



ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
<<ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ>>

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
« ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΑ ΜΕΤΑ
ΑΠΟ ΕΝΑΝ ΧΕΙΡΙΣΜΟ ΕΠΙΣΤΡΑΤΕΥΣΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΩΝ ΣΕ
ΛΑΠΑΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΑ»

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΓΡΙΒΑ

ΑΘΗΝΑ

02 - 2024

Τριμελής Επιτροπή Διπλωματικής Εργασίας

Εγκεκριμένη από τη Συνέλευση της Ιατρικής Σχολής, στη συνεδρίαση της 28.09.2023

Ροβίνα Νικολέττα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Πνευμονολογίας - Εντατικής Θεραπείας,
Ε.Κ.Π.Α. (Επιβλέπουσα)

Ντάγανου Μαρία

Χαντζιάρη Βασιλική

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας μου, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Ροβίνα Νικολέττα για την άψογη συνεργασία μας, την άμεση ανταπόκριση στους προβληματισμούς μου, τις συμβουλές και την άρτια καθοδήγησή της σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας έρευνας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κ. Βαλσαμίδα Δημήτριο, διευθυντή του αναισθησιολογικού τμήματος στο Γ.Ν.Α. << ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ >>, καθώς επίσης και σε όλο το υπόλοιπο αναισθησιολογικό τμήμα, για την πολύτιμη βοήθειά και υποστήριξή τους στη διεξαγωγή του ερευνητικού πρωτοκόλλου.

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για την υπομονή και την υποστήριξη τους. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Ανδρέα και το Δημήτρη για την πολύτιμη συμβολή τους στη διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους συναδέλφους, άμεσα ή έμμεσα εμπλεκόμενους στην ερευνητική διεργασία, για τη συνεργασία τους και τη θετική τους στάση.

Στην οικογένειά μου

Περίληψη

Εισαγωγή: Τα τελευταία χρόνια, η λαπαροσκοπική χειρουργική είναι η μέθοδος εκλογής για τη χειρουργική αντιμετώπιση πολλών γυναικολογικών παθήσεων. Το πνευμοπεριτόναιο και η θέση Trendelenburg μειώνουν την ενδοτικότητα προκαλώντας μετεγχειρητικές επιπλοκές εκ του αναπνευστικού. Οι χειρισμοί επιστράτευσης των κυψελίδων <<ανοίγουν>> τις κυψελίδες αποκαθιστώντας την ενδοτικότητα και βελτιώνοντας την ανταλλαγή αερίων.

Σκοπός: Η διερεύνηση της υπόθεσης ότι ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων μπορεί να αποκαταστήσει την ενδοτικότητα των πνευμόνων στις αρχικές τιμές μετά από μια λαπαροσκοπική γυναικολογική χειρουργική επέμβαση.

Υλικό και Μέθοδος: Στη μελέτη συμμετείχαν 31 ασθενείς οι οποίες υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπική γυναικολογική επέμβαση. Τέθηκαν σε προστατευτικό μηχανικό αερισμό με $V_t = 6 \text{ ml/kg}$ του ιδανικού βάρους σώματος και θετική τελοεκπνευστική πίεση (positive end-expiratory pressure, PEEP) = $5 \text{ cm H}_2\text{O}$. Ένας χειρισμός επιστράτευσης των κυψελίδων (incremental and decremental positive end-expiratory pressure) εφαρμόστηκε δέκα λεπτά μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου. Οι μηχανικές ιδιότητες του αναπνευστικού συστήματος και τα αποτελέσματα από τα αέρια αίματος καταγράφηκαν σε 8 διαφορετικούς χειρουργικούς χρόνους: μετά την εισαγωγή στην αναισθησία (T1), στη θέση λιθοτομής (T2), στη θέση Trendelenburg (T3), 10 και 90 λεπτά μετά την εμφύσηση CO_2 (T4 και T5), σε ύπτια θέση (T7), μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου (T7) και 10 λεπτά μετά από έναν χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων (T8).

Αποτελέσματα: Μετά την εισαγωγή στην αναισθησία (T1) η μέση τιμή της ενδοτικότητας του πνεύμονα ήταν $58,2 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$. Το πνευμοπεριτόναιο και η θέση Trendelenburg προκάλεσαν μείωση της ενδοτικότητας κατά 18,21% (T7 vs T1; $P < 0.05$) σε σχέση με την αρχική τιμή. Μετά το χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων, η ενδοτικότητα αυξήθηκε κατά 22% συγκριτικά με η μέση τιμή της ενδοτικότητας τη χρονική στιγμή T1 (T8 vs. T1; $P < 0.05$).

Συμπεράσματα: Η ενδοτικότητα του πνεύμονα δεν επανέρχεται στις αρχικές τιμές μετά από λαπαροσκοπικές γυναικολογικές επεμβάσεις. Ωστόσο, ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου, είναι ωφέλιμος καθώς βελτιώνει την ενδοτικότητα και την ανταλλαγή των αερίων.

Λέξεις κλειδιά: Πνευμονική ενδοτικότητα, Χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων, Λαπαροσκοπικές επεμβάσεις, Ανταλλαγή αερίων, Πνευμοπεριτόναιο, θέση Trendelenburg

Abstract

Introduction: In recent years, laparoscopic surgery is the method of choice concerning the surgical treatment of many gynaecological diseases. Pneumoperitoneum and Trendelenburg position reduce lung compliance causing postoperative respiratory complications. Alveolar recruitment manoeuvres “open” the collapsed alveoli restoring compliance and improving gas exchange.

Aim of the study: The purpose of this research is to investigate the hypothesis that an alveolar recruitment manoeuvre can restore lung compliance to initial values after a laparoscopic gynaecological surgery.

Material and Method: In this studied, 31 patients who underwent laparoscopic gynaecological surgery were enrolled. Protective mechanical ventilation was applied ($V_t = 6$ ml/kg of ideal body weight and positive end expiratory pressure (PEEP) = 6-8 cm H₂O). The radial artery was catheterized in all patients. An alveolar recruitment manoeuvre (incremental and decremental positive end-expiratory pressure) was applied ten minutes after release of the pneumoperitoneum. The respiratory mechanics and blood gas results were recorded at 8 different time plots: after induction of anaesthesia (T1), in the lithotomy position (T2), in the Trendelenburg position (T3), 10 and 90 minutes after insufflation of carbon dioxide (T4 and T5), in the supine position (T7), after desufflation (T7) and 10 minutes after an alveolar recruitment manoeuvre at the end of surgery (T8).

Results: After induction to anaesthesia (T1) the mean value of lung compliance was 58.2 mL/cmH₂O. Pneumoperitoneum and Trendelenburg position caused a decrease in compliance by 18.21% (T7 vs T1; $P < 0.05$) compared to baseline. After the alveolar recruitment manoeuvre, compliance increased by 22% compared with the mean value of compliance at time T1 (T8 vs. T1; $P < 0.05$).

Conclusions: Lung compliance does not return to initial values after performing laparoscopic gynaecological procedures. However, after the release of the pneumoperitoneum, an alveolar recruitment manoeuvre is beneficial as it improves compliance and gas exchange.

Key words: Pulmonary compliance, Alveolar recruitment manoeuvre, Laparoscopic procedures, Gas exchange, Pneumoperitoneum, Trendelenburg position

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iii
Περίληψη.....	iv
Abstract.....	v
Περιεχόμενα.....	vi
1. Εισαγωγή.....	1
2. Γενικό Μέρος	2
2.1 Λαπαροσκοπικές επεμβάσεις.....	2
2.1.1 Χειρουργική τεχνική λαπαροσκοπικών επεμβάσεων	2
2.2.2 Διεγχειρητικές θέσεις ασθενούς.....	3
2.2.3 Αιμοδυναμικές αλλαγές στα λαπαροσκοπικά χειρουργεία	4
2.2 Επίδραση λαπαροσκοπικών χειρουργείων στον πνεύμονα	5
2.2.1 Μηχανικές ιδιότητες πνεύμονα	5
2.2.2 Χειρισμοί επιστράτευσης κυψελίδων	10
2.2.4 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας	12
3. Ειδικό μέρος.....	13
3.1 Σκοπός.....	13
3.2 Υλικό και Μέθοδος	14
3.2.1 Κριτήρια εισαγωγής	14
3.2.3 Αναισθησιολογική διαχείριση.....	14
3.2.4 Ερευνητικό πρωτόκολλο	15
3.2.5 Μέγεθος του δείγματος.....	16
3.2.6 Χρονικό διάστημα διεξαγωγής της μελέτης	17
3.3 Στατιστική Ανάλυση	17
3.4 Ηθική και Δεοντολογία	18

3.5 Αποτελέσματα	18
3.5.1 Δημογραφικά στοιχεία	18
3.5.2 Μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα και πρότυπο αναπνοής.....	20
3.5.3 Ανταλλαγή αερίων.....	23
3.5.4 Αιμοδυναμικές αλλαγές	25
3.5.5 Αναλησσία	26
3.5.6 Επίδραση P_{plat} στην ενδοτικότητα	27
3.5.7 Επίδραση DP στην ενδοτικότητα	29
3.5.8 Επίδραση BMI στην ενδοτικότητα.....	32
3.5.9 Επίδραση αρχικής ενδοτικότητας	35
3.6 Συζήτηση.....	39
3.7 Συμπεράσματα	47
4. Βιβλιογραφία	49
5. Παράρτημα.....	62

1. Εισαγωγή

Η ελάχιστη επεμβατική χειρουργική συνεχίζει να συμβάλει στην πρόοδο της χειρουργικής στον τομέα της γυναικολογίας. Στις ημέρες μας θεωρείται η μέθοδος εκλογής για τη χειρουργική αντιμετώπιση πολλών γυναικολογικών παθήσεων^[1]. Με την πρόοδο που συμβαίνει σε αυτό τον τομέα της χειρουργικής, είναι απαραίτητο να προσαρμοστεί η αναισθησιολογική διαχείριση στις απαιτήσεις αυτού του είδους επεμβάσεων. Συγκεκριμένα, η δημιουργία πνευμοπεριτοναίου και οι θέσεις των ασθενών ώστε να έχουν καλύτερη πρόσβαση οι χειρουργοί στην πυελική κοιλότητα, αλλάζουν την αιμοδυναμική κατάσταση καθώς και τις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα^[2]. Επιπρόσθετα, οι πνεύμονες είναι επιρρεπείς στη δημιουργία ατελεκτασιών εξαιτίας της γενικής αναισθησίας, φαινόμενο το οποίο εντείνεται κατά τη λαπαροσκόπηση^[3].

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους όσον αφορά την αναισθησιολογική διαχείριση κατά τη διεξαγωγή λαπαροσκοπικών επεμβάσεων είναι η διατήρηση ανοιχτών κυψελίδων. Οι τεχνικές επιστράτευσης κυψελίδων (RM) μπορούν να μειώσουν τις ατελεκτασίες και να βελτιώσουν την οξυγόνωση^[4].

Προηγούμενες έρευνες^[5,6,7,8,9] οι οποίες διενεργήθηκαν σε λαπαροσκοπικά χειρουργεία ανέδειξαν τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του πνεύμονα και της οξυγόνωσης μετά από ένα RM.

Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι να μελετηθεί εάν με ένα RM μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου μπορεί να αποκατασταθεί η ενδοτικότητα στις αρχικές τιμές. Η έρευνα διεξάγεται σε λαπαροσκοπικά γυναικολογικά χειρουργεία κατά τα οποία οι ασθενείς τοποθετούνται σε θέση λιθοτομής και Trendelenburg.

Στις επόμενες ενότητες θα αναλυθεί η τεχνική των λαπαροσκοπικών χειρουργείων, οι επιδράσεις των θέσεων λιθοτομής και Trendelenburg καθώς και του πνευμοπεριτοναίου στις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα και την αιμοδυναμική κατάσταση των ασθενών, ανασκόπηση προηγούμενων ερευνών. Στη συνέχεια θα αναπτυχθεί αναλυτικά το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε, η στατιστική ανάλυση και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα.

2. Γενικό Μέρος

2.1 Λαπαροσκοπικές επεμβάσεις

2.1.1 Χειρουργική τεχνική λαπαροσκοπικών επεμβάσεων

Τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής, οι λαπαροσκοπικές επεμβάσεις έχουν εμφανίσει αλματώδη εξέλιξη. Το πρώτο βήμα στη λαπαροσκοπική χειρουργική είναι η δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου, δηλαδή της πρόσβασης στην κοιλιακή κοιλότητα και στη συνέχεια εμφύσησης αερίου ώστε να επιτευχθεί επαρκής χώρος εργασίας και θέασης της κοιλότητας^[10]. Δύο τεχνικές εισόδου χρησιμοποιούνται. Μια ανοιχτή μέθοδος κατά την οποία όλα τα στρώματα του κοιλιακού τοιχώματος τέμνονται και ένα εργαλείο εργασίας (trocar) εισάγεται υπό άμεση όραση και μια κλειστή μέθοδος κατά την οποία μόνο στο δέρμα γίνεται τομή και στη συνέχεια εισάγεται τυφλά μια βελόνα Veress στην κοιλιακή κοιλότητα. Μετά την είσοδο στην κοιλιακή κοιλότητα, το αέριο διοχετεύεται μέσω του trocar (ανοιχτή μέθοδος) ή της βελόνας Veress (κλειστή μέθοδος) για διαχωρισμό του κοιλιακού τοιχώματος από τα εσωτερικά όργανα. Το πνευμοπεριτόναιο παρέχει επαρκή χώρο λειτουργίας για χρήση της κάμερας και χειρισμό των εργαλείων εντός της κοιλιακής κοιλότητας^[11]. Αρκετά διαφορετικά αέρια έχουν μελετηθεί για τη δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου όπως ο ατμοσφαιρικός αέρας, το οξυγόνο (O₂), το νιτρικό οξείδιο (NO) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)^[12]. Το διοξείδιο του άνθρακα βρέθηκε ότι είναι η ασφαλέστερη επιλογή καθώς ο κίνδυνος για εμβολή είναι μικρότερος από ότι εάν χρησιμοποιηθούν ατμοσφαιρικός αέρας ή οξυγόνο λόγω υψηλότερου ρυθμού απορρόφησης. Υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ενδοκοιλιακής καύσης εάν το μονοξείδιο του άνθρακα έρθει σε επαφή με μεθάνιο το οποίο παράγεται από το έντερο^[13,14]. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της λαπαροσκοπικής χειρουργικής περιλαμβάνουν την μείωση των ημερών νοσηλείας, του χρόνου του χειρουργείου, του μετεγχειρητικού πόνου και του τραύματος λόγω της μικρότερης χειρουργικής τομής^[15]. Η λαπαροσκοπική χειρουργική όμως παρουσιάζει και μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα, υψηλότερο κόστος, παρατεταμένος χειρουργικός χρόνος, τεχνικά δυσκολότερη διεξαγωγή της επέμβασης, καθυστέρηση στον χειρουργικό έλεγχο των αιμορραγικών επιπλοκών, ορισμένα χειρουργικά εργαλεία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν (π.χ. cell salvage), καταστροφή των ιστών και τραυματισμός των νεύρων λόγω της θέσης του ασθενούς^[16].

2.2.2 Διεγχειρητικές θέσεις ασθενούς

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις διαφορετικές θέσεις που τοποθετούνται οι ασθενείς κατά τη διεξαγωγή των λαπαροσκοπικών χειρουργείων. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τα λαπαροσκοπικά γυναικολογικά χειρουργεία, οι ασθενείς τοποθετούνται σε θέση λιθοτομής και Trendelenburg^[17,18,19,20].

Η θέση λιθοτομής χρησιμοποιείται συνήθως κατά τη διάρκεια γυναικολογικών, ουρολογικών επεμβάσεων και χειρουργικών επεμβάσεων στο ορθό. Ο ασθενής είναι ξαπλωμένος σε ύπτια θέση με τα πόδια σε απαγωγή 30 έως 45 μοίρες από τη μέση γραμμή και τα γόνατα σε κάμψη. Τα πόδια υποστηρίζονται με ειδικά στηρίγματα. Τα πόδια μετακινούνται ταυτόχρονα ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός της σπονδυλικής στήλης και των μυών. Ο παρατεταμένος χρόνος επέμβασης αυξάνει τον κίνδυνο για σύνδρομο διαμερίσματος στα κάτω άκρα λόγω ανεπαρκούς αιμάτωσης. Οι συστάσεις περιλαμβάνουν το περιοδικό χαμήλωμα των άκρων κατά τη διάρκεια παρατεταμένων επεμβάσεων. Η ειδική κατασκευή των στηριγμάτων των κάτω άκρων αποτρέπει τη συμπίεση των νεύρων σε αυτά. Ο τραυματισμός του περονιαίου νεύρου είναι πιο συχνός καθώς το περονιαίο νεύρο διέρχεται γύρω από την κεφαλή της περόνης, η οποία στηρίζεται στα στηρίγματα των ποδιών. Οι αιμοδυναμικές αλλαγές περιλαμβάνουν την αυξημένη φλεβική επιστροφή, αύξηση στο προφόρτιο και την καρδιακή παροχή. Οι αναπνευστικές αλλαγές προκύπτουν από την κεφαλική μετατόπιση του περιεχομένου της κοιλιακής κοιλότητας με αποτέλεσμα τη μείωση της ενδοτικότητας των πνευμόνων, της λειτουργικής υπολειπόμενης χωρητικότητας και του αναπνεόμενου όγκου.

Η θέση Trendelenburg είναι μια παραλλαγή της ύπτιας θέσης κατά την οποία η κεφαλή του κρεβατιού έχει κλίση προς τα κάτω, έτσι ώστε η ηβική σύμφυση να είναι το υψηλότερο σημείο του κορμού. Η θέση αυτή διευκολύνει τη φλεβική επιστροφή και βελτιώνει την έκθεση του κοιλιακού περιεχομένου κατά τη διάρκεια λαπαροσκοπικών χειρουργικών επεμβάσεων. Οι αιμοδυναμικές αλλαγές, συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης φλεβικής επιστροφής και της καρδιακής παροχής, είναι προσωρινές, με τις περισσότερες αιμοδυναμικές μεταβλητές να επανέρχονται στην αρχική τους τιμή εντός δέκα λεπτών από την επαναφορά του ασθενούς στην ύπτια θέση. Οι αναπνευστικές αλλαγές, οι οποίες προκύπτουν από τη μετατόπιση του κοιλιακού περιεχομένου προς τα πάνω και τη συνοδό πίεση του διαφράγματος, μειώνουν τη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα και την ενδοτικότητα των πνευμόνων. Επομένως απαιτούνται υψηλότερες πιέσεις των αεραγωγών για τη διατήρηση του αερισμού. Η επίδραση της βαρύτητας από την παρατεταμένη τοποθέτηση του κεφαλιού προς τα κάτω μπορεί να προκαλέσει αύξηση της ενδοκράνιας πίεσης, της ενδοφθάλμιας πίεσης, οίδημα προσώπου, λάρυγγα και γλώσσας με συνέπεια αύξηση του κινδύνου για μετεγχειρητική απόφραξη των αεραγωγών.

2.2.3 Αιμοδυναμικές αλλαγές στα λαπαροσκοπικά χειρουργεία

Πολλοί παράμετροι της λαπαροσκοπικής χειρουργικής επηρεάζουν την αιμοδυναμική κατάσταση του ασθενούς κυρίως εξαιτίας της αύξησης της ενδοκοιλιακής πίεσης λόγω της εμφύσησης διοξειδίου του άνθρακα και της θέσης. Με την εγκατάσταση του πνευμοπεριτοναίου η ενδοκοιλιακή πίεση σταδιακά αυξάνεται και έτσι η πίεση στην σπλαχνική φλεβική κυκλοφορία είναι μεγαλύτερη^[21]. Το άλγος και η νευροορμονική απάντηση κατά τη διάνοιξη του περιτοναίου προκαλούν την απελευθέρωση κατεχολαμινών οι οποίες μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την πίεση και τις σφίξεις. Εάν η ενδοκοιλιακή πίεση υπερβεί την πίεση εντός των φλεβών στη σπλαχνική κυκλοφορία (≥ 15 mmHg), είναι πιθανή η κατάρριψη της φλεβικής κυκλοφορίας ^[21]. Πρέπει να υπάρχει συχνός έλεγχος την ενδοκοιλιακής πίεσης ώστε να παραμένει < 15 mmHg^[22]. Χειρουργικοί χειρισμοί, συννοσηρότητες καθώς και η περιφερική αγγειοδιαστολή που προκαλείται από τα αναισθητικά φάρμακα και την απελευθέρωση προσταγλανδινών συμβάλλουν στην αιμοδυναμική αστάθεια ^[2]. Οι αλλαγές στη θέση του ασθενούς παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο. Χειρουργεία στην άνω κοιλία απαιτούν αντι-Trendelenburg θέση οπότε μειώνεται η καρδιακή παροχή λόγω μείωσης της φλεβικής επιστροφής από τα κάτω άκρα. Αντίθετα, χειρουργεία στην κάτω κοιλία απαιτούν θέση Trendelenburg οπότε αυξάνεται η φλεβική επιστροφή, η καρδιακή παροχή, η κεντρική φλεβική πίεση λόγω ανύψωσης των κάτω άκρων. Οπότε, αναλόγως του είδους του χειρουργείου και της τεχνικής, μπορεί να προκύψει είτε υπέρταση είτε υπόταση^[2]. Η ροή του αίματος στην κοιλιακή κοιλότητα σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με την ενδοκοιλιακή πίεση. Όσο αυξάνεται η ενδοκοιλιακή πίεση και υπερβαίνει την αρτηριακή πίεση των αρτηριών της κοιλίας, η αιμάτωση των ενδοκοιλιακών οργάνων όπως οι νεφροί και το ήπαρ επηρεάζεται και η φλεβική απορροή μειώνεται^[2]. Η μείωση της αιματικής ροής στους νεφρούς μειώνει τη διούρηση και την αποβολή της κρεατινίνης. Η βελτιστοποίηση του ενδαγγειακού όγκου βοηθά στον περιορισμό αυτού του φαινομένου^[23]. Εάν μειωθεί η αιματική ροή προς το ήπαρ θα εμφανιστεί ηπατική δυσλειτουργία και αύξηση των ηπατικών ενζύμων^[2]. Σε ασθενείς με φυσιολογική λειτουργία η βλάβη είναι αυτοπεριοριζόμενη. Όταν υπάρχει προϋπάρχουσα δυσλειτουργία και η αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης είναι παρατεταμένη αυτές συνδέονται με επιδείνωση^[2].

Η επαναρρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα από την κοιλιακή κοιλότητα στην αιματική κυκλοφορία εξαρτάται από την ενδοκοιλιακή πίεση, από τη θέση εμφύσησης του διοξειδίου του άνθρακα και από το στάδιο του χειρουργείου^[24]. Στην αρχή της επέμβασης, η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα θα αυξηθεί με τη δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου, θα φτάσει σε μια κατάσταση ισορροπίας και ίσως αυξηθεί ξανά μετά την απελευθέρωση του

πνευμοπεριτοναίου στο τέλος της επέμβασης λόγω της αύξησης της φλεβικής επιστροφής με συνοδό πτώση της ενδοκοιλιακής πίεσης. Το απορροφηθέν διοξείδιο του άνθρακα αποβάλλεται από τους πνεύμονες μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται φυσιολογικά από το μεταβολισμό του οργανισμού. Καθώς η μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα είναι καθοριστικός παράγοντας της οξεοβασικής ισορροπίας, προσαρμογή του αερισμού είναι απαραίτητη για την αποφυγή υπερκαπνίας και αναπνευστικής οξέωσης. Ο κατά λεπτό αερισμός πρέπει να αυξηθεί έως και 15% για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του αναπνευστικού που προκύπτουν από την επαναρρόφιση του διοξειδίου του άνθρακα από το πνευμοπεριτόναιο^[25]. Ο υποαερισμός οδηγεί σε υπερκαπνία και οξέωση και τελικά σε αγγειοδιαστολή των εγκεφαλικών αγγείων με αποτέλεσμα αύξηση της εγκεφαλικής αιματικής ροής και της ενδοκράνιας πίεσης. Η οξέωση οδηγεί σε πνευμονική αγγειοσύσπαση η οποία με τη σειρά της προκαλεί αύξηση των πνευμονικών αγγειακών αντιστάσεων^[2]. Γι' αυτό το λόγο είναι ζωτικής σημασίας η συνεχής παρακολούθηση της ανταλλαγής αερίων, του τελο-εκπνευστικού διοξειδίου και της οξεοβασικής ισορροπίας του ασθενούς.

2.2 Επίδραση λαπαροσκοπικών χειρουργείων στον πνεύμονα

2.2.1 Μηχανικές ιδιότητες πνεύμονα

Η ενδοτικότητα ενός συστήματος ορίζεται ως η μεταβολή του όγκου που συμβαίνει ανά μονάδα αλλαγής της πίεσης του συστήματος. Η ενδοτικότητα δηλαδή είναι η ευκολία με την οποία αλλάζει το σχήμα μια ελαστική δομή. Επομένως, η ενδοτικότητα είναι μια μέτρηση της ελαστικής αντίστασης ενός συστήματος^[26].

$$C = \Delta V / \Delta P \quad (1)$$

Όπου C = ενδοτικότητα, ΔV = μεταβολή του αναπνεόμενου όγκου, ΔP = μεταβολή της πίεσης

Η πνευμονική ενδοτικότητα (C) είναι η συνολική ενδοτικότητα και των δύο πνευμόνων, μετρώντας το κατά πόσο θα εκπτυχθούν οι πνεύμονες (μεταβολή στον όγκο) για κάθε μονάδα αύξησης της διαπνευμονικής πίεσης (όταν υπάρχει αρκετός χρόνος για να φτάσει το σύστημα ισορροπία). Είναι μια από τις πιο σημαντικές έννοιες του μηχανικού αερισμού και χρησιμοποιείται κατά κόρον για τη διαχείριση της αναπνοής του ασθενούς στο περιβάλλον του χειρουργείου. Η φυσιολογική τιμή της ενδοτικότητας σε ασθενείς με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής είναι 50-100mL/cmH₂O^[27]. Με βάση τη μέθοδο μέτρησης της ενδοτικότητας, κατηγοριοποιείται σε δυναμική ή στατική^[28].

Η στατική ενδοτικότητα είναι η ενδοτικότητα των πνευμόνων σε ένα καθορισμένο όγκο αέρα και δεν υπάρχει ροή αέρα στο αναπνευστικό σύστημα, όπως κατά τη διάρκεια αναπνευστικής παύσης. Δηλαδή, ορίζεται ως ο λόγος της αλλαγής του αναπνεόμενου όγκου προς τη διαφορά της τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας μείον τη θετική τελοεκπνευστική πίεση^[29].

$$C_{stat} = VT / (P_{plat} - PEEP) \quad (2)$$

Όπου C_{stat} = στατική ενδοτικότητα, VT = αναπνεόμενος όγκος, P_{plat} = τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας, $PEEP$ = θετική τελοεκπνευστική πίεση

Η δυναμική ενδοτικότητα είναι η συνεχής μέτρηση της πνευμονικής ενδοτικότητας υπολογιζόμενη κάθε χρονική στιγμή. Δηλαδή, ορίζεται ως ο λόγος της αλλαγής του αναπνεόμενου όγκου προς τη διαφορά της μέγιστης εισπνευστικής πίεσης μείον τη θετική τελοεκπνευστική πίεση^[29].

$$C_{dyn} = VT / (PIP - PEEP) \quad (3)$$

Όπου C_{dyn} = δυναμική ενδοτικότητα, VT = αναπνεόμενος όγκος, PIP = μέγιστη εισπνευστική πίεση, $PEEP$ = θετική τελοεκπνευστική πίεση

Η στατική ενδοτικότητα τείνει να είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από τη δυναμική ενδοτικότητα, αλλά οι μετρήσεις είναι σχεδόν παρόμοιες σε ασθενείς χωρίς αναπνευστική νόσο. Η ενδοτικότητα καθορίζει το 65% του έργου της αναπνοής^[30]. Εάν ο πνεύμονας έχει χαμηλή ενδοτικότητα, απαιτεί μεγαλύτερο έργο από τους αναπνευστικούς μύες για να εκπτυχθούν οι πνεύμονες. Σε συγκεκριμένες παθολογίες του αναπνευστικού συστήματος, η συνεχής παρακολούθηση της ενδοτικότητας των πνευμόνων είναι χρήσιμη για την κατανόηση της εξέλιξης της πάθησης και για την απόφαση σχετικά με τις θεραπευτικές ρυθμίσεις που απαιτούνται για τη διαχείριση του αναπνευστήρα^[29].

Η πνευμονική ενδοτικότητα επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες^[30]:

1. Ελαστικές ιδιότητες του πνεύμονα

Αυτές προκύπτουν από τις ίνες κολλαγόνου και ελαστίνης που υπάρχουν μέσα στο πνευμονικό παρέγχυμα. Όταν ο πνεύμονας εκπτύσσεται, οι ίνες αυτές επιμηκώνονται και ασκούν ακόμη πιο μεγάλη ελαστική δύναμη. Έτσι η ελαστικότητα αυτών των ινών καθορίζει την ενδοτικότητα των πνευμόνων.

2. Η ελαστική δύναμη που ασκείται στην επιφάνεια των κυψελίδων

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που επηρεάζει την ενδοτικότητα των πνευμόνων είναι η επιφανειακή τάση η οποία ασκείται στην επιφάνεια των κυψελίδων. Οι πνεύμονες που είναι γεμάτοι με αέρα λειτουργούν ως μια διαφορετική ελαστική δομή μέσα στο αναπνευστικό σύστημα. Η ελαστική ιδιότητά του συστήματος δεν καθορίζεται μόνο από τις ελαστικές δυνάμεις του ιστού, αλλά και από την επιφανειακή τάση που ασκείται τα τοιχώματα των κυψελίδων από τα στοιχεία που βρίσκονται μέσα τις κυψελίδες (αέρας, υγρό).

3. Επιφανειοδραστικός παράγοντας

Ο επιφανειοδραστικός παράγοντας, ο οποίος εκκρίνεται από τα πνευμονικά επιθηλιακά κύτταρα τύπου II, μειώνει την επιφανειακή τάση των κυψελίδων αποτρέποντας την σύμπτωσή τους. Οι μικρότερες κυψελίδες έχουν μικρή επιφάνεια, η οποία οδηγεί σε υψηλότερη συγκέντρωση επιφανειοδραστικού παράγοντα και τελικά σε χαμηλότερη επιφανειακή τάση.[10] Λόγω του ρόλου του στην τροποποίηση της επιφανειακής τάσης, επηρεάζει έμμεσα την ενδοτικότητα του πνεύμονα.

4. Όγκος του πνεύμονα

Η ενδοτικότητα σχετίζεται με τον όγκο του πνεύμονα με βάση τους τύπους οι οποίοι περιεγράφηκαν παραπάνω

5. Ηλικία

Μικρή επίδραση έχει με την ενδοτικότητα. Η αύξηση της πνευμονικής ενδοτικότητας σε σχέση με την ηλικία οφείλεται στις δομικές αλλαγές των ινών ελαστικής.

Η πνευμονική ενδοτικότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της ελαστικότητας. Η ελαστικότητα ενός συστήματος ορίζεται ως η μεταβολή της πίεσης που συμβαίνει ανά μονάδα αλλαγής του όγκου του συστήματος. Η ελαστικότητα δηλαδή είναι ικανότητα μιας δομής να επανέρχεται στη θέση ισορροπίας της μετά από μία μεταβολή που έχει υποστεί.

$$El = \Delta P / \Delta V \quad (4)$$

Όπου El = ελαστικότητα, ΔP = μεταβολή της πίεσης, ΔV = μεταβολή του αναπνεόμενου όγκου

Μια εξίσου σημαντική παράμετρος των μηχανικών ιδιοτήτων του πνεύμονα είναι οι αντιστάσεις του αναπνευστικού συστήματος. Ο ορισμός της αντίστασης των αεραγωγών είναι η αλλαγή στη διαπνευμονική πίεση που απαιτείται για την παραγωγή ροής αέρα μέσω των αεραγωγών του πνεύμονα. Με ποιο απλό ορισμό, είναι ο λόγος της διαφοράς της πίεσης μεταξύ του στόματος και των κυψελίδων του πνεύμονα προς τη ροή του αέρα ^[31].

$$R_{aw} = \Delta P / F = P_{aw} - P_{plat} / \text{Peak inspiratory flow rate (5)}$$

Όπου R_{aw} = αντίσταση των αεραγωγών, ΔP = μεταβολή της πίεσης, P_{aw} = πίεση των αεραγωγών, P_{plat} = τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας, F = ροή

Η φυσιολογική τιμή των αντιστάσεων σε ασθενείς με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής είναι 1-8 cmH₂O/L/s ^[27].

Οι μετεγχειρητικές επιπλοκές που αφορούν το αναπνευστικό σύστημα ευθύνονται για αυξημένα ποσοστά θνητότητας και θνησιμότητας. Αναλόγως του είδους της επέμβασης, οι μετεγχειρητικές επιπλοκές εκ του αναπνευστικού κυμαίνονται από 5% έως 33%^[32]. Η θνησιμότητα στις 30 ημέρες για τους ασθενείς που εμφανίζουν τέτοιες επιπλοκές μπορεί να φτάσει μέχρι και 20%^[32]. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να αποφευχθεί η εμφάνιση τέτοιων επιπλοκών είναι η εφαρμογή προστατευτικού μηχανικού αερισμού. Με τον όρο προστατευτικός μηχανικός αερισμός ορίζεται η χορήγηση χαμηλών αναπνεόμενων όγκων (6–8 mL/kg ιδανικού βάρους σώματος), εφαρμογή θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης (PEEP), η τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας (plateauairwaypressure – $P_{plateau}$) να είναι χαμηλότερη από 25 cmH₂O, η οδηγός πίεση (Driving Pressure – DP) να είναι χαμηλότερη από 14 cmH₂O και η χρήση χειρισμών επιστράτευσης κυψελίδων.

Η τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας ($P_{plateau}$) είναι η πίεση η οποία εφαρμόζεται από τον αναπνευστήρα στους μικρούς αεραγωγούς και στις κυψελίδες, στο τέλος της εισπνοής, και μπορεί να μετρηθεί με μια τελοεισπνευστική παύση^[33].

Η οδηγός πίεση ορίζεται ως η πίεση η οποία απαιτείται για διάνοιξη των κυψελίδων^[34]. Υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Driving pressure} = P_{plat} - \text{PEEP} \quad (6)$$

Όπου P_{plat} = τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας, PEEP = θετική τελοεκπνευστική πίεση

Η στατική ενδοτικότητα (Cstat) ορίζεται ως $VT / (P_{plat} - PEEP)$. Επομένως, η οδηγός πίεση ορίζεται και ως ακολούθως:

$$Cstat = VT / P_{plat} - PEEP = VT / \text{Driving pressure} \quad (7)$$

$$\text{Driving pressure} = VT / Cstat \quad (8)$$

Όπου Cstat = στατική ενδοτικότητα, VT = αναπνεόμενος όγκος, P_{plat} = τελεισπνευστική πίεση ισορροπίας, PEEP = θετική τελεισπνευστική πίεση,

Οι γυναικολογικές λαπαροσκοπικές επεμβάσεις έχουν αρνητικές επιπτώσεις στις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα, όπως έχει αναφερθεί αδρά και παραπάνω, εξαιτίας του πνευμοπεριτοναίου, αλλαγές στη θέση του ασθενούς κατά τη διεξαγωγή του χειρουργείου και της εφαρμογής μηχανικού αερισμού θετικών πιέσεων^[35,36,37,38]. Η αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης ως αποτέλεσμα της εμφύσησης διοξειδίου του άνθρακα και η τυπική θέση του σώματος με το κεφάλι κάτω έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος^[9]. Η γενική αναισθησία και η χρήση νευρομυϊκού αποκλειστή μειώνουν τη υπολειπόμενη χωρητικότητα του πνεύμονα έως 20%^[24]. Αυτό συμβαίνει λόγω της παράλυσης του διαφράγματος οδηγώντας σε μείωση του αερισμού των βασικών τμημάτων του πνεύμονα προδιαθέτοντας σε ατελεκτασία. Εξαιτίας του πνευμοπεριτοναίου η ενδοκοιλιακή πίεση αυξάνεται στη λαπαροσκοπική χειρουργική με αποτέλεσμα τον περιορισμό του αερισμού εξαιτίας της μετατόπισης των ενδοκοιλιακών οργάνων κρανιακά και της συνοδού πίεσης στο διάφραγμα. Συνεπώς η ενδοτικότητα του πνεύμονα και του θώρακα επηρεάζονται. Η ζωτική χωρητικότητα και ο εξαναγκασμένος εκπνευστικός όγκος βρέθηκε ότι μειώνονται σε ασθενείς μετά από λαπαροσκοπική επέμβαση^[39]. Ο προστατευτικός μηχανισμός μπορεί να είναι πρόκληση για τον αναισθησιολόγο ιδίως όταν για την υπερκαπνία πρέπει να γίνει αντιρροπιστική αύξηση του κατά λεπτού αερισμού. Διεγχειρητική βλάβη των πνευμόνων και δημιουργία ατελεκτασίας έχουν επίπτωση στη μετεγχειρητική πνευμονική λειτουργία^[40]. Η αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης λόγω της εφαρμογής του πνευμοπεριτοναίου ανυψώνει το διάφραγμα οδηγώντας στη συμπίεση των περιοχών του πνεύμονα οι οποίες εξαρτώνται από την πίεση που δέχονται από την κοιλιακή χώρα^[41]. Η εμφύσηση διοξειδίου του άνθρακα μειώνει την ενδοτικότητα του αναπνευστικού συστήματος και αυξάνει την μέγιστη εισπνευστική πίεση και τη μέση πίεση των αεραγωγών^[42]. Επιπρόσθετα, οι αλλαγές στη θέση του ασθενή σε θέση λιθοτομής και Trendelenburg κατά τη διάρκεια των λαπαροσκοπικών γυναικολογικών επεμβάσεων μειώνουν την πνευμονική ενδοτικότητα αλλάζοντας τη θέση των ενδοκοιλιακών οργάνων και του διαφράγματος^[43]. Ειδικά η θέση Trendelenburg ενισχύει τις επιπτώσεις της κοιλιακής πίεσης μέσω της βαρύτητας και της χαλάρωσης του διαφράγματος.

Έτσι, αυξάνοντας την πίεση των αεραγωγών και μειώνοντας τη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα προκαλούνται περαιτέρω αλλαγές στο αναπνευστικό σύστημα^[44]. Η αποκατάσταση της πνευμονικής ενδοτικότητας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διάρκεια του πνευμοπεριτοναίου, η θέση του ασθενή. Η μη αποκατάστασή της ενδοτικότητας προδιαθέτει σε μετεγχειρητικές αναπνευστικές επιπλοκές^[45].

2.2.2 Χειρισμοί επιστράτευσης κυψελίδων

Οι στρατηγικές προστατευτικού αερισμού, συμπεριλαμβανομένου του αερισμού με χαμηλούς αναπνεόμενου όγκους (TV), τον αερισμό θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης (PEEP) και του χειρισμού επιστράτευσης κυψελίδων (Recruitment maneuvers-RM), μπορούν να μειώσουν τις μετεγχειρητικές αναπνευστικές επιπλοκές μελετηθεί από πολλούς ερευνητές^[46]. Οι χειρισμοί επιστράτευσης των κυψελίδων βελτιώνουν τις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα και την οξυγόνωση αλλά δεν είναι γνωστό εάν είναι οι μοναδικές θετικές επιδράσεις. Στη μελέτη του DiMarco και των συνεργατών^[47], οι 16 συμμετέχοντες, υπό μηχανική υποστήριξη της αναπνοής, χωρίστηκαν σε δυο ομάδες. Συγκεκριμένα σε αυτούς που ανταποκρίθηκαν στην εφαρμογή ενός χειρισμού και σε αυτούς που δεν ανταποκρίθηκαν με βάση την αύξηση ή όχι της διαχυτικής ικανότητας του μονοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με υψηλότερη εφαρμογή PEEP. Αύξηση της PEEP από 5 σε 15 cm H₂O ανέδειξε μια αύξηση του όγκου του πνεύμονα (ανατομική επιστράτευση) στους μισούς ασθενείς και στους άλλους ασθενείς εφαρμογή υψηλότερης PEEP είχε ως αποτέλεσμα βελτίωση του όγκου του πνεύμονα και της αιμάτωσης (λειτουργική επιστράτευση). Συμπερασματικά, η επιστράτευση των κυψελιδικών μονάδων δεν συνεπάγεται απαραίτητα την αποκατάσταση της αιμάτωσης των πνευμόνων στη συγκεκριμένη περιοχή. Σε περιπτώσεις λειτουργικής επιστράτευσης, μπορεί να παρουσιαστεί βελτίωση της οξυγόνωσης, δηλαδή αναμένεται αύξηση του PaO₂/FiO₂.

Οι χειρισμοί επιστράτευσης των κυψελίδων περιλαμβάνουν την αύξηση της πίεσης των αεραγωγών για ένα σύντομο χρονικό διάστημα με σκοπό τη διάνοιξη των κλειστών κυψελίδων ώστε να βελτιωθεί η ανταλλαγή των αερίων και η ενδοτικότητα του πνεύμονα^[48]. Ο χειρισμός πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 7 με 8 δευτερόλεπτα^[49]. Ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων με σταδιακή αύξηση της θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης (PEEP) και μια σταθερή οδηγό πίεση, μπορούν να επιστρατεύσουν το μεγαλύτερο μέρος του πνεύμονα που έχει εμφανίσει ατελεκτασία με ελάχιστη επίδραση στην αιμοδυναμική κατάσταση και τη φλεγμονώδη αντίδραση του οργανισμού^[50]. Οι πιο συχνές επιπλοκές από τον χειρισμό είναι υπόταση, πτώση του κορεσμού και βραδυκαρδία. Αυτές οι αιμοδυναμικές αλλαγές είναι παροδικές και αυτοπεριοριζόμενες. Σε ένα μικρό ποσοστό των ασθενών (1%) χρειάζεται πρώιμη διακοπή του χειρισμού ώστε να είναι αποκατασταθεί η αιμοδυναμική σταθερότητα^[51].

Οι μέθοδοι με τις οποίες επιτυγχάνεται ο χειρισμός συγκαταλέγονται σε δύο κατηγορίες. Ο ένας είναι η παρατεταμένη έκπτυξη των πνευμόνων για 5–30s για μια καθορισμένη μέγιστη εισπνευστική πίεση (PIP) ο οποίος είναι και ο πιο αντιπροσωπευτικός^[5,49,52,53,54]. Ο άλλος είναι μια σταδιακή αύξηση της PEEP ως χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων^[55,56]. Και οι δύο μέθοδοι περιλαμβάνουν την εφαρμογή PEEP μετά το χειρισμό ώστε να διατηρηθεί η θετική επίδραση του χειρισμού στους πνεύμονες. Παρακάτω αναλύονται οι διαφορετικοί τύποι επιστράτευσης.

Ο πρώτος χειρισμός που αναφέρεται είναι η έκπτυξη του πνεύμονα (αναστεναγμός) ο οποίος μιμείται τη φυσιολογική αναπνοή όπως συμβαίνει σε υγιή άτομα^[57]. Σε αυτόν τον τύπο επιστράτευσης εφαρμόζεται υψηλός αναπνεόμενος όγκος σε ελεγχόμενο μοντέλο αερισμού ή υψηλή PEEP μέχρι μια συγκεκριμένη πίεση ισορροπίας (P_{plateau}) για συγκεκριμένο αριθμό κύκλων αναπνοής. Σε αυτά τα πλαίσια, οι Pelosi και συνεργάτες^[58], σε μια μελέτη παρατήρησης, εφάρμοσαν μηχανικό αερισμό σε 10 ασθενείς με ARDS για μια ώρα με στρατηγικές προστατευτικού αερισμού η οποία περιλάμβανε 3 εκπύξεις - <<αναστεναγμούς>> το λεπτό και η πίεση ισορροπίας έφτανε 45 cmH₂O. Αυτοί οι ασθενείς εμφάνισαν βελτίωση στην οξυγόνωση, την ελαστικότητα των πνευμόνων και τη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα σε σύγκριση με ασθενείς που δεν έλαβαν <<αναστεναγμούς>>. Παρά τα θετικά αποτελέσματα αυτού του χειρισμού, η υψηλή συχνότητα αναστεναγμών (έως 180/ώρα) συσχετίστηκε με υπερδιάταση των κυψελίδων^[59]. Η χαμηλότερη συχνότητα <<αναστεναγμών>> μπορεί να προστατεύσει τον πνεύμονα^[59], κυρίως όταν συνδυάζεται με μοντέλο αερισμού υποστηριζόμενης πίεσης^[60]. Ο πιο ευρέως περιγραφόμενος χειρισμός είναι η παρατεταμένη έκπτυξη, κατά την οποία η πίεση των αεραγωγών αυξάνεται απότομα για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, με ευρέως χρησιμοποιούμενη την εφαρμογή πίεσης αεραγωγών 40 cm H₂O για 40 s^[61,62]. Ο πιο πρόσφατα περιγραφόμενος χειρισμός είναι η σταδιακή αύξηση της πίεσης των αεραγωγών ή/και της PEEP. Αυτός ο χειρισμός παρέχει βραδεία αύξηση της διαπνευμονικής πίεσης αντί της ταχείας αύξησης όπως περιγράφηκε στον προηγούμενο χειρισμό^[63,64].

Ο χειρισμός παρατεταμένης έκπτυξης σχετίζεται με υπόταση, βαρότραυμα^[65] ενώ μελέτες έδειξαν ότι είναι λιγότερο αποτελεσματικός στη βελτίωση της οξυγόνωσης και στη μείωση της ενδοπνευμονικής διαφυγής^[66]. Η σταδιακή αύξηση της πίεσης των αεραγωγών προκαλεί μικρότερου βαθμού αιμοδυναμική αστάθεια και υπερδιάταση^[67].

Παρά την εκτεταμένη έρευνα στις εφαρμογές των χειρισμών επιστράτευσης, δεν έχουν καθοριστεί οριστικές κατευθυντήριες οδηγίες για αυτούς.

2.2.3 Χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων και πόνος στον ώμο

Ο πόνος στον ώμο αποτελεί μια συχνή επιπλοκή μετά από λαπαροσκοπικές επεμβάσεις. Περίπου το 20%–80% των ασθενών που υποβάλλονται σε λαπαροσκοπική γυναικολογική επέμβαση εμφανίζουν πόνο στον ώμο^[68]. Ο παθοφυσιολογικός μηχανισμός με τον οποίο συμβαίνει το παραπάνω φαινόμενο δεν έχει ακόμη καθοριστεί πλήρως. Ο πιο πιθανός μηχανισμός φαίνεται να είναι η υπολειπόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα η οποία παραμένει μεταξύ του ήπατος και του δεξιού ημιδιαφράγματος, ερεθίζοντας το διάφραγμα με αποτέλεσμα την εμφάνιση πόνου στον ώμο^[68]. Ένας άλλος παθοφυσιολογικός μηχανισμός της εμφάνισης άλγους στον ώμο είναι η παραμονή υπολειπόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα στην περιτοναϊκή κοιλότητα η οποία ερεθίζει το φρενικό νεύρο. Με το χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων, αυξάνονται οι ενδοθωρακικές πιέσεις και έτσι διευκολύνεται η απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα από την περιτοναϊκή κοιλότητα^[69].

2.2.4 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει τις επιδράσεις των χειρισμών επιστράτευσης των κυψελίδων στις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα σε λαπαροσκοπικά χειρουργεία.

Οι Cakmakcaya και συνεργάτες^[5] μελέτησαν την αποκατάσταση της ενδοτικότητας του πνεύμονα μετά από έναν χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων σε λαπαροσκοπική νεφρεκτομή στην οποία υπεβλήθησαν 20 ασθενείς με λειτουργική κατάσταση ASA I και II. Ο χειρισμός που χρησιμοποίησαν ήταν αυτός της παρατεταμένης έκπτυξης για 10 δευτερόλεπτα μέχρι η πίεση των αεραγωγών να είναι 40 cmH₂O. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα δεν επανέρχονται στα αρχικά επίπεδα μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου. Η ενδοτικότητα όμως του πνεύμονα μπορεί να επανέλθει στις αρχικές τιμές χρησιμοποιώντας τον παραπάνω χειρισμό.

Οι Sümer και συνεργάτες^[6] σε μια προοπτική μελέτη χώρισαν 60 ασθενείς, οι οποίοι υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπική sleeve γαστρεκτομή, σε δυο ομάδες των 30 ασθενών η καθεμία. Στη 1^η εφάρμοσαν ένα χειρισμό έκπτυξης του πνεύμονα για 40 δευτερόλεπτα μέχρι η πίεση των αεραγωγών να είναι 40 cmH₂O και στη 2^η βασικό μηχανικό αερισμό. Απέδειξαν ότι σε αυτούς τους ασθενείς οι χειρισμοί επιστράτευσης των κυψελίδων είναι αποτελεσματικοί όσον αφορά την αποκατάσταση των μηχανικών ιδιοτήτων του πνεύμονα και της οξυγόνωσης μετά το πέρας της επέμβασης.

Οι Jung Oh και συνεργάτες^[7] ήταν οι πρώτοι που μελέτησαν την αποτελεσματικότητα των χειρισμών επιστράτευσης κυψελίδων σε 79 ασθενείς που υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπική προστατεκτομή σε πλάγια θέση. Ο χειρισμός που χρησιμοποίησαν ήταν η παρατεταμένη έκπτυξη για 30 δευτερόλεπτα μέχρι η πίεση των αεραγωγών να είναι 35 cmH₂O. Το

συμπέρασμα ήταν πως πραγματοποιώντας έναν τέτοιο χειρισμό στην πλάγια θέση αυξάνει τον αερισμό στο εξαρτώμενο τμήμα του πνεύμονα οδηγώντας σε βελτίωση της οξυγόνωσης μετά από τη λαπαροσκοπική επέμβαση. Μια συστηματική ανασκόπηση πραγματοποιήθηκε από του Ρεϊ και συνεργάτες^[8] όσον αφορά τους χειρισμούς επιστράτευσης μετά από λαπαροσκοπικά χειρουργεία κοιλιάς. Αυτή η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αυτοί οι χειρισμοί μειώνουν τις μετεγχειρητικές επιπλοκές από το αναπνευστικό και βελτιώνουν τις μηχανικές ιδιότητες του αναπνευστικού συστήματος καθώς και την οξυγόνωση στους ασθενείς που υποβάλλονται σε λαπαροσκοπικά χειρουργεία στην κοιλιακή χώρα.

Η έρευνα όσον αφορά την αποκατάσταση των μηχανικών ιδιοτήτων του πνεύμονα στα λαπαροσκοπικά γυναικολογικά χειρουργεία είναι περιορισμένη. Οι Cinnella και συνεργάτες^[9] σε μια προοπτική μελέτη 29 ασθενών λειτουργικής κατάστασης ASA I και II, απέδειξαν ότι ένας χειρισμός επιστράτευσης αμέσως μετά τη δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου οδηγεί σε βελτίωση της ελαστικότητας του θωρακικού τοιχώματος και του πνεύμονα.

Με βάση την παραπάνω ανασκόπηση, ο σκοπός της δικής μας μελέτης είναι η διερεύνηση της υπόθεσης ότι ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου θα αποκαθιστούσε την ενδοτικότητα των πνευμόνων στις αρχικές τιμές μετά από μια λαπαροσκοπική γυναικολογική χειρουργική επέμβαση.

3. Ειδικό μέρος

3.1 Σκοπός

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε είχε τον χαρακτήρα της προοπτική μελέτης (prospective study). Η ομάδα των γυναικών που υποβλήθηκε σε λαπαροσκοπική επέμβαση (κοορτή ασθενών) παρακολούθηθηκε ως προς τη βελτίωση ή όχι της ενδοτικότητας του πνεύμονα μετά από ένα χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων στο τέλος της επέμβασης.

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση της υπόθεσης ότι ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων θα αποκαθιστούσε την ενδοτικότητα των πνευμόνων στις αρχικές τιμές μετά από μια λαπαροσκοπική γυναικολογική χειρουργική επέμβαση. Ο χειρισμός εφαρμόζεται μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου και πριν την αποσωλήνωση των ασθενών. Μέσω της επιστράτευσης επιπλέον κυψελίδων μειώνονται οι ατελεκτασίες που δημιουργούνται διεγχειρητικά. Με αυτό τον τρόπο μειώνονται οι μετεγχειρητικές επιπλοκές από το αναπνευστικό.

3.2 Υλικό και Μέθοδος

3.2.1 Κριτήρια εισαγωγής

Στη μελέτη συμμετείχαν ασθενείς που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής αφού πρώτα υπέγραψαν έγγραφη συγκατάθεση για τη συμμετοχή τους.

- Ασθενείς >18 ετών
- Θα υποβληθούν σε λαπαροσκοπική γυναικολογική επέμβαση
- Η διάρκεια του χειρουργείου θα είναι μεγαλύτερη από 90 λεπτά

3.2.2 Κριτήρια αποκλεισμού

- Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια με FEV1 < 60% της προβλεπόμενης τιμής
- Εμφύσημα
- BMI > 30 kg/m²
- Αιμοδυναμική αστάθεια (Μέση Αρτηριακή Πίεση < 65 mmHg)
- Δεξιά καρδιακή ανεπάρκεια

3.2.3 Αναισθησιολογική διαχείριση

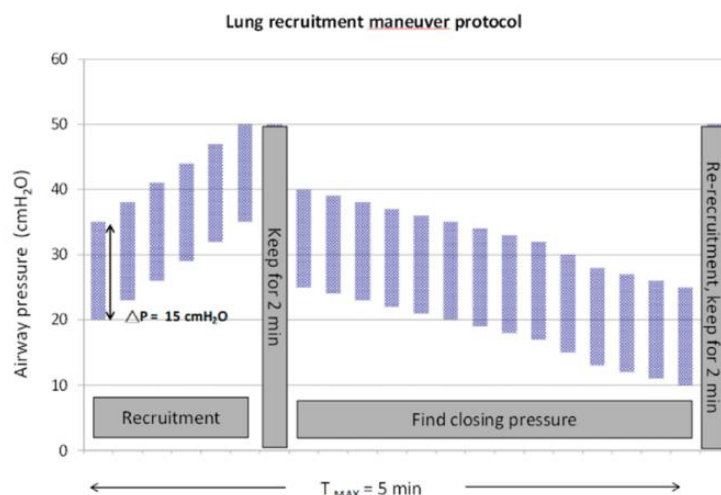
Μετά την κατάλληλη προεγχειρητική προετοιμασία των ασθενών, την αποφυγή λήψης στερεών τροφών και διαυγών υγρών για διάστημα έξι και δύο ωρών αντίστοιχα, οι ασθενείς εισέρχονταν στη χειρουργική αίθουσα όπου τοποθετούνταν φλεβικός καθετήρας 18G ή 20G. Σε όλες τις ασθενείς χορηγήθηκαν μετοκλοπραμίδη 10 mg και σιμετιδίνη 200 mg ΕΦ για προστασία από πιθανή εισρόφηση. Προνάρκωση δεν έλαβαν. Οι ασθενείς παρακολουθούνταν με το βασικό monitoring, δηλαδή ηλεκτροκαρδιογράφημα, οξύμετρο, μη επεμβατική μέτρηση της αρτηριακής πίεσης. Οι αιμοδυναμικές παράμετροι των ασθενών (συστολική, διαστολική, μέση πίεση, σφίξεις), ο κορεσμός καταγράφονταν διεγχειρητικά κάθε πέντε λεπτά στο διάγραμμα αναισθησίας. Το ιδανικό βάρος σώματος υπολογιζόταν σύμφωνα με τον τύπο $x + 2,3 \text{ Kg}$ για κάθε 2,54 εκατοστά πάνω από 152,4 εκατοστά ύψους όπου $x = 50$ για άνδρες και $x = 45.5$ για γυναίκες ^[70]. Οι φαρμακολογικές δόσεις και οι ρυθμίσεις του αναπνευστήρα προσαρμόστηκαν με βάση αυτό τον υπολογισμό. Για την εισαγωγή στην αναισθησία χορηγήθηκαν προποφόλη 1.5 – 2.5 mg/Kg, νευρομυϊκός αποκλειστής (ροκουρόνιο 0.6 mg/kg) και οπιοειδή (φεντανύλη) αναλόγως αναγκών. Σε όλες τις ασθενείς πραγματοποιήθηκε ενδοτραχειακή διασωλήνωση και τέθηκαν σε μηχανικό αερισμό θετικών πιέσεων. Για τη

μηχανική υποστήριξη της αναπνοής χρησιμοποιήθηκε ο αναπνευστήρας Carestation 650, GE Healthcare. Για τη μηχανική υποστήριξη της αναπνοής εφαρμόστηκε προστατευτικός μηχανικός αερισμός, δηλαδή αναπνεόμενος όγκος $V_t = 6-8 \text{ ml/kg}$ του ιδανικού βάρους, θετική τελοεκπνευστική πίεση (positive end expiratory pressure, PEEP) = $6-8 \text{ cm H}_2\text{O}$, η αναπνευστική συχνότητα και η σχέση I:E ρυθμιζόντουσαν αναλόγως ώστε να διατηρούνται επίπεδα τελοεκπνευστικού διοξειδίου άνθρακα (EtCO_2) μεταξύ $35-45 \text{ mmHg}$. Η διατήρηση της αναισθησίας πραγματοποιήθηκε με χορήγηση πτητικού αναισθητικού δεσφλουρανίου ($5.5-6 \text{ vol\%}$) για επίτευξη ελάχιστης συγκέντρωσης στις κυψελίδες (MAC) 1 και φεντανύλης ενδοφλέβια bolus. Μετά την εφαρμογή του Allen τεστ, τοποθετούνταν ένας καθετήρας αρτηριακής γραμμής στην κερκιδική αρτηρία. Η ανάλυση των αρτηριακών αερίων γινόταν με τον αναλυτή GEM Premier 3500 system with Intelligent Quality Management (Iqm). Η δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου πραγματοποιούνταν με τη χρήση βελόνας Veress. Η μέση πίεση εμφύσησης 10 λεπτά και 90 λεπτά από τη δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου ήταν $13,3 \pm 2,9 \text{ mmHg}$ και $12,5 \pm 2,1 \text{ mmHg}$, αντίστοιχα. Η κλίση στη θέση Trendelenburg ήταν $15-20^\circ$.

3.2.4 Ερευνητικό πρωτόκολλο

Από την αρχή της εφαρμογής του μηχανικού αερισμού παρακολουθούνταν οι μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα, η ενδοτικότητα (Compliance), η μέγιστη εισπνευστική πίεση [peak inspiration pressure (PIP)], η τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας [plateau airway pressure (P_{plateau})] και οι αντιστάσεις [airway resistance (R_{aw})].

Ο χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων (incremental and decremental positive end-expiratory pressure) (Εικόνα 1) πραγματοποιούνταν πέντε λεπτά μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου, εφόσον είχε εξασφαλιστεί αιμοδυναμική σταθερότητα ($\text{ΜΑΠ} > 65 \text{ mmHg}$). Ο χειρισμός πραγματοποιούνταν σε μοντέλο αερισμού ελεγχόμενης πίεσης (pressure control) με πίεση εισπνοής $15 \text{ cmH}_2\text{O}$, με PEEP $5 \text{ cmH}_2\text{O}$, FiO_2 of 1.0, αριθμός αναπνοών 10 αναπνοές/ λεπτό, I/E ratio of 1:1. Η PEEP αυξάνονταν κατά $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ κάθε πέντε αναπνοές έως ότου η μέγιστη πίεση των αεραγωγών να είναι $40 \text{ cmH}_2\text{O}$. Όταν η μέγιστη πίεση των αεραγωγών γινόταν $40 \text{ cmH}_2\text{O}$, ο αερισμός διατηρούνταν για δύο λεπτά και στη συνέχεια η PEEP μειωνόταν κατά $2 \text{ cmH}_2\text{O}$ κάθε τρεις αναπνοές μέχρι να βρεθεί η μέγιστη ενδοτικότητα (derecruitment point). Τότε η PEEP αυξανόταν πάλι σε $25 \text{ cmH}_2\text{O}$ για δύο λεπτά ώστε να επιστρατευτούν εκ νέου οι κυψελίδες και τέλος ρυθμιζόταν σε μια νέα τιμή $2 \text{ cmH}_2\text{O}$ πάνω από το derecruitment point. Η συχνότητα των αναπνοών και το FiO_2 ρυθμιζόντουσαν εκ νέου ώστε να επιτευχθεί επαρκής αερισμός.



Εικόνα 1: Χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων (incremental and decremental positive end-expiratory pressure)

Οι καταγραφές των μηχανικών ιδιοτήτων του πνεύμονα μαζί με λήψη αερίων αρτηριακού αίματος πραγματοποιήθηκαν στους παρακάτω χρόνους : μετά την επαγωγή στην αναισθησία (T1), με την ασθενή να τοποθετείται στη θέση λιθοτομής (T2), να τοποθετείται σε θέση Trendelenburg (T3), 10 και 90 λεπτά μετά την εμφύσηση CO₂ (T4 και T5), αμέσως μετά την άρση της λιθοτομής και μετά την αφαίρεση του πνευμοπεριτοναίου (T6 και T7) και 10 λεπτά μετά από έναν χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης (T8).

Όλες οι ασθενείς έλαβαν 2 mg/Kg σουγκαμαντέξη και αποσωληνώθηκαν με 50% FiO₂. Στην ανάνηψη, οι ασθενείς έλαβαν οξυγόνο από ρινική κάνουλα με ροή 2 L/min.

3.2.5 Μέγεθος του δείγματος

Το δείγμα υπολογίζεται σύμφωνα με την υπόθεση ότι ο χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων μπορεί να επαναφέρει την ενδοτικότητα του αναπνευστικού συστήματος στις αρχικές τιμές. Για τη διαφορά τους υπολογίστηκε ότι χρειάζονται τουλάχιστον 28 ασθενείς για να ερευνηθεί μια διαφορά της τάξεως του 0.8 με type I error = 0.05 και επιθυμητή δύναμη της μελέτης 80%. Λαμβάνοντας υπόψη και πιθανές απώλειες ασθενών το νούμερο αυτό στρογγυλοποιήθηκε σε 31 ασθενείς. Για τον υπολογισμό του δείγματος χρησιμοποιήθηκε το GPower 3.1.2 for Windows (Germany).

3.2.6 Χρονικό διάστημα διεξαγωγής της μελέτης

Η μελέτη διεξήχθη από 7 Ιουνίου 2023 – 12 Δεκεμβρίου 2023 , στο Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών <<ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ>>. Η καταγραφή των δεδομένων έγινε σε αρχείο Excel και η επεξεργασία τους αναλύεται στην ενότητα 3.3.

3.3 Στατιστική Ανάλυση

Με βάση τα κλινικά δεδομένα των 31 ασθενών οι οποίες συμμετείχαν στο ερευνητικό πρωτόκολλο, οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από 15 ασθενείς και η δεύτερη από 16 ασθενείς. Αυτός ο διαχωρισμός διευκόλυνε την εφαρμογή του Mann–Whitney U test ώστε να διερευνηθεί η πιθανότητα ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των δυο τυχαία επιλεγμένων ομάδων. Όπως φαίνεται στον πίνακα Π1 του παραρτήματος, δεν υπήρξαν ενδείξεις στατιστικής σημαντικότητας στη διακύμανση των δεδομένων για τους 31 ασθενείς ($p > 0.05$, όπου 0.05 η επιλεγείσα τιμή επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας).

Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (α , α) που επιλέχθηκε ως 0.05 στα πλαίσια της παρούσας έρευνας είναι ευρέως αποδεκτό και χρησιμοποιούμενο από την ιατρική και την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα. Κατά συνέπεια, τα ευρήματα της παρούσας έρευνας είναι εύκολο να συγκριθούν και να σχολιαστούν σε αντιπαραβολή με ήδη υπάρχουσες βιβλιογραφικές αναφορές που έχουν επιλέξει ίδιο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας. Επιπλέον, η επιλογή της τιμής α ίσης με 0.05 είναι μια λογική προσέγγιση προκειμένου να εξισορροπηθεί η ευαισθησία και η ειδικότητα της έρευνας. Επομένως, με την παραπάνω επιλογή επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας εξασφαλίζεται η αξιοπιστία και η αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων της έρευνας, ενώ ελαχιστοποιείται η πιθανότητα λαθών Τύπου I και Τύπου II.

Η απουσία στατιστικής σημαντικότητας υπογραμμίζει την ομοιογένεια που παρατηρήθηκε στο σύνολο δεδομένων των 31 ασθενών. Η ομοιογένεια του αρχικού δείγματος είναι σημαντικός παράγοντας που θέτει τις βάσεις για την στατιστική ανάλυση διαστρωμάτωσης (stratification analysis) που εκτελέστηκε στο επόμενο στάδιο της στατιστικής ανάλυσης της παρούσας εργασίας.

Ο πρωταρχικός στόχος της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του χειρισμού επιστράτευσης κυψελίδων σε συνάρτηση με διάφορες παραμέτρους από το αναπνευστικό σύστημα (ενδοτικότητα, Pplat, DP) και διάφορα χαρακτηριστικά των ασθενών

(BMI). Συνεπώς η στατιστική ανάλυση διαστρωμάτωσης θεωρήθηκε ως η πλέον κατάλληλη για την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Με βάση την στατιστική ανάλυση διαστρωμάτωσης, σε κάθε στάδιο μελέτης της εκάστοτε εξεταζόμενης παραμέτρου, οι ασθενείς διαχωρίζονταν σε δύο ομάδες των 10 ατόμων. Η μία ομάδα απαρτιζόταν από τους ασθενείς με τις μέγιστες τιμές της εξεταζόμενης παραμέτρου (οριζόμενη ως Group A), ενώ η δεύτερη ομάδα περιείχε τους ασθενείς με τις ελάχιστες τιμές της εξεταζόμενης παραμέτρου (οριζόμενη ως Group B). Με την επιλογή αυτής της μεθόδου, είναι εφικτό να μελετηθεί πως οι ακραίες παρατηρούμενες τιμές μιας παραμέτρου (π.χ. Pplat) είναι πιθανό να επηρεάζουν τις τιμές μίας άλλης παραμέτρου (π.χ. ενδοτικότητα). Εν συνεχεία η στατιστική σημαντικότητα των διαφορών παραμέτρων, αξιολογήθηκε με τη χρήση του Mann–Whitney U test μεταξύ των μέσων όρων των δύο ομάδων ασθενών (Group A, B). Με αυτόν τον τρόπο, αξιολογείται αν οι διακυμάνσεις μιας παραμέτρου (π.χ. ενδοτικότητα) επηρεάζονται από τις αρχικές τιμές μίας άλλης (π.χ. Pplat).

3.4 Ηθική και Δεοντολογία

Αυτό το ερευνητικό πρωτόκολλο έλαβε έγκριση από το επιστημονικό συμβούλιο του Γενικού Νοσοκομείου Αθηνών << ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ >> με ημερομηνία έγκρισης 25/05/2023 και αριθμό πρωτοκόλλου 275/27-04-2023.

Όλες οι ασθενείς ενημερώθηκαν λεπτομερώς για το είδος της μελέτης και τις παρεμβάσεις και έδωσαν τη συγκατάθεσή τους εγγράφως.

Αυτή η μελέτη περιλαμβάνει ασθενείς άνω των 18 ετών, σε κατάταξη ASA (American Society of Anesthesiologists) I ή II, με δείκτη μάζας σώματος (BMI) <30 kg/m² οι οποίες υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπική γυναικολογική επέμβαση αφού πρώτα ενημερώθηκαν για τις επιδράσεις του χειρισμού επιστράτευσης των κυψελίδων μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου και τον καθετηριασμό της κερκιδικής αρτηρίας.

3.5 Αποτελέσματα

3.5.1 Δημογραφικά στοιχεία

Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού που μελετήθηκε παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με επιτυχία σε κάθε ασθενή χωρίς επιπλοκές ή ανεπιθύμητα γεγονότα εξαιτίας της μελέτης. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσος όρος ± την τυπική απόκλιση.

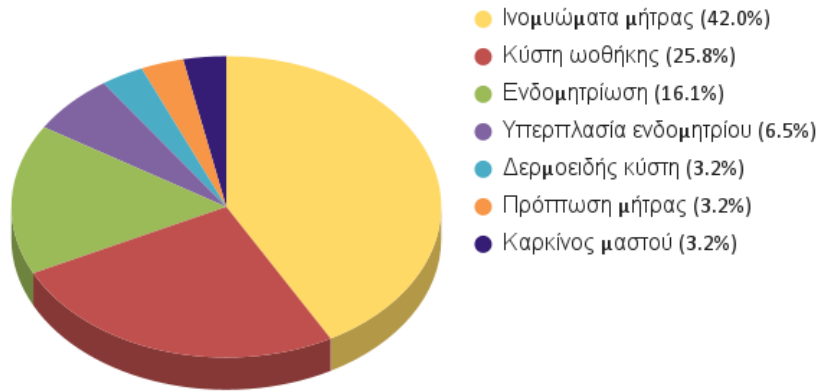
Πίνακας 1: Δημογραφικά στοιχεία

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
ΗΛΙΚΙΑ (έτη)	44,0 ± 11,3
ASA I	15 (48,4%)
ASA II	16 (51,6%)
ΥΨΟΣ (εκατοστά)	163,8 ± 5,1
ΒΑΡΟΣ (κιλά)	68,6 ± 11,3
ΔΕΙΚΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (cm/m ²)	25,2 ± 4,0
ΙΔΑΝΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ (κιλά)	56,3 ± 4,9

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των επεμβάσεων

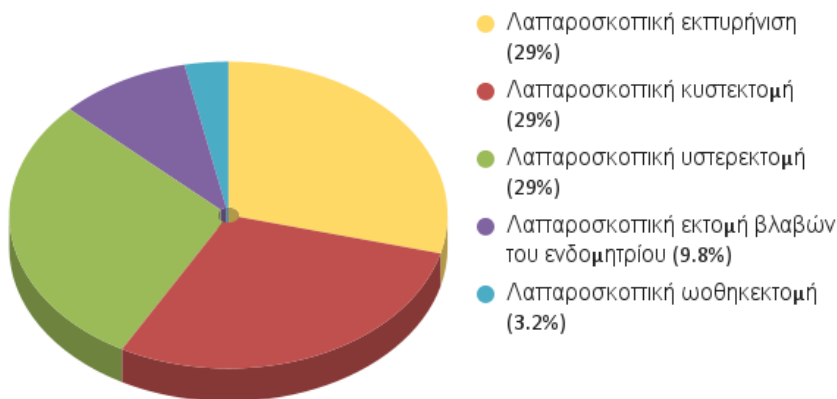
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (διάρκεια, υγρά, αναισθητικά φάρμακα)	
Διάρκεια χειρουργείου (λεπτά)	154,3 ± 58,4
Μέγιστη / Ελάχιστη διάρκεια χειρουργείου	350 / 90
Διάρκεια αναισθησίας (λεπτά)	174,0 ± 61,2
Μέγιστη / Ελάχιστη διάρκεια αναισθησίας	375 / 100
Κρυσταλλοειδή (mL / Kg / h)	10,6 ± 4,0
Προποφόλη (mg)	213,5 ± 36,3
Ροκουρόνιο (mg)	40,14 ± 6,66
Δεσφλουράνιο (% * min)	1044,2 ± 366,9

Κατανομή των διαγνώσεων



Διάγραμμα 1: Κατανομή των διαγνώσεων

Κατανομή των χειρουργικών επεμβάσεων

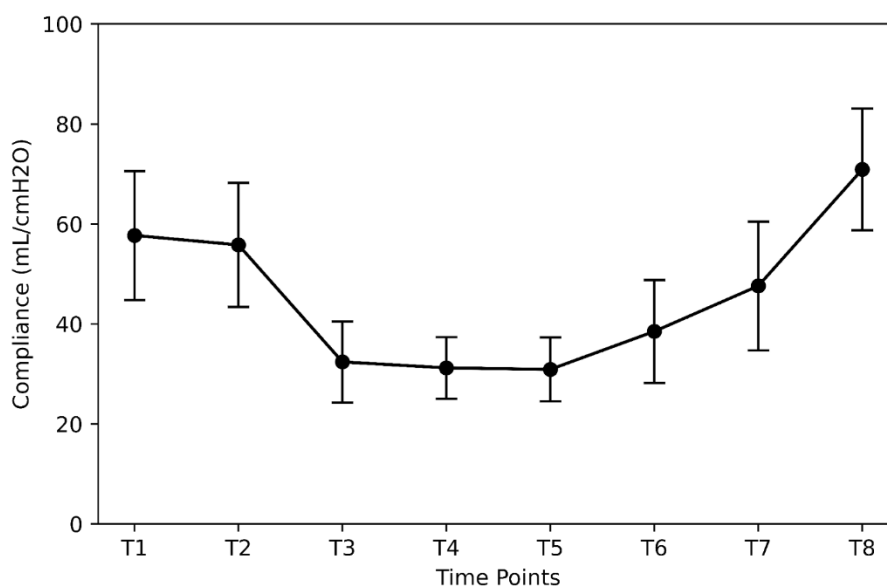


Διάγραμμα 2: Κατανομή των χειρουργικών επεμβάσεων

3.5.2 Μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα και πρότυπο αναπνοής

Μετά την εισαγωγή στην αναισθησία (T1) η μέση τιμή της ενδοτικότητας του πνεύμονα ήταν 58,2 mL/cmH₂O. Όταν οι ασθενείς τοποθετούνταν σε θέση λιθοτομής (T2), η μέση ενδοτικότητα εμφάνισε μια μικρή πτώση 3,1%, ποσοστό που αντιστοιχεί σε πτώση 1,8 μονάδων (T2 vs. T1; P < 0,05). Στη συνέχεια, όταν τοποθετούνταν σε θέση Trendelenburg

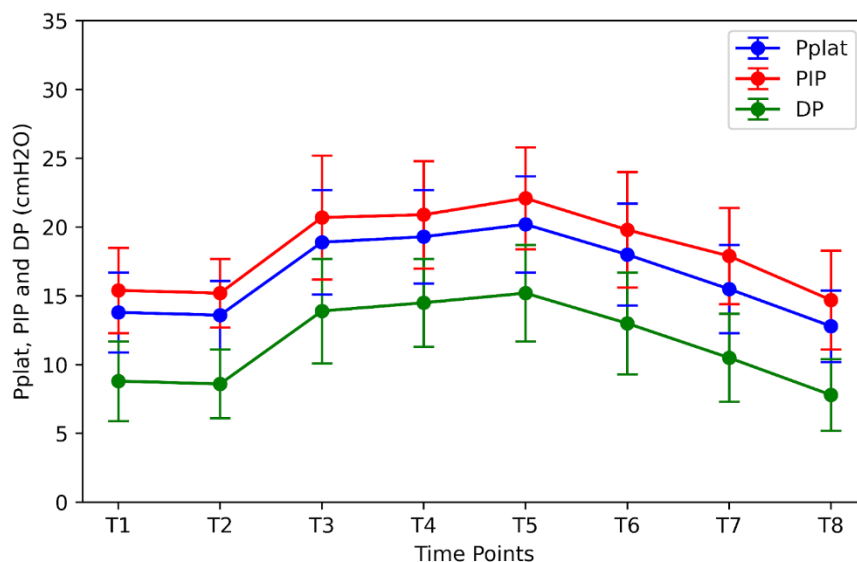
(T3) η μέση ενδοτικότητα μειωνόταν σε 32,9 mL/cmH₂O, δηλαδή μείωση 25,3 μονάδων που αντιστοιχεί σε πτώση τάξεως 43,5% επί της αρχικής τιμής (T3 vs. T1; P < 0,05). Περαιτέρω μείωση εμφανίστηκε μετά την εμφύσηση διοξειδίου του άνθρακα τη χρονική στιγμή T4, συγκεκριμένα 27 μονάδες από την αρχική τιμή που αντιστοιχούν σε ποσοστό 46,4% (T4 vs. T1; P < 0,05). Η μικρότερη μέση τιμή της ενδοτικότητας που παρατηρήθηκε είναι 30,8 mL/cmH₂O, μείωση 27,4 μονάδων από την αρχική τιμή η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό 47,1%, και καταγράφηκε 90 λεπτά από τη δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου. Μετά την τοποθέτηση της ασθενούς σε ουδέτερη θέση (T6) η μέση τιμή της ενδοτικότητας ήταν 39,0 mL/cmH₂O, αυξήθηκε δηλαδή κατά 26,6% (αύξηση 8,2 μονάδων) από την αντίστοιχη τιμή τη χρονική στιγμή T5 (T6 vs. T5; P < 0,05). Ωστόσο, παρέμεινε χαμηλότερη κατά 33% (19,2 μονάδες) από την αρχική τιμή τη χρονική στιγμή T1 (T6 vs. T1; P < 0,05). Μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου (T7), η ενδοτικότητα αυξήθηκε σε 47,6 mL/cmH₂O αλλά παρέμεινε χαμηλότερη από την T1 κατά 10,6 μονάδες (ποσοστό μείωσης 18,21%) (T7 vs. T1; P < 0,05). Μετά το χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων, η ενδοτικότητα αυξήθηκε σε τιμές μεγαλύτερες της αρχικής με μέση τιμή 71 mL/cmH₂O. Η αύξηση αντιστοιχεί σε ποσοστό 22% (12,8 μονάδες) συγκριτικά με η μέση τιμή της ενδοτικότητας τη χρονική στιγμή T1 (T8 vs. T1; P < 0,05).



Διάγραμμα 3: Η ενδοτικότητα στις διαφορετικές χρονικές στιγμές. Χρονικές στιγμές: μετά την επαγωγή στην αναισθησία (T1), θέση λιθοτομής (T2), θέση Trendelenburg (T3), 10 και 90 λεπτά μετά την εμφύσηση CO₂ (T4 και T5), αμέσως μετά την άρση της λιθοτομής και μετά την αφαίρεση του πνευμοπεριτοναίου (T6 και T7) και 10 λεπτά μετά από έναν χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης (T8).

Η τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας (Pplat) εμφάνισε τη μεγαλύτερη αύξηση τη χρονική στιγμή T5. Η αύξηση αυτή ήταν 6,4 μονάδες οι οποίες αντιστοιχούν σε ποσοστό αύξησης 46,38% (T5 vs. T1; $P < 0,05$). Όταν οι ασθενείς τοποθετήθηκαν στην ύπτια θέση (T6) και παροχετεύθηκε το διοξείδιο του άνθρακα από την περιτοναϊκή κοιλότητα (T7), σταδιακά μειώθηκε η μέση τιμή της Pplat, παρέμεινε όμως αυξημένη συγκριτικά με την αρχική τιμή σε ποσοστό 30,4% (T6 vs. T1; $P < 0,05$) και 12,32% (T7 vs. T1; $P < 0,05$) αντίστοιχα. Μετά το χειρισμό (T8), μειώθηκε κατά 1 μονάδα από την αρχική τιμή τη χρονική στιγμή T1 (T8 vs. T1; $P < 0,05$), δηλαδή εμφάνισε μείωση της τάξεως του 7,25%.

Παρόμοια αύξηση εμφάνισαν η οδηγός πίεση (DP) και η μέγιστη εισπνευστική πίεση (PIP). Τη χρονική στιγμή T5 εμφάνισαν τη μέγιστη αύξηση κατά 72,72% (ποσοστό που αντιστοιχεί σε 6,4 μονάδες) και 43,5% (ποσοστό που αντιστοιχεί σε 6,7 μονάδες), αντίστοιχα (T5 vs. T1; $P < 0,05$). Με την επαναφορά σε ύπτια θέση και την άρση του πνευμοπεριτοναίου, παρατηρήθηκε μείωση της μέσης τιμής τους. Εντούτοις, και η μέση DP και μέση PIP παρέμειναν αυξημένες σε σχέση με την τιμή τους τη χρονική στιγμή T1 σε ποσοστό 19,32% και 16,23%, αντίστοιχα (T5 vs. T1; $P < 0,05$). Μετά το χειρισμό (T8), και η μέση DP και η μέση PIP εμφάνισαν μια μείωση της τάξεως του 11,36% και 4,54% αντίστοιχα σε σύγκριση με τη μέση τιμή τους τη χρονική στιγμή T1 (T8 vs. T1; $P < 0,05$).



Διάγραμμα 4: Οι τιμές Pplat, PIP, DP στις διαφορετικές χρονικές στιγμές. Χρονικές στιγμές: μετά την επαγωγή στην αναισθησία (T1), θέση λιθοτομής (T2), θέση Trendelenburg (T3), 10 και 90 λεπτά μετά την εμφύσηση CO₂ (T4 και T5), αμέσως μετά την άρση της λιθοτομής και μετά την αφαίρεση του πνευμοπεριτοναίου (T6 και T7) και 10 λεπτά μετά από έναν χειρισμό

επιστράτευσης κυψελίδων στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης (T8).

P_{plat}

= Τελοεισπνευστική Πίεση Ισορροπίας, PIP = Peak Inspiratory Pressure (Μέγιστη Εισπνευστική Πίεση), DP = Driving Pressure (Οδηγός Πίεση)

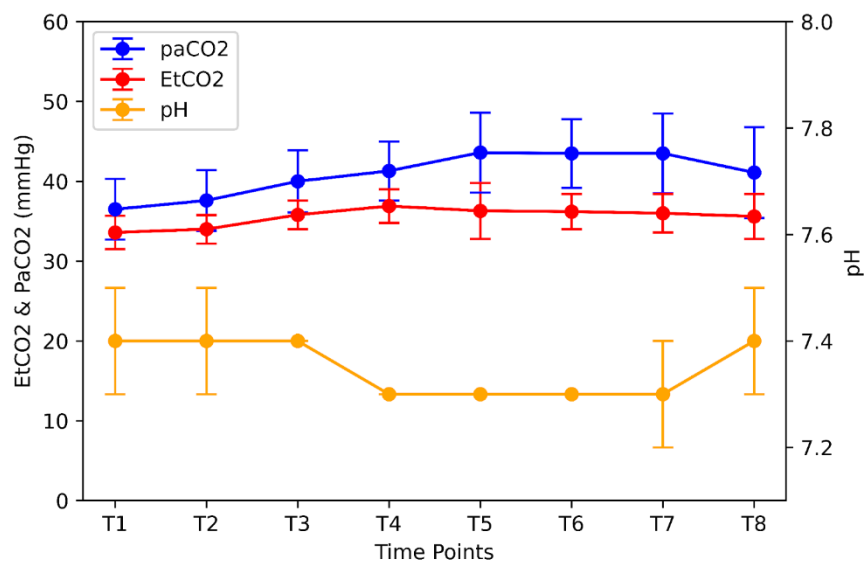
Πίνακας 3: Το πρότυπο της αναπνοής στους διαφορετικούς χρόνους διεξαγωγής του πρωτοκόλλου

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Vt	425,5 ± 29,7	424,0 ± 32,6	421,0 ± 35,9	420,8 ± 34,3	416,3 ± 83,8	432,1 ± 33,3	432,1 ± 33,3	432,7 ± 32,8
RR	11,8 ± 1,0	12,8 ± 7,4	12,1 ± 1,4	13,0 ± 1,9	15,0 ± 1,9	15,5 ± 2,1	15,4 ± 2,1	13,0 ± 2,0
Cdyn	58,2 ± 13,0	56,4 ± 12,6	32,9 ± 8,7	31,2 ± 6,6	30,8 ± 6,3	39,0 ± 10,3	47,6 ± 12,9	71,0 ± 12,0
P _{plat}	13,8 ± 2,9	13,6 ± 2,5	18,9 ± 3,8	19,3 ± 3,4	20,2 ± 3,5	18,0 ± 3,7	15,5 ± 3,2	12,8 ± 2,6
PIP	15,4 ± 3,1	15,2 ± 2,5	20,7 ± 4,5	20,9 ± 3,9	22,1 ± 3,7	19,8 ± 4,2	17,9 ± 3,5	14,7 ± 3,6
DP	8,8 ± 2,9	8,6 ± 2,5	13,9 ± 3,8	14,5 ± 3,2	15,2 ± 3,5	13,0 ± 3,7	10,5 ± 3,2	7,8 ± 2,6
Raw	2,0 ± 1,7	1,9 ± 1,1	2,5 ± 1,9	2,1 ± 1,7	2,6 ± 1,8	2,3 ± 1,4	3,0 ± 1,9	2,6 ± 3,0

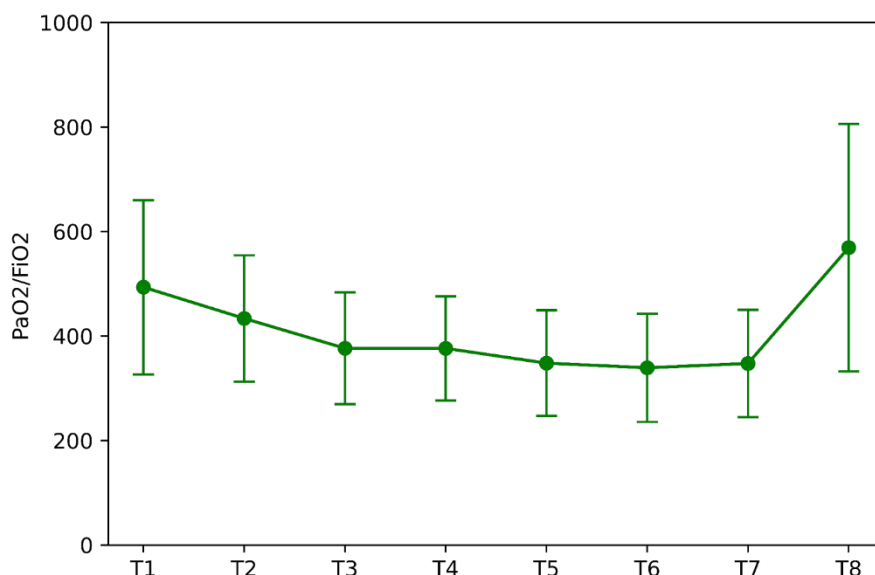
3.5.3 Ανταλλαγή αερίων

Το pH, ο λόγος PO₂/FiO₂, η μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα (PaCO₂) στους διαφορετικούς χρόνους φαίνονται στον πίνακα 3. Μετά την εισαγωγή στην αναισθησία, ο λόγος PO₂/FiO₂ 493,4 εμφάνισε μια πτώση 59,8 μονάδων (12,1%) όταν η ασθενής τοποθετήθηκε σε θέση λιθοτομής (T2 vs. T1; P < 0,05) ενώ όταν τοποθετήθηκε σε θέση Trendelenburg και έγινε εμφύσηση του διοξειδίου του άνθρακα εμφανίστηκε μια επιπλέον πτώση του λόγου κατά 57,3 μονάδες (13,2%). Σε χρονική διάρκεια 90 λεπτών από τη δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου, ο λόγος εμφάνισε μια πτώση 145,4 μονάδων (29,47%) από την αρχική τιμή (T5 vs. T1; P < 0,05). Η μεγαλύτερη πτώση του λόγου (154,2 μονάδες – 31,25%) εμφανίστηκε όταν η ασθενής επανήλθε στην ύπτια θέση χωρίς όμως να γίνει απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου (T6 vs. T1; P < 0,05). Με την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου, ο λόγος αυξήθηκε κατά 8,2 μονάδες (T6 vs. T7; P < 0,05), παρέμεινε όμως κατά 146 μονάδες (29,59%) χαμηλότερος από την αρχική τιμή (T7 vs. T1; P < 0,05). Μετά το χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων ο λόγος PO₂/FiO₂ αυξήθηκε σημαντικά και επέστρεψε στις αρχικές τιμές (T7 vs. T1; P < 0,05)

Το pH του αίματος μειώθηκε σημαντικά με ποσοστό μείωσης 1,35% (T7 vs. T1; $P < 0,05$) κατά τη διάρκεια της επέμβασης συγκριτικά με την αρχική τιμή αλλά επανήλθε μετά τον χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων (T8 vs. T1; $P < 0,05$). Η εμφάνιση της οξυαιμίας προκλήθηκε εξαιτίας της αύξησης της μέσης πίεσης του διοξειδίου του άνθρακα κατά 7 μονάδες οι οποίες αντιστοιχούν σε ποσοστό αύξησης κατά 19,18% (T6 vs. T1; $P < 0,05$) κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου (T7) και το χειρισμό (T8), η μέση πίεση του διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκε κατά 4 μονάδες (5,52%) (T7 vs. T8; $P < 0,05$), παραμένοντας αυξημένη κατά 4,6 μονάδες (12,6%) σε σχέση με την τιμή κατά την εισαγωγή στην αναισθησία (T8 vs. T1; $P < 0,05$).



Διάγραμμα 5: Οι τιμές PaCO₂, EtCO₂, pH στις διαφορετικές χρονικές στιγμές. Χρονικές στιγμές: μετά την επαγωγή στην αναισθησία (T1), θέση λιθοτομής (T2), θέση Trendelenburg (T3), 10 και 90 λεπτά μετά την εμφύσηση CO₂ (T4 και T5), αμέσως μετά την άρση της λιθοτομής και μετά την αφαίρεση του πνευμοπεριτοναίου (T6 και T7) και 10 λεπτά μετά από έναν χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης (T8). PaCO₂ = Μερική πίεση διοξειδίου άνθρακα, EtCO₂ = Τελοεκπνευστική πίεση διοξειδίου του άνθρακα



Διάγραμμα 6: Ο λόγος PaO₂ / FiO₂ στις διαφορετικές χρονικές στιγμές. Χρονικές στιγμές: μετά την επαγωγή στην αναισθησία (T1), θέση λιθοτομής (T2), θέση Trendelenburg (T3), 10 και 90 λεπτά μετά την εμφύσηση CO₂ (T4 και T5), αμέσως μετά την άρση της λιθοτομής και μετά την αφαίρεση του πνευμοπεριτοναίου (T6 και T7) και 10 λεπτά μετά από έναν χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης (T8) PaO₂ = Μερική πίεση οξυγόνου, FiO₂ = Εισπνεόμενο οξυγόνο

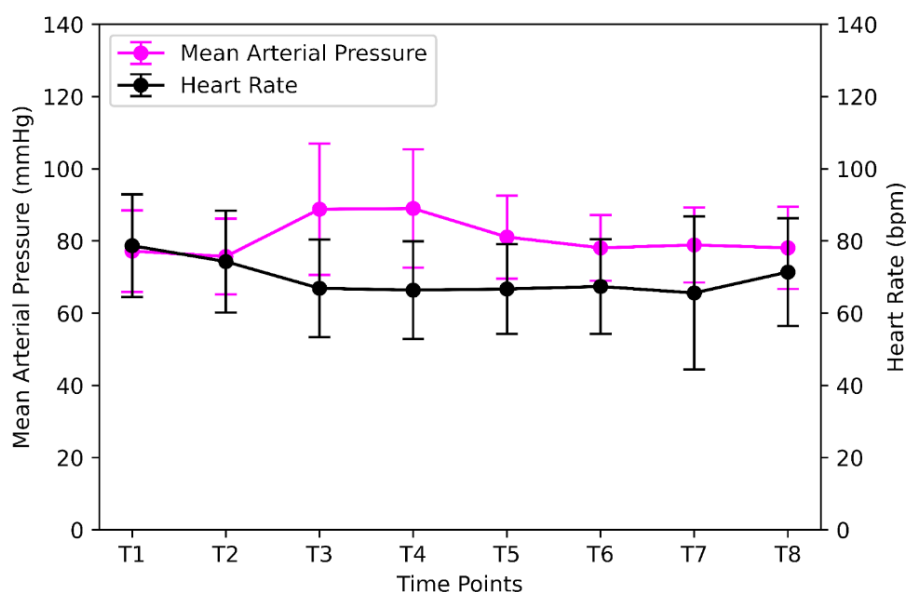
Πίνακας 4: Οι παράμετροι ανταλλαγής αερίων στους διαφορετικούς χρόνους διεξαγωγής του πρωτοκόλλου

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	7,4 ± 0,1	7,4 ± 0,1	7,4 ± 0,0	7,3 ± 0,0	7,3 ± 0,0	7,3 ± 0,0	7,3 ± 0,1	7,4 ± 0,1
PO ₂ / FiO ₂	493,4 ± 166,7	433,6 ± 120,8	376,3 ± 99,7	376,5 ± 106,9	348,0 ± 101,0	339,2 ± 103,6	347,4 ± 102,8	569,1 ± 237,0
PCO ₂ (mmHg)	36,5 ± 3,8	37,6 ± 3,8	40,0 ± 3,7	41,3 ± 3,9	43,6 ± 5,0	43,5 ± 4,3	43,5 ± 5,0	41,1 ± 5,7
EtCO ₂ (mmHg)	33,6 ± 2,1	34,0 ± 1,8	35,8 ± 2,1	36,9 ± 1,8	36,3 ± 3,5	36,2 ± 2,2	36,0 ± 2,4	35,6 ± 2,8

3.5.4 Αιμοδυναμικές αλλαγές

Η μέση αρτηριακή πίεση και η καρδιακή συχνότητα παρέμειναν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης (Πίνακας 5). Η εφεδρίνη χρησιμοποιήθηκε ως αγγειοσυσπαστικό εκλογής λόγω της θετικής χρονότροπης και θετικής ινότροπης δράσης της. Για να διατηρηθεί η μέση αρτηριακή πίεση πάνω από 65 mmHg κατά το χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων, χορηγήθηκαν κατά μέσο όρο 12,1 mg εφεδρίνης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέγιστη δόση

εφεδρίνης που χορηγήθηκε ήταν 50 mg καθώς η ασθενής εμφάνισε έντονη βραδυκαρδία (καρδιακή συχνότητα 36 σφίξεις / λεπτό) κατά τη διεξαγωγή του χειρισμού.



Διάγραμμα 7: Η μέση αρτηριακή πίεση και η καρδιακή συχνότητα στις διαφορετικές χρονικές στιγμές. Χρονικές στιγμές: μετά την επαγωγή στην αναισθησία (T1), θέση λιθοτομής (T2), θέση Trendelenburg (T3), 10 και 90 λεπτά μετά την εμφύσηση CO₂ (T4 και T5), αμέσως μετά την άρση της λιθοτομής και μετά την αφαίρεση του πνευμοπεριτοναίου (T6 και T7) και 10 λεπτά μετά από έναν χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης (T8)

Πίνακας 5: Αιμοδυναμικές παράμετροι στους διαφορετικούς χρόνους διεξαγωγής του πρωτοκόλλου

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Μέση Αρτηριακή Πίεση (mmHg)	77,2 ± 11,3	75,7 ± 10,5	88,8 ± 18,2	89,0 ± 16,4	81,1 ± 11,5	78,1 ± 9,1	78,9 ± 10,4	78,1 ± 11,4
Καρδιακή Συχνότητα (παλμοί / λεπτό)	78,7 ± 14,2	74,3 ± 14,1	66,9 ± 13,5	66,4 ± 13,5	66,7 ± 12,4	67,4 ± 13,1	65,6 ± 21,2	71,4 ± 14,9

3.5.5 Αναλγησία

Σε όλες τις γυναίκες χορηγήθηκε διεγχειρητικά δεξκετοπροφαίνη 50 mg, παρακεταμόλη 1 g μισή ώρα πριν την ολοκλήρωση της επέμβασης και ενοφλέβια οπιοειδή. Τα οπιοειδή που χορηγήθηκαν ήταν μορφίνη και φαιντανύλη με μέση δόση 5,9 mg και 0,3 mg, αντίστοιχα (Πίνακας 6). Την 1^η μετεγχειρητική ώρα, οι ασθενείς με βάση την Οπτική Αναλογική Κλίμακα

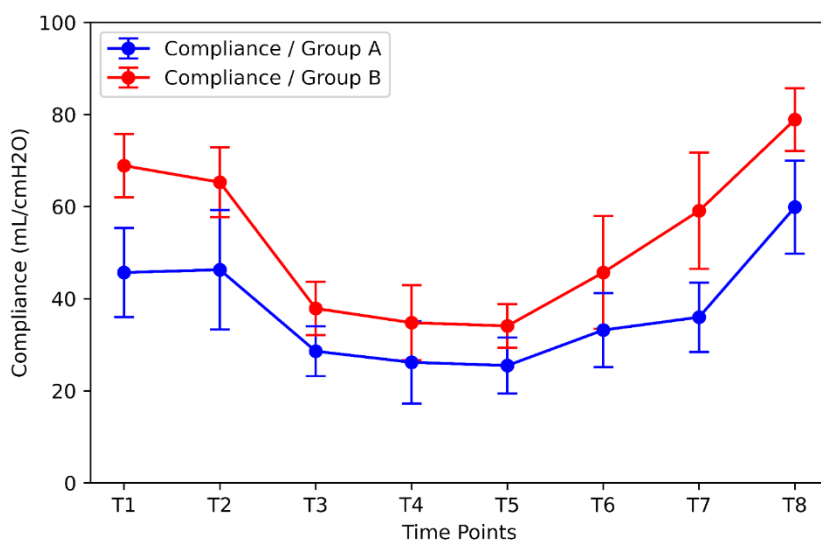
(Visual Analog Scale ,VAS) εμφάνισαν VAS score ≤ 2 ($0,6 \pm 0,6$). Σε δυο ασθενείς χρειάστηκε να δοθεί στην ανάνηψη τραμαδόλη με δόση 1 mg/Kg.

Πίνακας 6: Διεγχειρητική χορήγηση οπιοιδών

	Δόση οπιοιδών
Μορφίνη (mg)	$5,9 \pm 3,4$
Φαιντανύλη (mg)	$0,3 \pm 0,1$

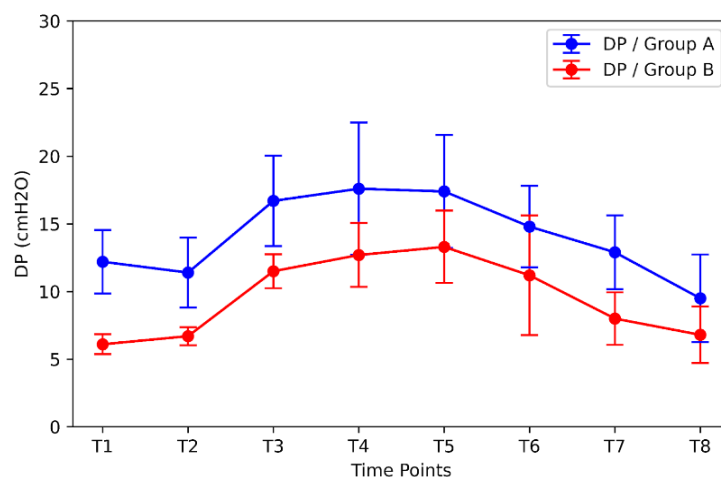
3.5.6 Επίδραση Pplat στην ενδοτικότητα

Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δυο ομάδες (Group A και Group B) αναλόγως την Pplat τη χρονική στιγμή T1. Το Group A περιλαμβάνει τους ασθενείς με τις υψηλότερες τιμές αρχικής Pplat, ο μέσος όρος των οποίων ήταν $17,20 \pm 2,35$ cmH₂O. Αντίστοιχα, το Group B περιλαμβάνει τους ασθενείς με τις χαμηλότερες τιμές Pplat, ο μέσος όρος των οποίων ήταν $11,10 \pm 0,74$ cmH₂O. Οι επιμέρους μεταβολές της ενδοτικότητας, για τις δύο ομάδες ασθενών παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 8). Οι τιμές ενδοτικότητας του Group B ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες συγκριτικά με το Group A σε όλες τις χρονικές στιγμές. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρότι η επιστράτευση κυψελίδων βελτίωσε σημαντικά την ενδοτικότητα στο Group A (αύξηση από $36 \pm 7,53$ την χρονική στιγμή T7 σε $59,9 \pm 10,1$ mL/cmH₂O την χρονική στιγμή T8, που αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης 66,4 %), παρέμεινε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή του Group B (αύξηση από $59,1 \pm 12,63$ την χρονική στιγμή T7 σε $78,90 \pm 6,77$ mL/cmH₂O την χρονική στιγμή T8, που αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης, 33,5 %).

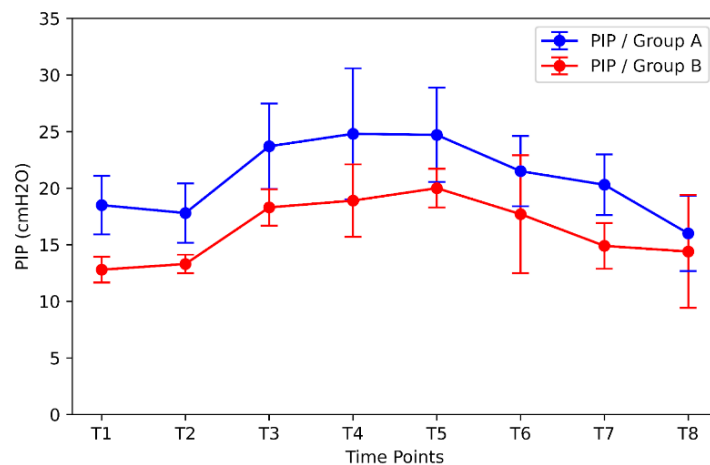


Διάγραμμα 8: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής Pplat στις μεταβολές της ενδοτοκότητας κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής Pplat ($17,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής Pplat ($11,1 \pm 0,74$ cmH₂O).

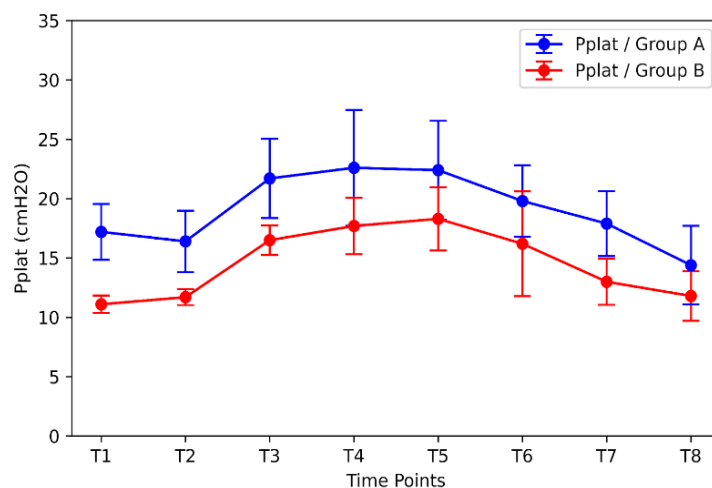
Στα πλαίσια της στατιστικής ανάλυσης διαστρωμάτωσης, μελετήθηκε και η επίδραση της αρχικής Pplat, στην μεταβολή των PIP, DP και Pplat, όπως παρουσιάζεται και στα παρακάτω διαγράμματα. Συνοπτικά, παρατηρήθηκε ότι παρότι οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών την χρονική στιγμή T7 ήταν στατιστικά σημαντικές, αυτό έπαψε να ισχύει μετά τον χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων (T8). Πιο αναλυτικά παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μεταβολές για κάθε ομάδα ασθενών μεταξύ των χρόνων T7 και T8: στο Group A, η PIP μειώθηκε κατά 21,2 % έναντι 3,4 % μείωσης στο Group B, η Pplat ελαττώθηκε κατά 19,6 % στο Group A και 9,2 % στο Group B ενώ τέλος η DP μειώθηκε κατά 26,4% και 15% σε Group A και B αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, καθότι ο ρυθμός μείωσης των παραπάνω παραμέτρων ήταν μεγαλύτερος για το Group A σε σύγκριση με το Group B, οι επιμέρους διαφορές τους κατά τον χρόνο T8 δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.



Διάγραμμα 9: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής Pplat στις μεταβολές της DP κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής Pplat ($17,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής Pplat ($11,1 \pm 0,74$ cmH₂O).



Διάγραμμα 10: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής Pplat στις μεταβολές της PIP κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής Pplat ($17,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής Pplat ($11,1 \pm 0,74$ cmH₂O).

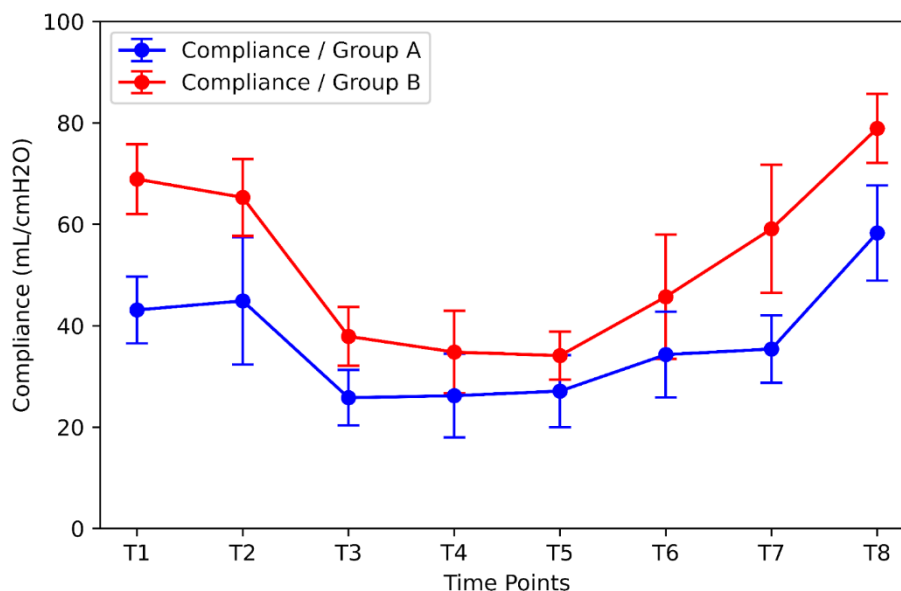


Διάγραμμα 11: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής Pplat στις μεταβολές της Pplat κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής Pplat ($17,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής Pplat ($11,1 \pm 0,74$ cmH₂O).

3.5.7 Επίδραση DP στην ενδοτικότητα

Η ίδια μεθοδολογία ακολουθήθηκε προκειμένου να ερευνηθεί η επίδραση της αρχικής DP

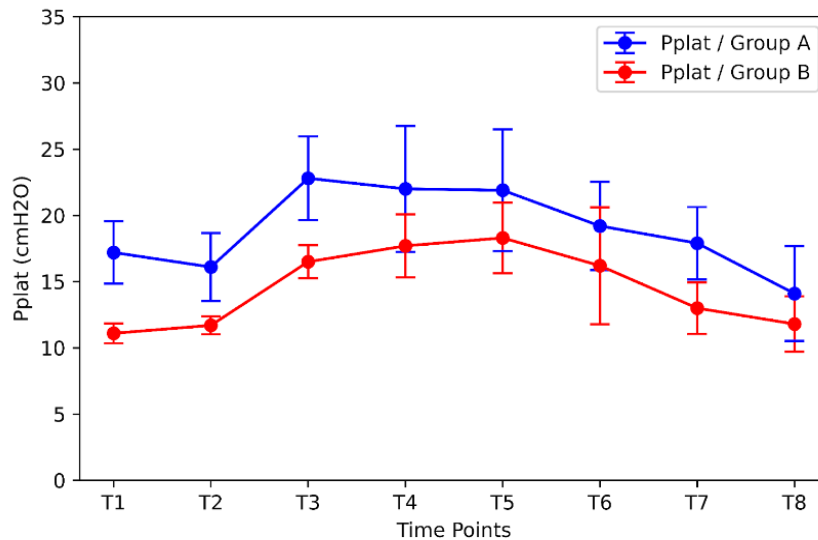
στην ενδοτικότητα. Το Group A περιλαμβάνει τους ασθενείς με τις υψηλότερες τιμές αρχικής DP, ο μέσος όρος των οποίων ήταν $12,2 \pm 2,35$ cmH₂O. Αντίστοιχα, το Group B περιλαμβάνει τους ασθενείς με τις χαμηλότερες τιμές DP, ο μέσος όρος των οποίων ήταν $6,10 \pm 0,74$ cmH₂O. Οι επιμέρους μεταβολές της ενδοτικότητας, για τις δύο ομάδες ασθενών παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 12). Οι τιμές ενδοτικότητας του Group B ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες συγκριτικά με το Group A στις χρονικές στιγμές T1 έως T8. Με την επιστράτευση κυψελίδων, η ενδοτικότητα των ασθενών του Group A αυξήθηκε σημαντικά (αύξηση από $35,4 \pm 6,7$ την χρονική στιγμή T7 σε $58,3 \pm 9,4$ mL/cmH₂O την χρονική στιγμή T8, που αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης 64.7 %), παρέμεινε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή του Group B (αύξηση από $59,1 \pm 12,63$ την χρονική στιγμή T7 σε $78,9 \pm 6,77$ mL/cmH₂O την χρονική στιγμή T8, που αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης, 33,5 %).



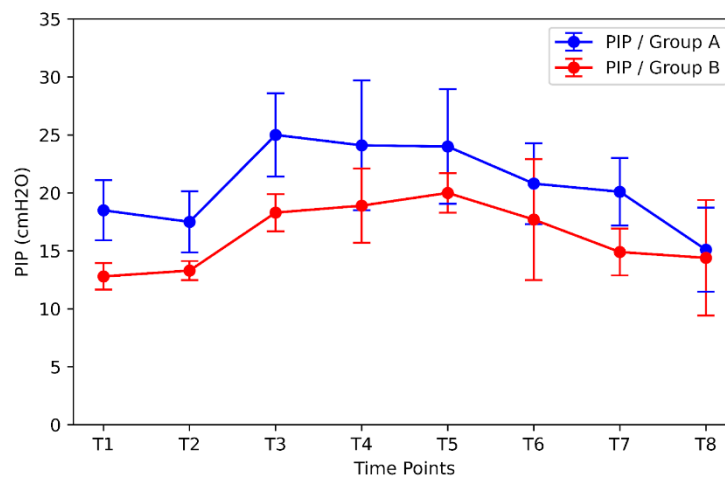
Διάγραμμα 12: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής DP στις μεταβολές της ενδοτικότητας κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής DP ($12,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής DP ($6,1 \pm 0,74$ cmH₂O).

Στα πλαίσια της στατιστικής ανάλυσης διαστρωμάτωσης, μελετήθηκε και η επίδραση της αρχικής DP, στην μεταβολή των PIP, DP και Pplat, όπως παρουσιάζεται και στα παρακάτω διαγράμματα (διαγράμματα 13, 14, 15). Συνοπτικά, παρατηρήθηκε ότι παρότι οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών την χρονική στιγμή T7 ήταν στατιστικά σημαντικές, αυτό έπαψε να ισχύει μετά τον χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων (T8). Πιο αναλυτικά

παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μεταβολές για κάθε ομάδα ασθενών μεταξύ των χρόνων T7 και T8: στο Group A, η PIP μειώθηκε κατά 24,28 % έναντι 3,4 % μείωσης στο Group B, η Pplat ελαττώθηκε κατά 21,2 % στο Group A και 9,2 % στο Group B ενώ τέλος η DP μειώθηκε κατά 28,7% και 15% σε Group A και B αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, καθότι ο ρυθμός μείωσης των παραπάνω παραμέτρων ήταν μεγαλύτερος για το Group A σε σύγκριση με το Group B, οι επιμέρους διαφορές τους κατά τον χρόνο T8 δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

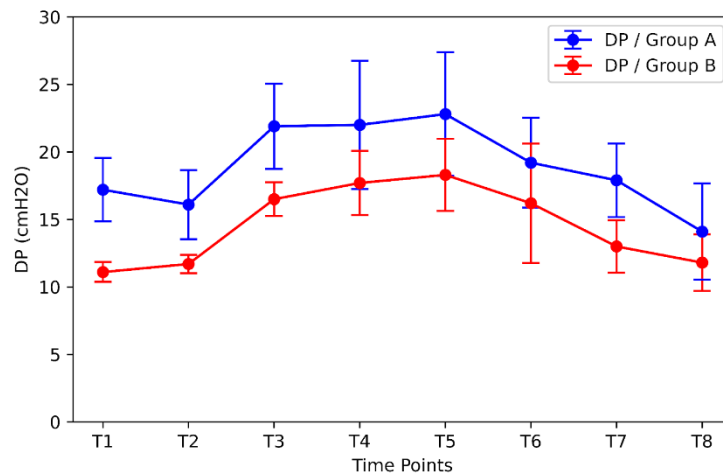


Διάγραμμα 13: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής DP στις μεταβολές της Pplat κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής DP ($12,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής DP ($6,1 \pm 0,74$ cmH₂O).



Διάγραμμα 14: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής DP στις μεταβολές της PIP κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής DP

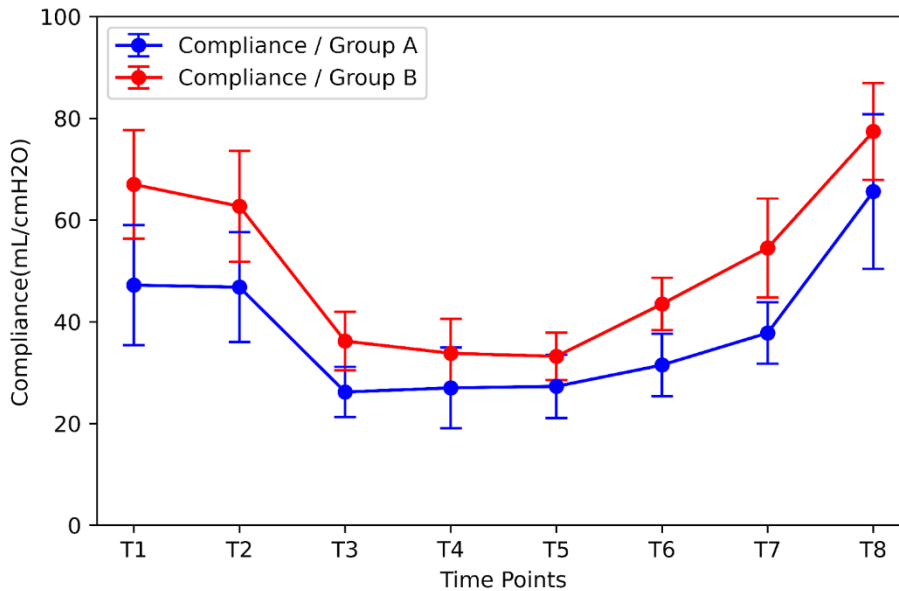
($12,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής DP ($6,1 \pm 0,74$ cmH₂O).



Διάγραμμα 15: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής DP στις μεταβολές της κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής DP ($12,2 \pm 2,35$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής DP ($6,1 \pm 0,74$ cmH₂O).

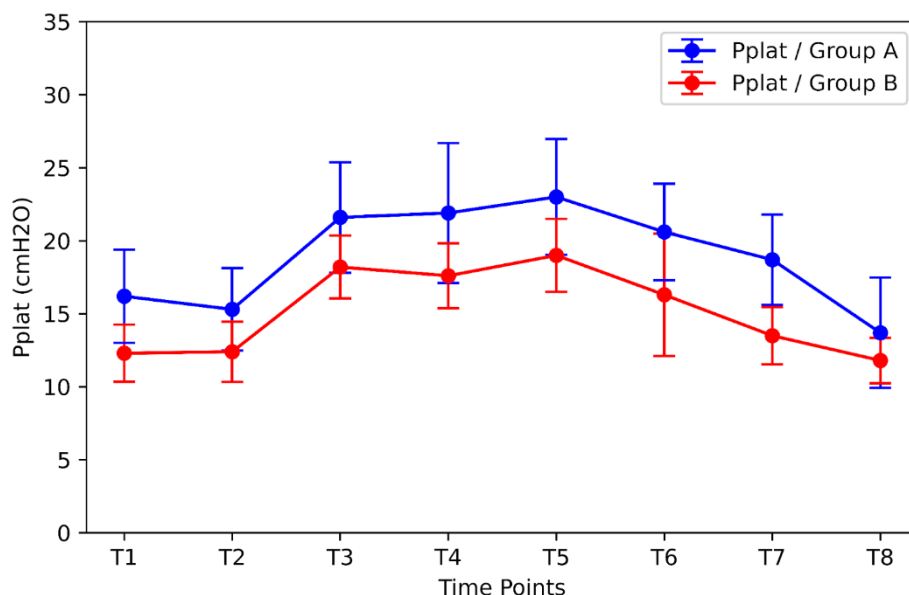
3.5.8 Επίδραση BMI στην ενδοτικότητα

Σε επόμενο στάδιο, μελετήθηκε κατά παρόμοιο τρόπο με παραπάνω η επίδραση του BMI στις μεταβολές της ενδοτικότητας καθώς και των υπόλοιπων εξεταζόμενων παραμέτρων (PIP, Pplat, DP). Η μέση τιμή BMI για τους ασθενείς του Group A ήταν $30,3 \pm 1,1$ kg/m² ενώ για αυτούς του Group B ήταν $21,2 \pm 0,5$ kg/m². Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 16), οι ασθενείς με την μικρότερη μέση τιμή BMI εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές ενδοτικότητας σε σύγκριση με τους ασθενείς του Group A, για τους χρόνους T1 έως T7. Οι διαφορές αυτές παύουν να είναι στατιστικά σημαντικές τη χρονική στιγμή T8 με το πέρας της επιστράτευσης κυψελίδων. Η διαδικασία της επιστράτευσης οδήγησε και τις δύο ομάδες ασθενών σε αύξηση της μέσης ενδοτικότητάς τους, ωστόσο οι ασθενείς με υψηλότερο BMI παρουσίασαν ποσοστό αύξησης 73,5 % μεταξύ των χρόνων T7 και T8, αρκετά υψηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό του Group B (42 %).

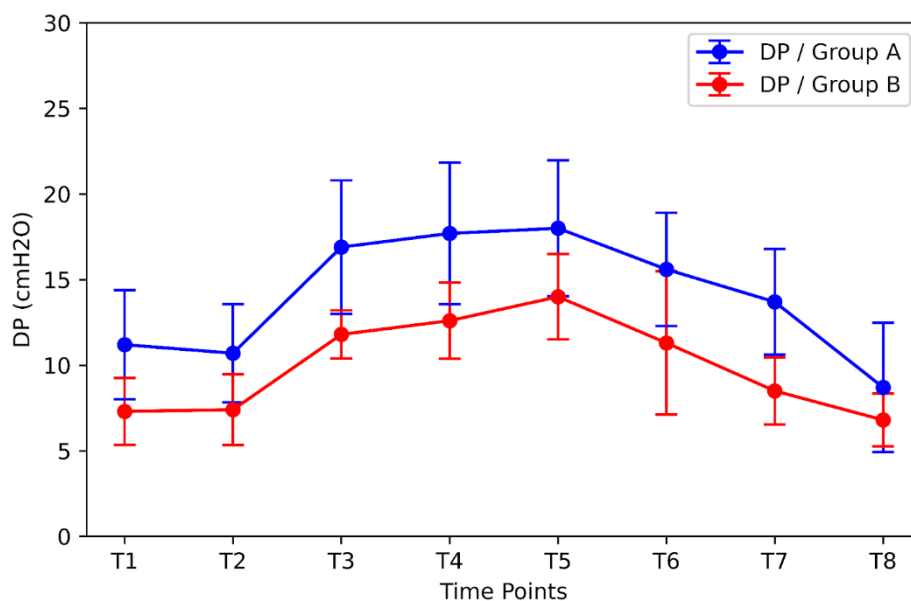


Διάγραμμα 16: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης του BMI στις μεταβολές της ενδοτικότητας κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις υψηλότερες τιμές BMI ($30,3 \pm 1,1$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές BMI ($21,2 \pm 0,5$ cmH₂O).

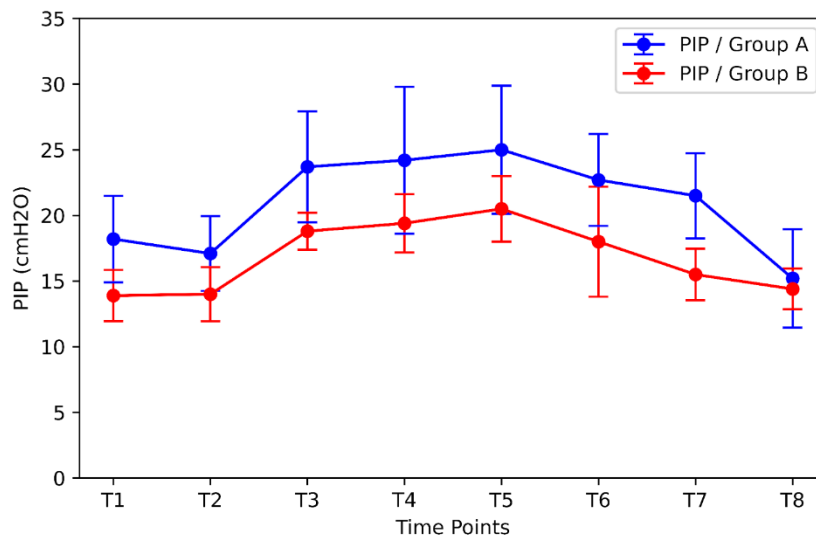
Η επίδραση του BMI στις υπόλοιπες εξεταζόμενες παραμέτρους (Pplat, DP, PIP), απεικονίζεται στα παρακάτω διαγράμματα (Διαγράμματα 17, 18, 19). Οι τιμές των Pplat, DP, PIP παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών για τους χρόνους T1 έως T7. Με τον χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων την χρονική στιγμή T8, οι διαφορές αυτές παύουν να είναι στατιστικά σημαντικές, λόγω των συγκριτικά υψηλότερων ποσοστών πτώσης που παρατηρήθηκε στο Group A συγκριτικά με το Group B. Πιο αναλυτικά μεταξύ των χρόνων T7 και T8, για την Pplat η πτώση στο Group A ήταν 26,7 % έναντι 12,6 % αντίστοιχης μείωσης στο Group B, η DP ελαττώθηκε ποσοστιαία κατά 36,5% στο Group A έναντι 20% μείωσης στο Group B και τέλος η PIP εμφάνισε πτώση 29,3% και 7,1% για τα Group A και B αντίστοιχα.



Διάγραμμα 17: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης του BMI στις μεταβολές της Pplat κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις υψηλότερες τιμές BMI ($30,3 \pm 1,10$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές BMI ($21,2 \pm 0,5$ cmH₂O).



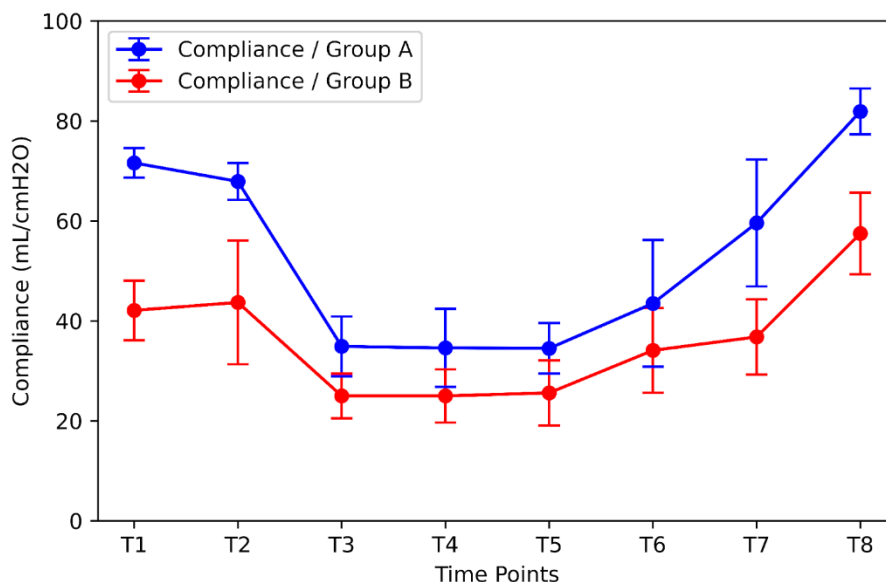
Διάγραμμα 18: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης του BMI στις μεταβολές της DP κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις υψηλότερες τιμές BMI ($30,3 \pm 1,10$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές BMI ($21,2 \pm 0,5$ cmH₂O).



Διάγραμμα 19: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης του BMI στις μεταβολές της PIP κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις υψηλότερες τιμές BMI ($30,3 \pm 1,1$ cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές BMI ($21,2 \pm 0,5$ cmH₂O).

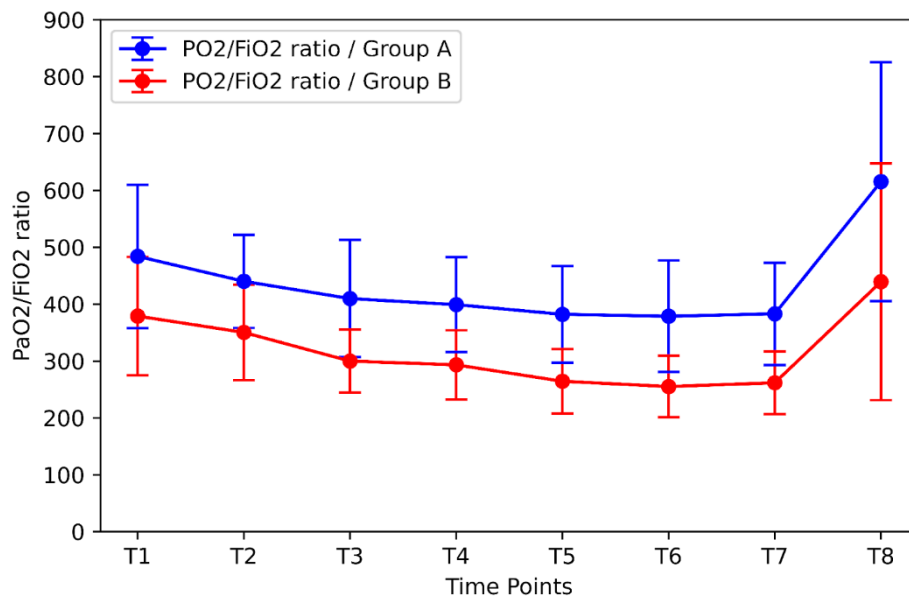
3.5.9 Επίδραση αρχικής ενδοτικότητας

Τέλος, μελετήθηκε και το πως η αρχική τιμή της ενδοτικότητας επιδρά στις μεταβολές της μεταξύ των χρόνων T1 έως T8. Το Group A περιλαμβάνει τους ασθενείς με τις υψηλότερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ο μέσος όρος των οποίων ήταν $71,6 \pm 2,95$ mL/cmH₂O. Αντίστοιχα, το Group B περιλαμβάνει τους ασθενείς με τις χαμηλότερες τιμές ενδοτικότητας, ο μέσος όρος των οποίων ήταν $42,1 \pm 6,0$ mL/cmH₂O. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η διαφορά του BMI μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών ήταν στατιστικά σημαντική ($22,52 \pm 3$ kg/m² για το Group A έναντι $28,0 \pm 3,2$ kg/m² για το Group B). Οι επιμέρους μεταβολές της ενδοτικότητας, για τις δύο ομάδες ασθενών παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 20). Οι τιμές ενδοτικότητας του Group A ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες συγκριτικά με το Group B σε όλες τις χρονικές στιγμές πλην της T6. Με την επιστράτευση κυψελίδων, η ενδοτικότητα των ασθενών του Group B αυξήθηκε σημαντικά (αύξηση από $36,8 \pm 7,51$ την χρονική στιγμή T7 σε $57,5 \pm 8,17$ mL/cmH₂O την χρονική στιγμή T8, που αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης 56,3 %), παρέμεινε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή του Group A (αύξηση από $59,6 \pm 12,68$ την χρονική στιγμή T7 σε $81,9 \pm 4,58$ mL/cmH₂O την χρονική στιγμή T8, που αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης, 37,4 %).



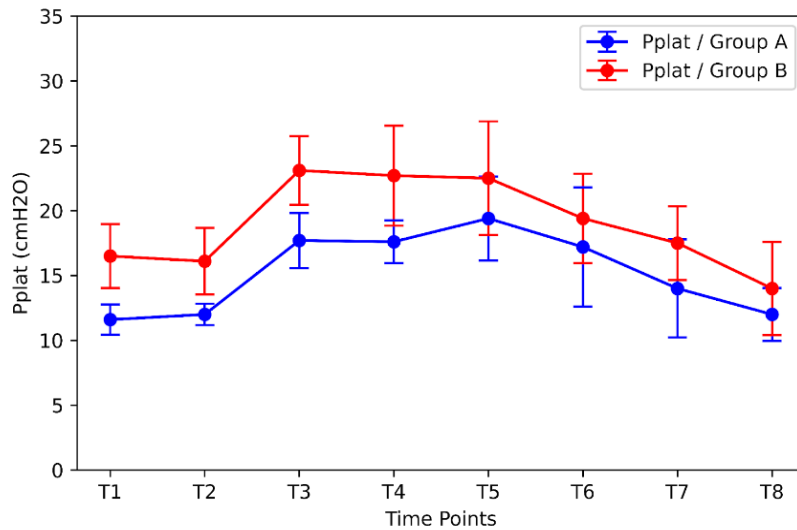
Διάγραμμα 20: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής ενδοτικότητας στις μεταβολές της κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($71,6 \pm 2,95$ mL/cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($42,1 \pm 5,99$ mL/cmH₂O).

Επιπροσθέτως, η αρχική τιμή ενδοτικότητας, επηρέασε σημαντικά και τις μεταβολές του λόγου PaO₂/FiO₂, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 21). Οι ασθενείς με υψηλότερη αρχική ενδοτικότητα, εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές PaO₂/FiO₂ για τους χρόνους T2 έως T7, συγκριτικά με την ομάδα ασθενών με την χαμηλότερη μέση τιμή αρχικής ενδοτικότητας. Οι τιμές του λόγου PaO₂/FiO₂ εμφάνισαν μείωση της τάξεως του 20,9 % για το Group A και 30,9 % για το Group B μεταξύ των χρόνων T1 και T7. Παρατηρήθηκε ότι η τιμή του παραπάνω λόγου παρέμεινε χαμηλότερη σε σύγκριση με την αρχική τιμή μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου. Εν συνεχεία, μετά το πέρας του χειρισμού επιστράτευσης κυψελίδων, οι τιμές PaO₂/FiO₂ εμφάνισαν αύξηση και στις δύο εξεταζόμενες ομάδες. Για τους ασθενείς με συγκριτικά χαμηλότερη τιμή αρχικής ενδοτικότητας η ποσοστιαία αύξηση του λόγου μεταξύ των χρόνων T7 και T8 ήταν 67,8 %, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό αύξησης για τους ασθενείς με υψηλότερη αρχική τιμή ενδοτικότητας ήταν 60,8 %.

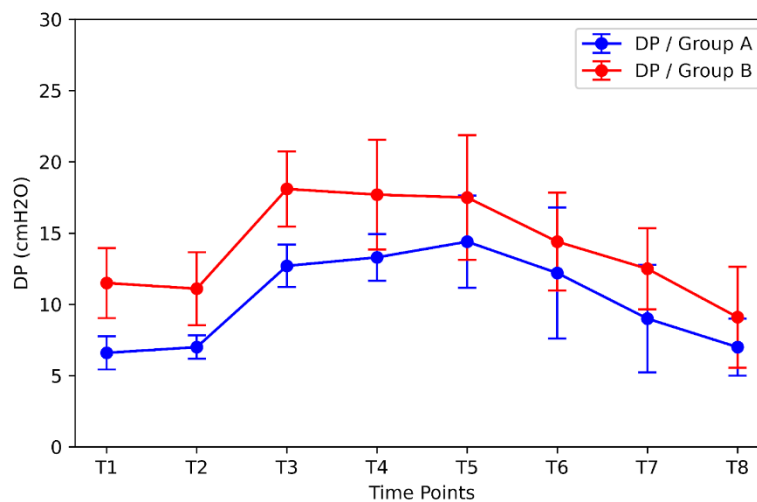


Διάγραμμα 21: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής ενδοτικότητας στις μεταβολές του λόγου PaO₂/FiO₂ κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας (71,6 ± 2,95 mL/cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας (42,1 ± 5,99 mL/cmH₂O).

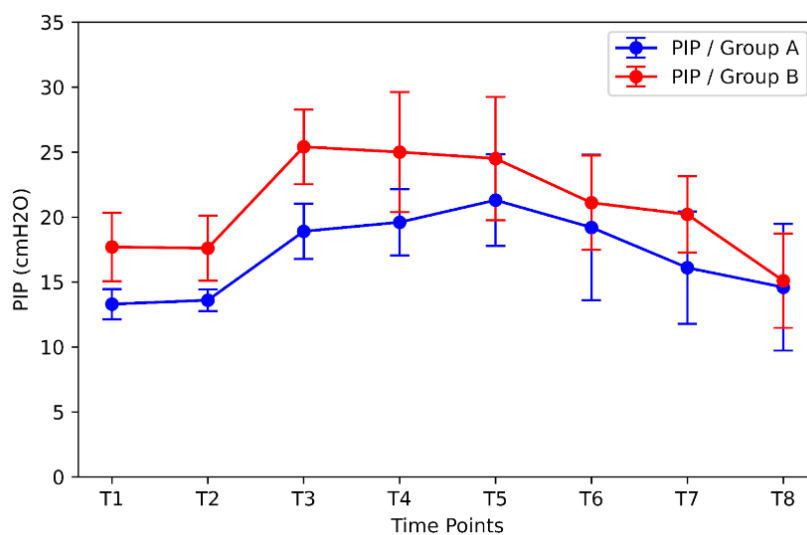
Η επίδραση της αρχικής ενδοτικότητας στις υπόλοιπες εξεταζόμενες παραμέτρους (Pplat, DP, PIP) παρουσιάζεται στα κάτωθι διαγράμματα (Διαγράμματα 22, 23, 24). Και για τις τρεις εξεταζόμενες παραμέτρους, οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών ήταν στατιστικά σημαντικές μόνο για τους χρόνους T1 έως T4. Κατά συνέπεια, η επίδραση της διαφοράς της αρχικής τιμής ενδοτικότητας μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών δεν είχε κάποια στατιστικά σημαντική επίδραση μεταξύ των μεταγενέστερων χρόνων του χειρουργείου (T5 έως T8).



Διάγραμμα 22:Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής ενδοτικότητας στις μεταβολές της Pplat κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($71,6 \pm 2,95$ mL/cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($42,1 \pm 5,99$ mL/ cmH₂O).



Διάγραμμα 23:Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής ενδοτικότητας στις μεταβολές της DP κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($71,6 \pm 2,95$ mL/cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($42,1 \pm 5,99$ mL/ cmH₂O).



Διάγραμμα 24: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης της αρχικής ενδοτικότητας στις μεταβολές της PIP κατά τους χρόνους T1-T8. Group A: Η ομάδα ασθενών με τις μεγαλύτερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($71,6 \pm 2,95$ mL/cmH₂O). Group B: Η ομάδα ασθενών με τις χαμηλότερες τιμές αρχικής ενδοτικότητας ($42,1 \pm 5,99$ mL/cmH₂O).

3.6 Συζήτηση

Η μελέτη απέδειξε ότι η ενδοτικότητα δεν επανέρχεται στις αρχικές τιμές μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου αλλά μπορεί να αποκατασταθεί εφαρμόζοντας ένα χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων στο τέλος των γυναικολογικών επεμβάσεων. Όπως ήταν αναμενόμενο με τη τοποθέτηση των ασθενών σε θέση Trendelenburg και τη δημιουργία πνευμοπεριτοναίου, η ενδοτικότητα μειώθηκε. Με την άρση του πνευμοπεριτοναίου και την επιστροφή των ασθενών σε ύπτια θέση, η ενδοτικότητα αυξήθηκε αλλά ποτέ σε τέτοιο βαθμό ώστε να επανέλθει στις αρχικές τιμές. Συγκεκριμένα, παρέμεινε χαμηλότερη κατά 10,6 mL/cmH₂O από την αρχική τιμή κατά την εισαγωγή στην αναισθησία. Το εύρημα αυτό συνάδει και με άλλες μελέτες^[5,6,7,8,9] οι οποίες έδειξαν αλλαγές στις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα στις λαπαροσκοπικές επεμβάσεις.

Κατά τη διεξαγωγή λαπαροσκοπικών χειρουργείων, η αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης διαστέλλει το κοιλιακό τοίχωμα αυξάνοντας την ελαστικότητά του και προκαλεί κεφαλική μετατόπιση του διαφράγματος^[71]. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η πίεση που δέχονται οι εξαρτώμενες περιοχές του πνεύμονα με αποτέλεσμα επιδείνωση της λειτουργίας του αναπνευστικού συστήματος. Συγκεκριμένα, η ενδοτικότητα και η λειτουργική υπολειπόμενη

χωρητικότητα μειώνονται. Επιπρόσθετα, σε γυναικολογικά λαπαροσκοπικά χειρουργεία, οι ασθενείς τοποθετούνται σε θέση Trendelenburg ώστε τα ενδοκοιλιακά όργανα να μετατοπιστούν προς τα επάνω και η πρόσβαση των χειρουργών στην πύελο να είναι καλύτερη. Αυτή η μετατόπιση όμως προκαλεί μεγαλύτερη πίεση στις εξαρτώμενες περιοχές του πνεύμονα. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να μειώνεται η ενδοτικότητα διεγχειρητικά. Από τη μετα – ανάλυση των Ρεί και συνεργατών^[8], η ανάλυση επτά μελετών στις οποίες συμμετείχαν 628 ασθενείς και καταγραφόταν η στατική ενδοτικότητα, έδειξε πως ο χειρισμός επιστράτευσης είναι ωφέλιμος για την αποκατάσταση της ενδοτικότητας. Στην έρευνα των Cakmakcaya^[5] και συνεργατών, η ενδοτικότητα παρέμεινε κατά 10 cmH₂O μικρότερη από την αρχική τιμή μετά τη άρση του πνευμοπεριτοναίου. Με έναν όμως χειρισμό επιστράτευσης επανήλθε στις αρχικές τιμές. Στη μελέτη των Sümer^[6] και συνεργατών, οι ασθενείς που υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπικά χειρουργεία sleeve γαστρεκτομής χωρίστηκαν σε δυο ομάδες. Στη μια ομάδα δεν έγινε χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων ενώ στη άλλη πραγματοποιήθηκε πέντε λεπτά μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου. Το αποτέλεσμα ήταν πως στους ασθενείς που εφαρμόστηκε χειρισμός, η ενδοτικότητα των πνευμόνων μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου ήταν 18% υψηλότερη σε σύγκριση με την ενδοτικότητα των ασθενών στους οποίους δεν εφαρμόστηκε χειρισμός. Τα αποτελέσματα της μελέτης των Cinella και συνεργατών^[9] έδειξαν πως το πνευμοπεριτόναιο και η θέση Trendelenburg σχετίζονται με επιδείνωση των μηχανικών ιδιοτήτων του πνεύμονα. Με το χειρισμό επιστράτευσης που εφαρμόσαν <<άνοιξε>> σημαντικός αριθμός κυψελίδων σε όλους τους ασθενείς. Συγκεκριμένα, η ελαστικότητα του θωρακικού τοιχώματος αυξήθηκε κατά 30% ενώ η ελαστικότητα του πνεύμονα κατά 20%.. Στην παρούσα μελέτη, φάνηκε ότι μεγαλύτερη πτώση της ενδοτικότητας προκάλεσε η δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου και μικρότερη η θέση Trendelenburg. Πιο αναλυτικά, μετά την τοποθέτηση των ασθενών σε θέση Trendelenburg, η ενδοτικότητα μειώθηκε κατά 43,5% επί της αρχικής τιμής ενώ με την δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου μειώθηκε κατά 46,4%. Συνολικά, το πνευμοπεριτόναιο και η θέση Trendelenburg προκάλεσαν μείωση της ενδοτικότητας κατά 18,21% σε σχέση με την αρχική τιμή κατά τη εισαγωγή στην αναισθησία. Με το χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων (incremental and decremental positive end-expiratory pressure) η ενδοτικότητα αυξήθηκε σε τιμές μεγαλύτερες της αρχικής με μέση τιμή 71,0 mL/cmH₂O. Η αύξηση αντιστοιχεί σε ποσοστό 22% συγκριτικά με η μέση τιμή της ενδοτικότητας στην έναρξη της επέμβασης. Με το χειρισμό, αυξάνεται προσωρινά η πίεση των αεραγωγών έτσι ώστε να ανοίξουν οι κυψελίδες οι οποίες έχουν <<κλείσει>> κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. Με αυτό τον τρόπο, η κυψελιδική μονάδα αρχίζει πάλι να συμμετέχει στον αερισμό και στην ανταλλαγή των αερίων με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η οξυγόνωση. Πράγματι, μετά το χειρισμό λόγος PO₂ / FiO₂

αυξήθηκε κατά 63,82% σε σχέση με τη μέση τιμή του λόγου πριν το χειρισμό. Οι ασθενείς οι οποίοι εμφάνισαν αρχική ενδοτικότητα ήταν $42,10 \pm 6$ mL/cmH₂O, ευνοήθηκαν περισσότερο από το χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων καθώς αύξησαν την ενδοτικότητα (T7 vs T8 ; $p < 0,05$) κατά 56,3%.

Όπως προκύπτει από την εξίσωση (1), για σταθερό αναπνεόμενο όγκο, όσο αυξάνεται η διαφορά πίεσης τόσο μειώνεται η ενδοτικότητα. Στη συγκεκριμένη μελέτη δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των αναπνεόμενων όγκων στις διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκε η επίδραση της αρχικής Pplat (T1) στη διακύμανση της ενδοτικότητας των ασθενών κατά την διάρκεια του χειρουργείου (T1-T8). Αναλυτικότερα, με βάση την στατιστική ανάλυση διαστροφιάωσης, η ομάδα ασθενών με υψηλή αρχική Pplat ($17,2 \pm 2,35$) εμφάνισε ενδοτικότητα $45,7$ mL/cmH₂O μετά την εισαγωγή στην αναισθησία. Δηλαδή, η τιμή της ενδοτικότητας ήταν κατά 33,7% χαμηλότερη συγκριτικά με την ομάδα ασθενών με χαμηλή Pplat ($11,1 \pm 0,74$). Μεταξύ των δύο ομάδων, ο χειρισμός επιστράτευσης των κυψελίδων ήταν πιο αποτελεσματικός στους ασθενείς με υψηλότερη αρχική Pplat. Συγκεκριμένα, η ενδοτικότητα αυξήθηκε κατά 66,4% μεταξύ των χρονικών στιγμών T7 και T8. Το αντίστοιχο ποσοστό αύξησης για την ομάδα χαμηλότερη Pplat ήταν 33,5%. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή της ενδοτικότητας των ασθενών με υψηλή αρχική Pplat κατά την χρονική στιγμή T8 ήταν $59,90 \pm 10,1$ mL/cmH₂O, περίπου ίση δηλαδή με την ενδοτικότητα ($59,1 \pm 12,63$ mL/cmH₂O) των ασθενών με χαμηλότερη αρχική Pplat, κατά τον χρόνο T7. Απαιτήθηκε δηλαδή ο χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων για τους ασθενείς υψηλής αρχικής Pplat προκειμένου να φτάσουν στα ίδια επίπεδα ενδοτικότητας με τους ασθενείς χαμηλότερης αρχικής Pplat. Συμπερασματικά, ασθενείς με αρχική Pplat $17,2 \pm 2,35$ cmH₂O ευνοούνται από το χειρισμό. Με παρόμοιο τρόπο, σε ασθενείς με DP $12,2 \pm 2,35$ cmH₂O, ο χειρισμός επιστράτευσης είναι πιο αποτελεσματικός.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, το πνευμοπεριτόναιο και η θέση Trendelenburg επηρεάζουν την ανταλλαγή των αερίων κατά τη διεξαγωγή λαπαροσκοπικών επεμβάσεων. Στη συγκεκριμένη μελέτη, παρατηρήθηκε ότι η τιμή του λόγου PaO₂/FiO₂ ,μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου, παρέμεινε χαμηλότερη σε σύγκριση με την αρχική. Το ποσοστό μείωσης ήταν της τάξεως του 29,6%. Μετά το χειρισμό επιστράτευσης και το <<άνοιγμα>> κυψελίδων που είχαν <<κλείσει>>, ο λόγος PaO₂/FiO₂ αυξήθηκε σημαντικά (63,82%) βελτιώνοντας την ανταλλαγή αερίων. Άρα, ασθενείς με αρχική ενδοτικότητα $42,1 \pm 6$ ml/cmH₂O επωφελούνται περισσότερο από το χειρισμό ώστε να βελτιωθεί η ανταλλαγή αερίων.

Η μελέτη των Cinella και συνεργατών^[9] περιλάμβανε 29 γυναίκες οι οποίες υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπικά χειρουργεία. Ο χειρισμός επιστράτευσης των κυψελίδων πραγματοποιήθηκε

15 λεπτά μετά τη δημιουργία του πνευμοπεριτοναίου, εφόσον οι ασθενείς παρέμειναν αιμοδυναμικά σταθερές (ΜΑΠ > 80 mmHg, HR > 60 bpm). Με αυτό τον τρόπο, βελτιώθηκε η ελαστικότητα του θωρακικού τοιχώματος και η οξυγόνωση. Όσον αφορά το πρωτόκολλο της παρούσας μελέτης, ο χειρισμός επιστράτευσης των κυψελίδων πραγματοποιήθηκε μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία νέων ατελεκτασιών διεγχειρητικά. Η χορήγηση γενικής αναισθησίας, ακόμα και χωρίς την εμφάνιση επιπλοκών, μπορεί να οδηγήσει στην κατάρριψη 10 - 15% του πνευμονικού ιστού^[72]. Κατά τη διεξαγωγή λαπαροσκοπικών χειρουργείων, το πνευμοπεριτόναιο μειώνει την ενδοτικότητα του πνεύμονα λόγω της κεφαλικής μετατόπισης του διαφράγματος. Αυτή η μετατόπιση μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στους διεγχειρητικούς όγκους του πνεύμονα οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν στη δημιουργία ατελεκτασιών^[73]. Οι Patel και συνεργάτες^[72] απέδειξαν ότι η διάρκεια του πνευμοπεριτοναίου συμβάλει στη δημιουργία ατελεκτασιών. Συγκεκριμένα, τεκμηρίωσαν ότι ακόμα και σε σύντομης χρονικής διάρκειας πνευμοπεριτόναιο (15 – 80 λεπτά), βρέθηκαν ατελεκτασίες στο εξαρτώμενο τμήμα του πνεύμονα στον υπέρηχο πνευμόνων ο οποίος διενεργήθηκε διεγχειρητικά. Στην έρευνα των Monastesse και συνεργατών, η μεγαλύτερη διάρκεια του πνευμοπεριτοναίου σχετιζόταν με αύξηση της απώλειας αερισμού^[74].

Στη μελέτη των Liu και συνεργατών^[75], 42 ασθενείς χωρίς παθολογία πνευμόνων οι οποίες υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπική επέμβαση, χωρίστηκαν σε 2 ομάδες με τυχαίο τρόπο. Στην πρώτη ομάδα, εφαρμόστηκε χειρισμός επιστράτευσης των κυψελίδων καθοδηγούμενος με τον υπέρηχο όταν εμφάνιζαν ατελεκτασία ενώ στη δεύτερη δεν εφαρμόστηκε χειρισμός. Οι υπερηχογραφικές εικόνες για εύρεση ατελεκτασίας λαμβάνονταν σε πέντε προκαθορισμένους χρόνους: κατά την είσοδο στη χειρουργική αίθουσα (T1), ένα λεπτό μετά την εφαρμογή μηχανικού αερισμού (T2), στο τέλος της επέμβασης πριν την αποσωλήνωση (T3), 15 λεπτά μετά την εισαγωγή στη μονάδα αυξημένης φροντίδας (T4) και 24 ώρες μετά την επέμβαση (T5). Όταν ανιχνεύθηκε ατελεκτασία μετά από 1 λεπτό μηχανικού αερισμού και στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης, οι ασθενείς στην πρώτη ομάδα υποβλήθηκαν σε χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων. Τα ευρήματα της έρευνας ήταν ότι ο συνδυασμός χειρισμού επιστράτευσης και PEEP μπορεί να μειώσει τη συχνότητα της ατελεκτασίας σε ασθενείς με υγιείς πνεύμονες 15 λεπτά μετά την άφιξη στη μονάδα αυξημένης φροντίδας.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τρόποι για να πραγματοποιηθεί ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων. Οι Cakmakcaya^[5] και συνεργάτες χρησιμοποίησαν μια χειροκίνητη εμφύσηση του πνεύμονα έως 40 cmH₂O για 10 δευτερόλεπτα. Μετά από το χειρισμό, παρατήρησαν σημαντική αύξηση στη μέση πίεση του οξυγόνου και επιστροφή στις αρχικές τιμές. Αντίστοιχα, στη μελέτη των Sümer^[6] και συνεργατών, αύξηση της πίεσης των αεραγωγών σε 40 cmH₂O για 40 δευτερόλεπτα οδήγησε σε σημαντική αύξηση της μέσης

πίεσης του οξυγόνου. Παρατεταμένη εισπνευστική πίεση στα 35 cmH₂O για 20 δευτερόλεπτα ήταν ο χειρισμός που χρησιμοποίησαν οι Oh^[71] και συνεργάτες σε λαπαροσκοπικές προστατεκτομές. Ο λόγος PaO₂/FiO₂ βελτιώθηκε κατά 39,3% μετά το χειρισμό σε πλάγια θέση. Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε ένας χειρισμός σταδιακής αύξησης της PEEP έως 40 cmH₂O και εν συνεχεία σταδιακής μείωσης (incremental and decremental positive end-expiratory pressure) όπως περιγράφηκε αναλυτικά και στην ενότητα 3.2.4 Ερευνητικό πρωτόκολλο. Αυτή η σταδιακή αύξηση της PEEP και η σταθερή οδηγός πίεση επιστρατεύουν μεγαλύτερο τμήμα του πνεύμονα το οποίο έχει καταρριφθεί ελαχιστοποιώντας την αιμοδυναμική επιβάρυνση και φλεγμονή^[76]. Συγκεκριμένα, αυτός ο σταδιακός χειρισμός χωρίς την παρατεταμένη αύξηση της πίεσης των αεραγωγών σχετίζεται με μικρότερη βιολογική επίδραση στους πνεύμονες^[77]. Πράγματι, μετά το χειρισμό παρουσιάστηκε μια μεγάλη αύξηση του λόγου PaO₂/FiO₂ της τάξεως του 63,82%. Παρόμοιος χειρισμός εφαρμόστηκε και στην έρευνα των Cinnella και συνεργατών^[9]. Η κλίση της μέγιστης εισπνευστικής πίεσης (πάνω από την PEEP) ορίστηκε σε 20 cmH₂O, η PEEP αυξανόταν σταδιακά για να επιτευχθεί σταδιακή αύξηση της μέγιστης εισπνευστικής πίεσης σε 30, 35 και 40 cmH₂O κάθε τρεις αναπνοές. Η τελική πίεση 40 cmH₂O εφαρμόστηκε για έξι αναπνοές. Με το χειρισμό, ο λόγος PaO₂/FiO₂ επέστρεψε στις αρχικές τιμές παρουσιάζοντας μια αύξηση της τάξεως του 5,81% πριν και μετά το χειρισμό.

Επειδή ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων είναι μια μορφή μηχανικού αερισμού στον οποίο εφαρμόζουμε μεγάλο όγκο και υψηλή πίεση, ο ασθενής μπορεί να εμφανίσει σημαντική αιμοδυναμική αστάθεια. Καθώς πραγματοποιείται ο χειρισμός, και η ενδοτικότητα επανέρχεται στις φυσιολογικές τιμές, η υψηλή πίεση των αεραγωγών μεταδίδεται πιο εύκολα μέσω του πνευμονικού παρεγχύματος στον υπεζωκοτικό χώρο. Ως αποτέλεσμα, μειώνεται η φλεβική επιστροφή και κατά επέκταση και η καρδιακή παροχή. Επιπλέον, η υψηλή πίεση στις κυψελίδες προκαλεί συνοδό αύξηση των πνευμονικών αγγειακών αντιστάσεων αυξάνοντας κατά αυτό τον τρόπο το μεταφορτίο της δεξιάς κοιλίας. Εξαιτίας αυτής της αύξησης του μεταφορτίου, μετατοπίζεται το μεσοκοιλιακό διάφραγμα προς τα αριστερά, αυξάνοντας την τελοδιαστολική πίεση πλήρωσης της αριστερής κοιλίας και μειώνοντας την ενδοτικότητα της αριστερής κοιλίας. Ως αποτέλεσμα, μειώνεται περαιτέρω η καρδιακή παροχή. Επιπλέον, η καρδιακή ενδοτικότητα μειώνεται εξαιτίας της άμεσης πίεσης που δέχεται η καρδιακή κοιλότητα από την εφαρμογή μεγάλων αναπνεόμενων όγκων^[78]. Τέλος, το τέντωμα του πνευμονικού ιστού που προκαλείται από την υπερδιάταση μπορεί να ενεργοποιήσει το αντανακλαστικό του πνευμονογαστρικού, προκαλώντας βραδυκαρδία. Προκειμένου λοιπόν να μειωθεί η αιμοδυναμική επιβάρυνση των ασθενών από το χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων

πρέπει να έχει εξασφαλιστεί ο απαιτούμενος ενδοαγγειακός όγκος ώστε να διατηρηθεί επαρκής φλεβική επιστροφή και φυσιολογική μέση αρτηριακή πίεση.

Στη μελέτη των Cinella και συνεργατών^[9], κατά το χειρισμό, ο καρδιακός δείκτης (CI) μειώθηκε κατά 20%. Στην παρούσα έρευνα, εάν η μέση αρτηριακή πίεση ήταν μικρότερη από 65 mmHg, δινόταν εφεδρίνη με αρχική δόση 10 mg και στην συνέχεια bolus 5 mg με στόχο η μέση αρτηριακή πίεση να είναι μεγαλύτερη από 65 mmHg. Χορηγήθηκαν κατά μέσο όρο 12,1 mg εφεδρίνης. Οι ασθενείς στις οποίες χορηγήθηκε εφεδρίνη, παρουσίασαν μέση αρτηριακή πίεση κατά περίπου 10 μονάδες χαμηλότερη σε σχέση με τις ασθενείς στις οποίες δεν χορηγήθηκε. Όπως είναι αναμενόμενο, σε ασθενείς με χαμηλότερη πίεση διεγχειρητικά είναι πιο πιθανόν να χρειαστεί χορήγηση εφεδρίνης.

Η θέση των ασθενών κατά τη διάρκεια της επέμβασης παίζει σημαντικό ρόλο καθώς επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα. Στη μελέτη των Cakmakaya^[5] και συνεργατών σε λαπαροσκοπικές επεμβάσεις νεφρεκτομής, όταν οι ασθενείς τοποθετούνται σε πλάγια θέση «σουγιά» (jack knife), η ενδοτικότητα μειώνεται κατά 10,9 mL/cmH₂O. Αντίστοιχα, στη μελέτη των Jung Oh^[7] σε λαπαροσκοπικές επεμβάσεις προστατεκτομής, η αλλαγή της θέσης των ασθενών από ύπτια σε ημιπλάγια αποδείχθηκε ότι το τμήμα του πνεύμονα που ήταν εξαρτώμενο μετατράπηκε σε μη εξαρτώμενο κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Η συνολική επιφάνεια του πνεύμονα που ήταν σε επαφή με το χειρουργικό τραπέζι μειώθηκε βελτιώνοντας πιθανόν την ενδοτικότητα του θωρακικού τοιχώματος κατά τον χειρισμό. Στην παρούσα μελέτη, η τοποθέτηση της ασθενούς σε θέση λιθοτομής (T2) μείωσε σε μικρό βαθμό (3,1%) την ενδοτικότητα. Μεγαλύτερη πτώση της ενδοτικότητας (43,5% επί της αρχικής τιμής) παρουσιάστηκε όταν οι ασθενείς τοποθετούνταν σε θέση Trendelenburg (T3) εξαιτίας της κεφαλικής μετατόπισης του διαφράγματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην έρευνα των Rauh^[79] και συνεργατών στην οποία συμμετείχαν 10 ασθενείς που υπεβλήθησαν σε λαπαροσκοπικές γυναικολογικές επεμβάσεις, δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ενδοτικότητα με την τοποθέτηση των ασθενών σε θέση Trendelenburg. Το εύρημα αυτό το απέδωσαν στο γεγονός ότι ήδη αυξηθεί η ενδοκοιλιακή πίεση σε 15 mmHg οπότε δεν μπορούσε να μετατοπιστεί το διάφραγμα παραπάνω.

Η υπερφόρτωση με υγρά έχει αρνητικές συνέπειες στην αναπνευστική λειτουργία εξαιτίας της συσσώρευσης υγρού στο διάμεσο χώρο. Η παρουσία περίσσειας υγρού στον πνεύμονα επηρεάζει την ανταλλαγή αερίων, μειώνει την πνευμονική ενδοτικότητα και αυξάνει το έργο της αναπνοής^[80]. Όσον αφορά τις λαπαροσκοπικές επεμβάσεις, πρόσφατες μετα - αναλύσεις οι οποίες αξιολογούν τη στοχοκατευθυνόμενη και μη χορήγηση υγρών καθώς και οι κατευθυντήριες οδηγίες για τη διεγχειρητική θεραπεία με υγρά του προγράμματος ERAS

(Enhanced Recovery After Surgery), δεν περιέχουν σαφείς συστάσεις για τη χορήγηση υγρών σε τέτοιου είδους επεμβάσεις^[81]. Στη μελέτη των Cinnella^[9] και συνεργατών, χορηγήθηκε φυσιολογικός ορός με δόση 8 mL/kg πριν την εισαγωγή στην αναισθησία και εν συνεχεία τέθηκε συνεχής έγχυση με ροή 5 mL/kg/h. Συνεχής έγχυση γαλακτικού διαλύματος Ringer's με ροή 5-10 mL/kg/h χορηγήθηκε διεγχειρητικά κατά τη διεξαγωγή της έρευνας των Cakmakkaya^[5] και συνεργατών. Οι Sümer^[6] και συνεργάτες χορήγησαν υγρά στοχοκατευθυνόμενα ώστε να αποφύγουν την υποογκαμία. Στην παρούσα έρευνα, οι ασθενείς έλαβαν κατά μέσο όρο 10,6 mL/kg/h. Δεν φάνηκε να υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση της ενδοτικότητας με τη χορήγηση υγρών. Όσον αφορά την υπάρχουσα βιβλιογραφία, η συγκεκριμένη συσχέτιση δεν είναι αντικείμενο έρευνας. Συνεπώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες αναφορές.

Οι ασθενείς με μέσο BMI $30,3 \pm 1,1$ kg/m² εμφάνισαν κατά την εισαγωγή στην αναισθησία μέση ενδοτικότητα $47,2 \pm 11,8$ mL/cmH₂O, ενώ η αντίστοιχη μέση τιμή στους ασθενείς με BMI $21,2 \pm 0,5$ kg/m² ήταν $67 \pm 10,7$ mL/cmH₂O, δηλαδή 30% υψηλότερη. Στην χρονική στιγμή T7 (άρση πνευμοπεριτοναίου), η διαφορά ήταν σε αντίστοιχα επίπεδα (31%). Ωστόσο, μετά την εφαρμογή του χειρισμού επιστράτευσης κυψελίδων (T8), η ποσοστιαία διαφορά ενδοτικότητας μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών μειώθηκε στο 15%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μεταξύ των χρόνων T7 και T8, η αύξηση της ενδοτικότητας των ασθενών με BMI $30,3 \pm 1,1$ kg/m², ήταν 74%, έναντι 42% αύξησης στους ασθενείς με BMI $21,2 \pm 0,5$ kg/m². Συνεπώς, οι ασθενείς με μεγαλύτερο δείκτη μάζας σώματος ($30,3 \pm 1,1$ kg/m² vs $21,2 \pm 0,5$ kg/m²) ευνοήθηκαν περισσότερο από το την παρέμβαση. Οι ασθενείς με BMI $21,2 \pm 0,5$ kg/m² εμφάνισαν σαφώς χαμηλότερη P_{plat} την χρονική στιγμή T1 (12.3 cmH₂O), έναντι εκείνων με μεγαλύτερο αρχικό BMI ($30,3 \pm 1,1$ kg/m²), όπου η αντίστοιχη τιμή ήταν κατά 24,1% υψηλότερη (16,2 cmH₂O). Παρατηρήθηκε επίσης μείωση 26,7% της P_{plat} μεταξύ των χρόνων T7 και T8 για τους ασθενείς με BMI $30,3 \pm 1,1$ kg/m², έναντι μείωσης 12,6% στους ασθενείς με BMI $30,3 \pm 1,1$ kg/m², πράγμα που επίσης αποδεικνύει το μέγεθος επίδρασης της επιστράτευσης στην περίπτωση των ασθενών με το μεγαλύτερο BMI. Οι μηχανικές ιδιότητες των πνευμόνων και του θωρακικού τοιχώματος μεταβάλλονται σημαντικά σε παχύσαρκους ασθενείς κυρίως λόγω της εναπόθεσης λίπους στο μεσοθωράκιο και στην κοιλιακή χώρα. Ως αποτέλεσμα μειώνεται η ενδοτικότητα των πνευμόνων, του θωρακικού τοιχώματος και ολόκληρου του αναπνευστικού συστήματος^[82]. Όπως καθίσταται σαφές, η αναπνευστική λειτουργία στους παχύσαρκους ασθενείς επιβαρύνεται περισσότερο κατά τη διεξαγωγή λαπαροσκοπικών χειρουργείων. Οι ασθενείς με νοσογόνο παχυσαρκία έχουν μειωμένη υπολειπόμενη ζωτική χωρητικότητα στην ύπτια θέση, η οποία μειώνεται περισσότερο με την

εμφύσηση διοξειδίου του άνθρακα ώστε να δημιουργηθεί πνευμοπεριτόναιο και στη θέση Trendelenburg. Η εμφύσηση του διοξειδίου του άνθρακα αντιπροσωπεύει ένα αυξημένο φορτίο για το αναπνευστικό σύστημα λόγω της αύξησης της ενδοκοιλιακής πίεσης^[21]. Εξαιτίας των παραπάνω, η δημιουργία ατελεκτασιών σχετίζεται άμεσα με το δείκτη μάζας σώματος. Επομένως, οι ασθενείς με παχυσαρκία έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να αναπτύξουν ατελεκτασίες διεγχειρητικά. Επομένως, όπως έδειξε και η μελέτη των Reinius^[83], ένας χειρισμός επιστάτευσης των κυψελίδων και η εφαρμογή PEEP, μπορεί να μειώσουν τις ατελεκτασίες και να βελτιώσουν την οξυγόνωση. Ειδικά σε λαπαροσκοπικά βαριατρικά χειρουργεία, οι έρευνες σε αυτό το πεδίο^[6,55] έδειξαν πως η επιστράτευση των κυψελίδων είναι ωφέλιμη στους παχύσαρκους ασθενείς. Η παχυσαρκία είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για το αναπνευστικό σύστημα καθώς προκαλεί μείωση της λειτουργικής υπολειμματικής χωρητικότητας, της ενδοτικότητας και της οξυγόνωση κατά τη διεξαγωγή χειρουργικών επεμβάσεων. Αυτή η μείωση είναι ακόμα μεγαλύτερη όταν οι χειρουργικές επεμβάσεις διεξάγονται λαπαροσκοπικά. Με αυτό τον τρόπο, οι ασθενείς εμφανίζουν μεγαλύτερο ποσοστό ατελεκτασιών. Επιπλέον, η βελτίωση των ατελεκτασιών που αναπτύσσονται κατά τη γενική αναισθησία καθυστερεί περισσότερο σε σχέση με τους μη παχύσαρκους ασθενείς^[84]. Το αποτέλεσμα των ερευνών^[6,46] έδειξε ότι η εφαρμογή χειρισμού επιστάτευσης και PEEP σε νοσηρά παχύσαρκους ασθενείς που υποβάλλονται σε λαπαροσκοπικές επεμβάσεις είναι αποτελεσματικά μέτρα για τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του πνεύμονα και της οξυγόνωσης.

Η συγκεκριμένη μελέτη έχει κάποιους περιορισμούς. Πρώτον, οι ασθενείς ήταν υγιείς γυναίκες κατάταξης I ή II κατά ASA οι οποίες υπεβλήθησαν σε τακτικά χειρουργεία. Επομένως, θα μπορούσε να διερευνηθεί η επίπτωση του χειρισμού επιστάτευσης κυψελίδων στις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα σε ασθενείς με προϋπάρχουσα καρδιοαναπνευστική πάθηση. Δεύτερον, οι ασθενείς με δείκτη μάζας σώματος μεγαλύτερο από 30 kg/m² αποκλείονταν από την έρευνα. Επόμενες μελέτες, άρα, θα πρέπει να ερευνήσουν πως η νοσογόνος παχυσαρκία επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες του πνεύμονα κατά τη διεξαγωγή λαπαροσκοπικών γυναικολογικών χειρουργείων και εάν είναι ωφέλιμος ένας χειρισμός σε τέτοιες περιπτώσεις. Τρίτον, στη μελέτη συμμετείχαν μόνο γυναίκες. Θα είχε επιστημονικό ενδιαφέρον εάν περαιτέρω μελέτες συμπεριλάβουν άνδρες καθώς και άλλους τύπους χειρουργείων. Τέλος, στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε επιστράτευση των κυψελίδων με σταδιακό τρόπο (incremental and decremental positive end-expiratory pressure). Προτείνεται η έρευνα με διαφορετικούς τρόπους, όπως της παρατεταμένης έκπτυξης, ώστε να εντοπιστούν τυχόν διαφορές όσον αφορά την αποτελεσματικότητά τους στη διάνοιξη των κυψελίδων.

3.7 Συμπεράσματα

Η ενδοτικότητα των πνευμόνων μειώνεται σημαντικά κατά τη διεξαγωγή των λαπαροσκοπικών γυναικολογικών επεμβάσεων εξαιτίας του πνευμοπεριτοναίου, αλλά και της θέσης Trendelenburg. Όπως φάνηκε και στη μελέτη, παρά την άρση των παραγόντων αυτών, η ενδοτικότητα παρέμεινε κατά 18,21% χαμηλότερη από την αρχική τιμή στην αρχή της επέμβασης. Με τον χειρισμό επιστράτευσης των κυψελίδων, η ενδοτικότητα επανήλθε στις αρχικές τιμές. Συγκεκριμένα, αυξήθηκε κατά 22% συγκριτικά με την ενδοτικότητα κατά την εισαγωγή στην αναισθησία.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων, ο χειρισμός ήταν πιο ωφέλιμος σε ασθενείς οι οποίοι εμφάνιζαν υψηλότερο δείκτη μάζας σώματος, χαμηλότερη ενδοτικότητα και υψηλότερη τελοεισπνευστική πίεση ισορροπίας (P_{plat}) κατά την εισαγωγή στην αναισθησία. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την ανάλυση διαστρωμάτωσης, η ομάδα ασθενών με μέσο BMI $30,3 \pm 1,1$ kg/m² εμφάνισαν ποσοστό αύξησης ενδοτικότητας 74%, μεταξύ των χρόνων T7 και T8. Ανάλογα θετικά αποτελέσματα εμφάνισε και η ομάδα ασθενών με υψηλότερη P_{plat} την χρονική στιγμή T1 ($17,2 \pm 2,35$ cmH₂O), όπου η αντίστοιχη αύξηση της ενδοτικότητας μετά τον χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων ήταν 66,4%. Τέλος, ο χειρισμός είχε ευνοϊκά αποτελέσματα και στους ασθενείς με χαμηλή αρχική ενδοτικότητα ($42,1 \pm 6$ την χρονική στιγμή T1), όπου παρατηρήθηκε αύξηση ενδοτικότητας 56,3% μεταξύ των χρόνων T7 και T8. Αντίστοιχα, η διαφορά του PaO₂/FiO₂ μεταξύ των δύο ομάδων ασθενών δεν ήταν στατιστικά σημαντική στον χρόνο T1. Ωστόσο κατά τον χρόνο T7 οι ασθενείς με χαμηλότερη αρχική ενδοτικότητα εμφάνισαν στατιστικά σημαντικό χαμηλότερο μέσο PaO₂/FiO₂ συγκριτικά με εκείνους με μεγαλύτερη αρχική ενδοτικότητα ($261,8 \pm 55,2$ και $383,0 \pm 89,8$, αντίστοιχα). Με το χειρισμό επιστράτευσης κυψελίδων, η διαφορά αυτή μειώνεται και παύει να είναι στατιστικά

σημαντική. Οι ασθενείς με χαμηλότερη αρχική ενδοτικότητα ευνοήθηκαν περισσότερο καθώς παρουσίασαν αύξηση του λόγου PaO₂/FiO₂ κατά 68% έναντι 60% αύξησης για τους ασθενείς με υψηλότερη αρχική ενδοτικότητα.

Στους ασθενείς με χαμηλότερη μέση αρτηριακή πίεση χρειάστηκε η χορήγηση εφεδρίνης κατά τον χειρισμό επιστράτευσης ώστε να διατηρηθεί η μέση αρτηριακή πίεση μεγαλύτερη από 65 mmHg. Ενδεικτικά, μετά την άρση του πνευμοπεριτοναίου, η μέση αρτηριακή πίεση των ασθενών οι οποίοι δεν έλαβαν εφεδρίνη ήταν $86,8 \pm 12,59$, ενώ η αντίστοιχη τιμή εκείνων που έλαβαν τις μέγιστες τιμές εφεδρίνης ήταν $74,70 \pm 7,30$.

Δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική επίπτωση στην ενδοτικότητα και στην Pplat από τη χρονική διάρκεια του χειρουργείου. Επιπρόσθετα, ο μέσος όρος ρυθμού χορήγησης υγρών της τάξεως 10,6 mL/ kg/ h δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά την ενδοτικότητα.

Συμπερασματικά, με βάση τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας, ένας χειρισμός επιστράτευσης κυψελίδων μετά την απελευθέρωση του πνευμοπεριτοναίου είναι ωφέλιμος ώστε να αποκαταστήσει την ενδοτικότητα και να βελτιώσει την ανταλλαγή αερίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια.

4. Βιβλιογραφία

1. Levy L, Tsaltas J. Recent advances in benign gynecological laparoscopic surgery. *FacRev*. 2021 Jul 26;10:60. doi: 10.12703/r/10-60. PMID: 34409423; PMCID: PMC8361750
2. Hottenrott S, Schlesinger T, Helmer P, Meybohm P, Alkatout I, Kranke P. Do Small Incisions Need Only Minimal Anesthesia?-Anesthetic Management in Laparoscopic and Robotic Surgery. *J ClinMed*. 2020 Dec 15;9(12):4058. doi: 10.3390/jcm9124058. PMID: 33334057; PMCID: PMC7765538
3. Azab T, El-Masry A, Salah M. Effect of intraoperative use of positive end expiratory pressure on lung atelectasis during laparoscopic cholecystectomy, *Egypt J Anaesth*. 2005;21:219–25
4. Murphy C, Wong DT. Airway management and oxygenation in obese patients. *Can J Anaesth*. 2013;60(9):929–45
5. Cakmakkaya OS, Kaya G, Altintas F, Hayirlioglu M, Ekici B. Restoration of pulmonary compliance after laparoscopic surgery using a simple alveolar recruitment maneuver. *J ClinAnesth*. 2009 Sep;21(6):422-6. doi: 10.1016/j.jclinane.2009.08.001. PMID: 19833275
6. Sümer I, Topuz U, Alver S, Umutoglu T, Bakan M, Zengin SÜ, Coşkun H, Salihoglu Z. Effect of the "Recruitment" Maneuver on Respiratory Mechanics in Laparoscopic Sleeve Gastrectomy Surgery. *ObesSurg*. 2020 Jul;30(7):2684-2692. doi: 10.1007/s11695-020-04551-y. PMID: 32207048; PMCID: PMC7224081
7. Oh EJ, Lee EJ, Heo BY, Huh J, Min JJ. Physiological benefits of lung recruitment in the semi-lateral position after laparoscopic surgery: a randomized controlled study. *SciRep*. 2022 Mar 10;12(1):3909. doi: 10.1038/s41598-022-04841-8. PMID: 35273175; PMCID: PMC8913840
8. Pei S, Wei W, Yang K, Yang Y, Pan Y, Wei J, Yao S, Xia H. Recruitment Maneuver to Reduce Postoperative Pulmonary Complications after Laparoscopic Abdominal Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J ClinMed*. 2022 Oct

1;11(19):5841. doi: 10.3390/jcm11195841. PMID: 36233708; PMCID: PMC9573602

9. Cinnella G, Grasso S, Spadaro S, Rauseo M, Mirabella L, Salatto P, De Capraris A, Nappi L, Greco P, Dambrosio M. Effects of recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics and transpulmonary pressure during laparoscopic surgery. *Anesthesiology*. 2013 Jan;118(1):114-22. doi: 10.1097/ALN.0b013e3182746a10. PMID: 23196259
10. Grabowski J.E., Talamini M.A. Physiological Effects of Pneumoperitoneum. *J. Gastrointest. Surg.* 2009;13:1009–1016. doi: 10.1007/s11605-008-0662-0.
11. Gurusamy K.S., Koti R., Davidson B.R. Abdominal Lift for Laparoscopic Cholecystectomy. *CochraneDatabaseSyst. Rev.* 2013;8. doi: 10.1002/14651858.CD006574.pub4.
12. Oti C., Mahendran M., Sabir N. Anaesthesia for Laparoscopic Surgery. *Br. J. Hosp. Med.* 2016;77:24–28. doi: 10.12968/hmed.2016.77.1.24.
13. Dow Edgerton W. Laparoscopy in the Community Hospital: Set up, Performance, Control. [(accessed on 29 October 2020)];*J.Reprod. Med. Obstet. Gynecol.* 1974 12:239–244. Available online: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4275671/>
14. El-Kady A.A., Abd-El-Razek M. Intraperitoneal Explosion during Female Sterilization by Laparoscopic Electrocoagulation. A Case Report. *Int. J. Gynecol. Obstet.* 1977;14:487–488. doi: 10.1002/j.1879-3479.1976.tb00090.x.
15. Broach AN, Mansuria SM, Sanfilippo JS. Pediatric and adolescent gynecologic laparoscopy. *ClinObstetGynecol.* 2009;52:380–389
16. Harrell AG, Lincourt AE, Novitsky YW, Rosen MJ, Kuwada TS, Kercher KW, Sing RF, Heniford BT. Advantages of laparoscopic appendectomy in the elderly. *AmSurg.* 2006;72:474–80.
17. Karkenny AJ, Mendelis JR, Geller DS, Gomez JA. The Role of Intraoperative Navigation in Orthopaedic Surgery. *J AmAcadOrthopSurg.* 2019 Oct 01;27(19):e849-e858.
18. Dufault CA. Patient Care During Minimally Invasive Lateral Spine Surgery: 1.7 www.aornjournal.org/content/cme. *AORN J.* 2018 Aug;108(2):127-139.

19. Towfigh S. Inguinal Hernia: Four Open Approaches. *Surg Clin North Am.* 2018 Jun;98(3):623-636.
20. Lukez A, O'Loughlin L, Bodla M, Baima J, Moni J. Positioning of port films for radiation: variability is present. *MedOncol.* 2018 Apr 21;35(5):77
21. Sprung J., Whalley D.G., Falcone T., Warner D.O., Hubmayr R.D., Hammel J. The Impact of Morbid Obesity, Pneumoperitoneum, and Posture on Respiratory System Mechanics and Oxygenation during Laparoscopy. *Anesth. Analg.* 2002;94:1345–1350
22. Joris J.L., Chiche J.D., Canivet J.L.M., Jacquet N.J., Legros J.J.Y., Lamy M.L. Hemodynamic Changes Induced by Laparoscopy and Their Endocrine Correlates: Effects of Clonidine. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1998;32:1389–1396. doi: 10.1016/S0735-1097(98)00406-9
23. Abassi Z., Bishara B., Karram T., Khatib S., Winaver J., Hoffman A. Adverse Effects of Pneumoperitoneum on Renal Function: Involvement of the Endothelin and Nitric Oxide Systems. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2008;294 doi: 10.1152/ajpregu.00691.2007
24. Hömme R., Bureik E. Anästhesie Bei Laparoskopischen Eingriffen. In: Rossaint R., Werner C., Zwißler B., editors. *Die Anästhesiologie: Allgemeine Und Spezielle Anästhesiologie, Schmerztherapie Und Intensivmedizin.* Springer; Berlin/Heidelberg, Germany: 2017
25. Maharjan S.K., Shrestha B.R. Do We Have to Hyperventilate During Laparoscopic Surgery? *Kathmandu Univ. Med. J. (KUMJ)* 2007;5:307–311
26. MARSHALL R. The physical properties of the lungs in relation to the subdivisions of lung volume. *ClinSci.* 1957 Aug;16(3):507-15. PMID: 13473164.
27. Bersten AD. A simple bedside approach to measurement of respiratory mechanics in critically ill patients. *Crit Care Resusc.* 1999 Mar;1(1):74-84. PubMed PMID: 16599866. FRY DL, HYATT RE. Pulmonary mechanics. A unified analysis of the relationship between pressure, volume and gasflow in the lungs of normal and diseased human subjects. *Am J Med.* 1960 Oct;29:672-89
28. Iotti, G., & Braschi, A. (1999). *Measurements of respiratory mechanics during mechanical ventilation.* Rhäzüns, Switzerland: Hamilton Medical Scientific Library.

29. Lu Q, Rouby JJ. Measurement of pressure-volume curves in patients on mechanical ventilation: methods and significance. *CritCare*. 2000;4(2):91-100. doi: 10.1186/cc662. Epub 2000 Mar 21. PMID: 11094498; PMCID: PMC137332.
30. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538324/>
31. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554401/>
32. Canet J, Gallart L, Gomar C, Paluzie G, Vallès J, Castillo J, Sabaté S, Mazo V, Briones Z, Sanchis J; ARISCAT Group. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology*. 2010 Dec;113(6):1338-50. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a. PMID: 21045639.
33. Williams EC, Motta-Ribeiro GC, Vidal Melo MF. Driving Pressure and Transpulmonary Pressure: How Do We Guide Safe Mechanical Ventilation? *Anesthesiology*. 2019 Jul;131(1):155-163. doi: 10.1097/ALN.0000000000002731. PMID: 31094753; PMCID: PMC6639048.
34. Ahn HJ, Park M, Kim JA, Yang M, Yoon S, Kim BR, Bahk JH, Oh YJ, Lee EH. Driving pressure guided ventilation. *Korean J Anesthesiol*. 2020 Jun;73(3):194-204. doi: 10.4097/kja.20041. Epub 2020 Feb 26. PMID: 32098009; PMCID: PMC7280884.
35. Jakimowicz J, Stultiens G, Smulders F. Laparoscopic insufflation of the abdomen reduces portal venous flow. *SurgEndosc*. 1998;12:129-132.
36. Beebe DS, McNevin MP, Crain JM, Letourneau JG, Belani KG, Abrams JA, et al. Evidence of venous stasis after abdominal insufflation for laparoscopic cholecystectomy. *SurgGynecol Obstet*. 1993;176:443-447.
37. Chiu AW, Chang LS, Birkett DH, Babayan RK. The impact of pneumoperitoneum, pneumoretroperitoneum, and gasless laparoscopy on the systemic and renal hemodynamics. *J AmCollSurg*. 1995;181:397-406.
38. Hirvonen EA, Poikolainen EO, Pääkkönen ME, Nuutinen LS. The adverse hemodynamic effects of anesthesia, head-up tilt, and carbon dioxide pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. *SurgEndosc*. 2000;14:272-277.
39. Miskovic A., Lumb A.B. Postoperative Pulmonary Complications. *Br. J. Anaesth*. 2017;118:317-334. doi: 10.1093/bja/aex002

40. Cadi P., Guenoun T., Journois D., Chevallier J.M., Diehl J.L., Safran D. Pressure-controlled Ventilation Improves Oxygenation During Laparoscopic Obesity Surgery Compared with Volume-controlled Ventilation. *Br. J. Anaesth.* 2008;100:709–716. doi: 10.1093/bja/aen067
41. Andersson LE, Baath M, Thorne A, Aspelin P, Odeberg-Werner S (2005) Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography. *Anesthesiology* 102(2):293–299
42. Suh MK, Seong KW, Jung SH, Kim SS. The effect of pneumoperitoneum and Trendelenburg position on respiratory mechanics during pelviscopic surgery. *Korean J Anesthesiol.* 2010 Nov;59(5):329-34. doi: 10.4097/kjae.2010.59.5.329. Epub 2010 Nov 25. PMID: 21179295; PMCID: PMC2998653.
43. O'Malley C, Cunningham AJ. Physiologic changes during laparoscopy. *AnesthesiolClin North America.* 2001;19:1–19.
44. Magnusson L., Spahn DR, New concepts of atelectasis during general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2003; 91: 61-72.
45. Pai MP, Paloucek FP. The origin of the "ideal" body weight equations. *AnnPharmacother.* 2000 Sep;34(9):1066-9. doi: 10.1345/aph.19381. PMID: 10981254
46. Young C.C., Harris E.M., Vacchiano C., Bodnar S., Bukowy B., Elliott R.R.D., Migliarese J., Ragains C., Trethewey B., Woodward A., et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: International expert panel-based consensus recommendations. *Br. J. Anaesth.* 2019;123:898–913. doi: 10.1016/j.bja.2019.08.017
47. Di Marco F, Devaquet J, Lyazidi A, Galia F, da Costa NP, Fumagalli R, Brochard L. Positive end-expiratory pressure-induced functional recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *CritCareMed.* 2010;38:127–132.
48. Liaqat A, Mason M, Foster BJ, Kulkarni S, Barlas A, Farooq AM, Patak P, Liaqat H, Basso RG, Zaman MS, et al. Evidence-Based Mechanical Ventilatory Strategies in ARDS. *Journal of Clinical Medicine.* 2022; 11(2):319. <https://doi.org/10.3390/jcm11020319>

49. Rothen, H.U.; Neumann, P.; Berglund, J.E.; Valtysson, J.; Magnusson, A.; Hedenstierna, G. Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia. *Br. J. Anaesth.* 1999, 82, 551–556.
50. Borges JB, Okamoto VN, Matos GF, Carames MP, Arantes PR, Barros F, Souza CE, Victorino JA, Kacmarek RM, Barbas CS, Carvalho CR, Amato MB. Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006 Aug 1;174(3):268-78. doi: 10.1164/rccm.200506-976OC. Epub 2006 May 11. PMID: 16690982.
51. Fan, E.; Wilcox, M.E.; Brower, R.G.; Stewart, T.E.; Mehta, S.; Lapinsky, S.E.; Meade, M.O.; Ferguson, N.D. Recruitment maneuvers for acute lung injury: A systematic review. *Am. J. Respir. Crit. Care Med* 2008, 178, 1156–1163
52. Pang CK, Yap J, Chen PP. The effect of an alveolar recruitment strategy on oxygenation during laparoscopic cholecystectomy. *AnaesthIntensiveCare* 2003;31(2):176-180. 1
53. Biddle C, Epps L, Hassanein R. The efficacy of sighs in subjects with COPD undergoing general anesthesia and controlled ventilation. *AANA J* 1989;57(2):131-136.
54. Celebi S, Koçner O, Menda F, Korkut K, Suzer K, Cakar N. The pulmonary and hemodynamic effects of two different recruitment maneuvers after cardiac surgery. *AnesthAnalg* 2007;104(2):384-390.
55. Whalen FX, Gajic O, Thompson GB, Kendrick ML, Que FL, Williams BA, et al. The effects of the alveolar recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on arterial oxygenation during laparoscopic bariatric surgery. *AnesthAnalg* 2006;102(1):298-305.
56. Weingarten TN, Whalen FX, Warner DO, Gajic O, Schears GJ, Snyder MR, et al. Comparison of two ventilatory strategies in elderly subjects undergoing major abdominal surgery. *Br J Anaesth* 2010; 104(1):16-22.
57. Levine M, Gilbert R, Auchincloss JH. A comparison of the effects of sighs, large tidal volumes, and positive end expiratory pressure in assisted ventilation. *Scand J RespirDis.* 1972;53:101–108

58. Pelosi P, Cadringer P, Bottino N, Panigada M, Carrieri F, Riva E, Lissoni A, Gattinoni L. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J RespirCritCareMed*. 1999;159:872–880.
59. Steimback PW, Oliveira GP, Rzezinski AF, Silva PL, Garcia CS, Rangel G, Morales MM, Lapa E Silva JR, Capelozzi VL, Pelosi P, et al. Effects of frequency and inspiratory plateau pressure during recruitment manoeuvres on lung and distal organs in acute lung injury. *Intensive Care Med*. 2009;35:1120–1128.
60. Moraes L, Santos CL, Santos RS, Cruz FF, Saddy F, Morales MM, Capelozzi VL, Silva PL, de Abreu MG, Garcia CS, et al. Effects of sigh during pressure control and pressure support ventilation in pulmonary and extrapulmonary mild acute lung injury. *Crit Care*. 2014;18:474.
61. Oczenski W, Hörmann C, Keller C, Lorenzl N, Kepka A, Schwarz S, Fitzgerald RD. Recruitment maneuvers after a positive end-expiratory pressure trial do not induce sustained effects in early adult respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004;101:620–625
62. Grasso S, Terragni P, Mascia L, Fanelli V, Quintel M, Herrmann P, Hedenstierna G, Slutsky AS, Ranieri VM. Airway pressure-time curve profile (stress index) detects tidal recruitment/hyperinflation in experimental acute lung injury. *CritCareMed*. 2004;32:1018–1027.
63. Silva PL, Moraes L, Santos RS, Samary C, Ornellas DS, Maron-Gutierrez T, Morales MM, Saddy F, Capelozzi VL, Pelosi P, et al. Impact of pressure profile and duration of recruitment maneuvers on morphofunctional and biochemical variables in experimental lung injury. *Crit Care Med*. 2011;39:1074–1081.
64. Hodgson CL, Tuxen DV, Bailey MJ, Holland AE, Keating JL, Pilcher D, Thomson KR, Varma D. A positive response to a recruitment maneuver with PEEP titration in patients with ARDS, regardless of transient oxygen desaturation during the maneuver. *J IntensiveCareMed*. 2011;26:41–49
65. Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, Slutsky AS, Arabi YM, Cooper DJ, Davies AR, Hand LE, Zhou Q, Thabane L, et al. Ventilation strategy using low tidal volumes, recruitment maneuvers, and high positive end-expiratory pressure for acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2008;299:637–645

66. Villagr a A, Ochagav a A, Vatu a S, Murias G, Del Mar Fern andez M, Lopez Aguilar J, Fern andez R, Blanch L. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J RespirCritCareMed*. 2002;165:165–170
67. Iannuzzi M, De Sio A, De Robertis E, Piazza O, Servillo G, Tufano R. Different patterns of lung recruitment maneuvers in primary acute respiratory distress syndrome: effects on oxygenation and central hemodynamics. *MinervaAnesthesiol*. 2010;76:692–698
68. K.-H. Ryu, S. H. Lee, E.-A. Cho, J.-A. Kim, G.-E. Lim, and T. Song, “Comparison of impacts of intraperitoneal saline instillation with and without pulmonary recruitment maneuver on post-laparoscopic shoulder pain prevention: a randomized controlled trial,” *Surgical Endoscopy*, vol. 33, no. 3, pp. 870–878, 2019
69. B. Tas, A. M. Donatsky, and I. G ogenur, “Techniques to reduce shoulder pain after laparoscopic surgery for benign gynaecological disease: a systematic review,” *Gynecological Surgery*, vol. 10, pp. 169–175, 2013
70. Pai MP, Paloucek FP. The origin of the "ideal" body weight equations. *AnnPharmacother*. 2000 Sep;34(9):1066-9. doi: 10.1345/aph.19381. PMID: 10981254.
71. Polese G, Rossi A, Appendini L, Brandi G, Bates JH, Brandolese R: Partitioning of respiratory mechanics in mechanically ventilated patients. *J ApplPhysiol* 1991; 71:2425–33
72. Patel SK, Bansal S, Puri A, Taneja R, Sood N. Correlation of Perioperative Atelectasis With Duration of Anesthesia, Pneumoperitoneum, and Length of Surgery in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy. *Cureus*. 2022 Apr 18;14(4):e24261. doi: 10.7759/cureus.24261. PMID: 35475248; PMCID: PMC9018945.
73. Kim K, Jang DM, Park JY, Yoo H, Kim HS, Choi WJ. Changes of diaphragmatic excursion and lung compliance during major laparoscopic pelvic surgery: A prospective observational study. *PLoSOne*. 2018 Nov 29;13(11):e0207841. doi: 10.1371/journal.pone.0207841. PMID: 30496318; PMCID: PMC6264802

74. Monastesse A, Girard F, Massicotte N, Chartrand-Lefebvre C, Girard M. Lung Ultrasonography for the Assessment of Perioperative Atelectasis: A Pilot Feasibility Study. *AnesthAnalg.* 2017 Feb;124(2):494-504. doi:10.1213/ANE.0000000000001603. PMID: 27669555
75. Liu Y, Wang J, Geng Y, Zhang Y, Su H, Yang Y. The effect of ultrasound-guided lung recruitment maneuvers on atelectasis in lung-healthy patients undergoing laparoscopic gynecologic surgery: a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol.* 2022 Jul 1;22(1):200. doi: 10.1186/s12871-022-01742-1. PMID: 35778701; PMCID: PMC9248140.
76. Kung SC, Hung YL, Chen WL, Wang CM, Chang HC, Liu WL. Effects of Stepwise Lung Recruitment Maneuvers in Patients with Early Acute Respiratory Distress Syndrome: A Prospective, Randomized, Controlled Trial. *J ClinMed.* 2019 Feb 10;8(2):231. doi: 10.3390/jcm8020231. PMID: 30744214; PMCID: PMC6406466.
77. Silva, Pedro L. PhD1; Moraes, Lillian MSc1; Santos, Raquel S. MSc1; Samary, Cynthia MSc1; Ramos, Maíra B. A. PTS1; Santos, Cintia L. PhD1,2; Morales, Marcelo M. MD, PhD3; Capelozzi, Vera L. MD, PhD4; Garcia, Cristiane S. N. B. PhD1,5; de Abreu, Marcelo Gama MD, PhD6; Pelosi, Paolo MD7; Marini, John J. MD8; Rocco, Patricia R. M. MD, PhD1. Recruitment Maneuvers Modulate Epithelial and Endothelial Cell Response According to Acute Lung Injury Etiology*. *CriticalCareMedicine* 41(10):p e256-e265, October 2013. | DOI: 10.1097/CCM.0b013e31828a3c13
78. Kacmarek RM, Kallet RH. Respiratory controversies in the critical care setting. Should recruitment maneuvers be used in the management of ALI and ARDS? *RespirCare.* 2007 May;52(5):622-31; discussion 631-5. PMID: 17484793.
79. Rauh R, Hemmerling TM, Rist M, Jacobi KE. Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on respiratory system compliance. *J ClinAnesth.* 2001 Aug;13(5):361-5. doi: 10.1016/s0952-8180(01)00286-0. PMID: 11498317.
80. Hansen B. Fluid Overload. *Front Vet Sci.* 2021 Jun 29;8:668688. doi: 10.3389/fvets.2021.668688. PMID: 34268347; PMCID: PMC8275824.
81. Virág M, Rottler M, Gede N, Ocskay K, Leiner T, Tuba M, Ábrahám S, Farkas N, Hegyi P, Molnár Z. Goal-Directed Fluid Therapy Enhances Gastrointestinal Recovery

after Laparoscopic Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J PersMed*. 2022 Apr 30;12(5):734. doi: 10.3390/jpm12050734. PMID: 35629156; PMCID: PMC9143059

82. SHARP JT, HENRY JP, SWEANY SK, et al. THE TOTAL WORK OF BREATHING IN NORMAL AND OBESE MEN. *J Clin Invest* 1964 4;43:728–39. doi: 10.1172/JCI104957. [PubMed:14149924]

83. Reinius H, Jonsson L, Gustafsson S, Sundbom M, Duvernoy O, Pelosi P, Hedenstierna G, Fredén F. Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study. *Anesthesiology*. 2009 Nov;111(5):979-87. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181b87edb. PMID: 19809292.

84. Eichenberger A, Proietti S, Wicky S, et al. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Anal*. 2002;95(6):1788–92. table of content

5. Παράρτημα

Πίνακας Π1: Αποτελέσματα του MannWhitney U test (p-values) σε όλες τις παραμέτρους του αρχικού δείγματος 31 ασθενών.

Demographics																
Age	Height	Weight	IBW	BMI	TotalCrystall oids	Total EPHE	Propofol (mg)	Surgerydu ration	Anesthesi aduration							
0,98	0,45	0,94	0,36	0,68	0,05	0,64	0,53	0,58	0,45							
T1																
MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	PEEP	DP	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH	
0,66	0,62	0,06	0,75	0,64	0,57	1,00	0,57	0,35	0,37	0,08	0,0	0,98	0,77	0,07	0,07	
T2																
MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	PEEP	DP	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH	
0,27	0,29	0,36	0,18	0,15	0,41	1,00	0,41	0,35	0,63	0,09	0,98	0,88	0,92	0,06	0,12	
T3																
MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	Peep	DP	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH	
0,59	0,25	0,41	0,89	0,92	0,92	1,00	0,63	0,35	0,53	0,43	0,11	0,81	0,55	0,59	0,25	
T4																
MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	PEEP	DP	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH	
0,94	0,34	0,30	0,81	0,94	0,89	1,00	0,89	0,48	0,66	0,52	0,55	0,55	0,89	0,07	0,25	
T5																
MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	PEEP	DP	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH	
0,69	0,33	0,06	1,00	0,90	0,58	1,00	0,58	0,06	0,75	0,31	0,25	0,06	0,38	0,51	0,59	
T6																
MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	PEEP	DP	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH	
0,50	0,89	0,40	0,68	0,51	0,54	1,00	0,54	0,23	0,42	0,61	0,24	0,20	0,25	0,98	0,95	
T7																

MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	Peep	DP	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH
0,95	0,21	0,16	0,76	0,47	1,00	1,00	1,00	0,23	0,61	0,37	0,37	0,52	0,37	0,31	0,62
T8															
MAP	HR	SpO2	Raw	PIP	Pplat	PEEP	DP)	VT	Cdyn	RR	PaO2/FiO2	EtCO2	PaCO2	HCO3	pH
0,17	0,39	0,06	0,98	0,53	0,55	1,00	0,51	0,53	0,45	0,06	0,31	0,05	0,48	0,18	0,27

Πίνακας Π2: Αποτελέσματα των p-values (MannWhitney U Test) για τα δεδομένα της ανάλυσης της επίδρασης της αρχικής Pplat

A. Pplat Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	11,10	11,70	17,70	16,50	18,30	16,20	13,00	11,80
	STD	0,74	0,67	1,25	2,37	2,67	4,42	1,94	2,10
MAX	Average	17,20	16,40	22,60	21,70	22,40	19,80	17,90	14,40
	STD	2,35	2,59	3,34	4,88	4,17	3,01	2,73	3,31
	p-value	0,0002	0,0003	0,002593	0,031	0,014	0,074090	0,0033	0,065

B. PIP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	12,80	13,30	18,90	18,30	20,00	17,70	14,90	14,40
	STD	1,14	0,82	1,60	3,20	1,70	5,21	2,02	4,99
MAX	Average	18,50	17,80	24,80	23,70	24,70	21,50	20,30	16,00
	STD	2,59	2,62	3,77	5,79	4,16	3,10	2,67	3,33
	p-value	0,00018	0,0092	0,0018	0,0423	0,007032	0,1212	0,003	0,245

C. DP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	6,10	6,70	12,70	11,50	13,30	11,20	8,00	6,80
	STD	0,74	0,67	1,25	2,37	2,67	4,42	1,94	2,10
MAX	Average	12,20	11,40	17,60	16,70	17,40	14,80	12,90	9,50
	STD	2,35	2,59	3,34	4,88	4,17	3,01	2,73	3,24
	p-value	0,000189	0,00058	0,0089	0,0028	0,031	0,1030	0,00035	0,058

D. ComplianceData									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	68,90	65,30	34,80	37,90	34,10	45,70	59,10	78,90
	STD	6,87	7,57	5,81	8,16	4,75	12,25	12,63	6,77
MAX	Average	45,70	46,30	26,20	28,60	25,50	33,20	36,00	59,90
	STD	9,65	12,96	5,39	8,95	6,10	8,04	7,53	10,10
	p-value	0,000439	0,00727	0,0127	0,0414	0,0044	0,001	0,0092	0,0008

Πίνακας Π3: Αποτελέσματα των p-values (MannWhitney U Test) για τα δεδομένα της ανάλυσης της επίδρασης της αρχικής DP

A. DP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	6,10	6,70	12,70	11,50	13,30	11,20	8,00	6,80
	STD	0,74	0,67	1,25	2,37	2,67	4,42	1,94	2,10
MAX	Average	12,20	11,10	17,80	16,90	17,00	14,20	12,90	9,20
	STD	2,35	2,56	3,16	4,75	4,59	3,33	2,73	3,52
	p-value	0,00004	0,00075	0,00147	0,01373	0,06629	0,13806	0,00174	0,11286

B. PIP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	12,80	13,30	18,90	18,30	20,00	17,70	14,90	14,40
	STD	1,14	0,82	1,60	3,20	1,70	5,21	2,02	4,99
MAX	Average	18,50	17,50	25,00	24,00	24,10	20,80	20,10	15,10
	STD	2,59	2,64	3,59	5,60	4,95	3,49	2,92	3,63
	p-value	0,000192	0,001359	0,001188	0,026376	0,043421	0,192	0,0010	0,7913

C. Pplat Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	11,10	11,70	17,70	16,50	18,30	16,20	13,00	11,80
	STD	0,74	0,67	1,25	2,37	2,67	4,42	1,94	2,10
MAX	Average	17,20	16,10	22,80	21,90	22,00	19,20	17,90	14,10
	STD	2,35	2,56	3,16	4,75	4,59	3,33	2,73	3,57
	p-value	0,00018	0,0002	0,0007	0,01073	0,04629	0,23806	0,0022	0,23020

C. ComplianceData									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	68,90	65,30	34,80	37,90	34,10	45,70	59,10	78,90
	STD	6,87	7,57	5,81	8,16	4,75	12,25	12,63	6,77
MAX	Average	43,10	44,90	25,80	27,10	26,20	34,30	35,40	58,30
	STD	6,59	12,55	5,47	8,24	7,11	8,45	6,65	9,39
	p-value	0,00018	0,00290	0,008085	0,040898	0,009	0,027100	0,0018	0,0021

Πίνακας Π4: Αποτελέσματα των p-values (MannWhitney U Test) για τα δεδομένα της ανάλυσης επίδρασης της BMI

A. DP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	7,30	7,40	11,80	12,60	14,00	11,30	8,50	6,80
	STD	1,95	2,07	1,40	2,22	2,49	4,19	1,96	1,55
MAX	Average	11,20	10,70	16,90	17,70	18,00	15,60	13,70	8,70
	STD	3,19	2,87	3,90	4,14	3,97	3,31	3,09	3,77
	p-value	0,031	0,025	0,0022	0,0003	0,014	0,0036	0,0073	0,241

B. PIP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	13,90	14,00	19,40	18,80	20,50	18,00	15,50	14,40
	STD	1,60	1,89	2,76	2,15	1,72	4,78	2,42	4,88
MAX	Average	18,20	17,10	23,70	24,20	25,00	22,70	21,50	15,20
	STD	3,29	2,85	4,22	5,59	4,88	3,50	3,24	3,74
	p-value	0,0022	0,0004	0,037	0,0017	0,0017	0,045	0,0003	0,24

C. Pplat Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	12,30	12,40	18,20	17,60	19,00	16,30	13,50	11,80
	STD	1,95	2,07	2,15	2,22	2,49	4,19	1,96	1,55
MAX	Average	16,20	15,30	21,60	21,90	23,00	20,60	18,70	13,70
	STD	3,19	2,83	3,78	4,79	3,97	3,31	3,09	3,77
	p-value	0,0006	0,0003	0,045	0,006	0,009	0,045	0,004	0,062

D. ComplianceData									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	67,00	62,70	33,80	36,20	33,20	43,50	54,50	77,40
	STD	10,68	10,89	5,75	6,80	4,66	5,15	11,74	9,52
MAX	Average	47,20	46,80	27,00	26,20	27,00	31,50	37,80	65,60
	STD	11,81	12,80	4,94	7,93	6,20	6,13	8,02	15,20
	p-value	0,01	0,01	0,0046	0,009	0,025	0,03	0,021	0,065

Πίνακας Π5: Αποτελέσματα των p-values (MannWhitney U Test) για τα δεδομένα της ανάλυσης επίδρασης της αρχικής ενδοτικότητας

A. Pplat Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	16,50	16,10	23,10	22,70	22,50	19,40	17,50	14,00
	STD	2,46	2,56	2,64	3,86	4,38	3,44	2,84	3,59
MAX	Average	11,60	12,00	17,60	17,70	19,40	17,20	14,00	12,00
	STD	1,17	0,82	2,12	1,64	3,24	4,59	3,77	2,05
	p-value	0,0018	0,0018	0,00029	0,0003	0,054	0,795	0,089	0,168

B. PIP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	17,70	17,60	25,40	25,00	24,50	21,10	20,20	15,10
	STD	2,63	2,50	2,88	4,62	4,74	3,63	2,94	3,63
MAX	Average	13,30	13,60	18,90	19,60	21,30	19,20	16,10	14,60
	STD	1,16	0,84	2,13	2,55	3,53	5,61	4,33	4,88
	p-value	0,0013	0,0013	0,0002	0,009	0,09	0,2161	0,0531	0,734

C. DP Data									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	11,50	11,10	18,10	17,70	17,50	14,40	12,50	9,10
	STD	2,46	2,56	2,64	3,86	4,38	3,44	2,84	3,54
MAX	Average	6,60	7,00	13,30	12,70	14,40	12,20	9,00	7,00
	STD	1,17	0,82	1,49	1,64	3,24	4,59	3,77	2,05
	p-value	0,0001	0,0006	0,001	0,0016	0,4219	0,125	0,0512	0,101

D. ComplianceData									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MIN	Average	42,10	43,70	25,00	25,00	25,60	34,10	36,80	57,50
	STD	5,99	12,37	4,47	5,33	6,52	8,50	7,51	8,17
MAX	Average	71,60	67,90	34,60	34,90	34,50	43,50	59,60	81,90
	STD	2,95	3,67	5,99	7,81	5,04	12,70	12,68	4,58
	p-value	0,0001	0,0004	0,0039	0,005	0,011	0,25	0,0035	0,0002