

Σύγχρονη φυσικοθεραπευτική αντιμετώπιση της διάστασης του ορθού κοιλιακού σε γυναίκες μετά την εγκυμοσύνη

Σκούρα Αναστασία¹, Μπίλλη Ευδοκία²

¹Υποψήφια Διδάκτωρ, Εργαστήριο Κλινικής Φυσικοθεραπείας και Έρευνας, Τμήμα Φυσικοθεραπείας, Σχολή Επιστημών Αποκατάστασης Υγείας, Πανεπιστήμιο Πατρών (Διευθ.: Τμήμα Φυσικοθεραπείας, ΣΕΑΥ, Παν/μιο Πατρών, Ψαρρών 6, Αίγιο 25100, Τηλ. 6947784948, email: a.skoura@upatras.gr)

²Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Φυσικοθεραπείας, Εργαστήριο Κλινικής Φυσικοθεραπείας και Έρευνας, Σχολή Επιστημών Αποκατάστασης Υγείας, Πανεπιστήμιο Πατρών

DOI: [1055742/NEPA367](https://doi.org/10.55742/NEPA367)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διάσταση του ορθού κοιλιακού (ΔΟΚ) αποτελεί δυσλειτουργία του συνδετικού ιστού άμεσα συνδεδεμένη με την περίοδο της εγκυμοσύνης και της λοχείας, η οποία δύναται να επιφέρει σημαντική σωματική και αισθητική δυσλειτουργία στη γυναίκα. Η πιθανή σύνδεση της με άλλες μυοσκελετικές δυσλειτουργίες της περιοχής, όπως δυσλειτουργίες του πυελικού εδάφους, οσφυαλγία σχετιζόμενη με εγκυμοσύνη ή αδυναμία των μυών του κορμού καθιστούν την αντιμετώπιση της αρκετά σημαντική για την διατήρηση της λειτουργικότητας και της ποιότητας ζωής των γυναικών μετά τον τοκετό. Σύμφωνα με διεθνείς κατευθυντήριες οδηγίες, η συντηρητική αντιμετώπιση της ΔΟΚ αποτελεί θεραπεία πρώτης γραμμής, ωστόσο δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ ερευνητών για το βέλτιστο πρόγραμμα θεραπευτικής άσκησης. Η παρούσα ανασκόπηση εστιάζει σε νεότερα επιστημονικά δεδομένα που αφορούν την αποκατάσταση της ΔΟΚ, ενώ προτείνονται και ενδεικτικές κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

Λέξεις κλειδιά: Διάσταση του ορθού κοιλιακού, θεραπευτική άσκηση, αξιολόγηση, πυελικό έδαφος, αναπνευστική λειτουργία, διάφραγμα

SUMMARY

Diastasis recti abdominis (DRA) is a connective tissue impairment commonly seen in pregnant and postpartum women, causing significant physical and cosmetic concerns. Possible connections of DRA to several musculoskeletal dysfunctions, such as pelvic floor dysfunctions, pregnancy-related low back pain and impaired abdominal muscle strength have been postulated; thus, making DRA management important for the functionality and the quality of life of women following pregnancy. According to international guidelines, conservative management of DRA is the gold standard approach nowadays. However, there is no consensus in literature, about the most effective type of rehabilitation exercises for DRA. The aim of this review is to report current evidence on DRA rehabilitation as well as make suggestions for future clinical research.

Key words: Diastasis recti abdominis, DRA, rehabilitation, therapeutic exercise, assessment, pelvic floor, respiratory function, diaphragm

Εισαγωγή

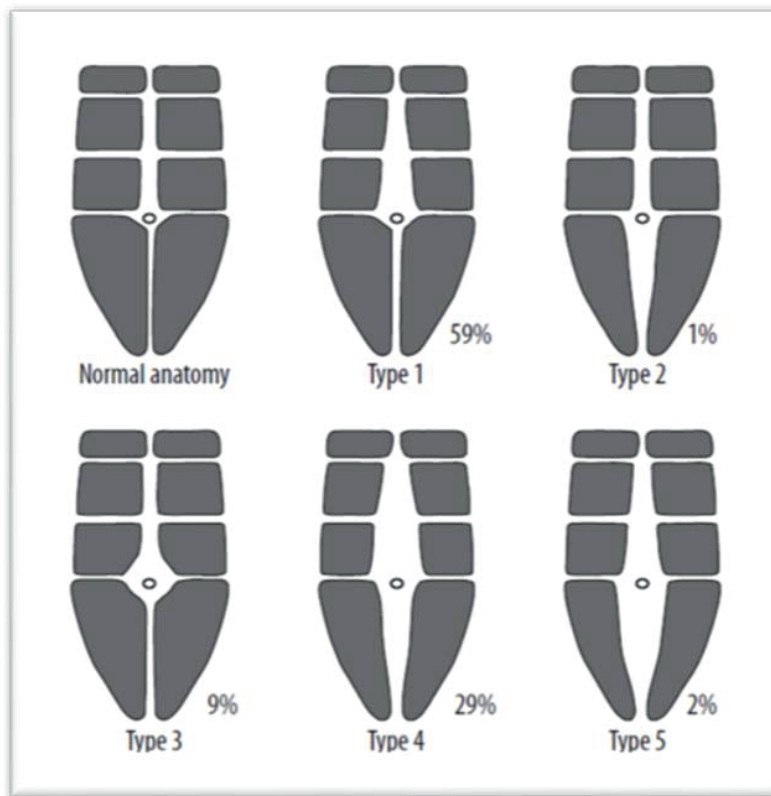
Η διάσταση του ορθού κοιλιακού (ΔΟΚ) αποτελεί δυσλειτουργία του συνδετικού ιστού, η οποία χαρακτηρίζεται από απομάκρυνση (διάσταση) των δύο τμημάτων του ορθού κοιλιακού μυός στην περιοχή της λευκής γραμμής, λόγω της διάτασης και λέπτυνσης αυτής. Η διάσταση αυτή γίνεται αντιληπτή από την προεξοχή του κοιλιακού τοιχώματος προς τα εμπρός κατά τη μυϊκή προσπάθεια, λόγω της χαλαρότητας-αδυναμίας του να υποστηρίξει τα κοιλιακά όργανα (Beer et al., 2009).

Η ΔΟΚ μπορεί να είναι συγγενής (συναντάται κατά κύριο λόγο σε νεογνά), ή επίκτητη. Η επίκτητη μορφή παρατηρείται πιο συχνά κατά την περίοδο της εγκυμοσύνης και της λοχείας (Michalska et al., 2018). Οι ορμονικές μεταβολές και η επίδραση τους στο συνδετικό ιστό, η αύξηση του μεγέθους της μήτρας, καθώς και η αυξημένη ενδοκοιλιακή πίεση εξαιτίας του αναπτυσσόμενου εμβρύου, αποτελούν πιθανές αιτίες εμφάνισης της διάστασης του ορθού κοιλιακού (Boissonnault & Blaschak, 1988; Lo et al., 1999). Άλλοι παράγοντες κινδύνου που αναφέρονται από τη βιβλιογραφία είναι οι πολλαπλές κυήσεις, η ηλικία της μητέρας, η καισαρική τομή, η μακροσωμία του εμβρύου, η άρση βάρους και οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τη φροντίδα του βρέφους (Benjamin et al., 2018). ΔΟΚ μπορεί επίσης να

εμφανιστεί και σε άλλους πληθυσμούς, όπως άνδρες ηλικίας 50-60 ετών, άτομα με υψηλό δείκτη μάζας σώματος (BMI), ηλικιωμένους, άτομα με διαταραχές της δομής του κολλαγόνου που οφείλονται σε γενετικούς παράγοντες καθώς και σε ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε μείζονες χειρουργικές επεμβάσεις κοιλίας και επεμβάσεις παχυσαρκίας (Brauman, 2008; Beer et al., 2009).

Εγκυμοσύνη και ΔΟΚ

Σύμφωνα με μελέτη των Gilleard και Brown (1996) η διάσταση μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών ξεκινά μετά από την 14η εβδομάδα της κύησης και αυξάνεται προοδευτικά έως και τον τοκετό. Η διάσταση εμφανίζεται συνήθως στην περιοχή του ομφαλού και μπορεί να εκτείνεται προς την ξιφοειδή απόφυση ή και προς την ηβική σύμφυση (Keeler et al., 2012). Οι Corvino et al. (2019) περιέγραψαν 5 ανατομικά μοντέλα διάστασης και τη συχνότητα με την οποία αυτά εμφανίζονται, λαμβάνοντας μετρήσεις μέσω υπερήχου πραγματικού χρόνου από ένα δείγμα 82 ασθενών (Εικ. 1). Η επίπτωση της ΔΟΚ κατά την περίοδο της εγκυμοσύνης εκτιμάται μεταξύ 66% και 100% κατά τη διάρκεια του τελευταίου τριμήνου, και 53% κατά το πρώτο εικοσιτετράωρο μετά τον τοκετό (Boissonnault & Blaschak, 1988; Candido et al., 2005). Κατά την περίοδο της λοχείας η επίπτωση της ΔΟΚ εκτιμάται έως 46% κατά τους πρώτους έξι μήνες και έως 36%, δώδεκα μήνες μετά τον τοκετό (Boissonnault & Blaschak, 1988; Candido et al., 2005; Sperstad et al., 2016). Σύμφωνα με τους Coldron et al. (2008), συνήθως η ΔΟΚ υποχωρεί προοδευτικά έως οκτώ εβδομάδες μετά τον τοκετό, και μετά το διάστημα αυτό σταθεροποιείται. Ορισμένες μελέτες περιπτώσεων αναφέρουν μια μερική υποχώρηση της ΔΟΚ τέσσερις εβδομάδες μετά τον τοκετό (Hsia & Jones, 2000), και οκτώ εβδομάδες μετά τον τοκετό (Boissonnault & Blaschak, 1988), ενώ άλλες μελέτες υποστηρίζουν ότι η παρουσία της ΔΟΚ σε ποσοστό 39% έξι μήνες μετά τον τοκετό υποδηλώνει ότι η αποδρομή της ΔΟΚ βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη (Mota et al., 2015). Αν και η ΔΟΚ φαίνεται ότι δεν αποδράμει πλήρως στο 36% των γυναικών δώδεκα μήνες μετά τον τοκετό (Boissonnault & Blaschak, 1988; Candido et al., 2005; Sperstad et al., 2016), έως σήμερα δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα για την επίπτωση ή την εξέλιξή της μετά από αυτό το χρονικό διάστημα.



Εικόνα 1: Ανατομικά μοντέλα ΔΟΚ και συχνότητα με την οποία εμφανίζονται (τροποποιημένο από Corvino et al., 2019)

Δείκτης Διάστασης μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών (Inter-recti distance)

Η βαρύτητα της ΔΟΚ εκτιμάται μέσω του δείκτη διάστασης μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών (Inter-Recti Distance / IRD). Ο υπολογισμός του δείκτη διάστασης γίνεται μέσω ψηλάφησης, μέτρησης με μεζούρα ή δερματοπτυχόμετρο, με υπέρηχο πραγματικού χρόνου καθώς και μέσω αξονικής ή μαγνητικής τομογραφίας. Όσον αφορά τη φυσικοθεραπευτική αξιολόγηση, η εκτίμηση της διάστασης με δερματοπτυχόμετρο αποτελεί ικανοποιητική μέθοδο μέτρησης στην κλινική πρακτική, ενώ η ψηλάφηση της λευκής γραμμής και η μέτρηση με βάση το πλάτος των δακτύλων του εξεταστή προτείνεται να χρησιμοποιείται μόνο για τη διάκριση (screening) των ασθενών που εμφανίζουν ΔΟΚ από εκείνους που δεν εμφανίζουν (van de Water & Benjamin, 2016). Σε μελέτες της τελευταίας δεκαετίας, προτείνεται η μέτρηση της ΔΟΚ με απεικόνιση της μέσω υπέρηχου πραγματικού χρόνου, ως η πλέον αξιόπιστη μέθοδος μέτρησης για ερευνητικούς σκοπούς (van de Water & Benjamin, 2016). Σύμφωνα με τους Rath et al. (1996), ως παθολογική χαρακτηρίζεται η διάσταση πάνω από 2,7 cm μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών στο επίπεδο του

ομφαλού, ενώ σύμφωνα με τους Beer et al. (2009) ως παθολογική χαρακτηρίζεται η διάσταση πάνω από 2,2 cm σε απόσταση 3 cm από τον ομφαλό. Άλλοι συγγραφείς (Lo et al., 1999; Chiarello et al., 2005) χαρακτηρίζουν ως παθολογική οποιαδήποτε διάσταση μεγαλύτερη από 2 cm σε ένα ή περισσότερα σημεία αξιολόγησης (στο επίπεδο του ομφαλού, 4,5 cm πάνω από τον ομφαλό και 4,5 cm κάτω από αυτόν). Οι Candido et al. (2005) χαρακτηρίζουν ως ήπια τη ΔΟΚ που μετράται >2,5 cm κατά τη διάρκεια σύσπασης (curl-up), ενώ οι Mota et al. (2018) θεωρούν τις τιμές διάστασης μεταξύ 1,7 και 2,8 cm φυσιολογικές κατά τους πρώτους έξι μήνες μετά τον τοκετό.

Σχέση της ΔΟΚ με άλλες δυσλειτουργίες

Η προβολή του κοιλιακού τοιχώματος κατά τη σύσπαση των κοιλιακών μυών δημιουργεί αμηχανία και αρνητική εικόνα σώματος για τις γυναίκες που παρουσιάζουν ΔΟΚ, οδηγώντας τις πολύ συχνά στην αναζήτηση κάποιου επαγγελματία υγείας για την αντιμετώπιση της δυσλειτουργίας. Ωστόσο, η ΔΟΚ δεν αποτελεί μόνο αισθητικό πρόβλημα, αλλά ενδέχεται να σχετίζεται και με άλλες δυσλειτουργίες. Το κοιλιακό τοίχωμα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη στάση του σώματος, στη σταθεροποίηση του κορμού και της πυέλου, στη λειτουργία της αναπνοής, στην κινητικότητα του κορμού και την υποστήριξη των σπλάγγων. Μελέτες αναφέρουν ότι η απομάκρυνση των δύο ορθών κοιλιακών από τη μέση γραμμή ενδέχεται να δημιουργεί μηχανικό μειονέκτημα (Gilleard & Brown, 1996), να μειώνει την ικανότητα των μυών να παράγουν δύναμη και ως αποτέλεσμα να επηρεάζει τις λειτουργίες που αναφέρθηκαν (Fast et al., 1990; Lee et al., 2008; Liaw et al., 2011). Αυτή η τροποποίηση της «μηχανικής» του κορμού σε συνδυασμό με τη χαλαρότητα των συνδέσμων και το αυξημένο φορτίο που δέχεται το σώμα κατά την περίοδο της λοχείας, δύναται να συμβάλλει στην ελλιπή σταθεροποίηση και έλεγχο της λεκάνης σε σχέση με τον κορμό, στην τροποποίηση της στάσης του σώματος, σε πιθανό πόνο στην περιοχή της κοιλιάς, οσφυϊκό ή/και πυελικό πόνο και δυσλειτουργία στους μύες του πυελικού εδάφους (Gunnarsson et al., 2015; Parker et al., 2008; Benjamin et al., 2018).

Ορισμένοι ερευνητές, ωστόσο αμφισβητούν αυτές τις απόψεις (Bø et al., 2017; Tuttle et al., 2018). Σύμφωνα με συστηματική ανασκόπηση των Benjamin et al. (2018), δεν υπάρχουν επαρκή ερευνητικά δεδομένα για να υποστηρίξουν την πιθανή

σχέση μεταξύ της ΔΟΚ και του οσφυϊκού ή πυελικού πόνου ή της ακράτειας. Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι η ΔΟΚ σχετίζεται με την πρόπτωση πυελικών οργάνων, την σοβαρότητα του οσφυϊκού πόνου, τη δύναμη των κοιλιακών μυών και την ποιότητα ζωής. Επιπλέον, μελέτες υποστηρίζουν ότι η συντηρητική αποκατάσταση της ΔΟΚ μέσω ενός προγράμματος θεραπευτικής άσκησης μπορεί να βελτιώσει τη δύναμη των κοιλιακών μυών και κατά συνέπεια τη λειτουργικότητα των ασθενών μετά τον τοκετό (Kamel & Yousif, 2017; Keshwani et al., 2021).

Συντηρητική αντιμετώπιση της διάστασης του ορθού κοιλιακού

Η συντηρητική αντιμετώπιση της ΔΟΚ προτείνεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως θεραπεία πρώτης γραμμής (Carlstedt et al., 2021). Οι ασθενείς συνήθως παραπέμπονται σε ένα φυσικοθεραπευτή εξειδικευμένο στον τομέα της υγείας των γυναικών, ώστε να ενταχθούν σε ένα πρόγραμμα αποκατάστασης. Το πρόγραμμα αποκατάστασης συνήθως περιλαμβάνει ασκήσεις επανεκπαίδευσης των κοιλιακών μυών, και άλλες συντηρητικές παρεμβάσεις, όπως επανεκπαίδευση της στάσης, στρατηγικές αντιμετώπισης της οσφυαλγίας, υποστήριξη της περιοχής της κοιλιάς με κάποιο κορσέ ή ζώνη, αναπνευστικές ασκήσεις, προγράμματα αερόβιας άσκησης κ.ά. (Mesquita et al., 1999; Sheppard, 1996; Thornton & Thornton, 1993; Zappile-Lucis, 2009; Keeler et al., 2012). Η ανελαστική και ελαστική περίδεση (taping), η χειροθεραπεία, η βιοανάδραση (biofeedback) και ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός χρησιμοποιούνται επίσης κλινικά και για ερευνητικούς σκοπούς με καλά αποτελέσματα ως προς τη σύγκλιση της ΔΟΚ (Mesquita et al., 1999; Sheppard, 1996; Thornton & Thornton, 1993; Zappile-Lucis, 2009; Keeler et al., 2012; Kamel & Yousif, 2017; Tuttle et al., 2018; Keshwani et al., 2019).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η οριζόντια διάταξη των μυϊκών ινών του εγκάρσιου κοιλιακού, καθώς και η ικανότητα του να μεταβάλλει την ενδοκοιλιακή πίεση, συνεισφέρει σημαντικά στη σταθερότητα του κορμού και την υποστήριξη των κοιλιακών οργάνων κατά τη μυϊκή σύσπαση (Hodges et al., 2003). Οι ερευνητές εικάζουν ότι η υποστήριξη της κοιλιάς μέσω κάποιου κορσέ ή ζώνης, πιθανότατα προστατεύει τη διαδικασία αναδιαμόρφωσης του κολλαγόνου στην περιοχή της λευκής γραμμής και προσφέρει συμπίεση στην κοιλιά και την οσφυοπυελική περιοχή, προσομοιάζοντας έτσι, την υποστήριξη που παρέχει ο εγκάρσιος κοιλιακός μυς.

Παράλληλα, η συμπίεση αυτή είναι πιθανό να συνεισφέρει και στην ενεργοποίηση του εγκάρσιου κοιλιακού μέσω ερεθισμάτων ιδιοδεκτικής ανατροφοδότησης (Benjamin et al., 2014; Keshwani et al., 2019). Αν και η υποστήριξη της κοιλιάς με ζώνη ή κορσέ δεν έχει επαρκή επιστημονική τεκμηρίωση, προτείνεται η εφαρμογή της σε συνδυασμό με ασκήσεις αποκατάστασης των κοιλιακών μυών (Benjamin et al., 2014). Σύμφωνα με τους Kamel και Yousif (2017), η εφαρμογή ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού στον ορθό κοιλιακό σε συνδυασμό με θεραπευτικές ασκήσεις κοιλιακών, είχε καλύτερα αποτελέσματα ως προς τη σύγκλιση της ΔΟΚ σε σχέση με την εφαρμογή μόνο θεραπευτικών ασκήσεων κοιλιακών. Ωστόσο, ο ρόλος του ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού στην αποκατάσταση της ΔΟΚ οφείλει να διερευνηθεί περαιτέρω. Σε μελέτη των Tuttle et al. (2018), η εφαρμογή κινησιοπερίδεσης (kinesiotape) στην περιοχή της λευκής γραμμής σε συνδυασμό με ασκήσεις ενεργοποίησης του εγκάρσιου κοιλιακού δεν ενίσχυσε τα αποτελέσματα της άσκησης στη σύγκλιση της ΔΟΚ. Ωστόσο, η εφαρμογή κινησιοπερίδεσης προτείνεται ως ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση για την ενίσχυση της σύσπασης του εγκάρσιου κοιλιακού μυός. Έως σήμερα, δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που να υποστηρίζουν τη χρήση της χειροθεραπείας και της βιοανάδρασης (biofeedback) στην αποκατάσταση της ΔΟΚ.

Ένα κλασικό θεραπευτικό πρόγραμμα άσκησης περιλαμβάνει συνήθως ασκήσεις επανεκπαίδευσης των μυών του πυελικού εδάφους (σε ποσοστό 87%), του εγκάρσιου κοιλιακού (σε ποσοστό 89%), αναπνευστικές ασκήσεις, ασκήσεις της μεθόδου Noble (δια χειρός συμπλησίαση των δύο ορθών κοιλιακών κατά τη διάρκεια ασκήσεων κοιλιακών τύπου sit-ups) και της μεθόδου Tupler (αναπνευστικές ασκήσεις, ασκήσεις επανεκπαίδευσης του εγκάρσιου κοιλιακού και λειτουργικές ασκήσεις σε συνδυασμό με ζώνη κοιλιάς) καθώς και άλλα είδη ασκήσεων (Keeler et al., 2012; Tuttle et al., 2018). Ορισμένες κλινικές μελέτες αναφέρουν θετικά αποτελέσματα της θεραπευτικής άσκησης όσον αφορά τη σύγκλιση της ΔΟΚ (Tuttle et al., 2018; Keshwani et al., 2019), ωστόσο τα αποτελέσματα αφορούν πολύ μικρό δείγμα ασθενών και η μεθοδολογική τους ποιότητα αξιολογείται ως χαμηλή (Gluppe et al., 2021). Στις περισσότερες μελέτες, παρουσιάζεται μεγάλη ετερογένεια όσον αφορά τα μέτρα έκβασης, τις μεθόδους και τα οδηγία σημεία μέτρησης της διάστασης, το κατώτερο όριο προσδιορισμού της διάστασης και το περιεχόμενο της

θεραπευτικής παρέμβασης. Ως αποτέλεσμα, δεν έχει διαμορφωθεί έως σήμερα κάποιο ευρέως αποδεκτό πρωτόκολλο ασκήσεων (Benjamin et al., 2014; Gluppe et al., 2021).

Προγράμματα Θεραπευτικής Άσκησης – Επιστημονική Τεκμηρίωση

Έχει αποδειχθεί ερευνητικά ότι η αποτελεσματική σύσπαση του πυελικού εδάφους προκαλεί μια συνσύσπαση του εγκάρσιου κοιλιακού μυός (Sapsford et al., 2001; Bø et al., 2003; Pereira et al., 2013). Έχει επίσης παρατηρηθεί, ότι το διάφραγμα συνεργάζεται στενά με τους μύες του πυελικού εδάφους (Avery et al., 2000; O' Sullivan et al., 2002; Pool- Goudzwaard et al., 2005). Τα σύγχρονα προγράμματα θεραπευτικής άσκησης για την αντιμετώπιση της ΔΟΚ βασίζονται στο σχεδιασμό τους στα νεότερα επιστημονικά δεδομένα σχετικά με τη συνεργασία αυτών των εν τω βάθει μυών, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως τοπικοί σταθεροποιοί του κορμού.

Πολλά προγράμματα αποκατάστασης για τη ΔΟΚ χρησιμοποιούν ασκήσεις ενεργοποίησης του πυελικού εδάφους, άλλοτε συνδυαστικά με ασκήσεις ενεργοποίησης του εγκάρσιου κοιλιακού και κλασικές ασκήσεις κοιλιακών και άλλοτε ως μεμονωμένες συσπάσεις. Ωστόσο, προγράμματα αποκατάστασης που ενσωματώνουν συσπάσεις αυτών των μυών σε μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση των Gluppe et al. (2021), δεν φάνηκε να υπερέχουν έναντι άλλων προγραμμάτων.

Ελάχιστες μελέτες που αφορούν την αποκατάσταση της ΔΟΚ χρησιμοποιούν αναπνευστικές ασκήσεις (Mesquita et al., 1999; Thabet & Alshehri, 2019). Σε αυτά τα προγράμματα αποκατάστασης η διαφραγματική αναπνοή χρησιμοποιείται μόνο με σκοπό να επιστρατεύσει συνεργατικά τους εν τω βάθει μύες του κορμού (εγκάρσιο κοιλιακό και μύες του πυελικού εδάφους). Έχει παρατηρηθεί, ότι το διάφραγμα συνεργάζεται στενά με τον εγκάρσιο κοιλιακό και τους μύες του πυελικού εδάφους αυξάνοντας την ενδοκοιλιακή πίεση σε καταστάσεις όπου απαιτείται σταθεροποίηση του κορμού (Shirley et al., 2003; Hodges et al., 2003; Hodges et al., 2005; Beales et al., 2009). Επιπλέον, σε κλινικές μελέτες έχει παρατηρηθεί μια μείωση της κινητικότητας του διαφράγματος και μια μειωμένη ικανότητα του να αυξάνει την ενδοκοιλιακή πίεση σε ασθενείς με χρόνια οσφυαλγία (Hodges & Richardson, 1997;

Hodges & Gandevia, 2000; Hodges et al., 2001; Kolář et al., 2012). Οι Dülger et al. (2018) παρατήρησαν ότι οι ασκήσεις επανεκπαίδευσης των μυών του κορμού έχουν ως αποτέλεσμα μυϊκή υπερτροφία του διαφράγματος, εύρημα που είναι πιθανό να συνεισφέρει στην περαιτέρω βελτίωση της σταθεροποίησης του κορμού. Ωστόσο, για την επιβεβαίωση αυτής της υπόθεσης απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

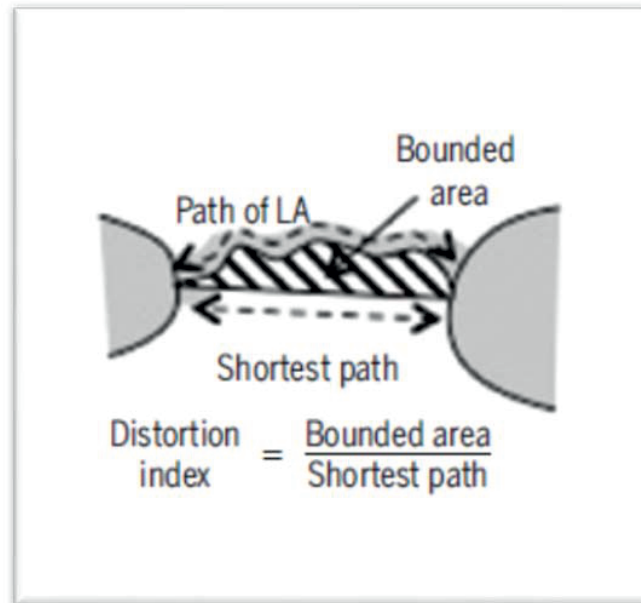
Σε πρόσφατη τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη, οι Park και Lee (2019) εφάρμοσαν ένα προοδευτικό πρόγραμμα αποκατάστασης των μυών του κορμού σε συνδυασμό με άσκηση ενδυνάμωσης των αναπνευστικών μυών με αντίσταση σε ασθενείς με οσφυαλγία. Για την ενδυνάμωση του διαφράγματος και των επικουρικών αναπνευστικών μυών χρησιμοποιήθηκε εξασκητής αναπνοής προκαθορισμένου φορτίου. Η παρέμβαση είχε καλά αποτελέσματα ως προς τη μείωση του πόνου, τη λειτουργική ικανότητα και την αναπνευστική λειτουργία των ασθενών. Σε ελεγχόμενες τυχαιοποιημένες κλινικές μελέτες παρόμοιου σχεδιασμού, φάνηκε ότι η ενδυνάμωση του διαφράγματος και των επικουρικών εισπνευστικών μυών έχει ως αποτέλεσμα την υπερτροφία και άλλων εν τω βάθει σταθεροποιητικών μυών του κορμού (πολυσχιδής και εγκάρσιος κοιλιακός) και ενδέχεται επίσης να συνεισφέρει στη βελτίωση της ιδιοδεκτικής πληροφόρησης και το νευρομυϊκό έλεγχο του κορμού (Janssens et al., 2015; Finka et al., 2018). Η ενδυνάμωση του διαφράγματος θα μπορούσε να βελτιώσει το στατικό και δυναμικό έλεγχο του κορμού και σε ασθενείς με ΔΟΚ. Η προσαρμογή της παραπάνω ερευνητικής υπόθεσης σε ένα πληθυσμό ασθενών με ΔΟΚ θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποια κλινική μελέτη που να διερευνά αυτού του είδους την παρέμβαση.

Στην κλινική πρακτική, οι γυναίκες με ΔΟΚ συχνά αποθαρρύνονται από δραστηριότητες που έχουν ως αποτέλεσμα την διάνοιξη της διάστασης και την προεξοχή του κοιλιακού τοιχώματος, όπως παραδοσιακές ασκήσεις κοιλιακών (crunches, sit-ups), ασκήσεις πλάγιων κοιλιακών, ασκήσεις από ύπτια θέση με άρση των κάτω άκρων από το έδαφος, άρση μεγάλου βάρους καθώς και έντονο βήχα, χωρίς κάποιου είδους υποστήριξη του κοιλιακού τοιχώματος (Keeler et al., 2012; Benjamin et al., 2014). Ερευνητικά, έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες σχετικά με το στόχο των ασκήσεων αποκατάστασης και υπάρχει διχογνωμία, σχετικά με το αν οι ασκήσεις θα πρέπει να έχουν ως άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση ή τη μείωση της διάστασης μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών (Lee & Hodges, 2016; Gluppe et al., 2020). Σε μελέτη παρατήρησης των Pascoal et al. (2014), οι ασκήσεις κοιλιακών τύπου curl- up

μείωσαν την διάσταση μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών (IRD – Inter Recti Distance) κατά την εκτέλεση της άσκησης, όπως παρατηρήθηκε μέσω υπερηχογραφικής απεικόνισης. Οι Gluppe et al. (2020) σε περιγραφική μελέτη τους, παρατήρησαν επίσης ότι οι ασκήσεις τύπου curl-up με ταυτόχρονη στροφή του κορμού μπορούν να μειώσουν άμεσα τη διάσταση, πάνω και κάτω από τον ομφαλό. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην συμπλησίαση των δύο ορθών κοιλιακών καθώς ευθυγραμμίζονται κατά την σύσπασή τους (Pascoal et al., 2014). Αντίθετα, η μεμονωμένη σύσπασή του εγκάρσιου κοιλιακού μυός φάνηκε να αυξάνει τη διάσταση μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών σε δύο μελέτες, κι αυτό πιθανότατα δικαιολογείται από την οριζόντια κατεύθυνση των μυϊκών ινών που τον απαρτίζουν (Mota et al., 2012; Pascoal et al., 2014). Αύξηση της διάστασης προέκυψε και σε μελέτες που διερεύνησαν τη μεμονωμένη επίδραση της σύσπασής των μυών του πυελικού εδάφους στη ΔΟΚ (Theodorsen et al., 2019; Gluppe et al., 2020).

Οι Lee και Hodges (2016) μελέτησαν υπερηχογραφικά τη σύσπασή του ορθού κοιλιακού με ταυτόχρονη ενεργοποίηση του εγκάρσιου κοιλιακού μυός και παρατήρησαν διεύρυνση της διάστασης, σε σχέση με την εικόνα της κατά την μεμονωμένη σύσπασή του ορθού κοιλιακού. Ωστόσο, κατά τη συνσύσπασή των μυών αυτών (εγκάρσιου κοιλιακού και ορθού κοιλιακού μυός) παρατηρήθηκε μικρότερη παραμόρφωση της λευκής γραμμής. Οι ερευνητές εκτιμούν ότι η αυξημένη τάση της λευκής γραμμής είναι απαραίτητη για την υποστήριξη των σπλάγχχνων και τη μεταφορά δυνάμεων διαμέσου του κοιλιακού τοιχώματος, και για το λόγο αυτό θα πρέπει η αποκατάσταση να στοχεύει στην εφαρμογή τάσης στη λευκή γραμμή, ακόμη κι αν αυτό σημαίνει πως οι μυϊκές συσπάσεις θα διευρύνουν την διάσταση μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών (Lee & Hodges, 2016). Μάλιστα, οι Lee και Hodges, προσδιόρισαν έναν νέο δείκτη μέτρησης της διάστασης, τον δείκτη παραμόρφωσης (Distortion Index) για την αξιολόγηση της παραμόρφωσης της λευκής γραμμής ως έμμεσο τρόπο εκτίμησης της τάσης που εφαρμόζεται σε αυτήν. Ο δείκτης αυτός δίνει τη δυνατότητα ποσοτικής εκτίμησης της τάσης που εφαρμόζεται στη λευκή γραμμή, μέσω υπερηχογραφίας πραγματικού χρόνου. Για τη μέτρηση αυτή σηματοδοτείται η συνολική περιοχή που φαίνεται απεικονιστικά ότι «παραμορφώνεται» με μία δραστηριότητα, έναντι της μικρότερης διαδρομής (ελάχιστης απόστασης) μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών μυών που παρατηρείται κατά τη δραστηριότητα αυτή (Εικ. 2). Έτσι, ο δείκτης παραμόρφωσης της λευκής γραμμής υπολογίζεται βάσει του

μαθηματικού τύπου ($DI = \text{περιοχή παραμόρφωσης} / \text{ελάχιστη απόσταση}$). Ωστόσο, ο δείκτης DI, δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής ως προς την εκτίμηση της τάσης που εφαρμόζεται, καθώς η παραμόρφωση της λευκής γραμμής επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως η αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης. Για το λόγο αυτό, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την εγκυρότητα και αξιοπιστία του.



Εικόνα 2: Υπολογισμός δείκτη παραμόρφωσης της λευκής γραμμής (*Distortion Index - DI*). Σχεδιάγραμμα βάσει της υπερηχογραφικής απεικόνισης της λευκής γραμμής (τροποποιημένο από Lee & Hodges, 2016)

Σε συνέχεια της παραπάνω υπόθεσης, οι Keshwani et al (2021), υποστηρίζουν ότι ασκήσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα τη φόρτιση της λευκής γραμμής μέσω τάσης (π.χ. μέσω ασκήσεων ενεργοποίησης του εγκάρσιου κοιλιακού) μπορούν να κινητοποιήσουν μια διαδικασία αναδιαμόρφωσης (remodeling) του συνδετικού ιστού, βοηθώντας τελικά στη σύγκλιση της διάστασης. Σύμφωνα με τους Tuttle et al. (2018) το πλάτος και το μήκος της ΔΟΚ, καθώς και η ικανότητα των ασθενών να μειώνουν τη διάσταση είναι πιθανό να μην έχουν τόσο μεγάλη κλινική σημασία. Αντίθετα δίνουν μεγάλη βαρύτητα στον επαρκή νευρομυϊκό έλεγχο και την ικανότητα αυτών των ασθενών να επιστρατεύουν κατάλληλα το μυϊκό τους σύστημα, για να επιτύχουν την βέλτιστη κοιλιακή και οσφυοπυελική σταθερότητα, μέσω του «παθητικού» (form closure) και του «δυναμικού» (force closure) συστήματος του κορμού. Για το σκοπό αυτό, οι περισσότεροι ερευνητές επιλέγουν ασκήσεις ενεργοποίησης του εγκάρσιου κοιλιακού σε συνδυασμό με κινήσεις των άκρων, στροφικές κινήσεις του κορμού, προοδευτικές παραλλαγές αυτών των ασκήσεων,

καθώς και περισσότερο λειτουργικές ασκήσεις από διάφορες θέσεις φόρτισης του κορμού (Benjamin et al., 2014; Gluppe et al., 2021). Από άποψη λειτουργικής ανατομικής και φυσιολογίας του συνδετικού και μυοτενόντιου ιστού η κλινική αυτή άποψη θεωρείται βάσιμη και λογική. Επομένως, το μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα αυτού του τύπου αποκατάστασης στη διάσταση μεταξύ των δύο ορθών κοιλιακών και η επίδραση του στο νευρομυϊκό έλεγχο του κορμού σε στατικές και δυναμικές καταστάσεις, καθώς και στη γενικότερη λειτουργικότητα των ασθενών θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω.

Οι Keshwani et al. (2021) σε τυχαίοποιημένη κλινική μελέτη, επέλεξαν ως μέρος του προγράμματος θεραπευτικής άσκησης για τη ΔΟΚ, και μία παραλλαγή της άσκησης sit-up, που ξεκινά από καθιστή θέση και περιλαμβάνει έκκεντρη συστολή του ορθού κοιλιακού (με τον κορμό να κινείται από την ημικαθιστή προς την ύπτια θέση). Κατά τη διάρκεια της άσκησης, υπήρχε υποστήριξη της κοιλιάς από πετσέτα ή σεντόνι για τον περιορισμό της διάνοιξης της διάστασης και της προβολής του κοιλιακού τοιχώματος. Στη συγκεκριμένη μελέτη, η συνολική επίδραση του προγράμματος αποκατάστασης στη μυϊκή δύναμη του κορμού ήταν καλή, ωστόσο, το αποτέλεσμα αυτό δεν μπορεί να αποδοθεί μεμονωμένα στην έκκεντρη αυτή άσκηση. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι μυϊκές προσαρμογές που συνοδεύουν την άσκηση μέσω έκκεντρης μυϊκής συστολής είναι σημαντικά καλύτερες, σε σχέση με αυτές που προκύπτουν από την άσκηση μέσω ισομετρικής ή σύγκεντρης μυϊκής συστολής. Αυτές οι μυϊκές προσαρμογές αφορούν τη δύναμη (Hortobagyi et al., 1996), τη μυϊκή μάζα (Roig et al., 2009) και τις προσαρμογές στην αρχιτεκτονική διάταξη των μυϊκών ινών (μήκος των μυϊκών δεματίων και γωνία πτέρωσης) (Ema et al. 2016). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Kues και Mayhew (1996), κατά την έκκεντρη μυϊκή συστολή παράγονται μεγαλύτερες δυνάμεις σε σχέση με τη σύγκεντρη μυϊκή συστολή, με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η μετακίνηση του ίδιου φορτίου με έκκεντρη, παρά με σύγκεντρη μυϊκή συστολή. Ωστόσο, οι μυϊκές προσαρμογές της έκκεντρης μυϊκής συστολής στον ορθό κοιλιακό δεν έχουν διερευνηθεί εκτενώς, ενώ η επίδραση της έκκεντρης μυϊκής συστολής στη σύγκλιση της ΔΟΚ παραμένει άγνωστη.

Συζήτηση

Σύμφωνα με τα τελευταία ερευνητικά δεδομένα, δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ των ερευνητών ως προς το πρόγραμμα αποκατάστασης που μπορεί καλύτερα να ωφελήσει τους ασθενείς με ΔΟΚ (Gluppe et al., 2021). Στη βιβλιογραφία παρουσιάζεται μεγάλη ετερογένεια ως προς τα προγράμματα που επιλέγονται, ενώ οι περισσότερες μελέτες είναι χαμηλής μεθοδολογικής ποιότητας με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων μεθόδων αποκατάστασης (Keeler et al., 2012; Benjamin et al., 2014; Gluppe et al., 2021). Επιπλέον, οι περισσότερες ερευνητικές μελέτες δεν ακολουθούν τις συστάσεις για τον σχεδιασμό ενός κατάλληλου προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης, όσον αφορά την επιβάρυνση, τη συχνότητα και την προοδευτικότητα του προγράμματος. Έτσι, η ελλιπής αποτελεσματικότητα ορισμένων προγραμμάτων αποκατάστασης στη μείωση της ΔΟΚ είναι πιθανό να οφείλεται και στο μη επαρκές προπονητικό φορτίο (Gluppe et al., 2021). Λαμβάνοντας υπόψη τη βιβλιογραφία (Coldron et al., 2008), η πλειοψηφία των μελετών εστιάζει στην περίοδο άμεσα μετά τον τοκετό έως και τους πρώτους έξι μήνες. Ωστόσο, η πιθανή αυτόματη αποδρομή της ΔΟΚ κατά το διάστημα αυτό είναι πιθανό να επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα των μελετών (Mota et al., 2015). Παράλληλα, ενώ η μεμονωμένη επίδραση των κλασικών ασκήσεων κοιλιακών και της δραστηριοποίησης των εν τω βάθει σταθεροποιητών μυών του κορμού (εγκάρσιου κοιλιακού και πυελικού εδάφους) στη σύγκλιση της ΔΟΚ άμεσα κατά τη διάρκεια της σύσπασης έχει περιγραφεί, δεν είναι γνωστή η μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα αυτών των μυϊκών συσπάσεων, καθώς στα προγράμματα αποκατάστασης εφαρμόζεται συνήθως ένας συνδυασμός ασκήσεων. Το μικρό δείγμα και οι διαφορετικές μέθοδοι αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται σε πολλές μελέτες καθιστούν δύσκολη τη γενίκευση των αποτελεσμάτων τους.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για το σταθεροποιητικό ρόλο του διαφράγματος στον έλεγχο του κορμού και τη συμμετοχή του στην αποκατάσταση διάφορων μυοσκελετικών παθήσεων όπως η οσφυαλγία. Σε πρόσφατες κλινικές μελέτες που εστιάζουν στην αποκατάσταση ασθενών με οσφυαλγία, το πρόγραμμα αποκατάστασης των μυών του κορμού εμπλουτίστηκε με ασκήσεις ενδυνάμωσης του διαφράγματος και των επικουρικών εισπνευστικών μυών μέσω εξασκητή προκαθορισμένου φορτίου με θετικά αποτελέσματα ως προς τη μείωση του πόνου και τη λειτουργικότητα των ασθενών. Ο σταθεροποιητικός ρόλος

του διαφράγματος στην αποκατάσταση της ΔΟΚ δεν έχει διερευνηθεί ακόμη. Ωστόσο η ενδυνάμωση του διαφράγματος είναι πιθανό να συνεισφέρει στη συνολική βέλτιστη λειτουργία των μυών του κορμού και τη διευκόλυνση της μεταφοράς δυνάμεων διαμέσου του κοιλιακού τοιχώματος, ιδιαίτερα αν οι ασκήσεις εισπνευστικής αντίστασης συνδυαστούν με ασκήσεις ενεργοποίησης του εγκάρσιου κοιλιακού και των μυών του πυελικού εδάφους, ασκώντας τάση στην περιοχή της λευκής γραμμής.

Μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η προσαρμογή στο πρόγραμμα αποκατάστασης της ΔΟΚ, ασκήσεων έκκεντρης μυϊκής συστολής, που εκτιμούμε ότι θα μπορούσε να έχει σημαντική επίδραση στη μυϊκή δύναμη, ανάπτυξη και διάταξη των μυϊκών ινών, πιθανότατα διευκολύνοντας τη σύγκλιση της ΔΟΚ (Hortobagyi et al., 1996; Roig et al., 2009; Ema et al. 2016).

Συμπερασματικά, καθίσταται σαφές ότι η αποκατάσταση της ΔΟΚ αποτελεί ένα ερευνητικό πεδίο που χρήζει περαιτέρω μελέτης, ώστε να διατυπωθούν ξεκάθαρα συμπεράσματα και κατευθυντήριες οδηγίες για τους επαγγελματίες υγείας. Υπάρχει ανάγκη για μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα ασθενών, και σχεδιασμό κατάλληλων προοδευτικών προγραμμάτων αποκατάστασης που θα δίνουν μεγάλη σημασία στη νευρομυϊκή συναρμογή και λειτουργική αποκατάσταση των ασθενών με ΔΟΚ. Η διεξαγωγή ποιοτικών τυχαιοποιημένων κλινικών μελετών θα καλύψει τα κενά της βιβλιογραφίας, θα διαμορφώσει νέες αποτελεσματικές μεθόδους αποκατάστασης για τους ασθενείς με ΔΟΚ και θα προτείνει νέες ερευνητικές κατευθύνσεις στην επιστημονική κοινότητα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Avery AF, O'Sullivan PB, McCallum MJ. Evidence of pelvic floor muscle dysfunction in subjects with chronic sacroiliac joint pain syndrome. In: Proceedings of the 7th scientific conference of the IFOMT. Perth 2000; 35–38
2. Beales DJ, O'Sullivan PB, Briffa NK. Motor control patterns during an active straight leg raise in pain-free subjects. *Spine*. 2009; 34(1): E1-E8.
3. Beer GM, Schuster A, Seifert B, Manestar M, Mihic-Probst D, Weber SA. The normal width of the linea alba in nulliparous women. *Clin Anat*. 2009;22(6):706-711.
4. Benjamin DR, van de Water AT, Peiris CL. Effects of exercise on diastasis of the rectus abdominis muscle in the antenatal and postnatal periods: a systematic review. *Physiotherapy*. 2014;100(1):1-8.
5. Benjamin DR, Frawley HC, Shields N, van de Water ATM, Taylor NF. Relationship between diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM) and musculoskeletal dysfunctions, pain and quality of life: a systematic review. *Physiotherapy*. 2018;105(1):24-34.
6. Bø K, Sherburn M, Allen T. Transabdominal ultrasound measurement of pelvic floor muscle activity when activated directly or via a transversus abdominis muscle contraction. *Neurourology and Urodynamics*. 2003;22(6):582-588.
7. Bø K, Hilde G, Tennfjord MK, Sperstad JB, Engh ME. Pelvic floor muscle function, pelvic floor dysfunction and diastasis recti abdominis: prospective cohort study. *Neurourol Urodyn*. 2017;36(3):716–721.
8. Boissonnault JS, Blaschak MJ. Incidence of diastasis recti abdominis during the childbearing year. *Phys Ther* 1988;68:1082–6.
9. Brauman D. Diastasis recti: clinical anatomy. *Plast Reconstr Surg* 2008;122:1564–9.
10. Candido G, Lo T, Janssen P. Risk factors for diastasis of the recti abdominis. *J Assoc Char Physiother Womens Health* 2005;97:49–54.
11. Carlstedt A, Bringman S, Egberth M, et al. Management of diastasis of the rectus abdominis muscles: recommendations for swedish national guidelines. *Scand J Surg*. 2021;110(3):452-459.
12. Chiarello CM, Falzone LA, McCaslin KE, Patel MN, Ulery KR. The effects of an exercise program on diastasis recti abdominis in pregnant women. *J Womens Health Phys Ther* 2005;29:11–6

13. Coldron Y, Stokes MJ, Newham DJ, Cook K. Postpartum characteristics of rectus abdominis on ultrasound imaging. *Man Ther.* 2008;13(2):112-121.
14. Corvino A, Rosa D, Sbordone C, et al. Diastasis of rectus abdominis muscles: patterns of anatomical variation as demonstrated by ultrasound. *Pol J Radiol.* 2019;84:e542-e548.
15. Dülger E, Bilgin S, Bulut E, et al. The effect of stabilization exercises on diaphragm muscle thickness and movement in women with low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2018;31(2):323-329.
16. Ema R, Akagi R, Wakahara T, Kawakami Y. Training-induced changes in architecture of human skeletal muscles: current evidence and unresolved issues. *J Phys Fit Sports Med.* 2016;5(1):37–46.
17. Fast A, Weiss L, Ducommun EJ, Medina E, Butler JG. Low-back pain in pregnancy. Abdominal muscles, sit-up performance, and back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1990;15:28–30.
18. Finta R, Nagy E, Bender T. The effect of diaphragm training on lumbar stabilizer muscles: a new concept for improving segmental stability in the case of low back pain. *J Pain Res.* 2018;11:3031-3045.
19. Gilleard W, Brown J. Structure and function of the abdominal muscles in primigravid subjects during pregnancy and the immediate postbirth period. *Phys Ther* 1996;76:750–62.
20. Gluppe SB, Engh ME, Bø K. Immediate Effect of Abdominal and Pelvic Floor Muscle Exercises on Interrecti Distance in Women With Diastasis Recti Abdominis Who Were Parous. *Phys Ther.* 2020;100(8):1372-1383.
21. Gluppe S, Engh ME, Bø K. What is the evidence for abdominal and pelvic floor muscle training to treat diastasis recti abdominis postpartum? A systematic review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther.* 2021;S1413-3555(21)00073-3.
22. Gunnarsson U, Stark B, Dahlstrand U, Strigård K. Correlation between abdominal rectus diastasis width and abdominal muscle strength. *Dig Surg.* 2015;32(2):112-116.
23. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy.* 1997; 77(2): 132-42.
24. Hodges PW, Gandevia S. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *The Journal of Physiology.* 2000; 522(1): 165-75.
25. Hodges PW, Heijnen I, Gandevia SC. Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. *The Journal of Physiology.* 2001; 537(3): 999-1008.

26. Hodges P, Kaigle Holm A, Holm S, et al. Intervertebral stiffness of the spine is increased by evoked contraction of transversus abdominis and the diaphragm: in vivo porcine studies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(23):2594-2601.
27. Hodges PW, Eriksson AM, Shirley D, Gandevia SC. Intraabdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*. 2005; 38(9): 1873-80.
28. Hortobágyi T, Hill JP, Houmard JA, Fraser DD, Lambert NJ, Israel RG. Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *J Appl Physiol* (1985). 1996;80(3):765-772.
29. Hsia M, Jones S. Natural resolution of rectus abdominis diastasis. Two single case studies. *Aust J Physiother*. 2000;46(4):301-307.
30. Janssens L, McConnell AK, Pijnenburg M, et al. Inspiratory muscle training affects proprioceptive use and low back pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(1):12-19.
31. Kamel DM, Yousif AM. Neuromuscular Electrical Stimulation and Strength Recovery of Postnatal Diastasis Recti Abdominis Muscles. *Ann Rehabil Med*. 2017;41(3):465-474.
32. Keeler, J., Albrecht, M., Eberhardt, L., Horn, L., Donnelly, C., & Lowe, D.L. Diastasis Recti Abdominis: A Survey of Women's Health Specialists for Current Physical Therapy Clinical Practice for Postpartum Women. *J Women's Health Phys Ther*. 2012;36(3);131–142.
33. Keshwani N, Mathur S, McLean L. The impact of exercise therapy and abdominal binding in the management of diastasis recti abdominis in the early post-partum period: a pilot randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract*. 2021;37(9):1018-1033.
34. Kolář P, Šulc J, Kyncl M, Šanda J, Čákrť O, Anđel R, et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012; 42(4): 352-62.
35. Kues JM, Mayhew TP. Concentric and eccentric force-velocity relationships during electrically induced submaximal contractions. *Physiother Res Int*. 1996;1(3):195-204.
36. Lee DG, Lee LJ, McLaughlin L. Stability, continence and breathing: the role of fascia following pregnancy and delivery. *J Bodywork MoveTher* 2008;12:333–48.

37. Lee D, Hodges PW. Behavior of the Linea Alba During a Curl-up Task in Diastasis Rectus Abdominis: An Observational Study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016;46(7):580-589.
38. Liaw LJ, Hsu MJ, Liao CF, Liu MF, Hsu AT. The relationships between inter-recti distance measured by ultrasound imaging and abdominal muscle function in postpartum women: a 6-month follow-up study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(6):435-443.
39. Lo T, Candido G, Janssen P. Diastasis of the recti abdominis in pregnancy: risk factors and treatment. *Physiother Can* 1999;51:32–6,44
40. Mesquita LA, Machado AV, Andrade AV. Physiotherapy for reduction of diastasis of the recti abdominis muscles in the postpartum period. *Rev Brasil Ginecol Obstet* 1999;21:267–72 .
41. Michalska A, Rokita W, Wolder D, Pogorzelska J, Kaczmarczyk K. Diastasis recti abdominis - a review of treatment methods. *Ginekol Pol.* 2018;89(2):97-101.
42. Mota P, Pascoal AG, Sancho F, Bø K. Test-retest and intrarater reliability of 2-dimensional ultrasound measurements of distance between rectus abdominis in women. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:940-946.
43. Mota, P. G. F. da, Pascoal, A. G. B. A., Carita, A. I. A. D., & Bø, K. Prevalence and risk factors of diastasis recti abdominis from late pregnancy to 6 months postpartum, and relationship with lumbo-pelvic pain. *Manual Therapy* 2015, 20(1), 200–205.
44. Mota P, Pascoal AG, Carita AI, Bø K. Normal width of the inter-recti distance in pregnant and postpartum primiparous women. *Musculoskelet Sci Pract.* 2018 ;35:3437.
45. O'Sullivan PB, Beales DJ, Beetham JA, et al. Altered motor control strategies in subjects with sacroiliac joint pain during the active straight-leg-raise test. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(1):E1-E8.
46. Park SH, Lee MM. Effects of a Progressive Stabilization Exercise Program Using Respiratory Resistance for Patients with Lumbar Instability: A Randomized Controlled Trial. *Med Sci Monit.* 2019;25:1740-1748.
47. Parker, M. A., Millar, L. A., & Dugan, S. A. (2009). Diastasis Rectus Abdominis and Lumbo-Pelvic Pain and Dysfunction-Are They Related? *J Women's Health Phys Ther.* 2008;33(2):15 -22.

48. Pascoal AG, Dionisio S, Cordeiro F, Mota P. Interrectus distance in postpartum women can be reduced by isometric contraction of the abdominal muscles: a preliminary case–control study. *Physiotherapy*. 2014;100:344-348.
49. Pereira LC, Botelho S, Marques J, et al. Are transversus abdominis/oblique internal and pelvic floor muscles coactivated during pregnancy and postpartum? *Neurourology and Urodynamics*. 2013;32(5):416-419.
50. Pool-Goudzwaard, A. L., Slieker ten Hove, M. C. P. H., Vierhout, M. E., Mulder, P. H., Pool, J. J. M., Snijders, C. J., & Stoeckart, R. Relations between pregnancy-related low back pain, pelvic floor activity and pelvic floor dysfunction. *International Urogynecology Journal*, 2005; 16(6), 468–474.
51. Rath AM, Attali P, Dumas JL, Goldlust D, Zhang J, Chevrel JP. The abdominal linea alba: an anatomico-radiologic and biomechanical study. *Surg Radiol Anat* 1996; 18:281–8.
52. Roig M, O'Brien K, Kirk G, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2009;43(8):556-568.
53. Sapsford RR, Hodges PW, Richardson CA, Cooper DH, Markwell SJ, Jull GA. Co-activation of the abdominal and pelvic floor muscles during voluntary exercises. *Neurourology and Urodynamics*. 2001;20(1):31-42.
54. Sheppard S. Case study. The role of transversus abdominis in postpartum correction of gross diastasis recti. *Man Ther* 1996;1:214–6.
55. Shirley D, Hodges P, Eriksson A, Gandevia S. Spinal stiffness changes throughout the respiratory cycle. *Journal of Applied Physiology*. 2003; 95(4): 1467-75.
56. Sperstad JB, Tennfjord MK, Hilde G, Ellström-Engh M, Bø K. Diastasis recti abdominis during pregnancy and 12 months after childbirth: prevalence, risk factors and report of lumbopelvic pain. *Br J Sports Med*. 2016;50(17):1092-1096.
57. Thabet AA, Alshehri MA. Efficacy of deep core stability exercise program in postpartum women with diastasis recti abdominis: a randomised controlled trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2019;19(1):62-68.
58. Theodorsen NM, Strand LI, Bø K. Effect of pelvic floor and transversus abdominis muscle contraction on inter-rectus distance in postpartum women: a cross-sectional experimental study. *Physiotherapy*. 2019;105(3):315-320.
59. Thornton SL, Thornton SJ. Management of gross diastasis of the recti abdominis in pregnancy and labour. *Physiotherapy* 1993 ;79:457–8.

60. Tuttle LJ, Fasching J, Keller A, et al. Noninvasive Treatment of Postpartum Diastasis Recti Abdominis: A Pilot Study. *Journal of Women's Health Physical Therapy*. 2018;42(2):65-75.
61. van de Water AT, Benjamin DR. Measurement methods to assess diastasis of the rectus abdominis muscle (DRAM): A systematic review of their measurement properties and meta-analytic reliability generalisation. *Man Ther*. 2016; 21: 41-53.
62. Zappile-Lucis M. Quality of life measurements and physical therapy management of a female diagnosed with diastasis recti abdominis. *J Womens Health Phys Ther* 2009;33:22.