

ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΠΑΡΟΧΗ (Cardiac Output C.O)

Σαν καρδιακή παροχή ορίζεται η ποσότητα του αίματος που εξωθείται από την καρδιά σε κάθε λεπτό και αριθμητικά εκφράζεται σε λίτρα κατά λεπτό (lit/min). Είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο ότι σε φυσιολογικές συνθήκες η ποσότητα του αίματος που εξωθείται από την δεξιά κοιλία είναι ακριβώς ίδια με την ποσότητα που εξωθείται από την αριστερά κοιλία.

Η καρδιακή παροχή καθορίζεται από δυο παράγοντες, την καρδιακή συχνότητα και τον όγκο παλμού (βλέπε παρακάτω). Εξ ορισμού η καρδιακή παροχή είναι ίση με τον όγκο αίματος που εξωθείται σε κάθε καρδιακή συστολή (κυβικά εκατοστά αίματος/συστολή) επί τον αριθμό των καρδιακών συστολών ανά λεπτό. π.χ. $80 \text{ cm}^3 \times 70 \text{ σφύξεις/λεπτό} = 5600 \text{ cm}^3/\text{λεπτό}$ ή 5.6 lit/min.

Η μέτρηση της καρδιακής παροχής στην κλινική πράξη γίνεται με τρεις κυρίως μεθόδους. Τη μέθοδο της θερμοαραιώσης (με τη χρήση του καθετήρα της πνευμονικής αρτηρίας), τη μέθοδο του Fick (βλέπε παρακάτω), και υπερηχοκαρδιογραφικά [από την διάμετρο της αορτής, το ολοκλήρωμα των ταχυτήτων ροής διάμεσου της αορτής (Volume Time Integral, VTI) και την καρδιακή συχνότητα].

Σκοπός του κάρδιο-αναπνευστικού συστήματος είναι η διαρκής παροχή της κατάλληλης ποσότητας οξυγόνου στους ιστούς, με στόχο την κάλυψη των αναγκών τους σ' αυτό. Η καρδιακή παροχή αυξάνει όταν αυξάνουν οι περιφερικές μεταβολικές ανάγκες του οργανισμού. Οι περιφερικές μεταβολικές ανάγκες του οργανισμού μπορούν να μεταβάλλονται ανάλογα με τη θερμοκρασία του σώματος, την ενδογενή έκκριση κατεχολαμινών σε περιπτώσεις πόνου ή άλλων καταστάσεων stress, τη φυσική άσκηση, τη χορήγηση αναισθητικών φάρμακων, την αφύπνιση από τη γενική αναισθησία, το ρίγος, τη θυρεοτοξίκωση κ.λ.π. Απο τα παραπάνω φαίνεται ότι η καρδιακή παροχή εκφρασμένη σαν απόλυτος αριθμός σε λίτρα ανά λεπτό (lit/min) δε δίνει πολλές πληροφορίες διότι είναι άγνωστο αν είναι η κα-

τάλληλη για τις περιφερικές μεταβολικές ανάγκες μιας δεδομένης παθολογικής κατάστασης.

Η παράμετρος που πληροφορεί ότι η μετρούμενη καρδιακή παροχή πληρεί τις περιφερικές μεταβολικές ανάγκες του οργανισμού είναι η **αρτηριο-φλεβική διαφορά σε O_2 (a-v)DO₂**, δηλαδή η διαφορά της περιεκτικότητας σε οξυγόνο του μικτού φλεβικού (CvO_2) από το αρτηριακό αίμα (CaO_2) (βλέπε παρακάτω).

Η αρτηριοφλεβική διαφορά στον άνθρωπο σε συνθήκες ηρεμίας είναι ίση με 4-5 ml O_2 /100ml αίματος.

Η ελάττωση της καρδιακής παροχής δεν είναι παθολογική ούτε επικίνδυνη όταν οφείλεται σε ελάττωση των περιφερικών μεταβολικών αναγκών του οργανισμού. Σ' αυτές τις περιπτώσεις δεν επηρεάζεται δυσμενώς η ιστική οξυγόνωση και μάρτυρας του γεγονότος αυτού είναι η φυσιολογική αρτηριοφλεβική διαφορά. Σαν παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η υποθερμία, η γενική αναισθησία και κατ' επέκταση το βαρβιτουρικό κώμα. Από την άλλη πλευρά η διεύρυνση της αρτηριοφλεβικής διαφοράς κατά τη μυϊκή άσκηση δεν είναι παθολογική, παρά το γεγονός ότι συνοδεύεται από αύξηση της καρδιακής παροχής.

Κατά το αιμορραγικό, το υπο-ογκαιμικό ή το καρδιογενές shock η παρατηρούμενη ελάττωση της καρδιακής παροχής, συνοδεύεται από μεγάλη διεύρυνση της αρτηριοφλεβικής διαφοράς, αποδεικνύοντας έτσι την ελάττωση της προσφοράς οξυγόνου και τη δημιουργία χρέους οξυγόνου στους ιστούς. Την ένδεια οξυγόνου των ιστών επιβεβαιώνει και η ανάπτυξη μεταβολικής οξέωσης από παραγωγή γαλακτικού λόγω αναερόβιου μεταβολισμού της γλυκόζης.

Εξαιρέσεις από τη σύζευξη μεταξύ καρδιακής παροχής και αρτηριοφλεβικής διαφοράς αποτελούν η δηλητηρίαση με κυανιούχα και το σηπτικό shock, όπου η αρτηριοφλεβική διαφορά είναι πολύ μικρή, λόγω δυσλειτουργίας των οξειδωτικών μηχανισμών των μιτοχονδρίων και οξυγονοαχρησίας.

Στη δηλητηρίαση με μονοξείδιο του άνθρακα ένα μέρος της αιμοσφαιρίνης μετατρέπεται σε ανθρακυλαιμοσφαιρίνη προκαλώντας ένδεια οξυγόνου και βαριά συνοδό μεταβολική οξέωση λόγω ελάττωσης της δραστημότητας της αιμοσφαιρίνης η οποία διατίθεται για τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει μεγάλη διεύρυνση της αρτηριοφλεβικής διαφοράς παρά τη φυσιολογική μερική πίεση οξυγόνου του αρτηριακού αίματος.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι κάθε μέτρηση της καρδιακής παροχής πρέπει **απαραίτητα** να συνοδεύεται και από μέτρηση της αρτηριοφλεβικής διαφοράς.

ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ (Cardiac Index C.I.)

Ο λόγος της καρδιακής παροχής δια της επιφάνειας του σώματος δίνει μια άλλη αιμοδυναμική παράμετρο, τον καρδιακό δείκτη (cardiac index), που ομογενοποιεί την καρδιακή παροχή ανάλογα με το μέγεθος του ανθρώπινου σώματος. Σε ηρεμία οι περιφερικές μεταβολικές ανάγκες εξαρτώνται από τη σωματική διάπλαση του ανθρώπου, που εκφράζεται με την επιφάνεια σώματος. Η επιφάνεια σώματος με την σειρά της εξαρτάται από το βάρος και το ύψος του σώματος (Πίνακας 1).

Οι φυσιολογικές τιμές του καρδιακού δείκτη κυμαίνονται από 2.5-4 lit/min.

ΟΓΚΟΣ ΠΑΛΜΟΥ (Stroke Volume)

Όγκος παλμού (stroke volume) είναι ο όγκος αίματος ο οποίος εξωθείται σε κάθε συστολή των κοιλιών προς την πνευμονική αρτηρία ή την αορτή. Θεωρητικά είναι ίσος με τον τελοδιαστολικό όγκο μείον τον τελοσυστολικό της κοιλίας.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι παράγοντες που καθορίζουν τον τελοδιαστολικό (νόμος των Frank-Starling) και τον τελοσυστολικό όγκο της καρδιάς καθορίζουν και τον όγκο παλμού.

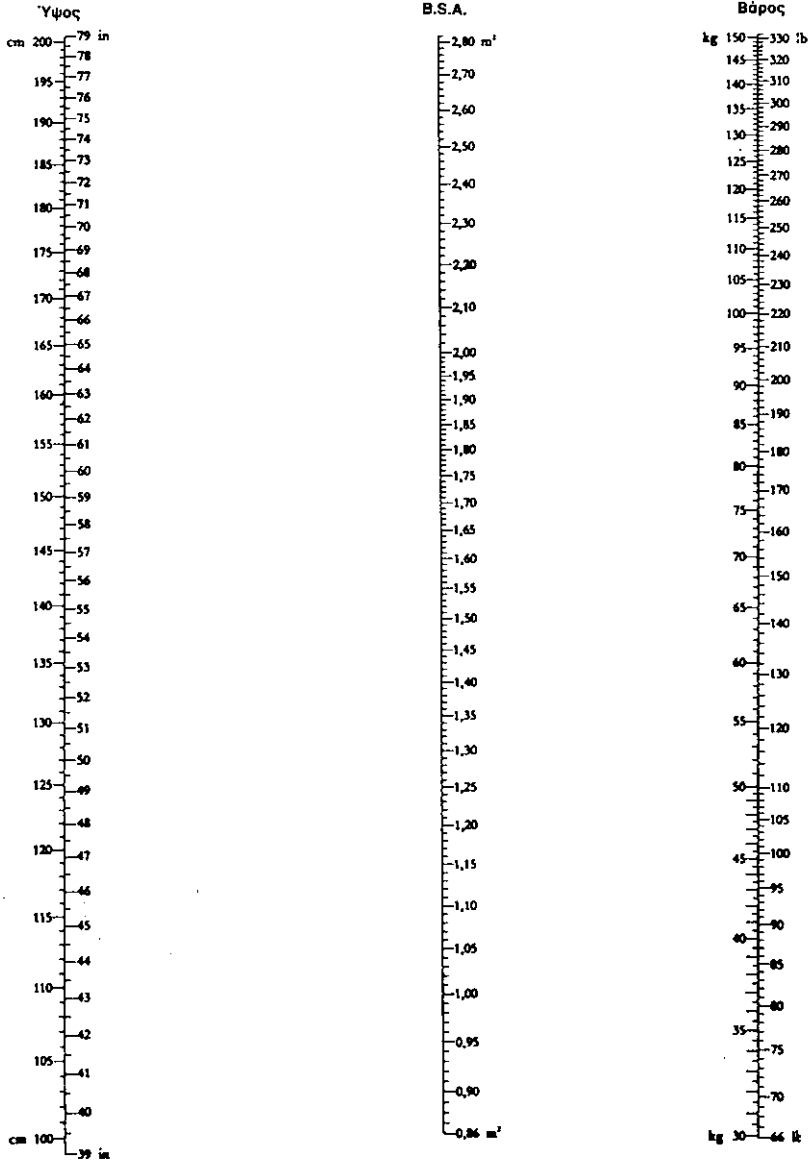
Ο τελοδιαστολικός όγκος της καρδιάς καθορίζεται από τη διαστολική πλήρωση των κοιλιών, η οποία είναι το αποτέλεσμα της διαφοράς πίεσης μεταξύ κόλπου και κοιλίας (effective filling pressure) και της αντίστασης που προβάλλει η κοιλία στη διάταση της.

Αυξημένη αντίσταση της αριστεράς κοιλίας σε διάταση παρατηρείται σε δυο κυρίως παθολογικές καταστάσεις:

1. Παθολογική χαλάρωση του μυοκαρδίου (abnormal relaxation), η οποία παρατηρείται κυρίως σε υπερτροφία της αριστεράς κοιλίας, ισχαιμία του μυοκαρδίου, καρδιομυοπάθειες και αποτελεί φυσιολογικό εύρημα σε ηλικιωμένα άτομα.
2. Ελάττωση της ευενδοτότητας της αριστεράς κοιλίας (reduced ventricular compliance), η οποία παρατηρείται κυρίως σε συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια, συμπιεστική περικαρδίτιδα και στις καρδιομυοπάθειες περιοριστικού τύπου.

Ο τελοσυστολικός όγκος της καρδιάς καθορίζεται από τις συσταλτικές ικανότητες του μυοκαρδίου (contractility) και την αρτηριακή πίεση έναντι

Πίνακας Νο 1. Ανεύρεση της επιφάνειας σώματος από το βάρος και το ύψος του ανθρώπινου σώματος.



της οποίας ο όγκος παλμού εξωθείται.

Πρακτικά ο όγκος παλμού προσδιορίζεται από το λόγο της καρδιακής παροχής δια της καρδιακής συχνότητας.

$$\text{όγκος παλμού} = \frac{\text{καρδιακή παροχή}}{\text{καρδιακή συχνότητα}}$$

Αν στον αριθμητή η καρδιακή παροχή αντικατασταθεί από τον καρδιακό δείκτη τότε η παράμετρος ονομάζεται **Δείκτης όγκου παλμού** (SVI=Stroke Volume Index)

$$\text{Δείκτης όγκου παλμού} = \frac{\text{Καρδιακός Δείκτης}}{\text{Καρδιακή συχνότητα}}$$

Η φυσιολογική τιμή του όγκου παλμού είναι περίπου 80 ml/συστολή.

ΚΛΑΣΜΑ ΕΞΩΘΗΣΗΣ (Ejection Fraction E.F.)

Το κλάσμα εξώθησης αντιπροσωπεύει το επί τοις εκατό (%) ποσοστό του τελοδιαστολικού όγκου της αριστεράς κοιλίας το οποίο εξωθείται κατά την κοιλιακή συστολή. Με άλλα λόγια το κλάσμα εξώθησης είναι το επί τοις εκατό (%) άδειασμα (emptying) της αριστεράς κοιλίας.

Το κλάσμα εξώθησης είναι δείκτης εκτίμησης της ολικής συστολικής λειτουργίας της καρδιάς (global systolic function) και η μέτρηση του πραγματοποιείται διαιρώντας τον όγκο παλμού με τον τελοδιαστολικό όγκο της καρδιάς.

$$\text{Κλάσμα Εξώθησης} = \frac{\text{Τελοδιαστολικός Όγκος} - \text{Τελοσυστολικός Όγκος}}{\text{Τελοδιαστολικός Όγκος}}$$

$$\text{Κλάσμα Εξώθησης} = \frac{\text{Όγκος παλμού}}{\text{Τελοδιαστολικός Όγκος}}$$

Πριν την ευρεία εφαρμογή των υπέρηχων το κλάσμα εξώθησης υπολογίζονταν με την αγγειογραφία των καρδιακών κοιλοτήτων η οποία επέτρεπε τη μέτρηση του τελοδιαστολικού και τελοσυστολικού όγκου της αριστεράς κοιλίας με πλανιμέτρηση. Η δισδιάστατη υπερηχοκαρδιογραφία εύκολα και αξιόπιστα επιτρέπει την απεικόνιση της αριστερής κοιλίας κατά τη συστολική και διαστολική φάση του καρδιακού κύκλου, τη μέτρηση του τελοδιαστολικού και τελοσυστολικού όγκου και εξ αυτών του κλάσματος εξώθησης της αριστεράς κοιλίας.