



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑΡΕΩΣ ΠΑΣΧΟΝΤΑ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας στον χειρουργικό ασθενή και η θέση του μη επεμβατικού αερισμού, την περίοδο της πανδημίας COVID19»**

**ΧΡΗΣΤΟΣ ΔΟΥΔΑΚΜΑΝΗΣ**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

- 1) Ζακυνθινός Επαμεινώνδας, Καθηγητής Εντατικής Θεραπείας Τμήματος Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Επιβλέπων Καθηγητής
- 2) Μακρής Δημοσθένης, Καθηγητής Εντατικής Θεραπείας Τμήματος Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής
- 3) Πανταζόπουλος Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής Επείγουσας Ιατρικής Τμήματος Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λάρισα, 29/09/2022



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑΡΕΩΣ ΠΑΣΧΟΝΤΑ»**

**“The role of noninvasive ventilation in treatment of respiratory failure in surgical patients during COVID19 pandemic”**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	3
Ελληνική Περίληψη	4
Αγγλική Περίληψη	6
Εισαγωγή	8
Σκοπός	10
Μέθοδος	11
Γενικό Μέρος	12
<i>Αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας</i>	12
<i>Αναπνευστική ανεπάρκεια από COVID-19</i>	14
<i>Η έλλειψη κλινών ΜΕΘ κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19 και η μεγάλη πρόκληση</i>	14
<i>Μετεγχειρητική αναπνευστική ανεπάρκεια</i>	15
<i>Νόσηση από COVID-19 κατά την περιεγχειρητική περίοδο</i>	16
<i>Η θέση του μη επεμβατικού αερισμού στην αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής αναπνευστικής ανεπάρκειας</i>	17
Συμπεράσματα	19
Βιβλιογραφία	20

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αναπνευστική ανεπάρκεια πρόκειται για μία κατάσταση κατά την οποία το αναπνευστικό σύστημα αδυνατεί να διατηρήσει επαρκή ανταλλαγή αερίων (οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα). Ως εκ τούτου η διαταραχή εντοπίζεται στην οξυγόνωση ή και στην αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα. Διακρίνονται δύο τύποι αναπνευστικής ανεπάρκειας. Στην τύπου I η διαταραχή είναι η υποξαιμία με μερική πίεση οξυγόνου  $PaO_2 < 60$  mmHg. Νοσήματα που προκαλούν αυτού του είδους ανεπάρκεια είναι οι οξείες παθήσεις των πνευμόνων. Στην τύπου II αναπνευστική ανεπάρκεια κύρια διαταραχή είναι η υπερκαπνία με  $PaCO_2 > 45$  mmHg. Σε αυτόν τον τύπο ανεπάρκειας η διαταραχή εντοπίζεται στην αντλία και οφείλεται σε 3 κύριους μηχανισμούς. Ο πρώτος είναι η μειωμένη λειτουργία του αναπνευστικού κέντρο στο κεντρικό νευρικό σύστημα που μπορεί να οφείλεται σε χορήγηση αναισθητικών φαρμάκων, σε υπερβολική δόση φαρμάκων και σε νοσήματα του προμήκη μυελού. Στο δεύτερο μηχανισμό εμπεριέχονται διαταραχές των αναπνευστικών μυών και κυρίως του διαφράγματος, ελλείματα στο θωρακικό τοίχωμα όπως στην περίπτωση του ασταθή θώρακα και νευρομυικές διαταραχές. Σύμφωνα με τον τρίτο παθοφυσιολογικό μηχανισμό, υπερκαπνική αναπνευστική ανεπάρκεια προκαλείται όταν επέρχεται η κόπωση των αναπνευστικών μυών έπειτα από αυξημένο έργο αναπνοής.

Ειδική μορφή αναπνευστικής ανεπάρκειας είναι η μετεγχειρητική αναπνευστική ανεπάρκεια, η οποία προκαλείται λόγω εκτεταμένων ατελεκτασιών. Οι ατελεκτασίες είναι απόρροια της αναισθησίας και της μειωμένης λειτουργίας των αναπνευστικών μυών πρώιμα μετεγχειρητικά, στα πλαίσια αποφυγής εισπνοής μεγάλου όγκου αέρα εκ μέρους του ασθενούς, καθώς αυτό επιτείνει το άλγος. Η συγκεκριμένη κλινική οντότητα εμφανίζεται συχνότερα χειρουργικές επεμβάσεις στον θώρακα. Ωστόσο σε αρκετά μεγάλη συχνότητα εμφανίζεται μετά από επεμβάσεις κοιλίας. Ιδιαίτερα σε χειρουργικές επεμβάσεις στο ανώτερο πεπτικό, λόγω της άμεσης αλληλεπίδρασης με το διάφραγμα, η πιθανότητα για εμφάνιση μετεγχειρητικής αναπνευστικής ανεπάρκειας είναι αυξημένη. Σε ένα σημαντικό ποσοστό ασθενών, αναπτύσσεται περιοριστικού τύπου πνευμονοπάθεια, ατελεκτασίες στους κάτω λοβούς των πνευμόνων και στα πλαίσια αυτής αναπνευστική ανεπάρκεια.

Η χρήση μη επεμβατικού αερισμού έχει χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας, τόσο εντός όσο και εκτός των Μονάδων Εντατικής Θεραπείας. Πέρα από τα νοσήματα του αναπνευστικού που δύνανται να προκαλέσουν αναπνευστική

ανεπάρκεια, αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί με μη επεμβατικό αερισμό και σε ασθενείς με μη αναπνευστικά νοσήματα.

Λόγω της πανδημίας COVID19 και των αυξημένων απαιτήσεων ιατρικών πόρων προς αντιμετώπιση ασθενών με COVID-19, μειώθηκαν οι διαθέσιμοι πόροι για ασθενείς με λοιπά νοσήματα. Πέρα από τους πόρους, υπήρξε σαφής περιορισμός του χειρουργικού χρόνου, με στόχο τον περιορισμό της διάδοσης του ιού, αλλά και της ανακατανομής του ιατρικού προσωπικού σε τμήματα COVID-19. Επιπρόσθετα, την συγκεκριμένη περίοδο υπήρξε ραγδαία μείωση των διαθέσιμων κλινών ΜΕΘ προς αντιμετώπιση περιστατικών πέραν των COVID-19 ασθενών. Η υποστήριξη ασθενών που υποβάλλονταν σε βαρύτατες χειρουργικές επεμβάσεις ήταν προβληματική. Δημιουργήθηκε η ανάγκη να αντιμετωπίζονται οι ασθενείς αυτοί στα τμήματα, πριν απαιτηθεί η υποστήριξη σε ΜΕΘ. Η αντιμετώπιση των μετεγχειρητικών επιπλοκών και ιδιαίτερα της αναπνευστικής ανεπάρκεια, προϋποθέτει την χρήση εργαλείων διαθέσιμων στις ΜΕΘ, από κατάλληλα εκπαιδευμένο ιατρικό προσωπικό. Σε περίπτωση που η αντιμετώπιση των ασθενών τόσο διεγχειρητικά αλλά και μετεγχειρητικά κρίνεται επισφαλής, τότε η αναβολή του χειρουργείου είναι η μόνη ασφαλής επιλογή ώστε να εξασφαλιστούν οι κατάλληλες συνθήκες για τις παρεχόμενες υπηρεσίες υγείας.

## ΑΓΓΛΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Respiratory failure is an emergency condition in which the respiratory system is unable to maintain adequate gas exchange (oxygen and carbon dioxide). Therefore, the disorder lies in the oxygenation or in the exchange of carbon dioxide. There are two types of respiratory failure. In type I the disorder is hypoxemia with a partial pressure of oxygen  $\text{PaO}_2 < 60$  mmHg. Diseases that cause this type of deficiency are acute lung diseases. In type II respiratory failure the main disorder is hypercapnia with  $\text{PaCO}_2 > 45$  mmHg. In this type of respiratory failure, the disorder is attributed to the heart and lungs and is due to 3 main mechanisms. The first is the reduced function of the respiratory center in the central nervous system which may be due to the administration of anesthetic drugs, drug overdose and diseases of the medulla oblongata. The second mechanism includes disorders of the respiratory muscles and mainly of the diaphragm, defects in the chest wall as in the case of unstable chest and neuromuscular disorders. According to the third pathophysiological mechanism, hypercapnic respiratory failure is caused when respiratory muscle fatigue occurs after increased work of breathing.

A special form of respiratory failure is postoperative respiratory failure, which is caused by extensive atelectasis. Atelectasis is a consequence of the anesthesia and the reduced function of the respiratory muscles early postoperatively, in the context of avoiding inhalation of a large volume of air by the patient, as this intensifies the pain. This clinical entity occurs more often in thoracic surgery. However, it appears with a high frequency after abdominal operations. Especially in upper digestive surgeries, due to the direct interaction with the diaphragm, the possibility of postoperative respiratory failure is increased. In a significant percentage of patients, a restrictive type of lung disease develops, atelectasis in the lower lobes of the lungs and, in this context, respiratory failure.

The use of non-invasive ventilation has been used to treat respiratory failure both inside and outside of Intensive Care Units. In addition to respiratory diseases that can cause respiratory failure, it can be treated with non-invasive ventilation in patients with non-respiratory diseases.

Due to the COVID-19 pandemic and the increased demands on medical resources to treat patients with COVID-19, the resources available for patients with other illnesses have been decreased. In addition to resources, there was a clear limitation of surgical time, with the aim of limiting the spread of the virus, but also the redistribution of medical staff to COVID-19

departments. Additionally, in this particular period, there was a rapid decrease in available ICU beds to deal with cases other than COVID-19 patients. Support for patients undergoing major surgery was problematic. The need arose to treat these patients in the wards, avoiding ICU admission. The treatment of postoperative complications, especially respiratory failure, requires the use of tools available in ICUs, by appropriately trained medical personnel. In the event that the treatment of patients both intra-operatively and post-operatively is considered unsafe, then the postponement of the surgery is the only safe option to ensure the appropriate conditions for the health services provided.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναπνευστική ανεπάρκεια είναι μία επείγουσα και επικίνδυνη κατάσταση, κατά την οποία το αναπνευστικό σύστημα, το οποίο είναι υπεύθυνο για την επαρκή οξυγόνωση και την ικανοποιητική ανταλλαγή αερίων, δεν δύναται να ανταποκριθεί στον πρωταρχικό του ρόλο.[1] Καίριο ρόλο για την ανταλλαγή αερίων διαδραματίζει το ισοζύγιο αερισμού και αιμάτωσης. Οι βασικότερες διαταραχές προκύπτουν κατά την μείωση του αερισμού σε περιοχές με κατά τα άλλα φυσιολογική αιμάτωση και σπανιότερα σε περιοχές με φυσιολογικό αερισμό και μειωμένη αιμάτωση («νεκρός χώρος»).[2]

Η αναπνευστική ανεπάρκεια διακρίνεται βάσει του χρόνου εμφάνισης της σε οξεία, σε χρόνια και σε οξεία επί χρονίας. Ο κύριος διαχωρισμός προκύπτει ανάλογα με την αεριομετρική διαταραχή που παρατηρείται. Έτσι, η αναπνευστική ανεπάρκεια διακρίνεται σε υποξαιμικού τύπου (αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου 1) και σε υπερκαπνικού τύπου (αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου 2). Η αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου 1 χαρακτηρίζεται από την υποξυγοναιμία, δηλαδή μερική πίεση οξυγόνου κάτω από 60 mmHg. Μπορεί να εμφανιστεί σε ένα ευρύ φάσμα νοσημάτων, που προκαλούν διαταραχές αερισμού/αιμάτωσης, όπως: στο σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας, στο άσθμα, στο πνευμονικό οίδημα, σε παρόξυνση της χρόνιας αναπνευστικής πνευμονοπάθειας, σε διάμεση ίνωση, σε λοιμώξεις κατώτερου αναπνευστικού, σε πνευμοθώρακα, αλλά και σε περιπτώσεις πνευμονικής εμβολής. Η αναπνευστική ανεπάρκεια τύπου 2 ή υπερκαπνικού τύπου χαρακτηρίζεται από την αύξηση της μερικής πίεσης CO<sub>2</sub> πάνω από 50 mmHg. Σε αυτού του τύπου αναπνευστικής ανεπάρκειας, ο μειωμένος αερισμός ανεπαρκεί να μειώσει τις συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>. Χαρακτηριστικά, τέτοια διαταραχή εμφανίζεται σε ασθενείς με αυξημένο έργο της αναπνοής λόγω απόφραξης των αεραγωγών ή εξαιτίας χαμηλής ευενδοτότητας των πνευμόνων. Επίσης παρατηρείται σε ασθενείς με νευρομυϊκές ασθένειες, αλλά και με νόσο του κεντρικού νευρικού συστήματος που επηρεάζει την αυτόματη αναπνοή.[2]

Ανάλογα με την ηλικία του ασθενούς, η αιτιολογία θα πρέπει να αναζητηθεί σε διαφορετική ομάδα νοσημάτων. Σε νεότερους ασθενείς κυριότερα αίτια είναι λοιμώξεις κατώτερου αναπνευστικού, το σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας, ασθματική κρίση, υπερκατανάλωση φαρμακευτικών ουσιών, σήψη, αλλά και τραύμα. Σε μεγαλύτερους ασθενείς τα αίτια θα πρέπει να αναζητηθούν μεταξύ των ακολουθών νοσημάτων: λοιμώξεις κατώτερου αναπνευστικού, απορρυθμισμένη καρδιακή ανεπάρκεια, παρόξυνση χρόνιας αποφρακτικής



πνευμονοπάθειας, το σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας και το κυριότερο αίτιο είναι η σήψη.[3] Με την πάροδο της ηλικίας, οι ασθενείς εμφανίζουν μειωμένες αναπνευστικές εφεδρείες καθιστώντας τους πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση αναπνευστικής ανεπάρκειας. Οι κυριότερες μεταβολές του αναπνευστικού συστήματος, καθώς αυξάνεται η ηλικία, αφορούν την εκφύλιση της εξωκυττάριας ουσίας με απώλεια ελαστικής, αλλά και δομικές αλλαγές στον θωρακικό κλωβό και δυσλειτουργία του διαφράγματος. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την προοδευτική μείωση της κινητικότητας και των πιέσεων κατά τις αναπνευστικές κινήσεις, καθώς επίσης και μειωμένη απόκριση σε ερεθίσματα όπως υποξυγοναιμία και υπερκαπνία.[4]

Η κατάσταση του ασθενούς όσον αφορά τις συννοσηρήτοτες και ιδιαίτερα αυτές εκ του αναπνευστικού και του καρδιαγγειακού προδιαθέτουν σε εκδήλωση αναπνευστικής ανεπάρκειας και σε συνδυασμό με συνήθειες του ασθενή, όπως το κάπνισμα. Στους χειρουργικούς ασθενείς το ιστορικό αναπνευστικής νόσου λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, καθότι επηρεάζει τον περιεγχειρητικό κίνδυνο. Σε ασθενείς που υποβάλλονται σε μη καρδιοχειρουργικά χειρουργεία, επιπλέον κίνδυνος εμφάνισης επιπλοκών εκ του αναπνευστικού αναγνωρίζεται σε όσους υποβληθούν σε: επεμβάσεις κοιλίας και ιδιαίτερα αυτές του ανώτερου πεπτικού, νευροχειρουργικές και αγγειοχειρουργικές επεμβάσεις, καθώς επίσης και επεμβάσεις κεφαλής-τραχήλου που δυνητικά θέτουν σε κίνδυνο τον αεραγωγό. Πέρα από τον τύπο της χειρουργικής επέμβασης, σημαντικό ρίσκο αποτελεί η διάρκεια της επέμβασης, καθώς σε παρατεταμένες επεμβάσεις άνω των 3 ωρών ο κίνδυνος αυξάνεται πολλαπλάσια. Ειδική μνεία απαιτείται στο είδος της αναισθησίας, καθώς η γενική αναισθησία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αναπνευστική λειτουργία. Τη στιγμή που ως προεγχειρητικός έλεγχος, ο έλεγχος της λειτουργικότητας και της φυσιολογικής λειτουργίας του αναπνευστικού δεν έχει καθιερωθεί, στις προαναφερθείσες περιπτώσεις αυτός ο έλεγχος καθίσταται απαραίτητος.[5]

Στις καρδιοθωρακοχειρουργικές επεμβάσεις, οι επιπλοκές από το αναπνευστικό καθίστανται πιο σύνθετες. Συνήθως λόγω και των χειρισμών μπορεί να έχει διαταραχθεί η αιμάτωση και να έχει προκληθεί πνευμονική αγγειοσύσπαση και ο συνδυασμός των 2 να προκαλέσει αναπνευστική δυσχέρεια και ανεπάρκεια. Άλλες αιτίες σε τέτοιου είδους επεμβάσεις είναι η ελάττωση του όγκου των πνευμόνων, όπως σε μία λοβεκτομή, η αλόγιστη περιεγχειρητική χορήγηση υγρών, αλλά και η αντισταθμιστική υπεροξυγόνωση που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση τοξικών για το αναπνευστικό σύστημα, ελεύθερων ριζών οξυγόνου.[6]

Η διάγνωση της αναπνευστικής ανεπάρκειας πρέπει να είναι άμεση και η αντιμετώπιση της στοχευμένη ανάλογα με το αίτιο της. Η διάγνωση θα τεθεί βάσει της κλινικής εικόνας, τα σημεία αναπνευστικής δυσχέρειας όπως ταχύπνοια, χρήση επικουρικών αναπνευστικών μυών, κοιλιακή αναπνοή. Για τη διάγνωση θα αξιολογηθεί η παλμική οξυμετρία, αλλά και οι αεριομετρικοί παράγοντες του ασθενούς στις δεδομένες συνθήκες αερισμού. Η ακτινολογική επιβεβαίωση δρα επικουρικά σε ορισμένες περιπτώσεις, χωρίς να είναι προαπαιτούμενη για την έναρξη της θεραπείας. Η πρώτη μέριμνα είναι η χορήγηση θεραπευτικών μέσων για αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας.[7]

### ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτελεί η ανασκόπηση των μεθόδων αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας, με έμφαση στις ιδιαιτερότητες των χειρουργικών ασθενών. Στην παρούσα μελέτη, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες της περιόδου της πανδημίας COVID-19, δίνει έμφαση στις θεραπευτικές επιλογές στο πλαίσιο του τμήματος, δηλαδή αντιμετώπιση εκτός Μονάδας Εντατικής Θεραπείας. Το συγκεκριμένο αφορά ένα ζήτημα που προέκυψε λόγω της έλλειψης κλινών ΜΕΘ, λόγω των αυξημένων αναγκών για θεραπεία ασθενών με COVID-19 το προηγούμενο χρονικό διάστημα.

Το κύριο ερευνητικό ερώτημα της παρούσας μελέτης ήταν κατά πόσο είναι ασφαλής η χρήση μεθόδων μη επεμβατικού αερισμού σε χειρουργικούς ασθενείς και παραμονή τους στην Χειρουργική Κλινική, με ταυτόχρονη αποφυγή της εισόδου τους στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας. Το δευτερεύον ερευνητικό ερώτημα ήταν κατά πόσο περιπλέκεται η αμυντική αυτή προσέγγιση στην θεραπεία της αναπνευστικής ανεπάρκειας στον χειρουργικό ασθενή, με ταυτόχρονη νόσηση με SARS-CoV-2.

## **ΜΕΘΟΔΟΣ**

Για την εκπόνηση της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης, διενεργήθηκε εκτενής αναζήτηση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Χρησιμοποιήθηκαν οι μηχανές αναζήτησης PubMed, Scopus Elsevier Database και Cochrane Database. Η αναζήτηση έγινε με όρους αναζήτησης, αυτοτελώς αλλά και συνδυαστικά. Οι όροι αναζήτησης ήταν οι ακόλουθοι όροι: “respiratory failure”, “ARDS”, “surgery”, “respiratory failure AND surgery”, “respiratory complications AND surgery”, “postoperative complications”, “respiratory failure treatment”, “noninvasive ventilation”, “high-flow nasal canula ventilation”, “SARS-CoV-2”, “COVID-19 AND surgery”. Τα αποτελέσματα της αναζήτησης αξιολογήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν οι νεότερα δημοσιευμένες αναφορές, καθώς και οι δημοσιευμένες σε peer-reviewed περιοδικά. Ειδικότερα για τους χειρουργικούς ασθενείς κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19, μελετήθηκαν τα αποτελέσματα των μελετών και οι κατευθυντήριες οδηγίες του COVIDSurg Collaborative.

## ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας:

Η έγκαιρη διάγνωση και έναρξη χορήγησης θεραπείας στην οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια είναι θεμελιώδους σημασίας. Στην κατεύθυνση αυτή θα συμβάλει η κλινική εικόνα, με τα κλινικά σημεία της αναπνευστικής ανεπάρκειας, μαζί με τα αποτελέσματα της παλμικής οξυμετρίας και των αερίων αρτηριακού αίματος. Στόχος είναι η άμεση έναρξη οξυγονοθεραπείας, η οποία θα κλιμακώνεται και θα διαμορφώνεται βάσει των αναγκών του ασθενούς.[7]

Αρχική θεραπευτική μέθοδος είναι με τις μεθόδους χορήγησης οξυγόνου χαμηλής ροής. Η πρώτη μέθοδος χορήγησης οξυγόνου είναι μέσω ρινικής κάνουλας. Αποτελεί την πλέον απλή μέθοδο και χορηγεί οξυγόνο, με διακύμανση στη συγκέντρωση του. Κατά την μέθοδο αυτή, επιλέγεται ο αριθμός των λίτρων οξυγόνου που χορηγείται ανά λεπτό στον άρρωστο. Το οξυγόνο δεν χορηγείται σε σταθερή συγκέντρωση, καθώς αναμιγνύεται με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η χορήγηση κατά αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει και με απλή μάσκα οξυγόνου, εάν είναι πιο εύκολα ανεκτή από τον ασθενή. Παρόμοιο τρόπο λειτουργίας έχει και η μάσκα Venturi. Η συγκεκριμένη μάσκα βασίζεται στο νόμο του Bernoulli, όπου υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου αναμιγνύονται με τον ατμοσφαιρικό αέρα διαμέσου μιας διαβαθμιζόμενης βαλβίδας. Η απόδοση της σε σχέση με την ρινική κάνουλα και την απλή μάσκα είναι περισσότερο ακριβής, αλλά βασίζεται και αυτή στην αυτόματη αναπνοή του ασθενούς.[8]

Εφόσον η οξυγονοθεραπεία δεν κρίνεται ικανοποιητική και η αναπνευστική ανεπάρκεια αντιστοιχεί σε μία απειλητική κατάσταση, το επόμενο διαθέσιμο θεραπευτικό μέσο είναι οι μέθοδοι μη επεμβατικού αερισμού. Παρέχουν υψηλές ροές οξυγόνου και σε υψηλές συγκεντρώσεις, με αρκετά μεγάλη ακρίβεια, ωστόσο προϋποθέτουν ο ασθενής να διατηρεί το επίπεδο συνείδησης του. Μία μάσκα εφαρμόζεται στον ασθενή και καθορίζεται η ακριβής συγκέντρωση οξυγόνου που θα χορηγηθεί. Το οξυγόνο χορηγείται με θετικές πιέσεις και ανάλογα με το μοντέλο του αερισμού, μπορεί είτε να διατηρείται σταθερή πίεση κατά την εισπνοή και την εκπνοή (CPAP-continuous positive airway pressure mode), είτε να υπάρχει μία χαμηλή πίεση εκπνοής η οποία αυξάνεται περαιτέρω κατά την εισπνοή (BiPAP-bilevel positive airway pressure mode). Σε αμφότερες τις μεθόδους επιλέγεται μία τελοεκπνευστική πίεση, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες.[9] Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι με την σταθερή πίεση καθ' όλη τη διάρκεια της αναπνοής δεν ακολουθούνται οι αυτόματες αναπνευστικές κινήσεις.

Έτσι στη λειτουργία BiPAP οι αναπνευστικές κινήσεις διευκολύνονται, μειώνοντας έτσι το έργο της αναπνοής.[10] Για την αποφυγή της διασωλήνωσης, καίριος είναι ο ρόλος της τελοεκπνευστικής πίεσης, η οποία ιδανικό θα ήταν να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, πάρα τον κίνδυνο για βαρότραυμα.[11] Η χρήση του μη επεμβατικού αερισμού έχει μελετηθεί ευρέως σε περιβάλλον Μονάδας Εντατικής Θεραπείας, με την χρήση της εκτός αυτής να αποτελεί αντικείμενο διαμάχης, τόσο ως προς την ασφάλεια αλλά και ως προς την αποτελεσματικότητα της.[10] Παρόλα αυτά, όταν η χρήση της γίνεται σύμφωνα με τις ενδείξεις και από εξειδικευμένο προσωπικό, ακόμα και σε επίπεδο εκτός ΜΕΘ αλλά υπό στενή παρακολούθηση, μπορεί να έχει επιτυχή έκβαση και να αντιμετωπιστεί επιτυχώς η αναπνευστική ανεπάρκεια και να αποφευχθεί η διασωλήνωση.[12,13]

Η ρινική κάνουλα υψηλής ροής (high-flow nasal canula) είναι μία μέθοδος μη επεμβατικού αερισμού, διαφορετική ωστόσο από τις συμβατικές. Χορηγούνται καθορισμένα λίτρα οξυγόνου ανά λεπτό, που μπορούν να φτάνουν μέχρι και τα 60 lt/min σε ορισμένες περιπτώσεις. Η χορήγηση γίνεται με υψηλές ροές. Βασίζεται στις αυτόματες αναπνευστικές κινήσεις και συνεπώς ο προσλαμβανόμενος όγκος δεν είναι ίδιος σε κάθε αναπνοή. Στη συγκεκριμένη μέθοδο δεν καθορίζεται τελοεκπνευστική πίεση, ωστόσο θεωρείται ότι μία χαμηλή τελοεκπνευστική πίεση διατηρείται.[14] Η ρινική κάνουλα υψηλής ροής εμφανίζει συγκρίσιμα αποτελέσματα με τις συμβατικές μεθόδους μη επεμβατικού αερισμού [15] και η χρήση της, ως εναλλακτική μέθοδος μη επεμβατικού αερισμού, μπορεί να συμβάλει στην αποφυγή της διασωλήνωσης, ωστόσο η έλλειψη θετικών πιέσεων θέτει σε αμφιβολία την επιτυχία της εφαρμογής της σε σοβαρές περιπτώσεις αναπνευστικής ανεπάρκειας.[16] Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιμονή στην χρήση της μεθόδου επί μη ανταπόκρισης του ασθενούς και η περαιτέρω καθυστέρηση της διασωλήνωσης συσχετίζονται με δυσμενή πρόγνωση και αυξημένη θνητότητα.[17]

Η σημαντικότερη των θεραπευτικών παρεμβάσεων προς την αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας είναι η ενδοτραχειακή διασωλήνωση, εφόσον η αντιμετώπιση με τις μη επεμβατικές μεθόδους δεν κατέστη δεν δυνατή. Επιλέγεται όταν ο ασθενής έχει διαταραχή επιπέδου συνείδησης και τίθεται σε αμφιβολία η διατήρηση του αεραγωγού, οπότε στόχος είναι η εξασφάλιση αυτού. Επίσης, η απόδοση των χρησιμοποιούμενων μεθόδων θα πρέπει να αξιολογείται, ως προς τον αερισμό και την οξυγόνωση και εάν υπάρχει κλινική και αεριομετρική βελτίωση του ασθενούς.[18] Βασικότερος παράγοντας που αντικατοπτρίζει την επιτυχή αντιμετώπιση με την χρήση μη επεμβατικού αερισμού είναι ο λόγος PO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, τη

στιγμή που σε αερισμό με μάσκες οξυγόνου αρκεί η αναπνευστική συχνότητα. Με βάσει αυτά τα κριτήρια αξιολογείται και καθορίζεται η αναγκαιότητα για διασωλήνωση του ασθενή.[19,20]

Τα τελευταία χρόνια, σε ορισμένα κέντρα, έχει χρησιμοποιηθεί και η μέθοδος της εξωσωματικής οξυγόνωση με μεμβράνη (ECMO-extracorporeal membrane oxygenation) στην αντιμετώπιση της αναπνευστικής ανεπάρκειας, όπου το αίμα οξυγονώνεται εκτός του σώματος σε ειδικό μηχάνημα και επιστρέφει οξυγονωμένο στον οργανισμό. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει προταθεί ως εναλλακτική του επεμβατικού αερισμού.[21] Ωστόσο, οι δυσκολίες στην εφαρμογή του και τα αμφίβολα αποτελέσματα του, δεν την έχουν συμπεριλάβει στις κατευθυντήριες οδηγίες για την θεραπεία της αναπνευστικής ανεπάρκειας. Παρόλα αυτά παραμένει ένα θεραπευτικό εργαλείο ανάγκης σε ασθενείς που δεν ανταποκρίνονται σε άλλου είδους θεραπείες.[22]

#### Αναπνευστική ανεπάρκεια από COVID-19:

Η αναπνευστική ανεπάρκεια σχετιζόμενη με νόσηση από COVID-19 αντιμετωπίζεται με τις ίδιες αρχές και θεραπευτικές μεθόδους που ισχύουν γενικότερα για την αναπνευστική ανεπάρκεια, με κατάλληλη προσαρμογή στις ιδιαίτσες παραμέτρους της νόσου. Σε ήπιες μορφές, χορηγείται οξυγόνο με ρινική κάνουλα, με απλές μάσκες ή με μάσκες Venturi. Σε πιο σοβαρές μορφές επιλέγονται μοντέλα μη επεμβατικού αερισμού και οξυγόνωσης, καθώς επίσης και χορήγηση οξυγόνου υψηλής ροής με ρινική κάνουλα. Στις πλέον σοβαρές περιπτώσεις επιλέγεται η διασωλήνωση του ασθενούς, δηλαδή ο επεμβατικός αερισμός. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να επιστρατευτεί και η μέθοδος ECMO.[23] Αμφιλεγόμενη είναι η προτιμότερη στρατηγική αντιμετώπισης των σοβαρών μορφών της νόσου. Συνήθως, συστήνεται η χρήση μη επεμβατικού αερισμού (κυρίως CPAP αλλά και BiPAP) και high-flow nasal cannula. Το αντικείμενο συζήτησης αποτελεί ο χρόνος της διασωλήνωσης. Μερικοί έχουν εισηγηθεί την καθιέρωση της πρόωρης διασωλήνωσης ως την πλέον ευεργετική επιλογή. Αντίθετα, έχει προταθεί και η επιλογή της καθυστέρησης της διασωλήνωσης και επιλογή της μόνο επί αποτυχίας των μη επεμβατικών μεθόδων.[24]

#### Η έλλειψη κλινών ΜΕΘ κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19 και η μεγάλη πρόκληση:

Κατά τα πρώτα κύματα της πανδημίας COVID-19 υπήρξε μία τεράστια ανάγκη για νοσηλεία ασθενών με COVID-19 σε Μονάδες Εντατικής Θεραπείας. Οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες καλύφθηκαν αρχικά με μετατροπή χώρων των νοσοκομείων σε προσωρινές μονάδες εντατικής θεραπείας, όπου οι ασθενείς ήταν υπό συνεχή παρακολούθηση και ήταν δυνατό να

χρησιμοποιηθούν αναπνευστήρες τόσο μη επεμβατικού αλλά και επεμβατικού αερισμού. Καθώς οι ανάγκες ξεπερνούσαν τις διαθέσιμες κλίνες, χρησιμοποιήθηκαν τα μέσα των ΜΕΘ σε απλές κλίνες.[25] Στην περίοδο των μεγάλων κυμάτων της πανδημίας ήτα συνήθης πρακτική και πολλοί ασθενείς τέθηκαν σε μη επεμβατικό αερισμό εκτός Μονάδας Εντατικής Θεραπείας.[26] Το ζήτημα που προέκυψε αφορούσε την ορθή διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και ανέδειξε το ζήτημα της διαλογής των ασθενών που θα εισαχθούν σε ΜΕΘ, βάσει ηλικιακών κριτηρίων και πιθανότητας ανάρρωσης ανάλογα με τις συννοσηρότητες.[27] Το ηθικό ζήτημα της επιλογής ασθενών που θα εισαχθούν σε ΜΕΘ αλλά και των ασθενών που θα αντιμετωπιστούν στα τμήματα με φορητούς αναπνευστήρες και υπό παρακολούθηση, οδήγησε στην προσπάθεια κατάρτισης σαφών και αντικειμενικών κριτηρίων επιλογής με στόχο την εξάλειψη των ανισοτήτων.[28]

#### Μετεγχειρητική αναπνευστική ανεπάρκεια:

Σε ασθενείς που υποβάλλονται σε μείζονες χειρουργικές επεμβάσεις στην κοιλιά, οι επιπλοκές από το αναπνευστικό και το καρδιαγγειακό είναι αρκετά συχνές. Ενώ σε ένα μεγάλο ποσοστό ασθενών οι επιπλοκές αυτές συνδυάζονται, συχνότερες είναι αυτές που αφορούν αμιγώς το αναπνευστικό σύστημα.[29]

Στην εμφάνιση της μετεγχειρητικής αναπνευστικής ανεπάρκειας, θεμελιώδη ρόλο διαδραματίζουν οι ατελεκτασίες που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. Η ατελεκτασία, ως μη αεριζόμενος χώρος των πνευμόνων, που δεν έχει εκπτυχθεί σωστά, αποτελεί το έδαφος για την πιθανή εμφάνιση πνευμονίας και αναπνευστικής ανεπάρκειας. Τη στιγμή που ιδιοσυστασικοί παράγοντες διαδραματίζουν και αυτοί ρόλο, όπως η παχυσαρκία, η προϋπάρχουσα αναπνευστική ή καρδιαγγειακή νόσος, βασικότεροι παράγοντες κινδύνου αποτελούν η χορήγηση γενικής αναισθησίας, λόγω της δράσης των χορηγούμενων αναισθητικών παραγόντων (ενδοφλέβιων και πτητικών) και της μυοχάλασης,[30] καθώς επίσης και η θέση του ασθενούς (ύπτια, αντίστροφη Trendelenburg, θέση λιθοτομής) δεν επιτρέπουν την φυσιολογική έκπτυξη του θώρακα.[31] Ο περιορισμός της κινητικότητας και της φυσιολογικής λειτουργίας του διαφράγματος φαίνεται να είναι κρίσιμης σημασίας στην εμφάνιση αναπνευστικών επιπλοκών.[32] Ιδιαίτερα σε επεμβάσεις του ανώτερου πεπτικού ή σε λαπαροσκοπικές επεμβάσεις με χρήση πνευμοπεριτοναίου, τόσο η επίπτωση της ατελεκτασίας αλλά και ο κίνδυνος μετεγχειρητικών αναπνευστικών επιπλοκών και αναπνευστικής ανεπάρκειας είναι μεγαλύτεροι.[33] Τα έως τώρα δεδομένα δεν αποδεικνύουν διαφορές μεταξύ

των ανοικτών και των λαπαροσκοπικών χειρουργικών επεμβάσεων, καταδεικνύοντας ότι οποιαδήποτε μείζονα επέμβαση κοιλίας ενέχει κινδύνους αναπνευστικών επιπλοκών.[34]

Πέρα από το σημαντικότερο ρόλο του διαφράγματος που έχει επισημανθεί στη διεθνή βιβλιογραφία, επιβαρυντικός παράγοντας φαίνεται να είναι το μετεγχειρητικό άλγος. Αρχικά, η χειρουργική τομή και η διατομή του περιτοναίου προκαλεί άλγος, το οποίο δρα αποτρεπτικά στον ασθενή έναντι των φυσιολογικών αναπνευστικών κινήσεων. Προς αποφυγή έκλυσης του άλγους ο ασθενής αποφεύγει τη βαθιά εισπνοή και έκπτυξη του πνεύμονα. Επιπλέον, ο ερεθισμός των σπλαχνικών νευρικών απολήξεων, διαμέσου του μεσεντέριου πλέγματος, δρα ανασταλτικά στο διάφραγμα, επιτείνοντας την ήδη μειωμένη λειτουργία του από την ώρα του χειρουργείου. Συνεπώς είναι καίριας σημασίας ο ρόλος της επαρκούς αναλγησίας μετεγχειρητικά, χορηγούμενη είτε ενδοφλεβίως είτε επισκληριδίως.[35]

Με δεδομένη την ανάπτυξη ατελεκτασίας σε σημαντικότερο ποσοστό χειρουργικών, το μέλημα είναι η λήψη μέτρων, ώστε να εκπτυχθεί ο πνεύμονας και να αποφευχθεί η μετεγχειρητική πνευμονία και μετέπειτα αναπνευστική ανεπάρκεια, επιπλοκές που είναι συνυφασμένες με σημαντικό κόστος αλλά κυρίως με υψηλή θνητότητα.[36] Οι παρεμβάσεις ξεκινούν από την προεγχειρητική περίοδο προετοιμασίας του ασθενούς, με διακοπή καπνίσματος, βρογχοδιασταλτική αγωγή και χρήση κορτικοστεροειδών. Διεγχειρητικά είναι δυνατή η προσπάθεια διατήρησης όσο το δυνατόν περισσότερου λειτουργικού χώρου του πνεύμονα, αλλά και επιστράτευσης χώρου, με διατήρηση μίας υψηλότερης τελοεκπνευστικής πίεσης.[37] Μετεγχειρητικά, ο στόχος είναι η έγκαιρη κινητοποίηση συνδυαστικά με αναπνευστική γυμναστική, υπό επαρκή αναλγησία.[36]

#### Νόσηση από COVID-19 κατά την περιεγχειρητική περίοδο:

Κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19 τα συστήματα υγείας με στόχο να αντιμετωπίσουν και να καταστείλουν τα κύματα αυτής, προέβησαν σε μία αναστολή προγραμματισμένων χειρουργειών. Η αναστολή αφορούσε χειρουργικές επεμβάσεις που ήταν δυνατό να διενεργηθούν σε δεύτερο χρόνο και δεν θα επηρέαζε η αναβολή την έκβαση. Εξαιρέση αποτέλεσαν τα ογκολογικά χειρουργεία, τα οποία αν και με μειωμένο ρυθμό, πραγματοποιήθηκαν κανονικά.[38]

Η διενέργεια χειρουργειών με τους πρότερους ρυθμούς είχε τον κίνδυνο να επιπλακεί η νοσηλεία του χειρουργημένου ασθενή με νόσηση από COVID-19. Αποτελέσματα πολυκεντρικών μελετών έδειξαν ότι οι ασθενείς αυτοί ήταν πιο πιθανό να εμφανίσουν



αναπνευστικές επιπλοκές και αναπνευστική ανεπάρκεια, με σχεδόν 1 στους 2 να εμφανίζει κάποια αναπνευστική επιπλοκή. Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε και μεγαλύτερη θνητότητα στους ασθενείς αυτούς.[39] Έγινε προσπάθεια επιλογής ασθενών που θα χειρουργηθούν κατά την περίοδο αυτή, πέρα των ογκολογικών ασθενών. Επιλέχθηκαν ασθενείς που ήταν λιγότερο πιθανό να εμφανίσουν επιπλοκές. Ωστόσο, η συχνότητα των αναπνευστικών επιπλοκών και η θνητότητα ήταν αμετάβλητη.[40]

#### Η θέση του μη επεμβατικού αερισμού στην αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής αναπνευστικής ανεπάρκειας:

Η αποκατάσταση του αναπνευστικού κατά την μετεγχειρητική περίοδο με μεθόδους φυσιοθεραπείας και αναπνευστικής γυμναστικής έχει αποδεδειγμένα ευεργετική δράση στην πρόληψη των επιπλοκών, με κυριότερες την ατελεκτασία και μετέπειτα την αναπνευστική ανεπάρκεια. Η πρόληψη των επιπλοκών ισοδυναμεί και με ταχύτερη επάνοδο του ασθενούς και μικρότερο χρόνο νοσηλείας. Πέρα από τις συμβατικές μεθόδους μετεγχειρητικής φυσιοθεραπείας, μετα-αναλύσεις και συγκριτικές μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση μεθόδων μη επεμβατικού αερισμού κατά την μετεγχειρητική περίοδο έχει ευεργετική δράση στην πρόληψη και αντιμετώπιση των αναπνευστικών επιπλοκών. Κυρίως τα μοντέλα θετικών πιέσεων ( CPAP, BiPAP) φαίνεται να έχουν αυτή τη δράση, και ιδιαίτερα το μοντέλο σταθερής πίεσης CPAP. Το συγκεκριμένο γεγονός μπορεί να εξηγηθεί λαμβάνοντας υπόψη τον μηχανισμό δράσης. Με εφαρμογή σταθερής θετικής πίεσης έχει ως αποτέλεσμα την επιστράτευση όλο και περισσότερων κυψελίδων των πνευμόνων, και κυρίως στις βάσεις αυτών όπου είναι και οι περιοχές που κατά κύριο λόγο υποαερίζονται διεγχειρητικά και μετεγχειρητικά.[41] Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες του 2020 της European Society of Anesthesiology (ESA) και της European Society of Intensive Care Medicine (ESICM), υπάρχει υψηλή σύσταση για χρήση μη επεμβατικού αερισμού και κυρίως CPAP για την πρόληψη και θεραπεία της μετεγχειρητικής πνευμονίας και οξείας αναπνευστικής ανεπάρκειας. Η σύσταση αφορά ασθενείς που υποβάλλονται σε μείζονες χειρουργικές επεμβάσεις στην κοιλιά και κυρίως στο ανώτερο πεπτικό. Ταυτόχρονα, η χρήση high-flow nasal cannula μπορεί να επιλεγεί σε ορισμένους ασθενείς καθώς είναι πιο εύκολα ανεκτό, ωστόσο συστήνεται με επιφύλαξη καθώς τα αποτελέσματα των μετα-αναλύσεων είναι αντικρουόμενα και δεν έχει μελετηθεί επαρκώς η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου στους χειρουργικούς ασθενείς. Ανεξαρτήτως της επιλεγείσας μεθόδου, οι ασθενείς μπορούν να αντιμετωπιστούν στα πλαίσια του τμήματος, με την προϋπόθεση να βρίσκονται υπό στενή παρακολούθηση, υπό συνεχή αξιολόγηση των

αεριομετρικών παραγόντων, της αναπνευστικής συχνότητας και της απεικοντιστικής εικόνας των πνευμόνων.[42]

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η θεραπεία της αναπνευστικής ανεπάρκειας έγκειται στη βαρύτητα της. Σε ήπιες μορφές, η χορήγηση οξυγόνου με ρινική κάνουλα, απλή μάσκα οξυγόνου και μάσκα Venturi είναι αρκετή. Σε πιο σοβαρές περιπτώσεις συχνά απαιτείται χρήση μη επεμβατικού αερισμού και high-flow nasal cannula. Η διασωλήνωση αποτελεί τον πλέον επεμβατικό και αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισης της αναπνευστικής ανεπάρκειας. Οι θεραπευτικές επιλογές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στους χειρουργικούς ασθενείς προς αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής αναπνευστικής ανεπάρκειας. Νεότερες κατευθυντήριες οδηγίες συστήνουν την χρήση μη επεμβατικού αερισμού για την αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής πνευμονίας και της αναπνευστικής ανεπάρκειας. Αυτό μπορεί να συμβεί και εκτός μονάδας εντατικής θεραπείας, στον χώρο της χειρουργικής κλινικής, εφόσον υπάρχει η κατάλληλη εμπειρία και επαγρύπνηση. Η χρήση τέτοιων μεθόδων εκτός των μονάδων εντατικής θεραπείας αναδείχθηκε σε ευρεία κλίμακα κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19, εξαιτίας της μειωμένης διαθεσιμότητας κλινών ΜΕΘ. Σημαντικό σημείο αποτελεί το γεγονός ότι αυτές οι μέθοδοι μπορούν να αξιοποιηθούν και χειρουργημένους ασθενείς, οι οποίοι ταυτόχρονα νοσούν και από COVID-19, μία κατάσταση που αυξάνει περαιτέρω τον κίνδυνο εμφάνισης αναπνευστικής ανεπάρκειας.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Wallbridge P, Steinfors D, Tay TR, Irving L, Hew M. Diagnostic chest ultrasound for acute respiratory failure. *Respir Med.* 2018;141:26-36. doi:10.1016/j.rmed.2018.06.018
2. Lamba TS, Sharara RS, Singh AC, Balaan M. Pathophysiology and Classification of Respiratory Failure. *Crit Care Nurs Q.* 2016;39(2):85-93. doi:10.1097/CNQ.000000000000102
3. Stefan MS, Shieh MS, Pekow PS, et al. Epidemiology and outcomes of acute respiratory failure in the United States, 2001 to 2009: a national survey. *J Hosp Med.* 2013;8(2):76-82. doi:10.1002/jhm.2004
4. El Solh AA, Ramadan FH. Overview of respiratory failure in older adults. *J Intensive Care Med.* 2006;21(6):345-351. doi:10.1177/0885066606292873
5. Qaseem A, Snow V, Fitterman N, et al. Risk assessment for and strategies to reduce perioperative pulmonary complications for patients undergoing noncardiothoracic surgery: a guideline from the American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 2006;144(8):575-580. doi:10.7326/0003-4819-144-8-200604180-00008
6. Park BJ. Respiratory failure following pulmonary resection. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;19(4):374-379. doi:10.1053/j.semtevs.2007.10.003
7. Singh Lamba T, Sharara RS, Leap J, Singh AC. Management of Respiratory Failure. *Crit Care Nurs Q.* 2016;39(2):94-109. doi:10.1097/CNQ.000000000000103
8. Wagstaff TA, Soni N. Performance of six types of oxygen delivery devices at varying respiratory rates. *Anaesthesia.* 2007;62(5):492-503. doi:10.1111/j.1365-2044.2007.05026.x
9. Pisani I, Comellini V, Nava S. Noninvasive ventilation versus oxygen therapy for the treatment of acute respiratory failure. *Expert Rev Respir Med.* 2016;10(7):813-821. doi:10.1080/17476348.2016.1184977
10. Hess DR. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Respir Care.* 2013;58(6):950-972. doi:10.4187/respcare.02319
11. Coudroy R, Hoppe MA, Robert R, Frat JP, Thille AW. Influence of Noninvasive Ventilation Protocol on Intubation Rates in Subjects With De Novo Respiratory Failure. *Respir Care.* 2020;65(4):525-534. doi:10.4187/respcare.07104
12. Bourke SC, Piraino T, Pisani L, Brochard L, Elliott MW. Beyond the guidelines for non-invasive ventilation in acute respiratory failure: implications for practice. *Lancet Respir Med.* 2018;6(12):935-947. doi:10.1016/S2213-2600(18)30388-6
13. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet.* 2009;374(9685):250-259. doi:10.1016/S0140-6736(09)60496-7
14. Rochweg B, Granton D, Wang DX, et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2019;45(5):563-572. doi:10.1007/s00134-019-05590-5
15. Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med.* 2015;372(23):2185-2196. doi:10.1056/NEJMoa1503326
16. Nishimura M. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Adults: Physiological Benefits, Indication, Clinical Benefits, and Adverse Effects. *Respir Care.* 2016;61(4):529-541. doi:10.4187/respcare.04577
17. Kang BJ, Koh Y, Lim CM, et al. Failure of high-flow nasal cannula therapy may delay intubation and increase mortality. *Intensive Care Med.* 2015;41(4):623-632. doi:10.1007/s00134-015-3693-5
18. Overbeck MC. Airway Management of Respiratory Failure. *Emerg Med Clin North Am.* 2016;34(1):97-127. doi:10.1016/j.emc.2015.08.007

19. Frat JP, Ragot S, Coudroy R, et al. Predictors of Intubation in Patients With Acute Hypoxemic Respiratory Failure Treated With a Noninvasive Oxygenation Strategy. *Crit Care Med.* 2018;46(2):208-215. doi:10.1097/CCM.0000000000002818
20. Thille AW, Contou D, Fragnoli C, Córdoba-Izquierdo A, Boissier F, Brun-Buisson C. Non-invasive ventilation for acute hypoxemic respiratory failure: intubation rate and risk factors. *Crit Care.* 2013;17(6):R269. doi:10.1186/cc13103
21. Moerer O, Vasques F, Duscio E, et al. Extracorporeal Gas Exchange. *Crit Care Clin.* 2018;34(3):413-422. doi:10.1016/j.ccc.2018.03.011
22. Tramm R, Ilic D, Davies AR, Pellegrino VA, Romero L, Hodgson C. Extracorporeal membrane oxygenation for critically ill adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;1(1):CD010381. Published 2015 Jan 22. doi:10.1002/14651858.CD010381.pub2
23. Wilcox SR. Management of respiratory failure due to covid-19. *BMJ.* 2020;369:m1786. doi:10.1136/bmj.m1786
24. Durr KM, Yadav K, Rosenberg H. Effect of noninvasive respiratory strategies on intubation or mortality among patients with acute hypoxemic respiratory failure and COVID-19: The RECOVERY-RS randomized clinical trial. *CJEM.* 2022;24(6):582-584. doi:10.1007/s43678-022-00327-8
25. Dijkman WM, van Acht NMC, van Akkeren JP, Bhagwanbali RCD, van Pul C. Comparing Ventilation Parameters for COVID-19 Patients Using Both Long-Term ICU and Anesthetic Ventilators in Times of Shortage. *J Intensive Care Med.* 2021;36(8):963-971. doi:10.1177/08850666211024911
26. Bellani G, Grasselli G, Cecconi M, et al. Noninvasive Ventilatory Support of Patients with COVID-19 outside the Intensive Care Units (WARD-COVID). *Ann Am Thorac Soc.* 2021;18(6):1020-1026. doi:10.1513/AnnalsATS.202008-1080OC
27. Dieteren CM, van Hulslen MAJ, Rohde KIM, van Exel J. How should ICU beds be allocated during a crisis? Evidence from the COVID-19 pandemic. *PLoS One.* 2022;17(8):e0270996. doi:10.1371/journal.pone.0270996
28. White DB, Lo B. Mitigating Inequities and Saving Lives with ICU Triage during the COVID-19 Pandemic. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021;203(3):287-295. doi:10.1164/rccm.202010-3809CP
29. Lawrence VA, Hilsenbeck SG, Mulrow CD, Dhanda R, Sapp J, Page CP. Incidence and hospital stay for cardiac and pulmonary complications after abdominal surgery. *J Gen Intern Med.* 1995;10:671-8
30. Kiekkas P, Bakalis N, Stefanopoulos N, Konstantinou E, Aretha D. Residual neuromuscular blockade and postoperative critical respiratory events: literature review. *J Clin Nurs.* 2014;23(21-22):3025-3035. doi:10.1111/jocn.12508
31. Lagier D, Zeng C, Fernandez-Bustamante A, Vidal Melo MF. Perioperative Pulmonary Atelectasis: Part II. Clinical Implications. *Anesthesiology.* 2022;136(1):206-236. doi:10.1097/ALN.0000000000004009
32. Kim K, Kim KS, Jeon AR, Park JY, Choi WJ. Changes in diaphragmatic excursion and lung compliance during gynaecologic surgery: open laparotomy versus laparoscopy-a prospective observational study. *Sci Rep.* 2020;10(1):21458. Published 2020 Dec 8. doi:10.1038/s41598-020-78375-2
33. do Nascimento Junior P, Módolo NS, Andrade S, Guimarães MM, Braz LG, El Dib R. Incentive spirometry for prevention of postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;2014(2):CD006058. doi:10.1002/14651858.CD006058.pub3

34. 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;14(4):e24261. doi:10.7759/cureus.24261
35. Beaussier M, Genty T, Lescot T, Aissou M. Influence of pain on postoperative ventilatory disturbances. Management and expected benefits. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2014;33(7-8):484-486. doi:10.1016/j.annfar.2014.07.005
36. Sachdev G, Napolitano LM. Postoperative pulmonary complications: pneumonia and acute respiratory failure. *Surg Clin North Am*. 2012;92(2):321-ix. doi:10.1016/j.suc.2012.01.013
37. Barbosa FT, Castro AA, de Sousa-Rodrigues CF. Positive end-expiratory pressure (PEEP) during anaesthesia for prevention of mortality and postoperative pulmonary complications. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(6):CD007922. Published 2014 Jun 12. doi:10.1002/14651858.CD007922.pub3
38. COVIDSurg Collaborative. Effect of COVID-19 pandemic lockdowns on planned cancer surgery for 15 tumour types in 61 countries: an international, prospective, cohort study. *Lancet Oncol*. 2021;22(11):1507-1517. doi:10.1016/S1470-2045(21)00493-9
39. COVIDSurg Collaborative. Mortality and pulmonary complications in patients undergoing surgery with perioperative SARS-CoV-2 infection: an international cohort study. *Lancet*. 2020;396(10243):27-38. doi:10.1016/S0140-6736(20)31182-X
40. STARSurg Collaborative and COVIDSurg Collaborative . Death following pulmonary complications of surgery before and during the SARS-CoV-2 pandemic. *Br J Surg*. 2021;108(12):1448-1464. doi:10.1093/bjs/zxab336
41. Kokotovic D, Berkfors A, Gögenur I, Ekeloef S, Burcharth J. The effect of postoperative respiratory and mobilization interventions on postoperative complications following abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021;47(4):975-990. doi:10.1007/s00068-020-01522-x
42. Leone M, Einav S, Chiumello D, et al. Noninvasive respiratory support in the hypoxaemic peri-operative/periprocedural patient: A joint ESA/ESICM guideline. *Eur J Anaesthesiol*. 2020;37(4):265-279. doi:10.1097/EJA.0000000000001166