



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

Η ιστορία, η εξέλιξη και η σημαντικότητα των αναπνευστήρων.

ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αριθμός Μητρώου: 16108

Επιβλέπων Καθηγητής

ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΔΑΥΙΔ

Αθήνα 26/03/2024

Εξεταστική επιτροπή

Δαβίδ Ευστράτιος,
Επίκουρος
Καθηγητής,
Επιβλέπων

Λιαπαρίνος
Παναγιώτης,
Αναπληρωτής
Καθηγητής, μέλος

Σκουρολιάκου
Αικατερίνη,
Καθηγήτρια, μέλος

υπογραφή

υπογραφή

υπογραφή

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Ευστράτιο Δαβίδ, για τη σημαντική του βοήθεια του στην προσπάθειά μου.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες για την ανεκτίμητη υποστήριξή σας κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας με θέμα η ιστορία, η εξέλιξη και η σημαντικότητα των αναπνευστήρων.

Η καθοδήγηση και η εμπειρογνωμοσύνη σας ήταν πραγματικά πολύτιμες για μένα κατά τη διάρκεια αυτής της πορείας. Είμαι ευγνώμων για τον χρόνο και την προσοχή που αφιερώσατε στην έρευνά μου, καθώς και για την ενθάρρυνσή σας.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά το ακαδημαϊκό προσωπικό, τους φίλους και την οικογένειά μου για την μέγιστη υποστήριξη τους κατά τη διάρκεια αυτής της πορείας.

Η εργασία μου με θέμα η ιστορία, η εξέλιξη και η σημαντικότητα των αναπνευστήρων ήταν μια αξέχαστη εμπειρία και χωρίς τη βοήθειά σας δεν θα μπορούσα να τα καταφέρω. Είμαι πραγματικά ευγνώμων για όλη την υποστήριξη που μου παρείχατε.

Με εκτίμηση

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Στεργίου Γεώργιος του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 16108 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

26/03/2024

Ο Δηλών



Στεργίου Γεώργιος

Περιεχόμενα

Σκοπός εργασίας.....	7
Εισαγωγή.....	8
Περίληψη.....	9
Abstract.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	11
Η ιστορία των αναπνευστήρων.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	17
Σημασία αναπνευστήρων στην εποχή του COVID	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	22
Λειτουργία αερισμού	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	26
Τύποι αερισμού.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	30
Τύποι αναπνευστήρων.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	33
Μέρη ενός σύγχρονου αναπνευστήρα.....	33
6.1 Μείκτης αερίων.....	38
6.2 Αισθητήρας διαφορικής πίεσης.....	39
6.3 Μπλοκ διασύνδεσης.....	40
6.4 Βαλβίδα εισπνοής.....	41
6.5 Βαλβίδα εκπνοής.....	42
6.6 Μέτρηση ροής.....	43
6.7 Διαδικασία Autozero.....	43
6.8 Σύστημα νεφελοποιητή.....	45
6.9 Έλεγχος / μέτρηση FiO ₂ (συγκέντρωση οξυγόνου).....	45
6.10 Μητρική πλακέτα.....	46
6.11 Ενσωματωμένη μονάδα συστήματος VUP (ESM).....	46
6.12 Πλακέτα αισθητήρα.....	47
6.13 Πλακέτα σερβομηχανισμού.....	47
6.14 Τοποθεσίες μνήμης.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	50

Προληπτική συντήρηση με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστικού οίκου.....	50
7.1 Βαθμονομήσεις, tests και έλεγχοι καλής λειτουργίας.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	66
Επίλογος.....	66
Βιβλιογραφία.....	67

Σκοπός εργασίας.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι αρχικά να κάνει μία αναδρομή στην ιστορία των αναπνευστήρων από την απαρχή τους έως και σήμερα.

Επίσης, θα προσπαθήσουμε να παραθέσουμε ποια και πόσο σημαντική ήταν η συμβολή τους κατά την περίοδο του COVID-19.

Ακόμα, στην συγκεκριμένη εργασία θα αναφερθούν οι διάφοροι τύποι αναπνευστήρων, αλλά και οι λειτουργίες αερισμού που διαθέτουν, οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του κάθε ασθενούς.

Στόχος της εργασίας είναι αρχικά να μάθουμε όσα περισσότερα μπορούμε για τους ιατρικούς αναπνευστήρες, όσον αφορά τόσο την ιστορία τους, όσο και τα τεχνικά κομμάτια τους. Να κατανοήσουμε επίσης πόσο σημαντική είναι η συμβολή τους στον ιατρικό τομέα.

Επίσης, με βάση τα παραπάνω άμεσος στόχος μας είναι να μπορέσει η εργασία μας αυτή να θεωρηθεί έναυσμα για μεταγενέστερους μελετητές προκειμένου να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εξέλιξη στο κομμάτι των νοσοκομειακών αναπνευστήρων.

Τέλος, θα απαριθμήσουμε τα μέρη ενός σύγχρονου αναπνευστήρα, αλλά ταυτοχρόνως θα παραθέσουμε διάφορους τρόπους με τους οποίους θα μπορεί να πραγματώνεται σωστά η συντήρησή τους, αλλά και τρόπους με τους οποίους θα μπορεί να ελέγχεται η κατάσταση λειτουργίας τους.

Εισαγωγή.

Καθώς η κοινωνία αλλά και η ανθρωπότητα εξελίσσεται, είναι λογικό να υπάρχουν και μεγαλύτερες απαιτήσεις και ανάγκες. Κάποιες φορές η κάλυψη των απαιτήσεων και των αναγκών αυτών είναι επιτακτική ανάγκη και άλλες φορές η κάλυψη αυτή επιτυγχάνεται αβίαστα.

Όσον αφορά το θέμα της εργασίας μας τώρα, τους νοσοκομειακούς αναπνευστήρες, σίγουρα η εξέλιξη τους δεν ήρθε από την μία στιγμή στην άλλη και σίγουρα δεν ήταν ένα τυχαίο γεγονός. Η ανάγκη για την αντιμετώπιση αναπνευστικών ασθενειών όπως η πολιομυελίτιδα στην οποία βασικό σύμπτωμα ήταν η λοίμωξη της ανώτερης αναπνευστικής οδού ώθησαν κάποια άτομα να δημιουργήσουν δειλά- δειλά τους πρώτους αναπνευστήρες.

Δυστυχώς, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν οι ίδιοι οραματιζόταν ότι η εφεύρεση αυτή θα φτάσει στο σημερινό επίπεδο, και ότι θα αποτελεί μία τόσο σημαντική συμβολή στον ιατρικό κλάδο.

Ιδιαίτερη μνεία βέβαια, χρειάζονται και αυτοί που εξέλιξαν, αλλά και σε αυτούς που συνεχίζουν να εξελίσσουν το κομμάτι των αναπνευστήρων. Οι πρώτοι ιατρικοί αναπνευστήρες δεν θυμίζουν σε τίποτα τους αναπνευστήρες του σήμερα οι οποίοι μπορούν να παρέχουν αερισμό στον ασθενή εξετάζοντας ταυτόχρονα όλα τα ζωτικά του χαρακτηριστικά και επιλέγοντας τον κατάλληλο τύπο αερισμού για τις ανάγκες του. Πρότυπα αέρια οξυγόνου και αέρα, ηλεκτροβαλβίδες, συστήματα οδήγησης των αερίων, αισθητήρες πίεσης και ροής, πολλαπλά σημεία ελέγχου μέσω ηλεκτρονικών πλακετών και η εξέλιξη των αναπνευστήρων παράλληλα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και η κατανόηση της λειτουργίας όλων των μηχανικών μερών του είναι ο δικός μας σκοπός, ο σκοπός των Μηχανικών Βιοϊατρικής. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό οι Μηχανικοί Βιοϊατρικής να μην επαναπαύονται και να θέλουν συνεχώς να κάνουν βελτιώσεις ώστε να πετυχαίνουν συνεχώς το ακόμα καλύτερο μιας και στην σημερινή κοινωνία μας ο καθησυχασμός δεν έχει χώρο να καθιερωθεί.

Λέξεις κλειδιά: Αναπνευστήρας; Βαλβίδα; Αερισμός; Αισθητήρας πίεσης; Αισθητήρας ροής; Βαθμονόμηση;

Περίληψη.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναλυθεί η σημαντικότητα των αναπνευστήρων στην σημερινή εποχή. Ξεκινώντας με την ιστορική αναδρομή, θα έρθει στο προσκήνιο ότι στο κομμάτι της ιατρικής από τον 15^ο αιώνα μΧ ξεκινάει να αναπτύσσεται η υποστήριξη των πνευμόνων μέσω του αερισμού με αποτέλεσμα η ανάγκη για τον τρόπο με τον οποίο ο αερισμός ενός ασθενή μπορεί να υλοποιηθεί να κρίνεται απαραίτητη. Η συμβολή της επιστημονικής εξέλιξης θα κριθεί ιδιαίτερα σημαντική στο πέρασμα των χρόνων και η επίδραση της στην εξέλιξη των αναπνευστήρων θα είναι το βασικό μας θέμα στην εργασία.

Αναλύοντας όλα τα μέρη ενός αναπνευστήρα θα γίνει αντιληπτό ότι το τμήμα μας, Μηχανικών Βιοϊατρικής, μας δίνει τα θεμέλια για την τεχνική υποστήριξη και την κατανόηση της λειτουργίας τέτοιου είδους μηχανημάτων. Ηλεκτρονικά μέρη, πνευματικά μέρη, βαλβίδες, αισθητήρες, πρότυπα και διαδικασίες είναι μόνο κάποια από τα θέματα τα οποία θα αναλυθούν στην διπλωματική εργασία με την οπτική του μηχανικού κάνοντας στον αναγνώστη αντιληπτό, ότι ένα μηχάνημα όπως ο αναπνευστήρας υποστήριξης μπορεί να υποστηρίξει την ανθρώπινη αναπνοή όταν ο ασθενής αδυνατεί μέσω ενός μεγάλου εύρους δυνατοτήτων ώστε να επιτυγχάνεται η αξιοπιστία της υποστήριξης για κάθε περίπτωση ασθένειας και αδυναμίας του ασθενή.

Keywords: Ventilator; Valve; Ventilation; Pressure sensor; Flow sensor; Calibration

Abstract.

In this diploma thesis, the importance of respirators in today's era will be analyzed. Starting with the historical review, it will come to the fore that in the part of medicine from the 15th century AD the support of the lungs through ventilation begins to develop, resulting in the need for the way in which the ventilation of a patient can be implemented to deemed necessary. The contribution of scientific development will be considered particularly important over the years and its effect on the development of ventilators will be our main topic in this thesis.

By analyzing all the parts of a ventilator, it will be realized that our department, Biomedical Engineering, gives us the foundation for the technical support and understanding of the operation of such machines. Electronic parts, pneumatic parts, valves, sensors, standards and procedures are just some of the topics that will be analyzed in this thesis from an engineer's point of view, making the reader aware that a machine such as a ventilator can support human breathing when the patient is disabled through a wide range of possibilities to achieve reliability of support for each case of illness and infirmity of the patient.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

Η ιστορία των αναπνευστήρων.

Ο αναπνευστήρας είναι μία συσκευή που χρησιμοποιεί μηχανικό εξαερισμό. Ο πρώτος αναπνευστήρας που χρησιμοποιήθηκε ποτέ δεν είχε μηχανική αίσθηση, διέθετε απλώς ένα καλάμι.

Η αναζωογόνηση με την μέθοδο του αερισμού ήταν ευρέως γνωστή και στην αρχαία Αίγυπτο. Στην αρχαία Αίγυπτο έχουμε και την πρώτη αναφορά τραχειοτομίας. Η διαδικασία της απεικονίζεται πάνω σε δύο πέτρες που βρέθηκαν στην έρημο Σαχάρα και χρονολογούνται περίπου το 3100 π. Χ.

Στην Ελληνορωμαϊκή περίοδο τώρα, περίπου τον 2^ο αιώνα μ.Χ. δηλαδή, έχουμε αναφορές για τις πρώτες πειραματικές μελέτες σχετικά με τον αερισμό. Πιο συγκεκριμένα, ο Γαληνός αναφέρει ότι ‘‘εάν φυσήξεις αέρα με αρωγό ένα καλάμι στο λάρυγγα ενός ζώου το οποίο είναι ήδη νεκρό θα γεμίσει στους βρόχους του και θα προξενήσει στους πνεύμονές του τη μέγιστη έκπτυξη’’.

Ακόμα τον 11^ο αιώνα έχουμε για πρώτη φορά την περιγραφή της διαδικασίας της διασωλήνωσης με σκοπό πάντα τον αερισμό των ασθενών. Πιο συγκεκριμένα ο Αβικένας περιγράφει στο σύγγραμμά του Liber Canonis την αραβική μέθοδο όπως την ονόμαζαν της λαρυγγικής διασωλήνωσης η οποία περιγραφή ανέφερε ότι όποτε κρινόταν αναγκαίο εισχωρούσαν στον λαιμό ενός ατόμου έναν σωλήνα χρυσό ή ασημένιο ή από οποιοδήποτε υλικό κατάλληλο για αυτή την χρήση προκειμένου να επιτευχθεί ο αερισμός.

Στα πιο μεταγενέστερα χρόνια τώρα, και περίπου τον 16^ο αιώνα, και πιο συγκεκριμένα το 1530 , και αφού ήδη έχουμε την ανάπτυξη της μοντέρνας ιατρικής, ο Παράκελσος, ιατρός και διδάσκων καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Βασιλείας, καταφέρνει να επαναφέρει στην ζωή έναν άρρωστο φυσώντας του αέρα με την βοήθεια σωλήνων που τοποθέτησε στο στόμα του.

Το 1674 τώρα, ο John Mayor κατανοεί για πρώτη φορά την σημασία που έχει το οξυγόνο όσον αφορά την ζωή των ζώων.

Πιο συγκεκριμένα, το 1740 η επιστημονική ακαδημία του Παρισιού έπειτα από μελέτες, έδωσε προς κοινοποίηση μία οδηγία η οποία ανέφερε πως ο αερισμός μεταξύ δύο στομάτων είναι άκρως βοηθητικός για θύματα πνιγμού. Μάλιστα, το 1744 ο Tossach ένας τοπικός χειρουργός στην Αλόα της Σκωτίας χρησιμοποίησε για πρώτη φορά αυτή την τεχνική και έτσι έγινε ο πρώτος που έσωσε έναν άνθρωπο με αυτόν τον τρόπο. Ο τρόπος αυτός μάλιστα εξελίχθηκε με τα χρόνια, αφού το 1776 ο John Hunter, Βρετανός χειρουργός, προκειμένου να εκτελέσει αερισμό μέσω τραχειοτομής χρησιμοποιεί δύο φουσερά. Με το πρώτο εισήγαγε αέρα στους πνεύμονες, και με τον δεύτερο τραβούσε τον κακό αέρα.

Καθώς αλλάζει η δεκαετία, το 1780 περίπου, ο Chaussier, Γάλλος ιατρός ανατομίας από τη Ντιζόν, για να επιτύχει τεχνητό αερισμό, δημιουργεί έναν ασκό με μία μάσκα. Μια εναλλακτική μέθοδο δηλαδή του αερισμού στόμα με στόμα.

Το 1970 το φουσερό αντικαταστάθηκε με έναν κύλινδρο με έμβολο από τον Hans Courtois.

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι είχαν ως αποτέλεσμα να ιδρυθούν διάφορες εταιρείες των οποίων σκοπός ήταν να αναδείξουν διάφορες τεχνικές αναζωογόνησης με αερισμό. Τέτοιες εταιρείες ήταν η Ολλανδική εταιρεία διάσωσης με έτος ίδρυσης το 1767 και η Αγγλική Βασιλική εταιρεία διάσωσης με έτος ίδρυσης το 1774. Μάλιστα, το 1788 έχουμε και την έκδοση του πρώτου επιστημονικού δοκιμίου το οποίο αφορούσε την αναζωογόνηση των φαινομενικά νεκρών. Ο Kite, στον οποίον ανήκει και το προαναφερθέν δοκίμιο αποτέλεσε το σκαλοπάτι στο οποίο πάτησαν οι μεταγενέστεροι για περαιτέρω έρευνα.

Αξίζει βέβαια σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνταν συχνά, δεν ήταν πάντοτε φυσιολογικές για τα τότε δεδομένα πάντα, αλλά συχνά υπερέβαιναν τα όρια του φυσιολογικού, γεγονός που μας επιτρέπει να τις χαρακτηρίσουμε έως και βάρβαρες.

Αυτό βέβαια, δεν μπορεί να αναιρέσει το γεγονός ότι οι τεχνικές αναζωογόνησης με αερισμό είχαν αρχίσει να αποκτούν μεγάλο κοινό και να απολαμβάνουν την ευρεία

αποδοχή. Αυτό όμως δεν έχει πάντα θετικά αποτελέσματα, αφού η τόση αναγνωρησιμότητα δεν άργησε να φέρει στο προσκήνιο και τις πρώτες αμφισβητήσεις.

Ο πρώτος που διατύπωσε τους κινδύνους που μπορεί να εγκυμονεί ο τεχνητός αερισμός ήταν ο Forthergill ο οποίος υποστήριζε ότι οι ανθρώπινοι πνεύμονες μπορούν να αντέξουν τόση πίεση όση μπορεί να ασκήσει ένας άλλος άνθρωπος και ότι αυτή η πίεση δεν μπορεί εύκολα να ελεγχθεί από το φουσερό. Ο Forthergill δεν αποτέλεσε όμως την απαρχή της αμφισβήτησης αφού η ίδια είχε αρχίσει να υπάρχει ακόμα από το 1770, όταν δηλαδή ο Scheele ανακάλυψε το οξυγόνο, και ο Lavoisier μελέτησε την αναπνοή. Έτσι λοιπόν άρχισε σιγά σιγά να διαδίδεται μία άλλη μέθοδος γνωστή ως ‘πίεση στήθους, ανύψωση χεριού’. Αυτό όμως που έπαιξε καθοριστικό ρόλο για την κατάργηση της αναζωογόνησης μέσω αερισμού ήταν η δημοσίευση ενός άρθρου του Etoile το έτος 1827, το οποίο ανέφερε το ποσοστό θανάτων ζώων μετά από την τεχνική αερισμού.

Βέβαια, όπως αποδείχθηκε και αργότερα οι πιέσεις που πραγματοποιούνταν στα παραπάνω πειράματα ξεπερνούσαν κατά πολύ σε αριθμό αυτές που γινόταν στις κλινικές.

Αυτή λοιπόν ήταν και η παρατήρηση η οποία αποτέλεσε και το έναυσμα να δοθεί περισσότερη έμφαση στην ανάπτυξη των τεχνικών αερισμού, οι οποίες ωστόσο θα έμοιαζαν περισσότερο με τον φυσιολογικό αερισμό.

Με άλλα λόγια θα είχαμε δηλαδή θετικές πιέσεις κατά την εκπνοή και μηδενικές κατά την εισπνοή. Αυτή ακριβώς η μεθοδολογία είναι που οδήγησε και στην κατασκευή του iron lug ελληνιστί του ‘σιδηρού πνεύμονα’.

Πιο αναλυτικά, το 1857, ο Marshall Hall (18 Φεβρουαρίου 1790 – 11 Αυγούστου 1857) Άγγλος φυσιολόγος παρουσιάζει μία μέθοδο αερισμού κατά την οποία ο ασθενής κατέχει μία πρηνή θέση με την οποία επιτυγχάνεται και η πίεση του θώρακος. Έπειτα, ο κορμός του ασθενούς περιστρέφεται 16 φορές το λεπτό, έχοντας ο ίδιος το στόμα ανοιχτό για την εισπνοή. Αυτή η μέθοδος τροποποιήθηκε το 1860 από τους Silvester και Howard, κατά τους οποίους η εισπνοή πραγματοποιόταν με αφαίρεση της πίεσης στον θώρακα και το σήκωμα των χεριών, ενώ η εκπνοή είχε επιτυχία με την πίεση στον θώρακα.

Έπειτα από αυτές τις προσπάθειες ακολούθησαν ακόμα περισσότερες. Βλέπετε είναι στην φύση του ανθρώπου να θέλει συνεχώς να εξελίσσεται και να καλύπτει όσο το δυνατόν περισσότερο τις ανάγκες που δημιουργούνται.

Ωστόσο, ένα σημαντικό βήμα στην ιστορία την αναζωογόνησης μέσω του αερισμού ήταν η κατασκευή του αναπνευστήρα Pulmotor από τον μηχανικό Schroeder, ο οποίος λειτουργούσε με θετικές και αρνητικές πιέσεις κατά την εισπνοή και την εκπνοή αντίστοιχα, ενώ η χρήση του ήταν κυρίως για περίπτωση ανακοπών κατά την διάρκεια των χειρουργείων.

Μάλιστα, αξιοσημείωτο είναι ότι στο τραγικό ατύχημα που έγινε στον υπόγειο σιδηροδρομικό σταθμό στην Νέα Υόρκη χρησιμοποιήθηκαν περίπου 150 Pulmotor για ασθενείς οι οποίοι είχαν δηλητηριαστεί από τον καπνό. Παρά τις επιτυχίες αυτές όμως, οι αντιρρήσεις συνεχίστηκαν διότι δεν μπορούσαν ακόμα να κατανοήσουν πλήρως την τεχνική αυτή.

Ωστόσο, η εξέλιξη του αερισμού θετικών πιέσεων δεν σταμάτησε εκεί και βασίστηκε σε διάφορα γεγονότα όπως η εφαρμογή μηχανικού αερισμού κατά την διάρκεια αναισθησίας το έτος 1930, στην εμπειρία που αποκτήθηκε από την μεγάλη επιδημία που προκάλεσε η πολιομυελίτιδα στην Δανία το 1953, καθώς και τα διάφορα επιτεύγματα και οι γνώσεις που αποκτήθηκαν πάνω στην μελέτη της φυσιολογίας του ανθρώπου.

Η εξέλιξη όμως δεν σταματά εκεί, αφού το 1954 ο Elam απέδειξε πως το σύστημα αερισμού στόματος – μάσκας ή στόματος –σε άτομα που παρουσιάζουν έλλειψη αναπνοής, μπορεί να διατηρήσει φυσιολογικά τα επίπεδα των τιμών του αέρα του αίματος.

Δύο χρόνια μετά, το 1956 ο Safar, αναισθησιολόγος από την Αυστρία, υποστήριξε πως η άμεση μεταφορά αέρα, στόμα με στόμα δηλαδή, χωρίς κάποιο μέσο, είναι πιο αποτελεσματική. Επίσης εκτός των παραπάνω απέδειξε την μη αποτελεσματικότητα αναζωογόνησης με πίεση στον θώρακα.

Σε ένα μόλις χρόνο η πλειονότητα του κόσμου πείστηκε από τους Safar, Elam και Archer να χρησιμοποιούν την μέθοδο αερισμού στόμα με στόμα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι η εξέλιξη των αναπνευστήρων είναι μακρά και ατέρμονη. Οι ρίζες τους είναι αγκιστρωμένες στα αρχαία χρόνια και όσο πάνε εμβαθύνουν μέχρι και σήμερα. Οι αναπνευστήρες έχουν γίνει ζωτικής σημασίας στο σύγχρονο σύστημα υγείας, ιδιαίτερος κατά την διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Οι αναπνευστήρες είναι μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν ασθενείς οι οποίοι παρουσιάζουν δυσκολία στην αναπνοή ενόψει πάθησης από σημαντικές ασθένειες, κάτι το οποίο ήταν αρκετά σύνηθες στην περίοδο του COVID.

Τελειώνοντας όμως την ιστορική αναδρομή μας θα ήθελα να μεταφερθούμε για λίγο πάλι πίσω στον 19^ο αιώνα, και να κάνουμε μία ειδική μνεία στην αφετηρία όλων των αναπνευστήρων, όπου εκεί κάνει για πρώτη φορά την εμφάνιση του ο λεγόμενος μηχανικός αερισμός στον οποίο αναφερθήκαμε ονομαστικά μόνο και παραπάνω, μέρος του οποίου θα συζητηθεί αναλυτικότερα στην συνέχεια της εργασίας.



Εικόνα 1. 1928, Αναπνευστήρας αρνητικής πίεσης, 'IRON LUNG'

Ο “iron lung” είναι ένας μεγάλος οριζόντιος κύλινδρος που σχεδιάστηκε για να διεγείρει την αναπνοή σε ασθενείς των οποίων οι αναπνευστικοί μύες τους είχαν χάσει την δύναμη τους να παράγουν την αναπνοή. Το κεφάλι του ασθενούς είναι εκτεθειμένο έξω από τον κύλινδρο, ενώ το σώμα είναι σφραγισμένο μέσα. Η πίεση του αέρα μέσα στον κύλινδρο ανακυκλώνεται για να διευκολύνει την εισπνοή και την εκπνοή. Η αναπνοή στους ανθρώπους πραγματοποιείται μέσω αρνητικής πίεσης, όπου ο κλωβός των πλευρών διαστέλλεται και το διάφραγμα συστέλλεται, προκαλώντας τη ροή αέρα μέσα και έξω από τους πνεύμονες. Η έννοια του εξωτερικού αερισμού αρνητικής πίεσης εισήχθη από τον John Mayow το 1670. Η πρώτη ευρέως χρησιμοποιούμενη συσκευή ήταν ο σιδερένιος πνεύμονας, που αναπτύχθηκε από τους Phillip Drinker και Louis Shaw το 1928. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε για τη θεραπεία της δηλητηρίασης από αέριο άνθρακα, όμως ο σιδερένιος πνεύμονας απέκτησε φήμη για τη θεραπεία αναπνευστικής ανεπάρκειας που προκλήθηκε από πολιομυελίτιδα στα μέσα του 20ού αιώνα. Ο John Haven Emerson εισήγαγε μια βελτιωμένη και πιο προσιτή έκδοση το 1931. Ο αναπνευστήρας Both, μια φθηνότερη και ελαφρύτερη εναλλακτική του μοντέλου Drinker, εφευρέθηκε στην Αυστραλία το 1937. Ο Βρετανός φιλόanthρωπος William Morris χρηματοδότησε την παραγωγή των αναπνευστικών Both-Nuffield, δίνοντάς τους σε νοσοκομεία σε όλη τη Βρετανία και τη Βρετανική Αυτοκρατορία. Κατά τη διάρκεια των επιδημιών πολιομυελίτιδας της δεκαετίας του 1940 και του 1950, οι σιδερένιοι πνεύμονες γέμισαν τους θαλάμους των νοσοκομείων, βοηθώντας ασθενείς με παράλυτα διαφράγματα στην ανάρρωσή τους.

Αρχαία Αίγυπτος 3100 π. Χ	Πάπυρος Ebers
2 ^{ος} αιώνας	Γαληνός
11 ^{ος} αιώνας	Αβικέννας
1670	Mayow
1740	Tossach
1780	Chaussier
1857	Marshall Hall
1928	Drinker και Shaw
1931	Emerson

1954	Elam
1956	Safar

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Σημασία αναπνευστήρων στην εποχή του COVID.

Η ασθένεια του κορονοϊού εμφανίστηκε στα τέλη του 2019 και ξεκίνησε από την πόλη Γιουχάν της Κίνας. Η ονομασία του COVID-19 αποδόθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, και αποτελεί ακρωνύμιο των λέξεων Corona Virus Disease. Ο εν λόγω ιός προσβάλλει κυρίως το αναπνευστικό σύστημα, και όπως όλοι θυμόμαστε οι επιπτώσεις του κάποιες φορές ήταν θανατηφόρες. Πως όμως προσβάλλεται το αναπνευστικό σύστημα; Η τραχεία, οι βρόγχοι και οι πνεύμονες είναι όργανα που αποτελούν το κατώτερο αναπνευστικό μας σύστημα και αυτά ακριβώς είναι και τα πρώτα που προσβάλλονται από τον συγκεκριμένο ιό.

Όπως λοιπόν είναι εύκολο να κατανοήσουμε από την στιγμή που το αναπνευστικό σύστημα βρίσκεται σε ευάλωτη θέση, η αναπνοή, η κύρια διαδικασία για να διατηρηθεί ένα έμβιο ον σε ζωή, βρίσκεται σε αρκετά δυσμενή θέση. Είναι πάρα πολλά τα περιστατικά εκείνη την περίοδο που αντιμετώπιζαν αναπνευστικά προβλήματα και που χρειαζόταν την βοήθεια μηχανημάτων για να επιτευχθεί η λειτουργία του αναπνευστικού συστήματός τους. Πολλές επίσης ήταν και οι φορές που αυτό δεν ερχόταν δυστυχώς εις πέρας. Από αυτό και μόνο το γεγονός μπορούμε να καταλάβουμε τις επιπτώσεις αυτού του ιού.

Το πρώτο πράγμα λοιπόν που έπρεπε να αντιμετωπίσει σύσσωμο το ιατρικό προσωπικό ανά τον κόσμο, ήταν να βρει μέσα σε όλα μία λύση για να μπορεί να σταθεί όρθιο το αναπνευστικό σύστημα των ασθενών. Σε εκείνη την περίοδο σημαντικό ρόλο έπαιξαν τα μηχανήματα υποστήριξης αναπνοής, γνωστά σε όλους μας ως αναπνευστήρες.

Οι αναπνευστήρες, καθώς βέβαια και το καταρτισμένο προσωπικό, ήταν και είναι το κυριότερο εφόδιο ενάντιο σε ένα επιδημικό ιό που έχει ως στόχο κυρίως το αναπνευστικό σύστημα.

Πως όμως βοηθά έναν τέτοιο μηχανήμα σε τέτοιες περιπτώσεις;

Ένα άτομο όταν λαμβάνει την βοήθεια ενός αναπνευστήρα σημαίνει ότι ο οργανισμός του εκείνη την χρονική στιγμή δεν δύναται να παράγει καθόλου ή έστω σε ικανοποιητικό βαθμό το απαιτούμενο οξυγόνο, αφού ο μέσος όρος των αναπνοών είναι περίπου στις 15 ανά λεπτό. Αν λοιπόν, για κάποιο λόγο αυτός ο αριθμός μειωθεί ή αυξηθεί πάνω από 28 αναπνοές ανά λεπτό εκεί ακριβώς ξεκινάει ο ρόλος ενός αναπνευστήρα.

Πιο αναλυτικά, οι κυριότεροι στόχοι ενός μηχανήματος υποστήριξης αναπνοής είναι:

- Να αποτρέπει την αναπνευστική δυσπραγία και την οξεία αναπνευστική οξέωση.
- Να μειώνει την κατανάλωση οξυγόνου από τους αναπνευστικούς μυς.
- Να βελτιώνει την ανταλλαγή αερίων.
- Να προλαμβάνει την κόπωση των αναπνευστικών μυών.
- Να κάνει καλύτερη την ανταλλαγή των αερίων.
- Να βελτιώνει την ενδοτικότητα του πνεύμονα.

Βέβαια, αξίζει να αναφέρουμε πως τα αναπνευστικά μηχανήματα είναι μόνο όργανα που αποτελούν αρωγοί στο έργο γιατρών και νοσοκόμων.

Τον πρώτο και τον τελευταίο λόγο των έχουν πάντα οι θεράποντες ιατροί αφού αυτοί είναι κιάλας που κινούν όλα τα νήματα για μια επιτυχή ίαση.

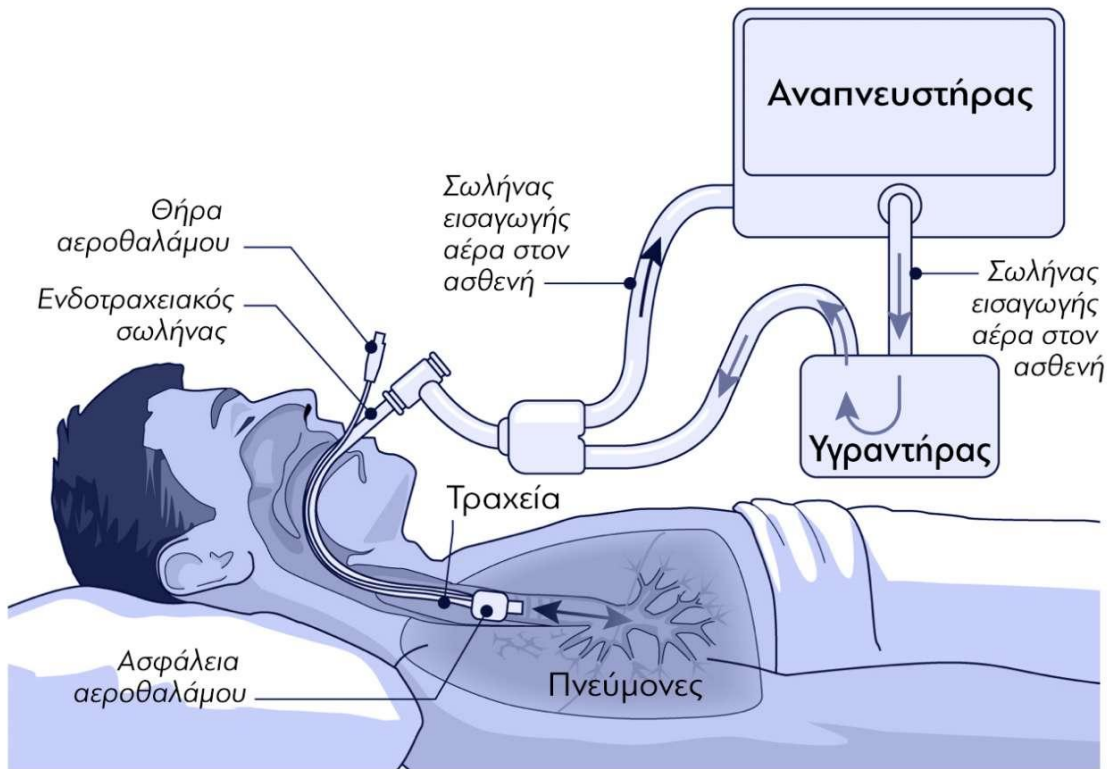
Όπως λοιπόν προαναφέραμε οι αναπνευστήρες είναι μηχανήματα και για αυτό τον λόγο η σύνδεσή τους σε ένα άτομο πρέπει να γίνεται από καλά εκπαιδευμένο προσωπικό.

Η όλη διαδικασία έχει ως εξής:

Αρχικά, μέχρι να φτάσουμε στο σημείο να διασωληνωθεί ένας ασθενής, είναι αυτονόητο ότι έχει γίνει μία σειρά από εξετάσεις που μας οδήγησαν σε αυτό το συμπέρασμα.

Έπειτα, και πριν εισαχθεί στον ασθενή η τραχειοσωλήνα, οι νοσηλευτές δίνουν στον ασθενή ένα μυοχαλαρωτικό προκειμένου να χαλαρώσουν οι μύες, και μετά οι αναισθησιολόγοι προχωρούν στην διασωλήνωση.

Πώς λειτουργούν οι αναπνευστήρες



Εικόνα 2. 'Η ροή των αερίων από και προς τον ασθενή.'

Τοποθετούν δηλαδή έναν σωλήνα στο στόμα του ασθενούς ο οποίος περνάει από τον λαιμό και έχει ως στόχο την τραχεία η οποία συνδέεται με τους πνεύμονες. Ο ρόλος του σωλήνα αυτού είναι να ρυθμίζει τον ρυθμό της συχνότητας με τον οποίο διοχετεύεται το οξυγόνο στους πνεύμονες, που ρυθμίζεται από την κεντρική συσκευή που είναι συνδεδεμένος.

Καταλαβαίνουμε λοιπόν από όσα έχουμε ήδη αναφέρει ότι οι αναπνευστήρες είναι ένα πάρα πολύ σημαντικό εργαλείο και πάρα πολλές φορές έχουν σώσει ζωές. Όσον αφορά

μάλιστα στην επιδημία του κορονοϊού η σημαντικότητά τους ήταν τόσο μεγάλη αφού ο Covid είναι ένας ιός που καταστρέφει τους πνεύμονες. Δυστυχώς όμως αυτός ο ιός από ότι είδαμε δεν έκανε καμία διάκριση και πρόσβαλλε άτομα όλων των ομάδων και όλων των ηλικιών. Όσον αφορά τον παράγοντα ηλικία είναι μία πολύ σημαντική προϋπόθεση, οι πνεύμονες, όπως και όλα τα υπόλοιπα όργανα του σώματος, των μεγαλύτερων σε ηλικία ατόμων αναπλάθονται πιο δύσκολα και πιο αργά συγκριτικά με άτομα μικρότερης ηλικίας. Κατανοητό είναι λοιπόν πως σε αυτήν την περίπτωση οι αναπνευστήρες από τον ρόλο του αρωγού παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο, αφού η δράση τους είναι πιο κύρια γιατί έχει ως στόχο να αναπληρώσει το κενό, πέραν από ενός προσβαλλόμενου από ιό πνεύμονα, και από έναν πνεύμονα του οποίου η ανάπλαση θα είναι πιο αργή. Με πιο απλά λόγια δηλαδή, αποκλειστικά ο αναπνευστήρας παρέχει το απαραίτητο οξυγόνο για να κρατηθεί στην ζωή το άτομο, και μέχρι να γίνει η πλήρης ανάπλαση του οργάνου που δυστυχώς κάποιες φορές δεν είναι πάντα δυνατόν.

Τελειώνοντας την αναφορά μας στους αναπνευστήρες κατά την Covid εποχή, και αφού προσπαθήσαμε να εξηγήσουμε όσο το δυνατόν πιο απλά και πιο κατανοητά και το πως και το γιατί υπήρξαν οι αναπνευστήρες σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι κατά την αντιμετώπιση του ιού, αξίζει να αναφερθεί ότι πίσω από την σημαντικότητα κρύβονται πολλά σημεία τα οποία ενώνοντάς τα σκιαγραφούν την πραγματικότητα. Σημεία τα οποία δεν έχουν μόνο θετική χροιά, αλλά και αρνητική. Αν θα έπρεπε να αναφερθούμε παραδειγματικά σε ένα για κάθε πλευρά αυτά θα ήταν:

Θετική πλευρά: το καταρτισμένο προσωπικό που προκειμένου να αντιμετωπίσει τον ομολογουμένως μεγάλο κίνδυνο αυτού του ιού χρησιμοποίησε όλα όσα είχε στην ευχέρειά του με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Αρνητική πλευρά: δυστυχώς αποδείχθηκε ότι οι ελλείψεις μας όσον αφορά τα υλικά αλλά και τις υποδομές ήταν τόσο σημαντικές που φτάσαμε στο σημείο να συνειδητοποιήσουμε ότι δεν μπορούσαμε να αντιμετωπίσουμε στο έπακρο μία τόσο μεγάλη επιδημία.

Αλλά επειδή πάντα πρέπει να μένουμε και να βλέπουμε την θετική πλευρά των πραγμάτων, καλό θα ήταν να εστιάσουμε στο ότι από όλη αυτήν την κατάσταση βγήκαμε όσο το δυνατόν πιο αλώβητοι γίνεται, και ότι από όλη αυτήν την κατάσταση

προσκομίσαμε πείρα, εμπειρία αλλά και πείσμα στο να γίνουμε καλύτεροι και να μην επαναπαυθούμε στις ήδη υπάρχοντες καταστάσεις.

Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ο πρώτος ελληνικής κατασκευής αναπνευστήρας με το όνομα AVRA 20.

Ο AVRA 20 του οποίου η ιδέα ξεκίνησε λόγω της ζοφερής πραγματικότητας που ζούσαμε εκείνη την χρονιά, το 2020 δηλαδή, από πέντε ανήσυχους ανθρώπους, όπως θα μπορούσαμε να τους χαρακτηρίσουμε, οι οποίοι μέσα στην τραγικότητα της όλης κατάστασης δεν επαναπαύθηκαν και έδρασαν με μοναδικό τους γνώμονα το πως θα μπορέσουν να βοηθήσουν την κατάσταση που βιώναμε τότε.

Σίγουρα, αυτό δεν ήταν ένα εύκολο εγχείρημα και σίγουρα δεν έγινε από την μία στιγμή στην άλλη. Οι Στάμου, Πανουσόπουλος, Χατζηαγάπης, Δοξιάδης και Κορρές χρειάστηκε να μιλήσουν με πάρα πολλούς ανθρώπους μέχρι να καταλάβουν στο τι πραγματικά υπήρχε ανάγκη εκείνη την χρονική στιγμή και στο πως θα μπορέσουν να φτιάξουν κάτι του οποίου το αποτέλεσμα θα ήταν άρτιο και θα εγγυόταν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Συνοψίζοντας, και περικλείοντας και όλα τα παραπάνω και έχοντας στο μυαλό μας πάντα πως κάθε φορά θα πρέπει να είμαστε αισιόδοξοι και να μην τα παρατάμε ποτέ, το παράδειγμα του αναπνευστήρα AVRA20, είναι το πιο χαρακτηριστικό διότι εκτός από τα παραπάνω ίσως και να αποτελέσει το έναυσμα για μία παραπάνω μελέτη προκειμένου να εξελιχθεί ακόμα περισσότερο, και πέραν του εθνικού επιπέδου να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί και παγκοσμίως. Εξάλλου είναι στην φύση του ανθρώπου να θέλει συνεχώς να εξελίσσεται και να προοδεύει. Πρόοδος μάλιστα που αν χρησιμοποιηθεί και σωστά μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να αποφέρει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Λειτουργία αερισμού.

Σε αυτό εδώ το σημείο είναι πρωταρχική ανάγκη να αναφέρουμε ότι η εκάστοτε λειτουργία του αερισμού ποικίλλει ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε ασθενούς. Αυτό βέβαια μπορούμε εύκολα να το συμπεράνουμε και από τους διάφορους τύπους αναπνευστήρων, οι οποίοι ανάλογα με το επικείμενο πρόβλημα προσφέρουν και διαφορετικές λειτουργίες.

Γενικά, όπως ήδη γνωρίζουμε και όπως ήδη έχουμε αναφέρει τα αναπνευστικά μηχανήματα είναι ευρέως γνωστά διότι στέκονται αρωγοί στον ασθενή και είτε τους βοηθούν να αναπνεύσουν, είτε πράττουν όλη την διαδικασία της αναπνοής αντί για αυτούς.

Έχει επίσης λεχθεί ότι δεν είναι και όλοι οι αναπνευστήρες το ίδιο αφού η μορφή τους και το μέγεθος τους ποικίλλει. Γενικά όμως θα μπορούσαμε να πούμε πως ο τρόπος λειτουργίας τους είναι σχεδόν πανομοιότυπος. Ο ασθενής δηλαδή συνδέεται με το μηχανήμα μέσω ενός σωλήνα ο οποίος εισάγεται είτε μέσω του στόματος είτε μέσω της ρινικής κοιλότητας.

Όλα αυτά όμως είναι τα διαδικαστικά. Πως όμως πραγματώνεται και τι ουσιαστικά συμβαίνει κατά την λειτουργία του αερισμού;

Πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση αυτού του θέματος είναι σημαντικό να αναφέρουμε κάποιες έννοιες των οποίων η κατανόηση είναι απαραίτητη για την συνέχεια.

- Αερισμός: η κίνηση του αέρα εντός και εκτός των πνευμόνων.
- Οξυγόνωση: μεταφορά αυξημένης ποσότητας οξυγόνου στους πνεύμονες.
- Ροή: ο ρυθμός με τον οποίο ο αναπνευστήρας παρέχει τις αναπνοές.
- FiO₂: το ποσοστό συγκέντρωσης του οξυγόνου που υπάρχει στον αέρα και δίνεται από έναν αναπνευστήρα.

Αρχικά, το πρώτο που οφείλουμε να αναφέρουμε είναι ότι η λειτουργία του μηχανικού αερισμού αποφέρει αρκετά αρνητικά αποτελέσματα ως προς την λειτουργία των πνευμόνων. Πιο αναλυτικά, η λειτουργία των πνευμόνων από την φύση τους είναι ένα σύστημα αρνητικής πίεσεως. Πιο συγκεκριμένα κατά την διάρκεια της αναπνοής το διάφραγμα πιέζει προς τα κάτω με αποτέλεσμα να δημιουργείται αρνητική πίεση στην υπεζωκοτική κοιλότητα, η οποία έπειτα δημιουργεί και αυτή αρνητική πίεση στους αεραγωγούς, οι οποίοι είναι αυτοί που διοχετεύουν αέρα στους πνεύμονες. Όταν όμως εφαρμόζουμε αερισμό θετικής πίεσεως, όπως είναι εύκολα κατανοητό, παραποιούμε την φύση της αναπνευστικής διαδικασίας. Τι σημαίνει αυτό;

Ότι καθώς ο αναπνευστήρας δημιουργεί αρνητική πίεση, αυτή μεταφέρεται στον αεραγωγό και αφού περάσει από διάφορα μέρη, π.χ. κυψελίδες, αυτή η θετική πίεση, ή αλλιώς η χαμηλότερη αρνητική πίεση, να καταλήγει στον υπεζωκοτικό χώρο.

Επίσης αξίζει να σημειωθεί, ότι ένας μηχανισμός αερισμού θετικής πίεσεως αποτελεί βασικό παράγοντα μείωσης του έργου της διαδικασίας της αναπνοής. Παρόλα όμως τα παραπάνω αρνητικά, ένας μηχανισμός θετικής πίεσεως είναι πολύ σημαντικός για τους ασθενείς με πνευμονικό οίδημα.

Στους συγκεκριμένους ασθενείς, παρατηρείται μεγάλος όγκος, ο οποίος ελαχιστοποιείται με την μείωση της φλεβικής επιστροφής, η οποία επιτυγχάνεται με αυτόν ακριβώς τον μηχανισμό. Βέβαια, για να επιτευχθεί σωστά όλο το παραπάνω, είναι απαραίτητο να υπάρξει πλήρη κατανόηση των πνευμονικών πιέσεων.

Κατανοούμε λοιπόν από όλα τα παραπάνω πως για να παρθεί η απόφαση για την διασωλήνωση ενός ασθενούς, δεν είναι μία εύκολη διαδικασία, αφού όλα τα παραπάνω πρέπει να ληφθούν υπόψιν προκειμένου το αποτέλεσμα της διασωλήνωσης να είναι το επιθυμητό.

Παρόλο όμως όλα τα παραπάνω, και παρά τα πολλά αρνητικά και θετικά, είναι πάρα πολλές οι φορές όπου υπάρχουν κάποιες ολοφάνερές ενδείξεις οι οποίες ωθούν τους ειδικούς στην διασωλήνωση, ανεξαρτήτου μεγέθους του προβλήματος.

Η πιο τρανταχτή ένδειξη λοιπόν είναι η οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια.

Άλλες εξίσου σημαντικές ενδείξεις κατά τις οποίες η διασωλήνωση αποτελεί μονόδρομο είναι:

- Η αιμόπτυση
- Το αγγειοίδημα
- Η ανακοπή κοκ.

Ωστόσο είναι κατάλληλη αυτή η στιγμή να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο πως ως προς την διασωλήνωση δεν υπάρχει καμία ουσιαστική αντένδειξη, αφού ο μηχανικός αερισμός είναι ένα μέτρο το οποίο από την φύση του έχει δημιουργηθεί για να σώζει ζωές. Δηλαδή ο εκάστοτε ειδικός δεν μπαίνει καν στην διαδικασία να σκεφτεί αν η απόφαση που έχει πάρει είναι σωστή ή όχι. Αν παρόλα αυτά θα έπρεπε να παρουσιάσουμε κάτι ως αντένδειξη αυτό θα ήταν η γραπτή επιθυμία του εκάστοτε ασθενούς να μην στηρίζει την συνέχεια της ζωής του σε τεχνητά μέσα.

Βέβαια, η έναρξη του μηχανικού αερισμού δεν υλοποιείται τυχαία, και αν μη τι άλλο η διαδικασία δεν είναι μόνο αυτή που εν συντομία έχουμε αναφέρει παραπάνω. Υπάρχουν σημαντικά βήματα τα οποία θα πρέπει να ακολουθηθούν προκειμένου να διεξαχθεί ομαλά η διαδικασία.

Αυτά τα βήματα είναι τα εξής:

- Σωστή τοποθέτηση του τραχειακού σωλήνα.
- Επαρκής καρδιαγγειακή υποστήριξη του ασθενούς με ότι αυτό συνεπάγεται, και
- Επαρκής καταστολή, καθώς όλα τα μέσα που χρησιμοποιούνται κατά την μηχανική υποστήριξη, βλ. σωλήνας, είναι άβολα και προκαλούν κινητικότητα στον ασθενή, γεγονός που δεν είναι αρκετά βοηθητικό ως προς την ορθή έκβαση της διαδικασίας.

Αφού λοιπόν ακολουθηθούν όλα τα παραπάνω βήματα και ο ασθενής διασωληνωθεί, αυτό που έχει συνέχεια είναι η επιλογή λειτουργίας αερισμού η οποία γίνεται σύμφωνα με τις ανάγκες του ασθενούς.

Με την επιλογή λειτουργίας αερισμού εννοούμε τον τρόπο που θα ρυθμιστεί ο αναπνευστήρας ώστε να γνωρίζουμε την ποσότητα του όγκου του αέρα που θα παρέχει στον ασθενή. Επίσης, σύμφωνα με την λειτουργία του αναπνευστήρα που θα οριστεί, ο γιατρός είναι αυτός που θα αποφασίσει κατά πόσος βοηθητικός πρέπει να είναι ο αναπνευστήρας ως προς τον ασθενή. Αν θα εκτελεί δηλαδή το μηχάνημα όλη την αναπνευστική διαδικασία, ή απλά θα βοηθά τον ασθενή όσος ο ίδιος θα εκτελεί την καθόλα φυσική διαδικασία της αναπνοής.

Επειδή όμως όλα αυτά δεν είναι ένα κουμπί, και επειδή με την πάροδο των ετών και με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα πράγματα έχουν γίνει πιο σύγχρονα, και επειδή δυστυχώς στον ιατρικό κλάδο οι απαιτήσεις συνεχώς αυξάνονται και οι ανάγκες συνεχώς μεγαλώνουν, για αυτό έχουν δημιουργηθεί διάφοροι τύποι μηχανικής υποστήριξης, οι οποίοι παρέχουν εξειδικευμένες λειτουργίες οι οποίες ανταποκρίνονται καλύτερα στις ανάγκες του κάθε ασθενούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

Τύποι αερισμού.

Σκεπτόμενοι λοιπόν όλα τα παραπάνω και αφού έχουμε κατανοήσει την σημαντικότητα των αναπνευστήρων εύλογα προκύπτει το ερώτημα αν όλοι οι αναπνευστήρες κάνουν την ίδια δουλειά, και αν όλοι οι αναπνευστήρες είναι το ίδιο κατάλληλοι για όλους τους ασθενείς ανεξαρτήτως ασθένειας.

Η απάντηση είναι πως όχι. Εξάλλου έχει εξελιχθεί τόσο πολύ η επιστήμη και οι ανάγκες είναι πλέον πολύ περισσότερες και πιο εξειδικευμένες που θα ήταν αδύνατον ένας μόνο τύπος μηχανήματος υποστήριξης αναπνοής, να καλύπτει όλες αυτές τις απαιτήσεις. Ας γίνουμε όμως λίγο πιο συγκεκριμένοι.

Αρχικά, υπάρχει ο ελεγχόμενος μηχανικός αερισμός [Controlled Mechanical Ventilation (CMV)] ο οποίος είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για τις διάφορες ρυθμίσεις ενός αναπνευστήρα, όπως είναι η πίεση, η αναπνευστική συχνότητα κ.α. Βέβαια, ο συγκεκριμένος μηχανικός τύπος υποστήριξης αναπνοής, δεν χρησιμοποιείται πλέον στις Μονάδες Εντατικής Θεραπείας καθώς δεν είναι καθόλου βοηθητικός ως προς τις προσπάθειες συντονισμού με τις αναπνευστικές προσπάθειες του ασθενούς. Επίσης σε περίπτωση που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί θα απαιτούνταν μεγάλος αριθμός χορήγησης μυοχαλαρωτικών προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρης καταστολή οποιασδήποτε αναπνευστικής προσπάθειας από την πλευρά του ατόμου. Κάτι που δεν είναι και το πιο αποδοτικό σε όλες τις περιπτώσεις. Αντιθέτως η χρήση αυτού του τύπου περιορίζεται κυρίως σε χειρουργεία όπου η πλήρης καταστολή είναι μία συνήθης διαδικασία.

Ακόμα ένας τύπος αναπνευστήρα είναι αυτός που προάγει τον υποβοηθούμενο μηχανικό αερισμό [Assisted Mechanical Ventilation (AMV)]. Σε αυτόν τον τύπο αναπνευστήρα αναγνωρίζεται η προσπάθεια αναπνοής του ασθενούς, και το μηχάνημα ενεργοποιείται

μόνο όταν η παραγωγή αναπνοών δεν είναι αρκετή για τον εκάστοτε ασθενή. Έτσι λοιπόν ο αναπνευστήρας ενεργοποιείται και παρέχει, σύμφωνα με τις εγκατεστημένες του ρυθμίσεις, στο άτομο τον απαιτούμενο αριθμό αναπνοών. Αυτός εδώ λοιπόν ο τύπος αναπνευστήρα έχει δύο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα συγκριτικά με άλλους αναπνευστήρες. 1) η χρήση του δεν απαιτεί βαθιά καταστολή και χαλάρωση των μυών, αφού είναι αρκετά πιο ανεκτοί στους ασθενείς, και έτσι αποτρέπεται ο κίνδυνος που ελλοχεύει να ατροφήσουν οι αναπνευστικοί μύες. 2) Επιτρέπει στους ασθενείς να εκτελούν την δική τους, καθόλα φυσική αναπνευστική διαδικασία, διατηρώντας έτσι την ακμιαότητα των αναπνευστικών μυών.

Θα μπορούσαμε να πούμε, πως αυτός ο τύπος αναπνευστήρα προορίζεται για πιο ελαφρά περιστατικά, και ότι η χρήση του είναι κυρίως υποστηρικτική, σε ασθενείς που εμφανίζουν σχετικά ήπια συμπτώματα αναπνευστικής δυσκολίας.

Επιπλέον, ακόμα ένας υπάρχον τύπος αναπνευστήρα είναι ο Διαλείπων Μηχανικός Αερισμός [Intermittent Mandatory Ventilation (IMV)]. Ο τύπος αυτός αναπνευστήρα αποτελεί έναν συνδυασμό αυτόματου και υποχρεωτικού αερισμού. Κάτι που με άλλα λόγια σημαίνει ότι κατά την διάρκεια των υποχρεωτικών αναπνοών που παρέχει ο αναπνευστήρας, ο ασθενής έχει την δυνατότητα να εκτελεί και τις δικές του προσωπικές αναπνοές, χωρίς να υπάρχει η μηχανική υποστήριξη του αναπνευστήρα. Συνεπώς, θα μπορούσαμε να πούμε πως και αυτός είναι ένας τύπος αναπνευστήρα του οποίου η χρήση είναι πιο υποστηρικτική ως προς τον εκάστοτε ασθενή, αφού λειτουργεί συνδυαστικά με την φυσική διαδικασία την αναπνοής.

Επιπρόσθετα, ένας επιπλέον τύπος είναι ο Συγχρονισμένος Διαλείπων Υποχρεωτικός Μηχανικός Αερισμός [Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV)]. Σε αυτό το είδος οι υποχρεωτικές αναπνοές που παρέχει το αναπνευστικό μηχάνημα συγχρονίζονται με τις αναπνευστικές προσπάθειες που κάνει ο εκάστοτε ασθενής. Αυτή λοιπόν η διαδικασία, ο συγχρονισμός δηλαδή των τεχνητών αναπνοών και των φυσικών αναπνοών μπορεί να θεωρηθεί ως η ιδανική διαδικασία, αφού ο συνδυασμός αυτός μπορεί να φανεί και ως πιο αποτελεσματικός σε περιπτώσεις περιστατικών που το επιτρέπουν.

Ακόμα ένα είδος αναπνευστήρα, είναι αυτός που παρέχει αερισμό με υποστήριξη πίεσης [Pressure Support Ventilation (PSV)]. Αυτός ο τύπος έχει δύο ονομασίες, η πρώτη είναι η προαναφερθείσα, και η δεύτερη είναι η ASB=Assisted Spontaneous Breaths, που στα ελληνικά σημαίνει υποβοηθούμενες αυτόματες αναπνοές. Τον συγκεκριμένο τύπο θα μπορούσαμε να τον χαρακτηρίσουμε ως και το πιο ανεκτό ως προς τους ασθενείς αφού, εκτός του ότι ενεργοποιείται από τον ίδιο τον ασθενή, του επιτρέπει να ελέγχει και την απαρχή κάθε εισπνοής. Πιο αναλυτικά, αφού λοιπόν η απαρχή της αναπνευστικής προσπάθειας περάσει ένα συγκεκριμένο όριο το οποίο έχει τεθεί από πιο πριν, ο ασθενής είναι πλέον σε θέση να δεχθεί αναπνοή με μία συγκεκριμένη πίεση. Να σημειωθεί πως εδώ δεν παρέχονται υποχρεωτικές αναπνοές, καθώς η μηχανική αναπνοή είναι κυρίως βασισμένη στις αναπνευστικές προσπάθειες του ασθενούς.

Εν συνεχεία του θέματος μας ο αερισμός με θετική πίεση αποτελεί ακόμα ένα τύπο και είναι γνωστός ως [Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)]. Σε αυτήν εδώ την περίπτωση επειδή ο αναπνευστήρας δεν συμβάλλει για την ολοκλήρωση της αναπνευστικής διαδικασίας οι αναπνευστικοί μύες του ασθενούς θα πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση προκειμένου να ολοκληρωθεί η πλήρης διαδικασία. Με τον τύπο αναπνευστήρα CPAP, διατηρείται σταθερό ένα επίπεδο πίεσεως που έχει καθοριστεί από πριν, ενώ παράλληλα ο ασθενής διατηρεί την δική του αναπνοή.

Ο μηχανικός αερισμός με θετική πίεση αεραγωγών [Airway Pressure Release Ventilation (APRV)]. Είναι ένας αναπνευστήρας που επιτρέπει την αυτόματη αναπνοή σε οποιαδήποτε στιγμή του αναπνευστικού κύκλου, ενώ η πίεση στο κύκλωμα του αναπνευστήρα πάλλεται μεταξύ υψηλού, μεγαλύτερης διάρκειας, και χαμηλού επιπέδου, λιγότερης διάρκειας. Στον APRV δεν υπάρχει ενεργή υποστήριξη της προσπάθειας της διαδικασίας αυτόματης αναπνοής, εξαιρουμένων πάντα των αναπνοών που δύναται να εκδηλώνονται κατά την διάρκεια όπου η χαμηλή πίεση εξελίσσεται προς πιο υψηλή.

Επιπλέον, ένας τύπος αναπνευστήρα είναι και ο αερισμός με συνεχή θετική τελοεκπνευστική πίεση [Positive and Expiratory Pressure (PEEP)]. Αυτός ο τύπος αναπνευστήρα είναι κυρίως κατάλληλος για ασθενείς που εμφανίζουν αναπνευστική ανεπάρκεια ή οξεία κάκωση των πνευμόνων, γενικά δηλαδή ένα οξύ σύνδρομο αναπνευστικής δυσχέρειας, είτε λόγω παχυσαρκίας, είτε λόγω κάποιας άλλης αιτίας που

λόγω αυτής εμφανίζεται μειωμένη FRC, κάτι που οδηγεί φράξιμο των αεραγωγών. Στους ασθενείς αυτούς λοιπόν χρησιμοποιείται PEEP προκειμένου η FRC να διατηρηθεί σε φυσιολογικές τιμές, να είναι ξανά διαθέσιμο το υγρό στους πνεύμονες και έτσι οι περιοχές των πνευμόνων που πριν ήταν σε μία κατάσταση εξάρτησης, να καταστούν πλέον διαθέσιμες και ικανές προκειμένου να επιτευχθεί επιτυχώς ο πνευμονικός αερισμός.

Τελειώνοντας, δεν θα μπορούσαμε να μη αναφερθούμε στον τύπο αερισμού διεπίπεδης πίεσεως των αεραγωγών [Bilevel Positive Airway Pressure (BIPAP)]. Ο τύπος αναπνευστήρα BIPAP μπορεί να χαρακτηριστεί και ως πανομοιότυπος με τον αναπνευστήρα APRV, καθώς και αυτός διαθέτει δύο επίπεδα θετικής πίεσης, και παρέχει και αυτός την απεριόριστη δυνατότητα αυτόματης αναπνοής και στα δύο επίπεδα. Παρόλα αυτά βέβαια, με βάση κάποιες επιστημονικές μελέτες έχει αποδειχθεί, ότι και ο τύπος BIPAP, αλλά και ο τύπος APRV δεν αποδίδουν ακόμα ικανοποιητικά αποτελέσματα και χρήζουν περαιτέρω βελτίωσης.

Σύνοψη τύπων αναπνευστήρων

Ελεγχόμενος Μηχανικός Αερισμός	Controlled Mechanical Ventilation (CMV)
Υποβοηθούμενος Μηχανικός Αερισμός	Assisted Mechanical Ventilation (AMV)
Διαλείπων Μηχανικός Αερισμός	Intermittent Mandatory Ventilation
Συγχρονισμένος Διαλείπων Υποχρεωτικός Μηχανικός Αερισμός	Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV)
Αερισμός με υποστήριξη πίεσης	Pressure Support Ventilation
Αερισμός με θετική πίεση	του Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)
Μηχανικός αερισμός με θετική πίεση αεραγωγών	Airway Pressure Release Ventilation (APRV)
Αερισμός με συνεχή θετική τελοεκπνευστική πίεση	Positive and Expiratory Pressure (PEEP)
Αερισμός διεπίπεδης πίεσεως των αεραγωγών	Bilevel Positive Airway Pressure (BIPAP)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

Τύποι αναπνευστήρων.

Οι ιατρικοί αναπνευστήρες χωρίζονται ανάλογα με τον τύπο και τη χρήση τους. Παρακάτω θα αναφερθούν ορισμένοι τύποι αναπνευστήρων οι οποίοι εξυπηρετούν συγκεκριμένες απαιτήσεις ασθενών και συνθηκών και για αυτό το λόγο μπορούν να ενταχθούν σε κατηγορία τύπου αναπνευστήρα.

- Αναπνευστήρες ενηλίκων.

Χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη της αναπνοής σε ενήλικες ασθενείς. Έχουν προχωρημένες ρυθμίσεις πίεσης και ροής για ενήλικες. Έχουν υψηλή ακρίβεια στην παροχή οξυγόνου. Τα μηχανικά τους μέρη αλλά και τα πνευματικά τους μέρη είναι σχεδιασμένα για να είναι ικανοί να αερίζουν κάθε τύπο ενήλικα ασθενή του οποίου οι πνεύμονες έχουν την ανατομία να υποστηρίξουν τον αερισμό που θα τους χορηγηθεί. Έτσι η κατηγορία των αναπνευστήρων ενηλίκων απευθύνεται σε ασθενείς με συγκεκριμένο εύρος ελαστικότητας, ενδοτικότητας και αντίστασης πνευμόνων. Αυτοί οι τύποι αναπνευστήρων είναι ικανοί να παρέχουν αερισμό σχεδόν σε όλες τις ηλικίες ασθενών ακόμα και σε ασθενής που δεν είναι ενήλικες αλλά ανάλογα την ηλικία, το ύψος και το βάρος έχουν αναπτύξει την ανατομία των πνευμόνων ώστε να μπορεί να τους χορηγηθεί αερισμός από έναν αναπνευστήρα ‘ενηλίκων’.

- Αναπνευστήρες νεογνών.

Η επόμενη κατηγορία αναπνευστήρων είναι αυτοί που μπορούν να υποστηρίξουν αερισμό σε ασθενείς που είναι νεογνά. Τέτοιες περιπτώσεις είναι μωράκια τα οποία κατά την διαδικασία του τοκετού γεννιούνται με προβλήματα οξυγόνωσης, δυσκολίες στην αναπνοή αλλά και πρόωρα νεογνά τα οποία χρειάζεται να περάσουν κάποιο χρόνο σε υποστηρικτικές συσκευές όπως είναι οι νεογνικοί αναπνευστήρες μέχρι οι πνεύμονες τους να αναπτύξουν τα χαρακτηριστικά και την υγιή δομή ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν από μόνοι τους την αναπνοή τους. Είναι μια ειδική κατηγορία αναπνευστήρων διότι πνεύμονες με τη δομή νεογνού χρειάζονται ειδική μεταχείριση. Οι νεογνικοί αναπνευστήρες συνήθως χρησιμοποιούν ροές και πιέσεις τόσο χαμηλές αλλά και συχνότητες τόσο υψηλές τις οποίες δεν δύναται ένας αναπνευστήρας ενηλίκων να πιάσει. Μερικοί τρόποι νεογνικού αερισμού είναι οι εξής:

1. Αερισμός ελεγχόμενης πίεσης.
2. Συγχρονιζόμενος αερισμός ελεγχόμενης πίεσης.
3. Συγχρονισμένος διαλείποντας υποχρεωτικός αερισμός ελεγχόμενης πίεσης.
4. Αερισμός υποστήριξης πίεσης.
5. Συγχρονισμένος διαλείποντας υποχρεωτικός αερισμός με υποστήριξη πίεσης.

6. Αερισμός CPAP με εφεδρικό αερισμό άπνοιας.

Επιπροσθέτως, απαιτείται να διαθέτει λειτουργία χορήγησης εγγυημένου όγκου λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές της μηχανικής των πνευμόνων του ασθενούς. Να είναι κατάλληλος για εκτέλεση ρινικού CPAP και να έχει δυνατότητα ρύθμισης των παρακάτω παραμέτρων αερισμού: Χορηγούμενου όγκου από 2 ml τουλάχιστον. Αναπνοών έως και 150 BPM. Χρόνος εισπνοής από 0,1 s έως 3 s. FiO₂ από 21 έως 100%

- Αναπνευστήρες Homecare.

Οι συγκεκριμένοι αναπνευστήρες είναι σχεδιασμένοι ώστε άτομα με ελεγχόμενα χρόνια αναπνευστικά προβλήματα να έχουν τη δυνατότητα από την άνεση του σπιτιού τους και όποτε νιώθουν την ανάγκη ή τη δυσφορία να χρησιμοποιήσουν αυτόνομα έναν αναπνευστήρα που τους έχει χορηγηθεί με την απαραίτητη εντολή του ιατρού τους. Είναι αναπνευστήρες με απλή χρήση και φορητότητα. Δεν απαιτείται χρήση από εξειδικευμένο χρήστη ή νοσηλευτικό προσωπικό. Διαθέτουν μόνο βασικές λειτουργίες αερισμού.

- Αναπνευστήρες μεταφοράς.

Οι αναπνευστήρες μεταφοράς είναι ειδικά σχεδιασμένοι αναπνευστήρες. Η σχεδίαση τους είναι τέτοια ώστε το μέγεθος τους να εξυπηρετεί τη μεταφορά του ασθενή από και προς το νοσοκομείο. Αναλόγως τον τύπο της μεταφοράς, οι αναπνευστήρες μεταφοράς ποικίλουν στη σχεδίαση και εξυπηρετούν τη τοποθέτησή τους σε ασθενοφόρα ή ακόμα και όταν κρίνεται αναγκαίο, τα ελικόπτερα των νοσοκομείων οφείλουν να έχουν ειδικά σχεδιασμένους αναπνευστήρες οι οποίοι θα τοποθετούνται στο ελικόπτερο και θα κάνουν εφικτή την αεροδιακομιδή. Αν μπορούσαμε να παραθέσουμε κάποια κοινά στοιχεία των αναπνευστήρων αυτών οι οποίοι εξυπηρετούν τη μεταφορά των ασθενών από και προς το νοσοκομείο αυτά θα ήταν:

1. Το εξαιρετικά καινοτόμο και μικρό τους μέγεθος.
 2. Τη δυνατότητα τους να αερίζουν χρησιμοποιώντας τουρμπίνα στο εσωτερικό τους για την παροχή αέρα και μόνο τη χρήση φιάλης οξυγόνου για την παροχή και τη μίξη των αερίων.
 3. Πολλές φορές διαθέτουν επιπλέον θωράκιση ή υλικά κατασκευής από τιτάνιο ή ατσάλι στο εξωτερικό τους περίβλημα, μιας και αφού είναι αναπνευστήρες μεταφοράς, αυτό αμέσως συνεπάγεται με αυξημένο κίνδυνο στη πτώση τους κατά την μεταφορά
 4. Απλοί στη χρήση χωρίς ιδιαίτερα μεγάλες απαιτήσεις από τον χρήστη, ώστε το προσωπικό μεταφοράς το οποίο ίσως να μην είναι εκπαιδευμένο ή με μεγάλη γνώση στους ασθενείς των Μονάδων Εντατικής Θεραπείας να είναι ικανό να τον χρησιμοποιήσει στο έπακρον.
- Αναπνευστήρες μαγνητικά συμβατοί.

Ένας επιπλέον τύπος αναπνευστήρα είναι αυτός ο οποίος είναι συμβατός σε έντονα μαγνητικά πεδία. Η ιδιότητα του είναι ότι μπορεί να συνοδεύσει τον ασθενή για μαγνητική τομογραφία και να αερίζει με πλήρη ικανότητα ακόμα και δίπλα στον μαγνητικό τομογράφο, στατικού μαγνητικού πεδίου 1,5 Tesla και 3,0 Tesla. Ο αναπνευστήρας αυτός επιτρέπει να πλησιάζεται σε σαρωτή μαγνητικής τομογραφίας MRI scanner, επειδή είναι σχεδιασμένος να αντέχει σε στατικό μαγνητικό πεδίο έως και 50 mT.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

Μέρη ενός σύγχρονου αναπνευστήρα.

Συνεχίζοντας την πορεία της εργασίας μας, και ξετυλίγοντας τον μίτο της σημαντικότητας των αναπνευστήρων, ίσως αυτό να μας παρασύρει και να ξεχνάμε στιγμιαία ότι μιλάμε για μηχανήματα. Μηχανήματα που πολλές φορές σώζουν ζωές. Μηχανήματα που δεν αποτελούνται μόνο από σίδερα και μέταλλα, αλλά έχουν διάφορα μέρη των οποίων το σύνολο συντελεί στην ύπαρξη ενός μηχανήματος αερισμού.

Εκτενέστερα, τα μηχανήματα υποστήριξης αναπνοής, πόσο μάλιστα αυτά που χρησιμοποιούνται στις μονάδες εντατικής θεραπείας, συνίσταται να είναι το τελευταίο μοντέλο της σειράς του από τον οίκο που το κατασκεύασε, και αν όχι το τελευταίο σίγουρα να είναι όσο το δυνατόν το πιο πρόσφατο μοντέλο του. Για να περιγράψουμε όσο καλύτερα μπορούμε τα μέρη ενός αναπνευστήρα θα χρησιμοποιήσουμε για παράδειγμά μας ένα HAMILTON:

Ας ξεκινήσουμε λοιπόν την περιγραφή μας από τα μπροστινά εξαρτήματα τα οποία είναι:

- Σύνδεση αισθητήρα ροής.
- Σύνδεση νεφελοποιητή.
- Σύνδεση βοηθητικού αισθητήρα πίεσης.
- Σύνδεση με τον ασθενή.
- Σύνδεση καλύμματος βαλβίδας εκπνοής.
- Μονάδα CO₂ (προαιρετικά).

Όσον αφορά τα εξαρτήματα της πίσω πλευράς:

- Ανεμιστήρας και φίλτρο.
- Αισθητήρας οξυγόνου και κάλυμμα.
- Παροχή ρεύματος και ασφάλειες.
- Σύνδεση καλωδίου επικοινωνίας με τον πίνακα αλληλεπίδρασης.
- Σύνδεση για εσωτερική χρήση.
- Γείωση.
- Διακόπτης τροφοδοσίας.
- Αντάπτορες εισόδου αερίου.
- Υδατοπαγίδα με φίλτρο.
- Βαλβίδα εκτόνωσης νερού.
- Βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης.

Στοιχεία στον πίνακα αλληλεπίδρασης:

- Λυχνία συναγερμού.
Κίτρινο=χαμηλής επικινδυνότητας
Κόκκινο=υψηλής επικινδυνότητας
- Οθόνη TFT 15'' με πισινό φωτισμό.
- Υποδοχή Compact flash.
- Υποδοχή USB.
- Σκληρά πλήκτρα.
- Κουμπί ελέγχου.
- Αφανές καλώδιο τροφοδοσίας και επικοινωνιών.

Στοιχεία στήλης και τρόλεϊ:

- Επεκταμένη μπαταρία.
- Πολύπριζο.
- Βάση στήριξης καλωδίου.
- Καλάθι.
- Κύλινδροι τοποθέτησης αερίου και οξυγόνου.
- Υγραντήρας.

Εσωτερικά εξαρτήματα:

- Βαλβίδες μείκτη.
- Συναρμολόγηση μπλοκ μείκτη.
- Συναρμολόγηση μπλοκ διασύνδεσης.
- Βαλβίδα εισπνοής.
- Βαλβίδα εκπνοής.
- Μπλοκ βαλβίδας ασφαλείας ασθενούς.
- Βαλβίδα «περιβάλλοντος».
- Βαλβίδες αισθητήρα οξυγόνου.
- Αισθητήρες ροής.
- Αισθητήρες πίεσης.
- Τουρμπίνα παραγωγής αέρα.
- Δεξαμενή.
- Βαλβίδα νεφελοποιητή.
- Βαλβίδες ασφαλείας.
- Εσωτερική μπαταρία.
- Πλακέτα αισθητήρα.
- Βαλβίδα εκπνοής.
- Μητρική πλακέτα.
- Ανεμιστήρας.
- ESM (Embedded System Module).
- Τροφοδοσία διαχείρισης ενέργειας.

- Ηχείο
- Βομβητής εκτατής ανάγκης.

Εσωτερικά στοιχεία του πίνακα αλληλεπίδρασης:

- Λυχνία συναγερμού.
- Οθόνη 15'' TFT.
- Πλακέτα πίσω φωτισμού.
- Ομιλητής.
- Κωδικοποιητής κουμπιού ελέγχου.
- Καλώδιο τροφοδοσίας και επικοινωνιών.
- Μητρική πλακέτα του πίνακα αλληλεπίδρασης.
- Ενσωματωμένη μονάδα συστήματος.
- Κλειδιά και πλακέτα LED.

Ξεκινώντας από τα αέρια (οξυγόνο και αέρα) που έρχονται από τις κεντρικές παροχές του νοσοκομείου και όλη την διαδρομή που ακολουθούν μέσα από τον αναπνευστήρα για να φθάσουν τελικά στον ασθενή, οι λειτουργίες όλων των εξαρτημάτων που βοηθούν αυτή τη διαδικασία είναι εξής:

Το συγκρότημα εισόδου αερίου κάνει μια στεγανή σύνδεση με τις εξωτερικές παροχές αέρα και οξυγόνου.

A. Ο σύνδεσμος οξυγόνου είναι τυποποιημένος για να αποτρέψει την κατά λάθος αντικατάστασή του με τον σύνδεσμο αέρα.

B. Ο σύνδεσμος αέρα είναι επίσης τυποποιημένος για να αποτρέψει την κατά λάθος αντικατάστασή του με τον σύνδεσμο οξυγόνου.

Γ. Τα μικροφίλτρα αερίου απομακρύνουν τα σωματίδια σκόνης από τον αέρα και τα αέρια οξυγόνου.

Δ. Το συγκρότημα της υδατοπαγίδας στεγνώνει τον εισερχόμενο αέρα. Το τυχόν συμπυκνωμένο νερό μαζεύεται στα δοχεία.

Ε. Οι βαλβίδες απελευθέρωσης επιτρέπουν στο νερό να αδειάζει από τα δοχεία της υδατοπαγίδας και παρέχουν ένα χρηστικό μέσο για τον έλεγχο της πίεσης των αερίων.

6.1 Μείκτης αερίων.

Το μπλοκ του μείκτη και οι βαλβίδες του μείκτη ελέγχουν τη ροή αέρα και οξυγόνου στη «δεξαμενή» (tank gas). Ο μείκτης αερίων αποτελείται από δύο μπλοκ: το μπλοκ φίλτρου και το μπλοκ του μείκτη στο οποίο είναι τοποθετημένες οι βαλβίδες του μείκτη.

Μείκτης αερίων - αναλυτική προβολή.

Το μπλοκ του μείκτη αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

A. Βαλβίδες αντεπιστροφής μονής κατεύθυνσης για την αποφυγή της επιστροφής αερίου στην εξωτερική παροχή αερίου.

B. Βαλβίδες μείκτη για τον έλεγχο της ροής αέρα ή οξυγόνου στη «δεξαμενή» – αυτές εναλλάσσονται μεταξύ ενεργοποίησης και απενεργοποίησης (ποτέ ταυτόχρονα).

Γ. Έξοδος παροχής οξυγόνου για τη ροή του νεφελοποιητή και για τη βαθμονόμηση του αισθητήρα οξυγόνου.

Δ. Έξοδος παροχής αέρα για βαθμονόμηση αισθητήρα οξυγόνου.

Ε. Μεταλλικός δίσκος περιορισμού ροής.

ΣΤ. Συνδέσεις εξόδου για τον αισθητήρα διαφορικής πίεσης μείκτη (Differential pressure) που βρίσκεται στην πλακέτα του αισθητήρα (sensor board).

Z. Σύνδεση εξόδου για το μπλοκ διασύνδεσης για να περάσει αέρας ή οξυγόνο μέσα στη «δεξαμενή».

Κάθε αέριο περνά μέσα από το μπλοκ του μείκτη στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ανάμιξης. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ανάμιξης ελέγχουν τη ροή αέρα και οξυγόνου

στον αναπνευστήρα. Ελέγχονται ηλεκτρονικά και έχουν δύο καταστάσεις: ανοιχτή ή κλειστή. Ο αναπνευστήρας ανοίγει τις βαλβίδες εναλλάξ, μετρώντας τον όγκο του αερίου που ρέει και στη συνέχεια κλείνει ξανά τη βαλβίδα. Ανάλογα με τις απαιτήσεις για το μείγμα αερίων στη «δεξαμενή», το σύστημα μπορεί στη συνέχεια να ανοίξει και να κλείσει την άλλη βαλβίδα με παρόμοιο τρόπο. Στη συνέχεια, η βαλβίδα μείκτη O_2 είναι κλειστή και η βαλβίδα μείκτη αέρα είναι ανοιχτή, προσθέτοντας αέρα στο αέριο που εισέρχεται στη «δεξαμενή». Οι βαλβίδες συνήθως παραμένουν ανοιχτές για λίγα μόνο χιλιοστά του δευτερολέπτου. Οι δύο βαλβίδες μείκτη εναλλάσσονται πάντα και δεν είναι ποτέ ανοιχτές ταυτόχρονα. Όταν το μείγμα της δεξαμενής φτάσει στο απαιτούμενο επίπεδο FiO_2 και πίεσης, και οι δύο βαλβίδες παραμένουν στην κλειστή θέση. Ένας νέος κύκλος θα ξεκινήσει μόλις η δεξαμενή χρειαστεί να διατηρήσει την πίεση ή το απαιτούμενο ποσοστό FiO_2 έχει αλλάξει σε διαφορετική τιμή από αυτή που είναι διαθέσιμη αυτή τη στιγμή στη δεξαμενή.

6.2 Αισθητήρας διαφορικής πίεσης.

Το σύστημα μείκτη έχει δύο κύριες λειτουργίες:

1. Ελέγχει τη ροή αερίου στη «δεξαμενή» σύμφωνα με τη συγκέντρωση οξυγόνου που έχει ορίσει ο χρήστης.
2. Ελέγχει την πίεση της «δεξαμενής» εντός της περιοχής 200–340 mbars.

Όσον αφορά την ανάμειξη αερίων, ο μείκτης χρησιμεύει ως ρυθμιστής όγκου. Ο συνολικός στόχος όγκου χωρίζεται στο στόχο όγκου για τον αέρα και στο στόχο όγκου για το οξυγόνο, που αντιστοιχεί στη συγκέντρωση που έχει ορίσει ο χρήστης. Όταν μία από τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μείκτη μεταβαίνει στην ανοιχτή της κατάσταση, το αέριο ρέει προς τη δεξαμενή μέσω ενός μεγάλου μεταλλικού δίσκου που χρησιμεύει ως περιοριστής ροής. Αυτός ο περιοριστής ροής δημιουργεί πτώση πίεσης. Η πτώση πίεσης κατά μήκος του δίσκου μετράτε από τον αισθητήρα πίεσης μείκτη dP. Ενώ ελέγχεται η ροή του αερίου στη δεξαμενή, η πίεση της δεξαμενής μπορεί επίσης να διατηρηθεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

Τα δύο αέρια - οξυγόνο και αέρας - που περνούν από τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μείξης ρέουν στη «δεξαμενή», όπου αναμειγνύονται. Η πίεση της «δεξαμενής» μετράτε

από τον διαφορικό αισθητήρα πίεσης που είναι συνδεδεμένος στην πλευρά της δεξαμενής. Για τον έλεγχο του μείγματος αέρα - οξυγόνου, που ονομάζεται επίσης FiO_2 , δεν απαιτείται πρόσθετη παρακολούθηση. Ο αισθητήρας οξυγόνου δεν είναι υποχρεωτικός για τη διαδικασία ανάμειξης.

Όσον αφορά την πίεση της δεξαμενής, ο μείκτης λειτουργεί ως ελεγκτής πίεσης που ακολουθεί έναν στόχο πίεσης. Αυτό σημαίνει πως η πίεση θα επιτευχθεί από τον ελεγχόμενο όγκο που εισέρχεται κάθε φορά που γεμίζει η δεξαμενή.

Ο αισθητήρας πίεσης που μετρά την πίεση στο στόμιο του μείκτη, την μετατρέπει σε παλμούς, οι οποίοι στη συνέχεια εισέρχονται απευθείας στο σύστημα επεξεργαστή. Εκεί, οι παλμοί μετρώνται και χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετήσουν τις δύο αυτές λειτουργίες που αναφέρθηκαν, δηλαδή την ανάμειξη του αερίου και τον έλεγχο της πίεσης της «δεξαμενής». Κατά τη βαθμονόμηση του μηχανήματος, οι δύο είσοδοι αερίου ρυθμίζονται ώστε να παράγουν μεμονωμένα περίπου 4 παλμούς για τον αέρα και γύρω στους 4,4 παλμούς για το οξυγόνο.

6.3 Μπλοκ διασύνδεσης.

Το μπλοκ διασύνδεσης χρησιμεύει για τη σύνδεση διαφόρων λειτουργιών, και αποτελείται από περιοριστές ροής και από τις βαλβίδες βαθμονόμησης του αισθητήρα οξυγόνου. Δημιουργεί διασυνδέσεις μεταξύ των εξής:

A. Έξοδος του αισθητήρα οξυγόνου.

B. Αισθητήρας οξυγόνου.

Γ. Δίσκος που λειτουργεί ως σιγαστήρας για τη βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης της «δεξαμενής».

Δ. Βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης δεξαμενής.

E. Είσοδος αέρα για βαθμονόμηση αισθητήρα οξυγόνου.

ΣΤ. Έξοδος για τη βοηθητική ροή «ξεπλύματος».

Z. Βαλβίδα για τον έλεγχο της ροής οξυγόνου για τη βαθμονόμηση του αισθητήρα οξυγόνου.

Η. Βαλβίδα για τον έλεγχο της ροής του αέρα για τη βαθμονόμηση του αισθητήρα οξυγόνου.

Ι. Ρυθμιστής πίεσης για μείωση της πίεσης οξυγόνου σε 2 bar για έξοδο στον νεφελοποιητή και για τη βαθμονόμηση του αισθητήρα οξυγόνου.

Ή. Σύστημα σωλήνα εισόδου από το μπλοκ του μείκτη.

Θ. Έξοδος του νεφελοποιητή στη βαλβίδα του νεφελοποιητή που παρέχει ροή 7 l/min.

ΙΑ. Έξοδος της βοηθητικής ροής «ξεπλύματος» για τον αισθητήρα ροής

ΙΒ. Οισοφαγική πλάκα (χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση της βοηθητικής μέτρησης της ροής έκπλυσης)

ΙΓ. «Δεξαμενή» όπου αναμιγνύεται αέρας και οξυγόνο.

6.4 Βαλβίδα εισπνοής.

Η βαλβίδα εισπνοής ελέγχει με ακρίβεια τον όγκο και την πίεση του αερίου από τη «δεξαμενή» που οδηγείται στο κύκλωμα ασθενούς. Το έμβολο κινείται ανάλογα. Η σχέση μεταξύ της κίνησης και της ροής που προκύπτει στο στόμιο είναι γραμμική. Η βαλβίδα εισπνοής περιέχει τα ακόλουθα εξαρτήματα:

Α. Μαγνήτης.

Β Πηνίο τοποθέτησης.

Γ. Συσκευή ανίχνευσης θέσης (οπτική).

Δ. Σύνδεση εισόδου από τη «δεξαμενή» (μέσω του μπλοκ διασύνδεσης).

Ε. Μεταβλητό στόμιο για τον έλεγχο της ροής αερίου στο κύκλωμα αναπνοής του ασθενούς.

ΣΤ. Ηλεκτρική σύνδεση για το πηνίο τοποθέτησης.

Ζ. Υποδοχές σέρβο αισθητήρα διαφορικής πίεσης.

Η. Σύνδεση εξόδου στο μπλοκ βαλβίδας ασφαλείας.

Χαρακτηριστικά ροής της σέρβο βαλβίδας.

Μια γραμμική κίνηση του σερβο-έμβολου δημιουργεί μια καθορισμένη ροή. Στην καρδιά της σερβο βαλβίδας βρίσκεται ο κοίλος κύλινδρος με το ιδιαίτερο γεωμετρικό του σχήμα. Αυτό το τριγωνικό σχήμα επιτρέπει τη γραμμική σχέση μεταξύ της κίνησης του εμβόλου και της προκύπτουσας ροής προς τον ασθενή. Όσο το έμβολο κινείται προς τα πάνω, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροή.

6.5 Βαλβίδα εκπνοής.

Η εκπνευστική βαλβίδα επιτρέπει τη διαφυγή αερίου από το κύκλωμα αναπνοής του ασθενούς με ελεγχόμενο τρόπο

ο ασθενής μπορεί να εκπνεύσει.

Η βαλβίδα εκπνοής αποτελείται από:

A. Μαγνήτης.

B. Πηνίο τοποθέτησης.

Γ. Ηλεκτρικές συνδέσεις για το πηνίο τοποθέτησης.

Δ. Μembrάνη σιλικόνης

E. Σύνδεση κυκλώματος αναπνοής ασθενούς.

Η βαλβίδα εκπνοής έχει τρεις καταστάσεις:

1. Άνοιγμα: Το έμβολο της βαλβίδας δεν ασκεί δύναμη στη μεμβράνη σιλικόνης.

2. PEEP/CPAP: Το έμβολο ασκεί την απαιτούμενη δύναμη στη μεμβράνη σιλικόνης. Η πίεση στους πνεύμονες του ασθενούς δεν μπορεί να πέσει χαμηλότερα από την απαιτούμενη τιμή PEEP/CPAP. Αυτή η λειτουργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο κατά την εισπνοή όσο και κατά την εκπνοή.

3. Κλειστό: Το έμβολο της βαλβίδας ασκεί πλήρη δύναμη στη μεμβράνη σιλικόνης. Τα αέρια δεν μπορούν να περάσουν τη βαλβίδα. Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται μόνο κατά την εισπνοή.

Μπλοκ βαλβίδας ασφαλείας ασθενούς.

Το μπλοκ βαλβίδας ασφαλείας ασθενούς καθοδηγεί την κανονική ροή αερίου στον ασθενή και είναι υπεύθυνο για τρεις διαφορετικές καταστάσεις ασφαλείας.

1. Η βαλβίδα μέγιστης πίεσης ασθενούς με ελατήριο ανοίγει όταν η πίεση φτάσει το άνω όριο.
2. Η βαλβίδα «περιβάλλοντος» επιτρέπει στον ασθενή που αναπνέει αυθόρμητα να αναπνέει αέρα περιβάλλοντος εάν το σύστημα αποτύχει να λειτουργήσει. Η βαλβίδα περιβάλλοντος με το ηλεκτρομαγνητικό της έμβολο ανοίγει στον αέρα του περιβάλλοντος απελευθερώνοντας ένα έμβολο από την πλάκα κλεισίματος.
3. Η βαλβίδα περιβάλλοντος ανοίγει σε περίπτωση που εντοπιστεί εμπόδιο εκπνοής.

6.6 Μέτρηση ροής.

Ο αισθητήρας ροής χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ροής αερίου προς και από τον ασθενή και μετρά την πίεση του αερίου σε σημείο κοντά στον αεραγωγό του ασθενούς. Ο αισθητήρας ροής με το μεταβλητό του στόμιό δημιουργεί διαφορά πίεσης η οποία μετράται από τον αισθητήρα διαφορικής πίεσης ροής dP που βρίσκεται στην πλακέτα του αισθητήρα.

A. Ο αισθητήρας πίεσης μετρά τη πίεση του ασθενούς στον (μπλε) σωλήνα του αισθητήρα ροής (Paw).

B. Πλακέτα αισθητήρα.

Γ. Αισθητήρας πίεσης για τη μέτρηση ροής (αισθητήρας ροής dP).

Δ. Βαλβίδες αυτομηδενισμού.

Σημείωση: Ο αερισμός δεν εξαρτάται πλήρως από τον αισθητήρα ροής. Εάν ο αισθητήρας ροής δυσλειτουργεί, ο αερισμός του ασθενούς θα συνεχιστεί.

6.7 Διαδικασία Autozero.

Οι μετρήσεις πίεσης και οι αισθητήρες πίεσης που σχετίζονται με τον αναπνευστήρα είναι πολύ ευαίσθητοι στην αλλαγή θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας διαφορικής πίεσης για

τη μέτρηση της ροής μπορεί να επηρεαστεί από τη θερμοκρασία, η οποία θα οδηγήσει σε αλλοίωση των σημάτων του αισθητήρα. Αυτόματος μηδενισμός σημαίνει αυτόματη αντιστάθμιση για τη μετατόπιση ενός αισθητήρα πίεσης. Ο αυτόματος μηδενισμός πραγματοποιείται συχνά κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας και είναι σημαντικό για να διασφαλίζεται η μέγιστη ακρίβεια όλων των διαφορικών μετρήσεων πίεσης.

Η διαδικασία autozero ξεκινά μετά την ενεργοποίηση του αναπνευστήρα και επαναλαμβάνεται συνήθως κάθε 2 λεπτά στους ασθενείς που είναι παιδιά και κάθε 10 λεπτά σε ενήλικες. Οι ακόλουθοι αισθητήρες πίεσης μηδενίζονται αυτόματα, εξασφαλίζοντας ακριβή έλεγχο της ροής αερίου προς τον ασθενή:

- Αισθητήρας ροής dP — διαφορική πίεση μεταξύ των δύο θαλάμων του αισθητήρα ροής.
- P_{aw} — πίεση στο κύκλωμα ασθενούς, όπως μετράται στον αισθητήρα ροής.

Κανονική κατάσταση λειτουργίας:

Στην κανονική κατάσταση λειτουργίας, ο αισθητήρας ροής dP διαφορικής πίεσης μετρά τη διαφορά πίεσης και στις δύο πλευρές του αισθητήρα ροής (δηλαδή, διαφορά πίεσης μεταξύ του μπλε σωλήνα και του διαφανούς σωλήνα). Οι βαλβίδες αυτόματου μηδενισμού βρίσκονται στην κλειστή τους θέση.

Διαδικασία Autozero:

Οι βαλβίδες αυτόματου μηδενισμού του αισθητήρα ροής μεταβαίνουν στην ανοιχτή τους θέση, έτσι ώστε να ενεργοποιηθούν και οι δύο πλευρές του κυκλώματος του αισθητήρα ροής. Η πλευρά του αισθητήρα ροής είναι κλειστή, ενώ και οι δύο πλευρές του αισθητήρα ροής dP και οι αισθητήρες πίεσης P_{aw} είναι ανοιχτοί στον ατμοσφαιρικό αέρα. Σε αυτή τη διαμόρφωση, ο αισθητήρας διαφορικής πίεσης μετρά και στις δύο πλευρές την ίδια πίεση και η μετρούμενη διαφορά πρέπει να είναι μηδέν. Το σύστημα μετρά τα σήματα στον αισθητήρα ροής dP και στους αισθητήρες πίεσης P_{aw}, και υπολογίζει και υλοποιεί τη μετατόπιση - αντιστάθμιση για κάθε αισθητήρα. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτόματου μηδενισμού, οι βαλβίδες αυτόματου μηδενισμού του αισθητήρα ροής επιστρέφουν στην κανονική τους κατάσταση, έτσι ώστε

ο αισθητήρας ροής να είναι συνδεδεμένος με τον αισθητήρα ροής dP και οι αισθητήρες πίεσης P_{aw} να είναι ξανά στην κανονική τους κατάσταση. Σημείωση: Κατά τη διαδικασία autozero, η οποία συμβαίνει σε κλάσματα δευτερολέπτου, ο ασθενής αερίζεται κανονικά.

6.8 Σύστημα νεφελοποιητή.

Η πηγή οξυγόνου υψηλής πίεσης παρέχει οξυγόνο με επαρκή πίεση για να κινήσει το δοχείο του νεφελοποιητή. Οξυγόνο ρέει από το μπλοκ του μείκτη και μειώνεται στα 2 bar από τον ρυθμιστή πίεσης, που στη συνέχεια εισέρχεται στο μπλοκ διασύνδεσης. Το οξυγόνο ρέει μέσω του σωλήνα εξόδου προς τη βαλβίδα του νεφελοποιητή.

6.9 Έλεγχος / μέτρηση FiO₂ (συγκέντρωση οξυγόνου).

Ο αισθητήρας οξυγόνου χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση του ποσοστού συγκέντρωσης οξυγόνου στα αέρια που παραδίδονται στον ασθενή. Συνδέεται συνήθως στο πίσω μέρος του αναπνευστήρα και συνδέεται με το μπλοκ διασύνδεσης. Έχει μόνο λειτουργία παρακολούθησης και μπορεί να απενεργοποιηθεί από τον χρήστη εάν απαιτείται. Προειδοποίηση: Ο αναπνευστήρας δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιείται για τον αερισμό ενός ασθενούς χωρίς κάποιο μέσο παρακολούθησης της περιεκτικότητας σε οξυγόνο στο μείγμα αερίων που παρέχεται στον ασθενή. Ο γαλβανικός ή χωρίς μόλυβδο αισθητήρας οξυγόνου είναι εγκατεστημένος στον αναπνευστήρα. Ένας γαλβανικός αισθητήρας οξυγόνου παράγει τάση περίπου 5 έως 17 mV (ανάλογα με τη συγκέντρωση οξυγόνου). Κάθε μονάδα περιλαμβάνει μια κάθοδο συνδεδεμένη με τεφλόν και μία άνοδο από μόλυβδο, βυθισμένη σε υγρό διάλυμα ηλεκτρολύτη. Όταν το οξυγόνο διαχέεται μέσω της μεμβράνης φθοροπολυμερούς, η ηλεκτροχημική αναγωγή του οξυγόνου στην κάθοδο και η αντίστοιχη οξειδωση της ανόδου παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα που είναι ανάλογο της συγκέντρωσης του οξυγόνου. Οι δύο βαλβίδες βαθμονόμησης του αισθητήρα οξυγόνου – το οξυγόνο και ο αέρας ελέγχουν τη ροή των αερίων στον αισθητήρα οξυγόνου για βαθμονόμηση του.

- Όταν και οι δύο βαλβίδες είναι απενεργοποιημένες, το μείγμα αέρα/οξυγόνου ρέει από τη δεξιαμενή στον αισθητήρα οξυγόνου για παρακολούθηση.

- Όταν η βαλβίδα οξυγόνου είναι ενεργοποιημένη, το οξυγόνο ρέει από την είσοδο οξυγόνου στον αισθητήρα οξυγόνου για την βαθμονόμηση του.
- Όταν η βαλβίδα αέρα είναι ενεργοποιημένη, ο αέρας ρέει από την είσοδο αέρα στον αισθητήρα οξυγόνου για βαθμονόμηση του.

Ηλεκτρονικά Εξαρτήματα.

6.10 Μητρική πλακέτα.

Η μητρική πλακέτα περιέχει τον επεξεργαστή της μονάδας (VUP), ο οποίος αποτελεί μέρος της ενσωματωμένης μονάδας συστήματος που συνδέεται στο πάνω μέρος της μητρικής πλακέτας. Οι λειτουργίες της μητρικής πλακέτας είναι οι εξής:

- Η διαδικασία ελέγχου αερισμού σε πραγματικό χρόνο (VRC) ελέγχει το ρελέ συναγερμού και τον έλεγχο LED συναγερμού.
- Η πλακέτα τροφοδοτείται από μία μόνο τάση εισόδου που παρέχεται από το τροφοδοτικό (PMS): 24 VDC. Με βάση αυτό, δημιουργούνται διαφορετικές τάσεις εξόδου με την εναλλαγή ρυθμιστών στη μητρική πλακέτα της μονάδας.
- Ο βομβητής έκτακτης ανάγκης ειδοποιεί χρησιμοποιώντας ρεύμα και μπορεί να διαρκέσει τουλάχιστον 2 λεπτά εάν απαιτείται.
- Ένα επιπλέον χρυσό καπάκι παρέχει την ημερομηνία - ώρα και τη μνήμη για 3 μήνες όταν πηγή τροφοδοσίας δεν παρέχεται από ρεύμα ή εφεδρικές μπαταρίες.
- Το μεγάφωνο, που χρησιμοποιείται για την ένδειξη συναγερμών, παρακολουθείται από ένα μικρόφωνο που παρακολουθεί επίσης ο βομβητής.
- Η πλακέτα διασυνδέεται με διάφορες βαλβίδες και ηλεκτρονικές πλακέτες. Το σύστημα ελέγχου για τις δύο μεγάλες βαλβίδες, τη βαλβίδα εισπνοής και τη βαλβίδα εκπνοής, παρέχεται από τη μητρική πλακέτα.

6.11 Ενσωματωμένη μονάδα συστήματος VUP (ESM).

Η μονάδα ενσωματωμένου συστήματος VUP (ESM) περιέχει το λογισμικό VUP. Στο κέντρο του βρίσκεται ο επεξεργαστής powerPC RISC. Η πλακέτα του επεξεργαστή

φορτώνεται από το λογισμικό. Ο προγραμματιζόμενος πίνακας πύλης πεδίου (FPGA) προγραμματίζεται με διάφορες λειτουργίες για τις διεργασίες του συστήματος αερισμού και διασυνδέεται με τη μητρική πλακέτα.

6.12 Πλακέτα αισθητήρα.

Η πλακέτα αισθητήρα περιέχει τους ακόλουθους αισθητήρες πίεσης:

- Διαφορικό αισθητήρα μείκτη dP που χρησιμοποιείται για την κίνηση των βαλβίδων μείκτη που δημιουργούν το απαιτούμενο FiO₂ που παρέχεται στη «δεξαμενή».
- P_{aw} που μετρά την πίεση των αεραγωγών στην εγγύς πλευρά του αισθητήρα ροής ασθενούς. Ο P_{aw} χρησιμοποιείται για την εμφάνιση τιμών πίεσης και κυματομορφών.
- Διαφορικό αισθητήρα ροής dP (I) που μετρά τη διαφορά πίεσης μεταξύ της απομακρυσμένης και της εγγύς πλευράς των δύο θαλάμων μέσα στον αισθητήρα ροής ασθενούς. Επιτρέπει τον υπολογισμό της ροής του αερίου προς και από τον ασθενή κοντά στον αεραγωγό του ασθενούς.
- Βοηθητικό P_{aux} που μετρά τη βοηθητική πίεση στην πλευρά του ασθενούς. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της πίεσης του οισοφάγου.

Η πλακέτα αισθητήρα περιέχει επίσης δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αυτόματου μηδενισμού. Κατά τον κανονικό αερισμό, οι βαλβίδες αυτόματου μηδενισμού του αισθητήρα ροής ανοίγουν σε υπολογισμένα διαστήματα για να εκθέσουν τον αισθητήρα διαφορικής πίεσης του αισθητήρα ροής dP σε πίεση περιβάλλοντος. Σημείωση: Κατά τη διαδικασία αυτόματου μηδενισμού, η οποία συμβαίνει σε κλάσματα του δευτερολέπτου, ο ασθενής αερίζεται κανονικά. Καθώς δεν μπορούν να μετρηθούν παράμετροι όπως ο εκπνεόμενος όγκος, η αντίσταση και η PEEP εκείνη τη στιγμή, ο αναπνευστήρας χρησιμοποιεί τις πιο πρόσφατες μετρήσεις έως ότου η διαδικασία ολοκληρωθεί. Οι αισθητήρες στην πλακέτα ρυθμίζονται και βαθμονομούνται με ποτενσιόμετρα.

6.13 Πλακέτα σερβομηχανισμού.

Η πλακέτα σερβομηχανισμού ελέγχει τη βαλβίδα εισπνοής. Σημείωση: Η πλακέτα σερβομηχανισμού δεν μπορεί να αντικατασταθεί ανεξάρτητα από τη βαλβίδα εισπνοής.

Διάγραμμα συστήματος διαχείρισης ενέργειας.

Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας ενσωματώνει το τροφοδοτικό και τους φορτιστές μπαταριών και τις εξωτερικές μπαταρίες Li-Ion. Οι ρυθμιστές μεταγωγής στη μονάδα αερισμού και στη μητρική πλακέτα του πίνακα αλληλεπίδρασης μπορούν να λειτουργούν με τάση εισόδου που κυμαίνεται από 16 VDC έως 30 VDC. Εάν η τάση πέσει κάτω από τα 16 VDC, οι ρυθμιστές μεταγωγής απενεργοποιούνται. Εάν διακοπεί η παροχή ρεύματος, το τροφοδοτικό διαχείρισης ρεύματος αλλάζει αυτόματα στο εκτεταμένο που είναι πρώτα η μπαταρία (αν υπάρχει) και μετά στην εσωτερική μπαταρία. Όταν υπάρχει διαθέσιμη τροφοδοσία, η ισχύς έχει λογική εσωτερικής φόρτισης της μπαταρίας για επαναφόρτιση της εκτεταμένης ή/και της εσωτερικής μπαταρίας

6.14 Τοποθεσίες μνήμης.

Ο αναπνευστήρας αποθηκεύει δεδομένα σε διαφορετικές θέσεις μνήμης υλικού.

Η μονάδα αναπνευστήρα ESM (NVRam) περιέχει:

- Λογισμικό για τη VU
- Σειριακός αριθμός
- Κλειδιά άδειας χρήσης
- Τιμές διαμόρφωσης
- Τιμές βαθμονόμησης
- Τελευταία ρύθμιση
- Ώρες λειτουργίας
- Δεδομένα Blackbox
- Καταγραφή EDR VUP
- RTC
- Χρησιμεύει επίσης ως προσωρινή αποθήκευση για το αρχείο καταγραφής συμβάντων. Το EDR σημαίνει εγγραφή ανίχνευσης σφαλμάτων. Ένα αρχείο EDR δημιουργείται μόνο

σε περίπτωση βλάβης του λειτουργικού συστήματος. Σημείωση: Το αρχείο EDR μπορεί να εξαχθεί στους τύπους των αναπνευστήρων είτε με κάρτα SD είτε με USB flash drive. Ο μέγιστος αριθμός καταχωρίσεων αρχείου καταγραφής συμβάντων που μπορούν να αποθηκευτούν είναι πολύ μεγάλος, σε κάποιους αναπνευστήρες ξεπερνάει τα 10.000.

Πιο αναλυτικά, ένας αναπνευστήρας θα πρέπει να υποστηρίζει όλους τους υπάρχοντες τύπους αερισμού. Επίσης, θα πρέπει να διαθέτει ένα ή και περισσότερα ειδικά πλήκτρα με τα οποία θα μπορούμε να ελέγχουμε και να προσαρμόζουμε ανάλογα με τις συνθήκες την ευαισθησία της αναπνοής, καθώς και το κράτημα της εισπνοής και της εκπνοής. Επίσης θα μπορούμε να ενεργοποιήσουμε την χειροκίνητη αναπνοή αλλά και την μεγαλύτερη παροχή, ίσως και στο μέγιστο βαθμό, το οξυγόνο.

Επίσης, η οθόνη θα πρέπει να είναι σίγουρα αφής και περιστρεφόμενη, προκειμένου να βοηθά την όλη διαδικασία. Το μέγεθος της επίσης θα πρέπει να είναι το λιγότερο 12 ίντσες.

Ακόμα, θα πρέπει να είναι σε θέση να υποδεικνύει μεταξύ άλλων τον χρόνο εισπνοής και εκπνοής, και την πίεση, την ροή και τον όγκο συγκριτικά με τον χρόνο.

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να υπάρχουν προειδοποιήσεις για το αν θα αποσυνδεθεί κάποιος σωλήνας από τον ασθενή, για την πίεση των αεραγωγών, για τον υψηλό ή τον χαμηλό όγκο. Ένδειξη θα πρέπει να υπάρχει επίσης για το αν πέφτει το οξυγόνο, ή αν υπάρχουν πολλές ρυθμίσεις οι οποίες ενδεχομένως να μην λειτουργούν αποτελεσματικά κ.α.

Επίσης, όλα τα εξαρτήματα ενός αναπνευστήρα, και κυρίως αυτά που έρχονται σε άμεση επαφή με τον ασθενή, θα πρέπει να έχουμε την δυνατότητα να τα αποσυναρμολογούμε προκειμένου να αποστειρώνονται όπως πρέπει. Συνετό θα ήταν επίσης, να υπάρχει μία αυτοματοποιημένη διαδικασία, η οποία θα μπορεί να ελέγχει τις λειτουργίες, πνευματικές και ηλεκτρικές, προκειμένου να αποφευχθούν λάθη τα οποία θα είναι άμεσα επηρεασμένα από αυτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

Προληπτική συντήρηση με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστικού οίκου.

Οι κανονισμοί του κατασκευαστικού κλάδου της Διοίκησης Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (OSHA) που σχετίζονται με την αναπνευστική προστασία (29 CFR 1926.103) βρίσκονται στην πραγματικότητα σύμφωνα με τους γενικούς βιομηχανικούς κανονισμούς που ισχύουν για την αναπνευστική προστασία στο 29 CFR 1910.134. Αυτές οι διατάξεις επιβάλλουν την αναπνευστική προστασία εάν οι μηχανικοί έλεγχοι δεν είναι δυνατοί ή είναι αναποτελεσματικοί. Το OSHA απαιτεί μεθόδους όπως η αντικατάσταση λιγότερο τοξικών υλικών ή ο αερισμός του χώρου εργασίας για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής μόλυνσης. Όταν οι μηχανικοί έλεγχοι αποτυγχάνουν να μειώσουν την έκθεση των εργαζομένων σε επιβλαβείς ρύπους κάτω από το επιτρεπόμενο όριο έκθεσης (PEL) ενός ρύπου, πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή αναπνευστική προστασία και συνοδευτικά στοιχεία προγράμματος.

Το αναπνευστικό πρότυπο OSHA απαιτεί από τους εργολάβους να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν ένα γραπτό πρόγραμμα αναπνευστικής προστασίας για καταστάσεις στις οποίες θα μπορούσε να υπάρξει υπέρβαση των ατμοσφαιρικών ρύπων ή όταν ο εργοδότης απαιτεί τη χρήση αναπνευστικών συσκευών από τους εργαζόμενους. Το πρότυπο απαιτεί τη διαχείριση του αναπνευστικού προγράμματος από έναν διαχειριστή προγράμματος και την ενημέρωση ώστε να αντικατοπτρίζει τις μεταβαλλόμενες συνθήκες στο χώρο εργασίας που επηρεάζουν τη χρήση του αναπνευστήρα. Το πρότυπο καθορίζει πολλά υποχρεωτικά στοιχεία στις προαναφερθείσες κατηγορίες προγραμμάτων, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών δοκιμής προσαρμογής, ελέγχου σφράγισης και καθαρισμού, επιπλέον του ερωτηματολογίου ιατρικής αξιολόγησης και των διαδικασιών εθελοντικής χρήσης.

Πολλά από τα στοιχεία που παρατίθενται ενδέχεται να μην χρειάζεται να αλλάξουν για κάθε έργο. Για παράδειγμα, οι ιατρικές αξιολογήσεις, οι διαδικασίες δοκιμής φυσικής κατάστασης, τα χρονοδιαγράμματα και οι διαδικασίες για τη συντήρηση των αναπνευστήρων, οι απαιτήσεις ποιότητας αέρα για τους αναπνευστήρες παρεχόμενου

αέρα, η εκπαίδευση εργαζομένων και οι αξιολογήσεις προγραμμάτων συχνά μπορούν να παραμείνουν συνεπείς. Η μόνη αλλαγή που μπορεί να χρειαστεί σε ένα γραπτό πρόγραμμα ειδικά για το χώρο εργασίας, είναι η διαδικασία επιλογής αναπνευστήρα. (Οι διαδικασίες για την επιλογή αναπνευστήρα εξετάζονται αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.) Όταν οι εργαζόμενοι φορούν εθελοντικά αναπνευστική προστασία, ο εργοδότης πρέπει να δημιουργήσει και να εφαρμόσει γραπτά στοιχεία αναπνευστικού προγράμματος που σχετίζονται με την ιατρική αξιολόγηση της ικανότητας του εργαζομένου να φορά τον αναπνευστήρα με ασφάλεια. Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη στοιχεία που σχετίζονται με τον καθαρισμό, την αποθήκευση και τη συντήρηση των αναπνευστικών συσκευών.

Ωστόσο, όταν απαιτείται φιλτράρισμα κομματιών προσώπου από έναν ανάδοχο, ισχύει ολόκληρο το πρότυπο αναπνευστικής προστασίας—δηλαδή, η ιατρική αξιολόγηση, ο έλεγχος φυσικής κατάστασης και άλλα στοιχεία ενός γραπτού αναπνευστικού προγράμματος πρέπει να υπάρχουν. Αν και το OSHA δεν απαιτεί ειδική εκπαίδευση ή προσόντα για τον διαχειριστή του προγράμματος, αυτό το άτομο πρέπει να γνωρίζει το πρότυπο και να έχει αρκετή εμπειρία ή εκπαίδευση για να μπορεί να επιβάλλει το γραπτό πρόγραμμα και να διεξάγει αξιολογήσεις της αποτελεσματικότητας του προγράμματος.

Το πρότυπο απαιτεί να επιλέγεται η σωστή αναπνευστική προστασία για να παρέχει επαρκή προστασία έναντι των αεροπορικών κινδύνων και να χρησιμοποιούνται μόνο αναπνευστήρες πιστοποιημένοι από το Εθνικό Ινστιτούτο Εργασιακής Ασφάλειας και Υγείας (NIOSH). Οι ανάδοχοι υποχρεούνται να αξιολογούν τους αναπνευστικούς κινδύνους στους χώρους εργασίας τους για να προσδιορίσουν την ταυτότητα των μολυσματικών ουσιών, τις χημικές καταστάσεις και τις φυσικές μορφές. Εάν ένας εργοδότης δεν μπορεί να προσδιορίσει ή να εκτιμήσει εύλογα την έκθεση των εργαζομένων σε αναπνευστικούς κινδύνους, ο εργοδότης πρέπει να εξετάσει την ατμόσφαιρα «Άμεσα επικίνδυνη για τη ζωή ή την υγεία» (IDLH). Οι ατμόσφαιρες IDLH απαιτούν ένα κομμάτι ολόκληρου του προσώπου, αυτόνομη αναπνευστική συσκευή απαίτησης πίεσης (SCBA) ή αναπνευστήρα παρεχόμενου αέρα (SAR) με αυτόνομη παροχή βοηθητικού αέρα. Στις περισσότερες περιπτώσεις σε στέγες όπου οι αναπνευστικοί κίνδυνοι έχουν αξιολογηθεί, δεν χρειάζονται SCBA και SAR—οι άλλοι αναπνευστήρες που περιγράφονται εδώ θα είναι επαρκείς. Μια εξαίρεση μπορεί να είναι

όταν οι εργαζόμενοι πρέπει να εισέλθουν σε έναν περιορισμένο χώρο, όπως ένα βυτιοφόρο, επειδή μπορεί να υπάρχει ατμόσφαιρα έλλειψης οξυγόνου και άλλοι αναπνευστικοί κίνδυνοι.

Πρέπει να διενεργούνται αξιολογήσεις επικινδυνότητας για την επιλογή των κατάλληλων αναπνευστικών συσκευών για συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ένας ανάδοχος θα πρέπει να ξεκινήσει την αξιολόγηση επικινδυνότητας λαμβάνοντας πληροφορίες από τα δελτία δεδομένων ασφαλείας υλικού (MSDS) που παρέχονται από τους κατασκευαστές προϊόντων. Τα MSDS παρέχουν πληροφορίες κινδύνου για την υγεία, τη φύση των χημικών ουσιών στο προϊόν, το PEL και άλλες πολύτιμες πληροφορίες. Για να ποσοτικοποιηθεί η συγκέντρωση στον αέρα μιας ρύπανσης, πρέπει να συλλέγονται δείγματα αέρα και η επακόλουθη δοκιμή δειγμάτων θα βοηθήσει στην επιλογή του τύπου αναπνευστήρα που απαιτείται, εάν υπάρχει. Δύο μέθοδοι για τον προσδιορισμό της παρουσίας αέριων ή οργανικών μολυσματικών ατμών είναι μέσω σημάτων παθητικής παρακολούθησης και χρωματομετρικών σωλήνων.

Οι χρωματομετρικοί σωλήνες, οι οποίοι είναι διαθέσιμοι μέσω των περισσότερων εταιρειών προμήθειας ασφάλειας, παρέχουν στον χρήστη μια στιγμιαία ανάγνωση. Αυτές οι αναγνώσεις, ωστόσο, μπορεί να είναι ανακριβείς. Τα σήματα παθητικής οθόνης είναι μια καλή εναλλακτική λύση για την ανίχνευση οργανικών ατμών και είναι πιο ακριβή, αλλά δεν παρέχουν άμεση ανάγνωση και πρέπει να σταλούν σε εργαστήριο για ανάλυση. Οι αντλίες δειγματοληψίας αέρα είναι ικανές να ανιχνεύουν ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως ίνες αμιάντου ή σωματίδια πυριτίου μαζί με τοξικά αέρια ή επιβλαβείς ατμούς. Οι εταιρείες βιομηχανικής υγιεινής ή τα εργαστήρια περιβαλλοντικών δοκιμών είναι συχνά οι καταλληλότερες για την ανάλυση των αποτελεσμάτων από τη δειγματοληψία αέρα και την παροχή λύσεων για συγκεκριμένες εκθέσεις. Μετά την ολοκλήρωση της αξιολόγησης κινδύνου, ο OSHA απαιτεί από τους εργοδότες να εφαρμόσουν μία από τις ακόλουθες μεθόδους, ταξινομημένες κατά σειρά προτίμησης, για τη μείωση της έκθεσης των εργαζομένων: 1. Μηχανικοί έλεγχοι 2. Έλεγχοι διοικητικών/εργασιακών πρακτικών 3. Εξοπλισμός ατομικής προστασίας (ΜΑΠ), όπως αναπνευστήρες. Ένα παράδειγμα μηχανικού ελέγχου είναι η εγκατάσταση ενός συστήματος εξαερισμού που μπορεί να

λειτουργεί καλά σε καταστήματα ή εργοστάσια παραγωγής αλλά δεν είναι πρακτικό στον κατασκευαστικό κλάδο. Ωστόσο, μερικές φορές οι ανεμιστήρες στις στέγες μπορεί να παρέχουν επαρκή αερισμό. Ένα παράδειγμα διοικητικού ελέγχου είναι η εναλλαγή των εργαζομένων εκτός επικίνδυνης ατμόσφαιρας, όταν είναι εφικτό, για να διατηρηθούν τα επίπεδα έκθεσης κάτω από το PEL. Όταν δεν μπορεί να βρεθεί άλλη λύση, πρέπει να χρησιμοποιείται ΜΑΠ. Αυτή είναι η λιγότερο προτιμώμενη μέθοδος για χρήση, επειδή ο κίνδυνος έκθεσης δεν εξαλείφεται.

Τα APR χρησιμοποιούν στοιχεία καθαρισμού για να καθαρίσουν τον αέρα που αναπνέει ο χρήστης. Αυτά τα στοιχεία καθαρισμού είναι:

- Φίλτρα που αφαιρούν τα σωματίδια Φυσιγγία που αφαιρούν αέρια ή ατμούς
 - Συνδυασμοί φίλτρων και φυσιγγίων που αφαιρούν σωματίδια, αέρια και ατμούς
 - Κάνιστρα που αφαιρούν αέρια ή ατμούς (μη πρακτικά για κατασκευή λόγω όγκου)
- Καθώς ο αέρας περνά μέσα από στοιχείο καθαρισμού, οι ρύποι απομακρύνονται από τον αέρα. Οι χρήστες λειτουργούν μια αναπνευστική συσκευή εισπνέοντας, η οποία δημιουργεί αρνητική πίεση στο κομμάτι προσώπου που επιτρέπει στον αέρα να περάσει μέσα από το στοιχείο καθαρισμού. Τα PAPR λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο, αλλά μια αντλία χρησιμοποιείται για την άντληση αέρα μέσω του στοιχείου καθαρισμού και στη συνέχεια στο τεμάχιο προσώπου. Ένας περιορισμός σε αυτούς τους τύπους αναπνευστικών συσκευών και τα καθαριστικά τους στοιχεία είναι ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ούτε εξαλείφουν τους κινδύνους ατμόσφαιρας με έλλειψη οξυγόνου ή IDLH. Μια ατμόσφαιρα με έλλειψη οξυγόνου είναι μια ατμόσφαιρα που περιέχει λιγότερο από 19,5% οξυγόνο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει θάνατο.

Για το μοντέλο 29 CFR 1910.134, ο OSHA ορίζει ένα φίλτρο ως συστατικό που χρησιμοποιείται σε αναπνευστήρες για την αφαίρεση στερεών ή υγρών αερολυμάτων (π.χ. σωματιδίων) από τον εισπνεόμενο αέρα. Η NIOSH, ως ο οργανισμός πιστοποίησης για όλους τους βιομηχανικούς αναπνευστήρες, ενημέρωσε το πρότυπο δοκιμών και πιστοποίησης για αναπνευστήρες στις 10 Ιουλίου 1995. Το αναθεωρημένο πρότυπο, 42 CFR Part 84, άλλαξε τις απαιτήσεις κατασκευής και πιστοποίησης για τα φίλτρα

αναπνευστήρα. Όταν απαιτείται προστασία από αιωρούμενα σωματίδια, το OSHA απαιτεί είτε ένα φίλτρο σωματιδίων αέρα υψηλής απόδοσης (HEPA), πιστοποιημένο σύμφωνα με το 30 CFR Μέρος 11, είτε ένα φίλτρο που έχει πιστοποιηθεί σύμφωνα με το 42 CFR.

Η NIOSH δημοσιεύει τη λογική επιλογής αναπνευστήρα του 2004 που είναι χρήσιμο για τον προσδιορισμό του κατάλληλου αναπνευστήρα για τον ισχύοντα κίνδυνο.. Σύμφωνα με το 42 CFR Μέρος 84, τα φίλτρα σωματιδίων θα έχουν ονομασίες N, P ή R, το καθένα με τρία επίπεδα απόδοσης. Αναπνευστήρες με φίλτρα N100 (99,97 τοις εκατό απόδοση), N99 (99 τοις εκατό απόδοση) και N95 (95 τοις εκατό απόδοση) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οποιοδήποτε στερεό ή μη περιέχον λάδι σωματιδιακό ρύπο. Οι αναπνευστήρες με φίλτρα της σειράς R και P μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οποιαδήποτε σωματιδιακή ρύπανση, συμπεριλαμβανομένων των αερολυμάτων λαδιού. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα φίλτρα της σειράς N και R ενδέχεται να έχουν περιορισμούς χρήσης, επειδή οι ρύποι μπορεί να υποβαθμίσουν τα μέσα φίλτρου. Τα φίλτρα με χαρακτηρισμούς P έχουν μεγαλύτερους περιορισμούς χρήσης. Οι περιορισμοί χρήσης καθορίζονται από τους κατασκευαστές αναπνευστικών συσκευών. Τα φίλτρα πρέπει να αντικαθίστανται όποτε η συσσώρευση σωματιδίων προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή ή τα φίλτρα καταστρέφονται ή είναι ελαττωματικά.

Το OSHA ορίζει ένα φυσίγγιο ως ένα δοχείο με φίλτρο, ροφητικό, καταλύτη ή συνδυασμό αυτών των στοιχείων που αφαιρεί συγκεκριμένους ρύπους από τον αέρα που διέρχεται από το δοχείο. Αυτά τα φυσίγγια πρέπει να είναι εξοπλισμένα με δείκτες ζωής τέλους χρήσης (ESLI). Το ESLI είναι ένα εξάρτημα της κασέτας που υποδεικνύει, συνήθως αλλάζοντας χρώματα, πότε πρέπει να αντικατασταθεί η κασέτα. Επειδή τα περισσότερα φυσίγγια που χρησιμοποιούνται από εργολάβους στέγης δεν διαθέτουν ESLI, το OSHA απαιτεί την ανάπτυξη χρονοδιαγραμμάτων «αλλαγής» ή αντικατάστασης. Ο σκοπός των χρονοδιαγραμμάτων αλλαγής είναι η αντικατάσταση των δοχείων πριν φτάσουν στο τέλος της ζωής τους. Για να αναπτύξουν ένα χρονοδιάγραμμα αλλαγής, οι εργολάβοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν αντικειμενικά δεδομένα που λαμβάνονται από εμπορικές ενώσεις ή κατασκευαστές αναπνευστικών συσκευών, εάν είναι διαθέσιμα. Ορισμένοι κατασκευαστές διαθέτουν προγράμματα με δυνατότητα

λήψης για την εκτίμηση των χρόνων αλλαγής στις τοποθεσίες τους στο Web. Πληροφορίες όπως η υγρασία, η συγκέντρωση ρύπων, ο εκτιμώμενος φόρτος εργασίας και η ατμοσφαιρική πίεση ενός υπαλλήλου πρέπει να εξακριβωθούν και να εισαχθούν στο πρόγραμμα από τον ανάδοχο.

Συνιστάται να διαβάζονται και να ακολουθούνται όλες οι προειδοποιήσεις κινδύνου που σχετίζονται με το πρόγραμμα όταν χρησιμοποιούνται αυτά τα προγράμματα.

Ως εναλλακτική λύση, ο OSHA δημοσίευσε έναν οδηγό για την εκτίμηση των χρόνων αλλαγής φυσιγγίων οργανικού ατμού.

Αναφέρει τα εξής:

- Εάν το σημείο βρασμού μιας χημικής ουσίας είναι μεγαλύτερο από 158 F και η συγκέντρωση είναι μικρότερη από 200 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm), μπορεί να αναμένεται μια διάρκεια ζωής οκτώ ωρών με κανονικό ρυθμό λειτουργίας.
- Η διάρκεια ζωής είναι αντιστρόφως ανάλογη με το ρυθμό εργασίας. (Αυτό σημαίνει ότι καθώς αυξάνεται ο ρυθμός εργασίας ή εάν είναι ήδη υψηλός, το χρονικό διάστημα που θα παραμείνει αποτελεσματικό το φυσίγγιο θα είναι μικρότερο από όταν οι ρυθμοί εργασίας και, κατά συνέπεια, οι ρυθμοί αναπνοής είναι χαμηλότεροι.)
- Μείωση των συγκεντρώσεων κατά 10 θα αυξήσει τη διάρκεια ζωής κατά πέντε φορές.
- Η υγρασία πάνω από 85 τοις εκατό θα μειώσει τη διάρκεια ζωής κατά 50 τοις εκατό. Οι αναπνευστήρες φυσιγγίων έχουν σημαντικούς περιορισμούς, οι οποίοι μπορεί να απαγορεύσουν τη χρήση τους. Το NIOSH απαγορεύει τη χρήση αναπνευστικών φυσιγγίων όταν εργάζεστε με ορισμένες συγκεκριμένες χημικές ουσίες, επειδή δεν αφαιρούνται όλα τα αέρια και οι ατμοί από το μέσο ενός φυσιγγίου. Θα πρέπει οι επαγγελματίες υγείας να συμβουλευτούν τον κατασκευαστή για τον τελικό προσδιορισμό της δυνατότητας χρήσης της κασέτας. Οι ανάδοχοι πρέπει να διασφαλίζουν ότι όλα τα φίλτρα και τα φυσίγγια που χρησιμοποιούνται στο χώρο εργασίας φέρουν ετικέτα και χρωματική κωδικοποίηση με την ετικέτα έγκρισης NIOSH, η οποία πρέπει να παραμένει ευανάγνωστη και ανέπαφη.

Το πρότυπο πιστοποίησης της NIOSH για τους αναπνευστήρες αφορά τις μάσκες σκόνης και τις αναφέρεται ως φιλτραριστικά κομμάτια προσώπου. Ο OSHA ορίζει ένα κομμάτι προσώπου φιλτραρίσματος ως αναπνευστήρα σωματιδίων αρνητικής πίεσης με ένα φίλτρο ως αναπόσπαστο μέρος του τεμαχίου προσώπου ή ολόκληρο το κομμάτι προσώπου που αποτελείται από το μέσο φιλτραρίσματος. Αυτά είναι συνήθως αναπνευστήρες μιας χρήσης, χαμηλού κόστους για προστασία από σωματίδια όταν η έκθεση είναι κάτω από το PEL. Ορισμένες διαθέτουν ενσωματωμένες βαλβίδες εκπνοής και αξιολογούνται σύμφωνα με τα πρότυπα N, P ή R σε επίπεδα απόδοσης 95, 99 ή 100. Εάν ένας ανάδοχος επιλέξει να κάνει υποχρεωτική τη χρήση φιλτραριστικών κομματιών προσώπου, τότε ισχύουν όλες οι απαιτήσεις του προτύπου αναπνευστικής προστασίας OSHA.

Όταν επιλέγονται αναπνευστήρες καθαρισμού αέρα, είναι σημαντικό να επιλέγονται αυτούς που έχουν πιστοποίηση NIOSH. Είναι επίσης σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη τους καθορισμένους παράγοντες προστασίας (APF) όταν επιλέγετε αναπνευστήρες. Το APF είναι το επίπεδο αναπνευστικής προστασίας στο χώρο εργασίας που αναμένεται να παρέχει στους εργαζόμενους ένας αναπνευστήρας ή μια κατηγορία αναπνευστικών συσκευών όταν ο εργοδότης εφαρμόζει ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα αναπνευστικής προστασίας. Επειδή διαφορετικοί τύποι αναπνευστικού εξοπλισμού παρέχουν διαφορετικούς βαθμούς προστασίας, το NIOSH και το ANSI έχουν ορίσει APF στις κατηγορίες των αναπνευστικών συσκευών. Το OSHA επιβάλλει τα NIOSH APF στον Πίνακα 1 του 1910.134(d) του προτύπου αναπνευστικής προστασίας. Ο OSHA θα εκδώσει τα δικά του APF στο εγγύς μέλλον. Στο μεταξύ, ο OSHA αναμένει από τους εργολάβους να χρησιμοποιούν τις καλύτερες διαθέσιμες πληροφορίες κατά την επιλογή αναπνευστικών συσκευών, οι οποίες μπορούν να ληφθούν είτε από τα ANSI Z 88.2-1992 APFs είτε από τα NIOSH APF. Ωστόσο, στο προοίμιο του προτύπου, ο OSHA δηλώνει ότι θα επιβάλλει τα APF του NIOSH. Όποτε υπάρχει ένα ειδικό πρότυπο OSHA, όπως για τον αμιάντο, τα APF που αναφέρονται στους πίνακες επιλογής αναπνευστήρα του προτύπου αμιάντου πρέπει να τηρούνται εάν οι δραστηριότητες του αναδόχου εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του συγκεκριμένου προτύπου.

Οι δύο βασικοί τύποι αναπνευστικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία στέγης είναι ολόσωμος και ημιμάσκα. Τόσο τα APF του NIOSH όσο και του ANSI για αναπνευστήρες μισής μάσκας είναι 10 φορές το PEL. Τα APF NIOSH και OSHA για έναν αναπνευστήρα ολόκληρου προσώπου είναι 50 φορές το PEL. Ο αναπνευστήρας πλήρους προσώπου καλύπτει τα μάτια, τη μύτη και το στόμα, ενώ ο αναπνευστήρας ημιμάσκας καλύπτει μόνο τη μύτη και το στόμα. Και οι δύο τύποι αναπνευστικών συσκευών πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με φυσίγγια ή/και φίλτρα που αφαιρούν αέρια, ατμούς και σωματιδιακούς ρύπους

Αυτός ο τύπος διαδικασίας δοκιμής προσαρμογής απαιτεί κατάλληλα όργανα. Απαιτούνται πρόσθετες δοκιμές προσαρμογής:

- Όταν χρησιμοποιείται διαφορετικό κομμάτι προσώπου, μέγεθος, μάρκα ή μοντέλο.
- Όταν ο υπάλληλος αναφέρει ή ο ανάδοχος, η PLHCP, ο επόπτης ή ο διαχειριστής προγράμματος παρατηρεί αλλαγές στη φυσική κατάσταση του εργαζομένου που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την εφαρμογή της αναπνευστικής συσκευής.
- Τουλάχιστον ετησίως.

Οι τεχνικοί της εκάστοτε υγειονομικής μονάδας η οποία χρησιμοποιεί κάθε είδος και μοντέλο αναπνευστήρα, πρέπει να φροντίζουν για τον καθαρισμό και την απολύμανση, την αποθήκευση, την επιθεώρηση και την επισκευή όλων των αναπνευστικών συσκευών. Όταν ένας αναπνευστήρας ανατίθεται σε έναν υπάλληλο, ο αναπνευστήρας πρέπει να καθαρίζεται όσο συχνά χρειάζεται για να διατηρείται σε υγιεινή κατάσταση. Εάν η ίδια αναπνευστική συσκευή χρησιμοποιείται από πολλούς υπαλλήλους, πρέπει να καθαρίζεται και να απολυμαίνεται μετά τη χρήση από κάθε άτομο. Επίσης, ο αναπνευστήρας πρέπει να καθαρίζεται και να απολυμαίνεται κάθε φορά που χρησιμοποιείται για έλεγχο προσαρμογής. Οι αναπνευστήρες πρέπει να φυλάσσονται σε καθαρό χώρο μακριά από ρύπους, σκόνη, ηλιακό φως και άλλες δυνητικά επιβλαβείς συνθήκες. Συνήθως, ένα φθινό αεροστεγές πλαστικό δοχείο θα το πετύχει αυτό, υπό την προϋπόθεση ότι διατηρείται μακριά από το ηλιακό φως και τις ακραίες θερμοκρασίες. Πρέπει να διενεργούνται επιθεωρήσεις σε κάθε αναπνευστήρα πριν από κάθε χρήση και κατά τη διάρκεια του καθαρισμού. Αυτές οι επιθεωρήσεις πρέπει να περιλαμβάνουν

έλεγχο της λειτουργίας του αναπνευστήρα σε περιοχές όπως το εξάρτημα προσώπου, οι μάντες κεφαλής, οι βαλβίδες και τα φυσίγγια. Ο αναπνευστήρας πρέπει επίσης να επιθεωρηθεί για την ευκαμψία του υλικού, προσδιορίζοντας τον βαθμό φθοράς που εμφανίζεται στο κομμάτι προσώπου και σε άλλα εξαρτήματα. Εάν κατά την επιθεώρηση εντοπιστεί κάποιο ελάττωμα, η αναπνευστική συσκευή πρέπει να αφαιρεθεί αμέσως από τη λειτουργία και είτε να επισκευαστεί είτε να απορριφθεί. Εάν επισκευαστεί, πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο ανταλλακτικά του κατασκευαστή για τον συγκεκριμένο τύπο αναπνευστήρα.

7.1 Βαθμονομήσεις, tests και έλεγχοι καλής λειτουργίας.

Όσον αφορά τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν από την πλευρά του νοσοκομείου, υπάρχουν έλεγχοι που πρέπει να γίνονται καθημερινά από το προσωπικό του νοσοκομείου ώστε να διασφαλίζεται η ορθή, καλή και ασφαλής λειτουργία του αναπνευστήρα:

Μεταξύ ασθενών και σύμφωνα με την πολιτική του νοσοκομείου.

Κύκλωμα ασθενούς (συμπεριλαμβανομένης της μάσκας, φίλτρο εισπνοής, αισθητήρας ροής, βάζο νεφελοποιητή, κάλυμμα βαλβίδας εκπνοής και μεμβράνη). Το νοσηλευτικό προσωπικό του νοσοκομείου πρέπει να αντικαθιστά με αποστειρωμένο ή καινούργιο το κύκλωμα ασθενούς. Ακόμη πρέπει να εκτελεί τη δοκιμή και βαθμονόμηση του αισθητήρα ροής όπως φαίνεται στο εγχειρίδιο χειριστή του αναπνευστήρα. Για την βαλβίδα εκπνοής απαιτείται ο καθαρισμός του rin στο οποίο η βαλβίδα όταν τοποθετείται διαβάζεται από τον αναπνευστήρα. Για τον καθαρισμό του rin χρησιμοποιείται αλκοολούχο υγρό με πανί χωρίς χνούδι. Τέλος το προσωπικό του νοσοκομείου είναι υπεύθυνο για τον οπτικό έλεγχο του αναπνευστήρα, τον έλεγχο των σωλήνων των αερίων ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής και ορθή του λειτουργία.

Κάθε μέρα ή όποτε απαιτείται.

Υδατοπαγίδα. Το προσωπικό οφείλει να αδειάζει τυχόν νερό πιέζοντας το βαλβίδα αποστράγγισης.

Κάθε 2 ημέρες ή σύμφωνα με πολιτική του νοσοκομείου.

Το προσωπικό οφείλει να ελέγχει για πιθανό νερό που έχει απομείνει στο κύκλωμα ασθενούς.

Κάθε μήνα (ή πιο συχνά, εάν είναι απαραίτητο).

Φίλτρο ανεμιστήρα. Έλεγχος για σκόνη και χνούδια. Αν χρειαστεί, καθαρίστε ή αντικαταστήστε το.

Όσον αφορά το κομμάτι του μηχανικού, ο μηχανικός Βιοϊατρικής ο οποίος οφείλει να είναι εκπαιδευμένος από τον κατασκευαστικό οίκο του εκάστοτε αναπνευστήρα, είναι αυτός που εκτελεί την προληπτική συντήρηση του αναπνευστήρα η οποία γίνεται κάθε 24 μήνες και αφού αντικαταστήσει τα ανταλλακτικά, μετά πρέπει να εκτελέσει μια σειρά από τεστ, ελέγχους και βαθμονομήσεις ώστε μετά το πέρας της συντήρησης να είναι απόλυτα βέβαιος ότι ο αναπνευστήρας είναι ικανός και λειτουργικός να υποστηρίξει κάθε τύπο αερισμού και να σταθεί στο πλευρό του ασθενή αντάξια των δυνατοτήτων του.

Κάθε 12 μήνες

- Φίλτρα αερίων - οξυγόνου και αέρα. Ο μηχανικός οφείλει να ελέγξει για την καθαριότητα των φίλτρων αερίων και στην ετήσια προληπτική συντήρηση να τα αντικαταστήσει από καινούργια.
- Αισθητήρας καπνογραφίας (εάν υπάρχει). Ο μηχανικός οφείλει να ελέγχει ετήσια για την ακρίβεια στις μετρήσεις του αισθητήρα καπνογραφίας.
- Φίλτρο κάλυψης ανεμιστήρα. Ο μηχανικός οφείλει να αντικαθιστά ετησίως το φίλτρο που προστατεύει τον ανεμιστήρα του αναπνευστήρα από την είσοδο σκόνης και σωματιδίων.
- Αισθητήρας οξυγόνου : γαλβανικός ή παραμαγνητικός αισθητήρας οξυγόνου. Ο μηχανικός οφείλει να αντικαθιστά τον αισθητήρα οξυγόνου ετησίως. Η διάρκεια ζωής του αισθητήρα μειώνεται αναλόγως της χρήσης του και των ποσοστών οξυγόνου τα οποία ο αναπνευστήρας καλείται να φτάσει. Η διάρκεια ζωής του λοιπόν, επιφυλακτικά μπορεί να διαρκέσει και λιγότερο του ενός έτους.

Κάθε 24 μήνες.

- Εσωτερική μπαταρία ιόντων λιθίου. Ο μηχανικός οφείλει να αντικαθιστά προληπτικά με καινούργια την εσωτερική μπαταρία του αναπνευστήρα.

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της αντικατάστασης των ανταλλακτικών, ο μηχανικός με ανοιχτό τον αναπνευστήρα και συνδεδεμένο στην τροφοδοσία, κάνει είσοδο στο μενού του service με τους κωδικούς που γνωρίζει. Εκεί θα εμφανιστούν μια σειρά από ελέγχους και πληροφορίες στις οποίες έχει μόνο αυτός πρόσβαση. Οφείλει να διεξάγει μια σειρά από ελέγχους και βαθμονομήσεις, οι οποίοι είναι οι εξής :

- Έλεγχοι VUP.

Τα ακόλουθα στοιχεία ελέγχου για την έκδοση VUP καθορίζονται από τη συγκεκριμένη εγκατεστημένη έκδοση λογισμικού. Επομένως, πρέπει πρώτα να ελεγχθούν η έκδοση VUP και οι άλλες παράμετροι που εμφανίζονται στην οθόνη. Οι μόνες ενέργειες που χρειάζονται είναι να επιβεβαιωθούν οι ημερομηνία και ώρα και να αλλαχθούν εάν είναι απαραίτητο, η θερμοκρασία να είναι μικρότερη από το όριο που δίνει ο κατασκευαστής, η έκδοση λογισμικού να είναι σωστή, οι ώρες λειτουργίας να είναι σωστές και σαφώς περισσότερες από την τελευταία συντήρηση.

- Ρελέ και χειριστήρια έκτακτης ανάγκης.

Το επόμενο τεστ επιτρέπει στο μηχανικό να ελέγξει τη λειτουργία των ηχείων, των συναγερμών και των ρελέ. Ο μηχανικός πρέπει να βεβαιωθεί ότι το ηχείο VUP ενεργοποιείται και απενεργοποιείται. Ότι ο ήχος συναγερμού έκτακτης ανάγκης ενεργοποιείται και απενεργοποιείται. Στο τεστ των ρελέ πρέπει να ακουστεί ένα «κλικ» για να επαληθευτεί ότι το ρελέ συναγερμού ανοίγει και κλείνει. Ακόμη, ότι το κόκκινο LED συναγερμού ανάβει και σβήνει.

- Έλεγχοι επικοινωνίας.

Οι έλεγχοι επικοινωνίας VRC-VUP εμφανίζουν τα αποτελέσματα των ελέγχων επικοινωνίας μεταξύ του αναπνευστήρα σε πραγματικό χρόνο. Έλεγχος για ελαττωματικά κελιά στη μνήμη RAM διπλής θύρας. Έλεγχος επικοινωνίας από το VUP στο VRC. Έλεγχος επικοινωνίας από το VRC στο VUP. Έλεγχος αν σε ποιο σημείο το

VUP και το VRC διαβάζουν και γράφουν στην ίδια διεύθυνση DPRAM την ίδια στιγμή, προκαλώντας συγκρούσεις διευθύνσεων.

- Έλεγχοι μετατροπής A/D.

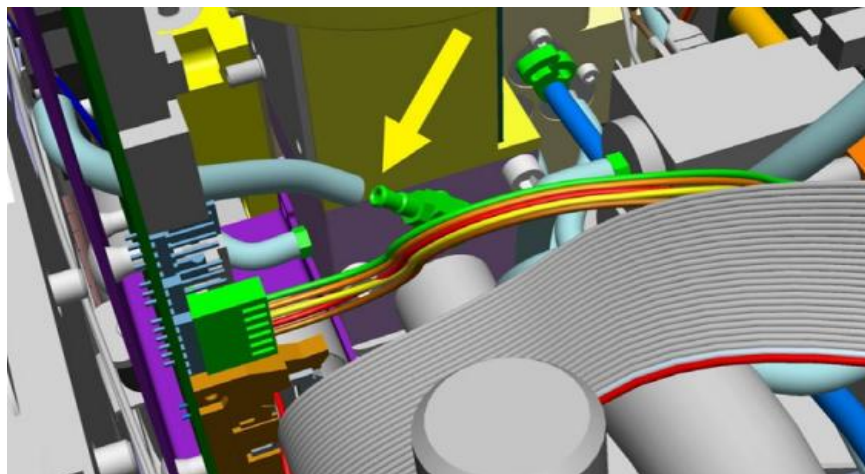
Οι έλεγχοι μετατροπής A/D εμφανίζουν τα αποτελέσματα των ελέγχων από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα (A/D). Εδώ ο μηχανικός ελέγχει ότι οι μετατροπές που γίνονται στα διάφορα κανάλια βρίσκονται εντός κάποιων ορίων που θέτει ο κατασκευαστής.

- Έλεγχοι μετατροπής D/A.

Εδώ ο μηχανικός επιλέγει και ελέγχει διάφορες τιμές από το σήμα που στέλνεται στον μετατροπέα D/A και διασταυρώνει εάν τα αποτελέσματα είναι εντός των ορίων που ορίζει ο κατασκευαστής.

- Βαθμονομήσεις μηδενισμού και πλήρης κλίμακας.

Για να γίνουν οι βαθμονομήσεις των αισθητήρων πίεσης απαιτείται ο αναπνευστήρας να έχει προηγουμένως βρεθεί σε λειτουργία αερισμού για τουλάχιστον δεκαπέντε λεπτών για να διασφαλιστεί ότι όλα τα εξαρτήματα βρίσκονται σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας. Έπειτα για τη βαθμονόμηση μηδενισμού απαιτείται η αφαίρεση του κυκλώματος ασθενούς αλλά και η αφαίρεση του σωλήνα που οδηγεί τα αέρια στη βαλβίδα εισπνοής.



Εικόνα 3. Σωληνάκι σύνδεσης βαλβίδας εισπνοής.

Υπάρχουν ποτενσιόμετρα τοποθετημένα στην πλακέτα αισθητήρων και στην σερβοπλακέτα τα οποία είναι υπεύθυνα για τις βαθμονομήσεις των αισθητήρων πίεσης (μηδενισμό και πλήρης κλίμακα). Οι αισθητήρες πίεσης οι οποίοι βαθμονομούνται στο μηδέν αλλά και σε πλήρη πίεση είναι οι εξής: Prat, Paw, Paux, Dp servo, Dp mixer και Dp flow sensor. Οι αισθητήρες : Prat, Paw, Paux, Dp servo και Dp flow sensor αναγράφονται στην οθόνη του αναπνευστήρα και για την βαθμονόμηση μηδενισμού ο μηχανικός οφείλει να ρυθμίσει τα αντίστοιχα ποτενσιόμετρα στο μηδέν. Για τον μηδενισμό του αισθητήρα Dp mixer ο μηχανικός οφείλει να συνδέσει ένα ψηφιακό πολύμετρο στην πλακέτα αισθητήρων στα pins ένα και έξι και να κάνει την βαθμονόμηση του αντίστοιχου ποτενσιόμετρου.

Για την βαθμονόμηση πλήρης κλίμακας, ο μηχανικός πρέπει να φτιάξει ένα κύκλωμα με συνδετικά τύπου y και σωληνάκια, έναν περιοριστή πίεσης, μία χειροκίνητη αντλία πίεσης και ένα ψηφιακό μετρητή πίεσης. Η συνδεσμολογία πρέπει να είναι έτσι ώστε το κύκλωμα να είναι κλειστό, ο αναπνευστήρας να μπουστάρεται με πίεση την οποία ορίζει ο μηχανικός μέσω της αντλίας πίεσης και να διατηρείται μέσω του περιοριστή αλλά και να διαβάζεται από τον ψηφιακό μετρητή. Ο μηχανικός στη συνέχεια αντλεί μία πίεση που ορίζει ο κατασκευαστής ως πρότυπη για την βαθμονόμηση πλήρης κλίμακας, της τάξεως των 80 mbar περίπου και ρυθμίζει τα αντίστοιχα ποτενσιόμετρα στην αντίστοιχη τιμή (έστω 80mbar) ⁺ ⁻ τα όρια ανοχής.

- Βαθμονόμηση και έλεγχοι του αισθητήρα οξυγόνου: γαλβανικός ή παραμαγνητικός αισθητήρας οξυγόνου.

Σε αυτή τη διαδικασία ο μηχανικός απαιτείται να κάνει βαθμονόμηση στον αισθητήρα οξυγόνου. Είναι μια διαδικασία η οποία γίνεται αυτόματα από τον ίδιο τον αναπνευστήρα. Αφού η βαθμονόμηση ολοκληρωθεί, ο μηχανικός έπειτα δοκιμάζει τον αισθητήρα σε τρεις καταστάσεις. Air inlet, στην οποία στέλνεται μόνο αέρας ως πρότυπο αέριο προς τον αισθητήρα οξυγόνου για μέτρηση ποσοστού οξυγόνου 21% που είναι και το ποσοστό που επικρατεί στον περιβάλλον και ελέγχει για τα όρια που δίνει ο κατασκευαστής. O2 inlet, στην οποία στέλνεται μόνο οξυγόνο ως πρότυπο αέριο προς τον αισθητήρα οξυγόνου για μέτρηση ποσοστού οξυγόνου 100% και ελέγχει για τα όρια που δίνει ο κατασκευαστής. Tank gas, στην οποία ο μηχανικός επιλέγει ένα ποσοστό

μείγματος – αέρα οξυγόνου- να γεμίσει την δεξαμενή του αναπνευστήρα και να οδηγηθεί στον αισθητήρα οξυγόνου για μέτρηση.

- Βαθμονόμηση και έλεγχοι μείκτη.

Στη διαδικασία βαθμονόμησης και ελέγχου μείκτη, ο μηχανικός μέσω του αναπνευστήρα ελέγχει για διαρροές στη δεξαμενή, στο μίξερ, ελέγχει για τη σωστή λειτουργία της βαλβίδας του μείκτη, τη σωστή λειτουργία της βαλβίδας μέγιστης πίεσης της δεξαμενής και επιτρέπει τη βαθμονόμηση κέρδους του μείκτη.

- Έλεγχος κυκλώματος αισθητήρα ροής.

Εμφανίζει την πίεση του διαφορικού αισθητήρα ροής στον αισθητήρα πίεσης (dP). Κατά τη διάρκεια αυτού του ελέγχου, η πίεση αλλάζει από περίπου μηδέν (όταν και οι δύο βαλβίδες αυτόματου μηδενισμού είναι ανοιχτές σε πίεση περιβάλλοντος) σε περίπου 5000 (όταν οι βαλβίδες αυτόματου μηδενισμού είναι κλειστές και η μία πλευρά του αισθητήρα ροής είναι σφραγισμένη, επιτρέποντας τη ροή ξεβγάλματος (rinse flow) να δημιουργήσει πίεση σε εκείνη την πλευρά). Ο ρόλος του μηχανικού σε αυτό το σημείο είναι να μπλοκάρει διαδοχικά τις εξόδους (χρωματικά ασημί και μπλε) του αισθητήρα ροής με το δάχτυλο του και να βεβαιωθεί ότι η μέτρηση κάθε φορά στην οθόνη του αναπνευστήρα στο διαφορικό αισθητήρα ροής αλλάζει κάθε πέντε δευτερά ανάμεσα στις τιμές: από -40 έως 40mbar και από -5040 -5200mbar στο μπλε ή 5040 έως 5200mbar στον ασημί. Για τον έλεγχο της ροής rinse χρειάζεται να τοποθετήσει στις συνδέσεις του αισθητήρα ροής (μπλε και ασημί) μικρά σωληνάκια τα οποία θα καταλήγουν σε ένα δοχείο νερού. Εκεί θα ελέγξει εάν υπάρχει εξίσου η ίδια ροή από τα δύο σωληνάκια η οποία ροή θα δημιουργεί με την ίδια συχνότητα φουσκάλες στο δοχείου του νερού και από τα δύο σωληνάκια.

- Έλεγχος βαλβίδας μέγιστης πίεσης (overpressure) ασθενή.

Ελέγχει τη βαλβίδα εισπνοής για διαρροές, το μπλοκ βαλβίδας ασφαλείας για διαρροές και την πίεση ανοίγματος στη βαλβίδα μέγιστης πίεσης ασθενούς. Σε αυτό το στάδιο ο Μηχανικός Βιοϊατρικής θα χρειαστεί ένα σωλήνα ο οποίος θα συνδέεται στην εισπνοή του αναπνευστήρα και θα καταλήγει σε χειροκίνητη αντλία πίεσης με μανόμετρο. Αρχικά θα χρειαστεί να δημιουργήσει μία πίεση περίπου στα 90mbar και να επιβεβαιώσει ότι

χρειάζονται πάνω από 10 δεύτερα για την πίεση να πέσει στα μισά από ότι έχει ορίσει στην αρχή. Έτσι θα έχει διακριβώσει ότι δεν υπάρχουν διαρροές. Έπειτα θα χρειαστεί να δημιουργήσει πίεση μεγαλύτερη από 100mbar και να δει ότι η βαλβίδα μέγιστης πίεσης ανοίγει στα όρια που έχει ορίσει ο κατασκευαστής.

- Έλεγχος βαλβίδας εισπνοής.

Ελέγχει την παροχή αερίου της βαλβίδας εισπνοής και επιτρέπει τη βαθμονόμηση της βαλβίδας και τη βαθμονόμηση του αισθητήρα ροής. Για να γίνει η βαθμονόμηση της βαλβίδας εισπνοής με την παροχή ροής αερίου, ο μηχανικός χρειάζεται δύο περιοριστές ροής και ένα ψηφιακό μετρητή πίεσης. Ένας που να ενδείκνυται για 20 ml/s ροή η οποία μεταφράζεται σε περίπου 54 mbar πίεση και ένας που να ενδείκνυται για 500 ml/s ροή η οποία μεταφράζεται σε περίπου 63mbar πίεση. Αφού δώσει τις ανάλογες ροές από τον αναπνευστήρα (20 και 500 ml/s) στη συνέχεια χρειάζεται μέσω δύο ποτενσιόμετρων που βρίσκονται στη σέρβο πλακέτα να ρυθμίσει ανάλογα τα όρια της πίεσης. Στη συνέχεια ακολουθεί η βαθμονόμηση του αισθητήρα ροής τοποθετώντας κύκλωμα ασθενούς με αισθητήρα ροής η οποία γίνεται βήμα-βήμα από τον μηχανικό και τέλος ο μηχανικός δοκιμάζει κάθε πιθανή ροή που του επιτρέπει ο αναπνευστήρας στο συγκεκριμένο τεστ και ελέγχει ότι ανταποκρίνεται στα όρια που έχει ορίσει ο κατασκευαστής.

- Βαθμονόμηση & έλεγχος της βαλβίδας εκπνοής.

Βαθμονομεί και ελέγχει τη βαλβίδα εκπνοής. Για αυτή τη διαδικασία ο μηχανικός πρέπει να σφραγίσει το κύκλωμα ασθενούς και η βαθμονόμηση γίνεται αυτόματα. Στη συνέχεια και αφού ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση χρειάζεται να ελέγξει επιλέγοντας κάποιες τιμές PEEP ότι η δύναμη που έχει επιλέξει, ασκείται στη μεμβράνη σιλικόνης του αισθητήρα ροής, που εν συνεχεία θα είναι και το κατώτατο όριο πίεσης στους πνεύμονες του ασθενούς που κατά τον αερισμό δεν θα μπορεί να ξεπεραστεί.

- Έλεγχος νεφελοποιητή.

Κατά τον έλεγχο της βαλβίδας του νεφελοποιητή, ο μηχανικός χρειάζεται να τοποθετήσει στην έξοδο του ένα σωληνάκι το οποίο θα καταλήγει στον ψηφιακό μετρητή πίεσης. Όταν η βαλβίδα του νεφελοποιητή είναι σε λειτουργία, αυτό σημαίνει ότι η βαλβίδα

πρέπει να ανοίγει και να κλείνει ανά πέντε δεύτερα σε σταθερή συχνότητα και να δίνει την πίεση προς τον μετρητή που έχει ορίσει ο κατασκευαστής (περίπου στα 2mbar).

- Έλεγχος μπαταρίας.

Κατά τον έλεγχο της μπαταρίας ο μηχανικός χρειάζεται να ελέγξει την χωρητικότητα της μπαταρίας η οποία ενδείκνυται στα 9000 Ah αλλά και η θερμοκρασία της να μην ξεπερνά του 60°C. Τα παραπάνω είναι πληροφορίες που έχουν ήδη μεταφραστεί και φαίνονται στην οθόνη του αναπνευστήρα.

- Έλεγχοι επικοινωνίας.

Εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με την αλληλεπίδραση οθόνης - μονάδας (IPP), τη σύνδεση IPP-VUP και το λειτουργικό σύστημα. Οι ακόλουθοι έλεγχοι για την έκδοση IPP καθορίζονται από τη συγκεκριμένη έκδοση λογισμικού που έχει εγκατασταθεί.

- Έλεγχοι οθόνης LCD.

Ελέγχει το χρώμα της οθόνης LCD, τον οπίσθιο φωτισμό, την ευθυγράμμιση εικονοστοιχείων και εμφανίζει μηνύματα για έλεγχο.

- Έλεγχοι διεπαφής χρήστη και τόνοι συναγερμού.

Ελέγχει τους προκαθορισμένους ως υψηλού, μεσαίου και χαμηλού κινδύνου συναγερμούς αλλά και την χρωματική ένταση των φωτιζόμενων συναγερμών.

- Βαθμονόμηση οθόνης αφής.

Ένας από τους τελικούς ελέγχους που πρέπει να εκτελέσει ο μηχανικός είναι και η βαθμονόμηση της οθόνης. Στην οθόνη εμφανίζεται ένας κέρσορας τον οποίο χρειάζεται να πατάει με το δάχτυλό του σε κάθε γωνία της οθόνης αλλά και στο κέντρο της ώστε να ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση της.

- Αρχεία καταγραφής συμβάντων.

Κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της συντήρησης ο μηχανικός οφείλει να διαθέτει ένα USB στικάκι με το οποίο κατά το πέρας της συντήρησης θα μπορέσει να αντλήσει όλα τα συμβάντα που συνέβησαν στον εν λόγω αναπνευστήρα και παρέχουν πληροφορίες

για την αντιμετώπιση προβλημάτων. Το μέγεθος του αρχείου καταγραφής συμβάντων διατηρεί έως και 10.000 συμβάντα. Μόλις γεμίσει η μνήμη, οι παλαιότερες πληροφορίες διαγράφονται καταγράφοντας τα τελευταία γεγονότα. Το αρχείο καταγραφής συμβάντων παραμένει αποθηκευμένο και μετά την απενεργοποίηση της μονάδας. Τα δεδομένα αρχείου καταγραφής συμβάντων μπορούν να προβληθούν ενώ ο αναπνευστήρας βρίσκεται σε λειτουργία δοκιμής, σε λειτουργία αερισμού ή αλλιώς μέσα από το μενού του service γίνεται η εξαγωγή για περαιτέρω ανάλυση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

Επίλογος.

Συνοψίζοντας την ανάλυση της σημαντικότητας των ιατρικών αναπνευστήρων από την οπτική του μηχανικού, καταλήγουμε σε συμπεράσματα που αναδεικνύουν τον κρίσιμο ρόλο που διαδραματίζουν αυτές οι συσκευές στην υγεία των ασθενών. Η ανάλυση των μηχανικών συνιστωσών των ιατρικών αναπνευστήρων επισημαίνει την κρίσιμη σχέση μεταξύ της μηχανικής λειτουργίας και της αποτελεσματικής υποστήριξης της αναπνοής. Οι σημερινοί αναπνευστήρες ενσωματώνουν προηγμένη τεχνολογία, αναγκαία για την ακριβή ρύθμιση της πίεσης, του όγκου και των ποσοστών οξυγόνου. Η συνεχής παρακολούθηση και προσαρμογή των παραμέτρων αυτών διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στη βελτίωση της αναπνευστικής κατάστασης του ασθενούς.

Στο πλαίσιο αυτό, ο μηχανικός αναδεικνύει τον καθοριστικό του ρόλο στην ανάπτυξη, συντήρηση και βελτίωση αυτών των συσκευών. Η πρωτοποριακή σχεδίαση, ο έλεγχος ποιότητας και η καινοτομία στη βιοϊατρική τεχνολογία συνεισφέρουν ουσιαστικά στην ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των αναπνευστήρων.

Σε συνολικό επίπεδο, η συνεργασία μεταξύ ιατρικής και μηχανικής είναι καθοριστική για τη συνεχή εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας. Η κατανόηση των μηχανικών πτυχών των αναπνευστήρων ενισχύει τη συνειδητοποίηση για τη σημασία της σχεδιαστικής

ακρίβειας και της τεχνολογικής καινοτομίας για την αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων υγείας.

Βιβλιογραφία

1. Βασικές ρυθμίσεις στο μηχανικό αερισμό. Θεόδωρος Βασιλακόπουλος.
2. Βασικές αρχές μηχανικού αερισμού στη ΜΕΘ. Βόλακλη Ε.
3. Nurse anesthesia fifth edition. Nagelhout.
4. AVRA 20. Δήμητρα Γκρους. Health and Fitness.
5. Θέματα. Τόμος 26^{ος} περί αναισθησιολογίας και εντατικής ιατρικής.
6. The history of tracheal intubation and mechanical ventilation. Πασσιάς Ε. Απόστολος.
7. Observations on the recovery of a man dead in appearance by distending the lungs with air. Fothergill John.
8. Wikipedia.
9. Banach DB, Johnston BL, Al-Zubeidi D, Bartlett AH, Bleasdale SC, Deloney VM, Enfield KB, Guzman-Cottrill JA, Lowe C, Ostrosky-Zeichner L, Popovich KJ, Patel PK, Ravin K, Rowe T, Shenoy ES, Stienecker R, Tosh PK, Trivedi KK. Outbreak response and incident management: SHEA guidance and resources for

- healthcare epidemiologists in United States acute-care hospitals. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2017;38(12):1393–1419. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]
10. Barbisch DF, Koenig KL. Understanding surge capacity: Essential elements. *Academic Emergency Medicine*. 2006;13(11):1098–1102. [[PubMed](#)]
 11. Barry JM. *Smithsonian Magazine*. Nov, 2017. [August 9, 2018]. How the horrific 1918 flu spread across America. <https://www.smithsonianmag.com/history.com/history/journal-plague-year-180965222>.
 12. Beckman S, Materna B, Goldmacher S, Zipprich J, D'Alessandro M, Novak D, Harrison R. Evaluation of respiratory protection programs and practices in California hospitals during the 2009-2010 H1N1 influenza pandemic. *American Journal of Infection Control*. 2013;41(11):1024–1031. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]
 13. Bergman MS, Viscusi DJ, Zhuang Z, Palmiero AJ, Powell JB, Shaffer RE. Impact of multiple consecutive donnings on filtering facepiece respirator fit. *American Journal of Infection Control*. 2012;40(4):375–380. [[PubMed](#)]
 14. BLS (Bureau of Labor Statistics). May 2017 national industry-specific occupational employment and wage estimates: NAICS 621000—Ambulatory health care services. 2018. [July 27, 2018]. https://www.bls.gov/oes/current/naics3_621000.htm.
 15. Ramazzini B. *De morbis artificum (Diseases of workers)*. Wright WC, editor. Chicago: University of Chicago Press; 1713. Translated by. [[PubMed](#)]
 16. Rengasamy S, King WP, Eimer BC, Shaffer RE. Filtration performance of NIOSH-approved N95 and P100 filtering facepiece respirators against 4- to 30-nanometer-size nanoparticles. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2008;5(9):556–564. [[PubMed](#)]
 17. SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) Commission. *The SARS Commission final report: Spring of fear*. Toronto, ON: Commission to Investigate

the Introduction and Spread of SARS in Ontario; 2006. [October 24, 2018]. http://www.archives.gov.on.ca/en/e_records/sars/report.

18. Thorne CD, Khozin S, McDiarmid MA. Using the hierarchy of control technologies to improve healthcare facility infection control: Lessons from severe acute respiratory syndrome. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2004;46(7):613–622. [[PubMed](#)]
19. Veenema TG, Boland F, Patton D, O'Connor T, Moore Z, Schneider-Firestone S. Analysis of emergency health care workforce and service readiness for a mass casualty event in the Republic of Ireland. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 2018:1–13. [[PubMed](#)]

20. Welzel TB, Koenig KL, Bey T, Visser E. Effect of hospital staff surge capacity on preparedness for a conventional mass casualty event. *Western Journal of Emergency Medicine*. 2010;11(2):189–196. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] Wizner K, Stradtman L, Novak D, Shaffer R. Prevalence of respiratory protective devices in U.S. health care facilities: Implications for emergency preparedness. *Workplace Health & Safety*. 2016;64(8):359–368.
21. Zhu JH, Lee SJ, Wang DY, Lee H. Effects of long-duration wearing of N95 respirator and surgical facemask: A pilot study. *Journal of Lung, Pulmonary & Respiratory Research*. 2014;1(4):0002.
22. Kohbodi GA, Rajasurya V, Noor A. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Sep 10, 2022. Ventilator-Associated Pneumonia. [[PubMed](#)]
23. Branson RD. Automation of Mechanical Ventilation. *Crit Care Clin*. 2018 Jul;34(3):383-394. [[PubMed](#)]
24. Broman LM, Malfertheiner MV, Montisci A, Pappalardo F. Weaning from venovenous extracorporeal membrane oxygenation: how I do it. *J Thorac Dis*. 2018 Mar;10(Suppl 5):S692-S697. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]
25. Bulleri E, Fusi C, Bambi S, Pisani L. Patient-ventilator asynchronies: types, outcomes and nursing detection skills. *Acta Biomed*. 2018 Dec 07;89(7-S):6-18. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]
26. Cvach MM, Stokes JE, Manzoor SH, Brooks PO, Burger TS, Gottschalk A, Pustavoitau A. Ventilator Alarms in Intensive Care Units: Frequency, Duration, Priority, and Relationship to Ventilator Parameters. *Anesth Analg*. 2020 Jan;130(1):e9-e13. [[PubMed](#)]
27. O'Gara B, Talmor D. Perioperative lung protective ventilation. *BMJ*. 2018 Sep 10;362:k3030. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]
28. Mora Carpio AL, Mora JI. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Apr 24, 2023. Assist-Control Ventilation. [[PubMed](#)]

29. Luo J, Wang MY, Liang BM, Yu H, Jiang FM, Wang T, Shi CL, Li PJ, Liu D, Wu XL, Liang ZA. Initial synchronized intermittent mandatory ventilation versus assist/control ventilation in treatment of moderate acute respiratory distress syndrome: a prospective randomized controlled trial. *J Thorac Dis.* 2015 Dec;7(12):2262-73. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]
30. Jabaley CS, Groff RF, Sharifpour M, Raikhelkar JK, Blum JM. Modes of mechanical ventilation vary between hospitals and intensive care units within a university healthcare system: a retrospective observational study. *BMC Res Notes.* 2018 Jul 03;11(1):425. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)]
31. Brackett DE, Sanghavi DK. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Sep 21, 2022. Pressure Support. [[PubMed](#)]
32. Pinto VL, Sharma S. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Jul 25, 2022. Continuous Positive Airway Pressure. [[PubMed](#)]
33. Nielsen JR, Lim KS. Airway plans and capnography. *Anaesthesia.* 2019 Mar;74(3):397. [[PubMed](#)]
34. Sharma S, Hashmi MF, Valentino III DJ. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Nov 6, 2022. Sedation Vacation in the ICU. [[PubMed](#)]
35. Klompas M. Oropharyngeal Decontamination with Antiseptics to Prevent Ventilator-Associated Pneumonia: Rethinking the Benefits of Chlorhexidine. *Semin Respir Crit Care Med.* 2017 Jun;38(3):381-390. [[PubMed](#)]
36. Rouzé A, Martin-Loeches I, Nseir S. Airway Devices in Ventilator-Associated Pneumonia Pathogenesis and Prevention. *Clin Chest Med.* 2018 Dec;39(4):775-783. [[PubMed](#)]