

Μηχανική Υποστήριξη του Κυκλοφοριού

ΠΟΛΥΧΡΟΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΤΣΗΣ, ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μηχανική υποστήριξη του κυκλοφοριού αναφέρεται στην υποβοήθηση που απαιτείται για τη βελτίωση της καρδιακής λειτουργίας σε περιπτώσεις καρδιακής ανεπάρκειας που δεν αντιμετωπίζεται επαρκώς με φαρμακευτική αγωγή. Ο κύριος στόχος της μηχανικής υποστήριξης είναι η άμεση και αποτελεσματική αποκατάσταση της άρδευσης των τελικών οργάνων καθώς και η αποφόρτιση της κοιλίας που ανεπαρκεί. Κατά την τελευταία δεκαετία παρατηρεύται σημαντική βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των συσκευών μηχανικής υποστήριξης. Οι νεότερες αντλίες συνεχούς ροής προορίζονται για προσωρινή ή μακροχρόνια υποστήριξη και έχουν βελτιώσει σημαντικά την έκβαση των ασθενών με οξεία ή χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια. Σε περιπτώσεις που απαιτείται η διάσωση του ασθενούς και η άμεση μεταφορά του χρησιμοποιείται το κύκλωμα εξωσωματικής οξυγόνωσης της κυκλοφορίας (ECMO) ως αποτελεσματική βραχυχρόνια υποστήριξη, η οποία παρέχει καρδιοανανευστική υποστήριξη αλλά δεν αποσυμφορεί επαρκώς την ανεπαρκούσα αριστερή κοιλία. Η μηχανική αποφόρτιση επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερα με τη χειρουργική τοποθέτηση αντλίας σφυγμικής ή συνεχούς ροής. Στις περιπτώσεις αμφικοιλιακής καρδιακής ανεπάρκειας εφαρμόζεται η εμφύτευση ολικής τεχνητής καρδιάς ως γέφυρα για μεταμόσχευση. Κομβικά στοιχεία για την αποτελεσματικότητα της μηχανικής υποστήριξης αποτελούν η έγκαιρη και άμεση έναρξη της υποστήριξης σε εξειδικευμένο κέντρο, πριν επισυμβούν μη αναστρέψιμες βλάβες των τελικών οργάνων που επιβαρύνουν καθοριστικά την πρόγνωση των ασθενών.

Λέξεις Κλειδιά: Καρδιακή ανεπάρκεια, μηχανική υποστήριξη της κυκλοφορίας, συσκευή υποστήριξης της αριστερής κοιλίας, εξωσωματική οξυγόνωση, τεχνητή καρδιά, ενδοσαρωτικός ασκός.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

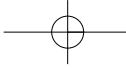
Η μηχανική υποστήριξη του κυκλοφοριού αναφέρεται στην υποβοήθηση που απαιτείται για τη βελτίωση της καρδιακής λειτουργίας σε περιπτώσεις καρδιακής ανεπάρκειας, όταν η φαρμακευτική αγωγή δεν είναι αρκετή για την αντιρρόπηση της κατάστασης. Είναι, λοιπόν, δεδομένο ότι η υποστήριξη της καρδιάς με μηχανήματα αναφέρεται σε περιπτώσεις οξείας κυκλοφορικής καταπλήξιας και χρόνιας καρδιακής δυσλειτουργίας, που και οι δύο έχουν ως αποτέλεσμα τη χαμηλή καρδιακή παροχή.¹

ΟΞΕΙΑ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΑ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

Τα κυριότερα αίτια εμφάνισης οξείας καρδιακής ανεπάρκειας αποτελούν: α) το οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου, β) η προηγηθείσα καρδιοχειρουργική επέμβαση, γ) η οξεία μυοκαρδίτιδα, δ) η βαριά σηπτική καταπλη-

ξία και δ) η οξεία απορρύθμιση χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας.² Η ανεπάρκεια της αριστερής κοιλίας είναι συχνότερη και εκδηλώνεται πρωταρχικά με την εμφάνιση οξείας πνευμονικού οιδήματος και δυσλειτουργίας των τελικών οργάνων, το γνωστό σύνδρομο χαμηλής καρδιακής παροχής. Στις περιπτώσεις αυτές ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος της δεξιάς κοιλίας, η οποία λειτουργεί σε συνθήκες μειωμένων πιέσεων και αντιστάσεων και, επομένως, εμφανίζει λιγότερο θορυβώδη κλινική εικόνα συγκριτικά με την αριστερή κοιλία. Απαιτείται αυξημένος δείκτης υποψίας για την αναγνώριση της ανεπάρκειας της δεξιάς κοιλίας, ώστε να αποφευχθεί η φλεβική υπέρταση και η σπλαχνική συμφόρηση, καθώς και η επακόλουθη ανεπάρκεια της αριστερής κοιλίας.³

Η χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια αποτελεί την κυριότερη αιτία νοσηρότητας και θνητότητας στις αναπτυγμένες κοινωνίες.⁴ Παρά την πολύ σημαντική πρόσοδο που



έχει επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια στην κατανόηση του παθοφυσιολογικού μηχανισμού της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας και στην αντιμετώπισή της, η επιπτωσή της αυξάνεται διαρκώς με αποτέλεσμα να θεωρείται η πάθηση αυτή ως επιδημία διεθνώς και να συσσωρεύονται όλο και περισσότεροι ασθενείς στα τελικά στάδια. Ο επιπολασμός της νόσου υπολογίζεται σε 3-20 ανά 1.000 άτομα γενικού πληθυσμού, ενώ αυξάνεται με την ηλικία, ώστε να υπάρχουν 30-130 ασθενείς ανά 1.000 άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών.⁴ Υπολογίζεται ότι περίπου 10 εκατομμύρια ασθενείς πάσχουν από καρδιακή ανεπάρκεια στη Δυτική Ευρώπη και 5 εκατομμύρια στις ΗΠΑ, ενώ υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα πιθανότατα υπάρχουν 200.000 ασθενείς συνολικά και 30.000 περίπου νέες περιπτώσεις κάθε χρόνο.⁵ Τα επιδημιολογικά αυτά δεδομένα ως προς την χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια και η ολοένα αυξανόμενη συχνότητα εμφάνισης οξείας καρδιογενούς καταπληξίας σε ένα νοσοκομείο, δίνουν το ευρύ πλαίσιο της εφαρμογής της μηχανικής υποστήριξης του κυκλοφορικού στις μέρες μας.

Η αντιμετώπιση της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας βασίζεται σε μία κλιμακούμενη θεραπευτική αγωγή ανάλογα με το στάδιο της πάθησης και την ένταση των συμπτωμάτων.² Η φαρμακευτική αγωγή αποτελεί τη βασική θεραπευτική αντιμετώπιση, ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια της πάθησης.⁶ Στις περιπτώσεις χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας τελικού σταδίου (η οποία συνεπάγεται επανειλημμένες εισαγωγές των ασθενών στο νοσοκομείο και σημαντικό περιορισμό της φυσικής τους δραστηριότητας) καθώς και σε περιπτώσεις οξείας καρδιακής ανεπάρκειας - καρδιογενούς καταπληξίας, τα αγγειοδραστικά (νιτρογλυκερίνη, ανταγωνιστές ασβεστίου, κ.α.), τα διουρητικά και τα ινότροπα φάρμακα (ντομπουταμίνη, λεβοσιμεντάνη, μιλρινόνη,

αδρεναλίνη, κ.α.) αποτελούν τη θεραπεία εκλογής για τη σταθεροποίηση της αιμοδυναμικής κατάστασης του ασθενούς.⁷ Πρωταρχικό μέλημα αποτελεί η άμεση αποκατάσταση της άρδευσης των τελικών οργάνων (εγκέφαλος, νεφροί, ήπαρ, έντερο), ώστε να αποφευχθούν μη αναστρέψιμες βλάβες. Σε αδυναμία αποτελεσματικής δράσης των φαρμάκων η προσωρινή μηχανική υποβοήθηση του κυκλοφορικού είναι απαραίτητη για τη διάσωση του ασθενούς και για την αντιρρόπηση της νόσου.⁸

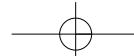
ΕΝΔΑΟΟΡΤΙΚΟΣ ΑΣΚΟΣ

Ως πρώτης γραμμής συσκευής, η οποία βρίσκεται στην κλινική πράξη σχεδόν μισό αιώνα, χρησιμοποιείται ο ενδοαορτικός ασκός (IntraAortic Ballon Pump - IABP), ο οποίος μπορεί να αυξήσει την καρδιακή παροχή μέχρι 25-30%, δεν μπορεί όμως να σταθεροποιήσει αιμοδυναμικά έναν ασθενή με σοβαρή δυσπραγία της αριστερής κοιλίας ή με οξεία δεξιά ή αμφικοιλιακή καρδιακή ανεπάρκεια.⁹ Οι αιμοδυναμικές επιδράσεις του ενδοαορτικού ασκού παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Η τυχαιοποιημένη μελέτη IABP-SHOCK II δημοσιεύτηκε πρόσφατα και περιελάμβανε 600 ασθενείς με καρδιογενή καταπληξία μετά οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου. Η χρησιμοποίηση του ενδοαορτικού ασκού δεν ελάττωσε τη θνητότητα στις 30 ημέρες.¹⁰ Το αποτέλεσμα αυτό αποδίδεται στην αδυναμία του ασκού να προκαλέσει σημαντική μηχανική αποφόρτιση της αριστερής κοιλίας και αύξηση της καρδιακής παροχής. Γίνεται, επομένως, προφανής η ανάγκη χρησιμοποίησης συσκευών οι οποίες έχουν τη μορφή αντλίας και μπορούν να επιτύχουν πληρέστερη αποφόρτιση της αριστερής ή/και της δεξιάς κοιλίας.¹¹

Πίνακας 1. Αιμοδυναμικές επιδράσεις ενδοαορτικού ασκού

- ↓ περιφερικών αγγειακών αντιστάσεων
- ↑ ροής στεφανιαίων αγγείων
- ↑ μέσης αρτηριακής πίεσης
- ↓ τελοδιαστολικής πίεσης
- ↓ τελοδιαστολικής τάσης της αριστερής κοιλίας
- ↓ μυοκαρδιακής κατανάλωσης οξυγόνου
- ↑ κλάσματος εξώθησης αριστερής κοιλίας
- ↑ καρδιακής παροχής



ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχουν αναπτυχθεί μηχανικές συσκευές υποστήριξης των κοιλιών, οι οποίες λειτουργούν ως αντλίες και υποκαθιστούν πλήρως τη λειτουργία των κοιλιών. Παίρνουν, δηλαδή, το αύμα από την αριστερή ή τη δεξιά κοιλία και το προωθούν στην αριστή ή στην πνευμονική αρτηρία αντίστοιχα.¹² Οι συσκευές αυτές, ανάλογα με το πού τοποθετούνται ως προς το σώμα του ασθενούς, μπορεί να είναι είτε εξωσωματικές (εγγύς του σώματος - έξω από αυτό), είτε παρασωματικές (επί του σώματος - έξω από αυτό), είτε ολικώς εμφυτεύσιμες (εντός του σώματος), ενώ παρέχουν σφυγμική ή συνεχή ροή.¹³

Βασική αρχή της λειτουργίας των συσκευών αυτών αποτελεί η μηχανική αποφρότιση της κοιλίας που ανεπαρκεί.¹⁴ Η διάταση των κοιλιών οδηγεί σε αύξηση της τελοδιαστολικής πίεσης πλήρωσης, ελάττωση της αιμάτωσης της υπενδοκαρδιακής στοιβάδας και αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου από το μυοκάρδιο. Ινότροπα φάρμακα, όπως η αδρεναλίνη και η ντοπαμίνη, αυξάνουν την καρδιακή συγχύτητα και το μεταφροτίο, επιτείνοντας περαιτέρω την κατανάλωση οξυγόνου. Με τη μηχανική αποφρότιση της κοιλίας αναστρέφεται ο φαύλος αυτός κύκλος και μπορεί να επιτευχθεί η ανάρρωση του πάσχοντος μυοκαρδίου.¹⁵

Οι συσκευές υποστήριξης της καρδιάς εξελίσσονται συνεχώς, όπως και οτιδήποτε διαθέτει τεχνολογία, και χρησιμοποιούνται είτε ως "γέφυρα προς μεταμόσχευση", σε αισθενείς που περιμένουν να υποβληθούν σε καρδιακή μεταμόσχευση είτε ως "γέφυρα προς ανάρρωση", σε αισθενείς με καρδιογενή καταπληξία μετά χειρουργική επέμβαση, σε οξεία μυοκαρδίτιδα, κ.α. είτε ως μαροχορδίνια θεραπεία (destination therapy), σε αισθενείς οι οποίοι δεν πληρούν τα κριτήρια για να υποβληθούν σε μεταμόσχευση καρδιάς.¹⁶ Η αποτελεσματικότητα των συσκευών αυτών τεκμηριώθηκε με την πολυκεντρική τυχαιοποιημένη μελέτη REMATCH, η οποία δημοσιεύτηκε το 2001 και παρότι χρησιμοποίησε συσκευές πρώτης γενιάς σε πολύ επιβαρυμένους αισθενείς, κατέδειξε την υπεροχή της θεραπείας αυτής συγκριτικά με τη βέλτιστη φαρμακευτική αγωγή.¹⁷ Την τελευταία δεκαετία, με την εξέλιξη της τεχνολογίας κατασκευάστηκαν συσκευές με σημαντικά μικρότερο μέγεθος και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα από τις παλαιότερες, που μπορούν να παρέχουν συνεχή ροή μεγαλύτερη από 5 λίτρα/λεπτό.¹⁸

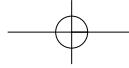
Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των συσκευών υποστήριξης του κυκλοφοριού που υπάρχουν στην κλινική πράξη στις μέρες μας αφορούν τη διάρκεια υποβοήθησης, την οδό τοποθέτησης, τα ανατομικά τους χαρακτη-

ριστικά, τη δυνατότητα αμφικοιλιακής υποστήριξης της καρδιάς, τον τρόπο λειτουργίας, καθώς και το είδος ροής του αίματος που παρέχουν. Η κατάταξη των συσκευών περιγράφεται στον Πίνακα 2.

ΒΡΑΧΥΧΡΟΝΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

Στις περιπτώσεις που απαιτείται βραχυχρόνια υποστήριξη της κυκλοφορίας, έχουν κερδίσει έδαφος τα τελευταία χρόνια οι διαδερμικές συσκευές υποστήριξης της αριστερής κοιλίας (percutaneous Left Ventricular Assist Devices - pLVADs) με αντλίες συνεχούς ροής (TandemHeart, Impella 2.5), οι οποίες μπορούν να αποφορίσουν μερικώς την αριστερή κοιλία και να χορηγήσουν παροχή από 2,5 λίτρα/λεπτό (Impella 2.5) μέχρι 5 λίτρα/λεπτό (TandemHeart).^{19,20} Κύριο πλεονέκτημά τους αποτελεί η ευκολία διαδερμικής τοποθέτησής τους από περιφερικά αγγεία και το σχετικά χαμηλό κόστος.²¹ Το κυριότερο μειονέκτημα που περιορίζει και τη χρήση τους αποτελεί το γεγονός ότι η μερική αυτή υποβοήθηση δεν επαρκεί σε περιπτώσεις σοβαρής καρδιογενούς καταπληξίας. Παράλληλα, συνοδεύονται από κίνδυνο ισχαιμίας του άκρου.²² Εφαρμόζονται, επομένως, κυρίως ως "γέφυρα" προς ανάρρωση ή ως "γέφυρα" προς "γέφυρα", προσφέροντας προσωρινή μερική υποβοήθηση της καρδιάς μέχρι την εμφύτευση μιας αντλίας που επιτυγχάνει μεγαλύτερη παροχή.²³

Η χρήση LVADs από τα περιφερικά αγγεία με δυνατότητα μεγαλύτερης παροχής, είτε σφυγμικής (PulseCath iVAC 3L) είτε συνεχούς ροής (Impella 5.0), απαιτεί χειρουργική παρασκευή για την τοποθέτηση και αφαιρεση τους, χωρίς όμως να επιτυγχάνεται πάλι η πλήρης αποφρότιση της αριστερής κοιλίας σε όλες τις περιπτώσεις.²⁴ Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη χρησιμοποίηση μιας αντλίας (Ventricular Assist Device- VAD) η οποία τοποθετείται είτε εξωσωματικά (συνεχούς ροής - CentriMag Levitronix, Biomedicus ή σφυγμικής ροής - ABIOMED BVS5000;) είτε παρασωματικά (σφυγμικής ροής - Thoratec TLC, Berlin Heart EXCOR, ABIOMED AB5000; Εικόνα 1) και εμφυτεύεται χειρουργικά μετά από μέση στερνοτομή στις καρδιακές κοιλότητες και στα μεγάλα αγγεία.^{25,26} Παρέχουν αποτελεσματική κυκλοφορική υποστήριξη μέχρι 10 λίτρα/λεπτό, ενώ μπορούν να υποβοήθησουν την αριστερή κοιλία (LVAD), τη δεξιά κοιλία (RVAD) ή και τις δύο κοιλίες (BiVAD) (Εικόνα 2). Οι παρασωματικές συσκευές παρέχουν επιπλέον τη δυνατότητα στον αισθενή να κινητοποιηθεί.²⁷ Οι παραπάνω αντλίες τοποθετούνται ως "γέφυρα" προς ανάρρωση του μυοκαρδίου ή ως "γέφυρα" προς τοποθέτηση συσκευών μαροχορδίνιας υποβοήθησης (συνεχούς ροής -



Πίνακας 2. Κατάταξη συσκευών μηχανικής υποστήριξης

A. Διάρκεια υποστήριξης

- 1. Βραχυχρόνιες (μέχρι 1 μήνα):** Impella 2.5, Impella 5.0, TandemHeart, CentriMag Levitronix, ECMO, PulseCath, ABIOMED BVS 5000
- 2. Μεσοπρόθεσμες (μέχρι 12 μήνες):** ABIOMED AB5000, Thoratec PVAD, Berlin Heart EXCOR, CircuLite Synergy
- 3. Μακροχρόνιες (> 12 μήνες):** HeartWare HVAD, Thoratec HeartMate II, Jarvik 2000, Berlin Heart INCOR, HeartAssist 5

B. Οδός τοποθέτησης

- 1. Διαδερμικές:** Impella 2.5, TandemHeart, ECMO
- 2. Χειρουργικά από περιφερικά αγγεία:** Impella 5.0, PulseCath, CircuLite Synergy
- 3. Χειρουργικά στην καρδιά:** CentriMag Levitronix, ABIOMED BVS 5000, ABIOMED AB5000, Thoratec PVAD, Berlin Heart EXCOR, HeartWare HVAD, Thoratec HeartMate II, Jarvik 2000, Berlin Heart INCOR, HeartAssist 5

C. Ανατομικά χαρακτηριστικά

- 1. Εξωσωματικές:** CentriMag Levitronix, ECMO, ABIOMED BVS 5000
- 2. Παρασωματικές:** ABIOMED AB5000, Thoratec PVAD, Berlin Heart EXCOR
- 3. Ολικώς εμφυτεύσιμες:** Thoratec HeartMate II, Jarvik 2000, HeartWare HVAD, CircuLite Synergy, Berlin Heart INCOR, HeartAssist 5

D. Τύπος λειτουργίας

- 1. Σφυγμικής ροής:** PulseCath, ABIOMED BVS 5000, ABIOMED AB5000, Thoratec PVAD, Berlin Heart EXCOR
- 2. Συνεχούς ροής:** Thoratec HeartMate II, Jarvik 2000, HeartWare HVAD, CircuLite Synergy, Berlin Heart INCOR, HeartAssist 5

E. Τρόπος λειτουργίας

- 1. Σύστημα συμπίεσης (σφυγμική ροή):** PulseCath, ABIOMED BVS 5000, ABIOMED AB5000, Thoratec PVAD, Berlin Heart EXCOR
- 2. Σύστημα κοχλία (συνεχούς ροής):** Thoratec HeartMate II, Jarvik 2000, Berlin Heart INCOR, CircuLite Synergy, HeartAssist 5
- 3. Σύστημα φυγόκεντρης αντλίας (συνεχούς ροής):** HeartWare HVAD

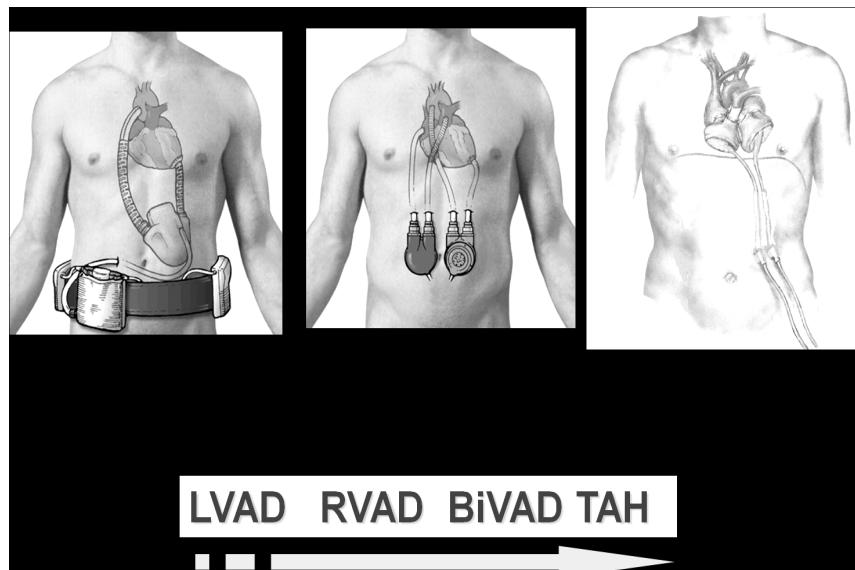
ΣΤ. Ταυτόχρονη υποστήριξη δύο κοιλιών: Syncardia Total Artificial Heart (TAH-t)

HeartWare, HeartMate II, Jarvik 2000, Berlin Heart INCOR, HeartAssist 5) ή για μεταμόσχευση. Κυριότερες επιπλοκές από τη χρησιμοποίηση των συσκευών αυτών αποτελούν οι λοιμώξεις στα σημεία εξόδου των

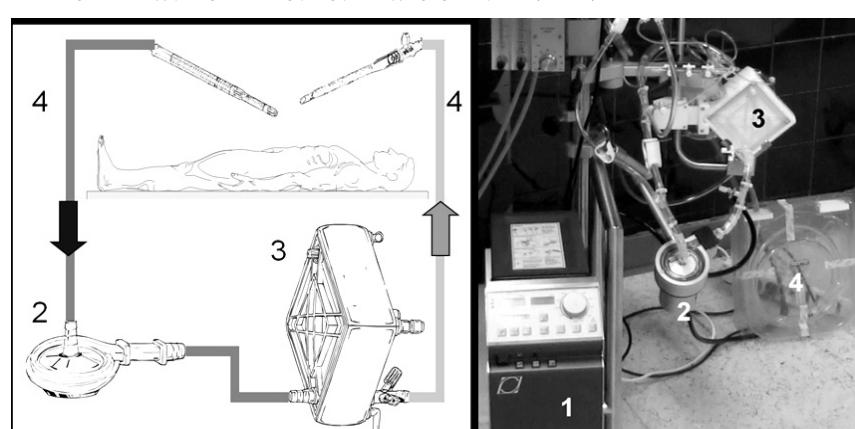
σωλήνων, η αιμόλυση, ιδιαίτερα όταν υπάρχει σφυγμική ροή, καθώς και η ενεργοποίηση του πηκτικού μηχανισμού με επακόλουθο υψηλό ποσοστό θρομβωτικών επεισοδίων παρά την αντιπηκτική αγωγή.²⁸



Εικόνα 1: Ασθενής από την κλινική μας με παρασωματική LVAD ABIOMED AB5000. Η φορητή κονοδόλα επιπτρέπει την κινητοποίηση του ασθενούς.



Εικόνα 2: Κλιμάκωση της μηχανικής υποστήριξης από την υποστήριξη μίας κοιλίας (LVAD ή RVAD), στην υποστήριξη δύο κοιλιών με ξεχωριστές συσκευές (BiVAD) και στην ταυτόχρονη υποστήριξη με τεχνητή καρδιά (TAH).



Εικόνα 3: Το κύκλωμα ECMO που χρησιμοποιείται στο κέντρο μας (1: κονσόλα ελέγχου, 2: φυγοκεντρική αντλία, 3: οξυγονωτής μεμβράνης, 4: ηπαρινισμένο κύκλωμα).

ΑΜΦΙΚΟΙΛΙΑΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

Στην περίπτωση της αμφικοιλιακής οξείας καρδιακής ανεπάρκειας, αλλά και σε καρδιακή ανεπάρκεια με ή χωρίς πνευμονικό οίδημα που συνοδεύεται από διαταραχή της οξυγόνωσης του ασθενούς, ιδιαίτερα αποτελεσματική είναι η τοποθέτηση συστήματος ECMO (ExtraCorporeal Membrane Oxygenation), το οποίο υποκαθιστά τόσο την καρδιακή όσο και την αναπνευστική λειτουργία του ασθενούς (Εικόνα 3).²⁹ Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η πρόσληψη του οξυγόνου από τους ιστούς, ενώ παράλληλα παρέχεται ο απαραίμενος χρόνος για την αντιμετώπιση της αιτίας που οδήγησε σε καρδιοαναπνευστική ανεπάρκεια. Τοποθετείται είτε διαδερμικά είτε ανοικτά και παρέχει κυκλοφοριακή υποστήριξη μέχρι 6 λίτρα/λεπτό, παράλληλα με την οξυγόνωση του αίματος του ασθενούς. Αποτελεί, επομένως, μία αποτελεσματική "γέφυρα" προς ανάρρωση, προς μεταμόσχευση ή προς απόφαση τοποθέτησης μιας



Εικόνα 4: Φορητή συσκευή ECMO (Cardiohelp Maquet) που επιτρέπει την τοποθέτηση της εκτός εξειδικευμένου κέντρου και τη μεταφορά του ασθενούς σ' αυτό.

άλλης μακροχρόνιας συσκευής υποστήριξης.³⁰ Οι ενδεξείς χρησιμοποίησης των κυκλωμάτων ECMO διαρκώς επεκτείνονται και περιλαμβάνουν, εκτός από την καρδιογενή καταπληξία και την αναπνευστική ανεπάρκεια, την υποθερμία σε πολυτραυματίες, καθώς και την καρδιακή ανακοπή ως επακόλουθο καρδιογενούς καταπληξίας (Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation - ECPR).³¹ Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχει αναπτυχθεί ένα φορητό κύκλωμα ECMO (Cardiohelp Maquet) που δίνει τη δυνατότητα τοποθέτησής του εκτός εξειδικευμένου κέντρου και μεταφοράς του ασθενούς σ' αυτό (Εικόνα 4).³²

Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο συστήματα υποβοήθησης των κοιλιών, ένα για την υποστήριξη της αριστερής και ένα για τη δεξιά κοιλιά (LVAD και RVAD) είτε εξωσωματικά είτε παρασωματικά, με αντλίες που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Οι αντλίες αυτές τοποθετούνται ως "γέφυρα" προς ανάρρωση του μυοκαρδίου ή προς τοποθέτηση τεχνητής καρδιάς (Total Artificial Heart - TAH) ή προς μεταμόσχευση.³³ Η τεχνητή καρδιά (Syncardia TAH-t) αποτελεί το "ιερό διυκοπότηρο" της μηχανικής υποστήριξης της κυκλοφορίας, καθώς αποτελεί αντικείμενο έρευνας από τη δεκαετία του 1950 (Εικόνα 5).³⁴ Χρησιμοποιείται από περιορισμένο αριθμό πιστοποιημένων κέντρων ανά τον κόσμο και έχει ως κύρια ένδειξη τη "γέφυρα" για μεταμόσχευση, ενώ πρόσφατα έλαβε άδεια για μακροχρόνια θεραπεία.³⁵ Παρέχει αποτελεσματική αμφικοιλιακή υποστήριξη με παροχή που μπορεί να ξεπεράσει τα 9 λίτρα/λεπτό. Σε εξειδικευμένα κέντρα συνοδεύεται από καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με την εναλλακτική επιλογή του BiVAD.³⁶ Είναι σφυγμικής φοής και παρέχει τη δυνατότητα στον ασθενή να κινητοποιηθεί και να λάβει εξιτήριο από το νοσοκομείο.

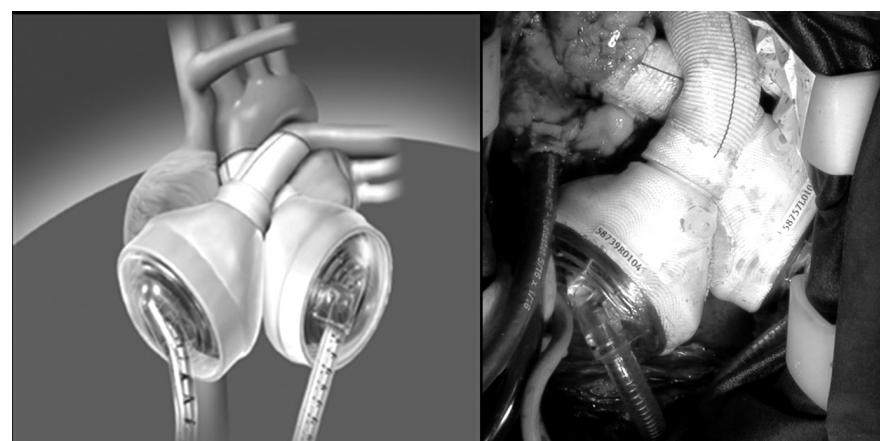
Μακροχρόνια υποστήριξη

Οι ολικώς εμφυτεύσιμες συσκευές μηχανικής υποστήριξης χρησιμοποιούνται πλέον σχεδόν αποκλειστικά στους ασθενείς που απαιτείται μακροχρόνια υποστήριξη (Εικόνα 6).¹⁴ Παρέχουν συνεχή φοή (αξονική ή φυγοκεντρική), είναι μικρές σε μέγεθος και έχουν αντικαταστήσει πλήρως τις προηγούμενης γενιάς συσκευές, οι οποίες ήταν ογκώδεις και λειτουργούσαν με σφυγμική φοή (Εικόνα 7). Με την τεχνολογική τους αναβάθμιση έγινε εφικτή η μαγνητική αιώρηση και η αποφυγή της μηχανικής επαφής των τμημάτων τους.³⁷

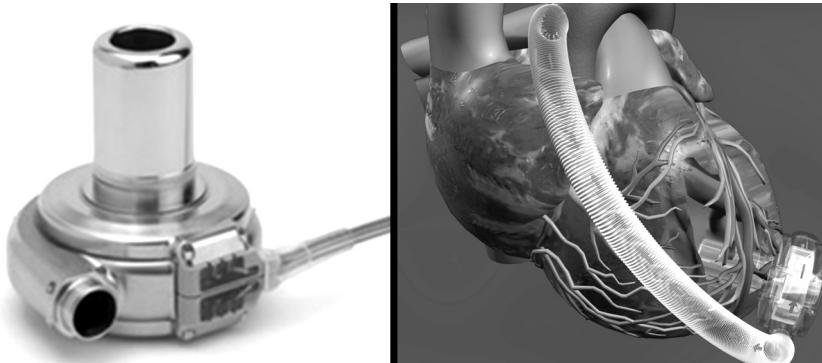
Αυτό είχε σημαντικό αντίκτυπο στην ελάττωση των επιπλοκών που συνοδεύουν τη χρήση τους και ιδιαίτερα στην καταστροφή των εμμόρφων στοιχείων του αιματος, καθώς και στη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Οι συσκευές αυτές παρέχουν συνεχή φοή 5-10 λίτρα/λεπτό και καταργούν τη σφυγμικότητα στον ασθενή.³⁸ Συνδέονται διαμέσου καλωδίου που εξέρχεται από το κοιλιακό τοίχωμα ή από το κρανίο με τη φροντή συσκευή ελέγχου και με τις μπαταρίες. Εμφανίζουν εξαιρετική μηχανική αντοχή στο χρόνο. Η ελάττωση του αριθμού των μεταμοσχεύσεων καρδιάς που παρατηρείται σε παγκόσμια κλίμακα, σε συνδυασμό με το μειωμένο αριθμό διαθέσιμων μοσχευμάτων, καθιστούν τη μακροχρόνια υποβοήθηση της κυκλοφορίας με την εμφύτευση LVAD ως την πλέον πρόσφορη και ζελατική επιλογή σε ασθενείς με τελικού σταδίου χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια είτε ακόμα και με οξεία καρδιακή ανεπάρκεια που εμφανίζει μειωμένο ενδεχόμενο ανάρρωσης.³⁹

Ο μακροβιότερος ασθενής με LVAD έζησε 7,5 χρόνια σε κλινικό στάδιο NYHA I, ενώ σημαντικός αριθμός ασθενών έχει ξεπεράσει την πενταετία.¹⁴ Κυριότερη επιπλοκή των συσκευών αυτών αποτελούν οι λοιμώξεις, ιδιαίτερα στο τραύμα εξόδου του καλωδίου, ενώ ακολουθούν θρομβωτικές και αιμορραγικές επιπλοκές.⁴⁰ Οι σύγχρονες τεχνικές μετάδοσης ενέργειας (Transcutaneous Energy Transfer-TET) διαδερματικά με πηνία επαγωγής της ενέργειας, καθώς και ελέγχου της συσκευής από απόσταση (remote monitoring) θα συντελέσουν στην περαιτέρω βελτίωση των συσκευών και της ποιότητας ζωής των ασθενών.⁴¹

Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις της συχνά εμφανιζόμενης στην κλινική πράξη καρδιογενούς καταπληξίας ισχύει το ρητό "time is muscle: ο χρόνος είναι μυς". Αυτό αναφέρεται στην ταχεία επέκταση της βλάβης του μυοκαρ-



Εικόνα 5: Η τεχνητή καρδιά (Syncardia TAH-t), όπως φαίνεται σχηματικά και χειρουργικά σε ασθενή του κέντρου μας, αντικαθιστά και τις δύο κοιλίες παρέχοντας αποτελεσματική αμφικοιλιακή υποστήριξη.



Εικόνα 6: Η συσκευή μακροχρόνιας υποστήριξης της αριστερής κοιλίας 3ης γενιάς HeartWare έχει μικρό μέγεθος και τοποθετείται εντός της αριστερής κοιλίας. Η αντλία οδηγεί το αίμα μέσω μοσχεύματος στην ανιούσα αορτή.

δίου· από αναστρέψιμη υπενδοκάρδια ισχαιμία αρχικά σε διατοιχωματική νέκρωση, αριστερή καρδιακή ανεπάρκεια και επακόλουθη δυσπραγία της δεξιάς κοιλίας και εμφάνιση δεξιάς καρδιακής ανεπάρκειας.⁴² Για τα λόγο αυτό, η **άμεση και αποτελεσματική μηχανική υποστήριξη της καρδιάς** είναι προαπαιτούμενα, κατ' αρχάς για τη διάσωση του ασθενούς και κατά δεύτερο λόγο για τη διατήρηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης μυοκαρδιακής μάζας.⁴³ Αυτό μεταφράζεται κλινικά με τη διατήρηση μακροπρόθεσμα επαρκούς λειτουργικότητας του μυοκαρδίου (κλάσματος εξώθησης της αριστερής καθώς και της δεξιάς κοιλίας).

Για τους λόγους αυτούς η γνώση, η εμπειρία και η ανάπτυξη ενός Κέντρου Μηχανικής Υποστήριξης της Καρδιάς είναι απαραίτητα για την καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση των ασθενών αυτών, καθώς και ασθενών με χρόνια τελικού σταδίου καρδιακή ανεπάρκεια.⁴⁴ Η οργάνωση και λειτουργία ενός τέτοιου κέντρου σε ένα τεταρτοβάθμιο νοσοκομείο βασίζεται καθοριστικά στη συνεργασία καρδιοχειρουργών, καρδιολόγων, καρδιοαναισθησιολόγων, εντατικολόγων και τεχνικών εξωματικής κυκλοφορίας οι οποίοι έχουν εξειδίκευση στο πεδίο της καρδιακής ανεπάρκειας. Κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις τα αποτελέσματα της εξειδικευμένης και οικονομικά δαπανηρής αυτής αντιμετώπισης είναι εντυπωσιακά και μεταφράζονται στη διάσωση ασθενών με πρακτικά μηδενικό προσδόκιμο ανάρρωσης με τη συμβατική θεραπεία, οι οποίοι, παράλληλα, έχουν και ικανοποιητική ποιότητα ζωής μακροχρόνια.

Στην Καρδιοθωρακοχειρουργική Κλινική του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης στο νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ λειτουργεί εξειδικευμένο πρόγραμμα μηχανικής υποστήριξης της καρδιάς, για βραχυχρόνια και μακροχρόνια υποστήριξη, εγκεκριμένο από το Υπουργείο Υγείας στελεχωμένο και εξοπλισμένο σύμφωνα

με τις προϋποθέσεις που ισχύουν σε παγκόσμιο επίπεδο. Έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα η χοησμοποίηση των κυκλωμάτων ECMO για βραχυχρόνια υποστήριξη σε ασθενείς με οξεία καρδιοαναπνευστική ανεπάρκεια που δε σχετίζεται με καρδιοχειρουργική επέμβαση, ενώ κατά την πανδημία της γρίπης από τον ιό H1N1 αποτέλεσε Πανελλήνιο Κέντρο Αναφοράς.⁴⁵ Το κέντρο είναι ενταγμένο στον Οργανισμό Εξωσωματικής Υποστήριξης της Κυκλοφορίας (ExtraCorporeal Life Support Organization -

ELSO) και τα αποτελέσματα καταγράφονται σε παγκόσμια βάση δεδομένων. Παράλληλα, στο πεδίο της μακροχρόνιας υποστήριξης με εμφυτεύσιμες συσκευές τρίτης γενιάς συνεχούς θρήσκευσης η κλινική εκπροσωπεί τη χώρας μας στην Ευρωπαϊκό Οργανισμό Μηχανικής Υποστήριξης στην Καρδιακή Ανεπάρκεια (euromacs). Πέρα από τη μηχανική υποστήριξη η κλινική εξειδικεύεται σε κλινικό και ερευνητικό επίπεδο στο ευρύ αντικείμενο της χειρουργικής αντιμετώπισης



Εικόνα 7: Σύνθετη απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο είναι τοποθετημένη εντός της κοιλότητας της αριστερής κοιλίας η συσκευή μακροχρόνιας υποστήριξης HeartWare (1: η συσκευή υποστήριξης δύος διακρίνεται σε ακτινολογικό έλεγχο του θώρακος, 2: εμφυτεύσιμος απινιδωτής, 3: τμήμα καλωδίου τοποθετημένο εντός του σώματος, 4: εξόδος του καλωδίου από το δέρμα της κοιλιακής χώρας, 5: ελεγκτής (controller), 6: μπαταρίες συσκευής).

της καρδιακής ανεπάρκειας, καλύπτοντας το φάσμα από τη συμβατική χειρουργική αντιμετώπιση μέχρι τη συνδυασμένη μηχανική και κυτταρική υποβοήθηση με τη χρησιμοποίηση βλαστοκυττάρων. Κομβικά στοιχεία για την αποτελεσματικότητα της μηχανικής υποστήρι-

ξης αποτελούν η έγκαιοη και άμεση έναρξη της υποστήριξης σε εξειδικευμένο κέντρο, πριν επισυμβούν μη αναστρέψιμες βλάβες των τελικών οργάνων που επιβαρύνουν καθοριστικά την πρόγνωση των ασθενών.

ABSTRACT

Mechanical Circulatory Support

Polychronis Antonitsis, Kyriakos Anastasiadis

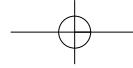
This review explores contemporary circulatory support in acute and chronic heart failure. The ultimate goal of mechanical support is to rapidly and effectively restore end-organ perfusion and unload the failing ventricle. During the past 10 years safety and durability of mechanical blood pumps has improved considerably. New temporary and long-term rotary pumps have improved outcomes for patients with acute and chronic heart failure. For urgent resuscitation, outreach salvage, and easy transportation extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) represents a reliable short-term first step which provides cardiorespiratory support but does not unload the failing left ventricle. Mechanical unloading is best achieved by surgical implantation of a temporary rotary or volume-displacement pump. In patients with biventricular failure implantation of a total artificial heart is widely accepted as a bridge to transplantation. Proper patient selection and timely initiation of mechanical circulatory support are crucial for improving prognosis in this critically-ill patient population.

Key words: Cardiac failure, mechanical circulatory support, left ventricular assist device, extracorporeal membrane oxygenation, total artificial heart, intraaortic balloon pump.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Peura JL, Colvin-Adams M, Francis GS, et al. Recommendations for the Use of Mechanical Circulatory Support: Device Strategies and Patient Selection: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2012;126:2648-2667.
- McMurray JJ, Adamopoulos S, Anker SD, et al. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail* 2012;14:803-869.
- Mullens W, Abrahams Z, Francis GS, et al. Importance of venous congestion for worsening of renal function in advanced decompensated heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:589-596.
- Mosterd A, Hoes AW. Clinical epidemiology of heart failure. *Heart* 2007;93:1137-1146.
- Maggioni AP, Dahlström U, Filippatos G, et al. EUROS observational Research Programme: the Heart Failure Pilot Survey (ESC-HF Pilot). *Eur J Heart Fail* 2010;12:1076-1084.
- Garg R, Yusuf S. Overview of randomized trials of angiotensin-converting enzyme inhibitors on mortality and morbidity in patients with heart failure. Collaborative Group on ACE Inhibitor Trials. *JAMA* 1995;273:1450-1456.
- Reynolds HR, Hochman JS. Cardiogenic shock: current concepts and improving outcomes. *Circulation* 2008;117:686-697.
- Thiele H, Schuler G. Cardiogenic shock: to pump or not to pump? *Eur Heart J* 2009;30:389-390.
- Nordhaug D, Steensrud T, Muller S, et al. Intra-aortic balloon pumping improves hemodynamics and right ventricular efficiency in acute ischemic right ventricular failure. *Ann Thorac Surg* 2004;78:1426-1432.
- Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ et al. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med* 2012;367:1287-1296.
- Westaby S, Anastasiadis K, Wieselthaler GM. Cardiogenic shock in ACS. Part 2: Role of mechanical circulatory support. *Nat Rev Cardiol* 2012;9:195-208.
- Krishnamani R, DeNofrio D, Konstam MA. Emerging ventricular assist devices for long-term cardiac support. *Nat Rev Cardiol* 2010;7:71-76.
- Rogers JG, Aaronson KD, Boyle AJ, et al. Continuous flow left ventricular assist device improves functional capacity and quality of life of advanced heart failure patients. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:1826-1834.
- Westaby S, Siegenthaler M, Beyersdorf F, et al. Destination therapy with a rotary blood pump and novel power delivery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;37:350-356.
- Anastasiadis K, Antonitsis P, Papakonstantinou C, Westaby S. Use of Jarvik 2000 left ventricular assist device for treating acutely decompensated heart failure. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;35:172.
- Slaughter MS, Meyer AL, Birks EJ. Destination therapy with left ventricular assist devices: patient selection and outcomes. *Curr Opin Cardiol* 2011;26:232-236.
- Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, et al. Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure. *N Engl J Med* 2001;345:1435-1443.
- Aaronson KD, Slaughter MS, Miller LW, et al. Use of an intrapericardial, continuous-flow, centrifugal pump in patients awaiting heart transplantation. *Circulation* 2012;125:3191-3200.
- Dixon SR, Henriques JP, Mauri L, et al. A prospective feasibility trial investigating the use of the Impella 2.5 system in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention (The PROTECT I Trial): initial U.S. experience. *JACC Cardiovasc Interv* 2009;2:91-96.
- Burkhoff D, Cohen H, Brunckhorst C, O'Neill WW for the TandemHeart Investigators Group. A randomized multicenter clinical study to evaluate the safety and efficacy of the Tandem Heart percutaneous ventricular assist device versus conventional therapy with intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock. *Am Heart J* 2006;152:469.e1-e8.
- Vranckx P, Meliga E, De Jaegere PP, et al. The TandemHeart, percutaneous transseptal left ventricular assist device: a safeguard in high-risk percutaneous coronary interventions. The six-year Rotterdam experience. *EuroIntervention* 2008;4:331-337.
- Seyfarth M, Sibbing D, Bauer I, et al. A randomized clinical trial to evaluate the safety and efficacy of a percutaneous left ventricular assist device versus intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock caused by myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1584-1588.
- Mahmoudi M, Syed AI, Waksman R. The role of percutaneous circula-

- tory assist devices in acute myocardial infarction and high-risk percutaneous intervention in the 21st century. *Cardiovasc Revasc Med* 2011;12:237-242.
24. Anastasiadis K, Antonitsis P, Chalvatzoulis O, Papakonstantinou C. Use of a novel short-term mechanical circulatory support device for cardiac recovery. *J Heart Lung Transplant* 2011;30:732-733.
25. Slaughter MS, Tsui SS, El-Banayosy A, et al. Results of a multicenter trial with the Thoratec implantable ventricular assist device. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007;133:1573-1580.
26. Gray LA Jr, Champsaur GG. The BVS 5000 biventricular assist device. The worldwide registry experience. *ASAIO J* 1994;40:M460-M464.
27. Anderson M, Smedira N, Samuels L, et al. Use of the AB5000 ventricular assist device in cardiogenic shock after acute myocardial infarction. *Ann Thorac Surg* 2010;90:706-712.
28. John R, Long JW, Massey HT, et al. Outcomes of a multicenter trial of the Levitronix CentriMag ventricular assist system for short-term circulatory support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;141:932-939.
29. Smedira NG, Moazami N, Golding CM, et al. Clinical experience with 202 adults receiving extracorporeal membrane oxygenation for cardiac failure: survival at five years. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:92-102.
30. Paganini FD, Aaronson KD, Swaniker F, Bartlett RH. The use of extracorporeal life support in adult patients with primary cardiac failure as a bridge to implantable left ventricular assist device. *Ann Thorac Surg* 2001;71:77-81.
31. Schmid C, Philipp A, Mueller T, Hilker M. Extracorporeal life support systems, indications, and limitations. *Thorac Cardiovasc Surg* 2009;57:449-454.
32. Haneya A, Philipp A, Foltan M, et al. First experience with the new portable extracorporeal membrane oxygenation system Cardiohelp for severe respiratory failure in adults. *Perfusion* 2012;27:150-155.
33. Haj-Yahia S, Birks EJ, Amrani M, et al. Bridging patients after salvage from bridge to decision directly to transplant by means of prolonged support with the CentriMag short-term centrifugal pump. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;138:227-230.
34. Slepian MJ, Copeland JG. The total artificial heart in refractory cardiogenic shock: saving the patient versus saving the heart. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med* 2008;5:64-65.
35. Copeland JG, Smith RG, Arabia FA, et al. Cardiac replacement with a total artificial heart as a bridge to transplantation. *N Engl J Med* 2004;351:859-867.
36. Copeland JG, Copeland H, Gustafson M, et al. Experience with more than 100 total artificial heart implants. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012;143:727-734.
37. Morshuis M, El-Banayosy A, Arusoglu L, et al. European experience of DuraHeart magnetically levitated centrifugal left ventricular assist system. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;35:1020-1027.
38. Saito S, Nishinaka T, Westaby S. Hemodynamics of chronic non pulsatile flow: implications for LVAD development. *Surg Clin North Am* 2004;84:61-74.
39. Westaby S. Advanced heart failure- an "off-the-shelf" solution? *Lancet* 2008;371:1898-1900.
40. Strueber M, O'Driscoll G, Jansz P, et al. Multicentre evaluation of an intrapericardial left ventricular assist system. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:1375-1382.
41. Slaughter MS, Myers TJ. Transcutaneous energy transmission for mechanical circulatory support systems: history, current status, and future prospects. *J Card Surg* 2010;25:484-489.
42. Kloner RA, Jennings RB. Consequences of brief ischemia: stunning, preconditioning, and their clinical implications: part 1. *Circulation* 2001;104:2981-2989.
43. El-Banayosy A, Cobaugh D, Zittermann A, et al. A multidisciplinary network to save the lives of severe persistent cardiogenic shock patients. *Ann Thorac Surg* 2005;80:543-547.
44. Westaby S. Lifetime circulatory support must not be limited to transplant centers. *Heart Fail Clin* 2007;3:369-375.
45. Antonitsis P, Anastasiadis K, Chalvatzoulis O, et al. Factors associated with the development of acute heart failure in critically ill patients with severe pandemic 2009 influenza A (H1N1) infection. *Ann Thorac Surg* 2011;91:2021-2022



)

(

