

Μεταφορά στους ιστούς

Κυριακοπούλου Μαγδαληνή

Εντατικολόγος – πνευμονολόγος

Επιμ. Α ΕΣΥ, ΜΕΘ/ΠΠ ΝΝΘΑ «Η Σωτηρία»

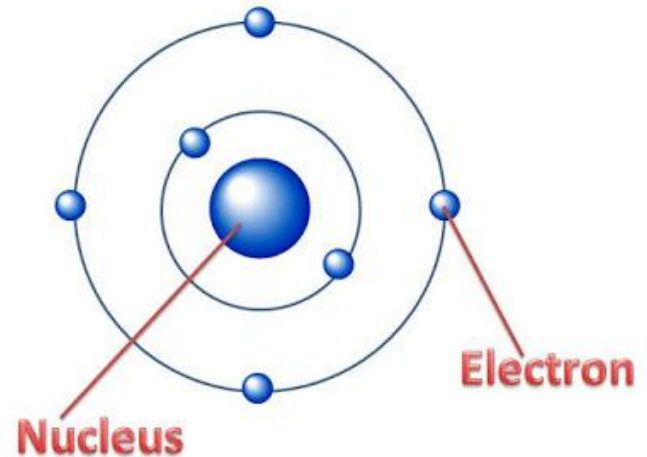


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ-ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

...χαρακτηριστικά οξυγόνου...

- Ατομική δομή οξυγόνου
 - Πυρήνας:
 - 8 πρωτόνια
 - 8 νετρόνια
 - 8 ηλεκτρόνια
- Δραστικό αμέταλλο χημικό στοιχείο
- Στη συνήθη θερμοκρασία 2 άτομα οξυγόνου ενώνονται για να σχηματίσουν το μόριο του οξυγόνου (O₂)
- Άλλες μορφές-αλλότροπα:
 - Όζον ή τριοξυγόνο (O₃)
 - Τετραοξυγόνο (στερεοποιημένο O₄)
 - Ρομβοεδρικό οκταοξυγόνο (O₈) – προωθητικό πυραύλων

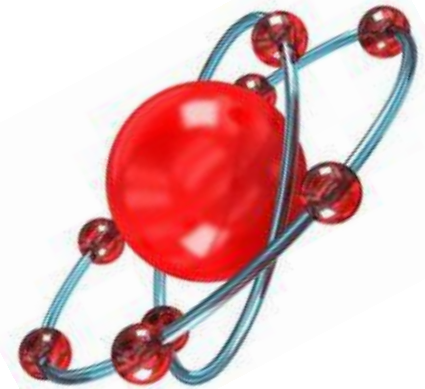
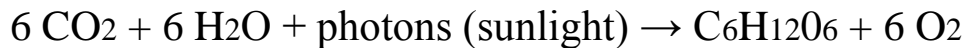
Oxygen Molecule



Ατομικός αριθμός (Z): 8
Ατομική μάζα (A): 15.9994

Χαρακτηριστικά που κάνουν το O₂ ιδιαίτερο...

- 1 δις χρόνια πριν: αρχέγονοι υδρόβιοι οργανισμοί τα κυανοφύκη ('green algae') ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την διάσπαση του H₂O και του CO₂ και την παραγωγή μοριακού οξυγόνου (O₂) και οργανικών ενώσεων
- Σήμερα στη φύση παράγεται κατά το 70% από τα κυανοφύκη και τα κυανοβακτήρια σε υδρόβια περιβάλλοντα, ενώ το υπόλοιπο παράγεται από τα φυτά
- Φωτοσύνθεση:

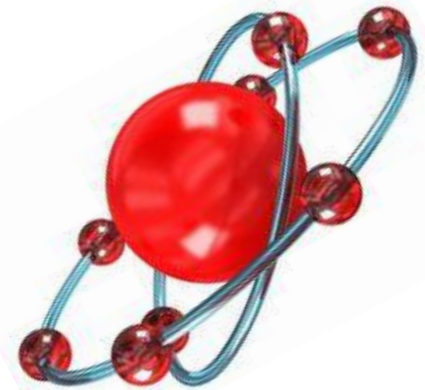


...το οξυγόνο πλημμύρισε την ατμόσφαιρα σαν ένα μολυσματικό στοιχείο, ένα δηλητήριο, όμως η φυσική επιλογή έμελλε να διαμορφώσει τη ζωή έτσι ώστε εκείνη να ασφυκτιά χωρίς αυτό...

*Richard Dawkins:
'The greatest show on Earth. The evidence for Evolution'*

Χαρακτηριστικά που κάνουν το O₂ ιδιαίτερο...

- Ανακαλύφθηκε ανεξάρτητα το 1772 στην Ουψάλα της Σουηδίας από τον φαρμακοποιό Carl-Wilhelm Scheele και στο Wiltshire το 1774 από τον Joseph Priestley.
- Πήρε το όνομά του το 1777 από τον Antoine-Laurent de Lavoisier από τις ελληνικές ρίζες ὄξυς (oxys – acid) και –γενής (genēs – producer) καθώς τότε θεωρούνταν ότι αποτελεί συστατικό όλων των οξέων.

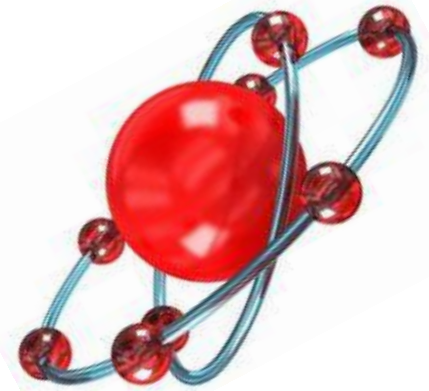


...το οξυγόνο πλημμύρισε την ατμόσφαιρα σαν ένα μολυσματικό στοιχείο, ένα δηλητήριο, όμως η φυσική επιλογή έμελλε να διαμορφώσει τη ζωή έτσι ώστε εκείνη να ασφυκτιά χωρίς αυτό...

Richard Dawkins:
'The greatest show on Earth. The evidence for Evolution'

Χαρακτηριστικά που κάνουν το O₂ ιδιαίτερο...

- Είναι το τρίτο σε αφθονία στοιχείο στο σύμπαν μετά το υδρογόνο (H) και το ήλιο (He)
- Άχρωμο, άγευστο και άοσμο αέριο, που συνιστά το 21% της γήινης ατμόσφαιρας, το ήμισυ της μάζας του φλοιού της Γης (ως SiO₂), το 88% της μάζας των ωκεανών και τα 2/3 της μάζας του ανθρώπινου σώματος (ως H₂O)
- Συναντάται σε οργανικά μόρια (πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα, υδατάνθρακες, λίπη) και σε ανόργανες ενώσεις όπως τα δόντια τα οστά κ.α.



...το οξυγόνο πλημμύρισε την ατμόσφαιρα σαν ένα μολυσματικό στοιχείο, ένα δηλητήριο, όμως η φυσική επιλογή έμελλε να διαμορφώσει τη ζωή έτσι ώστε εκείνη να ασφυκτιά χωρίς αυτό...

Richard Dawkins:
'The greatest show on Earth. The evidence for Evolution'

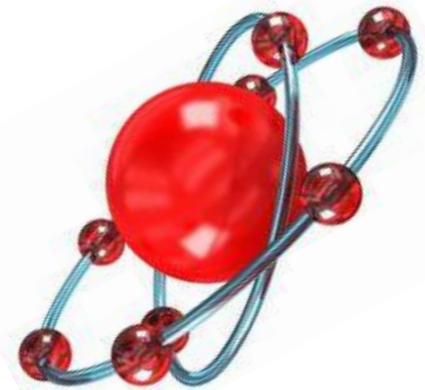
Χαρακτηριστικά που κάνουν το O₂ ιδιαίτερο...

- Χρησιμοποιείται στα μιτοχόνδρια για την παραγωγή ενέργειας με την μορφή του ATP (τριφωσφορική αδενοσίνη) μέσω της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης (κύκλος του Krebs):



- Απαραίτητο για τον αερόβιο μεταβολισμό, φτάνει από την ατμόσφαιρα στο εσωτερικό των κυττάρων:

«μεταφορά ή καταρράκτης του O₂»



...το οξυγόνο πλημμύρισε την ατμόσφαιρα σαν ένα μολυσματικό στοιχείο, ένα δηλητήριο, όμως η φυσική επιλογή έμελλε να διαμορφώσει τη ζωή έτσι ώστε εκείνη να ασφυκτιά χωρίς αυτό...

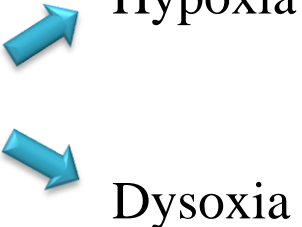
Richard Dawkins:
'The greatest show on Earth. The evidence for Evolution'



Μεταφορά O_2 στους ιστούς

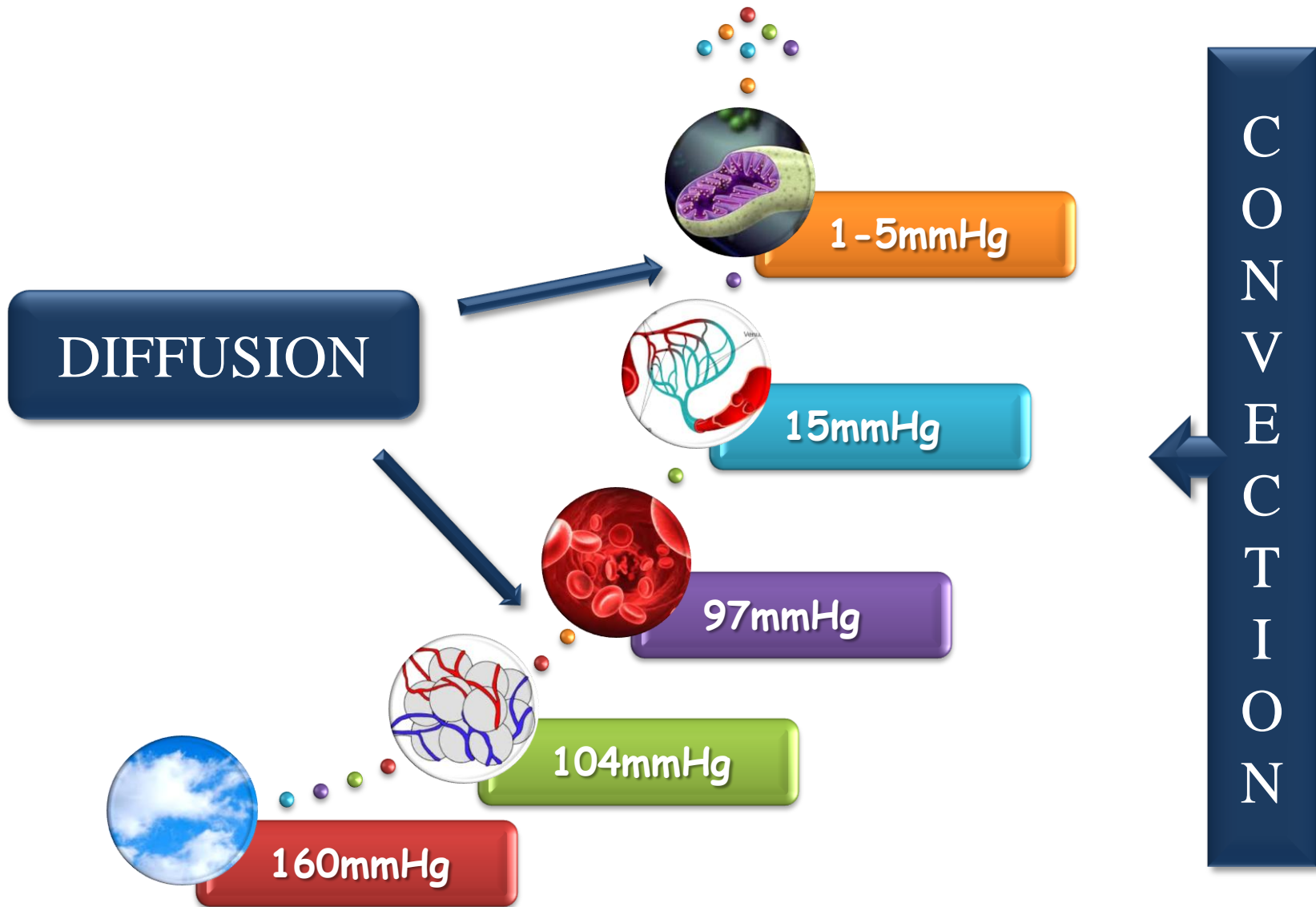
...η σημασία της απρόσκοπτης μεταφοράς
O₂ στους ιστούς...

- ✓ Κυκλοφορία → κάλυψη μεταβολικών αναγκών των ιστών (O₂ και θρεπτικά συστατικά)

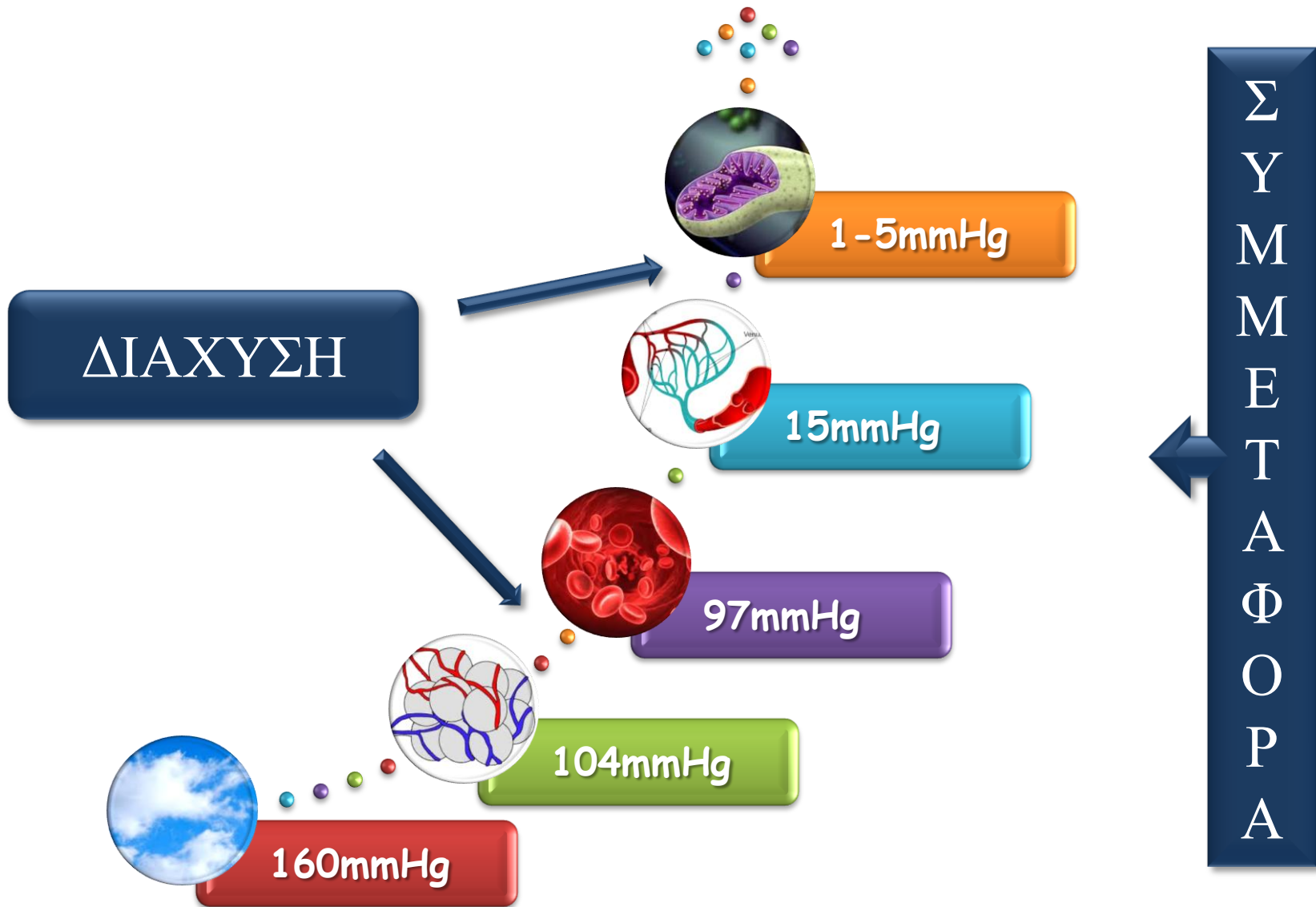
- ✓ Καταληξία (shock) 
 - Hypoxia
 - Dysoxia

- ✓ Εμμένουσα ιστική υποξία ⇒ συμβάλλει στην ανάπτυξη πολυοργανικής ανεπάρκειας ⇒ αυξημένη θνητότητα

...ο καταρράκτης του O₂...



...ο καταρράκτης του O₂...



...ο καταρράκτης του O₂...

Convection

1. Κυψελιδικός αερισμός
 2. Μεταφορά O₂ με την συστηματική κυκλοφορία
- Ενεργητική διεργασία (αναπνευστική και καρδιακή αντλία)

Diffusion = $k \times S/\tau \times \Delta P$

1. Τριχοειδοκυψελιδική μεμβράνη
 2. Ιστική μικροκυκλοφορία
- Παθητική διεργασία:
- Διαφορά PO₂
 - Tissue capillary density
- Απόληψη O₂ από μιτοχόνδρια

k : διαπερατότητα του υλικού στο O₂

S : επιφάνεια διάχυσης

τ : απόσταση

ΔP : διαφορά PO₂ μεταξύ των 2 επιφανειών

...ο καταρράκτης του O₂...

Ατμοσφαιρικός
αέρας

$$\begin{aligned} P_{\text{dryairO}_2} &= BP \times FiO_2 \\ &= 760\text{mmHg} \times 0.21 \\ &= \mathbf{159\text{mmHg}} \end{aligned}$$

όπου:

P_{dryairO_2} : η μερική πίεση του O₂ στο ξηρό ατμοσφαιρικό αέρα (περιβάλλον)

BP: βαρομετρική πίεση (760mmHg στο επίπεδο της θάλασσας)

FiO_2 : η εκατοστιαία αναλογία του O₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα (20.8% ή σφαιρικά 21%)

...ο καταρράκτης του O₂...

Ατμοσφαιρικός
αέρας

$$\begin{aligned} P_{\text{dryairO}_2} &= BP \times FiO_2 \\ &= 760\text{mmHg} \times 0.21 \\ &= \mathbf{159\text{mmHg}} \end{aligned}$$

όπου:

P_{dryairO_2} : η μερική πίεση του O₂ στο ξηρό ατμοσφαιρικό αέρα (περιβάλλον)

BP: βαρομετρική πίεση (760mmHg στο επίπεδο της θάλασσας)

FiO_2 : η εκατοστιαία αναλογία του O₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα (20.8% ή σφαιρικά 21%)

Εισπνεόμενος
αέρας (τραχεία)

$$\begin{aligned} P_{iO_2} &= (BP - P_{H_2O}) \times FiO_2 \\ &= (760 - 47\text{mmHg}) \times 0.21 \\ &= \mathbf{149\text{mmHg}} \end{aligned}$$

όπου:

P_{iO_2} : η μερική πίεση του O₂ στον εισπνεόμενο αέρα

BP: βαρομετρική πίεση (760mmHg στο επίπεδο της θάλασσας), P_{H_2O} : η πίεση των υδρατμών σε θερμοκρασία 37°C στο επίπεδο της θάλασσας

FiO_2 : η εκατοστιαία αναλογία του O₂ στον εισπνεόμενο αέρα (21%)

...ο καταρράκτης του O₂...

Εισπνεόμενος
αέρας (κυψελίδα)

$$\begin{aligned} \text{PAO}_2 &= \text{PiO}_2 - \text{PCO}_2 / \text{RQ} \\ &= 150\text{mmHg} - 40/0,8 \\ &= \mathbf{104\text{mmHg}} \end{aligned}$$

όπου:

PAO₂: η μερική πίεση του O₂ στις κυψελίδες

PiO₂: η μερική πίεση του O₂ στον εισπνεόμενο αέρα (149mmHg)

PCO₂: η μερική πίεση του CO₂ στο αρτηριακό αίμα (φυσιολογικά περίπου 40mmHg)

RQ: το αναπνευστικό πηλίκο ή αλλιώς ο λόγος του παραγόμενου CO₂ προς το καταναλισκόμενο O₂ (φυσιολογικά περίπου 0,8)

...ο καταρράκτης του O₂...

Εισπνεόμενος
αέρας (κυψελίδες)

$$\begin{aligned} \text{PAO}_2 &= \text{PiO}_2 - \text{PCO}_2 / \text{RQ} \\ &= 150\text{mmHg} - 40/0,8 \\ &= \mathbf{104\text{mmHg}} \end{aligned}$$

όπου:

PAO₂: η μερική πίεση του O₂ στις κυψελίδες

PiO₂: η μερική πίεση του O₂ στον εισπνεόμενο αέρα (149mmHg)

PCO₂: η μερική πίεση του CO₂ στο αρτηριακό αίμα (φυσιολογικά περίπου 40mmHg)

RQ: το αναπνευστικό πηλίκο ή αλλιώς ο λόγος του παραγόμενου CO₂ προς το καταναλισκόμενο O₂ (φυσιολογικά περίπου 0,8)

Αρτηριακό αίμα

$$\begin{aligned} \text{PaO}_2 &= \text{PAO}_2 - \text{P(A-a)O}_2 \\ &= \mathbf{95\text{mmHg}} \end{aligned}$$

Κυψελιδο-αρτηριακή
διαφορά O₂

όπου:

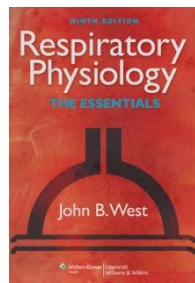
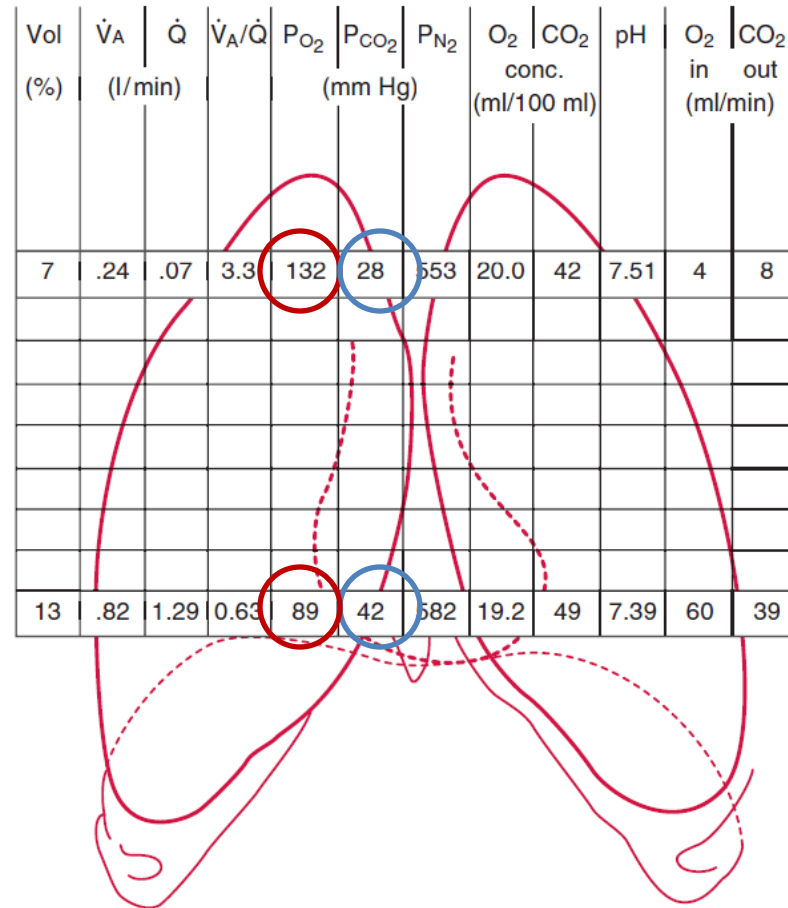
PaO₂: η μερική πίεση του O₂ στο αρτηριακό αίμα της πνευμονικής κυκλοφορίας

PAO₂: η μερική πίεση του O₂ στις κυψελίδες (100mmHg σε FiO₂ 0,21)

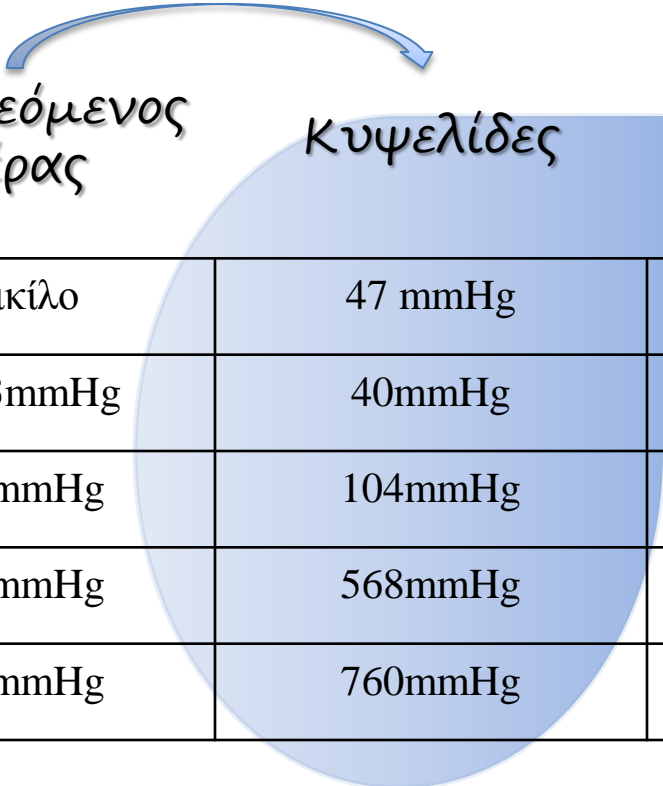
P(A-a)O₂: η κυψελιδοαρτηριακή διαφορά O₂ (φυσιολογικά 5-10mmHg)

...ο καταρράκτης του O₂...

...και φυσικά υπάρχει διαφορά στο κυψελιδικό O₂ (και γενικότερα στην ανταλλαγή των αερίων) λόγω των διαφορών αερισμού-αιμάτωσης στις επιμέρους πνευμονικές ζώνες...



...ο καταρράκτης του O₂...



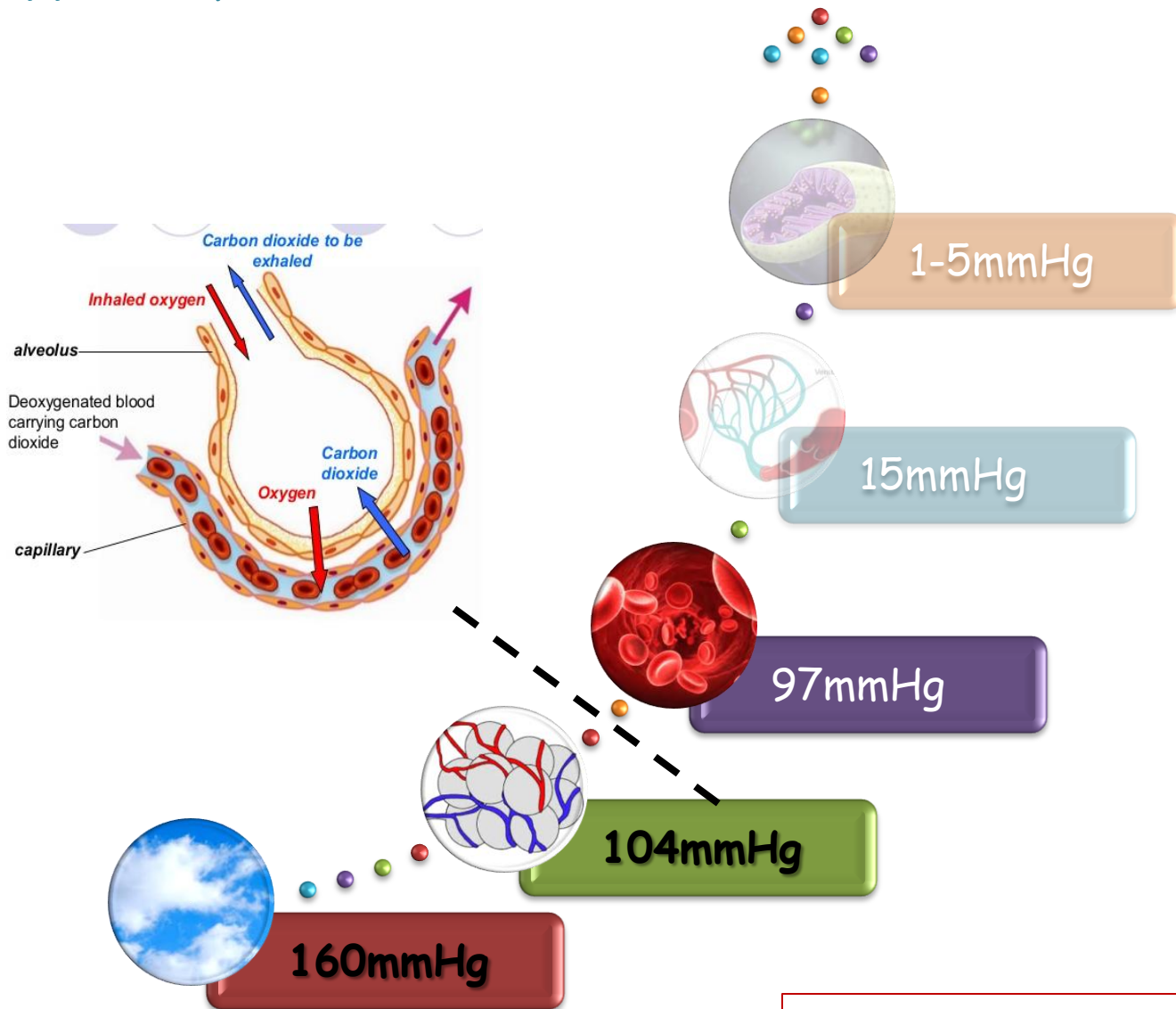
Εισπνεόμενος αέρας

Κυψελίδες

Κορυφή Βάσεις

| | | | | |
|------------------|-----------|---------|-----|-----|
| H ₂ O | ποικίλο | 47 mmHg | | |
| CO ₂ | 0.003mmHg | 40mmHg | 28 | 42 |
| O ₂ | 159mmHg | 104mmHg | 132 | 89 |
| N ₂ | 601mmHg | 568mmHg | 553 | 582 |
| Ολική πίεση | 760mmHg | 760mmHg | | |

...ο καταρράκτης του O₂...

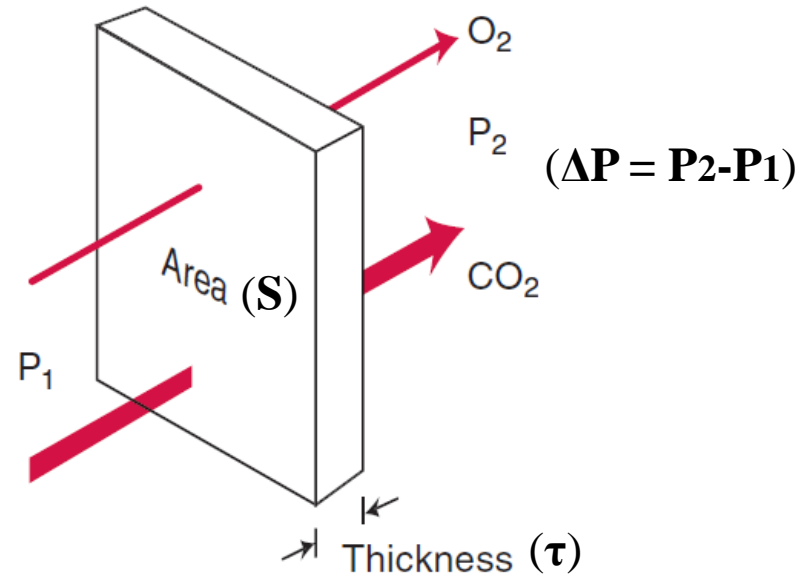


2^ο βήμα: διάχυση στο επίπεδο της τριχοειδοκυψελιδικής μεμβράνης

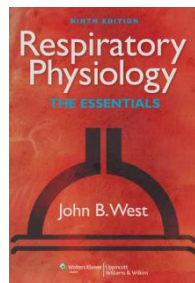
...μεταφορά O₂ στους ιστούς...

Η διάχυση των αερίων μέσα από τους ιστούς είναι μια παθητική διαδικασία που διέπεται από τον νόμο του Fick:

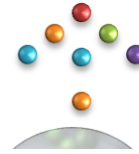
➤ ο ρυθμός διακίνησης του αερίου είναι ανάλογος προς το εμβαδό της επιφάνειας (**S**) του ιστού και της διαφοράς μερικής πίεσης (**ΔP**) του αερίου εκατέρωθεν των δύο επιφανειών του ιστού, ενώ είναι αντιστρόφως ανάλογος του πάχους (**τ**) του ιστού. Εξαρτάται δε και από την σταθερά διάχυσης του αερίου (**k**)



$$k \times S / \tau \times \Delta P$$



...διαταραχές στη μεταφορά O₂...



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

Table 16.5 | Effect of Altitude on Partial Oxygen Pressure (P_{O₂})

| Altitude (Feet Above Sea Level)* | Atmospheric Pressure (mmHg) | P _{O₂} in Air (mmHg) | P _{O₂} in Alveoli (mmHg) | P _{O₂} in Arterial Blood (mmHg) |
|----------------------------------|-----------------------------|--|--|---|
| 0 | 760 | 159 | 105 | 100 |
| 2,000 | 707 | 148 | 97 | 92 |
| 4,000 | 656 | 137 | 90 | 85 |
| 6,000 | 609 | 127 | 84 | 79 |
| 8,000 | 564 | 118 | 79 | 74 |
| 10,000 | 523 | 109 | 74 | 69 |
| 20,000 | 349 | 73 | 40 | 35 |
| 30,000 | 226 | 47 | 21 | 19 |

*For reference, Pike's Peak (Colorado) is 14,110 feet; Mt. Whitney (California) is 14,505 feet; Mt. Logan (Canada) is 19,524 feet; Mt. McKinley (Alaska) is 20,320 feet; and Mt. Everest (Nepal and Tibet), the tallest mountain in the world, is 29,029 feet.



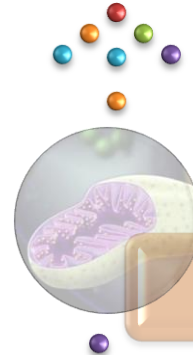
160mmHg

100mmHg

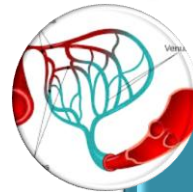
Υποξική υποξία
(Hypoxic)

...ο καταρράκτης του O₂...

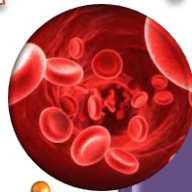
CO, Hb, SaO₂



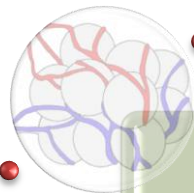
1-5mmHg



15mmHg



97mmHg



100mmHg



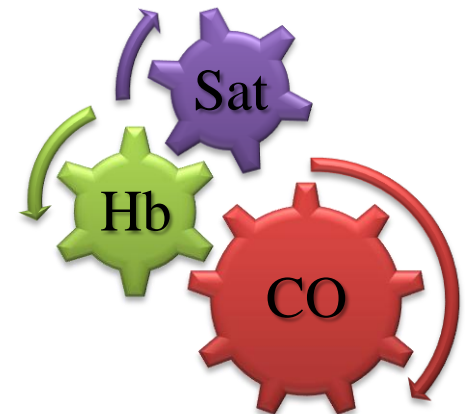
160mmHg

3^ο βήμα: μεταφορά με την κυκλοφορία

...μεταφορά O₂ με την κυκλοφορία...

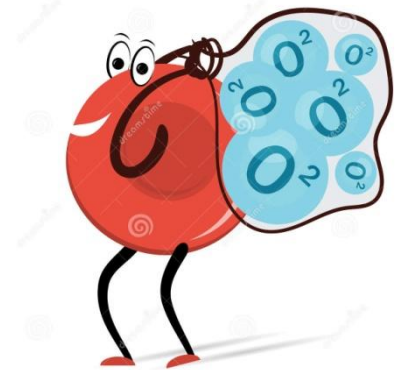
Η ικανότητα μεταφοράς του O₂ με την κυκλοφορία
(πνευμονική και συστηματική) εξαρτάται από:

1. Την οξυγόνωση του αίματος
2. Την συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης (Hb)
3. Την καρδιακή παροχή (CO: Cardiac Output)



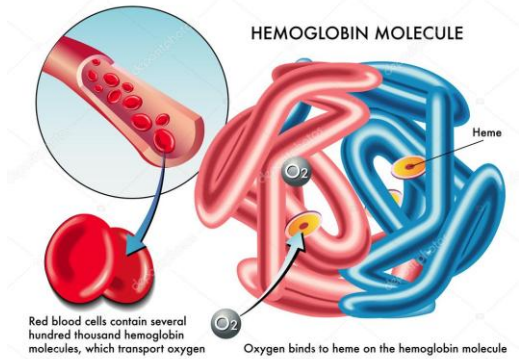
Το σύνολο του O_2 (CaO_2) στο αίμα μεταφέρεται με δύο μορφές:

1. Συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη (Hb) των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος (RBCs)
2. Διαλυμένο στο πλάσμα

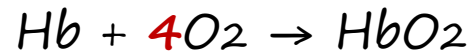


Το σύνολο του O_2 (CaO_2) στο αίμα μεταφέρεται με δύο μορφές:

1. **Συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη (Hb)** των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος (RBCs)
2. Διαλυμένο στο πλάσμα



- *κάθε RBC περιέχει περίπου 280 εκατομμύρια μόρια Hb*
- *κάθε μόριο Hb αποτελείται από 4 μόρια αίμης και 4 μόρια σφαιρίνης (a και b)*
- *στο άκρο κάθε μορίου αίμης υπάρχει ένα μόριο σιδήρου (Fe) που δεσμεύει ένα μόριο O_2 για τον σχηματισμό οξυαιμοσφαιρίνης (HbO_2)*

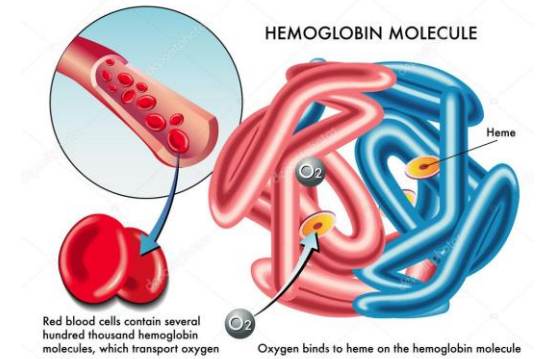


- *κάθε gr Hb μπορεί να μεταφέρει 1,34 ml O_2*

$$O_2 \text{ συνδεδεμένο με την Hb} = Hb \times 1,34 \times Sat$$

Το σύνολο του O₂ (CaO₂) στο αίμα μεταφέρεται με δύο μορφές:

1. Συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη (Hb) των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος (RBCs)
2. Διαλυμένο στο πλάσμα



➤ κάθε RBC περιέχει περίπου 280 εκατομμύρια μόρια Hb

➤ κάθε μόριο Hb α

➤ στο άκρο κάθε μ

μόριο O₂ για τον σχ

Κορεσμός Hb (Sat)

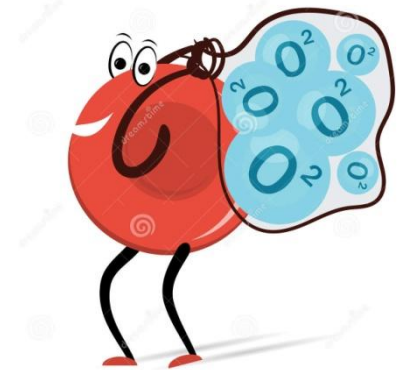
η εκατοστιαία αναλογία του αριθμού των θέσεων αίμης πάνω στις οποίες είναι δεσμευμένα μόρια O₂ σε σχέση με το μέγιστο αριθμό θέσεων που έχουν την δυνατότητα να δεσμεύουν μόρια O₂

➤ κάθε gr Hb μπορεί να μεταφέρει 1,34 ml O₂

$$O_2 \text{ συνδεδεμένο με την Hb} = Hb \times 1,34 \times \text{Sat}$$

Το σύνολο του O_2 (CaO_2) στο αίμα μεταφέρεται με δύο μορφές:

1. Συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη (Hb) των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος (RBCs)
2. Διαλελυμένο στο πλάσμα



➤ το ποσό του αερίου που μπορεί να διαλυθεί σε ένα υγρό εξαρτάται από (Henry's Law):

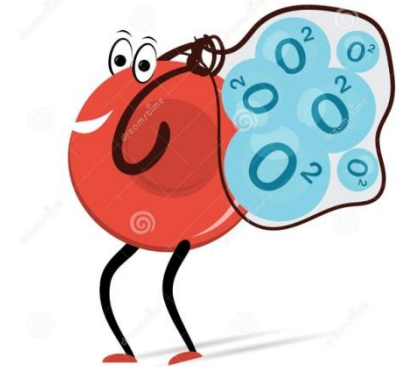
- Την **διαλυτότητα** του αερίου (σταθερά)
- Την **θερμοκρασία** του υγρού (περισσότερο αέριο διαλύεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία)
- Την **μερική πίεση** του αερίου (ο κύριος καθοριστικός παράγοντας)

$$O_2 \text{ διαλελυμένο στο αίμα} = 0,003 \times PaO_2$$

0,3 ml/dL O_2

Το σύνολο του O₂ (CaO₂) στο αίμα μεταφέρεται με δύο μορφές:

1. Συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη (Hb) των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος (RBCs)
2. Διαλελυμένο στο πλάσμα



$$\begin{aligned} \text{CaO}_2 &= (1,34 \times \text{Hb} \times \text{SaO}_2) + (0,003 \times \text{PaO}_2) \\ &\quad \text{συνδεδεμένο με την Hb} \quad \text{διαλελυμένο στο αίμα} \\ &= (1,34 \times 14 \times 0,98) + (0,003 \times 100) \\ &= 18,6 \text{ ml/dl} \end{aligned}$$

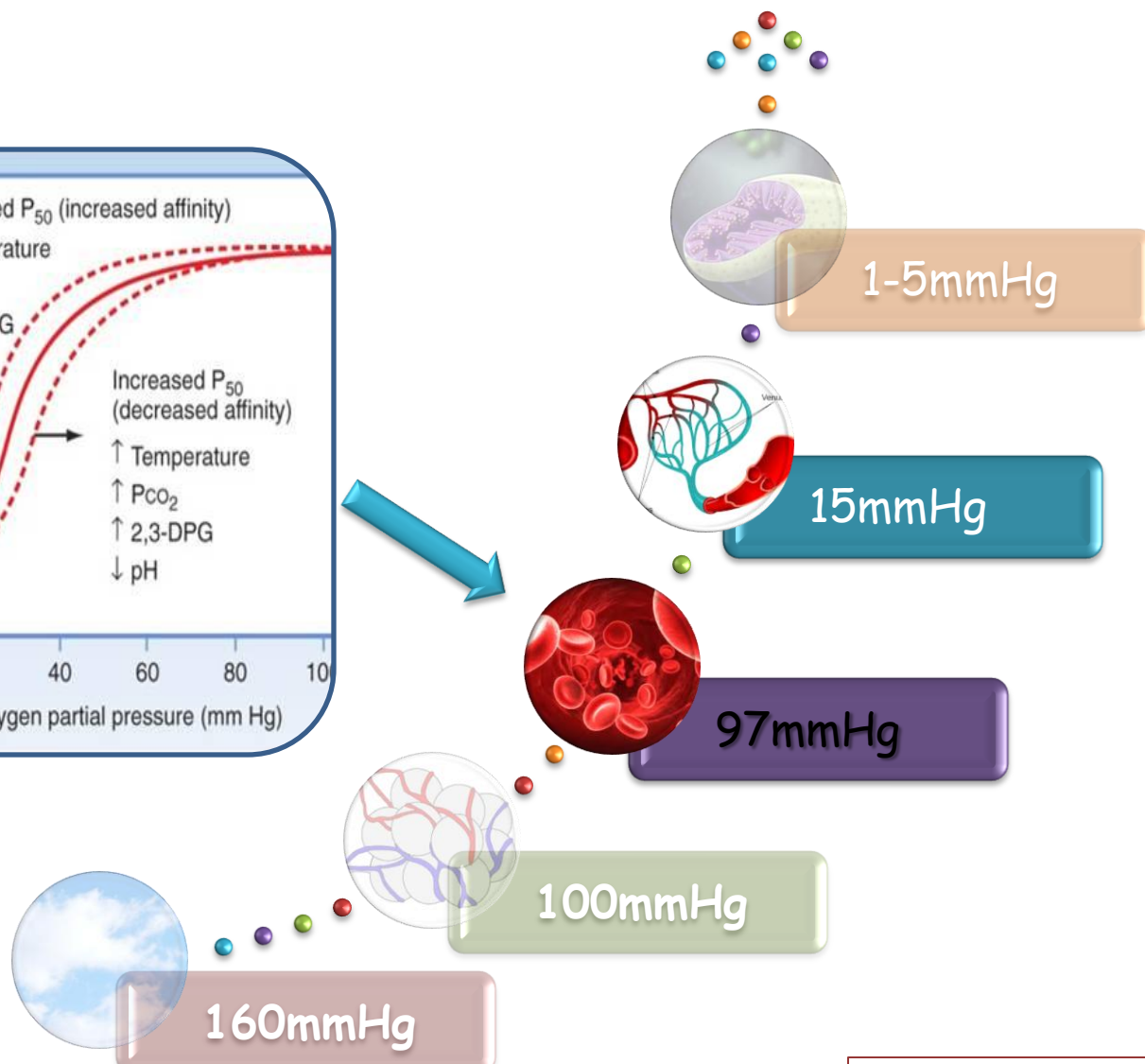
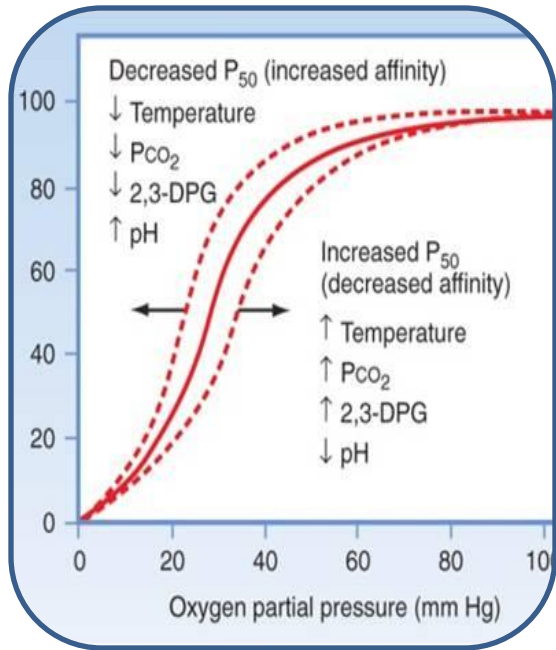
όπου:

CaO₂: η συνολική ποσότητα του O₂ στο αρτηριακό αίμα

Hb: η ποσότητα της αιμοσφαιρίνης στο αίμα

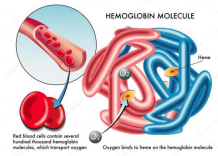
SaO₂: ο κορεσμός της αιμοσφαιρίνης στο αρτηριακό αίμα

...σύνδεση O₂ με την Hb



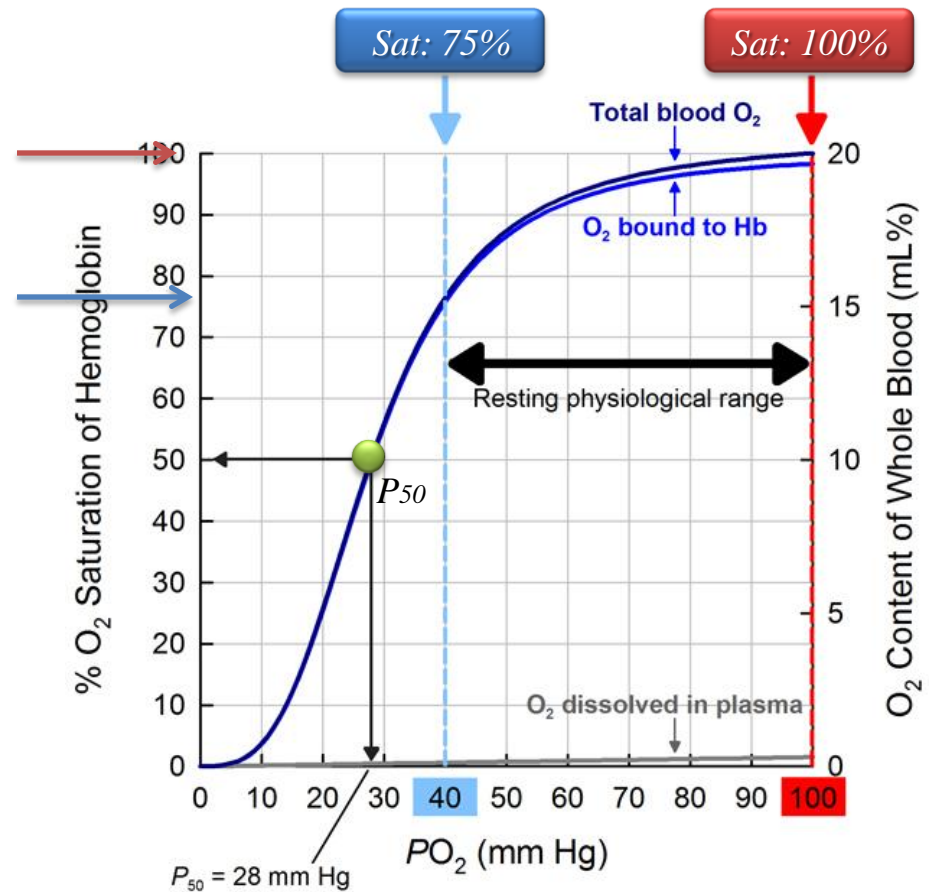
3^ο βήμα:
μεταφορά στην κυκλοφορία

...σύνδεση O₂ - Hb...

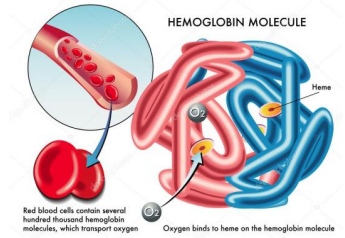


Το O₂ μπορεί να συνδεθεί εύκολα και αντιστρεπτά με την Hb σχηματίζοντας την οξυαιμοσφαιρίνη (HbO₂).

Η σχέση αυτή δέσμευσης-αποδέσμευσης δημιουργεί μια καμπύλη, την καμπύλη διάστασης του O₂

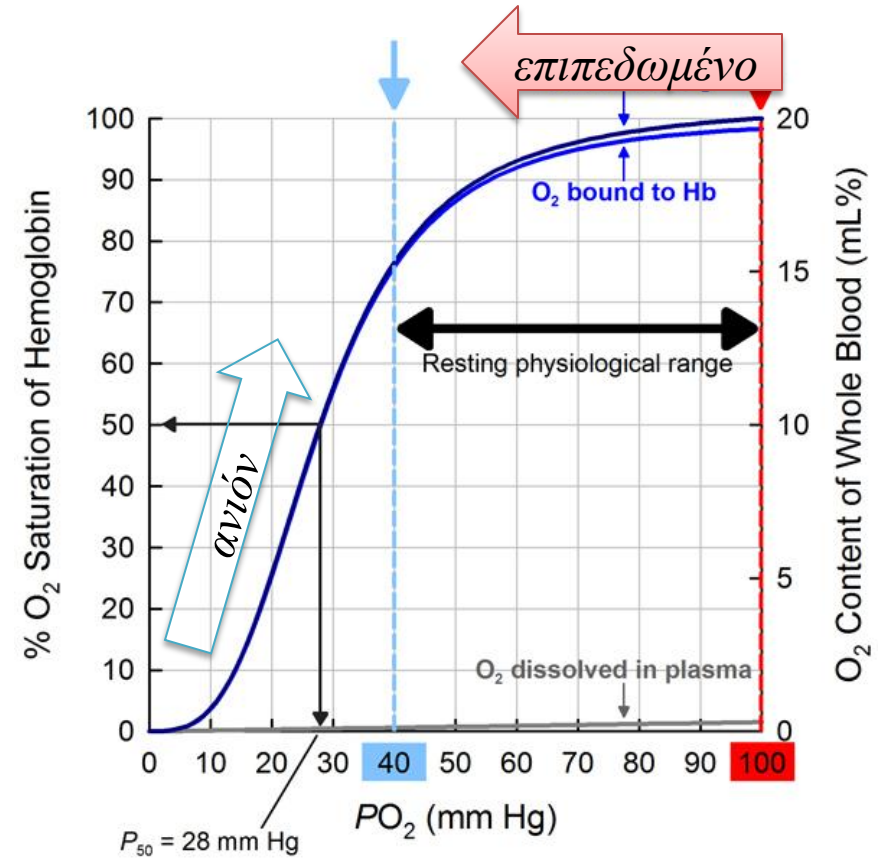


...σύνδεση O₂ - Hb...

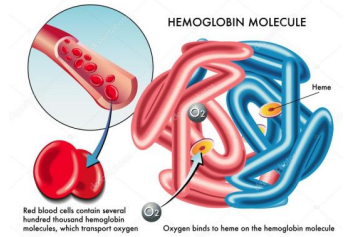


Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καμπύλης:

- *επιπεδωμένο* σκέλος:
 - πτώση PaO₂ από 100→60mmHg: μικρή αλλαγή στον Sat (97→90%)
- *ανιόν* σκέλος
 - πτώση PaO₂ < 60mmHg: ταχεία πτώση του κορεσμού ⇒ μείωση της σύνδεσης με την Hb και αύξηση της απόδοσης O₂ στους ιστούς



...σύνδεση O₂ - Hb...



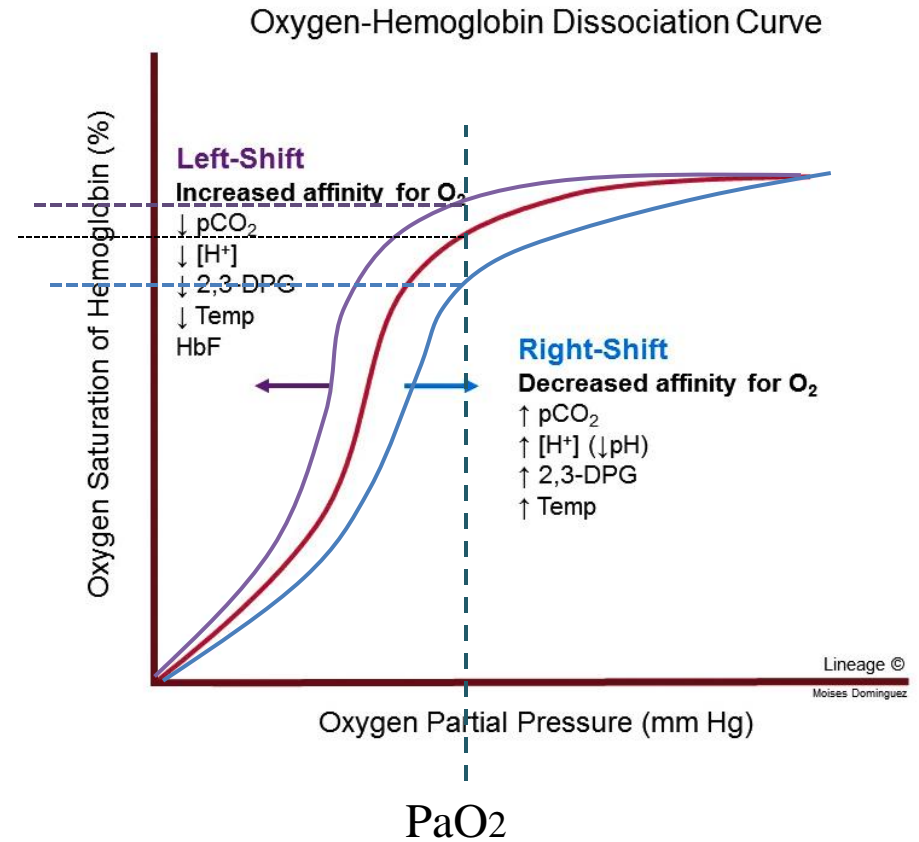
Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καμπύλης:

➤ *right shift*:

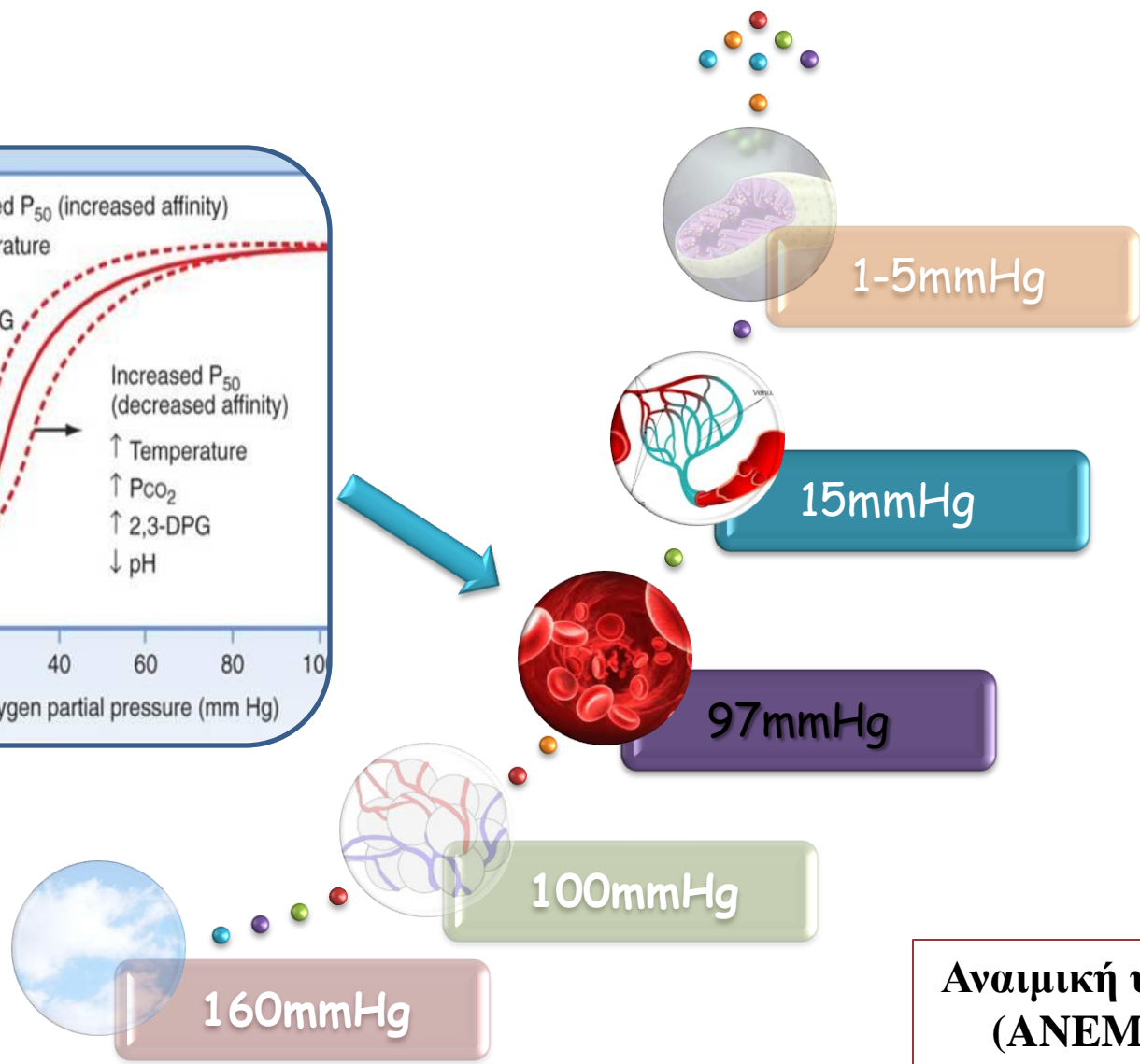
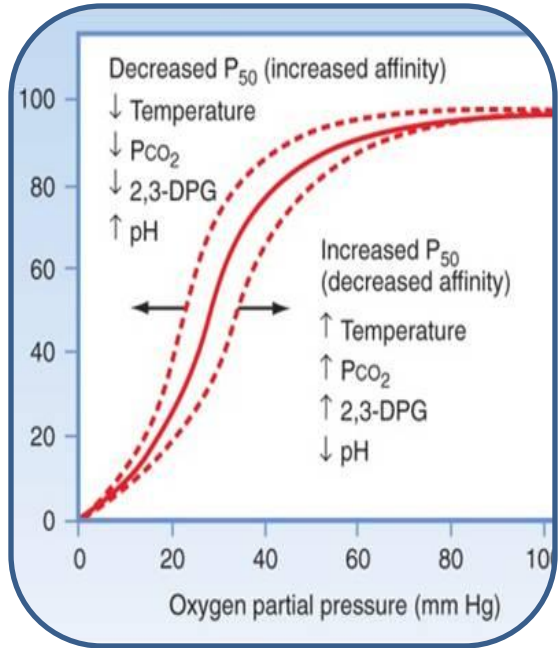
- για μια δεδομένη τιμή PaO₂ ο κορεσμός της Hb είναι μικρότερος και μεγαλύτερη ποσότητα O₂ αποδίδεται στους ιστούς

➤ *left shift*

- δυσκολότερη η απόδοση O₂ στους ιστούς



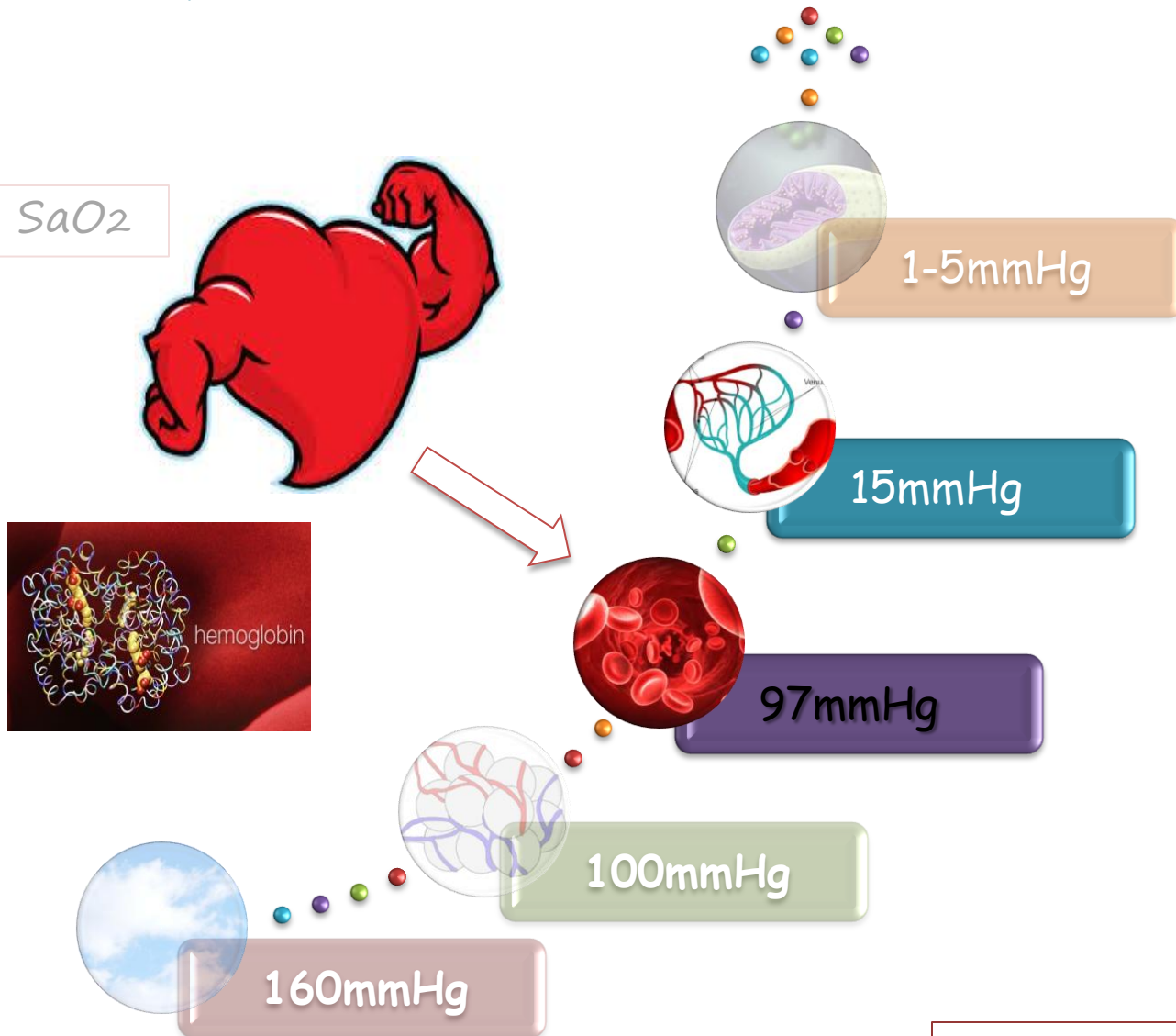
...διαταραχές στη μεταφορά O_2
με την Hb...



**Αναιμική υποξία
(ANEMIC)**

...ο καταρράκτης του O₂...

CO, Hb, SaO₂



3^ο βήμα: μεταφορά με την κυκλοφορία

DO_2 : O_2 delivery =
παροχή O_2

- εκφράζει το συνολικό ποσό του O_2 που μεταφέρεται στους ιστούς ανά min
- είναι το γινόμενο της καρδιακής παροχής επί τη συγκέντρωση του O_2 στο αίμα
- σε συνθήκες ηρεμίας είναι παραπάνω από αρκετό για να καλύψει τις ανάγκες του αερόβιου μεταβολισμού των ιστών
- $\Phi_T = 800-1000$ ml/min

DO₂: O₂ delivery

$$CO = HR \times SV$$

$$DO_2 = CO \times CaO_2 \times 10$$

$$CaO_2 = (1,34 \times Hb \times SaO_2) + (0,003 \times PaO_2)$$

συνδεδεμένο με την Hb διαλελυμένο στο αίμα

$$= (1,34 \times 14 \times 0,98) + (0,003 \times 100)$$

$$= 18,6 \text{ ml/dl}$$

ΦΤ: 16-20ml/dl ή 800-1000ml/min

DO₂: O₂ delivery

$$\mathbf{DO_2 = (HR \times SV) \times \{(1,34 \times Hb \times SaO_2) + (0,003 \times PaO_2)\} \times 10}$$

QT: 800-1000ml O₂/min

DO₂: O₂ delivery

- 70χρονος ασθενής με ΣτΝ, ΧΝΑ και ΣΔ ΙΙ εισάγεται λόγω ΑΑ σε έδαφος πνευμονίας
- Σηπτικός: 39°C, σφ:105/min, RR: 35/min, **Sat: 76%**, WBCs: 16.000/mm, **Hb:7mg/dl**, MAP<60mmHg



| FiO2 | PaO2 (mmHg) | SaO2 (%) | CaO2 (ml/dL) | disolved O2 (ml/dL) | Hb (g/dl) | CO (lt/min) | DO2 (ml/min) | % |
|------|----------------|-------------|-----------------|------------------------|--------------|----------------|-----------------|---|
| 0.21 | 70 | 96 | 17 | 0,3 | 13 | 5,3 | 900 | 0 |
| | | | | | | | | |

$$DO2 = (HR \times SV) \times \{(1,34 \times Hb \times SaO2) + (0,003 \times PaO2)\} \times 10$$

| FiO2 | PaO2 (mmHg) | SaO2 (%) | CaO2 (ml/dL) | disolved O2 (ml/dL) | Hb (g/dl) | CO (lt/min) | DO2 (ml/min) | % |
|------|-------------|----------|--------------|---------------------|-----------|-------------|--------------|-----|
| 0.21 | 70 | 96 | 17 | 0,3 | 13 | 5,3 | 900 | 0 |
| 0.21 | 45 | 75 | 7,2 | 0,14 | 7 | 4 | 288 | -68 |



| FiO2 | PaO2 (mmHg) | SaO2 (%) | CaO2 (ml/dL) | disolved O2 (ml/dL) | Hb (g/dl) | CO (lt/min) | DO2 (ml/min) | % |
|------|----------------|-------------|-----------------|------------------------|--------------|----------------|-----------------|-----|
| 0.21 | 70 | 96 | 17 | 0,3 | 13 | 5,3 | 900 | 0 |
| 0.21 | 45 | 75 | 7,2 | 0,14 | 7 | 4 | 288 | -68 |
| 0.60 | 150 | 98 | 9,6 | 0,38 | 7 | 4 | 384 | +33 |

| FiO2 | PaO2 (mmHg) | SaO2 (%) | CaO2 (ml/dL) | disolved O2 (ml/dL) | Hb (g/dl) | CO (lt/min) | DO2 (ml/min) | % |
|------|-------------|----------|--------------|---------------------|-----------|-------------|--------------|-----|
| 0.21 | 70 | 96 | 17 | 0,3 | 13 | 5,3 | 900 | 0 |
| 0.21 | 45 | 75 | 7,2 | 0,14 | 7 | 4 | 288 | -68 |
| 0.60 | 150 | 98 | 9,6 | 0,38 | 7 | 4 | 384 | +33 |



| FiO2 | PaO2 (mmHg) | SaO2 (%) | CaO2 (ml/dL) | disolved O2 (ml/dL) | Hb (g/dl) | CO (lt/min) | DO2 (ml/min) | % |
|------|----------------|-------------|-----------------|------------------------|--------------|----------------|-----------------|-----|
| 0.21 | 70 | 96 | 17 | 0,3 | 13 | 5,3 | 900 | 0 |
| 0.21 | 45 | 75 | 7,2 | 0,14 | 7 | 4 | 288 | -68 |
| 0.60 | 150 | 98 | 9,6 | 0,38 | 7 | 4 | 384 | +33 |
| 0.60 | 150 | 98 | 14,2 | 0,38 | 10,5 | 4 | 568 | +47 |

| FiO2 | PaO2 (mmHg) | SaO2 (%) | CaO2 (ml/dL) | disolved O2 (ml/dL) | Hb (g/dl) | CO (lt/min) | DO2 (ml/min) | % |
|------|-------------|----------|--------------|---------------------|-----------|-------------|--------------|-----|
| 0.21 | 70 | 96 | 17 | 0,3 | 13 | 5,3 | 900 | 0 |
| 0.21 | 45 | 75 | 7,2 | 0,14 | 7 | 4 | 288 | -68 |
| 0.60 | 150 | 98 | 9,6 | 0,38 | 7 | 4 | 384 | +33 |
| 0.60 | 150 | 98 | 14,2 | 0,38 | 10,5 | 4 | 568 | +47 |

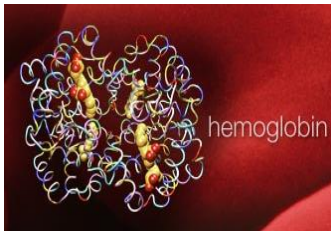
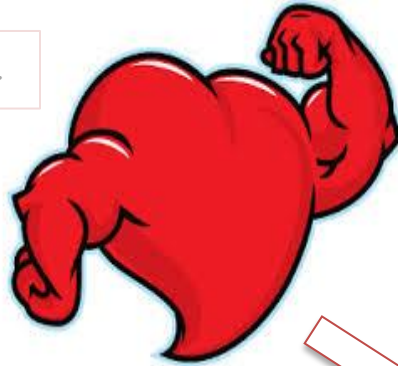


| FiO2 | PaO2 (mmHg) | SaO2 (%) | CaO2 (ml/dL) | disolved O2 (ml/dL) | Hb (g/dl) | CO (lt/min) | DO2 (ml/min) | % |
|------|-------------|----------|--------------|---------------------|-----------|-------------|--------------|-----|
| 0.21 | 70 | 96 | 17 | 0,3 | 13 | 5,2 | | 0 |
| 0.21 | | | | | | | | -68 |
| 0.6 | | | | | | | | 33 |
| 0.60 | | | | | | 4 | 568 | +47 |
| 0.60 | | 98 | 14,2 | 0,38 | 10,5 | 6 | 852 | +50 |

Η βελτιστοποίηση της παροχής O2 στους ιστούς επηρεάζεται λιγότερο από την μερική πίεση O2 και περισσότερο από την επάρκεια της κυκλοφορίας να το μεταφέρει (συγκέντρωση Hb και CO)

...διαταραχές στη μεταφορά O₂...

CO, Hb, SaO₂



160mmHg

100mmHg

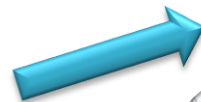
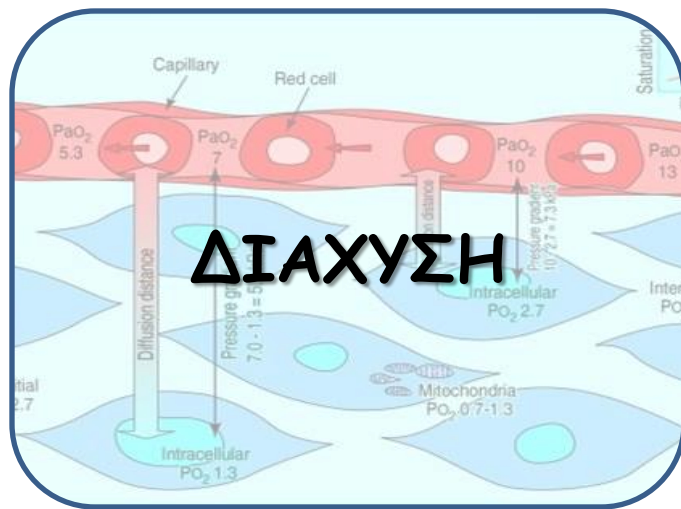
97mmHg

15mmHg

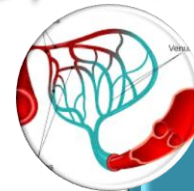
1-5mmHg

**Ισχαιμική υποξία
(STAGNANT)**

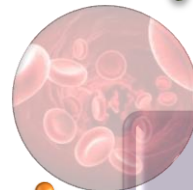
...ο καταρράκτης του O_2 ...



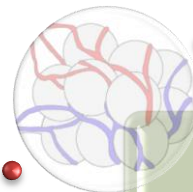
1-5mmHg



15mmHg



97mmHg



100mmHg



160mmHg

4^ο βήμα: μεταφορά εντός του κυττάρου - μιτοχονδρίου

...ο καταρράκτης του O₂...

Η μεταφορά του O₂ από το τριχοειδές στους ιστούς και στο εσωτερικό των κυττάρων γίνεται παθητικά μέσω της διάχυσης

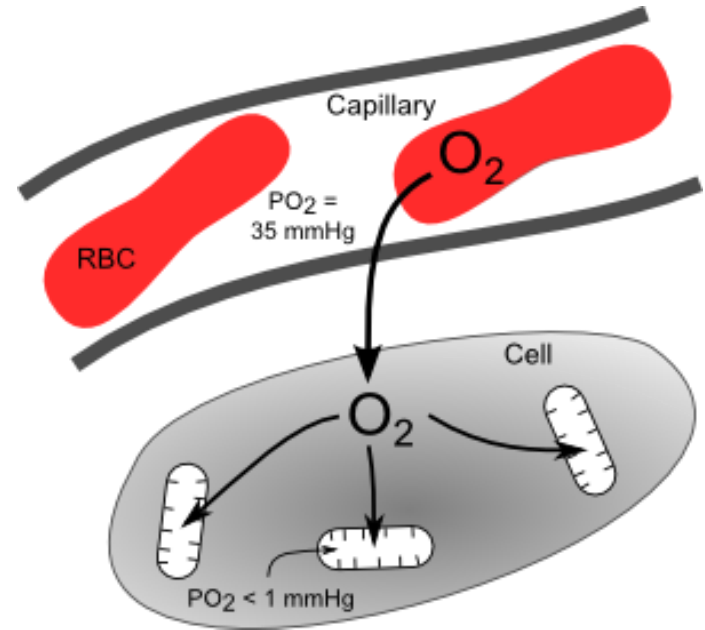
$$\text{Diffusion} = k \times S / \tau \times \Delta P$$

k : διαπερατότητα του υλικού στο O₂

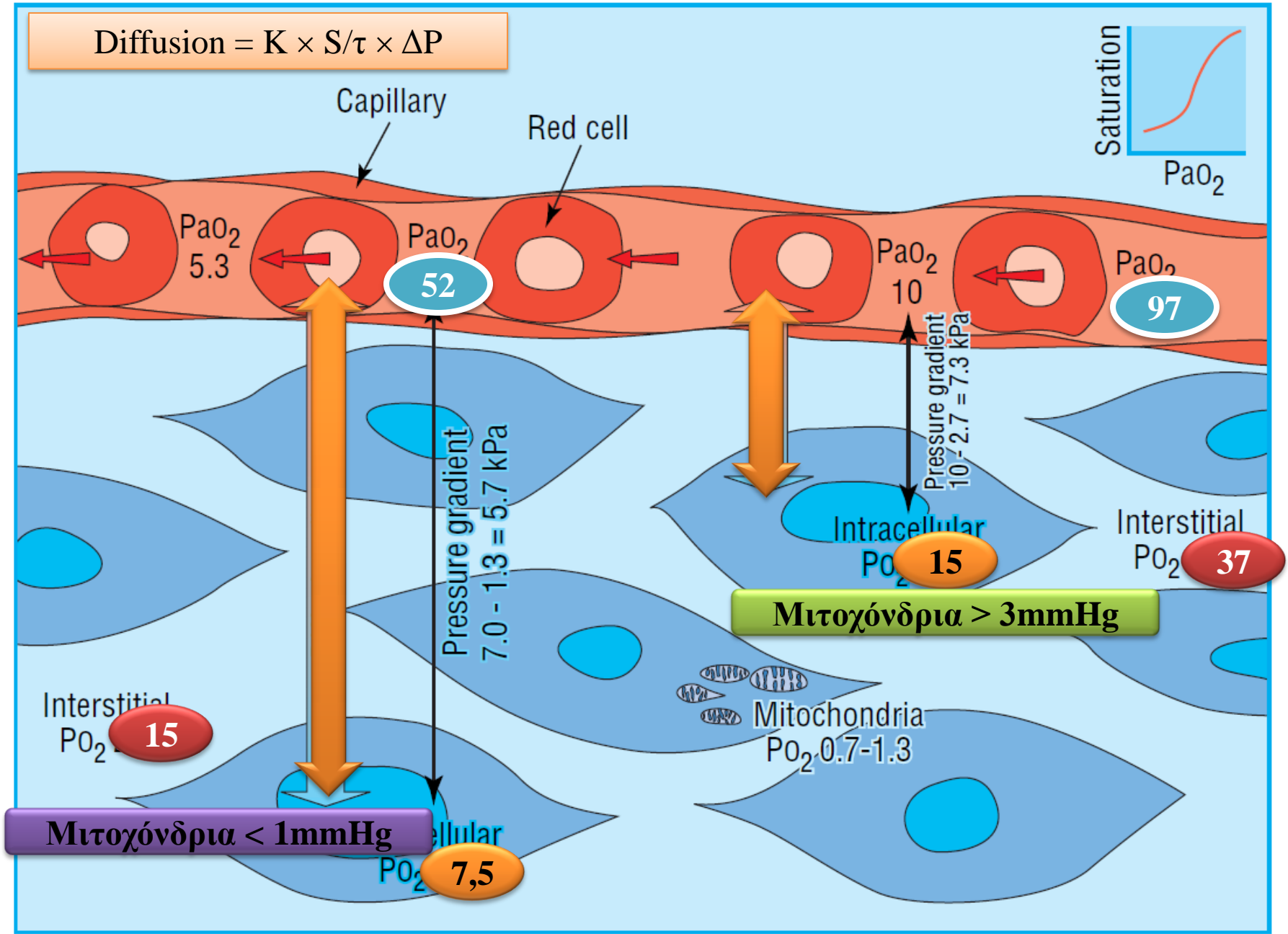
S : επιφάνεια διάχυσης

τ : απόσταση

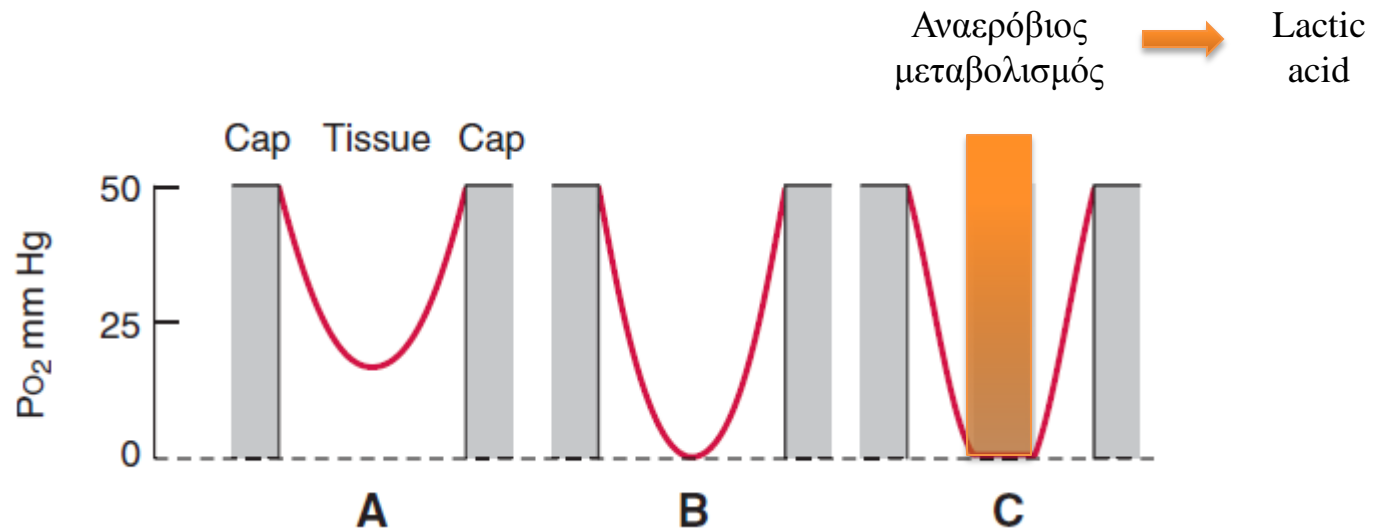
ΔP : διαφορά PO₂ μεταξύ των 2 επιφανειών



$$\text{Diffusion} = K \times S/\tau \times \Delta P$$



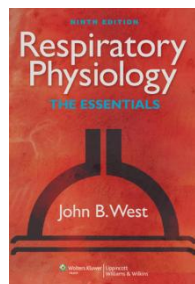
...διάχυση O_2 στους ιστούς...



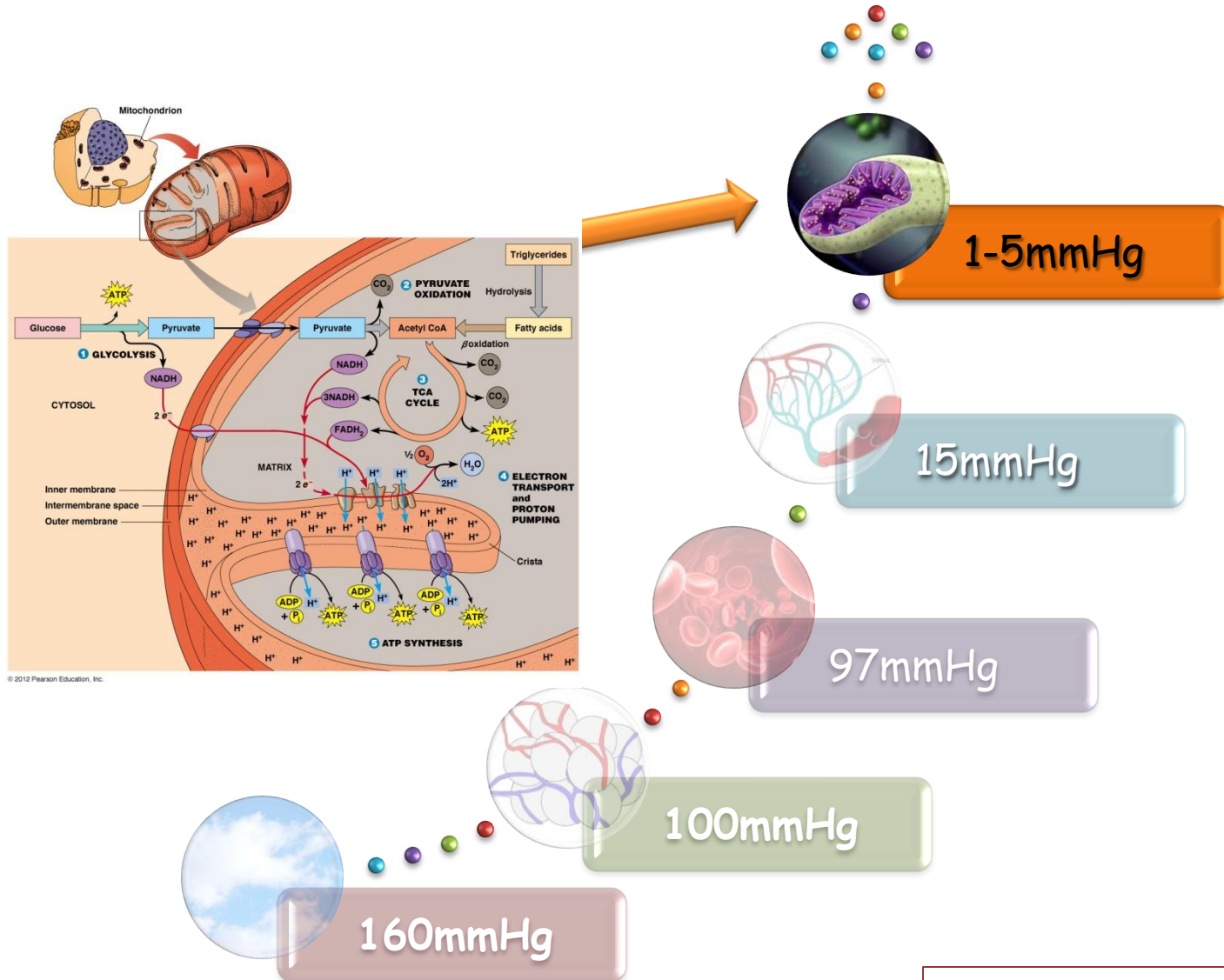
Διαταραχές στην προσφορά O_2 (DO_2) ή στην διάχυση του O_2 στους ιστούς οδηγούν σε μειωμένη συγκέντρωση (μερική πίεση) O_2 με αποτέλεσμα αδυναμία επίτευξης αερόβιου μεταβολισμού.



Αναερόβιος μεταβολισμός και γαλακτική οξέωση



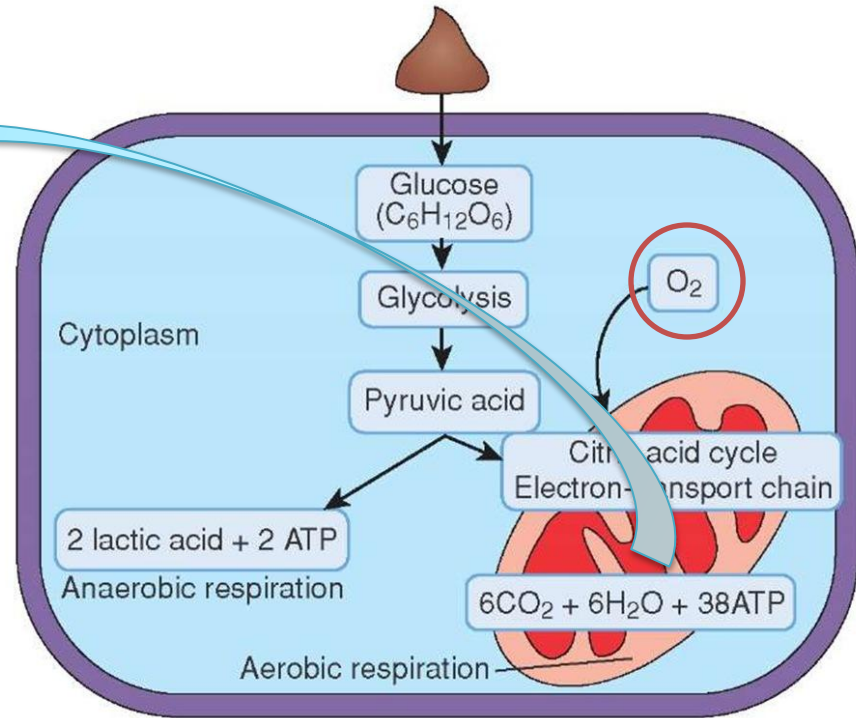
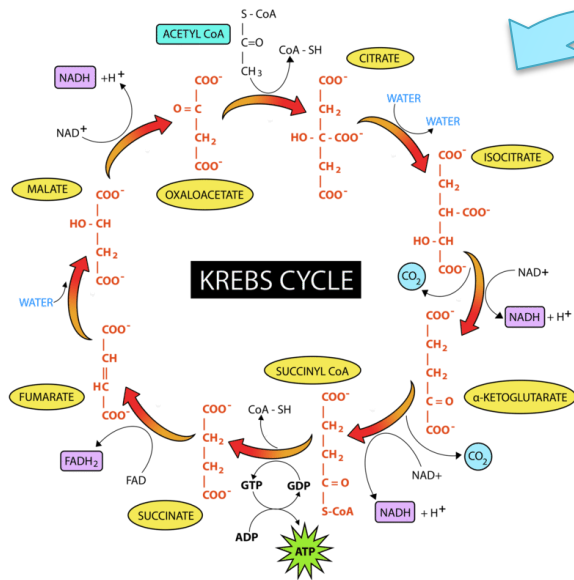
...ο καταρράκτης του O₂...



στόχος: χρησιμοποίηση O₂ εντός του μιτοχονδρίου

Αερόβια γλυκόλυση:

Γλυκόζη → Πυροσταφυλικό → $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 38 \text{ mol ATP}$



Αναερόβια γλυκόλυση:

Γλυκόζη → Πυροσταφυλικό → Γαλακτικό + 2 mol ATP

Cytopathic Hypoxia

➤ Διαταραχή της κυτταρικής αναπνοής στη σήψη

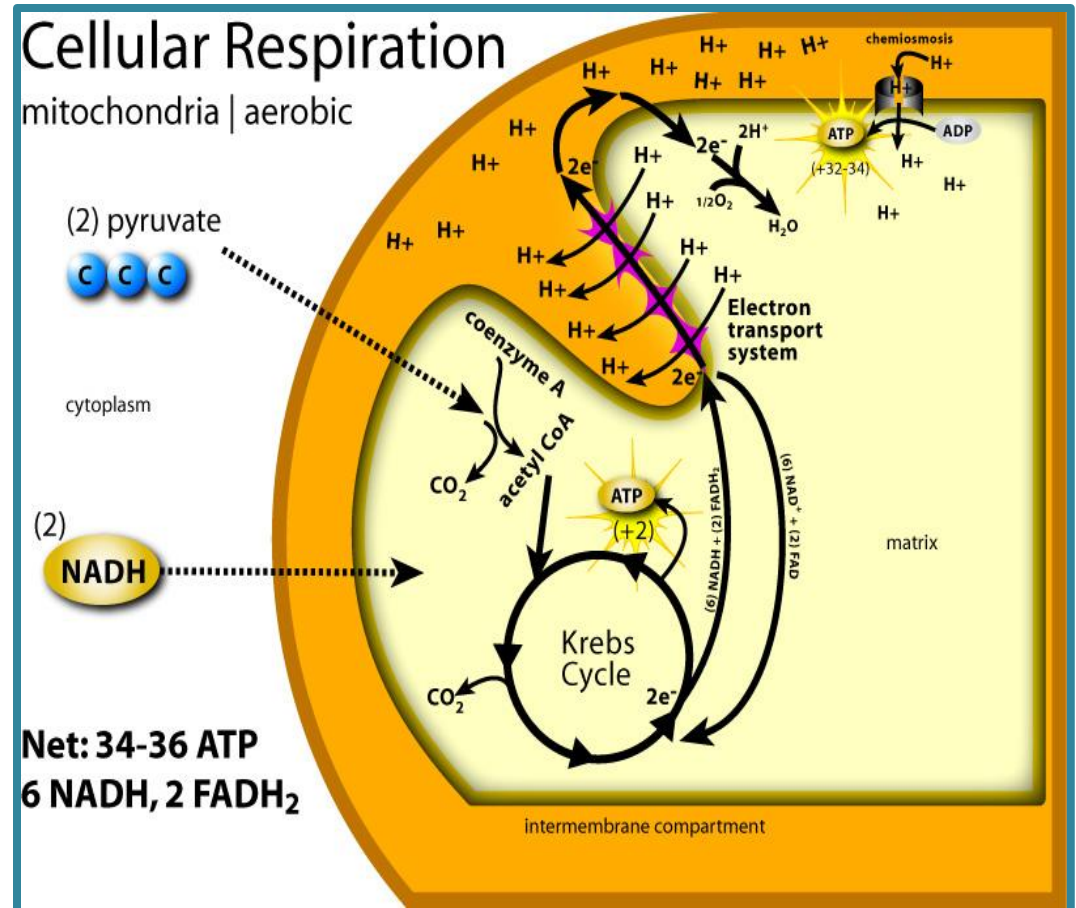
Αδυναμία χρησιμοποίησης προσφερόμενου O₂ (με φ/↑DO₂)

(LPS, κυτταροκίνες)

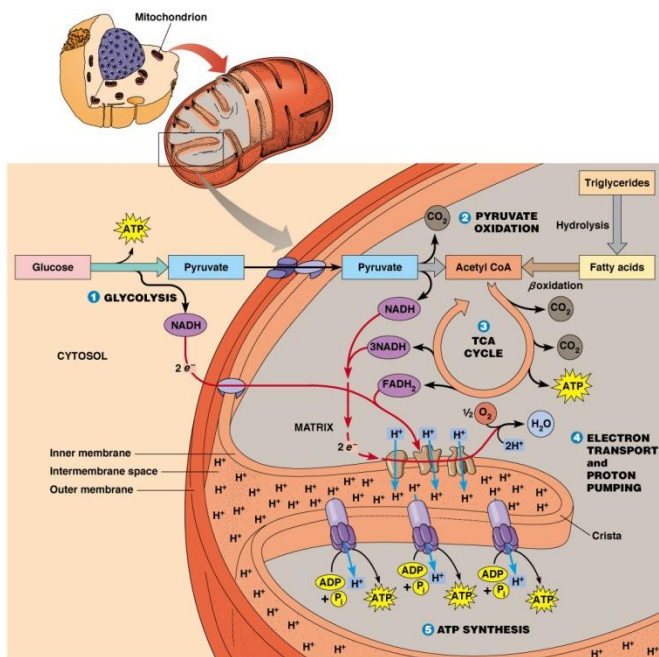
- Αναστολή πυρουβικής δευδρογενάσης
- iNOS και O⁻ → ONOO⁻: μη αναστρέψιμη αναστολή του αερόβιου μεταβολισμού
- PARP-1 → εξάλειψη NADH και αδυναμία χρησιμοποίησης του O₂

Istotoxic Hypoxia

➤ Δηλητηρίαση (κυανίδια)



...αδυναμία χρησιμοποίησης του O₂...



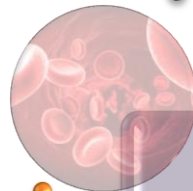
© 2012 Pearson Education, Inc.



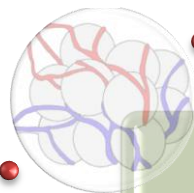
1-5mmHg



15mmHg



97mmHg



100mmHg



160mmHg

**Ιστοτοξική υποξία
(cytopathic / histotoxic)**

Ιστική υποξία

| | Διαταραχή | Κύρια αίτια |
|--|---|--|
| Υποξική υποξία (HYPOXIC) | Χαμηλή μερική πίεση O ₂ στο αρτηριακό αίμα (PaO ₂) | <ul style="list-style-type: none">•Υψόμετρο•Υποαερισμός•Νυκτερική άπνοια•Shunt |
| Αναιμική υποξία (ANEMIC) | Χαμηλή περιεκτικότητα του αίματος σε O ₂ | <ul style="list-style-type: none">•Αναιμία•Δηλητηρίαση με CO•Μεθαιμοσφαιριναιμία |
| Ισχαιμική υποξία (STAGNANT) | Περιορισμός της ροής του οξυγονωμένου αίματος | <ul style="list-style-type: none">•Καρδιακή ανεπάρκεια•Shock-καταπληξία•Ισχαιμία•Ενδομήτριος υποξία |
| Ιστοτοξική υποξία (CYTOPATHIC/ HISTOTOXIC) | Αδυναμία χρησιμοποίησης του O ₂ από τα κύτταρα | <ul style="list-style-type: none">•Δηλητηρίαση από κυανίδια•Μετατόπιση της καμπύλης αποδέσμευσης της Hb |

Ανοχή στην υποξία

➤ Ποικιλία στην ανοχή των διαφόρων ιστών στην υποξία:

– Νευρώνες, μυοκάρδιο, νεφρικά σωληνάκια

– Ήπαρ, νεφροί: 15-20%

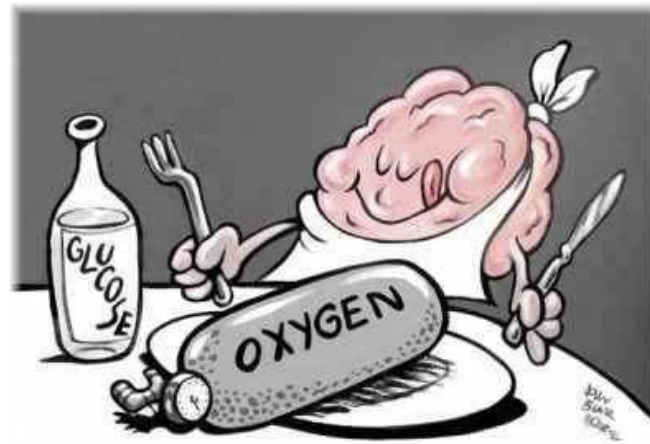
Πρωταρχικός στόχος: διατήρηση
ροής σε ευαίσθητους στην
υποξία ιστούς

➤ Διαφορές στην ανοχή των ιστών

PEOPLE SAY
YOU CAN'T
LIVE WITHOUT
LOVE ...



... I THINK
OXYGEN IS
MORE
IMPORTANT



Ιστική (υπο)άρδευση

Κυριακοπούλου Μαγδαληνή
Εντατικολόγος – πνευμονολόγος
Επιμ. Α' ΕΣΥ, ΜΕΘ/ΠΠ ΝΝΘΑ «Η Σωτηρία»



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ-ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Αιμοδυναμική αστάθεια =
κυκλοφορική καταπληξία =
shock

Ορισμός...

«Shock: μια απειλητική για την ζωή γενικευμένη
ανεπάρκεια του κυκλοφορικού συστήματος που οδηγεί σε
ανεπαρκή χρησιμοποίηση O₂ από τα κύτταρα, με αποτέλεσμα
αδυναμία ικανοποίησης των μεταβολικών αναγκών και
κυτταρική δυσλειτουργία»

Αιμοδυναμική αστάθεια =
κυκλοφορική καταπληξία =
shock

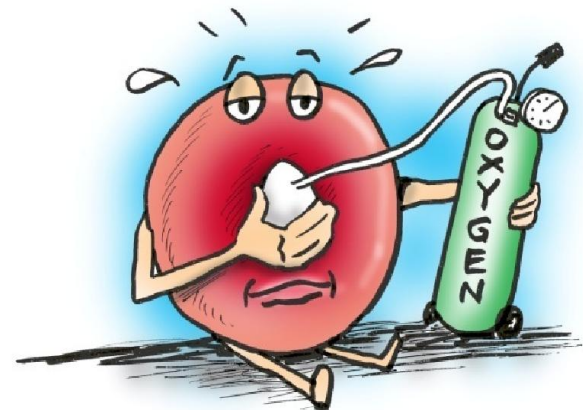
Ορισμός...

Shock:

χαρακτηρίζεται από αδυναμία της παροχής O_2 (DO_2)
να καλύψει τις ανάγκες κατανάλωσης O_2 από τους ιστούς
(VO_2), οδηγώντας σε ιστική υποξία και
αναερόβιο μεταβολισμό



DO_2 : O_2 delivery
 VO_2 : O_2 consumption



DO2 (O2 delivery)

- εκφράζει το συνολικό ποσό του O2 που μεταφέρεται στους ιστούς ανά min
- σε συνθήκες ηρεμίας είναι παραπάνω από αρκετό για να καλύψει τις ανάγκες του αερόβιου μεταβολισμού των ιστών
- $\Phi T = 800-1000$ ml/min

VO2 (O2 consumption)

- εκφράζει το συνολικό ποσό του O2 που καταναλώνεται ανά min για να πραγματοποιηθούν οι μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού
- $\Phi T: 250$ ml O2/min

O2ER (O2 extraction ratio)

- αναφέρεται στο ποσό του O2 που καταναλώνεται ως ποσοστό του προσφερόμενου O2 στους ιστούς

$$O2ER = VO2 / DO2$$

- σε υγιής ενήλικες σε συνθήκες ηρεμίας: $\Phi T = 25\%$
- σε μειωμένη παροχή O2 (DO2) ή αυξημένες ανάγκες (VO2): 50-60%
- σε εξασκημένους αθλητές: έως και 80%



DO₂ (O₂ delivery)

- $DO_2 = CO \times \{(1,34 \times Hb \times SaO_2) + (0,003 \times PaO_2)\} \times 10$
- $\Phi T = 800-1000$ ml/min

VO₂ (O₂ consumption)

- Άμεση μέτρηση: *indirect calorimetry*

$$VO_2 = [1 - F_{EO_2} - F_{ECO_2} \times (F_{iO_2} - F_{ECO_2}) \times V_e] / 1 - F_{iO_2}$$

- Έμμεσος υπολογισμός: *Fick method*

$$VO_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2)$$

$$= CO \times Hb \times 1,34 \times 10 \times (SaO_2 - SvO_2)$$

- $\Phi T: 250$ ml O₂/min

O₂ER (O₂ extraction ratio)

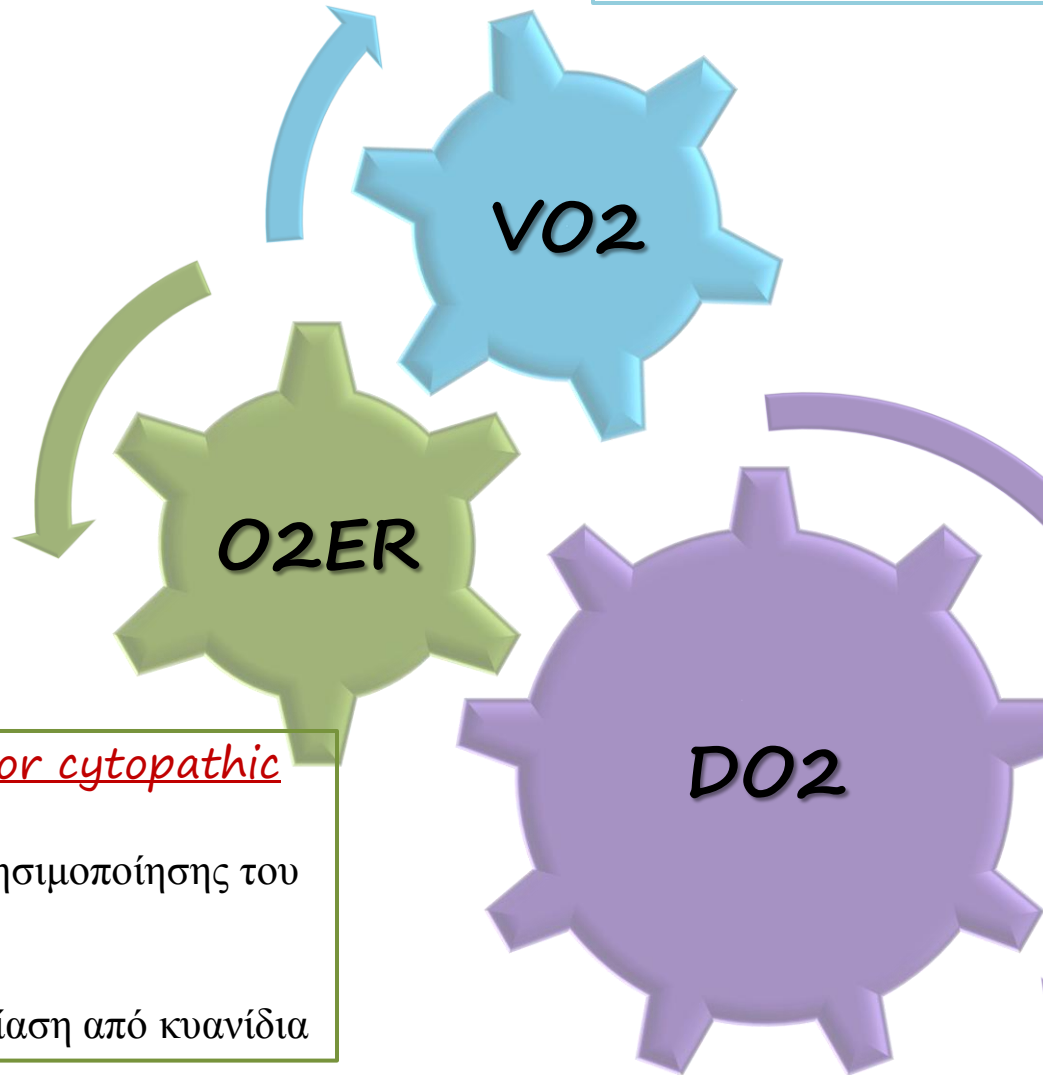
- αναφέρεται στο ποσό του O₂ που καταναλώνεται ως ποσοστό του προσφερόμενου O₂ στους ιστούς

$$O_2ER = VO_2 / DO_2$$

- σε υγιής ενήλικες σε συνθήκες ηρεμίας: $\Phi T = 25\%$
- σε μειωμένη παροχή O₂ (DO₂) ή αυξημένες ανάγκες (VO₂): 50-60%
- σε εξασκημένους αθλητές: έως και 80%



HYPOXIA: deficiency of O₂ at the tissue level



Histotoxic or cytopathic hypoxia

Αδυναμία χρησιμοποίησης του O₂:

- Σήψη
- Δηλητηρίαση από κυανίδια

Μειωμένη περιεκτικότητα του αίματος σε O₂:

- μειωμένος κορεσμός Hb με O₂ (*Hypoxic hypoxia*)
- αναιμία (*Anaemic hypoxia*)

Stagnant or ischaemic hypoxia

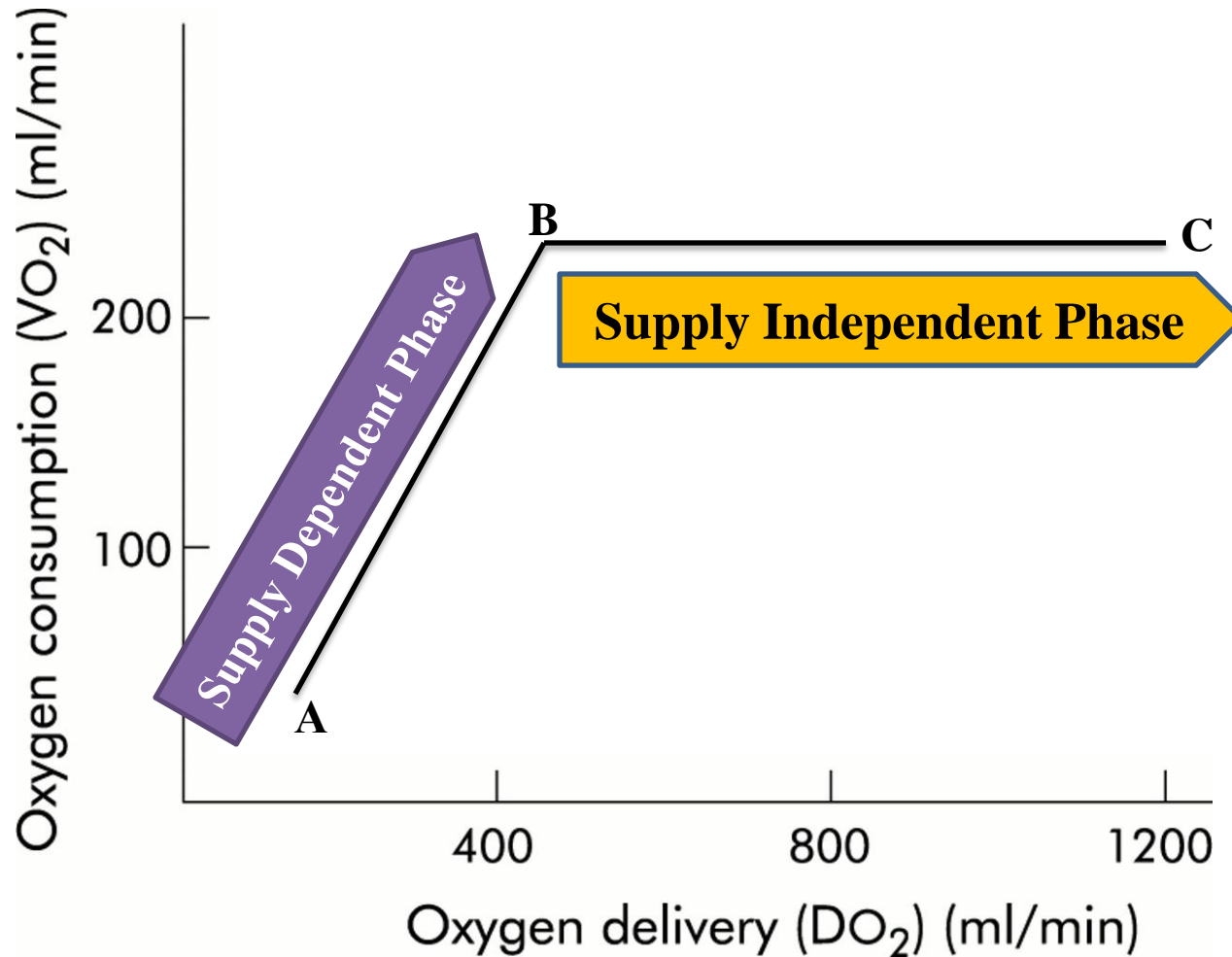
Κυκλοφορική ανεπάρκεια:

- μειωμένη CO
- Μειωμένος ενδαγγειακός όγκος

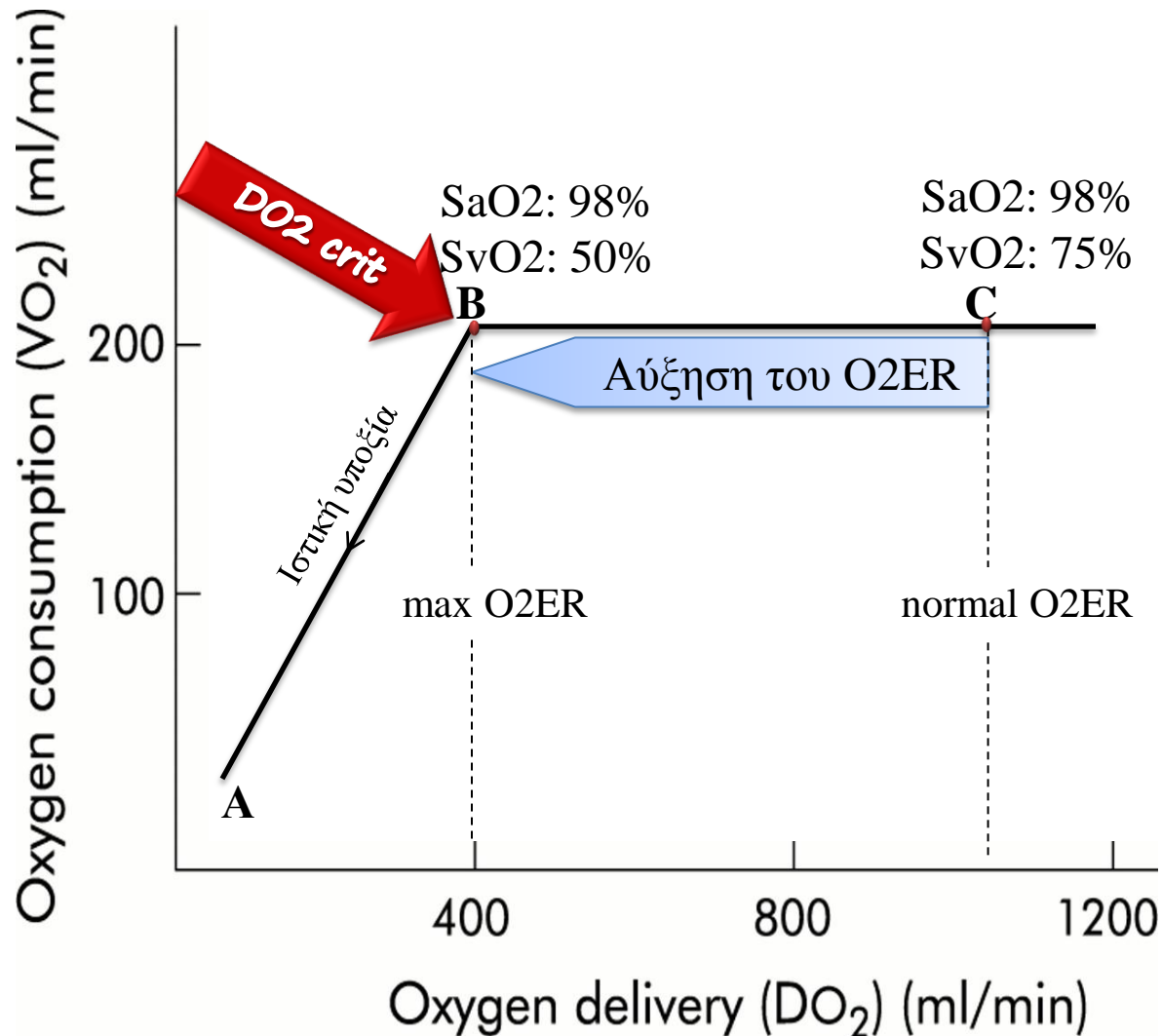
Σχέση παροχής/κατανάλωσης O₂



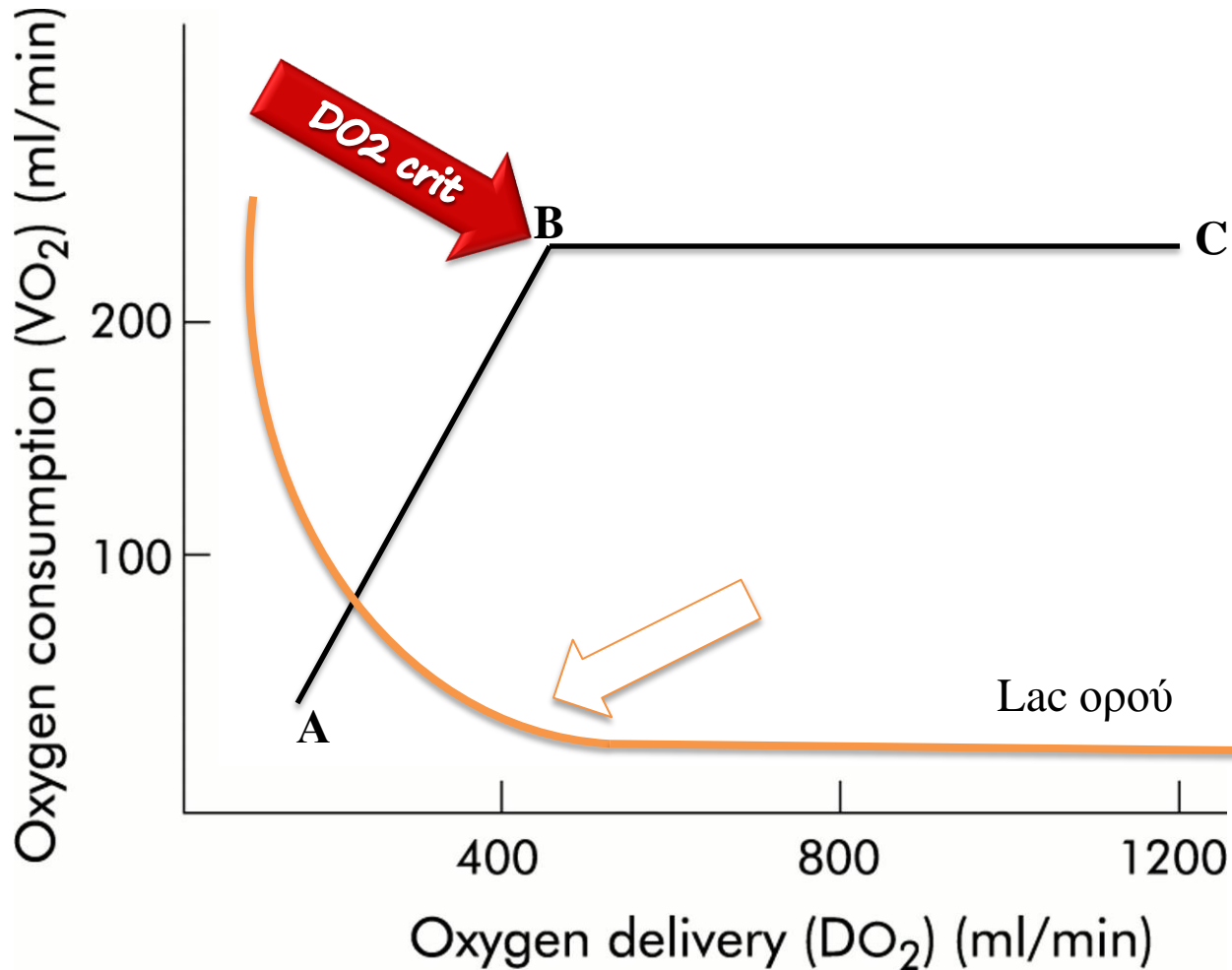
Σχέση DO_2-VO_2



$$VO_2 = DO_2 \times (SaO_2 - SvO_2) \\ = DO_2 \times O_2ER$$



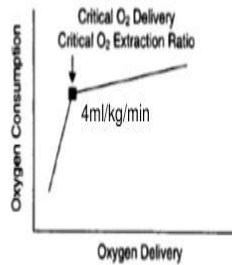
$$VO_2 = DO_2 \times O_2ER$$



October 13, 1993

Identification of the Critical Oxygen Delivery for Anaerobic Metabolism in Critically Ill Septic and Nonseptic Humans

Juan J. Ronco, MD; John C. Fenwick, MD; Martin G. Tweeddale, MD; et al
JAMA. 1993;270(14):1724-1730. doi:10.1001/jama.1993.03510140084034



Sepsis does not alter the critical O₂ delivery for anaerobic metabolism or tissue O₂ extraction ability. Interventions to increase O₂ delivery to supranormal levels in critically ill humans in the hope of increasing O₂ consumption may be inappropriate.

Ronco JJ, et al. JAMA 1993;270:1724

4ml/kg/min

Anesthesiology
2000; 52:407-13
© 2000 American Society of Anesthesiologists, Inc.
Lippincott Williams & Wilkins, Inc.

Critical Oxygen Delivery in Conscious Humans Is Less Than 7.3 ml O₂ · kg⁻¹ · min⁻¹

Jeremy A. Lieberman, M.D.,* Richard B. Weiskopf, M.D.,† Scott D. Kelley, M.D.,‡ John Feiner, M.D.,§
Marian Noorani, B.S.,|| Jacqueline Leung, M.D., M.P.H.,‡ Pearl Toy, M.D.,# and Maureen Viele, M.D.**

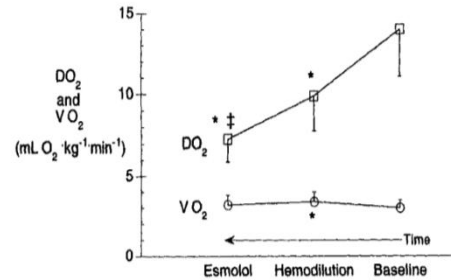


Fig. 1. Oxygen delivery (DO₂) and oxygen consumption (VO₂) in eight healthy adults before (hemoglobin concentration, 12.5 ± 0.8 g/dl) and after (hemoglobin concentration, 4.8 ± 0.2 g/dl) isovolemic hemodilution and during intravenous infusion of a β-adrenergic antagonist, esmolol (with hemoglobin concentration of 4.7 ± 0.2 g/dl). *Indicates P < 0.05 versus baseline; ‡Indicates P < 0.05 versus hemodilution without esmolol.

Lieberman et al, Anesthesiology 2000

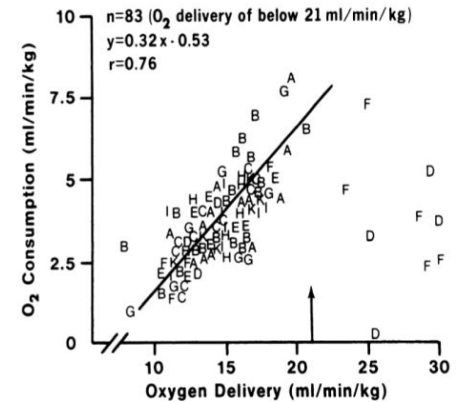
<7,3ml/kg/min



...πόσο είναι το DO2 crit?

Relationship between O₂ Delivery and O₂ Consumption in the Adult Respiratory Distress Syndrome*

Z. Mohsenifar, M.D., F.C.C.P.; P. Goldbach, M.D.;
D.P. Tashkin, M.D., F.C.C.P.; and D.J. Campisi, M.D., F.C.C.P.

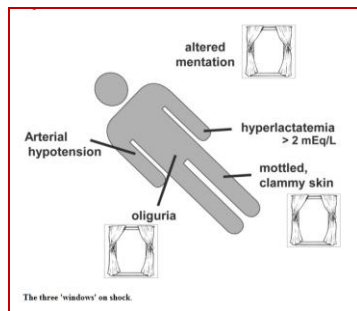


Mohsenifar et al, Chest 1983

21ml/kg/min

Εκτίμηση ιστικής άρδευσης

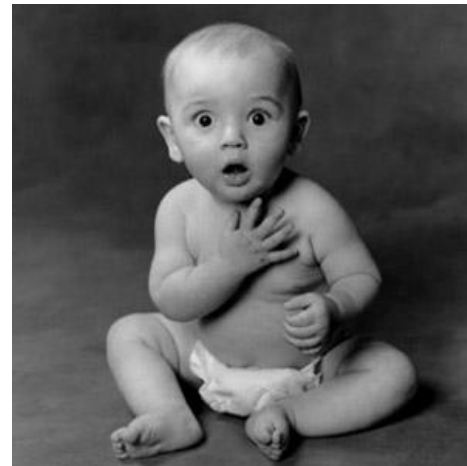
Κλινικοί δείκτες



Εργαστηριακοί
δείκτες

$ScvO_2/SvO_2$
Γαλακτικό οξύ

Κλινική εικόνα του shock





Αρτηριακή υπόταση

Αύξηση γαλακτικού

Σημεία ιστικής
υποάρδευσης

Διαταραχές στην μικροκυκλοφορία



Shock

- SBP < 90mmHg
- MAP < 65mmHg
- μείωση ≥ 40 mmHg από το baseline

Αρτηριακή υπόταση

Αύξηση γαλακτικού

Σημεία ιστικής υποάρδευσης

Διαταραχές στην μικροκυκλοφορία

Υπόταση

\neq

Shock

Υπόταση ΧΩΡΙΣ σημεία ιστικής υποάρδευσης ΔΕΝ υποδηλώνει shock

Φυσιολογική αρτηριακή πίεση ΔΕΝ αποκλείει την παρουσία shock



Διαταραχές στην μικροκυκλοφορία

↑ γαλακτικού

- Lac > 2mmol/L
- προγνωστικός δείκτης
- θεραπευτικός στόχος



Διαταραχές στην μικροκυκλοφορία



altered mentation

oliguria

mottled, clammy skin

ιστική υποάρδευση

Δέρμα :

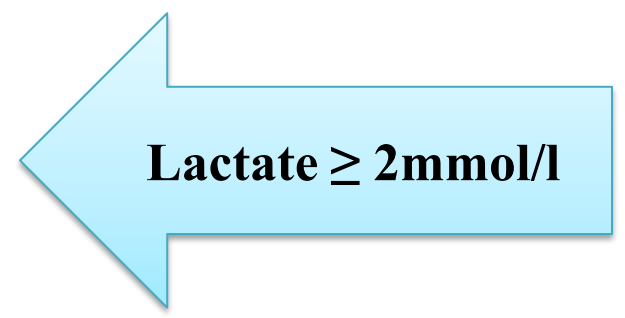
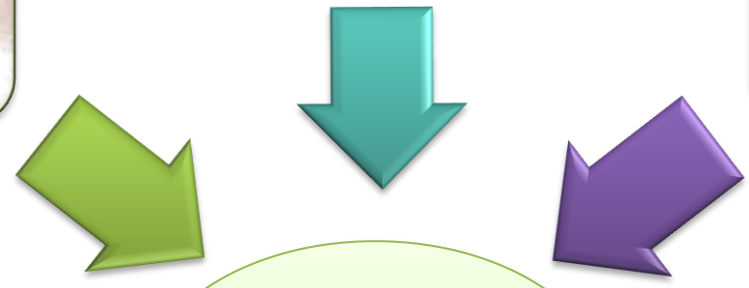
- Κρύο δέρμα
- Ακροκυάνωση
- Μειωμένη τριχοειδική επαναπλήρωση
- Περίωση

Νεφροί:

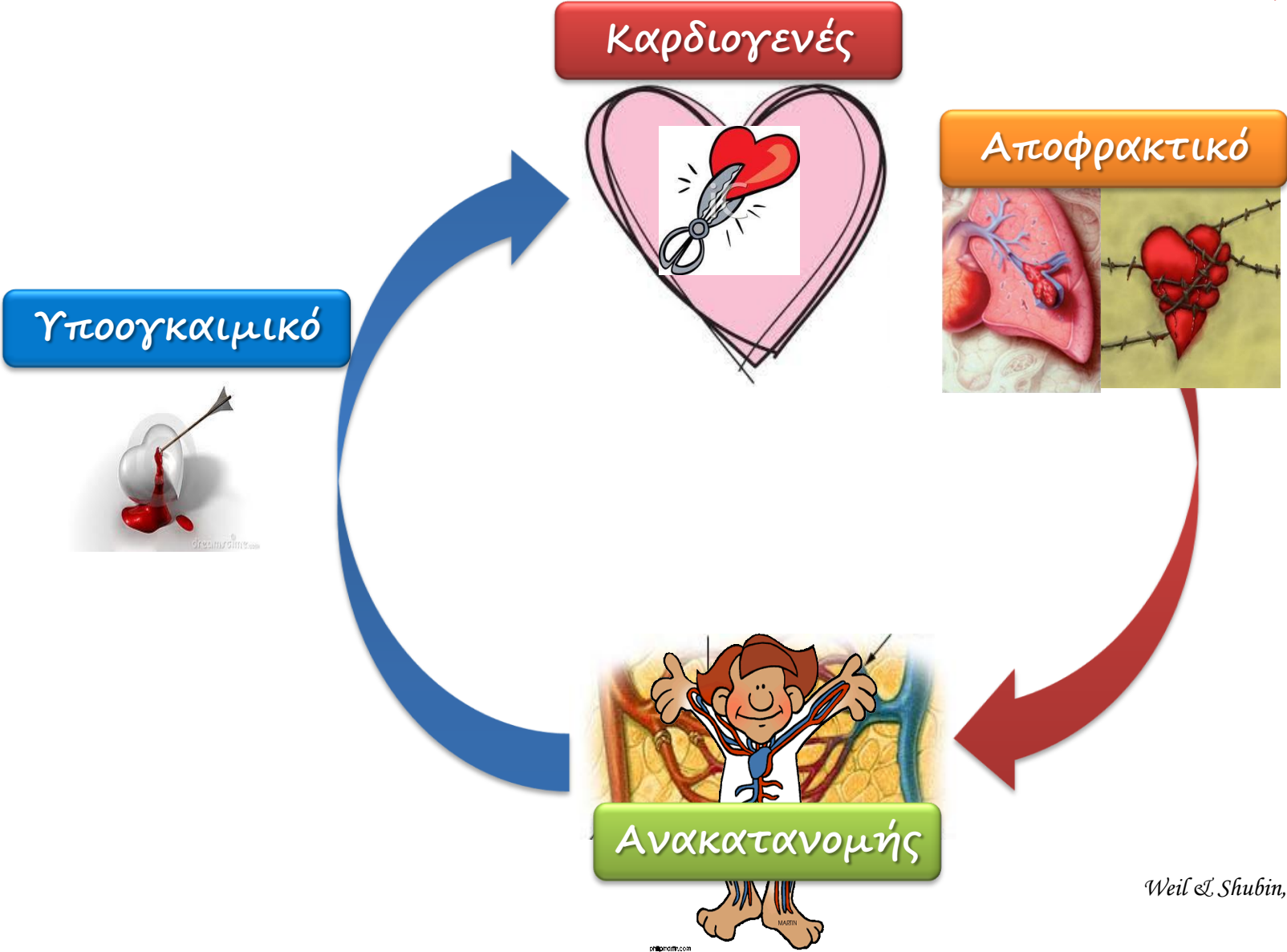
- Ολιγουρία:
<0.5ml/kg/h

ΚΝΣ:

- Επηρεασμένο επίπεδο συνείδησης
- Σύγχυση
- Κώμα



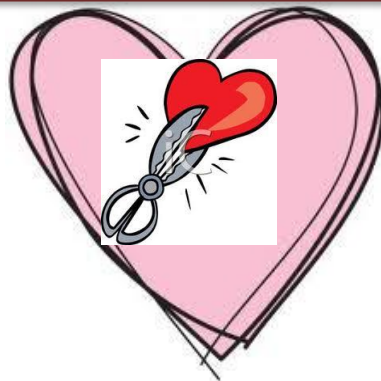
Παθοφυσιολογική
ταξινόμηση



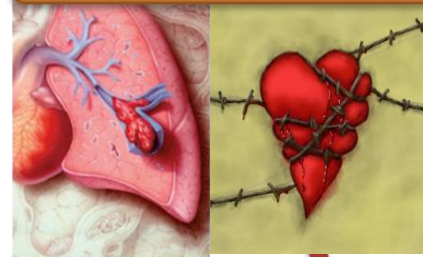
ανεπάρκεια καρδιακής αντλίας

Παθοφυσιολογική
ταξινόμηση

Καρδιογενές



Αποφρακτικό



μείωση ενδαγγειακού
όγκου

Υπογκαιμικό



παρεμπόδιση πλήρωσης καρδιάς ή
εξώθησης του αίματος

Ανακατανομής

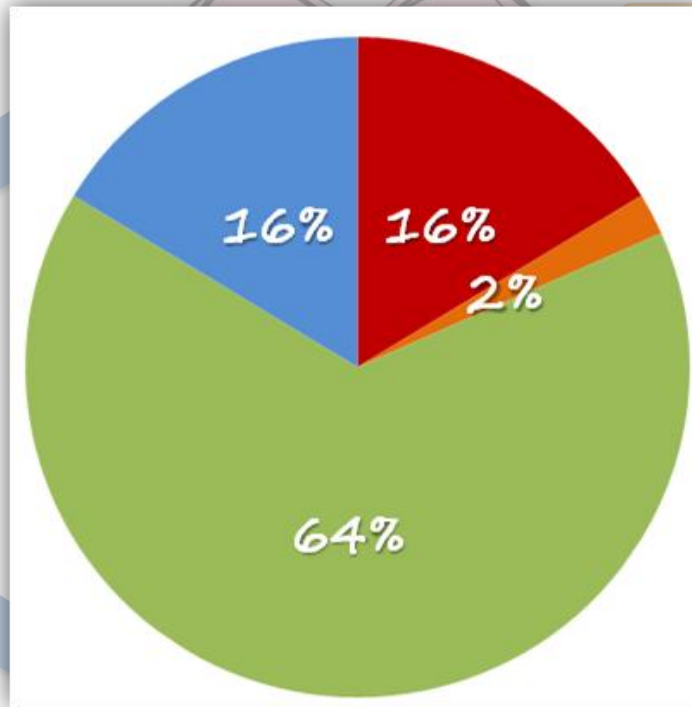


διαταραχή αγγειακού τόνου

Επίπτωση

ανεπάρκεια καρδιακής αντλίας

Καρδιογενές



Αποφρακτικό



όδιση πλήρωσης καρδιάς ή ώθησης του αίματος

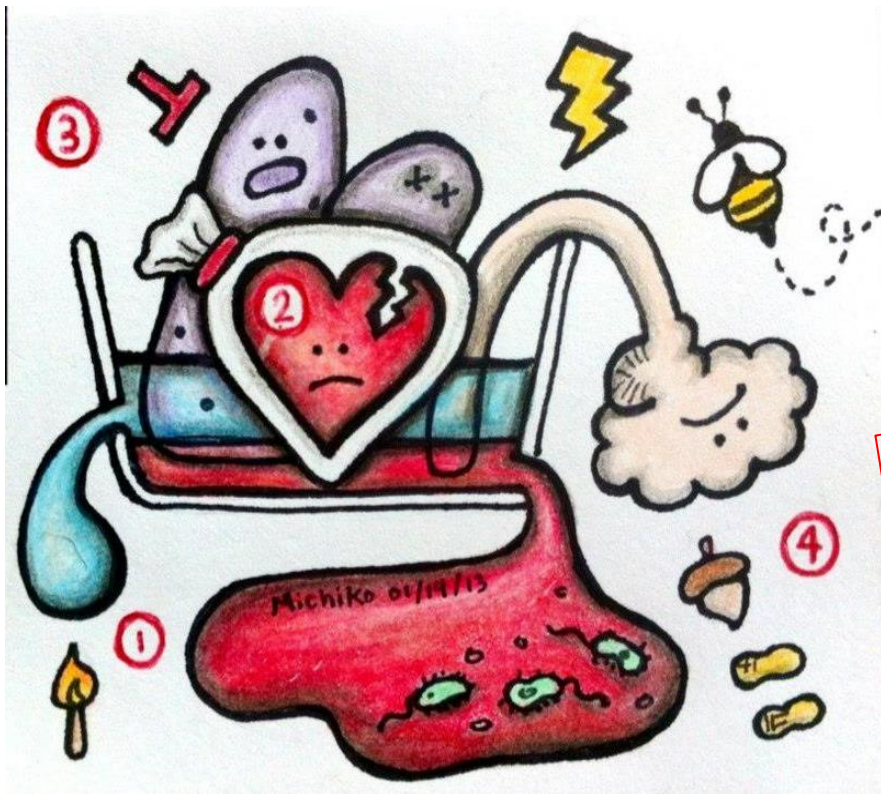
μείωση ενδαγγειακού όγκου

Υποογκαιμικό



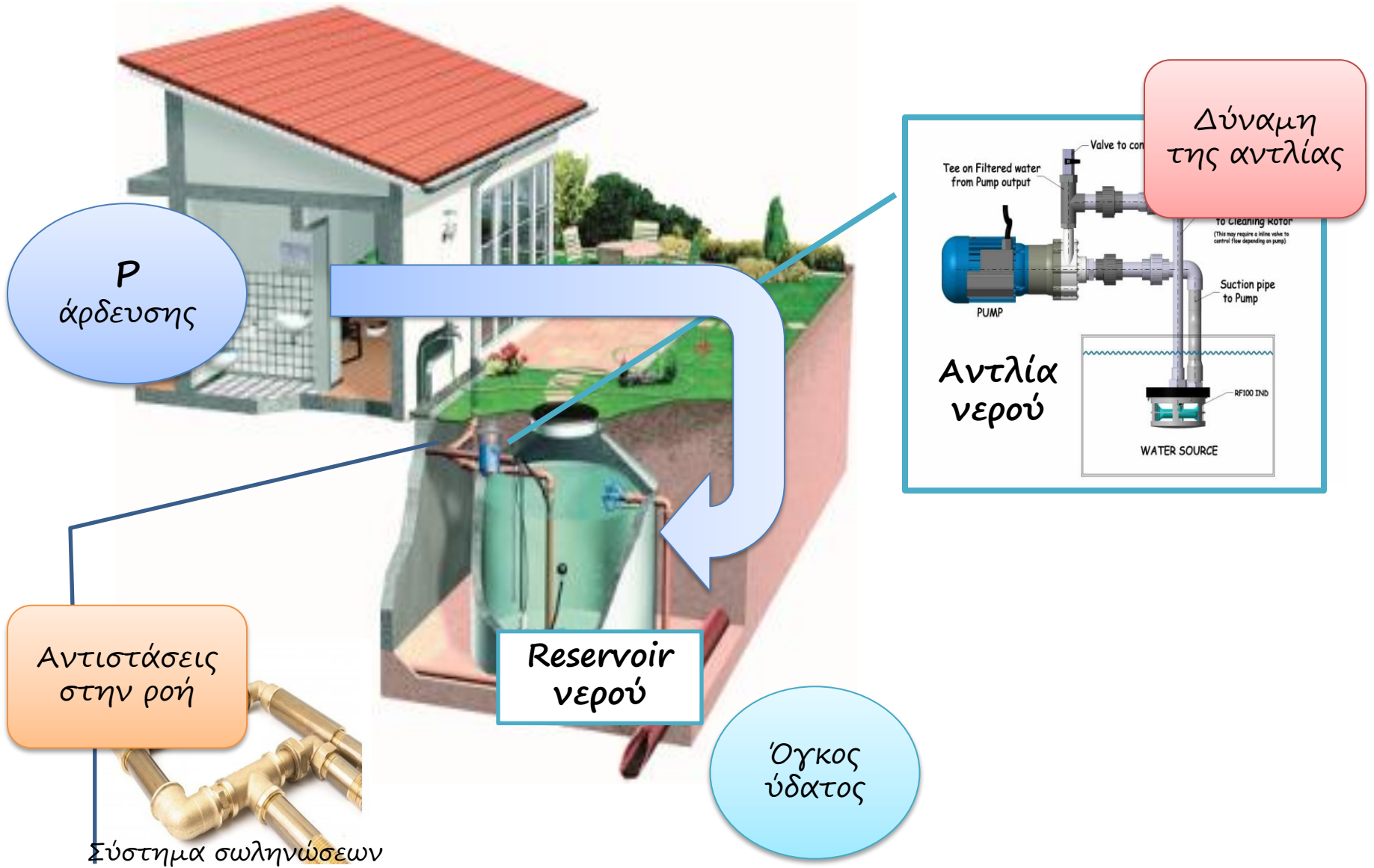
Ανακατανομής

διαταραχή αγγειακού τόνου

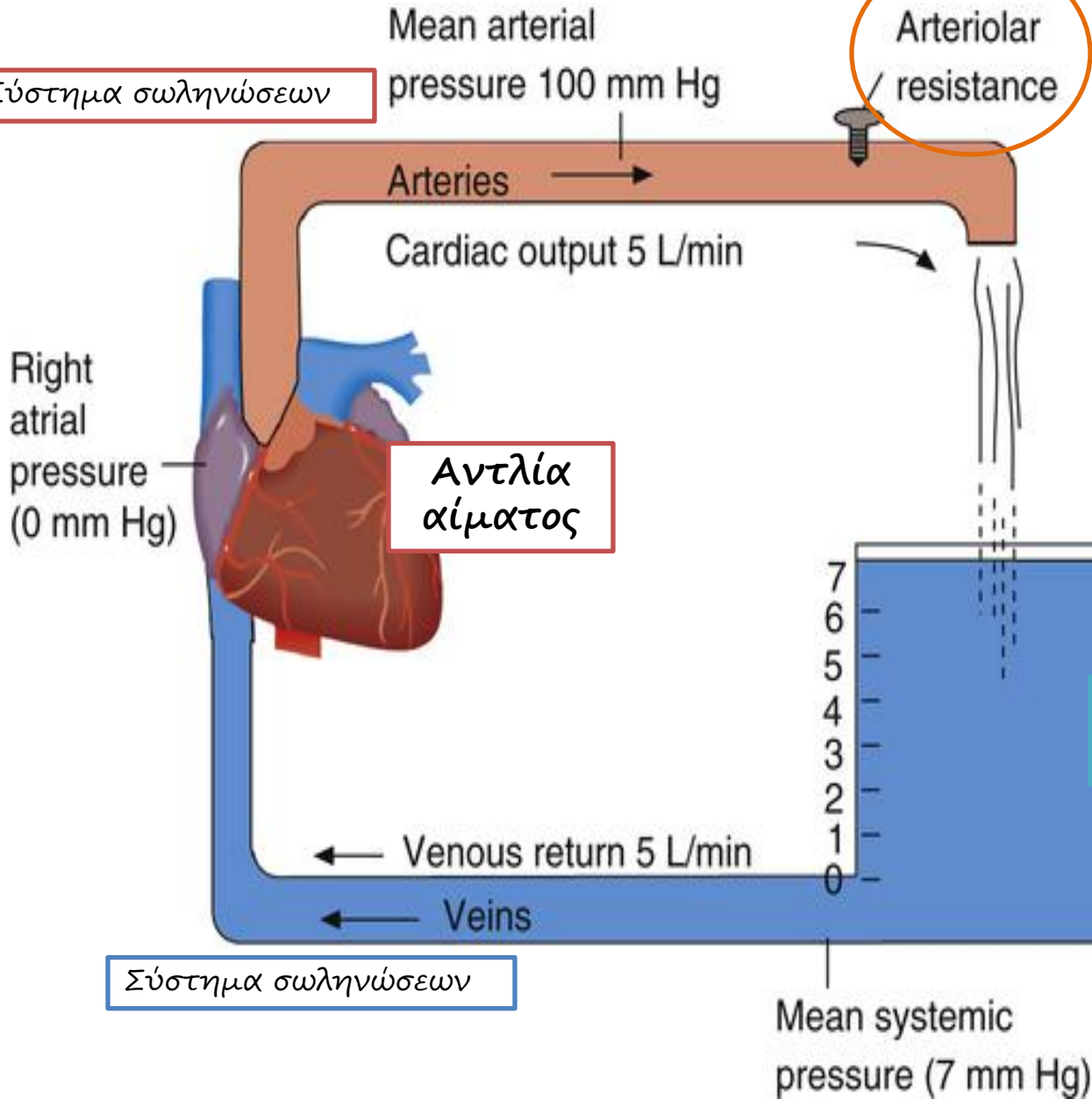


Φυσιολογία κυκλοφορικού
&
Παθοφυσιολογικές διαταραχές
στο shock

Υδραυλικό – Κυκλοφορικό σύστημα



Σύστημα σωληνώσεων



Mean arterial pressure 100 mm Hg

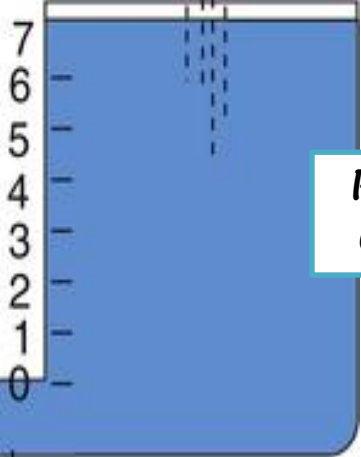
Arteriolar resistance

Arteries

Cardiac output 5 L/min

Right atrial pressure (0 mm Hg)

Αντλία αίματος



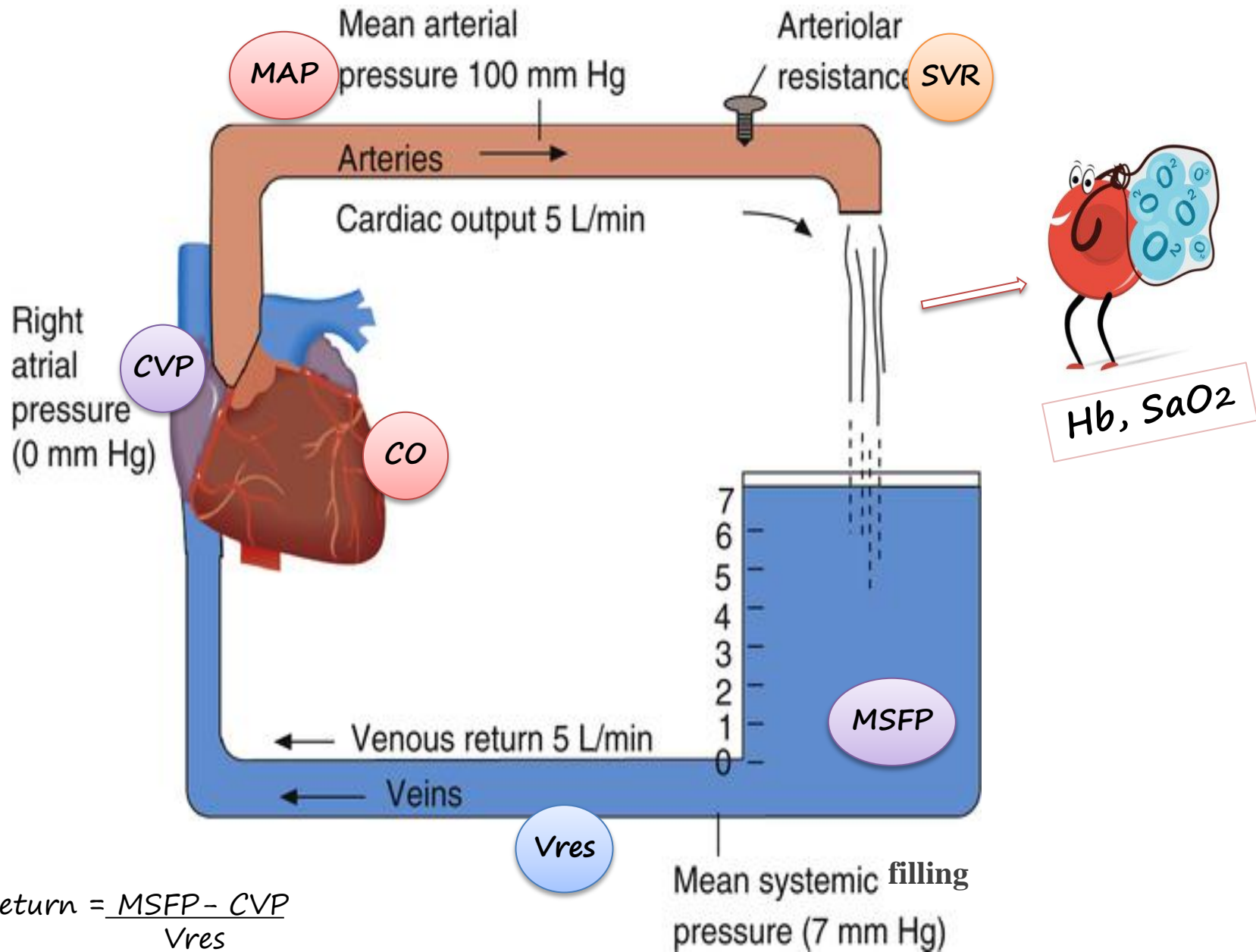
Reservoir αίματος

Venous return 5 L/min

Veins

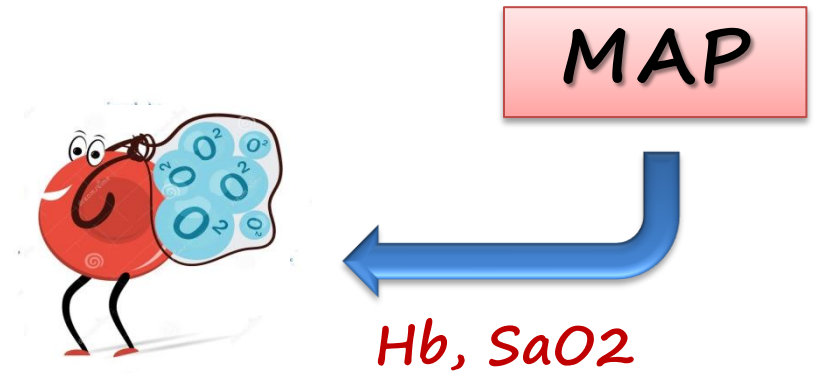
Σύστημα σωληνώσεων

Mean systemic pressure (7 mm Hg)



$$\text{Venous Return} = \frac{\text{MSFP} - \text{CVP}}{V_{res}}$$

MAP (Mean Arterial Pressure): η πίεση άρδευσης των
ιστών



MAP (Mean Arterial Pressure): η πίεση άρδευσης των ιστών

Καρδιακή παροχή (CO: Cardiac Output): ο όγκος του αίματος που εξωθείται από τις κοιλίες σε ένα λεπτό

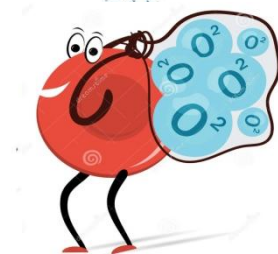
SVR (Systemic Vascular Resistance): οι αντιστάσεις της συστηματικής κυκλοφορίας

Καρδιακή
παροχή (CO)

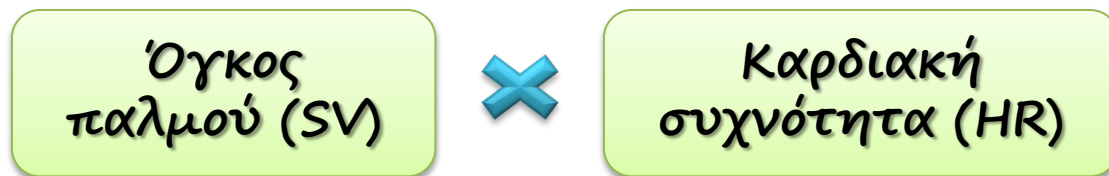


SVR

MAP



Hb, SaO₂



MAP



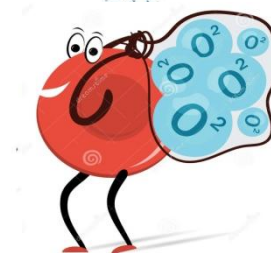
Hb, SaO₂

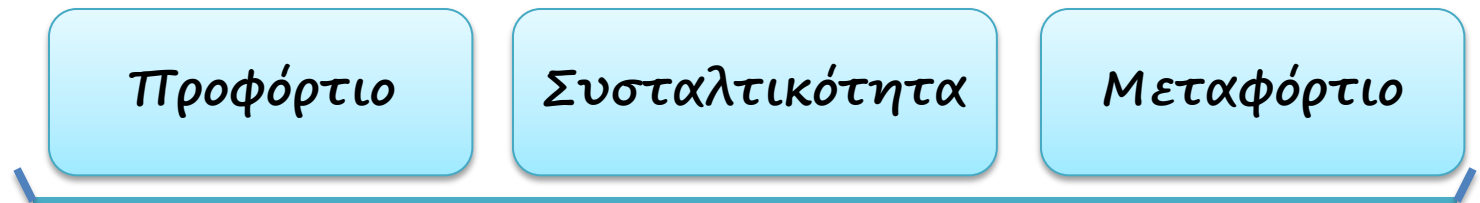
MAP (Mean Arterial Pressure): η πίεση άρδευσης των ιστών

Καρδιακή παροχή (CO: Cardiac Output): ο όγκος του αίματος που εξωθείται από τις κοιλίες σε ένα λεπτό

SVR (Systemic Vascular Resistance): οι αντιστάσεις της συστηματικής κυκλοφορίας

Όγκος παλμού (SV: Stroke Volume): ο όγκος του αίματος που εξωθείται σε μία καρδιακή συστολή





MAP

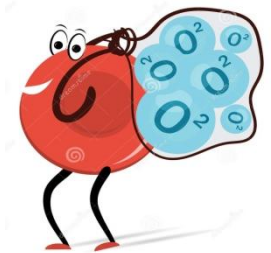


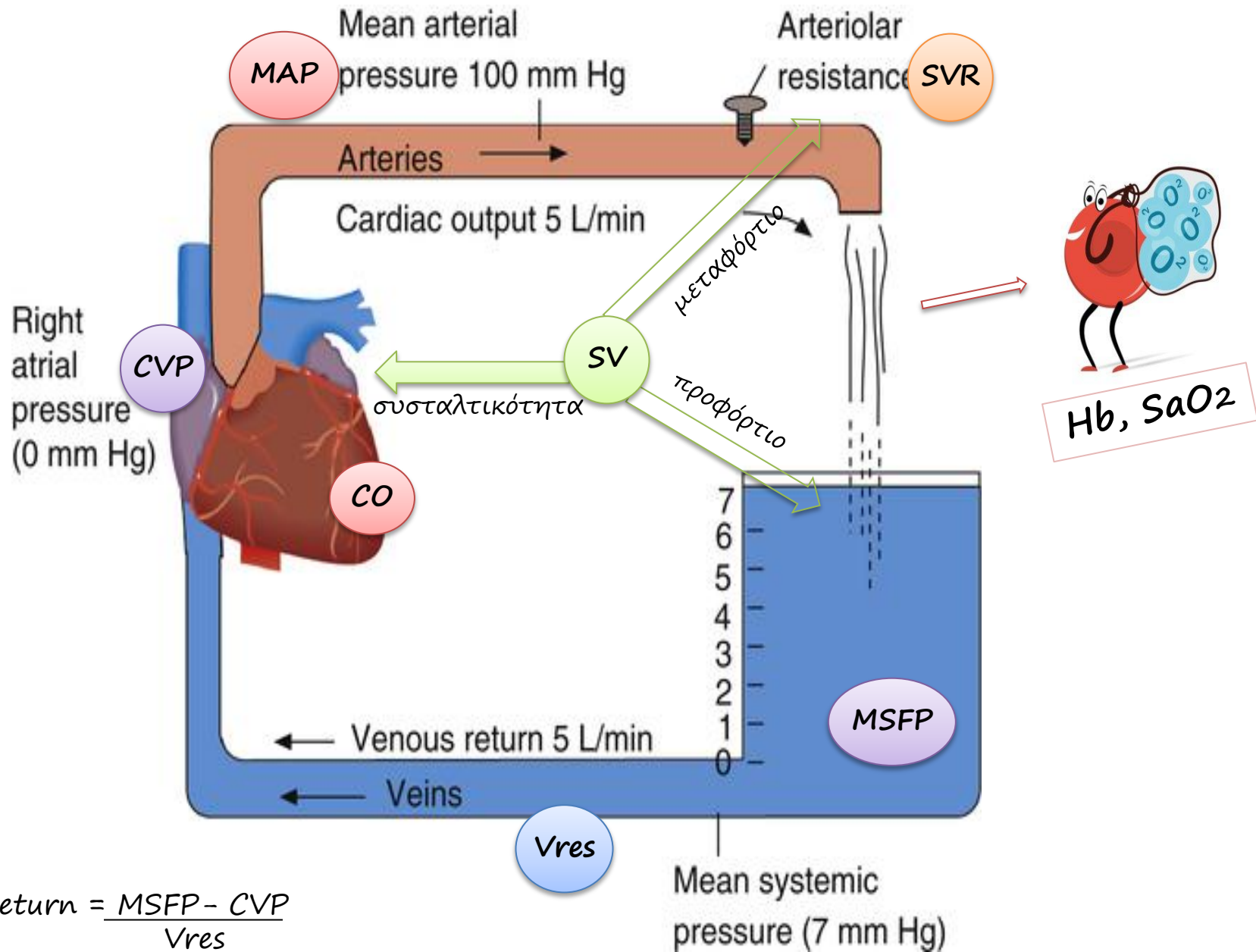
Hb, SaO₂

Προφόρτιο: ο όγκος του αίματος που υπάρχει στις κοιλίες στο τέλος της διαστολής

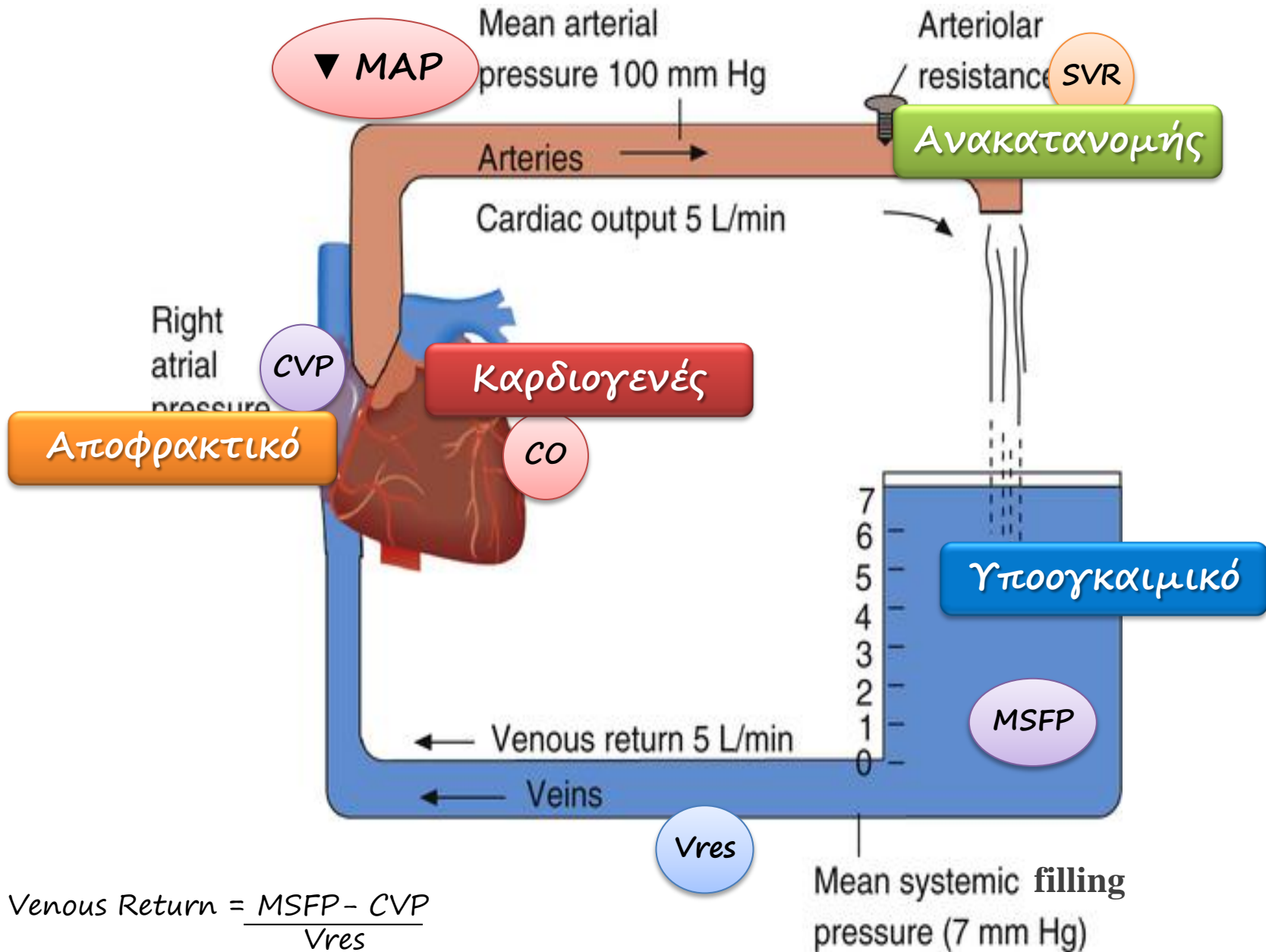
Συσταλτικότητα: η δύναμη συστολής του καρδιακού μυ

Μεταφόρτιο: η αντίσταση στην εξώθηση του αίματος από τις κοιλίες (αντιστάσεις)





$$\text{Venous Return} = \frac{\text{MSFP} - \text{CVP}}{\text{Vres}}$$



$$\text{Venous Return} = \frac{\text{MSFP} - \text{CVP}}{\text{Vres}}$$

Mean systemic filling pressure (7 mm Hg)

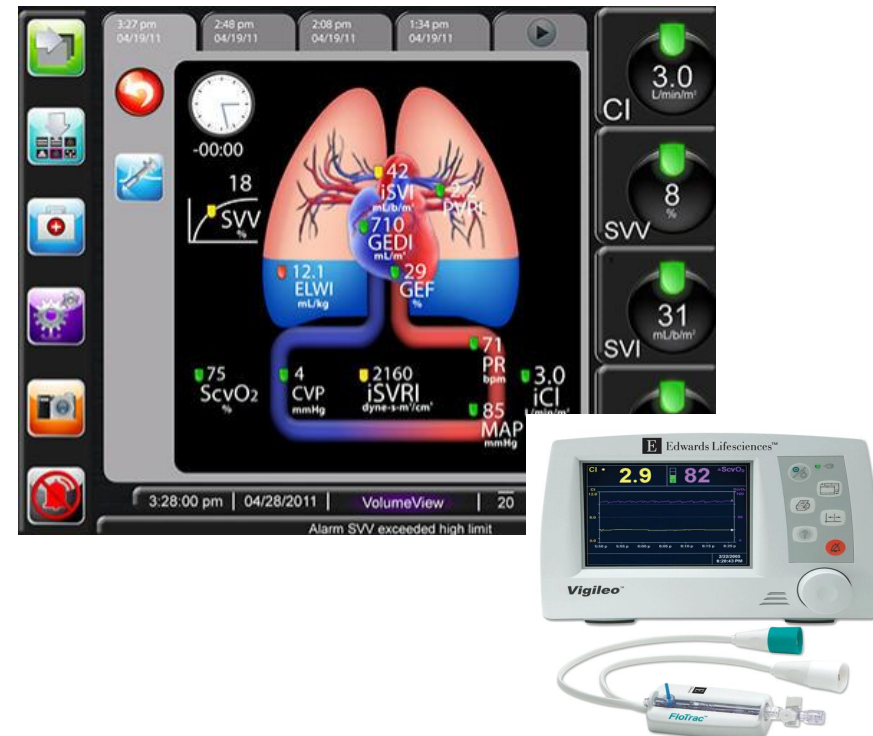
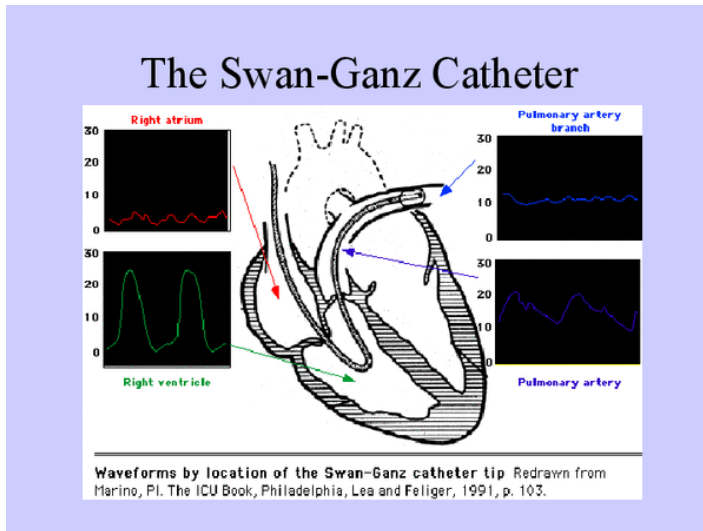
Μέτρηση καρδιακής παροχής (CO)

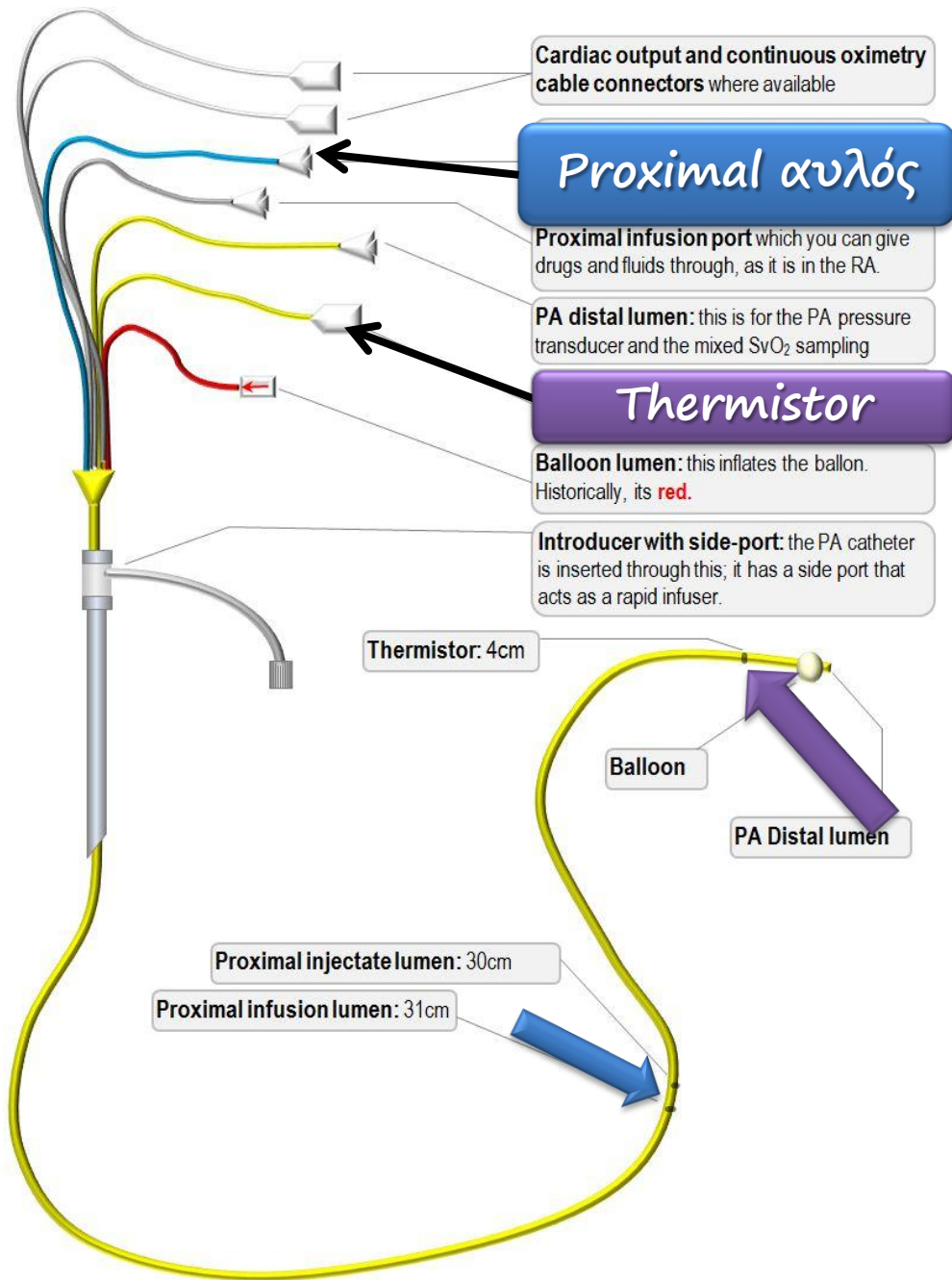
Επεμβατική μέθοδος

- Πνευμονική θερμοαραίωση (καθετηριασμός ΔΕ καρδιακών κοιλοτήτων → Swan-Ganz catheter)

Λιγότερο επεμβατικές μέθοδοι

- Διαπνευμονική θερμοαραίωση (Volume view – PiCCO)
- Pulse contour analysis (Vigileo)



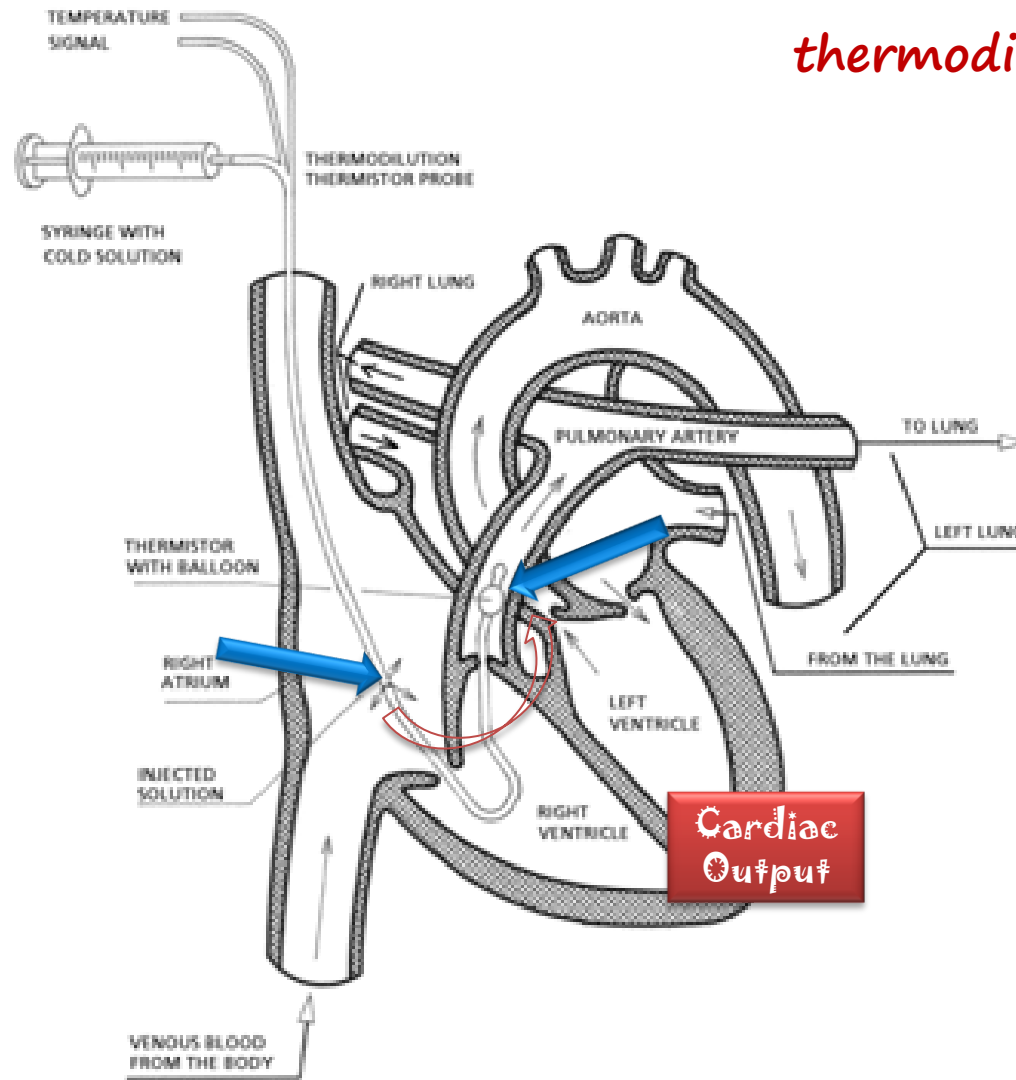


Καθετήρας Swan-Ganz:

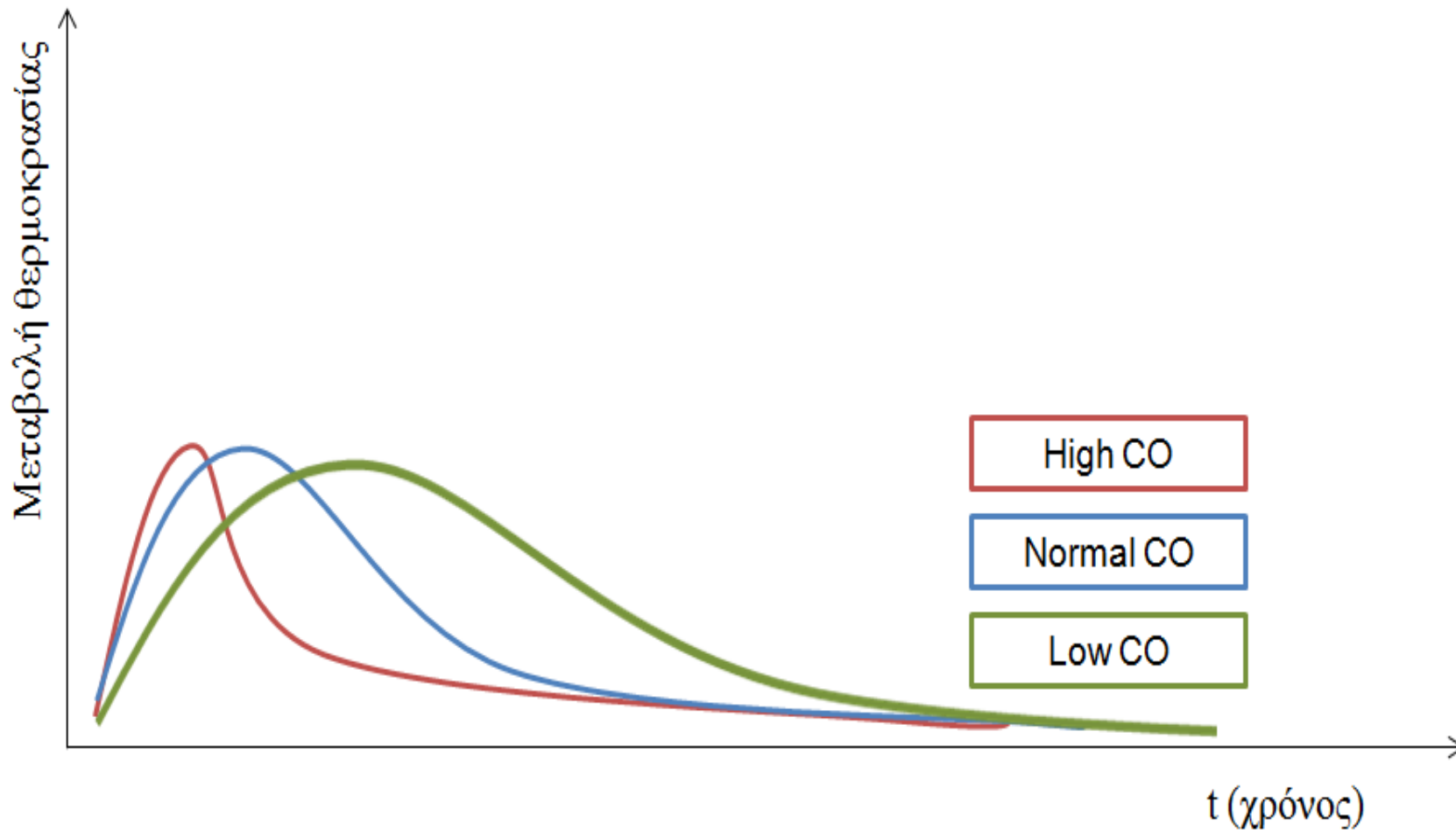
- 110 cm μήκος, 7F διάμετρος, ακτινοσκιερό υλικό (PVC)
- Τέσσερις βασικοί αυλοί:
 - distal (άκρη καθετήρα)
 - proximal (30 cm από την άκρη του καθετήρα)
 - αυλός μπαλονιού-μπαλόνι χωρητικότητας 1,5ml αέρα
 - θερμίστορας: 2-4cm από την άκρη του καθετήρα

Swan-Ganz Standard Thermodilution Pulmonary Artery Catheter

Swan-Ganz thermodilution catheter



CO: πνευμονική θερμοαραίωση



FROM THE BODY

CO: πνευμονική θερμοαραίωση

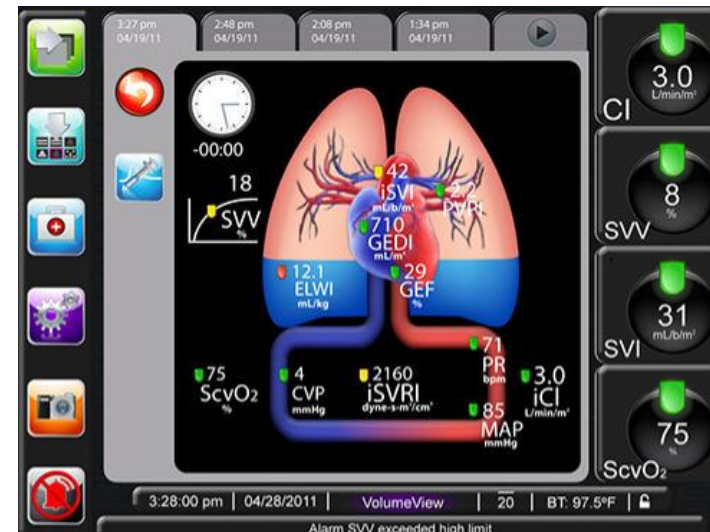
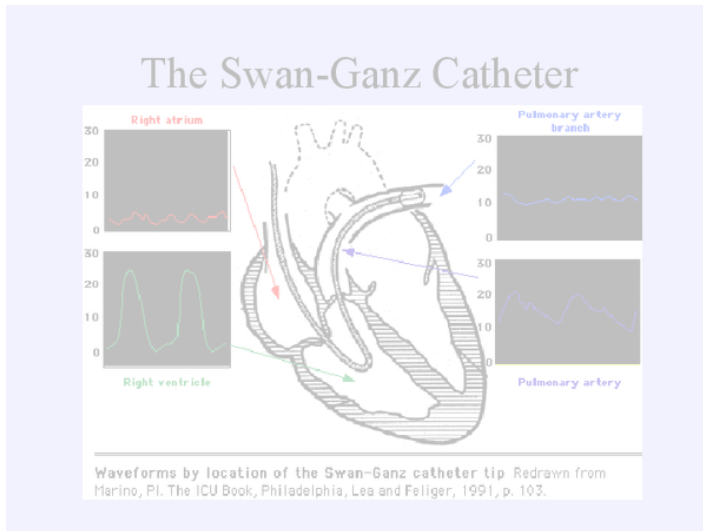
Μέτρηση καρδιακής παροχής (CO)

Επεμβατική μέθοδος

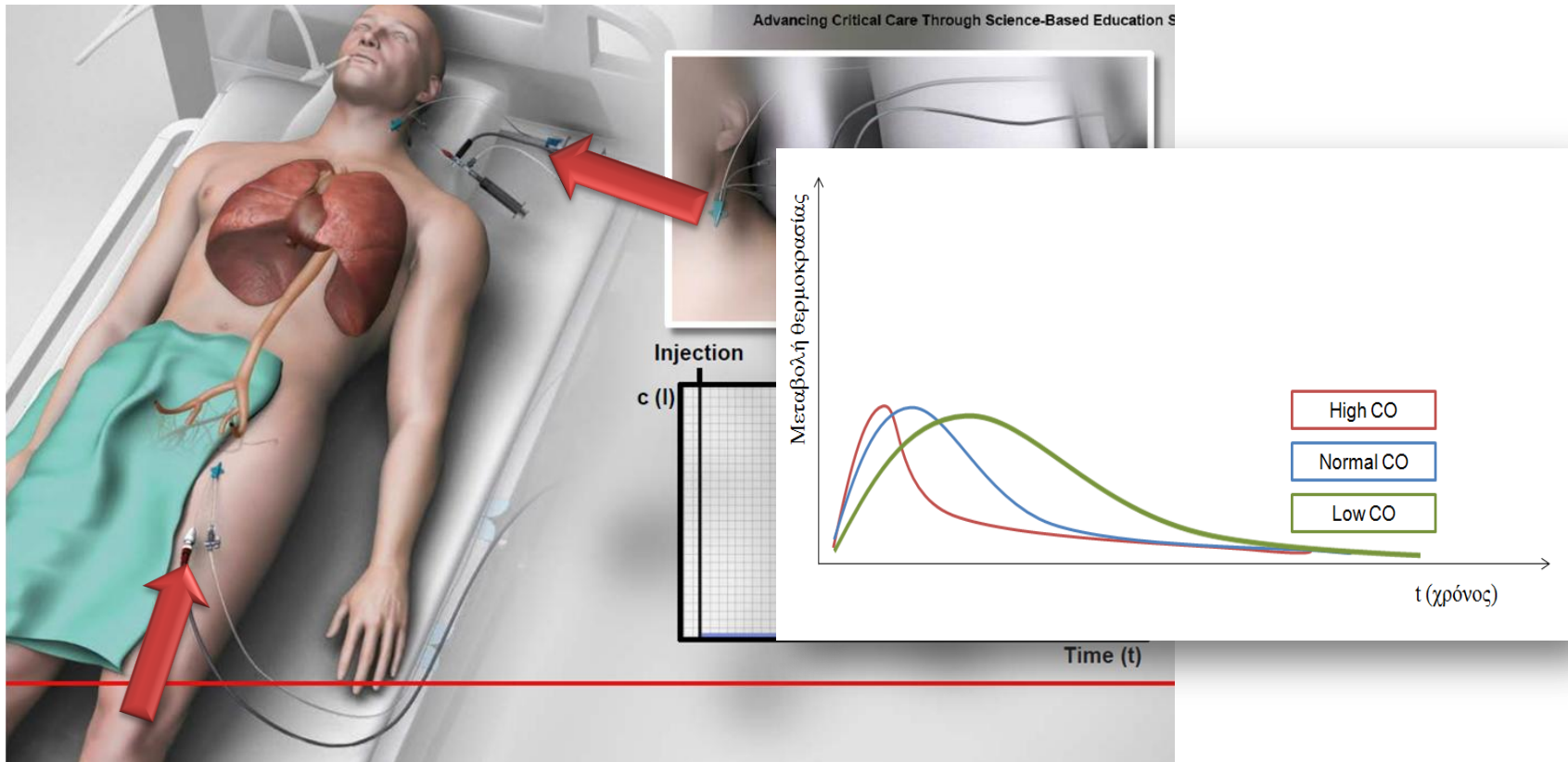
- Πνευμονική θερμοαραίωση (καθετηριασμός ΔΕ καρδιακών κοιλοτήτων → Swan-Ganz catheter)

Λιγότερο επεμβατικές μέθοδοι

- Διαπνευμονική θερμοαραίωση (Volume view – PiCCO)
- Pulse contour analysis (Vigileo)



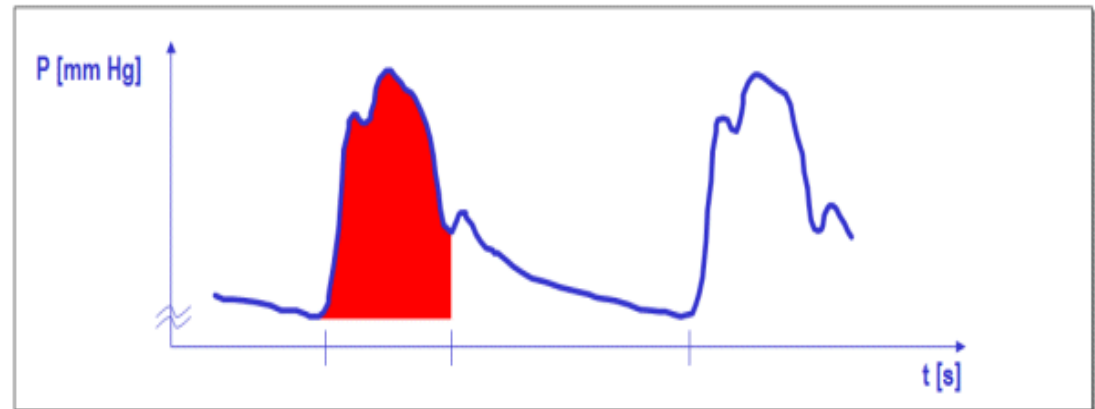
Διαπνευμονική θερμοαραίωση
(transpulmonary thermodilution technique):
PiCCO, LiDCO, COstatus, Volume View



Ελάχιστο επεμβατικό monitoring

Ανάλυση αρτηριακής κυματομορφής (Pulse Contour Analysis) PiCCO, LiDCO, Volume View, Vigileo

Συστήματα υπολογισμού του
Cardiac Output – Stroke
Volume μέσω της ανάλυσης
του αρτηριακού κύματος και
συσχέτισης των μεταβολών του
με μεταβολές ροής ή όγκου.



$$PCCO = \text{cal} \cdot \text{HR} \cdot \int_{\text{Systole}} \left(\frac{P(t)}{\text{SVR}} + C(p) \cdot \frac{dP}{dt} \right) dt$$

Patient-specific
calibration factor
(determined by
thermodilution)

Heart
rate

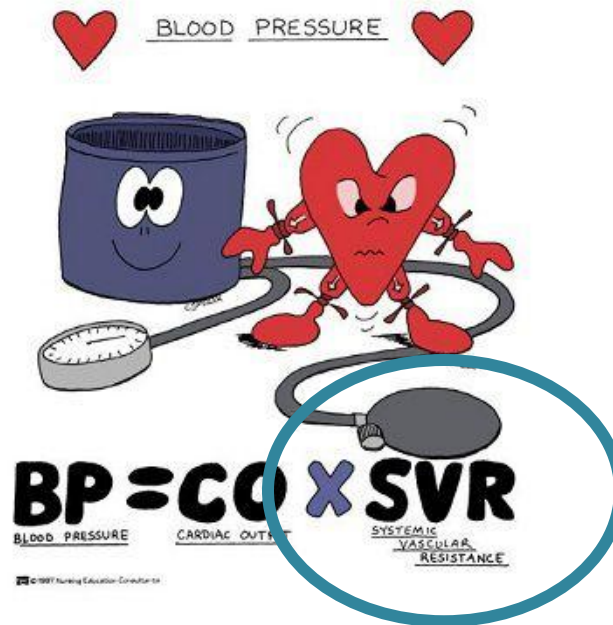
Area under
pressure
curve

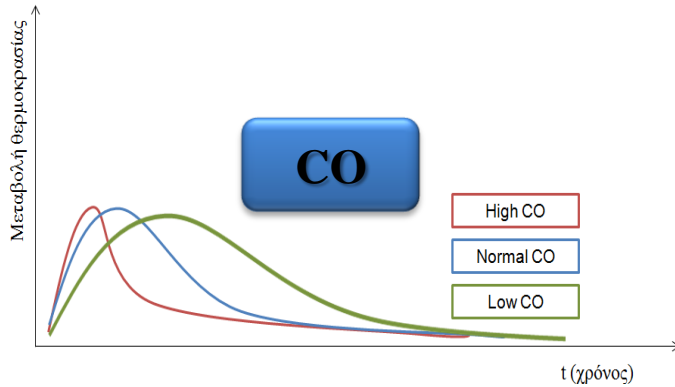
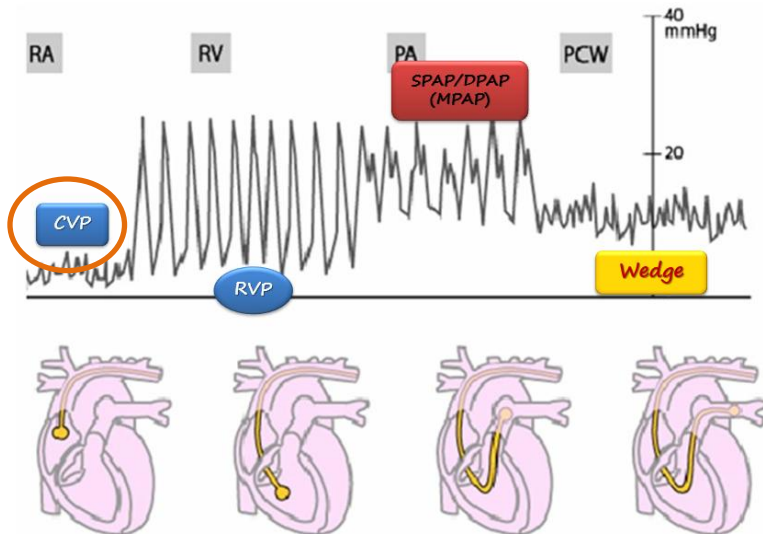
Aortic
compliance

Shape of
pressure
curve

Δεν χρησιμοποιείται σε αρρυθμίες

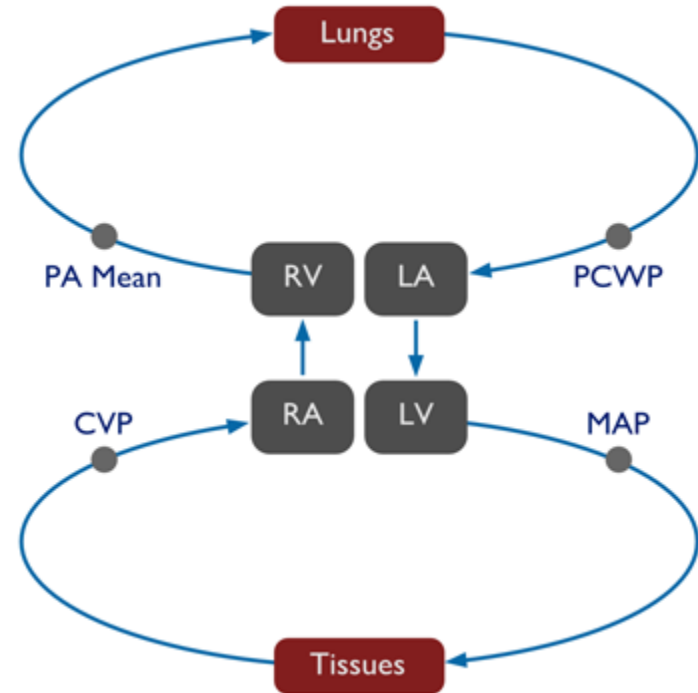
Υπολογισμός περιφερικών αντιστάσεων





PA Mean - PCWP = Pressure Drop
Across the Pulmonary Circulation

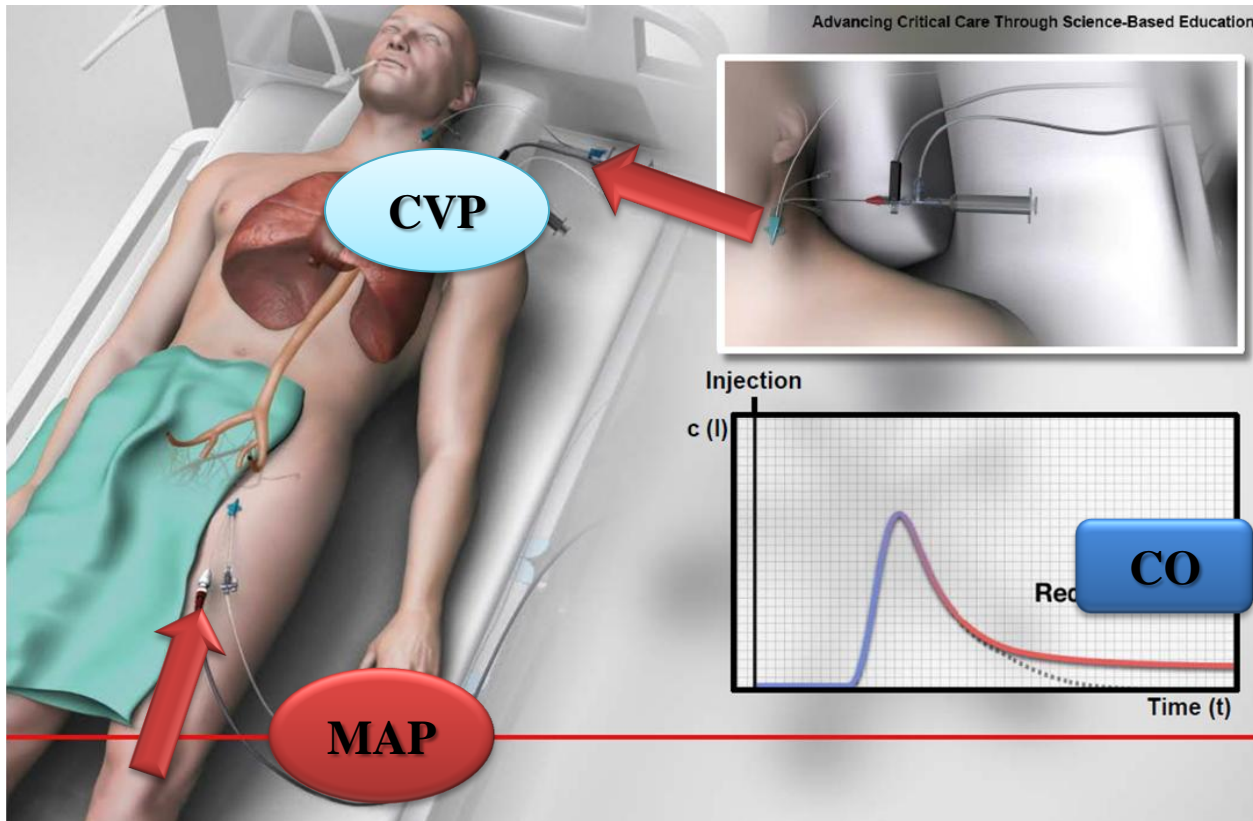
$$PVR = \frac{PA \text{ Mean} - PCWP}{CO} \times 80$$



$$SVR = \frac{MAP - CVP}{CO} \times 80$$

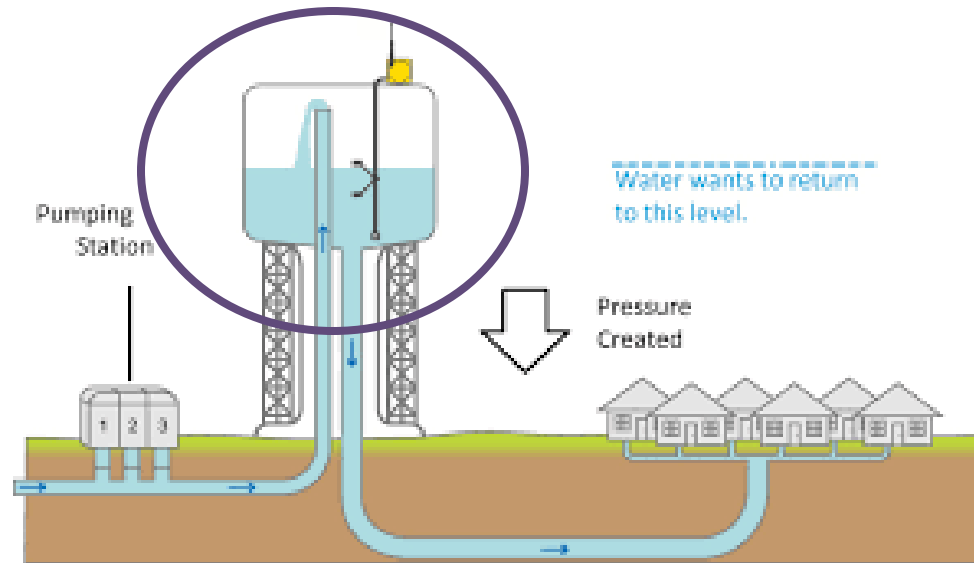
MAP - CVP = Pressure Drop
Across the Systemic Circulation

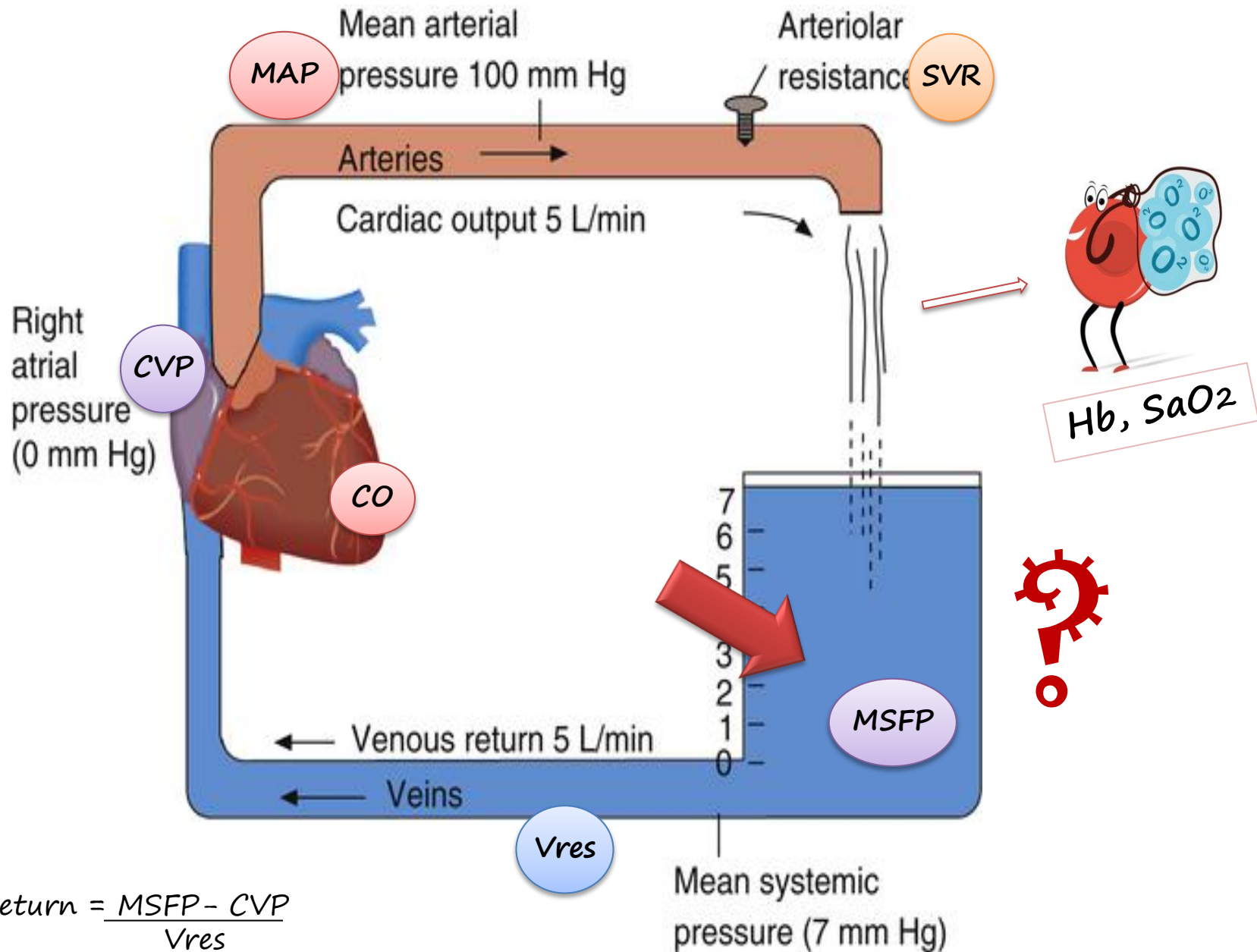
Διαπνευμονική θερμοαραίωση
(transpulmonary thermodilution technique):
PiCCO, LiDCO, COstatus, Volume View



$$SVR = \frac{MAP - CVP}{CO}$$

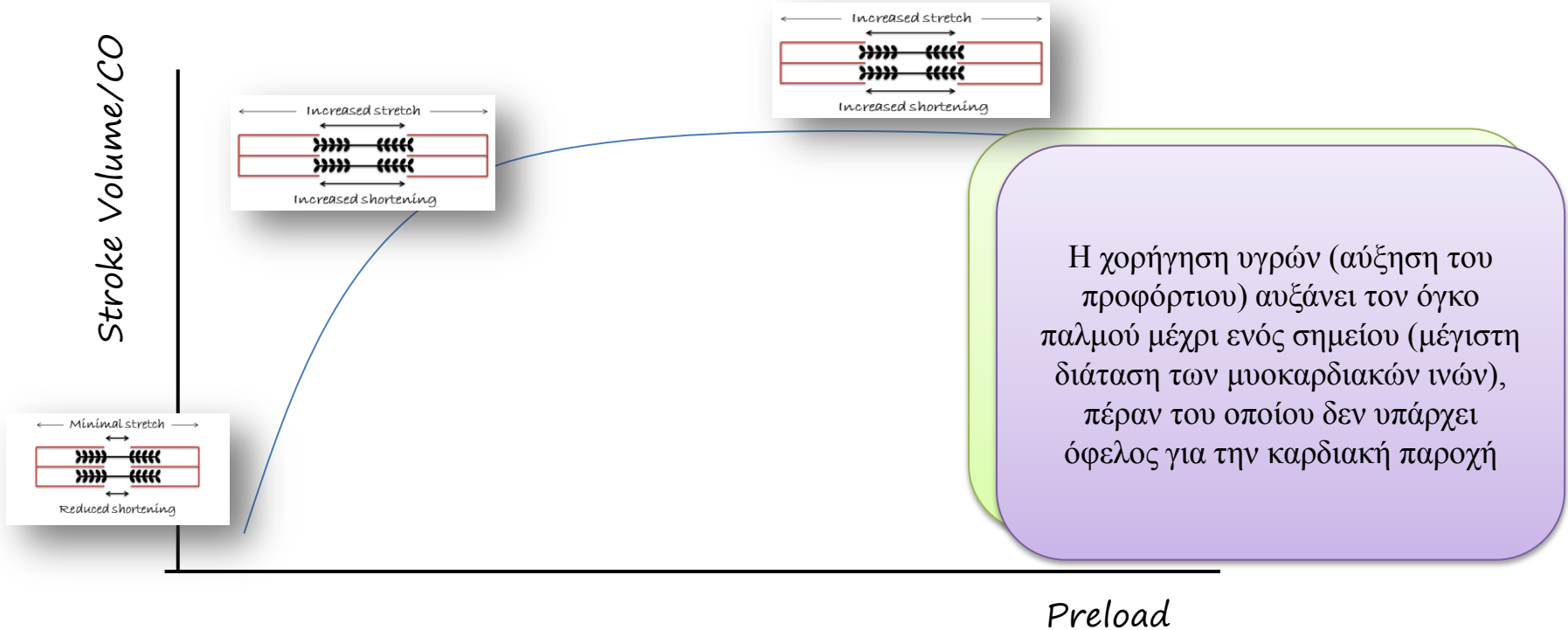
Εκτίμηση ενδαγγειακού όγκου





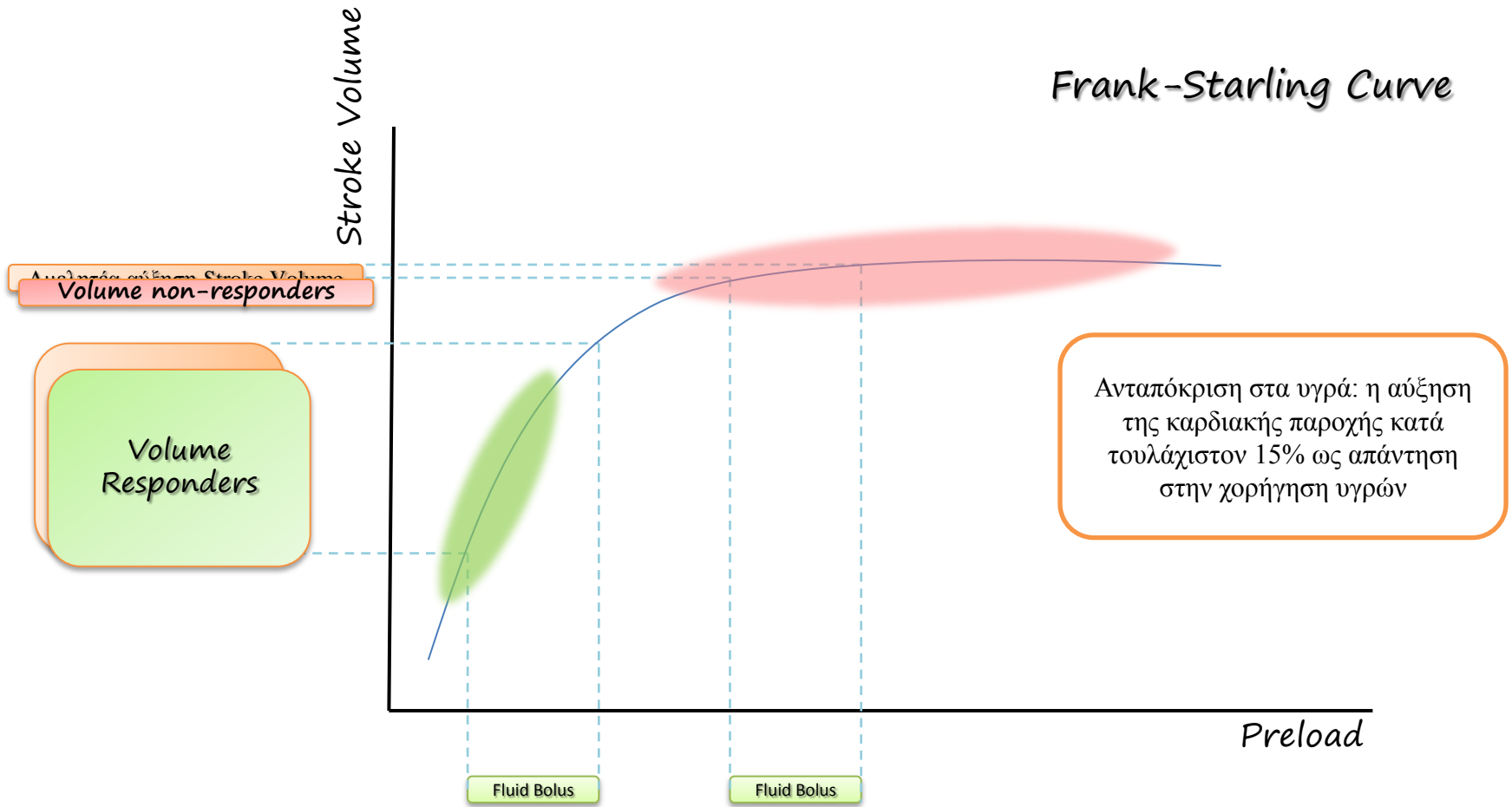
$$\text{Venous Return} = \frac{\text{MSFP} - \text{CVP}}{\text{Vres}}$$

Frank-Starling Curve



Εκτίμηση ενδαγγειακού όγκου

Frank-Starling Curve



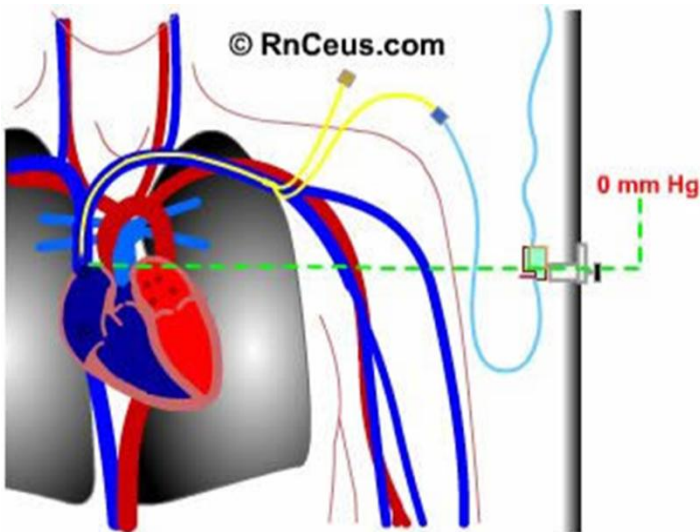
Εκτίμηση ενδαγγειακού όγκου

Δείκτες εκτίμησης του ενδαγγειακού όγκου (προφόρτιο)

- *Στατικοί δείκτες ενδαγγειακού όγκου (πιέσεις πλήρωσης)*
 - *CVP* (Κεντρική Φλεβική Πίεση)
 - *Wedge* - Πίεση Ενσφήνωσης (ΔΕ καρδιακός καθετηριασμός)
- *Δυναμικοί δείκτες ενδαγγειακού όγκου*
 - *SVV* (Stroke Volume Variation)
 - *PPV* (Pulse Pressure Variation)
- *Λειτουργικοί δείκτες ενδαγγειακού όγκου*
 - *PLR* (Passive Leg Raising)
 - *Φόρτιση με υγρά*

*CVP (CENTRAL VENOUS PRESSURE)
WEDGE – PAOP (PULMONARY ARTERIAL
OCCLUSION PRESSURE)*

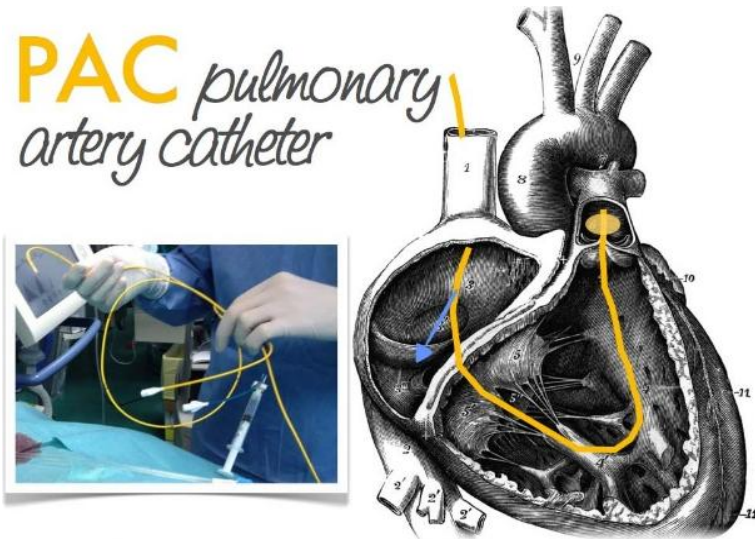
*Στατικοί δείκτες εκτίμησης του
ενδαγγειακού όγκου – CVP/Wedge*



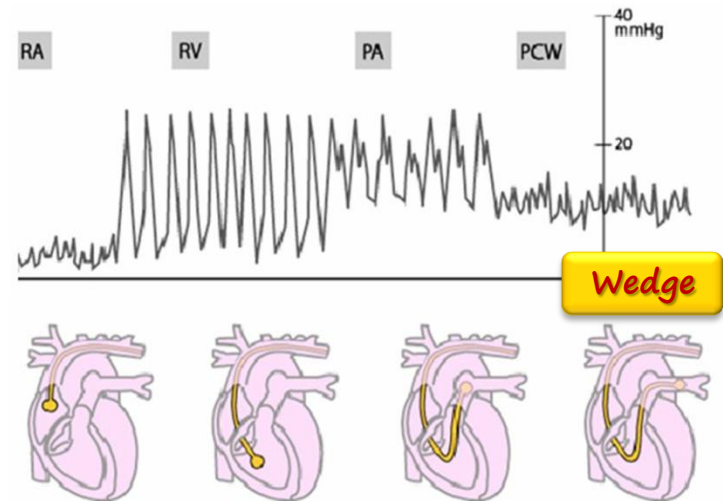
- ✓ Μέτρηση μέσω καθετήρα σε κεντρική γραμμή (σφαγίτιδα ή υποκλείδιο φλέβα), το άκρο του οποίου φτάνει στην συμβολή της άνω κοίλης φλέβας με τον ΔΕ κόλπο
- ✓ Η CVP μετριέται με σημείο αναφοράς = 0 την ατμοσφαιρική πίεση (*zeroing*)

Στατικοί δείκτες εκτίμησης του ενδαγγειακού όγκου - CVP

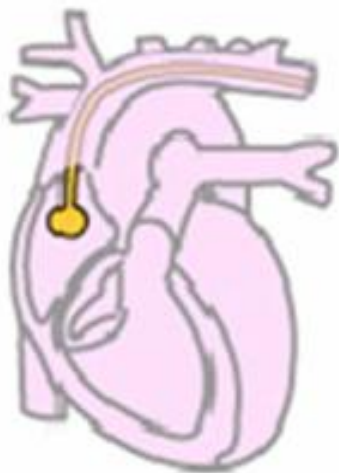
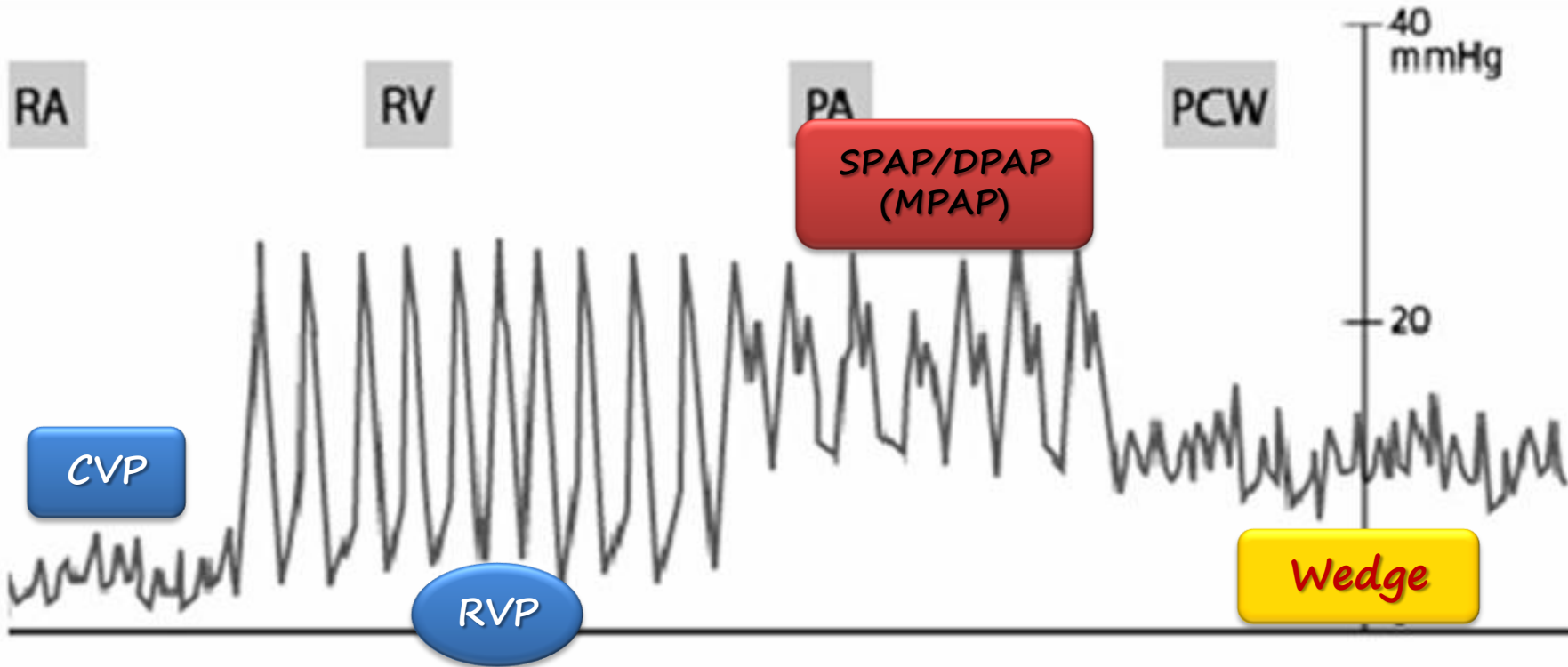
Swan-Ganz Standard Thermodilution Pulmonary Artery Catheter



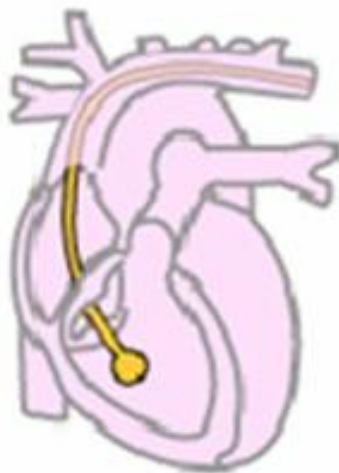
Μέτρηση της wedge με τον δεξιό
καρδιακό καθετηριασμό και τον καθετήρα
στη θέση ενσφήνωσης



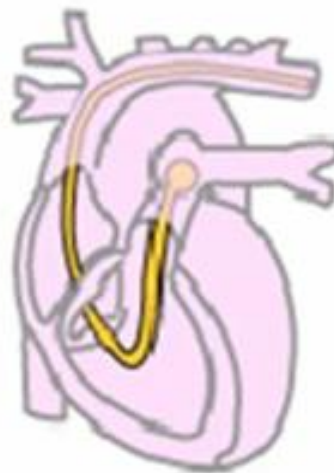
Στατικοί δείκτες εκτίμησης του
ενδαγγειακού όγκου - Wedge



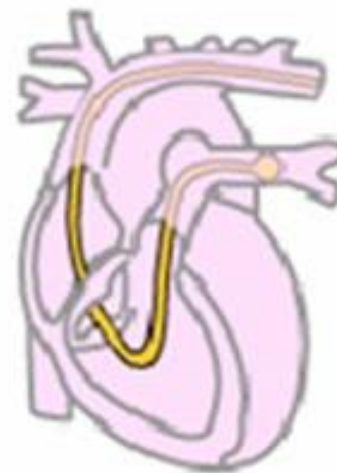
25cm



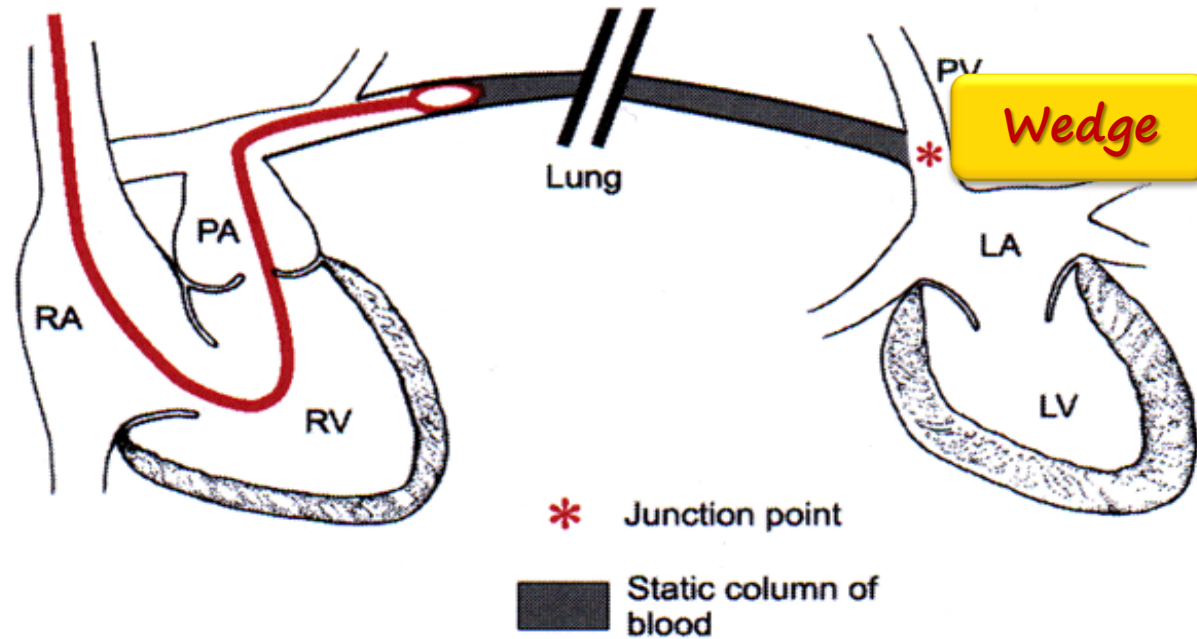
30cm



40cm



45-50cm



Με φουσκωμένο το μπαλόνι αποφράσσεται ένας κλάδος της πνευμονικής αρτηρίας και διακόπτει την ροή αίματος σε ένα πνευμονικό τμήμα, δημιουργώντας μία στατική υδάτινη στήλη μεταξύ του άκρου του καθετήρα και του σημείου J (Junction point), του σημείου δηλαδή όπου οι αποφραγμένες φλέβες συναντούν άλλες φλέβες που έχουν ροή αίματος. Η wedge pressure είναι η πίεση που μετράται στο σημείο J *

Θέση Ενσφήνωσης (WEDGE PRESSURE)

Electrical system of the heart

Διατασιμότητα του μυοκαρδίου

Διατατική μυοκαρδιοπάθεια
 Παθήσεις του περικαρδίου
Tamponade

Διαταραχές του ρυθμού

Κολπική μαρμαρυγή
 Κομβικός ρυθμός
 Κ-κ αποκλεισμός

Βαλβιδοπάθειες

Στένωση τριγλώχινας
 Ανεπάρκεια τριγλώχινας

FSV breaths VC-SIMV with EIP breaths

Pressure at Y-piece (cm H₂O)

Εγδοθωρακικές πιέσεις

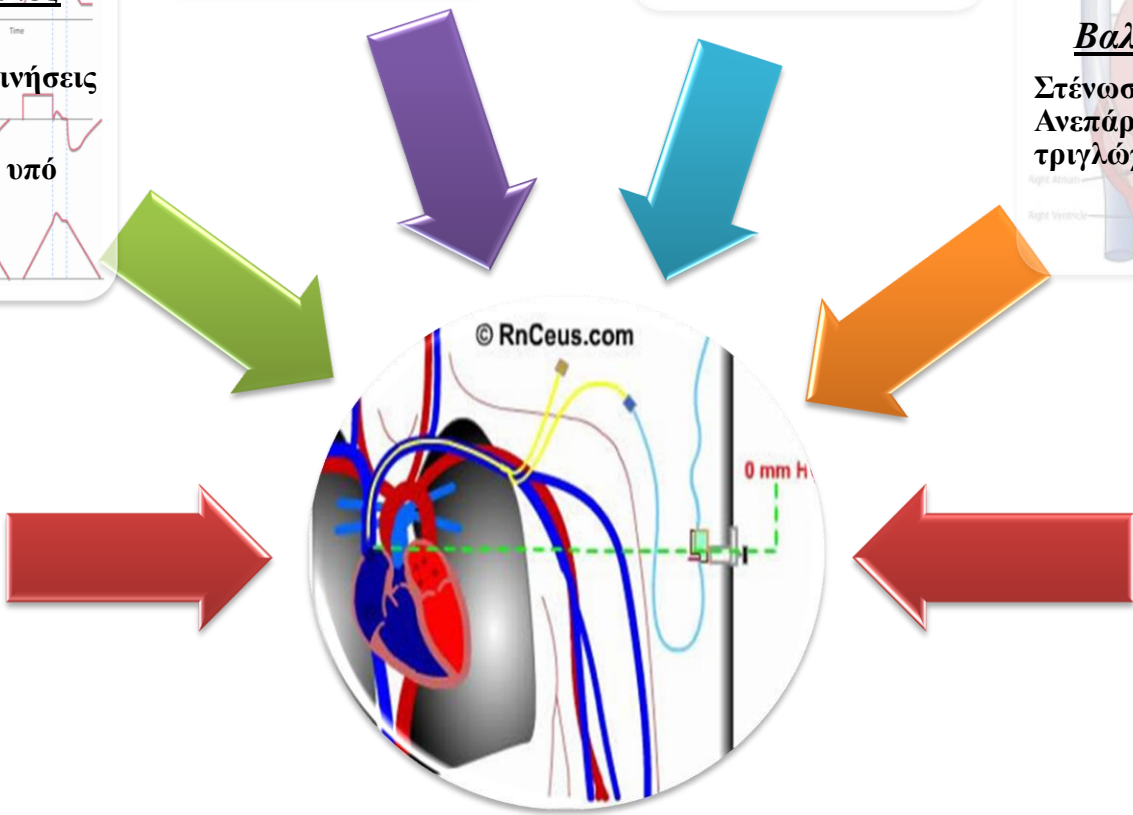
Flow rate (L/sec)

Ανάπνευστικές κινήσεις
PEEP
 Πνευμοθώρακας υπό τάση

arterial flow

Κυκλοφορούν όγκος αίματος

Ενδαγγειακός όγκος
 Φλεβική επιστροφή
 Αγγειακός τόνος

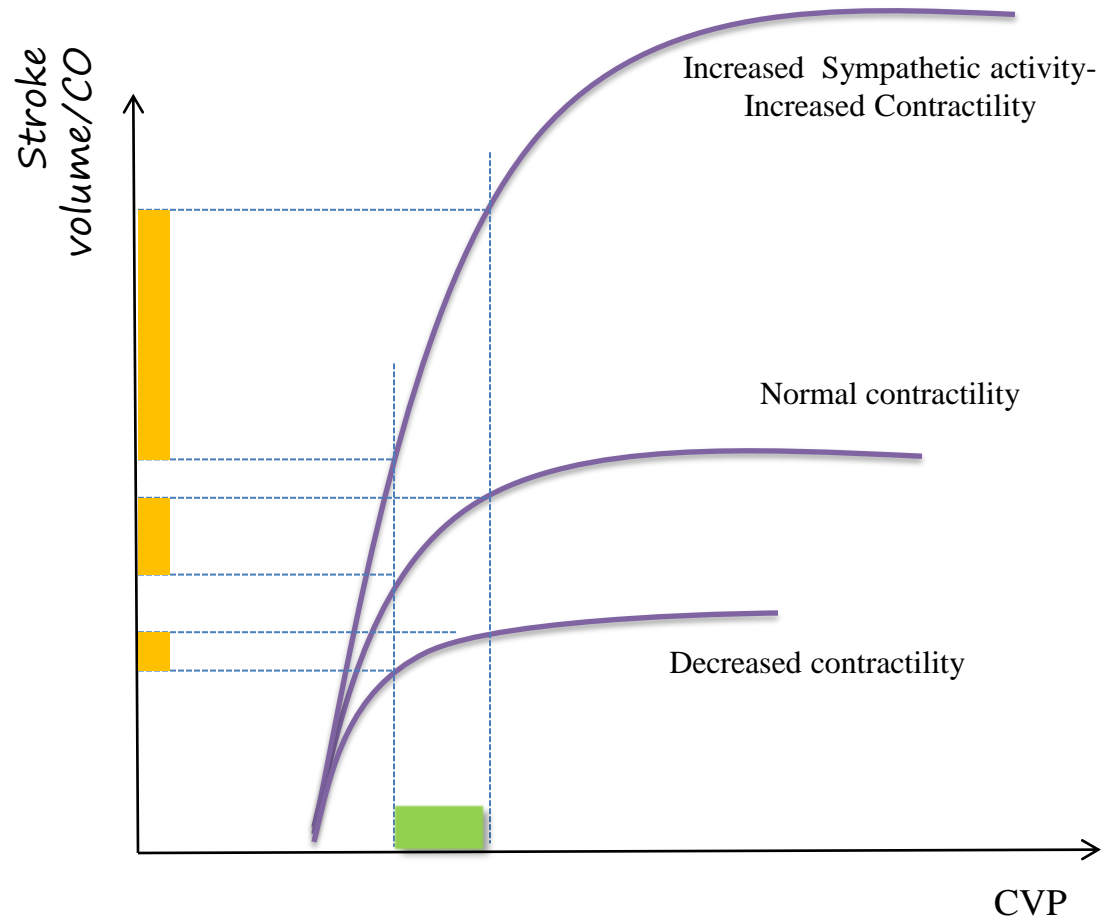


Λάθη στην καταγραφή

Θέση ασθενούς
 Θέση transducer

Η τιμές CVP/wedge επηρεάζονται από...

Starling Curve of Cardiac Function



Ερμηνεία CVP

Περιορισμοί CVP/Wedge

- ✓ Οι CVP/Wedge δεν αποτελούν μέτρο του κυκλοφορούντος όγκου αίματος
- ✓ Οι CVP/Wedge επηρεάζονται από πολλές παραμέτρους (ενδοθωρακικές πιέσεις, κ.α)
- ✓ Οι CVP/Wedge αδυνατούν να προβλέψουν την ανταπόκριση στη χορήγηση υγρών
- ✓ Οι CVP/Wedge *μπορεί να είναι χρήσιμα μεγέθη* σε ακραίες τιμές τους

$CVP > 15 \text{ mmHg}$

Αποφρακτικό shock
Καρδιογενές shock

$CVP < 4 \text{ mmHg}$

Υποογκαιμικό shock
(shock ανακατανομής ?)

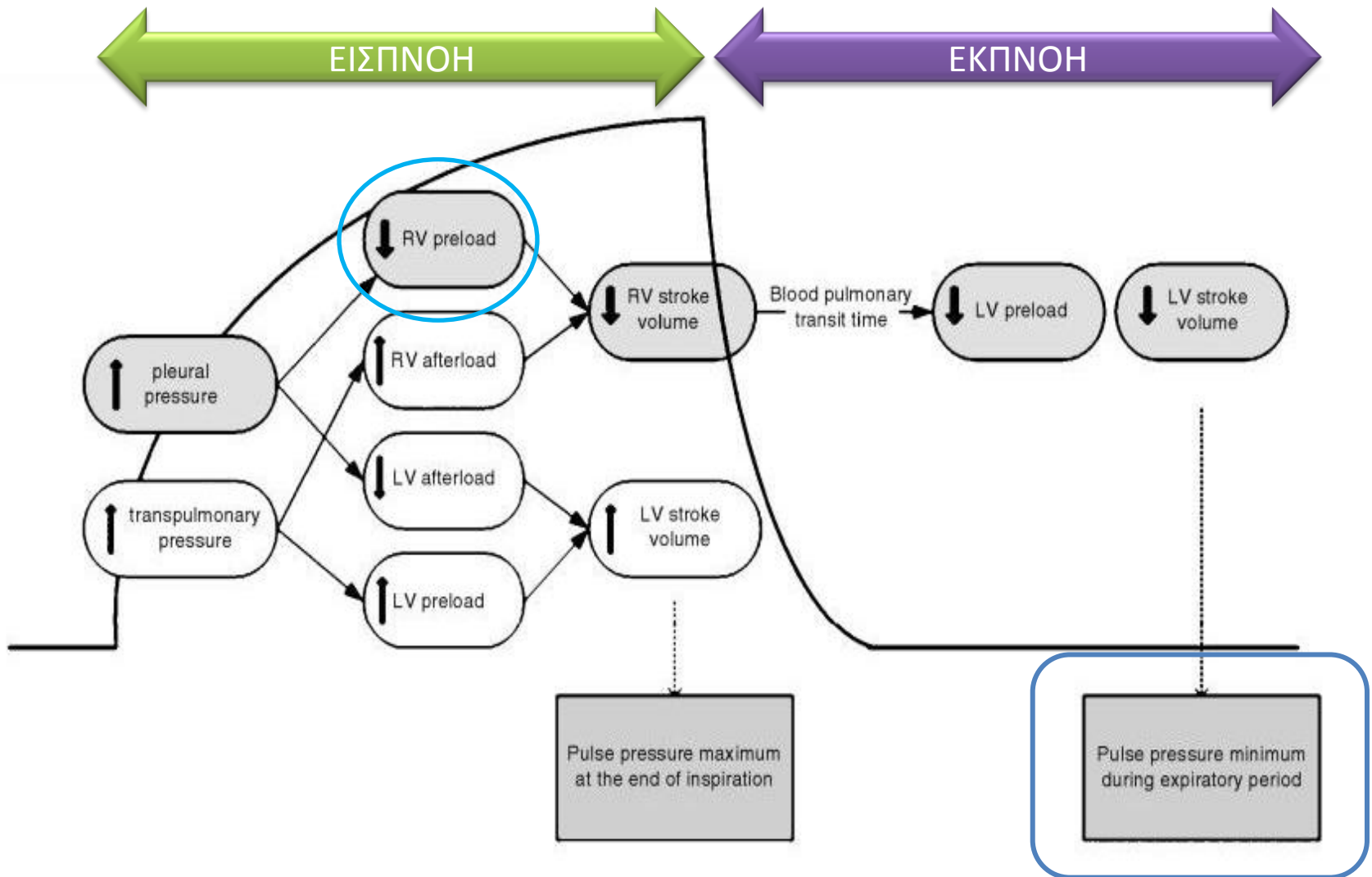
Στατικοί δείκτες εκτίμησης του
ενδαγγειακού όγκου – CVP/Wedge

PPV (PULSE PRESSURE VARIATION)

SVV (STROKE VOLUME VARIATION)

...διακύμανση του όγκου παλμού κατά
σε ασθενείς υπό μηχανικό αερισμό
τον αναπνευστικό κύκλο...

Δυναμικοί δείκτες εκτίμησης του
ενδαγγειακού όγκου - PPV/SVV



...φυσιολογία SVV/PPV...

Διακύμανση > 12% έχει άριστη συσχέτιση με την απαντητικότητα στη χορήγηση υγρών (AUC > 0.95)

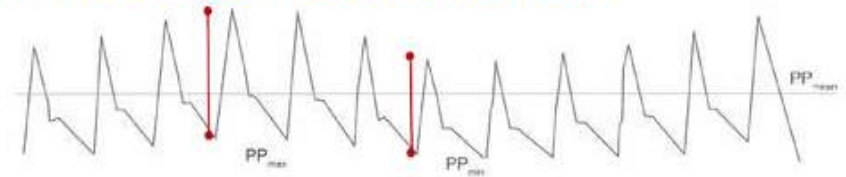
- ✓ Η μεταβολή (αναπνευστική διακύμανση) του Stroke Volume μπορεί να μετρηθεί από το εμβαδό της κυματομορφής της αρτηριακής πίεσης

SVV - Stroke Volume Variation



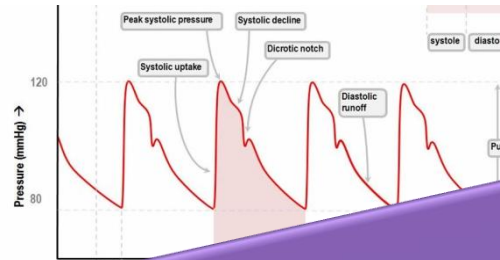
$$SVV (\%) = \frac{SV_{MAX} - SV_{MIN}}{(SV_{MAX} + SV_{MIN})/2} \times 100$$

PPV - Pulse Pressure Variation



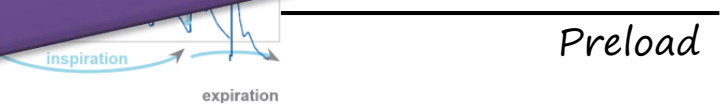
$$PPV (\%) = \frac{PP_{MAX} - PP_{MIN}}{(PP_{MAX} + PP_{MIN})/2} \times 100$$

- ✓ Η μεταβολή (αναπνευστική διακύμανση) του όγκου παλμού στους ασθενείς σε μηχανικό αερισμό οδηγεί σε μεταβολή της πίεσης σφυγμού (Pulse Pressure)



Volume non-responders

- Μειονεκτήματα → Ο ασθενής θα πρέπει να είναι:
- ✓ σε μηχανικό αερισμό με αναπνεόμενο όγκο τουλάχιστον 8ml/kg/IBW
 - ✓ να μην κάνει δικές του αναπνευστικές προσπάθειες
 - ✓ να μην έχει αρρυθμία



Εκτίμηση ενδαγγειακού όγκου

PLR (PASSIVE LEG RAISING) VOLUME CHALLENGE

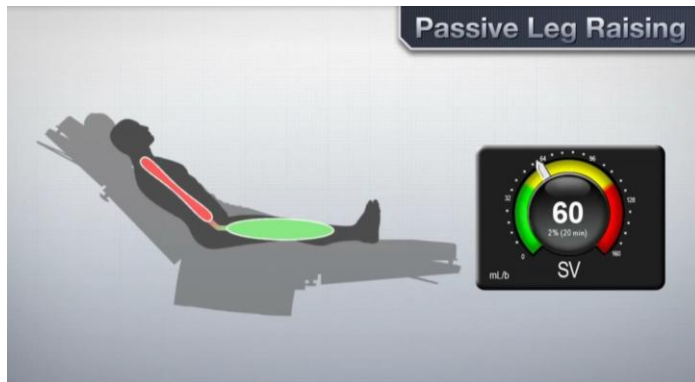


...ασθενείς σε αυτόματη
αναπνοή
ή
υπό μηχανικό αερισμό...

Λειτουργικοί δείκτες
εκτίμησης του ενδαγγειακού όγκου

1 min / 300 ml
crystalloids

PLR (*Passive Leg Raising*)




Αν η δοκιμασία οδηγήσει σε αύξηση του SV > 12%-15%, ο ασθενής θα ανταποκριθεί στην χορήγηση υγρών με αύξηση της CO



Αν η δοκιμασία αυξήσει τον SV < 12%-15% ο ασθενής δεν είναι volume responsive

Sensitivity: 89,4%
Specificity: 95.2%

Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: systematic review and meta-analysis of clinical studies

Fabio Cavallaro , Claudio Sandroni, Cristina Marano, Giuseppe La Torre, Alice Mannocci, Chiara De Waure, Giuseppe Bello, Riccardo Maviglia, Massimo Antonelli

10.1007/s00134-010-1929-y

- ✓ Συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας
- ✓ 353 ασθενείς σε 9 μελέτες

«...οι αλλαγές που προκαλούνται στην καρδιακή παροχή από την δοκιμασία της παθητικής ανύψωσης των κάτω άκρων μπορεί να προβλέψει με αξιοπιστία την απαντητικότητα στην χορήγηση υγρών ανεξάρτητα από τον τύπο του μηχανικού αερισμού και του καρδιακού ρυθμού...»

Passive Leg Raising



Intensive Care Medicine

September 2010, Volume 36, Issue 9, pp 1475-1483

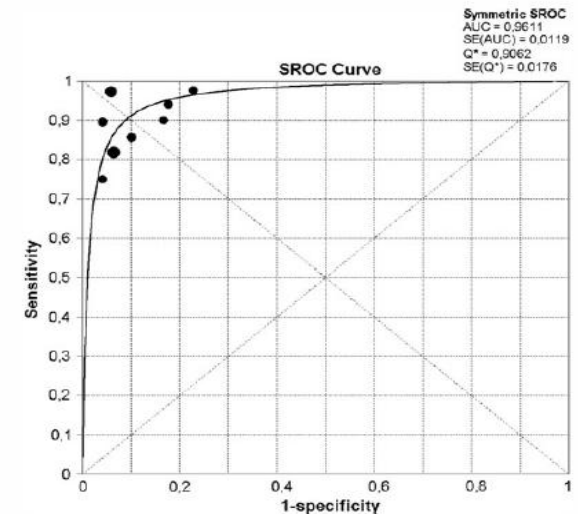


Fig. 3 Summary receiver operating characteristics curve for the ability of passive leg raising-induced changes in cardiac output to discriminate between responders and non-responders (software MetaDiSC[®], version 1.4 (<http://www.hrc.es/investigacion/metadisc.html>))

$$AUC = 0.95$$

Κανόνας 2-5 για την CVP ή 3-7 για την Wedge

- Χορηγούμενα υγρά:
 - Κρυσταλλοειδή: 500-1000 ml σε 30 min
- Ρυθμός χορήγησης: 600-1000 ml/h
- Μέτρηση CVP και Wedge σε ανά 10 min



Μεταβολή CVP / Wedge

< 2 / 3mmHg



Χορήγηση υγρών

2-5 / 3-7mmHg



Διακοπή έγχυσης & επανεκτίμηση

> 5 / 7mmHg



Διακοπή χορήγησης υγρών

Δοκιμασία Φόρτισης με Υγρά

Αιτιολογία - χαρακτηριστικά
των τύπων του shock

Καρδιογενές

- OEM
- μυοκαρδίτιδα
- βαλβιδοπάθειες
- αρρυθμίες

- ↑ CVP/wedge
- (-) PLR, SWV/PPV
- ↓ CO
- ↑ SVR

Αποφρακτικό

- πνευμονική εμβολή
- ΠΝΘ υπό τάση
- επιπωματισμός

- ↑↑ CVP/
wedge
- ↓ CO
- ↑ SVR

Υπογκαιμικό

- απώλεια αίματος
- αφυδάτωση
- ↑ τρίτου χώρου

- ↓↓ CVP/
wedge
- (+) PLR,
↑ SWV/PPV
- ↓ CO
- ↑ SVR

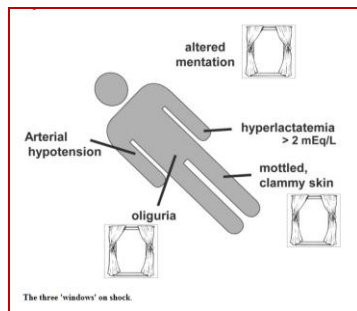
Ανακατανομής

- σήψη
- κακώσεις ΣΣ
- αναφυλαξία

- ↑ CO
- - ή ↓ CVP/wedge
- (+) PLR,
↑ SWV/PPV
- ↓↓ SVR

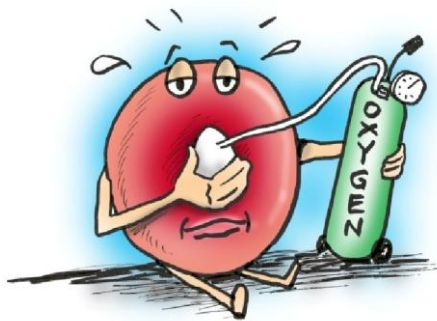
Εκτίμηση ιστικής άρδευσης

Κλινικοί δείκτες



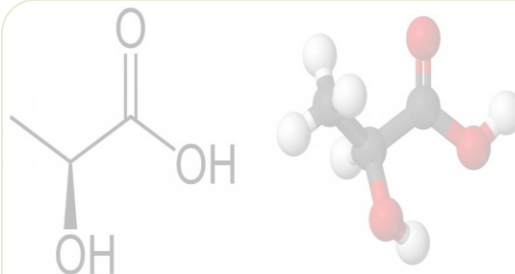
Εργαστηριακοί
δείκτες

$ScvO_2/SvO_2$
Γαλακτικό οξύ



ScvO₂/SvO₂

1



Lactic Acid

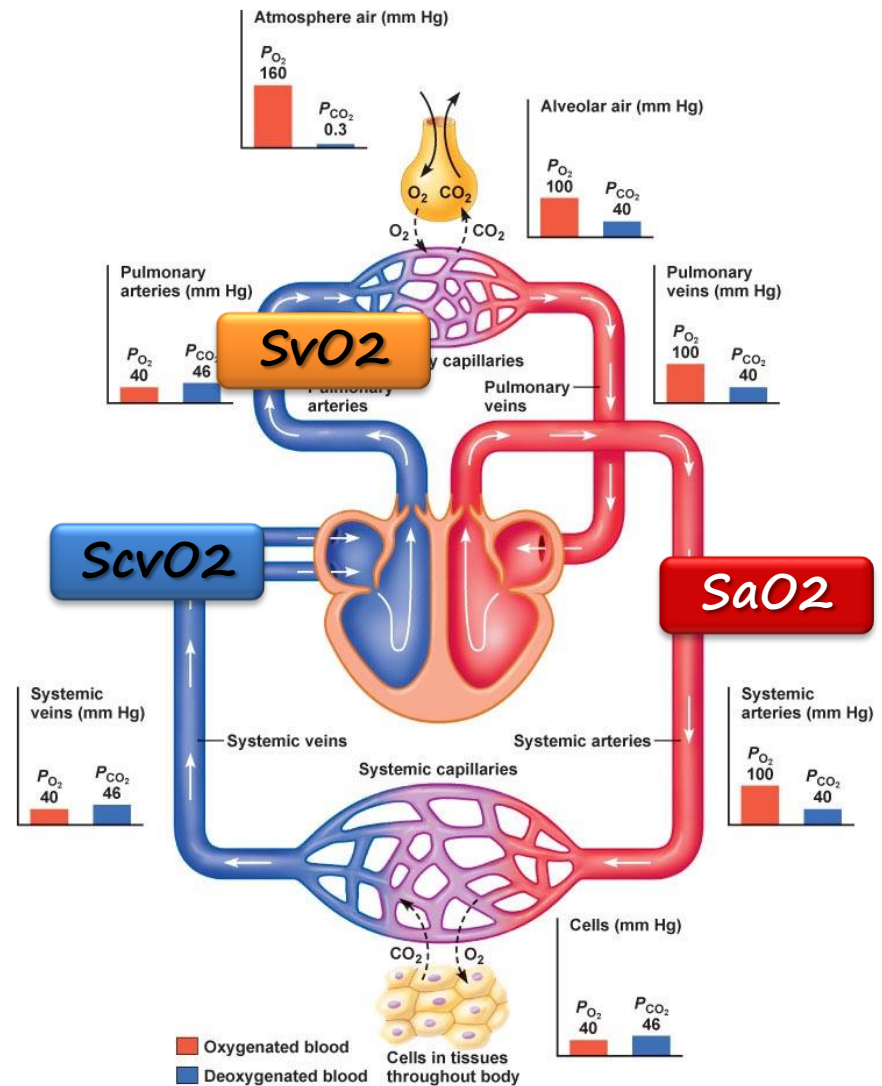
Lactate

2

εργαστηριακοί δείκτες

Κορεσμός φλεβικού /μικτού φλεβικού αίματος

- ✓ Το O₂ μεταφέρεται στους ιστούς με το αρτηριακό αίμα (SaO₂: 98-100%)
- ✓ Ένα ποσοστό του (περίπου 25%) αποδίδεται στα κύτταρα και το υπόλοιπο επιστρέφει στην δεξιά κυκλοφορία
- ✓ Ο κορεσμός του φλεβικού και μικτού φλεβικού αίματος αντιπροσωπεύει το ποσό του O₂ που δεν αποδίδεται στους ιστούς και επιστρέφει στην καρδιά (ScvO₂ και SvO₂)
- ✓ Εύρος φυσιολογικών τιμών **70-75%**



Κορεσμός φλεβικού/μικτού φλεβικού αίματος

SvO₂



SvO₂

Mixed venous O₂ saturation

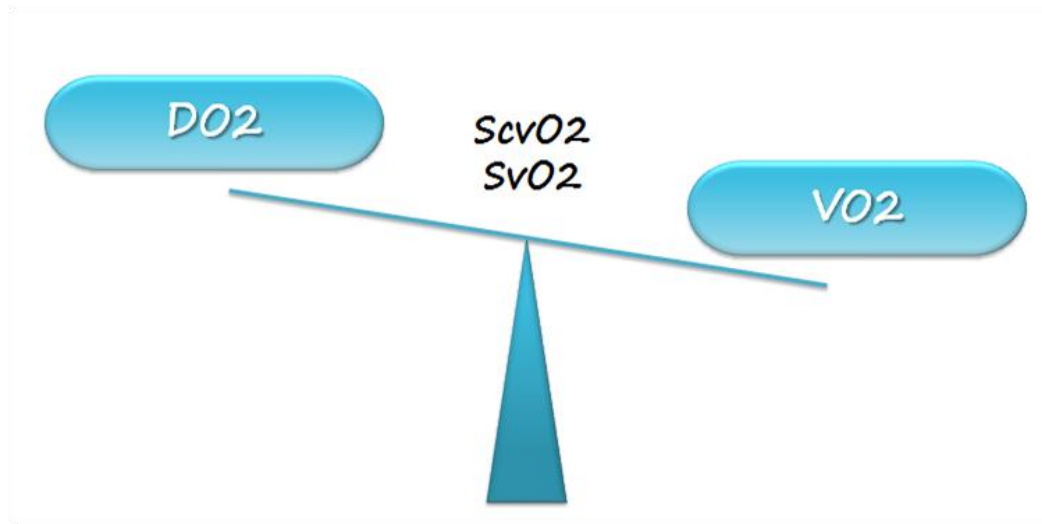
- ✓ Λαμβάνεται από την πνευμονική αρτηρία μέσω του καθετήρα Swan-Ganz
- ✓ Φυσιολογικό εύρος SvO₂ = 65 – 75%
- ✓ Εκφράζει την συνολική ισορροπία μεταξύ DO₂ και VO₂ στους ιστούς του οργανισμού

ScvO₂

Central venous O₂ saturation

- ✓ Λαμβάνεται από ΚΦΚ (υποκλείδιο ή σφαγίτιδα)
- ✓ Αντανακλά το βαθμό της απόληξης O₂ (επάρκεια της οξυγόνωσης) από το άνω μέρος του σώματος
- ✓ Φυσιολογικό εύρος τιμών ScvO₂ = 65-70%





Το σύνολο του O₂ που δεν αποδίδεται στους ιστούς επιστρέφει στην δεξιά κυκλοφορία και εκφράζεται ως **SvO₂** (κορεσμός μικτού φλεβικού αίματος) ή **ScvO₂** (κορεσμός φλεβικού αίματος)

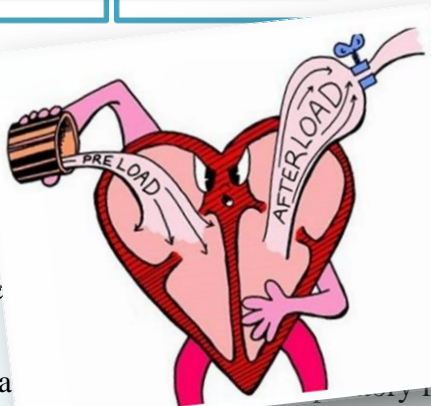
$$\begin{aligned}
 SvO_2 / ScvO_2 &= SaO_2 - O_2ER \\
 &= SaO_2 - (VO_2 / DO_2)
 \end{aligned}$$

Critical illness
Perioperative period

↓ venous saturation
SvO2/ScvO2

↑ venous saturation
SvO2/ScvO2

↓ *DO2*:
anemia
hemorrhage
hypoxemia
hypovolemia
heart failure



↑ metabolic demand

↑ *DO2*:
O2 therapy
blood transfusion
iv fluids
inotropics
↑ cardiac output



hypothermia
mechanical ventilation
↓ *O2 extraction*
shunting (sepsis)
cell death/cyanide

SvO2

Ιστική οξυγόνωση

≥ 75%

- $DO_2 > VO_2$
- Φυσιολογική αποδέσμευση / μειωμένη κατανάλωση

50% - 75%

- Αυξημένη κατανάλωση (VO_2) ή μειωμένη παροχή (DO_2)
- Αντιροπιστική αύξηση αποδέσμευσης (O_2ER)

30% - 50%

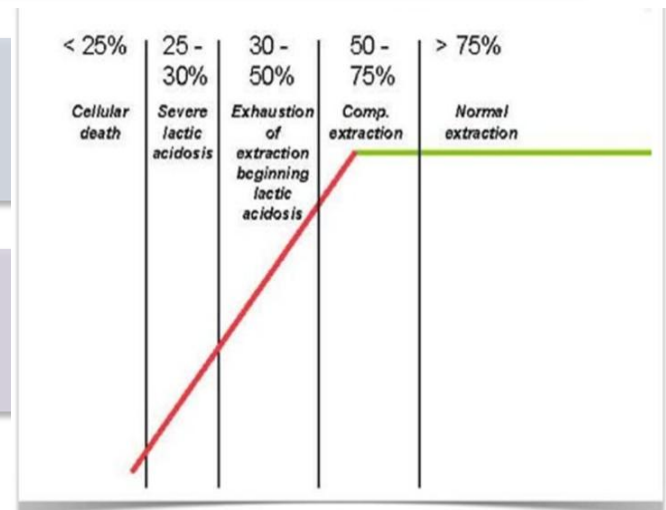
- Εξάντληση δυνατοτήτων αποδέσμευσης ($VO_2 > DO_2$)
- Εμφάνιση γαλακτικής οξέωσης

25% - 30%

- Σοβαρή γαλακτική οξέωση

< 25%

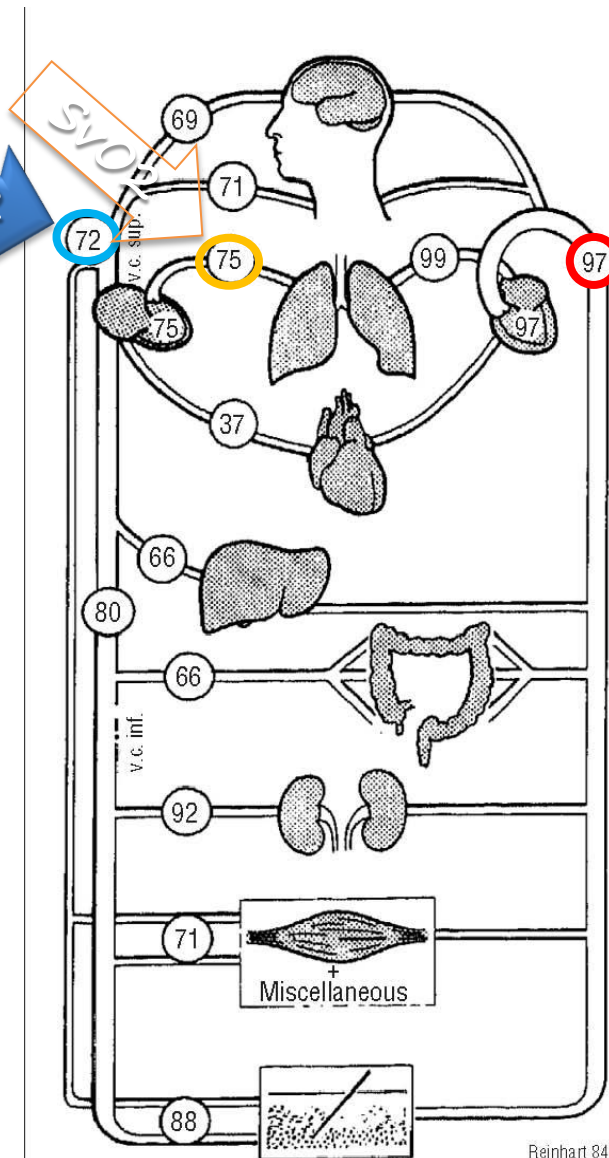
- Κυτταρικός θάνατος



• Επισημάνσε **ScvO₂**

➤ Διαφορετική απόδοση
O₂ στα διάφορα
όργανα:

- μεταβολικές
ανάγκες
- CO ανά gr ιστού



Φυσιολογικά:
 $ScvO_2 < SvO_2$: 2 - 5%

Στη σήψη:
 $ScvO_2 > SvO_2$: 5 - 18%

ScvO₂ / SvO₂

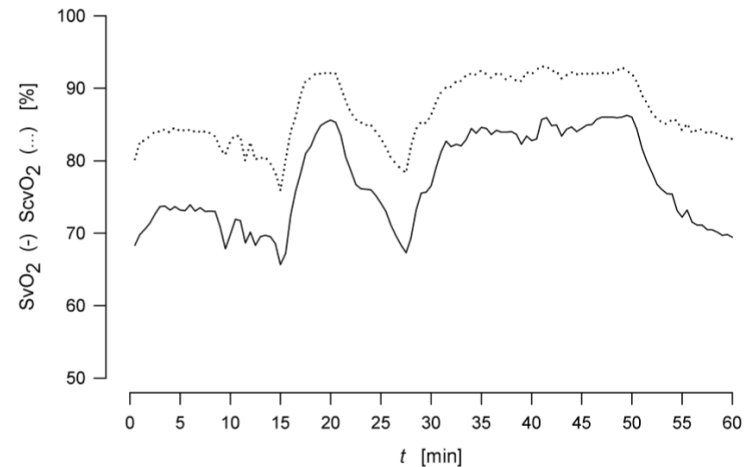
Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill

Konrad Reinhart , Hans-Jörg Kuhn, Christiane Hartog, Donald L. Bredle



Intensive Care Medicine
August 2004, Volume 30, Issue 8, pp 1572-1578

- Καλή συσχέτιση **SvO₂** και **ScvO₂** σε βαριά πάσχοντες ασθενείς
- high-risk surgical pts
- septic pts
- head-trauma pts



F.S2: Time course of continuously measured SvO₂ and ScvO₂ in a patient with septic shock

Μπορεί το **ScvO₂** να αντικαταστήσει το **SvO₂**;

Low ScvO₂/SvO₂ : too bad...

EARLY GOAL-DIRECTED THERAPY IN THE TREATMENT OF SEVERE SEPSIS AND SEPTIC SHOCK

EMANUEL RIVERS, M.D., M.P.H., BRYANT NGUYEN, M.D., SUZANNE HAVSTAD, M.A., JULIE RESSLER, B.S., ALEXANDRIA MUZZIN, B.S., BERNHARD KNOBLICH, M.D., EDWARD PETERSON, PH.D., AND MICHAEL TOMLANOVICH, M.D., FOR THE EARLY GOAL-DIRECTED THERAPY COLLABORATIVE GROUP*

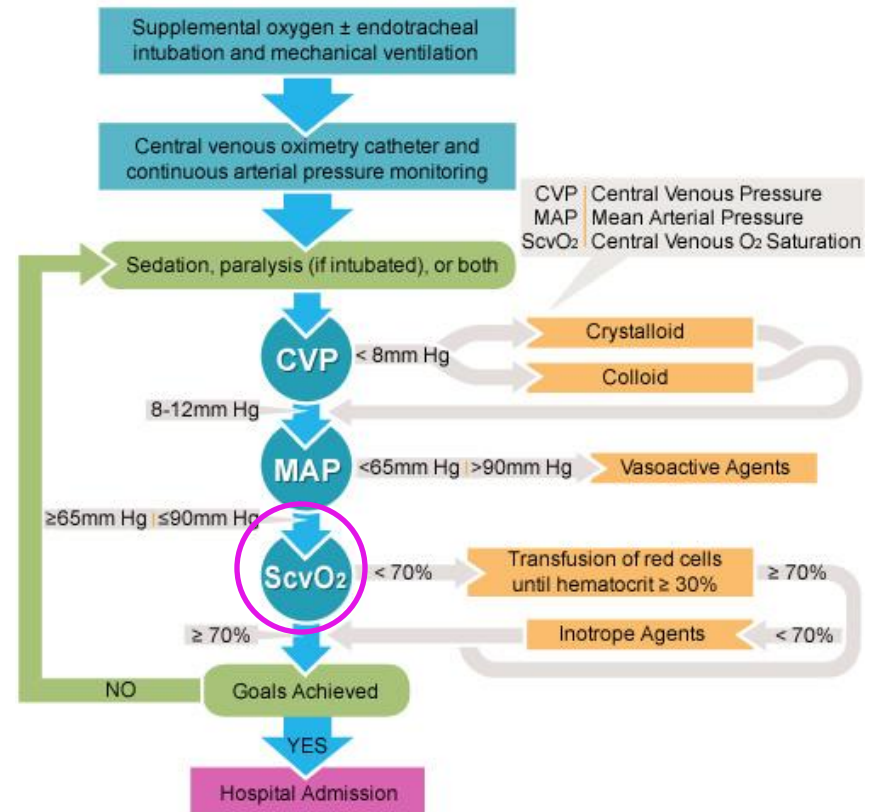
N Engl J Med, Vol. 345, No. 19 · November 8, 2001

| VARIABLE AND TREATMENT GROUP | BASE LINE (0 hr) | HOURS AFTER START OF THERAPY | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------------------|--------|--------|
| | | 6 | 0-6† | 7-72‡ |
| Central venous oxygen saturation (%) | 49.2 | 71.6 | 71.6 | 71.6 |
| Standard therapy EGD† | 48.6 | 50.0 | 50.0 | 50.0 |
| P value | 0.49 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |

SvO₂: 48% → 71,6%

| VARIABLE | STANDARD THERAPY (N=133) | EARLY GOAL-DIRECTED THERAPY (N=130) | RELATIVE RISK (95% CI) | P VALUE |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------|---------|
| | no. (%) | | | |
| In-hospital mortality† | | | | |
| All patients | 59 (46.5) | 38 (30.5) | 0.58 (0.38-0.87) | 0.009 |
| Patients with severe sepsis | 19 (30.0) | 9 (14.9) | 0.46 (0.21-1.03) | 0.06 |
| Patients with septic shock | | | | |
| Patients with sepsis syndrome | | | | |
| 28-Day mortality† | | | | |
| 60-Day mortality† | | | | |
| Causes of in-hospital death‡ | | | | |
| Sudden cardiovascular collapse | 25/119 (21.0) | 12/117 (10.3) | — | 0.02 |
| Multiorgan failure | 26/119 (21.8) | 19/117 (16.2) | — | 0.27 |

Mortality: 49% → 33%

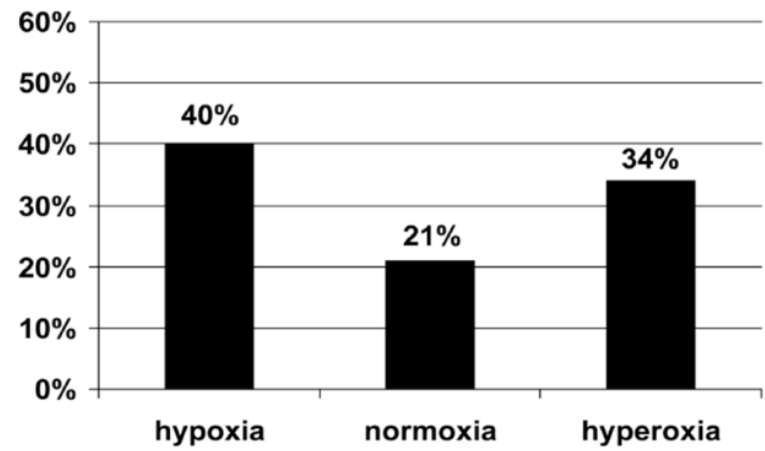


SvO₂ / ScvO₂ στην σήψη

ScvO₂ in sepsis: **High** is bad too...

Υψηλές τιμές ScvO₂ μπορεί να ανακλούν διαταραχές της μικροκυκλοφορίας ή των μιτοχονδρίων:

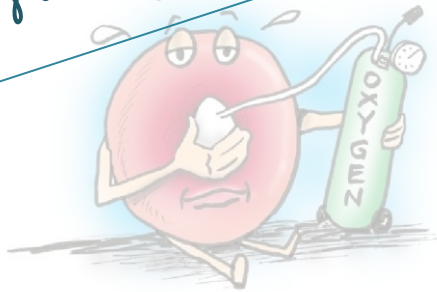
- Hypoxia group: ScvO₂ < 70% → 40% mortality
- Normoxia group: ScvO₂ 71-89% → 21% mortality
- Hyperoxia group: ScvO₂ 90-100% → 34% mortality



Pope et al. Multicenter study of Central venous Oxygen Saturation as a Predictor of Mortality in Patients

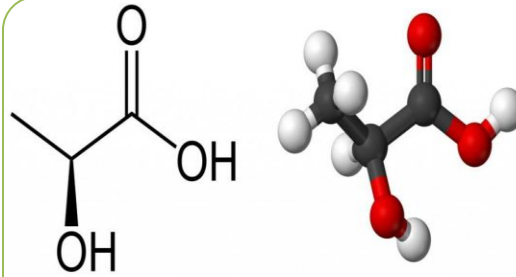
With Sepsis. Annals of Internal Medicine 2010; 55(1): 40-46

εργαστηριακοί δείκτες



ScvO₂/SvO₂

1



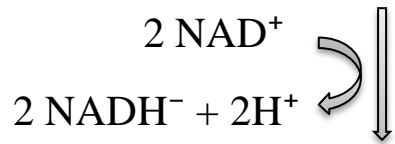
Lactic Acid

Lactate

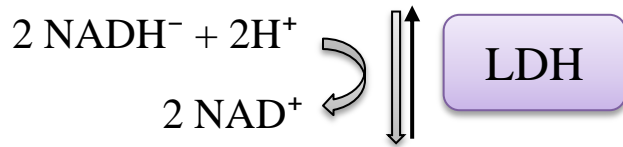
2

...το γαλακτικό οξύ στην αναζήτηση
ιστικής υποξίας...

Glucose

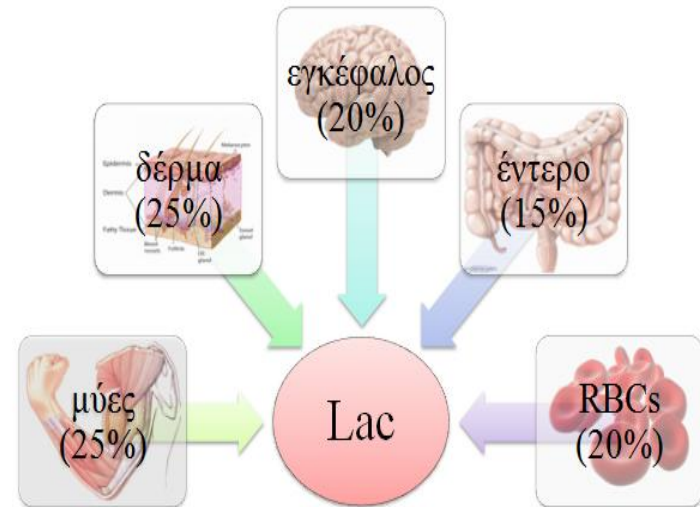


2 Pyruvate



2 Lactate

Lac / Pyr = 10 / 1



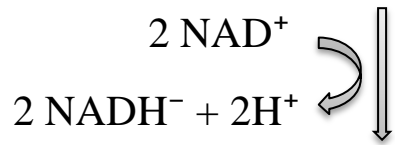
Καθημερινά παράγονται 20mmol/kg

Lac: 1500mmol/24ωρο !

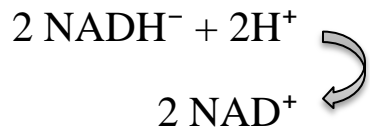
Lac < 2mmol/L

μεταβολισμός Lac

Glucose

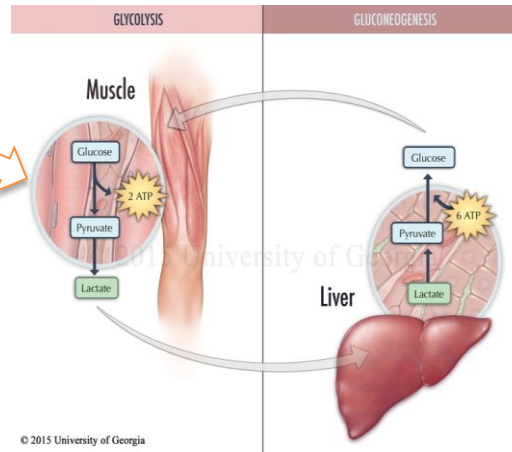
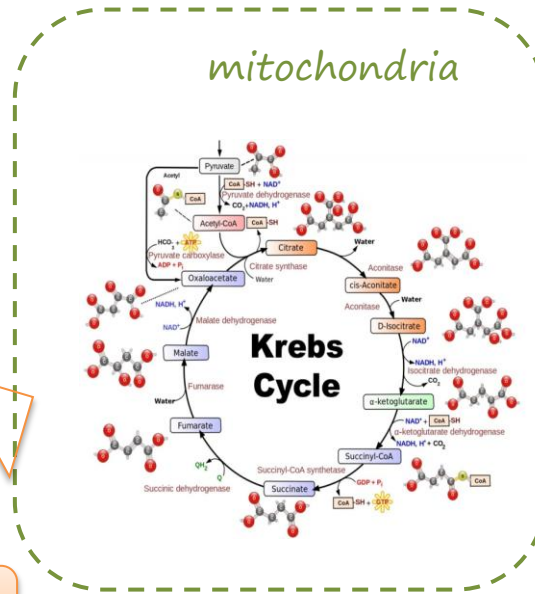


2 Pyruvate



LDH

2 Lactate

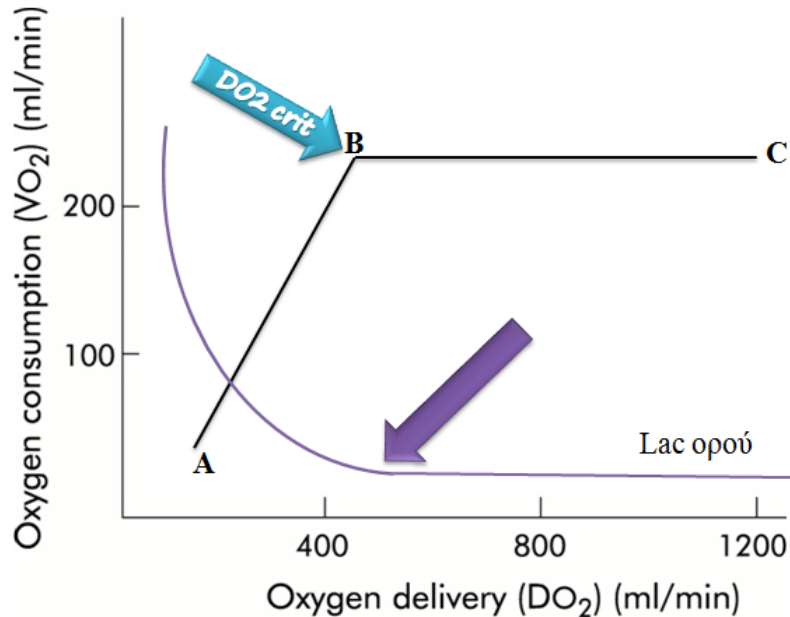


Lac < 2mmol/L

Απομάκρυνση Lac (60-120mmol/h!)

1. Γλυκονεογένεση (Cori cycle):
 - ήπαρ (70%)
 - νεφροί (30%)
2. Οξειδωτική φωσφορλίωση:
 - μύες
 - καρδιά (60% ενεργειακού καυσίμου στο stress)
 - εγκέφαλος (7% → 25% σε άσκηση)

...αύξηση Lac στη σήψη/σηπτική καταπληξία



- ✓ συσχέτιση DO_2/VO_2 με αύξηση του Lac

(Astiz, Crit Care Med 1987, Bakker Crit Care 1991, Lima Crit Care Med 2009, Friedman Int Care Med, 1998)

- ✓ αύξηση Lac στη σήψη

(Rimachi, Anaesth Intens Care 2012)

- ✓ διαταραχές στη μικροκυκλοφορία → διαταραχή της προσφοράς O_2 σε κυτταρικό επίπεδο

(Hernandez J Crit Care 2013)

'dysoxia/tissue hypoxia'

Προγνωστική αξία Lac στην σήψη

Τα επίπεδα του Lac στα αρχικά στάδια ανάνηψης σχετίζονται με την έκβαση

Jansen et al. The prognostic value of blood lactate levels relative to that of vital signs in the pre-hospital setting : a pilot study. Crit Care 2008; 12(6): R160

Shapiro et al. Serum lactate as a predictor of mortality in emergency department patients with infection. Ann Emerg Med 2005; 45(5): 524-528

και έχουν καλύτερη προγνωστική αξία από τους δείκτες οξυγόνωσης (DO₂, VO₂)

Bakker et al. Blood lactate levels are superior to oxygen-derived variables in predicting outcome in human septic shock. Chest 1991; 99(4): 956-962

dose dependent phenomenon

Developing a New Definition and Assessing New Clinical Criteria for Septic Shock For the Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3) **FREE**

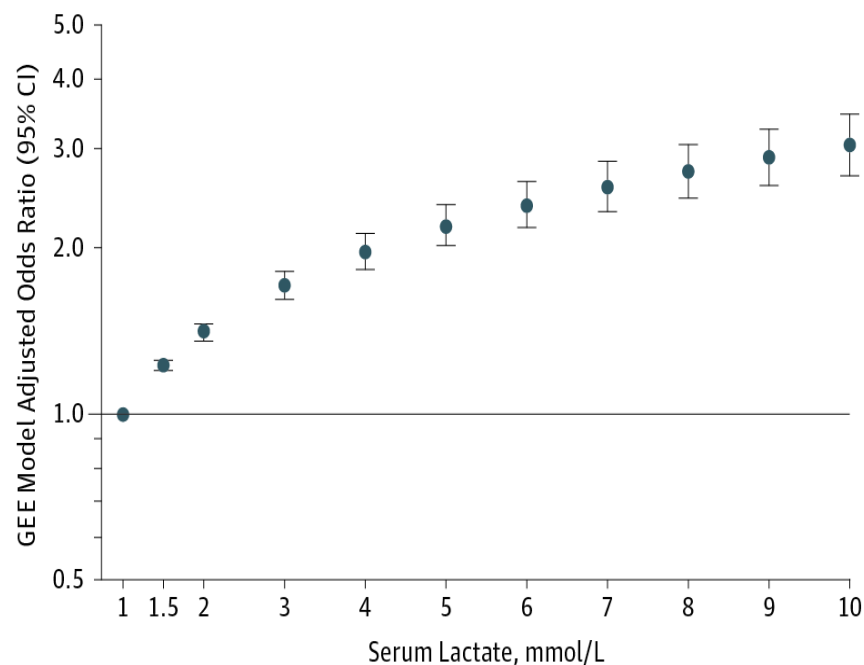
Manu Shankar-Hari, MD, MSc^{1,2}; Gary S. Phillips, MAS³; Mitchell L. Levy, MD⁴; Christopher W. Seymour, MD, MSc⁵; Vincent X. Liu, MD, MSc⁶; Clifford S. Deutschman, MD^{7,8,9}; Derek C. Angus, MD, MPh^{5,10}; Gordon D. Rubenfeld, MD, MSc^{11,12}; Mervyn Singer, MD, FRCP¹³; for the Sepsis Definitions Task Force

[+] Author Affiliations

JAMA. 2016;315(8):775-787. doi:10.1001/jama.2016.0289.

Text Size: A A A

- Σε ανασκόπηση προηγούμενων μελετών φάνηκε ότι η αύξηση του γαλακτικού σχετίζεται με την θνητότητα.
- Αύξηση του γαλακτικού στα 10mmol/l τριπλασιάζει τον κίνδυνο θανάτου.
- Για αύξηση του γαλακτικού στα 2mmol/l ο κίνδυνος θανάτου αύξανε κατά 1,4 φορές.



Lac clearance

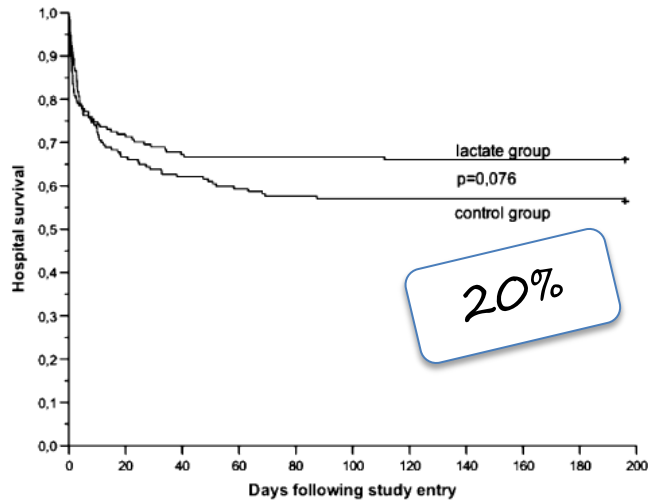
$$\text{Lac Clearance} = \frac{\text{Initial Lac} - \text{Subsequent Lac}}{\text{Initial Lac}} \times 100$$

...↓ τουλάχιστον 10%
εντός 3 ωρών...

Early Lactate-Guided Therapy in Intensive Care Unit Patients

A Multicenter, Open-Label, Randomized Controlled Trial

Tim C. Jansen¹, Jasper van Bommel¹, F. Jeanette Schoonderbeek³, Steven J. Sleswijk Visser⁴, Johan M. van der Klooster⁵, Alex P. Lima¹, Sten P. Willemsen², and Jan Bakker¹, for the LACTATE study group*



Lactate group: καλύτερη επιβίωση, ταχύτερη αποδέσμευση από MV, και ινότροπα, μικρότερη διάρκεια νοσηλείας

AJRCCM, 2010; 182: 752-761

Early Lactate-Guided Therapy in Intensive Care Unit Patients

A Multicenter, Open-Label, Randomized Controlled Trial

Tim C. Jansen¹, Jasper van Bommel¹, F. Jeanette Schoonderbeek³, Steven J. Sleswijk Visser⁴, Johan M. van der Klooster⁵, Alex P. Lima¹, Sten P. Willemsen², and Jan Bakker¹, for the LACTATE study group*

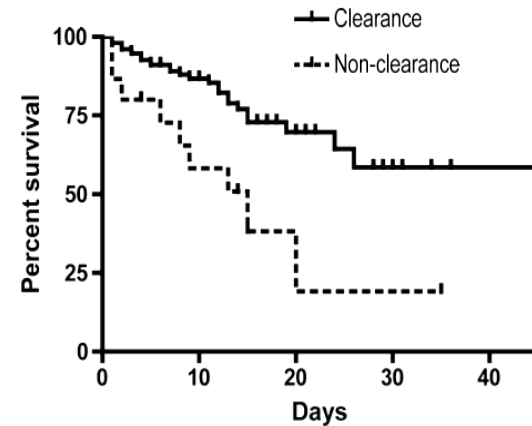


TABLE 5. Multivariate logistic regression analysis

| Variable | Coefficient | Odds ratio | 95% CIs for odds ratio |
|-------------------------------------|-------------|------------|------------------------|
| Lactate non-clearance | 1.59 | 4.9 | 1.5-15.9 |
| Maximum Scvo ₂ <70% | 1.05 | 2.7 | 1.1-7.6 |
| Hypotension despite fluid challenge | 0.10 | 1.1 | 0.5-2.5 |

SHOCK, Vol. 32, No. 1, pp. 35-39, 2009

The value of blood lactate kinetics in critically ill patients: a systematic review

Jean-Louis Vincent^{*}, Amanda Quintairos e Silva[†], Lúcio Couto Jr[†] and Fabio S. Taccone



Vincent *et al. Critical Care* (2016) 20:257
DOI 10.1186/s13054-016-1403-5

Συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας:

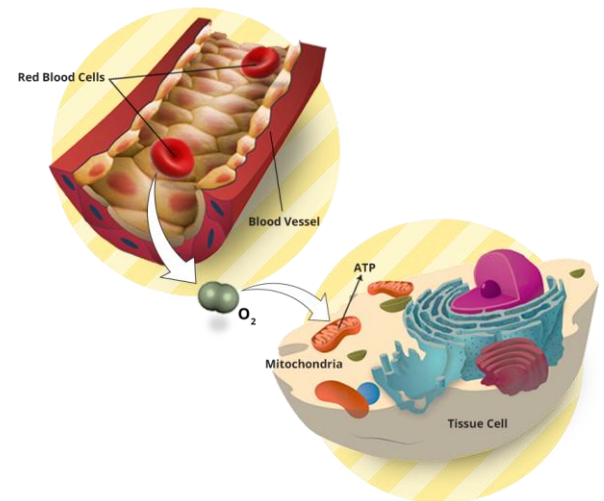
96 μελέτες → ασθενείς γενικής ΜΕΘ, χειρουργικής/ΚΡΧ ΜΕΘ, πολυτραυματίες, ασθενείς με σήψη/καρδιογενές shock, post-cardiac arrest.



- ✓ Μείωση των επιπέδων Lac είχε σταθερά συσχέτιση με βελτίωση της θνητότητας, ακόμη και στους ασθενείς με σήψη, **ανεξαρτήτως** της αρχικής του τιμής.
- ✓ Η μείωση του Lac ήταν σχετικά αργή, έτσι ώστε μετρήσεις ανά 1-2 ώρες φαίνονται επαρκείς.

Στόχοι ιστικής άρδευσης

Στους βαρέως πάσχοντες...



Tissue Oxygenation Goals...

- Αναγνώριση της ιστικής υποξίας (shock, Lac, ScvO₂/SvO₂)
- Εξασφάλιση SaO₂
- Επαρκής παροχή O₂ (DO₂, πίεση άρδευσης)
- Ελαχιστοποίηση του ιστικού οιδήματος
- Μείωση των μεταβολικών αναγκών των ιστών (VO₂)

...take home message...

1. Οι αιμοδυναμικοί δείκτες της μακροκυκλοφορίας δεν καταφέρνουν πάντα να αναδείξουν διαταραχές στην ιστική οξυγόνωση
2. Διαταραχές στη μικροκυκλοφορία και κυρίως το ιστικό οίδημα μπορεί να επηρεάζουν την επάρκεια O_2
3. Η βελτιστοποίηση της παροχής O_2 (DO_2) στους ιστούς επηρεάζεται λιγότερο από την μερική πίεση O_2 (PaO_2) και περισσότερο από την επάρκεια της κυκλοφορίας να το μεταφέρει (συγκέντρωση Hb και CO)
4. Πρακτικές μείωσης της κατανάλωσης O_2 (VO_2) μπορεί να είναι βαρέως πάσχοντες ασθενείς



...take home message...

4. Ο κορεσμός του φλεβικού αίματος και το Lac μπορεί να αναδείξουν ιστική υποάρδευση, ακόμη και νωρίτερα από την κλινική εκδήλωση του shock
5. Οι μεταβολές των τιμών του ScvO₂ και SvO₂ ακολουθούν παράλληλη πορεία, γεγονός που καθιστά λειτουργικά ισοδύναμα τα δύο αυτά μεγέθη
6. Σηπτικοί ασθενείς με ScvO₂ > 80% έχουν κακή πρόγνωση
7. Η κάθαρση του Lac είναι λειτουργικά ισοδύναμη με την παρακολούθηση του ScvO₂ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στόχος ανάνηψης στην κυκλοφορική καταπληξία





Ερωτήσεις?



Ευχαριστώ