

Άρθρο Ανασκόπησης

Ανάδρομη Καρδιοπληγία: Οι Ανατομικές Βάσεις για μια Άριστη Προστασία του ΜυοκαρδίουΣΤΕΦΑΝΟΣ ΝΙΚΟΛΟΥΖΟΣ¹, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΝΤΙΔΑΚΗΣ², ΓΕΩΡΓΙΑ ΖΑΧΑΡΙΑ³, ΣΩΚΡΑΤΗΣ ΦΡΑΓΚΟΥΛΗΣ², ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΤΡΑΣ², ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΛΑΤΙΑΝΟΣ²¹ΠΜΣ Ογκολογία θώρακος, Ε.Κ.Π.Α., Γενικό Νοσοκομείο Η Σωτηρία, ²3η Καρδιοχειρουργική Κλινική, Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο, ³Αναισθησιολογικό Τμήμα, Ιασώ Γενική Κλινική

Λέξεις ευρετηρίου:
Καρδιακές φλέβες,
CPB, στεφανιαίος
κόλπος, PLSVC.

Ημερ. παραλαβής
εργασίας:
12 Μαρτίου 2012
Ημερ. αποδοχής:
10 Σεπτεμβρίου 2012

Διεύθυνση
Επικοινωνίας:
Στέφανος Νικολούζος

Σπυρ. Βασιλείου 6,
491 00, Κέρκυρα
e-mail: stefanos.nikolouzos@gmail.com

Η άριστη παροχή καρδιοπληγίας για την επαγωγή και διατήρηση της καρδιακής παύσης είναι θεμελιώδης για την προστασία του μυοκαρδίου κατά τη διάρκεια των καρδιοχειρουργικών επεμβάσεων. Συνήθως χρησιμοποιείται η ενδοστεφανιαία ή ενδοαορτική χορήγηση καρδιοπληγίας (ορθόδρομη καρδιοπληγία), η οποία βασίζεται στην ορθόδρομη ροή μέσω των επικαρδιακών στεφανιαίων αρτηριών για την άρδευση του μυοκαρδίου. Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για τις φλεβικές οδούς χορήγησης καρδιοπληγίας αναζωπυρώθηκε, δηλαδή την ανάδρομη παροχή μέσω των καρδιακών φλεβών. Ο κοινός στόχος αυτών των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων είναι η επίτευξη ικανοποιητικής ψύξης και η παροχή θρεπτικού υποστρώματος στα κύτταρα του μυοκαρδίου. Παραδόξως μέχρι σήμερα δεν γνωρίζουμε πλήρως τις ανατομικές και λειτουργικές διαφορές του αρτηριακού και φλεβικού καρδιακού δικτύου βάσει των οποίων παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στην ψύξη και στην παροχή θρεπτικών συστατικών στο μυοκάρδιο χρησιμοποιώντας τη μια ή την άλλη οδό. Επιπρόσθετα παρατηρούνται διαφορές στην περιοχική κατανομή της καρδιοπληγίας σε συνάρτηση με την οδό χορήγησης ειδικά στις περιπτώσεις σημαντικής στεφανιαίας νόσου. Στην κλινική πράξη αυτές οι διαφορές στη φυσιολογία και στην κατανομή των ροών έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην επιλογή της βέλτιστης οδού χορήγησης του καρδιοπληγικού διαλύματος.

Σε αυτήν την εργασία εστιάζουμε στους ανατομικούς παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της οδού χορήγησης καρδιοπληγίας. Την περιοχική κατανομή της ανάδρομης και ορθόδρομης καρδιοπληγίας σε σχέση με την ανατομία και τις ανατομικές παραλλαγές του στεφανιαίου κόλπου και των καρδιακών φλεβών.

Η πλειονότητα των καρδιακών φλεβών παροχετεύουν στο στεφανιαίο κόλπο. Πρόκειται για έναν ευρύ πόρο περίπου 2,25 εκ. σε μήκος που βρίσκεται στο οπίσθιο τμήμα της στεφανιαίας αύλακας και καλύπτεται από μυϊκές ίνες προερχόμενες από τον αριστερό κόλπο. Καταλήγει στο δεξιό κόλπο ανάμεσα στο σημείο εισόδου της κάτω κοίλης φλέβας και του κολποκοιλιακού ανοίγματος, με το στόμιό του προστατευμένο από μια μηννοειδή βαλβίδα (*Θηβεσιανή βαλβίδα*).¹⁻³

Περιγραφική ανατομική του συστήματος φλεβικής απορροής

Ο στεφανιαίος κόλπος παροχετεύει κυρίως την αριστερή κοιλία και δέχεται περίπου 85% της φλεβικής κυκλοφορίας της καρδιάς. Βρίσκεται στην οπίσθια κολποκοιλιακή αύλακα και εκβάλλει στο δε-

ξιό κόλπο παραπλεύρως του τριγώνου του Koch. Σε αυτόν απορρέουν η μείζων, η ελάσσων και η μέση καρδιακή φλέβα, καθώς επίσης η οπίσθια φλέβα της αριστερής κοιλίας και η λοξή φλέβα του αριστερού κόλπου. Όλες οι παραπάνω φλέβες, με εξαίρεση την τελευταία διαθέτουν βαλβίδες στα στόμιά τους (Σχήμα 1).^{1,4,5}

Η μείζων καρδιακή φλέβα ξεκινάει από την κορυφή της καρδιάς, διατρέχει την πρόσθια επιμήκη σχισμή κατευθυνόμενη προς τη βάση των κοιλιών. Σε αυτό το σημείο αλλάζει κατεύθυνση προς τα αριστερά εντός της στεφανιαίας αύλακας και φάνοτας στην οπίσθια καρδιακή επιφάνεια εκβάλλει στο αριστερό άκρο του στεφανιαίου κόλπου. Δέχεται κλάδους από τον αριστερό κόλπο και από τις δύο κοιλίες. Σημαντικότερος εξ αυτών είναι η αριστερή επιχείλιος φλέβα, η οποία ανεβαίνει κατά μήκος του αριστερού χείλους της καρδιάς.^{1,2,6}

Η ελάσσων καρδιακή φλέβα βρίσκεται στη στεφανιαία αύλακα ανάμεσα στο δεξιό κόλπο και τη δεξιά κοιλία και εκβάλλει στο δεξιό άκρο του στεφανιαίου κόλπου. Δέχεται το αίμα από το οπίσθιο τοίχωμα του δεξιού κόλπου και τη δεξιά.^{1,2,6}

Η δεξιά επιχείλιος φλέβα ανεβαίνει κατά μήκος του δεξιού χείλους της καρδιάς και συμβάλλει με την ελάσσωνα καρδιακή φλέβα στη στεφανιαία αύλακα ή εκβάλλει απευθείας στο δεξιό κόλπο.

Η μέση καρδιακή φλέβα ξεκινώντας από την κορυφή της καρδιάς διατρέχει την οπίσθια επιμήκη σχισμή και εκβάλλει στο στεφανιαίο κόλπο, πλησίον του δεξιού του άκρου.

Η οπίσθια φλέβα της αριστερής κοιλίας διατρέχει τη διαφραγματική επιφάνεια της αριστερής κοιλίας εκβάλλοντας είτε απευθείας στο στεφανιαίο κόλπο, είτε στη μείζωνα καρδιακή φλέβα.

Η λοξή φλέβα του αριστερού κόλπου (φλέβα του Marshall) είναι ένα μικρό αγγείο, το οποίο κατεβαί-

νει λοξά την οπίσθια επιφάνεια του αριστερού κόλπου και εκβάλλει στο αριστερό άκρο του στεφανιαίου κόλπου. Είναι σε συνέχεια προς τα πάνω με το σύνδεσμο της αριστερής άνω κοιλίας φλέβας (σύνδεσμος του Marshall) και τα εμβρυϊκά υπολείμματα του αριστερού Κουβερειανού πόρου.^{1,2,4,6}

Οι παρακάτω καρδιακές φλέβες δεν εκβάλλουν στο στεφανιαίο κόλπο:

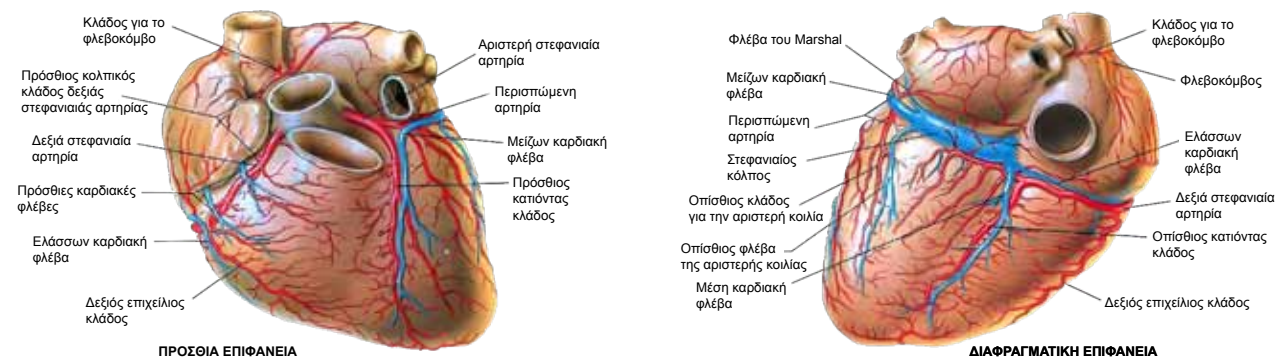
1. Οι πρόσθιες καρδιακές φλέβες, μια ομάδα 3 ή 4 μικρών αγγείων που παροχετεύουν την πρόσθια επιφάνεια της δεξιάς κοιλίας και εκβάλλουν απευθείας στο δεξιό κόλπο.
2. Η δεξιά επιχείλιος φλέβα συχνά εκβάλλει στο δεξιό κόλπο και γι' αυτό το λόγο θεωρείται ότι ανήκει σε αυτή την ομάδα.
3. Οι Θηβεισιανές φλέβες. Ακαθορίστου αριθμού φλεβίδια εντός του μυοκαρδίου η πλειονότητα των οποίων εκβάλλει στους κόλπους αν και μερικές καταλήγουν στις κοιλίες.^{1,6}

Ένα εκτεταμένο παράπλευρο αναστομοτικό δίκτυο ανάμεσα στις φλέβες και τις στεφανιαίες αρτηρίες καθώς και η απουσία βαλβίδων καθιστά εφικτή τη διεγχειρητική χρήση της ανόδρουμης στεφανιαίας καρδιοπληγίας για την προστασία του μυοκαρδίου.

Κλινικές επιπτώσεις

Η ανόδρουμη καρδιοπληγία επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του καρδιοπληγικού διαλύματος στο στεφανιαίο κόλπο προωθώντας ένα καθετήρα μέσω του στομίου του στεφανιαίου κόλπου. Δεδομένου της απουσίας βαλβίδων όλα τα τμήματα της καρδιάς που παροχετεύουν στο στεφανιαίο κόλπο αρδεύονται με το καρδιοπληγικό διάλυμα. Τα υπόλοιπα τμήματα της καρδιάς αρδεύονται μέσω της δεξιάς στεφανιαίας αρτηρίας.⁴

Ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που αφορούν



Σχήμα 1. Καρδιακές φλέβες.

καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις που χρήζουν καρδιοπνευμονική παράκαμψη είναι η προστασία του μυοκαρδίου. Η προτιμότερη οδός χορήγησης καρδιοπληγίας είναι αμφιλεγόμενη. Πάρα πολλές εργασίες έδειξαν ευεργετικά οφέλη με τη χρήση της ανάδρομης καρδιοπληγίας, όμως υπάρχουν μελέτες που παρουσιάζουν μερική ή ακόμα και πτωχή προστασία του μυοκαρδίου.⁷

Το 1898 ο Pratt ανακοίνωσε τη χορήγηση οξυγονωμένου αίματος σε ισχαιμικό μυοκάρδιο μέσω του καρδιακού φλεβικού συστήματος.⁸ Το 1956 ο Lillehei χρησιμοποίησε για πρώτη φορά την ανάδρομη αιμάτωση μέσω του στεφανιαίου κόλπου για την προστασία της καρδιάς κατά τη διάρκεια επέμβασης αντικατάστασης αορτικής βαλβίδας.⁹ Από τότε η ανάδρομη καρδιοπληγία άρχισε να εφαρμόζεται ευρέως σε ένα μεγάλο φάσμα καρδιοχειρουργικών επεμβάσεων.

Τα πλεονεκτήματα της ανάδρομης καρδιοπληγίας σε σύγκριση με την ορθόδρομη είναι:^{7,10-12}

1. Παροχή μιας σχετικά ομοιόμορφης κατανομής της καρδιοπληγίας ακόμα και σε περίπτωση σοβαρής στεφανιαίας νόσου, η οποία επηρεάζει την κατανομή της ορθόδρομης καρδιοπληγίας (το φλεβικό σύστημα του στεφανιαίου κόλπου είναι ένα ιδιαίτερα πυκνό αγγειακό δίκτυο που δεν επηρεάζεται από την παρουσία αρτηριοσκλήρυνσης ή εκτεταμένης στεφανιαίας νόσου, αντίθετα έχει παρατηρηθεί ότι οι πάσχοντες από στεφανιαία νόσο διαθέτουν ένα ιδιαίτερα πλούσιο και πιο ομοιόμορφο φλεβικό δίκτυο στο υποενδοκάρδιο των κοιλιών).

2. Είναι αποτελεσματική στην παρουσία ανεπάρκειας της αορτικής βαλβίδας ή σε επεμβάσεις στην αορτική ρίζα, δίχως να εγκυμονεί τον κίνδυνο τραυματισμού των στομίων των στεφανιαίων αρτηριών.

3. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως επανεπεμβάσεις αορτοστεφανιαίας παράκαμψης, η ορθόδρομη καρδιοπληγία σχετίζεται με υψηλότερο κίνδυνο αθηρωματικής εμβολής από τα προϋπάρχοντα μωσχεύματα σε αντίθεση με την ανάδρομη καρδιοπληγία, η οποία παρέχει τη δυνατότητα απομάκρυνσης των εμβόλων από το αρτηριακό σύστημα.

4. Η ανάδρομη καρδιοπληγία αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο αντιμετώπισης της εμβολής από αέρα στα στεφανιαία αγγεία.

5. Μπορεί να χορηγηθεί δίχως να απαιτείται η διακοπή των χειρουργικών χειρισμών.

Παρά αυτά τα πλεονεκτήματα, η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια της χρήσης μόνο ανάδρομης καρδιοπληγίας για την προστασία του μυοκαρδίου είναι αμφιλεγόμενη, ειδικά σε ό,τι αφορά την προ-

στασία της δεξιάς κοιλίας. Μέχρι σήμερα έχουν αναγνωριστεί πολλές ανατομικές παραλλαγές στο καρδιακό φλεβικό δίκτυο. Αυτές περιλαμβάνουν ανωμαλίες είτε του στεφανιαίου κόλπου είτε των φλεβών. Κοινό γνώρισμα αυτών των παραλλαγών είναι ότι μπορούν να έχουν επίπτωση στην κατανομή της ανάδρομης καρδιοπληγίας.^{7,12}

Ανωμαλίες του στεφανιαίου κόλπου

Μπορεί να υφίστανται χωρίς να δημιουργούν κανένα πρόβλημα στην καρδιακή λειτουργία δίχως κλινική συμπτωματολογία. Παρόλα αυτά μπορούν να επηρεάσουν την κατανομή της ανάδρομης καρδιοπληγίας. Ταξινομούνται σε 5 κατηγορίες (Σχήμα 2).¹³⁻¹⁵

1. Η απουσία στεφανιαίου κόλπου συνδέεται πάντα με την παρουσία αριστερής άνω κοιλίας φλέβας (ΑΑΚΦ) στον αριστερό κόλπο.

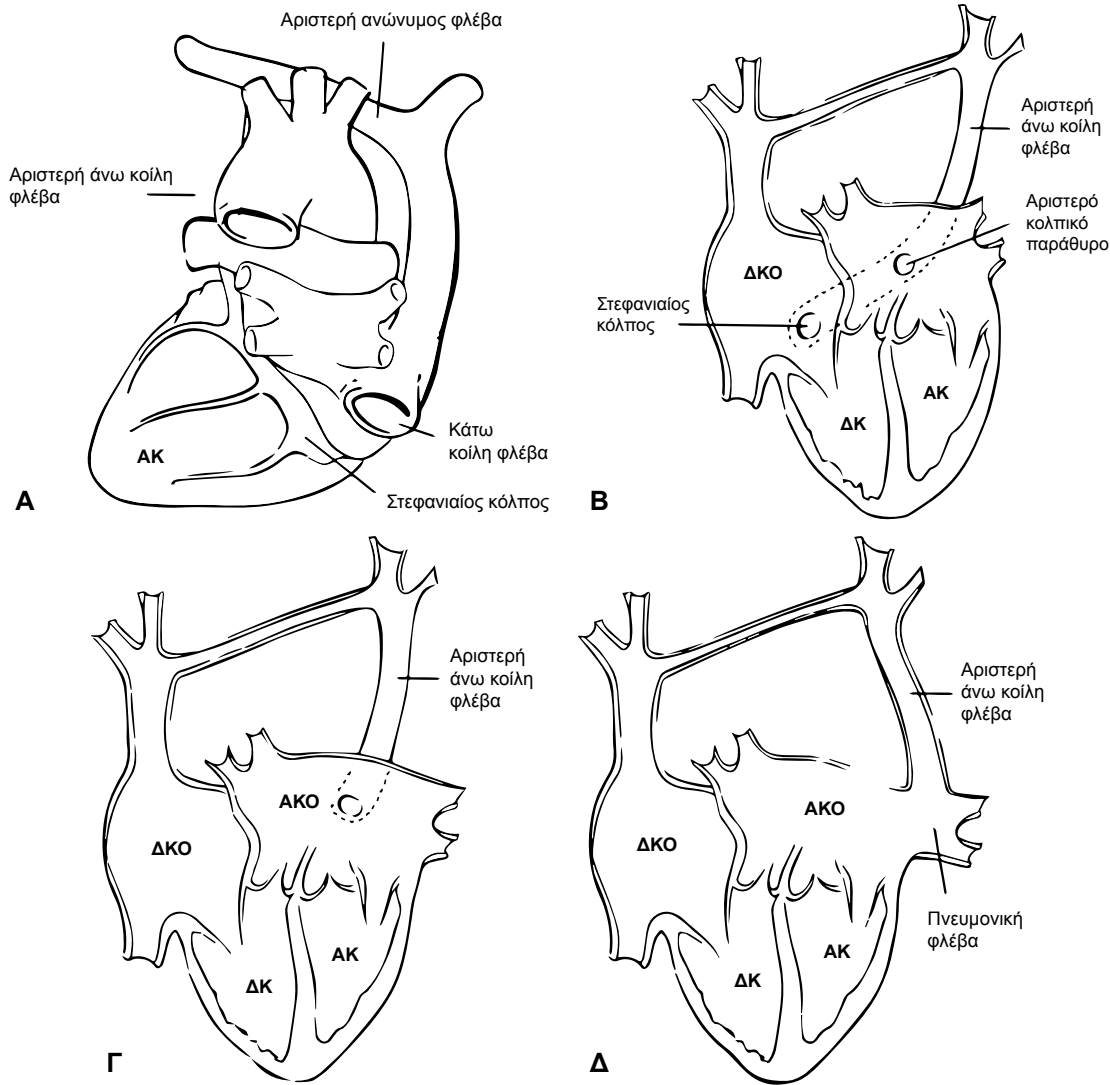
2. Ο υποπλαστικός στεφανιαίος κόλπος παρουσιάζεται όταν μια ή περισσότερες φλέβες παροχετεύουν απευθείας στους κόλπους.

3. Η ατρησία ή η στένωση του στομίου του στεφανιαίου κόλπου εμφανίζεται μόνη ή σε συνδυασμό με άλλες καρδιακές ανωμαλίες. Σε αυτή την περίπτωση οι καρδιακές φλέβες παροχετεύουν μέσω εναλλακτικών οδών, είτε μέσω της ΑΑΚΦ (ανάδρομη παροχέτευση) και της ανωνύμου φλέβας είτε μέσω ενός παραθύρου στον αριστερό κόλπο είτε μέσω πολλαπλών επικοινωνιών των θηβεσιανών φλεβών με τους κόλπους, ή μέσω μιας αριστεροκολπικής φλέβας που συνδέει το στεφανιαίο κόλπο και τον αριστερό κόλπο.

4. Ο ευμεγέθης στεφανιαίος κόλπος ταξινομείται σε δύο κατηγορίες: Χωρίς shunt αριστερά-δεξιά. Παραλλαγές που περιλαμβάνουν ΑΑΚΦ (η πιο συνηθισμένη), παροχέτευση των ηπατικών φλεβών στο στεφανιαίο κόλπο, και αριστερή κάτω κοίλη φλέβα που παροχετεύει στο στεφανιαίο κόλπο.

Με shunt αριστερά-δεξιά. Παραλλαγές που περιλαμβάνουν ανώμαλες πνευμονικές φλέβες ή πνευμονικές φλέβες που εκβάλλουν στο στεφανιαίο κόλπο, συρίγγιο ανάμεσα σε στεφανιαία αρτηρία και στεφανιαίο κόλπο και παράθυρο μεταξύ στεφανιαίου κόλπου και αριστερού κόλπου.

5. Ο *ασκεπής* στεφανιαίος κόλπος χαρακτηρίζεται από τη μερική ή ολική απουσία του τοιχώματος μεταξύ στεφανιαίου κόλπου και αριστερού κόλπου. Μπορεί να υπάρχει μια μερική έλλειψη με παρουσία ενός κυκλικού ή ελλειπτικού ελλείμματος στο μεσαίο τμήμα της οροφής του κόλπου ή διαφορετικά ο στεφανιαίος κόλπος μπορεί να παρουσιάζεται δίχως



Σχήμα 2. Αριστερή άνω κοίλη φλέβα (ΑΑΚΦ). (Α) Η ΑΑΚΦ παροχετεύει μέσω του στεφαναίου κόλπου στο δεξιό κόλπο. (Β) Η ΑΑΚΦ παροχετεύει στο στεφναίο κόλπο και μέσω ενός παραθύρου στον αριστερό κόλπο. (Γ) Η ΑΑΚΦ παροχετεύει στον αριστερό κόλπο. (Δ) Η ΑΑΚΦ παροχετεύει στις αριστερές πνευμονικές φλέβες. (ΑΚ: αριστερή κοιλία, ΑΚΟ: αριστερός κόλπος, ΔΚ: δεξιά κοιλία, ΔΚΟ: δεξιός κόλπος)

οροφή επιτρέποντας την πλήρη επικοινωνία του με τον αριστερό κόλπο. Στις περισσότερες περιπτώσεις συνυπάρχει μια ΑΑΚΦ.^{13,15}

Κατά τη διάρκεια μιας καρδιοχειρουργικής επέμβασης όταν ο καθετήρας της ανόδρουμης καρδιοπληγίας βρίσκεται στη σωστή θέση, η παρουσία χαμηλής πίεσης στο στεφναίο κόλπο, η απουσία πλήρους καρδιακής παύσης και η διάταση του στεφναίου κόλπου συνηγορούν υπέρ της παρουσίας ΑΑΚΦ.⁷

Οι τεχνικές καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, προστασίας του μυοκαρδίου καθώς και το ίδιο το χειρουργείο εξαρτάται από τη φύση και την πολυ-

πλοκότητα των καρδιακών ανωμαλιών που συνυπάρχουν με την ΑΑΚΦ π.χ. μια ΑΑΚΦ που παροχετεύει τη φλεβική επιστροφή προερχόμενη από την αριστερή έσω σφαγίτιδα και το αριστερό άνω άκρο στο δεξιό κόλπο, μέσω του στεφναίου κόλπου, μπορεί να κλειστεί προσωρινά αποφεύγοντας έτσι τη διαφυγή του καρδιοπληγικού διαλύματος σε αυτές τις φλέβες και εμποδίζοντας την ανάπτυξη εγκεφαλικού οιδήματος και οιδήματος άνω άκρου. Μερικές φορές κατά τη διάρκεια ανάδρουμης χορήγησης καρδιοπληγίας είναι απαραίτητο να εφαρμόσουμε πίεση στο στόμιο του διατεταμένου στεφναίου κόλπου για να εμποδίσουμε τη διαφυγή του καρδιοπληγικού διαλύ-

ματος στο δεξιό κόλπο. Σε περίπτωση χειρουργικής επέμβασης στο δεξιό κόλπο θα πρέπει να καθητηριάζεται η ΑΑΚΦ για φλεβική παροχέτευση.^{11,12}

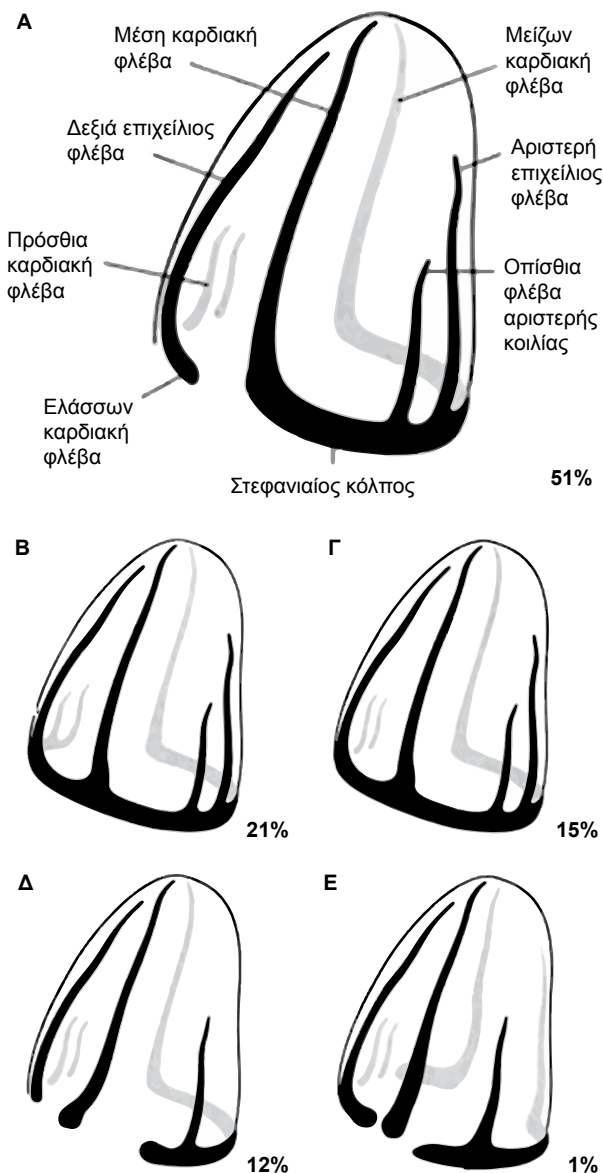
Ανατομικές παραλλαγές των καρδιακών φλεβών

Πιο συχνές από τις παραλλαγές του αρτηριακού συστήματος προκαλούν ανομοιογενή κατανομή της ανάδρομης καρδιοπληγίας με αποτέλεσμα την ανεπαρκή προστασία του μυοκαρδίου. Το 1987 ο Ludinghausen εξετάζοντας 350 καρδιές καθόρισε 5 κατηγορίες ανατομικών παραλλαγών των καρδιακών φλεβών (Σχήμα 3). Στην περίπτωση ανάδρομης χορήγησης καρδιοπληγίας πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι παραλλαγές Δ και Ε (13% του συνόλου των φλεβικών παραλλαγών) όπου εκτεταμένες περιοχές της αριστερής κοιλίας δεν παροχετεύονται απευθείας στο στεφανιαίο κόλπο.¹⁶

Εξετάζοντας την αιμάτωση του μεσοκοιλιακού διαφράγματος οι Hammond και Austen κατέληξαν ότι, ενώ το διάφραγμα διαθέτει 4-5 διαφραγματικές αρτηρίες δεν έχει συνοδούς φλέβες, έτσι ώστε η φλεβική παροχέτευση πραγματοποιείται σχεδόν αποκλειστικά μέσω των κοιλιακών κοιλοτήτων. Εξαιτίας της παρουσίας ενός στοιχειώδους υποτυπώδους φλεβικού δικτύου στην περιοχή το μεσοκοιλιακό διάφραγμα αρδεύεται σχεδόν καθόλου κατά τη χορήγηση ανάδρομης καρδιοπληγίας.¹⁷

Η μέση καρδιακή φλέβα που παροχετεύει κάποια τμήματα του μεσοκοιλιακού διαφράγματος εκβάλλει στο στεφανιαίο κόλπο πολύ κοντά στο στόμιό του. Η μέση απόσταση στους ενήλικους ανάμεσα στο στόμιο του στεφανιαίου κόλπου και το σημείο απορροής της μέσης φλέβας είναι $1,7 \pm 0,6$ χιλιοστά. Δεδομένου αυτού δεν είναι δυνατή η διασφάλιση του μπαλονιού του καθετήρα ανάδρομης καρδιοπληγίας στη θέση του εντός του στεφανιαίου κόλπου δίχως την απόφραξη του στομίου της μέσης φλέβας. Βέβαια η μέση φλέβα αρδεύεται ανάδρομα λόγω της ύπαρξης ενός εκτεταμένου αναστομωτικού δικτύου στο καρδιακό φλεβικό σύστημα.¹⁸

Ο Farge μελέτησε την κατανομή ροών κατά τη διάρκεια χορήγησης ανάδρομης καρδιοπληγίας χρησιμοποιώντας 2 διαφορετικές τεχνικές καθετηριασμού του στεφανιαίου κόλπου: Εσωτερική απόφραξη του στεφανιαίου κόλπου με χρήση μπαλονιού και εξωτερική απόφραξη του στομίου του στεφανιαίου κόλπου με περίπαση. Χρησιμοποιώντας την ενδοαυλική απόφραξη, ανεξάρτητα από τη θέση του μπαλονιού είδε ότι το αναστομωτικό δίκτυο ανάμεσα στη μείζονα και μέση φλέβα δεν άρδευε ουσιαστικά το



Σχήμα 3. Οπίσθια όψη της καρδιάς. Ανατομικές παραλλαγές του στεφανιαίου κόλπου και της φλεβικής παροχέτευσης του μυοκαρδίου: (Α) Οι πρόσθιες και η ελάσσων φλέβα απορρέουν στο δεξιό κόλπο. (Β) Όλες οι κύριες φλέβες απορρέουν στο στεφανιαίο κόλπο. (Γ) Οι πρόσθιες φλέβες απορρέουν στο δεξιό κόλπο. (Δ) Μόνο η μείζων φλέβα και η οπίσθια φλέβα της αριστερής κοιλίας απορρέουν στο στεφανιαίο κόλπο. (Ε) Μόνο οι φλέβες του πλευρικού τοιχώματος της αριστερής κοιλίας απορρέουν στο στεφανιαίο κόλπο.

μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Ο εξωτερικός αποκλεισμός του στεφανιαίου κόλπου αντίθετα είχε ως αποτέλεσμα την αιμάτωση όλου του φλεβικού δικτύου με ικανοποιητική άρδευση των περισσότερων τμημάτων του διαφράγματος. Παρόλα αυτά καμία από αυτές τις τεχνικές δεν εξασφάλιζε την ικανοποιητική άρ-

δευση του ελεύθερου τοιχώματος της δεξιάς κοιλίας.¹⁹

Μπορούμε να αποφύγουμε αυτό το πρόβλημα με την προσεκτική παρατήρηση της κατανομής της καρδιοπληγίας στη μέση φλέβα όπως και με την αυστηρή καταγραφή των πιέσεων στο στεφανιαίο κόλπο κατά τη χορήγηση ανάδρομης καρδιοπληγίας. Σε περίπτωση που η μέση καρδιακή φλέβα δεν αρδεύεται κατά τη χορήγηση ανάδρομης καρδιοπληγίας, ενώ άλλες φλέβες φαίνονται πλήρεις, θα πρέπει να ελεγχθεί η θέση του καθετήρα και ενδεχομένως να επανατοποθετηθεί. Το μπαλόνι του καθετήρα μπορεί να έχει τοποθετηθεί πολύ βαθιά στο στεφανιαίο κόλπο ή ο ίδιος ο κόλπος να είναι ιδιαίτερα βραχύς. Σε περίπτωση που το μπαλόνι είναι πολύ βαθιά μπορεί να αποσυρθεί προς το στόμιο του κόλπου. Αν ο στεφανιαίος κόλπος είναι μικρός, ο καθετήρας εύκολα παρεκτοπίζεται. Μπορεί να ασφαλιστεί στη θέση του με περίπωση εντός του δεξιού κόλπου στην περίπτωση εγχείρησης της τριγλώχινας ή της μιτροειδούς βαλβίδας ή εναλλακτικά εξωτερικά με ραφή πέριξ του στομίου του στεφανιαίου κόλπου στη διαφραγματική επιφάνεια της καρδιάς. Επιπλέον μπορούμε εξωτερικά να εφαρμόσουμε συμπίεση με το χέρι αποτρέποντας τη διαφυγή του καρδιοπληγικού διαλύματος. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι η κατανομή στην αριστερή κοιλία μπορεί να βελτιωθεί φράζοντας το στόμιο της μέσης καρδιακής φλέβας με ένα ειδικό μακρύ καθετήρα που φέρει μπαλόνι ή εναλλακτικά με εξωτερικό αποκλεισμό με χρήση αγγειακής λαβίδας. Σε αυτή την περίπτωση η μέση καρδιακή φλέβα πληρώνεται από το παράπλευρο φλεβικό δίκτυο. Στην περίπτωση που η μέση καρδιακή φλέβα δεν πληρωθεί ύστερα από χειρισμούς στον καθετήρα του στεφανιαίου κόλπου, θα πρέπει να χορηγηθεί ορθόδρομη καρδιοπληγία σε συνδυασμό με την ανάδρομη.^{7,11,12,20}

Ανωμαλίες του στομίου του στεφανιαίου κόλπου και των φλεβικών βαλβίδων

Το στόμιο του στεφανιαίου κόλπου φυλάσσεται από μια αναδίπλωση του ενδοκαρδίου, τη μηνοειδή βαλβίδα του στεφανιαίου κόλπου (θηβεσιανή βαλβίδα). Η βαλβίδα μπορεί να διαφέρει σε μέγεθος και σχήμα.^{2,6}

Οι Hellerstein και Orbison μελετώντας 150 πτωματικές ανθρώπινες καρδιές κατέγραψαν 6 παραλλαγές της θηβεσιανής βαλβίδας: (1) απύσες, 14,7%. (2) Μικρές και μηνοειδείς, 38%. (3) μεγάλες που καλύπτουν εξολοκλήρου την είσοδο του στεφανιαίου κόλπου, 30,7%. (4) με μορφή δοκών, 5,3%; (5) δικτυ-

ωτές, 5,3% και (6) κοινές ευσταχιανές και θηβεσιανές βαλβίδες, 6%.²¹

Σε μια άλλη κλινική μελέτη ανατομικής των καρδιακών φλεβών βρέθηκε ότι τα στόμια των φλεβών (μείζων καρδιακή φλέβα, αριστερή επιχειλίου φλέβα, οπίσθια φλέβα της αριστερής κοιλίας και μέση καρδιακή φλέβα) είχαν εντελώς κλειστές χοανώδεις βαλβίδες στο 26% των περιπτώσεων, ενώ 45% των ασθενών απουσίαζαν πραγματικές βαλβίδες.¹⁶

Σε περίπτωση ύπαρξης βαλβίδας η πίεση της ανάδρομης καρδιοπληγίας πρέπει να αυξηθεί τόσο ώστε να διαταθεί ο στεφανιαίος κόλπος για να μπορέσει στη συνέχεια να ανοίξει η βαλβίδα. Στη συνέχεια πληρώνονται οι φλέβες από το καρδιοπληγικό διάλυμα. Η τιμή της πίεσης στην οποία ανοίγει η βαλβίδα διαφέρει κατά περίπτωση και εξαρτάται από τη ροή έγχυσης του καρδιοπληγικού διαλύματος. Σε γενικές γραμμές η πίεση στο στεφανιαίο κόλπο δεν υπερβαίνει τα 40 mm Hg για να αποφύγουμε τραυματισμό του κόλπου, περιφερικό αγγειακό οίδημα και αιμορραγίες. Αν και νεότερες μελέτες έδειξαν ότι στην περίπτωση καρδιών σε παύση με παρουσία καθετήρων εξαέρωσης - αποσυμπίεσης η πίεση στο στεφανιαίο κόλπο μπορεί να αυξηθεί ασφαλώς μέχρι 120 mm Hg χωρίς φαινόμενα εξαγγείωσης στο μυοκάρδιο. Υπάρχουν διαθέσιμα συστήματα ασφαλείας που περιορίζουν την πίεση άρδευσης. Η επαρκής ροή εξαρτάται από τη θερμοκρασία του καρδιοπληγικού διαλύματος και από τη μάζα του καρδιακού μυ. Π.χ. σε περίπτωση ανάδρομης θερμής καρδιοπληγίας η ροή θα πρέπει να διατηρηθεί τουλάχιστον σε 200 ml/min, ενώ στην περίπτωση ασθενών με υπερτροφία αριστερής κοιλίας θα πρέπει να αυξήσουμε τη ροή της ανάδρομης καρδιοπληγίας σε 250 - 300 ml/min.^{22,23}

Αιμοδυναμική της ανάδρομης καρδιοπληγίας: Σύγκριση με την ορθόδρομη προσέγγιση

Σε φυσιολογικές συνθήκες το φλεβικό αίμα εξωθείται στο δεξιό κόλπο από τις θηβεσιανές φλέβες και το στεφανιαίο κόλπο. Κατά την καρδιακή σύσπαση η φυσιολογική ροή του φλεβικού συστήματος είναι αντίθετη σε αυτή που εφαρμόζουμε με την ανάδρομη καρδιοπληγία. Η ανάδρομη καρδιοπληγία μπορεί να δημιουργήσει υψηλές φλεβικές πιέσεις στην πάλλουσα καρδιά. Όταν η καρδιά παύσει, η αντίσταση της φυσιολογικής ροής του φλεβικού αίματος μπορεί εύκολα να υπερνικηθεί. Εξαιτίας αυτού θα πρέπει να χορηγείται αρχικά ορθόδρομη καρδιοπληγία για την επαγωγή καρδιακής παύσης. Όμως η ορθό-

δρομη καρδιοπληγία δεν αρδεύει όλα τα διαθέσιμα τριχοειδή ακόμα και στην περίπτωση ασθενών με φυσιολογικές στεφανιαίες αρτηρίες. Η παρουσία προτριχοειδικών και μετατριχοειδικών shunt έχει ως αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη περιοχική κατανομή καρδιοπληγίας. Π.χ. σε μια καρδιά σε παύση, οι θηβειανές φλέβες συμπεριφέρονται ως αγωγοί χαμηλής αντίστασης απορρέοντας σε διαμερίσματα χαμηλών πιέσεων και εκτρέποντας την ανάδρομη καρδιοπληγία από τα φλεβίδια και τα τριχοειδή προς τη δεξιά κοιλία. Επιπλέον η ορθόδρομη καρδιοπληγία προσφέρει θρεπτικό υπόστρωμα στη δεξιά κοιλία σε περίπτωση που οι πρόσθιες καρδιακές φλέβες δεν είναι ανεπτυγμένες ή δεν συνδέονται με το στεφανιαίο κόλπο. Αυτές οι αιμοδυναμικές και φυσιολογικές παρατηρήσεις υποδεικνύουν ως καλύτερη λύση το συνδυασμό ανάδρομης και ορθόδρομης καρδιοπληγίας (ταυτόχρονα ή διαδοχικά).^{7,10-12}

Σε ζωικά μοντέλα η ολική καρδιακή ροή του θρεπτικού υποστρώματος υπολογίστηκε σε 70% της ροής της ανάδρομης καρδιοπληγίας στην περίπτωση που ήταν ανοικτοί ο πρόσθιος κατιών και η περισπωμένη αρτηρία, ενώ μειωνόταν σε 61% στην περίπτωση απόφραξης του πρόσθιου κατιόντα στο ύψος του 1^{ου} διαγωνίου κλάδου.²⁴ Η ανάδρομη τριχοειδική ροή στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα παρέμενε χαμηλή ανεξαρτήτως, αν ο πρόσθιος κατιών ήταν βατός ή αποκλεισμένος. Η ροή προς το μεσοκοιλιακό διάφραγμα ήταν μέσω του ενδοκαρδίου, το οποίο παρουσιάζει καλύτερη άρδευση με την ανάδρομη χορήγηση παρά με την ορθόδρομη ακόμα και στην περίπτωση απόφραξης του πρόσθιου κατιόντα. Η χαμηλότερη ροή παρατηρήθηκε στο ελεύθερο τοίχωμα της δεξιάς κοιλίας. Βέβαια, οι ανατομικές διαφορές των ζωικών μοντέλων σε σχέση με την ανθρώπινη καρδιά μπορούν να εξηγήσουν την πτωχή προστασία της δεξιάς κοιλίας.

Μελετώντας τη στεφανιαία απορροή μετά από χορήγηση ανάδρομης καρδιοπληγίας σε καρδιές μεταμοσχευμένων ασθενών με ιδιοπαθή μυοκαρδιοπάθεια φαίνεται ότι το 67,2% της ανάδρομης καρδιοπληγίας παρέκαμπε τη μικροκυκλοφορία μέσω των θηβειανών φλεβών. Το 29,3% και το 3,5% της χορηγούμενης καρδιοπληγίας αναδύονταν από τα στόμα της αριστερής και δεξιάς στεφανιαίας αρτηρίας αντίστοιχα.²⁵

Στην πράξη η οδός χορήγησης καρδιοπληγίας παραμένει αμφιλεγόμενη. Οι μέθοδοι χορήγησης καρδιοπληγίας περιλαμβάνουν συνδυασμό ορθόδρομης και ανάδρομης (60%), μόνο ορθόδρομη (36%), μόνο ανάδρομη (4%).¹² Τα περισσότερα κέντρα παρουσιάζουν καλά αποτελέσματα ανεξάρτητα με την

μέθοδο χορήγησης. Βέβαια, όλα αυτά τα σε πρώτη όψη ομοιογενή αποτελέσματα εξαρτώνται από άλλους σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της καρδιοπληγίας, όπως η τεχνική καθετηριασμού, η σύνθεση του καρδιοπληγικού διαλύματος, η θερμοκρασία του διαλύματος, η ροή και ο χρόνος έγχυσης.

Οι ποικίλες ανατομικές παραλλαγές του καρδιακού φλεβικού συστήματος οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός διακεκομμένης ορθόδρομης και σχεδόν συνεχούς ανάδρομης καρδιοπληγίας προσφέρει καλύτερη προστασία στο μυοκάρδιο σε περίπτωση σημαντικών στενώσεων στα στεφανιαία αγγεία, οι οποίες παρεμποδίζουν την παροχή καρδιοπληγίας. Η ανάδρομη καρδιοπληγία θα πρέπει να χορηγείται σε συνδυασμό με ένα σύστημα ελέγχου πίεσης για να αποτρέψουμε πιθανό τραυματισμό ή ακόμα και ρήξη του στεφανιαίου κόλπου. Η κατανομή της ανάδρομης καρδιοπληγίας θα πρέπει να ελέγχεται ξεετάζοντας τη μέση και τις πρόσθιες καρδιακές φλέβες κατά τη διάρκεια της χορήγησης, γιατί η ανάδρομη καρδιοπληγία μπορεί να μην αρδεύει το σύνολο του ελεύθερου τοιχώματος της δεξιάς κοιλίας καθώς και το μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Η κατανομή της ανάδρομης καρδιοπληγίας στο ελεύθερο τοίχωμα της δεξιάς κοιλίας μπορεί να είναι πτωχή, αφού δεν υπάρχει απευθείας επικοινωνία του στεφανιαίου κόλπου με τις πρόσθιες καρδιακές φλέβες.²⁶⁻²⁹ Αυτό μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για ασθενείς με ανεπαρκή φλεβική παράπλευρη κυκλοφορία ή δυσλειτουργία της δεξιάς κοιλίας ειδικά αν ο καθετήρας της ανάδρομης καρδιοπληγίας τοποθετηθεί βαθιά ή αν η επέμβαση είναι πολύωρη. Εάν δεν πληρωθούν αυτές οι φλέβες θα πρέπει να χορηγηθεί συμπληρωματικά στην ανάδρομη καρδιοπληγία ορθόδρομη δεδομένου ότι αυτή επί απουσίας σημαντικής στεφανιαίας νόσου κατανέμεται καλώς και στις δύο κοιλίες. Μερικοί χειρουργοί συνηθίζουν να δίνουν την πρώτη δόση ορθόδρομης αιματηρής καρδιοπληγίας και στη συνέχεια χορηγούν ανάδρομη καρδιοπληγία.³⁰⁻³⁴

Άλλοι χειρουργοί προτιμούν την ταυτόχρονη χορήγηση ορθόδρομης και ανάδρομης καρδιοπληγίας με πολύ καλά αποτελέσματα παρά τον κίνδυνο οίδηματος του μυοκαρδίου εξαιτίας της αυξημένης πίεσης στο στεφανιαίο κόλπο.^{28,29,34} Οι επόμενες δόσεις χορηγούνται διά της ανάδρομης οδού, ώστε να μειωθεί ο χρόνος αποκλεισμού της αορτής και να αποφευχθεί η πιθανότητα εμβόλων στα στόμια των στεφανιαίων αρτηριών.

Παρόλα αυτά σε περιπτώσεις αυξημένου χρόνου αποκλεισμού της αορτής ή σε ασθενείς με ισχαι-

μία του μυοκαρδίου ή οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου οι επόμενες δόσεις θα πρέπει να χορηγούνται και με τις δύο οδούς. Θα πρέπει να χορηγούνται συχνά επαναληπτικές δόσεις ορθόδρομης καρδιοπληγίας για την αποφυγή μη αναστρέψιμων βλαβών στο μυοκάρδιο κατά τη φάση νορμοθερμικής ισχαιμίας, καθότι υπάρχουν ενδείξεις ότι η ορθόδρομη καρδιοπληγία είναι πιο αποτελεσματική από την ανάδρομη.³⁵ Η συμπληρωματική ορθόδρομη καρδιοπληγία διά της αορτικής οδού μέσω των αορτοστεφανιαίων μοσχευμάτων είναι πιο αποτελεσματική σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο, διότι αρδεύει τα αγγεία που έχουν μόσχευμα και ειδικά στην περίπτωση της δεξιάς στεφανιαίας αρτηρίας. Η τελευταία δόση καρδιοπληγίας χορηγείται διά της ανάδρομης οδού για να αφαιρέσει τον αέρα από τις στεφανιαίες αρτηρίες. Πέρα από την οδό χορήγησης, η θερμοκρασία του μυοκαρδίου, η σύνθεση της καρδιοπληγίας και η συχνότητα χορήγησης δόσεων συμβάλλουν σε ένα επιτυχές αποτέλεσμα.

Ενδείξεις για ορθόδρομη καρδιοπληγία

1. Σημαντική ανεπάρκεια αορτής: Η προτιμητέα οδός για την πρώτη δόση είναι η ορθόδρομη σε συνδυασμό με συμπίεσεις με το χέρι της αριστεράς κοιλίας, ώστε να αποφύγουμε τη διαφυγή και τη διάταση της κοιλίας έως ότου επιτύχουμε καρδιακή παύση. Στη συνέχεια χορηγείται ανάδρομη καρδιοπληγία και συμπληρωματικά απευθείας έγχυση στα στόμια των στεφανιαίων αγγείων μετά την αορτοτομή.
2. Υπερτροφία αριστερής κοιλίας: Συνιστάται η αύξηση της ροής και της συχνότητας χορήγησης και η μείωση της θερμοκρασίας του καρδιοπληγικού διαλύματος.
3. Οξύ έμφραγμα μυοκαρδίου: Πρέπει να εφαρμοστεί νωρίς ο αορτικός αποκλεισμός. Η ορθόδρομη καρδιοπληγία ακολουθείται από συνεχή έγχυση ανάδρομης καρδιοπληγίας προσφέροντας τη μέγιστη προστασία στο μυοκάρδιο επί εδάφους μιας οξείας απόφραξης.
4. Διαχωρισμός αορτής: Στον τύπου Α διαχωρισμό χρησιμοποιείται μέτρια ως βαθιά υποθερμία. Ο αορτικός αποκλεισμός εφαρμόζεται κατά την ψύξη ή μετά από κοιλιακό ινιδισμό σε περίπτωση διάτασης της καρδιάς παρά την παρουσία καθετήρων αποσυμπίεσης-εξαέρωσης. Η καρδιοπληγία χορηγείται με απευθείας καθετηριασμό των στεφανιαίων ή με ανάδρομη χορήγηση.
5. Ανατομικές παραλλαγές του στεφανιαίου κόλπου

(στένωση του στομίου ή της βαλβίδας): Σε περίπτωση που δεν μπορεί να τοποθετηθεί καθετήρας ανάδρομης καρδιοπληγίας χορηγείται μόνο ορθόδρομη.

6. Ανατομικές παραλλαγές της καρδιακής φλεβικής κυκλοφορίας: Αν και οι παραλλαγές των καρδιακών φλεβών είναι συχνές μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολο να ανακαλύψουμε μείζονες ανωμαλίες. Για να είμαστε σίγουροι ότι όλα τα τμήματα της καρδιάς αρδεύονται επαρκώς θα πρέπει να χρησιμοποιούμε και τις δύο οδούς χορήγησης καρδιοπληγίας, ακόμα και για τις πιο απλές επεμβάσεις.

Συμπεράσματα

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ανατομικών παραλλαγών των καρδιακών φλεβών, του στεφανιαίου κόλπου, των βαλβίδων και της συστηματικής κυκλοφορίας, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν ως ένα βαθμό την προστασία του μυοκαρδίου που παρέχεται με τη χορήγηση ανάδρομης καρδιοπληγίας (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ανατομικές παραλλαγές των καρδιακών φλεβών και των βαλβίδων αυτών καθώς και του στεφανιαίου κόλπου και του στομίου του με βάση τη συχνότητα αναγνώρισής τους σε αυτοψίες^{14,15,16,21}. Οι ανωμαλίες του στεφανιαίου κόλπου αποτελούν σπάνιες συγγενείς ανωμαλίες και η γνώση μας προέρχεται από μεμονωμένες αναφορές.

Ανατομικές παραλλαγές των καρδιακών φλεβών		
Οι πρόσθιες και η ελάσσον φλέβα απορρέουν στο δεξιό κόλπο	(51%)	
Όλες οι κύριες φλέβες απορρέουν στο στεφανιαίο κόλπο	(21%)	
Οι πρόσθιες φλέβες απορρέουν στο δεξιό κόλπο	(15%)	
Μόνο η μείζων φλέβα και η οπίσθια φλέβα της αριστερής κοιλίας απορρέουν στο στεφανιαίο κόλπο	(12%)	
Μόνο οι φλέβες του πλευρικού τοιχώματος της αριστερής κοιλίας απορρέουν στο στεφανιαίο κόλπο	(1%)	
Ανατομικές παραλλαγές του στεφανιαίου κόλπου		
Απών		
Υποπλαστικός		
Ατρησία ή στένωση του στομίου του στεφανιαίου κόλπου		
Διεύρυνση του στεφανιαίου κόλπου		
Ασχεπής στεφανιαίος κόλπος		
Ανατομικές παραλλαγές των θηβειανών βαλβίδων		
Απούσες		(14,7%)
Μικρές και μηνοειδείς		(38%)
Μεγάλες που καλύπτουν εξολοκλήρου την είσοδο του στεφανιαίου κόλπου		(30,7%)
Με μορφή δοκών		(5,3%)
Δικτυωτές		(5,3%)
Κοινές ευσταχιανές και θηβειανές βαλβίδες		(6%)
Ανατομικές παραλλαγές της εισόδου των καρδιακών φλεβών στο στεφανιαίο κόλπο		
Εντελώς κλειστές χοιανώδεις βαλβίδες		(26%)
Απουσία πραγματικών βαλβίδων		(45%)

Συνήθως οι μείζονες φλεβικές ανωμαλίες ανακαλύπτονται προεγχειρητικά, σπάνια διεγχειρητικά. Αν και αυτές οι ανωμαλίες δεν είναι συχνές όταν εμφανίζονται μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την κατανομή της ανάδρομης καρδιοπληγίας και απαιτούν άλλη στρατηγική για να εξασφαλίσουμε μια επαρκή προστασία στο μυοκάρδιο. Δεν μπορούμε να θεωρούμε ότι η καρδιά είναι σαν ένα σφουγγάρι και ότι όλο το φλεβικό δίκτυο συνδέεται ελεύθερα. Για να προλαμβάνουμε την κακή κατανομή της καρδιοπληγίας είναι βασικό να γνωρίζουμε τις ανατομικές παραλλαγές και ανωμαλίες του καρδιακού φλεβικού συστήματος. Όταν υπάρχει ένδειξη στεφανιαίας νόσου συνιστάται η χρήση ορθόδρομης και ανάδρομης καρδιοπληγίας.

Βιβλιογραφία

1. Mill MR, Wilcox BR, Anderson RH. Surgical Anatomy of the Heart. In Cohn LH, editor. Cardiac Surgery in the Adult. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Company; 2008. p. 48-49.
2. Schlant RC, Silverman ME. Anatomy of the heart. In Hurst JW, editor. The Heart. 6th ed. New York: McGraw-Hill Book Company; 1986. p. 16.
3. Barcelo A, De La Fuente LM, Strezer S H. Anatomic and histologic review of the coronary sinus. Int. J. Morphol. 2004; 22: 331-338.
4. Iyer Praveen B. Great Cardiac Vein Draining Directly Into The Right Atrium - A Case Report. J. Anat. Soc. India. 2006; 55: 60-64.
5. Kouchoukos NT, Blackstone EH, Doty DB, et al. In Kirklin JW, Barret-Boyes BG. Cardiac Surgery. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone; 2003. p. 146-148.
6. Standring S. In Gray's Anatomy. The Anatomical Basis of Clinical Practice. 39th ed. New York: Churchill Livingstone; 2005. p.1018-1019.
7. Ruengsakulrach P, Buxton, BF. Anatomic and hemodynamic considerations influencing the efficiency of retrograde cardioplegia. Ann Thorac Surg 2001; 71: 1389-1395.
8. Pratt FH. The nutrition of the heart through the vessels of Thebesius and the coronary veins. Am J Physiol 1898; 1: 86-103.
9. Lillehei CW, Dewall RA, Gott VL, et al. The direct vision correction of calcification of calcific aortic stenosis by means of pump-oxygenator and retrograde coronary sinus perfusion. Dis Chest 1965; 30: 123-132.
10. Kassab GS, Navia JA, March K et al. Coronary venous retroperfusion: an old concept, a new approach. J. appl. physiol. 2008; 104: 1266-1272.
11. Bothe W. Retrograde administration. Multimedia Manual Cardio-Thoracic Surgery [Internet]. 2005, Issue 0809. Available from: <http://www.mmcts.oxfordjournals.org>.
12. Karthik S, Grayson, AD, Oo AY, et al. A survey of current myocardial protection practices during coronary artery bypass grafting Ann R Coll Surg Engl. 2004; 86: 413-415.
13. Cherry K, Hyun WG, Jeong JY, et al. Coronary sinus ostial atresia with persistent left superior vena cava demonstrated on cardiac CT in an infant with a functional single ventricle. Pediatr. Radiol. [Internet]. 2011, Available from: <http://www.springerlink.com>.
14. El-Maasarany S, CG, Firth A, et al. The coronary sinus conduit function: Anatomical study (relationship to adjacent structures). Europace. 2005; 7: 475-481.
15. Tomanek RJ, Perloff JK. Vascularization of the developing heart: Implications for congenital and acquired disease. In Wyszynski DF, editor. Congenital heart defects: From origin to treatment. New York: Oxford University Press; 2010. p. 41-51.
16. Ludinghausen MV. Clinical anatomy of cardiac veins, Vv. Cardiacae. Surg Radiol Anat 1987; 9: 159-168.
17. Hammond GL, Austen WG. Drainage patterns of coronary arterial flow as determined from the isolated heart. Am J Physiol 1967; 212: 1435-1440.
18. Gerber TC, Sheedy PF, Bell MR, et al. Evaluation of the coronary venous system using electron beam computed tomography. Int J Cardiovasc Imaging. 2001; 17: 65-75.
19. Farge A, Mousseaux E, Acar C, et al. Angiographic and electron-beam computed tomography studies of retrograde cardioplegia via the coronary sinus. J Thorac Cardiovasc Surg 1996; 112: 1046-1053.
20. Bezon E, Barra JA, Mondine P, Karaterki A. Retrograde cold blood cardioplegia. Obliteration of the posterior interventricular vein in the coronary sinus improves cooling of the left ventricle posterior wall. Cardiovasc Surg 1997; 5: 620-625.
21. Hellerstein HK, Orbison JL. Anatomic variations of the orifice of the human coronary sinus. Circulation 1951; 3: 514-523.
22. Eke CC, Gundry SR, Fukushima N, et al. Is there a safe limit to coronary sinus pressure during retrograde cardioplegia?. Am Surg 1997; 63: 417-420.
23. Rao V, Cohen G, Weisel RD, et al. Optimal flow rates for integrated cardioplegia. J Thorac Cardiovasc Surg 1998; 115: 226-235.
24. Partington MT, Acar C, Buckberg GD, et al. Studies of retrograde cardioplegia I. Capillary blood flow distribution to myocardium supplied by open and occluded arteries. J Thorac Cardiovasc Surg 1989; 97: 605-612.
25. Gates RN, Laks H, Drinkwater DC, et al. Gross and microvascular distribution of retrograde cardioplegia in explanted human hearts. Ann Thorac Surg 1993; 56: 410-417.
26. Gates RN, Lee J, Laks H, et al. Evidence of improved microvascular perfusion when using antegrade and retrograde cardioplegia. Ann Thorac Surg 1996; 62: 1388-1391.
27. Kaukoranta PK, Lepojarvi MVK., Kiviluoma KT, et al. Myocardial protection during antegrade versus retrograde cardioplegia. Ann Thorac Surg 1998; 66: 755-761.
28. Ericsson AB, Takeshima S, Vaage J. Simultaneous antegrade and retrograde delivery of continuous warm blood cardioplegia after global ischemia. J Thorac Cardiovasc Surg 1998; 115: 716-722.
29. Tian G, Shen J, Sun J, et al. Does simultaneous antegrade/retrograde cardioplegia improve myocardial perfusion in the areas at risk? A magnetic resonance perfusion imaging study in isolated pig hearts. J Thorac Cardiovasc Surg 1998; 115: 913-924.
30. Lotto AA, Ascione R, Caputo M, et al. Myocardial protection with intermittent cold blood during aortic valve operation: antegrade versus retrograde delivery. Ann Thorac Surg 2003; 76: 1227-1233.
31. Alex J, Ansari J, Guerrero R, et al. Comparison of the im-

- mediate post-operative outcome of two different myocardial protection strategies: antegrade-retrograde cold St Thomas blood cardioplegia versus intermittent cross-clamp fibrillation. *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2003; 4: 584-588.
32. Martins AS, Silva MA; Padovani CR et al. Myocardial protection by continuous, blood, antegrade-retrograde cardioplegia in rabbits. *Acta Cir. Bras.* 2007; 22: 43-47.
 33. Tian G, Xiang B, Dai G et al. Retrograde cardioplegia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 872-880.
 34. Radmehr H, Soleimani A, Tatari H. Does combined antegrade-retrograde cardioplegia have any superiority over antegrade cardioplegia? *heartlungcirc.*2008; 17: 475-477.
 35. Tomi V, Malmberg M, Saraste A, et al. Cardiomyocyte Apoptosis After Antegrade and Retrograde Cardioplegia During Aortic Valve Surgery. *Ann Thorac Surg* 2011; 92: 1351-1357.