



**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ - ΚΑΡΔΙΟ-ΟΓΚΟΛΟΓΙΑ - ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΗ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»**

(MSc in Heart Failure - Cardio-oncology - Cardiac Rehabilitation)



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Μακροχρόνια μηχανική υποβοήθηση της αριστερής και δεξιάς κοιλίας»

υπό

Καλαμπόκας Νικόλαος

Καρδιοχειρουργός / Ιατρός

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Καρδιακή ανεπάρκεια – Καρδιο-ογκολογία – Καρδιαγγειακή αποκατάσταση»

Λάρισα, Ιανουάριος 2025



**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ - ΚΑΡΔΙΟ-ΟΓΚΟΛΟΓΙΑ - ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΗ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»**

(MSc in Heart Failure - Cardio-oncology - Cardiac Rehabilitation)



Long-term mechanical assistance of the left and right ventricles

«Βεβαιώνω ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα δικής μου δουλειάς και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής. Στις δημοσιευμένες ή μη δημοσιευμένες πηγές έχω χρησιμοποιήσει εισαγωγικά και όπου απαιτείται έχω παραθέσει τις πηγές τους στο τμήμα της βιβλιογραφίας».

Υπογραφή:

Καλαμπόκας Νικόλαος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, 2022

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΚΟΥΛΑΡΙΓΚΗΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιβλέπων:

Σκουλαρίγκης Ιωάννης, *Καθηγητής Καρδιολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Αθανασίου Αθανάσιος, *Καθηγητής Καρδιοθωρακοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-(Επιβλέπων),*
2. Ξανθόπουλος Ανδρέας, *Επίκουρος Καθηγητής Καρδιολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-(Επιβλέπων),*
3. Πάντσιος Χρήστος, *Επιμελητής Β' Καρδιολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-(Επιβλέπων)*

Αναπληρωματικό μέλος:

Παπαμιχάλης Μιχαήλ, *Επιμελητής Α' Καρδιολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

Long – term mechanical assistance of the left and right ventricle

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	
ABSTRACT.....	
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	i
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	ii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	2
1.Η ανατομία της καρδιάς	2
2.Καρδιακή ανεπάρκεια	4
2.1.Ορισμός.....	4
2.2.Επιδημιολογικά δεδομένα.....	7
3.Ανάγκη για μηχανική υποβοήθηση.....	7
3.1.Οφέλη, στόχοι και πιθανές παρενέργειες	7
3.2.Τύποι μηχανικών συστημάτων υποβοήθησης	9
3.2.1. Καρδιοαναπνευστικά υποβοηθητικά συστήματα (π.χ. IABP - Ενδοαορτική αντλία)	9
3.2.2. Συστήματα εξωσωματικής οξυγόνωσης (ECMO)	10
3.2.2.1.VA ECMO.....	11
3.2.2.2.VV ECMO.....	12
3.2.3.Σύστημα της Impella (CP-3.5 και 5.5)	12
3.2.4.Σύστημα CARMAT	13
3.2.5. Συσκευές υποβοήθησης κοιλιών (VAD: Ventricular Assist Devices)	13
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	17
1.Είδη και δυνατότητες συσκευών υποβοήθησης κοιλιών.....	17
1.1.Ορισμός.....	17

1.2.Διάκριση μεταξύ LVAD (Left Ventricular Assist Device -Συσκευή Υποβοήθησης Αριστερής Κοιλίας) και RVAD (Right Ventricular Assist Device - Συσκευή Υποβοήθησης Δεξιάς Κοιλίας).....	18
1.3.Λειτουργία	19
1.4.Ιδιότητες LVAD (Left Ventricular Assist Device - Συσκευών Υποβοήθησης Αριστερής Κοιλίας).....	19
1.4.1.Περιγραφή λειτουργίας.....	19
1.4.2.Ενδείξεις χρήσης	20
1.4.3.Τεχνολογία και είδη.....	21
1.4.4.Χειρουργική τοποθέτηση και μακροχρόνια παρακολούθηση	22
1.4.5.Κίνδυνοι και επιπλοκές.....	23
1.5.Ιδιότητες RVAD (Right Ventricular Assist Device - Συσκευών Υποβοήθησης Δεξιάς Κοιλίας).....	25
1.5.1.Περιγραφή λειτουργίας.....	25
1.5.2.Ενδείξεις χρήσης	26
1.5.3.Τεχνολογία και είδη.....	26
1.5.4.Χειρουργική τοποθέτηση και μακροχρόνια παρακολούθηση	27
1.5.5.Κίνδυνοι και επιπλοκές.....	27
1.6.Συνδιαστική χρήση LVAD (Left Ventricular Assist Device - Συσκευή Υποβοήθησης Αριστερής Κοιλίας) και RVAD (Right Ventricular Assist Device - Συσκευή Υποβοήθησης Δεξιάς Κοιλίας) – Συστήματα Bi-VAD.....	28
2.Εναλλακτικά συστήματα υποβοήθησης	28
2.1.Εξωσωματική Οξυγόνωση (ECMO)	28
2.1.1. VA ECMO	28
2.1.2.VV ECMO	29
2.2.Ενδοαορτική αντλία (IABP)	30
2.3.Tandemheart Protekt Duo cannula (LivaNova)	31
2.4.Impella	32

2.5.Berlin Heart Excor System	32
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	34
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	36
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	37

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση επιχείρησε να παρουσιάσει και να συγκρίνει τις διαθέσιμες επιλογές μηχανικών συσκευών μακροχρόνιας υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας, παρουσιάζοντας ένα φάσμα θεραπευτικών επιλογών που μπορούν να χρησιμεύσουν είτε ως οριστική θεραπεία είτε ως υποστηρικτικά μέτρα για τον ασθενή κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Κάθε μέθοδος που παρουσιάστηκε έχει διακριτά οφέλη και μειονεκτήματα, στοχεύοντας σε διαφορετικές δημογραφικές ομάδες ασθενών. Όπως διαπιστώθηκε από την ανασκόπηση των πηγών, οι εξελίξεις στην τεχνολογία και την επιστημονική έρευνα παρέχουν συνεχώς νέα δεδομένα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις εξατομικευμένες θεραπευτικές παρεμβάσεις. Η ανάλυση των πηγών υποδεικνύει την ανάγκη για περισσότερη έρευνα σχετικά με την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των μακροπρόθεσμων συστημάτων υποστήριξης της αριστερής και της δεξιάς κοιλίας, η οποία θα βοηθήσει στον καθορισμό της κατάλληλης θεραπευτικής επιλογής για κάθε ασθενή, καθώς και την ενίσχυση των θεραπευτικών αποτελεσμάτων.

Λέξεις – Κλειδιά: καρδιακή ανεπάρκεια, καρδιογενή καταπληξία, μηχανική υποστήριξη του κυκλοφορικού, VAD, ECMO, Impella, IABP, TandeHeart, Carmat, Berlin Heart.

ABSTRACT

The present literature review attempted to present and compare the available options for long-term mechanical left and right ventricular assist devices, presenting a range of treatment options that can serve either as definitive treatment or as supportive measures for the patient during treatment. Each method presented has distinct benefits and limitations, targeting different patient demographics. Advances in technology and scientific research are constantly providing new data to be considered in individualized treatment interventions. The analysis of the sources suggests the need for more research on the safety and efficacy of long-term left and right ventricular support systems, which will help determine the appropriate treatment option for each patient, as well as enhance therapeutic outcomes.

Keywords: heart failure, cardiogenic shock, mechanical circulatory support, VAD, ECMO, Impella, IABP, TandeHeart, Carmat, Berlin Heart.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επειδή μια επιστημονική μελέτη δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από ένα άτομο, αισθάνομαι την ανάγκη να αναφερθώ και να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με τον τρόπο τους να ολοκληρωθεί η διπλωματική μου εργασία και στήριξαν αυτή μου την προσπάθεια.

Πρώτα από όλα το Πανεπιστήμιο της Λάρισας για τους νέους ορίζοντες γνώσης και σκέψης που ανοίγει μέσα από το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Τον καθηγητή κύριο Αθανασίου καθώς και τον καθηγητή κύριο Ξανθόπουλο, για την επίβλεψη της Διπλωματικής Εργασίας, για τις ουσιαστικές παρατηρήσεις και υποδείξεις της και για την συστηματική επιστημονική καθοδήγηση που μου προσέφεραν όλο αυτό το διάστημα της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Η ανατομία του καρδιακού οργάνου (Πηγή εικόνας: https://images.app.goo.gl/skQ2y7jg8CHTNtcc8)	3
Εικόνα 2: Καρδιακή ανεπάρκεια (Πηγή εικόνας: https://images.app.goo.gl/zMowj3kGRhmcA94z6)	5
Εικόνα 3: LVAD (Πηγή εικόνας: https://images.app.goo.gl/363Yi9LJCF24ySLj8)	14
Εικόνα 4: Ventricular assist device – VAD (Πηγή εικόνας: https://images.app.goo.gl/c3SUmFGakzBoPBSR6)	17
Εικόνα 5: Right and left ventricular assist device (Πηγή εικόνας: Mayo Clinic, 2024).....	18
Εικόνα 6: ECMO Device (Πηγή εικόνας: https://images.app.goo.gl/GtCkqiaxEttPg6gy7).....	29
Εικόνα 7: IABP (Πηγή εικόνας: https://images.app.goo.gl/v2No5B8WQAxiiCvi7)	30
Εικόνα 8: Tandemheart Protekt Duo cannula (Πηγή εικόνας: https://images.app.goo.gl/kd7XoD4wCtjxCpbDA)	31

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μία βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία έχει ως στόχο της να αναδείξει και να συγκρίνει τα διαθέσιμα συστήματα μακροχρόνιας μηχανικής υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην συγκέντρωση και την ανάλυση σύγχρονων επιστημονικών δεδομένων για ένα εξαιρετικά σημαντικό πεδίο της θεραπείας και υποστήριξης των ασθενών με καρδιαγγειακά προβλήματα.

Πιο συγκεκριμένα, μέσα από την ανασκόπηση δευτερογενών πηγών, απαντώνται τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποια είναι τα διαθέσιμα συστήματα μακροχρόνιας μηχανικής υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας;
- Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων μακροχρόνιας μηχανικής υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας;
- Ποιες επιπλοκές συνδέονται με τη χρήση συστημάτων μακροχρόνιας μηχανικής υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας;
- Ποιοι ασθενείς είναι επιλέξιμοι για την τοποθέτηση συστημάτων μακροχρόνιας μηχανικής υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας;

Η εργασία δομείται δύο μέρη, τα οποία περιλαμβάνουν το γενικό μέρος, που αποτελεί μία ευρύτερη επισκόπηση του θέματος και το ειδικό μέρος, που εστιάζει συγκεκριμένα σε κάθε διαθέσιμη μέθοδο μακροχρόνιας μηχανικής υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας, παρουσιάζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, καθώς και τις περιπτώσεις ασθενών για τις οποίες είναι κατάλληλοι. Τέλος, ακολουθεί η συζήτηση και τα συμπεράσματα της μελέτης, με τα οποία ολοκληρώνεται η εργασία.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Η ανατομία της καρδιάς

Η καρδιά αποτελεί ένα όργανο του σώματος που συλλέγει το αίμα από το σώμα, το μεταφέρει στους πνεύμονες για οξυγόνωση και διευκολύνει την αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια, μεταφέρει οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες και το διαχέει σε όλο το σώμα [1]. Η καρδιά κυκλοφορεί καθημερινά περίπου 7.200 λίτρα αίματος σε όλο το σώμα. Βρίσκεται κοντά στο κέντρο του θώρακα και είναι προσανατολισμένη ελαφρώς προς τα αριστερά. Η καρδιά πραγματοποιεί κατά μέσο όρο περίπου 100.000 χτύπους ημερησίως και συνολικά περίπου 3 δισεκατομμύρια χτύπους κατά τη διάρκεια μιας ζωής [2].

Η καρδιά ενός ενήλικα πάλλεται 60 έως 80 φορές το λεπτό, ωστόσο η καρδιά ενός νεογέννητου πάλλεται με ρυθμό 70 έως 190 χτύπων το λεπτό, που είναι ταχύτερος από αυτόν ενός ενήλικα [3]. Η καρδιά είναι ένα κωνικό, κοίλο μυϊκό όργανο που βρίσκεται στο κεντρικό μεσοθωράκιο και περιβάλλεται από το περικάρδιο. Βρίσκεται πίσω από το σώμα του στέρνου, με το ένα τρίτο δεξιά και τα δύο τρίτα αριστερά της μέσης γραμμής. Οι διαστάσεις της καρδιάς είναι 12 x 8,5 x 6 cm, με βάρος περίπου 310 g για τους άνδρες και 255 g για τις γυναίκες [4].

Το τοίχωμα της καρδιάς αποτελείται από τρία στρώματα που περικλείονται μέσα στο περικάρδιο, ένα ινώδες περίβλημα που περικλείει την καρδιά. Το επικάρδιο είναι η εξωτερική στιβάδα του καρδιακού τοιχώματος, ένα πλακώδες επιθήλιο που αποτελείται από την σπλαχνική στιβάδα του ορογόνου περικαρδίου. Το μυοκάρδιο είναι η μυϊκή μεσαία στιβάδα του καρδιακού τοιχώματος, που αποτελείται από τον διεγέρσιμο ιστό και το σύστημα αγωγής. Τέλος, το ενδοκάρδιο αποτελεί να ομόκεντρο στρώμα με τη μορφή μεμβράνης που καλύπτει το εσωτερικό της καρδιάς [5].

Η καρδιά χωρίζεται με διαφράγματα σε δεξιό και αριστερό μισό, με μια στένωση να χωρίζει κάθε τμήμα σε δύο θαλάμους: ο άνω θάλαμος ονομάζεται κόλπος και ο κάτω θάλαμος κοιλία. Η καρδιά αποτελείται από τέσσερις θαλάμους [5, 6]:

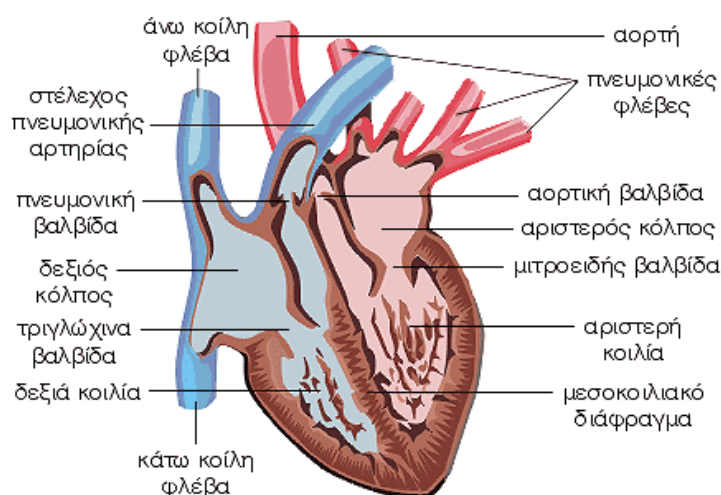
Δεξιός κόλπος

Αριστερός κόλπος

Δεξιά κοιλία

Αριστερή κοιλία

Το φλεβικό αίμα που επιστρέφει από το σώμα εισέρχεται στον δεξιό κόλπο μέσω της άνω κοίλης φλέβας, της κάτω κοίλης φλέβας και του στεφανιαίου κόλπου. Ο δεξιός κόλπος προωθεί το αίμα μέσω της τριγλώχινας βαλβίδας στη δεξιά κοιλία. Η δεξιά κοιλία προωθεί το αίμα μέσω της πνευμονικής βαλβίδας στον πνευμονικό κορμό για οξυγόνωση στους πνεύμονες. Το αίμα που επιστρέφει από τους πνεύμονες εισέρχεται στον αριστερό κόλπο μέσω των τεσσάρων πνευμονικών φλεβών. Ο αριστερός κόλπος προωθεί το αίμα μέσω της διγλώχινας (μιτροειδούς) βαλβίδας στην αριστερή κοιλία. Η αριστερή κοιλία εκτοξεύει το αίμα μέσω της αορτικής βαλβίδας στην ανιούσα αορτή για την αιμάτωση του σώματος [7].



Εικόνα 1: Η ανατομία του καρδιακού οργάνου (Πηγή εικόνας: <https://images.app.goo.gl/skQ2y7jg8CHTNtcc8>)

Οι καρδιακές βαλβίδες παρέχουν μονόδρομη ροή αίματος και αποτρέπουν την παλινδρόμηση. Η καρδιά περιέχει δύο ζεύγη βαλβίδων: ένα ζεύγος κολποκοιλιακών βαλβίδων και ένα ζεύγος μηνοειδών βαλβίδων. Και οι τέσσερις καρδιακές βαλβίδες (αορτική, μιτροειδής, πνευμονική, τριγλώχιν) εξυπηρετούν μια συγκεκριμένη λειτουργία: διευκολύνουν την προς τα εμπρός ροή του αίματος, ενώ εμποδίζουν την ανάδρομη ροή του.

Η καρδιά λαμβάνει αίμα από δύο στεφανιαίες αρτηρίες [5]:

Η αριστερή στεφανιαία αρτηρία παρέχει το 80% της ροής του αίματος στον καρδιακό μυ και διχάζεται σε δύο κλάδους. Η αριστερή πρόσθια κατιούσα αρτηρία εξυπηρετεί τα πρόσθια δύο τρίτα του μεσοκοιλιακού διαφράγματος και το παρακείμενο τμήμα του πρόσθιου τοιχώματος της αριστερής κοιλίας. Η περιφερική στεφανιαία αρτηρία παρέχει αίμα στις πλάγιες και

οπίσθιες περιοχές της αριστερής κοιλίας. Οι κλάδοι της δεξιάς στεφανιαίας αρτηρίας τροφοδοτούν τη δεξιά κοιλία, τον δεξιό κόλπο και το κάτω τοίχωμα της αριστερής κοιλίας [6].

Οι στεφανιαίες αρτηρίες και οι φλέβες διασχίζουν την επιφάνεια της καρδιάς. Η πλειονότητα των στεφανιαίων φλεβών συγκλίνει στον στεφανιαίο κόλπο, ο οποίος διασχίζει την αριστερή οπίσθια κολποκοιλιακή αύλακα και καταλήγει στον δεξιό κόλπο. Πρόσθετες δευτερεύουσες φλέβες, εισέρχονται και στους τέσσερις θαλάμους της καρδιάς. Η φλεβική παροχέτευση γίνεται μέσω των μεταβλητών στεφανιαίων φλεβών και του στεφανιαίου κόλπου [7, 8].

Όσον αφορά το ερεθισματοαγωγό σύστημα της καρδιάς, ο φλεβόκομβος αποτελεί το πρωτεύον κέντρο, ενώ ο κολποκοιλιακός κόμβος το δευτερεύον. Ο φλεβόκομβος βρίσκεται ανάμεσα στο στόμιο της άνω κοίλης φλέβας και ο κολποκοιλιακός κόμβος στο μεσοκολπικό τοίχωμα του δεξιού κόλπου[9].

2.Καρδιακή ανεπάρκεια

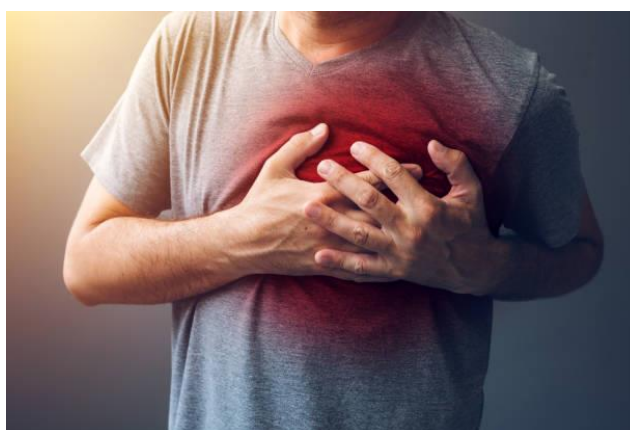
2.1.Ορισμός

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό υγείας (Π.Ο.Υ.), τα καρδιαγγειακά νοσήματα αποτελούν την κυριότερη αιτία θνησιμότητας παγκοσμίως, με περίπου 17,9 εκατομμύρια θανάτους ετησίως. Τα καρδιαγγειακά νοσήματα περιλαμβάνουν ένα φάσμα προβλημάτων που επηρεάζουν την καρδιά και τις αρτηρίες του αίματος, συμπεριλαμβανομένης της στεφανιαίας νόσου, της εγκεφαλοαγγειακής νόσου, της ρευματικής καρδιοπάθειας και διαφόρων πρόσθετων ιατρικών καταστάσεων. Πάνω από το 80% των θανάτων από καρδιαγγειακά νοσήματα οφείλονται σε καρδιακές προσβολές και εγκεφαλικά επεισόδια, ενώ το ένα τρίτο των θανάτων αυτών συμβαίνουν πρόωρα σε άτομα κάτω των 70 ετών [10].

Οι πρωταρχικοί συμπεριφορικοί παράγοντες κινδύνου για καρδιακές παθήσεις και εγκεφαλικά επεισόδια περιλαμβάνουν την κακή διατροφή, την έλλειψη σωματικής δραστηριότητας, την κατανάλωση καπνού και την υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό παράγοντα κινδύνου. Οι συμπεριφορικοί παράγοντες κινδύνου μπορεί να εκδηλωθούν στα άτομα ως αυξημένη αρτηριακή πίεση, αυξημένη γλυκόζη αίματος, αυξημένα λιπίδια αίματος και παχυσαρκία. Αυτοί οι «ενδιάμεσοι παράγοντες κινδύνου» μπορούν να εκτιμηθούν σε περιβάλλοντα πρωτοβάθμιας περίθαλψης και σηματοδοτούν αυξημένο κίνδυνο εμφράγματος του

μυοκαρδίου, εγκεφαλοαγγειακού ατυχήματος, καρδιακής ανεπάρκειας και άλλων καρδιαγγειακών συνεπειών [11].

Η διακοπή της χρήσης καπνού, η μείωση του νατρίου στη διαίτα, η αυξημένη κατανάλωση φρούτων και λαχανικών, η τακτική σωματική δραστηριότητα και η αποφυγή της υπερβολικής χρήσης αλκοόλ έχουν αποδειχθεί ότι μειώνουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακής νόσου. Οι πολιτικές υγείας που προωθούν περιβάλλοντα που ευνοούν οικονομικά προσιτές και προσβάσιμες υγιεινές επιλογές, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της ποιότητας του αέρα και του μετριασμού της ρύπανσης, είναι ζωτικής σημασίας για την ενθάρρυνση των ατόμων να υιοθετήσουν και να διατηρήσουν υγιεινές συμπεριφορές [10].



Εικόνα 2: Καρδιακή ανεπάρκεια (Πηγή εικόνας: <https://images.app.goo.gl/zMowj3kGRhmcA94z6>)

Η καρδιακή ανεπάρκεια αποτελεί μια σοβαρή κατάσταση και απειλητική για την υγεία. Ωστόσο, πολλά άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια μπορούν να ζήσουν μια ικανοποιητική και ποιοτική ζωή όταν η πάθηση αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά με φάρμακα για την καρδιακή ανεπάρκεια και έναν υγιεινό τρόπο ζωής [12]. Ετησίως, περίπου 2.400 συσκευές υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας συνεχούς ροής (LVAD) εμφυτεύονται στις Ηνωμένες Πολιτείες. Τόσο ο πληθυσμός των ασθενών με LVAD όσο και το προσδόκιμο ζωής τους αυξάνονται. Κατά συνέπεια, οι ασθενείς με LVADs εξετάζονται όλο και περισσότερο από ειδικούς που δεν διαθέτουν κατάρτιση σε σχέση με τη LVAD, ώστε να μπορέσουν να χορηγήσουν την κατάλληλη θεραπεία. Η κατανόηση της προκαταρκτικής αξιολόγησης και της θεραπείας των ασθενών με LVADs έχει καταστεί κρίσιμη ικανότητα για αρκετούς επαγγελματίες του τομέα της υγείας, γεγονός που αναδεικνύει τη σημασία του τομέα [76].

Η καρδιακή ανεπάρκεια συνεπάγεται μία κατάσταση κατά την οποία ο καρδιακός μυς αδυνατεί να αντλήσει επαρκώς αίμα για να καλύψει τις απαιτήσεις του οργανισμού σε αίμα

και οξυγόνο. Κατά συνέπεια, η καρδιά αδυνατεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά το φορτίο της [13].

Αρχικά, η καρδιά προσπαθεί να το αντισταθμίσει αυτό με [12]:

Αυξάνοντας τους παλμούς: Η καρδιά διαστέλλεται για να συστέλλεται με μεγαλύτερη δύναμη και να ικανοποιεί την απαίτηση του οργανισμού να κυκλοφορήσει επιπλέον αίμα. Τελικά, αυτό οδηγεί σε καρδιακή υπερτροφία.

Αυξάνοντας τη μυϊκή μάζα: Η επαύξηση της μυϊκής μάζας συντελείται λόγω της υπερτροφίας των καρδιακών συσταλών κυττάρων. Αυτό επιτρέπει στην καρδιά να αντλεί με μεγαλύτερη δύναμη, τουλάχιστον σε πρώτη φάση.

Επιταχύνοντας τον ρυθμό άντλησης: Με στόχο να ενισχυθεί με τον τρόπο αυτό η απόδοση της καρδιάς.

Ο οργανισμός προσπαθεί επιπλέον να αντισταθμίσει μέσω εναλλακτικών μηχανισμών, όπως οι ακόλουθοι [12]:

A. Οι αρτηρίες του αίματος συστέλλονται για τη διατήρηση της αρτηριακής πίεσης, αντισταθμίζοντας τη μειωμένη δύναμη της καρδιάς.

B. Οι νεφροί διατηρούν περισσότερο νάτριο και νερό αντί να τα αποβάλλουν μέσω των ούρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένο όγκο αίματος, ο οποίος βοηθά στη διατήρηση της αρτηριακής πίεσης και επιτρέπει στην καρδιά να χτυπάει πιο δυνατά. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου, αυτός ο αυξημένος όγκος μπορεί να καταπονήσει την καρδιά, επιδεινώνοντας την καρδιακή ανεπάρκεια.

Οι προσωρινές μέθοδοι αυτές αντισταθμίζουν το πρόβλημα της καρδιακής ανεπάρκειας, αλλά δεν το επιλύουν. Η καρδιακή ανεπάρκεια επιμένει και επιδεινώνεται έως ότου αυτοί οι αντισταθμιστικοί μηχανισμοί πάψουν να λειτουργούν [14].

Τελικά, η καρδιά και ο οργανισμός αδυνατούν να διατηρήσουν την απόδοση, με αποτέλεσμα την κόπωση, τα αναπνευστικά προβλήματα ή άλλα συμπτώματα που συνήθως καθιστούν αναγκαία την επίσκεψη στον γιατρό [15].

Οι αντισταθμιστικές διαδικασίες του οργανισμού εξηγούν γιατί ορισμένα άτομα δεν αντιλαμβάνονται μέσω συμπτωμάτων την κατάστασή τους μέχρι και χρόνια μετά την πρώτη εκδήλωση της καρδιακής ανεπάρκειας. Η καρδιακή ανεπάρκεια μπορεί να επηρεάσει την

αριστερή, τη δεξιά ή και τις δύο πλευρές της καρδιάς. Ωστόσο, συνήθως επηρεάζει αρχικά την αριστερή πλευρά [12].

2.2.Επιδημιολογικά δεδομένα

Η καρδιακή ανεπάρκεια αποτελεί ένα σημαντικό παγκόσμιο πρόβλημα υγείας, με αυξανόμενο επιπολασμό που οφείλεται στη γήρανση του πληθυσμού, στα βελτιωμένα αποτελέσματα της θεραπείας και στα αυξημένα ποσοστά επιβίωσης [16].

Οι παράγοντες κινδύνου καρδιακής ανεπάρκειας περιλαμβάνουν την προχωρημένη ηλικία, το φύλο, τις κληρονομικές μυοκαρδιοπάθειες, την υπέρταση, τον σακχαρώδη διαβήτη και την παχυσαρκία, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για εξατομικευμένες παρεμβάσεις πρόληψης.

Δεδομένα από την Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική αποκαλύπτουν μείωση της ηλικιακής επίπτωσης της καρδιακής ανεπάρκειας, με σημαντική τάση προς την καρδιακή ανεπάρκεια με διατηρούμενο κλάσμα εξώθησης στις γυναίκες, υπογραμμίζοντας την μεταβαλλόμενη επιδημιολογία της νόσου [16].

Η επίπτωση και ο επιπολασμός της καρδιακής ανεπάρκειας (ΚΑ) και η θνησιμότητα που σχετίζεται με την ΚΑ είναι αυξημένη μεταξύ των έγχρωμων ατόμων σε σύγκριση με άλλες φυλετικές ομάδες.

Η προσαρμοσμένη κατά ηλικία θνησιμότητα μεταξύ των νεαρών ενηλίκων (ηλικίας 15-44 ετών) αυξήθηκε από 2,36 το 1999 σε 3,16 το 2019, ξεπερνώντας την αύξηση που παρατηρήθηκε στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (ηλικίας ≥ 75 ετών).

Οι γεωγραφικές ανισότητες στα επιδημιολογικά δεδομένα για την καρδιακή ανεπάρκεια, ιδίως η έλλειψη πληροφοριών από την Αφρική και τη Νότια Ασία, εμποδίζουν τη διαμόρφωση εστιασμένων σχεδίων υγειονομικής περίθαλψης, προσπαθειών δημόσιας πολιτικής και παρεμβάσεων σε αυτές τις περιοχές [16].

3.Ανάγκη για μηχανική υποβοήθηση

3.1.Οφέλη, στόχοι και πιθανές παρενέργειες

Η συσκευή μηχανικής υποβοήθησης είναι μια τεχνητή αντλία που μπορεί να ενισχύσει προσωρινά την αντλητική λειτουργία της καρδιάς. Μια συσκευή μηχανικής υποβοήθησης βοηθά στη διατήρηση της κυκλοφορίας του αίματος [17].

Οι συσκευές υποβοήθησης της κοιλίας παρέχουν υποστήριξη σε άτομα με ανεπαρκή καρδιακή λειτουργία, διευκολύνοντας την κυκλοφορία του αίματος. Μετά από μια χειρουργική επέμβαση εμφύτευσης, η πλειονότητα των ατόμων παρατηρεί σημαντική ανακούφιση και βελτιωμένη ποιότητα ζωής για αρκετά έτη.

Πιο συγκεκριμένα, έχει σημειωθεί από ασθενείς [26]:

- Βελτιωμένη αναπνευστική και οργανική απόδοση
- Μειωμένη κόπωση
- Αυξημένη ενέργεια

Οι πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τη χειρουργική εμφύτευση μιας συσκευής υποβοήθησης και την παρατεταμένη χρήση της περιλαμβάνουν:

- Καρδιακές αρρυθμίες
- Αιμορραγία
- Θρόμβο
- Λοίμωξη
- Βλάβη της συσκευής
- Ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας
- Εγκεφαλικό επεισόδιο

Επιπρόσθετα, οι συσκευές υποβοήθησής είναι ακατάλληλες και δυνητικά επικίνδυνες για ορισμένα άτομα, ιδίως εάν [27]:

- δεν είναι σε θέση να εκτελούν συνεχείς δραστηριότητες αυτοφροντίδας, όπως η συντήρηση
- δεν μπορούν να λάβουν παρατεταμένη αντιπηκτική θεραπεία.
- παρουσιάζουν ταυτόχρονη σημαντική βλάβη άλλων οργάνων που καθιστά τη χειρουργική επέμβαση υψηλού κινδύνου.

3.2. Τύποι μηχανικών συστημάτων υποβοήθησης

3.2.1. Καρδιοαναπνευστικά υποβοηθητικά συστήματα (π.χ. IABP - Ενδοαορτική αντλία)

Η ενδοαορτική αντλία αντιωθήσεως (Intra - Aortic Balloon Pump IABP), αποτελεί μια συσκευή βραχυπρόθεσμης μηχανικής υποστήριξης της κυκλοφορίας με προκαθορισμένο ρυθμό που διευκολύνει τη ροή του αίματος μέσω της αορτής και μειώνει το φόρτο εργασίας της αριστερής κοιλίας, του κύριου θαλάμου άντλησης της καρδιάς. Το εργαλείο χρησιμοποιείται κυρίως για την υποβοήθηση της αριστερής πλευράς της καρδιάς για σύντομο χρονικό διάστημα. Ονομάζεται «οξεία υποστήριξη», καθώς χρησιμοποιείται συχνά για διάρκεια μικρότερη των 10 ημερών. Οι ασθενείς που χρειάζονται αυτή τη μορφή προσωρινής υποστήριξης περιλαμβάνουν εκείνους με [17]:

- πρόσφατο έμφραγμα του μυοκαρδίου
- οξεία μυοκαρδίτιδα
- δυσκολία στην επαναφορά από την καρδιοπνευμονική παράκαμψη μετά από χειρουργική επέμβαση ανοικτής καρδιάς

Η τοποθέτηση μιας αντλίας αντιωθήσεως (IABP) δεν απαιτεί χειρουργική επέμβαση. Ένας λεπτός, εύκαμπτος σωλήνας, γνωστός ως καθετήρας, εισάγεται σε ένα αιμοφόρο αγγείο του ποδιού και προωθείται στην αορτή της καρδιάς. Η αορτή είναι η κύρια αρτηρία που είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά οξυγονωμένου αίματος σε όλο το σώμα. Με τον τρόπο αυτό η αντλία, τοποθετείται στην αορτή μέσω του καθετήρα, ενώ συνδέεται με ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο [18]:

- ρυθμίζει τη λειτουργία της αντλίας IABP
- παρέχει εφεδρική ενέργεια έκτακτης ανάγκης
- παρακολουθεί την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς μέσω ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ)
- αξιολογεί την πίεση εντός της αορτής

Με τη χαλάρωση του καρδιακού μυός, η αντλία διαστέλλεται, ενισχύοντας έτσι την κυκλοφορία του αίματος στις στεφανιαίες αρτηρίες. Αμέσως πριν από τη συστολή του καρδιακού μυός, το η αντλία συστέλλεται, δημιουργώντας ένα φαινόμενο κενού που διευκολύνει την εκτίναξη του αίματος από την καρδιά. Η αντλία IABP τοποθετείται συνήθως

για σύντομο χρονικό διάστημα. Μετά τη διακοπή της θεραπείας, η αντλία και ο καθετήρας αποσύρονται [19].

Η εμφύτευση μιας αντλίας αντιωθήσεως (IABP) διεξάγεται συνήθως σε χειρουργείο, εργαστήριο καθετηριασμού ή μονάδα εντατικής θεραπείας. Το σημείο για την εισαγωγή του καθετήρα ετοιμάζεται και αποστειρώνεται κατά την προετοιμασία. Ο καθετήρας εισάγεται συνήθως μέσω της μηριαίας αρτηρίας στη βουβωνική χώρα, ωστόσο μπορεί επίσης να τοποθετηθεί στον βραχίονα (βραχιόνιο αρτηρία). Ο χειρουργός χρησιμοποιεί μια εξειδικευμένη συσκευή ακτίνων Χ, για να πλοηγήσει τον καθετήρα μέσα από το σώμα και μέσα στην καρδιά. Ο καθετήρας παραμένει στην αορτή έως ότου εξαχθεί η αντλία IABP [17].

3.2.2. Συστήματα εξωσωματικής οξυγόνωσης (ECMO)

Στην περίπτωση εφαρμογής συστημάτων εξωσωματικής οξυγόνωσης (ECMO), το αίμα κυκλοφορεί εξωτερικά σε ένα μηχάνημα καρδιάς-πνευμόνων. Η συσκευή αφαιρεί το διοξείδιο του άνθρακα και κυκλοφορεί οξυγονωμένο αίμα πίσω στον οργανισμό. Το αίμα κυκλοφορεί από τον δεξιό κόλπο της καρδιάς προς το μηχάνημα. Στη συνέχεια θερμαίνεται εκ νέου και επιστρέφει στον οργανισμό. Ένα σύστημα ECMO διευκολύνει την κυκλοφορία του αίματος παρακάμπτοντας την καρδιά και τους πνεύμονες, επιτρέποντας έτσι στην καρδιά και τους πνεύμονες να ανακάμψουν και να επιδιορθωθούν [29].

Το σύστημα αυτό, χρησιμοποιείται συνήθως σε ασθενείς με σοβαρές καρδιακές και πνευμονικές παθήσεις, αλλά και στη θεραπεία του COVID-19, του συνδρόμου οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας (ARDS) και άλλων λοιμώξεων [30].

Ακόμη, ένα σύστημα ECMO μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη ατόμων με διαταραχές που οδηγούν σε καρδιακή ή πνευμονική ανεπάρκεια ή αναρρώνουν μετά από μεταμόσχευση καρδιάς ή πνευμόνων. Δεν παρέχει θεραπεία ούτε συμβάλλει στην αντιμετώπιση ασθενειών. Ωστόσο, μπορεί να προσφέρει προσωρινή υποστήριξη, όταν ο οργανισμός αδυνατεί να παρέχει επαρκές οξυγόνο και ροή αίματος στους ιστούς [31].

Οι καρδιακές διαταραχές για τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα ECMO περιλαμβάνουν [29]:

- Επιπλοκές που προκύπτουν από μεταμόσχευση καρδιάς
- Έμφραγμα του μυοκαρδίου / καρδιακή προσβολή

- Καρδιομυοπάθεια / ασθένεια του καρδιακού μυός
- Υποθερμία
- Σήψη
- Φλεγμονή και οίδημα του καρδιακού μυός /μυοκαρδίτιδα

Οι παθήσεις των πνευμόνων για τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα ECMO περιλαμβάνουν [32]:

- Σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας (ARDS)
- Θρόμβο αίματος που εμποδίζει και παύει τη ροή του αίματος σε μια πνευμονική αρτηρία / πνευμονική εμβολή
- Οξεία λοίμωξη με COVID - 2019
- Πνευμονική υπέρταση
- Διαφραγματοκήλη
- Πνευμονία
- Αναπνευστική ανεπάρκεια
- Αναφυλαξία

Οι δυνητικοί κίνδυνοι και επιπλοκές που σχετίζονται με τα συστήματα ECMO περιλαμβάνουν [29]:

- Αιμορραγία
- Θρόμβωση
- Λοίμωξη
- Διαταραχές πήξης
- Ισχαιμία των άκρων
- Σπασμούς
- Εγκεφαλικό
- Έμφραγμα

3.2.2.1.VA ECMO

Η φλεβοαρτηριακή (Veno-arterial-VA) ECMO προσφέρει υποστήριξη για την καρδιά και τους πνεύμονες διευκολύνοντας την κυκλοφορία του μεγαλύτερου μέρους του αίματος του ασθενούς μέσω του κυκλοφορικού συστήματος, παρακάμπτοντας την καρδιά. Αυτό το είδος ECMO εξάγει αίμα από τη φλέβα και το επαναφέρει στην αρτηρία, διευκολύνοντας την

κυκλοφορία οξυγονωμένου αίματος σε όλο το σώμα, ακόμη και όταν η καρδιακή λειτουργία είναι ανεπαρκής. Κατά συνέπεια, πρέπει να εισαχθούν δύο σωληνάκια είτε στην περιοχή του λαιμού είτε στη βουβωνική χώρα [36].

3.2.2.2.VV ECMO

Η φλεβική (VV-Veno-venus) ECMO προσφέρει μόνο πνευμονική υποστήριξη, ως εκ τούτου, η καρδιακή λειτουργία του ασθενούς πρέπει να ανταποκρίνεται επαρκώς στις ανάγκες του οργανισμού. Δύο σωληνάκια εισάγονται σε φλέβες κοντά ή μέσα στην καρδιά. Στην VV-ECMO, ο ιατρός έχει τη δυνατότητα να επιλέξει σωληνάκια τα οποία διαθέτουν δύο σημεία εισροής και εκροής, γεγονός το οποίο διευκολύνει την έξοδο και την επανείσοδο του αίματος στο σώμα σε ένα μόνο σημείο, απαιτώντας μόνο ένα σημείο πρόσβασης αντί για δύο. Το σύστημα ECMO επιστρέφει το αίμα στο σώμα πριν από την καρδιά, ενώ η καρδιά του ασθενούς κυκλοφορεί το αίμα σε όλο το σώμα [36].

3.2.3.Σύστημα της Impella (CP-3.5 και 5.5)

Η συσκευή Impella (Abiomed) είναι μια ενδοαγγειακή μικροαξονική αντλία αίματος που προσφέρει προσωρινή μηχανική υποστήριξη της κυκλοφορίας στους ασθενείς, ανακουφίζοντας έτσι τον καρδιακό φόρτο εργασίας και ενισχύοντας τη συστηματική κυκλοφορία. Οι συσκευές Impella χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια διαδερμικής στεφανιαίας παρέμβασης υψηλού κινδύνου (HRPCI) ή για τη διαχείριση του καρδιογενούς σοκ μετά από οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου ή καρδιοχειρουργική επέμβαση, στο πλαίσιο της μυοκαρδιοπάθειας και της σοβαρής μυοκαρδίτιδας.

Οι συσκευές Impella για την αριστερή πλευρά είναι μικροαξονικές αντλίες που εισάγονται διαμέσου της αορτικής βαλβίδας στην αριστερή κοιλία (ΑΚ), διευκολύνοντας τη συνεχή ροή αίματος από την ΑΚ προς την ανιούσα αορτή, μειώνοντας έτσι το φόρτο εργασίας της ΑΚ και ενισχύοντας την καρδιακή παροχή. Το αποτέλεσμα είναι η ενισχυμένη συστηματική αιμάτωση και η αυξημένη στεφανιαία ροή, σε συνδυασμό με τη μείωση της μυοκαρδιακής ζήτησης οξυγόνου. Μια δεξιά συσκευή μεταφέρει αίμα από την περιοχή εισόδου της κάτω κοίλης φλέβας στην πνευμονική αρτηρία [33].

3.2.4. Σύστημα CARMAT

Το Carmat αποτελεί ένα σύστημα που έχει ως στόχο του να αντιμετωπίσει ένα σημαντικό πρόβλημα στο πεδίο της δημόσιας υγείας που αφορά τις καρδιαγγειακές παθήσεις, και συγκεκριμένα την καρδιακή ανεπάρκεια, η οποία αποτελεί την κύρια αιτία θνησιμότητας στον δυτικό κόσμο. Το σύστημα Carmat επιδιώκει να προσφέρει μια μόνιμη λύση για την καρδιακή ανεπάρκεια σε τελικό στάδιο, μια κατάσταση με περιορισμένες αποτελεσματικές θεραπείες, οι οποίες αποτελούν κυρίως μεταμοσχεύσεις καρδιάς [34].

Το Carmat είναι μια πειραματική τεχνητή καρδιά που διαθέτει έναν μηχανισμό ελέγχου αυτορρύθμισης, γνωστό ως Auto-Mode, ο οποίος προσαρμόζεται στις κυμαινόμενες απαιτήσεις των ασθενών που υποβάλλονται σε θεραπεία για καρδιακή ανεπάρκεια τελικού σταδίου. Τα αποτελέσματα από την αρχική ομάδα ασθενών που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με τη νέα αντλία αντικατάστασης καρδιάς σε Auto-Mode δημοσιεύτηκαν στο *Journal of the American Society for Artificial Internal Organs* (ASAO) και είναι ελπιδοφόρα [35].

3.2.5. Συσκευές υποβοήθησης κοιλιών (VAD: Ventricular Assist Devices)

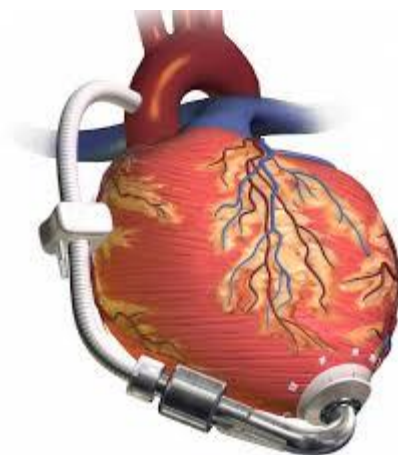
Η εμφυτεύσιμη συσκευή υποβοήθησης κοιλίας (Ventricular Assist Device - VAD), αποτελεί μια μηχανική αντλία που βοηθά την καρδιά η οποία έχει υποστεί βλάβη στην κυκλοφορία του αίματος σε όλο το σώμα [20]. Οι συσκευές υποβοήθησης της κοιλίας (VAD) υποστηρίζουν την καρδιά του ασθενούς στην άντληση αίματος αναλαμβάνοντας το ρόλο της μίας ή και των δύο κοιλιών ανάλογα με τις ανάγκες του σε κάθε περίπτωση. Η συσκευή VAD χρησιμοποιείται γενικά όταν η καρδιά είναι σημαντικά εξασθενημένη, όπως σε προχωρημένη ή τελικού σταδίου καρδιακή ανεπάρκεια και γενικότερα σε ασθενείς που χρειάζονται εκτεταμένη υποστήριξη. Πιο συγκεκριμένα, μία συσκευή υποβοήθησης κοιλίας VAD μπορεί να χρησιμοποιηθεί [17]:

- έως ότου είναι προσβάσιμη μια καρδιά δότη για μεταμόσχευση (γέφυρα προς μεταμόσχευση)
- έως ότου ανακάμψει η καρδιακή λειτουργία (γέφυρα προς αποκατάσταση)
- ως παρατεταμένη θεραπεία για ασθενείς με τελικού σταδίου καρδιακή ανεπάρκεια που δεν είναι επιλέξιμοι για μεταμόσχευση

Η εμφύτευση της συσκευής υποβοήθησης VAD απαιτεί χειρουργική επέμβαση ανοικτής καρδιάς. Υπάρχουν δύο τύποι VAD: η συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD) και η συσκευή υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας (RVAD), οι οποίες εγκαθίστανται

χειρουργικά στο θώρακα ή στην κοιλία. Ακόμη, διατίθενται συσκευές που μπορούν να υποστηρίξουν και τις δύο κοιλίες, γνωστές ως biVAD [21].

Η συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας LVAD αποτελείται από έναν σωλήνα εισροής που συνδέεται με την κάτω πλευρά της αριστερής κοιλίας και έναν σωλήνα εκροής που συνδέεται με την αορτή, την κύρια αρτηρία που είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά του αίματος από την καρδιά [22].



Εικόνα 3: LVAD (Πηγή εικόνας: <https://images.app.goo.gl/363Yi9LJCF24ySLj8>)

Από την άλλη πλευρά, η συσκευή υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας RVAD περιλαμβάνει έναν σωλήνα εισόδου που συνδέεται με τη δεξιά κοιλία, ενώ ο σωλήνας εκροής συνδέεται με την πνευμονική αρτηρία, η οποία μεταφέρει αίμα από την καρδιά στους πνεύμονες [23].

Τα καλώδια τροφοδοσίας εκτείνονται από την εσωτερική συσκευή μέσω του δέρματος και συνδέονται με μια εξωτερική μονάδα βάσης ελέγχου και τροφοδοσίας ή μπαταρία εκτός του σώματος. Το χειριστήριο και οι μπαταρίες μπορούν να στερεωθούν σε μια ζώνη στη μέση, σε μια θήκη κάτω από το χέρι ή να συνδεθούν σε μια μονάδα βάσης ισχύος και να συνδεθούν σε μια πρίζα [24].

Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένες συσκευές VAD είναι ακατάλληλες για μικρόσωμα άτομα ή για άτομα με σοβαρές νεφρικές, ηπατικές ή πνευμονικές παθήσεις, διαταραχές της πήξης ή λοιμώξεις που δεν ανταποκρίνονται στα αντιβιοτικά. Στα πρόσθετα πλεονεκτήματα, συγκαταλέγεται το γεγονός ότι μία συσκευή VAD επιτρέπει σε νοσηλεύμενους ασθενείς να επιστρέψουν στο σπίτι τους ενώ περιμένουν μια καρδιά δότη σε περίπτωση που είναι επιλέξιμοι για μεταμόσχευση [25].

Πριν από τη χειρουργική επέμβαση για την τοποθέτηση συσκευής VAD, χορηγείται ηρεμιστικό για να διευκολυνθεί η χαλάρωση. Η περιοχή του θώρακα προετοιμάζεται και

απολυμαίνεται. Στη χειρουργική αίθουσα χορηγείται γενικό αναισθητικό για να διασφαλιστεί η αναισθησία καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Μετά την πλήρη αναισθησία, τοποθετούνται τρεις σωλήνες. Ένας σωλήνας που εισάγεται στην τραχεία, συνδεδεμένος με μια συσκευή γνωστή ως αναπνευστήρα, που αναλάβει τον έλεγχο της αναπνοής κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης. Ο δεύτερος σωλήνας εισάγεται στο στομάχι για να αποτρέψει τη συσσώρευση υγρών και αέρα, ανακουφίζοντας έτσι το αίσθημα ναυτίας και δυσφορίας κατά την αφύπνιση. Τέλος, ο τρίτος σωλήνας εισάγεται στην ουροδόχο κύστη για τη συλλογή τυχόν ούρων που παράγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Για να διατηρηθεί η συνεχής παροχή οξυγονωμένου αίματος στο σώμα, μία ειδικά διαμορφωμένη συσκευή αναλαμβάνει την αντλητική λειτουργία της καρδιάς. Η ταχύτητα ανάρρωσής από τη χειρουργική επέμβαση εξαρτάται κυρίως από την προεγχειρητική κατάσταση της υγείας [17]. Μετά τη χειρουργική επέμβαση εμφύτευσης, ο ασθενής παραμένει στη ΜΕΘ για αρκετές ημέρες. Μόλις αναρρώσει επαρκώς, μεταφέρεται στη μονάδα ανάρρωσης για το υπόλοιπο της παραμονής στο νοσοκομείο.

Καθ' όλη τη διάρκεια της μετεγχειρητικής ανάρρωσής, οι επαγγελματίες υγείας αξιολογούν τη λειτουργικότητα των οργάνων, συμπεριλαμβανομένης της καρδιάς, των νεφρών, του εγκεφάλου, των πνευμόνων και του ήπατος. Ταυτόχρονα, οι ασθενείς συνεργάζονται με φυσικοθεραπευτές και εργοθεραπευτές, με στόχο την προσαρμογή στον νέο εξοπλισμό. Οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης συνταγογραφούν ακόμη νατριούχο βαρφαρίνη (Coumadin), ένα αντιπηκτικό, για την πρόληψη της πήξης του αίματος εντός του VAD [28].

Παρά τις ανακαλύψεις στην ιατρική περίθαλψη των ατόμων με καρδιακή ανεπάρκεια σταδίου C, η επιβίωση των ασθενών με προχωρημένη καρδιακή ανεπάρκεια είναι < 20% στα 5 χρόνια. Η βοήθεια από τη μόνιμη συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (dLVAD) αποτελεί βασική θεραπευτική επιλογή για τα άτομα με προχωρημένη καρδιακή ανεπάρκεια. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία dLVAD έχουν μειώσει την πιθανότητα διαφόρων ανεπιθύμητων συμβάντων, όπως θρόμβωση της αντλίας, εγκεφαλικό επεισόδιο και αιμορραγία. Το μέσο ποσοστό επιβίωσης των ασθενών είναι πλέον συγκρίσιμο με αυτό της μεταμόσχευσης καρδιάς στα δύο έτη, ενώ η πενταετής επιβίωση με dLVAD πλησιάζει το 60%. Η αυξημένη υιοθέτηση της θεραπείας dLVAD έχει παρεμποδιστεί από την καθυστερημένη παραπομπή των ασθενών σε προηγμένα κέντρα καρδιακής ανεπάρκειας, την ανεπαρκή ενημέρωση των κλινικών ιατρών για τα τρέχοντα αποτελέσματα της dLVAD (συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της ποιότητας ζωής) και την αποπροτεραιοποίηση των ασθενών με υποστήριξη dLVAD που περιμένουν μεταμόσχευση καρδιάς. Παρά τους

περιορισμούς αυτούς, καινοτόμες συσκευές προσεγγίζουν την κλινική έρευνα, συμπεριλαμβανομένων των μειωμένων διαστάσεων, διευκολύνοντας την λιγότερο επεμβατική χειρουργική εμφύτευση και αποφεύγοντας την ανάγκη διαδερμικής παροχής [78].

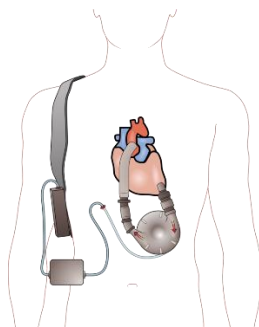
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.Είδη και δυνατότητες συσκευών υποβοήθησης κοιλιών

1.1.Ορισμός

Λόγω των αυξημένων ποσοστών επιβίωσης μεταξύ των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια (ΚΑ) και της συνολικής αύξησης του επιπολασμού της ΚΑ, ο πληθυσμός των ατόμων με προχωρημένη ΚΑ (στάδιο Δ) αυξάνεται, ξεπερνώντας σημαντικά την περιορισμένη προσφορά οργάνων εκ μέρους των δωρητών. Η μηχανική υποστήριξη της κυκλοφορίας, που αρχικά χρησιμοποιήθηκε κυρίως ως προσωρινή λύση για τη μεταμόσχευση καρδιάς, παρέχεται πλέον σταδιακά ως οριστική θεραπεία για ασθενείς με προχωρημένη ΚΑ που παρουσιάζουν κλινική επιδείνωση και δεν είναι κατάλληλοι για μεταμόσχευση. Η αύξηση των ποσοστών επιβίωσης στο 80% σε ένα έτος μετά την εμφύτευση συσχετίζεται σταθερά με την εξέλιξη της τεχνολογίας, όπως η αντλία συνεχούς ροής, η οποία σήμερα αποτελεί το 99% των συσκευών υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD), καθώς και με βελτιώσεις στη φροντίδα των ασθενών και της συσκευής [38].

Η συσκευή υποβοήθησης κοιλίας (Ventricular assist device - VAD) ορίζεται ως ένας μηχανισμός που βοηθά στην κυκλοφορία του αίματος από την καρδιά προς το υπόλοιπο σώμα. Αποτελεί θεραπεία για την καρδιακή ανεπάρκεια. Μία συσκευή υποβοήθησης κοιλίας (VAD) μπορεί να υποβοηθήσει την καρδιακή λειτουργία εν αναμονή άλλων θεραπειών, όπως η μεταμόσχευση καρδιάς, ενώ χρησιμοποιείται μερικές φορές και για να παρέχει μόνιμη βοήθεια στην καρδιά κατά την άντληση αίματος.

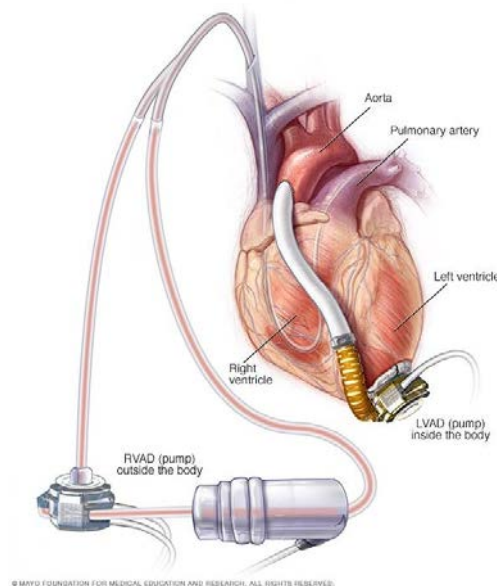


Εικόνα 4: Ventricular assist device – VAD (Πηγή εικόνας: <https://images.app.goo.gl/c3SUMFGakzBoPBSR6>)

Μία συσκευή VAD τοποθετείται συνήθως στον αριστερό κάτω καρδιακό θάλαμο, γνωστό ως αριστερή κοιλία. Όταν βρίσκεται στην αριστερή κοιλία, αναφέρεται ως συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (Left Ventricular Assist Device, LVAD) [22]. Αντίστοιχα, όταν βρίσκεται στη δεξιά κοιλία ορίζεται ως συσκευή υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας (Right Ventricular Assist Device, RVAD) [23]. Οι συσκευές υποβοήθησης της κοιλίας (VADs), έχουν σχεδιαστεί για να παρατείνουν τη ζωή των ατόμων με καρδιακή ανεπάρκεια. Με την πρόοδο της τεχνολογίας VAD, οι ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια οδηγούνται σε μία βελτιωμένη ποιότητα ζωής, αλλά και στην επέκταση του προσδόκιμου ζωής [37].

1.2. Διάκριση μεταξύ LVAD (Left Ventricular Assist Device - Συσκευή Υποβοήθησης Αριστερής Κοιλίας) και RVAD (Right Ventricular Assist Device - Συσκευή Υποβοήθησης Δεξιάς Κοιλίας)

Μια εμφυτευμένη συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD) διευκολύνει την κυκλοφορία του αίματος από την αριστερή κοιλία της καρδιάς προς το υπόλοιπο σώμα. Μια εξωτερική συσκευή υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας (RVAD) βοηθά στη λειτουργικότητα της δεξιάς κοιλίας [40].



Εικόνα 5: Right and left ventricular assist device (Mayo Clinic, 2024)

1.3.Λειτουργία

Οι περισσότερες συσκευές υποβοήθησης της κοιλίας (LVAD, RVAD και bi-VAD) εγκαθίστανται χειρουργικά μέσω μιας τομής στη θωρακική κοιλότητα κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης ανοικτής καρδιάς. Το αίμα αποστέλλεται σε ένα μηχάνημα καρδιάς-πνευμόνων για άντληση και οξυγόνωση. Ο χειρουργός δημιουργεί μια οπή για την τοποθέτηση του VAD στο τοίχωμα της κοιλίας και ένας σωλήνας χρησιμοποιείται για να κατευθύνει το αίμα από την κοιλία στη συσκευή [41].

Ένας διακριτός σωλήνας συνδέει την αντλία με την αορτή. Μετά την ενεργοποίηση της αντλίας για την υποβοήθηση της καρδιακής λειτουργίας, ο ασθενής αποσυνδέεται από τη μηχανή καρδιάς-πνευμόνων και η τομή συρράπτεται [42].

Τα διαδερμικά VAD (Impella και TandemHeart) εισάγονται μέσω καθετήρα σε μια αρτηρία στο εργαστήριο καρδιακού καθετηριασμού και δεν χρειάζονται χειρουργική επέμβαση ανοικτής καρδιάς. Οι ασθενείς που επιλέγονται για VAD υποβάλλονται σε εξειδικευμένη εκπαίδευση και λαμβάνουν οδηγίες που εγγυόνται την αποτελεσματική κατ' οίκον συντήρηση της αντλίας τους [43].

1.4.Ιδιότητες LVAD (Left Ventricular Assist Device - Συσκευών Υποβοήθησης Αριστερής Κοιλίας)

1.4.1.Περιγραφή λειτουργίας

Η συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD) είναι μια μηχανική αντλία που εμφυτεύεται από ειδικούς υγείας σε άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια. Η συσκευή υποβοηθά την αριστερή κοιλία της καρδιάς στην εκτόξευση αίματος στην αορτή και στη συνέχεια σε όλο το σώμα. Ο ρόλος της συγκεκριμένης συσκευής είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την επιβίωση των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια, δεδομένου ότι η αορτή διανέμει το οξυγονωμένο αίμα σε ολόκληρο το σώμα. Η συνεχής παροχή οξυγόνου στα κύτταρα και τους ιστούς είναι απαραίτητη για την επιβίωση [46].

Μια συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας λειτουργεί μεταφέροντας αίμα από την αριστερή κοιλία στην αορτή. Η αορτή είναι η κύρια αρτηρία που μεταφέρει αίμα από την καρδιά σε ολόκληρο το σώμα. Ένας χειρουργός τοποθετεί τη μονάδα αντλίας της συσκευής

υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας στη βάση της καρδιάς, μέσα στη θωρακική κοιλότητα. Η συσκευή συλλέγει το αίμα και το μεταφέρει μέσω ενός σωλήνα στην αορτή [45].

Η αντλία συνδέεται με ένα σύστημα driveline και ένα σύστημα ελέγχου (ελεγκτής). Το driveline μεταδίδει σήματα από τη συσκευή μέσω του κοιλιακού δέρματος στον εξωτερικό ελεγκτή, ο οποίος είναι ένας συμπαγής υπολογιστής. Ο εξωτερικός ελεγκτής λειτουργεί την αντλία. Μία συσκευή LVAD λαμβάνει ενέργεια χρησιμοποιώντας επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή ένα καλώδιο που συνδέεται σε μια ηλεκτρική πρίζα. Οι μπαταρίες μπορεί να παρέχουν έως και 14 ώρες ενέργειας, ανάλογα με το gadget. Όταν οι μπαταρίες εξαντληθούν, πρέπει να αντικατασταθούν. Διατίθενται πολλά διαφορετικά είδη LVAD. Ο ιατρός προτείνει την καταλληλότερη επιλογή ανάλογα με τις ανάγκες και την ιατρική κατάσταση/ιστορικό του ασθενούς [44].

1.4.2. Ενδείξεις χρήσης

Μια συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας προορίζεται για άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια τελικού σταδίου. Χρησιμεύει ως μεταβατική λύση για όσους περιμένουν μεταμόσχευση καρδιάς. Μπορεί επίσης να βοηθήσει όσους ασθενείς δεν είναι επιλέξιμοι για μεταμόσχευση καρδιάς, στο πλαίσιο της λεγόμενης θεραπείας προορισμού [47].

Ξεκινώντας από την εκδοχή της αξιοποίησης της συσκευής υποβοήθησης αριστερής κοιλίας ως γέφυρα προς μεταμόσχευση (BTT), η επιλογή της βασίζεται στη διαπίστωση ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου αναμονής για μεταμόσχευση καρδιάς, η ιατρική κατάσταση μπορεί να επιδεινωθεί. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εισαγωγή στο νοσοκομείο, επιδείνωση των συμπτωμάτων και βλάβη σε άλλα όργανα, συμπεριλαμβανομένων των νεφρών, του ήπατος και των πνευμόνων [46].

Η Γέφυρα προς μεταμόσχευση (BTT) διευκολύνει την επιβίωση έως ότου είναι διαθέσιμη μια καρδιά δότη. HLVAD υποστηρίζει την καρδιακή λειτουργία έως τη μεταμόσχευση, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής και μειώνοντας τις ενοχλήσεις. Εν συνεχεία, ο χειρουργός αφαιρεί το gadget κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μεταμόσχευσης. Η διάρκεια της υποστήριξης που παρέχεται από ένα LVAD πριν από τη μεταμόσχευση καρδιάς ποικίλλει ανάλογα με την ιατρική κατάσταση, την ομάδα αίματος και το μέγεθος του σώματος.

Από την άλλη πλευρά, η θεραπεία προορισμού (DT) προορίζεται για άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια που δεν είναι κατάλληλοι υποψήφιοι για χειρουργική επέμβαση μεταμόσχευσης καρδιάς, για άτομα, δηλαδή, που έχουν εξαντλήσει όλες τις άλλες εναλλακτικές λύσεις,

συμπεριλαμβανομένων των φαρμάκων, των τροποποιήσεων του τρόπου ζωής και των καρδιακών παρεμβάσεων [44].

1.4.3. Τεχνολογία και είδη

Η συσκευή LVAD είναι ένα είδος μηχανικής συσκευής υποστήριξης της κυκλοφορίας. Το ειδικά σχεδιασμένο gadget υποστηρίζει την καρδιά και επιδιώκει να αποκαταστήσει τη λήψη LVAD απαιτεί μια σημαντική χειρουργική επέμβαση, δηλαδή χειρουργική επέμβαση ανοικτής καρδιάς. Ένα λεπτό καλώδιο, γνωστό ως driveline, συνδέει το LVAD, που βρίσκεται στο εσωτερικό του σώματος, μέσω του δέρματος με έναν εξωτερικό ελεγκτή. Ο ελεγκτής ανιχνεύει τη λειτουργία του LVAD και ρυθμίζει την ισχύ ώστε να διασφαλίζεται η λειτουργικότητά του. Ο ελεγκτής διασυνδέεται με μια εξωτερική μπαταρία [48]. Η λειτουργικότητα των LVAD είναι κρίσιμη για τη ζωή των ατόμων, γεγονός που απαιτεί εξαιρετική αξιοπιστία και ενσωματωμένους μηχανισμούς ασφαλείας στο εσωτερικό της συσκευής. Όταν η μπαταρία αρχίζει να εξαντλείται, ενεργοποιείται ένας συναγερμός για να ειδοποιήσει το άτομο ότι χρειάζεται αντικατάσταση [48]. Μια συμπληρωματική μπαταρία συνδέεται σταθερά με τον ελεγκτή, διασφαλίζοντας ότι εάν εξαντληθεί η μία μπαταρία, μια άλλη μπορεί να διατηρήσει το LVAD για πολλές ακόμη ώρες. Επιπλέον, ο ελεγκτής είναι εξοπλισμένος με πλεονάζοντα κυκλώματα, διασφαλίζοντας ότι σε περίπτωση βλάβης του κύριου κυκλώματος, ενεργοποιείται το εφεδρικό σύστημα. Τα σύγχρονα LVAD είναι επομένως πολύ αξιόπιστα και μπορούν να συντηρούν τους ασθενείς για μεγάλα χρονικά διαστήματα [49].

Τα άτομα μπορούν να επιλέξουν τον τρόπο που θα φορούν τον ελεγκτή και τις δύο μπαταρίες. Μπορούν να συγκεντρώσουν όλα τα στοιχεία σε ένα ενιαίο πακέτο και να το φέρουν ως τσάντα ώμου ή σακίδιο πλάτης. Εναλλακτικά, οι χρήστες μπορούν να αποσυνδέσουν τα εξαρτήματα και να τα στερεώσουν σε μια ζώνη.

Όλα τα άτομα λαμβάνουν έναν φορητό φορτιστή κατά την έξοδό τους από το νοσοκομείο, που τους επιτρέπει να επαναφορτίζουν τις μπαταρίες σε οποιοδήποτε σημείο. Περιλαμβάνεται ένας προσαρμογέας για τη σύνδεση του φορτιστή με τον αναπτήρα του οχήματος, επιτρέποντας την επαναφόρτιση της μπαταρίας κατά τη διάρκεια εκτεταμένων ταξιδιών [50].

Επιπρόσθετα, η συσκευή υποβοήθησης του αριστερού κόλπου (LAAD) είναι μια νέα αντλία που έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για τη θεραπεία της καρδιακής ανεπάρκειας με

διατηρημένο κλάσμα εξώθησης (HFpEF). Η LAAD είναι μια αντλία μικτής ροής που τοποθετείται στη θέση της μιτροειδούς βαλβίδας, διευκολύνοντας τη μεταφορά αίματος από τον αριστερό κόλπο στην αριστερή κοιλία. Σύμφωνα με τα ευρήματα μελέτης, με τη βοήθεια του LAAD, η καρδιακή παροχή *in vitro* και η αορτική πίεση ομαλοποιήθηκαν σε TC 1,25 και 1,5, ακόμη και υπό σοβαρές συνθήκες DHF, χωρίς παλινδρόμηση της αντλίας. Η λειτουργία TC αξιολογήθηκε *in vivo* και κατέδειξε θετικά αποτελέσματα χωρίς αύξηση της τελικής διαστολικής πίεσης της αριστερής κοιλίας. Τα προκαταρκτικά *in vitro* και *in vivo* ευρήματα δείχνουν ότι η λειτουργία TC μπορεί να είναι ευεργετική και η LAAD μπορεί να χρησιμεύσει ως θεραπευτική επιλογή για ασθενείς με HFpEF [77].

1.4.4.Χειρουργική τοποθέτηση και μακροχρόνια παρακολούθηση

Μια συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας ενισχύει την καρδιακή λειτουργία και ανεβάζει την ποιότητα ζωής επ' αόριστον [47]. Τα βελτιωμένα ποσοστά επιβίωσης που σχετίζονται με τα σύγχρονα συστήματα LVAD έχουν οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των ατόμων που λαμβάνουν αυτές τις συσκευές. Ετησίως, περίπου 2.500 άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια πραγματοποιούν εμφύτευση συσκευής υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας, μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι ειδικοί υγειονομικής περίθαλψης αξιολογούν πρώτα την επιλεξιμότητά του ασθενούς για μια συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας. Η ιατρική εξέταση περιλαμβάνει πολλές μεθόδους, όπως [44]:

- Ηλεκτροκαρδιογράφημα
- Ακτινογραφία θώρακα
- Αιματολογικές αναλύσεις
- Ηχοκαρδιογράφημα
- Αξιολόγηση μεταβολικού στρες
- Καρδιακός καθετηριασμός

Η συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας δεν αποτελεί κατάλληλη θεραπευτική επιλογή για όλα τα άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια. Τα άτομα τα οποία δεν μπορούν να επιλεγθούν για τοποθέτηση LVAD είναι όσα αντιμετωπίζουν [44]:

- Διαταραχές της πήξης
- Μη αναστρέψιμη νεφρική ανεπάρκεια
- Προχωρημένη ηπατική νόσο
- Οξεία πνευμονική ασθένεια

➤ Λοιμώξεις ανθεκτικές στη θεραπεία με αντιβιοτικά

Για την τοποθέτηση της συσκευής χορηγείται αρχικά αναισθησία, ώστε ο ασθενής να παραμείνει ναρκωμένος καθ' όλη τη διάρκεια της επέμβασης ανοικτής καρδιάς. Ο χειρουργός ιατρός χρησιμοποιεί μηχάνημα παράκαμψης καρδιάς-πνευμόνων για την κυκλοφορία οξυγονωμένου αίματος σε όλο το σώμα κατά τη διάρκεια των χειρουργικών επεμβάσεων. Ακόμη, χρησιμοποιεί έναν αναπνευστήρα ο οποίος αναλάβει τον έλεγχο της αναπνοής κατά τη διάρκεια της χειρουργικής διαδικασίας. Ο χειρουργός πραγματοποιεί τομή στο θώρακα για να αποκτήσει πρόσβαση στην καρδιά για την προσάρτηση του LVAD. Με βάση την κατάστασή, ο γιατρός μπορεί να πραγματοποιήσει θωρακοτομή κάνοντας μια τομή στην αριστερή πλευρά του θώρακα. Η τομή κλείνει μετά την τοποθέτηση της συσκευής υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας. Η διαδικασία εμφύτευσης μιας συσκευής υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας διαρκεί τέσσερις έως έξι ώρες. Πριν από την έξοδο από το νοσοκομείο, ο ασθενής λαμβάνει οδηγίες σχετικά με τη διαχείριση της συσκευής και την αντιμετώπιση προβλημάτων έκτακτης ανάγκης. Επιπλέον, λαμβάνει οδηγίες για τις καθημερινές δραστηριότητες, που είναι απαραίτητες [47].

Απαραίτητη ταυτόχρονα κρίνεται η εφαρμογή υγιεινών τροποποιήσεων του τρόπου ζωής πριν και μετά την επέμβαση εμφύτευσης LVAD, όπως [46]:

- Παύση της χρήσης προϊόντων καπνού
- Υγιεινή διατροφή/Στοχευμένες διατροφικές παρεμβάσεις
- Διακοπή χρήσης καπνού
- Συχνή σωματική δραστηριότητα

1.4.5.Κίνδυνοι και επιπλοκές

Τα άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια τελικού σταδίου που χρησιμοποιούν συσκευές LVAD παρουσιάζουν αυξημένη μακροζωία σε σύγκριση με τα άτομα που υποβάλλονται απλώς σε ιατρική θεραπεία. Η συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας ενισχύει την κυκλοφορία του αίματος σε όλο το σώμα, ενισχύει τη λειτουργικότητα των νεφρών, του ήπατος, του εγκεφάλου και άλλων οργάνων, ανακουφίζει τα συμπτώματα, όπως η κόπωση, η δύσπνοια και το οίδημα, ενισχύει τη δύναμη και την ικανότητά συμμετοχής σε δραστηριότητες που προηγουμένως ήταν ανέφικτες, όπως η καρδιακή αποκατάσταση [44].

Ενώ μια συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας βελτιώνει την ποιότητα ζωής των ατόμων με καρδιακή ανεπάρκεια, δεν αποτελεί θεραπεία. Επί του παρόντος, το 80% των

ατόμων που λαμβάνουν συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας επιβιώνουν για ένα έτος μετά τη διαδικασία. Σχεδόν το 50% επιβιώνει τέσσερα χρόνια μετά το συμβάν [45].

Η μηχανική υποστήριξη της κυκλοφορίας δεν είναι πανάκεια και συνεχίζει να παρουσιάζει αρκετά προβλήματα, παρά την εξέλιξή της. Ενδεικτικά, η ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας (RVF) μετά την LVAD συμβάλλει σημαντικά στη νοσηρότητα και το θάνατο. Παρά τη συνολική βελτίωση των αποτελεσμάτων και τα μειωμένα ποσοστά ανεπάρκειας της δεξιάς κοιλίας (RVF) που σχετίζονται με τις νεότερες συσκευές υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας συνεχούς ροής (LVAD) σε σύγκριση με τις συσκευές παλλόμενης ροής, και τη δημιουργία κλινικών βαθμολογιών πρόβλεψης που βοηθούν στον προεγχειρητικό εντοπισμό των ασθενών που διατρέχουν κίνδυνο για RVF μετά την εμφύτευση, η RVF εξακολουθεί να εκδηλώνεται στο 13% έως 40% των συσκευών συνεχούς ροής. Η απόδοση των LVAD εξαρτάται σημαντικά από τη λειτουργία της δεξιάς κοιλίας (RV) [38]. Η σοβαρή RVF μπορεί να οδηγήσει σε συστηματική υποπίεση, πολυοργανική ανεπάρκεια και θνησιμότητα, καθώς και σε παρατεταμένη ή επαναλαμβανόμενη νοσηλεία και μειωμένη ποιότητα ζωής. Οι ασθενείς με LVAD που εμφανίζουν ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας (RVF) εμφανίζουν δυσμενή αποτελέσματα υγείας, συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης περιεγχειρητικής, βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης θνησιμότητας, καθώς και μειωμένα ποσοστά επιβίωσης μέχρι τη μεταμόσχευση. Η RVF συνδέεται επίσης με αυξημένο κίνδυνο αιμορραγίας, νεφρικής ανεπάρκειας και υπότασης, καθώς και με παρατεταμένη διάρκεια εισαγωγών στη μονάδα εντατικής θεραπείας και στο νοσοκομείο [39].

Ελλείψει αξιόπιστων και ασφαλών λύσεων για την υποστήριξη της δεξιάς κοιλίας (RV), η προεγχειρητική αξιολόγηση της λειτουργίας της RV και η κατάλληλη επιλογή των ασθενών είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων μετά την εμφύτευση συσκευής υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD) [38].

Επιπρόσθετα, όλες οι χειρουργικές επεμβάσεις και αντίστοιχα και η τοποθέτηση συσκευής υποστήριξης αριστερής κοιλίας έχουν εγγενείς κινδύνους. Οι πιο διαδεδομένοι κίνδυνοι περιλαμβάνουν [44]:

- Μόλυνση
- Θρόμβωση και εγκεφαλοαγγειακό συμβάν
- Αιμορραγία
- Ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας
- Νεφρική βλάβη

➤ Δυσλειτουργία της συσκευής υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας

Οι συσκευές υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD) παρέχουν σημαντική υποστήριξη για άτομα με σοβαρή καρδιακή ανεπάρκεια. Παρ' όλα αυτά, η συνεχής υποστήριξη αυτού του είδους σε ορισμένες περιπτώσεις προδιαθέτει τους ασθενείς για καρδιακή ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας (RHF) και αορτική ανεπάρκεια (AI), ιδίως όταν οι ασθενείς έχουν παρατεταμένη επιβίωση με τη συσκευή τους. Λαμβάνοντας υπόψη τις αιμοδυναμικές συνεισφορές στην αορτική ανεπάρκεια (AI) και την καρδιακή ανεπάρκεια δεξιάς κοιλίας (RHF), αυτές οι συννοσηρότητες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως συμβάντα που σχετίζονται με την αιμοδυναμική (HDRE). Τα αιμοδυναμικά καθοδηγούμενα συμβάντα εξαρτώνται χρονικά και συχνά παρουσιάζονται μετά τα HPAE [75].

1.5.Ιδιότητες RVAD (Right Ventricular Assist Device - Συσκευών Υποβοήθησης Δεξιάς Κοιλίας)

1.5.1.Περιγραφή λειτουργίας

Η οξεία ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας είναι μια πολύπλευρη κλινική νόσος που χαρακτηρίζεται από ποικίλες εκδηλώσεις και συνδέεται με αυξημένη θνησιμότητα και νοσηρότητα, ωστόσο υπάρχει έλλειψη τεκμηριωμένης βιβλιογραφίας για το θέμα [51]. Μια συσκευή υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας (RVAD) χρησιμεύει ως βιώσιμη θεραπευτική επιλογή για ορισμένα άτομα με σημαντική δυσλειτουργία της δεξιάς κοιλίας, λειτουργώντας είτε ως γέφυρα προς την αποκατάσταση είτε ως μόνιμη παρέμβαση [52]

Οι συσκευές RVAD μπορούν να εμφυτευθούν χειρουργικά ή διαδερμικά και να παρέχουν υποστήριξη που είναι είτε βραχυπρόθεσμη (προσωρινή) είτε, σπάνια, μακροπρόθεσμη. Παρά τη διαθεσιμότητα πολλών κλινικών συσκευών RVAD, πολύ λιγότερες έρευνες έχουν εστίαση στις συσκευές αυτές και την αποτελεσματικότητά τους [53].

Οι συσκευές προσωρινής μηχανικής υποστήριξης της κυκλοφορίας για τη δεξιά κοιλιακή ανεπάρκεια μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της καρδιαγγειακής υγείας και την επιμήκυνση του προσδόκιμου ζωής των ασθενών, δεδομένου ότι η λειτουργία της δεξιάς κοιλίας συχνά ανακάμπτει αρκετά μέσα σε μικρά χρονικά διαστήματα, επιτρέποντας την αφαίρεση της συσκευής. Συνήθως, η ανάκαμψη μπορεί να αναμένεται εντός ημερών έως

εβδομάδων και ορισμένες από τις συσκευές έχουν εγκριθεί για χρήση για διάρκεια έως και 14 ημέρες [54].

1.5.2. Ενδείξεις χρήσης

Η αυξανόμενη χρήση εξελιγμένων θεραπειών καρδιακής ανεπάρκειας, συμπεριλαμβανομένης της προσωρινής και μόνιμης μηχανικής υποστήριξης της κυκλοφορίας, στοχεύει κυρίως στην αριστερόστροφη καρδιακή ανεπάρκεια [51]. Παρ' όλα αυτά, η ταυτόχρονη ή κύρια δεξιά καρδιακή ανεπάρκεια δεν είναι σπάνια και αυξάνει σημαντικά τα ποσοστά νοσηρότητας και θανάτου. Οι παρεμβάσεις για την υποστήριξη της δεξιάς κοιλίας είναι ιδιαίτερα σημαντικές στο πλαίσιο των μακροχρόνιων, μόνιμων λύσεων υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD), οι οποίες δύνανται να οδηγήσουν σε ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας [53].

Οι επικρατούντες κλινικοί φαινότυποι περιλαμβάνουν οξεία-χρόνια δυσλειτουργία της δεξιάς κοιλίας, με ή χωρίς μυοκαρδιοπάθεια της αριστερής κοιλίας, έμφραγμα του μυοκαρδίου ή ισχαιμία, σύνδρομο μετά από καρδιοτομή (PCCS), μετά από εμφύτευση συσκευής υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας (LVAD), μετά από μυοκαρδίτιδα, μετά από μεταμόσχευση καρδιάς και μετά από πνευμονικά θρομβοεμβολικά επεισόδια. Η θεραπεία της δεξιάς καρδιακής ανεπάρκειας (RHF) είναι συνήθως φαρμακευτική, ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, η μηχανική υποστήριξη της κυκλοφορίας, όπως μια συσκευή υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας (RVAD), είναι απαραίτητη [53].

1.5.3. Τεχνολογία και είδη

Επί του παρόντος, υπάρχουν τόσο χειρουργικές όσο και διαδερμικές εναλλακτικές λύσεις για τη μηχανική υποστήριξη της δεξιάς κοιλίας. Η τοποθέτηση μιας χειρουργικής συσκευής υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας (RVAD) συνεπάγεται την εισαγωγή σωληνακίου στον δεξιό κόλπο ή τη δεξιά κοιλία, καθώς και στην πνευμονική αρτηρία, τα οποία συνδέονται με μία αντλία φυγοκεντρικής ροής που βρίσκεται εκτός του σώματος. Πολλαπλά δεδομένα δείχνουν ότι η χρήση ενός χειρουργικά εμφυτευμένου ενδιάμεσου RVAD μετά το LVAD αποτελεί μια επιτυχημένη προσέγγιση για την υποβοήθηση ασθενών που εμφανίζουν σημαντική ανεπάρκεια της RV κατά τη μετεγχειρητική φάση [54].

Κατά τα τελευταία έτη, τα διαδερμικά RVAD έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες θεραπευτικές παρεμβάσεις. Η τοποθέτηση τους συνεπάγεται την εισαγωγή δύο σωληναρίων,

με τον ένα σωληνάριο να βρίσκεται στον δεξιό κόλπο και τον άλλο στην πνευμονική αρτηρία. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί μια εξωσωματική φυγοκεντρική αντλία με εισαγωγή από τον σωληνάριο του δεξιού κόλπου και εξαγωγή στην πνευμονική αρτηρία [55].

1.5.4.Χειρουργική τοποθέτηση και μακροχρόνια παρακολούθηση

Μετά την προετοιμασία του ασθενούς, ένα χειρουργικό RVAD χρειάζεται επαναληπτική στερνοτομή εάν δεν εμφυτευτεί ταυτόχρονα με το LVAD. Επιπλέον, η συσκευή RVAD απαιτεί μια περαιτέρω χειρουργική επέμβαση για την αφαίρεση της συσκευής όταν ο ασθενής είναι έτοιμος. Ένας σημαντικός αριθμός αυτών των ασθενών έχει αυξημένο κίνδυνο αιμορραγίας λόγω ηπατικής δυσλειτουργίας που προκαλείται από τη συμφόρηση ή/και την υπόταση που σχετίζεται με την ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας [54]. Οι μελέτες μακροχρόνιας παρακολούθησης των συγκεκριμένων συσκευών είναι εξαιρετικά περιορισμένες, γεγονός το οποίο συνιστά την αναγκαιότητα περαιτέρω μελέτης στον τομέα.

1.5.5.Κίνδυνοι και επιπλοκές

Η τοποθέτηση ενός RVAD είναι μια σημαντική χειρουργική επέμβαση που απαιτεί γενική αναισθησία. Κάθε γενική αναισθησία ενέχει κίνδυνο καρδιακής ή εγκεφαλικής βλάβης. Οι σημαντικές χειρουργικές επεμβάσεις μπορεί να περιλαμβάνουν τον κίνδυνο σχηματισμού θρόμβων κατά τη διάρκεια ή μετά την επέμβαση. Αυτοί οι θρόμβοι μπορεί να αποκολληθούν και να μεταναστεύσουν στους πνεύμονες, με αποτέλεσμα πνευμονική εμβολή, ή στον εγκέφαλο, οδηγώντας σε εγκεφαλικό επεισόδιο [56].

Πρόσθετοι κίνδυνοι που σχετίζονται με αυτή την επέμβαση περιλαμβάνουν [56]:

- Λοίμωξη, συμπεριλαμβανομένης της σήψης
- Αιμορραγία
- Δυσλειτουργία της συσκευής
- Ακανόνιστος καρδιακός ρυθμός (αρρυθμία)
- Ενδοκαρδίτιδα, λοίμωξη του καρδιακού ιστού
- Νεφρική δυσλειτουργία
- Εγκεφαλική αιμορραγία

1.6.Συνδυαστική χρήση LVAD (Left Ventricular Assist Device – Συσκευή Υποβοήθησης Αριστερής Κοιλίας) και RVAD (Right Ventricular Assist Device – Συσκευή Υποβοήθησης Δεξιάς Κοιλίας) – Συστήματα Bi-VAD

Η συσκευή υποβοήθησης BiVAD αποτελεί μια αντλία εμφύτευσης, η οποία προορίζεται για την ενίσχυση της καρδιακής λειτουργίας όταν τόσο η δεξιά όσο και η αριστερή κοιλία είναι εξασθενημένες.

Κατά την επιστροφή στη δεξιά πλευρά της καρδιάς, το αίμα αντλείται μέσω της δεξιάς κοιλίας, μιας από τις καρδιακές κοιλότητες, στους πνεύμονες για οξυγόνωση. Στη συνέχεια, το οξυγονωμένο αίμα επιστρέφει στον αριστερό κόλπο της καρδιάς. Η αριστερή κοιλία εκτινάσσει το αίμα μέσω της κύριας αρτηρίας που εξέρχεται από την καρδιά [57].

Όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά παραπάνω, υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες συσκευών υποβοήθησης της κοιλίας: η συσκευή υποβοήθησης της αριστερής κοιλίας και η συσκευή υποβοήθησης της δεξιάς κοιλίας. Όταν χρησιμοποιούνται μαζί, αναφέρονται ως BiVAD. Η χειρουργική επέμβαση BiVAD είναι μια σημαντική χειρουργική επέμβαση, η οποία απαιτεί γενική αναισθησία, η οποία όπως είναι φυσικό, τον κίνδυνο καρδιακής ή εγκεφαλικής βλάβης. Ο κίνδυνος επιδεινώνεται περαιτέρω σε περιπτώσεις καρδιακής ανεπάρκειας. Οι σημαντικές χειρουργικές επεμβάσεις μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο σχηματισμού θρόμβων κατά τη διάρκεια ή μετά την επέμβαση. Επιπρόσθετοι κίνδυνοι οι οποίοι συνδέονται με την επέμβαση αυτή περιλαμβάνουν την αρρυθμία, τη μόλυνση και την αιμορραγία, αλλά και τη δυσλειτουργία της συσκευής. Δεδομένου ότι για την τοποθέτηση BiVAD απαιτείται επέμβαση ανοικτής καρδιάς, δεν είναι επιλέξιμοι όλοι οι ασθενείς, ενώ, πρόκειται για μία λύση που εφαρμόζεται όταν έχουν εξαντληθεί όλες οι υπόλοιπες προοπτικές θεραπείας [58].

2.Εναλλακτικά συστήματα υποβοήθησης

2.1.Εξωσωματική Οξυγόνωση (ECMO)

2.1.1. VA-ECMO

Η VA-ECMO αποτελεί μια συσκευή βραχυχρόνιας μηχανικής υποστήριξης της κυκλοφορίας που παρέχει ολοκληρωμένη και γρήγορη καρδιοπνευμονική υποστήριξη σε περιπτώσεις καρδιογενούς σοκ και καρδιακής ανακοπής. Αποτελείται από μια αντλία φυγοκέντρισης

ικανή να παρέχει έως και 8 L/min αίματος, συνοδευόμενη από σωληνάκια φλεβικής παροχέτευσης και αρτηριακής επιστροφής. Στο κύκλωμα περιλαμβάνεται ένας οξυγονωτής μεμβράνης, ο οποίος διευκολύνει τόσο την οξυγόνωση του αίματος όσο και την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Αυτή η λειτουργία αποτελεί ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό διαφοροποίησης από άλλες μεθόδους όπως η IABP. Η VA-ECMO μπορεί επίσης να εφαρμοστεί χειρουργικά, ιδίως μετά από καρδιοτομή, όταν το οξυγονωμένο αίμα εγχέεται απευθείας στην αορτή [59].



Εικόνα 6: ECMO Device (Πηγή εικόνας: <https://images.app.goo.gl/GtCkqiaxEttPg6gy7>)

Η περιφερική VA-ECMO χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο ως μέθοδος βραχυπρόθεσμης υποστήριξης για ασθενείς με καρδιακή ανακοπή, σοβαρή καρδιακή ανεπάρκεια και καρδιογενές σοκ [60]. Η ολοκληρωμένη υποστήριξη VA-ECMO διευκολύνει την εκτέλεση διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών, ενώ πολλές κλινικές μελέτες βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη για την αξιολόγηση των πιθανών θεραπευτικών πλεονεκτημάτων της έγκαιρης έναρξης της VA-ECMO σε διάφορες ομάδες ασθενών [61].

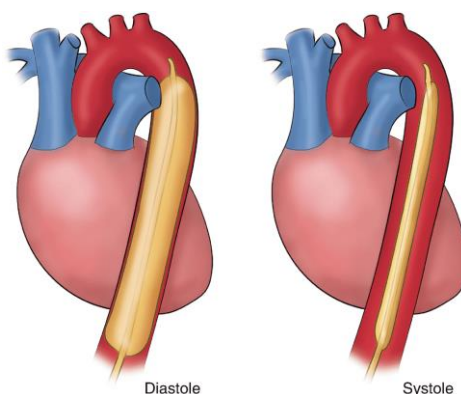
2.1.2.VV ECMO

Η εξωσωματική οξυγόνωση VV ECMO είναι ένα σύστημα μηχανικής υποστήριξης που παρέχει εκτεταμένη καρδιοπνευμονική υποστήριξη. Μια έκδοση του μηχανήματος καρδιοπνευμονικής παράκαμψης χρησιμοποιείται σε ασθενείς που αντιμετωπίζουν απειλητική για τη ζωή τους αναπνευστική ανεπάρκεια, με αναμενόμενο ποσοστό θνησιμότητας 80 %. Η ECMO χρησιμοποιείται για ασθενείς με πιθανώς αναστρέψιμη αναπνευστική ανεπάρκεια και χρησιμεύει ως γέφυρα προς τη μεταμόσχευση πνευμόνων για επιλέξιμα άτομα.

Το κύκλωμα VV ECMO, στη βασική του διαμόρφωση, περιλαμβάνει εξειδικευμένους σωληνίσκους που συνδέονται με μία φυγοκεντρική αντλία. Το φλεβικό αίμα εξάγεται σε έναν εξωσωματικό οξυγονωτή τεχνητής μεμβράνης και το οξυγονωμένο αίμα επανεισάγεται στη φλεβική κυκλοφορία. Η VV ECMO ενισχύει τη συστηματική οξυγόνωση και μειώνει τις πιέσεις αναπνευστικής διόγκωσης, μετριάζοντας έτσι τη βλάβη των πνευμόνων που προκαλείται από τον αναπνευστήρα, προάγοντας την αποκατάσταση των πνευμόνων. Η VV ECMO δεν διατηρεί τη συστηματική κυκλοφορία ούτε τροποποιεί την αιμοδυναμική, σε αντίθεση με τη φλεβοαρτηριακή ECMO [62].

2.2.Ενδοαορτική αντλία (IABP)

Η ενδοαορτική αντλία αντιωθήσεως (Intra - Aortic Balloon Pump IABP), παρέχει βραχυπρόθεσμη μηχανική υποστήριξη, μειώνοντας έτσι την καταπόνηση της καρδιάς. Τα πλεονεκτήματα της θεραπείας με IABP προκύπτουν από τη διευκόλυνση της στεφανιαίας ροής και την ελάφρυνση της καταπόνησης της αριστερής κοιλίας, συμβάλλοντας στην εξισορρόπηση μεταξύ προσφοράς και ζήτησης οξυγόνου, με στόχο τη διατήρηση της βιωσιμότητας του μυοκαρδίου. Το αποτέλεσμα αυτό παρέχει προσωρινή υποστήριξη της λειτουργίας της αριστερής κοιλίας σε περιπτώσεις ανεπάρκειας κατά τη διάρκεια ενός ισχαιμικού συμβάντος [63]. Η αποτελεσματικότητα της IABP εξαρτάται από τη διάρκεια από την έναρξη του εμφράγματος του μυοκαρδίου και τη λειτουργική κατάσταση της αριστερής κοιλίας. Η χρήση του IABP φαίνεται να αυξάνεται παράλληλα με το αυξανόμενο ποσοστό καρδιοχειρουργικών ασθενών υψηλού κινδύνου, αλλά το συνολικό ποσοστό επιπλοκών έχει μειωθεί σημαντικά στο 6,5%. Παρά τους παλαιότερα αυξημένους κινδύνους επιπλοκών που απέτρεπαν τους γιατρούς από τη χρήση της, η αυξανόμενη εμπειρία με θετικά αποτελέσματα κατά την πρώτη χρήση της διευρύνει τις ενδείξεις για την χορήγηση IABP [64].

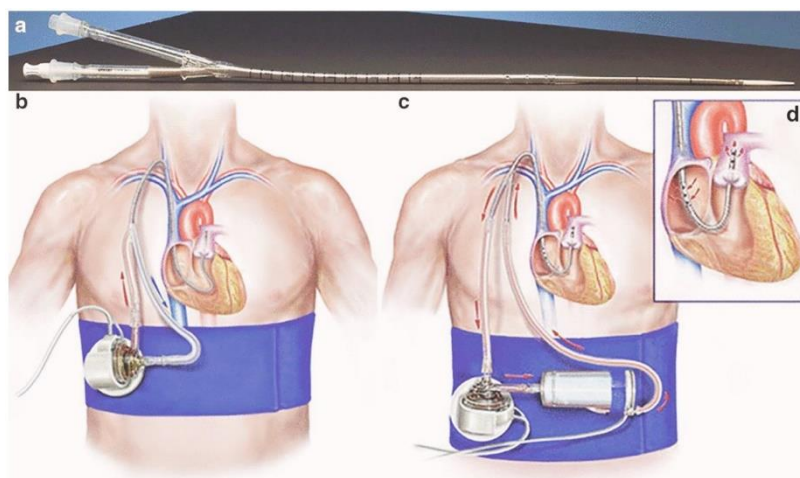


Εικόνα 7: IABP (Πηγή εικόνας: <https://images.app.goo.gl/v2No5B8WQAxiiCvi7>)

Παρά την έλλειψη τυχαιοποιημένων ερευνών στα περισσότερα άρθρα, υποδεικνύουν ότι οι ασθενείς που δεν ανταποκρίνονται στη βέλτιστη φαρμακευτική θεραπεία μπορούν να υποβληθούν σε χειρουργική επέμβαση με σταθεροποίηση με χρήση IABP, παρουσιάζοντας χαμηλό ποσοστό χειρουργικής θνησιμότητας και χαμηλή συχνότητα περιεγχειρητικού εμφράγματος του μυοκαρδίου. Η IABP μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια ενός οξέος εμφράγματος για να μειώσει το μέγεθος και την έκταση του εμφράγματος, να ενισχύσει την καρδιακή λειτουργία και να μετριάσει τα προβλήματα που σχετίζονται με το συμβάν [65].

2.3. Tandemheart Protekt Duocannula (LivaNova)

Η Tandemheart Protekt Duo cannula (LivaNova, Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο) είναι μια συσκευή η οποία εισάγεται στη δεξιά εσωτερική αρτηρία με διαδερμική μέθοδο, χρησιμοποιώντας καθοδήγηση με φθοριοσκόπηση ή υπέρηχο. Όταν συνδέεται με μια αντλία, όπως η TandemHeart (LivaNova, Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο) ή η CentriMag (Abbott, Pleasanton, CA, ΗΠΑ), μπορεί να χρησιμεύσει ως μηχανική υποστήριξη της κυκλοφορίας (MCS) για τη δεξιά κοιλία (RV) [66]. Η προσθήκη ενός φλεβο-πνευμονικού (V-P) οξυγονωτή επιτρέπει την παροχή υποστήριξης εξωσωματικής οξυγόνωσης με μεμβράνη (ECMO Στο πλαίσιο της ανεπάρκειας της δεξιάς κοιλίας (RVF), ο σωληνίσκος ProtekDuo, ο οποίος εκβάλλει στη μείζονα πνευμονική αρτηρία (PA), μπορεί να παρακάμψει την εξασθενημένη δεξιά κοιλία, ενισχύοντας την πνευμονική κυκλοφορία [67]. Το σύστημα ProtekDuo αναμένεται να αυξήσει τη δημοτικότητά του λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών του, όπως διευκόλυνση της κινητικότητας, η απλή διαδερμική ανάπτυξη, η συμβατότητα με διάφορες αντλίες και οξυγονωτές και η προσαρμοστικότητα [68].



Εικόνα 8: Tandemheart Protekt Duo cannula (Πηγήεικόνας: <https://images.app.goo.gl/kd7XoD4wCtjxCpBdA>)

2.4.Impella

Η καρδιακή αντλία Impella είναι η μικρότερη καρδιακή αντλία η οποία χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της ροής του αίματος κατά τη διάρκεια προστατευμένων διαδερμικών στεφανιαίων επεμβάσεων υψηλού κινδύνου (PCI).

Οι PCIs είναι μια σειρά επεμβάσεων που χρησιμοποιούνται για την επαναδιάνοιξη αποφραγμένων στεφανιαίων αρτηριών με τη χρήση μπαλονιών ή/και στεντ. Οι PCIs διευκολύνουν την αποκατάσταση της ροής του αίματος προς τον καρδιακό μυ χωρίς την ανάγκη χειρουργικής επέμβασης ανοικτής καρδιάς [69].

Ένας σημαντικός αριθμός ατόμων μπορεί να υποβληθεί σε PCI χωρίς τη βοήθεια καρδιακής αντλίας. Ασθενείς με ορισμένες σοβαρές αποφράξεις ή με εξασθενημένο καρδιακό μυ, ωστόσο, χρειάζονται υποστήριξη μέσω συσκευών, όπως η Impella, κατά τη διάρκεια μιας θεραπείας PCI.

Η Impella χρησιμοποιείται σε ασθενείς με έμφραγμα του μυοκαρδίου, παρέχοντας περαιτέρω υποστήριξη στην καρδιά, διευκολύνοντας την ανάπαυση και την ανάρρωσή της. Ο ιατρός δημιουργεί μια μικρή τομή στο άνω μέρος του μηρού και εισάγει έναν λεπτό σωλήνα, γνωστό ως καθετήρα, στη μηριαία αρτηρία. Στη συνέχεια, η συσκευή Impella πλοηγείται μέσω του καθετήρα στην αριστερή κοιλία, τον κύριο θάλαμο άντλησης της καρδιάς [70].

Η Impella εξάγει αίμα από την κοιλία και το προωθεί στην αορτή, παρέχοντας οξυγονωμένο αίμα στο υπόλοιπο σώμα. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας PCI, η Impella απενεργοποιείται και αποσύρεται. Εάν η καρδιά χρειάζεται βοήθεια μετά την επέμβαση, η καρδιακή αντλία παραμένει στην κοιλία μέχρι να σταθεροποιηθεί η κατάστασή του ασθενούς [71]. Οι σύγχρονες εξελίξεις στο πεδίο των αναδυόμενων τεχνολογιών, έχουν ενισχύσει σημαντικά τις δυνατότητες της Impella, παρέχοντας νέες προοπτικές [70].

2.5.Berlin Heart Excor System

Το Berlin Heart (BH) EXCOR Pediatric, το οποίο δημιουργήθηκε σε συνεργασία με το Deutsches Herzzentrum (Βερολίνο, Γερμανία) το 1992, είναι ένα παρα-σωματικό σύστημα μηχανικής υποστήριξης της κυκλοφορίας με παλμική ροή για μακροχρόνια χρήση. Η αντλία προσφέρεται σε διάφορες χωρητικότητες, από 10 έως 60 mL. Κατά συνέπεια, ακόμη και

νεογέννητα με βάρος μικρότερο από 5 kg είναι επιλέξιμα. Έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει τη δεξιά ή/και την αριστερή κοιλία ανεξάρτητα ή ταυτόχρονα.

Σε συνέχεια της έγκρισης στην Ευρώπη, ιδίως στη Γερμανία, η BHEXCOR έλαβε έγκριση από τον Αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) το 2011, μετά από μακροχρόνια προοπτική μελέτη [74].

Το EXCOR® είναι μια μηχανική, παλμική συσκευή υποστήριξης της καρδιάς (Ventricular Assist Device, VAD), η οποία χρησιμοποιείται για τη βραχυπρόθεσμη ή και μακροπρόθεσμη διατήρηση της λειτουργίας άντλησης της αριστερής ή/και της δεξιάς κοιλίας. Προτείνεται για παιδιατρικούς ασθενείς με απειλητική για τη ζωή καρδιακή ανεπάρκεια, όταν έχουν διερευνηθεί όλες οι εναλλακτικές συντηρητικές θεραπευτικές επιλογές. Το EXCOR® Pediatric προορίζεται για χρήση σε παιδιατρικούς ασθενείς, από νεογνά έως εφήβους [72].

Η BerlinHeart παρέχει ένα εκτεταμένο σχέδιο υπηρεσιών για αυτό το σύστημα. Η ομάδα κλινικών υποθέσεων βοηθά σε όλη τη διαδικασία θεραπείας με VAD, ξεκινώντας από την εκπαίδευση στο προϊόν, τη συμβουλευτική για την επιλογή των ασθενών, την εμφύτευση, τη μετεγχειρητική φροντίδα και τη διδασκαλία του συστήματος για το ιατρικό προσωπικό [73].

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μέσα από τη σύγκριση των διαθέσιμων τεχνολογιών για τη μακροχρόνια μηχανική υποβοήθηση της αριστερής και δεξιάς κοιλίας, διαπιστώνεται πως υπάρχει σημαντικό εύρος θεραπευτικών επιλογών, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν είτε ως θεραπεία, είτε ως μία γέφυρα προστασίας του ασθενούς κατά την πορεία προς τη μεταμόσχευση. Το εύρος των διαθέσιμων συσκευών επιτρέπουν την επιλεξιμότητα πολλών ομάδων ασθενών, ακόμη και πασχόντων από άλλες συνυπάρχουσες καταστάσεις, προσφέροντας η κάθε μία διαφορετικό επίπεδο ασφαλείας και υποστήριξης.

Η συμβολή των συσκευών αυτών είναι πολύτιμη για ασθενείς που αντιμετωπίζουν ένα σημαντικό εύρος παθήσεων όπως το έμφραγμα του μυοκαρδίου, η στεφανιαία νόσος, καρδιακή ανεπάρκεια και άλλες σοβαρές παθήσεις της καρδιάς, οι οποίες θα μπορούσαν να αποβούν μοιραίες, αν ο ασθενής δε λάμβανε υποστήριξη. Επιπρόσθετα, μπορούν να υποστηρίξουν μία ριζικότερη θεραπεία, παρέχοντας υποστήριξη κατά την επέμβαση αλλά και κατά τη μετάβαση στη μεταμόσχευση, η οποία μπορεί να καθυστερήσει για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, αν δε βρίσκεται κατάλληλος δότης.

Φυσικά, οι υποστηρικτικές αυτές μέθοδοι, ακόμη και σήμερα συνδέονται με ένα σημαντικό αριθμό κινδύνων και επιπλοκών, ιδίως όταν εφαρμόζονται μέσω επέμβασης και όχι διαδερμικά. Αν και η τεχνολογία ασφαλείας τους είναι ιδιαίτερα εξελιγμένη, υπάρχουν και πάλι κίνδυνοι δυσλειτουργίας, οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές επιπλοκές, ενώ, ιδιαίτερα η υποβοήθηση της αριστερής κοιλίας, είναι πιθανό να δημιουργήσει ανεπάρκεια της δεξιάς κοιλίας, οδηγώντας σε σοβαρές επιπλοκές. Κάθε συσκευή, έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ενώ οι νέες και αναδυόμενες τεχνολογίες, δύνανται να συμβάλλουν στην άρση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν μέχρι και σήμερα. Φυσικά, το γεγονός αυτό συνιστά την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σε σχέση με την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα, αλλά και την εξατομικευμένη επιλογή της κατάλληλης λύσης για τον κάθε ασθενή.

Κλείνοντας, σημαντικό είναι να αναφερθούν οι βασικοί περιορισμοί της παρούσας έρευνας, οι οποίοι συνδέονται κυρίως με το γεγονός ότι δε βασίστηκε σε εμπειρικά δεδομένα, ούτε συμπεριέλαβε πηγές δημοσιευμένες σε γλώσσες εκτός της ελληνικής και της αγγλικής.

Συνεπώς, μία συστηματική ανασκόπηση, αλλά και η εμπειρική διερεύνηση του ζητήματος, θα μπορούσε να συμβάλλει σε εγκυρότερα αποτελέσματα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συνοψίζοντας, η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση, είχε ως στόχο της να παρουσιάσει τα διάφορα είδη μακροχρόνιας μηχανικής υποβοήθησης της αριστερής και δεξιάς κοιλίας, παρουσιάζοντας ένα εύρος θεραπευτικών επιλογών, οι οποίες δύνανται να αξιοποιηθούν είτε ως θεραπεία, είτε παρέχοντας υποστήριξη στον ασθενή μέχρι τη θεραπεία. Κάθε μέθοδος, έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και απευθύνεται σε διαφορετικές ομάδες ασθενών. Ακόμη, η εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστημονικής έρευνας επί του θέματος, παρέχει διαρκώς νέα δεδομένα, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά την εξατομικευμένη θεραπευτική παρέμβαση. Μέσα από τη μελέτη των πηγών, συμπεραίνεται γεγονός ότι υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σε σχέση με την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των μεθόδων μακροχρόνιας υποστήριξης αριστερής και δεξιάς κοιλίας, η οποία θα συμβάλλει στην επιλογή της κατάλληλης λύσης για τον κάθε ασθενή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Kenny, WL, Wilmore, JH, Costill, DL. Cardiovascular System and its Control. In Physiology of Sport and Exercise, *Human Kinetics*, 2011. 140-150.
- [2]Selvaraj S, Margulies KB. Exogenous ketones in the healthy heart: the plot thickens. *Cardiovascular Research*. 2021 Apr 1;117(4):995-6.
- [3] Nerdrum Aagaard E, Solevåg AL, Saugstad OD. Significance of Neonatal Heart Rate in the Delivery Room—A Review. *Children*. 2023 Sep 14;10(9):1551.
- [4] Chaurasia BD. Human Anatomy Regional and Applied Dissection and Clinical. 1. *CBS Publishers and Distributors Pvt Ltd*, 2010
- [5] Malouf, JF, Edwards, WD, Tajil, AJ, Seward, JB. *Functional anatomy of the heart*. In: *Fuster, F, Alexander, RW, O'Rourke, RA editors. Hurst's: The Heart*. 10th edn. McGraw-Hill Inc., 2001. 19–62.
- [6] Moore, KL, Dalley, AF. *Clinically oriented anatomy*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2009
- [7]Rehman I, Rehman A. *Anatomy, Thorax, Heart*. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021.
- [8] Physiopedia, *Anatomy of the Human Heart*, 2024, Available at: <https://www.physio-pedia.com>
- [9]Wilcox, Benson R., Andrew C. Cook, and Robert H. Anderson. *Surgical anatomy of the heart*. Cambridge university press, 2005.
- [10] World Health Organization, Cardiovascular diseases, <https://www.who.int>
- [11] Ho, Kang-Jey. "Cardiovascular diseases." *Nutritional Aspects of Aging*. CRC Press, 2018. 75-100.
- [12] American Heart Association, What is Heart Failure?, 2024, <https://www.heart.org>
- [13]Kemp, C. D.; Conte, J. V. The pathophysiology of heart failure. *Cardiovascular Pathology*, 2012, 21.5: 365-371.

- [14] Mosterd, A. Hoes, A. W. Clinical epidemiology of heart failure. *heart*, 2007, 93.9: 1137-1146.
- [15] Tanai, E. Frantz, S. Pathophysiology of heart failure. *ComprPhysiol*, 2015, 6.1: 187-214.
- [16] Khan, M.S., Shahid, I., Bennis, A. *et al.* Global epidemiology of heart failure. *Nat Rev Cardiol* 21, 717–734 2024. <https://doi.org/10.1038/s41569-024-01046-6>
- [17] HSTM, *Mechanical assist device*, Heart & Stroke TM, 2024, Available at: <https://www.heartandstroke.ca>
- [18] Unverzagt, S., et al. Intra-aortic balloon pump counterpulsation (IABP) for myocardial infarction complicated by cardiogenic shock, *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015, 3.
- [19] Parissis, H., et al. *IABP: history-evolution-pathophysiology-indications: what we need to know*, 2016, 11: 1-13.
- [20] Rouse, N., et al. "ECMO as a bridge to decision: recovery, VAD, or heart transplantation?." *International Journal of Cardiology*, 187, 2015, 620-627.
- [21] Boulate, D., et al. Biventricular VAD versus LVAD for right heart failure. *Annals of cardiothoracic surgery*, 2014, 3.6: 585.
- [22] Guglin, Maya, et al. Evaluation for heart transplantation and LVAD implantation: JACC council perspectives. *Journal of the American College of Cardiology*, 2020, 75, 12, 1471-1487.
- [23] Dang, N. C., et al. Right heart failure after left ventricular assist device implantation in patients with chronic congestive heart failure. *The Journal of heart and lung transplantation*, 2006, 25, 1, 1-6.
- [24] Farrar, D. J.; HILL, J. Donald. Univentricular and biventricular Thoratec VAD support as a bridge to transplantation. *The Annals of thoracic surgery*, 1993, 55, 1, 276-282.
- [25] Di Molfetta, A., et al. The use of Berlin Heart EXCOR VAD in children less than 10 kg: a single center experience. *Frontiers in physiology*, 2016, 7, 614.
- [26] Cleveland Clinique, Ventricular Assist Devices, 2024, Available at: <https://my.clevelandclinic.org>

- [27] Gordon, R. J., Bianca Quagliarello, and Franklin D. Lowy. "Ventricular assist device-related infections." *The Lancet infectious diseases*, 6, 7, 2006, 426-437.
- [28] Krishnamani, R., DeNofrio, D. and Marvin A. K. "Emerging ventricular assist devices for long-term cardiac support." *Nature Reviews Cardiology* 7.2, 2010, 71-76.
- [29] Mayo Clinic, Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), 2024, Available at: <https://www.mayoclinic.org>
- [30] Millar, J. E., et al. The inflammatory response to extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): a review of the pathophysiology. *Critical care*, 2016, 20, 1-10.
- [31] Bartlett, R. H., et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *ASAIO Journal*, 1976, 22, 1, 80-92.
- [32] Allen, S., et al. A review of the fundamental principles and evidence base in the use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in critically ill adult patients. *Journal of intensive care medicine*, 2011, 26, 1, 13-26.
- [33] Zein, Rami et al. "A Review of the Impella Devices." *Interventional cardiology* (London, England), 17, 2022, doi:10.15420/icr.2021.11
- [34] Carmat, Heartfailure, 2024, Available at: <https://www.carmatsa.com>
- [35] Netuka, Ivan; Pya, Yuriy; Poitier, Bastien, et al. First Clinical Experience With the Pressure Sensor–Based Autoregulation of Blood Flow in an Artificial Heart. *ASAIO Journal*: June 16, 2021, onlinefirst. DOI: 10.1097/MAT.0000000000001485
- [36] Extracorporeal Life Support Organization, Types of ECMO | ECLS, 2024, <https://www.elseo.org/ecmo-resources/types-of-ecmo.aspx>
- [37] Chicago Medicine, Ventricular Assist Devices (VADs), 2024, <https://www.uchicagomedicine.org>
- [38] Hayek, S., Sims, D. B., Markham, D. W., Butler, J., & Kalogeropoulos, A. P. Assessment of right ventricular function in left ventricular assist device candidates. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, 7(2), 2014, 379-389.
- [39] Miller, L. W., & Guglin, M., Patient selection for ventricular assist devices: a moving target. *Journal of the American College of Cardiology*, 61(12), 1209–1221., 2013, <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.08.1029>

- [40] Mayo Clinic, *Right and left ventricular assist device*, 2024, <https://www.mayoclinic.org>
- [41]Thunberg, Christopher A., et al. "Ventricular assist devices today and tomorrow." *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia* 24.4, 2010, 656-680.
- [42]Prinzing, Anatol, et al. "Left ventricular assist devices—current state and perspectives." *Journal of thoracic disease* 8.8, 2016, E660.
- [43] San Diego Health, *Ventricular Assist Devices*, 2024, <https://health.ucsd.edu/care/heart-vascular/heart-failure/vad/>
- [44]Cleveland Clinic, Left Ventricular Assist Devices (LVADs), 2024, <https://my.clevelandclinic.org>
- [45]Pinney, Sean P., et al. Left ventricular assist devices for lifelong support. *Journal of the American College of Cardiology*, 2017, 69.23: 2845-2861.
- [46]MacIver, Jane, and Heather J. Ross. "Quality of life and left ventricular assist device support." *Circulation* 126.7, 2012, 866-874.
- [47]Birks, Emma J. "Leftventricularassistdevices." *Heart* 96.1, 2010, 63-71.
- [48] Aissaoui, Nadia, et al. "Understanding left ventricular assist devices." *BloodPurification* 46.4, 2018, 292-300.
- [49] Mancini, Donna, and Paolo C. Colombo. "Left ventricular assist devices: a rapidly evolving alternative to transplant." *Journal of the American College of Cardiology* 65.23, 2015, 2542-2555.
- [50] British Heart Foundation, *Heart Matters:More than a magazine: information, inspiration and support*, <https://www.bhf.org.uk>
- [51]Lampert, Brent C., and Jeffrey J. Teuteberg. "Right ventricular failure after left ventricular assist devices." *The Journal of Heart and Lung Transplantation* 34.9, 2015, 1123-1130.
- [52]Hayek, Salim, et al. "Assessment of right ventricular function in left ventricular assist device candidates." *Circulation: CardiovascularImaging* 7.2, 2014, 379-389.
- [53]Abdelshafy, M., Caliskan, K., Guven, G., Elkoumy, A., Elsherbini, H., Elzomor, H., Tenekecioglu, E., Akin, S., & Soliman, O. Temporary Right-Ventricular Assist Devices: A

Systematic Review. *Journal of clinical medicine*, 11(3), 613. 2023, <https://doi.org/10.3390/jcm11030613>

[54] Bjoern, E. Percutaneous Right Ventricular Support Devices for Right Ventricular Failure, 2016, Arican College od Cardiology.

[55]Kapur, Navin K., et al. "Mechanical circulatory support devices for acute right ventricular failure." *Circulation* 136.3, 2017 314-326.

[56] CedarsSinai, Right Ventricular Assist Device Implantation, 2024, <https://www.cedars-sinai.org>

[57]CedarsSinai, Biventricular Assist Device Implantation, 2024, <https://www.cedars-sinai.org>

[58]Gregory, Shaun D., et al. "Biventricular assist devices: a technical review." *Annals of biomedical engineering* 39, 2011, 2313-2328.

[59]Tsangaris, Adamantios, et al. "Overview of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) support for the management of cardiogenic shock." *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 8, 2021, 686558.

[60]Ricarte Bratti, Juan Pablo, et al. "Modalities of left ventricle decompression during VA-ECMO therapy." *Membranes* 11.3, 2021, 209.

[61]Tsangaris, Adamantios et al. "Overview of Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA-ECMO) Support for the Management of Cardiogenic Shock." *Frontiers in cardiovascular medicine* vol. 8 686558. 7 Jul. 2021, doi:10.3389/fcvm.2021.686558

[62] Cleveland Clinic, Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation for Lung Failure, 2024, <https://consultqd.clevelandclinic.org>

[63]Ahmad, Yousif, et al. "Intra-aortic balloon pump therapy for acute myocardial infarction: a meta-analysis." *JAMA internal medicine* 175.6, 2015, 931-939.

[64]Unverzagt, Susanne, et al. Intra-aortic balloon pump counterpulsation (IABP) for myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015, 3.

- [65] Parissis, Haralabos et al. "Intra-aortic balloon pump (IABP): from the old trends and studies to the current "extended" indications of its use." *Journal of cardiothoracicsurgery* vol. 7 128. 11 Dec. 2012, doi:10.1186/1749-8090-7-128
- [66] Gomez-Abraham, J. A., et al. "Use of Protek Duo cannula (RVAD) for percutaneous support in various clinical settings. a safe and effective option." *The Journal of Heart and Lung Transplantation* 37.4, 2018, 102.
- [67] John, Kevin John, et al. "ProtekDuo percutaneous ventricular support system—physiology and clinical applications." *Annals of Translational Medicine* 12.1, 2024.
- [68] John KJ, Nabzdyk CGS, Chweich H, Mishra AK, Lal A. ProtekDuo percutaneous ventricular support system-physiology and clinical applications. *Ann Transl Med.* 2024;12(1):14. doi:10.21037/atm-23-1734
- [69] Consolo, Filippo, et al. The intelligent Impella: Future perspectives of artificial intelligence in the setting of Impella support. *ESC Heart Failure*, 2024, 11.5: 2933-2940.
- [70] OSF Health Care, Heart & Vascular, Impella Heart Pump, <https://www.osfhealthcare.org/heart/services/intervention/impella/>
- [71] Zein, R., Patel, C., Mercado-Alamo, A., Schreiber, T., & Kaki, A. A review of the Impella devices. *Interventional Cardiology: Reviews, Research, Resources*, 2022, 17.
- [72] Almond, Christopher S., et al. "Berlin Heart EXCOR pediatric ventricular assist device for bridge to heart transplantation in US children." *Circulation* 127.16, 2013, 1702-1711.
- [73] Berlin Heart, Excor® Pediatric. <https://www.berlinheart.de/en/medical-professionals/excorr-pediatric/>
- [74] Fouilloux, Virginie, et al. "Berlin heart EXCOR paediatric ventricular assist device: does weight matter?." *Heart, Lung and Circulation* 30.4, 2021, 585-591.
- [75] Grinstein, Jonathan et al. "Adverse Hemodynamic Consequences of Continuous Left Ventricular Mechanical Support: JACC Review Topic of the Week." *Journal of the American College of Cardiology* vol. 82, 1 2023: 70-81. doi:10.1016/j.jacc.2023.04.045
- [76] DeVore, Adam D et al. "Medical Management of Patients With a Left Ventricular Assist Device for the Non-Left Ventricular Assist Device Specialist." *JACC. Heart failure* vol. 5, 9 2017: 621-631. doi:10.1016/j.jchf.2017.06.012

- [77] Miyagi, Chihiro & Kuban, Barry & Flick, Christine & Polakowski, Anthony & Miyamoto, Takuma & Karimov, Jamshid & Starling, Randall & Fukamachi, Kiyotaka. = Left atrial assist device for heart failure with preserved ejection fraction: initial results with torque control mode in diastolic heart failure model. *Heart Failure Reviews*. 28. 1-10. 2021. 10.1007/s10741-021-10117-6.
- [78] Tedford, Ryan J et al. “Durable Mechanical Circulatory Support: JACC Scientific Statement.” *Journal of the American College of Cardiology* vol. 82,14 2023: 1464-1481. doi:10.1016/j.jacc.2023.07.019

**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ - ΚΑΡΔΙΟ-ΟΓΚΟΛΟΓΙΑ - ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΗ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»**

<https://www.med.uth.gr/msc.cardio>