



ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟΥ

ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ ΧΑΝΙΩΤΗΣ

Καθηγητής Παν/μιου

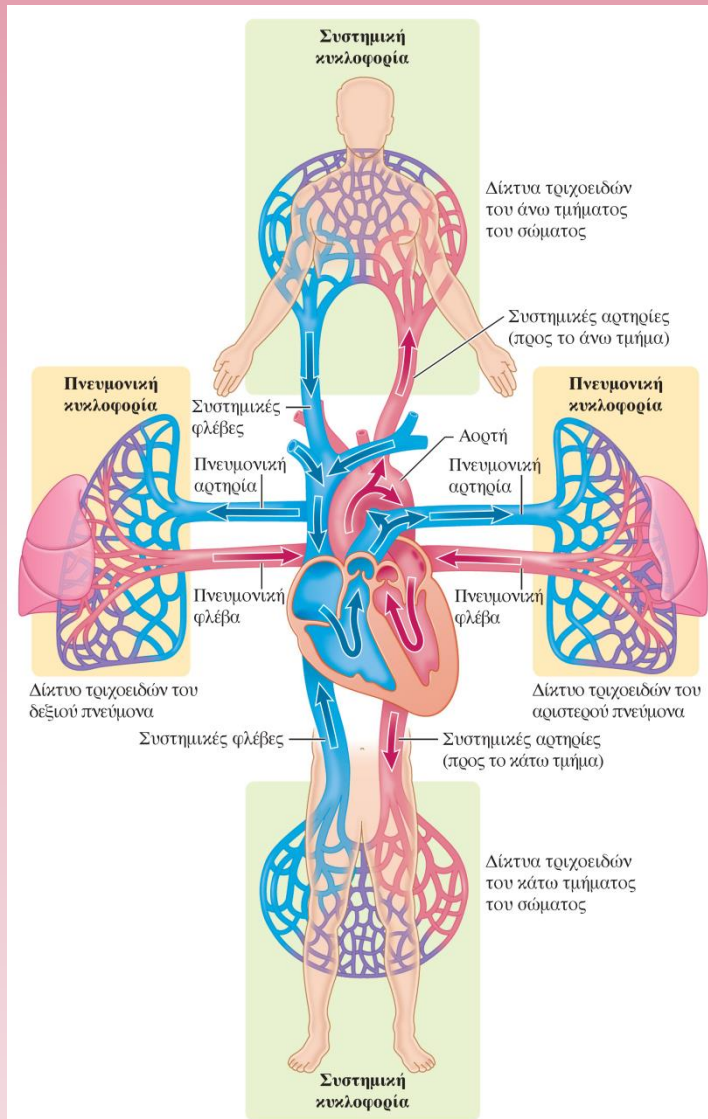
Σχέση της πνευμονικής (μικρής) και της συστηματικής (μεγάλης) κυκλοφορίας με την καρδιά

Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από δύο διακριτούς αγγειακούς βρόχους:

1) την πνευμονική (μικρή) κυκλοφορία, που μεταφέρει το αίμα μεταξύ της καρδιάς και των πνευμόνων

2) τη συστηματική (μεγάλη) κυκλοφορία, που μεταφέρει το αίμα μεταξύ της καρδιάς και του συνόλου των οργάνων.

Καθένας από τους βρόχους έχει σχήμα «8», αφού η πνευμονική κυκλοφορία τροφοδοτεί τον δεξιό και τον αριστερό πνεύμονα, ενώ η συστηματική το άνω και το κάτω ημιμόριο του σώματος.



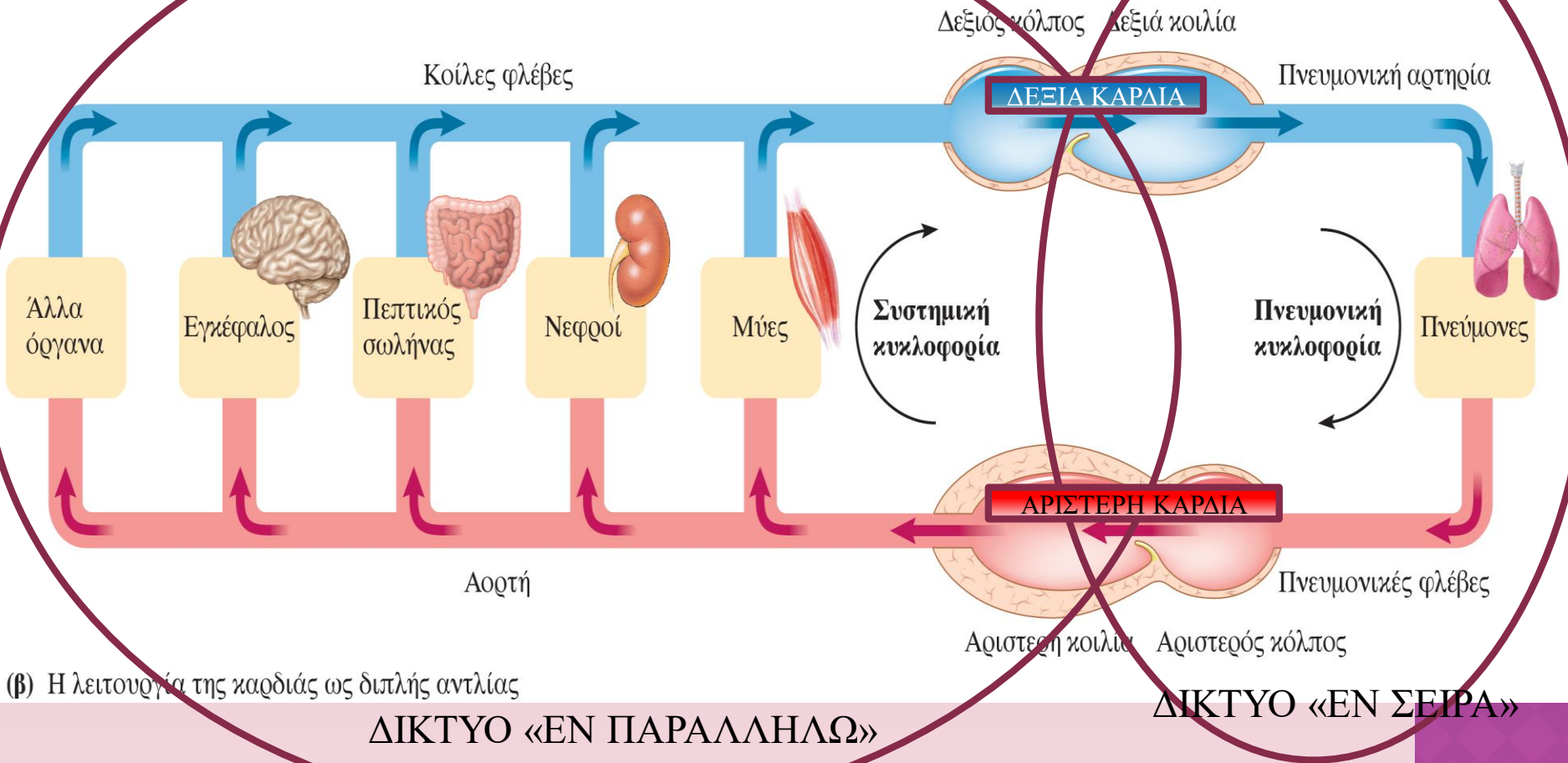
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

■ = Αίμα πλούσιο σε O₂ ■ = Αίμα φτωχό σε O₂

Η ροή του αίματος και η λειτουργία της καρδιάς ως αντλίας

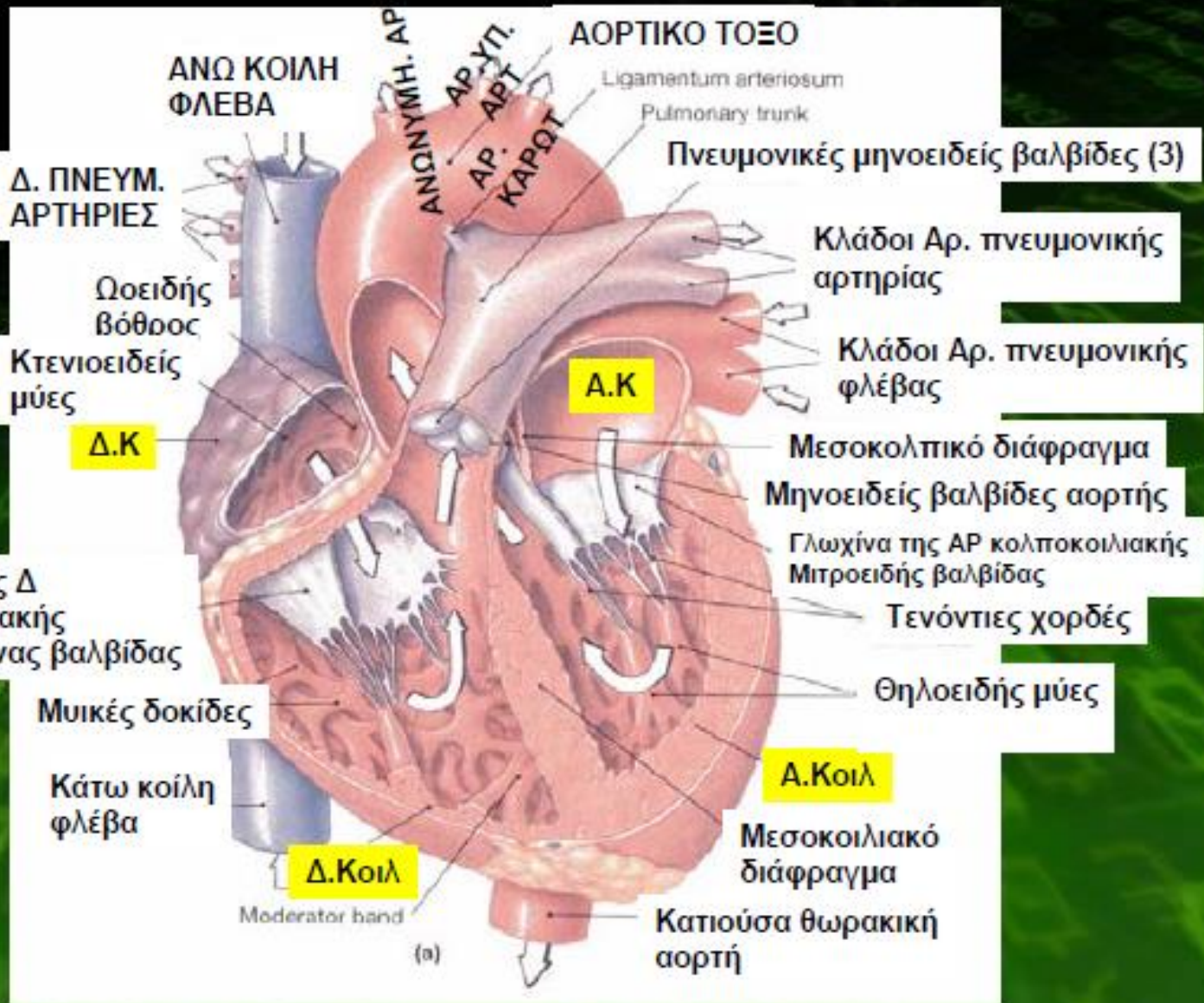
ΜΕΓΑΛΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

ΜΙΚΡΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ



(β) Η λειτουργία της καρδιάς ως διπλής αντλίας

ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΚΟΙΛΟΤΗΤΕΣ



ΤΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ

Υπάρχουν δύο είδη μυοκαρδιακών ινών:

A. Οι ίνες του λειτουργικού μυοκαρδίου, δηλαδή οι ίνες που είναι υπεύθυνες για τη μηχανική συστολή της καρδιάς.

B. Οι ίνες του εξειδικευμένου συστήματος ηλεκτρικής αγωγής (ερεθισματοαγωγού συστήματος) δηλαδή οι ίνες που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή και τη διάδοση της διεγέρσεως στην καρδιά.

Οι κόλποι και οι κοιλίες αποτελούν δύο χώρους με ομοιόμορφη, ο καθένας, λειτουργική συμπεριφορά γιαυτό και χαρακτηρίζονται ως 2 ξεχωριστά **λειτουργικά συγκύτια που** καθένα (δηλ. κόλποι - κοιλίες) ΣΥΣΤΕΛΛΕΤΑΙ ΟΛΟΚΛΗΡΟ και ΟΧΙ ΚΑΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ με τη μέγιστη δυνατή ένταση συστολής.

Νόμος «όλο ή ουδέν»

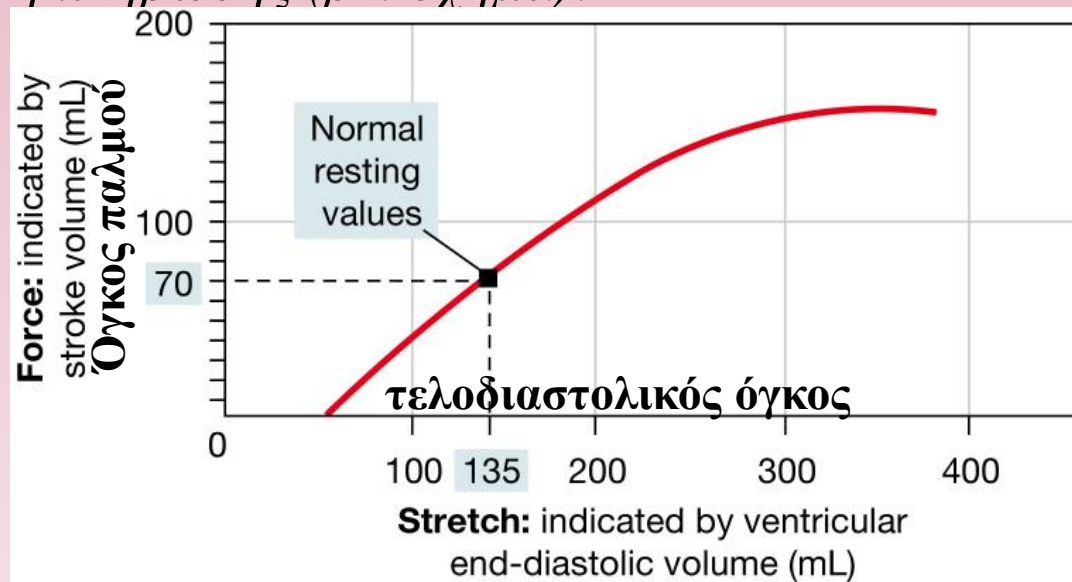
Προϋπόθεση για να συσταλεί η καρδιά πρέπει το ερέθισμα να είναι βαλβιδικό (δηλ. αποτελεσματικό). Μεγαλύτερης έντασης ερέθισμα δεν προκαλεί μεγαλύτερη ένταση συστολής, ενώ μικρότερο δεν δρα (δηλ. είναι χωρίς αποτέλεσμα).

⊙ μηχανισμός Frank – Starling ή Νόμος της καρδιάς:

(Αποτυπώνει τις ελαστικές ιδιότητες του μυοκαρδίου και το αποτέλεσμα που έχουν αυτές στην απόδοσή της όπως δηλ. «το πέταγμα της σφεντόνας»)

Η ένταση της συστολής της καρδιάς εξαρτάται από το βαθμό διάτασης του μυοκαρδίου πριν τη συστολή.

Η ένταση της συστολής της καρδιάς έχει σχέση με την απόδοσή της δηλ. τον **όγκο παλμού**, ενώ ο βαθμός διάτασης του μυοκαρδίου πριν τη συστολή έχει σχέση με την **προφόρτιση ή προφορτίο** που εκφράζεται είτε ως **τελοδιαστολικός όγκος** ή ως **τελοδιαστολική πίεση πλήρωσης** (βλ. σχήμα).

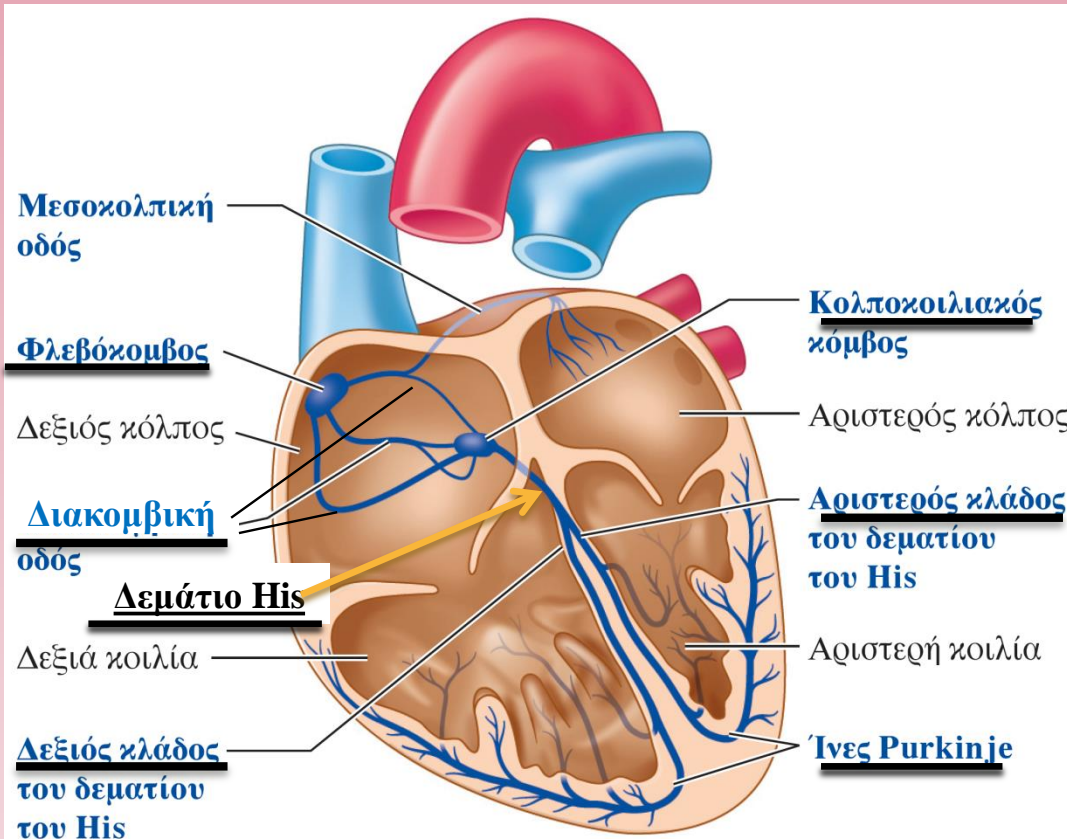


Το εξειδικευμένο σύστημα ηλεκτρικής αγωγής της καρδιάς

Αποτελείται από:

- Το φλεβόκομβο (Keith-Flack)
- Τα διακομβικά δεμάτια
- Τον κολποκοιλιακό κόμβο (Aschoff – Tawara)
- Το δεμάτιο του His
- Το δεξιό σκέλος και αριστερό σκέλος
- Τις τελικές (ακροτελεύτιες) ίνες του Purkinje

Το εξειδικευμένο σύστημα ηλεκτρικής αγωγής της καρδιάς και η μετάδοση των ερεθισμάτων

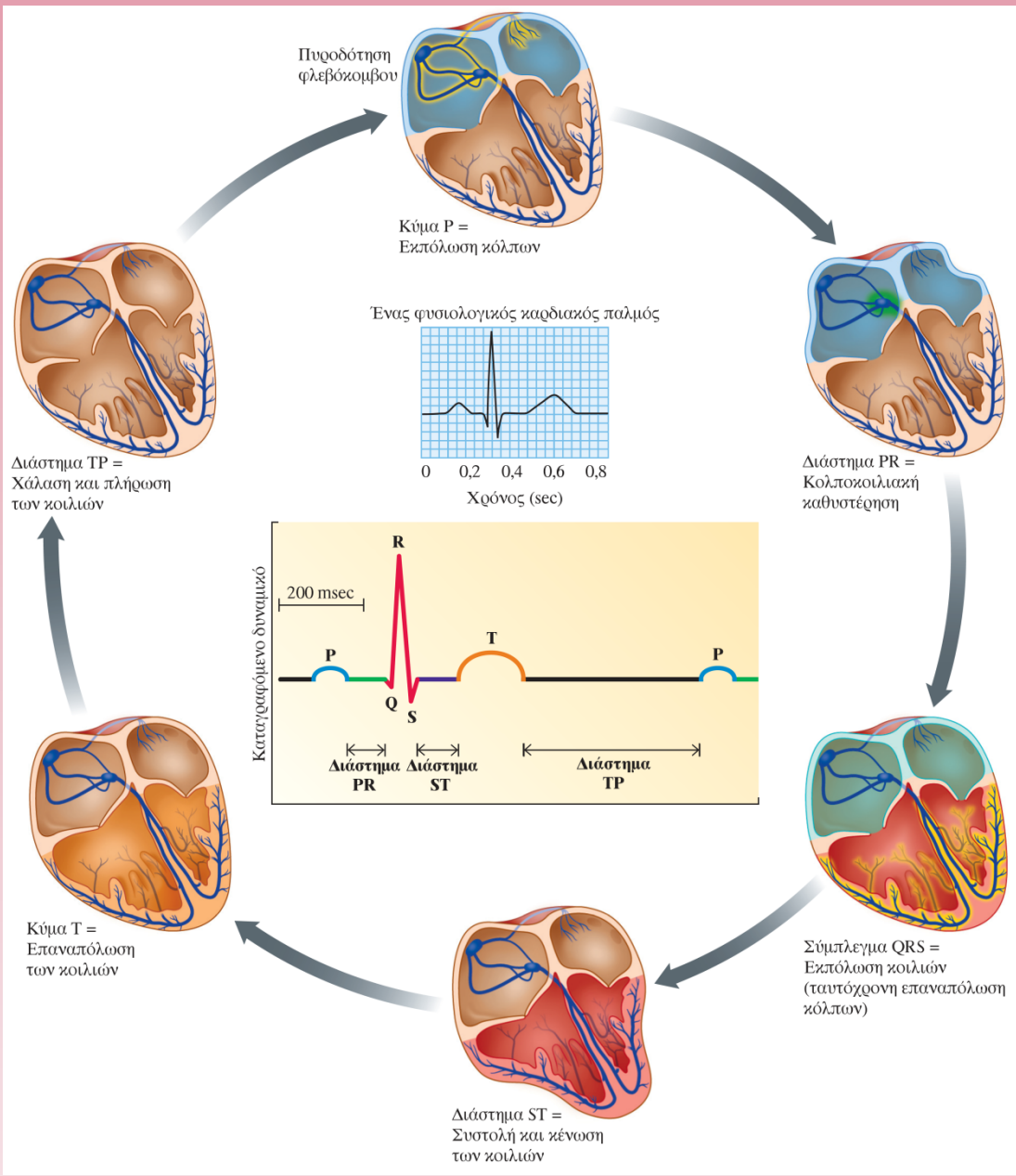


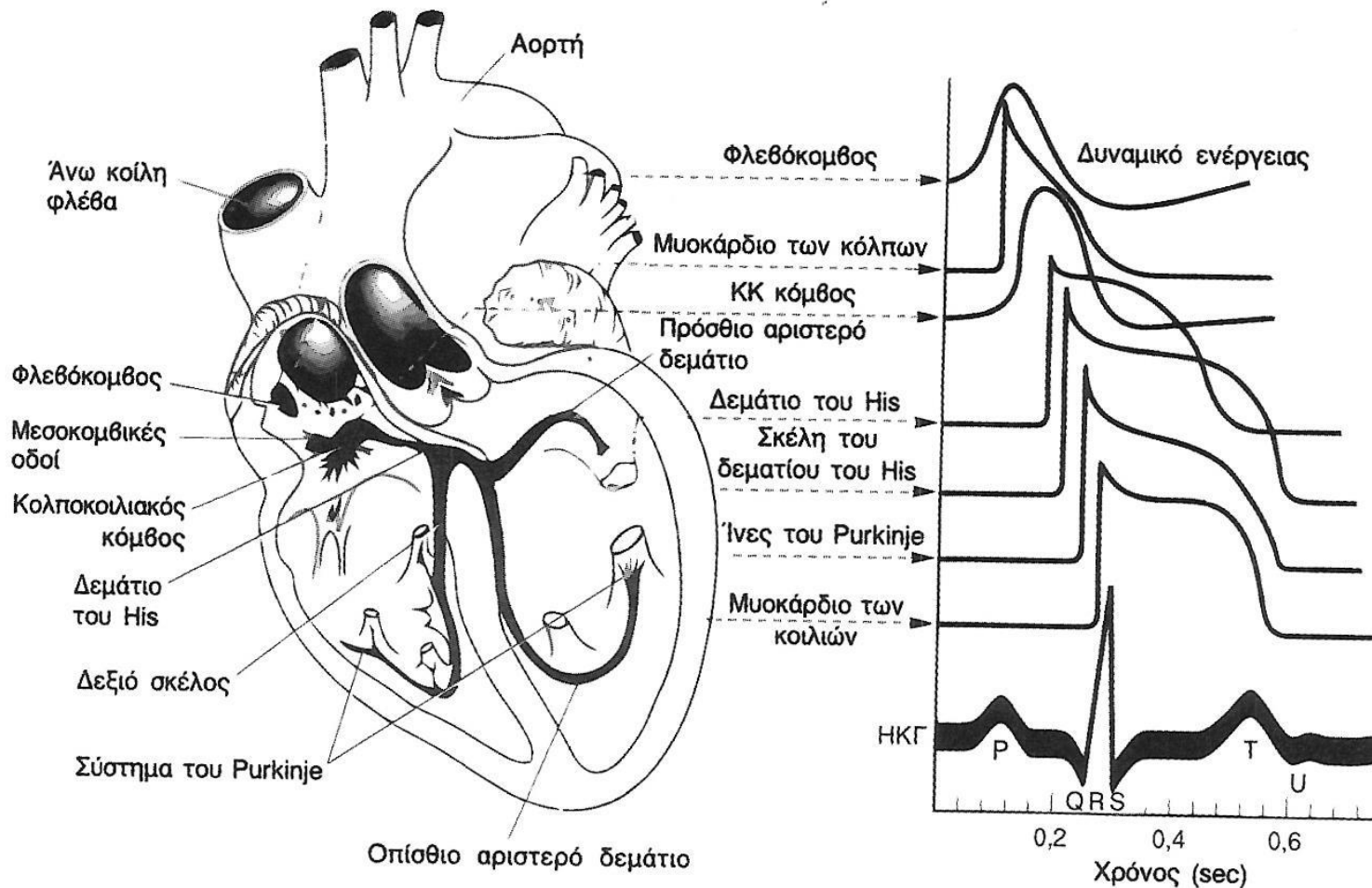
(α) Το εξειδικευμένο ερεθισματοαγωγό σύστημα της καρδιάς

Κάθε δυναμικό ενέργειας που παράγεται στον φλεβόκομβο μεταδίδεται αρχικά και στους δύο κόλπους μέσω των εξειδικευμένων διακομβικών οδών. Ο κολποκοιλιακός κόμβος είναι το μόνο σημείο μετάδοσης του δυναμικού ενέργειας από τους κόλπους στις κοιλίες. Στη συνέχεια το δυναμικό ενέργειας μεταδίδεται ταχύτατα από τον κολποκοιλιακό κόμβο στις κοιλίες μέσω του συστήματος αγωγής των κοιλιών που περιλαμβάνει το δεμάτιο του His, τα σκέλη του δεματίου (δεξιό –αριστερό) & τις ίνες Purkinje.

- ⊙ Η χρονική περίοδος από το τέλος μιας καρδιακής συστολής μέχρι το τέλος της επόμενης συστολής, ονομάζεται *καρδιακός παλμός* (ή καρδιακός κύκλος). Ο κάθε καρδιακός παλμός αρχίζει με την αυτόματη γένεση ενός δυναμικού ενέργειας στο φλεβόκομβο

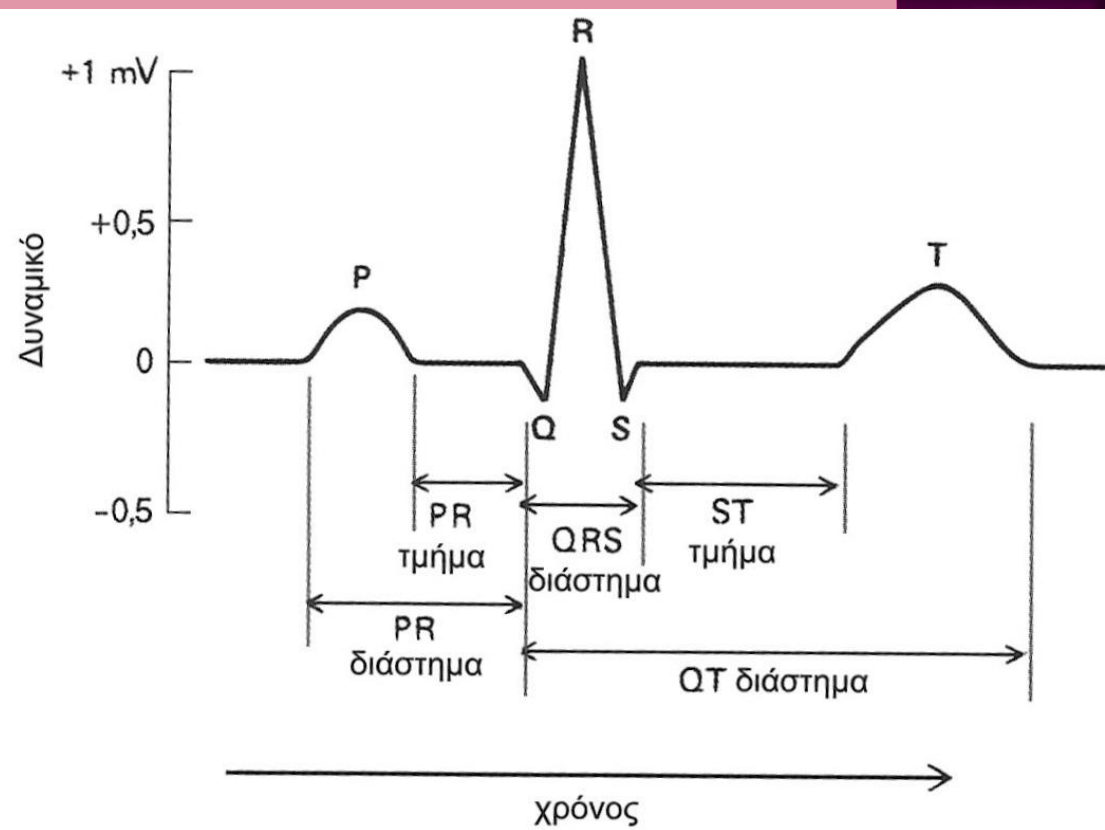
Μορφολογία του ηλεκτροκαρδιογραφήματος στην απαγωγή II και τα ηλεκτρικά φαινόμενα στην καρδιά που σχετίζονται με τα διάφορα επάρματά του



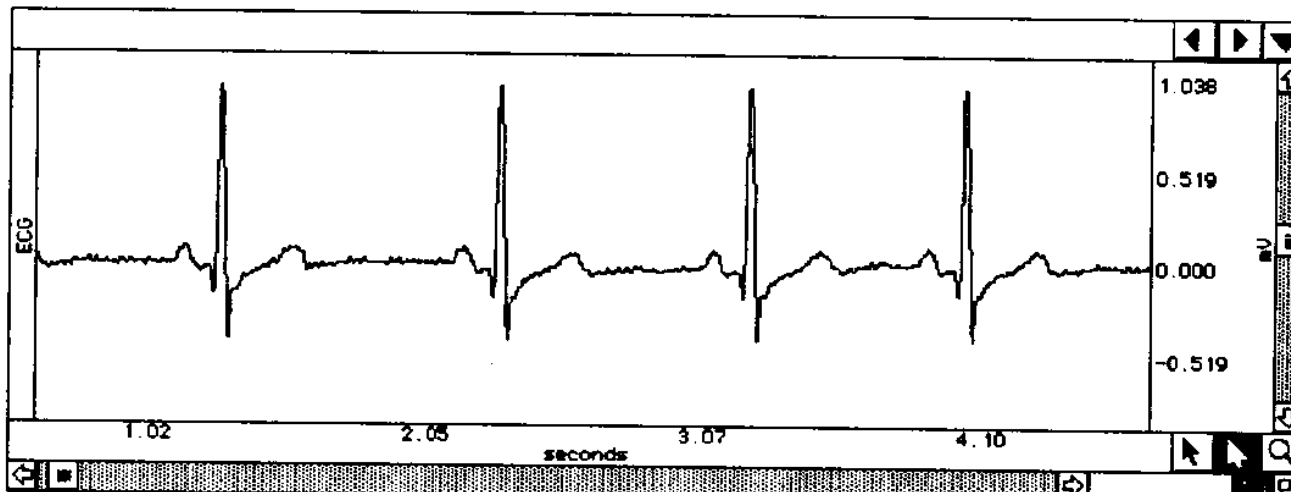


Εικ. 6.5. Το σύστημα ηλεκτρικής αγωγής της καρδιάς. Τα χαρακτηριστικά διαμεμβρανικά δυναμικά ενέργειας του φλεβόκομβου, του ΚΚ κόμβου, άλλων σημείων του συστήματος αγωγής και του μυοκαρδίου κόλπων και κοιλιών προβάλλονται σε σχέση με την εξωκυτταρίως καταγραφόμενη ηλεκτρική δραστηριότητα, π.χ., με το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ). Τα δυναμικά ενέργειας και το ΗΚΓ καταγράφονται στον ίδιο άξονα χρόνου, αλλά με διαφορετικά μηδενικά σημεία στον κάθετο άξονα. Το διάστημα PR μετράται από την αρχή του κύματος P έως την αρχή του συμπλέγματος QRS.

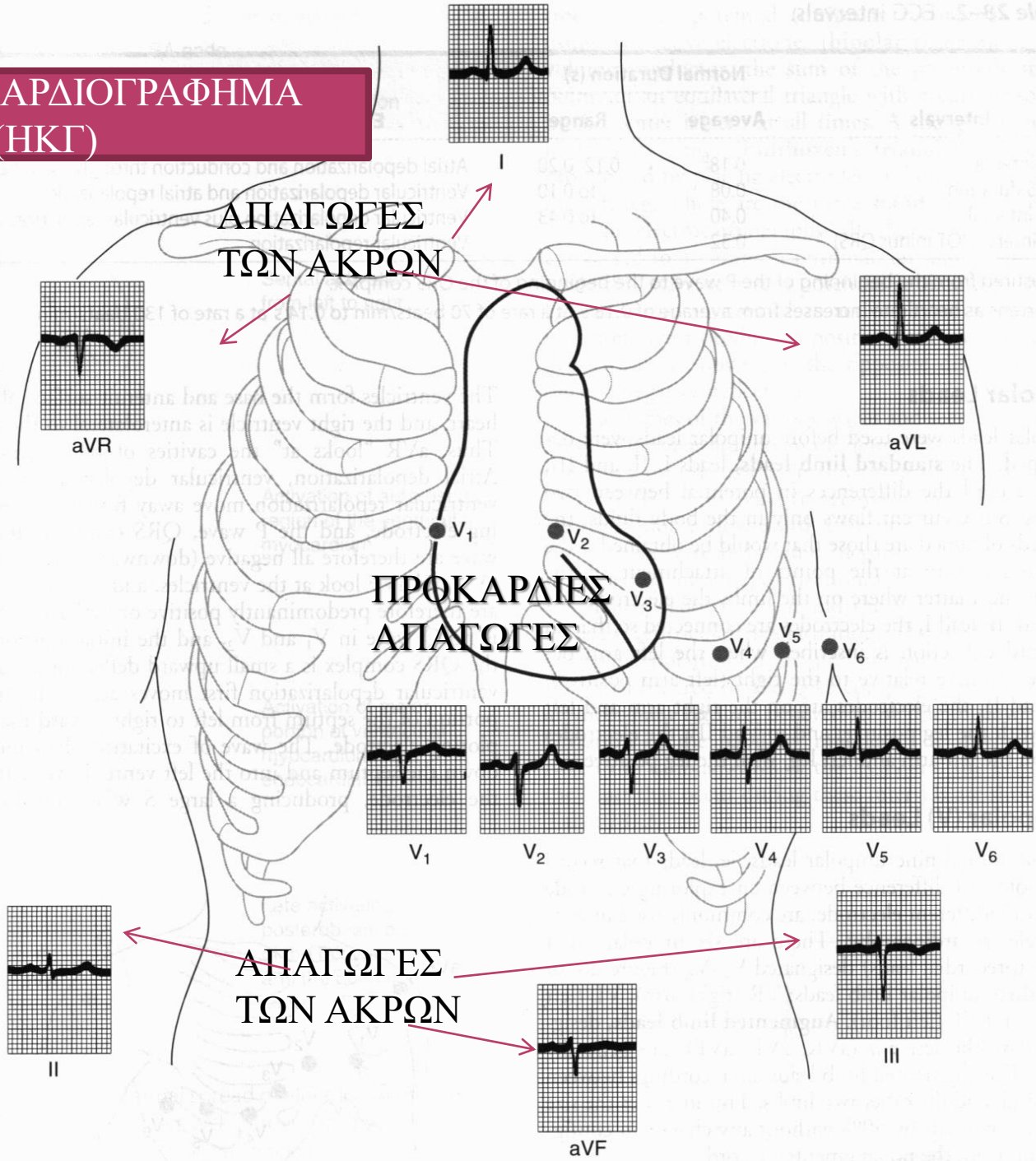
ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ (ΗΚΓ)



Τυπικό φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ).



ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ (ΗΚΓ)



Σε ένα πλήρες καρδιογράφημα καταγράφονται συνολικά:

- 12 κυματομορφές, με χρήση 10 ηλεκτροδίων.

Κάθε κυματομορφή ονομάζεται «απαγωγή».

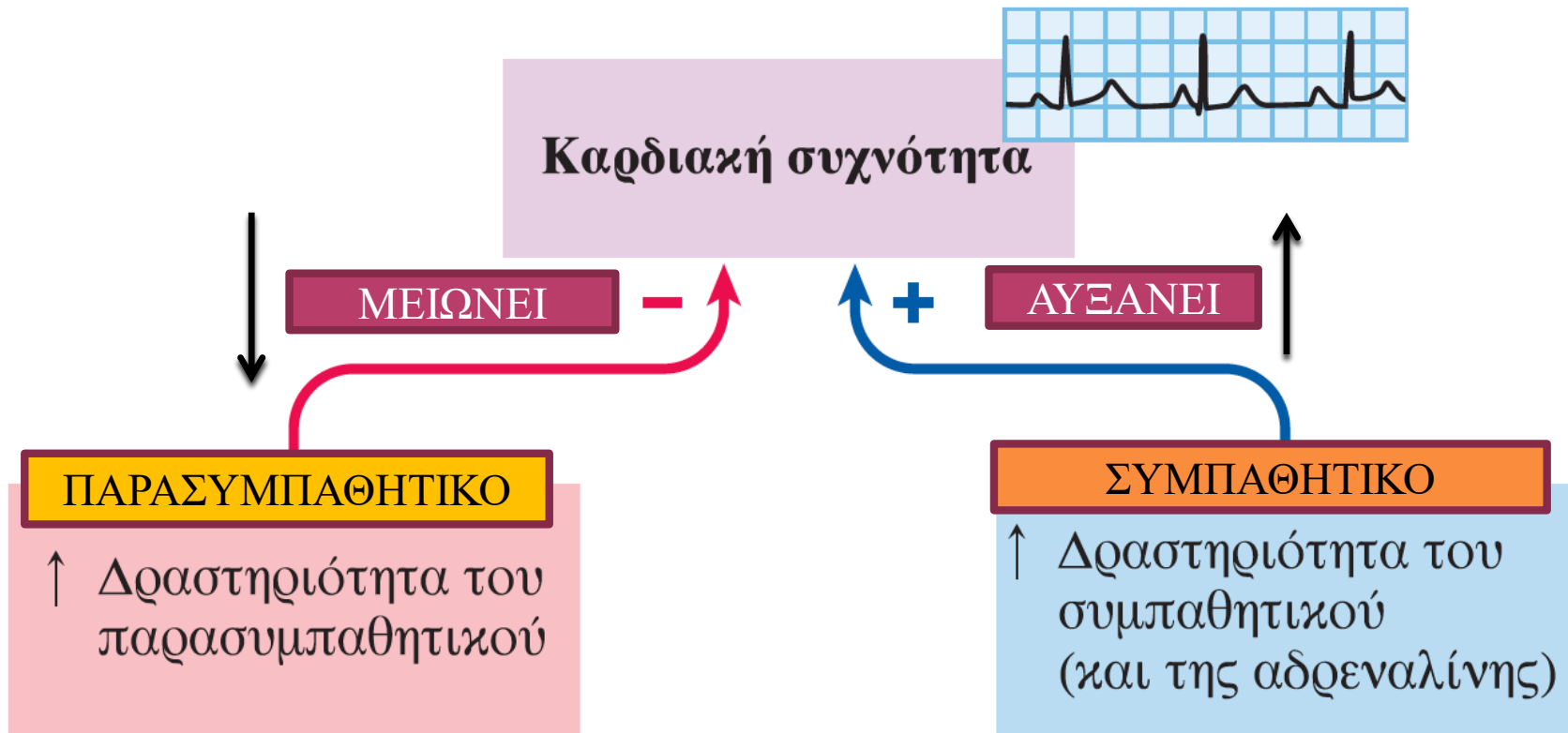
- Τα ηλεκτρόδια χωρίζονται σε δυο ομάδες:

Τα 6 «προκάρδια» ηλεκτρόδια και

τα 4 «ηλεκτρόδια των άκρων».

- Το **κύμα P** προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την **εκπόλωση των κόλπων** πριν από τη συστολή τους,
- ενώ το **σύμπλεγμα QRS** προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την **εκπόλωση των κοιλιών** πριν από τη συστολή τους, δηλαδή, κατά την επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο των κοιλιών.
- Κατά συνέπεια, τόσο το κύμα P, όσο και τα κύματα που αποτελούν το σύμπλεγμα QRS, είναι **κύματα εκπόλωσης**.
- Το **κύμα T** προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την ανάνηψη των κοιλιών από την κατάσταση της εκπόλωσης. Η διεργασία αυτή επιτελείται στο μυοκάρδιο των κοιλιών 0,25 ως 0,35 sec μετά την εκπόλωση, αυτό δε το κύμα χαρακτηρίζεται ως **κύμα επαναπόλωσης**.

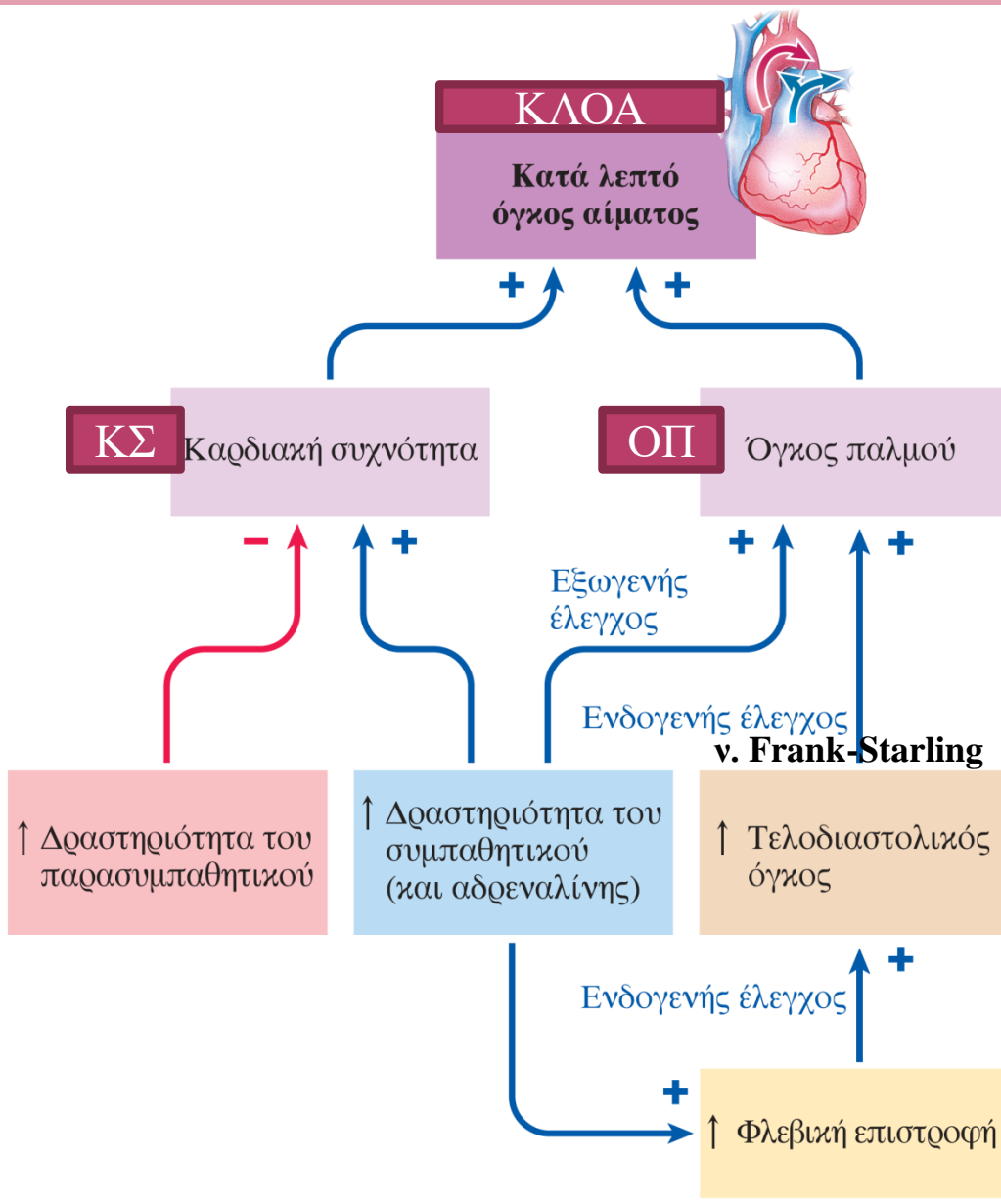
Έλεγχος της λειτουργίας του φλεβόκομβου και της καρδιακής συχνότητας από το ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



(β) Έλεγχος της καρδιακής συχνότητας από το αυτόνομο νευρικό σύστημα

(β) Επειδή κάθε δυναμικό ενέργειας στον φλεβόκομβο οδηγεί τελικά σε έναν καρδιακό παλμό, η αυξημένη δραστηριότητα του παρασυμπαθητικού μειώνει τη συχνότητα της καρδιάς, ενώ η αυξημένη δραστηριότητα του συμπαθητικού την αυξάνει.

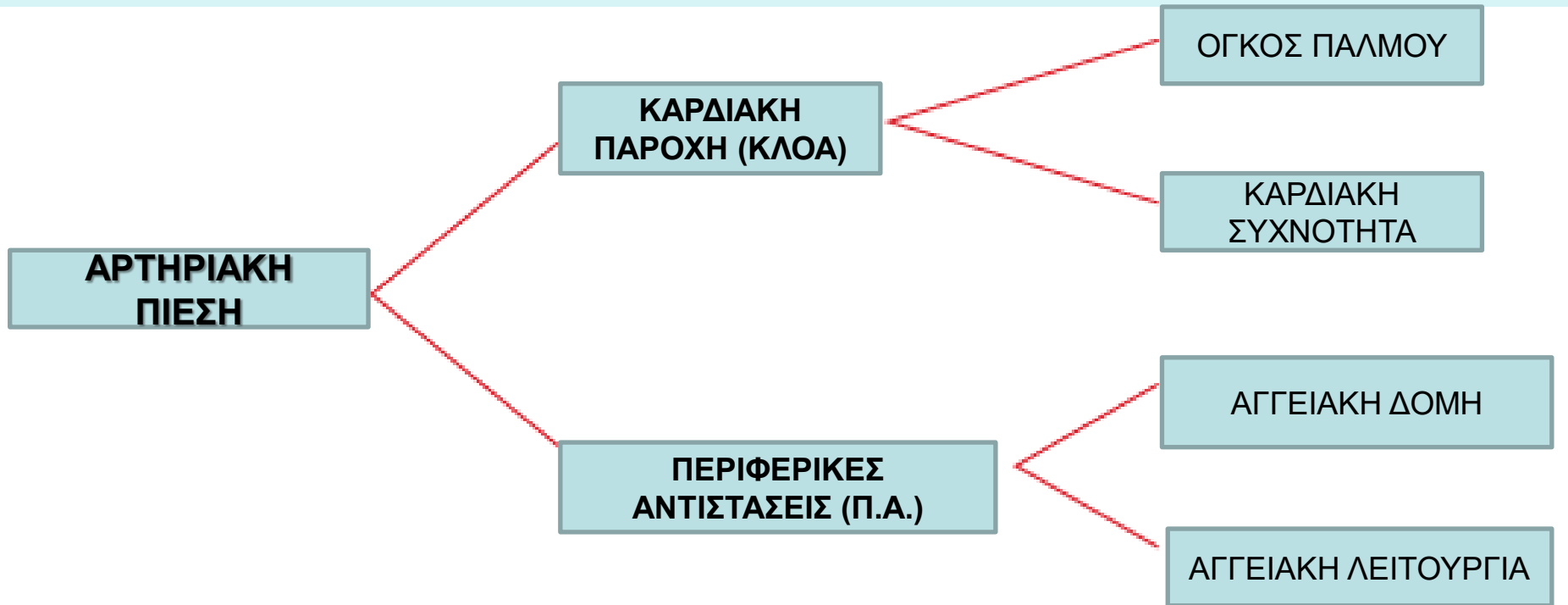
Έλεγχος της καρδιακής παροχής (κατά λεπτό όγκου αίματος): ΚΛΟΑ



Επειδή ο ΚΛΟΑ (ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΠΑΡΟΧΗ) είναι το γινόμενο της καρδιακής συχνότητας (ΚΣ) επί τον όγκο παλμού (ΟΠ), η εικόνα προκύπτει από τον συνδυασμό των 2 προηγούμενων διαφανειών (έλεγχος της καρδιακής συχνότητας) και (έλεγχος του όγκου παλμού).

$$\text{ΚΛΟΑ} = \text{ΚΣ} \times \text{ΟΠ}$$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΕΣ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ



Παράγοντες Κινδύνου για Καρδιαγγειακά Νοσήματα

Τροποποιήσιμοι

- * **Κάπνισμα**
- * **Δυσλιπιδαιμία**
 - υψηλή LDL χοληστερόλη
 - χαμηλή HDL χοληστερόλη
 - υψηλά τριγλυκερίδια
- * **Υπέρταση**
- * **Σακχαρώδης Διαβήτης**
- * **Παχυσαρκία (κοιλιακή παχυσαρκία)**
- * **Διαιτητικοί Παράγοντες**
(κορεσμένα/trans λιπαρά, αλάτι)
- * **Έλλειψη Σωματικής Δραστηριότητας**
- * **Υπερβολική πρόσληψη οινοπνεύματος**
- * **Ψυχοκοινωνικοί παράγοντες (stress κλπ)**

Μη-τροποποιήσιμοι

- * **Ατομικό ιστορικό ΣΝ**
- * **Οικογενειακό ιστορικό πρώιμης ΣΝ**
- * **Ηλικία**
- * **Φύλο**

Νεότεροι Παράγοντες (Αναδυόμενοι - Emerging)

- * **Υπερομοκυστεϊναιμία**
- * **Ινωδογόνο**
- * **CRP, IL-6**
- * **Λοιμώδεις Παράγοντες**
 - * Χλαμύδια, CMV, H. Pylori
- * **PAI-1**
- * **Μικρολευκωματινουρία**

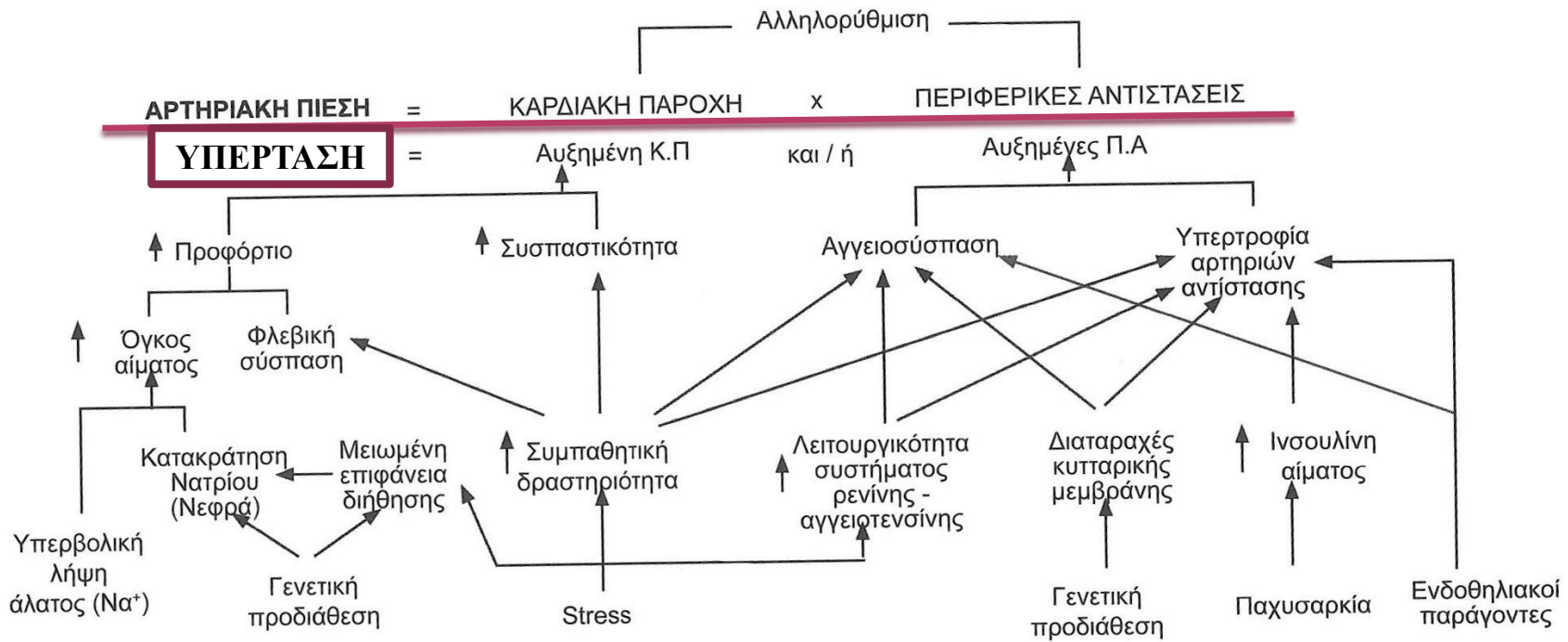
ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΥΠΕΡΤΑΣΗ



**ΣΑΠ= ΣΥΣΤΟΛΙΚΗ
ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΠΙΕΣΗ**

**ΔΑΠ= ΔΙΑΣΤΟΛΙΚΗ
ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΠΙΕΣΗ**

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ



Άξονας Ρενίνης-Αγγειοτενσίνης-Αλδοστερόνης (P-A-A)

Είναι σημαντικής σπουδαιότητας για τον ανθρώπινο οργανισμό στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και την ομοιοστασία του οργανισμού.

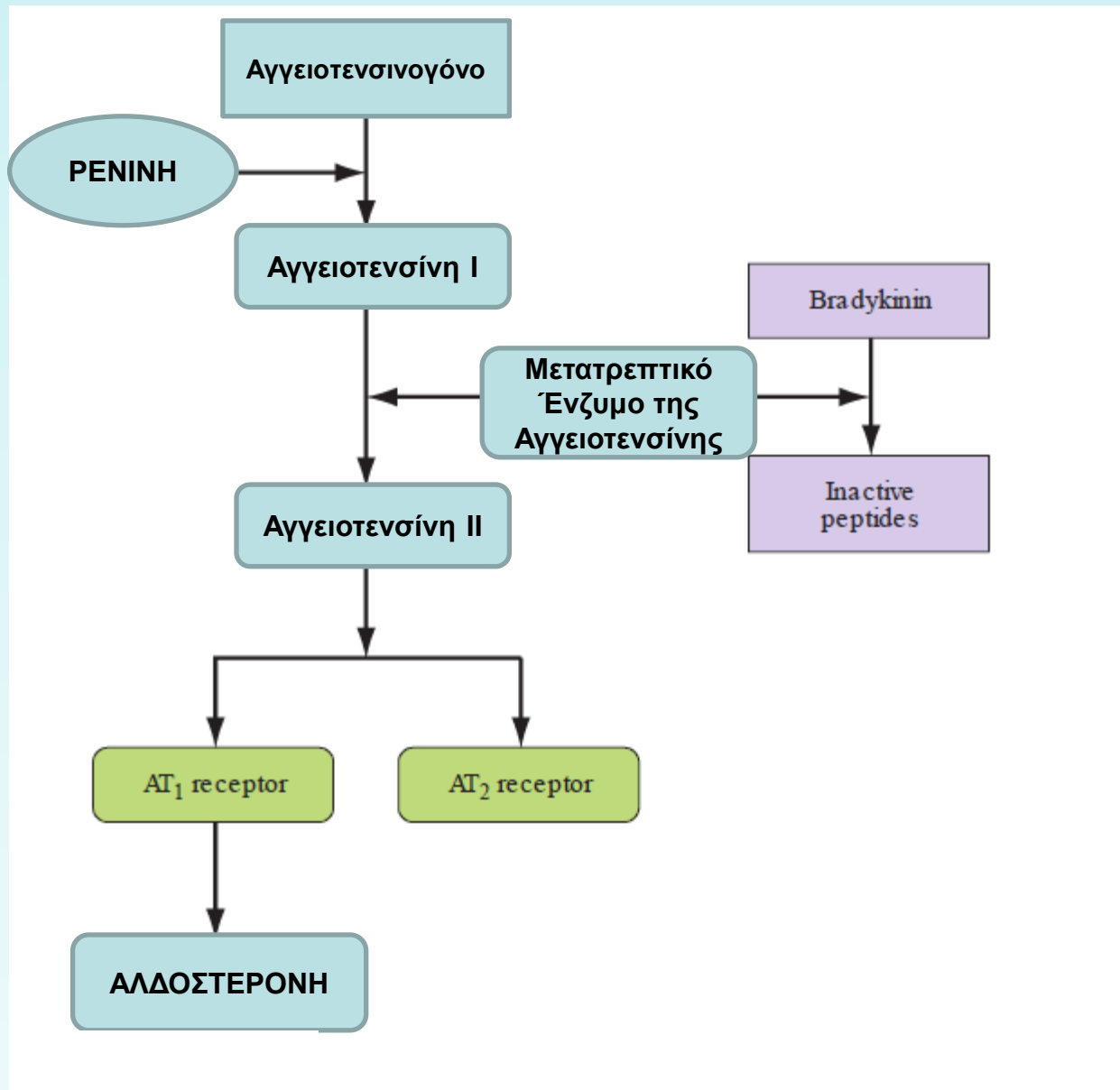
Το πρώτο κομβικό σημείο του καταρράκτη αυτού είναι η **Ρενίνη** (μια πρωτεΐνη που παράγεται και αποθηκεύεται σε ειδικά κύτταρα της παρασπειραματικής συσκευής των νεφρών).

Η ρενίνη είναι ο καταλύτης της μετατροπής του **Αγγειοτενσινογόνου** – που παράγεται στο ήπαρ – σε **Αγγειοτενσίνη I**.

Στη συνέχεια το **Μετατρεπτικό Ένζυμο της Αγγειοτενσίνης (ΜΕΑ)**, μετατρέπει την αδρανή Αγγειοτενσίνη I στη δραστική Αγγειοτενσίνη II.

Στη συνέχεια η έκκριση της **Αλδοστερόνης** (συντίθεται στα σπειροειδή κύτταρα του φλοιού των επινεφριδίων και είναι κύριος ρυθμιστής του ισοζυγίου του άλατος και του εξωκυττάριου όγκου) διεγείρεται από την Αγγειοτενσίνη II.

Η αυξημένη δραστηριότητα του Άξονα P-A-A ευνοεί την κατακράτηση νατρίου (Na⁺) και νερού μέσω της δράσης της Αγγειοτενσίνης II και της Αλδοστερόνης. Η Αγγειοτενσίνη II αποτελεί επιπλέον και ισχυρό αγγειοσυσπαστικό παράγοντα αυξάνοντας την αρτηριακή πίεση.



Άξονας Ρενίνης-Αγγειοτενσίνης-Αλδοστερόνης (P-A-A)

Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης χρησιμοποιείται κλινικά σαν δείκτης της αιμάτωσης των οργάνων που είναι και το πραγματικό ζητούμενο. Οι μέθοδοι μέτρησης χωρίζονται σε μη επεμβατικές και επεμβατικές. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται κάθε φορά από τη σχέση των κινδύνων προς τα οφέλη κατά την εφαρμογή της.

Το monitoring της αρτηριακής πίεσης διακρίνεται σε μη επεμβατικό (ακρόαση, ψηλάφηση, ταλαντωσιμετρία, Doppler, πληθυσμογραφία) και επεμβατικό (καθετηριασμός αρτηρίας).

Η αναγόμενη στο χρόνο μέση τιμή των αρτηριακών πιέσεων κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου είναι η μέση αρτηριακή πίεση (ΜΑΠ), η οποία μπορεί να προσδιοριστεί από τον τύπο:

$$\text{ΜΑΠ} = (\text{ΣΑΠ} + 2\Delta\text{ΑΠ}) / 3$$

(ΚΑΤΑ ΤΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ)

Αρτηριακή υπέρταση / διάγνωση / σταδιοποίηση

Κατηγορία	Συστολική ΑΠ		Διαστολική ΑΠ
Ιδανική	<120	και	<80
Φυσιολογική	120-129	ή/και	80-84
Υψηλή φυσιολογική	130-139	ή/και	85-89
ΑΥ σταδίου 1	140-159	ή/και	90-99
ΑΥ σταδίου 2	160-179	ή/και	100-109
ΑΥ σταδίου 3	≥180	ή/και	≥110
Μεμονωμένη συστολική	≥140	και	<90

*Κάθε κατηγορία ΑΠ ορίζεται από το υψηλότερο επίπεδο της πίεσης, συστολικής ή διαστολικής. Η μεμονωμένη συστολική υπέρταση ταξινομείται σε σταδίου 1,2 ή 3 ανάλογα με τα καταδεικνυόμενα επίπεδα εύρους της.

Κολπική μαρμαρυγή

Η κολπική μαρμαρυγή, η πιο συχνή αρρυθμία, προκαλείται από «άναρχη» ηλεκτρική εκπόλωση του **κολπικού μυοκαρδίου**, η οποία χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη συχνότητα και συνεχώς μεταβαλλόμενη κατεύθυνση. Το συζευκτικό διάστημα μεταξύ διαδοχικών κοιλιακών εκπολώσεων μεταβάλλεται, λόγω της διακύμανσης της ταχύτητας αγωγής στην κολποκοιλιακή σύνδεση, αποτέλεσμα της ανομοιογενούς εκπόλωσης του περιβάλλοντος κολπικού μυοκαρδίου.

Η κολπική μαρμαρυγή επιπλέκει πολλές καρδιαγγειακές παθήσεις, όπως **αρτηριακή υπέρταση**, **βαλβιδοπάθειες** (κυρίως στένωση της μιτροειδούς βαλβίδας) και **καρδιακή ανεπάρκεια**.

Συνοδεύει συχνά **παθήσεις του θυρεοειδούς** (κυρίως τον υπερθυρεοειδισμό, αλλά όχι σπάνια και τον υποθυρεοειδισμό), καθώς και την **ΧΑΠ**

Η κολπική μαρμαρυγή μπορεί να εμφανιστεί ως:

- **Παροξυσμική** όταν διαρκεί λιγότερο από 48ώρες.
- **Εμμένουσα** όταν διαρκεί περισσότερο από μία εβδομάδα ή τερματίζεται φαρμακευτικά ή ηλεκτρικά.
- **Μακροχρόνια** εμμένουσα όταν διαρκεί άνω του έτους.
- **Μόνιμη** όταν διαρκεί πέραν των προαναφερθέντων ορίων ή παρά την προσπάθεια τερματισμού της.

Κοιλιακή μαρμαρυγή

Παρατηρείται ταχεία (>250/λεπτό) και **ασύγχρονη κοιλιακή εκπόλωση**, χωρίς σταθερή κατεύθυνση, προκαλούμενη από πολλαπλά σπειροειδή κυκλώματα επανεισόδου. Τα κυκλώματα αυτά χαρακτηρίζονται από συνεχή κατακερματισμό σε μικρότερα, λόγω διαταραχών της αγωγής κατά μήκος της εξάπλωσης τους. Στο ηλεκτροκαρδιογράφημα, δεν παρατηρούνται σχηματισμένα επάρματα QRS, αλλά μία συνεχής κυματοειδής γραμμή, λόγω της ασύγχρονης και συνεχούς ηλεκτρικής δραστηριότητας των κοιλιών. Η συνεχής, ταχεία και ασύγχρονη εκπόλωση προκαλεί απώλεια της οργανωμένης μηχανικής λειτουργίας των κοιλιών, ακολουθούμενη από παύση της αναπνευστικής λειτουργίας και **θάνατο**.



Κοιλιακή Μαρμαρυγή. Ακανόνιστα κύματα ποικίλλου μεγέθους. Παρά την ύπαρξη ηλεκτρικής δραστηριότητας, δεν υπάρχει παλμός. Παρατηρήστε την μεσαία εικόνα που απεικονίζει λεπτή κοιλιακή μαρμαρυγή η οποία εύκολα θα μπορούσε να συγχυστεί με ασυστολία.