

**Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥ
ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ
ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΑΛΜΙΚΗΣ ΟΞΥΜΕΤΡΙΑΣ**

**INVESTIGATION OF NURSING PERSONNEL'S
KNOWLEDGE ABOUT THE USE OF PULSE
OXYMETRY**



**Εισηγητής:
Κιέκκας Παναγιώτης**

**Σπουδάστριες:
Αλιμούτση Αντελάϊντα
Τσέκο Φλοράλμπα**

**ΠΑΤΡΑ
Μάρτης 2012**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	
1.1 Το αναπνευστικό σύστημα	12
1.1.a Λειτουργία της αναπνοής.	12
1.1.b Ανατομία του αναπνευστικού συστήματος	13
1.2 Το κυκλοφορικό σύστημα	22
1.2.a Ανατομία και Φυσιολογία της Καρδιάς	23
1.2.b Ανατομία και Φυσιολογία των Αιμοφόρων Αγγείων	25
1.3 Αιματολογία	29
1.3.a Λειτουργίες του αίματος	29
1.3.b Έμμορφα συστατικά του αίματος (κύτταρα)	30
1.3.c Άμορφα συστατικά του αίματος- Πλάσμα	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	
2.1 Ιστορική αναδρομή	34
2.2 Ορισμός παλμικής οξυμετρίας	37
2.3 Βασικές αρχές οξυμετρίας	37
2.4 Λειτουργία του Παλμικού Οξύμετρου	38
2.5 Πλεονεκτήματα της Παλμικής Οξυμετρίας.....	39
2.6 Τα σύγχρονα οξύμετρα.....	40
2.7 Κλινικές εφαρμογές παλμικού οξύμετρου	40

2.7.a Τα είδη της υποξίας	42
2.7.b Οι πιο συχνές αιτίες υποξαιμίας.....	43
2.8 Άλλα είδη οξυμετρίας.....	50
2.8.a Φλεβική οξυμετρία	50
2.8.b Εγκεφαλική οξυμετρία.....	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Περιορισμοί και παράγοντες που επηρεάζουν την χρήση της παλμικής οξυμετρίας.....	52
3.2 Μειονεκτήματα της Παλμικής οξυμετρίας	56
3.3 Επιπλοκές της παλμικής οξυμετρίας.....	57
3.4 Παλμικό monitoring των ασθενών	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Οδηγίες για καλύτερη εφαρμογή του οξυμέτρου	60
4.2 Πληροφορίες προφύλαξης.....	62
4.3 Προειδοποιήσεις	63
4.4 Αίτια παρεμβολών στη μέτρηση ή αναξιόπιστες ενδείξεις.....	63
4.5 Βλάβες.....	65
4.5.a Ορισμοί Σφαλμάτων	65
4.5.b Πιθανά προβλήματα και αντίστοιχες λύσεις	66
4.6 Καθαρισμός ενός Παλμικού οξυμέτρου.....	67
4.7 Συντήρηση και αποθήκευση	68

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5.1 Σκοπός της έρευνας.....	70
5.2 Σχεδιασμός της έρευνας	70
5.3 Ανάπτυξη ερωτηματολογίου	70
5.4 Ανάλυση δεδομένων.....	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6.1 Αποτελέσματα.....	73
-----------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

7.1. Συζήτηση.....	82
7.2 Διάφορες μελέτες διερεύνησης της γνώσης της παλμικής οξυμετρίας.....	82

7.3 Περιορισμοί της μελέτης.....	86
7.4 Η εφαρμογή της παλμικής οξυμετρίας στην κλινική πράξη.....	86
7.5 Συμπεράσματα.....	87

Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	89
--------------------------------------	-----------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Γλωσσάριο.....	94
Δείγμα ερωτηματολογίου	96

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός που μας ώθησε στην διεκπεραίωση αυτής της εργασίας είναι να δοθούν πληροφορίες για την κατανόηση της λειτουργίας ενός παλμικού οξύμετρου και μέσω της έρευνάς μας να διερευνήσουμε το επίπεδο των γνώσεων των νοσηλευτών πάνω στο θέμα αυτό και την σύγκριση της γνώσης μεταξύ των τμημάτων .

Στην εργασία αυτή παρατίθενται σχετικά ανατομικά στοιχεία, ορισμούς αιματολογίας, ορισμό- λειτουργία και αρχές της παλμικής οξυμετρίας. Επίσης συμπεριλαμβάνει οδηγίες χρήσης- αποθήκευσης και ασφάλειας ενός παλμικού οξύμετρου και η ερευνητική μελέτη που διεξήγαμε.

Τα παραπάνω περιγράφονται με τρόπο επιστημονικό και παράλληλα κατανοητό έτσι ώστε να γίνονται αντιληπτά από εξειδικευμένο και μη προσωπικό στην χρήση του παλμικού οξύμετρου.

Τέλος ακολουθούν τα αποτελέσματα της έρευνάς μας και μια σειρά συμπερασμάτων και προτάσεων που θα μπορούσαν να συντελέσουν επιτυχώς στην καλύτερη κατανόηση, χρήση και συντήρηση ενός παλμικού οξύμετρου από το προσωπικό μιας κλινικής.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι πλούσιες επιδράσεις ανθρώπων σε επιστημονικές γνώσεις, καθώς και των γονέων που συμβάλουν στην δημιουργία νέων επιστημόνων για την ορθή συμβολή τους στην κοινωνία είναι άξια θαυμασμού. Για τον λόγο αυτό αισθανόμαστε, λοιπόν, την ανάγκη να εκφράσουμε την θερμή μας ευγνωμοσύνη στον κύριο Κιέκκα Παναγιώτη καθηγητή του τμήματος νοσηλευτικής στο Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών ως ελάχιστη έκφραση του χρέους μας προς τον άνθρωπο που εξασφάλισε με την πολύ γόνιμη και δημιουργική του υποστήριξη, το πλαίσιο και τα κίνητρα που χρειαζόμασταν γι' αυτή την διαδρομή.

Είμαστε, επίσης, ιδιαίτερα ευγνώμονες στους γονείς μας, οι οποίοι μας υποστήριξαν ηθικά και όχι μόνο σε αυτό τον δύσκολο αγώνα που με τόσο κόπο καταφέραμε να βγάλουμε εις πέρας.

« Η πρόοδος συνήθως προχωρεί με βήματα κι όχι με άλματα»
(Κομφούκιος)

« Πριν απομακρυνθώ απ' το τραπέζι των επιστημονικών μου ερευνών, θέλω να σηκώσω τα μάτια και τα χέρια μου στον ουρανό και ν' αφήσω την ταπεινή μου προσευχή, θερμή να υψωθεί προς Αυτόν που δημιούργησε το φώς»
(Κέπλερ)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παλμική οξυμετρία είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μη επεμβατική μέθοδος για την μέτρηση του κορεσμού του αρτηριακού αίματος. Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες έχουν αναφερθεί ελλείψεις γνώσεων μεταξύ των νοσηλευτών, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την έκβαση των ασθενών αρνητικά.

Ο σκοπός της πτυχιακής μας εργασίας ήταν η αξιολόγηση του επιπέδου των γνώσεων σχετικά με την παλμική οξυμετρία του νοσηλευτικού προσωπικού των παρακάτω τμημάτων: Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ), Αναισθησιολογικό, Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ) και η σύγκριση της γνώσης ανάμεσα στα τμήματα αυτά.

Από το νοσηλευτικό προσωπικό στα τμήματα των ΜΕΘ, Αναισθησιολογικού και ΤΕΠ των έξι νοσοκομείων ζητήθηκε να συμπληρώσουν ιδιαίτερος ένα ερωτηματολόγιο 21 ερωτήσεων αξιολόγησης γνώσεων, το οποίο είχε αξιολογηθεί για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία του.

Συμπληρώθηκαν 207 ερωτηματολόγια (ποσοστό ανταπόκρισης 74,5%). Το μέσο σκορ γνώσης της παλμικής οξυμετρίας ήταν $12,8 \pm 3,2$, με τους νοσηλευτές της ΜΕΘ να έχουν υψηλότερο σκορ από τους νοσηλευτές των ΤΕΠ ($p= 0,001$), και οι νοσηλευτές με πάνω από 10 χρόνια εμπειρίας είχαν υψηλότερο σκορ από το προσωπικό που είχε μικρότερη εμπειρία ($p= 0,015$). Σε έξι ερωτήσεις το ποσοστό σωστών απαντήσεων δεν υπερέβη το 50%, πέντε εκ των οποίων κάλυπταν τις αρχές λειτουργίας της παλμικής οξυμετρίας. Το νοσηλευτικό προσωπικό της ΜΕΘ είχε περισσότερες σωστές απαντήσεις στις πέντε ερωτήσεις συγκριτικά με το προσωπικό των ΤΕΠ και σε δύο αυτές σε σύγκριση με το προσωπικό του Αναισθησιολογικού.

Συμπεραίνουμε ότι η μεγάλη επαγγελματική εμπειρία και η εργασία στην ΜΕΘ σχετίζεται με υψηλή γνώση της παλμικής οξυμετρίας των ελλήνων νοσηλευτών. Η γνώση της παλμικής οξυμετρίας στηρίζεται στην κλινική εμπειρία, όπως διαπιστώνεται από τις ελλειπείς γνώσεις και τις διαφορές μεταξύ των νοσηλευτών,

Τα ευρήματα αυτά τονίζουν την ανάγκη για βελτίωση της προπτυχιακής εκπαίδευσης, και για την εισαγωγή προγραμμάτων συνεχιζόμενης εκπαίδευσης που να προάγουν τη συστηματική εκμάθηση και να υποστηρίζουν την επαγγελματική ανάπτυξη.

Λέξεις κλειδιά: οξυμετρία, κορεσμός οξυγόνου, υποξαιμία, Μονάδα Εντατικής Θεραπείας, Τμήμα Αναισθησίας, Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών, γνώση, δια βίου εκπαίδευση.

ABSTRACT

Although pulse oximetry has been widely used in clinical practice, previous studies have reported knowledge deficits among nurses, which may adversely affect patient outcomes.

Our aim was to evaluate pulse oximetry knowledge of nurses employed in the Intensive Care Unit (ICU), Anesthesiology Department (AD), and Emergency Department (ED), and compare knowledge among these departments/units.

All nurses employed in the ICU, AD, and ED of six hospitals were asked to complete in private a 21-item, knowledge-evaluating questionnaire, which was evaluated for content-related validity and reliability.

Two hundred seven questionnaires were completed (a response rate of 74.5%). Mean pulse oximetry knowledge score was 12.8 ± 3.2 , with ICU nurses having significantly higher scores than ED nurses ($P=.001$), and those with more than 10 years of experience having significantly higher scores than less experienced ones ($P=.015$). Correct responses did not exceed 50% for six questionnaire items, five of which covered principles of pulse oximetry function. ICU nurses had significantly more correct responses in five items compared to ED nurses, and in two of them compared to AD nurses.

Longer professional experience and being employed in the ICU were associated with higher pulse oximetry knowledge of Greek nurses. Considering knowledge deficits and differences among nurses, pulse oximetry knowledge seems to mainly develop through clinical experience.

These findings highlight the need for pre-graduate education to follow clinical advances, and especially for the implementation of high-quality, continuing education programs to provide systematic learning and support professional development of nurses.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η τεχνολογική πρόοδος έχει προσφέρει την δυνατότητα αξιολόγησης βελτίωσης στην παροχή φροντίδας των ασθενών και στην διευκόλυνση της απόδοσης των νοσηλευτών. Ειδικά σε τμήματα νοσοκομείων ή μονάδες όπου είναι αποδεκτό από ασθενείς ικανοποιητικού νοητικού επιπέδου, οι ηλεκτρονικές συσκευές έχουν γίνει αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής κλινικής πρακτικής. Το νοσηλευτικό προσωπικό φαίνεται να εκτιμά τις θετικές επιρροές του τεχνολογικού εξοπλισμού στην φροντίδα των ασθενών. Την ίδια στιγμή, αναγνωρίζουν τον πιθανό κίνδυνο για λάθη και αναφέρουν την ανάγκη της δια βίου μάθησης, λόγω της περιορισμένης γνώσης σχετικά με τη χρήση εξελιγμένων συσκευών.

Η εισαγωγή της οξυμετρίας μεταξύ των πρότυπων παρακολούθησης των ασθενών επέτρεψε την συνεχή ανίχνευση της υποξαιμίας μέσω μη επεμβατικής μέτρησης του κορεσμού του οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα. Ο υψηλός κίνδυνος για υποξαιμία έχει εντοπιστεί κυρίως σε ασθενείς με επισφαλείς ή ασταθείς αεραγωγούς, άτομα που λαμβάνουν οποιαδήποτε φαρμακευτική αγωγή και μπορούν να εμφανίσουν αναπνευστική καταστολή, όσους έχουν ανάγκη συμπληρωματικού οξυγόνου λόγω καρδιοπνευμονικών διαταραχών, καθώς και όσοι υποστηρίζονται μέσω επεμβατικών μεθόδων (π.χ. αιμοκάθαρση, βρογχοσκόπηση).

Οι εφαρμογές αυτές του οξυμέτρου αποτέλεσαν κίνητρο για να μελετηθεί περαιτέρω και να διερευνηθούν οι γνώσεις των νοσηλευτών στην Ελλάδα αξιολογώντας την αναλογία μεταξύ επιπέδου μόρφωσης και εμπειρίας.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 ΤΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Γενικά

Το αναπνευστικό σύστημα εξυπηρετεί την αναπνοή, η οποία σκοπό έχει την πρόσληψη οξυγόνου που είναι απαραίτητο για τις καύσεις, και την αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα¹. Εκτός από αυτά η πνευμονική κυκλοφορία ρυθμίζει τον όγκο του αίματος και παγιδεύουν μικρούς θρόμβους πριν προκαλέσουν βλάβες στις αρτηρίες της καρδιάς και εγκεφάλου².

1.1.a Λειτουργία της αναπνοής

Αναπνοή είναι η ανταλλαγή αέριων μεταξύ ενός οργανισμού και του περιβάλλοντος και η χρήση οξυγόνου και παράγωγη διοξειδίου του άνθρακα. Το οξυγόνο του εισπνεόμενου αέρα φτάνει στις πνευμονικές κυψελίδες όπου διαχέεται στο αίμα και το διοξείδιο διαχέεται προς την αντίθετη κατεύθυνση και αποβάλλεται κατά την εκπνοή. Στους τελικούς κλάδους του βρογχικού δέντρου βρίσκονται περίπου 300 εκατομμύρια κυψελίδες και η συνολική επιφάνεια τους είναι περίπου 100 τετραγωνικά μετρά.

Το οξυγόνο μεταφέρεται στο αίμα ως διαλυμένο αέριο η ποσότητα του αυτή απέχει πολύ από το να καλύψει τις ανάγκες των ιστών. Αντίθετα ο χημικός συνδυασμός μεταξύ οξυγόνου και αιμοσφαιρίνης των ερυθροκυττάρων επιτρέπει την μεταφορά 70 φορές περίπου μεγαλύτερης ποσότητας οξυγόνου. Το οξυγόνο διαχέεται από τα ερυθροκύτταρα προς τους ιστούς και το διοξείδιο προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το διοξείδιο μεταφέρεται στους πνεύμονες με τις φλέβες. Σε κατάσταση ηρεμίας η καρδιά αντλεί 5 λίτρα αίματος το λεπτό μέσα από τους πνεύμονες και τη συστηματική κυκλοφορία. Με αυτή την αιματική ροη μεταφέρονται περίπου 0,3 λίτρα

οξυγόνου ανά λεπτό σε ηρεμία από τους πνεύμονες προς την περιφέρεια και περίπου 0.25 διοξείδιο προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Η αναπνευστική συχνότητα σε ηρεμία είναι 12 με 16 αναπνοές ανά λεπτό. Επειδή η πρόσληψη είναι περίπου 0,5 λίτρα αέρα με κάθε αναπνοή η ικανότητα αερισμού είναι 6-8 λίτρα αέρα ανά λεπτό. Κατά την σωματική άσκηση η ικανότητα αερισμού φτάνει τα 100 λίτρα αέρα ανά λεπτό. Ο κυψελιδικός αερισμός είναι μικρότερος διότι ο αερισμός του νεκρού χώρου αποτελεί σημαντικότερος του αναπνεόμενου όγκου.

Στο μίγμα των αερίων η μερική πίεση ισούται προς το γινόμενο της ολικής πίεσης του μίγματος επί το σχετικό κλάσμα του αεριού. Το άθροισμα των μερικών πιέσεων των επιμέρους αερίων ισούται με την ολική πίεση. Στην επιφάνεια της θάλασσας η μέση βαρομετρική πίεση του αέρα είναι 101,3kPa(750 mm Hg). Κατά την διάρκεια διέλευσης του από τις αναπνευστικές οδούς ο εισπνεόμενος αέρας υφίσταται πλήρη κορεσμό με το νερό έτσι ώστε η πίεση του νερού να αυξάνει στη σταθερή τιμή των 6,37kPa(47 mm Hg). Η αύξηση αυτή προκαλεί πτώση της πίεσης του οξυγόνου και της pN_2 .²

1.1.b Ανατομία του αναπνευστικού συστήματος

Το αναπνευστικό σύστημα το διακρίνουμε σε δύο τμήματα, την άνω και την κάτω αεροφόρο οδό.

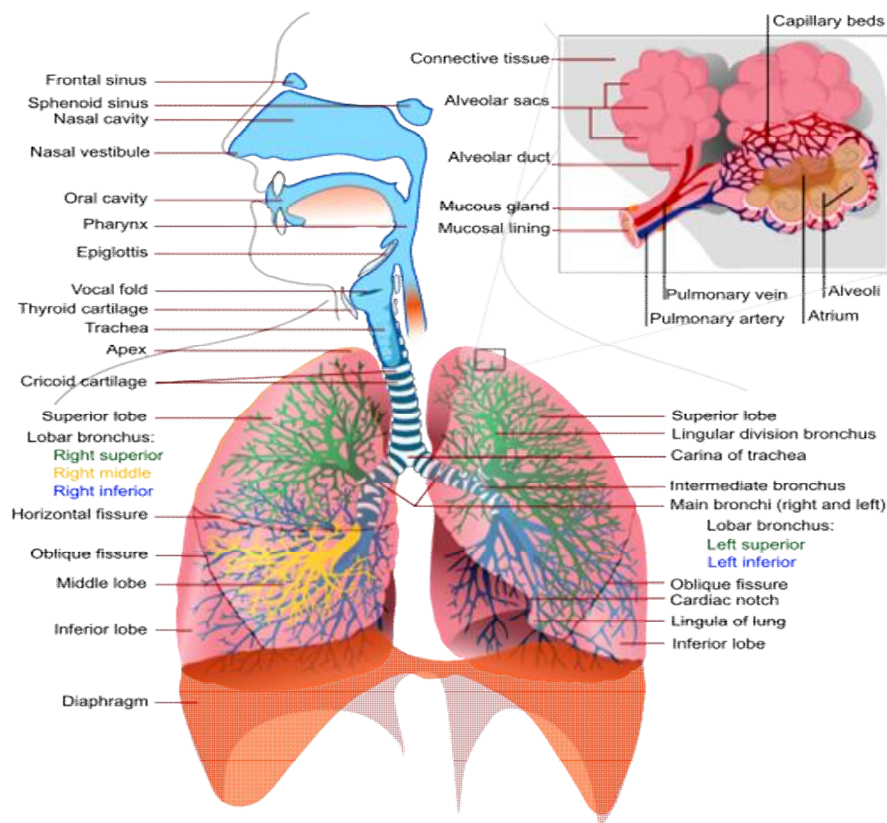
Η άνω αεροφόρος οδός αποτελείται από την

- έξω και την έσω ρίνα και
- την ρινική κοιλότητα και
- στοματική μοίρα του φάρυγγα.

Από τα τμήματα αυτά, καθώς διέρχεται ο αέρας, καθαρίζεται από τυχών ξένα σώματα, υγραίνεται και θερμαίνεται.

Η κάτω αεροφόρος οδός αποτελείται από

- το λάρυγγα,
- την τραχεία με
- τους δύο βρόγχους (αριστερό και δεξιό), και
- τους δύο πνεύμονες¹. **(Εικ.1)**



(Εικ. 1) Το Αναπνευστικό Σύστημα (Πηγή: WIKIPEDIA)³

- ΑΝΩ ΑΕΡΟΦΟΡΟΣ ΟΔΟΣ

Η ρίνα

Είναι η αρχή της άνω αεροφόρου οδού και αποτελείται από έναν οστεοχόνδρινο σκελετό και από μια κοιλότητα η οποία χωρίζεται από το ρινικό διάφραγμα στις δυο ρινικές θαλάμους¹. Η λειτουργία της περιλαμβάνει

- την κάθαρση του αέρα από τα εισπνεόμενα σωματίδια μέσω των τριχών της ρίνας, τις ρινικές κόγχες, το διάφραγμα την βλέννη των κροσσωτών κυττάρων.
- Θερμαίνει και υγραίνει τον εισερχόμενο αέρα, λόγω της αγγειοβρίθειας του βλεννογόνου της ρινός
- Στην όσφρηση: επιτελείται με υποδοχείς όσφρησης που υπάρχουν στο επιθήλιο της ρινός (όσφρητικό επιθήλιο)
- Αντηχείο: Η ρινική κοιλότητα λειτουργεί σαν αντηχείο για την ενίσχυση της παραγόμενης φωνής¹⁻⁴.

Ο φάρυγγας

Είναι ινομυώδης σωλήνας μήκους 12 έως 14 εκ., σχήματος χωνιού , που βρίσκεται μπροστά από την αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Έχει τέσσερα ανοίγματα και αποτελείται από τρεις μοίρες, την ρινική, τη στοματική και τη λαρυγγική. Η ρινική και η στοματική μοίρα, εξυπηρετούν την αναπνοή ενώ η στοματική και λαρυγγική μοίρα χρησιμεύουν για την διέλευση των τροφών¹. Καθώς επίσης επέχει θέση αντηχείου για ορισμένους φωνητικούς ήχους⁴

- ΚΑΤΩ ΑΕΡΟΦΟΡΟΣ ΟΔΟΣ

Ο λάρυγγας

Αποτελεί την αρχή της κάτω αεροφόρου οδού. Χρησιμεύει ως αεραγωγός και ως φωνητικό όργανο⁴. Είναι ένας ινοχόνδρινος σωλήνας που βρίσκεται κάτω από το υοειδές οστό και μπροστά από τη λαρυγγική μοίρα του φάρυγγα, στο ύψος του 4^{ου} , 5^{ου} και 6^{ου} αυχενικού σπονδύλου. Έχει μεγαλύτερη διάμετρο στους άνδρες, όπου και προεξέχει σχηματίζοντας το λαρυγγικό έπαρμα (μήλο του Αδάμ). Αποτελείται από χόνδρους, κατάλληλα συνδεδεμένους με συνδέσμους και διαρθρώσεις, που κινούνται με την βοήθεια διάφορων μυών.

Η κοιλότητα του λάρυγγα, καλύπτεται από βλεννογόνο, φέρει αγγεία και νεύρα καθώς και τις φωνητικές χορδές. Οι χόνδροι του λάρυγγα είναι 9, τρεις μονοί και τρεις διπλοί.

Οι μονοί είναι

- Ο θυρεοειδής,
- Ο κρικοειδής και
- Η επιγλωττίδα

Οι διπλοί είναι

- Οι αρυταινοειδείς,
- Οι κερατοειδείς και
- Οι σφηνοειδείς

Η κοιλότητα του λάρυγγα, υποδιαιρείται σε τρεις μοίρες, την άνω, την μέση και την κάτω. Η σπουδαιότερη είναι η μέση μοίρα, διότι εμφανίζει τις φωνητικές χορδές.

Διακρίνουμε

α) τις νόθες φωνητικές χορδές, που είναι πτυχές του βλεννογόνου. Δε μετέχουν στη φωνητική λειτουργία και είναι εξαιρετικά αναπτυγμένες στους εγγαστρίμυθους.

β) τις γνήσιες φωνητικές χορδές, οι οποίες είναι δύο λευκοειδείς πτυχές του βλεννογόνου μεταξύ της θυρεοειδικής γωνίας και των φωνητικών αποφύσεων των αρυταινοειδών χόνδρων, που σχηματίζουν τη σχισμή της γλωττίδας. Βρίσκονται επί του φωνητικού συνδέσμου και έχουν μήκος 2 με 2,5 εκ. (στις γυναίκες 1,5 με 2 εκ., γι' αυτό τον λόγο έχουν πιο οξεία φωνή).

γ) τη λαρυγγική κοιλότητα, που είναι ένα εκκόλπωμα του βλεννογόνου μεταξύ της γλωττίδας και της κοιλιακής πτυχής. Ο βλεννογόνος του λάρυγγα, αποτελείται από πολύστιχο κροσσωτό επιθήλιο εκτός από τα φωνητικά χείλη, όπου είναι πολύστιβο πλακώδες¹.

Τραχεία και βρόγχοι

Η τραχεία, αποτελεί την προς τα κάτω συνέχεια του λάρυγγα. Είναι ένας ινοχόνδρινος σωλήνας, με μήκος 10 έως 11 εκ. και αποτελείται από 16 έως 20 χόνδρινα ημικρίκια, που συνδέονται μεταξύ τους με τους μεσοκρίκιους συνδέσμους. Αρχίζει από το κάτω χείλος του κρικοειδούς χόνδρου και, στο ύψος του 4^{ου} θωρακικού σπονδύλου, αποσχίζεται στον αριστερό και στον δεξιό βρόγχο. Εμφανίζει δύο μοίρες, την τραχηλική και την θωρακική. Έρχεται σε σχέση με τον οισοφάγο, με τους λοβούς του θυρεοειδή αδένος, την κοινή καρωτίδα, το αορτικό τόξο, την άνω κοίλη φλέβα, την άζυγη φλέβα, και το δεξιό πνευμονογαστρικό νεύρο. Ο διχασμός της αντιστοιχεί στη στερνική γωνία.

Το εσωτερικό της τραχείας, στο σημείο του και αριστερά, εμφανίζει μια πτυχή του βλεννογόνου, η οποία στενεύει στο στόμιο του αριστερού βρόγχου και λέγεται τρόπιδα.

Οι βρόγχοι είναι δύο, φέρονται λοξά προς τα κάτω και εισχωρούν στις πύλες του σύστοιχου πνεύμονα. Ο δεξιός είναι μικρότερος, ευρύτερος και εισχωρεί με μεγάλη γωνία (γι' αυτό και τα ξένα σώματα φέρονται πιο συχνά στο δεξιό πνεύμονα). Πάνω από το δεξιό βρόγχο βρίσκεται η άζυγη φλέβα ενώ από τον αριστερό, βρίσκεται το αορτικό τόξο. Μπροστά του είναι η πνευμονική αρτηρία και η φλέβα.

Η τραχεία και οι βρόγχοι, αποτελούνται από τρεις χιτώνες,
α) τον ινοχόνδρινο χιτώνα
β) το μυϊκό χιτώνα, από λείες μυϊκές ίνες σε δύο στιβάδες (την έξω επιμήκη και την έσω εγκάρσια) και
γ) τον βλεννογόνο, με πολύστιχο κροσσωτό επιθήλιο, καλυκοειδή κύτταρα και οροβλεννογόνιους αδένες¹.

Οι πνεύμονες

Οι πνεύμονες είναι δύο, ο δεξιός και ο αριστερός πνεύμονας, και βρίσκονται στο αντίστοιχο ημιθωράκιο. Έχουν σχήμα κώνου και βάρος 550γρ. ο αριστερός και 650γρ. ο δεξιός.

Περιγραφικά, διακρίνουμε την κορυφή, τη βάση, την έσω επιφάνια, την έξω επιφάνια και τα τρία χείλη (το πρόσθιο, το οπίσθιο και το κάτω). Οι πνεύμονες, χωρίζονται από μια βαθιά σχισμή, τη μεσολόβια, σε μικρότερα τμήματα, που ονομάζονται λοβοί. Ο δεξιός πνεύμονας, χωρίζεται σε τρεις λοβούς (άνω, μέσο και κάτω), ενώ ο αριστερός σε δύο λοβούς (άνω και κάτω). Στην έσω επιφάνεια, εμφανίζονται οι πύλες, από όπου διέρχεται σε κάθε πνεύμονα ο σύστοιχος βρόγχος, η πνευμονική αρτηρία- φλέβα, η βρογχική αρτηρία- φλέβα, τα λεμφαγγεία και τα νεύρα. Πάνω από την πύλη του αριστερού πνεύμονα φέρεται το αορτικό τόξο και, πάνω από την πύλη του δεξιού πνεύμονα, η άζυγη φλέβα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του πνεύμονα είναι, το βρογχικό δένδρο, τα πνευμονικά λόβια, τα αγγεία και τα νεύρα του.

1. Το βρογχικό δένδρο

Αποτελείται από το στελεχιαίο βρόγχο και τους παράπλευρους βρόγχους. Ο στελεχιαίος βρόγχος που είναι συνέχεια του μεγάλου βρόγχου, αρχίζει από τις πύλες και εισερχόμενος στον πνεύμονα, δίνει παράπλευρους κλάδους (βρόγχους), η κατανομή των οποίων είναι διαφορετική σε κάθε πνεύμονα. Κατά τη διάρκεια της πορείας του, οι κλάδοι ακολουθούνται από τη σύστοιχη πνευμονική αρτηρία. Το βρογχικό δένδρο σχηματίζεται από αλληπάλληλες διαιρέσεις του δευτερεύοντα βρόγχου.

Στο τέλος του πνευμονικού δένδρου, απαντώνται οι πνευμονικές κυψελίδες. Οι κυψελίδες είναι οι τελευταίοι κλάδοι του βρογχικού δένδρου, σαν μικρές κοιλότητες,

διαμέτρου 0,1 έως 0,3 χιλ. Το τοίχωμά τους αποτελείται από συνδετικό υπόστρωμα, με άφθονες ελαστικές ίνες και μακροφάγα κύτταρα, από αιμοφόρα τριχοειδή αγγεία, με τοίχωμα από ενδοθήλιο με το βασικό του υμένα. Έτσι, μεταξύ του αέρα των κυψελίδων και του αίματος των τριχοειδών της πνευμονικής αρτηρίας, παρεμβάλλεται τα αναπνευστικό επιθήλιο των τριχοειδών. Οι κυψελίδες θα μπορούσαν να καλύψουν επιφάνεια 90 τετραγ. μέτρων, διαμέσου της οποίας γίνεται η ανταλλαγή των αερίων¹.

2. Τα πνευμονικά λοβία

Αυτά συγκροτούν τα βρογχοπνευμονικά τμήματα, μεγάλος αριθμός των οποίων σχηματίζει κάθε λοβό του πνεύμονα.

Τα πνευμονικά λοβία έχουν ανώμαλο γωνιώδες σχήμα. Σε κάθε ένα από αυτά καταλήγει ένα βρογχιόλιο, που μόλις μπει μέσα στο λοβίο ονομάζεται ενδολοβιακό βρογχιόλιο. Αυτό διαιρείται μέσα στο λοβίο και δίνει τελικά βρογχιόλια, που είναι και τα τελευταία τμήματα του συστήματος των αεροφόρων (τραχεία- βρόγχοι κλπ.).

Παρακάτω διαίρεση των τελικών βρογχιολίων δίνει τα αναπνευστικά βρογχιόλια. Αυτά είναι το πρώτο μέρος του αναπνευστικού συστήματος του πνεύμονα. Στο τοίχωμά τους, έχουν ήδη μικρές αναπνευστικές κυψελίδες. Από την διαίρεση των αναπνευστικών βρογχιολίων προκύπτουν οι κυψελωτοί πόροι και, στη συνέχεια, αεροθυλάκια με την τελική χοάνη (ATRIUM), που οδηγούν στις πνευμονικές κυψελίδες.

Τα βρογχιόλια ακολουθούνται από κλάδο της πνευμονικής αρτηρίας, το λοβιακό κλάδο, που μπαίνει μέσα στο βρογχικό λοβίο. Μαζί με τα βρογχιόλια διαιρείται και ο λοβιακός κλάδος της πνευμονικής αρτηρίας και σχηματίζει πυκνό δίκτυο τριχοειδών γύρω από τις κυψελίδες. Το δίκτυο των τριχοειδών δίνει μικρές φλέβες, που προχωρούν μεταξύ τους και σχηματίζουν τις πνευμονικές φλέβες, που περιέχουν αρτηριακό αίμα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το αίμα μέσα στα τριχοειδή των κυψελίδων και ο ενδοκυψελιδικός αέρας, χωρίζονται από τα ενδοθηλιακά κύτταρα των τριχοειδών και τα κύτταρα των κυψελίδων, καθώς και από τις βασικές μεμβράνες τους που βρίσκονται μεταξύ τους. Ο φραγμός αυτός, μεταξύ αίματος και αέρα, έχει πάχος μόλις 0,5- 1μm. Η διατήρηση αυτού του πάχους έχει σημασία για την ομαλή ανταλλαγή των αερίων.

Ακόμη, πρέπει να τονισθεί, ότι το τοίχωμα των κυψελίδων έχει πλούσιο δίκτυο ελαστικών ινών που η ακεραιότητά τους συμβάλλει στην ομαλή έκπτυξη και σύμπτυξη των πνευμόνων κατά την εισπνοή και εκπνοή¹.

- **Ανταλλαγή αερίων στον πνεύμονα**

Για να γίνει ανταλλαγή αερίων μεταξύ κυψελίδων και αίματος απαιτείται η είσοδος αέρα στους πνεύμονες. Ωστόσο στις κυψελίδες δεν φτάνει όλος ο όγκος του εισπνεόμενου αέρα λόγω του νεκρού χώρου των ανώτερων αναπνευστικών οδών. Αυτό οφείλεται στις διαφορές πίεσης που αποτελούν την κινητήρια δύναμη διάχυσης των αερίων διάμεσου της κυψελιδικής μεμβράνης. Η απόσταση διάχυσης είναι περίπου 1 μm από τις κυψελίδες προς το πλάσμα και ακόμα 1μm προς το ερυθροκύτταρο, δηλαδή αρκετά μικρή έτσι ώστε να επιτρέπει την εξισορρόπηση της πίεσης του αερίου κατά την διάρκεια του χρόνου επαφής του ερυθροκυττάρου με τις κυψελίδες.

Η ανταλλαγή αερίων μπορεί να εμποδιστεί από διάφορους παράγοντες όπως η ελάττωση ροής στα κυψελιδικά τροχοειδή με αύξηση του πάχους της κυψελιδικής μεμβράνης και με ελάττωση του αερισμού των κυψελίδων. Ανεπάρκεια οξυγόνωσης είναι επίσης δυνατό να προκύψει λόγω αρτηριοφλεβικών διαφυγών μέσα στον πνεύμονα².

3. Τα αγγεία

Οι πνεύμονες έχουν διπλή αγγείωση:

Τη λειτουργική, που γίνεται με τις πνευμονικές αρτηρίες και την τροφική.

Οι πνευμονικές αρτηρίες, αρχίζουν από τη δεξιά κοιλιά της καρδιάς και παρακολουθούν μέσα στον πνεύμονα τη διαδρομή των βρόγχων και των διακλαδώσεων του. Το αίμα επιστρέφει στην καρδιά (αριστερό κόλπο) με τις πνευμονικές φλέβες και έτσι συμπληρώνεται η μικρή κυκλοφορία.

Τα τροφικά αγγεία είναι οι βρογχικές αρτηρίες. Είναι κλάδοι της θωρακικής αορτής και αιματώνουν τους βρόγχους και το τοίχωμα των μεγάλων αγγείων. Οι βρογχικές φλέβες καταλήγουν δεξιά, στην άζυγη και αριστερά, στην ημιάζυγη φλέβα¹.

- **Λόγος αερισμού και αιμάτωσης**

Η ποσότητα αίματος που η δεξιά κοιλία ωθεί στους πνεύμονες είναι κατά μέσον όρο ίδια με εκείνη που η αριστερή στέλνει στην συστηματική κυκλοφορία. Αν αγνοήσουμε τη μικρή ποσότητα αίματος που φθάνει στους πνεύμονες με τις βρογχικές αρτηρίες η μέση πνευμονική ροή αίματος είναι ίση με το κατά λεπτό όγκο αίματος. Η πνευμονική πίεση του αίματος στην αρχή της πνευμονικής αρτηρίας είναι 3,33 kPa κατά την συστολή κατά την διαστολή 1,07kPa. Η μέση κυψελιδική πίεση οξυγόνου είναι 13,3 kPa και η μέση πίεση διοξειδίου είναι 5,33kPa . Στο αίμα της πνευμονικής αρτηρίας η πίεση οξυγόνου είναι 5,33kPa και η πίεση διοξειδίου είναι 6,13 kPa. Οι δυο τελευταίες τιμές εξισορροπούνται με την κυψελιδική ανταλλαγή αερίων προς τις πιέσεις που επικρατούν στις κυψελίδες. Οι μέσες αυτές τιμές για όλο τον πνεύμονα έχουν εφαρμογή κατά το μέσο αερισμό των περίπου 5,25 λίτρα ανά λεπτό και την αιμάτωση στα 5 λίτρα ανά λεπτό . Συνεπώς ο λόγος αερισμού – αιμάτωσης είναι περίπου 1. Αν σε ακραία περίπτωση ο αερισμός σταματήσει τελείως ο λόγος αυτός μηδενίζεται².

4. **Η νεύρωση**

Προέρχονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και μάλιστα από το πρόσθιο και το οπίσθιο πνευμονικό πλέγμα¹.

Το παρασυμπαθητικό σύστημα με φυγόκεντρες ώσεις προκαλεί σύσπαση των αεροφόρων οδών (δράση επάνω στις λείες μυϊκές ίνες) και το συμπαθητικό σύστημα με φυγόκεντρες ώσεις προκαλεί χάλαση. Η σύσπαση και η χάλαση των αεραγωγών γίνετε αντανakλαστικά και προκαλείται από την εισπνοή καπνού, σκόνης και χημικών ερεθιστικών ουσιών(δρουν σε υποδοχείς του βήχα και προκαλούν βήχα), από μεταβολές των αερίων αίματος και του pH, από ψύχος και έμβολα σε ορισμένα σημεία της πνευμονικής κυκλοφορίας⁴.

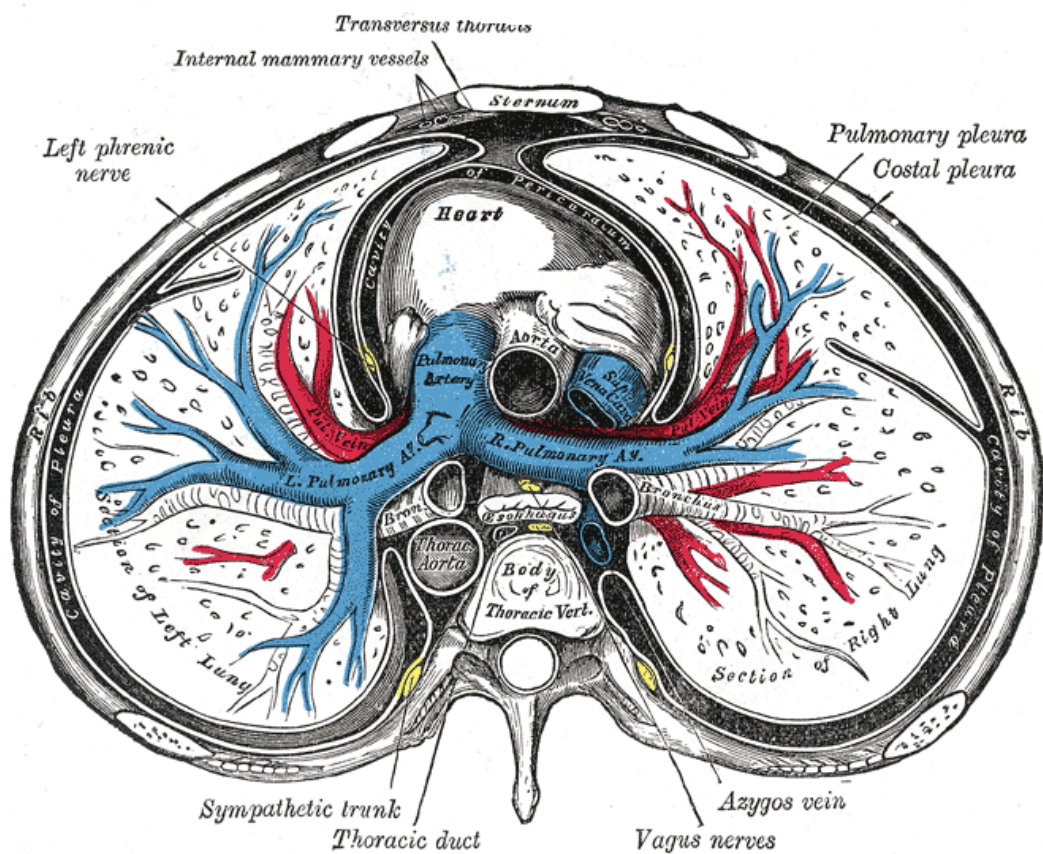
5. **Ο υπεζωκότας**

Είναι ένας ορογόνος υμένας που υπαλείφει τα τοιχώματα του θώρακα και περιβάλλει τους πνεύμονες. Εμφανίζει δυο πέταλα, το περισπλάχνιο και το περίτονο, ανάμεσα στα οποία βρίσκεται η υπεζωκοτική κοιλότητα.

α) Το περισπλάχνιο πέταλο: Περιβάλλει τον πνεύμονα, καταδύεται στη μεσολόβια σχισμή και επενδύει τους λοβούς του πνεύμονα.

β) Περίτονο πέταλο: Αυτό υπαλείφει το στέρνο, τις πλευρές, τα σώματα των σπονδύλων, τους μεσοπλεύριους μυς και το διάφραγμα. Ιστολογικά, ο υπεζωκότας υμένας αποτελείται από μονόστιβο πλακώδες επιθήλιο. Ο χώρος μεταξύ του στέρνου, της σπονδυλικής στήλης και των πνευμόνων, λέγεται μεσοπνευμόνιος χώρος ή μεσαύλιο και μέσα σ' αυτόν υπάρχουν:

- η καρδιά με τους χιτώνες της
- τα μεγάλα αγγεία (αορτή, πνευμονική αρτηρία, άνω κοίλη φλέβα),
- ο θύμος αδένας
- η τραχεία
- ο οισοφάγος
- οι άζυγες φλέβες και
- ο μείζων θωρακικός πόρος¹. (Εικ. 2)



(Εικ.2) Τομή του κορμού όπου φαίνονται τα χαρακτηριστικά του Υπεζωκότα. Από το κλασικό σύγγραμμα Gray's Anatomy. (Πηγή: WIKIPEDIA)⁵

Η κατασκευή των δύο πετάλων του υπεζωκότα και η θέση τους χρησιμεύουν για τρεις λειτουργίες:

- Διολίσθηση των πνευμόνων κατά μήκος της εσωτερικής επιφάνειας του θωρακικού τοιχώματος και αυτό χάρη στη λεπτή στοιβάδα του υγρού μεταξύ των δύο πετάλων του υπεζωκότα που δρα σαν λιπαντικό.
- Δημιουργία αρνητικής πίεσης μέσα στην υπεζωκοτική κοιλότητα.
- Διαμερισματοποίηση αποτελεσματική των οργάνων της θωρακικής κοιλότητας. Αυτή παίζει σημαντικό ρόλο σε λοιμώξεις και στη μετάδοση της φλεγμονής από όργανο σε όργανο στον θώρακα⁴.

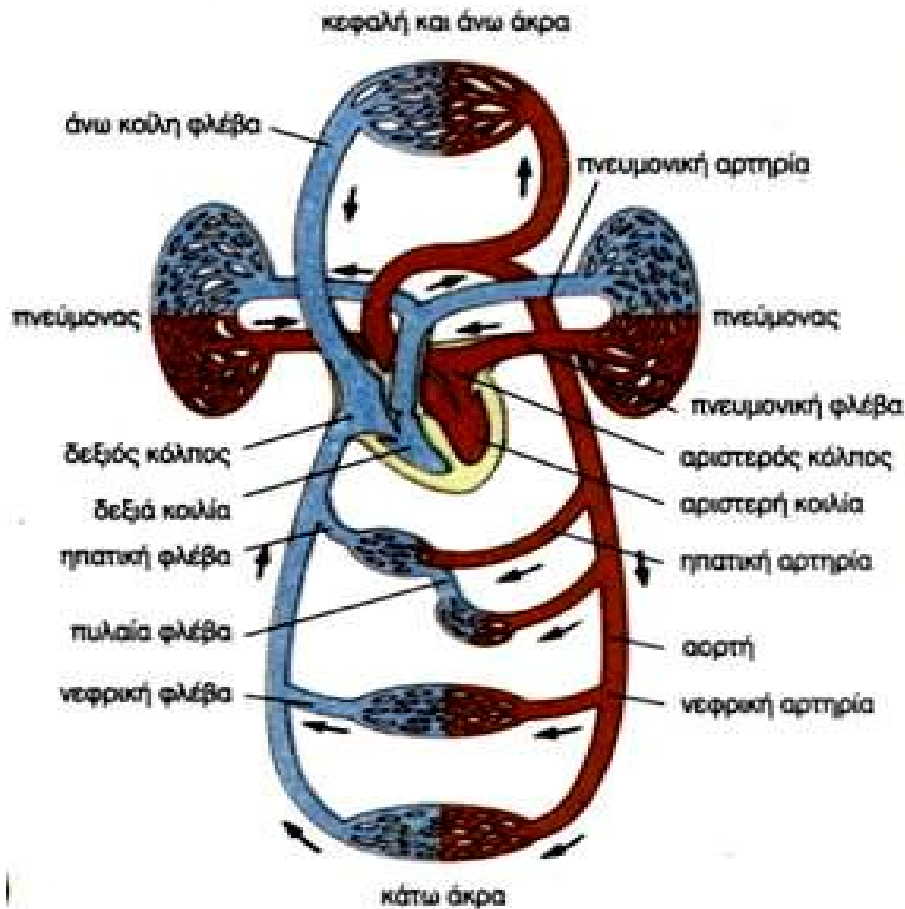
1.2 ΤΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Γενικά

Η κυκλοφορία του αίματος αναφέρεται στην κίνηση του αίματος η οποία γίνεται μέσα στο κυκλοφορικό σύστημα. Με την κίνηση του αίματος εξασφαλίζεται η ανταλλαγή των διαφόρων ουσιών στα αιμοφόρα τριχοειδή αγγεία. Το αίμα, με την κυκλοφορία του, διέρχεται από τα διάφορα συστήματα- όργανα του σώματος και παραλαμβάνει ουσίες (γαστρεντερικός σωλήνας, αδένες κ.ά.) και οξυγόνο (πνεύμονες) και αποβάλλει ουσίες (νεφροί, δέρμα, γαστρεντερικός σωλήνας κ.ά.) και διοξείδιο του άνθρακα (πνεύμονες)⁴.

Το κυκλοφορικό σύστημα, αποτελείται από την καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία (αρτηρίες, φλέβες, τριχοειδή). Σε αυτό περιλαμβάνονται και το λεμφοφόρο σύστημα, το οποίο αποτελείται από τα λεμφοφόρα τριχοειδή, τα λεμφαγγεία και τα λεμφοκυτογόνα όργανα¹, τα οποία συλλέγουν, διηθούν και επαναφέρουν τη λέμφο στο αίμα.

Η καρδιά εξωθεί το αίμα με πίεση στα αγγεία και δέχεται το επιστρεφόμενο σε αυτή αίμα. Τα αγγεία σχηματίζουν την μεγάλη κυκλοφορία του αίματος (ή περιφερική ή συστηματική κυκλοφορία) και τη μικρή κυκλοφορία του αίματος ή πνευμονική κυκλοφορία. **(Εικ. 3)**



(Εικ. 3) Η πνευμονική και περιφερική κυκλοφορία ⁶

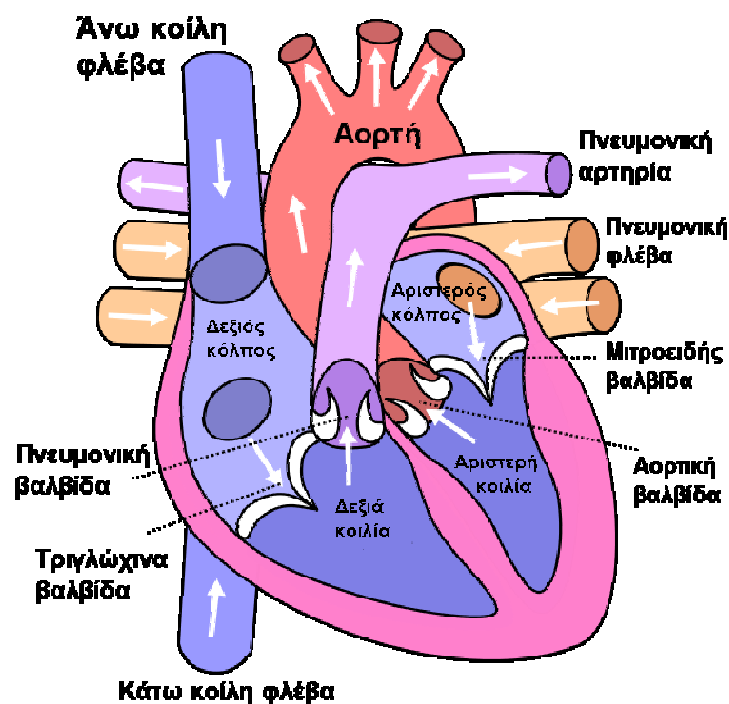
1.2.a Ανατομία και Φυσιολογία της καρδιάς

Είναι κοίλο μυώδες όργανο και βρίσκεται μέσα στη θωρακική κοιλότητα, μεταξύ των δυο πνευμόνων. Το μεγαλύτερο μέρος της (2/3), βρίσκεται στο αριστερό ημιθωράκιο και το υπόλοιπο στο δεξιό ημιθωράκιο και πίσω από το στήρνο. Κάθεται πάνω στο διάφραγμα. Η θέση της, εξωτερικά, αντιστοιχεί από τον 3^ο μέχρι τον 6^ο πλευρικό χόνδρο και η φορά της είναι από πάνω δεξιά και πίσω, προς τα κάτω αριστερά και μπροστά. Έχει σχήμα τρίπλευρης πυραμίδας, με τη βάση προς τα πάνω και κορυφή προς τα κάτω.

Η καρδιά διαιρείται σε τέσσερα μέρη, τους δύο κόλπους (δεξιό και αριστερό) και τις δυο κοιλίες (δεξιά και αριστερά). Οι κόλποι βρίσκονται στο άνω τμήμα της καρδιάς και χωρίζονται μεταξύ τους από το μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Ο δεξιός κόλπος επικοινωνεί με την δεξιά κοιλία με ένα στόμιο, που λέγεται κολποκοιλιακό στόμιο και ανοιγοκλείνει με μια βαλβίδα, την τριγλώχινα βαλβίδα. Ο αριστερός κόλπος, επικοινωνεί με την αριστερή κοιλία με το αριστερό κολποκοιλιακό στόμιο, το

οποίο ανοιγοκλείνει με μια βαλβίδα, τη διγλώχινα ή μιτροειδή βαλβίδα. Οι βαλβίδες, επιτρέπουν να ρέει το αίμα από τους κόλπους προς τις κοιλίες. Το αίμα, φέρεται με τις φλέβες στους κόλπους και από εκεί ρέει στις αντίστοιχες κοιλίες. Από τις κοιλίες το αίμα ρέει προς τις αρτηρίες.

Σε κάθε κοιλία διακρίνεται το αρτηριακό στόμιό της το οποίο ανοιγοκλείνει με βαλβίδες, τις μηννοειδείς βαλβίδες, οι οποίες επιτρέπουν να ρέει το αίμα από την κοιλία προς την αντίστοιχη αρτηρία. Στη δεξιά κοιλία, το αίμα ρέει προς την πνευμονική αρτηρία ενώ στην αριστερά κοιλία προς την αορτή. (Εικ. 4)



(Εικ.4) Η Ανθρώπινη Καρδιά (Πηγή: WIKIPEDIA)⁷

Η καρδιά εξωτερικά καλύπτεται από το περικάρδιο, που είναι ορογόνος υμένας ο οποίος αποτελείται από δυο πέταλα, το περισπλάχνιο και το περίτονο. Μεταξύ των δύο πετάλων βρίσκεται η περικαρδιακή κοιλότητα, η οποία είναι γεμάτη από ορώδες υγρό. Το τοίχωμα της καρδιάς, αποτελείται από εγκάρσιες γραμμωτές μυϊκές ίνες, οι οποίες σχηματίζουν το λεγόμενο μυοκάρδιο. Το μυοκάρδιο, χωρίζεται με έναν ινώδη δακτύλιο, στο μυοκάρδιο των κόλπων και στο μυοκάρδιο των κοιλιών. Το μυοκάρδιο των κοιλιών είναι παχύτερο από το μυοκάρδιο των κόλπων και το μυοκάρδιο της αριστερής κοιλίας είναι παχύτερο από το μυοκάρδιο της δεξιάς κοιλίας. Το τοίχωμα των κόλπων και των κοιλιών καλύπτεται εσωτερικά από το ενδοκάρδιο.

Στο μυοκάρδιο, υπάρχει το ερεθισματοαγωγό σύστημα της καρδιάς. Αποτελείται από μυϊκές ίνες, που ονομάζονται ίνες του PURKINJE. Το σύστημα αυτό χωρίζεται σε δύο μέρη

α) το φλεβοκομβικό και

β) το κολποκοιλιακό μέρος και τα στελέχη του δεματίου του His,

και είναι υπεύθυνο για την αγωγή των νευρικών διεγέρσεων στην καρδιά¹.

1.2.b Ανατομία και Φυσιολογία των Αιμοφόρων Αγγείων

- Οι αρτηρίες: Είναι ελαστικοί μυώδεις σωλήνες, διαμέσου των οποίων το αίμα από την καρδιά φέρεται προς τους ιστούς. Αποτελούνται από λείες μυϊκές ίνες. Ανάλογα με το μέγεθος του αυλού τις διακρίνουμε σε μεγάλες, σε μεσαίες και σε μικρές αρτηρίες. Οι αρτηρίες, κατά την πορεία τους, αποσπάζονται σε μικρότερες αρτηρίες που επίσης συνδέονται και επικοινωνούν η μία με την άλλη, δημιουργώντας τις λεγόμενες αναστομώσεις.
- Οι φλέβες: Είναι πλατύτερες και λεπτότερες των αρτηριών, στο τοίχωμα τους έχουν λιγότερες λείες μυϊκές ίνες από τις αρτηρίες και στο εσωτερικό του τοιχώματός τους φέρουν βαλβίδες. Διαμέσου των φλεβών, το αίμα φέρεται από τα τριχοειδή προς την καρδιά.
- Τα τριχοειδή αγγεία:

Βρίσκονται ανάμεσα στο τέλος των αρτηριών και στην αρχή των φλεβών. Είναι λεπτά και διαμέσου των τοιχωμάτων τους, γίνεται η ανταλλαγή των αερίων και των ουσιών.

Τις αρτηρίες και τις φλέβες του σώματος, τις διακρίνουμε στις αρτηρίες και φλέβες της μικρής κυκλοφορίας και στις αρτηρίες και φλέβες της μεγάλης κυκλοφορίας.

Οι αρτηρίες της μικρής κυκλοφορίας είναι η πνευμονική αρτηρία, η οποία ξεκινάει από τη δεξιά κοιλία, φέρεται προς τα πάνω, πίσω και αριστερά και, κάτω από το αορτικό τόξο, χωρίζεται σε δύο κλάδους, τη δεξιά και την αριστερή πνευμονική αρτηρία, οι οποίες εισέρχονται στους σύστοιχους πνεύμονες. **(Εικ. 4)**

Στους πνεύμονες οι κλάδοι των πνευμονικών αρτηριών αποσπάζονται σε μικρότερους, μέχρι να σχηματιστούν τα τριχοειδή.

Οι φλέβες της μικρής(πνευμονικής) κυκλοφορίας είναι οι πνευμονικές φλέβες, οι οποίες εκβάλλουν στον αριστερό κόλπο¹.

- Με την πνευμονική αρτηρία και τους κλάδους της, τις διακλαδώσεις των κλάδων αυτών οι οποίοι καταλήγουν στα πνευμονικά τριχοειδή (θέση ανταλλαγής των αερίων- αρτηριοποίηση του αίματος)
- Με τα μετατριχοειδικά φλεβίδια, τις μεγαλύτερες φλέβες και τις 4 πνευμονικές τους φλέβες, οι οποίες εκβάλουν στον αριστερό κόλπο της καρδιάς. **(Εικ. 3)**

Η πνευμονική κυκλοφορία αποτελεί σύστημα χαμηλής πίεσης και χαμηλών αντιστάσεων. Σε κατάσταση ηρεμίας, η συστολική πίεση του αίματος είναι 20- 22 mmHg, και η μέση πίεση 14 mmHg. Η πίεση του αίματος μειώνεται κατά μήκος του κυκλοφορικού συστήματος και όταν το αίμα φθάσει στο δεξιό κόλπο της καρδιάς, έχει πίεση περίπου 0 mmHg.

Με το αρτηριακό δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει την αορτή και τους μεγάλους αρτηριακούς της κλάδους, τις μικρότερες αρτηρίες και τα αρτηρίδια. Οι αρτηρίες σχηματίζουν δίκτυα ή παρακυκλώματα με τα οποία το αίμα διανέμεται στα όργανα⁴.

Οι αρτηρίες της μεγάλης(περιφερικής) κυκλοφορίας είναι η αορτή, η οποία ξεκινάει από την αριστερή κοιλία, φέρεται προς τα πάνω (ανιούσα αορτή, μετά στρέφεται προς τα πίσω και αριστερά (αορτικό τόξο).

α) Η ανιούσα αορτή δίνει δύο κλάδους, τη δεξιά και αριστερή στεφανιαία αρτηρία.

β) Το αορτικό τόξο δίνει τρεις κλάδους, την ανώνυμη αρτηρία, την αριστερή κοινή καρωτίδα και την αριστερή υποκλειδία αρτηρία.

- Η ανώνυμη αρτηρία χωρίζεται στη δεξιά κοινή καρωτίδα και τη δεξιά υποκλειδία.
- Η κοινή καρωτίδα (δεξιά και αριστερή), χωρίζεται στην έξω και έσω καρωτίδα, που δίνουν αίμα στον τράχηλο και στην κεφαλή.
- Η υποκλειδία αρτηρία αρχίζει δεξιά από την ανώνυμη αρτηρία και αριστερά από το αορτικό τόξο, κατευθύνεται στο σύστοιχο άκρο και μεταπίπτει στη μασχालιαία αρτηρία. Συνέχεια της μασχालιαίας αρτηρίας είναι η βραχιόνιος αρτηρία, η οποία στο ύψος του αγκώνα, χωρίζεται στην κερκιδική και στην ωλένια αρτηρία, οι οποίες χορηγούν αρτηριακούς κλάδους στο χέρι.

γ) Η κατιούσα αορτή, η οποία μέχρι το διάφραγμα ονομάζεται θωρακική αορτή, χορηγεί τις μεσοπλευρίες, τις βρογχικές και τις οισοφαγικές αρτηρίες ενώ, κάτω από το διάφραγμα, ονομάζεται κοιλιακή αορτή και, στο ύψος του 4^{ου} οσφυϊκού σπονδύλου, χωρίζεται στις δύο κοινές λαγόνιες αρτηρίες.

Η κοιλιακή αορτή χορηγεί διαφόρους αρτηριακούς κλάδους, τους τοιχωματικούς και τους σπλαχνικούς. Οι τοιχωματικοί κλάδοι είναι η κάτω φρενική

αρτηρία (διπλή) και οι τέσσερις οσφυϊκές αρτηρίες (διπλές). Οι σπλαχνική κλάδοι είναι η μέση επινεφρίδια αρτηρία (διπλή), η νεφρική αρτηρία (διπλή), η έσω σπερματική αρτηρία (διπλή- οι κλάδοι αυτοί χορηγούν αίμα στα αντίστοιχα όργανα), η κοιλιακή αρτηρία, η άνω και κάτω μεσεντέρια αρτηρία (οι κλάδοι αυτοί χορηγούν αίμα στα περισσότερα σπλάχνα)¹.

Με το περιφερικό φλεβικό δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει τα μετατριχοειδή φλεβίδια, τις μεγαλύτερες φλέβες και την άνω και κάτω κοίλη φλέβα. Οι φλέβες σχηματίζουν ένα μεγάλο αριθμό φλεβικών δικτύων, τα οποία με το αίμα που περιέχουν συμβάλλουν στην προσαρμογή του κυκλοφορικού συστήματος και στον καθορισμό της ποσότητας του επιστρεφόμενου αίματος στην καρδιά (καθοδηγούν την αντλία). Το φλεβικό σύστημα, μαζί με τους φλεβώδεις κόλπους, περιέχει το 70% του συνολικού όγκου του αίματος. Ακόμη, ο σπλήνας αποτελεί μικρή αποθήκη αίματος. Κατά την μυϊκή άσκηση, οι φλέβες των μη συμμετεχόντων οργάνων συσπώνονται και το αίμα τους ελαττώνεται και με τον τρόπο αυτό αυξάνει η αποτελεσματική ποσότητα του κυκλοφορούντος αίματος. Μαζί με τις φλέβες των οργάνων αυτών συσπώνονται και οι αρτηρίες τους⁴.

Οι κοινές λαγόνιες αρτηρίες, χωρίζονται στην έσω και έξω λαγόνια αρτηρία. Η έξω λαγόνια αρτηρία, προς τα κάτω, μεταπίπτει στη μηριαία αρτηρία η οποία χορηγεί αρτηριακούς κλάδους στο πόδι.

Οι φλέβες της μεγάλης κυκλοφορίας, χωρίζονται σε πέντε συστήματα.

- 1) Το σύστημα των φλεβών της καρδιάς, το οποίο αποτελείται από τις στεφανιαίες φλέβες, οι οποίες συγκεντρώνουν το αίμα από την καρδιά και το μεταφέρουν στο δεξιό κόλπο.
- 2) Το σύστημα της άνω κοίλης φλέβας, το οποίο αποτελείται από φλέβες, οι οποίες συγκεντρώνουν το αίμα από την κεφαλή, το λαιμό και τα άνω άκρα και το μεταφέρουν στο δεξιό κόλπο. Η τελική φλέβα που σχηματίζεται ονομάζεται άνω κοίλη φλέβα.
- 3) Το σύστημα των άζυγων φλεβών, το οποίο βρίσκεται στο πίσω θωρακοκοιλιακό τοίχωμα και ενώνει το σύστημα της άνω κοίλης με το σύστημα της κάτω κοίλης φλέβας.
- 4) Το σύστημα της κάτω κοίλης φλέβας, το οποίο αποτελείται από τις φλέβες, οι οποίες συγκεντρώνουν το αίμα από τα κάτω άκρα, τα σπλάχνα και το μεγαλύτερο μέρος του κοιλιακού τοιχώματος και το μεταφέρουν στο

δεξιό κόλπο. Η τελική φλέβα που σχηματίζεται, ονομάζεται κάτω κοίλη φλέβα.

- 5) Το σύστημα της πυλαίας φλέβας, το οποίο αποτελείται από φλέβες, οι οποίες συγκεντρώνουν το αίμα από το στόμαχο, το λεπτό και το παχύ έντερο, τα σπλάχνα και το πάγκρεας, και σχηματίζουν την πυλαία φλέβα, η οποία φέρεται προς το ήπαρ, όπου και χωρίζεται σε δύο κλάδους, τη δεξιά και την αριστερή πυλαία φλέβα¹. **(Εικ. 3)**

Περιφερικό τριχοειδικό δίκτυο:

Με το περιφερικό τριχοειδικό δίκτυο, το οποίο ευρίσκεται μεταξύ των αρτηριών και των φλεβών. Μεταξύ αρτηρίας και φλέβας παρεμβάλλεται συνήθως ένα δίκτυο τριχοειδών αγγείων, εκτός από το στόμαχο, το έντερο, το πάγκρεας και το σπλήνα όπου περιβάλλονται δύο δίκτυα (το πρώτο στο κανονικό όργανο και το δεύτερο στο ήπαρ). Το ίδιο συμβαίνει και στο νεφρό. Στα τριχοειδή αγγεία ρέουν την ημέρα 8000 λίτρα αίματος (κατάσταση ηρεμίας), από τα οποία μόνο τα 24 λίτρα ανταλλάσσονται (εκτός από τα 170 λίτρα που διηθούνται στα νεφρά). Από τα 24 λίτρα επαναρροφούνται στο περιφερικό άκρο του τριχοειδούς τα 20- 22 λίτρα επιστρέφουν στο αίμα με το λεμφικό σύστημα⁴. **(Εικ.3)**

1.3 ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Γενικά

Το αίμα είναι ένας ιστός σε υγρή κατάσταση. Αυτό αποτελεί το μεταφορικό μέσο που ρέει μέσα στα αγγεία του κυκλοφορικού συστήματος με την ώθηση της καρδιακής λειτουργίας και εξασφαλίζει τη χημική επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων ιστών του σώματος. Το αίμα αποτελείται από τα έμμορφα συστατικά (ερυθρά και λευκά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια) και από το πλάσμα.

Ο όγκος του αίματος πρέπει να ευρίσκεται σε άριστη σχέση με τη χωρητικότητα του κυκλοφορικού συστήματος, δηλαδή όσα αγγεία είναι ανοικτά πρέπει να είναι και πλήρη αίματος. Διαταραχές στη σχέση όγκος αίματος/ χωρητικότητα κυκλοφορικού εκδηλώνονται με παθολογική επιβάρυνση της καρδιάς και συχνά με ανεπαρκή τροφοδότηση των ιστών.

1.3.a Λειτουργίες του αίματος

Το αίμα επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες.

1) Το αίμα μεταφέρει:

- O₂ από τους πνεύμονες στα κύτταρα των ιστών και CO₂ από τους ιστούς προς τους πνεύμονες,
- Θρεπτικές ουσίες, που απορροφούνται από το γαστρεντερικό σωλήνα,
- Ορμόνες, βιταμίνες και ένζυμα από τη θέση παραγωγής τους σε όλο το σώμα,
- Τα τελικά προϊόντα του κυτταρικού μεταβολισμού (πχ ουρία, ουρικό οξύ, κρεατινίνη κλπ) για αποβολή τους στους νεφρούς, τους πνεύμονες, το έντερο και στο δέρμα και
- Θερμότητα από τις θέσεις ηυξημένης παραγωγής, όπως είναι πχ οι συσπούμενοι μύες, σε όλα τα σημεία του σώματος.

Όσα από τα μεταφερόμενα συστατικά είναι υδρόφιλα και επομένως ευδιάλυτα στο ύδωρ του πλάσματος μεταφέρονται ελευθέρως. Αντιθέτως, τα υδρόφοβα συστατικά συνδέονται με ειδικές μεταφορικές πρωτεΐνες, καθίστανται υδατοδιαλυτά και μεταφέρονται συνδεδεμένα με αυτές.

2) Το αίμα συμβάλλει:

- Στη διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας; Το CO₂ και τα όξινα προϊόντα του κυτταρικού μεταβολισμού, εισέρχονται στο αίμα, εξουδετερώνονται δραστικώς και μεταφέρονται στα όργανα αποβολής (νεφροί- πνεύμονες) έτσι, το pH του αίματος μεταβάλλεται ελάχιστα,
- Στη ρύθμιση της ανταλλαγής H₂O μεταξύ των αγγείων και υγρού των ιστών, χάρη στην υδροφιλικότητα των πρωτεϊνών του πλάσματος,
- Στην άμυνα του οργανισμού: με τη βοήθεια των κυττάρων του (λευκοκύτταρα), μη ειδικών μηχανισμών (συμπλήρωμα, C- αντιδρώσα πρωτεΐνη κλπ) και ειδικών μηχανισμών (αντισώματα), αμύνεται εναντίον λοιμώξεων και άλλων βλαπτικών παραγόντων⁴.

1.3.b Έμμορφα συστατικά (κύτταρα)

α) Ερυθρά αιμοσφαίρια ή ερυθροκύτταρα: Αυτά συνιστούν τον κύριο όγκο των κυττάρων του αίματος και μεταφέρουν το O₂ και μερικώς CO₂.

Τα ερυθροκύτταρα σχηματίζονται στο μυελό των οστών. Μερικές από τις απαραίτητες ουσίες για την σύνθεσή τους αποτελούν ο σίδηρος και οι βιταμίνες B₁₂ και φυλλικό οξύ. Στο έμβρυο ερυθροκύτταρα παράγονται επίσης στο σπλήνα και στο ήπαρ. Τα άωρα ερυθροκύτταρα του μυελού έχουν πυρήνα (εμπύρηνα ερυθροκύτταρα), τον οποίο χάνουν όταν φτάσουν στην κυκλοφορία του αίματος. Οι διαστάσεις των ερυθροκυττάρων (7,2 $\bar{\text{I}}$ 2 μm) είναι τέτοιες, που για να περάσουν μέσα από τα μικρά τριχοειδή θα πρέπει να συμπιεστούν, γεγονός που διευκολύνει τις διαδικασίες ανταλλαγής με τους γύρω ιστούς.

Κύρια λειτουργία των ερυθροκυττάρων είναι η διακίνηση του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ πνευμόνων και ιστών, που πραγματοποιείται με την αιμοσφαιρίνη (Hb) και την καρβονική ανυδράση².

Η αιμοσφαιρίνη, όταν ενώνεται με το οξυγόνο, σχηματίζει την οξυαιμοσφαιρίνη. Αυτή δίνει το οξυγόνο στους ιστούς και έτσι γίνονται οι οξειδώσεις (καύσεις) μέσα στα κύτταρα. Όταν η οξυαιμοσφαιρίνη χάσει το οξυγόνο της, τότε μετατρέπεται σε αναχθείσα αιμοσφαιρίνη⁸.

Η αιμοσφαιρίνη αποτελεί μια πρωτεΐνη με 4 υπομονάδες, κάθε μια περιέχει ένα μόριο αίμης .Η αίμη είναι ένα σύμπλεγμα πορφυρίνης και δισθενούς σιδήρου.

Κάθε μόριο δισθενούς σιδήρου συνδέει αμφίδρομα ένα μόριο οξυγόνου. Η διαδικασία αυτή λέγεται οξυγόνωση.

Η παραγωγή ερυθροκυττάρων ελέγχεται κυρίως με έναν ορμονικό μηχανισμό. Η κυτταρική έλλειψη οξυγόνου αποτελεί το εναρκτήριο γεγονός της παραγωγής και απελευθέρωσης της ορμόνης ερυθροποιητίνη, η οποία διεγείρει την παραγωγή ερυθροκυττάρων στο μυελό των οστών. Η ερυθροποιητίνη παράγεται σε ποσοστό άνω του 90% στα νεφρικά σωμάτια και η υπόλοιπη κυρίως στο ήπαρ. Η σύνθεσή της ελαττώνεται μερικές ώρες μετά την αύξηση της μάζας των ερυθροκυττάρων και την ανάπτυξη της υποξίας (αρνητική ανατροφοδότηση). Η ερυθροποίηση επηρεάζεται επίσης από το ΚΝΣ, που μπορεί να διεγείρει το μυελό σε απελευθέρωση εναποθηκευμένων ερυθροκυττάρων.

Η διάρκεια ζωής του ερυθροκυττάρου είναι περίπου 120 ημέρες. Τα γηρασμένα κύτταρα απομακρύνονται από το αίμα σε κόλπους του σπλήνα και αποσυντίθενται. Τα τμήματά τους διασπώνται από μακροφάγα του συστήματος μονοκυτταρικών φαγοκυττάρων ή ΣΜΦ (πρώην δίκτυο ενδοθηλιακού ή ΔΕΣ) του σπλήνα, του ήπατος, του μυελού των οστών κλπ. Μετά την ρήξη της μεμβράνης του ερυθροκυττάρου (αιμόλυση), η Hb απελευθερώνεται και μεταβολίζεται σε σφαιρίνη και χολερυθρίνη. Ο σίδηρος της αιμοσφαιρίνης ανακυκλώνεται. Στη σφαιροκυτταρική αναιμία η ωσμωτική ευθραυστότητα των ερυθροκυττάρων είναι μεγαλύτερη από τη φυσιολογική (ΣΜ: ή η ωσμωτική αντίστασή τους είναι μικρότερη). Η κατάσταση μπορεί να βελτιωθεί κάπως με την αφαίρεση του σπλήνα².

β) Λευκά αιμοσφαίρια ή λευκοκύτταρα: Αυτά αποτελούν το 1/600 του όγκου των ερυθροκυττάρων και διακρίνονται σε:

- κοκκιοκύτταρα ή πολυμορφοπύρρηνα (ουδετερόφιλα, βασεόφιλα, ηωσινόφιλα)
- μεγάλα μονοπύρρηνα και
- λεμφοκύτταρα.

Και τα τρία είδη των λευκοκυττάρων εξυπηρετούν την άμυνα του οργανισμού.

γ) Αιμοπετάλια ή θρομβοκύτταρα: Αυτά είναι απαραίτητα για την αιμόσταση.

Με την βλάβη ή ρήξη του αγγείου, τα αιμοπετάλια υπόκεινται στις ακόλουθες διεργασίες και μεταβολές.

- Πρόσφυση των αιμοπεταλίων στην εκτεθείσα υπενδοθηλιακή επιφάνεια, που επιφέρει την αντίδραση απελευθέρωσης- έκκρισης.
- Αντίδραση απελευθέρωσης των ουσιών των κοκκίων δ, που προκαλούν τη συσσωμάτωση των αιμοπεταλίων, και των παραγόντων πήξης των αιμοπεταλίων, των κοκκίων α.
- Συσσωμάτωση των αιμοπεταλίων που γίνονται με τις απελευθερούμενες ουσίες των κοκκίων μαζί με την αδρεναλίνη, την θρομβίνη, το κολλαγόνο και το ινωδογόνο. Με όλες αυτές τις ουσίες πυροδοτούνται οι μηχανισμοί της πήξης από το πλάσμα.

1.3.c Άμορφα συστατικά του αίματος- Πλάσμα

Το πλάσμα είναι ένα πολυσύνθετο υδατικό διάλυμα, που αντιπροσωπεύει το 55% του όλου όγκου του αίματος. Τα έμμορφα συστατικά (ερυθρά αιμοσφαίρια, λευκά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια κτλ.) του αίματος ευρίσκονται στο πλάσμα με την μορφή αιωρήματος.

Ιδιότητες του πλάσματος:

- Το πλάσμα διαχωριζόμενο από τα έμμορφα στοιχεία του αίματος αποτελεί ένα διαυγές υγρό, ελαφρώς οπαλλιοειδές, κίτρινου χρώματος(ανάλογα με το ζώο). Στον άνθρωπο το πλάσμα είναι αχυρόχρωο προκειμένου για νήστες και γαλακτόχρωο κατά την πέψη, αν το γεύμα περιέχει λιπίδια.
- Το πλάσμα είναι 2- 2,5 φορές πιο ιξώδες από το ύδωρ. Τόσο το ιξώδες όσο και ο δείκτης διάθλασης συνδέονται στενά με την περιεκτικότητα του σε πρωτεΐνες.
- Άλλες φυσικές ιδιότητες του πλάσματος είναι:
 - Το σημείο τήξης του πλάσματος που είναι $-0,56^{\circ}\text{C}$
 - Η ειδική του θερμοκρασία (0,94 cal/gr. Grad) και
 - Η επιφανειακή του τάση (56,2 dyn/cm στους 20°C για τον ορό)
- Το pH του πλάσματος στους 38°C έχει μέση τιμή 7,39 για πλάσμα αρτηριακό και 7,398 για πλάσμα φλεβικό.

Το πλάσμα αποτελείται περίπου κατά 50% από ύδωρ, στο οποίο είναι διαλυμένες οργανικές ουσίες πρωτεϊνικής φύσης (7%), μη πρωτεϊνικής φύσης (1%). Ορισμένες από τις ουσίες αυτές ευρίσκονται υπό μορφή ιόντων.

Οι πρωτεΐνες του πλάσματος διακρίνονται σε 4 κατηγορίες, δηλαδή στην

- αλβουμίνη ή λευκωματίνη η οποία ρυθμίζει την οσμωτική ισορροπία,
- τις σφαιρίνες, οι οποίες έχουν σχέση με τις αντιδράσεις αντισωμάτων κατά την προστασία του οργανισμού έναντι διαφόρων νόσων,
- το ινωδογόνο, το οποίο συνδέεται στενά με την πήξη του αίματος και
- τις λιποπρωτεΐνες, οι οποίες αποτελούν ουσίες πρωταρχικής σημασίας για τη μεταφορά και εφοδιασμό του κυττάρου σε λιπίδια.

Άλλες ουσίες μη πρωτεϊνικής φύσης είναι η ουρία, το ουρικό οξύ, η χολερυθρίνη, η κρεατινίνη, τα ελεύθερα αμινοξέα, η γλυκόζη, τα λιπίδια, η χοληστερόλη, τα φωσφολιπίδια, το γαλακτικό οξύ κ.λπ⁴.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι πρώτες συσκευές για τη μέτρηση του κορεσμού του οξυγόνου στο ανθρώπινο αίμα, κατασκευάστηκαν στη δεκαετία του 1930. Αυτές οι συσκευές δεν ήταν ικανές να διακρίνουν ανάμεσα στο αρτηριακό και το φλεβικό αίμα. Μια προσπάθεια να συμπεριληφθεί στο φλεβικό αίμα και αυτό από τα τριχοειδή αγγεία, έγινε κατόπιν χρησιμοποίησης μιας από τις δύο μεθόδους : μηδενίζοντας τη συσκευή, παίρνοντας μια ένδειξη από ένα λοβό αυτιού συμπιεσμένο από δύο δάχτυλα ή αρτηριοποιώντας το αίμα ζεσταίνοντας το στους 43 βαθμούς Κελσίου (αυτή η μέθοδος αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου). Παρόλα αυτά, το φως που διέρχεται από το αυτί ή το δάχτυλο δεν εξασθενεί μόνο από το αίμα αλλά και από το δέρμα(του οποίου η απόχρωση και συνεπώς οι ιδιότητες απορρόφησης του ποικίλουν από άτομο σε άτομο) καθώς και από άλλους ιστούς, όπως οι μυς, τα κόκαλα κτλ.

Η ιδέα της παλμικής οξυμετρίας δεν είναι καινούρια. Το 1935 ο Carl Matthes έφτιαξε την πρώτη συσκευή για τη συνεχή μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου του αίματος σε ζωντανό οργανισμό εξετάζοντας ιστούς μέσω φωτισμού. Χρησιμοποίησε δύο μήκη κύματος φωτός, ένα εκ των οποίων ήταν ευαίσθητο στις αλλαγές του κορεσμού οξυγόνου και το άλλο, το οποίο ήταν ευαίσθητο στην υπέρυθη περιοχή χρησίμευε για να αναπληρώσει τις αλλαγές στο πάχος του ιστού, την αναλογία αιμοσφαιρίνης και την ένταση του φωτός. Παρόλο που ήταν χρήσιμη στο να ακολουθεί τις αλλαγές στον κορεσμό, η συσκευή είχε 19 περιορισμούς καθώς ήταν δύσκολο να βαθμονομηθεί και έτσι ήταν πολύ δύσκολο να αποκτηθούν ακριβείς τιμές⁹.

Το 1940 ο J.R. Squire επινόησε μια τεχνική βαθμονόμησης συμπιέζοντας ιστό για να αποκλείσει το αίμα. Αυτή χρησιμοποιήθηκε αργότερα στην πρώτη γενιά οξυμέτρων που χρησιμοποιούνταν στα κέντρα λειτουργίας.

Στις αρχές της δεκαετίας του 40, ο Glen Millikan βρήκε τον όρο «οξύμετρο» για να περιγράψει ένα ελαφρύ εξάρτημα στο αυτί για την ανίχνευση του κορεσμού οξυγόνου της αιμοσφαιρίνης, για χρήση στην έρευνα αεροπλοΐας ώστε να μελετηθούν τα υποξικά προβλήματα σε υψηλό υψόμετρο. Σύντομα, παρόμοιες συσκευές

χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της αναισθησίας για να ανιχνεύονται επεισόδια αρτηριακού μειωμένου κορεσμού σε ασθενείς. Ένα άρθρο στο περιοδικό *Anesthesiology* το 1951 κατέληξε προφητικά στο συμπέρασμα ότι « σε πολλές περιπτώσεις το όργανο έχει ανιχνεύσει πρόβλημα όταν οι παρατηρήσεις του παλμού, της πίεσης, και του χρώματος του ασθενή δεν έδειξαν απολύτως καμία ανωμαλία». Αυτό επιβεβαίωσε την κλασική δουλειά του Comroe, που έδινε έμφαση στην αναξιοπιστία της κυάνωσης να ανιχνεύσει υποξαιμία. Έτσι η κλινική χρησιμότητα των συσκευών αυτών ήταν ευδιάκριτη στους ερευνητές στο πεδίο αυτό εδώ και περίπου μισό αιώνα. Το οξύμετρο για το αυτί του Millikan δεν ήταν βαθμονομημένο, και κάποιος έπρεπε να μαντέψει το φυσιολογικό κορεσμό για κάθε εξεταζόμενο υποκείμενο καθώς και το πάχος του αυτιού¹⁰.

Ο Earl Wood , με σκοπό να υπερβεί το πρόβλημα της βαθμονόμησης , χρησιμοποίησε την ιδέα του Squire και προσέθεσε ένα πνευματικό μαξιλαράκι για τη μέτρηση της αύξησης του φωτός όταν το αυτί γινόταν χλωμό.

Το 1964 ένας χειρουργός ονόματι Robert Shaw έφτιαξε ένα αυτοβαθμονομημένο οξύμετρο για το αυτί, το οποίο διοχετεύθηκε στην αγορά από τη Hewlett Packard το 1970 για χρήση στα εργαστήρια φυσιολογίας και καρδιακού καθετηριασμού.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 μάλιστα, η εταιρία Hewlett – Packard ανέπτυξε ένα όργανο το οποίο επιχείρησε να ξεπεράσει αυτά τα προβλήματα μετρώντας τη διέλευση του φωτός διαμέσου του λοβού του αυτιού σε περισσότερα από ένα μήκη κύματος. Ένα πολυσύνθετο μοντέλο του αυτιού ετοιμάστηκε, αποτελούμενο από ουσίες φωτο- απορρόφησης m (δέρμα, ιστοί, Hb και HbO₂ κτλ) . Το μοντέλο υπέθετε περαιτέρω ότι ο κάθε απορροφητής φωτός συμπεριφερόταν ανεξάρτητα από τους άλλους. Στη συνέχεια δόθηκε μια σειρά εξισώσεων για την απορρόφηση του φωτός από τις m ουσίες για καθένα από το μήκη κύματος μέτρησης. Οι συντελεστές εμπειρικής βαθμονόμησης προέκυψαν από μια σειρά από μελέτες σε ένα δείγμα εθελοντών. Παρόλα αυτά όμως, το υψηλό κόστος των οργάνων μαζί με την ανάγκη για μετρήσεις σε 8 διαφορετικά μήκη κύματος σήμαινε ότι ποτέ δε βρήκε κανονική κλινική χρήση. Το μεγάλο άλμα όμως στην ανακάλυψη της παλμικής οξυμετρίας έγινε από τον Takuo Aoyagi και τον Michio Kishi , δύο βιοιατρικούς μηχανικούς στο Κιότο της Ιαπωνίας στις αρχές της δεκαετίας του 70. Ανακάλυψαν τυχαία τις φασματοφωτομετρικές ιδιότητες μετρήσεις της παλμικής οξυμετρίας ενώ μελετούσαν μεθόδους για τη μέτρηση της καρδιακής εξόδου. Ο χειρουργός Susumu Nakajima και οι συνεργάτες του δοκίμασαν πρώτοι τη συσκευή στους ασθενείς τους το 1975¹¹.

Θεωρώντας την ευρέως διαδεδομένη αντίληψη για τη μεγάλη αξία της συνεχούς παρακολούθησης των διαφόρων μορφών της κατάστασης ενός ασθενούς, δεν προκαλεί έκπληξη ότι η διάδοση της τεχνικής αυτής ήταν γρήγορη και εκτεταμένη. Μέχρι το 1989 υπήρξαν 29 κατασκευαστές που παρήγαγαν 45 διαφορετικά μοντέλα οξυμέτρων¹²⁻¹⁴.

Το 2009 δημιουργήθηκε το πρώτο παλμικό οξύμετρο με δυνατότητα Bluetooth στον κόσμο. Το οξύμετρο αυτό εισήχθη από την Nonin Medical, επιτρέποντας στο ιατρονοσηλευτικό προσωπικό την παρακολούθηση των επιπέδων κορεσμού οξυγόνου του ασθενούς εξ αποστάσεως. Ο μηχανισμός αυτός επιτρέπει την παρακολούθηση της υγείας του ασθενούς σε απευθείας σύνδεση με τους ιατρικούς φακέλους των ασθενών και μέσω εσωτερικού συστήματος τηλεϊατρικής¹⁵.

2.2 Ορισμός Παλμικής οξυμετρίας

Η παλμική οξυμετρία είναι μια μη επεμβατική μέθοδος μέτρησης του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνου του αρτηριακού αίματος¹⁶⁻¹⁸. Είναι γνωστή και ως pulse ox ή ως SpO₂¹⁶.

Η μέθοδος στηρίζεται σε οπτικές και φασματομετρικές τεχνικές και έχει αντικαταστήσει σε σημαντικό ποσοστό την ανάλυση των αερίων αίματος στην καθημερινή πρακτική¹⁹.

2.3 Βασικές αρχές οξυμετρίας

Η φασματοφωτομετρία αποτελεί την οπτική εκείνη τεχνική, η οποία βασιζόμενη στην ιδιότητα αυτή των μορίων, εκπέμπει φως συγκεκριμένου μήκους κύματος δια μέσου των σωμάτων με σκοπό τον καθορισμό της μοριακής σύστασης των σωμάτων. Η απορρόφηση του φωτός δια μέσου των σωμάτων είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των μορίων που απορροφούν το φως και της απόστασης που διανύει το φως (Νόμος του Lambert- Beer). Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου στην ανίχνευση των διαφορών της αιμοσφαιρίνης αποτελεί την οξυμετρία¹⁹.

Η αιμοσφαιρίνη σαν πρωτεΐνη, μεταβάλλει τη δομή της όταν συμμετέχει σε χημική αντίδραση. Οι δυο μορφές της, η οξυγονωμένη ή οξυαιμοσφαιρίνη (HbO₂) και η μη οξυγονωμένη ή αναχθείσα αιμοσφαιρίνη (Hb), έχουν διαφορετικό τύπο απορρόφησης του φωτός¹⁸. Επίσης μπορούμε να συναντήσουμε και άλλες μορφές αιμοσφαιρίνης, όπως την μεθαιμοσφαιρίνη (met Hb) και την ανθρακυλαιμοσφαιρίνη (COHb), όπου και αυτές παρουσιάζουν διαφορετικό μήκος κύματος απορρόφησης του φωτός¹⁹.

Τα παλμικά οξύμετρα εκπέμπουν ερυθρό και υπέρυθρο φως, συνήθως στα 660nm (ερυθρά περιοχή) και στα 940nm (υπέρυθρη περιοχή), στο αρτηριακό δίκτυο των ιστών και στη συνέχεια μετρούν την απορρόφηση που υπέστη η ακτίνα κατά την διάρκεια του σφυγμικού κύματος. Η εκπομπή του φωτός γίνεται από διαδοχική λυχνία¹⁸.

Όταν συγκρίνουμε την απορρόφηση του φωτός από την HbO₂ και την Hb παρατηρούμε ότι στην ερυθρά περιοχή του φάσματος φωτός (660nm) η HbO₂ δεν

απορροφά το φώς σε αντίθεση με την αναχθείσα Hb. Αυτό δικαιολογεί και το έντονο ερυθρό χρώμα του οξυγονωμένου αίματος. Αντίθετα στην υπέρυθη περιοχή (940nm), η HbO₂ απορροφά περισσότερο φως από την αναχθείσα Hb. Καθώς η μεθαιμοσφαιρίνη και η ανθρακυλαιμοσφαιρίνη αποτελούν λιγότερο από το 5% του συνόλου της Hb, η μετάδοση του φωτός στα 660nm καθορίζεται από το ποσό της HbO₂, ενώ στα 940nm από το ποσό της αναχθείσας Hb¹⁹.

Όταν λοιπόν τα δύο μήκη κύματος του φωτός διέρχονται μέσω ενός δείγματος αίματος, η ένταση της μετάδοσης του φωτός στα 660nm εξαρτάται από τη συγκέντρωση της HbO₂ στο αίμα. Η μετάδοση στα 940nm καθορίζεται κυρίως από την συγκέντρωση της Hb. Το ποσό του ερυθρού και υπέρυθρου φωτός που απορροφάται είναι ανάλογο του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης με οξυγόνο. Κατά την συστολική φάση της καρδιάς, μια νέα ποσότητα αίματος μπαίνει στο αγγειακό δίκτυο αυξάνοντας την απορροφητικότητα του φωτός. Αντίθετα στη φάση της διαστολής, τόσο ο όγκος του αίματος, όσο και απορροφητικότητα του φωτός ελαττώνονται στο ελάχιστο. Η διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης απορρόφησης του φωτός από το αρτηριακό αίμα αντιπροσωπεύει τον κορεσμό του περιφερικού αίματος σε οξυγόνο (SpO₂ - Saturation of peripheral oxygen), όπως υπολογίζεται από το παλμικό οξύμετρο. Οι συγκεντρώσεις των αιμοσφαιρινών εκφράζονται με αναλογίες, σαν κλάσμα δηλαδή της οξυαιμοσφαιρίνης προς την αναχθείσα αιμοσφαιρίνη. Είναι γνωστό επίσης σαν επί τοις εκατό κορεσμός οξυαιμοσφαιρίνης:

$$\text{Saturation} = (\text{HbO}_2 / \text{HbO}_2 + \text{Hb}) \cdot 100$$

Με την μέθοδο αυτή μπορεί να μετρηθεί ο κορεσμός μη επεμβατικά σε ιστούς με πλούσια αιμάτωση, για παράδειγμα λοβοί αυτιού, άκρο δακτύλων ή ενδαγγειακά και μετωπικά¹⁸.

2.4 Λειτουργία του Παλμικού οξύμετρου

Η παλμική οξυμετρία, όπως προαναφέρθηκε, παρέχει μια μη επεμβατική εκτίμηση του αρτηριακού κορεσμού σε οξυγόνο χρησιμοποιώντας τις μεταβολές της απορρόφησης του φωτός από ένα αγγειακό δίκτυο στη διάρκεια του αρτηριακού παλμού¹⁷.

Η συσκευή του παλμικού οξύμετρου αποτελείται από ένα μικροεπεξεργαστή που υπολογίζει την εκατοστιαία αναλογία του κορεσμού σε οξυγόνο στο σφυγμικό κύμα αρτηριακού αίματος που περνά από τον ακροδέκτη, ενώ την ίδια στιγμή υπολογίζει

και την καρδιακή συχνότητα. Το παλμικό οξύμετρο με μία εκπομπή φωτός χαμηλής τάσης δίοδο (LED) διοχετεύεται προς ένα φωτοδέκτη¹⁶.

Πιο λεπτομερέστερα, ένα ηλεκτρόδιο το οποίο προσαρμόζεται σε σημείο του σώματος όπου η μικροκυκλοφορία είναι μεγάλη, βρίσκεται επιπολής σε λεπτό δέρμα όπως στο δάκτυλο, στο λοβίο του αυτιού, στο μέτωπο κτλ., διαθέτει μια πηγή παραγωγής ερυθρού και υπέρυθρου φωτός και έναν αισθητήρα (φωτοδέκτη). Η ακτίνα η οποία παράγεται, διαπερνά τους ιστούς, και στην συνέχεια ανιχνεύεται από τον ανιχνευτή. Η αιμοσφαιρίνη των ερυθρών που περνούν στα τριχοειδή με κάθε σφυγμό προσροφά μέρος της ακτινοβολίας. Ο αισθητήρας επεξεργάζεται το αποτέλεσμα και αναγράφει με ψηφία το ποσοστό της κορεσμένης με οξυγόνο αιμοσφαιρίνης¹⁸.

Οι συσκευές χρησιμοποιούν ειδικούς πίνακες προκειμένου να μετατρέψουν το ποσοστό που μετράται στον εικονιζόμενο κορεσμό¹⁷. Θα πρέπει να γνωστοποιηθεί στους επιστήμονες υγείας η ύπαρξη χρονικής καθυστέρησης των μετρήσεων, ανάλογα με τον τύπο του οξυμέτρου, για παράδειγμα για το δάκτυλο του χεριού χρειάζεται 30- 60'' για την μέτρηση του κορεσμού του οξυγόνου²⁰. Τέλος, παράλληλα με ένα ηχητικό σήμα για κάθε σφυγμό, υπολογίζει τον καρδιακό ρυθμό και παρουσιάζει μια γραφική παράσταση της ροής του αίματος. Συνήθως έχει ακουστικούς συναγερμούς που προγραμματίζονται ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε ασθενή¹⁸.

2.5 Πλεονεκτήματα παλμικής οξυμετρίας

Η παλμική οξυμετρία, παρά τους περιορισμούς της, αποτελεί τη πιο σημαντική καινοτομία στη παρακολούθηση της οξυγόνωσης του αρτηριακού αίματος. Σε σύγκριση με τον κλασικό τρόπο μέτρησης των αερίων αίματος, διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα για την παρακολούθηση του SaO₂, διότι²¹:

- Είναι μια αναίμακτη μέθοδος, σε αντίθεση με τα αέρια αίματος
- Είναι άριστα ανεκτή από τον ασθενή μέθοδος
- Προσδιορίζει συνεχώς και με μεγάλη ακρίβεια τον κορεσμό οξυγόνου
- Ανιχνεύει άμεσα τα υποξαιμικά επεισόδια πριν δώσουν κλινικά σημεία

- Είναι χρήσιμο σε ασθενείς οι οποίοι βρίσκονται υπό μηχανικό αερισμό διότι δίνει πληροφορίες άμεσα για τις μεταβολές της οξυγόνωσης, με αποτέλεσμα να γίνεται γρήγορη παρέμβαση στις παραμέτρους του αναπνευστήρα με τροποποίηση του FIO₂, της PEEP κ.λπ.
- Μειώνει την ανάγκη παρακεντήσεων αρτηρίας για αέρια αίματος
- Και τέλος, είναι οικονομικότερα σαν μέθοδος, δεν χρειάζεται αντιδραστήρια και το κόστος των ηλεκτροδίων μιας χρήσεως δεν είναι μεγάλο¹⁸

2.6 Τα σύγχρονα οξύμετρα

Τα σύγχρονα οξύμετρα πλεονεκτούν διότι:

1. Έχουν ακρίβεια $\pm 2\%$ για κορεσμό από 70- 100% και $\pm 3\%$ για κορεσμό 50-70 %. Στη πράξη αυτό σημαίνει ότι το 67% των περιπτώσεων η μέτρηση είναι αντίστοιχα 2% ή 3% πάνω ή κάτω από τον πραγματικό κορεσμό.
2. Σε απότομη πτώση του κορεσμού, έχουν απάντηση 6 sec για τον ακροδέκτη του αυτιού και 24 sec για τον ακροδέκτη του δακτύλου.
3. Δεν επηρεάζονται από το φωτισμό του περιβάλλοντος και το πάχος του ιστού καθώς και τη χρώση του δέρματος (π.χ. χολερυθρίνη 30,6 mg/dl)
4. Δεν επηρεάζονται από την αναιμία (Hb 5mg/dl)
5. Είναι εύκολα στη λειτουργία τους και βαθμονομούνται αυτόματα με βάση αλγόριθμο που στηρίζονται στη καμπύλη διάσπασης της οξυαιμοσφαιρίνης.
6. Διαθέτουν ακροδέκτες για τα δάκτυλα, το λοβό του αυτιού, το μέτωπο συνηθέστερα, τη μύτη και τον επιπεφυκότα του οφθαλμού.
7. Παρουσιάζουν στην οθόνη τους εκτός από τον κορεσμό της αιμοσφαιρίνης τον αριθμό των σφύξεων και απεικονίζουν πληθυσμογραφικά το σφυγμό.
8. Διαθέτουν μνήμη που καταγράφει τις μεταβολές μέσα στο χρόνο.
9. Διατίθενται στο εμπόριο σε διάφορα μεγέθη, σε παρακλίνιες μονάδες ή μικρά φορητά οξύμετρα μπαταρίας¹⁸.

2.7 Κλινικές εφαρμογές παλμικού οξύμετρου

Η χρήση της παλμικής οξυμετρίας ενδείκνυται σε όλες εκείνες τις καταστάσεις που είναι απαραίτητη η παρακολούθηση της αρτηριακής οξυγόνωσης. Η παλμική οξυμετρία έχει αποδειχθεί με πολλές μελέτες ανώτερη της περιοδικής ανάλυσης των

αερίων αίματος στην ανίχνευση επεισοδίων αρτηριακή πτώσης του κορεσμού, ιδιαίτερα σε βαρέως πάσχοντες ασθενείς¹⁹.

Σήμερα η παλμική οξυμετρία αποτελεί τη βασικότερη μέθοδο άμεσης και συνεχούς παρακολούθησης της οξυγόνωσης των βαρέων ασθενών στις ΜΕΘ, στα Τμήματα Επειγόντων Περιστατικών και στα χειρουργεία.

Στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας, η υποξαιμία αποτελεί όχι μόνο τη πιο συχνή αιτία εισαγωγής ασθενών, αλλά και ένα από τα πιο συχνά συμβάντα στη διάρκεια της νοσηλείας τους. Για παράδειγμα, ένας ασθενής στον οποίο χορηγείται O_2 , είναι δυνατόν να παρουσιάσει παρατεταμένη άπνοια και οξεία υπερκαπνία, ενώ ο SpO_2 παραμένει, προσωρινά, μέσα στα όρια ασφαλείας. Τα συμβάντα αυτά δεν έχουν βεβαίως σχέση με την αξιοπιστία των οξυμέτρων, αλλά με την μη σωστή παρακολούθηση και αξιολόγηση της κατάστασης του ασθενούς. Για τους ανώτερους λόγους πρέπει το προσωπικό να μπορεί να αναγνωρίζει τα προβλήματα ή παθολογικά σήματα του παλμικού οξύμετρου στο monitor²¹.

Σοβαρή υποξαιμία μπορεί επίσης να προκαλέσουν ο υποαερισμός ή και η άπνοια των ασθενών που βρίσκονται στη διαδικασία αποδέσμευσης (weaning) από τον αναπνευστήρα καθώς και εκείνων που μόλις έχουν αποδεσμευθεί. Η παλμική οξυμετρία, εκτός από την άμεση ανίχνευση της υποξαιμίας σε αυτές τις περιπτώσεις, βοηθά και στο καθορισμό των καταλληλότερων ρυθμίσεων βασικών παραμέτρων της μηχανικής αναπνοής για τον ασθενή, όπως είναι η FIO_2 , η PEEP και η σχέση Εισπνοής/ Εκπνοής. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι συχνές αιμοληψίες για την μέτρηση των αερίων του αρτηριακού αίματος. Η παλμική οξυμετρία επίσης είναι πολύ χρήσιμη στην παρακολούθηση ασθενών με υποξαιμία που υφίσταται επείγουσα διασωλήνωση, βρογχοσκόπηση ή τραχειοστομία^{17, 21,22}.

Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν την παρακολούθηση του ασθενούς κατά την διάρκεια ιατρικών πράξεων, όπως βρογχοσκόπηση, η ενδοσκόπηση του πεπτικού συστήματος, η ηλεκτρική ανάταξη διαταραχών του καρδιακού ρυθμού, η αιμοκάθαρση και η ακτινοσκόπηση.

Η οξυμετρία εμφανίζει ιδιαίτερη ακρίβεια στην παρακολούθηση του κορεσμού του οξυγόνου σε ασθενείς που εμφανίζουν ήπια έως μέτριου βαθμού υποξαιμία (κορεσμός οξυγόνου 75%), οι οποίοι όμως δεν εμφανίζουν σοβαρού βαθμού μειωμένη αιμάτωση ή υπόταση. Δεν πρέπει να θεωρείται σαν ένα πλήρες υποκατάστατο των αερίων αρτηριακού αίματος, εν μέρει επειδή λείπει ο προσδιορισμός των pO_2 και pH , αλλά και λόγω της σχέσεις μεταξύ pO_2 και

κορεσμού του οξυγόνου, όταν ο τελευταίος είναι πάνω από 90-95%. Τα αποτελέσματα της οξυμετρίας θα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή σε ασθενείς με αναιμία, καρβοξυαιμοσφαιριναιμία ή μεθαιμοσφαιριναιμία¹⁷.

Τέλος, η παλμική οξυμετρία είναι πολύ χρήσιμη και στην περιεγχειρητική παρακολούθηση των ασθενών, διότι βοηθάει στον έγκαιρο εντοπισμό αναπνευστικών προβλημάτων²¹, προκαλούμενα κυρίως από την επίδραση των ναρκωτικών φαρμάκων (αναισθησιολογικά φάρμακα)

Σε μια μελέτη, διαπιστώθηκε ότι στην αίθουσα ανάνηψης το 16% των ασθενών που δεν λαμβάνουν O₂, παρουσίασε SaO₂< 90%, ενώ κατά την μεταφορά ασθενών από το χειρουργείο στην ανάνηψη, το 35% των ασθενών είχε SaO₂< 90%. Για το λόγο αυτό, η Αμερικάνικη Εταιρία Αναισθησιολογίας, από το 1990, συνιστά την παλμική οξυμετρία ως μέθοδο ρουτίνας κατά την διάρκεια και αμέσως μετά από τη γενική αναισθησία²².

2.7.a Τα είδη της υποξίας:

Η υποξία αποτελεί την έλλειψη οξυγόνου και μπορεί να διαχωριστεί σε διάφορες κατηγορίες, όπως:

- a) **Ανοξία:** πλήρης έλλειψη οξυγόνου
- b) **Υποξία:** είναι η ιστική έλλειψη οξυγόνου².

Η υποξία μπορεί να είναι: α) πρωτοπαθής, όπως οφειλόμενη σε μεγάλο υψόμετρο, σε καρδιακό ή αναπνευστικό νόσημα όταν υπάρχει διαταραχή στη σχέση αερισμού- αιματώσεως και διαχύσεως αερίων και β) δευτεροπαθής, όπου κύριο αίτιο είναι ο υποαερισμός όπως σε καταστολή του αναπνευστικού κέντρου από φάρμακα, αναισθησία, νοσήματα προμήκους, όπου εδράζει το αναπνευστικό κέντρο, πολιομυελίτιδα, διφθερίτιδα, μυασθένεια, ανωμαλίες θωρακικού τοιχώματος, απόφραξη τραχείας κ.λπ.²³ Η υποξία μπορεί να διαχωριστεί σε πολλά είδη, όπως:

- **Υποξική υποξία**, η οποία παρατηρείται όταν ελαττώνεται η διαθεσιμότητα του ατμοσφαιρικού οξυγόνου για τα ερυθροκύτταρα.

Τα αίτια της αποτελούν, η χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση, ο υποαερισμός, ο αποκλεισμός της κυψελο-τριχοειδικής διάχυσης και τέλος η διαταραχή της ισορροπίας του αερισμού και της αιμάτωσης

- **Αναιμική υποξία:** παρατηρείται όταν ελαττώνεται η δεσμευτική ικανότητα του οξυγόνου από το αίμα
Οφείλεται στην ελάττωση του αριθμού των ερυθροκυττάρων, στην ελάττωση της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης, στην σύνθεση παθολογικής αιμοσφαιρίνης και στην ελάττωση της δέσμευσης του οξυγόνου.
- **Ισχαιμική υποξία:** παρατηρείται στην καταπληξία, στην καρδιακή ανεπάρκεια ή στην ενδοαγγειακή απόφραξη.
- **Ιστοτοξική υποξία:** παρατηρείται όταν οι ιστοί δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο για να κάνουν οξειδωτικές διαδικασίες
- **Κυάνωση:** παρατηρείται όταν η μη οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη των τριχοειδών υπερβαίνει το 50g/l.

Επειδή η μη οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη έχει σκοτεινό χρώμα τα νύχια, τα χείλη, τα λόβια των αυτιών και οι περιοχές όπου το δέρμα είναι λεπτό αποκτούν σκοτεινό κυανέρυθρο χρώμα.

Η ανάπτυξη κυάνωσης εξαρτάται από την απόλυτη συγκέντρωση της αποξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης είναι δυνατό να υπάρχει βαριά υποξία χωρίς κυάνωση ή παρατηρείται κυάνωση χωρίς σημαντικού βαθμού υποξία².

2.7.b Οι πιο συχνές αιτίες υποξαιμίας είναι:

I. Ατελεκτασία: είναι η ατελής έκπτυξη ή σύγκλειση των κυψελίδων.

Αίτια: Η ατελεκτασία μπορεί να προκληθεί από εξωτερική πίεση των πνευμόνων, μείωση του επιφανειοδραστικού παράγοντα ή βρογχική απόφραξη που εμποδίζει τον αέρα να φτάσει στις κυψελίδες.

Άλλα αίτια είναι ότι μετεγχειρητικά εμφανίζεται από στάσιμες εκκρίσεις που συσσωρεύτηκαν κατά την διάρκεια της αναισθησίας, όντας ο ασθενής στην χειρουργική κλίνη για εκτεταμένο χρονικό διάστημα χωρίς μετακίνηση και από τον υποαερισμό που σχετίζεται με το χειρουργικό πόνο. Το αναπνευστικό ψιθύρισμα ελαττώνεται και ο κορεσμός του οξυγόνου μειώνεται²⁴.

II. Ο πνευμοθώρακας αποτελεί την συλλογή αέρα στην υπεζωκοτική κοιλότητα ανάμεσα στον σπλαχνικό και τοιχωματικό υπεζωκότα.

Υπάρχουν τρία είδη: ο αυτόματος , ο τραυματικός και ο πνευμοθώρακας υποτάση.

Τα αίτια του πνευμοθώρακα αποτελούν: ο αυτόματος πνευμοθώρακας, συνήθως προκαλείται από ρήξεις των υπεζωκοτικών φυσαλίδων ή κύστεων με είσοδο του αέρα στην υπεζωκοτική κοιλότητα, ενώ ο οικογενής αυτόματος πνευμοθώρακα συνδυάζεται με το HLA A2,B40. Επίσης και το κάπνισμα θεωρείτε προδιαθεσικούς παράγοντας του πνευμοθώρακα.

Άλλα αίτια είναι τα διάφορα πνευμονικά νοσήματα όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, το βρογχογενές καρκίνωμα, η βακτηριδιακή πνευμονία και διάφορα άλλα.

Όσον αφορά τον τραυματικό πνευμοθώρακα: οφείλεται συνήθως σε τυφλά ή διατριπράινοτα θωρακικά τραύματα, ιατρογενείς βλάβες ή βαριά τραύματα κατά την διάρκεια μηχανικού αερισμού²⁵.

III. Το πνευμονικό οίδημα χαρακτηρίζεται από παθολογική συλλογή υγρού στο διάμεσο χώρο του πνευμονικού παρεγχύματος και στις κυψελίδες .

Το κυριότερο αίτιο είναι η αριστερή καρδιακή ανεπάρκεια²⁴.

IV. Το ARDS (Σύνδρομο Οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας), είναι μία σοβαρή αντίδραση οφειλόμενη σε διάφορους τύπους τραυματισμού στον πνεύμονα.

Αποτελεί σοβαρή νόσος των πνευμόνων, οφειλόμενη σε άμεσες και έμμεσες αιτίες. Χαρακτηρίζεται από φλεγμονή του πνευμονικού παρεγχύματος με αποτέλεσμα την διαταραχή της ανταλλαγής των αερίων, με ταυτόχρονη απελευθέρωση μεσολαβητών της φλεγμονής που προκαλούν φλεγμονή, υποξαιμία και συχνά οδηγεί σε συστηματική ανεπάρκεια οργάνων. Αυτή η κατάσταση είναι συχνά θανατηφόρα, απαιτεί μηχανικό αερισμό και την εισαγωγή στην ΜΕΘ. Μια λιγότερο σοβαρή μορφή αποτελεί η οξεία πνευμονική βλάβη (ALI)²⁶.

V. Η εισρρόφηση, αποτελεί την είσοδο υλικού από το στοματοφάρυγγα ή του γαστρεντερικού σωλήνα στον λάρυγγα και του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος.

Οι συνέπειες της πνευμονικής εισρρόφησης ποικίλουν, από καμία ζημιά σε πολλαπλές, όπως η πνευμονία και η χημική πνευμονία και σε θάνατο μέσα σε λίγα λεπτά από ασφυξία. Οι συνέπειες αυτές εξαρτώνται εν μέρει από τον όγκο, το μέγεθος των σωματιδίων, την παρουσία ή απουσία μολυσματικών παραγόντων και την υποκείμενη κατάσταση της υγείας του ατόμου²⁷.

VI. Η πνευμονία είναι μια εκτεταμένη φλεγμονή του πνεύμονα.

Χαρακτηρίζεται είτε από πύκνωση του ιστού των πνευμόνων, έτσι όπως αυτά πληρούνται με εξιδρωματικό υγρό ή από φλεγμονή του διάμεσου ιστού και οίδημα. Μπορεί να προσβάλει τον έναν η και τους δυο πνεύμονες ή αποκλειστικά τον ένα λοβό. Διακρίνεται σε βακτηριακή και ιογενής. Η πρώτη οφείλεται κυρίως στον στρεπτόκοκκο ή στον πνευμονιόκοκκο

VII. Η πνευμονική εμβολή συμβαίνει όταν ένα πνευμονικό αγγείο αποφράσσεται από μια μάζα ή θρόμβο.

Τα εμβολα μπορεί να είναι στερεά, υγρά ή και αέρια και μπορούν να προέρχονται από το κάταγμα ενός μακρού οστού, από το αμνιακό υγρό κατά την διάρκεια του τοκετού, από αέρα ο οποίος εισήλθε στην αιματική κυκλοφορία από μια κεντρική γραμμή και από θρόμβους που σχηματίζονται σε άλλα μέρη του σώματος.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την διαταραχή της αιματικής ροής στον πνεύμονα περιφερικά από το σημείο στο οποίο ενσφηνώνεται το έμβολο. Η απόφραξη προκαλεί διαταραχές αερισμού-αιμάτωσης στις κυψελίδες. Με αποτέλεσμα το αίμα να περνά από τις κυψελίδες χωρίς να προσλαμβάνει το οξυγόνο ή να αποδεσμεύει το διοξείδιο του άνθρακα και επέρχεται υποξία²⁴.

VIII. Νάρκωση/ Αναισθησία

Η αναισθησία είναι μια κατάσταση κατά την οποία προκαλείται αναστρέψιμη αναστολή της λειτουργίας του ΚΝΣ²⁸, απώλεια της μνήμης, απώλεια συνειδήσεως (ύπνος), μυοχάλαση και απώλεια της αίσθησης του πόνου (αναλγησία). Ο όρος νάρκωση είναι ταυτόσημος με την γενική αναισθησία²⁹.

Όλες σχεδόν οι εγχειρήσεις, και άλλες επεμβατικές πράξεις, γίνονται με κάποιου είδους αναλγησία, που προκαλείται από αναλγητικά φάρμακα³⁰, όπως για

παράδειγμα η Θειοπεντάλη και η Προποφόλη, τα οποία επιδρούν στους μυς, την αναπνοή και την πίεση του αίματος. Αμέσως μετά την χορήγησή τους επέρχεται απώλεια μυϊκού τόνου και ως εκ τούτου και του ελέγχου του κανονικού αεραγωγού, καθώς και μία σύντομη περίοδος υποαερισμού (αναπνευστική καταστολή) και μερικές φορές άπνοια³¹.

Το επίπεδο της αναισθησίας καθορίζεται από το πόσο ισχυρά είναι τα ερεθίσματα που προκαλούν πόνο, δηλαδή από τον βαθμό διέγερσης των υποδοχέων του πόνου²⁸.

Τα είδη της αναισθησίας διαχωρίζονται σε:

- α) Γενική Αναισθησία και
- β) Τοπικές (περιοχικές) αναισθησίες

Η **γενική αναισθησία** γίνεται με ενδοφλέβια χορήγηση φαρμάκων και συμπλήρωση με αναισθητικά αέρια και οξυγόνο. Αποτέλεσμα της αναισθησίας αυτής είναι η γενική αναισθητοποίηση και η απώλεια συνείδησης του αρρώστου σε όλη την διάρκεια της εγχείρησης.

Η **τοπική αναισθησία** γίνεται με:

- Διήθηση των ιστών, με ένεση του αναισθητικού φαρμάκου τοπικά, με πολλά τρυπήματα της βελόνας.
- Με ψεκασμό των βλεννογόνων με το αναισθητικό φάρμακο, όπως του φάρυγγα σε εγχειρήσεις λαρυγγολογικές, διάφορες ενδοσκοπήσεις για την εισαγωγή του ενδοσκοπίου κ.ά.
- Με έγχυση του αναισθητικού φαρμάκου σε κοιλότητες, όπως στην ουρήθρα για είσοδο κυστεοσκοπίου, ενστάλαξη στα μάτια για εξετάσεις, μικρο-επεμβάσεις κ.λπ.

Τοπική αναισθησία του περιφερικού νευρικού συστήματος.

Με αυτήν αναισθητοποιούνται περιφερικά νεύρα, εκτός αυτού δημιουργείται και πολύ καλή χάλαση, που επιτρέπει στο χειρουργό να εργαστεί άνετα. Η αναισθησία αυτού του είδους γίνεται με:

- Ραχιαία παρακέντηση (ή οσφινωτιαία), έτσι που αναισθητοποιούνται οι ρίζες νεύρων και γίνονται εγχειρήσεις κοιλιάς, λεκάνης και κάτω άκρων.
- Επισκληρίδια ένεση. Αυτή γίνεται στη σκληρά μήνιγγα, στο κάτω μέρος της σπονδυλικής στήλης και αναισθητοποιεί μικρότερη έκταση από αυτή της ραχιαίας, για εγχειρήσεις κάτω άκρων και περίναιου.

- Ουριαία ένεση αναισθητικού φαρμάκου στη βάση του κόκκυγα, που αναισθητοποιεί μόνο το περίνεο, και
- Στελεχιαία ένεση αναισθητικού σε σημεία στελεχών νεύρων, π.χ. στο βραχιόνιο που αναισθητοποιεί ολόκληρο το χέρι ή στο νεύρο ενός δακτύλου, στο αντίστοιχο νεύρο για την εργασία στα δόντια κ.λπ.³⁰

IX. Αναιμία

Η αναιμία είναι παθολογική κατάσταση του οργανισμού, ο ορισμός της οποίας δεν είναι εύκολος. Θεωρητικά, αναιμία είναι η μικρότερη από τη φυσιολογική μάζα κυκλοφορούντων στο αίμα ερυθρών αιμοσφαιρίων. Στην πράξη, αναιμία αναγνωρίζεται με τον εργαστηριακό προσδιορισμό δεικτών της μάζας των κυκλοφορούντων ερυθρών αιμοσφαιρίων, όπως είναι ο αιματοκρίτης, η συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης στο αίμα και ο αριθμός των ερυθρών ανά κυβικό χιλιοστό αίματος.

Η αναιμία δεν αποτελεί στην ουσία κλινική εκδήλωση (συμπτώματα), αλλά εργαστηριακό εύρημα. Ούτε και νόσο αποτελεί στην κυριολεξία, αφού είναι αποτέλεσμα ποικίλων ασθενειών. Κατά συνέπεια, η διάγνωση "αναιμία", δεν έχει ουσιαστικό νόημα. Για να είναι η διάγνωση σαφής, θα πρέπει να προσδιορίζεται η συγκεκριμένη νόσος που προκαλεί την αναιμία ή να αναφέρεται σε συγκεκριμένο τύπο αναιμίας.

Στα συμπτώματα του ασθενούς με αναιμία συμπεριλαμβάνονται η ωχρότητα δέρματος και επιπεφυκότων των ματιών, ταχυκαρδία, αίσθημα κόπωσης, δύσπνοια στην κόπωση, φύσημα, ζάλη, εμβοές στα αυτιά, κεφαλαλγία. Τα συμπτώματα ωστόσο, του αναιμικού αρρώστου εξαρτώνται όχι μόνο από τη βαρύτητα της κατάστασης αλλά και από την ταχύτητα εγκατάστασης της αναιμίας και το υποκείμενο νόσημα.

Οι αναιμίες διακρίνονται σε ποικίλες κατηγορίες οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικές ταξινομήσεις.

- Αιμολυτική αναιμία
- Απλαστική αναιμία
- Μακροκυτταρική αναιμία
- Σιδηροπενική αναιμία³²
- Μυελοφθισική αναιμία
- Οξεία μεθαιμορραγική αναιμία

- Αναιμία χρόνιας νόσου και χρόνιων παθήσεων
- Μεγαλοβλαστικές αναιμίες
- Αιμοσφαιρινοπάθειες
 - Μεσογειακή αναιμία
 - Δρεπανοκυτταρική αναιμία^{4,33}

X. Καρβοξυαιμοσφαιρίνη- ανθρακυλαιμοσφαιρίνη (CoHb)

Η δηλητηρίαση με μονοξείδιο του άνθρακα (CO) από εισπνοή αερίων ατελούς καύσης, δημιουργεί αυξημένα ποσοστά καρβοξυαιμοσφαιρίνης στο αίμα. Επειδή τα συμβατικά οξύμετρα χρησιμοποιούν δύο μήκη κύματος του φωτός, μετρούν μόνο την οξυαιμοσφαιρίνη και την αναχθείσα αιμοσφαιρίνη. Η καρβοξυαιμοσφαιρίνη (COHb) απορροφά το ερυθρό φως όπως και η HbO₂, γεγονός που ερμηνεύει το κερασοειδές χρώμα του αίματος σε δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα, αλλά δεν το αποδίδει στους ιστούς με τον ίδιο τρόπο. Τα παλμικά οξύμετρα καταγράφουν την COHb σαν HbO₂, με αποτέλεσμα να υπερεκτιμάται η SaO₂, ενώ στην πραγματικότητα οι ιστοί είναι υποξαιμικοί. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι η συχνότερη πηγή δηλητηρίασης από την εισπνοή αερίων που προέρχονται από την ατελή καύση οργανικών ουσιών σε κλειστούς ή κακά αεριζόμενους χώρους. Η σημαντικότερη διαταραχή της δηλητηρίασης με CO είναι η ιστική υποξία που οφείλεται:

- Στην τεράστια συνάφεια του CO προς την αιμοσφαιρίνη, 200- 300 φορές μεγαλύτερη του CO₂¹⁸.

Συνεπώς, ασθενείς με αναιμία θα εμφανίσουν πιο γρήγορα και πιο έντονα συμπτώματα σε δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα. Κατά την δηλητηρίαση του άνθρακα η σχηματιζόμενη καρβοαιμοσφαιρίνη αποτρέπει από τη σύνδεση του οξυγόνου στην αιμοσφαιρίνη και από την άλλη την αποδέσμευση του οξυγόνου στους ιστούς³⁴.

Στην σύνδεση του με την μιοσφαιρίνη με συνάφεια > από 60 φορές από το οξυγόνο. Τουλάχιστον σε πειραματόζωα έχει αποδειχθεί ότι προκαλείται καταστολή του μυοκαρδίου και υπόταση. Ασθενείς με καρδιαγγειακή νόσο συνήθως εμφανίζουν δυσρρυθμίες και ισχαιμικά επεισόδια όταν εκτεθούν στο μονοξείδιο.

- Στην αδρανοποίηση της κυτοχρωμικής οξειδάσης, του ενζύμου που επιτρέπει στα κύτταρα να χρησιμοποιούν το οξυγόνο. Το CO έχει 9,3 φορές

μεγαλύτερη ικανότητα σύνδεσης για το κυτόχρωμα από το O₂. Η αδρανοποίηση του κυτοχρώματος αποτελεί μια απαρχή διεργασιών που οδηγούν σε ισχαιμική βλάβη και αργό θάνατο των νευρώνων. Συνθήκες υποξίας ή υπότασης επιβαρύνουν τη δράση που έχει το CO στην οξειδάση του κυτοχρώματος.

- Στην μειωμένη απελευθέρωση οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη στους ιστούς, λόγω μετάθεσης της καμπύλης της οξυαιμοσφαιρίνης προς τα αριστερά¹⁸.

Όταν η καρβοξυαιμοσφαιρίνη ξεπεράσει το 15% επέρχεται υποξία, που προκαλεί κεφαλαλγία, έμετο και σπασμούς. Όταν η συγκέντρωση της καρβοξυαιμοσφαιρίνης ξεπεράσει το 50% επέρχεται ανοξία και θάνατος από μη αναστρέψιμες ιστικές βλάβες. Η καρβοξυαιμοσφαιρίνη ελαττώνεται με ρυθμούς περίπου 15% την ώρα όταν ο ασθενής απομακρύνεται από το επιμολυσμένο περιβάλλον³⁴.

XI. Μεθαιμοσφαιρίνη (metHb)

Η μεθαιμοσφαιρίνη είναι μια μορφή αιμοσφαιρίνης η οποία δεν μπορεί να δεσμεύσει οξυγόνο. Φυσιολογικά δημιουργείται όταν η αναχθείσα αίμη (Fe²⁺) οξειδώνεται σε (Fe³⁺). Οι φυσιολογικές οξειδωτικές διεργασίες συνεχώς παράγουν μικρά ποσά MetHb (τρισθενής αίμη), τα οποία όμως ανάγονται σε δισθενή μορφή από τα κυτταρικά ένζυμα. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια διαθέτουν ενζυμικό σύστημα ελάττωσης της μεθαιμοσφαιρίνης, με αποτέλεσμα να διατηρείται στο αίμα σε φυσιολογικές συνθήκες, σε ποσοστό <1%.

Μεθαιμοσφαιριναιμία εμφανίζεται όταν οι φυσιολογικοί μηχανισμοί αδυνατούν να μετατρέψουν την τρισθενή μορφή σιδήρου σε δισθενή. Συμβαίνει σε ορισμένες περιπτώσεις όπως:

- 1) Συγγενείς παθολογικές μορφές αιμοσφαιρίνης¹⁸:

Η συγγενής μεθαιμοσφαιριναιμία είναι διαταραχή και κληρονομείται με αυτοσωματικό υπολειπόμενο τρόπο. Οι ετεροζυγώτες δεν εμφανίζουν κλινικά ή εργαστηριακά παθολογικά ευρήματα, δεδομένου ότι δεν εμφανίζουν κυάνωση και έχουν φυσιολογική συγκέντρωση μεθαιμοσφαιρίνης στο αίμα. Οι ομοζυγώτες είναι κυανωτικοί, εμφανίζουν φυσιολογικό αρτηριακό κορεσμό οξυγόνου και συγκέντρωση μεθαιμοσφαιρίνης της τάξης του 15- 20%.

Η συγγενής μεθαιμοσφαιριναιμία προκαλείται από ανεπάρκεια της αναγωγάσης της μεθαιμοσφαιρίνης ή πιο σπάνια από παθολογικές αιμοσφαιρίνες (αιμοσφαιρίνη M στις οποίες ο σίδηρος της αίμης είναι αφενός πιο ευπαθής σε οξείδωση και αφετέρου πιο ανθεκτικός στην αναγωγή από το σύστημα της αναγωγάσης της μεθαιμοσφαιρίνης³⁵. Κληρονομούμενη διαταραχή της ενζυματικής εξουδετέρωσης της MetHb (έλλειψη κυτοχρώματος- b₅)

2) Επίσης μπορεί να δημιουργηθεί και από δηλητηριάσεις πχ από βιομηχανικά προϊόντα, φάρμακα (νιτρώδη ή νιτρικά άλατα) κλπ Η μεθαιμοσφαιριναιμία είναι επικίνδυνη γιατί:

- Ελαττώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει O₂.
- Αυξάνει την συνάφεια της αίμης με το οξυγόνο με αποτέλεσμα να μετακινεί την καμπύλη αποδέσμευσης της αιμοσφαιρίνης προς τα αριστερά και να δυσχεραίνει την απόδοση του οξυγόνου στους ιστούς.

Σε βαριές καταστάσεις δημιουργείται υποξία απειλητική για τη ζωή (σε ποσοστό MetHb >50% επέρχεται κώμα). Τα παλμικά οξύμετρα καταγράφουν την MetHb σαν HbO₂, με αποτέλεσμα να υπερεκτιμάται η SaO₂, ενώ στην πραγματικότητα οι ιστοί είναι υποξαιμικοί . Μάλιστα ο SpO₂ σπάνια μειώνεται κάτω από 85% παρά τα χαμηλότερα επίπεδα της SaO₂ ¹⁸.

2.8 ΆΛΛΑ ΕΙΔΗ ΟΞΥΜΕΤΡΙΑΣ

2.8.a Φλεβική οξυμετρία

Η παρακολούθηση του κορεσμού του φλεβικού αίματος (SvO₂) είναι εφικτή με τη χρήση ειδικών καθετήρων που εκπέμπουν ερυθρό και υπέρυθρο φως από την άκρη του καθετήρα και καταγράφουν το φως που ανακλάται από την αιμοσφαιρίνη των κυκλοφορούντων ερυθροκυττάρων. Η τεχνική αυτή ονομάζεται reflectance spectrophotometry και αποτελεί παραλλαγή της παλμικής οξυμετρίας. Ο SvO₂ αποτελεί ένα δείκτη της ισορροπίας μεταξύ της απόδοσης και της κατανάλωσης του O₂ στους ιστούς και η τιμή του μπορεί να επηρεασθεί από την διαταραχή αυτής της σχέσης. Η μέτρηση του SvO₂ μέσω των ειδικών καθετήρων της πνευμονικής αρτηρίας είναι αρκετά ακριβής, με απόκλιση 1,5% από τον SO₂ που μετράται στο εργαστήριο.

Ο κορεσμός του φλεβικού αίματος στην άνω κοίλη φλέβα ($ScvO_2$), ο οποίος μετράται μέσω ειδικών καθετήρων που τοποθετούνται σε αυτήν, είναι κατά τι μικρότερος από τον SvO_2 . Η διαφορά αυτής ($SvO_2 - ScvO_2$) τείνει να αυξηθεί σε καταστάσεις κυκλοφορικής καταπληξίας. Οι μεμονωμένες μετρήσεις του $ScvO_2$ μπορεί να διαφέρουν έως και 10% από τον SvO_2 , ενώ σε πολλαπλές μετρήσεις η διαφορά αυτή μπορεί να μειωθεί στο 5%. Το monitoring του $ScvO_2$ φαίνεται να κερδίζει έδαφος σε σχέση με το SvO_2 , καθώς συνδυάζεται με μειωμένη νοσηρότητα λόγω της αποφυγής χρήσης των καθετήρων της πνευμονικής αρτηρίας.

Η ταυτόχρονη παρακολούθηση του SaO_2 και του SvO_2 (dual oximetry) μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον ρυθμό κορεσμού σε οξυγόνο¹⁹.

2.8.b Εγκεφαλική οξυμετρία

Οι δύο επεκτάσεις της τεχνολογίας της παλμικής οξυμετρίας είναι: ο κορεσμός μικτού φλεβικού αίματος (SvO_2) και η μη επεμβατική οξυμετρία εγκεφάλου.

Το προηγούμενο απαιτεί την τοποθέτηση ενός ειδικού PAC που περιέχει αισθητήρα με οπτικές ίνες που καθορίζουν συνεχώς το SvO_2 κατά τρόπο ανάλογο με το παλμικό οξύμετρο, διότι το SvO_2 ποικίλλει ανάλογα με τις αλλαγές συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης, τη καρδιακή παροχή, του αρτηριακού κορεσμού οξυγόνου, καθώς και το οξυγόνο σε ολόκληρο το σώμα, η ερμηνεία του είναι μάλλον πολύπλοκη. Μια παραλλαγή της τεχνικής αυτής περιλαμβάνει την τοποθέτηση του αισθητήρα των οπτικών ινών στην εσωτερική σφαγίτιδα (φλέβα), η οποία παρέχει μετρήσεις κορεσμού της σφαγίτιδας σε οξυγόνο με λαμπτήρα, σε μια προσπάθεια να αξιολογήσει την επάρκεια του εγκεφάλου σε οξυγόνο.

Η μη επεμβατική οξυμετρία εγκεφάλου ελέγχει περιφερικά τον κορεσμό οξυγόνου της αιμοσφαιρίνης στον εγκέφαλο (rSO_2). Ένας καθετήρας τοποθετείται στο μέτωπο από το οποίο εκπέμπεται φως συγκεκριμένου μήκους κύματος και μετρά το φως που ανακλάται πίσω στον καθετήρα. Σε αντίθεση με το παλμικό οξύμετρο, το εγκεφαλικό οξύμετρο μετρά τον φλεβικό και το τριχοειδικό κορεσμό σε οξυγόνο αίμα μαζί με τον κορεσμό του αρτηριακού αίματος. Έτσι ο κορεσμός οξυγόνου αντιπροσωπεύει τον μέσο κορεσμό οξυγόνου όλης της περιφερικής μικροαγγειακής αιμοσφαιρίνης (περίπου σε 70%). Καρδιακή ανακοπή, εγκεφαλικό έμβολο, βαθιά υπερθερμία ή βαριά υποξαιμία προκαλεί μια δραματική μείωση της rSO_2 ²¹.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Περιορισμοί και παράγοντες που επηρεάζουν την χρήση της παλμικής οξυμετρίας

Τα παλμικά οξύμετρα παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στην ακρίβεια των μετρήσεων τους. Οι διαφορές αυτές οφείλονται τόσο σε λόγους τεχνολογικούς, όσο και στην διαφορετική καμπύλη βαθμονόμησής τους. Η ακρίβεια των μετρήσεων των παλμικών οξύμετρων μπορεί να επηρεασθεί από διάφορους παράγοντες²².

a) Φυσιολογική περιορισμοί

Τα παλμικά οξύμετρα μετρούν τον SaO₂ ο οποίος με την μερική πίεση του O₂ στο αρτηριακό αίμα σύμφωνα με την καμπύλη αποδέσμευσης της οξυαιμοσφαιρίνης. Λόγω του σιγμοειδούς σχήματος της καμπύλης η οξυμετρία έχει μικρή ευαισθησία στην ανίχνευση της υποξαιμίας σε ασθενείς με υψηλή PaO₂ (>60 mmHg)^{19,22}. Η συνήθης απόκλιση είναι ± 4% . μια ένδειξη SpO₂ 95% μπορεί να αντιστοιχεί σε τιμή PaO₂ από 60 mmHg (SpO₂ 91%) μέχρι 160 mmHg (SpO₂ 99%)^{18,22}.

b) Περιορισμοί στη λήψη του σήματος

1. **Περιβάλλουσες συνθήκες φωτός:** Τα οξύμετρα λειτουργούν σε συνθήκες φυσικού φωτός και για τον λόγο αυτό έχουν περιγραφεί λανθασμένες τιμές SpO₂ κάτω από τα φώτα του χειρουργείου. Ως εκ τούτου θεωρείται αναγκαία η προστασία των ακροδεκτών από το έντονο φως^{19,22,36}.
2. **Χαμηλή αιμάτωση:** Η παλμική οξυμετρία εξαρτάται από την ικανοποιητική αρτηριακή άρδευση του δέρματος. Καταστάσεις χαμηλής καρδιακής παροχής(χαμηλή πίεση παλμών), έντονης αγγειοσυσπασσης, χορήγηση φαρμάκων πχ νοραδρεναλίνης ή υποθερμίας δύναται να δυσχεράνουν τον φωτοαισθητήρα στην ανίχνευση του αληθούς σήματος. Για τις περιπτώσεις πολύ χαμηλής περιφερικής αιματικής ροής, διατίθενται ειδικοί αισθητήρες οξυμέτρων οι οποίοι τοποθετούνται στο μέτωπο. Οι αισθητήρες αυτοί διαφέρουν από τα κλασικά παλμικά οξύμετρα διότι καταγράφουν το φως

που αντανακλάται πίσω στην επιφάνεια του δέρματος (reflectance spectrophotometry)^{18,19}.

3. **Αναιμία:** Επί απουσίας υποξαιμίας, η ακρίβεια των παλμικών οξυμέτρων παραμένει σταθερή και σε καταστάσεις αναιμίας, μέχρι τα επίπεδα της Hb να πέσουν στα 2,5- 3 g/dL. Σε μικρότερο βαθμό αναιμίας (Hb \approx 3- 9 g/dL), η οξυμετρία υποεκτιμά τον SpO₂ μόνο κατά 0,5%.¹⁹ Η εμβρυϊκή αιμοσφαιρίνη που μπορεί να παρουσιάσει κορεσμό της τάξης του 90% με PaO₂ υψηλότερο από το φυσιολογικό, ενώ η δρεπανοκυτταρική αναιμία δεν φαίνεται να επηρεάζει την σφυγμική οξυμετρία.
4. **Η κακή τοποθέτηση ή οι μετακινήσεις του ακροδέκτη** (probe) από λάθος ή λόγω παρουσίας τρόμου, διέγερση σπασμών (motion artifact) συχνά δείχνου λανθασμένες μετρήσεις (artifacts). Το πρόβλημα αυτό παραμένει άλυτο, παρά τις προσπάθειες των τεχνολόγων να συγχρονίσουν το σφυγμικό σήμα των παλμικών οξυμέτρων με το αντίστοιχο σήμα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.
5. **Ίκτερος:** δεν βρέθηκε να επηρεάζει την ακρίβεια των μετρήσεων των παλμικών οξυμέτρων ακόμη και σε κατάσταση σοβαρής υπερχολερυθριναιμίας^{18,22}.
6. **Η υποθερμία και η χαμηλή πίεση παλμού:** Γενικά η ελαττωμένη αιμάτωση των ιστών έχει σαν συνέπεια την ανεπαρκή απεικόνιση του ηλεκτρικού παλμικού σήματος.
7. **Η εμβρυϊκή αιμοσφαιρίνη:** που μπορεί να παρουσιάζει κορεσμό της τάξης του 90% με PaO₂ υψηλότερο από το φυσιολογικό, ενώ η δρεπανοκυτταρική αναιμία δε φαίνεται να επηρεάζει την σφυγμική οξυμετρία¹⁸.

c) Επίδραση από ουσίες

1. **Δηλητηρίαση με CO:** Το CO εντοπίζει το O₂ από τις θέσεις δέσμευσης του με την Hb. Επομένως η δηλητηρίαση με CO θα αυξήσει την ανθρακυλαιμοσφαιρίνη και θα μειώσει την HbO₂. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την λανθάνουσα εκτίμηση της COHb ως HbO₂ από τα οξύμετρα, με συνέπεια την υπερεκτίμηση του SpO₂ έναντι της πραγματικής τιμής του SpO₂. Η διαφορά SpO₂ – SaO₂ είναι ανάλογη της COHb.

Επομένως, επί δηλητηρίασης με CO, η παλμική οξυμετρία είναι ανακριβής μέθοδος για την εκτίμηση της υποξαιμίας. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να γίνεται άμεση μέτρηση της COHb με την βοήθεια ειδικών φασματοφωτόμετρων με πολλαπλά μήκη κύματος φωτός που μπορούν να ανιχνεύσουν τις διάφορες μορφές της Hb^{18,19,22}.

2. **Μεθαιμοσφαιριναιμία:** Τα οξειδωμένα μόρια του Fe στην μεθαιμοσφαιρίνη δεν μπορούν να μεταφέρουν το O₂ επαρκώς. Η αύξηση της metHb επομένως θα μειώσει τον SaO₂. Το παλμικό οξύμετρο υπερεκτιμά τον SaO₂ (SaO₂ > SaO₂). Ως εκ τούτου, το παλμικό οξύμετρο δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και παρακολούθηση της υποξαιμίας σε καταστάσεις πιθανής μεθαιμοσφαιριναιμίας^{18,19}.
3. **Χρώμα του δέρματος και χρωστικές:** Η επίδραση του χρώματος του δέρματος στον SpO₂ έχει αξιολογηθεί σε διάφορες μελέτες με αντιφατικά αποτελέσματα. Η σκούρα (καφέ, μαύρη) βαφή των νυχιών μπορεί να έχει μια μικρή επίδραση στην εκτίμηση του SpO₂ (το SpO₂ είναι κατά 2% μικρότερο του SaO₂), αλλά αυτό μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την τοποθέτηση του ακροδέκτη στην πλάγια επιφάνια του δακτύλου. Το κυανό του μεθυλενίου έχει πολύ μεγάλη επίδραση στην εκτίμηση του SpO₂ προκαλώντας μείωση έως και 65% του SpO₂ όταν ενύεται ενδοφλέβια. Καθώς το κυανό του μεθυλενίου χρησιμοποιείται για την θεραπεία της μεθαιμοσφαιριναιμίας, συνιστάται η αποφυγή της χρήσης των οξυμέτρων για την παρακολούθηση της υποξαιμίας των ασθενών με μεθαιμοσφαιριναιμία^{18,19,22,36}. **(Πίνακας 1)**

Πίνακας 1

Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων των παλμικών οξυμέτρων

Η καμπύλη διαχωρισμού της HbO ₂
Οι δυσαιμοσφαιριναιμίες πχ. Μεσογειακή αναιμία
Διάφορες χρωστικές
Το φως του περιβάλλοντος
Η μετακίνηση ή η κακή τοποθέτηση του ακροδέκτη
Η μειωμένη αιμάτωση των ιστών
Η υποθερμία και χαμηλή πίεση παλμού

Επίσης η αξιοπιστία του παλμικού οξύμετρου μπορεί να μετρηθεί και με μια άλλη κλίμακα μέτρησης:

- A. Σε παράγοντες εξαρτώμενους από τους ασθενείς και
- B. Από τους παράγοντες παθολογικών αιμοσφαιρινών

A. Παράγοντες Εξαρτώμενοι από τον Ασθενή

Οι ασθενείς στη ΜΕΘ συχνά εμφανίζουν υπόταση, φτωχή άδρευση των άκρων και ελαττωμένη παροχή οξυγόνου ή εναλλακτικά, τους χορηγούνται φάρμακα με αγγειοσυσπαστική και αγγειοδιασταλτική δράση. Τα φάρμακα αυτά επηρεάζουν τη ροή του αίματος στη θέση της οξυμετρίας και τη μορφή και ένταση του κύματος παλμού που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του κορεσμού σε οξυγόνο. Οι περισσότερες συσκευές είναι έτσι προγραμματισμένες ώστε να μην μετρούν τον κορεσμό όταν υπάρχει χαμηλή άδρευση ή φτωχό σήμα παλμού. Σε μερικές από τις λίγες μελέτες που ασχολήθηκαν με το θέμα της ΜΕΘ, η αποτυχία της οξυμετρίας να μετρήσει τον κορεσμό σε οξυγόνο δεν ήταν ασυνήθης σε ασθενείς με αιμοδυναμική αστάθεια (12- 15%). Εν τούτοις, άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι μερικά οξύμετρα παλμού συνεχίζουν να μετρούν και να απεικονίζουν το κορεσμό του οξυγόνου παρά την πολύ φτωχή αιματική ροή και την πολύ βαριά υπόταση. Τα αποτελέσματα αυτά μπορεί να μην είναι αξιόπιστα, και υπάρχει αρκετός προβληματισμός ότι ο κορεσμός του οξυγόνου που μετράται με την οξυμετρία κάτω απ' αυτές τις συνθήκες μπορεί να είναι λανθασμένα .

B. Παθολογικές Αιμοσφαιρίνες

Το παλμικό οξύμετρο δεν μπορεί να μετρήσει την καρβοξυαιμοσφαιρίνη ή να μετρήσει με ακρίβεια την οξυαιμοσφαιρίνη σε παρουσία καρβοξυαιμοσφαιρίνης. Ο κορεσμός του οξυγόνου που απεικονίζεται είναι πρακτικά ίσος με τη διαφορά ανάμεσα στην ολική αιμοσφαιρίνη και στη αναχθείσας αιμοσφαιρίνη (100% μείον το ποσοστό της αναχθείσας αιμοσφαιρίνης), αλλά οι σχετικές συγκεντρώσεις της οξυαιμοσφαιρίνης και αναχθείσας αιμοσφαιρίνης είναι άγνωστες. Και άλλες ουσίες στο αίμα είναι δυνατόν να επηρεάσουν την παλμική οξυμετρία . Η χολερυθρίνη έχει

μικρή επίδραση στην οξυμετρία. Η μεθαιμοσφαιρίνη, που παράγεται από την παρουσία οξειδωτικών παραγόντων όπως τα νιτρικά και οι σουλφοναμίδες, συνήθως αυξάνει τη διαφορά μεταξύ του λειτουργικού κορεσμού οξυγόνου και οξυαιμοσφαιρίνης αλλά η μεθαιμοσφαιρίνη μπορεί να έχει επίσης περιέργες επιδράσεις στη οξυμετρία προκαλώντας πάντοτε σταθερά κορεσμό οξυγόνου 85%. Μια ποικιλία από χρωστικές όπως το πράσινο της ινδοκυανίνης και το κυανό του μεθυλενίου μπορούν επίσης να επιδράσουν την ακρίβεια των μετρήσεων¹⁷.

Η μέθοδος για να δώσει όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προϋποθέτει τη χρησιμοποίηση της συσκευής του παλμικού οξύμετρου με τον κατάλληλο ακροδέκτη- αισθητήρα σε σχέση με το μέγεθος του ασθενούς και την θέση εφαρμογής. Και τέλος πρέπει να ελεγχθεί ο ακροδέκτης εάν είναι καθαρός από τυχόν ακαθαρσίες ή αίμα, τόσο στη φωτεινή πηγή όσο και στον φωτοδέκτη και καθαρίζεται το δέρμα της περιοχής που εφαρμόζεται στον ακροδέκτη¹⁶.

3.2 Μειονεκτήματα της παλμικής οξυμετρίας.

Η παλμική οξυμετρία μειονεκτεί, διότι:

Παρ' όλα αυτά η παλμική οξυμετρία δεν είναι δυνατόν να αντικαταστήσει τις πληροφορίες που λαμβάνουν από την ανάλυση των αερίων αίματος, που αφορούν:

- την οξυγόνωση (PO_2 , SaO_2),
- την οξεοβασική ισορροπία (pH , $base\ excess$) και
- τον αερισμό (PCO_2 , pH , HCO_3^-).
- τον αιματοκρίτη του αρρώστου,
- την αιμοσφαιρίνη,
- τους ηλεκτρολύτες,
- το γαλακτικό οξύ,
- το σάκχαρο του αίματος κ.λπ.

οι οποίες πληροφορίες όμως αφορούν την δεδομένη στιγμή που λήφθηκε το δείγμα.

Οποιοσδήποτε αλλαγές ακολουθήσουν, δεν καταγράφονται παρά μόνο σε νέα μέτρηση. Για το λόγο αυτό ο περιοδικός έλεγχος με αέρια αίματος είναι απαραίτητος και αναντικατάστατος.

- Κάποια οξύμετρα υπερεκτιμούν τις χαμηλές τιμές κορεσμού και δίνουν μη ακριβή αποτελέσματα.

Η μέθοδος δεν δίνει επίσης πληροφορίες για:

- Τον πνευμονικό αερισμό, αδυνατεί να ανιχνεύσει διαταραχές της ανταλλαγής αερίων στους πνεύμονες και δεν είναι ευαίσθητος δείκτης των μεταβολών που συμβαίνουν εκεί¹⁸.

Εάν οι ενδείξεις του οξύμετρου δεν είναι συμβατές με την κλινική εικόνα του ασθενούς, μετράται η καρδιακή συχνότητα στην κορυφή της καρδιάς ή στην καρωτιδική αρτηρία και αυτή συγκρίνεται με τις ενδείξεις του οξυμέτρου. Εάν οι μετρήσεις διαφέρουν μεταξύ τους, είναι απαραίτητη η μέτρηση των αερίων σε δείγμα αρτηριακού αίματος¹⁶.

Άλλα μειονεκτήματα προκύπτουν από ορισμένους παράγοντες που μπορούν να δώσουν ψευδή αποτελέσματα, όπως:

- Μετακίνηση του ιχνηθέτη οξυμετρίας,
- τυχαίο εξωτερικό φως ιδιαίτερα εάν εμφανίζει παλμικότητα,
- μεταβολές των αρτηριακών παλμών,
- εξαρτημένη θέση,
- φλεβικοί παλμοί και άλλοι παράγοντες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μετρήσεις του κορεσμού σε οξυγόνο που δεν είναι σωστοί¹⁷.

Εάν όμως συμβεί μια αιφνίδια υποξαιμία (π.χ. αποδέσμευση από τον αναπνευστήρα) μόνο το παλμικό οξύμετρο θα δώσει άμεσες πληροφορίες σε 6sec για τον ακροδέκτη του αυτιού και σε 24sec για τον ακροδέκτη του δακτύλου¹⁸.

3.3 Επιπλοκές της παλμικής οξυμετρίας

Αν και η παλμική οξυμετρία είναι μια πολύ ασφαλής μέθοδος και οι επιπλοκές είναι ασυνήθιστες, υπάρχουν μερικοί πιθανοί κίνδυνοι.

- Συμπιεστικά έλκη: η θέση του ανιχνευτή θα πρέπει να αλλάζει το λιγότερο κάθε δύο ώρες. Μην χρησιμοποιείτε ταινίες για να κρατήσετε των αισθητήρα στην θέση του.
- Εγκαύματα: οι ελαττωματικοί ανιχνευτές μπορεί να προκαλέσουν εγκαύματα, επομένως είναι σημαντικό να ελέγχουμε τις πηγές φωτός ότι δεν έχουν υπερθερμανθεί πριν τις χρησιμοποιήσουμε^{36,37}.
- Αντίδραση στο ελαστικό υλικό ορισμένων αυτοκόλλητων ακροδεκτών¹⁶.

Σε άλλες βιβλιογραφίες που μελετήθηκαν έχουν αναφερθεί ότι οι βλάβες από την θερμότητα από την φωτεινή πηγή ή αισθητήρα πίεσης σπανίως μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη των ιστών αν η οθόνη δεν μετακινηθεί περιοδικά²¹.

3.4 Παλμικό monitoring των ασθενών

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι τα αποτελέσματα του παλμικού οξύμετρου από μόνα τους δεν αποτελούν σημεία αξιοπιστίας. Το παλμικό οξύμετρο θα πρέπει πάντα κατά την εφαρμογή του να συνδυάζεται με την εκτίμηση του ασθενούς. Εάν απαιτείται παλμικό οξύμετρο στους ασθενείς τότε η αναπνευστική εκτίμηση θα πρέπει να ελέγχεται και να καταγράφεται τακτικά. Ως μια αύξηση της αναπνευστικής τιμής μπορεί να οριστεί ένας πίνακας ευπαθών αναπνευστικών τιμών αναπτυσσόμενης κριτικής της ασθένειας. Είναι σημαντικό να εκτιμούνται τα ακόλουθα:

- Αναπνευστική εκτίμηση³⁶:

Το παλμικό οξύμετρο δεν παρέχει πληροφορίες για την μεταφορά του οξυγόνου στους ιστούς, για την κατανάλωση οξυγόνου ή την επάρκεια του αερισμού³⁷.

- Λαχανιάζει ο ασθενής; Δυσκολεύεται να ολοκληρώσει μια πρόταση χωρίς να δυσχεραίνεται η αναπνοή του;³⁶

Το λαχάνισμα μας προειδοποιεί ξεκάθαρα ότι η τρέχουσα θεραπεία είναι αναποτελεσματική³⁷.

- Είναι καλή η ακρόαση των αναπνευστικών ήχων σε όλες τις περιοχές των πνευμόνων του ασθενούς;³⁶

Όλα τα πεδία των πνευμόνων θα πρέπει να ακροαστούν με στηθοσκόπιο για να επιβεβαιωθεί ότι ο αέρας διαπερνά όλα τα λόβια. Και εάν οι ασθενείς έχουν ένα κατεστραμμένο λόβιο ή περιοχή,

- Μήπως ο ασθενής λέει κατηγορηματικά ψέματα, σιωπά, έχει κλίση μπροστά, δεν υπάρχουν ακουστικοί ψίθυροι³⁷.
- Χρησιμοποιεί ο ασθενής κάποιο μηχανισμό υποβοήθησης της αναπνοής;
- Έχει ο ασθενής εφίδρωση;
- Είναι ο ασθενής συγχυσμένος;³⁶

Η σύγχυση αποτελεί σημάδι υποξαιμίας³⁷.

- Είναι ο ασθενής υπνηλικός;³⁶

Η υπνηλία αποτελεί σημάδι αυξημένων επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα³⁷.

- Είναι ο ασθενής ερυθρός ή κυανωτικός;³⁶

Η κυάνωση αποτελεί σημάδι υποξαιμίας και μειωμένη διάχυση. Για άλλη μια φορά η αποτελεσματικότητα της τρέχουσας θεραπείας αναποτελεσματική.

- Έχει ο ασθενής καρδιακές αρρυθμίες;

Το παλμικό οξύμετρο μπορεί να μπερδευτεί από τις καρδιακές αρρυθμίες. Εάν ο παλμός του ασθενούς είναι ακανόνιστος τα αποτελέσματα του παλμικού οξύμετρου μπορεί να είναι ανακριβής.

- Είναι η παραγωγή ούρων του ασθενούς επαρκής;

Η παραγωγή των ούρων είναι μια καλή ένδειξη της επάρκειας στην οργανική διάχυση. Εάν η παραγωγή των ούρων είναι μειωμένη, είναι απίθανο τα όργανα του σώματος να έχουν επαρκής λήψη παρεχόμενου αίματος. Η μειωμένη παροχή αίματος όχι μόνο έχει επίπτωση στον περιορισμό στο ποσό του μεταφερόμενου οξυγόνου στους ιστούς αλλά επίσης και στα αποτελέσματα του παλμικού οξύμετρου όπου τα καθιστά λιγότερο αξιόπιστα.³⁷

Το παλμικό οξύμετρο παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση του οξυγόνου του ασθενούς. Δεν παρέχει πληροφορίες για άλλες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα το CO₂. Εάν υπάρχει κάποιος προβληματισμός όσο αφορά την υπερβολική συλλογή ή απέκκριση CO₂ το παλμικό οξύμετρο δεν συνιστάτε³⁶.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Οδηγίες για καλύτερη εφαρμογή του οξύμετρου

Για να επιβεβαιώσουμε ότι το παλμικό οξύμετρο είναι ασφαλές, αξιόπιστο και κατανοείται ο σκοπός της χρήσης του από τους ασθενείς, τηρούνται οι ακόλουθες κατευθυντήριες γραμμές/ οδηγίες.

- ∅ Εξηγείστε την διαδικασία στους ασθενείς³⁷, για ποιους λόγους χρησιμοποιούμε το οξύμετρο, πως δουλεύει και τι δείχνουν οι ενδείξεις. Επίσης, τι μπορεί να οδηγήσει σε λάθος έναρξης συναγερμού³⁸.
- ∅ Πλύνετε τα χέρια σας πριν την εφαρμογή του οξύμετρου για την πρόληψη διασποράς μικροβίων³⁹.
- ∅ Βεβαιώνετε ότι ο ανιχνευτής είναι καθαρός, στεγνός και σε καλή κατάσταση πριν εφαρμοστεί στον ασθενή^{37,38}.
- ∅ Επιλέξτε το σωστό μέγεθος αισθητήρα ανάλογα με το βάρος σώματος και την ηλικία, εάν ο ασθενής είναι αλλεργικός στο αυτοκόλλητο αντικαθιστάτε με κλιπ . Είναι σημαντικό να χρησιμοποιήσουμε το σωστό μέγεθος και τύπο για να αποφευχθούν οι δερματικές επιπλοκές και να βεβαιωθούμε για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων^{38,39}.
- ∅ Επιλέξτε ένα κατάλληλο σημείο τοποθέτησης του ακροδέκτη με σταθερή και ικανοποιητική ροή αίματος^{37,38}. Γενικά το δάκτυλο είναι η πρώτη επιλογή, όμως οι μετωπιαίοι αισθητήρες είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι σε ασθενείς με φτωχή περιφερική αιμάτωση. Οι μετωπιαίοι αισθητήρες είναι επίσης μια καλή επιλογή για ασθενείς υπό γενική αναισθησία, των οποίων τα άκρα είναι δυσπρόσβλητα³⁸.
- ∅ Μετακινήστε οτιδήποτε από το σημείο εφαρμογής του δέκτη που μπορεί να επηρεάσει την μετάδοση του φωτός, για παράδειγμα ξεραμένο αίμα, σκουρόχρωμα βερνίκια νυχιών ή ψεύτικα νύχια^{37,39}.
- ∅ Εφαρμόστε με ασφάλεια τον αισθητήρα στο δέρμα και ανοίχτε την συσκευή³⁹.
- ∅ Μην χρησιμοποιείτε αυτοκόλλητες ταινίες για να σταθεροποιήσετε τον ανιχνευτή
- ∅ Βεβαιωθείτε ότι εξασφαλίζετε καλή κυματομορφή και τα αποτελέσματα εάν είναι αξιόπιστα

- ∅ Ρυθμίστε τα alarms όπως ενδείκνυται για τις ανάγκες του ασθενούς³⁷.
- ∅ Ελέγξτε τον κορεσμό οξυγόνου σε τακτά χρονικά διαστήματα, ή ανάλογα με τις ιατρικές οδηγίες ή την αναγκαιότητα που προκύπτει από τους συναγερμούς. Παρακολουθείτε τα επίπεδα αιμοσφαιρίνης.
 - ο Η παρακολούθηση του SaO₂ παρέχει διαρκή αξιολόγηση της κατάστασης του ασθενούς. Το χαμηλό επίπεδο αιμοσφαιρίνης μπορεί να είναι ικανοποιητικά κορεσμένο αλλά παρόλα αυτά να μην είναι ικανό να ικανοποιήσει τις ανάγκες του ασθενή σε οξυγόνο³⁹.
- ∅ Αλλάξτε την θέση του ανιχνευτή τουλάχιστον κάθε δύο ώρες, ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενούς, για την πρόληψη πρόκλησης συμπίεστικού έλκους ή τραυματισμού^{37,38}.
- ∅ Ελέγξτε τα ζωτικά σημεία του ασθενούς και εκτιμήστε εκτενώς την αναπνευστική κατάσταση σε τακτικά χρονικά διαστήματα.
- ∅ Λάβετε υπόψη τα δεδομένα του παλμικού οξύμετρου καθώς και τα κλινικά σημεία αντί να θεωρηθούν ως υποκατάστατο³⁷.
- ∅ Κρατείστε τον ασθενή ζεστό σε περίπτωση ρίγους για να αποκλείσετε το αίτιο μετακίνησης του αισθητήρα.
- ∅ Καλύψτε τον ακροδέκτη του οξύμετρου με τα κλινοσκεπάσματα του ασθενούς για την αποφυγή των πιθανοτήτων παρεμβολής περιβαλλοντικού φωτός
- ∅ Εκτιμήστε τις όποιες δυσλειτουργίες του εξοπλισμού.
 - ο Σε περίπτωση απουσίας ή ασθενούς σήματος, ελέγξτε τα ζωτικά σημεία και την κατάσταση του ασθενή. Εάν είναι ικανοποιητικά ελέγξτε τον αισθητήρα μη τυχόν έχει αποκολληθεί, τις συνδέσεις του οξύμετρου και την τροφοδοσία του ρεύματος.
 - ο Εάν υπάρχει έντονο φως στον χώρο και επειδή αναφέρεται ως παράγοντας δυσλειτουργίας, καλύψτε το σημείο του αισθητήρα με ένα ύφασμα³⁹.
- Καταγράψτε στον νοσηλευτικό φάκελο τον κορεσμό του οξυγόνου με τις ιατρικές οδηγίες
- Δεν πρέπει να λαμβάνονται αποφάσεις όπως η αλλαγή της δόσης κάποιου φαρμάκου με βάση τα αποτελέσματα μέτρησης
- ∅ Τέλος, θα πρέπει να υπενθυμίζουμε την αλλαγή των γραπτών ιατρικών οδηγιών για συνεχόμενο monitoring σε διακοπτόμενο monitoring όταν είναι εφικτό³⁸.

4.2 Πληροφορίες προφύλαξης

Ο χρήστης πρέπει να ελέγξει ότι ο εξοπλισμός λειτουργεί με ασφάλεια και να επιβεβαιώσει ότι είναι σε καλή κατάσταση λειτουργίας:

- Ø Μην χρησιμοποιείτε το παλμικό οξύμετρο σε ατμόσφαιρες με εκρηκτικά, εύφλεκτα αναισθητικά ή στο εσωτερικό θαλάμων οξυγόνου
- Ø Μην χρησιμοποιείτε το παλμικό οξύμετρο σε περιβάλλον Μαγνητικού ή Αξονικού Τομογράφου⁴⁰⁻⁴³.
- Ø Το παλμικό οξύμετρο προορίζεται μόνο ως επιπρόσθετο μέσο για την αξιολόγηση του ασθενούς. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους αξιολόγησης κλινικών ενδείξεων και συμπτωμάτων^{41,42}.
- Ø Παρατεταμένη χρήση του αισθητήρα ή η κατάσταση του ασθενή μπορεί να απαιτεί αλλαγή της θέσης του αισθητήρα περιοδικά.
 - ο Αλλάξτε την θέση του αισθητήρα και ελέγξτε την ακεραιότητα του δέρματος, την κατάσταση του κυκλοφορικού, και διορθώστε την ευθυγράμμιση κάθε 4 ώρες τουλάχιστον. Η αλλαγή της περιοχής εφαρμογής απαιτείται επίσης σε συνθήκες π.χ. υψηλού πυρετού ή περιφερικής κυκλοφοριακής ανεπάρκειας, καθώς η εφαρμογή της συσκευής μπορεί να προκαλέσει τμηματική αύξηση της θερμοκρασίας.
 - ο Μην στερεώνετε το οξύμετρο στο δάχτυλο με καλώδια ή ταινίες.
 - ο Επίσης παρατεταμένη χρήση μπορεί να προκαλέσει φλύκταινες, δερματικές αλλοιώσεις και δυσφορία.
- Ø Συνδέοντας τη συσκευή σε οποιοδήποτε όργανο, επιβεβαιώστε τη σωστή λειτουργία πριν από την κλινική χρήση. Αναφερθείτε στο εγχειρίδιο χρήσης του οργάνου για πλήρης οδηγίες.
 - ο Βλάβη του αισθητήρα μπορεί να προκαλέσει ανακριβή δεδομένα τα οποία πιθανώς να έχουν αποτέλεσμα τον τραυματισμό ή το θάνατο του ασθενή, γι' αυτό να προσέχετε τον αισθητήρα και να τον επιθεωρείτε συχνά.
- Ø Φθαρμένα καλώδια δεδομένων μπορούν επίσης να προκαλέσουν ανακριβή δεδομένα, γι' αυτό εάν τα δεδομένα χρησιμοποιούνται ως αναφορά για την

θεραπεία του ασθενή, προσέξτε ιδιαίτερα το καλώδιο δεδομένων και να το ελέγχετε συχνότερα⁴⁰⁻⁴².

- Ø Μην μπλέκεται το καλώδιο του SpO₂ με τα καλώδια του ηλεκτροχειρουργικού εξοπλισμού, απινιδωτές, κινητά τηλέφωνα, εξοπλισμό επικοινωνιών ραδιοσυχνοτήτων ή συσκευές αγωγής υπερβαρικού οξυγόνου
- Ø Τα εξαρτήματα μιας χρήσης δεν θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται^{40,43}.
- Ø Το παλμικό οξύμετρο ενδείκνυται για χρήση από επαγγελματίες ιατρονοσηλευτικής μόνο⁴⁰.

4.3 Προειδοποιήσεις

- Ø Αποστείρωση με αυτόκαυστα υλικά, οξείδιο του αιθυλενίου ή η εμφύσηση του αισθητήρα σε υγρό μπορεί να προκαλέσει ανακριβείς ενδείξεις.
- Ø Ο χρήστης θα πρέπει να είναι απόλυτα εξοικειωμένος με τις πληροφορίες αυτού του εγχειριδίου πριν την χρησιμοποιήσει αυτής της συσκευής.
- Ø Αποσυνδέστε τον αισθητήρα από τη συσκευή πριν από τον καθαρισμό ή την απολύμανση του.
- Ø Εάν κατά λάθος χυθεί υγρό στη μονάδα, καθαρίστε και στεγνώστε το πλήρως πριν να το χρησιμοποιήσετε.
- Ø Μην προσπαθήσετε να χρησιμοποιήσετε για μετρήσεις το SpO₂ και το NIBP στο ίδιο χέρι ταυτόχρονα. Αυτό θα μπορούσε πιθανώς να επηρεάσει την ακρίβεια των μετρήσεων⁴⁰.

4.4 Αίτια παρεμβολών στη μέτρηση ή αναξιόπιστες ενδείξεις

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, η ακρίβεια των μετρήσεων του οξυμέτρου μπορούν να επηρεαστούν από διάφορους παράγοντες. Η απόδοση του οργάνου εξαρτάται από τον παλλόμενο χαρακτήρα των αρτηριών. Η μέτρηση δεν θα πρέπει να θεωρείται αξιόπιστη και ακριβής εάν παρουσιάζονται οι ακόλουθες καταστάσεις κατά τη διάρκεια της μέτρησης:

- Ø Η λειτουργία αυτής της συσκευής σε ένα ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια του⁴⁰.

- ∅ Ανακριβής μετρήσεις μπορεί να προκληθούν από αυτόκαυστα απολυμαντικά οξειδίου του αιθυλενίου, ή η εμβάπτιση των αισθητήρων σε υγρό μπορεί να προκαλέσει ανακριβείς ενδείξεις^{41,42}.
- ∅ Οι μετρήσεις SpO₂ μπορεί να επηρεαστούν από έντονο ατμοσφαιρικό φως ή φωτισμός χειρουργείου, ιδιαιτέρως από ηλιακό φως. Προστατέψτε την περιοχή του αισθητήρα όπως είναι απαραίτητο.
- ∅ Υπερβολική κίνηση του ασθενή
- ∅ Φλεβικός παλμός⁴⁰⁻⁴²
- ∅ Ασθενές ή ελλιπής παλμικό σήμα
Έλλειψη του παλμού μπορεί να συμβεί σε οποιαδήποτε από τις παρακάτω καταστάσεις:
 - α) Ο αισθητήρας είναι πολύ σφιχτός
 - β) Υπάρχει υπερβολικός φωτισμός από πηγές φωτός όπως χειρουργικές λάμπες, λάμπα βηρυλλίου, ή ηλιακό φως
 - γ) Μια περιχειρίδα πιεσόμετρου φουσκώνει στο ίδιο άκρο όπου είναι τοποθετημένος ένας αισθητήρας SpO₂⁴³.
- ∅ Ο ασθενής έχει υπόταση, σοβαρή αγγειοσυστολή, σοβαρή αναιμία, ή υποθερμία
- ∅ Ο ασθενής έχει καρδιακή προσβολή ή σε σοκ⁴¹⁻⁴³
- ∅ Χρωστικές που παρουσιάζονται στην κυκλοφορία του αίματος, όπως μπλε του μεθυλενίου, πράσινο του ινδοκυανίου, γαλάζιο του καρμινίου και φθορίζουσες ουσίες μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια των ενδείξεων του SpO₂^{40,-43}.
- ∅ υψηλά επίπεδα μεθαιμοσφαιρίνης ή καρβοξυαιμοσφαιρίνης⁴³
- ∅ Οποιαδήποτε κατάσταση η οποία εμποδίζει την ροή του αίματος, όπως η χρήση περιχειρίδας ενός πιεσόμετρου ή ακραίες τιμές της συστηματικής αγγειακής αντίστασης, μπορεί να προκαλέσουν αποτυχία για τον ακριβή καθορισμό του καρδιακού ρυθμού και του SpO₂.
- ∅ Αφαιρέστε τα βερνίκια νυχιών ή τεχνητά νύχια και λοσιόν πριν εφαρμόσετε τον αισθητήρα SpO₂. Τα βερνίκια νυχιών ή τεχνητά νύχια μπορεί να προκαλέσουν ανακριβείς ενδείξεις SpO₂. Οπτική διασταύρωση μπορεί να συμβεί όταν δύο ή περισσότεροι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε παρακείμενες περιοχές. Αυτό μπορεί να εξαλειφθεί καλύπτοντας κάθε θέση με αδιαφανές υλικό. Οπτική διασταύρωση μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την ακρίβεια των ενδείξεων SpO₂⁴⁰⁻⁴³.

- Ø Εμπόδια ή βρωμιά στο ερυθρό φως του αισθητήρα ή του ανιχνευτή μπορεί να προκαλέσει αποτυχία του αισθητήρα. Βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχουν εμπόδια και ο αισθητήρας είναι καθαρός ^{40,43}.
- Ø Ακατάλληλη τοποθέτηση της συσκευής: το άκρο του δαχτύλου δεν έχει τοποθετηθεί σωστά πάνω στο LED και κάτω από τον φωτο-ενεργοποιούμενο αισθητήρα
- Ø Μετακίνηση του άκρου του δαχτύλου κατά τη διάρκεια της μέτρησης⁴³

4.5 Βλάβες

4.5.a Ορισμοί Σφαλμάτων

Err1: βλάβη στο πρόγραμμα μνήμης

Err2: βλάβη στο πρόγραμμα δεδομένων

Err3: βλάβη στον πομπό διόδου Ερυθρού φωτός του αισθητήρα

Err4: βλάβη στον πομπό διόδου Υπέρυθρου φωτός του αισθητήρα

Err5: βλάβη στην δίοδο φωτοδέκτη Υπέρυθρου φωτός του αισθητήρα

Err6: βλάβη στον εξωτερικό κρύσταλλο ταλάντωσης

Err7: βλάβη στην δίοδο του πομπού ή στην δίοδο του δέκτη του αισθητήρα

Err9: βλάβη στο ρολόι πραγματικού χρόνου

Err10: βλάβη στο ολοκληρωμένο κύκλωμα (τσιπ) EEPROM ⁴⁰⁻⁴⁴

4.5.b Πιθανά προβλήματα και αντίστοιχες λύσεις

Προβλήματα	Πιθανή αίτια	Λύση
Ο κορεσμός του οξυγόνου ή οι παλμοί δεν εμφανίζονται κανονικά	<ol style="list-style-type: none"> 1. Το δάκτυλο δεν έχει τοποθετηθεί σωστά 2. Η τιμή οξυαιμοσφαιρίνης του ασθενούς είναι πολύ χαμηλή για να μετρηθεί σωστά 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ξαναπροσπαθήστε εισάγοντας το δάκτυλο σωστά 2. Προσπαθήστε μερικές φορές ακόμα. Εάν βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχει πρόβλημα λειτουργίας του οξυμέτρου, παρακαλούμε επισκεφτείτε ένα νοσοκομείο έγκαιρα για ακριβή διάγνωση
Ο κορεσμός του οξυγόνου ή οι παλμοί εμφανίζονται ασταθώς	<ol style="list-style-type: none"> 1. το δάκτυλο δεν έχει εισαχθεί αρκετά βαθιά 2. το δάκτυλο τρέμει ή το σώμα του ασθενούς κινείται 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ξαναπροσπαθήστε εισάγοντας το δάκτυλο σωστά 2. δοκιμάστε να μην κινείστε.
το οξύμετρο δεν ανάβει	<ol style="list-style-type: none"> 1. η ισχύς των μπαταριών ίσως είναι ανεπαρκής ή οι μπαταρίες έχουν εξαντληθεί τελείως 2. οι μπαταρίες έχουν εγκατασταθεί λανθασμένα 3. το οξύμετρο έχει υποστεί βλάβη 	<ol style="list-style-type: none"> 1. παρακαλούμε αντικαταστήστε τις μπαταρίες 2. παρακαλούμε εισάγετε σωστά τις μπαταρίες. 3. παρακαλούμε επικοινωνήστε με το τοπικό εξουσιοδοτημένο σέρβις
οι λυχνίες ένδειξης σβήνουν ξαφνικά	<ol style="list-style-type: none"> 1. το προϊόν σβήνει αυτόματα όταν κανένα σήμα δεν ανιχνεύεται περισσότερο από 8΄΄. 2. η ισχύς των μπαταριών έχει αρχίσει να καθίσταται ανεπαρκής 	<ol style="list-style-type: none"> 1. φυσιολογικό 2. αντικαταστήστε τις μπαταρίες.
“Error 3” ή “Error 4” εμφανίζεται στην οθόνη	<ol style="list-style-type: none"> 1. Χαμηλή ισχύς 2. Ο πομπός είναι 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Βάλτε νέες μπαταρίες 2. Παρακαλούμε επικοινωνήστε

	σφραγισμένος ή έχει βλάβη μαζί με τον σπασμένο συνδετήρα. 3. Μηχανικό λάθος τοποθέτηση του πομπού 4. Βλάβη στο κύκλωμα AMP	με το τοπικό κατάστημα service 3. Παρακαλούμε επικοινωνήστε με το τοπικό κατάστημα service 4. Παρακαλούμε επικοινωνήστε με το τοπικό κατάστημα service ⁴⁰⁻⁴⁴
“Error 7” εμφανίζεται στην οθόνη	1. Χαμηλή ισχύς 2. Εκπομπός κατεστραμμένος 3. Βλάβη στο κύκλωμα ελέγχου ρεύματος.	1. Παρακαλούμε αλλάξτε μπαταρίες 2. Παρακαλούμε επικοινωνήστε με το τοπικό κατάστημα service 3. Παρακαλούμε επικοινωνήστε με το τοπικό κατάστημα service. ^{40,42}
“Αισθητήρας εκτός” εμφανίζεται στην οθόνη	1. Ο αισθητήρας δεν είναι συνδεδεμένος 2. Η σύνδεση μεταξύ του αισθητήρα και του οξυμέτρου είναι χαλαρή	1. Συνδέστε τον αισθητήρα 2. Παρακαλούμε ελέγξτε εάν ο αισθητήρας συνδέθηκε με το οξύμετρο σωστά ^{40,44}

4.6 Καθαρισμός ενός Παλμικού οξυμέτρου

Είναι πολύ σημαντικό για το χρήστη να πραγματοποιεί καθημερινή συντήρηση του οξυμέτρου και των μερών του ώστε να διατηρεί τις λειτουργίες και την εμφάνισή του, σκουπίζοντας τους λεκέδες ή τη σκόνη με μαλακό ύφασμα που έχει υγρανθεί με ουδέτερο απορρυπαντικό ή ισοπροπυλική αλκοόλη⁴³. Διαδικασίες απολύμανσης μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη χρήση των καθαριστικών/απολυμαντικών που αναφέρονται παρακάτω⁴⁰.

- ✓ Να αφαιρεθούν οι μπαταρίες πριν τον καθαρισμό του οξυμέτρου.
- ✓ Να μην βυθίζεται το οξύμετρο ποτέ σε κανένα διάλυμα⁴⁰⁻⁴³.

Χρησιμοποιείτε τα ακόλουθα επιτρεπόμενα διαλύματα:

- F Αμμωνία (αραιωμένο)
- F Γλυταλδεύδη

- F 10% Λευκαντικό διάλυμα
- F Μαλακό νερό με σαπούνι (αραιωμένο)
- F Μην χρησιμοποιείτε τα ακόλουθα καθαριστικά:
 - o Οποιοδήποτε είδος διαλύματος για τρίψιμο ή πλύσιμο
 - o Ακετόνη (ασετόν)
 - o Καθαριστικά με βάση αλκοόλης⁴⁰

4.7 Συντήρηση και αποθήκευση

1. Αντικαταστήστε τις μπαταρίες έγκαιρα όταν ανάψει η ένδειξη χαμηλής τάσης.
2. Καθαρίστε την επιφάνεια του ακροδάχτυλου του οξύμετρου πριν το χρησιμοποιήσετε για μετρήσεις σε ασθενείς.
3. Αφαιρέστε τις μπαταρίες μέσα από τη θήκη εάν το οξύμετρο δεν χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα^{41,42}.
4. Είναι καλύτερο να διατηρείτε τη συσκευή σε μέρος όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι -10~40°C (14-104°F) και η υγρασία 10%~80%⁴⁰⁻⁴².
5. Προτείνεται η συσκευή να αποθηκεύεται πάντα σε ξηρό περιβάλλον. Ένα υγρό περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει το χρόνο ζωής του προϊόντος ακόμη και να το βλάψει.
6. Παρακαλούμε ακολουθείστε τους τοπικούς νόμους σχετικά με τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες^{41,42}.
7. Να φροντίζετε ώστε να αποφεύγονται οι κρούσεις, η σκόνη και το άμεσο φως του ήλιου
8. Αποφύγετε τη φύλαξη του σε περιοχές με αέρια ή σε χώρους όπου χρησιμοποιούνται χημικά ή υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.
9. Διατηρήστε τις μπαταρίες μακριά από παιδιά^{43,44}.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5.1 Σκοπός

Ο στόχος της μελέτης μας ήταν η αξιολόγηση των γνώσεων στην παλμική οξυμετρία των νοσηλευτών που απασχολούνται στην Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ), στο Αναισθησιολογικό τμήμα και στο Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ) και έγινε σύγκριση της γνώσης του νοσηλευτικού προσωπικού των τμημάτων αυτών σχετικά με την παλμική οξυμετρία .

5.2 Σχεδιασμός της έρευνας

Πραγματοποιήθηκε προοπτική, περιγραφική μελέτη με τη χρήση του δείγματος ευκολίας. Αυτή η πολυκεντρική μελέτη διεξήχθη σε έξι δημόσια νοσοκομεία στην Ελλάδα, ένα τριτοβάθμιο, τέσσερα δευτεροβάθμια και ένα στρατιωτικό νοσοκομείο, σε Αθήνα, Πάτρα, Πύργο και Κυπαρισσία από της 16 Μαΐου έως της 10 Ιουλίου 2011.

Στην έρευνα κλήθηκαν να συμμετάσχουν όλοι οι πτυχιούχοι νοσηλευτές που εργάζονται στα ΤΕΠ, στο Αναισθησιολογικό τμήμα και στη γενική ΜΕΘ ενηλίκων. Οι νοσηλευτές κλήθηκαν να συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια ιδιαίτερα και κατά την επιστροφή τους να τα τοποθετηθούν σε ειδικούς φακέλους .

Η περίοδος συλλογής διήρκησε τέσσερις εβδομάδες σε κάθε νοσοκομείο. Στην αρχή κάθε εβδομάδας κατά τη διάρκεια της περιόδου συλλογής δεδομένων, οι ερευνητές συνέλεξαν τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια και υπενθύμιζαν ευγενικά στο νοσηλευτικό προσωπικό για την διεξαγωγή της μελέτης.

Η μελέτη εγκρίθηκε από την επιτροπή δεοντολογίας των Νοσοκομείων καθώς και από τη Νοσηλευτική Διεύθυνση όλων των συμμετεχόντων νοσοκομείων.

5.3 Ανάπτυξη Ερωτηματολογίου

Προηγούμενα ερωτηματολόγια χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των γνώσεων της οξυμετρίας σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία ⁴⁵⁻⁴⁷. Ωστόσο, η κατασκευή ενός νέου ερωτηματολογίου κρίθηκε αναγκαία, δεδομένου ότι κανένα από αυτά τα όργανα μέτρησης δεν ήταν ικανοποιητικό όσον αφορά την ικανότητα

αξιολόγησης των γνώσεων που συνδέονται με την χρήση της οξυμετρίας στην πράξη, καθώς και τη διαδικασία ελέγχου της εγκυρότητας και αξιοπιστίας αυτών.

Το πρώτο βήμα για την δημιουργία ενός νέου ερωτηματολογίου ήταν μια λεπτομερής ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, η οποία επέτρεψε τη δημιουργία δύο κεντρικών θεμάτων που ήταν αναγκαία να καλυφθούν από το ερωτηματολόγιο: τις αρχές λειτουργίας της οξυμετρίας (ορισμός, πώς λειτουργεί, ποια είναι τα μέτρα, πώς πρέπει να ερμηνεύονται οι μετρήσεις) και τις συνθήκες που επηρεάζουν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεων της (περιορισμοί συσκευής, κλινικές συνθήκες, ειδικές ομάδες ασθενών). Με βάση αυτά τα ζητήματα, σχηματίστηκαν 22 ερωτήσεις.

Από τα προηγούμενα ερωτηματολόγια δεν είχε τεθεί ζήτημα πνευματικών δικαιωμάτων και δεν απαιτήθηκε άδεια για την απόκτησή τους με σκοπό την προσαρμογή ορισμένων από τα στοιχεία τους για τη μελέτη μας.

Για τον προσδιορισμό της εγκυρότητας του περιεχομένου, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης εγκυρότητας περιεχομένου (CVI)⁴⁸. Οι αρχικές ερωτήσεις αξιολογήθηκαν από μια επιτροπή επτά εμπειρογνομόνων, που ήταν είτε ακαδημαϊκοί (γιατροί ή νοσηλευτές) είτε κλινικοί νοσηλευτές με μεγάλη εμπειρία σε τμήματα που χρησιμοποιείται ιδιαίτερα η παλμική οξυμετρία, όπως στο Αναισθησιολογικό, στα ΤΕΠ, στη ΜΕΘ ή με ακαδημαϊκή θέση). Από αυτούς ζητήθηκε η βαθμολόγηση των ερωτήσεων με τετραβάθμια κλίμακα (1-4), με βάση τη συνάφεια, την ακρίβεια και την κατάλληλη διατύπωσή τους, καθώς επίσης και η αναγνώριση σημαντικών θεμάτων που δεν περιλαμβάνονται μεταξύ των υφιστάμενων στοιχείων.

Για κάθε ερώτηση, ο δείκτης CVI υπολογίστηκε με βάση το ποσοστό των βαθμολογιών ≥ 3 . Ο μέσος CVI ήταν 0,88 και κυμαινόταν μεταξύ 0,57 - 1,00. Μετά από συζήτηση μεταξύ των εμπειρογνομόνων, κρίθηκε αναγκαίο η διαγραφή μίας ερώτησης, δεδομένου ότι αποτελούσε γνώση ελάχιστα σχετική με την κλινική πρακτική. Αν και δε θεωρήθηκε απαραίτητη η προσθήκη επιπλέον ερωτήσεων, πολλές ερωτήσεις αναδιατυπώθηκαν.

Για την απάντηση στις ερωτήσεις προτιμήθηκε η επιλογή σωστό/ λάθος έναντι της πολλαπλής επιλογής, εφόσον η δεύτερη σχετίζεται με υψηλότερη δυσκολία συμπλήρωσης των απαντήσεων⁴⁹. Προκειμένου να αποφευχθεί το σφάλμα από την προσπάθεια να μαντέψουν οι συμμετέχοντες τη σωστή απάντηση, προστέθηκε η επιλογή « Δεν είμαι βέβαιος».

Για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου, πραγματοποιήθηκε πιλοτική μελέτη δοκιμασίας- επαναδοκιμασίας, με μεσοδιάστημα τριών εβδομάδων. Ζητήθηκε από 15 νοσηλεύτριες (δεν περιλαμβάνονται στην τελική έρευνα) που εργάζονταν σε τμήμα όπου χρησιμοποιείται ιδιαίτερα η παλμική οξυμετρία η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, με ταυτόχρονο σχολιασμό όσον αφορά την κατανόηση των ερωτήσεων και την ευκολία συμπλήρωσης.

Για την αξιολόγηση των απαντήσεων χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Cohen's Kappa και ως όριο αποδεκτής αξιοπιστίας της κάθε ερώτησης τέθηκε απαραίτητη η τιμή του δείκτη $>0,60$. Αν και δε θεωρήθηκε απαραίτητη η διαγραφή επιπλέον ερωτήσεων, ορισμένες επαναδιατυπώθηκαν προκειμένου να βελτιωθεί η ικανότητα κατανόησης τους. Ο μέσος χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου μετρήθηκε στα 9 λεπτά.

Η τελική μορφή του ερωτηματολογίου περιλάμβανε μια εισαγωγική παράγραφο στην πρώτη σελίδα της, περιγράφοντας τους κύριους στόχους- σκοπούς της μελέτης και διευκρινίζοντας ότι η συμμετοχή ήταν εθελοντική και διασφαλιζόταν η ανωνυμία και η εμπιστευτικότητα των συμμετεχόντων. Ακολούθησαν έξι ερωτήσεις σχετικά με τα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων, όπως η ηλικία, το φύλο, η επαγγελματική εμπειρία, το επίπεδο εκπαίδευσης, το νοσοκομείο και το νοσηλευτικό τμήμα / μονάδα της απασχόλησης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονταν οι 21 ερωτήσεις αξιολόγησης των γνώσεων σχετικά με την παλμική οξυμετρία. Έντεκα από αυτές κάλυπταν τις αρχές λειτουργίας της παλμικής οξυμετρίας, ενώ οι υπόλοιπες 10 κάλυπταν τους παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις της. Προκειμένου να αποφευχθεί το σφάλμα απόκρισης, 10 τυχαία επιλεγμένες από αυτές διατυπώθηκαν σωστά, ενώ οι υπόλοιπες 11 διατυπώθηκαν λάθος.

5.4 Ανάλυση Δεδομένων

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Statistical Package for Social Sciences v. 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL), και η στατιστική σημαντικότητα τέθηκε στο $p<0,05$. Η εσωτερική συνοχή του ερωτηματολογίου προσδιορίστηκε με το συντελεστή Kuder-Richardson 20. Οι αναπάντητες ερωτήσεις και αυτές με την επιλογή «δεν είμαι βέβαιος» επεξεργάστηκαν ως λάθος, ενώ οι ερωτήσεις με τη σωστή απάντηση αθροίστηκαν προκειμένου να υπολογισθεί το score γνώσης της παλμικής οξυμετρίας του κάθε συμμετέχοντα. Δεδομένου ότι το score γνώσης της παλμικής οξυμετρίας

ακολουθούσε κανονική κατανομή, χρησιμοποιήθηκαν οι έλεγχοι Student's t-test και analysis of variance (ANOVA).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6.1 Αποτελέσματα

Συνολικά διανεμήθηκαν 278 ερωτηματολόγια σε έξι νοσοκομεία, από τα οποία επιστράφηκαν συμπληρωμένα τα 207. Ογδόντα ερωτηματολόγια προέρχονταν από τη ΜΕΘ, 53 από το Αναισθησιολογικό τμήμα και 74 ήταν από τα ΤΕΠ. Το συνολικό ποσοστό ανταπόκρισης ήταν 74,5%, και πιο συγκεκριμένα 76,2% για τις ΜΕΘ, 80,3% για το Αναισθησιολογικό τμήμα και 69,2% για τα ΤΕΠ. Το ποσοστό ανταπόκρισης μεταξύ των νοσοκομείων κυμαίνονταν από 70,3% σε 83,1%. Ο συντελεστής Kuder-Richardson 20 για την αξιολόγηση των στοιχείων γνώσης στην παλμική οξυμετρία, διαπιστώθηκε ότι ήταν 0,75, υποδεικνύοντας μια ικανοποιητική εσωτερική συνοχή.

Η πλειονότητα των συμμετεχόντων ήταν γυναίκες (81,2%) και το 74,4% ήταν πτυχιούχοι νοσηλευτές χωρίς μεταπτυχιακές σπουδές. Η μέση ηλικία τους κυμαινόταν στα $37,8 \pm 7,1$ χρόνια (από 23 έως 56 έτη) και η μέση επαγγελματική εμπειρία τους ήταν $12,3 \pm 8,2$ χρόνια (από 1 έως 33 έτη). Τα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των τμημάτων / μονάδων (**Πίνακας 2**). Η μέση βαθμολογία γνώσεων στην παλμική οξυμετρία των συμμετεχόντων ήταν $12,8 \pm 3,2$ (διακύμανση από 4 έως 21) (**Διάγραμμα 1**). Από όλους τους συμμετέχοντες, οι 157 (75,8%) είχαν βαθμολογία ≥ 11 , αλλά μόνο 45 (21,7%) από αυτούς είχαν σκορ ≥ 16 . Τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 95,0% και 26,3% για τις ΜΕΘ, 64,2% και 20,8% για το Αναισθησιολογικό τμήμα, και το 66,2% και 17,6% για τα ΤΕΠ.

Η μέση βαθμολογία γνώσεων στην παλμική οξυμετρία διέφερε σημαντικά μεταξύ των τμημάτων αυτών (**Πίνακας 3**), με το νοσηλευτικό προσωπικό της ΜΕΘ να έχει σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία σε σχέση με το νοσηλευτικό προσωπικό των ΤΕΠ ($p=0,001$). Οι διαφορές μεταξύ του νοσηλευτικού προσωπικού των ΜΕΘ και του Αναισθησιολογικού τμήματος ή μεταξύ του Αναισθησιολογικού τμήματος και των ΤΕΠ δεν ήταν σημαντικές. Σύμφωνα με τα δημογραφικά στοιχεία, το νοσηλευτικό προσωπικό που είχε επαγγελματική εμπειρία πάνω από 10 έτη είχε σημαντικά υψηλότερο μέσο σκόρ γνώσεων στην παλμική οξυμετρία ($p=0,015$).

Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων για κάθε στοιχείο του ερωτηματολογίου παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4**. Συνολικά το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ήταν χαμηλότερο από 50,0% σε έξι ερωτήσεις, πέντε εκ των οποίων καλύπτουν αρχές λειτουργίας της οξυμετρίας. Η πλειοψηφία των νοσηλευτών απέτυχαν να αναγνωρίσουν ότι το παλμικό οξύμετρο δεν ανιχνεύει την υποξία των ιστών, ότι δεν είναι πιο αποτελεσματικό από την κλινική εκτίμηση στην ανίχνευση της υποξαιμίας, ότι δεν βασίζεται στην απορρόφηση του ερυθρού και υπέρυθρου φωτός από το αίμα, ότι η χρήση του δεν συνιστάται κατά τη διάρκεια της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης, καθώς και ότι οι τιμές κορεσμού του οξυγόνου δεν αντιστοιχούν σε τιμές μερικής πίεσης του οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα. Όσον αφορά τις συνθήκες που επηρεάζουν τις μετρήσεις της, οι περισσότεροι νοσηλευτές δεν αναγνωρίζουν ότι οι ενδείξεις της δεν αντιστοιχούν σε πραγματικό χρόνο.

Σημαντικές διαφορές μεταξύ των τμημάτων / μονάδων βρέθηκαν σε πέντε ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, που αναλύθηκαν περαιτέρω με τη τεχνική Marascuillo. Για τις τρεις από αυτές, το ποσοστό των σωστών απαντήσεων του νοσηλευτικού προσωπικού της ΜΕΘ ήταν σημαντικά υψηλότερο από τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων των δύο άλλων τμημάτων, Αναισθησιολογικού και ΤΕΠ. Για τις άλλες δυο ερωτήσεις, τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων του νοσηλευτικού προσωπικού της ΜΕΘ και Αναισθησιολογικού τμήματος ήταν σημαντικά υψηλότερα από τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων του νοσηλευτικού προσωπικού των ΤΕΠ (**υποσημείωση του πίνακα 4**).

Πίνακας 2 Δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων: Διαφορές μεταξύ των τμημάτων/ μονάδων

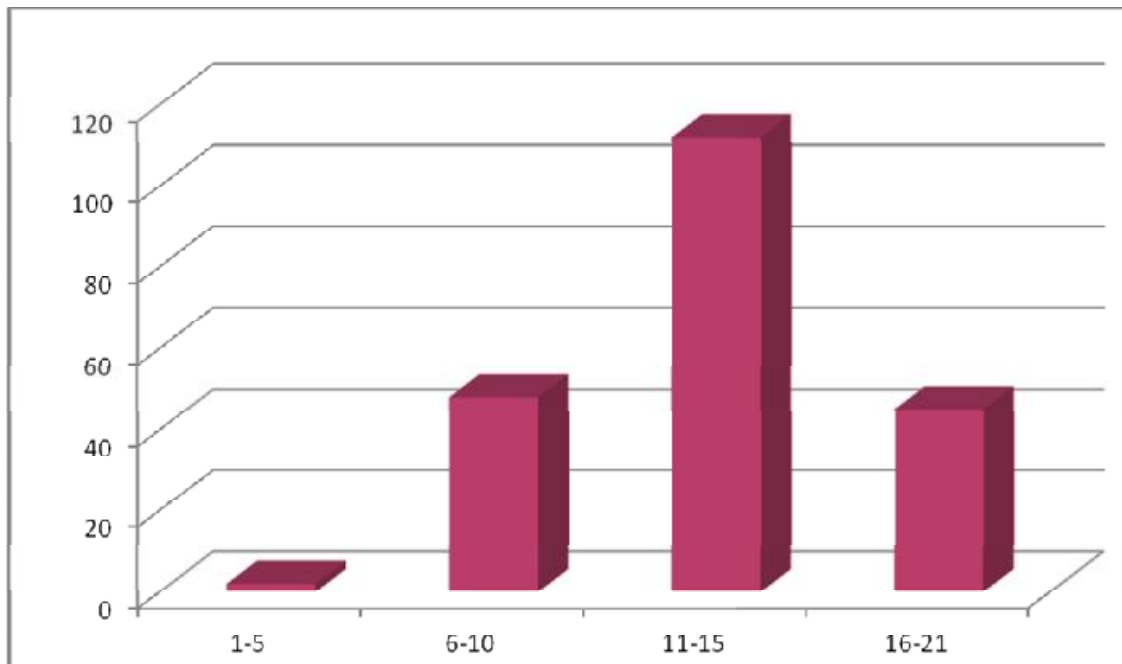
	Σύνολο(%)	ΜΕΘ(%)	ΑΝΑΙΣΘ/ΚΟ(%)	ΤΕΠ(%)	ρ
Ηλικία (έτη)					
≤35	91 (44, 0%)	39 (48, 7%)	21 (39, 6%)	31 (41, 9%)	0,528
>35	116(56, 0%)	41 (51, 3%)	32 (60, 4%)	43 (58, 1%)	
Φύλο					
Ανδρας	39 (18, 8 %)	19 (23, 7%)	8 (15, 1%)	12 (16, 2%)	0,353
Γυναίκα	168 (81,2%)	61 (76, 3%)	45 (84, 9%)	62 (83, 8%)	
Μορφωτικό επίπεδο					
Δ.Ε	37 (17, 9%)	9 (11, 3%)	9 (17,0%)	18 (24, 3%)	0,184
Τ.Ε.	154(74, 4%)	62 (77, 4%)	41 (77,3%)	52 (70, 3 %)	
Μ.Ε	16 (7, 7%)	9 (11, 3%)	3 (5,7%)	4 (5, 4%)	
Επαγγελματική εμπειρία (έτη)					
≤10	102(49, 3%)	40 (50, 0%)	23 (43, 4%)	38 (51, 4 %)	0,651
>10	105(50, 7%)	40 (50, 0%)	30 (56, 6%)	36 (48, 6%)	

Δ.Ε: Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

Τ.Ε: Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης

Μ.Ε: Μεταπτυχιακού επιπέδου

(Διάγραμμα 1) Σύνολο σωστών απαντήσεων των συμμετεχόντων όλων των τμημάτων.



Οι σωστές απαντήσεις ήταν:

- Ø Από 1 έως 5 σωστές απαντήσεις δόθηκαν από 2 συμμετέχοντες,
- Ø 6-10 σωστές απαντήσεις δόθηκαν από 48 συμμετέχοντες,
- Ø 11-15 σωστές απαντήσεις δόθηκαν από 112 συμμετέχοντες και τέλος
- Ø 16-21 σωστές απαντήσεις δόθηκαν από 45 συμμετέχοντες.

(Πίνακας 3) Αξιολόγηση των γνώσεων στην παλμική οξυμετρία των συμμετεχόντων:
 Διαφορές μεταξύ των τμημάτων/ μονάδων και δημογραφικές διαφορές

	Μέση βαθμολογία γνώσεων παλμικής οξυμετρίας (\pm τυπική απόκλιση)	P
Τμήμα/ Μονάδα		
ΜΕΘ (n=80)	13,8 \pm 2,6	0,001
ΑΝΑΙΣ/ΚΟ (n=53)	12,7 \pm 3,6	
ΤΕΠ (n=74)	11,9 \pm 3,4	
Ηλικία (έτη)		
≤ 35 (n=91)	12,7 \pm 3,0	0,459
>35 (n=116)	13,0 \pm 3,4	
Φύλο		
Άνδρας (n=39)	13,2 \pm 3,3	0,447
Γυναίκα (n=168)	12,8 \pm 3,3	
Μορφωτικό επίπεδο		
Δ.Ε. (n=37)	12,7 \pm 3,5	0,595
Τ.Ε. (n=154)	12,8 \pm 3,3	
Μ.Ε (n=16)	13,6 \pm 2,7	
Επαγγελματική εμπειρία (έτη)		
≤ 10 (n=102)	12,3 \pm 2,7	0,015
>10 (n=105)	13,4 \pm 3,6	

Δ.Ε: Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

Τ.Ε: Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης

Μ.Ε:Μεταπτυχιακού επιπέδου

(Πίνακας 4) Σωστές απαντήσεις των συμμετεχόντων στις ερωτήσεις αξιολόγησης γνώσης της παλμικής οξυμετρίας.

Ερωτήσεις-προτάσεις	Σωστές απαντήσεις (%)				
	Σύνολο (%)	ΜΕΘ (%)	ΑΝΑΙ/ΚΟ (%)	ΤΕΠ (%)	p
1. Η παλμική οξυμετρία αποτελεί μη επεμβατική μέθοδο μέτρησης του οξυγόνου του αρτηριακού αίματος (Σ, αλ)	175 (84,5%)	68 (85,0%)	48 (90,6%)	59 (79,7%)	0,247
2. Η παλμική οξυμετρία παρέχει ακριβείς μετρήσεις για τιμές κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος μεταξύ 70-100% (Σ, αλ)	128 (61,8%)	54 (67,5%)	35 (66,0%)	39 (52,7%)	0,129
3. Η παλμική οξυμετρία χρησιμοποιείται για την ταχεία ανίχνευση της υποξίας των ιστών του σώματος (Λ, αλ)	59 (28,5%)	25 (31,3%)	16 (30,2%)	18 (24,3%)	0,605
4. Η κλινική εκτίμηση του ασθενή από έμπειρο προσωπικό είναι εξίσου αποτελεσματική στην ανίχνευση της υποξαιμίας με τη χρήση της παλμικής οξυμετρίας (Λ, αλ)	100 (48,3%)	40 (50,0%)	24 (45,3%)	36 (48,6%)	0,865
5. Η παλμική οξυμετρία είναι πιθανά αναξιόπιστη στους ασθενείς με σοβαρή αναιμία (Σ, πεμ)	120 (58,0%)	60 (75,0%)	26 (49,1%)	34 (45,9%)	<0,001 ^a
6. Σε ασθενή με έντονη αγγειοσύσπαση, η τοποθέτηση του αισθητήρα του οξυμέτρου στο νύχι δακτύλου του χεριού παρέχει εξίσου ακριβείς μετρήσεις με την τοποθέτησή του στη μύτη ή στο αυτί του ασθενή (Λ, πεμ)	143 (69,1%)	66 (82,5%)	39 (73,6%)	38 (51,3%)	<0,001 ^b
7. Τα χρωματιστά ή τα τεχνητά νύχια δεν επηρεάζουν την ακρίβεια των	157	66	38	53	0,207

μετρήσεων της παλμικής οξυμετρίας (Λ, πεμ)	(75,8%)	(82,5%)	(71,7%)	(71,6%)	
8. Οι μετρήσεις της παλμικής οξυμετρίας είναι λιγότερο ακριβείς όταν ο ασθενής κινείται (Σ, πεμ)	145 (70,0%)	60 (75,0%)	33 (62,3%)	52 (70,3%)	0,291
9. Τιμή κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος 90% βάσει του παλμικού οξυμέτρου αντιστοιχεί σε μερική πίεση οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα 90mmHg (Λ, αλ)	98 (47,3%)	36 (45,0%)	27 (50,9%)	35 (47,3%)	0,798
10. Οι τιμές κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος που παρέχει η παλμική οξυμετρία είναι εξίσου ακριβείς με τις τιμές που παρέχει το μηχάνημα ανάλυσης των αερίων αρτηριακού αίματος (Λ, αλ)	131 (63,3%)	53 (66,3%)	29 (54,7%)	49 (66,2%)	0,325
11. Ακριβείς μετρήσεις της παλμικής οξυμετρίας δύσκολα επιτυγχάνονται όταν η περιφερική αιμάτωση του ασθενή είναι μειωμένη (Σ, πεμ)	175 (84,5%)	75 (93,8%)	41 (77,4%)	59 (79,3%)	0,014 ^c
12. Οι μετρήσεις της παλμικής οξυμετρίας γενικά δεν επηρεάζονται από τη θέση του σώματος του ασθενή ή από το φως του περιβάλλοντος (Λ, πεμ)	111 (53,6%)	47 (58,8%)	29 (54,7%)	35 (47,3%)	0,357
13. Οι ασθενείς που υφίστανται επεμβατικές διαδικασίες διατρέχουν γενικά αυξημένο κίνδυνο πτώσης του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος (Σ, πεμ)	166 (80,2%)	59 (73,8%)	46 (86,8%)	61 (82,4%)	0,151
14. Η παλμική οξυμετρία δεν αποτελεί κατάλληλο δείκτη της επάρκειας του αερισμού του ασθενή (Σ, αλ)	109 (52,7%)	55 (68,8%)	20 (37,7%)	34 (45,9%)	0,001 ^d
15. Η παλμική οξυμετρία παρέχει μετρήσεις του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος σε πραγματικό χρόνο, εφόσον ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στο νύχι δακτύλου του χεριού του ασθενή (Λ, αλ)	86 (41,5%)	34 (42,5%)	19 (35,8%)	33 (44,6%)	0,600

16. Η χρήση της παλμικής οξυμετρίας συνιστάται έντονα κατά τη διάρκεια της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης (Λ, πεμ)	85 (41,1%)	32 (40,0%)	24 (45,3%)	29 (39,2%)	0,765
17. Η χρήση της παλμικής οξυμετρίας συνιστάται έντονα κατά τη χορήγηση συμπληρωματικού οξυγόνου στον ασθενή (π.χ. με μάσκα) (Σ, πεμ)	152 (73,4%)	67 (83,8%)	42 (79,2%)	43 (58,1%)	0,001 ^e
18. Η πλειοψηφία των συναγερμών (alarms) της παλμικής οξυμετρίας αντιστοιχούν σε πραγματικό κίνδυνο (Λ, αλ)	120 (58,0%)	51 (63,8%)	26 (49,1%)	43 (58,1%)	0,243
19. Η παλμική οξυμετρία βασίζεται στην απορρόφηση του ερυθρού και του υπέρυθρου φωτός από το αίμα (Σ, αλ)	99 (47,8%)	38 (47,5%)	25 (47,2%)	36 (48,6%)	0,984
20. Ο αισθητήρας της παλμικής οξυμετρίας εμφανίζει υψηλή ευαισθησία σε μηχανικές βλάβες (Σ, αλ)	151 (72,9%)	60 (75,0%)	42 (79,2%)	49 (66,2%)	0,231
21. Η παλμική οξυμετρία δεν επηρεάζεται από την εισπνοή καπνού (Λ, πεμ)	155 (74,9%)	62 (77,5%)	42 (79,2%)	51 (68,9%)	0,328

Σ – Λ: υποδεικνύεται αν η διατύπωση της ερώτησης-πρότασης είναι σωστή ή λάθος.

αλ – πεμ: υποδεικνύεται αν η ερώτηση καλύπτει τις αρχές λειτουργίας της παλμικής οξυμετρίας ή τους παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις της.

^ap< 0,001 μεταξύ των ΜΕΘ και του Αναισθησιολογικού Τμήματος, p< 0,001 μεταξύ ΜΕΘ και ΤΕΠ, p=0,942 μεταξύ Αναισθησιολογικό τμήμα και ΤΕΠ

^bp=0,0484 μεταξύ ΜΕΘ και Αναισθησιολογικού τμήματος, p<0,001 μεταξύ ΜΕΘ και ΤΕΠ, p=0,030 μεταξύ Αναισθησιολογικού τμήματος και ΤΕΠ

^cp= 0,036 μεταξύ ΜΕΘ και Αναισθησιολογικού τμήματος, p=0,34 μεταξύ ΜΕΘ και ΤΕΠ, p=0,950 μεταξύ Αναισθησιολογικού τμήματος και ΤΕΠ

^dp<0,001 μεταξύ ΜΕΘ και Αναισθησιολογικού τμήματος, p=0,013 μεταξύ ΜΕΘ και ΤΕΠ, p= 0,649 μεταξύ Αναισθησιολογικού τμήματος και ΤΕΠ

^ep=0,809 μεταξύ ΜΕΘ και Αναισθησιολογικού τμήματος, p=0,001 μεταξύ ΜΕΘ και ΤΕΠ, p=0,030 μεταξύ Αναισθησιολογικού τμήματος και ΤΕΠ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7⁰

7.1 Συζήτηση

Με την ανάπτυξη του παρόντος ερωτηματολογίου, σκοπός μας ήταν να καλύψουμε το σύνολο των γνώσεων που συνδέονται με την κλινική χρήση της οξυμετρίας. Την ίδια στιγμή, προκειμένου να επιτευχθεί ένα υψηλό ποσοστό ανταπόκρισης και να μειωθεί το ποσοστό των μη απαντημένων ερωτήσεων, προσπαθήσαμε να δημιουργήσουμε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο, το οποίο θα μπορούσε να ολοκληρωθεί εύκολα και γρήγορα. Σε αυτό το πλαίσιο, προτιμήθηκε να συμπεριληφθούν ερωτήσεις κλειστού τύπου, σωστό / λάθος, και να αποφευχθεί η χρήση κλινικών σεναρίων που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενες μελέτες. Η συμπλήρωση των κλινικών σεναρίων απαιτεί αναμφισβήτητα σημαντικό χρόνο γεγονός που πιθανόν να αποθάρρυνε πολλούς νοσηλευτές να συμμετάσχουν στην έρευνα. Επιπλέον, σε συμφωνία με την ομάδα των εμπειρογνομόνων, επιλέχθηκε να μην συμπεριληφθούν ερωτήσεις σχετικές με τις φυσιολογικές ενδείξεις του παλμικού οξύμετρου, εφόσον αυτές αποτελούν ένα υψηλά εξατομικευμένο θέμα (οι τιμές κορεσμού οξυγόνου εξαρτώνται από τις συνυπάρχουσες ασθένειες του ασθενούς, τη χορήγηση συγκεκριμένων δόσεων φαρμάκων κλπ), πιο κατάλληλο για σεναρία σε κλινικές έρευνες.

Αν και οι συγκρίσεις των αποτελεσμάτων της μελέτης ήταν δύσκολη μεταξύ των τμημάτων αυτών, κυρίως λόγω σημαντικών διαφορών στην εκπαίδευση και την επαγγελματική εμπειρία των συμμετεχόντων, και λόγω των ποικίλλων οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν. Ο μέσος όρος σωστών απαντήσεων ήταν $12,8 \pm 3,2$ στα 21, που αντιστοιχεί σε μέσο ποσοστό των σωστών απαντήσεων του 61%. Παρόμοια ποσοστά έχουν αναφερθεί από τις μελέτες των Harper (2004)⁴⁷ και Attin et al (2002)⁴⁵, το οποίο ήταν 62% μεταξύ των νοσηλευτών Αναισθησιολογικού τμήματος και 64% μεταξύ όλων των νοσηλευτών αντίστοιχα. Όσον αφορά τις μεμονωμένες ερωτήσεις, έχουν αναφερθεί στο παρελθόν ποσοστά σωστών απαντήσεων που έδειξαν ομοιότητες και διαφορές με εκείνα που βρέθηκαν στη μελέτη μας.

7.2 Διάφορες μελέτες διερεύνησης γνώσης παλμικής οξυμετρίας

Στην μελέτη του Attin et al (2002)⁴⁵, το 88,8% των νοσηλευτών αναγνώρισε ότι το παλμικό οξύμετρο είναι ακριβές σε μετρήσεις κορεσμού οξυγόνου 70- 100%

(61,8% στη μελέτη μας), το 72,2% προσδιόρισε ότι η κλινική εκτίμηση από μόνη της είναι λιγότερο αποτελεσματική στην ανίχνευση υποξαιμίας (48,3% στη μελέτη μας), και το 55,9% αναγνώρισε ότι η παλμική οξυμετρία δεν είναι αξιόπιστος δείκτης του αερισμού (52,7% στην μελέτη μας). Επιπλέον, το 96,7% των νοσηλευτών διαπίστωσαν ότι οι ασθενείς διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο αποκορεσμού κατά τη διάρκεια επεμβατικών διαδικασιών (80,2% στην μελέτη μας), ενώ στο 85,8%, 65,9%, 94% και στο 39,6% αυτών αναγνώρισαν αντίστοιχα ότι παρατηρούνται περιπτώσεις αποκορεσμού λόγω αναιμίας, χρώσης των νυχιών, αγγειοσύσπασσης και επίδρασης του ατμοσφαιρικού φωτός στις μετρήσεις του παλμικού οξύμετρου (58,0%, 75,8%, 69,1% και 53,6% αντίστοιχα στην μελέτη μας).

Στην μελέτη των Giuliano και Liu (2006)⁴⁶, το 70,0% των νοσηλευτών της ΜΕΘ απάντησαν σωστά ότι η παλμική οξυμετρία είναι λιγότερο ακριβής από την ανάλυση των αερίων αίματος (66,3% στη μελέτη μας), ενώ το 90,1% και 63,1% αντίστοιχα, εντόπισαν ότι η κακή περιφερική αιμάτωση και η μετακίνηση των ασθενών μειώνει την ακρίβεια των μετρήσεων του παλμικού οξύμετρου (93,8% και 75,0% αντίστοιχα στην δική μας μελέτη).

Τέλος στη μελέτη του Harper (2004)⁴⁷, το 79% των νοσηλευτών του Αναισθησιολογικού τμήματος εντόπισαν ότι ο κορεσμός οξυγόνου δεν είναι το ίδιο με τη μερική πίεση οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα (50,9% στη μελέτη μας), το 58% προσδιόρισε ότι ο κορεσμός οξυγόνου δεν είναι αξιόπιστος δείκτης του αερισμού (37,7% στην μελέτη μας), και το 42% επισήμανε ότι οι μετρήσεις του παλμικού οξύμετρου επηρεάζονται από την εισπνοή καπνού (79,2% στην μελέτη μας).

Σύμφωνα με τα παρόντα αποτελέσματα, το επίπεδο γνώσης στην οξυμετρία των ελλήνων νοσηλευτών μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό από πολλές πλευρές. Πρωταρχικά, σε αντίθεση με τα περισσότερα προγενέστερα εργαλεία, το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε, πέρασε από κατάλληλο έλεγχο εγκυρότητας του περιεχομένου. Αυτό σημαίνει ότι έχει συμπεριληφθεί η πλειοψηφία των ερωτήσεων που σχετίζονται με τη γνώση παλμικής οξυμετρίας. Η δυσκολία της επίτευξης υψηλής βαθμολογίας των σωστών απαντήσεων σε ένα τέτοιο ερωτηματολόγιο είναι προφανώς μεγάλη. Δεύτερον, τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων (συνολικά ή σε μεμονωμένες ερωτήσεις) ήταν παρόμοια με εκείνα των πιο πρόσφατων μελετών που έχουν διεξαχθεί στις ΗΠΑ. Τρίτον, η πληροφόρηση σχετικά με την οξυμετρία κατά την διάρκεια της προ-πτυχιακής εκπαίδευσης στο ελληνικό πανεπιστήμιο ή στο ανώτατο τεχνολογικό τμήμα νοσηλευτικής είναι πολύ

περιορισμένη, ενώ εκπαιδευτικά προγράμματα σχετιζόμενα με την παλμική οξυμετρία απουσιάζουν από τα ελληνικά νοσοκομεία.

Αν και η γνώση των συμμετεχόντων στην παλμική οξυμετρία φάνηκε ικανοποιητική σε γενικές γραμμές, εντοπίστηκαν σημαντικές ελλείψεις γνώσεων. Βρέθηκαν χαμηλά ποσοστά σωστών απαντήσεων σε 5 από τις 11 ερωτήσεις που καλύπτουν τις αρχές λειτουργίας της οξυμετρίας και σε μια μόνο από τις 10 ερωτήσεις που καλύπτουν συνθήκες που επηρεάζουν τις μετρήσεις της. Σε προηγούμενες μελέτες έχουν αναφερθεί σημαντικά ποσοστά από το ιατρονοσηλευτικό προσωπικό που είτε δεν κατανοούν την λειτουργία του παλμικού οξύμετρου, είτε δεν μπορούν να καταλάβουν τι μετρείται με το παλμικό οξύμετρο, που φτάνουν το 52%⁵⁰ και 93%⁵¹, αντίστοιχα. Όσον αφορά τα σημεία που καλύπτουν συνθήκες που επηρεάζουν τις μετρήσεις της οξυμετρίας, το 58,9% των συμμετεχόντων δεν προσδιόρισε ότι η οξυμετρία δεν συνιστάται κατά την διάρκεια της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης. Αξίζει, να σημειωθεί ότι το ερώτημα αυτό δεν έχει εξετασθεί ποτέ σε προηγούμενες μελέτες.

Η παρούσα μελέτη ήταν η πρώτη που σύγκρινε τις γνώσεις στην παλμική οξυμετρία των τμημάτων/ μονάδων, όπου η τεχνική αυτή μέτρησης χρησιμοποιείται πιο συχνά. Οι νοσηλευτές της ΜΕΘ είχαν σημαντικά υψηλότερη μέση βαθμολογία γνώσεων στην παλμική οξυμετρία σε σχέση με τους νοσηλευτές των ΤΕΠ, καθώς και σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία σε σχέση με τους νοσηλευτές του Αναισθησιολογικού τμήματος. Σημασία έχει ότι οι διαφορές αυτές δεν μπορούν να αποδοθούν σε δημογραφικές διαφορές των γνώσεων μεταξύ των τμημάτων/ μονάδων. Η μελέτη των Giuliano και Liu (2006)⁴⁶, η οποία επικεντρώθηκε σε νοσηλευτές που εργάζονταν στην ΜΕΘ, αναφέρει ότι οι νοσηλευτές είχαν υψηλά επίπεδα γνώσης στην οξυμετρία. Από την άλλη πλευρά, οι νοσηλευτές των ΤΕΠ είχαν μεγάλη έλλειψη γνώσεων, η οποία μπορεί να αποδοθεί στην περιορισμένη χρήση της οξυμετρίας στην καθημερινή τους κλινική πρακτική, σε σύγκριση με τους νοσηλευτές της ΜΕΘ και του Αναισθησιολογικού τμήματος. Επιπλέον, οι νοσηλευτές της ΜΕΘ είχαν σημαντικά υψηλότερα ποσοστά σωστών απαντήσεων σε τρία στοιχεία του ερωτηματολογίου σε σύγκριση με τους νοσηλευτές του Αναισθησιολογικού τμήματος και των ΤΕΠ. Οι διαφορές αυτές μπορεί ενδεχομένως να οφείλονται στην υψηλή εμπειρία των νοσηλευτών της ΜΕΘ σε βαριά πάσχοντες ασθενείς, που τους επέτρεψε να προσδιορίσουν την επίδραση της αναιμίας και της κακής περιφερικής αιμάτωσης στις μετρήσεις οξυμετρίας και την διαφορά μεταξύ

αερισμού και οξυγόνωσης. Ομοίως, οι νοσηλευτές του Αναισθησιολογικού τμήματος μαζί με τους νοσηλευτές της ΜΕΘ είχαν σημαντικά υψηλότερα ποσοστά σωστών απαντήσεων σε δύο στοιχεία του ερωτηματολογίου σε σύγκριση με τους νοσηλευτές των ΤΕΠ. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από την αγγειοσύσπαση που παρατηρείται στους ασθενείς και τη χορήγηση συμπληρωματικού οξυγόνου, που είναι πολύ συχνές στην περιεγχειρητική φροντίδα.

Μεταξύ των δημογραφικών στοιχείων των συμμετεχόντων, μόνο η επαγγελματική εμπειρία βρέθηκε να σχετίζεται με σημαντικές διαφορές στη γνώση της οξυμετρίας. Το γεγονός ότι οι πιο έμπειροι νοσηλευτές κατόρθωσαν να έχουν υψηλότερες βαθμολογίες γνώσης, σε συνδυασμό με τις διαφορές μεταξύ των τμημάτων/ μονάδων και τα χαμηλότερα ποσοστά των σωστών απαντήσεων να εντοπίζονται κυρίως στις ερωτήσεις που καλύπτουν τις αρχές της λειτουργίας της οξυμετρίας, υποδηλώνει έντονα ότι η γνώση του προσωπικού αναπτύχθηκε εμπειρικά και όχι σε θεωρητική βάση. Ομοίως, σε μια προηγούμενη μελέτη βασισμένη σε συνεντεύξεις νοσηλευτών που διεξήχθη από τον Alasad (2002)⁵², προέκυψε το συμπέρασμα ότι η ικανότητα των νοσηλευτών για την διαχείριση της τεχνολογίας αναπτύσσεται κυρίως μέσα από την εμπειρία που έχει αποκτηθεί. Μέσα από την κλινική πρακτική τους, οι νοσηλευτές εύκολα αναγνώρισαν τις συνθήκες που επηρεάζουν τις μετρήσεις του οξυμέτρου, αλλά δεν μπόρεσαν να καλύψουν ορισμένες ελλείψεις βασικών γνώσεων συνδεδεμένες με τις αρχές λειτουργίας της οξυμετρίας, οι οποίες είναι αδύνατον να καλυφθούν μέσα από την εμπειρία.

Προηγούμενοι συγγραφείς έχουν αμφισβητήσει κατά πόσον η βελτίωση της γνώσης της οξυμετρίας μπορούσε να μεταφραστεί σε υψηλότερες ικανότητες σχετικά με την κλινική της χρήση^{46,54}. Αναμφίβολα η γνώση δεν ισοδυναμεί αυτόματα με κλινική δεξιότητα. Οι προαναφερόμενες μελέτες περιλαμβάνουν επίσης δεξιότητες, στάσεις, και το επίπεδο της επάρκειας⁵⁴. Η επαρκής αξιοποίηση των γνώσεων οξυμετρίας στην κλινική πρακτική καθιστά αναγκαία τη σε βάθος κατανόηση της καρδιοπνευμονικής φυσιολογίας και παθολογίας, καθώς και τις δεξιότητες της κριτικής σκέψης που αναπτύχθηκαν μέσα από την εμπειρία. Ωστόσο, η γνώση αποτελεί προϋπόθεση για την ικανότητα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περισσότερες ελλείψεις γνώσεων βρέθηκαν να σχετίζονται με τις αρχές λειτουργίας της οξυμετρίας, φαίνεται πιθανό ότι η κατάλληλη κάλυψη των ελλειμμάτων αυτών, θα πρέπει να είναι το πρώτο βήμα για την κλινική βελτίωση του νοσηλευτικού προσωπικού.

7.3 Περιορισμοί της Μελέτης

Παρόλο που το δείγμα της μελέτης ήταν μεγαλύτερο από την πλειοψηφία σχετικών προηγούμενων μελετών, δεν μπορεί να αποκλειστεί η αδυναμία στον εντοπισμό ορισμένων σημαντικών σχέσεων με αποτέλεσμα την δημιουργία σφαλμάτων τύπου II (π.χ. μεταξύ της βαθμολογίας στην γνώση της οξυμετρίας και το εκπαιδευτικό επίπεδο, δεδομένου ότι μόνο 16 νοσηλευτές ανέφεραν μεταπτυχιακές σπουδές). Δεύτερον, όπως και κάθε ερωτηματολόγιο που βασίζεται στην αξιολόγηση των ευρημάτων της γνώσης, δεν υπάρχει τρόπος να γνωρίζουμε εάν οι συμμετέχοντες έχουν πρόσβαση σε σχετικές πληροφορίες πριν από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Τρίτον, αν και προστέθηκε η επιλογή δεν είμαι βέβαιος/η" για να εμποδίζει τους συμμετέχοντες να μαντέψουν τη σωστή απάντηση, είναι πάντα πιθανό οι συμμετέχοντες να συμπλήρωσαν τη σωστή απάντηση μόνο κατά τύχη σε κάποια στοιχεία. Και τέλος, η παρούσα μελέτη διεξήχθη σε Ελληνικά Νοσοκομεία, το οποίο καθιστά γενικότερα αμφισβητήσιμη την εφαρμογή των ευρημάτων της από άλλες χώρες, εξ' αιτίας της μεγάλης διαφοράς στην νοσηλευτική εκπαίδευση και στην κλινική πρακτική μεταξύ των νοσοκομείων στις διάφορες χώρες.

7.4 Η εφαρμογή της παλμικής οξυμετρίας στην κλινική πράξη

Η εξέλιξη του τεχνολογικού εξοπλισμού και η εφαρμογή αυτού στην κλινική πρακτική έχει επιφέρει πλεονεκτήματα στην φροντίδα των ασθενών . Όμως, η έλλειψη επαρκούς γνώσης για την λειτουργία του εξοπλισμού αναμένεται να περιορίσει την ασφάλεια των ασθενών και να αυξήσει το νοσηλευτικό στρες και τον φόρτο εργασίας⁵⁵. Στην περίπτωση του παλμικού οξύμετρου, αν και αυτό έχει ενσωματωθεί στην κλινική πρακτική για περισσότερο από 20 χρόνια, οι ελλείψεις των γνώσεων στους νοσηλευτές ακόμη είναι ορατές. Οι ελλείψεις γνώσεων που σχετίζονται με τις αρχές της λειτουργίας της οξυμετρίας, δεν μπορούν να καλυφθούν μέσα από την εμπειρία, ενώ είναι αναγκαίες για την ανάπτυξη της κλινικής ικανότητας.

Η προέλευση αυτών των ελλείψεων μπορεί να αποδοθεί από την έλλειψη εκπαιδευτικών προγραμμάτων σε προπτυχιακές σπουδές. Αυτό σημαίνει ότι τα επιστημονικά πεδία της προ-πτυχιακής εκπαίδευσης, όπως η εντατική φροντίδα ή η Αναισθησιολογική νοσηλευτική, έχουν την ανάγκη μεταρρύθμισης, προκειμένου να παρακολουθήσουν την πρόοδο της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται στην κλινική

πρακτική, έτσι ώστε η θεωρητική γνώση και η τεχνολογική κατάρτιση να είναι υπό τον έλεγχο και την ευθύνη των νοσηλευτών⁵⁶.

Η ανάγκη για συνεχή εκπαίδευση είναι επιτακτική. Σημαντική είναι η δια βίου μάθηση στην κλινική εκπαίδευση και η συνεχής επιμόρφωση για να εξασφαλίσει ότι η γνώση, οι δεξιότητες και η ικανότητα των νοσηλευτών στην οξυμετρία βελτιώνονται με την πάροδο του χρόνου. Τα εκπαιδευτικά προγράμματα θα πρέπει να βασίζονται σε σύγχρονα μοντέλα εκπαίδευσης και κατάρτισης⁵⁷, να επαναλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και να παρέχουν σύγχρονες τεκμηριωμένες πληροφορίες για την παλμική οξυμετρία σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο.

Θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι υπάρχουσες διαφορές μεταξύ των γνώσεων οξυμετρίας και οι διαφορετικές ανάγκες στην εκπαίδευση των νοσηλευτών των διάφορων τμημάτων/ μονάδων. Η αποτελεσματικότητα των συνεχόμενων προγραμμάτων εκπαίδευσης θα πρέπει να αξιολογείται κατάλληλα βάση των προκαθορισμένων στόχων ή αποτελεσμάτων^{54,58}.

Το ερευνητικό πρόγραμμα που εφαρμόστηκε από τους Attin et al⁴⁵ είχε ιδιαίτερη επίδραση στην βελτίωση των γνώσεων του προσωπικού, αναγνωρίζοντας τις ελλείψεις και αναπληρώνοντάς τις μέσω απλών εκπαιδευτικών στρατηγικών, οι οποίες θα μπορούσαν να καθοδηγήσουν την εφαρμογή παρόμοιων προγραμμάτων στο μέλλον. Αυτά τα προγράμματα θα πρέπει να λάβουν υπόψη τις υπάρχουσες διαφορές μεταξύ των γνώσεων στο παλμικό οξύμετρο και τις διαφορές των αναγκών στην εκπαίδευση μεταξύ των νοσηλευτών των διάφορων τμημάτων/ μονάδων, όπως προαναφέρθηκε.

7.5 Συμπεράσματα

Συνοπτικά, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ένα ικανοποιητικό επίπεδο γνώσεων οξυμετρίας μεταξύ των Ελλήνων νοσηλευτών, ιδιαίτερα σε εκείνους που εργάζονται στην ΜΕΘ. Οι ελλείψεις στη γνώση σχετίζονται κυρίως με τις αρχές λειτουργίας της οξυμετρίας. Τα ελλείμματα αυτά, μαζί με τις σημαντικές διαφορές στο επίπεδο γνώσεων, σύμφωνα με την επαγγελματική εμπειρία ή μεταξύ των τμημάτων / μονάδων ενδεχομένως αποκαλύπτουν ότι η πλειοψηφία των νοσηλευτών δεν αποκτούν τις γνώσεις πάνω στην παλμική οξυμετρία μέσα από συστηματική εκπαίδευση, αλλά μάλλον σε εμπειρική βάση.

Η μελέτη αυτή προτείνεται να επαναληφθεί και σε άλλες χώρες, με την χρησιμοποίηση μεγαλύτερου δείγματος. Η μελλοντική έρευνα συνιστάται να

επικεντρωθεί στην αξιολόγηση των προγραμμάτων συνεχούς εκπαίδευσης για την παλμική οξυμετρία, όσον αφορά τη βελτίωση τόσο των γνώσεων, όσο και των ικανοτήτων σχετικά με τη χρήση της στην κλινική πράξη.

Βιβλιογραφία

1. Χατζηπούγιας Ι. Στοιχεία ανατομικής του Ανθρώπου. Εκδόσεις Γιώργος Μανιατογιάννης, Αθήνα 2003.
2. Desporoulos A. & Silbernagl S. Εγχειρίδιο φυσιολογίας με έγχρωμο άτλαντα. Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 2001.
3. ΒΙΚΙΠΑΙΔΙΑ, Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια. Αναπνευστικό σύστημα.
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CF%80%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1>. Τελευταία προσπέλαση, 6 Νοεμβρίου 2011.
4. Πλέσσας Σ. & Κανέλλος Ε. Φυσιολογία του Ανθρώπου 1. Εκδόσεις Φαρμάκων- Τύπος, Αθήνα 2006.
5. Wikipedia The Free Encyclopedia. Pleural cavity.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Pleura>. Τελευταία προσπέλαση, 13 Δεκέμβρη 2011.
6. Ψηφιακό σχολείο. Κυκλοφορικό σύστημα.
<http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-A105/43/270,1249/>. Τελευταία προσπέλαση, 17 Δεκέμβρη 2011
7. Wikipedia The Free Encyclopedia. Circulatory system.
http://en.wikipedia.org/wiki/Circulatory_system. Τελευταία προσπέλαση, 31 Ιανουαρίου 2012.
8. Kosmaseer. Ας μιλήσουμε για το αίμα....
<http://kosmaseer.pblogs.gr/tags/oksyaimosfairini-gr.html>. Τελευταία προσπέλαση, 28 Ιουνίου 2010.
9. Matthes K. "Untersuchungen über die Sauerstoffsättigung des menschlichen Arterienblutes". Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology 28 April 2011. **179** (6): 698–711.
10. Millikan G.A. The oximeter: an instrument for measuring continuously oxygen-saturation of arterial blood in man, Rev. Sci. Instrum 1942. **13** 434–444.
11. Severinghaus, John W., Honda, Yoshiyuki . "History of Blood Gas Analysis. VII. Pulse Oximetry". Journal of Clinical Monitoring, April 1987. **3** (2): 135–138.

12. Creative Visions Foundation. Sleep Review, The Journal for Sleep Specialists. http://www.sleepreviewmag.com/issues/articles/2008-04_10.asp. Τελευταία προσπέλαση, Απρίλιος 2008
13. Wikipedia The Free Encyclopedia. Pulse Oximetry. http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse_oximetry. Τελευταία προσπέλαση, 27 Ιανουαρίου 2012
14. Isono S., Brown K. & Woodson T. Στο: Lerman J., Kharasch E., Eisenach J., Warner M., Jevtovic Todorovic V., Patel P. & Sun L. A Precarious Breath: Diagnosis and Management of Difficult Airways and Obstructive Sleep Apnea. <http://www.anesthesiology.org/pt/re/anes/fulltext.00000542-200809000-000004.htm>, Τελευταία προσπέλαση, 10 Ιουνίου 2008.
15. "Tekne Awards Announced". *Star Tribune*. <http://www.startribune.com/blogs/65775732.html?c=337322>. Τελευταία προσπέλαση , 23- 10- 2009.
16. Τσούσκας Λ. Επείγουσα Νοσηλευτική Φροντίδα. University studio press, Θεσσαλονίκη 2007.
17. Bongard F., Sue D. & Μπαλτόπουλος Γ. Εντατικολογία Διάγνωση & Θεραπεία. Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα 2005.
18. Κατσιούλα Ε. Βασιλάκη Μ. Καρκάλα Ε. Μπαλτζής Γ. & Ιωαννίδου Ε. Στο: Μπαλτόπουλος Γ., Μυριανθεύς Π., Μπούτζουκα Ε. Εντατική Θεραπεία & Επείγουσα Ιατρική: Επεμβάσεις – Παρεμβάσεις. Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα 2008. 413- 420
19. Τσελιώτη Π., Κασιόφα Κ. & Πρεκατές Α. Στο: Μπαλτόπουλος Γ., Γαβαλά Α., Τσίγκου Ε. Εντατική Θεραπεία & Επείγουσα Ιατρική: Monitoring (1^{ος} τόμος). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα, 2009. 441- 443
20. MacLeod DB, Cortinez LI, Keifer JC, Cameron D, Wright DR, White WD, et al. The desaturation response time of finger pulse oximeters during mild hypothermia. *Anaesthesia*, 2005. **60**:65-71.
21. Morgan E., Mikhail M., Murray M. & Larson P. Στο: Lang Medical book/ McGraw- Hill: Clinical Anesthesiology. Medical Publishing Division, USA 2002. 108- 110
22. Κισάκος Α. & Λάου Ε. Στο: Μπαλτόπουλος Γ., Γαβαλά Α., Τσίγκου Ε. Εντατική Θεραπεία & Επείγουσα Ιατρική: Monitoring (1^{ος} τόμος). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα, 2009. 475- 478

23. Μαλγαρινού Μ. & Κωνσταντινίδου Σ. Παθολογική- Χειρουργική Νοσηλευτική (2^{ος} τόμος). Εκδόσεις «Η ΤΑΒΙΘΑ», Αθήνα 2005.
24. Dewit S. Παθολογική- Χειρουργική Νοσηλευτική Έννοιες & Πρακτική(1^{ος} τόμος). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα 2009.
25. Mengert T., Eisenberg M. & Copass M. Επείγουσα Θεραπευτική. Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα 2000.
26. Wikipedia The Free Encyclopedia. Acute Respiratory distress syndrome. http://en.wikipedia.org/wiki/Acute_respiratory_distress_syndrome. Τελευταία προσπέλαση, 09 Ιανουαρίου 2012.
27. Wikipedia The Free Encyclopedia. Pulmonary aspiration. http://en.wikipedia.org/wiki/Pulmonary_aspiration. Τελευταία προσπέλαση , 13 Οκτώβρη 2011.
28. Lullmann H., Mohr K., Ziegler A. & Bieger D. Εγχειρίδιο Φαρμακολογίας. Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 2005.
29. Πετρίδης Α. Εγχειρίδιο Χειρουργικής. Εκδόσεις " ΕΛΛΗΝ", Αθήνα 2004.
30. Παπαδάκη Α. Το Χειρουργείο στη Βασική Νοσηλευτική Εκπαίδευση. Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα 2006.
31. Greenstain B., Gould D. & Trounce J. TROUNCE'S Κλινική Φαρμακολογία για Νοσηλευτές. Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου, Αθήνα 2007.
32. Davidson S. " Παθολογία". Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα 2005.
33. Netter F., Runge M. & Andrew Greganti M. Παθολογία βασικές αρχές(1^{ος} τόμος). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα 2009.
34. Καλσιπονίνη- Καρβοξυαιμοσφαιρίνη (HbCO). <http://www.clinical.bioiatriki.gr/analysis/pdfs/a276.pdf>. Τελευταία προσπέλαση 5 Οκτώβρη 2011
35. Αναγωγή της Μεθαιμοσφαιρίνης (Διαφοράση). <http://www.clinical.bioiatriki.gr/analysis/pdfs/a59.pdf>. Τελευταία προσπέλαση 15 Οκτώβρη 2011
36. Fox N. Nick Fox discusses the indication for and limitation of pulse oximetry. Nursing Times 2002 .**98**(40), 65
37. Allen K. Principles and limitations of pulse oximetry in patient monitoring. Nursing Times 2004. **100**(41), 34- 37
38. Valdez-Lowe C., Ghareeb S. & Artinian N. Pulse oximetry in Adults. AJN June 2009. **109**(6), 52- 59

39. Michailr. Οδηγίες χρήσης παλμικού οξύμετρου. http://nursegr.blogspot.com/2008/12/blog-post_16.html. Τελευταία προσπέλαση, 16 Δεκέμβρη 2008.
40. Εγχειρίδιο χρήσης παλμικού οξύμετρου MD300I. www.anats.gr/download2a.asp?ft=1&ii=3&id=8685&did Τελευταία προσπέλαση ,15 Νοέμβρη 2011
41. Εγχειρίδιο χρήσης παλμικού οξύμετρου δακτύλου C22. www.anats.gr/download2a.asp?ft=1&ii=1&id=8602&did Τελευταία προσπέλαση, 20 Δεκεμβρίου 2011
42. Εγχειρίδιο χρήσης παλμικού οξύμετρου δακτύλου C12. www.anats.gr/download2a.asp?ft=1&ii=1&id=8687&did Τελευταία προσπέλαση ,10 Δεκέμβρη 2011
43. ΠΑΛΜΙΚΟ ΟΞΥΜΕΤΡΟ ΒΟ-800. www.anats.gr/download2a.asp?ft=1&ii=2&id=8594&did. Τελευταία προσπέλαση ,16 Σεπτέμβρη 2011
44. Nellcor. Παλμικό οξύμετρο N- 600x Σύστημα διαχείρισης συναγερμού. <http://www.nellcor.com/catalog/pdf/sns/prodman/10045228a00.pdf> Τελευταία προσπέλαση ,8 Ιανουαρίου 2012
45. Attin M., Cardin S., Dee V., Doering L., Dunn D., Ellstrom K., Erickson V., Etchepare M., Gawlinski A., Haley T., Henneman E., Keckeisen M., Malmset M. & Olson L. An educational project to improve knowledge related to pulse oximetry. *American Journal of Critical Care*, 2002. **11**, 529-534.
46. Giuliano KK & Liu LM Knowledge of pulse oximetry among critical care nurses. *Dimensions in Critical Care Nursing*, 2006. **25**, 44-49.
47. Harper J. Post-anaesthesia care unit nurses' knowledge of pulse oximetry. *Journal of Nurses Staff Development*, 2004. **20**, 177-180.
48. Lynn MR. Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 1986. **35**, 382-385.
49. Green K. Multiple choice and true-false: reliability and validity compared. *Journal of Experimental Education*, 1979. **48**, 42-44.

50. Faponle A & Erhabor G. Knowledge about pulse oximetry among medical and nursing staff. *Nigerian Journal of Medicine*, 2002. **11**, 13-15.
51. Stoneham M, Saville G & Wilson I. Knowledge about pulse oximetry among medical and nursing staff. *Lancet*, 1994. **344**, 1339-1342.
52. Alasad J. Managing technology in the intensive care unit: the nurses' experience. *International Journal of Nursing Studies*, 2002. **39**, 407-413.
53. Walters TP. Pulse oximetry knowledge and its effects on clinical practice. *British Journal of Nursing*, 2007. **16**, 1332-1340.
54. Huggins K. Lifelong learning - the key to competence in the intensive care unit? *Intensive and Critical Care Nursing*, 2004. **20**, 38-44.
55. Trossman S. Bold new world: technology should ease nurses' jobs, not create a greater workload. *Am J Nurs*. 2005. **105**(5):75-77.
56. . Linderman CA. The future of nursing education. *J Nurs Educ*. 2000. **39**(1):5-12.
57. Cleary ML & Walter G Suggestions for reviewing clinical continuing education courses. *Journal of Continuing Education in Nursing*, 2011. **42**, 105-106.
58. Menix KD. Evaluation of learning and program effectiveness. *Journal of Continuing Education in Nursing*, 2007. **38**, 201-208.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Γλωσσάριο

Αρχικά	Απόδοση στα Αγγλικά	Απόδοση στα Ελληνικά
H ₂ O	Water- aqua	Ύδωρ
O ₂	Oxygen	Οξυγόνο
CO	Carbon monoxide	Μονοξειδίο του άνθρακα
CO ₂	Carbon dioxide	Διοξειδίο του άνθρακα
pH	Ph	Αρνητικός λογάριθμος συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου
Hb	Hemoglobin	Αιμοσφαιρίνη
HbO ₂	Oxyhemoglobin	Οξυαιμοσφαιρίνη
metHb	Methemoglobin	Μεθαιμοσφαιρίνη
COHb	Carbohemoglobin	Αναθρακυλαιμοσφαιρίνη
pO ₂	Pressure of Oxygen	Πίεση Οξυγόνου
PCO ₂	Pressure of carbon dioxide	Πίεση διοξειδίου του άνθρακα
PEEP	Positive End Expiratory Pressure	Θετική Τελοεκπνευστική Πίεση
FIO ₂	Fraction Of Inspiratory Oxygen	Κλάσμα Εισπνεόμενου Οξυγόνου
SO ₂	Saturation of oxygen	Κορεσμός οξυγόνου
SpO ₂	Saturation of peripheral oxygen	Κορεσμός οξυγόνου περιφερικού αίματος
SaO ₂	Saturation of arterial blood oxygen	Κορεσμός αρτηριακού αίματος σε οξυγόνο
SvO ₂	Saturation of venous blood oxygen	Κορεσμός οξυγόνου φλεβικού αίματος
ScvO ₂	Saturation of superior	Κορεσμός οξυγόνου

	vena cava blood oxygen	φλεβικού αίματος άνω κοίλης φλέβας
rSO₂	Saturation of hemoglobin in the brain	Κορεσμός οξυγόνου της αιμοσφαιρίνης στον εγκέφαλο
PaO₂	Blood Oxygen pressure	Μερική πίεση οξυγόνου στο αίμα
HCO₃	Bicarbonate	Διττανθρακικά ιόντα
ARDS	Acute respiratory distress syndrome	Σύνδρομο Οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας
kPa	Measurement monad of Pulmonary press	Μονάδα μέτρησης της πνευμονικής πίεσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Δείγμα Ερωτηματολογίου

Αγαπητοί Συνάδελφοι,

Το Νοσοκομείο στο οποίο εργάζεστε συμμετέχει σε μία ερευνητική μελέτη.

Σκοπό αυτής της μελέτης αποτελεί η διερεύνηση των γνώσεων του νοσηλευτικού προσωπικού όσον αφορά τη χρήση της παλμικής οξυμετρίας, στα τμήματα όπου η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται καθημερινά και αποτελεί βασικό στοιχείο της φροντίδας των ασθενών.

Θα θέλαμε να ζητήσουμε τη συμμετοχή σας στην παρούσα μελέτη, με τη συμπλήρωση των απαντήσεων στις 21 ερωτήσεις που ακολουθούν. Ελπίζουμε να βρείτε τις ερωτήσεις ενδιαφέρουσες. Αν νιώθετε έντονη αβεβαιότητα για κάποια/ες από αυτές, δε χρειάζεται να μαντέψετε, απλά επιλέξτε «Δεν είμαι βέβαιος/η».

Η συμμετοχή σας στην έρευνα είναι σαφώς εθελοντική. Οι απαντήσεις σας θα είναι εμπιστευτικές και ανώνυμες και δε θα είναι δυνατό να αναγνωρισθεί η ταυτότητά σας από αυτές. Για όποιον/α επιθυμεί να ελέγξει την ορθότητα των απαντήσεών του, οι ορθές απαντήσεις θα κοινοποιηθούν μετά το πέρας της συλλογής των ερωτηματολογίων.

Η έρευνα αυτή συντονίζεται από το Τμήμα Νοσηλευτικής του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και το Τμήμα Νοσηλευτικής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για τη συνεργασία.

Παναγιώτης Κιέκκας,
Επίκουρος Καθηγητής
Νοσηλευτικής
ΑΤΕΙ Πάτρας

Αλιμούση Αντελαΐντα
Τσέκο Φλοράλμπα
Φοιτήτριες Νοσηλευτικής
ΑΤΕΙ Πατρών

ΦΥΛΟ:

Γυναίκα

Άνδρας

ΗΛΙΚΙΑ:.....έτη

ΤΜΗΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ:.....

ΠΡΟΫΠΗΡΕΣΙΑ: Έτη προϋπηρεσίας ως κλινικός νοσηλευτής:

ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ:

Δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Δ.Ε.)

Τεχνολογική εκπαίδευση (Τ.Ε.)

Πανεπιστημιακή εκπαίδευση (Π.Ε.)

Μεταπτυχιακές σπουδές

1. Η παλμική οξυμετρία αποτελεί μη επεμβατική μέθοδο μέτρησης του οξυγόνου του αρτηριακού αίματος.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος/η

2. Η παλμική οξυμετρία παρέχει ακριβείς μετρήσεις για τιμές κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος μεταξύ 70-100%.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

3. Η παλμική οξυμετρία χρησιμοποιείται για την ταχεία ανίχνευση της υποξίας των ιστών του σώματος.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

4. Η κλινική εκτίμηση του ασθενή από έμπειρο προσωπικό είναι εξίσου αποτελεσματική στην ανίχνευση της υποξαιμίας με τη χρήση της παλμικής οξυμετρίας.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

5. Η παλμική οξυμετρία είναι πιθανά αναξιόπιστη στους ασθενείς με σοβαρή αναιμία.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

6. Σε ασθενή με έντονη αγγειοσύσπασση, η τοποθέτηση του αισθητήρα του οξυμέτρου στο νύχι δακτύλου του χεριού παρέχει εξίσου ακριβείς μετρήσεις με την τοποθέτησή του στη μύτη ή στο αυτί του ασθενή.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

7. Τα χρωματιστά ή τα τεχνητά νύχια δεν επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων της παλμικής οξυμετρίας.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

8. Οι μετρήσεις της παλμικής οξυμετρίας είναι λιγότερο ακριβείς όταν ο ασθενής κινείται.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

9. Τιμή κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος 90% βάσει του παλμικού οξυμέτρου αντιστοιχεί σε μερική πίεση οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα 90mmHg.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

10. Οι τιμές κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος που παρέχει η παλμική οξυμετρία είναι εξίσου ακριβείς με τις τιμές που παρέχει το μηχάνημα ανάλυσης των αερίων αρτηριακού αίματος.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

11. Ακριβείς μετρήσεις της παλμικής οξυμετρίας δύσκολα επιτυγχάνονται όταν η περιφερική αιμάτωση του ασθενή είναι μειωμένη.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

12. Οι μετρήσεις της παλμικής οξυμετρίας γενικά δεν επηρεάζονται από τη θέση του σώματος του ασθενή ή από το φως του περιβάλλοντος.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

13. Οι ασθενείς που υφίστανται επεμβατικές διαδικασίες διατρέχουν γενικά αυξημένο κίνδυνο πτώσης του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

14. Η παλμική οξυμετρία δεν αποτελεί κατάλληλο δείκτη της επάρκειας του αερισμού του ασθενή.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

15. Η παλμική οξυμετρία παρέχει μετρήσεις του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο του αρτηριακού αίματος σε πραγματικό χρόνο, εφόσον ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στο νύχι του δακτύλου του χεριού του ασθενή.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

16. Η χρήση της παλμικής οξυμετρίας συνιστάται έντονα κατά τη διάρκεια της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης (ΚΑΡΠΑ).

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

17. Η χρήση της παλμικής οξυμετρίας συνιστάται έντονα κατά τη χορήγηση συμπληρωματικού οξυγόνου στον ασθενή (π.χ. με μάσκα).

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

18. Η πλειοψηφία των συναγερμών (alarms) της παλμικής οξυμετρίας αντιστοιχούν σε πραγματικό κίνδυνο.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

19. Η παλμική οξυμετρία βασίζεται στην απορρόφηση του ερυθρού και του υπέρυθρου φωτός από το αίμα.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

20. Ο αισθητήρας της παλμικής οξυμετρίας εμφανίζει υψηλή ευαισθησία σε μηχανικές βλάβες.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η

21. Η παλμική οξυμετρία δεν επηρεάζεται από την εισπνοή καπνού.

Σωστό Λάθος Δεν είμαι βέβαιος /η