

## Άρθρο Ανασκόπησης

## Αιμοδυναμικές Συνέπειες της Χρήσης του Ενδοαορτικού Ασκού (IABP)

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΠΑΡΙΣΣΗΣ

Cardiothoracic Department, St James Hospital, Dublin

Λέξεις ευρετηρίου:  
**Ενδοαορτικός ασκός, IABP, ενδοκαρδιακή βιωσιμότητα.**

Ημερ. παραλαβής εργασίας:  
 17 Μαΐου 2007·  
 Ημερ. αποδοχής:  
 12 Σεπτεμβρίου 2007

Διεύθυνση  
 Επικοινωνίας:  
 Χαράλαμπος Παρίσης

Cardiothoracic  
 Department, St James  
 Hospital, Dublin  
 e-mail:  
[hparissis@yahoo.co.uk](mailto:hparissis@yahoo.co.uk)

**Η** θεραπεία με ενδοαορτική αντλία (Intra Aortic Balloon Pump, IABP) αποτελεί τον συχνότερο τρόπο μηχανικής υποστήριξης της ανεπαρκούς καρδιάς. Η ενίσχυση της διαστολικής πίεσης κατά τη διάταση του ασκού συνεισφέρει στη στεφανιαία κυκλοφορία. Σύμφωνα με τους Christenson et al,<sup>1</sup> η προσυστολική αποσυμπίεση του ασκού μειώνει τη αντίσταση στη συστολική παροχή. Κατά συνέπεια, το μυοκαρδιακό έργο μειώνεται. Συνολικά η επίπτωση της θεραπείας με IABP είναι η αύξηση του μυοκαρδιακού λόγου προσφοράς/ζήτησης οξυγόνου και κατά συνέπεια της ενδοκαρδιακής βιωσιμότητας.<sup>2</sup>

### Η ανάπτυξη της ιδέας του ενδοαορτικού ασκού

Οι Kantrowitz et al<sup>3</sup> συνέλαβαν τη ιδέα της μεταβολής στη χρονική διαδικασία των συμβάντων πίεσης κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου. Χρησιμοποιήθηκε εξωτερική ώθηση της αορτής με περιτύλιξη του ημδιαφράγματος γύρω από το άνω τμήμα της θωρακικής αορτής και σύσπασης του μυός κατά τη διάρκεια κάθε διαστολής. Η διαστολική πίεση παρουσίασε σημαντική αύξηση σε σύγκριση με τις μελέτες ελέγχου.

Ταυτόχρονα, άλλοι ερευνητές<sup>4,5,6</sup> χρησιμοποίησαν τη μηριαία αρτηρία για την αφαίρεση αίματος κατά τη συστολή και για την επαναφορά του κατά τη δια-

στολή. Παρατηρήθηκε αιμοδυναμική επίδραση, αλλά η πρακτική εφαρμογή της τεχνικής ήταν αδύνατη.

Ο Μουλόπουλος και οι συνεργάτες του<sup>7</sup> διεξήγαγαν μελέτες με ενδοαορτική αντλία. Γύρω από το άκρο ενός καθετήρα πολυουρεθάνης με πολλαπλές πλευρικές οπές δέθηκε ένας ασκός από λάτεξ. Το άνω άκρο του καθετήρα φράχτηκε, ώστε να είναι δυνατή η διάταση και αποσυμπίεση του ασκού μέσω των πλευρικών οπών. Ο καθετήρας και το μπαλόνι σχημάτισαν κλειστό σύστημα που γέμισε με διοξείδιο του άνθρακα. Περιοδικά εφαρμοζόταν πίεση αέρα στο σωλήνα του κυλίνδρου και το διοξείδιο του άνθρακα αποβαλλόταν με στόχο τη διάταση του μπαλονιού. Το μήκος παλμού και η καθυστέρηση μετά το κύμα R του ηλεκτροκαρδιογραφήματος ήταν προ-ρυθμισμένα, έτσι ώστε ο ασκός από λάτεξ να διατείνεται κατά τη διαστολή και να παραμένει αποσυμπιεσμένος κατά τη συστολή. Δοκιμάζοντας την αντλία τους σε κύνεια αορτή, συμπεράναν ότι ήταν δυνατό να αυξήσουν τη διαστολική ροή αίματος στο αρτηριακό σύστημα και να μειώσουν την αρτηριακή πίεση στο τέλος της φάσης της διαστολής.

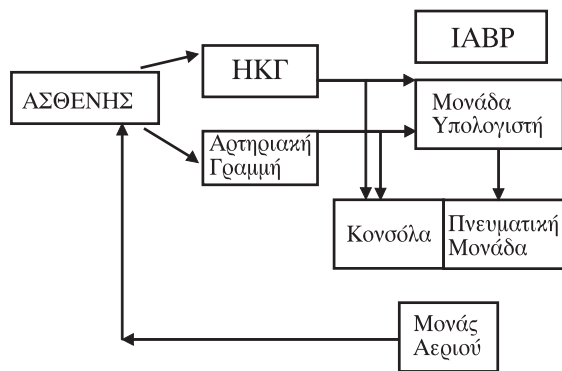
Ο Mundth και οι συνεργάτες του<sup>8</sup> ανέφεραν το 1970, περίπτωση ασθενούς ο οποίος υπέστη καρδιογενή καταπληξία μετά από έμφραγμα και σταθεροποιήθηκε με ενδοαορτική αντλία. Στη συνέχεια υποβλήθηκε σε στεφανιαία επαναγγείω-

ση και με την υποστήριξη της αντλίας επέζησε. Αυτή ήταν η πρώτη αναφορά, ενώ η εφαρμογή της ενδοαορτικής αντλίας επεκτάθηκε επιτυχώς και περιέλαβε την υποστήριξη καρδιακής ανεπάρκειας ύστερα από εγχείρηση στεφανιαίας επαναγγείωσης.

Οι Krakauer et al<sup>9</sup> στις αρχές του 1971 ανέφεραν την εμπειρία με την ενδοαορτική αντλία σε 30 περιπτώσεις που αντιμετώπιστηκαν για καρδιογενή καταπληξία που οφειλόταν σε οξύ έμφραγμα. Κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η ομάδα ασθενών στους οποίους εφαρμόστηκε υποστήριξη μέσω IABP στα πρώιμα στάδια μετά την εκδήλωση της καταπληξίας, είχε σημαντικά καλύτερη πρόγνωση.

Το 1973 δύο διαφορετικές ομάδες<sup>10,11</sup> ανέφεραν την επιτυχή χρήση της μεθόδου IABP σε ασθενείς που δεν ήταν σε θέση να “απογαλακτιστούν” από τη συσκευή της καρδιοπνευμονικής παράκαμψης. Αυτό εγκαινίασε μια νέα εποχή στην περιεγχειρητική φροντίδα ασθενών με κοιλιακή δυσλειτουργία.

Η συνεχής εξέλιξη οδήγησε στην ανακάλυψη της διαδερμικής εισαγωγής του καθετήρα.<sup>12,13</sup> Αυτό μεταμόρφωσε ολόκληρο το πεδίο των εφαρμογών του IABP λόγω της δυναμικής εξάπλωσης ενδείξεων χρήσης της συσκευής σε διαφορετικές υποομάδες ασθενών με προχωρημένη νόσο των στεφανιαίων, που δεν είχε την αναμενόμενη αντίδραση στους συμβατικούς ιατρικούς χειρισμούς.

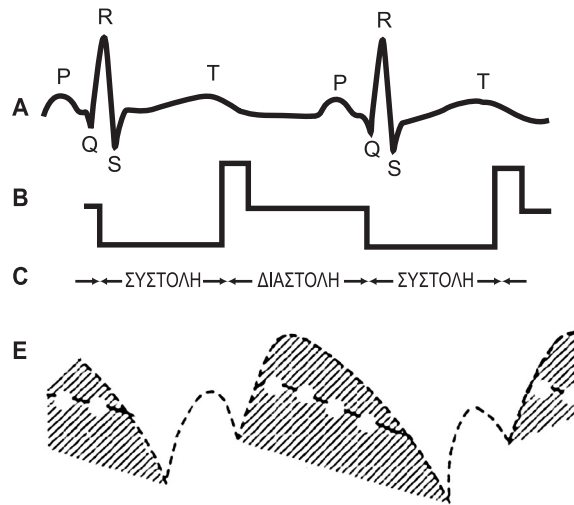


**Σχήμα 1.** Περιγραφή του κυκλώματος μεταξύ του ασθενούς και του ενδοαορτικού ασκού. Η κονσόλα του IABP περιέχει:

- 1) Έναν κύλινδρο προέλευσης αερίου (συνήθως ηλίου, με θεωρητικά πλεονεκτήματα κατά τους Hendrickx et al<sup>14</sup>)
- 2) Μια μονάδα που επιτρέπει την παροχή του αερίου
- 3) Ένα σύστημα παρακολούθησης για λήψη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και της αρτηριακής πίεσης
- 4) Μονάδα ελέγχου που επεξεργάζεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα και παράγει σήμα πυροδότησης. Αυτό χρησιμοποιείται για το χρονοισμό της διάτασης και αποσυμπίεσης του μπαλονιού μέσω ενεργοποίησης της μονάδας βαλβίδας, και είτε το άνοιγμα της βαλβίδας για την παροχή του αερίου είτε το κλείσιμο της μονάδας βαλβίδας για διακοπή της ροής αερίου.

## Η Λειτουργία του ενδοαορτικού ασκού (IABP)

Ακολουθώντας την αρχή της αντιώθησης (Counterpulsation), το ενδοαορτικό μπαλόνι αποσυμπιέζεται κατά τη συστολή που συμπίπτει με το διάστημα QRS-T (το κύμα R πυροδοτεί πάντα αποσυμπίεση του μπαλονιού). Με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η διάταση του μπαλονιού κατά την καρδιακή συστολή. Το ενδοαορτικό μπαλόνι διατείνεται κατά τη διαστολή που συμπίπτει με το διάστημα T-P.



**Σχήμα 2.** Αιμοδυναμική λειτουργία του ασκού. A: ΗΚΓ B, C: Αποσυμπίεση του ασκού (Deflation) που ανταποκρίνεται με τη συστολή και συμπίεση (Inflation) του ασκού που ανταποκρίνεται με τη διαστολή. D: Καμπύλη πίεσης της αορτής κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ασκού. E: Αιμοδυναμικές μεταβολές κατά τη διάρκεια θεραπείας με ενδοαορτικό ασκό.

Οι καρδιαγγειακές συνέπειες οφείλονται κυρίως στην επίδραση στο προφορτίο και το μεταφορτίο.<sup>15</sup> Από μηχανικής πλευράς, η διάταση του μπαλονιού προκαλεί “μετατόπιση όγκου” με αποτέλεσμα μια μεταβολή της στεφανιαίας κυκλοφορίας με ανακατανομή της ροής του αίματος και διαφοροποίηση της κατανάλωσης οξυγόνου.<sup>16,17</sup>

Η αποσυμπίεση του ασκού λαμβάνει χώρα στο τέλος της διαστολής ακριβώς στην έναρξη της ισογχομετρικής σύσπασης. Κατά συνέπεια, μειώνεται η αντίσταση στη παροχή της αριστερής κοιλίας. Συνεπώς μειώνεται το μεταφορτίο.<sup>18</sup>

## Μείωση της συστολικής πίεσης

Εάν κανείς συγκρίνει τις συστολικές πιέσεις μη υποβοηθούμενων παλμών με τις συστολικές πιέσεις που

ακολουθούν την υποβοήθηση μέσω IABP, θα συμπεράνει ότι η ενδοαορτική άντλία έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συστολικής πίεσης έως και κατά 10%<sup>19,20</sup> που υποδεικνύει μείωση του μεταφορτίου.

### Πτώση της προ-συστολικής (τελο-διαστολικής) αορτικής πίεσης

Κατά τη θεραπεία IABP, η τελο-διαστολική αορτική πίεση μειώνεται έως και κατά 30%. Αυτό υποδεικνύει συστολική εκφόρτωση.

### Μείωση της ισομετρικής φάσης αριστερής κοιλιακής σύσπασης

Η αορτική βαλβίδα κατά την λειτουργία του ασκού ανοίγει πρόωρα, μειώνοντας έτσι την ισομετρική φάση σύσπασης της αριστερής κοιλίας. Αυτό το διάστημα σχετίζεται αναλογικά με τη μυοκαρδιακή κατανάλωση οξυγόνου<sup>21</sup>.

### Μείωση της τάσης των τοιχωμάτων της αριστερής κοιλίας και της ταχύτητας αύξησης της πίεσης της αριστερής κοιλίας (dp/dt)

Σύμφωνα με τον Urschel και τους συνεργάτες του,<sup>22</sup> η ταχύτητα αύξησης της πίεσης της αριστερής κοιλίας μειώνεται με το IABP έως και κατά 20% σε σύγκριση με τις τιμές ελέγχου.

### Επιδράσεις στο κλάσμα εξώθησης, την καρδιακή απόδοση και το νόμο του Frank-Starling για την αριστερή κοιλία

Παρατηρείται αύξηση στο κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας κατά τη διάρκεια IABP.<sup>23</sup> Επιπλέον, παρατηρείται αύξηση της καρδιακής απόδοσης μεταξύ 0,5 και 1,0 Lt/ το λεπτό ή έως και 30%.<sup>24,25</sup>

Η καμπύλη του νόμου του Starling επηρεάζεται από το IABP.<sup>26</sup> Παρατηρείται μετατόπιση της καμπύλης προς τα αριστερά, η οποία καταδεικνύει τη βελτίωση της αριστερής κοιλιακής λειτουργίας.

### Μείωση του Προφορτίου

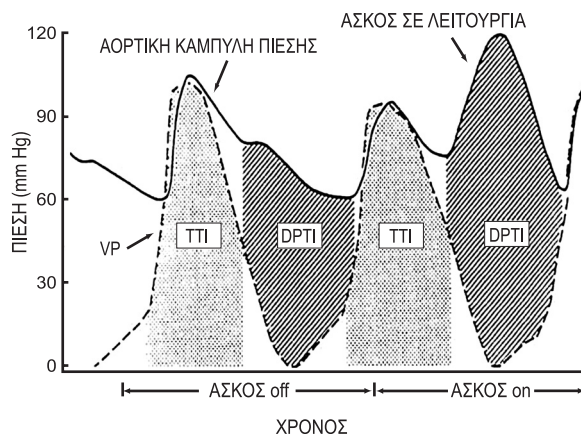
Ο αριστερός κοιλιακός διαστολικός όγκος μειώνεται λόγω συστολικής εκφόρτωσης.

Επίσης, η σχέση μεταξύ της μεταβολής της αριστερής κοιλιακής διαστολικής πίεσης και της μεταβολής του αριστερού κοιλιακού διαστολικού όγκου φανερώνει μια τάση προς μειωμένες τιμές<sup>27</sup> γεγονός

που μεταφράζεται σε βελτίωση στην αριστερή κοιλιακή ανεκτικότητα.

### IABP και μυοκαρδιακή προσφορά / ζήτηση οξυγόνου

Η επίδραση του IABP στη βελτίωση της μυοκαρδιακής προσφοράς οξυγόνου θα μπορούσε να γίνει καλύτερα αντιληπτή μέσω εξέτασης του δείκτη χρόνου διαστολικής πίεσης (Diastolic Pressure Time Index) και του δείκτη χρόνου έντασης (Tension Time Index).



Σχήμα 3. Η επίδραση του IABP στη μυοκαρδιακή προσφορά οξυγόνου (DPTI) και στη μυοκαρδιακή ζήτηση οξυγόνου (TTI).

Ο δείκτης DPTI αντανακλά τη διαστολική και υπενδοκαρδιακή ροή του αίματος. Εξαρτάται από την αορτική διαστολική πίεση, την αριστερή κοιλιακή τελική διαστολική πίεση και τη διάρκεια της διαστολής. Ο δείκτης DPTI αυξάνεται με το IABP λόγω αύξησης στη διαστολική πίεση του αίματος και μείωσης στην τελοδιαστολική πίεση.

Η περιοχή κάτω από την καμπύλη αριστερής κοιλιακής συστολικής πίεσης, η οποία αντανακλά τη μυοκαρδιακή ζήτηση οξυγόνου αποκαλείται δείκτης χρόνου έντασης (TTI). Ο δείκτης TTI μειώνεται με την αποσυμπίεση του μπαλονιού λόγω μείωσης της συστολικής πίεσης του αίματος.

Ο λόγος των δεικτών DPTI/TTI αντικατοπτρίζει τη σχέση μεταξύ προσφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου του μυοκαρδίου και αναπαριστά το λόγο Ενδοκαρδιακής Βιωσιμότητας (EVR). Τιμή 1.0 ή μεγαλύτερη ισοδυναμεί με φυσιολογική ισορροπία προσφοράς / ζήτησης. Αν ο λόγος EVR είναι μικρότερος από 0,7, αυτό υποδεικνύει σοβαρή μυοκαρδιακή ισχαιμία.

Οι Nanas et al<sup>28</sup> και ο Bolooki et al<sup>29</sup> δηλώνουν ότι με τη χρήση του IABP, ο λόγος DPTI/TTI παρουσιάζει αύξηση. Ο δείκτης EVR είναι χρήσιμος ως κριτήριο επιλογής της έγκαιρης χρησιμοποίησης της μεθόδου IABPC σε περίπτωση ενδοεγχειρητικής ανεπάρκειας.

### IABP και αιμάτωση της στεφανιαίας κυκλοφορίας

Η διάταση του ασκού προκαλεί την εκτόπιση του γύρω αίματος αυξάνοντας τη στεφανιαία αιμάτωση μέσω αύξησης της διαστολικής πίεσης και της κλίσης της διαστολικής αιμάτωσης.<sup>30,31</sup>

Υπάρχουν διάφορες ζωικές μελέτες που αποτίμησαν τη συμβολή του ενδοαορτικού μπαλονιού στη μυοκαρδιακή αιμάτωση. Τα αποτελέσματα ήταν μεταβλητά. Οι Kern et al<sup>32</sup> δήλωσαν ότι σε ζώα με φυσιολογική συστηματική αρτηριακή πίεση, η ενδοαορτική αντλία μείωσε τη μυοκαρδιακή κατανάλωση οξυγόνου χωρίς σημαντική μεταβολή της συνολικής στεφανιαίας ροής. Σε ισχαιμικά ζωικά μοντέλα με χαμηλή συστηματική αρτηριακή πίεση, η μυοκαρδιακή κατανάλωση οξυγόνου εξαρτήθηκε από τη στεφανιαία ροή. Η μέθοδος IABP είχε μικρή επίδραση στην αιμάτωση των μυοκαρδιακών περιοχών από φραγμένα στεφανιαία αγγεία.

Οι Gewirtz et al<sup>33</sup> κατέληξαν ότι με χρήση της μεθόδου IABP, η περιφερική ως προς τη στένωση ροή αίματος παρέμεινε अपαράλλακτη.

Οι McDonald et al<sup>34</sup> διαπίστωσαν ότι η μέθοδος IABP προκαλούσε αύξηση της προστενωτικής σε αντίθεση με τη μεταστενωτική ροή.

Ωστόσο ο Folland και οι συνεργάτες του<sup>35</sup> αντέκρουσαν αυτή την αναφορά. Παρατήρησαν ανακούφιση των συμπτωμάτων στηθάγχης σε πληθυσμό με στεφανιαία νόσο και σοβαρή αορτική πάθηση. Συμπεράναν ότι η βελτίωση στη στεφανιαία ροή θα πρέπει να συντελεστεί μέσω IABP.

Ο Ohman και οι συνεργάτες του<sup>36</sup> ονόμασαν “τεχνική μυοσυντήρησης” τη θεραπεία με IABP. Συμπεράναν ότι η δράση του ασκού διεγείρει την παράπλευρη κυκλοφορία στην περιοχή γύρω από τον πυρήνα της μυοκαρδιακής βλάβης. Οι Fuchs et al<sup>37</sup> συμφώνησαν ότι η παράπλευρη κυκλοφορία ενισχύεται κατά την αύξηση της διαστολικής πίεσης. Ο Kern και οι συνεργάτες του<sup>38</sup> αποτίμησαν την ενδοστεφανιαία ταχύτητα ροής κατά τον καθετηριασμό σε 12 ασθενείς που υποβάλλονταν σε θεραπεία με τη μέθοδο IABPC. Καταγράφηκε το χρονικό ολοκλήρωμα της ταχύτητας διαστολικής ροής. Η μεγαλύτερη αύξηση στο χρονικό ολοκλήρωμα της ταχύ-

τητας διαστολικής ροής παρατηρήθηκε σε ασθενείς με συστολική πίεση αναφοράς <90 mmHg. Συμπεράναν ότι η μέθοδος IABP ενισχύει την εγγύς ταχύτητα στεφανιαίας ροής μέσω διπλασιασμού του ολοκλήρωματος ταχύτητας της διαστολικής ροής.

Κατά τη διάρκεια της θεραπείας με ασκό, η τελικο-διαστολική πίεση μειώνεται. Εφαρμόζοντας το νόμο του Laplace, η πτώση της τελικο-διαστολικής πίεσης, θα μειώσει την τοιχωματική τάση που προκαλείται πριν ανοίξει η αορτική βαλβίδα. Συνεπώς μειώνεται η μυοκαρδιακή κατανάλωση οξυγόνου.

Οι Akyurekli et al<sup>39</sup> ανέλαβαν τη διεξαγωγή μελέτης για τον καθορισμό των επιδράσεων της μεθόδου IABP στη συστολική εκφόρτωση ανεξάρτητα από την αύξηση της διαστολικής πίεσης. Η μελέτη αυτή διεξήχθη με εφαρμογή αντλίας σε σκύλους, ενώ οι στεφανιαίες αρτηρίες τους αιματώνονταν από εξωσωματική πηγή. Η πίεση αιμάτωσης μειώθηκε προκαλώντας οξεία καρδιακή ανεπάρκεια. Όταν τοποθετήθηκε ενδοαορτική αντλία, η συστολική εκφόρτωση (μείωση της αριστερής κοιλιακής συστολικής πίεσης) ήταν εμφανής στις νορμοτασικές καταστάσεις, όχι όμως και στις υποτασικές καταστάσεις (πίεση στεφανιαίας αιμάτωσης < 80 mm Hg). Κατά την υπόταση, αυξάνεται η αορτική ανεκτικότητα, γεγονός που προκαλεί επέκταση του αορτικού τοιχώματος κατά τη διάταση του μπαλονιού, οπότε δεν πραγματοποιείται εκτόπιση του όγκου αίματος. Επιπλέον, τη στιγμή της αποσυμπίεσης του ασκού, η αορτική πίεση δε μειώνεται. Επομένως, δε μειώνεται ούτε το στατικό έργο ούτε και η μυοκαρδιακή κατανάλωση οξυγόνου.

Η περιφερική ροή αίματος καθορίζεται από την πίεση, την αντίσταση, το μήκος και την εσωτερική τριβή. Η διάταση του μπαλονιού κατά τη διάρκεια της διαστολής αυξάνει την αρτηριακή πίεση, με επακόλουθη αύξηση της αρτηριακής - φλεβικής κλίσης και βελτίωση της ροής. Επίσης, η διάταση του μπα-

**Πίνακας 1.** Αιμοδυναμικές συνέπειες της χρήσης του ενδοαορτικού ασκού IABP και περιφερική κυκλοφορία

Μείωση της συστολικής πίεσης
Πτώση της τελο-διαστολικής αορτικής πίεσης
Μείωση της ισομετρικής φάσης αριστερής κοιλιακής σύσπασης
Μείωση της τάσης των τοιχωμάτων της αριστερής κοιλίας
Αύξηση στο κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας
Μείωση του Προφορτίου/ μεταφορτίου
Αύξηση του λόγου DPTI/TTI
Βελτίωση στη στεφανιαία ροή
Κατά τη διάρκεια αιμορραγικού σοκ παρατηρείται βελτίωση στον αγγειοκινητικό έλεγχο της σπλαγχνικής αιματικής ροής

λονιού κατά τη διαστολή προκαλεί εκτόπιση του όγκου παλμού και επομένως η ενεργοποίηση των αορτικών τασεοϋποδοχέων αναστέλλει το μυελικό αγγειοσυσταλτικό αντανακλαστικό. Η περιφερική αντίσταση μειώνεται, γεγονός που βελτιώνει τη ροή του αίματος.

Οι Landreneau et al<sup>40</sup> μελέτησαν τις επιδράσεις της υποβοήθησης μέσω ενδοαορτικής αντλίας στη σπλαγγχνική αιματική ροή κατά τη διάρκεια παρατεταμένου αιμορραγικού σοκ. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ενδοαορτική αντλία κατά τη διάρκεια αιμορραγικού σοκ φαίνεται ότι βελτιώνει τον αγγειοκινητικό έλεγχο της σπλαγγχνικής αιματικής ροής εξαλείφοντας το φαινόμενο υπεραιμικής επαναιμάτωσης με αποτέλεσμα λιγότερο τραύμα επαναιμάτωσης.

Οι συνέπειες της ενδοαορτικής αντλίας στην μετεγχειρητική νεφρική λειτουργία στον άνθρωπο μελετήθηκε από τους Hilberman et al<sup>41</sup>, οι οποίοι απέδειξαν τη μετεγχειρητική βελτίωση στην ανθρώπινη νεφρική αιμάτωση κατά τη διάρκεια ανώθησης.

Οι Swartz et al<sup>42</sup> μελέτησαν την επίδραση της περινεφρικής θέσης του μπαλονιού στη νεφρική ροή του αίματος. Διαπίστωσαν μέση μείωση της ροής κατά 66%, ενώ το μπαλόνι ήταν στη νεφρική θέση.

#### Πίνακας 2. Μεταβλητές που επηρεάζουν την αύξηση της διαστολικής πίεσης

Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την αύξηση της διαστολικής πίεσης κατά τη διάταση του ασκού ανάλογα με τους Weber και Janicki<sup>15</sup>:

- 1) **Θέση του ασκού:** Όσο πιο κοντά στην αορτική βαλβίδα βρίσκεται, τόσο μεγαλύτερη είναι η άνοδος της διαστολικής πίεσης
- 2) **Όγκος:** Όταν ο όγκος του ασκού ισούται με τον όγκο παλμού, μεγιστοποιείται η ενίσχυση της διαστολικής πίεσης
- 3) **Διάμετρος και αποφρακτική ικανότητα του ασκού:** Η μεγαλύτερη δυνατή αύξηση παρατηρείται με πλήρη αορτική απόφραξη.
- 4) Διαμόρφωση / **κινητήριο αέριο & χρονισμός του ασκού**
- 5) **Όγκος παλμού:** Αν ο όγκος παλμού είναι μικρότερος από 25ml, δεν θα πρέπει να αναμένεται σημαντική διαστολική αύξηση.
- 6) **Αρτηριακή πίεση:** Η σημασία της αορτικής ελαστικότητας αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ο αορτικός όγκος διπλασιάζεται μεταξύ μιας μέσης αρτηριακής πίεσης 30 mmHg και μιας φυσιολογικής μέσης πίεσης 90 mmHg. Ο Kantrowitz και οι συνεργάτες του<sup>43</sup> δήλωσαν ότι το μπαλόνι περιορίζεται από τον όγκο αίματος που περιέχεται εντός της αορτής λίγο πριν τη διάταση, και ότι η περαιτέρω αύξηση του όγκου άντλησης έχει ως αποτέλεσμα μόνο τη διόγκωση της αορτής και όχι την αποτελεσματική κατανομή του αίματος.

#### Συμπέρασμα

Η αυξανόμενη χρήση του IABP έχει αναφερθεί από πολλές ομάδες<sup>44,45</sup> και οφείλεται στο γεγονός της σχετικά εύκολης τοποθέτησης του δια της διαδρεμικής οδού, επίσης στην “ελευθεριότητα” των ενδείξεων καθώς και στην αυξανόμενη ηλικία του πληθυσμού των ασθενών τα τελευταία έτη, ο οποίος περιλαμβάνει και μεγαλύτερης ηλικίας ασθενείς με πολυαγγειακή νόσο και ελαττωματικές αριστερές κοιλίες.

Συνοψίζοντας, η χρήση του IABP είναι δικαιολογημένη, διότι η ενίσχυση της διαστολικής πίεσης κατά τη διάταση του ασκού υποβοηθεί τη στεφανιαία κυκλοφορία. Περαιτέρω, η προσυστολική αποσυμπίεση του ασκού μειώνει τη αντίσταση στη συστολική παροχή και κατά συνέπεια ελατώνεται το μυοκαρδιακό έργο και το κλάσμα της ενδοκαρδιακής βιωσιμότητας αυξάνεται.

Η αποτελεσματικότητα του IABP καταγράφεται από τον αριθμό των ασθενών οι οποίοι απογαλακτίζονται από τη συσκευή. Τα ποσοστά επιτυχίας είναι υψηλότερα στην ομάδα ασθενών όπου η συσκευή τοποθετήθηκε πρώιμα, γεγονός που αντικατοπτρίζει την αναστρέψιμη φύση της ισχαιμικής παθολογίας καθώς και τη θετική συμβολή του ενδοαορτικού ασκού στην αποφυγή του καταράκτη των επιπλοκών της ισχαιμικής καρδιακής νόσου.

#### Βιβλιογραφία

1. Christenson JT, Cohen M, Ferguson JJ, et al: Trends in intraaortic balloon counterpulsation complications and outcomes in cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: 1086-1090; discussion 1090-1091.
2. Ferrari G, Gorczynska V, Mimmo R, et al: IABP assistance: a test bench for the analysis of its effects on ventricular energetics and hemodynamics. *Int J Artif Organs* 2001; 24: 274-280.
3. Kantrowitz A: Origins of intraaortic balloon pumping. *Ann Thorac Surg* 1990; 50: 672-674.
4. Maccioli GA, Lucas WJ, Norfleet EA, et al: The intra-aortic balloon pump: a review, *J Cardiothorac Anesth* 1988;2:365-373.
5. Birtwell WC, Soroff HS, Well M, et al: Assisted circulation. An improved method for counterpulsation, *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1962; 8: 35-42.
6. Claus RH, Birtwell WC, Albertal G, et al: Assisted circulation I. The arterial counterpulsator. *J Cardiovasc Surg* 1961; 41: 447-458.
7. Mouloupoulos SD, Topaz S, Kolff WJ: Diastolic balloon pumping (with carbon dioxide) in the aorta—a mechanical assistance to the failing heart. *Am Heart J* 1962; 63: 669-675.
8. Mundth ED, Yurchak PM, Buckley MJ, et al: Circulatory assistance and emergency direct artery surgery for shock complicating acute infarction, *N Engl J Med* 1970; 283: 1382-1384.

9. Krakauer J, Rosenbaum A, Freed P, Jaron D, Kantrowitz A: Clinical management ancillary to phase-shift balloon pumping in cardiogenic shock. *Am J Cardiol* 1971; 27: 123-128.
10. Buckley MJ, Craver JM, Gold HK et al: Intra-aortic balloon pump assist for cardiogenic shock after cardiopulmonary bypass. *Circulation* 1973; 48: III-90-94.
11. Housman LB, Bernstein EF, Braunwald NS, Dilley RB: Counterpulsation for intraoperative cardiogenic shock. Successful use of intra-aortic balloon. *JAMA* 1973;224:1131-1133.
12. Bregman D, Casarella WJ: Percutaneous intraaortic balloon pumping: initial clinical experience. *Ann Thorac Surg* 1980;29:153-155.
13. Subramanian VA, Goldstein JE, Sos TA, McCabe JC, Hoover EA, Gay WA Jr: Preliminary clinical experience with percutaneous intra-aortic balloon pumping. *Circulation* 1980; 62: 1123-129.
14. Hendrickx HH, Berkowitz D: The differences between intra-aortic balloon pumps and their use. *Crit Care Med* 1982; 10:796-797. (Letter to the editor).
15. Weber KT, Janicki JS: Intra-aortic balloon counterpulsation. A review of physiology principles, clinical results and device safety. *Ann Thorac Surg* 1974; 17: 602-636.
16. Kantrowitz A: Percutaneous intra-aortic balloon counterpulsation. *Crit Care Clin* 1992; 8: 819-837.
17. Williams DO, Korr KS, Gewirtz H, et al: The effect of intra-aortic balloon counterpulsation on regional myocardial blood flow and oxygen consumption in the presence of coronary artery stenosis in patients with unstable angina. *Circulation* 1982; 66:593-597.
18. Folland ED, Kemper AJ, Khuri SF, et al: Intra-aortic balloon counterpulsation as a temporary support measure in decompensated critical aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 711-716.
19. Schottler M, Schaefer J, Schwarzkopf HJ, et al: Experimentally induced changes of arterial mean and aortic opening pressure by controlled variation of diastolic augmentation. *Basic Res Cardiol* 1974; 69: 59-67.
20. Feola M, Haiderer O, Kennedy JG: Intraaortic balloon pumping (IABP) at different levels of experimental acute left ventricular failure. *Chest* 1971; 59: 68-76.
21. Mullins CB, Sugg WL, Kennelly BM, Jones DC, Mitchell JH: Effect of arterial counterpulsation on left ventricular volume and pressure. *Am. J Physiol* 1971; 220: 694-698.
22. Urschel CW, Eber L, Forrester J, Matloff J, Carpenter R, Sonnenblick E: Alteration of mechanical performance of the ventricle by intraaortic balloon counterpulsation. *Am J Cardiol* 1970; 25: 546-551.
23. Maddoux G, Pappas G, Jenkins M, et al: Effect of pulsatile and nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass on left ventricular ejection fraction early after aortocoronary bypass surgery. *Am J Cardiol* 1976; 37: 1000-1006.
24. Akyurekli Y, Taichman GC, Keon WJ: Effectiveness of intra-aortic balloon counterpulsation and systolic unloading. *Can J Surg* 1980; 23: 122-126.
25. Gabauer I, Nosalova V, Okalicanyl J: Distribution of cardiac output following 2-hour intraaortic balloon counterpulsation. *Bratisl Lek Listy* 1980; 73: 26-35.
26. Nichols AB, Pohost GM, Gold HK, et al: Left ventricular function during intraaortic balloon pumping assessed by multigated cardiac blood pool imaging. *Circulation* 1978; 58(3 Pt 2): 1176-183.
27. Diamond G, Forrester JS: Effect of coronary artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation*. 1972; 45: 11-19.
28. Nanas JN, Nanas SN, Kontoyannis DA, et al: Myocardial salvage by the use of reperfusion and intraaortic balloon pump: experimental study. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 629-634.
29. Bolooki H: Clinical application of intra-aortic balloon pump, 2nd ed. Futura Publishing, New York, 1984: pp 73.
30. Port SC, Patel S, Schmidt DH: Effects of intraaortic balloon counterpulsation on myocardial blood flow in patients with severe coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 1367-1374.
31. Williams DO, Korr KS, Gewirtz H, Most AS: The effect of intraaortic balloon counterpulsation on regional myocardial blood flow and oxygen consumption in the presence of coronary artery stenosis in patients with unstable angina. *Circulation* 1982; 66: 593-597.
32. Kern MJ, Aguirre FV, Caraccido EA, et al: Hemodynamic effects of new intra-aortic balloon counterpulsation timing methods in patients: a multicenter evaluation. *Am Heart J* 1999; 137: 1129-1136.
33. Berne RM, Levy MN: Cardiovascular physiology, 6th ed. (chap. 8). Mosby-Year Book, St. Louis, 1992: pp 225.
34. MacDonald RG, Hill JA, Feldman RL: Failure of intra-aortic balloon counterpulsation to augment distal coronary perfusion pressure during percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am J Cardiol* 1987; 59: 359-361.
35. Folland ED, Kemper AJ, Khuri SF, Josa M, Parisi AF: Intra-aortic balloon counterpulsation as a temporary support measure in decompensated critical aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 711-716.
36. Ohman EM, George BS, White CJ, et al: Use of aortic counterpulsation to improve sustained coronary artery patency during acute myocardial infarction. Results of a randomized trial. The Randomized IABP Study Group. *Circulation* 1994; 90: 792-299.
37. Fuchs RM, Brin KP, Brinker JA, Guzman PA, Heuser RR, Yin FC: Augmentation of regional coronary blood flow by intra-aortic balloon counterpulsation in patients with unstable angina. *Circulation* 1983; 68: 117-123.
38. Kern MJ, Aguirre F, Penick D, et al: Enhanced intracoronary flow velocity during intra-aortic balloon counterpulsation in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1991; 84 (Suppl II): II-485 (abstract).
39. Landreneau R, Horton J, Cochran R, et al: Splanchnic blood flow response to intraaortic balloon pump assist of hemorrhagic shock. *J Surg Res* 1991; 51: 281-287.
40. Hilberman M, Derby GC, Spencer RJ, Stinson EB: Effect of the intra-aortic balloon pump upon postoperative renal function in man. *Crit Care Med* 1981; 9: 85-89.
41. Swartz MT, Sakamoto T, Arai H, et al: Effects of intraaortic balloon position on renal artery blood flow. *Ann Thorac Surg* 1992; 53: 604-610.
42. Kantrowitz A: Cardiac assistance by the intra-aortic balloon pump. 2nd Medical Physics Conference, Boston, 1969 (abstract).
43. Urban PM, Freedman RJ, Ohman EM, et al: In-hospital mortality associated with the use of IAB counterpulsation. *Am J Cardiol* 2004; 94: 181-185.
44. Stone GW, Ohman EM, Miller MF, et al: Contemporary utilization and outcomes of intra-aortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction: the benchmark registry. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 1940-1945.