

Η χρήση της M-MODE υπερηχογραφίας στη μελέτη του διαφράγματος

Σοϊλεμέζη Ελένη, Τσαγκούριας Ματθαίος, Ματάμης Δημήτρης

ABSTRACT

The use of M-mode ultrasonography in diaphragmatic evaluation

Soilemezi E, Tsagourias M, Matamis D

Ultrasonography is a useful tool in order to provide information regarding diaphragm function, especially in cases where local pathology coexists, as in pleural effusions or traumatic rupture. Ultrasound can also be used as a method for analyzing diaphragmatic movement using M-mode. M-mode sonography appears to be a simple, well tolerated, reproducible method of assessing hemidiaphragmatic movement. Its advantages are lack of risk from ionizing radiation, portability and direct quantitative information regarding the amplitude, duration and velocity of hemidiaphragmatic movement. By quantifying diaphragm function, one might be able to predict the timing for successful weaning from mechanical ventilation, evaluate diaphragm function during drug therapy, and assess mechanical ventilation strategies designed to strengthen the diaphragm.

Το διάφραγμα είναι ο κυριότερος αναπνευστικός μυς. Έχει θολωτό σχήμα και αποτελείται από ένα περιφερικό μυώδες και ένα κεντρικό τενοντώδες τμήμα. Κατά τη σύσπασή του μετακινεί προς τα κάτω το κεντρικό τενοντώδες τμήμα του, αυξάνοντας την κάθετη διάμετρο του θώρακα. Νευρώνεται από το φρενικό νεύρο (A3-A4-A5).

Η δυσλειτουργία του διαφράγματος αποτελεί μία βασική αιτία ανεπιτυχούς αποδέσμευσης από το μηχανικό αερισμό[1,2]. Αρκετές μέθοδοι είναι διαθέσιμες για την έμμεση μελέτη της λειτουργίας του διαφράγματος. Έτσι, ακτινολογικές εξετάσεις, όπως η απλή ακτινογραφία θώρακα ή η αξονική τομογραφία είναι χρήσιμες για την εκτίμηση της τοπογραφίας του διαφράγματος, ενώ η ακτινοσκόπηση χρησιμεύει στην εκτίμηση της κινητικότητάς του[3], με κοινό μειονέκτημα των παραπάνω τους κινδύνους από την ιονίζουσα ακτινοβολία. Οι

*Μονάδα Εντατικής Θεραπείας,
Νοσοκομείο Παπαγεωργίου Θεσσαλονίκης*

μελέτες διέγερσης του φρενικού νεύρου προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με την αγωγιμότητα του, δεν είναι όμως ιδιαίτερα εύχρηστες στην καθημερινή κλινική πράξη που ασκείται στο χώρο των χειρουργείων και των Μονάδων Εντατικής Θεραπείας[4]. Οι λειτουργικές δοκιμασίες των πνευμόνων έμμεσα προσφέρουν πληροφορίες για το διάφραγμα, όμως πολλές από τις εκτιμώμενες παραμέτρους επηρεάζονται από την προσπάθεια του εξεταζόμενου, μειώνοντας την αντικειμενικότητα της μεθόδου[5]. Η μέτρηση της διαδιαφραγματικής πίεσης μετά από υπολογισμό της κοιλιακής και της υπεζωκοτικής πίεσης, αποτελεί μέτρο της δύναμης εξώθησης του διαφράγματος και παραμένει μέθοδος εκλογής στη διάγνωση της διαφραγματικής κόπωσης[6], όμως ο επεμβατικός της χαρακτήρας περιορίζει την πρακτικότητά της.

Γίνεται φανερό ότι στην καθημερινή κλινική πράξη χρειαζόμαστε έναν μη επεμβατικό τρόπο μέτρησης της λειτουργίας του διαφράγματος. Ιδανικά, η μέθοδος αυτή θα πρέπει να είναι

Εικόνα 1: Ήπαρ – Διάφραγμα. B-Mode.



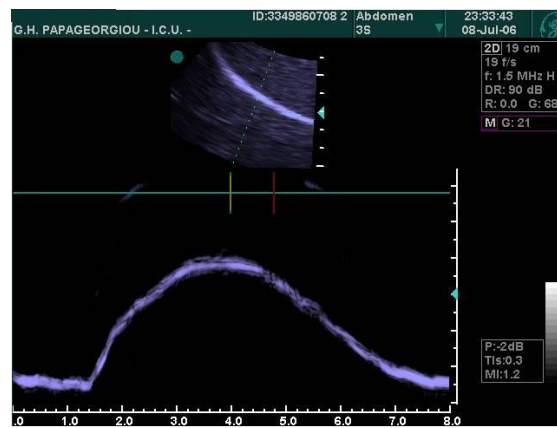
Εικόνα 2: Επικέντρωση στην προς εξέταση περιοχή του διαφράγματος με σκοπό τη λήψη M-Mode απεικόνισης.



ανώδυνη, ασφαλής, εύκολα πραγματοποιούμενη σε όποιον χώρο τη χρειαζόμαστε (χειρουργείο, αίθουσα ανάνηψης, ΜΕΘ) και τα αποτελέσματά της να αναπαράγονται εύκολα και αξιόπιστα από τον ίδιο ή διαφορετικούς εξεταστές. Μία τέτοια μέθοδος θα επέτρεπε όχι μόνο την ποσοτικοποίηση της διαφραγματικής κίνησης, αλλά και την πρόωπη αναγνώριση της κόπωσης και της παθολογικής κίνησης του διαφράγματος σε περιπτώσεις βλάβης.

Η υπόνοια ότι οι υπέρηχοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη της διαφραγματικής κίνησης είχε τεθεί ήδη πριν από πολλά χρόνια από μελετητές όπως οι Haber και συν.[7], οι οποίοι περιγράφοντας υπερηχογραφικά ενδοκοιλιακές παθολογίες, υπέδειξαν την πιθανή χρησιμότητα των υπερήχων στη μελέτη της κίνησης του διαφράγματος. Έκτοτε οι περισσότερες μελέτες που έγιναν αφορούσαν τη

Εικόνα 3: M – Mode διαφραγματικής κίνησης στην ήρεμη αναπνοή σε υγιή εθελοντή



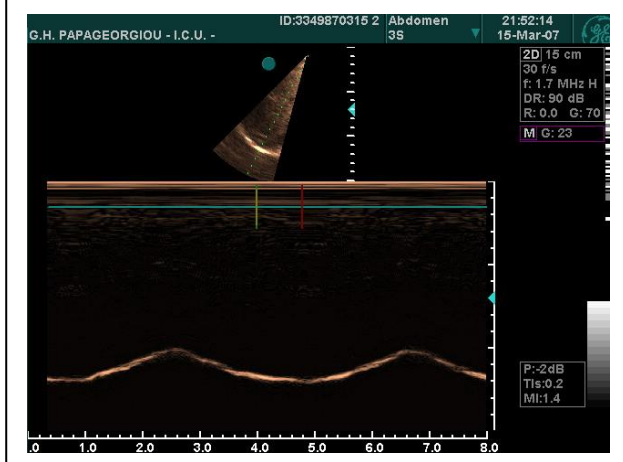
χρήση της B-mode υπερηχογραφίας για τη μελέτη του διαφράγματος, του τύπου δηλαδή της υπερηχογραφίας όπου παράγεται μία δυναμική απεικόνιση των ανατομικών δομών σε δύο διαστάσεις σε πραγματικό χρόνο. Αντίθετα, στην M-mode υπερηχογραφία παράγεται μία μονοδιάστατη απεικόνιση, η οποία επιτρέπει τη μελέτη της κίνησης μιας καλά καθορισμένης ανατομικής δομής με την πάροδο του χρόνου. Αυτός ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών της κίνησης που επιτυγχάνεται με τη M-mode υπερηχογραφία αποδείχτηκε εξαιρετικά χρήσιμος στην καρδιολογία, με την πάροδο των χρόνων όμως μελετητές και κλινικοί γιατροί ανακάλυψαν τη χρησιμότητα αυτού του τύπου των υπερήχων και στη μελέτη του διαφράγματος[8-13].

ΑΔΡΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Για την εξέταση του διαφράγματος χρησιμοποιείται συνήθως η κεφαλή 3.5 MHz των υπερήχων, αρχικά με B-mode ώστε να απεικονιστεί η καλύτερη δυνατή εικόνα και να επιλεγεί η περιοχή που θα μελετηθεί (εικόνα 1,2). Στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί η M-mode υπερηχογραφία για την απεικόνιση της κίνησης των ανατομικών δομών που βρίσκονται κατά μήκος της επιλεγμένης προς εξέταση γραμμής (εικόνα 3). Η κεφαλή των υπερήχων τοποθετείται συνήθως στην πρόσθια μασχαλαία γραμμή, στην υποπλευρία περιοχή και με κατεύθυνση προς τα έσω, κεφαλικά και ραχιαία, έτσι ώστε η ακτίνα των υπερήχων να φτάνει σχεδόν κάθετα

στο οπίσθιο τμήμα του θόλου του δεξιού ημιδιαφράγματος. Το αριστερό ημιδιάφραγμα απεικονίζεται δυσκολότερα λόγω της προβολής του σπληνός. Οι αντανάκλασεις των υπερήχων από το διάφραγμα σχηματίζουν μια φωτεινή γραμμή η οποία κινείται διαδοχικά πάνω και κάτω κατά μήκος του άξονα του M-mode (εικόνα 4).

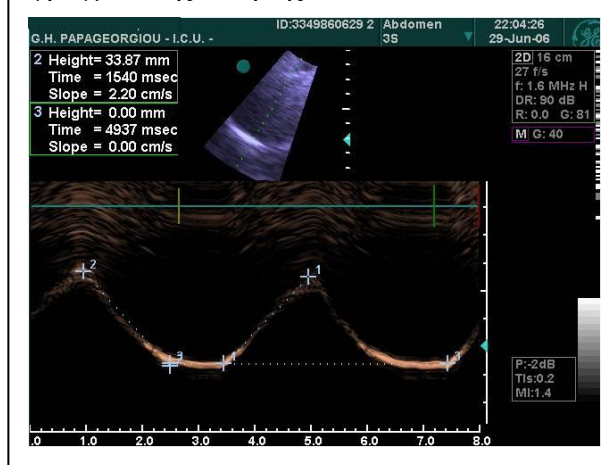
Εικ.ονα 4: M – Mode διαφραγματικής κίνησης στην ήρεμη αναπνοή σε υγιή εθελοντή



Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή μπορούμε να μετρήσουμε το εύρος, τη διάρκεια και την ταχύτητα κίνησης του διαφράγματος κατά την εισπνοή και την εκπνοή. Πιο αναλυτικά, το εύρος της διαφραγματικής κίνησης αντιστοιχεί στην κάθετη (δηλ. κατά τον Y-άξονα) μετακίνηση του διαφράγματος. Η διαίρεση της τιμής αυτής με τον χρόνο της διαφραγματικής κίνησης (που αποδίδεται από την απόσταση στον X-άξονα), δίνει την ταχύτητα κίνησης του διαφράγματος. Όλες αυτές οι παράμετροι μπορούν να μετρηθούν τόσο για τη φάση της εισπνοής όσο και για τη φάση της εκπνοής. Η διάρκεια ενός ολόκληρου αναπνευστικού κύκλου υπολογίζεται από την απόσταση στον X-άξονα που ξεκινά με την έναρξη μιας εισπνευστικής προσπάθειας και τελειώνει αμέσως πριν την έναρξη της επόμενης εισπνοής. Κατά τη διάρκεια ενός ολόκληρου αναπνευστικού κύκλου μπορούμε επιμέρους να διακρίνουμε τον εισπνευστικό και εκπνευστικό χρόνο, καθώς και τυχόν παύσεις μεταξύ αυτών. Περαιτέρω παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν, όπως ο λόγος του χρόνου εισπνοής προς τον ολικό αναπνευστικό χρόνο, ο συνολικός χρόνος κίνησης του διαφράγματος, η συνολική μετακίνηση του διαφράγματος κατά τη διάρκεια ενός

πλήρους αναπνευστικού κύκλου κλπ (εικόνα 5).

Εικόνα 5: Διενέργεια μετρήσεων της διαφραγματικής κίνησης στο M – Mode



ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΚΛΙΝΙΚΗ ΠΡΑΞΗ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Οι υπέρηχοι αποτελούν μια αποδεκτή μέθοδο ποιοτικής εκτίμησης του διαφράγματος, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπως οι υποδιαφραγματικές ή υπεζωκοτικές συλλογές ή η τραυματική ρήξη αυτού[14,15]. Εκτός όμως από την ποιοτική μελέτη τυχόν παθολογίας του διαφράγματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ποσοτική εκτίμηση της κινητικότητάς του, με σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της ακτινοσκόπησης, η οποία στο παρελθόν είχε περιστασιακά χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό. Πέρα από το πλεονέκτημα της αποφυγής της ιονίζουσας ακτινοβολίας, οι υπέρηχοι εστιάζουν κυρίως στην έκπτυξη του οπισθίου τμήματος του διαφράγματος, το οποίο αποτελεί το μυώδες τμήμα του διαφράγματος το οποίο και νευρούται από το φρενικό νεύρο, σε αντίθεση με το πρόσθιο, τενοντώδες τμήμα του διαφράγματος το οποίο κυρίως εξετάζει η ακτινοσκόπηση και το οποίο έχει βρεθεί ότι κινείται 40% λιγότερο[11,16].

Έχει ήδη αναφερθεί η χρήση των υπερήχων στην εκτίμηση της κινητικότητας του διαφράγματος και άλλων οργάνων της άνω κοιλίας[17], με περιγραφή φυσιολογικών προτύπων κίνησης και διακύμανσης τιμών στην έκπτυξή του, τόσο σε ήρεμη όσο και σε βαθιά αναπνοή. Η αναπαραγωγιμότητα της μεθόδου, όπως αυτή

ελέγχεται από τα αποτελέσματα μεταξύ διαφορετικών ή και του ίδιου εξεταστή, όσον αφορά στην κεφαλουραία κίνηση του διαφράγματος, όπως αυτή εκτιμάται από την υπερηχογραφία σε πραγματικό χρόνο, είναι αξιόπιστη και επιβεβαιώνει ότι οι υπέρηχοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση της διαφραγματικής κίνησης επανειλημμένα από διαφορετικούς εξεταστές[11]. Η χρήση της M-mode υπερηχογραφίας στην εκτίμηση της προσθιοπίσθιας έκπτυξης είχε μεγαλύτερες διακυμάνσεις οι οποίες περιορίζουν τη χρήση της [11]. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην ανατομική διακύμανση της κλίσης του οπίσθιου διαφραγματικού τμήματος, ακόμη και μεταξύ του υγιούς πληθυσμού[11]. Η μεγάλη διακύμανση στην κίνηση του διαφράγματος στον υγιή πληθυσμό, εξηγεί γιατί χρειάζεται προσεκτική ποσοτική εκτίμηση της κίνησης και των δύο ημιδιαφραγμάτων, πριν διαγνωστούν αξιόπιστα κάποιες παθολογικές παράμετροι στην κίνηση, ενώ ο λόγος της έκπτυξης των δύο ημιδιαφραγμάτων μπορεί να αποτελεί έναν χρήσιμο δείκτη μονόπλευρης διαφραγματικής παράλυσης. Επιπλέον, η περιγραφή της «φυσιολογικής» διαφραγματικής κίνησης επιτρέπει την πρόωμη αναγνώριση παθολογικών παραμέτρων στην κίνηση του διαφράγματος (εικόνα 6).

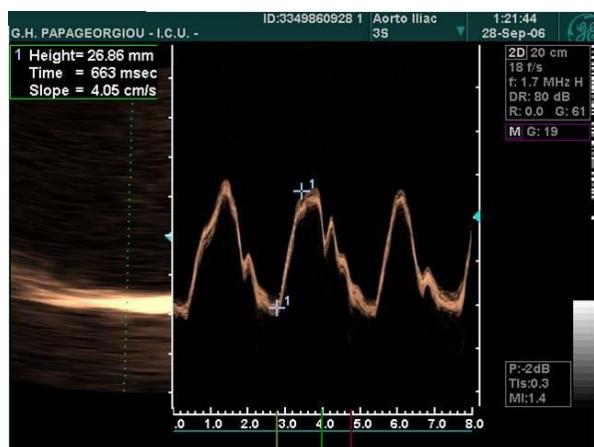
Η υπερηχογραφία προσφέρει επίσης τη δυνατότητα παρατήρησης σε πραγματικό χρόνο μεταβολών στην κίνηση του διαφράγματος που οφείλονται στη μεταβολή ορισμένων συνθηκών, οι οποίες μπορεί να είναι κλινικές (κό-

πωση, επίδραση φαρμάκων) ή πειραματικές. Πράγματι, πειραματικές μεταβολές τόσο απλές όσο η εφαρμογή ενός πνευμοταχογράφου ή σπιρομέτρου και ενός κλιπ στη μύτη, γνωρίζουμε ότι προκαλούν αύξηση του αναπνεόμενου όγκου, ενώ η επίδραση στην αναπνευστική συχνότητα και σε άλλες παραμέτρους είναι λιγότερο σταθερή[10].

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΝΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Η ανάγκη ποσοτικής εκτίμησης της λειτουργικότητας των αναπνευστικών μυών και ιδιαίτερα του διαφράγματος στους αρρώστους που βρίσκονται σε μηχανικό αερισμό είναι ιδιαίτερα επιτακτική, καθώς από αυτήν κυρίως εξαρτάται η ανάνηψη του αυτόματου αερισμού μετά από κάποιο χρόνο παραμονής στον αναπνευστήρα. Είναι γνωστό από μελέτες σε ζώα ότι ο μηχανικός αερισμός συνεπάγεται δυσμενείς επιδράσεις για το διάφραγμα ανεξάρτητα από τις επιδράσεις της αναισθησίας[18,19]. Από τις μελέτες αυτές γίνεται φανερό ότι μόνο 12 ώρες μηχανικού αερισμού μπορούν να προκαλέσουν σημαντική διαταραχή στη λειτουργία του διαφράγματος, η έκταση και η φύση της οποίας επιδεινώνονται ανάλογα με το χρόνο που ο ασθενής παραμένει στον αναπνευστήρα[20]. Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι η βαρύτητα της βλάβης διαφέρει στους διάφορους τύπους μηχανικού αερισμού[21]. Διάφορες παράμετροι έχουν μετρηθεί στους αρρώστους που αποτυγχάνουν να αποδεσμευτούν από τον μηχανικό αερισμό, στην προσπάθεια να εκτιμηθεί ποσοτικά η αναπνευστική κόπωση – τέτοιες παράμετροι περιλαμβάνουν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του διαφράγματος[22], τη διαφραγματική πίεση[23] και τη μέγιστη εισπνευστική πίεση στο στόμα[24], με κοινό μειονέκτημα όλων την επίπονη και χρονοβόρο προετοιμασία για τη μέτρησή τους. Η υπερηχογραφία του διαφράγματος επιτρέπει την ποσοτικοποίηση της κίνησης και του έργου του, και αποτελεί μια εύκολη, γρήγορη και παρά-την-κλίνη εξέταση, η οποία, καθώς μπορεί να επαναλαμβάνεται όσο τακτικά χρειάζεται ανάλογα με τη μεταβολή των συνθηκών ή της θεραπευτικής αγωγής, μπορεί να καθορίσει την κατάσταση της μέγιστης βελτίωσης στην κινη-

Εικ. 6. Ιδιαιτερότητες κίνησης διαφράγματος σε ασθενή με εγκάρσια διατομή του νωτιαίου μυελού στο επίπεδο του A₆.



τικότητα του διαφράγματος, επιτρέποντας έτσι την πρόβλεψη για το χρόνο της επιτυχούς αποδέσμευσης από τον μηχανικό αερισμό.

Ιδιαίτερα για τους αρρώστους που βρίσκονται σε μηχανικό αερισμό, η υπερηχογραφική παρακολούθηση της κίνησης του διαφράγματος δίνει χρήσιμες πληροφορίες για τον συγχρονισμό ασθενούς-αναπνευστήρα σε ορισμένους τύπους αερισμού (όπως πχ σε pressure support), καθώς μπορεί κανείς να εξακριβώσει αν κάθε εισπνευστική προσπάθεια, όπως αυτή διαπιστώνεται από την έναρξη της κίνησης του διαφράγματος, συνοδεύεται από trigger στον αναπνευστήρα. Επίσης, η εξοικείωση με τις εικόνες που καταγράφονται από το M-mode του διαφράγματος μπορεί, σε συνδυασμό με στοιχεία από την κλινική εικόνα του αρρώστου, να βοηθήσει στην πρώιμη αναγνώριση ανεπιθύμητων φαινομένων, όπως το auto-PEEP.

Κατά την αναπνοή, το διάφραγμα συσπάται κατά την εισπνοή και χαλαρώνει κατά την εκπνοή. Ο λόγος του χρόνου εισπνοής προς τον ολικό χρόνο διάρκειας μιας αναπνοής (T_i/T_{tot}) αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαδικασία της αναπνευστικής κόπωσης[25]. Φαίνεται, μάλιστα, πως η παράμετρος αυτή είναι τόσο σημαντική όσο και η πίεση που παράγεται κατά τη σύσπαση του διαφράγματος ($P_{di}/P_{di,max}$) στον καθορισμό της αντοχής του διαφράγματος στην κόπωση[26], ενώ ο δείκτης τάσης-χρόνου (tension-time index, $TTdi = P_{di}/P_{di,max} * T_i/T_{tot}$), ο οποίος συνδυάζει τις δύο παραμέτρους, μπορεί να προβλέψει τη διαφραγματική αντοχή υπό συνθήκες εισπνευστικών αντιστάσεων[26]. Παράμετροι όπως ο χρόνος εισπνοής, ο χρόνος εκπνοής και ο ολικός αναπνευστικός χρόνος μπορούν να μετρηθούν αξιόπιστα κατά την υπερηχογραφική μελέτη της κίνησης του διαφράγματος, τόσο σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές όσο και υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες, επομένως πρέπει να εκτιμηθεί αν οι υπέρηχοι μπορούν να συμβάλουν στον ορθό υπολογισμό των παραπάνω δεικτών στην καθημερινή κλινική πράξη και στο εργαστήριο και επομένως να αντικαταστήσουν περισσότερο επίπονες μεθόδους μέτρησής για τον υπολογισμό τους.

Η αντιμετώπιση των ασθενών που είναι δύσκολο να αποδεσμευτούν από το μηχανικό αερισμό παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα και

για το λόγο αυτό η περιγραφή παραμέτρων που θα μπορούσαν να προβλέψουν την πιθανότητα επιτυχούς αποδέσμευσης φαντάζει ελκυστική. Για την ποσοτικοποίηση του προβλήματος αναφέρεται ότι περίπου 40% του χρόνου που περνά ο ασθενής στον αναπνευστήρα δαπανάται στη διαδικασία αποδέσμευσης από αυτόν, ενώ σε ορισμένες παθολογίες, όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, το ποσοστό αυτό φτάνει το 60%[27]. Κατά τον στατιστικό έλεγχο ενός μεγάλου αριθμού παραμέτρων που περιγράφουν τη λειτουργία των αναπνευστικών μυών, ο λόγος αναπνευστική συχνότητα/αναπνεόμενος όγκος και ο δείκτης τάσης/χρόνου ήταν οι μοναδικές παράμετροι που εμφάνισαν θετική συσχέτιση με το αποτέλεσμα της δοκιμασίας αποδέσμευσης[28]. Άλλες παράμετροι που χρησιμοποιούνται ως δείκτες της ικανότητας προς αποδέσμευση, όπως πχ η μέγιστη εισπνευστική πίεση, που αποτελεί μέτρο της ισχύος των εισπνευστικών μυών, ίσως μπορεί να συσχετιστούν με παραμέτρους που μετρώνται υπερηχογραφικά, όπως η κλίση ή/και η απόσταση κίνησης κατά την εισπνοή. Η επιτυχής συσχέτιση κάποιων από τους δείκτες της ικανότητας προς αποδέσμευση με υπερηχογραφικές παραμέτρους, που μπορούν να εκτιμώνται σε πραγματικό χρόνο παρά την κλίση του ασθενούς, θα προσφέρει πολύτιμη βοήθεια στον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου για την έναρξη της δοκιμασίας αποδέσμευσης.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Η υπερηχογραφία του διαφράγματος είναι μια απλή μέθοδος εξέτασης με γρήγορη καμπύλη εκμάθησης. Η ποιότητα ωστόσο των λήψεων στη δισδιάστατη απεικόνιση η οποία επηρεάζεται από το σωματότυπο του ασθενούς και την τυχόν συνυπάρχουσα παθολογία στην περιοχή, επηρεάζει το πόσο εύκολα θα μετρηθούν οι επιθυμητές παράμετροι στο M-mode. Έτσι, μπορεί η υπερηχογραφική μελέτη του διαφράγματος να μην είναι δυνατή για όλους τους ασθενείς.

Επίσης, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πλέον στη βιβλιογραφία αρκετές μελέτες οι οποίες επιχειρούν την ποσοτικοποίηση της κίνησης του διαφράγματος, δεν έχουν καθοριστεί ακόμη

τα «φυσιολογικά» όρια των παραμέτρων, που μελετώνται. Όπως εξάλλου θα περίμενε κανείς, γίνεται φανερό από τις πρώτες μελέτες, ότι ακόμη και όταν δύο άτομα έχουν τον ίδιο κατά λεπτό αερισμό, μπορεί να αναπνέουν με τελείως διαφορετικό τρόπο. Οι κλινικοί γιατροί, ωστόσο, βασίζονται συνήθως τις αποφάσεις τους στον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται μια παράμετρος ("trend") παρά στην απόλυτη τιμή της παραμέτρου και συνεπώς οι υπέρηχοι μπορούν ίσως να χρησιμοποιηθούν περισσότερο για την εκτίμηση των μεταβολών στην κίνηση του διαφράγματος σε έναν ασθενή (πχ ως συνέπεια της επίδρασης φαρμάκων ή διαφορετικών τύπων μηχανικού αερισμού) παρά για τη σύγκριση ασθενών μεταξύ τους.

Οι τιμές που μετρώνται θα είναι επίσης διαφορετικές ανάλογα και με τον τύπο της αναπνοής του ατόμου. Έτσι, είναι πιθανό ότι κάποιος ασθενής ο οποίος έχει κυρίως θωρακική αναπνοή χρησιμοποιεί λιγότερο το διάφραγμα για την αναπνοή του, ενώ σε άτομα που έχουν κοιλιακή αναπνοή, ο θόλος του διαφράγματος θα έχει σημαντική μετακίνηση[17].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

Η υπερηχογραφία έχει μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί κυρίως ως μία μέθοδος ποιοτικής εκτίμησης της λειτουργίας του διαφράγματος, κυρίως σε περιπτώσεις συνυπάρχουσας παθολογίας στην περιοχή, όπως πχ αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις υποδιαφραγματικών και υπεζωκοτικών συλλογών και τραυματισμού. Γίνεται, ωστόσο, ολοένα και περισσότερο φανερό ότι οι υπέρηχοι αποτελούν μία εύκολη, εξαιρετικά καλά ανεκτή και αξιόπιστη αναπαραγωγίμη μέθοδο όχι μόνο ποιοτικής αλλά και ποσοτικής εκτίμησης της διαφραγματικής κίνησης. Η ποσοτικοποίηση της διαφραγματικής λειτουργίας αναμένεται με μεγάλο, πέρα από το φυσιολογικό, και κλινικό ενδιαφέρον: η πρόβλεψη του χρόνου της επιτυχούς αποδέσμευσης από το μηχανικό αερισμό, η εκτίμηση της διαφραγματικής λειτουργίας κατά τη διάρκεια διαφόρων φαρμακευτικών θεραπειών και η αξιολόγηση στρατηγικών μηχανικού αερισμού για την ενδυνάμωση του διαφράγματος, είναι μερικοί μόνο από τους τομείς στους οποίους τα αποτελέσματα τέτοιων μελετών αναμένονται να έχουν τεράστιες κλινικές επιπτώσεις.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Khan N, Brown A, Venkataraman ST. Predictors of success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Crit Care Med* 1996; 24:1568-79
2. Parker M. Predicting success of extubation in children. *Crit Care Med* 1996; 24:1429-1430
3. Ch'en IY, Armstrong JD. Value of fluoroscopy in patients with suspected bilateral hemidiaphragmatic paralysis. *A J Roentgenol* 1993; 60:29-31
4. Hamnegaard CH, Wragg S, Kyroussis D, Mills G, Bake B, Green M, Moxham J. Mouth pressure in response to magnetic stimulation of the phrenic nerves. *Thorax* 1995; 50:620-4
5. Yang K, Tobin M. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1991; 324:1445-50
6. Gozal D, Shoseyov D, Keens TG. Inspiratory pressures with CO₂ stimulation and weaning from mechanical ventilation in children. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147:256-61
7. Haber K, Asher WM, Freimanis AK. Echographic evaluation of diaphragmatic motion in intra-abdominal disease. *Radiol* 1975; 114:141-4
8. Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, Rochester DP. Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol* 1989; 67:1560-8
9. Heyman E, Ohlsson A, Heyman Z, Fong K. The effect of aminophylline on the excursions of the diaphragm in preterm neonates. *Acta Paediatr Scand* 1991; 80:308-15
10. Ayoub J, Cohendy R, Dauzat M, Targhetta R, De La Coussaye JE, Bourgeois JM, Ramonatxo M, Prefaut C, Pourcelot L. Non-invasive quantification of diaphragm kinetics using m-mode sonography. *Can J Anaesth* 1997; 44:739-44
11. Houston JG, Morris AD, Howie CA, Reid JL, McMillan N. Technical report: Quanti-

- tative assessment of diaphragmatic movement—a reproducible method using ultrasound. *Clin Radiol* 1992; 46:405-7
12. Kocis KC, Radell PJ, Sternberger WI, Benson JE, Traystman RJ, Nichols DG. Ultrasound evaluation of piglet diaphragm function before and after fatigue. *J Appl Physiol* 1997; 83:1654-9
 13. Harris RS, Giovannetti M, Kim BK. Normal ventilatory movement of the right hemidiaphragm studied by ultrasonography and pneumotachography. *Radiol* 1983; 146: 141-4
 14. Pery M, Kaftori JK, Rosenberger A. Causes of abdominal right diaphragmatic position diagnosed by ultrasound. *J Clin Ultrasound* 1983; 11:269-75
 15. Somers JM, Gleeson FV, Flower CDR. Rupture of the right hemidiaphragm following blunt trauma: the use of ultrasound in diagnosis. *Clin Radiol* 1990; 42:97-101
 16. Verschakelen JA, Deschepper K, Jiong TX, Demmetts M. Diaphragmatic displacement measured by fluoroscopy and derived by Resptrace. *Am J Physiol* 1989; 67: 694-698
 17. Davies SC, Hill AL, Holmes RB, Halliwell M, Jackson PC. Ultrasound quantitation of respiratory organ motion in the upper abdomen. *Br J Radiol* 1994; 67:1096-102
 18. Le Bourdelles G, Viires N, Boczkowski J, Seta N, Pavlovic D, Aubier M. Effects of mechanical ventilation on diaphragmatic contractile properties in rats. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149:1539-44
 19. Radell PJ, Remahl S, Nichols DG, Eriksson LI. Effects of prolonged mechanical ventilation and inactivity on piglet diaphragm function. *Int Care Med* 2002; 28:358-64
 20. Gayan-Ramirez G, Decramer M. Effects of mechanical ventilation on diaphragm function and biology. *Eur Respir J* 2002; 20: 1579-86
 21. Sassoon CSH, Caiozzo VJ, Manka A, Sieck GC. Altered diaphragm contractile properties with controlled mechanical ventilation. *J Appl Physiol* 2002; 92:2585-95
 22. Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139:513-21
 23. Vassilakopoulos T, Zakyntinos S, Roussos C. The tension-time index and the frequency/tidal volume ratio are the major pathophysiologic determinants of weaning failure and success. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:378-85
 24. Purro A, Appendini L, De Gaetano A, Gudjonsdottir M, Donner CF, Rossi A. Physiologic determinants of ventilatory dependence in long-term mechanically ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:1855-62
 25. Mador J. Respiratory muscle fatigue and breathing pattern. *Chest* 1991; 100:1430-5
 26. Bellemare F, Grassino A. Effect of pressure and timing of contraction on human diaphragm fatigue. *J Appl Physiol* 1982; 53: 1190-5
 27. Esteban A, Alia I, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ, Spanish Lung Failure Collaborative Group. Modes of mechanical ventilation and weaning: a national survey of Spanish hospitals. *Chest* 1994; 106:1188-93
 28. Tobin MJ, Brochard L, Rossi A. Assessment of respiratory muscle function in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166:610-23
-
- ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ:**
Σοϊλεμέζη Ελένη: Αναισθησιολόγος, Νοσοκομείο Παπαγεωργίου Θεσσαλονίκης, ΤΚ 564 03
τηλ. +302310694366
e-mail: elenisoil@hotmail.com
- Λέξεις κλειδιά:** διάφραγμα, M-mode υπερηχογραφία