

Κεντρικές Πιέσεις

ΒΑΣΙΑΗΣ ΓΡΟΣΣΟΜΑΝΙΔΗΣ, ΒΑΡΒΑΡΑ ΦΥΝΤΑΝΙΔΟΥ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΘΕΟΔΟΣΙΑΔΗΣ, ΜΑΓΓΑ ΚΥΠΑΡΙΣΑ, ΓΙΑΝΝΗΣ ΖΑΧΑΡΑΣ, ΧΑΡΙΣΙΟΣ ΣΚΟΥΡΤΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ασθενείς που υποβάλλονται σε προγραμματισμένες ή επείγουσες χειρουργικές επεμβάσεις υφίστανται το stress της επέμβασης, την επίδραση του μηχανικού αερισμού, ενώ συχνά έχουν συνυπάρχουσες παθήσεις του καρδιαγγειακού συστήματος. Ο ενδοαγγειακός τους όγκος συνεχώς μεταβάλλεται από την απώλεια αίματος, την χορήγηση υγρών και την επίδραση παραγόντων που μεταβάλλουν την ενδοϋπεζωτοκτική (μηχανικός αερισμός) ή την ενδοκοιλιακή πίεση (πνευμοπεριτόναιο).

Η συνεχής αξιολόγηση του καρδιαγγειακού συστήματος και του ενδοαγγειακού όγκου αποτελούν στόχο για όλους τους γιατρούς της περιεγχειρητικής ιατρικής. Με τον όρο κεντρικές πιέσεις ορίζουμε τις πιέσεις των καρδιακών κοιλοτήτων ή των μεγάλων αγγειακών στελεχών. Στην καθημερινή κλινική πράξη υπάρχει η δυνατότητα να μετρήσουμε τις πιέσεις των δεξιών καρδιακών κοιλοτήτων (δεξιού κόλπου και δεξιάς κοιλίας), της πνευμονικής αρτηρίας και της πίεσης από απόφραξη στην πνευμονική αρτηρία. Πιέσεις που αφορούν τις αριστερές καρδιακές κοιλότητες είναι δυνατόν να μετρηθούν στο αιμοδυναμικό εργαστήριο κατά την διάρκεια αριστερού καθετηριασμού. Με την χρήση μαθηματικών εξισώσεων είναι δυνατόν να υπολογίσουμε την πίεση στα πνευμονικά τριχοειδή και άλλων παραμέτρων (όπως συστηματικές και πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις) που δεν περιλαμβάνονται στις κεντρικές πιέσεις (με την στενή έννοια του όρου) αλλά έχουν επίδραση στην καρδιακή λειτουργία.

Η εκπαίδευση των νέων γιατρών σε τεχνικές τοποθέτησης καθετήρα της πνευμονικής κυκλοφορίας αλλά κυρίως στην αξιολόγηση των κυματομορφών και την λήψη κλινικών αποφάσεων θα πρέπει να αποτελεί μέρος της εκπαίδευσης τους στην κατά την ειδίκευσή τους στην αναισθησιολογία.

Λέξεις Κλειδιά: Αιμοδυναμικό monitoring, Κεντρικές πιέσεις, Καθετήρας της πνευμονικής αρτηρίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση των διαφόρων κλινικών προβλημάτων απαιτεί πληροφορίες αξιόπιστες, άμεσα διαθέσιμες και εύκολα αξιοποιήσιμες σε κάθε χρονική στιγμή και από όλους.

Η συνεχής αξιολόγηση της καρδιακής λειτουργίας και του ενδοαγγειακού όγκου διεγχειρητικά, αλλά και κατά την περιεγχειρητική περίοδο με την ευρύτερη χρονική έννοια του όρου μπορεί να μας δώσει πληροφορίες χρήσιμες και αποτελεσματικές.

Οι ασθενείς που συνήθως αντιμετωπίζουμε, συχνά έχουν ποικίλες συνυπάρχουσες παθήσεις του καρ-

διαγγειακού συστήματος, υφίστανται το stress της επέμβασης (άλλοτε άλλης βαρύτητας), την επίδραση της μηχανικής υποστήριξης της αναπνοής (η οποία δεν είναι πάντα δυσμενής) και έχουν ενδοαγγειακό όγκο ο οποίος συνεχώς μεταβάλλεται (απώλεια αίματος, διούρηση, χορήγηση υγρών). Επιπλέον χειρισμοί όπως εφαρμογή θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης (PEEP), χειρισμοί επιστράτευσης κυψελίδων (recruitment), θέση στο χειρουργικό τραπέζι (trendelenburg), αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης (πνευμοπεριτόναιο) ασκούν επιπλέον επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα. Παρά την εξέλιξη της βιοτεχνολογίας η μέτρηση παρα-

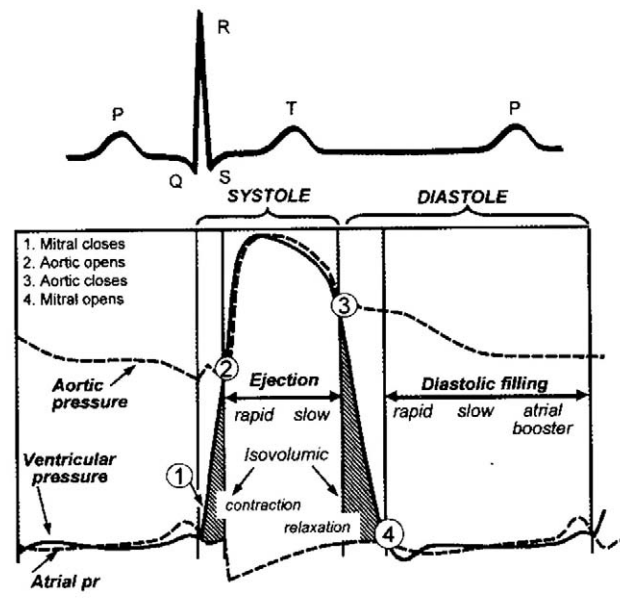
μέτρων (τελοδιαστολικοί όγκοι) που αντανακλούν το προφορτίο, δεν είναι εύκολα εφαρμόσιμη και η λήψη κλινικών αποφάσεων κρίσιμων για την έκβαση των ασθενών στηρίζεται σε έμμεσους δείκτες όπως είναι οι κεντρικές πιέσεις.

ΕΝΔΟΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ

Από όλες τις ενδοκαρδιακές πιέσεις στην καθημερινή κλινική πράξη είναι δυνατόν να μετρήσουμε μόνο αυτές των δεξιών καρδιακών κοιλοτήτων και της πνευμονικής αρτηρίας, ενώ είναι δυνατόν να υπολογίσουμε αυτήν των πνευμονικών τριχοειδών. Πιέσεις που αφορούν τις αριστερές καρδιακές κοιλότητες μετρούνται συνήθως κατά την διάρκεια στεφανιογραφίας στο αιμοδυναμικό εργαστήριο, ενώ σε μερικά καρδιοχειρουργικά κέντρα κατά την διάρκεια επεμβάσεων συνηθίζεται η τοποθέτηση καθετήρα του αριστερού κόλπου για την μέτρηση της πίεσης του. Ο δεξιός καθετηριασμός, η μέτρηση και αξιολόγηση των αντίστοιχων πιέσεων αποτελεί κτήμα των περισσότερων αναισθησιολόγων, που δουλεύουν στο χειρουργείο ή στην μονάδα εντατικής θεραπείας, και μέρος της καθημερινής κλινικής δουλειάς τους.

Για την αναγνώριση και σωστή ερμηνεία των κυματομορφών των ενδοκαρδιακών πιέσεων θα πρέπει πάντα να λαμβάνουμε υπόψη ότι αυτές σχετίζονται με τις φάσεις του καρδιακού κύκλου.

Κλασικά ο καρδιακός κύκλος διακρίνεται στην φάση της συστολής ή σύσπασης και την φάση της διαστολής ή χαλάρωσης. Αν και αυτοί οι όροι ισχύουν και για τους κόλπους και τις κοιλίες για



Εικόνα 1: Εξέλιξη των διάφορων μηχανικών φαινομένων κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου.

την αποφυγή συγχύσεων (δεδομένου ότι η κοιλική συστολή συμβαίνει κατά την διάρκεια τελοδιαστολικής φάσης της κοιλίας) οι όροι συστολή και διαστολή χρησιμοποιούνται μόνο για τις κοιλίες ενώ για τον κόλπο χρησιμοποιούμε τους όρους σύ-

Πίνακας 1: Χρονοκαθυστέρηση μεταξύ ηλεκτρικών και μηχανικών φαινομένων της καρδιάς (msec)

P σύσπαση δεξιού κόλπου	65
P σύσπαση αριστερού κόλπου	85
Έναρξη σύσπασης δεξιού κόλπου με έναρξη σύσπασης αριστερού κόλπου	20
Q έναρξη συστολής δεξιάς κοιλίας	65
Q έναρξη συστολής αριστερής κοιλίας	52
Έναρξη συστολής αριστερής με έναρξη συστολής δεξιάς κοιλίας	13
Q εξώθηση δεξιάς κοιλίας	80
Q εξώθηση αριστερής κοιλίας	115
Έναρξη εξώθησης δεξιάς με έναρξη εξώθησης αριστερής κοιλίας	35
Διάρκεια ισοογκαιμικής συστολής δεξιάς κοιλίας	16
Διάρκεια ισοογκαιμικής συστολής αριστερής κοιλίας	61

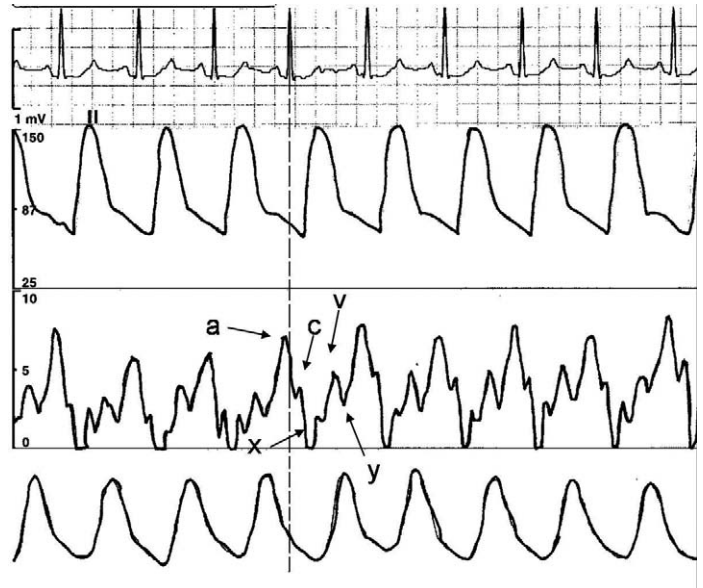
σπαση και χαλάρωση. Σημείο αναφοράς για την αναγνώριση και επεξήγηση των κυματομορφών αποτελεί το ΗΚΓ το οποίο θα πρέπει να καταγράφεται μαζί με τις κυματομορφές της πίεσης. Η ύπαρξη μηχανικής δραστηριότητας της καρδιάς προϋποθέτει την ηλεκτρική δραστηριότητα ή ύπαρξη της οποίας δεν εξασφαλίζει πάντα την πρώτη. Τα μηχανικά φαινόμενα της καρδιάς (Εικόνα 1) ακολουθούν τα ηλεκτρικά με κάποια χρονοκαθυστέρηση (Πίνακας 1)

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΦΛΕΒΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (Central Venous Pressure - CVP)

Κεντρική φλεβική πίεση ορίζεται η πίεση στα μεγάλα φλεβικά στελέχη της θωρακικής κοιλότητας και συμβατικά μετράται στη συμβολή της κοίλης φλέβας με τον δεξιό κόλπο. Καταγράφεται από το περιφερικό άκρο (distal) του κεντρικού φλεβικού καθετήρα ή από το άκρο (port) του δεξιού κόλπου του καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας. Η εύκολη μέτρηση της, στα πλαίσια της έτσι και αλλιώς τοποθέτησης κεντρικού φλεβικού καθετήρα για την χορήγηση υγρών, την καθιστούν ως την συχνότερα μετρούμενη πίεση, μετά την αρτηριακή, στο χειρουργείο και την μονάδα εντατικής θεραπείας. Αν και οι τιμές της επηρεάζονται από πολλές παραμέτρους χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα για την εκτίμηση του προφορτίου.

Η φυσιολογική κυματομορφή της κεντρικής φλεβικής πίεσης περιλαμβάνει 5 επάρματα, 3 θετικά (a, c, v) και 2 αρνητικά (x, y) (Εικόνα 2)

Το κύμα a παράγεται στο τέλος της διαστολής και είναι αποτέλεσμα της κολπικής σύσπασης η οποία αυξάνει την πίεση στον δεξιό κόλπο και ακολουθεί το κύμα p του ΗΚΓ. Αμέσως μετά την σύσπαση ο κόλπος χαλαρώνει και επέρχεται μια ομαλή μείωση της πίεσης η οποία διακόπτεται από το κύμα c που αντιπροσωπεύει μια παροδική αύξηση της πίεσης στον δεξιό κόλπο η οποία προκαλείται από την ισοογκαιμική σύσπαση των κοιλιών η οποία κλείνει την τριγλώχινη βαλβίδα και την μετακινεί προς τον κόλπο. Το κύμα c πάντα ακολουθεί το κύμα R του ΗΚΓ αφού παράγεται από την έναρξη της κοιλιακής συστολής.



Εικόνα 2: Κεντρική φλεβική πίεση. Από πάνω προς τα κάτω καταγράφεται το ΗΚΓ, η συστηματική αρτηριακή πίεση, η κεντρική φλεβική πίεση και η κυματομορφή από το παλμικό οξύμετρο. Στην κυματομορφή της CVP σημειώνονται τα αντίστοιχα επάρματα. Με την κάθετη διακεκομμένη γραμμή σημειώνεται η σχέση των επαρμάτων της CVP με το έπαρμα R του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

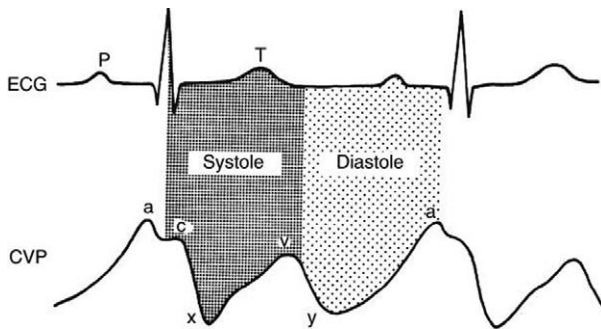
Η πίεση στον δεξιό κόλπο συνεχίζει να μειώνεται κατά την διάρκεια της κοιλιακής σύσπασης εν μέρει σαν αποτέλεσμα της κολπικής χαλάρωσης και εν μέρει σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της γεωμετρίας των κόλπων που επέρχεται από την συστολή των κοιλιών και την εξώθηση αίματος.

Στην φάση αυτή παρατηρείται το κύμα χ το οποίο μπορεί να χωρισθεί σε x and x' πριν και μετά το c αντίστοιχα. Αν και ο μηχανισμός παραγωγής των χ και χ' είναι κατανοητός η πιο χρήσιμη προσέγγιση είναι το απλό συστολικό κύμα χ.

Η τελευταία κορυφή στην κολπική πίεση είναι το κύμα v και προκαλείται από την φλεβική πλήρωση των κόλπων κατά το τέλος της συστολής ενώ η τριγλώχινη βαλβίδα παραμένει κλειστή. Το κύμα v συνήθως είναι αμέσως μετά το κύμα T του ΗΚΓ. Καθώς η τριγλώχινη βαλβίδα ανοίγει και το αίμα ρέει από τον δεξιό κόλπο στην δεξιά κοιλία η πίεση στον κόλπο μειώνεται και παρατηρείται το κύμα y.

Σε σχέση με τον καρδιακό κύκλο και την μηχανική λειτουργία των κοιλιών οι κυματομορφές την πίε-

σης στον δεξιό κόλπο έχουν 3 συστολικά μέρη (c, x και v) και 2 διαστολικά μέρη (y και a) (Εικόνα 3 και Πίνακας 2).



Εικόνα 3: Η κυματομορφή της κεντρικής φλεβικής πίεσης σε φυσιολογικές καταστάσεις περιλαμβάνει τρία συστολικά επάρματα (C, x και v) και δύο διαστολικά επάρματα(y και a).

ευαινδοτότητα της δεξιάς καρδιάς) με αντίστοιχες μεταβολές στα επιμέρους επάρματα. Είναι σύνηθες διάφορα τεχνικά προβλήματα να εμποδίζουν την απεικόνιση των επαγμάτων κάνοντας δυσδιάκριτα τα προαναφερόμενα επάρματα στην κυματομορφή της κεντρικής φλεβικής πίεσης. (Εικόνα 4)

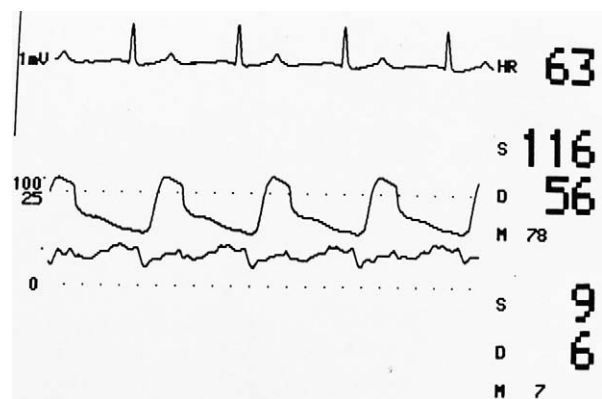
Η τιμή της CVP που συνήθως καταγράφουμε στο monitor είναι η μέση τιμή, και οι φυσιολογικές τιμές που αναφέρονται στα κλασικά συγγράμματα φυσιολογίας είναι 0 - 8mmHg. Σε φυσιολογικές καταστάσεις η τιμή της CVP είναι περίπου ίδια με την τελοδιαστολική πίεση της δεξιάς κοιλίας (με την προϋπόθεση ότι έχουμε φυσιολογική λειτουργία της τριγλώχινης βαλβίδας). Αυτό συμβαίνει

Πίνακας 2: Επάρματα στην κυματομορφή της CVP σε σχέση με την φάση του καρδιακού κύκλου και τα αντίστοιχα μηχανικά φαινόμενα

Επάρματα CVP	Φάση καρδιακού κύκλου	Μηχανικά φαινόμενα
a	Τελοδιαστολή	Συστολή κόλπων
c	Αρχή συστολής	Ισοογκαιμική σύσπαση κοιλιών, μετακίνηση τριγλώχινης προς τον κόλπο
v	Τέλος συστολής	Συστολικό γέμισμα κόλπου
x	Μέσο συστολής	Χάλαση κόλπων
y	Αρχή διαστολής	Πλήρωση των κοιλιών

Μνημονικά για τα επάρματα της κυματομορφής της CVP ισχύει ότι, το κύμα a είναι αποτέλεσμα της κολπικής (atrial) σύσπασης, το κύμα c προκαλείται από την σύγκλειση (closure) της τριγλώχινης βαλβίδας στην φάση της ισοογκαιμικής συστολής (contraction) της δεξιάς κοιλίας και τέλος το κύμα v προκαλείται από την κοιλιακή (ventricular) εξώθηση και φλεβική (venous) πλήρωση του δεξιού κόλπου.

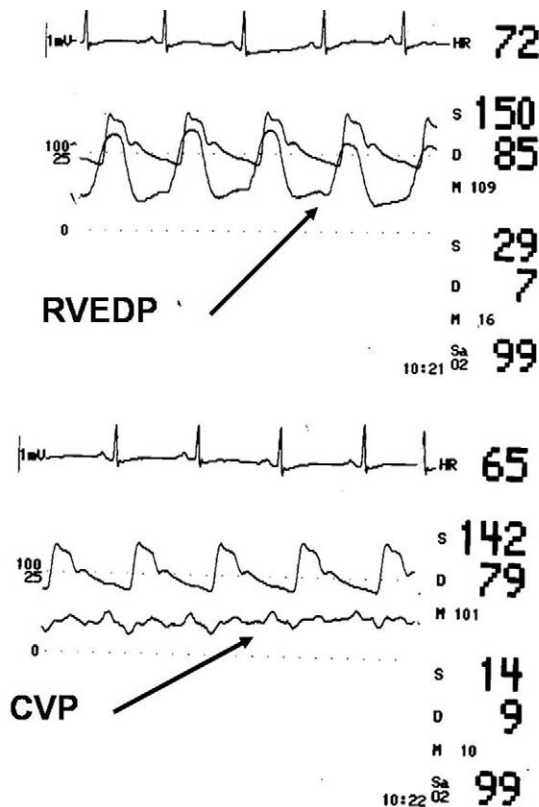
Η φυσιολογική κυματομορφή της κεντρικής φλεβικής πίεσης μπορεί να τροποποιηθεί από πολλές παθολογικές καταστάσεις (κολπική μαρμαρυγή, κολποκοιλιακός αποκλεισμός, ανεπάρκεια ή στένωση τριγλώχινης, καταστάσεις που μειώνουν την



Εικόνα 4: Συνήθης καταγραφή κυματομορφής της CVP

γιατί στη φάση αυτή η τριγλώχινη βαλβίδα είναι ανοικτή ο δεξιός κόλπος επικοινωνεί με τη δεξιά κοιλία και υπάρχει μια εξισορρόπηση των πιέσεων στο τέλος της διαστολής (Εικόνα 5).

Η κεντρική φλεβική πίεση δεν θεωρείται αξιόπιστος δείκτης για την αξιολόγηση της φλεβικής επιστροφής και του ενδοαγγειακού όγκου, αν και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα, αφού παράγοντες που δεν σχετίζονται με τον ενδοαγγειακό όγκο μεταβάλλουν τις μετρούμενες τιμές.



Εικόνα 5: Η τιμή της κεντρικής φλεβικής πίεσης είναι ίση με την τελοδιαστολική πίεση της δεξιάς κοιλίας

ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΗΤΗΡΑ ΤΗΣ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗΣ ΑΡΤΗΡΙΑΣ

Για την μέτρηση των πιέσεων της δεξιάς κοιλίας, της πνευμονικής αρτηρίας, της πίεσης από απόφραξη στην πνευμονική αρτηρία και τον υπολογισμό της πίεσης των πνευμονικών τριχοειδών απαραίτητη είναι η χρήση του καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας (καθετήρα Swan - Ganz).

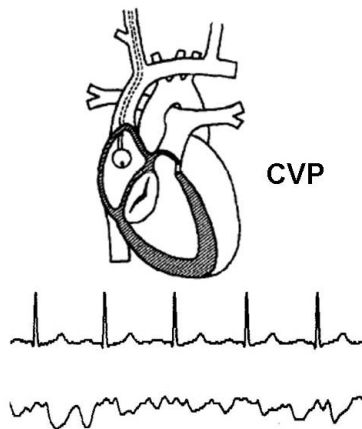
Η επινόηση του καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας από τους Swan και Ganz και η καθιέρωση του στην καθημερινή αναισθησιολογική κλινική πράξη από τον Δημήτριο Λάππα, έδωσε την δυνατότητα στους κλινικούς γιατρούς να μπορούν εύκολα να μετρήσουν πιέσεις δεξιών καρδιακών κοιλοτήτων κάτι που μέχρι τότε ήταν εφικτό μόνο στο αιμοδυναμικό εργαστήριο. Η εξέλιξη των καθετήρων αυτών μας έδωσε την δυνατότητα για συνεχή μέτρηση του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο στο μικτό φλεβικό αίμα καθώς επίσης της καρδιακής παροχής, του τελοδιαστολικού όγκου και του κλάσματος εξωθήσεως της δεξιάς κοιλίας. Η προώθηση του καθετήρα στην πνευμονική αρτηρία γίνεται δια μέσου εισαγωγέα ο οποίος έχει νωρίτερα τοποθετηθεί συνήθως στην έσω σφαγίτιδα ή την υποκλειδίο φλέβα (αριστερή ή δεξιά) ενώ κατά την προώθηση του η αναγνώριση της θέσης του άκρου του γίνεται από την ανάλογη κυματομορφή που παίρνουμε στο monitor. Αν και σε φυσιολογικές συνθήκες περίπου είναι γνωστή η απόσταση κάθε καρδιακής κοιλοτήτας από το σημείο εισόδου του καθετήρα (Πίνακας 3) αυτό δεν είναι αξιόπιστο για να καθορίσουμε κάθε φορά την θέση του άκρου του καθετήρα.

Πίνακας 3: Απόσταση μεταξύ σημείου εισόδου και δεξιών καρδιακών κοιλοτήτων

Σημείο εισόδου	Θέση	Απόσταση (cm)
Δεξιά έσω σφαγίτιδα	Δεξιός κόλπος	20
	Δεξιά κοιλία	30-35
	Πνευμονική αρτηρία	40-45
	Ενσφήνωση	50
Δεξιά η αριστερή υποκλειδίου		Χωρίς μεταβολές
Αριστερή έσω σφαγίτιδα		+5
Δεξιά ή αριστερή μηριαία		+15

Καθώς ο καθετήρας της πνευμονικής αρτηρίας προωθείται από μια κεντρική φλέβα στην πνευμονική αρτηρία οι κυματομορφές μεταβάλλονται και αυτό μας βοηθάει να προσδιορίσουμε κάθε φορά την θέση του.

Αρχικά ο καθετήρας περνάει από την δεξιό κόλπο και καταγράφουμε τη κεντρική φλεβική πίεση ή πίεση του δεξιού κόλπου η οποία αναγνωρίζεται από τα χαρακτηριστικά α, c και v επάρματα και από την χαμηλή μέση τιμή (Εικόνα 6).

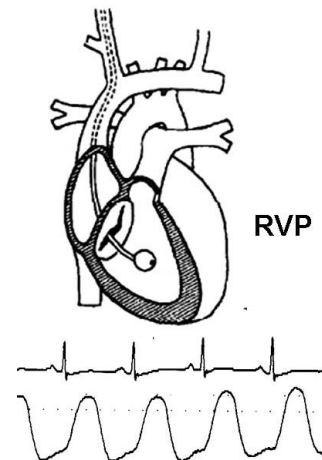


Εικόνα 6: Κεντρική φλεβική πίεση

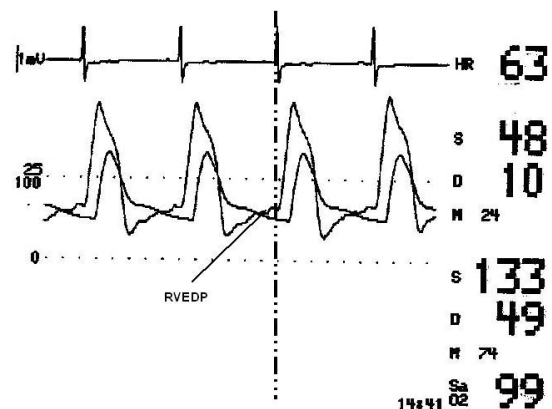
Μετά τη είσοδο της κορυφής του καθετήρα στο δεξιό κόλπο το μπαλόνι φουσκώνεται (περίπου 1,5ml) και ο καθετήρας προωθείται μέσα από την τριγλώχινη βαλβίδα στην δεξιά κοιλία και καταγράφεται η πίεση δεξιάς της κοιλίας (Εικόνα 7). Η κυματομορφή της δεξιάς κοιλίας αναγνωρίζεται από την αυξημένη συστολική πίεση (σε σχέση με αυτή του δεξιού κόλπου) και την πολύ χαμηλή διαστολική πίεση. Στην πρώιμη διαστολή η πίεση στην δεξιά κοιλία πέφτει στο κατώτερο σημείο και μετά αυξάνει καθώς επέρχεται πλήρωση της δεξιάς κοιλίας.

Οι περιγραφόμενες φυσιολογικές τιμές για την δεξιά κοιλία είναι 15 - 30mmHg και 2 - 8mmHg για την συστολική και την τελοδιαστολική πίεση αντίστοιχα.

Η τελοδιαστολική πίεση της δεξιάς κοιλίας (Right Ventricular End Diastolic Pressure - RVEDP) μετράται στο έπαρμα R του ΗΚΓγραφήματος (Εικόνα 8), μεταβάλλεται από την τελοδιαστολική σύσπαση του δεξιού κόλπου (κύμα a) και η μεταβολή αυτή είναι εμφανής σε περιπτώσεις όπου η δεξιά



Εικόνα 7: Καταγραφή κυματομορφής δεξιάς κοιλίας με την είσοδο του καθετήρα από την τριγλώχινη και την είσοδο στην δεξιά κοιλία.

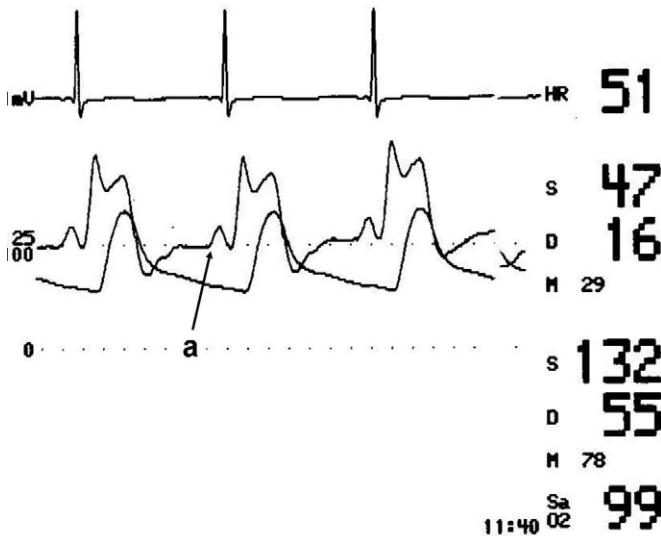


Εικόνα 8: Καταγραφή από πάνω προς τα κάτω του ΗΚΓγραφήματος, της πίεσης στην δεξιά κοιλία και της συστηματικής αρτηριακής πίεσης. Με βέλος σημειώνεται η τελοδιαστολική πίεση της δεξιάς κοιλίας ενώ η διακεκομμένη γραμμή δηλώνει την σχέση της RVEDP με το έπαρμα R του ΗΚΓγραφήματος.

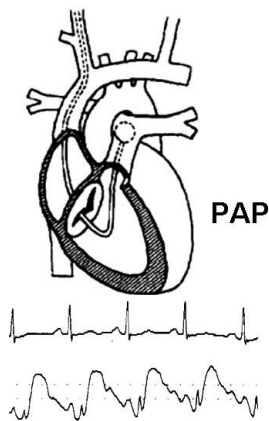
κοιλία έχει ελαττωμένη ευαισθησία όπου καταγράφεται κύμα a στο τέλος της διαστολής (Εικόνα 9).

Καθώς συνεχίζουμε την προώθηση ο καθετήρας της πνευμονικής μπαίνει στην περιοχή εξώθησης της δεξιάς κοιλίας και αφού διέλθει μέσα από την βαλβίδα της πνευμονικής αρτηρίας εισέρχεται στην πνευμονική αρτηρία και καταγράφουμε την πίεση στην πνευμονική αρτηρία (Pulmonary Arterial Pressure - PAP) (Εικόνα 10).

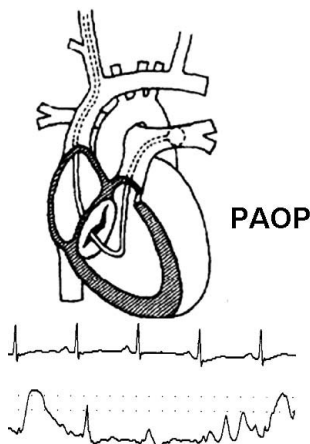
Η συστολική πίεση στην πνευμονική αρτηρία είναι



Εικόνα 9: Εμφανές έπαρμα a στην κυματομορφή της δεξιάς κοιλίας



Εικόνα 10: Προώθηση του καθετήρα στην πνευμονική αρτηρία και καταγραφή της αντίστοιχης κυματομορφής

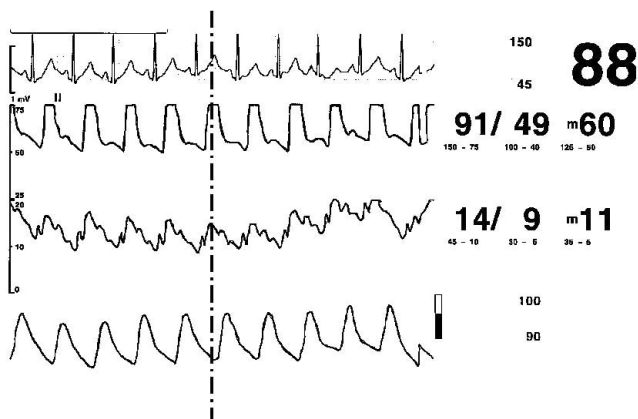


Εικόνα 11: Καταγραφή της πίεσης από απόφραξη στην πνευμονική αρτηρία μετά από προώθηση του καθετήρα Swan - Ganz με φουσκωμένο το μπαλονάκι

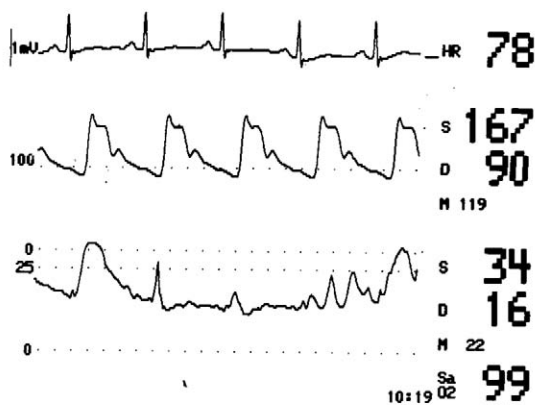
περίπου όση και η συστολική πίεση στην δεξιά κοιλία αλλά η διαστολική πίεση ξεπερνάει κατά πολύ την διαστολική πίεση στην δεξιά κοιλία. Η αύξηση στην διαστολική πίεση είναι η ένδειξη ότι ο καθετήρας πέρασε από την δεξιά κοιλία στην πνευμονική αρτηρία. Με το μπαλονάκι φουσκωμένο ο καθετήρας προωθείται και αποφράζει κάποιον κλάδο της πνευμονικής αρτηρίας οπότε και καταγράφεται η πίεση από απόφραξη στην πνευμονική αρτηρία (Pulmonary Artery Occlusion Pressure - PAOP). Η κυματομορφή της PAOP μοιάζει με την αυτήν της πίεσης του αριστερού κόλπου με κυριότερα επάρματα τα a και v (Εικόνα 11). Σε αντίθεση με την CVP το έπαρμα v είναι μεγαλύτερο και χρησιμοποιείται ως ένδειξη ανεπάρκειας μιτροειδούς βαλβίδας. Όταν το μέγεθος των επαρμάτων a και v είναι ασήμαντο η PAOP αναφέρεται σαν μια τιμή μέσης πίεσης, εάν όμως τα επιμέρους επάρματα είναι έντονα σωστότερο είναι να αναφέρονται τρεις τιμές.

Η πνευμονική κυκλοφορία υπό φυσιολογικές συνθήκες δέχεται αίμα τόσο όσο και η καρδιακή παροχή. Η πίεση στην πνευμονική κυκλοφορία είναι χαμηλή γεγονός που επιτυγχάνεται με τις χαμηλές πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις (Pulmonary Vascular Resistance - PVR) και αυτό αντανακλά εν μέρει την ευαινδοτότητα της πνευμονικής αγγειακής κοίτης.

Φυσιολογικά η πίεση στην πνευμονική αρτηρία (Pulmonary Arterial Pressure - PAP) είναι η συστολική (15 - 30mmHg) η διαστολική 4 - 12mmHg) και η μέση (9 - 18mmHg). Σε φυσιολογικές καταστάσεις η πίεση στην πνευμονική κυκλοφορία αυξάνει όταν αυξάνει η ροή, όχι όμως σε αναλογία 1:1 γιατί υπάρχει διαστολή και επιστράτευση αγγείων. Η κορυφή της κυματομορφής της πίεσης στην πνευμονική αρτηρία συμπίπτει με το έπαρμα T του ΗΚΓγραφήματος (Εικόνα 12). Η διαστολική πίεση στην πνευμονική αρτηρία (σε φυσιολογικές καταστάσεις) δεν διαφέρει πολύ από την PAOP και κατά επέκταση την τελοδιαστολική πίεση της αριστερής κοιλίας (Εικόνα 13). Σε καταστάσεις που αυξάνονται οι πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις (σήψη) η διαφορά μεταξύ των δύο πιέσεων ξεπερνάει τα 5mmHg (Εικόνα 14).



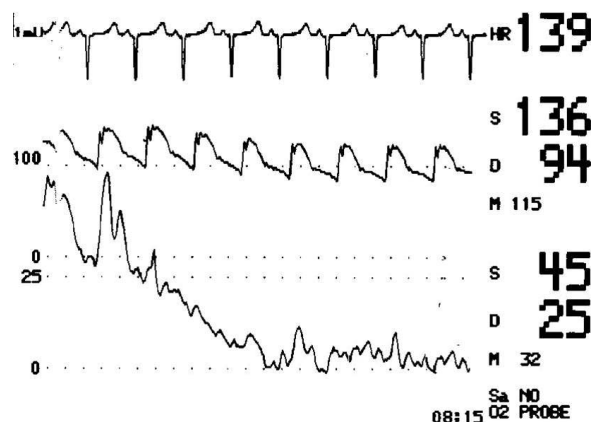
Εικόνα 12: Πίεση στην πνευμονική αρτηρία. Από την κορυφή προς την βάση ΗΚΓγράφημα, Συστηματική αρτηριακή πίεση, πίεση στην πνευμονική αρτηρία και κυματομορφή από το παλμικό οξυγονόμετρο. Η διακεκομμένη γραμμή δηλώνει την σχέση της PAP με το έπαρμα Τα του ΗΚΓγραφήματος.



Εικόνα 13: Πίεση από απόφραξη στην πνευμονική αρτηρία (PAOP). Από πάνω προς τα κάτω ΗΚΓγράφημα, Συστηματική αρτηριακή πίεση, Πίεση στην πνευμονική αρτηρία και PAOP μετά από έκπτυξη του αεροθαλάμου

ΠΙΕΣΗ ΣΤΑ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΑ ΤΡΙΧΟΕΙΔΗ (pulmonary capillary pressure - Pcp)

Η πίεση στα πνευμονικά τριχοειδή είναι η κινητήριος δύναμη για την διακίνηση υγρού από τα πνευμονικά αγγεία στον διάμεσο χώρο και στις κυψελίδες και την δημιουργία πνευμονικού οιδήματος. Για πολλά χρόνια διάφοροι συγγραφείς χρησιμοποιούσαν λανθασμένα τους όρους "πίεση στα πνευμονικά τριχοειδή", "πίεση εξ ενσφηνώσεως στα πνευμονικά τριχοειδή" (Pulmonary Capillary Wedge Pressure - PCWP) και "πίεση αποκλεισμού στην πνευμονική αρτηρία" (Pulmonary Artery



Εικόνα 14: Καταγραφή από πάνω προς τα κάτω του ΗΚΓγραφήματος, της συστηματικής αρτηριακής πίεσης, PAP και της PAOP σε πειραματικό μοντέλο πρόκλησης σήψης με χορήγηση LPS.

Occlusion Pressure - PAOP), και υπήρχε σύγχυση όσο αφορά την σωστή ερμηνεία των φυσιολογικών εννοιών αυτών των πιέσεων. Μάλιστα από πολλούς θεωρείτο ότι με την ως άνω ορολογία εκφραζόταν η ίδια πίεση και ότι η αύξηση της PAOP είναι ο κύριος παθοφυσιολογικός μηχανισμός για την δημιουργία του πνευμονικού οιδήματος. Ακόμη και σήμερα η σημαντικότητα της Pcp αγνοείται και στην κλινική πράξη σπάνια υπολογίζεται ενώ η PAOP συνήθως χρησιμοποιείται σαν οδηγός για την χορήγηση υγρών.

Η πίεση στα πνευμονικά τριχοειδή αντιπροσωπεύει την μέση πίεση του τριχοειδικού χώρου, καθορίζει την διήθηση υγρών προς τον διάμεσο χώρο και τις κυψελίδες, ελέγχει την ισορροπία των υγρών στους πνεύμονες και η αύξηση της προκαλεί πνευμονικό οίδημα. Η διήθηση υγρών δια μέσου των πνευμονικών τριχοειδών καθορίζεται από την εξίσωση του Starling. Σε φυσιολογικές καταστάσεις μικρή ποσότητα υγρών και πρωτεϊνών διηθείται από το τοίχωμα των πνευμονικών τριχοειδών στον διάμεσο χώρο και απομακρύνεται από το λεμφικό σύστημα. Σε οξεία αύξηση της Pcp αυξάνεται η έξοδος υγρών στον διάμεσο χώρο ενώ αντίστοιχα το λεμφικό σύστημα δεν είναι σε θέση να αυξήσει τον ρυθμό απομάκρυνσης με αποτέλεσμα την εμφάνιση πνευμονικού οιδήματος.

Η Pcp εξαρτάται από την μέση πίεση στην πνευμονική αρτηρία (mean pulmonary artery pressure - PAPm), από τις πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις (Pulmonary Vascular Resistance - PVR) και

από τον συνολικό όγκο αίματος στην πνευμονική κυκλοφορία. Συνεπώς, σε κάθε συγκεκριμένο ρυθμό της ροής του αίματος η Pcp είναι εξαρτώμενη από το μέγεθος και την κατανομή της αντίστασης που ασκείται στην αιματική ροή κατά το μήκος της πνευμονικής κυκλοφορίας και μεταξύ των προτριχοειδικών και μετατριχοειδικών αγγειακών διαμερισμάτων.

Σε φυσιολογικές καταστάσεις η Pcp είναι περίπου 6 - 8mmHg, αυξάνεται ελαφρά με την αύξηση της αιματικής ροής και μειώνεται στο 0 κατά την ηρεμία όπου η πνευμονική αιματική ροή διακόπτεται κατά την διαστολή. Σε μερικές παθοφυσιολογικές καταστάσεις όπως στην οξεία αναπνευστική δυσχέρεια (Acute Respiratory Distress Syndrome - ARDS), πνευμονική υπέρταση, σήψη, φλεγμονώδεις καταστάσεις, υποξυγοναιμία και καρδιαγγειακές παθήσεις η κλίση πίεσης μεταξύ της PAPd και LAP αυξάνεται και η κατανομή των πνευμονικών αγγειακών αντιστάσεων από τα προτριχοειδή αρτηριόλια στα μετατριχοειδή φλεβικά μέρη ποικίλει με αποτέλεσμα την άμεση αύξηση της Pcp. Σε αυτές τις περιπτώσεις το πνευμονικό οίδημα το οποία παραδοσιακά αποδίδεται σε αύξηση στην διαπερατότητα των τριχοειδών, μπορεί να οφείλεται και σε υδροστατικούς παράγοντες από την αύξηση της Pcp.

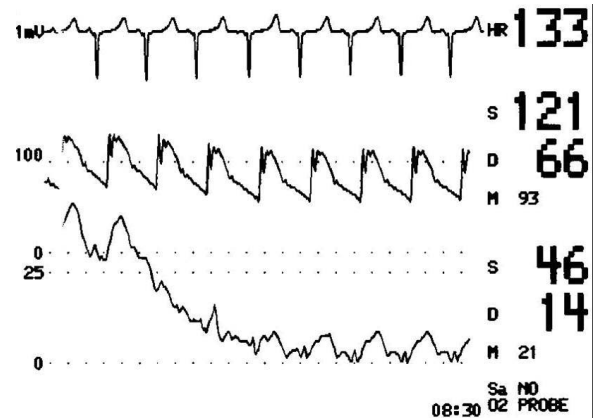
Μέτρηση της Pcp

Η Pcp έχει υπολογιστεί σε πειραματικά μοντέλα και σε ασθενείς με ποικίλους τρόπους οι περισσότεροι από τους οποίους δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν στην καθημερινή κλινική πράξη.

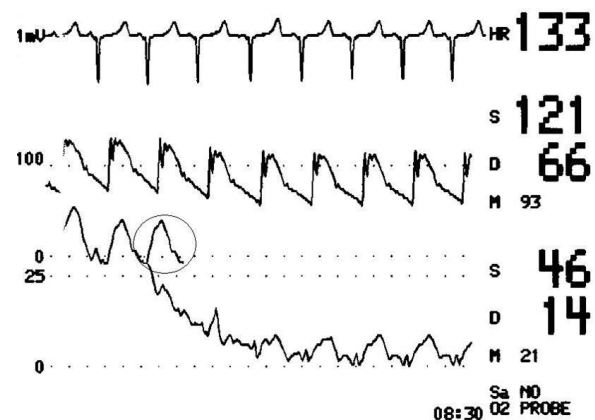
Η περισσότερο πρακτική προσέγγιση μέτρησης της Pcp χρησιμοποιεί την ανάλυση της κυματομορφής που προκύπτει από την έκπτυξη του αεροθαλάμου του καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας. Με την έκπτυξη του αεροθαλάμου η πίεση στην πνευμονική αρτηρία μειώνεται προοδευτικά ενώ

εάν εξετάσουμε τις διαδοχικές αλλαγές στην κυματομορφή της πίεσης μπορούμε να καθορίσουμε το σημείο μετάπτωσης της μείωσης της πίεσης από μια γρήγορη σε μια αργή φάση. Το σημείο αυτό αντιστοιχεί στην τιμή της Pcp (Εικόνες 15-17)

Ο συντελεστής 0,4 έχει βγει από πειραματικές μελέτες σε σκύλους στις οποίες οι αντιστάσεις από τα πνευμονικά τριχοειδή προς τις φλέβες είναι το



Εικόνα 15: Πρωτογενής καταγραφή ΗΚΓ, γραφήματος, συστηματικής αρτηριακής πίεσης και συμπλέγματος πνευμονικής αρτηριακής πίεσης και πίεσης από ενσφήνωση στην πνευμονική κυκλοφορία.

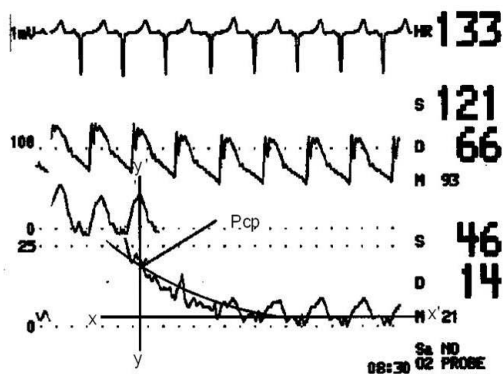


Εικόνα 16: Η προηγούμενη καταγραφή με ηλεκτρονική παράθεση σε σειρά ενός σφυγμικού κύματος της πνευμονικής αρτηριακής πίεσης (το τμήμα εντός του κύκλου)

Οι Gaar και Guyton το 1967 πρώτοι μέτρησαν την Pcp σε απομονωμένους πνεύμονες σκύλων και περιέγραψαν και την εξίσωση Garr και Guyton.

$$Pcp = PAOP + 0,4(PAPm - PAOP)$$

Pcp:	Πίεση στα πνευμονικά τριχοειδή
PAOP:	Πίεση από ενσφήνωση στην πνευμονική αρτηρία
PAPm:	Μέση πίεση στην πνευμονική αρτηρία



Εικόνα 17: Η γραμμή χχ' παριστά την μέση πίεση αποκλεισμού της πνευμονικής κυκλοφορίας (PAOP), η γραμμή γγ' παριστά κατά προσέγγιση την χρονική στιγμή αποκλεισμού της πνευμονικής αρτηρίας. Στο σημείο που η γραμμή γγ' τέμνει την καμπύλη της PAOP πρακτικά έχουμε την τιμή της πνευμονικής τριχοειδικής πίεσεως (Pcp). Η καμπύλη που ενώνει τα μέσα σημεία της PAOP δίνει επίσης την τιμή της Pcp, η καμπύλη αυτή είναι διεκθεσιακή. Η τιμή της Pcp αριθμητικά βρίσκεται συνήθως με την εξίσωση Gaar - Guyton.

44% των ολικών πνευμονικών αντιστάσεων, ενώ αντίστοιχα οι αντιστάσεις μεταξύ της πνευμονικής αρτηρίας και των τριχοειδών αριθμούν το 56% των ολικών πνευμονικών αγγειακών αντιστάσεων. Αυτό συμβαίνει γιατί τα πνευμονικά τριχοειδή γειτνιάζουν περισσότερο με την PAOP από ότι με την MPAP. Αν και η αναλογία των προτριχοειδικών προς τις μετατριχοειδικές αντιστάσεις μπορεί να ποικίλει σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις η μέθοδος θεωρείται και χρησιμοποιείται για σύγκριση με άλλες μεθόδους μέτρησης.

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΟ ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟ MONITORING

Η αξιολόγηση του κυκλοφορικού συστήματος υπό συνθήκες γενικής αναισθησίας και ελεγχόμενου μηχανικού αερισμού με θετικές πιέσεις ακολουθεί, σε γενικές γραμμές, τις αρχές του monitoring όσον αφορά τις πιέσεις και τον διακινούμενο όγκο αίματος στο σύνολο της κυκλοφορίας και στα επιμέρους υποσυστήματα αυτής.

Ως κύρια παράμετρος, επάνω στην οποία στηρίζονται όλες οι επιπλέον αιμοδυναμικές μετρήσεις, θεωρείται η καρδιακή συχνότητα (Heart Rate - HR), γιατί οι επιμέρους λειτουργίες του καρδια-

κού κύκλου εκφράζονται στον μετρούμενο χρόνο με την διάρκεια ενός σφυγμού. Η παρακολούθηση της ΚΣ γίνεται με την ηλεκτροκαρδιοσκοπία σε συνεχή πραγματικό χρόνο.

Η δυνατότητα για παρακολούθηση της αρτηριακής πίεσης υπάρχει από τον 18ο αιώνα, όμως η επανάσταση στην ηλεκτρονική τεχνολογία την δεκαετία του 1960 έδωσε νέες δυνατότητες για παρακολούθηση και αξιολόγηση της αρτηριακής πίεσης. Η αρτηριακή γραμμή αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο του επεμβατικού αιμοδυναμικού ελέγχου.

Ο καθετηριασμός περιφερικής αρτηρίας, προσιτής διαδεσμικά με τους συνήθεις καθετήρες της φλεβοκέντησης ή με ειδικό σύστημα τύπου seldinger και η σύνδεση της με το αντίστοιχο monitor με την παρεμβολή ενός μετατροπέα πίεσης (transducer), εξασφαλίζει την άμεση και συνεχή παρακολούθηση των μεταβολών της συστηματικής αρτηριακής πίεσης (ΣΑΠ) υπό μορφή αναλογικής καμπύλης (κυματομορφή) και αντίστοιχη ψηφιακή ένδειξη. Η ΣΑΠ (Systemic Arterial Pressure - SAP) επιμερίζεται σε διαστολική, συστολική και μέση (SAPs, SAPd, SAPm). Η τελευταία είναι υπολογιζόμενο μέγεθος, δίνεται από την εξίσωση : $SAPm = (SAPs + 2 \times SAPd) / 3$ και προσδιορίζεται αυτόματα μέσω λογισμικού ενσωματωμένου στο monitor. Υπενθυμίζεται ότι η SAPm, όπως και κάθε άλλη μέση πίεση που υπολογίζεται σε μετρήσεις βιολογικών συστημάτων, δεν έχει βιολογική οντότητα αλλά αποτελεί μαθηματική έννοια χρήσιμη στον υπολογισμό άλλων αιμοδυναμικών παραμέτρων. Η φυσιολογική αρτηριακή πίεση προκαλεί χαρακτηριστική κυματομορφή, η ανάλυση της οποίας πρέπει να γίνεται πάντα σε χρονικό συσχετισμό με την ηλεκτρική δραστηριότητα του μυοκαρδίου.

Η ΗΚΣκοπική καμπύλη και η καμπύλη της SAP συνδέονται αντίστοιχα με ηλεκτρικά και μηχανικά φαινόμενα της καρδιάς, έχοντας την ανάλογη χρονική υστέρηση μεταξύ τους. Ηλεκτρικά η κοιλιακή συστολή αντιπροσωπεύεται στο QRS του ΗΚΣ, ενώ η διαστολή συμβαίνει μετά το QRS και κατά την διάρκεια του κύματος T (Εικόνα 18). Η ανάλυση των μεταβολών της μορφολογίας του σφυγμικού κύματος της SAP είναι χρήσιμη για τον συγκεκριμένο ασθενή και μόνο, κάτι το οποίο ισχύει και

για την ποσοτική διερεύνηση του εμβαδού που περικλείεται κατά το σφυγμικό κύμα.

Η εισαγωγή του monitoring της κεντρικής φλεβικής πίεσης το 1962 ήταν το πρώτο σημαντικό βήμα αξιολόγησης της καρδιακής λειτουργίας και του



Εικόνα 18: Απεικόνιση του ΗΚΓ, της SAP και της CVP στην πάνω, μέση και κάτω ζώνες. Δεξιά αναγράφονται οι ψηφιακές ενδείξεις του monitor με τις αντίστοιχες αριθμητικές τιμές.

ενδοαγγειακού όγκου. Οι πιέσεις στην κεντρική κυκλοφορία, περιλαμβάνουν την πίεση στα μεγάλα φλεβικά στελέχη κατά την συμβολή τους στο δεξιό κόλπο (Central Venous Pressure - CVP), την πίεση στον δεξιό κόλπο (Right Atrium Pressure - RAP), την πίεση στην δεξιά κοιλία (τελοδιαστολική, Right Ventricular and Diastolic Pressure - RVED και την συστολική, Right Ventricular Systolic Pressure - RVPs) και τις πιέσεις της πνευμονικής κυκλοφορίας. Οι τελευταίες διακρίνονται στην συστολική πνευμονική αρτηριακή πίεση (Pulmonary Artery Systolic pressure - PAPs), την διαστολική πνευμονική αρτηριακή πίεση (Pulmonary Artery Diastolic Pressure - PAPd) καθώς και την μέση πνευμονική αρτηριακή πίεση (Pulmonary Artery Mean Pressure - PAPm).

Οι μετρήσεις των πιέσεων αυτών γίνονται μέσω του ειδικού καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας (Swan Ganz) και γίνονται συνεχώς σε πραγματικό χρόνο. Η πίεση από απόφραξη στην πνευμονική αρτηρία, η οποία κατά προσέγγιση αντανάκλα την πίεση στον αριστερό κόλπο, μετρείται και αυτή με τον ειδικό καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας κατά Swan και Ganz (Pulmonary Artery Occlusion Pressure - PAOP).

Η κεντρική φλεβική γραμμή, όταν συνδεθεί κατάλληλα, παρέχει ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα για την ενδοαυλική πίεση στο θεωρούμενο φλεβικό στέλεχος. Η κυματομορφή της CVP αναλύεται πάντα σε συσχετισμό με αυτήν της SAP ή του ΗΚΣ. Η CVP είναι έμμεσα ενδεικτική της πίεσης στον δεξιό κόλπο (RAP). Η CVP και η RAP μετρούν αυτό που δηλώνει το όνομα τους, επηρεάζονται σημαντικά από την κατάσταση του δεξιού κόλπου και των πιέσεων των περιβαλλόντων ιστών. Τοπικοί όγκοι, μηχανικός αερισμός με θετική πίεση, αυξημένη ενδοκοιλιακή πίεση, ισχαιμία μυοκαρδίου και παθολογικές καταστάσεις του περικαρδίου, είναι μερικοί από τους παράγοντες που διαμορφώνουν την μορφολογία και το μέγεθος της CVP.

Η χρήση του καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας, για τη μέτρηση της πίεσης από απόφραξη στην πνευμονική αρτηρία αντί της πίεσης πληρώσεως της αριστερής κοιλίας, επιτρέπει την καλύτερη προσέγγιση της αιμοδυναμικής κατάστασης ασθενών και ιδίως αυτών με αιμοδυναμική αστάθεια.

Η πίεση από απόφραξη συχνά σχετίζεται με το προφορτίο, αυτό όμως είναι λάθος που μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες παρεμβάσεις σε αιμοδυναμικά ασταθείς ασθενείς. Η πίεση από απόφραξη δεν αντανάκλα τον τελοδιαστολικό όγκο σαν απόλυτη τιμή και οι μεταβολές της PAOP δεν αντικατοπτρίζουν τις μεταβολές του τελοδιαστολικού όγκου της αριστερής κοιλίας (Left Ventricular End Diastolic Volume - LVEDV). Η PAOP συνδέεται με τον τελοδιαστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας, την διαστολική ευενδοτότητα της αριστερής κοιλίας, τον περιορισμό που δέχεται από το περικάρδιο και την ενδοκοιλιακή πίεση.

Άμεση μέτρηση του LVEDV προς το παρόν δεν είναι εφικτή, ενώ η κατά προσέγγιση μέτρηση του παραπάνω όγκου μπορεί να γίνει με την χρήση του υπερηχοκαρδιογραφήματος. Η μέτρηση της τελοδιαστολικής πίεσης της αριστερής κοιλίας χρειάζεται αριστερό καθετηριασμό, ο οποίος πέρα από τους κινδύνους που περιλαμβάνει δεν είναι εφικτός στην καθημερινή κλινική πρακτική.

Σε αντίθεση με την αριστερή κοιλία ο τελοδιαστολικός όγκος της δεξιάς κοιλίας είναι δυνατόν να μετρηθεί με την χρήση του καθετήρα της δεξιάς κοιλίας με δυνατότητα μέτρησης του κλάσματος ε-

ξωθήσεως της δεξιάς κοιλίας. Η προσπάθεια συσχέτισης του τελοδιαστολικού όγκου της δεξιάς κοιλίας (Right Ventricular End Diastolic Volume - RVEDV) με το προφορτίο της αριστερής κοιλίας είναι ανεπιτυχής, όταν η καρδιακή λειτουργία είναι επηρεασμένη, ή όταν η πίεση στην πνευμονική αρτηρία είναι αυξημένη. Έτσι η χρήση του κλάσματος εξωθήσεως της δεξιάς κοιλίας (Right Ventricular Injection Fraction - REF) για την αξιολόγηση του προφορτίου της αριστερής κοιλίας είναι περιορισμένη.

Όλες οι ανώτεροι παράμετροι, απεικονίζονται ηλεκτρονικά στην οθόνη του monitor, σε πραγματικό χρόνο, ενώ είναι δυνατή και η διακοπή της απεικόνισης των κυματομορφών για πληρέστερη κατανόηση και εξαγωγή συμπερασμάτων κατά την διάρκεια της μελέτης. Ενώ μπορούν να καταγραφούν και εκτυπωθούν επιμέρους στιγμιότυπα των απεικονιζομένων παραμέτρων στην οθόνη.

Ο όγκος παλμού (Stroke Volume - SV) είναι ο όγκος αίματος, ο οποίος εξωθείται σε κάθε συστολή των κοιλιών προς την αορτή και την πνευμονική αρτηρία. Θεωρητικά είναι ίσος με τον τελοδιαστολικό όγκο μείον τον τελοσυστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας. Σύμφωνα με τον νόμο των Frank - Starling η δύναμη συστολής της αριστερής κοιλίας και ο τελοδιαστολικός όγκος σχετίζονται. Παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τον τελοδιαστολικό και τον τελοσυστολικό όγκο καθορίζουν και τον όγκο παλμού. Αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου αυξάνει τον όγκο παλμού και εφόσον υπάρχει σταθερή καρδιακή συχνότητα και η λειτουργία της αριστερής κοιλίας ως αντλίας είναι φυσιολογική αυξάνει την καρδιακή παροχή. Σε καταστάσεις όμως επηρεασμένης καρδιακής λειτουργίας, για την ίδια αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου της αριστερής κοιλίας δεν υπάρχει καλή ανταπόκριση του όγκου παλμού.

Η καρδιακή παροχή (Cardiac

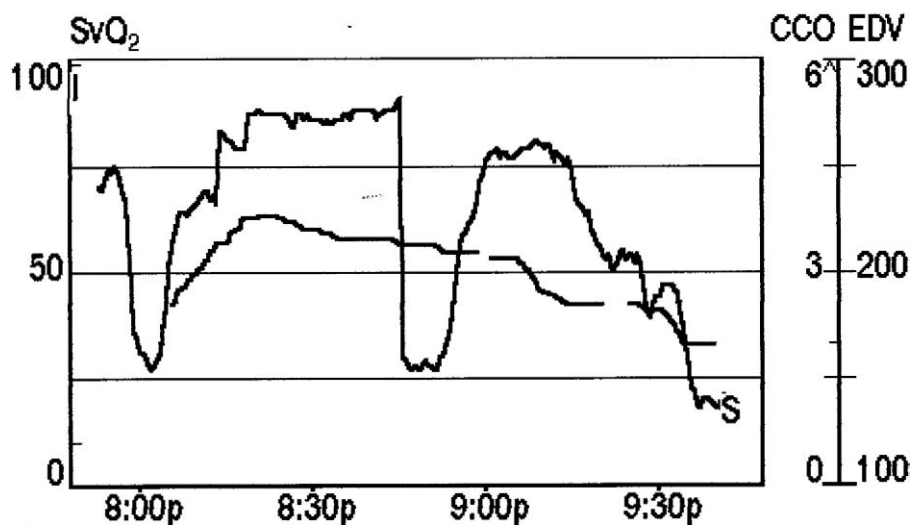
Output - CO), κατά συνθήκη παριστά τον όγκο αίματος που διακινείται ανά λεπτό από την δεξιά και αριστερή κοιλία αντίστοιχα, είναι δυνατόν να μετρηθεί με την μέθοδο της θερμοαραίωσης με την βοήθεια του καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας. Συνεχής μέτρηση της καρδιακής παροχής επιτυγχάνεται με την χρήση κατάλληλων καθετήρων (Εικόνα 19).

Τα παράγωγα μεγέθη, δηλαδή οι συστηματικές αγγειακές αντιστάσεις (Systemic Vascular Resistances - SVR) και οι πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις (Pulmonary Vascular Resistances - PVR) υπολογίζονται μαθηματικά από τους αντίστοιχους τύπους:

$$SVR = (SAPm - RAP) \times 80 / CO, PVR = (PAPm - PWCP) \times 80 / CO$$

Για τα αιμοδυναμικά δεδομένα μιας συγκεκριμένης στιγμής έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται η έκφραση <<αιμοδυναμική εικόνα>> (haemodynamic profile) και να χρησιμοποιούνται διεθνώς τα λατινικά ακρωνυμικά συμπλέγματα των διαφόρων παραμέτρων που συνθέτουν την εικόνα αυτή.

Οι πιέσεις που ανταποκρίνονται στην φάση πλήρωσης των κοιλιών δηλαδή η RAP, η PAOP, η



Εικόνα 19: Συνεχής καταγραφή του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης του μικτού φλεβικού αίματος σε οξυγόνο και της καρδιακής παροχής, πάνω και κάτω ζώνες αντίστοιχα.

LVP και οι τελοδιαστολικές πιέσεις δεξιάς και αριστεράς κοιλιών, είναι γνωστές και ως πιέσεις πλήρωσης.

Όσον αφορά την αξιολόγηση των μετρήσεων των πιέσεων της πνευμονικής κυκλοφορίας αυτή θα πρέπει να γίνεται σε συσχετισμό με το αιμοδυναμικό πλαίσιο της συστηματικής κυκλοφορίας.

Η δεξιά καρδιά ευρίσκεται σε εν σειρά σύνδεση με την αριστερή μέσω της πνευμονικής κυκλοφορίας, η οποία υπόκειται στις σημαντικές μεταβολές των ενδοθωρακικών πιέσεων που ασκούνται κατά

τον συμβατικό μηχανικό αερισμό, ταυτόχρονα όμως και οι καρδιακές κοιλότητες είναι σε παράλληλη σύνδεση με τον περικαρδιακό σάκο, δηλαδή έχουν συγκεκριμένο χώρο πλήρωσης προς κοινή χρήση. Οι παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη στην αξιολόγηση της καρδιακής λειτουργίας ενός ασθενή που βρίσκεται υπό συνθήκες γενικής αναισθησίας και μηχανικής υποστήριξης της αναπνοής.

ABSTRACT

Central Pressures Monitoring

Grosomanidis V, Fyntanidou B, Theodosiadis P, Kyparissa M, Zacharas J. Skourtis Ch.

Patients undergoing elective or emergency surgery are exposed both to the stress of the operative procedure and to the impact of mechanical ventilation. Moreover, many of them suffer from coexisting cardiovascular diseases. Their intravascular volume is subjected to continuous changes because of blood loss, fluid administration, as well as factors affecting intrapleural (mechanical ventilation) or intraabdominal (pneumoperitoneum) pressure.

Continuous monitoring of cardiovascular system and intravascular volume parameters should be of high priority for all physicians of perioperative medicine. The term central pressures is used to describe the pressures in the cardiac cavities or in the major vessels. The pressures in the right cardiac cavities (right atrium and right ventricle) and in the pulmonary artery as well as the pulmonary artery occlusion pressure can be measured in daily clinical practice, while the pressures in the left cardiac cavities can only be measured during left catheterization in the hemodynamic laboratory. Furthermore, the pulmonary capillary pressure and other parameters such as the systematic and pulmonary vascular resistance, which may not be included in the term central pressures but have an impact on the cardiac function, can be calculated using special mathematic equalizations.

Pulmonary artery catheterization, evaluation and interpretation of pressure waveforms and clinical decision making guided by hemodynamic monitoring should be indispensable components of the education of all new anesthesiologists.

Keywords: Hemodynamic monitoring, Swan - Ganz, CVP, PAP, PAOP

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ

1. Opie L, Perlroth M. Ventricular function in Opie Heart physiology. Lippincott - Williams & Wilkins, Philadelphia 2004, pp 355-401.
2. Mark J. Atlas of cardiovascular monitoring. Churchill Livingstone, Philadelphia 1998.
3. Nyhan D. Pulmonary circulation. Problems in anesthesia 2001 ; 13 : 109 - 141.
4. Hennedry T, Gerstenblith G. Right ventricular physiology. Problems in anesthesia 2001 ; 13 : 142 - 171.
5. Darovic G. Hemodynamic monitoring. Sainders, Philadelphia 1987.
6. Σκούρτης Χ. Περιεγχειρητική αιμοδυναμική. Θέματα Αναισθησιολογίας και Εντατικής Ιατρικής 1992 ; 4 : 9 - 57.
7. Σκούρτης Χ. Στοιχεία περιεγχειρητικής αιμοδυναμικής. Θέματα Αναισθησιολογίας και Εντατικής Ιατρικής 1992 ; 5 : 9 - 51.
8. Boldt J. Hemodynamic monitoring. UNI - MED Bremen 2009.
9. Stouter G. Cardiovascular hemodynamic for the clinician. Blackwell, Massachusetts 2008

