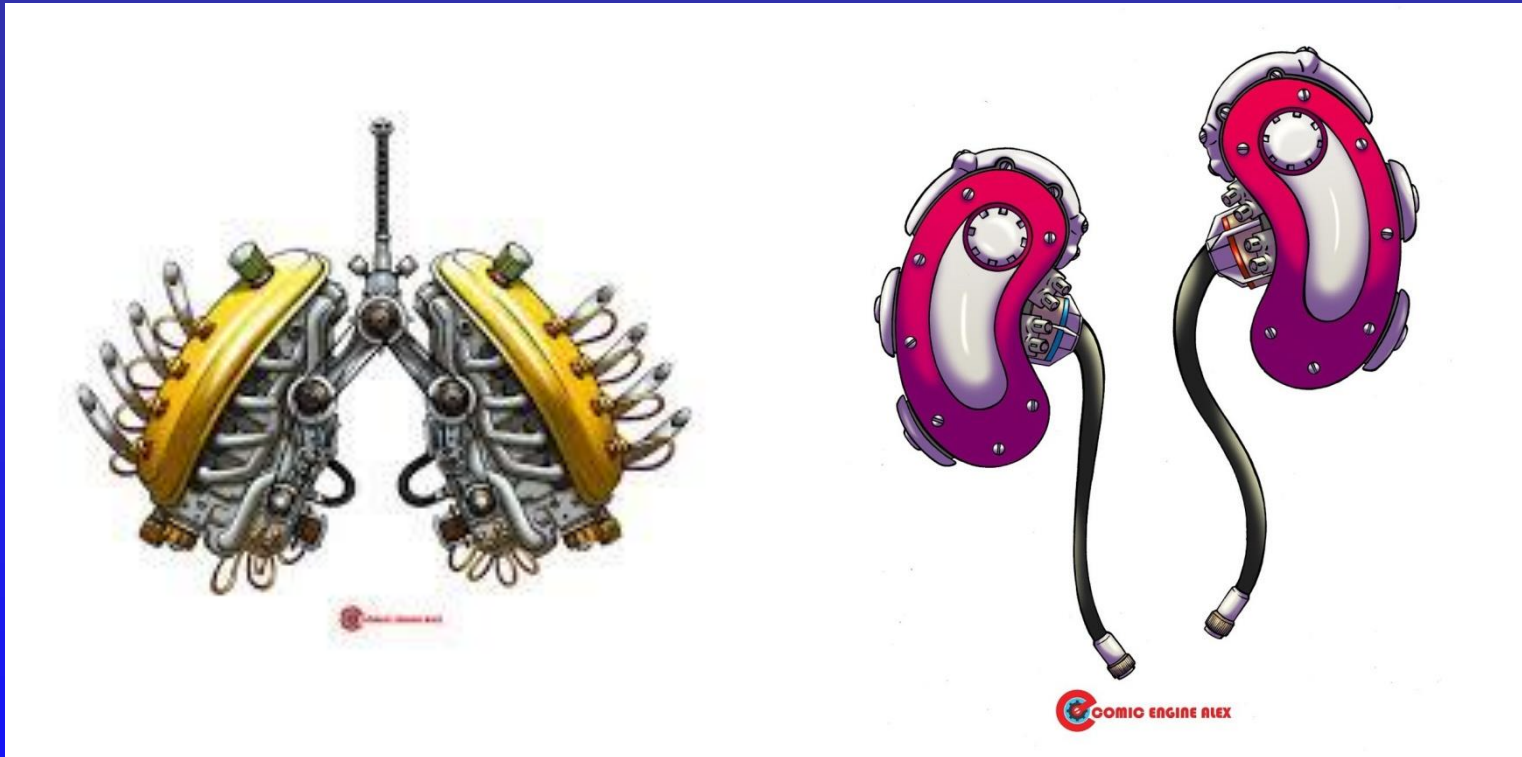


# Παθοφυσιολογία και σημειολογία της αναπνευστικής αλκάλωσης



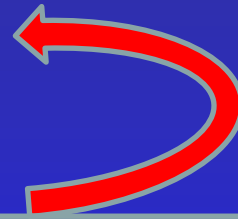
*Γεώργιος Τουλκερίδης,  
Νεφρολόγος, Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας, Κύπρος*

# Αναπνευστική αλκάλωση

- Διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας, που χαρακτηρίζεται από χαμηλή  $p\text{CO}_2$  και μία σχετική αύξηση του αρτηριακού pH
- Προκαλείται από ανισορροπία μεταξύ της παραγωγής  $\text{CO}_2$  και της απομάκρυνσής του
- Η πρωτοπαθής υποκαπνία είναι συνώνυμος όρος
- Είναι κύρια διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας, δηλαδή το μειωμένο  $\text{CO}_2$  είναι η εκδήλωση κλινικής κατάστασης και όχι αντισταθμιστική αντίδραση στη μεταβολική οξέωση

# Στοιχεία φυσιολογίας της αναπνοής

• Αναπνευστικό κέντρο

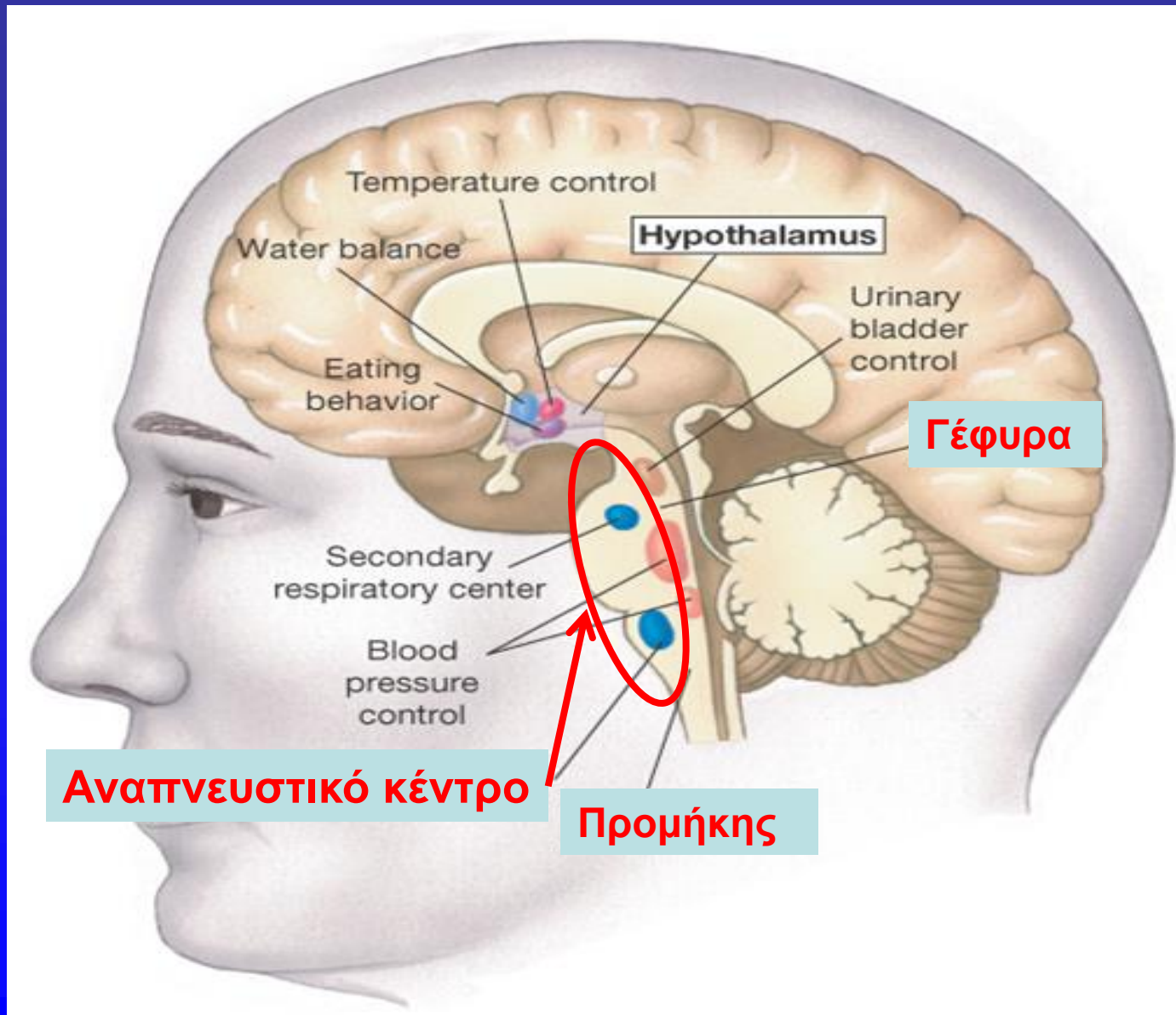


*Διέγερση*

• Υποδοχείς

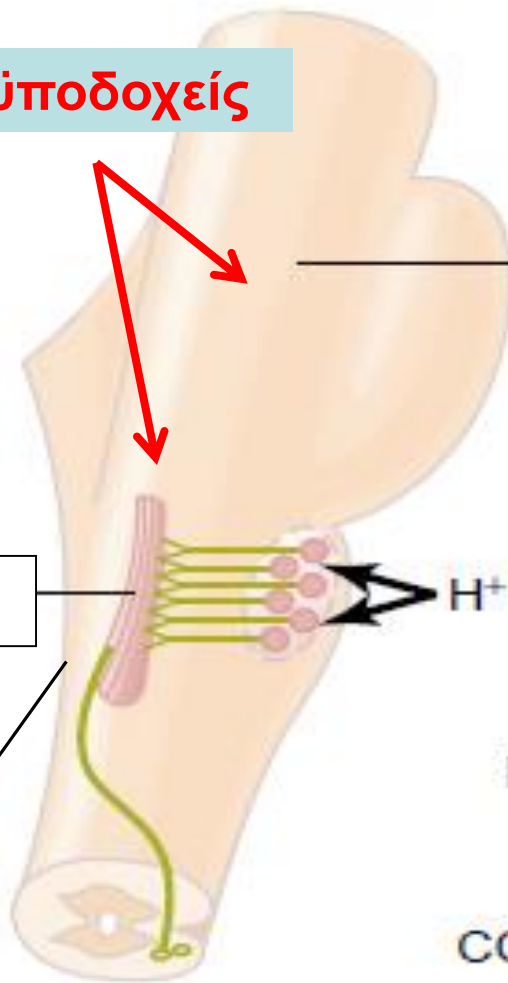
- Κεντρικοί Χημειοϋποδοχείς
- Περιφερικοί Χημειοϋποδοχείς
- Πνευμονικοί Υποδοχείς

# Στοιχεία φυσιολογίας της αναπνοής



# Στοιχεία φυσιολογίας της αναπνοής

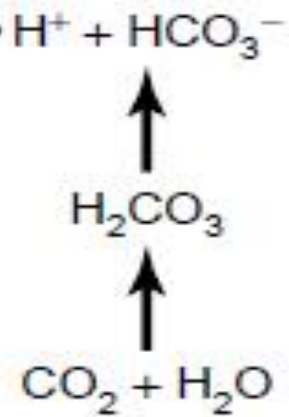
**Κεντρικοί Χημειοϋποδοχείς**



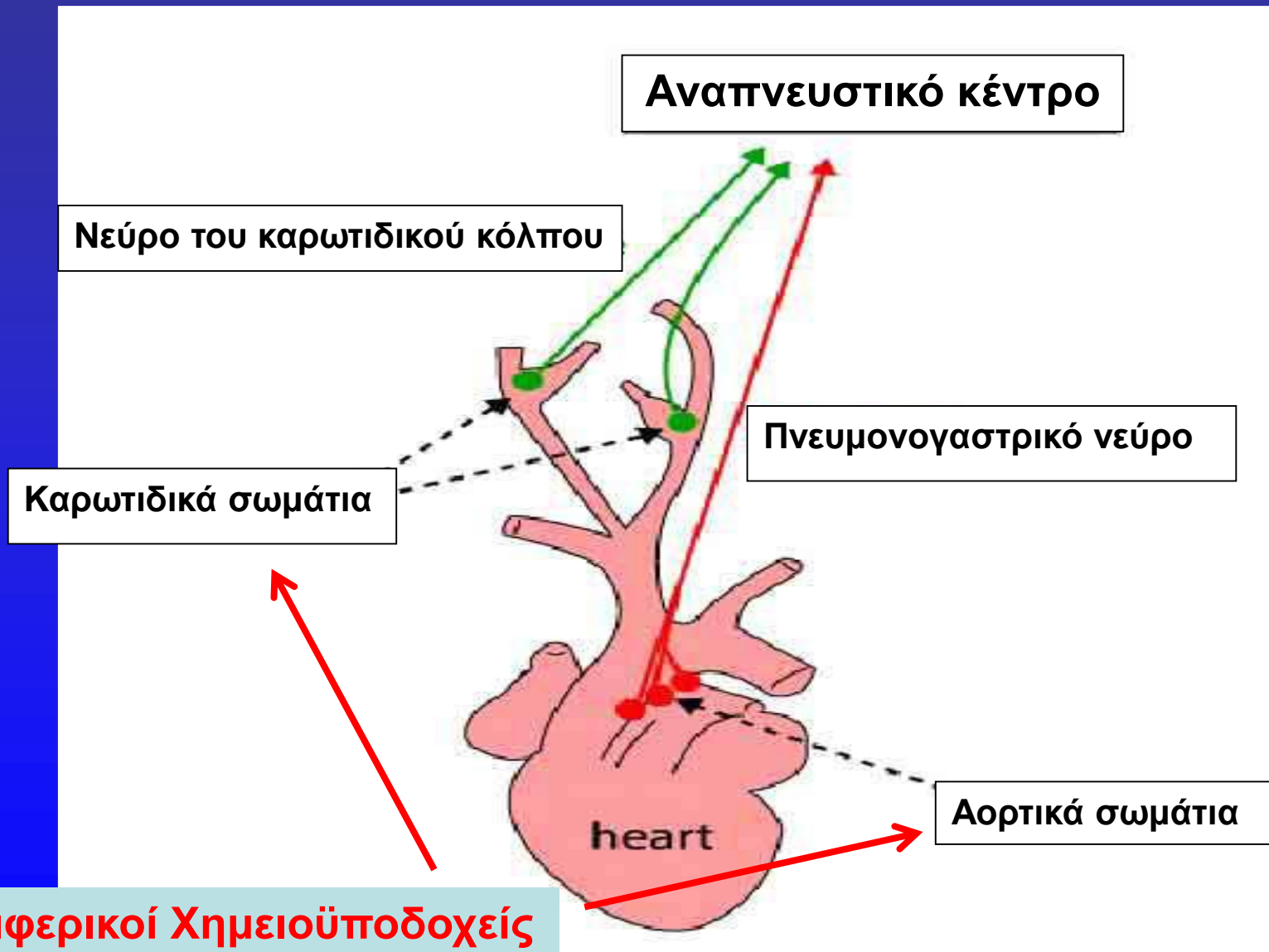
Χημειοεύαισθητη  
περιοχή

Εισπνευστική περιοχή

**Εγκεφαλικό  
στέλεχος**



# Στοιχεία φυσιολογίας της αναπνοής



# Στοιχεία φυσιολογίας της αναπνοής

## Ενεργοποίηση υποδοχέων

### ● Κεντρικοί χημειοϋποδοχείς

- Αύξηση της  $p\text{CO}_2$  και / ή μείωση του pH

### ● Περιφερικοί χημειοϋποδοχείς

- Αύξηση της  $p\text{CO}_2$  και / ή μείωση του pH
- $p\text{O}_2 \leq 50 \text{ mmHg}$

# Στοιχεία φυσιολογίας της αναπνοής

Ενεργοποίηση υποδοχέων



Διέγερση αναπνευστικού κέντρου



Ενεργοποίηση αναπνευστικών μυών



Αύξηση κυψελιδικού αερισμού



Πτώση  $p\text{CO}_2$  & αύξηση pH



Μείωση διέγερσης αναπνευστικού κέντρου



# Στοιχεία φυσιολογίας της αναπνοής

## Πνευμονικοί υποδοχείς

Τύπος υποδοχέα	Κατηγορία	Ερέθισμα	Αναπνευστικό αποτέλεσμα
Αργά προσαρμοζόμενος υποδοχέας (Slowly adapting receptor-SAR)	Τασεοευαίσθητος	Αύξηση του όγκου των πνευμόνων (π.χ. εμφύσημα)	Ο τερματισμός της εισπνοής, διευκόλυνση της εκπνοής, βρογχοδιαστολή
Ταχέως προσαρμοζόμενος υποδοχέας (Rapidly adapting receptor-RAR)	Τασεοευαίσθητος και χημειοευαίσθητος	Αύξηση και/ ή μείωση (π.χ. ατελεκτασία) του όγκου των πνευμόνων και χημικές ερεθιστικές ουσίες	Αυξημένη εισπνοή/δύσπνοια, ακανόνιστη εισπνοή και μείωση εκπνοής
Υποδοχείς C-ινών (πρώην υποδοχείς J)	Χημειοεύαίσθητοι	Ερεθιστικές ουσίες, φλεγμονή, συμφόρηση, πνευμονικό οίδημα, μικροεμβολή	Ταχεία, ρηχή αναπνοή, άπνοια (ταυτόχρονη χημική διέγερση)

# Αναπνευστική αλκάλωση

$p\text{CO}_2 \approx \text{παραγόμενο CO}_2 + \text{εισπνεόμενο CO}_2 - \text{αποβαλλόμενο CO}_2$

$$p\text{CO}_2 = K \times V\text{CO}_2 / V_A$$

*Όπου  $V\text{CO}_2$  ο ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα,  $V_A$  ο ρυθμός του κυψελιδικού αερισμού και  $K$  μία σταθερά*

# Αναπνευστική αλκάλωση

● Συνθήκες που προκαλούν αυξημένο κυψελιδικό αερισμό, χωρίς να έχουν ως ερέθισμα μία μειωμένη τιμή του pH, θα προκαλέσουν υποκαπνία που σχετίζεται με ποικίλο βαθμό αλκάλωσης

- Μέσω αναπνευστικού κέντρου και κεντρικών υποδοχέων
- Μέσω περιφερικών υποδοχέων
- Ιατρογενώς

# Αναπνευστική αλκάλωση - Αίτια

Μέσω αναπνευστικού κέντρου και κεντρικών υποδοχέων

- **Εκούσιος υπεραερισμός**
- **Ψυχογενής:** Πόνος, κρίση πανικού, υστερική κρίση
- **Κεντρικός νευρογενής υπεραερισμός:** Εγκεφαλικά τραύματα, όγκοι, έμφρακτα
- **Ορμόνες:** ↑ προγεστερόνη εγκυμοσύνης, κίρρωση ήπατος
- **Λοιμώξεις:** Μηνιγγίτιδα, εγκεφαλίτιδα, σηψαιμία από gram (-) ή gram (+) βακτηρίδια
- **Θερμική υπέρπνοια:** Πυρετός, υπερθερμία
- **Τοξικότητα:** Σαλικυλικά, τοπιραμάτη

# Αναπνευστική αλκάλωση - Αίτια

## Μέσω περιφερικών υποδοχέων

- **Χημειοϋποδοχείς:** Υποξική πνευμονική νόσος, μεγάλο υψόμετρο
- **Πνευμονικοί υποδοχείς:** Πνευμονικό οίδημα, πνευμονία, ARDS, άσθμα, πνευμονική εμβολή, διάμεση ίνωση

## Ιατρογενής

- **Μηχανικός αερισμός:** Υπέρμετρος μηχανικός αερισμός (τυχαίος ή θεραπευτικά για εγκεφαλική βλάβη από τραύμα)
- **Εξωσωματική απομάκρυνση CO<sub>2</sub>:** Υπέρμετρη εξωσωματική απομάκρυνση CO<sub>2</sub>

# Αναπνευστική αλκάλωση - Αντιρρόπηση

$$H^+ = 24 \times pCO_2 / [HCO_3^-]$$

- Ταχεία δράση ρυθμιστικών διαλυμάτων
- Μείωση της απομάκρυνσης των οξέων από τους νεφρούς

# Αναπνευστική αλκάλωση - Αντιρρόπηση

Οξεία αναπνευστική αλκάλωση  
(10 min – 6h)



*Ρυθμιστικά διαλύματα των πρωτεϊνών, των φωσφορικών και της αιμοσφαιρίνης*

+ Αύξηση της παραγωγής γαλακτικού οξέος (ενεργοποίηση φωσφοροφρουκτοκινάσης των ερυθρών αιμοσφαιρίων)

# Αναπνευστική αλκάλωση - Αντιρρόπηση

## Οξεία αναπνευστική αλκάλωση

- Μείωση  $\text{HCO}_3^-$  κατά 2 mEq/L για κάθε μείωση 10 mmHg της  $\text{pCO}_2$  κάτω από τα 40 mmHg
- Μεταβολή  $\text{pH} = 0,008 \times (40 - \text{pCO}_2)$



# Αναπνευστική αλκάλωση - Αντιρρόπηση

## Χρόνια αναπνευστική αλκάλωση (> 8h)

- Μείωση της νεφρικής έκκρισης  $H^+$  (με ταυτόχρονη μείωση της σύνθεσης των  $HCO_3^-$ )
- Αύξηση της απώλειας των  $HCO_3^-$  και μείωση της συγκέντρωσής τους στο αίμα
- Αποβολή φωσφορικών ως μονόξινια άλατα ( ↓ τιτλοποιήσιμης οξύτητας)
- Μειωμένη έκκριση  $NH_4^+$
- Αύξηση της προσφοράς  $HCO_3^-$  στα άπω σωληνάρια και περιορισμένη δυνατότητας έκκρισης  $H^+$
- Αδυναμία επαναρρόφησης όλης της διηθούμενης ποσότητας  $HCO_3^-$  με συνέπεια την αυξημένη αποβολή στα ούρα

# Αναπνευστική αλκάλωση - Αντιρρόπηση

## Χρόνια αναπνευστική αλκάλωση

- Μείωση  $\text{HCO}_3^-$  κατά 5 mEq/L για κάθε μείωση 10 mmHg της  $\text{pCO}_2$  κάτω από τα 40 mmHg (τα κατώτερα επίπεδα  $\text{pCO}_2$  είναι 15 mmHg)
- Μεταβολή  $\text{pH} = 0,017 \times (40 - \text{pCO}_2)$

# Αναπνευστική αλκάλωση - Αντιρρόπηση

## Χρόνια αναπνευστική αλκάλωση

- Η μοναδική αντιρρόπηση που είναι σε θέση να αποκαταστήσει πλήρως τα επίπεδα του pH
- Ολοκληρώνεται μέσα σε 36-72 ώρες

# Αναπνευστική αλκάλωση - Σημειολογία

- Εξάρτηση από την ταχύτητα εγκατάστασης της νόσου που προκάλεσε την υποκαπνία και τη διάρκειά της
- Συχνά επισκιάζεται από τα κλινικά χαρακτηριστικά της νόσου
- Σημαντική είναι η σημειολογία εξαιτίας της υποξαιμίας
- Αυξημένη νοσηρότητα και θνητότητα, ιδιαίτερα όταν η  $p\text{CO}_2 < 20-25 \text{ mmHg}$

# Αναπνευστική αλκάλωση - Σημειολογία

## Αναπνευστικό σύστημα

- **Αναπνοές:** συχνές & βαθιές (συχνότητα μέχρι και 40 ανά λεπτό)
- **Βρογχόσπασμος:** η υποκαπνία αυξάνει τις αντιστάσεις των αεραγωγών
- **Πνευμονικό οίδημα:**
  - Αυξημένη μικροαγγειακή διαπερατότητα
  - Διαταραγμένη κυψελιδική επαναρρόφηση υγρού
- **Επιδείνωση συστηματικής οξυγόνωσης:**
  - Βρογχόσπασμος
  - Υποξική πνευμονική αγγειοσύσπαση→ αύξηση διαπνευμονικής παράκαμψης
- **Ιστική υποξία:**
  - Υποξαιμία (συχνότερο αίτιο αναπνευστικής αλκάλωσης)
  - Στροφή της καμπύλης αποδέσμευσης του οξυγόνου από την οξυαιμοσφαιρίνη προς τα αριστερά

# Αναπνευστική αλκάλωση - Σημειολογία

## Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Ανισορροπία μεταξύ μυοκαρδιακής προσφοράς και ζήτησης  $O_2$  & αρρυθμίες**
- **Συσφικτικό αίσθημα στο στήθος, στηθάγχη και ισχαιμικές ηλεκτροκαρδιογραφικές αλλοιώσεις:**
  - Αγγειοσύσπαση των στεφανιαίων αρτηριών & μείωση της μεταφοράς  $O_2$  στο μυοκάρδιο
  - Αύξηση μυοκαρδιακών απαιτήσεων σε  $O_2$  διαμέσου αύξησης της καρδιακής συσταλτικότητας και των συστηματικών αγγειακών αντιστάσεων
- **Ανθεκτικές στη φαρμακευτική αγωγή καρδιακές αρρυθμίες:**
  - Απευθείας μυοκαρδιακή δράση
  - Δευτεροπαθώς στα πλαίσια της προκαλούμενης ισχαιμίας

# Αναπνευστική αλκάλωση - Σημειολογία

## Κεντρικό νευρικό σύστημα

- Μειωμένη εγκεφαλική παροχή αίματος, εξαιτίας της αγγειοσύσπασης και της ιστικής υποξίας
- Η μείωση της ροής αίματος στον εγκέφαλο είναι 4% για κάθε mmHg μείωσης της  $p\text{CO}_2$
- Θεραπευτικά σε περιπτώσεις ασθενών με εγκεφαλικό οίδημα (κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, νευροχειρουργικές επεμβάσεις, μηνιγγίτιδα ή εγκεφαλίτιδα)
- Μικρή διάρκεια (4 - 6h) εκδηλώσεων με την σταδιακή ομαλοποίηση pH αρτηριακού και εγκεφαλονωτιαίου υγρού και αποκατάσταση εγκεφαλικής αιματικής ροής σε φυσιολογικά επίπεδα
- Πιθανή εμφάνιση βλαβών λόγω επαναιμάτωσης στις προηγούμενα ισχαιμούσες περιοχές του εγκεφάλου

# Αναπνευστική αλκάλωση - Σημειολογία

## Κεντρικό νευρικό σύστημα

- Ήπια κεφαλαλγία
- Ζάλη
- Ευερεθιστότητα
- Σύγχυση
- Οπτικές διαταραχές (π.χ. θάμβος όρασης)
- Δυσκολία στην ομιλία
- Διαταραχές της προσωπικότητας
- Σπασμοί



# Αναπνευστική αλκάλωση - Σημειολογία

## Νευρομυϊκό σύστημα

- Αποτέλεσμα των ηλεκτρολυτικών διαταραχών
- Αρνητικοποίηση λευκωμάτων (λόγω αλκάλωσης) → αυξημένη σύνδεση με  $\text{Ca}^{2+}$  → χαμηλά επίπεδα ιονισμένου  $\text{Ca}^{++}$
- Ενδοκυττάρια μετατόπιση φωσφόρου → υποφωσφαταιμία
- Μετακίνηση των  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  και  $\text{H}^+$  διαμέσου των κυτταρικών μεμβρανών → αύξηση ερεθισιμότητας κυτταρικών μεμβρανών
- Στη συμπτωματολογία μπορεί να συντελεί και η μειωμένη αιμάτωση του δέρματος

# Αναπνευστική αλκάλωση - Σημειολογία

## Νευρομυϊκό σύστημα

- Αιμωδίες
- Παραισθησίες (περιστοματικές και στα άκρα)
- Κράμπες
- Καρποποδικός σπασμός (σπασμός πηχεοκαρπικών και ποδοκνημικών αρθρώσεων)
- Θετικά σημεία Chvostek και Trousseau
- Χαρακτηριστικές ηλεκτροκαρδιογραφικές αλλοιώσεις
- Υπερδιεγερσιμότητα των μυών → αδυναμία και σπασμοί
- Τετανία

# Καταληκτικά σημεία

- Η συχνότερη οξεοβασική διαταραχή σε βαριά πάσχοντες
- Σημαντικό εύρημα στο σύνδρομο συστηματικής φλεγμονώδους απάντησης και στη σηπτική καταπληξία
- Συνήθως υποεκτιμάται και θεωρείται γενικά μη επικίνδυνη για τη ζωή, εξαιτίας της λανθασμένης αντίληψης ότι είναι ασφαλέστερη ή τουλάχιστον προτιμότερη από την υπερκαπνία

# Καταληκτικά σημεία

- Αυξάνει σημαντικά τη νοσηρότητα και τη θνητότητα, ειδικά όταν η  $p\text{CO}_2 < 20-25$  mmHg σχετίζεται συνήθως με σοβαρή νόσο και αποτελεί κακό προγνωστικό σημείο
- Η σοβαρότητά της οφείλεται συνήθως και στη βαρύτητα της υποκείμενης νόσου (υποξαιμία, σήψη)
- Πρέπει να θεωρείται μια επείγουσα κατάσταση, δίδοντας έμφαση πρωταρχικά στην αναγνώριση και απομάκρυνση του υποκείμενου αιτιολογικού παράγοντα

ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

LARNACA GENERAL HOSPITAL

**Σας ευχαριστώ πολύ**

