

# Monitoring του Κυκλοφορικού Συστήματος

ΑΘΗΝΑ ΛΑΒΡΕΝΤΙΕΒΑ, ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗΣ, ΑΘΗΝΑ ΛΙΟΝΤΑ,  
ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΤΣΑΓΚΗ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρακολούθηση της αιμοδυναμικής κατάστασης παίζει σημαντικό ρόλο στην διαχείριση των βαρέως πασχόντων ασθενών. Η χρήση του αιμοδυναμικού monitoring είναι επιβεβλημένη σε δυο βασικές καταστάσεις.

1. Προληπτικά για την παρακολούθηση της κατάστασης των ασθενών και έγκαιρη ανίχνευση τυχών διαταραχών, οι οποίες μπορούν δυνητικά να οδηγήσουν στην δυσλειτουργία οργάνων. Τυπικό σενάριο της χρήσης αυτής αποτελεί η περιεγχειρητική παρακολούθηση του ασθενή. Η αιμοδυναμική παρακολούθηση χρησιμεύει για την ανίχνευση πιθανής υποογκαιμίας, της χαμηλής καρδιακής παροχής και της χαμηλής προσφοράς οξυγόνου στους ιστούς και επιτρέπει την έγκαιρη παρέμβαση με σκοπό να αποτραπεί η εξέλιξη της κατάστασης.

2. Όταν υπάρχει ήδη μία παθολογική κατάσταση σε εξέλιξη. Στην περίπτωση αυτή, η αιμοδυναμική παρακολούθηση βοηθάει στο να γίνουν κατανοητοί οι παθοφυσιολογικοί μηχανισμοί, στους οποίους οφείλεται η νοσηρή

κατάσταση και βοηθάει στην επιλογή της κατάλληλης θεραπευτικής αγωγής. Τυπικό σενάριο αυτής της χρήσης αποτελεί η κατάσταση της καταπληξίας, όπου η απόφαση να χορηγηθούν περισσότερα υγρά ή να χρησιμοποιηθούν αγγειοδραστικοί παράγοντες βασίζεται στα δεδομένα από την χρήση του αιμοδυναμικού monitoring.

Η παρακολούθηση της αιμοδυναμικής εικόνας του ασθενή περιλαμβάνει την παρακολούθηση της κατάστασης της μάκρο και μικροκυκλοφορίας. Παρόλο που η μικροκυκλοφορία πιστεύεται ότι έχει πρωταγωνιστικό ρόλο στην ανάπτυξη της δυσλειτουργίας και της ανεπάρκειας των οργάνων και υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την παρακολούθηση των μεταβολών της, στην κλινική πράξη δεν υπάρχουν ακόμα τεχνικές παρακολούθησης της μικροκυκλοφορίας και συνεπώς, οι κλινικοί γιατροί περιορίζονται κυρίως στην παρακολούθηση των μεταβολών της μακροκυκλοφορίας. Τα στοιχεία ενός ιδεώδους συστήματος αιμοδυναμικής παρακολούθησης των ασθενών αναφέρονται στον Πίνακα 1.

|                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|
| Ακρίβεια στην μετάδοση των μεταβολών                                               |
| Εύκολη αναπαραγωγή πληροφοριών                                                     |
| Εύκολη ερμηνεία πληροφοριών                                                        |
| Ευκολία στην χρήση                                                                 |
| Ευκολία προσβάσεως στην τεχνική                                                    |
| Λειτουργία συστήματος μη εξαρτώμενη από τις ικανότητες του χρήστη                  |
| Μικρός χρόνος ανταπόκρισης στις μεταβολές                                          |
| Απουσία επιπλοκών κατά την τοποθέτηση και χρήση                                    |
| Παροχή πληροφοριών που μπορούν να επηρεάσουν την θεραπευτική διαχείριση του ασθενή |
| Ικανοποιητική σχέση κόστους/ οφέλους                                               |

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά του ιδεώδους συστήματος αιμοδυναμικής παρακολούθησης των ασθενών.

Οι μέθοδοι αιμοδυναμικής παρακολούθησης των βαρέως πασχόντων περιλαμβάνουν την:

- ▶ παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού
- ▶ μέτρηση της αρτηριακής πίεσης
- ▶ μέτρηση της καρδιακής παροχής
- ▶ μέτρηση πιέσεων στις καρδιακές κοιλότητες
- ▶ μέτρηση όγκων πλήρωσης της καρδιάς
- ▶ μέτρηση του κορεσμού του μικρού φλεβικού αίματος και του φλεβικού αίματος

Τα συστήματα αιμοδυναμικής παρακολούθησης διαφέρουν όσον αφορά την επεμβατικότητα τους, η οποία αναφέρεται ως πολύ υψηλή, όπως στην περίπτωση του καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας, και ως χαμηλή - στην περίπτωση των νεότερων μεθόδων, όπως το διαθωρακικό υπερηχοκαρδιογράφημα. Η ακρίβεια των συστημάτων παρακολούθησης προσδιορίζεται σε σχέση με τις μετρήσεις με την μέθοδο αναφοράς (gold standard). Οι περισσότερες μέθοδοι συγκρίνονται στην ακρίβεια τους με τον καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας (καθετήρα Swan-Ganz), παρόλο που η χρήση της τεχνικής αυτής αμφισβητείται έντονα τα τελευταία χρόνια.

## ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της ανασκόπησης αυτής είναι η ανάλυση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των μεθόδων της αιμοδυναμικής παρακολούθησης των βαρέως πασχόντων ασθενών και η αναφορά στις βασικές αρχές της επιλογής της κάθε μεθόδου.

Η επιλογή του ενός ή του άλλου συστήματος παρακολούθησης εξαρτάται από πολλές παραμέτρους: τα χαρακτηριστικά του ασθενή, την παθοφυσιολογία της νοσηρής κατάστασης που επιβάλλει την παρακολούθηση του ασθενή, το χρονικό σημείο στην εξέλιξη της νόσου, τον χώρο στον οποίον πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η συσκευή. Το αιμοδυναμικό monitoring των ασθενών σε χώρους εκτός νοσοκομείου ή στα εξωτερικά ιατρεία ενός νοσοκομείου διαφέρει από την παρακολούθηση των ασθενών εντός της χειρουργικής αίθουσας ή εντός της Μονάδας Εντατικής Θεραπείας. Στην πρώτη περίπτωση ενδείκνυται η χρήση των λιγότερο επεμβατικών μεθόδων, ενώ στη ΜΕΘ ή στο χώρο του χειρουργείου χρησιμοποιούνται περισσότερο επεμβατικές μέθοδοι παρακολούθησης. Ο χρόνος στον οποίον γίνεται η χρήση της κάθε μεθόδου επίσης έχει σημαντική επίπτωση στην αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης. Ως ένα παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί η χρήση του αιμοδυναμικού monitoring στους σηπτικούς ασθενείς. Ενώ η χρήση της μέτρησης της κεντρικής φλεβικής πίεσης και του κορεσμού του μεικτού φλεβικού αίματος και η κατευθυνόμενη θεραπεία στην ομαλοποίηση των αιμοδυναμικών παραμέτρων που ελήφθησαν (goal

directed therapy) φαίνεται ότι βελτιώνει την έκβαση των ασθενών στην πρώιμη φάση της σηπτικής καταπληξίας (πρώτες 6 ώρες), η χρήση των ίδιων μεθόδων παρακολούθησης στους ασθενείς με σήψη μετά από τις πρώτες 6 ώρες εμφάνισης της, όταν υπάρχουν σοβαρές βλάβες σε διάφορα όργανα και συστήματα, δεν φαίνεται να βελτιώνει την έκβαση της ίδιας κατηγορίας ασθενών.

Οι αιμοδυναμικές παράμετροι διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: στατικές και δυναμικές (λειτουργικές).

## I. ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

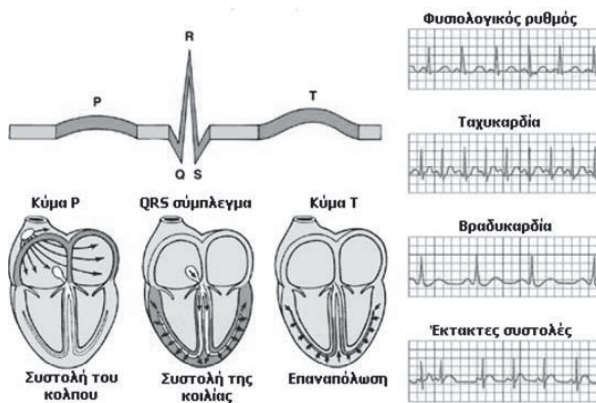
Μετρούνται με την χρήση παραδοσιακών τεχνικών (μέτρηση της αρτηριακής πίεσης, μέτρηση της κεντρικής φλεβικής πίεσης, μέτρησης πιέσεων στις καρδιακές κοιλότητες και στην πνευμονική αρτηρία με την χρήση καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας). Ορισμένες στατικές παράμετροι συγκρίνονται και αξιολογούνται σε σχέση με ένα αυθαίρετα οριζόμενο όριο. Παραδείγματος χάρη, η κεντρική φλεβική πίεση άνω των 12 mmHg θεωρείται παθολογική και αντικατοπτρίζει την αυξημένη πλήρωση της δεξιάς καρδιάς, πλην αυτού όμως δεν δίνει καμία πληροφορία για το αίτιο της κατάστασης αυτής. Άλλες παράμετροι δεν μπορούν να συγκριθούν με ένα όριο, αλλά στην αξιολόγησή τους πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν οι μεταβολικές απαιτήσεις του οργανισμού. Ως παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί η μέτρηση της καρδιακής παροχής, όπου είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστούν τα φυσιολογικά ή παθολογικά όρια και η μέτρηση πρέπει να αξιολογείται αναλόγως των μεταβολικών απαιτήσεων του κάθε ασθενή και την ικανότητα της συγκεκριμένης καρδιακής παροχής να εξασφαλίσει την επαρκή ροή αίματος και οξυγόνου στους ιστούς σε κάθε ασθενή, σε κάθε δεδομένη στιγμή. Ο χαρακτηρισμός μίας καρδιακής παροχής ως «φυσιολογικής» μπορεί να γίνει μόνο με την αξιολόγηση της ικανότητας της να ανταποκρίνεται στις μεταβολικές ανάγκες του ασθενή, στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

### Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Αποτελεί ασφαλή μέθοδο παρακολούθησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς και επιτρέπει την ανίχνευση διαφόρων παθολογικών καταστάσεων όπως: ισχαιμία μυοκαρδίου, αρρυθμίες, διαταραχές αγωγιμότητας, διαταραχές βηματοδότησης της καρδιάς.

Η ηλεκτρική δραστηριότητα των κυττάρων του μυοκαρδίου παράγει ηλεκτρικά δυναμικά τα οποία καταγράφονται με την χρήση των ηλεκτροδίων του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ). Η μέθοδος αυτή αποτελεί την βασική τεχνική παρακολούθησης των ασθενών στο χώρο του χειρουργείου και στην ΜΕΘ.

Στο **γράφημα 1** αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του φυσιολογικού ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Το κύμα P προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία παράγονται κατά την εκπόλωση των κόλπων πριν από τη συστολή τους, ενώ το σύμπλεγμα QRS προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την εκπόλωση των κοιλιών πριν από τη συστολή τους, δηλαδή, κατά την επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο των κοιλιών. Κατά συνέπεια, τόσο το κύμα P, όσο και τα κύματα που αποτελούν το σύμπλεγμα QRS είναι κύματα εκπόλωσης. Το κύμα T προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία παράγονται κατά την ανάνηψη των κοιλιών από την κατάσταση της εκπόλωσης. Η διεργασία αυτή επιτελείται στο μυοκάρδιο των κοιλιών 0,25 ως 0,35 sec μετά την εκπόλωση και το κύμα αυτό χαρακτηρίζεται ως κύμα επαναπόλωσης.



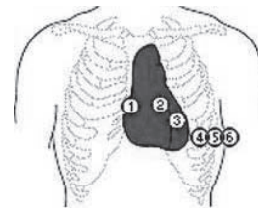
**Γράφημα 1.** Χαρακτηριστικά του φυσιολογικού ΗΚΓ. Επεξηγήσεις αναφέρονται στο κείμενο.

### Ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές

Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γίνεται σε διάφορες σταθερές (τυπικές) θέσεις. Η πολικότητα της εγγραφής κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου (θετική ή αρνητική) καθορίζεται από τον προσανατολισμό των ηλεκτροδίων σε σχέση με την κατεύθυνση του ρεύματος στην καρδιά. Οι θέσεις των ηλεκτροδίων πάνω στην επιφάνεια σώματος είναι συγκεκριμένες (**Γράφημα 2**).

Τα ηλεκτρόδια κωδικοποιούνται με διαφορετικά χρώματα: για το δεξί ώμο το ηλεκτρόδιο έχει κόκκινο χρώμα, για τον αριστερό ώμο κίτρινο, για τον αριστερό κάτω άκρο-πράσινο, για τον δεξί κάτω άκρο- μαύρο χρώμα και για προ-κάρδια απαγωγή-το άσπρο χρώμα. Επίσης, τα ηλεκτρόδια κωδικοποιούνται με το αρχικό γράμμα του σημείο εφαρμογής, π.χ., LL-Left Leg. Η κωδικοποίηση διευκολύνει το νοσηλευτικό έργο και την αποφυγή μιας εσφαλμένης τοποθέτησης, η οποία μπορεί να επιφέρει μορφολογικές αλλαγές στο καρδιογράφημα.

Το ΗΚΓ 12 απαγωγών αποτελεί αξιόπιστη μέθοδο έγκαιρης διάγνωσης της ισχαιμίας του μυοκαρδίου. Η επιλογή της απαγωγής που παρακολουθείται καθορίζει την διαγνωστική ευαισθησία της μεθόδου. Οι απαγωγές II και V παρακολουθούνται σε περισσότερες περιπτώσεις. Η απαγωγή II διευκολύνει τη διάγνωση αρρυθμιών και την ισχαιμία του κατώτερου τοιχώματος, η απαγωγή V διευκολύνει τη διάγνωση ισχαιμίας του πρόσθιου και πλαγίου τοιχώματος. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα παρακολούθησης του ΗΚΓ προσφέρουν την ανάλυση του διαστήματος ST και του κύματος T, οι οποίες αποτελούν πρώιμο διαγνωστικό κριτήριο της ισχαιμίας του μυοκαρδίου (ανάσπαση του διαστήματος ST και η αναστροφή του κύματος T). Η αυτοματοποιημένη ανάλυση του QT διαστήματος είναι επίσης διαθέσιμη, στις νεότερης γενιάς συστήματα παρακολούθησης και επιτρέπει την διάγνωση των αρρυθμιών και της ισχαιμίας του μυοκαρδίου.



**Γράφημα 2.** Εφαρμογή των ηλεκτροδίων του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

- V1 = τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα, δεξιά του στέρνου.
- V2 = τέταρτο μεσοπλεύριο διάστημα, αριστερά του στέρνου.
- V3 = ανάμεσα στη V2 και V4.
- V4 = πέμπτο μεσοπλεύριο διάστημα, στη μεσοκλειδική γραμμή (κορυφή της καρδιάς).
- V5 = πρόσθια μασχαλιαία γραμμή, στο ύψος της V4.
- V6 = μέση μασχαλιαία γραμμή, στο ύψος της V4.
- aVR = δεξιά άνω άκρο.
- aVL = αριστερό άνω άκρο.
- aVF = αριστερό κάτω άκρο.

**Γράφημα 2.** Εφαρμογή των ηλεκτροδίων του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

### Αρτηριακή πίεση

Η ρυθμική συστολή της καρδιάς οδηγεί στις ρυθμική αύξηση και μείωση της αρτηριακής πίεσης. Η μέγιστη πίεση που δημιουργείται κατά την διάρκεια της συστολής της αριστερής κοιλίας είναι η συστολική αρτηριακή πίεση, ενώ η χαμηλότερη πίεση κατά τη διάρκεια της διαστολής της αριστερής κοιλίας είναι η διαστολική πίεση. Ως πίεση σφυγμού ορίζεται η διαφορά των συστολικών και των διαστολικών πιέσεων.

Εκτός από την συστολική και την διαστολική πίεση αξιολογείται και η μέση αρτηριακή πίεση, η οποία αντανακλά την πίεση άρδευσης των οργάνων και των ιστών. Αντιστοιχεί στον μέσο όρο της πίεσης που επικρατεί στο αρτηριακό σύστημα, κατά τη διάρκεια ενός πλήρους καρ-

διακού κύκλου (συστολή και διαστολή). Υπολογίζεται με την εξίσωση:

Μέση αρτηριακή πίεση= συστολική αρτηριακή πίεση+  
2×διαστολική αρτηριακή πίεση/3

#### **Αναίμακτες μέθοδοι μέτρησης της αρτηριακής πίεσης.**

Οι έμμεσες μετρήσεις της αρτηριακής πίεσης γίνονται με την βοήθεια μιας συσκευής που αποτελείται από μία περιχειρίδα και έναν εκπνυσσόμενο αεροθάλαμο. Η περιχειρίδα περιτυλίγεται γύρω από το βραχίονα ή από την κνήμη και ο αεροθάλαμος εκπνύσσεται, ώστε να δημιουργηθεί μία πίεση που συμπιέζει την υποκείμενη αρτηρία. Ο αεροθάλαμος αποσυμπιέζεται αργά επιτρέποντας έτσι την επανακυκλοφορία του αίματος στην αρτηρία. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της αρτηριακής πίεσης είναι:

- ▶ Ταλαντώσεις του περιβραχιονίου
- ▶ Ακρόαση των ήχων Korotkoff
- ▶ Υπερηχητική ανίχνευση των κινήσεων του τοιχώματος της αρτηρίας κάτω από το περιβραχιόνιο
- ▶ Έλεγχος της αιματικής ροής περιφερικά του σφυγμομανόμετρου με την ψηλάφηση του σφυγμού.

Η ακρόαση των ήχων Korotkoff είναι η συχνότερη μέθοδος μέτρησης της αρτηριακής πίεσης, έχει όμως κάποιους περιορισμούς. Το πλάτος του περιβραχιονίου πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το ένα τρίτο της περιφέρειας του μέλους, το μήκος του αεροθαλάμου πρέπει να είναι τουλάχιστον 80% της περιμέτρου του άκρου, το πλάτος του πρέπει να είναι 40% της περιμέτρου της άκρου, και το μέσο του αεροθαλάμου πρέπει να είναι τοποθετημένο ακριβώς πάνω από την αρτηρία. Η μέθοδος είναι ανακριβής στους ασθενείς με παχυσαρκία, στους ασθενείς με ακραίες μεταβολές της αρτηριακής πίεσης π.χ. καταπληξία, στους ασθενείς με αρρυθμία, βραδυκαρδία.

Για την αυτόματη μέτρηση της αρτηριακής πίεσης χρησιμοποιείται ένας υπερηχητικός μετατροπέας Doppler ή μία ταλαντωσιμετρική μέθοδος. Οι ηλεκτρονικές συσκευές διαθέτουν ένα σύστημα συναγερμού που προειδοποιεί όταν η πίεση είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη από το προκαθορισμένο όριο.

#### **Αιματηρή μέθοδος παρακολούθησης της αρτηριακής πίεσης.**

Με την αιματηρή μέθοδο γίνεται συνεχής λήψη της πίεσης σε κάθε παλμό, επιπλέον, η μέθοδος επιτρέπει την ανάλυση του κύματος παλμού και διευκολύνει την λήψη αίματος για τον έλεγχο των αερίων αίματος και άλλο εργαστηριακό έλεγχο.

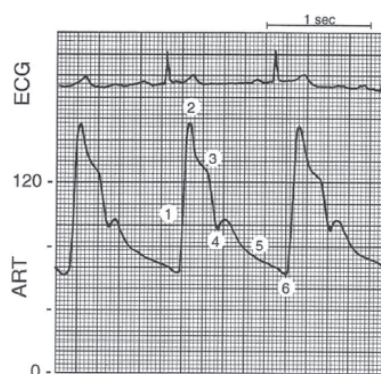
Παρόλο ότι αρκετές αρτηρίες προσφέρονται για υποδόριο

καθητηριασμό και άμεση μέτρηση της αρτηριακής πίεσης συνήθως χρησιμοποιούνται η κερκιδική, η μηριαία και η ραχιαία του ποδός αρτηρία.

Στην κυματομορφή της αρτηριακής πίεσης διακρίνεται ένα συστολικό και ένα διαστολικό τμήμα (**Γράφημα 3**). Το συστολικό τμήμα αποτελείται από ένα ανιόν σκέλος και ένα κατιόν και ανταποκρίνεται στην περίοδο εξώθησης της αριστερής κοιλίας. Το κατιόν σκέλος διακόπτεται από το δίκροτο έπαρμα, το οποίο αντανακλά τη σύγκληση της αορτικής βαλβίδας στο τέλος της συστολής. Το σημείο αυτό οριοθετεί την έναρξη της διαστολικής φάσης και η αρτηριακή πίεση φτάνει στην ελάχιστη τιμή στο τέλος της διαστολής.

Η ακρίβεια της μέτρησης της αρτηριακής πίεσης εξαρτάται από τον συντελεστή απόσβεσης του συστήματος. Το αρτηριακό κύμα χαμηλής απόσβεσης (overdamped) υπερεκτιμά τη συστολική και υποεκτιμά τη διαστολική πίεση παρουσιάζοντας επιπρόσθετα επάρματα που αλλοιώνουν την πραγματική κυματομορφή. Το αρτηριακό κύμα υψηλής απόσβεσης (underdamped) αμβλύνει την πραγματική κυματομορφή και έτσι υποεκτιμάται η συστολική πίεση και υπερεκτιμάται η διαστολική πίεση.

Η συχνότητα σφαλμάτων μπορεί να ελαττωθεί με τα εξής μέτρα: ελάττωση του μήκους των συνδετικών σωλήνων, περιορισμός των περιττών διακοπών, απομάκρυνση θρόμβων, φυσαλίδων αέρος, χρήση ειδικών, άκαμπτων συνδετικών σωλήνων. Αναφέρεται ότι το μέγιστο επιθυμητό μήκος των σωληνώσεων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 120 εκατοστά και η διάμετρος των σωληνώσεων να είναι 1.5-3 χιλιοστά.



**Γράφημα 3.** Κυματομορφή της αρτηριακής πίεσης.

1. συστολικό ανιόν σκέλος
2. συστολική μέγιστη πίεση
3. συστολική πτώση
4. δίκροτο έπαρμα
5. διαστολική πτώση
6. τελοδιαστολική πίεση.

Η ακρίβεια του συστήματος εξαρτάται και από την ορθό-

τητα των διαδικασιών της βαθμονόμησης (calibration). Ο μηδενισμός διενεργείται με την έκθεση του μορφομεταρπέα στην ατμοσφαιρική πίεση. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και στην επιλογή του ύψους του επιπέδου μέτρησης της πίεσης, που είναι συνήθως η μέση μασχαλιαία γραμμή. Το μηδενικό σημείο και το επίπεδο του μορφομεταρπέα πρέπει να ελέγχονται συχνά, όταν μεταβάλλεται η θέση του ασθενή ή όταν παρουσιάζονται απότομες μεταβολές στην αρτηριακή πίεση.

#### Κεντρική φλεβική πίεση

Είναι η πίεση που αντανακλά την συστηματική φλεβική επιστροφή. Η φυσιολογική κυματομορφή της κεντρικής φλεβικής πίεσης περιλαμβάνει 5 επάρματα, 3 θετικά και 2 αρνητικά (Γράφημα 4). Επειδή η κεντρική φλεβική πίεση (ΚΦΠ) ανήκει στην κατηγορία χαμηλών πιέσεων, στην μέτρηση της είναι σημαντικό να γίνεται σωστή βαθμονόμηση του συστήματος μέτρησης.

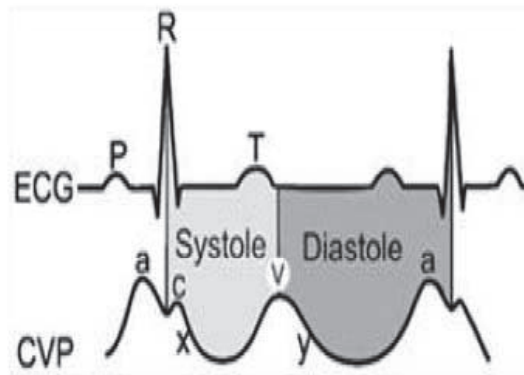
Η τιμή που αξιολογείται είναι η μέση τιμή της ΚΦΠ, φυσιολογικές τιμές της οποίας θεωρείται ότι είναι 2-8 mmHg. Η κεντρική φλεβική πίεση δεν αποτελεί αξιόπιστο δείκτη αξιολόγησης της φλεβικής επιστροφής και του ενδοαγγειακού όγκου αίματος. Η συσχέτιση της τιμής της ΚΦΠ και της απάντησης του οργανισμού στην χορήγηση υγρών

δεν έχει επίσης αποδεχθεί. Δεν έχει οριστεί το όριο κάτω από το οποίο επιβάλλεται χορήγηση υγρών. Αντιθέτως, οι υψηλές τιμές της ΚΦΠ (>12 mmHg) συσχετίζονται μόνο με παθολογικές καταστάσεις. Η χρησιμότητα της παρακολούθησης της κεντρικής φλεβικής πίεσης για την διάγνωση παθολογικών καταστάσεων και την διαχείριση των βαρέως πασχόντων ασθενών δεν έχει αποδειχθεί.

#### Καθετήρας πνευμονικής αρτηρίας

Η τεχνική αυτή επιτρέπει τον προσδιορισμό των πιέσεων στις δεξιές καρδιακές κοιλότητες, στην πνευμονική κυκλοφορία και της πίεσης πλήρωσης της αριστερής κοιλίας με την μέτρηση της πίεσης ενσφήνωσης των πνευμονικών τριχοειδών (PCWP) (Γράφημα 5). Ο καθετήρας της πνευμονικής αρτηρίας επιπλέον επιτρέπει την μέτρηση των αντιστάσεων στην πνευμονική και στην συστηματική κυκλοφορία.

Κατά την τοποθέτηση του ο καθετήρας αρχικά εισέρχεται στον δεξιό κόλπο, όπου καταγράφεται η κεντρική φλεβική πίεση ή η πίεση του δεξιού κόλπου, η οποία αναγνωρίζεται από τη χαμηλή τιμή της και από τα χαρακτηριστικά επάρματα της. Μετά την είσοδο του άκρου του καθετήρα στον δεξιό κόλπο, ο ασκός που βρίσκεται στο άκρο του καθετήρα εκπύσσεται με τον αέρα (1.5 ml) και προωθείται



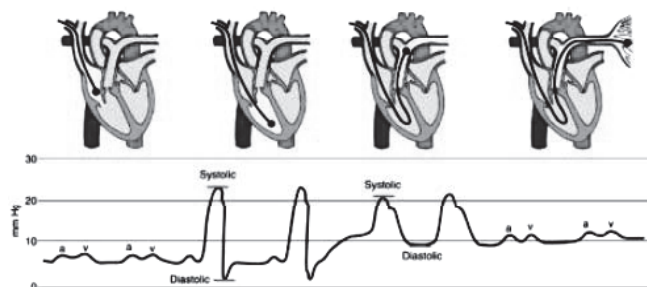
Το κύμα **a** αντιπροσωπεύει την κολπική συστολή, το κύμα **c** αντιπροσωπεύει την πρόπτωση της τριγλώχινας βαλβίδας κατά την πρώιμη κοιλιακή συστολή και πάντα ακολουθεί το κύμα **R** στο ηλεκτροκαρδιογράφημα, το κύμα **v** αντιπροσωπεύει την φλεβική πλήρωση των κόλπων κατά το τέλος της κοιλιακής συστολής και ακολουθεί το κύμα **T** στο ηλεκτροκαρδιογράφημα. Το αρνητικό έπαρμα **x** παρατηρείται κατά τη διάρκεια μείωσης της πίεσης στον δεξιό κόλπο κατά τη διάρκεια της κοιλιακής σύσπασης λόγω της χαλάρωσης του κόλπου και μεταβολής του σχήματος του, το αρνητικό έπαρμα **y** παρατηρείται κατά τη διάρκεια διάνοιξης της τριγλώχινας βαλβίδας και μείωσης της πίεσης στον δεξιό κόλπο λόγω της εξόδου του αίματος στην δεξιά κοιλία.

Γράφημα 4. Κυματομορφή της κεντρικής φλεβικής πίεσης.

διαμέσου της τριγλώχινας βαλβίδας στην δεξιά κοιλία. Η κυματομορφή της δεξιάς κοιλίας αναγνωρίζεται από την αυξημένη συστολική πίεση (σε σχέση με την πίεση του δεξιού κόλπου) και τη χαμηλή διαστολική πίεση. Οι φυσιολογικές τιμές της συστολικής και της διαστολικής πίεσης της δεξιάς κοιλίας είναι 15-30 mmHg και 2-8 mmHg, αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, ο καθετήρας προωθείται στην πνευμονική αρτηρία διαμέσου της βαλβίδας της πνευμονικής αρτηρίας και καταγράφεται η πίεση στην πνευμονική αρτηρία. Οι φυσιολογικές τιμές της συστολικής και της διαστολικής πίεσης της πνευμονικής αρτηρίας είναι 15-30 mmHg και 4-12 mmHg, αντίστοιχα και η μέση πίεση είναι 9-18 mmHg. Η συστολική πίεση στην πνευμονική αρτηρία είναι περίπου όση στην δεξιά κοιλία, αλλά η διαστολική πίεση διαπερνά τη διαστολική πίεση στην δεξιά κοιλία, και αυτή η αύξηση της διαστολικής πίεσης αποτελεί την ένδειξη ότι ο καθετήρας προωθήθηκε από την δεξιά κοιλία στην πνευμονική αρτηρία. Με τον ασκό γεμάτο αέρα ο καθετήρας προωθείται και αποφράσσει κάποιον κλάδο της πνευμονικής αρτηρίας και με αυτόν τον τρόπο λαμβάνεται η πίεση ενσφύνωσης των πνευμονικών τριχοειδών (PCWP, pulmonary capillary wedge pressure). Η κυματομορφή της μοιάζει με αυτήν της πίεσης του αριστερού κόλπου, αντικατοπτρίζει την πίεση του αριστερού κόλπου και θεωρείται ότι επιτρέπει την αξιολόγηση της πλήρωσης της αριστερής κοιλίας. Σε φυσιολογικές καταστάσεις η PCWP είναι περίπου 6-8 mmHg. Η διαστολική πίεση της πνευμονικής αρτηρίας δεν διαφέρει πολύ από την πίεση ενσφύνωσης των πνευμονικών τριχοειδών και κατά επέκταση την διαστολική πίεση της αριστερής κοιλίας, σε καταστάσεις όμως που αυξάνονται οι πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις η διαφορά μεταξύ των δύο πιέσεων ξεπερνά τα 5 mmHg. Η πίεση στα πνευμονικά τριχοειδή αντιπροσωπεύει την μέση πίεση του τριχοειδικού χώρου, καθορίζει την διήθηση υγρών προς το διάμεσο χώρο στους πνεύμονες και η αύξηση της PCWP συσχετίζεται με την ανάπτυξη πνευμονικού οιδήματος.

Τα τελευταία χρόνια πληθαίνουν οι βιβλιογραφικές αναφορές που αποδεικνύουν ότι η πίεση ενσφύνωσης δεν συσχετίζεται πάντα με τον όγκο πλήρωσης της αριστερής κοιλίας και, επιπλέον, δεν φαίνεται να μπορεί να προβλέψει την απάντηση του οργανισμού στην χορήγηση υγρών. Η χρήση του ειδικού καθετήρα της δεξιάς κοιλίας επιτρέπει την μέτρηση του τελοδιαστολικού όγκου της δεξιάς κοιλίας με δυνατότητα μέτρησης του κλάσματος εξώθησης της δεξιάς κοιλίας. Ο προσδιορισμός του τελοδιαστολικού όγκου της δεξιάς κοιλίας είναι κρίσιμος κατά την περιεγχειρητική περίοδο στις καρδιοχειρουργικές επεμβά-



**Γράφημα 5.** Απεικόνιση πιέσεων κατά την τοποθέτηση του καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας, με τη σειρά: κεντρική φλεβική πίεση, πίεση στην δεξιά κοιλία, πίεση στην πνευμονική αρτηρία, πίεση ενσφύνωσης πνευμονικών τριχοειδών

σεις, για τον λόγο ότι επιτρέπει την διάγνωση της δεξιάς καρδιακής ανεπάρκειας. Η αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου της δεξιάς κοιλίας σε συνδυασμό με την πτώση της καρδιακής παροχής υποδηλώνει την ύπαρξη πνευμονικής καρδιάς (cor pulmonale) και δεξιάς καρδιακής ανεπάρκειας.

Ο καθετήρας της πνευμονικής αρτηρίας επιτρέπει την μέτρηση της καρδιακής παροχής (cardiac output-CO) με την μέθοδο θερμοαραίωσης, είτε με την χρήση ψυχρού διαλύματος (φυσιολογικός ορός), είτε με την χρήση ειδικής ενσωματωμένης στο monitor συσκευής, η οποία εκπέμπει ένα θερμικό σήμα. Η μεταβολή του θερμικού σήματος αυτού καταγράφεται και αξιολογείται για την μέτρηση της καρδιακής παροχής. Η καρδιακή παροχή αντικατοπτρίζει τον όγκο αίματος που διακινείται ανά λεπτό από την δεξιά και αριστερή κοιλία αντίστοιχα. Εκτός από τον καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι μέτρησης της καρδιακής παροχής όπως: η μέθοδος διαπνευμονικής θερμοαραίωσης με την χρήση του συστήματος PiCCO, ή μέθοδος της διάλυσης χημικού δείκτη (λιθίου) με την χρήση του συστήματος LiDCO (ανάλυση συγκέντρωσης του χημικού δείκτη στο αίμα μετά την έγχυση μιας γνωστής ποσότητας δείκτη), η μέθοδος ανάλυσης της αρτηριακής κυματομορφής (pulse contour analysis) με την χρήση ενός ενσωματωμένου στο σύστημα ειδικού μαθηματικού αλγορίθμου (συστήματα PiCCO, Vigileo και MostCare).

Με την χρήση του καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας, όπως και με την χρήση των υπολοίπων προαναφερόμενων τεχνικών, μπορεί να προσδιοριστεί ο όγκος παλμού (Stroke Volume, SV). Ο όγκος παλμού είναι ο όγκος αίματος, ο οποίος εξωθείται σε κάθε συστολή των κοιλιών προς την

αορτή και προς την πνευμονική κυκλοφορία. Υπολογίζεται ως διαφορά του τελοδιαστολικού και τελοσυστολικού όγκου:

**SV= τελοδιαστολικός όγκος-τελοσυστολικός όγκος**

Αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου αυξάνει τον όγκο παλμού και υπό φυσιολογικές συνθήκες, αυξάνει την καρδιακή παροχή. Σε παθολογικές καταστάσεις, όπου η καρδιακή λειτουργία είναι επηρεασμένη, π.χ. στην περίπτωση ισχαιμίας ή εμφράγματος του μυοκαρδίου, η αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου δεν οδηγεί στην αύξηση του όγκου παλμού και της καρδιακής παροχής.

Με τη χρήση του καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας μπορούν να υπολογιστούν επιπρόσθετες αιμοδυναμικές παράμετροι, όπως οι συστηματικές αγγειακές αντιστάσεις και οι πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις, με την βοήθεια μαθηματικών αλγορίθμων ενσωματωμένων στην συσκευή μέτρησης.

#### **Κορεσμός του μικτού φλεβικού και του φλεβικού αίματος**

Η μέτρηση του κορεσμού του μικτού φλεβικού αίματος στην πνευμονική αρτηρία (SvO<sub>2</sub>) με την χρήση του καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας αντανακλά με μεγαλύτερη ακρίβεια την επάρκεια της προσφοράς οξυγόνου στους ιστούς από την μέτρηση της καρδιακής παροχής. Ο κορεσμός του μικτού φλεβικού αίματος δίνει πληροφορίες για την συσχέτιση της προσφοράς και της κατανάλωσης οξυγόνου σε όλα τα όργανα του σώματος. Παθολογικές καταστάσεις όπως αναιμία, υποξυγοναιμία, μειωμένη καρδιακή παροχή οδηγούν στην μείωση της προσφοράς και την αύξηση της απόσπασης του οξυγόνου και, συνεπώς, προκαλούν την πτώση του κορεσμού του μικτού φλεβικού αίματος. Φυσιολογικές τιμές του κορεσμού του μικτού φλεβικού αίματος είναι 65-75%. Η πτώση του SvO<sub>2</sub> <60% υποδηλώνει την ύπαρξη ιστικής ισχαιμίας. Μέτρηση του κορεσμού του φλεβικού αίματος στην άνω κοίλη φλέβα ή στον δεξιό κόλπο (ScvO<sub>2</sub>) με την χρήση ενός ειδικού κεντρικού φλεβικού καθετήρα μας επιτρέπει έμμεσα την αξιολόγηση του κορεσμού του μικτού φλεβικού αίματος (SvO<sub>2</sub>). Η συσχέτιση ανάμεσα σε ScvO<sub>2</sub> και στο SvO<sub>2</sub> πρέπει να αξιολογείται με προσοχή καθώς υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες που παρεμβάλλονται και την επηρεάζουν. Ο κορεσμός του φλεβικού αίματος (του αίματος στον δεξιό κόλπο, ScvO<sub>2</sub>) αξιολογεί την οξυγόνωση των ιστών του άνω μέρους του σώματος (κεφάλι, άνω άκρα) και δεν αξιολογεί αξιόπιστα την οξυγόνωση των ενδοκοιλιακών οργάνων και της καρδιάς. Οι τιμές του SvO<sub>2</sub> είναι περίπου 2-3% υψηλότερες από τις τιμές του ScvO<sub>2</sub>, λόγω χαμηλό-

τερης κατανάλωσης οξυγόνου από τα σπλαχνικά όργανα σε σχέση με τον εγκέφαλο υπό φυσιολογικές συνθήκες. Οι μεταβολές και των δύο παραμέτρων είναι παράλληλες, όταν υπάρχει διαταραχή της προσφοράς και της κατανάλωσης του οξυγόνου σε όλα τα όργανα του σώματος. Όμως σε καταστάσεις shock, ιδιαίτερα στην σηπτική καταπληξία, μειώνεται σημαντικά η αιμάτωση των σπλαχνικών οργάνων και συνεπώς, αυξάνεται η απόσπαση του οξυγόνου από την τριχοειδική κυκλοφορία στα σπλάχνα. Η αιμάτωση του εγκεφάλου και των άνω άκρων δεν επηρεάζεται στον ίδιο βαθμό και η τιμή του ScvO<sub>2</sub> δεν μειώνεται στον ίδιο βαθμό σε σχέση με την τιμή του SvO<sub>2</sub>, με συνέπεια, την μεγαλύτερη πτώση του κορεσμού του μικτού φλεβικού αίματος σε σχέση με τον κορεσμό του φλεβικού αίματος και την αύξηση της διαφοράς μεταξύ των ScvO<sub>2</sub> και SvO<sub>2</sub> (συνήθως πάνω από 8%).

#### **Μέθοδος μέτρησης της καρδιακής παροχής με την τεχνική της διαπνευμονικής αραιώσης και την τεχνική χρήσης του υπερηχογραφικού σήματος**

Υπάρχουν τρία νεότερα συστήματα παρακολούθησης της αιμοδυναμικής κατάστασης, τα οποία επιτρέπουν την μέτρηση της καρδιακής παροχής και των άλλων αιμοδυναμικών παραμέτρων και τα οποία θεωρούνται λιγότερο επεμβατικές τεχνικές σε σχέση με τον καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας. Τα συστήματα αυτά είναι το PiCCO, το LiDCO, και το COstatus. Η τεχνική PiCCO απαιτεί την τοποθέτηση κεντρικού φλεβικού καθετήρα και ενός ειδικού αρτηριακού καθετήρα. Η μέθοδος μέτρησης της καρδιακής παροχής βασίζεται στην τεχνική της θερμοαραιώσης, με την έγχυση ψυχρού διαλύματος και την ανίχνευση των μεταβολών της θερμοκρασίας σε περιφερικό αρτηριακό καθετήρα. Από την καμπύλη θερμοαραιώσης που προκύπτει υπολογίζονται η καρδιακή παροχή και ο όγκος παλμού. Το σύστημα PiCCO επιτρέπει επιπρόσθετα την μέτρηση και άλλων αιμοδυναμικών παραμέτρων όπως την μέτρηση του συνολικού τελοδιαστολικού όγκου της καρδιάς (global end diastolic volume, GEDV), ενδοθωρακικού όγκου αίματος (intrathoracic blood volume, ITBV), επιτρέπει την αξιολόγηση της απαντητικότητας στην χορήγηση υγρών με την μέτρηση των διακυμάνσεων της πίεσης παλμού και του όγκου παλμού (pulse pressure variation, PPV, stroke volume variation, SVV). Η τεχνική αυτή προσφέρει την μοναδική δυνατότητα αξιολόγησης της διαπερατότητας των αγγείων του πνεύμονα με τον δείκτη διαπερατότητας (pulmonary vascular permeability index, PVPI) και την αξιολόγηση του εξωαγγειακού όγκου υγρών στον πνεύμονα (extravascular lung water, EVLW). Οι μετρήσεις αυτές επιτρέπουν των διαφορική διάγνωση

ορισμένων παθολογικών καταστάσεων, όπως π.χ., τον διαχωρισμό του πνευμονικού οιδήματος καρδιογενούς και μη – καρδιογενούς αιτιολογίας. Η αύξηση του EVLW μπορεί να οφείλεται σε αυξημένη υδροστατική πίεση (στην καρδιακή ανεπάρκεια) ή σε καταστάσεις αυξημένης διαπερατότητας του ενδοθηλίου των πνευμονικών αγγείων (στη σήψη, στο έγκαυμα).

Η μέθοδος LiDCO χρησιμοποιεί την έγχυση λιθίου ως χημικής ουσίας και μετράει την καρδιακή παροχή με την μέτρηση της αραιώσης του διαλύματος λιθίου. Η μέθοδος COstatus προσδιορίζει την καρδιακή παροχή με την χρήση των υπερήχων και την ανίχνευση των μεταβολών της ροής αίματος μετά την έγχυση θερμού διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

Επιλέον, τα συστήματα PiCCO και LiDCO επιτρέπουν την μέτρηση της καρδιακής παροχής αρχικά με την μέθοδο της αραιώσης και, μετά την αρχική βαθμονόμηση του συστήματος, προσδιορίζουν την καρδιακή παροχή συνεχώς με την χρήση της μεθόδου ανάλυσης της κυματομορφής της αρτηριακής πίεσης. Ορισμένα λιγότερο επεμβατικά συστήματα όπως το Vigileo και το MostCare έχουν ενσωματωμένο αλγόριθμο, ο οποίος επιτρέπει την μέτρηση της καρδιακής παροχής με την ανάλυση της κυματομορφής της αρτηριακής πίεσης χωρίς την ανάγκη αρχικής βαθμονόμησης, μετατρέποντας με τον αλγόριθμο την μέτρηση των πιέσεων σε μετρήσεις της ροής (καρδιακής παροχής). Αναφέρεται ικανοποιητική συσχέτιση των μετρήσεων με την ανάλυση της κυματομορφής της αρτηριακής πίεσης σε σχέση με τον καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης των μεθόδων αυτών είναι η περιορισμένη επεμβατικότητα, η ευκολία στην τοποθέτηση και στην χρήση. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν την ευαισθησία των μεθόδων στις απότομες αλλαγές της ενδοτικότητας των αγγείων. Ανεπάρκεια των βαλβίδων, ιδιαίτερα της αορτικής βαλβίδας επίσης μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια του συστήματος, όπως και η μη καλή μετάδοση της κυματομορφής της αρτηριακής πίεσης λόγω τεχνικών προβλημάτων.

#### *Χρήση υπερήχων και echo-Doppler*

Η υπερηχοκαρδιογραφία αποτελεί μία χρήσιμη μέθοδο παρακολούθησης της αιμοδυναμικής κατάστασης των ασθενών, η οποία επιτρέπει την εκτίμηση της καρδιακής παροχής και, επιπλέον, παρέχει πολλά επιπρόσθετα στοιχεία για την καρδιακή λειτουργία. Η τεχνική αυτή επιτρέπει την εκτίμηση των καρδιακών κοιλοτήτων, των βαλβίδων και του περικαρδίου. Μικρό μέγεθος των καρδιακών κοιλοτήτων ('kissing ventricles') υποδηλώνει την ανάγκη για χορήγηση υγρών, μειωμένη συσταλτικότητα του μυοκαρδίου, που φαίνεται με την χρήση των υπερήχων, μπο-

ρεί να καθοδηγήσει στην χρήση ινοτρόπων παραγόντων, διάταση της δεξιάς κοιλίας μας οδηγεί στην διάγνωση της μαζικής πνευμονικής εμβολής ή του εμφράγματος του μυοκαρδίου της δεξιάς καρδιάς, η παρουσία περικαρδιακού υγρού θέτει την διάγνωση του επιπωματισμού και επιβάλλει την παρακέντηση του περικαρδίου. Η τεχνική αυτή βοηθάει επίσης στην διάγνωση των ανατομικών και των λειτουργικών διαταραχών των καρδιακών βαλβίδων. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το γεγονός ότι δεν είναι διαθέσιμη σε όλους τους χώρους, απαιτεί ειδική εκπαίδευση και δεν επιτρέπει την συνεχή παρακολούθηση των αιμοδυναμικών παραμέτρων.

Η χρήση του φαινομένου Doppler επιτρέπει την μέτρηση της καρδιακής παροχής με την χρήση του διοισοφαγίου υπερηχοκαρδιογραφήματος, του διαθωρακικού υπερηχοκαρδιογραφήματος και με την πιο απλοποιημένη μέθοδο μέσω της τοποθέτησης ειδικού μορφομετατροπέα στον οισοφάγο. Η τεχνική αυτή απαιτεί ειδική εκπαίδευση, χορήγηση καταστολής (στις τεχνικές λήψης δια του οισοφάγου), ενώ η βέλτιστη λήψη της κατάλληλης τομής και η μέτρηση δεν είναι πάντα εφικτές. Επιπλέον, παρουσία βλάβης του οισοφάγου μπορεί να αποτρέψει την χρήση του διοισοφαγίου μορφομετατροπέα. Αναφέρεται αποτελεσματική χρήση της τεχνικής αυτής στη διαχείριση των χειρουργικών ασθενών υψηλού κινδύνου.

#### *Θωρακική ηλεκτρική βιοαντίσταση*

Η θωρακική ηλεκτρική βιοαντίσταση υπολογίζει την καρδιακή παροχή από τις μεταβολές στην ηλεκτρική αγωγιμότητα της θωρακικής κοιλότητας, οι οποίες προέρχονται από τις μεταβολές του όγκου αίματος κατά την διάρκεια του καρδιακού κύκλου. Είναι μία μη επεμβατική τεχνική, η οποία είναι χρήσιμη ως μέτρο παρακολούθησης των μεταβολών της καρδιακής παροχής, αλλά έχει περιορισμένη ακρίβεια στην μέτρηση των απόλυτων τιμών.

## **II. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ (ΔΥΝΑΜΙΚΟ) ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟ MONITORING: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑ**

Παρόλο που η παρακολούθηση της κατάστασης του καρδιαγγειακού συστήματος είναι πολύ σημαντική στην κλινική πράξη, μεγαλύτερη αξία έχει η έγκαιρη ανίχνευση των μεταβολών των αιμοδυναμικών παραμέτρων, ως απάντηση στην χρήση διαφόρων θεραπευτικών παρεμβάσεων. Οι τεχνικές παρακολούθησης των επιπτώσεων των διαφόρων παρεμβάσεων στην κατάσταση του καρδιαγγειακού συστήματος αναφέρονται ως λειτουργικές τεχνικές. Παρακάτω αναφέρονται διάφορα είδη του λειτουργικού αιμοδυναμικού monitoring.



### Δοκιμασία φόρτισης με υγρά

Μία από τις βασικές χρήσεις του λειτουργικού αιμοδυναμικού monitoring είναι ο προσδιορισμός της απαντητικότητας στην χορήγηση υγρών. Ο προσδιορισμός ή η πρόβλεψη αν ο ασθενής θα απαντήσει στην χορήγηση υγρών γίνεται με την δοκιμασία φόρτισης με υγρά, όπου δίνεται ένας μικρός όγκος υγρών σε μικρό χρονικό διάστημα και παρατηρούνται οι μεταβολές διαφόρων αιμοδυναμικών παραμέτρων. Δεν υπάρχει συμφωνία στην βιβλιογραφία για το είδος, την ποσότητα και τον βέλτιστο χρόνο χορήγησης των υγρών. Αξιολογείται η μεταβολή των αιμοδυναμικών και άλλων παραμέτρων (αύξηση της αρτηριακής πίεσης, μείωση της ταχυκαρδίας, αύξηση του κορεσμού του μικτού φλεβικού αίματος, μείωση των γαλακτικών) μετά την χορήγηση ορισμένης σχετικά περιορισμένης ποσότητας υγρών (150-500 ml). Η δοκιμασία φόρτισης υγρών αποτελεί ένα test για την ανίχνευση των ασθενών, οι οποίοι θα επωφεληθούν από την χορήγηση των υγρών χωρίς να παρουσιάσουν ανεπιθύμητες συνέπειες όπως το πνευμονικό οίδημα ή η δεξιά καρδιακή ανεπάρκεια. Όμως, η δοκιμασία φόρτισης με υγρά έχει ορισμένα μειονεκτήματα, όπως: 1. μόνο 50% των ασθενών απαντούν θετικά στην δοκιμασία φόρτισης με υγρά, 2. μπορεί να υπάρξει καθυστέρηση στην θεραπευτική χορήγηση υγρών λόγω της εφαρμογής της δοκιμασίας αυτής 3. χορήγηση υγρών σε ασθενείς που δεν ανταποκρίνονται μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές, π.χ. πνευμονικό οίδημα.

Για αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια ήρθαν στο προσκήνιο μέθοδοι υποκατάστασης της δοκιμασίας φόρτισης με υγρά, όπως η μέθοδος ανύψωσης των κάτω άκρων, οι μέθοδοι παρακολούθησης των αιμοδυναμικών μεταβολών με τις αναπνευστικές κινήσεις, είτε κατά τον αυτόματο αερισμό, είτε κατά τον μηχανικό αερισμό.

### Δοκιμασία ανύψωσης των κάτω άκρων

Παθητική ανύψωση των κάτω άκρων σε 30° αυξάνει την φλεβική επιστροφή σε ασθενείς, οι οποίοι θα απαντήσουν στην χορήγηση υγρών. Η ανύψωση των κάτω άκρων αυξάνει παροδικά την καρδιακή παροχή και δεν αποτελεί μέθοδο θεραπείας της υποογκαιμίας. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η εύκολη εφαρμογή, η δυνατότητα επανάληψης αν προκύψει ανάγκη. Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η εξάρτηση του όγκου που επιστρατεύεται με την ανύψωση των άκρων από τον συνολικό όγκο αίματος του ασθενή, σε περιπτώσεις βαριάς υποογκαιμίας η αξιοπιστία της μεθόδου είναι περιορισμένη.

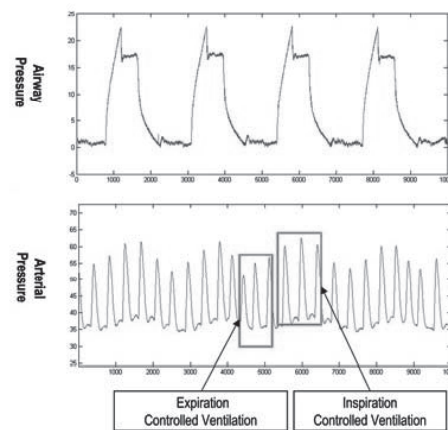
### Μεταβολές της κεντρικής φλεβικής πίεσης με τις αυτόματες αναπνευστικές κινήσεις

Με την εισπνοή η φλεβική επιστροφή αυξάνει και η αυ-

ξηση αυτή οφείλεται στην μείωση της ενδοθωρακικής πίεσης. Αν η δεξιά κοιλία μπορεί να προωθήσει το αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία, τότε οι μεταβολές της κεντρικής φλεβικής πίεσης κατά την αυτόματη αναπνοή καθρεφτίζουν τις μεταβολές της ενδοθωρακικής πίεσης. Η εισπνευστική πτώση της κεντρική φλεβικής πίεσης πάνω από 1 mmHg προβλέπει θετική απάντηση στην χορήγηση υγρών. Οι ασθενείς στους οποίους η ΚΦΠ δεν μειώνεται κατά την εισπνοή δεν απαντούν στην χορήγηση υγρών.

### Μεταβολές του όγκου παλμού της αριστεράς κοιλίας κατά τον μηχανικό αερισμό με θετικές πιέσεις

Μεταβολές της συστολικής πίεσης, πίεσης παλμού, όγκου παλμού κατά τη διάρκεια του αναπνευστικού κύκλου κατά τον μηχανικό αερισμό προσδιορίζουν την απαντητικότητα των ασθενών στην χορήγηση υγρών (Γράφημα 6). Η αύξηση της διακύμανσης της πίεσης παλμού άνω του 13%, κατά τη διάρκεια του αναπνευστικού κύκλου, συνδυάζεται με την θετική απάντηση στην χορήγηση υγρών. Η δοκιμασία αυτή προϋποθέτει χορήγηση σταθερού εισπνεόμενου όγκου μεγέθους 8 ml/kg βάρους σώματος.



Γράφημα 6. Μεταβολές του όγκου παλμού και της πίεσης παλμού κατά την διάρκεια του αναπνευστικού κύκλου (φάσεις εισπνοής και εκπνοής).

Έχει αποδειχθεί η συσχέτιση των διακυμάνσεων του όγκου παλμού, ο οποίος προσδιορίζεται με την χρήση τεχνικών ανάλυσης της αρτηριακής κυματομορφής (PiCCO, Vigileo) με την θετική απάντηση στην χορήγηση υγρών σε ασθενείς κατά την περιεγχειρητική περίοδο.

### Μεταβολές της διαμέτρου της κάτω κοίλης φλέβας και της άνω κοίλης φλέβας κατά τον μηχανικό αερισμό με θετικές πιέσεις

Περιοδικές μεταβολές της διαμέτρου της κάτω και της άνω κοίλης φλέβας οι οποίες ανιχνεύονται με την χρήση του υπερηχογραφήματος αποτελούν έναν επιπρόσθετο

δείκτη πρόβλεψης θετικής απάντησης στην χορήγηση υγρών. Αύξηση της διαμέτρου των φλεβών κατά την εισπνοή (εμφύσηση του αναπνευστήρα) και μείωση κατά την φάση της εκπνοής συσχετίζονται με την αιμοδυναμική σταθεροποίηση μετά την χορήγηση υγρών. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η ευκολία στην χρήση και ο μη επεμβατικός χαρακτήρας της. Η τεχνική, όμως, έχει ορισμένους περιορισμούς: δυσκολία στην λήψη εικόνας σε παχύσαρκους ασθενείς, μετά από επεμβάσεις στη κοιλιακή χώρα, ενώ η αυξημένη ενδοκοιλιακή πίεση μπορεί να επηρεάσει την αξιοπιστία της μεθόδου. Η μεταβολή της διαμέτρου της άνω κοίλης φλέβας θεωρείται πιο αξιόπιστος δείκτης αξιολόγησης της απάντησης στην χορήγηση υγρών, αλλά απαιτεί την χρήση του διοισοφάγειου υπερηχογραφήματος, κάτι που περιορίζει την χρήση της τεχνικής αυτής.

### III. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ MONITORING

*I. Η χρήση οποιασδήποτε τεχνικής αιμοδυναμικής παρακολούθησης δεν μπορεί να βελτιώσει την έκβαση των ασθενών από μόνη της.*

Η αιμοδυναμική παρακολούθηση μπορεί να επηρεάσει την έκβαση των ασθενών μόνο υπό 3 προϋποθέσεις:

1. να υπάρχει ακριβής λήψη των παραμέτρων,
2. να γίνεται συσχέτιση των πληροφοριών που ελήφθησαν με τις κλινικές πληροφορίες για την κατάσταση του κάθε ασθενή,
3. να γίνεται αποτελεσματική τροποποίηση της θεραπείας βάσει των πληροφοριών από το monitoring.

Αν οι πληροφορίες δεν ελήφθησαν με κατάλληλο τρόπο ή δεν ερμηνεύτηκαν σωστά και η θεραπεία που εφαρμόστηκε δεν είναι η πρόπευσα, τότε η χρήση οποιασδήποτε τεχνικής αιμοδυναμικής παρακολούθησης δεν είναι αποτελεσματική και μπορεί να είναι και επιβλαβής για τον ασθενή.

*II. Η επιλογή της τεχνικής της αιμοδυναμικής παρακολούθησης μπορεί να αλλάζει στον χρόνο και εξαρτάται από το επίπεδο εξοπλισμού του κάθε τμήματος και από την εκπαίδευση και εξοικείωση του προσωπικού με την χρήση της κάθε τεχνικής.*

Κατά την αρχική αντιμετώπιση ενός βαρέως πάσχοντα ασθενή συνιστάται η χρήση πιο εξειδικευμένων τεχνικών παρακολούθησης και όσο η κατάσταση του ασθενή σταθεροποιείται θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πιο απλές τεχνικές και λιγότερο επεμβατικές μέθοδοι. Δεν υπάρχει σύσταση για την χρήση αποκλειστικά ενός και μόνο συ-

στήματος παρακολούθησης, η χρήση διαφορετικών τεχνικών monitoring μπορεί να προσφέρει περισσότερες πληροφορίες για την κατάσταση του ασθενή. Παραδείγματος χάρη, η παρακολούθηση της καρδιακής παροχής θα μπορούσε να συνδυαστεί με την μέτρηση του κορεσμού του φλεβικού αίματος για να γίνει αξιολόγηση κατά πόσο η συγκεκριμένη καρδιακή παροχή εξασφαλίζει επαρκή προσφορά οξυγόνου στους ιστούς.

*III. Η βέλτιστη τιμή των αιμοδυναμικών παραμέτρων δεν είναι ίδια για όλους τους ασθενείς και μπορεί να είναι διαφορετική για τον ίδιο ασθενή σε διαφορετικές στιγμές και καταστάσεις.*

Παρόλο που υπάρχει αναφορά στη βιβλιογραφία για κάποια συγκεκριμένα «ασφαλή» όρια για κάθε αιμοδυναμική παράμετρο ( μέση αρτηριακή πίεση >65 mmHg, κεντρική φλεβική πίεση >8 mmHg), η «τυφλή» στόχευση σε αυτά τα όρια μπορεί να είναι επιβλαβής. Παραδείγματος χάρη, το βέλτιστο όριο της αρτηριακής πίεσης είναι πολύ διαφορετικό για ένα νέο άτομο χωρίς προηγούμενο επιβαρημένο ιατρικό ιστορικό, από το ασφαλή όριο της πίεσης για ένα ηλικιωμένο άτομο με ιστορικό αρτηριακής υπέρτασης. Διατήρηση μίας υψηλής καρδιακής παροχής είναι απαραίτητη σε έναν πολυτραυματία σε σηπτική κατάσταση, αλλά είναι ανώφελη σε έναν ασθενή νεαρής ηλικίας υπό καταστολή και χωρίς σήψη. Το να έχει κανείς τον ίδιο στόχο ( π.χ. διατήρηση 'ίδιας' καρδιακής παροχής) για όλους τους ασθενείς και για όλες τις καταστάσεις παρομοιάζεται με την οδήγηση αυτοκινήτου με την ίδια ταχύτητα σε δρόμο εντός της πόλης και σε δρόμο ταχείας κυκλοφορίας.

*IV. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται με την χρήση των συσκευών παρακολούθησης πρέπει να συνεκτιμούνται και να συσχετίζονται με την κλινική κατάσταση του ασθενή.*

Κάθε παράμετρος από μόνη της παρέχει λίγες πληροφορίες και αποτελεί μόνο ένα κομμάτι του πάζλ στην συνολική εικόνα του ασθενή (Γράφημα 7). Παραδείγματος χάρη, ένας ασθενής με υπόταση και χαμηλή καρδιακή παροχή (κατάσταση, η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί σε απώλεια αίματος) αντιμετωπίζεται πολύ διαφορετικά από έναν ασθενή με υπόταση και υψηλή καρδιακή παροχή ο οποίος πάσχει από σήψη. Στην πρώτη περίπτωση της υπότασης ενδείκνυται χορήγηση υγρών και αίματος, ενώ στην δεύτερη περίπτωση της υπότασης ενδείκνυται ταυτόχρονη χορήγηση υγρών και αγγειοσυσπαστικών παραγόντων.

*V. Είναι προτιμότερη η συνεχής παρακολούθηση των αιμοδυναμικών παραμέτρων.*

Η μέτρηση και αξιολόγηση των μεταβολών των παραμέ-

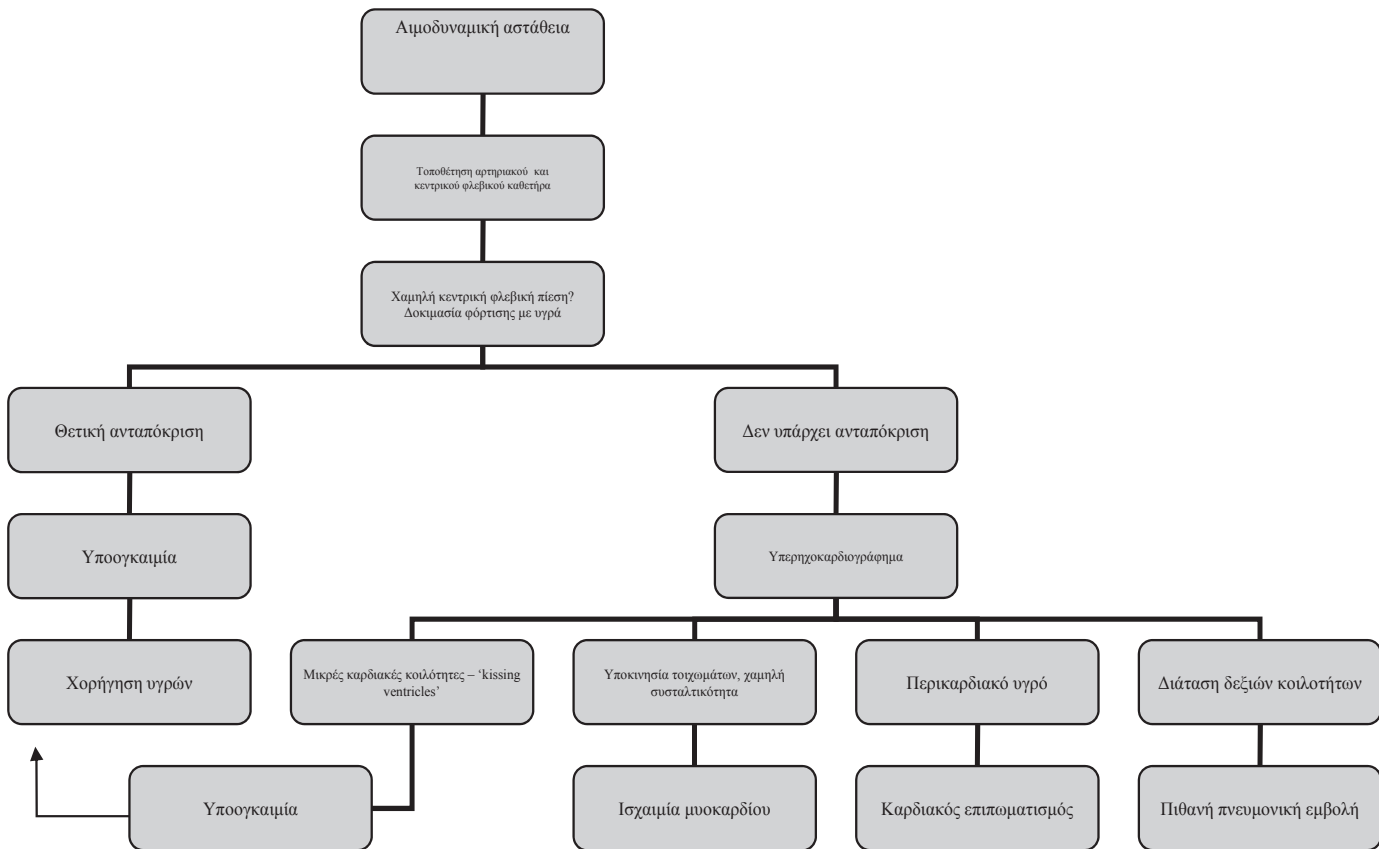
τρων στον χρόνο είναι σημαντικότερη από την αξιολόγηση μίας τιμής μίας παραμέτρου σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Παραδοσιακά υπάρχουν αρκετές παράμετροι, οι οποίες καταγράφονται συνεχώς στο χειρουργείο και στη ΜΕΘ όπως η αρτηριακή πίεση, η κεντρική φλεβική πίεση, οι σφύξεις. Νεότερες μέθοδοι ανάλυσης της αρτηριακής κυματομορφής επιτρέπουν την συνεχή καταγραφή της καρδιακής παροχής. Τα συστήματα, τα οποία απαιτούν βαθμονόμηση και χειροκίνητη μέτρηση της καρδιακής παροχής δεν προσφέρουν στιγμή προς στιγμή μέτρηση, η οποία είναι προτιμητέα στην περίπτωση μίας μεγάλης αιμοδυναμικής αστάθειας.

VI. Η μη επεμβατικότητα δεν είναι το κύριο κριτήριο της επιλογής του συστήματος παρακολούθησης. Παρόλο ότι η μη επεμβατικότητα ή η μικρότερη επεμβατικότητα είναι επιθυμητή, το κύριο κριτήριο της επιλογής της τεχνικής είναι κατά πόσο η πληροφορία που λαμβάνεται με τον έναν ή τον άλλο τρόπο βοηθάει στην διαχείριση της κατάστασης του ασθενή. Η περιστασιακή μέτρηση της

αρτηριακής πίεσης με την χρήση ενός σφυγμομανομέτρου είναι μία μη επεμβατική μέθοδος αλλά προσφέρει πολύ λιγότερη βοήθεια στην διαχείριση ενός ασθενή με αιμοδυναμική αστάθεια απ' ό τι η αιματηρή συνεχής μέθοδος μέτρησης της αρτηριακής πίεσης.

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:**

Δεν υπάρχουν συστήματα αιμοδυναμικού monitoring, τα οποία πληρούν όλα τα κριτήρια του ιδανικού συστήματος παρακολούθησης. Σημασία έχει η επιλογή του πιο κατάλληλου συστήματος για κάθε ασθενή ή για κάθε παθολογική κατάσταση. Είναι απαραίτητη η γνώση της κάθε τεχνικής, η κατανόηση των μειονεκτημάτων και των πλεονεκτημάτων και περιορισμών στην χρήση της. Καμία τεχνική παρακολούθησης δεν μπορεί να επηρεάσει την έκβαση του ασθενή. Η έκβαση επηρεάζεται μόνο από τους θεραπευτικούς χειρισμούς, που βασίζονται στις αξιόπιστες πληροφορίες του monitoring και στη ορθή κλινική αξιολόγηση της κατάστασης του ασθενούς.



**Γράφημα 7.** Παράδειγμα διαγνωστικής και θεραπευτικής προσέγγισης του ασθενή με αιμοδυναμική αστάθεια με την συνδυασμένη χρήση διαφόρων τεχνικών παρακολούθησης: αρτηριακής πίεσης, κεντρικής φλεβικής πίεσης, υπερηχοκαρδιογραφήματος (στατικές παράμετροι), δοκιμασίας φόρτισης με υγρά (λειτουργική παράμετρος).

---

## ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. Pinsky MR. Functional haemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care*. 2014;20:288-93
2. Pinsky MR, Payen D. Functional hemodynamic monitoring. *Crit Care*. 2005;9:566-72.
3. Vincent JL, Rhodes A, Perel A, Martin GS, Della Rocca G, Vallet B, Pinsky MR, Hofer CK, Teboul JL, de Boode WP, Scolletta S, Vieillard-Baron A, De Backer D, Walley KR, Maggiorini M, Singer M. Clinical review: Update on hemodynamic monitoring--a consensus of 16. *Crit Care*. 2011;15:229.
4. Γροσομανίδης Β, Φυντανίδου Β, Θεοδωσιάδης Π, Κυπαρισσά Μ, Ζαχαράς Γ, Σκούρτης Χ. Κεντρικές πιέσεις. *Θέματα Ανασθησιολογίας και Εντατικής Θεραπείας*, 2008-2009;18 (37-38):123-136.
5. Βασιλείου Β. Monitoring της καρδιακής παροχής. *Θέματα Ανασθησιολογίας και Εντατικής Θεραπείας*, 2008-2009;18 (37-38):137-159.