με διαφορετικά ποσοστά επιτυχίας και επιπλοκών, είναι η τεχνική της παραισθησίας, της νευροδιέγερσης, της υπερηχογραφικής καθοδήγησης, καθώς και συνδυασμός αυτών.

Ανίχνευση με παραισθησία

Στα χέρια των αναισθησιολόγων οι περιφερικοί αποκλεισμοί ξεκίνησαν να εφαρμόζονται ανιχνεύοντας τα νεύρα με τη χρήση επιφανειακών, εξωτερικών οδηγιών σημείων. Η βελόνη αποκλεισμού προσπαθεί να πλησιάσει το νεύρο – στόχο ή το πλέγμα – στόχο. Όταν η βελόνη έρθει σε άμεση επαφή με το αισθητικό νεύρο, εκλύεται η παραισθησία (μη φυσιολογική αίσθηση) στην περιοχή κατανομής του. Το 1961, ο De Jong (113) πρότεινε την παραισθησία ή την αναρρόφηση αίματος, ως απόδειξη της εγγύτητας στο βραχιόνιο πλέγμα.

Ο μηχανισμός με τον οποίο εκλύεται η παραισθησία παραμένει ένα αντικείμενο έντονης αντιπαράθεσης (114). Η παραισθησία είναι ένα υποκειμενικό σύμπτωμα, το οποίο σε πολλές

περιπτώσεις ο ασθενής δυσκολεύεται να το διαχωρίσει από τον πόνο, και μπορεί να εκλυθεί από μία ποικιλία ερεθισμάτων, συμπεριλαμβανομένης και της πίεσης, παρά της άμεσης επαφής με το νεύρο. Παρότι υπάρχει η παραδοχή ότι η έκλυση της παραισθησίας υποδηλώνει ότι η βελόνη προκαλεί κάποιου είδους μηχανική διέγερση στο νεύρο, η ικανότητα να εκλυθεί παραισθησία σε κάθε ασθενή, δεν αποτελεί αδιάψευστη απόδειξη άμεσης νευρικής επαφής, και δεν παρέχει καμία ιδιαίτερη πληροφορία για το ποιο τμήμα της βελόνης είναι υπεύθυνο για την πρόκληση της παραισθησίας αυτής καθ' εαυτής. Γι' αυτό διαχρονικά η παραισθησία βιβλιογραφικά περιγράφεται ως «ο κακός», αλλά και ως πολύτιμο εργαλείο (115). Αποτελεί ένδειξη ότι η βελόνη είναι σε επαφή με το νεύρο, και επομένως εκεί είναι η βέλτιστη θέση έγχυσης του τοπικού αναισθητικού, και ταυτόχρονα εξυπηρετεί ως προειδοποίηση, υποδεικνύοντας κίνδυνο τραυματισμού του νεύρου (116). Για να λειτουργήσει όμως με αυτόν τον τρόπο η παραισθησία, θα πρέπει να υπάρχει επαρκής επικοινωνία μεταξύ γιατρού και ασθενούς, ο ασθενής να μπορεί να αναγνωρίσει την παραισθησία και να πει όταν την αισθανθεί.

Υπάρχουν μελέτες, κυρίως στο βραχιόνιο πλέγμα, που συγκρίνουν τη μέθοδο της παραισθησίας με τη νευροδιέγερση (117), (118), (119), (120) αλλά και με την πιο τραυματική διαρτηριακή μέθοδο (117), (121), (118). Οι μελέτες αυτές όμως δεν είναι επαρκείς να μας οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα, τόσο για την αποτελεσματικότητα, όσο και για την ασφάλεια της μεθόδου. Τέλος οι Borah και συν. (122) σε μελέτη 80 ασθενών αναφέρουν ότι ο υπερκλείδιος αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση έχει υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας, σε ότι αφορά την έναρξη και τη διάρκεια του αποκλεισμού, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζει μικρότερη επίπτωση επιπλοκών σε σχέση με τη μέθοδο της παραισθησίας.

Παρά τα όσα προαναφέρθηκαν, και παρά τη μεγάλη πρόοδο στην αναισθησιολογία, ακόμη και σήμερα υπάρχουν υπέρμαχοι της τεχνικής της παραισθησίας, την οποία αναφέρουν ως το ίδιο αποτελεσματική και χωρίς επιπλέον επιπλοκές σε σχέση με τη νευροδιέγερση, όταν γίνεται από έμπειρους στην τεχνική αναισθησιολόγους.

Η πλειονότητα όμως των αναισθησιολόγων, έχουν από καιρό αλλάξει την πρακτική τους, καθώς η τεχνική της παραισθησίας είναι υποκειμενική, βασίζεται σε απάντηση επιπέδου «όλον ή ουδέν» - δεν μπορεί να καθοδηγήσει δηλαδή τροποποιήσεις κατά την ανίχνευση -, ο ασθενής πρέπει να είναι ξύπνιος, συνεργάσιμος και σε θέση να αντιδράσει αξιόπιστα, ενώ καθώς περιορίζεται η χρήση καταστολής μπορεί να είναι δυσάρεστη για τον ασθενή (123). Και φυσικά δεν λείπουν και αυτοί που ανησυχούν για τη χρήση στη σημερινή εποχή της τεχνικής της παραισθησίας για την εκτέλεση περιφερικών νευρικών αποκλεισμών (124).

Ανίχνευση με νευροδιέγερση

Η ηλεκτρική διέγερση του νεύρου χρησιμοποιείται ευρέως για να διευκολύνει την εκτέλεση των ΠΝΑ. Οι μελέτες που χρησιμοποιούν τεχνικές βασισμένες στη νευροδιέγερση αναφέρουν υψηλού βαθμού αποτελεσματικότητα και αναπαραγωγιμότητα, κάνοντας τη νευροδιέγερση μία από

τις πιο επικρατούσες τεχνικές περιοχικής αναισθησίας (125). Με το να παρέχει μία αντικειμενική εκτίμηση της απόστασης μεταξύ βελόνης και νεύρου, η νευροδιέγερση προσφέρει τη δυνατότητα στους αναισθησιολόγους να εναποθέτουν το τοπικό αναισθητικό με μεγάλη ακρίβεια. Η τεχνική εκμεταλλεύεται τη φυσιολογία που επιτρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει από το άκρο της βελόνης και να αποπολώσει ένα μικτό νεύρο, χωρίς να προκαλέσει επώδυνη αισθητική απάντηση. Καθώς τη βελόνη πλησιάζει το νεύρο, λιγότερο ρεύμα απαιτείται για να πάρουμε μία κινητική απάντηση ίσου μεγέθους. Αυτή η σχέση εξυπηρετεί στον υπολογισμό της απόστασης του άκρου της βελόνης με το νεύρο.

Όταν η νευροδιέγερση πέρασε στην κλινική πράξη, γρήγορα αντικατέστησε τις τεχνικές παραισθησίας, λόγω πολλών πλεονεκτημάτων, ανάμεσα στα οποία (126), (127) (128):

(1) η ικανότητα να πραγματοποιηθεί περιοχική αναισθησία με οπτική ανάδραση, αντί για λεκτική από τον ασθενή

(2) περισσότερη άνεση του ασθενούς, γιατί η παραισθησία μπορεί να είναι επώδυνη ή δυσάρεστη σε σχέση με τη νευροδιέγερση

(3) βελτίωση στην ακρίβεια.

Το παράξενο είναι ότι παρόλη την καθολική αποδοχή της νευροδιέγερσης, αποδεικτικά στοιχεία για την αποτελεσματικότητα και τα οφέλη στην έκβαση σε σύγκριση με την παραισθησία δεν έχουν ακόμη παρουσιαστεί (129).

Η πρώτη αντίληψη περί αγωγιμότητας του νεύρου μπορεί να θεωρηθεί η δοξασία του κούφιου νεύρου όπως αναφέρεται το 260 π.Χ, όπου το νεύρο περιγράφεται σαν μία κοιλότητα μέσα στην οποία ταξιδεύει το μήνυμα (130), (131). Μέσα στο χρόνο, τρομερές φιλοσοφικές εικασίες αφιερώθηκαν στον μηχανισμό με τον οποίο μεταδίδονται τα μηνύματα μέσα στο νεύρο. Τον 18^ο αιώνα, όταν ο ηλεκτρισμός έγινε αποδεκτός σαν βιολογική ιδιότητα, έγινε και ο πιο προφανής τρόπος για να εξηγηθεί η νευρομυϊκή μετάδοση. Το 1791, ο Galvani (132) δημοσίευσε τη θεωρία του «ο ηλεκτρισμός των ζώων», όπου ισχυρίστηκε ότι η μυϊκή σύσπαση είναι αποτέλεσμα λανθάνοντος ηλεκτρισμού μέσα στο νεύρο. Ωστόσο το 1850, ο Helmholtz έδειξε την παροδική φύση της νευρικής αγωγής, ξεχωρίζοντας την από το ηλεκτρικό ρεύμα (133). Αυτό ήταν η αρχή για τη σημερινή αντίληψη σχετικά με τη νευρική λειτουργία, ανοίγοντας το δρόμο για την αποσαφήνιση της φυσιολογίας της διέγερσης των περιφερικών νεύρων (134).

Το 1912, ο von Perthes (135) ήταν ο πρώτος που περιέγραψε τη χρήση του νευροδιεγέρτη. Η τεχνική χαρακτηρίστηκε τότε ως «μη πρακτική» και δεν διαδόθηκε, πιθανότατα λόγω της πολυπλοκότητας του διαθέσιμου τότε εξοπλισμού. Το 1955, μετά από περισσότερο από 40 χρόνια, ο Pearson (136) δημοσίευσε μία σύγχρονη περιγραφή περιφερικού νευρικού αποκλεισμού με την καθοδήγηση του νευροδιεγέρτη, και το 1962, οι Greenblatt και Denson περιέγραψαν ένα σύστημα παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται σήμερα (137). Κατασκεύασαν μία μικρή φορητή συσκευή σαν τρανζίστορ, παρόμοια σε σχεδίαση και εμφάνιση με τους σύγχρονους νευροδιεγέρτες. Η συσκευή παρείχε μία ώση με τετράγωνο κύμα διάρκειας 0,1 msec σε συχνότητα 1 Hz, με

ρυθμιζόμενη ισχύ 0,3 – 30 V. Στην τεχνική του αποκλεισμού που περιγράφηκε χρησιμοποιήθηκε ως μέσο διέγερσης μία βελόνη μονωμένη με πλαστική μπογιά, εκτός από το άκρο της. Το τοπικό αναισθητικό χορηγήθηκε, όταν επιτεύχθηκε η κατάλληλη κινητική απάντηση με εύρος διέγερση 2 – 5 V. Με τη χρήση αυτής της τεχνικής πραγματοποιήθηκαν 87 περιφερικοί αποκλεισμοί, όπως του ισχιακού, μηριαίου, μασχαλαίου, θυροειδούς, μέσου, κερκιδικού, ωλενίου νεύρου. Επιπλέον, αυτή η μελέτη (137) εκτίμησε τη σχέση μεταξύ της τάσης και της απόστασης μεταξύ νεύρου και βελόνης κατά τον ισχιακό αποκλεισμό. Το 1969, οι Magora και συν. (138) έδειξαν ότι 0.5 mA είναι το ελάχιστο ρεύμα που απαιτείται για να εκλυθεί κινητική απάντηση, η οποία να συνοδεύεται από έναν επιτυχημένο αποκλεισμό.

Τα εμπορικά διαθέσιμα Βοηθητικά Μόνιτορ για τους Αποκλεισμούς (Block-Aid Monitor) (Burroughs Wellcome and Co, Tuckahoe, New York) χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για την εκτίμηση του νευρομυϊκού αποκλεισμού. Το 1969, οι Koons (139) and Wright (140) πρότειναν την τροποποίηση αυτού του οργάνου ώστε να χρησιμοποιηθεί ως διεγέρτης – εντοπιστής για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς. Ο Wright (140) χρησιμοποίησε αποτελεσματικά αυτή την τροποποίηση σε 123 αποκλεισμούς, συμπεριλαμβανομένων παρασπονδυλικών, υπερκλείδιων, μασχαλαίων, ισχιακών και μηριαίων αποκλεισμών. Το 1972, ο Charman (141) αναφέρει ότι πραγματοποιήθηκαν 68 περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί, χρησιμοποιώντας τα Block-Aid Monitor, 60 από τους οποίους ήταν επιτυχείς. Ο Charman (141) ανέφερε 100% επιτυχία με αυτό που περιγράφει ως «εύκολους» αποκλεισμούς, οι οποίοι περιελάμβαναν το μέσο, τον κερκιδικό, τον ωλένιο και τον κνημιαίο νευρικό αποκλεισμό. Οι «δύσκολοι αποκλεισμοί», όπως ο νευρικός αποκλεισμός του βραχιονίου πλέγματος, του μηριαίου και του ισχιακού νεύρου, αναφερόταν ως «λιγότερο πετυχημένοι».

Το 1973, ο Montgomery και συν. (126) περιέγραψαν μία τεχνική νευρικής διέγερσης χρησιμοποιώντας συμβατικές βελόνες, που χρησιμοποιούνταν ευρέως για τεχνικές παραισθησίας, και έναν εύκολα διαθέσιμο περιφερικό νευροδιεγέρτη με μπαταρία. Αν και δεν αναφερόταν το ποσοστό επιτυχίας, αυτή η τεχνική περιγράφηκε ως ασφαλής και επιτυχής σε ένα διάστημα 18 μηνών και σε περίπου 1000 περιφερικούς αποκλεισμούς. Σε μία άλλη μελέτη, η ίδια ομάδα, ανέφερε ποσοστό επιτυχίας 95% σε περισσότερα από 200 περιστατικά υποκλείδιου αποκλεισμού με καθοδήγηση ηλεκτρικής διέγερσης (127). Οι λόγοι της αποτυχίας περιελάμβαναν απειρία, αλλαγή στη θέση της βελόνης μετά τον επιτυχή εντοπισμό του νεύρου και πριν την έγχυση του τοπικού αναισθητικού, και τεχνικές δυσκολίες, όπως ανεπαρκής μπαταρία ή κακή σύνδεση του νευροδιεγέρτη (127). Αυτές οι πρώτες αναφορές διευκόλυναν τη σταδιακή μετάβαση από τη μηχανική παραισθησία στην ηλεκτρική διέγερση για τον εντοπισμό των νεύρων.

Κατά τη δεκαετία του 1960, αναπτύχθηκαν οι αρχές της διέγερσης περιφερικών νεύρων στην προσπάθεια να εντοπισθούν τα περιφερικά νεύρα, εκμεταλλευόμενοι τις κινητικές απαντήσεις των μικτών (αισθητικών και κινητικών) περιφερικών νεύρων. Αυτοί οι πρωτοπόροι αναισθησιολόγοι ανέδειξαν την αποτελεσματικότητα της χρήσης των νευροδιεγερτών περιφερικών

νεύρων ως μέθοδος εντοπισμού περιφερικών νεύρων. Έτσι σύντομα κατάφεραν να ανοίξουν το δρόμο για την ευρεία, εμπορική ανάπτυξη των φορητών συσκευών, που δουλεύουν με μπαταρία και ελέγχονται με μικρο-επεξεργαστές, όπως δηλαδή τις γνωρίζουμε σήμερα.

Αρχές Ηλεκτρικής Διέγερσης

Οι κυτταρικές μεμβράνες των νεύρων έχουν ένα αρνητικό ενδοκυττάριο δυναμικό ηρεμίας και αν αυτό το δυναμικό μειωθεί σε ένα κριτικό σημείο (ουδός), τότε απελευθερώνεται το δυναμικό ενεργείας. Οι συνήθεις παράγοντες πυροδότησης για αυτή τη διαδικασία είναι η ενεργοποίηση των διαύλων νατρίου από ένα ερέθισμα που φτάνει, η μηχανική παραμόρφωση των υποδοχέων ή η ειδική σύνδεση υποδοχέων. Ο νευροδιεγέρτης προσπαθεί να αποδώσει αρκετό ηλεκτρικό ρεύμα στο κινητικό νεύρο, ώστε να παρέχει ένα εξωγενές ερέθισμα επαρκές να μειώσει το δυναμικό ηρεμίας στην ουδό διέγερσης.

Ένταση του ρεύματος

Η ένταση του ρεύματος, ένα μέτρο της δύναμης του ερεθίσματος, είναι η ροή ηλεκτρικού φορτίου που χρησιμοποιείται για να αποπολώσει το νεύρο και ακολούθως να παράγει μία κινητική απάντηση ή μία σύσπαση. Οι νευροδιεγέρτες που είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο, επιτρέπουν στον αναισθησιολόγο να προσαρμόζει το ρεύμα, τη συχνότητα και μερικές φορές τη διάρκεια του παλμού. Παρόλα αυτά, η ένταση είναι ο μόνη παράμετρος που συνήθως ρυθμίζεται. Για το λόγο αυτό, οι σύγχρονες συσκευές κατατάσσονται ως διεγέρτες «σταθερού ρεύματος». Το ρεύμα της συσκευής περιγράφεται από το νόμο του Ohm:

$$V = I * R \text{ ή } I = V / R$$

όπου V είναι τη τάση, I το ρεύμα και R η αντίσταση.

Η αντίσταση (R) είναι κατά κύριο λόγο ανεξάρτητη από το νευροδιεγέρτη και είναι κυρίως συνάρτηση της αντίστασης του ιστού που συναντά η βελόνα. Συνεπώς, σύμφωνα με το νόμο του Ohm, οι νευροδιεγέρτες διατηρούν ένα σταθερό ρεύμα αυξάνοντας ή μειώνοντας το δυναμικό (V) ως απάντηση στις αλλαγές στην αντίσταση (142) (143) (144) (145). Η ικανότητα να υπερνικήτε η αντίσταση εξαρτάται από την πηγή τάσης (μπαταρία) και το ενδογενές κύκλωμα της συσκευής. Για παράδειγμα, σε περιστάσεις με υψηλή συνολική αντίσταση λόγω κακής σύνδεσης του ηλεκτροδίου επιστροφής, μερικά μοντέλα θα αποδώσουν ασυνήθη υψηλά δυναμικά (70 V) για να υπερνικήσουν το φορτίο (142). Σε άλλες περιστάσεις, όταν η αντίσταση είναι υψηλή λόγω μιας αποσύνδεσης ή ανεπάρκεια μπαταρίας, το ρεύμα δεν μπορεί να αποδοθεί. Οι σύγχρονες συσκευές χρησιμοποιούν ένα φως που αναβοσβήνει και/ή μία αλλαγή στον ήχο για να σηματοδοτήσουν αυτό το πρόβλημα. Η ενεργοποίηση της νευρικής ίνας συμβαίνει όταν το φορτίο που αποδίδεται στο νεύρο οδηγεί σε αλλαγή του διαμεμβρανικού δυναμικού (η διαφορά μεταξύ ενδοκυττάριου και εξωκυττάριου δυναμικού) που υπερβαίνει την ουδό για την παραγωγή ενός δυναμικού ενεργείας. Για να αποδώσει ένα τέτοιο φορτίο, ο νευροδιεγέρτης τυπικά παρέχει ένα περιοδικό, παλμικό, ρεύμα τετράγωνου

κύματος, σύντομης διάρκειας (0.1 msec), για να αποπολώσει γρήγορα τη νευρική ίνα σε μία προσπάθεια να πυροδοτηθεί ένα δυναμικό ενεργείας.

Παρόλα τα σύγχρονα σχέδια και τα μοντέρνα κυκλώματα, οι νευροδιεγέρτες ποικίλουν στην κλινική απόδοση τους (142) (143) (144). Ο Barthram (143) έδειξε ανακρίβειες στην απόδοση του ρεύματος έναντι διαφόρων αντιστάσεων ανάμεσα σε διαφορετικούς νευροδιεγέρτες που χρησιμοποιούνταν για ΠΝΑ. Μόνο 3 στους 6 νευροδιεγέρτες απέδιδαν το ρεύμα – στόχο των 0.3 έως 3 mA με 20% ακρίβεια. Σε μία μεγαλύτερη μελέτη, οι Hadzic και συν. (142) βρήκε ελαττωματική απόδοση ρεύματος σε 15 συσκευές που χρησιμοποιούνταν ευρέως.

Η συνέπεια των νευροδιεγερτών στη απόδοση τετράγωνου κύματος, επίσης έχει δοκιμαστεί (142) (143) (144). Οι Jochum και συν. (144) εκτίμησαν τις κυματομορφές από 14 νευροδιεγέρτες σε ρεύματα έντασης 0.1 έως 5.0 mA έναντι σε μία σταθερή αντίσταση 1 ΚΩ. Μόνο 5 από τους 13 νευροδιεγέρτες εμφάνισαν μία ιδανική ορθογώνια κυματομορφή στο χρόνο ανόδου και καθόδου σε κάθε ένταση ρεύματος. Οι Hadzic και συν. (142) έδειξαν ότι αντιστάσεις πέρα από το 1 kΩ σχετιζόταν με μεγαλύτερη παραμόρφωση του κύματος. Η ποικιλία στον σχεδιασμό των συσκευών δεν έχει συσχετιστεί με την κλινική έκβαση.

Σχέση Ένταση Ερεθίσματος – Διάρκεια

Το συνολικό φορτίο (Q) που φτάνει σε ένα νεύρο είναι το προϊόν της έντασης του ρεύματος (I) και της διάρκειας παλμού (t):

$$Q = I * t.$$

Η Ρεοβασία και η Χροναξία είναι οι δύο παράμετροι της σχέσης ένταση ερεθίσματος – διάρκεια. Ρεοβασία είναι το ελάχιστο ρεύμα που χρειάζεται για να αποπολώσει το νεύρο όταν εφαρμόζεται παλμός άπειρης διάρκειας (146). Με άλλα λόγια, ρεύμα κάτω από τη ρεοβασία δεν θα παράγει κινητική απάντηση. Χροναξία είναι η ελάχιστη διάρκεια παλμού που απαιτείται για να αποπολωθεί το νεύρο με ένταση ρεύματος ίση με το διπλάσιο της ρεοβάσης (146). Επειδή τα νεύρα έχουν την ίδια ρεοβασία, οι τιμές της χροναξίας παρέχουν έναν δείκτη της σχετικής διεγερσιμότητας του νεύρου. Χαμηλότερες τιμές χροναξίας αντιστοιχούν σε αυξημένη διεγερσιμότητα και ικανότητα να εκλύεται κινητική απάντηση σε χαμηλότερης διάρκειας παλμούς.

Οι τιμές της χροναξίας επηρεάζονται από τις διαφορές στις ιδιότητες των νευρικών ιών, όπως η διάμετρος του άξονα, η μυελίνωση τους και η απόσταση μεταξύ των κομβίων του Ranvier (147). Η χρήση ηλεκτρικής διέγερσης για την καθοδήγηση των ΠΝΑ εκμεταλλεύεται αυτές τις διαφορές, επιτυγχάνοντας εκλεκτική ενεργοποίηση των κινητικών νευρικών ιών. Οι μεγάλες Αα κινητικές ίνες ενεργοποιούνται πιο γρήγορα με έναν παλμό μικρότερης διάρκειας (< 0.1 msec) σε σχέση με τις μικρότερες Αδ και C αισθητικές ίνες, που διεγείρονται πιο εύκολα με μεγαλύτερης διάρκειας παλμούς (>0.3 msec). Γι' αυτό, σε μικρής έντασης ρεύματα, οι νευροδιεγέρτες μπορούν να

αποπολώσουν ένα μικτό νεύρο και να απελευθερώσουν μία κινητική απάντηση, χωρίς να προκαλέσουν επώδυνη αισθητική απάντηση.

Αν και η σχέση έντασης ερεθίσματος – διάρκεια έχει σταθμιστεί αρκετά καλά σε φυσιολογικά και κλινικά πειράματα, η επίδραση της διάρκειας παλμού στον πόνο κατά τη διενέργεια του αποκλεισμού είναι λιγότερο ξεκάθαρη. Μελέτες έχουν δείξει ότι η δυσφορία σχετίζεται άμεσα με τη δύναμη της σύσπασης, παρά με τη διάρκεια του ερεθίσματος (148) (149). Ωστόσο, μεγαλύτερης διάρκειας παλμοί προκάλεσαν περισσότερο δυσάρεστες συσπάσεις σε χαμηλότερα ρεύματα, σε σύγκριση με μικρότερης διάρκειας παλμούς, αλλά όταν το ρεύμα προσαρμοζόταν έτσι ώστε να διατηρηθεί μία παρόμοιας έντασης κινητική απάντηση, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη δυσάρεσκεια του ασθενούς. Συμπερασματικά, στο εύρος ρεύματος που χρησιμοποιείται για την περιοχική αναισθησία, ο πόνος σχετίζεται άμεσα με την συνολική ενέργεια που εφαρμόζεται.

Συχνότητα

Στη νευροδιέγερση, συχνότητα είναι ο αριθμός των ηλεκτρικών παλμών που παράγονται από το νευροδιεγέρτη σε 1 δευτερόλεπτο. Η συχνότητα είναι ένας παράγοντας περιορισμού στην προώθηση της βελόνης, επειδή σχετίζεται με το ρυθμό της κινητικής ανάδρασης. Συνήθως η συχνότητα στους νευροδιεγέρτες ρυθμίζεται στα 1 με 2 Hz, που σημαίνει ότι ένας ηλεκτρικός παλμός αποδίδεται σε έναν επαναλαμβανόμενο κύκλο, μία ή δύο φορές το δευτερόλεπτο αντίστοιχα. Στο 1 Hz, η βελόνη πρέπει να προωθείται αργά για να δώσει χρόνο στον αποδιδόμενο παλμό να προκαλέσει κινητική απάντηση. Πολλοί αναισθησιολόγοι, βρίσκουν αυτόν τον τρόπο υπερβολικά αργό. Αντίθετα. Στα 2 Hz η βελόνη μπορεί να προωθηθεί με διπλάσια ταχύτητα. Όμως είναι δυνατόν να προχωρήσει η βελόνη με ρυθμό γρηγορότερο από την απόδοση του παλμού. Σε αυτή την περίπτωση η βελόνη μπορεί να περάσει την κατάλληλη θέση και να μην προλάβει να προκαλέσει κινητική απάντηση. Στα 3 Hz η διέγερση προκαλεί γρηγορότερη ανάδραση, αλλά η ταχείες μυϊκές συσπάσεις που προκαλούνται είναι δυσάρεστες για τον ασθενή.

Πολικότητα

Η ηλεκτρική πολικότητα είναι η κατεύθυνση της ροής ηλεκτρονίων (ρεύμα) από έναν αρνητικό πόλο (αρνητικό ηλεκτρόδιο) σε έναν θετικό πόλο (θετικό ηλεκτρόδιο). Στην νευροδιέγερση, η βελόνη και το ηλεκτρόδιο επιστροφής, που συνδέεται στο δέρμα, είναι τα ηλεκτρόδια. Ο προσανατολισμός των ηλεκτροδίων (θετικό και αρνητικό) επηρεάζει το ρεύμα που απαιτείται για να εκδηλωθεί η κινητική απάντηση. Κατά την ηλεκτρική νευρική διέγερση, η βελόνη είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο και το ηλεκτρόδιο επιστροφής, το θετικό ηλεκτρόδιο. Αυτό αναφέρεται ως καθοδική διέγερση. Τα ρεύμα που ρέει από το ηλεκτρόδιο της βελόνης (κάθοδος) οδηγεί σε εξωκυττάρια κατανομή δυναμικού, εκπόλωση του νεύρου και δημιουργία δυναμικού ενέργειας. Διαφορετικά, αν η πολικότητα αναστρεφόταν, και η βελόνη ήταν το θετικό ηλεκτρόδιο, η ροή του ρεύματος στη βελόνη (άνοδος) θα οδηγούσε σε εξωκυττάρια κατανομή του δυναμικού

και υπερπόλωση του νεύρου (150). Σε αυτή την περίπτωση η εκπόλωση και η έναρξη δυναμικού ενεργείας μπορεί να συμβούν σε θέση απομακρυσμένη από την υπερπολωμένη περιοχή, που χαρακτηρίζεται ως πραγματική κάθοδος (150). Ωστόσο, αυτό μπορεί να συμβεί στο σημείο της υπερπόλωσης όταν η ανοδική διέγερση σταματήσει, και το διαμεμβρανικό δυναμικό ξεπεράσει το δυναμικό ηρεμίας. Στην περιοχική αναισθησία οι βελόνες ως άνοδοι απαιτούν 2 με 4 φορές μεγαλύτερο ρεύμα για να επιτύχουν την απαιτούμενη κινητική απάντηση, σε σύγκριση με τις βελόνες που χρησιμοποιούνται ως κάθοδοι (151), (152).

Παραδοσιακά κατά τη διδασκαλία τονιζόταν η τοποθέτηση του ηλεκτροδίου επιστροφής κοντά στη θέση εισόδου, αλλά όχι πάνω στο μέλος στόχο. Αυτό πίστευαν ότι βελτιστοποιούσε το ηλεκτρικό κύκλωμα και κατεύθυνε τη ροή ρεύματος μακριά από το μέρος του αποκλεισμού. Αυτή η πρακτική ωστόσο δεν έχει επαληθευτεί στην αναισθησιολογική βιβλιογραφία (148). Στην πραγματικότητα, η θέση του ηλεκτροδίου επιστροφής δεν είναι κριτικής σημασίας, και μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε στο δέρμα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι το ηλεκτρόδιο επιστροφής είναι σχετικά μακριά από το δέρμα και η αντίσταση του δέρματος είναι ποσοτικά μεγάλη στα δυναμικά και τα μεγέθη ρεύματος που χρησιμοποιούνται κλινικά. Μαθηματικά, το ηλεκτρόδιο επιστροφής θεωρείται /ότι είναι σε άπειρη απόσταση από τη βελόνη, και συνεπώς, η θέση του δεν επηρεάζει την αποπόλωση.

Πυκνότητα ρεύματος

Η πυκνότητα ρεύματος περιγράφει την κατανομή της ροής ρεύματος με όρους ρεύματος ανά επιφάνεια. Η απώλεια της κινητικής απάντησης με την έγχυση του τοπικού αναισθητικού κατά τον νευρικό αποκλεισμό είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα της αρχής της πυκνότητας ρεύματος. Σύμφωνα με μία παλαιότερη μελέτη, η απώλεια την κινητικής απάντησης μετά από την αρχική έγχυση του τοπικού αναισθητικού (0,5 – 15 ml), γνωστό ως δοκιμασία Raj, αποδόθηκε στη φυσική απώθηση του νεύρου από τη βελόνη (128). Αδυναμία να χαθεί η κινητική απάντηση ήταν ενδεικτική της λανθασμένης θέσης της βελόνης. Η δοκιμασία Raj βασιζόταν στην υπόθεση ότι όταν αυξάνεται η απόσταση νεύρου – βελόνης, η ουδός ρεύματος αυξάνεται, και περισσότερο ρεύμα απαιτείται για να προκαλέσει την απάντηση. Πιο πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει, ωστόσο, ότι η απώλεια της απάντησης οφείλεται στην πραγματικότητα στην μειωμένη πυκνότητα ρεύματος που περιβάλλει τη βελόνη, όπως αυτή προκαλείται από την εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού (153), (154). Αυτό συμβαίνει σχεδόν ακαριαία και προκύπτει από την αλλαγή στην κατανομή του εξωκυττάριου δυναμικού γύρω από το άκρο της βελόνης. Τα διαλύματα, τα οποία άγουν ηλεκτρισμό, όπως τα τοπικά αναισθητικά ή ο ορός, αυξάνουν την αγωγή περιοχή στο άκρο της βελόνης (154). Μία μεγαλύτερη αγωγή περιοχή οδηγεί με μειωμένη πυκνότητα ρεύματος, ώστε να χρειάζεται μεγαλύτερη ουδός ρεύματος για να προκαλέσει ένα δυναμικό ενεργείας στην ίδια απόσταση. Το ενδιαφέρον είναι ότι η έγχυση ενός λιγότερο αγωγίμου διαλύματος, όπως της δεξτρόζης 5% σε νερό (D5W), μειώνει την αγωγή περιοχή στην άκρη της βελόνης και αυξάνει

την πυκνότητα ρεύματος, το οποίο οδηγεί σε ένα δυναμικό ρεύματος ίδιο ή μειωμένο σε σχέση με αυτό πριν την έγχυση.

Στην κλινική πράξη, οι αναισθησιολόγοι εκμεταλλεύονται αυτήν την ιδιότητα όταν τοποθετούν καθετήρες συνεχούς διέγερσης. Για να διευκολύνουν την τοποθέτηση, χορηγούν διάλυμα δεξτρόζης 5% μέσα από τη βελόνη για να διαστεύουν το χώρο, ενώ διατηρούν την ικανότητα της διέγερσης. Ωστόσο, ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου συμβαίνει μετά από πολυάριθμες προσπελάσεις της βελόνης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί οίδημα ή να εισαχθεί αίμα, το οποίο δρα ως αγωγίμο διάλυμα, αυξάνοντας την αγωγίμη επιφάνεια, μειώνοντας την πυκνότητα ρεύματος, και αυξάνοντας την ουδό διέγερσης.

Απόσταση βελόνης – νεύρου

Η επιτυχία της περιοχικής αναισθησίας υπό νευροδιέγερση βασίζεται στην αναπαραγωγή παρατήρηση ότι όσο η βελόνη προχωρά πιο κοντά στο νεύρο, λιγότερο ρεύμα απαιτείται για να προκληθεί μία κινητική απάντηση. Αυτό περιγράφεται από τη σχέση ρεύματος – απόστασης:

$$I_{th}(r) = I_0 + kr^2$$

Όπου r είναι η απόσταση βελόνης νεύρου, I_0 ένας εξισορροπιστής, και k η σταθερά ρεύματος – απόστασης. Όταν η κινητική απάντηση μπορεί να εκλυθεί χρησιμοποιώντας λιγότερο από το ελάχιστο ρεύμα, η βελόνη είναι επαρκώς κοντά στο νεύρο για να αποκλείσει με προβλεπόμενο τρόπο τον επιλεγμένο στόχο με την έγχυση τοπικού αναισθητικού.

Το ιδανικό ελάχιστο ρεύμα για μία μονωμένη βελόνη έχει εκτενώς μελετηθεί (128), (137), (138). Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, ένα αυξημένο ρεύμα στα 3 mA μπορεί να απαιτείται για να παράγει κινητική απάντηση όταν η άκρη της βελόνης είναι μόνο 1 cm από το νεύρο, αλλά ρεύμα κάτω από 0.5 mA μπορεί να προκαλέσει κινητική απάντηση όταν η άκρη της βελόνης είναι μέσα σε 5 mm από το νεύρο. Βασισμένοι στην επιτυχημένη εφαρμογή αυτών των ευρημάτων στην κλινική πράξη, η κινητική απάντηση στα ή κάτω από τα 0.5 mA θεωρείται ένα κοινά αποδεκτό τελικό σημείο πρόβλεψης επιτυχημένου νευρικού αποκλεισμού με τη χορήγηση τοπικού αναισθητικού (128). Πιο πρόσφατα, ο Sung (155) επιβεβαίωσε αυτή τη σχέση σε πειραματόζωα.

Παρά την κλινικά αναπαραγωγή επιτυχία και κοινή υιοθέτηση ρευμάτων 0.5 mA ή λιγότερο, υπάρχει ακόμη εμμένουσα αντιπαράθεση σχετικά με το ιδανικό τελικό ρεύμα, δηλαδή αν η ελάχιστη ουδός ρεύματος μπορεί να είναι αξιόπιστη για την πρόβλεψη της απόστασης βελόνης – νεύρου, την ενδονευρική τοποθέτηση της βελόνης και την επίδραση νοσογόνων καταστάσεων (π.χ. σακχαρώδης διαβήτης) στον τελικό στόχο. Αντιφατικές τιμές τελικού ρεύματος στόχου, οδήγησαν ορισμένους κλινικούς να προειδοποιήσουν ότι τα πάρα πολύ μικρά ρεύματα (< 0.4 mA μπορεί να σχετίζονται με ενδονευρική τοποθέτηση (156), (157), (158), (159). Οι μελέτες υποδεικνύουν ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες, η βελόνη μπορεί να είναι κοντά ή σε άμεση επαφή με το νεύρο,

αρκετή για έναν περιφερικό νευρικό αποκλεισμό αλλά όχι αρκετά κοντά ώστε να προκαλέσει την κατάλληλη κινητική απάντηση.

Επιπλέον, σε πολλαπλές μελέτες (157), (158), (160), (161), (162) έχει αποδειχθεί η ενδονευρική θέση της βελόνης με κινητική απάντηση σε κατάλληλης έντασης ρεύμα (0.2 – 0.5 mA) με ή χωρίς κινητική απάντηση σε αυξημένη έντασης ρεύμα (> 1.5 mA). Αυτά τα σενάρια είναι ιδιαίτερα ανησυχητικά, επειδή το μέγεθος του ρεύματος δεν είναι ενδεικτικό της πιθανά επικίνδυνης θέσης της βελόνης. Η βιβλιογραφία είναι ανεπαρκής στην περιγραφή ποιοτικών χαρακτηριστικών της κινητικής απάντησης που να σχετίζονται με το τελικό ρεύμα στόχο της έγχυσης. Για παράδειγμα, πολλές μελέτες αναφέρουν «κινητική» απάντηση κάτω από τα 0.5 mA, αλλά σπάνια το μέγεθος αυτής της απάντησης ποσοτικοποιείται με τη χρήση δυναμόμετρο ή κάποιας άλλης παρόμοιας τεχνολογίας. Η ποιότητα της κινητικής απάντησης ή δύναμης είναι ένα πολυπαραγοντικό γεγονός, που επηρεάζεται από το μυ και τον αριθμό των νευρικών ινών που επιστρατεύει. Αν και αυτή η παράμετρος θα μπορούσε να είναι σημαντική στον καθορισμό του τελικού ρεύματος στόχου, λίγες μελέτες νευρικής διέγερσης αναφέρουν αυτή τη μέτρηση.

Σε μία προσπάθεια να αναπτυχθούν περισσότερο αξιόπιστες μέθοδοι για την ανίχνευση της θέσης της βελόνης, αρκετοί ερευνητές (145), (163), εξέτασαν τις διαφορές ανάμεσα σε διαφορετικού τύπου ιστούς (143), (145), (154), (163), (164). Ο Tsui και συν. (154) μελέτησα το ρόλο της ηλεκτρικής εμπέδησης ως αντικειμενική μέτρηση της ενδονευρικής τοποθέτησης. Η μελέτη χρησιμοποίησε ως μοντέλο το ισχιακό νεύρο στους χοίρους, και έδειξε ότι η ενδονευρική τοποθέτηση της βελόνης, βασισμένη στην άμεση όραση με τη χρήση υπερήχων, σχετιζόταν με αυξημένη εμπέδηση. Αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι, εκτός από τον πόνο κατά την έγχυση και το ελάχιστο ρεύμα διέγερσης, η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της εμπέδησης μπορεί να είναι μία επιπρόσθετη παράμετρος στην ανίχνευση της ενδονευρικής τοποθέτησης της βελόνης.

Κλινικοί προβληματισμοί

Παρόλο που είναι κλινικά χρήσιμη και συνήθως προβλέψιμη, η σχέση μεταξύ έντασης του ρεύματος και κινητικής απάντησης, ως δείκτης της απόστασης μεταξύ βελόνης και νεύρου, δεν είναι ούτε 100% ευαίσθητη, ούτε ειδική. Επιπλέον, η σχέση μεταξύ βελόνης και νεύρου επηρεάζεται από ένα πολύπλοκο βιολογικό περιβάλλον (165). Οι πειραματικές συνθήκες σε μία απομονωμένη νευρική ίνα, όπως είναι συνήθως το μοντέλο για τα νεύρα, είναι αρκετά διαφορετικές από τις κλινικές συνθήκες. Τα μοντέλα in vitro υποθέτουν ότι το ρεύμα μεταδίδεται ομοιογενώς και εξαπλώνεται ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις χωρίς εμπόδια, όπως οι διάφοροι ιστοί. Ωστόσο, in vivo, οι αγωγιμότητες του δέρματος, των νεύρων, των μυών, του λιπώδους ιστού και των περιτονιών είναι όλες διαφορετικές (166). Όρια μεταξύ των ιστικών στρωμάτων επίσης αλλάζουν το ηλεκτρικό πεδίο (167), (165). Επιπλέον, το ρεύμα ακολουθεί το μονοπάτι της ελάχιστης αντίστασης, γι' αυτό τα υγρά και το αίμα αλλάζουν τη ροή του ρεύματος και οι βελόνες

δεν μπορούν να αποδώσουν το ρεύμα ομοιόμορφα (168). Τέλος, η επίδραση της κατανομής του ρεύματος στη διέγερση εξαρτάται από το τύπο του νεύρου και την κατάσταση του (165). Αναμφισβήτητα η νευρική ηλεκτρική διέγερση είναι χρήσιμο και ωφέλιμο βοήθημα για του περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς, παρόλα αυτά όμως, όπως φαίνεται από τα παραπάνω, οφείλουμε να αναγνωρίσουμε και τους περιορισμούς της.

Νεύρο

Η επίδραση της σύνθεσης του νεύρου στην νευρική ηλεκτρική διέγερση κατά την περιοχική αναισθησία δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Επειδή τα περιφερικά νεύρα είναι ετερογενής δομές που μεταφέρουν κινητικά και αισθητικά στοιχεία, με νευρικά και μη νευρικά μέρη, η σύνθεση της ίνας σε μία ανατομική θέση μπορεί να διαφέρει σημαντικά από αυτή μιας άλλης θέσης. Το ενδιαφέρον είναι ότι μόνο ένα μικρό μέρος του νεύρου αποτελείται από κινητικά στοιχεία. Για παράδειγμα, στο ποντίκι, το ισχιακό νευρο στο μέσο του μηρού περιέχει περίπου 27,000 άξονες, αλλά μόνο το 6% αυτών είναι μυελινωμένοι κινητικοί άξονες. Από τους εναπομείναντες άξονες, το 23% είναι μυελινώμενοι, το 48% είναι αμυελίνωτοι αισθητικοί άξονες, και το 23% είναι αμυελίνωτοι συμπαθητικοί άξονες (169). Όταν εξετάζονται μικροσκοπικά, τόσο τα άνω, όσο και τα κάτω άκρα, καθώς κινούμαστε από τα εγγύς προς άπω, επιδεικνύουν μία αύξηση στην αναλογία του στρωματικού και συνδετικού ιστού, σε σχέση με το νευρικό ιστό (170), (171). Αυτή η ετερογένεια θα μπορούσε να επηρεάσει την ικανότητα διέγερσης του νεύρου.

Παθολογικές διεργασίες μπορεί να αλλάζουν σημαντικά την ικανότητα έκλυσης κινητικής απάντησης, αυξάνοντας την ουδό διέγερσης ή μειώνοντας το μέγεθος και την ποιότητα της κινητικής απάντησης. Ασθένειες όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, η αμυλοειδής πολυνευροπάθεια, αυτοάνοση νευροπάθεια, και η χημειοθεραπεία, μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία του άξονα και της ιδιότητας της ηλεκτρικής διέγερσης. Για παράδειγμα, η διαβητική νευροπάθεια σχετίζεται με μειωμένες ταχύτητες μετάδοσης εξαιτίας απώλειας αξόνων, τμηματικής απομυελίνωσης και ένα πλήθος αγγειακών και μεμβρανικών αλλαγών (172). Τόσο πειραματικά (156), όσο και κλινικά (173), η παρουσία διαβητικής νευροπάθειας φαίνεται ότι βλάπτει την ικανότητα έκλυσης κινητικής σύσπασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη προβλεψιμότητας και την ανικανότητα ανίχνευσης της ενδονευρικής θέσης της βελόνης στα συμβατικά ή και αυξημένα (2.4 mA) επίπεδα ρεύματος (174). Υπάρχει ένδεια μελετών στην αναισθησιολογική βιβλιογραφία, οι οποίες να έχουν μελετήσει τη νευρική διέγερση στο πλαίσιο των υγιών και παθολογικών νεύρων.

Συνοπτικά:

Σύμφωνα με τη σχέση έντασης – απόστασης, η ένταση του ρεύματος με την οποία αποπολώνεται το νεύρο, είναι ανάλογη με την απόσταση μεταξύ του ρεύματος και του νεύρου. Αυτή η σχέση είναι προβλέψιμη και ακολουθεί το νόμο του τετραγώνου.

Η διέγερση από χαμηλής έντασης ρεύμα (0.1 – 0.4 mA) προβλέπει ότι απόσταση βελόνης – νεύρου είναι πολύ μικρή (1 – 2 mm), αλλά σε ορισμένες ανατομικές θέσεις και συνθήκες μπορεί να σηματοδοτεί ενδονευρική τοποθέτηση της βελόνης.

Η χρήση χαμηλής έντασης ρεύματος για την πρόβλεψη της ενδονευρικής θέσης είναι αναξιόπιστη.

Κινητική απάντηση από ενδονευρική τοποθέτηση, είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί με χαμηλής έντασης ρεύμα, αλλά μπορεί να συμβεί και με ένταση ρεύματος 0.5 mA ή και μεγαλύτερη.

Η απουσία κινητικής απάντησης δεν αποκλείει την ενδονευρική τοποθέτηση.

Το τραύμα από τη βελόνη μπορεί να προκαλέσει οίδημα ή αιμάτωμα, τα οποία δρουν ως αγωγίμα διαλύματα, αυξάνοντας την αγωγή επιφάνεια, μειώνοντας την πυκνότητα του ρεύματος και αυξάνοντας την ουδό διέγερσης.

Η ηλεκτρική διέγερση του νεύρου είναι μία κοινή τεχνική για την εντόπιση του νεύρου και έχει μία μακριά ιστορία κλινικής αποτελεσματικότητας και ασφάλειας. Οι τροποποιήσεις και η εμπορική παραγωγή των νευροδιεγερτών, καθώς και οι πρώτες αναφορές επιτυχίας, οδήγησαν σε ταχεία μετάβαση από τη μηχανική διέγερση ή «τεχνική παραισθησίας» στην ηλεκτρική διέγερση. Στα οφέλη συμπεριλαμβάνονται οι βελτίωση στην ακρίβεια και η οπτική ανάδραση από την έκλυση της κινητικής απάντησης. Η επιτυχής εφαρμογή αυτής της τεχνικής εξαρτάται από την ισχυρή και βαθιά γνώση της βασικής ανατομίας και από την πλήρη κατανόηση των αρχών της ηλεκτροφυσιολογίας. Χρησιμοποιώντας το ελάχιστο ρεύμα, ως υποκατάστατο για την απόσταση νεύρου – βελόνης, οι αναισθησιολόγοι κατάφεραν να εναποθέτουν το τοπικό αναισθητικό με υψηλού βαθμού ακρίβεια. Ωστόσο, αυτή η τεχνική δεν είναι ούτε 100% ευαίσθητη, ούτε ακριβής, λόγω της πολυπλοκότητας του βιολογικού περιβάλλοντος. Σαν αποτέλεσμα, σημαντικά θέματα, όπως η αξιοπιστία της ηλεκτρικής νευρικής διέγερσης ως δείκτης ενδονευρικής θέσης, δεν έχουν ακόμη επιλυθεί. Με την ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας όμως, οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί υπό την καθοδήγηση των υπερήχων προσφέρουν σήμερα άμεση εικόνα της απόστασης νεύρου – βελόνης, προκαλώντας των χρησιμότητα της νευρικής διέγερσης. Παρόλα αυτά, η περιφερική νευρική διέγερση παραμένει μία δημοφιλής και χρήσιμη μέθοδος για τον εντοπισμό των νεύρων για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς, είτε μόνη της, είτε σε συνδυασμό με την υπερηχογραφική καθοδήγηση.

Παρόμοια με την μετάβαση από την παραισθησία στη νευροδιέγερση, σήμερα συμβαίνει η μετάβαση από τη νευροδιέγερση στην περιοχική αναισθησία υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση, όμως πολύ πιο γρήγορα.

Ανίχνευση με τη χρήση υπερήχων

Ο υπέρηχος χρησιμοποιείται για να απεικονίσει το ανθρώπινο σώμα για πάνω από μισό αιώνα. Ο Δρ Karl Theo Dussik, ένας Αυστριακός νευρολόγος, ήταν ο πρώτος που εφάρμοσε τον υπέρηχο ως διαγνωστικό ιατρικό εργαλείο για την απεικόνιση του εγκεφάλου (175). Σήμερα, ο

υπέρηχος είναι μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες απεικονιστικές τεχνολογίες στην ιατρική. Είναι φορητός, χωρίς τον κίνδυνο ακτινοβολίας, και σχετικά μη ακριβός, όταν συγκρίνεται με άλλες απεικονιστικές τεχνικές, όπως η μαγνητική και αξονική τομογραφία. Επιπλέον, οι υπερηχογραφικές εικόνες είναι τομογραφικές, δηλαδή προσφέρουν μία «διατομεακή» εικόνα των ανατομικών δομών. Οι εικόνες μπορεί να αποκτηθούν σε πραγματικό χρόνο, προσφέροντας έτσι ακαριαία οπτική καθοδήγηση για πολλές παρεμβατικές επεμβάσεις, συμπεριλαμβανομένων αυτών της περιοχικής αναισθησίας και της διαχείρισης του πόνου.

Η υπερηχογραφική καθοδήγηση έχει επηρεάσει σημαντικά την περιοχική αναισθησία τα τελευταία 20 χρόνια. Από το 1884, τη χρονιά δηλαδή που το Carl Koller πραγματοποίησε τον πρώτο περιοχικό αποκλεισμό για χειρουργείο οφθαλμού στη Βιέννη, έως το τέλος της δεκαετίας του 1970, οι κύριες εξελίξεις αφορούσαν τα νέα τοπικά αναισθητικά και την εισαγωγή κυρίως ανατομικών μεθόδων για την ανεύρεση του νεύρου. Δυστυχώς η ανατομία δεν είναι ακριβώς προβλέψιμη και η φυσική ποικιλομορφία στην ανθρώπινη ανατομία οδήγησε σε χαμηλά ποσοστά επιτυχίας για πολλούς περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς. Μεγάλο μέρος της «αντιπάθειας» προς την περιοχική αναισθησία, προέρχεται από τις αποτυχημένες αυτές προσπάθειες (176).

Η εισαγωγή του υπερήχου στη κλινική αναισθησιολογική πράξη ήταν ένα βήμα προς τη λύση του παραπάνω προβλήματος. Η πρώτη εργασία σε αυτόν τον τομέα δημοσιεύτηκε το 1978 (177). Οι μελετητές χρησιμοποίησαν έναν υπερηχογραφικό Doppler ανιχνευτή αιματικής ροής για να διευκολύνουν την πραγματοποίηση ενός υπερκλείδιου αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος. Τότε η λεπτομερής γνώση της υπερηχογραφικής απεικόνισης των νευρικών δομών ήταν φτωχή και η υπερηχογραφική τεχνολογία δεν ήταν κατάλληλη για την οπτικοποίηση των νεύρων. Η πρώτη άμεση χρήση υπερήχου για περιοχικό αποκλεισμό έγινε το 1994, πάλι για υπερκλείδιο αποκλεισμό βραχιονίου πλέγματος (178). Από τότε, η τεχνολογία των μηχανημάτων ηπερήχων έχει εξελιχθεί ταχέως και τα σημερινά μηχανήματα είναι μικρότερα, όλο και πιο φορητά, περισσότερο φιλικά προς το χρήστη, και παρέχουν ανάλυση εικόνας συγκρίσιμη με τα μεγαλύτερα και ακριβότερα, σταθερά μηχανήματα (179). Η χρήση των υπερήχων στην αναισθησιολογική πρακτική έχει πολλαπλά οφέλη, αλλά ίσως οι 2 εφαρμογές που έχουν τη μεγαλύτερη συμβολή στην ταχεία διακίνηση ασθενών είναι η χρήση για την (α) εφαρμογή περιοχικών τεχνικών και (β) αγγειακή πρόσβαση.

Οι σύγχρονοι ιατρικοί υπέρηχοι πραγματοποιούνται κυρίως χρησιμοποιώντας μία προσέγγιση ήχου παλμού σε λειτουργία φωτεινής (brightness mode, B-Mode) οθόνης (180). Οι βασικές αρχές της απεικόνισης σε B-mode περιλαμβάνουν την μετάδοση μικρών παλμών υπερηχητικού ήχου από έναν μορφοτροπέα (transducer) μέσα στο σώμα. Καθώς τα ηχητικά κύματα διεισδύουν στο ιστούς του σώματος διαφορετικών ακουστικών εμπεδήσεων, κατά μήκος του μονοπατιού της μετάδοσης, μερικά αντανακλώνται πίσω στο transducer και μερικά συνεχίζουν να διεισδύουν βαθύτερα. Συνεπώς, ένα transducer ηπερήχου λειτουργεί και σαν ηχείο (δημιουργώντας κύματα ήχου) και σαν μικρόφωνο (λαμβάνοντας κύματα ήχου). Λειτουργεί κυκλικά μεταξύ του να

παράγει υπερηχητικά κύματα στο 1% του χρόνου και να «ακούει» για την επιστροφή των ηχητικών κυμάτων στο 99% του χρόνου. Ο υπερηχητικός παλμός είναι στην πραγματικότητα αρκετά σύντομος, αλλά μιας και διατρέχει ένα ευθύ μονοπάτι, συχνά αναφέρεται ως ηπερηχητική δέσμη. Η κατεύθυνση στην οποία εξαπλώνεται ο υπέρηχος κατά μήκος της γραμμής της δέσμης, αναφέρεται ως αξονική κατεύθυνση, και η κατεύθυνση στο επίπεδο της εικόνας κάθετα προς την αξονική, ονομάζεται πλάγια κατεύθυνση. Συνήθως, μόνο ένα μικρό μέρος του υπερηχητικού παλμού επιστρέφει ως αντανακλαστική ηχώ μετά την επαφή με μία ιστική επιφάνεια, ενώ ο υπόλοιπος παλμός συνεχίζει κατά μήκος της ακτίνας σε μεγαλύτερο ιστικό βάθος. Τα σήματα ήχου που επιστρέφουν από πολλούς διαδοχικούς συνεπίπεδους παλμούς, επεξεργάζονται και συνδυάζονται για τη δημιουργία μίας εικόνας. Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι στο transducer μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια των ήχων που επιστρέφουν σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο επεξεργάζεται από το μηχάνημα υπερήχων για να παραχθεί μία εικόνα 2 διαστάσεων στην κλίμακα του γκρι, η οποία εμφανίζεται στην οθόνη. Η εικόνα που δημιουργείται κυμαίνεται ανάμεσα στο μαύρο και το άσπρο. Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια από την επιστρεφόμενη ηχώ, τόσο πιο άσπρη θα εμφανίζεται η εικόνα. Οι περιοχές στην εικόνα που εμφανίζονται άσπρες ονομάζονται υπερηχοϊκές. Οι περιοχές στην εικόνα που δημιουργούνται από λιγότερη ενέργεια επιστρεφόμενης ηχώς ονομάζονται υποηχοϊκές και εμφανίζονται ως γκρι. Οι περιοχές που δεν έχουν επιστρεφόμενη ηχώ ονομάζονται αηχοϊκές, και φαίνονται σαν μαύρες.

Στη συνέχεια θα αναφερθούν οι φυσικές ιδιότητες του υπερήχου που σχετίζονται περισσότερο με την εφαρμογή της περιοχικής αναισθησίας.

Μήκος κύματος και συχνότητα υπερήχου

Ένα κύμα ήχου είναι απλώς μία φυσική διαταραχή των σωματιδίων, που ταξιδεύει μέσα σε έναν μη κενό χώρο και χαρακτηρίζεται από συμπίεσεις και αραιώσεις. Το υπερηχητικό κύμα είναι μία μορφή ακουστικής ενέργειας και παράγεται όταν δονούνται πολλαπλοί πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι μέσα σε έναν μορφοτροπέα (transducer), όπως είναι ο ηχοβολέας (probe), με μεγάλη συχνότητα, ως απάντηση σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Η ταχεία δόνηση, η οποία μεταδίδεται στον ασθενή μέσω μιας αγωγίμης γέλης, εξαπλώνεται κατά μήκος μέσα στο σώμα σαν μία βραχεία, σύντομη σειρά συμπίεσεων (υψηλή πίεση) και αραιώσεων (χαμηλή πίεση). Κάθε ηχητικό κύμα χαρακτηρίζεται από ένα ειδικό μήκος κύματος (απόσταση μεταξύ κορυφών) και μία συχνότητα (αριθμός των κορυφών ανά δευτερόλεπτο). Ο υπέρηχος είναι απλώς υψηλής συχνότητας ήχος. Η ταχύτητα του ήχου (c) είναι ανάλογη του γινομένου της συχνότητας (f) και του μήκους κύματος (λ):

$$c = \lambda * f$$

Η ταχύτητα του υπερήχου ποικίλλει στα διάφορα μέσα, αλλά ένας μέσος όρος για τους περισσότερους μαλακούς ιστούς στο ανθρώπινο σώμα είναι περίπου 1,540 μέτρα το δευτερόλεπτο. Αυτή η ταχύτητα του υπερήχου μέσα στους βιολογικούς ιστούς διατηρείται σχετικά σταθερή, επομένως αν αλλάξει η συχνότητα, θα αλλάξει αντίστοιχα και αντιστρόφως ανάλογα και το μήκος

κύματος. Με άλλα λόγια, αν κάποιος αλλάξει τις ρυθμίσεις για να παράγει ένα υψηλότερης συχνότητας ηχητικό κύμα, το μήκος κύματος θα μικρύνει και αντίστροφα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ταχύτητα του υπέρηχου μπορεί να ποικίλλει στους μαλακούς ιστούς (για το λίπος περίπου 1,450 m/s, για τους μύες περίπου 1580 m/s). Αυτές οι διαφορές είναι σημαντικό να αναγνωρίζονται γιατί μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό artifacts.

Για να παραχθεί μία κλινικά χρήσιμη εικόνα, τα ηχητικά κύματα πρέπει να αναπληρώσουν στους ιστούς και να επιστρέψουν στον ηχοβολέα. Ο ηχοβολέας, μετά την εκπομπή του κύματος, αλλάζει σε λειτουργία λήψης. Όταν τα ηχητικά κύματα επιστρέφουν στον ηχοβολέα, οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι θα δονηθούν ξανά, αλλά αυτή τη φορά θα μεταμορφώσουν την ηχητική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η διαδικασία της μετάδοσης και της λήψης μπορεί να επαναληφθεί πάνω από 7,000 φορές το δευτερόλεπτο και όταν συνδεθεί με ένα επεξεργαστή, θα οδηγήσει στη δημιουργία μίας πραγματικού χρόνου εικόνα 2 διαστάσεων που φαίνεται συνεχής.

Το μήκος κύματος και η συχνότητα του υπέρηχου είναι αντιστρόφως ανάλογα, δηλαδή υπέρηχος υψηλής συχνότητας έχει μικρό μήκος κύματος και αντίστροφα. Τα υπερηχητικά κύματα έχουν συχνότητες που υπερβαίνουν το ανώτερο όριο που είναι ακουστό από το ανθρώπινο αφτί, δηλαδή μεγαλύτερη από τα 20 kHz. Οι συσκευές ιατρικών υπέρηχων χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα της τάξης των 1 – 20 MHz. Η σωστή επιλογή της συχνότητας του transducer είναι μία σημαντική έννοια για την παροχή βέλτιστης ανάλυσης εικόνας. Υψηλής συχνότητας υπερηχητικά κύματα (χαμηλό μήκος κύματος) παράγουν εικόνες υψηλής αξονική ανάλυσης. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των κυμάτων για μία δεδομένη απόσταση, τόσο είναι δυνατό να ξεχωρίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια μεταξύ τους δύο δομές κατά μήκος της αξονικού επιπέδου μετάδοσης του κύματος. Ωστόσο, τα υψηλής συχνότητας κύματα εξασθενούν πιο γρήγορα από ότι τα κύματα χαμηλής συχνότητας και επομένως είναι κατάλληλα για την απεικόνιση κυρίως επιφανειακών δομών. Αντιστρόφως, χαμηλής συχνότητας κύματα (μεγάλο μήκος κύματος) προσφέρουν εικόνες χαμηλότερης ανάλυσης αλλά μπορούν να διεισδύσουν σε βαθύτερες δομές λόγω του μικρότερου βαθμού εξασθένισης. Γι' αυτό το λόγο, είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται υψηλής συχνότητας transducer (έως 10 – 15 MHz) για την απεικόνιση επιφανειακών δομών (όπως για τον αποκλεισμό του αστεροειδούς γαγγλίου) και χαμηλής συχνότητας transducer (τυπικά 2 – 5 MHz) για την απεικόνιση δομών που βρίσκονται βαθιά, όπως το οσφυϊκό πλέγμα.

Τα υπερηχητικά κύματα δημιουργούνται σε παλμούς (διακεκομμένη ακολουθία πιέσεων) που συνήθως αποτελούνται από δύο ή τρεις ηχητικούς κύκλους της ίδιας συχνότητας. Η συχνότητα επανάληψης παλμού (pulse repetition frequency, PRF) είναι ο αριθμός των παλμών που εκπέμπονται από το transducer στη μονάδα του χρόνου. Τα υπερηχητικά κύματα πρέπει να εκπέμπονται σε παλμούς με επαρκή χρόνο ανάμεσα του ώστε να επιτρέπεται στο σήμα να φτάνει το στόχο και να αντανακλάται πίσω στο transducer ως ηχώ, πριν να δημιουργηθεί ο επόμενος παλμός. Η PRF για τις συσκευές ιατρικής απεικόνισης κυμαίνεται από 1 έως 10 kHz.

Αλληλεπίδραση ιστού – υπερήχου

Καθώς τα υπερηχητικά κύματα ταξιδεύουν μέσα στους ιστούς, ένα μέρος τους μεταδίδεται σε βαθύτερες δομές, ένα μέρος τους αντανακλάται πίσω στο transducer σαν ηχώ, ένα μέρος τους διασκορπίζεται, και ένα μέρος τους μετατρέπεται σε θερμότητα. Για απεικονιστικούς λόγους, το κυρίως ενδιαφέρον έχουν οι ήχοι που αντανακλώνται πίσω στο transducer. Το ποσό του ήχου που επιστρέφει, αφού χτυπήσει μία ιστική επιφάνεια καθορίζεται από μία ιστική ιδιότητα, που ονομάζεται ακουστική εμπέδηση. Αυτή είναι μία ενδογενής φυσική ιδιότητα ενός μέσου που ορίζεται ως η πυκνότητα του μέσου επί την ταχύτητα διάδοσης του υπερηχητικού κύματος στο μέσο. Ουσιαστικά ακουστική εμπέδηση είναι η αντίσταση στη διέλευση των υπερηχητικών κυμάτων., όσο μεγαλύτερη είναι η ακουστική εμπέδηση, τόσο μεγαλύτερη αντίσταση προβάλλει ο ιστός στη διέλευση των υπερηχητικών κυμάτων. Τα όργανα που περιέχουν αέρα (όπως ο πνεύμονας), έχουν τη χαμηλότερη ακουστική εμπέδηση, ενώ τα συμπαγή όργανα (όπως τα οστά), έχουν πολύ υψηλή ακουστική εμπέδηση. Η ένταση από την αντανακλώμενη ηχώ είναι ανάλογη με την διαφορά της ακουστικής εμπέδησης μεταξύ δύο μέσων. Αν δύο ιστοί έχουν πανόμοια ακουστική εμπέδηση, δεν παράγεται ηχώ. Όταν έχουμε μαλακούς ιστούς με παρόμοιες ακουστικές εμπεδήσεις μεταξύ τους συνήθως παράγουν χαμηλής έντασης ηχώ, οδηγώντας σε υποηχοϊκές εικόνες. Αντίθετα οι επιφάνειες επαφής μεταξύ μαλακού ιστού και οστού ή πνεύμονα παράγουν πολύ δυνατή ηχώ λόγω της διαφοράς στην ακουστική εμπέδηση (181) και δίνουν υπερηχοϊκή εικόνα.

Όταν ένας υπερηχητικός παλμός συναντήσει μια μεγάλη, λεία επιφάνεια επαφής δύο ιστών του σώματος με διαφορετικές ακουστικές εμπεδήσεις, η ακουστική ενέργεια αντανακλάται πίσω στο transducer. Αυτός ο τύπος αντανάκλασης ονομάζεται κατοπτρική αντανάκλαση, και η ένταση της ηχούς που παράγεται είναι ανάλογη της διαφοράς της ακουστικής εμπέδησης μεταξύ των δύο μέσων. Ένα παράδειγμα της κατοπτρικής αντανάκλασης είναι η επιφάνεια επαφής ενός μαλακού ιστού με τη βελόνη, όταν η βελόνη εισέρχεται με την τεχνική “in-plane”. Αν η δέσμη των υπερήχων φτάσει τη γραμμική επιφάνεια στις 90° , σχεδόν όλη η παραγόμενη ηχώ θα ταξιδέψει πίσω στο transducer. Ωστόσο, αν η γωνία πτώσης με το κατοπτρικό όριο είναι λιγότερη από 90° , η ηχώ δεν θα επιστρέψει στο transducer, παρά θα αντανακλασθεί σε μία γωνία ίση με τη γωνία πτώσης (όπως το ορατό φως αντανακλάται στον καθρέφτη). Η ηχώ που επιστρέφει με αυτόν τον τρόπο πιθανότατα να μην πετύχει το transducer και δεν θα ανιχνευθεί. Αυτό έχει μεγάλη κλινική σημασία, και εξηγεί γιατί μπορεί να είναι δύσκολο να απεικονιστεί μία βελόνη η οποία εισέρχεται με πολύ απότομη κατεύθυνση για να φτάσει δομές που βρίσκονται βαθειά.

Η διάθλαση αναφέρεται στην αλλαγή κατεύθυνσης της μετάδοσης του ήχου μετά το χτύπημα σε μία επιφάνεια δύο ιστών με διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσής του ήχου. Σε αυτή την περίπτωση, επειδή η ακουστική συχνότητα είναι σταθερή, το μήκος κύματος πρέπει να αλλάξει για να αφομοιώσει τη διαφορά στην ταχύτητα μετάδοσης του ήχου μεταξύ των δύο ιστών. Αυτό οδηγεί σε ανακατεύθυνση του ακουστικού παλμού καθώς περνά μέσα από την επιφάνεια επαφής των

ιστών. Η διάθλαση είναι μία από τις σημαντικές αιτίες μη σωστής εντόπισης μίας δομής σε μία υπερηχογραφική εικόνα. Επειδή η ταχύτητα του ήχου είναι χαμηλή στο λίπος (περίπου 1,450 m/s) και υψηλή στους μαλακούς ιστούς (περίπου 1,540 m/sec), τα artifacts της διάθλασης είναι πιο εμφανή στις επιφάνειες επαφής λίπους με μαλακό ιστό.

Αν ο υπερηχητικός παλμός συναντήσει κάτοπτρα των οποίων οι διαστάσεις είναι μικρότερες από το μήκος κύματος του υπερήχου, ή όταν ο παλμός συναντήσει μία σκληρή, ανώμαλη επιφάνεια επαφής, τότε εμφανίζεται η σκέδαση (scattering). Σε αυτή την περίπτωση, η ηχώ αντανακλάται μέσω ενός ευρέως φάσματος γωνιών και η ένταση της μειώνεται. Ωστόσο, το θετικό αποτέλεσμα της σκέδασης είναι η επιστροφή κάποιας ηχώς στο transducer ανεξάρτητα από τη γωνία του παλμού.

Καθώς οι υπερηχητικοί παλμοί ταξιδεύουν μέσα στους ιστούς, η ένταση τους μειώνεται ή εξασθενεί. Αυτή η εξασθένιση είναι το αποτέλεσμα της αντανάκλασης και τη σκέδασης και επίσης των απωλειών τριβής. Δηλαδή η εξασθένιση είναι η απώλεια μηχανικής ενέργειας των ηχητικών κυμάτων καθώς ταξιδεύουν μέσα στους ιστούς. Οι απώλειες τριβής προέρχονται από τις κινήσεις ταλάντωσης των ιστών, τις οποίες προκαλεί ο παλμός και οι οποίες προκαλούν μετατροπή της ενέργειας από την αρχική μηχανική μορφή, σε θερμότητα. Αυτή τη απώλεια ενέργειας από τοπική θερμότητα αναφέρεται ως απορρόφηση και σε αυτή οφείλεται το 75% της εξασθένισης (182). Η εξασθένιση των υπερηχητικών κυμάτων εξαρτάται από 3 παράγοντες: (1) την σταθερά εξασθένισης του ιστού, (2) την απόσταση που ταξιδεύει ο παλμός, και (3) τη συχνότητα των υπερηχητικών κυμάτων. Η εξασθένιση είναι αντιστρόφως ανάλογη με τη συχνότητα, όσο πιο μεγάλη είναι η συχνότητα του υπερηχητικού κύματος, τόσο πιο μεγάλη είναι και η εξασθένιση. Γι' αυτό, υψηλής συχνότητας transducer έχουν μικρότερη διείσδυση στους ιστούς, λόγω της μεγαλύτερης εξασθένισης, πράγμα που κάνει την απεικόνιση βαθύτερων δομών δύσκολη με τα transducer υψηλών συχνοτήτων. Η εξασθένιση επίσης ποικίλλει μεταξύ των ιστών του σώματος, με το μεγαλύτερο βαθμό στα οστά, λιγότερο στους μύες και τα συμπαγή όργανα και το χαμηλότερο στο αίμα για κάθε συχνότητα. Όλα τα μηχανήματα υπερήχων ενδογενώς αντισταθμίζουν την αναμενόμενη μέσου βαθμού εξασθένιση, αυξάνοντας αυτόματα το gain (συνολική φωτεινότητα ή ένταση των σημάτων) στις πιο βαθιές περιοχές της οθόνης. Αυτή είναι η αιτία για ένα πολύ συχνό artifact γνωστό ως «οπίσθια ακουστική ενίσχυση» που περιγράφει μία σχετικά υπερηχοϊκή περιοχή πίσω από ένα μεγάλο αιμοφόρο αγγείο ή κύστη. Οι δομές που περιέχουν υγρό εξασθενούν τον ήχο πολύ λιγότερο από τις συμπαγείς δομές και έτσι η ένταση του ακουστικού παλμού είναι μεγαλύτερη μετά το πέρασμα μέσω του υγρού, από ότι μέσω μιας ισοδύναμης ποσότητας συμπαγούς ιστού.

Η αξονική ανάλυση είναι η ικανότητα να ξεχωρίσουμε 2 αντικείμενα που βρίσκονται σε διαφορετικά βάθη, σε ένα επίπεδο, παράλληλα στην κατεύθυνση της δέσμης των υπερήχων. Η αξονική ανάλυση είναι περίπου ίση με το μισό του μήκους κύματος. Αν η απόσταση μεταξύ των 2 αντικειμένων είναι μεγαλύτερη από το μισό του μήκους κύματος, τότε οι δομές θα εμφανιστούν

σαν 2 ξεχωριστά αντικείμενα (183). Τα υψηλής ταχύτητας transducer έχουν καλύτερη αξονική ανάλυση. Η πλάγια ανάλυση είναι η ικανότητα να ξεχωρίσουμε 2 αντικείμενα που βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο, σε ένα επίπεδο κάθετα στην κατεύθυνση της δέσμης των υπερήχων. Η πλάγια ανάλυση είναι πάντα χειρότερη από την αξονική. Η πλάγια ανάλυση σχετίζεται με τη εύρος της δέσμης των υπερήχων. Όσο πιο στενό είναι το εύρος της δέσμης, τόσο μεγαλύτερη είναι η πλάγια ανάλυση. Οι υψηλής συχνότητας ηχοβολείς έχουν στενότερο εύρος δέσμης, το οποίο επιτρέπει την καλύτερη πλάγια ανάλυση. Η θέση του στενότερου σημείου της δέσμης προσαρμόζεται αλλάζοντας τη ζώνη εστίασης στο μηχάνημα υπερήχου.

Οπτικοποίηση της βελόνης και τεχνικές καθοδήγησης της βελόνης

Για πολλούς, το μεγαλύτερο ίσως όφελος από τη χρήση του υπερήχου για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς είναι η δυνατότητα να παρακολουθείται η βελόνη καθόλη τη διάρκεια εκτέλεσης του αποκλεισμού και η επαρκής οπτικοποίηση της βελόνης είναι υποχρεωτική για την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των αποκλεισμών. Μελέτη παρατήρησης όρισε τις ακόλουθες προδιαγραφές για την «ιδανική ηχογενή βελόνη» (184):

- (α) Καλή οπτικοποίηση της βελόνης, και ιδιαίτερα του άκρου της
- (β) Καταλληλότητα για όλα τα είδη των ιστών
- (γ) Καλή οπτικοποίηση από όλες τις γωνίες
- (δ) Ακριβής απεικόνιση της λοξότμησης της βελόνης
- (ε) Σχηματισμός ελαχίστων artifacts
- (στ) Να μην σχηματίζει σκιές
- (ζ) Εξαιρετικά καλή ανίχνευση και διαφοροποίηση από τον περιβάλλοντα χώρο

Τεχνολογία υπερήχων

Ηχοβολείς Υπερήχων

Οι ηχοβολείς των υπερήχων μπορεί να κατηγοριοποιηθούν βάση της συχνότητας (υψηλής ή χαμηλής συχνότητας) και/ή το σχήμα στο οποίο οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι είναι τοποθετημένοι (κυρτής ή γραμμικής διάταξης). Οι γραμμικοί ηχοβολείς είναι συνήθως υψηλής συχνότητας, και έχουν μικρότερη διεύθυνση στους ιστούς αλλά καλύτερη ανάλυση εικόνας. Οι υψηλής συχνότητας ηχοβολείς μπορεί να χρησιμοποιηθούν για πιο περιφερικούς αποκλεισμούς, όπως ο διασκαληνικός, ο υπερκλείδιος, ο υποκλείδιος, ο μασχαλιαίος, ο μηριαίος, ο πλάγιος υγνιακός, οι αποκλεισμοί του αστραγάλου, και οι αποκλεισμοί του εγκάρσιου κοιλιακού μύος.

Οι κυρτοί ηχοβολείς είναι συνήθως χαμηλής συχνότητας και έχουν μεγαλύτερη διεύθυνση στους ιστούς, αλλά υπάρχει συμβιβασμός στην ποιότητα της ανάλυσης. Οι χαμηλής συχνότητας ηχοβολείς μπορεί να είναι απαραίτητοι για βαθείς αποκλεισμούς, όπως η πρόσθια προσπέλαση του ισχιακού νεύρου, οι εγγύς προσεγγίσεις του ισχιακού νεύρου (διαγλουτιακά και υπογλουτιακά) και οι νευραξονικοί αποκλεισμοί. Μερικοί αναισθησιολόγοι χρησιμοποιούν επίσης κυρτούς ηχοβολείς

για υποκλείδιους αποκλεισμούς για καλύτερη οπτικοποίηση της βελόνης λόγω του ευρύτερου πεδίου όρασης.

Το αποτύπωμα του ηχοβολέα αναφέρεται στο φυσικό μέγεθος του ηχοβολέα των υπερήχων όταν έρχεται σε επαφή με τον ασθενή. Για τους γραμμικούς ηχοβολείς, το μέγεθος του αποτυπώματος σχετίζεται άμεσα με το εύρος της εικόνας που αποτυπώνεται. Συνεπώς, τα γραμμικά αποτυπώματα θα δημιουργήσουν ένα σταθερό πεδίο όρασης, ή εύρος εικόνας, πάνω στην οθόνη.

Σε αντίθεση, το πεδίο όρασης ενός κυρτού ηχοβολέα μετράται με μοίρες, αποκλίνει καθώς εξέρχεται από τον ηχοβολέα, και δεν είναι σταθερό. Η απόκλιση των υπερηχητικών κυμάτων δίνει στους κυρτούς ηχοβολείς ένα πολύ πιο ευρύ πεδίο όρασης. Ωστόσο, η απόκλιση των υπερηχητικών κυμάτων μπορεί να προκαλέσει και κάποια παραμόρφωση της εικόνας.

Ένα πλεονέκτημα της απόκλισης είναι ότι η βελόνη που εισέρχεται με την τεχνική in-plane μπορεί να είναι μέσα στη δέσμη υπερήχων και να οπτικοποιείται πριν η βελόνη να είναι πραγματικά κάτω από τον ηχοβολέα. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να επιτρέψει την οπτικοποίηση της βελόνης νωρίτερα από ότι με ένα γραμμικό ηχοβολέα. Αυτό το πλεονέκτημα θα πρέπει να ζυγιστεί σε σχέση με τη χαμηλότερη ανάλυση των κυρτών χαμηλής συχνότητας ηχοβολέων και την κυρτή παραμόρφωση της εικόνας που προκαλείται από την απόκλιση των υπερηχητικών δεσμίδων.

Έλεγχος εικόνας μηχανήματος υπερήχων

Τα μηχανήματα υπερήχων κυκλοφορούν με πάρα πολλά χαρακτηριστικά και λειτουργίες. Κάποιες από αυτές τις επιλογές χρησιμοποιούνται καθημερινά, ενώ άλλες μπορεί να χρησιμοποιούνται μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις. Στη συνέχεια θα περιγραφούν εν συντομία μερικές από τις λειτουργίες του μηχανήματος υπερήχων που είναι απαραίτητες για την κατανόηση και τη χρήση του μηχανήματος στην καθημερινή κλινική πρακτική.

Gain

Το Gain μοιάζει με την ένταση σε μία ακουστική συσκευή. Για τα μηχανήματα υπερήχων, η λειτουργία του Gain χρησιμοποιείται για να αντισταθμίσει την απώλεια ενέργειας καθώς τα σήματα ταξιδεύουν μέσα στους ιστούς. Η αύξηση του Gain ενισχύει το σήμα των υπερηχητικών κυμάτων που επιστρέφουν. Τα υπερηχητικά σήματα που επιστρέφουν ονομάζονται «σήμα», ενώ τα artifact του υπόβαθρου ονομάζονται «θόρυβος». Αυξάνοντας το Gain, αυξάνεται ο λόγος σήμα προς θόρυβο. Πάρα πολύ Gain θα δώσει μία ασπρίσει την εικόνα, ενώ πολύ λίγο Gain θα μαυρίσει την εικόνα.

Αντιστάθμιση Χρόνου – Gain

Η αντιστάθμιση Χρόνου – Gain (Time – Gain Compensation, TGC) επιτρέπει τον εκλεκτικό έλεγχο του Gain σε διάφορα βάθη. Τα υπερηχητικά κύματα που επιστρέφουν από βαθύτερες δομές έχουν υποστεί μεγαλύτερη εξασθένηση. Για να αντισταθμίσει την απώλεια της έντασης του

σήματος, η TGC επιτρέπει τη σταδιακή αύξηση του Gain για μεγαλύτερη ενίσχυση των υπερηχητικών κυμάτων που επιστρέφουν από βαθύτερες δομές. Οι προσαρμογές TGC συνήθως γίνονται πιο σπάνια από ότι οι προσαρμογές στο Gain.

Συχνότητα

Υψηλότερες ηχητικές συχνότητες επιτρέπουν καλύτερη ανάλυση, αλλά έχουν πτωχή διείσδυση στους ιστούς. Οι υψηλές συχνότητες χρησιμοποιούνται καλύτερα για την οπτικοποίηση επιφανειακών δομών, ενώ οι χαμηλές συχνότητες χρησιμοποιούνται καλύτερα για την οπτικοποίηση δομών που βρίσκονται βαθιά μέσα στους ιστούς, γιατί μπορούν να διεισδύουν βαθύτερα χωρίς να εξασθενούν όπως οι υψηλές συχνότητες. Ορισμένα μηχανήματα έχουν ηχοβολείς που επιτρέπουν την προσαρμογή της συχνότητας μέσα σε ένα στενό εύρος (ηχοβολείς ποικίλης συχνότητας), πράγμα που επιτρέπει την βελτιστοποίηση της εικόνας μέσα σε ένα εύρος βάθους

Ζώνη Εστίασης

Η ζώνη εστίασης είναι το στενότερο σημείο της δέσμης του υπερήχου καθώς ταξιδεύει από τον ηχοβολέα μέσα στους ιστούς. Αυτό το στενό σημείο στη δέσμη των υπερήχων είναι που παρέχει την καλύτερη πλάγια ανάλυση. Μερικά μηχανήματα επιτρέπουν πολλαπλές ζώνες εστίασης. Οι ζώνες εστίασης δεν είναι απόλυτα απαραίτητες για την εκτέλεση βασικών αποκλεισμών υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση, αλλά μπορεί να είναι χρήσιμη αφού κάποιος αποκτήσει εμπειρία, βελτιώνοντας την οπτικοποίηση δομών σε συγκεκριμένο βάθος.

Ανίχνευση αγγείων

Τα αγγεία μπορεί να ανιχνευτούν με 2 τρόπους: (1) με τα χαρακτηριστικά στην οθόνη και (2) με τη χρήση του Doppler. Τα αγγεία μπορούν να διαχωριστούν παρατηρώντας τις ανηχοϊκές ή υποηχοϊκές αγγειακές δομές στην οθόνη σε πραγματικό χρόνο. Οι αρτηρίες είναι συνήθως στρόγγυλες, σφύζουσες και ασυμπίεστες, ενώ οι φλέβες είναι στρόγγυλες προς το οβάλ ή ακανόνιστες σε σχήμα, μη σφύζουσες και συμπίεσιμες. Ο χειριστής μπορεί να προσπαθήσει να συμπίεσει τις αγγειακές δομές πατώντας τον ηχοβολέα πάνω στον ασθενή και να παρακολουθήσει τις ανηχοϊκές (ή υποηχοϊκές) φλεβικές δομές να εξαφανίζονται, ενώ μία αρτηριακή δομή συχνά θα παραμείνει ορατή. Κάποιος μπορεί επίσης να ζητήσει από τον ασθενή να εκτελέσει το χειρισμό Valsava (για τις θωρακικές φλέβες) και να παρατηρήσει τις φλέβες να διαστέλλονται σε πραγματικό χρόνο. Το να γυρίσουν οι ασθενείς σε θέση Trendelenburg και αντι – Trendelenburg (ή αλλάζοντας τα θέση τους από ύπτια σε ημικαθιστή) μπορεί επίσης να βοηθήσει να ξεχωρίσουν τα αγγεία.

Έγχρωμο Doppler ροής

Το έγχρωμο Doppler ροής επιτρέπει την ανίχνευση της ροής μέσα στις αγγειακές δομές. Το έγχρωμο Doppler ροής μπορεί να ξεχωρίσει τα ερυθρά αιμοσφαίρια που απομακρύνονται από το transducer και τα ερυθρά αιμοσφαίρια που κινούνται προς το transducer. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια που κινούνται προς το transducer θα επιστρέψουν υπερηχητικά κύματα με μεγαλύτερη συχνότητα και απεικονίζονται ως κόκκινα. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια που απομακρύνονται από το transducer θα επιστρέψουν με χαμηλότερη συχνότητα και απεικονίζονται ως μπλε. Το έγχρωμο Doppler ροής είναι χρήσιμο για την επιβεβαίωση παρουσίας αιμοφόρων αγγείων. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τον εντοπισμό των αγγείων κοντά στις νευρικές δομές στόχους, όπως όταν εκτελείται ένας υπερκλείδιος, υποκλείδιος ή μηριαίος νευρικός αποκλεισμός.

Παλμικό Doppler

Το παλμικό Doppler παρέχει δεδομένα ροής από μία μικρή περιοχή κατά μήκος της δέσμης των υπερήχων. Αυτή η περιοχή για να ανιχνευτεί πρέπει να επιλεγεί από το χειριστή. Οι πληροφορίες του παλμικού κύματος απεικονίζονται γραφικά στην οθόνη και ακούγονται από ένα ηχείο στο μηχάνημα υπερήχων. Το παλμικό Doppler είναι χρήσιμο για την αναγνώριση αιμοφόρων αγγείων, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξεχωρίσει αρτηρίες από φλέβες λόγω των διαφορών στους παλμούς και τα χαρακτηριστικά ροής τους

Artifacts

Τα artifacts είναι οποιαδήποτε παραμόρφωση, λάθος ή αληθοφανής προσθήκη στην εικόνα που δημιουργείται κατά την επεξεργασία του υπερηχητικού σήματος. Υπάρχουν 4 πρωτογενείς κατηγορίες artifact απεικόνισης (185): (1) Ακουστικά: λάθος στην παρουσίαση των πληροφοριών του υπερήχου, (2) Ανατομικά: λάθος στην ερμηνεία, (3) Οφθαλμαπάτη: λάθος στην αντίληψη και (4) Άλλα: ηλεκτρικός θόρυβος. Αν ο αναισθησιολόγος δεν καταφέρει να αναγνωρίσει κοινά υπερηχογραφικά artifacts, μπορεί να υποθέσει λανθασμένα ότι υπάρχει μία δομή ή να αποτύχει να αναγνωρίσει μία κρυμμένη δομή (186). Επίσης η αποτυχία αναγνώρισης των artifacts μπορεί να οδηγήσει σε επιπλοκές, συμπεριλαμβανομένων τη λάθος τοποθέτηση της βελόνης ή της εναπόθεσης τοπικού αναισθητικού σε λάθος θέση ή σε επικίνδυνες περιοχές (187).

Artifact αντήχησης

Τα artifact αντήχησης εμφανίζονται στην οθόνη των υπερήχων ως πολλαπλές, σε ίση απόσταση μεταξύ τους αντίλαλοι – επαναλήψεις. Οι αντηχήσεις σχηματίζονται όταν το ηχητικό κύμα αναπηδά μεταξύ 2 ισχυρών κατόπτρων. Ένα παράδειγμα artifact αντήχησης που συμβαίνει συχνά είναι το artifact αντήχησης της βελόνης. Η πρώτη και δεύτερη αντανάκλαση πιο κοντά στον ηχοβολέα είναι πραγματικές, αλλά οι υπόλοιπες που εμφανίζονται με μεγαλύτερο βάθος δεν ανταποκρίνονται σε πραγματικές ανατομικές δομές. Τα artifact αντήχησης της βελόνης συμβαίνουν επειδή μέρος της δέσμης των υπερήχων που εκπέμπεται αναπηδά πίσω και εμπρός μεταξύ των ισχυρών κατόπτρων της βελόνης πριν να επιστρέψουν πίσω στον ηχοβολέα. Εξαιτίας αυτής της

χρονικής καθυστέρησης στην επιστροφή της ηχώ, το καθαρό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία πολλαπλών αντανάκλασεων, σε ίση απόσταση μεταξύ τους, παράλληλα και πέρα από το επίπεδο των πραγματικών αντανάκλασεων. Ένα άλλο συνηθισμένο artifact αντήχησης που συναντάται κατά την υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία είναι το artifact αντήχησης των ιστών. Η υποκλείδια αρτηρία «διπλής βαρέλης» είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Παρόμοια με το artifact αντήχησης της βελόνης, η υπερηχογραφική δέσμη αναπηδά πίσω και εμπρός μέσα στον αυλό της αρτηρίας, δημιουργώντας μία χρονική καθυστέρηση στην επιστροφή της αντανάκλασης του ήχου πίσω στον ηχοβολέα, δημιουργώντας έτσι μία ψεύτικο αντίγραφο της υποκλείδιας αρτηρίας που εμφανίζεται βαθύτερα μέσα στους ιστούς. Αν ένα artifact αντήχησης αλλοιώνει την υπερηχογραφική εικόνα, υπάρχουν 2 χειρισμοί που μπορεί να ελαχιστοποιήσουν την ένταση της αντήχησης. Πρώτον, με την κλίση του ηχοβολέα, ο χειριστής μπορεί να αλλάξει τη γωνία πτώσης μεταξύ της δέσμης και της δομής. Δεύτερον, η TGC μπορεί να προσαρμοστεί στο πιο μακρύ πεδίο σε μία προσπάθεια να μειωθεί η ενίσχυση των ηχητικών κυμάτων από το βάθος του πεδίου και πιθανά να ελαχιστοποιηθεί το αντίγραφο εικόνας, σκοτεινιάζοντας το.

Το artifact της ουράς κομήτη, είναι ένα ακόμη παράδειγμα του artifact αντήχησης ιστών. Το artifact εμφανίζεται ως πολλαπλές γραμμικές ηχογενείς γραμμές που εκτείνονται από την επιφάνεια προς το βάθος. Το artifact της ουράς κομήτη παρατηρείται συχνά όταν απεικονίζεται ο υπεζωκότας του πνεύμονα ενώ πραγματοποιείται ένας υπερηχογραφικά καθοδηγούμενος υπερκλείδιος αποκλεισμός. Συνήθως προέρχεται από το σπλαχνικό υπεζωκότα (188). Επιπρόσθετα από την απώλεια του σημείου «ολίσθησης του πνεύμονα» στην υπερηχογραφική εικόνα (189), η απώλεια του artifact της ουράς κομήτη μπορεί να θέσει την υψηλή υποψία παρουσίας πνευμοθώρακα. Στην περίπτωση του πνευμοθώρακα, ο αέρας μέσα στο χώρο του υπεζωκότα εμποδίζει την μετάδοση των ηχητικών κυμάτων αποτρέποντας την οπτικοποίηση του σπλαχνικού υπεζωκότα και εξαλείφοντας το artifact της ουράς κομήτη (188).

Ακουστική σκιά

Η ακουστική σκιά εμφανίζεται όταν η υπερηχητική δέσμη αντανάκλαται από ένα αντικείμενο με υψηλή σταθερά εξασθένησης (όπως το ασβέστιο, μέταλλο ή οστά), ρίχνοντας έτσι μία σκιά αμέσως μετά από αυτές τις δομές. Η σκίαση εμφανίζεται ως μία υποηχοϊκή ή ανηχοϊκή περιοχή που επεκτείνεται προς τα κάτω από ένα πολύ ισχυρό μέσω εξασθένησης. Η κλινική σημασία της σκίασης είναι ότι μπορεί να φαίνεται ότι δεν υπάρχουν ανατομικές δομές στην περιοχή της σκιάς. Για παράδειγμα, κατά την εκτέλεση ενός υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου υπερκλείδιου αποκλεισμού, η εξασθένηση της υπερηχητικής δέσμης από την πρώτη πλευρά, ρίχνει μία σκιά κάτω από αυτή. Η σκιά αυτή εμποδίζει την οπτικοποίηση του υπεζωκότα. Η αποτυχία αναγνώρισης της σκιάς της πρώτης πλευράς μπορεί να οδηγήσει στην ατυχηματική τρώση τους υπεζωκότα από τη βελόνη. Οι ακουστικές σκιές που δημιουργούνται από αέρα μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρή εξαθλίωση της εικόνας. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα artifact κατά την

υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία. Ο αέρας έχει ακόμη πιο υψηλό συντελεστή εξασθένησης από τα οστά. Για την αποφυγή αυτών των artifacts είναι σημαντικό να εφαρμόζεται γενναϊόδωρα η υπερηχογραφική γέλη στον ηχοβολέα και το προστατευτικό κάλυμμα του ηχοβολέα να είναι τεντωμένο πάνω από το στρώμα γέλης, αφού βέβαια έχουν εκκενωθεί όλες οι φυσαλίδες αέρα.

Η σκιά παρυφής είναι μία ειδική μορφή σκίασης που εμφανίζεται καθώς μία υποηχοϊκή περιοχή επεκτείνεται κατά μήκος μίας παρυφής ενός κυρτού κατόπτρου. Με τη σκιά παρυφής, η υπερηχητική δέσμη διαθλάται (μεταδίδεται με κλίση) στην παρυφή ενός κυρού κατόπτρου (όπως ένα οστό). Τα ηχητικά κύματα της δέσμης ταυτόχρονα αποκλίνουν και δεν επιστρέφουν στον ηχοβολέα, οδηγώντας σε μειωμένη ένταση. Αυτή η μειωμένη ένταση προκαλεί τη σκιά παρυφής.

Η ακουστική σκιά μπορεί να είναι επίσης ένα στοιχείο παθολογίας του ασθενούς, όπως η παρουσία επασβεστώσεων στην έσω καρωτίδα κατά το scanning της τραχηλικής χώρας για έναν υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο διασκαληνικό αποκλεισμό. Η ασβεστοποιημένη πλάκα ρίχνει μία ευδιάκριτη σκιά βαθύτερα από την ίδια και τον αυλό του αγγείου. Οι επασβεστώσεις συναντώνται συχνά κατά την υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία και μπορεί να συστηθεί μία εκτίμηση για συνυπάρχουσα περιφερική αγγειακή νόσο (190).

Ακουστική ενίσχυση

Το artifact της ακουστικής ενίσχυσης εμφανίζεται σαν μία υπερηχοϊκή περιοχή κάτω από ιστούς με χαμηλή εξασθένηση. Η ακουστική ενίσχυση μπορεί να θεωρηθεί σαν το αντίθετο φαινόμενο της ακουστικής σκιάς. Η ακουστική ενίσχυση συμβαίνει όταν η υπερηχητική ενέργεια περνάει σχετικά χωρίς εξασθένηση μέσω ενός μέσου με χαμηλή σταθερά εξασθένησης, όπως τα υγρά. Τα ηχητικά κύματα περνούν ελεύθερα μέσα από τους ιστούς με μικρή απώλεια ενέργειας, συγκριτικά με παρακείμενους ιστούς με υψηλές σταθερές εξασθένησης και μεγαλύτερη απώλεια ενέργειας. Καθώς η δέσμη του υπερήχου συναντά μία περιοχή πέρα από ένα χαμηλής εξασθένησης μέσω (π.χ. αρτηρία), υπάρχει ενίσχυση του σήματος που επιστρέφει, το οποίο – μετά από την επεξεργασία – εμφανίζεται πιο φωτεινό. Η ενίσχυση μπορεί να δώσει τη λανθασμένη εντύπωση δομών που δεν υπάρχουν. Ένα συχνό κλινικό δίλλημα κατά την εκτέλεση ενός υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου υποκλείδιου ή μασχαλιαίου αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος είναι η διάκριση κερκιδικού νεύρου. Αυτή η δομή μπορεί εύκολα να μπερδευτεί με το artifact της ακουστικής ενίσχυσης.

Artifact ξιφολόγχης

Το artifact της ξιφολόγχης είναι ένα υπερηχογραφικό artifact που δίνει στη βελόνη την εντύπωση ότι είναι λυγισμένη. Ο Gray (191) περιέγραψε το φαινόμενο της ξιφολόγχης όταν η βελόνη πέρνούσε μέσω της μασχαλιαίας αρτηρίας κατά την εκτέλεση ενός μασχαλιαίου αποκλεισμού. Το φαινόμενο της ξιφολόγχης συμβαίνει συχνά κατά την εκτέλεση του ιγνυακού

αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου. Στον ιγνυακό βόθρο, το ισχιακό νεύρο βρίσκεται μεταξύ του δικεφάλου και του ημιτενοντώδους / ημιμεμβανώδους μυός, και περιβάλλεται από ένα σημαντικό στρώμα λιπώδους ιστού. Καθώς η βελόνη πλησιάζει το ισχιακό νεύρο από τα πλάγια, διαπερνά πρώτα το δικέφαλο μυ και μετά το λιπώδη ιστό που περιβάλλει το νεύρο. Αν και θεωρούμε ότι η ταχύτητα του υπερήχου μέσα στους μαλακούς ιστούς είναι κατά μέσο όρο 1540 m/s, η πραγματική ταχύτητα μέσα στους μύες είναι κοντά στα 1580 m/s και στο λιπώδη ιστό είναι κοντά στα 1450 m/s. Επομένως η υπερηχητική δέσμη επιστρέφει από τους μύες είναι πιο γρήγορη από αυτή που επιστρέφει από το λιπώδη ιστό. Καθώς το σήμα που επιστρέφει από το λιπώδη ιστό καθυστερεί να φτάσει στον ηχοβολέα, το υπερηχογραφικό σύστημα αντιλαμβάνεται την αντανάκλαση της βελόνης μέσα στο λιπώδη ιστό σαν να βρίσκεται πιο μακριά (βαθύτερα) από ότι τα υπερηχητικά κύματα που επιστρέφουν από το δικέφαλο μυ. Έτσι, η άκρη της βελόνης στο λιπώδη ιστό αντιπροσωπεύεται στην οθόνη σαν να είναι πιο μακριά από τον ηχοβολέα, δημιουργώντας το φαινόμενο του λυγισμένου άκρου της βελόνης ή φαινόμενο ξιφολόγχης.

Artifact ανάλυσης

Μία εστιασμένη δέσμη υπερήχου έχει ένα χαρακτηριστικό περίγραμμα κλειψύδρας που χωρίζεται σε 3 διακριτές περιοχές: το εγγύς πεδίο, το σημείο εστίασης (ή ζώνη εστίασης) και το άπω πεδίο. Το σημείο εστίασης είναι το σημείο που η δέσμη έχει τη πιο στενή διάμετρο. Το άπω πεδίο είναι εκεί που η δέσμη υπερήχων τείνει να αποκλίνει. Είναι κλινικά χρήσιμο να τοποθετείται το σημείο εστίασης πάνω στην ανατομική περιοχή ενδιαφέροντος, επειδή αυτό είναι το σημείο όπου έχουμε την πιο λεπτομερή εικόνα. Με άλλα λόγια, η ανάλυση είναι καλύτερη στη ζώνη εστίασης. Τα περισσότερα artifact συμβαίνουν στο άπω πεδίο όπου η δέσμη υπερήχων είναι πιο φαρδιά και αποκλίνει. Στη ζώνη εστίασης 2 αντικείμενα ενδιαφέροντος φαίνονται σαν 2 ξεχωριστά αντικείμενα καθώς η δέσμη υπερήχων περνά από πάνω τους. Αυτό συμβαίνει επειδή τα ηχητικά κύματα που σχηματίζουν τη δέσμη είναι αρκετά κοντά ώστε να αντανάκλωνται πλήρως πίσω στον ηχοβολέα και διακρίνουν τις δομές σαν ανεξάρτητα αντικείμενα. Ωστόσο, στο άπω πεδίο, υπάρχει απόκλιση της δέσμης των υπερήχων και καθώς η δέσμη περνά από τα 2 αντικείμενα δεν μπορεί να τα διακρίνει ως ξεχωριστά αντικείμενα. Η εικόνα που δημιουργείται στην οθόνη εμφανίζει εσφαλμένα 1 αντικείμενο. Επομένως, η ανάλυση είναι καλύτερη στη στενή ζώνη εστίασης και χειρότερη στο άπω πεδίο όπου η δέσμη υπερήχων αποκλίνει. Στο μηχανήμα των υπερήχων το εγγύς πεδίο και η ζώνη εστίασης μπορεί να αλλάζουν. Η ζώνη εστίασης της δέσμης υπερήχων φαίνεται που είναι στις περισσότερες οθόνες και μπορεί να προσαρμοστεί έτσι ώστε το σημείο εστίασης να τοποθετείται στο στόχο ενδιαφέροντος.

Τα τελευταία 10 χρόνια, η υπερηχογραφική τεχνολογία προχώρησε παράλληλα με την κατανόηση της χρήσης της και την ανάπτυξη τεχνικών αποκλεισμών που ήταν κατάλληλες για τον υπέρηχο. Το αυξημένο ενδιαφέρον και η επένδυση στην υπερηχογραφία οδήγησε τους κατασκευαστές να σχεδιάσουν μηχανήματα ειδικά για την περιοχική αναισθησία και software για

την διευκόλυνση των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών. Εικόνες υψηλότερης ποιότητας θα πρέπει να οδηγήσουν και σε καλύτερης ποιότητας αποκλεισμούς. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει την οικονομική αποτελεσματικότητα της υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιοχικής αναισθησίας στην καθημερινή κλινική πράξη (192).

Εκπαίδευση

Η χρήση των υπερήχων από τους αναισθησιολόγους έχει αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια (193). Αυτό είναι προφανές από την πληθώρα των άρθρων και των εκπαιδευτικών σεμιναρίων που είναι αφιερωμένα στις τεχνικές της υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιοχικής αναισθησίας (194), (195), (196). Η υπερηχογραφία παρέχει μη επεμβατικά πληροφορίες σχετικά με τη φυσιολογική ανατομία και τις παραλλαγές της, επιτρέπει στον αναισθησιολόγο να ακολουθεί την πορεία της βελόνης, να περιηγείται γύρω στους περιβάλλοντες ιστούς, να παρατηρεί το διάλυμα έγχυσης και να κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις σε πραγματικό χρόνο για τη σωστή περινευρική εξάπλωση του διαλύματος έγχυσης.

Στα πλαίσια της διεθνούς συνεργασίας τους, η Αμερικάνικη και η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Περιοχικής Αναισθησίας και Πόνου δημιούργησαν μία κοινή επιτροπή για την εκπαίδευση στην υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία. Αυτή η επιτροπή προσπάθησε να ορίσει το πεδίο άσκησης της υπερηχογραφικά καθοδηγούμενης περιοχικής αναισθησίας, και ειδικότερά τους εξής στόχους (193): (1) ορισμός και δομή των κοινών εργασιών που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση ενός αποκλεισμού υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση, (2) ξεκαθαρισμός των βασικών δεξιοτήτων που σχετίζονται με την υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία, (3) συστάσεις για την εκπαιδευτική διαδικασία αναισθησιολόγων και ειδικευομένων, και (4) ίδρυση της διαδικασίας βελτίωσης ποιότητας για την υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία.

Μέσα στο χρόνο μπορεί κανείς να συναντήσει πολλές ειδικότητες και οργανισμούς που έχουν ορίσει το δικό τους πεδίο άσκησης για τη χρήση του υπερήχου. Ο Αμερικάνικος Ιατρικός Σύλλογος (American Medical Association, AMA) το 1999 επιβεβαιώνει την υπερηχογραφική απεικόνιση ως πεδίο άσκησης κατάλληλα εκπαιδευμένων ιατρών. Ο AMA προχώρησε παραπέρα και συστήνει οι ιατρικές ειδικότητες που χρησιμοποιούν τον υπέρηχο να αναπτύξουν συστάσεις για τη χρήση του προσαρμοσμένες στις ανάγκες και ιδιαιτερότητες της κάθε ειδικότητας. Ακολούθησε το Αμερικάνικό Κολλέγιο Επειγοντολόγων (American College of Emergency Physicians) το 2001 που εξέδωσε κατευθυντήριες οδηγίες για την υπερηχογραφία στην επείγουσα ιατρική (197). Κατά παρόμοιο τρόπο, η Εταιρεία Καρδιοαναισθησιολόγων (Society of Cardiac Anesthesiologists) και η Αμερικάνικη Εταιρεία Καρδιουπερηχογραφίας (American Society of Echocardiography) διαμόρφωσαν πεδίο άσκησης και μηχανισμούς πιστοποίησης για τη χρήση περιεχειρητικά της διοισοφάγειας υπερηχογραφίας από τους αναισθησιολόγους (198). Το Εθνικό Ινστιτούτο Κλινικής Αριστείας (National Institute of Clinical Excellence) στο Ηνωμένο Βασίλειο δημοσίευσε

κατευθυντήριες οδηγίες το 2002 για την εκλεκτική υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη κεντρική φλεβική αγγειακή πρόσβαση (199). Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία των Εταιρειών για τον Υπέρηχο στην Ιατρική και Βιολογία (European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology) έχει εκδώσει συστάσεις για την ελάχιστη εκπαίδευση στην πρακτική των ιατρικών υπερήχων (200).

Ο υπέρηχος στην περιοχική αναισθησία χρησιμοποιείται για να ανατομική εκτίμηση και για να διευκολύνει την εκτέλεση τόσο της νευραξονικής αναισθησίας όσο και των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών. Η τεχνολογία τους είναι εφαρμόσιμη στους περισσότερους ασθενείς που χρειάζονται περιοχική αναισθησία και μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε ασθενείς με δυσδιάκριτα ανατομικά οδηγία σημεία, με διαταραχές πηκτικότητας, νευρική παθολογία, και σοβαρά τραύματα άκρων. Η υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία εκτελείται από τους αναισθησιολόγους σε αίθουσες μέσα στο χώρο του χειρουργείου.

Η ακόλουθη λίστα αποτελείται από τις βασικές δεξιότητες που είναι βοηθητικές κατά την εκτέλεση ενός υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου περιφερικού αποκλεισμού. Αυτές οι δεξιότητες δεν είναι η μία συνέχεια της άλλης και μπορεί να μην είναι κατάλληλες για όλους τους τύπους των αποκλεισμών και όλα τα πιθανά σενάρια αποκλεισμών (193).

1. Οπτικοποίηση δομών που αποτελούν οδηγία σημεία κλειδιά όπως αιμοφόρα αγγεία, μύες, περιτονίες και οστά.
2. Αναγνώριση των νεύρων ή του πλέγματος στο βραχύ άξονα.
3. Επιβεβαίωση της φυσιολογικής ανατομίας και αναγνώριση ανατομικών παραλλαγών.
4. Σχεδιασμός της προσέγγισης της βελόνης έτσι ώστε να αποφευχθεί περιττός τραυματισμός των ιστών.
5. Διατήρηση της άσηπτης τεχνικής προστατεύοντας και τον εξοπλισμό των υπερήχων.
6. Παρακολούθηση της βελόνης σε πραγματικό χρόνο καθώς προχωρά προς το στόχο.
7. Σκέψη για δεύτερη τεχνική επιβεβαίωσης, όπως η νευροδιέγερση.
8. Όταν το άκρο της βελόνης θεωρείται ότι είναι στη σωστή θέση, έγχυση ενός μικρού όγκου του δοκιμαστικού διαλύματος. Αν το διάλυμα δεν απεικονίζεται κατά τη δοκιμαστική έγχυση, θεωρείται ότι το άκρο της βελόνης είναι ενδαγγειακά ή εκτός απεικονιστικού πεδίου.
9. Κατάλληλες κινήσεις προσαρμογής αν δεν υπάρχει η επιθυμητή εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού. Η οπτικοποίηση του τοπικού αναισθητικού θα πρέπει να συμβαίνει καθόλη τη διάρκεια της έγχυσης για την αποφυγή ενδαγγειακής έγχυσης.
10. Διατήρηση παραδοσιακών κατευθυντήριων οδηγιών ασφάλειας συμπεριλαμβανομένων της παρουσίας εξοπλισμού αναζωογόνησης, συχνές αναρροφήσεις, δοκιμαστική δόση για ενδαγγειακή χορήγηση, το βασικό monitoring, έλεγχος για απόκριση του ασθενούς και αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της έγχυσης.

Η κοινή ομάδα εργασίας αναγνωρίζει ότι υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα δυσκολίας για τους διάφορους περιφερικούς αποκλεισμούς. Τα χαρακτηριστικά που τείνουν να αυξάνουν το επίπεδο δυσκολίας είναι (1) το βάθος του αποκλεισμού που οδηγεί σε εξαθλίωση και του υπερήχου και της εικόνας της βελόνης, (2) αποκλεισμοί που μπορεί να προκαλέσουν σοβαρό τραυματισμό όπως ο πνευμοθώρακας και η ετερόπλευρη νευραξονική έγχυση, (3) αποκλεισμοί που περιλαμβάνουν μικρά νεύρα που είναι δύσκολο να απεικονιστούν, (4) αποκλεισμοί που περιλαμβάνουν νεύρα που δεν διαθέτουν διακριτές υπερηχογραφικές επιφάνειες, κάνοντας δύσκολη τη διάκριση του νεύρου από τους περιβάλλοντες ιστούς, (5) παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή, όπως η παχυσαρκία, και (6) τεχνικές τοποθέτησης καθετήρα που απαιτούν ταυτόχρονα σταθεροποίηση του ηχοβολέα, χειρισμούς της βελόνης και προώθηση του καθετήρα.

Ο υπέρηχος που χρησιμοποιείται για να διευκολύνει την περιοχική αναισθησία απαιτεί διάφορες δεξιότητες σε διαφορετικά σημεία της διαδικασίας. Αυτές οι δεξιότητες μπορούν να χωριστούν σε 4 κύριες κατηγορίες: (1) κατανόηση λειτουργιών συσκευής, (2) βελτιστοποίηση εικόνας, (3) ερμηνεία εικόνας, και (4) οπτικοποίηση της εισόδου της βελόνης και έγχυσης του διαλύματος τοπικού αναισθητικού.

Η εκπαιδευτική διαδικασία για την υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία μπορεί να διαφέρει ανάμεσα στον ειδικό αναισθησιολόγο και στον ειδικευόμενο. Γενικά όμως ξεκινά με εκπαιδευτικά προγράμματα πιστοποιημένα και μοριοδοτούμενα, όπου καλύπτονται οι 4 προαναφερθείσες κατηγορίες. Αυτά τα εκπαιδευτικά προγράμματα θα πρέπει να περιλαμβάνουν και διαλέξεις και εργαστήρια “hands – on”. Προτείνεται στη συνέχεια η εξάσκηση στην ανίχνευση ανατομικών δομών με τον υπέρηχο πάνω στον ίδιο τον εκπαιδευόμενο ή σε συναδέλφους και η εξάσκηση στο χειρισμό της βελόνης και του ηχοβολέα σε εξομοιωτές με φανταστικά μέλη. Σιγά σιγά η πρακτική του υπερήχου θα πρέπει να ενσωματωθεί στην ήδη υπάρχουσα πρακτική της περιοχικής αναισθησίας υπό την επίβλεψη κάποιου πιο έμπειρου ειδικού. Ενθαρρύνεται πολύ η διατήρηση ενός ημερολογίου (logbook) υπερηχογραφικά καθοδηγούμενων αποκλεισμών.

Νέες τάσεις και τεχνολογία στην υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη περιοχική αναισθησία

Η τεχνολογία των υπερήχων συνεχίζει να προχωρά. Οι πρόσφατοι πρόοδοι αφορούν τόσο τις βελόνες όσο και τον τεχνολογικό εξοπλισμό. Οι πρόοδοι στην τεχνολογία της βελόνης αφορούν τη βελτίωση του σήματος αντανάκλασης και περιλαμβάνουν το σχηματισμό βαθουλωμάτων, άγριας επιφάνειας, τη βαθμονόμηση και την εφαρμογή μίας πολυμερικής επίστρωσης στη βελόνη, με στόχο όλων αυτών την αύξηση της επιστροφής του υπερηχητικού σήματος στον ηχοβολέα (201). Τέτοιες βελόνες μπορεί να βελτιώσουν την οπτικοποίηση του άκρου της βελόνης όταν η γωνία του ήχου είναι απότομη, αλλά είναι περιορισμένης αξίας στους επιφανειακούς υπερηχογραφικά καθοδηγούμενους αποκλεισμούς. Βελόνες με πιεζοηλεκτρικούς πολυμερείς αισθητήρες στο άκρο τους έχουν επίσης σχεδιαστεί. Άλλες προσεγγίσεις για τη βελτιστοποίηση της οπτικοποίησης της βελόνης περιλαμβάνουν τεχνολογία κατεύθυνσης της δέσμης και τη χρήση

ειδικών αλγορίθμων στο software του μηχανήματος των υπερήχων για την προσαρμογή της γωνίας βελόνης – δέσμης στις 90°. Ο υπερηχογραφικός προσδιορισμός της ελαστικότητας ή της ελαστικογραφίας των ιστών προσφέρει τη δυνατότητα να διαχωριστούν ανατομικά γνωρίσματα κλειδιά και είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ νευρικού και εξωνευρικού ιστού (202).

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία έχει βελτιωθεί τρομερά σε τομείς όπως η ευαισθησία του transducer, ο σχηματισμός της δέσμης, η επεξεργασία της εικόνας και η προβολή των δεδομένων. Ο τρισδιάστατος υπέρηχος προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των εικόνων 2 διαστάσεων.

Υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί που σχετίζονται με τη χρήση υπερήχων 2 διαστάσεων. Η οπτικοποίηση ολόκληρης της βελόνης του αποκλεισμού σε σχέση με το στόχο και τις δομές του γύρω περιβάλλοντος εξαρτάται από την απόλυτη ευθυγράμμιση της βελόνης μέσα στη λεπτή δέσμη που δημιουργείται από τον ηχοβολέα. Αποκλίσεις από αυτό το επίπεδο μπορεί να οδηγήσουν σε λάθος τοποθέτηση της βελόνης και τραυματισμό του νεύρου – στόχου ή των γύρω δομών. Επιπλέον, οι σχέσεις των δομών στο χώρο μπροστά ή πίσω από το επίπεδο που δημιουργείται από τη δισδιάστατη δέσμη δεν μπορεί να εκτιμηθεί, ούτε μπορεί να παρατηρηθεί η εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού έξω από αυτό το επίπεδο (203). Αν και ο 3 διαστάσεων (3-D) υπέρηχος και ο 3-D υπέρηχος σε πραγματικό χρόνο, που αναφέρεται ως 4 διαστάσεων (4-D) υπέρηχος, με την τέταρτη διάσταση να είναι ο χρόνος, χρησιμοποιούνται συχνά στην μαιευτική και την καρδιολογία, πολύ λίγα δεδομένα είναι διαθέσιμα σχετικά με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας στην αναισθησιολογία.

Ο 3-D υπέρηχος έχει ενδιαφέρον για ανατομικές μελέτες και για να εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά και οι μέθοδοι συγκεκριμένων νευρικών αποκλεισμών, συνήθως αναδρομικά, αφού αυτοί έχουν εκτελεστεί. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στο να καθοριστούν τα επιθυμητά τελικά σημεία για τη θέση του άκρου της βελόνης και την ιδανική εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού, και κατά συνέπεια να επηρεάσει τον τρόπο που πραγματοποιείται η περιοχική αναισθησία.

Ο 4-D υπέρηχος μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στον αναισθησιολόγο να πλοηγηθεί γύρω από δομές που δεν πρέπει τρυπηθούν και να τοποθετήσει με ακρίβεια το άκρο της βελόνης του αποκλεισμού κοντά στο στόχο, ενώ αποφεύγει τον τραυματισμό του ίδιου του στόχου και της γύρω ανατομίας. Επιπρόσθετα, αυτή η τεχνολογία μπορεί να εξασφαλίσει την παρατήρηση σε πραγματικό χρόνο της σωστής εξάπλωσης του τοπικού αναισθητικού και τη βελτιστοποίηση της θέσης του καθετήρα συνεχούς έγχυσης. Ο 4-D υπέρηχος όμως έχει χρησιμοποιηθεί μόνο σε μερικές αναφορές περιστατικών και σειρές περιστατικών. Υπάρχει παντελής έλλειψη τυχαιοποιημένων κλινικών μελετών για το αν ο 4-D υπέρηχος μπορεί να επηρεάσει κλινικές εκβάσεις όπως τα ποσοστά επιτυχίας ή η επίπτωση των επιπλοκών, σε σύγκριση με τον δισδιάστατο υπέρηχο. Αυτό φυσικά πολύ πιθανό να σχετίζεται με το γεγονός ότι υπάρχουν ακόμη σημαντικοί τεχνολογικοί περιορισμοί για τη σχετικά καινούργια αυτή τεχνολογία. Όταν θα ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί από τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας των υπερήχων, οι 3-D και οι 4-D υπέρηχοι θα

δώσουν τη δυνατότητα να βελτιωθούν ακόμη περισσότερο τα ποσοστά επιτυχίας της περιοχικής αναισθησίας και να αυξηθεί η ασφάλεια του ασθενούς

Υπερηχογραφία και περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί

Τα πραγματικά πλεονεκτήματα της χρήσης της υπερηχογραφικής καθοδήγησης κατά τη διενέργεια περιφερικών αποκλεισμών που σχετίζονται με την κλινική πράξη είναι:

Άμεση οπτικοποίηση του νεύρου, των γύρω ανατομικών δομών και την εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού: Χωρίς αμφιβολία, η άμεση οπτικοποίηση των νευρικών και των παρακείμενων ανατομικών δομών είναι το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης του υπερήχου για τεχνικές περιοχικών αποκλεισμών (204).

Ανίχνευση ανατομικών παραλλαγών: Οι ανατομικές παραλλαγές είναι ένας βασικός λόγος αποτυχίας των περιφερικών αποκλεισμών. Ο υπέρηχος είναι η μόνη μέθοδος που μπορεί με ακρίβεια, άμεσα να καθορίσει την ανατομία της περιοχής που μας ενδιαφέρει, πριν την εκτέλεση του περιφερικού αποκλεισμού.

Μείωση του όγκου του τοπικού αναισθητικού: Χαμηλού όγκου περιοχικοί αποκλεισμοί είναι μόνο εφικτοί αν οι νευρικές δομές είναι άμεσα ορατές και χρησιμοποιείται η τεχνική των πολλαπλών εγχύσεων.

Βελτίωση της ποιότητας του αποκλεισμού: Η άμεση οπτικοποίηση του νεύρου σχετίζεται με καλύτερης ποιότητας αποκλεισμούς, αλλά αυτό μπορεί να εξαρτάται από την απόλυτη ποιότητα των υπερηχογραφικών εικόνων. Δηλαδή με τη χρήση του υπερήχου επιτυγχάνονται ταχύτεροι χρόνοι έναρξης του αποκλεισμού (205), (206), (207), (208), (209) και μεγαλύτερης διάρκειας αποκλεισμοί (205), (206), (210). Αυτές οι παρατηρήσεις έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σχέση με τις οικονομικές προεκτάσεις, που σχετίζονται με τον ταχύτερο χρόνο εισαγωγής και ανάνηψης και τη μικρότερη ανάγκη για αναλγητικά φάρμακα (192). Για παράδειγμα, λιγότερος μετεγχειρητικός πόνος, οδηγεί σε λιγότερες παρενέργειες από τη συστηματική χορήγηση αναλγητικών φαρμάκων.

Ανώδυνη εκτέλεση των αποκλεισμών: Δυστυχώς, ορισμένες τεχνικές περιφερικών αποκλεισμών είναι επώδυνες κατά την εκτέλεση τους. Λίγες μελέτες έχουν μελετήσει τον πόνο κατά την εκτέλεση των περιφερικών αποκλεισμών. Παρόλα αυτά, φαίνεται ότι οι υπερηχογραφικά καθοδηγούμενοι αποκλεισμοί πιθανόν να σχετίζονται με λιγότερο πόνο για τους ασθενείς (211), (206).

Ικανοποίηση ασθενούς: Η ικανοποίηση του ασθενούς κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης είναι ένα σημαντικό θέμα. Η ικανοποίηση του ασθενούς μπορεί να επιτευχθεί από την ανώδυνη εκτέλεση του αποκλεισμού και την άριστη ποιότητα του αποκλεισμού που παρέχει μακράς διάρκειας αναλγησία. Μόνο λίγες μελέτες έχουν μελετήσει την ικανοποίηση του ασθενούς, αλλά η υπερηχογραφική καθοδήγηση φαίνεται να σχετίζεται με αύξηση σε αυτή (211), (212), (213).

Οικονομική διάσταση: Οι Gonano και συν. (192) μελέτησαν τις οικονομικές διαστάσεις της χρήσης υπερηχογραφικά καθοδηγούμενου διασκαληνικού αποκλεισμού του βραχιονίου πλέγματος για αρθροσκοπικά χειρουργεία ώμου. Οι συγγραφείς παρατήρησαν μία συνολική μείωση του κόστους, της τάξης των 170 Ευρώ ανά περιστατικό, λαμβάνοντας υπόψιν τόσο τα άμεσα κόστη (φάρμακα, αναλώσιμα, κτλ), όσο και τα έμμεσα κόστη από το φόρτο εργασίας. Οι πιο βασικές προϋποθέσεις για την επίτευξη της οικονομίας ήταν τα υψηλά ποσοστά επιτυχίας των αποκλεισμών και η βέλτιστη ροή εργασίας σχετιζόμενη με την αναισθησία. Είναι σημαντικό να τονιστεί το γεγονός ότι το κάθε λεπτό στη χειρουργική αίθουσα κοστολογείται με 15 Ευρώ, και επομένως συντομότεροι χρόνοι εισαγωγής και αφύπνισης από την αναισθησίας, είναι σημαντικοί παράγοντες για τη μείωση του κόστους. Κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, μπορούν να εξοικονομηθούν πάνω από 100 000 Ευρώ το χρόνο ανά χειρουργική αίθουσα, χωρίς συμβιβασμούς στη φροντίδα, με τη χρήση των υπερηχογραφικά καθοδηγούμενων περιοχικών αποκλεισμών

Οι περιφερικοί αποκλεισμοί στη σύγχρονη κλινική πράξη

Ως έκβαση ορίζεται η αλλαγή στην κατάσταση υγείας του ασθενούς που μπορεί να αποδοθεί σε προηγηθείσα φροντίδα υγείας. Η βελτίωση της έκβασης του ασθενούς μετά από χειρουργείο είναι ένας από του τελικούς στόχους κάθε αναισθητικής τεχνικής (9). Η διαχείριση του μετεγχειρητικού πόνου είναι ένα από τα πιο σημαντικά σημεία έκβασης που πρέπει να επιτευχθούν στην ορθοπεδική χειρουργική, και οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί είναι ανεκτίμητο εργαλείο για τον αποτελεσματικό έλεγχο του.

Τα οφέλη των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών είναι πολυάριθμα. Οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί έχουν συσχετιστεί με βελτίωση στον έλεγχο του μετεγχειρητικού πόνου, με μείωση στη χρήση των οπιοειδών σε ποικίλες επεμβάσεις (214), (215), (216), (217), (218), (219) και της μετεγχειρητικής ναυτίας και εμέτου (220), (221). Η αποφυγή των οπιοειδών, δεν ελαχιστοποιεί μόνο τον κίνδυνο των ανεπιθύμητων ενεργειών, αλλά έχει σημαντικές προεκτάσεις στη δημόσια υγεία δεδομένου ότι τα οπιοειδή συνταγογραφούνται κατά την έξοδο από το νοσοκομείο, σε ποσότητα μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για τον έλεγχο του μετεγχειρητικού πόνου, με ό,τι αυτό μπορεί να συνεπάγεται (222). Άλλα οφέλη των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών είναι η μείωση της χρήσης των νοσοκομειακών πόρων (223), (224), η βελτίωση της μετεγχειρητικής ανάρρωσης (223), (14), και η βελτίωση της ικανοποίησης του ασθενούς (214). Οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί προσφέρουν πολλά χαρακτηριστικά της ιδανικής αναισθησίας για εξωτερικούς ασθενείς (225), (226). Προσφέρουν χειρουργική αναισθησία ειδική για την περιοχή της επέμβασης και ελαχιστοποιούν την ανάγκη για γενική αναισθησία. Με το να προσφέρουν έντονη αναλγησία, οι απαιτήσεις σε οπιοειδή μειώνονται, όπως μειώνονται και οι ανεπιθύμητες ενέργειες των οπιοειδών. Ο ασθενής που αισθάνεται άνετα, δεν έχει συμπτώματα μπορεί να πάρει εξιτήριο για το σπίτι νωρίτερα (227). Τα κέντρα μιας ημέρας νοσηλείας μπορεί επίσης να επωφεληθούν από εξιτήριο πιο νωρίς, λιγότερες νοσηλευτικές παρεμβάσεις και λιγότερο

κόστος, όταν εφαρμόζονται περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί (228). Οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί για αναισθησία και περιεγχειρητική αναλγησία έχουν τη δυναμική να μεταμορφώσουν τις αναισθησιολογικές υπηρεσίες, παρέχοντας πραγματική περιπατητική αναισθησία, εκεί που ιστορικά η γενική αναισθησία ήταν το μέθοδος εκλογής (229).

Με δεδομένα τα πολλαπλά οφέλη των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών στην κλινική πράξη, δεν προκαλεί έκπληξη ότι η χρήση τους έχει εξαπλωθεί τις τελευταίες δεκαετίες (230). Οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί είναι πλέον θεμελιώδες στοιχείο της αναλγησίας για επεμβάσεις τόσο στο άνω (231), όσο στο κάτω άκρο (10). Ειδικά για τις επεμβάσεις αρθροσκόπησης γόνατος σε εξωτερικούς ασθενείς, οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί πλεονεκτούν έναντι της γενικής αναισθησίας. Οι ασθενείς έχουν λιγότερο μετεγχειρητικό πόνο και ναυτία στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο και καταφέρνουν να κινητοποιηθούν, να φάνε, να πιουν και είναι σε θέση να πάνε στο σπίτι τους νωρίτερα (232), (17), (233).

Κίνδυνοι και περιορισμοί των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών

Οι βασικοί κίνδυνοι των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών, ανεξάρτητα από την τεχνική ή τη θέση του αποκλεισμού περιλαμβάνουν την τρώση αγγείου και την αιμορραγία, τη νευρική βλάβη και την τοξικότητα από τα τοπικά αναισθητικά. Η πραγματοποίηση των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών υπό την καθοδήγηση του υπερήχου έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την επίπτωση της αγγειακής τρώσης (234).

Οι επιπλοκές που σχετίζονται με τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς δεν είναι πολύ συχνές. Οι Augoy και συν. (16) εκτίμησαν προοπτικά τις σοβαρές επιπλοκές μετά από 21,278 περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς σε διάστημα 5 μηνών στη Γαλλία. Χρησιμοποιώντας ένα 95% διάστημα εμπιστοσύνης, εκτίμησαν την πιθανότητα για σοβαρές επιπλοκές ανά 10,000 περιφερικούς αποκλεισμούς να είναι 0 έως 2.6 θάνατοι, 0.3 έως 4.1 καρδιακές ανακοπές, 0.5 έως 4.8 νευρολογικές βλάβες, και 3.9 έως 11.2 σπασμοί. Υπάρχει ένδεια μελετών για επιπλοκές που σχετίζονται με περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς του κάτω άκρου σε σύγκριση με αυτούς του άνω άκρου.

Οι νευρολογικές επιπλοκές έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή η διάρκεια των συμπτωμάτων μπορεί να επεκταθεί για εβδομάδες ή μήνες μετά την επέμβαση (235), (236). Αυτά τα περιστατικά, περιγράφονται τυπικά από τους ασθενείς σαν γαργαλητό, πόνος από πίεση, ή καρφίτσες και βελόνες. Η περιφερική νευρική βλάβη είναι όμως μία σπάνια επιπλοκή. Αναδρομικές μελέτες εκτιμούν την επίπτωση τους στο 0.5-1%, αλλά υπάρχει μία προοπτική μελέτη που αναφέρει ότι η επίπτωση μπορεί να φτάσει το 10-15% (237). Η αναφερόμενη επίπτωση εξαρτάται προφανώς από τον ορισμό της νευρικής βλάβης, που δυστυχώς δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός από όλους, και από τον τρόπο που αναφέρεται και διαγιγνώσκεται (238). Οι Augoy και συν. (16) αναφέρουν ότι η επίπτωση της μόνιμης νευρολογικής βλάβης είναι 1.5/10,000. Το ευτυχές είναι ότι οι περισσότερες νευρολογικές βλάβες είναι παροδικές και συχνά υποκλινικές ή παρουσιάζονται σαν

ήπιες μονονευροπάθειες. Η επίπτωση των παροδικών νευρολογικών ελλειμμάτων είναι υψηλότερη, και η επίπτωση της παροδικής παραισθησίας μπορεί να φτάσει το 8 – 10 % τις ημέρες αμέσως μετά τον αποκλεισμό (212), (239). Σε μία πιο πρόσφατη μελέτη (240) περισσότερων από 7000 περιφερικών αποκλεισμών που πραγματοποιήθηκαν με υπέρηχο (13%), με νευροδιέγερση (30%), με υπέρηχο και νευροδιέγερση (50%), και άλλες τεχνικές (7%), 30 ασθενείς (0.5%) παραπέμφθηκαν για νευρολογική εκτίμηση. Από αυτούς τους 30 ασθενείς, μόνο 3 πληρούσαν τα κριτήρια για νευρολογική βλάβη που σχετίζεται με τον περιφερικό νευρικό αποκλεισμό (επίπτωση 0.04%). Ο τραυματισμός του νεύρου μετά από περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς είναι πολυπαραγοντικός και στους παράγοντες κινδύνου περιλαμβάνονται η ανατομία των νεύρων, το σημείο εισόδου της βελόνης, η λοξότμηση της βελόνης, η θέση του άκρου της βελόνης, η πίεση που ασκείται κατά την έγχυση, και οι παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή (241). Παλαιότερα οι ενδονευρικές εγχύσεις θεωρούνταν πρόδρομες νευρικής βλάβης και οι αναισθησιολόγοι ήταν πολύ προσεκτικοί ώστε να τις αποφεύγουν. Η ενδονευρική έγχυση δεν εξαλείφτηκε παρά τη χρήση τόσο του νευροδιεγέρτη, όσο και του υπερήχου. Με τη χρήση της υπερηχογραφικής καθοδήγησης, μάθαμε ότι οι ενδονευρικές εγχύσεις δεν οδηγούν απαραίτητα σε μόνιμη βλάβη (242). Τώρα είναι δυνατό να βλέπουμε και να διακρίνουμε μεταξύ της περινευρικής (έξω από το νεύρο), της ενδονευρικής (κάτω από το επινεύριο), και της έγχυσης μέσα από τις περιτονίες. Η υπερηχογραφική καθοδήγηση προσφέρει τη δυνατότητα να οπτικοποιήσουμε ό,τι παλιότερα γινόταν τυφλά. Ακόμη όμως και έτσι, είναι ενδιαφέρον ότι η επίπτωση της νευρολογικής βλάβης που σχετίζεται με τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς, δεν έχει μειωθεί περαιτέρω. Σε μία μελέτη 1000 διαδοχικών περιφερικών νευρικών αποκλεισμών υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση, τα ποσοστά μετεγχειρητικών νευρολογικών επιπλοκών ήταν παρόμοια με τα χαμηλά ποσοστά της νευροδιέγερσης, αντικατοπτρίζοντας το γεγονός ότι οι περισσότερες επιπλοκές μετά τον αποκλεισμό είναι αποτέλεσμα αιτιών που δεν σχετίζονται με τον αποκλεισμό (239). Σήμερα γνωρίζουμε ότι η πλειοψηφία των περιεγχειρητικών νευρικών τραυματισμών δεν σχετίζεται με την περιοχική αναισθησία, αλλά παράγοντες από το χειρουργείο (π.χ. πίεση και χρόνος ίσχαιμης περίδεσης, λανθασμένη θέση ασθενούς, κάκωση του νεύρου από το ίδιο το χειρουργείο) και τον ασθενή (π.χ. σακχαρώδης διαβήτης, προϋπάρχουσα νευρολογική νόσος) είναι υπεύθυνοι (243).

Τα σημεία και τα συμπτώματα της τοξικότητας από τα τοπικά αναισθητικά είναι δόσοεξαρτώμενα και κυμαίνονται από ήπια συστηματικά συμπτώματα (εμβοές, περιστοματικό μούδιασμα, μεταλλική γεύση και διέγερση) ως ευρήματα από το κεντρικό νευρικό σύστημα (σπασμοί, κώμα, αναπνευστική ανακοπή) και καρδιαγγειακά συμβάντα (υπέρταση, υπόταση, ταχυκαρδία, βραδυκαρδία, κοιλιακές αρρυθμίες, καρδιακή ανακοπή. (244). Στο παρελθόν, η αντιμετώπιση ήταν καθαρά υποστηρικτική με τη χορήγηση συμπληρωματικού οξυγόνου, φαρμακολογική αντιμετώπιση των σπασμών, και διαχείριση των καρδιαγγειακών δράσεων. Ωστόσο η τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά συνεχίζει να είναι μία κύρια πηγή θνητότητας και νοσηρότητας κατά την περιοχική αναισθησία (245). Η Αμερικάνικη Εταιρεία Περιοχικής

Αναισθησίας (ASRA) δημοσίευσε κατευθυντήριες οδηγίες για την τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά (246). Εκεί τονίζεται η ανάγκη να υπάρχει άμεσα διαθέσιμο διάλυμα λιπιδίων 20% οποτεδήποτε εφαρμόζεται περιοχική αναισθησία, η μείωση του κινδύνου με την ελαχιστοποίηση της δόσης τοπικού αναισθητικού και την αναρρόφηση πριν την έγχυση και η συνεχής επαγρύπνηση με την παρακολούθηση των ασθενών για σημεία και συμπτώματα για περισσότερο από 10 λεπτά μετά την έγχυση. Η τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά παραμένει μία αναπόφευκτη και ταυτόχρονα η πιο επίφοβη επιπλοκή της περιοχικής αναισθησίας. Η επαγρύπνηση κατά την εκτέλεση της περιοχικής τεχνικής και η άμεση παρέμβαση στα πιο πρώιμα σημεία της τοξικότητας είναι τα σημεία κλειδιά στην επιτυχή αντιμετώπιση της. Πλέον, τα διαλύματα λιπιδίων έχουν γίνει βασικό στοιχείο της διαχείρισης των συμπτωμάτων (246), (247).

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΝΕΥΡΩΣΗΣ ΚΑΤΩ ΑΚΡΟΥ

Ο ακρογωνιαίος λίθος της περιοχικής αναισθησίας είναι η καλή γνώση της ανατομίας. Η γνώση της ανατομίας είναι απαραίτητη συνθήκη για την επιτυχία των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών, με οποιαδήποτε τεχνική και να γίνεται η εκτέλεση τους, είτε δηλαδή με νευροδιέγερση, είτε υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση, είτε υπό διπλή καθοδήγηση.

Το κάτω άκρο νευρώνεται εξολοκλήρου από το οσφυϊκό και ιερό πλέγμα (248). Επομένως, οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί του κάτω άκρου απαιτούν προσεκτική κατανόηση της νευροανατομίας του οσφυοϊερού πλέγματος. Οι δύο αυτές ξεχωριστές οντότητες, οσφυϊκό και ιερό πλέγμα, επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του οσφυοϊερού στελέχους, αλλά για λειτουργικούς σκοπούς είναι ξεχωριστές οντότητες (22). Το οσφυοϊερό πλέγμα δημιουργείται από τουλάχιστον 8 νωτιαίες νευρικές ρίζες, κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο που νευρώνουν τα εμβρυολογικά κοιλιακά ή ραχιαία μέρη του άκρου. Με εξαίρεση ενός μικρού δερματικού τμήματος των γλουτών (που νευρώνεται από τα άνω οσφυϊκά και ιερά τμηματικά νεύρα), η νευρώση του κάτω άκρου προέρχεται εξολοκλήρου από κλάδους του οσφυοϊερού πλέγματος. Γενικά, τα νεύρα των μυών στον πρόσθιο και έσω μηρό προέρχονται από το οσφυϊκό πλέγμα. Οι γλουτιαίοι μύες, οι οπίσθιοι μύες του μηρού, και όλοι οι μύες κάτωθεν του γόνατος, νευρώνονται από το ιερό πλέγμα.

Οσφυϊκό πλέγμα

Το οσφυϊκό πλέγμα βρίσκεται μέσα στη μάζα του μείζονα ψοίτη μυ και πρόσθια των εγκάρσιων αποφύσεων των οσφυϊκών σπονδύλων (249), (250), (251). Άλλοι συγγραφείς όμως το περιγράφουν μεταξύ του τετράγωνου μηριαίου και του μείζονα ψοίτη μύος (252), (253).

Το οσφυϊκό πλέγμα σχηματίζεται από τις οσφυϊκές νευρικές ρίζες 1 έως 4, οι οποίες εισέρχονται στον μείζονα ψοίτη μυ, αφού βγουν από τα μεσοσπονδύλια διαστήματα (248). Στο 50% των περιπτώσεων υπάρχει και η συμβολή της ρίζας του 12^{ου} θωρακικού νεύρου. Από το

οσφυϊκό πλέγμα δημιουργούνται τα εξής νεύρα: το λαγονοϋπογάστριο, το λαγονοβουβωνικό, το αιδοιομηρικό, το έξω μηροδερματικό, το μηριαίο και το θυροειδές. Τα νεύρα που σχηματίζονται από ρίζες του 2^{ου}, 3^{ου} και 4^{ου} οσφυϊκού νεύρου (μηριαίο, πλάγιο μηροδερματικό και θυροειδές νεύρο) πορεύονται μέσα στον μείζονα ψοίτη μυ πριν να εξέρθουν σε διάφορα επίπεδα, δηλαδή το έξω μηροδερματικό στο O3-O4, το μηριαίο στο O4-O5 και το θυροειδές στο O5-II. Το μηριαίο και το έξω μηροδερματικό νεύρο πορεύονται μέσα σε θήκη από περιτονίες που διαχωρίζει τον ψοίτη μυ σε ένα πρόσθιο μέρος (δύο τρίτα της μάζα του μύος) και ένα οπίσθιο μέρος. Το θυροειδές νεύρο μπορεί επίσης να πορεύεται μέσα σε αυτή την περιτονία, αλλά στο 50% των περιπτώσεων, διαχωρίζεται από τα άλλα νεύρα από μία μυϊκή πτυχή. Ο ιερωνωτιαίος και ο τετράγωνος οσφυϊκός μυς είναι επιφανειακοί μύες, πίσω από τον ψοίτη μυ και βρίσκονται προς τα μέσα και πλάγια από τον ψοίτη αντίστοιχα (254).

Τα νεύρα που προέρχονται από το άνω οσφυϊκό πλέγμα νευρώνουν τους μύες του κοιλιακού τοιχώματος και το δέρμα της υπερηβικής και βουβωνικής περιοχής. Προερχόμενα από τα πλάγια του μείζονος ψοίτη, το λαγονοϋπογάστριο και το λαγονοβουβωνικό νεύρο περνούν διαμέσου του τετράγωνου οσφυϊκού μύος για να νευρώσουν το δέρμα του κοιλιακού τοιχώματος. Το αιδοιομηρικό νεύρο νευρώνει τον κρεμαστήρα μυ και το δέρμα του μηριαίου τριγώνου, του οσχέου, του μεγάλου χείλους και του όρους της Αφροδίτης. Αυτό το νεύρο συνήθως προέρχεται από τα δύο πρώτα οσφυϊκά νεύρα και κατέρχεται πάνω στην πρόσθια επιφάνεια του μείζονος ψοίτη, ενώ αναδύεται τελικά απέναντι από τον O3 ή O4 σπόνδυλο (250).

Έξω μηροδερματικό νεύρο

Το έξω μηροδερματικό νεύρο είναι καθαρά αισθητικό νεύρο, το οποίο τυπικά προέρχεται από τις οπίσθιες διακλαδώσεις των πρόσθιων πρωτογενών κλάδων του δεύτερου και τρίτου οσφυϊκού νεύρου. Αναδύεται από το πλάγιο όριο του μείζονα ψοίτη κάτω από το λαγονοοσφυϊκό σύνδεσμο, περνάει γύρω από το λαγόνιο βόθρο πάνω στην επιφάνεια του λαγόνιου μύος βαθειά μέσα στη λαγόνια περιτονία. Πάνω από το βουβωνικό σύνδεσμο, γλιστράει προς τα εμπρός και βρίσκεται μέσα στον ινώδη ιστό της βουβωνικής περιτονίας. Τρυπάει το βουβωνικό σύνδεσμο περίπου 1 εκατοστό από την πρόσθια άνω λαγόνια ακρολοφία από όπου εισέρχεται στο μηρό. Το έξω μηροδερματικό νεύρο νευρώνει το τοιχωματικό περιτόναιο της λαγόνιας περιτονίας και το δέρμα της προσθιοπλάγιας επιφάνειας του μηρού σε διάφορους βαθμούς (18), με τους τελικούς του κλάδους να συνεισφέρουν στο επιγονατιδικό πλέγμα. Δεν έχει καμία κινητική νευρώση.

Μηριαίο νεύρο

Το μηριαίο νεύρο είναι ο μεγαλύτερος τελικός κλάδος του οσφυϊκού πλέγματος και αναδύεται από τα πλάγια του μείζονος ψοίτη δίπλα στον O5 ή II σπόνδυλο. Σχηματίζεται από τους ραχιαίες διακλαδώσεις των πρόσθιων κλάδων του 2^{ου}, 3^{ου} και 4^{ου} οσφυϊκού νεύρου. Πορεύεται πίσω από τη λαγόνια περιτονία, μεταξύ του πλάγιου μηροδερματικού και του θυροειδούς νεύρου, στο

περιτοναϊκό διαμέρισμα που σχηματίζεται από το μείζονα ψοΐτη και το λαγόνιο μυ, και δίνει αρθρικούς κλάδους στο ισχίο. Στη συνέχεια εισέρχεται στο μηρό πίσω από το βουβωνικό σύνδεσμο. Εκεί βρίσκεται πλάγια και πίσω από τη μηριαία αρτηρία. Αυτή η στενή ανατομική σχέση με τη μηριαία αρτηρία υπάρχει μόνο κοντά στο βουβωνικό σύνδεσμο, και όχι μετά την είσοδο του νεύρου στο μηρό. Καθώς το νεύρο μπαίνει στο μηρό, διαχωρίζεται σε πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο και γρήγορα διακλαδίζεται. Στο επίπεδο του βουβωνικού συνδέσμου υπάρχουν ισχυρές περιτονίες, η πλατειά περιτονία και η βουβωνική περιτονία. Το μηριαίο νεύρο βρίσκεται βαθιά, κάτω από αυτές τις περιτονίες. Η μηριαία αρτηρία, φλέβα και τα λεμφαγγεία βρίσκονται σε ένα ξεχωριστό περιτοναϊκό διαμέρισμα εσωτερικά του νεύρου. Ο πρόσθιος κλάδος του μηριαίου νεύρου δίνει το μέσο και το ενδιάμεσο δερματικό νεύρο που νευρώνουν το δέρμα της έσω και πρόσθιας επιφάνειας του μηρού. Οι κύριοι μύες που νευρώνονται από το μηριαίο νεύρο είναι ο ραπτικός μυς, ο τετρακέφαλος μηριαίος μυς (ορθός μηριαίος, έξω πλατύς, μέσος πλατύς και έξω πλατύς), όπως και ο λαγονοψοΐτης και ο κτενίτης μυς. Το μηριαίο νεύρο νευρώνει το πρόσθιο τοίχωμα της άρθρωσης του ισχίου, την πρόσθια μεριά του μηριαίου οστού και τα πρόσθια – έσω τοιχώματα της άρθρωσης του γόνατος. Ο οπίσθιος κλάδος του μηριαίου νεύρου δίνει το σαφηνές νεύρο, το οποίο είναι ο μεγαλύτερος δερματικό κλάδος του μηριαίου νεύρου και νευρώνει το δέρμα έως και το πρώτο μετατόρσιο στην έσω επιφάνεια του ποδιού, ενώ δίνει μυϊκούς κλάδους στον τετρακέφαλο μυ, και αρθρικούς κλάδους στην άρθρωση του γόνατος. Τα τελικά νεύρα του οπίσθιου κλάδου του μηριαίου νεύρου, το σαφηνές και το έσω πλατύ νεύρο, συνεχίζουν περιφερικά μέσω του καναλιού των απαγωγών. Αφού βγει από το κανάλι των απαγωγών το σαφηνές νεύρο αναδύεται πίσω από το ραπτικό μυ, όπου δίνει τον υποεπιγονατιδικό κλάδο και μετά συνεχίζει περιφερικά για να παρέχει δερματική νευρώση στην πρόσθια – έσω επιφάνεια του κάτω άκρου, έως κάτω στην έσω μεριά του άκρου ποδός.

Θυροειδές νεύρο

Το θυροειδές νεύρο είναι κλάδος του οσφυϊκού πλέγματος που σχηματίζεται μέσα στον ψοΐτη μυ από τους πρόσθιους κλάδους του 2^{ου}, 3^{ου} και 4^{ου} οσφυϊκού νεύρου και αναδύεται από το έσω όριο του μείζονα ψοΐτη απέναντι από τον Ο5 σπόνδυλο. Είναι το νεύρο των προσαγωγών του μηρού, στους οποίους φτάνει διαπερνώντας το έσω όριο του ψοΐτη και περνώντας απευθείας κατά μήκος του πλαϊνού μέρους της πυέλου στο θυροειδές τρήμα. Μετά την είσοδο του στο μηρό μέσω της θυροειδούς αύλακας, το νεύρο διαχωρίζεται σε πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο. Ο πρόσθιος κλάδος έχει τρεις διακλαδώσεις, συμπεριλαμβανομένων των μυϊκών διακλαδώσεων στους προσαγωγούς μύες, μία αρθρική διακλάδωση στην άρθρωση του ισχίου, και μία δερματική διακλάδωση στην έσω επιφάνεια του μηρού. Ο οπίσθιος κλάδος του θυροειδούς νεύρου κατέρχεται με τη μηριαία και την ιγνυακή αρτηρία στην άρθρωση του γόνατος και σχηματίζει δύο κλάδους: έναν μυϊκό κλάδο για τον έξω θυροειδή και μέγα προσαγωγό μυ και έναν αρθρικό κλάδο για την άρθρωση του γόνατος. Η απόκλιση του θυροειδούς νεύρου από το μηριαίο νεύρο αρχίζει καθώς αναδύονται μέσα από τον

ψοίτη μυ. Στο επίπεδο του βουβωνικού συνδέσμου, το θυροειδές νεύρο βρίσκεται βαθιά και επί τα εντός σε σχέση με το μηριαίο νεύρο και διαχωρίζεται από αυτό από αρκετά περιτοναϊκά διαμερίσματα. Περιστασιακά, ένα επικουρικό θυροειδές νεύρο δημιουργείται από το τρίτο και τέταρτο κοιλιακό στέλεχος. Σε αυτή την περίπτωση, νευρώνει την άρθρωση του ισχίου, τον κτενίτη μυ και τον μακρύ προσαγωγό, ενώ μπορεί να επικοινωνεί με το θυροειδές νεύρο. Η δερματική αισθητική νευρώση του πρόσθιου κλάδου του θυροειδούς νεύρου μελετήθηκε από τους Bouaziz και συν. (25), οι οποίοι εφάρμοσαν αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου. Όλοι οι αποκλεισμοί του θυροειδούς νεύρου ήταν επιτυχείς, όπως προκύπτει από την πάρεση των προσαγωγών. Στο 57% των ασθενών δεν φάνηκε καμία δερματική απώλεια αισθητικότητας. Στο 23% των ασθενών υπήρχε μία ζώνη υπαισθησίας στην άνω έσω μεριά του ιγνυακού βόθρου. Μόνο στο 20% των ασθενών εμφανίστηκε αισθητικό έλλειμμα στον έσω μηρό. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από άλλες μελέτες, οπότε για τη σωστή εκτίμηση του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου απαιτείται η κινητική εκτίμηση του (255).

Ιερό πλέγμα

Η ένωση των πρόσθιων κλάδων του τέταρτου και πέμπτου οσφυϊκού νεύρου και του πρώτου, δεύτερου και τρίτου ιερού νεύρου σχηματίζουν το ισχιακό νεύρο. Είναι το μεγαλύτερο νεύρο στο ανθρώπινο σώμα και ουσιαστικά, με όρους περιοχικής αναισθησίας, πρόκειται για μία ομάδα νεύρων, παρά για ένα μόνο νεύρο. Το ισχιακό νεύρο περνάει έξω από την πύελο μέσω της μείζονος ισχιακής εντομής και κατέρχεται ανάμεσα στο ισχιακό κύρτωμα και το μείζονα τροχαντήρα του μηριαίου κατά μήκος της οπίσθιας επιφάνειας του ποδιού. Διαχωρίζεται στο κνημιαίο και το κοινό περονιαίο νεύρο, συνήθως 7 με 9 εκατοστά από την ιγνυακή πτυχή.

Το ιερό πλέγμα σχηματίζεται μέσα στην πύελο από τη συγχώνευση των κοιλιακών κλάδων του 4^{ου} και 5^{ου} οσφυϊκού νεύρου και των πρώτων 3 ή 4 ιερών νεύρων. Το 4^ο και 5^ο οσφυϊκό κοιλιακό στέλεχος είναι κοινά στο οσφυϊκό και ιερό πλέγμα. Από τους 12 κλάδους του ιερού πλέγματος, 5 κατανέμονται μέσα στην πύελο και οι άλλοι 7 αναδύονται από την πύελο για να κατανεμηθούν στους γλουτούς και το κάτω άκρο. Το ιερό πλέγμα παρέχει κινητική και αισθητική νευρώση σε μέρη όλου του κάτω άκρου συμπεριλαμβανομένων του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής άρθρωσης. Το πιο σημαντικό στοιχείο του ιερού πλέγματος για τις επεμβάσεις του κάτω άκρου είναι το ισχιακό και το οπίσθιο δερματικό νεύρο και οι τελικοί τους κλάδοι.

Το οσφυοϊερό στέλεχος (O4-O5) και οι πρόσθιοι κλάδοι του ιερού πλέγματος (I1-I3) ενώνονται για να σχηματίσουν το κνημιαίο νεύρο, ενώ οι οπίσθιοι κλάδοι ενώνονται για να σχηματίσουν το κοινό περονιαίο νεύρο. Αυτά τα δύο μεγάλα μικτά νεύρα του ιερού πλέγματος αρχικά είναι ενωμένα μεταξύ τους με συνεκτικό ιστό για να σχηματίσουν το ισχιακό νεύρο. Σε αυτό το επίπεδο, το κνημιαίο κομμάτι είναι έσω και πρόσθια, ενώ το κοινό περονιαίο είναι έξω και ελαφρώς οπίσθια. Η άνω γλουτιαία αρτηρία είναι ακριβώς πάνω και έσω από το ισχιακό νεύρο στο επίπεδο του απιοειδούς. Η αναγνώριση με Doppler της άνω γλουτιαίας αρτηρίας έχει

χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση του κατάλληλου σημείο εισόδου της βελόνης κατά την εκτέλεση αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου (256). Το ισχιακό νεύρο εξέρχεται από την πύελο μέσω της μεγάλης ισχιακής εντομής κάτω από το αψοειδή μυ. Σε αυτό το επίπεδο, βρίσκεται πλάγια και οπίσθια της ισχιακής ακρολοφίας. Καθώς εισέρχεται στον μηρό και κατέρχεται προς τον ιγνυακό βόθρο, είναι οπίσθια από τον ελάσσονα τροχαντήρα του μηριαίου, στην οπίσθια επιφάνεια του μεγάλου προσαγωγού μέσα στο οπίσθιο έσω διαμέρισμα του μηρού, βαθιά στο δικέφαλο μηριαίο.

Το οπίσθιο μηροδερματικό νεύρο είναι ένα καθαρά αισθητικό νεύρο που προέρχεται από τα πρόσθια στελέχη των Π1-Π3. Ταξιδεύει μαζί με το ισχιακό νεύρο έξω από την πύελο και μέσα στο μηρό. Ενώ βρίσκεται βαθιά στο μεγάλο γλουτιαίο, δίνει τα κάτω γλουτιαία νεύρα (αισθητικά νεύρα στους κατωτέρους γλουτούς) και περινεϊκούς κλάδους (αισθητικότητα στα έξω γεννητικά όργανα). Αναδύεται από το κατώτερο όριο του μεγάλου γλουτιαίου για να βρεθεί στον υποδόριο ιστό συνεχίζει κάτω στο οπίσθιο κομμάτι του μηρού και του ποδιού, δίνοντας διαδοχικά μηριαίους και γαστροκνημιαίους κλάδους (αισθητικοί κλάδοι στο μηρό και τη γαστροκνημία). Γίνεται επιφανειακό κοντά στον ιγνυακό βόθρο, όπου οι τελικοί του κλάδοι συχνά αναστομώνονται με το γαστροκνημιαίο νεύρο.

Νεύρωση της άρθρωσης του γόνατος

Η κατανόηση της αισθητικής νεύρωσης της άρθρωσης του γόνατος έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα σημαντική τα τελευταία χρόνια, καθώς πολλές παρεμβατικές τεχνικές αφορούν την άρθρωση αυτή. Η νεύρωση της άρθρωσης του γόνατος είναι αρκετά πολύπλοκη, με νεύρα που προέρχονται από πολλούς διαφορετικούς κλάδους και σημαντική ποικιλότητα μεταξύ των ατόμων. Λόγω της θεραπευτικής του σχετικότητας, είναι καίριας σημασίας η κατανόηση της ανατομίας που σχετίζεται με την αισθητική νεύρωση του γόνατος, συμπεριλαμβανομένων των κλάδων από το οσφυϊκό (μηριαίο και θυροειδές νεύρο) και οσφυοϊερό πλέγμα (ισχιακό νεύρο).

Η άρθρωση του γόνατος στον άνθρωπο νευρώνεται από μία πρόσθια και μία οπίσθια ομάδα αισθητικών νεύρων (257), (258), (259). Η πρόσθια ομάδα αποτελείται από κλάδους του μηριαίου νεύρου που νευρώνουν το γόνατο έσω και πρόσθια, καθώς επίσης και από το έξω μηροδερματικό νεύρο, το κοινό περνιαίο νεύρο, και κλάδο του μηριαίου νεύρου στον έξω πλατύ μυ που νευρώνουν το γόνατο πρόσθια και έξω (257). Η οπίσθια ομάδα αποτελείται από το ιγνυακό νευρικό πλέγμα που διακλαδίζεται γύρω από το γονατώδες αγγειακό δίκτυο στον ιγνυακό βόθρο. Το ιγνυακό νευρικό πλέγμα προέρχεται από το κνημιαίο νεύρο και τον οπίσθιο κλάδο του θυροειδούς νεύρου (260), (258). Η οπίσθια ομάδα παρέχει ενδοαρθρική νεύρωση στους μηνίσκους, στον αρθρικό θύλακο γύρω από τους μηνίσκους, τους χιαστούς συνδέσμους, στο υποεπιγοαντιδικό λίπος, και στο οπίσθιο μέρος τους ινώδους κάψουλας του γόνατος (257)

Για την κατανόηση της αισθητικής νεύρωσης του γόνατος, αρκετοί συγγραφείς έχουν χωρίσει την ανατομία της πρόσθιας κάψας σε 4 τεταρτημόρια: άνω – έσω, άνω – πλάγιο, κάτω – μέσο και κάτω – πλάγιο (261), (262).

Το άνω- έσω τεταρτημόριο νευρώνεται από κλάδους του μηριαίου και του θυροειδούς νεύρου. Το μηριαίο νεύρο συμβάλει στη νεύρωση μέσω του νεύρου στον έσω πλατύ μυ και του σαφηνούς νεύρου. Το νεύρο του έσω πλατύ μυός συνεισφέρει με αρκετούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένου του έσω καθεκτικού νεύρου (263). Το σαφηνές νεύρο συνεισφέρει στη νεύρωση αυτού του τεταρτημορίου μέσω του υποεπιγονατιδικού κλάδου. Το θυροειδές νεύρο συνεισφέρει στη νεύρωση του γόνατος μέσω του αισθητικού μέρους του προσθίου κλάδου του νεύρου.

Το κάτω – έσω τεταρτημόριο εξαρτάται από τον υποεπιγονατιδικό κλάδο του σαφηνούς νεύρου και αισθητικούς κλάδους από το κνημιαίο νεύρο, οι οποίοι επιδεικνύουν σημαντική ποικιλότητα (257).

Οι νευρώσεις από το έξω πλατύ (257), (264), στο μέσο πλατύ και το έξω καθεκτικό νεύρο (αισθητικός κλάδος από το περνιαίο νεύρο) ποικίλλουν αρκετά στο άνω – έξω τεταρτημόριο (257). Το κύριο νεύρο στο κάτω – έξω τεταρτημόριο είναι το παλίνδρομο περνιαίο νεύρο, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στη νεύρωση της πρόσθιας κνήμης.

Πρόσφατη μελέτη (265) επιβεβαιώνει ότι η αισθητική νεύρωση στην άρθρωση του γόνατος προέρχεται από αρκετούς, μη σταθερούς κλάδους του ισχιακού, του μηριαίου και του θυροειδούς νεύρου. Η μελέτη των Laurant και συν. (266) υποδηλώνει ότι το σαφηνές νεύρο και το έσω πλατύ νεύρο παρέχουν σημαντικό μέρος της νεύρωσης στο έσω και πρόσθιο μέρος της άρθρωσης του γόνατος. Το έσω πλατύ νεύρο, ειδικότερα, φάνηκε να παίζει πιο σημαντικό ρόλο από αυτόν του εκτιμούταν έως τότε στη βιβλιογραφία, ενώ το θυροειδές νεύρο συμβάλλει με διαφορετικούς τρόπους στη νεύρωση σε μικρό ποσοστό περιστατικών.

ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΟΣΦΥΪΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Οι κλάδοι του οσφυϊκού πλέγματος πορεύονται μέσα σε μία κοινή θήκη μέσα στο μείζονα ψοΐτη. Κατά την ανάδυση τους από το μείζονα ψοΐτη, παραμένουν μέσα στη θήκη της βουβωνικής περιτονίας (267). Ο αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος βασίζεται στην ύπαρξη αυτού του συνεχιζόμενου περινευρικού χώρου που περιβάλλει το πλέγμα, επιτρέποντας έτσι τη διασπορά του διαλύματος του τοπικού αισθητικού μέσα στη θήκη της περιτονίας με κεφαλική εξάπλωση στις οσφυϊκές ρίζες (268). Στο 25% των περιπτώσεων, υπάρχει επίσης αποκλεισμός της πρώτης ιερής ρίζας και στο 70% των περιπτώσεων ανευρίσκεται αποκλεισμός του λαγονοβουβωνικού / λαγονοϋπογάστριου νεύρου (269). Λογικά, η οπίσθια προσέγγιση του οσφυϊκού πλέγματος θα πρέπει να οδηγεί σε πλήρη αποκλεισμό των βασικών νεύρων του οσφυϊκού πλέγματος (270), (251).

Ωστόσο τα αναφερόμενα ποσοστά αποτυχίας για τον εντοπισμό του οσφυϊκού πλέγματος με νευροδιέγερση είναι περίπου 5 – 7% (271).

Ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1974 από τους Winnie και συν. (252). Οι Chayen και συν. (249), οι Hanna και συν. (272) και οι Parkinson και συν. (273) έχουν περιγράψει διαφορετικές προσεγγίσεις στην εκτέλεση του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος. Οι Winnie και συν. υποστήριξε ότι με τη δική του προσέγγιση μπορούσε να επιτύχει αποκλεισμό και του οσφυϊκού και του ιερού πλέγματος. Η υπόθεση τους ήταν ότι κλάδοι του οσφυϊκού πλέγματος και κάποιοι από το ιερό πλέγμα βρίσκονται κοντά ο ένας με τον άλλο στο επίπεδο του O4 οσφυϊκού σπονδύλου, το οποίο ονόμασαν «διαμέρισμα του ψοίτη», και μπορούσε να αποκλειστεί με μία μόνο έγχυση. Αντίθετα με το Winnie, οι Chayen και συν. (249) ανέφεραν ότι ο αποκλεισμός θα πρέπει να συνδυαστεί με αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου για ολική αναισθησία στο κάτω άκρο.

Ο αποκλεισμός του διαμερίσματος του ψοίτη είναι ένας βαθύς αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος από οπίσθια προσέγγιση. Διασχίζοντας από πίσω προς τα εμπρός στο επίπεδο του O4-O5, οι ακόλουθες δομές συναντώνται: οπίσθια οσφυϊκή περιτονία, παρασπονδύλιοι μύες, πρόσθια οσφυϊκή περιτονία, τετράγωνος μηριαίος μυς και ψοίτης μυς. Η κοινή λαγόνια αρτηρία και φλέβα βρίσκονται πρόσθια του ψοίτη μυ, που είναι τοποθετημένος μέσα σε μία περιτοναϊκή θήκη, το διαμέρισμα του ψοίτη. Επειδή η τελική θέση της βελόνης είναι μέσα στο σώμα του ψοίτη μύος, θεωρείται η πιο σταθερή προσπέλαση για να αποκλειστεί όλο το οσφυϊκό πλέγμα με μία μόνο έγχυση.

Αρκετές περιγραφές του σημείου εισόδου για τον αποκλεισμό του διαμερίσματος του ψοίτη έχουν περιγραφεί, (249), (252), (270), (251), (272). Όλες βασίζονται στην επαφή με το οστό της εγκάρσιας απόφυσης ως οδηγό του βάθους της θέσης της βελόνης. Οι Cardevila και συν. (270) τροποποίησαν τα οδηγία σημεία που χρησιμοποίησαν οι Winnie και συν.(274) με τη χρήση αξονικής τομογραφίας. Εκτίμησαν την απόσταση από το δέρμα έως το οσφυϊκό πλέγμα να είναι 8.35 cm στους άνδρες (εύρος 6.1 – 10.1 cm) και 7.1 cm στις γυναίκες (εύρος 5.7 – 9.3 cm). Το βάθος του οσφυϊκού πλέγματος συσχετίστηκε με το φύλο και το δείκτη μάζας σώματος. Το πιο σημαντικό ήταν ότι η απόσταση από την εγκάρσια απόφυση έως το οσφυϊκό πλέγμα ήταν εξαιρετικά σταθερή σε λιγότερο από 2 cm. Αυτή η σχέση της εγκάρσιας απόφυσης με το οσφυϊκό πλέγμα ήταν ανεξάρτητη από το δείκτη μάζας σώματος ή το φύλο. Επομένως, η επαφή με την εγκάρσια απόφυση παρέχει ένα σταθερό οδηγό σημείο για την αποφυγή υπερβολικής διείδυσης της βελόνης κατά τον αποκλεισμό του διαμερίσματος του ψοίτη (270).

Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο βάθος εισόδου της βελόνης λόγω των επιπλοκών που σχετίζονται με το υπέρμετρο βάθος της βελόνης συμπεριλαμβανομένων του νεφρικού αιματώματος, της ολικής ραχιαίας αναισθησίας, και της μη ηθελημένης ενδοκοιλιακής και διασπονδυλικής τοποθέτησης του καθετήρα (270), (275), (276). Για να βεβαιωθεί η κατάλληλη θέση της βελόνης κατά τον αποκλεισμό του διαμερίσματος του ψοίτη και να αποφευχθεί η

υπέρμετρη είσοδος της βελόνης, συστήνεται έντονα να αναζητείται εσκεμμένα η εγκάρσια απόφυση (22).

Οπίσθιες προσπελάσεις για το οσφυϊκό πλέγμα

Προσπέλαση των Winnie και συν. (252) στο επίπεδο των O4-O5: Η βελόνη της νευροδιέγερσης εισέρχεται με ελαφρά κλίση προς τα έξω στο σημείο που τέμνεται η γραμμή που περνάει από την άνω λαγόνια ακρολοφία με τη γραμμή που σχηματίζεται παράλληλα με τη σπονδυλική στήλη και περνά από την οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα. Αυτό βάζει το άκρο της βελόνης μεταξύ των εγκάρσιων αποφύσεων του O4 και O5. Αν υπάρχει επαφή με την εγκάρσια απόφυση του O5, η βελόνη αποσύρεται ελαφρώς και επανακατευθύνεται ουριαία. Η εγκάρσια απόφυση του O5 είναι ο πιο μικρός οσφυϊκός σπόνδυλος και καθώς η τεχνική του Winnie είναι πιο προς τα έξω από την προσπέλαση στον O4, η επαφή με την εγκάρσια απόφυση του O5 μπορεί να μη συμβεί.

Προσπέλαση των Chayen και συν. (249): αναγνωρίζεται η ακανθώδης απόφυση του O4, στο σημείο που η κάθετη γραμμή που περνάει από τις λαγόνιες ακρολοφίες τέμνει το μέσο της σπονδυλικής στήλης. Στη συνέχεια σχηματίζεται μία γραμμή 3 cm ουριαία και 5 cm προς τα έξω. Αυτό το σημείο εισόδου αντιστοιχεί στο άκρο του εγκάρσιας απόφυσης του O5. Η βελόνη εισέρχεται κάθετα ως προς το δέρμα ώσπου να συναντήσει την εγκάρσια απόφυση του O5, όπου η πορεία της βελόνης αλλάζει ελαφρώς κεφαλικά.

Προσπέλαση των Cardevila και συν. (270) στο επίπεδο του O4: Αναγνωρίζεται η ακανθώδης απόφυση του O4 στο σημείο που η γραμμή που ενώνει τις λαγόνιες ακρολοφίες τέμνει τη σπονδυλική στήλη. Μία γραμμή από το κέντρο της ακανθώδους απόφυσης του O4 σχεδιάζεται πλάγια ώστε να συναντήσει τη γραμμή που περνά από την οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα και παράλληλα στη σπονδυλική στήλη της πλευράς που θα αποκλειστεί. Το σημείο εισόδου είναι η συμβολή του πλάγιου ενός τρίτου και των έξω δύο τρίτων της γραμμής που περνάει από τον O4. Η βελόνη προωθείται ώσπου να συναντήσει την εγκάρσια απόφυση του O4. Τότε ανακατευθύνεται ουριαία και προωθείται απαλά όχι πάνω από 20 mm. Μία παρόμοια προσέγγιση έχει περιγραφεί (277), που χρησιμοποιεί ως σημείο εισόδου 4 cm επί τα εκτός της ακανθώδους απόφυσης του O4.

Προσπέλαση στο επίπεδο του O3: Σε αυτή η τεχνική, που περιγράφηκε από τους Parkinson και συν. (273), το άκρο της βελόνης βρίσκεται μέσα στον ψοίτη μυ στο επίπεδο του O3. Ο ασθενής τοποθετείται στην πλάγια θέση, με τα ισχία λυγισμένα, και με την πλευρά που θα αποκλειστεί προς τα πάνω. Το σημείο εισόδου της βελόνης είναι 3 – 4 cm επί τα εκτός της ακανθώδους απόφυσης του O3, και κατευθύνεται ελαφρώς κεφαλικά, αλλά όχι προς τα έξω ή προς τα εσω, για να συναντήσει την εγκάρσια απόφυση του O3. Μετά την επαφή με την εγκάρσια απόφυση, η βελόνη ανακατευθύνεται ουριαία 1,5 cm βαθύτερα από την εγκάρσια απόφυση. Συνήθως ο κάτω πόλος του νεφρού φτάνει στο επίπεδο του O3 και κατά τη βαθειά εισπνοή μπορεί να κατέβει ως το επίπεδο

του O3-O4. Οι Aida και συν. (275) ανέφεραν 2 περιστατικά νεφρικού υποκάψιου αιματώματος που προκλήθηκαν από αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος στο O3.

Ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος θα πρέπει ιδανικά να εφαρμόζεται σε ελαφρώς κατασταλαμένους ασθενείς, επειδή πρόκειται για ένα βαθύ αποκλεισμό, με τη βελόνη να διαπερνά μία σημαντική μυϊκή μάζα. Επίσης προτείνεται μία μικρή υποδόρια και ενδοδερμική έγχυση λιδοκαΐνης στο σημείο εισόδου της βελόνης για την άνεση του ασθενούς.

Οι αντενδείξεις του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος είναι παρόμοιες με τις αντενδείξεις όλων των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών, όπως η άρνηση του ασθενούς, η αλλεργία στα τοπικά αναισθητικά, η τοπική σήψη ή φλεγμονή στο σημείο εισόδου της βελόνης (ή μέσα στον ψοίτη μυ). Επιπλέον, θεωρείται αυτός ο αποκλεισμός σαν κεντρικός νευραξονικός αποκλεισμός σε θέματα αντιπηκτικής αγωγής. Η χαμηλή καρδιακή παροχή, αποτελεί επίσης σχετική αντένδειξη, λόγω του κινδύνου επισκληρίδιας ή υπαραχνοειδούς εξάπλωσης.

Ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος απαιτεί μεγάλο όγκο τοπικού αναισθητικού για να επιτευχθεί ένας αξιόπιστος αποκλεισμός όλου του πλέγματος. Συστήνονται 30 – 40 ml τοπικού αναισθητικού. Η δόση του τοπικού αναισθητικού βέβαια θα πρέπει να υπολογίζεται στα πλαίσια του μεγέθους του ασθενούς και της χορήγησης και άλλου τοπικού αναισθητικού, όπως για τον ταυτόχρονο αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου, ώστε να διασφαλίζεται ότι η μέγιστη ασφαλή δόση δεν ξεπερνιέται. Ο ψοίτης μυς είναι σχετικά αγγειοβριθής περιοχή και η συστηματική απορρόφηση του τοπικού αναισθητικού μπορεί να είναι σημαντική.

Επιπλοκές

Οι Auvoγ και συν. (16) δημοσίευσαν μία αναδρομική μελέτη επιπλοκών της περιοχικής αναισθησίας στη Γαλλία και βρήκαν ότι η οπίσθια προσπέλαση του οσφυϊκού πλέγματος έχει τη μεγαλύτερη επίπτωση επιπλοκών από τους περιφερικούς αποκλεισμούς του κάτω άκρου. Μόλις σε 395 οπίσθιους αποκλεισμούς του οσφυϊκού πλέγματος, υπήρξαν 1 καρδιακή ανακοπή, 2 αναπνευστικές ανακοπές, 1 επεισόδιο σπασμών και 1 θάνατος. Σε όλες τις επιπλοκές του οπίσθιου οσφυϊκού αποκλεισμού, παρατηρήθηκαν υψηλό επίπεδο αποκλεισμού στα δερμοτόμια και αμφοτερόπλευρη μυδρίαση, που υποδηλώνουν ενδοραχιαία κεφαλική εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού.

Σε πρόσφατη αναδρομική μελέτη 9,949 ασθενών που υποβλήθηκαν σε οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος (278) η επίπτωση επιπλοκών βρέθηκε να είναι 0% για λοίμωξη, 0.01% για αιμορραγία και 0.53% για περιφερική νευρική βλάβη. Αυτά τα ευρήματα, είναι συγκρίσιμα με τα ποσοστά επιπλοκών από τον οπίσθιο οσφυϊκό αποκλεισμό άλλων μελετών (279), (280), (281), (282), (283), (284)

Τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά. Η τοξικότητα από τοπικά αναισθητικά είναι σχετικά συχνή επιπλοκή του αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος. Υπάρχουν αρκετές αναφορές περιπτώσεων σοβαρής τοξικότητας από τοπικά αναισθητικά μετά από αποκλεισμό του οσφυϊκού

πλέγματος (16), (285), (286). Οι ανατομικές παραλλαγές στην ανατομία, κυρίως στην αγγείωση και την παρουσία βαθιών μυϊκών στρωμάτων στην περιοχή του αποκλεισμού είναι η πιο πιθανή εξήγηση αυτής της απόκλισης. Σοβαρές τοξικές αντιδράσεις τυπικά συμβαίνουν κατά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού ή αμέσως μετά. Αυτό υποδηλώνει ότι ο μηχανισμός αυτών των συμβάντων είναι συνήθως η ατυχηματική ενδαγγειακή έγχυση του τοπικού αναισθητικού στην κυκλοφορία, παρά η απορρόφηση του (251), (287). Η ενδαγγειακή έγχυση τοπικού αναισθητικού μπορεί να οδηγήσει γρήγορα σε σπασμούς (276), (288), καρδιακή ανακοπή (288), και τελικά σε θάνατο. Ο καλύτερος τρόπος για την αποτροπή της τοξικότητας παραμένει η αρνητική δοκιμαστική δόση και η αργή, τμηματική έγχυση. Η επιμονή της μυοτονικής απάντησης με τη νευροδιέγερση μετά την έγχυση 1 ml φυσιολογικού ορού ή τοπικού αναισθητικού θα πρέπει να ανησυχήσει τον αναισθησιολόγο για πιθανή ενδαγγειακή έγχυση. Η βαθιά καταστολή μπορεί να καλύψει τα αρχικά συμπτώματα της συστηματικής απορρόφησης τοπικού αναισθητικού. Καθυστερημένες αντιδράσεις μπορεί επίσης να συμβούν.

Επισκληρίδιος διάχυση. Η επισκληρίδιος διάχυση είναι το πιο συχνό πρόβλημα. Η επίπτωση της ποικίλει στη βιβλιογραφία από λιγότερο από 1% έως 16% (270), (273), (289), (290), (291). Σε μία μελέτη, η επισκληρίδιος έγχυση ήταν πιο συχνή με την προσέγγιση του οσφυϊκού πλέγματος στο επίπεδο του O3 (273). Στα παιδιά, οι Dalens και συν. (292) ανέφεραν επίπτωση της επισκληρίδας εξάπλωσης που φτάνει το 90% όταν χρησιμοποιήθηκαν τα οδηγία σημεία των Chayen και συν. (293), σε σύγκριση με καθόλου επισκληρίδια εξάπλωση όταν χρησιμοποιήθηκαν τα οδηγία σημεία των Winnie και συν. (294). Αυτή η επιπλοκή συνήθως αποδίδεται σε παλίνδρομη διάχυση του τοπικού αναισθητικού στον επισκληρίδιο χώρο, όταν χρησιμοποιούνται μεγάλοι όγκοι τοπικού αναισθητικού (μεγαλύτεροι από 20 ml). Στις περισσότερες περιπτώσεις, υπάρχει εμφανής υπολειπόμενος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος μετά τη λύση του ετερόπλευρου αποκλεισμού. Ωστόσο, υπάρχουν αναφορές περιστατικών ολικής ραχιαίας αναισθησίας κατά τον αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος και για αυτό σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει αυξημένη επαγρύπνηση κατά τη διαχείριση αυτού του αποκλεισμού (276), (295). Η ανεύρεση του καθετήρα επισκληριδίως είναι επίσης δυνατή (296).

Νευραξονικός αποκλεισμός. Ένα ατυχές συμβάν των εγγύς περιφερικών νευρικών αποκλεισμών είναι η εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού προς το νωτιαίο μυελό, με αποτέλεσμα τον νευραξονικό αποκλεισμό (276), (295). Αυτό αποτελεί έναν ιδιαίτερο λόγο ανησυχίας στον αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος, όπου η τοποθέτηση της βελόνης γίνεται στις νευρικές ρίζες. Η σύσταση για αποφυγή αυτής επιπλοκής είναι η διαχείριση αυτού του αποκλεισμού να γίνεται με τον ίδιο βαθμό επαγρύπνησης, όπως ένας νευραξονικός αποκλεισμός.

Αιμορραγικές επιπλοκές. Αρκετές προσπελάσεις των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών του κάτω άκρου περιλαμβάνουν βαθειά διείσδυση της βελόνης. Σε αυτές τις προσπελάσεις ανήκει και ο αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος μέσω του διαμερίσματος του ψοΐτη. Αρκετοί ερευνητές έχουν αναφέρει σχηματισμό οπισθοπεριτοναϊκού αιματώματος μετά από αποκλεισμό του

διαμερίσματος του ψοΐτη (270), (297), (298). Για να φτάσει το οσφυϊκό πλέγμα, η βελόνη πρέπει να διαπεράσει πολλαπλά μυϊκά στρώματα, καθώς και στρώματα άλλων ιστών. Νεφρικό υποκάμιο αιμάτωμα έχει περιγραφεί μετά από αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος στο επίπεδο του O3 (275). Ο κάτω πόλος του νεφρού είναι κοντά σε αυτό το επίπεδο. Μία προσέγγιση στο επίπεδο του O4 είναι πιο ασφαλής (275). Δύο περιστατικά με μεγάλη απώλεια αίματος που σχετίζεται με αιμάτωμα στον ψοΐτη έχουν αναφερθεί (299). Ο συνδυασμός της βαθιάς θέσης και της αδυναμίας να ασκηθεί πίεση μετά από μία μη ηθελημένη τρώση των βαθιά ευρισκόμενων αιμοφόρων αγγείων που αιματώνουν τους τοπικούς μύες και τις άλλες δομές, κάνουν αυτόν τον αποκλεισμό λιγότερο κατάλληλο σε περιβάλλον αντιπηκτικής αγωγής σε σχέση με άλλους πιο επιφανειακούς αποκλεισμούς του κάτω άκρου.

Συμπαθεκτομή. Ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος οδηγεί σε ετερόπλευρη συμπαθεκτομή. Ευπαθείς ασθενείς μπορεί να αναπτύξουν αιμοδυναμική αστάθεια (271). Επιπλέον αμφοτερόπλευρη συμπαθεκτομή είναι δυνατή στην περίπτωση της επισκληρίδιας διάχυσης. Όλοι οι ασθενείς θα πρέπει να παρακολουθούνται κατά τη διάρκεια και μετά την εκτέλεση του οπίσθιου οσφυϊκού αποκλεισμού με τον ίδιο τρόπο, όπως και αυτοί που λαμβάνουν επισκληρίδιο αποκλεισμό (300).

Νευρολογική βλάβη. Η νευρολογική βλάβη αποτελεί μία μεγάλη ανησυχία κατά τη διάρκεια και μετά από αποκλεισμούς του οσφυϊκού πλέγματος. Η νευροτοξικότητα των τοπικών αναισθητικών προκαλείται από τη νευροτοξική τους ισχύ, τη συγκέντρωσή τους, και τη διάρκεια επαφής τους με το νεύρο. Η συχνότητα των νευρολογικών επιπλοκών των περιφερικών αποκλεισμών δεν είναι καλά αποδεδειγμένη. Οι Auvoγ και συν. (301) ανέφεραν 4 νευροπάθειες σε περισσότερους από 21,278 περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς (0.04%). Πιο πρόσφατα, οι ίδιοι συγγραφείς (16) ανέφεραν 12 νευροπάθειες σε 50,223 περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς (0,02%).

Λανθασμένη θέση καθετήρα. Έχουν περιγραφεί πολλές λάθος τοποθετήσεις καθετήρα. Η άκρη του καθετήρα έχει εντοπιστεί στην κοιλιακή κοιλότητα (270), στην οπισθοπεριτοναϊκή κοιλότητα (270), τον υπαραχνοειδή χώρο (276), (302) και στον O4-O5 μεσοσπονδύλιο δίσκο (270). Διεγείρομενοι καθετήρες έχουν χρησιμοποιηθεί σε μία προσπάθεια να επιβεβαιωθεί η περινευρική τοποθέτηση του καθετήρα και έτσι να αυξηθεί η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητα της έγχυσης του τοπικού αναισθητικού (303), (304).

Υπερηχογραφία και αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος

Η υπερηχογραφική καθοδήγηση για τον οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος έχει περιγραφεί για πρώτη φορά το 2001 (305). Η υπερηχογραφική καθοδήγηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως εξέταση ανίχνευσης πριν από τον αποκλεισμό, είτε ως καθοδήγηση σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την άμεση όραση της βελόνης, των ανατομικών δομών και της εξάπλωσης του τοπικού αναισθητικού.

Ο αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος παραδοσιακά γίνεται με τη χρήση επιφανειακών οδηγών σημείων και νευροδιέγερσης (300), (273). Ενώ η υπερηχογραφική καθοδήγηση έχει γίνει κοινή πρακτική για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς (21), είναι λίγες οι μελέτες που δημοσιεύτηκαν σχετικά με την εφαρμογή της υπερηχογραφικής καθοδήγησης για τον αποκλεισμό το διαμερίσματος του ψοίτη στους ενήλικες (306), (305), (307), (308), (309), (310). Ενδιαφέρον προκαλεί ότι η ανασκόπηση του Salinas (311) για τη σύγκριση της υπερηχογραφικής καθοδήγησης με τη νευροδιέγερση για τους αποκλεισμούς του κάτω άκρου, δεν περιελάμβανε τον οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος. Προφανώς η υπερηχογραφική ανίχνευση του οσφυϊκού πλέγματος μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα απαιτητική. Σονοανατομικές μελέτες έχουν δείξει ότι είναι δυνατή η οπτικοποίηση των εγκάρσιων αποφύσεων, των σπονδυλικών σωμάτων, του μείζονος ψοίτη μυός, του ορθωτήρα μυ του κορμού, του τετράγωνου οσφυϊκού, του κάτω πόλου του νεφρού, του περιτοναίου, της αορτής και της κάτω κοίλης φλέβας (308), (312), ενώ η άμεση απεικόνιση των νευρικών ριζών δεν είναι εύκολη λόγω του βάθους στο οποίο βρίσκονται και της «ακουστικής σκιάς» των εγκάρσιων αποφύσεων (313).

Το πλέγμα μπορεί να φανεί σε εγκάρσιο επίπεδο με τη βελόνη να εισέρχεται in plane, είτε από έσω προς τα έξω (307) ή από έξω προς τα έσω (314), ή out of plane (315), ή σε επιμήκη εξέταση με τη βελόνη να εισέρχεται in plane (306). Σύμφωνα με τους Karmakar και συν. (308) η παράμεση εγκάρσια εξέταση της οσφυϊκής περιοχής με τον ηχοβολέα μεταξύ δύο εγκάρσιων αποφύσεων και να κατευθύνεται προς τα έσω είναι προτιμότερη επειδή μειώνει την «ακουστική σκιά».

Η βοήθεια από ένα νευροδιεγέρτη μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της αξιοπιστίας αυτών των προσεγγίσεων. Όταν η υπερηχογραφική καθοδήγηση σε πραγματικό χρόνο δεν είναι εφικτή, προτείνεται η υπερηχογραφική απεικόνιση πριν από το τσίμπημα. Στην πραγματικότητα τα επιφανειακά οδηγία σημεία δεν προβλέπουν με ακρίβεια ούτε το βάθος των εγκάρσιων αποφύσεων, ούτε το βάθος του οσφυϊκού πλέγματος. Αντίθετα, απλά τοποθετώντας τον ηχοβολέα δίπλα στη σπονδυλική στήλη, κάθετα στο δέρμα, είναι εφικτή η οπτικοποίηση της εγκάρσιας απόφυσης και η πρόβλεψη του βάθους της, και επομένως η εκτίμηση του βάθους του οσφυϊκού πλέγματος (316).

Η επισκληρίδια εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού, όπως και η απορρόφηση του, ειδικά στις περιπτώσεις που εγχύονται μεγάλοι όγκοι, παραμένουν πιθανές επιπλοκές αυτής της τεχνικής (21).

ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΜΗΡΙΑΙΟΥ ΝΕΥΡΟΥ

Το μηριαίο νεύρο βρίσκεται επιφανειακά στο επίπεδο της βουβωνικής πτυχής. Ο αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου στο παρελθόν γινόταν τυφλά με τη χρήση οξείας βελόνης 1 – 1,5 cm επί τα εκτός της μηριαίας αρτηρίας. Ακολούθησε η τεχνική της παραισθησίας που βασιζόταν στην εκδήλωση παραισθησίας στην περιοχή νεύρωσης του μηριαίου νεύρου. Ο αποκλεισμός του

μηριαίου νεύρου με νευροδιέγερση κατάφερα να εντοπίσει το νεύρο με ακρίβεια, ενώ ελαχιστοποιήθηκε ο κίνδυνος πιθανής νευρικής βλάβης. Το κλασσικό σημείο για τη σωστή θέση της βελόνης υπό την καθοδήγηση της νευροδιέγερσης είναι ο «χορός της επιγονατίδας», δηλαδή η σύσπαση του τετρακεφάλου.

Ο αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου με υπερηχογραφική καθοδήγηση απαιτεί μία ευθεία κεφαλή ηχοβολέα υψηλής συχνότητας, η οποία επιτρέπει την άμεση αναγνώριση του νεύρου σε εγκάρσια τομή, σαν μία τριγωνική υπερηχοϊκή περιοχή που βρίσκεται επί τα εκτός της αρτηρίας, βαθιά στη πλατεία περιτονία και τη λαγόνια περιτονία, και στην πρόσθια μεριά του λαγονοψοίτη μυός. Η αναγνώριση του μπορεί μερικές φορές να παρουσιάζει δυσκολίες και το νεύρο να εμφανίζεται ως αμφίκυρτη ή ωοειδής υπερηχοϊκή δομή, λόγω της θέσης του ανάμεσα στη λαγόνια περιτονία και το λαγονοψοίτη μυ (21), (302), (317).

Φαίνεται ότι η υπερηχογραφική καθοδήγηση βελτιώνει την έναρξη του αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου και την ποιότητα του αισθητικού και κινητικού αποκλεισμού, ενώ μειώνει τις απαιτήσεις σε τοπικά αναισθητικά σε σύγκριση με την τεχνική της νευροδιέγερσης (318). Πρόσφατα, οι προσπάθειες έχουν εστιαστεί στη μελέτη αν η κατανομή του τοπικού αναισθητικού, όπως και η θέση της άκρης του καθετήρα, μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου και να διαχωρίσουν τον κινητικό και αισθητικό αποκλεισμό. Πραγματικά, οι Ilfeld και συν. (319) έδειξαν ότι η πρόσθια τοποθέτηση του καθετήρα μπορεί να αυξήσει τον δερματικό αισθητικό αποκλεισμό σε σχέση με την οπίσθια τοποθέτηση της άκρης του καθετήρα, χωρίς να αυξήσει τον κινητικό αποκλεισμό. Παρόμοια, οι Szűcs και συν. (320) έδειξαν ότι τοποθετώντας το τοπικό αναισθητικό μόνο μπροστά από το νεύρο έχει ως αποτέλεσμα λιγότερες κινήσεις της βελόνης μέσα στους ιστούς και μεγαλύτερη ικανοποίηση ασθενών, από το να προσπαθείται να περιβληθεί ο νευρικός στόχος περιμετρικά.

Σύμφωνα με τους Marhofer και συν. (21), προτιμάται η τεχνική «out-of-plane», ειδικά όταν πραγματοποιούνται συνεχείς αποκλεισμοί του μηριαίου νεύρου, επειδή επιτρέπει την προώθηση του καθετήρα παράλληλα με τον επιμήκη άξονα του νεύρου. Ωστόσο, οι Ruiz και συν. (321) έδειξαν ότι η επαφή βελόνης-νεύρου είναι πιο συχνή με την τεχνική out-of-plane, και συνεπώς αυξάνεται η επίπτωση των τραυματικών συμβάντων. Ακόμη είναι υπό συζήτηση αν είναι προτιμότερη η in-plane τεχνική σε σχέση με την out-of-plane για την τοποθέτηση περινευρικού καθετήρα στο μηριαίο νεύρο. Προς το παρόν δεν υπάρχουν ισχυρά δεδομένα που να υποστηρίζουν τη χρήση της μιας τεχνικής έναντι της άλλης, και οι αναισθησιολόγοι θα πρέπει να χρησιμοποιούν την τεχνική που είναι πιο εξοικειωμένοι (322)

ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΝΕΥΡΟΥ

Το ισχιακό νεύρο, το μεγαλύτερο νεύρο που προέρχεται από το ιερό πλέγμα, νευρώνει τον οπίσθιο μηρό και σχεδόν όλο το πόδι από το γόνατο και κάτω. Οι πιο συχνές ενδείξεις για τον

αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου είναι η αναισθησία και η αναλγησία για χειρουργεία άκρας ποδός και ποδοκνημικής άρθρωσης. Υπάρχει μία ποικιλία στις προσπελάσεις για τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου και τα ποσοστά επιτυχίας του ποικίλουν κατά πολύ.

Ο Gaston Labat (323) ήταν ο πρώτος που περιέγραψε, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου που σήμερα αναφέρεται ως Κλασική Προσέγγιση κατά Labat. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στην οστέινη σχέση της οπίσθιας άνω λαγόνιας άκανθας και του μείζονα τροχαντήρα με τον ασθενή τοποθετημένο στην τροποποιημένη Sims θέση. Σχεδιάζεται η γραμμή που ενώνει την οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα και το υψηλότερο σημείο του μείζονα τροχαντήρα. Από το μέσο αυτής της γραμμής και κάθετα προς αυτή σχεδιάζεται μία άλλη γραμμή προς τα κάτω και έσω μήκους 3cm. Κάποιοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι αυτή η γραμμή πρέπει να φτάσει τα 5 cm (324), (325).

Ο Winnie (326) ήταν ο πρώτος που τροποποίησε την αρχική περιγραφή, προσθέτοντας ένα ακόμη οδηγό σημείο, την απόσταση του ιερού τμήματος από το μείζονα τροχαντήρα, έναν πιο ακριβή υπολογισμό για τις διάφορες σωματοδομές. Η δυσκολία που υπάρχει στην αναγνώριση αυτών των οδηγιών σημείων οδήγησε τους Chang και συν. (327) να περιγράψουν μία διαφορετική προσέγγιση για την αναγνώριση της ισχιακής άκανθας. Ο Franco (328) περιέγραψε μία απλή προσέγγιση του ισχιακού νεύρου στην πρηνή θέση. Η βελόνη εισέρχεται κάθετα στο πάτωμα 10 cm προς τα έξω από το μέσο της μεσογλουτιαίας αύλακας, ανεξάρτητα από το φύλο η το δείκτη μάζας σώματος του ασθενούς.

Οι Raj και συν. (329) περιέγραψαν μία ύπτια προσπέλαση του ισχιακού νεύρου με το ισχίο λυγισμένο, ξεκινώντας στο μέσο μεταξύ του μείζονα τροχαντήρα του μηρού και του ισχιακού κυρτώματος. Η θέση του ασθενούς θεωρείται ότι πλεονεκτεί σε σχέση με τη κλασική προσέγγιση κατά Labat καθώς σε αυτή τη θέση λεπταίνει ο μείζον γλουτιαίος και το ισχιακό νεύρο έρχεται πιο επιφανειακά. Ωστόσο, η αναγνώριση αυτών των οστέινων οδηγιών σημείων είναι μερικές φορές δύσκολη και η θέση αυτή του ασθενούς απαιτεί επιπλέον προσωπικό για να διατηρηθεί. Η πλάγια υπογλουτιαία προσέγγιση του ισχιακού νεύρου περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Ichniyanagi το 1959 (330).

Η πρόσθια προσέγγιση του ισχιακού νεύρου έχει το πλεονέκτημα της ύπτιας θέσης του ασθενούς και γίνεται μία κοινή προετοιμασία για τον συνδυασμό του μηριαίου και ισχιακού νευρικού αποκλεισμού. Η δημοτικότητα του όμως είναι περιορισμένη λόγω των χαμηλών ποσοστών επιτυχίας και του ότι είναι σχετικά επώδυνη η χρήση του μηρού ως εν τω βαθύ οδηγό σημείο (331), (332)

Υπερηχογραφικά, το ισχιακό νεύρο είναι μία ωοειδής δομή, γενικά υπερηχοϊκή, γεμάτη με υποηχοϊκά στοιχεία που δίνουν την κλασική εικόνα «κερήθρας». Κατά την πορεία του νεύρου από εγγύς προς τα άπω, η αναλογία του συνδετικού ιστού – νευρικού ιστού, ώσπου να δημιουργηθεί μία χονδρή περινευρική θήκη γύρω από το νεύρο (171). Αυτή η θήκη παίζει σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού κατά τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου.

Υπάρχουν διάφορες προσπελάσεις για τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου και υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση.

Παραϊερή προσπέλαση

Στην παραϊερή περιοχή, το ιερό πλέγμα βγαίνει από τη λεκάνη και εισέρχεται στους γλουτούς μέσω του μείζονος ισχιακού τμήματος. Το διάλυμα του τοπικού αναισθητικού εξαπλώνεται σε όλη την περιοχή του ιερού πλέγματος. Αυτή η προσπέλαση συστήνεται για σύνθετες επεμβάσεις ισχίου. Ωστόσο, η βελόνη μπορεί θεωρητικά να βλάψει τα έσω λαγόνια αγγεία, τον ουρητήρα και το ορθό, αν προωθηθεί πέρα από το πλέγμα. Επιπλέον, σε αυτό το επίπεδο υπάρχει στενή σχέση μεταξύ του ισχιακού νεύρου και της άνω γλουτιαίας αρτηρίας. Σε αυτή τη θέση απαιτείται κυρτή κεφαλή ηχοβολέα.

Διαγλουτιαία προσπέλαση

Το ισχιακό νεύρο βρίσκεται μεταξύ του μείζονα τροχαντήρα και του ισχιακού κυρτώματος (333). Η βελόνη πρέπει να περάσει μέσω του μείζονα γλουτιαίου μυός, και γι' αυτό χρησιμοποιείται ο όρος «διαγλουτιαία» για αυτή την προσπέλαση. Στους γλουτούς, το ιερό πλέγμα έχει ήδη διακλαδωθεί στους διάφορους κλάδους του. Μόνο το ισχιακό νεύρο, το οπίσθιο μηροδερματικό και παθανόν το κάτω γλουτιαίο νεύρο, μπορούν να αποκλειστούν με αξιοπιστία με αυτή την προσπέλαση. Το άνω γλουτιαίο νεύρο και το νεύρο του τετράγωνου μηριαίου μυός δεν αποκλείονται με αυτή την προσπέλαση. Αυτό το γεγονός θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ειδικά για χειρουργεία στο ισχίο.

Η διαγλουτιαία προσπέλαση είναι πιο ασφαλής από την παραϊερή καθώς ο μείζων κίνδυνος περιορίζεται σε τρώση της κάτω γλουτιαίας αρτηρίας, ενώ αν η βελόνη δεν συναντήσει το νεύρο, θα σταματήσει από το οστό.

Ο ασθενής τοποθετείται στη θέση Sim. Απαιτείται κυρτή κεφαλή ηχοβολέα χαμηλής συχνότητας. Ο μείζων τροχαντήρας βρίσκεται προς τα έξω, το ισχιακό κύρτωμα προς τα έσω, και ο μείζων γλουτιαίος μυς επιφανειακά. Το ισχιακό νεύρο βρίσκεται κάτω από το μυ και στη μέση της απόστασης μεταξύ του μείζονα τροχαντήρα και του ισχιακού κυρτώματος. Ο ηχοβολέας μπορεί να μετακινηθεί κατά μήκος της αύλακας που σχηματίζεται μεταξύ των οπίσθιων μηριαίων μυών και του έξω πλατύ μυός. Μία βελόνη 100 mm εισέρχεται παράλληλα με την υπερηχητική δέσμη. Η χρήση του νευροδιεγέρη είναι πολύ χρήσιμη για αυτόν τον βαθύ αποκλεισμό, καθώς η ποιότητα της εικόνας ποικίλει κατά πολύ ανάμεσα στους ασθενείς.

Πρόσθια προσπέλαση

Μόνο το ισχιακό νεύρο μπορεί να αποκλειστεί σταθερά σε αυτό το επίπεδο. Η επέκταση του αποκλεισμού στο οπίσθιο μηροδερματικό νεύρο είναι απρόβλεπτη. Ο ασθενής τοποθετείται στην ύπτια θέση και χρησιμοποιείται κυρτή κεφαλή ηχοβολέα χαμηλής συχνότητας, ενώ ο νευροδιεγέρτης είναι πολύ χρήσιμος.

Η πρόσθια προσπέλαση έχει ενδιαφέρον, αφού ο ασθενής είναι στην ύπτια θέση και δεν χρειάζεται και κινητοποιήσει το άκρο. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται βελόνη μήκους 150 mm. Καθώς η πορεία της βελόνης είναι πολύ κοντά στα μηριαία αγγεία και στο μηριαίο νεύρο, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί κατά την προώθηση της βελόνης.

ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΘΥΡΟΕΙΔΟΥΣ ΝΕΥΡΟΥ

Ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου εφαρμόζεται για να αποτρέψει την ξαφνική προσαγωγή του μηρού κατά την διουρηθρική αφαίρεση όγκων της ουροδόχου κύστης, για να παρέχει βέλτιστη αναλγησία σε χειρουργικές επεμβάσεις του γόνατος, για την αντιμετώπιση του χρόνιου πόνου του ισχίου, και για να βελτιώσει την επίμονη σταστικότητα των προσαγωγών σε ασθενείς με παραπληγία, πολλαπλή σκλήρυνση κατά πλάκας ή εγκεφαλική παράλυση. Ο Labat πρώτος περιέγραψε μία τεχνική αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου με βάση τα επιφανειακά ανατομικά οδηγία σημεία (323). Από τότε, αρκετές προσπελάσεις έχουν αναφερθεί με τη χρήση επιφανειακών ανατομικών οδηγιών σημείων με ή χωρίς νευροδιέγερση για τον εντοπισμό του νεύρου (334), (26), (335).

Όπως προαναφέρθηκε, το θυροειδές νεύρο δεν παρέχει σταθερή δερματική νεύρωση σε όλους τους ανθρώπους, και μάλιστα σε περισσότερους από τους μισούς η δερματική αισθητική νεύρωση του θυροειδούς απουσιάζει εντελώς. Επομένως επιτυχημένος αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου μπορεί να επιτευχθεί παρά την έλλειψη αισθητικού αποκλεισμού στον έσω μηρό και/ή γόνατο. Η σημασία του θυροειδούς νεύρου στη νεύρωση των προσαγωγών μυών είναι γνωστή από παλιά και γι' αυτό η επιτυχία του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου αξιολογείται με την επιβεβαίωση της μείωσης της δύναμης των προσαγωγών μυών με τη χρήση σφυγμομανόμετρο (336). Το θυροειδές νεύρο θεωρείται υπεύθυνο για το 56% της απώλειας της μυϊκής ισχύος των προσαγωγών, ενώ το ιερό πλέγμα και το μηριαίο νεύρο για το 34% και το 10% αντίστοιχα. Η μελέτη των Bouaziz και συν. (25) επίσης επιβεβαίωσε το σημαντικό ρόλο που παίζει το θυροειδές νεύρο στην προσαγωγή του κάτω άκρου. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο μέτρησης, ζητείται από τους ασθενείς να εκτείνουν πλήρως και τα δύο γόνατα, να κάμψουν ραχιαία τις ποδοκνημικές αρθρώσεις στην ύπτια θέση, και να πιέσουν μία περιχειρίδα μέτρησης αρτηριακής πίεσης, η οποία έχει προηγουμένως φουσκώσει στα 40 mmHg, μεταξύ των γονάτων τους προσάγοντας το αποκλεισμένο ισχίο, ενώ το μη αποκλεισμένο πόδι είναι ακινητοποιημένο. Η μέγιστη πίεση που ασκείται καθορίζεται από τη δύναμη των προσαγωγών μυών. Ο μεγάλος προσαγωγός νευρώνεται και από τον οπίσθιο κλάδο του θυροειδούς νεύρου και από το ισχιακό νεύρο (337). Παρόμοια, το μηριαίο νεύρο συμβάλει επίσης στη νεύρωση του κτενίτη μυός (338). Επιπλέον, ο κτενίτης μυς περιστασιακά (στο 10-30% των περιπτώσεων) νευρώνεται από το επικουρικό θυροειδές νεύρο, το οποίο προέρχεται από τον πρόσθιο κλάδο του τρίτου και του τέταρτου οσφυϊκού νεύρου, κατέρχεται κατά μήκος του έσω ορίου του μείζονα ψοίτη μυός, και περνάει πάνω από το άνω ηβικό

οστό (338), (339). Συνεπώς, οι ασθενείς μπορεί να προσάγουν την άρθρωση του ισχίου σε κάποιο βαθμό, ακόμη και αν ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου είναι επιτυχής. Σύμφωνα με άλλες μελέτες (340), (341), επιτυχημένος αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου ορίζεται η μείωση της δύναμης των προσαγωγών περισσότερο από 40-50%.

Ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου δεν πραγματοποιείται από πολλούς αναισθησιολόγους επειδή μπορεί να γίνει χρονοβόρος και η επιτυχία του εξαρτάται κατά πολύ από την εμπειρία και την ικανότητα του αναισθησιολόγου που διενεργεί τον αποκλεισμό. Η δυσκολία αυτή έχει σχολιαστεί στη βιβλιογραφία (342), (343). Το θυροειδές νεύρο έχει γίνει αντικείμενο μελέτης σε αρκετές πτωματικές μελέτες λόγω της ποικιλίας που εμφανίζει στην ανατομία και την ύπαρξη επικουρικών κλάδων (344).

Όταν ο αποκλεισμός εκτελείται σε συνδυασμό με άλλους νευρικούς αποκλεισμούς, τα ποσοστά επιτυχίας του θυροειδούς ποικίλουν κατά πολύ. Υψηλά ποσοστά επιτυχίας έχουν αναφερθεί κατά τον αποκλεισμό του διαμερίσματος του ψοΐτη (22). Αντίθετα, στον αποκλεισμό 3-σε-1, το θυροειδές νεύρο έχει τα υψηλότερα ποσοστά αποτυχίας από τα 3 νεύρα στόχους (22), (345), (346). Ο Winnie και συν. (274) περιέγραψαν την τεχνική που καλείται μηριαίος 3-σε-1 αποκλεισμός, ο οποίος υποτίθεται ότι παρέχει αναισθησία στο μηριαίο, το έξω μηροδερματικό και στο θυροειδές νεύρο με μία έγχυση τοπικού αναισθητικού. Αν και αυτός ο αποκλεισμός εφαρμόστηκε ευρέως, στην κλινική πράξη δεν πρόσφερε ικανοποιητική μετεγχειρητική αναλγησία, ακριβώς επειδή δεν αποκλειόταν το θυροειδές νεύρο (347). Οι επιπλοκές από αυτή τη διαδικασία όχι μόνο περιλαμβάνουν τα υψηλά ποσοστά αποτυχίας, αλλά επίσης και τρώση της θυροειδούς αρτηρίας. Η θυροειδής αρτηρία είναι ευάλωτη λόγω της θέσης της δίπλα στο νεύρο (348), και τραύμα σε αυτό το αγγείο μπορεί να οδηγήσει σε απειλητική για τη ζωή αιμορραγία (349). Οι ανησυχίες σχετικά με τον εγγύς αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου οδήγησαν σε πιο απομακρυσμένες βουβωνικές προσπελάσεις με πολλαπλές εγχύσεις (26).

Η κλινική αναγκαιότητα του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου είναι σημαντική. Αυτός ο νευρικός αποκλεισμός αποτρέπει το αντανακλαστικό του θυροειδούς κατά τη διουρηθρική εκτομή όγκων της ουροδόχου κύστης, ανακουφίζει από τον πόνο της θυροειδούς νευραλγίας και της σύσπασης των προσαγωγών μυών στην πολλαπλή σκλήρυνση κατά πλάκας ή την παραπληγία, και βοηθά στη διάγνωση ή θεραπεία των επώδυνων καταστάσεων της άρθρωσης του ισχίου (350). Ο ατελής νευρικός αποκλεισμός κατά τη διουρηθρική εκτομή όγκων της ουροδόχου κύστης μπορεί να οδηγήσει σε σύσπαση των προσαγωγών μυών του μηρού, το οποίο μπορεί να προκαλέσει διάτρηση του τοιχώματος της ουροδόχου κύστης, αιμορραγία, ατελής εκτομή και/ή διασπορά του όγκου (345). Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα αυξημένο ενδιαφέρον και εκτίμηση της κλινικής σημασίας του θυροειδούς νεύρου σε ό,τι αφορά την αισθητική νευρική του έσω και οπίσθιου γόνατος, στις χειρουργικές επεμβάσεις του γόνατος (351), (352).

Για τους αναισθησιολόγους, το πιο σημαντικό στοιχείο ενός μικτού νεύρου είναι συνήθως οι αισθητικοί του κλάδοι. Στην περίπτωση του θυροειδούς νεύρου, υπάρχουν 3 τέτοιοι κλάδοι: 1) ο

αρθρικός κλάδος στην άρθρωση του ισχίου, 2) ο αρθρικός κλάδος στην άρθρωση του γόνατος και 3) ο δερματικός κλάδος στον έσω μηρό (353), (354). Ο αρθρικός κλάδος του οπίσθιου κλάδου του θυροειδούς νεύρου νευρώνει την άρθρωση του γόνατος με έναν τελικό κλάδο. Οι δερματικοί κλάδοι νευρώνουν το δέρμα της έσω επιφάνειας του μηρού και πάνω από την έσω μεριά του γόνατος. Αυτοί είναι πολύ μικροί νευρικοί κλάδοι που προέρχονται από τον πρόσθιο κλάδο του θυροειδούς νεύρου (354), (355). Ο αποτελεσματικός αποκλεισμός το κοινού θυροειδούς νεύρου ή και των δύο κλάδων του, του πρόσθιου και του οπίσθιου σε ψηλό επίπεδο περιλαμβάνει την αισθητική συνεισφορά του αρθρικού κλάδου για την άρθρωση του γόνατος και τους δερματικούς κλάδους του έσω μηρού. Ο αποκλεισμός και των 2 κλάδων του θυροειδούς είναι θεμελιώδους σημασίας στην καθημερινή κλινική πρακτική. Οι Anagnostopoulou και συν.(29) στην πτωματική μελέτη τους το 2009 επιβεβαιώνουν τη μεγάλη ποικιλομορφία στην ανατομία του θυροειδούς νεύρου. Στο 23,22% των περιπτώσεων, ο διαχωρισμός θεωρήθηκε ενδοπυελικός, δηλαδή οι δύο κλάδοι του θυροειδούς νεύρου χωριζόταν καθώς εισερχόταν στη θυροειδή αύλακα. Στο 51,78% των περιπτώσεων ο διαχωρισμός γινόταν μέσα στη θυροειδή αύλακα και μόλις στο 25% των περιπτώσεων το κοινό θυροειδές νεύρο αναδύθηκε ενωμένο από τη θυροειδή αύλακα και διαχωριζόταν σε πρόσθιο και οπίσθιο κλάδο στον έσω μηρό.

Ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου θεωρείται ότι έχει ποσοστό επιτυχίας 60.5% με τις συμβατικές τεχνικές (334). Οι απεικονιστικές τεχνικές όπως η φλουροσκοπία και η αξονική τομογραφία έχουν χρησιμοποιηθεί για να αυξήσουν τα ποσοστά επιτυχίας του αποκλεισμού (356), (350). Ωστόσο η χρήση ραδιογραφικά υποβοηθούμενων τεχνικών δεν είναι κατάλληλη τεχνική για τον πολυάσχολο χώρο του χειρουργείου, ενώ ενέχουν και τον κίνδυνο της έκθεσης στην ακτινοβολία.

Η δυνατότητα της υπερηχογραφικής απεικόνισης του θυροειδούς νεύρου έχει επιβεβαιωθεί στη βιβλιογραφία (27). Οι Kendir και συν. (348) περιέγραψαν στην ανατομική, πτωματική μελέτη τους μία τρισδιάστατη τεχνική για τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου στη θυροειδή αύλακα ή στο έξω όριο της. Σε αυτή τη μελέτη το θυροειδές νεύρο βρίσκεται πολύ κοντά στο έξω τοίχωμα της θυροειδούς αύλακας. Επομένως, η θυροειδής αρτηρία είναι η πιο σημαντική ανατομική δομή που θα πρέπει να προστατευτεί σε αυτή την περιοχή.

Οι Helayel και συν. (20) περιέγραψαν μία υπερηχογραφική τεχνική για τον εντοπισμό και αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου για αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης πρόσθιου χιαστού συνδέσμου. Οι ερευνητές απεικόνισαν και απέκλεισαν το θυροειδές νεύρο 3 cm κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο, με τον ηχοβολέα παράλληλο προς αυτόν και κλίση 45-60°. Σε αυτή τη θέση το θυροειδές νεύρο εμφανίστηκε ως μία κυρίως υπερηχοϊκή επίπεδη ή χειλοειδής μορφή με διακριτά εσωτερικά υποηχοϊκά στίγματα. Στο επίπεδο αυτό το θυροειδές νεύρο είναι γενικά ενσωματωμένο σε μία ενδομυϊκή απονευρωτική μεμβράνη που σχηματίζεται πρόσθια από τον μακρύ προσαγωγό, και οπίσθια από το βραχύ προσαγωγό (24). Αυτή η ανατομική θέση θέτει σε κίνδυνο την οπτικοποίηση του νεύρου λόγω της ανισοτροπίας των παραπάνω ιστών (357) και της

εξασθένισης του υπερηχητικών κυμάτων που ασκούνται πάνω στον κτενίτη και τους προσαγωγούς μύες. Επιπλέον, το θυροειδές νεύρο είναι μικρό σε μέγεθος και έχει μία βαθιά, οβελιαία πορεία στον εγγύς μηρό (24). Εξάλλου έχει ήδη ειπωθεί ότι τα περιφερικά νεύρα του κάτω άκρου απαιτούν περισσότερες δεξιότητες για την απεικόνιση τους από ότι τα νεύρα του άνω άκρου (358), (359), (360). Όλοι οι υπερηχογραφικά καθοδηγούμενοι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί του θυροειδούς νεύρου της μελέτης ήταν επιτυχείς, όπως επιβεβαιώθηκε από την κινητική αδυναμία των προσαγωγών μυών. Η υπερηχογραφική εμφάνιση του θυροειδούς νεύρου ήταν υποηχοϊκές στρόγγυλες περιοχές ενσωματωμένες σε μία υπερηχοϊκή ουσία, παρόμοια δηλαδή με τα ευρήματα των Fujiwara και συν (28), οι οποίοι απέκλεισαν το θυροειδές νεύρο στην περιοχή του βουβωνικού συνδέσμου σε ασθενείς υπό νευραξονική αναισθησία για διαουρηθρική εκτομή όγκων ουροδόχου κύστης.

Οι Sinha και συν. (340) απέκλεισαν το θυροειδές νεύρο με υπερηχογραφική καθοδήγηση, χωρίς τη χρήση νευροδιεγέρτη με απλή ενδοπεριτοναϊκή έγχυση. Η τεχνική που περιγράψανε βασίζεται στην έγχυση τοπικού αναισθητικού μεταξύ των περιτονιών που περικλείουν τους κλάδους του θυροειδούς νεύρου, χωρίς να αναγνωρίσουν ή να διεγείρουν το ίδιο το θυροειδές νεύρο. Η ιδέα της έγχυσης τοπικού αναισθητικού στο σωστό περιτοναϊκό επίπεδο για τον αποκλεισμό του νεύρου είναι παρόμοια με την ιδέα του αποκλεισμού του εγκάρσιου κοιλιακού μύος. Το άκρο της βελόνης τοποθετήθηκε μεταξύ του κτενίτη και του βραχύ προσαγωγού, στη συμβολή του έσω ενός τρίτου και του οπίσθιου τρίτου της επιφάνειας της περιτονίας. Στη συνέχεια το άκρο της βελόνης τοποθετούταν μεταξύ του βραχύ προσαγωγού και του μεγάλου προσαγωγού. Η σωστή ενδοπεριτοναϊκή εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού φαινόταν ως εξάπλωση στην επιφάνεια των μυών οδηγώντας σε διαχωρισμό των μυών – στόχων, αντί για διόγκωση των μυών που βλέπουμε στις ενδομυϊκές εγχύσεις. Οι Manassero και συν. (361) σύγκριναν τον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου μετά τον διαχωρισμό του με έγχυση τοπικού αναισθητικού μεταξύ των περιτονιών των προσαγωγών μυών με τη χρήση νευροδιεγέρσης ως τελικό σημείο για την έγχυση του τοπικού αναισθητικού και βρήκαν ότι οι δύο τεχνικές έχουν παρόμοια αποτελέσματα. Μία ακόμη μελέτη (362) προτείνει ότι μία μόνο έγχυση τοπικού αναισθητικού στον ενδοπεριτοναϊκό χώρο που περιέχει τον πρόσθιο κλάδο του θυροειδούς νεύρου αποτελεί μία εύκολη και επιτυχή τεχνική για τον υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου για διουρηθρική εκτομή όγκων της ουροδόχου κύστης. Ο Taha (363) επίσης απέκλεισε το θυροειδές νεύρο υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση χρησιμοποιώντας ενδοπεριτοναϊκή έγχυση τοπικού αναισθητικού μεταξύ του κτενίτη και του έξω θυροειδούς μύος για επεμβάσεις αρθροσκοπικής αποκατάστασης ρήξης του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου. Λίγο καιρό αργότερα ο Lin (364) πρότεινε μία τροποποίηση της προσπέλασης του Taha (363), στην οποία ουσιαστικά εφάρμοσε την in-plane από έξω προς τα έσω στην περιτονία πίσω από τον κτενίτη μυ και μπροστά από τον έξω θυροειδή μυ, αντί για την out-of-plane τεχνική του Taha (363). Οι Yoshida και συν. (341) περιέγραψαν μία διαφορετική υπερηχογραφική καθοδηγούμενη τεχνική

για τον εγγύς αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου για διουρηθρική εκτομή όγκων ουροδόχου κύστης, χρησιμοποιώντας το ηβικό οστό ως οδηγό σημείο. Στο πτωματικό μέρος της μελέτης τους, η χρωστική που εγχύθηκε στην περιτονία μεταξύ του κτενίτη και του έξω θυροειδούς μυός επεκτάθηκε μέσω της θυροειδούς αύλακας και περιέβαλε τους δύο κύριους κλάδους του θυροειδούς νεύρου, και εγγύς και άπω από τη θυροειδή αύλακα. Η πορεία της βελόνης με αυτή την τεχνική είναι παρόμοια με την κλασσική ηβική προσπέλαση αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου (26), (323), και γι' αυτό η τεχνική περιγράφηκε ως υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη ηβική προσπέλαση. Ένα πιθανό μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι ο ασθενής τοποθετείται σε θέση λιθοτομής. Στην ίδια θέση λιθοτομής οι Hizli και συν. (365) περιέγραψαν μία προσπέλαση για υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου σε διουρηθρικές επεμβάσεις αφαίρεσης όγκων της ουροδόχου κύστης, με τον ηχοβολέα να τοποθετείται στον έσω μηρό του ασθενούς. Ο πρόσθιος κλάδος του θυροειδούς νεύρου αποκλειόταν με την έγχυση τοπικού αναισθητικού στην περιτονία μεταξύ του μακρύ και βραχύ προσαγωγού, ενώ ο οπίσθιος κλάδος στην περιτονία μεταξύ του βραχύ και του μεγάλου προσαγωγού. Οι Nielsen και συν. (366) σε πτωματική μελέτη έδειξαν επίσης ότι η υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη έγχυση χρωστικής στον ενδοπεριτοναϊκό χώρο μεταξύ του κτενίτη και του έξω θυροειδούς μυός, κοντά στο κάτω όριο του άνω ηβικού κλάδου, δημιουργεί εγγύς εξάπλωση της μέσα στη θυροειδή αύλακα. Η εξάπλωση αυτή της χρωστικής μέσα στη θυροειδή αύλακα συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Yoshida και συν. (341), οι οποίοι βρήκαν παρόμοια εξάπλωση μέσα στη θυροειδή αύλακα, αλλά σε θέση λιθοτομής. Ωστόσο στόχευαν στον ίδιο χώρο για την έγχυση.

Οι Akkaya και συν. (367) χρησιμοποίησαν τον υπέρηχο για να καθορίσουν τα σημαντικότερα οδηγία σημεία σε πτωματικά παρασκευάσματα, καθώς και την υπερηχογραφική απεικόνιση του θυροειδούς νεύρου και πρότειναν μία εγγύς προσπέλαση πριν από το διχασμό του θυροειδούς νεύρου. Τα ανατομικά τους ευρήματα καθόρισαν μία τριγωνική περιοχή, η οποία ορίζεται πρόσθια από το πίσω μέρος του κτενίτη και οπίσθια από το πρόσθιο μέρος του έξω θυροειδούς μυός. Η τριγωνική αυτή περιοχή περιέχει λιπώδη ιστό και είναι ένα οβελιαίο τμήμα του μεσοπεριτοναϊκού χώρου μεταξύ αυτών των μυών. Η υπερηχογραφική απεικόνιση του θυροειδούς νεύρου ήταν υποηχοϊκή κεντρικά και υπερηχοϊκή στην περιφέρεια. Στο δεύτερο μέρος της μελέτης, τα ίδια οδηγία σημεία και οι αγγειακές δομές (μηριαία αρτηρία, μηριαία φλέβα, θυροειδής φλέβα, θυροειδής αρτηρία) οπτικοποιήθηκαν υπερηχογραφικά σε εθελοντές και ένα τρίγωνο (ηχογενής περιοχή που περιέχει το θυροειδές νεύρο ακριβώς επί τα εντός της θυροειδούς φλέβας) καθορίστηκε ως η πιο σημαντική υπερηχογραφική δομή για την κλινική εφαρμογή του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου.

Συνοπτικά, λοιπόν η χρήση της υπερηχογραφίας αναζωπύρωσε το ενδιαφέρον για τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου. Ακόμη όμως δεν έχει περιγραφεί μία κοινά αποδεκτή προσπέλαση και ένας εύκολος κλινικός τρόπος εκτίμησης του αποκλεισμού.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο υπό περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς ως επέμβαση μιας ημέρας νοσηλείας. Συνήθως οι αποκλεισμοί που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος σε συνδυασμό με τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου. Ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος όμως εκτός από τις κοινές για όλους τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς επιπλοκές, κατηγορείται επιπλέον για σοβαρές ως καταστροφικές επιπλοκές, όπως η επισκληρίδια εξάπλωση του διαλύματος τοπικού αναισθητικού, η ολική ραχιαία αναισθησία, το οπισθοπεριτοναϊκό αιμάτωμα, η τρώση και το αιμάτωμα νεφρού (16), (300), (275). Θεωρητικά η χρήση των υπερήχων που εφαρμόζεται ευρέως πλέον στις τοποπεριοχικές τεχνικές, θα μπορούσε να μειώσει τις επιπλοκές απεικονίζοντας το οσφυϊκό πλέγμα και τις γύρω δομές. Στην πραγματικότητα όμως η χρήση των υπερήχων παραμένει αμφισβητήσιμη για τον οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος στην καθημερινή κλινική πράξη, λόγω του βάθους στο οποίο βρίσκεται το οσφυϊκό πλέγμα και της ακουστικής σκιάς των εγκάρσιων αποφύσεων των σπονδύλων (308), (305), (21), (307).

Η επέμβαση της ανακατασκευής του ΠΧΣ όμως θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τον περιφερικό νευρικό αποκλεισμό των τριών νεύρων που νευρώνουν την άρθρωση του γόνατος, του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου, πιο περιφερικά και με τη χρήση υπερήχων. Με αυτόν τον τρόπο θεωρητικά έχουμε έναν ισοδύναμο αποκλεισμό, πιο περιφερικά, σε πιο επιφανειακές δομές, όπου η υπερηχογραφική καθοδήγηση μπορεί να προσφέρει τα μέγιστα.

Σκοπός λοιπόν της μελέτης είναι αρχικά η επιβεβαίωση της εφικτότητας της πραγματοποίησης της αρθροσκοπικής ανακατασκευής του ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος αποκλειστικά με την εφαρμογή των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών του μηριαίου – θυροειδούς – ισχιακού νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφική και με νευροδιέγερση, και στη συνέχεια η σύγκριση της αποτελεσματικότητας αυτής της προσέγγισης με τον παραδοσιακό συνδυασμό οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος και αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη σχεδιάστηκε μετά από προσεκτικό έλεγχο της βιβλιογραφίας και την παρακολούθηση πιλοτικών περιστατικών. Εγκρίθηκε από το Επιστημονικό Συμβούλιο του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Λάρισας, και στη συνέχεια υποβλήθηκε ως πρόταση Διδακτορικής Διατριβής στο Χειρουργικό Τομέα του Ιατρικού Τμήματος Πανεπιστημίου

Θεσσαλίας. Η εκπόνηση της μελέτης ξεκίνησε μετά την απόφαση της 6^{ης}/26-05-2010 Συνέλευσης ειδικής σύνθεσης του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ταυτόχρονα το πρωτόκολλο υπεβλήθη στη βάση δεδομένων www.clinicaltrials.gov με αριθμό καταγραφής NCT01194505.

Η μελέτη διεξήχθη προοπτικά στο τεταρτοβάθμιο Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση μελετήθηκε η επάρκεια και η αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε 50 ασθενείς που προσήλθαν στο νοσοκομείο για αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ. Όλοι οι ασθενείς ενημερώθηκαν επαρκώς και λήφθηκε έγγραφη ενημερωμένη συναίνεση πριν να συμπεριληφθούν στη μελέτη. Όλοι οι ασθενείς που στρατολογήθηκαν έλαβαν συγκεκριμένη, υψηλών προδιαγραφών αναισθητική και περίεγχειρητική φροντίδα από δύο συγκεκριμένους αναισθησιολόγους. Και οι δύο ειδικοί αναισθησιολόγοι είχαν μεγάλη, πάνω από πέντε χρόνια, εμπειρία στην αναισθησία με περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς με τη χρήση νευροδιεγέρτη και ήταν πιστοποιημένοι για τη χρήση της υπερηχογραφίας.

Στη δεύτερη φάση της μελέτης, αφού αναλύθηκαν τα δεδομένα της πρώτης φάσης και αποδείχθηκε η αποτελεσματικότητα της μεθόδου, όπως φαίνεται και στη σχετική δημοσίευση (368), συγκρίθηκε η συγκεκριμένη τεχνική με την επικρατούσα έως σήμερα τεχνική περιφερικών νευρικών αποκλεισμών για αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ. Και σε αυτή τη φάση της μελέτης, ασθενείς που προσήλθαν για αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ στο Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας, ενημερώθηκαν επαρκώς και παραχωρήσανε έγγραφη ενημερωμένη συναίνεση για τη συμμετοχή τους στη μελέτη. Όλοι οι ασθενείς που στρατολογήθηκαν, τυχαιοποιήθηκαν και έλαβαν συγκεκριμένη, υψηλών προδιαγραφών αναισθητική και περίεγχειρητική φροντίδα από τους δύο συγκεκριμένους αναισθησιολόγους, οι οποίοι διενεργήσαν και την προκαταρκτική μελέτη.

ΥΛΙΚΟ

Πρώτη φάση

Στην πρώτη φάση της μελέτης συμπεριλήφθησαν ασθενείς που προσήλθαν στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Λάρισας για αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ, βρέθηκαν στη χειρουργική λίστα των ειδικών αναισθησιολόγων και δέχτηκαν να συμμετέχουν στη μελέτη. Οι ασθενείς θα έπρεπε να ταξινομούνται σε τάξη I και II κατά ASA (American Society of Anesthesiologists), να είναι 18 έως 45 ετών, και να προσέρχονται για προγραμματισμένη αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ με τη χρήση αυτόλογου μοσχεύματος από τους οπίσθιους μηριαίους μύες και τον τένοντα του ισχνού προσαγωγού με προσέγγιση ταχείας διακίνησης ασθενών. Τα κριτήρια αποκλεισμού ήταν:

Άρνηση του ασθενούς.

Ασθενείς με αιμορραγικές διαταραχές.

Φλεγμονή στο σημείο που θα εφαρμοζόταν οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί.

Σακχαρώδης διαβήτης ή περιφερική νευροπάθεια.

Νευρολογικά ελλείμματα στο μέλος που θα εφαρμοζόταν οι αποκλεισμοί.

Γνωστή αλλεργία στα φάρμακα της μελέτης.

Δείκτης μάζας σώματος (BMI) μεγαλύτερο από 35 kg/m²

Ψυχιατρικές διαταραχές

Δυσκολίες στην επικοινωνία.

Δεύτερη Φάση

Στη δεύτερη φάση της μελέτης συμπεριλήφθησαν ασθενείς που προσήλθαν στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Λάρισας για αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ, βρέθηκαν στη χειρουργική λίστα των ειδικών αναισθησιολόγων και δέχτηκαν να συμμετέχουν στη μελέτη. Οι ασθενείς θα έπρεπε να ταξινομούνται σε τάξης I και II κατά ASA (American Society of Anesthesiologists), να είναι 18 έως 45 ετών, να προσέρχονται για προγραμματισμένη αρθροσκοπική αποκατάσταση ρήξης ΠΧΣ με τη χρήση αυτόλογου μοσχεύματος από τους οπίσθιους μηριαίους μύες και αν απαιτούνταν και από τον τένοντα του ισχνού προσαγωγού, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να απαιτούνταν και χειρουργείο στο μηνίσκο. Τα κριτήρια αποκλεισμού ήταν ίδια με τα παραπάνω. Στη συνέχεια οι ασθενείς τυχαιοποιούνταν σε δύο ομάδες από γεννήτρια αριθμών μέσω υπολογιστή.

ΜΕΘΟΔΟΙ

Πρώτη φάση

Κάθε ασθενής που περιλήφθηκε στη μελέτη, όταν έφτανε στο χώρο του χειρουργείου αποκτούσε περιφερική ενδοφλέβια πρόσβαση με φλεβοκαθετήρα 18G, ενώ αποκτούσε και το βασική παρακολούθηση, η οποία αποτελούνταν από ηλεκτροκαρδιογράφημα 3 παραγωγών, μη αιματηρή μέτρηση της αρτηριακής πίεσης κάθε 5 λεπτά και σφυγμική οξυμετρία. Στον ασθενή χορηγούνταν οξυγόνο μέσω απλής μάσκας οξυγόνου συνδεδεμένη στην κεντρική παροχή, με το ροόμετρο στα 5 lt/min. Για την διενέργεια των αποκλεισμών χορηγούνταν ελαφριά καταστολή με τιτλοποιημένες δόσεις 1 – 2 mg μιδαζολάμης και 50 – 100 μg φεντανύλης, με στόχο την άνεση του ασθενούς κατά τη διενέργεια των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών και την εφαρμογή τους με τον πιο ανώδυνο τρόπο, χωρίς όμως να χαθεί η απόκριση στα λεκτικά ερεθίσματα.

Στη συνέχεια πραγματοποιούνταν ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου με διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφικά και με νευροδιέγερση. Ο ασθενής τοποθετούνταν στην ύπτια θέση με το μηρό του άκρου που έπασχε ελαφρώς εξωτερικά περιστραμμένο. Στο δέρμα της περιοχής που

θα διενεργούταν ο αποκλεισμός εφαρμοζόταν αυστηρές συνθήκες ασηψίας με διάλυμα χλωρεξιδίνης, ενώ και ο αναισθησιολόγος τηρούσε όλες τις απαραίτητες αρχές ασηψίας. Ο ηχοβολέας με ευθεία κεφαλή 5 με 10 MHz (SonoSite, Bothell, WA, USA) προετοιμαζόταν με το να περιβληθεί σε ειδικό αποστειρωμένο μανίκι. Επίσης ετοιμαζόταν μία αποστειρωμένη 22G μήκους 80 mm μονωμένη βελόνη περιφερικών αποκλεισμών (Stimuplex; B.Braun, Melsungen, Germany) που συνδεόταν στο νευροδιεγέρτη. Στη συνέχεια ψηλαφιόταν ο βουβωνικός σύνδεσμος και ο μακρύς προσαγωγός μυς. Ο ηχοβολέας των υπερήχων τοποθετούνταν απέναντι από τη γωνία του σχηματιζόταν από τη βουβωνική πτυχή και τον μακρύ προσαγωγό μυ, με τη βραχεία διάμετρο του περίπου 2.5 με 3.0 cm στην πορεία της διχοτόμου της προαναφερθείσας γωνίας [Εικόνα 1]. Τοποθετούνταν κάθετα στο δέρμα και η περιοχή ελεγχόταν και εξεταζόταν με μικρές αλλαγές στη γωνία του πρόπτωσης του ηχοβολέα στο δέρμα. Σε αυτή τη θέση, ο κτενίτης μυς, ο μακρύς προσαγωγός μυς, ο βραχύς προσαγωγός μυς καθώς και μέρος του μεγάλου προσαγωγού μυός είναι ορατοί, ενώ ο πρόσθιος κλάδος του θυροειδούς νεύρου μπορεί να αναγνωριστεί μεταξύ του μακρύ προσαγωγού και του βραχύ προσαγωγού, και ο οπίσθιος κλάδος μπορεί να εντοπιστεί κάτω από το βραχύ προσαγωγό μυ. Σε αυτή την περίπτωση, ακολουθώντας τον πρόσθιο κλάδο πιο κεντρικά προς το νεύρο, στο υπερηχογραφικό τρίγωνο που σχηματίζεται από τον κτενίτη μυ, το μακρύ προσαγωγό μυ και το βραχύ προσαγωγό μυ, ο ηχοβολέας των υπερήχων έκλινε κεφαλικά και το θυροειδές νεύρο εμφανιζόταν ακριβώς καθώς διαχωριζόταν, στο διχασμό του. Αν ο πρόσθιος κλάδος δεν μπορούσε να ανιχνευτεί καθαρά, η περιοχή εξεταζόταν ξανά με τον ηχοβολέα να κλίνει ξανά κεφαλικά στην αρχική του θέση, αναζητώντας μία πυκνή υπερηχοϊκή εικόνα που αντιπροσωπεύει νευρικό και συνδετικό ιστό. Σε αυτό το επίπεδο, δίπλα στον κτενίτη μυ και κάτω από το μακρύ προσαγωγό, σε βάθος συνήθως 2.0 με 2.5 cm, απεικονίζεται ένα «δίχτυ αράχνης». Διατηρώντας τον ηχοβολέα στο σημείο βέλτιστης απεικόνισης, το σημείο εισόδου της βελόνης νευροδιέγερσης αναισθητοποιούταν πρώτα με 1 ml διαλύματος λιδοκαΐνης. Το σημείο εισόδου της βελόνης νευροδιέγερσης βρισκόταν 2.5 με 3.5 cm επί τα εκτός και κάθετα στο μέσο του ηχοβολέα. Στη συνέχεια η βελόνα εισερχόταν με out – of – plane προσπέλαση προς το τρίγωνο, στοχεύοντας στο κέντρο από το «δίχτυ αράχνης». Η σωστή αναγνώριση του νεύρου επιβεβαιωνόταν από την πρόκληση μυϊκών συσπάσεων προσαγωγής του άκρου με τη χρήση του νευροδιεγέρτη. Η ένταση του ρεύματος ήταν ρυθμισμένη και σταθερή στα 0.5 mA, χωρίς προοδευτική μείωση της έντασης του ρεύματος



Εικόνα 1. Θέση του ηχοβολέα υπερήχων: απέναντι από τη γωνία που σχηματίζεται από τη βουβωνική πτυχή και το μακρύ προσαγωγό, με τη βραχεία διάμετρο κατά την πορεία της διχοτόμου της γωνίας

Μυϊκές συσπάσεις όπως η έκταση του γόνατος χωρίς προσαγωγή και έσω στροφή, θεωρούνταν ότι προερχόταν από τη διέγερση του μακρού προσαγωγού και του βραχύ προσαγωγού χωρίς τη ταυτόχρονη διέγερση του μεγάλου προσαγωγού, υποδεικνύοντας τον εντοπισμό του πρόσθιου κλάδου. Σε αυτή την περίπτωση η βελόνη ανακατευθυνόταν λίγο κεφαλικά. Για να προχωρήσει η χορήγηση του τοπικού αναισθητικού ήταν υποχρεωτικό και οι τρεις μύες, μακρύς προσαγωγός, βραχύς προσαγωγός και μεγάλος προσαγωγός, να συσπώταν ταυτόχρονα. Αν δεν συνέβαινε αυτό, θεωρούνταν ότι ο εντοπισμός του θυροειδούς νεύρου ήταν ανεπιτυχής και ότι επρόκειτο για εντοπισμό κλάδου μόνο του θυροειδούς. Τότε, όλα τα παραπάνω βήματα επαναλαμβάνονταν από την αρχή. Μετά την επιβεβαίωση της σωστής θέσης της βελόνης χορηγούνταν 10 ml διαλύματος 0.5% ροπιβακαΐνης. Αυτή η διαδικασία αντιπροσωπεύει τη σωστή αναγνώριση του θυροειδούς νεύρου. Μετά τη διέλευση 30 λεπτών η εκτίμηση της επιτυχίας του αποκλεισμού γινόταν με την αξιολόγηση μόνο της κινητικής λειτουργίας, μιας και η αισθητική κατανομή του θυροειδούς νεύρου είναι αναξιόπιστη. Η εκτίμηση γινόταν ζητώντας από τον ασθενή να εκτελέσει μία απλή κίνηση, ζητώντας του δηλαδή απλώς να σηκώσει το πόδι του. Αν ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου ήταν επιτυχής, ο ασθενής δεν μπορούσε να σηκώσει το πόδι του ευθέως προς τα πάνω, αλλά το σήκωνε διαγώνια προς τα έξω (πάνω και έξω). Έπειτα ζητούταν από τον ασθενή να αφήσει το πόδι του κάτω. Ως αποτέλεσμα ενός επιτυχημένου αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου, ο ασθενής άφηνε το πόδι του κάτω, αλλά προς τα έξω, και δεν μπορούσε να το προσάγει προς τη μέση γραμμή. Στην περίπτωση που είχαμε αποκλεισμό μόνο ενός κλάδου του θυροειδούς νεύρου, η ανύψωση και η κάθοδος του ποδιού παραμένει ανεπηρέαστη. Με τη

συγκεκριμένη μέθοδο αξιολόγησης του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου δεν υπάρχει διαβάθμιση στην κινητική λειτουργία μετά τη διενέργεια του αποκλεισμού. Ο ασθενής μπορεί ή δεν μπορεί να εκτελέσει την κίνηση.

Μετά τη θετική αξιολόγηση του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου, ο ασθενής παρέμενε στην ύπτια θέση και εφαρμοζόταν αποκλεισμός του μηριαίου νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφική και με νευροδιέγερση, όπως περιγράφεται από τη NYSORA (New York School of Regional Anesthesia). Στο δέρμα γύρω από τη μηριαία πτυχή εφαρμοζόταν αυστηρές συνθήκες ασηψίας με διάλυμα χλωρεξιδίνης. Ο ηχοβολέας παρέμενε προετοιμασμένος από τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου, το ίδιο και η βελόνη νευροδιέγερσης. Ο ηχοβολέας τοποθετείται έτσι ώστε να αναγνωριστεί η μηριαία αρτηρία και το μηριαίο νεύρο. Αν το νεύρο δεν είναι αμέσως εμφανές επί τα εκτός της αρτηρίας, γέρνοντας τον ηχοβολέα κεφαλικά ή ουριαία συχνά βοηθά να απεικονιστεί και να τονιστεί το νεύρο από τον υπόλοιπο λαγονοψοϊτή μυ και τον πιο επιφανειακό λιπώδη ιστό. Γίνεται προσπάθεια να αναγνωριστεί ο λαγονοψοϊτής μυς και η περιτονία του, όπως και η πλατειά περιτονία, γιατί η έγχυση τοπικού αναισθητικού κάτω από τη λάθος περιτονία μπορεί να μην οδηγήσει στη σωστή εξάπλωση του τοπικού αναισθητικού. Όταν αναγνωριζόταν το μηριαίο νεύρο, δημιουργούταν ένας πομφός από 1ml διαλύματος λιδοκαΐνης κάτω από το δέρμα 1 cm πιο κάτω από τον ηχοβολέα. Ο νευροδιεγέρτης είναι ρυθμισμένος σε ένταση ρεύματος 0.5 mA, και όταν η θέση του άκρου της βελόνης είναι η σωστή εμφανίζεται σύσπαση των τετρακεφάλων με τον κλασικό «χορό της επιγονατίδας». Μετά την επιβεβαίωση της σωστής θέσης, χορηγούνται 10 με 20 ml διαλύματος ροπιβακαΐνης 0.5%, ενώ παρακολουθείται η σωστή εξάπλωση του διαλύματος γύρω από το μηριαίο νεύρο, το οποίο αναδεικνύεται ακόμη περισσότερο από την αντίθεση του διαλύματος τοπικού αναισθητικού που το περιβάλλει πλέον.

Τελευταίος πραγματοποιούταν ο ισχιακός αποκλεισμός υπό διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφική και με νευροδιέγερση. Ο ασθενής τοποθετούταν σε πλάγια θέση με το πάσχον άκρο προς τα πάνω και με τα ισχία και γόνατα σε κάμψη. Το δέρμα της περιοχής καθαριζόταν με διάλυμα χλωρεξιδίνης και ο ήδη έτοιμος από τους προηγούμενους αποκλεισμούς ηχοβολέας τοποθετούνταν έτσι ώστε να αναγνωριστεί το ισχιακό νεύρο. Αν το νεύρο δεν ήταν αμέσως εμφανές, η κλίση του ηχοβολέα κεφαλικά ή ουριαία βοηθούσε να βελτιωθεί η αντίθεση και να αναδειχθεί το νεύρο μέσα από τους μύες. Συχνά το νεύρο φαίνεται πολύ καλύτερα μετά την έγχυση του τοπικού αναισθητικού. Σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν απαραίτητη η μετακίνηση του ηχοβολέα κεφαλικά ή ουριαία ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα της εικόνας. Μόλις εντοπιστεί το νεύρο, δημιουργείται πομφός στο δέρμα με 1 ml λιδοκαΐνης για την ανώδυνη είσοδο της βελόνης νευροδιέγερσης. Με το νευροδιεγέρτη ρυθμισμένο στα 0.5 mA η βελόνη νευροδιέγερσης στόχευε στο νεύρο. Κατά τη διέλευση της βελόνης από το πρόσθιο επίπεδο των γλουτιαίων μυών συχνά εμφανίζονται συσπάσεις στον οπίσθιο μηρό ή στη γαστροκνημία από άμεση διέγερση των μυών. Μόλις το άκρο της βελόνης τοποθετηθεί δίπλα στο νεύρο, απαιτείται προσεκτική αναρρόφηση για

να αποκλειστεί η ενδαγγειακή θέση της βελόνης. Τελικά εγχύονταν 20 ml διαλύματος ροπιβακαΐνης 0.5%.

Ο αισθητικός και κινητικός αποκλεισμός του μηριαίου και του ισχιακού νεύρου αξιολογούνταν κάθε 5 λεπτά για 30 λεπτά μετά την έγχυση. Ο αισθητικός αποκλεισμός εκτιμούταν με την αξιολόγηση της παρουσίας ή όχι της αίσθησης θερμού – ψυχρού και της δοκιμασίας της αίσθησης αιχμηρών βελονισμών. Για το μηριαίο νεύρο η αξιολόγηση γινόταν στον πρόσθιο μηρό και για το ισχιακό νεύρο στο άκρο πόδι. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν:

- 0: απώλεια αίσθησης νυγμών
- 1: απώλεια αίσθησης θερμού – ψυχρού
- 2: κανονική αισθητική αντίληψη

Για την εκτίμηση του κινητικού αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου, εξεταζόταν η ικανότητα του ασθενούς να σηκώσει το πόδι του ενάντια στη βαρύτητα, μετά από παθητική κάμψη του ισχίου στις 45°. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν:

- 0: καμία κίνηση
- 1: ικανότητα μόνο για λύγισμα γόνατος
- 2: αδυναμία έκτασης του ποδιού ενάντια στη βαρύτητα, μετά από παθητική κάμψη του ισχίου στις 45°
- 3: αδυναμία ανύψωσης του ποδιού τεντωμένου ενάντια στη βαρύτητα
- 4: αδυναμία ανύψωσης του άκρου ενάντια σε εξωτερική αντίσταση
- 5: φυσιολογική κίνηση

Η εκτίμηση του κινητικού αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου αξιολογούνταν από την κίνηση του άκρου ποδός και της ποδοκνημικής άρθρωσης. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν:

- 0: καμία κίνηση
- 1: αδυναμία κάμψης ή έκτασης ενάντια στη βαρύτητα
- 2: αδυναμία κάμψης ή έκτασης ενάντια σε εξωτερική αντίσταση
- 3: φυσιολογική κίνηση

Οι ασθενείς ελάμβαναν 1 gr παρακεταμόλη ενδοφλέβια και 40 mg παρεκοξίμπης ενδοφλέβια, ως μέρος της πολυπαραγοντικής αναλγησίας, πριν από την εμφύσηση της ισχαιμης περιίδεσης. Οι βαθμολογίες της οπτικής αναλογικής κλίμακας (Visual Analogue Scale, VAS) καταγραφόταν διεγχειρητικά και κατά την εμφύσηση της ισχαιμης περιίδεσης και κατά τη λήψη των μοσχευμάτων. Οι ασθενείς ήταν ζύπνιοι και συζητούσαν με τη χειρουργική ομάδα, ενώ σε πολλές περιπτώσεις παρακολουθούσαν την επιδιόρθωση του ΠΧΣ στην οθόνη. Επιπλέον καταστολή με τιτλοποιημένες δόσεις μιδαζολάμης 1 – 3 mg, χορηγήθηκαν διεγχειρητικά μόνο σε ασθενείς που ήταν αγχωμένοι και ζήτησαν περαιτέρω καταστολή για να χαλαρώσουν. Όταν ένας ασθενής παραπονιόταν για πόνο σε οποιοδήποτε σημείο και οποιαδήποτε χρονική στιγμή διεγχειρητικά, χορηγούνταν 50 με 100 µg φεντανύλης. Αν αυτή η παρέμβαση δεν ήταν επαρκής για να ελέγξει τον

πόνο, η αναισθητική τεχνική χαρακτηριζόταν ως αποτυχημένη και μετατρεπόταν σε γενική αναισθησία με λαρυγγική μάσκα.

Εκτός από τις καταγραφές των VAS, καταγραφόταν ακόμη τα ανθρωπομετρικά δεδομένα των ασθενών, ο χρόνος από την έναρξη της υπερηχογραφικής εξέτασης έως τη χορήγηση του τοπικού αναισθητικού για το θυροειδές νεύρο καθώς και το μηριαίο και το ισχιακό νεύρο. Επιπλέον στις καταγραφές περιλαμβανόταν ο χρόνος ολόκληρης της αναισθητικής διαδικασίας, οι δόσεις των τοπικών αναισθητικών που χορηγήθηκαν και οι εκτιμήσεις της επιτυχίας των αποκλεισμών και για τα τρία νεύρα. Τα δεδομένα που αφορούσαν τις ανάγκες σε οπιοειδή και γενική αναισθησία επίσης καταγραφόταν. Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (Body Mass Index, BMI) υπολογίστηκε ως χιλιόγραμμα διά το τετράγωνο του ύψους με μέτρα (kg/m^2).

Δεύτερη φάση

Κάθε ασθενής που συμμετείχε στη φάση αυτή της μελέτης, με την άφιξη του στο χώρο που χειρουργείον δεχόταν την ίδια προετοιμασία, όπως και στη φάση ένα. Αποκτούσε δηλαδή περιφερική ενδοφλέβια πρόσβαση, τα βασικό monitoring παρακολούθησης και ελάμβανε ελαφριά καταστολή υπό οξυγονοθεραπεία. Στη συνέχεια ο αναισθησιολόγος ενημερωνόταν για την ομάδα στην οποία είχε τυχαιοποιηθεί ο ασθενής.

Για την ομάδα του Μηριαίου – Θυροειδούς – Ισχιακού (ΜΘΙ) αποκλεισμού, όλοι οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί πραγματοποιήθηκαν υπό διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφικά και με νευροδιέγερση, σε συνθήκες πλήρους ασηψίας με τις τεχνικές, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, στο πρώτο μέρος της μελέτης.

Για την ομάδα του Οπίσθιου αποκλεισμού του Οσφυϊκού Πλέγματος και του Ισχιακού (ΟΟΠ) αποκλεισμού, ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος πραγματοποιήθηκε μόνο με την αναγνώριση επιφανειακών οδηγών σημείων και την καθοδήγηση της νευροδιέγερσης, χρησιμοποιώντας την τεχνική όπως περιγράφεται από τη NYSORA (369). Ο ασθενής τοποθετούνταν στην πλάγια θέση με μία ελαφριά κλίση προς τα εμπρός, με το λαιμό, τη μέση και τα ισχία σε κάμψη, με το πάσχον άκρο προς τα πάνω. Το σημείο εισόδου της βελόνης ήταν 4 cm επί τα εκτός της μέσης γραμμής κατά μήκος της γραμμής που ενώνει τις λαγόνιες ακρολοφίες. Το άκρο που διενεργούταν ο αποκλεισμός βρισκόταν από πάνω για να είναι εύκολα ορατές οι συσπάσεις των τετρακεφάλων και της επιγονατίδας. Μία αποστειρωμένη μονωμένη βελόνη νευροδιέγερσης 22 G και μήκους 80 mm προετοιμαζόταν σε άσηπτες συνθήκες και συνδεόταν με το νευροδιεγέρτη. Το δέρμα της περιοχής που θα εφαρμοζόταν ο αποκλεισμός προετοιμαζόταν με διάλυμα χλωρεξιδίνης. Στο σημείο εισόδου της βελόνης εγχυόταν 1 ml διαλύματος λιδοκαΐνης υποδόρια για την αναισθητοποίηση του δέρματος. Η βελόνη εισερχόταν κάθετα στο δέρμα με το νευροδιεγέρτη αρχικά ρυθμισμένο σε ένταση ρεύματος 1.5 mA. Καθώς προωθείται η βελόνη, τοπικές συσπάσεις των παρασπονδυλικών μυών εμφανίζονται αρχικά σε βάθος λίγων εκατοστών. Η

βελόνη προωθείται περαιτέρω, μέχρι να επιτευχθούν συσπάσεις του τετρακεφάλου, συνήθως στα 6 με 8 cm. Μόλις εμφανιστούν αυτές οι επιθυμητές συσπάσεις, ο «χορός της επιγονατίδας», η ένταση του ρεύματος μειώνεται προοδευτικά έως τα 0.5 mA. Η κινητική απάντηση δεν θα πρέπει να είναι παρούσα σε ένταση ρεύματος κάτω από τα 0.5 mA, καθώς κάτι τέτοιο μπορεί να υποδηλώνει την τοποθέτηση της βελόνης πέρα από τη σκληρά μήνιγγα. Σε αυτό το σημείο, χορηγούνταν 30 ml διαλύματος ροπιβακαΐνης αργά και προσεκτικά, ενώ γινόταν συχνές αναρροφήσεις για να αποκλειστεί η ενδογειακή θέση της βελόνης. Στη συνέχεια διενεργούνταν ο αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφικά και με νεροδιέγερση με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω.

Και στις δύο ομάδες, οι αισθητικοί και κινητικοί αποκλεισμοί εκτιμούταν κάθε 5 λεπτά, για να αξιολογηθεί η πρόοδος της αναισθησίας για μισή ώρα, με εξαίρεση τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου στην ομάδα ΜΘΙ, ο οποίος εκτιμούταν μόνο για τη λειτουργική του ικανότητα. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν 1 gr παρακεταμόλης ενδοφλέβια και 40 mg παρεκοξίμπης ενδοφλέβια, ως μέρος της πολυπαραγοντικής αναλγησίας, πριν από την εμφύσηση της ισχαιμης περιίδεσης. Οι ασθενείς ήταν ξύπνιοι κατά τη διάρκεια του χειρουργείου και σε ορισμένες περιπτώσεις παρακολουθούσαν την ανακατασκευή του ΠΧΣ στην οθόνη. Αν ο ασθενής το επιθυμούσε, μπορούσε να ζητήσει επιπλέον καταστολή και τότε χορηγούνταν τιτλοποιημένα 1 με 3 mg μιδαζολάμης, με στόχο την άνεση του ασθενούς. Αν ο ασθενής παραπονιόταν για πόνο σε οποιοδήποτε σημείο και οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του χειρουργείου, χορηγούνταν 50–100 μg φεντανύλης, και αν αυτό δεν ήταν αρκετό για να θέσει υπό πλήρη έλεγχο τον πόνο, η αναισθητική τεχνική χαρακτηριζόταν ως αποτυχημένη και μετατρέποταν σε γενική αναισθησία.

Ο πόνος, αποτυπωμένος με την κλίμακα VAS, καταγραφόταν κατά τη λήψη των μοσχευμάτων, κατά την εμφύσηση της ισχαιμης περιίδεσης, καθώς και κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας. Και στις δύο ομάδες, όλοι οι ασθενείς έλαβαν μετεγχειρητική αναλγησία με αναλγησία ελεγχόμενη από τον ασθενή (Patient Control Analgesia, PCA) με μορφίνη. Το διάλυμα περιείχε 0.5 mg/ml μορφίνη, και η ηλεκτρονική αντλία ήταν ρυθμισμένη να μη δίνει καθόλου συνεχόμενη έγχυση, παρά μόνο τμηματικές κατ' επίκληση δόσεις μορφίνης των 4 ml (2 mg), με ελάχιστο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα 15 min, και μέγιστο όριο ασφαλείας στις τέσσερις ώρες τα 30 ml (15 mg). Τα μετεγχειρητικά δεδομένα σχετικά με τις βαθμολογίες κατά VAS, τη συνολική κατανάλωση μορφίνης, τη ναυτία, τον έμετο και της επίσχεση ούρων, καταγραφόταν για 24 ώρες. Επιπλέον, η συνολική ικανοποίηση του ασθενούς καταγραφόταν κατά την έξοδο από το νοσοκομείο.

Στην ΜΘΙ ομάδα, καταγραφόταν ο χρόνος από την έναρξη της υπερηχογραφικής εξέτασης έως τη χορήγηση του τοπικού αναισθητικού για το θυροειδές νεύρο και για το μηριαίο και ισχιακό νεύρο. Στην ίδια ομάδα καταγραφόταν επίσης ο χρόνος που απαιτούνταν για ολόκληρη την αναισθητική διαδικασία, συμπεριλαμβανομένων της χορήγησης των τοπικών αναισθητικών και της

εκτίμησης της επάρκειας του αποκλεισμού για τα τρία νεύρα. Και για τις δύο ομάδες, τα δεδομένα που αφορούσαν τις ανάγκες για οπιοειδή και γενική αναισθησία σημειώθηκαν. Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI), υπολογίστηκε ως βάρος σε kg διαιρεμένο με το τετράγωνο του ύψους σε m (kg/m^2). Όπως περιγράφηκε στην πρώτη φάση της μελέτης, οι αισθητικοί αποκλεισμοί εκτιμήθηκαν με την αξιολόγηση της παρουσίας ή απώλειας της αίσθησης θερμού – ψυχρού και της οξείας αίσθησης των νυγμάτων, για το μηριαίο νεύρο στον πρόσθιο μηρό και για το ισχιακό στο πέλμα. Η αξιολόγηση του κινητικού αποκλεισμού του μηριαίου νεύρου έγινε με την ικανότητα του ασθενούς να εκτείνει το πάσχον σκέλος. Ο αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου εκτιμήθηκε από την ικανότητα του ασθενούς στην κίνηση του άκρου ποδός και της ποδοκνημικής άρθρωσης.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πρώτη φάση

Οι βαθμολογίες VAS και οι βαθμοί αξιολόγησης των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών αντιμετωπίστηκαν ως συνεχείς μεταβλητές. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση \pm σταθερά απόκλιση για αριθμητικές κατανομές και ως ποσοστά για κατηγορηματικά χαρακτηριστικά.

Δεύτερη φάση

Ο υπολογισμός του μεγέθους του δείγματος της μελέτης διενεργήθηκε λαμβάνοντας υπόψη ότι τα ποσοστά αποτυχίας του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος αναφέρονται υψηλότερα από 15% (17) και τα αντίστοιχα ποσοστά αποτυχίας είναι μικρότερα από 1% στην περίπτωση του συνδυασμού μηριαίου – θυροειδούς – ισχιακού νευρικού αποκλεισμού. Βασισμένη σε αυτές τις υποθέσεις, ο υπολογισμός του μεγέθους του δείγματος (G-Power 3.1.9, University of Dusseldorf, Germany) έδειξε ότι για ένα σφάλμα τύπου άλφα της τάξης του 5%, η μελέτη μας θα χρειαζόταν 45 ασθενείς ανά ομάδα έτσι ώστε να έχει 80% ισχύς με 20% σφάλμα τύπου βήτα. Οι βαθμολογίες VAS και οι βαθμοί αξιολόγησης των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών αντιμετωπίστηκαν ως συνεχείς μεταβλητές. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση \pm σταθερά απόκλιση για αριθμητικές κατανομές και ως ποσοστά για κατηγορηματικά χαρακτηριστικά. Η στατιστική ανάλυση περιελάμβανε τη δοκιμασία χ^2 τετράγωνο και το Student's test και η τιμή $p < 0.05$ θεωρούνταν σημαντική.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πρώτη φάση

Μέσα σε 12 μήνες, 226 ασθενείς προσήλθαν στην αναισθησιολογική κλινική του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας για προγραμματισμένη αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ και 57 από αυτούς μελετήθηκαν και ανατέθηκαν στους δύο ειδικούς αναισθησιολόγους της ομάδας μελέτης

Τα δημογραφικά και σωματομετρικά στοιχεία των ασθενών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Περισσότεροι από τους μισούς ασθενείς ήταν αθλητές, στην πλειοψηφία τους ποδοσφαιριστές, και ακολουθούσαν οι καλαθοσφαιριστές, οι παίκτες του πόλο, οι αθλητές του kick boxing και οι χορευτές. Η υπερηχογραφική αναγνώριση του θυροειδούς νεύρου ήταν εύκολη και γρήγορη σε όλες τις περιπτώσεις. Με εξαίρεση το χρόνο προετοιμασίας, ο χρόνος για την εφαρμογή του νευρικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου φαίνεται επίσης στον Πίνακα 1. Η εκτίμηση του αποκλεισμού με την δοκιμασία άρσης και επαναφοράς του κάτω άκρου παρείχε ικανοποιητικά αποτελέσματα σε 24.0 ± 5.07 min (min = 18, max = 36) σε όλους τους ασθενείς. Ο Πίνακας 1 απεικονίζει τον αθροιστικό χρόνο που καταναλώθηκε για τη διενέργεια του μηριαίου και του ισχιακού αποκλεισμού, εξαιρώντας το χρόνο προετοιμασίας. Επίσης εμφανίζονται οι βαθμολογίες των αποκλεισμών για την εκτίμηση της αισθητικής και κινητικής λειτουργίας τους μετά από 30 λεπτά από τη διενέργεια του αποκλεισμού. Ο αισθητικός αποκλεισμός ήταν πλήρης, βαθμολογημένος με 0 σε όλους τους ασθενείς. Η μέση βαθμολογία για τον κινητικό αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου ήταν 0.02 ± 0.13 και για το ισχιακό 0.14 ± 0.35 . Ένας μόλις ασθενής εμφάνισε υπολειπόμενη κινητική λειτουργία, η οποία βαθμολογήθηκε με 1 για τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου, ενώ για τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου 8 ασθενείς βαθμολογήθηκαν με 1. Σε όλους τους ασθενείς χορηγήθηκε μιδαζολάμη και φεντανύλη για την άνετη και ανώδυνη διεξαγωγή των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών και η συνολική μέση συνολική δόση αποτυπώνεται στον Πίνακα 1. Η εμφύσηση της ισχαιμής περιόδου οδήγησε σε βαθμολογία στην κλίμακα VAS 3 και 5 σε μόλις 2 ασθενείς (3.5%) και η λήψη των μοσχευμάτων προκάλεσε VAS βαθμολογία 4.9 ± 2.3 (min = 1, max = 8) σε 12 ασθενείς (21.0%). Οι ασθενείς που είχαν VAS μεγαλύτερο από μηδέν, έλαβαν επιπλέον τιτλοποιημένη δόση φεντανύλης διεγχειρητικά. Έξι ασθενείς χρειάστηκαν επιπλέον προποφόλη για περαιτέρω καταστολή (118.3 ± 70.5 mg; min = 70, max = 260). Μετά τη χορήγηση προποφόλης, 3 ασθενείς βρισκόταν σε βαθειά καταστολή και αερίστηκαν μέσω προσωπίδας για σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, ένας από αυτούς χρειάστηκε να λάβει γενική αναισθησία με αερισμό θετικών πιέσεων λόγω ανεπάρκειας του αποκλεισμού, και για αυτό το λόγο τοποθετήθηκε λαρυγγική μάσκα. Κανένας ασθενής δεν παραπονέθηκε για ναυτία ή εμετό κατά την περιεγχειρητική περίοδο. Τέλος, για μετεγχειρητική αναλγησία σε 46 ασθενείς χορηγήθηκε μορφίνη με μέση συνολική ημερήσια δόση 8.6 ± 5.8 mg.

Πίνακας 1. Δημογραφικά, Σωματομετρικά και Διεγχειρητικά δεδομένα

Αριθμός ασθενών	57
Άνδρες	51/57 (89.4 %)
Αθλητές	35/57 (61.4 %)
Ηλικία (έτη)	26.6 ± 8.0 (max =49, min =18)
Βάρος (kg)	76.7 ± 9.9 (max =100.0, min =55.0)
Ύψος (m)	1.76 ± 0.0 (max =1.91, min =1.55)
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 2.8 (max =30.1, min =18.6)
Χρόνος για τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου(sec)	119.9 ± 79.2 (max = 300, min =32)
Χρόνος για τον αποκλεισμό μηριαίου - ισχιακού (sec)	324.8 ± 252.7 (max =1269, min = 95)
Βαθμός αποκλεισμού (n, ασθενείς)	
<i>M(αισθητικότητα) > 0</i>	0/57 (0.0 %)
<i>M(κινητικότητα) > 0</i>	1/57 (1.7 %)
<i>I(αισθητικότητα) > 0</i>	0/57 (0.0 %)
<i>I(κινητικότητα) > 0</i>	8/57 (14.0 %)
Χρόνος αποκλεισμού ίσχαιμης περίδεσης (min)	75.6 ± 16.2 (max =105, min =37)
VAS >0 (n, ασθενείς)	
<i>Ίσχαιμης περίδεσης</i>	2/57 (3.5 %)
<i>Λήψης μοσχέυματος</i>	12/57 (21.0 %)
Φεντανύλη (μg)	120.1 ± 64.6 (max = 250, min =50)
Μιδαζολάμη (mg)	1.86 ± 0.8 (max = 5.0, min =1.0)
Προποφόλη (n, ασθενείς)	6/57 (10.5 %)
Γενική αναισθησία (n, ασθενείς)	1/57 (1.7 %)

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέση τιμή ± σταθερά απόκλισης. BMI: Body Mass Index

Δεύτερη φάση

Σε αυτή τη μελέτη σε χρονική περίοδο 3 ετών (2013-2016), περίπου 200 ασθενείς προσήλθαν στην αναισθησιολογική κλινική του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας για αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ. Οι ασθενείς που σχημάτισαν τις δύο ομάδες στη μελέτη ανατέθηκαν στους δύο ειδικούς αναισθησιολόγους για τους περιοχικούς νευρικούς αποκλεισμούς της αναισθησιολογικής κλινικής. Συνολικά συμπεριελήφθησαν στη μελέτη 106 ασθενείς, οι οποίοι

χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 58 και 48 ατόμων (ομάδα ΜΘΙ και ομάδα ΟΟΠΙ, αντίστοιχα). Όλοι οι ασθενείς χειρουργήθηκαν σε προγραμματισμένη βάση σε περιβάλλον ταχείας διακίνησης ασθενών για αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ με τη χρήση αυτόλογου μοσχεύματος των τενόντων των οπίσθιων μηριαίων μυών. Τα δημογραφικά στοιχεία των ασθενών της μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Η σύγκριση των δεδομένων έδειξε ότι οι δύο ομάδες ήταν συγκρίσιμες με βάση την ηλικία, το φύλο, το δείκτη μάζας σώματος και την αθλητική δραστηριότητα. Όλοι οι ασθενείς ήταν νέοι (μέση ηλικία 27.65 ± 8.85 έτη), στην πλειοψηφία τους άνδρες ($n=91$, 85.85 %), και με φυσιολογικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά (μέσο βάρος = 77.14 ± 10.63 kg, μέσο ύψος = 1.76 ± 0.07 m, μέσο BMI = 24.77 ± 2.92 kg/m²).

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά ασθενών (Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέση τιμή \pm σταθερά απόκλισης ή n (%))

	Ομάδα ΜΘΙ	Ομάδα ΟΟΠΙ	p τιμή
n ασθενείς	58	48	
Άνδρες	51 (87.9 %)	40 (83.3 %)	n.s.
Ηλικία (έτη)	26.4 ± 8.0	29.1 ± 9.6	n.s.
Βάρος (kg)	76.7 ± 10.0	77.9 ± 11.3	n.s.
Ύψος (m)	1.7 ± 0.07	1.75 ± 0.06	n.s.
BMI (kg/m)	24.5 ± 2.8	25 ± 3.0	n.s.
Αθλητές	25 (43.1 %)	24 (50.0 %)	n.s.

BMI: Body Mass Index, n.s: Μη στατιστικά σημαντική διαφορά

Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την πραγματοποίηση των περιφερικών αποκλεισμών ήταν κυμαινόταν από 7 έως 29 min (14.0 ± 5.0 min) για την ομάδα ΜΘΙ και από 10 έως 35 min (19.1 ± 5.6 min) για την ομάδα ΟΟΠΙ, και η διαφορά τους ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0.005$). Και οι 58 ασθενείς της ομάδας ΜΘΙ εμφάνισαν πλήρη αισθητικό αποκλεισμό (βαθμός 0) για το μηριαίο και ισχιακό νεύρο 30 min μετά τη διενέργεια των αποκλεισμών. Τέσσερις από αυτούς τους ασθενείς είχαν βαθμολογία κίνησης για το ισχιακό νεύρο ίση με ένα, ένας είχε βαθμολογία 1 για την κίνηση τόσο για το ισχιακό όσο και για το μηριαίο νεύρο, ενώ οι υπόλοιποι 53 δεν εμφάνισαν καμία ικανότητα κίνησης 30 min μετά τον αποκλεισμό. Αντίθετα, στην ομάδα ΟΟΠΙ μόνο 42 από τους 48 ασθενείς (87.5%) δεν είχαν καμία αίσθηση στην αισθητική νευρική κατανομή του μηριαίου και του ισχιακού νεύρου. Αυτή η διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0.05$). Σε ό,τι αφορά την κινητική λειτουργία του μηριαίου νεύρου σε αυτή την ομάδα, τρεις ασθενείς είχαν βαθμολογία 1, δύο ασθενείς είχαν βαθμολογία 2, δύο ασθενείς είχαν βαθμολογία 3, και δύο ασθενείς είχαν βαθμολογία 4. Η εκτίμηση του κινητικού αποκλεισμού για το μηριαίο και το ισχιακό νεύρο δεν επέδειξε όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Προεγχειρητικά δεδομένα (Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέση τιμή ± σταθερά απόκλισης)

	Ομάδα ΜΘΙ* (n=58)	Ομάδα ΟΟΠΙ** (n=48)	p τιμή
Χρόνος διενέργειας αποκλεισμών (min)	14.09 ± 5.09	19.11 ± 5.60	<0.005
Χρόνος ίσχαιμης περιόδου (min)	75.4 ± 16.14	77.9 ± 20.77	n.s.
Αισθητικός αποκλεισμός Μ & Ι βαθμός = 0 (ασθ)	58 (100.0%)	42 (87.5%)	<0.05
Αισθητικός αποκλεισμός Μ βαθμός = 1 (ασθ)		5 (10.4%)	
Αισθητικός αποκλεισμός Ι βαθμός = 1 (ασθ)		2 (4.1%)	
Κινητικός αποκλεισμός Μ & Ι βαθμός = 0 (ασθ)	53 (91.3%)	38 (79.1%)	n.s.
Κινητικός αποκλεισμός Μ βαθμός = 1 (ασθ)	1 (1.7%)	3 (6.2%)	
Κινητικός αποκλεισμός Μ βαθμός = 2 (ασθ)		2 (4.1%)	
Κινητικός αποκλεισμός Μ βαθμός = 3 (ασθ)		2 (4.1%)	
Κινητικός αποκλεισμός Μ βαθμός = 4 (ασθ)		2 (4.1%)	
Κινητικός αποκλεισμός Ι βαθμός = 1 (ασθ)	5 (8.6%)	1 (2%)	
Κινητικός αποκλεισμός Ι βαθμός = 2 (ασθ)		3 (6.2%)	
Κινητικός αποκλεισμός Ι βαθμός = 1 (ασθ)		1 (2%)	

* στην ομάδα ΜΘΙ η συνολική δόση σε ml διαλύματος ροπιβακαΐνης 0.5% ήταν 45 ml

** στην ομάδα ΟΟΠΙ η συνολική δόση σε ml διαλύματος ροπιβακαΐνης 0.5% ήταν 40 ml

Μ: Μηριαίο νεύρο, Ι: Ισχιακό νεύρο

n.s: Μη στατιστικά σημαντική διαφορά

Οι βαθμολογίες της κλίμακας VAS κατά την εμφύσηση της ίσχαιμης περιόδου ήταν μηδενικές σε 56 ασθενείς στην ομάδα ΜΘΙ (96.5%) και σε 40 ασθενείς στην ομάδα ΟΟΠΙ (83.3%), και αυτή τη διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0.05$). Επιπλέον, σε αυτό το σημείο οι βαθμολογίες της κλίμακας VAS ως συνεχής μεταβλητές έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (0.1 ± 0.7 έναντι 0.8 ± 1.8 για την ομάδα ΜΘΙ και για την ομάδα ΟΟΠΙ, αντίστοιχα με $p < 0.05$). Σύμφωνα με το πρωτόκολλο της μελέτης, η άνοδος της βαθμολογίας στην κλίμακα VAS οδηγούσε σε χορήγηση φεντανύλης σε αυτούς τους ασθενείς. Η λήψη του αυτομοσχέματος από τους τένοντες των οπίσθιων χιαστών μυών, συμπεριλαμβανομένου και του τένοντα του ισχνού προσαγωγού μυός, συνοδεύτηκε επίσης από άνοδο της βαθμολογίας στην κλίμακα VAS και στις δύο ομάδες, σε 1.07 ± 2.2 για την ομάδα του ΜΘΙ και σε 1.5 ± 2.8 για την ομάδα του ΟΟΠΙ (Πίνακας 4). Έντεκα ασθενείς στην ομάδα ΜΘΙ (18.96%) και δέκα ασθενείς στην ομάδα ΟΟΠΙ (20.83%) εμφάνισαν βαθμολογίες VAS πάνω από το μηδέν, αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Στις περισσότερες περιπτώσεις, και στις δύο ομάδες, οι ασθενείς ήταν διαφορετικοί από αυτούς που είχαν λάβει επιπλέον καταστολή κατά την εμφύσηση της ίσχαιμης περιόδου.

Πίνακας 4. Περιεγχειρητικά δεδομένα (Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέση τιμή ± σταθερά απόκλισης)

	Ομάδα ΜΘΙ (n=58)	Ομάδα ΟΟΠΙ (n=48)	p τιμή
VAS (t) = 0 (pts)	56 (96.55%)	40 (83.33%)	<0.05
VAS (t)	0.14 ± 0.76	0.89 ± 1.87	<0.05
VAS (g) = 0 (pts)	47 (81.03%)	38 (79.16%)	ns
VAS (g)	1.07 ± 2.29	1.58 ± 2.84	ns
Αρχική δόση μιδαζολάμης (mg)	1.86 ± 0.83	1.96 ± 0.71	ns
Αρχική δόση φεντανύλης (mcg)	86.21 ± 34.78	93.75 ± 30.29	ns
Φεντανύλη διεγχειρητικά (mcg)	35.34 ± 55.42	118.75 ± 115.60	<0.005
Προποφόλη διεγχειρητικά (mg)	1.72 ± 13.13	144.67 ± 356.51	<0.05
Συνολική δόση μορφίνης (mg)	13.32 ± 7.75	20.96 ± 14.76	<0.005
LMA (ασθ)	1 (1.72%)	8 (16.66%)	<0.05
Ρίγος	12 (20.68%)	11 (22.91%)	ns
MNE	1 (1.72%)	0 (0.00%)	ns

VAS (t) είναι η βαθμολογία κατά την εμφύσηση της ισχαιμής περιόδου

VAS (g) είναι η βαθμολογία κατά τη λήψη του αυτομοσχεύματος

LMA είναι η χρήση λαρυγγικής μάσκας κατά τη μετατροπή της αναισθητικής τεχνικής από περιοχική σε γενική αναισθησία

n.s: Μη στατιστικά σημαντική διαφορά

Ο Πίνακας 4 δείχνει την περιεγχειρητική κατανάλωση φαρμάκων των ασθενών. Ένας ασθενής στην ομάδα ΜΘΙ, παραπονέθηκε για πόνο κατά τη λήψη του αυτομοσχεύματος και η καταστολή που χρειάστηκε να χορηγηθεί έκανε τη χρήση της λαρυγγικής μάσκας απαραίτητη, ενώ η τεχνική χαρακτηρίστηκε ως αποτυχημένη και μετατράπηκε σε γενική αναισθησία. Στην ομάδα ΟΟΠΙ όμως οχτώ ασθενείς (16.6%) χρειάστηκε τελικά να λάβουν γενική αναισθησία με τη βοήθεια της λαρυγγικής μάσκας. Αυτή η διαφορά μεταξύ των ομάδων ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0.05$).

Οι μετεγχειρητικές βαθμολογίες του πόνου με την κλίμακα VAS ήταν υψηλότερες στην ομάδα ΟΟΠΙ, και αυτό όπως ήταν αναμενόμενο αντικατοπτρίστηκε και στις υψηλότερες δόσεις μορφίνης που καταναλώθηκαν από αυτή την ομάδα (Πίνακας 4). Το μετεγχειρητικό ρίγος και η μετεγχειρητική ναυτία και έμετος δεν εμφάνισαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων, ενώ κανένας ασθενής δεν παραπονέθηκε για επίσχεση ούρων. Όλοι οι ασθενείς και στις δύο ομάδες, με εξαίρεση αυτούς που τελικά έλαβαν γενική αναισθησία, ήταν πολύ ευχαριστημένοι από τον τύπο αναισθησίας που έλαβαν, από το μετεγχειρητικό αναλγητικό πρωτόκολλο και από τη συνολική περιεγχειρητική αναισθητική φροντίδα. Σημαντικό είναι ότι όλοι, εκτός από όσους έλαβαν τελικά γενική αναισθησία, δήλωσαν ότι θα επέλεγαν πάλι τον ίδιο τύπο αναισθησίας αν χρειαζόταν στο μέλλον

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη μελέτη, αποδείχθηκε ότι η αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ σε νεαρούς ασθενείς με καλά γυμνασμένους και ανεπτυγμένους προσαγωγούς μύες μπορεί να πραγματοποιηθεί με περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς του θυροειδούς, του μηριαίου και του ισχιακού νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφικά και με νευροδιέγερση. Η υπερηχογραφική απεικόνιση και αναγνώριση του θυροειδούς νεύρου και των γύρω δομών ήταν γρήγορη και εύκολη και η αναγνώριση – επιβεβαίωση της σωστής θέσης του άκρου της βελόνης νευροδιέγερσης βασίστηκε στις ταυτόχρονες συσπάσεις του μακρού προσαγωγού, του βραχύ προσαγωγού και του μεγάλου προσαγωγού. Η εκτίμηση του αποκλεισμού με την αξιολόγηση μόνο της κινητικής λειτουργικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε με μία εύκολα εφαρμόσιμη κλινική δοκιμασία. Οι ασθενείς της μελέτης ήταν κυρίως νεαροί αθλητές με μεγάλους, γυμνασμένους μύες, όπως αναμενόταν και από την επίπτωση του τραυματισμού του ΠΧΣ που αναφέρεται σε άλλες μελέτες (5), (40), (51), (53). Οι περισσότεροι ασθενείς ήταν άνδρες που ασχολούνταν επαγγελματικά ή ερασιτεχνικά με το ποδόσφαιρο.

Το πιο σημαντικό εύρημα της μελέτης ήταν ότι ο συνδυασμός μηριαίου – θυροειδούς – ισχιακού περιφερικού νευρικού αποκλεισμού παρέχει καλύτερη αναλγησία για τα αρθροσκοπικά χειρουργεία ανακατασκευής του ΠΧΣ. Επίσης επιβεβαιώνεται ότι η αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια αποκλειστικά υπό περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας, ο συνδυασμός των αποκλεισμών του μηριαίου – θυροειδούς και ισχιακού νεύρου ήταν πιο αποτελεσματικός, σε σύγκριση με την πιο συντηρητική προσέγγιση του συνδυασμού του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος και του αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου, σε ό,τι αφορά το μετεγχειρητικό έλεγχο του πόνου και της κατανάλωσης μορφίνης. Επιπλέον, ο πόνος και η δυσφορία κατά την εμφύσηση της ίσχειμης περιόδου και της λήψης των αυτομοσχευμάτων ήταν σημαντικά υψηλότερος στους ασθενείς που έλαβαν οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος και αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου. Κατά τον ίδιο τρόπο, η μετατροπή σε γενική αναισθησία ήταν σημαντικά υψηλότερη στους ασθενείς που έλαβαν ΟΟΠ αποκλεισμό, μιας και λιγότεροι ασθενείς σε αυτή την ομάδα είχαν πλήρη αισθητικό και κινητικό αποκλεισμό μετά τη διενέργεια των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών.

Η ανακατασκευή του ΠΧΣ περιλαμβάνει την τοποθέτηση ιστικού μόσχευματος με σκοπό την επαναφορά της λειτουργίας του ΠΧΣ μετά τον τραυματισμό. Ο τένοντας των οπίσθιων μηριαίων μυών ή/και ο επιγονατιδικός τένοντας συλλέγονται από το σύστοιχο τραυματισμένο γόνατος έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν ως αυτομοσχεύματα. Τα αυτομοσχεύματα του τένοντα των οπίσθιων μηριαίων μυών δημιουργούνται από τον ημιτενοντώδη τένοντα μόνο του ή μαζί με τον τένοντα του ισχνού για να είναι ισχυρότερο το μόσχευμα. Ο τένοντας μετά τη λήψη του διπλώνεται σε τμήματα τα οποία πλέκονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα χονδρό κορδόνι, το οποίο θα

αποτελέσει το μόσχευμα που θα αντικαταστήσει τον ΠΧΣ. Αυτό το πλεγμένο κομμάτι περνάει στη συνέχεια από τις κεφαλές της κνήμης και του μηριαίου, και τα άκρα του σταθεροποιούνται με βίδες σε αντίθετες μεριάς των δύο οστών. Η τεχνική απαιτεί τη χρήση φουσκωμένης ίσχειμης περίδεσης στο μηρό. Αυτά τα χειρουργεία πραγματοποιούνται πιο συχνά υπό γενική αναισθησία ή κεντρικό νευραξονικό αποκλεισμό και οι περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά για μετεγχειρητική αναλγησία. Προς το παρόν, οι αναφορές ότι αυτό το χειρουργείο μπορεί να πραγματοποιηθεί υπό τον αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου, του θυροειδούς νεύρου και του ισχιακού νεύρου είναι ελάχιστες και σποραδικές. Το έξω μηροδερματικό νεύρο δεν έχει σημαντικό ρόλο κατά την αρθροσκοπική διόρθωση του ΠΧΣ και δεν απαιτείται ο αποκλεισμός του ξεχωριστά.

Η ανατομία του θυροειδούς νεύρου επιδεικνύει μεγάλου βαθμού ποικιλομορφία, όπως επιβεβαιώνεται και από πτωματικές μελέτες. Αυτό το σχετικά μικρό νεύρο εξέρχεται από την πύελο μέσω της θυροειδούς αύλακας, στη βουβωνική περιοχή και επεκτείνεται στο μηρό χωρισμένο σε δύο κλάδους, τον πρόσθιο και τον οπίσθιο κλάδο του θυροειδούς νεύρου. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχει περιγραφεί και η παρουσία ενός επιπλέον επικουρικού κλάδου. Σε ένα σημαντικό αριθμό ατόμων διαχωρίζεται νωρίς μέσα στην πύελο ή κατά την πορεία του στη θυροειδή αύλακα, ή νωρίς μετά την έξοδο τους από το θυροειδές τρήμα, και στη συνέχεια ακολουθεί πολλούς και διαφορετικούς τρόπους διακλάδωσης (24), (29). Καθώς χωρίζονται, οι κλάδοι του κοινού θυροειδούς νεύρου παρέχουν αρθρικά και δερματικά αισθητικά νεύρα για το γόνατο και τον έσω μηρό. Μετά την εκτέλεση ενός περιφερικού νευρικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου, η αισθητική συνεισφορά του στις δομές του γόνατος αποκλείεται, και αυτή η τεχνική, ως συμπληρωματική της γενικής αναισθησίας, παρέχει καλύτερη ποιότητα μετεγχειρητικής αναλγησίας και ανάρρωσης μετά από χειρουργείο στο γόνατο (19). Επιπλέον, ο περιφερικός νευρικός αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου συνδυασμένος με άλλους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς, επιτρέπει την αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ χωρίς να είναι αναγκαίο να υποβληθεί ο ασθενής σε γενική αναισθησία (20).

Η υπερηχογραφική οπτικοποίηση του θυροειδούς νεύρου μπορεί να είναι απλή υπόθεση λόγω του γεγονότος ότι είναι ένα μικρό σε μέγεθος νεύρο με μία σύντομη βαθειά πορεία στον εγγύς μηρό, και βρίσκεται μεταξύ μυών (29). Τα εύκολα αναγνωρίσιμα υπερηχογραφικά οδηγία σημεία, όπως είναι τα μεγάλα μηριαία αγγεία δεν είναι ιδιαίτερα βοηθητικά και κατά καιρούς οι απεικονιστές έχουν χρησιμοποιήσει το ηβικό οστό ως οδηγό σημείο (26), καθώς η αναγνώριση τέτοιων οδηγιών σημείων θα μπορούσε να έχει κάποια σημασία στα πρώιμα όμως στάδια της εκπαιδευτικής καμπύλης. Λόγω των ανατομικών του παραλλαγών, το θυροειδές νεύρο από μόνο του μπορεί να μην είναι καθόλου ορατό στην υπερηχογραφία. Έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία ότι ο πρόσθιος και ο οπίσθιος κλάδος είναι πιο συχνά ορατοί από ότι το κοινό θυροειδές νεύρο από κάθε αυτό (27). Πολλοί ερευνητές αναγνωρίζουν τους μύες της γύρω περιοχής (κτενίτης μυς, μακρύς προσαγωγός μυς, και βραχύς προσαγωγός μυς) και αναζητούν μία ηχοδομή που να μοιάζει

με συνδετικό ιστό περιτονίας και λίπος. Σε πτωματικές μελέτες, το θυροειδές νεύρο βρίσκεται να περιβάλλεται από περιτοναϊκά στρώματα (24). Σε μία μελέτη 20 ασθενών που υποβλήθηκαν σε περιφερικό νευρικό αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση για διαχείριση του μετεγχειρητικού πόνου, μία χονδρή, παχιά περιτονία αναγνωρίστηκε εύκολα σε όλους τους ασθενείς. Ο αποκλεισμός του νεύρου επετεύχθη με την προώθηση της βελόνης νευροδιέγερσης προς την εν λόγω περιτονία και κάνοντας κινήσεις – ελιγμούς ώστε να προκληθούν μυϊκές συσπάσεις (29). Αντίθετα, σε μία άλλη μελέτη 22 ασθενών το θυροειδές νεύρο παρουσιάστηκε με μία υπερηχοϊκή επίπεδη εμφάνιση ή σαν χείλη όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι συγγραφείς, με διακριτές εσωτερικές υποηχοϊκές κουκίδες (20). Οι συγγραφείς σε αυτή τη μελέτη υποθέτουν ότι αυτή η απεικόνιση του θυροειδούς νεύρου, ως υπερηχοϊκή επίπεδη μορφή με διακριτές υποηχοϊκές κουκίδες στο εσωτερικό της, θα μπορούσε να οφείλεται στον συνδετικό ιστό της περιτονίας, στο λίπος και στον απονευρωτικό ιστό των μυών που το περιβάλλουν. Όλες αυτές οι δομές σχηματίζουν ένα δίκτυο όπου το νεύρο και οι κλάδοι του είναι ενσωματωμένα και, από την άλλη, αυτό το ίδιο δίκτυο μπορεί να διευκολύνει την εξάπλωση του διαλύματος τοπικού αναισθητικού γύρω από τις νευρικές δομές. Η υπερηχογραφικά καθοδηγούμενη έγχυση διαλύματος τοπικού αναισθητικού ανάμεσα στις περιτονίες, χωρίς τη χρήση νευροδιέγερσης, μπορεί σύμφωνα με άλλους μελετητές να οδηγήσει σε παρόμοια κλινικά αποτελέσματα με τον νευρικό αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου (340), (361).

Στη μελέτη μας, ο πρόσθιος και/ή ο οπίσθιος κλάδος του θυροειδούς νεύρου αναγνωριζόταν εύκολα και ανιχνεύοντας την περιοχή προς τα πάνω με τον ηχοβολέα, αποκαλυπτόταν μία εικόνα σαν «ιστός αράχνης». Η εικόνα σχηματίζεται από ιστικά στοιχεία των περιτονιών, το νεύρο αυτό καθεαυτό, τη σιγμοειδή πορεία ανόδου του πρόσθιου κλάδου μεταξύ του μακρού προσαγωγού και του βραχύ προσαγωγού, τον οπίσθιο κλάδο, και πιθανόν από τον αθρικό κλάδο του ισχίου, ο οποίος εκφύεται σε ευρεία γωνία σε σχέση με την πορεία του κοινού θυροειδούς νεύρου. Η εικόνα «δίχτυ αράχνης» ενώ αναπαραγόταν σταθερά, εμφάνισε αξιοσημείωτη μεταβλητότητα, πιθανόν λόγω των παραλλαγών του θυροειδούς νεύρου και των κλάδων του, όπως και λόγω των ποικιλομορφιών στον όγκο των μυών. Έναν πιθανό ρόλο μπορεί να έπαιζε και αυτό που αναφέρεται ως εσωτερική ποικιλομορφία των απεικονιστών, οι οποίοι μετά από μικρές αλλαγές στη θέση του ηχοβολέα, προτιμούν μία συγκεκριμένη θέση – απεικόνιση (340).

Το βάθος στο οποίο βρίσκεται το θυροειδές νεύρο, εξαρτάται από τα σωματομετρικά δεδομένα του ασθενούς και από το βαθμό ανάπτυξης και πάχος των δομών του περιβάλλοντος, όπως οι μύες. Στην περίπτωση του νευρικού αποκλεισμού, το μήκος της βελόνης στο οποίο μπορεί να βρεθεί το θυροειδές νεύρο ή οι κλάδοι του εξαρτάται επίσης και από τη γωνία που σχηματίζει η βελόνη με το δέρμα. Εισάγοντας τη βελόνη με την out-of-plane προσέγγιση θα διανύσει διαφορετική απόσταση από αυτή που θα διένυε με την in-plane προσπέλαση. Σε μία μελέτη εφικτότητας για τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση, οι Fujiwara και συν. (28) παρουσίασαν μία εικόνα που έδειχνε την απόσταση μεταξύ του δέρματος

και του θυροειδούς νεύρου να είναι λιγότερη από 2 cm, και για αυτό δέχτηκε κριτική από την ομάδα των Anagnostopoulou και συν. (370). Στην υπερηχογραφική μελέτη των Soong και συν. (27), το κοινό θυροειδές νεύρο, ο πρόσθιος κλάδος και ο οπίσθιος κλάδος βρέθηκαν στα 25.9 mm, 15.5 mm και 29.3 mm, αντίστοιχα. Οι αποστάσεις αυτές δεν διαφέρουν σημαντικά από αυτές που ανέφεραν και οι Manassero και συν. (361). Σε άλλη μελέτη οι Akkaya και συν. (367) βρήκαν ότι οι υπερηχογραφικές τιμές για το βάθος του θυροειδούς νεύρου, του πρόσθιου κλάδου του και του οπίσθιου κλάδου του ήταν 32.4 mm, 28.2 mm, και 39.2 mm, αντίστοιχα. Απόσταση δέρματος με θυροειδές νεύρο της τάξης των 30 ± 7 mm παρατηρήθηκε από τους Helayel και συν. (20), ενώ στη μελέτη των Anagnostopoulou και συν. (29), η υπερηχογραφικά μετρημένη απόσταση της περιτονίας όπου βρίσκεται ενσωματωμένο το θυροειδές νεύρο από το δέρμα ήταν 4.0 ± 0.6 cm. Αν και η μελέτη μας δεν μπορεί να παρέχει ακριβής πληροφορίες για το βάθος στο οποίο βρίσκεται το θυροειδές νεύρο, καθώς δεν σχεδιάστηκε για αυτό, η εντύπωση μας είναι ότι βρίσκεται 2.5 cm, μιας και προσεγγίσαμε στο νεύρο ακριβώς εκεί που αρχίζει ο μακρύς προσαγωγός, πριν να αναπτύξει όλο τον όγκο του.

Στη μέθοδο εκτίμησης του νευρικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου, εξετάστηκε μόνο ο κινητικός αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου, μιας και η δερματική αισθητική του κατανομή ποικίλει πολύ όπως φαίνεται και από τη μελέτη των Bouaziz και συν. (25). Η κινητική ανταπόκριση πολλών περιφερικών νευρικών αποκλεισμών συνήθως εκτιμάται με παρόμοιο τρόπο στην κάθε μέρα κλινική πράξη. Στην παρούσα μελέτη εκτιμήθηκε η επιτυχία του νευρικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου με μία απλή κλινική προσέγγιση, ζητώντας από τον ασθενή να σηκώσει το πόδι του. Αν ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου είναι επιτυχημένος, ο ασθενής δεν σηκώνει το πόδι απευθείας προς τα πάνω, αλλά θα το σηκώσει διαγώνια και προς τα έξω και θα το κρατήσει εκεί σταθερά, αν το μηριαίο νεύρο λειτουργεί ακόμη κανονικά. Όταν ζητηθεί από τον ασθενή να αφήσει το πόδι κάτω, θα το αφήσει κάτω επί τα εκτός της μέσης γραμμής και δεν θα μπορεί να το προσάγει προς αυτή. Ο βραχύς προσαγωγός μυς, ο μακρύς προσαγωγός μυς, ο μεγάλος προσαγωγός μυς, η κτενίτης μυς και ο ισχνός προσαγωγός μυς, όλοι αυτοί οι μύες εμπλέκονται στην προσαγωγή. Στους περισσότερους ανθρώπους, ο κτενίτης μυς νευρώνεται από το μηριαίο νεύρο και σπάνια δέχεται έναν κλάδο από τον πρόσθιο κλάδο του θυροειδούς νεύρου (29). Ωστόσο, σε έναν επιτυχημένο αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου, ο ανεπηρέαστος κτενίτης μυς δεν είναι αρκετός για να προκαλέσει την προσαγωγή του μηρού. Στην περίπτωση του νευρικού αποκλεισμού μόνο του πρόσθιου κλάδου του θυροειδούς νεύρου, δεν λειτουργεί ο μακρύς προσαγωγός μυς και μέρος του βραχύ προσαγωγού μυός, αλλά αυτό δεν επηρεάζει σημαντικά την άρση του άκρου και την κάθοδο του, καθώς ο μεγάλος προσαγωγός είναι ο κύριος μυς που μετακινεί το πόδι προς τα έσω. Τέλος, στην περίπτωση του νευρικού αποκλεισμού μόνο του οπίσθιου κλάδου του θυροειδούς, τόσο ο μεγάλος προσαγωγός, όσο και ο βραχύς προσαγωγός δεν είναι τελείως μη λειτουργικοί καθώς ο πρώτος νευρώνεται από το θυροειδές και το ισχιακό νεύρο και ο δεύτερος δέχεται κλάδους και από τον πρόσθιο κλάδο του θυροειδούς νεύρου. Ως

αποτέλεσμα, η ανύψωση και η κάθοδος του ποδιού παραμένουν πάλι ανεπηρέαστες. Στην πρώτη φάση της μελέτης η εκτέλεση των αποκλεισμών πραγματοποιήθηκε με έναν τρόπο που καταναλώνει πολύ χρόνο, αλλά αυτό έγινε για τους σκοπούς της μελέτης και μόνο. Στη δεύτερη φάση της μελέτης, όπως και στην καθημερινή κλινική πρακτική, η δοκιμασία «ανύψωσης και καθόδου» του ποδιού πραγματοποιήθηκε μετά τον αποκλεισμό και των τριών νεύρων, χωρίς να σπαταληθεί πολύτιμος χρόνος. Η εκτίμηση του κινητικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου μπορεί να γίνει με τη μέτρηση της δύναμης των προσαγωγών μυών με τη βοήθεια μιας φουσκωμένης περιχειρίδας μέτρησης αρτηριακής πίεσης μεταξύ των γονάτων του ασθενούς (336). Οι Helayel και συν. (20) ανέφεραν μείωση στη δύναμη των προσαγωγών από 147 ± 29 mmHg σε 85 ± 19 mmHg (57.8%) στα 30 min και ένα ποσοστό επιτυχίας 91% για τον νευρικό αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου. Οι Sinha και συν. (340) παρατήρησαν μία μείωση της δύναμης των προσαγωγών κατά 82.2% στα 15 min. Καθώς η συνεισφορά του κάθε προσαγωγού μυός στην προσαγωγή του μηρού δεν έχει διαχωριστεί και να ποσοτικοποιηθεί, ένα αρνητικό σημείο αυτής της μεθόδου είναι ότι αν αποκλειστεί μόνο ο πρόσθιος ή οπίσθιος κλάδος του θυροειδούς νεύρου, πάλι θα μετρηθεί μία μείωση στη δύναμη των προσαγωγών μυών. Επιπλέον, η μέθοδος εκτίμησης του κινητικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου με τη χρήση της περιχειρίδας μέτρησης μη επεμβατικής αρτηριακής πίεσης δεν είναι εύκολα εφαρμόσιμη σε ένα πολυσύχναστο χειρουργικό περιβάλλον και στην καθημερινή κλινική πράξη.

Η αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ πραγματοποιείται όλο και πιο πολύ σε περιβάλλον ταχείας διακίνησης ασθενών, φτάνοντας μία αύξηση της τάξεως το 40% σε σύγκριση με τα χειρουργεία του ΠΧΣ σε εσωτερικούς, νοσηλεύομενους ασθενείς (1). Η χειρουργική τεχνική έχει εξελιχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια και ορθοσκοπικά τα χειρουργεία αποκατάστασης του ΠΧΣ έχουν καλύτερα αποτελέσματα, λιγότερο χειρουργικό στρες και ταχύτερη αποθεραπεία και αποκατάσταση. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε επίσης να εξηγήσει την αλλαγή που παρατηρείται στην αναισθησιολογική τεχνική, καθώς οι εξελίξεις στη χειρουργική προσέγγιση απαιτούν ανάλογη πρόοδο και ευελιξία και από τη μεριά της αναισθησίας. Σύμφωνα με τους Buller και συν. (1), από το 1994 έως το 2006, καταγράφηκε μία σημαντική άνοδος σχετικά με τη χρήση των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών, από μόλις 0.7% στο 30.8%, σε συνδυασμό με τη γενική αναισθησία ή και ως μοναδική τεχνική αναισθησίας. Στην πρώτη περίπτωση μαζί με τη γενική αναισθησία εφαρμόζεται συνήθως και μηριαίος αποκλεισμός για μετεγχειρητική αναλγησία, ενώ πιο σπάνια προστίθεται και ο αποκλεισμός του ισχιακού νεύρου. Στη δεύτερη περίπτωση πραγματοποιείται ο κλασσικός συνδυασμός του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος με τον περιφερικό νευρικό αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου.

Ο οπίσθιος αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος, επίσης ευρέως γνωστός ως αποκλεισμός του διαμερίσματος του ψοίτη, είναι ένας αποκλεισμός γνωστός από τη δεκαετία του 1970 (293), (294) και παραδοσιακά πραγματοποιείται με την καθοδήγηση της νευροδιέγερσης (300). Ο περιορισμός στη δημοτικότητα του οφείλεται στις πιθανές σοβαρές επιπλοκές του (16). Οι

επιπλοκές αυτού του αποκλεισμού είναι πολυάριθμες και πιο σοβαρές, μιας και είναι περισσότερο από έναν απλό «περιφερικό νευρικό αποκλεισμό», λόγω της εγγύτητας του με τον επισκληρίδιο χώρο, τα ωοθηκικά / ορχικά αγγεία, τον ουρητήρα, τον οπισθοπεριτοναϊκό χώρο και τον κάτω πόλο του νεφρού. Επομένως, εκτός από τις επιπλοκές που αναμένονται για κάθε περιφερικό νευρικό αποκλεισμό, επιπλέον μπορεί να συμβεί ολική ραχιαία αναισθησία, επισκληρίδιος εξάπλωση του διαλύματος του τοπικού αναισθητικού, ή και νεφρικό αιμάτωμα (275), (300), (22). Η χρήση της υπερηχογραφικής καθοδήγησης θα μπορούσε να μειώσει την επίπτωση των επιπλοκών που αναφέρονται πιο πάνω (322). Ωστόσο, η ανίχνευση του οσφυϊκού πλέγματος και η καθοδήγηση της βελόνης σε πραγματικό χρόνο υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση μπορεί να αποτελεί μία σοβαρή πρόκληση για τον αναισθησιολόγο. Η χρήση των υπερήχων για την εφαρμογή του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος έχει ορισμένους περιορισμούς, και ο πραγματικός του αντίκτυπος στην καθημερινή κλινική πράξη είναι αμφισβητήσιμος (308), (305), (21), (307). Ο λόγος είναι ότι το πλέγμα βρίσκεται βαθιά μεταξύ των μυών και η ακουστική σκιά που σχηματίζεται από τις εγκάρσιες αποφύσεις των οσφυϊκών σπονδύλων καθιστά την οπτικοποίηση του οσφυϊκού πλέγματος πραγματική πρόκληση (308), (305). Οι Karmakar και συν. (308) προσπάθησαν να παρουσιάσουν μία πιθανή βοηθητική προσέλαση σε υγιείς εθελοντές και σε ασθενείς (310) με χαμηλό Δείκτη Μάζας Σώματος.

Στην παρούσα μελέτη δεν παρουσιάστηκε καμία σοβαρή επιπλοκή στη σειρά των περιστατικών που να σχετίζεται άμεσα με την τεχνική του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος. Δεν αναφέρθηκε από τους ασθενείς ούτε επίσχεση ούρων, μία επιπλοκή που σχετίζεται με την επισκληρίδια εξάπλωση του διαλύματος τοπικού αναισθητικού, η οποία εμφανίζεται σχετικά συχνά σε αυτούς τους αποκλεισμούς (300), (22). Υπήρχαν μόνο δύο ασθενείς που ανέφεραν ότι αισθάνθηκαν το άλλο τους άκρο βαρύ (βαθμολογία αισθητικού αποκλεισμού για το μηριαίο νεύρο = 1 και βαθμολογία για τον κινητικό αποκλεισμό του μηριαίου νεύρου = 3) περίπου τριάντα λεπτά μετά την εκτέλεση του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος, γεγονός που υπονοεί την πιθανή επισκληρίδια εξάπλωση του διαλύματος τοπικού αναισθητικού, αλλά χωρίς καμία αιμοδυναμική συνέπεια, και οι δύο ασθενείς παρέμειναν αιμοδυναμικά εντελώς σταθεροί.

Η προσθήκη του περιφερικού νευρικού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου στον συνδυασμό του μηριαίου και ισχιακού περιφερικού νευρικού αποκλεισμού φαίνεται ότι είναι το κλειδί της επιτυχίας για την πραγματοποίηση της αρθροσκοπικής ανακατασκευής του ΠΧΣ αποκλειστικά με περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς. Εκτός από το ότι το θυροειδές νεύρο συμβάλει στη νευρώση του γόνατος γενικά, θεωρητικά είναι αυτό που νευρώνει και τον τένοντα του ισχνού μυός, ο οποίος μαζί με τον ημιτενοντώδη τένοντα των οπίσθιων μηριαίων μυών αποτελούν τα δύο αυτόλογα μοσχεύματα που λαμβάνονται για την ανακατασκευή του ΠΧΣ. Αυτό έχει επιβεβαιωθεί και από τη μελέτη των Sakura και συν. (371), οι οποίοι έκριναν τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου αναγκαίο για αυτά τα χειρουργεία, ενώ ταυτόχρονα αναφέρουν ένα ποσοστό αποτυχίας του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος της τάξεως του 20%. Τα

τελευταία χρόνια, με την αύξηση της χρήσης των υπερήχων για την εφαρμογή περιφερικών νευρικών αποκλεισμών, διάφορες προσπελάσεις για υπερηχογραφικά καθοδηγούμενο αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου έχουν προταθεί (20), (27), (367), (340). Επιπλέον το προκαταρκτικό τμήμα της παρούσας μελέτης (368) έδειξε ότι η αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ μπορεί να πραγματοποιηθεί με το συνδυασμό των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου. Τα ευρήματα, όπως αναφέρονται παραπάνω, μπορεί να θεωρηθούν ότι ταιριάζουν με τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής μελέτης των Helayel και συν. (20), οι οποίοι εφάρμοσαν τον συνδυασμό μηριαίου θυροειδούς – ισχιακού - νευρικού περιφερικού αποκλεισμού σε 22 ασθενείς.

Το υψηλότερο ποσοστό επιτυχίας με τον αποκλεισμό ΜΘΙ (όπως επιβεβαιώνεται από την κινητική και αισθητική αξιολόγηση τους) σε σύγκριση με τον αποκλεισμό ΟΟΠΙ μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι στην ομάδα ΜΘΙ το διάλυμα τοπικού αναισθητικού εγχύεται με τη βοήθεια της υπερηχογραφικής καθοδήγησης γύρω από το μηριαίο και το θυροειδές νεύρο, ενώ στην ομάδα ΟΟΠΙ εγχύεται τυφλά μέσα στο οσφυϊκό πλέγμα. Αυτό το γεγονός, η προσθήκη δηλαδή του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου, θα μπορούσε να εξηγήσει και τις μικρότερες βαθμολογίες στην κλίμακα VAS στην ομάδα ΜΘΙ κατά την εμφύσηση της ισχαιμής περιόδου και τη λήψη του αυτομοσχεύματος, μιας και το θυροειδές νεύρο είναι υπεύθυνο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την αισθητική νύρωση του δέρματος στον έσω μηρό και για την κινητική νύρωση του ισχνομύος. Ακολούθως, το υψηλότερο ποσοστό μετατροπής σε γενική αναισθησία στην ομάδα ΟΟΠΙ, λόγω πόνου και δυσφορίας διεγχειρητικά, μπορεί να αποδοθεί στην κατώτερη ποιότητα αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου με αυτή την τεχνική. Δηλαδή με τον οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος το θυροειδές νεύρο δεν αποκλείεται πάντα με την ίδια συνέπεια και αποτελεσματικότητα, μιας και το διάλυμα του τοπικού αναισθητικού διασκορπίζεται στο οσφυϊκό πλέγμα, ανάμεσα σε μεγάλες μυϊκές ομάδες.

Ένα άλλο ενδιαφέρον σημείο αποτελεί το ότι ο συνολικός χρόνος του απαιτήθηκε για τη διενέργεια των ΜΘΙ αποκλεισμών, ήταν συντομότερος, παρά το γεγονός ότι αποκλείονται τρία νεύρα, σε σύγκριση με την ομάδα ΟΟΠΙ που περιλαμβάνει δύο νευρικούς αποκλεισμούς. Αυτό δεν θα έπρεπε να προκαλεί έκπληξη, αν αναλογιστεί κανείς ότι ο αποκλεισμός του μηριαίου και του θυροειδούς νεύρου είναι δύο επιφανειακοί αποκλεισμοί περιφερικών νεύρων που διενεργούνται υπό διπλή καθοδήγηση, σε αντίθεση με τον οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος που είναι ένας εν τω βαθύ αποκλεισμός που εφαρμόζεται μόνο με τη βοήθεια της νευροδιέγερσης.

Σε ό,τι αφορά τη μετεγχειρητική περίοδο, οι ασθενείς στην ομάδα ΜΘΙ εμφάνισαν λιγότερο πόνο, σύμφωνα με την κλίμακα VAS και κατανάλωσαν λιγότερη μορφίνη τις πρώτες 24 ώρες μετεγχειρητικά, σε σχέση με τους ασθενείς της ομάδας ΟΟΠΙ, και αυτή η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική. Ωστόσο, δεν βρέθηκε καμία διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις ανεπιθύμητες ενέργειες, όπως το ρίγος και η μετεγχειρητική ναυτία και έμετος. Όλοι οι ασθενείς και από τις δύο ομάδες, οι οποίοι δεν έλαβαν γενική αναισθησία, παρέκαμψαν τη μονάδα

μεταναισθητικής φροντίδας και ξεκίνησαν να τρώνε και να πίνουν αμέσως μετά την ολοκλήρωση της χειρουργικής επέμβασης. Αυτά τα δύο δεδομένα, η μη παραμονή στη μονάδα μεταναισθητικής φροντίδας και η ελεύθερη λήψη τροφής και υγρών, αποδείχτηκε ότι ήταν πολύ σημαντικά στοιχεία στο νεανικό, αθλητικό πληθυσμό της παρούσας μελέτης και επηρέασαν θετικά την συνολική ικανοποίηση τους.

Οι Tharwat και συν. (372), στη μελέτη τους που περιελάμβανε 48 ασθενείς συνολικά, σύγκριναν το συνδυασμό του ΟΟΠΙ νευρικού αποκλεισμού με το συνδυασμό των ΜΘΙ νευρικού αποκλεισμού για αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ. Στα ευρήματα τους αναφέρεται ότι οι δύο συνδυασμοί είναι συγκρίσιμοι στην διεγχειρητική περίοδο, αλλά ο ΟΟΠΙ αποκλεισμός προσέφερε καλύτερη μετεγχειρητική αναλγησία με λιγότερη κατανάλωση οπιοειδών. Αυτά τα ευρήματα δεν υποστηρίζονται από την παρούσα μελέτη, όπου ο συνδυασμός του ΜΘΙ νευρικού αποκλεισμού υπό διπλή καθοδήγηση προσφέρει υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας και λιγότερο μετεγχειρητικό πόνο. Αυτή η διαφορά μεταξύ των δύο μελετών θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι Tharwat και συν. (372) πραγματοποίησαν όλους τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς αποκλειστικά με τη βοήθεια της νευροδιέγερσης, χωρίς υπερηχογραφική καθοδήγηση. Το ίδιο έκαναν και οι Taha και συν. (373), οι οποίοι σύγκριναν σε 60 ασθενείς τον συνδυασμό αποκλεισμού ΜΘΙ και ΟΟΠΙ για αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ μόνο με τη βοήθεια της νευροδιέγερσης. Οι Taha και συν. (373) όμως θεωρούν ότι ο συνδυασμός ΜΘΙ αποκλεισμού είναι μία ασφαλής εναλλακτική του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος, για το οποίο αναφέρουν ποσοστά επιτυχίας 80%.

Οι περιορισμοί της μελέτης είναι ότι οι ασθενείς ήταν νέοι χωρίς συνυπάρχουσες παθήσεις. Δεν είναι γνωστό εάν το ποσοστό επιτυχίας στην ομάδα ΜΘΙ θα επηρεαζόταν από την παχυσαρκία ή τη μεγάλη ηλικία, καθώς και οι δύο αυτοί παράγοντες επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας που λαμβάνεται από τον υπέρηχο. Στο γενικό πληθυσμό, η απουσία γυμνασμένων προσαγωγών, και η παρουσία λίπους, θα μπορούσε θεωρητικά να αλλοιώνει την προβλεπόμενη εικόνα. Επίσης, είναι απρόβλεπτο πως οι συνυπάρχουσες παθήσεις, όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, θα επηρέαζαν το αποτέλεσμα. Επιπλέον, δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου που να έλαβε μόνο γενική αναισθησία, για να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μας με την παραδοσιακή αναισθητική διαχείριση των ασθενών που υποβάλλονται σε αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ρήξη του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου είναι ένας σοβαρός τραυματισμός που συμβαίνει κυρίως σε νεαρούς αθλητές. Η φυσική επιθυμία των ατόμων αυτών να επιστρέψουν όσο το δυνατό γρηγορότερα στα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας που είχαν πριν από τον τραυματισμό τους, κάνει τη χειρουργική αντιμετώπιση μονόδρομο. Οι εξελίξεις στις χειρουργικές τεχνικές έκαναν την αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος να πραγματοποιείται σε περιβάλλον ταχείας διακίνησης ασθενών. Η αναισθησιολογία όχι μόνο ακολούθησε, αλλά και βοήθησε προς αυτή την κατεύθυνση με την εφαρμογή των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών.

Θεωρητικά για την πραγματοποίηση της αρθροσκοπικής ανακατασκευής του ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος, θα πρέπει να αποκλειστούν τα νεύρα που νευρώνουν την άρθρωση του γόνατος, δηλαδή το μηριαίο, το ισχιακό και το θυροειδές νεύρο. Η παραδοσιακή προσέγγιση για το σκοπό αυτό είναι ο συνδυασμός του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος, με τον οποίο αποκλείονται το μηριαίο νεύρο, το έξω μηροδερματικό νεύρο και το θυροειδές νεύρο, και του αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου.

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε αρχικά η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί η αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος αποκλειστικά με την εφαρμογή περιφερικών νευρικών αποκλεισμών υπό διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφικά και με νευροδιέγερση, αποκλείοντας ξεχωριστά το μηριαίο, το θυροειδές και το ισχιακό νεύρο. Η πρόκληση στη σύγχρονη βιβλιογραφία είναι ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου, λόγω των πολλών παραλλαγών που παρουσιάζει η ανατομία του. Διάφορες προσπελάσεις για τον περιφερικό νευρικό αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου με τη χρήση υπερήχων έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια με ζητούμενα την εύκολη αναγνώριση του στόχου και τον αποκλεισμό και των δύο κλάδων του θυροειδούς νεύρου, του πρόσθιου και του οπίσθιου.

Ο περιφερικός νευρικός αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου με διπλή καθοδήγηση, τοποθετώντας τον ηχοβολέα κοντά στη βουβωνική εντομή, κάτω από το επίπεδο του βουβωνικού συνδέσμου μειώνει την πιθανότητα να αναγνωριστούν λανθασμένα κλάδοι του θυροειδούς νεύρου ως το κοινό θυροειδές νεύρο. Η εικόνα του «ιστού αράχνης» είναι πολύ βοηθητική και χαρακτηριστική σε νέους αθλητές. Επιπλέον, όταν εφαρμόζεται περιφερικός νευρικός αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση, είναι υποχρεωτικό και οι τρεις μύες, μακρής προσαγωγός, βραχύς προσαγωγός και μεγάλος προσαγωγός να συσπώνται από τη βελόνη νευροδιέγερσης στο 0.5 mA, ως ένδειξη ότι διεγείρεται το κοινό θυροειδές νεύρο και όχι ο πρόσθιος ή οπίσθιος κλάδος του.

Η εκτίμηση του σωστού αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου δεν θα πρέπει να γίνεται με την αξιολόγηση του δερματικού αισθητικού αποκλεισμού, μιας και η δερματική αισθητική

νεύρωση που θυροειδούς νεύρου εμφανίζει πολλές ανατομικές παραλλαγές και σε μεγάλο ποσοστό ανθρώπων απουσιάζει εντελώς. Η εκτίμηση θα πρέπει να γίνεται με την αξιολόγηση του κινητικού αποκλεισμού. Η απλή δοκιμασία «άρσης και επαναφοράς» του κάτω άκρου που προτείνεται στη μελέτη, φαίνεται να παρέχει επαρκή εκτίμηση του αποκλεισμού, ενώ το κυριότερο πλεονέκτημα της είναι ότι είναι εύχρηστη και εύκολα αναπαραγώγιμη στο απαιτητικό και πιεστικό περιβάλλον των σύγχρονων χειρουργείων. Πιθανόν να χρειάζονται και άλλες μελέτες για να καθοριστεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε άλλα είδη χειρουργικών επεμβάσεων του γόνατος και σε ασθενείς με άλλα χαρακτηριστικά.

Με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη μελέτη, προτείνεται ότι η αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια αποκλειστικά υπό τον συνδυασμό των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου από έμπειρους αναισθησιολόγους.

Πρόκειται για την πρώτη μελέτη, από όσο γνωρίζουμε, που συγκρίνει τον παραδοσιακό συνδυασμό οπίσθιου οσφυϊκού αποκλεισμού με νευροδιέγερση και αποκλεισμού του ισχιακού νεύρου με διπλή καθοδήγηση, με τον συνδυασμό αποκλεισμού μηριαίου – θυροειδούς – ισχιακού νεύρου με διπλή καθοδήγηση για χειρουργία αρθροσκοπικής ανακατασκευής ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος. Ο ξεχωριστός αποκλεισμός ΜΘΙ νεύρου έχει μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας, με λιγότερες μετατροπές της τεχνικής σε γενική αναισθησία και μικρότερη κατανάλωση φεντανύλης διεγχειρητικά. Επίσης οι ασθενείς εμφάνισαν χαμηλότερες βαθμολογίες πόνου τις πρώτες 24 ώρες μετά το χειρουργείο και αυτό αντικατοπτρίζεται και στη στατιστικά σημαντικά μικρότερη κατανάλωση οπιοειδών μετεγχειρητικά.

Με τη χρήση αυτής της αναισθησιολογικής τεχνικής, η αρθροσκοπική ανακατασκευή του ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια ως χειρουργείο μιας ημέρας νοσηλείας, εξοικονομώντας συνολικά χρόνο και χρήματα. Στα πολυάσχολα σύγχρονα χειρουργεία, οι ασθενείς με αυτόν τον τρόπο λαμβάνουν υψηλής ποιότητας αναισθησιολογική, περιεγχειρητική φροντίδα, ελαχιστοποιούν το χρόνο παραμονής τους στο χειρουργείο – μιας και παρακάμπτουν στο τέλος τη μονάδα μεταναισθητικής φροντίδας-, επιστρέφουν γρήγορα στους οικείους τους και ξαναρχίζουν άμεσα τη λήψη τροφής και υγρών. Η άμεση έναρξη της ελεύθερης σίτισης του ασθενούς, αποδείχθηκε σημείο μεγάλου ενδιαφέροντος και ικανοποίησης από τη μεριά των νέων αθλητικών ασθενών. Η μειωμένη χρήση οπιοειδών μετεγχειρητικά συνοδεύεται, όπως πάντα και με λιγότερες παρενέργειες από τη χρήση τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο τραυματισμός του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ) είναι μία από τις συχνότερες αθλητικές κακώσεις, ενώ η επίπτωση της αυξάνεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Η αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος αποτελεί το «χρυσό κανόνα» για όσους επιθυμούν να επιστρέψουν στο επίπεδο φυσικής δραστηριότητας που είχαν πριν από τον τραυματισμό τους. Το χειρουργείο αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες αναισθησιολογικές τεχνικές. Με τη σύγχρονη τάση της ταχείας διακίνησης ασθενών, η επιλογή των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών γίνεται πολύ δελεαστική.

Για την αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ απαιτείται ο αποκλεισμός του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου. Ο αποκλεισμός του θυροειδούς νεύρου παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της αναλγησίας για τις επεμβάσεις στο γόνατο. Μιας και η διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφικά και με νευροδιέγερση, αυξάνει τα ποσοστά επιτυχίας των νευρικών αποκλεισμών, μελετήσαμε την εφικτότητα της διενέργειας αρθροσκοπικής αποκατάστασης ΠΧΣ υπό διπλής καθοδήγησης αποκλεισμό του θυροειδούς, του μηριαίου και του ισχιακού νεύρου. Επιπλέον, προτείνεται μία νέα μέθοδος για την εκτίμηση του θυροειδούς αποκλεισμού.

Στη συνέχεια συγκρίθηκε και εκτιμήθηκε η διεγχειρητική και μετεγχειρητική έκβαση της παραδοσιακής προσέγγισης του οπίσθιου αποκλεισμού του οσφυϊκού πλέγματος σε συνδυασμό με τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου με την πιο σύγχρονη και περιφερική προσέγγιση του συνδυασμού των αποκλεισμών του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου ως μέθοδος αναισθησίας για τα αρθροσκοπικά χειρουργεία αποκατάστασης του ΠΧΣ.

Υλικό και μέθοδος: Αρχικά μελετήθηκαν πενήντα επτά ασθενείς που υποβλήθηκαν σε αρθροσκοπική αποκατάσταση ΠΧΣ. Όλοι οι αποκλεισμοί εφαρμόστηκαν με διπλή καθοδήγηση, υπερηχογραφική και με νευροδιέγερση, σε out-of-plane προσπέλαση. Για τον αποκλεισμό του θυροειδούς νεύρου, εγχύθηκαν 10 ml διαλύματος ροπιβακαΐνης 0,5%, μετά την εμφάνιση συσπάσεων του μακρύ προσαγωγού, του βραχύ προσαγωγού και του μεγάλου προσαγωγού, ενώ ακολούθησε εκτίμηση του αποκλεισμού για 30 min εξετάζοντας την ικανότητα του ασθενούς να σηκώσει και να αφήσει κάτω το πόδι.

Έπειτα, ασθενείς που προσήλθαν στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Λάρισας για προγραμματισμένη αρθροσκοπική αποκατάσταση ΠΧΣ με τη χρήση αυτομοσχεύματος από τους οπίσθιους μηριαίους μυς, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα έλαβε αποκλεισμό του μηριαίου – θυροειδούς – ισχιακού νεύρου (Ομάδα ΜΘΙ) υπό διπλή καθοδήγηση, ενώ η δεύτερη ομάδα έλαβε οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος υπο νευροδιεγέρση και αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση (Ομάδα ΟΟΠΙ).

Αποτελέσματα: Από το πρώτο μέρος της μελέτης φάνηκε ότι η υπερηχογραφική αναγνώριση του θυροειδούς νεύρου ήταν εύκολη και γρήγορη σε όλα τα περιστατικά. Ο χρόνος για τη διενέργεια του αποκλεισμού ήταν 119.9 ± 79.2 sec. Η εκτίμηση του αποκλεισμού με την άρση και την κάθοδο του ποδιού, έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα σε 24.0 ± 5.07 min. Μετά την εφαρμογή και των αποκλεισμών του μηριαίου –ισχιακού νεύρων, η εμφύσηση της ίσχαιμης περιίδεσης οδήγησε σε βαθμολογία VAS > 0 σε 2/57 ασθενείς, και κατά τη διάρκεια του χειρουργείου σε 12/57. Η συνολική δόση φεντανύλης ήταν 120.1 ± 64.6 µg και μιδαζολάμης 1.86 ± 0.8 mg. Σε 6 ασθενείς χορηγήθηκε προποφόλη για καταστολή και ένας από αυτούς χρειάστηκε αερισμό με λαρυγγική μάσκα, μετατρέποντας την αναισθητική τεχνική σε γενική αναισθησία.

Στη δεύτερη φάση της μελέτης, οι δύο ομάδες ήταν συγκρίσιμες για την ηλικία, το φύλο, το Δείκτη Μάζας Σώματος και το επίπεδο αθλητικής δραστηριότητας. Ο χρόνος που χρειάστηκε για τη διενέργεια των περιφερικών αποκλεισμών ήταν σημαντικά μικρότερος για την ομάδα ΜΘΙ ($p < 0.005$). Παρόμοια, οι βαθμολογίες VAS κατά την εμφύσηση της ίσχαιμης περιίδεσης και κατά τη λήψη των μοσχευμάτων ήταν σημαντικά υψηλότερη ($p < 0.005$) στην ομάδα ΟΟΠΙ και αυτό επίσης αντικατοπτρίζεται στην μεγαλύτερη διεγχειρητική κατανάλωση φεντανύλης και τη μετατροπή σε γενική αναισθησία. Τέλος, οι ασθενείς σε αυτή την ομάδα ανέφεραν υψηλότερες βαθμολογίες VAS μετεγχειρητικά και κατανάλωσαν περισσότερη μορφίνη.

Συμπεράσματα: Τα δεδομένα της μελέτης επιβεβαιώνουν ότι η αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ μπορεί να πραγματοποιηθεί με αποκλεισμό του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου. Η αναγνώριση του θυροειδούς νεύρου με τη σύγχρονη χρήση των υπερήχων είναι εύκολη και ο αποτελεσματικότητα του αποκλεισμού μπορεί να εκτιμηθεί παρατηρώντας πως ο ασθενής σηκώνει προς τα πάνω το πόδι του και πως το αφήνει κάτω.

Ο περιφερικός νευρικός αποκλεισμός του μηριαίου, θυροειδούς και ισχιακού νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση για την αρθροσκοπική αποκατάσταση του ΠΧΣ είναι μία ασφαλής και γοητευτική

αναισθητική επιλογή. Τα ποσοστά επιτυχίας της τεχνικής είναι υψηλότερα σε σχέση με τον οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος σε συνδυασμό με τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου. Επίσης ο τρόπος αυτός οδηγεί σε λιγότερο διεγχειρητικό και μετεγχειρητικό πόνο με λιγότερη κατανάλωση οπιοειδών. Επομένως η μελέτη αυτή υποστηρίζει τεκμηριωμένα τη χρήση των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών ως αποκλειστική αναισθησιολογική μέθοδο για την αρθροσκοπική αποκατάσταση ΠΧΣ σε περιβάλλον ταχείας διακίνησης ασθενών.

SUMMARY

Anterior Cruciate Ligament (ACL) injury is one of the most common injuries among young athlete, while its incidence rises constantly the last few years. Arthroscopic ACL repair using autograft is the gold standard of treatment for those who wish to return to the physical status they had before the injury. The surgery can be performed under various anesthetic techniques. Taking in mind the modern trend for ambulatory surgery, the choice of peripheral nerve blockade becomes very indulging.

For the arthroscopic ACL repair, three nerves must be blocked, the femoral, the obturator and the sciatic nerve. Obturator nerve block plays an additive role on the quality of analgesia for knee surgery. Since the use of dual guidance, ultrasound and neurostimulation, increases the success rate of nerve blocks, we investigated the feasibility of performing anterior cruciate ligament reconstruction under dual-guided blockade of obturator with femoral and sciatic nerves. Furthermore, we propose a novel method for the assessment of obturator nerve block.

Subsequently, we conducted a randomized controlled study in order to compare and evaluate the intraoperative and postoperative outcome of PLPS nerve block and that of femoral, obturator and sciatic (FOS) nerve block as a method of anesthesia, in performing ACL reconstruction.

Material and methods: Initially, fifty-seven patients undergoing anterior cruciate ligament repair were studied. Neurostimulating needles were guided out-of-plane by ultrasound. To induce the obturator nerve block, 10 ml of ropivacaine 0.5% were injected after eliciting contractions of adductor longus, brevis and magnus followed by block assessment for 30 minutes by examining the patient lift and left down the leg.

Next, patients referred for elective arthroscopic ACL reconstruction using hamstring autograft were divided in two groups. The first group received combined femoral–obturator–sciatic nerve block (FOS Group) under dual guidance, whereas the second group received posterior lumbar plexus block under neurostimulation and sciatic nerve block under dual guidance (PLPS Group).

Results: From the first phase of the study it was apparent that the sonographic recognition of obturator nerve was easy and quick in all cases. Time for applying the block was 119.9 ± 79.2 sec. Assessing this block with lifting-leaving down the leg gave satisfactory results in 24.0 ± 5.07 min. After performing femoral-sciatic blocks, the inflation of tourniquet

resulted in VAS score of > 0 in 2/57 patients and operation in 12/57. Total dose of fentanyl was $120.1 \pm 64.6 \mu\text{g}$ and of midazolam $1.86 \pm 0.8 \text{ mg}$. In 6 patients propofol was administered for sedation and 1 of them required ventilation with laryngeal mask airway, converting the anesthesia technique to general anesthesia.

In the second phase of the study, the two groups were comparable in terms of age, sex, BMI and athletic activity. The time needed to perform the nerve blocks was significantly shorter for the FOS group ($p < 0.005$). Similarly, VAS scores during tourniquet inflation and autograft harvesting were significantly higher ($p < 0.005$) in the PLPS group and this is also reflected in the intraoperative fentanyl consumption and conversion to general anesthesia. Finally, patients in this group also reported higher post-operative VAS scores and consumed more morphine.

Conclusions: The data from the study suggest that anterior cruciate ligament reconstruction can be performed under obturator-femoral-sciatic blocks. Identification of obturator nerve with ultrasound is easy and the block can be assessed by observing how the patient lifts and leaves down the leg.

Peripheral nerve blockade of FOS nerve block under dual guidance for arthroscopic ACL reconstructive surgery is a safe and tempting anesthetic choice. The success rate of this technique is higher in comparison with PLPS and results in less peri- and post-operative pain with less opioid consumption. This study provides support for the use of peripheral nerve blocks as an exclusive method for ACL reconstructive surgery in an ambulatory setting with almost no complications

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	11
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	15
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
ΡΗΞΗ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ	18
Ανατομία.....	18
Επιδημιολογία.....	19
Μηχανισμός κάκωσης.....	20
Ταξινόμηση.....	21
Διάγνωση.....	21
Αντιμετώπιση.....	23
ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΙ ΝΕΥΡΙΚΟΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΙ	27
Ιστορία.....	27
Μέθοδοι αποκλεισμού	28
Οι περιφερικοί αποκλεισμοί στη σύγχρονη κλινική πράξη.....	57
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΝΕΥΡΩΣΗΣ ΚΑΤΩ ΑΚΡΟΥ	60
Οσφυϊκό πλέγμα.....	60
Ιερό πλέγμα.....	63
Νεύρωση της άρθρωσης του γόνατος	64
ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΟΣΦΥΪΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ	65
Οπίσθιες προσπελάσεις για το οσφυϊκό πλέγμα.....	67
Επιπλοκές.....	68
Υπερηχογραφία και αποκλεισμός του οσφυϊκού πλέγματος.....	70
ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΜΗΡΙΑΙΟΥ ΝΕΥΡΟΥ	71
ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΙΣΧΙΑΚΟΥ ΝΕΥΡΟΥ	72
ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΘΥΡΟΕΙΔΟΥΣ ΝΕΥΡΟΥ	75
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	80
ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	80
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	80
ΥΛΙΚΟ	81
ΜΕΘΟΔΟΙ	82
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	89
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	90

ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	95
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	103
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	105
SUMMARY.....	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	112
ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ.....	136
ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ.....	137

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Buller LT, Best MJ, Baraga MG, Kaplan LD. Trends in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the United States. *Orthop J Sport Med.* 2014;3:2325967114563664.
2. Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med.* 2007;41 Suppl 1:i52–9.
3. Wojtys EM, Brower AM. Anterior cruciate ligament injuries in the prepubescent and adolescent athlete: Clinical and research considerations. *J Athl Train.* 2010;45(5):509–12.
4. Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *J Sci Med Sport.* 2009;12:622–7.
5. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A Meta-analysis of the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears as a Function of Gender, Sport, and a Knee Injury-Reduction Regimen. *Arthroscopy.* 2007;23:1320–5.
6. Shug SA. The effect of neuraxial blockade on peri-operative mortality and major morbidity: An updated meta-analysis. *Anaesth Intensive Care.* 2005;33(5):675.
7. Choi P, Bhandari M, Scott J, Jd D. Epidural analgesia for pain relief following hip or knee replacement. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003;CD003071.
8. Fowler SJ, Symons J, Sabato S, Myles PS. Epidural analgesia compared with peripheral nerve blockade after major knee surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Br J Anaesth.* 2008;100(2):154–64.
9. Borgeat A. The role of regional anesthesia in patient outcome : orthopedic surgery. *Tech Reg Anesth Pain Manag.* 2008;12:178–82.
10. Stein BE, Srikumaran U, Tan EW, Freehill MT, Wilckens JH. Lower-Extremity Peripheral Nerve Blocks in the Perioperative Pain Management of Orthopaedic Patients: AAOS Exhibit Selection. *J Bone Jt Surg Am.* 2012;94:e167.
11. Williams BA, Vogt MT, Kentor ML, Figallo CM, Kelly MD, Williams JP. Nausea and vomiting after outpatient ACL reconstruction with regional anesthesia: Are lumbar plexus blocks a risk factor? *J Clin Anesth.* 2004;16(4):276–81.
12. Apfelbaum JL, Walawander CA, Grasela TH, Wise P, McLeskey C, Roizen MF, et al. Eliminating intensive postoperative care in same-day surgery patients using short-acting anesthetics. *Anesthesiology.* 2002;97(1):66–74.
13. Williams BA, Kentor ML, Williams JP, Vogt MT, DaPos S V., Harner CD, et al. PACU bypass after outpatient knee surgery is associated with fewer unplanned hospital admissions but more phase II nursing interventions. *Anesthesiology.* 2002;97(4):981–8.
14. Williams B a., Kentor ML, Vogt MT, Vogt WB, Coley KC, Williams JP, et al. Economics of Nerve Block Pain Management after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Anesthesiology.* 2004;100(3):697–706.
15. Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sport Med.* 2004;34(4):269–80.

16. Auroy Y, Benhamou D, Bargues L, Ecoffey C, Falissard B, Mercier F, et al. Major Complications of Regional Anesthesia in France The SOS Regional Anesthesia Hotline Service. *Anesthesiology*. 2002;97(5):1274–80.
17. Jankowski CJ, Hebl JR, Stuart MJ, Rock MG, Pagnano MW, Beighley CM, et al. A Comparison of Psoas Compartment Block and Spinal and General Anesthesia for Outpatient Knee Arthroscopy. *Anesth Analg*. 2003;97:1003–9.
18. Hopkins PM, Ellis FR, Halsall PJ. Evaluation of local anaesthetic blockade of the lateral femoral cutaneous nerve. *Anaesthesia*. 1991;46(2):95–6.
19. Macalou D, Trueck S, Meuret P, Heck M, Vial F, Ouologuem S, et al. Postoperative analgesia after total knee replacement: The effect of an obturator nerve block added to the femoral 3-in-1 nerve block. *Anesth Analg*. 2004;99:251–4.
20. Helayel PE, da Conceição DB, Pavei P, Knaesel JA, de Oliveira Filho GR. Ultrasound-Guided Obturator Nerve Block: A Preliminary Report of a Case Series. *Reg Anesth Pain Med*. 2007;32:221–6.
21. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Willschke H, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 2 - Recent developments in block techniques. *Br J Anaesth*. 2010;104:673–83.
22. Enneking FK, Chan V, Greger J, Hadžić A, Lang SA, Horlocker TT. Lower-extremity peripheral nerve blockade: Essentials of our current understanding. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30(1):4–35.
23. Farny J, Drolet P, Girard M. Anatomy of the posterior approach to the lumbar plexus block. *Can J Anaesth*. 1994;41:480–5.
24. Harvey G, Bell S. Obturator Neuropathy: An anatomic perspective. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;363:203–11.
25. Bouaziz H, Vial F, Jochum D, Macalou D, Heck M, Meuret P, et al. An evaluation of the cutaneous distribution after obturator nerve block. *Anesth Analg*. 2002;94:445–9.
26. Choquet O, Capdevila X, Bennourine K, Feugeas J-L, Bringuier-Branchereau S, Manelli J-C. A new inguinal approach for the obturator nerve block: anatomical and randomized clinical studies. *Anesthesiology*. 2005;103(6):1238–45.
27. Soong J, Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT. Sonographic Imaging of the Obturator Nerve for Regional Block. *Reg Anesth Pain Med*. 2007;32(2):146–51.
28. Fujiwara Y, Sato Y, Kitayama M, Shibata Y, Komatsu T, Hirota K. Obturator nerve block using ultrasound guidance. *Anesth Analg*. 2007;105:888–9.
29. Anagnostopoulou S, Kostopanagiotou G, Paraskeuopoulos T, Chantzi C, Lolis E, Saranteas T. Anatomic variations of the obturator nerve in the inguinal region: implications in conventional and ultrasound regional anesthesia techniques. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34:33–9.
30. Bircher E. Die Arthroendoskopie. *Zentralbl Chir*. 1921;48:1460–1.
31. Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc*. 2006;14:982–92.
32. Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer

- in the human knee. A biomechanical study. *J Bone Jt Surg Am.* 1980;62:259–70.
33. Kiapour AM, Wordeman SC, Paterno M V, Quatman CE, Levine JW, Goel VK, et al. Diagnostic value of knee arthrometry in the prediction of anterior cruciate ligament strain during landing. *Am J Sport Med.* 2014;42:312–9.
 34. Levine JW, Kiapour AM, Quatman CE, Wordeman SC, Goel VK, Hewett TE, et al. Clinically relevant injury patterns after an anterior cruciate ligament injury provide insight into injury mechanisms. *J Sport Med.* 2013;41:385–95.
 35. Quatman CE, Kiapour AM, Demetropoulos CK, Kiapour A, Wordeman SC, Levine JW, et al. Preferential loading of the ACL compared with the MCL during landing: a novel in sim approach yields the mul- tiplanar mechanism of dynamic valgus during ACL injuries. *Am J Sport Med.* 2014;42:177–86.
 36. Granan L, Forssblad M, Lind M, Engebretsen L. The Scandinavian ACL registries 2004-2007: baseline epidemiology. *Acta Orthop.* 2009;80:563–7.
 37. Jannssen K, Orchard J, Driscoll T, van Mechelen W. High incidence and costs for anterior cruciate ligament reconstructions performed in Australia from 2003-2004 to 2007-2008: time for anterior cruciate ligament register by Scandinavian model? *Scand J Med Sci Sport.* 2012;22:495–501.
 38. Nordenvall R, Bahmanyar S, Adami J, Stenros C, Wredmark T, Fellander-Tsai L. A population-based nationwide study of cruciate ligament injury in Sweden, 2001-2009: incidence, treatment, and sex differences. *Am J Sport Med.* 2012;40:1808–13.
 39. Webb J, Corry I. Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage. *Br J Sport Med.* 2000;34:227–8.
 40. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt E a, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* 2000;8:141–50.
 41. Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR, et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am.* 2014;42:2363–70.
 42. Parkkari J, Pasanen K, Mattila VM, Kannus P, Rimpela A. The risk for a cruciate ligament injury of the knee in adolescents and young adults: a population- based cohort study of 46 500 people with a 9 year follow-up. *Br J Sport Med.* 2008;42:422–6.
 43. Gwinn D, Wilckens J, McDevitt E, Ross G, Kao T. The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy. *Am J Sport Med.* 2000;28:98–102.
 44. Mihata L, Beutler A, Boden B. Comparing the incidence of anterior cruciate ligament injury in collegiate lacrosse, soccer, and basketball players: implications for anterior cruciate ligament mechanism and prevention. *Am J Sport Med.* 2006;34:899–904.
 45. Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic review: annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sport Med.* 2012;20:157–79.
 46. Owens B, Mountcastle S, Dunn W, DeBerardino T, Taylor D. Incidence of anterior cruciate ligament injury among active duty US military servicemen and servicewomen. *Mil Med.* 2007;172:90–1.

47. Pearle AD, McAllister D, Howell SM. Rationale for strategic graft placement in anterior cruciate ligament reconstruction: I.D.E.A.L. femoral tunnel position. *Am J Orthop*. 2015;44:253–8.
48. Hewett TE, Lindenfield TN, Riccobene J V, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sport Med*. 1999;27:699–706.
49. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, Garrett WE. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000;23:573–8.
50. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Preventing ACL injuries in Women. *J Musculoskel Med*. 2006;23:12–38.
51. Arendt EA, Agel J, Dick R. Anterior Cruciate Ligament Injury Patterns Among Collegiate Men and Women. *J Athl Train*. 1999;34:86–92.
52. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train*. 2007;42:311–9.
53. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: A 21-year population-based study. *Am J Sport Med*. 2016;44:1502–7.
54. Ford KR, Myer GD, Schmitt LC, Uhl TL, Hewett TE. Preferential quadriceps activation in female athletes with incremental increases in landing intensity. *J Appl Biomech*. 2011;27:215–22.
55. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RSJ, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study. *Am J Sport Med*. 2005;33:492–501.
56. Sankar WN, Wells L, Sennett BJ, Wiesel BB, Ganley TJ. Combined anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries in adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2006;26:733–6.
57. LaPrade RF, Wentorf FA, Fritts H, Gundry C, Hightower CD. A prospective magnetic resonance imaging study of the incidence of posterolateral and multiple ligament injuries in acute knee injuries presenting with a hemarthrosis. *Arthroscopy*. 2007;23:1341–7.
58. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sport Med*. 2006;34:299–11.
59. Tashman S. Abnormal Rotational Knee Motion During Running After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sport Med*. 2004;32:975–83.
60. Andriacchi TR, Dyrby CO. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *J Biomech*. 2005;38:293–8.
61. Andriacchi TP, Briant PL, Bevill SL, Koo S. Rotational Changes at the Knee after ACL Injury Cause Cartilage Thinning. *Clin Orthop*. 2006;442:39–44.
62. Roos H, Adalberth T, Dahlberg L, Lohmander LS. Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament or meniscus: the influence of time and age. *Osteoarthr Cartil*. 1995;3:261–7.

63. Cimino F, Volk BS, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: Diagnosis, management, and prevention. *Am Fam Physician*. 2010;82:917–22.
64. Solomon DH, Simel DL, Bates DW, Katz JN, Schaffer JL. Does This Patient Have a Torn Meniscus or Ligament of the Knee? Value of the physical examination. *JAMA*. 2001;286:1610–20.
65. Spindler KP, Wright RW. Anterior cruciate ligament tear. *N Engl J Med*. 2008;359:2135–42.
66. Crawford R, Walley G, Bridgman S, Maffuli N. Magnetic resonance imaging versus arthroscopy in the diagnosis of knee pathology, concentrating on meniscal lesions and ACL tears: a systematic review. *Br Med Bull*. 2007;84:5–23.
67. Gillquist J, Messner K. Anterior cruciate ligament reconstruction and the long-term incidence of gonarthrosis. *Sport Med*. 1999;27:143–56.
68. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sport Med*. 2007;35:1756–69.
69. Järvelä T, Paakkala T, Kannus P, Järvinen M. The incidence of patellofemoral osteoarthritis and associated findings 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patellar tendon-bone autograft. *Am J Sport Med*. 2001;29:18–24.
70. Roe J, Pinczewski LA, Russell VJ, Salmon LJ, Kawamata T, Chew M. A 7-year follow-up of patellar tendon and hamstring tendon grafts for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: differences and similarities. *Am J Sport Med*. 2005;33:1337–45.
71. Li RT, Lorenz S, Xu Y, Harner CD, Fu FH, Irrgang JJ. Predictors of radiographic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med*. 2011;39:2595–603.
72. Oiestad BE, Holm I, Aune AK, Gunderson R, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Knee function and prevalence of knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study with 10 to 15 years of follow-up. *Am J Sport Med*. 2010;38:2201–10.
73. Salmon LJ, Russell VJ, Refshauge K, Kader D, Connolly C, Linklater J, et al. Long-term outcome of endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft: minimum 13-year review. *Am J Sport Med*. 2006;34:721–32.
74. Shelbourne KD, Rowdon GA. Anterior cruciate ligament injury. The competitive athlete. *Sport Med*. 1994;17:132–40.
75. Eastlack ME, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Laxity, instability, and functional outcome after ACL injury: copers versus noncopers. *Med Sci Sport Exerc*. 1999;31:210–5.
76. Aglietti P, Giron F, Buzzi R, Biddau F, Sasso F. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. *J Bone Jt Surg Am*. 2004;86:A:2143-55.
77. Fithian DC, Paxton EW, Stone M Lou, Luetzow WF, Csintalan RP, Phelan D, et al. Prospective trial of a treatment algorithm for the management of the anterior cruciate

- ligament-injured knee. *Am J Sport Med.* 2005;33:335–46.
78. Hawkins RJ, Misamore GW, Merritt TR. Follow up of the acute nonoperated isolated anterior cruciate ligament tear. *Am J Sport Med.* 1986;14:205–10.
 79. Kannus P, Järvinen M. Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament. Long-term results. *J Bone Jt Surg Am.* 1987;(69):A:1007-12.
 80. Mizuta H, Kubota K, Shiraishi M, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K. The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. *J Bone Jt Surg Br.* 1995;77:890–4.
 81. Casteleyn PP, Handelberg F. Non-operative management of anterior cruciate ligament injuries in the general population. *J Bone Jt Surg Br.* 1996;78:446–51.
 82. Kessler MA, Behrend H, Henz S, Stutz G, Rukavina A, Kuster MS. Function, osteoarthritis and activity after ACL-rupture: 11 years follow-up results of conservative versus reconstructive treatment. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2008;16:442–8.
 83. Paschos NK, Howell SM. Anterior cruciate ligament reconstruction: principles of treatment. *EFORT Open Rev* [Internet]. 2016;1:398–408. Available from: <http://www.efortopenreviews.org/lookup/doi/10.1302/2058-5241.1.160032>
 84. Tashman S, Kolowich P, Collon D, Anderson K, Anderst W. Dynamic function of the ACL- reconstructed knee during running. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;454:66–73.
 85. McCarty LPI, Bach BRJ. Anatomy, biology and biomechanics of patellar tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Tech Orthop.* 2005;20:342–52.
 86. Karlsson J, Kartus J, Magnusson L, Larsson J, Brandsson S, Eriksson BI. Subacute versus delayed reconstruction of the anterior cruciate ligament in the competitive athlete. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 1999;7:146–51.
 87. Indelicato PA, Bittar ES. A perspective of lesions associated with ACL insufficiency of the knee. A review of 100 cases. *Clin Orthop Relat Res.* 1985;198:77–80.
 88. de Roeck NJ, Lang-Stevenson A. Meniscal tears sustained awaiting anterior cruciate ligament reconstruction. *Injury.* 2003;34:343–5.
 89. Fithian DC, Paxton LW, Goltz DH. Fate of the anterior cruciate ligament-injured knee. *Orthop Clin North Am.* 2002;33:621–36.
 90. Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A, DeCarlo M. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sport Med.* 1991;19:332–6.
 91. Noyes FR, Berrios-Torres S, Barber-Westin SD, Heckmann TP. Prevention of permanent arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction alone or combined with associated procedures: a prospective study in 443 knees. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2000;8:196–206.
 92. Wasilewski SA, Covall DJ, Cohen S. Effect of surgical timing on recovery and associated injuries after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med.* 1993;21:338–42.
 93. Dandy DJ, Edwards DJ. Problems in regaining full extension of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction: does arthrofibrosis exist? *Knee Surg Sport*

- Traumatol Arthrosc. 1994;2:76–9.
94. Marcacci M, Zaffagnini S, Iacono F, Neri MP, Peritto A. Early versus late reconstruction for anterior cruciate ligament rupture. results after five years of followup. *Am J Sport Med.* 1995;23:690–3.
 95. Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sport Med.* 2009;43:371–6.
 96. Schmitt LC, Paterno M V, Hewett TE. The impact of quadriceps femoris strength asymmetry on functional performance at return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2012;42:750–9.
 97. Grindem H, Granan LP, Risberg MA, Engebretsen L, Snyder-Mackler L, Eitzen I. How does a combined preoperative and postoperative rehabilitation programme influence the outcome of ACL reconstruction 2 years after surgery? A comparison between patients in the Delaware-Oslo ACL Cohort and the Norwegian National Knee Ligament Registry. *Br J Sport Med.* 2015;49:385–9.
 98. Feller JA, Webster KE. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med.* 2003;31:564–73.
 99. Mohtadi NGH, Chan DS, Dainty KN, Whelan DB. Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(9):CD005960.
 100. Li S, Chen Y, Lin Z, Cui W, Zhao J, Su W. A systematic review of randomized controlled clinical trials comparing hamstring autografts versus bone-patellar tendon-bone autografts for the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;(132):1287–97.
 101. Xie X, Liu X, Chen Z, Yu Y, Peng S, Li Q. A meta-analysis of bone-patellar tendon-bone autograft versus four-strand hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2015;22:100–10.
 102. Ciccotti MC, Secrist E, Tjoumakaris F, Ciccotti MG, Freedman KB. Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction via Independent Tunnel Drilling: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials Comparing Patellar Tendon and Hamstring Autografts. *Arthroscopy.* 2017;33:1062–71.
 103. Samuelsen BT, Webster KE, Johnson NR, Hewett TE, Krych AJ. Hamstring Autograft versus Patellar Tendon Autograft for ACL Reconstruction: Is There a Difference in Graft Failure Rate? A Meta-analysis of 47,613 Patients. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475:2459–68.
 104. Freedman KB, D’Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BRJ. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sport Med.* 2003;31:2–11.
 105. Kartus J, Movin T, Karlsson J. Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts. *Arthroscopy.* 2001;17:971–80.
 106. Ristanis S, Tsepis E, Giotis D, Stergiou N, Cerulli G, Georgoulis AD. Electromechanical delay of the knee flexor muscles is impaired after harvesting hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med.*

- 2009;37:2179–86.
107. Ferretti A, Conteduca F, Morelli F, Masi V. Regeneration of the semitendinosus tendon after its use in anterior cruciate ligament reconstruction: a histologic study of three cases. *Am J Sport Med.* 2002;30:204–7.
 108. Nixon RG, SeGall GK, Sax SL, Cain TE, Tullos HS. Reconstitution of the patellar tendon donor site after graft harvest. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;317:162–71.
 109. Kao JT, Giangarra CE, Singer G, Martin S. A comparison of outpatient and inpatient anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Arthroscopy.* 1995;11:151–6.
 110. Krywulak SA, Mohtadi NG, Russell ML, Sasyniuk TM. Patient satisfaction with inpatient versus outpatient reconstruction of the anterior cruciate ligament: a randomized clinical trial. *Can J Surg.* 2005;48:201–6.
 111. Bates NA, McPherson AL, Rao MB, Myer GD, Hewett TE. Characteristics of inpatient anterior cruciate ligament reconstructions and concomitant injuries. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2016;24:2778–86.
 112. Warman P, Conn D, Nicholls B, Wilkinson D. *Regional Anaesthesia, Stimulation, and Ultrasound Techniques.* 2014. 1-9
 113. De Jong R. Axillary Block of the Brachial Plexus. *Anesthesiology.* 1961;22:215–25.
 114. Casati A, Chelly JE, Lang SA, Fanelli G. Paresthesia but No Motor Response : What ' s Going On ? *Anesthesiology.* 2003;98:586.
 115. Neal JM. How Close Is Close Enough? Defining the “ Paresthesia Chad .” *Reg Anesth Pain Med.* 2001;26:97–9.
 116. Selander D, Edshage S, Wolff T. Paresthesiae or No Paresthesiae? Nerve Lesions after Axillary Blocks. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1979;23:27–33.
 117. Goldberg ME, Gregg C, Larijani GE, Norris MC, Marr AT, Seltzer Joseph L. A Comparison of Three Methods of Axillary Approach to Brachial Plexus Blockade for Upper Extremity Surgery. *Anesthesiology.* 1987;(66):814–6.
 118. Baranowski AP, Pither CE. A comparison of three methods of axillary brachial plexus anaesthesia. *Anaesthesia.* 1990;45:362–5.
 119. Middleton WJ, Knight PR, Peng P, McCartney CJL. What Is the Relationship Between Paresthesia and Nerve Stimulation for Axillary Brachial Plexus Block? *Reg Anesth Pain Med.* 2001;26:100–4.
 120. Sia S, Bartoli M, Ponsecchi P, Lepri A. Multiple-Injection Axillary Brachial Plexus Block: A Comparison of Two Methods of Nerve Localization–Nerve Stimulation Versus Paresthesia. *Anesth Analg.* 2000;91:647–51.
 121. Youssef MS, Desgrand DA. Comparison of two methods of axillary brachial plexus anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1988;60:841–4.
 122. Borah B, Engineer SR, Patel KB. A comparison of ultrasound versus paresthesia technique for supraclavicular brachial plexus block. *Int J Adv Med.* 2017;4:198–202.
 123. Brown AR. Peripheral nerve stimulator vs paresthesia. *Rev Mex Anesthesiol.* 2004;27(Supl. 1):76–82.
 124. Kiefer R. Eliciting paresthesias for peripheral nerve block: a harmful clinical standard? *Anesth Analg.* 2001;92:795–6.

125. Klein SM, Melton MS, Grill WM, Nielsen KC. Peripheral nerve stimulation in regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(4):383–92.
126. Montgomery SJ, Raj PP, Nettles D, Jenkins MT. The use of the nerve stimulator with standard unsheathed needles in nerve blockade. *Anesth Analg.* 1973;52(5):827–31.
127. Raj PP, Montgomery SJ, Nettles D, Jenkins MT. Infraclavicular Brachial Plexus Block-A new Approach. *Anesth Analg.* 1973;52:897–903.
128. Raj PP, Rosenblatt R MS. Use of the nerve stimulator for peripheral blocks. Vol. 5, *Reg Anaesth.* 1980. p. 14–21.
129. Liguori GA, Zayas VM, Yadeau JT, Kahn RL, Paroli L, Buschiazio V, et al. Nerve localization techniques for interscalene brachial plexus blockade: A prospective, randomized comparison of mechanical paresthesia versus electrical stimulation. *Anesth Analg.* 2006;103(3):761–7.
130. Clarke E. The doctrine of the hollow nerve in the seventeenth and eighteenth centuries. In: Stevenson L, Multhaus R, *Medicine, Science and Culture.* Baltimore: John Hopkins University Press; 1968. 123-141 p.
131. Clarke E. The doctrine of the hollow nerve in the seventeenth and eighteenth centuries. In: *Science and Culture.* Baltimore: Johns Hopkins University Press; 1968. p. 123–41.
132. Galvani L. De viribus electricitatis in motu musculari commentarius. *Bon Sci Art Inst Acad Comm.* 1791;7(363–418).
133. Clarke E. *Nerve Function Nineteenth-Century Origins of Neuroscientific Concepts.* Los Angeles, CA: University of California Press; 1987.
134. Pither C, Raj PP, Ford D. The use of peripheral nerve stimulators for regional anesthesia: a review of experimental characteristics, technique, and clinical applications. *Reg Anaesth.* 1985;10:49–58.
135. von Perthes G. Uker leitungsanasthesie unter zuhelfenahme elektrischerreizung. *Med Wschr.* 1912;47:2545–8.
136. Pearson RB. Nerve block in rehabilitation: a technic of needle localization. *Arch Phys Med Rehabil.* 1955;36:361–3.
137. Greenblatt GM, Denson JS. Needle Nerve Stimulator-Locator. *Anesth Analg.* 1962;41(5):599??602.
138. Magora F, Rozin R, Ben-menachem Y, Magora A. Obturator nerve block: An evaluation of technique. *Br J Anaesth.* 1969;41(8):695–8.
139. Koons R. The use of the Block-Aid Monitor and plastic intravenous cannulas for nerve blocks. *Anesthesiology.* 1969;31(3):290–1.
140. Wright B. A new use for the Block-Aid Monitor. *Anesthesiology.* 1969;30(2):236–7.
141. Chapman GM. Regional nerve block with the aid of a nerve stimulator. *Anaesthesia.* 1972;27(2):185–93.
142. Hadzic A, Vloka J, Hadzic N, Thys DM, Santos AC. Nerve stimulators used for peripheral nerve blocks vary in their electrical characteristics. *Anesthesiology.* 2003;98(4):969–74.

143. Barthram CN. Nerve stimulators for nerve location--are they all the same? A study of stimulator performance. *Anaesthesia*. 1997;52(8):761–4.
144. Jochum D, Iohom G, Diarra DP, Loughnane F, Dupré LJ, Bouaziz H. An objective assessment of nerve stimulators used for peripheral nerve blockade. *Anaesthesia*. 2006;61(6):557–64.
145. Sauter AR, Dodgson MS, Kalvøy H, Grimnes S, Stubhaug A, Klaastad Ø. Current threshold for nerve stimulation depends on electrical impedance of the tissue: A study of ultrasound-guided electrical nerve stimulation of the median nerve. *Anesth Analg*. 2009;108(4):1338–43.
146. Holsheimer J, Dijkstra EA, Demeulemeester H, Nuttin B. Chronaxie calculated from current-duration and voltage-duration data. *J Neurosci Methods*. 2000;97(1):45–50.
147. Rattay F. Ways to approximate current-distance relations for electrically stimulated fibers. *J Theor Biol*. 1987;125(3):339–49.
148. Hadzic A, Vloka J, Claudio R, Al E. Electrical nerve localization: effects of cutaneous electrode placement and duration of the stimulus on motor response. *Anesthesiology*. 2004;100:1526–30.
149. Koscielniak-Nielsen ZJ, Rassmussen H, Jepsen K. Effect of impulse duration on patients' perception of electrical stimulation and block effectiveness during axillary block in unsedated ambulatory patients. *Reg Anesth Pain Med*. 2001;26(5):428–33.
150. Wikswo JP, Lin SF, Abbas R a. Virtual electrodes in cardiac tissue: a common mechanism for anodal and cathodal stimulation. *Biophys J*. 1995;69(6):2195–210.
151. Berger J, Gravenstein J, Munson E. Electrode polarity and peripheral nerve stimulation. *Anesthesiology*. 1982;56:402–4.
152. Rosenberg H, Greenhow DE. Peripheral nerve stimulator performance: The influence of output polarity and electrode placement. *Can Anaesth Soc J*. 1978;25(5):424–6.
153. Ercole A. The effect of injectate conductivity on the electric field with the nerve stimulator needle: A computer simulation. *Anesth Analg*. 2008;107(4):1427–32.
154. Tsui BCH, Wagner A, Finucane B. Electrophysiologic effect of injectates on peripheral nerve stimulation. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29(3):189–93.
155. Sung DH. Locating the target nerve and injectate spread in rabbit sciatic nerve block. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29(3):194–200.
156. Rigaud M, Filip P, P L, Al E. Guidance of block needle insertion by electrical nerve stimulation: a pilot study of the resulting distribution of injected solution in dogs. *Anesthesiology*. 2008;109:473–8.
157. Tsai TP, Vuckovic I, Dilberovic F, Obhodzas M, Kapur E, Divanovic KA, et al. Intensity of the Stimulating Current May Not Be a Reliable Indicator of Intraneural Needle Placement. *Reg Anesth Pain Med*. 2008;33(3):207–10.
158. Bigeleisen PE, Moayeri N, Groen GJ. Extraneural versus intraneural stimulation thresholds during ultrasound-guided supraclavicular block. *Anesthesiology*. 2009;110(6):1235–43.
159. Dufour E, Cymerman A, Nourry G, Balland N, Couturier C, Liu N, et al. An ultrasonographic assessment of nerve stimulation-guided median nerve block at the

- elbow: A local anesthetic spread, nerve size, and clinical efficacy study. *Anesth Analg.* 2010;111(2):561–7.
160. Robards C, Hadzic A, Somasundaram L, Iwata T, Gadsden J, Xu D, et al. Intraneural injection with low-current stimulation during popliteal sciatic nerve block. *Anesth Analg.* 2009;109(2):673–7.
 161. Sala Blanch X, López AM, Carazo J, Hadzic A, Carrera A, Pomés J, et al. Intraneural injection during nerve stimulator-guided sciatic nerve block at the popliteal fossa. *Br J Anaesth.* 2009;102(6):855–61.
 162. Voelckel WG, Klima G, Krismer AC, Haslinger C, Stadlbauer KH, Wenzel V, et al. Signs of inflammation after sciatic nerve block in pigs. *Anesth Analg.* 2005;101(6):1844–6.
 163. Kalvøy H, Frich L, Grimnes S, Martinsen OG, Hol PK, Stubhaug A. Impedance-based tissue discrimination for needle guidance. *Physiol Meas.* 2009;30(2):129–40.
 164. Perlas A, Niazi A, McCartney C, Chan V, Xu D, Abbas S. The Sensitivity of Motor Response to Nerve Stimulation and Paresthesia for Nerve Localization As Evaluated by Ultrasound. *Reg Anesth Pain Med.* 2006;31(5):445–50.
 165. Grill WM. Modeling the effects of electric fields on nerve fibers : influence of tissue electrical properties Modeling the Effects of Electric Fields on Nerve Fibers : Influence of Tissue Electrical Properties. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1999;46:918–28.
 166. Geddes LA, Baker LE. THE SPECIFIC RESISTANCE OF BIOLOGICAL MATERIAL -- A COMPENDIUM OF DATA FOR THE BIOMEDICAL ENGINEER AND PHYSIOLOGIST * t. *Med Biol Eng.* 1967;5:271–93.
 167. Johnson CR, Ph D, Barr RC, Ph D, Klein SM. A Computer Model of Electrical Stimulation of Peripheral Nerves in Regional Anesthesia. *Anesthesiology.* 2007;106:323–30.
 168. Cantrell MB, Grill WM, Ph D, Klein SM. Computer-based Finite Element Modeling of Insulated Tuohy Needles Used in Regional Anesthesia. *Anesthesiology.* 2009;110:1229–34.
 169. Schmalbruch H. Fiber Composition of the Rat Sciatic Nerve. *Anat Rec.* 1986;215:71–81.
 170. Moayeri N, Bigeleisen PE, Groen GJ, Ph D. Quantitative Architecture of the Brachial Plexus and Surrounding Compartments , and Their Possible. *Anesthesiology.* 2008;108:299–304.
 171. Moayeri N, Groen GJ. Differences in Quantitative Architecture of Sciatic Nerve May Explain Differences in Potential Vulnerability to Nerve Injury , Onset Time , and Minimum Effective Anesthetic. *Anesthesiology.* 2009;111:1128–34.
 172. Sharma AK, Thomas PK. Peripheral Nerve Structure and Function in Experimental Diabetes. *J Neurol Sci.* 1974;(23):1–15.
 173. Sites BD, Gallagher J, Sparks M. Ultrasound-Guided Popliteal Block Demonstrates an Atypical Motor Response to Nerve Stimulation in 2 Patients With Diabetes Mellitus. *Reg Anesth Pain Med.* 2003;28:479–82.
 174. Szerb J, Persaud D. Long current impulses may be required for nerve stimulation in patients with ischemic pain. *Can J Anaesth.* 2005;52:963–6.

175. Edler I, Lindstrom K. The history of echocardiography. *Ultrasound Med Biol.* 2004;30:1565–644.
176. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Kettner SC, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 1. *Br J Anaesth.* 2010;104:538–46.
177. Grange L, Foster P, Pretorius L. Application of the Doppler ultrasound bloodflow detector in supraclavicular brachial plexus block. *BJA.* 1978;50:965–7.
178. Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. Ultrasound-Guided Supraclavicular Approach for Regional Anesthesia of the Brachial Plexus. *Anesth Analg.* 1994;78:507–13.
179. Wynd KP, Smith HM, Jacob AK, Torsher LC, Kopp SL, Hebl JR. Ultrasound Machine Comparison: an evaluation of ergonomic design, data management, ease of use, and image quality. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:349–56.
180. Chan V, Perlas A. Basics of ultrasound Imaging. In: *Atlas of ultrasound-guided procedures in interventional pain management.* Springer New York; 2011. p. 13–9.
181. Kossoff G, Eng DS. Basic Physics and Imaging Characteristics of Ultrasound. *World J Surg.* 2000;24:134–42.
182. Arbona FL, Khabiri B, Norton JA. Ultrasound Basics for the Busy Novice Practitioner. *Int Anesthesiol Clin.* 2011;49:34–51.
183. Sites BD, Brull R, Chan VWS, Spence BC, Gallagher J, Beach ML, et al. Artifacts and Pitfall Errors Associated With Ultrasound-Guided Regional Anesthesia . Part I : Understanding the Basic Principles of Ultrasound Physics and Machine Operations. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32:412–8.
184. Maecken T, Zenz M, Grau T. Ultrasound characteristics of needles for regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32:440–7.
185. Kremkau FW, Taylor KJW. Artifacts in Ultrasound Imaging. *J Ultrasound M.* 1986;5:227–37.
186. Antonakakis JG, Sites B. The 5 Most Common Ultrasound Artifacts Encountered During Ultrasound-guided Regional Anesthesia. *Int Anesthesiol Clin.* 49:52–66.
187. Henderson M, Dolan J. Challenges , solutions , and advances in ultrasound-guided regional anaesthesia. *BJA Educ.* 2016;16:374–80.
188. Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, Forkheim KE, Mayo JR. Traumatic Pneumothorax Detection with Thoracic US : Correlation with Chest Radiography and CT — Initial experience. *Radiology.* 2002;225:210–4.
189. Sites BD, Macfarlane AJR, Sites PVR, Naraghi AM, Chan VWS, Antonakakis JG, et al. Clinical Sonopathology for the Regional Anesthesiologist: part 2: bone, viscera, subcutaneous tissue and foreign bodies. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:281–9.
190. Sites BD, Brull PR, Chan VWS, Spence BC, Gallagher J, Beach ML, et al. Artifacts and Pitfall Errors Associated With Ultrasound-Guided Regional Anesthesia Part II : A Pictorial Approach to Understanding and Avoidance. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32:419–33.
191. Gray AT, Schafhalter-Zoppoth I. “Bayonet Artifact” during Ultrasound-guided Transarterial Axillary Block. *Anesthesiolog.* 2005;102:1291–2.
192. Gonano C, Kettner SC, Ernstbrunner M, Schebesta K, Chiari A, Marhofer P.

- Comparison of economical aspects of interscalene brachial plexus blockade and general anaesthesia for arthroscopic shoulder surgery. *BJA*. 2009;103(3):428–33.
193. Sites BD, Chan VW, Neal JM, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen ZJ, et al. The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee Recommendations for Education and Training in Ultrasound-Guided Regional Anesthesia. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35:S74–80.
 194. Gray AT. Ultrasound-guided Regional Anesthesia. Current state of the art. *Anesthesiology*. 2006;104:368–73.
 195. Marhofer P, Chan VWS. Ultrasound-guided regional anesthesia: current concepts and future trends. *Anesth Analg*. 2007;104:1265–9.
 196. Sites BD, Brull R. Ultrasound guidance in peripheral regional anesthesia: philosophy, evidence-based medicine, and techniques. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2006;19(6):630–9.
 197. American College of Emergency Physicians. ACEP Emergency Ultrasound Guidelines – 2001. *Ann Emerg Med*. 2001;38:470–81.
 198. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, et al. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovasc. *Anesth Analg*. 1999;89:870–84.
 199. Final appraisal determination: ultrasound location devices for placing central venous catheters. National Institute of Health and Clinical Excellence. 2002 [cited 2017 Nov 13]. Available from: <http://www.nice.org.uk>
 200. Minimum training guidelines. European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology.
 201. Hebard S, Hocking G. Echogenic Technology Can Improve Needle Visibility During Ultrasound-Guided Regional Anesthesia. *Reg Anesth Pain Med*. 2011;36:185–9.
 202. Lockwood H, McLeod G. The Stresses and Strains of Ultrasound-Guided Regional Anaesthesia. *Int J Clin Anesth*. 2013;1:1007.
 203. Gebhard RE, Eubanks TN, Meeks R. Three-dimensional ultrasound imaging. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2015;28:583–7.
 204. NM D, W H-G. Location, location, location! Ultrasound imaging in regional anaesthesia. *BJA*. 2005;94:1–3.
 205. Kapral S, Greher M, Huber G, Willschke H, Kettner S, Kdolsky R, et al. Ultrasonographic Guidance Improves the Success Rate of Interscalene Brachial Plexus Blockade. *Reg Anesth Pain Med*. 2008;33:253–8.
 206. Marhofer P, Sitzwohl C, Greher M, Kapral S. Ultrasound guidance for infraclavicular brachial plexus anaesthesia in children. *Anaesthesia*. 2004;59:642–6.
 207. Perlas A, Brull R, VW C, McCartney C, Nuica A, Abbas S. Ultrasound Guidance Improves the Success of Sciatic Nerve Block at the Popliteal Fossa. *Reg Anesth Pain Med*. 2008;33:259–65.
 208. Perlas A, Lobo G, Lo N, Brull R, Chan VWS, Karkhanis R. Ultrasound-Guided

- Supraclavicular Block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:171–6.
209. Redborg KE, Antonakakis JG, Beach ML, Chinn CD, Sites BD. Ultrasound Improves the Success Rate of a Tibial Nerve Block at the Ankle. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:256–60.
 210. Oberndorfer U, Marhofer P, Bosenberg A, Willschke H, Felfernig M, Weintraud S, et al. Ultrasonographic guidance for sciatic and femoral nerve. *BJA.* 2007;98:797–801.
 211. Danelli G, Fanelli A, Ghisi D, Moschini E, Rossi M, Ortu A, et al. Ultrasound vs nerve stimulation multiple injection technique for posterior popliteal sciatic nerve block. *Anaesthesia.* 2009;64:638–42.
 212. Liu SS, Zayas VM, Gordon MA, Beathe JC, Maalouf DB, Paroli L, et al. A Prospective , Randomized , Controlled Trial Comparing Ultrasound Versus Nerve Stimulator Guidance for Interscalene Block for Ambulatory Shoulder Surgery for Postoperative Neurological Symptoms. *Anesth Analg.* 2009;109:265–71.
 213. Tedore TR, YaDeau JT, Maalouf DB, Weiland AJ, Tong-ngork S, Wukovits PB, et al. Comparison of the Transarterial Axillary Block and the Ultrasound-Guided Infraclavicular Block for Upper Extremity Surgery. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:361–5.
 214. Chan E, Fransen M, Parker D, Assam P, Chua N. Femoral nerve blocks for acute postoperative pain after knee replacement surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;13:CD009941.
 215. Touray ST, De Leeuw MA, Zuurmond WWA, Perez RSGM. Psoas compartment block for lower extremity surgery: A meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2008;101(6):750–60.
 216. Ullah H, Samad K, Khan F. Continuous interscalene brachial plexus block versus parenteral analgesia for postoperative pain relief after major shoulder surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;4:CD007080.
 217. Fredrickson MJ, Ball PCM, Dalglish AJ. Analgesic effectiveness of a continuous versus single-injection interscalene block for minor arthroscopic shoulder surgery. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:28–33.
 218. Xu J, Chen XM, Ma CK, Wang XR. Peripheral nerve blocks for postoperative pain after major knee surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;12:CD010937.
 219. Hughes MS, Matava MJ, Wright RW, Brophy RH, Smith M V. Interscalene brachial plexus block for arthroscopic shoulder surgery: a systematic review. *J Bone Jt Surg Am.* 2013;95:1318–25.
 220. Liu SS, Wyndam MS, Richman JM, Wu CL. A Comparison of Regional Versus General Anesthesia for Ambulatory Anesthesia: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Anesth Analg.* 2005;101:1634–42.
 221. McCartney CJL, Brull R, Chan VWS, Katz J, Abbas S, Graham B, et al. Early but No Long-term Benefit of Regional Compared with General Anesthesia for Ambulatory Hand Surgery. *Anesthesiology.* 2004;101:461–7.
 222. Bates C, Laciak R, Southwick A, Bishoff J. Overprescription of Postoperative Narcotics : A Look at Postoperative Pain Medication Delivery , Consumption and Disposal in Urological Practice. *J Urol [Internet].* 2011;185:551–5. Available from:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2010.09.088>

223. Liu Q, Chelly J, Williams J, Gold M. Impact of peripheral nerve block with low dose local anesthetics on analgesia and functional outcomes following total knee arthroplasty: a retrospective study. *Pain Med.* 2015;16:998–1006.
224. Lenart MJ, Wong K, Gupta RK, Mercaldo ND, Schildcrout JS, Michaels D, et al. The Impact of Peripheral Nerve Techniques on Hospital Stay Following Major orthopedic surgery. *Pain Med.* 2012;13:828–34.
225. Lin E, Choi J, Hadzic A. Peripheral nerve blocks for outpatient surgery : evidence-based indications. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2013;26:467–74.
226. Salinas F V., Joseph RS. Peripheral Nerve Block Techniques for Ambulatory Surgery. *Anesthesiol Clin.* 2014;32:341–55.
227. Klein SM, Evans H, Nielsen KC, Tucker MS, Warner DS, Steele SM. Peripheral nerve block techniques for ambulatory surgery. *Anesth Analg.* 2005;101(6):1663–76.
228. Chan VWS, Peng PWH, Kaszas Z, Middleton WJ, Muni R, Anastakis DG, et al. A Comparative Study of General Anesthesia, Intravenous Regional Anesthesia, and Axillary Block for Outpatient Hand Surgery: Clinical Outcome and Cost Analysis. *Anesth Analg.* 2001;93:1181–4.
229. O'Donnell BD, Iohom G. Regional anesthesia techniques for ambulatory orthopedic surgery. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2008;21:723–8.
230. Girish J, Gandhi K, Shah N, Gadsden J, Corman SL. Peripheral nerve blocks in the management of postoperative pain: challenges and opportunities. *J Clin Anesth.* 2016;35:524–9.
231. Srikumar U, Stein BE, Tan EW, Freehill MT, Wilckens JH. Upper-Extremity Peripheral Nerve Blocks in the Perioperative Pain Management of Orthopaedic Patients. *J Bone Jt Surg Am.* 2013;e197(1-13).
232. Patel NJ, Flashburg MH, Grossman R, Paskin S. A Regional Anesthetic Technique Compared to General Anesthesia for Outpatient Knee Arthroscopy. *Anesth Analg.* 1986;65:185–7.
233. Hadzic A, Karaca PE, Hobeika P, Unis G, Dermksian J, Yufa M, et al. Peripheral Nerve Blocks Result in Superior Recovery Profile Compared with General Anesthesia in Outpatient Knee Arthroscopy. *Anesth Analg.* 2005;100:976–81.
234. Abrahams MS, Aziz MF, Fu RF, Horn J. Ultrasound guidance compared with electrical neurostimulation for peripheral nerve block : a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BJA.* 2009;102:408–17.
235. Widmer B, Lustig S, Scholes CJ, Molloy A, Leo SPM, Coolican MRJ, et al. Incidence and severity of complications due to femoral nerve blocks performed for knee surgery. *Knee.* 2013;20:181–5.
236. Compere V, Rey N, Baert O, Ouennich A, Fourdrinier V, Roussignol X, et al. Major complications after 400 continuous popliteal sciatic nerve blocks for post-operative analgesia`. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2009;53:339–45.
237. Liguori GA. Complications of Regional Anesthesia Nerve Injury and Peripheral Neural Blockade. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2004;16:84–6.

238. Brull R, McCartney CJL, Chan VWS. Neurological complications after regional anesthesia : contemporary estimates of risk. *Anesth Analg.* 2007;104:965–74.
239. Fredrickson MJ, Kilfoyle DH. Neurological complication analysis of 1000 ultrasound guided peripheral nerve blocks for elective orthopaedic surgery: A prospective study. *Anaesthesia.* 2009;64(8):836–44.
240. Barrington MJ, Watts SA, Gledhill SR, Thomas RD, Said SA, Snyder GL, et al. Preliminary results of the Australasian Regional Anaesthesia Collaboration: a prospective audit of more than 7000 peripheral nerve and plexus blocks for neurologic and other complications. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:534–41.
241. Jeng CL, Rosenblatt MA. Intra-neural injections and regional anesthesia: the known and the unknown. *Minerva Anesthesiol.* 2011;77:54–8.
242. Lupu CM, Kiehl T, Chan VWS, El-beheiry H, Madden M, Brull R. Nerve Expansion Seen on Ultrasound Predicts Histologic But Not Functional Nerve Injury After Intra-neural Injection in Pigs. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:132–9.
243. Barrington MJ, Snyder GL. Neurologic complications of regional anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2011;24:554–60.
244. Morau D, Ahern S. Management of Local Anesthetic Toxicity. *Int Anesth Clin.* 2010;48:117–40.
245. Jeng CL, Torrillo TM, Rosenblatt M. Complications of peripheral nerve blocks. *Br J Anaesth* [Internet]. 2010;105 Suppl:i97-107. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21148659>
246. Neal JM, Bernardis CM, Butterworth JF, Di Gregorio G, Drasner K, Hejtmanek MR, et al. ASRA practice advisory on local anesthetic systemic toxicity. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35(2):152–61.
247. Weinberg GL. Treatment of Local Anesthetic Systemic Toxicity (LAST). *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:188–93.
248. Sim IW, Webb T. Anatomy and anaesthesia of the lumbar somatic plexus. *Anaesth Intensive Care.* 2004;32(2):178–87.
249. Chayen D, Nathan H, Chayen M. The psoas compartment block. *Anesthesiology.* 1976;45:95–9.
250. Dietemann JL, Sick H, Wolfram-Gabel R, Cruz da Silva R, Koritke JG, Wackenheim A. Anatomy and computed tomography of the normal lumbosacral plexus. *Neuroradiology.* 1987;29:58–68.
251. Farny J, Girard M, Drolet P. Posterior approach to the lumbar plexus combined with a sciatic nerve block using lidocaine. *Can J Anaesth* [Internet]. 1994;41:486–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8069988>
252. Winnie AP, Ramamurthy S, Durrani Z, Radonjic R. Plexus blocks for lower extremity surgery. *Anesth Rev.* 1974;1:11–6.
253. Wedel DJ, Brown DL. Nerve blocks. In: Miller RD, *Anesthesia.* 3rd ed. New York: Churchill Livingstone; 1990. p. 1407–37.
254. Mannion S. Psoas compartment block. *Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain.* 2007;7(5):162–6.
255. Mannion S, O’Donnell B. Obturator nerve blockade following “3-in-1” block -

- The role of motor assessment [15]. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2006;50(5):645.
256. Hullander M, Spillane W, Leivers D, Balsara Z. The use of Doppler ultrasound to assist with sciatic nerve blocks. *Reg Anaesth*. 1991;(16):282–4.
257. Gardner E. The innervation of the knee joint. *Anat Rec*. 1948;101:109–30.
258. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sport Med*. 1982;10(6):329–35.
259. Bendtsen TF, Moriggl B, Chan V, Borglum J. The Optimal Analgesic Block for Total Knee Arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med*. 2016;41(6):711–9.
260. Hirasawa Y, Okajima S, Ohta M, Tokioka T. Nerve distribution to the human knee joint: anatomical and immunohistochemical study. *Int Orthop*. 2000;24(1):1–4.
261. Choi W, Hwang S, Song J, Leem J, Kang Y, Park P. Radiofrequency treatment relieves chronic knee osteoarthritis pain : A double-blind randomized controlled trial. *Pain*.
262. Franco CD, Buvanendran A, Petersohn JD, Menzies RD, Menzies LP. Innervation of the Anterior Capsule of the Human Knee. Implications for Radiofrequency Ablation. *Reg Anesth Pain Med*. 2015;40(4):363–8.
263. Dellon AL. Partial Joint Denervation II : Knee and Ankle. *Plast Reconstr Surg*. 2009;123(1):208–17.
264. Horner G, Dellon AL. Innervation of the Human Knee Joint and Implications for Surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(301):221–6.
265. Valls JMO, Vallejo R, Pais PL, Soto E, Rodríguez DT, Cedeño DL, et al. Anatomic and Ultrasonographic Evaluation of the Knee Sensory Innervation. A Cadaveric Study to Determine Anatomic Targets in the Treatment of Chronic Knee Pain. *Reg Anesth Pain Med*. 2017;42(1):90–8.
266. Laurant DB, Peng P, Arango LG, Niazi AU, Chan VWS, Agur A, et al. The Nerves of the Adductor Canal and the Innervation of the Knee. An Anatomic Study. *Reg Anesth Pain Med*. 2016;41(3):321–7.
267. Dalens B, Vanneuville G, Tanguy A. Comparison of the Fascia Iliaca Compartment Block with the 3-in-1 Block in Children. *Anesth Analg*. 1989;69(6):705–13.
268. Mannion S, Barrett J, Kelly D, Murphy DB, Shorten GD. A description of the spread of injectate after psoas compartment block using magnetic resonance imaging. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30(6):567–71.
269. Awad IT, Duggan EM. Posterior lumbar plexus block: Anatomy, approaches, and techniques. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30(2):143–9.
270. Capdevila X, Macaire P, Dadure C, Choquet O, Biboulet P, Ryckwaert Y, et al. Continuous psoas compartment block for postoperative analgesia after total hip arthroplasty: new landmarks, technical guidelines, and clinical evaluation. *Anesth Analg*. 2002;94(6):1606–13.
271. de Visme V, Picart F, Le Jouan R, A L, Savry C, Morin V. Combined lumbar and sacral plexus block compared with plain bupivacaine spinal anesthesia for hip fractures in the elderly. *Reg Anesth Pain Med*. 2000;25(2):158–62.
272. Hanna M, Peat S, D’Costa F. Lumbar plexus block: an anatomical study. *Anaesthesia*. 1993;48:675–8.

273. Parkinson SK, Mueller JB, Little WL, Bailey SL. Extent of blockade with various approaches to the lumbar plexus. *Anesth Analg*. 1989;68(3):243–8.
274. Winnie AP, Ramamurthy S, Durrani Z. The inguinal paravascular technic of lumbar plexus anesthesia: The “3-in-1 block”. *Anesth Analg*. 1973;52(6):989–96.
275. Aida S, Takahashi H, Shimoji K. Renal subcapsular hematoma after lumbar plexus block. *Anesthesiology*. 1996;84:452–5.
276. Pousman RM, Mansoor Z, Sciard D. Total spinal anesthetic after continuous posterior lumbar plexus block. *Anesthesiology*. 2003;98:1281–2.
277. Lumbar Plexus Block [Internet]. Available from: <https://www.nysora.com/lumbar-plexus-block>
278. Njathi CW, Johnson RL, Laughlin RS, Schroeder DR, Jacob AK, Kopp SL. Complications After Continuous Posterior Lumbar Plexus Blockade for Total Hip Arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med*. 2017;42:446–50.
279. Capdevila X, Pirat P BS et al. Continuous peripheral nerve blocks in hospital wards after orthopedic surgery. *Anesthesiology*. 2005;103:1035–45.
280. Wiegel M, Gottschaldt U, Hennebach R, Hirschberg T, Reske A. Complications and adverse effects associated with continuous peripheral nerve blocks in orthopedic patients. *Anesth Analg*. 2007;104:1578–82.
281. Kopp SL, Berbari EF, Osmon DR, Schroeder DR, Hebl JR, Horlocker TT, et al. The impact of anesthetic management on surgical site infections in patients undergoing total knee or total hip arthroplasty. *Anesth Analg*. 2015;121:1215–21.
282. Warner NS, Duncan CM, Kopp SL. Acute Retroperitoneal Hematoma After Psoas Catheter Placement in a Patient with Myeloproliferative Thrombocytosis and Aspirin Therapy. *A A Case Rep*. 2016;6:28–30.
283. Jacob AK, Mantilla CB, Sviggum HP, Schroeder DR, Pagnano MaW, Hebl JR. Perioperative nerve injury after total hip arthroplasty: regional anesthesia risk during a 20-year cohort study. *Reg Anesth Pain Med*. 2011;115:1172–8.
284. Welch MB, Brummett CM, Welch TD, Tremper KK, Shanks AM, Guglani P, et al. Perioperative peripheral nerve injuries. A retrospective study of 380,680 cases during a 10-year period at a single institution. *Anesthesiology*. 2009;111:490–7.
285. Breslin DS, Martin G, MacLeod DB, D’Ercole F, Grant SA. Central nervous system toxicity following the administration of levobupivacaine for lumbar plexus block: A report of two cases. *Reg Anesth Pain Med*. 2003;28(2):144–7.
286. Mullanu C, Gaillat F, Scemama F, Thibault S, Lavand’homme P, Auffray J. Acute toxicity of local anesthetic ropivacaine and mepivacaine during a combined lumbar plexus and sciatic block for hip surgery. *Acta Anaesthesiol Belg*. 2002;53:221–3.
287. Odoom JA, Zuurmond WWA, SIH IL, Bovill J, Osterlof G, Oosting H V. Plasma bupivacaine concentrations following psoas compartment block. *Anaesthesia*. 1986;41(2):155–8.
288. Huet O, Eyolle LJ, Mazoit JX, Ozier YM. Cardiac Arrest after Injection of Ropivacaine for Posterior Lumbar Plexus Blockade. *Anesthesiology*. 2003;99:1451–3.
289. Stevens R, Van Gessel E, Flory N, Fournier R, Zdravko G. Lumbar plexus block

- reduces pain and blood loss associated with total hip arthroplasty. *Anesthesiology*. 2000;93:115–21.
290. Biboulet P, Morau D, Aubas P, Bringuier-Branchereau S, Capdevila X. Postoperative Analgesia after Total-Hip Arthroplasty: Comparison of Intravenous Patient-Controlled Analgesia with Morphine and Single Injection of Femoral Nerve or Psoas Compartment Block. A Prospective, Randomized, Double-Blind Study. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29:102–9.
 291. Tokat O, Türker YG, Uckunkaya N, Yilmazlar A. A clinical comparison of psoas compartment and inguinal paravascular blocks combined with sciatic nerve block. *J Int Med Res*. 2002;30:161–7.
 292. Dalens B, Tanguy A, Vanneuville G. Lumbar Plexus Block in Children: A Comparison of Two Procedures in 50 Patients. *Anesth Analg*. 1988;67:750–8.
 293. Chayen D, Nahan F, Chayen M. The psoas compartment block. *J Am Soc Anesthesiol*. 1976;1(45(1)):95–9.
 294. Winnie AP, Ramamurthy S, Durrani Z, Radonjic R. Plexus blocks for lower extremity surgery. *Anesth Rev*. 1974;1(6):11–6.
 295. Muravchick S, Owens WD. An unusual complication of lumbosacral plexus block: a case report. *Anesth Analg*. 1976;55(3):350–2.
 296. De Biasi P, Lupescu R, Burgun G, Lascurain P, Gaertner E. Continuous lumbar plexus block: Use of radiography to determine catheter tip location. *Reg Anesth Pain Med*. 2003;28:135–9.
 297. Klein SM, D'Ercole F, Greengrass RA, Warner DS. Enoxaparin associated with psoas hematoma and lumbar plexopathy after lumbar plexus block. *Anesthesiology*. 1997;87:1576–9.
 298. Weller RS, Gerancher JC, Crews JC, Wade KL. Extensive retroperitoneal hematoma without neurologic deficit in two patients who underwent lumbar plexus block and were later anticoagulated. *Anesthesiology*. 2003;98(2):581–5.
 299. Weller RS, Gerancher JC, Crews JC, Wade KL. Extensive retroperitoneal hematoma without neurologic deficit in two patients who underwent lumbar plexus block and were later anticoagulated. *Anesthesiology*. 2003;98:581–5.
 300. Capdevila X, Coimbra C, Choquet O. Approaches to the lumbar plexus: Success, risks, and outcome. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30(2):150–62.
 301. Auroy Y, Narchi P, Messiah A, Litt L, Rouvie B, Samii K. Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. *Anesthesiology*. 1997;87:479–86.
 302. Litz RJ, Vicent O, Wiessner D, Heller AR. Misplacement of a Psoas Compartment Catheter in the Subarachnoid Space. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29:60–4.
 303. Salinas F V., Neal JM, Sueda LA, Kopacz DJ, Liu SS. Prospective comparison of continuous femoral nerve block with nonstimulating catheter placement versus stimulating catheter-guided perineural placement in volunteers. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29:212–20.
 304. Pham-Dang C, Kick O, Collet T, Gouin F, Pinaud M. Continuous peripheral nerve blocks with stimulating catheters. *Reg Anesth Pain Med*. 2003;28:83–8.

305. Kirchmair L, Entner T, Moriggl B, Kapral S, Mitterschiffthaler G. A Study of the Paravertebral Anatomy for Ultrasound-Guided Posterior Lumbar Plexus Block. *Anesth Analg.* 2001;93:477–81.
306. Chin KJ, Perlas A. Ultrasonography of the lumbar spine for neuraxial and lumbar plexus blocks. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2011;24:567–72.
307. Kirchmair L, Entner T, Kapral S, Mitterschiffthaler G. Ultrasound Guidance for the Psoas Compartment Block: An Imaging Study. *Anesth Analg.* 2002;94:706–10.
308. Karmakar MK, Ho AMH, Li X, Kwok WH, Tsang K, Ngan Kee WD. Ultrasound-guided lumbar plexus block through the acoustic window of the lumbar ultrasound trident. *Br J Anaesth.* 2008;100:533–7.
309. Karmakar MK, Li JW, Kwok WH, Soh E, Hadzic A. Sonoanatomy Relevant for Lumbar Plexus Block in Volunteers Correlated With Cross-sectional Anatomic and Magnetic Resonance Images. *Reg Anaesth.* 2013;38:391–7.
310. Karmakar MK, Li JW, Kwok WH, Hadzic A. Ultrasound-guided lumbar plexus block using a transverse scan through the lumbar intertransverse space: a prospective case series. *Reg Anesth Pain Med.* 2015;40:75–81.
311. Salinas F V. Evidence Basis for Ultrasound Guidance for Lower-Extremity Peripheral Nerve Block Grades of Recommendation. *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41:261–74.
312. Salviz EA, Yavuz G, Muran T, Buluc L. Ultrasound-guided psoas compartment block and general anesthesia for arthroscopic knee surgery: a case report. *Agri.* 2014;26:34–8.
313. Karmakar MK, Li JW, Kwok WH, Soh E, Hadzic A. Sonoanatomy relevant for lumbar plexus block in volunteers correlated with cross-sectional anatomic and magnetic resonance images. *Reg Anesth Pain Med.* 2013;38(5):391–7.
314. Morimoto M, Kim JT, Popovic J, Jain S, Bekker A. Ultrasound-Guided Lumbar Plexus Block for Open Reduction and Internal Fixation of Hip Fracture. *Pain Pr.* 2006;6:124–6.
315. Kirchmair L, Enna B, Mitterschiffthaler G, Moriddi B, Greher M, Marhofer P, et al. Lumbar Plexus in Children A Sonographic Study and Its Relevance to Pediatric Regional Anesthesia. *Anesthesiology.* 2004;101:445–50.
316. Ilfeld BM, Loland VJ, Mariano ER. Prepuncture Ultrasound Imaging to Predict Transverse Process and Lumbar Plexus Depth for Psoas Compartment Block and Perineural Catheter Insertion: A Prospective, Observational Study. *Anesth Analg.* 2010;110:1725–8.
317. Szucs S, Morau D, Iohom G. Femoral nerve blockade. *Med Ultrason.* 2010;12:139–44.
318. Salinas F V. Ultrasound and Review of Evidence for Lower Extremity Peripheral Nerve Blocks. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:S16–25.
319. Ilfeld BM, Loland VJ, Sandhu NS, Suresh PJ, Bishop MJ, Donohue MC. Continuous femoral nerve block: the impact of catheter tip location relative to the femoral nerve (anterior versus posterior) on quadriceps weakness and cutaneous sensory block. *Anesth Analg.* 2012;115(4):721–7.

320. Szucs S, Morau D, Sultan SF, Iohom G, Shorten G. A comparison of three techniques (local anesthetic deposited circumferential to vs. above vs. below the nerve) for ultrasound guided femoral nerve block. *BMC Anesth.* 2014;14:article 6.
321. Ruiz A, Sala-Blanch X, Martinez-Ocon J, Carretero MJ, Sanchez-Etayo G, Hadzic A. Incidence of intraneural needle insertion in ultrasound-guided femoral nerve block : a comparison between the out-of-plane versus the in-plane approaches. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2014;61:71–7.
322. Ghisi D, Delaunay L, Fanelli A. Use of ultrasound for lower extremity. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2014;27(5):528–37.
323. Labat G. *Regional Anesthesia: Its Technic and Clinical Application.* 1st ed. Philadelphia: PA: WB Saunders; 1922.
324. Gjessing J, Harley N. Sciatic and femoral nerve block with mepivacaine for surgery on the lower limb. *Anaesthesia.* 1969;24:213–8.
325. Moore DC. *Regional Anesthesia.* Springfield, Charles C Thonas Publisher; 1981. 279-81 p.
326. Winnie AP. Regional anesthesia. *Surg Clin Norh Am.* 1975;55:861–92.
327. Chang PC, Lang SA, Yip RW. Reevaluation of the sciatic nerve block. *Reg Anesth.* 1993;18:18–23.
328. Franco CD. Posterior approach to the sciatic nerve in adults: Is Euclidean geometry still necessary? *Anesthesiology.* 2003;98:723–8.
329. Raj PP, Parks RI, Watson TD, Jenkins MT. A new single-posterior supine approach to sciatic-femoral nerve block. *Anesth Analg.* 1975;54:489–94.
330. Ichiyanagi K. Sciatic nerve block: Lateral approach with patient supine. *Anesthesiology.* 1959;20:601–4.
331. Beck GP. Anterior sciatic nerve block. *Anesthesiology.* 1963;24:222–4.
332. Magora F, Pessachovitch B, Shoham I. Sciatic nerve block by the anterior approach for operations on the lower extremity. *Br J Anaesth.* 1974;46:121–3.
333. Karmakar MK, Kwok WH, Ho AM, Tsang K, Chui PT, Gin T. Ultrasound-guided sciatic nerve block: Description of a new approach at the subgluteal space. *Br J Anaesth.* 2007;98(3):390–5.
334. Wassef MR. Interadductor approach to obturator nerve blockade for spastic conditions of adductor thigh muscles. *Reg Anesth.* 1993;18:13–7.
335. Pladzyk K, Jureczko L, Łazowski T. Over 500 obturator nerve blocks in the lithotomy position during transurethral resection of bladder tumor. *Cent Eur J Urol.* 2012;65:67–70.
336. Lang SA, Yip RW, Chang PC, Gerard MA. “The femoral 3-in-1 block revisited”. *J Clin Anesth.* 1993;5:292–6.
337. Jochum D, Iohom G, Choquet O, Macalou D, Ouologuem S, Meuret P, et al. Adding a selective obturator nerve block to the parasacral sciatic nerve block: An evaluation. *Anesth Analg.* 2004;99:1544–9.
338. Woodburne R. The accessory obturator nerve and the innervation of the pectineus muscle. *Anat Rec.* 1960;(136):367–9.

339. Akkaya T, Comert A, Kendir S, Acar HI, Gumus H, Tekdemir I, et al. Detailed anatomy of accessory obturator nerve blockade. *Minerva Anesthesiol.* 2008;74:119–22.
340. Sinha SK, Abrams JH, Houle TT, Weller RS. Ultrasound-guided obturator nerve block an interfascial injection approach without nerve stimulation. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:261–4.
341. Yoshida T, Onishi T, Furutani K, Baba H. A new ultrasound-guided pubic approach for proximal obturator nerve block: Clinical study and cadaver evaluation. *Anaesthesia.* 2016;71:291–7.
342. Moore DC. *Regional Block; A Handbook for Use in the Clinical Practice of Medicine and Surgery.* 4th ed. Springfield, IL, C C Thonas; 1965.
343. Kakinohana M, Taira Y, Saitoh T, Hasegawa A, Gakiya M, Sugahara K. Interadductor approach to obturator nerve block for transurethral resection procedure: Comparison with traditional approach. *J Anesth.* 2002;16:123–6.
344. Yatsunami M, Tai T, Irie Y, Ogawa K, Miyauchi R. A morphological study on the human obturator externus muscle with reference to anomalous muscle and anomalous fasciculus originating from the obturator externus muscle. *Okajimas Folia Anat Jpn.* 2004;80:103–14.
345. Atanassoff PG, Weiss BM, Brull SJ, Ktilling D, Stein R, Theiler I. Electromyographic comparison of obturator nerve block to three-in-one block. *Anesth Analg.* 1995;81:529–33.
346. Marhofer P, Nasel C, Sitzwohl C, Kapral S. Magnetic resonance imaging of the distribution of local anesthetic during the three-in-one block. *Anesth Analg.* 2000;90:119–24.
347. Capdevila X, Barthelet Y, Biboulet P, Ryckwaert Y, Rubenovitch J, D'Athis F. Effects of perioperative analgesic technique on the surgical outcome and duration of rehabilitation after major knee surgery. *Anesthesiology.* 1999;91:8–15.
348. Kendir S, Akkaya T, Comert A, Sayin M, Tatlisumak E, Elhan A, et al. The location of the obturator nerve: A three-dimensional description of the obturator canal. *Surg Radiol Anat.* 2008;30:495–501.
349. Akata T, Murakami J, Yoshinaga A. A. Life-threatening haemorrhage following obturator artery injury during transurethral bladder surgery: A sequel of an unsuccessful obturator nerve block. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1999;43:784–8.
350. Heywang-Köbrunner SH, Amaya B, Okoniewski M, Pickuth D, Spielmann RP. CT-guided obturator nerve block for diagnosis and treatment of painful conditions of the hip. *Eur Radiol.* 2001;11:1047–53.
351. McNamee DA, Parks L, Milligan KR. Post-operative analgesia following total knee replacement: An evaluation of the addition of an obturator nerve block to combined femoral and sciatic nerve block. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2002;46:95–9.
352. Macalou D, Trueck S, Meuret P, Heck M, Vial F, Ouologuem S, et al. Postoperative analgesia after total knee replacement: the effect of an obturator nerve block added to the femoral 3-in-1 nerve block. *Anesth Analg.* 2004;99(1):251–4.
353. O'Brien M. Peripheral nerves and plexuses. In: *Gray's Anatomy.* 38th ed. New York: Churchill Livingstone; 1995. p. 1280–1.

354. Ellis H, Feldman S. Distribution of the lumbar plexus. In: *Anatomy for Anaesthetists*. 7th ed. Oxford: Blackwell Science Publishers; 1997. p. 184–7.
355. Gosling JA, Harris PF, Whitmore I, Willan P. Medial compartment of the thigh. In: *Human Anatomy*. 4th ed. Edinburg: Mosby; 2002. p. 234–6.
356. Viel EJ, Perennou D, Ripart J, Pélissier J, Eledjam JJ. Neurolytic blockade of the obturator nerve for intractable spasticity of adductor thigh muscles. *Eur J Pain J Pain*. 2002;6:97–104.
357. Finlay K, Friedman L. Ultrasonography of the lower extremity. *Orthop Clin North Am*. 2006;37:245–75.
358. Chan VWS, Nova H, Abbas S, McCartney CJL, Perlas A, Xu DQ. Ultrasound examination and localization of the sciatic nerve. *Anesthesiology*. 2006;104:309–14.
359. Beekman R, Visser L. High-resolution sonography of the peripheral nervous system—a review of the literature. *Eur J Neurol*. 2004;11:305–14.
360. Soong J, Schafhalter-Zoppoth I, Gray A. The importance of transducer angle to ultrasound visibility of the femoral nerve. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30:505.
361. Manassero A, Bossolasco M, Ugues S, Palmisano S, De Bonis U, Coletta G. Ultrasound-guided obturator nerve block. Interfascial injection versus a neurostimulation-assisted technique. *Reg Anesth Pain Med*. 2012;37:67–71.
362. Lee SH, Jeong CW, Lee HJ, Yoon MH, Kim WM. Ultrasound guided obturator nerve block: A single interfascial injection technique. *J Anesth*. 2011;25:923–6.
363. Taha AM. Ultrasound-guided obturator nerve block: A proximal interfascial technique. *Anesth Analg*. 2012;114:236–9.
364. Lin JA, Nakamoto T, Yeh SD. Ultrasound standard for obturator nerve block: the modified Taha’s approach. *Br J Anaesth*. 2015;114:337–8.
365. Hızlı F, Argun G, Güney, Güven O, Arık A, Başay S, et al. Obturator nerve block transurethral surgery for bladder cancer: comparison of inguinal and intravesical approaches: prospective randomized trial. *Ir J Med Sci*. 2016;185:555–60.
366. Nielsen TD, Moriggl B, Søballe K, Kolsen-petersen JA, Børghlum J, Bendtsen TF. A Cadaveric Study of Ultrasound-Guided Subpectineal Injectate Spread Around the Obturator Nerve and Its Hip Articular Branches. *Reg Anesth Pain Med*. 2017;42:1–5.
367. Akkaya T, Ozturk E, Comert A, Ates Y, Gumus H, Ozturk H, et al. Ultrasound-guided obturator nerve block: A sonoanatomic study of a new methodologic approach. *Anesth Analg*. 2009;108(3):1037–41.
368. Simeoforidou M, Bareka M, Basdekis G, Tsiaka K, Chantzi E, Vretzakis G. Peripheral nerve blockade as an exclusive approach to obturator nerve block in anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Korean J Anesth*. 2013;65:410–7.
369. NYSORA. Lumbar Plexus Block. 2013. Available from: <https://www.nysora.com/lumbar-plexus-block>
370. Anagnostopoulou S, Kostopanagiotou G, Paraskeuopoulos T, Alevizou A, Saranteas T. Obturator nerve block: from anatomy to ultrasound guidance. *Anesth Analg*. 2008;106:350.
371. Sakura S, Hara K, Ota J, Tadenuma S. Ultrasound-guided peripheral nerve blocks for

- anterior cruciate ligament reconstruction: Effect of obturator nerve block during and after surgery. *J Anesth.* 2010;24(3):411–7.
372. Tharwat AI. Combined posterior lumbar plexus-sciatic nerve block versus combined femoral-obturator-sciatic nerve block for ACL reconstruction. *Local Reg Anesth.* 2011;4(1):1–6.
373. Taha AM, Fouad A, Ahmed I, Charles H. Lumbar Plexus Block or Selective Lumbar Plexus Branch Blocks for Hamstring Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Ain Shams J Anesth.* 2012;5:71–8.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Η πρώτη φάση της μελέτης, η προκαταρκτική δηλαδή μελέτη εφικτότητας της πραγματοποίησης της αρθροσκοπικής αποκατάστασης του ΠΧΣ αποκλειστικά υπό περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς και συγκεκριμένα από τον συνδυασμό αποκλεισμού του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου, η παρουσίαση της μεθόδου ανίχνευσης του θυροειδούς νεύρου υπό διπλή καθοδήγηση και η κλινική δοκιμασία επιβεβαίωσης της αποτελεσματικότητας του αποκλεισμού του θυροειδούς νεύρου, δημοσιεύτηκε το 2013.

Η δεύτερη φάση της μελέτης, η σύγκριση δηλαδή της παραδοσιακής προσέγγισης με τον οπίσθιο αποκλεισμό του οσφυϊκού πλέγματος σε συνδυασμό με τον αποκλεισμό του ισχιακού νεύρου, με την προτεινόμενη προσέγγιση συνδυασμού των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου, υπό διπλή καθοδήγηση, δημοσιεύτηκε το 2018.

Με αφορμή την πρώτη δημοσίευση, ο Prodromos C. ζήτησε ένα σύντομο κεφάλαιο για την πραγματοποίηση της αρθροσκοπικής αποκατάστασης του ΠΧΣ αποκλειστικά υπό τον συνδυασμό των περιφερικών νευρικών αποκλεισμών του μηριαίου, του θυροειδούς και του ισχιακού νεύρου, υπό διπλή καθοδήγηση, το οποίο συμπεριλήφθηκε στο βιβλίο του «*The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science*» 2nd edition, που δημοσιεύτηκε το 2017

1) Peripheral nerve blockade as an exclusive approach to obturator nerve block in anterior cruciate ligament reconstructive surgery

Marina Simeoforidou, Meraxia Bareka, George Basdekis, Katerina Tsiaka, Eleni Chantzi, George Vretzakis

Korean J Anesthesiol 2013 November 65(5): 410-417

2) Superior perioperative analgesia with combined femoral–obturator–sciatic nerve block in comparison with posterior lumbar plexus and sciatic nerve block for ACL reconstructive surgery

Metaxia Bareka, Michael Hantes, Eleni Arnaoutoglou, George Vretzakis

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018 February 26(2):478-484

3) The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science E-Book.

Elsevier Health Sciences; 2017 May 31.

Section10. Control of pain in ACLR, 56. *Obturator and Sciatica Nerve Block for ACL Reconstruction*

Metaxia Bareka, Marina Simeoforidou, George Basdekis

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Γενικές Πληροφορίες

ΟΝΟΜΑ:	Μεταξία
ΕΠΩΝΥΜΟ:	Μπαρέκα
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:	27-07-1978
ΤΟΠΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:	Τρίκαλα
E-MAIL:	barekametaxia@hotmail.com
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ:	Έγγαμος, 2 παιδιά
ΞΕΝΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ:	Αγγλικά, Γερμανικά
ΠΤΥΧΙΟ ΙΑΤΡΙΚΗΣ:	26/07/2002, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
ΑΔΕΙΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΟΣ:	29/07/2002, Νομ. Αυτοδ. Τρικάλων
ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑΣ:	28/07/2008, Νομ. Αυτοδ. Ηρακλείου
ΠΑΡΟΥΣΑ ΘΕΣΗ:	Επιμελήτρια Α' Αναισθησιολογίας Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας

Άλλοι Ιατρικοί Τίτλοι - Διπλώματα

Φεβρουάριος 2010	<i>Ευρωπαϊκό Δίπλωμα Συνεχιζόμενης Εκπαίδευσης στην Αναισθησιολογία</i> CEEAA: Committee for the European Education in Anesthesiology
Οκτώβριος 2007	<i>European Diploma in Anaesthesiology and Intensive Care Part I Examination</i> [Ευρωπαϊκό Δίπλωμα Αναισθησιολογίας και Εντατικής Θεραπείας (DEAA)] Μέρος 1 ^ο European Academy of Anaesthesiology
11 Σεπτεμβρίου 2006	<i>Πιστοποιητικό Επάρκειας στην Επείγουσα Προνοσοκομειακή Ιατρική (ΕΠΙ)</i> Εθνικό Κέντρο Άμεσης Βοήθειας (ΕΚΑΒ)-Υπουργείο Υγείας
5 – 6 Απριλίου 2008	<i>Generic Instructor Trainer of the European Resuscitation Council</i> [Εκπαιδευτής Εκπαιδευτών του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Αναζωογόνησης]

3 – 4 Μαρτίου 2007	Resuscitation Teaching Council of Greece - Ελληνικό Συμβούλιο Εκπαίδευσης στην Αναζωογόνηση <i>Advanced Life Support (ALS) Instructor Course</i>
10-11 Ιουνίου 2006	European Resuscitation Council - Ελληνικό Συμβούλιο Αναζωογόνησης <i>Advanced Trauma Life Support (ATLS) Student Course</i>
27 - 29 Μαΐου 2005	American College of Surgeons – Hellenic Chapter <i>Advanced Paediatric Life Support (APLS) Provider Course</i>
Φεβρουάριος 2005	ALS Group UK <i>Advanced Life Support (ALS) Provider Course</i>
5 Δεκεμβρίου 2004	European Resuscitation Council - Ελληνικό Συμβούλιο Αναζωογόνησης <i>AED Instructor of the European Resuscitation Council</i>
5 Δεκεμβρίου 2004	Medical School, Heraklion, Crete , Greece <i>BLS Instructor of the European Resuscitation Council</i>
29 Μαΐου 2004	Medical School, Heraklion, Crete , Greece <i>Basic Life Support / Automatic External Defibrillation (BLS/AED) Provider Course</i>
	European Resuscitation Council-Ελληνικό Συμβούλιο Αναζωογόνησης

Ιατρική Προϋπηρεσία – Κλινική Εμπειρία

4/2/2003-3/3/2003	Εκπαιδευόμενη ιατρός στην Β΄ Παθολογική Κλινική του Νομαρχιακού Γενικού Νοσοκομείου Τρικάλων στα πλαίσια της υποχρεωτικής τρίμηνης εκπαίδευσης για την εκπλήρωση της υπηρεσίας υπαίθρου.
4/3/2003-3/4/2003	Εκπαιδευόμενη ιατρός στην Β΄ Χειρουργική Κλινική του Νομαρχιακού Γενικού Νοσοκομείου Τρικάλων στα πλαίσια της υποχρεωτικής τρίμηνης εκπαίδευσης για την εκπλήρωση της υπηρεσίας υπαίθρου.
4/4/2003-3/5/2003	Εκπαιδευόμενη ιατρός στην Καρδιολογική Κλινική του Νομαρχιακού Γενικού Νοσοκομείου Τρικάλων στα πλαίσια της υποχρεωτικής τρίμηνης εκπαίδευσης για την εκπλήρωση της υπηρεσίας υπαίθρου.

9/6/2003-31/3/2004	Ειδικευόμενη Ιατρός Αναισθησιολογικής κλινικής Νομαρχιακού Γενικού Νοσοκομείου Έδεσσας.
26/4/2004-29/4/2008	Ειδικευόμενη Ιατρός Αναισθησιολογικής Κλινικής Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ηρακλείου Κρήτης.
1/1/2006-31/03/2006	Εκπαιδευόμενη στην Πανεπιστημιακή Πνευμονολογική Κλινική του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ηρακλείου Κρήτης
1/4/2006-30/6/2006	Εκπαιδευόμενη στην Πανεπιστημιακή Καρδιολογική Κλινική του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ηρακλείου Κρήτης
1/4/2007-30/6/2007	Εκπαιδευόμενη στο Αναισθησιολογικό Τμήμα του Ωνασείου Καρδιοχειρουργικού Κέντρου
1/8/2007-5/2/2008	Εκπαιδευόμενη στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας του Νοσοκομείου St George's, Λονδίνο, Αγγλία
2/9/2008 – 1/9/2009	Επικουρική Επιμελήτρια Αναισθησιολογικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας
6/9/2009 – 5/9/2010	Επικουρική Επιμελήτρια Αναισθησιολογικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας
4/2/2011 – 30/6/2011	Επικουρική Επιμελήτρια Αναισθησιολογικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας
30/6/2011 – 30/1/2013	Επιμελήτρια Β' Αναισθησιολογίας, Γενικό Νοσοκομείο Θεσσαλονίκης «Γ. Παππανικολάου»
31/1/2013 – 30/6/2016	Επιμελήτρια Β' Αναισθησιολογικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας
30/6/2016 - σήμερα	Επιμελήτρια Β' Αναισθησιολογικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας

Συμμετοχή με ανακοινώσεις σε ελληνικά και διεθνή συνέδρια

Ελληνικά συνέδρια

9 Συμμετοχές

1. **Ενημέρωση & συναίνεση ασθενών για αναισθησία: Οι Απόψεις των ασθενών για την επιθυμητή έκταση της ενημέρωσης**
Λέγγα Α, Μπαρέκα Μ., Σουβατζή Ξ, Βανταράκης Μ, Τζανάκης Ν, Ασκητοπούλου Ε.
16^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναισθησιολογίας
Μύκονος, 11 - 15 Μαΐου 2005
2. **Ενημέρωση & συναίνεση ασθενών για αναισθησία: Οι Απόψεις των Ελλήνων αναισθησιολόγων**
Λέγγα Α, Μπαρέκα Μ., Σουβατζή Ξ, Παπαντωνάκη Σ, Μεταξάτη Μ, Μαυρομάτη Ε
16^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναισθησιολογίας
Μύκονος, 11 - 15 Μαΐου 2005
3. **Διεγχειρητική καταστολή με dexmedetomidine. Ποιο είναι το ιδανικό σχήμα;**
Γερωμαρκάκη Ε, Μπαρέκα Μ., Σγουρού Κ, Μαργαριτσανάκη Ε, Λεφάκη Τ.
17^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναισθησιολογίας
Αθήνα, 9 - 13 Μαΐου 2007
4. **Υποξικό σύμβαμα: Σύγκριση αξιοπιστίας εγκεφαλικής και σφυγμικής οξυμετρίας.**
Παπαδημητρίου Στ., Νύκταρη Β., Μπουφίδης Σπ., Μπαρέκα Μ., Σουβατζή Ξ., Ασκητοπούλου Ε.
17^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναισθησιολογίας
Αθήνα, 9 - 13 Μαΐου 2007
5. **Ηπατίτιδα μετά από έκθεση Sevoflurane**
Μπαρέκα Μ., Μεταξάρη Μ, Λέγγα Ν, Δερμιτζάκης Ε, Σγουρού Κ, Λεφάκη Τ
17^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναισθησιολογίας
Αθήνα, 9 - 13 Μαΐου 2007
6. **CRASH CART**
Καπριανού Μ., Λαμπρίδη Α., Κορδα Ε., Βαμβούρης Ε, Τρικούπη Α, Μπαρέκα Μ.
1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Επείγουσας Προνοσοκομειακής Φροντίδας με Διεθνή Συμμετοχή
Θεσσαλονίκη, 27 – 29 Απριλίου 2012

7. **Επείγουσα είσοδος ασθενούς στο χειρουργείο**
Καπριανού Μ., Λαμπρίδη Α., Κορδα Ε., Βαμβούρης Ε, Τρικούπη Α, Μπαρέκα Μ.
1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Επείγουσας Προνοσοκομειακής Φροντίδας με Διεθνή Συμμετοχή
Θεσσαλονίκη, 27 – 29 Απριλίου 2012
8. **Ρήξη ήπατος μετά από καρδιοαναπνευστική αναζωογόνηση & θρομβόλυση**
Σπύρου Ε., Μπαρέκα Μ., Ελευθεριάδης Α., Δαλαμπίνη Ε., Τρικούπη Α.
1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Επείγουσας Προνοσοκομειακής Φροντίδας με Διεθνή Συμμετοχή
Θεσσαλονίκη, 27 – 29 Απριλίου 2012
9. **Σύγκριση Δύο σχημάτων Ελεγχόμενης από τον ασθενή θωρακικής επισκληριδίου αναλγησίας σε μείζονες επεμβάσεις κοιλίας**
Κοράκη Ε., Μπαρέκα Μ., Ελευθεριάδης Α., Σπύρου Ε., Βανάκας Θ., Δημηγίκος Γ., Πέτρου Β., Τρικούπη Α.
12^ο Συνέδριο Αναισθησιολογίας και Εντατικής Ιατρικής
Θεσσαλονίκη, 27 – 30 Σεπτεμβρίου 2012

Διεθνή συνέδρια

3 Συμμετοχές

1. **UOC Life Support Center: Audit of the BLS/AED courses**
Bareka M., Legga A., Fraidakis O., Papaioannou A., Chatzimichali K., Askitopoulou H.
4th European Congress on Emergency Medicine
Heraklion – Crete, Greece, 4 - 8 October 2006
2. **INTRAOPERATIVE FLUID RESTRICTION REDUCES BLOOD PRODUCT USE IN TRANSFUSION-PRONE ADULTS UNDERGOING CARDIAC SURGERY**
Karanikolas M., Kleitsaki A., Stamatiou G., Bareka M., Ieropoulos C., Dimtsa V.
IARS 2010 Annual Meeting
Hawaii, 20 - 23 March 2010
3. **Intraoperative fluid restriction reduces red blood cell transfusions in transfusion-prone adults undergoing elective cardiac surgery**
Athina Kleitsaki, Menelaos Karanikolas, Konstantinos Stamoulis, Vassilios Tasoudis, Metaxia Bareka, George Vretzakis
EACTA, 25th Annual Meeting of the European Association of Cardiothoracic Anaesthesiologists
Edinburgh, 9 - 11 June 2010

Δημοσιεύσεις

- 1. The feasibility of laparoscopic general surgery under regional anaesthesia**
Pratsas Konstantinos, Georgopoulou Stauroula, Bareka Metaxia, Ieropoulos Chronis, Flossos Andreas, Vretzakis George
The Greek E-Journal of perioperative Medicine 2010;8:1-10
- 2. Intra-operative intravenous fluid restriction reduces perioperative red blood cell transfusion in elective cardiac surgery, especially in transfusion-prone patients: a prospective, randomized controlled trial**
Vretzakis George, Kleitsaki Athina, Stamoulis Konstantinos, Bareka Metaxia, Georgopoulou Stavroula, Karanikolas Menelaos, Giannoukas Athanasios
Journal of Cardiothoracic Surgery 2010;5:7
- 3. Thoracic epidural analgesia with levobupivacaine for 6 postoperative days attenuates sympathetic activation after thoracic surgery**
Simaioforidou Marina, Vretzakis George, Bareka Metaxia, Chantzi Eleni, Flossos Andreas, Giannoukas Athanasios, Tsilimingas Nikolaos
J Cardiothorac Vasc Anesth. 2011 Oct;25(5):817-23.
- 4. Management of sigmoid volvulus avoiding sigmoid resection.**
Katsikogiannis N, Machairiotis N, Zarogoulidis P, Sarika E, Stylianaki A, Zisoglou M, Zervas V, Bareka M, Christofis C, Iordanidis A.
Case Rep Gastroenterol. 2012 May;6(2):293-9
- 5. Effect of interscalene brachial plexus block on heart rate variability.**
Simeoforidou M, Vretzakis G, Chantzi E, Bareka M, Tsiaka K, Iatrou C, Karachalios T.
Korean J Anesthesiol. 2013 May;64(5):432-8
- 6. Regional anesthesia for laparoscopic surgery: a narrative review.**
Vretzakis G, Bareka M, Aretha D, Karanikolas M.
J Anesth. 2014 Jun;28(3):429-46
- 7. Supraventricular arrhythmias after thoracotomy: is there a role for autonomic imbalance?**

Vretzakis G, Simeoforidou M, Stamoulis K, Bareka M.

Anesthesiol Res Pract. 2013;2013:413985

8. **Peripheral nerve blockade as an exclusive approach to obturator nerve block in anterior cruciate ligament reconstructive surgery.**
Simeoforidou M, Bareka M, Basdekis G, Tsiaka K, Chantzi E, Vretzakis G.
Korean J Anesthesiol. 2013 Nov;65(5):410-7
9. **Obturator and Sciatica Nerve Block for ACL Reconstruction. *In: The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science E-Book.*** Elsevier Health Sciences; 2017 May 31.
Metaxia Bareka, Marina Simeoforidou, George Basdekis
10. **Superior perioperative analgesia with combined femoral–obturator–sciatic nerve block in comparison with posterior lumbar plexus and sciatic nerve block for ACL reconstructive surgery**
Metaxia Bareka, Michael Hantes, Eleni Arnaoutoglou, George Vretzakis
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018 February 26(2):478-484

Από το ξεκίνημα της ειδικότητας και πιστεύοντας ειλικρίνεια στις αρχές της διά βίου μάθησης, παρακολούθησα πολλές επιστημονικές εκδηλώσεις – συνέδρια, συμπόσια, σεμινάρια-, ελληνικά και διεθνή, με στόχο πάντα τη διαρκή ενημέρωση και εκπαίδευση στις σύγχρονες τάσεις στο χώρο της αναισθησιολογίας και της περιεγχειρητικής ιατρικής. Επίσης από νωρίς στην ειδικότητα της αναισθησιολογίας με κέρδισε η περιοχική αναισθησία και για αυτό το λόγο παρακολούθησα αρκετά μετεκπαιδευτικά σεμινάρια με θέμα τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς.

1. **Κλινικό Φροντιστήριο:**

«Τεχνικές Αποκλεισμού του Βραχιονίου Πλέγματος»

Χαλκιδική, 10 Σεπτεμβρίου 2006

1 μεταπτυχιακή διδακτική μονάδα (EACCME-UMEC)

2. **Hands On Workshop**

“Regional Blocks for the Emergency Physician I”

4th European Congress in Emergency Medicine.

Crete, Greece. October 4th-8th 2006

3. **Κλινικό Φροντιστήριο:**
«Τεχνικές Περιφερειακής Αναισθησίας»
 Η άσκηση της Επείγουσας Ιατρικής στο σύγχρονο Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών
 Τρίκαλα, 13 Δεκεμβρίου 2008
4. **«Κλινικό Φροντιστήριο περιφερειακής αναισθησίας με πρακτική εξάσκηση (hands on)»**
 Θεσσαλονίκη, 22 Μαΐου 2010
5. **International Symposium on Ultrasound and Regional Anesthesia**
Ultrasound for Regional Anesthesia Course
 Toronto, 4 – 6 June 2010
 21 Credits American Medical Association Physician’s Recognition Award
6. **Aesculap Academy: “Plexus Anesthesia Advanced Dual Guidance”**
 Λάρισα, 7 – 9 Οκτωβρίου 2010
7. **Annual ESRA-Hellas Hands on Workshop**
 Αθήνα. 11 – 13 Δεκεμβρίου 2015
 Αθήνα, 5 – 7 Φεβρουαρίου 2016
25 μόρια Συνεχιζόμενης Ιατρικής Εκπαίδευσης (CME-CPD)

Τα τελευταία χρόνια φοιτώ και στο *Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο* στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα **«Διοίκηση Μονάδων Υγείας»**, στα πλαίσια της διαχείρισης των σύγχρονων προκλήσεων, πέρα από τα αυστηρά όρια της ιατρικής και της ειδικότητας μας, με τις οποίες ερχόμαστε αντιμέτωποι καθημερινά πλέον.

Ένα άλλο κομμάτι που με γοητεύει πολύ είναι η εκπαίδευση ενηλίκων. Για το σκοπό αυτό έχω παρακολουθήσει σεμινάρια για τον τρόπο που θα πρέπει να εκαιδούνται οι ενήλικες και έχω εκπαιδευτεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Αναζωογόνησης για την εκπαίδευση ενηλίκων. Έτσι πέρα από τις επιστημονικές διαλέξεις σε συνέδρια, τη συμμετοχή μου στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα της αναισθησιολογικής, αλλά και άλλων κλινικών των νοσοκομείων στα οποία έχω υπηρετήσει, συμμετέχω με πολύ αγάπη και μεράκι στην εκπαίδευση των φοιτητών της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στα πλαίσια του μαθήματος της Αναισθησιολογίας και της Επείγουσας Ιατρικής.

Επίσης είμαι Πιστοποιημένη Διευθύντρια και Εκπαιδύτρια σεμιναρίων Αναζωογόνησης του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Αναζωογόνησης και εκτός από τα σεμινάρια που συμμετέχω σε όλη της Ελλάδα κάθε χρόνο διοργανώνουμε τουλάχιστον δύο σεμινάρια για την εκπαίδευση των υγειονομικού προσωπικού της Θεσσαλίας στην αναζωογόνηση.