



ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
ΓΙΑ ΤΑ ΥΓΡΑ, ΤΟΥΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΕΣ
ΚΑΙ ΤΗΝ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ



Ετήσιο Μετεκπαιδευτικό Σεμινάριο
Υγρών, Ηλεκτρολυτών
& Οξεοβασικής Ισορροπίας
11^ο Σεμινάριο
Διαταραχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

Σε συνεργασία με:
Νεφρολογικό Τμήμα
Γενικού Νοσοκομείου Κομοτηνής
«Σισμανόγλειο»

Υπό την αιγίδα:
Υπουργείου Υγείας
4^{ης} Υγειονομικής Περιφέρειας
Μακεδονίας και Θράκης
Ελληνικής Νεφρολογικής Εταιρείας

22-23 Σεπτεμβρίου 2017
Αμφιθέατρο Ιδρύματος "Παπανικολάου"
Κομοτηνή

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ
ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ
ΚΑΙ ΠΟΙΑ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ
ΣΤΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ
ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ;

Ελένη Α. Φράγκου
Νεφρολόγος

ΧΩΡΙΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΥΜΦΕΡΟΝΤΩΝ

ΜΕ ΤΟΥΣ ΧΟΡΗΓΟΥΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Ρυθμιστικό σύστημα $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$

Ρυθμιστικό σύστημα $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$

Ρυθμιστικό σύστημα πρωτεϊνών

Ρυθμιστικό σύστημα ερυθρών αιμοσφαιρίων

Ρυθμιστικό σύστημα οστών

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ (ΟΒΔ)

Απάντηση σε αναπνευστικές ΟΒΔ

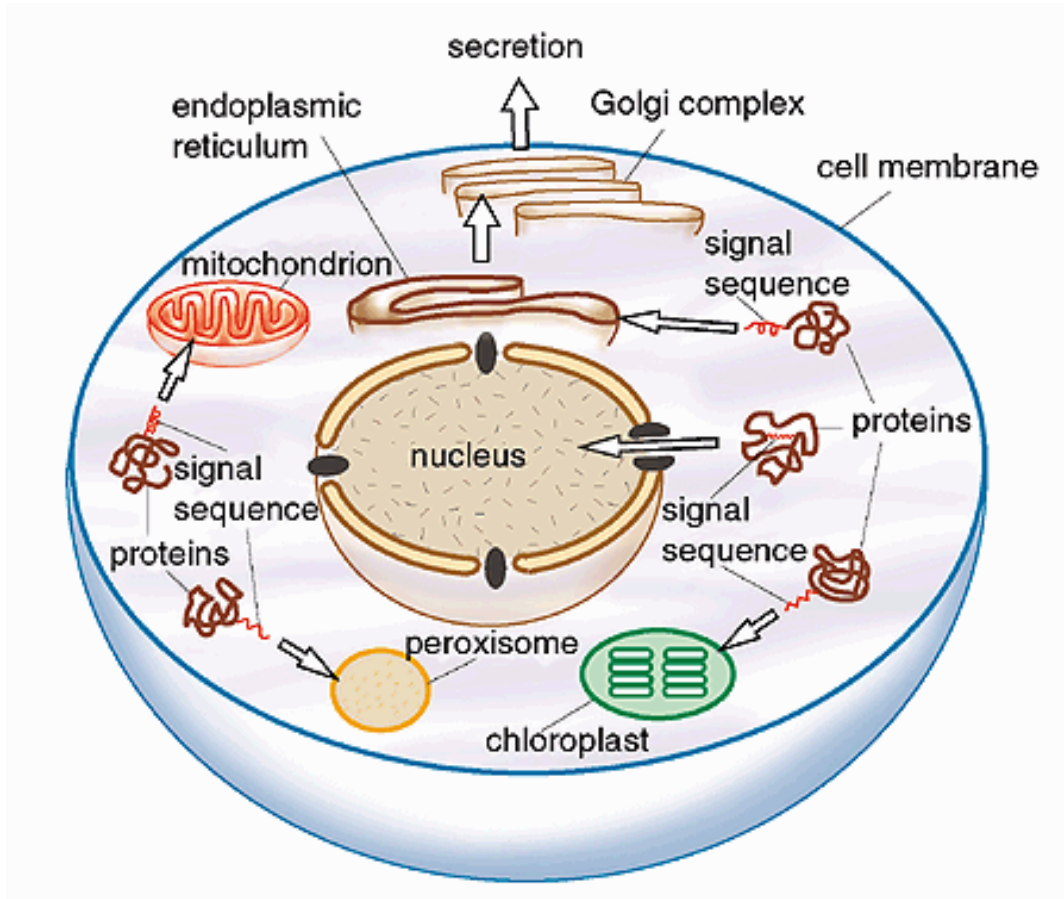
Απάντηση σε μεταβολικές ΟΒΔ

- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**
- **ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ**
 - Ρυθμιστικό σύστημα $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$
 - Ρυθμιστικό σύστημα $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$
 - Ρυθμιστικό σύστημα πρωτεϊνών
 - Ρυθμιστικό σύστημα ερυθρών αιμοσφαιρίων
 - Ρυθμιστικό σύστημα οστών
- **ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ (ΟΒΔ)**
 - Απάντηση σε αναπνευστικές ΟΒΔ
 - Απάντηση σε μεταβολικές ΟΒΔ
- **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ, Η $[H^+]$ ΠΑΡΑΜΕΝΕΙ ΣΤΑΘΕΡΗ (40 nmol/l)



Κάθε $\Delta[H^+]$
↓
πρόσληψη ή αποβολή H^+
από πρωτεΐνες
↓
τροποποίηση πρωτεϊνών
(φορτίο, δομή, λειτουργία)
↓
διαταραχή
κυτταρικής λειτουργίας

ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

είναι το σύνολο των μηχανισμών που διατηρούν την $[H^+]$ σε σταθερά επίπεδα για διατήρηση της φυσιολογικής κυτταρικής λειτουργίας

1. Χημική εξισορρόπηση με ρυθμιστικά διαλύματα
2. Ρύθμιση PCO_2 με κυψελιδικό αερισμό
3. Ρύθμιση $[HCO_3^-]$ με νεφρική αποβολή H^+

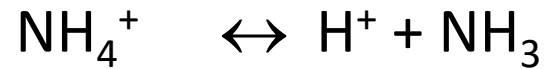
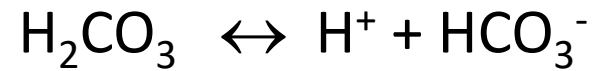
ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

είναι το σύνολο των μηχανισμών που διατηρούν την **[H⁺]** σε **σταθερά επίπεδα** για διατήρηση της **φυσιολογικής κυτταρικής λειτουργίας**

1. Χημική εξισορρόπηση με **ρυθμιστικά διαλύματα**
2. Ρύθμιση PCO₂ με **κυψελιδικό αερισμό**
3. Ρύθμιση [HCO₃⁻] με **νεφρική αποβολή H⁺**

ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ

ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ BRONSTED - LAWRY



(Οξύ)

(Βάση)

(ιδιότητα ανεξάρτητη του φορτίου του μορίου)

ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ

ΝΟΜΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ Ή ΔΡΑΣΗΣ ΜΑΖΩΝ

Η ταχύτητα μίας αντίδρασης είναι ανάλογη του γινομένου των αντιδρώντων



με την $K_a = \frac{[\text{H}^+].[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$

να καθορίζει τον ιοντισμό ή διάσταση του κάθε μορίου.

Όταν $\text{pH} = \text{pK}_a$

το μόριο είναι κατά 50% ιοντισμένο.

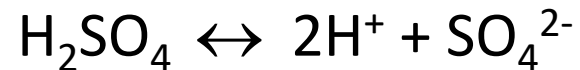
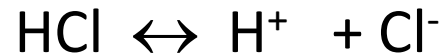
ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ

ΝΟΜΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ Ή ΔΡΑΣΗΣ ΜΑΖΩΝ



$$K_a = [\text{H}^+].[\text{A}^-] / [\text{HA}]$$

- Ισχυρά οξέα: Πλήρως ιοντισμένα **σε φυσιολογικό pH** και έχουν υψηλή pKa



- Ασθενή οξέα: Μερικώς ιοντισμένα **σε φυσιολογικό pH** και έχουν χαμηλή pKa



ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΞΕΩΝ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

ΠΤΗΤΙΚΑ Ή ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ΟΞΕΑ	ΜΗ ΠΤΗΤΙΚΑ Ή ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ΟΞΕΑ
$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	$\text{NH}_4^+ \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{NH}_3$
	$\text{H}_2\text{PO}_4^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$
Μεταβολισμός υδατανθράκων και λιπιδίων	Μεταβολισμός πρωτεϊνών
15000 mmol CO_2	1 mEq/kg ΣΒ H^+
Αποβολή με την αναπνοή	Αποβολή με τους νεφρούς

Διαφορετικός ρυθμός παραγωγής, διαφορετική οδός αποβολής

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ - ΟΡΙΣΜΟΣ

- ✓ ο **πρώτος και άμεσος μηχανισμός άμυνας** έναντι στις αλλαγές του συστηματικού pH
- ✓ διαλύματα που **αντιστέκονται στις αλλαγές του pH** σε προσθήκη οξέος ή βάσης
 - ✓ **ασθενή οξέα ή βάσεις με τα συζυγή τους άλατα**
που προσλαμβάνουν ή απελευθερώνουν H^+ **μειώνοντας τις αλλαγές της $[H^+]$**
- ✓ **Απουσία ρυθμιστικών διαλυμάτων**, η καθημερινή προσθήκη οξέος στον οργανισμό, θα οδηγούσε σε αύξηση της $[H^+]$ και σε **θάνατο**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Ρυθμιστικό σύστημα $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$

Ρυθμιστικό σύστημα $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$

Ρυθμιστικό σύστημα πρωτεϊνών

Ρυθμιστικό σύστημα ερυθρών αιμοσφαιρίων

Ρυθμιστικό σύστημα οστών

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ (ΟΒΔ)

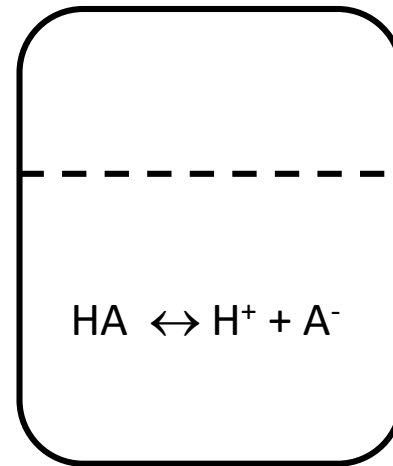
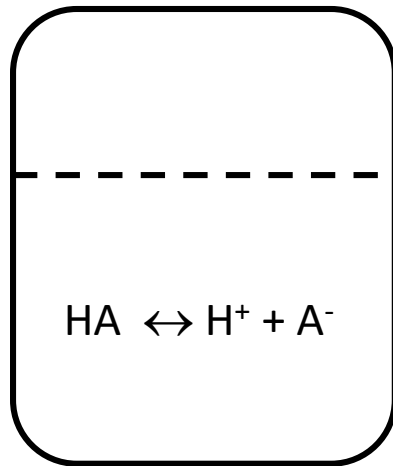
Απάντηση σε αναπνευστικές ΟΒΔ

Απάντηση σε μεταβολικές ΟΒΔ

- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

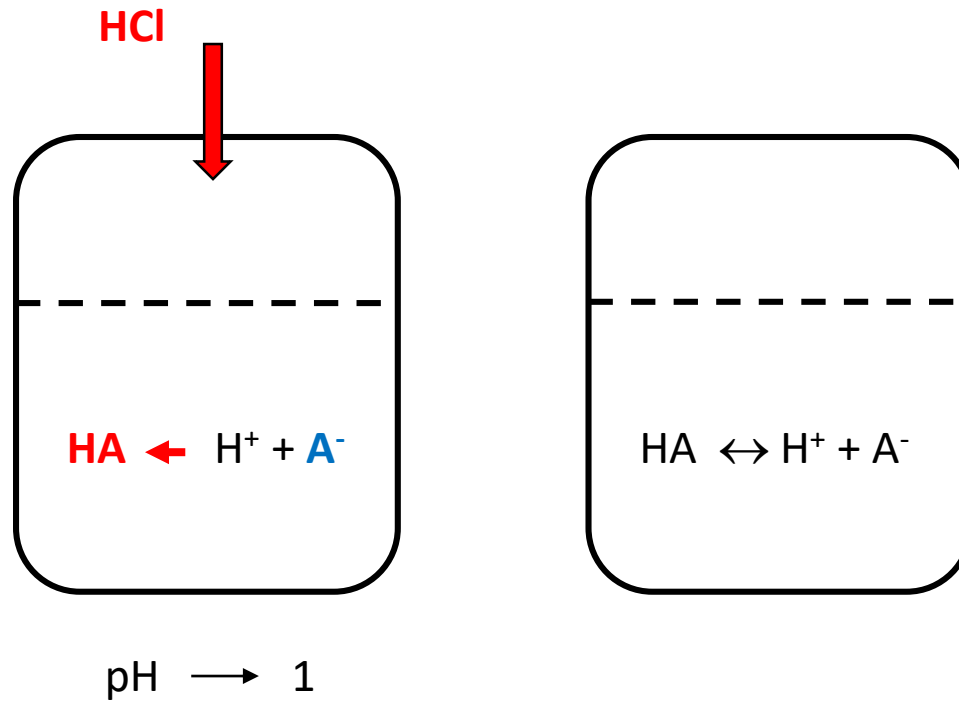
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

«ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»



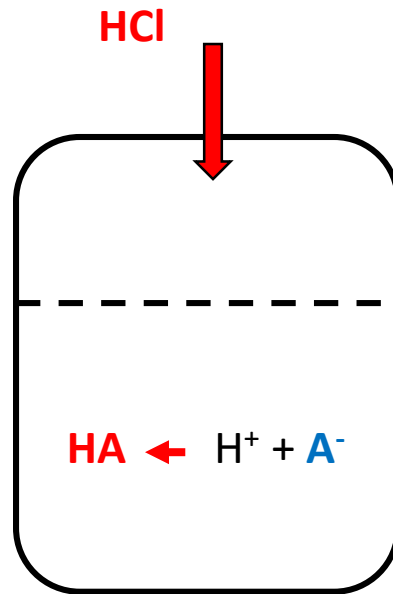
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

«ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»

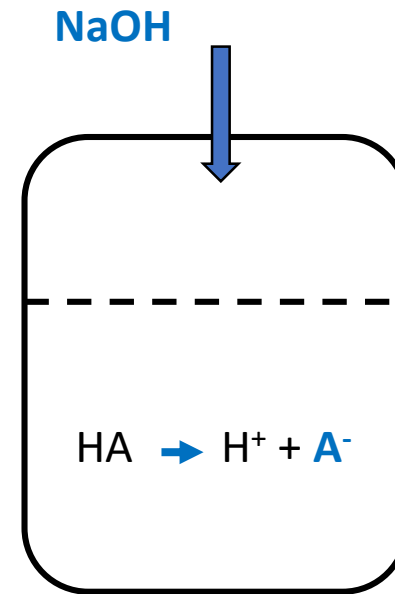


ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

«ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»



pH \rightarrow 1



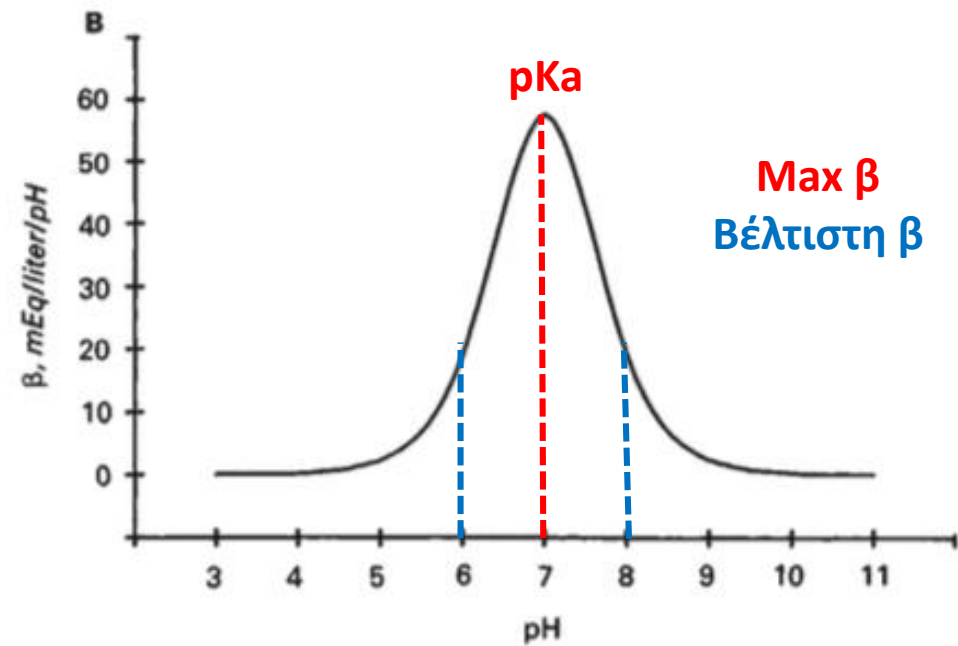
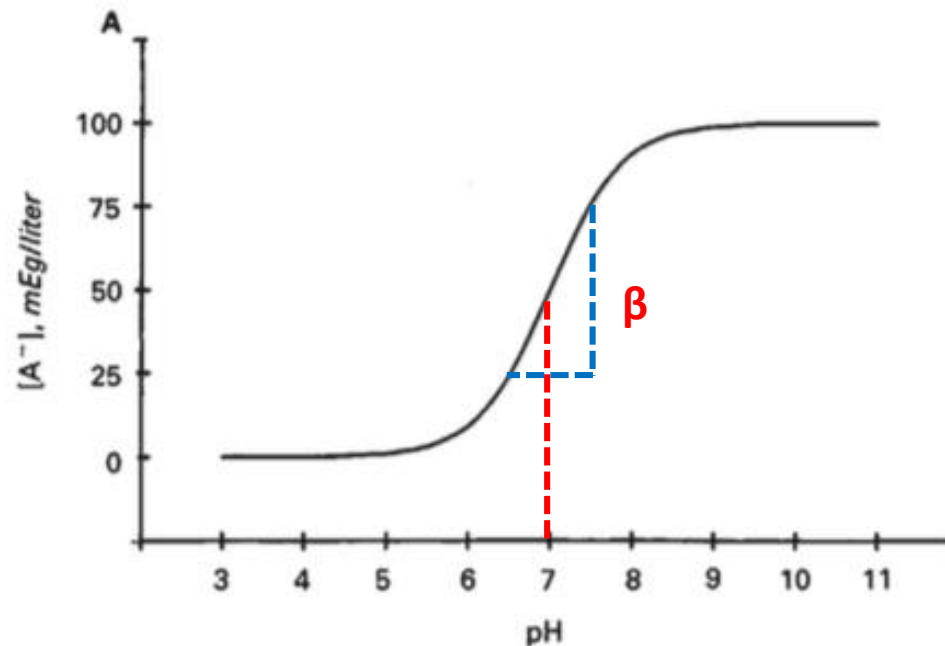
pH \rightarrow 14

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

«ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»



Εάν HA = ρυθμιστικό διάλυμα

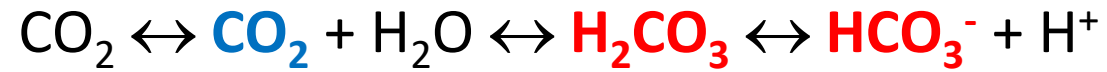


Ρυθμιστική ισχύς (β):

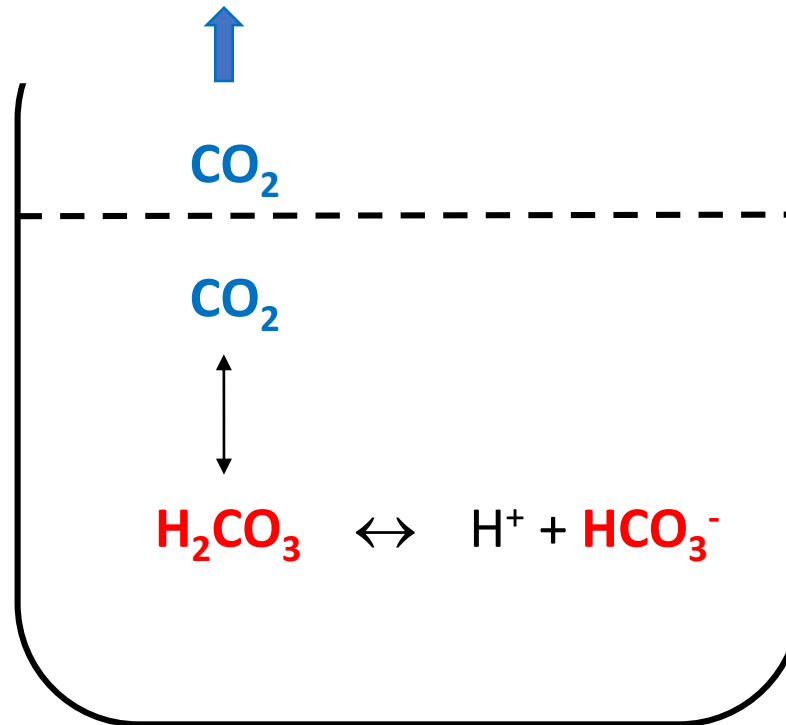
ικανότητα του διαλύματος να διατηρεί το pH σταθερό σε προσθήκη H^+ ή OH^-

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

«ΑΝΟΙΚΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»

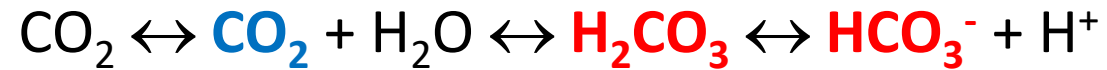


soluble HA = **constant**, HA = **variable**, $\text{A}^- \propto \text{H}^+ \text{ ή } \text{OH}^-$

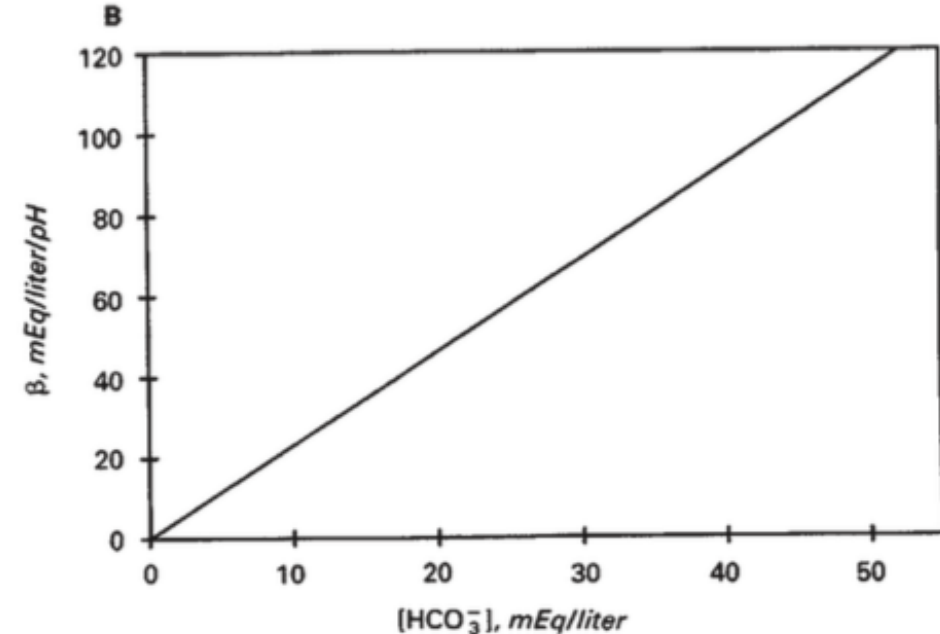
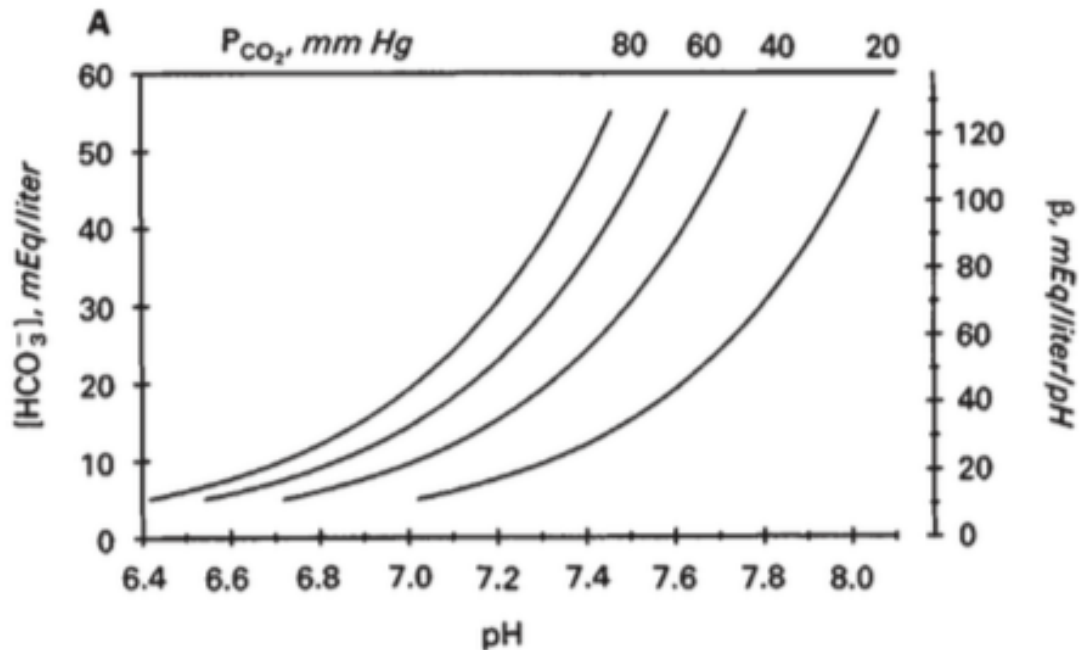


ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

«ΑΝΟΙΚΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»



soluble HA = **constant**, HA = **variable**, $\text{A}^- \propto \text{H}^+$ ή OH^-



Ρυθμιστική ισχύς (β):

είναι ανάλογη της βάσης που παράγεται

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ



ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

A. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ



B. ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ

Ένζυμα

Γ. ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΔΙΩΝ

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

ΙΣΟΨΔΡΙΚΗ ΑΡΧΗ

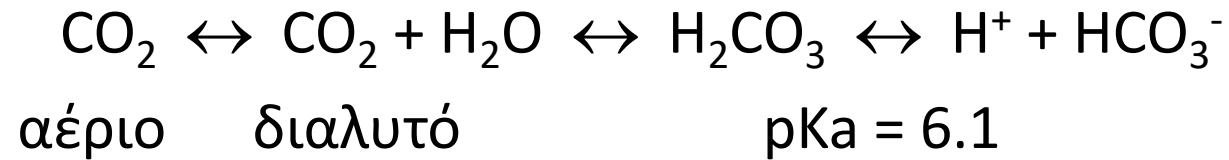
$$[H^+] = K_{a1} \frac{0.03PCO_2}{[HCO_3^-]} = K_{a2} \frac{[H_2PO_4^-]}{[HPO_4^{2-}]} = K_{a3} \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Τα ρυθμιστικά διαλύματα βρίσκονται σε ισορροπία μεταξύ τους

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

1. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$

Ενδοκυττάριο και **εξωκυττάριο**, σε «ανοικτό» σύστημα

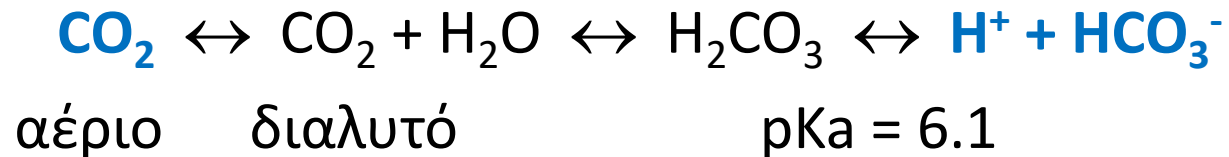


όπου $\text{pKa} = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$ με $\Delta\text{pH} > 1$

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

1. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$

Ενδοκυττάριο και **εξωκυττάριο**, σε «ανοικτό» σύστημα

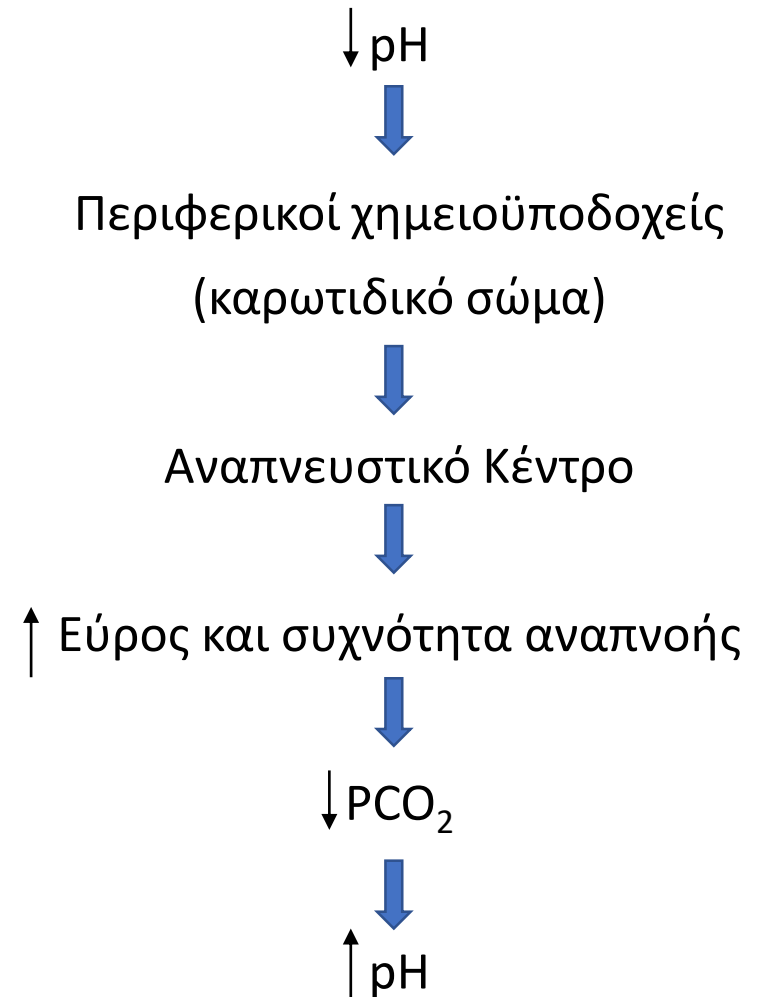
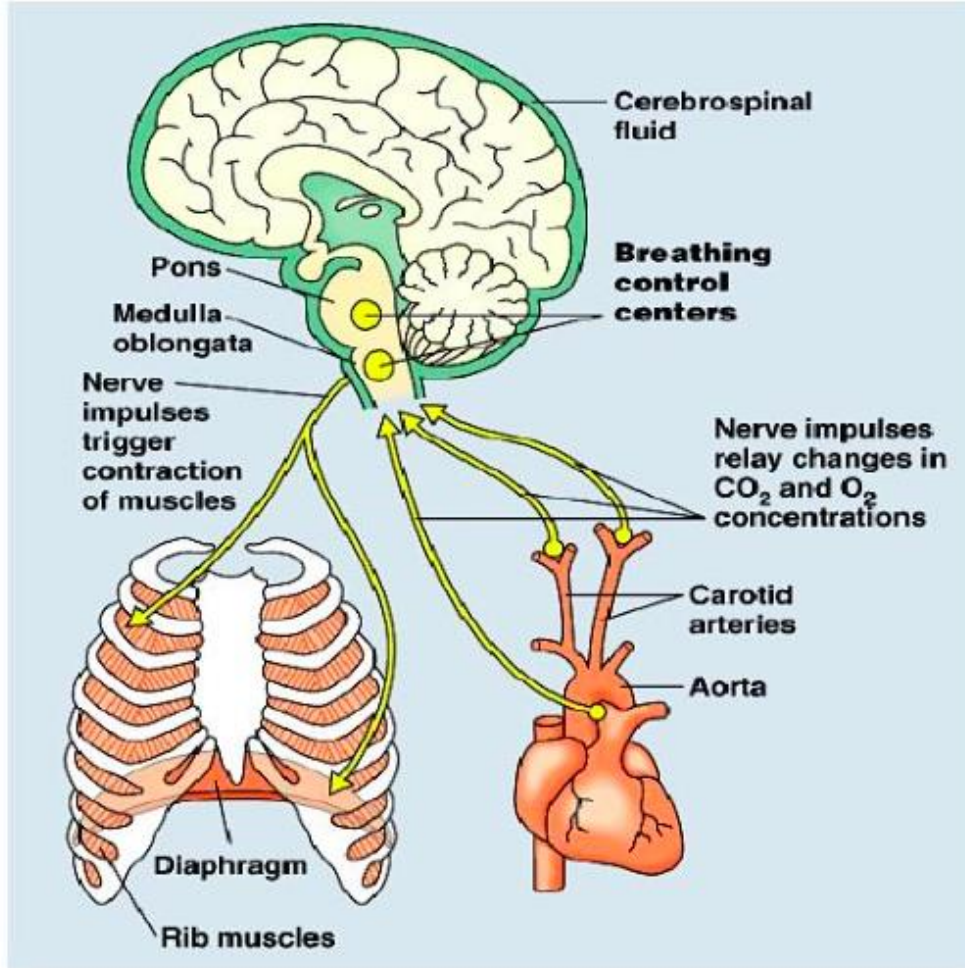


όπου $\text{pKa} = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$ με $\Delta\text{pH} > 1$

Αποτελεσματικό ρυθμιστικό σύστημα
εξαιτίας της ρύθμισης της PCO_2 με την **αναπνοή**
και των εφεδρειών του πλάσματος σε HCO_3^- (**νεφροί**)

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

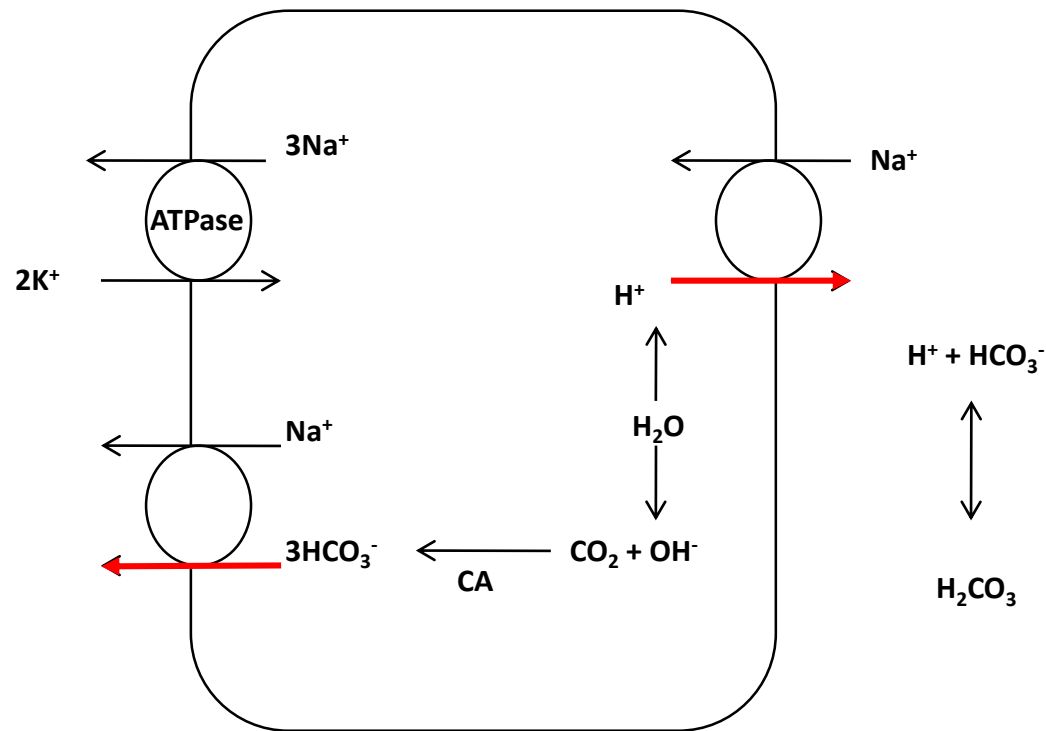
1. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$



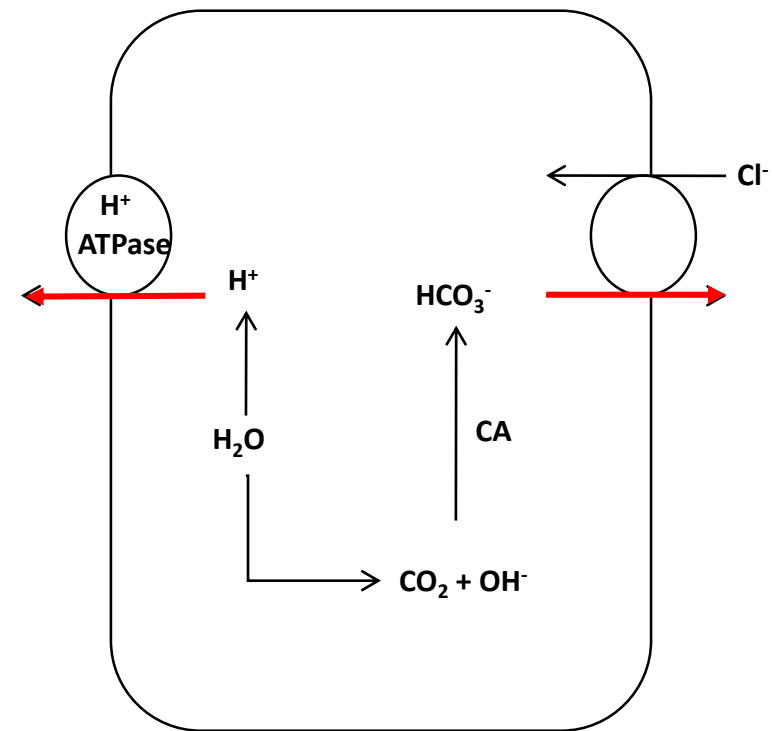
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

1. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$

ΕΓΓΥΣ ΣΩΛΗΝΑΡΙΑΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ



ΠΑΡΑΚΕΙΜΕΝΟ ΣΩΛΗΝΑΡΙΑΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ



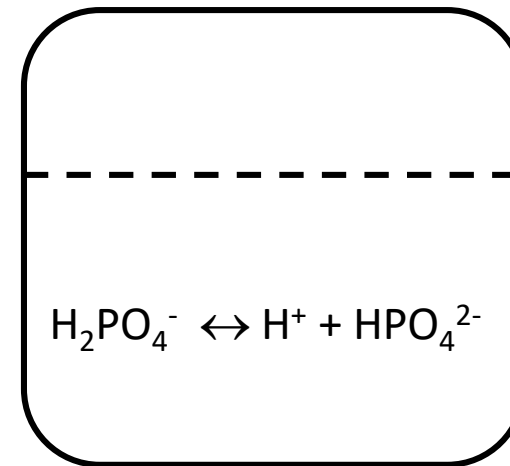
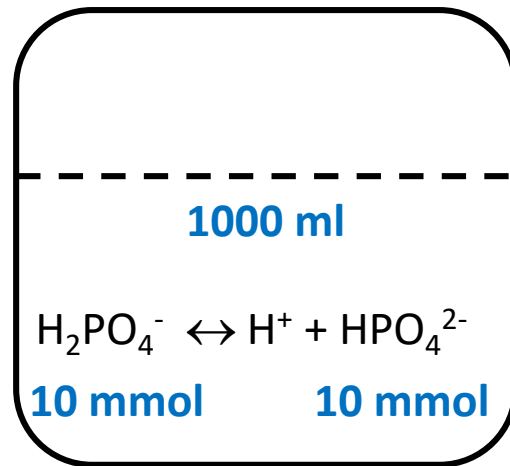
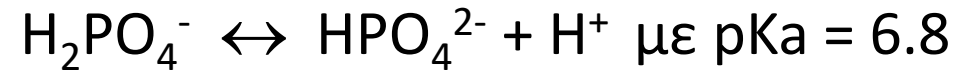
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

2. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

2. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$

Ενδοκυττάριο και εξωκυττάριο, σε «κλειστό» σύστημα

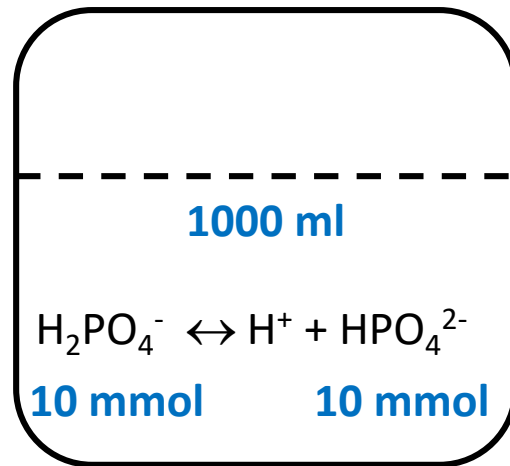
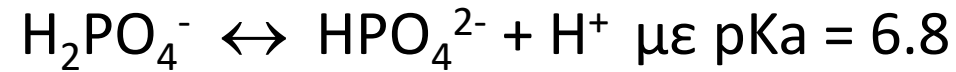


pH = 6.8

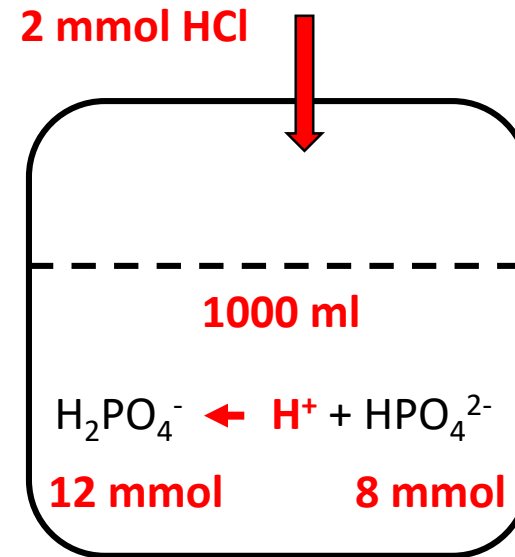
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

2. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$

Ενδοκυττάριο και εξωκυττάριο, σε «κλειστό» σύστημα



pH = 6.8

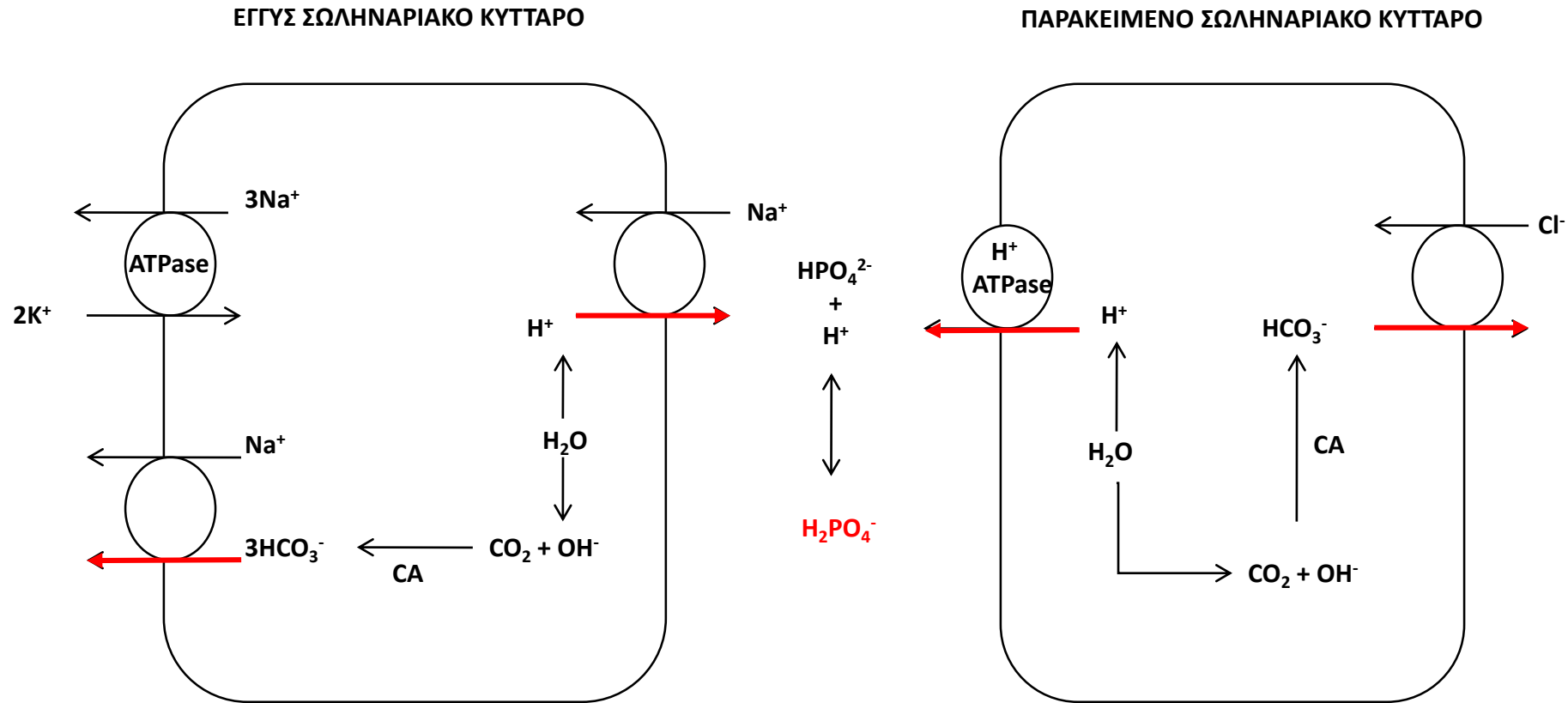


pH = 6.62 αντί 2.7

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

2. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$

Ενδοκυττάριο και εξωκυττάριο, σε «κλειστό» σύστημα



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

3. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Ενδοκυττάριας και εξωκυττάριας πρωτεΐνες



όπου $\text{pK}_a = \text{pK}_a$ των αμινοξέων της πρωτεΐνης

Πλεονεκτήματα:

- αυξημένη συγκέντρωση
- pK_a πρωτεϊνών = pH οργανισμού
- περιέχουν $-\text{COOH}$ (καρβοξυλικές ομάδες) που δρουν ως δότες H^+
- περιέχουν $-\text{NH}_2$ (αμινομάδες) που δρουν ως δέκτες H^+

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

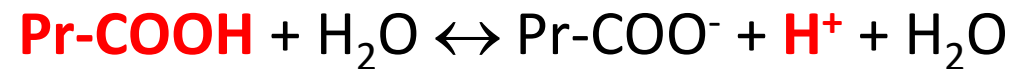
3. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Ενδοκυττάριας και εξωκυττάριας πρωτεΐνες



όπου $pK_a = pK_a$ των αμινοξέων της πρωτεΐνης

Σε προσθήκη βάσης:



Σε προσθήκη οξέος:



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

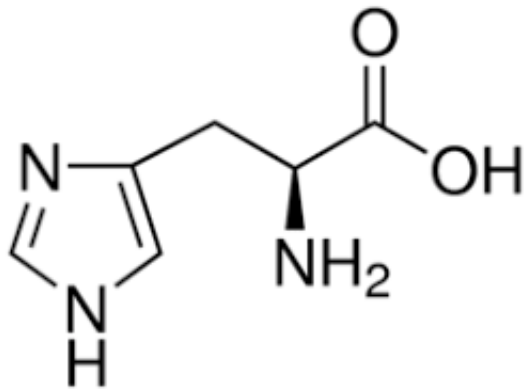
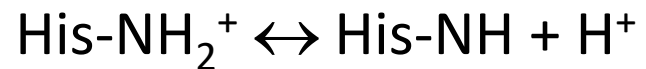
3. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Ενδοκυττάρια και εξωκυττάρια πρωτεΐνες



όπου $\text{pK}_a = \text{pK}_a$ των αμινοξέων της πρωτεΐνης

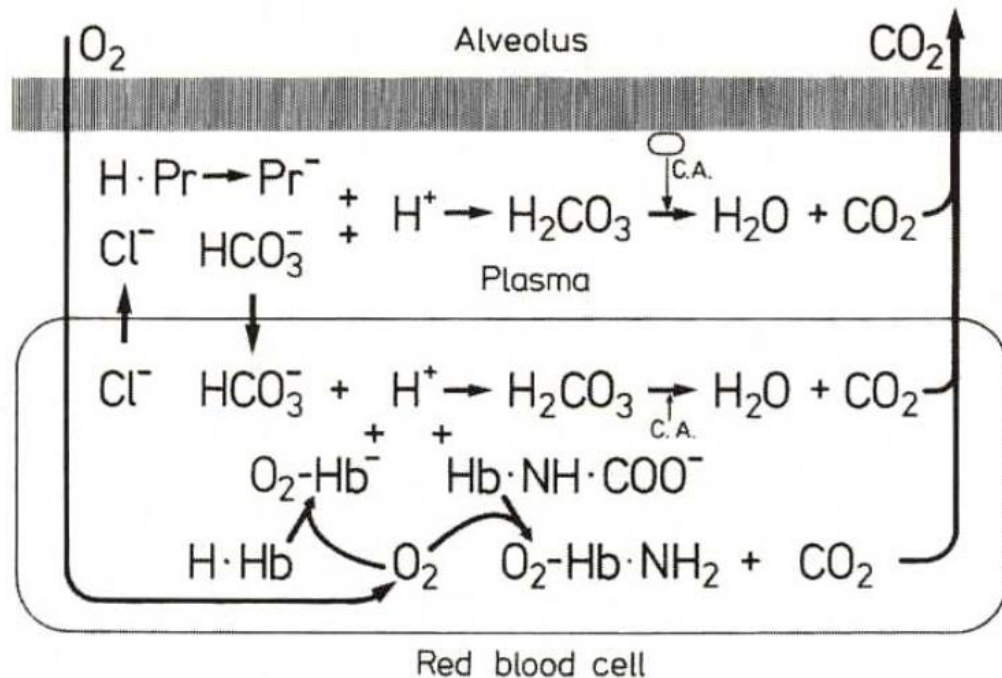
Μεγαλύτερη ικανότητα ιοντισμού:



Δακτύλιος ιμιδαζόλης με $\text{pK}_a = 6$

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

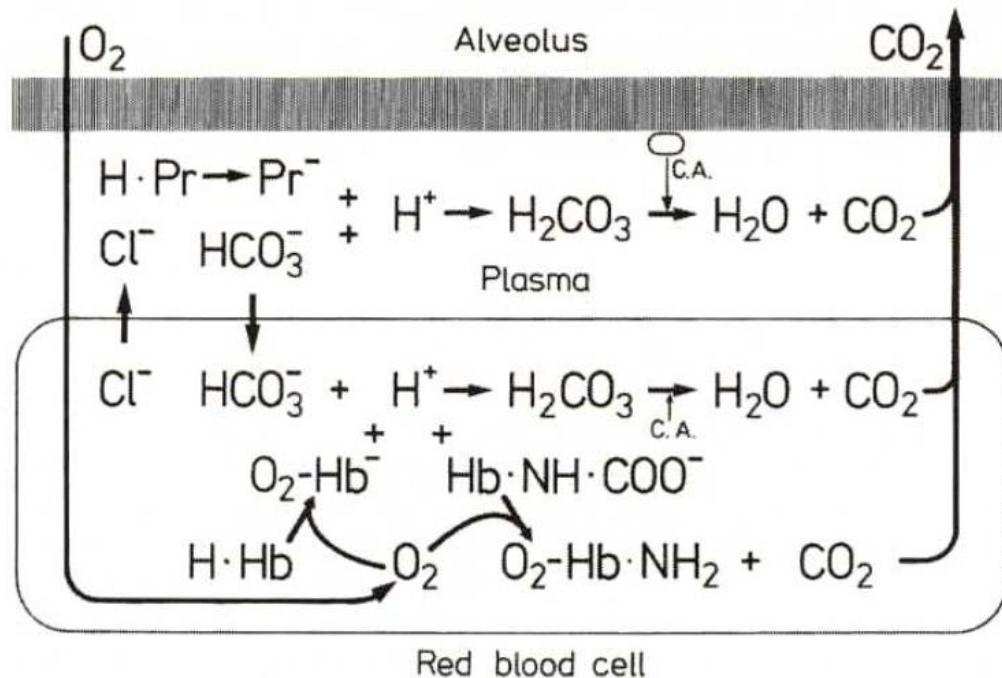
4. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΥΘΡΩΝ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΩΝ



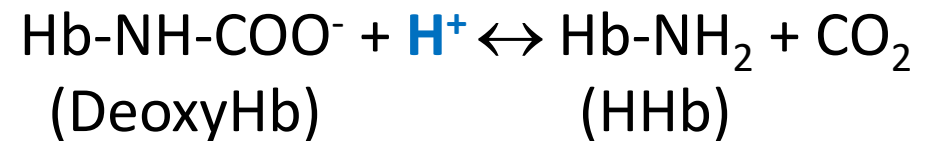
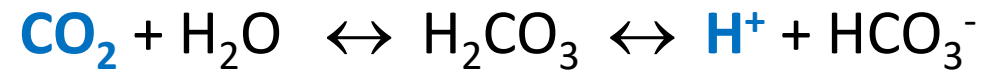
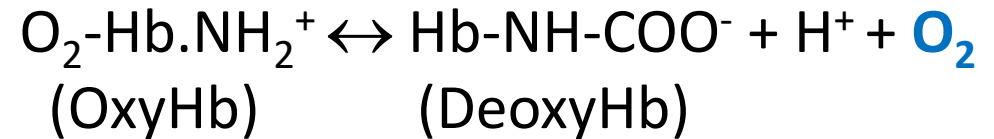
1. HCO_3^-/CO_2
2. $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$
3. Ενδοκυττάρια πρωτεΐνες
4. **Αιμοσφαιρίνη:**
κατάλοιπα ιστιδίνης
δραστική σε pH 5.7-7.7

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

4. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΥΘΡΩΝ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΩΝ



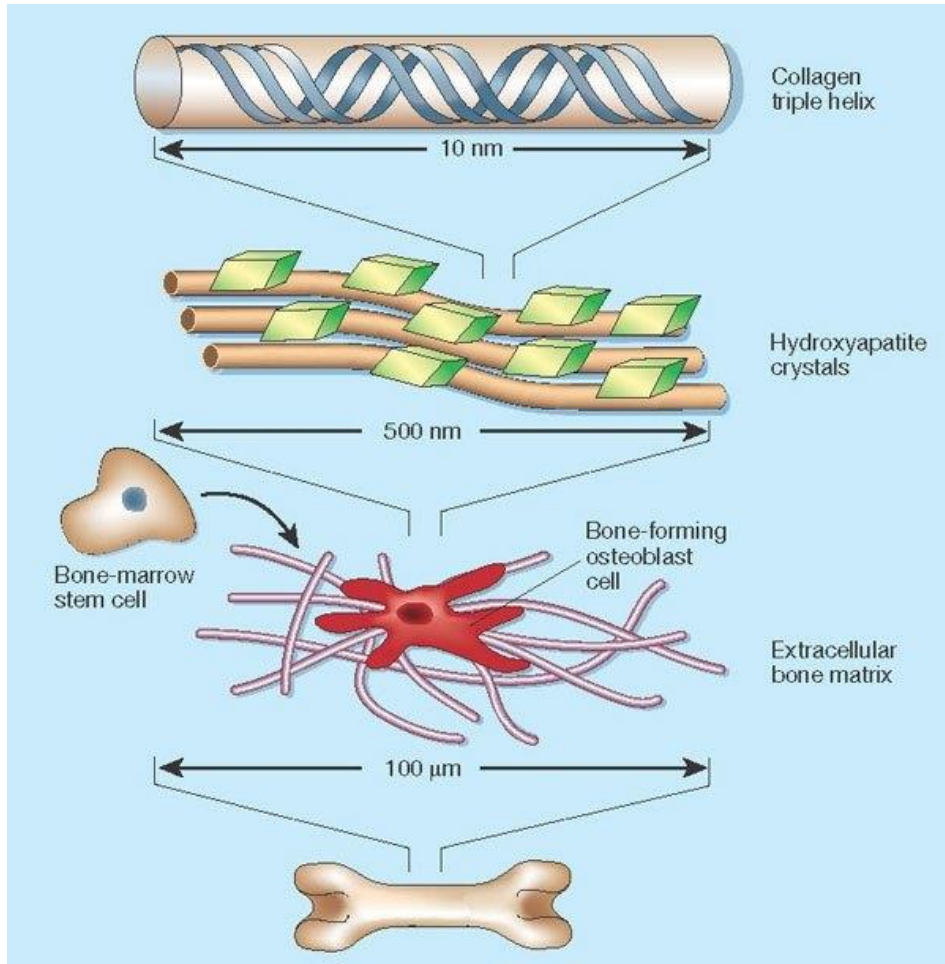
ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ:



Σταθερό pH

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

5. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΣΤΩΝ



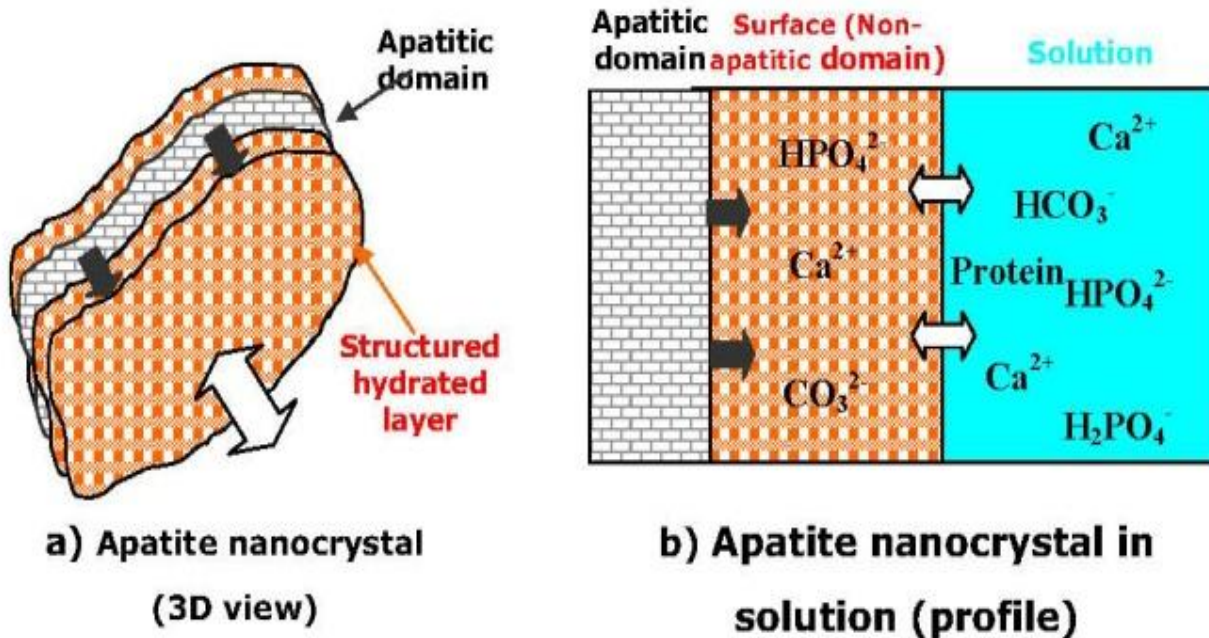
ΟΣΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

ΘΕΜΕΛΙΑ ΟΥΣΙΑ

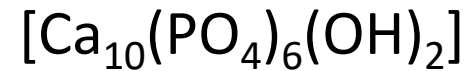
- Οργανική:
κολλαγόνο, πρωτεΐνες
- Ανόργανη:
κρύσταλλοι υδροξυαπατίτη
 $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

5. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΣΤΩΝ



ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ ΥΔΡΟΞΥΑΠΑΤΙΤΗ



2/3 όγκου οστού

Μεγάλη επιφάνεια

Οστά: σημαντικότερη δεξαμενή CO_2

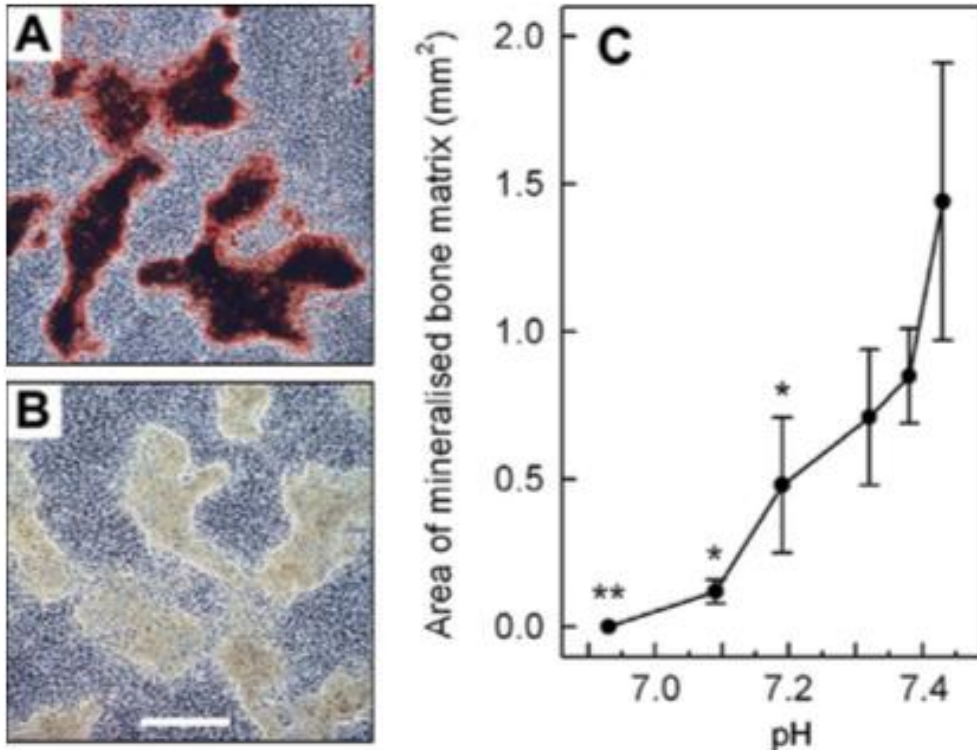
Ανθρακικά άλατα (CO_3^-)

Κέλυφος ενυδάτωσης (υδατικό HCO_3^-)

Αντικατάσταση CO_3^- με HPO_4^{2-} ή OH^-

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

5. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΣΤΩΝ



Οστεοβλάστες: Αναστολή mineralization σε οξέωση

ΣΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΞΕΟΣ

1. **Φυσικοχημική αποδόμηση**
(ανταλλαγή ιόντων Na⁺ και K⁺)
2. **Διάλυση οστικών κρυστάλλων**
(απελευθέρωση NaHCO₃, KHCO₃, CaCO₃ και CaHPO₄)
3. Μείωση **οστεοβλαστικής** δραστηριότητας
4. Αύξηση **οστεοκλαστικής** δραστηριότητας
5. PTH

ΣΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΒΑΣΗΣ

Εναπόθεση CO₃⁻ στα οστά



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ
 - Ρυθμιστικό σύστημα $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$
 - Ρυθμιστικό σύστημα $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$
 - Ρυθμιστικό σύστημα πρωτεϊνών
 - Ρυθμιστικό σύστημα ερυθρών αιμοσφαιρίων
 - Ρυθμιστικό σύστημα οστών
- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ (ΟΒΔ)
 - Απάντηση σε αναπνευστικές ΟΒΔ
 - Απάντηση σε μεταβολικές ΟΒΔ
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

1. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

60% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

40% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

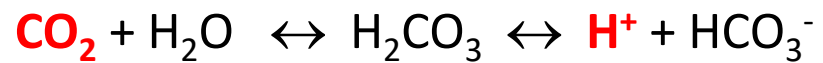
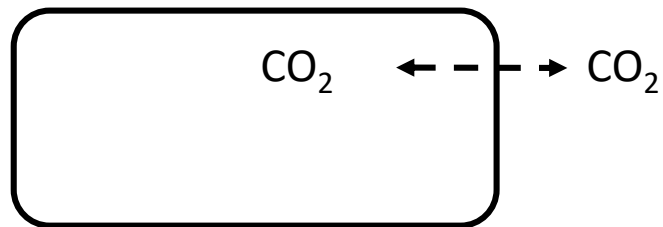
1. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

60% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

40% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΟΞΥ



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

1. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

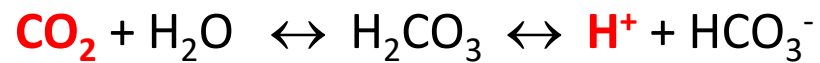
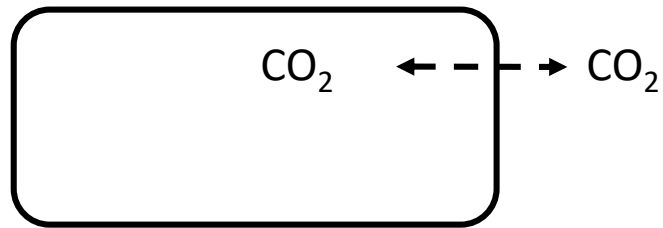
ΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

60% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

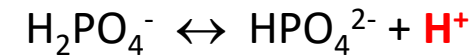
40% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΟΞΥ

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ (97-99%)



A. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ



B. ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ

Ένζυμα

Γ. ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΔΙΩΝ

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

1. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

97-99% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

1-3% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΟΞΥ

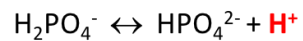
ΑΜΕΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ

RBC

ΟΣΤΑ

A. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ



B. ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ

Ένζυμα

Γ. ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΛΙΩΝ

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

1. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

97-99% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

1-3% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΟΞΥ

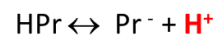
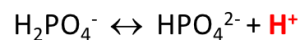
ΑΜΕΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ

RBC

ΟΣΤΑ

A. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ



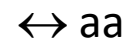
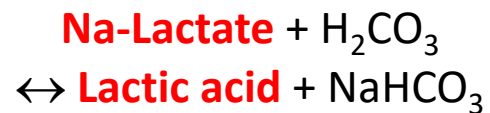
B. ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ

Ένζυμα

Γ. ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΩΝ

ΛΕΠΤΑ - ΩΡΕΣ

ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

1. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΟΒΔ
97-99% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ
1-3% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

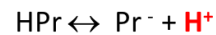
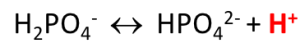
ΑΜΕΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ

RBC

ΟΣΤΑ

A. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ



B. ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ

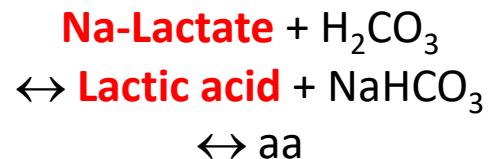
Ένζυμα

Γ. ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΔΙΩΝ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΟΞΥ

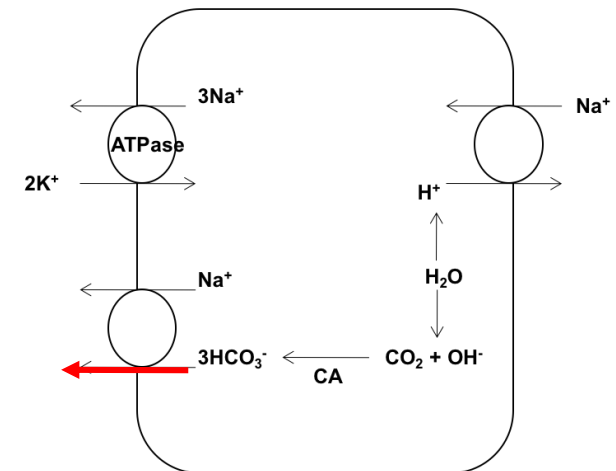
ΛΕΠΤΑ - ΩΡΕΣ

ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ



4-5 ΗΜΕΡΕΣ

ΝΕΦΡΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

2. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

60% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

40% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟ ΟΞΥ



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

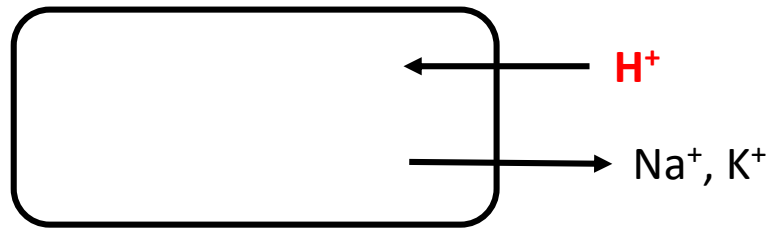
2. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

60% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

40% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟ ΟΞΥ



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

2. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΟΒΔ

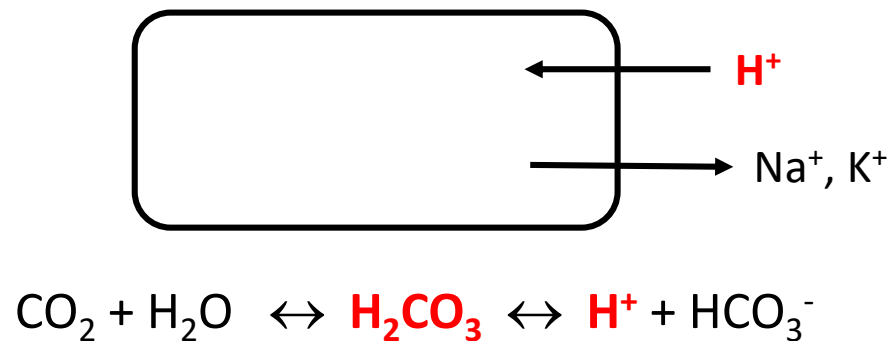
ΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

60% ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ

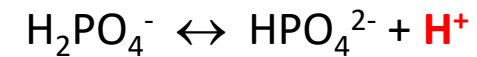
40% ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ

ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟ ΟΞΥ

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΚΑΙ ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ



A. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ



B. ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ

Ένζυμα

Γ. ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΔΙΩΝ

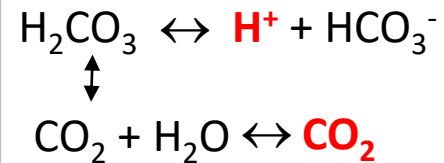
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

2. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕ ΟΞΥ

ΑΜΕΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ
ΡΥΘΜΙΣΗ



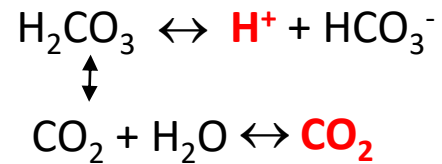
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

2. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕ ΟΞΥ

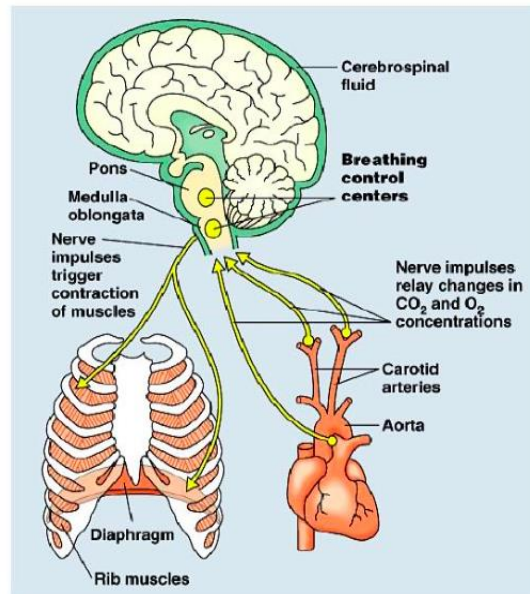
ΑΜΕΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ



ΛΕΠΤΑ - ΩΡΕΣ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ



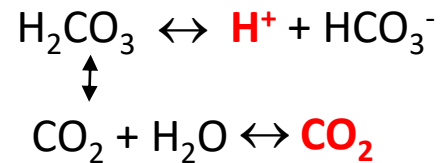
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

2. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕ ΟΞΥ

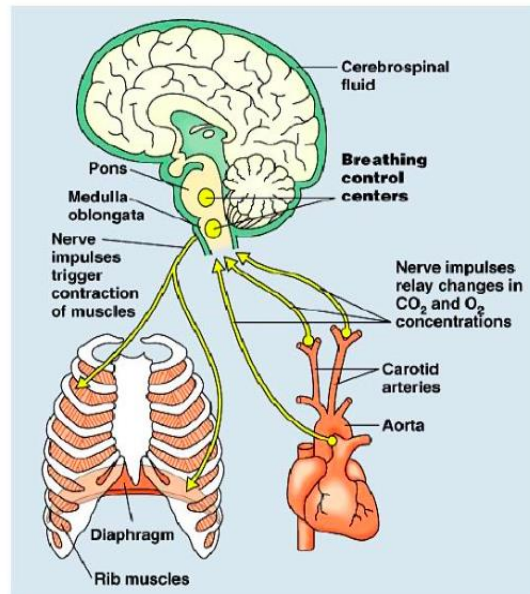
ΑΜΕΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ



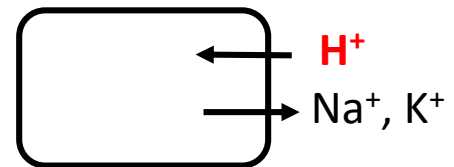
ΛΕΠΤΑ - ΩΡΕΣ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ



2-4 ΩΡΕΣ

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ



RBC

ΟΣΤΑ

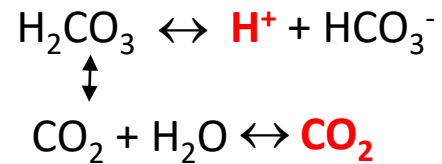
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΒΔ

2. ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΕΣ ΟΒΔ

ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕ ΟΞΥ

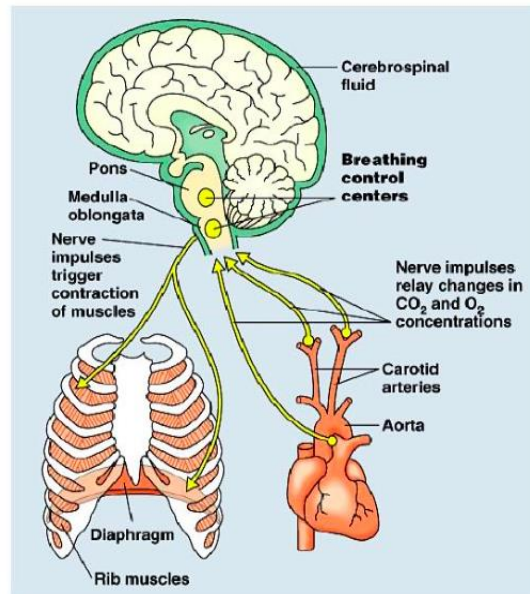
ΑΜΕΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΕΞΩΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ



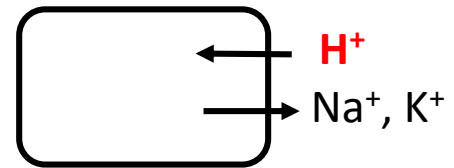
ΛΕΠΤΑ - ΩΡΕΣ

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ



2-4 ΩΡΕΣ

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ

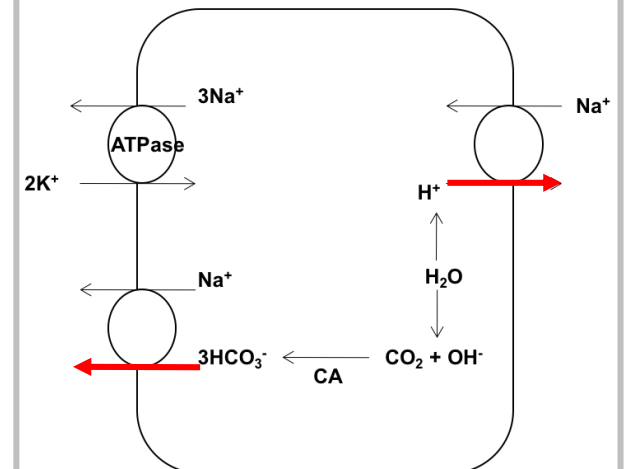


RBC

ΟΣΤΑ

ΩΡΕΣ - ΗΜΕΡΕΣ

ΝΕΦΡΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Ρυθμιστικό σύστημα $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$

Ρυθμιστικό σύστημα $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$

Ρυθμιστικό σύστημα πρωτεϊνών

Ρυθμιστικό σύστημα ερυθρών αιμοσφαιρίων

Ρυθμιστικό σύστημα οστών

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ (ΟΒΔ)

Απάντηση σε αναπνευστικές ΟΒΔ

Απάντηση σε μεταβολικές ΟΒΔ

- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ✓ Ο **πρώτος και άμεσος μηχανισμός άμυνας** έναντι στις αλλαγές του συστημικού pH είναι τα ρυθμιστικά συστήματα
- ✓ Τα ρυθμιστικά συστήματα είναι **ασθενή οξέα ή βάσεις με τα συζυγή τους άλατα** που προσλαμβάνουν ή απελευθερώνουν H^+ , μειώνοντας τις αλλαγές της συγκέντρωσης των ελεύθερων H^+
- ✓ Κυριότερο **εξωκυττάριο** ρυθμιστικό διάλυμα είναι το **σύστημα HCO_3^-/CO_2**
- ✓ Κυριότερα **ενδοκυττάρια** ρυθμιστικά διαλύματα είναι **των πρωτεϊνών, της αιμοσφαιρίνης και των $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$**
- ✓ Τα ρυθμιστικά διαλύματα απαντούν **διαφορετικά στο χρόνο και στο χώρο**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ

