



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2019-2020

ΤΜΗΜΑ: ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΟΣΗΛΕΥΤΗ ΩΣ ΤΕΧΝΙΚΟΣ
ΕΞΩΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΠΑΠΑΚΩΣΤΑΚΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΟΥΡΤΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε την περίοδο της συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας, αλλά και καθ' όλη την περίοδο των σπουδών μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επόπτη καθηγητή μου Κ. Κούρτη Γρηγόριο, για την βοήθεια και την καθοδήγηση του για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	
ABSTRACT	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
ΚΕΦ. 1: ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	1
1.1 Καρδία	1
1.2 Αρτηρίες.....	3
1.3 Στεφανιαίες Αρτηρίες	3
1.4 Φλέβες.....	4
1.5 Στεφανιαίες Φλέβες	4
1.6 Μεγάλη και μικρή κυκλοφορία	4
ΚΕΦ.2 : Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΟΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗΣ (CPB)	6
ΚΕΦ. 3: ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΞΩΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	9
3.1 Ορισμός.....	9
3.2 Συμβατική εξωσωματική κυκλοφορία (CCPB).....	9
3.3 Οξυγονωτής	10
Οξυγονωτής Φυσαλίδων.....	11
Οξυγονωτής Μεμβράνης	11
3.4 Εναλλάκτης Θερμότητας	13
3.5 Αντλία Αίματος.....	14
Κυλινδρική Αντλία	15
Φυγόκεντρη Αντλία	17
3.6 Κάνουλες.....	18
Φλεβική Κάνουλα.....	18
Αρτηριακή Κάνουλα.....	20
Κάνουλα Καρδιοπληγίας.	21
3.7 Ρεζερβουάρ	22
3.8 Φίλτρα.....	23
3.9 Αναρρόφηση πεδίου, Vents	23
ΚΕΦ.4 ΚΑΡΔΙΟΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ.....	25
4.1 Προεγχειρητικός έλεγχος.....	25
4.2 Αρχές λειτουργίας εξωσωματικής κυκλοφορίας.	27

4.3 Σύνδεση του ασθενή στην εξωσωματική κυκλοφορία	27
4.4 Εναρξη Καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (CPB)	28
4.5 Τερματισμός της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης	30
4.6 Παράμετροι που παρακολουθούνται	32
4.7 Επιδράσεις της εξωσωματικής κυκλοφορίας.....	33
ΚΕΦ.5 ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΕΞΩΣΩΜΑΤΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ.....	35
ΚΕΦ.6 Ο ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΕΞΩΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	39
6.1 Εκπαίδευση στην Ευρώπη	43
6.2 Ο ρόλος του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας	45
6.3 Επικοινωνία	46
6.4 Κούραση, άγχος, και burnout ανάμεσα στους τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας	47
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	50
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εξέλιξη της και η ανάπτυξη των τεχνολογιών εξωσωματικής κυκλοφορίας έχει επιφέρει μεγάλη πρόοδο στα χειρουργεία καρδιάς. Η καρδιοαναπνευστική παράκαμψη δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την χρήση μία συσκευής εξωσωματικής κυκλοφορίας, η οποία εκτελεί την λειτουργία της καρδιάς και των πνευμόνων του ασθενούς όση ώρα διαρκεί το χειρουργείο. Ο χειρισμός του κυκλώματος της εξωσωματικής κυκλοφορίας απαιτεί την ύπαρξη ενός επαγγελματία, ο οποίος είναι εξειδικευμένος στην σωστή λειτουργία του. Ήδη από τις πρώτες φορές εφαρμογής εξωσωματικής κυκλοφορίας σε ασθενείς, οι νοσηλευτές ήταν εκείνοι που εμπειρικά έμαθαν να χειρίζονται το μηχάνημα αυτό. Έπειτα, με την πρόοδο της τεχνολογίας και την ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση για τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας πολλοί νοσηλευτές εξειδικεύονταν αποκλειστικά και μόνο στον χειρισμό και την λειτουργία του εξωσωματικού κυκλώματος.

Στο πλαίσιο των προπτυχιακών σπουδών μου και σε συνδυασμό με την πρακτική μου άσκηση, που πραγματοποιήθηκε σε καρδιολογικό νοσοκομείο, στόχος μου είναι να αναλύσω το σύστημα εξωσωματικής κυκλοφορίας και να περιγράψω τον σημαντικό ρόλο που έχει ο νοσηλευτής ως τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Με το πρώτο πετυχημένο χειρουργείο καρδιάς στο οποίο χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία το μηχανήμα εξωσωματική κυκλοφορίας, καθιερώθηκε μία νέα περίοδος για τις επεμβάσεις της καρδιάς. Πολλές μελέτες γύρω από την ιδέα της εξωσωματικής κυκλοφορίας ακλούθησαν από ιατρούς και επιστήμονες με σκοπό να βελτιστοποιήσουν την αποτελεσματικότητα του μηχανήματος έτσι ώστε οι επιπλοκές του να είναι όσο το δυνατόν λιγότερες για τον ασθενή. Η λειτουργία του συγκεκριμένου εξοπλισμού δεν θα ήταν δυνατή χωρίς κάποιον ειδικό.

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η μελέτη του ρόλου του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας, όσον αφορά τον χειρισμό της μηχανής εξωσωματικής κυκλοφορίας, καθώς και του ρόλου του κατά τη διάρκεια του χειρουργείου.

Μεθοδολογία: Για την πραγματοποίηση της μελέτης χρησιμοποιήθηκε ανασκόπηση της σύγχρονης βιβλιογραφίας στις επιστημονικές βάσεις δεδομένων Pubmed, Google Scholar, Academia.edu.

Συμπέρασμα: Το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας αποτελεί σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι των χειρουργείων καρδιάς. Είναι απαραίτητο οι επαγγελματίες να έχουν εκπαιδευτεί σωστά στο κομμάτι της εξωσωματικής κυκλοφορίας και να κατέχουν γνώσεις τόσο πάνω στο ιατρικό κομμάτι, όσο και στο τεχνικό κομμάτι του μηχανήματος. Η ίδρυση συλλόγων σε Αμερική (AmSECT) και Ευρώπη (EBCP), έδωσε την δυνατότητα εκπαίδευσης και κατάρτισης των τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας. Στην Ελλάδα η απόκτηση του τίτλου τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι πλέον εφικτό μέσω του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών με τίτλο ««Τεχνικές Εξωσωματικής Κυκλοφορίας-Τεχνολογία συσκευών Καρδιοχειρουργικής». Τέλος, οι επεμβάσεις καρδιάς απαιτούν την ύπαρξη των καλύτερων επαγγελματιών για την επιτυχή έκβαση τους, και χωρίς τους τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας οι επεμβάσεις καρδιάς δεν θα μπορούσαν να έχουν την ίδια επιτυχία.

Λέξεις κλειδιά: εξωσωματική κυκλοφορία, τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας, καρδιοπνευμονική παράκαμψη.

ABSTRACT

Introduction: With the first successful surgery, in which the extracorporeal circulation machine was used triumphantly, a new era of cardiac surgery emerged. With many researches done around the idea of the Extracorporeal Circulation (E/C), doctors and scientists tried to evolve the E/C machine, in order for it to have less damaging effects regarding the patient. However, the operation of this type of equipment would be impossible without the help of an expert.

Purpose: The purpose of this study is to show the important role of the perfusionist regarding the use of the extracorporeal circulation machine, as well as his role during cardiac surgeries.

Methodology: Contemporary bibliography and scientific articles gathered from valid databases such as Pubmed, Google Scholar and Academia.edu.

Conclusion: Perfusionists are an important and an integral part of cardiac surgeries. It is very significant for these professionals to have proper education and training when it comes to extracorporeal circulation and all the knowledge around this particular subject. The perfusionists must acquire both medical and technical knowledge in order for them to operate the extracorporeal circulation machine correctly and efficiently. The founding of AmSECT and EBCCP in America and Europe, two largest boards representing perfusionists around the world, gave them the opportunity for proper education and recognition of their profession. In Greece it is possible nowadays to acquire the title of clinical perfusionist, by attending the postgraduate program titled «Extracorporeal Circulation Techniques- Technology of Cardiovascular equipment». Finally, cardiac surgeries require the best professionals of the field, in order for them to be successful, and without the perfusionist's cardiac surgeries wouldn't have the same outcomes as they have today.

Key words: extracorporeal circulation, perfusionist, cardiopulmonary bypass (CPB)

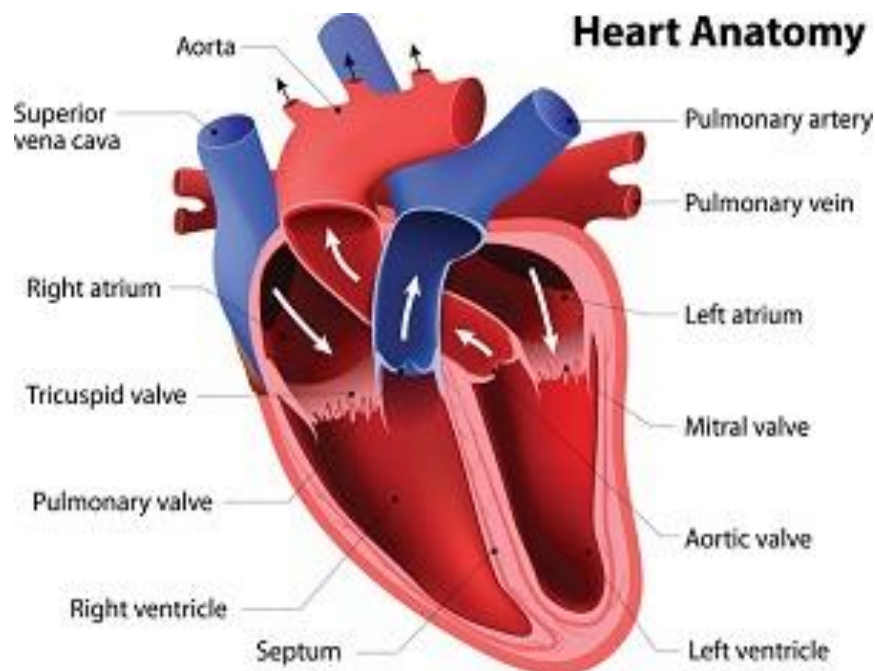
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λειτουργία της μηχανής εξωσωματικής κυκλοφορίας, είναι ιδιαίτερα σύνθετη και απαιτεί υψηλού επιπέδου επιστημονική κατάρτιση τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, όπως και γνώση της λειτουργίας άλλων συσκευών που χρησιμοποιούνται στην Καρδιοχειρουργική. Τέτοιες συσκευές είναι ο ενδοαορτικός ασκός, το ECMO, οι συσκευές υποβοήθησης της αριστεράς κοιλίας κ.α. Το γεγονός αυτό, καθιστά αναγκαία την ύπαρξη ενός νοσηλευτή που θα χειρίζεται τη μηχανή εξωσωματικής κυκλοφορίας και που θα εξειδικεύεται στο αντικείμενο με συνεχή εκπαίδευση, αποκτώντας έτσι, σύγχρονες γνώσεις πάνω στις μεθόδους και τις βασικές αρχές, που συνεχώς ανανεώνονται.. Αυτός ο εξειδικευμένος νοσηλευτής ή αλλιώς τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας, πρέπει εκτός από κατάρτιση, να διαθέτει καινοτόμο πνεύμα, ικανό να βελτιώνεται με την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών, όπως και κριτικές και δημιουργικές δεξιότητες, ώστε να ανταποκρίνεται επαρκώς στις κοινωνικές και ηθικές ευθύνες που προκύπτουν από την άσκηση ενός τέτοιου επαγγέλματος. Η παρούσα εργασία αξιοποιώντας τα υπάρχοντα σχετικά με το αντικείμενο, βιβλία και άρθρα επιστημονικών περιοδικών, έχει σκοπό να αναδείξει το ρόλο του νοσηλευτή ως τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας. Έτσι, στη συγκεκριμένη εργασία, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο καρδιαγγειακό σύστημα και παρουσιάζονται αρκετά λεπτομερειακά στοιχεία της ανατομίας και φυσιολογίας της καρδιάς. Ακολουθεί έπειτα στο δεύτερο κεφάλαιο, η παρουσίαση του βασικού ιστορικού πλαισίου μέσα στο οποίο εφευρέθηκε και αναπτύχθηκε το μηχάνημα εξωσωματικής κυκλοφορίας, αλλά και της εξέλιξης του χειρουργείου της καρδιοαναπνευστικής παράκαμψης. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση του επιμέρους εξοπλισμού που αξιοποιείται στο μηχάνημα εξωσωματικής κυκλοφορίας και περιγράφεται η διαδικασία της καρδιοαναπνευστικής παράκαμψης. Επίσης, αναφέρεται ο τρόπος με τον οποίο ξεκίνησε και εξελίχθηκε το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας, η εκπαίδευση του και η σημαντικός του ρόλος στο χειρισμό της μηχανής εξωσωματικής κυκλοφορίας. Τέλος, γίνεται αναφορά στην κούραση το άγχος και το σύνδρομο burnout ανάμεσα στους επαγγελματίες εξωσωματικής κυκλοφορίας.

ΚΕΦ. 1: ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το καρδιαγγειακό σύστημα συμβάλλει στη μεταφορά αερίων και θρεπτικών ουσιών στα κύτταρα του οργανισμού, καθώς και στην απομάκρυνση των άχρηστων ουσιών. Αποτελείται από την καρδιά, τα αγγεία, και το αίμα.

1.1 Καρδιά



Εικ.1 Καρδιά. Διαθέσιμο στο: <https://www.nia.nih.gov/health/heart-health-glossary>

Το σχήμα της καρδιάς είναι κωνοειδές και τοποθετείται μεταξύ των πνευμόνων, μεταξύ του στήθους, πίσω από το στέρνο και συγκεκριμένα βρίσκεται στο μέσο μεσοθωράκιο (Lich & Brown 2004). Η κορυφή της καρδιάς διαμορφώνεται από την κάτω και έξω μοίρα της αριστερής κοιλίας, παραμένοντας στάσιμη κατά τη διάρκεια του καρδιαγγειακού κύκλου. Η βάση της καρδιάς είναι η οπίσθια επιφάνεια της και βρίσκεται απέναντι από την κορυφή. Την σχηματίζει κατά βάση ο αριστερός κόλπος και σε μικρότερο βαθμό ο δεξής και προσανατολίζεται προς τα πίσω, στα σώματα των σπονδύλων Θ6-Θ9. Το περικάρδιο, το λοξό περικαρδιακό κόλπωμα, ο οισοφάγος και η αορτή, διακρίνουν την βάση από τους σπονδύλους. Ακόμη, η βάση φτάνει προς τα πάνω μέχρι το διχασμό του στελέχους της πνευμονικής αρτηρίας και προς τα κάτω έως τον

στεφανιαίο κόλπο. Οι πνευμονικές φλέβες τοποθετούνται στο δεξιό και αριστερό μέρος της αριστερής κοιλιακής μοίρας, ενώ η άνω και κάτω κοίλη φλέβα, στα άνω και κάτω άκρα της δεξιάς κοιλιακής μοίρας. Στην καρδιά μπορούν να διακριθούν τέσσερις επιφάνειες, η πρόσθια, που αποτελείται κυρίως από τη δεξιά κοιλία, η διαφραγματική, που σχηματίζεται βασικά από την αριστερή κοιλία και κατά ένα μέρος από τη δεξιά, η δεξιά πνευμονική που διαμορφώνεται ως επί το πλείστον από το δεξιό κόλπο και η αριστερή πνευμονική επιφάνεια που διαμορφώνεται κυρίως από την αριστερή κοιλία (Moore et. al. 2013).

Η καρδιά είναι ένα κοίλο και μυώδες όργανο, που περικλείεται από έναν ινώδη σάκο το περικάρδιο, λειτουργεί ως αντλία και προωθεί οξυγονωμένο αίμα σε όλα τα μέρη του σώματος. Το περικάρδιο εντοπίζεται στο σημείο του θώρακα. Το μικρό κενό που σχηματίζεται μεταξύ περικαρδίου και καρδιάς συμπληρώνεται από ένα υδατώδες υγρό, το οποίο λειτουργεί ως λιπαντικό και διευκολύνει την κίνηση της καρδιάς στο εσωτερικό του σάκου (Vander et al. 2011). Τα τοιχώματα της καρδιάς αποτελούνται κυρίως από κύτταρα καρδιακού μυός και σχηματίζουν το μυοκάρδιο. Η εσωτερική επιφάνεια του τοιχώματος της καρδιάς, η επιφάνεια δηλαδή που εφάπτεται με το αίμα εντός των καρδιακών θαλάμων, επικαλύπτεται από το ενδοκάρδιο, μία λεπτή έσω στοιβάδα ενδοθηλιακών κυττάρων ή ενδοθηλίου. Τέλος, το επικάρδιο είναι η εξωτερική στοιβάδα, που σχηματίζεται από το σπλαχνικό πέταλο του ορώδους περικαρδίου (Moore et al. 2013).

Επιπλέον, η ανθρώπινη καρδιά διαχωρίζεται σε τέσσερις θαλάμους: τον δεξιό και αριστερό κόλπο, καθώς και την δεξιά και αριστερή κοιλία. Οι κόλποι δέχονται το αίμα και το προωθούν στις κοιλίες. Οι δύο κόλποι χωρίζονται μεταξύ τους από το μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Αντίστοιχα και οι κοιλίες διαχωρίζονται μεταξύ τους με το μεσοκοιλιακό. Οι δύο κοιλιοκοιλιακές αντλίες της καρδιάς αντλούν αίμα ταυτόχρονα δημιουργώντας τον καρδιακό κύκλο. Η έναρξη του κύκλου γίνεται με μία φάση κοιλιακής επιμήκυνσης και πλήρωσης (διαστολή) και η λήξη του με μια φάση κοιλιακής βράχυνσης και εκκένωσης (συστολή). Τα τοιχώματα των κοιλιών αποτελούνται κυρίως από μυοκάρδιο (Moore et al 2013). Ανάμεσα στους κόλπους και στις κοιλίες του κάθε ημιμορίου της καρδιάς, βρίσκονται οι κοιλιοκοιλιακές βαλβίδες, μέσω των οποίων το αίμα μεταφέρεται αποκλειστικά από τους κόλπους στις κοιλίες. Η δεξιά βαλβίδα αποκαλείται τριγλώχινα βαλβίδα και η αριστερή μιτροειδής βαλβίδα. Επίσης υπάρχουν βαλβίδες, οι οποίες ελέγχουν την έξοδο του αίματος από τις κοιλίες προς την πνευμονική αρτηρία και αορτή αντίστοιχα. Ονομάζονται πνευμονικές και αορτικές βαλβίδες,

γνωστές και ως μηνοειδής βαλβίδες. Μέσω αυτών το αίμα μπορεί να κινηθεί στις αρτηρίες κατά την κοιλιακή συστολή. Ακόμη, εμποδίζουν το αίμα να κατευθυνθεί αντίθετα κατά την κοιλιακή χάλαση. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι εντελώς παθητικός και το άνοιγμα ή το κλείσιμο τους καθορίζεται από την εναλλαγή της πίεσης ανάμεσα στις δύο πλευρές τους (Vander et al. 2011).

1.2 Αρτηρίες

Οι αρτηρίες είναι αιμοφόρα αγγεία τα οποία μεταφέρουν το οξυγονωμένο αίμα κάτω από σχετικά υψηλή πίεση από την καρδιά και το κατανέμουν στο σώμα. Οι αρτηρίες διαμορφώνονται από τρεις στοιβάδες ιστών, οι οποίες είναι οι εξής: η έσω, η μέσω και η έξω στοιβάδα (Lich & Brow 2004). Η έσω στοιβάδα ή χιτώνας σχηματίζεται από μία μονή ενδοθηλιακή κυτταρική στιβάδα η οποία καλύπτει εσωτερικά τα αγγεία. Ο εσωτερικός χιτώνας διακρίνεται από τον μέσω με μία βασική μεμβράνη. Πάνω σε αυτήν τοποθετούνται αυτά τα κύτταρα. Το βασικό συστατικό του μέσου χιτώνα είναι ο λείος μυς και είναι το τμήμα του αγγειακού τοιχώματος που συστέλλεται. Τέλος ο έξω χιτώνας σχηματίζεται κυρίως από συνδετικό ιστό (Mulroney & Myer 2010). Οι αρτηρίες χωρίζονται σε τρεις τύπους: στις μεγάλες ελαστικές αρτηρίες, στις μέσου μεγέθους μυϊκές αρτηρίες και στις μικρές αρτηρίες και τα αρτηριόλια ή αρτηρίδια. Τα αρτηρίδια διαδραματίζουν δύο κύριους ρόλους, πρώτον, είναι υπεύθυνα για τον καθορισμό των σχετικών ροών αίματος στα όργανα σε μια δεδομένη μέση αρτηριακή πίεση, και δεύτερον, συμβάλλουν στον καθορισμό της αρτηριακής πίεσης (Vander et al. 2011).

1.3 Στεφανιαίες Αρτηρίες

Οι στεφανιαίες αρτηρίες ξεκινούν από την αορτή και μεταφέρουν οξυγονωμένο αίμα στο μυοκάρδιο. Η αριστερή κύρια στεφανιαία αρτηρία μεταφέρει οξυγονωμένο αίμα στην αριστερή κοιλία. Διαιρείται σε ένα περισπώμενο κλάδο που κινείται προς τα πίσω, για να ενωθεί με τη δεξιά στεφανιαία αρτηρία στο πίσω μέρος της καρδιάς και σε έναν πρόσθιο κατιόντα κλάδο στην μεσοκοιλιακή αύλακα. Τμήμα της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας μπορεί να είναι και η έκφυση της φλεβοκολπικής αρτηρίας. Η δεξιά στεφανιαία αρτηρία βρίσκεται στην αύλακα μεταξύ του δεξιού κόλπου και της δεξιάς αρτηρίας. Κινείται στην στεφανιαία αύλακα για να οδηγηθεί στο πίσω μέρος της καρδιάς, όπου ενώνεται με τον περισπώμενο κλάδο της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας. Κατά τη πορεία της σχηματίζει τη φλεβοκολπική κομβική αρτηρία που

είναι υπεύθυνη για την αιμάτωση του δεξιού κόλπου και του φλεβοκολπικού κόμβου (Agur & Dalley 2012).

1.4 Φλέβες

Οι φλέβες έχουν πιο λεπτά τοιχώματα από αυτά των αρτηριών, εξαιτίας των χαμηλών πιέσεων που έχει στο αίμα στο φλεβικό σύστημα. Είναι περισσότερες από τις αρτηρίες και περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό όγκου αίματος (80%) από αυτές (20%). Μέσω των φλεβών το αίμα φτωχό σε οξυγόνο και θρεπτικά στοιχεία, ενώνεται με το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα άχρηστα προϊόντα και επιστρέφει στην καρδιά. Η επαναφορά του αίματος στην καρδιά γίνεται με κατεύθυνση από τα φλεβίδια προς τις μεγαλύτερες φλέβες. Επιπλέον, οι βαλβίδες των φλεβών εξαναγκάζουν το αίμα να κινηθεί προς μία κατεύθυνση, εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο την οπίσθια κίνησή του (Lich & Brown 2004).

1.5 Στεφανιαίες Φλέβες

Οι στεφανιαίες φλέβες μιμούνται σε έναν βαθμό την λειτουργία των στεφανιαίων αρτηριών. Ο στεφανιαίος κόλπος αποτελεί το κύριο φλεβικό αποχετευτικό σύστημα της καρδιάς. Βρίσκεται στο πίσω μέρος της κολλοκοιλιακής αύλακας. Είναι ένα μεγάλο αγγείο το οποίο συμβάλλει στην επιστροφή του αίματος στην καρδιά μέσω των επιφανειακών φλεβών (Lich & Brown 2004).

1.6 Μεγάλη και μικρή κυκλοφορία

Την καρδιά σχηματίζουν δύο μυϊκές αντλίες οι οποίες παρόλο που βρίσκονται δίπλα η μία στην άλλη, δεν έχουν ταυτόχρονη δράση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κυκλοφορία να χωρίζεται σε δύο μέρη: την πνευμονική κυκλοφορία ή αλλιώς μικρή και την συστηματική κυκλοφορία ή αλλιώς μεγάλη. Η δεξιά κοιλία είναι αυτή που αντλεί το χαμηλό σε οξυγόνο αίμα προς τους πνεύμονες μέσω των πνευμονικών αρτηριών. Στα τριχοειδή των πνευμόνων γίνεται η ανταλλαγή του διοξειδίου του άνθρακα με το οξυγόνο και έπειτα το πλούσιο σε οξυγόνο αίμα επιστρέφει στον αριστερό κόλπο της καρδιάς δια μέσου των πνευμονικών φλεβών. Η πορεία αυτή του αίματος αποτελεί την μικρή κυκλοφορία (πνευμονική). Στην μεγάλη κυκλοφορία (συστηματική), οξυγονωμένο αίμα προωθείται από την αριστερή κοιλία μέσω της αορτής και των κλάδων της (συστηματικές αρτηρίες) στην κυκλοφορία του σώματος, ώστε να γίνει

ανταλλαγή του οξυγόνου με διοξείδιο του άνθρακα. Στη συνέχεια το μη οξυγονωμένο αίμα γυρίζει μέσω των συστηματικών φλεβών (κλάδων άνω και κάτω κοίλης φλέβας) στο δεξιό κόλπο της καρδιάς. Επίσης, η συστηματική κυκλοφορία περιέχει πολλά παράλληλα κυκλώματα που βοηθούν στην αιμάτωση διαφόρων σημείων του σώματος καθώς και οργανικά συστήματα αυτού (Moore et al. 2013).

ΚΕΦ.2 : Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΟΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗΣ (CPB)

Η τεχνική της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (CPB), μπορεί να θεωρείται ως μία από τις σπουδαιότερες ιατρικές εφευρέσεις του 20ου αιώνα και να εφαρμόστηκε τελικά με επιτυχία σε χειρουργείο ανοιχτής καρδιάς την άνοιξη και το καλοκαίρι του 1955 (Hessel 2015), ωστόσο, η σύλληψη της ιδέας και οι προσπάθειες εφαρμογής της, ξεκίνησαν πολύ νωρίτερα. Συγκεκριμένα, το 1812 ο Cesar-Julian-Jean LeGallois παρατήρησε ότι ένα μέρος του σώματος, θα μπορούσε να διατηρηθεί με την βοήθεια μιας εξωτερικής μηχανής διάχυσης, βασιζόμενος σε έρευνες που έδειχναν πως ορισμένοι ιστοί και όργανα νεκρών ζώων είναι πιθανόν να διατηρηθούν ζωντανοί, με την αποκατάσταση της ροής του αίματος σε αυτά (Hessel 2014). Όμως στα μέσα του 19ου αιώνα, ο Charles Eduard Brown-Sequard επισήμανε ότι η επιτυχής διαδικασία διάχυσης οφείλεται στην χρήση οξυγονωμένου αίματος.

Το πρώτο κλειστό, τεχνητό σύστημα κυκλοφορίας κατασκευάστηκε από τους Max von Frey και Max Gruber, από το Ινστιτούτο Φυσιολογίας του Leipzig, γεγονός που αποτέλεσε μεγάλη πρόοδο για τις τεχνικές αιμάτωσης που εφαρμόστηκαν αργότερα. Τα χρόνια εκείνα η αιμάτωση του ασθενή κατά τη διάρκεια του χειρουργείου έπρεπε να διακόπτεται, ώστε να οξυγονώνεται το αίμα που εξερχόταν από την φλέβα του οργάνου, και ύστερα να μπορέσει να μεταφερθεί το πλέον οξυγονωμένο αίμα στην αρτηριακή αιματοδεξαμενή. Με την εφεύρεση όμως των Max von Frey και Max Gruber, το 1885, η οξυγόνωση του αίματος πραγματοποιούταν στην μηχανή, καθώς είχαν κατασκευάσει και ενσωματώσει των πρώτο οξυγονωτή με μεμβράνη (Weitkemper & Westfalen 2003).

Το 1937 ο John H. Gibbon Jr, συνέστησε την ιδέα της εξωσωματικής κυκλοφορίας, ως μία διαδικασία η οποία θα βοηθούσε κατά την διάρκεια εγχείρησης της καρδιάς. Τη δεκαετία του 1940 άρχισαν τα πρώτα χειρουργεία καρδιάς, τα οποία δεν χρειάζονταν τη χρήση της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Αφορούσαν την αποκατάσταση των αρτηριακών πόρων (PDA), την επισκευή συσσωμάτωσης, τη διακλάδωση Blalock-Taussig, τη μιτροειροτομία μιτροειδούς και από τις αρχές της δεκαετίας του 1950, το κλείσιμο κολπικών ελαττωμάτων χρησιμοποιώντας υποθερμία ή την τεχνική του Grosswell (Stoney 2015). Ήδη όμως από το 1950, έγινε ξεκάθαρη στους καρδιοχειρουργούς η ανάγκη μιας μηχανής καρδιακού πνεύμονα, για την αντιμετώπιση της πλειονότητας των συγγενών καρδιακών δυσπλασιών και των προβλημάτων των καρδιακών βαλβίδων. Βέβαια, η ύπαρξη ενός τέτοιου μηχανήματος,

απαιτούσε οπωσδήποτε τη χρήση μιας ασφαλούς μεθόδου χρήσης αντιπηκτικού, που θα μπορούσε να αντιστραφεί στη λήξη της εγχείρησης. Το δεύτερο στοιχείο που προκαλούσε προβληματισμούς, ήταν η σύλληψη μιας μεθόδου άντλησης του αίματος που δεν θα κατέστρεφε τα ερυθρά αιμοσφαίρια, και τέλος, η δημιουργία μιας μεθόδου οξυγόνωσης του αίματος που θα απομάκρυνε το διοξείδιο του άνθρακα στο διάστημα που η καρδιά και οι πνεύμονες προσωρινά θα βρίσκονταν εκτός λειτουργίας. Τα δύο πρώτα εμπόδια, μπορούσαν να επιλυθούν εύκολα, καθώς η ηπαρίνη και η πρωταμίνη ήταν διαθέσιμες, ενώ αρκετές αντλίες προερχόμενες από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων και τροφίμων, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Όμως η ανάπτυξη τεχνητού οξυγονωτή αποδείχθηκε πραγματικά δύσκολη (Stoney 2015).

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1950 λοιπόν, διάφορες χειρουργικές ομάδες επιχείρησαν να δημιουργήσουν μηχανές καρδιοπνευμονικής παράκαμψης και να τις χρησιμοποιήσουν σε επεμβάσεις ανοιχτής καρδιάς. Ο στόχος τελικά επετεύχθη από τον John Gibbon Jr στις 6 Μαΐου, 1953. Την κατασκευή του μηχανήματος, την εμπνεύστηκε κατά τη διάρκεια παροχής φροντίδας σε ασθενή το 1930 ως συνεργάτης χειρουργικής έρευνας. Τελικά, μετά από 20 χρόνια με τη βοήθεια των μηχανικών της IBM, κατασκεύασε μια Μηχανή H-L επιτυγχάνοντας σε ποσοστό 90% επιβίωση σε σκύλους. Αυτό οδήγησε στην κλινική εφαρμογή της χωρίς μεγάλη επιτυχία. Όμως, το Μάρτιο του 1954, ο C.Walton Lillehei μαζί με τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της Μινεσότα, πρωτοπόρησε, καθώς συνέδεσε την μηριαία αρτηρία και τη φλέβα ενός ενήλικα με αυτήν ενός παιδιού, χρησιμοποιώντας ουσιαστικά των ενήλικα ως μία “heart-lung machine” (Hessel 2015).

Από το 1960, η κατασκευή του μιας χρήσης οξυγονωτή φυσαλίδων διέυρνε τις δυνατότητες της καρδιοχειρουργικής (Mongero & Beck 2008). Οι ταινίες και οι δίσκοι που χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε στους οξυγονωτές, σταδιακά αντικαταστάθηκαν από τον οξυγονωτή φυσαλίδων, ο οποίος διέθετε σκληρό κέλυφος και περιείχε έναν θάλαμο αφρισμού και έναν εναλλάκτη θερμότητας. Ταυτόχρονα, πολλές εταιρείες μπήκαν στη διαδικασία παραγωγής μηχανών καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (Stoney 2015). Έτσι, η χειρουργική επέμβαση επεκτάθηκε στην βαλβιδική καρδιακή νόσο και στην εισαγωγή μοσχευμάτων στη στεφανιαία παράκαμψη της αρτηρίας (CABG). Στο διάστημα 1967 και 1969, αυξήθηκαν σημαντικά οι περιπτώσεις CPB που χειρουργήθηκαν και έγινε εντονότερη η ανάγκη για τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας και για χρήση της βαθιάς υποθερμίας που αύξανε την επιτυχία της χειρουργικής διόρθωσης σύνθετων συγγενών καρδιακών παθήσεων σε νεαρούς και

μικρούς ασθενείς. Τελικά, η πρώτη επιτυχημένη μεταμόσχευση καρδιάς, πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 1967. Όμως, παρά τον ενθουσιασμό, επεμβάσεις μεταμόσχευσης καρδιάς έγιναν μόνο σε μικρά και περιορισμένα κέντρα μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980 (Hessel 2014).

Οι πρώιμες εκδόσεις του οξυγονωτή μεμβράνης και της πρώτης φυγοκεντρικής αντλίας, εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Ωστόσο, από το 1980 αυτές οι εκδόσεις βελτιώθηκαν αρκετά ώστε να αρχίσουν να αποκτούν αποδοχή στην αγορά. Ακόμα και σήμερα παραμένει το ποσοστό χρήσης τους μικρότερο από εκείνο της αντλίας κυλίνδρων κατά σχεδόν 2 έως 1 (Mongero & Beck 2008). Παράλληλα, η τεχνολογία των κοίλων ινών, που αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980, οδήγησε στην αντικατάσταση σχεδόν όλων των οξυγονωτών από MOs έως το 1994 (Hessel 2015).

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, υιοθετήθηκε μια νέα μη πορώδης αληθής μεμβράνη διάχυσης κατασκευασμένη από πολυ-4-μεθυλ-1-πεντένιο (PMP), που θεωρείται συμβατότερη με τον οργανισμό και καταλληλότερη για μακροχρόνια αιμάτωση (ECMO). Επίσης, σε κάποιες MOs τοποθετήθηκαν μικροφίλτρα οθόνης, με αποτέλεσμα να μη χρειάζονται πια ξεχωριστά φίλτρα αρτηριακής γραμμής (Hessel 2015). Καινοτόμα υπήρξε ακόμη, η ιδέα των μικροκυκλωμάτων. Έτσι, αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις βελτίωσαν το χειρισμό του αίματος προκαλώντας μικρότερο τραυματισμό του, όπως και χαμηλότερη νοσηρότητα που σχετίζεται με το κύκλωμα CPB (Mongero & Beck 2008).

Στις μέρες μας, η καρδιοπνευμονική παράκαμψη είναι μία μέθοδος διατήρησης πανομοιότυπων αιμοδυναμικών και μεταβολικών συνθηκών σε έναν ζωντανό οργανισμό, κατά τη διάρκεια προσωρινής απουσίας καρδιακής και πνευμονικής λειτουργίας (Besser & Klein 2011).

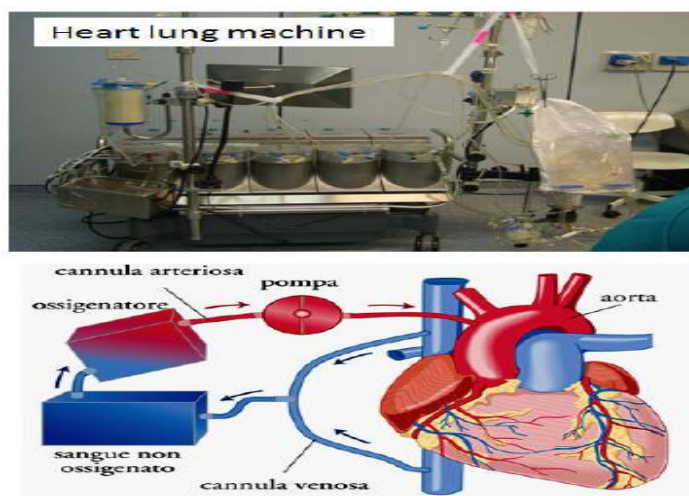
ΚΕΦ. 3: ΣΥΣΚΕΥΗ ΕΞΩΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

3.1 Ορισμός

Ως εξωσωματική κυκλοφορία ορίζεται η παράκαμψη της καρδιακής λειτουργίας και της λειτουργίας των πνευμόνων και η υποστήριξη της λειτουργίας τους με τη βοήθεια μίας συσκευής, μέσω της οποίας γίνεται η οξυγόνωση του αίματος εκτός του σώματος, η επαναφορά του σε αυτό και η κυκλοφορία του.

3.2 Συμβατική εξωσωματική κυκλοφορία (CCPB)

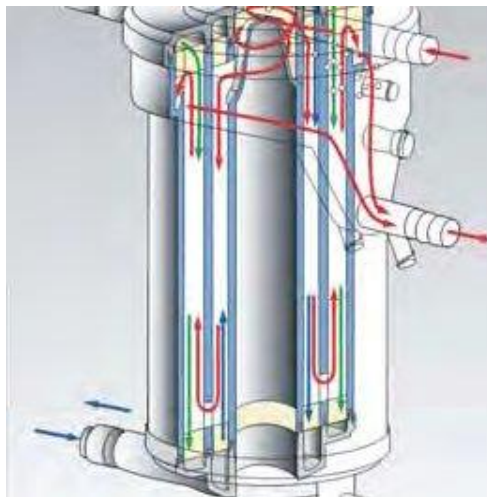
Το κυρίως κύκλωμα της συμβατικής εξωσωματικής κυκλοφορίας αποτελείται από τον οξυγονωτή, τον εναλλάκτη θερμότητας, την αντλία, τις κάνουλες (φλεβική και αρτηριακή), την φλεβική αιματοδεξαμενή, τις αντλίες αναρρόφησης και τα φίλτρα. Με λίγα λόγια, το κύκλωμα αυτό προσφέρει τη δυνατότητα ενός αναίμακτου και ακίνητου πεδίου αντικαθιστώντας έτσι την φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς. Επίσης, σκοπός του είναι να εκτελεί το έργο της καρδιάς και των πνευμόνων του ασθενή κατά την διάρκεια του χειρουργείου, μιμούμενο με αυτό τον τρόπο την λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος. Η σωστή επικοινωνία μεταξύ του χειρουργού, του τεχνικού της εξωσωματικής κυκλοφορίας και του αναισθησιολόγου είναι απαραίτητη για την ομαλή έκβαση του χειρουργείου. Παρακάτω θα αναλυθούν ξεχωριστά τα μέρη αυτού του κυκλώματος (Sarkar & Prabhu 2017).



Εικ. 2: Μηχάνημα εξωσωματικής κυκλοφορίας. Διαθέσιμο στο:

https://www.gastroepato.it/en_circolazione_extracorporea.htm

3.3 Οξυγονωτής



Εικ. 3: Οξυγονωτής μεμβράνης. Διαθέσιμο στο:

https://www.researchgate.net/figure/Membrane-Oxygenator-3_fig5_224806332

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία του συστήματος της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, αποτελεί η συσκευή ανταλλαγής αερίων ή αλλιώς οξυγονωτής. Κατά τη διάρκεια του χειρουργείου, ο οξυγονωτής μεταφέρει οξυγόνο στα όργανα και στους ιστούς, ενώ ταυτόχρονα απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα από τον οργανισμό του ασθενή. Ιστορικά μπορούν να διακριθούν δύο τύποι οξυγονωτή: ο οξυγονωτής φυσαλίδων και ο οξυγονωτής μεμβράνης (Bell & Diffie 1991).

Στις αρχές του 1950, η οξυγόνωση του αίματος ενός παιδιατρικού ασθενή έγινε με την διασταύρωση της κυκλοφορίας αυτού και ενός ενήλικα (Hessel 2015). Το 1955 οι DeWall και Lillehei σχεδίασαν την αρχική μορφή που θα έπαιρνε ο οξυγονωτής φυσαλίδων. Το 1956 αναπτύχθηκε ο οξυγονωτής με περιστρεφόμενο δίσκο, ενώ μετά από μία δεκαετία, το 1966, ο DeWall παρουσίασε τον οξυγονωτή φυσαλίδων με ενσωματωμένο εναλλάκτη θερμότητας. Μεταγενέστερα, οι Lillehei και Lande κατασκεύασαν τον οξυγονωτή μεμβράνης, ο οποίος κατέληξε να είναι πιο εμπορικός, καθώς ήταν μίας χρήσης και συμπαγής (Gosh et al. 2009).

Οξυγονωτής Φυσαλίδων

Ο πρώτος τύπος οξυγονωτή επιτρέπει την άμεση επαφή αερίων (οξυγόνο και διοξειδίου του άνθρακα) με το αίμα του ασθενή. Αποτελείται από έναν θάλαμο ανάμειξης, όπου τα αέρια ρέουν στο αίμα προκαλώντας μικρές φυσαλίδες και στην συνέχεια ενώνονται μεταξύ τους (αίμα και φυσαλίδες). Για να επιτευχθεί επαρκής ανταλλαγή αερίων, πριν προχωρήσει στο δεύτερο τμήμα ή τμήμα αφαίρεσης, απαιτείται αρκετός χρόνος (Bell & Diffie 1991).

Στο τμήμα οξυγόνωσης πραγματοποιείται η ανταλλαγή αερίων. Οξυγόνο και άλλα αέρια εγχέονται κατευθείαν στην φλεβική επιστροφή του αίματος, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται. Στο τμήμα αφαίρεσης, αποβάλλονται οι φυσαλίδες που σχηματίστηκαν με τη βοήθεια αντιφριστικού παράγοντα. Το ελεύθερο από φυσαλίδες αίμα συγκεντρώνεται στο αρτηριακό ρεζερβουάρ, το οποίο έχει ενσωματωμένο έναν μηχανισμό ασφαλείας για την αποφυγή εισχώρησης αέρα στον ασθενή σε περίπτωση που σταματήσει απότομα η φλεβική επιστροφή (Bell & Diffie 1991).

Μέχρι την δεκαετία του 1990 γινόταν χρήση των οξυγονωτών φυσαλίδων, παρά το γεγονός ότι προξενούσαν επιπλοκές από την επαφή του αίματος και των αερίων. Αυτό συνέβαινε, επειδή ο συγκεκριμένος τύπος οξυγονωτή είχε αποδειχθεί αποτελεσματικός για χρήση σε χειρουργεία που διαρκούσαν πολλές ώρες. Επίσης, χρειαζόταν λιγότερο χώρο για την ανταλλαγή αερίων εξαιτίας της μικρότερης επιφάνειας που καταλάμβανε, ήταν φθηνότερος από τον οξυγονωτή μεμβράνης και πιο εύκολος στο στήσιμο (Hessel 2015).

Οξυγονωτής Μεμβράνης

Στις μέρες μας, ο οξυγονωτής μεμβράνης χρησιμοποιείται με μεγαλύτερη συχνότητα απ' ό,τι ο οξυγονωτής φυσαλίδων, διότι παρά το γεγονός ότι ο δεύτερος είναι πιο οικονομικός, επιτρέπει την επαφή μεταξύ του αίματος και των αερίων, πράγμα το οποίο θεωρείται επιβλαβές για τα στοιχεία του αίματος. Έτσι, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα πρόκλησης τόσο μικροεμβολής, όσο και πρωτεϊνικής μετουσίωσης (Noora et al. 2003).

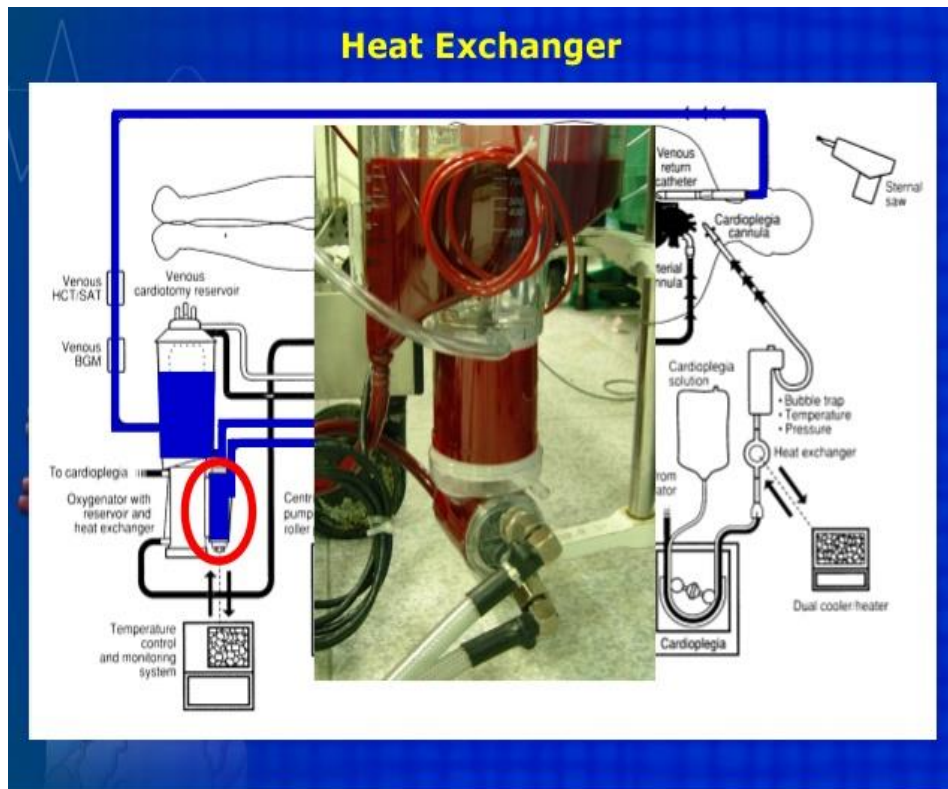
Ο οξυγονωτής μεμβράνης αποτελείται από κοίλες ίνες μικροπορώδους πολυπροπυλενίου, προσφέροντας έτσι διεπαφή μεταξύ του αίματος από την μία πλευρά της μεμβράνης και των αερίων από την άλλη. Η μεμβράνη περιλαμβάνει πολλούς μικροσκοπικούς πόρους, οι οποίοι με την επέλαση του αίματος καλύπτονται από πρωτεΐνες, εμποδίζοντας έτσι, την άμεση επαφή αίματος και αερίων. Η χρήση αυτού του τύπου οξυγονωτή στο χειρουργείο απαιτεί αλλαγή του

κάθε έξι ώρες, όπως έχει αποδειχθεί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ύστερα από την πάροδο πολλών ωρών, παρουσιάζεται μια διαρροή ορού από τους μικροπόρους, λόγω της εξάτμισης και της συμπύκνωσης του, οδηγώντας έτσι σε μείωση αποδοτικότητας (Gosh et al. 2009).

Οι οξυγονωτές στην πλειοψηφία τους αποτελούνται από μονάδες ανταλλαγής αερίων, με ενσωματωμένο εναλλάκτη θερμότητας και αρτηριακό φίλτρο (Horton et al. 2011). Με τη βοήθεια ενός ειδικού θερμοστάτη, ρυθμίζεται η θερμοκρασία του σώματος του ασθενή, η οποία είναι ελεγχόμενη στο περιβάλλον του χειρουργείου. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ρυθμιστεί το πόσο χαμηλή ή υψηλή πρέπει να είναι η θερμοκρασία του ασθενή στις διάφορες φάσεις της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Η μέθοδος αυτή είναι κρίσιμης σημασίας, καθώς εξασφαλίζει την ίση κατανομή θερμοκρασίας στο σώμα του ασθενή, και επιπλέον αποτρέπει τον τραυματισμό στοιχείων του αίματος, πρωτεϊνών και ιστών.

Συνεχείς έρευνες στον τομέα της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, βοήθησαν στον επανασχεδιασμό των οξυγονωτών μεμβράνης με αποτέλεσμα να υπάρχουν μοντέλα στα οποία γίνεται ηπαρινισμός μειώνοντας έτσι, την επαφή του αίματος με την επιφάνεια σε χειρουργεία ανοικτής καρδιάς (Noora et al. 2003).

3.4 Εναλλάκτης Θερμότητας



Εικ.4: Εναλλάκτης Θερμότητας. Διαθέσιμο στο:

<https://www.slideshare.net/aritimohan/extracorporeal-circulation-cpb-ecmo>

Το συγκεκριμένο μέρος του συστήματος της εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι ενσωματωμένο στην συσκευή ανταλλαγής αερίων. Ο εναλλάκτης θερμότητας αποτελεί ένα σύστημα μονής διέλευσης και είναι φτιαγμένος είτε από ανοξείδωτο ατσάλι, είτε από αλουμίνιο, είτε από πολυπροπυλένιο (Lich & Brown 2004). Ο σχεδιασμός του είναι τέτοιος ώστε να υπάρχει δυνατότητα κατασκευής μίας βιολογικά αδρανούς επιφάνειας, μέσω της οποίας μπορεί να επιτευχθεί ο επιθυμητός ρυθμός ανταλλαγής θερμότητας, χωρίς να προκαλείται υπερθέρμανση του αίματος. Ο εναλλάκτης θερμότητας λειτουργεί με βάση την αρχή της μεταβίβασης. Προκαλεί είτε καταστάσεις νορμοθερμίας (φυσιολογικής θερμοκρασίας), στο σώμα του ασθενούς, είτε υποθερμία, ενώ αργότερα, εφόσον έχει εφαρμοστεί η μέθοδος της υποθερμίας, γίνεται επαναθέρμανση του με ελεγχόμενο τρόπο (Bell & Diffie 1991).

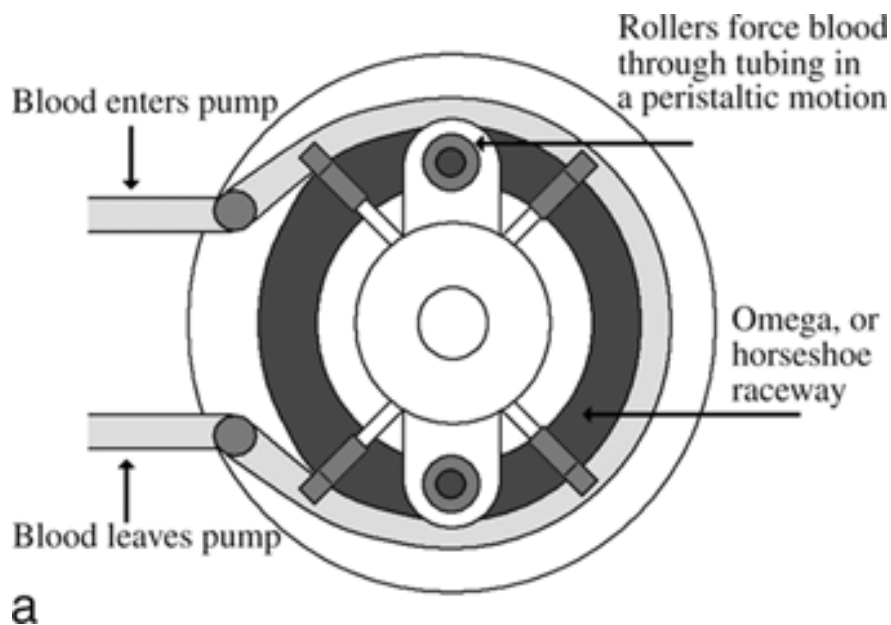
Στις αρχές διεξαγωγής της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης χρησιμοποιούσαν περισσότερο την μέθοδο της νορμοθερμίας, όμως στα τέλη της δεκαετίας του πενήντα παρουσιάστηκε η μέθοδος της ήπιας υποθερμίας (28°C- 32°C) (Hessel 2015). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι οι απαιτήσεις οξυγόνου στους ιστούς είναι μειωμένες σε χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι αν μειωθεί η θερμοκρασία του σώματος του ασθενή από 37°C σε 30°C, μειώνεται και η απαίτηση οξυγόνου κατά 50%. Είναι διαδεδομένη πλέον η χρήση του εναλλάκτη θερμότητας για την ψύξη και επαναθέρμανση του αίματος του ασθενή που υπόκειται σε χειρουργείο καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο σώμα του ασθενή και στο αίμα της εξωσωματικής κυκλοφορίας πρέπει να διατηρείται στους 10°C και όχι παραπάνω, για την αποφυγή εμβολής αέρα. Επιπλέον, η θερμοκρασία του αίματος δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τους 42°C , ώστε να είναι όσο το δυνατόν λιγότερη η πρωτεϊνική μετουσίωση (Ailwadi & Zacour 2009).

3.5 Αντλία Αίματος

Ο κύριος ρόλος της αντλίας είναι να εκτελέσει την λειτουργία της καρδιάς κατά την διάρκεια του χειρουργείου. Δηλαδή, πρέπει να παρέχει επαρκής καρδιακή παροχή στην συστηματική αγγειακή αντίσταση, ώστε να μεταφέρει θρεπτικό υλικό σε όλους τους ιστούς του σώματος και ταυτόχρονα να αποβάλλει τα μεταβολικά απόβλητα (Bell & Diffie 1991). Υπάρχουν δύο κατηγορίες αντλιών που χρησιμοποιούνται στην συμβατική εξωσωματική κυκλοφορία: στη μία κατηγορία εντάσσονται οι κυλινδρικές αντλίες, οι οποίες παράγουν ροή ενώ στην άλλη κατηγορία, εντάσσονται οι φυγόκεντρες αντλίες, οι οποίες παράγουν πίεση (Gosh et al. 2009).

Οι πρώτες αρτηριακές αντλίες που χρησιμοποιήθηκαν σε μηχάνημα καρδιοπνευμονικής παράκαμψης ήταν οι Sigmamotor, οι οποίες όμως αντικαταστάθηκαν από τις κυλινδρικές αντλίες στα μέσα του εικοστού αιώνα. Έπειτα, τη δεκαετία του 80', λόγω της μεγαλύτερης ασφάλειας που παρείχαν και της μειωμένης πιθανότητας τραυματισμού του αίματος οι φυγόκεντρικές αντλίες άρχισαν να ανταγωνίζονται τις κυλινδρικές (Hessel 2015). Σήμερα η χρήση τους είναι διαδεδομένη, καθώς έδειξαν πως μειώνουν τον τραυματισμό των παραγόντων του αίματος και μειώνουν την ενεργοποίηση του συστήματος πήξης (Takarabe et al. 1996).

Κυλινδρική Αντλία

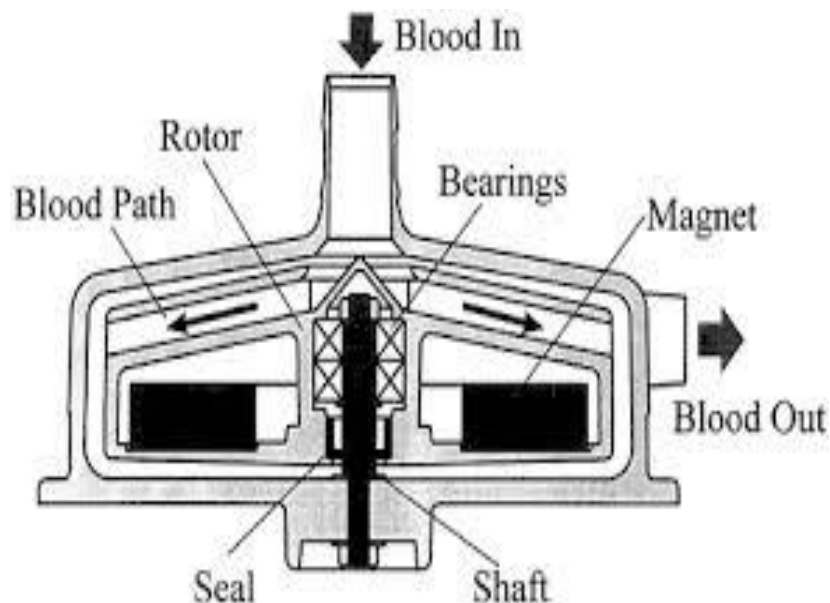


Εικ.5: Gosh et al. 2009. Κυλινδρική αντλία.

Όσον αφορά τις κυλινδρικές αντλίες, αποτελούν έναν τύπο αντλίας θετικής μετατόπισης. Τα τελευταία πενήντα χρόνια ήταν ο πιο διαδεδομένος τύπος αντλίας, αν και με την βελτιστοποίηση των φυγοκεντρικών αντλιών έχει μειωθεί η χρήση του στις κλινικές. Αυτού του τύπου οι αντλίες, αποτελούνται από δύο κυλίνδρους που είναι τοποθετημένοι αντικριστά και προωθούν το αίμα με περισταλτικές κινήσεις δια μέσω των σωληνώσεων. Σε περίπτωση απόφραξης κάποιου σωλήνα, ασκούνται θετικές ή αρνητικές πιέσεις στο σημείο απόφραξης για την ομαλή λειτουργία του κυκλώματος. Η περιστρεφόμενη κεφαλή της αντλίας καθορίζει την προς τα μπρος ή προς τα πίσω ροή του αίματος και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως ως αντλίες πρωτεύουσας αρτηριακής ροής. Επιπλέον, χρησιμεύουν στην αναρρόφηση του αίματος από την καρδιακή και μεσοθωρακική κοιλότητα κατά τη διάρκεια της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης για την εξοικονόμηση του αίματος. Οι αντλίες αυτές δεν επηρεάζονται από τις υδροστατικές πιέσεις και τις αντιστάσεις της κυκλοφορίας και για αυτό αναφέρονται ως ανεξάρτητες. Ο αριθμός περιστροφής της κεφαλής καθώς και η εσωτερική διάμετρος των σωληνώσεων καθορίζουν την ποσότητα αίματος που εξωθείται από την αντλία (Gosh et al. 2009).

Η ρύθμιση της αντλίας θετικής μετατόπισης γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει παλμική και μη παλμική ροή. Ακόμη και σήμερα, οι γνώμες δίστανται σχετικά με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ της παλμικής και μη παλμικής διάχυσης, κατά τη διάρκεια της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Ωστόσο, φαίνεται να υπάρχει μία προτίμηση στην παλμική διάχυση, και αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι έχει κατορθώσει πιο πιστή αντιγραφή της λειτουργίας της καρδιάς ως αντλία. Δηλαδή, μιμείται καλύτερα την φυσιολογική ροή του αίματος στα όργανα και στους ιστούς και μπορεί να προωθήσει το αίμα ακόμη και στα πιο μικρά τριχοειδή αγγεία, κάτι το οποίο δεν μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση μη παλμικής διάχυσης. Επίσης, γνωρίζουμε ότι η μη παλμική διάχυση έχει μεγαλύτερη πιθανότητα πρόκλησης δυσλειτουργίας στον κυτταρικό μεταβολισμό, καθώς και στην λειτουργία των οργάνων. Οι εναλλαγές θετικών και αρνητικών πιέσεων συμβάλλουν στην αύξηση της διατημητικής τάσης. Παρά το γεγονός ότι αυτό έχει θετικό αποτέλεσμα για τη διεξαγωγή της παλμικής διάχυσης, υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης αιμόλυσης. Οι κυλινδρικές αντλίες παρουσιάζουν ένα πρόσθετο μειονέκτημα: ξαφνική απόφραξη της αντλίας κατά την εισροή, εξαιτίας του μικρού όγκου κυκλοφορίας ή της απόφραξης του φλεβικού σωλήνα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία εσοχών και φυσαλίδων, εξαιτίας των χαμηλών πιέσεων που οφείλονται σε απότομες αλλαγές στις μηχανικές δυνάμεις (Gosh et al. 2009).

Φυγόκεντρη Αντλία



Εικ.6: Tayama et al. 2008. Φυγόκεντρη Αντλία.

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, αυτού του τύπου αντλίες αντικατέστησαν με τον καιρό τις κυλινδρικές αντλίες καθώς δεν προκαλούσαν τραυματισμούς στους ηλεκτρολύτες και τα αιμοπετάλια και ελάττωναν τον κίνδυνο εμβολής μέσα στους σωλήνες της αντλίας. Με τα πλεονεκτήματα αυτά, οι φυγόκεντρες αντλίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό σε καρδιακές επεμβάσεις όπου είναι απαραίτητες, σε διάστημα ορισμένων ωρών, ή για την κοιλιακή και κινητική υποβοήθηση φλεβικής παροχέτευσης (Whitbread & Gray 2012).

Ο βασικός σχεδιασμός μιας φυγόκεντρης αντλίας αποτελείται είτε από ένα πτερωτό στροφείο, είτε από φωλιά με λείους πλαστικούς κώνους μέσα σε ένα πλαστικό περίβλημα. Το στροφείο ή ο κώνος είναι μαγνητικά συνδεδεμένος με ένα μοτέρ και όταν αυτό περιστρέφεται προκαλείται στρόβιλος, ο οποίος προσδίδει κινητική ενέργεια και έτσι το αίμα που περιστρέφεται μέσα στην αντλία, προωθείται στον ασθενή. Η αρνητική πίεση που δημιουργείται στο κέντρο αυτού του στρόβιλου προκαλεί την είσοδο του αίματος στην αντλία. Η ροή του αίματος εξαρτάται από τον βαθμό πίεσης και τον βαθμό αντίστασης κατά την έξοδο του από την αντλία (Whitbread 2012, Gosh et al. 2009).

Η αρτηριακή γραμμή πρέπει να είναι κλειστή κάθε φορά που η αντλία είναι απενεργοποιημένη, καθώς δεν υπάρχει κάποιο σύστημα που να ελέγχει την είσοδο και έξοδο

υγρών, πράγμα το οποίο μπορεί να προκαλέσει ανεξέλεγκτη ροή αυτών τόσο εσωτερικά της αντλίας όσο και προς όλες τις κατευθύνσεις (Whitbread & Gray 2012). Επιπλέον, οι φυγόκεντρες αντλίες είναι ευαίσθητες στην ποσότητα και ταχύτητα με την οποία το αίμα εισέρχεται και εξέρχεται. Οποιαδήποτε αλλαγή στις δυνάμεις αντίστασης και πίεσης, μπορεί να τροποποιήσει τον ρυθμό ροής αίματος. Αυτός ο μηχανισμός της αντλίας αποτρέπει την παραγωγή πρόσθετων πιέσεων στο εξωσωματικό σύστημα και κατ' επέκταση, αποτρέπει την ρήξη του συστήματος.

3.6 Κάνουλες

Ένα εξίσου σημαντικό κομμάτι του κυκλώματος της εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι οι κάνουλες, οι οποίες συνδέουν τον ασθενή με το κύκλωμα αυτό. Οι κάνουλες αυτές διακρίνονται σε φλεβικές, αρτηριακές και κάνουλες καρδιοπληγίας. Ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας, καθώς και ο χειρουργός, πρέπει να επιλέξουν το κατάλληλο μέγεθος και σχήμα κάνουλας για την επιτυχή σύνδεση του ασθενή στο μηχάνημα εξωσωματικής κυκλοφορίας (Lich & Brown 2004).

Φλεβική Κάνουλα

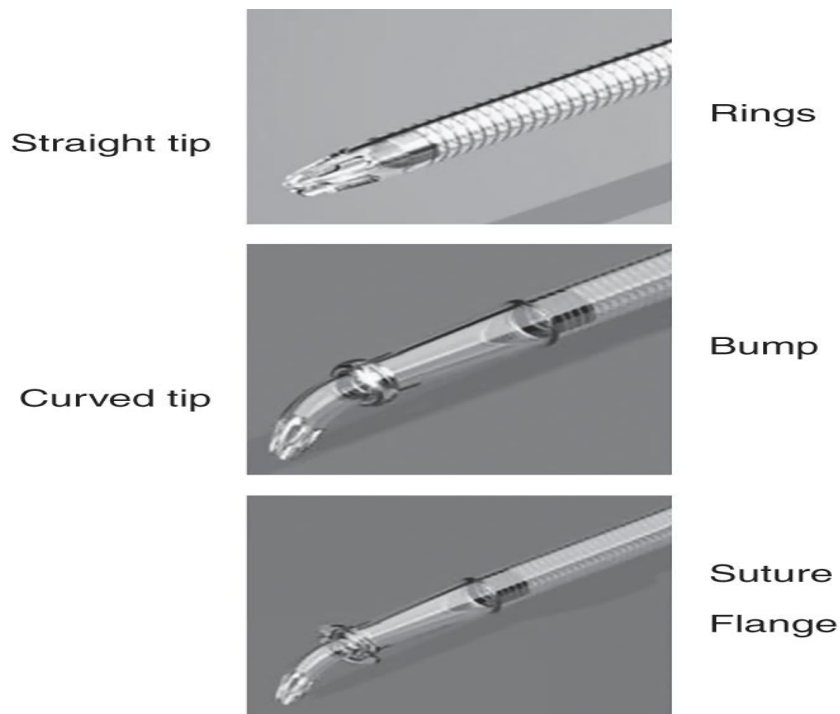


Εικ.7: Gosh et al. 2009. Φλεβική Κάνουλα.

Οι φλεβικές κάνουλες αδειάζουν την καρδιά από το αίμα με την βοήθεια της διαφοράς πίεσης που δημιουργείται είτε από την τοποθέτηση της αιματοδεξαμενής σε χαμηλότερο επίπεδο από εκείνο του ασθενή, είτε με την άσκηση αρνητικής πίεσης στην φλεβική γραμμή. Η άσκηση αρνητικής πίεσης επιτυγχάνεται με την χρήσης μηχανισμού αναρρόφησης ή με την χρήση αντλίας (Ailwadi & Zacour 2009). Η ποσότητα αίματος που απορρέει από την καρδιά καθορίζεται από την κεντρική φλεβική πίεση του ασθενή, την διαφορά ύψους ανάμεσα στον ασθενή και το επίπεδο αίματος στην αιματοδεξαμενή, την διαμόρφωση του κυκλώματος, την τοποθέτηση της κάνουλας, τις αντιστάσεις που δημιουργούνται μέσα στην φλεβική κάνουλα στην φλεβική γραμμή, και στον φλεβικό σφικτήρα αν αυτός χρησιμοποιείται. Για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους και σχήματος φλεβικής κάνουλας, πρέπει πρώτα να εκτιμηθούν κάποιοι παράμετροι όπως οι απαιτήσεις αιματικής ροής του ασθενή, αλλά και το σχέδιο διεξαγωγής του χειρουργείου (Gravlee et al. 2008).

Ο πιο συνηθισμένος τύπος φλεβικής κάνουλας είναι η κάνουλα διπλού επιπέδου, η οποία τοποθετείται στην απόφυση του δεξιού κόλπου. Συγκεκριμένα, η κορυφή της κάνουλας τοποθετείται στην κάτω κοίλη φλέβα, ενώ το πιο κοντινό σε εμάς μέρος βρίσκεται στον δεξί κόλπο (Lich & Brown 2004). Ένας άλλος τρόπος φλεβικής διασωλήνωσης είναι με την χρήση δύο κανουλών μονού επιπέδου, όπου η μία κάνουλα τοποθετείται στην άνω κοίλη φλέβα και η άλλη τοποθετείται στην κάτω κοίλη φλέβα. Οι δύο αυτές κάνουλες συνδέονται μεταξύ τους με έναν Y-σύνδεσμο (Gosh et al. 2009). Για να μπορέσει να επιτευχθεί πλήρες bypass, δηλαδή παράκαμψη του κυκλοφορικού συστήματος, θα πρέπει να αποκλειστεί οποιαδήποτε διαφυγή του αίματος με την χρήση αιμοστατικών λαβίδων ή ειδικής ταινίας γύρω από τους φλεβικούς σωλήνες, έτσι ώστε το αίμα που επιστρέφει στην καρδιά, να διέρχεται κατευθείαν από αυτούς τους σωλήνες.

Αρτηριακή Κάνουλα



Εικ.8: Gosh et al. 2009. Αρτηριακή Κάνουλα

Με την αρτηριακή κάνουλα επιτυγχάνεται η μεταφορά οξυγονωμένου αίματος από το μηχάνημα στον ασθενή. Εκτιμούμε τον τύπο και το μέγεθος της κάνουλας που θα χρησιμοποιήσουμε ανάλογα τον ρυθμό ροής του αίματος καθώς και το διάγραμμα πτώσης πίεσης (η διαφορά ανάμεσα στην πίεση που δημιουργείται όταν το αίμα εισέρχεται στην κάνουλα, με αυτήν όταν εξέρχεται). Το μέγεθος της αρτηριακής κάνουλας συνήθως καθορίζεται από το μέγεθος της αρτηρίας που θα διασωληνώσουμε, αλλά και από την πτώση πίεσης και τις αντιστάσεις που προκαλούνται μέσα στον σωλήνα. Από την άλλη, ο τύπος του σωλήνα εξαρτάται από την προτίμηση του χειρουργού και το χειρουργικό πλάνο. Υπάρχουν αρτηριακές κάνουλες με κυρτή γωνία, με περιανθένιο (flange) ή χωρίς καθόλου γωνία. Επιπλέον, υπάρχουν κάνουλες με μεταλλικό ή πλαστικό άκρο, άκαμπτοι ή πιο μαλακοί σωλήνες και σωλήνες ενισχυμένοι με σύρμα εσωτερικά και μη ενισχυμένοι. Συνήθως προτιμούνται σωλήνες με λεπτά τοιχώματα, διότι λόγω του γεγονότος ότι έχουν μεγαλύτερη εσωτερική διάμετρο παρουσιάζουν μικρότερη αντίσταση στη ροή, που οδηγεί σε μειωμένη πίεση στην αρτηριακή γραμμή, με αποτέλεσμα να υπάρχει αυξημένη αιματική ροή προς τον ασθενή. Είναι σημαντικό να σημειωθεί

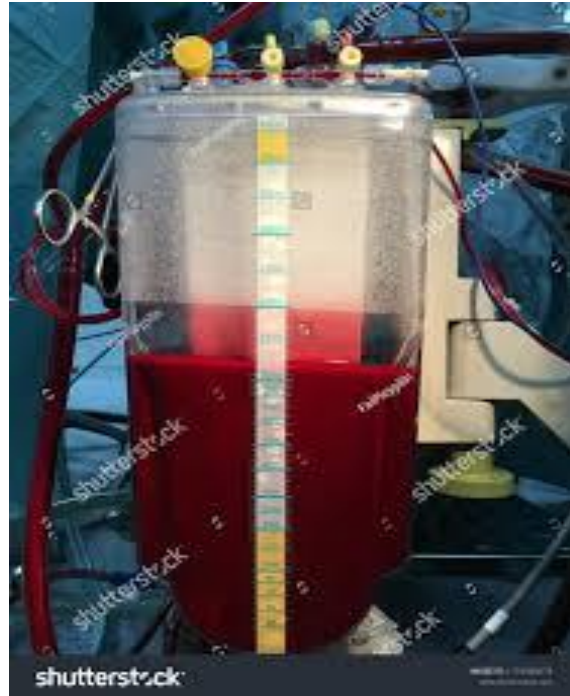
πως η πτώση πίεσης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100mmHg (Gosh et al. 2009, Lich & Brown 2004).

Η πιο συνηθισμένη αρτηρία που χρησιμοποιείται για διασωλήνωση, είναι η ανιούσα αορτή ή το αορτικό τόξο. Συνήθως η αορτή επιλέγεται για αορτοστεφανιαία παράκαμψη και χειρουργεία βαλβίδων. Επίσης, υπάρχει δυνατότητα διασωλήνωσης της μηριαίας ή της μασχαλιαίας αρτηρίας σε περιπτώσεις, όπως η επανάληψη μίας επέμβασης, ένα έκτακτο χειρουργείο, ή όταν απαιτείται ελάχιστη χειρουργική επέμβαση, αλλά και σε χειρουργεία που περιλαμβάνουν την ανιούσα αορτή (Sarkar & Prabhu 2017).

Κάνουλα Καρδιοπληγίας.

Για να μπορέσει να διεξαχθεί με επιτυχία ένα χειρουργείο καρδιάς, χρειάζεται να υπάρχει ένα αναίμακτο και ακίνητο πεδίο. Το διάλυμα καρδιοπληγίας, προσφέρει την δυνατότητα ενός ακίνητου χειρουργικού πεδίου κατά τη διάρκεια του χειρουργείου και εκτελεί ρόλο προστασίας του μυοκαρδίου. Η καρδιά δηλαδή, εγχέεται με ένα διάλυμα που προκαλεί καρδιακή στάση, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση οξυγόνου του μυοκαρδίου (Bell & Diffie 1991). Υπάρχουν δύο τύποι καρδιοπληγίας. Ο ένας τύπος περιέχει αίμα και ο άλλος τύπος αποτελείται αποκλειστικά από κρυσταλλοειδή. Η καρδιοπληγία που περιέχει αίμα αποτελείται από οξυγονωμένο αίμα και κρυσταλλοειδή σε αναλογία από 1:1 μέχρι 8:1, αλλά μπορούν να προστεθούν και άλλες ουσίες, όπως διττανθρακικό άλας, μαννιτόλη, μαγνήσιο, ασβέστιο, αδενοσίνη, προκαΐνη και γλυκόζη. Συνήθως το διάλυμα καρδιοπληγίας περιέχει κυρίως υψηλή συγκέντρωση καλίου, το οποίο προκαλεί καρδιακή ανακοπή. Η κάνουλα καρδιοπληγίας τοποθετείται κοντά στο σημείο απόκλισης της αορτής ενώ μία ξεχωριστή αντλία μεταφέρει το διάλυμα καρδιοπληγίας κατευθείαν στην βάση της αορτής, στον στεφανιαίο κόλπο ή και στα δύο ταυτόχρονα (Sarkar & Prabhu 2017).

3.7 Ρεζερβουάρ



Εικ.9: Ρεζερβουάρ. Διαθέσιμο στο. <https://www.shutterstock.com/image-photo/blood-reservoir-cardiopulmonary-bypass-during-cardiac-2562184>

Το ρεζερβουάρ ή αλλιώς αιματοδεξαμενή είναι το μέρος του κυκλώματος όπου μαζεύεται το μη οξυγονωμένο αίμα (φλεβικό) και προωθείται στον οξυγονωτή. Έχουν την δυνατότητα συγκέντρωσης 2 έως 3 L όγκο αίματος, προσφέροντας έτσι συνεχή αρτηριακή ροή σε περίπτωση που γίνει απόφραξη της φλεβικής επιστροφής. Η μεταφορά του αίματος από τον ασθενή στο ρεζερβουάρ γίνεται παθητικά, δηλαδή το αίμα εισέρχεται στην αιματοδεξαμενή λόγω της υψομετρικής διαφοράς ανάμεσα στον ασθενή και το δοχείο (τοποθετείται πάντα κάτω από το επίπεδο του ασθενή) (Ailwadi & Zacour 2009).

Υπάρχουν δύο τύποι ρεζερβουάρ, το καθένα έχει αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Συνήθως σε χειρουργεία που γίνονται σε ενήλικες χρησιμοποιούνται άκαμπτες αιματοδεξαμενές (hardshell reservoir), σαν δοχείο, όπου το πάνω μέρος είναι ανοικτό, με αποτέλεσμα το αίμα να έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ρεζερβουάρ τέτοιου τύπου

αποτελούνται από ένα πολυανθρακικό περίβλημα και ένα φίλτρο πολυεστέρα, παρέχοντας έτσι φιλτράρισμα του αίματος και ταυτόχρονα αφαίρεση ξένων σωματιδίων. Περιλαμβάνει ξεχωριστή καρδιοτομή και έναν μηχανισμό επεξεργασίας του αναρροφούμενου αίματος. Είναι εύκολο να παρακολουθηθεί ο όγκος αίματος που υπάρχει στο δοχείο ανά πάσα στιγμή, όμως το γεγονός ότι υπάρχει επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές κατά τη διάρκεια του χειρουργείου (Lich & Brown 2004).

Ο δεύτερος τύπος αιματοδεξαμενής είναι σχεδιασμένος σαν σακούλα (venous reservoir bag) από πολυμερές πολυβινυλοχλωρίδιο. Το αίμα βρίσκεται σε κλειστό περιβάλλον, αποστειρωμένο, ελαττώνοντας την φλεγμονώδη αντίδραση ενώ μειώνει και την μετεγχειρητική μετάγγιση του ασθενούς. Ένα από τα πλεονεκτήματα του είναι πως χρειάζεται ξεχωριστό σύστημα για την επεξεργασία του αναρροφούμενου αίματος (Whitbread & Gray 2012, Gosh et al. 2009). Άλλο μειονέκτημα είναι το μέγεθος και το γεγονός ότι δεν μπορεί να κρατήσει μεγάλο όγκο αίματος, καθώς η χωρητικότητά του επιτρέπει μόνο 3 L (Lich & Brown 2004).

3.8 Φίλτρα

Η χρησιμότητα και αποτελεσματικότητα των φίλτρων, κατά την διάρκεια της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, έγινε γνωστή την δεκαετία του 1970. Πλέον είναι αναπόσπαστο κομμάτι του εξωσωματικού κυκλώματος, καθώς μειώνει τον κίνδυνο εμβολής και αφαιρεί μικροσωματίδια από το σύστημα. Συνήθως τοποθετείται στην αιματοδεξαμενή, για να φιλτράρει το αίμα που έρχεται από τον ασθενή, αλλά και μετά την έξοδο του αίματος από τον οξυγονωτή, όταν αυτό επιστρέφει στον ασθενή, για να συγκρατήσει τις όποιες φυσαλίδες σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της ανταλλαγής αερίων, και να αποτρέψει την δημιουργία μικροεμβολής. Υπάρχουν διάφορων ειδών φίλτρα, όπως για παράδειγμα φίλτρα αρτηριακής γραμμής, φίλτρα καρδιοτομίας και φίλτρα αερίων (Bell & Diffie 1991).

3.9 Αναρρόφηση πεδίου, Vents

Η λεγόμενη αναρρόφηση πεδίου βοηθάει στην επαναφορά του αίματος από το χειρουργικό πεδίο στη φλεβική αιματοδεξαμενή. Το αίμα αυτό, μπορεί να περιέχει μικροσωματίδια λίπους και συγκολλημένα αιμοπετάλια, τα οποία μέσω της αναρρόφησης καταλήγουν στο ρεζερβουάρ, όπου και φιλτράρονται. Τα vents χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα για αυτόν τον σκοπό και μπορούν να τοποθετηθούν στις εξής θέσεις:

Στην δεξιά άνω πνευμονική φλέβα

Στην μιτροειδή βαλβίδα

Στην αριστερή κοιλία

Στην βάση της αορτής

Στον αριστερό κόλπο ή στην πνευμονική αρτηρία (Gosh et al. 2009).

ΚΕΦ.4 ΚΑΡΔΙΟΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ

Το χειρουργείο της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης χωρίζεται σε τέσσερα στάδια: προεγχειρητικό στάδιο, στάδιο έναρξης και διατήρησης του bypass, στάδιο διακοπής του bypass και τέλος, μετεγχειρητικό στάδιο. Σημαντικό στοιχείο πριν κάθε χειρουργείο, είναι η ύπαρξη ενός πλάνου, έτσι ώστε όλα τα μέλη της χειρουργικής ομάδας (χειρουργός, αναισθησιολόγος και ο τεχνικός που χειρίζεται το μηχάνημα), να γνωρίζουν τα σημεία που θα πραγματοποιηθούν οι τομές, τα σημεία διασωλήνωσης, τις τεχνικές προστασίας του μυοκαρδίου, καθώς και τις στρατηγικές ρύθμισης της θερμοκρασίας (Gosh et al. 2009).

4.1 Προεγχειρητικός έλεγχος

Πριν την έναρξη της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, ο νοσηλευτής που είναι υπεύθυνος για τον χειρισμό του μηχανήματος ελέγχει όλα τα τμήματα του κυκλώματος (βλ. πίνακα) για να διασφαλίσει την σωστή λειτουργία τους και έτσι να αποφύγει τυχόντα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. Κάποια μέρη του κυκλώματος είναι πολλαπλών χρήσεων ενώ άλλα χρησιμοποιούνται μία μόνο φορά. Στα αντικείμενα μίας χρήσης ελέγχεται η ημερομηνία λήξης, καθώς και η ακεραιότητα της συσκευασίας. Επίσης, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας οφείλει να εκτιμήσει την καρτέλα του ασθενή, όπου αναγράφονται τα στοιχεία του, όπως η ύπαρξη αλλεργιών, αν είναι διαβητικός ή αν πάσχει από νεφρική ανεπάρκεια, αναιμία, υπερκαλιαιμία κ.α. Πρέπει να έχει προηγηθεί η ταυτοποίηση της ομάδας αίματος του ασθενή και να έχει σταλεί για διασταύρωση, ώστε να υπάρχουν διαθέσιμες μονάδες αίματος. Επιπλέον, στοιχεία όπως το ύψος και το βάρος του ασθενούς είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό της δόσης της ηπαρίνης που θα του δοθεί, για την ιδανική αιματική ροή η οποία υπολογίζεται από την επιφάνεια του σώματος (BSA), το μέγεθος των αρτηριακών και φλεβικών σωλήνων και την τιμή του αιματοκρίτη (HCT) που πρέπει να έχει ο ασθενής κατά την έναρξη της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (Whitbread & Gray 2012, Gosh et al. 2009) .

Pre-bypass checklist	
<input type="checkbox"/> Patient: _____	<input type="checkbox"/> ID: _____
<input type="checkbox"/> ID correct	<input type="checkbox"/> Monitoring
<input type="checkbox"/> Chart reviewed	<input type="checkbox"/> Temperature probes positioned
<input type="checkbox"/> Sterility	<input type="checkbox"/> Pressure transducers calibrated
<input type="checkbox"/> Components: integrity and expiry date	<input type="checkbox"/> In/on-line sensors calibrated
<input type="checkbox"/> Heart-lung machine	<input type="checkbox"/> Safety & alarms
<input type="checkbox"/> Power connected	<input type="checkbox"/> Low-level alarm engaged
<input type="checkbox"/> Start-up normal	<input type="checkbox"/> Air detector engaged
<input type="checkbox"/> Back-up power	<input type="checkbox"/> Pressure alarm limits set
<input type="checkbox"/> Heater-cooler	<input type="checkbox"/> Temperature alarm limits set
<input type="checkbox"/> Start-up normal	<input type="checkbox"/> Cardiotomy reservoir vented
<input type="checkbox"/> Water connections: flow verified	<input type="checkbox"/> Oxygenator
<input type="checkbox"/> Water temperature: _____ ° C/F	<input type="checkbox"/> Gas line attached
<input type="checkbox"/> Gas supply	<input type="checkbox"/> Heat exchanger integrity inspected
<input type="checkbox"/> Gas lines connected	<input type="checkbox"/> Scavenger attached
<input type="checkbox"/> Flow meter/blender in order	<input type="checkbox"/> Debubbling
<input type="checkbox"/> Vaporizer shut off	<input type="checkbox"/> Tubing
<input type="checkbox"/> CO ₂ flush	<input type="checkbox"/> Oxygenator
<input type="checkbox"/> Pump	<input type="checkbox"/> Cardioplegia
<input type="checkbox"/> Roller heads not obstructed	<input type="checkbox"/> Arterial filter/bubble trap
<input type="checkbox"/> Flow meter: calibration & direction	<input type="checkbox"/> Accessories
<input type="checkbox"/> Tubing holders secure	<input type="checkbox"/> Tubing clamps
<input type="checkbox"/> Occlusion set : _____ mmHg	<input type="checkbox"/> Hand cranks
_____cmH ₂ O/min	<input type="checkbox"/> Backup circuit components
<input type="checkbox"/> Tubing	<input type="checkbox"/> Anticoagulation
<input type="checkbox"/> Pump tubing condition inspected	<input type="checkbox"/> Heparin in: _____time
<input type="checkbox"/> Suckers functional and sucking	<input type="checkbox"/> Patient properly anticoagulated
<input type="checkbox"/> One-way valves: direction correct	<input type="checkbox"/> Ready to start bypass
<input type="checkbox"/> Circuit shunts closed	<input type="checkbox"/> Signature:

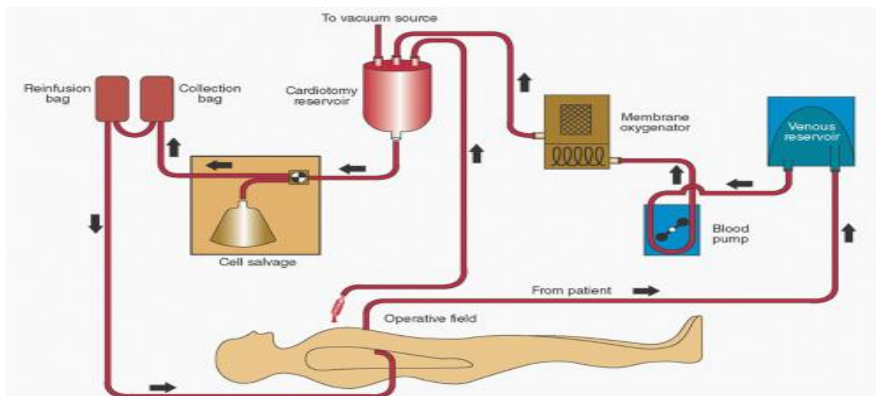
Εικ.8: Pre-bypass checklist. Διαθέσιμο στο:

<https://www.ebcpr.eu/login/files/b8192349de4ba7ced7dcb65c4f51ac29ae9d12c5.pdf>

4.2 Αρχές λειτουργίας εξωσωματικής κυκλοφορίας.

Ύστερα από αυτούς τους ελέγχους, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας (perfusionist) ετοιμάζει το κύκλωμα συναρμολογώντας το κάθε ξεχωριστό τμήμα και το ελέγχει για την σωστή λειτουργία του, πριν ο ασθενής βρεθεί σε καταστολή. Ο εξαερισμός του κυκλώματος επιτυγχάνεται με διάλυμα έγχυσης όγκου 1,400-2,000 ml που αποτελείται συνήθως από κρυσταλλοειδή, κολλοειδή ή αίμα, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να εμπλουτιστεί με ηπαρίνη, ασβέστιο και μαννιτόλη (Mongero & Beck 2008). Το διάλυμα αυτόθερμαίνεται στους 37 °C, αποτρέποντας πιθανή μαρμαρυγή, εξαιτίας της απότομης μείωσης θερμοκρασίας. Εάν το διάλυμα είναι κρύο, τότε φιλτράρεται για να αφαιρεθούν οι φυσαλίδες αέρα και τα μικροσωματίδια. Το φίλτρο αυτό τοποθετείται ως σύνδεσμος μεταξύ των αρτηριακών και φλεβικών σωλήνων πριν την έναρξη του bypass και αφαιρείται συνήθως λίγο πριν την διασωλήνωση του ασθενούς με τις αρτηριακές και φλεβικές γραμμές (Whitbread & Gray 2012, Lich & Brown 2004).

4.3 Σύνδεση του ασθενή στην εξωσωματική κυκλοφορία



Εικ.9: Συμβατικό εξωσωματικό κύκλωμα. Διαθέσιμο στο: <https://thoracickey.com/management-of-unusual-problems-encountered-during-procedures-that-require-the-use-of-cardiopulmonary-bypass/>

Η σύνδεση του ασθενούς στην εξωσωματική κυκλοφορία ξεκινάει με τον συστηματικό ηπαρινισμό του, για την αποφυγή δημιουργίας θρόμβων κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Συνήθως χορηγούνται 300-400 IU/kg, με την τιμή του ενεργοποιημένου χρόνου πήξης (ACT) να είναι πάνω από 400 sec (Besser & Klein 2011, Lich & Brown 2004). Αφού περαστεί άλλη μία

φορά το διάλυμα έγχυσης από το κύκλωμα για να εξασφαλιστεί ότι έχει αφαιρεθεί όλος ο αέρας, διαχωρίζονται οι αρτηριακές από τις φλεβικές γραμμές και τοποθετούνται αιμοστατικές λαβίδες στα δύο άκρα τους.

Η αρτηριακή διασωλήνωση προηγείται πάντα από την φλεβική για την αποφυγή υπότασης, ενώ το πιο διαδεδομένο σημείο αρτηριακής διασωλήνωσης είναι η ανιούσα αορτή (Sarkar & Prabhu 2017). Για να αποφευχθεί ο τραυματισμός της αορτής, ο χειρουργός οφείλει να εξασφαλίσει ότι η αορτοτομή είναι αρκετά μεγάλη για την είσοδο της κάνουλας. Αφού η κάνουλα γεμίσει με το αίμα του ασθενή, πραγματοποιείται σύνδεση μεταξύ της αρτηριακής γραμμής του κυκλώματος και της αρτηριακής κάνουλας χωρίς την παρουσία φυσαλίδων αέρα στο κύκλωμα. Ύστερα αφαιρείται η αιμοστατική λαβίδα από την αρτηριακή γραμμή στο χειρουργικό πεδίο και παράλληλα ο υπεύθυνος εξωσωματικής κυκλοφορίας παρακολουθεί τον παλμό που υπάρχει στην αρτηριακή γραμμή μέσω ενός μόνιτορ (Gosh et al. 2009).

Η φλεβική διασωλήνωση επιτυγχάνεται μέσω μίας τομής στον δεξιό κόλπο, όπου εισέρχεται μία κάνουλα διπλού επιπέδου, έτσι ώστε το ευρύτερο τμήμα, με τις οπές στα πλάγια του σωλήνα, να εισχωρήσει στον δεξί κόλπο και το πιο στενό μέρος της κάνουλας, με τις οπές στην άκρη του σωλήνα και στα πλάγια, να προωθηθεί μέχρι την άνω κοίλη φλέβα. Η φλεβική επιστροφή στην αιματοδεξαμενή γίνεται παθητικά, με την βοήθεια της βαρύτητας, ενώ ο βαθμός της εξαρτάται από την κεντρική φλεβική πίεση (ΚΦΠ). Τυχών εισβολή αέρα στο φλεβικό σύστημα μπορεί να οδηγήσει σε “air-lock”, εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο την φλεβική επιστροφή (Whitbread & Gray 2012, Gosh et al. 2009).

Για να μειωθεί ο όγκος του διαλύματος έγχυσης και κατά επέκταση να ελαττωθεί η προκείμενη αιμοδιάλυση, χρησιμοποιείται μια σχετικά νέα τεχνική που ονομάζεται retrograde autologous priming (RAP), η οποία μειώνει το ποσοστό αιμοδιάλυσης μέσω παθητικής αφαιμάξης της αρτηριακής και φλεβικής γραμμής πριν την έναρξη της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (Trapp et al. 2015). Γίνεται έγχυση του ρεζερβουάρ καρδιοτομίας με διάλυμα έως το κατώτερο δυνατό επίπεδο και ύστερα γεμίζει μέχρι ένα “ασφαλές” σημείο με το ηπαρινισμένο αίμα του ασθενούς περίπου 400 ml (Gosh et al. 2009).

4.4 Έναρξη Καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (CPB)

Το σήμα για την έναρξη της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (CPB) δίνεται πάντοτε από τον χειρουργό. Καθώς ξεκινάει το χειρουργείο και ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι

έτοιμος να ξεκινήσει την CPB, εξελίσσεται οπτικός έλεγχος του χειρουργικού πεδίου, των μόνιτορ (οθόνες παρακολούθησης) και των γραμμών του κυκλώματος, για να εξασφαλιστεί η ομαλή σύνδεση του ασθενή στο μηχάνημα εξωσωματικής κυκλοφορίας. Έτσι, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας ξεκινάει την CPB απελευθερώνοντας την αρτηριακή γραμμή από την αιμοστατική λαβίδα και σταδιακά μεταγγίζει τον ασθενή με το διάλυμα της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Η αρτηριακή ροή πρέπει να είναι ανεμπόδιστη και η αρχική πίεση της γραμμής να είναι λιγότερη από 100 mmHg, η άνοδος της πίεσης της εξωσωματικής γραμμής μπορεί να αποτελεί ενδεικτικό παράγοντα απόφραξης αρτηριακής γραμμής, μετατόπισης της αορτικής κάνουλας ή απόφραξης της αορτής. Σε αυτές τις περιπτώσεις τερματίζεται άμεσα η καρδιοπνευμονική παράκαμψη και διορθώνονται οι αιτίες που προκάλεσαν την διακοπή της (Gosh et al. 2009).

Η εκκίνηση της ροής στην αντλία πριν την απελευθέρωση του σφιγκτήρα της φλεβικής γραμμής, αποσκοπεί στην ασφαλή μεταφορά του ασθενή στην εξωσωματική κυκλοφορία και στην επιβεβαίωση της σωστής λειτουργίας της αντλίας. Καθώς μειώνεται ο όγκος του διαλύματος στην αιματοδεξαμενή της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, η φλεβική γραμμή απελευθερώνεται από τον σφιγκτήρα επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο στο φλεβικό αίμα να περάσει στην αιματοδεξαμενή. Το δεξί τμήμα της καρδιάς αποσυμπιέζεται ενώ η ΚΦΠ πρέπει να είναι λιγότερη από 5 mmHg (Mangano et al. 2015). Η ένδειξη υψηλής ΚΦΠ, μπορεί να οφείλεται σε λάθος τοποθέτηση φλεβικής κάνουλας, σε αναδίπλωση της φλεβικής γραμμής, σε εμβολή αέρα στην γραμμή, σε διαφορά ύψους ανάμεσα στο χειρουργικό πάγκο και της αιματοδεξαμενής που μπορεί να είναι λανθασμένη, εξαιτίας της ακατάλληλης ποσότητας αναρρόφησης ή της παρουσίας διαρροής (Ailwadi & Zacour 2009).

Κατά την περίοδο μετάγγισης, περίπου 1-2 λεπτών, ο νοσηλευτής (perfusionist) αυξάνει τον ρυθμό αρτηριακής ροής. Σταδιακά μειώνεται και η φλεβική επιστροφή στην καρδιά. Με την αύξηση της αρτηριακής ροής, οι κοιλίες αιματώνονται λιγότερο και η αρτηριακή πίεση αλλάζει σε μη παλμική κυματογραφία. Λόγω της έντονης απελευθέρωσης αγγειοδραστικών ουσιών στην έναρξη της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, μπορεί να εντοπιστεί μία παροδική κατάσταση συστηματικής αρτηριακής υπότασης. Είναι ένα σύνηθες φαινόμενο και αντιμετωπίζεται με την χορήγηση αγγειοσυσταλτικών παραγόντων αν χρειαστεί. Όταν ο ασθενής βρίσκεται σε πλήρη CPB, η μέση αρτηριακή πίεση μπορεί να πάρει τιμές 50-90 mmHg. Κατάλληλες τιμές μέσης αρτηριακής πίεσης επιβεβαιώνονται από έναν δείκτη φυσιολογικής

συστηματικής αρτηριακής αντίστασης (Whitbread & Gray 2012, Ailwadi & Zacour 2009). Η πίεση διάχυσης χρησιμοποιείται ως ενδεικτικός δείκτης διάχυσης οργάνων και πρέπει να διατηρείται μεταξύ 50-70 mmHg. Οι υπερτασικοί ασθενείς, καθώς και εκείνοι που βρίσκονται σε κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου, απαιτούν υψηλές πιέσεις διάχυσης, για να διατηρηθεί η απαραίτητη αιμάτωση των οργάνων (Sarkar & Prabhu 2017).

Η μείωση της θερμοκρασίας του ασθενή ξεκινάει μόλις ο ασθενής βρίσκεται σε πλήρη καρδιοπνευμονική υποστήριξη και αν ο χειρουργός το θεωρήσει αναγκαίο. Ανάλογα με το μέγεθος μείωσης της φυσιολογικής θερμοκρασίας του σώματος του ασθενή 37°C, η υποθερμία χωρίζεται σε ήπια υποθερμία 32°C-35°C, σε μέτρια υποθερμία 28°C-32°C και τέλος, σε βαθιά υποθερμία < 28°C (Saad & Aladawy 2013). Θερμοκρασίες όπως 28°C και 30 °C, προσφέρουν ασφάλεια κατά τη διάρκεια του χειρουργείου αν για οποιοδήποτε λόγο πρέπει να διακοπεί η λειτουργία της αντλίας αίματος. Ένα από τα πλεονεκτήματα της υποθερμίας, είναι η μείωση της μεταβολικής κατανάλωσης του οξυγόνου, καθώς για κάθε μείωση της θερμοκρασίας κατά 7°C, η κατανάλωση οξυγόνου μειώνεται κατά 50% (Lich & Brown 2004). Επιπλέον, η υποθερμία διατηρεί ενδοκυτταρικά αποθέματα φωσφορικών αλάτων υψηλής ενέργειας, υψηλό ενδοκυτταρικό pH και ηλεκτροχημική ουδετερότητα, επιτρέποντας στους ασθενείς να αντέξουν σε διαστήματα κυκλοφορικής στάσης, που μπορούν να φτάσουν τη μία ώρα, χωρίς τις ανεπιθύμητες επιδράσεις ανοξίας (Ailwadi & Zacour 2009). Οι εξελίξεις στις τεχνικές διεξαγωγής καρδιοπνευμονικής παράκαμψης αλλά και η βελτίωση του εξοπλισμού της εξωσωματικής κυκλοφορίας, οδήγησε στην μειωμένη ή και καθόλου χρήση της υποθερμίας.

4.5 Τερματισμός της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης

Ο τερματισμός της καρδιοαναπνευστικής υποστήριξης του ασθενή είναι μια διαδικασία όπου γίνεται σταδιακή ελάττωση της εξωσωματικής κυκλοφορίας, με την καρδιά να ανακτά και πάλι τον ρόλο της ως 'αντλία'. Για την επιτυχή διακοπή του bypass είναι σημαντική η διεκπεραίωση ορισμένων βημάτων. Το πρώτο βήμα για την διακοπή είναι η εξασφάλιση ορισμένων παραμέτρων και η βεβαίωση πως είναι ικανοποιητικές για τον τερματισμό της καρδιοαναπνευστικής παράκαμψης. Αυτοί οι παράμετροι συμπεριλαμβάνουν στενό διάστημα QRS, κοιλίες οι οποίες συστέλλονται και διαστέλλονται φυσιολογικά, επαρκή καρδιακή παροχή, και συστολική πίεση 80-100 mmHg (Bell & Diffie 1991).

Αν έχει γίνει χρήση υποθερμίας στον ασθενή κατά τη διάρκεια του χειρουργείου, τότε θα πρέπει για κάποιο χρονικό διάστημα να γίνει επαναθέρμανση του. Η γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας σώματος του ασθενούς και η υπερθερμία μπορούν να προκαλέσουν εγκεφαλική βλάβη. Η θερμοκρασία του σώματος του ασθενούς δεν θα πρέπει να ξεπερνά τους 37°C. Η ύπαρξη μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στο κέντρο του σώματος και στην περιφερική θερμοκρασία, μπορεί να οδηγήσει σε υποθερμία μετεγχειρητικά. Με την χορήγηση αγγειοδιασταλτικών επιτυγχάνεται η ομοιογενής επαναθέρμανση του ασθενούς, ενώ επίσης συμβάλλουν στην αύξηση της χωρητικότητας των φλεβών κατά τη διάρκεια μετάγγισης τους με αίμα από το κύκλωμα. Επιπλέον χορηγούνται συμπληρωματικές δόσεις αναισθητικών, καθώς το Ph, οι ηλεκτρολύτες, PaO₂, PaCO₂, και ο αιματοκρίτης διατηρούνται σε φυσιολογικές τιμές (Sarkar & Prabhu 2017). Τα επίπεδα καλίου στο αίμα πρέπει να βρίσκονται σε φυσιολογικές τιμές 3.5-5.0 mEq/L αποτρέποντας έτσι την εμφάνιση αρρυθμίας. Αν το επίπεδο καλίου στο αίμα αυξηθεί τότε αυτό απεικονίζεται στον καρδιογράφο με ψηλά κύματα T (Lich & Brown 2004).

Μετά από κάθε διαδικασία που γίνεται σε χειρουργείο ανοικτής καρδιάς ακολουθεί ο εξαερισμός της, και με μία εξέταση που ονομάζεται διοισοφάγειο υπερηχοκαρδιογράφημα ελέγχεται αν είναι επαρκής. Πολύ συχνά κάποια εμβολή αέρα που μπορεί να προκύψει στην δεξιά στεφανιαία αρτηρία, είναι πιθανό να προκαλέσει αρρυθμία στον ασθενή, ανάσπαση του ST διαστήματος και δυσλειτουργία του μυοκαρδίου. Είναι μια κατάσταση η οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί με την αύξηση της πίεσης διάχυσης, αλλά και με τον μερικό αποκλεισμό της φλεβικής γραμμής (Sarkar & Prabhu 2017). Με τον αναισθησιολόγο να έχει ξεκινήσει την μηχανική υποστήριξη με οξυγόνο του ασθενούς, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας αποκλείει σταδιακά την φλεβική γραμμή, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την προφόρτωση της δεξιάς κοιλίας. Με τον τερματισμό της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας αποκλείει εντελώς την ροή της φλεβικής γραμμής, χωρίς να αποκλείσει την αρτηριακή γραμμή αφήνοντας την ανοικτή για την μετάγγιση του αίματος από την φλεβική αιματοδεξαμενή (Ailwadi & Zacour 2009).

Αμέσως μετά τον τερματισμό της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, η φλεβική κάνουλα καθώς και οι σωλήνες εξαέρωσης της καρδιάς αφαιρούνται. Η δράση της ηπαρίνης αναστέλλεται με την χορήγηση προταμίνης, όμως πριν την χορήγηση της προηγείται η συσσώρευση του περίσσιου αίματος από το περικάρδιο και την υπεζωκοτική κοιλότητα στην

αιματοδεξαμενή, επιτρέποντας έτσι τον τερματισμό χρήσης αναρρόφησης πεδίου. Ο χειρουργός ενημερώνει τον τεχνικό εξωσωματικής κυκλοφορίας να ξεκινήσει την χορήγηση μικρής δόσης προταμίνης (10-20mg) σε αρχικό στάδιο, παρακολουθώντας την αντίδραση του ασθενή για 1-2 λεπτά. Αν ο ασθενής συνεχίσει να είναι αιμοδυναμικά σταθερός τότε, με εντολή του χειρουργού, χορηγείται η υπόλοιπη δόση στον ασθενή (περίπου 1.3 mg προταμίνης για κάθε 1 mg ηπαρίνης που χορηγήθηκαν) σε διάρκεια 2-5 λεπτών (Whitbread & Gray 2012). Η χορήγηση προταμίνης μπορεί να επιφέρει κάποιες αντιδράσεις στον οργανισμό του ασθενούς όπως για παράδειγμα type I (υπόταση λόγω γρήγορης χορήγησης), type II (αναφυλαξία), type III (υπερτασική κρίση). Ανάλογα με την βαρύτητα της αντίδρασης η δράση της προταμίνης αντιμετωπίζεται είτε με την μείωση της χορηγούμενης δόσης, είτε με αγγειοσυσταλτικά, είτε με την χορήγηση ινότροπων, είτε, σε περίπτωση που ο ασθενής βρίσκεται σε κίνδυνο, επανασύνδεση του στο μηχανήμα εξωσωματικής κυκλοφορίας. Μόλις ο ασθενής λάβει όλη τη δόση προταμίνης που του αναλογεί, στέλνουμε δείγμα για ενεργοποιημένο χρόνο πήξης (ACT) για να επιβεβαιώσουμε ότι ο ασθενής επανέρχεται φυσιολογικά (Sarkar & Prabhu 2017).

Το τελευταίο βήμα του χειρουργού είναι η αφαίρεση της αρτηριακής κάνουλας. Παράλληλα λαμβάνονται δείγματα αίματος από τον ασθενή και στέλνονται για εργαστηριακές εξετάσεις, για την εκτίμηση της οξυγόνωσης του, την εκτίμηση του αιματοκρίτη του και τα επίπεδα καλίου. Μπορεί να παρατηρηθεί αιμοδυναμική αστάθεια όταν ο χειρουργός κλείσει το περικάρδιο και το στέρνο του ασθενούς (Sarkar & Prabhu 2017, Whitbread & Gray 2012).

4.6 Παράμετροι που παρακολουθούνται

Κατά τη διάρκεια της εξωσωματικής κυκλοφορίας, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων. Κάποιες από τις παραμέτρους που παρακολουθούνται συχνά είναι το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ), η συστηματική αρτηριακή πίεση, η κεντρική φλεβική πίεση, η ποσότητα των αποβαλλόμενων ούρων, ο κορεσμός του οξυγόνου. Επιπλέον ελέγχεται η καρδιακή παροχή, η πίεση της αρτηριακής γραμμής, η πίεση του συστήματος παροχής καρδιοπληγίας, ο ρυθμός αιματικής ροής, η θερμοκρασία του αίματος εντός του μηχανήματος εξωσωματικής κυκλοφορίας, η θερμοκρασία του νερού στη θερμοψυκτική συσκευή. Ακόμη, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας θα πρέπει να παρακολουθεί ανά τακτά χρονικά διαστήματα, τον αιματοκρίτη του ασθενούς, τον ενεργοποιημένο χρόνο πήξης (ACT), την συγκέντρωση καλίου, ασβεστίου,

μαγνησίου στο αίμα, τον βαθμό φιλτραρίσματος, καθώς και τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα (Society of Clinical Perfusion Scientists of Great Britain et al. 2016)

4.7 Επιδράσεις της εξωσωματικής κυκλοφορίας

Τα χειρουργεία καρδιοπνευμονικής παράκαμψης εκτελούνται με μεγάλη συχνότητα στην σημερινή εποχή, με πολλά νοσοκομεία να χρησιμοποιούν την τεχνική της εξωσωματικής κυκλοφορίας. Σε γενικές γραμμές το χειρουργείο καρδιοπνευμονικής παράκαμψης εντάσσεται στα ασφαλή χειρουργεία, με το μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενών να ακολουθούν μια φυσιολογική ανάρρωση. Παρόλα αυτά, κάποιοι ασθενείς μπορούν να παρουσιάσουν έντονη αντίδραση κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνικής, με αποτέλεσμα να υπάρξει σοβαρή νοσηρότητα και σε σπάνιες περιπτώσεις ακόμη και θνησιμότητα. Αυτή η αντίδραση, μετά από χειρουργείο καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, έχει χαρακτηριστεί ως «σύνδρομο μετά από εξωσωματική κυκλοφορία» ή στα αγγλικά «postperfusion syndrome», με πολλά συστήματα οργάνων να επηρεάζονται από αυτό. Έτσι, τις περισσότερες φορές παρατηρείται πνευμονική δυσλειτουργία, την οποία ακολουθεί η νεφρική δυσλειτουργία, πυρετός, αιματοουρία, καρδιακή δυσλειτουργία, πνευματική σύγχυση και μια γενικότερη αιμορραγική διάθεση (Kirklin et al. 1987).

Οι επιβλαβείς επιπτώσεις της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης είναι αποτέλεσμα της έκθεσης του αίματος σε ξένες επιφάνειες και συνθήκες. Η έκθεση αυτή προκαλεί μία συστηματική φλεγμονώδη αντίδραση στην οποία συμμετέχουν έμμορφα και άμορφα στοιχεία του αίματος, τα οποία υπό φυσιολογικές συνθήκες δρουν τοπικά σε σημεία τα οποία έχουν υποστεί κάποιον τραυματισμό. Ένα σημαντικό κομμάτι αυτής της «φλεγμονώδους αντίδρασης ολόκληρου του σώματος» (whole body inflammatory response) είναι το «σύστημα χημικής ενίσχυσης» (humoral amplification system), το οποίο περιλαμβάνει τον καταρράκτη του πηκτικού μηχανισμού, το σύστημα καλικρεΐνης, το ινωδολυτικό σύστημα και το σύστημα του συμπληρώματος. Η ενεργοποίηση και η αλληλεπίδραση των παραπάνω συστημάτων είναι μία πιθανή αιτία των επιβλαβών επιπτώσεων της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (Kirklin 1991).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η πιο συχνή και σοβαρή βλάβη μετά από χειρουργείο καρδιοπνευμονικής παράκαμψης είναι αυτή στους πνεύμονες. Αυτό συμβαίνει διότι με την παράκαμψη της πνευμονικής λειτουργίας, κατά τη διάρκεια του χειρουργείου, δημιουργείται ένα μη φυσιολογικό περιβάλλον στους πνεύμονες. Οι επιπλοκές που εμφανίζονται συχνότερα είναι η

ατελεκτασία, η πνευμονία, η τραχειοβρογχίτιδα, ενώ πολλές φορές ακολουθεί η αναπνευστική ανεπάρκεια.

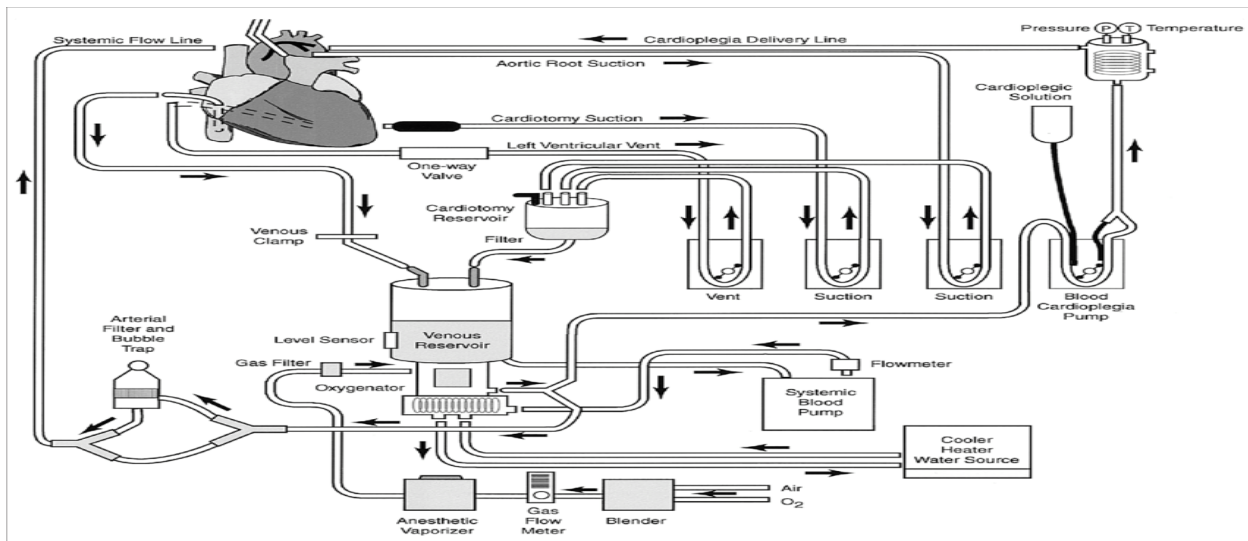
Η νεφρική δυσλειτουργία επίσης αποτελεί συχνή επιπλοκή της καρδιοαναπνευστικής παράκαμψης, με ποσοστά ανάμεσα στο 15-30% μετεγχειρητικά ανάλογα το περιστατικό. Με την καταστροφή των ερυθροκυττάρων, μέσω αιμόλυσης, απελευθερώνεται αιμοσφαιρίνη στο πλάσμα με αποτέλεσμα οι νεφροί να μην μπορούν να την απορροφήσουν, γεγονός το οποίο οδηγεί σε αιμοσφαιρινουρία. Με τον συστηματικό έλεγχο της κρεατινίνης ορού προσδιορίζεται η νεφρική ανεπάρκεια του ασθενούς, ενώ ακόμη και μικρή αύξηση της μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ασθενούς (Lannemyr et al. 2017)

Αλλαγές του νευρολογικού συστήματος είναι πιθανό να προκύψουν έπειτα από επεμβάσεις καρδιοπνευμονικής παράκαμψης και σε μικρότερο βαθμό υπάρχει πιθανότητα να δημιουργηθεί μόνιμη νευρολογική βλάβη. Αιτία αυτής της επιπλοκής είναι η παρουσία εμβολής στον εγκέφαλο, είτε από φυσαλίδες αέρα, είτε από κάποιο θρόμβο. Η εμβολή που προκύπτει από αέρα περιέχει κυρίως άζωτο, το οποίο δεν διαλύεται γρήγορα. Για την αποφυγή αυτής της κατάστασης γίνεται εξαερισμός του συστήματος εξωσωματικής κυκλοφορίας με διοξείδιο του άνθρακα, εξαιτίας της υψηλής διαλυτότητας του. Επιληπτικά επεισόδια, καρδιακή αρρυθμία και κοιλιακή δυσλειτουργία, είναι κάποιες από τις ενδείξεις μικροεμβολής του εγκεφάλου.

Αιματολογικές διαταραχές προκύπτουν λόγω της επαφής του αίματος του ασθενή με την επιφάνεια της εξωσωματικής κυκλοφορίας, καθώς και τον ηπαρινισμό του. Η απουσία αιμοσφαιρίνης στο πλάσμα του ασθενούς αποτελεί ένδειξη καταστροφής των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Η αιμοδιάλυση, που συμβαίνει λόγω της πρόπλυσης του συστήματος με υγρό (prime), επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα στοιχεία του αίματος (Lich & Brown 2004).

ΚΕΦ.5 ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΕΞΩΣΩΜΑΤΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ

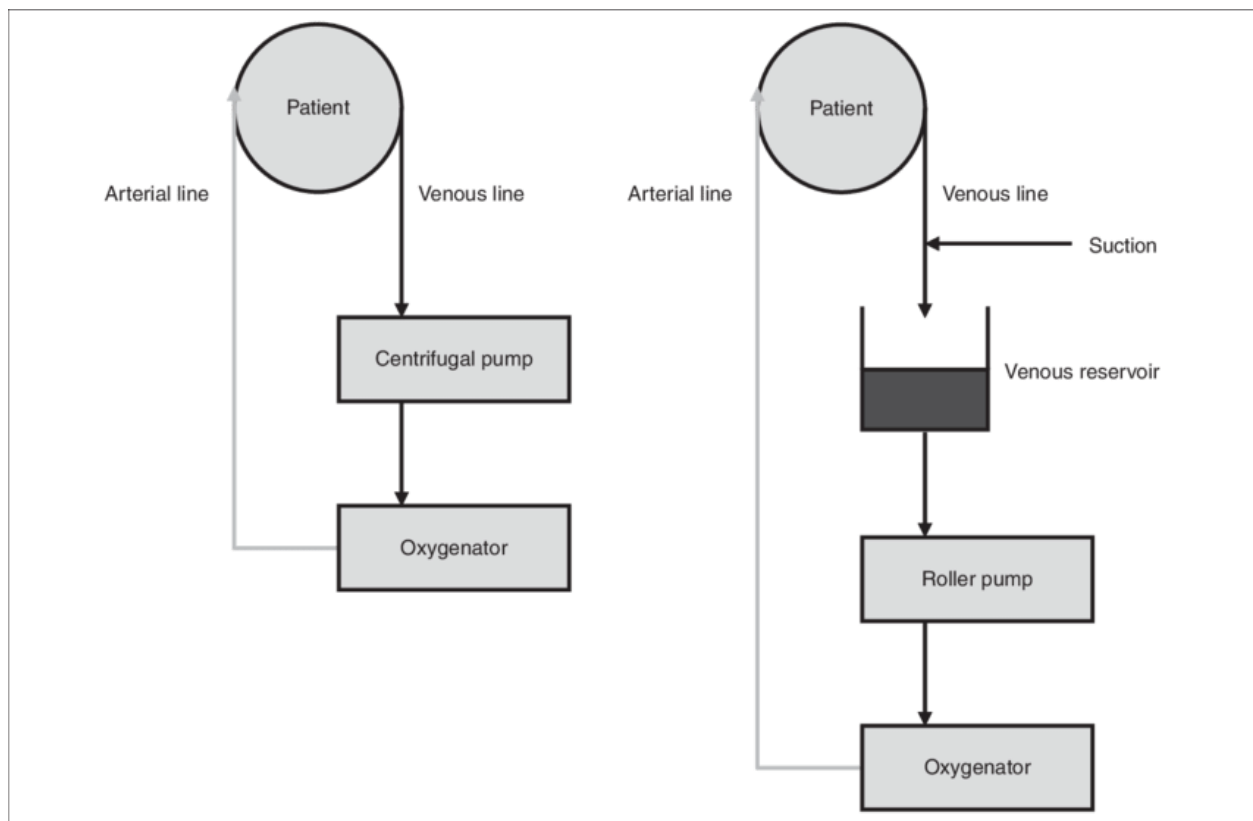
Η εξέλιξη και η ανάπτυξη όσον αφορά τα χειρουργεία καρδιάς οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην εφαρμογή σύγχρονης τεχνολογίας καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Η χρήση της συμβατικής εξωσωματικής κυκλοφορίας συμβάλλει στην διατήρηση ενός χαμηλού ποσοστού θνησιμότητας, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί έναν ασφαλή και αναίμακτο τρόπο για την διεξαγωγή καρδιακών επεμβάσεων. Όμως, έχει παρατηρηθεί ότι η εφαρμογή της συμβατικής εξωσωματικής κυκλοφορίας επιφέρει διάφορες επιπλοκές οι οποίες αυξάνουν την μετεγχειρητική θνησιμότητα στους ασθενείς. Πάνω από το ένα τρίτο των χειρουργημένων παρουσιάζουν ανεπιθύμητες ενέργειες ύστερα από μια επέμβαση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης (CABG). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η συμβατική εξωσωματική κυκλοφορία μπορεί να προκαλέσει φλεγμονώδη αντίδραση καθώς και να ενεργοποιήσει την διαδικασία πήξης του αίματος, το οποίο σε συνδυασμό με την οργανική δυσλειτουργία έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αρρυθμίας, νευρολογικών διαταραχών, αιμορραγία, και θρομβοεμβολή. Ακόμη, η αιμοδιάλυση μαζί με την μετάγγιση αίματος, και προϊόντων αυτού, επιβαρύνουν τις επιπλοκές της συμβατικής εξωσωματικής τεχνικής (Baikoussis et al. 2014).



Εικ.10: Συμβατικό κύκλωμα εξωσωματικής κυκλοφορίας. Διαθέσιμο στο:

https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-a-CCPB-circuit-Figure-taken-from-Cardiac-Surgery-in-the-adult-Hessel-and_fig1_44802948

Η ανάγκη ελαχιστοποίησης των επιπλοκών της συμβατικής καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, αλλά και η εξοικονόμηση πόρων, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη μικρότερων κυκλωμάτων CPB. Με την ανάπτυξη και την εφαρμογή της ελάχιστα επεμβατικής εξωσωματικής κυκλοφορίας (MECC), έχει παρατηρηθεί μείωση της φλεγμονώδους αντίδρασης του σώματος. Αυτό συμβαίνει επειδή έχει μειωθεί η ξένη επιφάνεια με την οποία το αίμα βρίσκεται σε επαφή κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. Με λίγα λόγια η MECC μοιάζει με την συμβατική εξωσωματική κυκλοφορία, όμως είναι πολύ μικρότερη στο μέγεθος και με λιγότερα μηχανήματα (Curtis et al. 2010).



Εικ.11: Ελάχιστα επεμβατική εξωσωματική κυκλοφορία (MECC). Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-a-CCPB-circuit-Figure-taken-from-Cardiac-Surgery-in-the-adult-Hessel-and_fig1_44802948

Το κύκλωμα της ελάχιστης εξωσωματικής κυκλοφορίας αποτελεί ένα κλειστό σύστημα καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Για την χρήση και τη σωστή λειτουργία του συστήματος είναι απαραίτητο να γίνει ηπαρινισμός του με 150 iU/kg. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει έναν οξυγονωτή μεμβράνης, μια φυγόκεντρη αντλία, και ένα αρτηριακό φίλτρο. Ο οξυγονωτής μεμβράνης επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων και έχει θύρες εξαερισμού, οι οποίες αποτρέπουν το πέρασμα φυσαλίδων από το κύκλωμα στον ασθενή. Επίσης, επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων με ροή από 0.5 έως 0.7 L/min και έχει ενσωματωμένο έναν εναλλάκτη θερμότητας. Ο όγκος του υγρού με το οποίο γίνεται εξαέρωση του συστήματος είναι 250 mL. Με τη χρήση φυγόκεντρης αντλίας ελαχιστοποιείται η αιμόλυση, αποτέλεσμα της καταστροφής των έμμορφων στοιχείων του αίματος, λόγω της στάσης του σε κάποια σημεία της αντλίας. Ο αρχικός όγκος πλήρωσης της αντλίας φθάνει τα 32mL, με την επιφάνεια της να είναι 0,019 m². Η ταχύτητα με την οποία τα αίμα εξέρχεται από την αντλία, καθορίζεται από ένα ενσωματωμένο σύστημα μέτρησης ροής. Η ταχύτητα ροής μπορεί να ξεπεράσει τα 9 L/min. Το αρτηριακό φίλτρο περιλαμβάνει ένα μηχανισμό εξαερισμού τριών φάσεων (three-phase deairing design). Το μέγεθος της επιφάνειας είναι 0,057 m², ενώ ο αρχικός όγκος πλήρωσης είναι 180 mL. Η χρήση του αρτηριακού φίλτρου είναι προαιρετική. Οι σωλήνες του συγκεκριμένου κυκλώματος επαλείφονται εσωτερικά με ηπαρίνη, κάνοντας το περισσότερο βιοσυμβατό και ασφαλή για τα προϊόντα του αίματος που έρχονται σε επαφή με αυτό (Remadi et al. 2004).

Οι διαφορές ανάμεσα στο συμβατικό κύκλωμα εξωσωματικής κυκλοφορίας και το ελάχιστα επεμβατικό είναι ότι το δεύτερο αποτελεί ένα εντελώς κλειστό σύστημα καθώς έχει αφαιρεθεί από το κύκλωμα η φλεβική αιματοδεξαμενή. Στην ελάχιστη επεμβατική εξωσωματική κυκλοφορία ο ίδιος ο ασθενής παίρνει τον ρόλο της φλεβικής αιματοδεξαμενής, έτσι η φλεβική επιστροφή αποτελεί δείκτη της καρδιακής παροχής. Με την χρήση του κυκλώματος MECC αποφεύγεται η εισβολή αέρα στην φλεβική κάνουλα, και εξαιτίας της έλλειψης φλεβικής αιματοδεξαμενής το αίμα του ασθενούς δεν έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα όπως γίνεται στο κύκλωμα συμβατικής κυκλοφορίας (CCPB) και κατ' επέκταση δεν έρχεται σε επαφή με πολλά ξένα σώματα. Επίσης, στο κύκλωμα MECC δεν χρησιμοποιούνται οι αναρροφήσεις (vents), καθώς δεν υπάρχει περίσσιο αίμα στο χειρουργικό πεδίο. Σε αντίθεση με το συμβατικό κύκλωμα εξωσωματικής κυκλοφορίας, το κύκλωμα MECC δεν περιλαμβάνει σύστημα παροχής καρδιοπληγίας (Baikoussis et al.2014).

Ακόμη μία σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο κυκλώματα είναι το μήκος που έχει το καθένα. Παρόλο που η διάμετρος των σωλήνων δεν διαφέρει πολύ στα δύο κυκλώματα, το μήκος της MECC (80 cm) είναι περίπου το μισό από αυτό της CCPB (150 cm) και για αυτό πρέπει να τοποθετείται σε κοντινή απόσταση από τον ασθενή. Το μήκος των σωλήνων της MECC βοηθάει στη μείωση του όγκου αρχικής πλήρωσης στα 450-900ml, σε αντίθεση με την αρχικό όγκο πλήρωσης της CCPB που είναι 1400-2200 ml. Έτσι ο μεγάλος βαθμός αιμοδιάλυσης που συμβαίνει στο CCPB κύκλωμα ελαττώνεται σημαντικά στο MECC κύκλωμα, με αποτέλεσμα ο ασθενής να έχει πιο υψηλά επίπεδα αιματοκρίτη, χωρίς να χρειάζεται μετάγγιση κατά τη διάρκεια του χειρουργείου (Baikoussis et al. 2014).

ΚΕΦ.6 Ο ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΕΞΩΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Από ιστορικής άποψης, το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας ακολούθησε τις ιατρικές τεχνολογικές εξελίξεις που εμφανίστηκαν στο συγκεκριμένο τομέα και επηρέασαν τον τρόπο εφαρμογής της καρδιοχειρουργικής (Sistino 2003). Η καρδιοπνευμονική παράκαμψη έγινε εφικτή από τις αρχές του 1950, ενώ το πρώτο χειρουργείο όπου εφαρμόστηκε με επιτυχία, ήταν το 1953 όταν ο Dr John H Gibbon διόρθωσε με επιτυχία ένα ελάττωμα μεσοκοιλιακής επικοινωνίας με την βοήθεια μηχανής εξωσωματικής κυκλοφορίας. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξής της, στο διάστημα πέντε δεκαετιών, από έναν «πειραματικό λαβύρινθο» ανοξειδωτων ατσάλινων δίσκων, οθονών και συνδέσεων που ήταν διαθέσιμα σε ελάχιστα εργαστήρια, πήρε τη μορφή μιας συμβατικής επέμβασης που πραγματοποιείται σε όλο τον κόσμο (Toomasian et al. 2003).

Στα πρώτα χειρουργεία καρδιοπνευμονικής παράκαμψης το μηχάνημα εξωσωματικής κυκλοφορίας το χειρίζονταν ιατροί με την βοήθεια νοσηλευτών ή τεχνικών. Αργότερα κάποια μέλη του προσωπικού έμαθαν τις δεξιότητες του μηχανήματος, παρακολουθώντας την εκτέλεση χειρουργείων από τους ιατρούς. Ένας από τους πρώιμους εργαζομένους, ο Bennett Mitchell από τη Νέα Υόρκη, πιθανότητα να επινόησε τον όρο «perfusionist» θέλοντας να διαχωρίσει την ειδικότητα από εκείνες που ορίζονταν ως «extracorporeal circulation technician» ή «pump tech» (Toomasian et al. 2003). Έτσι λοιπόν, κατά τη δεκαετία του εξήντα ο εξοπλισμός και οι τεχνικοί απέκτησαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και υιοθέτησαν τον τίτλο «perfusionist» (τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας). Υπήρξαν κάποιες κλινικές που έτρεχαν προγράμματα εκπαίδευσης, ωστόσο η μεγαλύτερη κατάρτιση γινόταν κατά τη διάρκεια των χειρουργείων. Παρότι έγιναν αυτές οι προσπάθειες, και οι τεχνικοί εξωσωματικής κυκλοφορίας ιδρύσαν οργανώσεις που προωθούσαν τη συνεχή εκπαίδευση, το υψηλό επίπεδο πρακτικής εξάσκησης και την αλληλοϋποστήριξη των ειδικευόμενων, η απόκτηση υψηλού επιπέδου εξειδίκευσης δεν ήταν ούτε γρήγορη, ούτε εύκολη (Anderson et al. 1986). Η ζήτηση τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας έγινε ακόμα μεγαλύτερη με την πραγμάτωση χειρουργείων παράκαμψης στεφανιαίων αγγείων, στα τέλη της δεκαετίας του εξήντα και της δεκαετίας του εβδομήντα. Ταυτόχρονα με την αύξηση των θέσεων εργασίας, οι τεχνικοί εξωσωματικής κυκλοφορίας δημιούργησαν ειδικά προγράμματα που επέτρεπαν την διαπίστευσή τους ως επαγγελματίες. Στις μέρες μας, η εξέλιξη των τεχνολογιών εξωσωματικής κυκλοφορίας πέρα από τις παραδοσιακές

μεθόδους της καρδιοχειρουργικής, οδήγησε τους ειδικούς να εργάζονται σε καινοτόμα κλινικά περιβάλλοντα (Belway et al. 2017). Έτσι λοιπόν, υπάρχει πλέον μεγάλη διαθεσιμότητα επαγγελματιών εξωσωματικής κυκλοφορίας, οι οποίοι αναγνωρίζονται ως επαγγελματίες υγείας που ανταποκρίνονται στις αυξημένες ανάγκες των ασθενών, των καρδιοχειρουργών και του κοινωνικού συνόλου (Anderson et al. 1986).

Σύμφωνα με το Υπουργείο Υγείας ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας « είναι υπεύθυνος για την εξωσωματική κυκλοφορία καθώς και για το σύνολο των συσκευών υποστήριξης και αυτομετάγγισης που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε ιατρικής κατάστασης, στην οποία είναι απαραίτητη η υποστήριξη ή προσωρινή αντικατάσταση του κυκλοφορικού ή αναπνευστικού συστήματος του ασθενούς» (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Γ6α/Γ.Π.οικ.84181/ΦΕΚ Β' 4972/7.11.2018). Είναι απαραίτητη η επιλογή και ο χειρισμός των συσκευών εξωσωματικής κυκλοφορίας, που θα χρησιμοποιηθούν στην επέμβαση, από τα μέλη της χειρουργικής ομάδας, δηλαδή τον καρδιοχειρουργό, τον αναισθησιολόγο και τον τεχνικό εξωσωματικής κυκλοφορίας. Ο τελευταίος παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή αλλά και την συναρμολόγηση των υλικών εξωσωματικής κυκλοφορίας, όπως επίσης και στη διαχείριση οξυγόνου και του κυκλοφορικού συστήματος του ασθενούς κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. Βρίσκεται πάντοτε σε εγρήγορση, ενώ οποιαδήποτε παρέμβαση γίνεται πάντοτε ύστερα από συμφωνία του χειρουργού και του αναισθησιολόγου, λαμβάνοντας υπ' όψη παραμέτρους όπως: ηλεκτροκαρδιογράφημα, αρτηριακή, πνευμονική και κεντρική φλεβική πίεση, αέρια αίματος, οξεοβασική ισορροπία, θερμοκρασία, αιματοκρίτη, αιμοσφαιρίνη, γαλακτικό οξύ, ηλεκτρολύτες, ισοζύγιο υγρών, διούρηση, ενεργό χρόνο πήξης.

Επιπλέον, ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι υπεύθυνος και για τον χειρισμό των επιμέρους συσκευών κυκλώματος της εξωσωματικής κυκλοφορίας, που συμβάλλουν στην αποφυγή ατυχήματος κατά τη διάρκεια του χειρουργείου, όπως: monitor καρδιακής παροχής, συσκευές ψύξης και θέρμανσης, συσκευές μέτρησης ταχυαιματοκρίτη, συσκευές ελέγχου πήξης, ροόμετρο μηχανής, αναλυτής αερίων, συσκευές αιμοδιήθησης, συσκευές μέτρησης ροής στεφανιαίων αγγείων, συσκευές ραδιοσυχνότητας για την κατάλυση αρρυθμιών (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Γ6α/Γ.Π.οικ.84181/ΦΕΚ Β' 4972/7.11.2018). Γι' αυτό, πρέπει να εξελίσσει τις γνώσεις και την τεχνική του πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο, μέσω αναγνωρισμένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων που θα του προσφέρουν συνεχή εκπαίδευση και πιστοποίηση. Οι γνώσεις του οφείλουν να περιλαμβάνουν την απόλυτη κατανόηση της φυσιολογίας της

εξωσωματικής κυκλοφορίας και τον τρόπο λειτουργίας και των μηχανισμών της τόσο σε ενήλικες ασθενείς όσο και σε παιδιατρικούς. Ακόμη, είναι απαραίτητο να βρίσκεται σε επαγρύπνηση για να μπορέσει να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε δυσλειτουργία και έχοντας καλή επικοινωνία με την ομάδα να μπορέσει να κρίσιμης σημασίας αποφάσεις κατά τη διάρκεια μίας επέμβασης bypass ή οποιουδήποτε χειρουργείου απαιτεί χρήση του μηχανήματος εξωσωματικής κυκλοφορίας (The Canadian Anaesthetist Society et al. 2001).

Στην Αμερική ήδη από το 1964 είχε ιδρυθεί οργανισμός τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας, The American Society of ExtraCorporeal Technology (AmSECT). Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και μετά από μελέτες που διεξήχθησαν από τον συγκεκριμένο οργανισμό, το 1972, διαμορφώθηκαν ορισμένες απαιτήσεις πιστοποίησης τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας, και έγιναν προτάσεις για εκπαιδευτικά προγράμματα, ενώ την ίδια χρονιά έλαβε μέρος η πρώτη εξέταση από την Αμερικανική Κοινότητα Εξωσωματικής Τεχνολογίας με περαιτέρω εξετάσεις να ακολουθούν την χρονική περίοδο 1973 και 1974 (Anderson et al. 1986). Στην Ευρώπη παρόμοιος οργανισμός ιδρύθηκε μόλις το 1991 και ονομάστηκε “The European Board of Cardiovascular Perfusion”. Ο οργανισμός αυτός είχε ως στόχο να ενισχύσει τους τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας της Ευρώπης στην ανάγκη τους για αναγνωσιμότητα του επαγγέλματος (The European Board of Cardiovascular Perfusion). Πιο συγκεκριμένα, ο οργανισμός αυτός αποσκοπεί στην καθίδρυση, παρακολούθηση και διατήρηση ορισμένων αρχών όσον αφορά την εκπαίδευση, την πρακτική άσκηση των τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας καθώς και ερευνών που αφορούν το συγκεκριμένο θέμα, ώστε να συμβάλουν αποτελεσματικότερα στην κοινωνία. Επίσης, στόχος του είναι ο καθορισμός των βασικών και κατευθυντήριων γραμμών, βάση των οποίων θα πιστοποιούνται από τον ίδιο τον οργανισμό τα εκπαιδευτικά προγράμματα και τα πτυχία, τα οποία θα αναγνωρίζονται από όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες. Ακόμη ένας στόχος του είναι η διαμόρφωση εκπαίδευσης υψηλού επιπέδου, μέσω της οποίας οι εκπαιδευόμενοι θα μπορέσουν ύστερα από την απόκτηση του πτυχίου, να πάρουν το ρόλο του εκπαιδευτή και να διδάξουν οι ίδιοι τις τεχνικές εξωσωματικής κυκλοφορίας. Επιπλέον, αποσκοπεί στη διεκπεραίωση ενός κοινού προγράμματος πιστοποίησης τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας στην Ευρώπη, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο περισσότερες θέσεις εργασίας σε πιστοποιημένους επαγγελματίες. Για το λόγο αυτό, δίνεται ένα πιστοποιητικό με τίτλο “European Certificate of Competence in Perfusion”, ως βεβαίωση, ότι ο πιστοποιημένος έχει περάσει με επιτυχία τις εξετάσεις από το Διοικητικό Συμβούλιο και έχει

λάβει τις απαραίτητες γνώσεις για την άσκηση του επαγγέλματος. Τέλος, ο οργανισμός αποσκοπεί στη συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την νομιμοποίηση των παραπάνω στόχων με τη βοήθεια του Υπουργείου Υγείας (Merkle 2010).

Στις μέρες μας έχουν εκδοθεί πάνω από 1900 πιστοποιητικά από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, με τριάντα Ευρωπαϊκές χώρες να εκπροσωπούνται από επαγγελματίες εξωσωματικής κυκλοφορίας σε όλη την Ευρώπη. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Καρδιαγγειακής Αιμάτωσης (The European Board of Cardiovascular Perfusion), είναι επίσημα αναγνωρισμένο από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ως η οργάνωση που εκπροσωπεί επαγγελματίες τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας στην Ευρώπη (Merkle 2010, The European Board of Cardiovascular Perfusion).

Members of the European Board of Cardiovascular Perfusion:

Belgium	Dominique Hella ECCP	Chairwoman of Certification Sub-Committee
Belgium	Leen Vercaemst ECCP	EuroELSO-Liaison, Member Academic Committee
Belgium	Gerdy Debeuckelaere ECCP	General Secretary, Member Accreditation Sub-Committee
Belgium	Manu Devolder ECCP	Delegate
Bulgaria	Dragomir Dragner ECCP	Delegate
Croatia	Noris Buškulić MSN, ECCP	Delegate
Cyprus	Simona Pgliaro ECCP	Delegate
Denmark	Pia Sprogøe ECCP	Member Certification Sub-Committee, Delegate
EACTA	Gudrun Krust M.D, Ph.D	Representative
EACTS	Tomas Gudbjartsoon M.D, Ph.D	Representative
Finland	Markku Rantanen ECCP	Delegate
France	Joel Frederic ECCP	Delegate
Germany	Carole Hamilton ECCP	Member Academic Committee
Germany	Frank Merkle Dipl. Med Pad, ECCP	Member of the Accreditation Sub-Committee
Germany	Jan Schaarschmidt MCT, ECCP	Delegate
Germany	Adria Bauer Ph.D, ECCP	Delegate

Greece	Kostas Mintzaridis ECCP	Delegate
Ireland	Colin Canavan ECCP	Delegate
Italy	Erminia Mascitelli ECCP	Delegate
Latvia	Normund Sikora ECCP	Delegate
Lithuania	Birute Mockuviene ECCP	Delegate
Luxembourg	Katja Ruck ECCP	Delegate
Malta	Jeffrey Muscat ECCP	Delegate
Netherlands	Jenny Van den Goor ECCP, Ph.D	Delegate, Member of the Accreditation Sub-Committee, Member of the Quality and Outcome Committee
North Macedonia	Aleksandra Temelkovska ECCP	Delegate
Norway	Camilla Cathrine Fonn Nyeng ECCP	Delegate
Norway	Alexander Wahba M.D, Ph.D	Chairman
Poland	Jaroslawn Szymanski ECCP	Delegate
Portugal	Ines Figueira ECCP	Delegate, Conference Organizer
Serbia	Marko Pajic BMsc, ECCP	Secretary of Accreditation Sub-Committee, Member Certification Sub-Committee, Website manager, Delegate
Slovenia	Zvonko Lenart ECCP	Delegate
South Africa (affiliated)	Beaurich Groenewald ECCP	Delegate
Spain	Maite Mata Forcadas ECCP	Delegate, Member Certification Sub-Committee
Switzerland	Urs Zenklusen ECCP	Delegate
Turkey	Tamer Sari ECCP	Delegate
Ukraine	Serhii Sudakevych ECCP	Delegate
United Kingdom	John Campbell ECCP	Delegate, Chair & Secretary of Quality and Outcome Committee

6.1 Εκπαίδευση στην Ευρώπη

Είναι μέγιστης σημασίας η εκπαίδευση του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας και αυτό διότι πρέπει να αποκτήσει τόσο θεωρητικές γνώσεις πάνω στο αντικείμενο αυτό, όσο και να αποκτήσει εμπειρία πάνω στο πρακτικό κομμάτι των κλινικών δεξιοτήτων (Merkle et al. 2014). Πρώτα από όλους οι καρδιοχειρουργοί οφείλουν να αναγνωρίσουν την σημασία ύπαρξης πιστοποιημένου τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας στην χειρουργική ομάδα κάθε νοσοκομείου, για την ασφαλή και επιτυχή διεκπεραίωση της εξωσωματικής κυκλοφορίας

(Tomizawa & Momose 2007).

Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης με το πέρασμα των χρόνων, φαίνεται ότι πλέον υπάρχουν πολλά πολιτιστικά και εκπαιδευτικά προγράμματα στις χώρες που είναι μέλη της, ενώ από χώρα σε χώρα η εκπαίδευση των τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας διαφέρει ως προς τη γλώσσα, την οργάνωση και την δομή του εκπαιδευτικού συστήματος και την επαγγελματική κατάρτιση με αποτέλεσμα αυτή να προσαρμόζεται στο σύστημα υγείας της κάθε χώρας ξεχωριστά. Σε αντίθεση με την Αμερική, όπου τα εκπαιδευτικά προγράμματα είναι δομημένα με παρόμοιο τρόπο, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν, η κάθε μία, το δικό τους πρόγραμμα σπουδών, με τα προγράμματα αυτά να διαφέρουν τόσο σε περιεχόμενο όσο και σε ακαδημαϊκό επίπεδο (Merkle 2006).

Στην Ελλάδα συνολικά τα καρδιολογικά κέντρα είναι δεκαοχτώ, ενώ ο αριθμός των τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας που εργάζονται είναι περίπου πενήντα, με τις επεμβάσεις ανοικτής καρδιάς να φτάνουν τις 10.000 το χρόνο. Πριν τη ίδρυση του μεταπτυχιακού προγράμματος εξειδίκευσης για τεχνικούς εξωσωματικής στην Ελλάδα, δεν υπήρχε κάποιο επίσημο πρόγραμμα σπουδών για τον συγκεκριμένο κλάδο. Όσοι ήθελαν να ακολουθήσουν αυτό το επάγγελμα, πιστοποιούνταν μέσω αναγνωρισμένων προγραμμάτων της EBCP, ή έπρεπε να σπουδάσουν σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπου υπάρχουν ήδη αναγνωρισμένες σχολές για τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας. Το 1993 εγκαθιδρύθηκε ο Ελληνικός Σύλλογος Αιμάτωσης (Greek Society of Perfusion), για να ενισχύσει την εκπαίδευση και τις συνθήκες εργασίας όσων δούλευαν σε αυτόν τον τομέα (Merkle 2006).

Για πρώτη φορά στην Ελλάδα σπουδές εξειδικευμένες στην εξωσωματική κυκλοφορία έγιναν πραγματικότητα το 2015, όταν στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης ξεκίνησε ένα πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών με τίτλο «Τεχνικές Εξωσωματικής Κυκλοφορίας-Τεχνολογία συσκευών Καρδιοχειρουργικής» (Α.Π.Θ.). Ο κύριος στόχος του προγράμματος είναι η ανάπτυξη και αναβάθμιση της επιστημονικής γνώσης στον τομέα “Τεχνικών Εξωσωματικής Κυκλοφορίας και της Τεχνολογίας συσκευών Καρδιοχειρουργικής”, η πρόοδος της επιστημονικής μελέτης πάνω στο αντικείμενο, καθώς και η προσφορά αντίστοιχου μεταπτυχιακού προγράμματος για την κάλυψη των αναγκών σε επιστημονικά στελέχη μεταπτυχιακού επιπέδου. Φοιτητές Σχολών Επιστημών Υγείας και Πολυτεχνικών Σχολών, Τμημάτων Βιολογικών και Φυσικών Επιστημών, Νοσηλευτικής Πανεπιστημιακών Τμημάτων, καθώς και πτυχιούχοι Τ.Ε.Ι. (Νοσηλευτικής και Ιατρικών Εργαστηρίων) μπορούν να κάνουν

αίτηση εισαγωγής στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών. Κάθε χρόνο το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης δέχεται στο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών, έως 10 μεταπτυχιακούς φοιτητές και πέντε απόφοιτους Πανεπιστημιακών Τμημάτων που επισήμως ασκούν το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας (Α.Π.Θ)

6.2 Ο ρόλος του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας

Ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας, εντάσσεται έως ένα βαθμό στους επαγγελματίες υγείας, αποτελώντας αναπόσπαστο κομμάτι της καρδιοχειρουργικής ομάδας. Με τον χειρισμό της μηχανής καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, η αλλιώς heart-lung machine, ο υπεύθυνος εξωσωματικής κυκλοφορίας αναλαμβάνει εξ ολοκλήρου την αιματική κυκλοφορία του ασθενούς που υπόκειται σε χειρουργείο καρδιάς (Tara et al. 2016). Το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας, εκπροσωπεί μία ειδικότητα που δεν περιορίζεται αποκλειστικά στην άσκηση της ιατρικής, καθώς συνδυάζει γνώσεις ιατρικής και γνώσεις πάνω σε τεχνικό και μηχανικό επίπεδο, προσφέροντάς την ικανότητα στον ειδικό να σχεδιάζει, να ετοιμάζει και να ελέγχει την εξωσωματική κυκλοφορία βασισμένος σε επιστημονικά στοιχεία (Bauer et al. 2020).

Η σχέση εμπιστοσύνης που αναπτύσσεται ανάμεσα στον χειρουργό και τον τεχνικό εξωσωματικής κυκλοφορίας, επιτρέπει στον τελευταίο να εκτελεί κάποιες ιατρικές διαδικασίες, όση ώρα διαρκεί η εξωσωματική κυκλοφορία, βέβαια, μόνο κατόπιν οδηγίας του ιατρού. Ακολουθεί δηλαδή, τις κατευθυντήριες γραμμές του νοσοκομείου όπου εργάζεται, και ορισμένα πρωτόκολλα αν είναι διαθέσιμα, τα οποία έχουν διαμορφωθεί από επαγγελματίες και ειδικούς πάνω σε αυτόν τον τομέα. Αντιθέτως, για τον χειρισμό και τον έλεγχο του μηχανήματος εξωσωματικής κυκλοφορίας, είναι υπεύθυνος μόνο ο εξειδικευμένος πάνω σε αυτό επαγγελματίας, ο οποίος οφείλει να υπολογίσει τις ιδιαιτερότητες του κάθε ασθενούς και να ενεργεί σύμφωνα με τις σχετικές νομικές απαιτήσεις.

Το εύρος δράσης του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας περιλαμβάνει την συμμετοχή του σε μηχανικές θεραπείες αντικατάστασης αγγείων και οργάνων (καρδιά, πνεύμονες, νεφροί), αλλά και σε επεμβάσεις μεταμόσχευσης θωρακικών οργάνων. Άλλο κομμάτι στο οποίο είναι υπεύθυνος ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι η καταγραφή των ιατρικών πράξεων και η λήψη διαφοροποιημένων μέτρων για την εξασφάλιση της ποιότητας, ενώ ακόμη μπορεί και να πάρει μέρος σε κλινικές ή πειραματικές έρευνες. Επιπλέον, ο ειδικός εξωσωματικής

κυκλοφορίας αναλαμβάνει την τεχνική υποστήριξη, την διατήρηση και τον χειρισμό των μηχανημάτων που επιλέγονται στα χειρουργεία (Bauer et al. 2020).

6.3 Επικοινωνία

Πάνω από 60 χρόνια εφαρμόζεται στα χειρουργεία η τεχνική της εξωσωματικής κυκλοφορίας. Η προεγχειρητική, διεγχειρητική και μετεγχειρητική φροντίδα του ασθενούς, λόγω των περίπλοκων διαδικασιών που περιλαμβάνει, επιβάλλουν την απόλυτη συνεργασία μεταξύ του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας, των ιατρών, και του αναισθησιολόγου. Ο καρδιοχειρουργός, ο αναισθησιολόγος, ο καρδιολόγος και ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας αποτελούν μία ομάδα, σκοπός της οποίας είναι η επιτυχής θεραπεία των καρδιακών ασθενών (Bauer et al. 2020). Το αποτέλεσμα ενός χειρουργείου καρδιάς βασίζεται στην ακρίβεια με την οποία ολοκληρώθηκε το χειρουργείο, στην διαχείριση των αναισθητικών και του αιμοδυναμικού του ασθενούς, αλλά και στην ομαλή διεκπεραίωση της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης (Gottlieb et al. 2018). Η λέξη κλειδί για την επιτυχή έκβαση του χειρουργείου είναι η “επικοινωνία”. Αποτελεί σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι του υγειονομικού τομέα, και ακόμα περισσότερο του χειρουργείου, όπου ο σωστός τρόπος συνεννόησης μεταξύ της χειρουργικής ομάδας παίζει σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότητα τους καθώς και στην ασφάλεια του ασθενούς σε καταστάσεις υψηλής πίεσης (Melchior et al. 2011). Το τρίγωνο εμπιστοσύνης που απαρτίζεται από τον χειρουργό, τον αναισθησιολόγο και τον τεχνικό εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι ένα απαραίτητο στοιχείο, που συμβάλλει στην ασφάλεια και την πετυχημένη ολοκλήρωση του χειρουργείου.

Η προετοιμασία του χειρουργείου περιλαμβάνει την συμμετοχή όλης της χειρουργικής ομάδας. Σε αυτό το στάδιο συμπεριλαμβάνεται και το σχέδιο του χειρουργείου, το οποίο αποφασίζεται ομόφωνα, όπως και το μέρος διασωλήνωσης του ασθενούς και το κατάλληλο μέγεθος των σωλήνων, ο βαθμός υποθερμίας που θα εφαρμοστεί, ειδικές τεχνικές παράκαμψης (bypass) όπως η βαθιά υποθερμική στάση κυκλοφορίας, το πλάνο διαχείρισης των προϊόντων αίματος, καθώς και η στιγμή αποσύνδεσης του ασθενούς από τους σωλήνες. Η επικοινωνία μεταξύ της χειρουργικής ομάδας κατά τη διάρκεια του χειρουργείου είναι σαφής, ξεκάθαρη, προβαρισμένη και συνοπτική. Ο συγκεκριμένος τρόπος βοηθάει στην διατήρηση μίας ήρεμης, ήσυχης και οργανωμένης αίθουσας χειρουργείου. Οποιαδήποτε αμφιβολία προκύψει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, από κάποιο μέλος της ομάδας, εισακούγεται.

Η εμπιστοσύνη είναι ο θεσμός πάνω στον οποίο βασίζεται η συγκεκριμένη στρατηγική, καθώς κάθε μέλος της ομάδας οφείλει να εμπιστεύεται τον συνεργάτη του και το γεγονός ότι εκείνος κάνει το καλύτερο για τον ασθενή. Είναι σημαντικό σε καταστάσεις υψηλής πίεσης, σύνηθες φαινόμενο σε χειρουργεία καρδιάς, να υπάρχει καλή επικοινωνία και συνεργασία, αφού αυτά τα χαρακτηριστικά συμβάλλουν στην αποτελεσματικότητα της χειρουργικής ομάδας όταν βρίσκονται αντιμέτωποι με κάποια μη προγραμματισμένη επιπλοκή πριν την έναρξη της καρδιοαναπνευστικής παράκαμψης. Όσον αφορά το μετεγχειρητικό στάδιο, η ομάδα συζητά τα σημεία της επέμβασης που θεωρεί σημαντικά για αναφορά και ο καθένας ξεχωριστά προσφέρει την δική του ανατροφοδότηση, πράγμα το οποίο βοηθάει στην βελτίωση των χειρουργικών πράξεων (Gottlieb et al. 2018).

Επειδή το κομμάτι της επικοινωνίας είναι τόσο σημαντικό στο χώρο του χειρουργείου, τα προγράμματα εκπαίδευσης των τεχνικών εξωσωματικής προσάρμοσαν με τέτοιο τρόπο τις εκπαιδευτικές ώρες, ώστε να προσφέρουν περισσότερο χρόνο στη διδακτική και κλινική εκπαίδευση των μαθητών, και έτσι να μπορούν να συμβαδίσουν με τις τεχνολογικές εξελίξεις. Με λίγα λόγια απαραίτητο στοιχείο για την πρόοδο ενός φοιτητή αυτού του προγράμματος είναι να έχει ένα «βασικό επίπεδο» στον κομμάτι της επικοινωνίας. Έτσι εξασφαλίζεται καλύτερα η ασφάλεια και η αποδοτικότητα των φοιτητών που κάνουν πρακτική άσκηση. Η συνεχής αξιολόγηση της ακρίβειας και του χρόνου ανταπόκρισης του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια του χειρουργείου, προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στο εκπαιδευτικό κομμάτι και συμβάλλει στην εξοικείωση των φοιτητών με το κομμάτι της επικοινωνίας όσον αφορά το κλινικό πλαίσιο (Melchior et al. 2011).

6.4 Κούραση, άγχος, και burnout ανάμεσα στους τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας

Το χειρουργείο ανοικτής καρδιάς είναι μία σοβαρή και υπεύθυνη διαδικασία και για αυτό υπάρχει η απαίτηση ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας να είναι διαθέσιμος όλο το εικοσιτετράωρο και να ανταποκρίνεται άμεσα όταν τον ζητούν. Αναπόφευκτα λοιπόν, ο ειδικός της εξωσωματικής κυκλοφορίας περνάει μεγάλο διάστημα της ημέρας του στην αίθουσα του χειρουργείου, παρέχοντας βοήθεια στην φροντίδα του ασθενούς υπό επείγουσες συνθήκες ακόμη και αν χρειαστεί να περάσει όλη τη μέρα εκεί. Η κούραση που παρατηρείται μετά από τις τόσες ώρες στο χειρουργείο είναι αποτέλεσμα της οξείας στέρησης ύπνου και της διαταραχής

του κερκαδικού ρυθμού των επαγγελματιών. Έρευνες που διεξάχθηκαν στον ιατρικό κλάδο, έδειξαν πως η στέρηση ύπνου είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην μείωση της αποδοτικότητας των τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας. Η μείωση της αποδοτικότητας μπορεί να επιφέρει επικίνδυνες συνέπειες στην ασφάλεια του ασθενούς. Το 1986 είχε γίνει μελέτη από τον Kurusz και τους συνεργάτες του, σχετικά με τα ατυχήματα κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. Παρόλο που δεν υπήρχε κάποια συγκεκριμένη ερώτηση σχετικά με την στέρηση ύπνου, το 10% των συμμετεχόντων σχολίασαν πως η “κούραση”, ή η αφαίρεση της προσοχής από την κούραση ήταν αιτίες που προκαλούσαν ατυχήματα την ώρα του χειρουργείου. Σύγχρονες μελέτες αποδεικνύουν πως η στέρηση ύπνου ανάμεσα στο προσωπικό της εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι ένα αρκετά συχνό φαινόμενο που έχει προκαλέσει ανησυχία. Από έρευνα που διεξήχθη από τους Trew, Searles, Smith και Darling, τα αποτελέσματα έδειξαν πως ένα ποσοστό, τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας, πάνω από 65% πραγματοποιεί καρδιοπνευμονική παράκαμψη για 23 συνεχόμενες ή και παραπάνω ώρες. Το ένα τρίτο από τους συμμετέχοντες απάντησαν πως ανησυχούν για την ικανότητα τους να διαχειριστούν το κύκλωμα εξωσωματικής κυκλοφορίας εξαιτίας της εξάντλησης που αισθάνονται, ενώ οι μισοί ανέφεραν πως είχαν κάποια επεισόδια “microsleep”, κατάσταση κατά την οποία το άτομο μπορεί να κοιμηθεί για λίγα δευτερόλεπτα ή παρουσιάζει έντονη υπνηλία. Επίσης τα δύο τρίτα των συμμετεχόντων απάντησαν πως έχουν κάνει λάθη κατά τη διάρκεια του χειρουργείου λόγω εξάντλησης (Trew et al. 2011).

Ενώ έχουν γίνει πολλές μελέτες σχετικά με το “burnout” σε άλλα επαγγέλματα, υπάρχουν λίγες μελέτες πάνω σε αυτό το θέμα όσον αφορά το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας. Το επαγγελματικό burnout, είναι ένας όρος με τον οποίο περιγράφεται “ μία χρόνια κατάσταση πνευματικού, σωματικού και ψυχολογικού στρες, το οποίο είναι αποτέλεσμα της πολύωρης έκθεσης (του επαγγελματία) στις απαιτήσεις της εργασίας του και η υποσυνείδητη αντίδραση του ατόμου στον οργανισμό για τον οποίο εργάζεται, στα καθήκοντά του, στους συναδέλφους του και στους ασθενείς” (Bui et al. 2011). Τα άτομα που εμφανίζουν σύνδρομο burnout, μπορεί να εκδηλώσουν κλινικά συμπτώματα όπως εξάντληση, διαταραχές ύπνου, διατροφικές διαταραχές, ψυχολογική αστάθεια, συγκρούσεις σε διαπροσωπικό επίπεδο, χρήση αλκοόλ και ναρκωτικών. Σε μελέτη που έγινε από τους Bui, Hodge, Shackelford και Acsell, με συμμετοχή 336 τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας της AmSECT, τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπάρχει σχέση ανάμεσα στο burnout και τις απαιτήσεις

στο χώρο της εργασίας συμπεριλαμβανομένης της αύξησης του επιπέδου του στρες, τις συγκρούσεις, τα καθήκοντα, τις ώρες εργασίας (Bui et al. 2011).

Το επίπεδο του στρες που αντιμετωπίζουν οι επαγγελματίες εξωσωματικής κυκλοφορίας, κατά τη διάρκεια της σύνδεσης και αποσύνδεσης του ασθενούς στο μηχάνημα εξωσωματικής κυκλοφορίας, έχει συγκριθεί με εκείνο των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας. Στην μελέτη που συμμετείχαν 104 επαγγελματίες εξωσωματικής κυκλοφορίας και της οποίας σκοπός ήταν να προσδιορίσει τον τύπο ανθρώπων που μπορούν να ανταπεξέλθουν κάτω από τις δύσκολες συνθήκες του συγκεκριμένου επαγγέλματος, αλλά και σε άλλες καταστάσεις υψηλού στρες, τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι επαγγελματίες διατηρούσαν μία συνεχόμενη ισορροπία ανάμεσα στα προσωπικά τους συναισθήματα και τις συμπεριφορές που έδειχναν προς τα έξω. Είναι πολύ σημαντικό να διατηρείται ισορροπία στις αξίες ενός ατόμου, στις γνώσεις του, και τα συναισθήματά του, καθώς φαίνεται πως αυτό συμβάλλει στην αποτελεσματική αντιμετώπιση του επαναλαμβανόμενου στρες που βρίσκονται οι ειδικοί, την ώρα που προσπαθούν να διατηρήσουν στην ζωή τον ασθενή κατά τη διάρκεια του χειρουργείου ανοικτής καρδιάς. Αυτή η ισορροπία προσφέρει την δυνατότητα στους επαγγελματίες υγείας να μπορέσουν να διαχειριστούν το στρες στην σύγχρονη αυτή εποχή. Στο μέλλον θα υπάρχει η προϋπόθεση οι τεχνικοί εξωσωματικής κυκλοφορίας να έρχονται σε επαφή με τους ασθενείς που πρόκειται να αναλάβουν, πράγμα το οποίο παλιότερα δεν θεωρούνταν αναγκαίο. Επιπλέον υπάρχει περίπτωση αρκετοί επαγγελματίες αυτού του κλάδου να εκδηλώσουν έντονο στρες μελλοντικά, εξαιτίας των αλλαγών που θα προκύψουν στον συγκεκριμένο τομέα και την ανάγκη των τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας για προσαρμογή (Friday & Mook 1991)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συμπερασματικά, μπορεί να ειπωθεί ότι το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας ήρθε να καλύψει τις αυξημένες απαιτήσεις της διαχείρισης της μηχανής εξωσωματικής κυκλοφορίας αλλά και των αναγκών που προέκυψαν, εξαιτίας της διευρυμένης πραγματοποίησης χειρουργείων καρδιοπνευμονικής παράκαμψης από τη δεκαετία του 1960 και έπειτα. Η ίδρυση το 1974, του Αμερικανικού Συμβουλίου της Καρδιοπνευμονικής Παράκαμψης (ABCP) και η αναγνώριση του επαγγέλματος των τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας το 1977, από την Αμερικανική Ιατρική Ένωση ήταν μονόδρομος, αφού η συγκεκριμένη ειδικότητα κάλυπτε τις απαιτήσεις χειρουργείων υψηλής εξειδίκευσης και είχε σύνθετο ρόλο μέσα σε αυτά, τόσο σε πρακτικό όσο και σε θεωρητικό επίπεδο.

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η ίδρυση ενός συλλόγου τεχνικών εξωσωματικής κυκλοφορίας EBSP, εξασφάλισε την ακεραιότητα του επαγγέλματος, μέσω ειδικών προγραμμάτων εκπαίδευσης, και ταυτόχρονα προστασία όσον αφορά τα δικαιώματα των ειδικών εξωσωματικής κυκλοφορίας. Η δημιουργία άλλωστε περισσότερων από 5344 κλινικών παγκοσμίως, που παρέχουν εξειδικευμένα εκπαιδευτικά προγράμματα σε τεχνικούς εξωσωματικής κυκλοφορίας, αποτελεί απόδειξη της αναγκαιότητας ύπαρξης του επαγγέλματος και της απαίτησης για συνεχή κατάρτιση, που αυτό πρέπει να λαμβάνει.

Επίσης, γίνεται φανερό, ότι ο τεχνικός εξωσωματικής κυκλοφορίας είναι εφοδιασμένος με μια πληθώρα γνώσεων λειτουργίας της μηχανής εξωσωματικής κυκλοφορίας, του λοιπού εξοπλισμού και των κλινικών τεχνικών, ώστε να μπορεί να δίνει λύσεις σε δυσκολίες που προκύπτουν κατά τη διάρκεια των χειρουργείων, οι οποίες δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν από το υπόλοιπο προσωπικό.

Στην Ελλάδα το πρώτο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών με τίτλο «Τεχνικές Εξωσωματικής Κυκλοφορίας-Τεχνολογία συσκευών Καρδιοχειρουργικής», του τμήματος Ιατρικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, προσφέρει τη δυνατότητα εξειδίκευσης σε νέα άτομα πάνω στο κομμάτι της εξωσωματικής κυκλοφορίας, αλλά και σε ειδικούς που εργάζονται ήδη σε αυτόν τον τομέα και δεν κατέχουν κάποιον τίτλο σπουδών.

Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση φαίνεται λοιπόν, ότι το επάγγελμα του τεχνικού εξωσωματικής κυκλοφορίας αποτελεί πια αναπόσπαστο κομμάτι της Καρδιοχειρουργικής, και το μέλλον του ως συμμαχικού επαγγέλματος υγείας συνδέεται άρρηκτα με το δικό της μέλλον.

Και τα δύο θα μεταβάλλονται ακολουθώντας τις νέες προόδους στην τεχνολογία, καθώς οι νέες διευρυμένες τεχνικές και ο βελτιωμένος εξοπλισμός αυξάνουν τις εφαρμογές της προσωρινής μηχανικής κυκλοφορίας. Επομένως, από την στιγμή που υπάρχουν τόσο ραγδαίες εξελίξεις στις τεχνικές και στη θεραπεία των καρδιαγγειακών παθήσεων, οι τεχνικοί εξωσωματικής κυκλοφορίας δεν μπορούν παρά να τις ακολουθήσουν.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανωγειανάκης Γ., Παπαδημητρίου Ε., Χανιώτης Δ. (2009). Βασικές Αρχές Φυσιολογίας του Ανθρώπου. Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα.

Αρβανίτης Δ., Καναβάρος Π., Νάτσης Κ., Τζανακάκης Γ. (2013). Κλινική Ανατομία. Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, Λευκωσία.

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Ιατρική Σχολή.
<https://www.perfusionmaster.gr/katigories-eisaktewn.aspx> [10 Αυγούστου]

Γελαδάς Ν., Τσακόπουλος Μ. (2011). Φυσιολογία του Ανθρώπου : Μηχανισμοί της Λειτουργίας του Οργανισμού. Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, Λευκωσία.

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2018. ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Γ6α/Γ.Π.οικ.84181/ΦΕΚ Β' 4972/7.11.2018. Διαθέσιμο στο:
<http://www.dsnet.gr/Epikairothta/Nomothesia/yaoik84181.htm> [6 Αυγούστου]

Φίσκα Α. (2012). Grant's Ανατομία: Έγχρωμος Άτλας. Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ailwadi, Gorav, Zacour, Richard K. (2009). Cardiopulmonary Bypass/Extracorporeal Membrane Oxygenator/ Left Heart Bypass: Indications, Techniques, and Complications. Surgical Clinics of North America, 89(4), 781-796.

Anderson R., Nolan S., Edmunds H., et al. (1986). Cardiovascular perfusion: Evolution to allied health profession and status 1986. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 92(4), 790-794.

Baikoussis N., Papakonstantinou N., Apostolakis E. (2014). The “benefits” of the mini-extracorporeal circulation in the minimal invasive cardiac surgery era. *Journal of Cardiology*, 63(6), 391-396.

Bauer A., Benk C., Thiele H., et al. (2020). Qualification, knowledge, tasks and responsibilities of the clinical perfusionist in Germany. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, 30(5), 661-665.

Curtis N., Vohra H., Ohri S. (2010). Mini extracorporeal circuit cardiopulmonary bypass system: a review. *Perfusion*, 25(3), 115-124.

Bell P., Diffie G.T. (1991). *Cardiopulmonary Bypass Principles, Nursing Implications*. *AORN Journal*, 53(6), 1480-1504.

Bellway D., Rubens F.D., Tran D.T.T. (2018). Practice meta-environment of the cardiovascular perfusionist. *Perfusion*, 33(1), 83-84.

Besser M. W., Klein A. A. (2011). The coagulopathy of cardiopulmonary bypass. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 47 (5-6), 197-212.

Boettcher W., Merkle F., Weitkemper H.H. (2003). History of Extracorporeal Circulation: The Conceptual and Developmental Period. *The Journal of extra-corporeal technology*, 35(3), 172-183.

Bui J., Hodge A., Shackelford A. et al. (2011). Factors contributing to burnout among perfusionist in the United States. *Perfusion*, 26 (6), 461-466.

Chilton V., Klein A. (2009). *Equipment and monitoring*. Στο: Gosh S., Falter F., Cook, D.J. *Cardiopulmonary Bypass*. Cambridge: Cambridge University Press. Σελ. 11-22.

Colah S., Gray, S. (2009). Circuit setup and safety checks. Στο: Ghosh S., Falter F., Cook D.J. Cardiopulmonary Bypass. Cambridge, UK: University Press. 23-35.

Evans B., Dunningham H., Wallwork J. (2009). Conduct of cardiopulmonary bypass. Στο Gosh S., Falter F. and Cook D.J. Cardiopulmonary Bypass. Cambridge, UK: University Press. 54-69.

Friday P.J., Mook W.J. (1991). The Cardiovascular Perfusionist as a Model for the Successful Technologist in High Stress Situations. Occupational Medicine, 41(4), 151-156.

Gravlee G.P., Davis R. F, Stammers A. H. (2008). Cardiopulmonary Bypass: Principles and practice. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.

Gottlieb E. A., Mueller M. W., Fraser C.D. Jr. (2018). The Critical Triangle of Trust in Congenital Heart Surgery: Surgeon, Anesthesiologist, Perfusionist. World Journal for Pediatric and Congenital Surgery, 9(5), 591-592.

Hessel E.A. (2015). History of Cardiopulmonary Bypass (CPB). Best practice & Research Clinical Anaesthesiology, 29 (2), 99-111.

Hessel E.A. (2014). A Brief History of Cardiopulmonary Bypass. Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 18 (2), 87-100.

Horton S.B., Donath S., Thuys C.A., et al. (2011). Intergrated Oxygenator FX05. ASAIO Journal, 57(6), 522-6.

Jameel S., Colah S., Klein A. A. (2010). Recent Advances in Cardiopulmonary bypass techniques. Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain, 10(1), 20-23.

Kirklin J.K. (1991). Prospects for Understanding and Eliminating the Deleterious Effects of Cardiopulmonary Bypass. The Annals of Thoracic Surgery, 51(4), 529-531.

Kirklin J.K., Blackstone E.H., Kirklin J.W. (1987). Cardiopulmonary Bypass: Studies on Its Damaging Effects. *Blood Purification*, 5(2-3), 168-178.

Lannemyr L., Bregadottir G., Krumbholz V. et al. (2017). Effects of Cardiopulmonary Bypass on Renal Perfusion, Filtration, and Oxygenation in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Anesthesiology*, 126(2), 205-213.

Lich B.V., Brown D.M. (2004). *The manual of clinical perfusion*. United States of America: A Perfusion.com Publication, Florida.

Melchior R.W., Rosenthal T., Schiavo K. et al. (2011). A systematic evaluation of the core communication skills expected of a perfusionist. *Perfusion*, 27(1), 43-48.

Merkle F., Forcades M.T.M, Pomar J.L. et al. (2014). Statement on the qualification of cardiovascular perfusionists. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, 18(4), 409-410.

Merkle F. (2010). From pump technicians to qualified health personnel- the evolution of the perfusionist profession. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, 10(4), 496-497.

Merkle F. (2006). Perfusion Education and Training in Europe. *Perfusion*, 21(3), 3-12.

Mongero B.L., Beck R.J. (2008). *On bypass: advanced perfusion techniques*. Hyman Press, New York.

Mora-Mangano C., Chow J., Kanesky L.M. (2008). Cardiopulmonary Bypass and the Anesthesiologist. Στο Kaplan J. *Kaplan's Essentials of Cardiac Anesthesia* (2^η Εκδ.). Elsevier. 513-545.

Nishinaka T., Nishida H., Endo M. et al. (1994). Less Platelet Damage in the Curved Vane Centrifugal Pump: A Comparative Study with the Roller Pump in Open Heart Surgery. *Artificial Organs*, 18(9), 687-690.

Noora J., Lamy A., Smith K.M. et al. (2003). The effect of oxygenator membranes on blood: a comparison of two oxygenators in open-heart surgery. *Perfusion*, 18(5), 313-320.

Parizkova B., Gray S.J. (2012). Routine conduct of cardiopulmonary bypass. Στο Mackay J.H., Arrowsmith J.E. *Core Topics in Cardiac Anesthesia* (2^η Εκδ.). Cambridge University Press, Cambridge, 175-180.

Remadi J.P., Marticho P., Butoi I. et al. (2004). Clinical Experience With the Mini-Extracorporeal Circulation System: An Evolution or a Revolution?. *The Annals of Thoracic Surgery*, 77(6), 2172-2176.

Saad H., Aladawy M. (2013). Temperature management in cardiac surgery. *Global Cardiology Science and Practice*, 2013(1), 44-62.

Sarkar M., Prabhu V. (2017). Basics of Cardiopulmonary Bypass. *Indian Journal of Anesthesia*, 61(9), 760-767.

Sistino J.J. (2003). Expanding the role of perfusionists in the era of new treatment options for cardiovascular disease. *Perfusion*, 18(4), 253-256.

Stoney W.S. (2009). Historical Perspectives in Cardiology: Evolution of cardiopulmonary bypass. *Circulation*, 119(21), 2844-2853.

Takarabe K., Yoshikai M., Masaru M. et al. (1996). Clinical Evaluation of the Centrifugal Pump in Open Heart Surgery: A Comparative study of Different Pumps. *Artificial Organs*, 21(7), 760-762.

Tara, S.W., Cheong, R.H.E., Boonkiangwong, N. (2016). Role of a perfusionist in patient blood management. *ISBT Science Series*, 11(2), 86-90.

The European Board of Cardiovascular Perfusion. <https://www.ebcp.eu/members.html> [10 Αυγούστου]

The Canadian Society of Clinical Perfusion, 1990. The role of clinical perfusionist in Canada. Διαθέσιμο στο: <https://www.cscp.ca/resources/standards> [15 Ιουλίου]

Toomasian J.M., Searles B., Kurusz M. (2003). The evolution of perfusion education in America. *Perfusion*, 18(4), 257-265.

Trapp C., Schiller W., Meller F. et al. (2015). Retrograde Autologous Priming as a Safe and Easy Method to Reduce Hemodilution and Transfusion Requirements during Cardiac Surgery. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, 63(7), 628-634.

Trew A., Searles B., Smith T. et al. (2011). Fatigue and extended work hours among cardiovascular perfusionists: 2010 Survey. *Perfusion*, 26(5), 361-370.

Whitbread J., Gray S.J. (2012). Cardiopulmonary bypass equipment. Στο Mackay J.H., Arrowsmith J.E. *Core Topics in Cardiac Anesthesia*. Cambridge University Press. 345-354.