

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ
ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΚΑΙ ΟΙ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
ΒΙΟΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ
ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΠΕΡΔΙΚΑΡΗ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΧΡΙΣΤΑΡΑ – ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ
ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΚΑΙ ΟΙ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
ΒΙΟΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ
ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΠΕΡΔΙΚΑΡΗ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΧΡΙΣΤΑΡΑ – ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Η ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΒΙΟΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.

ΠΕΡΔΙΚΑΡΗ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

A.M.: 4357/14

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Αλεξάνδρα Χριστάρα - Παπαδοπούλου, Καθηγήτρια

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1.
- 2.
- 3.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: /10/2018

ALEXANDER TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF THESSALONIKI
SCHOOL OF HEALTH AND WELFARE PROFESSIONS
PHYSIOTHERAPY DEPARTMENT

DISSERTATION

**THE EFFICIENCY OF DIAPHRAGMATIC
BREATHING AND ITS METHODS OF
INSTRUCTION**

**PILOT STUDY: THE DEVELOPMENT OF AN
EXPERIMENTAL BIOFEEDBACK DEVICE FOR THE
PURPOSES OF INSTRUCTING DIAPHRAGMATIC
BREATHING**

STUDENT NAME: ANGELIKI PERDIKARI

SUPERVISOR NAME: ALEXANDRA HRISTARA - PAPADOPOULOU

THESSALONIKI, 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των προπτυχιακών μου σπουδών στο Τμήμα Φυσικοθεραπείας του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κα Αλεξάνδρας Χριστάρα – Παπαδοπούλου. Θα ήθελα, λοιπόν, να ευχαριστήσω θερμά την κα Αλεξάνδρα Χριστάρα – Παπαδοπούλου για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας μου.

Οφείλω να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Σταυριανουδάκη, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό και Μηχανικό Υπολογιστών, για τη συνεργασία και τις πολύτιμες υποδείξεις του στο κομμάτι της κατασκευής της πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής, που παρουσιάζεται στο 6^ο Κεφάλαιο, καθώς και όλους τους φοιτητές που εθελοντικά συμμετείχαν στην έρευνα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη φίλη και συμφοιτήτρια μου, Ευγενία Σαχπατσίδου, για την ηθική υποστήριξη της καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας καθώς και για τη συμβολή της στην αντιμετώπιση δυσκολιών κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Πάνω από όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Τάσα Λούδα και Σπύρο Περδικάρη, καθώς και στον αδερφό μου, Γεώργιο - Νικόλαο Περδικάρη, για την αγάπη τους, τη διαχρονική συμπαράσταση τους και για την υλική και ηθική στήριξη των επιλογών μου.

Αγγελική Περδικάρη

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί την ωριμότερη προσπάθεια μου να ολοκληρώσω ένα επιστημονικά τεκμηριωμένο κείμενο και να εμβαθύνω τις γνώσεις μου στον τομέα της Αναπνευστικής Φυσικοθεραπείας. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα της διαφραγματικής αναπνοής και οι μέθοδοι διδασκαλίας της, μέσω ανασκόπησης στη διεθνή βιβλιογραφία και αρθρογραφία. Επίσης, διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της πειραματικής συσκευής που ανέπτυξε η ομάδα μου, στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής.

Με την υποστήριξη της καθηγήτριας μου Δρ. Αλεξάνδρας Χριστάρα – Παπαδοπούλου, και εδώ θα ήθελα να την ευχαριστήσω ακόμα μία φορά, μου δόθηκε η ευκαιρία να μελετήσω ένα θέμα που εμπίπτει πλήρως των επιστημονικών μου ενδιαφερόντων και να προχωρήσω με σιγουριά στην ανάπτυξη της πειραματικής συσκευής ανατροφοδότησης για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Τέλος, μπόρεσα να δω στην πράξη, μέσω της πιλοτικής έρευνας, εάν αυτή η συσκευή, η οποία είναι προϊόν διεπιστημονικής συνεργασίας, μπορεί να αποτελέσει ένα επιπλέον εργαλείο στα χέρια των Φυσιοθεραπευτών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την αποτελεσματικότητα της διαφραγματικής αναπνοής και τις μεθόδους διδασκαλίας της.

Αρχικά, μελετάται η ανατομία, η φυσιολογία, η μηχανική δράση και η λειτουργία του διαφράγματος.

Περιγράφεται το σύνολο των αναπνευστικών ασκήσεων, που χρησιμοποιούνται στην πνευμονική αποκατάσταση και παρουσιάζεται ο κλινικός συλλογισμός και η τεκμηρίωση τους.

Έπειτα, παρουσιάζεται η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στη Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια σε σχέση με το στάδιο βαρύτητας της ασθένειας, όσον αφορά στα συμπτώματα, στον πνευμονικό αερισμό, στην κίνηση του θωρακικού τοιχώματος, στην πνευμονική λειτουργία, στον αναπνευστικό ρυθμό και στα αέρια αίματος.

Επιπρόσθετα, αναφέρεται η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής σε άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, συγκεκριμένα, στην καρδιακή λειτουργία και στη λεμφική παροχέτευση.

Στη συνέχεια, εξετάζονται οι υπάρχουσες μέθοδοι διδασκαλίας και αξιολόγησης της διαφραγματικής αναπνοής.

Τέλος, παρουσιάζεται η πιλοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την παρούσα πτυχιακή. Συγκεκριμένα, έχει ως σκοπό να διερευνήσει την αποτελεσματικότητα της πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης, που αναπτύχθηκε από τη γράφουσα και τους συνεργάτες της, στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η συσκευή με την εποπτική ανατροφοδότηση παρέχει κίνητρο στον εκπαιδευόμενο να εκτελέσει ορθότερα τη διαφραγματική αναπνοή και φαίνεται να έχει προβάδισμα σε σχέση με την καθιερωμένη μέθοδο διδασκαλίας.

ABSTRACT

This dissertation seeks to investigate the efficiency of diaphragmatic breathing and examines its methods of instruction.

Firstly, it deals with the study of anatomy, physiology, mechanical action and diaphragmatic function.

The total amount of the respiratory exercises used in pulmonary rehabilitation is described. In addition, the clinical reasoning along with their evidence is mentioned.

The effects of diaphragmatic breathing on Chronic Obstructive Pulmonary Disease patients are analyzed in relation to the disease severity stage, in terms of symptoms, ventilation, chest wall motion, pulmonary function, respiratory rate and arterial blood gases.

Furthermore, apart from the respiratory system, the efficiency of diaphragmatic breathing is assessed on the cardiac and the lymphatic function.

Then, the existing methods of instruction and evaluation of diaphragmatic excursion are examined.

Finally, the pilot study conducted for this dissertation is presented. In particular, the study aims to investigate the effectiveness of the experimental biofeedback device, developed by the writer and her colleagues, concerning the instruction of diaphragmatic breathing. The results show that the device equipped with the visual biofeedback provides the trainee with an incentive to better perform diaphragmatic breathing exercise and appears to be ahead of the established method of instruction.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ_____	iv
ΠΡΟΛΟΓΟΣ_____	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ_____	vi
ABSTRACT_____	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ_____	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ_____	01
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
Κεφάλαιο 1°	
Το διάφραγμα_____	03
1.1 Ανατομία και ανατομικές συνδέσεις του διαφράγματος_____	04
1.2 Εμβρυολογία_____	08
1.3 Αιμάτωση και αγγειακές συνδέσεις του διαφράγματος_____	10
1.4 Νεύρωση και νευρολογικές συνδέσεις του διαφράγματος_____	10
1.4.1 Το φρενικό νεύρο_____	11
1.4.2 Τα μεσοπλεύρια νεύρα_____	17
1.5 Λεμφικό σύστημα και λεμφικές συνδέσεις του διαφράγματος_____	19
1.6 Φυσιολογία – Παθοφυσιολογία του διαφράγματος_____	20
1.6.1 Ο ρόλος του διαφράγματος στον αερισμό_____	20
1.6.2 Η παθοφυσιολογία της δύσπνοιας_____	20
1.6.3 Ο ρόλος του διαφράγματος στην αναπνευστική ανεπάρκεια και στον απογαλακτισμό από το μηχανικό αερισμό_____	21
1.7 Μηχανική δράση του διαφράγματος_____	21
1.8 Λειτουργία του διαφράγματος_____	23
1.8.1 Ο ρόλος του διαφράγματος στη σταθεροποίηση του κορμού_____	23
1.8.2 Ο ρόλος του διαφράγματος στον εμετό, στην κατάποση και η λειτουργία του ως φραγμός κατά της παλινδρόμησης_____	25

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 2°

Οι αναπνευστικές ασκήσεις στην πνευμονική αποκατάσταση	27
2.1 Οι στόχοι της πνευμονικής αποκατάστασης	27
2.2 Οι αναπνευστικές ασκήσεις	27
2.2.1 Περιγραφή των αναπνευστικών ασκήσεων	28
2.2.1.1 Περιγραφή της διαφραγματικής αναπνοής	28
2.2.1.2 Περιγραφή της αναπνοής με σφιγμένα χείλη	29
2.2.2 Η λογική πίσω από τις αναπνευστικές ασκήσεις	29
2.2.2.1 Η λογική πίσω από τη διαφραγματική αναπνοή	30
2.2.2.2 Η λογική πίσω από την αναπνοή με σφιγμένα χείλη	31
2.2.2.3 Άλλοι συλλογισμοί για τις αναπνευστικές ασκήσεις	31
2.2.3 Τεκμηρίωση για τις αναπνευστικές ασκήσεις στην πνευμονική αποκατάσταση	32
2.2.3.1 Τεκμηρίωση για τη διαφραγματική αναπνοή στην πνευμονική αποκατάσταση	33
2.2.3.2 Τεκμηρίωση για την αναπνοή με σφιγμένα χείλη στην πνευμονική αποκατάσταση	33
2.2.4 Οι αναπνευστικές ασκήσεις στην κλινική πρακτική	34

Κεφάλαιο 3°

Η διαφραγματική αναπνοή στη Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)	37
3.1 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής σε σχέση με το στάδιο βαρύτητας της Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ)	37
3.2 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στα συμπτώματα της Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ)	38
3.3 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στον πνευμονικό αερισμό	38
3.4 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην κίνηση του θωρακικού τοιχώματος	40
3.5 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην πνευμονική λειτουργία, στον αναπνευστικό ρυθμό και στα αέρια του αρτηριακού αίματος	41
3.6 Παράγοντες που σχετίζονται με την αυξημένη δύσπνοια που προκαλεί η διαφραγματική αναπνοή	44

3.7 Παράγοντες που σχετίζονται με την παράδοση αναπνοή που προκαλεί η διαφραγματική αναπνοή_____	45
--	----

Κεφάλαιο 4°

Η διαφραγματική αναπνοή σε άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού_____	47
---	-----------

4.1 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην καρδιακή λειτουργία_____	47
--	----

4.2 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στη λεμφική παροχέτευση_____	49
---	----

Κεφάλαιο 5°

Η διδασκαλία και η αξιολόγηση της διαφραγματικής αναπνοής_____	51
---	-----------

5.1 Η τεχνική της διαφραγματικής αναπνοής: Μέθοδοι διδασκαλίας_____	51
---	----

5.2 Μέθοδοι αξιολόγησης της διαφραγματικής έκπτυξης_____	54
--	----

Κεφάλαιο 6°

Ανάπτυξη πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Πιλοτική Έρευνα._____	59
---	-----------

6.1 Σκοπός μελέτης_____	59
-------------------------	----

6.2 Μέθοδος_____	60
------------------	----

6.2.1 Δείγμα_____	60
-------------------	----

6.2.2 Υλικό_____	61
------------------	----

6.2.3 Διαδικασία διεξαγωγής_____	66
----------------------------------	----

6.2.4 Παρέμβαση_____	67
----------------------	----

6.2.5 Ανάλυση δεδομένων_____	69
------------------------------	----

6.3 Αποτελέσματα_____	70
-----------------------	----

6.4 Συζήτηση_____	89
-------------------	----

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ_____	91
-------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ_____	95
-------------------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ_____	103
----------------	-----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το επιστημονικό ενδιαφέρον για το διάφραγμα χρονολογείται στα τέλη του 19ου αιώνα, όταν ο Sewall και ο Pollard διερεύνησαν την κίνηση μεταξύ της θωρακικής κοιλότητας και του διαφράγματος. Εξέτασαν το διαφραγματικό στοιχείο της αναπνοής, παρατηρώντας τις μεταβολές της περιμέτρου της κοιλιάς και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το διάφραγμα συσπάται και κατεβαίνει στην κοιλιακή κοιλότητα (Sewall, 1890). Στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα, ο Bell έδειξε ότι η ζωή θα μπορούσε να διατηρηθεί με τη διαφραγματική αναπνοή και μόνο, μετά από κατώσεις νωτιαίου μυελού στην αυχενική μοίρα, σε έναν άνδρα (Bell, 1826). Τις επόμενες δεκαετίες οι ερευνητές διερεύνησαν τους φυσιολογικούς μηχανισμούς, την εμβιομηχανική λειτουργία και τις ανατομικές συνδέσεις του διαφράγματος.

Επί του παρόντος, έχει τεκμηριωθεί ότι το διάφραγμα λειτουργεί όχι μόνο ως αναπνευστικός μυς, αλλά διαδραματίζει πολλαπλούς διαφορετικούς φυσιολογικούς ρόλους. Ανατομικά, το διάφραγμα χωρίζει την θωρακική από την κοιλιακή κοιλότητα. Ωστόσο, από λειτουργική άποψη, αυτός ο μυς εκτείνεται από το τρίδυμο σύστημα έως το πνευλικό έδαφος, καθώς έχει πολλές συνδέσεις και αποτελεί σημαντικό σταυροδρόμι πληροφοριών που αφορούν ολόκληρο το σώμα.

Η διαφραγματική αναπνοή είναι συνώνυμη με τον έλεγχο της αναπνοής, την χαλαρή ελεγχόμενη αναπνοή και την κοιλιακή αναπνοή. Κατά την εκτέλεση της, οι ασθενείς ενθαρρύνονται να αναπνέουν κυρίως με το διάφραγμα ελαχιστοποιώντας τη δράση των επικουρικών μυών (Gosselink, 2004). Συγκαταλέγεται, μεταξύ άλλων αναπνευστικών ασκήσεων, στα προγράμματα πνευμονικής αποκατάστασης και διδάσκεται ως βασικό στοιχείο της αυτοδιαχείρισης ασθενών με Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (Fernandez, 2011). Στόχος της είναι να διδάξει τους ασθενείς με Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια πώς να ανακουφίσουν και να ελέγξουν τη δύσπνοια, μέσω της διόρθωσης των διαταραχών του αναπνευστικού προτύπου, μειώνοντας έτσι το μεταβολικό κόστος της αναπνοής και βελτιώνοντας τη διανομή του αερισμού. Επακόλουθες βελτιώσεις έχουν παρατηρηθεί στην ανταλλαγή αερίων, στην απόδοση της άσκησης και στα συμπτώματα. Επιπλέον, η θετική επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής έχει ανιχνευτεί στην καρδιακή λειτουργία και στη λεμφική ροή (Kojcan, 2017).

Η διαφραγματική αναπνοή θεωρείται δύσκολη στη διδασκαλία και την εκμάθηση και μπορεί να απαιτεί καθημερινή εξάσκηση. Έχουν αναπτυχθεί ποικίλες στρατηγικές που επικουρούν τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής και μέθοδοι που έμμεσα και άμεσα αξιολογούν την διαφραγματική έκπτυξη.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, παρουσιάζεται η ανάπτυξη μίας καινοτόμου πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής, καθώς και

η πιλοτική έρευνα που διεξήχθη για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η συσκευή, με την ανατροφοδότηση που έχει επιλεγεί, παρέχει κίνητρο στον εκπαιδευόμενο να εκτελέσει ορθότερα τη συγκεκριμένη αναπνευστική άσκηση και επικουρεί το ρόλο του Φυσιοθεραπευτή στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Το διάφραγμα

Μία ενδιαφέρουσα άποψη του Shrager είναι ότι η διαδεδομένη περιγραφή του διαφράγματος ως ο κύριος "αναπνευστικός μυς" είναι εν μέρει εσφαλμένη και αντιπροτείνει την ονομασία ο κύριος "μυς του αερισμού" (Shrager, 2015). Ο κρίσιμος φυσιολογικός ρόλος του είναι να χρησιμεύσει ως ο κύριος μυς που κινεί τον αέρα στους πνεύμονες. Αυτός ο αέρας, φυσικά, οξυγονώνει το αίμα. Δεδομένου ότι η παροχή οξυγονωμένου αίματος σε όλα τα μέρη του σώματος είναι ζωτικής σημασίας για τη ζωή και δεδομένου ότι τα άθικτα καρδιακά και αναπνευστικά συστήματα είναι τα βασικά στοιχεία για να εξασφαλιστεί ότι αυτό το οξυγονωμένο αίμα παράγεται και παραδίδεται, η βλάβη οποιουδήποτε από τα συστατικά αυτά οδηγεί σε θάνατο ή σοβαρή αναπηρία. Θεωρεί ότι μαζί με την καρδιά και τους πνεύμονες, το διάφραγμα είναι ένα από τα τρία πιο σημαντικά όργανα στο σώμα (Shrager, 2015).

Ακριβώς όπως η καρδιά είναι η αντλία αίματος, το διάφραγμα είναι η αντλία αέρα. Μια σύντομη μελέτη θα πείσει τον αναγνώστη ότι η καρδιά και το διάφραγμα είναι οι μόνοι μύες του σώματος που είναι συνεχώς ενεργοί καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός ατόμου (Shrager, 2015). Εάν ένας από αυτούς τους μύες οδηγηθεί σε ανεπάρκεια, το άτομο ασθενεί. Δεδομένου ότι το διάφραγμα είναι ο μόνος σκελετικός μυς που είναι συνεχώς ενεργός (η καρδιά αποτελείται από καρδιακό μυ), το διάφραγμα παρουσιάζει μια σειρά από ενδιαφέρουσες φυσιολογικές προσαρμογές. Οι μυϊκές ίνες του διαφράγματος παρουσιάζουν μοναδικά χαρακτηριστικά που του επιτρέπουν να λειτουργήσει επαρκώς, δεδομένου αυτού του ασυνήθιστου ρόλου της αδιάλειπτης δραστηριότητας. Επιπλέον, ο ιδιαίτερος ρόλος του φαίνεται να επηρεάζει την ανταπόκριση του διαφράγματος σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις (π.χ. εμφύσημα) και ιατρικές παρεμβάσεις (π.χ. μηχανικός αερισμός, MV), έτσι ώστε συχνά να μην ανταποκρίνεται με τον τρόπο που ανταποκρίνονται οι σκελετικοί μύες στα άκρα σε παρόμοιες συνθήκες.

Το διάφραγμα δε λειτουργεί μόνο ως αναπνευστικός μυς, αλλά διαδραματίζει πολλαπλούς διαφορετικούς φυσιολογικούς ρόλους. Ανατομικά, το διάφραγμα χωρίζει την θωρακική από την κοιλιακή κοιλότητα. Ωστόσο, από λειτουργική άποψη, αυτός ο μυς εκτείνεται από το τρίδυμο σύστημα έως το πυελικό έδαφος, καθώς έχει πολλές συνδέσεις και αποτελεί σημαντικό σταυροδρόμι πληροφοριών που αφορούν ολόκληρο το σώμα. Το φρενικό νεύρο νευρώνει το διάφραγμα και ξεκινά από τις ρίζες του A3 έως το A5. Η πορεία του φρενικού νεύρου περιλαμβάνει ολόκληρο το βραχιόνιο πλέγμα και ολόκληρο το αυχενικό πλέγμα. Κατά μήκος της διαδρομής του, το φρενικό νεύρο δημιουργεί αναστόμωση με το πνευμονογαστρικό νεύρο, το οποίο ενώνεται με την έσω επιμήκη δεσμίδα και βρίσκεται σε επαφή με τον νωτιαίο πυρήνα του τριδύμου μέσω προσαγωγών συνδέσεων. Επιπλέον, το

πνευμονογαστρικό νεύρο είναι σταθερά συνδεδεμένο με το υπογλώσσιο νεύρο, το οποίο σχετίζεται με το τρίδυμο σύστημα και δέχεται πλήθος προσυναπτικών ερεθισμάτων από το φρενικό νεύρο. Όσον αφορά τις νευρολογικές συνδέσεις, η δυσλειτουργία του διαφράγματος μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα που παρατηρούνται στην περιοχή της αυχενικής βάσης και των ματιών, καθώς και στο έδαφος του στόματος (διαταραχές κατάπνοσης ή άπνοια στον ύπνο). Από την κατώτερη πλευρά, η σύνδεση μεταξύ του διαφράγματος και του πνευλικού εδάφους είναι λιγότερο περίπλοκη. Η διαδικασία της αναπνοής πρέπει να υποστηρίζεται από το πνευλικό έδαφος, ώστε να ελέγχεται σωστά η ενδοκοιλιακή πίεση. Κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής διαφραγματικής δράσης (π.χ. αναπνοή, βήχας), όταν το διάφραγμα κατέρχεται στην κοιλιακή κοιλότητα, παρατηρείται, επίσης, η αντίστοιχη δράση καθόδου του πνευλικού εδάφους. Σε αυτό το σημείο είναι, επίσης, σημαντικό να αναφερθεί ότι η ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του πνευλικού εδάφους παρατηρείται πριν από την εισπνοή (Bordoni, 2013).

Συνοψίζοντας, η Caroline Stone δηλώνει: «Το διάφραγμα είναι μία από τις πιο αξιοσημείωτες περιοχές του σώματος. Σε αυτό έχει τόσο μεγάλη επιρροή και οι συνέπειες της δυσλειτουργίας του μπορούν να εκδηλωθούν οπουδήποτε από το κεφάλι μέχρι τα δάκτυλα» (Stone, 1999). Ενώ ο Andrew Still, ο ιδρυτής της οστεοπαθητικής και της οστεοπαθητικής ιατρικής, έγραψε: «από τη δράση (του διαφράγματος) ζούμε και από την αποτυχία της συρρικνωόμαστε ή πρηζόμαστε και πεθαίνουμε» (Still, 1999).

1.1 Ανατομία και ανατομικές συνδέσεις του διαφράγματος

Το διάφραγμα είναι μια θολωτή, μυοτενόντια δομή, που είναι πολύ λεπτή (2-4 mm) και κοίλη στην κάτω πλευρά της και διαχωρίζει την θωρακική από την κοιλιακή κοιλότητα (Downey, 2011). Αποτελείται από ένα κεντρικό τενόντιο τμήμα, δηλαδή το φρενικό κέντρο και ένα περιφερικό μυϊκό τμήμα που εκφύεται από το ίδιο φρενικό κέντρο (Anraku, 2009). Σύμφωνα με τις ανατομικές προσφύσεις, μπορεί να ανιχνευτεί ένα πλευρικό, ένα οσφυϊκό και ένα στερνικό τμήμα.

Το στερνικό τμήμα, το οποίο αποτελείται από δύο μικροσκοπικές μυϊκές δεσμίδες, εκφύεται από την έσω επιφάνεια της ξιφοειδούς απόφυσης, κοντά στην κορυφή της καρδιάς. Έχει σχετικά ελαφρότερο χρώμα από τον υπόλοιπο μυ κι ακτινοβολεί προς το τενόντιο κέντρο. Οριοθετεί ένα ακανόνιστο άνοιγμα που βρίσκεται στη μεσαία περιοχή, δηλαδή τη σχισμή του Larrey, μέσω της οποίας ο πρόσθιος συνδετικός ιστός του περικαρδίου έρχεται σε επαφή με τον πρόσθιο περιτοναϊκό συνδετικό ιστό (Clugston, 2007). Ένα λογικό συμπέρασμα είναι ότι η σύνδεση μεταξύ του θώρακα και της κοιλιάς είναι μια ανατομική συνέχεια, όπου το διάφραγμα παίζει ζωτικό ρόλο στη διαχείριση των πληροφοριών που σχετίζονται με τις δύο κοιλότητες. Αμφοτερόπλευρα, υπάρχουν δύο σχισμοειδείς χώροι (τα τρήματα του Morgagni, από όπου περνά έσω μαστική αρτηρία) που καλύπτονται από τον υπεζωκότα και το

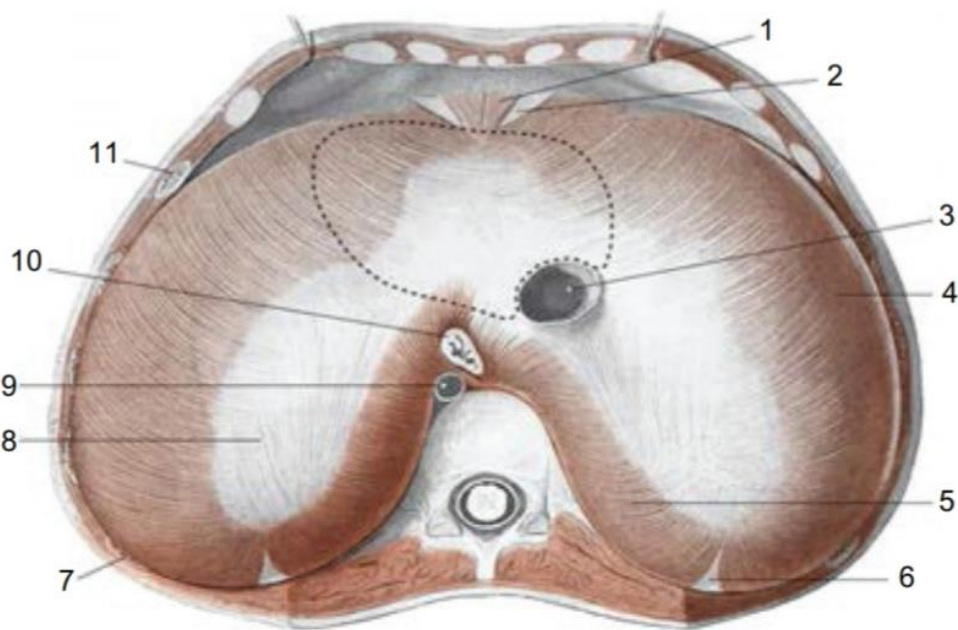
παρακείμενο περικάρδιο. Αυτά αξίζουν να αναφερθούν επειδή μέσω αυτών των σχισμοειδών χώρων μπορούν να εμφανιστούν οπισθοστερνικές κήλες (Arraez-Aybar, 2009).

Η πλευρική μοίρα εκφύεται από την έσω επιφάνεια του χόνδρου των ανώτερων ορίων των τελευταίων έξι πλευρών, μέσω έξι οδοντωμάτων που διασταυρώνονται στα οδοντώματα της έκφυσης του εγκάρσιου κοιλιακού (Downey, 2011; Platzter, 2009). Μερικές φορές οι πλευρικές μαζί με τις οσφυϊκές οδούς σχηματίζουν μία τριγωνική σχισμή γνωστή ως τρίγωνο του Bochdalek (ή οσφυοπλευρικό τρίγωνο), μια περιοχή πιθανής κήλης (Platzter, 2009).

Οι σχισμοειδείς χώροι, μεταξύ της οσφυϊκής, της πλευρικής και της στερνικής μοίρας του διαφράγματος, αποτελούν σημεία ελάχιστης αντίστασης (ευένδοτες θέσεις). Μεταξύ της οσφυϊκής και πλευρικής μοίρας βρίσκεται το οσφυοπλευρικό τρίγωνο και μεταξύ της στερνικής και πλευρικής μοίρας του διαφράγματος βρίσκεται το στερνοπλευρικό τρίγωνο ή σχισμή του Larrey (Platzter, 2009).

Το οσφυϊκό τμήμα εκφύεται από το έσω, μέσο και έξω διαφραγματικό σκέλος και είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι τα κύρια σκέλη, δηλαδή το έσω και έξω, έρχονται σε επαφή με το οπίσθιο περικάρδιο, την περινεφρική οδό και το σχετικό λίπος αυτών (Dawkar, 2009). Αυτό είναι σημαντικό για δύο λόγους: Πρώτον, είναι μια περαιτέρω ένδειξη της συνεχούς σύνδεσης που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων δομών του σώματος και, δεύτερον, το σπλαχνικό λίπος είναι μια πηγή ιδιοδεκτικών πληροφοριών για το διάφραγμα και καθιερώνεται για άλλη μια φορά ο ρόλος που διαδραματίζει αυτό το όργανο, να επηρεάζει δομές που είναι μακρινές μεταξύ τους (Bordoni, 2013). Πριν από τη σύνδεση με το σπονδυλικό σώμα, το έσω σκέλος, στο επίπεδο του Θ11, οριοθετεί με τις εσωτερικές μυϊκές δεσμίδες το οισοφαγικό τμήμα, όπου περνούν ο οισοφάγος και τα πνευμονογαστρικά νεύρα (Mirjalili, 2012). Το δεξιό έσω σκέλος, το οποίο είναι παχύτερο και μεγαλύτερο από το έξω σκέλος, γίνεται ένας επίπεδος τένοντας που καταλήγει στην πρόσθια πλευρά του Ο2-Ο3, και κατά καιρούς, του Ο4 (Drake, 2009; Platzter, 2009). Εκτός από το δεξιό σκέλος υπάρχει μια μικρή οδός γνωστή ως βοηθητική, το μέσο σκέλος, η οποία εκτείνεται μεταξύ Ο1 και Ο2. (Drake, 2009). Ένα κάθετο τμήμα είναι ορατό μεταξύ αυτού του σκέλους και του δεξιού έσω σκέλους, όπου περνά το μείζον σπλαχνικό νεύρο, η άζυγος φλέβα. Το διάφραγμα διασχίζεται, επίσης, από μικρότερα και ελάχιστα σπλαχνικά νεύρα (Gest, 2009). Το αριστερό έσω σκέλος καταλήγει ως ένας επίπεδος τένοντας μεταξύ Ο2 και Ο3 (Drake, 2009) και πάλι ένα βοηθητικό σκέλος είναι ανιχνεύσιμο, το οποίο περιβάλλει ένα άνοιγμα για το μείζον σπλαχνικό νεύρο και την ημιάζυγο φλέβα (Gest 2009). Οι τένοντες τους διαμορφώνονται ως τενόντιο τόξο μπροστά από το Θ12 (μέσος τοξοειδής σύνδεσμος) και διασχίζεται από την αορτή αρτηρία και τον θωρακικό πόρο (Mirjalili, 2012; Platzter, 2009). Τα έξω σκέλη χωρίζονται σε δύο ισχυρούς τένοντες: Ο ένας, ο έσω τοξοειδής σύνδεσμος (πάνω από τον φοίτη μυ) που εκτείνεται από την πλάγια επιφάνεια του σώματος του πρώτου (δεύτερου)

οσφυϊκού σπονδύλου μέχρι την εγκάρσια απόφυση (Platzer, 2009) και ο άλλος, ο έξω τοξοειδής σύνδεσμος (πάνω από τον τετράγωνο οσφυϊκό) εκφύεται από την απόφυση του Ο1 μέχρι την κορυφή της δωδέκατης πλευράς (Platzer, 2009). Οι έσω και οι έξω τοξοειδείς σύνδεσμοι δρουν ως γέφυρα μεταξύ της θωρακοοσφυϊκής περιτονίας οπίσθια και της εγκάρσιας περιτονίας, πρόσθια (Peiper, 2004). Στο φρενικό κέντρο, η κάτω κοίλη φλέβα διέρχεται από τρήμα (Εικ. 1.1), που βρίσκεται εμπρός δεξιά (Mirjalili, 2012). Μαζί διέρχονται και κλάδοι του δεξιού φρενικού νεύρου (Platzer, 2009).



Εικόνα 1.1 Η περιοχή πάνω από το διάφραγμα: Η διακεκομμένη γραμμή απεικονίζει την καρδιά 3: Κάτω κοίλη φλέβα 10: Οισοφάγος 9: Αορτή 8: Τενόντιο κέντρο 5: Οσφυϊκή περιοχή. AA VV, Anatomia dell'uomo, 4 ed, Edi.ermes, Milano [Several authors, Human Anatomy, Fourth Edition, edition EdiErmes]. www.eenet.it.

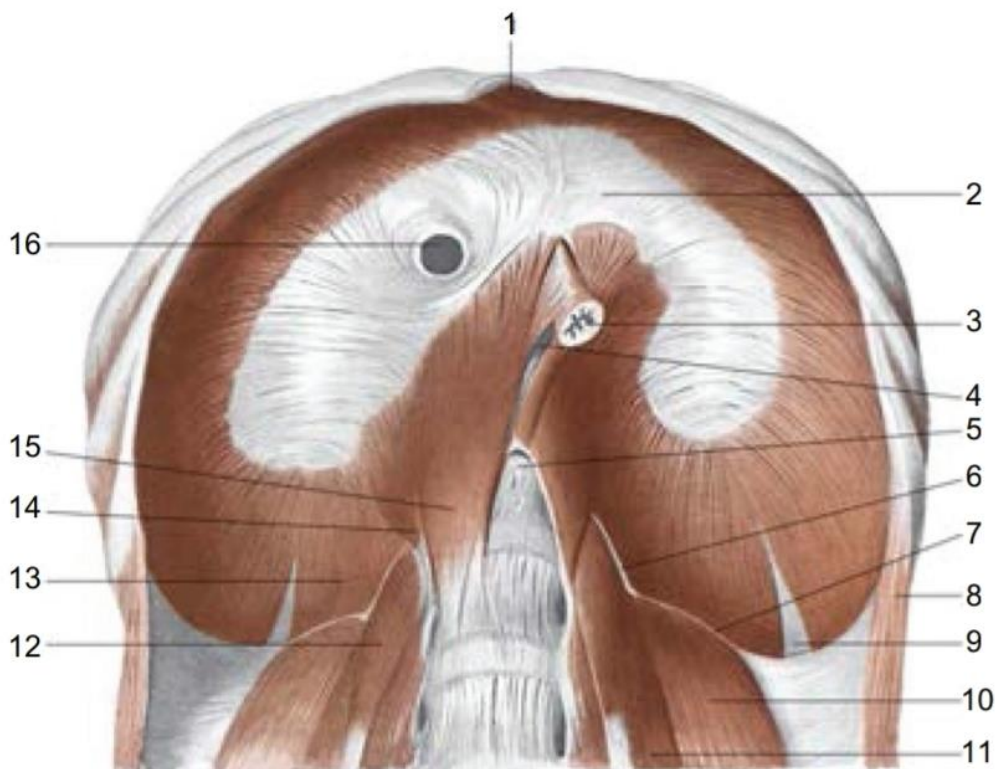
Αυτή η σύντομη περιγραφή καταδεικνύει πώς το διάφραγμα είναι ένα σημαντικό σημείο ανταλλαγής πληροφοριών, οι οποίες προέρχονται από διαφορετικές περιοχές του σώματος και αποτελεί πηγή πληροφοριών από μόνο του.

Η ανώτερη διαφραγματική επιφάνεια συγχωνεύεται με τον υπεζωκότα, ενώ η κατώτερη επιφάνεια συγχωνεύεται με το περιτόναιο (Bordoni, 2013).

Το διάφραγμα διαπερνάται από τα παράλληλα στελέχη της έσω μαστικής αρτηρίας, της κοιλιακής αορτής και άλλα αγγεία που προέρχονται από τις μεσοπλευρίες αρτηρίες (Drake, 2009). Οι φλέβες είναι η συνέχεια των αρτηριών και καταλήγουν στις μωφρενικές φλέβες και στις κατώτερες διαφραγματικές φλέβες.

Οι διαφραγματικοί σύνδεσμοι είναι δομές που συνδέουν το διάφραγμα με τα σπλάχνα (Bordoní, 2013). Ο κατώτερος πνευμονικός σύνδεσμος είναι μια υπεζωκοτική πύκνωση που συνδέει το διάφραγμα με τη βάση των πνευμόνων. Ο φρενοπερικαρδικός σύνδεσμος συνδέει το διάφραγμα με την καρδιά (Drake, 2009). Ο φρενοοισοφαγικός σύνδεσμος ενώνει τον οισοφάγο και το διάφραγμα και αποτελείται από χαλαρό συνδετικό ιστό. Οι ηπατικοί σύνδεσμοι (δρεπανοειδής σύνδεσμος του ήπατος και ο δεξιός και αριστερός τριγωνικός σύνδεσμος), αντιπροσωπεύουν μια υποδιαφραγματική περιτοναϊκή πάχυνση (Drake, 2009). Ο φρενικοκολικός σύνδεσμος συνδέει το διάφραγμα με το ανιόν κόλον. Ο σύνδεσμος του Treitz αποτελείται από μια σειρά των μυϊκών οδών που ξεκινούν από το κύριο αριστερό έσω σκέλος και καταλήγουν στο δωδεκαδάχτυλο και το λεπτό έντερο. Αξίζει, επίσης, να αναφερθεί η κάψουλα του Glisson, η οποία είναι μια δομή πάνω από το ήπαρ που προκύπτει από το διαχωρισμό του φρενικού κέντρου του διαφράγματος. Ο φρενοπερικαρδικός σύνδεσμος είναι το υπομόχλιο γύρω από το οποίο υποστηρίζεται το διάφραγμα όταν πρόκειται να διανεμηθεί πλαγίως η συστολική τάση του (Bordoní, 2013).

Από λειτουργική άποψη, μπορούν να αναγνωριστούν δύο περιοχές στο διάφραγμα, η μηριαία και η πλευρική (Εικ. 1.2). Η πρώτη είναι υπεύθυνη για τη σωστή αναπνοή, ενώ η τελευταία αποτρέπει τη γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση. Αυτός ο διαχωρισμός έχει ανατομική λειτουργία, διότι κατά τη διάρκεια της κατάποσης, της οισοφαγικής διάστασης και του εμετού, αυτές οι διαφραγματικές περιοχές πρέπει να λειτουργούν σε διαφορετικούς χρόνους και με διαφορετική νεύρωση (Pickering, 2002; Shrager, 2015).



Εικόνα 1.2 Η υπο - διαφραγματική περιοχή: 2: Τενόντιο κέντρο 16: Κάτω κοίλη φλέβα 3: Οισοφάγος 11: Μείζων φοίτης 10: Τετράγωνος οσφυϊκός 7: Έξω τοξοειδής σύνδεσμος 13: έξω σκέλος 14: μέσο σκέλος 15: έσω σκέλος. AA VV, Anatomia dell'uomo, 4 ed, Edi.ermes, Milano [Several authors, Human Anatomy, Fourth Edition, edition EdiErmes]. www.eenet.it.

Ένα άλλο θέμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η σύνδεση μεταξύ του αναπνευστικού και πνευλικού διαφράγματος. Κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής αναπνοής ή σε περίπτωση βήχα ή οποιασδήποτε άλλης φυσιολογικής διαφραγματικής μεταβολής μπορεί να παρατηρηθεί μια συμμετρική αλλαγή στο πνευλικό έδαφος (Talasz, 2011). Για παράδειγμα, εάν κατά τη διάρκεια της εισπνοής ο κύριος αναπνευστικός μυς κατέρχεται, θα υπάρξει αντίστοιχη κάθοδος του πνευλικού διαφράγματος (Talasz, 2011). Αυτή η διαδικασία επιβεβαιώθηκε σε μελέτες μαγνητικού συντονισμού σε πραγματικό χρόνο σε ζωντανά άτομα με στόχο τον έλεγχο (και την ανταπόκριση) σε οποιασδήποτε μεταβολή της ενδοκοιλιακής πίεσης (Talasz, 2011). Επίσης, διασφαλίζει την σταθερότητα του ανθρώπινου κορμού και τη διατήρηση της εγκράτειας των ούρων κατά τη διάρκεια της αναπνοής και του βήχα (Talasz, 2011). Διάφορες μελέτες έχουν καταδείξει ότι, πριν από την εισπνοή, μπορεί να παρατηρηθεί ηλεκτρική δραστηριότητα στους μυς του πνευλικού εδάφους και η ίδια ηλεκτρική δραστηριότητα μπορεί να ανιχνευθεί για τους μυς του εγκάρσιου και του έσω πλάγιου κοιλιακού (Talasz, 2011). Το πνευλικό διάφραγμα όχι μόνο έχει σημαντικό ρόλο στην υποστήριξη των πνευλικών οργάνων και στην αντίσταση στην αυξανόμενη πίεση, αλλά επηρεάζει και την αναπνευστική λειτουργία. Ο διπλός πυρήνας, ο οποίος είναι ένα σημαντικό κέντρο ελέγχου των φρενικών μυελικών περιοχών και στεγάζεται στον προμήκη μυελό, ελέγχει επίσης τους κοιλιακούς μύες. (Bordoni, 2013). Αυτό σημαίνει ότι η αναπνοή πρέπει να υποστηρίζεται από το πνευλικό έδαφος προκειμένου να ελέγχεται σωστά η πίεση του ενδοκοιλιακού υγρού. Είναι πιθανόν οι ίδιες περιοχές, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με τους κινητικούς νευρώνες του εδάφους του στόματος, να στείλουν προκινητικά ερεθίσματα στη ζώνη της πυέλου (Bordoni, 2013).

1.2 Εμβρυολογία

Το διάφραγμα δημιουργείται από τη συνένωση τεσσάρων εμβρυολογικών δομών, που προέρχονται από το μεσόδερμα. Κατά την τέταρτη έως όγδοη εβδομάδα της ανάπτυξης του ανθρώπου εμφανίζονται οι καταβολές των οργάνων. Μέσα στο μεσόδερμα αρχίζει, κατά την τέταρτη εβδομάδα, κατεβαίνοντας από την περιοχή της κεφαλής, η διαίρεση σε τμήματα (σωμίτες). Οι σωμίτες είναι αρχέγονα τμήματα και πρόδρομοι των επόμενων τμημάτων του νευρικού συστήματος και του νωτιαίου μυελού (νευροτομία). Γίνεται καταβολή 4 κεφαλικών, 12 θωρακικών, 5 οσφυϊκών, 5 ιερών και 8 με 10 κοκκυγικών σωμιτών (Ιατρικό Λεξικό, 2006). Η κάθε μία από τις εμβρυολογικές δομές, που προαναφέρθηκαν, είτε ενσωματώνεται πλήρως στο διάφραγμα, είτε απλώς συνεισφέρουν ένα τμήμα τους στο σχηματισμό του διαφράγματος. Το εγκάρσιο διάφραγμα είναι το πρώτο και το πιο σημαντικό συστατικό που υπάρχει στο αναπτυσσόμενο διάφραγμα. Την τρίτη εβδομάδα της εμβρυϊκής ζωής, το εγκάρσιο διάφραγμα βρίσκεται στο επίπεδο του A3 σπονδύλου. Μέχρι το τέλος της

ανάπτυξης του διαφράγματος την όγδοη εβδομάδα, το πρώιμο διάφραγμα κατέρχεται στην τελική του θέση στο πρώτο οσφυϊκό διάστημα, δευτερεύον σε σχέση με την ταχεία ανάπτυξη της σπονδυλικής στήλης. Το εγκάρσιο διάφραγμα χρησιμεύει ως ο αρχικός φραγμός μεταξύ της θωρακικής και κοιλιακής κοιλότητας, ωστόσο, δεν τις διαχωρίζει πλήρως. Μετά την κεφαλική αναδίπλωση, σχηματίζεται ένα παχύ ατελές διαχωριστικό μεταξύ των κοιλοτήτων με ένα άνοιγμα σε κάθε πλευρά των κοιλιακών σπλάγχχνων, τα περικάρδιο - περιτοναϊκά κανάλια. Το εγκάρσιο διάφραγμα σχηματίζει τον κεντρικό τένοντα του διαφράγματος (Kocjan, 2017).

Οι πλευροπεριτοναϊκές μεμβράνες, οι οποίες προέρχονται από το ουραίο άκρο των περικάρδιο - περιτοναϊκών καναλιών, είναι το δεύτερο σημαντικότερο συστατικό του αναπτυσσόμενου διαφράγματος. Αυτές οι δύο παροδικές, πυραμιδοειδείς δομές που βρίσκονται εκατέρωθεν του οισοφάγου προεξέχουν από το σωματικό τοίχωμα ανάμεσα στην πλευρική και περιτοναϊκή κοιλότητα. Οι πλευροπεριτοναϊκές μεμβράνες συντήκονται με το οισοφαγικό ραχιαίο μεσεντέριο και με το ραχιαίο τμήμα του εγκάρσιου διαφράγματος για να καλυφθεί ο πλευροπεριτοναϊκός πόρος και τελικά σχηματίζουν το αρχέγονο διάφραγμα. Επί του παρόντος δεν είναι σαφές εάν οι πλευροπεριτοναϊκές μεμβράνες είναι απλώς παροδικές εμβρυϊκές δομές χωρίς παράγωγα στην ενήλικη ζωή ή εάν δημιουργούν κύτταρα ή και ιστούς στο διάφραγμα του ενήλικα (Kocjan, 2017).

Μετά το σχηματισμό του αρχέγονου διαφράγματος, το οισοφαγικό ραχιαίο μεσεντέριο (τρίτη εμβρυολογική δομή) συνενώνεται με τις δύο δομές που αναφέρθηκαν προηγουμένως (εγκάρσιο διάφραγμα και πλευροπεριτοναϊκές μεμβράνες) για να σχηματίσουν το ενδιάμεσο τμήμα του διαφράγματος, ενώ το σωματικό τοίχωμα (τέταρτο συστατικό) χωρίζεται σε δύο στρώματα ως αποτέλεσμα της διεύρυνσης των πνευμόνων και των πλευρικών κοιλοτήτων. Τα τμήματα του εσωτερικού στρώματος σχηματίζουν τα περιφερειακά τμήματα του διαφράγματος. Επεκτάσεις των πλευρικών κοιλοτήτων μέσα στα σωματικά τοιχώματα σχηματίζουν τις πλευροδιαφραγματικές εσοχές, οι οποίες σχηματίζουν το θολωτό σχήμα του διαφράγματος του ενήλικα (Perry, 2010; Merrell, 2013). Όσον αφορά την εμβρυολογική προέλευση, το διάφραγμα αποτελείται από δύο ξεχωριστούς μύες, καθένας από τους οποίους έχει διαφορετικές δράσεις στον θωρακικό κλωβό. Το μηριαίο τμήμα του διαφράγματος αναπτύσσεται από τις μυϊκές ίνες που αναπτύσσονται στο οισοφαγικό μεσεντέριο, ενώ οι μυοβλάστες από τα πλευρικά σωματικά τοιχώματα δημιουργούν το πλευρικό τμήμα (Pickering, 2002). Ο DeTroyer ανέφερε ότι όταν το πλευρικό τμήμα του διαφράγματος σκύλων διεγέρθηκε ηλεκτρικά, ο όγκος του πνεύμονα και η κοιλιακή πίεση αυξήθηκαν και υπήρξε μια μετατόπιση της κοιλίας και του κατώτερου θωρακικού κλωβού προς τα έξω. Η ηλεκτρική διέγερση του μηριαίου τμήματος του μυός είχε παρόμοια αποτελέσματα εκτός από το ότι δεν υπήρχε καμία επίδραση στη διάσταση του θωρακικού κλωβού (De Troyer, 1982). Ο μηριαίος μυς, ο οποίος συνδέεται με τους οσφυϊκούς

σπονδύλους αλλά δεν συνδέεται με το θωρακικό κλωβό, λειτουργεί κυρίως για να ασκεί την κοιλιακή πίεση του πλήρως αναπτυγμένου διαφράγματος. Τα μηριαία τμήματα είναι ζεύγη διαφορετικών δεσμών μυών.

1.3 Αιμάτωση και αγγειακές συνδέσεις του διαφράγματος

Η αρτηριακή παροχή του διαφράγματος προέρχεται κατά κύριο λόγο από τη δεξιά και αριστερή κάτω φρενική αρτηρία, τις μεσοπλευρίες αρτηρίες και τις μυοφρενικές δεσμίδες της έσω μαστικών αρτηριών. Υπάρχει επίσης μια μικρή συμβολή από τις περικαρδιοφρενικές αρτηρίες. Η παροχέτευση γίνεται μέσω των κάτω φρενικών φλεβών, οι οποίες παροχετεύονται στην κάτω κοίλη φλέβα, μέσα από το σύστημα της άζυγης και ημιάζυγης φλέβας. Υπάρχει σαφώς σημαντική παράπλευρη κυκλοφορία στο διάφραγμα, για αυτό και ο μυς δεν αποφράσσεται ή νεκρώνεται.

Η αναπνοή είναι ένας σταθερός και ισχυρός διαμορφωτής του καρδιαγγειακού ελέγχου (Byeon, 2012). Μειώνει την αρνητική ενδοθωρακική πίεση με την εισπνοή (συγκεκριμένα, υπάρχει αναρρόφηση με επακόλουθη μείωση της πίεσης στο δεξιό κόλπο) και, μέσω της μυϊκής συστολής των άκρων, η φλεβική παροχέτευση ενισχύεται (Kimura, 2011). Κατά την εισπνοή μειώνεται η διάμετρος της κάτω κοίλης φλέβας (Kimura, 2011) και η αποτελεσματικότητα αυτής της διαδικασίας φτάνει στο αποκορύφωμά της σε αργή και βαθιά αναπνοή (Byeon, 2012). Έρευνες έχουν δείξει ότι η σωστή φυσιολογική δραστηριότητα του διαφράγματος θα αποτρέψει οποιοδήποτε πρόβλημα σχετίζεται με την φλεβική παροχέτευση (Byeon, 2012). Συνεπώς, εάν υπάρχουν συμπτώματα φλεβικής στάσης, συνιστάται η εξέταση του διαφράγματος. Υπάρχουν περιπτώσεις αορτικής συμπίεσης ή ανωμαλιών στην αορτική διακλάδωση που μπορεί να προκληθούν από διαφραγματικές διαταραχές, αν και δεν είναι πολύ συχνές (Restrepo, 2008). Ωστόσο, όταν έχουν ήδη διαγνωσθεί ασθένειες του αγγειακού δένδρου, με επακόλουθη αύξηση της δυσκαμψίας, κατάλληλη φυσικοθεραπεία στο διάφραγμα θα βοηθήσει την ροή του αίματος να φτάσει στις περιφερικές περιοχές (Chiappa, 2008).

1.4 Νεύρωση και νευρολογικές συνδέσεις του διαφράγματος

Είναι σημαντικό να ληφθεί υπ' όψη ότι η εμβρυολογία του διαφράγματος εξηγεί περαιτέρω τη νεύρωση και τις νευρολογικές συνδέσεις του μυός, ωστόσο, το θέμα αυτό δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητό από τους επιστήμονες (Clugston, 2007).

Λόγω της σύνθετης και εν τω βάθει φύσης του διαφράγματος, υπήρξαν διαμάχες κατά τη διάρκεια των ετών, όσον αφορά την νεύρωση του (Wallden, 2017). Το φρενικό νεύρο (A3,4,5 και μερικές φορές A6) χορηγεί τόσο κινητικούς όσο και αισθητικούς κλάδους στο διάφραγμα. Περιέχει νευρικές ίνες που εξέρχονται από τα ίδια τμηματικά επίπεδα από τα οποία προκύπτουν οι σκελετικοί μύες του διαφράγματος. Δεδομένου ότι το φρενικό νεύρο είναι μια

αμφοτερόπλευρη δομή και στις δύο πλευρές της μέσης γραμμής, κάθε νεύρο παρέχει κινητική νεύρωση στο σύστοιχο ημιδιάφραγμα. Οι αισθητήριες ίνες από το φρενικό νεύρο τροφοδοτούν το κεντρικό τμήμα του διαφράγματος (περιλαμβανομένου του υπεζωκότα και του περιτοναίου) και μεταφέρουν την αίσθηση από το διάφραγμα στο κεντρικό νευρικό σύστημα (στο A3 - A5) (Kocjan, 2017). Ωστόσο, η περιφέρεια του διαφράγματος λαμβάνει, επιπρόσθετα, αισθητική νεύρωση από τα κατώτερα 6 ή 7 μεσοπλεύρια νεύρα (McCoss, 2017), ενώ το 12ο ονομάζεται υποπλεύριο (Γιγής, 2007).

1.4.1 Το φρενικό νεύρο

Το φρενικό νεύρο είναι ο μακρύτερος και σπουδαιότερος κλάδος του αυχενικού πλέγματος. Είναι νεύρο μικτό και εκφύεται από τον πρόσθιο κλάδο του A4 νεύρου, δέχεται δε κλωνία από το A3 και A5 νεύρο. Φέρεται προς τα κάτω, σχεδόν κάθετα, επάνω στον πρόσθιο σκαληνό, πίσω από τον στερνοκλειδομαστοειδή μυ και τη γαστέρα του ωμοϋοειδούς μυός. Στη θέση αυτή έρχεται σε σχέση με την έσω σφαγίτιδα φλέβα, κλάδους του θυρεοαυχενικού στελέχους και αριστερά, με τον μείζονα θωρακικό πόρο. Στη συνέχεια φέρεται μεταξύ της υποκλείδιας φλέβας (μπροστά) και της υποκλείδιας αρτηρία (πίσω) και καταδύεται στη θωρακική κοιλότητα, επί τα εντός της έσω μαστικής αρτηρίας και επί τα εκτός του πνευμονογαστρικού νεύρου. Στη θέση αυτή ή λίγο ψηλότερα, δέχεται αναστομωτικά κλωνία από το συμπαθητικό στέλεχος. Μετά, αφού χιασθεί με τα έσω μαστικά αγγεία, πορεύεται μπροστά από τη ρίζα του σύστοιχου πνεύμονα, ανάμεσα στο ινώδες περικάρδιο και τον μεσοπνευμόνιο υπεζωκότα, συνοδευόμενο από τα περικαρφιοφρενικά αγγεία. Τελικά, εισδύεται στο διάφραγμα και αποσχίζεται στους τελικούς κλάδους (Γιγής, 2007).

Στην άνω μοίρα του μεσοπνευμονίου το φρενικό νεύρο, μερικές φορές, συνοδεύεται από το παραφρενικό νεύρο το οποίο είναι ασταθές και εκφύεται από το βραχιόνιο πλέγμα, ετεροπλάγια ή αμφιπλάγια. Το παραφρενικό πολλές φορές σε άλλο ύψος συμφύεται με το στέλεχος του φρενικού νεύρου (Γιγής, 2007).

Κλάδοι

Οι κλάδοι του φρενικού νεύρου είναι ο περικαρδιακός (αισθητικός) που διανέμεται στο περικάρδιο, οι υπεζωκοτικοί κλάδοι (αισθητικοί) που νευρώνουν τον υπεζωκότα, οι φρενικοί κλάδοι (κινητικοί), οι οποίοι συνήθως είναι τρεις (πρόσθιος, πλάγιος και οπίσθιος). Νευρώνουν το διάφραγμα και αναστομώνονται μεταξύ τους, καθώς και με κλάδους του αντίθετου φρενικού νεύρου. Τέλος, ο φρενοκοιλιακός κλάδος (αισθητικός), εκφύεται από τον οπίσθιο φρενικό κλάδο, είναι περισσότερο αναπτυγμένος δεξιά, συνδέεται δε με το φρενικό γάγγλιο. Οι φρενοκοιλιακοί κλάδοι των δυο φρενικών νεύρων χορηγούν νευρικές ίνες στα επινεφρίδια και στο πλέγμα της κάτω φρενικής αρτηρίας. Ο δεξιός χορηγεί επιπλέον κλωνία προς το κοιλιακό γάγγλιο και την κάτω κοίλη φλέβα (Γιγής, 2007).

Αναστομώσεις

Οι αναστομώσεις του αυχενικού πλέγματος με τα γειτονικά νευρικά στελέχη, αποκτούν ιδιαίτερη σημασία από ανατομική σκοπιά, γιατί μέσω των αναστομώσεων οι νευρικές ίνες πορεύονται μέσα στα γειτονικά νεύρα και σε κάποια θέση της πορείας τους, αποσπώνται από αυτά για να καταλήξουν στον τελικό τους προορισμό. Οι αναστομωτικοί κλάδοι είναι οι εξής: Αρχικά, γίνεται αναστόμωση με το υπογλώσσιο νεύρο. Οι ίνες που αναστομώνονται με το υπογλώσσιο νεύρο, προέρχονται από το A1 και A2 νεύρο και χρησιμεύουν για τη νεύρωση των κάτωθεν του υοειδούς οστού μυών, του γενειοειδούς μυός, καθώς και στο σχηματισμό του μηνιγγικού κλάδου του υπογλώσσίου νεύρου. Επίσης, η αναστόμωση με το με το πνευμονογαστρικό νεύρο παρέχει στο πνευμονογαστρικό αισθητικές νευρικές ίνες από το A1 και A2 νεύρο με προορισμό το οζώδες γάγγλιο. Με την αναστόμωση με το παραπληρωματικό νεύρο φέρονται κινητικές ίνες από τα A2, A3 και A4 προς τον τραπεζοειδή μυ. Τέλος, γίνεται αναστόμωση με το συμπαθητικό στέλεχος. Τα A1 - A4 νεύρα συνδέονται με το άνω αυχενικό γάγγλιο του συμπαθητικού με φαιούς αναστομωτικούς κλάδους (μεταγαγγλιακές συμπαθητικές ίνες) (Γιγής, 2007).

Από άποψη κλινικής ανατομικής, τα υπερκλείδια νεύρα έχουν μία σημαντική αναστομωτική σχέση με το φρενικό νεύρο που παρέχει νευρικές ίνες από τα A3, A4, A5 νεύρα (Fell, 1998). Τα νεύρα αυτά μπορεί να προκαλέσουν πόνο στην προσθιοπλάγια περιοχή του ώμου, δευτερογενώς, από ερεθισμό του φρενικού νεύρου μετά από υπέρ ή υποδιαφραγματικές παθολογικές εξεργασίες. Ο πόνος στην περιοχή του ώμου μπορεί να οφείλεται σε πνευμονία των βάσεων των πνευμόνων με συνοδό πλευρίτιδα, καρκίνο του κάτω λοβού των πνευμόνων και περικαρδίτιδα. Επίσης, μπορεί να οφείλεται σε ερεθισμό της κάτω επιφάνειας του διαφράγματος από αέρα, αίμα, ορώδες υγρό ή πυώδη συλλογή (Γιγής, 2007). Επίσης, ο ερεθισμός του διαφράγματος ή η διέγερση των αισθητήριων ινών στο φρενικό νεύρο μπορεί να εκδηλωθεί ως αναφερόμενος πόνος στην ωμική ζώνη, λόγω της εμβρυολογικής προέλευσης του διαφράγματος. Μετά από γυναικολογική λαπαροσκοπική, πόνος στον ώμο προκαλείται από διάταση του διαφράγματος με ειδικό αέριο CO₂ για τη δημιουργία πνευμοπεριτόναιου (Ingelmo, 2013). Γυναίκες με ρήξη της έκτοπης κύησης μπορεί να εμφανίσουν ωμαλγία κατά την καταστολή της κεφαλής του κρεβατιού, πιθανώς λόγω ερεθισμού του διαφράγματος από το αίμα και το υγρό (King, 1990). Ένα άλλο παράδειγμα του ίδιου φαινομένου είναι ο ερεθισμός της επιφάνειας του διαφράγματος από το αίμα λόγω ρήξης σπλήνα (Russell, 1992). Ο Sutton σε μια απλή μελέτη περίπτωσης ανέφερε ότι ο πόνος στον ώμο προκλήθηκε από τη ρήξη των φρενικών αρτηριών. Επιπλέον, ασθένειες των κοντινών οργάνων μπορεί επίσης να ερεθίσουν το διάφραγμα (Sutton, 2002). Η περιτονίτιδα ή η φλεγμονή της χοληδόχου κύστης μπορεί να ερεθίσει τις φρενικές απολήξεις στο κεντρικό τμήμα της διαφραγματικής περιτονίας (Goodman, 2013). Ο Söyüncü, τέλος,

παρατήρησε αριστερή ωμαλγία, που σηματοδοτήθηκε από το φρενικό νεύρο σε περίπτωση σπληνικού αποστήματος (Söyüncü, 2012).

Από άποψη εφαρμοσμένης ανατομικής, η διατομή ή η βλάβη του φρενικού νεύρου μπορεί να προκαλέσει παράλυση και στη συνέχεια ατροφία στο σύστοιχο ημιδιάφραγμα. Αν η βλάβη είναι τραχηλικής εντόπισης και υπάρχει παραφρενικό νεύρο, η παράλυση δεν είναι εκτεταμένη, ούτε εμφανίζεται ατροφία του διαφράγματος (Γίγης, 2007). Στα φυσιολογικά άτομα υπάρχει πολύ μικρή ή καθόλου διασταυρούμενη νεύρωση μεταξύ της αριστεράς και της δεξιάς πλευράς του διαφράγματος. Το δεξί φρενικό νεύρο παρέχει νεύρωση μόνο στο σύστοιχο ημιδιάφραγμα και το αριστερό παρέχει μόνο το αριστερό ημιδιάφραγμα. Επομένως, ο τραυματισμός ενός νεύρου προκαλεί μείζονα δυσλειτουργία στο σύστοιχο ημιδιάφραγμα. Σε πειραματόζωα, φαίνεται να υπάρχει κάποια ικανότητα του ετερόπλευρου, υγιούς φρενικού να επανανευρώσει εν μέρει το πάσχον ημιδιάφραγμα, αλλά δεν είναι σαφές εάν αυτό συμβαίνει σε κλινικώς σημαντική έκταση στους ανθρώπους (Shrager, 2015). Η νεύρωση του πλευρικού διαφράγματος προέρχεται από το τρίτο και το τέταρτο αυχενικό διάστημα, ενώ η νεύρωση του μηριαίου διαφράγματος προέρχεται από το πέμπτο διάστημα. Έτσι, η βλάβη του νωτιαίου μυελού στο ύψος του A4 ή υψηλότερη οδηγεί σε μερική ή πλήρη παράλυση του διαφράγματος (Shrager, 2015).

Νευρολογικές συνδέσεις

Σύμφωνα με ορισμένους συγγραφείς, η πορεία του φρενικού νεύρου περιλαμβάνει ολόκληρο το βραχιόνιο και αυχενικό πλέγμα (A1-Θ1) (Banneheka, 2008). Για να δώσουμε μερικά παραδείγματα, οι ρίζες που μπορεί να επηρεαστούν από τις φρενικές διαταραχές είναι οι A4-A5, δηλ. το ραχιαίο νεύρο της ωμοπλάτης και οι A5-A6, δηλ. το μασχαλιαίο νεύρο, το υποπλάτιο νεύρο, το μυοδερματικό νεύρο και το υποκλείδιο νεύρο (Drake, 2009). Η ηλεκτρική δραστηριότητα του νευρικού συστήματος δεν περιορίζεται στην απλή κατανομή των απαγωγών ερεθισμάτων προς μία κατεύθυνση. Στην πραγματικότητα, τα νεύρα δεν μεταφέρουν μόνο ηλεκτρικούς παλμούς αλλά απελευθερώνουν χημειοβιολογικές, νευροτροφικές και κατά καιρούς, ανοσολογικές ουσίες (Bordoni, 2013). Αυτή η διαδικασία, η οποία δεν είναι απλώς μια ηλεκτρική δραστηριότητα, μπορεί να λάβει χώρα τόσο με προσαγωγό όσο και με απαγωγό τρόπο, ανεξάρτητα από τη λειτουργία του νεύρου (Bordoni, 2013). Για παράδειγμα, ανάλογα με τη φύση της μυϊκής σύσπασης, ο μυϊκός ιστός συνθέτει νευροτροφικά μόρια (NT3, NT4 και BDNF), τα οποία μπορούν να κινούνται κατά μήκος του άξονα του κυλίνδρου με ανάδρομο τρόπο, μέχρι να φθάσουν στον κινητικό νευρώνα και να τροποποιήσουν τη μορφή του και ως εκ τούτου τη λειτουργία του. Επομένως, μια διαταραχή στο φρενικό νεύρο, ακόμη και όταν είναι περιφερική, όπως μια διαφραγματική διαταραχή, μεταδίδει χημειοβιολογικές και μεταβολικές πληροφορίες στους μυελικούς νευρώνες και στα εσωτερικά νεύρα που γειτονεύουν με το σύνολο των φρενικών κινητικών νευρώνων,

επηρεάζοντας άλλους ευαίσθητους κινητικούς νευρώνες ή νευρώνες στο ίδιο επίπεδο, είτε μονόπλευρα, είτε αμφοτερόπλευρα (Arraez, 2009).

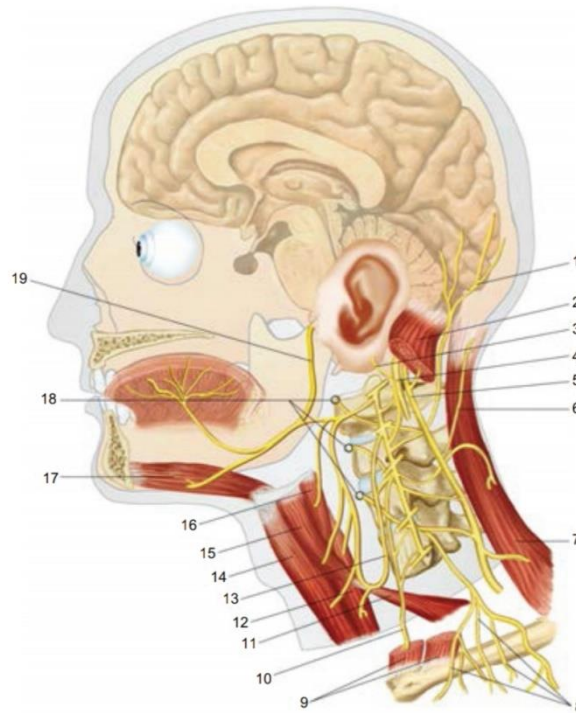
Κατά μήκος της πορείας του, το φρενικό νεύρο αναστομώνεται με το υποκλειδίο νεύρο (A5-A6) (Banneheka, 2008). Επομένως, εάν υπάρχει φρενική διαταραχή, είναι δυνατό να συσπαστεί ο υποκλειδίου μυς, ανυψώνοντας την πρώτη από τις πλευρές και την κλείδα, αναπαράγοντας το σύνδρομο της θωρακικής εξόδου με τη σχετική συμπτωματολογία (Laulan, 2011). Όπως για παράδειγμα, η πίεση στο A8-Θ1 μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο μικρό δάχτυλο, έτσι συμβαίνει και στην περίπτωση του υποκλειδίου νεύρου. Οι σκαληνοί μύες, οι οποίοι νευρώνονται από το αυχενικό και βραχιόνιο πλέγμα, είναι εξίσου σημαντικοί (Drake, 2009). Τοπογραφικά, το φρενικό νεύρο διασχίζει τον συνδετικό ιστό που σχετίζεται με τον πρόσθιο σκαληνό μυ. Η κλινική σημασία μπορεί να είναι ότι οποιοδήποτε είδος τραυματισμού στον πρόσθιο σκαληνό (όπως ο τραυματισμός αυχένα δίκην μαστιγίου ή το άμεσο τραύμα) ή οποιαδήποτε χρόνια υπέρχρηση του μυός (όπως συνήθως παρατηρείται στην πρόσθια κλίση της κεφαλής, στο upper cross σύνδρομο ή στο σύνδρομο Layer) μπορεί να έχει επίδραση στη λειτουργία του φρενικού νεύρου. Με λιγότερους κινητικούς νευρώνες, η φυσιολογική αντίδραση στη συμπίεση με την πάροδο του χρόνου είναι η μείωση της αισθητικότητας και της κινητικότητας, οι οποίες, με τη σειρά τους, μπορεί να προκαλέσουν τροφικές αλλαγές στους ιστούς που νευρώνονται από αυτά τα νεύρα. Αυτό θα μπορούσε να είναι μέρος της εικόνας για άτομα με διαταραχές αναπνευστικού προτύπου και μπορεί να είναι ένας λόγος για τον οποίο η κινητοποίηση και η διόρθωση της στάσης σώματος μπορεί να είναι κλειδιά στην αποκατάσταση (Walden, 2017). Αξίζει να τονιστεί ότι μια διαταραχή του βραχιονίου ή του αυχένα μπορεί να προκαλέσει φρενικές και διαφραγματικές διαταραχές (Franko, 2018). Το ίδιο συμβαίνει και για οποιαδήποτε άλλη ανατομική σύνδεση. Επιπλέον, το φρενικό νεύρο συναντά το αστεροειδές γάγγλιο (και έμμεσα το καρδιακό γάγγλιο), το οποίο βρίσκεται πάνω από την πρώτη πλευρά και παράγεται από την ενοποίηση του μέσου γαγγλίου και του κατώτερου αυχενικού γαγγλίου (Drake, 2009) που σημαίνει ότι μια διαταραχή του πρώτου ή του τελευταίου θα προκαλέσει συμπτώματα σε όλο τον αυχενικό σωλήνα. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ του διαφράγματος και της θωρακικής εξόδου.

Σύμφωνα με τη νευρολογία, το φρενικό νεύρο κατά μήκος της πορείας του αναστομώνεται με το πνεύμονογαστρικό νεύρο, το οποίο περνά από την μηριαία περιοχή του διαφράγματος και τη νευρώνει αισθητητικά και κινητικά (Drake, 2009). Η παροδική χαλάρωση ή η αναστολή της μηριαίας περιοχής του διαφράγματος σχετίζεται με αυθόρμητα επεισόδια παλινδρόμησης οξέος (Young, 2010). Οι ασθενείς, λοιπόν, με γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση μπορεί να ωφεληθούν από θεραπείες που μπορούν να επηρεάζουν αυτές τις βαθιές μηριαίες διαφραγματικές ίνες και / ή το πνευμονογαστρικό νεύρο. Ως εκ τούτου, οι μεταβολές του τόνου του πνευμονογαστρικού μπορεί να είναι η λύση κλειδί σε θέματα παλινδρόμησης, για

να επιτευχθεί μακροπρόθεσμη διαχείριση της κατάστασης (Walden, 2017). Κατά τη διάρκεια της εισπνοής, εάν υπάρχει διατροφικός βλωμός, η μηριαία περιοχή δεν συσπάται για να στείλει το βλωμό στο στομάχι (Walder, 2017). Αυτό πιθανότατα συνεπάγεται με περιφερική αναστολή του φρενικού νεύρου, που προέρχεται από τις πληροφορίες του πνευμονογαστρικού νεύρου (Walder, 2017). Κατά τον εμετό, το μηριαίο και πλευρικό διάφραγμα διαχωρίζουν τις δραστηριότητές τους, με το μηριαίο να χαλαρώνει για να επιτρέψει την εξώθηση των γαστρικών περιεχομένων και το πλευρικό συσπάται αφενός για την αύξηση της κοιλιακής πίεσης και αφετέρου για την πίεση των γαστρικών περιεχομένων προς τα πάνω: Μια μορφή παράδοξης λειτουργίας. Δυσλειτουργία του μηχανισμού αυτού, δεν επιδρά μόνο στην πρόληψη της παλινδρόμησης αλλά συμβάλλει και στο σύνδρομο αιφνίδιου θανάτου βρεφών (Pickering and Jones, 2002). Τρέχουσες θεραπείες για την πρόληψη της παλινδρόμησης οξέος είναι η ουδετεροποίηση του στομαχικού οξέος, αλλά δεν αντιμετωπίζουν το βασικό πρόβλημα των παροδικών επαναλαμβανόμενων αναστολών του μηριαίου διαφράγματος. Πρόκειται, λοιπόν, για μία διαταραχή του κινητικού ελέγχου του μηριαίου διαφράγματος που μπορεί να αντιμετωπιστεί με τοπική θεραπεία και διαμόρφωση του συμπαθητικού τόνου (Walden, 2017);

Το πνευμονογαστρικό νεύρο συνδέεται με το έσω επίμηκες δεμάτιο με προσαγωγές και απαγωγές συνδέσεις. Επιπλέον, είναι σε επαφή με το τρίδυμο σύστημα μέσω προσαγωγών συνδέσεων (Drake, 2009). Το έσω επίμηκες δεμάτιο είναι ένας συνδυασμός νευρικών ινών που συνδέουν το μεσεγκέφαλο και τα περισσότερα από τα κρανιακά νεύρα, συμπεριλαμβανομένου του τριδύμου νεύρου και των κρανιακών νεύρων που νευρώνουν το μάτι (δηλαδή II, III, IV, V και VI), τη γλώσσα (το υπογλώσσιο νεύρο, XII) και την αυχενική βάση (A1-A3) (Bordoni, 2013). Αυτό σημαίνει ότι η διαφραγματική δυσλειτουργία παράγει συμπτώματα που παρατηρούνται στην περιοχή της αυχενικής βάσης (υποϊνιακοί μύες), στο στοματικό έδαφος, στη σκληρά μήνιγγα, καθώς και στα μάτια (Εικ. 1.3).

Μπορούμε να υποθέσουμε επίσης, ότι το φρενικό νεύρο μπορεί να επηρεάσει τα νωτιαία τρίδυμα γάγγλια, τα οποία διεγείρουν τους δύο τελευταίους κλάδους του τριδύμου νεύρου, φτάνοντας στους περιοδοντικούς συνδέσμους μέσω των κυψελιδικών νεύρων και το αποτέλεσμα θα είναι ο οδοντικός πόνος. Το ίδιο μονοπάτι μπορεί να οδηγήσει σε πόνο στην κροταφογναθική άρθρωση και στο αυτί μέσω του γαγγλίου του Gasser. Ένας άλλος κρίκος είναι μέσω του εγκάρσιου αυχενικού νεύρου, το οποίο είναι ένας κλάδος του αυχενικού πλέγματος (A2-A3), σε άμεση επαφή με τον γναθιαίο κλάδο του τριδύμου νεύρου.



Εικόνα 1.3 19: Κρανιακό εύρο XII 4: Κρανιακό νεύρο X 5: Κρανιακό νεύρο XI 17: Γενειοϋοδής μυς 10: Φρενικό νεύρο AA VV, Anatomia dell'uomo, 4 ed, Edi.ermes, Milano [Several authors, Human Anatomy, Fourth Edition, edition EdiErmes]. www.eenet.it.

Στην κανονική αναπνοή ο γενειογλωσσικός μυς και ο υπογλώσσιος, συμμετέχουν σε συντονισμό με το διάφραγμα, αμέσως πριν από τη συστολή του διαφράγματος. Από όλους τους μύες που διαστέλλουν τον φάρυγγα, ο γενειογλωσσικός είναι μεγαλύτερος και θεωρείται επικουρικός αναπνευστικός μυς. Η συμμετοχή αυτού του μύος εμποδίζει τους μύες του στόματος από το κλείσιμο της ανώτερης αναπνευστικής οδού κατά την εισπνοή. Ο γενειογλωσσικός κινείται κατά τη διάρκεια του αναπνευστικού κύκλου, δηλαδή, οπίσθια κατά την εκπνοή και εμπρός κατά τη διάρκεια της εισπνοής. Αυτή η ενέργεια εγγυάται σωστό αερισμό. Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπεζωκότας, που νευρώνεται από το φρενικό νεύρο, στέλνει ίνες τύπου C στη γλώσσα, υποδεικνύοντας άλλη μία στενή σχέση μεταξύ του διαφράγματος και του στοματικού διαφράγματος (Bordoni, 2013).

Μια άλλη νευρολογική σύνδεση του διαφράγματος αντιπροσωπεύεται από το ορθοσυμπαθητικό πλέγμα των μείζονων σπλαγχνικών νεύρων, από τα ελάσσονα και ελάχιστα σπλαγχνικά νεύρα. Διασχίζουν το μηριαίο διάφραγμα. Το σπλαγχνικό νευρικό σύστημα είναι απαραίτητο για τον έλεγχο του ορθοσυμπαθητικού σπλαγχνικού συστήματος. Αυτό υποδηλώνει ότι, σε περίπτωση διαφραγματικού προβλήματος, είτε σπασμού είτε ατροφικής βλάβης, οι οδοί των ορθοσυμπαθητικών συστημάτων θα επηρεαστούν αρνητικά τόσο στην ανοδική φορά όσο και προς τα κάτω. Αυτό σημαίνει, αφενός, ότι θα επηρεαστεί η σπλαγχνική δραστηριότητα και αφετέρου ότι οι σωματίτες που σχετίζονται με την εννεύρωση των τριών πλεγμάτων θα πάσχουν από πόνο στα σπονδυλικά facet, στους σχετικούς ιστούς και στην περιοχή των μυών του προσβεβλημένου σωματίτη. Επομένως, μια διαφραγματική

διαταραχή που επηρεάζει τα σπλάχνα που νευρώνεται από το σπλαχνικό σύστημα θα έχει ως αποτέλεσμα σε πόνο ακόμη και σε περιφερικές περιοχές (Nakano, 2010).

1.4.2 Τα μεσοπλεύρια νεύρα

Σημαντικό θα ήταν να αναφερθεί η ανατομία και η κατανομή των μεσοπλεύριων νεύρων. Μεσοπλεύρια νεύρα, λοιπόν, ονομάζονται οι πρόσθιοι κλάδοι των θωρακικών νεύρων και διαφέρουν από τους πρόσθιους κλάδους των υπολοίπων νωτιαίων νεύρων, γιατί δεν σχηματίζουν πλέγματα και έχουν μικρότερο πάχος. Αποτελούν 12 ζεύγη και μετά την έξοδο τους από τα μεσοσπονδύλια τμήματα, φέρονται στην αρχή μπροστά από τους πρόσθιους πλευρεγκάρσιους συνδέσμους, στην συνέχεια πορεύονται στο σύστοιχο μεσοπλεύριο διάστημα, μέσα στην πλευρική αύλακα, κάτω από τα μεσοπλεύρια αγγεία και στους μεσοπλεύριους μύες. Από αυτά, τα έξι πρώτα φθάνουν μέχρι τα πλάγια του στέρνου, όπου διατρύπουν τους μύες και τις περιτονίες, γίνονται υποδόρια και από τη θέση αυτή αποτελούν τους πρόσθιους διαπιτρώντες κλάδους. Η τελική μοίρα των νεύρων, πριν γίνουν υποδόρια, χιάζεται με τα έσω μαστικά αγγεία τα οποία κατέρχονται φερόμενα πίσω τους. Τα κατώτερα μεσοπλεύρια νεύρα, αφού περάσουν τα σύστοιχα μεσοπλεύρια διαστήματα, φέρονται στη συνέχεια μεταξύ του εγκάρσιου κοιλιακού και του έσω λοξού κοιλιακού μυός και τελικά εισέρχονται μέσα στη θήκη του ορθού κοιλιακού μυός από το οπίσθιο πέταλο της θήκης του. Στα πλάγια της λευκής γραμμής, διατρύπουν το πρόσθιο πέταλο της θήκης του ορθού κοιλιακού και μεταπίπτουν στους πρόσθιους διαπιτρώντες κλάδους. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο πρόσθιος κλάδος του 1ο θωρακικού νεύρου αποσχίζεται σε 2 κλωνία, το άνω και το κάτω, από τα οποία το κάτω είναι λεπτό και αποτελεί το 1ο μεσοπλεύριο νεύρο, ενώ το άνω συμμετέχει στο σχηματισμό του βραχιονίου πλέγματος και πορεύεται κατά μήκος του έσω χείλους της 1ης πλευράς. Το 12ο μεσοπλεύριο νεύρο, ονομάζεται και υποπλεύριο, είναι επίσης λεπτό, πορεύεται κάτω από την δωδέκατη πλευρά και χορηγεί μικρό κλωνίο που συμμετέχει στο σχηματισμό του οσφυϊκού πλέγματος. Οι κλάδοι των μεσοπλεύριων νεύρων είναι μυϊκοί, αισθητικοί και αναστομωτικοί προς τα γειτονικά στελέχη.

Κλάδοι

Οι μυϊκοί κλάδοι των μεσοπλεύριων νεύρων νευρώνουν τους ιδίως θωρακικούς μύες, την περιφερική μοίρα του διαφράγματος, την άνω και μεγαλύτερη μοίρα των πρόσθιων και πλαγίων μυών της κοιλιάς, καθώς και τους πλευροραχιαίους μύες.

Οι αισθητικοί κλάδοι διακρίνονται στους αρθρικούς, οι οποίοι διανέμονται στις σπονδυλοπλευρικές διαθρώσεις, στους κλάδους για τον υπεζωκότα και τα περιτόνια, που νευρώνουν το περίτονο πέταλο των ορογόνων αυτών υμένων, εκτός από την οπίσθια μοίρα τους και στους πλάγιους διαπιτρώντες κλάδους. Οι τελευταίοι αναδύονται κατά μήκος μίας γραμμής, κυρτής προς τα εμπρός, που φέρεται από το κοίλο της μασχάλης μέχρι τη

μεσότητα της λαγόνιας ακρολοφίας και αποσχίζονται σε πρόσθια και οπίσθια κλωνία. Από αυτούς ο πρόσθιος διαπιτρών κλάδος του 1ου μεσοπλευρίου νεύρου, συνήθως λείπει (95%), εκείνος δε του 2ου, μερικές φορές και του 3ου, αναστομώνεται με το έσω δερματικό νεύρο του βραχίονα και σχηματίζουν το μεσοπλευροβραχιόνιο στέλεχος. Ο πλάγιος διαπιτρών κλάδος του υποπλευρίου νεύρου, αναδύεται επάνω από το μέσο της λαγόνιας ακρολοφίας και νευρώνει το δέρμα της έξω μοίρας του γλουτού. Οι πλάγιοι διαπιτρώντες κλάδοι νευρώνουν το δέρμα της πλάγιας επιφάνειας του θώρακα και της κοιλιάς, επίσης συμμετέχουν στη νεύρωση του δέρματος της μασχάλης και της έσω επιφάνειας του βραχίονα (μεσοπλευροβραχιόνιο στέλεχος), καθώς και στο δέρμα της γλουτιαίας χώρας (υποπλεύριο νεύρο). Τέλος, οι πρόσθιοι διαπιτρώντες κλάδοι αποτελούν το τέλος των μεσοπλεύριων νεύρων, αναδύονται στα πλάγια του στέρνου (ανώτερα μεσοπλεύρια νεύρα) μαζί με τους διαπιτρώντες κλάδους των έσω μαστικών αγγείων και στα πλάγια της λευκής γραμμής (κατώτερα μεσοπλεύρια νεύρα), όπου διαχωρίζονται σε έσω και έξω κλωνία.

Οι πρόσθιοι διαπιτρώντες κλάδοι νευρώνουν το δέρμα της πρόσθιας επιφάνειας του θώρακα και της κοιλιάς, εκτός από το δέρμα της υποκλείδιας χώρας και της κάτω μοίρας του υπογαστρίου, που νευρώνονται αντίστοιχα από τα υπερκλείδια νεύρα και το λαγονοϋπογάστριο νεύρο.

Οι αισθητικοί κλάδοι των μεσοπλεύριων νεύρων κατανέμονται κυρίως στην πρόσθια και πλάγια επιφάνεια του θώρακα και της κοιλιάς, κατά περιοχές (δερμοτόμια) που έχουν την μορφή οριζόντιων ζωνών με αλληλοδιάδοχη σειρά (πρόσθιοι και πλάγιοι διαμετρώντες κλάδοι των μεσοπλεύριων νεύρων). Συγκεκριμένα, οι διαπιτρώντες κλάδοι των ανωτέρων μεσοπλεύριων νεύρων διανέμονται στη μαστική και στερνική χώρα και με το μεσοπλευροβραχιόνιο νεύρο συμμετέχουν στη νεύρωση του δέρματος της μασχάλης και της έσω επιφάνειας του βραχίονα. Οι διαπιτρώντες κλάδοι των κατώτερων μεσοπλεύριων νεύρων κατανέμονται στην πρόσθια και πλάγια επιφάνεια του δέρματος της κοιλιάς, εκτός από την κατώτερη μοίρα του υπογαστρίου και τμήματος της γλουτιαίας χώρας.

Αναστομώσεις

Οι αναστομώσεις που δημιουργούν τα μεσοπλεύρια νεύρα είναι με λευκούς και φαιούς αναστομωτικούς κλάδους με τα γάγγλια του συμπαθητικού που βρίσκονται στο ίδιο ύψος, με το βραχιόνιο πλέγμα με το άνω κλωνίο του πρόσθιου κλάδου του Θ1 νεύρου, καθώς και με το μεσοπλευροβραχιόνιο νεύρο, με το οσφυϊκό πλέγμα με κλωνίο του υποπλευρίου νεύρου και τέλος μεταξύ τους, αφού το καθένα συνδέεται με το προηγούμενο με λεπτό κλωνίο που πορεύεται μέσα από την παρεμβαλλόμενη πλευρά.

Νευρολογικές συνδέσεις

Τέλος, ακολουθεί περιγραφή των νευρολογικών συνδέσεων των μεσοπλεύριων νεύρων. Έχει αποδειχθεί ότι τα μεσοπλεύρια νεύρα δεν στέλνουν κινητικές πληροφορίες στο διάφραγμα (An, 2012). Τα νήματα των μεσοπλεύριων νεύρων είναι διακριτά μεταξύ των αρτηριακών αγγείων που εισέρχονται στο διάφραγμα και μπορεί να διαδραματίσουν έναν αγγειακό ιδιοδεκτικό ρόλο. Επίσης, βρίσκονται κοντά στον συνδετικό ιστό του διαφράγματος, έχοντας πάντα ιδιοδεκτικό ρόλο (An, 2012). Έχει αποδειχθεί πρόσφατα ότι οι διάφοροι κλάδοι του φρενικού νεύρου συνδέονται άμεσα με το αγγειακό δέντρο που διεισδύει στον μυ, έτσι ώστε το ίδιο το νεύρο να ελέγχει την παροχή αίματος της σχετικής περιοχής κατά τη διάρκεια του ηλεκτρικού κινητικού ερεθίσματος, κάνοντας διαχείριση της αγγειοδιαστολής (Correa, 2012).

1.5 Λεμφικό σύστημα και λεμφικές συνδέσεις του διαφράγματος

Τα λεμφαγγεία του διαφράγματος σχηματίζουν ένα εξειδικευμένο σύστημα που φαίνεται να είναι σημαντικό για την παροχέτευση του υγρού από την περιτοναϊκή κοιλότητα, και ίσως από την υπεζωκοτική κοιλότητα, και για την επιστροφή του στο αγγειακό σύστημα. Αυτό το υγρό φαίνεται να εισέρχεται σε υποπεριτοναϊκά λεμφικά κενά, τα οποία υπάρχουν μεταξύ των μυϊκών ινών του διαφράγματος. Αρκετές μελέτες που στοχεύουν στην αποσαφήνιση των οδών απορρόφησης του περιτοναϊκού υγρού υποδεικνύουν ότι η περιτοναϊκή επιφάνεια του διαφράγματος είναι μια σημαντική θέση της λεμφικής παροχέτευσης. Από μορφολογικές μελέτες προκύπτει με σαφήνεια ότι τα μεσοθηλιακά κύτταρα που καλύπτουν την περιτοναϊκή επιφάνεια του διαφράγματος στηρίζονται σε μητρική ουσία συνδετικού ιστού, στο οποίο βρίσκεται ένα πλούσιο πλέγμα λεμφικών αγγείων (Abu-Hijleh, 1995). Αυτές οι καλά ανεπτυγμένες δομές των λεμφικών αγγείων αποτελούνται από δύο στρώματα, δηλ. το υπομεσοθηλιακό δίκτυο και το βαθύτερο δίκτυο λεμφικών αγγείων που συνδέονται μεταξύ τους από τους πλευρικούς κλάδους. Και τα δύο βρίσκονται στο μυϊκό τμήμα, ενώ υπάρχει μόνο ένα στρώμα λεμφικού δικτύου στο τενόντιο τμήμα του διαφράγματος. Το λεμφικό δίκτυο, ωστόσο, είναι πυκνότερο στο τενόντιο τμήμα από εκείνο του μυϊκού τμήματος. Περαιτέρω, μέσω των περιτοναϊκών στοματίων, η λέμφος της περιτοναϊκής κοιλότητας ρέει μέσα στα υποπεριτοναϊκά κανάλια, και στη συνέχεια, με τη ρύθμιση των μονάδων λεμφικής παροχέτευσης, στα λεμφικά κενά. Τα λεμφικά κενά εμφανίζονται μόνο στο μυϊκό τμήμα του ανθρώπινου διαφράγματος. Το δεξιό μισό του διαφράγματος έχει περισσότερα κενά από το αριστερό. Τέλος, η λέμφος περνά μέσω του λεμφικού πλέγματος κάτω από το διαφραγματικό υπεζωκότα στον θωρακικό πόρο και στον δεξιό λεμφικό πόρο. Στην οδό λεμφικής παροχέτευσης, η προς τα πίσω ροή του λεμφικού υγρού από τα λεμφικά κενά στην περιτοναϊκή κοιλότητα αποτρέπεται από μερικές βαλβιδοειδείς κυτταροπλασματικές προεξοχές των μεσοθηλιακών και ενδοθηλιακών κυττάρων και από πολυάριθμες

νηματοειδείς προεξοχές από τον συνδετικό ιστό, καθώς και από την επικάλυψη των ενδοθηλιακών κυττάρων στα λεμφικά κενά (Li, 1996).

1.6 Φυσιολογία – Παθοφυσιολογία του διαφράγματος

1.6.1 Ο ρόλος του διαφράγματος στον αερισμό

Ως αποτέλεσμα των περιφερικών συνδέσεων του διαφράγματος με τις πλευρές και τη σπονδυλική στήλη, της συνοχής του με τον κεντρικό τένοντα και της διαμόρφωσης του ως θολωτό φύλο, όταν οι μυϊκές ίνες του διαφράγματος συσπώνται, ο μυς κατευθύνεται ουραία. Ο Wade μετρούσε τη μετατόπιση του θόλου του διαφράγματος στην εισπνοή στα 9,5 cm κατά μέσο όρο (Wade, 1954). Το διάφραγμα λειτουργεί ως έμβολο και με τη σύσπαση κατευθύνεται ουραία. Αυτή η διαφραγματική κάθοδος αυξάνει τον ενδοθωρακικό όγκο, μειώνοντας έτσι την ενδοθωρακική πίεση. Μια μικρότερη συνιστώσα (περίπου 10%) της μείωσης της ενδοθωρακικής πίεσης, είναι το λεγόμενο "συστατικό εισαγωγής" που προκύπτει με τη σύσπαση του διαφράγματος. Γίνεται λόγος για την εισαγωγή των μυϊκών ινών του διαφράγματος στο ανώτερο όριο των κατώτερων πλευρών - που κατά τη διάρκεια της σύσπασης προκαλούν τις χαμηλότερες πλευρές να εκταθούν προς τα έξω. Η αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης μπορεί, επίσης, να συμβάλει σε αυτή τη δράση (Shrager, 2015).

Η προκύπτουσα μειωμένη ενδοθωρακική πίεση διευρύνει τον πνεύμονα, αντλώντας αέρα μέσω των αεραγωγών που εισέρχεται μέσα στους πνεύμονες. Καθώς το διάφραγμα χαλαρώνει, κινείται παθητικά σε κраниακή κατεύθυνση, επιτρέποντας στον αέρα να βγαίνει παθητικά από τους πνεύμονες ως αποτέλεσμα της ελαστικής επαναφοράς του πνευμονικού ιστού και του θωρακικού τοιχώματος. Όταν το διάφραγμα παρουσιάζει δυσλειτουργία ή οι απαιτήσεις του αερισμού αυξάνονται με την άσκηση, ενδέχεται να ενεργοποιηθούν και άλλοι εισπνευστικοί μύες, οι οποίοι δεν συμβάλλουν πολύ κατά τη διάρκεια της ήρεμης αναπνοής. Αυτοί περιλαμβάνουν κυρίως τους σκαληνούς μύες, τους παραστερνικούς μεσοπλεύριους μύες, τον εγκάρσιο κοιλιακό και ενδεχομένως τους έξω μεσοπλεύριους μύες. Όπως και στους μύες των άκρων, παρατηρούνται μεταβολές της κατανομής των διαφόρων τύπων μυϊκών ινών εντός του διαφράγματος (π.χ. μυϊκές ίνες βραδείας και ταχείας συστολής) ως απόκριση σε ορισμένους παράγοντες πίεσης. Αυτές οι μετατοπίσεις μπορεί να είναι προσαρμοστικές ή σε ορισμένες περιπτώσεις δυσπροσαρμοστικές (π.χ εμφύσημα) (Shrager, 2015).

1.6.2 Η παθοφυσιολογία της δύσπνοιας

Η αίσθηση της δύσπνοιας παραμένει ελάχιστα κατανοητή, αλλά φαίνεται να προκύπτει από μια πολύ περίπλοκη σειρά νευροφυσιολογικών συμβάντων. Είναι ενδιαφέρον ότι έχει αποδειχθεί με σαφήνεια ότι η δύσπνοια σχετίζεται πολύ περισσότερο με τη λειτουργία των αναπνευστικών μυών απ' ό, τι με το FEV1. Για να συνοψίσουμε ένα μεγάλο μέρος έρευνας σε λίγες προτάσεις, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένας από τους σημαντικότερους

παράγοντες που συμβάλλουν στην αίσθηση της δύσπνοιας σε πολλούς ασθενείς είναι το έργο της αναπνοής – work of breathing (WOB). Το WOB είναι το έργο που εκτελείται από τους αναπνευστικούς μύες - κυρίως από το διάφραγμα χωρίς το φαινόμενο του περιορισμού της εκπνευστικής ροής. Το επίπεδο του καθορίζεται από τους δύο κύριους τύπους αντιστάσεων ενάντια στις οποίες πρέπει να λειτουργούν οι αναπνευστικοί μύες: η ελαστική αντίσταση του πνεύμονα ή του θωρακικού τοιχώματος και οι ιστικές αντιστάσεις τριβής των αεραγωγών στη ροή του αέρα (π.χ. αυξημένη ΧΑΠ). Όταν αυξάνεται το WOB, προκύπτει δύσπνοια (Shrager, 2015).

1.6.3 Ο ρόλος του διαφράγματος στην αναπνευστική ανεπάρκεια και στον απογαλακτισμό από το μηχανικό αερισμό

Δεδομένου ότι το διάφραγμα είναι ο κύριος μυς του αερισμού, η λειτουργία του είναι κεντρική στην παθοφυσιολογία της αναπνευστικής ανεπάρκειας και στον απογαλακτισμό από τον μηχανικό αερισμό. Ενώ πολλοί ασθενείς σε μηχανικό αερισμό πάσχουν από οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια (π.χ. αποτυχία της ανταλλαγής αερίων σε βάση παρεγχυματικής αναπνευστικής ανεπάρκειας, όπως πνευμονία, διάμεση πνευμονοπάθεια, πνευμονικό οίδημα), ορισμένοι ασθενείς θα απαιτήσουν MA λόγω αδυναμίας αερισμού (δηλαδή, διαφραγματική ανεπάρκεια). Αυτή η κατάσταση είναι ίσως συχνότερη σε χειρουργικούς ασθενείς μετά από παρατεταμένα αναισθητικά, συμπεριλαμβανομένων παραλυτικών παραγόντων, και σε ασθενείς με εμφύσημα. Η διαφραγματική λειτουργία στο εμφύσημα, εν συντομία θα μπορούσαμε να πούμε, ότι πρόκειται για αδυναμία του διαφράγματος να μεταφέρει αρκετό αέρα για να διατηρήσει ένα αποδεκτό pCO_2 . Σε αυτό το σημείο ο ασθενής είτε θα πεθάνει, είτε θα απαιτήσει MA. Παρομοίως, ο απογαλακτισμός από τον MA, όταν έχει βελτιωθεί παρεγχυματική αναπνευστική ανεπάρκεια έτσι ώστε η οξυγόνωση να είναι επαρκής, είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση της επάρκειας του διαφράγματος για την κίνηση του αέρα. Η ικανότητα της επαρκούς αναπνοής χωρίς μηχανική υποστήριξη φαίνεται να είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τον απογαλακτισμό από έναν αναπνευστήρα. Επομένως, είναι κρίσιμο να κάνουμε ό, τι είναι δυνατόν για τη διατήρηση της λειτουργίας του διαφράγματος ενώ ο ασθενής υποβάλλεται σε MA.

1.7 Μηχανική δράση του διαφράγματος

Παρόλο που η διαδικασία αναπνοής φαίνεται ότι είναι ακούσια, η σωστή λειτουργία και η αποτελεσματικότητα της μηχανικής δράσης του διαφράγματος εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ανατομική του διάταξη στον κατώτερο θωρακικό κλωβό. Η περιοχή σύνδεσης του διαφράγματος και του θωρακικού κλωβού, αναφέρεται ως ζώνη εφαρμογής και ο αγγλικός όρος είναι "zone of apposition" (ZOA). Εκτείνεται από την ουραία πρόσφυση του διαφράγματος κοντά στον πλευρικό χόνδρο και έπειτα κατευθύνεται κεφαλικά στην πλευροφρενική γωνία, όπου οι ίνες απομακρύνονται από το θωρακικό κλωβό για να

σχηματίσουν τον ελεύθερο διαφραγματικό θόλο. Η ζώνη εφαρμογής είναι μία από τις πιο σημαντικές πτυχές της αναπνοής, που είναι υπεύθυνη για: α) την αποτελεσματική σχέση μήκους - τάσης του διαφράγματος, δηλαδή διατήρηση της κατακόρυφης ευθυγράμμισης των μυικών ινών και β) την οπισθό - πλάγια μετατόπιση του κατώτερου θωρακικού κλωβού (λαβή δίκην κάδου). Σε όρθια θέση κατά την ήρεμη αναπνοή, η ζώνη εφαρμογής αντιπροσωπεύει περίπου το ένα τρίτο της συνολικής επιφάνειας του θωρακικού κλωβού. Κατά την ήρεμη εισπνοή, το διάφραγμα συστέλλεται, το αξονικό του μήκος μειώνεται και ο θόλος του διαφράγματος κατεβαίνει σε σχέση με τις πλευρικές του προσφύσεις. Το ύψος της ζώνης εφαρμογής μειώνεται κατά περίπου 15mm, ενώ ο θόλος του διαφράγματος παραμένει σχετικά σταθερός σε μέγεθος και σχήμα. Στη μέγιστη εισπνευστική χωρητικότητα των πνευμόνων, η ζώνη εφαρμογής είναι σχεδόν μηδενική (Goldman, 1973; Mead, 1979).

Η ζώνη εφαρμογής ελέγχεται από τους κοιλιακούς μύες και κατευθύνει τη διαφραγματική τάση. Κατά τη διάρκεια της εισπνευστικής φάσης, όταν το διάφραγμα συσπάται και κατευθύνεται προς τα κάτω στην κοιλιακή κοιλότητα, η ενδοκοιλιακή πίεση αυξάνεται και εκπτύσει το κοιλιακό τοίχωμα σε τρεις διαστάσεις σε συνδυασμό με στροφή των πλευρών προς τα έξω. Το κοιλιακό τοίχωμα αντιτίθεται στη δράση του διαφράγματος με έκκεντρη συστολή όλων των κοιλιακών μυών, ελέγχοντας τη σχέση μήκους - τάσης του διαφράγματος. Αυτή η έκκεντρη συστολή εξασφαλίζει τη διατήρηση του θολωτού σχήματος του διαφράγματος και διατηρεί τη ζώνη εφαρμογής αρκετά μακροσκελή ώστε να παράγει οπισθό - πλάγια έκπτυξη του κατώτερου θωρακικού κλωβού και να διευκολύνει την αύξηση της δύναμης του διαφράγματος. Επιπλέον, η μικρότερη δραστηριότητα των κοιλιακών μυών επιτρέπει τη σπλαχνική μετατόπιση λόγω του θόλου του διαφράγματος που πέφτει. Κατά την εκπνοή αυτή η ενέργεια αντιστρέφεται. Οι κοιλιακοί μύες συστέλλονται έκκεντρα, συμπιέζουν τα σπλάχνα στην κοιλιακή κοιλότητα, οπότε το διάφραγμα ωθείται προς κεφαλική κατεύθυνση και οι πλευρές στρέφονται προς τα έσω (De Troyer, 1988).

Όταν η ζώνη εφαρμογής μειώνεται (σε μια υποβέλτιστη θέση), το διάφραγμα έχει μικρότερη ικανότητα να τραβάει αέρα μέσα στην θωρακική κοιλότητα λόγω της μικρότερης καθοδικής κίνησης κατά τη σύσπαση και της λιγότερο αποτελεσματικής τάσης του διαφράγματος στις πλευρές, με αποτέλεσμα τη χαμηλότερη διαδιαφραγματική πίεση (Lando, 1999). Αυτή η κατάσταση συνοδεύεται από μειωμένη έκπτυξη του θωρακικού κλωβού, μεταβολές της στάσης του σώματος και μια αντισταθμιστική αύξηση της κοιλιακής έκπτυξης (De Troyer, 1988). Ως αποτέλεσμα, μπορούν να αναπτυχθούν οι προσαρμοστικές στρατηγικές αναπνοής, όπως η χαλάρωση των κοιλιακών μυών περισσότερο από ό, τι είναι αναγκαίο για την εισπνοή, κάτι που επιτρέπει την θωρακοκοιλιακή έκπτυξη ή την αυξημένη χρήση των επικουρικών μυών της αναπνοής. Αυτή η κατάσταση οδηγεί σε διάφορες πιθανές αρνητικές συνέπειες: δύσπνοια, μειωμένη αναπνευστική αποτελεσματικότητα, μειωμένη αντοχή στην άσκηση, μειωμένη ενδοκοιλιακή πίεση, αυξημένη οσφυϊκή λόρδωση, αυξημένο μήκος

ισchioκνημιαίων, αυξημένο μήκος κοιλίας, ανύψωση του στέρνου, αυξημένη οσφυοπυελική αστάθεια, αυξημένη δραστηριότητα των παρασπονδυλικών μυών, οσφυαλγία, σύνδρομο θωρακικής εξόδου, πόνος ιερολαγόνιας άρθρωσης, κεφαλαλγία, άσθμα (Boyle, 2010).

1.8 Λειτουργία του διαφράγματος

Το διάφραγμα θεωρείται κύριος αναπνευστικός μυς του σώματος, ο οποίος είναι υπεύθυνος για το 80% περίπου του συνόλου του αναπνευστικού έργου σε κανονική αναπνοή. Παρόλα αυτά, όπως και άλλες δομές στο ανθρώπινο σώμα, το διάφραγμα έχει περισσότερες από μία λειτουργίες. Παραδείγματος χάριν, με τη ρύθμιση της ενδοκοιλιακής πίεσης, σχετίζεται με την σταθερότητα κορμού και βοηθά στην ούρηση, στην αφόδευση και στον τοκετό. Επιπλέον, παίζει το ρόλο του φραγμού στον έμετο, στην κατάποση και στην γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση (Kojcan, 2017).

1.8.1 Ο ρόλος του διαφράγματος στη σταθεροποίηση του κορμού

Η λειτουργία του διαφράγματος στη στάση του σώματος, η οποία γίνεται αντιληπτή ως σταθεροποίηση του κορμού και έλεγχος του κορμού κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων κινήσεων, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη λειτουργία της αναπνοής. Η στήριξη του κορμού διατηρεί όλα τα τμήματα της σπονδυλικής στήλης σε μια βιομηχανικά ουδέτερη θέση κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε κίνησης και εξαρτάται από τον δυναμικό συντονισμό πολλών συνεργών και ανταγωνιστών μυών για τον ακριβή έλεγχο της υπερβολικής κίνησης των αρθρώσεων. Υπάρχει, επίσης, μια γενική συναίνεση ότι η αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης σταθεροποιεί τη σπονδυλική στήλη. Το διάφραγμα δεν μπορεί να κινήσει τον κορμό εκούσια, αλλά η συστολή του συμβάλλει στη σταθερότητα του κορμού μέσω αύξησης της πίεσης στην κοιλιακή κοιλότητα. Αυτή η διπλή λειτουργία του διαφράγματος (αερισμός και στάση) εκτελείται ταυτόχρονα (Hodges, 1997).

Κατά τη διάρκεια της πρώιμης ανάπτυξης της στάσης, το διάφραγμα λειτουργεί κυρίως ως αναπνευστικός μυς. Με τη συνεχή ωρίμανση και ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) σε ηλικία περίπου 4 ½ μηνών, η οβελιαία σταθεροποίηση της σπονδυλικής στήλης, της πύελου και του θώρακα καθιερώνεται πλήρως ως βάση για μετέπειτα κινήσεις που συμβαίνουν στο εγκάρσιο επίπεδο (π.χ. κύλιση, στροφή, σκαρφάλωμα, μπουσούλισμα) και τελικά για μετάβαση σε όρθια στάση. Το διάφραγμα αρχίζει να εκπληρώνει τη διπλή λειτουργία του τόσο ως αναπνευστικός όσο και ως σταθεροποιητής μυς, όταν η κοιλιακή αναπνοή συντονίζεται με την θωρακική αναπνοή σε ηλικία περίπου 6 μηνών (Frank, 2013).

Διάφορα ευρήματα υποστηρίζουν τη θεωρία της διπλής λειτουργίας του διαφράγματος. Ο Skladal ήδη από το 1969 ήταν ο πρώτος που παρείχε έμμεσες ενδείξεις για τη συμβολή του διαφράγματος στον έλεγχο του κορμού. Αυτές οι μελέτες τεκμηρίωσαν τη συστολή του

διαφράγματος πριν από τη συστολή του ορθού κοιλιακού κατά την προετοιμασία για την άνοδο στα δάκτυλα (Skladal, 1969). Περαιτέρω μελέτες ανέφεραν μια στενή σχέση μεταξύ της διαδιαφραγματικής πίεσης και της ενδοκοιλιακής πίεσης. Ο Hemborg κατέδειξε ότι το διάφραγμα ενεργοποιείται τονικά κατά την ανύψωση αντικειμένων (Hemborg, 1985). Η πρώτη άμεση απόδειξη ότι το διάφραγμα μπορεί να συμβάλει στον έλεγχο της στάσης του ανθρώπινου κορμού, επιπλέον του ρόλου του στην αναπνοή, παρουσιάστηκε από τον Hodges και τους συναδέλφους του. Έδειξαν ότι η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (EMG) του διαφράγματος αυξήθηκε πριν από την έναρξη της δραστηριότητας του μυός που ευθύνεται για την κίνηση του ετερόπλευρου άνω άκρου. Με την ταχεία κάμψη του ώμου σε ανταπόκριση σε ένα οπτικό ερέθισμα, η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα στη μηριαία και πλευρική περιοχή εμφανίστηκε περίπου 20 ms πριν την εμφάνιση ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας στον δελτοειδή μυ. Αυτή η προς τα εμπρός ανατροφοδότηση προέκυψε ανεξάρτητα από τη φάση της αναπνοής. Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του διαφράγματος συσχετίστηκε με αύξηση της διαδιαφραγματικής πίεσης. Οι υπερηχογραφικές μετρήσεις αποκάλυψαν, επίσης, ότι το πλευρικό διάφραγμα συστάλθηκε και στη συνέχεια επιμηκύνθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια της αύξησης της διαδιαφραγματικής πίεσης (Hodges, 1997). Οι επόμενες μελέτες που έγιναν από τον Hodges επιβεβαίωσαν περαιτέρω αυτή τη λειτουργία. Πάνω απ' όλα, η σταθεροποιητική ενεργοποίηση του διαφράγματος παρέμεινε αμετάβλητη όταν τα άτομα εκτελούσαν το ίδιο καθήκον σε καθιστή θέση χωρίς να υποστηρίζεται ο κορμός. Ωστόσο, η δραστηριότητα του διαφράγματος δεν υπήρχε με μεμονωμένες κινήσεις μικρών περιφερικών τμημάτων του άνω άκρου. Επιπρόσθετα, το ηλεκτρομυογραφικό πλάτος του διαφράγματος σχετίζεται γραμμικά με την επιτάχυνση του άκρου και επομένως με τις δυνάμεις που μεταδίδονται στην σπονδυλική στήλη. Τέλος, η γρήγορη επαναλαμβανόμενη κίνηση του άνω άκρου κατά τη διάρκεια της άπνοιας (κράτημα αναπνοής στη φάση εκπνοής) ενεργοποίησε, επίσης, το διάφραγμα (Hodges, 2000). Δύο πρόσφατες ενδιαφέρουσες μελέτες απεικόνισης MR του διαφράγματος που διεξήγαγε ο Kolar υποστηρίζουν τη διπλή λειτουργία της αναπνοής και της σταθεροποίησης της σπονδυλικής στήλης (Kolar, 2009). Η πρώτη μελέτη έδειξε ότι το διάφραγμα λειτουργεί σταθεροποιητικά στον κορμό, πράγμα που μπορεί να ελεγχθεί εκουσίως και είναι ανεξάρτητη από την αναπνοή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θέση του διαφράγματος κατά την σταθεροποιητική του λειτουργία είναι χαμηλότερη ή παρόμοια στο 81% των υποκειμένων, αλλά το εύρος κίνησης του διαφράγματος (ROM) κατά τη διάρκεια της αναπνοής όσο και της σταθεροποίησης διαφέρει μεταξύ των ατόμων. Υπάρχει, επίσης, σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αναπνεόμενου όγκου και του ROM του διαφράγματος κατά τη διάρκεια της κανονικής αναπνοής (Kolar, 2009). Η δεύτερη μελέτη κατέδειξε ότι η διπλή λειτουργία του διαφράγματος μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα. Το διάφραγμα μπορεί να επιτύχει τη λειτουργία της αναπνοής από χαμηλωμένη θέση για να εξασφαλίσει επαρκή ενδοκοιλιακή πίεση που παράγεται όταν απαιτείται για μια σταθεροποιητική δράση (Kolar, 2006). Στη βάση

των αποτελεσμάτων των δύο μελετών που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ικανότητα να ελέγχεται η σταθεροποιητική λειτουργία του διαφράγματος εναπόκειται στην ικανότητα του κάθε ατόμου. Τα άτομα με περιορισμένη ικανότητα να συστέλλουν το διάφραγμα τους για τη σταθεροποίηση του σώματος μπορεί να έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα ανάπτυξης πόνου στην πλάτη και την οσφύ. Η ανεπαρκής και ασυντόνιστη ενεργοποίηση του διαφράγματος σε άτομα με αδύναμη λειτουργία σταθεροποίησης του σώματος μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτωση των σπονδυλικών τμημάτων (Hodges, 2001; Janssens, 2010). Είχε ήδη, προηγουμένως, παρατηρηθεί από τον Hodges, ότι εάν η ανάγκη για αναπνοή αυξάνεται, ο ρόλος του διαφράγματος στη σταθεροποίηση της οσφύς μειώνεται (Hodges, 2001) και επιβεβαιώθηκε αργότερα από άλλους συγγραφείς, ότι μια αυξημένη ανάγκη για μία από τις λειτουργίες του διαφράγματος θα καταργήσει αναπόφευκτα την άλλη λειτουργία, από την άποψη του μειωμένου ελέγχου της ισορροπίας. Σε άλλη μελέτη, ο Vostatek έδειξε ότι τα άτομα με οσφυϊκό πόνο μετακινούν το διάφραγμα τους κατά το μισό περίπου, σε σύγκριση με τα υγιή άτομα (Vostatek, 2013). Η επόμενη μελέτη που εκπονήθηκε από τους Janssens, το 2013, διαπίστωσε ότι άτομα με πόνο στην οσφύ εμφάνισαν σημαντική διαφραγματική κόπωση μετά από εισπνευστικό φορτίο, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στους υγιείς συμμετέχοντες. Οι συγγραφείς υποδεικνύουν ότι η κόπωση του διαφράγματος μπορεί να είναι πιθανός υποβόσκων μηχανισμός στην αιτιολογία της μη ειδικής οσφυαλγίας (Janssens, 2013).

1.8.2 Ο ρόλος του διαφράγματος στον εμετό, στην κατάποση και η λειτουργία του ως φραγμός κατά της παλινδρόμησης

Ο De Troyer έδειξε ότι ενώ το πλευρικό διάφραγμα εκπύσσει τον κατώτερο θωρακικό κλωβό, το μηριαίο διάφραγμα δεν μεταβάλλει αισθητά τις διαστάσεις του θωρακικού κλωβού. Σύμφωνα με αυτό, το μηριαίο διάφραγμα έχει πιθανότατα έναν μη σημαντικό αναπνευστικό ρόλο, αλλά εμπλέκεται σε μεγάλο βαθμό στις γαστροοισοφαγικές λειτουργίες, όπως η κατάποση, ο εμετός και η συμβολή στο φραγμό της γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης (De Troyer, 1982).

Η φυσιολογική διαδικασία της έμεσης είναι πολύπλοκη. Στη φάση που το άτομο αισθάνεται αναγούλα - τάση για εμετό, το διάφραγμα συστέλλεται έντονα ως ένας ενιαίος μυς μαζί με τους κοιλιακούς μύες, αυξάνοντας την γαστρική πίεση. Ωστόσο, τα γαστρικά περιεχόμενα δεν μπορούν εύκολα να διασχίσουν το διάφραγμα λόγω της ταυτόχρονης αύξησης της πίεσης της γαστροοισοφαγικής σύνδεσης λόγω της μηριαίας συστολής. Στο επόμενο στάδιο του κύκλου εμετού, το μηριαίο και πλευρικό διάφραγμα διαχωρίζουν τις δραστηριότητές τους, με το μηριαίο διάφραγμα να χαλαρώνει για να επιτρέψει την εκτόξευση του γαστρικού περιεχομένου και το πλευρικό διάφραγμα να συσπάζεται ώστε να αυξηθεί η κοιλιακή πίεση και έτσι να εξαναγκαστεί το γαστρικό περιεχόμενο να βγει προς τα έξω (Miller, 1990).

Η απόκλιση της δραστηριότητας του μηριαίου και πλευρικού διαφράγματος παρατηρείται, επίσης, κατά την κατάποση και την οισοφαγική διάταση. Ο ακριβής μηχανισμός που μεσολαβεί για την αναστολή του μηριαίου διαφράγματος κατά τη διάρκεια της οισοφαγικής διάτασης εξακολουθεί να είναι ελάχιστα κατανοητός και ασαφής. Ο Oyer διαπίστωσε ότι η οισοφαγική διάταση παρήγαγε πλήρη αναστολή του μηριαίου διαφράγματος ηλεκτρομυογραφικά, ενώ ταυτόχρονα υπήρξε μόνο μερική αναστολή των απαγωγών ινών στον μηριαίο κλάδο του φρενικού νεύρου (Oyer, 1989). Η κάθοδος του πλευρικού διαφράγματος δημιουργεί θωρακοκοιλιακή πίεση, η οποία ευνοεί την παλινδρόμηση οξέος. Ο αναπνευστικός ρυθμός του μηριαίου διαφράγματος, που συγκρατεί τον οισοφάγο και αντιτίθεται στη δράση του πλευρικού διαφράγματος μπορεί να στείλει ρυθμικά υγρό από το στομάχι στον οισοφάγο. Επιβεβαιώθηκε από τον Mittal, ότι η εκλεκτική μυοτομία του μηριαίου διαφράγματος δημιούργησε μια κατάσταση συχνής γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης (Mittal, 1993).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Οι αναπνευστικές ασκήσεις στην πνευμονική αποκατάσταση

2.1 Οι στόχοι της πνευμονικής αποκατάστασης

Ένας από τους στόχους της πνευμονικής αποκατάστασης είναι η βελτίωση της λειτουργίας των αναπνευστικών μυών και η μείωση της δύσπνοιας. Αυτό επιτυγχάνεται με συστηματική προπόνηση αντοχής, όπως το περπάτημα ή η ποδηλασία, η οποία αυξάνει τις απαιτήσεις του αναπνευστικού συστήματος, με αποτέλεσμα είτε τις φυσιολογικές επιδράσεις της άσκησης, το βελτιωμένο συντονισμό και τη μυϊκή ή αναπνευστική αποτελεσματικότητα είτε την απευαισθητοποίηση από το δυσάρεστο σύμπτωμα της δύσπνοιας. Ένας άλλος στόχος είναι η μείωση της συχνότητας των παροξύνσεων και της διάρκειας της νοσηλείας. Εκτός από την άσκηση ολόκληρου του σώματος, ειδικές στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα πρόγραμμα πνευμονικής αποκατάστασης για την επίτευξη αυτών των στόχων. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν αναπνευστικές ασκήσεις, τεχνικές εκκαθάρισης βλέννας και ειδικές ασκήσεις για τη βελτίωση της αντοχής των αναπνευστικών μυών (Hill, 2018). Οι αναπνευστικές ασκήσεις θα συζητηθούν στο παρόν κεφάλαιο, καθώς σε αυτές συγκαταλέγεται η διαφραγματική αναπνοή.

2.2 Οι αναπνευστικές ασκήσεις

Η πλειονότητα της βιβλιογραφίας για την πνευμονική αποκατάσταση περιγράφει αναπνευστικές ασκήσεις για άτομα με Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) με μικρή περιγραφή του τρόπου προσαρμογής αυτών των ασκήσεων σε ασθενείς με άλλες χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις. Οι αναπνευστικές ασκήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ατομική βάση, μετά από ταυτοποίηση ενός μη φυσιολογικού προτύπου αναπνοής ή με γενικευμένη έννοια. Η εξατομικευμένη διδασκαλία στις αναπνευστικές ασκήσεις αναφέρεται γενικά ως επανεκπαίδευση της αναπνοής, με την πιο κοινή τεχνική να είναι η διαφραγματική αναπνοή, που ονομάζεται, επίσης, κοιλιακή αναπνοή ή έλεγχος της αναπνοής. Οι ασκήσεις διαφραγματικής αναπνοής, συχνά, συνταγογραφούνται επιπρόσθετα της άσκησης ολόκληρου του σώματος στο πρόγραμμα πνευμονικής αποκατάστασης ή μπορεί να συνταγογραφούνται σε ασθενείς που δεν μπορούν να συμμετάσχουν σ' αυτό. Η αναπνοή με σφιγμένα χείλη, η οποία επιτυγχάνεται με εκπνοή από το στόμα ενάντια στην πίεση των σφιγμένων χειλιών, είναι μια στρατηγική που μπορεί να υιοθετηθεί από τους ασθενείς αυθόρμητα ή μπορεί να ενθαρρυνθεί από τον κλινικό αποκατάστασης. Σκοπός είναι η μείωση του αναπνευστικού ρυθμού και της δυναμικής υπερδιάτασης κατά τη διάρκεια άσκησης με απώτερο στόχο τη συνολική αύξηση της αντοχής. Η αναπνοή με feedback αερισμού (Ventilation – feedback breathing) ή η χρονομετρημένη αναπνοή (Timed breathing)

κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι δύο άλλες στρατηγικές που έχουν χρησιμοποιηθεί για να αυξήσουν την αντοχή.

Άλλες γενικές στρατηγικές αναπνευστικών ασκήσεων περιλαμβάνουν τον συντονισμό της αναπνοής με την κίνηση, όπως για παράδειγμα, απαγωγές ώμου (άσκηση arm lifts) κατά τη διάρκεια της εισπνευστικής ή εκπνευστικής φάσης και την τεχνική της τοποθέτησης του σώματος για τη βελτίωση του προτύπου αναπνοής. Ορισμένες εναλλακτικές μορφές προγραμμάτων πνευμονικής αποκατάστασης περιλαμβάνουν γενικές στρατηγικές αναπνευστικών ασκήσεων όπως η Γιόγκα, ιδιαίτερα η μορφή pranayama (χρονομετρημένη αναπνοή με έμφαση στην εκπνοή) και διάφορες ενσωματώσεις Tai Chi, τραγουδιού ή πνευστών οργάνων, πχ. φουσαρμόνικα. Αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθεί στις πιο συχνά περιγραφείσες αναπνευστικές ασκήσεις στην πνευμονική αποκατάσταση, στη διαφραγματική αναπνοή και στην αναπνοή με σφιγμένα χείλη για ασθενείς με ΧΑΠ (Hill, 2018).

2.2.1 Περιγραφή των αναπνευστικών ασκήσεων

2.2.1.1 Περιγραφή της διαφραγματικής αναπνοής

Παρατηρείται μία ασυνέπεια στην ορολογία και στην περιγραφή της διαφραγματικής αναπνοής, η οποία είναι συνώνυμη με τον έλεγχο της αναπνοής, την χαλαρή ελεγχόμενη αναπνοή και την κοιλιακή αναπνοή. Οι ασθενείς ενθαρρύνονται να αναπνέουν κυρίως με το διάφραγμα ελαχιστοποιώντας τη δράση των επικουρικών μυών (Gosselink, 2004). Η τεχνική γενικά εκτελείται σε υποστηριζόμενη καθιστή θέση, με χαλαρό τον άνω θωρακικό κλωβό και τους ώμους, παρόλο που αρκετοί ερευνητές έχουν δώσει οδηγίες στους ασθενείς να λάβουν ύπτια θέση. Απτική ανατροφοδότηση δίνεται με το ένα χέρι του θεραπευτή ή του ασθενούς στην κοιλιά, με ή χωρίς το άλλο χέρι στο στήθος. Κατά τη διάρκεια της εισπνοής, οι ασθενείς καλούνται να μετακινήσουν το κοιλιακό τοίχωμα προς τα έξω, προκαλώντας το χέρι που βρίσκεται στην κοιλιά να σηκωθεί προς τα πάνω και έξω ("αναπνεύστε στο χέρι μου / σας"), με ελάχιστη ψηλαφητή κίνηση στο χέρι που βρίσκεται στο στήθος. Η ρινική εισπνοή ενθαρρύνεται με σκοπό να διευκολύνει την συμμετοχή του διαφράγματος καθώς και να ενισχύσει τη φυσική ύγρανση του αέρα. Η εκπνοή είναι χαλαρή και παθητική με το χέρι στην κοιλιά να επιστρέφει ήρεμα στη θέση χαλάρωσης. Η τεχνική κρίνεται αποτελεσματική όταν παρατηρείται μέγιστη κοιλιακή έκπτυξη και μείωση της έκπτυξης του θωρακικού κλωβού ή της κίνησης της άνω θωρακικής μοίρας. Οι παραλλαγές αυτής της τεχνικής περιλαμβάνουν το συνδυασμό της διαφραγματικής αναπνοής στην εισπνοή με την αναπνοή με σφιγμένα χείλη κατά την εκπνοή ή την ενεργητική κοιλιακή εκπνοή. Οι ασθενείς ενθαρρύνονται να εξασκούνται σε αυτή την τεχνική καθημερινά και ο χρόνος κυμαίνεται από 10 λεπτά έως μία ώρα ανά συνεδρία, δύο έως τρεις φορές την ημέρα, αν και η βέλτιστη δοσολογία δεν είναι σαφής (Breslin, 1995).

2.2.1.2 Περιγραφή της αναπνοής με σφιγμένα χείλη

Η αναπνοή με σφιγμένα χείλη εκτελείται ως ρινική εισπνοή, ακολουθούμενη από εκπνοή ενάντια σε μισόκλειστα χείλη, αποφεύγοντας την έντονη εκπνοή (Pulmonary Rehabilitation, 1999). Παρατηρείται ότι μερικοί ασθενείς με ΧΑΠ υιοθετούν ένα αυθόρμητο πρότυπο αναπνοής με σφιγμένα χείλη όταν βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας, κατά τη διάρκεια της άσκησης ή μετά την άσκηση ή κατά τη διάρκεια οξείας φάσης ασθένειας. Αυτή η παρατήρηση έχει προκαλέσει πολλές μελέτες να ερευνήσουν τις φυσιολογικές επιδράσεις της αναπνοής με σφιγμένα χείλη και τους πιθανούς μηχανισμούς ωφέλειας από τη χρήση αυτής της τεχνικής ως αναπνευστική άσκηση. Έχουν γίνει προσπάθειες να εκπαιδευθούν ασθενείς με ΧΑΠ, που δεν υιοθετούν αυθόρμητα την αναπνοή με σφιγμένα χείλη, για να ερευνηθεί αν θα επωφεληθούν και αυτοί από αυτή την τεχνική. Οι ασθενείς με ΧΑΠ μπορεί να ενθαρρύνονται να δοκιμάσουν την αναπνοή με σφιγμένα χείλη κατά την άσκηση ή μετά την άσκηση καθώς και κατά τις καθημερινές δραστηριότητες. Διάφορες οδηγίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξήγηση της συγκεκριμένης τεχνικής, όπως "φύσα κατά την εκπνοή μέσα από τα σφιγμένα χείλη για να δημιουργηθεί ένα ελαφρύ σφύριγμα" (Breslin, 1992) και "φαντάσου ένα μικρό κερί, κάνε τη φλόγα να τρεμοπαίζει, αλλά μην το σβήσεις" (Nield, 2007). Οι ασθενείς που δεν υιοθετούν αυθόρμητα την αναπνοή με σφιγμένα χείλη, μπορούν να μάθουν πώς να το κάνουν με τη χρήση οξυμετρίας αυτιού για ανατροφοδότηση, με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του κορεσμού οξυγόνου και του αναπνεόμενου όγκου, τη μείωση του αναπνευστικού ρυθμού και τη διατήρηση του κατά λεπτό αερισμού (Tier, 1986). Η τεχνική κρίνεται αποτελεσματική από την άμεση μείωση του αναπνευστικού ρυθμού με την παράταση της εκπνοής και τη βελτίωση των συμπτωμάτων (Hill, 2018).

2.2.2 Η λογική πίσω από τις αναπνευστικές ασκήσεις

Τα άτομα με ΧΑΠ έχουν αυξημένο μεταβολικό κόστος αναπνοής σε κατάσταση ηρεμίας σε σύγκριση με τους υγιείς ανθρώπους. Η αύξηση της αντίστασης των αεραγωγών και η απώλεια της ελαστικής επαναφοράς που συμβαίνουν στη ΧΑΠ οδηγούν σε αύξηση του έργου των αναπνευστικών μυών κατά τη διάρκεια περιόδων αυξημένων αναπνευστικών απαιτήσεων, που αποδεικνύεται από τη συμμετοχή του θωρακικού κλωβού, των επικουρικών μυών και τη σύσπαση των κοιλιακών μυών (Gossselink, 2004; Breslin, 1999). Εκτός από τη μείωση της ροής του αέρα (απόφραξη), ορισμένα άτομα με σοβαρή ΧΑΠ έχουν αυξημένη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα σε κατάσταση ηρεμίας, ενώ άλλα άτομα μπορεί να αναπτύξουν δυναμική υπερδιάταση κατά τη διάρκεια της άσκησης, η οποία περιορίζει την ικανότητα άσκησης. Η υπερδιάταση μεταβάλλει τη σχέση μήκους - τάσης των αναπνευστικών μυών, ιδιαίτερα του διαφράγματος, μειώνοντας την ικανότητα παραγωγής δύναμης (Gossselink, 2004; Breslin, 1999). Η βράχυνση των πλευρικών μυϊκών ινών του

διαφράγματος και η επακόλουθη αλλοιωμένη γωνία σύσπασης, σε συνδυασμό με την αυξημένη χρήση των επικουρικών μυών της άνω θωρακικής μοίρας για την εισπνοή, μπορεί να οδηγήσει σε ένα παράδοξο πρότυπο αναπνοής με την εισολκή των κατώτερων πλευρών και της κοιλιάς στην εισπνοή. Η δύσπνοια σχετίζεται περισσότερο με τη λειτουργία των εισπνευστικών μυών παρά με τον περιορισμό της ροής του αέρα (Breslin, 1999). Επιπρόσθετα, η δύσπνοια συνδέεται θετικά με τη δραστηριότητα των επικουρικών μυών και τις μεταβολές στην κίνηση του θωρακικού τοιχώματος και σχετίζεται αρνητικά με τη δραστηριότητα του διαφράγματος. Συνεπώς, οι αναπνευστικές ασκήσεις για άτομα με ΧΑΠ στοχεύουν στη μείωση της δύσπνοιας, μειώνοντας την υπερδιάταση που προκαλείται από την άσκηση, αλλάζοντας το είδος των αναπνευστικών μυών που ενεργοποιούνται και βελτιώνοντας την απόδοση των αναπνευστικών μυών (Holland, 2012).

2.2.2.1 Η λογική πίσω από τη διαφραγματική αναπνοή

Ο στόχος των αναπνευστικών ασκήσεων διαφραγματικής αναπνοής είναι να διδάξουν στους ασθενείς πώς να ανακουφίσουν και να ελέγξουν τη δύσπνοια μέσω της διόρθωσης των διαταραχών του αναπνευστικού προτύπου, μειώνοντας έτσι το μεταβολικό κόστος της αναπνοής και βελτιώνοντας τη διανομή του αερισμού. Επακόλουθες βελτιώσεις παρατηρούνται στην ανταλλαγή αερίων, στην απόδοση της άσκησης και στα συμπτώματα. Οι ασθενείς είναι σε θέση να μεταβάλλουν εκούσια (προσωρινά) το πρότυπο της αναπνοής τους σε βραδύτερες, βαθύτερες εισπνοές με μεγαλύτερη κοιλιακή και μικρότερη θωρακική έκπτυξη (Gosselink, 2004). Σε μία συστηματική ανασκόπηση των ασκήσεων ελέγχου της αναπνοής, η διαφραγματική αναπνοή αποδείχθηκε ότι έχει στατιστικώς σημαντική ευεργετική επίδραση στην έκπτυξη της κοιλιάς και του διαφράγματος, στον αναπνευστικό ρυθμό, στον αναπνεύσιμο όγκο, στον κορεσμό του αρτηριακού οξυγόνου και στη διαδερμική μέτρηση του οξυγόνου (Lewis, 2007). Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες περιελάμβαναν ασθενείς με ΧΑΠ και τα ευρήματα ήταν συνεπή όταν αφαιρέθηκαν μελέτες άλλων πληθυσμών. Ωστόσο, η διαφραγματική αναπνοή αποδείχθηκε ότι έχει στατιστικώς σημαντική επιβλαβή επίδραση στο έργο της αναπνοής και στη δύσπνοια σε άτομα με σοβαρή ΧΑΠ (FEV1% 30-50% της προβλεπόμενης τιμής). Δεν υπήρξε επίδραση στις φυσιολογικές εκβάσεις, που σχετίζονται με το ενεργειακό κόστος της αναπνοής, όπως η πρόσληψη οξυγόνου, η αποτελεσματικότητα των αναπνευστικών μυών, ή τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την ανταλλαγή αερίων, όπως η κατανομή του αερισμού (Lewis, 2007). Η διαφραγματική αναπνοή έχει συσχετιστεί με την αύξηση της ασύγχρονης και παράδοξης κίνησης του θωρακικού κλωβού σε αρκετές μελέτες (Cahalin, 2002; Fernandez, 2011). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην επιβλαβή επίδραση στο έργο της αναπνοής και στη δύσπνοια, παρότι υπήρξαν λίγες μελέτες που διερευνούν την επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στη δύσπνοια ως πρωτεύον καταληκτικό σημείο.

2.2.2.2 Η λογική πίσω από την αναπνοή με σφιγμένα χείλη

Οι περισσότερες έρευνες σχετικά με την αναπνοή με σφιγμένα χείλη έγιναν σε ασθενείς με σταθερή ΧΑΠ, είτε σε κατάσταση ηρεμίας είτε κατά τη διάρκεια μιας μόνο συνεδρίας άσκησης. Με αυτά τα δεδομένα, έχει διαπιστωθεί επανειλημμένα ότι η αναπνοή με σφιγμένα χείλη μειώνει την αναπνευστική συχνότητα και αυξάνει τον αναπνεόμενο όγκο (Roberts, 2009). Αυτό το βραδύτερο και βαθύτερο πρότυπο αναπνοής έχει συσχετιστεί με τη βελτίωση της ανταλλαγής αερίων (Mueller, 1970) και τη μείωση της πρόσληψης οξυγόνου σε σύγκριση με την ήρεμη αναπνοή (Jones, 2003). Σε μερικούς ασθενείς αυτά τα πιθανώς επιθυμητά επακόλουθα σχετίζονται με βελτίωση των συμπτωμάτων και της ικανότητας άσκησης ενώ σε άλλους δεν υπάρχει καμία βελτίωση. Η πηγή της ανακούφισης των συμπτωμάτων από την αναπνοή με σφιγμένα χείλη μπορεί να σχετίζεται με τη μείωση της σύγκλισης (collapse) των αεραγωγών, τον περιορισμό της αύξησης του τελικού εκπνευστικού πνευμονικού όγκου και τον περιορισμό της υπερδιάτασης (Sprahija, 2005; Bianchi, 2007; Visser, 2011). Για τους ασθενείς με ΧΑΠ, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν μεγάλη σύγκλιση των αεραγωγών, η προστιθέμενη εκπνευστική αντίσταση των σφιγμένων χειλιών και ο αυξημένος αναπνεόμενος όγκος θα οδηγούσε σε αύξηση του έργου αναπνοής και επιδείνωση των συμπτωμάτων. Φαίνεται, λοιπόν, ότι στον ετερογενή πληθυσμό των ασθενών με ΧΑΠ υπάρχει μεταβαλλόμενη ανταπόκριση στην αναπνοή με σφιγμένα χείλη. Ακολούθως, περαιτέρω έρευνες έχουν προσπαθήσει να προσδιορίσουν ποιοι ασθενείς είναι πιο πιθανό να επωφεληθούν από την κατάρτιση σε αυτή την τεχνική και εάν υπάρχουν ορισμένοι ασθενείς στους οποίους αυτό το σχέδιο αναπνοής μπορεί να είναι επιζήμιο (Hill, 2018).

2.2.2.3 Άλλοι συλλογισμοί για τις αναπνευστικές ασκήσεις

Η τοποθέτηση του σώματος κατά τις αναπνευστικές ασκήσεις στοχεύει στη βελτίωση της σχέσης μήκους - τάσης των αναπνευστικών μυών. Οι θέσεις που αυξάνουν την κοιλιακή πίεση, όπως η κλίση προς τα εμπρός, μπορούν να αυξήσουν τη συμμετοχή του διαφράγματος, να βελτιώσουν την κίνηση του θωρακικού τοιχώματος και να μειώσουν τη συμμετοχή των επικουρικών μυών, μειώνοντας το παράδοξο πρότυπο αναπνοής και τη δύσπνοια. Η στήριξη των χεριών σ' αυτή τη θέση, είτε σε τραπέζι είτε σε στηρίγματα για τα χέρια, στην καθιστή, ή χρησιμοποιώντας περιπατητήρα στη βάδιση, επιτρέπει στους επικουρικούς μύες να συμμετέχουν στην εισπνοή, χωρίς το πρόσθετο έργο της δραστηριότητας των μη στηριζόμενων χεριών. Η ενεργητική σύσπαση των κοιλιακών μυών στο τέλος της εκπνοής αυξάνει την κοιλιακή πίεση πιέζοντας το διάφραγμα προς το πάνω, σε ένα ευνοϊκότερο λειτουργικό μήκος και αυξάνει την πίεση ελαστικής επαναφοράς του διαφράγματος και του θωρακικού κλωβού, με τα πλεονεκτήματα να παρουσιάζονται στην υπερδιάταση και στη λειτουργία των εισπνευστικών μυών (Casciari, 1989).

Ο συντονισμός της αναπνοής με τη δραστηριότητα των άνω άκρων μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα άσκησης των άνω άκρων. Η ανύψωση του άνω άκρου συνδέεται με την αύξηση του όγκου των πνευμόνων και με ένα ασύγχρονο πρότυπο αναπνοής. Οι συστάσεις σχετικά με τον συνδυασμό των απαγωγών των ώμων (arm lifts) με την εισπνοή ή την εκπνοή ήταν αντιφατικές. Πιο πρόσφατα, ο Dolmage και οι συνάδελφοί του κατέδειξαν ότι η εκπνοή με χρονομέτρηση σε συνδυασμό με τα arm lifts βελτίωσε την απόδοση στην άσκηση και τον χρόνο αντοχής, σε σύγκριση με την εισπνοή σε ασθενείς με υπερδιάταση (Dolmage, 2013).

2.2.3 Τεκμηρίωση για τις αναπνευστικές ασκήσεις στην πνευμονική αποκατάσταση

Μια συστηματική ανασκόπηση των αναπνευστικών ασκήσεων στη ΧΑΠ, η οποία συμπεριέλαβε 16 μελέτες με 1233 συμμετέχοντες, έδειξε ασυνεπή αποτελέσματα των αναπνευστικών ασκήσεων σε σχέση με την ικανότητα άσκησης, τη δύσπνοια και την ποιότητα ζωής που σχετίζεται με την υγεία (Holland, 2012). Μόνο δύο από αυτές τις μελέτες ήταν σχεδιασμένη έτσι ώστε να εξετάζει την επιπρόσθετη συμβολή των αναπνευστικών ασκήσεων σε ένα πρόγραμμα πνευμονικής αποκατάστασης (Collins, 2008; van Gestel, 2012). Ο Collins και οι συνεργάτες του απέδειξαν ότι οι ασθενείς με ΧΑΠ θα μπορούσαν να παρατείνουν αποτελεσματικά την εκπνοή, με τη μείωση του αναπνευστικού ρυθμού και αύξηση του χρόνου εκπνοής, χρησιμοποιώντας ανατροφοδότηση αερισμού μέσω θερμαινόμενου πνευμοταχόμετρου (heated pneumotachometer) προσαρτημένου σε ένα ακροστόμιο και συνδεδεμένο με υπολογιστή που προβάλλει τους εκπνευστικούς στόχους στην οθόνη (Collins, 2018). Η ανατροφοδότηση του αερισμού γινόταν κατά τη διάρκεια προπόνησης αντοχής σε κυκλοεργόμετρο (18 συνεδρίες) και σε δαπεδοεργόμετρο (18 συνεδρίες). Σε σύγκριση που έγινε ανάμεσα σε τρεις ομάδες που συμμετείχαν σε 36 εκπαιδευτικές συνεδρίες τουλάχιστον, η επανεκπαίδευση της αναπνοής με ανατροφοδότηση αερισμού και η άσκηση μείωσαν τη δυναμική υπερδιάταση περισσότερο από την άσκηση μόνη της ή την ανατροφοδότηση αερισμού μόνη της και αύξησε την αντοχή στην άσκηση περισσότερο από την ανατροφοδότηση αερισμού μόνη της. Η διάρκεια της άσκησης σε δαπεδοεργόμετρο ήταν μεγαλύτερη για την ομάδα ανατροφοδότησης αερισμού από την άσκηση μόνη της, ωστόσο δεν παρουσιάζει στατιστική σημαντικότητα ($p = 0,022$). Ο Van Gestel και οι συνάδελφοί του τυχαιοποίησαν 40 ασθενείς με ΧΑΠ σε ομάδα άσκησης και σε ομάδα άσκησης συν 30 λεπτά αναπνευστικού ελέγχου με συνδυασμένη διαφραγματική αναπνοή κατά την εισπνοή και εκπνοή με σφιγμένα χείλη, για 10 συνεδρίες (Van Gestel, 2012). Για την επανεκπαίδευση της αναπνοής χρησιμοποιήθηκε αναπνευστική βιοανατροφοδότηση με αισθητήρες αναπνοής στο ομφαλικό και κοιλιακό επίπεδο που συνδέθηκαν με έναν ενισχυτή και μετατράπηκαν σε ακουστικά (χρήση ακουστικού) και οπτικά αποτελέσματα (γραφικά σε οθόνη). Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι ορισμένοι ασθενείς δυσκολεύτηκαν να αλλάξουν το πρότυπο της αναπνοής τους και ενώ και οι δύο ομάδες βελτιώθηκαν στα βασικά αποτελέσματα, δεν υπήρχε επιπλέον όφελος από τις αναπνευστικές

ασκήσεις στη λειτουργία των πνευμόνων, στην απόσταση του 6 Minute Walking Test (6MWT), στην ποιότητα ζωής σχετιζόμενη με την υγεία ή στην καρδιακή αυτόνομη λειτουργία σε σύγκριση με την άσκηση μόνο. Επί του παρόντος δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να υποδεικνύουν ότι η συμπερίληψη των αναπνευστικών ασκήσεων ως ξεχωριστή συνιστώσα εκπαίδευσης σε συνδυασμό με τη συμβατική άσκηση στην πνευμονική αποκατάσταση επιφέρει πρόσθετο όφελος. Ενώ πολλά προγράμματα πνευμονικής αποκατάστασης περιλαμβάνουν την εκπαίδευση στις αναπνευστικές ασκήσεις (McCarthy, 2015), δεν είναι δυνατό να διακρίνουμε τα οφέλη των αναπνευστικών ασκήσεων από τα οφέλη της προπόνησης αντοχής ολόκληρου του σώματος (Hill, 2018). Μία ομαδική εκπαιδευτική συνεδρία σε αναπνευστικές ασκήσεις ως μέρος μιας σειράς εκπαιδευτικών θεμάτων στην πνευμονική αποκατάσταση δεν έχει παρουσιάσει πρόσθετα οφέλη στην ικανότητα άσκησης, στη δύσπνοια ή στην ποιότητα ζωής που σχετίζεται με την υγεία σε σχέση με τη άσκηση από μόνη της (Blackstock, 2014). Δεν έχει διερευνηθεί ο ρόλος των αναπνευστικών ασκήσεων στην πνευμονική αποκατάσταση για άλλους πληθυσμούς με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις πέρα από τους ασθενείς με ΧΑΠ (Hill, 2018).

2.2.3.1 Τεκμηρίωση για τη διαφραγματική αναπνοή στην πνευμονική αποκατάσταση

Παρά την ασυνέπεια στις αναφερόμενες οξείες επιδράσεις της διαφραγματικής αναπνοής στα συμπτώματα, μία τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη σε άτομα με ΧΑΠ ανέφερε ότι μετά από 4 εβδομάδες άσκησης στη διαφραγματική αναπνοή παρατηρήθηκε αύξηση της συμμετοχής του διαφράγματος στη φυσική αναπνοή και βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας (Yamaguti, 2012). Η μέση διαφορά μεταξύ της ομάδας που ασκήθηκε στη διαφραγματική αναπνοή και της ομάδας ελέγχου, η οποία έλαβε συνηθισμένη φροντίδα, υπερέβη την ελάχιστη σημαντική διαφορά τόσο για απόσταση του 6MWT (34.7 μέτρα) όσο και για το συνολικό σκορ του ερωτηματολογίου St Georges Respiratory Questionnaire (-10,5 μονάδες). Παρατηρήθηκε, δηλαδή, στις δύο τελευταίες εκβάσεις προβάδισμα για την ομάδα παρέμβασης.

2.2.3.2 Τεκμηρίωση για την αναπνοή με σφιγμένα χείλη στην πνευμονική αποκατάσταση

Τέσσερις εβδομάδες καθημερινής προοδευτικής άσκησης στην αναπνοή με σφιγμένα χείλη για άτομα με ΧΑΠ, οδήγησαν σε σημαντική μείωση της δύσπνοιας στο τέλος του 6MWT (-0,9 μονάδες, κλίμακα Borg) σε μελέτη παρακολούθησης (follow up study) 12 εβδομάδων, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου και την ομάδα άσκησης των εκπνευστικών μυών (Nield, 2007). Ενώ υπήρξε σημαντική βελτίωση όσον αφορά τη βαθμολογία της φυσικής λειτουργίας στο ερωτηματολόγιο SF-36 για την ομάδα άσκησης στην αναπνοή με σφιγμένα χείλη, δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ ομάδων στην απόσταση του 6MWT. Αρκετές μελέτες εξέτασαν τις οξείες επιδράσεις της αναπνοής με σφιγμένα χείλη στην ικανότητα άσκησης σε ασθενείς με ΧΑΠ. Για τους ασθενείς που δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα την αναπνοή με σφιγμένα χείλη,

ο αναπνευστικός ρυθμός στο τέλος της άσκησης μειώνεται σημαντικά με την αναπνοή με σφιγμένα χείλη σε σύγκριση με την κανονική αναπνοή (Garrod, 2005; Bhatt, 2013). Η ικανότητα άσκησης, χρησιμοποιώντας το 6MWT, αυξήθηκε με την αναπνοή με σφιγμένα χείλη σε μία μικρή μελέτη (μέση τιμή 34,9 μέτρα) (Bhatt, 2013), χωρίς διαφορά στη δοκιμασία παλίνδρομης βάδισης (Garrod, 2005). Υπήρξε, ωστόσο, σημαντική βελτίωση στο χρόνο ανάνηψης μετά από τη δοκιμασία παλίνδρομης βάδισης όταν χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της αναπνοής με σφιγμένα χείλη (μέση τιμή -24,9 s) (Garrod, 2005). Υπήρξε μία σημαντική συσχέτιση μεταξύ της αύξησης της απόστασης του 6 MWT και της αύξησης της διαφραγματικής έκπτυξης κατά τη διάρκεια βίαιης αναπνοής που μετρήθηκε με υπέρηχο στην ύπτια θέση (Bhatt, 2013). Για τους ασθενείς που χρησιμοποιούν αυθόρμητα την αναπνοή με σφιγμένα χείλη κατά τη διάρκεια της άσκησης, κάποιες διασταυρούμενες μελέτες συνέκριναν τις δοκιμασίες άσκησης ενώ ανέπνεαν αυθόρμητα, αναστέλλοντας τα σφιγμένα χείλη με τη χρήση ενός επιστομίου. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο, ο Faager έδειξε ότι οι ασθενείς περπατούσαν κατά μέσο όρο 37 δευτερόλεπτα παραπάνω και αποκορέστηκαν κατά 1. 2% λιγότερο στη δοκιμασία παλίνδρομης βάδισης όταν χρησιμοποιήθηκε αυθόρμητη αναπνοή με σφιγμένα χείλη από ότι όταν παρεμποδίστηκε (Faager, 2008). Η παρεμπόδιση της αναπνοής με σφιγμένα χείλη δεν επηρέασε την απόσταση του 6MWT ή τη λειτουργική απόδοση σε μια δοκιμασία πολλαπλών εργασιών καθημερινής ζωής (Glittre-ADL) (De Araujo, 2016). Εντούτοις, η αναπνοή με σφιγμένα χείλη βελτίωσε τη δυναμική υπερδιάταση που προκαλείται από τη δοκιμή Glittre-ADL (μέση διαφορά 0,12 L).

2.2.4 Οι αναπνευστικές ασκήσεις στην κλινική πρακτική

Δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι οι αναπνευστικές ασκήσεις προσφέρουν περισσότερα ή επιπρόσθετα οφέλη σε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης ολόκληρου του σώματος για άτομα με ΧΑΠ (Holland, 2012). Ωστόσο, τα άτομα παρακολουθούν προγράμματα πνευμονικής αποκατάστασης για να βελτιώσουν την αναπνοή τους, συχνά ξεκινούν με την προκατειλημμένη ιδέα ότι το πρόγραμμα θα εστιάσει στο να τους διδάξει αναπνευστικές ασκήσεις. Οι ασθενείς που χρησιμοποιούν ενστικτωδώς την αναπνοή με σφιγμένα χείλη κατά τη διάρκεια της άσκησης ή μετά την άσκηση, θα πρέπει να ενθαρρυνθούν να συνεχίσουν αυτή την πρακτική με ενίσχυση του πότε αυτή μπορεί να τους φανεί χρήσιμη. Για τους ασθενείς που δεν υιοθετούν αυτό το πρότυπο αυθόρμητα, το να είναι κάποιος κλινικός ικανός να εντοπίσει τους ασθενείς που θα ανταποκριθούν στην τεχνική, με σπιρομέτρηση (σοβαρή απόφραξη της ροής του αέρα στους αεραγωγούς) , με μέτρηση των όγκων των πνευμόνων (σοβαρή υπερδιάταση) ή οι χαμηλές τιμές μέγιστης εκπνευστικής ταχύτητας ροής, είναι βοηθητικό (Sprahija, 2005; Bianchi, 2007; Cabral, 2015). Εναλλακτικά, δοκιμάζοντας την τεχνική κατά τη διάρκεια της άσκησης, της ανάνηψης ή της λειτουργικής δραστηριότητας, παρακολουθώντας ταυτόχρονα το πρότυπο αναπνοής, τη δύσπνοια και τον κορεσμό οξυγόνου μπορεί να είναι ο ευκολότερος τρόπος για τον εντοπισμό αυτών των

ασθενών που ανταποκρίνονται. Η αναπνοή με σφιγμένα χείλη θα πρέπει να μαθαίνεται εύκολα και γρήγορα από τους ασθενείς και στο πλαίσιο ενός τυπικού προγράμματος πνευμονικής αποκατάστασης, αναμένεται ότι οι ανταποκρινόμενοι ασθενείς θα μπορούσαν εύκολα να αναγνωριστούν από την υποκειμενική απάντηση στο όφελος ή την παρατηρούμενη αύξηση της ικανότητας άσκησης που συνδέεται με την υιοθέτηση της αναπνοής με σφιγμένα χείλη. Τα άτομα που αντιμετωπίζουν αυξημένο έργο αναπνοής που σχετίζεται με την αναπνοή με σφιγμένα χείλη, χωρίς συμπτωματική ανακούφιση πιθανώς να μην υιοθετήσουν την τεχνική και δεν θα επωφεληθούν από την περαιτέρω κατάρτιση σε αυτήν. Μια πρόσφατη ποιοτική μελέτη που περιελάμβανε μια ομάδα δεκατριών ασθενών, εντόπισε αρκετά κοινά θέματα που σχετίζονται με τη συνέχιση της κατάρτισης στην αναπνοή με σφιγμένα χείλη για 24 μήνες μετά την εκπαίδευση: έλεγχος της δύσπνοιας, χαλάρωση, μειωμένος πανικός και άγχος και μειωμένη χρήση βρογχοδιασταλτικών βραχείας δράσης (Roberts, 2016).

Η διαφραγματική αναπνοή είναι πιο δύσκολη στη διδασκαλία και την εκμάθηση και μπορεί να απαιτεί καθημερινή πρακτική για τουλάχιστον τέσσερις εβδομάδες προκειμένου να επιτευχθεί μυϊκή άσκηση με μετάφραση σε βελτιωμένη λειτουργική ικανότητα άσκησης. Ενώ το συμπτωματικό όφελος δεν είναι άμεσο με αυτήν την τεχνική, οι ασθενείς με γλωσσοφαρυγγική αναπνοή μπορεί να είναι πιο πιθανό να ανταποκριθούν, καθώς έτσι μπορούν να επιβραδύνουν τον αναπνευστικό ρυθμό και να αυξάνουν τον αναπνεόμενο όγκο. Οι ασθενείς που παρουσιάζουν ένα παράδοξο πρότυπο αναπνοής και βιώνουν επιδείνωση της δύσπνοιας κατά τη διάρκεια ή μετά από την άσκηση της διαφραγματικής αναπνοής είναι πιθανό να μην ανταποκρίνονται και η εκπαίδευση θα πρέπει να τροποποιηθεί ή να σταματήσει. Ένα παράδοξο πρότυπο αναπνοής που επιδεινώνεται από τη διαφραγματική αναπνοή είναι πιθανότερο σε άτομα με σοβαρή απόφραξη της ροής του αέρα και υπερδιάταση που δεν μπορούν να αυξήσουν την κάθοδο του διαφράγματος (Cahalin, 2002).

Η αποτελεσματική εκτέλεση των αναπνευστικών ασκήσεων περιλαμβάνει την επίτευξη της σωστής ισορροπίας στην επιβράδυνση της εκπνοής, ώστε να επιτρέπεται μεγαλύτερη εκκένωση των πνευμόνων και να αυξάνεται το βάθος της εισπνοής, προκειμένου να μειωθεί η δυναμική υπερδιάταση, χωρίς να μεταβάλλεται η φυσική μηχανική της αναπνοής τόσο πολύ, ώστε να αυξάνεται το έργο της αναπνοής. Παρά τις περισσότερες από έξι δεκαετίες μελέτης στον τομέα αυτό, αυτό που συνιστά μια κλινικά σημαντική μείωση του αναπνευστικού ρυθμού, αύξηση του αναπνεόμενου όγκου ή βελτίωση της οξυγόνωσης δεν έχει εξακριβωθεί. Η μακροπρόθεσμη τήρηση του προγράμματος αναπνευστικών ασκήσεων είναι πιο πιθανή σε άτομα που έχουν συμπτωματικό όφελος και σχετική βελτίωση στις λειτουργικές δραστηριότητες (Hill, 2018).

Κεφάλαιο 3°

Η διαφραγματική αναπνοή στη Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)

3.1 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής σε σχέση με το στάδιο βαρύτητας της Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ)

Τα αποτελέσματα της μελέτης του Miller δείχνουν ότι ασθενείς με κακή πνευμονική λειτουργία μπορεί να ωφεληθούν περισσότερο από τη διαφραγματική αναπνοή. Βρήκε ότι οι ασθενείς με ζωτική χωρητικότητα (maximal breathing capacity) μικρότερη από το 40% της προβλεπόμενης, έδειξαν βελτίωση στον αερισμό κατά την άσκηση μετά τη διαφραγματική αναπνοή (Miller, 1957). Ωστόσο, ο Gosselink διαπίστωσε ότι η διαφραγματική αναπνοή σε ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ δυσκόλεψε το συντονισμό της κίνησης του θωρακικού τοιχώματος, επιδείνωσε τη μηχανική αποτελεσματικότητα και αύξησε τη δύσπνοια (Gosselink, 1995). Επιπρόσθετα, ο Vitacca έδειξε ότι η διαφραγματική αναπνοή (σε ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ, χρόνια υπερκαπνία, μειωμένη δύναμη των αναπνευστικών μυών που ανάρρωναν από οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια) βελτίωσε τα αέρια του αίματος και τον αερισμό, αλλά αύξησε την προσπάθεια αναπνευστικών μυών και τη δύσπνοια (Vitacca, 1998). Ο McKinley διαπίστωσε την υποκειμενική βελτίωση σε 5 από τους 6 ασθενείς με ΧΑΠ (η σοβαρότητα δεν αναφέρθηκε) μετά από 4 εβδομάδες εξάσκησης στη διαφραγματική αναπνοή, η οποία συσχετίστηκε με αύξηση του έργου της αναπνοής τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα (McKinley, 1961). Πιο πρόσφατα, ο Pasto διαπίστωσε και αυτός ότι η μηχανική αποτελεσματικότητα του διαφράγματος μειώθηκε κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής σε σύγκριση με μια μέγιστη προσπάθεια εισπνοής, αλλά ο αερισμός ήταν ελαφρώς υψηλότερος κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής σε σύγκριση με ασθενείς που δεν εκτελούσαν διαφραγματική αναπνοή με σοβαρή ΧΑΠ ($FEV_1 = 33\%$ της προβλεπόμενης (Pasto, 2000).

Οι μελέτες του Becklake, του Sinclair, του McKinley, του Tandon, του Holliday και του Onodera διαπίστωσαν ότι τα συμπτώματα της ΧΑΠ βελτιώθηκαν μετά από τη διαφραγματική αναπνοή (Becklake, 1954; Sinclair, 1955; McKinley, 1961; Tandon, 1978; Holliday, 1985; Onodera, 1998), οι μελέτες του Cole και του Williams διαπίστωσαν ότι τα συμπτώματα παρέμειναν αμετάβλητα μετά τη διαφραγματική αναπνοή (Cole, 1962; Williams, 1982) και οι μελέτες του Gosselink και του Vitacca διαπίστωσαν ότι τα συμπτώματα επιδεινώθηκαν μετά από τη διαφραγματική αναπνοή (Gosselink, 1995; Vitacca, 1998). Μόνο 2 από τις 6 μελέτες που παρουσίασαν βελτιωμένα συμπτώματα μετά τη διαφραγματική αναπνοή παρείχαν τα αποτελέσματα των δοκιμασιών αναπνευστικής λειτουργίας, εκ των οποίων μία μελέτη ανέφερε ότι η FVC ήταν ίση με 74% της προβλεπόμενης και η άλλη μελέτη ανέφερε ότι ο λόγος FEV_1 / FVC ήταν 49%. Οι δύο έρευνες που παρατήρησαν αμετάβλητα συμπτώματα δεν ανέφεραν δεδομένα για την κατάσταση της πνευμονικής λειτουργίας και οι δύο έρευνες

που παρατήρησαν την επιδείνωση των συμπτωμάτων μετά από τη διαφραγματική αναπνοή μελέτησαν ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ. Δεδομένου των περιορισμένων δεδομένων και της διαθέσιμης βιβλιογραφίας, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ποιοι ασθενείς με ΧΑΠ θα ωφεληθούν από τη διαφραγματική αναπνοή. Είναι πιθανό ότι οι ασθενείς με μέτρια ΧΑΠ μπορούν να ωφεληθούν από τη διαφραγματική αναπνοή, επειδή η διαθέσιμη βιβλιογραφία υποδηλώνει ότι η διαφραγματική αναπνοή μπορεί να επιδεινώσει το έργο της αναπνοής και τα συμπτώματα καθώς το στάδιο βαρύτητας της ΧΑΠ επιδεινώνεται.

3.2 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στα συμπτώματα της Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ)

Όσον αφορά τα συμπτώματα, οι μελέτες του Becklake, του Sinclair, του McKinley, του Tandon, του Holliday και του Onodera διαπίστωσαν ότι τα συμπτώματα βελτιώθηκαν μετά από τη διαφραγματική αναπνοή (Becklake, 1954; Sinclair, 1955; McKinley, 1961; Tandon, 1978; Holliday, 1985; Onodera, 1998), δύο μελέτες του Cole και του Williams διαπίστωσαν ότι τα συμπτώματα παρέμειναν αμετάβλητα μετά τη διαφραγματική αναπνοή (Cole, 1962; Williams, 1982) και δύο μελέτες διαπίστωσαν ότι τα συμπτώματα επιδεινώθηκαν μετά από τη διαφραγματική αναπνοή (Gosselink, 1995; Vitacca, 1998).

3.3 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στον πνευμονικό αερισμό

Η διαφραγματική αναπνοή φαίνεται ότι δεν βελτιώνει τον αερισμό σε ασθενείς με ΧΑΠ που έχουν μη φυσιολογική βιομηχανική αναπνοής και αδυνατούν να αυξήσουν τον αναπνεόμενο όγκο κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής. Ο Sackner αποκάλυψε ότι η διαφραγματική αναπνοή (οι μέθοδοι της δεν περιγράφηκαν) δεν άλλαξε κανέναν από τους δείκτες διανομής του αερισμού μέσω της έκπλυσης αζώτου σε άτομα με ΧΑΠ (δε δόθηκαν στοιχεία για τη σοβαρότητα της ΧΑΠ). Παρομοίως, η ανάλυση της έκπλυσης 133χενον δεν αποκάλυψε κάποια διαφορά στην τοπογραφική κατανομή του 133χενον κατά τη διάρκεια της θωρακικής αναπνοής σε σύγκριση με τη διαφραγματική αναπνοή, σε άτομα με ΧΑΠ. Ωστόσο, σε 5 από τα 8 άτομα χωρίς ΧΑΠ, η κατανομή του 133χενον κατευθυνόταν στις χαμηλότερες πνευμονικές ζώνες κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής, ενώ η θωρακική αναπνοή κατεύθυνε την κατανομή του 133χενον στις άνω πνευμονικές ζώνες (Sackner, 1974).

Ο Grimby μελετούσε έξι ασθενείς με ήπια προς μέτρια ΧΑΠ (4 ασθενείς με άσθμα και 2 με χρόνια βρογχίτιδα, μέσος όρος FVC και FEV1 74% και 58% των προβλεπόμενων τιμών, αντιστοίχως) πριν και μετά τη διαφραγματική αναπνοή, την οποία περιέγραψε ανεπαρκώς. Ο Grimby βρήκε βελτίωση στη σχετική συμμετοχή της κοιλιάς στον αερισμό κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής, αλλά δεν υπήρχε διαφορά στην κατανομή του αερισμού μεταξύ της διαφραγματικής αναπνοής και της κανονικής αναπνοής (Grimby, 1975).

Ο Brach μέτρησε τη κατανομή του 133xenon, τον αναπνεόμενο όγκο και τον αερισμό σε έξι άτομα με μέτρια ΧΑΠ (FVC = 46% - 94%) και έντονη υπερδιάταση (RV = 209% - 585%) και σε έξι υγιή άτομα κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής και κατά τη διάρκεια κανονικής αναπνοής (οι μέθοδοι δεν αναφέρθηκαν). Ο Brach αποκάλυψε ότι δεν υπήρχε διαφορά στους δείκτες έκπλυσης για οποιαδήποτε περιοχή του πνεύμονα στα υγιή άτομα σε σύγκριση με τα άτομα με ΧΑΠ μεταξύ της εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής και της μη εκτέλεσης της. Γενικά, η έκπλυση του 133xenon από τους πνεύμονες ήταν πιο γρήγορη κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής σε όλα τα υγιή άτομα και σε 3 άτομα με ΧΑΠ (τα οποία επίσης παρουσίασαν αυξημένους όγκους) κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής σε σύγκριση με τη μη εκτέλεση της. Τα άλλα 3 άτομα με ΧΑΠ δεν είχαν διαφορά στο αναπνεόμενο όγκο ή στη συνολική έκπλυση του 133xenon κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης και της μη εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής (Brach, 1977).

Ο Sackner μέτρησε την πνευμονική λειτουργία και την έκπτυξη του θωρακικού τοιχώματος μέσω επαγωγικής πληθυσμογραφίας (Respirtrace, Ambulatory Monitoring, Inc., Ardsley, NY) σε 9 άτομα με ήπια έως μέτρια ΧΑΠ (δεν αναφέρθηκαν δεδομένα για την κατάσταση της πνευμονικής λειτουργίας). Μετρήσεις έγιναν και σε 10 υγιή άτομα κατά τη διάρκεια δεκάλεπτης εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής (οι μέθοδοι της διαφραγματικής αναπνοής δεν αναφέρθηκαν) και δεκάλεπτης κανονικής αναπνοής με ή χωρίς οπτική ανατροφοδότηση στην ύπτια θέση. Ο Sackner διαπίστωσε ότι τα υγιή άτομα αύξησαν τον αερισμό κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής, χωρίς βελτίωση από την οπτική ανατροφοδότηση. Στα άτομα με ΧΑΠ παρατηρήθηκε ότι είχαν μεγαλύτερο χρόνο εισπνοής και αναπνεόμενο όγκο κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής χωρίς οπτική ανατροφοδότηση και ότι η διαφραγματική αναπνοή με οπτική ανατροφοδότηση παρήγαγε μεγαλύτερη κοιλιακή κίνηση σε σύγκριση με τη διαφραγματική αναπνοή χωρίς οπτική ανατροφοδότηση. Ένα συνοδευτικό άρθρο του Sackner περιέγραψε τις συγκεκριμένες αλλαγές στην κίνηση του θωρακικού τοιχώματος των υγιών ατόμων και των ασθενών με ΧΑΠ (Sackner, 1984). Παρατηρήθηκε ότι οι ασθενείς με ΧΑΠ έχουν μεταβαλλόμενη ποσότητα παράδοξης κίνησης στο θωρακικό τοίχωμα κατά τη διάρκεια της κανονικής αναπνοής που επιδεινώθηκε κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής. Η παράδοξη κίνηση του θωρακικού τοιχώματος παρατηρήθηκε να μειώνεται όταν οι ασθενείς με ΧΑΠ μετακινήθηκαν από ύπτια σε όρθια στάση (Sackner, 1984).

Λόγω αυτών των αποτελεσμάτων, οι ασθενείς με ΧΑΠ φαίνεται ότι είναι λιγότερο πιθανό να βελτιώσουν τον αερισμό με τη διαφραγματική αναπνοή, εκτός εάν παρουσιάσουν φυσιολογικές αναπνευστικές ικανότητες και ικανότητα να αυξήσουν τον αναπνεόμενο όγκο κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά μπορούν να επιτρέψουν τον αερισμό να φτάσει σε χαμηλότερες πνευμονικές ζώνες, όπως φαίνεται στους παραπάνω από το μισούς συμμετέχοντες χωρίς ΧΑΠ που μελετήθηκαν από τον Sackner

(Sackner, 1984; Sackner, 1974) και από όλους τους υγιείς συμμετέχοντες και τους μισούς ασθενείς που μελετήθηκαν από τον Brach (Sackner, 1974; Brach 1977). Η παραπάνω ανασκόπηση υποδεικνύει, επίσης, ότι η διαφραγματική αναπνοή έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τον αναπνεόμενο όγκο και την κοιλιακή κίνηση των ασθενών με ΧΑΠ, αλλά με την πιθανότητα αύξησης της παράδοξης κίνησης.

3.4 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην κίνηση του θωρακικού τοιχώματος

Η κίνηση του θωρακικού τοιχώματος φαίνεται να είναι μία σημαντική έκβαση της διαφραγματικής αναπνοής. Παρόλα αυτά, η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην κίνηση του θωρακικού τοιχώματος είναι ασαφής, σύμφωνα με την ανασκόπηση του Cahalin (Cahalin, 2002). Ο Willerut έκανε μετρήσεις σπιρομέτρησης, μέτρησε τους όγκους των πνευμόνων μέσω της τεχνικής αραίωσης ηλίου και πληθυσμογραφίας και μέτρησε την κίνηση του θωρακικού τοιχώματος (με δύο γραμμικά μαγνητόμετρα με τη χρήση των μεθόδων των Κοππο και Mead) σε 11 νοσηλεύομενους ασθενείς με ήπια ΧΑΠ (FVC και FEV1 89% και 75% , αντίστοιχα) κατά τη διάρκεια 6 διαφορετικών αναπνευστικών τεχνικών. Αυτές οι τεχνικές περιλάμβαναν την αναπνοή χαμηλής συχνότητας, την παρατεταμένη αναπνοή χαμηλού επιπέδου (παρατεταμένη εκπνοή κάτω από τη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα), τη αναπνοή υψηλού επιπέδου (έμφαση στην εισπνοή), τη εισπνοή με το διάφραγμα μόνο και εκπνοή με σύσπαση των κοιλιακών μυών και την εισπνοή με τους θωρακικούς επικουρικούς μύες και εκπνοή όσο πιο παθητικά γίνεται. Ο Willerut βρήκε μειωμένους αναπνευστικούς ρυθμούς και αυξημένους όγκους για όλες τις αναπνευστικές τεχνικές αλλά βρήκε και παράδοξες κινήσεις του θώρακα που περιλαμβάνουν τόσο μια προς τα μέσα όσο και προς τα έξω κίνηση του θωρακικού κλωβού ή της κοιλιάς κατά την εκπνοή (Willerut, 1983).

Ο Holliday μέτρησε τα συμπτώματα, έκανε σπιρομέτρηση και μέτρησε την κίνηση του θωρακικού τοιχώματος μέσω επαγωγικής πληθυσμογραφίας και ηλεκτρομυογραφικής ανατροφοδότησης σε 8 ασθενείς με ΧΑΠ (μέση τιμή FEV1 / FVC = 49%) πριν και μετά από 12 συνεδρίες διαφραγματικής αναπνοής με την πληθυσμογραφία και την ηλεκτρομυογραφική ανατροφοδότηση (ακουστική και οπτική). Βρήκε σημαντικές βελτιώσεις στα συμπτώματα και στην κοιλιακή αναπνοή και μεγαλύτερο συγχρονισμό μεταξύ θωρακικής και κοιλιακής κίνησης μετά από τη διαφραγματική αναπνοή (Holliday, 1985).

Η διασταυρούμενη μελέτη του Gosselink μελέτησε την επίδραση της εκμάθησης της διαφραγματικής αναπνοής στην κίνηση του θωρακικού τοιχώματος, στη μηχανική απόδοση των αναπνευστικών μυών, στο πρότυπο αναπνοής και στην αίσθηση της δύσπνοιας σε 7 ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ (FEV1 $34 \pm 7\%$ της προβλεπόμενης τιμής) κατά τη διάρκεια της αναπνοής με φορτίο και χωρίς φορτίο. Όλοι οι ασθενείς συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα διαφραγματικής αναπνοής για 3 εβδομάδες (τρεις θεραπείες των 45λ. ανά εβδομάδα). Η

ικανότητα στη διαφραγματική αναπνοή καθορίστηκε από την ύπαρξη ενδείξεων διπλασιασμού της έκπτυξης της κοιλιάς και της μείωσης της έκπτυξης του θωρακικού κλωβού. Ο Gosselink διαπίστωσε ότι υπήρχε πολύ μικρή διαφορά μεταξύ αναπνοής με φόρτιση και αναπνοή χωρίς φόρτιση στην κανονική αναπνοή εκτός από το υψηλότερο κόστος οξυγόνου κατά τη διάρκεια της φόρτωσης. Μετά από μια συνεδρία διδασκαλίας διαφραγματικής αναπνοής, η κοιλιακή έκπτυξη αυξήθηκε σημαντικά κατά την αναπνοή με και χωρίς φορτίο στη διαφραγματική αναπνοή και παρατηρήθηκε παράδοξη κίνηση του θωρακικού κλωβού και μεγαλύτερη δύσπνοια κατά τη διαφραγματική αναπνοή. Η μηχανική αποτελεσματικότητα των αναπνευστικών μυών ήταν μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της κανονικής αναπνοής (Gosselink, 1995).

Η παραπάνω ανασκόπηση έδειξε ότι η διαφραγματική αναπνοή παρήγαγε ή χειροτέρευε την παράδοξη κίνηση του θωρακικού τοιχώματος σε πολλές μελέτες (Willeput, 1983; Sackner, 1984; Sackner, 1984, Gosselink, 1995; Vittaca, 1998). Μόνο μία μελέτη βρήκε ότι η διαφραγματική αναπνοή βελτίωσε την παράδοξη κίνηση (Holliday, 1985). Η βελτίωση στη κίνηση του θωρακικού τοιχώματος δεν εμφανίστηκε λόγω των διαφορών στη σοβαρότητα της ΧΑΠ μεταξύ των μελετών, επειδή ο λόγος FEV1 / FVC της μελέτης που παρουσίασε βελτίωση ήταν 0,49 ενώ οι FEV1 / FVC των μελετών που έδειξαν επιδείνωση ήταν 0,84 και 0,38. Ως εκ τούτου, δεν είναι σαφές ποιοι ασθενείς θα βελτιώσουν ή θα επιδεινώσουν την κίνηση του θωρακικού τοιχώματος από τη διαφραγματική αναπνοή.

3.5 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην πνευμονική λειτουργία, στον αναπνευστικό ρυθμό και στα αέρια του αρτηριακού αίματος

Οκτώ έρευνες δείχνουν βελτίωση της πνευμονικής λειτουργίας (Miller, 1954; Sergysels, 1979; Ambrosino, 1981; Willeput, 1983; Sackner, 1984; Kanamori, 1996; Onodera, 1998; Pasto, 2000). Δύο βρήκαν βελτιώσεις στον αναπνευστικό ρυθμό (Miller, 1954; Willeput, 1983) και πέντε μελέτες διαπίστωσαν βελτιώσεις στα αέρια του αρτηριακού αίματος (Sergysels, 1979; Ambrosino, 1981; Sackner, 1984; Vittaca, 1998; Ito, 1999) κατά τη διάρκεια ή μετά τη διαφραγματική αναπνοή.

Χρησιμοποιώντας σπιρομετρία σε 20 ασθενείς με μέτρια ΧΑΠ (FVC και FEV1 67% και 45% του προβλεπόμενου), ο Sergysels πραγματοποίησε μια σειρά μετρήσεων κατά τη διάρκεια της υπομέγιστης και μέγιστης δοκιμασίας άσκησης στην αρχή του προγράμματος και μετά από δύο μήνες (n = 20). Πέντε άτομα παρακολούθησαν εξάμηνο πρόγραμμα διαφραγματικής αναπνοής και έντεκα άτομα παρακολούθησαν εξάμηνο πρόγραμμα διαφραγματικής αναπνοής σε συνδυασμό με προπόνηση στην ποδηλασία. Η διαφραγματική αναπνοή συνίστατο σε 5 συνεδρίες εβδομαδιαίως για 45 λεπτά, κατά τις οποίες δόθηκε έμφαση στη χαμηλή συχνότητα της αναπνοής (συχνά επιτυγχάνεται με αναπνοή με σφιγμένα χείλη) με υψηλό αναπνεόμενο όγκο και στην επαρκή κοιλιακή κίνηση. Ο Sergysels βρήκε σημαντικές

βελτιώσεις στην ολική πνευμονική χωρητικότητα, στη ζωτική χωρητικότητα, στην ικανότητα διάχυσης του μονοξειδίου του άνθρακα και στην μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα μετά από τη διαφραγματική αναπνοή και μετά από τη διαφραγματική αναπνοή σε συνδυασμό με την προπόνηση ποδηλασίας. Επίσης, βρήκε σημαντικές βελτιώσεις στη μερική πίεση του αρτηριακού οξυγόνου, στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και στην πνευμονική υπερδιάταση (Sergysels, 1979).

Ο Vitacca μέτρησε τους δυναμικούς και στατικούς πνευμονικούς όγκους, τα αέρια αρτηριακού αίματος, τη διαδερμική μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα και την ισχύ των αναπνευστικών μυών σε 25 ασθενείς με οξεία παρόξυνση ΧΑΠ. Δεκαπέντε από τους 25 ασθενείς υποβλήθηκαν σε θεραπεία με μηχανικό αερισμό (6 επεμβατικές και 9 με μάσκα) για 4 έως 15 ημέρες. Κανείς δεν ήταν μακροπρόθεσμα μηχανικά αεριζόμενος. Ο μηχανικός αερισμός απομακρύνθηκε από οχτώ έως δώδεκα ημέρες πριν από τη συμμετοχή στη μελέτη. Ένας από τους έξι ασθενείς, που είχαν υποβληθεί σε μηχανικό αερισμό αποσωληνώθηκε και πέντε ασθενείς υποβλήθηκαν σε τραχειοστομία και εξακολουθούσαν να είναι τραχειοστομημένοι και να αναπνέουν αυθόρμητα στην αρχή της μελέτης. Πριν από την έναρξη της μελέτης, όλα τα υποκείμενα ολοκλήρωσαν έξι τριαντάλεπτες συνεδρίες σε τρεις ημέρες στην άσκηση της διαφραγματικής αναπνοής, στην ημικαθιστή θέση. Τους δόθηκε η εντολή να εισπνεύσουν μέγιστα με κοιλιακή κίνηση, μειώνοντας ταυτόχρονα την κίνηση του άνω θωρακικού κλωβού. Η διαφραγματική αναπνοή συσχετίστηκε με σημαντική αύξηση της οξυγόνωσης και σημαντική μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (όλοι οι ασθενείς εμφάνισαν βελτίωση στην οξυγόνωση, ενώ έξι ασθενείς δεν παρουσίασαν καμία αλλαγή στο διοξείδιο του άνθρακα). Παρατηρήθηκε, παρόλα αυτά, σημαντική επιδείνωση της δύσπνοιας (Vittaca, 1998).

Ο Ito μετρούσε την πνευμονική λειτουργία, την πρόσληψη οξυγόνου, την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, το τελοεκπνευστικό CO₂ με καπνογραφία και την έκπτυξη του θωρακικού τοιχώματος μέσω της επαγωγικής πληθυσμογραφίας (Respirtrace, Ambulatory Monitoring, Inc., Ardsley, NY) σε 16 ασθενείς με ήπια έως μέτρια ΧΑΠ (FVC και FEV₁ 87% και 42% των προβλεπόμενων, αντιστοίχως) κατά τη διάρκεια 2 λεπτών κανονικής αναπνοής, 10 λεπτών διαφραγματικής αναπνοής και ακαθόριστου χρόνου αναπνευστικής γυμναστικής (respiratory muscle stretch gymnastics - 5 αναπνευστικά πρότυπα επαναλαμβανόμενα 10 φορές από τον ασθενή για να διατείνει τους εισπνευστικούς μεσοπλεύριους μύες κατά τη διάρκεια της εισπνοής και τους εκπνευστικούς μεσοπλεύριους μύες κατά την εκπνοή) (Ito, 1999). Οι τρεις μέθοδοι αναπνοής πραγματοποιήθηκαν με τυχαία σειρά και διαχωρίστηκαν από 20 λεπτά ανάπαυσης. Η διαφραγματική αναπνοή διεξήχθη σε ύπτια θέση με βάρος 1 kg στην κοιλία για 10 λεπτά. Η αναπνευστική γυμναστική εκτελέστηκε σε καθιστή θέση όπως περιγράφηκε παραπάνω. Ο Ito διαπίστωσε ότι η διαφραγματική αναπνοή μείωσε τον

αερισμό, τον αναπνεόμενο όγκο, την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, και το τελοεκπνευστικό CO₂.

Ο Pasto μέτρησε την πνευμονική λειτουργία και την ισχύ των αναπνευστικών μυών μέσω της μέγιστης στοματικής εισπνευστικής πίεσης, των διαδιαφραγματικών, των κοιλιακών και των ενδοθωρακικών πιέσεων και τα αέρια του αρτηριακού αίματος. Γινόταν συνεχής σπιρομέτρηση κατά τη διάρκεια 2 λεπτών εκτέλεσης διαφραγματικής αναπνοής και 2 λεπτών μη εκτέλεσης της, στην καθιστή και στην ύπτια θέση, σε 10 ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ (FEV₁ = 33% των προβλεπόμενων). Μία περίοδος ανάπαυσης 20 λεπτών μεσολαβούσε μεταξύ κάθε συνεδρίας. Ο Pasto διαπίστωσε ότι η διαφραγματική αναπνοή παρήγαγε σημαντικά μεγαλύτερους αναπνεόμενους όγκους και οισοφαγικές, διαδιαφραγματικές και κοιλιακές πιέσεις στην ύπτια και σημαντικά μεγαλύτερη διαδιαφραγματική πίεση στην καθιστή. Ο αναπνεόμενος όγκος, ο εισπνευστικός χρόνος / ο συνολικός αναπνευστικός χρόνος και η οισοφαγική πίεση φαίνεται να είναι σημαντικά μεγαλύτεροι κατά την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής σε σχέση με τη μη εκτέλεση της, σε ύπτια και καθιστή θέση. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στον αναπνευστικό ρυθμό μεταξύ της εκτέλεσης της διαφραγματικής και της μη εκτέλεσης της και δεν δόθηκαν δεδομένα για τα αρτηριακά αέρια αίματος μετά από τη διαφραγματική αναπνοή. Ωστόσο, ο χαμηλότερος αναπνεόμενος όγκος / διαφραγματική πίεση κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής υποδεικνύει ότι η μηχανική απόδοση του διαφράγματος ήταν μικρότερη κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής, αλλά ο αερισμός ήταν ελαφρώς μεγαλύτερος κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής (Pasto, 2000).

Σύμφωνα με αυτή την ανασκόπηση, η διαφραγματική αναπνοή φαίνεται να έχει ωφέλιμες επιδράσεις σε κάποιες παραμέτρους της πνευμονικής λειτουργίας και στα αέρια του αρτηριακού αίματος. Μόνο 2 μελέτες παρουσίασαν βελτίωση στον αναπνευστικό ρυθμό μετά από τη διαφραγματική αναπνοή (Miller, 1954; Willerut, 1983). Ένα σημαντικό εύρημα στη μελέτη του Vitacca, ήταν ότι τα άτομα που είχαν ένα βασικό πρότυπο αναπνοής που χαρακτηρίζονταν από υψηλότερο αναπνευστικό ρυθμό και χαμηλότερο αναπνεόμενο όγκο φάνηκε ότι οφελούνται περισσότερο από τη διαφραγματική αναπνοή. Σε αυτούς τους ασθενείς, η διαφραγματική αναπνοή μπορεί να βελτιώσει τον αερισμό, τα μη φυσιολογικά αέρια του αρτηριακού αίματος και τους αυξημένους αναπνευστικούς ρυθμούς, ειδικά όταν ο αναπνεόμενος όγκος αυξάνεται κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής (Brach, 1977; Vitacca, 1997). Επιπλέον, η μέθοδος της διαφραγματικής αναπνοής που χρησιμοποιήθηκε από τον Vitacca μπορεί να συνέβαλε στα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν. Τα άτομα έλαβαν οδηγίες να εκτελούν τη διαφραγματική αναπνοή με μέγιστη εισπνοή. Η αναπνοή με αυτό τον τρόπο απαιτούσε τη συμμετοχή των επικουρικών εισπνευστικών μυών και την πιο δυναμική συστολή το διαφράγματος, γεγονός που μπορεί να είχε μεγαλύτερη επίδραση στη μείωση της ενδοθωρακικής πίεσης και στη βελτίωση του

αερισμού καθώς και των αερίων του αρτηριακού αίματος. Ωστόσο, αυτός ο τρόπος αναπνοής μπορεί να συνέβαλε στην αυξημένη αίσθηση της δύσπνοιας και στην προσπάθεια των εισπνευστικών μυών κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής, όπως παρατηρήθηκε από τον Vitacca (Vitacca, 1997).

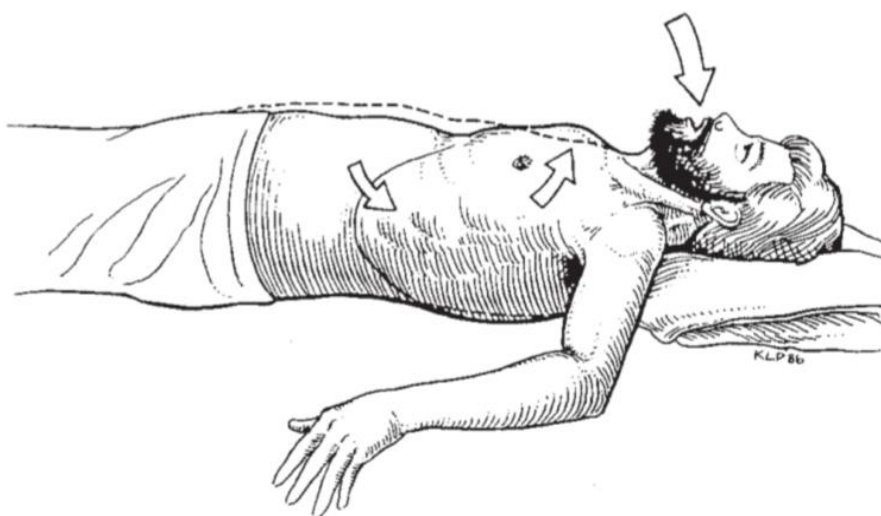
3.6 Παράγοντες που σχετίζονται με την αυξημένη δύσπνοια που προκαλεί η διαφραγματική αναπνοή

Αρκετοί παράγοντες μπορεί να είναι υπεύθυνοι για την αυξημένη αίσθηση της δύσπνοιας και την αυξημένη προσπάθεια των εισπνευστικών μυών κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής. Είναι πιθανόν ότι τα άτομα δεν έχουν μάθει σωστά ή δεν εκτελούν σωστά τη διαφραγματική αναπνοή κατά τη διάρκεια των εκπαιδευτικών συνεδριών και κατά συνέπεια βρήκαν την τεχνική απαιτητική. Απαιτείται πιο αντικειμενική αξιολόγηση της διαφραγματικής αναπνοής με ηλεκτρομυογράφημα ή άλλες μεθόδους για τον προσδιορισμό των μεθόδων διδασκαλίας και της τήρησης της διαφραγματικής αναπνοής. Εννέα μελέτες, από αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω, δεν έκαναν αναφορά σε περίοδο κατάρτισης για την εκμάθηση της διαφραγματικής αναπνοής (Sackner, 1974; Grimby, 1975; Johnston, 1976; Brach, 1977; Sackner, 1984; Sackner, 1984; Holliday, 1985; Ito, 1999; Pasto, 2000), και μόνο μία μελέτη χρησιμοποίησε μια αντικειμενική μέθοδο για τον προσδιορισμό της ικανότητας του ασθενούς στη διαφραγματική αναπνοή (που ορίζεται ως ο διπλασιασμός της κοιλιακής έκπτυξης σε ήρεμη αναπνοή συνοδευόμενη από μείωση στην έκπτυξη του άνω θωρακικού τοιχώματος) (Gosselink, 1995).

Ένας δεύτερος πιθανός παράγοντας της αυξημένης δύσπνοιας κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής είναι, ίσως, ότι τα υποκείμενα χρειάζεται να εκτελέσουν ένα πιο συνειδητό έργο κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής. Αυτό το γεγονός μπορεί να αυξάνει την προσπάθεια αναπνοής και την αίσθηση της δύσπνοιας. Ένας τρίτος πιθανός παράγοντας είναι ότι η διαφραγματική αναπνοή διδάσκεται σε υποκείμενα χωρίς να υπάρχουν οι βέλτιστες συνθήκες τοποθέτησης. Η ύπτια θέση χρησιμοποιήθηκε συχνά για τη διδασκαλία των ασθενών αλλά μπορεί να τοποθετεί το διάφραγμα σε μηχανικά μειονεκτική θέση, καθώς εξουδετερώνεται η επιρροή της βαρύτητας για να βοηθήσει την κάθοδο του (Willeput, 1983 ; Sackner, 1984; Sackner, 1984). Είναι, επίσης, πιθανό ότι ο βαθμός κλίσης της πυέλου (pelvic tilt) ή η θέση των άνω άκρων μπορεί να έχει επίδραση στην αποτελεσματικότητα της διαφραγματικής αναπνοής (Massery, 1996; Willeput, 1983 ; Sackner, 1984; Sackner, 1984). Έχει προταθεί ότι μια οπίσθια κλίση της πυέλου μπορεί να διευκολύνει τη διαφραγματική αναπνοή και ότι η έσω στροφή και προσαγωγή των άνω άκρων μπορεί να εμποδίσει την κίνηση της άνω μοίρας του θωρακικού κλωβού.

Τέλος, η επίδραση της σοβαρής ΧΑΠ και της υπερδιάτασης των πνευμόνων καθώς και της περιορισμένης διαφραγματικής έκπτυξης μπορεί να συνέβαλε στην αύξηση της δύσπνοιας

και στη λιγότερο αποτελεσματική κάθοδο του διαφράγματος κατά τη διαφραγματική αναπνοή (Sackner, 1974; Sackner, 1984; Sackner, 1984; Gosselink, 1995; Vittaca, 1998; Pasto, 2000). Οι ασθενείς που παρουσιάζουν μειωμένη διαφραγματική κάθοδο, λόγω σοβαρής ΧΑΠ και υπερδιάτασης, όταν εκτελούν ασκήσεις διαφραγματικής αναπνοής, είναι πιο πιθανό να αναπνεύσουν με έναν κοιλιακό παράδοχο τρόπο (προς τα έξω κίνηση της κοιλιάς και προς τα έξω κίνηση της άνω μοίρας του θώρακα, κατά τη διάρκεια της εισπνοής) (Εικ. 3.1) και όχι με την κανονική κίνηση του θωρακικού τοιχώματος (προς τα έξω κίνηση της κοιλιάς και της άνω μοίρας του θωρακικού κλωβού, ταυτόχρονα, κατά τη διάρκεια της εισπνοής) (Sackner, 1974; Sackner, 1984; Sackner, 1984; Gosselink, 1995; Vittaca, 1998; Pasto, 2000).



Εικόνα 3.1 Παράδοξη κοιλιακή αναπνοή. The patient with neuromuscular or musculoskeletal dysfunction. In: Principles and Practice of Cardiopulmonary Physical Therapy. 3rd ed. St. Louis, Mo: Mosby-Yearbook, Inc.; 1996: chap 37.

3.7 Παράγοντες που σχετίζονται με την παράδοξη αναπνοή που προκαλεί η διαφραγματική αναπνοή

Οι παράγοντες που σχετίζονται με την παράδοξη αναπνοή κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής στη ΧΑΠ είναι η υπερδιάταση των πνευμόνων και η επακόλουθη επιπέδωση του διαφράγματος (Casaburi, 1993; Sackner, 1974; Sackner, 1984; Sackner, 1984; Gosselink, 1995; Vittaca, 1998; Pasto, 2000; De Troyer, 1988). Η επιπέδωση του διαφράγματος είναι πιθανό να προκαλέσει δύο συγκεκριμένες αλλαγές: (1) Μεγαλύτερη χρήση των επικουρικών μυών για την εισπνοή και (2) Προς τα έξω έλξη των κατώτερων πλευρών όταν οι επίπεδες και βραχυμένες πλευρικές διαφραγματικές μυϊκές ίνες συστέλλονται με διαφορετική γωνία κλίσης (Casaburi, 1993; De Troyer, 1988). Η μεγαλύτερη χρήση των επικουρικών μυών δημιουργεί αρνητική πίεση στον άνω θωρακικό κλωβό και δεν δημιουργεί τη φυσιολογική αρνητική πίεση στην κοιλιακή περιοχή από την κάθοδο του διαφράγματος. Εάν το διάφραγμα δεν είναι σε θέση να παράγει επαρκή αρνητική

ενδοθωρακική πίεση, η κοιλιακή περιοχή μπορεί να αναρροφάται προς τα μέσα από την αρνητική πίεση που παράγεται στην άνω μοίρα του θώρακα (προκαλώντας παράδοξη κοιλιακή κίνηση), λόγω της αυξημένης δραστηριότητας των επικουρικών μυών (Casaburi, 1993; De Troyer, 1988; Similowski, 1991).

Υπό κανονικές συνθήκες, οι μύες του διαφράγματος συστέλλονται και τραβούν τον κεντρικό τένοντα και τον θόλο του διαφράγματος προς τα κάτω. Το διάφραγμα που κατευθύνεται προς τα κάτω και οι άλλοι εισπνευστικοί μύες αυξάνουν τον όγκο του θώρακα στις κατώτερες και τις ανώτερες πλευρές. Σύμφωνα με το νόμο του Boyle, ο αυξημένος όγκος στο θώρακα μειώνει την ενδοθωρακική πίεση, που διευκολύνει την εισπνοή (De Troyer, 1988; Gilmartin, 1986). Η αύξηση του θωρακικού όγκου στις κατώτερες πλευρές οφείλεται στην αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης καθώς το διάφραγμα συστέλλεται και κατευθύνεται προς τα κάτω και οι πλευρικές διαφραγματικές μυϊκές ίνες στην εσωτερική πλευρά του κατώτερου θωρακικού κλωβού (ZOA) παράγουν (1) κρνιακή κίνηση των κατώτερων πλευρών (2) προς τα έξω κίνηση των κατώτερων πλευρών και (3) διαχωρισμό των κατώτερων πλευρών (με επαρκή υποστήριξη των κοιλιακών μυών) εφόσον τα κοιλιακά σπλάχνα αντιτίθενται στην κάθοδο του διαφραγματικού θόλου. Αυτές οι κινήσεις συνήθως αναστρέφονται παθητικά κατά τη διάρκεια της εκπνοής και παράγουν κίνηση που μοιάζει με λαβή δίκην κάδου των κατώτερων πλευρών. Η αύξηση του θωρακικού όγκου στις ανώτερες πλευρές οφείλεται στη συστολή άλλων εισπνευστικών μυών (π.χ. στερνοκλειδομαστοειδών και σκαληνών), οι οποίες μετακινούν τις ανώτερες πλευρές προς τα πάνω και προς τα έξω. Αυτές οι κινήσεις αναστρέφονται παθητικά κατά τη διάρκεια της εκπνοής και παράγουν μια κίνηση παρόμοια με τη λαβή δίκην αντλίας των ανώτερων πλευρών.

Η υπερδιάταση των πνευμόνων και η επιπέδωση του διαφράγματος βραχύνουν τις μυϊκές ίνες του διαφράγματος παρέχοντας (1) λίγο έως καθόλου χώρο να κατευθυνθεί προς τα κάτω, (2) μια ανεπαρκή σχέση μήκους-τάσης και (3) μη βέλτιστη δραστηριότητα στη ζώνη της εφαρμογής (ZTE) (De Troyer, 1988; Gilmartin, 1986). Οι παραπάνω αλλαγές μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη ανεπαρκούς ενδοκοιλιακής πίεσης και ανεπαρκή αερισμό των πνευμόνων (Casaburi, 1993; De Troyer, 1988; Gilmartin, 1986). Ως αποτέλεσμα, οι επικουρικοί μύες γίνονται πιο δραστήριοι και παράγουν την απαραίτητη αρνητική πίεση για τον αερισμό των πνευμόνων (Casaburi, 1993; De Troyer, 1988; Gilmartin, 1986). Επομένως, η κίνηση της λαβής δίκην αντλίας του άνω θωρακού κλωβού μπορεί να γίνει μεγαλύτερη από την κίνηση της λαβής δίκην κάδου των κατώτερων πλευρών και παραχθεί ένα παράδοξο πρότυπο αναπνοής.

Η βιβλιογραφία προτείνει ότι μία κοιλιακή παράδοξη κίνηση, που παρατηρείται σε ασθενείς με έντονη υπερδιάταση μπορεί να διορθωθεί με μεταβολή της θέσης του σώματος ή με τρόπους που αυξάνουν τη συμπίεση των κοιλιακών περιεχομένων, με αποτέλεσμα την

αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης (Barach, 1974; Sharp, 1977; Sharp, 1980; Delgado, 1982). Η όρθια στάση σώματος, η πρόσθια κλίση, η κοιλιακή περιίδεση και οι αναπνευστικές ασκήσεις στο νερό (η υδροστατική πίεση του νερού αυξάνει την ενδοκοιλιακή πίεση) έχουν παρατηρηθεί ότι βελτιώνουν τη βιομηχανική της αναπνοής και βελτιώνουν την κοιλιακή παράδοξη κίνηση (Sackner, 1984; Barach, 1974; Sharp, 1977; Sharp, 1980; Delgado, 1982; Kurabayashi, 2000; Kurabayashi, 1997). Επομένως, η χρήση των στρατηγικών για την αύξηση της κοιλιακής και ενδοκοιλιακής πίεσης κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής σε ασθενείς με ΧΑΠ και έντονη υπερδιάταση μπορούν να δικαιολογηθούν. Μπορεί να βελτιώσουν τη βιομηχανική της διαφραγματικής αναπνοής και να διορθώσουν ή να αποτρέψουν την κοιλιακή παράδοξη αναπνοή (Sackner, 1984; Barach, 1974; Sharp, 1977; Sharp, 1980; Delgado, 1982; Kurabayashi, 2000; Kurabayashi, 1997).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Η διαφραγματική αναπνοή σε άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού

Το διάφραγμα θεωρείται κύριος αναπνευστικός μυς του σώματος, ο οποίος είναι υπεύθυνος για το 80% περίπου του συνόλου του αναπνευστικού έργου σε κανονική αναπνοή. Παρόλα αυτά, όπως και άλλες δομές στο ανθρώπινο σώμα, το διάφραγμα έχει περισσότερες από μία λειτουργίες. Παραδείγματος χάριν, με τη ρύθμιση της ενδοκοιλιακής πίεσης, σχετίζεται με την σταθερότητα του κορμού και βοηθά στην ούρηση, στην αφόδευση και στον τοκετό. Επιπλέον, παίζει το ρόλο του φραγμού στον έμετο, στην κατάποση και στην γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση (Kojcan, 2017).

Η διαφραγματική αναπνοή πέρα από βασική συνιστώσα στα προγράμματα πνευμονικής αποκατάστασης, φαίνεται ότι, επιπλέον, επιδρά στην καρδιακή λειτουργία και στη λεμφική ροή (Kojcan, 2017). Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας γίνεται στις παρακάτω ενότητες.

4.1 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην καρδιακή λειτουργία

Η αναπνοή δεν περιλαμβάνει μόνο την ανταλλαγή αερίων προς και από τους πνεύμονες και την κυκλοφορία του αίματος, αλλά και διαμορφώνει τον καρδιαγγειακό έλεγχο μειώνοντας την αρνητική ενδοθωρακική πίεση στην εισπνοή, με αποτέλεσμα να μειωθεί η τοιχωματική πίεση της αριστερής κοιλίας κατά τη συστολή δημιουργώντας μια διαδιαφραγματική καμπύλη που προάγει την φλεβική επιστροφή. Η Stone πρότεινε ότι η κίνηση του διαφράγματος μπορεί να επηρεάσει την κίνηση της καρδιάς καθώς ο περικαρδικός σάκος συνδέεται με το διάφραγμα με τους φρενοπερικαρδικούς συνδέσμους. Η έλλειψη κίνησης στο διάφραγμα μπορεί να μειώσει τη συσταλτικότητα της καρδιάς και την κυκλοφορία του αίματος σε όλο το σώμα (Stone, 1999). Η αναπνευστική αρρυθμία (RSA), μία από τις φυσιολογικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της αναπνοής και της κυκλοφορίας, είναι η μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας σε συγχρονισμό με την αναπνοή, με την οποία το διάστημα RR σε ένα

ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) μειώνεται κατά την εισπνοή και παρατείνεται κατά την εκπνοή (DeBurgh, 1986). Ο Kulur διερεύνησε την επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στην μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας στην ισχαιμική καρδιοπάθεια. Σημείωσε ότι η τακτική εξάσκηση στη διαφραγματική αναπνοή βελτιώνει σημαντικά την μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας (HRV) με μια ευνοϊκή προγνωστική εικόνα σε ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο. Υπήρξε, επίσης, μια σημαντική αύξηση του HRV σε φυσιολογικά άτομα, τα οποία εξασκήθηκαν στη διαφραγματική αναπνοή για ένα χρόνο (Kulur, 2009). Ο Lee διερεύνησε τις επιδράσεις της κανονικής αναπνοής και της διαφραγματικής αναπνοής στην πίεση του αίματος (BP) και στον καρδιακό ρυθμό (HR) σε μια μεμονωμένη μελέτη περίπτωσης, στην οποία καταγράφηκαν BP και HR κατά τη διάρκεια τριών εβδομάδων. Ο συγγραφέας ανέφερε ότι η διαφραγματική αναπνοή συσχετίστηκε με στατιστικά σημαντική μείωση της συστολικής και διαστολικής αρτηριακής πίεσης (Lee, 2003). Επιπλέον, έχει αποδειχτεί ότι, οι περισσότερες από τις άλλες παραμέτρους της καρδιακής λειτουργίας, όπως το κλάσμα εξώθησης, η πίεση στην αορτή και η πνευμονική αρτηριακή υπέρταση, το προφόρτιο και το μεταφόρτιο καθώς και η οξυγόνωση των ιστών, είναι προσαρμοσμένες στην αναπνοή (Bernandi, 1998; van Dixhoorn, 1997). Οι διαφραγματικές συσπάσεις, επίσης, αυξάνουν την καρδιακή παροχή υπό συνθήκες εξάρτησης από το προφόρτιο, πράγμα που παρατηρήθηκε σε υγιείς ανθρώπους (Aliverti, 1985) και σε ασθενείς με καρδιακούς βηματοδότες, στους οποίους προκλήθηκαν διαφραγματικές συσπάσεις μέσω του βηματοδότη (Roos, 2009). Είναι ενδιαφέρον ότι ο D'Alonzo και ο Krachman έχουν δείξει ότι η μη επαρκής εμβιομηχανική του διαφράγματος μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη καρδιακή παροχή (D'Alonzo, 2003).

Ωφέλιμες αιμοδυναμικές επιδράσεις των συσπάσεων του διαφράγματος που επάγονται από τη φρενική βηματοδότηση κατά τη διάρκεια της ήρεμης αναπνοής έχουν περιγραφεί από το Roos (Roos, 2009). Μια πρόσφατη μελέτη που έγινε από τον Aliverti έδειξε ότι η ρύθμιση της σπλαχνικής αγγειακής κλίνης ως αποτέλεσμα της αύξησης της ενδοκοιλιακής πίεσης μέσω της διαφραγματικής σύσπασης συμβάλλει στην επιστροφή του αίματος της κάτω κοίλης φλέβας, δηλαδή, κατά τη διάρκεια της εισπνοής, προτιμάται η σπλαχνική φλεβική επιστροφή, ενώ, κατά την εκπνοή, προτιμάται μία φλεβική επιστροφή της μηριαίας ροής αίματος κάτω από την είσοδο της ηπατικής φλέβας. Συνεπώς, η διαφραγματική εισπνοή προάγει μια επιπλέον κινητοποίηση όγκου αίματος (από τη σπλαχνική κυκλοφορία) αυξάνοντας την φλεβική επιστροφή στην κάτω κοίλη φλέβα, δηλαδή, η διαφραγματική εισπνοή υποδηλώνει ότι η επιστροφή στην κάτω κοίλη φλέβα διευκολύνεται κυρίως από την κεντρική μετατόπιση του αίματος των αγγείων της κοιλίας και δεν είναι αποτέλεσμα της διευκόλυνσης της φλεβικής επιστροφής από τα κάτω άκρα (Miller, 2005). Έτσι, η μεγαλύτερη σύσπαση του διαφράγματος, που συνέβαλε στην κοιλιακή κυκλοφορική αντλία, έχει ως αποτέλεσμα αιμοδυναμικά οφέλη, μετά την καθαρή αύξηση της φλεβικής επιστροφής του αίματος, και μέσω του μηχανισμού Frank-Starling, μεγαλύτερο όγκο παλμού (Aliverti, 1985; Aliverti, 2009).

Θα πρέπει, επίσης, να αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια της εισπνοής, η διάμετρος της κάτω κοίλης φλέβας μειώνεται (Kimura, 2011) και η αποτελεσματικότητα της φλεβικής παροχέτευσης φτάνει στο αποκορύφωμά της σε αργή και βαθιά εισπνοή (Byeon, 2012).

Ο κύκλος αναπνοής, επίσης, αντανακλά την ισορροπία μεταξύ του παρασυμπαθητικού και του συμπαθητικού του αυτόνομου νευρικού συστήματος με τις διακυμάνσεις στη μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας (HRV), να σχετίζονται με τη βελτιωμένη πρόσληψη οξυγόνου. Κάθε φορά κατά την εισπνοή και την εκπνοή, η αυτόνομη κατάσταση μεταβάλλεται από το παρασυμπαθητικό στο συμπαθητικό (εισπνοή) και από συμπαθητικό σε παρασυμπαθητικό (εκπνοή). Η αύξηση της καρδιακής συχνότητας είναι ενδεικτική μιας καθαρής αύξησης της συμπαθητικής έμφασης κατά την εισπνοή και η μείωση του καρδιακού ρυθμού υποδηλώνει μια καθαρή αύξηση της παρασυμπαθητικής έμφασης κατά την εκπνοή (Stauss, 2003). Η διαφραγματική αναπνοή μειώνει τη συμπαθητική δραστηριότητα ενισχύοντας τον κεντρικό ανασταλτικό ρυθμό (Kocjan, 2017). Λόγω του αυξημένου αναπνεόμενου όγκου κατά τη διάρκεια της βαθιάς διαφραγματικής αναπνοής, υπάρχει η ενεργοποίηση του αντανακλαστικού HeringBreuer, το οποίο μειώνει την ευαισθησία του χημειοαντανακλαστικού και μπορεί να ενισχύσει το αντανακλαστικό του τασεουποδοχέα και να μειώσει τη συμπαθητική δραστηριότητα (Bernandi, 2001).

4.2 Η επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής στη λεμφική παροχέτευση

Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο, το διάφραγμα διαθέτει ένα σύστημα λεμφικής παροχέτευσης, το οποίο απορροφά γρήγορα το υγρό από την περιτοναϊκή κοιλότητα και το επιστρέφει στο αγγειακό σύστημα. Η περιτοναϊκή επιφάνεια του διαφράγματος φαίνεται να είναι μια σημαντική θέση λεμφικής παροχέτευσης. Από μορφολογικές μελέτες προκύπτει ότι τα μεσοθηλιακά κύτταρα που καλύπτουν την περιτοναϊκή επιφάνεια του διαφράγματος στηρίζονται σε μητρική ουσία συνδετικού ιστού, στο οποίο βρίσκεται ένα πλούσιο πλέγμα λεμφικών αγγείων (Abu-Hijleh, 1995). Αυτές οι καλά ανεπτυγμένες δομές των λεμφικών αγγείων αποτελούνται από δύο στρώματα, το υπομεσοθηλιακό δίκτυο και το βαθύτερο δίκτυο λεμφικών αγγείων που συνδέονται μεταξύ τους από τους πλευρικούς κλάδους. Και τα δύο βρίσκονται στο μυϊκό τμήμα, ενώ υπάρχει μόνο ένα στρώμα λεμφικού δικτύου στο τενόντιο τμήμα του διαφράγματος. Το λεμφικό δίκτυο, ωστόσο, είναι πυκνότερο στο τενόντιο τμήμα από εκείνο του μυϊκού τμήματος. Περαιτέρω, μέσω των περιτοναϊκών στοματίων, η λέμφος της περιτοναϊκής κοιλότητας ρέει μέσα στα υποπεριτοναϊκά κανάλια, και στη συνέχεια, με τη ρύθμιση των μονάδων λεμφικής παροχέτευσης, στα λεμφικά κενά. Τα λεμφικά κενά εμφανίζονται μόνο στο μυϊκό τμήμα του ανθρώπινου διαφράγματος. Το δεξί μισό του διαφράγματος έχει περισσότερα κενά από το αριστερό. Τέλος, η λέμφος περνά μέσω του λεμφικού πλέγματος κάτω από το διαφραγματικό υπεζωκότα στον θωρακικό πόρο και στον δεξί λεμφικό πόρο. Στην οδό λεμφικής παροχέτευσης, η προς τα πίσω ροή του

λεμφικού υγρού από τα λεμφικά κενά στην περιτοναϊκή κοιλότητα αποτρέπεται από μερικές βαλβιδοειδείς κυτταροπλασματικές προεξοχές των μεσοθηλιακών και ενδοθηλιακών κυττάρων και από πολυάριθμες νηματοειδείς προεξοχές από τον συνδετικό ιστό, καθώς και από την επικάλυψη των ενδοθηλιακών κυττάρων στα λεμφικά κενά (Li, 1996).

Το διάφραγμα είναι λεμφική αντλία, αφού περίπου το 60% όλων των λεμφαδένων στο ανθρώπινο σώμα βρίσκεται ακριβώς κάτω από το διάφραγμα. Ο Shields, στη μελέτη του «Λέμφος, λεμφαδένες και ομοιόσταση» ανέφερε ότι η διαφραγματική αναπνοή προκαλεί τον καθαρισμό των λεμφαδένων δημιουργώντας μια αρνητική πίεση που στέλνει τη λέμφο στο λεμφικό σύστημα (Shields, 1992). Η λεμφική απορρόφηση εξαρτάται αρχικά από τη ρυθμικότητα και τη διάταση του διαφράγματος, κατόπιν από την ενδοπεριτοναϊκή πίεση και τη στάση του ατόμου (Abu-Hijleh, 1995). Αυτές οι έννοιες είναι σημαντικές επειδή υποδεικνύουν πως η λανθασμένη λειτουργία του διαφράγματος μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το λεμφικό σύστημα. Επίσης, είναι σημαντικό να θυμηθούμε τη χολυφόρο δεξαμενή (κυστική διεύρυνση του μείζονος θωρακικού πόρου), η οποία βρίσκεται κάτω από τη μηριαία διαφραγματική περιοχή και είναι το κύριο σημείο προορισμού για τη λέμφο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

Η διδασκαλία και η αξιολόγηση της διαφραγματικής αναπνοής

5.1 Η τεχνική της διαφραγματικής αναπνοής: Μέθοδοι διδασκαλίας

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής περιλαμβάνονται στα περισσότερα εγχειρίδια της αναπνευστικής θεραπείας, της φυσικοθεραπείας και της πνευμονικής αποκατάστασης (Casaburi, 1993; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, 1993; Brannon, 1998; Faling, 1998; Frownfelter, 1996; Massery, 1996). Η διαφραγματική αναπνοή έχει περιγραφεί ως η αναπνοή που γίνεται κυρίως με το διάφραγμα, ελαχιστοποιώντας τη δράση των επικουρικών μυών κατά την εισπνοή (Casaburi, 1993; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, 1993; Brannon, 1998; Faling, 1998; Frownfelter, 1996; Massery, 1996). Οι μέθοδοι περιλαμβάνουν, συνήθως, άνετη καθιστή θέση του ασθενούς (συντά επιλέγεται και η ημικαθιστή θέση) ή ύπτια θέση με το ένα χέρι τοποθετημένο πάνω από την κοιλιακή περιοχή και το άλλο στην άνω θωρακική μοίρα. Δίνεται έμφαση στην προς τα έξω κίνηση της κοιλιακής περιοχής κατά την εισπνοή και στην προς τα έσω κίνηση της κοιλιακής περιοχής κατά την εκπνοή. Οι οδηγίες για τη σωστή διαφραγματική αναπνοή υποδεικνύουν, επίσης, ότι η άνω θωρακική μοίρα πρέπει να παραμείνει σχετικά απαλλαγμένη από κίνηση (Casaburi, 1993; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, 1993; Brannon, 1998; Faling, 1998; Frownfelter, 1996; Massery, 1996).

Οι τεχνικές διαφραγματικής αναπνοής μπορούν, επίσης, να διευκολυνθούν με απτική διέγερση στην κοιλιακή περιοχή στο τέλος της εκπνοής. Μια γρήγορη διάταση προς τα μέσα και προς τα άνω θεωρείται ότι παρέχει στο διάφραγμα μία διάταση που μπορεί να διευκολύνει την κάθοδο του κατά τη διάρκεια της εισπνοής (Faling, 1993; Frownfelter, 1996; Massery, 1996). Το ρουθούνισμα συχνά χρησιμοποιείται για να διευκολύνει τη συστολή του διαφράγματος και να διδάξει στους ασθενείς να αναπνέουν από την αρχή με το διάφραγμα (Frownfelter, 1996; Massery, 1996). Τα περισσότερα εγχειρίδια συνιστούν τη ρινική εισπνοή και την από του στόματος εκπνοή (συντά με σφιγμένα χείλη), που προάγει μια πιο ομοιόμορφη εισπνοή και τη βατότητα των μικρών αεραγωγών κατά τη διάρκεια της εκπνοής, αντίστοιχα (Frownfelter, 1996; Massery, 1996).

Άλλες συγκεκριμένες μέθοδοι για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής έχουν συγκεντρωθεί από τον Cahalin και τους συνεργάτες του, μετά από μία εκτενή ανασκόπηση. Τελικά βασίστηκαν σε τριάντα δύο άρθρα (Casaburi, 1993; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, 1993; Brannon, 1998; Faling, 1998; Frownfelter, 1996; Massery, 1996; Becklake, 1954; Miller, 1954; Cambell, 1955; Sinclair, 1995; McNeill, 1955; McKinley, 1961; Cole, 1962; Sackner, 1974; Grimby, 1975; Johnson,

1976; Hollbauer, 1925; Brach, 1977; Tandon, 1978; Sergysels, 1979; Ambrosino, 1981; Williams, 1982; Willeput, 1983; Sackner, 1984; Sackner, 1984; Holiday, 1985; Gosselink, 1995 Kanamori, 1996; Onodera, 1998; Vittaca, 1998; Ito, 1999; Pasto, 2000). Οι μέθοδοι περιγράφονται ως εξής:

- Άνετη στάση σώματος - καθιστή θέση, ημικαθιστή θέση (κάθιστή σε γωνία 45 °), πλάγια ή κάθισμα με κάμψη του κορμού αν υπάρχει έντονη υπερδιάταση των πνευμόνων και παράδοξο πρότυπο αναπνοής σε κατάσταση ηρεμίας ή κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής. Αναγκαία είναι η μέτρηση του αναπνεόμενου όγκου πριν ξεκινήσει η διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής.
- Κατάλληλη θέση της πυέλου, του αυχένα, των ματιών, των άνω και κάτω άκρων - οπίσθια κλίση της πυέλου, έκταση της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, θέση των ματιών προς τα πάνω, άνω άκρα σε κάμψη και έξω στροφή και κάτω άκρα σε κάμψη και έξω στροφή. Όλα αυτά μπορεί να βελτιώσουν τη διαφραγματική αναπνοή.
- Απτική διέγερση - τοποθέτηση των χεριών του ασθενούς και του θεραπευτή στην κοιλιακή χώρα (στο ύψος του ομφαλού) και στην άνω θωρακική μοίρα (στο ύψος της λαβής του στέρνου) με μία γρήγορη διάταση προς τα μέσα και προς τα πάνω στο τέλος της εκπνοής στην κοιλιακή περιοχή.
- Ακουστική διέγερση - ο θεραπευτής εισπνέει δυνατά κατά την εισπνοή του ασθενούς και εκπνέει δυνατά κατά την εκπνοή του ασθενούς.
- Οπτική διέγερση - ο ασθενής διδάσκεται να παρακολουθεί την αυξημένη κίνηση του χεριού πάνω από την κοιλιακή χώρα και τη μειωμένη κίνηση του χεριού στην άνω θωρακική μοίρα. Η βιοανατροφοδότηση μέσω ηλεκτρομυογραφίας των αναπνευστικών μυών, κορεσμού του οξυγόνου ή και ο καθρέφτης μπορεί να είναι χρήσιμα εργαλεία οπτικής ανατροφοδότησης.
- Οδηγίες για την αναπνοή – ο θεραπευτής μπορεί να ζητήσει από τον ασθενή να "αναπνεύσει στο χέρι του" κατά τη διάρκεια της εισπνοής, ενώ παράλληλα καθοδηγείται να εισπνέει από τη μύτη και να εκπνέει με σφιγμένα χείλη.
- Παροχή οξυγονοθεραπείας, θεραπεία με βρογχοδιασταλτικά και απομάκρυνση των εκκρίσεων, αν χρειαστεί.
- Οδηγίες για την αναπνοή - ο θεραπευτής μπορεί να ζητήσει από τον ασθενή να "ρουθονίζει" για να διευκολύνει τη διαφραγματική σύσπαση και στη συνέχεια να "αναπνεύσει στο χέρι του" κατά τη διάρκεια της εισπνοής.

- Αξιολόγηση της ικανότητας του ασθενούς να εκτελεί τη διαφραγματική αναπνοή - ο διπλασιασμός της κοιλιακής έκπτυξης με μειωμένη έκπτυξη της άνω θωρακικής μοίρας στη ήρεμη εισπνοή. Αναγκαία είναι η μέτρηση του αναπνεόμενου όγκου κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής.
- Χρήση ενός κοιλιακού - διαφραγματικού αναπνευστικού προτύπου που ενσωματώνει μία κοιλιακή σύσπαση στο τέλος της εκπνοής, η οποία ακολουθείται από διαφραγματική εισπνοή (Cahalin, 2002).

Οι συγκεκριμένες μέθοδοι εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής που παρουσιάστηκαν απαιτούν περαιτέρω συζήτηση. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι στρατηγικές που χρησιμοποιούνται κατά τη συνταγογράφηση της διαφραγματικής αναπνοής, συμπεριλαμβανομένης της θέσης του ασθενούς, της πυέλου του και των άκρων του, των ακουστικών, οπτικών και απτικών ερεθισμάτων, του ηλεκτρομυογραφήματος, των μεθόδων αξιολόγησης του αναπνεόμενου όγκου και της ικανότητας εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής. Η διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής θα πρέπει πιθανόν να ενσωματώσει μία πιο όρθια στάση του σώματος για να διευκολυνθεί η κάθοδος του διαφράγματος και πιθανώς την κάμψη του κορμού για άτομα με σοβαρή ΧΑΠ, έντονη υπερδιάταση και ενδείξεις για παράδοση κοιλιακή αναπνοή κατά τη διαφραγματική αναπνοή (Barach, 1974; Sharp, 1977; Sharp, 1980; Delgado, 1982). Παρόλα αυτά, σε πολλά συγγράμματα αναφέρεται ότι η διαφραγματική αναπνοή διδάσκεται στην ύπτια θέση (Casaburi, 1993; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, 1993; Brannon, 1998; Faling, 1998; Frownfelter, 1996; Massery, 1996). Η ύπτια θέση μπορεί να θέσει το διάφραγμα σε μηχανικό μειονέκτημα, καθώς εξουδετερώνεται η βαρύτητα που οδηγεί το διάφραγμα σε κάθοδο (Willeput, 1983 ; Sackner, 1984; Sackner, 1984). Είναι, επίσης, πιθανό ότι ο βαθμός της κλίσης της πυέλου ή η θέση των άνω άκρων μπορεί να επηρεάσει τις προσπάθειες διαφραγματικής αναπνοής έτσι ώστε η οπίσθια κλίση της πυέλου να διευκολύνει την διαφραγματική αναπνοή και η έσω στροφή και προσαγωγή των άνω άκρων να εμποδίσει την κίνηση του άνω θωρακικού κλωβού (Massery, 1996; Willeput, 1983). Η οπτική ανατροφοδότηση φαίνεται να βελτιώνει τις προσπάθειες διαφραγματικής αναπνοής, και τα ακουστικά ερεθίσματα μπορεί να είναι εξίσου ωφέλιμα όπως προτάθηκε στις παραπάνω έρευνες (Massery, 1996; Sackner, 1974; Johnston, 1976; Holliday, 1985; Onodera, 1998; Vittaca, 1998; Ito, 1999; Pasto, 2000).

Η τυποποίηση της ικανότητας εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής είναι απαραίτητη και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε από τον Gosselink μπορεί να είναι η πλέον κλινικά αποτελεσματική. Η μέτρηση του διπλασιασμού του κοιλιακού τοιχώματος σε ήρεμη αναπνοή με μείωση στην κίνηση της ανώτερης μοίρας του θώρακα θα μπορούσε εύκολα να πραγματοποιηθεί με μία μετροταινία για την τεκμηρίωση της ικανότητας εκτέλεσης της

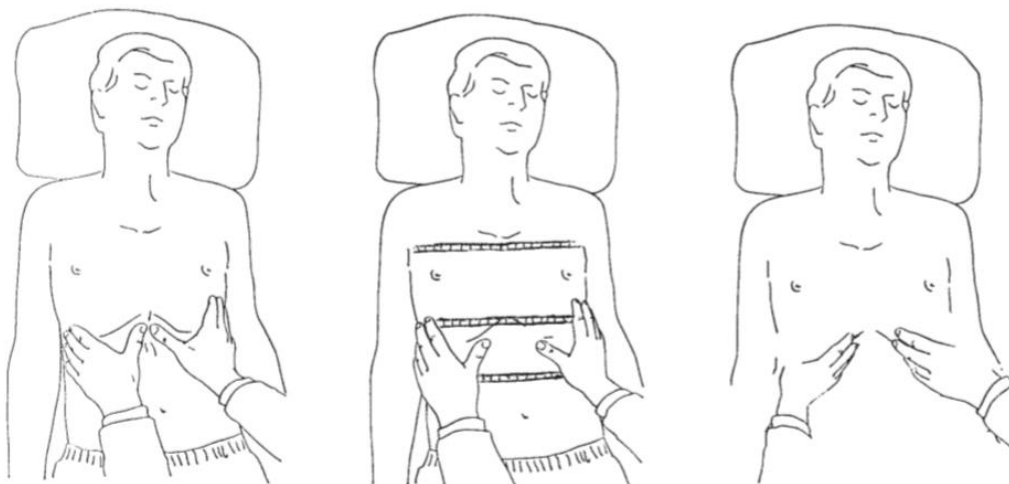
διαφραγματικής αναπνοής. Η μέτρηση του αναπνεόμενου όγκου πριν και κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής φαίνεται να είναι μια σημαντική μέτρηση και μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα απλό σπιρόμετρο. Η τυποποίηση του βέλτιστου χρόνου κατάρτισης στη διαφραγματική αναπνοή είναι, επίσης, απαραίτητη για να κατανοηθεί ο ρόλος που μπορεί να έχει η διαφραγματική αναπνοή στις ειδικές ανάγκες των ατόμων με ΧΑΠ.

Οι ασθενείς με ΧΑΠ, οι οποίοι έχουν αυξημένο αναπνευστικό ρυθμό, χαμηλό αναπνεόμενο όγκο που αυξάνεται κατά την διαφραγματική αναπνοή, μη φυσιολογικά αέρια αρτηριακού αίματος και ένα διάφραγμα που κινείται επαρκώς, μπορεί να είναι η καλύτερη ομάδα ασθενών με ΧΑΠ για να διδαχθούν τη διαφραγματική αναπνοή. (Brach, 1977; Gosselink, 1995; Vittaca, 1998). Επίσης, οι μέθοδοι που βελτιστοποιούν τη διαφραγματική κάθοδο, όπως είναι οι μέγιστοι εισπνευστικοί χειρισμοί (maximal inspiratory maneuvers), μπορεί να είναι χρήσιμοι όταν διδάσκεται και εκτελείται η διαφραγματική αναπνοή (Vittaca, 1998). Ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ και έντονη υπερδιάταση χωρίς καλή διαφραγματική κάθοδο που (1) έχουν χαμηλή αναπνευστική συχνότητα, υψηλό αναπνεόμενο όγκο, ο οποίος δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής και φυσιολογικά αέρια αρτηριακού αίματος και (2) δείχνουν ένα παράδοξο πρότυπο αναπνοής πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά από τη διαφραγματική αναπνοή που δεν διορθώνεται με όρθια στάση σώματος ή κάμψη του κορμού πιθανώς δεν είναι επιλέξιμοι υποψήφιοι για εξάσκηση στη διαφραγματική αναπνοή.

5.2 Μέθοδοι αξιολόγησης της διαφραγματικής έκπτυξης

Αρκετές μέθοδοι για την άμεση και έμμεση αξιολόγηση της διαφραγματικής έκπτυξης παρουσιάζονται σε μελέτες και περιλαμβάνουν την ακτινοσκόπηση, την έκπλυση αζώτου και ραδιενεργού ξένον (^{133}Xe), την κίνηση του θωρακικού τοιχώματος, τα αποτελέσματα των δοκιμασιών αναπνευστικής λειτουργίας και τις μέγιστες στοματικές εισπνευστικές και εκπνευστικές πιέσεις (Πιν. 5.1) (Pimax, PEmax) (Becklake, 1954; Miller, 1954; Cambell, 1955; Sinclair, 1995, McNeill, 1955; McKinley, 1961; Cole, 1962; Sackner, 1974; Grimby, 1975; Johnson, 1976; Hollbauer, 1925; Brach, 1977; Tandon, 1978; Sergysels, 1979; Ambrosino, 1981; Williams, 1982; Willeput, 1983; Sackner, 1984; Sackner, 1984; Holiday, 1985; Gosselink, 1995 Kanamori, 1996; Onodera, 1998; Vittaca, 1998; Ito, 1999; Pasto, 2000). Η πιο πρακτική μέθοδος για την αξιολόγηση της διαφραγματικής έκπτυξης καθώς και της ικανότητας εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής είναι η μέθοδος που περιγράφεται από τον Gosselink και τους συνεργάτες του, η οποία συνίστατο στην μέτρηση της έκπτυξης του κοιλιακού και ανώτερου θωρακικού τοιχώματος. Οι μετρήσεις έκπτυξης του θωρακικού τοιχώματος με τη χρήση μετροταινιών αποδείχτηκαν πολύ αξιόπιστες με συντελεστές συσχέτισης τουλάχιστον 0,84 με ενδοβαθμολογική αξιοπιστία υψηλή, 0,96 έως 0,98, και διαβαθμολογική αξιοπιστία μεταξύ 0,84 και 0,87 (Dueker, 1995; Harris, 1997). Η μέτρηση της έκπτυξης του θωρακικού τοιχώματος σε τρία διαφορετικά θωρακικά σημεία (άνω τμήμα

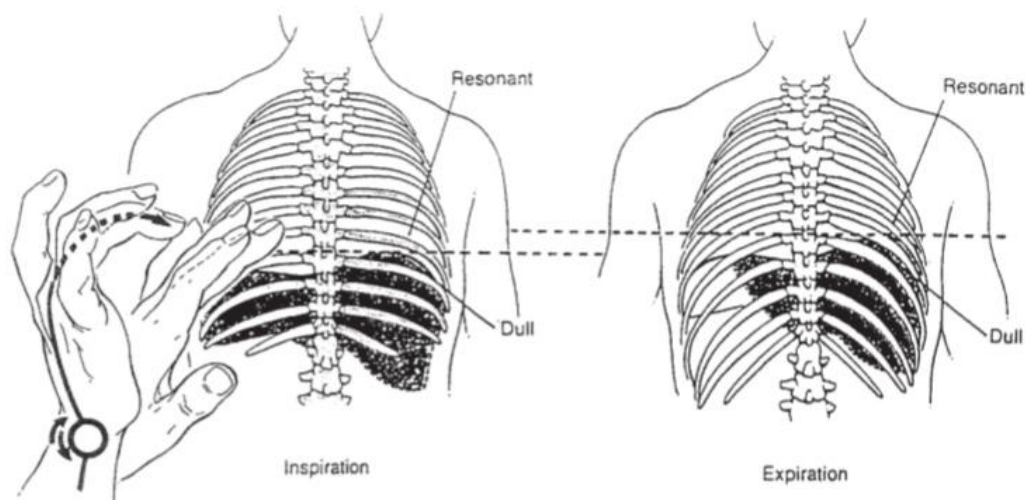
θωρακικής μοίρας - επίπεδο της δεύτερης πλευράς, μέσο τμήμα θωρακικής μοίρας - ξιφοειδής απόφυση και το κατώτερο τμήμα της θωρακικής μοίρας - μέσο σημείο μεταξύ της απόστασης της ξιφοειδούς απόφυσης από τον ομφαλό [Εικ. 5.1]) φαίνεται να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη διαφραγματική έκπτυξη και την κίνηση της άνω θωρακικής μοίρας (Massery, 1997; Feldman, 1998).



Εικόνα 5.1 Μέθοδοι αξιολόγησης της διαφραγματικής έκπτυξης. **Αριστερά:** Ψηλάφηση του πρόσθιου θωρακικού τοιχώματος με τους αντίχειρες πάνω στα πλευρικά τόξα και τις άκρες των αντιχειρών να συναντούν την ξιφοειδή απόφυση στο τέλος της εκπνοής. **Μεσαία:** Πλευρική και ελαφρώς προς τα πάνω κίνηση των χεριών, αμφοτερόπλευρα κατά την εισπνοή. Τρία θωρακικά σημεία για μέτρηση, άνω θώρακας - επίπεδο της δεύτερης πλευράς, μέσο τμήμα θώρακα - ξιφοειδής απόφυση και κάτω τμήμα θώρακα - μέσο σημείο μεταξύ της απόστασης της ξιφοειδούς απόφυσης από τον ομφαλό. **Δεξιά:** Ψηλάφηση με τις άκρες των δακτύλων επάνω και κάτω από τις πρόσθιες κατώτερες πλευρές, αμφοτερόπλευρα, περίπου 6 έως 8 cm πλάγια από την ξιφοειδή απόφυση κατά τη διάρκεια μίας βαθιάς εισπνοής. Cherniack L. *Respiration in Health and Disease*. 2nd ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders; 1972

Άλλες πιθανές μέθοδοι για την κλινική αξιολόγηση της διαφραγματικής έκπτυξης περιλαμβάνουν την ψηλάφηση της κίνησης του κοιλιακού τοιχώματος και του θωρακικού τοιχώματος της άνω θωρακικής μοίρας. Επίσης, περιλαμβάνουν ψηλάφηση του πρόσθιου θωρακικού τοιχώματος με τους αντίχειρες πάνω στα πλευρικά τόξα και τις άκρες των αντιχειρών να συναντούν την ξιφοειδή απόφυση (η κανονική κίνηση των χεριών θα πρέπει να είναι πλευρική και ελαφρώς προς τα πάνω τουλάχιστον 5 έως 8 cm κατά τη διάρκεια μιας βαθιάς εισπνοής). Ακόμη, περιλαμβάνεται ψηλάφηση της διαφραγματικής καθόδου (τοποθετώντας τις άκρες των δακτύλων επάνω και κάτω από τις πρόσθιες κατώτερες πλευρές αμφοτερόπλευρα περίπου 6 έως 8 cm πλάγια από την ξιφοειδή απόφυση) κατά τη διάρκεια μίας βαθιάς εισπνοής. Οι ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ και υπερδιάταση πνευμόνων μπορεί να παρουσιάσουν πολύ μικρή ψηλαφητή κίνηση λόγω πολύ μικρής διαφραγματικής έκπτυξης (Cahalin, 2002).

Η επίκρουση και η ακρόαση είναι δύο επιπρόσθετες μέθοδοι για την έμμεση μέτρηση της διαφραγματικής έκπτυξης. Η επίκρουση στον οπίσθιο θώρακα στο επίπεδο των κατώτερων πλευρών μπορεί να επιδείξει σημαντικές διαφορές στην ποιότητα του ήχου, οι οποίες σχετίζονται με τη διαφραγματική κίνηση. Η αντίχηση (δυνατής ή υψηλής έντασης ήχοι, χαμηλής συχνότητας και μεγάλης διάρκειας ήχοι που ακούγονται από όργανα με αέρα, όπως οι πνεύμονες) στο τέλος της εισπνοής και στο τέλος της εκπνοής μπορεί να προσδιορίσει τα χαμηλότερα και τα υψηλότερα επίπεδα διαφραγματικής κίνησης, αντίστοιχα (Cahalin, 2002). Η διαφορά μεταξύ της υψηλότερης και χαμηλότερης αντίχησης στο θώρακα είναι μια έμμεση μέτρηση της διαφραγματικής έκπτυξης και συνήθως είναι 3 έως 5 cm (Εικ. 5.2). Η αντίχηση που παραμένει αμετάβλητη καθ' όλη τη διάρκεια του αναπνευστικού κύκλου είναι πιθανό να σχετίζεται με ελάχιστη διαφραγματική έκπτυξη και συχνά συναντάται σε ασθενείς με σοβαρή ΧΑΠ και υπερδιάταση πνευμόνων. Τέλος, η ακρόαση των ήχων που παράγονται κατά την αναπνοή μπορεί να παρέχει κάποιες έμμεσες πληροφορίες σχετικά με τη διαφραγματική έκπτυξη κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής. Περισσότεροι παραγόμενοι κατά την αναπνοή ήχοι ανιχνεύονται στα βασικά τμήματα των πνευμόνων όταν υπάρχει μεγαλύτερη διαφραγματική έκπτυξη. Ωστόσο, η κλινική χρησιμότητα αυτών των τεχνικών απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.



Εικόνα 5.2 Μέθοδοι αξιολόγησης της διαφραγματικής έκπτυξης με επίκρουση. Επίκρουση στον οπίσθιο θώρακα, στο επίπεδο των κατώτερων πλευρών καθώς μετράται η αντίχηση κατά την εισπνοή και την εκπνοή. Textbook of Physical Diagnoses: History and Examination. 2nd ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders; 1994.

Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας των μεθόδων άμεσης και έμμεσης αξιολόγησης της διαφραγματικής έκπτυξης (Cahalin, 2002).

- Ακτινοσκόπηση
- Έκπλυση αζώτου και ραδιενεργού ξένον ($^{133}\text{-Xe}$)
- Μαγνητική τομογραφία (MRI)
- Κίνηση του θωρακικού τοιχώματος με επαγωγική πληθυσμογραφία και μετροταινία
- Τα αποτελέσματα των δοκιμασιών αναπνευστικής λειτουργίας
- Μέτρηση αναπνεόμενου όγκου με σπιρομέτρηση
- Μέγιστες στοματικές εισπνευστικές και εκπνευστικές πιέσεις
- Διαδιαφραγματική (Pdi), κοιλιακή και ενδοθωρακική πίεση

- Ψηλάφηση - τοποθέτηση των άκρων των δακτύλων επάνω και κάτω από τις πρόσθιες κατώτερες πλευρές αμφοτερόπλευρα, περίπου 6 έως 8 cm πλάγια από τη ξιφοειδή απόφυση κατά τη διάρκεια βαθιάς εισπνοής - ψηλάφηση της κίνησης του κοιλιακού τοιχώματος και της ανώτερης θωρακικής μοίρας (τοποθέτηση του χεριού στην κοιλιά και στην άνω θωρακική μοίρα, αντίστοιχα) - ψηλάφηση του πρόσθιου θωρακικού τοιχώματος με τους αντίχειρες πάνω στα πλευρικά τόξα και τις άκρες των αντίχειρων να συναντώνται στην ξιφοειδή απόφυση (με κίνηση των χεριών πλάγια και ελαφρώς προς τα πάνω τουλάχιστον 5 έως 8 cm).

- Επίκρουση της πρόσθιας και οπίσθιας πλευράς του θώρακα μεταξύ των κατώτερων πλευρών και του θωρακικού σπονδύλου Θ-12.
- Ακρόαση ήχων που παράγονται από την αναπνοή
- Οπτική παρατήρηση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

Ανάπτυξη πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Πιλοτική Έρευνα.

6.1 Σκοπός Μελέτης

Η διαφραγματική αναπνοή, συγκαταλέγεται, μεταξύ άλλων αναπνευστικών ασκήσεων, στα προγράμματα πνευμονικής αποκατάστασης και διδάσκεται ως βασικό στοιχείο της αυτοδιαχείρισης ασθενών με Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (Fernandez, 2011). Οι πιθανές ευεργετικές επιδράσεις της σε ασθενείς με ΧΑΠ περιλαμβάνουν βελτίωση του αναπνεόμενου όγκου, της κοιλιακής κίνησης, της πνευμονικής λειτουργίας, του αναπνευστικού ρυθμού και των αερίων του αρτηριακού αίματος. Υπάρχει, ωστόσο, το ενδεχόμενο επιβλαβών επιδράσεων, όπως, η παράδοξη κίνηση του θωρακικού τοιχώματος, η μειωμένη αποτελεσματικότητα της αναπνοής και η αύξηση της δύσπνοιας (Cahalin, 2002). Επιπλέον, φαίνεται ότι επιδρά θετικά στην καρδιακή λειτουργία και στη λεμφική ροή (Kojcan, 2017).

Η διαφραγματική αναπνοή είναι συνώνυμη με τον έλεγχο της αναπνοής, την χαλαρή ελεγχόμενη αναπνοή και την κοιλιακή αναπνοή (Hill, 2018). Κατά την εκτέλεση της, οι ασθενείς ενθαρρύνονται να αναπνέουν κυρίως με το διάφραγμα ελαχιστοποιώντας τη δράση των επικουρικών μυών (Gosselink, 2004). Δίνεται έμφαση στην προς τα έξω κίνηση της κοιλιακής περιοχής, κατά την εισπνοή και στην προς τα έσω κίνηση της κοιλιακής περιοχής, κατά την εκπνοή. Οι οδηγίες για τη σωστή διαφραγματική αναπνοή υποδεικνύουν, επίσης, ότι η άνω θωρακική μοίρα πρέπει να παραμείνει, σχετικά, απαλλαγμένη από την κίνηση (American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, 1993). Η διαφραγματική αναπνοή είναι δύσκολη στη διδασκαλία και την εκμάθηση και μπορεί να απαιτεί καθημερινή πρακτική (Hill, 2018). Για αυτό το λόγο, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι για τη διευκόλυνση της εκμάθησής της, όπως η στάση του σώματος του ασθενούς, η θέση της πυέλου του και των άκρων του, τα ακουστικά, τα οπτικά και τα απτικά ερεθίσματα και οι οδηγίες προς τον ασθενή κατά την εκτέλεση της συγκεκριμένης αναπνευστικής άσκησης κ.α. (Cahalin, 2002).

Για τη διευκόλυνση της εκμάθησής της διαφραγματικής αναπνοής, η γράφουσα και οι συνεργάτες της, προέβησαν στον σχεδιασμό και την κατασκευή μίας πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης, η οποία υπολογίζει την έκπτυξη του κοιλιακού τοιχώματος προβάλλοντας σε οθόνη απεικονιστικά στοιχεία στο χρήστη. Στόχος της συσκευής είναι να βοηθήσει τους ασθενείς στην εκμάθηση της διαφραγματικής αναπνοής, ενώ ταυτόχρονα, να αποτελέσει ένα επιπλέον εργαλείο στα χέρια του Φυσιοθεραπευτή. Σκοπός της παρούσας

μελέτης είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής.

6.2 Μέθοδος

Αρχικά, ζητήθηκε άδεια για έρευνα στους φοιτητές του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης από την υπεύθυνη του μαθήματος «Αναπνευστική Φυσικοθεραπεία», Δρ. Αλεξάνδρα Χριστάρα – Παπαδοπούλου.

6.2.1 Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 100 εθελοντές φοιτητές του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Α.Τ.Ε.Ι.Θ., διδαχθέντες την τεχνική διαφραγματικής αναπνοής. Διένυαν, δηλαδή, είτε το δεύτερο, είτε το τρίτο, είτε το τέταρτο έτος σπουδών. Τα τρία αυτά έτη αριθμούν συνολικά 470 φοιτητές. Κριτήριο αποκλεισμού ήταν οι φοιτητές που διένυαν το πρώτο έτος σπουδών, καθώς προϋπόθεση ήταν οι συμμετέχοντες να έχουν το γνωστικό υπόβαθρο (θεωρητικό και εργαστηριακό) της διαφραγματικής αναπνοής, όπως αυτή έχει διδαχθεί στο μάθημα της Αναπνευστικής Φυσικοθεραπείας. Αποκλείστηκαν, επίσης, φοιτητές που διένυαν το 5ο ή μεγαλύτερο έτος σπουδών. Έγινε απλή τυχαία δειγματοληψία με τη βοήθεια πίνακα τυχαίων αριθμών.

Συγκεκριμένα, το δείγμα στο σύνολο του έχει διδαχθεί τη διαφραγματική αναπνοή ως εξής: Ο ασθενής τοποθετείται σε ύπτια θέση με τα γόνατα ελαφρά λυγισμένα. Ο φυσικοθεραπευτής τοποθετεί τα χέρια του χαλαρά πάνω στην κοιλιά του ασθενή και ζητά από αυτόν να πάρει μία βαθιά εισπνοή, να φουσκώσει την κοιλιά του και να σπρώξει με αυτή τα χέρια του φυσικοθεραπευτή προς τα επάνω, ενώ το θωρακικό τοίχωμα και οι ώμοι παραμένουν χαλαροί. Στη συνέχεια εκπνέει βαθιά ρουφώντας την κοιλιά του προς τα μέσα. Τα χέρια του φυσικοθεραπευτή υποβοηθούν την κίνηση προσφέροντας πίεση στο τέλος της εκπνοής. Για να συνειδητοποιήσει ο ασθενής καλύτερα αυτή την αναπνευστική κίνηση (ανεβοκατέβασμα της κοιλιάς) ζητάτε να τοποθετήσει τα χέρια του πάνω στην κοιλιά του (Χριστάρα – Παπαδοπούλου, 2014).

Επίσης, είχε διδαχθεί ότι: Η διαφραγματική αναπνοή (οικονομική αναπνοή) συντελεί στη μείωση του έργου της αναπνοής (εισπνοή αργά και βαθιά με σύγχρονη αύξηση του όγκου της κοιλιάς – εκπνοή αργά και ήρεμα με σύγχρονη μείωση του όγκου της κοιλιάς). Η διαφραγματική αναπνοή προτείνεται για να διευκολύνει την αναπνοή συνολικά, για να τη θέτει υπό τον έλεγχο του ασθενή κατά τη διάρκεια της δύσπνοιας (ελεγχόμενη αναπνοή) και για να καλυτερεύει τον αερισμό των βασικών πνευμονικών τμημάτων. (Χριστάρα – Παπαδοπούλου, 2014)

6.2.2 Υλικό

Πειραματική Συσκευή biofeedback για την εκμάθηση της διαφραγματικής αναπνοής

Η πειραματική συσκευή υπολογίζει την έκπτυξη του κοιλιακού τοιχώματος προβάλλοντας σε οθόνη απεικονιστικά στοιχεία στο χρήστη.

Πρόκειται για μία φορητή συσκευή που τροφοδοτείται από μπαταρία (632 mAh), οι διαστάσεις της είναι 14 X 8,5 X 4 cm και αποτελείται από δύο μέρη (Εικ. 6.1). Το ένα μέρος είναι η ζώνη, που εφαρμόζεται γύρω από την κοιλιά του χρήστη, στο ύψος του ομφαλού (Cahalin, 2002), καθώς εκεί εφαρμόζεται και το απτικό ερέθισμα από το χέρι του Φυσιοθεραπευτή ή του ασθενούς όταν επιλέγεται η απτική διέγερση ως μέθοδος διεκόλυνσης. Η ζώνη με της σειρά της αποτελείται από τον αισθητήρα διάτασης και το σταθερό μέρος που έχει κατασκευαστεί από σκληρό ύφασμα, τύπου χρίτς – χρατς. Η ζώνη προσαρμόζεται στην περίμετρο της μέσης του κάθε χρήστη, διότι εάν η ζώνη είχε το ίδιο μήκος για όλους, δεν θα παίρναμε ακριβή αποτελέσματα καθώς οι μετρήσεις δεν θα ξεκινούσαν από το μηδέν.



Εικόνα 6.1 Πειραματική συσκευή biofeedback για την εκμάθηση της διαφραγματικής αναπνοής. Τα δύο μέρη της συσκευής.

Ο αισθητήρας έχει τα εξής χαρακτηριστικά: Πρόκειται για αγώγιμο καλώδιο από εμποτισμένο με μαύρο άνθρακα καουτσούκ, έχει διάμετρο 2 mm και μήκος 1 μέτρο (Εικ. 6.2). Σε «χαλαρή» κατάσταση, η αντίσταση είναι περίπου 350 ohms ανά ίντσα. Καθώς διατείνεται, η αντίσταση αυξάνεται γραμμικά. Π.χ ένα κομμάτι 6" (περίπου 2,1 Kohms), αν τεντωθεί έως το 10" παίρνουμε το αποτέλεσμα => $10 \text{ "/>6" * 2.1K = 3.5 Kohms$. Το καουτσούκ μπορεί να τεντωθεί κατά 50 - 70 % περισσότερο από το μήκος ηρεμίας, οπότε ένα κομμάτι 6", δεν πρέπει να τεντωθεί περισσότερο από 10". Μόλις σταματήσει να ασκείται δύναμη διάτασης πάνω του, το ελαστικό θα συρρικνωθεί. Παρόλα αυτά, δεν είναι πολύ «γρήγορο» και χρειάζεται ένα λεπτό ή δύο για να επανέλθει στο αρχικό του μήκος.

Οι προδιαγραφές του αισθητήρα είναι:

- Μήκος: περίπου 1 μέτρο = 39 ίντσες (υπάρχει δυνατότητα περικοπής του σε οποιοδήποτε σημείο)
- Διάμετρος: 2mm
- Αντίσταση: 350-400 ohm ανά ίντσα / 140-160 ohm ανά εκατοστό



Εικόνα 6.2 Πειραματική συσκευή biofeedback για την εκμάθηση της διαφραγματικής αναπνοής. Η ζώνη της συσκευής και ο αισθητήρας διάτασης.

Το δεύτερο μέρος της συσκευής είναι μία πλακέτα στην οποία έχει συνδεθεί μία οθόνη και μία μπάρα από λαμπάκια LED σε σειρά. Πλάγια της συσκευής υπάρχει διακόπτης ON/OFF. Εάν ο διακόπτης γυρίσει στο ON τότε η συσκευή ανοίγει και στην οθόνη εμφανίζεται το όνομα της συσκευής “Easy Breaths”. Έπειτα, εμφανίζεται το μήνυμα «PLEASE, CONNECT THE Y/B CABLES» που σημαίνει «ΠΑΡΑΚΑΛΩ, ΣΥΝΔΕΣΤΕ ΤΟ ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΑΥΡΟ ΚΑΛΩΔΙΟ» (Εικ. 6.3), ενημερώνοντας έτσι το χρήστη ότι το καλώδιο που συνδέει τη ζώνη με τη συσκευή δεν έχει εισαχθεί στην υποδοχή που υπάρχει στα πλάγια της συσκευής δίπλα από τον διακόπτη ON/OFF. Ο χρήστης δεν έχει παρά να συνδέσει το καλώδιο για να εμφανιστεί στην οθόνη το «μενού», οι ενδείξεις δηλαδή, που έχουν επιλεγεί να διαφαίνονται από την ομάδα σχεδιασμού και υλοποίησης της συσκευής. Συγκεκριμένα, στην κάτω σειρά της οθόνης αναγράφεται το ποσοστό, “PERCENTAGE”, που αντικατοπτρίζει το ποσοστό διάτασης του αισθητήρα. Άνω δεξιά αναγράφεται η αντίσταση σε ohm, R, που αντικατοπτρίζει την αντίσταση στα δύο άκρα του αγωγού. Άνω αριστερά, αναγράφεται το Percentage Maximum, δηλ. το μεγαλύτερο ποσοστό που έχει καταγραφεί έως και την τελευταία μέτρηση (Εικ. 6.4). Το μενού της οθόνης, με τις συγκεκριμένες ενδείξεις και η σειρά με τα λαμπάκια στο κάτω μέρος της συσκευής έχουν την ικανότητα να απεικονίζουν τις αλλαγές που αντιλαμβάνεται ο αισθητήρας διάτασης (stretch sensor) κατά την προσπάθεια του χρήστη να εκτελέσει τη διαφραγματική αναπνοή.



Εικόνα 6.3 Η ένδειξη στην οθόνη της συσκευής «PLEASE, CONNECT THE Y/B CABLES», στα ελληνικά «ΠΑΡΑΚΑΛΩ, ΣΥΝΔΕΣΤΕ ΤΟ ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΑΥΡΟ ΚΑΛΩΔΙΟ»



Εικόνα 6.4 Το μενού της συσκευής

Η λειτουργία τους είναι πρωτογενώς απεικονιστική και δευτερογενώς διαδραστική, διορθωτική και ενθαρρυντική προς το χρήστη. Η απεικονιστική μέθοδος που επιλέχθηκε από την ομάδα σχεδιασμού λειτουργεί ως εποπτικό μέσο που κάνει την εμπειρία της διδασκαλίας της διαφραγματικής αναπνοής πιο διασκεδαστική, τη φέρνει στα μέτρα των σύγχρονων δεδομένων και της τεχνολογικής προόδου και επικουρεί το ρόλο του φυσικοθεραπευτή. Επομένως, θα λέγαμε ότι πρόκειται για μία συσκευή biofeedback, λόγω της άμεσης ανατροφοδότησης που δίνει στο χρήστη.

Άλλες ενδείξεις που βλέπουμε στη συσκευή σε περίπτωση κάποιου προβλήματος είναι οι ενδείξεις FASTEN THE BELT και OUT OF RANGE (Εικ. 6.5, 6.6), οι οποίες έχουν προγραμματιστεί να εμφανίζονται για να βοηθούν το φυσικοθεραπευτή κατά τη μέτρηση σε περίπτωση που κάτι δεν πηγαίνει καλά. Επομένως, όταν η ζώνη είναι πιο χαλαρή τότε εμφανίζεται η ένδειξη FASTEN THE BELT (ΣΦΙΞΕ ΤΗ ΖΩΝΗ). Η ένδειξη OUT OF RANGE (ΕΚΤΟΣ ΕΥΡΟΥΣ) δείχνει ότι ο αισθητήρας είναι υπερβολικά διατεταμένος, πέρα από τα προβλεπόμενα όρια. Όταν αυτές οι 2 ενδείξεις εμφανίζονται, τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη. Πρώτα θα πρέπει να λύνονται τα προβλήματα αυτά είτε από τον φυσικοθεραπευτή είτε από τον ηλεκτρολόγο και έπειτα να ξεκινά η διαδικασία της μέτρησης.



Εικόνα 6.5 Η ένδειξη στην οθόνη της συσκευής FASTEN THE BELT (ΣΦΙΞΕ ΤΗ ΖΩΝΗ)



Εικόνα 6.6 Η ένδειξη στην οθόνη της συσκευής OUT OF RANGE (ΕΚΤΟΣ ΕΥΡΟΥΣ).

Ένδειξη ότι ο αισθητήρας είναι υπερβολικά διατεταμένος, πέρα από τα προβλεπόμενα όρια

Σ' αυτό το σημείο θα ήταν σημαντικό να αναφερθεί ότι η γράφουσα, Περδικάρη Αγγελική, συνέλαβε την ιδέα της ανάπτυξης της πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής και την ιδέα της διεξαγωγής της πιλοτικής έρευνας. Ο κος Γεώργιος Σταυριανουδάκης, Μηχανολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών, ανέλαβε την κατασκευή της συσκευής. Τέλος, η κα Αλεξάνδρα Χριστάρα – Παπαδοπούλου, Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης, επόπτευε και καθοδηγούσε σε όλα τα στάδια ανάπτυξης της συσκευής και της προπαρασκευής της έρευνας.

Ερωτηματολόγιο

Η μέθοδος που επιλέχθηκε για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας ήταν το ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο αποτελεί ένα τυποποιημένο σχέδιο για τη συλλογή και την καταγραφή εξειδικευμένης και συναφούς με ένα θέμα πληροφόρησης με σχετική ακρίβεια και πληρότητα. Με άλλα λόγια καθοδηγεί τη διαδικασία συλλογής των πληροφοριών και προωθεί την καταγραφή τους με συστηματικό τρόπο. Επίσης, αποτελεί το μέσον επικοινωνίας μεταξύ του ερευνητή και των ερωτώμενων, με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, ανάλογα με τη μέθοδο συλλογής των δεδομένων (Luck D. And Rubin R., 1982)

Το ερωτηματολόγιο το οποίο αποτελεί ερευνητικό εργαλείο στη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας οργανώθηκε, λοιπόν, σε τρεις άξονες, σύμφωνα με τους σκοπούς της έρευνας:

- α) Μέρος Α': Δημογραφικά στοιχεία (Συμπληρώθηκε από το δείγμα πριν από τη μέτρηση).
- β) Μέρος Β': Αποτελέσματα της μέτρησης (Συμπληρώθηκε από τη γράφουσα σύμφωνα με τις ενδείξεις της συσκευής).
- γ) Μέρος Γ': Σύγκριση του παραδοσιακού με τον εποπτικό τρόπο εκμάθησης της διαφραγματικής αναπνοής (Συμπληρώθηκε από το δείγμα μετά από τη μέτρηση).

Τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και η συμπλήρωσή τους προαιρετική, χωρίς καμία σκόπιμη παρέμβαση έτσι ώστε να επιτευχθεί ο αντικειμενικός σκοπός της έρευνας.

(Το ερωτηματολόγιο παρατίθεται στο Παράρτημα)

6.2.3 Διαδικασία διεξαγωγής

Ο σχεδιασμός και η προπαρασκευή της έρευνας έγινε το διάστημα Ιούνιος – Σεπτέμβριος 2016. Η κατασκευή της πειραματικής συσκευής ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο διάστημα ενός μηνός, Σεπτέμβριος 2016. Οι μετρήσεις και η διανομή των ερωτηματολογίων έγιναν κατά τη διάρκεια του χειμερινού εξαμήνου, Οκτώβριος 2016 – Ιανουάριος 2017 κάθε Δευτέρα και Τετάρτη από τις 8:30 π.μ έως τις 11:00 π.μ., εξαιρουμένων των αργιών. Δεν έγιναν μετρήσεις μέσα στην εξεταστική περίοδο. Ο χώρος διεξαγωγής των μετρήσεων και συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων ήταν η αίθουσα που διεξάγεται το εργαστηριακό μάθημα της Αναπνευστικής Φυσικοθεραπείας, στο οποίο δεν διεξαγόταν κάποιο μάθημα τις προαναφερθείσες ώρες για να μην διαταραχθεί το παιδαγωγικό κλίμα των μαθημάτων και η εκπαιδευτική διαδικασία. Οι μετρήσεις, η διανομή και η συλλογή των ερωτηματολογίων διεξήχθησαν από τη γράφουσα, η οποία ήταν και η μόνη που παρευρισκόταν στο χώρο με τον εξεταζόμενο. Στην αίθουσα για τη μέτρηση, οι φοιτητές εισέρχονταν ένας – ένας, για να διασφαλισθεί το ήρεμο κλίμα, το επιστημονικό ύφος της έρευνας, η συγκέντρωση του εξεταζόμενου στη διαδικασία και η αντικειμενική του κρίση στην απάντηση των ερωτήσεων που ζητούσαν την προσωπική του γνώμη.

Ομάδα στόχος της έρευνας ήταν φοιτητές και φοιτήτριες του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Α.Τ.Ε.Ι.Θ που έχουν παρακολουθήσει το μάθημα Αναπνευστική Φυσικοθεραπεία.

Συνολικά, ο χρόνος της διαδικασίας της μέτρησης και της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου δεν ξεπερνούσε τα 20 λεπτά.

Ιδιαίτερα προβλήματα στη διανομή, στη συλλογή των ερωτηματολογίων και στη διαδικασία των μετρήσεων δεν αντιμετωπίστηκαν, εκτός του ότι η γράφουσα είχε παρόμοιο ωρολόγιο πρόγραμμα μαθημάτων με τους συμφοιτητές της, οι οποίοι αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας. Το ποσοστό ανταπόκρισης ήταν υψηλό: Μοιράστηκαν 105 ερωτηματολόγια στους φοιτητές, επεστράφησαν 100 και έγιναν 100 μετρήσεις (ποσοστό ανταπόκρισης 95.2%).

6.2.4 Παρέμβαση

Αρχικά, ο εξεταζόμενος απαντούσε στον πρώτο άξονα του ερωτηματολογίου, Μέρος Α'. Σ' αυτό απαντούσε σε ερωτήσεις με δημογραφικό περιεχόμενο. Τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και ζητούνταν να συμπληρωθεί το φύλο, η ηλικία, το ύψος και το βάρος. Επίσης, οι φοιτητές ερωτήθηκαν αν είναι αθλητές, αν είναι καπνιστές, αν παίζουν πνευστό όργανο και αν πάσχουν από συγκεκριμένες παθήσεις που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία θα μπορούσαν να επηρεάζουν το αναπνευστικό πρότυπο. Το δείγμα συμπλήρωσε μόνο του το Μέρος Α' και σε περίπτωση που κάποιος χρειαζόταν διευκρινήσεις απευθύνονταν στην υπεύθυνη της έρευνας.

Μετά τη συμπλήρωση του Μέρους Α', ξεκίνησε η προετοιμασία για τη συλλογή των δεδομένων από το Μέρος Β'. Αρχικά, ζητήθηκε από κάθε φοιτητή να καθίσει στην καρέκλα, η οποία ήταν ίδια για κάθε συμμετέχοντα. Η καθιστή θέση επιλέχθηκε ως θέση της μέτρησης με την πειραματική συσκευή. Η επιλογή μίας άλλης θέσης, όπως για παράδειγμα της ύπτιας, ίσως έδινε διαφορετικά αποτελέσματα. Η ύπτια θέση, επίσης, μπορεί να θέσει το διάφραγμα σε μηχανικό μειονέκτημα, καθώς εξουδετερώνεται η βαρύτητα που οδηγεί το διάφραγμα σε πλήρη κάθοδο (Willeput, 1983 ; Sackner, 1984; Sackner, 1984)

Η υπεύθυνη των μετρήσεων τοποθέτησε τη ζώνη της πειραματικής συσκευής γύρω από την κοιλιά του εξεταζόμενου, στο ύψος του ομφαλού, το οποίο επιλέχθηκε ως οδηγό σημείο. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε ο ομφαλός είναι το γεγονός ότι πρόκειται για ένα οδηγό σημείο που μπορεί να εντοπιστεί εύκολα στο σώμα του εξεταζόμενου και βρίσκεται στο ίδιο σημείο για όλο το δείγμα. Επίσης, στο συγκεκριμένο σημείο εφαρμόζει το χέρι του ο ασθενής ή ο φυσιοθεραπευτής για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής, ως απτική διέγερση. Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε ακριβώς μπροστά από τον ομφαλό, ενώ το σταθερό τμήμα της ζώνης περιμετρικά της κοιλιάς έτσι ώστε να σταθεροποιεί τον αισθητήρα πάνω στο σώμα του εξεταζόμενου. Έπειτα, υιοθετήθηκε μία ορθή στάση σώματος στην καρέκλα από τον εξεταζόμενο σύμφωνα με τις υποδείξεις της υπευθύνου. Όλοι οι συμμετέχοντες φορούσαν φανελάκι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, καθώς παραπάνω ρουχισμός θα αλλοίωνε τις μετρήσεις του αισθητήρα.

Η διαδικασία των μετρήσεων μπορούσε να ξεκινήσει και η υπεύθυνη εξήγησε πώς λειτουργεί η συσκευή και έδωσε οδηγίες σε κάθε εξεταζόμενο με τον ίδιο τρόπο όπως περιγράφεται παρακάτω:

«Η συσκευή αυτή έχει δημιουργηθεί για την εκμάθηση της διαφραγματικής αναπνοής. Αποτελείται από δύο μέρη. Το ένα είναι η ζώνη που έχεις γύρω από την κοιλιά σου και το άλλο είναι η οθόνη που βλέπεις μπροστά σου. Η οθόνη αποτελείται από αυτή τη σειρά με τα λαμπάκια και μία οθόνη που βλέπεις ένα ποσοστό επί τις εκατό. Αν φουσκώσεις την κοιλιά

σου κατά την εισπνοή τα λαμπάκια θα ξεκινήσουν να ανάβουν το ένα μετά το άλλο, γραμμικά. Το ποσοστό από 0% θα αυξάνεται. Εάν δεν φουσκώσεις την κοιλιά σου κατά την εισπνοή, τα λαμπάκια δεν θα ανάψουν και το ποσοστό δεν θα αυξηθεί. Αυτό σημαίνει ότι δεν εκτελείς την διαφραγματική αναπνοή. Θα κάνεις 4 προσπάθειες να εκτελέσεις τη διαφραγματική αναπνοή, συνεχόμενα τη μία μετά την άλλη. Στόχος σου είναι να ανάψεις όσα περισσότερα λαμπάκια μπορείς. Όποτε είσαι έτοιμος/η ξεκινάμε. (Εικ. 6.7, 6.8)»



Εικόνα 6.7 Στιγμιότυπο από τη διεξαγωγή των μετρήσεων (1)



Εικόνα 6.8 Στιγμιότυπο από τη διεξαγωγή των μετρήσεων (2)

Πάντοτε, η μέτρηση ξεκινούσε από την εκπνοή για να μηδενιστεί το ποσοστό και να σβήσουν τα λαμπάκια που τυχόν άναβαν, για να εξασφαλίσουμε ότι η μέτρηση ξεκινά πάντοτε από το μηδέν. Μετά από κάθε προσπάθεια του εξεταζόμενου να εκτελέσει τη διαφραγματική αναπνοή η υπεύθυνη κατέγραφε στο Β' Μέρος του ερωτηματολογίου το μέγιστο αριθμό από λαμπάκια που κατάφερε να ανάψει και το Percentage Maximum, συμπληρώνοντας τα κενά Προσπάθεια 1^η, Προσπάθεια 2^η, Προσπάθεια 3^η και Προσπάθεια 4^η.

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων και την καταγραφή των αποτελεσμάτων στο Β' Μέρος, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να συμπληρώσουν τον τρίτο άξονα του ερωτηματολογίου (Γ' Μέρος). Αυτό το μέρος αποτελείται από δύο ερωτήσεις και ζητείται η προσωπική γνώμη των συμμετεχόντων. Τα ερωτήματα ήταν: «Πόσο σε βοήθησε η πειραματική συσκευή στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής;» και «Πόσο σε βοήθησε η εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής;». Οι ερωτήσεις ήταν κλειστού τύπου, πενταβάθμιας κλίμακας που κυμαίνονταν από το «1- ΚΑΘΟΛΟΥ», «2 - ΛΙΓΟ», «3 - ΑΡΚΕΤΑ», «4 - ΠΟΛΥ» έως το «5 - ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ». Αφού έδιναν την απάντηση σε κάθε ερώτηση, οι συμμετέχοντες παρέδιδαν το ερωτηματολόγιο στην υπεύθυνη.

6.2.5 Ανάλυση δεδομένων

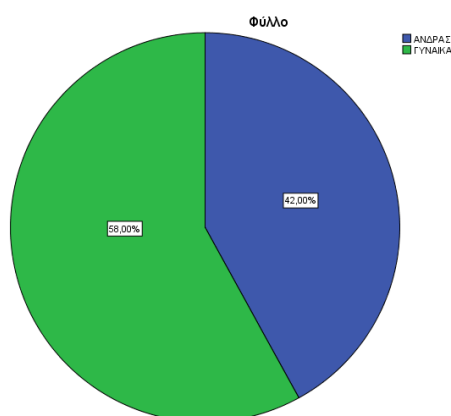
Το επόμενο στάδιο της έρευνας ήταν η στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων, η οποία έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS 18. Κατά το στάδιο αυτό, έγινε αρχικά έλεγχος των ερωτηματολογίων για την ύπαρξη μη απαντημένων ερωτήσεων και στη συνέχεια έγινε κωδικοποίηση των μεταβλητών και η εισαγωγή τους στο πρόγραμμα. Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft Excel για τη δημιουργία των διαγραμμάτων.

6.3 Αποτελέσματα

Δημογραφικά αποτελέσματα

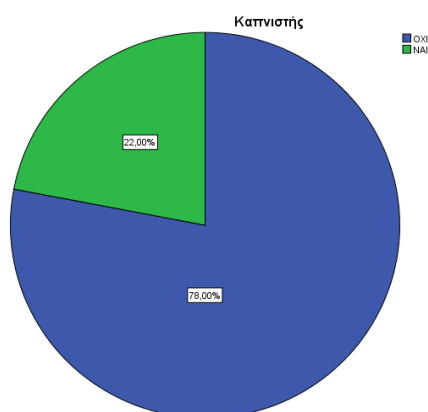
Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου εμπεριείχε ερωτήσεις που αφορούσαν τα δημογραφικά στοιχεία, προκειμένου να δοθεί το προφίλ των φοιτητών που φοιτούν στο Τμήμα Φυσικοθεραπείας του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης και διανύουν το 2^ο, 3^ο και 4^ο έτος σπουδών. Σύμφωνα, λοιπόν, με τα συλλεχθέντα στοιχεία έχουμε τα παρακάτω περιγραφικά αποτελέσματα:

Ως προς την κατανομή του δείγματος με βάση τα δημογραφικά στοιχεία, βρέθηκε ότι από τους 100 φοιτητές που συμμετείχαν στην έρευνα το 58% (N=58) ήταν γυναίκες και το 42% (N=42) άνδρες (Σχ. 6.1).



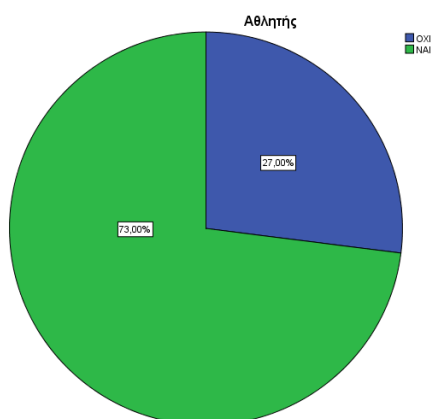
Σχήμα 6.1 Δημογραφικά στοιχεία - Φύλο

Υπήρξε ικανοποιητική συμμετοχή ατόμων που είναι «Καπνιστές» 22% (N= 22). Οι μη καπνιστές αποτελούν το 78% (N= 78) της έρευνας (Σχ. 6.2).



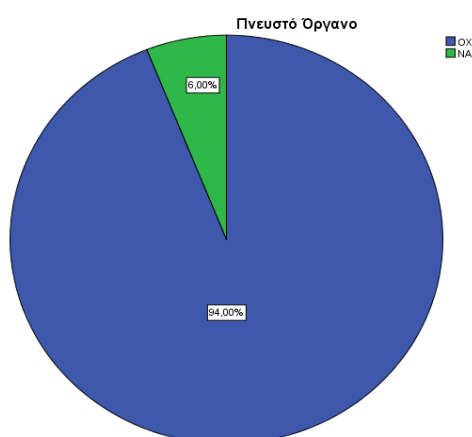
Σχήμα 6.2 Δημογραφικά στοιχεία - Κάπνισμα

Ικανοποιητική ήταν και η συμμετοχή ατόμων που είναι «Αθλητές» με 73% (N= 73), έναντι των μη αθλητών που αποτελούν το 27% (N= 27) της έρευνας (Σχ. 6.3).



Σχήμα 6.3 Δημογραφικά στοιχεία - Άθληση

A4. Δεν ήταν σημαντική η συμμετοχή ατόμων που δήλωσαν ότι παίζουν κάποιο «Πνευστό όργανο» (Σχ. 6.4) 6% (N= 6).



Σχήμα 6.4 Δημογραφικά στοιχεία - Πνευστό όργανο

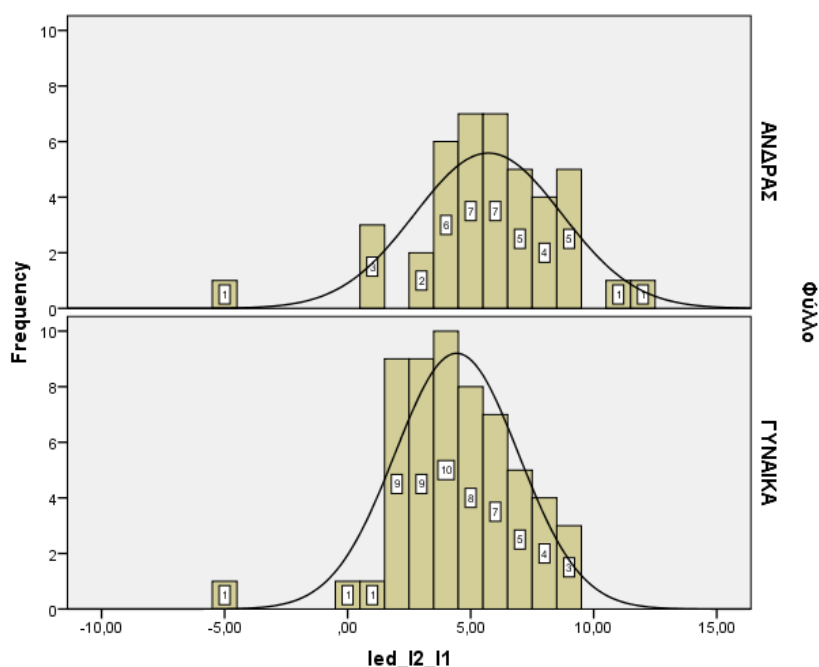
Αποτελέσματα μετρήσεων με την πειραματική συσκευή

Για να δοθεί απάντηση στο ερώτημα εάν υπήρξε βελτίωση της επίδοσης του δείγματος από προσπάθεια σε προσπάθεια έγινε έλεγχος των διαφορών των επιδόσεων μεταξύ των διαδοχικών προσπαθειών.

Αρχικά, έγινε έλεγχος της διαφοράς ανάμεσα στην 1^η και στη 2^η προσπάθεια (Σχ. 6.5). Παρατηρήθηκαν θετικές διαφορές εκτός από δύο περιπτώσεις, 2% (N=2). Μηδενική διαφορά παρουσίασε το 1% (N=1). Διαφορά 1 λαμπάκι πέτυχε το 4%(N=4), 2 λαμπάκια το 9% (N=9), 3 λαμπάκια το 11% (N=11), 4 λαμπάκια το 16% (N=16), 5 λαμπάκια το 15% (N=15), 6

λαμπάκια το 14% (N=14), 7 λαμπάκια το 10% (N=10), 8 λαμπάκια το 8% (N=8), 9 λαμπάκια το 8% (N=8), 10 λαμπάκια 0% (N=0), 11 λαμπάκια το 1% (N=1) και 12 λαμπάκια το 1% (N=1). Κανένας συμμετέχοντας δεν κατάφερε να πετύχει διαφορά 13 έως 16 λαμπάκια γεγονός που είναι αναμενόμενο, καθώς πρόκειται για μεγάλη διαφορά την οποία δύσκολα κάποιος θα πετύχαινε με την πρώτη προσπάθεια στην πρώτη γνωριμία του με τη συσκευή. Η μεγαλύτερη επικρατούσα τιμή διαφοράς είναι η αύξηση κατά 4 λαμπάκια και η αμέσως επόμενη επικρατούσα τιμή είναι η αύξηση κατά 5 λαμπάκια. Η μεγαλύτερη επικρατούσα τιμή διαφοράς ανιχνεύθηκε στους άνδρες (αύξηση κατά 5 με 6 λαμπάκια, ενώ στις γυναίκες η αύξηση κυμάνθηκε στα 3 με 4 λαμπάκια).

Συμπερασματικά, παρατηρείται αυξητική τάση της τάξης του 97% (γυναίκες 96.55% και άνδρες 97.61%).

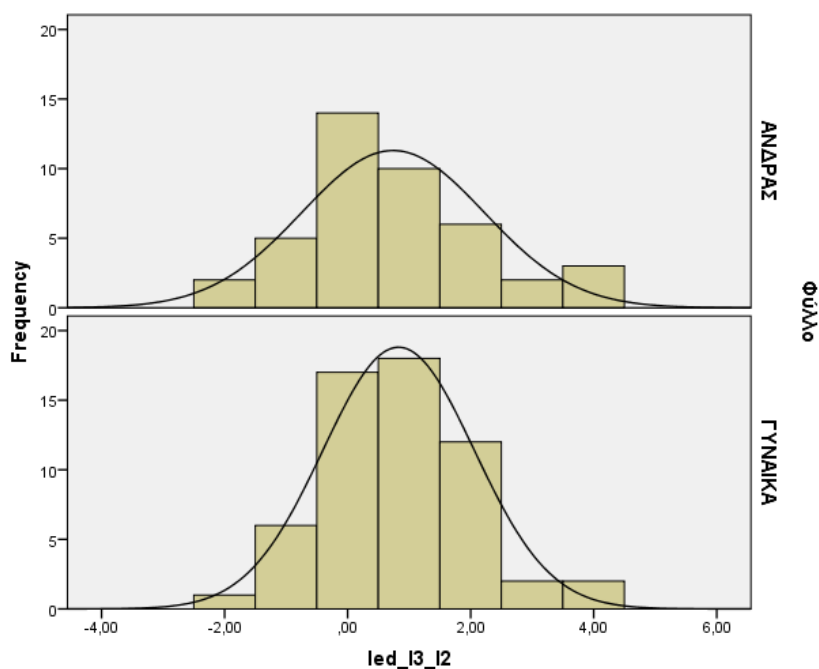


Σχήμα 6.5 Έλεγχος διαφοράς ανάμεσα στην 1η και στη 2η προσπάθεια

Έπειτα, έγινε έλεγχος της διαφοράς ανάμεσα στην 2^η και στη 3^η προσπάθεια (Σχ. 6.6). Παρατηρήθηκαν θετικές και αρνητικές διαφορές. Μηδενική διαφορά παρουσίασε το 31% (N=31). Διαφορά 1 λαμπάκι πέτυχε το 28% (N=28), 2 λαμπάκια το 17% (N=17), 3 λαμπάκια το 3% (N=3), 4 λαμπάκια το 5% (N=5). Αρνητική διαφορά της τάξης του -1 παρατηρήθηκε στο 11% (N=11) και της τάξης του -2 στο 3% (N=3). Για τη διαφορά από τη 2^η στην 3^η προσπάθεια παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη επικρατούσα τιμή είναι η διατήρηση (αύξηση 0), μετά η αύξηση κατά 1 λαμπάκι και αμέσως μετά η αύξηση κατά 2 λαμπάκια. Για τους άνδρες η μέγιστη επικρατούσα διαφορά είναι η διατήρηση (αύξηση 0) και αμέσως μετά η μικρή αύξηση κατά 1 λαμπάκι. Υπάρχει μια μεγαλύτερη τάση αύξησης στις γυναίκες, η μέγιστη διαφορά σε αυτές είναι η αύξηση κατά 1 λαμπάκι και μετά η διατήρηση (αύξηση 0). Στην τρίτη

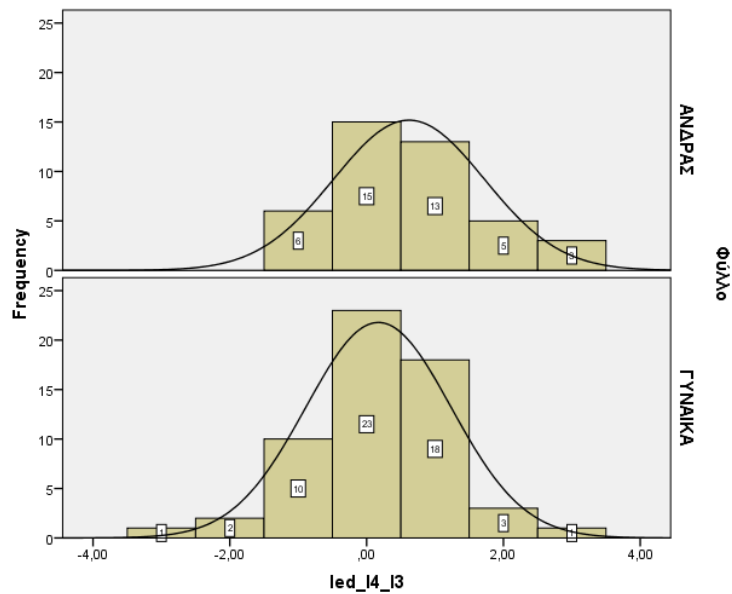
θέση τόσο για τους άνδρες όσο και για τις γυναίκες υπάρχει η αύξηση κατά 2 λαμπάκια. Σημειώνουμε την ομοιόμορφη κατανομή αρνητικών και θετικών διαφορών.

Συμπερασματικά, αυξητική τάξη της τάξης του 53% (γυναίκες 58.62% και άνδρες 45.2%) παρατηρήθηκε από τη δεύτερη στην τρίτη προσπάθεια και διατήρηση της πρώτης προσπάθειας σε ποσοστό 31%.



Σχήμα 6.6 Έλεγχος διαφοράς ανάμεσα στη 2η και στη 3η προσπάθεια

Τέλος, έγινε έλεγχος της διαφοράς ανάμεσα στη 3^η και στη 4^η προσπάθεια (Σχ. 6.7). Παρατηρήθηκαν θετικές διαφορές και αρνητικές. Μηδενική διαφορά παρουσίασε το 38% (N=1). Διαφορά 1 λαμπάκι πέτυχε το 31% (N=31), 2 λαμπάκια το 8% (N=8), 3 λαμπάκια το 4% (N=4), -1 λαμπάκια το 16% (N=16), -2 λαμπάκια το 2% (N=2). Διατήρηση ή μικρή αύξηση κατά 1 λαμπάκι ως επικρατούσα τιμή παρατηρούμε και από την 3^η στην 4^η προσπάθεια. Και εδώ η κατανομή αρνητικών και θετικών διαφορών είναι κανονική. Συμπερασματικά, αυξητική τάξη της τάξης του 43% (γυναίκες 37.9% και άνδρες 50%) παρατηρήθηκε από τη τρίτη στην τέταρτη προσπάθεια και διατήρηση της τρίτης προσπάθειας σε ποσοστό 38%.



Σχήμα 6.7 Έλεγχος διαφοράς ανάμεσα στη 3η και στη 4η προσπάθεια

Έγινε εξέταση των ίδιων χαρακτηριστικών στις ομάδες πληθυσμού Άνδρες – Γυναίκες και προέκυψαν τα παρακάτω ιστογράμματα (Πιν. 6.1). Παρατηρείται:

Ότι ενώ οι επιδόσεις των γυναικών αυξάνονται σταδιακά, στους άνδρες δεν έχουμε και τόσο ομοιόμορφη συμπεριφορά.

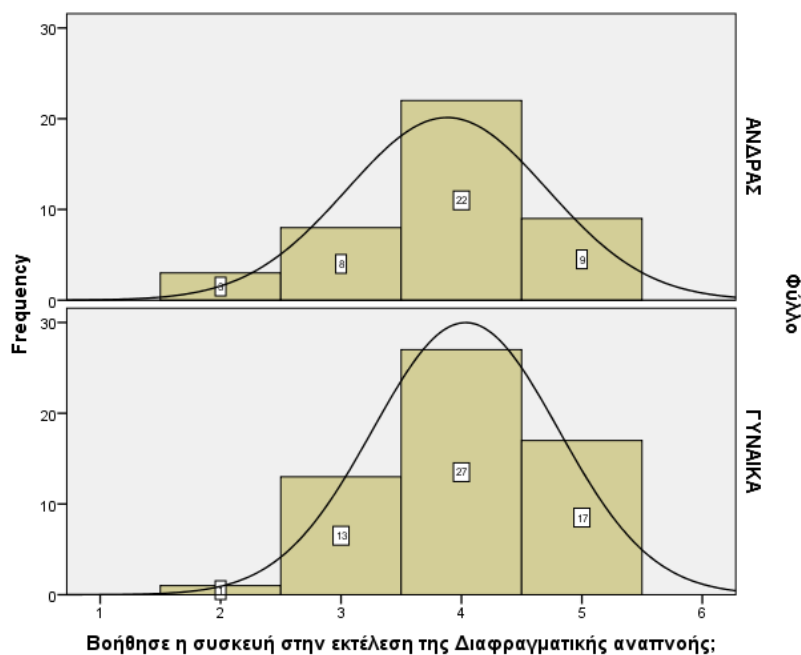
Πίνακας 6.1 Έλεγχος των διαφορών μεταξύ των διαδοχικών προσπαθειών στην ομάδα Άνδρες και στην ομάδα Γυναίκες

<p style="text-align: center;">ΑΝΔΡΕΣ</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΑΝΔΡΑΣ</p> <p style="text-align: center;">1η Λογμύση</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΑΝΔΡΑΣ</p> <p style="text-align: center;">2η Λογμύση</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΑΝΔΡΑΣ</p> <p style="text-align: center;">3η Λογμύση</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΑΝΔΡΑΣ</p> <p style="text-align: center;">4η Λογμύση</p>
<p style="text-align: center;">ΓΥΝΑΙΚΕΣ</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΓΥΝΑΙΚΑ</p> <p style="text-align: center;">1η Λογμύση</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΓΥΝΑΙΚΑ</p> <p style="text-align: center;">2η Λογμύση</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΓΥΝΑΙΚΑ</p> <p style="text-align: center;">3η Λογμύση</p>	<p style="text-align: center;">Histogram Φύλλο: ΓΥΝΑΙΚΑ</p> <p style="text-align: center;">4η Λογμύση</p>

Αποτελέσματα της διερεύνησης των απόψεων σχετικά με την πειραματική συσκευή

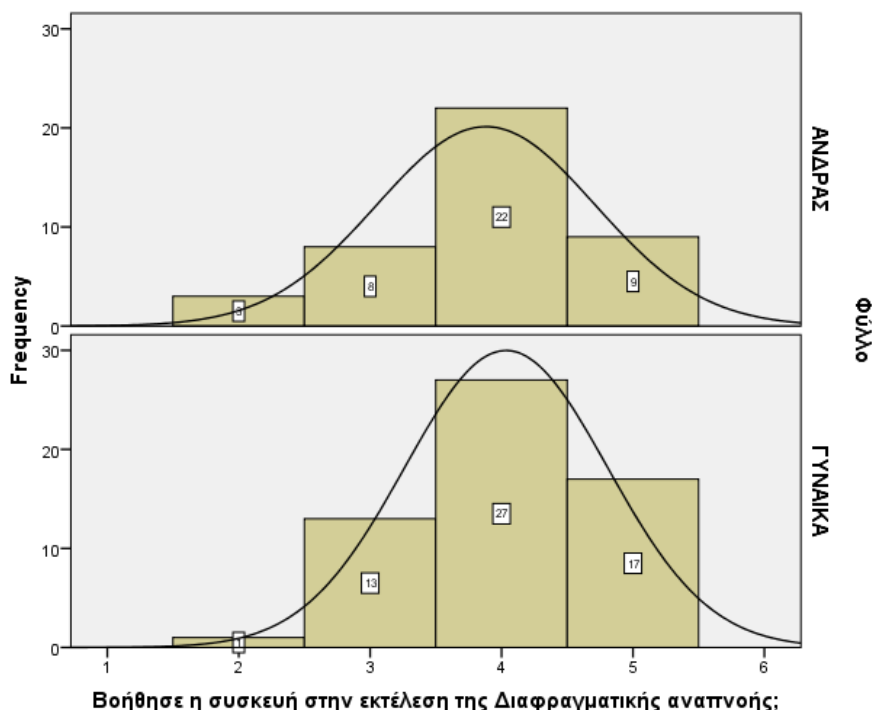
Στο Γ' μέρος του ερωτηματολογίου, το οποίο ήταν και το τελευταίο μέρος, ζητήθηκαν οι απόψεις και διαγνώστηκαν οι στάσεις των φοιτητών για το 1) αν και τα πόσο η πειραματική συσκευή τους βοηθά στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής και 2) εάν και κατά πόσο η εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά (δηλ. η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας της διαφραγματικής αναπνοής) τους βοηθά στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής.

Από τα δεδομένα του πίνακα προκύπτει ότι το 26% (N=26) βοηθήθηκε πάρα πολύ από τη συσκευή για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 49% (N=49) πολύ, το 21% (N=21) μέτρια, το 4% (N=4) λίγο, ενώ 0% συγκέντρωσε η απάντηση καθόλου (Σχ. 6.8).



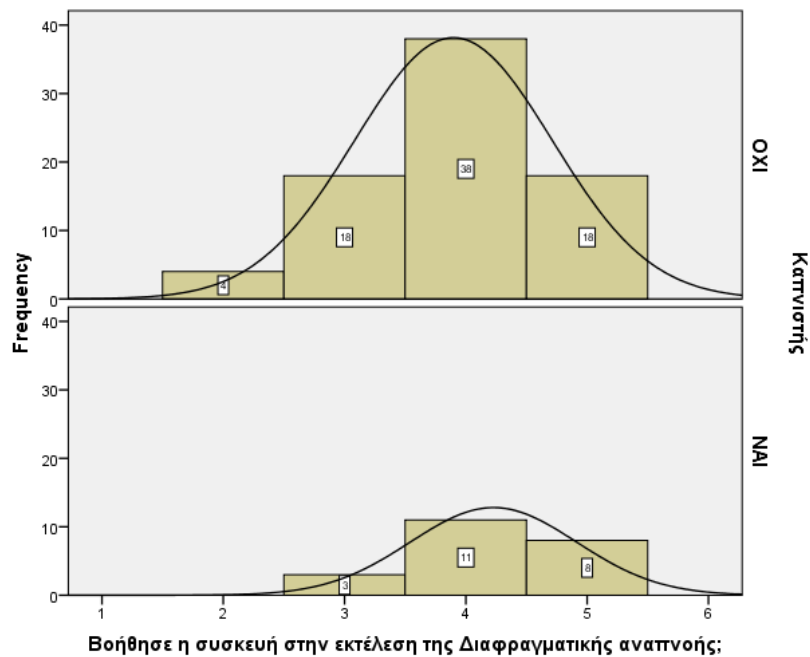
Σχήμα 6.8 Πόσο σε βοήθησε η πειραματική συσκευή στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής;

Η ίδια κατανομή παρατηρείται στην ομάδα άνδρες και στην ομάδα γυναίκες (Σχ. 6.9). Οι απαντήσεις των ανδρών έδειξαν ότι το 21.4% (N= 9) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από τη συσκευή, το 52.3% (N=22) βοηθήθηκε πολύ, μέτρια το 19.04 % (N=8) και λίγο το 7.14% (N=3). Κανείς δεν απάντησε καθόλου. Οι απαντήσεις των γυναικών έδειξαν ότι το 29.3% (N=17) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από τη συσκευή, το 46.55% (N= 27) πολύ, το 22.4% (N=13) μέτρια και το 1.72% (N=1) λίγο.



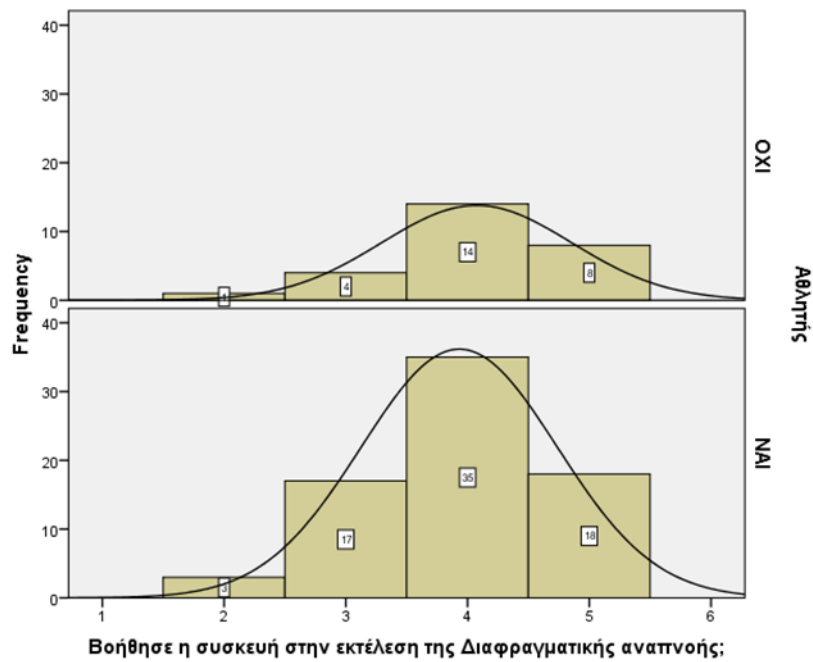
Σχήμα 6.9 Πόσο σε βοήθησε η πειραματική συσκευή στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής; (Ομάδα Άντρες - Γυναίκες)

Παρόμοια συμπεριφορά έχουμε και στην ομάδα Καπνιστής – Μη καπνιστής (Σχ. 6.10). Οι απαντήσεις των μη καπνιστών έδειξαν ότι το 23% (N= 18) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από τη συσκευή, το 48.7% (N=38) βοηθήθηκε πολύ, μέτρια το 23% (N=18) και λίγο το 5.1% (N=4). Κανείς δεν απάντησε καθόλου. Οι απαντήσεις των καπνιστών έδειξαν ότι το 36.36% (N=8) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από τη συσκευή, το 50% (N= 11) πολύ, το 13.6% (N=3) μέτρια. Δεν υπήρχαν απαντήσεις λίγο και καθόλου.



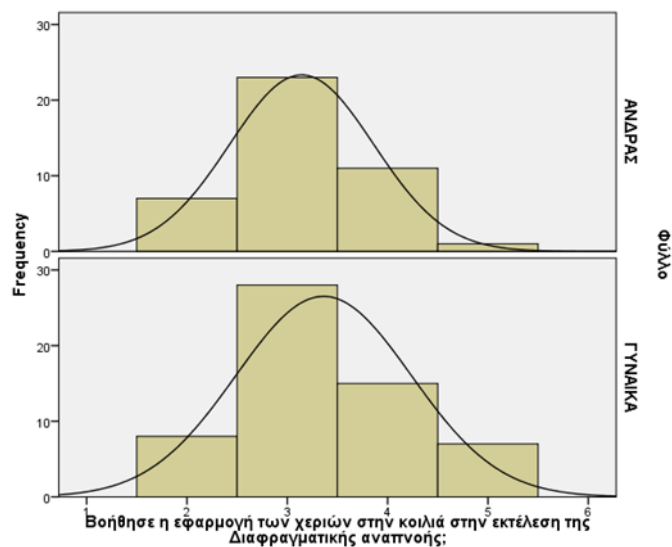
Σχήμα 6.10 Πόσο σε βοήθησε η πειραματική συσκευή στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής; (Ομάδα Καπνιστές – Μη καπνιστές)

Παρόμοια συμπεριφορά έχουμε και στην ομάδα Αθλητής – Μη αθλητής (Σχ. 6.11). Οι απαντήσεις των μη αθλητών έδειξαν ότι το 29.6% (N = 8) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από τη συσκευή, το 51.8% (N=14) βοηθήθηκε πολύ, μέτρια το 14.8% (N=4) και λίγο το 3.7% (N=1). Κανείς δεν απάντησε καθόλου. Οι απαντήσεις των αθλητών έδειξαν ότι το 24.6% (N=18) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από τη συσκευή, το 47.9% (N= 35) πολύ, το 23.28% (N=17) μέτρια και πολύ το 4.1% (N=3). Δεν υπήρχαν απαντήσεις καθόλου.



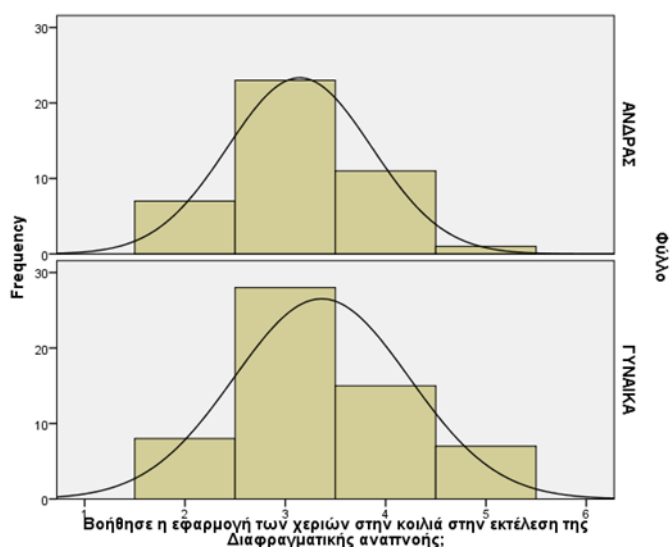
Σχήμα 6.11 Πόσο σε βοήθησε η πειραματική συσκευή στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής; (Ομάδα Αθλητές – Μη αθλητές)

Προκύπτει ότι το 8% (N=8) βοηθήθηκε πάρα πολύ από την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 26% (N=26) πολύ, το 51% (N=51) μέτρια, το 15% (N=15) λίγο, ενώ 0% συγκέντρωσε η απάντηση καθόλου (Σχ. 6.12).



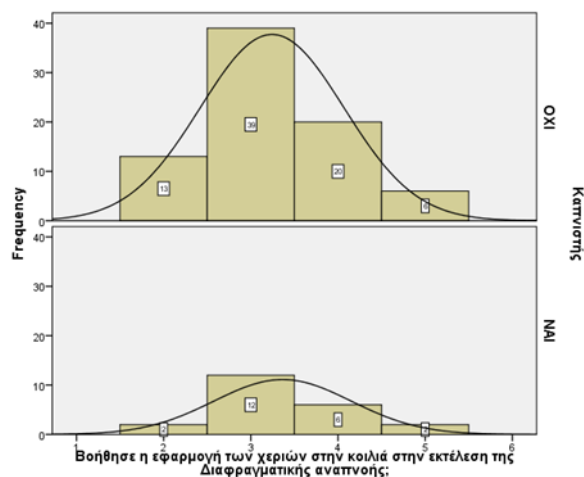
Σχήμα 6.12 Πόσο σε βοήθησε η εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής;

Η ίδια κατανομή παρατηρείται στην ομάδα άνδρες και στην ομάδα γυναίκες (Σχ. 6.13). Οι απαντήσεις των ανδρών έδειξαν ότι το 2.38% (N=1) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 26.1% (N=11) βοηθήθηκε πολύ, μέτρια το 54.7% (N=23) και λίγο το 16.6% (N=7). Κανείς δεν απάντησε καθόλου. Οι απαντήσεις των γυναικών έδειξαν ότι το 12.06% (N=7) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 25.86% (N=15) πολύ, το 48.27% (N=28) μέτρια και το 13.79% (N=8) λίγο.



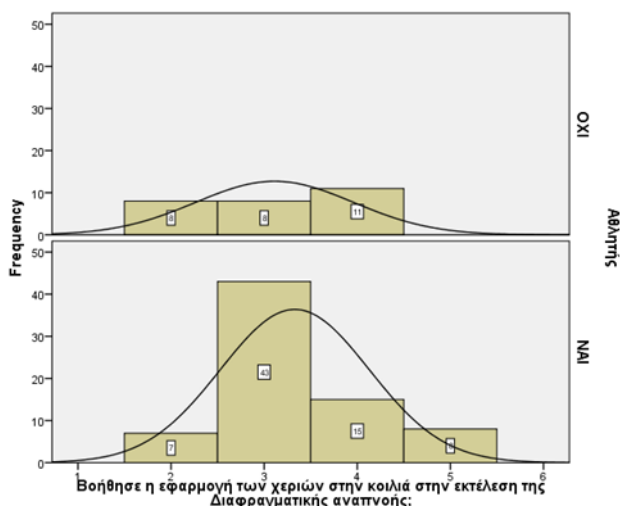
Σχήμα 6.13 Πόσο σε βοήθησε η εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής; (Ομάδα Γυναίκες - Άνδρες)

Παρόμοια συμπεριφορά έχουμε και στην ομάδα Καπνιστής – Μη καπνιστής (Σχ. 6.14). Οι απαντήσεις των μη καπνιστών έδειξαν ότι το 7,69% (N= 6) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 25.64% (N=20) βοηθήθηκε πολύ, μέτρια το 50% (N= 39) και λίγο το 16.6% (N=13). Κανείς δεν απάντησε καθόλου. Οι απαντήσεις των καπνιστών έδειξαν ότι το 9.09% (N=2) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 27.27% (N= 6) πολύ, το 54.54 % (N=12) μέτρια και το 9.09% (N=2) λίγο. Δεν υπήρχαν απαντήσεις για την επιλογή καθόλου.



Σχήμα 6.14 Πόσο σε βοήθησε η πειραματική συσκευή στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής; (Ομάδα Καπνιστές – Μη καπνιστές)

Μια μικρή διαφοροποίηση βλέπουμε στους μη αθλητές που μπορεί να οφείλεται στο μικρό αριθμό συμμετεχόντων (Σχ. 6.15). Οι απαντήσεις των μη αθλητών έδειξαν ότι το 0% (N=0) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 40.74% (N=11) βοηθήθηκε πολύ, μέτρια το 29.6% (N=8) και λίγο το 29.62% (N=8). Κανείς δεν απάντησε καθόλου. Οι απαντήσεις των αθλητών έδειξαν ότι το 10.95% (N=8) βοηθήθηκαν πάρα πολύ από την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, το 20.5% (N=15) πολύ, το 58.9% (N=43) μέτρια και πολύ το 9.5% (N=7). Δεν υπήρχαν απαντήσεις για την επιλογή καθόλου.



Σχήμα 6.15 Πόσο σε βοήθησε η εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής; (Ομάδα Αθλητές – Μη αθλητές)

Δευτερεύοντα αποτελέσματα

Τα στατιστικά στοιχεία που συλλέχθηκαν οδήγησαν στο ερώτημα εάν το φύλο, το κάπνισμα, η άθληση, η ηλικία, το BMI και η περίμετρος της κοιλιάς στο ύψος του ομφαλού, που ήταν και το οδηγό σημείο της μέτρησης, επηρεάζουν την έκπτυξη της κοιλιάς στη διαφραγματική αναπνοή. Αυτός ο έλεγχος κατέστη δυνατός με σύγκριση των «Μέσων Τιμών» των «Μέγιστων Επιδόσεων σε λαμπάκια» σε ομάδες πληθυσμού με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Στον Πίνακα 6.2 φαίνεται η διαφοροποίηση μεταξύ Ανδρών και Γυναικών. Οι Άνδρες έχουν μεγαλύτερη μέση τιμή στη μέγιστη επίδοση.

Πίνακας 6.2 Η διαφοροποίηση μεταξύ Ανδρών και Γυναικών

diafora_led

Φύλλο	Mean	N	Std. Deviation
ΑΝΔΡΑΣ	7,5476	42	2,65222
ΓΥΝΑΙΚΑ	6,0000	58	2,11925
Total	6,6500	100	2,46747

Στον Πίνακα 6.3 φαίνεται ότι οι αθλητές έχουν καλύτερη επίδοση στη διαφραγματική αναπνοή από τους μη αθλητές.

Πίνακας 6.3 Η διαφοροποίηση μεταξύ Αθλητών και μη Αθλητών

diafora_led

Αθλητής	Mean	N	Std. Deviation
ΟΧΙ	5,9630	27	2,19232
ΝΑΙ	6,9041	73	2,52853
Total	6,6500	100	2,46747

Το αποτέλεσμα του Πίνακα 6.4 δείχνουν ότι οι καπνιστές έχουν καλύτερη επίδοση στη διαφραγματική αναπνοή από τους μη καπνιστές.

Πίνακας 6.4 Η διαφοροποίηση μεταξύ Καπνιστών και μη Καπνιστών

diafora_led

Καπνιστής	Mean	N	Std. Deviation
OXI	6,2308	78	2,25586
NAI	8,1364	22	2,66003
Total	6,6500	100	2,46747

Όσον αφορά την ηλικιακή κατανομή η ηλικία φαίνεται να μην επηρεάζει την έκπτυξη της κοιλιάς (Πιν. 6.5). Κάτι που ήταν αναμενόμενο αφού οι μετρήσεις έγιναν σε πολύ κοντινές ηλικίες (έτος γέννησης 1995-1997).

Πίνακας 6.5 Η διαφοροποίηση σύμφωνα με την ηλικιακή κατανομή

diafora_led

Έτος Γέννησης	Mean	N	Std. Deviation
1969	13,0000	1	.
1974	4,0000	1	.
1982	8,0000	1	.
1983	10,0000	1	.
1984	7,0000	1	.
1990	5,0000	2	4,24264
1991	8,0000	2	1,41421
1992	8,0000	1	.
1993	5,0000	1	.
1994	6,8333	6	2,40139
1995	6,3636	11	2,97566
1996	6,8000	25	2,46644
1997	6,4468	47	2,29184

Total	6,6500	100	2,46747
-------	--------	-----	---------

Επιπρόσθετα, έγινε έλεγχος αν χαρακτηριστικά όπως είναι το «Ύψος» και το «Βάρος» ενός ατόμου επηρεάζουν την έκπτυξη της κοιλιάς κατά τη διαφραγματική αναπνοή. Ως προς την κανονικότητα των δεδομένων για αυτά τα χαρακτηριστικά έγινε εφαρμογή ενός «One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test» (Πιν. 6.6).

Πίνακας 6.6 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test για την εξέταση της κανονικότητας των δεδομένων για τα χαρακτηριστικά Ύψος και Βάρος

		Ύψος	Βάρος
N		100	100
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1,7248	67,653
	Std. Deviation	,09829	13,6324
Most Extreme Differences	Absolute	,107	,092
	Positive	,107	,092
	Negative	-,098	-,046
Kolmogorov-Smirnov Z		1,067	,917
Asymp. Sig. (2-tailed)		,205	,370

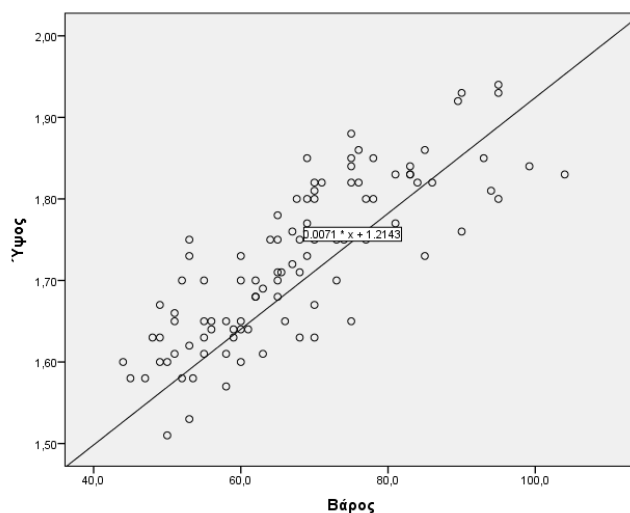
a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%

- H_0 : Η κατανομή των δεδομένων είναι κανονική $p > 0.05$
- H_1 : Η κατανομή των δεδομένων **δεν** είναι κανονική $p < 0.05$

Αποδεκτή η H_0 γιατί $p = 0.205 > 0.05$ (ύψος) και $p = 0.370 > 0.05$ (βάρος). Κάνοντας ένα διάγραμμα σκεδασμού (Σχ. 6.14) παρατηρούμε ότι υπάρχει μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών «Ύψος» και «Βάρος».



Σχήμα 6.14 Διάγραμμα σκεδασμού γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών «Ύψος» και «Βάρος»

Η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι πολύ ισχυρή (Πιν. 6.7).

Πίνακας 6.7 Ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών «Ύψος» και «Βάρος»

Correlations

	Ύψος	Βάρος
Pearson Correlation	1	,814**
Ύψος Sig. (2-tailed)		,000
N	100	100
Pearson Correlation	,814**	1
Βάρος Sig. (2-tailed)	,000	
N	100	100

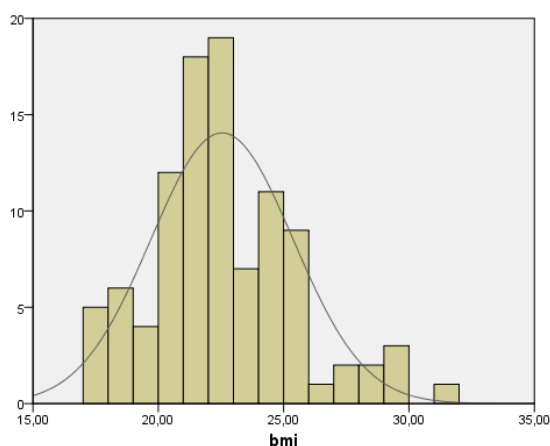
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Η τιμή Pearson =0.814 δίνει μια ισχυρή συσχέτιση σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Άρα θα μπορούσαμε να πούμε ότι το δείγμα είναι κανονικό δείγμα με μέση τιμή και διασπορά (Πιν. 6.8).

Πίνακας 6.8 Το δείγμα είναι κανονικό με μέση τιμή και διασπορά

Ύψος	Βάρος
1,7248	67,653
,09829	13,6324

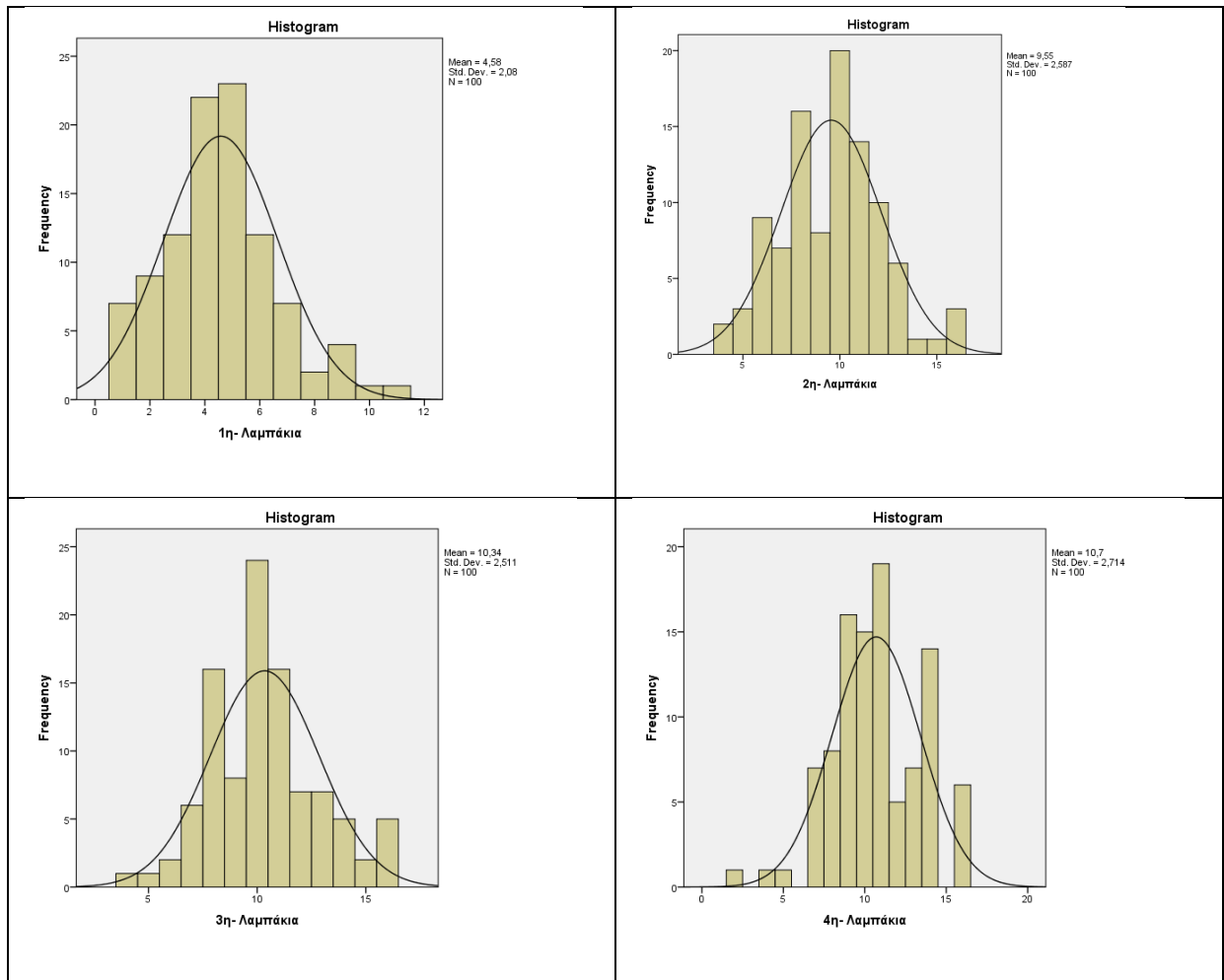
Γενικά, οι ερωτώμενοι φαίνεται να έχουν έναν κανονικό σωματότυπο, δηλαδή δεν έχουμε πολλές ακραίες περιπτώσεις. Έγινε η κατασκευή της μεταβλητής «Δείκτης μάζας σώματος» κάνοντας χρήση του τύπου $\Delta\text{Μ}\Sigma = \text{βάρος}(\text{kg}) / (\text{ύψος})^2 (\text{m}^2)$. Η νέα μεταβλητή (BMI) ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχ. 6.15) και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τεστ συσχέτισης με τα χαρακτηριστικά που αφορούν τη διαφραγματική αναπνοή.



Σχήμα 6.15 Κανονική κατανομή μεταβλητής BMI

Σε πρώτη φάση έγινε έλεγχος αν ο $\Delta\text{Μ}\Sigma$ έχει σχέση με την έκπτυξη της κοιλιάς. Έγινε τεστ συσχέτισης μεταξύ του BMI και των μεταβλητών 1^η, 2^η, 3^η και 4^η προσπάθεια διαφραγματικής αναπνοής, που εκφράζεται σε αριθμό από αναμμένα λαμπάκια στη συσκευή. Προϋπόθεση για να προχωρήσουμε στα τεστ συσχέτισης ήταν να εξετάσουμε ως προς την κανονικότητα τις μεταβλητές «1^η-Λαμπάκια», «2^η-Λαμπάκια», «3^η-Λαμπάκια», «4^η-Λαμπάκια». Όπως φαίνεται ικανοποιείται το κριτήριο της κανονικότητας για όλες τις μεταβλητές (Πιν. 6.9).

Πίνακας 6.9 Κανονικότητα των μεταβλητών Προσπάθεια 1^η, Προσπάθεια 2^η, Προσπάθεια 3^η και Προσπάθεια 4^η



Το τεστ συσχέτισης έδωσε τον παρακάτω πίνακα (Πιν. 6.10)

Πίνακας 6.10 Τεστ συσχέτισης ΔΜΣ και έκπτυξης της κοιλιάς

Correlations

		BMI	1η- Λαμπάκια	2η- Λαμπάκια	3η- Λαμπάκια	4η- Λαμπάκια
Bmi	Pearson Correlation	1	,128	,203*	,268**	,271**
	Sig. (2-tailed)		,205	,043	,007	,006
	N	100	100	100	100	100
1η- Λαμπάκια	Pearson Correlation	,128	1	,302**	,256*	,174
	Sig. (2-tailed)	,205		,002	,010	,083
	N	100	100	100	100	100
2η- Λαμπάκια	Pearson Correlation	,203*	,302**	1	,863**	,803**
	Sig. (2-tailed)	,043	,002		,000	,000
	N	100	100	100	100	100
3η- Λαμπάκια	Pearson Correlation	,268**	,256*	,863**	1	,915**
	Sig. (2-tailed)	,007	,010	,000		,000
	N	100	100	100	100	100
4η- Λαμπάκια	Pearson Correlation	,271**	,174	,803**	,915**	1
	Sig. (2-tailed)	,006	,083	,000	,000	
	N	100	100	100	100	100

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**.. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Παρατηρείται ασθενής συσχέτιση μεταξύ του ΔΜΣ και της έκπτυξης της κοιλιάς κατά τη διαφραγματική αναπνοή που εκφράζεται σε λαμπάκια που άναψαν στη συσκευή και στις τέσσερις προσπάθειες. Παρατηρείται ότι στην πρώτη προσπάθεια (1^η προσπάθεια) δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Από τη δεύτερη προσπάθεια ενισχύεται η σχέση (μικρή σχέση pearson 0.21-0.4) σε επίπεδα σημαντικότητας 5% και 1% για τις επόμενες δύο. Σίγουρα υπάρχει ισχυρή εξάρτηση μεταξύ των μετρήσεων 2^η προσπάθεια με 3^η προσπάθεια και 3^η με 4^η προσπάθεια (Πολύ ισχυρή pearson>0.81).

Τέλος, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ της περιμέτρου της κοιλιάς (με οδηγό σημείο τον ομφαλό) και της κοιλιακής έκπτυξης. Για το λόγο αυτό έγινε συσχέτιση για κάθε ερωτώμενο μεταξύ της περιμέτρου της κοιλιάς του και της μέγιστης επίδοσης του σε λαμπάκια.

Πίνακας 6.11 Τεστ συσχέτισης περιμέτρου της κοιλιάς και κοιλιακής έκπτυξης.

	Mean	Std. Deviation	N
min_omfalos	87,9900	10,14814	100
max_lampakia	11,0900	2,37025	100

Όπως γίνεται αντιληπτό, υπάρχει μικρή συσχέτιση μεταξύ της περιμέτρου της κοιλιάς και της μέγιστης επίδοσης διαφραγματικής αναπνοής σε λαμπάκια.

6.4 Συζήτηση

Σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της πειραματικής συσκευής biofeedback στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Σύμφωνα με τις μετρήσεις, αυξητική τάση ορθής εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής σε ποσοστό 97% παρατηρήθηκε από την πρώτη στη δεύτερη προσπάθεια, 53% από τη δεύτερη στην τρίτη προσπάθεια, 43% από την τρίτη στην τέταρτη προσπάθεια. Διαφαίνεται, λοιπόν, ότι η συσκευή με την εποπτική ανατροφοδότηση παρέχει κίνητρο στον εκπαιδευόμενο να βελτιώσει την προσπάθεια του και να εκτελέσει ορθότερα τη συγκεκριμένη αναπνευστική άσκηση. Από τη δεύτερη στην τρίτη προσπάθεια η διατήρηση της προηγούμενης προσπάθειας έφτασε σε ποσοστό 31% και από την τρίτη στην τέταρτη η διατήρηση της προηγούμενης προσπάθειας έφτασε σε ποσοστό 38%. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι ακόμα και αν οι συμμετέχοντες δεν μπόρεσαν να αυξήσουν την έκπτυξη του κοιλιακού τοιχώματος, η οπτική ανατροφοδότηση τους έδωσε κίνητρο να τη διατηρήσουν. Παρατηρείται ότι η συντριπτική πλειοψηφία από την πρώτη στη δεύτερη προσπάθεια παρουσιάζει αύξηση, ενώ σταδιακά το ποσοστό αυτό μειώνεται στις επόμενες προσπάθειες, παραμένοντας, ωστόσο, σημαντικά υψηλό. Το ποσοστό, λοιπόν, μπορεί να μειώνεται είτε επειδή οι συμμετέχοντες είχαν φτάσει στο μέγιστο σημείο έκπτυξης της κοιλιάς τους κατά την εισπνοή στην προηγούμενη προσπάθεια, πράγμα που μπορεί να δικαιολογηθεί και από την αύξηση του ποσοστού διατήρησης, είτε μπορεί να αντανakλά κόπωση των συμμετεχόντων, καθώς η διαφραγματική αναπνοή θεωρείται δύσκολη τεχνική και απαιτεί προσπάθεια όταν κάποιος δεν την γνωρίζει ή δεν έχει εξασκηθεί σ' αυτή.

Από τα δεδομένα της έρευνας, επίσης, προέκυψε ότι το 26% βοηθήθηκε πάρα πολύ και το 49% πολύ από την πειραματική συσκευή για την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής, έναντι ποσοστού 8%, 26% αντίστοιχα που βοηθήθηκε από την καθιερωμένη μέθοδο διδασκαλίας. Διαφαίνεται, δηλαδή, ότι η καινοτόμος μέθοδος διδασκαλίας με τη χρήση της συσκευής έχει το προβάδισμα σε σχέση με την καθιερωμένη μέθοδο στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής.

Η έκπτυξη του κοιλιακού τοιχώματος κατά τη διαφραγματική αναπνοή φαίνεται να εξαρτάται σημαντικά από το φύλο, το εάν κάποιος είναι καπνιστής και το εάν είναι αθλητής, ενώ μικρή εξάρτηση παρατηρείται σε σχέση με χαρακτηριστικά που αφορούν στη δομή του σώματος, όπως ο δείκτης μάζας σώματος και η περίμετρος της κοιλιάς. Η μικρή εξάρτηση της έκπτυξης του κοιλιακού τοιχώματος με την περίμετρο της κοιλιάς γύρω από τον ομφαλό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι η ζώνη της συσκευής σχεδιάστηκε έτσι ώστε να προσαρμόζεται σε κάθε σωματότυπο και δόθηκε έμφαση στο να ξεκινούν οι μετρήσεις από το μηδέν για όλους τους συμμετέχοντες.

Σύγκριση των αποτελεσμάτων με άλλες παρόμοιες μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας δεν θα μπορούσε να γίνει, καθώς, έπειτα από ανασκόπηση, φαίνεται ότι η συγκεκριμένη εργασία είναι η μόνη που μελετά την αποτελεσματικότητα μίας συσκευής βιοανατροφοδότησης στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Αυτό το γεγονός την καθιστά καινοτόμα.

Η κλινική σημασία της έρευνας που διεξήχθη έγκειται στα αποτελέσματα που έδειξαν ότι η ανάπτυξη της συγκεκριμένης πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης μπορεί να βοηθήσει στην ορθή εκτέλεση της αναπνευστικής άσκησης καθώς και να αποτελέσει ένα επιπλέον εργαλείο στα χέρια του Φυσιοθεραπευτή.

Ένας από τους περιορισμούς της συγκεκριμένης έρευνας θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι μελετήθηκαν υγιή άτομα. Επίσης, κατά το σχεδιασμό της, δεν προβλέφθηκε η ύπαρξη μίας ομάδας ελέγχου, ώστε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με την ομάδα παρέμβασης. Η ύπαρξη ομάδας ελέγχου, βέβαια, δεν είναι υποχρεωτική στις πιλοτικές μελέτες.

Θα είχε ενδιαφέρον, λοιπόν, μελλοντικά να διεξαχθεί έρευνα με τη συγκεκριμένη συσκευή σε ενήλικες ή παιδιά με αναπνευστικές παθήσεις. Τέλος, η ύπαρξη μίας ομάδας ελέγχου η οποία δεν θα είχε ανατροφοδότηση από τη συσκευή, για σύγκριση με την ομάδα παρέμβασης θα έδινε μία πληρέστερη εικόνα για την αποτελεσματικότητα της πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, στα πλαίσια της περαιτέρω εξέλιξης της συσκευής και της αναβάθμισης της, έχει ήδη ξεκινήσει, από τον Σεπτέμβριο του 2017, συνεργασία της συγγραφικής ομάδας με τον κο Ιορδάνη Κιοσκερίδη, Καθηγητή του Τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το διάφραγμα έχει παραδοσιακά μελετηθεί ως αναπνευστικός μυς. Στον επιστημονικό κόσμο υπάρχει γενική συμφωνία ότι ο μυς του διαφράγματος είναι απαραίτητος για την αναπνοή και η αναπνευστική λειτουργία του είναι αναμφισβήτητη. Ωστόσο, το διάφραγμα έχει πολλαπλές, μη αναπνευστικές λειτουργίες που επηρεάζουν ολόκληρο το σώμα. Πολλοί συγγραφείς ανέφεραν ότι το διάφραγμα εμπλέκεται στον έλεγχο του κορμού κατά την ξαφνική εκούσια κίνηση των άκρων και στη στάση του σώματος. Επίσης, αναφέρεται ο σημαντικός ρόλος του στη σωστή λειτουργία των εσωτερικών οργάνων, στη λειτουργία του πνευλικού εδάφους και του εδάφους του στόματος. Φαίνεται, ακόμη, πως επιδρά στην αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, στο τρίδυμο σύστημα και στην θωρακική έξοδο. Το μηριαίο διάφραγμα εμπλέκεται σε μεγάλο βαθμό στις γαστροοισοφαγικές λειτουργίες, όπως η κατάποση, ο εμετός και συμβάλει ως φραγμός στη γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση. Από τη σκοπιά της εμβρυολογίας, το διάφραγμα αποτελεί πηγή και σημείο ανταλλαγής πληροφοριών. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο μυς του διαφράγματος δεν πρέπει να θεωρείται τμήμα ή φραγμός μεταξύ δύο κοιλοτήτων, αλλά ένα μέρος ολόκληρου του σώματος. Ως εκ τούτου, η λειτουργία του συνιστά ευρύ και συναφές ζήτημα για διάφορους τομείς της ιατρικής, όπως η πνευμονολογία, η καρδιολογία, η χειρουργική θώρακος, η ορθοπεδική, καθώς και η αποκατάσταση.

Δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι οι αναπνευστικές ασκήσεις προσφέρουν περισσότερα ή επιπρόσθετα οφέλη σε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης ολόκληρου του σώματος για άτομα με ΧΑΠ. Ωστόσο, τα άτομα που παρακολουθούν προγράμματα πνευμονικής αποκατάστασης για να βελτιώσουν την αναπνοή τους, συχνά ξεκινούν με την προκατειλημμένη ιδέα ότι το πρόγραμμα θα εστιάσει στο να τους διδάξει αναπνευστικές ασκήσεις. Οι ασθενείς που χρησιμοποιούν ενστικτωδώς την αναπνοή με σφιγμένα χείλη κατά τη διάρκεια της άσκησης ή μετά την άσκηση, θα πρέπει να ενθαρρυνθούν να συνεχίσουν αυτή την πρακτική με ενίσχυση του πότε αυτή μπορεί να τους φανεί χρήσιμη. Για τους ασθενείς που δεν υιοθετούν αυτό το πρότυπο αυθόρμητα, το να είναι κάποιος κλινικός ικανός να εντοπίσει τους ασθενείς που θα ανταποκριθούν στην τεχνική, με σπιρομέτρηση (σοβαρή απόφραξη της ροής του αέρα στους αεραγωγούς) , με μέτρηση των όγκων των πνευμόνων (σοβαρή υπερδιάταση) ή με χαμηλές τιμές μέγιστης εκπνευστικής ταχύτητας ροής, είναι βοηθητικό. Εναλλακτικά, η δοκιμασία της τεχνικής κατά τη διάρκεια της άσκησης, της ανάνηψης ή της λειτουργικής δραστηριότητας, παρακολουθώντας ταυτόχρονα το πρότυπο αναπνοής, τη δύσπνοια και τον κορεσμό οξυγόνου, μπορεί να είναι ο ευκολότερος τρόπος για τον εντοπισμό αυτών των ασθενών που ανταποκρίνονται. Η αναπνοή με σφιγμένα χείλη θα πρέπει να μαθαίνεται εύκολα και γρήγορα από τους ασθενείς και στο πλαίσιο ενός τυπικού προγράμματος πνευμονικής αποκατάστασης, αναμένεται ότι οι ανταποκρινόμενοι

ασθενείς θα μπορούσαν εύκολα να αναγνωριστούν από την υποκειμενική απάντηση στο όφελος ή την παρατηρούμενη αύξηση της ικανότητας άσκησης που συνδέεται με την υιοθέτηση της αναπνοής με σφιγμένα χείλη. Τα άτομα που αντιμετωπίζουν αυξημένο έργο αναπνοής, σχετιζόμενο με την αναπνοή με σφιγμένα χείλη, χωρίς συμπτωματική ανακούφιση πιθανώς να μην υιοθετήσουν την τεχνική και δεν θα επωφεληθούν από την περαιτέρω κατάρτιση σε αυτήν. Η συνέχισης κατάρτιση στην αναπνοή με σφιγμένα χείλη μπορεί να οδηγήσει σε έλεγχο της δύσπνοιας, χαλάρωση, μειωμένο πανικό και άγχος και μειωμένη χρήση βρογχοδιασταλτικών βραχείας δράσης.

Η διαφραγματική αναπνοή είναι πιο δύσκολη στη διδασκαλία και την εκμάθηση και μπορεί να απαιτεί καθημερινή πρακτική. Η τεκμηρίωση για το εάν η διαφραγματική αναπνοή είναι αποτελεσματική συμπληρωματική θεραπεία για τα άτομα με ΧΑΠ είναι αμφισβητήσιμη. Ορισμένα άτομα με ΧΑΠ μπορεί να ωφεληθούν από τη διαφραγματική αναπνοή, αλλά δεν έχει προσδιοριστεί κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό των ασθενών που θα βοηθούσε να προβλεφθεί ποιοι ασθενείς θα επωφεληθούν από αυτή την αναπνευστική άσκηση. Ωστόσο, από την παραπάνω ανασκόπηση φαίνεται ότι άτομα με μέτρια έως σοβαρή ΧΑΠ και έντονη υπερδιάταση των πνευμόνων, χωρίς διαφραγματική κίνηση και αλλαγή στον αναπνεόμενο όγκο κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής δεν θα πρέπει να επιλέγονται για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Αντίθετα, άτομα με ΧΑΠ που έχουν αυξημένο αναπνευστικό ρυθμό, χαμηλό αναπνεόμενο όγκο που αυξάνεται κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής, μη φυσιολογικά αέρια αρτηριακού αίματος και επαρκή διαφραγματική κίνηση, μπορούν να ωφεληθούν από τη διαφραγματική αναπνοή.

Οι πιθανές ευεργετικές επιδράσεις από τη διαφραγματική αναπνοή σε ασθενείς με ΧΑΠ υπάρχουν και περιλαμβάνουν βελτιώσεις στον αναπνεόμενο όγκο, στην κοιλιακή κίνηση, στην πνευμονική λειτουργία, στον αναπνευστικό ρυθμό και στα αέρια του αρτηριακού αίματος. Υπάρχει, επίσης, το ενδεχόμενο επιβλαβών επιδράσεων από τη διαφραγματική αναπνοή που περιλαμβάνουν παράδοση κίνηση του θωρακικού τοιχώματος, μειωμένη αποτελεσματικότητα της αναπνοής και αύξηση της δύσπνοιας.

Η ταυτοποίηση ενός παραδόξου κοιλιακού προτύπου αναπνοής, η επιδείνωση της δύσπνοιας καθώς και η κόπωση κατά τη διάρκεια ή μετά από την εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής είναι κριτήρια για την τροποποίηση ή τον τερματισμό της διαφραγματικής αναπνοής. Τα άτομα με ΧΑΠ που επιδεικνύουν ένα παράδοξο κοιλιακό πρότυπο κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής μπορεί να ωφεληθούν από μία πιο όρθια στάση σώματος ή κάμψη του κορμού. Πρέπει να διεξαχθούν μελλοντικές έρευνες για να προσδιοριστεί ποιοι ασθενείς με ΧΑΠ μπορούν να ωφεληθούν περισσότερο από τη διαφραγματική αναπνοή και ποιες μέθοδοι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση και την εξέταση των επιπτώσεων της διαφραγματικής αναπνοής.

Όσον αφορά, την επίδραση της διαφραγματικής αναπνοής σε άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού είναι σημαντικό να λάβουμε υπ' όψη ότι το αναπνευστικό και το καρδιαγγειακό σύστημα μοιράζονται παρόμοιους μηχανισμούς ελέγχου και οι αλλαγές σε ένα σύστημα θα τροποποιήσουν τη λειτουργία του άλλου. Η λειτουργία του διαφράγματος σχετίζεται με τη ρύθμιση πολλών καρδιαγγειακών παραμέτρων, δηλ. την καρδιακή παροχή, τον όγκο παλμού ή την φλεβική παροχέτευση. Μελέτες έδειξαν ότι η τακτική εξάσκηση στη διαφραγματική αναπνοή βελτιώνει σημαντικά τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV) με μια ευνοϊκή προγνωστική εικόνα σε ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο. Το διαφραγματικό λεμφικό σύστημα παίζει, επίσης, σημαντικό ρόλο στην παροχέτευση υγρών από την περιτοναϊκή κοιλότητα.

Η διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής θα πρέπει πιθανόν να ενσωματώσει μία πιο όρθια στάση του σώματος για να διευκολυνθεί η κάθοδος του διαφράγματος και πιθανώς την κάμψη του κορμού για άτομα με σοβαρή ΧΑΠ, έντονη υπερδιάταση και ενδείξεις για παράδοξη κοιλιακή αναπνοή κατά τη διαφραγματική αναπνοή. Η ύπτια θέση μπορεί να θέσει το διάφραγμα σε μηχανικό μειονέκτημα, καθώς εξουδετερώνεται η βαρύτητα που οδηγεί το διάφραγμα σε κάθοδο. Είναι, επίσης, πιθανό ότι ο βαθμός της κλίσης της πυέλου ή η θέση των άνω άκρων μπορεί να επηρεάσει τις προσπάθειες διαφραγματικής αναπνοής έτσι ώστε η οπίσθια κλίση της πυέλου να διευκολύνει την διαφραγματική αναπνοή και η έσω στροφή και προσαγωγή των άνω άκρων να εμποδίσει την κίνηση του άνω θωρακικού κλωβού. Η οπτική ανατροφοδότηση φαίνεται να βελτιώνει τις προσπάθειες διαφραγματικής αναπνοής, και τα ακουστικά ερεθίσματα μπορεί να είναι εξίσου ωφέλιμα όπως προτάθηκε στις παραπάνω έρευνες. Η τυποποίηση της ικανότητας εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής είναι απαραίτητη και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε από τον Gosselink μπορεί να είναι η πλέον κλινικά αποτελεσματική. Η μέτρηση του διπλασιασμού του κοιλιακού τοιχώματος σε ήρεμη αναπνοή με μείωση στην κίνηση της ανώτερης μοίρας του θώρακα θα μπορούσε εύκολα να πραγματοποιηθεί με μία μετροταινία για την τεκμηρίωση της ικανότητας εκτέλεσης της διαφραγματικής αναπνοής. Η μέτρηση του αναπνεόμενου όγκου πριν και κατά τη διάρκεια της διαφραγματικής αναπνοής φαίνεται να είναι μια σημαντική μέτρηση και μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα απλό σπιρόμετρο. Είναι αναγκαίο να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα για την τυποποίηση του βέλτιστου χρόνου κατάρτισης στη διαφραγματική αναπνοή, ώστε να κατανοηθεί ο ρόλος που μπορεί να έχει η διαφραγματική αναπνοή στις ειδικές ανάγκες των ατόμων με ΧΑΠ.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε πιλοτική έρευνα για την παρούσα πτυχιακή, η οποία διερεύνησε την αποτελεσματικότητα της πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης, που αναπτύχθηκε από τη γράφουσα και τους συνεργάτες της, στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συσκευή με την εποπτική ανατροφοδότηση παρέχει κίνητρο στον εκπαιδευόμενο να εκτελέσει ορθότερα τη

διαφραγματική αναπνοή και φαίνεται να έχει προβάδισμα σε σχέση με την καθιερωμένη μέθοδο διδασκαλίας. Ενδιαφέρον θα είχε να διεξαχθεί, μελλοντικά, έρευνα με τη συγκεκριμένη συσκευή σε ενήλικες ή παιδιά με αναπνευστικές παθήσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

ΑΡΘΡΑ

1. Abu-Hijleh MF, Habbal OA, Moqattash ST. 1995. The role of the diaphragm in lymphatic absorption from the peritoneal cavity. *J Anat.* 186 (Pt 3): 453–467, indexed in Pubmed: 7559120.
2. Aliverti A, Bovio D, Fullin I, et al. 2009. The abdominal circulatory pump. *PLoS One.* 4(5): e5550, doi: 10.1371/journal.pone.0005550, indexed in Pubmed: 19440240.
3. Aliverti A, Uva B, Laviola M, et al. 1985. Concomitant ventilatory and circulatory functions of the diaphragm and abdominal muscles. *J Appl Physiol.* 2010; 109(5): 1432–1440, doi: 10.1152/jappphysiol.00576.2010, indexed in Pubmed: 20813981.
4. Ambrosino N, Paggiaro PL, Macchi M, et al. 1981. A study of short-term effect of rehabilitative therapy in chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration.* 41:40–44.
5. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for Pulmonary Rehabilitation Programs. 1993. Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers.
6. American Thoracic Society. 1999. Pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med.* 159(5 Pt 1):1666–82.
7. Anraku M, Shargall Y. 2009. Surgical conditions of the diaphragm: anatomy and physiology. *Thorac Surg Clin.* 19(4):419–429.
8. Arráez-Aybar LA, González-Gómez CC, Torres-García AJ, Morgagni-Larrey. 2009. Parasternal diaphragmatic hernia in the adult. *Rev Esp Enferm Dig.* 101(5):357–366.
9. Barach A. 1974. Chronic obstructive lung disease: postural relief of dyspnea. *Arch Phys Med Rehabil.* 55:494-504.
10. Becklake MR, McGregor M, Goldman HI, Braudo JL. 1954. A study of the effects of physiotherapy in chronic hypertrophic emphysema using lung function tests. *Dis Chest.* 26:180-191.
11. Bernardi L, Spadacini G, Bellwon J, et al. 1998. Effect of breathing rate on oxygen saturation and exercise performance in chronic heart failure. *Lancet.* 351(9112): 1308–1311, doi: 10.1016/S0140-6736(97)10341-5, indexed in Pubmed: 9643792.
12. Bernardi L, Gabutti A, Porta C, et al. 2001. Slow breathing reduces chemoreflex response to hypoxia and hypercapnia, and increases baroreflex sensitivity. *J Hypertens.* 19(12): 2221– 2229, indexed in Pubmed: 11725167.
13. Bhatt SP, Luqman-Arafath TK, Gupta AK, Mohan A, Stoltzfus JC, Dey T, Nanda S, Guleria R. 2013. Volitional pursed lips breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease improve exercise capacity. *Chron Respir Dis.* 10(1):5–10.
14. Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Castellani C, Binazzi B, Stendardi L, Grazzini M, Scano G. 2007. Patterns of chest wall kinematics during volitional pursed-lip breathing in COPD at rest. *Respir Med.* 101(7):1412–8.
15. Blackstock FC, Webster KE, McDonald CF, Hill CJ. 2014. Comparable improvements achieved in chronic obstructive pulmonary disease through pulmonary rehabilitation with and without a structured educational intervention: a randomized controlled trial. *Respirology.* 19(2):193–202.
16. Brach BB, Chao RP, Sgroi VL, Minh VD, Ashburn WL, Moser KM. 1977. 133Xenon washout patterns during diaphragmatic breathing. Studies in normal subjects and patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest.* 71(6):735-739
17. Bordoni B, Zanier E. 2013. Anatomic connections of the diaphragm: influence of respiration on the body system. *J Multidiscip Healthc.* 6: 281–291, doi: 10.2147/JMDH.S45443, indexed in Pubmed: 23940419

18. Breslin EH. 1995. Breathing retraining in chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil.* 15(1):25–33.
19. Breslin EH. 1992. The pattern of respiratory muscle recruitment during pursed-lip breathing. *Chest.* 101(1):75–8.
20. Byeon K, Choi JO, Yang JH, et al. 2012. The response of the vena cava to abdominal breathing. *J Altern Complement Med.* 18(2): 153–157, doi: 10.1089/acm.2010.0656, indexed in Pubmed: 22339104.
21. Cahalin LP, Braga M, Matsuo Y, Hernandez ED. 2002. Efficacy of diaphragmatic breathing in persons with chronic obstructive pulmonary disease: a review of the literature. *J Cardiopulm Rehabil.* 22(1):7–21.
22. Campbell EJM, Friend J. 1955. Action of breathing exercises in pulmonary emphysema. *Lancet.* 1:325-329.
23. Casciari RJ, Fairshter RD, Harrison A, Morrison JT, Blackburn C, Wilson AF. 1981. Effects of breathing retraining in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest.* 79(4):393–8.
24. Clugston RD, Greer JJ. 2007. Diaphragm development and congenital diaphragmatic hernia. *Semin Pediatr Surg.* 16(2):94–100.
25. Cole MB, Stansky C, Roberts FE, Hargen SM. 1962. Studies in emphysema: long-term results of training in diaphragmatic breathing on the course of obstructive emphysema. *Arch Phys Med Rehabil.* 43:561-564.
26. Collins EG, Langbein WE, Fehr L, O'Connell S, Jelinek C, Hagarty E, Edwards L, Reda D, Tobin MJ, Laghi F. 2008. Can ventilation-feedback training augment exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease? *Am J Respir Crit Care Med.* 177(8):844–52.
27. de Araujo CLP, Karloh M, Dos Reis CM, Palú M, Mayer AF. 2016. Pursed-lips breathing reduces dynamic hyperinflation induced by activities of daily living test in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomized cross-over study. *J Rehabil Med.* 47(10):957–62.
28. Delgado HR, Braun SR, Skatrud JB, Reddan WG, Pegelow DF. 1982. Chest wall and abdominal motion during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis.* 126:200-205.
29. De Troyer A, Sampson M, Sigrist S, et al. 1982. Action of costal and crural parts of the diaphragm on the rib cage in dog. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 53(1): 30–39, indexed in Pubmed: 7118646.
30. De Troyer A, Estenne M. 1988. Functional anatomy of the respiratory muscles. *Clin Chest Med.* 9(2): 175–193, indexed in Pubmed: 3292122.
31. Dolmage TE, Janaudis-Ferreira T, Hill K, Price S, Brooks D, Goldstein RS. 2013. Arm elevation and coordinated breathing strategies in patients with COPD. *Chest.* 144(1):128–35.
32. Downey R. 2011. Anatomy of the normal diaphragm. *Thorac Surg Clin.* 21(2):273–279. 2.
33. Dueker JA, Gabriel RJ, Tretter SM, Gordon EM, Sahrman SA. 1995. Intra and interrater reliability of a method of measuring chest expansion [abstract]. *Phys Ther.* 65(5):720.
34. Faager G, Stahle A, Larsen FF. 2008. Influence of spontaneous pursed lips breathing on walking endurance and oxygen saturation in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Rehabil.* 22(8):675–83.
35. Fernandes M, Cukier A, Feltrim MIZ. 2011. Efficacy of diaphragmatic breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chron Respir Dis.* 8(4):237–44.
36. Fell SC. 1998. Surgical anatomy of the diaphragm and the phrenic nerve. *Chest Surg Clin N Am.* 8(2): 281–294, indexed in Pubmed: 9619305.
37. Feldman D, Ouellette M, Villamez A, Massery M, Cahalin L. 1998. The relationship of ventilatory muscle strength to chest wall excursion in normal subjects and persons with cervical spinal cord injury. *Cardiopulmonary Physical Therapy.* 9(4):20.
38. Frank C, Kobesova A, Kolar P. 2013. Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther.* 8(1): 62–73, indexed in Pubmed: 23439921

39. Garrod R, Dallimore K, Cook J, Davies V, Quade K. 2005. An evaluation of the acute impact of pursed lips breathing on walking distance in nonspontaneous pursed lips breathing chronic obstructive pulmonary disease patients. *Chron Respir Dis.* 2(2): 67–72.
40. Gest TR, Hildebrandt S. 2009. The pattern of the thoracic splanchnic nerves as they pass through the diaphragm. *Clin Anat.* 22(7): 809–814.
41. Gilmartin JJ, Gibson GJ. 1986. Mechanisms of paradoxical rib cage motion in patients with COPD. *Am Rev Respir Dis.* 134:683- 687
42. Goldman MD, Mead J. 1973. Mechanical interaction between the diaphragm and rib cage. *J Appl Physiol.* 35(2): 197–204, indexed in Pubmed: 4723027
43. Goodman CG, Snyder TK. 2013. *Differential Diagnosis for Physical Therapists*, 5th Ed. Elsevier.
44. Gosselink R. 2004. Breathing techniques in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Chron Respir Dis.* 1(3):163–72.
45. Gosselink RA, Wagenaar RC, Rijswijk H, Sargeant AJ, Decramer ML. 1995. Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 151(4):1136-1142.
46. Grimby G, Oxhoj H, Bake B. 1975. Effects of abdominal breathing on distribution of ventilation in obstructive lung disease. *Clin Sci Molec Med.* 48:193-199.
47. Harris J, Johansen J, Pedersen S, Kinney-LaPier T. 1997. Site of measurement and subject position affect chest excursion measurements. *Cardiopulmonary Physical Therapy.* 8(4):12-17.
48. Hemborg B, Moritz U, Löwing H. 1985. Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. IV. The causal factors of the intra-abdominal pressure rise. *Scand J Rehabil Med.* 17(1): 25–38, indexed in Pubmed: 3159082.
49. Hodges PW, Gandevia SC. 2000. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *J Physiol.* 522 Pt 1: 165–175, indexed in Pubmed: 10618161.
50. Hodges PW, Gandevia SC. 2000. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol* (1985). 89(3): 967–976, indexed in Pubmed: 10956340.
51. Hodges PW, Butler JE, McKenzie DK, et al. 1997. Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *J Physiol.* 505 (Pt 2): 539–548, indexed in Pubmed: 9423192.
52. Hodges PW, Heijnen I, Gandevia SC. 2001. Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. *J Physiol.* 537(Pt 3): 999–1008, indexed in Pubmed: 11744772.
53. Holland AE, Hill CJ, Jones AY, McDonald CF. 2012. Breathing exercises for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 10:CD008250. doi:10.1002/14651858.CD008250.pub2.
54. Holliday JE, Ruppel GL. 1985. Breathing pattern changes in COPD patients using respiratory inductive plethysmograph and EMG feedback [abstract]. *Am Rev Resp Dis.* 132:A163.
55. Ingelmo PM, Bucciero M, Somaini M, et al. 2013. Intraperitoneal nebulization of ropivacaine for pain control after laparoscopic cholecystectomy: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Br J Anaesth.* 110(5): 800–806, doi: 10.1093/bja/ aes495, indexed in Pubmed: 23293276.
56. Ito M, Kakizaki F, Tsuzura Y, Yamada M. 1999. Immediate effect of respiratory muscle stretch gymnastics and diaphragmatic breathing on respiratory pattern: Respiratory Muscle Conditioning Group. *Intern Med.* 38(2):126-132.
57. Janssens L, Brumagne S, McConnell AK, et al. 2013. Greater diaphragm fatigability in individuals with recurrent low back pain. *Respir Physiol Neurobiol.* 188(2): 119–123, doi: 10.1016/j.resp.2013.05.028, indexed in Pubmed: 23727158
58. Janssens L, Brumagne S, Polspoel K, et al. 2010. The effect of inspiratory muscles fatigue on postural control in people with and without recurrent low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 35(10): 1088–1094, doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bee5c3, indexed in Pubmed: 20393397.

59. Jones AY, Dean E, Chow CC. 2003. Comparison of the oxygen cost of breathing exercises and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther.* 83(5):424–31.
60. Johnston R, Lee K. 1976. Myofeedback: a new method of teaching breathing exercises in emphysematous patients. *Phys Ther.* 56:826-831.
61. Kanamori K, Okubo K. 1996. Effects of pulmonary rehabilitation in patients with chronic respiratory failure. *Nihon Kyobu Shikkan Gakkai Zasshi.* 34(4):397-403.
62. Kimura BJ, Dalugdugan R, Gilcrease GW, et al. 2011. The effect of breathing manner on inferior vena cava diameter. *Eur J Echocardiogr.* 12(2): 120–123, doi: 10.1093/ejechocard/jeq157, indexed in Pubmed: 20980326.
63. Kocjan Janusz, Adamek Mariusz, Gzik-Zroska Bożena, Czyżewski Damian, Rydel Mateusz. 2017. *Advances in Respiratory Medicine.* vol. 85, no. 4, pages 224–232
64. Kolar P, Neuwirth J, Sanda J, et al. 2009. Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry. *Physiol Res.* 58(3): 383–392, indexed in Pubmed: 18637703.
65. Kolar P, Sulc J, Kyncl M, et al. 2010. Stabilizing function of the diaphragm: dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. *J Appl Physiol (1985).* 109(4): 1064–1071, doi: 10.1152/japplphysiol.01216.2009, indexed in Pubmed: 20705944.
66. Kulur AB, Haleagrahara N, Adhikary P, et al. 2009. Effect of diaphragmatic breathing on heart rate variability in ischemic heart disease with diabetes. *Arq Bras Cardiol.* 92(6): 423–463, indexed in Pubmed: 19629309.
67. Kurabayashi H, Machida I, Tamura K, Iwai F, Tamura J, Kubota K. 2000. Breathing out into water during subtotal immersion. *Am J Phys Med Rehabil.* 79:150-153.
68. Kurabayashi H, Kubota K, Machida I, Tamura K, Take H, Shirakura T. 1997. Effective physical therapy for chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Phys Med Rehabil.* 76:204-207.
69. Lee JS, Lee MS, Lee JY, et al. 2003. Effects of diaphragmatic breathing on ambulatory blood pressure and heart rate. *Biomed Pharmacother.* 57 Suppl 1: 87s–91s, indexed in Pubmed: 14572682.
70. Li J, Zhao Z, Zhou J, et al. 1996. A study of the three-dimensional organization of the human diaphragmatic lymphatic lacunae and lymphatic drainage units. *Ann Anat.* 178(6): 537–544, doi: 10.1016/S0940-9602(96)80113-0, indexed in Pubmed: 9010570.
71. Lewis LK, Williams MT, Olds T. 2007. Short-term effects on outcomes related to the mechanism of intervention and physiological outcomes but insufficient evidence of clinical benefits for breathing control: a systematic review. *Aust J Physiother.* 53(4):219–27.
72. Massery MP, Dreyer HE, Bjornson AS, Cahalin LP. 1997. Chest wall excursion and tidal volume change during passive positioning in cervical spinal cord injury [abstract]. *Cardiopulmonary Physical Therapy.* 8(4):27.
73. McCarthy B, Casey D, Devane D, Murphy K, Murphy E, Lacasse Y. 2015. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2:CD003793. doi:10.1002/14651858. CD003793.pub3.
74. McCoss, C., Johnston, R., Edwards, D., Millward, C. 2017. Preliminary evidence of Regional Interdependent Inhibition, using a ‘Diaphragm Release’ to specifically induce an immediate hypoalgesic effect in the cervical spine. *JBMT.* 20-22.
75. McKinley H, Gersten JW, Speck L. 1961. Pressure-volume relationships in emphysema patients before and after breathing exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 42:513-517.
76. McNeill RS, McKenzie JM. 1955. An assessment of the value of breathing exercises in chronic bronchitis and asthma. *Thorax.* 10: 250- 252.
77. Mead J. 1979. Functional significance of the area of apposition of diaphragm to rib cage [proceedings]. *Am Rev Respir Dis.* 119(2 Pt 2): 31–32, doi: 10.1164/arrd.1979.119.2P2.31, indexed in Pubmed: 426349.
78. Merrell AJ, Kardon G. 2013. Development of the diaphragm - a skeletal muscle essential for mammalian respiration. *FEBS J.* 280(17): 4026–4035, doi: 10.1111/febs.12274, indexed in Pubmed: 23586979.

79. Miller WF. 1954. A physiologic evaluation of the effects of diaphragmatic breathing training in patients with chronic pulmonary emphysema. *Am J Med.* 17:471-477.
80. Miller AD. 1990. Respiratory muscle control during vomiting. *Can J Physiol Pharmacol.* 68: 237–241.
81. Miller JD, Pegelow DF, Jacques AJ, et al. 2005. Skeletal muscle pump versus respiratory muscle pump: modulation of venous return from the locomotor limb in humans. *J Physiol.* 563 (Pt 3): 925–943, doi: 10.1113/jphysiol.2004.076422, indexed in Pubmed: 15649978.
82. Mirjalili SA, Hale SJ, Buckenham T, Wilson B, Stringer MD. 2012. A reappraisal of adult thoracic surface anatomy. *Clin Anat.* 25(7): 827–834. 9. Drake R, Vogl AW,
83. Mittal RK, Sivri B, Schirmer BD, et al. 1993. Effect of crural myotomy on the incidence and mechanism of gastroesophageal reflux in cats. *Gastroenterology.* 105(3): 740–747, indexed in Pubmed: 8359645
84. Montano N, Cogliati C, Porta A, et al. 1998. Central vagotonic effects of atropine modulate spectral oscillations of sympathetic nerve activity. *Circulation.* 98(14): 1394–1399, indexed in Pubmed: 9760293.
85. Mueller RE, Petty TL, Filley GF. 1970. Ventilation and arterial blood gas changes induced by pursed lips breathing. *J Appl Physiol.* 28(6):784–9.
86. Nakano M, Kishida R, Funakoshi K, et al. 2003. Central projections of thoracic splanchnic and somatic nerves and the location of sympathetic preganglionic neurons in *Xenopus laevis*. *J Comp Neurol.* 456(4): 321–337
87. Nield MA, Soo Hoo GW, Roper JM, Santiago S. 2007. Efficacy of pursed-lips breathing: a breathing pattern retraining strategy for dyspnea reduction. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 27(4):237–44.
88. Onodera A, Yazaki K. 1998. Effects of a short-term pulmonary rehabilitation program on patients with chronic respiratory failure due to pulmonary emphysema. *Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi.* 36(8):679-683.
89. Oyer LM, Knuth SL, Ward DK, et al. 1989. Reflex inhibition of crural diaphragmatic activity by esophageal distention in cats. *Respir Physiol.* 77(2): 195–202, indexed in Pubmed: 2781162.
90. Pasto M, Gea J, Aguar MC, et al. 2000. The characteristics of the mechanical activity of the respiratory muscles during the diaphragmatic respiration technic [in Spanish]. *Arch Bronconeumol.* 36(1):13-18.
91. Peiper C, Junge K, Prescher A, Stumpf M, Schumpelick V. 2004. Abdominal musculature and the transversalis fascia: an anatomical viewpoint. *Hernia.* 8(4):376–380.
92. Perry SF, Similowski T, Klein W, et al. 2010. The evolutionary origin of the mammalian diaphragm. *Respir Physiol Neurobiol.* 171(1): 1–16, doi: 10.1016/j.resp.2010.01.004, indexed in Pubmed: 20080210.
93. Pickering M, Jones JF. 2002. The diaphragm: two physiological muscles in one. *J Anat.* 201(4):305–312.
94. Roberts SE, Stern M, Schreuder FM, Watson T. 2009. The use of pursed lips breathing in stable chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review of the evidence. *Phys Therapy Rev.* 14(4):240–6.
95. Roos M, Kobza R, Jamshidi P, et al. 2009. Improved cardiac performance through pacing-induced diaphragmatic stimulation: a novel electrophysiological approach in heart failure management. *Europace.* 11(2): 191–199, doi: 10.1093/europace/eun377, indexed in Pubmed: 19168496.
96. Skladal J, Skarvan K, Ruth C, et al. 1969. Propos de l'activitie posturale du diaphragme chez l'Homme. *Journale de Physiologie.* 2: 405–406.
97. Sergysels R, DeCoster A, Degre S, Denolin H. 1979. Functional evaluation of a physical rehabilitation program including breathing exercises and bicycle training in chronic obstructive lung disease. *Respiration.* 38:105-111.
98. Sewall H, Pollard ME. 1890. On the Relations of Diaphragmatic and Costal Respiration, with particular reference to Phonation. *J Physiol.* 11(3): 159–178, indexed in Pubmed: 16991922.

99. Shields JW. 1992. Lymph, lymph glands, and homeostasis. *Lymphology*. 25(4): 147–153, indexed in Pubmed: 1293429.
100. Similowski T, Yan S, Gauthier AP, Macklem PT, Bellemare F. 1991. Contractile properties of the human diaphragm during chronic hyperinflation. *N Engl J Med*. 325:917-923.
101. Sharp JT, Druz WS, Moisan T, Foster J, Machnach W. 1980. Postural relief of dyspnea in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 122:201-221.
102. Sharp JT, Goldberg NB, Druz WS, Fishman HC, Danon J. 1977. Thoracoabdominal motion in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 115:47-56.
103. Sackner MA, Gonzalez H, Rodriguez M, Belsito A, Sackner DR, Grenvik S. 1984. Assessment of asynchronous and paradoxical motion between rib cage and abdomen in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 130:588-593.
104. Sackner MA, Gonzalez HF, Jenouri G, Rodriguez M. 1984. Effects of abdominal and thoracic breathing on breathing pattern components in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 130:584-587.
105. Sackner MA, Silva G, Banks JM, Watson DD, Smoak WM. 1974. Distribution of ventilation during diaphragmatic breathing in obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis*. 109(3):331-337.
106. Sinclair JD. 1955. The effect of breathing exercises in pulmonary emphysema. *Thorax*. 10:246-249.
107. Söyüncü S, Bektaş F, Cete Y. 2012. Traditional Kehr's sign: Left shoulder pain related to splenic abscess. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 18(1): 87–88, indexed in Pubmed: 22290058.
108. Spahija J, de Marchie M, Grassino A. 2005. Effects of imposed pursed-lips breathing on respiratory mechanics and dyspnea at rest and during exercise in COPD. *Chest*. 128(2):640–50.
109. Stauss H. 2003. Heart rate variability. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 285(5): R927–R931, doi: 10.1152/ajpregu.00452.2003.
110. Sutton CD, Marshall LJ, White SA, et al. 2002. Kehr's sign - a rare cause: spontaneous phrenic artery rupture. *ANZ J Surg*. 72(12): 913–914, indexed in Pubmed: 12523356.
111. Talasz H, Kremser C, Kofler M, Kalchschmid E, Lechleitner M, Rudisch A. 2011. Phase-locked parallel movement of diaphragm and pelvic floor during breathing and coughing – a dynamic MRI investigation in healthy females. *Int Urogynecol J*. 22(1):61–68.
112. Tandon MK. 1978. Adjunct treatment with yoga in chronic severe air- ways obstruction. *Thorax*. 33:514-517.
113. Tiep BL, Burns M, Kao D, Madison R, Herrera J. 1986. Pursed lips breathing training using ear oximetry. *Chest*. 90(2):218–21.
114. van Gestel AJ, Kohler M, Steier J, Teschler S, Russi EW, Teschler H. 2012. The effects of controlled breathing during pulmonary rehabilitation in patients with COPD. *Respiration*. 83(2):115–24.
115. van Dixhoorn J. 1997. Favorable effects of breathing and relaxation instructions in heart rehabilitation: a randomized 5-year follow up study. *Ned Tijdschr Geneesk*. 141(11): 530–534, indexed in Pubmed: 9190510.
116. Visser FJ, Ramlal S, Dekhuijzen PN, Heijdra YF. 2011. Pursed-lips breathing improves inspiratory capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration*. 81(5):372–8.
117. Vitacca M, Clini E, Bianchi L, Ambrosino N. 1998. Acute effects of deep diaphragmatic breathing in COPD patients with chronic respiratory insufficiency. *Eur Respir J*. 11(2):408-415.

- 118.Vostatek P, Novák D, Rychnovský T, et al. 2013. Diaphragm postural function analysis using magnetic resonance imaging. PLoS One. 8(3): e56724, doi: 10.1371/journal.pone.0056724, indexed in Pubmed: 23516397.
- 119.Wade OL. 1954. Movements of the thoracic cage and diaphragm in respiration. J Physiol. 124:193
- 120.Wallden M. 2017. The diaphragm – More than an inspired design. Journal of Bodywork & Movement Therapies. 21: 342–349
- 121.Willeput R, Vachaudez JP, Lenders D, Nys A, Knoop T, Sergysels R. 1983. Thoracoabdominal motion during chest physiotherapy in patients affected by chronic obstructive lung disease. Respiration. 44:204-214.
- 122.Williams IP, Smith CM, McGavin CR. 1982. Diaphragmatic breathing training and walking performance in chronic airways obstruction. Br J Dis Chest. 76(2):164-166.
- 123.Yamaguti WP, Claudino RC, Neto AP, Chammas MC, Gomes AC, Salge JM, Moriya HT, Cukier A, Carvalho C. 2012. Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil. 93(4):571–7.

BIBΛIA – αναφορά κεφαλαίου

1. DeBurgh DM. 1986. Interactions between respiration and circulation. In: Cherniack NS, Widdicombe JG. ed. Handbook of Physiology, Section 3: The Respiratory System, Vol II: Control of Breathing, Part 2. American Physiological Society, Bethesda 529–594.
2. Faling LJ. 1993. Controlled breathing techniques and chest physical therapy in chronic obstructive pulmonary disease and allied conditions. In: Principles and Practice of Pulmonary Rehabilitation. Philadelphia, Pa: WB Saunders; chap 14.
3. Hill, C. 2018. Breathing Exercises and Mucus Clearance Techniques in Pulmonary Rehabilitation. In: *Textbook of Pulmonary Rehabilitation*, Springer, pp. 205 – 216.
4. Shrager, J. 2015. Overview of the Anatomy, Physiology, and Pathophysiology of the Diaphragm. In: *Adult chest surgery*, 2nd edn, McGraw-Hill Medical, 1188 – 1196

BIBΛIA

1. Bell C. 1826. The Anatomy and Physiology of the Human Body. 6th ed. Longman, Rees, London.
2. Brannon F. 1998. Cardiopulmonary Rehabilitation: Basic Theory and Application. 3rd ed. Philadelphia: FA Davis Company.
3. Casaburi R, Petty TL. 1993. Principles and Practice of Pulmonary Rehabilitation. Philadelphia, Pa: WB Saunders Co.
4. Drake R, Vogl AW, Mitchell AWM. 2009. Gray's Anatomy for Students, 2nd ed. New York, NY: Elsevier-Churchill-Livingstone.
5. Frownfelter D, Dean E. 1996. Principles and Practice of Cardiopulmonary Physical Therapy. 3rd ed. Mosby-Yearbook.
6. Still AT. 1899. Philosophy of osteopathy. Mo: A.T. Still, Kirksville.
7. Stone C. 1999. Science in the art of osteopathy. Osteopathic principles and practice. Stanley Thornes Ltd, Cheltenham.

Ελληνική Βιβλιογραφία

ΒΙΒΛΙΑ

1. Γίγης Π. 2007. Το Περιφερικό και το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα. Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα.
2. Συλλογικό έργο. 2006. Ιατρικό Λεξικό. Εκδόσεις Πασχαλίδης, Θεσσαλονίκη.
3. Χριστάρα – Παπαδοπούλου Α. 2014. Αναπνευστική Φυσικοθεραπεία – Καρδιοαναπνευστική Λειτουργία. Θεσσαλονίκη.

ΒΙΒΛΙΑ – μετεφρασμένα

1. Platzer W. 2009. Εγχειρίδιο Περιγραφική Ανατομικής. Κινητικό Σύστημα. Broken Hill Publishers LTD, Λευκωσία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε στους φοιτητές για τις ανάγκες της έρευνας.

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των προπτυχιακών σπουδών μου, στο Τμήμα Φυσικοθεραπείας του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης, εκπονείται πτυχιακή εργασία, με τίτλο «Η ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΒΙΟΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.».

Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο αποτελεί ερευνητικό εργαλείο στη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας με σκοπό να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης στη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής.

Παρακαλώ διαβάστε προσεκτικά την κάθε ερώτηση.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη και τα στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν μόνο για ερευνητικούς λόγους.

Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων για τη συμμετοχή σας και για τη διάθεση του πολύτιμου χρόνου σας!

Περδικάρη Αγγελική

Φοιτήτρια, Τμήμα Φυσικοθεραπείας Α.Τ.Ε.Ι.Θ.

Ανάπτυξη πειραματικής συσκευής βιοανατροφοδότησης για τη διδασκαλία της διαφραγματικής αναπνοής. Πιλοτική Έρευνα.

Ημερομηνία: _____

Χώρος Εξέτασης: _____

Επάγγελμα (Αν είστε φοιτητής, συμπληρώστε το τμήμα, τη σχολή, το έτος και το ίδρυμα στο οποίο σπουδάζετε) : _____

Φύλο: ΑΡΡΕΝ _____ ΘΗΛΥ _____

Ημερ/νια Γέννησης: _____

Ύψος: _____

Βάρος: _____

Είμαι καπνιστής/-στρια: ΝΑΙ _____ ΟΧΙ _____

Αν ΝΑΙ, Καπνιστική ηλικία: _____ Τσιγάρα/ Ημέρα: _____

Είμαι αθλητής/-τρια: ΝΑΙ _____ ΟΧΙ _____

Αν ΝΑΙ, Αθλητική ηλικία: _____ Άθλημα: _____

Παίζω πνευστό όργανο: ΝΑΙ _____ ΟΧΙ _____

Πάσχω από τις παρακάτω παθήσεις:

Κύφωση: _____

Σκολίωση: _____

Κυφοσκολίωση: _____

Λόρδωση: _____

Κυστική Ίνωση: _____

ΧΑΠ: _____

Άσθμα: _____

Δεν πάσχω από καμία πάθηση: _____

Άλλη πάθηση: _____

Προσπάθεια 1^η Percentage Maximum: _____ Λαμπάκια: _____

Προσπάθεια 2^η Percentage Maximum: _____ Λαμπάκια: _____

Προσπάθεια 3^η Percentage Maximum: _____ Λαμπάκια: _____

Προσπάθεια 4^η Percentage Maximum: _____ Λαμπάκια: _____

Πόσο σε βοήθησε η πειραματική συσκευή βιοανατροφοδότησης στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής;

ΚΑΘΟΛΟΥ

ΛΙΓΟ

ΜΕΤΡΙΑ

ΠΟΛΥ

ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ

Πόσο σε βοήθησε η καθιερωμένη μέθοδος διδασκαλίας, με την εφαρμογή των χεριών στην κοιλιά, στην εκτέλεση της διαφραγματικής αναπνοής;

ΚΑΘΟΛΟΥ

ΛΙΓΟ

ΜΕΤΡΙΑ

ΠΟΛΥ

ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ