



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ

Ενότητα: Ανταλλαγή Αερίων και παθοφυσιολογία αναπνευστικής ανεπάρκειας –
Παθοφυσιολογία του σοκ

Δ. Γεωργόπουλος
Καθηγητής Ιατρικής,
ICU, Πανεπιστήμιο Κρήτης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στην άδεια χρήσης Creative Commons και ειδικότερα

Αναφορά – Μη εμπορική Χρήση – Όχι Παράγωγο Έργο v.3.0

(Attribution – Non Commercial – Non-derivatives v.3.0)



[ή επιλογή ενός άλλου από τους έξι συνδυασμούς]

[και αντικατάσταση λογότυπου άδειας όπου αυτό έχει μπει (σελ. 1, σελ. 2 και τελευταία)]

- Εξαιρείται από την ως άνω άδεια υλικό που περιλαμβάνεται στις διαφάνειες του μαθήματος, και υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης. Η άδεια χρήσης στην οποία υπόκειται το υλικό αυτό αναφέρεται ρητώς.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Γιατί αναπνέουμε? Αν έχουμε ανοιχτή τη γλωτίδα οι κυψελίδες μας θα είναι γεμάτες αέρα με οξυγόνο.

➤ Αναπνέουμε για να απομακρύνουμε το διοξείδιο του άνθρακα

- Το CO₂ που παράγεται από τα κύτταρα μεταφέρεται με το φλεβικό αίμα στους πνεύμονες, και περνά στις κυψελίδες λόγω κλίσης πίεσης και υψηλής διαλυτότητας. Για τη διατήρηση αυτής της κλίσης πίεσης ο αέρας στις κυψελίδες πρέπει να ανανεώνεται.
- Πως γίνεται η κίνηση του αέρα? Για να κινηθεί αέρας από ένα σημείο σε ένα άλλο, πρέπει να υπάρχει μεταξύ τους διαφορά πίεσης. Στο τέλος της ήρεμης εκπνοής με ανοιχτή τη γλωτίδα η πίεση στις κυψελίδες είναι ίση με την ατμοσφαιρική (που στη συνέχεια θα θεωρούμε 0).

Γιατί αναπνέουμε? Αν έχουμε ανοιχτή τη γλωτίδα οι κυψελίδες μας θα είναι γεμάτες αέρα με οξυγόνο.

➤ Για να έχουμε είσοδο αέρα τι πίεση θα πρέπει να δημιουργηθεί στις κυψελίδες, και πως θα γίνει αυτό?

- Θα πρέπει να δημιουργηθεί αρνητική πίεση (μικρότερη από την ατμοσφαιρική). Με τη δράση των αναπνευστικών μυών, κυρίως του διαφράγματος, αυξάνει ο όγκος της θωρακικής κοιλότητας, και έτσι των κυψελίδων του πνεύμονα και δημιουργείται αρνητική πίεση.

➤ Σε ποιο νόμο της φυσικής βασίζεται το παραπάνω?

- Boyle : $P \cdot V = K$

- Οι μύς θα δημιουργήσουν μια πίεση και έτσι θα έχουμε ροή αέρα. Η ροή (V') θα δημιουργήσει αντιστάσεις (R), σύμφωνα με το νόμο του Ohm: $P = V' \cdot R$

Ορισμοί

- **Compliance:** η ευκολία με την οποία ένα σύστημα μπορεί να διαταθεί $C = \delta V / \delta P$
- **Elastance:** αντίστροφο της Compliance, δηλαδή αν θέλω να αλλάξω τον όγκο ενός συστήματος πόση πίεση πρέπει να ασκήσω $E = \delta P / \delta V$
 - σκεφτείτε πόση είναι η Compliance και Elastance του γραφείου σας

□ Αν φουσκώσω ένα μπαλόνι και στη συνέχεια το αφήσω τι γίνεται? Ξεφουσκώνει και επιστρέφει στο σημείο ισορροπίας του. Ποια διαφορά πίεσης δημιουργεί τη ροή αέρα που ξεφουσκώνει το μπαλόνι? Όταν φουσκώνει το μπαλόνι δημιουργείται μια ελαστική πίεση επαναφοράς, τόσο μεγαλύτερη όσο πιο φουσκωμένο είναι το μπαλόνι. Αντίστοιχα όταν διαταθούν οι κυψελίδες δημιουργείται μια πίεση επαναφοράς (elastic recoil pressure) που εξαρτάται από τον όγκο που έχει μπει και την elastance του πνεύμονα $\delta P = E * \delta V$

□ Έτσι κατά τη διάρκεια της αναπνοής ανά πάσα στιγμή η πίεση που δημιουργούν οι αναπνευστικοί μύες P_{mus} , καταναλώνεται για να υπερνικήσει τις αντιστάσεις των αεραγωγών και την ελαστική πίεση επαναφοράς του αναπνευστικού συστήματος. Αυτό εκφράζεται με την εξίσωση της κίνησης $P_{mus} = E * \delta V + V' * R$. Στην εξίσωση της κίνησης θα έπρεπε να υπάρχει και η πίεση που καταναλώνεται για να υπερνικήσει την αδράνεια, αλλά επειδή αριθμητικά είναι πολύ μικρή, παραλείπεται.

Μηχανισμός Αναπνοής

- Ας θυμηθούμε το μηχανισμό της αναπνοής από το αναπνευστικό κέντρο στο διάφραγμα για να δούμε στη συνέχεια τις αιτίες αναπνευστικής ανεπάρκειας:
 - το ερέθισμα για αναπνοή ξεκινά από το αναπνευστικό κέντρο (που βρίσκεται το αναπνευστικό κέντρο?),
 - μεταφέρεται από την προμηκική νωτιαία οδό στα πρόσθια κέρατα του νωτιαίου μυελού (σε ποιό επίπεδο?)
 - από εκεί μέσω των νευρώνων του φρενικού φτάνει στο διάφραγμα.
 - Στη νευρομυϊκή σύναψη εκλύεται ακετυλοχολίνη που προσλαμβάνεται από τους υποδοχείς στους μυς και οδηγεί σε είσοδο ασβεστίου στο κύτταρο, σύσπαση του μυός, με αποτέλεσμα βράχυνση του και έτσι αύξηση του όγκου της θωρακικής κοιλότητας.
- Βλάβη σε οποιοδήποτε σημείο της οδού οδηγεί σε υπερκαπνική αναπνευστική ανεπάρκεια –ανεπάρκεια αντλίας

Αιτίες Δυσλειτουργίας

➤ Σκεφτείτε αιτίες δυσλειτουργίας για καθένα από τα μέρη της αναπνευστικής οδού

- Αναπνευστικό κέντρο
- Πρόσθια κέρατα νωτιαίου μυελού
- Φρενικό
- Νευρομυική σύναψη
- Διάφραγμα

- Η σχέση της PCO₂ με την παραγωγή διοξειδίου περιγράφεται από την εξίσωση:

$$- PCO_2 = K^* VCO_2 / V_T * f^* (1 - V_D / V_T)$$

Πως προκύπτει αυτή η εξίσωση:

- Ο αέρας που ανταλλάσσεται με την αναπνοή στη μονάδα του χρόνου V_E λέγεται κατά λεπτό αερισμός, και ισούται με τον αναπνεόμενο όγκο V_T επί την αναπνευστική συχνότητα f. Μέρος του αναπνεόμενου όγκου φτάνει στις κυψελίδες, κυψελιδικός αερισμός (V_A), και μέρος αυτού παραμένει στους αεραγωγούς όπου δεν γίνεται ανταλλαγή αερίων (νεκρός χώρος). Ο κυψελιδικός αερισμός προφανώς ισούται με τον ολικό αερισμό μείον τον αερισμό του νεκρού χώρου V_A = V_E - V_D => V_A/V_T = (f*V_T / V_T) - f*V_D/V_T => V_A = f*V_T*(1-V_D/V_T)

- Όσο διοξείδιο παράγεται στον οργανισμό στη μονάδα του χρόνου, έστω κατά λεπτό (VCO_2) τόσο απομακρύνεται με την αναπνοή.
- Το ποσό του διοξειδίου που αποβάλλεται με την αναπνοή ισούται με τον αέρα που μετακινείται κατά την αναπνοή από τις κυψελίδες VA επί την συγκέντρωση του διοξειδίου σε αυτόν ($FACO_2$).
- Η μερική πίεση του διοξειδίου στις κυψελίδες $PACO_2$ ισούται με την συγκέντρωση του διοξειδίου επί την πίεση των αερίων στις κυψελίδες, δηλαδή $PACO_2 = FACO_2 * K$ όπου $K =$ σταθερά μετατροπής μονάδων που ισούται με 0,86.

- Επίσης η $PACO_2$ και $PaCO_2$ είναι ίσες λόγω της ταχύτατης εξίσωσης πιέσεων μεταξύ αίματος και κυψελίδων λόγω της μεγάλης διαλυτότητας του διοξειδίου.
- Δηλαδή $VCO_2 = VA * FACO_2$ και αντικαθιστώντας με βάση τα παραπάνω
 - $PCO_2 = K * VCO_2 / V_T * f * (1 - V_D/V_T)$
 - Με βάση αυτή την εξίσωση το διοξείδιο στο αίμα θα αυξηθεί αν αυξηθεί ο αριθμητής, δηλαδή η παραγωγή διοξειδίου, ή αν μειωθεί ο παρνομαστής, δηλαδή η αναπνευστική συχνότητα, ο αναπνεόμενος όγκος, ή αν αυξηθεί η σχέση νεκρού χώρου προς αναπνεόμενο όγκο.

➤ Ασθενής σε μηχανικό αερισμό χωρίς δικές του προσπάθειες έχει $PCO_2 = 60$ mmHg με 10 λίτρα κατά λεπτό αερισμό. Ο γιατρός τροποποιώντας τις παραμέτρους του αναπνευστήρα επιτυγχάνει να έχει ο ασθενής $PCO_2 = 40$ mmHg χωρίς να αυξήσει τον κατά λεπτό αερισμό. Πως?

➤ Υπολογίστε πόσο θα γίνει το διοξείδιο στο αίμα σας αν βουτήξετε στη θάλασσα σε βάθος 56 εκατοστών χρησιμοποιώντας για αναπνευστήρα σωλήνα διαμέτρου 1 εκατοστού, αν πριν και μετά τη βουτιά αναπνέετε με 12 αναπνοές το λεπτό, με 500ml όγκο, και έχετε φυσιολογικό νεκρό χώρο 150 ml.

➤ Σε ασθενή σε μηχανικό αερισμό, που θέλετε να διορθώσετε την PCO₂, ποια παρέμβαση θα αλλάξει περισσότερο το διοξείδιο αύξηση της αναπνευστικής συχνότητας ή του αναπνεόμενου όγκου κατά το ίδιο ποσοστό?

➤ Ασθενής που βρίσκεται σε καταστολή και μηχανικό αερισμό με ελεγχόμενο όγκο (αναπνεόμενος όγκος και αναπνευστική συχνότητα καθορίζονται από το γιατρό) χωρίς δικές του προσπάθειες, εμφανίζει εμπύρετο 39,5°C, και λίγη ώρα αργότερα στα αέρια αίματος διαπιστώνεται υπερκαπνία και αναπνευστική οξέωση. Μπορείτε να το εξηγήσετε ?

- Ας δούμε ξανά τις αιτίες υπερκαπνίας:
 - βλάβη / καταστολή ΚΝΣ (τραύμα / φάρμακα)
 - Βλάβη στα πρόσθια κέρατα του ΝΜ (κάκωση ΑΜΣΣ Α3-Α5)
 - Βλάβη στο φρενικό (Guillen –Barre)
 - Βλάβη στη νευρομυική σύναψη (φαρμακευτικοί αποκλειστές / μυασθένεια)
 - Παθήσεις μυών (μυοπάθειες, κόπωση, επιπέδωση διαφράγματος λόγω υπερδιάτασης)

Μπορεί η P_{mus} να μην είναι παθολογική, αλλά να μην είναι επαρκής ώστε να δημιουργήσει επαρκή αναπνεόμενο όγκο – ας θυμηθούμε την εξίσωση της κίνησης

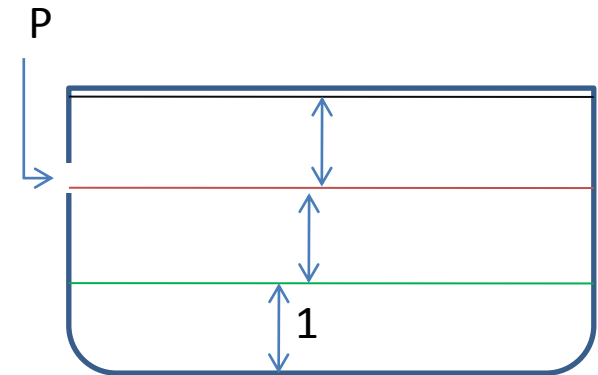
$$P_{mus} = E \cdot \Delta V + V' \cdot R$$

- Για δεδομένη P_{mus} ο όγκος που θα μπει εξαρτάται από τις αντιστάσεις και την elastance του συστήματος. Παθολογικές καταστάσεις που σχετίζονται με αυξημένες αντιστάσεις είναι οι αποφρακτικού τύπου πνευμονοπάθειες (ΧΑΠ, άσθμα), καθώς και τα ξένα σώματα στους αεραγωγούς. Παθολογικές καταστάσεις που σχετίζονται με ελαττωμένη elastance είναι το πνευμονικό οίδημα, η ατελεκτασία και ο πνευμοθώρακας.
- Στις παθολογικές καταστάσεις που επηρεάζονται οι μηχανικές ιδιότητες του αναπνευστικού συστήματος (E , R), ενεργοποιούνται και αντιρροπιστικοί μηχανισμοί, κυρίως αύξηση της αναπνευστικής συχνότητας. Τελικά η υπερκαπνία εμφανίζεται όταν εξαντληθούν οι εφεδρείες του οργανισμού.

Παθοφυσιολογία του Σοκ

Παθοφυσιολογία του Σοκ

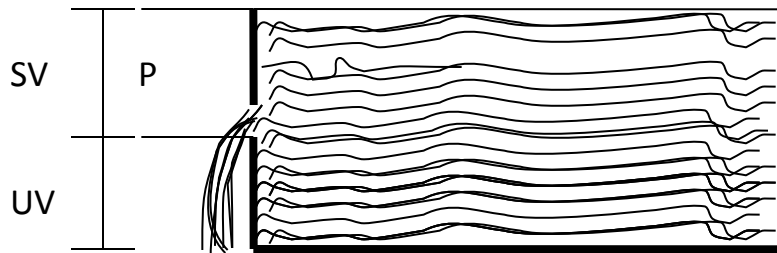
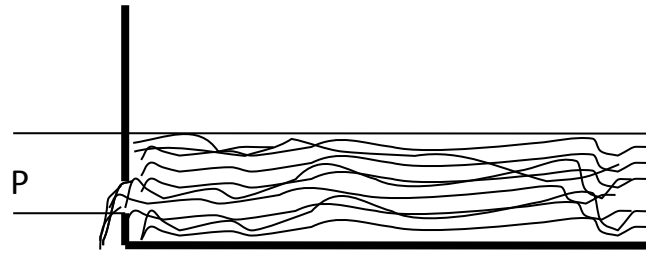
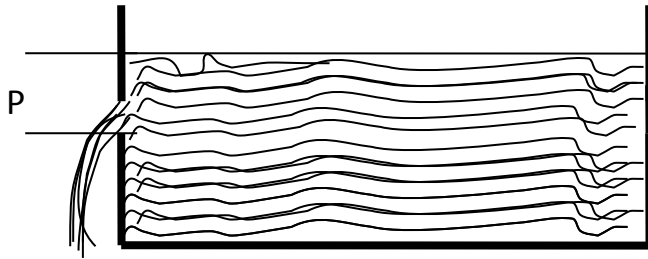
- Στη μπανιέρα που βλέπετε στο διπλανό σχήμα ποια είναι η πίεση P στην τρύπα αν το επίπεδο του νερού είναι στην πράσινη, στην κόκκινη ή στη μαύρη γραμμή?
- Ορίζεται ως Unstressed volume ο όγκος που βρίσκεται μέσα στο σύστημα αλλά δεν επηρεάζει την πίεση στο σημείο μέτρησης, και ως Stressed volume ο όγκος που επηρεάζει την πίεση.
- Στο παράδειγμα της μπανιέρας ο Unstressed volume είναι ο όγκος ως την κόκκινη γραμμή, ενώ ο Stressed volume είναι ο όγκος από την κόκκινη ως τη μαύρη γραμμή. Η πίεση στο σημείο P θα αλλάξει αν αλλάξει ο stressed volume ή αν μετακινηθεί το σημείο P . Το τριχοειδικό δίκτυο με την μεγάλη του χωρητικότητα και τις χαμηλές αντιστάσεις αντιστοιχεί στην «μπανιέρα» του παραδείγματος. Η καρδιά στέλνει αίμα στο δίκτυο των τριχοειδών και αυτό επιστρέφει στην καρδιά λόγω κλίσης πίεσης.



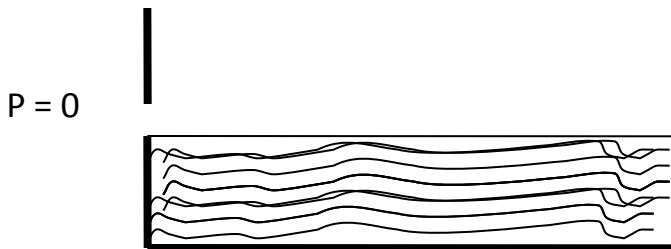
Παθοφυσιολογία του Σοκ

- Ποιας πίεσης?
 - ✓ Της διαφοράς της μέσης συστηματικής πίεσης με την πίεση στο δεξιό κόλπο
 - Ποια είναι η μέση συστηματική πίεση?
 - ✓ Είναι η πίεση στα τριχοειδή όταν σταματήσει η κυκλοφορία
 - ❖ Clinical review: Guyton--the role of mean circulatory filling pressure and right atrial pressure in controlling cardiac output
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3220048/?tool=pubmed>

Παθοφυσιολογία του Σοκ



Για δεδομένη χωρητικότητα του συστήματος η P εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ της οπής και της στάθμης του υγρού. Η σχέση αυτή καθορίζεται **1)** από τον όγκο του υγρού που δεν εξασκεί πίεση στην οπή (unstressed volume, UV) και **2)** από τον όγκο του υγρού που εξασκεί πίεση στην οπή (stressed volume, SV).



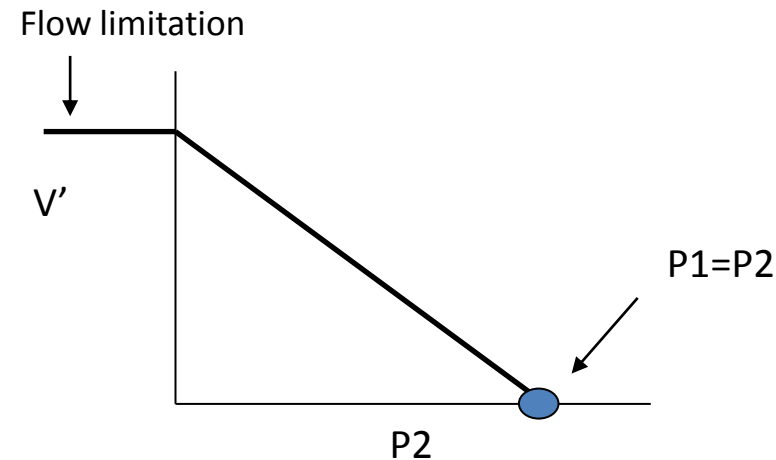
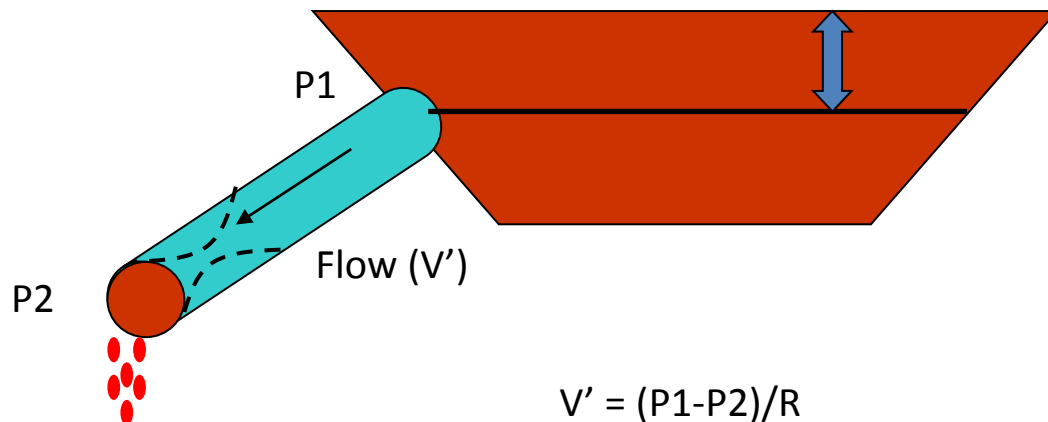
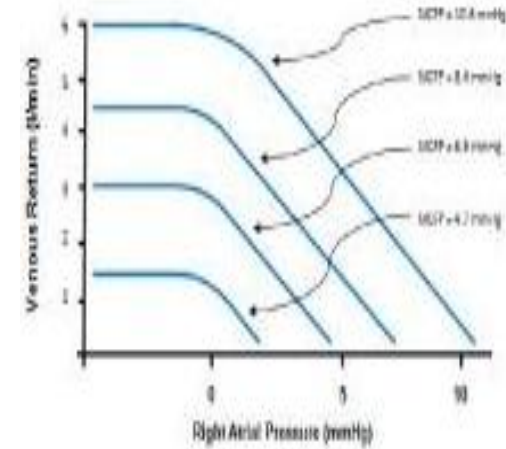
Η P αυξάνει **1)** με την ελάττωση του UV και **2)** με την αύξηση του SV

SV=stressed volume

UV=unstressed volume

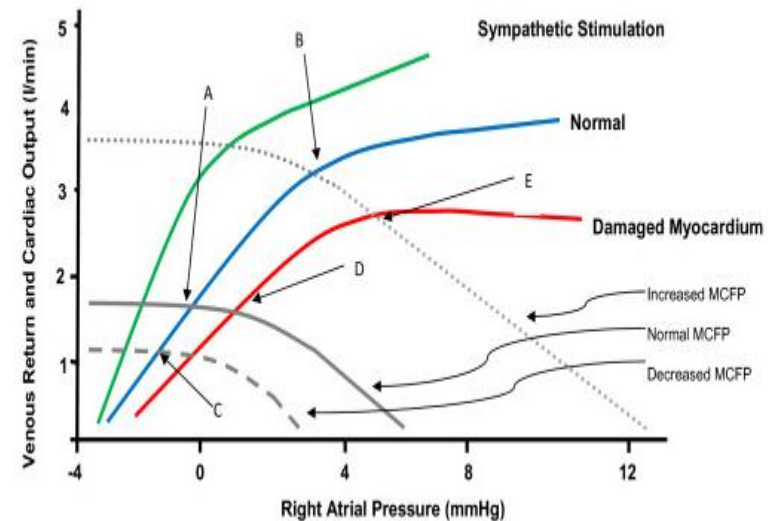
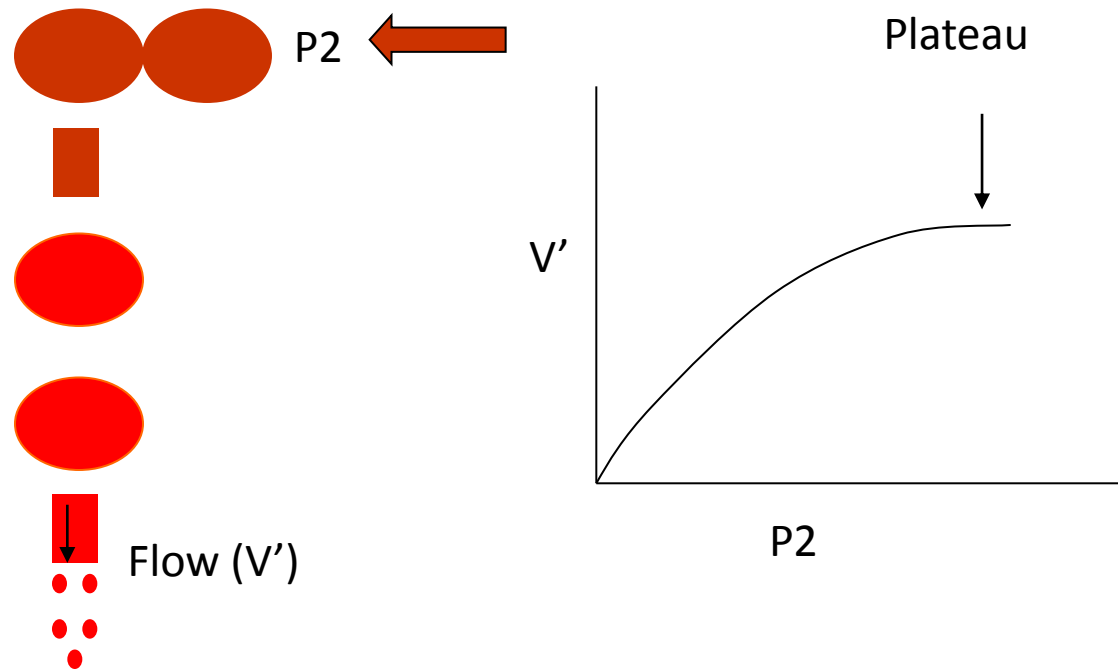
Παθοφυσιολογία του Σοκ

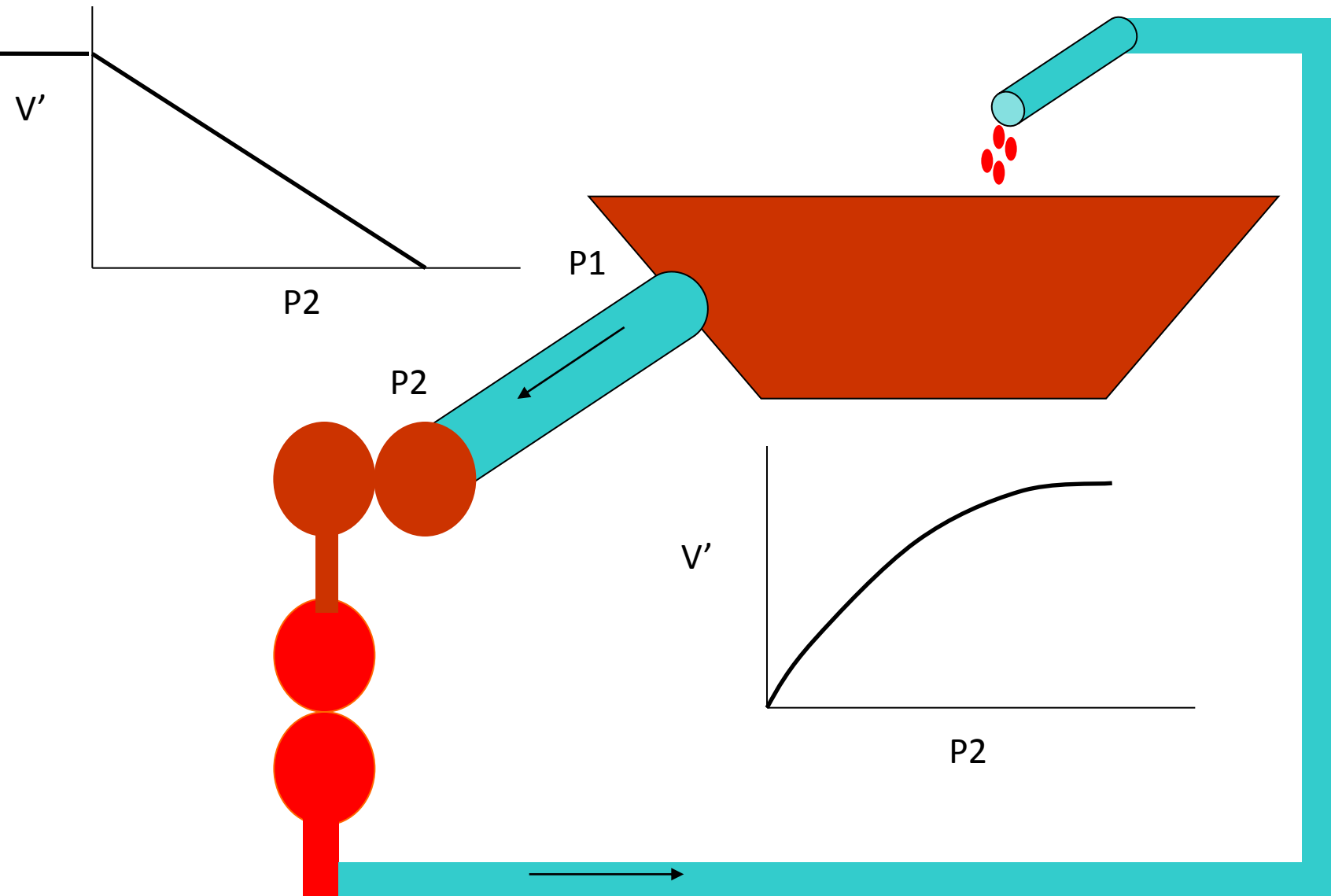
- Σχέση της πίεσης στο δεξιό κόλλπο με τη φλεβική επιστροφή:
 - Ο Guyton και συνεργάτες σε πειραματικό μοντέλο σε σκύλους εξέτασαν τη σχέση της πίεσης στο δεξιό κόλλπο με τη φλεβική επιστροφή.
 - Η φλεβική επιστροφή εξαρτάται από τη διαφορά της μέσης συστηματικής πίεσης και της πίεσης στο δεξιό κόλλπο.
 - Όσο αυξάνεται η πίεση στο δεξιό κόλλπο μειώνεται η κλίση πίεσης, αρά και η ροή, σύμφωνα με το νόμο του Ohm.
 - Η ροή σταματά όταν η πίεση στο δεξιό κόλλπο γίνει ίση με τη μέση συστηματική πίεση.

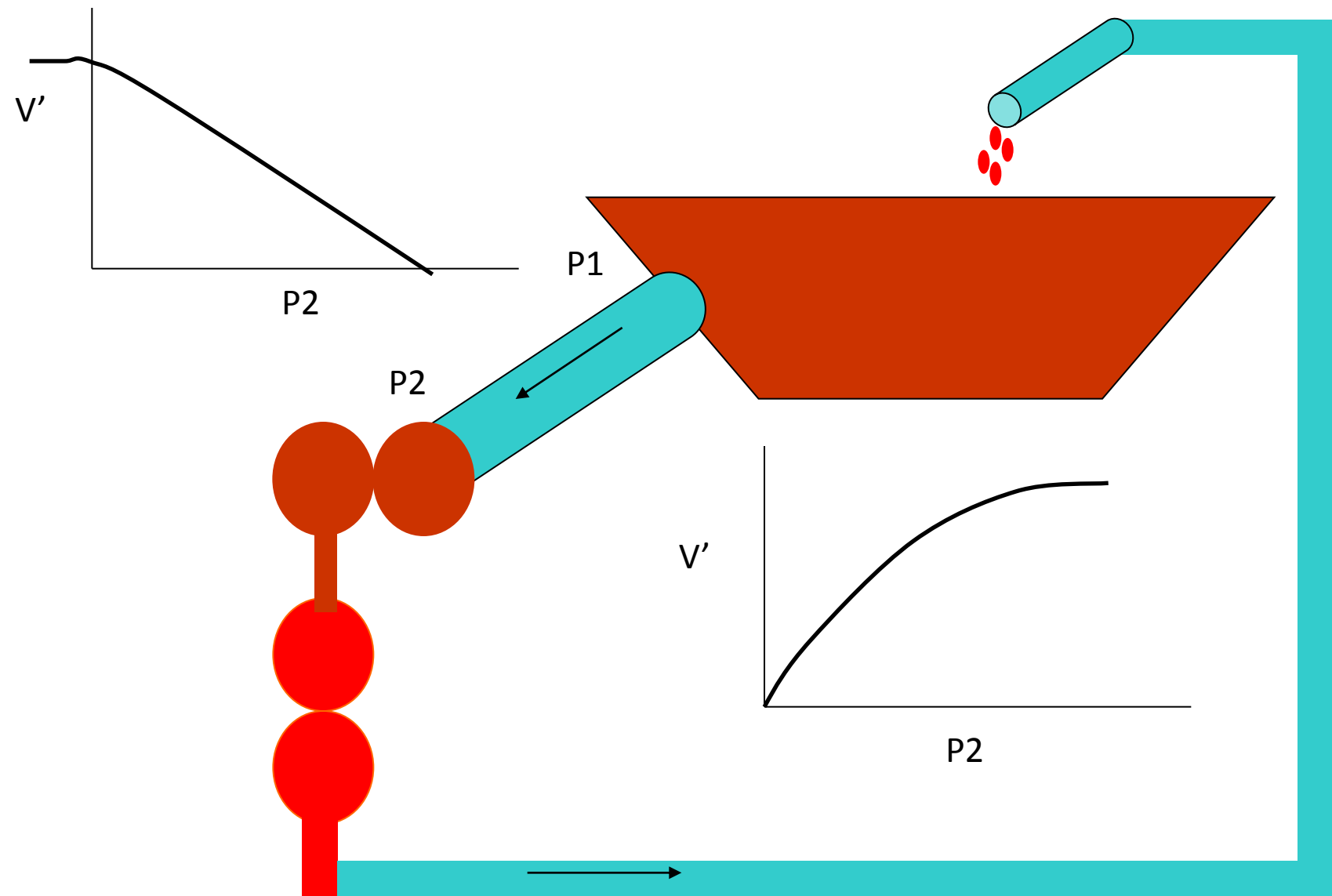


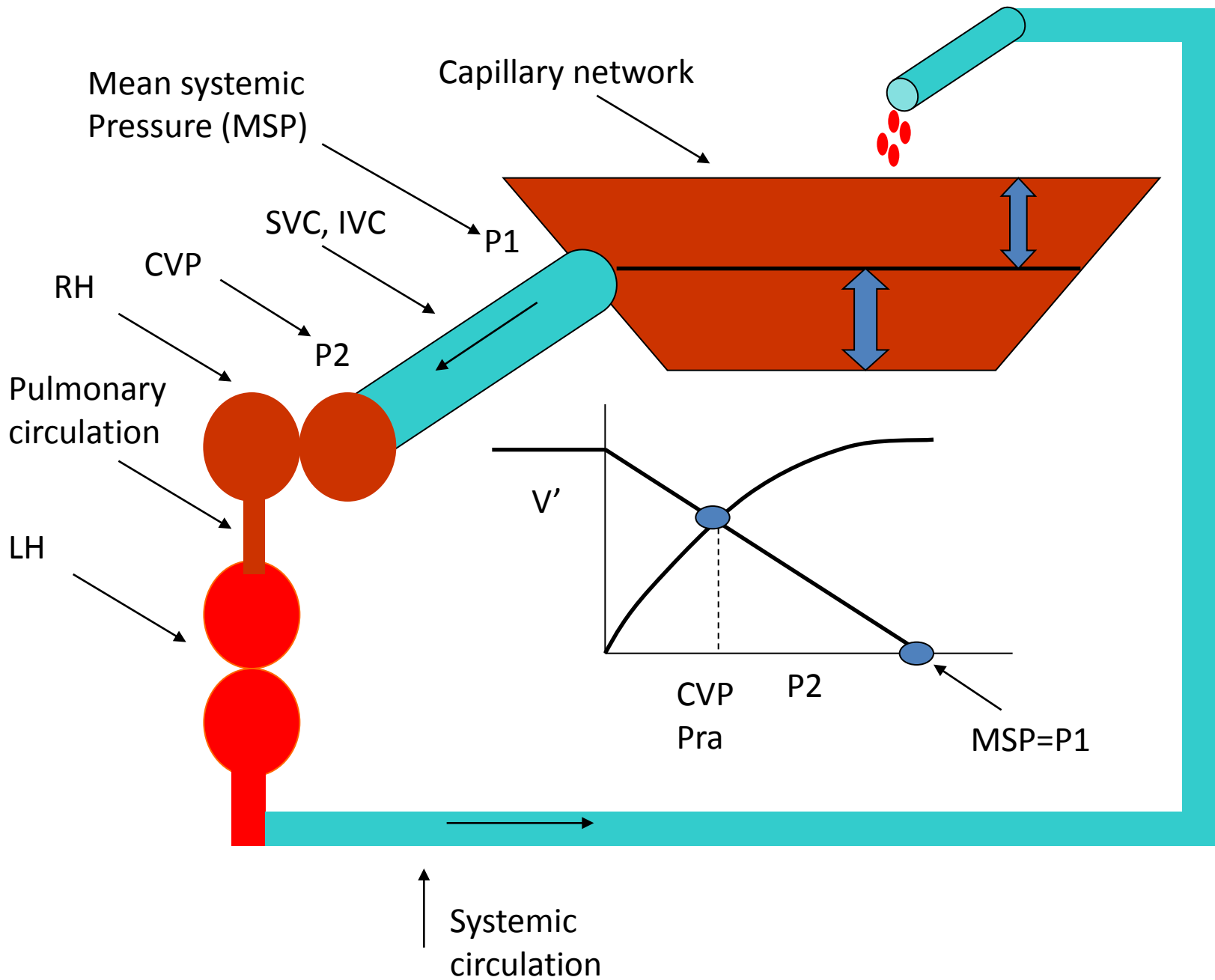
Παθοφυσιολογία του Σοκ

- Σε άλλο πείραμα εξέτασαν τη σχέση της καρδιακής παροχής με την πίεση στο δεξιό κόλπο. Η γνωστή καμπύλη καρδιακής παροχής – ΚΦΠ φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.
- Η φλεβική επιστροφή είναι ανά πάσα στιγμή ίση με την καρδιακή παροχή. Συνδυάζοντας τις καμπύλες βλέπουμε ότι τέμνονται σε ένα σημείο (B), που είναι η κεντρική φλεβική πίεση



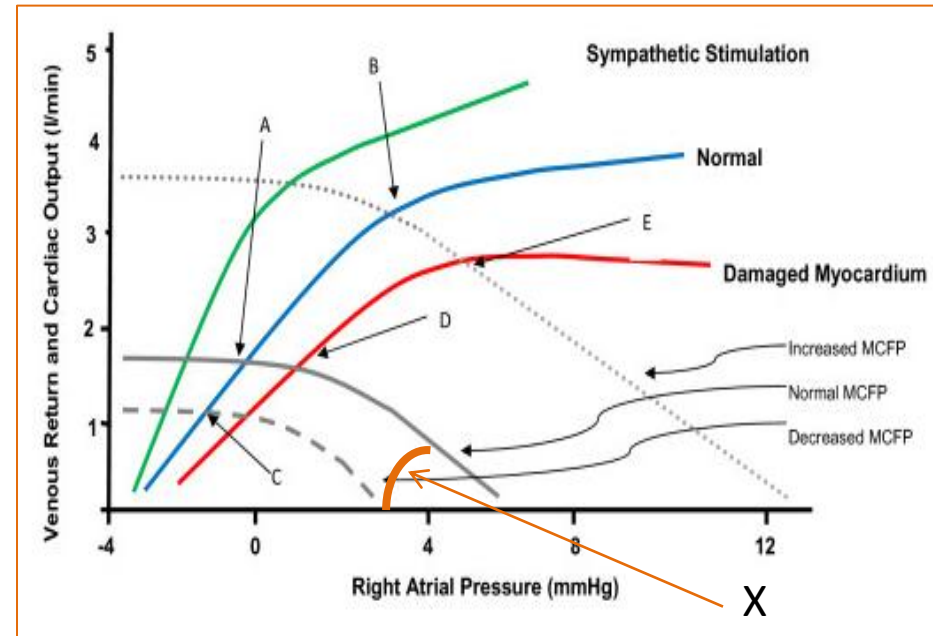






Παθοφυσιολογία του Σοκ

- Η καμπύλη καρδιακής παροχής μετατοπίζεται προς τα κάτω σε καταστάσεις δυσλειτουργίας του μυοκαρδίου (κόκκινη γραμμή) και προς τα πάνω μετά από συμπαθητική διέγερση.
- Η κεντρική φλεβική πίεση είναι το σημείο τομής των δυο καμπύλων και έτσι εξαρτάται από το σχήμα τους. Η γωνία χ της καμπύλης της φλεβικής επιστροφής εκφράζει τις αντιστάσεις των μεγάλων αγγείων ($\chi = V' / dP$)

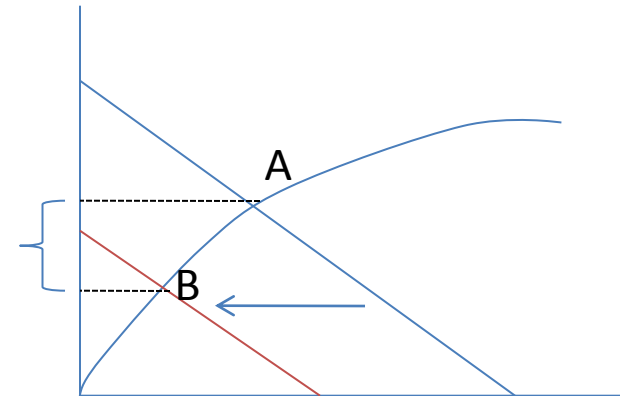


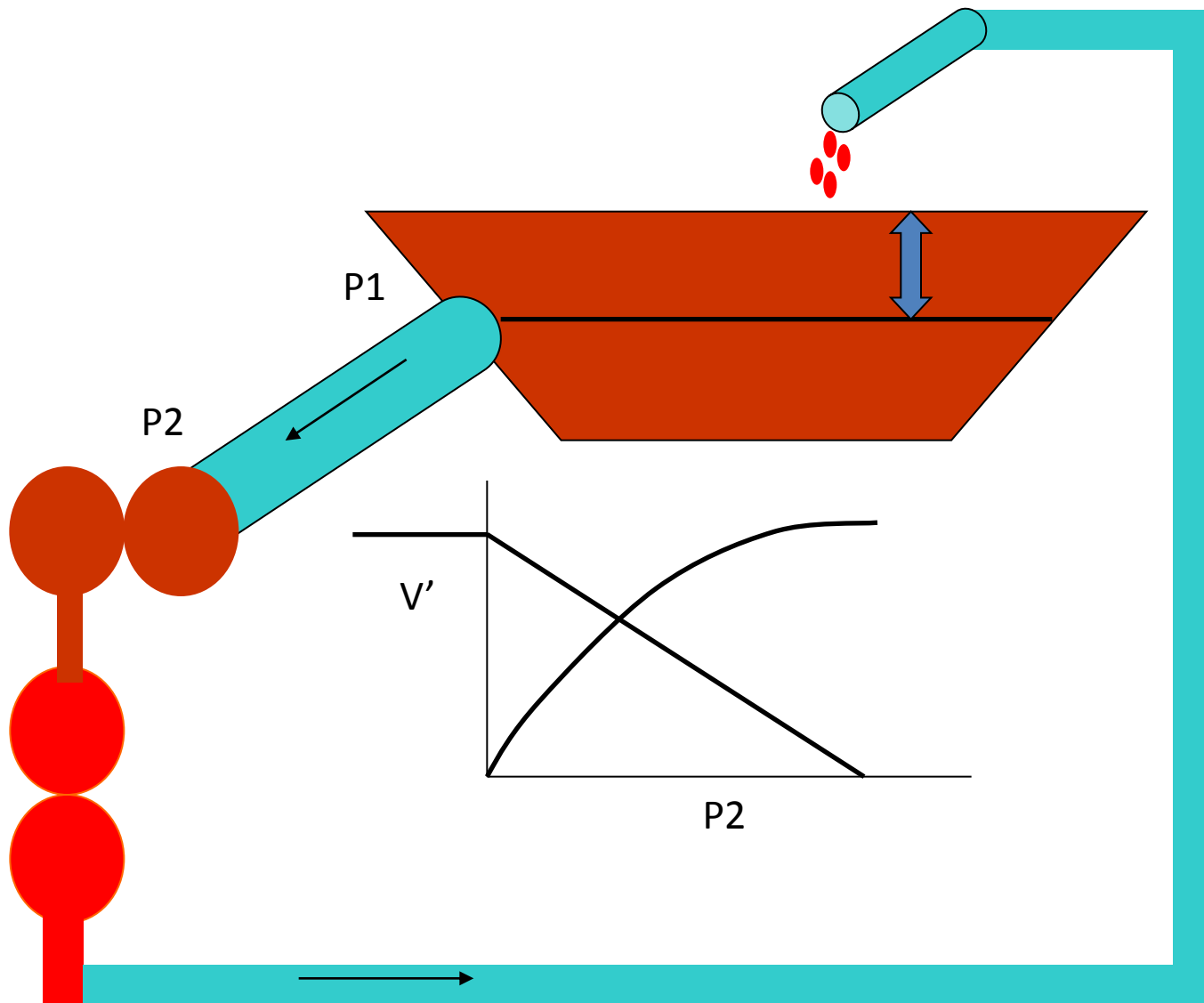
Παθοφυσιολογία του Σοκ

- Ας δούμε τώρα τα είδη σοκ και πως επηρεάζονται σε αυτά οι καμπύλες καρδιακής παροχής και κεντρικής φλεβικής πίεσης
 - Υποογκαιμικό
 - Καρδιογενές
 - Αποφρακτικό
 - Ανακατανομής
- Πριν περάσετε στην επόμενη διαφάνεια σχεδιάστε πως πιστεύετε ότι μετατοπίζονται οι καμπύλες σε κάθε σοκ

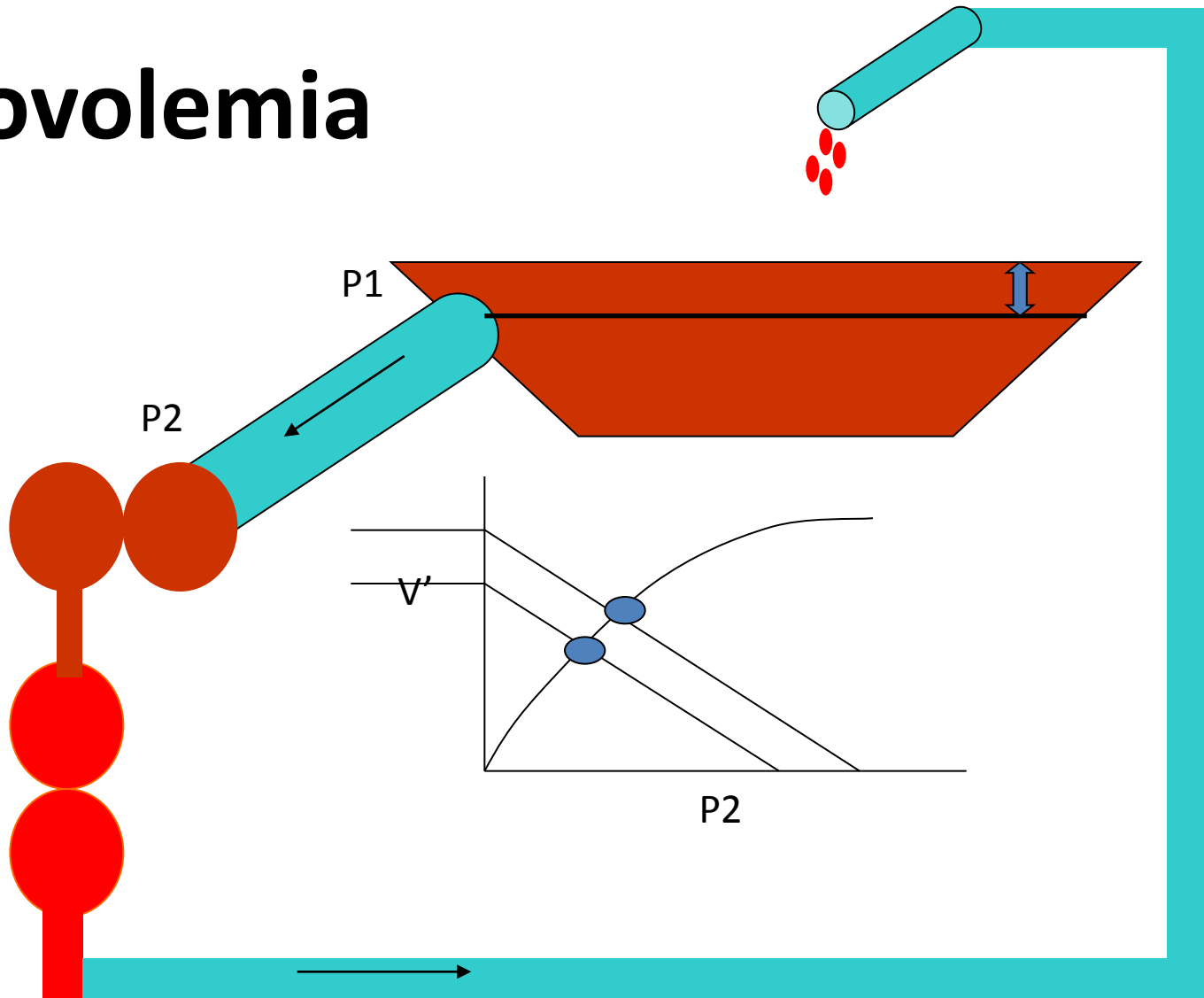
Παθοφυσιολογία του Σοκ

- Σε ένα υποογκαιμικό σοκ, όπως σε περίπτωση αιμορραγίας ελαττώνεται ο stressed volume και σαν αποτέλεσμα αυτού η μέση συστηματική πίεση.
- Έτσι μετατοπίζεται η καμπύλη φλεβικής επιστροφής (μπλε) προς τα αριστερά (κόκκινη). Η καρδιακή παροχή βρίσκεται μειωμένη (A→B) και ανάλογη πτώση έχει η κεντρική φλεβική πίεση. Χορηγώντας υγρά στο υποογκαιμικό σοκ στοχεύουμε στο να αυξήσουμε τον stressed volume και να μετατοπίσουμε την καμπύλη φλεβικής επιστροφής δεξιά. Το ίδιο επιτυγχάνεται και με την αντιρροπιστική αγγειοσύσπαση.

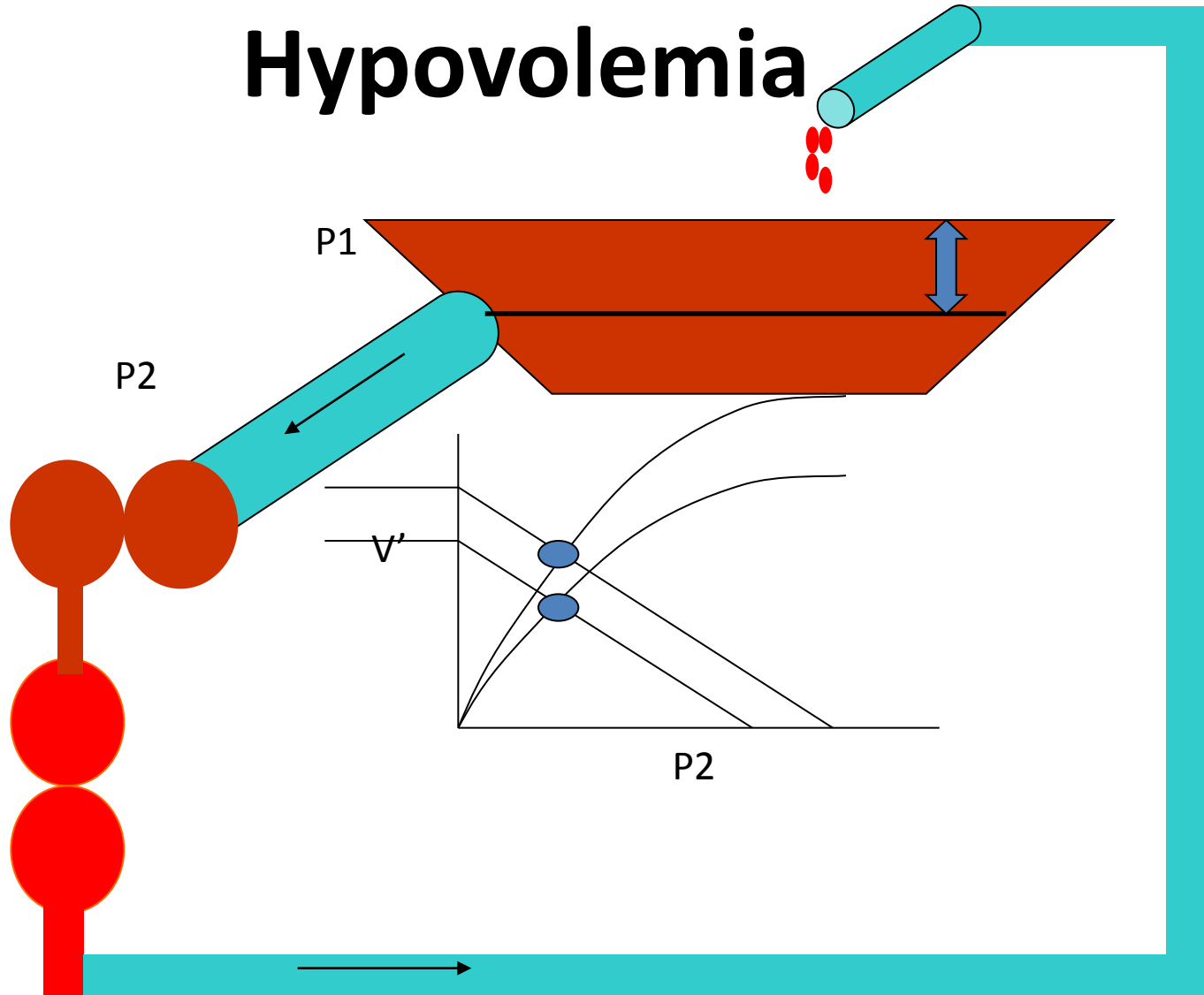




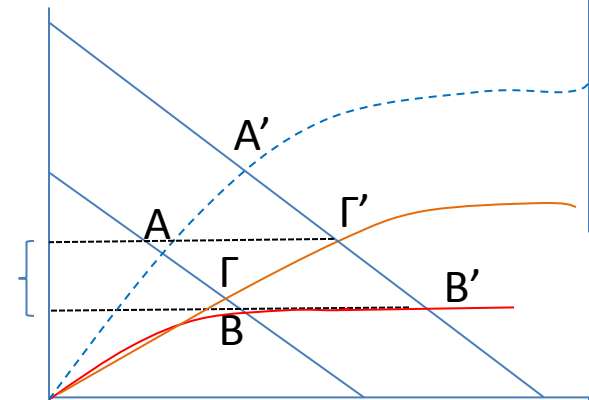
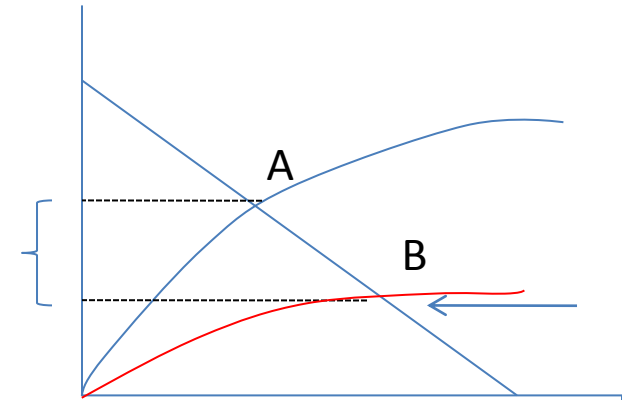
Hypovolemia



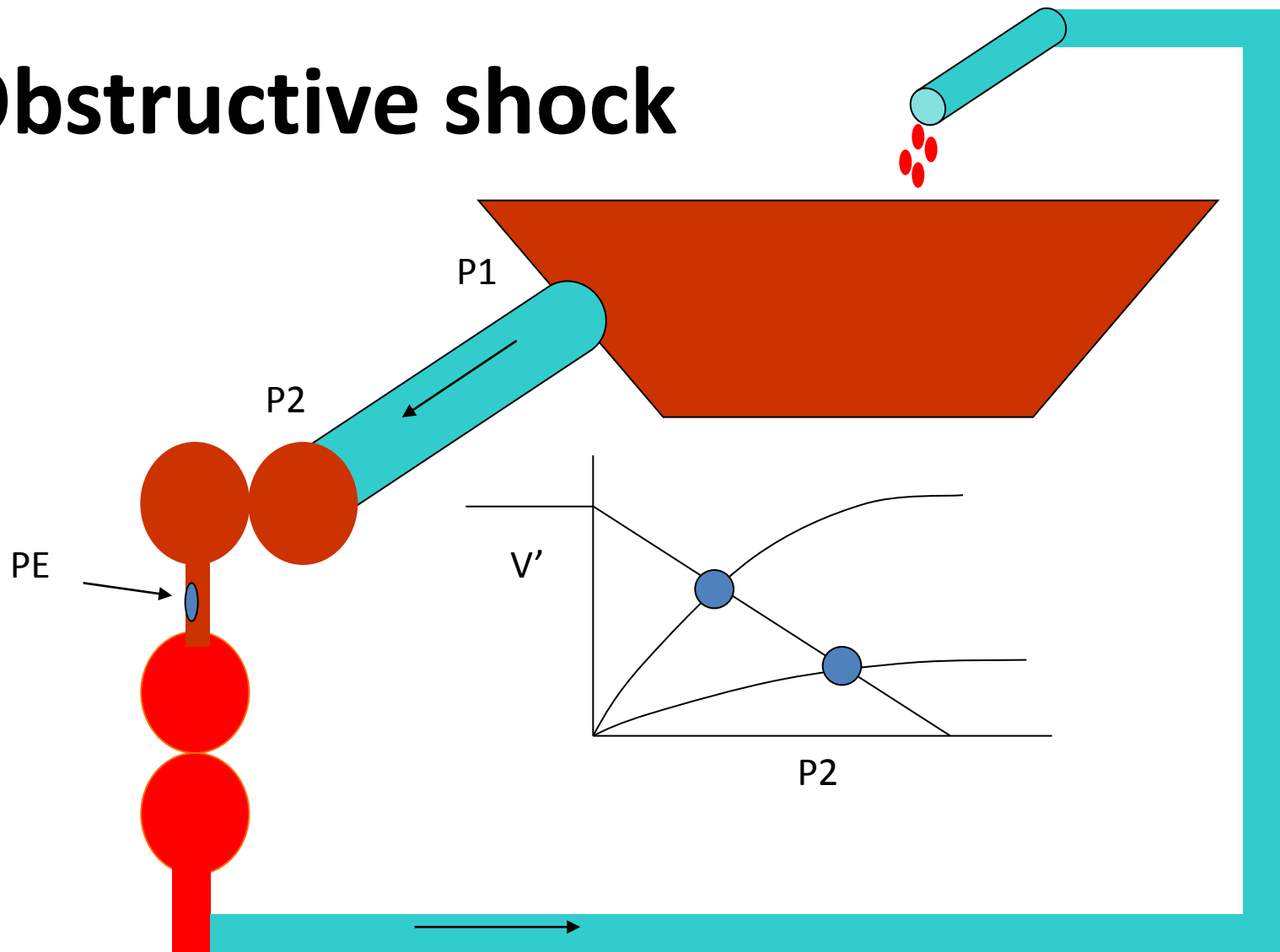
Hypovolemia



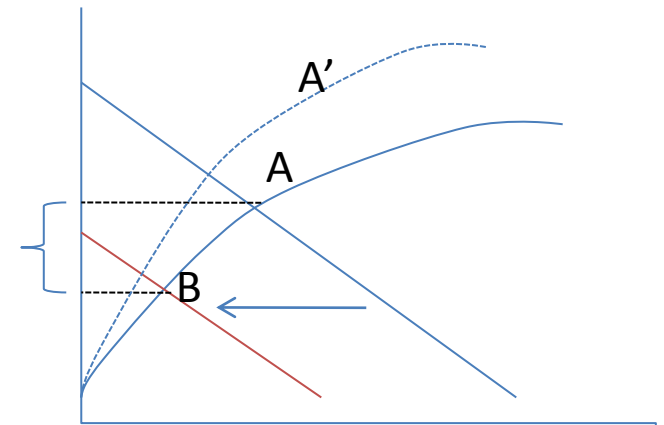
- Σε ένα καρδιογενές σοκ, όπως σε περίπτωση εμφράγματος μυοκαρδίου μετατοπίζεται προς τα κάτω η καμπύλη της καρδιακής παροχής (μπλε → κόκκινη). Η καρδιακή παροχή βρίσκεται μειωμένη (A→B) ενώ η κεντρική φλεβική πίεση αυξάνεται. Το αν θα βοηθήσουν τα υγρά ένα ασθενή με καρδιογενές σοκ εξαρτάται από το αν το σημείο τομής B βρίσκεται στο καμπύλο ή στο ευθύ τμήμα της καμπύλης καρδιακής παροχής
- Στην περίπτωση B, κόκκινη γραμμή, η καμπύλη φλεβικής επιστροφής τέμνει την καμπύλη καρδιακής παροχής στο ευθύ τμήμα της καμπύλης. Χορήγηση υγρών και μετατόπιση της καμπύλης φλεβικής επιστροφής στο A' έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της κεντρικής φλεβικής πίεσης (B→B') χωρίς αύξηση της καρδιακής παροχής. Στην περίπτωση Γ η χορήγηση υγρών θα αυξήσει λίγο την καρδιακή παροχή (Γ → Γ').
- Το αποφρακτικό σοκ συμπεριφέρεται όπως το καρδιογενές καθώς αλλάζει η σχέση πίεσης δεξιού κόλπου και καρδιακής παροχής



Obstructive shock

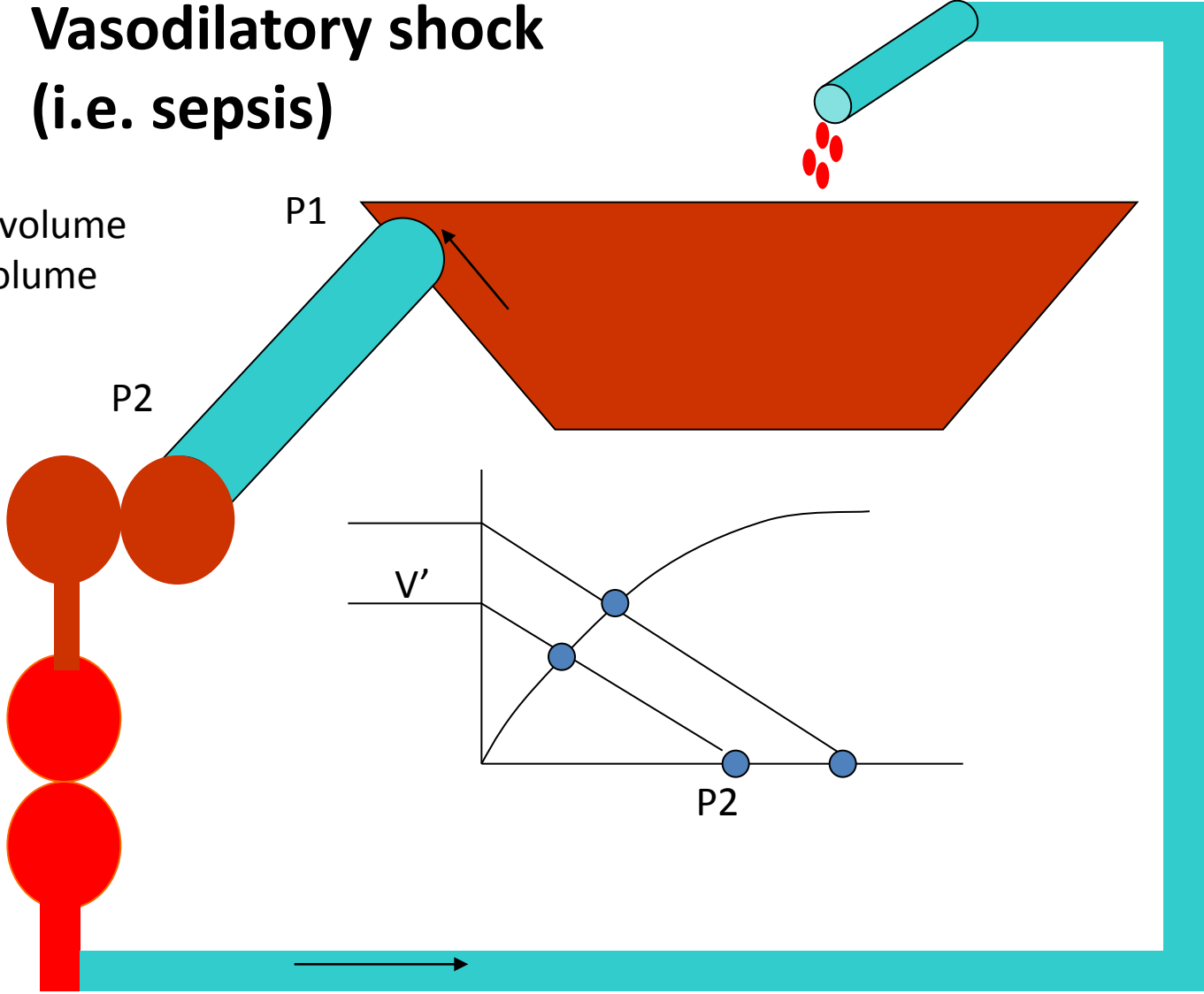


- Στο σοκ ανακατανομής κύριο χαρακτηριστικό είναι η αγγειοδιαστολή που οδηγεί σε αύξηση του unstressed volume σε βάρος του stressed volume, με αποτέλεσμα να μετατοπίζεται η καμπύλη φλεβικής επιστροφής αριστερά ($A \rightarrow B$). Σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω μειωμένων αντιστάσεων των μεγάλων αγγείων μετατοπίζεται η καμπύλη καρδιακής παροχής προς τα πάνω ($A \rightarrow A'$)



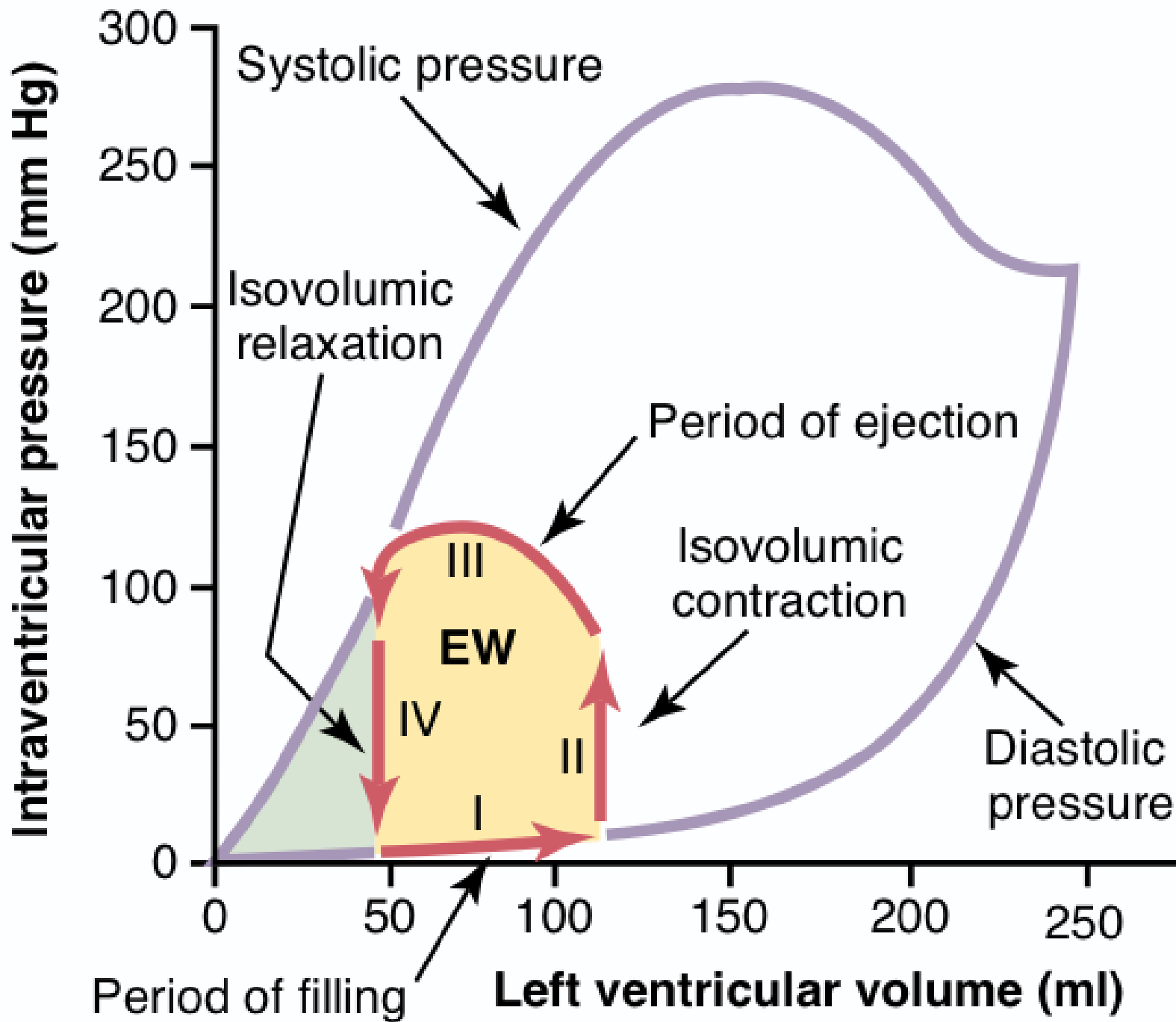
Vasodilatory shock (i.e. sepsis)

↑ Unstressed volume
↓ Stressed volume



Καμπύλες πίεσης - όγκου αριστεράς κοιλίας

- Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η σχέση πίεσης - όγκου της αριστεράς κοιλίας κατά την διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου.
- Η χρησιμότητα του διαγράμματος έγκειται στο γεγονός πως συσχετίζει την συσταλτικότητα, το προφόρτιο και το μεταφορτίο της αριστεράς κοιλίας που με την σειρά τους καθορίζουν τον όγκο παλμού (SV) της αριστεράς κοιλίας.
- Δύο σημεία πάνω στο διάγραμμα έχουν ιδιαίτερη σημασία, ένα κατά το τέλος της διαστολής (EDP - end diastolic point) και ένα στο τέλος της συστολής (ESP - end systolic point). Το EDP βρίσκεται πάνω στην διαστολική σχέση πίεσης όγκου (diastolic pressure volume relationship) που σχηματίζεται κατά την διαδοχική αύξηση του προφορτίου της αριστεράς κοιλίας με ταυτόχρονη αύξηση της τελοδιαστολικής πίεσης σύμφωνα με την ενδοτικότητα της (compliance).
- Το ESP βρίσκεται πάνω στην συστολική σχέση πίεσης όγκου (systolic pressure volume relationship) που καθορίζεται με την καταγραφή της ενδοκοιλιακής πίεσης κατά την συστολή σε διαφορετικούς κάθε φορά όγκους. Για μια δεδομένη συσταλτικότητα όλα τα ESP βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία (E_{max} line) που ουσιαστικά εκφράζει την συσταλτικότητα της αριστεράς κοιλιάς.

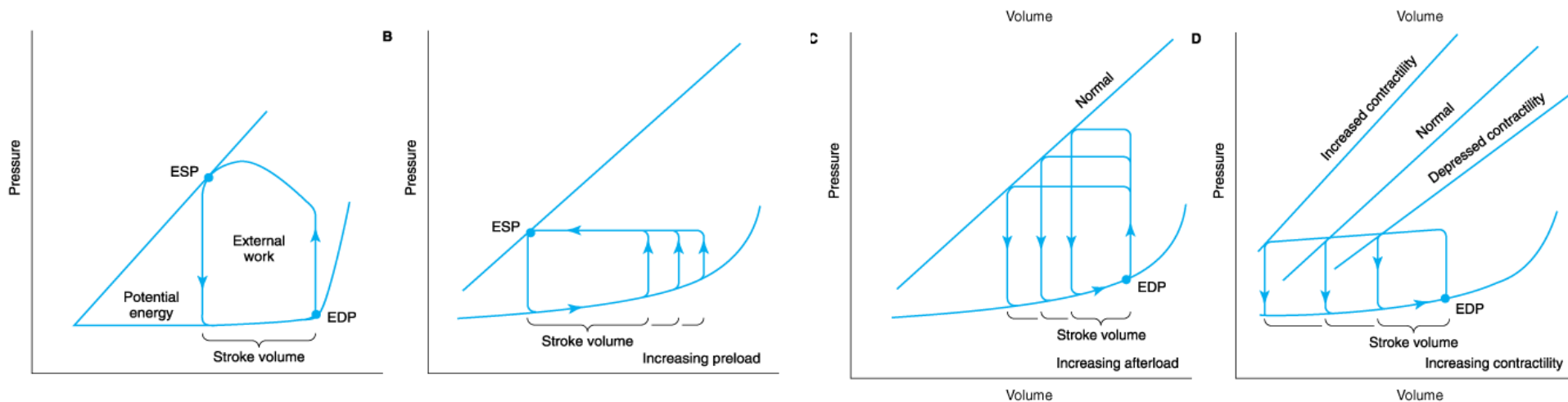


- **Φάση I:** περίοδος διαστολικής πλήρωσης (diastolic filling). Κατά την φάση της διαστολικής πλήρωσης ανοίγει η κολποκοιλιακή βαλβίδα με σταδιακή αύξηση του προφορτίου της αριστεράς κοιλίας καθώς το αίμα διέρχεται από τον κόλπο στην κοιλία, κατά την είσοδο του αίματος στην αριστερά κοιλία αυξάνεται η διαστολική της πίεση βάση της ενδοτικότητάς της έως ότου κλείσει η κολποκοιλιακή βαλβίδα.
- **Φάση II:** περίοδος ισοογκικής σύσπασης (isovolumetric contraction). Κατά την περίοδο αυτή έχουμε ισομετρική σύσπαση της αριστεράς κοιλίας με αύξηση της πίεσης αλλά χωρίς μεταβολή του όγκου καθώς οι βαλβίδες είναι κλειστές έως ένα σημείο που η ενδοκοιλιακή πίεση ξεπερνά την διαστολική πίεση της αορτής και ανοίγει η αορτική βαλβίδα. Το σημείο όπου ανοίγει η αορτική βαλβίδα υποδηλώνει το μεταφορτίο της αριστεράς κοιλίας.

- **Φαση III:** φάση εξώθηση (ejection) κατά την οποία η ενδοκοιλιακή πίεση αυξάνει λόγω περεταίρω σύσπασης της αριστεράς κοιλίας. Ο όγκος μειώνεται καθώς εξωθείται διαμέσου της ανοιχτής αορτικής βαλβίδα, η μεταβολή αυτή του όγκου ουσιαστικά αντανακλά τον όγκο παλμού. Η εξώθηση σταματά έως το ESP όπου η ενδοκοιλιακή πίεση φτάνει την μέγιστη τιμή της πάνω στην Emax line, εν συνεχεία κλείνει η αορτική βαλβίδα.
- **Φάση IV:** φάση ισοογκικής χάλασης (isovolumetric relaxation) όπου η αριστερά κοιλία διαστέλεται με κλειστές βαλβίδες έως ότου ανοίξει εκ νέου η κολποκοιλιακή βαλβίδα. Στην φάση αυτή υπάρχει μεταβολή πίεσης χωρίς μεταβολή όγκου.

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται παραδείγματα σχέσης πίεσης όγκου αριστεράς κοιλίας.

- Στο **σχήμα A** εικονίζεται ένας καρδιακός κύκλος, ο όγκος παλμού αποτελεί την διαφορά τελοδιαστολικού και τελοσυστολικού όγκου στον άξονα ενώ το περιεχόμενο του διαγράμματος αποτελεί το έργο της αριστεράς κοιλίας σε ένα καρδιακό κύκλο.
- Στο **σχήμα B** απεικονίζεται η αύξηση του προφορτίου με σταδιακή συσταλτικότητα και μεταφόρτιο. Στο **σχήμα C** απεικονίζεται αύξηση του μεταφορτίου με σταθερό προφόρτιο και συσταλτικότητα, παρατηρείστε την μείωση του όγκου παλμού με την σταδιακή αύξηση του μεταφορτίου. Στο **σχήμα D** αυξάνεται η συσταλτικότητα (E_{max} line) με σταθερό προφόρτιο και μεταφόρτιο.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

