

# Monitoring Τοποπεριοχικών Τεχνικών

ΒΑΡΒΑΡΑ ΦΥΝΤΑΝΙΔΟΥ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια οι τοποπεριοχικές τεχνικές τυγχάνουν αυξανόμενου ενδιαφέροντος. Η εφαρμογή τόσο των περιφερικών όσο και των κεντρικών νευρικών αποκλεισμών σχετίζεται με πληθώρα πλεονεκτημάτων, η ορθή και ασφαλής όμως διεξαγωγή τους προϋποθέτει monitoring τόσο της ίδιας της τεχνικής, όσο και του κλινικού αποτελέσματος. Όσον αφορά στο monitoring της τεχνικής, τις δύο τελευταίες δεκαετίες ο νευροδιεγέρτης έχει θεωρηθεί ως η μέθοδος εκλογής για τον εντοπισμό περιφερικών νεύρων και τη διεξαγωγή περιφερικών αποκλεισμών, ενώ η χρήση του έχει αποδειχτεί ότι σχετίζεται με υψηλού επιπέδου αποτελεσματικότητα. Η πρόσφατη εξάπλωση της υπερηχογραφίας και η χρήση της στη διεξαγωγή διαφόρων αναισθητικών τεχνικών, όπως και των περιφερικών αποκλεισμών, προκάλεσε συζήτηση ως προς την πιθανή υπεροχή της υπερηχογραφίας έναντι της παλαιότερα χρησιμοποιούμενης μεθόδου εντοπισμού των περιφερικών νεύρων. Ιδιαίτερη σημασία έχει η κατανόηση ότι η νευροδιέγερση και η υπερηχογραφία δεν είναι ανταγωνιστικές μέθοδοι και σε πολλές περιπτώσεις ο συνδυασμός τους μπορεί να αποφέρει τα βέλτιστα οφέλη. Όσον αφορά στους κεντρικούς αποκλεισμούς η τεχνική της "απόλειας της αντίστασης" και η χορήγηση της δοκιμαστικής δόσης παραμένουν οι πιο αξιόπιστες και πρακτικές μέθοδοι αναγνώρισης και επιβεβαίωσης του επισκληρίδιου χώρου. Ο κλινικός έλεγχος από τον ίδιο τον αναισθησιολόγο εξακολουθεί να αποτελεί την καλύτερη μέθοδο εκτίμησης, στην καθημερινή πρακτική, της έκτασης και της ποιότητας του συμπαθητικού, αισθητικού και κινητικού αποκλεισμού. Κάτω από αυτές τις συνθήκες είναι δυνατή η ελαχιστοποίηση των επιπλοκών και ταυτόχρονα η μεγιστοποίηση του ποσοστού επιτυχίας των αποκλεισμών.

**Λέξεις Κλειδιά:** Περιοχική αναισθησία, Κεντρικοί νευρικοί αποκλεισμοί, Περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί, Monitoring

Οι τοποπεριοχικές τεχνικές έχουν κερδίσει μια ξεχωριστή θέση στη σύγχρονη αναισθησιολογία. Η εξέλιξη αυτή σε μεγάλο βαθμό οφείλεται σε κάποια από τα πλεονεκτήματα των κεντρικών και περιφερικών νευρικών αποκλεισμών, όπως η υψηλής ποιότητας διεγχειρητική και μετεγχειρητική αναλγησία, ο μικρότερος αριθμός ανεπιθύμητων συμβαμάτων, η ταχύτερη κινητοποίηση και η βραχύτερης διάρκειας νοσηλεία<sup>1-3</sup>. Βέβαια, η τοποπεριοχική αναισθησία σχετίζεται και με ένα ποσοστό αποτυχίας, το οποίο διαφοροποιείται στα

διάφορα κέντρα και κυμαίνεται από 5-50%<sup>4</sup>. Ο βαθμός και η ποιότητα των νευρικών αποκλεισμών εξαρτώνται μεταξύ άλλων από την τεχνική, την εμπειρία και την επιδεξιότητα του αναισθησιολόγου. Η ανάγκη μετατροπής της περιοχικής σε γενική αναισθησία λόγω ανεπαρκούς αποτελέσματος του αποκλεισμού φαίνεται να συνοδεύεται με σχετικά υψηλό ποσοστό νοσηρότητας και θνησιμότητας<sup>5</sup>.

Προϋποθέσεις για την ασφαλή και επιτυχή εφαρμογή των διαφόρων τοποπεριοχικών τεχνικών

αποτελούν<sup>5, 6</sup>:

- Η άριστη γνώση της τεχνικής που θα εφαρμοσθεί, της ανατομίας της περιοχής και της φαρμακολογίας των παραγόντων που θα χρησιμοποιηθούν
- Η σωστή επιλογή και προετοιμασία των ασθενών
- Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του ασθενούς, το είδος της επέμβασης, αλλά και την εμπειρία του αναισθησιολόγου
- Η ολοκληρωμένη παρακολούθηση του ασθενούς πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το χειρουργείο σύμφωνα με τις βασικές κατευθυντήριες οδηγίες που ισχύουν για το περιεγχειρητικό monitoring, αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ασθενούς
- Η εξασφάλιση και χρησιμοποίηση του απαραίτητου εξοπλισμού σε συνδυασμό με την κλινική παρακολούθηση τόσο της διαδικασίας διεξαγωγής ενός αποκλεισμού όσο και της έκτασης και της ποιότητάς του

## A. MONITORING ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

### I. ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΙ ΝΕΥΡΙΚΟΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΙ

Παραδοσιακά, η διεξαγωγή περιφερικών νευρικών αποκλεισμών συμπεριλάμβανε την έκλυση **παραισθησιών**. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, η χρήση του **ηλεκτρικού νευροδιεγέρτη** υπερέχει στον εντοπισμό περιφερικών νευρών σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους των προηγούμενων ετών<sup>7, 8</sup>. Τα ποσοστά επιτυχών αποκλεισμών είναι σαφώς υψηλότερα όταν χρησιμοποιείται νευροδιεγέρτης, ενώ παράλληλα φαίνεται να μειώνονται τόσο ο χρόνος διεξαγωγής του αποκλεισμού όσο και ο χρόνος έναρξης του αισθητικού και κινητικού αποτελέσματος από την έγχυση των τοπικών αναισθητικών<sup>9,10</sup>. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα που προκύπτει από τη χρήση του νευροδιεγέρτη είναι η ασφάλεια που αυτός παρέχει<sup>10</sup>. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η έκλυση παραισθησιών μπορεί να προκαλέσει προσωρινή ή και μόνιμη βλάβη στο νεύρο. Έτσι, οι περισσότεροι συγγραφείς προτείνουν την αποφυγή της και συστήνουν τη χρήση νευροδιεγέρτη για τον ορθό και ασφαλή εντοπισμό των περιφερικών νευρικών στελεχών<sup>7, 11, 12</sup>.

Εξίσου σημαντικό θεωρείται και το γεγονός ότι ο νευροδιεγέρτης αποτελεί αντικειμενικότερη μέθοδο ανίχνευσης περιφερικών νευρών σε σύγκριση με την έκλυση παραισθησιών, καθώς δεν απαιτεί την ενεργό συμμετοχή του ασθενούς, ο οποίος λόγω άγχους μπορεί να δώσει λανθασμένες πληροφορίες στον αναισθησιολόγο. Παράλληλα, επιτρέπει τη διεξαγωγή περιφερικών νευρικών αποκλεισμών ακόμη και σε κατεσταλμένους ή αναισθητοποιημένους ασθενείς<sup>13</sup>. Πρέπει, εξάλλου, να σημειωθεί ότι η χρήση του νευροδιεγέρτη έχει συμβάλλει στην ανακάλυψη νέων προσπελάσεων, αποτελεί δε απαραίτητη προϋπόθεση κατά τη διεξαγωγή ιδιαίτερα περίπλοκων αποκλεισμών<sup>14</sup>.

Συμπερασματικά, ο ηλεκτρικός νευροδιεγέρτης αποτελεί τα τελευταία χρόνια το "gold standard" για τον εντοπισμό περιφερικών νευρικών στελεχών. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση του είχε ως αποτέλεσμα την προώθηση στην αγορά διαφόρων τύπων συσκευών από τις εταιρείες. Μάλιστα, έχουν πραγματοποιηθεί και αρκετές μελέτες που συγκρίνουν την αξιοπιστία, ακρίβεια και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά κάποιων από τους νευροδιεγέρτες που κυκλοφορούν<sup>15,16</sup>. Ίσως αυτή η ποικιλία των συσκευών καθώς και των τύπων βελόνων που χρησιμοποιούνται, να ευθύνονται για την ανομοιογένεια των αποτελεσμάτων διαφόρων εργασιών και τις διαφωνίες που προκύπτουν μεταξύ των ερευνητών όσον αφορά στον καθορισμό της κατάλληλης τεχνικής για κάθε επέμβαση.

Η ορθή και κυρίως η ασφαλής χρήση του νευροδιεγέρτη προϋποθέτει επαρκείς γνώσεις ανατομίας και νευροφυσιολογίας, καθώς και κάποιων βασικών αρχών της φυσικής, εξοικείωση με τη συσκευή και κατάλληλη ρύθμιση των διαφόρων παραμέτρων της.

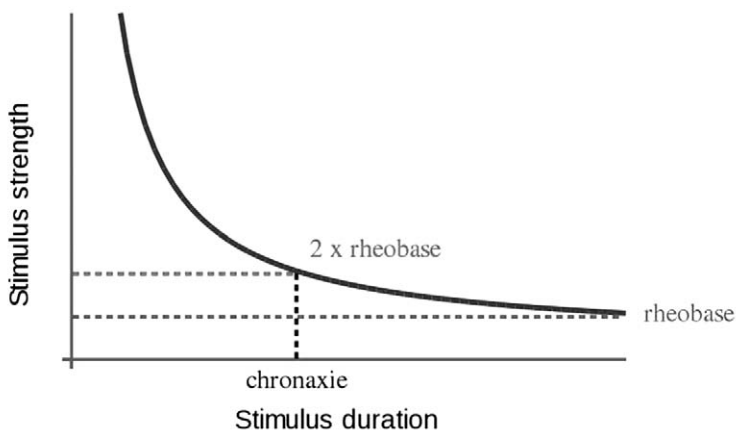
### Κλινική εφαρμογή του νευροδιεγέρτη

Η ελάχιστη ένταση ρεύματος που απαιτείται για την πρόκληση δυναμικού δράσης σε μια συγκεκριμένη νευρική ίνα δίνεται από τη σχέση:

$$I_m = I_r(1 + C/t)^{17}$$

όπου **I<sub>m</sub>** η ελάχιστη ένταση ρεύματος, **I<sub>r</sub>** η ρεοβίαση, **C** η χωρηξία και **t** ο χρόνος που εφαρμόζεται το ερέθισμα.

Η ρεοβάση ορίζεται ως η ελάχιστη ένταση ηλεκτρικού ερεθίσματος ικανή να προκαλέσει διέγερση, ενώ η χροναξία ως η διάρκεια διέγερσης που απαιτείται με ένταση ερεθίσματος ίση με τη διπλάσια ρεοβάση για την πρόκληση εκπόλωσης της νευρικής μεμβράνης. Η χροναξία χρησιμοποιείται ως μέτρο του ουδού διεγερσιμότητας των διαφόρων τύπων νευρικού ιστού, υποδεικνύει δηλαδή το χρόνο που απαιτείται να εφαρμοσθεί ένα αποτελεσματικό ηλεκτρικό ερέθισμα για να προκληθεί απάντηση στη διέγερση (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Χροναξία

Στην καθημερινή πρακτική, για την πρόκληση απάντησης στη διέγερση επιλέγεται αρχική ένταση ηλεκτρικού ρεύματος 1mA. Αφού εντοπισθεί με τη βελόνη νευροδιέγερσης το νευρικό στέλεχος που πρόκειται να αποκλεισθεί, μειώνεται σταδιακά η ένταση του ρεύματος στο νευροδιεγέρτη. Θεωρείται ότι η βελόνη νευροδιέγερσης βρίσκεται στην επιθυμητή απόσταση από το νεύρο όταν παρατηρείται απάντηση από τους εκτελεστές μύες σε ένταση 0,2-0,3mA. Αυτές οι τιμές θεωρούνται ασφαλές όριο για έγχυση των τοπικών αναισθητικών. Τιμές <0,2mA θεωρητικά αυξάνουν τον κίνδυνο τραυματισμού του νεύρου, ενώ τιμές >0,3mA μπορεί να είναι υπεύθυνες για αποτυχία του αποκλεισμού, καθώς η βελόνη δεν βρίσκεται επαρκώς κοντά στο νεύρο<sup>18-21</sup>.

Η εκλογή της χρονικής διάρκειας του ερεθίσματος έχει ιδιαίτερη σημασία στην κλινική πράξη, εξαρτάται δε από το είδος των στοχευόμενων νευρικών ινών (Πίνακας 1). Η ρύθμιση της διάρκειας παλμού στο νευροδιεγέρτη στα 0,1ms έχει ως απο-

τέλεσμα να διεγερθούν επιλεκτικά οι κινητικές ίνες, ενώ οι ίνες του πόνου δεν επηρεάζονται, επιτρέποντας έτσι στον ασθενή να βιώσει πιο ευχάριστα την ηλεκτρική νευροδιέγερση. Όταν βέβαια στοχεύεται κάποιο αμιγώς αισθητικό νεύρο, όπως το έξω μηροδερματικό, είναι απαραίτητο να επιλεγεί διάρκεια παλμού >0,15ms. Στην περίπτωση αυτή ο ασθενής θα αντιληφθεί παραισθησίες στην περιοχή κατανομής του αντίστοιχου αισθητικού νεύρου<sup>19, 20, 22-25</sup>.

Η πολικότητα του ηλεκτρικού ερεθίσματος αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό παράγοντα. Η διέγερση, ουσιαστικά, είναι καλύτερη αν το αρνητικό ηλεκτρόδιο (μαύρη αρνητική κάθοδος) βρίσκεται στη βελόνη νευροδιέγερσης, καθώς το αρνητικό ρεύμα που προκαλείται έχει ως αποτέλεσμα το δυναμικό ηρεμίας της μεμβράνης να πλησιάζει τις τιμές εκπόλωσης, γεγονός που διευκολύνει τη διάνομιξη των διαύλων Na<sup>+</sup><sup>26</sup>.

Η επιλογή της κατάλληλης συχνότητας παλμού συμβάλλει στην ασφάλεια και αποτελεσματικότητα της νευροδιέγερσης. Ιδανικές θεωρούνται τιμές συχνότητας μεταξύ 1 και 2Hz. Υψηλότερες συχνότητες παλμού μπορεί να διευκολύνουν τον εντοπισμό του νεύρου, ωστόσο η ταχεία αλληλουχία διεγέρσεων θα γίνει αντιληπτή από τον ασθενή ως δυσάρεστο αίσθημα. Μικρότερες, αντιθέτως, συχνότητες δυσκολεύουν την ανίχνευση των νεύρων. Σε τραυματίες είναι προτιμότερη συχνότητα 1Hz με στόχο την ελαχιστοποίηση του πόνου που προκαλείται από τις συσπάσεις των μυών<sup>18, 20</sup>.

Όσον αφορά στην ένταση του ρεύματος που χορηγείται σε ένα στόχο, αυτή επηρεάζεται και από τη διαδρομή διαμέσου διαφορετικών ιστικών δομών. Σύμφωνα με το νόμο του Coulomb, η ένταση του ρεύματος μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης που διανύει:

$$It = K(I/r^2)^{26}$$

όπου **It** η ένταση του ρεύματος σε απόσταση **r** από την ηλεκτρική πηγή, **K** σταθερά ανάλογη του υλικού διαμέσου του οποίου διέρχεται το ρεύμα, **I** η ένταση του ρεύματος της ηλεκτρικής πηγής και **r** η απόσταση που διανύει το ρεύμα.

Η σχέση αυτή, που έχει χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ του ηλε-

Πίνακας 1 : Ταξινόμηση νευρικών ινών				
Τύπος	Λειτουργία	Μυελίνη	Μέγεθος	Χροναξία
Aα	Κίνηση	ΝΑΙ	++++	0,05-0,1ms
Aβ	Λεπτή αφή Πίεση Πόνος	ΝΑΙ	+++	
Aγ	Μυικές άτρακτοι (Ιδιοδεκτικότητα)	ΝΑΙ	+++	
Aδ	Πόνος Θερμοκρασία	ΝΑΙ	++	0,150ms
B	Προγαγγλιακές συμπαθητικές ίνες	ΝΑΙ	++	
C	Μεταγαγγλιακές συμπαθητικές ίνες Πόνος Αίσθηση θερμού, ψυχρού Αφή	ΟΧΙ	+	0,4ms

κτροδίου (βελόνη νευροδιέγερσης) και νεύρου, εξηγεί γιατί ακόμη και ελάχιστες μετακινήσεις της βελόνης νευροδιέγερσης προκαλούν μείωση ή ακόμη και εξαφάνιση της κινητικής απάντησης<sup>27</sup>.

Άλλος ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η αντίσταση στη δίοδο του ρεύματος που φυσιολογικά προκαλείται από τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες με στόχο τον ακριβή υπολογισμό των αντιστάσεων των διαφόρων ιστών και την επίδρασή τους στη ροή του ρεύματος<sup>28</sup>. Αποτελέσματά τους είναι ο σχεδιασμός νευροδιεγερτών που είναι σε θέση να παρέχουν ρεύμα συνεχούς έντασης κατά την προώθηση της βελόνης διαμέσου ιστών διαφορετικής αντίστασης ("state of the art" νευροδιεγέρτες).

Συνοψίζοντας, ο νευροδιεγέρτης θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω:

- Δυνατότητα χορήγησης ρεύματος από 0-5mA
- Δυνατότητα ρύθμισης της διάρκειας παλμού από 0,1-1ms.
- Δυνατότητα επιλογής συχνότητας παλμού μεταξύ 1 και 2 Hz

- Αξιοπιστία και ακρίβεια (Η χορήγηση π.χ. μικρότερης έντασης από αυτή που έχει επιλεγεί και αναγράφεται μπορεί να προκαλέσει ατυχηματική ενδονευρική έγχυση τοπικού αναισθητικού λόγω υπερβολικής προώθησης της βελόνης)<sup>29</sup>
- Ένδειξη επιπέδου φόρτισης μπαταρίας
- Ακουστική ή οπτική ειδοποίηση χορήγησης ρεύματος
- Εύκολη αναγνώριση των δύο πόλων (Ο θετικός έχει κόκκινο χρώμα και λειτουργεί ως γείωση. Ο αρνητικός είναι ο ενεργός πόλος έχει μαύρο χρώμα και συνδέεται με τη βελόνη) Όσον αφορά στις ρυθμίσεις του νευροδιεγέρτη, συστήνονται<sup>19</sup>:
  - Συχνότητα 2Hz (1-2Hz)
  - Χροναξία 0,1ms
  - Αρχική ένταση ρεύματος 1mA
  - Κατώτερη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος που προκαλεί κινητική απάντηση 0,2-0,3mA

Στην καθημερινή κλινική πράξη, λοιπόν, αφού ελέγξουμε τη λειτουργία του νευροδιεγέρτη, συν-

δέουμε την κάθοδο της συσκευής (μαύρος πόλος) με τη βελόνη και την άνοδο (κόκκινος πόλος) με ένα αυτοκόλλητο ηλεκτροκαρδιογραφήματος (γείωση). Στη συνέχεια ανοίγουμε το νευροδιεγέρτη, ρυθμίζουμε κατάλληλα τις διάφορες παραμέτρους και προωθούμε τη βελόνη προς το νεύρο μέχρι να εμφανισθούν οι πρώτες μυϊκές συσπάσεις του στοχευόμενου μυός. Εάν στον ουδό έντασης (0,2-0,3mA) συνεχίζουν να είναι ορατές οι συσπάσεις των στοχευόμενων μυών χορηγείται μικρή ποσότητα τοπικού αναισθητικού (10ml) μετά από προσεκτική αναρρόφηση. Ακολουθεί αύξηση της έντασης της διέγερσης στο 1mA για να αποκλεισθεί τυχόν ατυχηματική ενδαγγειακή τοποθέτηση της βελόνης. Σε μια τέτοια περίπτωση, το τοπικό αναισθητικό θα διαχέονταν σε μεγάλη απόσταση και οποιαδήποτε αύξηση της έντασης της διέγερσης θα οδηγούσε σε επαναλαμβανόμενες ισχυρές μυϊκές συσπάσεις.

Ιδιαίτερη θέση στον εντοπισμό νεύρων με επιφανειακή πορεία έχει και η **διαδερμική νευροδιέγερση** που πραγματοποιείται με τη βοήθεια μιας συσκευής που μοιάζει με απλό στυλό και η οποία συνδέεται με το νευροδιεγέρτη. Η διάρκεια παλμού ορίζεται σε 1ms και το εύρος διακύμανσης της έντασης σε 5mA. Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατό να εντοπισθεί το σημείο παρακέντησης πριν την προώθηση της βελόνης και να διορθωθεί η κατεύθυνση της παρακέντησης με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Εξάλλου, η διαδερμική νευροδιέγερση χρησιμεύει και για την επίδειξη της ορθής διέγερσης του στοχευόμενου μυός κατά την εκπαίδευση νεότερων συναδέλφων<sup>18</sup>.

Πολλά υποσχόμενη για το μέλλον μέθοδο αποτελεί η **υπερηχογραφική απεικόνιση** των προς αποκλεισμό νεύρων. Η ορθή και κυρίως ασφαλή χρήση της προϋποθέτει<sup>18</sup>:

- Γνώση των βασικών αρχών λειτουργίας υπερήχων
- Γνώση της ανατομίας από μία διαφορετική οπτική γωνία (ηχοανατομία)
- Επαρκή εκπαίδευση στη χρήση των υπερήχων και στο συντονισμό του χεριού, της βελόνης, του ηχοβολέα και της εικόνας
- Κατάλληλο εξοπλισμό (συσκευή υπερήχων, ηχοβολέας, βελόνες, τοπικά αναισθητικά)

### **Βασικές αρχές λειτουργίας υπερήχων** <sup>18,30</sup>

Η παραγωγή και ανίχνευση των υπερήχων που χρησιμοποιούνται στην ιατρική υπερηχογραφία βασίζεται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Πρόκειται για ένα μηχανισμό μετατροπής ("μετάλλαξης") της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική και αντίστροφο. Όταν κρυσταλλικά υλικά συμπιέζονται, στην επιφάνεια τους αναπτύσσονται ηλεκτρικά φορτία. Επίσης, όταν στα υλικά αυτά εφαρμοσθεί ηλεκτρική τάση παρουσιάζονται μηχανικές παραμορφώσεις. Εάν σε κατάλληλο κρύσταλλο εφαρμοσθεί μια εναλλασσόμενη τάση, τότε ορισμένες διαστάσεις του κρυστάλλου (π.χ το ύψος του) θα υφίστανται συνεχείς αυξομειώσεις. Αυτές οι συνεχείς αυξομειώσεις δημιουργούν μια παλινδρομική κίνηση (δόνηση) στον κρύσταλλο. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι παλινδρομικές κινήσεις μεταδίδονται στο περιβάλλον (αέρας, ιστοί) υπό μορφή αυξομειώσεων της πίεσης. Αυτά τα κύματα πίεσης είναι οι υπέρηχοι. Κατά την αντίστροφη πορεία ένα προσπίπτων ηχητικό κύμα μεταδίδει τις μηχανικές του δονήσεις στον κρύσταλλο. Ο κρύσταλλος δονείται και οι μηχανικές του δονήσεις προκαλούν την εμφάνιση εναλλασσόμενου ηλεκτρικού δυναμικού. Αυτό σημαίνει ότι η μηχανική ενέργεια του ηχητικού κύματος μετατρέπεται ή "μεταλλάσσεται" σε ηλεκτρική. Το ηλεκτρικό δυναμικό μπορεί εύκολα να μετρηθεί με την βοήθεια ηλεκτρονικών διατάξεων. Έτσι επιτυγχάνεται η ανίχνευση των υπερήχων. Συνεπώς, η ίδια πηγή μπορεί να είναι συγχρόνως και ανιχνευτής ηχητικών κυμάτων. Οι παραγόμενοι ηχητικοί παλμοί διαδίδονται μέσω του ανθρώπινου σώματος σαν διαμήκη κύματα τα οποία προκύπτουν από την μετατόπιση των μορίων στο εσωτερικό του μέσου διάδοσης.

Το εύρος συχνοτήτων που χρησιμοποιείται στην διαγνωστική υπερηχογραφία κυμαίνεται από 1 έως 20 MHz. Η ταχύτητα των υπερήχων στο ανθρώπινο σώμα είναι ανεξάρτητη από την συχνότητα τους. Εξαρτάται κυρίως από την σύσταση και την πυκνότητα του υλικού το οποίο χρησιμοποιείται σαν μέσο διάδοσης και είναι αντίστροφος ανάλογη με την συμπιεστότητα του. Η μέση τιμή της στους ανθρώπινους ιστούς είναι 1540 m/sec. Ο υπέρηχος μεταβάλλεται λόγω του ιστού μέσα από τον οποίο περνά. Στα σύνορα μεταξύ δύο διαφορετικών τύπων ιστού υφίσταται τις εξής μεταβολές:

### 1. Κατακόρυφη ανάκλαση

Μόλις ένας υπέρηχος συναντά το κοινό σημείο επαφής μεταξύ δύο ιστών, κάποιο ποσοστό του περνά την επιφάνεια του δεύτερου ιστού και το υπόλοιπο ανακλάται. Το ανακλώμενο κύμα ακολουθεί (με αντίθετη φορά) την ίδια ακριβώς πορεία με το προσπίπτον και επιστρέφει στην πηγή εκπομπής. Αυτή είναι η βασική αρχή λειτουργίας των συστημάτων υπερηχογραφίας. Το φαινόμενο της ανάκλασης συμβαίνει κατά την πρόσπτωση ηχητικών κυμάτων σε "λείες" επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων με μεγάλη διαφορά ακουστικής εμπέδησης (π.χ. επιφάνεια ήπατος, μεγάλα αγγεία, δέρμα κ.λ.).

### 2. Μεταβολή της τροχιάς του λόγω διάθλασης

Η δέσμη που περνά την διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ των δύο ιστών έχει διαφορετική ταχύτητα από αυτή της αρχικής και αποκλίνει από την αρχική τροχιά της δέσμης πρόσπτωσης.

### 3. Σκέδαση λόγω των μικρών δομικών στοιχείων του ιστού

Όταν μια δέσμη υπερήχων προσπίπτει σε μια σκληρή επιφάνεια ή σε σωματίδια με μέγεθος συγκρίσιμο με το μήκος κύματος της δέσμης, τότε σκεδάζεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Γενικά στην σκέδαση, τα προσπίπτοντα ηχητικά κύματα αλλάζουν προσανατολισμό ακολουθώντας τυχαίες διευθύνσεις. Στην πράξη, ένα πλήθος ηχητικών κυμάτων (δέσμη) σκεδάζεται σφαιρικά προς όλες τις διευθύνσεις. Ένα μικρό ποσοστό αυτών των κυμάτων σκεδάζεται προς τα πίσω κατευθυνόμενο προς την πηγή εκπομπής.

### 4. Απώλεια μέρους της ενέργειας του λόγω απορρόφησης

Είναι φαινόμενο μέσω του οποίου μέρος της ενέργειας των ηχητικών κυμάτων μεταφέρεται στους ιστούς. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα. Εκεί βασίζεται και μια από τις θεραπευτικές χρήσεις των υπερήχων, η υπερθερμία. Η απώλεια ενέργειας λόγω της απορρόφησης αυξάνει με την συχνότητα.

*Στα σημερινά συστήματα υπερηχογραφίας υπάρχουν τρεις τρόποι απεικόνισης:*

### 1. B- Mode (Δισδιάστατη απεικόνιση)

Ο όρος B - Mode αποτελεί σύντμηση των όρων Brightness Modulation (Διαμόρφωση φωτεινότητας). Σε αυτό τον τρόπο, τα ηχητικά κύματα παρουσιάζονται στην οθόνη του μηχανήματος υπό μορφή φωτεινών κηλίδων. Η φωτεινότητα της κάθε κηλίδας είναι ανάλογη με την ένταση του αντίστοιχου ηχητικού κύματος. Επίσης η θέση της κηλίδας επί μιας οριζόντιας γραμμής στην οθόνη, αντιστοιχεί στην θέση της αντίστοιχης ανατομικής δομής.

### 2. M- Mode

Με τον τρόπο αυτό γίνεται προσπάθεια να αποδοθεί η κίνηση ορισμένων ανατομικών δομών.

### 3. Doppler Mode

Στην τεχνική Doppler η κεφαλή εκπέμπει μια καθορισμένη συχνότητα υπερήχων, η δέσμη των οποίων ανακλάται όσον αφορά την μελέτη της αιματικής ροής από τα κινούμενα ερυθρά αιμοσφαίρια και πιθανώς από τα λευκά και τα αιμοπετάλια, και επιστρέφει στην κεφαλή υπερήχων. Αν η αιματική ροή κατευθύνεται προς την κεφαλή η ανακλώμενη συχνότητα αυξάνει, ενώ αν απομακρύνεται ελαττώνεται.

### Χαρακτηριστικά συσκευής υπερήχων για τη διεξαγωγή περιφερικών αποκλεισμών<sup>18</sup>

- Εύχρηστη και φορητή συσκευή
- Ανθεκτική και συμπαγής συσκευή
- Κατάλληλος ηχοβολέας με ευθύγραμμη απεικόνιση πεδίου και υψηλή συχνότητα (7-12 MHz )

### Κλινική εφαρμογή υπερήχων<sup>18</sup>

Πριν και κατά την υπερηχογραφική διεξαγωγή ενός αποκλεισμού θα πρέπει να πληρούνται τα εξής:

- Δημιουργία άνετων και εργονομικών συνθηκών εργασίας
- Εκτέλεση μίας δοκιμαστικής υπερηχογραφικής λήψης για προσανατολισμό (trial sonography)
- Τήρηση των βασικών κανόνων ασψίας όσον αφορά στον ηχοβολέα, στη βελόνη, στο σημείο-παρακέντησης και στον αναισθησιολόγο που εκτελεί τον αποκλεισμό
- Σταδιακή χορήγηση του τοπικού αναισθητικού

υπό άμεση όραση

Η υπερηχογραφία έχει αναμφισβήτητα αποκτήσει μία ιδιαίτερη θέση στην περιοχική αναισθησία και, σύμφωνα και με πρόσφατες μελέτες, έχει συμβάλλει ουσιαστικά στην ταχύτερη εκτέλεση περιφερικών αποκλεισμών και στην επίτευξη υψηλότερων ποσοστών επιτυχίας. Ωστόσο, η μείωση των επιπλοκών δεν έχει ακόμη επιβεβαιωθεί.

Εξάλλου, η περιορισμένη εξοικείωση των αναισθησιολόγων με τους υπερήχους, η μικρή ακόμη διαθεσιμότητα τέτοιων συσκευών καθώς και των αντίστοιχων ειδικών βελόνων και υλικών καθετήρων αποτελούν προσωρινά περιοριστικούς παράγοντες για την ευρεία εφαρμογή των υπερήχων στην τοποπεριοχική αναισθησία.

Παρά το γεγονός ότι η υπερηχογραφία αποτελεί μία ελκυστική, πολλά υποσχόμενη, καινούρια μέθοδο δε θα πρέπει να την αντιμετωπίζουμε ανταγωνιστικά σε σχέση με το νευροδιεγέρτη, αλλά συμπληρωματικά. Άλλωστε στις περισσότερες περιπτώσεις ο συνδυασμός και των δύο μεθόδων αποφέρει τα βέλτιστα αποτελέσματα.

## II. ΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΝΕΥΡΙΚΟΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΙ

Η ανίχνευση του επισκληρίδιου χώρου κατά τη διεξαγωγή των κεντρικών νευρικών αποκλεισμών πραγματοποιείται πρακτικά με τη μέθοδο της "απώλειας της αντίστασης", ενώ άλλος ένας τρόπος αναγνώρισής του είναι η τεχνική της "αιωρούμενης σταγόνας". Η δοκιμαστική δόση (test dose) χορηγείται για τον έλεγχο της θέσης ενός επισκληρίδιου καθετήρα.

Στην εξακρίβωση ατυχηματικής ενδοραχιαίας τοποθέτησης του καθετήρα, εκτός από τη **δοκιμασία αναρρόφησης (ενεργητική-παθητική)**, συμβάλλει και η χορήγηση test dose 3ml λιδοκαΐνης 1,5-2%. Εάν 5min μετά την έγχυση δεν παρατηρηθεί νευρικός αποκλεισμός, τότε αποκλείεται με βεβαιότητα η ενδοραχιαία θέση του καθετήρα<sup>31</sup>.

Η αναγνώριση τυχόν ενδαγγειακής τοποθέτησης του καθετήρα πραγματοποιείται με ενεργητική και παθητική αναρρόφηση, αλλά και με την προσθήκη 15μg επινεφρίνης στο διάλυμα της test dose (5μg/ml). Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η απουσία αντενδείξεων (καταστάσεις όπου πρέπει να αποφευχθεί η αύξηση των σφύξεων ή και της

αρτηριακής πίεσης). Ύποπτη θεωρείται η θέση του καθετήρα αν παρατηρηθεί<sup>32</sup>:

- Θετική δοκιμασία ενεργητικής/παθητικής αναρρόφησης
- Αύξηση των σφύξεων κατά >15/min μέσα σε 30-60sec από την έγχυση
- Αύξηση της ΣΑΠ κατά >15mmHg
- Μείωση του εύρους/πλάτους του κύματος T στο ΗΚΓ κατά >25%

Ωστόσο, δεν πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός ότι η καρδιακή συχνότητα επηρεάζεται και από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες.

Εξάλλου, ηλικιωμένοι ασθενείς αντιδρούν γενικά με ήπιες αλλαγές της καρδιακής συχνότητας, ενώ η θεραπεία με β-αποκλειστές περιορίζει τη χρησιμότητα της παρατήρησης των σφύξεων.

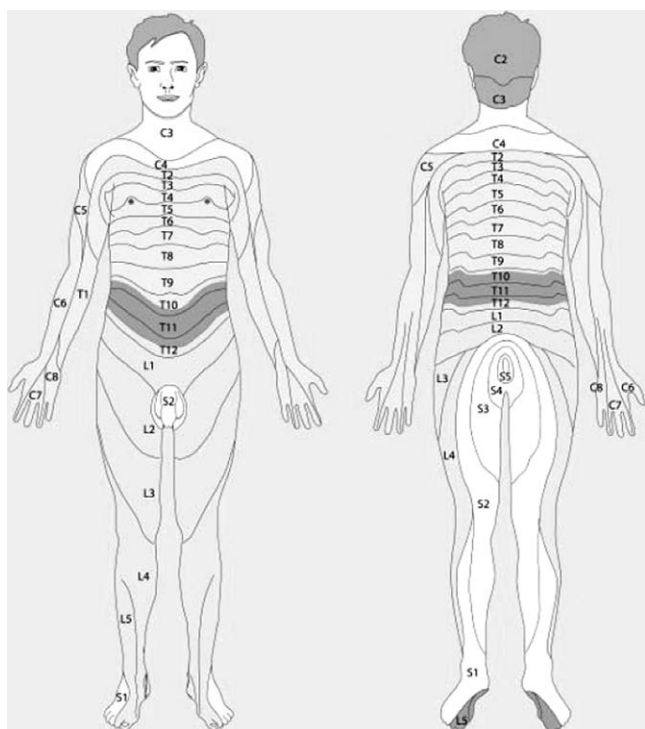
Μη ειδική είναι και η αξία της δοκιμαστικής χορήγησης επινεφρίνης σε γυναίκες κατά τη διαδικασία του τοκετού, καθώς οι ταχυκαρδίες που παρατηρούνται συνήθως σχετίζονται με τις συσπάσεις της μήτρας. Σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνεται η χορήγηση 100μg Fentanyl ή ισοδύναμης δόσης κάποιου άλλου οπιοειδούς και η παρατήρηση για καταστολή ή ζάλη εντός 5min από την έγχυση<sup>32</sup>.

Η επιβεβαίωση της ορθής θέσης του επισκληρίδιου καθετήρα έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης διαφόρων ερευνητών και κατά καιρούς έχουν εφαρμοσθεί διάφορες μέθοδοι εκτός της χορήγησης της δοκιμαστικής δόσης. Έτσι, λοιπόν, έχει προταθεί η αξιολόγηση της κυματομορφής της επισκληρίδιου πίεσης για την αναγνώριση της θέσης του καθετήρα, με θετικά αποτελέσματα αλλά περιορισμένη κλινική εφαρμογή<sup>33, 34</sup>. Αντίθετα, η ηλεκτρική νευροδιέγερση δεν φαίνεται να έχει θέση στον εντοπισμό του επισκληρίδιου χώρου όπως διαπιστώθηκε σε πειραματική μελέτη σε χοίρους<sup>35</sup>.

## B. MONITORING ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ

Η χορήγηση τοπικών αναισθητικών κατά τους κεντρικούς και περιφερικούς αποκλεισμούς προκαλεί άλλοτε άλλου βαθμού και άλλης έκτασης συμπαθητικό, αισθητικό και κινητικό αποκλεισμό. Ο συμπαθητικός αποκλεισμός προηγείται των

άλλον δύο και υποχωρεί τελευταίος. Ο αποκλεισμός των προγαγγλιακών συμπαθητικών ινών προάγει την αγγειοδιαστολή και εκτείνεται συνήθως 2-4 νευροτόμια πάνω από το επίπεδο του αισθητικού αποκλεισμού. Απαραίτητο βοήθημα κατά την εκτίμηση του αισθητικού και συμπαθητικού αποκλεισμού αποτελεί ο χάρτης της νευροτομιακής νύρωσης του δέρματος (εικόνα 2).



Εικόνα 2: Νευροτομιακή νύρωση δέρματος

Κλινικά, η έκταση του συμπαθητικού αποκλεισμού μπορεί αδρά να εκτιμηθεί με τον έλεγχο της απώλειας της αίσθησης του ψυχρού ή του θερμού. Αυτό εξηγείται καθώς οι νευρικές ίνες που μεταφέρουν την αίσθηση του θερμού έχουν το ίδιο πάχος με τις συμπαθητικές ίνες και έτσι μας δίνουν μια εικόνα του ύψους του συμπαθητικού αποκλεισμού.

Η ακριβής παρακολούθηση του συμπαθητικού συστήματος πραγματοποιείται με διάφορες αντικειμενικότερες μεθόδους, οι οποίες όμως δεν έχουν θέση στην καθημερινή κλινική πρακτική. Για παράδειγμα, μια αξιόπιστη μέθοδο ελέγχου του συμπαθητικού αποτελεί η **μέτρηση της θερμοκρασίας** του σώματος με διάφορες τεχνικές όπως

ηλεκτρονικά θερμόμετρα, αυτοκόλλητες ταινίες υγρών κρυστάλλων. Η θερμογραφική απεικόνιση, μάλιστα, φαίνεται να είναι και η πιο αξιόπιστη<sup>36</sup>. Εξάλλου, κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες άλλες λιγότερο εύχρηστες μέθοδοι εκτίμησης του συμπαθητικού αποκλεισμού όπως η **μέτρηση της τριχοειδικής αιματικής ροής** με συσκευές Laser Doppler<sup>37</sup>.

Ο **αισθητικός αποκλεισμός** ελέγχεται με επώδυνα ερεθίσματα (τσιμπήματα βελόνης) σε κάθε δερμοτόμιο και στις δύο πλευρές του σώματος. Αρχικά, ωστόσο, προτείνεται ο έλεγχος της απώλειας της αισθητικότητας με τη βοήθεια ενός ψυχρού ερεθίσματος (π.χ. βαμβάκι με οινόπνευμα), ώστε να μην προκαλείται δυσφορία στον ασθενή.

Μια αντικειμενικότερη ποσοτική μέθοδο εκτίμησης του αισθητικού αποκλεισμού, που έχει μελετηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια, αποτελεί η καταγραφή των **σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SSEP)**. Τα μέχρι πρόσφατα, όμως, αποτελέσματα των σχετικών μελετών ήταν ελλιπή.

Σε μια τελευταία εργασία διαπιστώθηκε συσχέτιση μεταξύ της μείωσης του μεγέθους των κυμάτων των προκλητών σωματοαισθητικών δυναμικών του μέσου νύρου (MnSSER) και της ποιότητας του αποκλεισμού η οποία μάλιστα προηγείται περίπου 10min του κλινικού αποτελέσματος<sup>38</sup>.

Η καταγραφή, λοιπόν, των SSEP φαίνεται να ανοίγει νέους ορίζοντες στην ποιοτική αλλά και στην ποσοτική εκτίμηση του αισθητικού αποκλεισμού.

Ο **κινητικός αποκλεισμός** ελέγχεται ποιοτικά με την κλίμακα Bromage η οποία περιλαμβάνει 4 διαβαθμίσεις:

- 0: Φυσιολογική κάμψη στην κατά γόνυ και στην ποδοκνημική άρθρωση
- 1: Μειωμένη δυνατότητα κάμψης στο γόνατο / Φυσιολογική κάμψη στην ποδοκνημική
- 2: Αδυναμία κάμψης στο γόνατο / Δυνατότητα κάμψης στην ποδοκνημική
- 3: Αδυναμία κάμψης και στο γόνατο και στην ποδοκνημική

Για την εκτίμηση του κινητικού αποκλεισμού κατά την εφαρμογή των διαφόρων περιφερικών νευρικών αποκλεισμών μπορούν να χρησιμοποιη-



θούν άλλες παρόμοιες κλίμακες, οι οποίες στηρίζονται στην ίδια λογική διαβάθμισης της κλίμακας Bromage, αλλά αφορούν άλλους μύες στόχους.

Η ποσοτική εκτίμηση του κινητικού αποκλεισμού επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους οι οποίες έχουν εφαρμοσθεί σε κάποιες κλινικές μελέτες, όπως η μέτρηση της μέγιστης ισομετρικής μυϊκής δύναμης (IFM: Isometric Force Muscle). Κατά την τεχνική αυτή πραγματοποιούνται μετρήσεις πριν και μετά τον αποκλεισμό και το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ποσοστό της αρχικής τιμής. Οι τιμές αυτές θεωρούνται αξιόπιστες και δεν επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες<sup>39</sup>. Άλλη μια μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν είναι η ηλεκτρομυογραφία με τη βοήθεια βελονών ή επιφανειακών ηλεκτροδίων στους αντίστοιχους μύες<sup>40</sup>.

Παρά την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τους, οι μέθοδοι ποσοτικής εκτίμησης του κινητικού αποκλεισμού δεν έχουν τύχει ευρείας εφαρμογής στην καθημερινή κλινική πρακτική. Ίσως έχουν θέση μόνο σε ειδικές περιπτώσεις όπου ο ακριβής έλεγχος του κινητικού αποκλεισμού έχει ιδιαίτερη σημασία (π.χ. εξωτερικοί ασθενείς).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι τοποπεριοχικές τεχνικές κατέχουν ιδιαίτερη

θέση στη φαρέτρα του αναισθησιολόγου. Προϋποθέσεις για την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της περιοχικής αναισθησίας αποτελούν η σωστή επιλογή ασθενών και τεχνικών, η θεωρητική και πρακτική εκπαίδευση του αναισθησιολόγου στους διάφορους αποκλεισμούς, η παρακολούθηση των ασθενών, αλλά και το monitoring των ίδιων των τεχνικών - τόσο της διαδικασίας διεξαγωγής τους όσο και του κλινικού τους αποτελέσματος.

Ξεχωριστή θέση στο monitoring της διαδικασίας στους περιφερικούς αποκλεισμούς κατέχει ο νευροδιεγέρτης και, πρόσφατα, η υπερηχογραφία, ενώ στους κεντρικούς η "απώλεια της αντίστασης" για την ανίχνευση του επισκληρίδιου χώρου και η χορήγηση δοκιμαστικής δόσης για την επιβεβαίωση της ορθής θέσης του επισκληρίδιου καθετήρα. Κυρίαρχος, εξάλλου, παρά το ιδιαίτερο ενδιαφέρον των ερευνητών για την ανακάλυψη και καθιέρωση αντικειμενικών τεχνικών, παραμένει ο ρόλος της κλινικής αξιολόγησης στην εκτίμηση του αποτελέσματος, τουλάχιστον όσον αφορά την καθημερινή αναισθησιολογική πρακτική.

Το ολοκληρωμένο monitoring των τοποπεριοχικών τεχνικών εξασφαλίζει υψηλό ποσοστό επιτυχίας, βελτίωση της ποιότητας των αποκλεισμών αλλά και μείωση των επιπλοκών.

## ABSTRACT

### Monitoring of Regional Anesthesia Techniques Barbara Fyntanidou

In recent years, the regional anesthesia techniques face growing interest. Peripheral and central neuraxial blockades are associated with a variety of benefits. However, it is essential for the correct and safe performance of the blockades to monitor both the procedure and the clinical effects.

The nerve stimulator has been considered as the "gold standard" technique for locating peripheral nerves and performing peripheral nerve blockades for the last two decades and has been shown to be a highly effective method. With the recent proliferation of ultrasound guided techniques for performing regional anaesthetic procedures such as peripheral nerve blocks, there has been much debate on the probable superiority of ultrasound technology to the earlier method of nerve localization. It is important to understand that nerve stimulation and ultrasound are not competing methods and in many cases the combination of them yields major advantages. As far as the central neuraxial blockades is concerned the loss of resistance is considered to be the most reliable and practical method for the detection of the epidural space. The evaluation of the extent and quality of sympathetic, sensory and motor blockade is still best achieved by the clinical monitoring performed by the anesthetist. It is under these conditions that it will be possible to minimize the incidence of complications while increasing success rates of the blockades.

**Key Words:** Regional anesthesia, Central neuraxial blockades, Peripheral nerve blockades, Monitoring

---

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**


---

1. 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: 445-50.
2. Zimmermann M, Rittmeister M. Postoperative Schmerztherapie in der Orthopädie. *Orthopäde* 2003; 32: 1110-9.
3. Angster R, Hainsch-Muller. Postoperatives Schmerzmanagement. *Anaesthesist* 2005; 5: 505-33.
4. Kapral S, Marhofer P, Grau T. Ultraschall in der Regionalanästhesie. Teil I: Technische Entwicklungen und Grundlagen. *Anaesthesist* 2002; 51:931-37.
5. Bode RH, Lewis KP, Zarich SW et al. Cardiac outcome after peripheral vascular surgery: Comparison of general and regional anesthesia. *Anesthesiology* 1996; 84: 3-13.
6. Grau T, Fatehi S, Motsch J, Bartussek E. Umfrage zur aktuellen Situation der Regionalanästhesie im deutschsprachigen Raum. Teil 2: Anwendung, Erfolgsraten und Techniken. *Anaesthesist* 2004; 3: 847-55.
7. Karaca P, Hadzic A, Yufa M et al. Painful paresthesiae are infrequent during brachial plexus localization using low-current peripheral nerve stimulation. *Reg Anesth Pain Med* 2003; 28: 380-3.
8. Davies MJ, McGlade DP. One hundred sciatic nerve blocks: A comparison of localization techniques. *Anaesth Intensive Care* 1993; 21: 76-8.
9. Sia S, Bartoli M, Lepri A et al. Multiple-injection axillary brachial plexus block: A comparison of two methods of nerve localization - nerve stimulation versus paresthesia. *Anesth Analg* 2000; 91: 647-51.
10. Fanelli G, Casati A, Garancini P & Torri G. Nerve stimulation and multiple injection technique for upper and lower limb blockade: Failure rate, patient acceptance, ANS neurologic complications. *Anesth Analg* 1999; 88: 847-52.
11. Baranowski AP, Pither CE. A comparison of three methods of axillary brachial plexus anaesthesia. *Anaesthesia* 1990; 45: 362-5.
12. Winnie AP. Does transarterial technique of axillary block provide a higher success rate and lower complication rate than a paresthesia technique? *Reg Anesth* 1995; 20: 482-5.
13. Graf BM, Martin E. Periphere Nervenblockaden. *Anaesthesist* 2001; 50: 312-22.
14. Franco CD, Vieira ZE. 1.001 subclavian perivascular brachial plexus blocks: Success with a nerve stimulator. *Reg Anesth Pain Med* 2000; 25: 41-6.
15. 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: 969-74.
16. Jochum D, Iohom G, Diarra DP, Loughnane F, Dupre LJ, Bouaziz H. An objective assessment of nerve stimulators used for peripheral nerve blockade. *Anaesthesia* 2006; 61: 557-64.
17. Dalens B, Saint-Maurice C. Practical conditions for practice and survey of regional anesthesia. In Dalens B & Khandwala R (eds.) *Regional Anesthesia in Infants, Children, & Adolescents*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995: 145-53.
18. Mehrkens H-H, Geiger PM, Winckelmann J. *Tutorium im Rehabilitationskrankenhaus Ulm*, 2009.
19. De Andres J, Alonso-Inigo JM, Sala-Blanch X, Reina MA. Nerve stimulation in regional anesthesia: Theory and practice. *Best Pract Res Clin Anesthesiol* 2005; 19: 153-74.
20. Voelckel W. Die richtige Handhabung des Nervenstimulators. *Abstraktband 27. Workshop "Regionalanaesthetie in Theorie und Praxis"* 2007: 23-25.
21. Jankowski CJ, Hebl JR, Stuart MJ et al. A comparison of psoas compartment block and spinal and general anesthesia for outpatient knee arthroscopy. *Anesth Analg* 2003; 97: 1003-9.
22. Hadzic A, Vloka JD, Claudio RE et al. Electrical nerve localization. Effects of cutaneous electrode placement and duration of stimulus on motor response. *Anesthesiology*

- 2004; 100: 1526-30.
23. Urmey WF, Grossi P. Percutaneous electrode guidance: A non-invasive technique for location of peripheral nerves to facilitate peripheral plexus or nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 2002; 27: 261-7.
  24. Kaiser H, Niesel HC, Hans V. Fundamentals and requirements of peripheral electrical nerve stimulation: A contribution of the improvement of safety standards in regional anesthesia. *Reg Anesth* 1990; 13: 143-7.
  25. Stone BA. Transcutaneous stimulation of the saphenous nerve to locate insertion site. *Reg Anesth Pain Med* 2003; 28: 153-4.
  26. Urney WP. Using nerve stimulator for peripheral or plexus nerve blocks. *Minerva Anesthesiol* 2006; 72: 467-71.
  27. De Andres J, Sala-Blanch X. Peripheral nerve stimulation in the practice of brachial plexus anesthesia: A review. *Reg Anesth Pain Med* 2001; 26: 100-4.
  28. Krasteva VT, Papazov SP, Daskalov IK. Peripheral nerve magnetic stimulation: Influence of tissue non-homogeneity. *Biomed Eng Online* 2003; 2: 9.
  29. Auroy Y, Narchi P, Messiah A et al. Serious complications related to regional anesthesia. *Anesthesiology* 1997; 87: 479-86.
  30. Abrahams MS, Aziz MF, Fu RF, Horn JL. Ultrasound guidance compared with electrical-neurostimulation for peripheral nerve block: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth* 2009; 102: 408-17.
  31. Gerheuser F, Roth A. Periduralanesthesie. *Anaesthesist* 2007; 56: 499-526.
  32. Guay J. The epidural test dose. A review. *Anesth Analg* 2006; 102: 921-29.
  33. Ghia JN, Arora SK, Castillo M, Mukherji SK. Confirmation of location of epidural catheters by epidural pressure waveform and computed tomography cathetergram. *Reg Anesth Pain Med* 2001; 26 (4): 337-41.
  34. Lennox PH, Umedaly HS, Grant RP, White SA, Fitzmaurice BG, Evans KG. A pulsative pressure waveform is a sensitive marker for confirming the location of the thoracic epidural space. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2006; 20 (5): 659-63.
  35. Tsui BC, Emery D, Uwiera RR, Finucane B. The use of electrical stimulation to monitor epidural Needle advancement in a porcine model. *Anesth Analg* 2005; 100: 1611-3.
  36. Werdehausen R, Braun S, Hermann H, Freynhagen F, Lipfert P, Stevens MF. Uniform distribution of skintemperature increase after different regional-anesthesia techniques of the lower extremity. *Reg Anesth Pain Med* 2007; 32 (1): 73-8.
  37. Cederholm I, Anskar S, Bengtsson M. Sensory, motor and sympathetic block during epiduralanalgesia with 0.5% and 0.75% ropivacaine with and without epinephrine. *Reg Anesth* 1994; 19 (1): 18-33.
  38. Pandin P, Salengros JC, d'Hollander A, Tchekap C, Vandesteene A. Somatosensory evoked potentials as an objective assessment of the sensory median nerve blockade after infraclavicular block. *Can J Anesth* 2006; 53: 67-72.
  39. Zaric D, Axelsson K, Nydahl P-A et al. Sensory and motor blockade during epidural analgesia with 1%, 0.75%, and 0.5% ropivacaine-a double-blind study. *Anesth Analg* 1991; 72: 509-15.
  40. Nydahl PA, Axelsson A, Phillipson L, Leissner P, Larsson PG. Motor blockade and EMS recordings in epidural anaesthesia. A comparison between mepivacaine 2%, bupivacaine 0.5% and etidocaine 1.5%. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989; 33 (7): 597-604.

### Der Expert kommentiert...

Rückenmarknahe und periphere Regionalanesthesien gewinnen im klinischen Alltag zunehmend an Bedeutung. Gründe dafür sind neben den wenigen und überschaubaren Komplikationen vor allem, dass mit den kontinuierlichen Verfahren die wohl effektivste Analgesie nach schmerzhaften Eingriffen ermöglicht wird. Die Linderung perioperativer Schmerzen und Stresssituationen schaffen die Basis für eine zügige Erholung des Patienten und kann Komplikationen vermeiden helfen.

Um zuverlässige Blockaden mit hoher Erfolgsrate zu erreichen sind neben der Kenntnis der Anatomie auch die Beherrschung technischer Hilfsmittel von großer Bedeutung. Das gilt bevorzugt für periphere Nervenblockaden. Hier ist nach wie vor die elektrische Nervenstimulation als Goldstandard der Nervendetektion zu nennen. Beim jeweiligen Block den richtigen Kennmuskel bei entsprechendem Schwellenstrom gereizt, wird man eine Erfolgsrate über 95% erreichen. Vergleichsweise neu und entsprechend noch wenig verbreitet sind sonographiegestützte Blockadetechniken. Wesentliche Vorteile sind hierbei die Visualisierung des Zielnerven und das Beobachten der Ausbreitung des Lokalanästhetikums. Während der Nervenstimulator nach der ersten Applikation des Lokalanästhetikums sozusagen "erblindet", kann bei der sonographisch gesteuerten Blockade die Kanulenposition unter Sicht korrigiert werden, um eine optimale Verteilung des Anästhetikums zu erreichen.

Schalleindringtiefe und Bildauflösung setzen dieser Technik allerdings noch Grenzen, so dass vor allem tiefe Blockaden nach wie vor eine Domäne der Nervenstimulation sind.

Nicht nur um medikollegiale Konflikte zu vermeiden, empfiehlt sich die klinische Austestung des Blockadeerfolges und eine entsprechende Dokumentation auf dem Narkoseprotokoll. Bei rückenmarknahen Techniken sollte das Betäubungsniveau, die Punktions-/ Kathetertiefe sowie der Zugangsweg festgehalten werden.

Periphere Stimulationsverfahren sollten zusätzlich noch die Angabe des Schwellenstromes und ggf. des Kennmuskels enthalten. Für sonographisch geführte Blockaden wird allgemein die Bilddokumentation empfohlen aus der klar hervorgeht, dass die Kanüle den Nerven nicht berührt bzw. die korrekte Ausbreitung des Lokalanästhetikums erkennbar ist.

Ich freue mich, dass Frau Dr. B. Fyntanidou als erfahrene Regionalanesthesistin sich dieses wichtigen Themas annimmt und mit dem vorliegenden Kapitel einen klinisch-praktikablen Überblick für interessierte Kolleginnen und Kollegen zur Verfügung stellt.

Ulm im November 2009

Dr. med. Peter Geiger

Arztlicher Direktor  
Klinik für  
Anesthesiologie, Intensivmedizin  
u. Schmerztherapie  
RKU - Universitäts-  
und Rehabilitationskliniken Ulm

### Το σχόλιο του ειδικού

Οι κεντρικοί και περιφερικοί νευρικοί αποκλεισμοί αποκτούν ολοένα και περισσότερη αξία στην καθημερινή κλινική πρακτική. Αυτό οφείλεται σε ένα βαθμό στις λίγες και προβλέψιμες επιπλοκές με τις οποίες σχετίζονται οι νευρικοί αποκλεισμοί, αλλά κυρίως στο γεγονός ότι οι συνεχείς τεχνικές παρέχουν την αποτελεσματικότερη αναλγησία μετά από επώδυνες χειρουργικές επεμβάσεις. Η διαχείριση του περιεγχειρητικού πόνου και των στρεσογόνων καταστάσεων, με τις οποίες αυτός εμπλέκεται, αποτελούν τη βάση για την ομαλή ανάρρωση του ασθενούς και μπορούν να συμβάλουν στην αποφυγή επιπλοκών.

Για τη διεξαγωγή αξιόπιστων αποκλεισμών με υψηλό ποσοστό επιτυχίας έχει σημασία εκτός από τη γνώση της ανατομίας και η ικανότητα χρήσης τεχνικών βοηθητικών μέσων. Αυτό ισχύει κυρίως για τους περιφερικούς νευρικούς αποκλεισμούς, όπου η ηλεκτρική νευροδιέγερση αποτελεί τη "gold standard" μέθοδο ανίχνευσης των νεύρων.

Η διέγερση του σωστού στοχευόμενου μυός σε κάθε αποκλεισμό με ρεύμα συγκεκριμένης έντασης και ποιότητας επιτρέπει την επίτευξη ποσοστού επιτυχίας πάνω από 95%. Συγκριτικά καινούρια και αντίστοιχα λιγότερο διαδεδομένοι είναι οι υπερηχογραφικά κατευθυνόμενοι νευρικοί αποκλεισμοί. Σημαντικά πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η οπτικοποίηση των νεύρων-στόχων και η παρατήρηση της διάδοσης του τοπικού αναισθητικού. Σε αντίθεση με το νευροδιεγέρτη, ο οποίος θα μπορούσαμε να πούμε ότι μετά την πρώτη έγχυση του τοπικού αναισθητικού 'τυφλώνεται', οι υπερηχογραφικά κατευθυνόμενοι νευρικοί αποκλεισμοί επιτρέπουν τη διόρθωση της θέσης της βελόνης υπό άμεση όραση με στόχο την επίτευξη της βέλτιστης διάχυσης του τοπικού αναισθητικού. Περιοριστικούς παράγοντες αυτής της τεχνικής αποτελούν η συγκεκριμένη διεισδυτική ικανότητα των υπερήχων και η προκαθορισμένη ανάλυση της εικόνας, έτσι ώστε κατά κύριο λόγο οι εν τω βάθει αποκλεισμοί να παραμένουν πεδίο απόλυτης κυριαρχίας της νευροδιέγερσης.

Με στόχο μεταξύ άλλων και την αποφυγή αντιπαραθέσεων μεταξύ συναδέλφων, συνίσταται ο κλινικός έλεγχος της επιτυχίας του αποκλεισμού και η

αντίστοιχη καταγραφή στο πρωτόκολλο αναισθησίας. Στους κεντρικούς νευρικούς αποκλεισμούς θα πρέπει να σημειώνεται το σημείο της παρακέντησης, το βάθος της βελόνης και του καθετήρα καθώς και το είδος της προσπέλασης. Στους περιφερικούς αποκλεισμούς με τη χρήση νευροδιεγέρτη θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι παράμετροι που αφορούν στο ρεύμα και, ανάλογα με την περίπτωση ο στοχευόμενος μυς αναγνώρισης. Στους υπερηχογραφικά κατευθυνόμενους αποκλεισμούς συνίσταται γενικά η καταγραφή της εικόνας, από την οποία ξεκάθαρα προκύπτει, ότι η βελόνη δεν ακούμπησε το νεύρο, ενώ είναι ευδιάκριτη η σωστή διάχυση του τοπικού αναισθητικού. Χαίρομαι για το γεγονός ότι η κ. Φυντανίδου Β., ως έμπειρη αναισθησιολόγος στην περιοχική αναισθησία, ασχολείται με αυτό το σημαντικό αντικείμενο και παρέχει με το συγκεκριμένο κεφάλαιο μία κλινική και πρακτική επισκόπηση του θέματος σε συναδέλφους που ενδιαφέρονται.

Ulm, Νοέμβριος 2009

Dr.  
med. Peter Geiger  
Δ/ντής της Κλινικής  
Αναισθησιολογίας και Εντατικής Ιατρικής  
RKU -  
Universitäts- und Rehabilitationskliniken Ulm