

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

## **ΘΑΛΑΜΟΙ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΔΥΤΩΝ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ  
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΑΓΩΝΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:**

**ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΚΡΟΥΣΤΑΛΛΗ ΑΝΘΟΥΛΑ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2010**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πατρών, στο Τμήμα της Μηχανολογίας, και περιγράφει τον τρόπο κατάδυσης, τους κανόνες, τους κινδύνους που επιφυλάσσει και πως αυτοί αντιμετωπίζονται με χρήση των θαλάμων αποσυμπίεσης.

Στην αρχή της Πτυχιακής Εργασίας αναφέρονται όλες οι βασικές αρχές και έννοιες που χρειάζονται για να κατανοήσει ο αναγνώστης το κεφάλαιο της κατάδυσης. Ακολουθεί πλήρη ανάλυση των νόμων που απαιτούνται καθώς και της φυσιολογίας του ανθρώπου για το πως επηρεάζεται και πως αντιμετωπίζεται κατά την κατάδυση. Η εργασία ολοκληρώνεται με ανάλυση των θαλάμων αποσυμπίεσης, την χρήση και την λειτουργία τους.

Ευχαριστούμε θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μας κ. Ανδρέα Γιαννόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας και την κα Ανθούλα Κρουστάλλη, Εργαστηριακή Συνεργάτη του Τμήματος Μηχανολογίας για την καθοδήγησή τους και την βοήθειά τους έτσι ώστε να υλοποιηθεί η Πτυχιακή Εργασία, καθώς επίσης και την κα Κωνσταντίνα Γαϊτάνου, Προϊσταμένη Θαλάμων Αποσυμπίεσης του Ναυτικού Νοσοκομείου Αθηνών, για την φιλοξενία της στο χώρο των θαλάμων και για τον χρόνο που αφιέρωσε έτσι ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας των θαλάμων αποσυμπίεσης.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία περιγράφει την λειτουργία των Θαλάμων Αποσυμπίεσης Δυτών με λεπτομερή ανασκόπηση της χρήσης τους.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε πέντε Κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται πλήρη επεξήγηση των εννοιών κατάδυση και δύτης, τους κινδύνους που υπάρχουν και το πως αυτοί αποφεύγονται ή αντιμετωπίζονται.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι μονάδες μέτρησεις και οι νόμοι που ισχύουν στην κατάδυση και πως αυτοί βρίσκουν εφαρμογή στην καταδυτική ιατρική.

Στο τρίτο κεφάλαιο κρίνεται αναγκαίο να γίνει λεπτομερή αναφορά στην φυσιολογία του ανθρώπου, έτσι ώστε να γίνει αντιληπτό την επικινδυνότητα που μπορεί να φέρει ένας δύτης κατά την διαδικασία της κατάδυσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται η νόσος των δυτών, τι συμπτώματα υπάρχουν, πως αντιμετωπίζεται και το πως χρησιμοποιούνται θεραπευτικοί πίνακες για την νόσο από αποσυμπίεση.

Στο πέμπτο κεφάλαιο ο αναγνώστης έχει την δυνατότητα να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας των θαλάμων αποσυμπίεσης, τους τύπους που υπάρχουν και τον σκοπό αυτών, καθώς επίσης και το πως ένας ασθενής μπορεί να θεραπευτεί εκτός από την νόσο αποσυμπίεσης και σε άλλες ενδείξεις Παθολογίας ή Χειρουργικής πιστοποιώντας έτσι την σπουδαιότητα των θαλάμων.

Τέλος, υπάρχει ένα παράρτημα από αρχεία παλαιότερων χρόνων, τα οποία αναρτούνται, με απότερο σκοπό να επισημάνουν ότι η χρήση των θαλάμων υπήρξε σωτήριο εργαλείο εδώ και αρκετά χρόνια και δεν είναι ανακάλυψη των τελευταίων μόνο χρόνων.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### 1. ΔΥΤΗΣ & ΚΑΤΑΔΥΣΗ

1.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΔΥΣΕΩΝ	6
1.2 ΔΥΤΗΣ & ΚΑΤΑΔΥΣΗ	12
1.2.1 ΚΑΤΑΔΥΣΗ	12
1.2.2 ΔΥΤΗΣ	13

### 2. ΦΥΣΙΚΗ & ΙΑΤΡΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΔΥΣΕΩΝ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΔΥΤΙΚΗΣ & ΥΠΟΒΡΥΧΙΑΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ	15
2.2 ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΟΣΟ «ΑΠΟ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗ»	19
2.3 ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΒΑΘΟΥΣ	20
2.3.1 ΠΙΕΣΗ	21
2.3.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ	21
2.3.3 ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ	24
2.3.4 ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ	25
2.3.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΕΩΣ	26
2.4 ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑ	26
2.5 ΝΟΜΟΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	28
2.5.1 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΜΠΟΪΛ	29
2.5.2 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΤΑΛΤΟΝ	32
2.5.3 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΧΕΝΡΥ	32
2.5.4 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΣΑΡΛΣ	34

### 3. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ & ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΔΥΣΕΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	36
3.2 ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	36
3.3 ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΠΝΟΗ	38
3.4 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ O <sub>2</sub> & CO <sub>2</sub>	39
3.5 ΕΣΩ ΑΝΑΠΝΟΗ	39

<b>3.6 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ</b>	<b>40</b>
<b>4. ΝΟΣΟΣ ΤΩΝ ΔΥΤΩΝ</b>	
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	45
4.2 ΑΙΤΙΑ ΝΟΣΟΥ ΔΥΤΩΝ	46
4.2.1 ΚΑΤΑΔΥΣΗ	46
4.2.2 ΑΝΑΔΥΣΗ	47
4.3 ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑ ΤΗΣ ΝΟΣΟΥ ΤΩΝ ΔΥΤΩΝ	49
4.4 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΔΕΟΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΝΟΣΟ ΤΩΝ ΔΥΤΩΝ	49
4.5 ΠΡΟΔΙΑΘΕΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	49
4.6 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ	51
4.7 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ	52
4.8 ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΜΟΝΗ ΣΕ ΥΠΕΡΒΑΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΗ ΝΟΣΟ ΑΠΟ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗ	59
4.9 ΘΕΡΑΠΕΙΑ	69
4.10 ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ	75
<b>5. ΘΑΛΑΜΟΙ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ</b>	
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	81
5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΘΑΛΑΜΩΝ	83
5.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΒΑΡΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ	87
5.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΟΝΟΘΕΣΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ	87
5.3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥΘΕΣΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ	88
5.4 ΜΕΤΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΠΕΡΒΑΡΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ	89
5.4.1 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	89
5.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΕΠΕΙΓΟΥΣΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	89
5.5 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΘΑΛΑΜΩΝ	91
5.6 ΘΑΛΑΜΟΣ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ	93
5.6.1 ΙΣΤΟΡΙΑ	93
5.6.2 ΑΠΟΣΤΟΛΗ	94
5.6.3 ΥΒΟ	95
5.6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΑΛΑΜΩΝ	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	117
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	121

## 1. ΔΥΤΗΣ & ΚΑΤΑΔΥΣΗ

### 1.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΔΥΣΕΩΝ

Ο άνθρωπος από τους αρχαιότατους χρόνους, ένοιωσε την ανάγκη να γνωρίσει τον υποβρύχιο κόσμο. Επί χιλιάδες χρόνια προσπαθούσε να εισχωρήσει βαθιά στη θάλασσα και να κινηθεί στη μάζα της με άνεση και ελευθερία. Δεν το πέτυχε παρά στα τελευταία χρόνια του αιώνα μας.

Ο ενθουσιασμός των καταδύσεων, άρχισε να κυριαρχεί στις μεσογειακές χώρες από το 1932, όταν μερικοί Ιάπωνες κυνηγοί μαργαριταριών επισκέφτηκαν την Ιταλία. Αυτοί ενέπνευσαν αρκετούς ψύχραιμους ανθρώπους, οι οποίοι οργάνωσαν μικρές ομάδες, κατασκεύασαν υποβρύχια όπλα και άρχισαν τις καταδύσεις, ψαρεύοντας και εξερευνώντας. Εντωμεταξύ, το 1920, ο Υποπλοίαρχος του Γαλλικού Ναυτικού Κορλύ είχε εφεύρει τα πτερύγια κολυμβήσεως, τα οποία τελειοποίησε ο ίδιος το 1935. Αυτά αύξησαν την ταχύτητα και την ευκινησία αυτών που τα χρησιμοποιούσαν.

Από τότε, θαραλλέοι και πρωτοπόροι άνδρες, όπως ο Ζακ Κουστώ, ο Ντυμά, ο Χανς Χας και άλλοι έκαναν σπουδαία άλματα για την κατάκτηση των βυθών. Με νέου τύπου στολές και καταδυτικά εξαρτήματα, τελειοποίησαν την τεχνική των καταδύσεων και άρχισαν να εξερευνούν μεθοδικά τον υποβρύχιο κόσμο. Τα βιβλία που έγραψαν, συνάρπασαν τους επιστήμονες για νέες ανακαλύψεις και παρότρυναν εκατομμύρια ενθουσιώδεις ανθρώπους να γνωρίσουν το εκπληκτικό περιβάλλον του βυθού. Σ' αυτό συντέλεσαν αφάνταστα και οι άθλοι των βατραχανθρώπων του Ιταλικού, Αγγλικού και Αμερικάνικου Ναυτικού κατά την διάρκεια του τελευταίου μεγάλου πολέμου.

Σπουδαίος παράγοντας για την γρήγορη ανάπτυξη των καταδύσεων υπήρξε και η τελειοποίηση του καταδυτικού υλικού. Διάφορες βιομηχανίες με εντατικό ρυθμό εφοδιάζαν το εμπόριο με αυτόνομες καταδυτικές συσκευές, μάσκες, υποβρύχια όπλα, φωτογραφικές μηχανές και πολυάριθμα άλλα είδη, με τα οποία κάλυψαν όλες τις ανάγκες του αυτοδύτη.

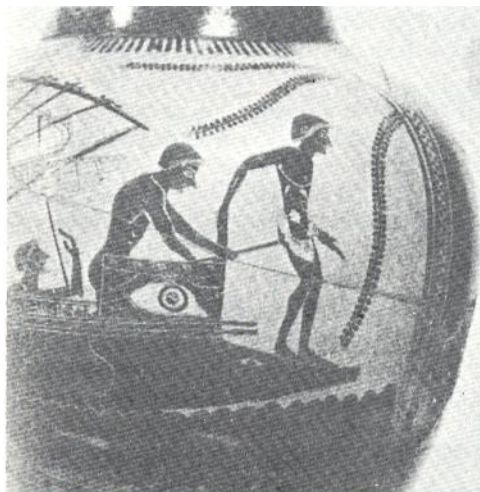
Αποφασιστική ήταν ακόμη η επίδραση που είχαν οι διάφορες κινηματογραφικές ταινίες, όπως το «Το κυνήγι του βυθού», «Ο κόσμος της σιωπής», «Οι βατραχάνθρωποι», «20.000 λεύγες κάτω από την θάλασσα» και άλλα, καθώς και οι συναρπαστικές δημοσιεύσεις σε περιοδικά και εφημερίδες.

Όλα αυτά, είχαν σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν στον κόσμο χιλιάδες όμιλοι υποβρύχιας δραστηριότητας, στους οποίους έτρεξαν άνδρες και γυναίκες κάθε τάξεως για να εκπαιδευτούν. Σύντομα οι καταδύσεις χαρακτηρίστηκαν ένα από τα πιο διαδεδομένα σπορ στον κόσμο.

Πριν φτάσει όμως ο άνθρωπος σ' αυτό το σημείο προόδου, έπρεπε να εργαστεί επί αιώνες με φαντασία και υπομονή για να επιλύσει τα δύσκολα προβλήματα του υγρού στοιχείου, που όμοια τους παρουσιάζονται μόνο στην κατάκτηση του διαστήματος.

Πόσο καιρό κοίταζε ο άνθρωπος την επιφάνεια των θαλασσών, των λιμνών και ποταμών πριν τολμήσει να καταδυθεί, δεν είναι γνωστό. Ίσως οι άνθρωποι της παλαιολιθικής εποχής και οι πρόγονοί τους να ήταν υποβρύχιοι κυνηγοί.

Είναι όμως γνωστό ότι δύτες υπήρχαν από τα αρχαιότατα χρόνια (Εικ.1), που καταδύονταν για να βρουν σφουγγάρια, ψάρια, μαλακόστρακα, κοράλλια ή μαργαριτάρια για το στολισμό τους (κάτι που ήταν έμφυτο στον πρωτόγονο κόσμο), για την ανέλκυση βυθισμένων αντικειμένων και υποβρύχιας δολιογθορές.



Εικόνα 1: Παράσταση σε ελληνικό βάζο του 6<sup>ου</sup> π.Χ. αιώνα που δείχνει δύτεν έτοιμο να βουτήξει

Την αρχαιότερη πληροφορία περί δυτών, την δίνει ο Όμηρος στην «Ιλιάδα», όπου παρομοιάζει την πτώση του τραυματισμένου αρματοδρόμου του Έκτορα με δύτη, που κατεβαίνει στον βυθό.

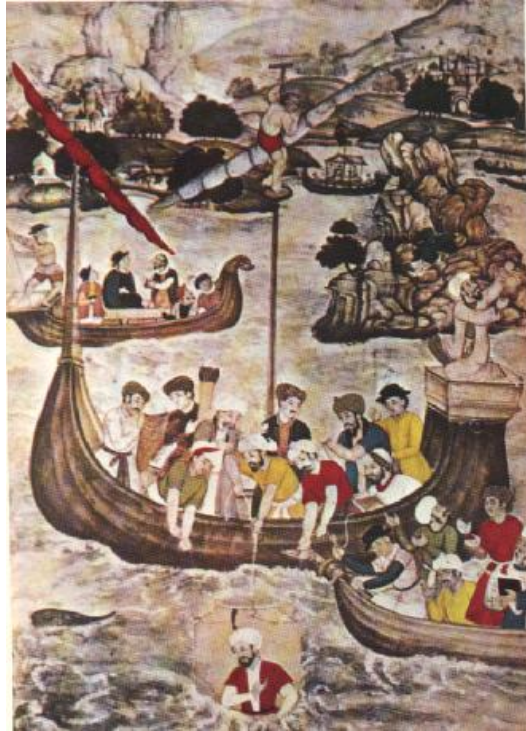
Κατά τον Θουκυδίδη, στην πολιορκία των Συρακουσών (415-412π.Χ.) οι Έλληνες χρησιμοποίησαν δύτες, οι οποίοι κατάστρεψαν την είσοδο του λιμανιού. Έτσι οι τριήρεις του αθηναϊκού στόλου μπήκαν ελεύθερα μέσα. Για τον ίδιο λόγο και ο Μέγας Αλέξανδρος χρησιμοποίησε δύτες κατά την πολιορκία της Τύρου, το 332π.Χ., όπως μας πληροφορεί ο Αριανός.

Ο Ηρόδοτος αναφέρει ένα θρύλο για τον Έλληνα Σκύλλι, άριστο δύτη, που ύστερα από πολλά κατορθώματα τον συνέλλαβαν οι Πέρσες, οι οποίοι τον επιβίβασαν σ'ένα πλοίο τους, για να τον χρησιμοποιήσουν εναντίον του Ελληνικού στόλου κατά την Ναυμαχία του Αρτεμισίου. Όταν όμως ο Σκύλλης έμαθε τα σχέδιά τους, πήδηξε από το πλοίο κατά την διάρκεια της θαλασσοταραχής, απέκοψε τα σχοινιά από τις άγκυρες πολλών πλοίων και επέφερε μεγάλη σύγχυση στον Περσικό στόλο. Ύστερα κολύμπησε 9 μίλια μέχρι το Αρτεμίσιο και ανέφερε στους Έλληνες τις προθέσεις του εχθρού, καθώς και άλλα χρήσιμα στοιχεία. Στα έργα του τον βοήθησε πολύ η κόρη του Ύδνα, που ήταν εκπληκτική στις καταδύσεις.

Αυτές είναι οι παλαιότερες πληροφορίες, οι σχετικές με επιχειρήσεις βατραχανθρώπων. Κατά τον μεσαίωνα, η χρησιμοποίησή τους στον ναυτικό πόλεμο είχε εξαπλωθεί τόσο πολύ, ώστε ορισμένες φορές οι εχθροί συμπλέκονταν υποβρυχίως.

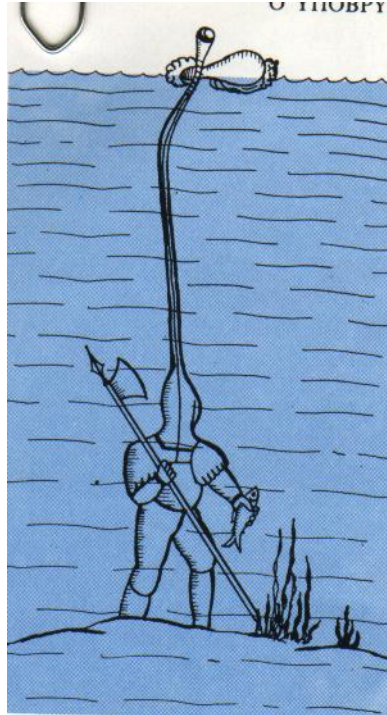
Ο Αριστοτέλης αναφέρει συχνά ότι οι δύτες ήταν εφοδιασμένοι με ειδικά όργανα, για να τραβούν αέρα από την επιφάνεια και να μπορούν να παραμένουν στο βυθό πολύ ώρα. Επίσης μας πληροφορεί ότι μπορούσαν να αναπνέουν από ένα μεταλλικό κύλινδρο που περιείχε αέρα και ότι ο Μέγας Αλέξανδρος καταδύθηκε με τέτοια συσκευή (Εικ.2).





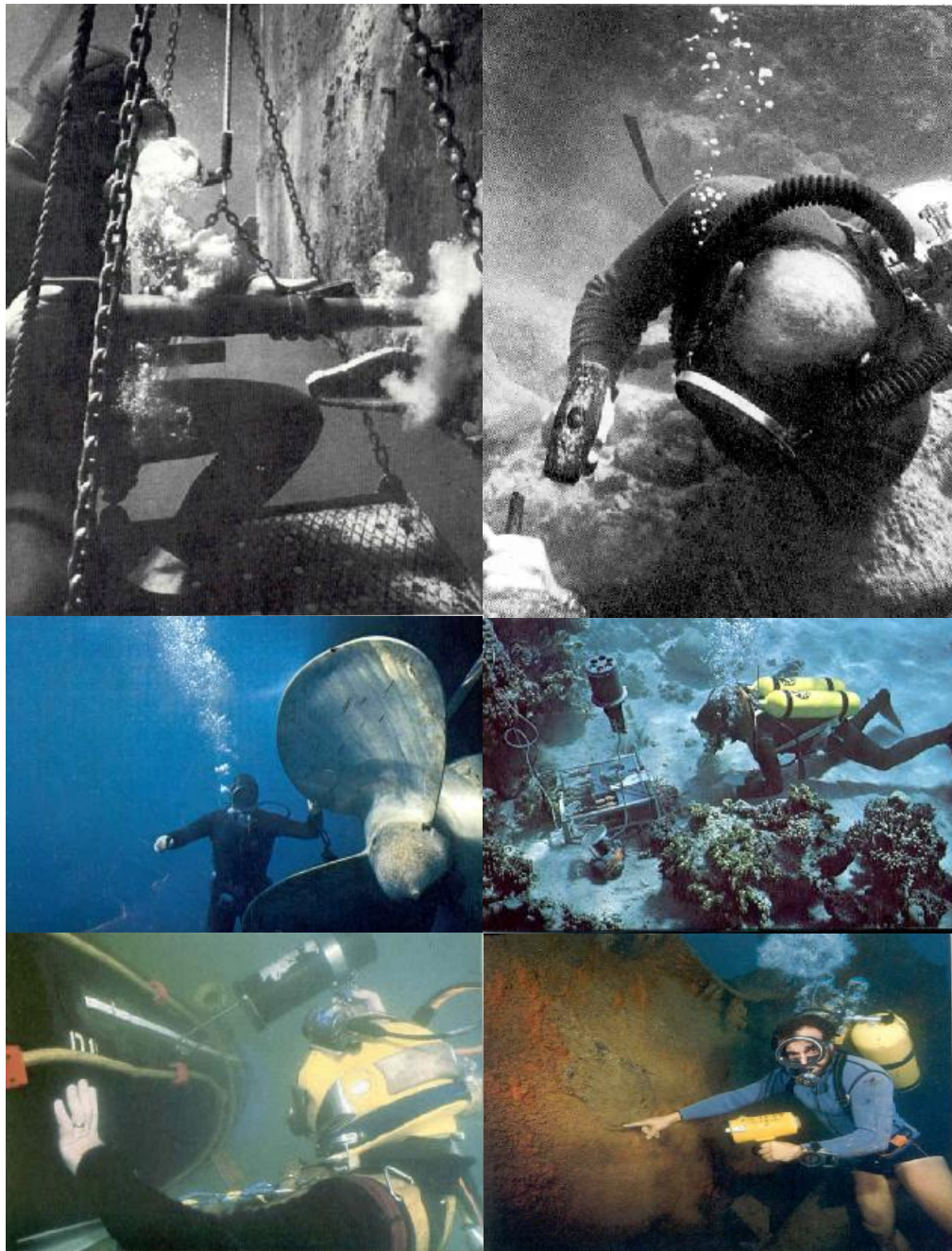
Εικόνα 2: Γκραβούρα φιλοτεχνημένη από Ινδό ζωγράφο, που δείχνει την κατάδυση του Μέγα Αλέξανδρου κατά την διάρκεια της εκστρατείας του.

Σε πολλά παλαιά χειρόγραφα, υπάρχουν σχέδια καταδυτικών συσκευών. Ειδικά στα σχέδια του Λεονάρντο Ντα Βίντσι υπάρχουν, από τον απλό σωλήνα με τον πλωτήρα (Εικ.3), μέχρι τις αυτόνομες αναπνευστικές συσκευές. Αυτός σχεδιάζει και διάφορα βοηθητικά εξαρτήματα, που τελειοποιήθηκαν αργότερα.



Εικόνα 3: Εικόνα δύτε που δείχνει, με το κεφάλι του σ' ένα δερμάτινο ασκό, από τον οποίο ξεκινά ο σωλήνας που φτάνει στην επιφάνεια και συγκρατείται εκεί από πλωτήρα σε σχήμα δίσκου.

Μέχρι το 1800, πολλοί εφευρέτες προσπάθησαν να βελτιώσουν τις καταδυτικές συσκευές, κατασκευάζοντας πολλούς και διάφορους τύπους. Όλες όμως υπόφεραν από τα ίδια προβλήματα. Ο δύτες δεν είχε ελευθερία κινήσεων, το βάθος ήταν περιορισμένο και δεν υπήρχε πρακτικός τρόπος να τροφοδοτείται το αναπνευστικό σύστημα του δύτες συνέχεια με καθαρό αέρα. Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη είναι καταπληκτική (Εικ.4). Κατασκευάζονται υποβρύχια σπίτια, υποβρύχια οχήματα, συσκευές μικτών αερίων και συστήματα για καταδύσεις σε βάθη μεγαλύτερα από 500 μέτρα, με αποτέλεσμα να αυξάνουν συνεχώς το βάθος, στο οποίο μπορεί να κατέβει ο άνθρωπος και ο χρόνος που μπορεί να παραμείνει υποβρυχίως.



Εικόνα 4: Ο δύτες έχει να ασχοληθεί με πολλές και αρκετά προσδοφóρες εργασίες

## 1.2 ΔΥΤΗΣ & ΚΑΤΑΔΥΣΗ

Αν ανατρέξουμε στο εγκυκλοπαιδικό λεξικό, θα βρούμε την ερμηνεία των λέξεων «δύτης» και «κατάδυση». Η τελειοποίηση της αυτόνομης συσκευής αέρα και η ραγδαία εξέλιξη του σπορ, επέφερε κάποια σύγχυση στην ορολογία, όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και ίσως περισσότερο, και στα ξένα κράτη. Στην Αμερική π.χ. όπου σήμερα υπολογίζεται ότι ασχολούνται οκτώ εκατομμύρια άνθρωποι με το σπορ των καταδύσεων, χρησιμοποιείται πολλές φορές από τον τύπο λανθασμένη ορολογία. Η λέξη Skin Diver π.χ. που σημαίνει ελεύθερος δύτης (ή γυμνός δύτης) χρησιμοποιείται για τον αυτοδύτη. Επίσης πολλοί στην Ελλάδα, συνήθως άσχετοι με τις καταδύσεις χρησιμοποιούν τον όρο «υποβρύχιο ψάρεμα», για να περιγράψουν το σπορ των καταδύσεων γενικά.

Γι' αυτό θεωρούμε σκόπιμο να δεχτούμε ορισμένους βασικούς όρους οι οποίοι κρίνονται απαραίτητοι.

### 1.2.1 ΚΑΤΑΔΥΣΗ

Η άσκηση κατά την οποία ο άνθρωπος αφήνει την επιφάνεια του νερού, κατεβαίνει προς τον βυθό με αναπνευστική συσκευή ή κρατώντας την αναπνοή του και μετά από ένα χρονικό διάστημα, επανέρχεται στην επιφάνεια. Η κατάδυση χωρίζεται σε τρεις φάσεις:

**Κ** Κάθοδος ή Κατάδυση: Από την στιγμή που θ' αφήσει ο καταδυόμενος την επιφάνεια μέχρι να φτάσει στο βυθό ή σταματήσει να κατεβαίνει.

- Παραμονή στο βυθό: Το χρονικό διάστημα μεταξύ πρώτης και τρίτης φάσης.

**Α** Άνοδος ή Ανάδυση: Από την στιγμή που θα αρχίσει να ανεβαίνει, μέχρι να φτάσει στην επιφάνεια.

## 1.2.2 ΔΥΤΗΣ

Δύτης είναι εκείνος που καταδύεται με σκάφανδρο (Εικ.5) ή ναργιλέ για επαγγελματικούς λόγους. Δηλαδή αυτός που αναπνέει αέρα που έρχεται από την επιφάνεια με σωλήνα.

### ∅ Κατάδυση με σκάφανδρο:

Η κατάδυση που γίνεται με την κλασική συσκευή του δύτη.

### ∅ Αυτοδύτης:

Ο καταδυόμενος με αυτόνομη αναπνευστική συσκευή. Είναι ένας όρος που προέρχεται από τις λέξεις «αυτόνομος δύτης» (Εικ.6).

### ∅ Αυτόνομη κατάδυση:

Αυτή που γίνεται με αυτόνομη αναπνευστική συσκευή.

### ∅ Ελεύθερος δύτης:

Ο καταδυόμενος χωρίς αναπνευστική συσκευή.

### ∅ Ελεύθερη κατάδυση:

Η κατάδυση που γίνεται χωρίς αναπνευστική μηχανή.

### ∅ Βατραχάνθρωπος:

Άνδρας των Ένοπλων Δυνάμεων ειδικά εκπαιδευμένος, στην Σχολή Υποβρύχιων Καταστροφών του Πολεμικού Ναυτικού.



Εικόνα 5: Δύτης



Εικόνα 6: Αυτοδύτης

## 2. ΦΥΣΙΚΗ & ΙΑΤΡΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΔΥΣΕΩΝ

### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΔΥΤΙΚΗΣ & ΥΠΟΒΡΥΧΙΑΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Η ιστορία της υποβρύχιας καταδυτικής Ιατρικής συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη των γνώσεων μας και την κατανόηση της νόσου των δυτών ή των εργαζόμενων σε περιβάλλον αυξημένης ατμοσφαιρικής πίεσεως.

Η πρώτη παρατήρηση για την αιτιολογία της νόσου εξ'αποσυμπιέσεως (δηλ. από απότομη μείωση της πίεσεως - που ήταν μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής) έγινε το 1670 από τον Sir Robert Boyle όταν προκάλεσε τη νόσο σε φίδι που είχε τοποθετηθεί μέσα σε συσκευή καθαρισμού που λειτουργούσε σε αντλία κενού.

Ο Boyle έγραψε ότι η απότομη μείωση της πίεσεως του χώρου που βρισκόταν το φίδι πιθανόν να προκάλεσε τη δημιουργία φυσσαλίδων στους ιστούς του σωματός του.

Η πρώτη περιγραφή συμπτωμάτων της νόσου από αποσυμπίεση σε άνθρωπο έγινε το 1841 από τον Triger σε ανθρακωρύχους που εργάζονταν σε στοές με αυξημένες πίεση (για να μην μπει μέσα το νερό). Ο Triger παρατήρησε ότι μερικοί ανθρακωρύχοι όταν έφευγαν από το χώρο δουλειάς τους (στοές με αυξημένη πίεση) παρουσίαζαν κράμπες και μυαλγίες που υποχωρούσαν μετά την χορήγηση οιοπνεύματος και εντριβές στην επώδυνη περιοχή του σώματος.

Ο Pol και Watelle το 1854 άρχισαν να μελετούν το φαινόμενο της νόσου από αποσυμπίεση και παρατήρησαν ότι εμφανιζόταν πάντοτε όταν κάποιος έφευγε από περιβάλλον αυξημένης πίεσεως. Έγραφαν χαρακτηριστικά ότι "one pays only on leaving".

Παρατήρησαν επίσης ότι η επιστροφή στο χώρο αυξημένης πίεσης συντελούσε στην υποχώρηση συμπτωμάτων.

Η πρώτη επιστημονική προσέγγιση του προβλήματος εφόσον από αποσυμπίεση έγινε από το Γάλλο Paul Bert το 1878, όταν δημοσίευσε το βιβλίο του "Barometric Pressure".

Ο P.Bert έδειξε ότι οι φυσσαλίδες που σχηματίζονταν κατά την ταχεία αποπίεση συνδέονται με τα συμπτώματα της νόσου και ότι οι φυσσαλίδες αυτές αποτελούνται από  $N_2$ .

Ο Bert ανακάλυψε επίσης ότι το οξυγόνο γινόταν τοξικό όταν αναπνεόταν με αυξημένη πίεση (μεγαλύτερη των 33Ft). Η τοξική αυτή επίδραση του O<sub>2</sub> που εκδηλώνεται με σπασμούς ονομάστηκε το φαινόμενο του P.Bert.

Η λέξη Bends (σήμερα χαρακτηρίζει τις ελαφριές μορφές της νόσου που εκδηλώνονται με αρθραλγίες) καθιερώθηκε σαν συνώνυμο της νόσου αποσυμπίεσης κατά την διάρκεια κατασκευής γέφυρας του Brooklyn. Το χαρακτηριστικό βάδισμα (λικνιστικό) των γυναικών της εποχής ονομαζόταν "Grecian Bends". Έτσι ονομάστηκε και το ανάλογο βάδισμα που παρουσίαζαν λόγω προσβολής τους από την νόσο οι εργαζόμενοι στην κατασκευή της γέφυρας. Προοδευτικά από παραφθορά του όρου έμεινε η λέξη «Bends».

Μετά από τις εργασίες του P.Bert οι δύτες και οι εργαζόμενοι σε στοές με αυξημένη πίεση άρχισαν να εφαρμόζουν διαδικασίες επαναπίεσης για θεραπεία των συμπτωμάτων της νόσου. Μέχρι τότε οι δύτες ή περιόριζαν το βάθος καταδύσεως ή υπέφεραν τις συνέπειες της νόσου.

Ο πρώτος θάλαμος επαναπίεσης για την θεραπεία της νόσου λειτούργησε το 1893 στη διάρκεια κατασκευής υπόγειας σήραγγος στο Hudson της Ν.Υόρκης.

Μέχρι και την αρχή του αιώνα μας – παρόλο που ήταν γνωστό ότι η αιτιολογία της νόσου από αποσυμπίεση ήταν οι φυσαλίδες του αζώτου που σχηματίζονταν στους ιστούς και ότι τα συμπτώματα υποχωρούσαν με την επαναφορά σε αυξημένη πίεση – δεν υπήρχε διαδικασία αποπίεσης, η οποία αν εφαρμοζόταν θα μείωνε τις πιθανότητες προσβολής από την νόσο.

Μεταξύ των πρώτων που μελέτησαν τη νόσο από αποσυμπίεση και πρότειναν διαδικασίες σταδιακής αποπίεσης ήταν ο Έλληνας καθηγητής Μιχαήλ Κατσαράς. Ο Μ.Κατσαράς μετά από πολλές κλινικές και πειραματικές μελέτες περιέγραψε με λεπτομέρεια την παθογένεια και τις κλινικές μορφές της νόσου των δυτών και πρότεινε την βραδεία άνοδο του δύτε και την διακοπή της αναδύσεως κάθε δεύτερη οργιά για ένα λεπτό.

Την ίδια περίπου περίοδο ο Άγγλος Haldane και οι συνεργάτες του εργάζονται εντατικά πάνω στα προβλήματα της φυσιολογίας των καταδύσεων. Η ομάδα του Haldane παρατήρησε ότι ένας δύτες ήταν δυνατόν να αναδυθεί κατευθείαν από βάθος μέχρι 33Ft ανεξάρτητα από την διάρκεια παραμονής χωρίς να παρουσιάζει συμπτώματα της Νόσου των Δυτών.

Ο οργανισμός δηλαδή δεχόταν την 2:1 μείωση της πίεσης χωρίς προβλήματα.



Η παρατήρηση αυτή χρησιμοποιήθηκε από τον Haldane σαν βάση στην κατασκευή του μαθηματικού μοντέλου της συμπεριφοράς του N<sub>2</sub> στον οργανισμό και στον υπολογισμό διαδικασιών αποπίεσης.

Το 1908 ο Haldane δημοσίευσε τους πρώτους πίνακες αποπίεσης που με το πέρασμα του χρόνου τροποποιήθηκαν για να καλύπτουν και μεγαλύτερα βάθη.

Ο Haldane ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε την έννοια του «half time» ιστού μετά από την διαπίστωσή του ότι οι ιστοί του σώματος προσλαμβάνουν Άζωτο σε διαφορετικό βαθμό που εξαρτάται από την αγγείωση και σύσταση του ιστού. Αυθαίρετα θεώρησε την ύπαρξη half time ιστών 5', 10', 20', 40', και 75' για να κάνει τους απαραίτητους μαθηματικούς υπολογισμούς για την πρόσληψη και απελευθέρωση του Αζώτου.

Η δημιουργία των πινάκων αποπίεσης επέτρεπαν στις καταδύσεις προοδευτικά μεγαλύτερα βάθη, παράλληλα και με την εξέλιξη των καταδυτικών συσκευών.

Επειδή η χρήση του αέρα σαν αναπνευστικού μέσου φαίνεται να περιορίζεται μέχρι τα 300Ft λόγω της εμφανίσεως συμπτωμάτων που περιορίζαν την αποτελεσματικότητα του δύτη, ο Αμερικανός φυσιολόγος Elihu Thompson το 1919 υπέθεσε ότι μείγμα Ηλίου και Οξυγόνου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στις καταδύσεις. Υπέθεσε ότι επειδή το ήλιο είναι ελαφρύτερο από το άζωτο θα μπορούσαν να επιτεχθούν μεγαλύτερα βάθη λόγω της μικρότερης αναπνευστικής δυσχέρειας που πλοκαλούσε και ότι η έλλειψη αζώτου θα εξαφάνιζε την Νόσο Των Δυτών.

Άρχισαν λοιπόν πειράματα με μείγματα Ηλίου – Οξυγόνου τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Αγγλία που σταμάτησαν όμως το 1924 γιατί παρουσιάστηκαν αρκετές σοβαρές περιπτώσεις Νόσου Των Δυτών.

Το 1925 περιγράφηκαν δύο περιπτώσεις της νόσου από αποπίεση μετά από κατάδυση στα 16Ft. Και οι δύο περιπτώσεις ήταν θανατηφόρες χωρίς όμως να ήταν κατανοητή η αιτία του θανάτου.

Τα πολλά προβλήματα που παρουσιάζονταν σε εκπαιδευόμενους στην μέθοδο Διαφυγής που η εφαρμογή της είχε αρχίσει το 1930 οδήγησε σε διερεύνηση του προβλήματος.

Διαπιστώθηκε λοιπόν ότι στις περιπτώσεις αυτές ο θάνατος οφειλόταν σε υπερδιάταση και είσοδο αέρα σε πνευμονικές φλέβες. Από τις πνευμονικές φλέβες οι φουσαλίδες του αέρα κατευθύνονταν στην καρδιά και μετά στον

εγκέφαλο. Έτσι για πρώτη φορά αναγνωρίστηκε η συνδρομή της εγκεφαλικής εμβολής αέρα και εφαρμόστηκε θεραπευτικά η άμεση επαναπίεση στα 165Ft.

Την ίδια περίπου περίοδο ο ιατρός του Αμερικανικού Ναυτικού Albert Behnke, άρχισε να ερευνεί το πρόβλημα της επιδείνωσης των νοητικών λειτουργιών του δύτε σε βάθη μεγαλύτερα των 150Ft. Χρησιμοποιώντας μείγματα αερίων χωρίς άζωτο απέδειξε ότι τα βαρύτερα αέρια (με μεγαλύτερα MB) προκαλούν σοβαρότερη νάρκωση και ότι το άζωτο ήταν η αιτία της νοητικής διαταραχής στις καταδύσεις με χρήση αέρα.

Ο Behnke επίσης απέδειξε ότι υψηλά επίπεδα CO<sub>2</sub> συμβάλλουν στην νάρκωση από Άζωτο.

Το 1937 άρχισαν πάλι στις ΗΠΑ οι δοκιμές με μείγματα Ηλίου και Οξυγόνου και το 1939 είχαν φθάσει με επιτυχία σε βάθος 420Ft και είχαν δημιουργηθεί πίνακες αποπίεσεων για μείγματα Ηλίου – Οξυγόνου.

Για τα επόμενα 20 χρόνια το Ναυτικό των ΗΠΑ ήταν το μόνο που χρησιμοποιούσε μείγματα Ηλίου – Οξυγόνου.

Το 1945 ο Σουηδός μηχανικός Arne Zetterstrom διερεύνησε το ενδεχόμενο χρησιμοποιήσεως μειγμάτων Υδρογόνου – Οξυγόνου για τις καταδύσεις.

Τον Αύγουστο του 1945 ο Zetterstrom έφθασε στην Βαλτική θάλασσα το βάθος των 512Ft με μείγματα Ηλίου – Οξυγόνου.

Ατυχώς κατά την άνοδο του σκοτώθηκε από μηχανικό τραυματισμό ανεξάρτητο του αναπνευστικού μείγματος. Οι δοκιμές με υδρογόνο σταμάτησαν μέχρι το 1970 όταν ο Peter Edec στη Ν.Ορλεάνη συνέχισε για λογαριασμό του Αμερικανικού Ναυτικού.

## **2.2 ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΟΣΟ «ΑΠΟ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗ»**

Αρχικά υπήρχαν πολλές απόψεις για το ποιος ήταν ο καλύτερος τρόπος θεραπείας. Ορισμένοι πίστευαν ότι ο δύτης θα έπρεπε να επαναπιέζεται στο βάθος της κατάδυσής του, ενώ άλλοι υποστήριζαν την επαναπίεση μέχρι το βάθος που υποχωρούσαν τα συμπτώματά του.

Άλλοι θεωρούσαν σαν θεραπευτικό βάθος το βάθος που υποχωρούσαν τα συμπτώματά του συν μία ατμόσφαιρα. Διαφορετικές απόψεις υπάρχουν και για την διαδικασία αποπίεσεως.

Το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ αφού μελέτησε το 1944-45 όλες αυτές τις μεθόδους, δημιούργησε τους γνωστούς σήμερα θεραπευτικούς πίνακες με αέρα. Οι πίνακες αυτοί αποτελούσαν μια σημαντική πρόοδο σε σχέση με τις μέχρι τότε διαδικασίες θεραπείας που εφαρμόζονταν.

Για 20 χρόνια αποτελούσαν την διεθνώς αναγνωρισμένη θεραπεία.

Βασική αρχή των πινάκων αυτών ήταν ο δύτης που παρουσίαζε νόσο από αποσυμπίεση έπρεπε να επαναπιεστεί στο βάθος που υποχωρούσαν τα συμπτώματα συν μία ατμόσφαιρα. Η πίεση των 6 atm ήταν το κριτικό όριο μεταξύ του μεγαλύτερου ποσοστού συμπίεσεως των φυσαλίδων αζώτου από τη μία πλευρά και της νάρκωσης από άζωτο και της πολύ παρατεταμένης αποπίεσης από την άλλη. Μετά την παραμονή στο μεγαλύτερο βάθος ακολουθούσε κατά στάδια αποπίεση. Η διάρκεια των πινάκων κυμαινόταν από 6 μέχρι 38 ώρες.

Η μεγάλη διάρκεια των θεραπευτικών πινάκων δεν τους έκανε ιδιαίτερα αγαπητούς στους δύτες, αποτελούσαν όμως την μοναδική διέξοδο στον έντονο πόνο ή στην παράλυση. Το 1947 ο Edgar End άρχισε να θεραπεύει περιστατικά νόσου από αποσυμπίεση, σε εργαζόμενους σε περιβάλλον αυξημένης πίεσης, με Οξυγόνο σε βάθος 67Ft. Υποστήριξε ότι, αφού η νόσος οφείλεται στο άζωτο η αναπνοή αέρα σε μεγάλη πίεση πρόσθετε περισσότερο άζωτο στους ιστούς του δύτη. Η διάρκεια της θεραπείας του ήταν 1-2 ώρες και μετά ακολουθούσε η αποπίεση. Τα αποτελέσματα της αποπίεσης σε 250 περιστατικά ήταν πολύ ικανοποιητικά.

Το 1964, είκοσι δηλαδή χρόνια μετά την δημιουργία των πινάκων θεραπείας με αέρα, παρατηρήθηκε μεγάλο ποσοστό αποτυχίας της θεραπείας της νόσου από αποσυμπίεση. Το ποσοστό θεραπείας των θεραπευτικών

πινάκων για περιστατικά νόσου από αποσυμπίεση με νευρολογικά συμπτώματα έφθανε το 47%.

Οι Workman και Goodman στις ΗΠΑ επανεξέτασαν την χρήση του Οξυγόνου σε χαμηλές πιέσεις σαν βασική θεραπευτική μέθοδο των της νόσου από αποσυμπίεση. Το 1967 μετά από τρία χρόνια συστηματικής έρευνας δημοσιεύθηκαν οι πίνακες θεραπείας με οξυγόνο καθώς και οι πίνακες για την θεραπεία της εμβολής από αέρα.η διάρκεια των πινάκων ήταν σημαντικά μικρότερη (κυμαίνεται από 135 εως 285 λεπτά) από των πινάκων αέρα, γεγονός που σε συνδιασμό με την αποτελεσματικότητά τους τους έκανε γρήγορα αποδεκτούς σε παγκόσμια κλίμακα. Η εφαρμογή των πινάκων θεραπείας με οξυγόνο κατέργησε σιγά σιγά την χρήση των πινάκων αέρος, οι οποίοι σήμερα δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν καθόλου.

Η Καταδυτική Ιατρική με το πέρασμα των χρόνων έχει ξεφύγει από το αρχικό πλαίσιο της (αντιμετώπιση καταδυτικών ατυχημάτων) και έχει δώσει το έναυσμα για σημαντικές συνεργασίες με άλλους τομείς.

## **2.3 ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΒΑΘΟΥΣ**

Τα βάθη στην Ελλάδα, μετρούνται σε μέτρα ή οργιές. Μια οργιά ισουται με 183 εκατοστά του μέτρου.

Στην Αμερική χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης το πόδι.

Ένα πόδι ισούται με 30,5 εκατοστά του μέτρου. Δηλαδή το μέτρο έχει 3,28 πόδια.

Για να μετατρέψουμε πόδια σε μέτρα, πολλαπλασιάζουμε τα πόδια με το 0,305, ή τα διαιρούμε με το 3,28. για να μετατρέψουμε μέτρα σε πόδια,τα πολλαπλασιάζουμε με το 3,28.

Μια οργιά έχει 6 πόδια.

### 2.3.1 ΠΙΕΣΗ

Πίεση είναι η εκδήλωση της ενέργειας ενός βάρους ή μιας δύναμews πάνω σε μια επιφάνεια. Λεπτομερέστατα και σύμφωνα με τον ορισμό της φυσικής, πίεση είναι το μέγεθος μιας δύναμews ανά μονάδα επιφανείας.

Πίεση ονομάζουμε το πηλίκο της κάθετης δύναμης που ασκείται σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφανείας αυτής.

$$P = \frac{F}{A}$$

όπου: F η δύναμη που ασκούμε στην επιφάνεια

A το εμβαδόν της επιφανείας

Μονάδες : Στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) η δύναμη F μετράται σε N και το εμβαδόν A της επιφανείας σε m<sup>2</sup>. Άρα η πίεση P μετρείται σε Nt /m<sup>2</sup>.

### 2.3.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Είναι γνωστό ότι η γη περιβάλλεται από ένα στρώμα ατμοσφαιρικού αέρα. Ο αέρας αυτός έχει βάρος και κατά συνέπεια ασκεί πίεση πάνω σε κάθε γήινη επιφάνεια. Αυτή ακριβώς η πίεση είναι η λεγόμενη ατμοσφαιρική πίεση.

Η πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας είναι ένα χιλιόγραμμο ανά τετραγωνικό εκατοστό. Αν δηλαδή πάρουμε μια στήλη αέρα, τομής ενός τετραγωνικού εκατοστού και ύψους, όσο το ύψος της ατμόσφαιρας και το ζυγίσουμε, θα βρούμε ότι έχει βάρος ένα χιλιόγραμμο. Η τιμή αυτή θεωρείται ως μονάδα πίεσης και λέγεται πίεση μιας ατμόσφαιρας.

**Ατμοσφαιρική πίεση :** Ο αέρας είναι αόρατος. Έχει όμως μάζα και βάρος. Επομένως, όπως συμβαίνει με άλατα ρευστά σώματα, ασκεί πίεση σε κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν.

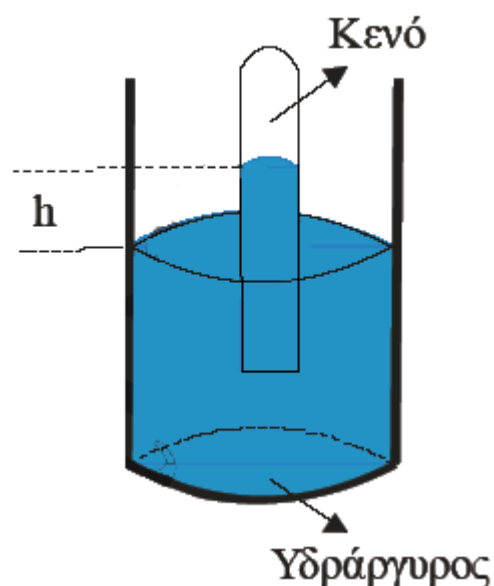
Η πίεση αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση. Η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος του αέρα. Στη Σελήνη, όπου δεν υπάρχει αέρας, δεν υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι τα βαρόμετρα.

Ο πρώτος που μέτρησε την ατμοσφαιρική πίεση ήταν ο Τορικόλι, χρησιμοποιώντας τη διάταξη της Εικόνας 7, όπου το υγρό στον σωλήνα και στο δοχείο είναι υδράργυρος. Με το πείραμα του έδειξε ότι η ατμοσφαιρική πίεση που ασκείται στο σημείο Α της επιφάνειας του υγρού είναι ίση με την υδροστατική πίεση στο σημείο Β του υγρού, δηλαδή:

$$P_{\text{atm}} = P_{\text{υδραργ}} = d_{\text{υδραργ}} gh$$

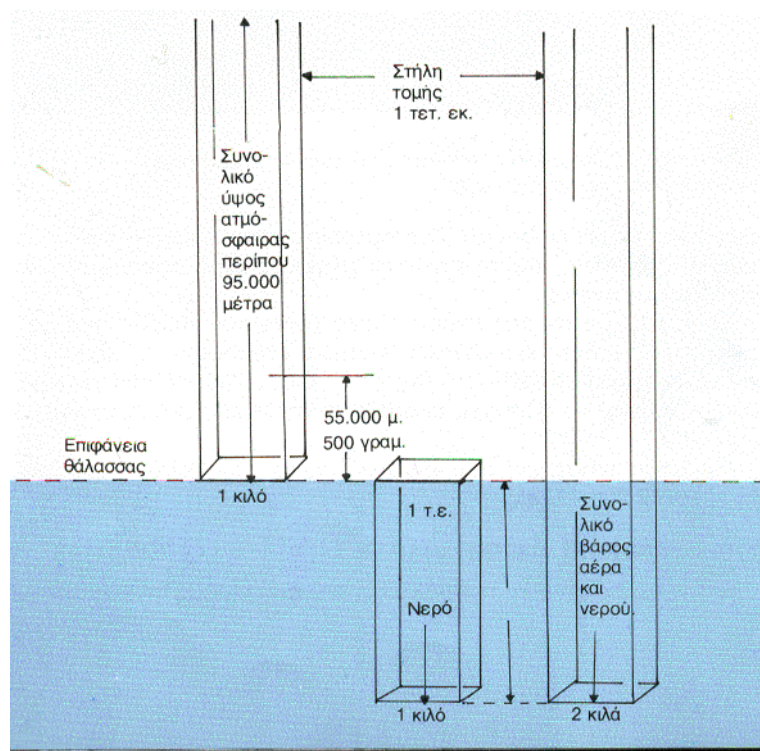
όπου:  $d_{\text{υδραργ}}$  η πυκνότητα του υδραργύρου,  
 $g$  η επιτάχυνση βαρύτητας  
 $h$  το ύψος της στήλης του υδραργύρου.

Η πίεση μιας ατμόσφαιρας (1 Atm) που παρατηρείται συνήθως στην επιφάνεια της γης είναι ίση με  $1\text{Atm}=10^5 \text{ Pa}$ .



Εικόνα 7: Πείραμα Τορικόλι

Η ατμοσφαιρική πίεση επιδρά απ'όλες τις διευθύνσεις και κάθετα προς κάθε επιφάνεια. Είναι φανερό ότι η πίεση που δέχεται το ανθρώπινο σώμα είναι κολοσσιαία, αλλά δεν γίνεται αντιληπτή, γιατί και στις εσωτερικές κοιλότητες του σώματος ο αέρας βρίσκεται από την ίδια πίεση, με αποτέλεσμα να επέρχεται πλήρης εξισορρόπηση. Παράλληλα, ο όλος μηχανισμός του οργανισμού είναι προσαρμοσμένος στο να λειτουργεί ομαλά κάτω από αυτήν την πίεση. Όταν όμως ο άνθρωπος ανέβει σε μεγάλο ύψος ή καταδυθεί, ανατρέπεται η ισορροπία και η προσαρμογή αυτή, με αποτέλεσμα την εκδήλωση μικρών και μεγάλων ανωμαλιών (Εικ.8).



Εικόνα 8: Επίδραση ατμοσφαιρικής πίεσης

### 2.3.3 ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Όπως ο αέρας έτσι και το νερό ή οποιοδήποτε άλλο υγρό, ασκεί μια πίεση πάνω σε κάθε σώμα που είναι βυθισμένο μέσα σ'αυτό. Η πίεση αυτή είναι η υδροστατική πίεση, η οποία, όπως είναι φυσικό, έχει ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση των καταδύσεων.

Όταν ένα υγρό βρίσκεται σε ισορροπία, πιέζει κάθε σώμα που βυθίζεται στο εσωτερικό του. Η πίεση αυτή οφείλεται στη βαρύτητα και ονομάζεται υδροστατική πίεση.

Προκύπτει ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη:

1. του βάθους από την επιφάνεια του υγρού.
2. της πυκνότητας του υγρού.
3. της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Τα παραπάνω συμπεράσματα διατυπώνουν το νόμο της υδροστατικής πίεσης και εκφράζονται μαθηματικά από τη σχέση:

$$P=dgh$$

Όπου:  $P$  η υδροστατική πίεση μετράται σε  $Nt/m^2$ ,  
 $d$  η πυκνότητα του υγρού μετράται σε  $kg/m^3$ ,  
 $g$  η επιτάχυνση βαρύτητας μετράται σε  $m/sec^2$   
 $h$  το βάθος από την επιφάνεια του υγρού μετράται σε  $m$

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού.

Τα όργανα τα οποία μετρούν την υδροστατική πίεση λέγονται μανόμετρα.

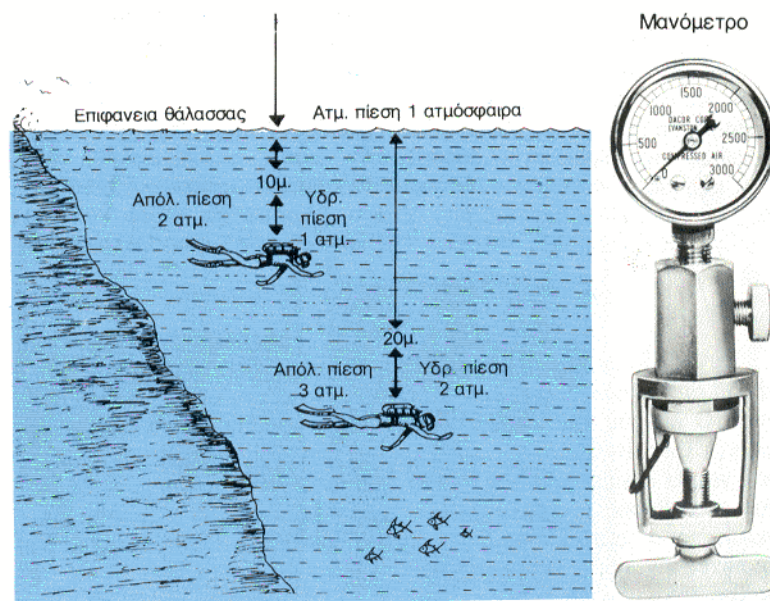
Η υδροστατική πίεση αυξάνει ανάλογα με το βάθος, και σε βάθος 10μ., είναι ίση με μία ατμόσφαιρα. Αν πάρουμε, δηλαδή, ένα σωλήνα ύψους 10μ. και τομής ενός τετραγωνικού εκατοστού, σφραγίζουμε μ'ένα φελό το κάτω μέρος του, τον γεμίζουμε με νερό και τον ζυγίζουμε, θα δούμε ότι το νερό έχει βάρος ένα



κιλό. Με άλλα λόγια, η δύναμη που ασκεί η στήλη των 10μ. νερού πάνω στον φελό, είναι ίση με μια ατμόσφαιρα.

Ωστε ο αυτοδύτης που βρίσκεται σε βάθος 10μ., δέχεται υδροστατική πίεση μιας ατμόσφαιρας, σε βάθος 20μ., πίεση 2 ατμοσφαιρών κ.ο.κ. (Εικ.9)

Η υδροστατική πίεση σε κάθε μέτρο βάθους, αυξάνει κατά 0,1 της ατμόσφαιρας. Επομένως, για να βρούμε την υδροστατική πίεση σ'ένα ορισμένο βάθος, δεν έχουμε, παρά να πολλαπλασιάσουμε το βάθος αυτό επί 0,1.



Εικόνα 9: Υδροστατική πίεση του δύτε

### 2.3.4 ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ

Είναι το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και υδροστατικής πίεσεως.

Ο αυτοδύτης δηλαδή, σε βάθος 10μ. βρίσκεται υπό απόλυτη πίεση 2 ατμοσφαιρών. Μια η ατμοσφαιρική και μια η υδροστατική. Σε βάθος 20μ. υπό πίεση 3 ατμοσφαιρών κ.ο.κ. . Στην συνέχεια, όταν μιλάμε για πίεση υπό την οποία βρίσκεται ο αυτοδύτης, θα εννοούμε πάντοτε την απόλυτη.

Για τον υπολογισμό της απόλυτης πίεση σ'ένα ορισμένο βάθος, ισχύει:

$$\text{Απόλυτη Πίεση} = \text{Βάθος} \times 0,1 + 1$$

### 2.3.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΕΩΣ

Την πίεση γενικά την μετρούμε με ειδικά όργανα που λέγονται μανόμετρα. Με αυτά μετρούμε την πίεση του αέρα των καταδυτικών συσκευών, του αέρα που δίνουν οι αεροσυμπιεστές κλπ. Τα ευρωπαϊκά μανόμετρα δείχνουν ατμόσφαιρες, ενώ τα αμερικάνικα λίβρες. Τα μανόμετρα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση πίεσεως στην θάλασσα, λέγονται βαθύμετρα και έχουν υποδιαιρέσεις σε μέτρα. Όταν δηλαδή, το βαθύμετρο δείχνει 30μ., σημαίνει ότι η πίεση είναι 4 ατμόσφαιρες (ατμοσφαιρική και υδροστατική). Η ένδειξη «0» όλων των παραπάνω οργάνων αντιστοιχεί προς την ατμοσφαιρική πίεση.

Ένα άλλο είδος μανομέτρων είναι τα βαρόμετρα, με τα οποία μετρούμε τις μεταβολές πίεσεως της ατμόσφαιρας (βαρομετρική πίεση).

### 2.4 ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑ

Όταν ένα σώμα βυθίζεται στο νερό, εκτοπίζει μια ποσότητα από αυτό, για να πάρει την θέση του. Άμεσο αποτέλεσμα είναι να ελαττωθεί το βάρος του νερού που έχει εκτοπίσει. Το νερό δηλαδή, ασκεί πάνω στο σώμα μια πίεση, η οποία ονομάζεται άνωση ή πλευστότητα και είναι ίση προς το βάρος του εκτοπισμένου νερού. Αυτή είναι με απλά λόγια η περίφημη Αρχή του Αρχιμήδη.

Χρήσιμα, για την περίπτωση των καταδύσεων συμπεράσματα αυτής της αρχής, είναι τα ακόλουθα:

1. Αν το βάρος του σώματος είναι μικρότερο από το βάρος του εκτοπισμένου νερού, τότε το σώμα επιπλέει και λέμε ότι έχει **θετική πλευστότητα**.
2. Αν το βάρος του σώματος είναι μεγαλύτερο από το βάρος του εκτοπισμένου νερού, τότε το σώμα βυθίζεται και λέμε ότι έχει **αρνητική πλευστότητα**.
3. Αν το βάρος του σώματος είναι ίσο με το βάρος του εκτοπισμένου νερού, τότε το σώμα ούτε επιπλέει ούτε βυθίζεται και λέμε ότι έχει **ουδέτερη πλευστότητα**.

Οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν θετική πλευστότητα, γι' αυτό και επιπλέουν. Υπάρχουν όμως μερικοί (περίπου ένας στους τριάντα) που έχουν αρνητική πλευστότητα. Αυτό γιατί ο μέσος όρος της πυκνότητας του σώματός τους, είναι μεγαλύτερος από την πυκνότητα του νερού και επομένως το βάρος τους είναι μεγαλύτερο από το βάρος του νερού που εκτοπίζουν.

Δυο είναι οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στο να έχει ένας θετική ή αρνητική πλευστότητα. Ο πρώτος είναι το λίπος και τα κόκαλα. Ένας παχύς άνθρωπος επιπλέει πολύ καλύτερα από έναν αδύνατο, γιατί το λίπος έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό. Αντίθετα επειδή τα κόκαλα έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό, ένας με μεγάλα κόκαλα έχει μικρότερη πλευστότητα από έναν με μικρά.

Ο δεύτερος και σπουδαιότερος παράγοντας είναι ο όγκος των πνευμόνων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος αυτός, τόσο μεγαλύτερη είναι και η πλευστότητα. Ο καθένας που κολυμπά, εύκολα καταλαβαίνει ότι έχει μεγάλη πλευστότητα κατά την βαθιά εισπνοή, παρά κατά την εκπνοή.

Όταν ένας κάνει ελεύθερη κατάδυση, τότε ο αέρας στους πνεύμονές του πιέζεται όλο και περισσότερο, ανάλογα με την αύξηση του βάθους. Συγχρόνως ο όγκος των πνευμόνων του μικραίνει, με αποτέλεσμα την παράλληλη μείωση και της πλευστότητάς του, η οποία όταν φτάσει στο βάθος των 6-8μ., θα είναι πλέον αρνητική. Αν εκεί αφήσει τον εαυτό του ελεύθερο, θα διαπιστώσει έκπληκτος ότι δεν ανεβαίνει ως συνήθως στην επιφάνεια, αλλά πηγαίνει κατευθείαν στον βυθό. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, όσοι κατά το υποβρύχιο κυνήγι καταδύονται σε βάθη μεγαλύτερα των 10μ., αναγκάζονται να βάλουν αρκετή δύναμη για ν' αρχίσουν την ανάδυση, περισσότερη μάλιστα, όταν φορούν βάρη και στολή. Φυσικά όταν φτάσουν στα 5 μέτρα η πλευστότητά τους γίνεται πάντα θετική και η ανάδυσή τους εύκολη.

Οι αυτόνομες αναπνευστικές συσκευές είναι έτσι κατασκευασμένες, ώστε όταν είναι γεμάτες με αέρα, έχουν όση αρνητική πλευστότητα χρειάζεται για να εξουδετερωθεί σχεδόν η θετική πλευστότητα του μέσου ανθρώπου. Επομένως ένας αυτοδύτης, με την συσκευή του, έχει ουδέτερη πλευστότητα ή λίγο θετική, που την αντισταθμίζει με 1-2 κιλά βάρος. Όταν όμως φορεί προστατευτική ενδυμασία, έχει μεγάλη θετική πλευστότητα και γι' αυτό βάζει αρκετά βάρη στην ζώνη του. Σ' αυτό πρέπει να προσέξει ιδιαίτερα, γιατί όσο βαθύτερα καταδύεται, τόσο η πλευστότητά του γίνεται αρνητική.

## 2.5 ΝΟΜΟΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

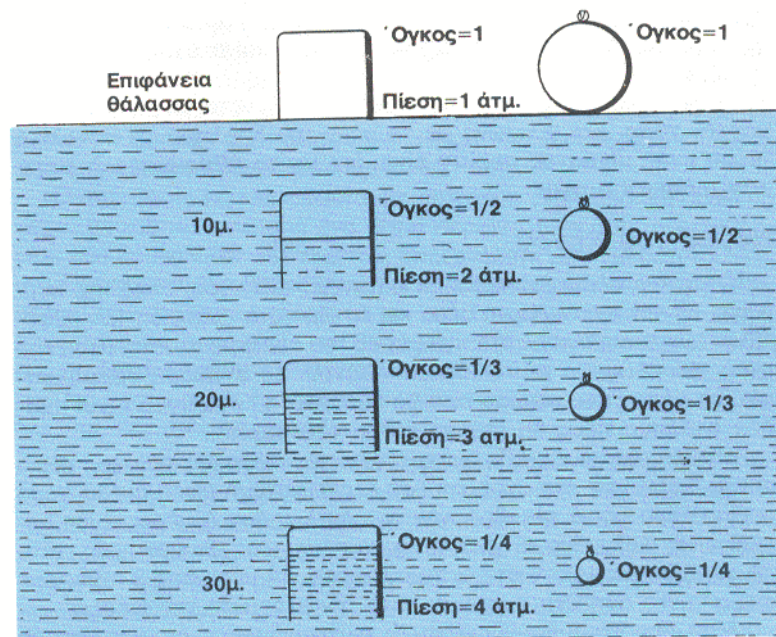
Η συμπεριφορά των αερίων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία, η πίεση και ο όγκος. Ακολουθούν όμως ορισμένους βασικούς νόμους, οι οποίοι έχουν πάρει τα ονόματα των ερευνητών που τους έχουν μελετήσει και διατυπώσει.

Οι νόμοι των αερίων εκτός από το θεωρητικό τους ενδιαφέρον, αξιοποιήθηκαν σε ένα πλήθος πρακτικών τομέων. Ιδιαίτερα χρήσιμοι φάνηκαν στην ανάπτυξη της τεχνικής των καταδύσεων. Το πρωταρχικό πρόβλημα της αναπνοής με πίεση, λύθηκε χάρις της εφαρμογής των νόμων των αερίων και με βάση τους ίδιους νόμους, εξηγήθηκαν και μελετήθηκαν όλες οι φυσικές και βιοχημικές διαταραχές που γίνονται στον οργανισμό του ανθρώπου κατά την κατάδυση. Η εμβολή αέρα, η νόσος των δυτών, η νάρκωση αζώτου, οφείλονται σε εφαρμογές των νόμων αυτών.

Η λεπτομερειακή γνώση και απόλυτη κατανόηση αυτών, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για κείνον που θα θελήσει να ασχοληθεί με τις καταδύσεις. Έτσι μόνο θα έχει σε κάθε στιγμή και σε όποιο βάθος βρίσκεται, πλήρη επίγνωση της καταστάσεως του οργανισμού του και θα ξέρει ν'αντιδράσει σωστά σε οποιοδήποτε απρόοπτο του παρουσιαστεί.

## 2.5.1 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΜΠΟΪΛ

Αν πάρουμε ένα ποτήρι (Εικ.10) και το κρατήσουμε ανάποδα, με τα χείλη πάνω ακριβώς στην επιφάνεια της θάλασσας, το ποτήρι φυσικά θα εξακολουθεί να είναι άδειο.



Εικόνα 10: Πείραμα πίεσης

Κι αυτό, γιατί η πίεση του αέρα που βρίσκεται μέσα στο ποτήρι, είναι ίση με την πίεση του αέρα που βρίσκεται έξω απ'αυτό.(Πίεση μιας ατμόσφαιρας). Αν τώρα βυθίσουμε το ποτήρι, με τα χείλια του πάντα προς τα κάτω, στο βάθος των 10 μέτρων, θα παρατηρήσουμε ότι το νερό θα το γεμίσει ως την μέση. Ο όγκος του αέρα του ποτηριού, ελαττώνεται στο μισό, ενώ η πυκνότητα του διπλασιάζεται. Επίσης διπλασιάζεται και η πίεση του, η οποία γίνεται ίση με την πίεση που υπάρχει έξω από το ποτήρι, (2 ατμόσφαιρες). Στο βάθος των 20 μέτρων, το νερό θα γεμίσει τα δύο τρίτα του ποτηριού, ενώ ο όγκος του αέρα θα ελαττωθεί κατά τα δύο τρίτα, σχετικά με την κατάσταση του στην επιφάνεια και η πίεσή του θα τριπλασιαστεί.

Αυτό το πείραμα εξηγεί το Νόμο του Μπόιλ, ο οποίος λέει τα ακόλουθα:

«Στην ίδια θερμοκρασία, η μεταβολή του όγκου ενός αερίου είναι αντίστροφα ανάλογη προς την απόλυτη πίεση, ενώ η μεταβολή της πυκνότητάς του είναι ανάλογη προς αυτή».

Για τις μεταβολές πίεσης και θερμοκρασίας αν  $p_1$ : η αρχική πίεση του αερίου,  $v_1$ : ο αρχικός ειδικός όγκος του και  $T$ : η σταθερή θερμοκρασία του και προκληθή μεταβολή της πίεσης και του όγκου του σε  $p_2$  και  $v_2$  κατά τρόπο που η θερμοκρασία μείνει αμετάβλητη, τότε μεταξύ των παραπάνω στοιχείων του αερίου θα ισχύει η μαθηματική σχέση:

$$p_1/p_2 = v_2/v_1 \text{ ή } p_1 v_1 = p_2 v_2$$

Αυτό σημαίνει πως αν διπλασιαστεί η πίεση ενός αερίου ο όγκος του θα υποδιπλασιασθεί και αντίστροφα, φθάνει μόνο η θερμοκρασία του να παραμένει σταθερή.

Σύμφωνα με τον νόμο αυτό όταν ωθείται η λαβή της αεραντλίας ποδηλάτου προς τα μέσα, μειώνεται ο όγκος του αέρα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεσή του και να διοχετεύεται πλέον με πίεση στο λάστιχο του ποδηλάτου ώστε να το αναγκάζει τούτο να φουσκώνει.

Κατ' εφαρμογή δε του νόμου αυτού και για άλλες τιμές πίεσης και όγκου όπως  $p_3$  και  $v_3$ ,  $p_4$  και  $v_4$  θα είναι:

$$p_1 v_1 = p_3 v_3$$

$$p_1 v_1 = p_4 v_4 \text{ ΚΟΚ}$$

Επομένως όταν η θερμοκρασία αερίου παραμένει σταθερά το γινόμενο μιας πίεσης του αερίου επί του αντίστοιχου ειδικού όγκου του είναι πάντοτε σταθερός αριθμός. Η δε μαθηματική διατύπωση αυτού είναι:

$$pv = k$$

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν προφανώς για 1 kg αερίου, δεδομένου ότι σε αυτές υπεισέρχεται ο ειδικός όγκος του  $V$ , που παριστά τον όγκο στη μονάδα μέτρησης 1 kg αερίου. Εφαρμόζονται όμως και για περισσότερα του ενός χιλιόγραμμα με την διαφορά μόνο ότι αντί ειδικού όγκου  $v$  τοποθετείται τότε ο ολικός όγκος  $V$  του αερίου.

Αν τώρα ληφθεί υπ' όψη ότι ειδικός όγκος και ειδικό βάρος είναι μεγέθη αντίστροφα μεταξύ τους τότε εύκολα συνάγεται ότι η σχέση μεταξύ πιέσεων και ειδικών βαρών του αερίου θα παρίσταται από τον μαθηματικό τύπο:

$$p_1/p_2 = g_1/g_2$$

Ο τελευταίος παραπάνω τύπος αποτελεί μια άλλη έκφραση του Νόμου Boyle - Mariotte κατά την οποία: υπό σταθερή θερμοκρασία τα ειδικά βάρη του αερίου είναι κατ' ευθεία ανάλογα προς τις αντίστοιχες πιέσεις αυτού.

Με άλλα λόγια, αν η πίεση ενός αερίου διπλασιαστεί, διπλασιάζεται και η πυκνότητά του, ενώ ο όγκος του ελαττώνεται στο μισό.

Το Νόμο του Μπόιλ, μπορούμε να αποδείξουμε και να βυθίσουμε στο νερό ένα φουσκωμένο μπαλόνι. Θα παρατηρήσουμε ότι όσο αυτό βυθίζεται, τόσο το μέγεθός του μικραίνει, ενώ η πίεση και η πυκνότητα του αέρα που περιέχει αυξάνει. Για τον ίδιο λόγο και αντίστροφα, οι φυσαλίδες που βγαίνουν από την αναπνευστική συσκευή κατά την κατάδυση, όσο ανεβαίνουν προς την επιφάνεια, τόσο μεγαλώνουν.

Από όσα αναφέραμε πιο πάνω, γίνεται φανερό ότι ο αυτοδύτης σε βάθος 10 μέτρα, όπου η πίεση του νερού είναι διπλάσια της ατμοσφαιρικής, θ' αναπνέει αέρα με διπλάσια πίεση και πυκνότητα. Φυσικά ο αέρας της συσκευής του θα διαρκέσει εκεί μισό χρονικό διάστημα περίπου από ότι στην επιφάνεια.

## 2.5.2 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΤΑΛΤΟΝ

Γνωρίζουμε ότι ο αέρας είναι μίγμα αερίων. Το καθένα από αυτά ασκεί πίεση, ίση με την εκατοστιαία αναλογία του. Σ'ένα κύλινδρο που περιέχει αέρα με πίεση 100 λ.χ. ατμοσφαιρών, το 78,08% της πίεσεως οφείλεται στο άζωτο, το 0,93% στο αργό, το 20,95% στο οξυγόνο, το 0,03% στο διοξείδιο του άνθρακα και το 0,003% στα ευγενή αέρια.

Η πίεση ασκεί κάθε αέριο μόνο του λέγεται μερική πίεση ή μερική τάση. Και σύμφωνα με τον Νόμο του Ντάλτον:

«Η συνολική πίεση ενός μίγματος αερίων είναι ίση με το άθροισμα των μερικών πιέσεων αυτών».

$$P_{\text{total}}=P_1+P_2+P_3+\dots$$

Όπου:  $P_{\text{total}}$ :ολική πίεση

$P_1, P_2, P_3$  : μερικές πιέσεις

## 2.5.3 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΧΕΝΡΥ

Όταν ένα αέριο βρίσκεται σε επαφή μ'ένα υγρό, π.χ. συμβαίνει με τον εισπνεόμενο αέρα και το αίμα στα τριχοειδή των κυψελίδων των πνευμόνων, τότε ένα μέρος του αερίου διαλύεται μέσα στο υγρό. Και σύμφωνα με τον Νόμο του Χένρυ:

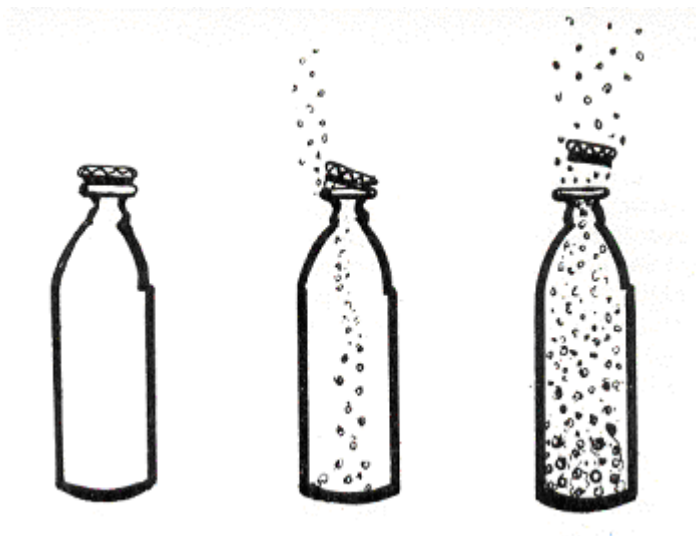
«Σε σταθερή θερμοκρασία, το μέρος του αερίου που θα διαλυθεί σε ένα υγρό είναι σχεδόν ανάλογο προς την μερική πίεση του αερίου».

Δηλαδή όσο αυξάνει η πίεση του αερίου, τόσο περισσότερα μόρια αυτού διαλύονται στο υγρό και όσο ελαττώνεται η πίεση αυτού, τόσο περισσότερα μόρια ελευθερώνονται. Αν λ.χ. ένα Α μέρος ενός αερίου είναι διαλυμένο σ'ένα υγρό με πίεση μιας ατμόσφαιρας, τότε θα διαλυθούν 2Α μέρη στις 2 ατμόσφαιρες, 3Α



μέρη στις 3 ατμόσφαιρες κλπ. Το αντίθετο συμβαίνει κατά την ελάττωση της πίεσως.

Αυτό μπορούμε θαυμάσια να το παρατηρήσουμε στην περίπτωση ενός μπουκαλιού γκαζόζας. Μέσα στο μπουκάλι έχει διοχετευτεί διοξείδιο του άνθρακα με μεγάλη πίεση, το οποίο, επειδή το μπουκάλι είναι ερμητικά κλεισμένο, έχει διαλυθεί στο υγρό. Μόλις κεσφραγίσουμε το μπουκάλι, παύει η επίδραση της υψηλής πίεσως και το διοξείδιο του άνθρακα ελευθερούμενο σχηματίζει τις γνωστές φυσαλίδες (Εικ.11).



Εικόνα 11: Νόμος του Χένρυ

Η διαλυτότητα των αερίων στα υγρά, επηρεάζεται και από την θερμοκρασία. Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο περισσότερα μόρια του αερίου διαλύονται. Αν η θερμοκρασία ενός υγρού αυξηθεί, ένα μέρος του διαλυμένου σ' αυτό αερίου θα ελευθερωθεί. Οι φυσαλίδες που βγαίνουν από το νερό μιας κατσαρόλας που είναι στην φωτιά, πολύ πριν βράσει, είναι φυσαλίδες αερίου που ελευθερώνονται λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας.

Ο αυτοδύτης που καταδύεται με αυτόνομη αναπνευστική συσκευή αέρα, ουσιαστικά αναπνέει ένα μίγμα αερίων. Η ποσότητα κάθε αερίου που θα διαλυθεί στο αίμα του, είναι ανάλογη με την μερική του πίεση. Σ' ένα ορισμένο βάθος (ή σε μια ορισμένη πίεση) η ποσότητα κάθε αερίου που διαλύεται, εξαρτάται και από το χρόνο. Εάν το αναπνέει επί πολλές ώρες, το σώμα του θα κορεστεί, δηλαδή θα έρθει μια στιγμή που δεν θα διαλύεται άλλο αέριο στο αίμα του. Οπωσδήποτε ο

κορεσμός γίνεται αργά, ανάλογα με το αέριο και την μερική του πίεση. Σ΄όλες τις περιπτώσεις χρειάζεται 8-24 ώρες.

Ο Νόμος του Χένρυ έχει πολύ μεγάλη σημασία, κυρίως στην περίπτωση του αζώτου που διαλύεται στο αίμα κατά την διάρκεια μιας καταδύσεως και ελευθερώνεται κατά την ανάδυση.

Σύμφωνα με όσα έχουμε αναφέρει, κατά την κατάδυση σε μεγάλο βάθος θ΄αυξηθεί η μερική πίεση του αζώτου στους πνεύμονες, με αποτέλεσμα: Μεγάλο μέρος αυτού να διαλυθεί στο αίμα, οπότε, αν για οποιοδήποτε λόγο εξακολουθήσει γρήγορη ανάδυση, θα ελευθερωθεί απότομα το διαλυόμενο άζωτο, το οποίο δεν προλαβαίνει ν΄αποβληθεί από τους πνεύμονες, θα σχηματίσει φυσαλίδες στο αίμα. Οι φυσαλίδες αυτές φράζουν ορισμένα τριχοειδή, με αποτέλεσμα την εμφάνιση των συμπτωμάτων της Νόσου των Δυτών.

Αλλά και άλλη παθολογική εκδήλωση έχει αφορμή τον Νόμο του Χένρυ. Είναι η νάρκωση αζώτου, η οποία εμφανίζεται όταν ο αυτοδύτης κατέβει σε βάθος μεγαλύτερο των 30μ., οπότε η υπερβολική ποσότητα του αζώτου που διαλύεται στο αίμα, επιδρά ναρκωτικά στα εγκεφαλικά κέντρα.

#### **2.5.4 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΣΑΡΛΣ**

«Η μεταβολή του όγκου ή τς πίεσεως ενός αερίου, είναι ανάλογη με την μεταβολή της θερμοκρασίας του».

Δηλαδή όπως διαπίστωσε ο Γάλλος επιστήμονας Ζακ Τσαρλς, αν η πίεση ενός αερίου σε χώρο με μεταβλητά τοιχώματα, είναι σταθερή, ο όγκος του αερίου θα αυξάνει όσο θα αυξάνει η θερμοκρασία. Επίσης αν το αέριο βρίσκεται σε χώρο με σταθερά τοιχώματα –όπως λ.χ. ο αέρας μέσα στον κύλινδρο της συσκευής – η πίεση του θα αυξάνει ανάλογα με την θερμοκρασία. Όλα αυτά είναι σύμφωνα με την κινητική θεωρία των αερίων δηλαδή, μεγαλύτερη θερμοκρασία, μεγαλύτερη ταχύτητα των μορίων.

Ο νόμος Charles (ή νόμος της Ισόχωρης Μεταβολής) αναφέρει ότι η Πίεση  $P$  είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας  $T$  μιας ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου, υπό την προϋπόθεση ο όγκος να είναι σταθερός ( $V = \text{σταθ.}$ ).

$$\frac{P}{T} = \frac{nR}{V} = \text{σταθ.}$$

όπου:

- ο αριθμός των γραμμομορίων τού αερίου και
- η παγκόσμια σταθερά των ιδανικών αερίων που στο Διεθνές Σύστημα

Μονάδων (S.I) έχει τιμή  $R = 8,314 \frac{\text{Joule}}{\text{mole} \cdot ^\circ\text{K}}$

Αν ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου μεταβαίνει ισόχωρα ( $V = \text{σταθ.}$ ) από την θερμοδυναμική κατάσταση  $A(P_A, V, T_A)$  στην κατάσταση  $B(P_B, V, T_B)$ , τότε ισχύει η σχέση:

$$\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B}$$

Αν και αυτός ο νόμος δεν είναι σπουδαίος για την περίπτωση των καταδύσεων, έχει τη σημασία κατά το γέμισμα των κυλίνδρων. Τότε αναπτύσσεται μεγάλη θερμότητα, η οποία θα αυξήσει περισσότερο την πίεση. Αν κατά το γέμισμα δεν δροσίζονται οι κύλινδροι βουτηγμένοι στο νερό, μόλις κρυώσουν θα πέσει η πίεσή τους και ουσιαστικά δεν θα είναι γεμάτοι όσο θα πρέπει. Γι'αυτό αν ακουμπήσουμε την παλάμη μας σ'ένα κύλινδρο που γεμίζεται από αεροσυμπιεστή, θα διαπιστώσουμε ότι είναι ζεστός. Το αντίθετο θα συμβεί αν ανοίξουμε την βαλβίδα ενός γεμάτου. Θα κρυώνει όσο αδειάζει. Τα ίδια παρατηρούμε και στο θάλαμο αποσυμπιέσεως. Όταν είμαστε μέσα, αισθανόμαστε ζέστη κατά την αύξηση της πίεσεως και δροσιά κατά την ελάττωσή της.

### **3. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ & ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΔΥΣΕΩΝ**

#### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η κατάδυση ασκεί μια έντονη επίδραση στον οργανισμό του ανθρώπου και τον αναγκάζει να προσαρμόσει ορισμένες λειτουργίες, σύμφωνα με τις νέες συθήκες του περιβάλλοντος.

Για να μπορέσει ο αυτοδύτης –πράγμα πολύς μεγάλης σημασίας – να κατανοήσει τον ακριβή μηχανισμό της αναπροσαρμογής αυτής πρέπει να κατέχει ορισμένα βασικά στοιχεία από τη φυσιολογία και ανατομική του ανθρώπου.

#### **3.2 ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

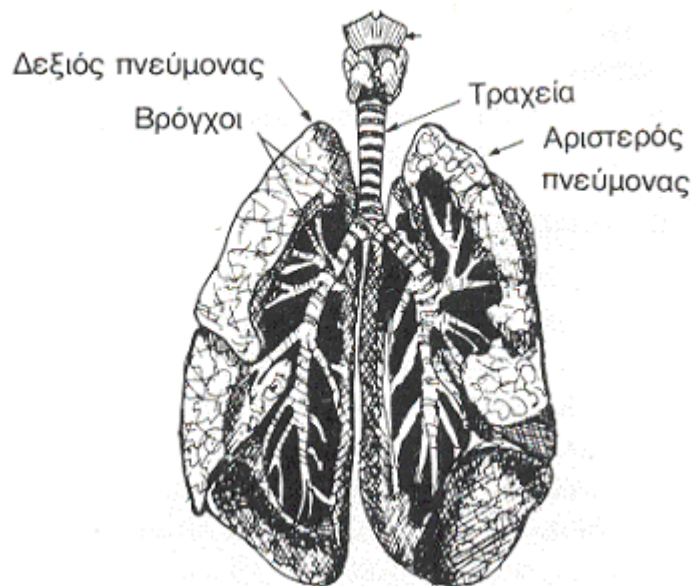
Η αναπνοή είναι μια από τις βασικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Σκοπός της είναι η παραλαβή από τον ατμοσφαιρικό αέρα του οξυγόνου και η αποβολή του τελικού προϊόντων των καύσεων των ιστών, δηλαδή, του διοξειδίου του άνθρακα.

Οι φάσεις της αναπνοής είναι δύο. Η εισπνοή, που γίνεται ενεργητικά και η εκπνοή, που γίνεται παθητικά. Κατά την εισπνοή, η αναπνευστικοί μυς συστέλλονται και προκαλούν έκπτυξη του θωρακικού τοιχώματος, την οποία ακολουθούν και οι πνεύμονες. Κατά την εκπνοή, παύουν να ενεργούν οι αναπνευστικοί μυς, οπότε συμπιέσσεται ο θώρακας και μαζί με αυτόν και οι πνεύμονες.

Η αναπνοή εκτελείται από το αναπνευστικό σύστημα, που αποτελείται από τις ρινικές κοιλότητες, το φάρυγγα, το λάρυγγα, την τραχεία, τους βρόγχους και τους πνεύμονες. Τα δύο τελευταία αποτελούν το κατώτερο αναπνευστικό σύστημα και τα υπόλοιπα το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα.

Η κοιλότητα του στόματος και της μύτης καταλήγουν προς τα πίσω, στην κοιλότητα του φάρυγγα. Συνέχεια του φάρυγγα είναι ο οισοφάγος, ο οποίος καταλήγει στο στομάχι. Ο λάρυγγας βρίσκεται μπροστά από τον οισοφάγο,

ακριβώς κάτω από το δέρμα, όπου και σχηματίζει ένα σκληρό έπαρμα, το γνωστό το μήλο του Αδάμ, ή όπως είναι ευρύτερα γνωστό, το καρύδι. Συνέχεια του λάρυγγα είναι ένας σκληρός σωλήνας, η τραχεία, που κατεβαίνει μέσα στο θώρακα, όπου και χωρίζεται στους δύο βρόγχους, τον αριστερό και τον δεξιό. Ο καθένας από αυτούς μπαίνει στο σύστημα πνεύμονα, όπου και συνεχώς διακλαδίζεται, για να φτάσει τελικά στις κυψελίδες. Αυτές είναι μικροσκοπικοί αεροφόροι χώροι με λεπτότατα τοιχώματα, γύρω από τα οποία υπάρχει ένα πυκνότατο δίκτυο από τριχοειδή αγγεία.



Εικόνα 12: Το αναπνευστικό σύστημα

Οι πνεύμονες, αριστερός και δεξιός, σχηματίζονται από εκατομμύρια κυψελίδες, περιβάλλονται από ένα υμένα τον υπεζωκότα, και μαζί με την καρδιά βρίσκονται μέσα στην κοιλότητα του θώρακα. Προστατεύονται από τα πλευρά και χωρίζονται από την κοιλιά με έναν πλατύ αναπνευστικό μυ, το διάφραγμα.

Ο όγκος του αέρα που εισπνέεται σε κάθε συνήθη αναπνοή, λέγεται αναπνεόμενος όγκος και είναι περίπου μισό λίτρο. Κατά λεπτό αναπνεόμενος όγκος είναι η ποσότητα του αέρα που εισπνέεται σε ένα λεπτό. Οι αναπνοές είναι περίπου 12-15 το λεπτό και επομένως ο κατά λεπτό αναπνεόμενος όγκος είναι  $15 \times 0,5 = 7,5$  λίτρα περίπου.

Ο όγκος του αέρα που εισπνέεται επιπλέον μιας συνήθως ήρεμης εισπνοής, λέγεται εισπνευστικός εφεδρικός όγκος και είναι 2,5-3 λίτρα και ο όγκος του αέρα που εκπνέεται μετά το τέλος μιας ήρεμης εκπνοής λέγεται εφεδρικός εκπνεόμενος όγκος και είναι 1,5 λίτρο. Το άθροισμα του εισπνεόμενου εφεδρικού, εφεδρικού επνεόμενου και του αναπνεόμενου όγκου, λέγεται ζωτική χωρητικότητα και είναι περίπου 4,5-5 λίτρα.

Η όλη λειτουργία της αναπνοής διακρίνεται:

- α. Στην πνευμονική ή έξω αναπνοή, κατά την οποία γίνεται η ανταλλαγή των αερίων, δηλαδή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στις κυψελίδες.
- β. Στη μεταφορά από το αίμα του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα.
- γ. Στην έσω αναπνοή, κατά την οποία γίνεται η ανταλλαγή των αερίων στα τριχοειδή αγγεία των ιστών.

### **3.3 ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΠΝΟΗ**

Η ανταλλαγή των αερίων στους πνεύμονες, γίνεται από το πλέγμα των κυψελίδων. Η ολική επιφάνεια των κυψελίδων, είναι 80-100 τετραγωνικά μέτρα. Η ολική επιφάνεια των τριχοειδών, που βρίσκονται σ'επαφή με τις κυψελίδες, είναι 70 περίπου μέτρα.

Ο όγκος του αέρα που περνά τους πνεύμονες ανθρώπου, που κάνει μέτριαμυϊκή εργασία, είναι 10.000 περίπου λίτρα το 24ωρο. Κατά το διάστημα αυτό δεσμεύονται 450 με 500 λίτρα οξυγόνου και 400 με 450 λίτρα διοξείδιο του άνθρακα. Ο εισπνεόμενος αέρας περιέχει 21% περίπου οξυγόνο και 0,03% διοξείδιο του άνθρακα. Ο εκπνεόμενος αέρας περιέχει 16% οξυγόνο και 4% διοξείδιο του άνθρακα. Δηλαδή 5% του οξυγόνου δεσμεύεται στους πνεύμονες ενώ 4,97% διοξείδιο του άνθρακα, φτάνει ως τελικό προϊόν των καύσεων από τους ιστούς στους πνεύμονες και αποβάλλεται.

Η ανταλλαγή των αερίων στις κυψελίδες των πνευμόνων δεν γίνεται με επεξεργασίες χημικές, αλλά αποτελεί εφαρμογή των νόμων των αερίων. Κατά την εισπνοή, η μερική τάση του οξυγόνου μέσα στον αέρα των κυψελίδων είναι 103 χιλιοστά στήλης υδραργύρου και του διοξειδίου του άνθρακα 40 χιλιοστά στήλης υδραργύρου. Η μερική τάση στα φλεβικά τριχοειδή που περιβάλλουν τις κυψελίδες είναι 40 για το οξυγόνο και 44 για το διοξείδιο του άνθρακα. Οπότε

σύμφωνα με τους Νόμους του Ντάλτον και του Χένρυ, για να ισορροπήσουν οι μερικές πιέσεις γίνεται μετακίνηση του οξυγόνου από τις κυψελίδες προς το αίμα και του διοξειδίου του άνθρακα από τις κυψελίδες προς το αίμα ως εξής:

Κυψελίδες			Φλεβικά Τριχοειδή	
O <sub>2</sub>	103	→	40	
CO <sub>2</sub>	40	←	44	

Αποτέλεσμα αυτής της μετακινήσεως των αερίων, είναι να εκφωρτίζεται το αίμα από το διοξείδιο του άνθρακα και να φορτίζεται με οξυγόνο. Το διοξείδιο του άνθρακα που πέρασε στις κυψελίδες, αποβάλλεται με την εκπνοή.

### 3.4 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ O<sub>2</sub> & CO<sub>2</sub>

Μόλις το οξυγόνο περάσει το τοίχωμα των κυψελίδων και διαλυθεί στο πλάσμα του αίματος, παραλαμβάνεται με τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Τα αιμοσφαίρια αυτά περιέχουν μια ουσία, την αιμοσφαιρίνη, η οποία με το οξυγόνο σχηματίζει μια ένωση την οξυαιμοσφαιρίνη. Με την μορφή αυτή το οξυγόνο μεταφέρεται στα τριχοειδή, όπου και διαλύεται πάλι στο πλάσμα και περνά στους ιστούς.

Αντίθετα το CO<sub>2</sub> όταν περάσει στο πλάσμα των τριχοειδών, παραλαμβάνεται από τα ερυθρά αιμοσφαίρια και σχηματίζει με την αιμοσφαιρίνη μια ένωση, ανθρακυλαιμοσφαιρίνη. Με την μορφή αυτή το CO<sub>2</sub> φτάνει στους πνεύμονες απ'όπου και αποβάλλεται. Η δέσμευση και η αποδέσμευση του O<sub>2</sub> και κυρίως του CO<sub>2</sub> από την αιμοσφαιρίνη γίνεται κατά ένα πολύπλοκο μηχανισμό.

### 3.5 ΕΣΩ ΑΝΑΠΝΟΗ

Η ανταλλαγή των αερίων του αίματος των τριχοειδών και των ιστών, γίνεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως και στους πνεύμονες, με την διαφορά πως η κατεύθυνση των δύο αερίων είναι αντίθετη από ότι στους πνεύμονες. Η μερική πίεση στο υγρό των ιστών είναι για το O<sub>2</sub> 30 χιλιοστά στήλης υδραργύρου και για το CO<sub>2</sub> 50. για

τα αρτηριακά τριχοειδή είναι  $O_2=97$  και για το  $CO_2=40$ . Αποτέλεσμα είναι να μετακινηθεί το  $O_2$  προς τους ιστούς και το  $CO_2$  προς το αίμα ως εξής:

Ιστοί			Αρτηριακά Τριχοειδή
$O_2$	30	→	97
$CO_2$	50	←	40

Ωστε το αίμα στους ιστούς αποδίδει το οξυγόνο, φορτίζεται διοξείδιο του άνθρακα και ακολουθώντας τον δρόμο των φλεβών, φτάνει δια μέσου της καρδιάς στους πνεύμονες όπου ανταλλάσσεται από το διοξείδιο του άνθρακα. Εκεί παραλαμβάνεται το οξυγόνο και ακολουθώντας τον δρόμο των αρτηριών, φτάνει στα τριχοειδή των ιστών στους οποίους αποδίδει το οξυγόνο, για να εκτελέσουν τα κύτταρα τις απαραίτητες για την λειτουργία τους και τη διατήρηση της ζωής, καύσεις.

### 3.6 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

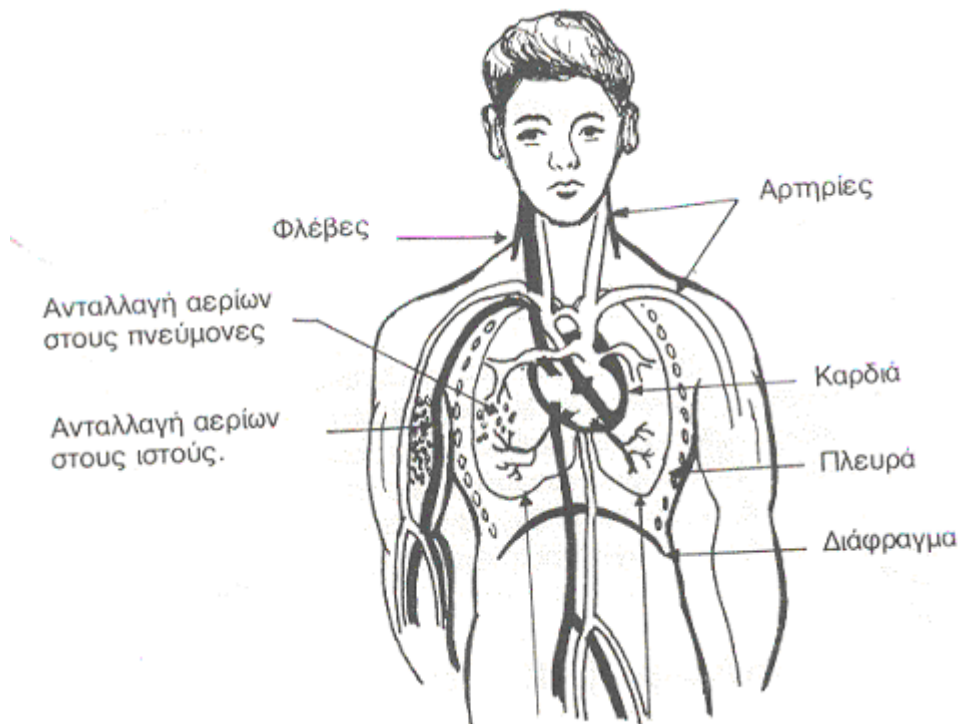
Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από μια σειρά κλειστών σωλήνων, των αγγείων και από ένα κεντρικό όργανο προωθήσεως, την καρδιά. Σκοπός του συστήματος αυτού είναι η μεταφορά και η διανομή του αίματος στα διάφορα όργανα του σώματος.

Τα αγγεία διακρίνονται στις αρτηρίες, στις φλέβες και στα τριχοειδή. Οι αρτηρίες περιέχουν αίμα που απομακρύνεται από την καρδιά. Οι φλέβες περιέχουν αίμα που επιστρέφει στην καρδιά και τα τριχοειδή, σχηματίζοντας ένα πυκνότατο δίκτυο, παρεμβάλλονται ανάμεσα στις αρτηρίες και στις φλέβες (Εικ.13).

Από την καρδιά φεύγει μια μεγάλη αρτηρία η αορτή, η οποία κατά την διαδρομή της σχηματίζει κλάδους προς όλες τις περιοχές του σώματος. Οι κλάδοι αυτοί συνεχώς διακλαδίζονται σε μικρότερες αρτηρίες οι οποίες φτάνουν τελικά να σχηματίσουν το δίκτυο των αρτηριακών τριχοειδών. Συνέχεια των αρτηριακών τριχοειδών και χωρίς καμία διακοπή, είναι τα φλεβικά τριχοειδή. Τα τριχοειδή αυτά ενώνονται και σχηματίζουν μικρές φλέβες, οι οποίες συγκλίνουν συνεχώς σε μεγαλύτερες για να φτάσουν τελικά στις δύο μεγάλες φλέβες, την άνω κα κάτω κοίλη, οι οποίες εκβάλλουν στην καρδιά.



Η καρδιά είναι κοίλο μυώδες όργανο μεγέθους γροθιάς περίπου.

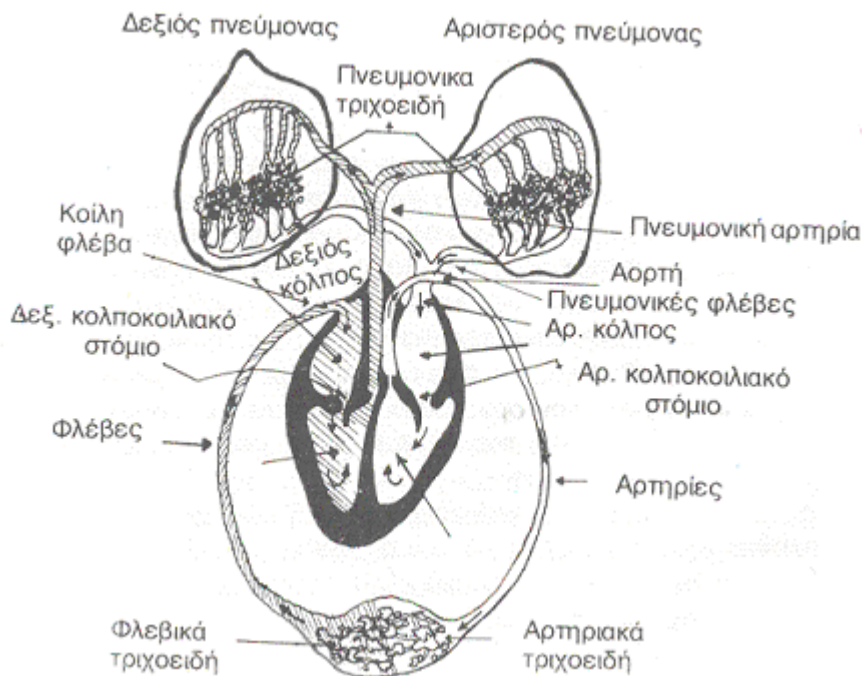


Εικόνα 13: Το κυκλοφοριακό σύστημα

Απότελείται από 4 κοιλότητες. Δύο κόλπους και δύο κοιλίες. Οι κόλποι χωρίζονται στεγανά με το μεσοκολπικό και οι κοιλίες με το μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Αντίθετα ο κάθε κόλπος επικοινωνεί με τη σύστοιχη κοιλία δια μέσου ενός στομίου, του κολποκοιλιακού στομίου. Το δεξιό κολποκοιλιακό στομιο φράζεται από μια βαλβίδα, την τριγλωχίνα και το αριστερό κολποστόμιο από μια άλλη βαλβίδα την μιτροειδή. Οι βαλβίδες αυτές επιτρέπουν την ροή του αίματος από τους κόλπους στις κοιλίες, εμποδίζουν όμως τελείως την παλινδρόμησή του από τις κοιλίες στους κόλπους.

Η καρδιά λειτουργεί ως μια καταθλιπτική αντλία. Με ρυθμιστικές σύγχρονες συστολές, πρώτα των κόλπων και ύστερα των κοιλίων, αναρροφά και προωθεί το αίμα από τις φλέβες στις αρτηρίες. Την ώρα που συστέλλονται οι κόλποι διαστέλλονται οι κοιλίες και την ώρα που συστέλλονται οι κοιλίες διαστέλλονται οι κόλποι. Τέτοιες συστολές κάνει η καρδιά 60-80 το λεπτό. Κατά την συστολή των κόλπων το αίμα, ανεμποδίαστα ρέει δια μέσου των κολποκοιλιακών στομιών στις κοιλίες που βρίσκονται σε διαστολή. Κατά την συστολή των κοιλίων κλείνουν οι βαλβίδες, το αίμα δεν μπορεί να γυρίσει στους κόλπους και αναγκαστικά

προωθείται προς τις μεγάλες αρτηρίες. Την ίδια ώρα οι κόλποι, που βρίσκονται σε διαστολή, γεμίζουν με αίμα από τις μεγάλες φλέβες (Εικ.14).



Εικόνα 14: Το κυκλοφοριακό σύστημα σχηματικά

Με αφετηρία και τέρμα την καρδιά, τα αγγεία σχηματίζουν δύο κλειστα κυκλώματα μέσα στα οποία κυκλοφορεί συνεχώς το αίμα. Το ένα κύκλωμα είναι η λεγόμενη μεγάλη κυκλοφορία που αρχίζει από τον αριστερό κόλπο. Το αίμα από εκεί διοχετεύεται στην αριστερή κοιλία και συνέχεια στην αορτή, στις μικρότερες αρτηρίες, στα τριχοειδή – αρτηριακά, φλεβικά - , στις μικρές φλέβες, στις μεγαλύτερες φλέβες και από αυτές στην άνω και κάτω κοίλη φλέβα που εκβάλλουν στο δεξιό κόλπο. Από τον δεξιό κόλπο αρχίζει το άλλο κύκλωμα, η μικρή κυκλοφορία ή πνευμονική. Το αίμα διοχετεύεται από τον κόλπο αυτό στην δεξιά κοιλία. Από εκεί δια μέσου ενός μεγάλου αγγείου, της πνευμονικής αρτηρίας που περιέχει φλεβικό αίμα, διοχετεύεται στους πνεύμονες, όπου και διανέμεται στα πνευμονικά τριχοειδή. Αφού γίνει η ανταλλαγή των αερίων και το φλεβικό αίμα εμπλουτιστεί με οξυγόνο και μετατραπεί σε αρτηριακό, συρρέει σε 4-5

μεγάλα αγγεία, τις πνευμονικές φλέβες οι οποίες εκβάλλουν στον αριστερό κόλπο.

Για να γίνει κατανοητή η ροή του αίματος και η αλληλεξάρτηση των δύο κυκλοφοριακών κυκλωμάτων, ας παρακολουθήσουμε σχηματικά την πορεία ενός αιμοσφαιρίου που θα ξεκινήσει από τον αριστερό κόλπο και θα καταλήξει πάλι σε αυτόν. Η διαδρομή που θα ακολουθήσει θα είναι αυτή:

Αριστερός κόλπος-αριστερή κοιλία-αορτή-αρτηρίες-τριχοειδή-φλέβες-άνω ή κάτω κοίλη φλέβα-δεξιός κόλπος-δεξιά κοιλία-πνευμονική ρηρία-πνευμονικά τριχοειδή-πνευμονικές φλέβες-αριστερός κόλπος.

Το αίμα είναι το μέσο με το οποίο έρχεται σε επαφή ο εξωτερικός κόσμος με την λειτουργική μονάδα της ζωής, το κύτταρο. Πολλές και μεγάλης σπουδαιότητας είναι η λειτουργία του αίματος. Μεταφέρει στους ιστούς το οξυγόνο και τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες, ενώ παραλαμβάνει από αυτούς το διοξείδιο του άνθρακα και τα άχρηστα προϊόντα των καύσεων. Συμβάλλει στην άμυνα του οργανισμού και στην διατήρηση της κανονικής θερμοκρασίας του.

Το αίμα αποτελείται από ένα υγρό μέρος, το πλάσμα και από ελεύθερα κύτταρα, τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια παραλαμβάνουν από τους πνεύμονες το οξυγόνο το οποίο μεταφέρουν στα κύτταρα, ενώ από αυτά παραλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο και μεταφέρουν στους πνεύμονες για να αποβληθεί. Τα λευκά αιμοσφαίρια είναι υπεύθυνα για την άμυνα εναντίον των μικροβίων, τα οποία καταστρέφουν μόλις με τον έναν ή τον άλλο τρόπο περάσουν μέσα στον οργανισμό. Τα αιμοπετάλια είναι ο παράγοντας που προκαλεί την πήξη του αίματος, όταν από τραυματισμό ή άλλη αιτία βγεί από τα αγγεία.

Το συνολικό ποσό του αίματος του ανθρώπου είναι 5 κιλά περίπου.

Τα ερυθρά αιμοσφαίρια είναι 5.000.000 για τον άνδρα κατά κυβικό χιλιοστό και 4.500.000 για την γυναίκα. Τα λευκά είμαι 7.000 περίπου κατά κυβικό χιλιοστό και τα αιμοπετάλια 200.000-300.000.

Το αίμα κυκλοφορώντας συνεχώς μέσα στα αγγεία, εξασφαλίζει την αδιατάραχη ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Αν συμβεί για οποιοδήποτε λόγο να εμποδιστεί η κυκλοφορία του προς μια περιοχή του σώματος, τότε η περιοχή αυτή φίνεται ισχαιμική, στερείται δηλαδή αίματος και νεκρώνεται. Αυτό συμβαίνει π.χ. όταν μια φουσαλίδα αζώτου σταματήσει τη ροή του αίματος σ'ένα μικρό αγγείο. Και αν το αγγείο αυτό τροφοδοτεί ευαίσθητη περιοχή, όπως είναι ο

νωτιαίος μυελός, θα προκληθεί η νέκρωση της περιοχής αυτής η οποία θα εκδηλωθεί με παράλυση. Παράλυση είναι και το αποτέλεσμα της Νόσου των Δυτών.

## 4. ΝΟΣΟΣ ΤΩΝ ΔΥΤΩΝ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νόσος των δυτών, αποτελεί ίσως το μεγαλύτερο κίνδυνο των καταδύσεων. Οι συνέπειές της συναγωνίζονται σε σοβαρότητα την εμβολή του αέρα. Και ενώ η εμβολή απειλεί κατά πρώτο λόγο τους αρχάριους, η νόσος των δυτών μπορεί να εκδηλωθεί και στον πιο έμπειρο δύτε ή αυτοδύτη, αν δεν μπορέσει ή αν, από υπερβολική εμπιστοσύνη στον εαυτό του, παραβλέψει τους κανόνες ασφαλείας.

Στην Ελλάδα η νόσος των δυτών είναι ιδιαίτερα γνωστή! Ο απολογισμός των θυμάτων της είναι μεγάλος. Και αυτό γιατί η σπογγαλιεία, η οποία απασχόλησε και απασχολεί ένα μεγάλο μέρος του νησιώτικου πληθυσμού μας, αναπτύχθηκε κατά τρόπο εντελώς έμπειρο και ανεύθυνο. Στα νησιά Κάλυμνο, Ύδρα, Σύμη και πολλά άλλα νησιά δεν είναι σπάνιο το θέαμα ανδρών, νέων και γέρων, με παράλυση κάθε μορφής. Και είναι άφθονες οι ιστορίες των σφουγγαράδων που χάθηκαν από την νόσο των δυτών στα βόρεια παράλια της Αφρικής –τη φοβερή Μπαμπαριά- ή στις ελληνικές θάλασσες.

Οι αιτίες των ατυχημάτων βάραιναν μερικές φορές τους επιτηρητές που έλεγχαν την κατάδυση. Κατά την ανάδυση δεν ακολουθούσαν την κανονική διαδικασία της αποσυμπιέσεως πρώτον για να μην χαθούν και δεύτερο επειδή χρησιμοποιούσαν τους πίνακες εντελώς εμπειρικά. Πολλές φορές όμως, έσφαλαν οι ίδιοι οι θαραλλέοι σφουγγαράδες. Οι ήρωες αυτοί του βυθού, δούλευαν με ποσοστά και όταν ο ένας λ.χ., εύρισκε στρωμένο το βυθό σφουγγάρια, ενώ στις προηγούμενες δύο καταδύσεις του είχε δει άλλο από φύκια, έμενε εκεί μέχρι να γεμίσει το δίκτυ. Ο σφουγγαράς δεν έδινε σημασία στον κολαουζέρη και δεν δίσταζε πολλές φορές να κόψει τον κολαούζο, για να κάνει ανενόχλητος την δουλειά του. Η συνέχεια δραματιζόταν πολλές φορές στον θάλαμο αποσυμπιέσεως ή με τον θάνατο.

Η νόσος των δυτών τα παλαιότερα χρόνια ήταν άγνωστη. Πριν από το 1800, η κατάδυση ήταν δύσκολη και περιορισμένη, όπως αναπτύξαμε στην ιστορία των καταδύσεων. Με την εφεύρεση όμως των αεροσυμπιεστών, οι δύτες μπορούσαν να αναπνεύσουν άνετα αέρα με πίεση και έτσι αυξήθηκε το βάθος και η διάρκεια

των καταδύσεων. Αλλά τότε παρουσιάστηκε και μια μυστηριώδες αρρώστια, από την οποία πολλοί πέθαιναν ή έμεναν παράλυτοι. Οι γιατροί της εποχής δεν μπορούσαν να δώσουν καμιά εξήγηση. Αργότερα βρέθηκαν επιστήμονες, γιατροί και ερευνητές που έδωσαν σε ικανοποιητικό βαθμό λύσεις για την νόσο.

Βέβαι και σήμερα παρά την τεράστια πρόοδο υπάρχουν θύματα της Νόσου των Δυτών. Αλλά αυτό είναι αποτέλεσμα της άγνοιας των δυτών ή αυτών που ελέγχουν την κατάδυσή τους και της αδιαφορίας τους για την τήρηση των κανόνων ασφαλείας.

## **4.2 ΑΙΤΙΑ ΝΟΣΟΥ ΔΥΤΩΝ**

Για την αιτία που προκαλεί την νόσος των δυτών έχουν γίνει αναφορές μέχρι τώρα και ιδιαίτερα όταν περιγράψαμε το Νόμο του Χένρυ. Είναι αναγκαία όμως, μια ανακεφαλαίωση. Για την καλύτερη κατανόηση, θα μεταχειριστούμε μια σχηματική περιγραφή, χωρίζοντάς την σε δύο μέρη: την κατάδυση και την ανάδυση.

### **4.2.1 ΚΑΤΑΔΥΣΗ**

Κατά την κατάδυση, γίνονται κατά σειρά τα ακόλουθα:

1. Αύξηση της πίεσεως του περιβάλλοντος ανάλογα με το βάθος. Στην ατμοσφαιρική πίεση προστίθεται η υδροστατική.
2. Αύξηση της πίεσεως (και ποσότητας) του εισπνεόμενου αέρα, ώστε να είναι πάντα ίση με την πίεση του περιβάλλοντος του νερού.
3. Αύξηση της μερικής πίεσεως (και ποσότητας) των αερίων που αποτελούν τον εισπνεόμενο ατμοσφαιρικό αέρα, ανάλογα με την εκατοστιαία αναλογία τους σ'αυτόν. Αυτό σημαίνει, ότι το βάθος των 10μ., π.χ. όπου διπλασιάζεται η εξωτερική πίεση, θα διπλασιαστεί η μερική πίεση του αζώτου, που θα γίνει 1,6ατμ. και του οξυγόνου, που θα γίνει 0,4ατμ. περίπου (Νόμος Ντάλτον).
4. Διάλυση των αερίων του εισπνεόμενου αέρα, μέσα στο αίμα των τριχοειδών αγγείων του πνεύμονα, κατά ποσά ανάλογα προς την μερική

τους πίεση. Αυτό σημαίνει ότι θα διαλυθεί πολύ μεγαλύτερη ποσότητα του αζώτου μέσα στο αίμα παρά οξυγόνο.

5. Μια ποσότητα του οξυγόνου απορροφάται από τα ερυθρά αιμοσφαίρια, ενώ η υπόλοιπη (μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος) παραμένει διαλυμένη στο πλάσμα του αίματος.

Ότι γίνεται με το οξυγόνο δεν γίνεται με το άζωτο. Κι αυτό, γιατί, όπως έχουμε αναφέρει είναι εντελώς αδρανές αέριο, χωρίς να συμμετέχει στο μεταβολισμό του οργανισμού. Ο οργανισμός δεν προσαρμόζει καμία λειτουργία του για να αντισταθμίσει την αύξηση της μερικής πίεσεως του αζώτου. Απλά το άζωτο παραμένει διαλυμένο και αδρανές μέσα στο αίμα και στους ιστούς του σώματος. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο ιστός μέσα στον οποίο διαλύεται περισσότερο το άζωτο είναι ο νευρικός ιστός, και τούτο γιατί ο ιστός αυτός είναι πλούσιος στα λεγόμενα λιποειδή.

Έτσι έχουν τα πράγματα κατά την κατάδυση, όπου παρά την μεγάλη αύξηση και της εξωτερικής πίεσεως και της πίεσεως του εισπνεόμενου αέρα, οι λειτουργίες του οργανισμού δεν παθαίνουν καμία σημαντική διαταραχή.

Βέβαι αν το βάθος είναι μεγάλο, η ποσότητα του αζώτου που θα διαλυθεί μέσα στα λιποειδή του νευρικού ιστού θα είναι και αυτή μεγάλη, με αποτέλεσμα την εκδήλωση της μέθης του βυθού. Αλλά αυτό είναι άλλο ζήτημα.

#### **4.2.2 ΑΝΑΔΥΣΗ**

Κατά την ανάδυση γίνεται η αντίστροφη διαδικασία. Με την ελάττωση δηλαδή, της εξωτερικής πίεσεως και της πίεσεως του εισπνεόμενου αέρα, τα διαλυμένα μέσα στο αίμα αέρια, σύμφωνα πάντα με τον Νόμο του Χένρυ, αποδεσμεύονται. Σε μια κανονική ανάδυση, ή όταν το ποσό των διαλυμένων αερίων δεν είναι μεγάλο, η αποδέσμευση αυτή γίνεται κανονικά χωρίς καμία ανωμαλία στα τριχοειδή του πνεύμονα, από όπου απομακρύνονται με την εκπνοή. Όταν όμως το ποσό των διαλυμένων αερίων είναι μεγάλο και η ανάδυση γρήγορη, τότε η αποδέσμευσή τους δεν γίνεται μόνο στην περιοχή του πνεύμονα, αλλά μέσα σ'ολόκληρο το κυκλοφοριακό σύστημα και στους ιστούς όπου είχαν απορροφηθεί. Το αποτέλεσμα είναι να σχηματιστούν φυσαλίδες μέσα στο αίμα και μέσα στην ουσία των ιστών.

Όσο για τα αέρια του οξυγόνου που ελευθερώνονται στο αίμα αυτά δεν δημιουργούν ζητήματα, γιατί το οξυγόνο είναι πάντα λιγότερο σχετικά με το άζωτο και ένα μέρος του χρησιμοποιείται από τον οργανισμό.

Με το άζωτο όμως δεν συμβαίνει το ίδιο. Οι φυσαλίδες που θα σχηματιστούν – και που θα είναι πολύ περισσότερες από τις στιγμιαίες φυσαλίδες του οξυγόνου και των άλλων αερίων που αποτελούν τον αέρα- δεν μπορούν να απομακρυνθούν από το αίμα. Εάν δεν διαλυθούν γρήγορα με επανασυμπύεση, θα προκαλέσουν βλάβες, πολλές φορές ανεπανόρθωτες.

Όπως αναφέραμε, ένα μεγάλο ποσοστό αζώτου διαλύεται στα λιποειδή του νευρικού ιστού. Έτσι οι φυσαλίδες που σχηματίζονται εκεί προκαλούν μικροκαταστροφές της ίδιας ουσίας του νευρικού ιστού. Από την άλλη πάλι μεριά, οι φυσαλίδες που σχηματίζονται μέσα στο αίμα ακολουθούν τη ροή της κυκλοφορίας και σφηνώνονται στα τριχοειδή, με αποτέλεσμα να διακόπτεται η τροφοδότηση των αντίστοιχων περιοχών με αίμα. Αυτό, για ειδικούς ανατομικούς λόγους, γίνεται περισσότερο στο νευρικό ιστό και κυρίως στον νωτιαίο μυελό. Ακριβώς αυτή η διακοπή του αίματος σε ορισμένες περιοχές του νωτιαίου μυελού προκαλεί την νέκρωση των περιοχών αυτών, πράγμα που επιφέρει τις παραλύσεις. Αν οι φυσαλίδες του αζώτου διακόψουν την κυκλοφορία σε ζωτικά εγκεφαλικά κέντρα ή στην ίδια την καρδιά, επέρχεται αιφνίδιος θάνατος. Η διακοπή πάλι της κυκλοφορίας μέσα στις μυϊκές μάζες και στην περιοχή των αρθρώσεων και των οστών, εκδηλώνεται με φοβερούς πόνους. Όταν συμβεί οι φυσαλίδες του αζώτου να είναι πολλές, ακολουθώντας την ροή του αίματος, φτάνουν και μαζεύονται στις κοιλότητες της καρδιάς και στα μεγάλα πνευμονικά αγγεία, όπου παρεμποδίζουν την κανονική τροφοδότηση του πνεύμονα με αίμα, πράγμα που προκαλεί φαινόμενα ασφυξίας και πνιγμονής.

Η νόσος των δυτών είναι μια αρρώστια με πρωτεύει κλινική εικόνα που δημιουργείται από εξαιρετικά ταχεία μείωση της πίεσης του περιβάλλοντος. Η ελάττωση αυτή της πίεσης έχει σαν αποτέλεσμα σχηματισμό φυσαλίδων αζώτου από το άζωτο που βρίσκεται διαλυμένο στους ιστούς. Οι φυσαλίδες σχηματίζονται στους ιστούς, στο φλεβικό και το αρτηριακό αίμα. Οι εντός της φλεβικής κυκλοφορίας σχηματιζόμενες φυσαλίδες φαίνεται ότι έχουν τη μεγαλύτερη σημασία στην παθογένεση της νόσου.



### 4.3 ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑ ΤΗΣ ΝΟΣΟΥ ΤΩΝ ΔΥΤΩΝ

Σε βαριές περιπτώσεις της νόσου των δυτών στις οποίες οι δύτες ή τα πειραματόζωα κατέληξαν , έχουν ανευρεθεί φυσαλίδες σχεδόν παντού: ενδοαγγειακά, εξωαγγειακά , και πιθανώς ενδοκυτταρικά. Η παθογένεια των συνηθισμένων και μη θανατηφόρων συμπτωμάτων είναι λιγότερο διευκρινισμένη. Μετά από μερικές καταδύσεις , είναι δυνατόν να ανιχνευθούν ( με το Doppler Bubble Detector ) φυσαλίδες στη φλεβική κυκλοφορία ακόμη και χωρίς την κλινική εκδήλωση της νόσου.

Παρατηρείται αιμοσυμπύκνωση πιθανώς λόγω της αυξημένης τριχοειδικής διαπερατότητας. Επίσης η ωσμωτική δραστηριότητα των διαλυμένων αερίων έχει θεωρηθεί σαν μηχανισμός της μετακινήσεως υγρών.

Η αυξημένη συγκέντρωση του αερίου στους ιστούς έχει υποτεθεί ότι απορροφά νερό από το αίμα. Η D.S. συνδέεται με την απελευθέρωση μέσα στο αίμα του Smooth Muscle Acting Factor (Smaf) που προκαλεί σύσπασση των αρτηριδίων φλεβιδίων όπως και των βρόχων και ενεργοποιεί τη βραδυκίνητη.

Διάφορες άλλες βιολογικά δραστικές ουσίες που σχετίζονται με το stress έχουν παρατηρηθεί στη D.S.

Πρόσφατα ερευνάται το ενδεχόμενο ότι πιθανώς φαρμακολογικός παράγων (π.χ. κυκλοεπταδίνη) να προλαμβάνει ή να θεραπεύει τη νόσο.

### 4.4 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΔΕΟΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΝΟΣΟ ΤΩΝ ΔΥΤΩΝ

- F Καταδύσεις- εγγρασία σε περιβάλλον αυξημένης πίεσης
- F Πτήσεις σε μεγάλο ύψος
- F Θεραπεία με υπερβαρικό οξυγόνο

### 4.5 ΠΡΟΔΙΑΘΕΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

- F Σωματική άσκηση κατά τη διάρκεια της εκθέσεως στην αυξημένη πίεση (Bottom time στις καταδύσεις) φαίνεται να αυξάνει την επίπτωση της D.S. Η πιθανή εξήγηση είναι η αυξημένη αιματική ροή κατά τη διάρκεια

της ασκήσεως αυξάνει την πρόσληψη του  $N_2$  το οποίο απελευθερώνεται αργότερα στη φάση της αποπίεσεως.

- F** Σωματική άσκηση κατά την αποπίεση. Αρχικά θα φαινόταν ότι η άσκηση κατά την αποπίεση θα μείωνε την πιθανότητα D.S. με μηχανισμό αντίθετο του προηγούμενου. Το αντίθετο όμως είναι αληθές. Δύο μηχανισμοί προσπαθούν να εξηγήσουν το φαινόμενο αυτό. Πρώτον, οι σχηματισμοί μικροπυρήνων αερίων: αίμα ταχείας ροής, ιδίως σε περιχές διχασμού αγγείων μπορεί να δημιουργήσει (μέσω δράσεως τύπου venturi) αρνητική σχετικά πίεση. Κατόπιν μέσα σε αυτούς τους μικροσκοπικούς πυρήνες διαχέονται μόρια  $N_2$  από το υπερκορεσμένο αίμα. Οι τοπικές αυτές συλλογές μικρού αριθμού μορίων αζώτου γνωστές σαν gas micronuclei φαίνεται ότι αποτελούν εστίες για σχηματισμό φυσαλίδων. Δεύτερον, η αυξημένη εστιακή παραγωγή  $CO_2$  εντός των μυών δυνατόν να παίζει κάποιο ρόλο αφού το  $CO_2$  διαχέεται πολύ εύκολα και πιθανόν να συμβάλλει στη gas micronuclei.
- F** Πρόσφατος εστιακός τραυματισμός. Οδηγεί σε αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης D.S. που εκδηλώνεται με πόνο στην περιοχή τραυματισμού. Πιθανοί παθογενετικοί μηχανισμοί θεωρούνται αλλαγές στην τοπική αιμάτωση και σχηματισμοί gas micronuclei στον τραυματισμένο ιστό.
- F** Χαμηλή θερμοκρασία. Καταδύσεις σε νερά χαμηλής θερμοκρασίας αυξάνουν τον κίνδυνο προσβολής από D.S. Η πρόσληψη του  $N_2$  δεν επηρεάζεται γενικά μια και ο εργαζόμενος δύτης διατηρείται συνήθως ζεστός και έχει αυξημένη ιστική αιμάτωση λόγω της ασκήσεως. Κατά τη διάρκεια όμως της αποπίεσεως παραμένει ακίνητος και χάνει την θερμοκρασία. Η ακολουθούσα περιφερειακή αγγειοσύσπαση φαίνεται ότι δυσχεραίνει την αποδέσμευση του  $N_2$ .
- F** Παχυσαρκία. Η επίδραση της παχυσαρκίας στην εμφάνιση D.S. αποτέλεσε κατά το παρελθόν αντικείμενο αντικρουόμενων απόψεων. Αν όμως ληφθεί υπ' όψη όχι το σωματικό βάρος αλλά το λίπος του σώματος, φαίνεται καθαρά ότι η παχυσαρκία αυξάνει τον κίνδυνο D.S., ιδίως μετά από παρατεταμένες καταδύσεις σε μεγάλα βάθη. Οι λιπώδεις ιστοί λόγω της φτωχής τους αγγειώσεως προσλαμβάνουν και

αποδεσμεύουν βραδέως το  $N_2$  . Έτσι η παχυσαρκία προσθέτει στο σώμα ένα ιστό με μεγάλο Half Time ως προς την πρόσληψη και αποδέσμευση  $N_2$  .Η κατάσταση αυτή αποκτά σημασία όταν η κατάδυση είναι παρατεταμένη και μεγάλου βαθμού ώστε να επιτρέψει την πρόσληψη  $N_2$  από τους λιπώδεις ιστούς.

- F Αυξημένη πυκνότητα  $CO_2$  στον εισπνεόμενο αέρα. Ακόμη και μικρή αύξηση μεγαλώνει σαφώς τον κίνδυνο προσβολής. Ο ακριβής μηχανισμός του φαινομένου δεν είναι γνωστός. Η αυξημένη προσφορά ενός ευκόλως διαχεόμενου αερίου. Που είναι δυνατόν να διαχέεται στους gas micronuclei αποτελεί πιθανώς την εξήγηση.
- F Ηλικία. Προχωρημένη ηλικία αυξάνει τον κίνδυνο προσβολής για λόγους που δεν είναι ακριβώς γνωστοί.
- F Αφυδάτωση. Ο μηχανισμός είναι ασαφής. Πιθανώς να ευθύνονται οι μεταβολές στην επιφανειακή τάση του ορού που ευνοούν το σχηματισμό φυσαλίδων καθώς και οι μεταβολές στην αιμοκυκλοφορία από την αιμοσυμπύκνωση.
- F Λήψη αλκοόλ. Υπάρχουν αρκετές αναφορές σε βιβλιογραφία που δείχνουν αυξημένο κίνδυνο προσβολής μετά από χρήση αλκοόλ.
- F Κόπωση. Υπάρχουν αναφορές ανάλογες της χρήσης αλκοόλ.

#### 4.6 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Η ταχύτητα της αναδύσεως σχετικά με το βάθος και την διάρκεια της καταδύσεως, είναι οι προϋποθέσεις από τις οποίες θα εξαρτηθεί ο σχηματισμός φυσαλίδων στο αίμα και η εκδήλωση των συμπτωμάτων της νόσου των δυτών. Από τους ίδιους παράγοντες εξαρτάται και η ταχύτητα εμφάνισης των συμπτωμάτων αυτών. Οποσδήποτε όμως η νόσος των δυτών εκδηλώνεται κατά κανόνα λίγο μετά την ανάδυση και πάντα πριν περάσουν 12 ώρες. Σε περίπτωση που κατά την ανάδυση γίνονται μια δυο στάσεις όχι κανονικής διάρκειας, είναι δυνατόν τα συμπτώματα να εκδηλωθούν και πριν ο δύτης ή ο αυτοδύτης φτάσει στην επιφάνεια.

Στατικές έμπειρων Αμερικανών σχετικά με το χρόνο που μεσολαβεί από την ανάδυση μέχρι την εμφάνιση των συμπτωμάτων της νόσου των δυτών, απέδειξαν ότι:

Τα 50% των περιπτώσεων, μέσα σε 30' λεπτά μετά την ανάδυση.

Τα 35% των περιπτώσεων, από 30' μέχρι 1 ώρα μετά την ανάδυση.

Τα 10% των περιπτώσεων, από 1 μέχρι 3 ώρες μετά την ανάδυση.

Τα 5% των περιπτώσεων, μετά από 3 ώρες.

Η σοβαρότητα των συμπτωμάτων εξαρτάται από την ποσότητα του αζώτου που αποδεσμεύονται μέσα στο αίμα και στους ιστούς από την εντόπιση των αποφράξεων της κυκλοφορίας.

Κάθε ενόχληση που ακολουθεί την κατάδυση, όσο ασυνήθες και ασαφές και αν είναι, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως νόσος των δυτών μέχρι αποδείξεως του εναντίου.

#### **4.7 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ**

Κάθε ενόχλημα που ακολουθεί έκθεση σε αυξημένη πίεση όσο ασαφές και ασύνηθες να είναι θα πρέπει να θεωρείται και να αντιμετωπίζεται σαν D.S. μέχρι αποδείξεως του εναντίου.

Τα συμπτώματα της νόσου των δυτών διακρίνονται συνήθως σε τύπο I και τύπο II (Βρετανική κατάταξη). Η τεχνητή αυτή διαίρεση έχει πρακτικό πλεονέκτημα το ότι σχετίζεται με την εκλογή της θεραπείας.

Ο τύπος I αποτελεί τη νόσο με περιφερική συμπτωματολογία ενώ ο τύπος II περιλαμβάνει τις εκδηλώσεις από το κεντρικό νευρικό σύστημα και είναι σοβαρότερος.

## ΤΥΠΟΣ Ι (μόνο πόνος)

### 1. Πόνος μέλους (άκρου)

Ο πόνος σε κάποιο άκρο (άνω , κάτω ) είναι η συχνότερη εκδήλωση της D.S. και αποτελεί ενόχλημα στο 90% των περιπτώσεων.

Είναι συνήθως περιαρθρικός , μπορεί όμως να εντοπίζεται εκτός της αρθρώσεως. Στους συνήθεις δύτες η προσβολή των άνω άκρων είναι πολύ συχνότερη των κάτω ( 3: 1) . Το αντίθετο συμβαίνει στους Saturation Divers και στους Caisson Workers.

Ο πόνος ποικίλλει σε έκταση , από ανεκτός έως ανυπόφορος και δυνατόν να συνοδεύεται από ελαφρό οίδημα της αρθρώσεως.

Ο μηχανισμός προκλήσεώς του δεν είναι πλήρως διευκρινισμένος.

1. Έχουν παρατηρηθεί σε αεροπόρους τόσο μικροσκοπικά όσο και ακτινολογικά υποδόριες και ενδοαρθρικές συλλογές αερίου (που ήταν όμως τελείως ανώδυνες.
2. Ακτινολογικές και κλινικές εξετάσεις προσβληθεισών αρθρώσεων δεν έχουν δείξει συλλογές αερίου μόνο σε Saturation Divers.
3. Η πιο πιθανή εξήγηση του πόνου είναι ο σχηματισμός φυσαλίδων στους τένοντες και συνδέσμους όπου ο χώρος είναι περιορισμένος.

### 2. Εκδηλώσεις από το λεμφικό σύστημα

Οι εκδηλώσεις από το λεμφικό σύστημα είναι αποτέλεσμα αποφράξεως λεμφαγγείων από τις φυσαλίδες. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν πόνο και διόγκωση συγκεκριμένων ομάδων λεμφαδένων που συνοδεύεται από λεμφοίδημα των ιστών.

Η θεραπεία αποπιέσεως προκαλεί συνήθως ανακούφιση από τον πόνο και το οίδημα είναι όμως δυνατόν να παραμείνει διόγκωση λεμφαδένων και εξαφανίζεται προοδευτικά σε διάστημα ημερών ή εβδομάδων.

### 3.Δερματικές εκδηλώσεις της D.S.

Δύο βασικά φαινόμενα παρατηρούνται από το δέρμα:

#### Κνησμός με ή χωρίς απολεπιστικό εξάνθημα

Ο κνησμός παρατηρείται κυρίως κατά την αποπίεση από βαθιές μικρής διάρκειας ξηρές καταδύσεις(όπου δηλαδή το δέρμα καλύπτεται από την ατμόσφαιρα του θαλάμου και όχι από το νερό. Κατά την κάθοδο αέριο από το θάλαμο διαχέεται δια του δέρματος. Η διάταση του αερίου αυτού κατά την άνοδο προκαλεί τον κνησμό. Το φαινόμενο αυτό δεν αποτελεί μορφή της D.S και δεν απαιτεί θεραπεία δι' αποπίεσεως.

#### MARBLING

Αποτελεί μορφή της D.S. και οφείλεται σε φλεβική απόφραξη των αγγείων του δέρματος σε φυσαλίδες. Χαρακτηρίζεται από ερύθημα συνήθως στη ράχη ή στο στήθος , που συνοδεύεται από γραμμοειδή πορφυρόχρωμα εντυπώματα (σαν αποτέλεσμα μερικής ή ολικής αποφράξεως. Απαιτείται θεραπεία δια αποπίεσεως που στις περισσότερες περιπτώσεις οδηγεί σε πλήρη ίαση. Η εικόνα αυτή συχνά συνοδεύει βαρύτερες μορφές της D.S.

### ΤΥΠΟΣ II (Σοβαρά συμπτώματα)

#### A. Πνευμονική νόσος των δυτών

Η μορφή αυτή χαρακτηρίζεται από την ακόλουθη τριάδα των συμπτωμάτων:

- F Οπισθοστερνικός πόνος , καυστικού χαρακτήρος , προοδευτικά αυξανόμενης έντασης. Αρχικά ο πόνος γίνεται αισθητός μόνο κατά το βήχα , αργότερα όμως παρουσιάζεται τόσο κατά την εισπνοή όσο και κατά την εκπνοή.
- F Βήχας. Αρχικά είναι διαλείπων και εκλύεται από κάπνισμα τσιγάρου , καθώς ή νόσος προχωρεί , οι παροξυσμοί του βήχα γίνονται έντονοι.

**F** Προοδευτικά αυξανόμενη δύσπνοια και αναπνευστική δυσπραγία. Οι εκδηλώσεις της πνευμονικής μορφής οφείλονται σε συνδυασμό εμβολής της πνευμονικής αρτηρίας και αποφράξεως των αγγείων του βρογχικού βλεννογόνου. Είναι θανατηφόρος αν δεν αντιμετωπισθεί.

## **B. Νευρολογική μορφή της νόσου**

Οι νευρολογικές εκδηλώσεις της D.S. είναι απροκαθόριστες λόγω της αναπτύξεως φυσαλίδων (in situ) σε οποιοδήποτε σημείο του νευρικού συστήματος, κυρίως όμως του νωτιαίου μυελού.

Κάθε εστιακή νευρολογική συνδρομή μπορεί να προκύψει. Το ερώτημα είναι αν η D.S. προσβάλλει ή όχι το περιφερικό νευρικό σύστημα και παραμένει αναπάντητο. Όλα τα νευρολογικά συμπτώματα που εμφανίζονται στη νόσο των δυτών θα πρέπει να θεωρούνται ότι αποτελούν προσβολή του ΚΝΣ.

Τρεις μορφές προσβολής του ΚΝΣ χρειάζονται ιδιαίτερης αναφοράς.

### **I. Προσβολή του εγκεφάλου**

Η προσβολή του εγκεφάλου εμφανίζεται συχνά σε αεροπόρους. Η κλινική εκδήλωση χαρακτηρίζεται από κεφαλαλγία ημικρανιακού τύπου που συνοδεύεται από διαταραχές της οράσεως.

### **II. D.S του νωτιαίου μυελού**

Η παραπληγία που είναι τυπικό σύμπτωμα D.S. αποτελεί εκδήλωση προσβολής του νωτιαίου μυελού. Συνυπάρχει συνήθως παράλυση της κύστεως με παρακράτηση ούρων και απώλεια κοπράνων. Η παθογένεση της προσβολής του νωτιαίου μυελού (από πειράματα σε σκυλιά) έχει επακριβώς διευκρινισθεί από τον Hallenbeck.

✚ Η αγγειακή ροή δια των επισκληριδίων φλεβικών πλεγμάτων και των νωτιαίων ακτινωτών αγγείων είναι μάλλον βραδεία αλλά επαρκής.

- ✦ Η εμβολή της πνευμονικής αρτηρίας από φλεβική φουσαλίδα οδηγεί σε αύξηση της κεντρικής φλεβικής πίεσεως. Ο Hallenbeck παρατήρησε μεγαλύτερο εύρος στην κυκλική διακύμανση της ΚΦΠ με την αναπνοή.
- ✦ Η αύξηση αυτή θεωρείται ότι μεταδίδεται ανάδρομα στα επισκληρίδια φλεβικά πλέγματα όπου δημιουργείται αγγειακή στάση.
- ✦ Φουσαλίδες σχηματίζονται στα επισκληρίδια φλεβικά πλέγματα και χειροτερεύουν περισσότερο την κυκλοφορία λόγω μηχανικής αποφράξεως.
- ✦ Ενεργοποίηση του συστήματος βραδυκίνινης με απελευθέρωση ισταμίνης δυνατόν να αποτελεί αποτέλεσμα της αλληλοεπιδράσεως μεταξύ αίματος και φουσαλίδων. Η ισταμίνη με τη σειρά της προκαλεί αύξηση της διαπερατότητας τριχοειδών – αιμοσυμπύκνωση – αύξηση της αιματικής στάσεως.
- ✦ Πιθανόν να ενεργοποιείται τοπικά ο μηχανισμός πήξεως του αίματος. Το τελικό αποτέλεσμα όλων αυτών των παραγόντων είναι η απόφραξη των επισκληριδίων φλεβικών πλεγμάτων στο σημείο εισόδου των νωτιαίων ακτινωτών φλεβών με αποτέλεσμα έμφρακτό του νωτιαίου μυελού.

### III. D.S του έσω ωτός ( staggers)

Προσβολή του έσω ωτός του λαβυρίνθου δεν είναι σπάνια εκδήλωση. Συνήθως η προσβολή αφορά τον κοχλία και την αίθουσα με συμπτωματολογία , εμβοές , μείωση της ακοής , ίλιγγο , ναυτία , έμετο και αταξία. Δυνατόν να διαπιστωθεί νυσταγμός. Δυνατόν να υπάρχει μεγαλύτερη προσβολή της αίθουσας ή του κοχλίου.

Δεν είναι σαφές αν πρόκειται για τοπικό σχηματισμό φουσαλίδων στην έξω λέμφο ή εμβολή στην ακουστική αρτηρία.

Η προσβολή του έσω ωτός αποτελεί επείγουσα κατάσταση και χρειάζεται άμεση αντιμετώπιση διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος μόνιμης βλάβης. Επειδή τα τροφοφόρα αγγεία του έσω ωτός είναι μικρά μας ενδιαφέρει πολύ η ταχεία μείωση της διαμέτρου των φουσαλίδων . Αν δεν επέλθει υποχώρηση των συμπτωμάτων στα 60F μέσα σε λίγα λεπτά θα πρέπει να σκεφθεί κανείς κάθοδο στα 165F.



### **C. Shock**

Όταν συμβαίνει στη D.S. συνοδεύει συνήθως την πνευμονική προσβολή (Chokes) και σημαίνει βαριά μορφή της νόσου.

Πολλοί μηχανισμοί μπορεί να συμβάλλουν στην παθογένεση του shock στη D.S. Σ' αυτούς συμπεριλαμβάνεται η απώλεια του αγγειακού τόνου (λόγω προσβολής του νωτιαίου μυελού) , καταστολή του μυοκαρδίου λόγω υποξίας και οξείωσης, πνευμονική εμβολή και υποβολαιμία.

Η υποβολαιμία συμβαίνει λόγω της διάχυτου αυξήσεως της διαπερατότητας των τριχοειδών με αποτέλεσμα απώλεια πλάσματος και αιμοσυμπύκνωση. Ο αιματοκρίτης είναι χρήσιμος στον προσδιορισμό της βαρύτητας της απώλεια υγρών.

### **D. Πόνος στην οσφυϊκή χώρα , στην κοιλιά και στο στήθος**

Πόνος στις περιοχές αυτές σε αντίθεση με τον πόνο στα άκρα δυνατόν να αποτελεί εκδήλωση προσβολής του νωτιαίου μυελού και θα πρέπει να αντιμετωπίζεται θεραπευτικά σαν σοβαρό σύμπτωμα.

### **E. Έντονη σωματική κόπωση (εξάντληση)**

Σωματική εξάντληση δυσανάλογη με αυτή που παρατηρείται συνήθως μετά τις καταδύσεις θα πρέπει να θεωρείται σοβαρή εκδήλωση D.S. Ο παθοφυσιολογικός μηχανισμός της παραμένει άγνωστος.

### **Παθογενετικοί μηχανισμοί**

Η παθογένεια της νωτιαίας μορφής της D.S. και του shock έχουν ήδη περιγραφεί. Μερικά ενδιαφέροντα θα πρέπει να τονιστούν:

#### Σημασία των αγγειακών αποφράξεων

Αποφράξεις αγγείων από φουσαλίδες που συμβαίνουν στην περιφερική κυκλοφορία ή στους πνεύμονες αποτελούν το βασικότερο στοιχείο στην παθογένεια της D.S. Η απόφραξη αγγείων σε περιφερική αρτηρία ή φλέβες

οφείλονται σε φυσαλίδες που είτε σχηματίζονται τοπικά είτε μεταφέρονται από άλλα σημεία. Οι αποφράξεις έχουν σαν αποτέλεσμα ή την κακή λειτουργία διαφόρων ζωτικών οργάνων ή την διάχυτη περιφερική αγγειακή απόφραξη και στάση που οδηγεί σε ιστική ανοξία ,μεταβολική οξέωση, υποβολαιμία( λόγω αύξησης διαβατότητας τριχοειδών). Η οξέωση και η υποβολαιμία δυσχεραίνουν την καρδιακή λειτουργία. Η αγγειακή απόφραξη των πνευμονικών τριχοειδών προκαλεί αύξηση της πνευμονικής αγγειακής αντιστάσεως , σύσπαση των βρογχολίων , περιβρογχικό οίδημα. Οι μεταβολές αυτές οδηγούν σε διαταραχή της σχέσεως αερισμού / διαχύσεως με αποτέλεσμα αρτηριακή υποξία.

### Ⓜ Αλληλεπιδράσεις μεταξύ αίματος και φυσαλίδων

Τα τελευταία χρόνια η προσοχή έχει εστιασθεί στα πιθανά αποτελέσματα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ αίματος και φυσαλίδων , στα οποία περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

#### ● Σχηματισμός συμπλόκων με συμμετοχή των φυσαλίδων

Οι φυσαλίδες αποτελούν ένα ξένο συστατικό του αίματος.Μία από τις συνέπειες της αλληλεπιδράσεως μεταξύ αίματος – φυσαλίδων είναι η διαταραχή των λιποπρωτεϊνών με απελευθέρωση λιπιδίων. Ηλεκτρομικρογραφικές μελέτες σε ζώα έχουν δείξει αγγειακές αποφράξεις από σύμπλοκα που φαίνονται να αποτελούνται από φυσαλίδα που περιβάλλεται από στρώμα λιποειδών , στο οποίο προσκολλώνται αιμοπετάλια. Από αυτές τις παρατηρήσεις έχουν ξεκινήσει πολλές πειραματικές προσπάθειες για διευκρίνιση της πιθανής χρησιμότητας αντιπηκτικών στη θεραπεία της νόσου των δυτών.

Λεπτομερέστερη περιγραφή των αιματολογικών διαταραχών θα γίνει παρακάτω.

#### ● Ενεργοποίηση ενζυματικών συστημάτων του πλάσματος

Ο παράγων XIIa είναι ικανός να ενεργοποιεί αντιδράσεις του συστήματος συμπληρώματος. Σαν αποτέλεσμα των αντιδράσεων αυτών είναι η παραγωγή παραγόντων που έχουν χημειοστατική δράση στα

λευκοκύτταρα. Ο ρόλος των αντιδράσεων του συστήματος συμπληρώματος στη D.S. δεν έχει επαρκώς διευκρινισθεί.

Ο παράγων XIIIa είναι επίσης ικανός να ενεργοποιεί το σύστημα κινινών με απελευθέρωση βραδυκινίνης και ισταμίνης. Η βραδυκινίνη μπορεί να ευθύνεται για τον τοπικό πόνο και οι δύο ουσίες αυξάνουν τη διαβατότητα των τριχοειδών.



#### Λιπώδης εμβολή

Στα ζώα με D.S. έχουν βρεθεί λιπώδη έμβολα στους πνεύμονες . Τα λιπώδη έμβολα μπορεί να προέρχονται από ρήξη λιπιδών κυττάρων , από ενδοαγγειακή διαταραχή των λιποπρωτεϊνών ή από το μυελό των οστών.



#### Ουδοί για τη δημιουργία της νόσου των δυτών

Μελέτες με υπέρηχους αμέσως μετά την ανάδυση δείχνουν την ύπαρξη εκατοντάδων φυσαλίδων ανά λεπτό που εισέρχονται στις πνευμονικές αρτηρίες ασυμπτωματικών δυτών. Αυτό δείχνει ότι για να εμφανιστεί η νόσος των δυτών θα πρέπει ο αριθμός των φυσαλίδων να περάσει κάποιο όριο. Φαίνεται ότι κάθε ιστός δυνατόν να έχει διαφορετική ουδό αριθμού φυσαλίδων.

## **4.8 ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΜΟΝΗ ΣΕ ΥΠΕΡΒΑΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΗ ΝΟΣΟ ΑΠΟ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗ**

Η έκθεση και η παραμονή του ανθρώπου σε συνθήκες αυξημένης ατμοσφαιρικής πίεσης (καταδύσεις , θάλαμοι υπερβαρικής οξυγονοθεραπείας) προκαλεί διάφορες μεταβολές στις περισσότερες λειτουργίες του οργανισμού που οφείλονται στη συμπίεση , την υδροστατική πίεση , τη φύση των αναπνεόμενων αερίων και την αποσυμπίεση, την προοδευτική δηλαδή επάνοδο στην ατμοσφαιρική πίεση. Οι μεταβολές αυτές, που είναι ανάλογες με τη διάρκεια και το βάθος της υπερβαρικής έκθεσης , τη σύσταση του αναπνευστικού μέσου και τη διαδικασία αποσυμπίεσης , προκαλούν διάφορες παθολογικές καταστάσεις, όταν η ένταση και η διάρκειά τους υπερβούν ορισμένα όρια.

Η νόσος από αποσυμπίεση , που είναι η κυριότερη από τις καταστάσεις αυτές , προκαλείται όταν η επιστροφή στην ατμοσφαιρική πίεση γίνεται με ταχύτερο ρυθμό απ'ότι καθορίζεται από τους πίνακες αποσυμπίεσης, με

αποτέλεσμα το άζωτο του αναπνεόμενου αέρα (ή άλλα αδρανή αέρια των μιγμάτων για μεγάλου βάθους καταδύσεις) που έχει διαλυθεί στους ιστούς , να σχηματίζει φυσαλίδες στον αγγειακό και εξωαγγειακό χώρο.

Οι φυσαλίδες εκτός από την μηχανική δράση τους (εμβολή μικρών αγγείων, συμπίεση και παραμόρφωση ιστών) προκαλούν λόγω επιφανειακής τάσεως στις επιφάνειες επαφής τους με το αίμα μεταβολές στη σύσταση διαφόρων στοιχείων του αίματος, όπως πρωτεϊνών , διαφόρων εμμόρφων στοιχείων κ.λ.π.. Υποστηρίζεται ότι οι φυσαλίδες αναγνωρίζονται από τα αιμοπετάλια σαν ξένα σώματα στην κυκλοφορία και προσκολλώνται σε αυτές για να συγκολληθούν τελικά και να δημιουργηθούν ενδοαγγειακοί θρόμβοι.

Η ενεργοποίηση και η συγκόλληση των αιμοπεταλίων στις επιφάνειες επαφής αίματος – φυσαλίδων οδηγεί στην ενεργοποίηση του πηκτικού και του ινωδολυτικού μηχανισμού , του συμπληρώματος και των κινινών και προκαλεί αύξηση της διαπερατότητας των τριχοειδών. Η αύξηση της διαπερατότητας των αγγείων που δεν αφορά μόνο στα μικρά αγγεία και στα τριχοειδή αλλά και στα μεγαλύτερα φλεβικά και αρτηριακά στελέχη, οδηγεί στην αιμοσυμπύκνωση με αύξηση του αιματοκρίτη και της γλοιότητας του αίματος, που αποτελεί σταθερό χαρακτηριστικό της οξείας νόσου από αποσυμπίεση όχι όμως των ελαφρότερων μορφών.

Σε καταδύσεις κορεσμού υπάρχει αυξημένη διούρηση , που προκαλεί καθαρή απώλεια ύδατος, η οποία εκτός από μικρή ωσμωτική συμμετοχή, αποδίδεται συνήθως σε αναστολή της επαναρρόφησης από τα αθροιστικά σωληνάρια , ανεξάρτητα από αντιδιουρητική ορμόνη. Σε πειραματόζωα που υποβάλλονται σε συμπίεση – αποσυμπίεση έχουν διαπιστωθεί αυξημένα επίπεδα ρενίνης του πλάσματος και πιθανολογείται ότι η υποβολαιμία ή η βραδυκινίνη και οι προσταγλανδίνες , που έχουν συμμετοχή στην παθογένεια της νόσου από αποσυμπίεση , αποτελούν το ερέθισμα για την αύξησή της.

Οι μεταβολές που συνδέονται με το υπερβαρικό stress είναι ηπιότερες σε ασυμπτωματικούς δύτες, βαρύτερες σε κλινική εκδήλωση νόσου από αποσυμπίεση και συνήθως ανάλογες της ποσότητας των φυσαλίδων που διαπιστώνονται υπερηχογραφικώς. Η παρουσία φυσαλίδων στο φλεβικό σκέλος της κυκλοφορίας είναι σταθερό εύρημα σε άτομα μετά από καταδύσεις, στις οποίες ακολουθήθηκε κανονική διαδικασία αποσυμπίεσης. Οι φυσαλίδες αυτές, αν και δεν προκαλούν νόσο από αποσυμπίεση (silent bubbles), όταν η ποσότητά

τους ξεπεράσει κάποιο όριο προκαλούν ελαφρά μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων καθώς και αυξημένη συγκόλλησή τους 5 λεπτά μετά την αποσυμπίεση που υποχωρεί μετά από ημίωρο.

Οι αιματολογικές και βιοχημικές μεταβολές συνδέονται κυρίως με τον κύκλο συμπίεση –αποσυμπίεση, στις καταδύσεις όμως κορεσμού σε μεγάλα βάθη (650 μέτρα) είναι σύμπλοκες και παρουσιάζονται άλλες πριν και άλλες μετά την αποσυμπίεση.

Η επιφάνεια επαφής των φυσαλίδων με το πλάσμα, στην οποία προσκολλώνται τα αιμοπετάλια και αρχίζει η ενεργοποίηση του μηχανισμού πήξης και ινωδόλυσης, έχει γίνει αντικείμενο μελέτης για να διευκρινισθεί η ακριβής φύση και η μορφολογία της. Οι Lento και συν. σε πειραματική νόσο από αποσυμπίεση διαπίστωσαν με μικροσκόπιο ( μετά απόχρωση με ερυθρό ρουθινίου και con-A-φερριτίνη) ότι οι φυσαλίδες καλύπτονται από συνεχή στιβάδα πάχους 20 nm, πιθανώς γλυκοπρωτεϊνικής φύσης, που αντιστοιχεί στην ηλεκτροδυναμική στιβάδα που έχει περιγραφεί από άλλους ερευνητές. Οι Vroman και συν. Υποστηρίζουν ότι ινωδογόνο και γ-σφαιρίνες είναι τα κύρια συστατικά της στιβάδας αυτής. Ανάλογα ευρήματα έχουν περιγραφεί σε άτομα που εκδήλωσαν νόσο από αποσυμπίεση καθώς και στις επιφάνειες επαφής του αίματος σε άτομα με καρδιακές βαλβίδες, μοσχεύματα.

Η κάλυψη των φυσαλίδων από τη γλυκοπρωτεϊνική στιβάδα συντελεί στη σταθεροποίησή τους που, σε συνδυασμό με τις συνθήκες στη μικροκυκλοφορία, τις διατηρεί για 4-5 ημέρες, όπως έδειξαν μελέτες της doppler.

Η επαφή των σφαιρινών του πλάσματος με την ενδιάμεση στιβάδα, που δημιουργείται μεταξύ φυσαλίδας –αίματος, προκαλεί λόγω ηλεκτροκινητικών δυνάμεων αλλαγή στον προσανατολισμό των υδρόφιλων και υδρόφοβων ομάδων του μορίου τους. Οι σφαιρίνες που έχουν υποστεί τη μεταβολή αυτή αποκτούν «λυόφοβο» χαρακτήρα που ευνοεί τη συγκόλληση των αιμοπεταλίων και των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Παράλληλα, λόγω των αυξημένων βιολογικών ιδιοτήτων τους, ενεργοποιούν παράγοντες την πήξης, όπως το παράγοντα Hageman.

Η διερεύνηση των αιματολογικών και βιοχημικών διαταραχών που συνδέονται με το υπερβαρικό stress και τη νόσο από αποσυμπίεση παρουσιάζει , εκτός από το θεωρητικό ενδιαφέρον , αρκετές πρακτικές πλευρές , όπως:

1. Η εκτίμηση της βαρύτητας της προσβολής βάσει των αιματολογικών διαταραχών.
2. Η χρησιμοποίηση των μεταβολών αυτών ως δεικτών για τον καθορισμό ασφαλών διαδικασιών αποσυμπίεσης μετά από καταδύσεις.
3. Η πιθανή χρήση τους στον καθορισμό της διαφορετικής ευαισθησίας στην προσβολή από τη νόσο από αποσυμπίεση. Η εμφάνιση ή όχι νόσου σε όμοια πειραματόζωα κάτω από τις ίδιες συνθήκες υπερβαρικής έκθεσης ή σε ανθρώπους, ακόμη και μετά από κανονική εφαρμογή των πινάκων αποσυμπίεσης, ενισχύει την ύπαρξη διαφορετικής ευαισθησίας. Παρά τη συχνή διαπίστωση με Doppler της ύπαρξης φουσαλίδων στη φλεβική κυκλοφορία ατόμων αρκετές ώρες μετά την αποσυμπίεσή τους, μικρός αριθμός από αυτούς θα εμφανίσει κλινικώς νόσο από αποσυμπίεση. Υποστηρίζεται ότι ο βαθμός ενεργοποίησης του συμπληρώματος του όρου αποτελεί δείκτη της ευαισθησίας στην προσβολή.
4. Η πιθανή χρησιμοποίηση φαρμάκων που να προλαμβάνουν ή να τροποποιούν τις διαταραχές αυτές.

Έχει διαπιστωθεί ότι παράγοντες που αναστέλλουν τη δράση της ισταμίνης, της σεροτονίνης ή του παράγοντα που διεγείρει τις λείες μυϊκές ίνες μειώνουν τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα της πειραματικής νόσου από αποσυμπίεση. Η χορήγηση κυπροεπταδίνης πριν από την υπερβαρική έκθεση μείωσε σημαντικά την επίπτωση, τη βαρύτητα και τις ιστολογικές βλάβες την νόσου από αποσυμπίεση σε πειραματόζωα. Η χορήγηση κυπροεπταδίνης μετά την αποσυμπίεση δεν τροποποιεί την κατάσταση, επειδή ενεργοποιούνται οι παθολογικοί μηχανισμοί από την αλληλοεπίδραση φουσαλλίδων-πλάσματος.

Ανάλογη προφύλαξη φαίνεται ότι παρέχουν στον άνθρωπο διάφοροι αντισταμοπεταλιακοί παράγοντες.

Πρόσφατα, μελετήθηκαν οι ορμονικές μεταβολές στη νόσο από αποσυμπίεση καθώς και οι μεταβολές σε διάφορα συστήματα υποδοχέων, κυρίως στη διερεύνηση και την αντιμετώπιση του νευρολογικού συνδρόμου υψηλών πιέσεων (HPNS).

Στη συνέχεια, αναφέρονται οι κυριότερες αιματολογικές και βιοχημικές μεταβολές που συνδέονται με το υπερβαρικό stress και τη νόσο αποσυμπίεσης.

### **Μηχανισμός πήξης-ινωδόλυσης**

Η δημιουργία συνδρόμου διάχυτης ενδαγγειακής πήξης θεωρείται η κυριότερη διαταραχή της αιμόστασης ενεργοποιείται από την παρουσία των ενδαγγειακών φουσαλίδων, που προκαλούν ενεργό κατανάλωση παραγόντων της πήξης. Έχει διατυπωθεί ή άποψη ότι η ενεργοποίηση του αιμοστατικού μηχανισμού έχει μικρότερη σημασία στον άνθρωπο από ότι στα πειραματόζωα, στα οποία η ταχεία αποσυμπίεση προκαλεί βαρύτερες διαταραχές.

#### **1. Αιμοπετάλια**

Οι Jacobs και Stewart (1943) ήταν οι πρώτοι που διαπίστωσαν την ύπαρξη σχέσης μεταξύ φουσαλίδων και αιμοπεταλίων. Το 1966 οι Philp και συν. παρατήρησαν, σε πειραματόζωα που προσβλήθηκαν από τη νόσο από αποσυμπίεση, θρομβοκυτταροπενία και μείωση των λιπιδίων του ορού και θεώρησαν ότι οι ενδαγγειακές φουσαλίδες προκαλούν συγκόλληση των αιμοπεταλίων και των λιπιδίων που αποφράσσουν τα μικρά αγγεία.

Από τότε, έχει αποδειχθεί ότι η τεχνητή αύξηση των αιμοπεταλίων σε πειραματόζωα αυξάνει τη συχνότητα της νόσου από αποσυμπίεση, ότι η ενδοπεριτοναϊκή έγχυση σεροτονίνης πριν από την αποσυμπίεση αυξάνει 100% περίπου τη θνησιμότητα και ότι η βραδεία ενδοφλέβια έγχυση αέρα προκαλεί μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων που προλαμβάνεται με τη σύγχρονη χορήγηση δεξτράνης. Η χορήγηση σεροτονίνης ή ADP σε πειραματόζωα με νόσο από αποσυμπίεση ή μετά από ενδοφλέβια έγχυση αέρα αυξάνει τη θρομβοκυτταροπενία, ενώ αντίθετη δράση έχει η αδενοσίνη, γνωστός ανασταλτικός παράγοντας της συγκόλλησης των αιμοπεταλίων και του σχηματισμού θρόμβου.

Η χορήγηση αντιαιμοπεταλιακών παραγόντων (αναλόγων της διπυριδαμόλης) σε δύτες, πριν, κατά και μετά την κατάδυση, προκαλεί πολύ μικρότερη μείωση των αιμοπεταλίων καθώς και αναστολή της συγκόλλησής τους. Ανάλογα ευρήματα έχουν αναφερθεί και από τη χρήση ασπιρίνης.

Οι φυσαλίδες *in vitro* επιταχύνουν σημαντικά την πήξη ολικού αίματος σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι η επαφή με ύαλο ή η ανακίνηση. Επιταχύνουν, επίσης, την πήξη πλάσματος χωρίς κύτταρα, που αποδίδεται σε ενεργοποίηση του παράγοντα Hageman.

Η θρομβοκυτταροπενία, που είναι σταθερό εύρημα, συνοδεύεται από σχηματισμό μικροθρόμβων στα πνευμονικά τριχοειδή των πειραματόζων, ενώ η χορήγηση αντισταθμιστικών παραγόντων μειώνει σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης πειραματικής και κλινικής νόσου από αποσυμπίεση. Οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν στην πειραματική μορφή της νόσου σημαντική μείωση (56-72%) του αριθμού, της επιβίωσης καθώς και του ολικού και απελευθερούμενου ATP και ADP των αιμοπεταλίων, ευρήματα που ενισχύουν την άποψη ότι οι φυσαλίδες προκαλούν αντίδραση απελευθέρωσης (release action) και ενεργοποίηση των αιμοπεταλίων.

Στον άνθρωπο οι περισσότεροι ερευνητές διαπίστωσαν μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων (κατά 12-37%) 24-72 ώρες μετά από κατάδυση, ακόμη και σε άτομα που δεν παρουσίασαν νόσο από αποσυμπίεση.

Θεωρείται ότι η μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων οφείλεται στην κατανάλωση των περισσότερο ενεργών αιμοπεταλίων στην περιφερική μικροθρομβωτική διαδικασία που ενεργοποιείται από την παρουσία φυσαλίδων, χωρίς όμως να υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ της βαρύτητας της νόσου και της μείωσης του αριθμού των αιμοπεταλίων λόγω ανεπαρκούς ή αιφνίδιας αποσυμπίεσης. Ανάλογα ευρήματα έχουν αναφερθεί και από άλλους ερευνητές.

Οι Levin επιβεβαίωσαν με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τη συγκόλληση αιμοπεταλίων και λευκών αιμοσφαιρίων στο ενδοθήλιο των μικρών αγγείων, βήκαν μονομερή του ινώδους στο πλάσμα καθώς και αύξηση της διαπερατότητας του ενδοθηλίου των σφαγιτίδων φλεβών και των καρωτίδων με ραδιοσημασμένη γ-σφαιρίνη σε πειραματόζωα με βαριά προσβολή από νόσο από αποσυμπίεση. Πρόσφατα, οι Tanoue και συν. διαπίστωσαν, σε μελέτες με ραδιοσημασμένα αιμοπετάλια σε πειραματική νόσο, σημαντική μείωση του αριθμού τους στην περιφέρεια, βράχυνση της επιβίωσής τους, αυξημένη συγκέντρωσή τους στους πνεύμονες και κυκλοφορία τμημάτων ή μικρότερων αιμοπεταλίων. Οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν αιμοπεταλιακούς θρόμβους στην πνευμονική αρτηρία πειραματόζων, που επιβεβαιώνουν το βασικό ρόλο του πνεύμονα στη παθογένεια της νόσου από αποσυμπίεση, αφού αποτελεί κύριο



στόχο των φυσαλίδων που σχηματίζονται στη φλεβική κυκλοφορία στη διάρκεια της αποσυμπίεσης. Μελέτες με ραδιοσημασμένα με ίνδιο 131 αιμοπετάλια έδειξαν ότι η μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων αποτελεί γενικευμένο φαινόμενο, πιθανώς λόγω της διάχυτης βλάβης τους ενδοθηλίου των αγγείων.

Η πνευμονική υπέρταση, η διαταραχή της ανταλλαγής των αερίων και η δημιουργία πνευμονικού οιδήματος μη καρδιακής αιτιολογίας, που αποδίδεται στην αυξημένη διαπερατότητα του ενδοθηλίου των πνευμονικών αγγείων, αποτελούν σταθερά ευρήματα στις βαριές μορφές της νόσου από αποσυμπίεση τόσο σε πειραματόζωα όσο και στον άνθρωπο.

Εκτός από τη νόσο από αποσυμπίεση έχει βρεθεί ότι η παρατεταμένη (24-72 ώρες) εισπνοή μείγματος 40% αζώτου και 60% οξυγόνου σε ατμοσφαιρική πίεση προκαλεί διαταραχή του αιμοστατικού μηχανισμού ανάλογη του συνδρόμου της διάχυτης ενδαγγειακής πήξης.

Γενικά, η μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων είναι μεγαλύτερη σε δύτες με νόσο από αποσυμπίεση από ότι σε ασυμπτωτικά άτομα, ανεξάρτητα από τη διαπίστωση φυσαλίδων στη φλεβική κυκλοφορία των περισσότερων από αυτούς. Εξαίρεση αποτελούν οι καταδύσεις κορεσμού σε μεγάλα βάθη, όπου σε ασυμπτωτικούς δύτες διαπιστώθηκε μεγάλη μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων που αποδίδεται στην επίδραση της υδροστατικής πίεσης, αφού παρατηρείται πριν την αποσυμπίεση. Είναι πιθανόν ότι τόσο η υδροστατική πίεση όσο και η αποσυμπίεση έχουν επίδραση στον αριθμό και τη λειτουργία των αιμοπεταλίων, που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της υπερβαρικής έκθεσης.

## 2. Ινωδογόνο

Μετά από επανηλημμένες καταδύσεις, τα επίπεδα του ινωδογόνου του πλάσματος στον άνθρωπο μειώνονται σημαντικά και αποκαθίστανται προοδευτικά 1-2 ημέρες μετά τη διακοπή των καταδύσεων.

Αντίθετα, άλλοι ερευνητές βρήκαν αυξημένα επίπεδα ινωδογόνου σε άτομα που υποβλήθηκαν σε ανεπαρκή αποσυμπίεση μετά από καταδύσεις.

Οι Palos και συν. διαπίστωσαν διάχυτη ενδαγγειακή πήξη με κατανάλωση των παραγόντων πήξης σε πειραματόζωα μετά από παρατεταμένη χορήγηση υπερβαρικού οξυγόνου. Ανάλογα πειράματα, βραχείας φυσικά διάρκειας στον άνθρωπο, δείχνουν την έναρξη μείωσης του ινωδογόνου και των αιμοπεταλίων.

Αύξηση των προϊόντων αποδόμησης του ινωδογόνου-ινώδους, που θεωρείται χαρακτηριστικό εύρημα της διάχυτης ενδαγγειακής πήξης, έχει βρεθεί

σε βαριές μορφές της νόσου από αποσυμπίεση και θεωρείται χρήσιμη δοκιμασία για την εκτίμηση της βαρύτητας της κατάστασης του αρρώστου.

### 3. Χρόνος πήξης

Οι Philp και συν. βρήκαν αύξηση του χρόνου πήξης μετά από καταδύσεις. Αντίθετα σε δύτες που προσβλήθηκαν από τη νόσο από αποσυμπίεση, βρέθηκε μείωση του χρόνου πήξης που αποδίδεται στην έξοδο θρομβοπλαστίνης από τους ιστούς που έχουν υποστεί βλάβη.

### 4. Χρόνος προθρομβίνης

Οι Goad και συν. παρατήρησαν παράταση του χρόνου προθρομβίνης σε δύτες με νόσο από αποσυμπίεση. Αντίθετα, άλλοι ερευνητές δεν βρήκαν μεταβολή ούτε στο χρόνο προθρομβίνης ούτε στο χρόνο μερικής θρομβοπλαστίνης και στον παράγοντα VIII.

### 5. Μέγα-αιμοπεταλιακός δείκτης

Ο δείκτης αυτός αυξάνει 48-96 ώρες μετά από κατάδυση, χρόνος που αντιστοιχεί στην αποκατάσταση του αριθμού των αιμοπεταλίων και είναι ενδεικτικός της αυξημένης παραγωγής τους που ακολουθεί την αρχική μείωση. Ο υψηλός μέγα-αιμοπεταλιακός δείκτης, σε συνδυασμό με φυσιολογικό ή μειωμένο αριθμό αιμοπεταλίων, δείχνει την αντισταμιζόμενη θρομβοπενία και αντανakλά την αυξημένη ανακύκλωση των αιμοπεταλίων. Η υψηλή αναλογία μέγα-αιμοπεταλίων στο αίμα υποδηλώνει την ταχεία κυτταρική μεταβολή που συμβαίνει στο μυελό των οστών.

## **Έμμορφα στοιχεία του αίματος**

### 1. Ερυθρά αιμοσφαίρια

Οι Philp και συν. βρήκαν σε δύτες αύξηση του αριθμού των ερυθρών, της συγκέντρωσης της Hb και των δικτυοερυθροκυττάρων μετά από παραμονή 10 λεπτών σε πίεση 10 ατμοσφαιρών, χωρίς όμως ενδείξεις αυξημένης καταστροφής τους. Από άλλους βρέθηκε μείωση του αριθμού μετά από υπερβαρικές εκθέσεις διαφόρων μορφών.

Οι Brandley και Vorosmarti παρατήρησαν σε άτομα μετά από εισπνοή υπερβαρικού οξυγόνου (σε πίεση 2-8 ατμοσφαιρών για 30 λεπτά) μικρή, αλλά

στατιστικώς σημαντική, μείωση της μάζας των ερυθρών του αιματοκρίτη και των επιπέδων της αιμοσφαιρίνης και ελαφρά δικτυοερυθροκυττάρωση.

Η ικανότητα του ερυθρού αιμοσφαιρίου να απορροφά μηχανικό stress και να υφίσταται αναστρέψιμη παραμόρφωση, που οφείλεται στο εξειδικευμένο κυτταροπλασματικό δίκτυο του, αποτελεί μία από τις χαρακτηριστικές ιδιότητές του. Σε *in vitro* πειράματα διαπιστώθηκε ότι σε πίεση άνω των 60 ατμοσφαιρών αυξάνει η αναλογία των εχينوκυττάρων μέχρι και 20%. Μεταβολές στη μορφολογία των ερυθρών αιμοσφαιρίων έχουν παρατηρηθεί και σε δύτες μετά την αποσυμπίεση. Τα ακανθοκύτταρα και τα εχينوκύτταρα που παρατηρήθηκαν έχουν τα στοιχεία που έχουν περιγραφεί από τους Brecher και Bessis σε διάφορες νόσους, όπως ουραιμία, καρκίνο του στομάχου, ενζυμικές διαταραχές κ.λ.π. Ο αριθμός των εχينوκυττάρων αυξάνει ανάλογα με τη διάρκεια κατάδυσης, όπως έχει παρατηρηθεί σε καταδύσεις κορεσμού.

Εκτός από τις μορφολογικές διαταραχές, έχουν βρεθεί και βιοχημικές μεταβολές, όπως μείωση της δραστηριότητας της ανθρακικής ανύδρασης των ερυθρών αιμοσφαιρίων στη διάρκεια της συμπίεσης που αποκαθίσταται εν μέρει κατά την αποσυμπίεση. Οι Goldinger και συν. βρήκαν ότι η λειτουργία των ερυθροκυττάρων μεταβάλλεται σημαντικά κάτω από πιέσεις ανάλογες των επαγγελματικών καταδύσεων. Στις 30-50 ατμόσφαιρες μειώνεται η ενεργητική έξοδος του νατρίου, ενώ αυξάνεται η ενδοκυττάρια συγκέντρωση ATP και το πηλίκο Donnan των χλωριούχων. Θεωρείται ότι οι μορφολογικές και βιοχημικές μεταβολές των ερυθρών αιμοσφαιρίων επηρεάζουν τη μικροκυκλοφορία και συμβάλλουν στη δημιουργία της νόσου από αποσυμπίεση και της άσηπτης οστικής νέκρωσης.

## 2. Λευκά αιμοσφαίρια

Οι Barnard και συν. παρατήρησαν μείωση του αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων μετά από καταδύσεις. Έχει διαπιστωθεί σε πειραματόζωα, ότι μετά από μεγάλης έντασης αποσυμπίεση παρατηρείται παροδική μείωση των λευκοκυττάρων (κυρίως των λευκοκυττάρων) που αποδίδεται στην επινεφριδιακή απάντηση στο stress.

Άλλοι ερευνητές έχουν διαπιστώσει μετά από καταδύσεις, αύξηση του αριθμού των λευκοκυττάρων που κυμαίνεται από 9% μέχρι 47%.

Υπάρχουν αρκετές ενδείξεις ότι στη στιβάδα μεταξύ φυσαλίδας –πλάσματος γίνεται συγκόλληση αιμοπεταλίων και λευκοκυττάρων και συζητείται το ενδεχόμενο ο μεγαλύτερος αριθμός των λευκοκυττάρων (ακόμη και μέσα στα φυσιολογικά όρια) να αυξάνει την πιθανότητα δημιουργίας νόσου από αποσυμπίεση.

Τα αντικρουόμενα ευρήματα σχετικά με τη μεταβολή του αριθμού των λευκοκυττάρων συνηγορούν για την ύπαρξη και άλλων παραγόντων που προκαλούν μείωση, αφού η συνυπάρχουσα αιμοσυμπύκνωση μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού τους.

### **Ενζυμικοί και βιοχημικοί παράγοντες**

#### **1. Συμπλήρωμα**

Υποστηρίζεται ότι η ευαισθησία στην προσβολή από τη νόσο από αποσυμπίεση σχετίζεται με το βαθμό ενεργοποίησης του συμπληρώματος, που προκαλείται όταν το πλάσμα αναμιχθεί με φυσαλίδες αέρα. Το ποσό της αναφυλατοξίνης C<sub>5</sub> που παράγεται με τον τρόπο αυτό έχει διαπιστωθεί από τους παραπάνω ερευνητές ότι σχετίζεται με την ευαισθησία του ατόμου.

Αντίθετα, οι O'Hanlon και συν. δεν διαπίστωσαν την ύπαρξη σχέσης μεταξύ συμπληρώματος και ευαισθησίας στη νόσο.

#### **2. γ-σφαιρίνη ENY**

Σε βαριά περιστατικά της νόσου από αποσυμπίεση έχει διαπιστωθεί αύξηση της γ-σφαιρίνης στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό, ενώ, αντίθετα, σε ελαφρές μορφές η αύξηση είναι πολύ μικρότερη ή λείπει τελείως.

#### **3. Ηλεκτρολύτες ορού**

Δεν έχουν διαπιστωθεί αξιόλογες μεταβολές στα επίπεδα των ηλεκτρολυτών του ορού, αναφέρεται όμως μείωση του πηλίκου Na προς K των ούρων.

Οι Powell παρατήρησαν αύξηση της CPK και της LDH σε χοίρους με νόσο από αποσυμπίεση που παρουσιάζουν, όπως είναι γνωστό, μεγάλη αναλογία στα επίπεδα των ενζύμων αυτών με τον άνθρωπο. Η αύξηση αποδίδεται σε καρδιακή βλάβη λόγω του μεγάλου αριθμού φυσαλίδων στην κυκλοφορία.

Στον άνθρωπο, δεν έχουν διαπιστωθεί στις συνήθεις καταδύσεις ανάλογες ενζυμικές μεταβολές, αν και που έχει αναφερθεί μείωση των GOT και LDH μετά από καταδύσεις, που πιθανώς σχετίζεται με τη μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων.

Τέλος, πρόσφατα οι Goldinger και συν. διαπίστωσαν στον άνθρωπο σημαντική αύξηση των τρανσαμινασών (SCOT και SGPT) και της αλκαλικής φωσφατάσης σε καταδύσεις κορεσμού που υποχώρησε λίγες μέρες μετά τη κατάδυση, χωρίς όμως να εξακριβωθεί η αιτία της αναστρέψιμης ηπατικής δυσλειτουργίας.

#### **4.9 ΘΕΡΑΠΕΙΑ**

Όλοι όσοι ασχολούνται με τις καταδύσεις θα πρέπει να έχουν υπ' όψιν τους ότι υπάρχει η πιθανότητα να προσβληθούν από τη νόσο των δυτών ακόμη και αν έχουν τηρηθεί οι χρόνοι που υποδεικνύουν τα όργανα και οι πίνακες αποσυμπιέσεως

Επειδή της καλύτερη Α' Βοήθεια συνιστά ουσιαστικά η πρόληψη, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ορισμένα βασικά προληπτικά μέτρα ως εξής:

A. Κατάλληλη ξεκούραση πριν και μετά την κατάδυση.

B. Μη λήψη φαρμάκων (κυρίως αλκοόλ, ηρεμιστικών, διεγερτικών, ναρκωτικών).

Θα πρέπει να προσέχουν ιδιαίτερα όσοι δύτες καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες καφέ, γιατί οι διουρητικές του ιδιότητες σε συνδυασμό με τη διούρηση που φυσιολογικά εμφανίζεται στις καταδύσεις δυνατόν να προκαλέσει πρόβλημα αφυδατώσεως του δύτε.

Γ. Καλή φυσική κατάσταση.

Δ. Απουσία ιατρικών αντενδείξεων για καταδύσεις.

Ε. Καλή γνώση χρήσεως του καταδυτικού εξοπλισμού.

ΣΤ. Πιστή τήρηση των πινάκων αποπιέσεως.

Αν παρά την προσπάθεια για πρόληψη, εμφανιστεί νόσος δυτών θα πρέπει ανάλογα με τις γνώσεις και τα παρεχόμενα μέσα να αναληφθούν οι παρακάτω ενέργειες:

1. Αδρή εκτίμηση της περιπτώσεως και τηλεφωνική επικοινωνία με το θάλαμο Αποπιέσεως.

Να μην ξεχνάμε ότι δεν απαιτείται επανασυμπιέση για την αντιμετώπιση όλων των συμβαμάτων μιας καταδύσεως.

## 2. Τοποθέτηση του ασθενούς σε ύπτια θέση.

Δεν είναι λίγοι εκείνοι που κατά καιρούς συμβούλεψαν την τοποθέτηση και διακομιδή του ασθενούς με το κεφάλι προς τα κάτω (θέση Trendelenburg) υποστηρίζοντας ότι η επίδραση της ανώσεως μαζί με την αγγειοδιαστολή στο φλεβικό δίκτυο του εγκεφάλου στη θέση αυτή, διευκολύνει την απομάκρυνση των φουσαλίδων από τα εγκεφαλικά τριχοειδή και την ταχύτερη διάλυσή τους. Νεότερες όμως μελέτες δείχνουν ότι η θέση Trendelenburg με τις μεταβολές στην ενδοκράνιο πίεση και την εγκεφαλική αιματική ροή τελικά επιδεινώνει την κατάσταση επιβαρύνοντας έτσι την πρόγνωση. Κατά την άποψη, τέλος, ορισμένων ο ασθενής δύναται να διακομισθεί σε καθεστηκία θέση χωρίς κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα.

## 3. Υποστήριξη ζωτικών λειτουργιών

Έλεγχος σφύξεων και αναπνοής και έναρξη καρδιοπνευμονικής αναζωογονήσεως αν αυτό απαιτείται. Είναι σημαντικό να διατηρηθούν ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί η εισρόφηση τυχόν εμεσμάτων.

## 4. Χορήγηση οξυγόνου 100%

Οξυγόνο 100% πρέπει να χορηγείται με μάσκα ή ενδοτράχειο σωλήνα. Το μέτρο αυτό μαζί με τη διατήρηση του ενδαγγειακού όγκου με τη χορήγηση υγρών θεωρούνται τα πιο σημαντικά στοιχεία της άμεσης αντιμετώπισεως και θα πρέπει να συνεχίζονται μέχρι το θάλαμο επανασυμπιέσεως. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη χορήγηση οξυγόνου 100% διότι έτσι επιτυγχάνεται κανείς αφ' ενός καλύτερη οξυγόνωση των υποξικών ιστών, αφ' ετέρου τη μεγαλύτερη δυνατή αποβολή αδρανούς αερίου. Η εμπειρία έχει αποδείξει ότι οι δύτες στους οποίους χορηγήθηκε οξυγόνο κατά τη διάρκεια της διακομιδής τους στο Θάλαμο Αποσυμπιέσεως από τον τόπο του ατυχήματος, ήρθαν σε καλύτερη κλινική κατάσταση, ενώ είχαν και πολύ πιο θετική πορεία αποθεραπείας.

## 5. Ενυδάτωση

Ελάττωση του όγκου του πλάσματος και αιμοσυμπύκνωση είναι ευρήματα άριστα τεκμηριωμένα τόσο σε έρευνες με πειραματόζωα όσο και σε μεγάλες σειρές ανθρώπων- ασθενών. Η υποογκαιμία δυνατόν να συμβάλει στην εμφάνιση καταπληξίας (SHOCK) ενώ η αιμοσυμπύκνωση μπορεί να προκαλέσει αυξημένη γλοιότητα του αίματος και πιθανόν μικροθρομβώσεις.

Για τους λόγους αυτούς πρέπει να χορηγούνται υγρά από το στόμα σε όσους δύτες έχουν λόγους αυτούς πρέπει να χορηγούνται υγρά από το στόμα σε όσους δύτες έχουν καλό επίπεδο συνειδήσεως ενώ ενδοφλέβια χορήγηση υγρών πρέπει να γίνεται σε όλες τις σοβαρές περιπτώσεις νόσου δυτών.

Η επιλογή των χορηγουμένων υγρών είναι μάλλον αυθαίρετη μιας και δεν υπάρχουν πειραματικές μελέτες που να καθορίζουν τον καλύτερο παράγοντα.

Στο τμήμα υπερβαρικής ιατρικής του Ν.Ν.Σ. προτιμούμε τη χορήγηση RINGER'S LACTATE ή NORMAL SALINE για την αρχική αντιμετώπιση. Σε περίπτωση που στην πορεία παρατηρείται επιμένουσα υπόταση θα πρέπει να σκεφθούμε τη χορήγηση κολλοειδών διαλυμάτων (αλβουμίνη ή δεξτράνες) και σε νέα αποτυχία της αγωγής, ντοπαμίνη ή αδρεναλίνη. Αποφεύγεται, τουλάχιστον τις πρώτες ώρες, η χορήγηση δεξτρόζης αφού υπεργλυκαιμία δυνατόν να επιδεινώσει την εγκεφαλική βλάβη.

Ο ρυθμός χορηγήσεως των υγρών εξαρτάται από την κλινική κατάσταση του ασθενούς. Σε γενικές γραμμές προτιμούμε τη χορήγηση 2-3 lt υγρών σε μια περίοδο περίπου 2 ωρών. Η αιμοδυναμική κατάσταση του ασθενούς, ο αιματοκρίτης και ο όγκος των αποβαλλομένων ούρων είναι οι δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της περαιτέρω θεραπείας.

Εννοείται πως είναι απαραίτητη η εισαγωγή καθετήρος κύστεως για τον έλεγχο των αποβαλλόμενων όγκων και οπωσδήποτε σε περιπτώσεις υπάρξεως κυστικών διαταραχών.

#### 6. Κορτικοστεροειδή

Υπάρχουν σαφώς αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τη χρησιμοποίηση κορτικοστεροειδών. Ορισμένοι υπήρξαν ένθερμοι υποστηρικτές της χορηγήσεως των και ιδιαίτερα της δεξαμεθαζόνης, για την μείωση του οιδήματος στον εγκέφαλο και το Νωτιαίο Μυελό. Άλλες μελέτες αμφισβητούν εμφαντικά την αποτελεσματικότητά τους.

Εμείς συνηθίζουμε τη χορήγηση 25-50 mg πρεδνιζολόνης/lt χορηγουμένων υγρών στις πρώτες ώρες της αντιμετώπισης, με προοδευτική μείωση τις επόμενες ώρες και μέρες της θεραπείας.

Η μαννιτόλη και η φουροσεμίδα μπορούν επίσης να προσφέρουν πολλά στην αντιμετώπιση του οιδήματος, πρέπει όμως να χορηγούνται με προσοχή και σε καλά ενυδατωμένους ασθενείς.

## 7. Αντιθρομβωτικοί παράγοντες

α. Ασπιρίνη: Χορηγείται για την ιδιότητά την να μειώνει τη συγκόλληση των αιμοπεταλίων. Δεν μας ενδιαφέρει η αναλγητική της δράση και θα πρέπει να αποφεύγεται η χορήγηση άλλων αναλγητικών διότι είναι δυνατή η συγκάλυψη της κλινικής εικόνας. Συνηθίζουμε να δίνουμε 0,5 mg έως 1 gr από το στόμα.

β. Ηπαρίνη: Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ηπαρίνη μπορεί να βελτιώσει την πρόγνωση κυρίως σε εκείνες τις περιπτώσεις πνευμονικής μορφής της νόσου (CHOKES) που παρουσιάζουν μικρή αναπόκριση στη θεραπεία επαναπιέσεως.

## 8. Διαζεπάμη

Η ενδοφλέβια χορήγησή της έχει ένδειξη στην αντιμετώπιση διαταραχών από DCS του έσω ωτός (ναυτία- ίλιγγος- δυσάγωγος έμετος) και σπασμών σε ασθενή πάσχοντα από εμβολή από αέρα. Η αντιμετώπιση των σπασμών πρέπει να είναι δυναμική, γιατί αυξάνουν σε μεγάλο βαθμό τις μεταβολικές ανάγκες του εγκεφάλου, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του βλαφθέντος εγκεφαλικού ιστού. Μια καλή προσέγγιση στη λύση ενός τέτοιου προβλήματος αποτελεί η χορήγηση 5 mg διαζεπάμης ενδοφλεβίως και στη συνέχεια 1-1,5 mg φαινυτοΐνης ενδοφλεβίως σε χρόνο 20-30 min.

## 9. Λιδοκαΐνη

Πρόσφατες έρευνες κατέδειξαν ότι μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα κυρίως σε περιπτώσεις εμβολής από αέρα. Δύναται να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση καρδιακών αρρυθμιών και σπασμών ενώ φαίνεται να δρα και εναντίον της αυξημένης ενδοκρανίου πίεσεως, ελαττώνοντας την. Ένα καλό δοσολογικό σχήμα αποτελεί η χορήγηση αρχικά 100 mg ενδοφλεβίως σαν δόση εφόδου και στη συνέχεια 2-4 mg/min για συντήρηση. Προσοχή στην υπερδοσολόγηση διότι μπορεί να προκαλέσει την εμφάνιση σπασμών, με αποτέλεσμα την εξουδετέρωση όλων των θετικών ιδιοτήτων.

## 10. Ταχεία διακομιδή του ασθενούς στον Θάλαμο Αποπιέσεως

Ένας πολύ σημαντικός αν όχι ο σημαντικότερος παράγοντας στο επιτυχές αποτέλεσμα της θεραπείας είναι η μεγαλύτερη δυνατή μείωση του χρόνου μεταξύ της ενάρξεως της συμπτωματολογίας και της ενάρξεως της θεραπευτικής επαναπιέσεως. Αν η απόσταση από την περιοχή την καταδύσεως μέχρι το Θάλαμο είναι μεγάλη για τη χρήση οδικού μέσου θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί εναέριο μέσο. Είναι σημαντικό ο ασθενής να μην εκτεθεί στις χαμηλές



βαρομετρικές πιέσεις που επικρατούν στα ύψη που συνήθως πετούν τα αεροσκάφη της Πολιτικής Αεροπορίας.

Έτσι θα πρέπει ο ασθενής να μεταφερθεί με το στρατιωτικό C-130 ή με άλλο αεροσκάφος που θα διατηρεί πίεση καμπίνας ίση με 1 Atm.

Η διακομιδή μπορεί να γίνει και με ελικόπτερο το οποίο όμως δεν πρέπει να ξεπεράσει στη διάρκεια της πτήσεως το ύψος των 100-150 μέτρων, ακόμα και αν χρειαστεί να καθυστερήσει παρακάμπτοντας κάποιο ύψωμα αντί να πετάξει πάνω από αυτό.

Είναι γενικώς προτιμότερο να καθυστερήσει λίγο η διακομιδή (αναμένοντας, για παράδειγμα, αεροσκάφος με συμπιεσμένη καμπίνα ή παρακάμπτοντας κάποιο ύψωμα με το ελικόπτερο ή, τέλος, ακολουθώντας μια οδική διαδρομή που βρίσκεται όμως σε υψόμετρο) από το να εκτεθεί ο ασθενής πάσχων από DCS ή αρτηριακή εμβολή από αέρα σε χαμηλές πιέσεις.

#### 11. Αποσυμπίεση μέσα στο νερό

Απαγορεύεται αυστηρά όταν το αναπνεόμενο μέσο είναι ο συμπιεσμένος αέρας. Προσπάθειες για αποσυμπίεση μέσα στο νερό με χορήγηση συμπιεσμένου αέρα έχουν καταλήξει σε μερικές από τις πιο δύσκολες περιπτώσεις ασθενών που αντιμετωπίστηκαν ποτέ.

Η μόνη περίπτωση που μπορεί να γίνει αποδεκτή η αποσυμπίεση μέσα στο νερό είναι όταν το αναπνεόμενο μέσο είναι καθαρό οξυγόνο και μόνο όταν το ατύχημα έχει συμβεί σε πολύ απομακρυσμένη περιοχή και υπάρχει έμπειρο προσωπικό που θα συνδράμει στο εγχείρημα.

Όλα τα παραπάνω αποτελούν μέτρα συνοδευτικά της ουσιαστικής θεραπείας την Νόσου Δυτών που είναι η επανασυμπίεση σε θάλαμο αποπίεσεως. Όλες μας οι ενέργειες θα πρέπει επομένως να συντείνουν στην ταχύτερη δυνατή διακομιδή του ασθενούς στον κοντινότερο θάλαμο και με τη μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια, όπου και θα εφαρμοσθεί το κατάλληλο θεραπευτικό σχήμα αποσυμπίεσεως.

Η θεραπεία της νόσου των δυτών μπορεί να γίνει μόνο μ'ένα τρόπο. Με τον παραμερισμό του αιτίου που την προκαλεί. Πρέπει να διαλυθούν οι φυσαλίδες μέσα στο αίμα και ν'αποκατασταθεί η κυκλοφορία στις περιοχές όπου έχει διακοπεί. Όσο πιο γρήγορα γίνει αυτό, τόσο μεγαλύτερες είναι οι πιθανότητες να μην μείνουν μόνιμες διαταραχές. Για να ξαναδιαλυθούν οι φυσαλίδες μέσα στο

αίμα, πρέπει με τεχνητά μέσα να γίνει η εφαρμογή του Νόμου του Χένρυ. Να αυξηθεί η εξωτερική πίεση και η πίεση του εισπνεόμενου αέρα, τόσο που να φτάσει και να περάσει το επίπεδο που βρισκόταν πριν γίνει η απελευθέρωση του αζώτου.

Για πολλά χρόνια, η θεραπεία της νόσου των δυτών γινόταν εντελώς εμπειρικά. Μόλις, δηλαδή, ο δύτης έφτανε στην επιφάνεια και παρουσίαζε συμπτωματολογία ύποπτη, βυθιζόταν αμέσως με το σκάφανδρο του μέχρι το βάθος που βρισκόταν προηγουμένως και από κει ανασυρόταν αργά αργά, χωρίς να τηρείται κανένας ειδικός κανόνας. Βέβαια τα αποτελέσματα ήταν αποκαρδιωτικά, όπως αποδεικνύει η δραματική ιστορία της ελληνικής σποφφαλίας, με το πλήθος των νεκρών και των αναπήρων της. Παρόλα αυτά, η πρωτόγονη αυτή μέθοδος σε έκτατες περιπτώσεις εφαρμόζεται ακόμα και τώρα, αλλά δεν παύει να είναι μια μέθοδος αμφίβολη, δύσκολη και επικίνδυνη. Γίνεται δε σχεδόν αδύνατη, αν αντί σκάφανδρο χρησιμοποιηθεί αυτόνομη αναπνευστική συσκευή. Οπωσδήποτε, η καταφυγή σε ένα τέτοιο τρόπο θεραπείας αποτελεί λύση απελπισίας.

Υπάρχουν δύο είδη θεραπευτικών πινάκων. Οι πίνακες αέρα και οι πίνακες οξυγόνου. Οι πρώτοι σήμερα τείνουν να εγκαταλειφθούν και χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, επειδή η δεύτερη έχουν καλύτερα αποτελέσματα και μικρότερη διάρκεια. Κατά την διάρκεια της θεραπευτικής επανεσυμπίεσης με οξυγόνο, ο ασθενής εισπνέει κατά διαστήματα, από ειδική προσωπίδα, καθαρό οξυγόνο υπό πίεση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, αφενός την ταχύτερη αποβολή του αζώτου και αφετέρου την καλύτερη οξυγόνωση των ιστών του ατόμου που έχει προσληφθεί από την νόσο.

Η σωτηρία του είναι σχεδόν πάντοτε βέβαιη, όταν η θεραπεία γίνει σωστά μέσα στον θάλαμο. Αρκεί να μπει σ' αυτόν γρήγορα! Η ταχύτητα στην περίπτωση αυτή είναι ο αποφασιστικότερος παράγοντας.

#### **4.10 ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ.**

Σήμερα η νόσος των δυτών θεραπεύεται με εντελώς σύγχρονο, σίγουρο και επιστημονικό τρόπο. Με το θάλαμο αποσυμπιέσεως. Ο ασθενής τοποθετείται μέσα σε αυτόν, όπου μακριά από κάθε άλλο κίνδυνο και υπό την άμεση παρακολούθηση του γιατρού, υποβάλλεται στην επανασυμπίεση. Οι φυσαλίδες του αζώτου διαλύονται πάλι στο αίμα, η κυκλοφορία ελευθερώνεται, τροφοδοτούνται οι ισχαιμικές περιοχές και τα συμπτώματα υποχωρούν. Ύστερα, με βάση τους ειδικούς θεραπευτικούς πίνακες (Πιν.1) γίνεται επανασυμπίεση σε καθορισμένο βάθος ανάλογα με τα συμπτώματα της νόσου και ακολουθεί προγραμματισμένη ελάττωση της πίεσεως, ώστε να γίνει προοδευτική αποβολή του αζώτου από το αίμα.

Πίνακας 1: Προληπτική Αποσυμπίεση

Βάθος (σε μέτρα)	Βάθος (σε πόδια)	Ώρα κατο- δόσεως (σε λεπτά)	Ώρα μέχρι την πρώτη στάση (σε λεπτά/δευτ.)	Στάσεις αποσυμπίεσης					Συνολική Ώρα αναδόσεως (σε λεπτά/δευτ.)	Γράμμα Κώδικα
				50 π. 15 μ.	40 π. 12 μ.	30 π. 9 μ.	20 π. 6 μ.	10 π. 3 μ.		
12.2	40	200						0	0:40	*
		210	0:30					2	2:40	N
		230	0:30					7	7:40	N
		250	0:30					11	11:40	O
		270	0:30					15	15:40	O
		300	0:30					19	19:40	Z
15.2	50	100						0	0:50	*
		110	0:40					3	3:50	L
		120	0:40					5	5:50	M
		140	0:40					10	10:50	M
		160	0:40					21	21:50	N
		180	0:40					29	29:50	O
		200	0:40					35	35:50	O
		220	0:40					40	40:50	Z
		240	0:40					47	47:50	Z
18.3	60	60						0	1:00	*
		70	0:50					2	3:00	K
		80	0:50					7	8:00	L
		100	0:50					14	15:00	M
		120	0:50					26	27:00	N
		140	0:50					39	40:00	O
		160	0:50					48	49:00	Z
		180	0:50					56	57:00	Z
		200	0:40					169	71:00	Z
21.3	70	50						0	1:10	*
		60	1:00					8	9:10	K
		70	1:00					14	15:10	L
		80	1:00					18	19:10	M
		90	1:00					23	24:10	N
		100	1:00					33	34:10	N
		110	0:50					2	41	44:10
		120	0:50				4	47	52:10	O

Συνέχεια Πίνακα 1:

Βάθος (σε μέτρα)	Βάθος (σε πόδια)	Ώρα κατα- δύσεως (σε λεπτά)	Ώρα μέχρι την πρώτη στάση (σε λεπτόδευτ.)	Στάσεις αποσυρπίσεως					Συνολική Ώρα ανοδύσεως (σε λεπτόδευτ.)	Γράμμα Κώδικα
				50 π. 15 μ.	40 π. 12 μ.	30 π. 9 μ.	20 π. 6 μ.	10 π. 3 μ.		
21.3	70	130	0:50					6 52	59:10	O
		140	0:50					8 56	65:10	Z
		150	0:50					9 61	71:10	Z
		160	0:50					13 72	86:10	Z
		170	0:50					19 79	99:10	Z
24.4	80	40						0	1:20	*
		50	1:10					10	11:20	K
		60	1:10					17	18:20	L
		70	1:10					23	24:20	M
		80	1:00				2 31		34:20	N
		90	1:00				7 39		47:20	N
		100	1:00				11 46		58:20	O
		110	1:00				13 53		67:20	O
		120	1:00				17 56		74:20	Z
		130	1:00				19 63		83:20	Z
		140	1:00				26 69		96:20	Z
150	1:00				32 77		110:20	Z		
27.4	90	30						0	1:30	*
		40	1:20					7	8:30	J
		50	1:20					18	19:30	L
		60	1:20					25	26:30	M
		70	1:10				7 30		38:30	N
		80	1:10				13 40		54:30	N
		90	1:10				18 48		67:30	O
		100	1:10				21 54		76:30	Z
		110	1:10				24 61		86:30	Z
		120	1:10				32 68		101:30	Z
130	1:00				5 36 74		116:30	Z		
30.5	100	25						0	1:40	*
		30	1:30					3	4:40	I
		40	1:30					15	16:40	K
		50	1:20				2 24		27:40	L
		60	1:20				9 28		38:40	N
		70	1:20				17 39		57:40	O

Συνέχεια Πίνακα 1:

Βάθος (σε μέτρα)	Βάθος (σε πόδια)	Ώρα κατα- δύσεως (σε λεπτά)	Ώρα μέχρι την πρώτη σάση (σε λεπτούς.)	Στάσεις αποσυμπίεσης					Συνολική Ώρα ανόδου (σε λεπτούς.)	Γράμμα Κόδικα
				50 π. 15 μ.	40 π. 12 μ.	30 π. 9 μ.	20 π. 6 μ.	10 π. 3 μ.		
		80	1:20					23 48	72:40	O
		90	1:10					3 23 57	84:40	Z
		100	1:10					7 23 66	97:40	Z
		110	1:10					10 34 72	117:40	Z
		120	1:10					12 41 78	132:40	Z
33.5	110	20						0	1:50	*
		25	1:40					3	4:50	H
		30	1:40					7	8:50	J
		40	1:30					2 21	24:50	L
		50	1:30					8 26	35:50	M
		60	1:30					18 36	55:50	N
		70	1:20					1 23 48	73:50	O
		80	1:20					7 23 57	88:50	Z
		90	1:20					12 30 64	107:50	Z
		100	1:20					15 37 72	125:50	Z
36.6	120	15						0	2:00	*
		20	1:50					2	4:00	H
		25	1:50					6	8:00	I
		30	1:50					14	16:00	J
		40	1:40					5 25	32:00	L
		50	1:40					15 31	48:00	N
		60	1:30					2 22 45	71:00	O
		70	1:30					9 23 55	89:00	O
		80	1:30					15 27 63	107:00	Z
		90	1:30					19 37 74	132:00	Z
		100	1:30					23 45 80	150:00	Z
39.6	130	10						0	2:10	*
		15	2:00					1	3:10	F
		20	2:00					4	6:10	H
		25	2:00					10	12:10	J
		30	1:50					3 18	23:10	M
		40	1:50					10 25	37:10	N
		50	1:40					3 21 37	63:10	O

Συνέχεια Πίνακα 1:

Βάθος (σε μέτρα)	Βάθος (σε πόδια)	Ώρα κατα- δύσεως (σε λεπτά)	Ώρα μέγισ- την πρόσθη- σμένη (σε λεπτά:δευτ.)	Στάσεις αποσυμπίεσης					Συνολική Ώρα αυθόρτου (σε λεπτά:δευτ.)	Γράμμα Κώδικα		
				50 π. μ.	40 π. μ.	30 π. μ.	20 π. μ.	10 π. μ.				
		60	1:40				9	23	52	86:10	Z	
		70	1:40				16	24	61	103:10	Z	
		80	1:30				3	19	35	72	131:10	Z
		90	1:30				8	19	45	80	154:10	Z
42.7	140	10							0	2:20	*	
		15	2:10						2	4:20	G	
		20	2:10						6	8:20	I	
		25	2:00					2	14	18:20	J	
		30	2:00					5	21	28:20	K	
		40	1:50					2	16	26	46:20	N
		50	1:50					6	24	44	76:20	O
		60	1:50					16	23	56	97:20	Z
		70	1:40					4	19	32	68	125:20
80	1:40					10	23	41	79	155:20	Z	
45.7	150	5							0	2:30	C	
		10	2:20						1	3:30	E	
		15	2:20						3	5:30	G	
		20	2:10					2	7	11:30	H	
		25	2:10					4	17	23:30	K	
		30	2:10					8	24	34:30	L	
		40	2:00					5	19	33	59:30	N
		50	2:00					12	23	51	88:30	O
		60	1:50					3	19	26	62	112:30
70	1:50					11	19	39	75	146:30	Z	
80	1:40					1	17	19	50	84	173:30	Z
48.8	160	5							0	2:40	D	
		10	2:30						1	3:40	F	
		15	2:20					1	4	7:40	H	
		20	2:20					3	11	16:40	J	
		25	2:20					7	20	29:40	K	
		30	2:10					2	11	25	40:40	M
		40	2:10					7	23	39	71:40	N
50	2:00					7	16	23	55	98:40	Z	

Συνέχεια Πίνακα 1:

Βάθος (σε μέτρα)	Βάθος (σε πόδια)	Ώρα κατα- βάσεως (σε λεπτά)	Ώρα μέχρι την πρώτη στάση (σε λεπτά/δευτ.)	Στάσεις αποσυμπίεσης					Συνολική Ώρα αναδέσεως (σε λεπτά/δευτ.)	Γράμμα Κόλινα
				50 π. 15 μ.	40 π. 12 μ.	30 π. 9 μ.	20 - π. 6 μ.	10 π. 3 μ.		
		60	2:00				9 19 33 69	132:40	Z	
		70	1:50				1 17 22 44 80	166:40	Z	
51.8	170	5					0	2:50	D	
		10	2:40				2	4:50	F	
		15	2:30				2 5	9:50	H	
		20	2:30				4 15	21:50	J	
		25	2:20				2 7 23	34:50	L	
		30	2:20				4 13 26	45:50	M	
		40	2:10				1 10 23 45	81:50	O	
		50	2:10				5 18 23 61	109:50	Z	
		60	2:00				2 15 22 37 74	152:50	Z	
		70	2:00				8 17 19 51 86	183:50	Z	
54.9	180	5					0	3:00	D	
		10	2:50				3	6:00	F	
		15	2:40				3 6	12:00	I	
		20	2:30				1 5 17	26:00	K	
		25	2:30				3 10 24	40:00	L	
		30	2:30				6 17 27	53:00	N	
		40	2:20				3 4 23 50	93:00	O	
		50	2:10				2 9 19 30 65	128:00	Z	
		60	2:10				5 16 19 44 81	168:00	Z	
57.9	190	5					0	3:10	D	
		10	2:50				1 3	7:10	G	
		15	2:50				4 7	14:10	I	
		20	2:40				2 6 20	31:10	K	
		25	2:40				5 11 25	44:10	M	
		30	2:30				1 8 19 43	63:10	N	
		40	2:30				8 14 23 55	103:10	O	
		50	2:20				4 13 22 33 72	147:10	Z	
		60	2:20				10 17 19 50 84	183:10	Z	



## 5. ΘΑΛΑΜΟΙ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο θάλαμος αποσυμπιέσεως (Εικ.15) σε αδρές γραμμές, δεν είναι παρά ένα μεγάλο μεταλλικό βαρέλι με ισχυρά τοιχώματα, μέσα στο οποίο μπορεί να συμπιεστεί κατά βούληση αέρας.

Βασικά υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων θαλάμων. Ο Μεγάλος και ο Μικρός. Ο μεγάλος αποτελείται από δύο ή τρία διαμερίσματα, το «κύριο διαμέρισμα» στο οποίο μπορούν να κάθονται 5-6 άνθρωποι άνετα και ο ένας να είναι ξαπλωμένος και τον προθάλαμο (ή τους 2 προθάλαμους). Ο μικρός αποτελείται από ένα μόνο κυλινδρικό διαμέρισμα, στο οποίο χωρεί ένας ξαπλωμένος.

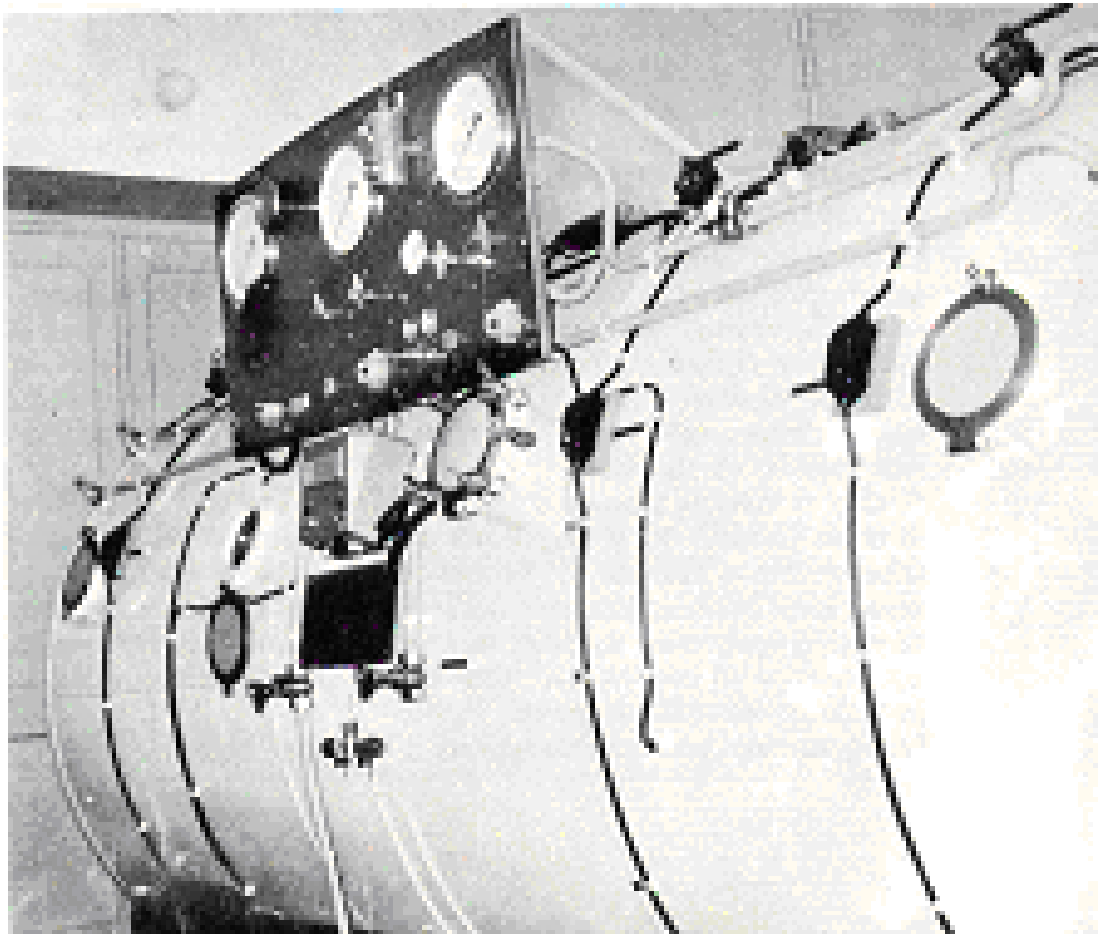
Το σπουδαιότερο πλεονέκτημα του μεγάλου θαλάμου είναι ότι μπορούν να μπαινοβγαίνουν άνθρωποι στο κύριο διαμέρισμα κατά την διάρκεια της θεραπείας, χωρίς να μεταβάλλεται η πίεση.

Σύγχρονους μεγάλους θαλάμους αποσυμπιέσεως διαθέτει, το Πολεμικό Ναυτικό Νοσοκομείο Σαλαμίνας, το Πολεμικό Ναυτικό Νοσοκομείο Σούδας και το Νοσοκομείο Καλύμνου.

Μικρό φορητό θάλαμο πρέπει να έχουν τα οργανωμένα καταδυτικά συνεργεία και να τον παίρνουν μαζί τους στις έρευνες που κάνουν και στις υποβρύχιες δραστηριότητές τους. Είναι έτσι κατασκευασμένος, ώστε μπορεί να προσαρμοστεί στο μεγάλο του ίδιου εργοστασίου και να μεταβιβαστεί ο ασθενής σ' αυτόν, χωρίς να διακόπτεται η θεραπεία του.

Όλοι οι θάλαμοι έχουν ένα μικρό παραθυράκι, από το οποίο μπορούν να μεταφέρονται φάρμακα, φαγητά, αντικείμενα κατά την διάρκεια της θεραπείας.

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ο θάλαμος αποσυμπιέσεως πρέπει να υπάρχει μεγάλη ποσότητα από καθαρό συμπιεσμένο αέρα. Αυτό πετυχαίνεται με μεγάλους κυλίνδρους και με αεροσυμπιεστή άριστης λειτουργίας. Ο μικρός θάλαμος μπορεί να τροφοδοτηθεί προσωρινά και με τον αέρα από τους κυλίνδρους των κατασκευαστών.



Εικόνα 15: Θάλαμος Αποσυμπιέσεως

## 5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΘΑΛΑΜΩΝ

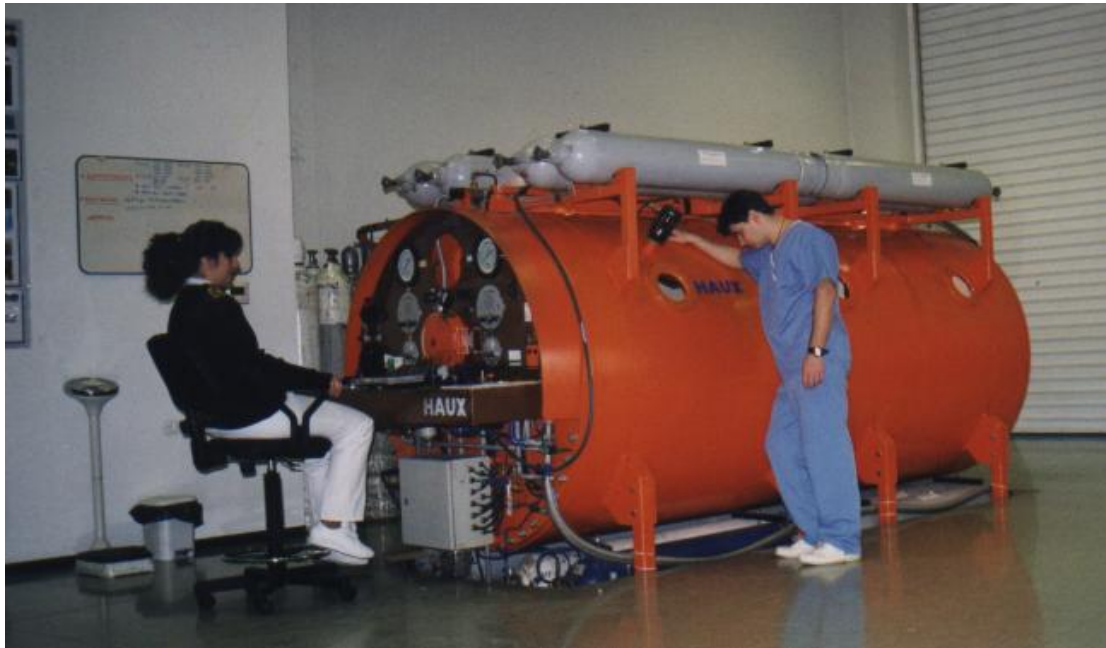
Οι υπερβαρικοί θεραπευτικοί θάλαμοι που χρησιμοποιούνται για υπερβαρική οξυγονοθεραπεία (Υ.Ο.Θ.), μπορεί να είναι μονοθέσιοι (Εικ.16), διθέσιοι (Εικ.17), τετραθέσιοι, πολυθέσιοι (Εικ.18) κ.λ.π. Δεν έχει σημασία το μήκος του θαλάμου, αλλά η ικανότητα του σε μάσκες οξυγόνου. Δηλ. ένας θάλαμος 2Χ4 μέτρα να έχει 2 μάσκες παροχής οξυγόνου και να είναι διθέσιος και ένας μικρότερος 1.5Χ3 μέτρα να έχει 4 μάσκες οξυγόνου και να είναι τετραθέσιος.



Εικόνα 16: Μονοθέσιος θάλαμος



Εικόνα 17: Διθέσιος θάλαμος



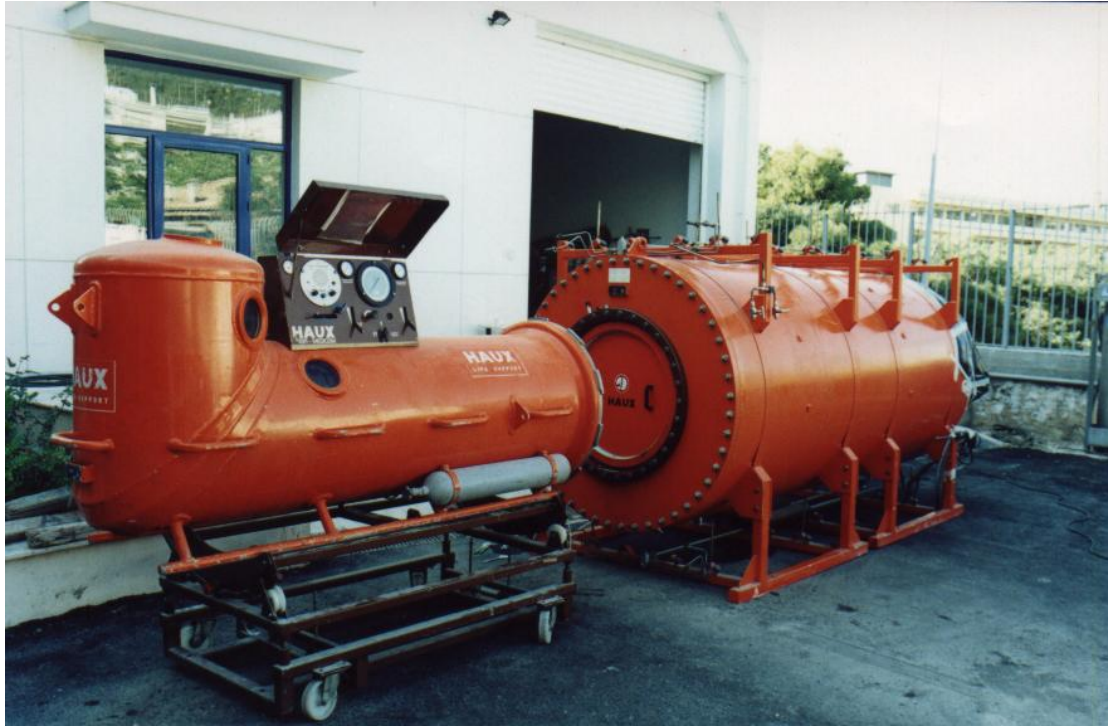
Εικόνα 18: Πολυθέσιος θάλαμος

## Υπερβαρικοί θάλαμοι

- Ειδικοί χώροι θεραπείας, ικανοί να αντέχουν σε πιέσεις μεγαλύτερες της ατμοσφαιρικής
- Το μέγεθος, το είδος & η αντοχή στην πίεση διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των διαφόρων τύπων θαλάμων
- Διακρίνονται σε μονοθέσιους & πολυθέσιους ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων που μπορούν να αντιμετωπιστούν ανά συνεδρία
- Τύποι υπερβαρικών θαλάμων
- Μονοθέσιοι (Εικ.19)
- Πολυθέσιοι
- Κινητοί ή φορητοί για μεταφορά ασθενών (Εικ.20)
- Εκπαιδευτικοί θάλαμοι δυτών (Εικ.21)
- Θάλαμοι για έρευνα



Εικόνα 19: Μονοθέσιος θάλαμος



Εικόνα 20: Κινητός θάλαμος



Εικόνα 21: Εκπαιδευτικός θάλαμος

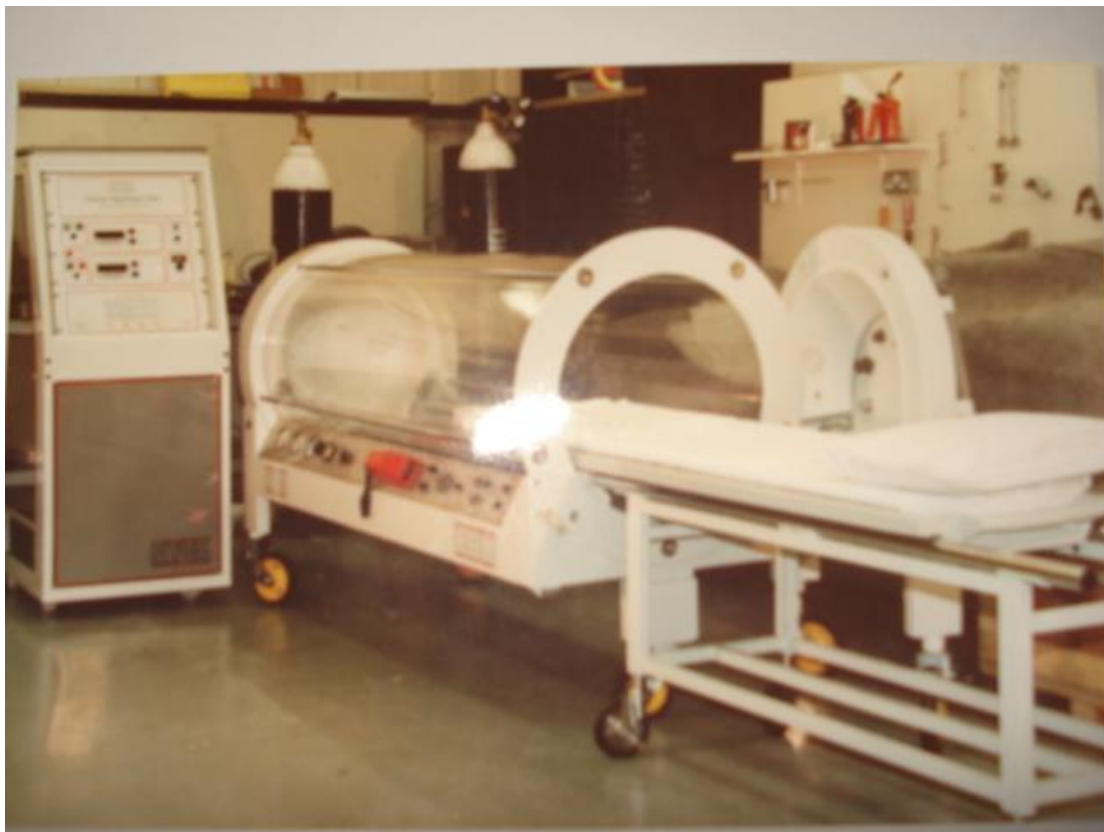
## 5.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΒΑΡΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ

### 5.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΟΝΟΘΕΣΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ

(Εικ.22)

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Εξατομικευμένη θεραπεία των ασθενών & απομόνωση σε περίπτωση λοίμωξης
- Δεν απαιτείται χρήση μάσκας & δεν υπάρχει κίνδυνος διαρροής O<sub>2</sub>
- Δεν απαιτείται ειδική διαδικασία αποσυμπίεσης
- Επιτυγχάνουν οικονομία χώρου & κόστους
- Εύκολη μεταφορά εντός του νοσοκομείου
- Απαιτείται λιγότερο προσωπικό



Εικόνα 22: Μονοθέσιος θάλαμος

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Πιθανότητα πυρκαγιάς & έκρηξης
- Περιορισμένος έλεγχος του ασθενούς
- Δυσκολία χορήγησης διαλειμμάτων αέρα
- Κίνδυνος τοξικότητας από την υπεροξία
- Δυσκολία αντιμετώπισης βαριά πασχόντων ασθενών ή παχυσάρκων.

### **5.3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥΘΕΣΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ**

(Εικ.23)

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Δυνατότητα ταυτόχρονης θεραπείας πολλών ατόμων (έως & 20)
- Δυνατότητα παρουσίας γιατρού ή νοσηλευτή κατά τη διάρκεια της θεραπείας & χρήσης ειδικού εξοπλισμού
- Δυνατότητα αντιμετώπισης βαριά ασθενούς
- Μειωμένος κίνδυνος έκρηξης & πυρκαγιάς
- Δυνατότητα εκτέλεσης επεμβάσεων εντός των θαλάμων

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Έχουν μεγάλο όγκο & βάρος & απαιτούν ειδική εγκατάσταση σε ισόγειο
- Έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης & επισκευής
- Είναι δύσχρηστοι και μετακινούνται δύσκολα
- Ιατρική ευθύνη
- Η θεραπεία με ΥΒΟ είναι ιατρική πράξη
- Την ευθύνη έχει ο επιστημονικός διευθυντής ή αντικαταστάτης του
- Εξασφαλίζει τη σωστή οργάνωση & ασφαλή λειτουργία της μονάδας
- Φροντίζει για τη σωστή λειτουργία του θαλάμου, των συσκευών & εξαρτημάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές ασφαλείας





Εικόνα 23: Πολυθέσιος θάλαμος

## **5.4 ΜΕΤΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΠΕΡΒΑΡΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ**

### **5.4.1 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

- Στεγανότητα του θαλάμου σε αυξημένη πίεση
- Λειτουργία κυλίνδρων υψηλής πίεσης
- Συστήματα εισπνοής & εκπνοής του ασθενούς
- Πρόληψη & έλεγχος φωτιάς
- Ασφάλεια ηλεκτρικών κυκλωμάτων

### **5.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΕΠΕΙΓΟΥΣΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ**

- Τοποθέτηση του θαλάμου σε σωστό χώρο
- Προδιαγραφές πολυθέσιων θαλάμων
- Να διαθέτουν κυρίως θάλαμο & προθάλαμο (Εικ.24)

- Να διαθέτουν αεροστεγή θυρίδα για μεταφορά υγειονομικού υλικού
- Να είναι κατασκευασμένοι από βραδυφλεγή υλικά
- Η συμπίεση να γίνεται πάντα με αέρα
- Να διαθέτουν ενσωματωμένο σύστημα εισπνοής O<sub>2</sub> (μάσκες, τέντες)
- Η εκπνοή να διοχετεύεται εκτός του θαλάμου
- Να υπάρχει συνεχής υπολογισμός της FiO<sub>2</sub> στο θάλαμο (<23%)



Εικόνα 24: Προθάλαμος και κυρίως θάλαμο

## 5.5 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΘΑΛΑΜΩΝ

### Προδιαγραφές πολυθέσιων θαλάμων

- Να διαθέτουν ενδείξεις θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας & χρόνου θεραπείας
- Θερμοκρασία χώρου 21-23 °C & υγρασία 40-60%
- Να διαθέτουν ψυχρό φωτισμό εξωτερικά και βοηθητικό φωτισμό
- Να υπάρχει συνεχής ακουστική & οπτική επικοινωνία με το εσωτερικό του θαλάμου (Εικ.25)
- Να υπάρχει σύστημα πυρόσβεσης με καταιονισμό νερού & φορητοί πυροσβεστήρες παντός τύπου
- Να υπάρχει ευδιάκριτη επιγραφή στην είσοδο για απαγορευμένα αντικείμενα



Εικόνα 25: Ακουστική και οπτική επικοινωνία με το εσωτερικό του θαλάμου

## Προδιαγραφές μονοθέσιων θαλάμων

- Να εγκαθίστανται σε χώρο με βραδυφλεγή υλικά
- Η χρήση του χώρου να είναι αποκλειστική
- Το δωμάτιο να διαθέτει ένα εξωτερικό τοίχο για φωτισμό & αποβολή εκνεόμενων αερίων
- Κατάλληλη γείωση του ασθενούς & του θαλάμου
- Ο θάλαμος να μην εκτίθεται σε ηλιακό φως & λάμπες φθορισμού
- Ύπαρξη ενδοεπικοινωνίας δύο δρόμων & τηλεφωνικής συσκευής
- Πυροσβεστήρες για όλους τους τύπους φωτιάς
- Μονάδα συμπίεσης & αποθήκευσης αέρα & O<sub>2</sub>
- Δύο τουλάχιστον αεροσυμπιεστές
- Φιάλες ή δεξαμενές κατάλληλες για αέρα & O<sub>2</sub>
- Δυνατότητα επαρκούς & συνεχούς παροχής αέρα, O<sub>2</sub> = πολυθέσιοι 10 m<sup>3</sup>/άτομο/ώρα, μονοθέσιοι 200-400 LO<sub>2</sub>/min
- Επαρκής πίεση δικτύου=πολυθέσιοι 8-10 άτομα (120-150 psi), μονοθέσιοι 5-6 άτομα (60-80 psi)
- Να υπάρχει εφεδρική ποσότητα O<sub>2</sub> σε φιάλες, επαρκής για μία συνεδρία

## 5.6 ΘΑΛΑΜΟΣ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

### 5.6.1 ΙΣΤΟΡΙΑ

Η είσοδος της Ελλάδας στο ΝΑΤΟ και η δημιουργία της Πρώτης Ομάδας αμφιβίων αναγνωρίσεων του Πολεμικού Ναυτικού είχαν σαν αποτέλεσμα την προμήθεια και εισαγωγή του πρώτου Θαλάμου Αποπίεσης (Απασυμπίεσης - Συμπίεσης) στο ναυαγοσωστικό πλοίο του Πολεμικού Ναυτικού ανοικτής θαλάσσης 'ΣΩΤΗΡ' το 1957.

Ο θάλαμος αυτός μπορούσε να νοσηλεύσει μόνον ένα ασθενή και λειτουργούσε όσο ήταν ενεργοποιημένες οι μηχανές του πλοίου. Οι αυξημένες απαιτήσεις όμως ανάγκασαν το Γενικό Επιτελείο Ναυτικού να προμηθευθεί έναν Πολυθέσιο θάλαμο Απασυμπίεσης τύπου Galleazi , ο οποίος το 1963 τοποθετήθηκε στο Ναυτικό Νοσοκομείο Πειραιά . Μετά από δέκα περίπου χρόνια και το Ναυτικό Νοσοκομείο Κρήτης εξοπλίσθηκε μ' ένα Δίχωρο Θάλαμο Αποπίεσης της Ελβετικής Εταιρείας Hannes Keller. Ενώ το 1981 ο ήδη υπάρχων πολυθέσιος θάλαμος του Νοσοκομείου Πειραιά μεταφέρθηκε στο Ναυτικό Νοσοκομείο Σαλαμίνας.

Από το 1991 αρχίζει να γίνεται η πρώτη μεθοδική προσπάθεια οργάνωσης στελέχωσης του Τμήματος Καταδυτικής και Υπερβαρικής Ιατρικής του Ναυτικού Νοσοκομείου Σαλαμίνας με ειδικά εκπαιδευμένο ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας στο χώρο του Ναυτικού Νοσοκομείου Αθηνών το 1997, κατασκευάστηκε ειδικό κτίριο, το οποίο σήμερα είναι εξοπλισμένο με τον πολύχωρο Θάλαμο Αποπίεσης τύπου Hauk.

## 5.6.2 ΑΠΟΣΤΟΛΗ

Η Μονάδα Καταδυτικής και Υπερβαρικής Ιατρικής του Ναυτικού Νοσοκομείου Αθηνών εξακολουθεί μέχρι και σήμερα να παρέχει ιατρονοσηλευτική περίθαλψη σε όλα τα καταδυτικά ατυχήματα της Κεντρικής, Νότιας και Νησιωτικής Ελλάδας, για το προσωπικό των Ενόπλων Δυνάμεων και των Σωμάτων Ασφαλείας αλλά και για κάθε Έλληνα ή αλλοδαπό πολίτη. Αποτελεί το κέντρο ελέγχου καταλληλότητας υποψηφίων αυτοδυτών, υποβρυχίων καταστροφών, πληρωμάτων υποβρυχίων και καλύπτει υγειονομικά όλες τις καταδυτικές δραστηριότητες των Ε.Δ. και Σ.Α. Καλύπτει θεραπείες με υπερβαρικό οξυγόνο στους εσωτερικούς ασθενείς του ΝΝΑ καθώς και του προσωπικού των Ενόπλων Δυνάμεων και των προστατευομένων μελών. Καλύπτει περιστατικά μη δικαιούχων ασθενών (πολίτες) τα οποία παραπέμπονται από Δημόσια και ιδιωτικά Νοσοκομεία του λεκανοπέδιου Αττικής για υπερβαρική οξυγονοθεραπεία. Το Ναυτικό Νοσοκομείο Αθηνών, μέσω του καινούργιου συστήματος πολύχρωμων θαλάμων της μονάδας Καταδυτικής-Υπερβαρικής Ιατρικής που διαθέτει, παρέχει την καλύτερη δυνατή υγειονομική υποστήριξη διάσωσης ελληνικών και συμμαχικών υποβρυχίων που επιχειρούν στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο και συμβάλει στην βέλτιστη υποστήριξη της Έρευνας και Διάσωσης (Search and Rescue) στη Νοτιοανατολική περιοχή της Μεσογείου.

- Παρέχει Τεχνογνωσία στην ανάπτυξη νέων μεθόδων καταδύσεων, καθώς και στη βελτίωση ασφάλειας των καταδύσεων.
- Αποτελεί το κέντρο κατά την διάρκεια ασκήσεων του Πολεμικού Ναυτικού, το οποίο έχει την ευθύνη για την αντιμετώπιση της διάσωσης των πληρωμάτων υποβρυχίων σε περίπτωση ατυχήματος.
- Αναλαμβάνει την εκπαίδευση των υπευθύνων ιατρών και των πληρωμάτων των υποβρυχίων επί των θεμάτων ασφαλείας του περιβάλλοντος ασφαλών μεθόδων διάσωσης κλπ.

### 5.6.3 ΥΒΟ

Η υπερβαρική οξυγονοθεραπεία (ΥΒΟ) είναι η μέθοδος χορηγήσεως οξυγόνου σε πιέσεις μεγαλύτερες της ατμοσφαιρικής. Η χορήγηση αυτή του οξυγόνου γίνεται μέσα σε ειδικό πολύχωρο όπου πλέον του ενός ασθενούς μπορούν να θεραπευτούν ταυτοχρόνως. Η αύξηση της πίεσεως στο εσωτερικό του θαλάμου γίνεται με τη χορήγηση πεπιεσμένου αέρα και στους ασθενείς χορηγείται το υπερβαρικό οξυγόνο μέσω ειδικής μάσκας (μύτης - στόματος). Με την εισπνοή του υπερβαρικού οξυγόνου αυξάνεται το ποσό του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο πλάσμα. Σύμφωνα με τους νόμους των αερίων η διαλυτότητα ενός αερίου σε ένα υγρό είναι γραμμική συνάρτηση της μερικής πίεσεως του αερίου. Διπλασιάζοντας δηλαδή την μερική πίεση του αερίου διπλασιάζεται και το ποσό του αερίου που διαλύεται στο πλάσμα. Λόγω του γεγονότος αυτού μπορεί να μεταφερθεί οξυγόνο σε περιοχές με κακή αρτηριακή κυκλοφορία, είτε λόγω αγγειακών προβλημάτων (π.χ. διαβητική μικροαγγειοπάθεια - αθηρωματικές βλάβες με μερική απόφραξη του αυλού κλπ) είτε λόγω ιστικών βλαβών που προκαλούν διαταραχές στην ιστική διάχυση του οξυγόνου (π.χ. ιστικό οίδημα από κάκωση, έγκαυμα, σύνδρομο διαμερισματος κλπ). Αυτό επιτυγχάνεται γιατί η βαθμίδωση της μερικής πίεσεως του οξυγόνου μεταξύ του πλάσματος και των ιστών (δηλαδή η διαφορά των μερικών πιέσεων του οξυγόνου) καθορίζει και την απόσταση διαχύσεως του, καθώς και την διέλευσή του μέσω των διαφόρων φραγμών διαχύσεως οξυγόνου, όπως το οίδημα ή η σκλήρυνση του ενδοθηλίου των τριχοειδών στον σακχαρώδη διαβήτη.

**Ενδείξεις** για Υπερβαρική οξυγονοθεραπεία είναι:

**Καταδυστικά ατυχήματα , όπως:**

- Νόσος εξ αποσυμπιέσεως (νόσος Δυτών, νόσος Υψομέτρου - altitude disease)
- Εμβολή εγκεφάλου από αέρα.

### **Ενδείξεις Παθολογίας/Χειρουργικής όπως:**

- Δηλητηρίαση από Μονοξείδιο
- Εγκαύματα
- Σύνδρομο συνθλίψεως
- Επιπλεγμένη οστεομυελίτιδα
- Επαπειλούμενα δερματικά μοσχεύματα
- Νεκρωτικές Φλεγμονές μαλακών μορίων (Κλωστηριδιακή μυοσίτιδα και μυνέκρωση )
- Μετακτινικές Διαταραχές (βλάβες μαλακών μορίων και οστών από ακτινοβολία ένεκα νεοπλασιών)
- Επούλωση επιπλεγμένων τραυμάτων
- Άτονα Έλκη (π.χ. διαβητικά έλκη)
- Σύνδρομο διαμερίσματος & άλλες οξείες τραυματικές ισχαιμίες, κ.α.



#### 5.6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΑΛΑΜΩΝ

Το νέο σύστημα πολύχρων θαλάμων του Ναυτικού Νοσοκομείου Αθηνών αποτελεί το μοναδικό τέτοιο σύστημα που βρίσκεται εγκατεστημένο στον Ελλαδικό χώρο, ενώ παράλληλα συγκαταλέγεται μεταξύ των πρωτοπόρων και πιο εξειδικευμένων συστημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ενσωμάτωσή του στον εξοπλισμό του Πολεμικού Ναυτικού χαρακτηρίζει το Τ.Υ.Ι. του Ν.Ν.Α. ως απόλυτα εξειδικευμένο Κέντρο Καταδυτικής Ιατρικής λειτουργώντας σε 24ωρη βάση. Αντίστοιχα συστήματα στην Ευρώπη, αλλά παλαιότερης τεχνολογίας, διαθέτουν προς το παρόν η Γερμανία και η Ολλανδία. Στον Ελλαδικό χώρο γενικότερα, θάλαμοι καταδυτικής - υπερβαρικής ιατρικής υπάρχουν στην Κρήτη, που είναι εγκατεστημένος στο ΝΝΚ και στο «Βουβάλειο» Νοσοκομείο Καλύμνου έχοντας περιορισμένη χρήση, καθώς και στη Θεσσαλονίκη στο Γενικό Νοσοκομείο «Άγιος Παύλος».

Τα βασικότερα σημεία διαφοροποίησης του συστήματος του ΤΥΙ/ΝΝΑ από τους υπόλοιπους εγκατεστημένους θαλάμους στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα:

- Το κύριο μέρος του συστήματος αποτελείται από τρεις θαλάμους αποπίεσης (σε αντίθεση με όλες τις άλλες εγκαταστάσεις που διαθέτουν μόνο ένα θάλαμο) που συνδέονται μεταξύ τους και οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών.
- Η μεγαλύτερη χωρητικότητα του (Εικ.26), σε ότι αφορά την ταυτόχρονη θεραπεία 12 καθήμενων, έναντι 8 που είναι ο μέγιστος αριθμός των υπολοίπων εγκαταστάσεων. Αυτός ο αριθμός μπορεί να αυξηθεί σε 24 άτομα, σε περιπτώσεις μαζικού καταδυτικού ατυχήματος, όπως μπορεί να συμβεί σε περίπτωση διάσωσης ελληνικού ή συμμαχικού υποβρυχίου (Εικ.27).



Εικόνα 26: Μεγάλος θάλαμος



Εικόνα 27: Θάλαμος μαζικού καταδυτικού ατυχήματος

- Διαθέτει τους μοναδικούς θαλάμους (Εικ.28) στην Ελλάδα που η πίεση λειτουργίας είναι ισοδύναμη με 250 μέτρα.



Εικόνα 28: Θάλαμος με πίεση λειτουργίας αντίστοιχη των 250 μέτρων

Επίσης μπορεί να γίνει συμπίεση με μίγματα αερίων , μεγιστοποιώντας τις δυνατότητες της θεραπείας ασθενών πασχόντων από καταδυτικό ατύχημα, καθώς και της υποστήριξης ιδιαίτερα «απαιτητικών» καταδύσεων σε μεγάλα βάθη.

Στο εσωτερικό του θαλάμου, υπάρχουν μάσκες (Εικ.29,30) για τον κάθε ασθενή οι οποίες του παρέχονται για την χορήγηση των απαραίτητων μιγμάτων για τον καθένα ξεχωριστά.



Εικόνα 29: Θέσεις μασκών



Εικόνα 30: Μάσκες χορήγησης αερίων

Στον θάλαμο υπάρχει πυροσβεστήρας (Εικ.31) για την περίπτωση έκρηξης.



Εικόνα 31: Πυροσβεστήρας μέσα στον θάλαμο

Στον πολυθέσιο θάλαμο χωρητικότητας 12 ατόμων, υπάρχει ο προθάλαμος (Εικ.32), ο οποίος δίνει την δυνατότητα να εισέλθει κάποιος στον κύριο θάλαμο σε περίπτωση ανάγκης. Αρχικά εισέρχεται στον προθάλαμο για να τον εξισώσει στην ίδια πίεση και θερμοκρασία με τον κύριο θάλαμο και κατόπιν να εισέλθει σε αυτόν.



Εικόνα 32: Προθάλαμος

Στο εσωτερικό υπάρχουν ειδικά όργανα (Εικ.33) στα οποία καταγράφεται η θερμοκρασία, η πίεση και ο χρόνος παραμονής.



Εικόνα 33: Όργανα μέτρησης χρόνου, θερμοκρασίας και πίεσης

Υπάρχει κεντρικό πάνελ με μανόμετρα για την χορήγηση των αερίων σε όλους τους θαλάμους (Εικ.34).



Εικόνα 34: Κεντρικό πάνελ αερίων

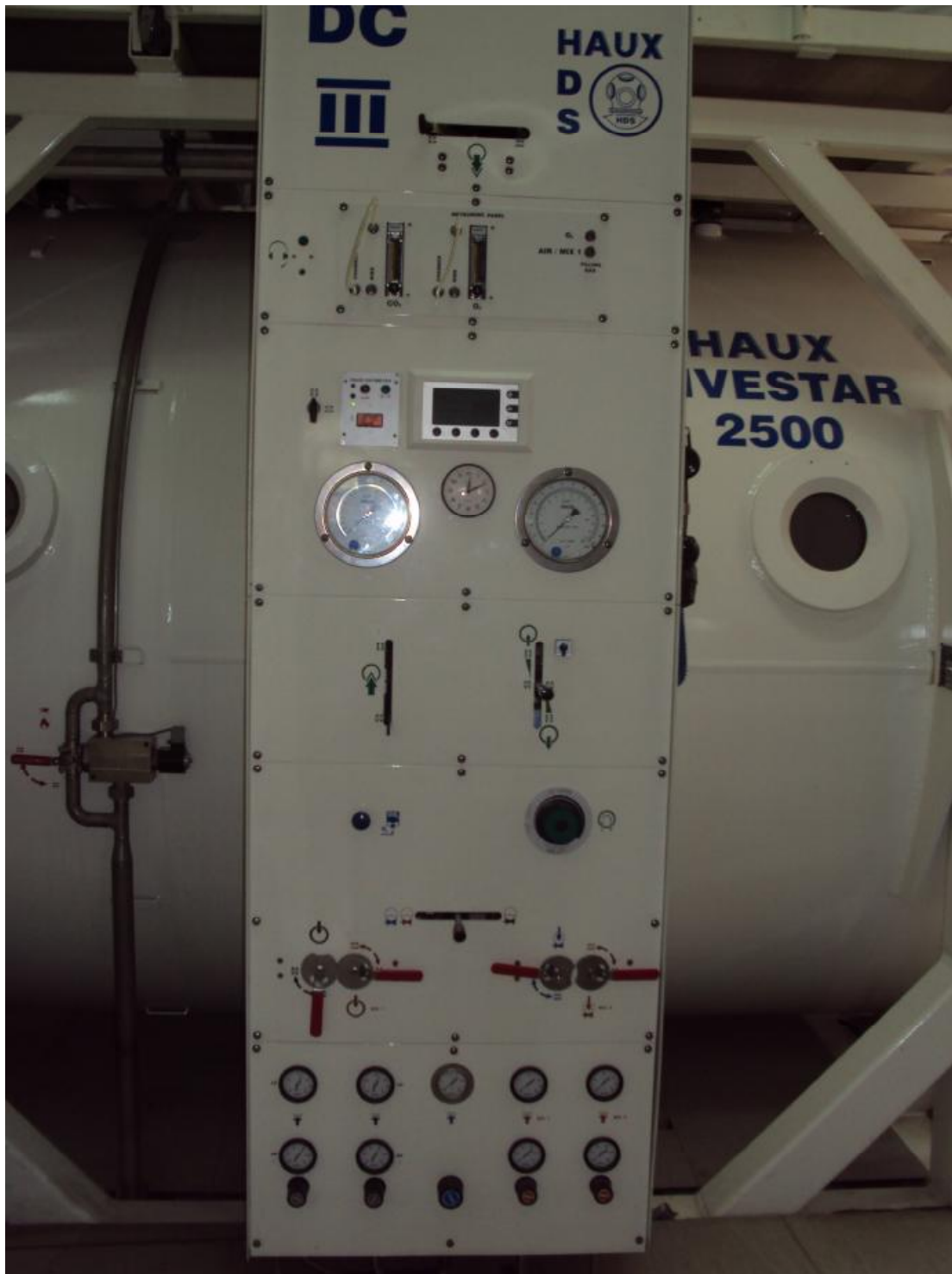
Διαθέτει τον μοναδικό θάλαμο στην Ελλάδα που μπορεί να εξομοιώσει καταδύσεις σε νερό (Εικ.35), δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για την πραγματοποίηση ασφαλέστερων επανδρωμένων και μη δοκιμών καταδυτικών συσκευών των Ενόπλων Δυνάμεων (Ε.Δ) και Σωμάτων Ασφαλείας ( Σ.Α.).





Εικόνα 35: Εκπαιδευτικός καταδυτικός θάλαμος

Οι μονάδες μπορούν να λειτουργήσουν και χειροκίνητα (Εικ.36, 37) σε περίπτωση που τεθούν εκτός λειτουργίας από διακοπή παροχής ρεύματος, με βάνες που βρίσκονται εξωτερικά από την κάθε μονάδα και μανόμετρα για την μέτρηση πίεσης.



Εικόνα 36: Χειροκίνητο πάνελ εξωτερικά από τον μικρό θάλαμο



Εικόνα 37: Χειροκίνητο πάνελ εξωτερικά από τον μεγάλο θάλαμο

Οι μονάδες ελέγχονται μέσω εσωτερικής κάμερας που διαθέτουν και ηχοακουστικό σύστημα (Εικ.38) έτσι ώστε να επικοινωνούν με τους ασθενείς.



Εικόνα 38: Ηχοακουστικό σύστημα επικοινωνίας με τον θάλαμο

Η όλη διαδικασία αποσυμπίεσης ελέγχεται και ρυθμίζεται από ειδικά πάνελ μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών (Εικ.39, 40).

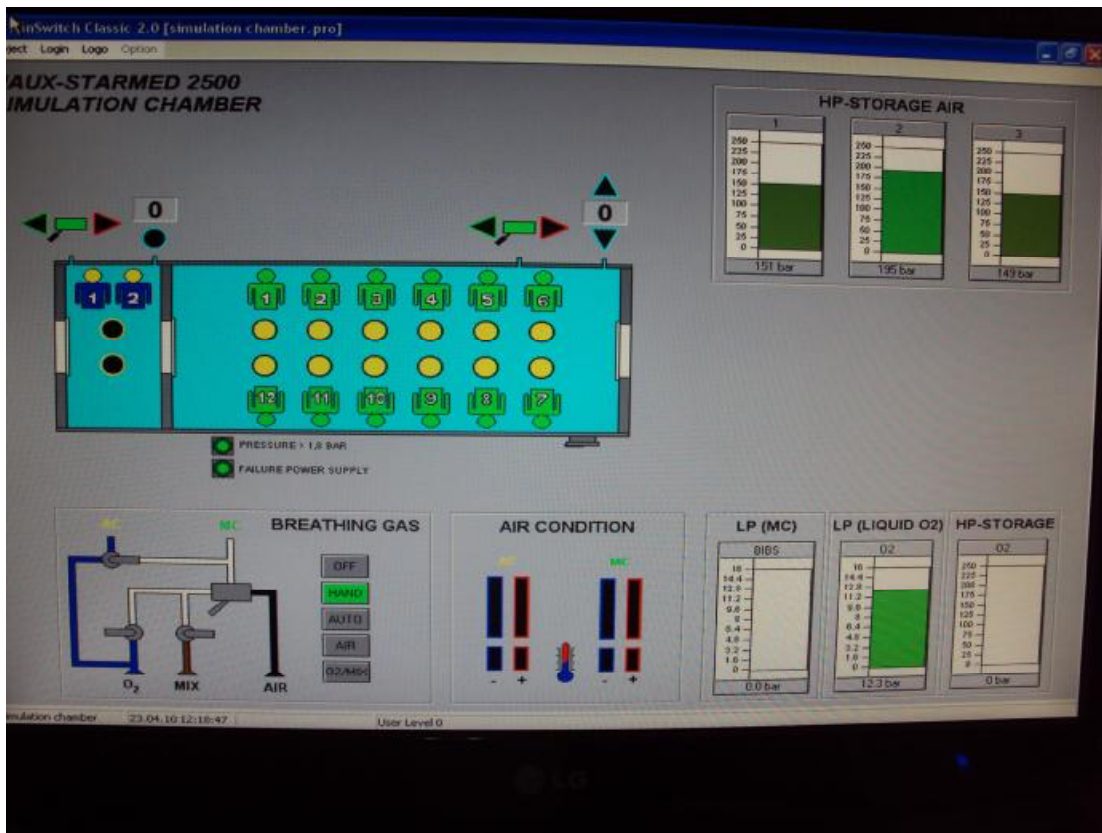


Εικόνα 39: Πάνελ θαλάμων



Εικόνα 40: Πάνελ θαλάμων

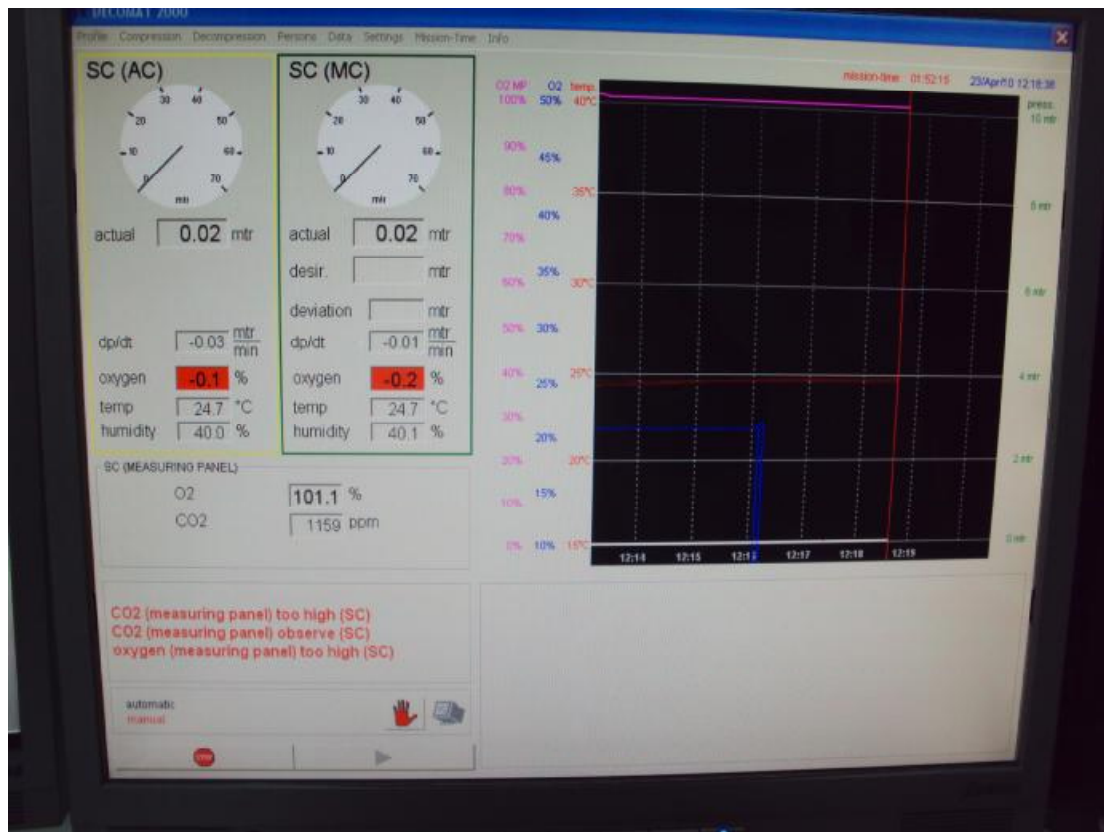
Για τον κάθε ασθενή ξεχωριστά, μπορούν να ρυθμιστούν όλες οι παραμέτροι κατά την διάρκεια της συνεδρίας μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Εικ.41).



Εικόνα 41: Έλεγχος κατάστασης κάθε ασθενή

Με βάση την παραπάνω εικόνα μπορεί να ρυθμιστεί το μίγμα αέρα και οξυγόνου που θα του χορηγηθεί και η θερμοκρασία στην οποία θα πρέπει να βρίσκεται.

Οι παράμετροι του βάθους συναρτήσει της πίεσης ρυθμίζονται και αυτοί μέσω του πάνελ του ηλεκτρονικού υπολογιστή, καθώς επίσης και ο χρόνος προσομείωσης της κατάδυσης (Εικ.42).



Εικόνα 42: Ρύθμιση βάθους - χρόνου

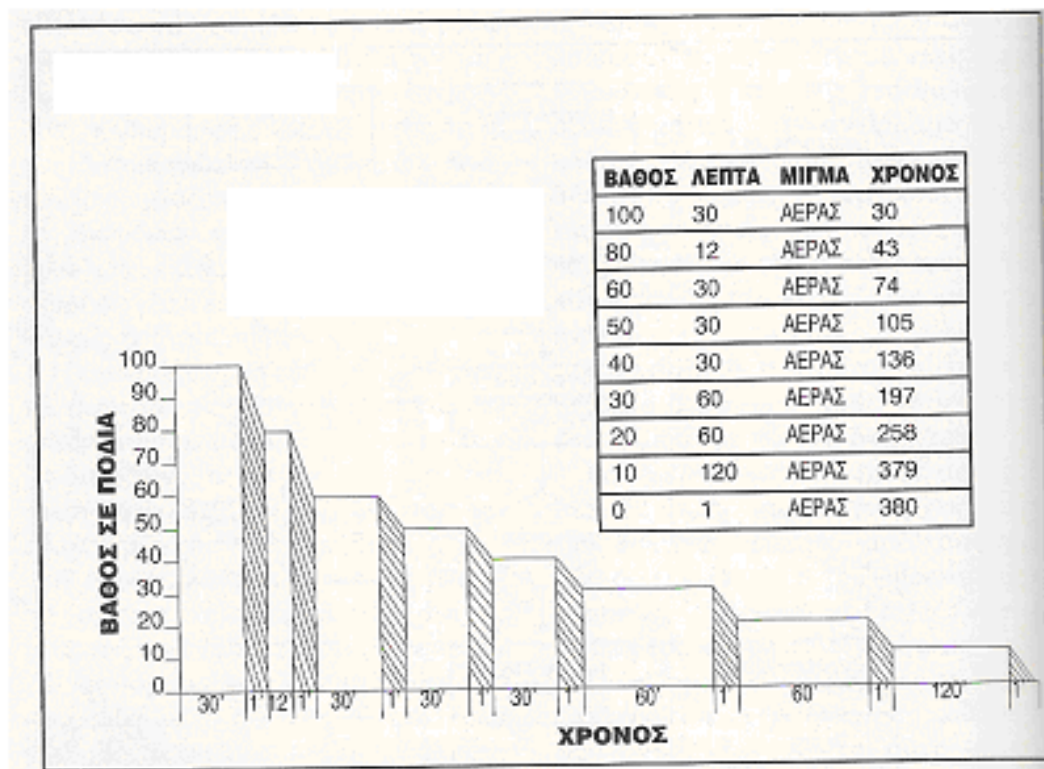
Έτσι ο χειριστής ελέγχει το πραγματικό βάθος (actual), τον ρυθμό κατάδυσης (dp/dt), το ποσοστό χορήγησης οξυγόνου (O2 %), την θερμοκρασία (Temp) και τέλος το ποσοστό υγρασίας (Humidity %). Όλα τα παραπάνω απεικονίζονται σε αντίστοιχο γράφημα.

Ο χρόνος αποσυμπίεσης πρέπει να τηρείται αυστηρά με βάσει κατάλληλους πίνακες. Σήμερα υπάρχουν αρκετοί πίνακες θεραπείας για τους χειριστές των θαλάμων. Μερικοί από τους πιο έγκυρους είναι αυτοί του Αμερικανικού ναυτικού (Πίν.3,4,5,6,7,8) τους οποίους και χρησιμοποιούν για την αποσυμπίεση ανάλογα με την περίπτωση θεραπείας (Πίν.2). Το Αγγλικό και Γαλλικό ναυτικό διαθέτει εξίσου καλούς πίνακες.

Πίνακας 2: Περιπτώσεις χρήσης πινάκων αποσυμπίεσης

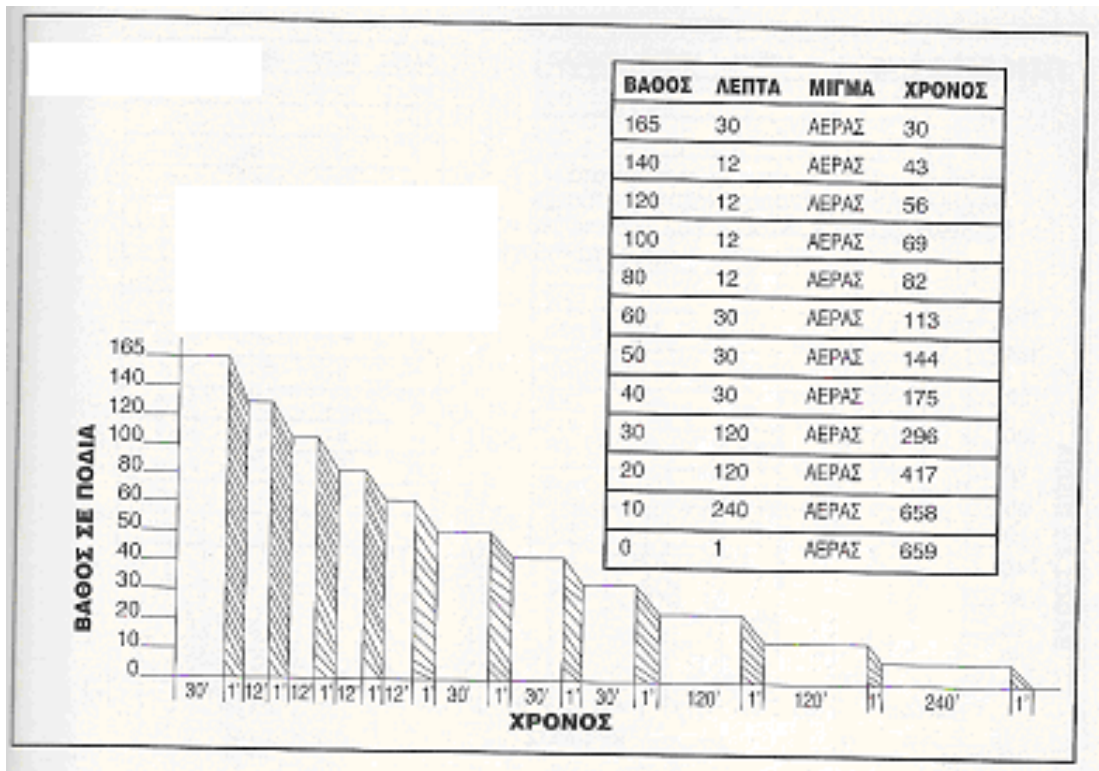
ΠΙΝΑΚΑΣ	ΧΡΗΣΗ
<b>3</b> Θεραπεία με χρήση αέρα για πόνους μόνο. Νόσος εξ αποσυμπίεσης θεραπεία στα 100 π.	Για θεραπεία νόσου εξ αποσυμπίεσης που παρουσιάζει μόνο πόνους και η χρήση του οξυγόνου αδύνατη. Ανακούφιση συμπτωμάτων σε βάθος μικρότερο των 66 π.
<b>4</b> Παρομοίως. Θεραπεία στα 165 π.	Παρομοίως. Ανακούφιση συμπτωμάτων σε βάθος μεγαλύτερο των 66 π.
<b>5</b> Θεραπεία με χρήση αέρα για σοβαρές μορφές νόσου εξ αποσυμπίεσης και εμβολές αέρα.	Όταν το οξυγόνο δεν είναι διαθέσιμο και τα συμπτώματα ανακουφίζονται σε 30 λ. στα 165 π.
<b>6</b> Παρομοίως.	Θεραπεία υποτροπώντων συμπτωμάτων κατά την 20-λεπτη εισνοή $O_2$ στα 60 π. Επίσης όταν τα συμπτώματα δεν ανακουφίστηκαν με την έννοια του πίνακα 3.
<b>7</b> Θεραπεία με $O_2$ της νόσου εξ αποσυμπίεσης που παρουσιάζει μόνο πόνους.	Όταν τα συμπτώματα της νόσου εξ αποσυμπίεσης ανακουφίστηκαν μέσα σε 10 λεπτά στα 60 π.
<b>8</b> Θεραπεία με $O_2$ των σοβαρών περιπτώσεων νόσου εξ αποσυμπίεσης.	Όταν τα συμπτώματα δεν ανακουφίστηκαν μέσα σε 10 λεπτά στα 60 π. Για σοβαρές περιπτώσεις.

Πίνακας 3: Ταχύτητα κατάδυσης 25 πόδια/λεπτό, ταχύτητα ανάδυσης 1 λεπτό μεταξύ των στάσεων, συνολικός χρόνος 380 λεπτά.

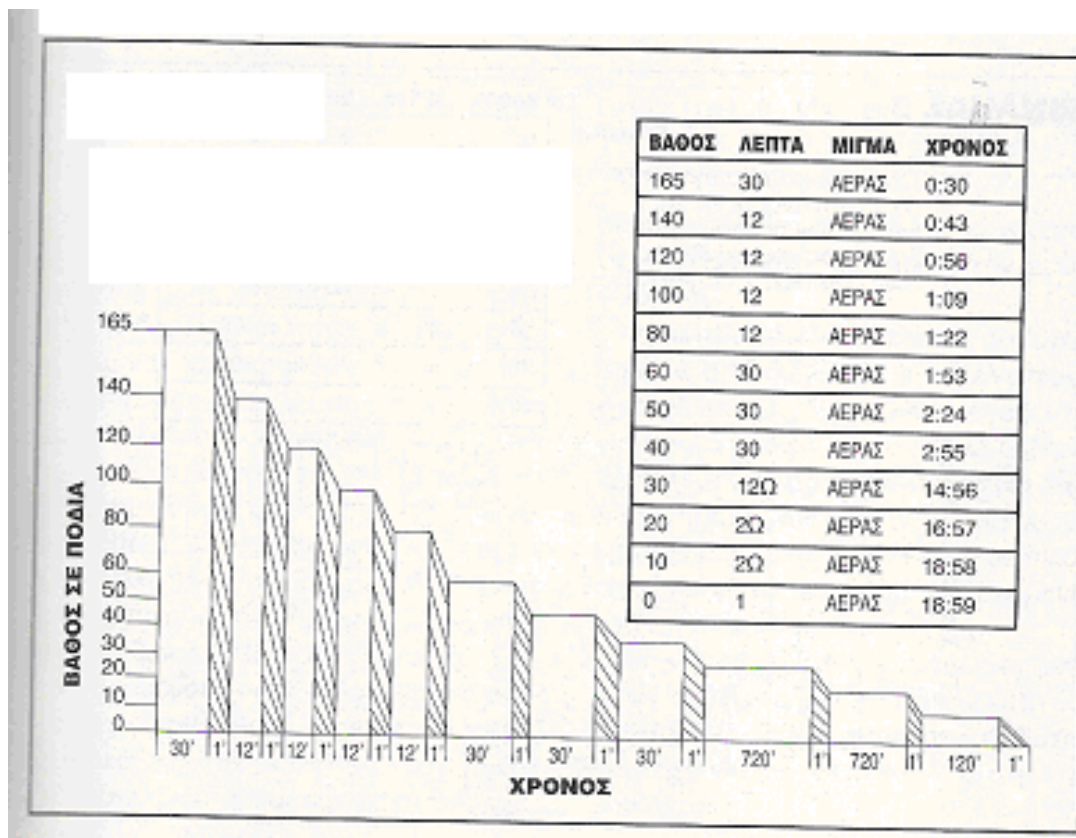




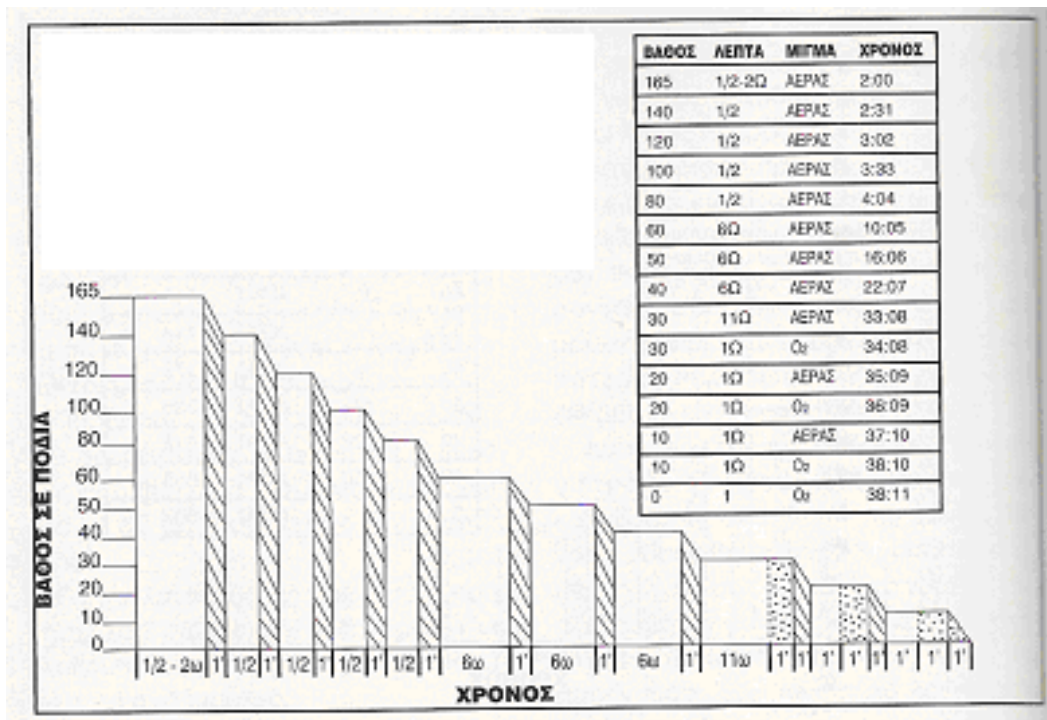
Πίνακας 4: Ταχύτητα κατάδυσης 25 πόδια/λεπτό, ταχύτητα ανάδυσης 1 λεπτό μεταξύ των στάσεων, συνολικός χρόνος 659 λεπτά.



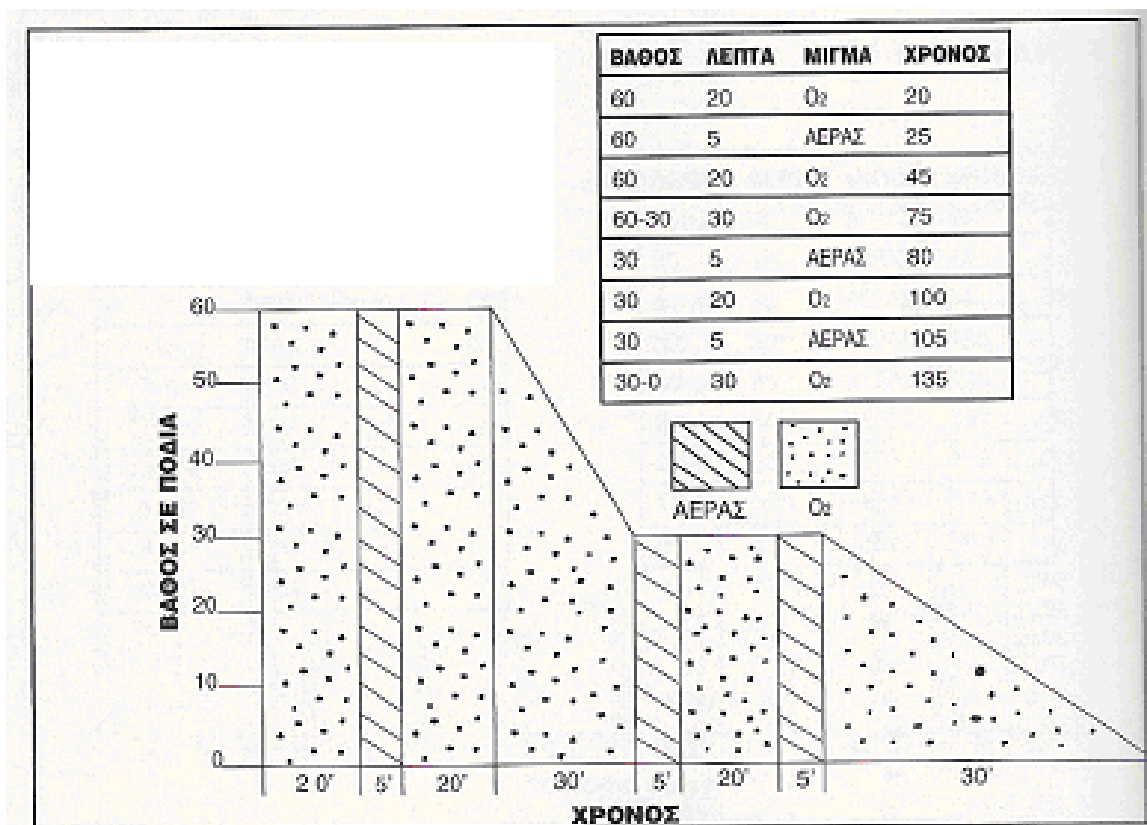
Πίνακας 5: Ταχύτητα κατάδυσης = το ταχύτερο δυνατό, ταχύτητα ανάδυσης 1 λεπτό μεταξύ των στάσεων, συνολικός χρόνος 18 ώρες και 59 λεπτά.



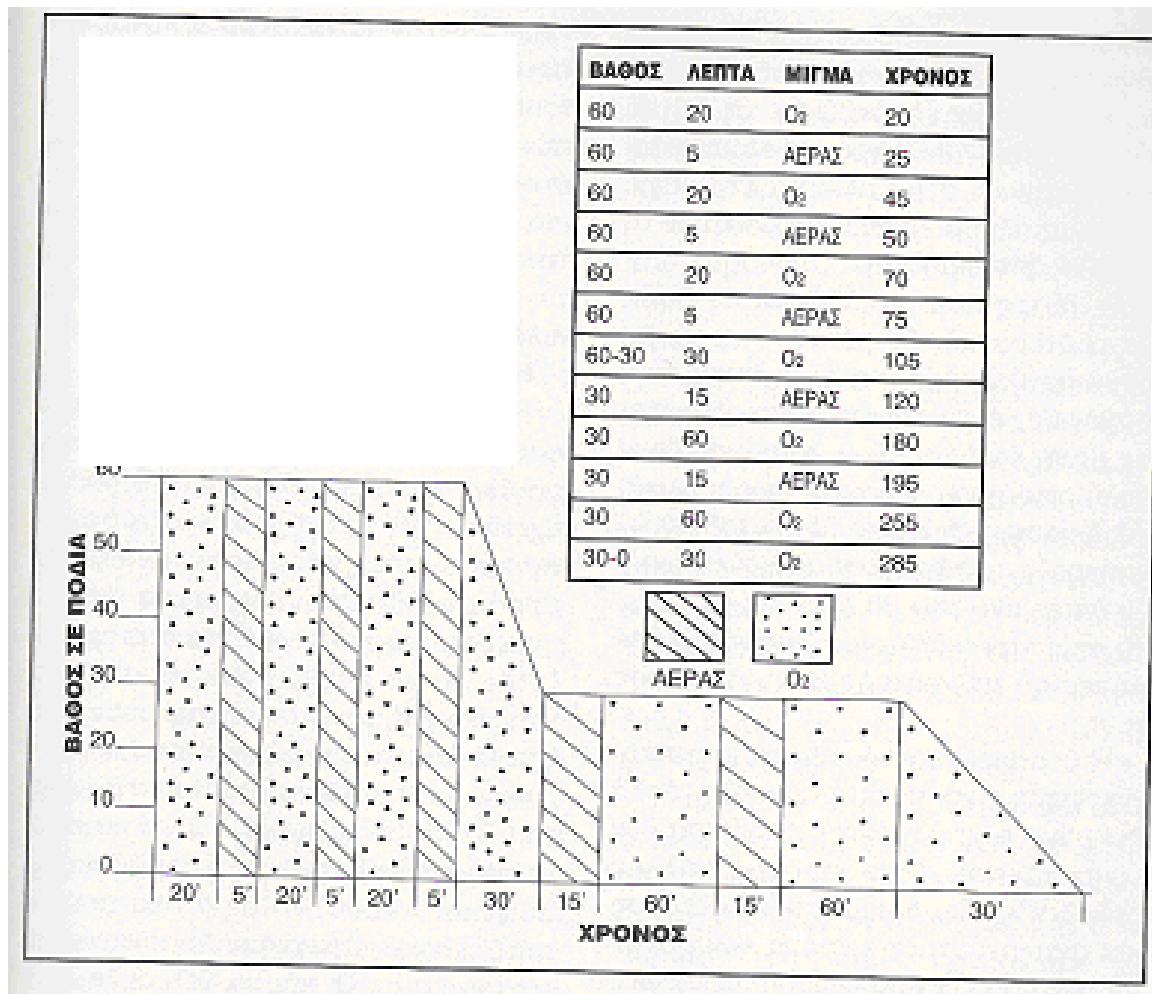
Πίνακας 6: Ταχύτητα κατάδυσης = το ταχύτερο δυνατό, ταχύτητα ανάδυσης 1 λεπτό μεταξύ των στάσεων, συνολικός χρόνος 38 ώρες και 11 λεπτά.



Πίνακας 7: Ταχύτητα κατάδυσης 25 πόδια/λεπτό, ταχύτητα ανάδυσης 1 πόδι/λεπτό μεταξύ των στάσεων, συνολικός χρόνος 135 λεπτά.

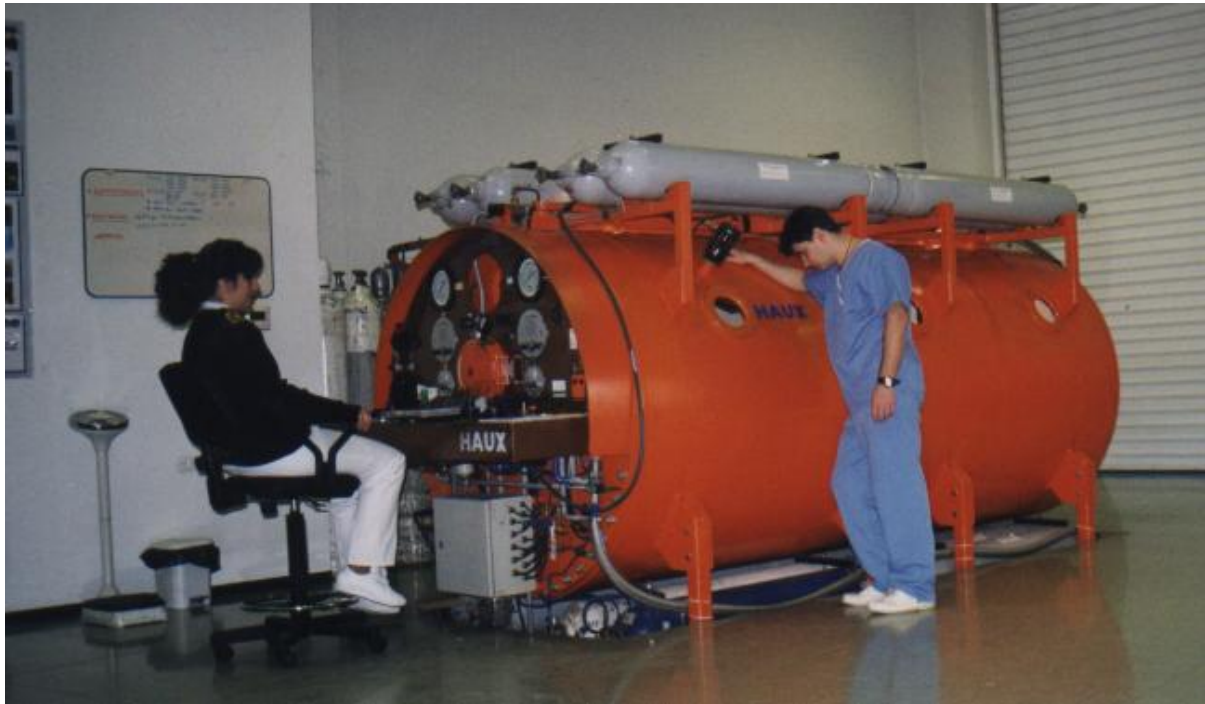


Πίνακας 8: Ταχύτητα κατάδυσης 25 πόδια/λεπτό, ταχύτητα ανάδυσης 1 λεπτό μεταξύ των στάσεων, συνολικός χρόνος 285 λεπτά.



Επίσης η επανασυμπύεση πρέπει να γίνεται το ταχύτερο δυνατό, να είναι σωστή, επαρκής και αποτελεσματική. Δεν πρέπει να παραμελείτε κανένα σύμπτωμα που ίσως με το πέρας του χρόνου να εξελιχθεί σε σοβαρό. Ακόμη η θεραπεία στο θάλαμο πρέπει να φτάνει έως το τέλος του κάθε πίνακα. Απλά και μόνο, η ανακούφιση των συμπτωμάτων δεν εγγυάται και την απαλλαγή του ασθενή από την εμβολή. Τέλος όσο καθυστερεί η επανασυμπύεση τόσο η αποτελεσματική θεραπεία καταντά δύσκολη.


Το ΤΥΙ/ΝΝΑ συμβάλλει σημαντικά στην μετάδοση επιστημονικής γνώσης και εγκαθίδρυσης της ειδικότητας. Διενεργούνται επιστημονικές έρευνες που αφορούν τη βελτίωση της λειτουργίας του Τμήματος σε πανελλαδική κλίμακα σε σύγκριση με ανάλογα τμήματα της Ελλάδος και του εξωτερικού. Από την Μονάδα οργανώνονται συνέδρια, σεμινάρια και εκπαιδευτικά προγράμματα στα πλαίσια της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης του ιατρονοσηλευτικού προσωπικού (Εικ.43).



Εικόνα 43: Εκπαίδευση ιατρονοσηλευτικού προσωπικού

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κρίνεται αναγκαίο να παραταθούν διάφορα συμβάντα από αρχεία παλαιότερων χρόνων για να αποδειχθεί η σπουδαιότητα των θαλάμων αποσυμπίεσης.

θάλαμος αποπίεσης (ΘΑ) του Ναυτικού Νοσοκομείου Κρήτης ήταν ο τρίτος που λειτούργησε στην Ελλάδα, μετά τον μονόχωρο θάλαμο αποπίεσης του Ναυαγοσωστικού του Πολεμικού Ναυτικού ΣΩΤΗΡ (1950) και τον πολυθέσιο τύπου Galeazzi του Ναυτικού Νοσοκομείου Πειραιώς (1965). Κάλυψε για πολλά χρόνια τους επαγγελματίες σπογγαλιείς δύτες, ενώ τα τελευταία χρόνια λόγω δυσχερειών συντηρήσεως είναι προσωρινά εκτός λειτουργίας.

Προ της λειτουργίας του θαλάμου αποπίεσεως του ΝΝΚ, τα περιστατικά με νόσο των δυτών διακομιζόταν για θεραπεία αρχικά στο ΘΑ του Ν/Γ Σωτήρ και μετά το 1965 στο ΘΑ του Ναυτικού Νοσοκομείου Πειραιώς.

### ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΔΙΑΣΩΣΕΩΣ ΔΥΤΟΥ ΠΡΟΣΒΛΗΘΕΝΤΟΣ ΕΙΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗΝ ΚΑΣΤΕΛΛΙΟΥ ΚΙΣ. ΥΠΟ ΤΗΣ ΝΟΣΟΥ ΔΥΤΩΝ

#### Διεκομίσθη εις Σαλαμίνα

Κατόπιν διαβημάτων του Νομιάτρου κ. Γεωργουδάκη και του Λιμενάρχου κ. Κοσμάτου προς τα Υπουργεία Κοινωνικής Προνοίας, Εμπορικής Ναυτιλίας και Εθνικής Αμύνης, διετέθη χθές το απόγευμα αεροπλάνον της Ελληνικής Βασιλικής Αεροπορίας εκ της Αερ. Βάσεως Ακρωτηρίου, το όποιον παρέλαβε τον δύτην Ίωαν. Γαβριήλ επών 24 έξ Εύβοίας, όστις εργαζόμενος εις την θαλασσίαν περιοχήν Καστελ-

λιου Κισάμου, υπέστη την λεγομένην νόσον των δυτών.

Ούτος διεκομίσθη εις την εν ταύτῃ κλινικὴν Βαρδινογιάννη μέχρι τοῦ ἀπογεύματος χθές. Τὸ παραλαβὸν τοῦτον αεροπλάνον τὸν μετέφερε εἰς Ἐλευσίαν, ἐκεῖθεν ἐξ ἑλικοπτέρου διεκομίσθη ἐπὶ τοῦ παρά τὴν Σαλαμίνα ὁμοῦντος πλοίου «Σωτήρ» τὸ ὁποῖον διαθέτει «θάλαμον ἀποπίεσεως».

«Κήρυξ» 1-8-1964

**ΠΑΥΣΙΑΚΗ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗ**

1. Ο διοργανωτής Ανθυποκόλεαρχος (ΥΙ) Ξ. Πολυχρονίδης Τμηματάρχης Ουδαίου Αποκλειστικώς του ΚΚΣ, μετείχε επί 6 ώρας οικογενειακώς ΝΥΝΑ ΚΗΡΑΝΟΥ του ΠΑΜΑΝΤΙΑ ΕΞ Αιγίου, έφημον εις τό οικογενειακόν σάλας ΝΕΑΛΑΙΩΝ (Υπαγωγίον Καδύμων 145) διακομιδή και ήμην συνοδευόμενος υπό τού υπεργνήτου του ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΙΣΤΑΡΗ κωτικού Καδύμων, περί την 14.30 της 30-9-75, παρουσιάζων παράλυσιν τού ΑΡ σκέλους μεν άδυναμίαν βάσειας λόγω προσβολής του υπό της νέσου τήν εντήν πρό ήμέρου.

2. Ούτος βάσει θεραπειών εντός του ουδαίου Αποκλειστικώς κατέβη επί 5μερου περιμονής έξέρθεν έχων καλώς (δυσκοκώστασις της ιατρικής Ισχός του ΑΡ σκέλους) βαζίζων κανονικώς.

3. Ο ένωτερον έννοητέον κατ'ήμην επί 3ήμερον υποβλήθηκε εις την έύουσαν φαρμακευτικήν άγωγήν, έξέρχεται δε σήμερον έχων καλώς.

4. Συνιστάται δίαιτος άσχη ήν τήν καταδόσαν, συνέχισις της συστηθείσης θεραπευτικής άγωγής (ΑΜΡ ΤΡΙΝΙΜΙΝΗ, ΑΜΡ ΔΙ - ΑΙΟ - ΚΙΣΟΝ) δε και φυσιοθεραπειών πρός κάθισή άποκατάστασιν της λειτουργικότητας του ΑΡ σκέλους και έκπεριπέσις υπό Νευρολόγου μετά την άξιν της θεραπευτικής άγωγής.

Ο ΤΗΜΑΤΑΡΧΗΣ

*Πολυχρονίδης*

Ανθυποκόλεαρχος (ΥΙ) Ξ. Πολυχρονίδης



ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Ανθυποκόλεαρχος (ΥΙ) Π. Κωνσταντίνου

# ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (ΣΗΡΑΣ)

ημερ 4/8/75

Υπόψη Δουτόρα

ΧΑΚΤ. ΖΩΝΗ Ν.Κ

ΚΙΝΗΣΕΙΣ - ΓΥΜΝΑΣΙΑ - ΠΡΟΣΕΛΥΤΙΣΜΟΣ - ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΑ - ΑΝΘΡΩΠΙΝΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ -  
 ΒΑΡΒΑΡΑΙ - ΑΥΤΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΘΕΛΟΓΟΓΑΙ - ΘΕΛΟΓΟΓΑΙ - ΕΠΙΧΕΥΣΕΙΣ - ΠΡΟΤΑΞΕΙΣ - Κ.Α.Π. ΑΣΦΗ. ΟΤΑΚΚΕ

ΤΑΚΤΙΚΑΙ: ΕΠΙΧΕΥΣΕΩΝ ΣΥΜΒΟΛ

1. Περί δραχ. 1800 εισάγεται, ρόλοι ΦΠ και εισιτηρίων, 2 στρατιώτες ΚΟΥΡΓΙΣΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, του ΝΙΚΟΛΑΟΥ, γόνυ ιστορικού γαστρονομίας
2. Περί δραχ. 1815, εισάγεται ρόλοι ΦΠ και εισιτηρίων, 5 στρατιώτες ΤΣΙΡΒΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ του ΙΩΑΝΝΗ, ως παύσει η άδεια του μεσολιτίδος.
3. Περί δραχ. 1845, εισάγεται ρόλοι ΦΠ και εισιτηρίων, 5 στρατιώτες ΜΠΟΥΣΑΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ του ΙΩΑΝΝΗ, ως παύσει η άδεια του μεσολιτίδος.
4. Περί δραχ. 1900 εισάγεται ρόλοι ΦΠ και εισιτηρίων, 2 ΥΕΑΑ ΦΡΕΙΜΟΣ ΝΑΜΕ του ΙΩΑΝΝΗ, ως παύσει η άδεια του μεσολιτίδος, του δήμου επισυνδρίου.

Περί δραχ. 015 εισάγεται ρόλοι ΦΠ και εισιτηρίων, 2 στρατιώτες ΚΟΥΡΓΙΣΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ του ΝΙΚΟΛΑΟΥ, γόνυ ιστορικού γαστρονομίας

Περί δραχ. 2000 εισάγεται ρόλοι ΦΠ και εισιτηρίων, 2 ΥΕΑΑ ΦΡΕΙΜΟΣ ΝΑΜΕ του ΙΩΑΝΝΗ, ως παύσει η άδεια του μεσολιτίδος, του δήμου επισυνδρίου

Περί δραχ. 1100 εισάγεται ρόλοι ΦΠ και εισιτηρίων, 2 ΥΕΑΑ ΦΡΕΙΜΟΣ ΝΑΜΕ του ΙΩΑΝΝΗ, ως παύσει η άδεια του μεσολιτίδος, του δήμου επισυνδρίου

Ο ΚΟΝΝΕΤΕΡΕΝ

ΕΠΙΧΕΥΣΕΩΝ ΣΥΜΒΟΛ

ΕΠΙΧΕΥΣΕΩΝ ΣΥΜΒΟΛ

ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ	ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ

Απόφασμα από το Ημερολόγιο του ΝΝΚ της 4-8-1975 στο οποίο αναφέρεται ως έκτακτον συμβάν η εισαγωγή και η θεραπεία περιστατικού με νόσο των δυτών

	ΕΚΤΑΚΤΟΙ
①	Εισάγεται εντάμως περί ώρα 04.30 τῆς εικομῆς ΤΜΗΜ. ΠΟΛΙΤ. ΠΥΡΟΣΦΙΔ. ΜΙΧΕΛΑΚΟΥ & ΑΥΤΗΣ Hassan MOHAMMED Hassan EL ESMAKY τῆς προσημοκωμῆς «ΚΑΘΕΤΑΝ ΝΙΚΟΛΑΕΥ» υιοκωμῆς Καμῆκω 58. κῶς κῶκωμῆς εἶξ AR κῶκωμῆς (κῶκωμῆς κῶκωμῆς). οἷτος εἰκῶκωμῆς κῶκωμῆς εἰς τῶν θῶκωμῆς κῶκωμῆς κῶκωμῆς μετῶ κῶκωμῆς κῶκωμῆς βεγῶκωμῆς.

Απόσπασμα από το Ημερολόγιο του Ν.Ν.Κ. της 5-7-1977  
με περιστατικό νόσου των δυτών σε Αιγύπτια δύτη



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ντίνος Συμεωνίδης, *Αυτόνομη Κατάδυση*, Εκδόσεις ΒΥΘΟΣ, Αθήνα 1995
2. Ν. Γελαδάς, *Ελεύθερη Κατάδυση*, Εκδόσεις ΣΑΛΤΟ, Αθήνα 2003
3. Γ. Δετοράκης, *Φυσιολογία και Ιατρική της Κατάδυσης*, Εκδόσεις ΑΚΜΩΝ, Αθήνα 2006