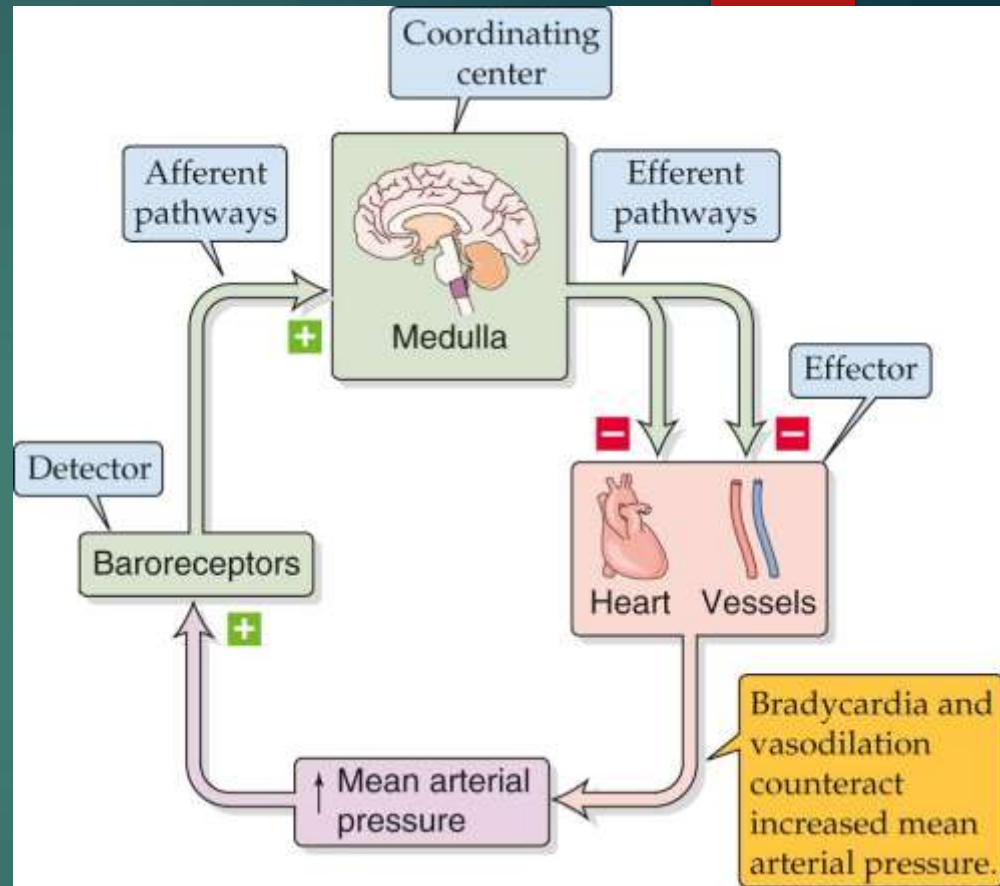




Έλεγχος λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος

Μηχανισμοί

- ▶ Μεμονωμένες και συνδυασμένες επιδράσεις μεταξύ νευρικών, ορμονικών και τοπικών μηχανισμών ελέγχου
- ▶ Τα σερβοτροφοδοχείς στην καρδιά και στις αρτηρίες ελέγχουν τον όγκο του αίματος και την αρτηριακή πίεση
- ▶ Στέλνουν πληροφορίες στον προμήκη μυελό (στέλεχος)
- ▶ Ενεργοποίηση ΑΝΣ
- ▶ Ρύθμιση καρδιακού κύκλου, συσπάσεων, αρτηριακής αντίστασης και φλεβικού τόνου



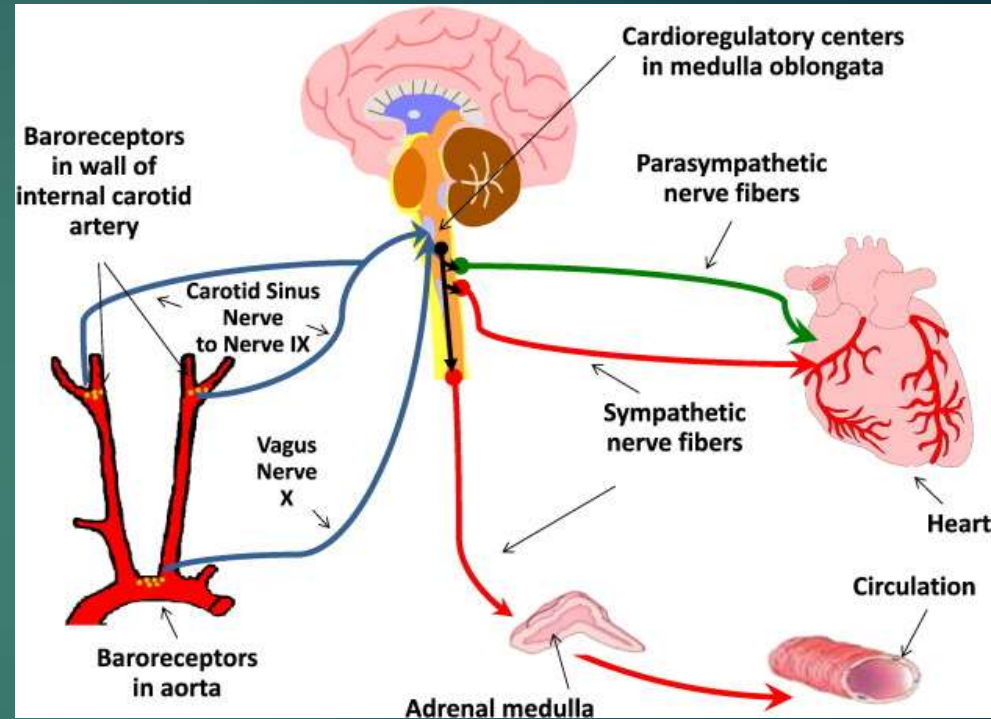
Αυτόνομος νευρικός έλεγχος

- ▶ Ενεργοποίηση ΑΝΣ από αισθητικούς υποδοχείς

- 1) Τασεοϋποδοχείς στις καρωτίδες αρτηρίες (ανίχνευση ΑΠ)
- 2) Τασεοϋποδοχείς στο αορτικό τόξο (ανίχνευση πίεσης του αίματος που εξωθείται)
- 3) Χημειοϋποδοχείς (ανίχνευση pH, επίπεδα O_2 και CO_2)

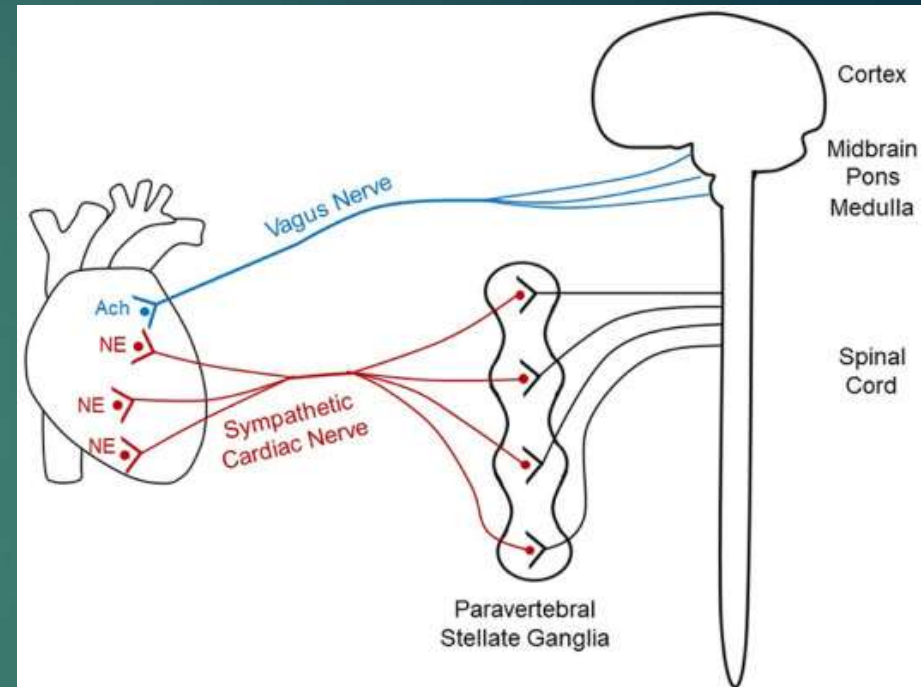
- ▶ Παρασυμπαθητικό (πνευμονογαστρικό)

- ▶ Συμπαθητικό (καρδιοεπιταχυντικό)



Παρασυμπαθητικές ίνες

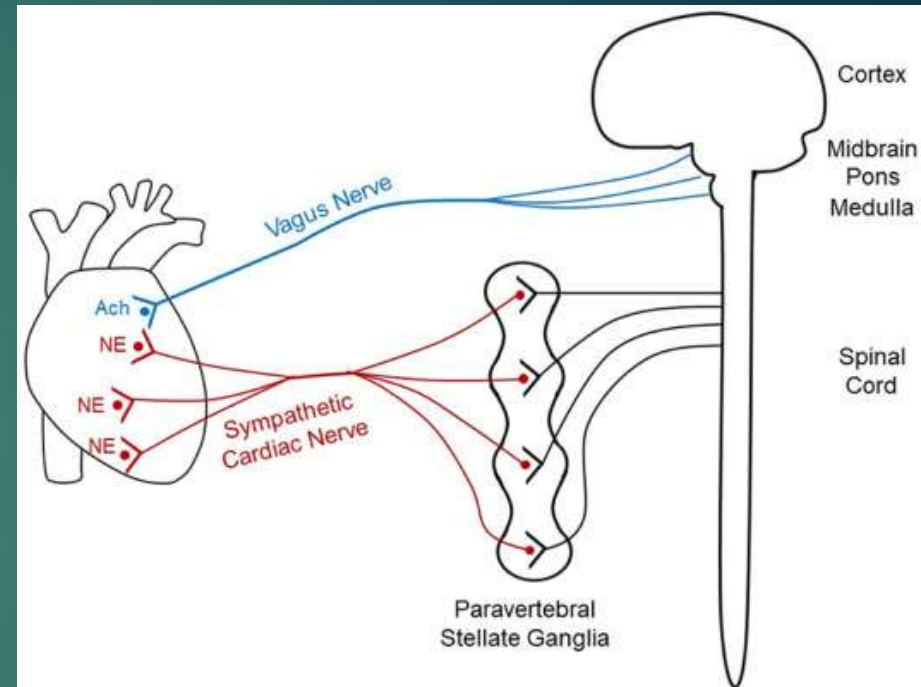
- ▶ Τονικά ενεργές (σταθερή ροή εκφορτίσεων ΔΔ)
- ▶ Απελευθερώνουν ακετυλοχολίνη (αναστολή) που συνδέεται με τους μουσκαρινικούς υποδοχείς του φλεβοκόμβου, του κολποκοιλιακού κόμβου και ιστών αγωγής
- ▶ Διάνοιξη διαύλων K^+ , υπερπόλωση, επαναφορά σε ΔΗ
- ▶ **Επιβράδυνση καρδιακού ρυθμού και ταχύτητας αγωγής**
- ▶ Αναστολή απελευθέρωσης νορεπινεφρίνης από τις συμπαθητικές ίνες -> **μείωση καρδιακής συσταλτικότητας**



Ενεργοποιείται σε συναισθηματικές καταστάσεις (π.χ κατάθλιψη)

Συμπαθητικές ίνες

- ▶ Τονικά ενεργές (σταθερή ροή εκφορτίσεων ΔΔ)
- ▶ Απελευθερώνουν νορεπινεφρίνη που συνδέεται με τους β1-αδρενεργικούς υποδοχείς του φλεβόκομβου, του κολποκοιλιακού κόμβου, ιστών αγωγής και του καρδιακού μυός
- ▶ **Αύξηση καρδιακού ρυθμού, ταχύτητας αγωγής και συσταλτικότητας -> διατήρηση όγκου παλμού**



Ενεργοποιείται με την φυσική άσκηση ή συναισθηματική έξαρση (π.χ. φόβος, άγχος)

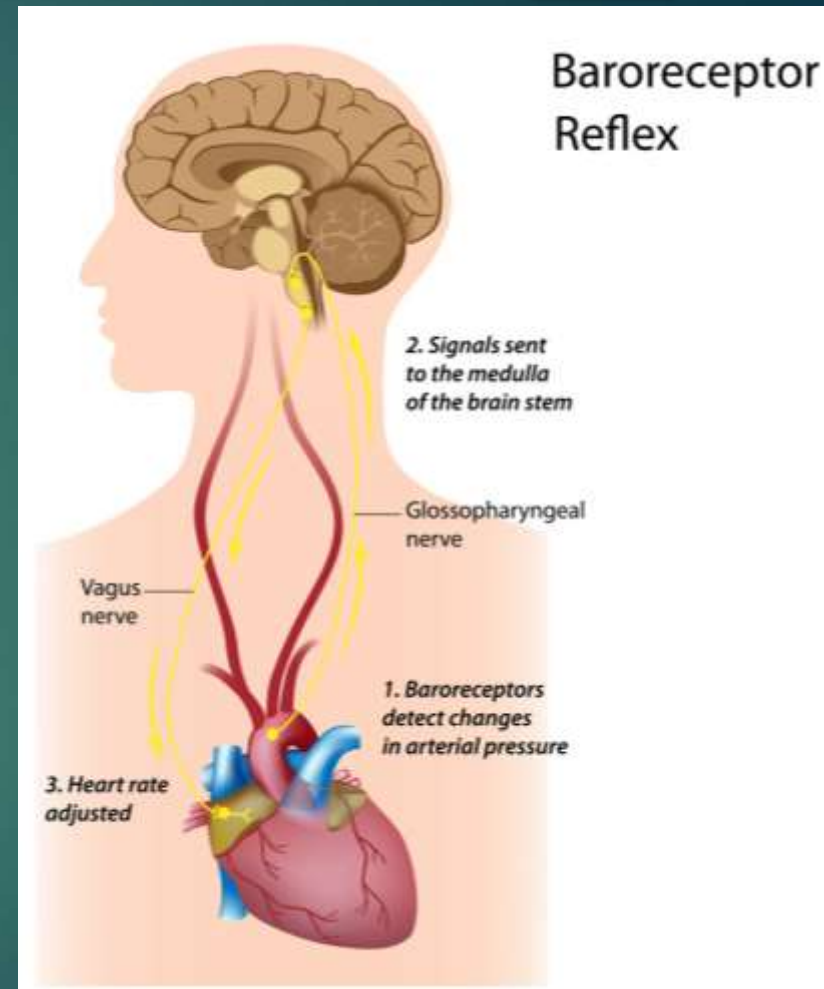
Αμοιβαίος έλεγχος

- ▶ Αύξηση καρδιακού ρυθμού προκαλείται από μείωση της παρασυμπαθητικής και αύξηση της συμπαθητικής νευρικής δραστηριότητας
- ▶ Ο έλεγχος της καρδιακής συχνότητας εξαρτάται κυρίως από το παρασυμπαθητικό (διατήρηση σε 70-72 bpm)
- ▶ Ο έλεγχος της καρδιακής συσταλτικότητας (ινότροπη κατάσταση) εξαρτάται κυρίως από το συμπαθητικό

Βραχυπρόθεσμη ρύθμιση της ΑΠ

► Αντακλαστικό τασεοϋποδοχέων

- 1) Μηχανοϋποδοχείς ευαίσθητοι στη διάταση των τοιχωμάτων της αορτής και των καροτίδων λόγω αύξησης της διατοιχωματικής πίεσης (υποδοχείς υψηλής πίεσης ή **τασεοϋποδοχείς**)
- 2) Μηχανοϋποδοχείς ευαίσθητοι στις αλλαγές της πίεσης που προκαλούνται από αλλαγές στον όγκο του αίματος και βρίσκονται στους κόλπους, τις κοιλίες και τα πνευμονικά αγγεία (υποδοχείς όγκου ή **καρδιοπνευμονικοί υποδοχείς**)



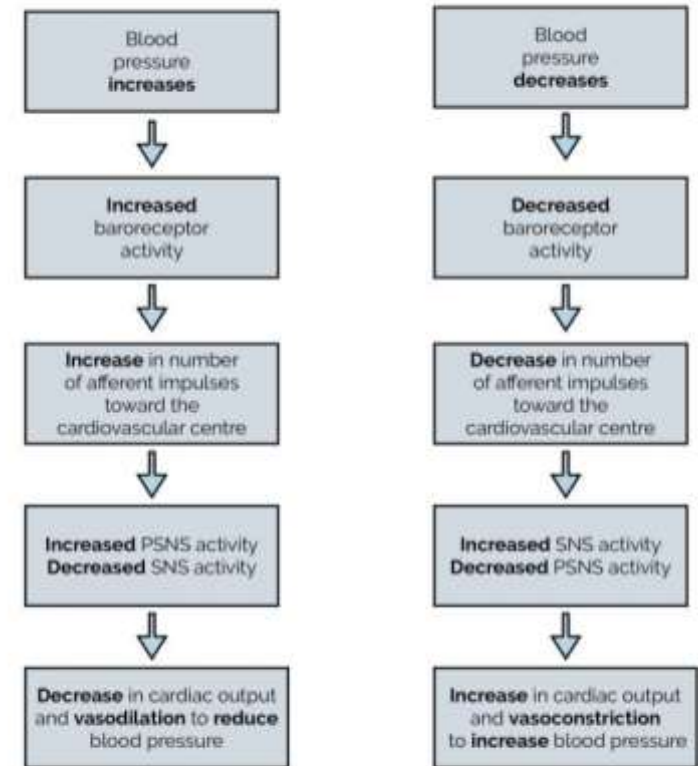
Βραχυπρόθεσμη ρύθμιση της ΑΠ

- ▶ **Αυξημένη ΑΠ** στον καρωτιδικό βολβό και την αορτή οδηγεί σε διάταση των μηχανοϋποδοχέων αυξάνοντας την διέγερση τους
- ▶ Οι νευρικές ίνες στέλνουν σήμα με αποτέλεσμα την **αυξημένη νευρική παρασυμπαθητική δραστηριότητα και μειωμένη συμπαθητική δραστηριότητα**
- ▶ Το μονοπάτι αυτό οδηγεί στην μείωση της καρδιακής παροχής (**βραδυκαρδία**) και της συστηματικής αγγειακής αντίστασης (SVR) (**αγγειοδιαστολή**)

$$P=Q \text{ (παροχή)} \times R \text{ (SVR)}$$

- ▶ Εφόσον μειώνεται το Q και το R, η μέση ΑΠ επιστρέφει στα φυσιολογικά επίπεδα (αρνητική παλίνδρομη ρύθμιση)

Baroreceptor reflex



GEEKYMEDICS.COM

Τα ακριβώς αντίθετα βήματα οδηγούν στην αύξηση της ΑΠ στα φυσιολογικά επίπεδα όταν αυτή είναι μειωμένη

Ορμονικός έλεγχος

- ▶ Η **επινεφρίνη (adrenaline)** και η **νορεπινεφρίνη (noradrenaline)** εμφανίζουν αντίθετες δράσεις στην καρδιακή πίεση και στον αγγειακό τόνο (λόγω διαφορετικής συγγένειας με τους **αδρενεργικούς υποδοχείς (α και β)**)

Πίεση

- η **νορεπινεφρίνη** (α_1 -υποδοχείς) δρα κυρίως ως αγγειοσυσπαστικός παράγοντας αυξάνοντας την πίεση
- η **επινεφρίνη** μπορεί να προκαλέσει αγγειοδιαστολή σε χαμηλές δόσεις (β_2 -υποδοχείς, μείωση πίεσης) και αγγειοσύσπαση σε υψηλές δόσεις (α_1 υποδοχείς)

Καρδιακή παροχή

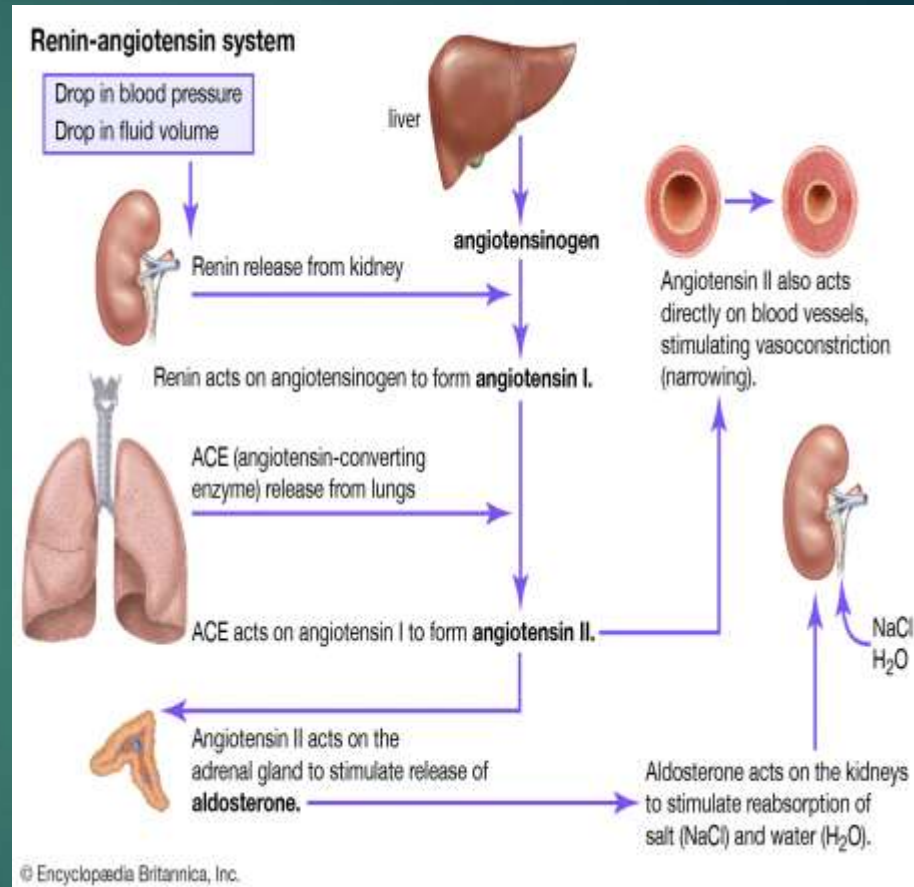
- Επινέφρινη**: Προκαλεί μεγάλη αύξηση στον καρδιακό ρυθμό (**χρονότροπη δράση**) και στην κατανάλωση οξυγόνου του μυοκαρδίου (μπορεί να οδηγήσει σε αρρυθμίες)
- Νορεπινεφρίνη**: Έχει μικρότερη ινότροπη και χρονότροπη δράση. Ενώ αυξάνει την ΑΠ, μπορεί να προκαλέσει **αντανακλαστική μείωση του καρδιακού ρυθμού** μέσω ενεργοποίησης των τασεοϋποδοχέων

Βραχυπρόθεσμη ρύθμιση της ΑΠ

- ▶ Μείωση του **όγκου αίματος** -> μείωση της διάτασης των καρδιοπνευμονικών υποδοχέων -> αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα στην καρδιά και στα αγγεία και μείωση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας
- ▶ Επιπλέον το **καρδιοπνευμονικό αντανακλαστικό** αλληλεπιδρά με το αντανακλαστικό των τασεοϋποδοχέων (αμοιβαία αναστολή)
- ▶ **Ενεργοποίηση RAAS και αύξηση απελευθέρωσης AVP (μεσοπρόθεσμα)**
- ▶ **Χημειοϋποδοχείς** (καροτίδες, αορτή) αντιλαμβάνονται αλλαγές στην πίεση των αερίων (O_2 , CO_2) και στο pH
- ▶ Όταν η πίεση του O_2 ή το pH είναι χαμηλά, η πίεση του CO_2 αυξημένη, ή έχει δοθεί μια χημική ουσία που εμποδίζει τον οξειδωτικό μεταβολισμό, οι χημειοϋποδοχείς εμφανίζουν υψηλή διέγερση και στέλνουν ώσεις στον εγκέφαλο -> αγγειοσύσπαση -> υψηλή ΑΠ

Μακροπρόθεσμη ρύθμιση της ΑΠ

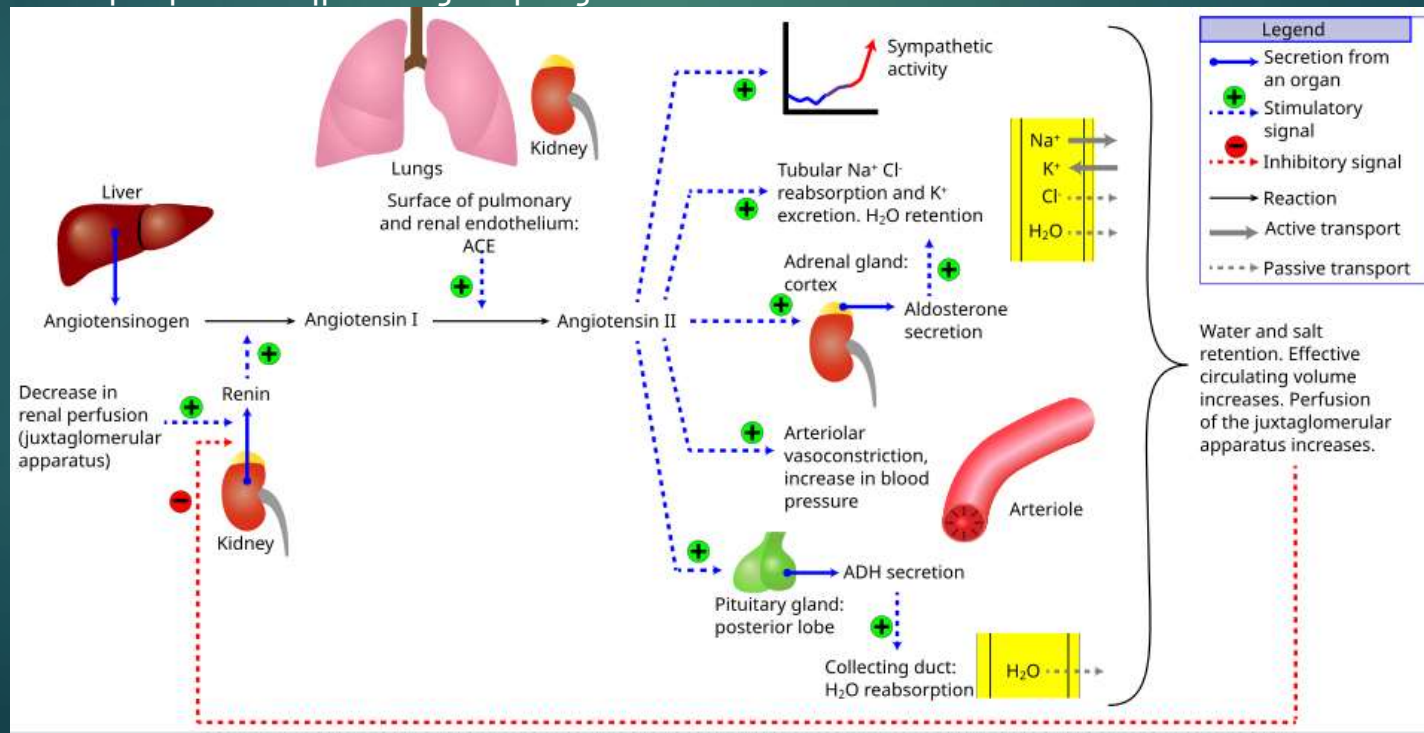
- ▶ Σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης (RAAS)
- ▶ Μειωμένη ΑΠ -> μειωμένη διέγερση μηχανοϋποδοχέων -> αυξάνοντας την συμπαθητική δραστηριότητα στους νεφρούς
- ▶ Απελευθέρωση ρενίνης η οποία μετατρέπει το αγγειοτενσινογόνο σε αγγειοτενσίνη I, η οποία διασπάται στον πνεύμονα σε αγγειοτενσίνη II (μέσω του μετατρεπτικού ενζύμου της αγγειοτενσίνης)



Ώρες ή ημέρες

Μακροπρόθεσμη ρύθμιση της ΑΠ

- ▶ Η αγγιοτενσίνη II εξισορροπεί την μείωση της ΑΠ μέσω διάφορων ενεργειών:
 - 1) Ισχυρή αγγειοσυστολή / αύξηση SVR
 - 2) Μείωση απέκκρισης νατρίου από τους νεφρούς
 - 3) Διέγερση απελευθέρωσης αλδοστερόνης από τα επινεφρίδια -> επαναρρόφηση άλατος και νερού από τους νεφρούς
 - 4) Αύξηση στην έκκριση της αργινίνης-βαζοπρεσίνης (AVP) (υπόφυση) -> επαναρρόφηση ύδατος στους νεφρούς προκαλώντας αγγειοσυστολή
 - 5) Ενίσχυση δράσης συμπαθητικού επιτείνοντας την απελευθέρωση νορεπινεφρίνης
 - 6) Ενεργοποίηση αισθήματος δίψας



Μακροπρόθεσμη ρύθμιση της ΑΠ

- ▶ Η μακροπρόθεσμη ρύθμιση εξαρτάται **από την απέκκριση άλατος και νερού από τους νεφρούς** όπως γίνεται κατανοητό
- ▶ Η ίδια η ΑΠ ρυθμίζει επίσης την απέκκριση άλατος και νερού (**διούρηση από πίεση**)
- ▶ Αύξηση μέσης ΑΠ -> αυξάνεται η διούρηση -> αύξηση απέκκρισης άλατος και νερού -> μείωση όγκου αίματος και καρδιακής παροχής μέχρι η μέση ΑΠ να επιστρέψει στα αρχικά επίπεδα
- ▶ Μείωση ΑΠ έχει τα αντίθετα αποτελέσματα για να αυξήσει τον όγκο του αίματος και της καρδιακής παροχής

Ρύθμιση όγκου αίματος

- ▶ **Αργινίνη-βασοπρεσίνη (AVP)** αυξάνει την SVR (σε περιπτώσεις αιμορραγίας) -> κατακράτηση νερού στους νεφρούς
- ▶ **Κολπικό νατριουρητικό πεπτίδιο (ANP):** απελευθερώνεται στην κυκλοφορία του αίματος από κύτταρα των κολπικών μυών κατά την διάταση των κόλπων
- ▶ Αύξηση έκκρισης ANP -> μεγαλύτερη έκκριση νατρίου και μείωση όγκου του αίματος (αναστέλλει έκκριση AVP, απελευθέρωση ρενίνης, αλδοστερόνης)
- ▶ **Ερυθροποιητίνη:** απελευθερώνεται από τους νεφρούς (υποξία, μειωμένος αιματοκρίτης) -> αύξηση παραγωγής ερυθρών αιμοσφαιρίων από τον μυελό των οστών

Κυκλοφορική καταπληξία



► Shock

- Γενικευμένη καρδιαγγειακή ανεπάρκεια που χαρακτηρίζεται από ανεπαρκή ροή αίματος που συνοδεύεται από υπόταση
- Κύρια αιτία είναι η απώλεια της υποστήριξης της καρδιακής παροχής (περιπτώσεις ισχαιμίας μυοκαρδίου, εμφράγματος)
- Ήπια μορφή: **αντιρροπούμενη (αναστρέψιμη) καταπληξία**, επειδή οι φυσιολογικοί μηχανισμοί (ενεργοποίηση τασεοϋποδοχέων διέγερση RAAS) αντισταθμίζουν την μείωση της καρδιακής παροχής και της ΑΠ. Συνήθως απαιτεί την χορήγηση μιας μονάδας αίματος
- Σοβαρή μορφή: **επιδεινούμενη (εξελισσόμενη) καταπληξία** όταν οι φυσιολογικοί μηχανισμοί δεν μπορούν να αντισταθμίσουν την κατάσταση -> φαύλος κύκλος θετικής ανατροφοδότησης (απαιτεί καρδιαγγειακή υποστήριξη)
 - 1) ΑΠ μειώνεται κάτω από το ικανό επίπεδο αυτορρύθμισης
 - 2) μείωση καρδιακής συσταλτικότητας
 - 3) πτώση ΑΠ και μείωση παροχής αίματος στην στεφανιαία κυκλοφορία. Οξειδωτικές συνθήκες (λόγω μείωσης παροχής οξυγόνου στην περιφέρεια) προάγουν την περαιτέρω επιδείνωση στην παροχή οξυγόνου λόγω πήξης

Κυκλοφορική καταπληξία

- ▶ **Μη αναστρέψιμη (μη αντιρροπούμενη) καταπληξία:** η καρδιακή και εγκεφαλική λειτουργία τίθενται σε κίνδυνο λόγω απουσίας παρέμβασης. Σε αυτό το σημείο καμία προσπάθεια αποκατάστασης δεν μπορεί να τις επαναφέρει σε φυσιολογικά επίπεδα -> θάνατος
- ▶ Διαφορετικές συνθήκες μπορούν να οδηγήσουν σε καταπληξία
- ▶ Βαριά αφυδάτωση (συνεχόμενος έμετος, διάρροια, μειωμένη πρόσληψη υγρών, νεφρική βλάβη που έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη έκκριση αλδοστερόνης που οδηγεί σε μειωμένη επαναρρόφηση νατρίου και ύδατος)
- ▶ Νευρογενής καταπληξία λόγω απώλειας του νευρογενούς τόνου στις φλέβες και στις αρτηρίες λόγω γενικής ή ραχιαίας αναισθησίας, καταστολή του αγγειοκινητικού νεύρου (λιποθυμία)
- ▶ Σοβαρή αλλεργική αντίδραση λόγω τεράστιων ποσοτήτων ισταμίνης που προκαλούν καταστροφή των ιστών, αύξηση εξόδου υγρών από τα τριχοειδή, διαστολή αρτηριδίων (**αναφυλαξία**)
- ▶ Διάχυτη λοίμωξη λόγω περιτονίτιδας, ρήξης εντέρου, εισβολής βακτηριδίων του δέρματος στην κυκλοφορία του αίματος -> οδηγεί σε αύξηση ροής αίματος προς τις προσβαλλόμενες περιοχές εις βάρος άλλων ιστών και οργάνων (**σηπτική καταπληξία**)