

## Καρδιακή Παροχή

είναι ο όγκος του αίματος ο οποίος εξωθείται από την καρδιά σε ένα λεπτό (min).

$$\mathbf{CO} \text{ (L/min)} = \mathbf{SV} \text{ (ml)} \times \mathbf{HR} \text{ ανά min}$$

## Καρδιακός Δείκτης

είναι η αναγωγή της καρδιακής παροχής ως προς την επιφάνεια του σώματος (m<sup>2</sup>)

$$\mathbf{CI} \text{ (L/min/m}^2\text{)} = \mathbf{CO} / \text{m}^2$$

σε κατακεκλιμένο και ηρεμία άτομο:  $\text{CI} = 2,6\text{-}4,2 \text{ L/min/m}^2$  (Little & Brawnwald)

το 95% των φυσιολογικών ατόμων:  $\text{CI} = 2,1\text{-}4,9 \text{ L/min/m}^2$  (Sabiston & Spencer)

Ο μέσος φυσιολογικός καρδιακός δείκτης:  $3,5 \text{ L/min/m}^2$  (Kattus A. et al)

Καρδιακός δείκτης  $< 2,5 \text{ L/min/m}^2$  συνήθως εκφράζει σοβαρή διαταραχή της λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος, συνήθως κλινικά εμφανής

## **Παράγοντες που καθορίζουν την καρδιακή παροχή**

- το προφορτίο,
- το μεταφορτίο,
- η συσταλτικότητα του μυοκαρδίου
- η καρδιακή συχνότητα, και
- ο καρδιακός ρυθμός

# Σύνδρομο Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

**Ορίζεται ως η ύπαρξη ενός τουλάχιστον εκ των παρακάτω προϋποθέσεων:**

- η χορήγηση ινотρόπων φαρμάκων αμέσως μετά το πέρας της εγχείρησης ή στη ΜΕΘ
- η χρήση IABP σε οποιοδήποτε μετεγχειρητικό στάδιο
- η χρήση συστημάτων μηχανικής υποβοήθησης των κοιλιών σε οποιοδήποτε στάδιο της μετεγχειρητικής πορείας.

**The Thoracic Surgery Directors Association - USA** <http://www.ctsnet.org/doc/4267>

έχει ορίσει ως καρδιογενή καταπληξία την ύπαρξη των ακόλουθων αιμοδυναμικών διαταραχών:

Συστολική πίεση <80 mmHg

Καρδιακός δείκτης <2 L/min/m<sup>2</sup> (με επαρκή πλήρωση)

LAP και /ή RAP >20 mmHg.

## Καρδιακός δείκτης μετά από εγχειρήσεις καρδιάς σε ενήλικες ασθενείς με ομαλή ανάρρωση

κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 3,5 L/min/m<sup>2</sup>

είναι υψηλότερος 4-6 ώρες μετεγχειρητικά σε σχέση με την τιμή του στο χειρουργείο, και είναι ακόμη υψηλότερος την πρώτη μετεγχειρητική ημέρα

Οι Kirklin & Barratt - Boyes, θεωρούν ότι για την ομαλή ανάρρωση ενήλικων ασθενών απαιτείται καρδιακός δείκτης:

τουλάχιστον 2,0 L/min/m<sup>2</sup> τις πρώτες μετεγχειρητικές ώρες, και τουλάχιστον 2,4 L/min/m<sup>2</sup> το πρωί της 1ης μετεγχειρητικής ημέρας

**Φυσιολογικές τιμές: 2,2 - 4,4 L/min/m<sup>2</sup>**

# Σύνδρομο Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

## Συχνότητα εμφάνισης

2%-6% των ασθενών μετά χειρουργική επαναιμάτωση ή εγχειρήσεις σε καρδιακές βαλβίδες

## Συνήθεις αιτίες

δημιουργία διεγχειρητικού ή άμεσα μετεγχειρητικού OEM  
παρατεταμένη διάρκεια της εξωσωματικής κυκλοφορίας  
οι βλάβες ισχαιμίας-επαναιμάτωσης (ischemia-reperfusion myocardial injury)  
η κακή προστασία του μυοκαρδίου κατά την ισχαιμική περίοδο, και  
η μη πλήρης επαναιμάτωση του μυοκαρδίου, συνήθως για τεχνικούς λόγους  
ανεπαρκής εγχείρηση ή λάθος εγχείρηση  
οξύς καρδιακός επιπωματισμός  
πνευμοθώρακας υπό τάση

# Σύνδρομο Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

## Κλινικές εκδηλώσεις

ψυχρά άκρα, πελιδνό δέρμα

ελαττωμένη συστολική αρτηριακή πίεση ( $<90\text{mmHg}$ )

ελαττωμένη αποβολή ούρων ( $<30\text{ml/hr}$ )

χαμηλός καρδιακός δείκτης ( $<2.0\text{ L/min/m}^2$ )

χαμηλός κορεσμός σε οξυγόνο του μικτού φλεβικού αίματος ( $\text{SVO}_2 < 50\%$ )

μεταβολική οξέωση

Αν και η ελαττωμένη συστολική πίεση είναι η πιο έκδηλη διαταραχή του ΣΧΚΠ, εντούτοις μπορεί να υφίσταται ΣΧΚΠ ακόμη και αν η συστολική αρτηριακή πίεση ανέρχεται σε  $100\text{mmHg}$ .

Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι υφίστανται αυξημένες συστηματικές αγγειακές αντιστάσεις ( $>1.500\text{ dynes}\cdot\text{sec}\cdot\text{cm}^{-5}$ )

# Σύνδρομο Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

**Η έγκαιρη διάγνωση αποτελεί σημαντικό παράγοντα μείωσης της θνητότητας και νοσηρότητας**

λόγω της στενής συσχέτισης μεταξύ καρδιακού δείκτη και θνητότητας στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο

## **Διαγνωστικά εργαλεία**

ακριβής μέτρηση αιμοδυναμικών παραγόντων

υπερηχοκαρδιογραφία

**Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την ακριβή αιτία της χαμηλής καρδιακής παροχής, για να εφαρμοσθούν τα κατάλληλα θεραπευτικά μέτρα**

# Δείκτες επαρκούς καρδιακής παροχής μετά από καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις

## Κλινικοί δείκτες

λειτουργία νεφρών, εντέρου και εγκεφάλου  
θερμοκρασία δέρματος  
ψηλάφηση σφύξεων ραχιαίας αρτηρίας του ποδός

## Καρδιακός δείκτης

τουλάχιστον 2,0 L/min/m<sup>2</sup> τις πρώτες μετεγχειρητικές ώρες  
τουλάχιστον 2,4 L/min/m<sup>2</sup> το πρωί της 1ης μετεγχειρητικής ημέρας

## Αρτηριακή πίεση

μη ευαίσθητος δείκτης επαρκούς καρδιακής παροχής μετεγχειρητικά

## Κατανάλωση O<sub>2</sub> από το σύνολο του σώματος (VO<sub>2</sub>)

Παροχή O<sub>2</sub> στους ιστούς <335 ml/min/m<sup>2</sup> (ή 8,2 ml/min/kg) σε ασθενή υπό αναισθησία σχετίζεται με ελαττωμένη κατανάλωση O<sub>2</sub> και με σταδιακή ανάπτυξη γαλακτικής οξέωσης

Η φυσιολογική τιμή κατανάλωσης O<sub>2</sub> στους 37° C είναι 155 ml/min/m<sup>2</sup>

Η χαμηλή θερμοκρασία είναι συχνή αιτία της χαμηλής κατανάλωσης O<sub>2</sub> άμεσα μετεγχειρητικά

## Επίπεδα O<sub>2</sub> στο μικτό φλεβικό αίμα (SVO<sub>2</sub>)

αντανακλούν ως έναν βαθμό τα επίπεδα οξυγόνου των ιστών

Όταν SVO<sub>2</sub> > 70% τότε επαρκής παροχή (αποδεκτό >60%)

Όταν SVO<sub>2</sub> < 30% τότε πιθανόν ανεπαρκής παροχή

## Μεταβολική οξέωση



# Κατανάλωση $O_2$ από το σύνολο του σώματος ( $VO_2$ )

	<u>ΠΑΡΟΧΗ <math>O_2</math></u>	<u>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ <math>O_2</math></u>
<u>ΑΥΞΗΣΗ</u>	Υπεροξυγόνωση Αυξημένη καρδιακή παροχή Ήπια περιφερική οξέωση	Πυρετός, πόνος, διέγερση, ρίγος Υπερδυναμική κατάσταση
<u>ΕΛΑΤΤΩΣΗ</u>	Υποθερμία Αναιμία Έντονη αλκάλωση	Υποθερμία Αναισθησία / αναλγησία

In: Cohn LH, Edmunds LH Jr, eds. Cardiac Surgery in the Adult.  
New York: McGraw-Hill, 2003

Όταν η  $VO_2$  είναι σημαντικά χαμηλότερη του φυσιολογικού επιπέδου για την υπάρχουσα θερμοκρασία και παραμένει χαμηλή για περισσότερο από λίγες ώρες, υφίσταται μία πολύ επικίνδυνη κατάσταση και η πιθανότητα θανάτου αυξάνεται. Άλλωστε ένας χρήσιμος ορισμός του shock είναι: «η κατάσταση που χαρακτηρίζεται από οξεία ελάττωση της  $VO_2$ »

# Μη επεμβατική αντιμετώπιση Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

- Αντιμετώπιση των παραγόντων που ρυθμίζουν την καρδιακή παροχή
- Προσπάθεια βελτίωσης του επιπέδου οξυγόνωσης των ιστών

## I. Ρύθμιση του προφορτίου

Χορήγηση όγκου με βάση τις κολπικές πιέσεις

LAP μέχρι 15mmHg είναι επαρκής, εκτός ένα υφίσταται πολύ μεγάλο πάχος τοιχωμάτων της LV ή ελαττωμένη διατασιμότητα ή συσταλτικότητα αυτής, οπότε η LAP μπορεί να φθάσει και τα 20mmHg

CVP μέχρι 18mmHg. Υψηλότερα επίπεδα μπορεί να επηρεάσουν το ανιόν σκέλος της καμπύλης του Frank-Starling και να μειώσουν την καρδιακή παροχή

## II. Ρύθμιση του μεταφορτίου

Χορήγηση αγγειοδιασταλτικών παραγόντων

Νιτροπρωσσικό Νάτριο (δράση επί των αρτηριολίων – βραχεία ημιπερίοδος ζωής)

Ανταγωνιστές του Ca<sup>++</sup> (νιφεδιπίνη, διλτιαζέμη) βελτιώνουν και την στεφανιαία αιμάτωση

# Μη επεμβατική αντιμετώπιση Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

## III. Ρύθμιση καρδιακού ρυθμού και συχνότητας

Η καρδιακή συχνότητα ρυθμίζεται στα βέλτιστα επίπεδα με προσωρινή βηματοδότηση

Κοιλιακή βηματοδότηση ή Κολπο-κοιλιακή βηματοδότηση

Φαρμακολογικοί παράγοντες επί ταχυαρρυθμιών

## IV. Βελτίωση συσταλτικότητας

Ινοτρόποι παράγοντες

Χορηγούνται μετά τη ρύθμιση προφορτίου, μεταφορτίου, καρδιακού ρυθμού και συχνότητας και δεν επέλθει βελτίωση της καρδιακής λειτουργίας (καρδιακής παροχής)

Παρουσιάζουν ανεπιθύμητες ενέργειες (π.χ. επιβάρυνση του μυοκαρδίου όσον αφορά στην αύξηση των απαιτήσεών του σε οξυγόνο).

# Μη επεμβατική αντιμετώπιση Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

## Βελτίωση συσταλτικότητας

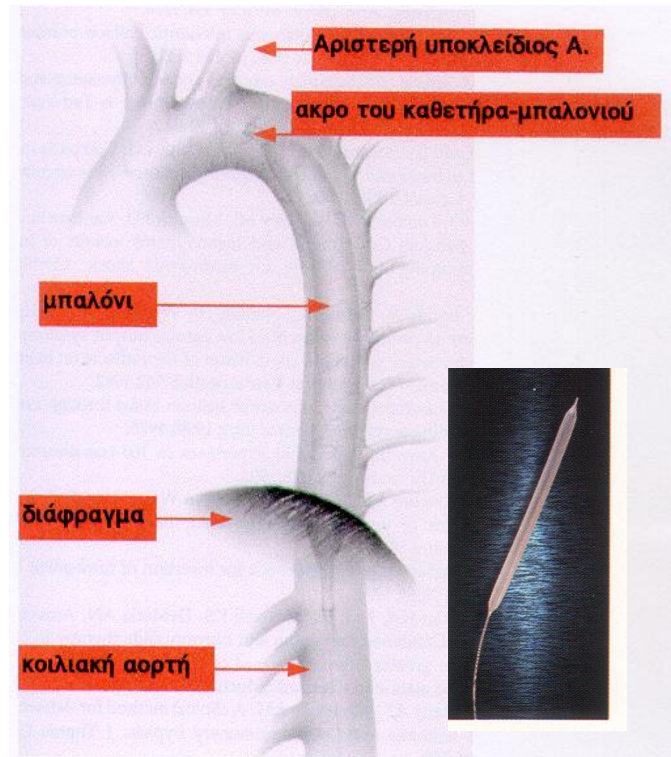
Φαρμακευτικός Παράγοντας	Δράση
Ντομπιουταμίνη	Έχει inóτροπη δράση - αυξάνει την μυοκαρδιακή αιματική ροή - αυξάνει τον αυτοματισμό των κοιλιών (πιθανόν κοιλιακές αρρυθμίες)
Ισοπροτερενολή	Υπερτερεί σε ασθενείς με δυσλειτουργία της Δ. κοιλίας - ελαττώνει τις πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις - αυξάνει την καρδιακή συχνότητα
Επινεφρίνη	Θετική inóτροπη - ισχυρή αγγειοσυσπαστική δράση
Νορεπινεφρίνη	Κυρίως για περιφερική αγγειοσύσπαση (2-16 γ/min)
Μιλρινόνη [Corotrop]	Συνδυάζει θετική inóτροπη δράση και περιφερική αγγειοδιαστολή (50 γ/kg bolus και στη συνέχεια 0,5γ/Kg στάγδην)

# Επεμβατική αντιμετώπιση Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

## ΕΝΔΟΑΟΡΤΙΚΟΣ ΑΣΚΟΣ

(Intra-Aortic Balloon Counter Pulsation - **IABP**)

Πρώτη κλινική εφαρμογή το 1968

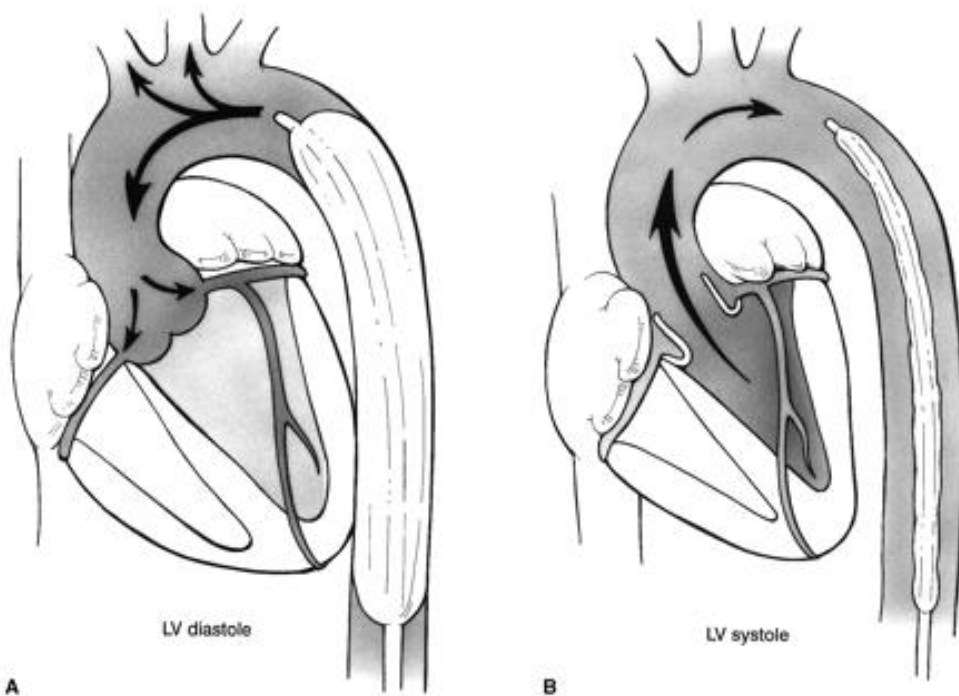


Η ιδέα του IABP ανήκει στον Καθηγητή Σπύρο Μουλόπουλο και τους Toraz & Kolff (1962)

# IABP – Μηχανισμός δράσης

## ΕΝΔΟΑΟΡΤΙΚΟΣ ΑΣΚΟΣ

(Intra-Aortic Balloon Counter Pulsation – **IABP**)



αυξάνει τη στεφανιαία και κατά συνέπεια βελτιώνει την αιμάτωση του μυοκαρδίου  
επίσης αυξάνει τη ροή μέσω παραπλεύρων στεφανιαίων κλάδων

μετατρέπει τον αναερόβιο μεταβολισμό του μυοκαρδίου σε αερόβιο

ελαττώνει το μεταφορτίο της Αρ. κοιλίας, διευκολύνει την εξώθησή της και τελικά ελαττώνει το έργο της αριστερής κοιλίας  
ελαττώνει την τοιχωματική τάση κατά τη συστολή και την κατανάλωση  $O_2$  από το μυοκάρδιο



βελτιώνει την ανάνηψη του μυοκαρδίου  
αυξάνει την καρδιακή παροχή 10-20%



# IABP: Ενδείξεις - Αντενδείξεις εφαρμογής

## Ενδείξεις



Εμμένουσα ασταθής στηθάγχη παρά τη συντηρητική αγωγή  
Οξεία μυοκαρδιακή ισχαιμία /έμφραγμα σχετιζόμενα με PCI  
Περιεγχειρητικό σύνδρομο χαμηλής καρδιακής παροχής  
Καρδιογενές shock μετά από έμφραγμα μυοκαρδίου  
Συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια  
Γέφυρα προς καρδιακή μεταμόσχευση  
Μετεμφραγματική μεσοκοιλιακή επικοινωνία  
Οξεία ανεπάρκεια μιτροειδούς  
Μη ελεγχόμενες κοιλιακές αρρυθμίες περιεγχειρητικά  
Στη στεφανιαία χειρουργική με πάλλουσα καρδιά  
Στη διενέργεια στεφανιογραφίας σε βαρέως πάσχοντες ασθενείς

## Αντενδείξεις

Διαχωρισμός αορτικού τοιχώματος - ανεύρυσμα αορτής  
Ανεπάρκεια της αορτικής βαλβίδας

## IABP - Επιπλοκές

**συχνότητα εμφάνισης: 12,9% - 29% (μ. όρος= 20%)**

**σπάνιες οι απειλητικές για τη ζωή επιπλοκές**

Ισχαιμία του άκρου	<b>9-25%</b>
Ρήξη μπαλονιού	<b>1,7%</b>
Σηψαιμία	<b>1,0%</b>
Λοίμωξη στη θέση εισαγωγής του καθετήρα -μπαλονιού	<b>2-3%</b>
Δημιουργία ψευδοανευρύσματος	<b>1,0%</b>
Δημιουργία αρτηριοφλεβικού ή λεμφικού συριγγίου, λεμφοκήλης ή τοπικού αιματώματος	<b>1,0%</b>
Οξύς διαχωρισμός αορτής & αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (όταν είσοδος μπαλονιού δια της ανιούσης αορτής)	<b>3,0%</b>
Δυνητικά θανατηφόρο οπισθοπεριτοναϊκό αιμάτωμα	<b>Σπάνια</b>



## IABP - Αποτελέσματα

Η συνολική νοσοκομειακή θνητότητα ασθενών με IABP κυμαίνεται μεταξύ **26% - 50%**

OEM - EF<30% - καρδιακή ανεπάρκεια IV σταδίου κατά NYHA - παρατεταμένοι χρόνοι αποκλεισμού της αορτής και εξωσωματικής κυκλοφορίας: **αυξάνουν τη θνητότητα**

Καλύτερα αποτελέσματα σε ασθενείς που υποβάλλονται σε στεφανιαία παράκαμψη

Ο χρόνος εισαγωγής του IABP επηρεάζει τη νοσοκομειακή θνητότητα

Εισαγωγή IABP	Θνητότητα
Προεγχειρητικά	<b>18,8%-19,6%</b>
Διεγχειρητικά	<b>27,6%-32,3%</b>
Μετεγχειρητικά	<b>39%-40,5%</b>

5-ετής επιβίωση: σε ασθενείς με Μεταμόσχευση ή στεφανιαία παράκαμψη = **51%**  
σε ασθενείς με αντικατάσταση αορτικής βαλβίδας = **34%**

# Επεμβατική αντιμετώπιση Χαμηλής Καρδιακής Παροχής μετά από εγχειρήσεις καρδιάς

## ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ (Ventricular Assist Devices ή Systems - **VAD** ή **VAS**)

- Εφαρμόζονται όταν αποτύχουν η φαρμακευτική αγωγή και ο IABP να επιφέρουν βελτίωση
- Είναι μηχανικές αντλίες οι οποίες υποκαθιστούν μερικώς το μηχανικό έργο της κοιλίας.
  - ελαττώνουν το έργο του μυοκαρδίου
  - προωθούν το αίμα προς το αρτηριακό σύστημα
  - αυξάνουν την αιμάτωση των οργάνων του σώματος
- Το 1% του συνόλου των ασθενών που υποβάλλονται σε καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις χρειάζονται μηχανική υποβοήθηση ισχυρότερη από εκείνη του IABP
- Η επιλογή της κατάλληλης συσκευής γίνεται με βάση τα κατωτέρω κριτήρια:
  - ανάγκη υποστήριξης της μιας ή και των δύο κοιλιών
  - προβλεπόμενος χρόνος υποστήριξης (όριο οι 30 ημέρες)

# **ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ** (Ventricular Assist Devices ή Systems - **VAD** ή **VAS**)

## **Η ιδανική συσκευή προσωρινής υποβοήθησης θα πρέπει:**

να τοποθετείται εύκολα και γρήγορα

πρέπει να εξασφαλίζει επαρκή ροή

να μεγιστοποιεί την αιμοδυναμική ωφέλεια

να αποφορτίζει την κοιλία (αριστερή ή δεξιά) των ασθενών ανεξαρτήτως επιφάνειας σώματος

να διαθέτει βιοσυμβατή επιφάνεια για την αποφυγή έκλυσης φλεγμονώδους αντίδρασης

να απαιτεί ελάχιστη αντιπηκτική αγωγή

να προκαλεί ελάχιστη καταστροφή των ερυθρών στοιχείων του αίματος

να επιτρέπει την κινητοποίηση του ασθενούς

να επιδέχεται τη σύνδεση οξυγονωτή

να μετατρέπεται εύκολα σε εμφυτεύσιμη συσκευή μακροχρόνιας υποστήριξης

**Μέχρι σήμερα καμία από τις διαθέσιμες συσκευές δεν συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά της ιδανικής συσκευής**

# ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ

(Ventricular Assist Devices ή Systems - **VAD** ή **VAS**)

## Υποβοήθηση Δ. Κοιλίας

### σωλήνας εισροής (inlet)

Δεξιός κόλπος

Δεξιά κοιλία

### σωλήνας εκροής (outlet)

Πνευμονική αρτηρία

## Υποβοήθηση Α. Κοιλίας

### σωλήνας εισροής (inlet)

Αριστερός κόλπος

Δια του δεξιού κόλπου στον αριστερό

### σωλήνας εκροής (outlet)

Ανιούσα αορτή

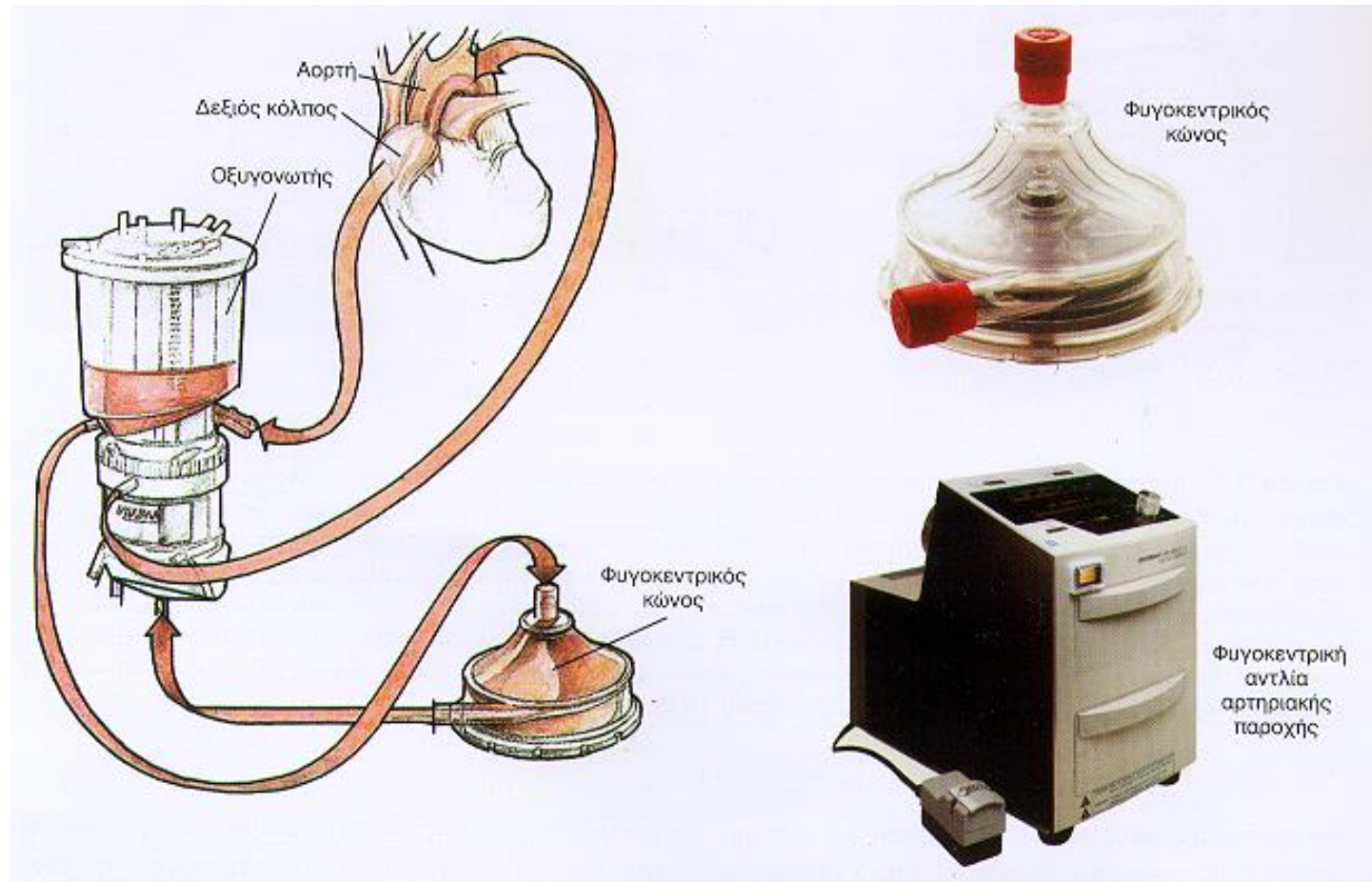
Μηριαία αρτηρία

## Υποβοήθηση και των δύο κοιλιών

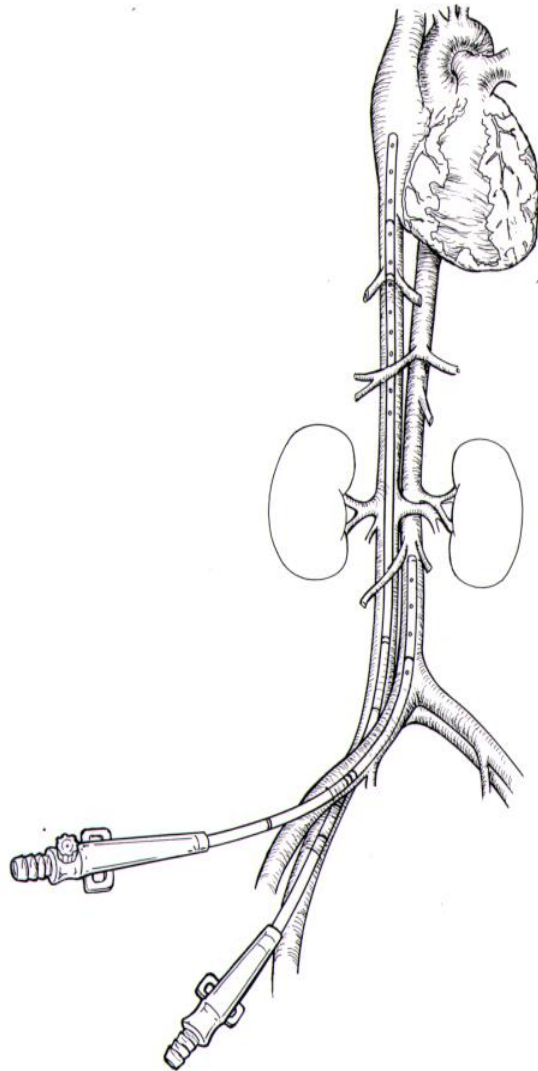
Συνδυασμός και των δύο συστημάτων

ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation)

# Ολική υποστήριξη της καρδιάς με ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation)

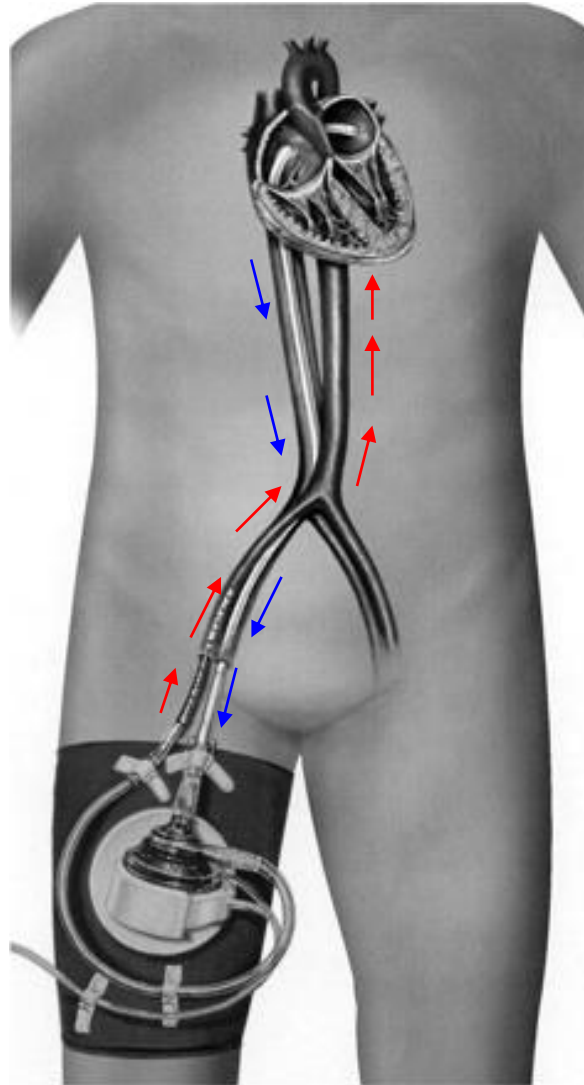


# Ολική υποστήριξη της καρδιάς με ECMO



# Υποστήριξη της αριστερής κοιλίας

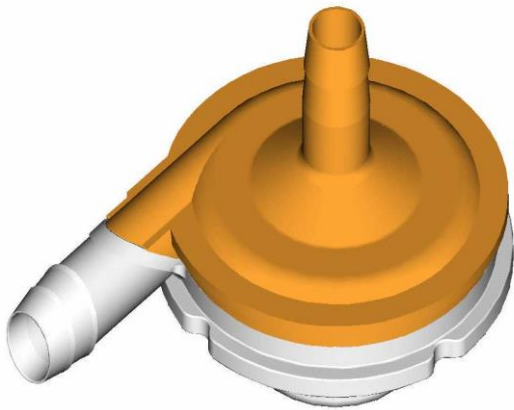
**Διαδερμική  
Εισαγωγή  
των καθετήρων  
Inflow & Outflow  
της συσκευής**



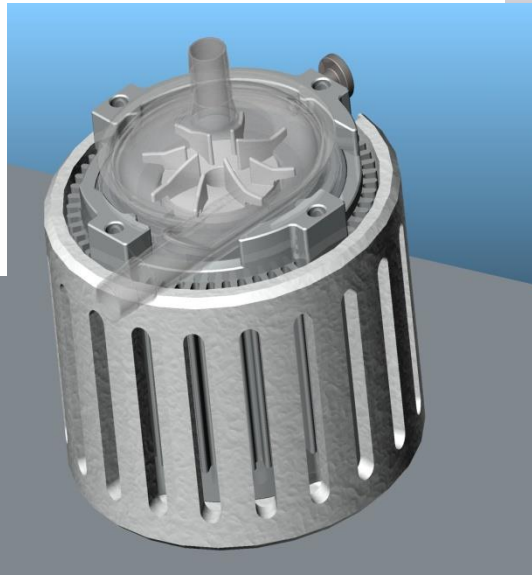
# Συσκευή υποβοήθησης LEVITRONIX

(Υποστήριξη της αριστερής ή δεξιάς κοιλίας  
ή ταυτόχρονα και των δύο κοιλιών)

παροχή μέχρι 9,9 L/min



**pump**



**Motor Drive**



**Console**

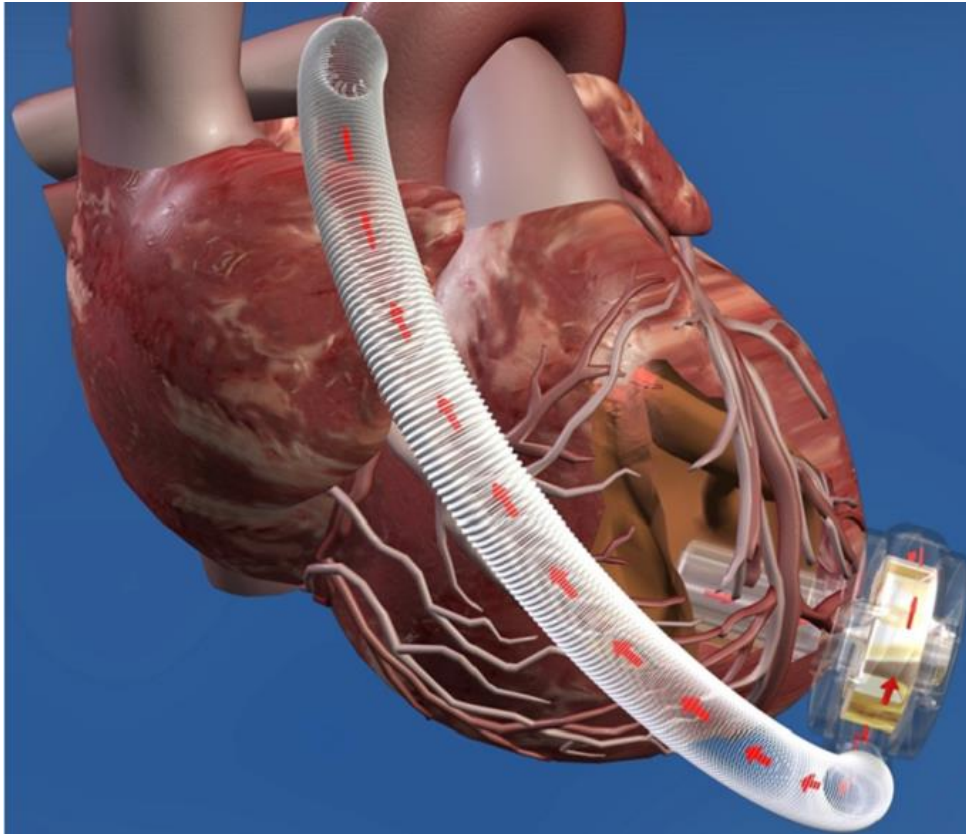


# Συσκευή υποβοήθησης LEVITRONIX

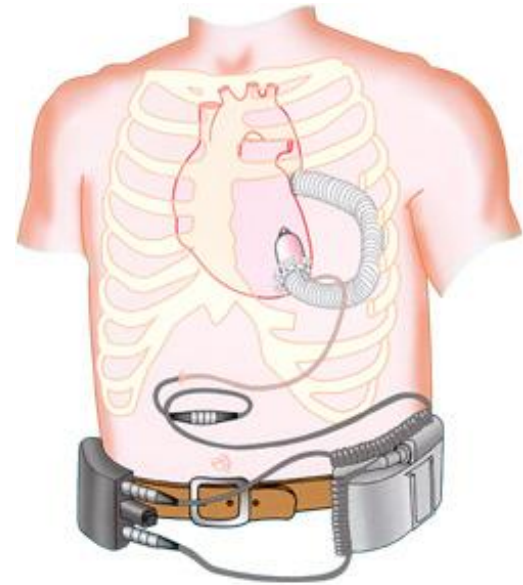


# ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η ιδέα για την ανακάλυψη αντλίας για υποβοήθηση της ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΚΟΙΛΙΑΣ  
(σχηματική απεικόνιση)



# ΤΑ ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



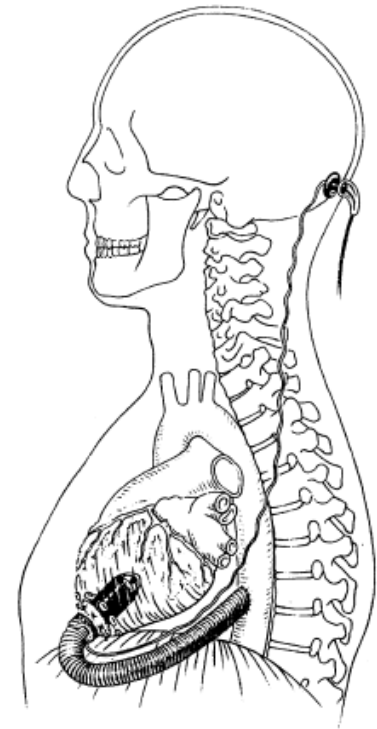
JARVIK 2000



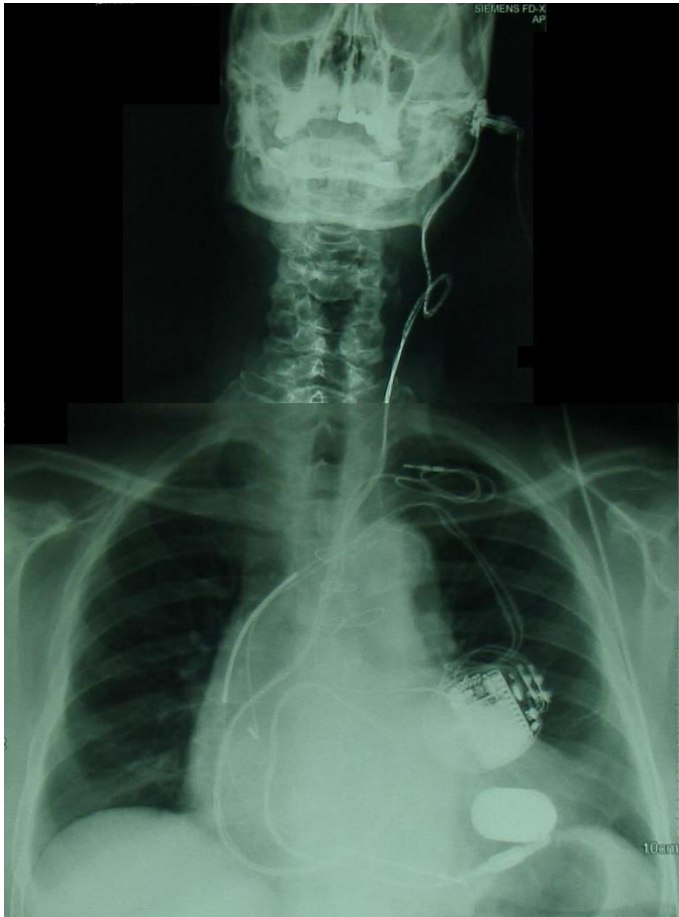
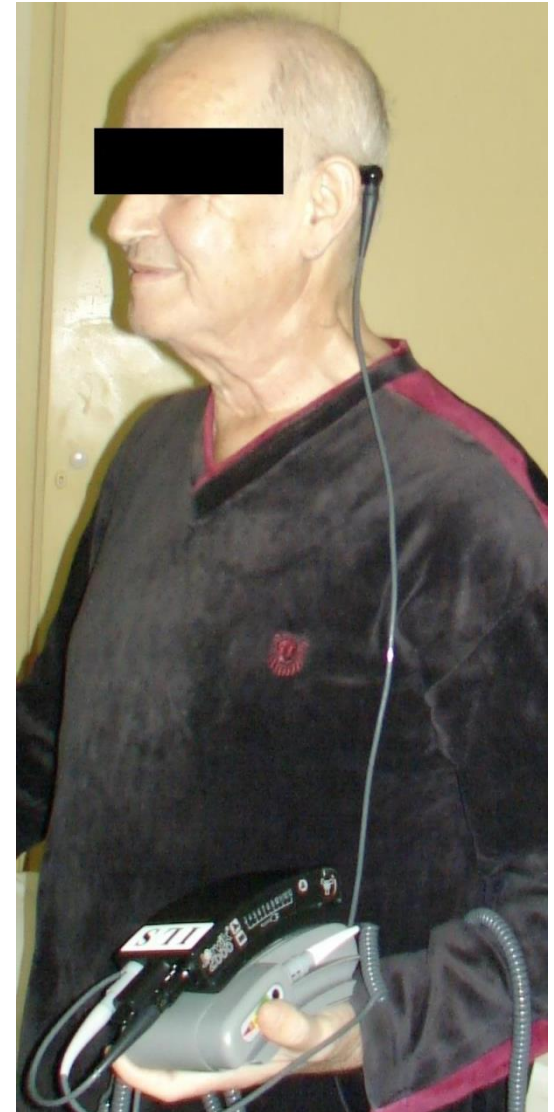


# JARVIK 2000

**Καλώδιο παροχής ενέργειας στην συσκευή**

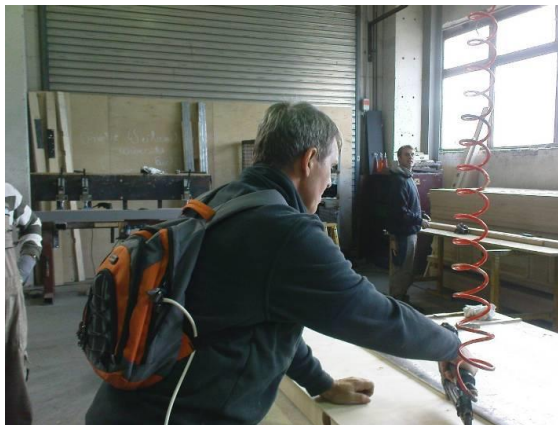


# Jarvik 2000 Flowmaker LVAD



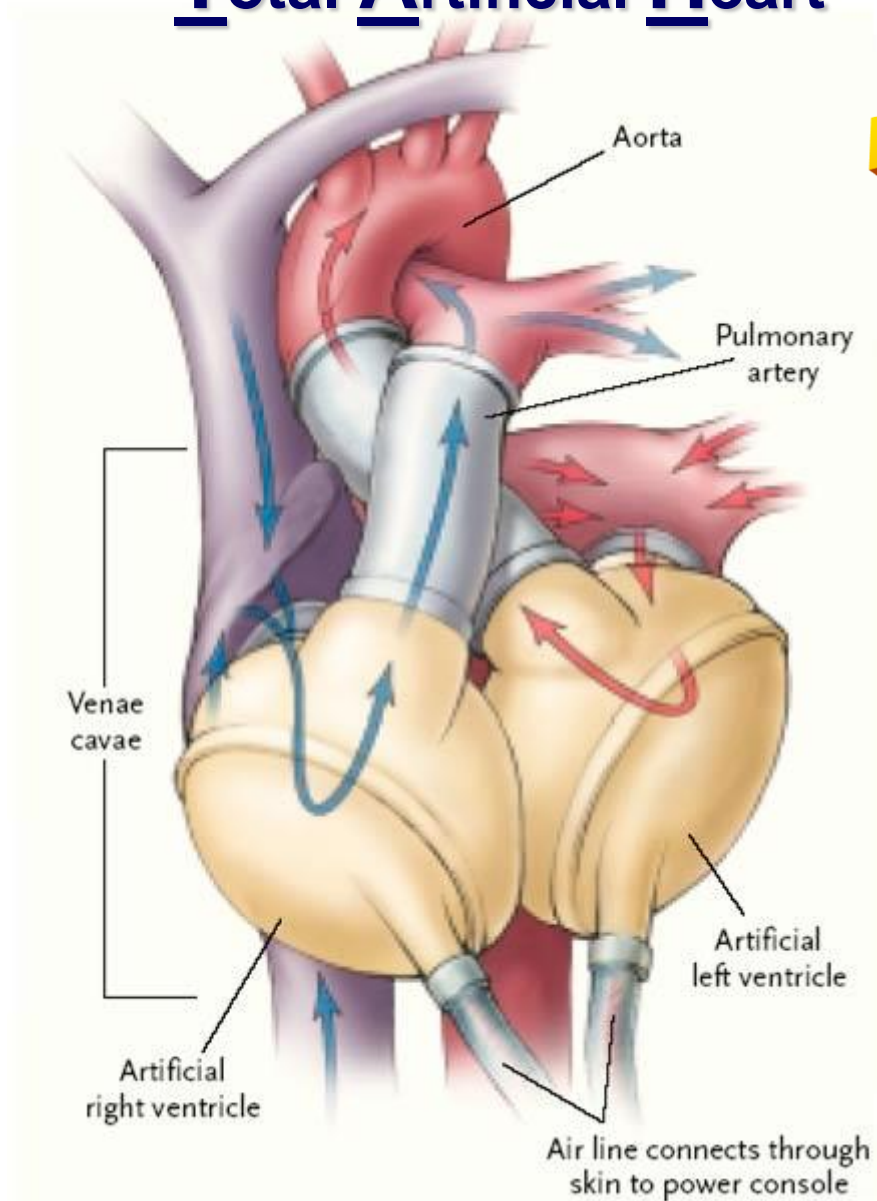


# Επιστροφή στην εργασία (;;)



**Implantable LVADs offer good quality of life and almost normal mobility**

# Total Artificial Heart



**TAH**



## **Syncardia TAH**

**DeVries**  
**1960 άρχισε έρευνα**

