

διαταραχές οξεοβασικής ισορροπίας και εκτίμηση αερίων αίματος

Επείγουσα Νοσηλευτική-Μ.Ε.Θ.
Σ. Ζέττα

11/2021

Οξεοβασική ισορροπία

- ▶ Η σταθερή ισορροπία μεταξύ των οξέων και των βάσεων του οργανισμού είναι απαραίτητη για την βέλτιστη κυτταρική λειτουργία
- ▶ Με την κυτταρική λειτουργία παράγονται όξινα αναπνευστικά και μεταβολικά προϊόντα που πρέπει είτε να εξουδετερώνονται είτε να αποβάλλονται για να διατηρείται ένα ουδέτερο χημικό περιβάλλον
- ▶ Τα ιόντα υδρογόνου H^+ σχηματίζουν τα οξέα στο σύστημα
- ▶ Η έκφραση της οξύτητας ή της αλκαλικότητας ενός υδατικού διαλύματος απεικονίζεται με το pH

Οξεοβασική ισορροπία

- ▶ Το αρτηριακό pH είναι μια έμμεση μέτρηση της συγκέντρωσης H⁺
- ▶ Το αρτηριακό pH αντικατοπτρίζει
 - ▶ το γενικό επίπεδο των οξέων και
 - ▶ την αποτελεσματικότητα του μηχανισμού διατήρησης της οξεοβασικής ισορροπίας

Ρύθμιση της Οξεοβασικής Ισορροπίας

- ▶ Η ισορροπία εξαρτάται κυρίως από
 - ▶ την αλληλεπίδραση του αναπνευστικού όξινου διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) [αέριου συστατικού του ανθρακικού οξέος (H_2CO_3) που ρυθμίζεται από τους πνεύμονες] και
 - ▶ των ιόντων υδρογόνου (H^+) [μη πτητικών οξέων που ρυθμίζονται από τους νεφρούς]

Οξεοβασική ισορροπία

- ▶ όταν το επίπεδο των οξέων αυξάνεται, τα διττανθρακικά (HCO_3^-), ένα αλκαλικό ρυθμιστικό διάλυμα που ρυθμίζεται από τους νεφρούς, χρησιμοποιούνται για να εξουδετερώσουν τα οξέα και να διατηρηθεί η οξεοβασική ισορροπία
- ▶ Επίσης τα νεφρά αποβάλλουν επιπλέον ιόντα υδρογόνου (H^+) για να μειώσουν το επίπεδο των οξέων
- ▶ Η φυσιολογική αναλογία οξέων-βάσεων είναι 1:20 δηλαδή αν η ισορροπία μεταβληθεί τότε μεταβάλλεται και το pH
- ▶ εάν υπάρχουν επιπλέον οξέα ή υπάρχει απώλεια βάσης από τα κύτταρα αναπτύσσεται οξέωση
- ▶ Εάν υπάρχει επιπλέον βάση ή απώλεια οξέος από τα κύτταρα αναπτύσσεται αλκάλωση

Επίπεδα pH στο αρτηριακό αίμα

- ▶ Φυσιολογικό pH 7,35-7,45
- ▶ Οξέωση 6,8-7,35
- ▶ Αλκάλωση 7,45-8,0
- ▶ Θάνατος pH < 6,8 και pH > 8,0

- ▶ Αύξηση των ιόντων υδρογόνου (H^+) = πτώση του pH
- ▶ Μείωση των ιόντων υδρογόνου (H^+) = αύξηση του pH
- ▶ Ισορροπία μεταξύ οξέων και βάσεων
- ▶ Η σταθερή ισορροπία των H^+ επιτυγχάνεται μέσω
 - ▶ Των ρυθμιστικών διαλυμάτων
 - ▶ Της νεφρικής λειτουργίας
 - ▶ Της αναπνευστικής λειτουργίας

η ρύθμιση του pH γίνεται με τρεις βασικούς τρόπους

1. Γρηγόρη ρύθμιση με την δράση των διττανθρακικών, των πρωτεϊνών, των ενδοκυταρικών ηλεκτρολυτών και του χλωρίου
2. αναπνευστική αντιρρόπηση- το αναπνευστικό κέντρο διεγείρει αμέσως τον υπεραερισμό για να αντισταθμίσει την διαταραχή
3. νεφρική αντιρρόπηση- Εάν είναι λειτουργικοί, οι νεφροί αυξάνουν το ποσό διττανθρακικών που επαναρροφώνται και των ιόντων υδρογόνου που εκκρίνονται. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να απαιτήσει μέχρι 24 έως 48 ώρες για την ολοκλήρωση του

Εκτίμηση οξεοβασικής ισορροπίας

- ▶ Προκειμένου να καθορισθεί ο παράγοντας που προκάλεσε την αλλαγή στο pH και οι οποιεσδήποτε αντισταθμιστικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα, θα πρέπει να γίνει αξιολόγηση των αερίων του αρτηριακού αίματος
- ▶ Η οξεοβασική ισορροπία αξιολογείται κυρίως με την μέτρηση των αερίων αρτηριακού αίματος
- ▶ pH, PaCO₂, PaO₂
- ▶ το P αναφέρεται στην πίεση που ασκείται από το αέριο που είναι διαλυμένο στο αίμα
- ▶ Το a αναφέρεται στο αρτηριακό αίμα του δείγματος

Ανάλυση αερίων αίματος:

Αρτηριακά επίπεδα αερίων αίματος

- ⦿ pH: 7,35-7,45
 - ⦿ αντικατοπτρίζει τα επίπεδα του αναπνευστικού και μεταβολικού οξέος στο αίμα: η συνεχής εξισορροπητική λειτουργία που ρυθμίζει το όξινο περιβάλλον. Εάν αυτή η ισορροπία διαταραχτεί εμφανίζονται αλλαγές στο pH. Όταν το pH < 7,35 ή >7,45 θα θεωρηθεί είτε ως οξεία κατάσταση είτε ως μη αντιρροπούμενη
- ⦿ PaCO₂: 35-45mmHg
 - ⦿ μέτρα την πίεση (μερική πίεση) που το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα ασκεί στο αρτηριακό αίμα. το CO₂ απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια του αερόβιου μεταβολισμού και είναι ο κύριος παράγοντας προσφοράς οξέος του σώματος. το CO₂ ελέγχεται μέσω του αερισμού. Στο φυσιολογικό πνεύμονα ρυθμίζεται από τις αλλαγές στο ρυθμό και το βάθος του κυψελιδικού αερισμού. η αναπνευστική αντιρρόπηση εμφανίζεται γρήγορα στις μεταβολικές διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας με φυσιολογικούς πνεύμονες.
 - < 35mmHg υποκαπνία
 - > 45mmHg υπερκαπνία

Ανάλυση αερίων αίματος:

Αρτηριακά επίπεδα αερίων αίματος

⦿ PaO₂: 80-100mmHg

- Οξυγόνο διαλυμένο (χρησιμοποιήσιμο) στο πλάσμα και διατίθεται στα κύτταρα για τον μεταβολισμό. το διαλυμένο αέριο ασκεί την πίεση του οξυγόνου επιτρέποντας του να διαχέεται μέσω των τριχοειδών και των κυτταρικών τοιχωμάτων για να οξυγονώσει τα κύτταρα
- Αξιολόγηση της αναπνευστικής λειτουργίας και όχι της οξεοβασικής ισορροπίας
 - < 80mmHg υποξαιμία= Η χαμηλή μερική πίεση του οξυγόνου δυσχεραίνει τη δυνατότητα των κυττάρων να προσλαμβάνουν οξυγόνο από το αίμα και μπορεί να οδηγήσει σε αναερόβιο μεταβολισμό με συνέπεια την παραγωγή γαλακτικού οξέος και την ανάπτυξη μεταβολικής οξέωσης. Η PaO₂ μειώνεται φυσιολογικά στους ηλικιωμένους

Ανάλυση αερίων αίματος:

Αρτηριακά επίπεδα αερίων αίματος

⊙ HCO_3^- : 22-26 mEq/L

- Τα διττανθρακικά όρου είναι ο σημαντικότερος νεφρικός ρυθμιστής της οξεοβασικής ισορροπίας. Παράγεται ή εκκρίνεται από τα νεφρά σε άμεση αναλογία με την ποσότητα οξέων στην κυκλοφορία ώστε να διατηρεί ένα φυσιολογικό περιβάλλον οξέων-βάσεων. Όταν το επίπεδο των διττανθρακικών μεταβάλλεται, το επίπεδο οξέων αλλάζει προς την αντίθετη κατεύθυνση.
- Αντανακλά την λειτουργία του νεφρικού μηχανισμού της οξεοβασικής ισορροπίας.

⊙ Περίσσεια Βάσεων -2 έως +2

- Αντανακλά τον βαθμό της διαταραχής του ισοζυγίου της οξεοβασικής ισορροπίας και δίνει μια εικόνα της συνολικής ρυθμιστικής ικανότητας του οργανισμού
- υπολογιστικός δείκτης του ρυθμιστικού διαλύματος της κυκλοφορίας που δείχνει την παρουσία ή την απουσία οξέος στους ιστούς και στα νεφρικά σωληνάκια. Καθώς το ποσοστό των οξέων αυξάνεται, το σχετικό ποσοστό βάσεων μειώνεται (και αντίστροφα). Οι παθολογικά υψηλές τιμές (>+2) υποδηλώνουν αλκάλωση ενώ οι χαμηλές τιμές (<-2) οξέωση

Βήματα για την αξιολόγηση των αερίων αίματος

1. Έλεγχος pH
2. Έλεγχος PaCO₂
3. Έλεγχος HCO₃⁻ και περίσσεια βάσεων
4. Αξιολόγηση CO₂ και HCO₃⁻
5. Έλεγχος PaO₂ και SaO₂

Διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας

- ▶ Οξέωση και αλκάλωση
- ▶ Μεταβολικές και αναπνευστικές διαταραχές

Ταξινόμηση: μεταβολικές διαταραχές

- ⊙ Πρωταρχική μεταβολή αφορά τη συγκέντρωση διττανθρακικών
- ⊙ Μεταβολική οξέωση
 - pH <7,35
 - HCO_3^- < 22 mEq/L
- ⊙ Μεταβολική αλκάλωση
 - pH >7,45
 - HCO_3^- >26 mEq/L

Ταξινόμηση: αναπνευστικές διαταραχές

- ⊙ Αναπνευστική οξέωση: κατακρατείται CO_2 αυξάνοντας το ανθρακικό οξύ. Κυψελιδικός υποαερισμός οδηγεί σε μείωση του pH
 - pH <7,35
 - $\text{PaCO}_2 >45\text{mmHg}$
- ⊙ Αναπνευστική αλκάλωση: αποβάλεται υπερβολικά μεγάλη ποσότητα CO_2 μειώνοντας το ανθρακικό οξύ. Κυψελιδικός υπεραερισμός οδηγεί σε αύξηση του pH
 - pH >7,45
 - $\text{PaCO}_2 <35\text{mmHg}$

- ▶ Υπερκαπνία ($\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}$): αποτελεί ένδειξη κυψελιδικού υποαερισμού και αναπνευστικής οξέωσης

μεταβολική οξέωση

- ▶ Η πιο κοινή αιτία της μεταβολικής οξέωσης είναι η υπερβολική παραγωγή οξέων η οποία μειώνει το $\text{pH} < 7,35$.
- ▶ Αίτια
 - ▶ Μεταβολικά νοσήματα με αυξημένη παραγωγή οξέων
 - ▶ Διαβητική κετοξέωση (↑ παραγωγή οργανικών κετονών μετά από μεταβολισμό λιπών)
 - ▶ Νεφρική σωληναριακή οξέωση (ανεπάρκεια απέκκρισης H^+)
 - ▶ Απώλεια αλκαλίων (σε παρατεταμένη διάρροια)
 - ▶ Δηλητηρίαση με ασπιρίνη

μεταβολική οξέωση

- ▶ Η κλινική εικόνα ποικίλλει ανάλογα
 - ▶ με τις υποκείμενες παθήσεις,
 - ▶ τη βαρύτητα της διαταραχής της οξεοβασικής ισορροπίας
 - ▶ την ταχύτητα εγκατάστασής της
- ▶ $\text{pH} < 7,35$ και διτανθρακικά πλάσματος $\text{HCO}_3^- < 22$ mEq/L ή/και έλλειμμα βάσεων
- ▶ Η μείωση του pH διεγείρει τον αερισμό για την απέκκριση οξέων και μπορεί να μειωθεί η PaCO_2 ως 10-15mmHg
- ▶ Η θεραπεία περιλαμβάνει την στάγδην ενδοφλέβια χορήγηση διτανθρακικών

Μεταβολική αλκάλωση

- ⊙ Η μεταβολική αλκάλωση αντικατοπτρίζει
 - την υπερβολική απώλεια H^+
 - Την υπερβολική επαναρρόφηση HCO_3^-
 - Τη λήψη αλκαλικών διαλυμάτων
- ⊙ $\uparrow HCO_3^-$ μέχρι 45-50 mEq/L
- ⊙ $\uparrow pH$
- ⊙ Αίτια
 - Απώλεια γαστρικού οξέος
 - Διουρητική θεραπεία
 - Υπερβολική χορήγηση διττανθρακικών

Μεταβολική αλκάλωση

- ⦿ Η σοβαρή αλκάλωση ($\text{pH} > 7,6$) συνδέεται με υψηλή νοσηρότητα και θνητότητα
- ⦿ Ήπια ή μέτρια αλκάλωση δεν απαιτεί συνήθως θεραπευτική παρέμβαση
- ⦿ Ο οργανισμός μπορεί να ανεχθεί ένα μεγαλύτερο βαθμό οξέωσης από ότι αλκάλωσης
- ⦿ Θεραπεία με έγχυση φυσιολογικού ορού για διόρθωση υπογκαιμίας, χορήγηση KCL σε ασθενείς με υποκαλιαιμία

Αναπνευστική οξέωση

- ⦿ Αναπνευστική οξέωση (υπερκαπνία) συμβαίνει όταν ο κυψελιδικός αερισμός είναι ανεπαρκής σε σχέση με το ρυθμό παραγωγής του CO_2 .
- ⦿ Ανεπαρκής απέκκριση CO_2 .
- ⦿ **Κυψελιδικός υποαερισμός** οδηγεί σε μείωση του pH και οδηγεί σε αύξηση της PaCO_2 ($\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}$)
- ⦿ Η μεταβολή του pH συνέπεια της αύξησης της PaCO_2 εξαρτάται από
 - Την ταχύτητα της έναρξης της διαταραχής
 - Δυνατότητα του οργανισμού να την αντιρροπήσει
- ⦿ Οι νεφροί μέσα σε 4-48h, πρέπει να κατακρατήσουν τα HCO_3^- και να απεκκρίνουν την περίσσεια H^+ σε μια προσπάθεια αντιστάθμισης του πλεονάζοντος αναπνευστικού οξέος.

Αναπνευστική οξέωση

- ▶ Δύσπνοια, ταχύπνοια, ναυτία, έμετος, αδυναμία, ανησυχία, σύγχυση και κώμα
- ▶ Αύξηση καρδιακής συχνότητας και αναπνευστικού ρυθμού, υπόταση, εφίδρωση
- ▶ $\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}$ και $\text{pH} < 7,35$
- ▶ Υποστήριξη αερισμού. Αν $\text{PaCO}_2 > 50-60 \text{ mmHg}$ και $\text{PaO}_2 < 50 \text{ mmHg}$ με κλινικές ενδείξεις τότε απαιτείται διασωλήνωση και μηχανική υποστήριξη

Χρόνια αναπνευστική οξέωση

⦿ Αίτια:

- νοσήματα του αναπνευστικού (απόφραξη των αεροφόρων, πνευμονία, άσθμα, εμφύσημα, χρόνια βρογχίτιδα, κυστική ίνωση)
- Παράλυση των αναπνευστικών μυών
- Βλάβη του κέντρου αναπνοής (εγκεφαλίτιδα)

⦿ Το pH μπορεί να είναι σχεδόν φυσιολογικό όταν η νεφρική λειτουργία είναι επαρκής:

⦿ χρόνιοι αντιρροπιστικοί μηχανισμοί από τους νεφρούς: κατακράτηση και παραγωγή $\text{HCO}_3^- > 26$ mEq/L και έκκριση μεταβολικών οξέων ώστε να υπάρχει αποδεκτό οξεοβασικό περιβάλλον με σχεδόν φυσιολογικό pH

Χρόνια αναπνευστική οξέωση

- ▶ Αν η PaCO_2 δεν υπερβαίνει την δυνατότητα του οργανισμού για αντιρρόπηση, δεν υπάρχουν κλινικές εκδηλώσεις
- ▶ Σε γρήγορη αύξηση PaCO_2 : δύσπνοια, αστάθεια, ανησυχία, κώμα, υπνηλία, υπόταση
- ▶ Σε $\text{PaCO}_2 > 70$ mmHg αγγειοδιαστολή με αύξηση της ενδοκρανιακής πίεσης
- ▶ Οξυγονοθεραπεία (η υποξαιμία παρά η υπερκαπνία διεγείρει τον αερισμό), βρογχοδιασταλτικά, αντιβιοτικά, ενδοφλέβια υγρά, αναπνευστική φυσιοθεραπεία

Αναπνευστική αλκάλωση

- ▶ Συμβαίνει σε αύξηση του κυψελιδικού αερισμού → αύξηση pH
- ▶ Οξύς κυψελιδικός υπεραερισμός
 - ▶ προκύπτει από υπερβολική ανησυχία
- ▶ Παθοφυσιολογικές διαταραχές που προκαλούν υποξαιμία και οδηγούν σε οξεία υπερκαπνία
 - ▶ Πνευμονία, πνευμονικό οίδημα, πνευμονική εμβολή
- ▶ $P_aCO_2 < 35 \text{ mmHg}$ και $pH > 7,45$
- ▶ Για την αντιστάθμιση της απώλειας του CO_2 , απελευθερώνονται H^+ από τους ιστούς που μπορεί να αναπτύξει υποκαλιαιμία καθώς το K εισέρχεται στα κύτταρα.

Αναπνευστική αλκάλωση

- ▶ Στην ανησυχία ο ασθενής δεν αντιλαμβάνεται τον υπεραερισμό
- ▶ Μεγάλα υψόμετρα → υποξαιμία → διέγερση αναπνευστικής προσπάθειας → αναπνευστική αλκάλωση
- ▶ Ιστική οξέωση
- ▶ Υπερβολικός μηχανικός αερισμός
- ▶ Δηλητηρίαση από σαλικυλικά
- ▶ Τραυματισμός ΚΝΣ

Χρόνια Αναπνευστική αλκάλωση

- ▶ Η Χρόνια Αναπνευστική αλκάλωση είναι κατάσταση χρόνιας υποκαπνίας που προκαλείται από την ενεργοποίηση του αναπνευστικού κέντρου.
- ▶ Η μειωμένη PaCO_2 διεγείρει τη νεφρική αντισταθμιστική απάντηση. Αυτή απαιτεί αρκετές μέρες και μπορεί να οδηγήσει σε φυσιολογικό ή σχεδόν φυσιολογικό pH.
- ▶ $\text{PaCO}_2 < 35 \text{ mmHg}$ και φυσιολογικό pH

Συνοπτικά...

- ▶ Αναπνευστική οξέωση ↓ pH ↑ PaCO₂
- ▶ Αναπνευστική αλκάλωση ↑ pH ↓ PaCO₂
- ▶ Μεταβολική οξέωση ↓ pH ↓ HCO₃⁻
- ▶ Μεταβολική αλκάλωση ↑ pH ↑ HCO₃⁻