



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Ζωολογία II

Ενότητα 3^η. Κυκλοφορία - Αναπνοή

Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Βιολογίας

Εσωτερικά Υγρά - Αναπνοή

Θα αναπτυχθούν τα εξής θέματα:

- Εσωτερικά υγρά
- Σύσταση αίματος
- Κυκλοφορικά συστήματα
- Αναπνοή
- Φυσιολογία Καταδύσεων

Σκαρλάτος Ντέντος
sdedos@biol.uoa.gr



Σκοπός της διάλεξης

- Να αναδείξει τη σημασία του κυκλοφορικού συστήματος για την ανάπτυξη και ομοιόσταση των ζωικών ειδών.
- Να παρουσιάσει τους τρόπους αναπνοής και λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος στα Σπονδυλόζωα και Ασπόνδυλα.
- Να παραθέσει βασικές έννοιες και γνώσεις που θα αποτελέσουν θεμέλιο για την κατανόηση περαιτέρω εξειδικευμένων μαθημάτων στα επόμενα εξάμηνα.



Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- Όταν θα έχετε ολοκληρώσει τη μελέτη του κεφαλαίου και του υλικού που παρουσιάζεται στη διάλεξη θα είσαστε σε θέση να:
- διακρίνετε τις διαφορές μεταξύ ανοικτού και κλειστού κυκλοφορικού συστήματος στα ζώα.
- αντιλαμβάνεστε τη σημασία και τρόπο δράσης των αναπνευστικών χρωστικών.
- εξηγείτε τις διαφορετικές προσαρμογές των ζώων για την ανταλλαγή αερίων με το περιβάλλον και την κυκλοφορία του αίματος.

Λέξεις-κλειδιά:

Κλειστά-Ανοικτά κυκλοφορικά συστήματα, Αναπνευστικές χρωστικές, Πλάσμα αίματος-Έμμορφα συστατικά αίματος.



Εξειδικευμένο Σύστημα Εσωτερικών Υγρών

Γιατί είναι αναγκαίο ένα εξειδικευμένο σύστημα μετακίνησης των εσωτερικών υγρών;

Λειτουργίες:

- Μεταφορά **θρεπτικών ουσιών** στους ιστούς.
- Μεταφορά **αναπνευστικών αερίων** στους ιστούς.
- Μεταφορά **πληροφοριών (ορμόνες)** στους ιστούς.
- Ανταλλαγή **πληροφοριών (νερό, ηλεκτρολύτες)** μεταξύ των ιστών.
- Μεταφορά **απόκρισης** σε παθογόνα αίτια.
- Διάχυση θερμότητας και **θερμορρύθμιση** στα ομοιόθερμα ζώα .



Εσωτερικά Υγρά:

Μερικοί βασικοί όροι 1/2

- Στους **μονοκύτταρους** οργανισμούς εσωτερικό υγρό = κυτταρόπλασμα.
- Στους **πολυκύτταρους** οργανισμούς τα εσωτερικά υγρά διακρίνονται σε:
 - 1) ενδοκυτταρικά και 2) εξωκυτταρικά υγρά.

1) ενδοκυτταρικά υγρά = σύνολο των υγρών μέσα στα κύτταρα.

2) εξωκυτταρικά υγρά ορίζονται ανάλογα με την παρουσία κλειστού (Σπονδυλόζωα, Δακτυλιοσκήληκες, Κεφαλόποδα) ή ανοικτού κυκλοφορικού συστήματος.



Εσωτερικά Υγρά:

Μερικοί βασικοί όροι 2/2

- Στο **ανοικτό** κυκλοφορικό σύστημα το εξωκυτταρικό υγρό, αιμολέμφος, είναι το διάλυμα που περιβάλλει τον κάθε ιστό
- Στο **κλειστό** κυκλοφορικό σύστημα τα εξωκυτταρικά υγρά διακρίνονται σε: **πλάσμα του αίματος, μεσοκυττάριο υγρό και διακυττάριο υγρό.**
 - Το **πλάσμα του αίματος** βρίσκεται στα αιμοφόρα αγγεία (20%).
 - Το **μεσοκυττάριο υγρό** είναι το διάλυμα που περιβάλλει το κάθε κύτταρο (80%).
 - Το **διακυττάριο υγρό** είναι το υγρό των χώρων που περιβάλλονται από επιθήλιο (2.5%).



Εσωτερικά υγρά: Σύσταση εξωκυτταρικού υγρού και ενδοκυτταρικού υγρού (σε αριθμούς ...)

- Πλάσμα αίματος: pH: 7.4

Na⁺: 142 mM, K⁺: 4 mM, Ca²⁺: 5 mM, Mg²⁺: 2 mM (σύνολο 153 mM)

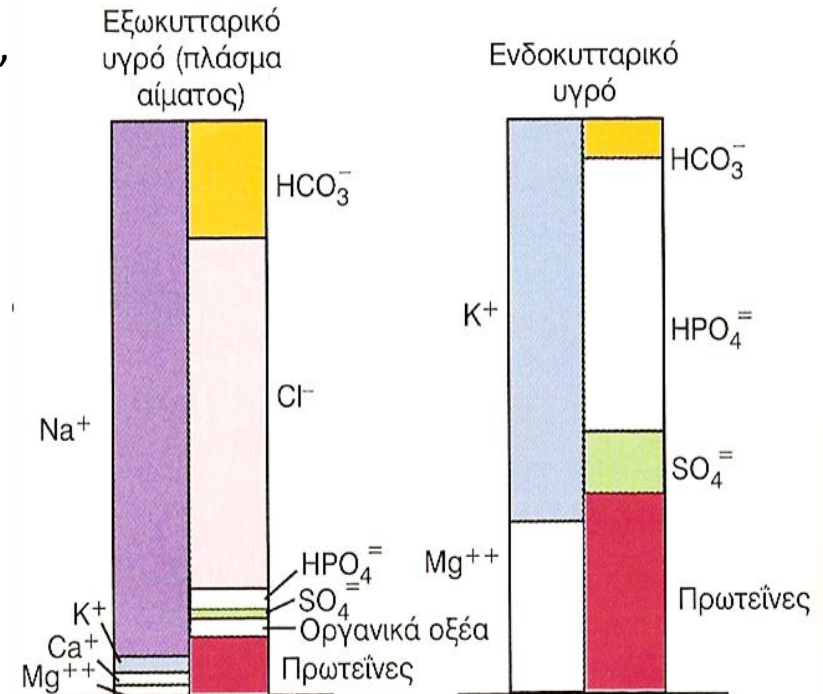
Cl⁻: 103 mM, HCO₃⁻: 25 mM, Πρωτεΐνες: 17 mM, άλλα ανιόντα: 8 mM (σύνολο: 153 mM)

- Ενδοκυτταρικό υγρό μυϊκής ίνας:

Na⁺: 10 mM, K⁺: 159 mM, Ca²⁺: 1 mM, Mg²⁺: 40 mM (σύνολο 210 mM)

Cl⁻: 3 mM, HCO₃⁻: 7 mM, Πρωτεΐνες: 45 mM, άλλα ανιόντα: 155 mM (σύνολο: 153 mM)

Αυτοί οι αριθμοί είναι σημαντικοί γιατί όταν σας ζητήσουν να φτιάξετε ένα ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών-ορού (PBS) ή ένα ρυθμιστικό διάλυμα όμοιο του ενδοκυτταρικού υγρού (CLM) θα ξέρετε τη σύστασή τους!



1



Σύσταση του αίματος

- Στις Πλατυέλμινθες και τα Κνιδόζωα δεν διακρίνεται κυκλοφορικό σύστημα.
- Στα Ασπόνδυλα **που έχουν ανοικτό** κυκλοφορικό σύστημα η αιμολέμφος έχει περίπλοκη σύσταση.
- Στα Ασπόνδυλα **που έχουν κλειστό** κυκλοφορικό σύστημα το αίμα στα αιμοφόρα αγγεία διαφέρει από το μεσοκυττάριο υγρό.
- Στα Σπονδυλόζωα: αίμα = 55% πλάσμα, 45% έμμορφα στοιχεία.



Σύσταση του αίματος των Θηλαστικών

Πλάσμα:

- 1) 90% Νερό .
- 2) Διαλυμένα συστατικά (πρωτεΐνες έως ανόργανα στοιχεία).
- 3) Διαλυμένα αέρια.

Έμμορφα στοιχεία:

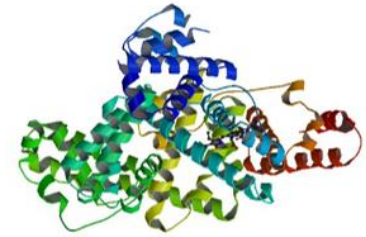
- 1) Ερυθρά αιμοσφαίρια .
- 2) Λευκά αιμοσφαίρια.
- 3) Αιμοπετάλια ή θρομβοκύτταρα.



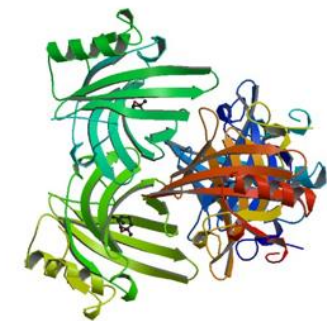
Σύσταση αίματος:

Πρωτεΐνες του πλάσματος

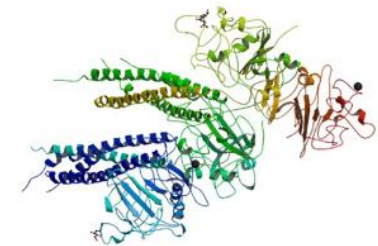
- **Αλβουμίνη:** διαμορφώνει την ωσμωτική πίεση του πλάσματος, πρωτεΐνη μεταφορέας, στον άνθρωπο αποτελεί το 60% των πρωτεϊνών του πλάσματος, Μορ. Βάρος 67 kDa,
- **Σφαιρίνες:** Ομάδα από ποικίλες πρωτεΐνες, συμβάλλουν στην ανοσολογική απόκριση, αποτελούν 35% των πρωτεϊνών του πλάσματος, οι ανοσοσφαιρίνες έχουν Μορ. Βάρος \approx 250 kDa,
- **Ινιδογόνο:** συμβάλλει στην πήξη του αίματος. Αποτελεί το 4% των πρωτεϊνών του πλάσματος, Στον άνθρωπο είναι εξαμερές μόριο, Μορ. Βάρος 340 kDa,
- Καθώς και μια πληθώρα άλλων πρωτεϊνών που αποτελούν το 1% του συνόλου. Στον άνθρωπο οι πρωτεΐνες του πλάσματος είναι 7g/dl (1/10 του λίτρου ή 7% του όγκου).



2



3



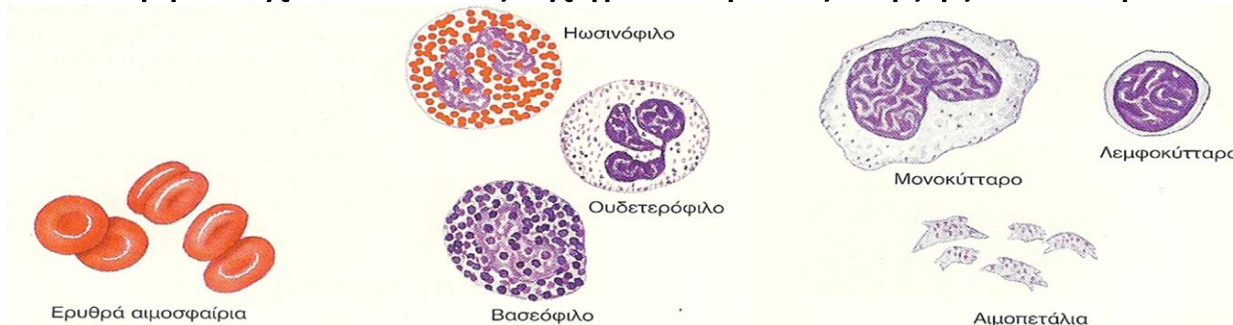
4



Σύσταση αίματος:

Έμμορφα στοιχεία του πλάσματος

- 1. Ερυθροκύτταρα:** Στα Θηλαστικά και Πτηνά δημιουργούνται από τους **ερυθροβλάστες** στο μυελό των οστών (σε άλλα Σπονδυλόζωα παράγονται στη σπλήνα και τα νεφρά). Στα Θηλαστικά είναι **απύρρηνα**, στα άλλα Σπονδυλόζωα **εμπύρρηνα**. Περιέχουν **αιμοσφαιρίνη** (33%)
- 2. Λευκοκύτταρα:** Κύτταρα που παίζουν ρόλο στους αμυντικούς μηχανισμούς του οργανισμού. Πολλά είδη: Κοκκιοκύτταρα (Βασεόφιλα, Ηωσινόφιλα, Ουδετερόφιλα), Ακοκκιώδη κύτταρα, Λεμφοκύτταρα και Μονοκύτταρα.
- 3. Αιμοπετάλια:** Συμμετέχουν στους σχηματισμούς πήξης του αίματος.



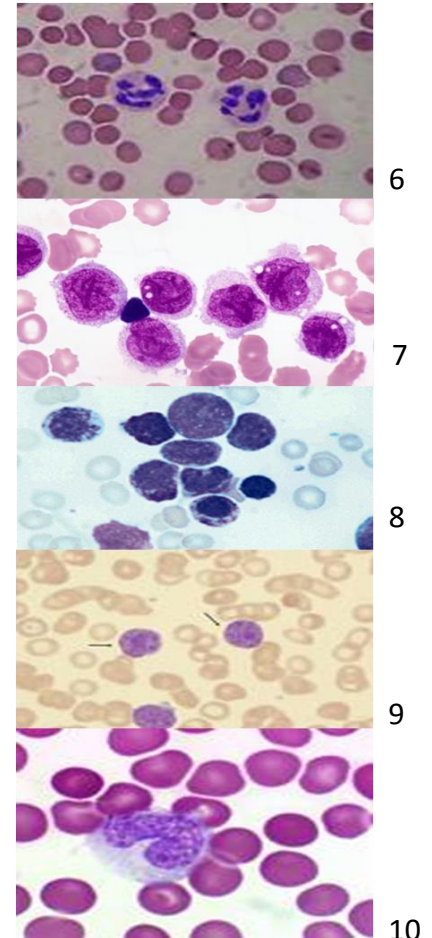
5



Σύσταση αίματος:

Είδη λεμφοκυττάρων του πλάσματος

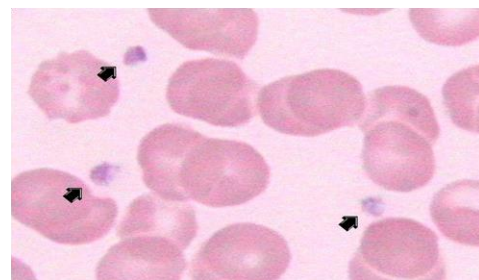
- **Ουδετερόφιλα:** Λέγονται έτσι γιατί δεν βάφονται με όξινες ή αλκαλικές. Εξειδικεύονται στη φαγοκύτωση ιών, βακτηρίων, μηκύτων, ξένων κυττάρων. 60% των λευκοκυττάρων.
- **Ηωσινόφιλα:** Λέγονται έτσι γιατί βάφονται βαθύ κόκκινο με τη χρωστική ηωσίνη. Εξειδικεύονται στη φαγοκύτωση παρασίτων και παίζουν ρόλο στις αλλεργικές αντιδράσεις. 1-6% των λευκοκυττάρων.
- **Βασεόφιλα:** Λέγονται έτσι γιατί βάφονται βαθύ μπλε με αλκαλικές χρωστικές (χρωστική του Wright). Εξειδικεύονται στις αλλεργικές Αντιδράσεις και στην έκκριση αντιπηκτικών παραγόντων, ισταμίνης και σεροτονίνης. <1% των λευκοκυττάρων.
- **Λεμφοκύτταρα:** Αποτελούνται από τα Β κύτταρα, τα Τ κύτταρα και τα κύτταρα-φονείς (θα μιλήσουμε για αυτά στο κεφ. Ανοσία).
- **Μονοκύτταρα:** Τα κύτταρα αυτά ανταποκρίνονται σε φλεγμονές όπου διαφοροποιούνται στα Μακροφάγα και τα Δενδριτικά Κύτταρα. 2-8% των λευκοκυττάρων.



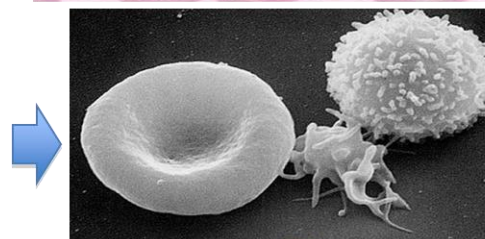
Σύσταση αίματος

Αλλά έχουμε και τα **Αιμοπετάλια** :

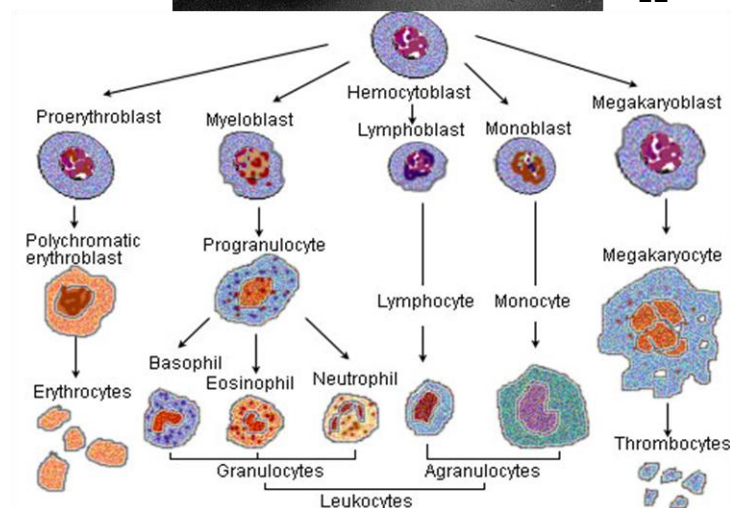
- Προέρχονται και αυτά από το μυελό των οστών,
- Είναι απύρρηνα,
- Είναι προϊόντα του κυτταροπλάσματος ενός άλλου είδους κυττάρων: των **Μεγαλοκαρυοκυττάρων**.
- Τα κύτταρα αυτά είναι μικρά σε σχέση με τα άλλα κύτταρα του αίματος (Ερυθροκύτταρο-Αιμοπετάλιο-Λευκοκύτταρο).



11



12



13



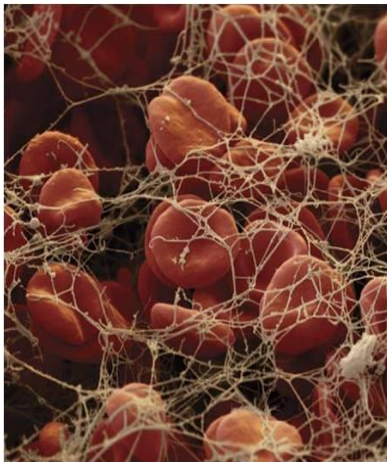
Σύσταση αίματος: Αιμόσταση 1/2

- Πολύπλοκο μονοπάτι μετάδοσης σήματος που υπάρχει σε όλα τα **Σπονδυλόζωα** και **εμποδίζει την απώλεια αίματος μετά από τραύμα**
- Ξεκινά με την απελευθέρωση του παράγοντα **von Willebrand** (πρωτεΐνη 250 kDa), στην οποία προσδένεται η πρωτεΐνη **Παράγοντας VIII** (267 kDa) και το **Κολλαγόνο**.
- Στο **Κολλαγόνο** προσδένονται τα **Αιμοπετάλια** και ενεργοποιούνται σηματοδοτικά μονοπάτια τους που προκαλούν τη συμμετοχή και άλλων **Αιμοπεταλίων**. Στη συνέχεια ενεργοποιείται στην **επιφάνεια** των Αιμοπεταλίων ο **Παράγοντας III**.
- Ο **Παράγοντας III** (πρωτεΐνη 33 kDa) ενεργοποιεί τον **Παράγοντα X** (πρωτεΐνη 55 kDa) που μαζί με τον **Παράγοντα V** (πρωτεΐνη 250 kDa)
- Προκαλούν την πρωτεόλυση της πρωτεΐνης Προθρομβίνης (πρωτεΐνη 70 kDa) σε **Θρομβίνη**.
- Στη συνέχεια....

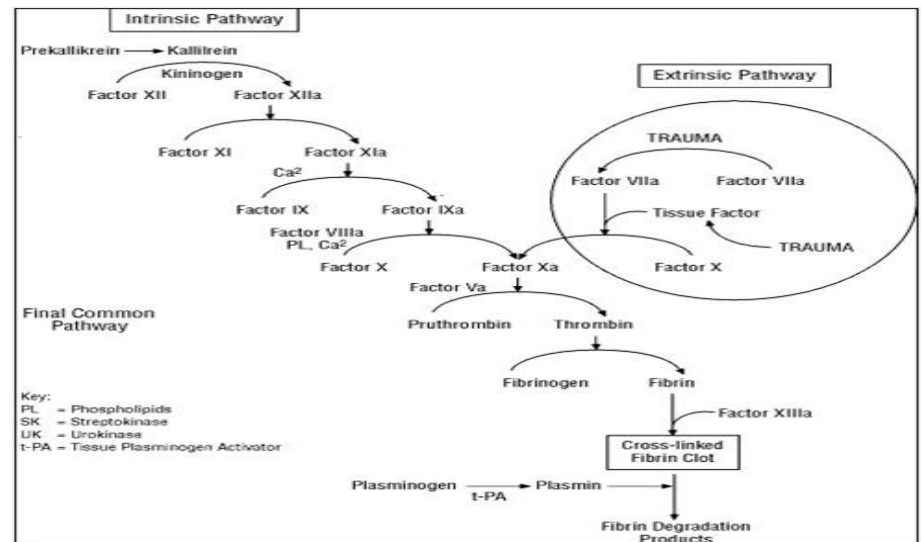


Σύσταση αίματος: Αιμόσταση 2/2

- Η **Θρομβίνη** προκαλεί την πρωτεόλυση του Ινιδογόνου (βλέπε παραπάνω) σε μονομερή (70 kDa), που πολυμερίζονται για να δώσουν το πλέγμα **Ινικής** που σχηματίζει ένα θρόμβο σαν πήκτωμα μαζί με τα **Ερυθροκύτταρα**.
- Στη διαδικασία αυτή εμπλέκονται 15 περίπου πρωτεΐνες. Οι περισσότερες από αυτές είναι ενεργοποιούμενες **πρωτεάσες**. Η πολυπλοκότητα του μηχανισμού προστατεύει τους οργανισμούς από την απρόκλητη ενεργοποίησή του.



14



15



Σύσταση Αίματος:

Αιμόσταση στα Ασπόνδυλα

Στα Ασπόνδυλα οι γνώσεις μας για την Αιμόσταση δεν είναι τόσο πολλές:

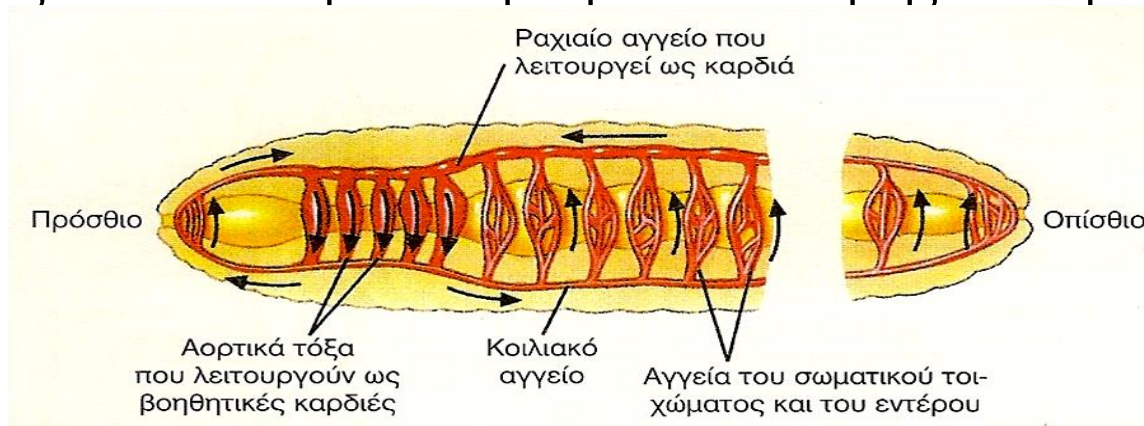
- Σε οργανισμούς-μοντέλα, όπως η *Drosophila melanogaster*, έχουν βρεθεί.
 - πρωτεΐνες που μοιάζουν με την **Ινική**, αλλά οι μηχανισμοί Αιμόστασης είναι **άρρηκτα** συνδεδεμένοι με την **Φυσική Ανοσία** λόγω της παρουσίας ανοικτού κυκλοφορικού συστήματος.
 - Ιδιαίτερο ρόλο παίζει το σηματοδοτικό μονοπάτι ενός ενζύμου, της Προφαινολοξιδάσης (PPO), που δεν υπάρχει στα Σπονδυλόζωα και προκαλεί μετατροπή της **Τυροσίνης** σε **Μελανίνη** που σε συνδυασμό με **Τρανσγλουταμινάσες**, δύο τύπους κυττάρων (**Αιμοκύτταρα** και **Κοκκιοκύτταρα**) και άλλους παράγοντες, οδηγεί στην επούλωση του τραύματος.
 - Στα ζώα αυτά η παρουσία θρόμβου δεν είναι προβληματική λόγω ακριβώς της παρουσίας ανοικτού κυκλοφορικού συστήματος.

Ενδιαφέρουσα Επισκόπηση: Ulrich et al. 2004. Coagulation in arthropods: defence, wound closure and healing. Trends in Immunology, 25, 289-294



Κυκλοφορικά συστήματα

- **Κυκλοφορικό σύστημα στους Σπόγγους, Πλατυέλμινθες, Κνιδόζωα**
 - Στα ζώα αυτά **δεν** παρατηρούμε κυκλοφορικό σύστημα είτε λόγω του περιβάλλοντος που ζούν ,είτε λόγω της σωματικής δομής
 - Τα αναπνευστικά αέρια φτάνουν στα κύτταρά τους μέσω διάχυσης.
- **Κυκλοφορικό σύστημα στους Δακτυλιοσκώληκες (κλειστό)**
 - Έχουν ένα **πλήρες κλειστό κυκλοφορικό σύστημα** με αρτηρίες και φλέβες αλλά λείπει μια κεντρική αντλία ώθησης του αίματος .



16

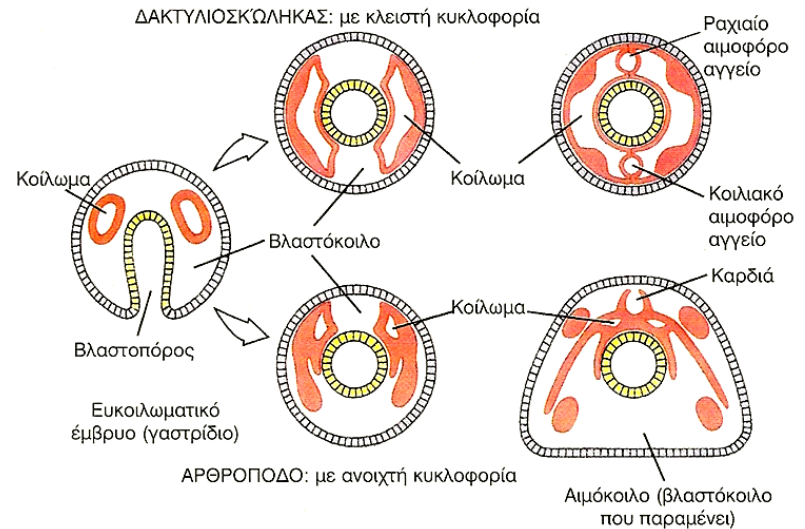


Κυκλοφορικά συστήματα:

Χαρακτηριστικά κυκλοφορικού συστήματος Ασπονδύλων (ανοικτό)

Στα έντομα και σε άλλα Αρθρόποδα,
Μαλάκια και πολλές ομάδες μικρών
Ασπονδύλων.

- Λείπουν τα τριχοειδή αγγεία και το αίμα τους (που ονομάζεται **αιμολέμφος**) κυκλοφορεί ελεύθερα στην σωματική κοιλότητα που ονομάζεται αιμόκοιλο.
- Η αιμολέμφος: έχει μεγάλο όγκο (20-40% του σωματικού όγκου)(5-10% στο κλειστό κυκλοφορικό σύστημα). Έχει χαμηλή πίεση (4-10 mm Hg).
- Η καρδιά είναι ένα ανοικτό σύστημα που λειτουργεί με περισταλτικά κύματα.



17



Κυκλοφορικά συστήματα:

Χαρακτηριστικά κλειστού κυκλοφορικού συστήματος

Σε Δακτυλιοσκόληκες, Μαλάκια, Σπονδυλόζωα . Επιτρέπει υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς υλικών στους ιστούς

Εξελικτικές Προσαρμογές:

- Οι **Ιχθύες**: Έχουν παρουσία καρδιάς με 1 κόλπο και 1 κοιλία. Στο πρόσθιο άκρο του κόλπου υπάρχει ο **φλεβώδης κόλπος** όπου καταλήγει το αίμα από τις φλέβες.
- Το αίμα ακολουθεί **μονόδρομη διαδρομή**:

Καρδιά → Βράγχια → Οξυγόνωση → Ιστοί → Καρδιά

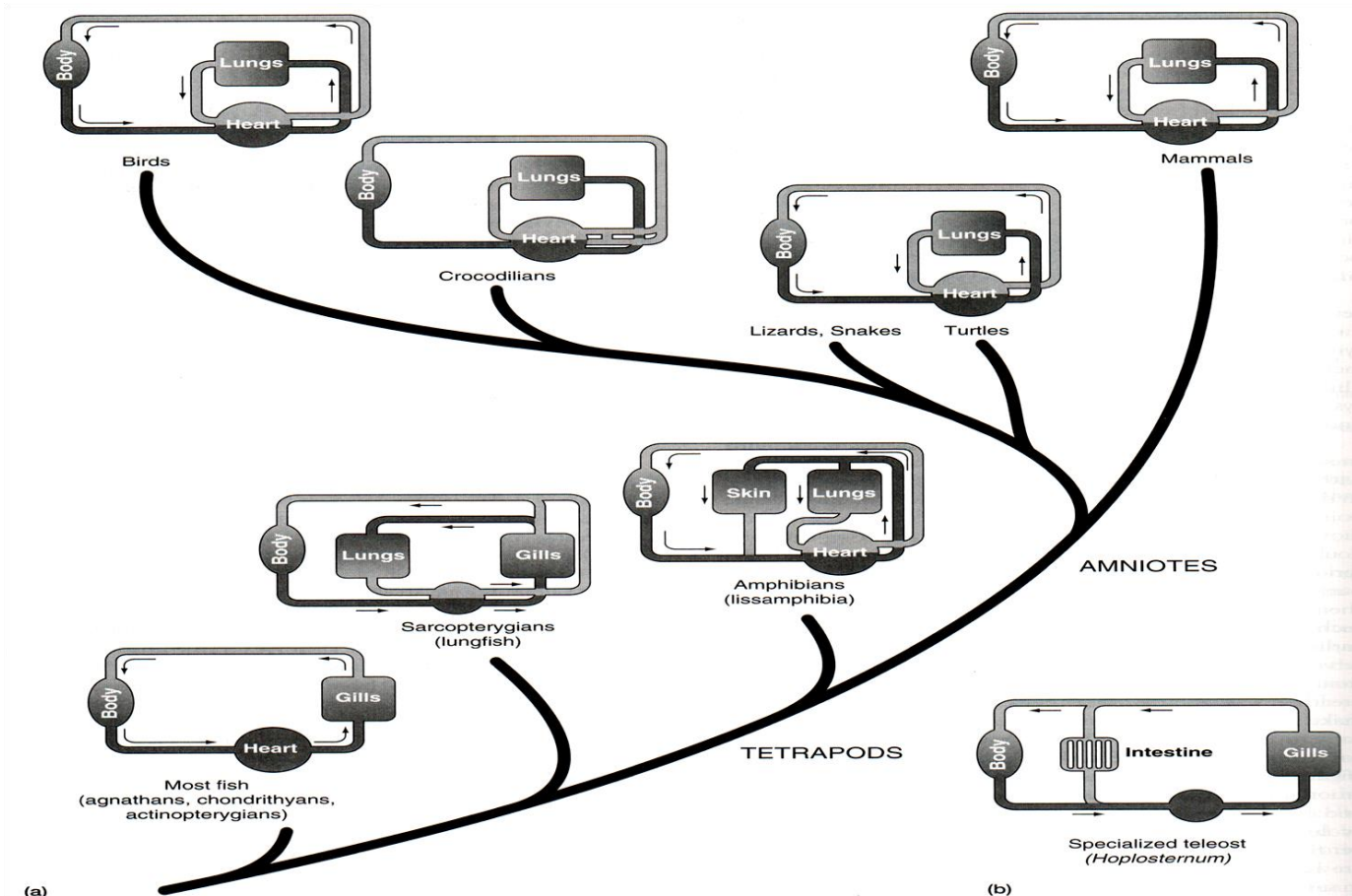
Μειονέκτημα: Τα τριχοειδή των βραγχείων δημιουργούν αντίσταση στη ροή.

Με την εμφάνιση αναπνοής με πνεύμονες έχουμε τη **διπλή κυκλοφορία**:

- Τα **Αμφίβια**: Έχουν **2 κόλπους και 1 κοιλία**. Σημαντικό ρόλο παίζει η ελικοειδής πτυχή για τη μεταφορά του αίματος στους πνεύμονες.
- Τα **Ερπετά**: Έχουν 2 κόλπους και **ατελή ή τέλειο διαχωρισμό των κοιλιών** (μερική ανάπτυξη του μεσοκοιλιακού διαφράγματος) και παρουσία σφυγκτήρα μύ στην πνευμονική αρτηρία. Αυτό βοηθά στη Θερμορρύθμιση.



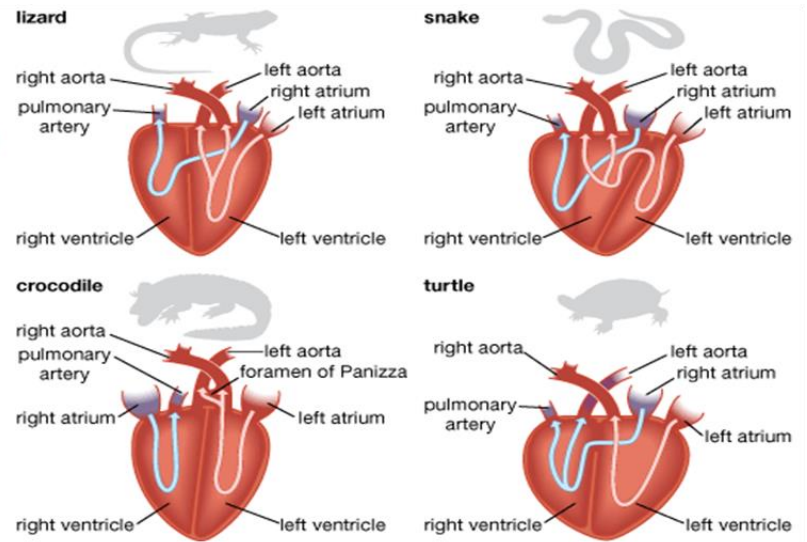
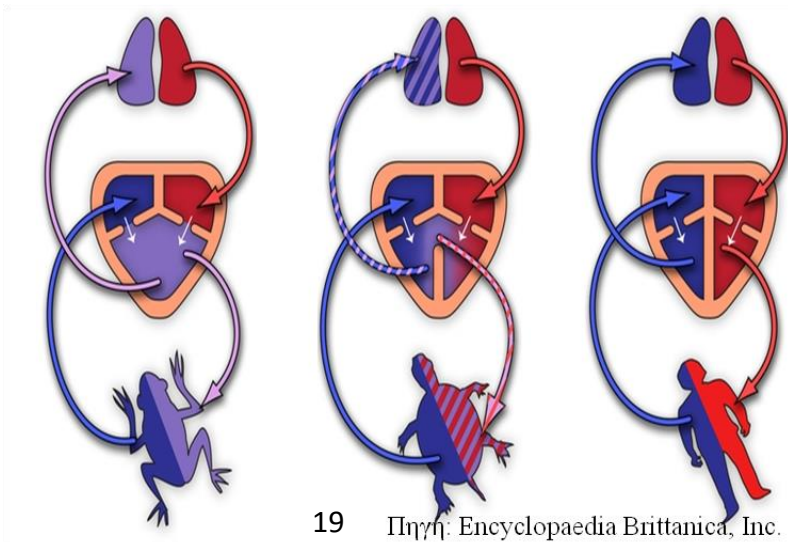
Κυκλοφορικά συστήματα: Χαρακτηριστικά κλειστού κυκλοφορικού συστήματος στα Σπονδυλόζωα



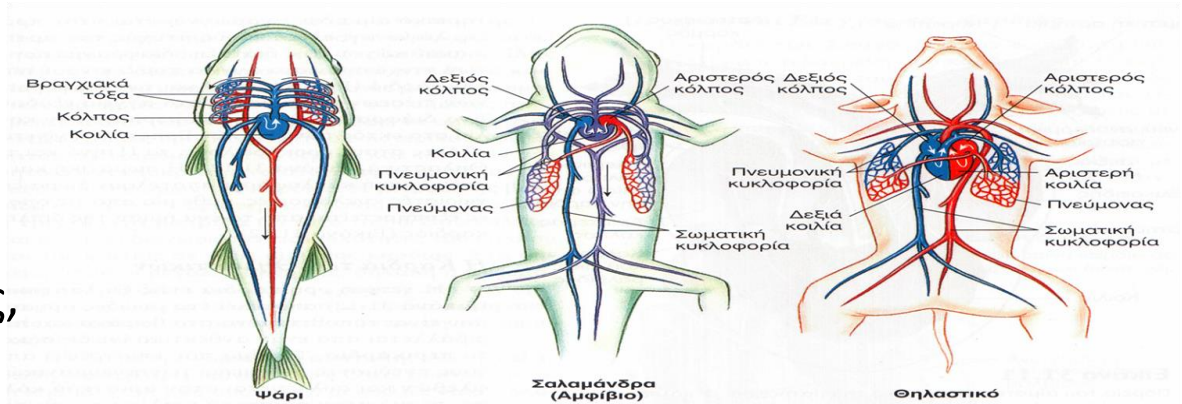
18



Ανατομικές διαφορές Κυκλοφορικού Συστήματος στα Σπονδυλόζωα



- Στα Πτηνά και τα Θηλαστικά έχουμε πλήρη διαχωρισμό σε 2 κόλπους και 2 κοιλίες με διαφορετική, όμως, εξελικτική πορεία.



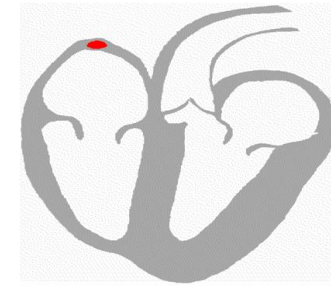
Κυκλοφορικά συστήματα:

Διέγερση και έλεγχος καρδιακού παλμού

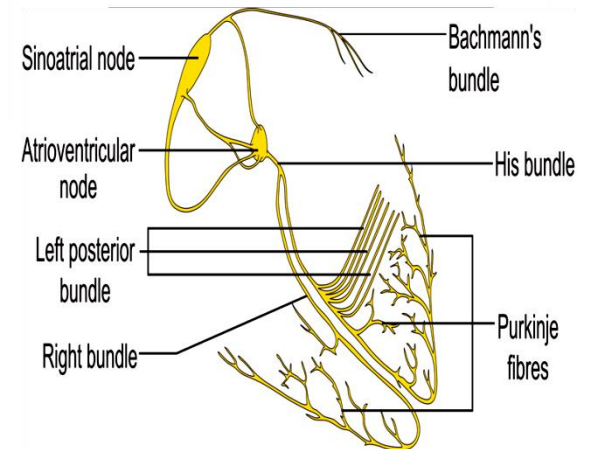
Οι ρυθμικές συσπάσεις ξεκινούν από τα **κύτταρα-βηματοδότες** που βρίσκονται στον **κολπικό κόμβο** (υπόλειμμα του φλεβικού κόλπου των ψαριών). Η ηλεκτρική διέγερση εξαπλώνεται στους μύς των δύο κόλπων και μέσω της **κολποκοιλιακής δέσμης** στους μύς των κοιλιών μέσω των **ινών του Purkinje** και ανέρχεται στα τοιχώματα των κοιλιών.

Το **κέντρο καρδιακού ελέγχου** βρίσκεται στον **προμήκη μυελό** και συνδέεται με την καρδιά μέσω των **πνευμονογαστρικών νεύρων** (επιβραδυντικά) και των **επιταχυντικών νεύρων**. Αυτό συμβαίνει στις **μυογενείς καρδιές**.

Στις **νευρογενείς καρδιές** (Δεκάποδα Καρκινοειδή) ένα καρδιακό γάγγλιο χρησιμεύει ως βηματοδότης.



22



23



Κυκλοφορικά συστήματα: στεφανιαία κυκλοφορία

Βρίσκεται στους μεγάλους **Ιχθύες**, σε μερικά **Ερπετά**, στα **Πτηνά** και τα **Θηλαστικά**

- Δημιουργεί ένα εκτενές πλέγμα που προμηθεύει με αίμα τις μυϊκές ίνες της καρδιάς. Με τη στεφανιαία κυκλοφορία αφαιρείται το **70%** του οξυγόνου του αίματος για τις ανάγκες της καρδιάς. Όταν αυξάνεται ο καρδιακός παλμός μπορεί να έχουμε αύξηση της ροής της στεφανιαίας κυκλοφορίας μέχρι εννέα φορές.
- Έτσι κάθε απόφραξη στεφανιαίας αρτηρίας (στεφανιαία νόσος) οδηγεί σε μυοκαρδιακό έμφραγμα λόγω έλλειψης οξυγόνου στα καρδιακά κύτταρα.

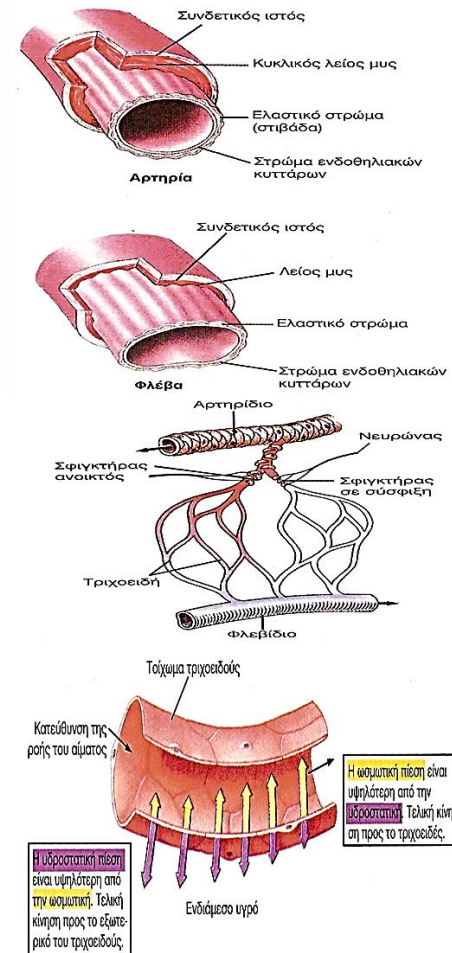
Ενδιαφέρον άρθρο: Farmer CG. (2003) Evolution of the vertebrate cardio-pulmonary system. Annual Review of Physiology, 61, 573-592

Ενδιαφέρον βιβλίο: Weinstein C., Burggren WW., Keller BB. (1998) Development of Cardiovascular Systems: Molecules to Organisms. Cambridge, Cambridge University Press.



Κυκλοφορικά συστήματα: Αρτηρίες-Τριχοειδή αγγεία-Φλέβες

- Οι **αρτηρίες** εμφανίζουν ελαστικότητα για να διευκολύνουν την υπό πίεση μεταφορά του αίματος (**120/80 mm Hg στον άνθρωπο**).
- Οι **φλέβες** εμφανίζουν μικρή ελαστικότητα (πίεση αίματος από 10 mm Hg στα τριχοειδή στο σχεδόν 0 mm Hg στον δεξιό κόλπο).
- Το αίμα μετακινείται μέσω της δράσης των βαλβίδων των φλεβών.
- Τα **τριχοειδή αγγεία** έχουν μικρή διάμετρο (μερικά μm) και περιβάλλονται από **μονόστιβα ενδοθηλιακά κύτταρα**. Τελείως διαπερατά στις μικρές ουσίες (όχι πρωτεΐνες). Βασικό ρόλο στην ανταλλαγή υγρών μέσω των τριχοειδών αγγείων παίζουν δύο αντίθετες **δυνάμεις** η **υδροστατική πίεση** (αίματος) και η **ωσμωτική πίεση**.



24



Αναπνοή:

Εξέλιξη μηχανισμών αναπνοής

- Οι **μονοκύτταροι οργανισμοί** (<1 mm) επιτυγχάνουν πρόσληψη O_2 και αποβολή CO_2 με **διάχυση** δια μέσου της κυτταρικής μεμβράνης ή του εξωτερικού περιβλήματος (**δερμική αναπνοή**). Η δερμική αναπνοή απαντάται στα Κνιδόζωα, τους Σπόγγους, τις Πλατυέλμινθες (αύξηση εξωτερικής επιφάνειας σώματος) αλλά και σε μερικά Αμφίβια.
- Η δημιουργία σύνθετου περιβλήματος οδήγησε στην απαίτηση για **ειδικά όργανα αναπνοής (βράγχια ή πνεύμονες)** και τη **συμβολή του κυκλοφορικού συστήματος** στην μεταφορά αερίων.
- Για την απόσπαση του O_2 από το νερό οι Ιχθύες χρησιμοποιούν το 20% της ενέργειάς τους, ενώ για τα Θηλαστικά, λόγω της παρουσίας πνευμόνων, οι απαιτήσεις αυτές είναι 1-2%.
- Επειδή η διαλυτότητα του O_2 στο αίμα είναι **χαμηλή** και η συμβολή πρωτεϊνών του αίματος ειδικών για τη μεταφορά οξυγόνου (π.χ. **αιμοσφαιρίνη**) αποτελεί μια περαιτέρω εξέλιξη.



Αναπνοή:

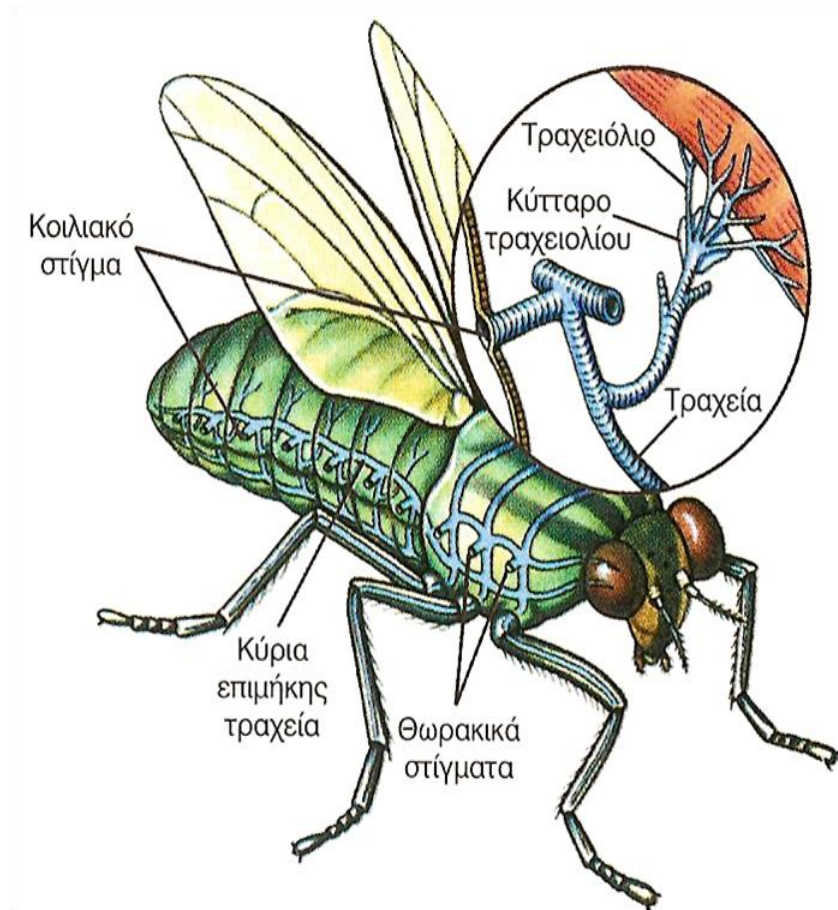
Τραχειακά συστήματα 1/2

- Οι **μονοκύτταροι οργανισμοί** (<1 mm) επιτυγχάνουν πρόσληψη O_2 και αποβολή CO_2 με **διάχυση** δια μέσου της κυτταρικής μεμβράνης ή του εξωτερικού περιβλήματος (**δερμική αναπνοή**). Η δερμική αναπνοή απαντάται στα Κνιδόζωα, τους Σπόγγους, τις Πλατυέλμινθες (αύξηση εξωτερικής επιφάνειας σώματος) αλλά και σε μερικά Αμφίβια.
- Η δημιουργία σύνθετου περιβλήματος οδήγησε στην απαίτηση για **ειδικά όργανα αναπνοής (βράγχια ή πνεύμονες)** και τη **συμβολή του κυκλοφορικού συστήματος** στην μεταφορά αερίων.
- Για την απόσπαση του O_2 από το νερό οι Ιχθύες χρησιμοποιούν το 20% της ενέργειάς τους, ενώ για τα Θηλαστικά, λόγω της παρουσίας πνευμόνων, οι απαιτήσεις αυτές είναι 1-2%.
- Επειδή η διαλυτότητα του O_2 στο αίμα είναι **χαμηλή** και η συμβολή πρωτεϊνών του αίματος ειδικών για τη μεταφορά οξυγόνου (π.χ. **αιμοσφαιρίνη**) αποτελεί μια περαιτέρω εξέλιξη.



Αναπνοή:

Τραχειακά συστήματα 2/2



25

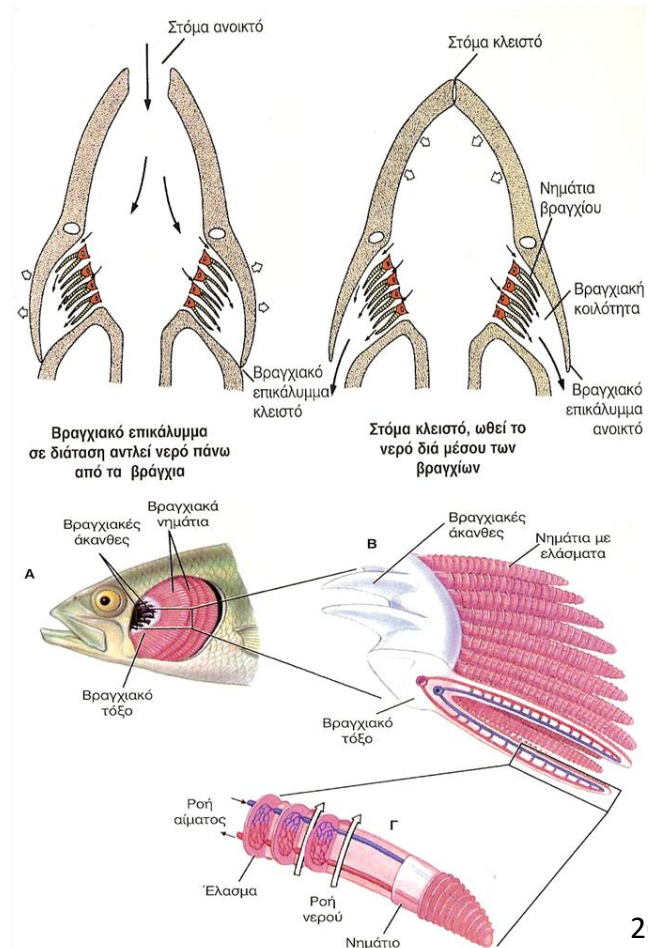


Αναπνοή:

Ανταλλαγή αερίων στο νερό - βράγχια

Υπάρχουν σε διάφορες μορφές όπως:

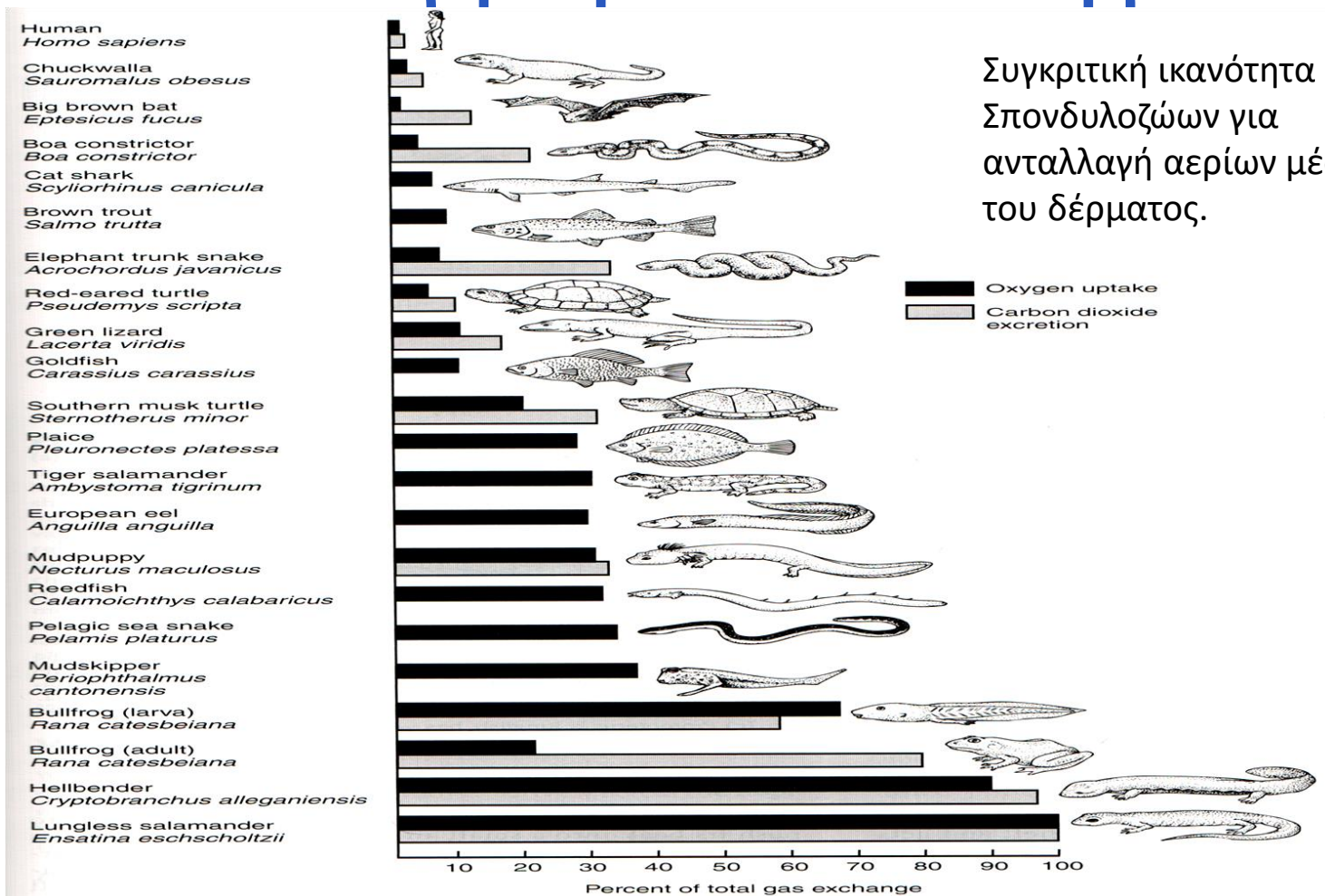
- Οι **δερμικές βλατίδες** των Αστεροειδών.
- Οι **βραγχιακοί θύσανοι** των θαλάσσιων Δακτυλιοσκωλήκων και Αμφιβίων.
- Τα **εσωτερικά βράγχια** των Ιχθύων και Αρθροπόδων.
- Τα βράγχια φέρουν πολλά αιμοφόρα αγγεία και αφαιρούν το οξυγόνο από το νερό μέσω του μηχανισμού της **αντίθετης προς το ρεύμα ροής** (ροή του αίματος αντίθετη από την κατεύθυνση ροής του νερού).



26



Αναπνοή: Ανταλλαγή αερίων από το δέρμα

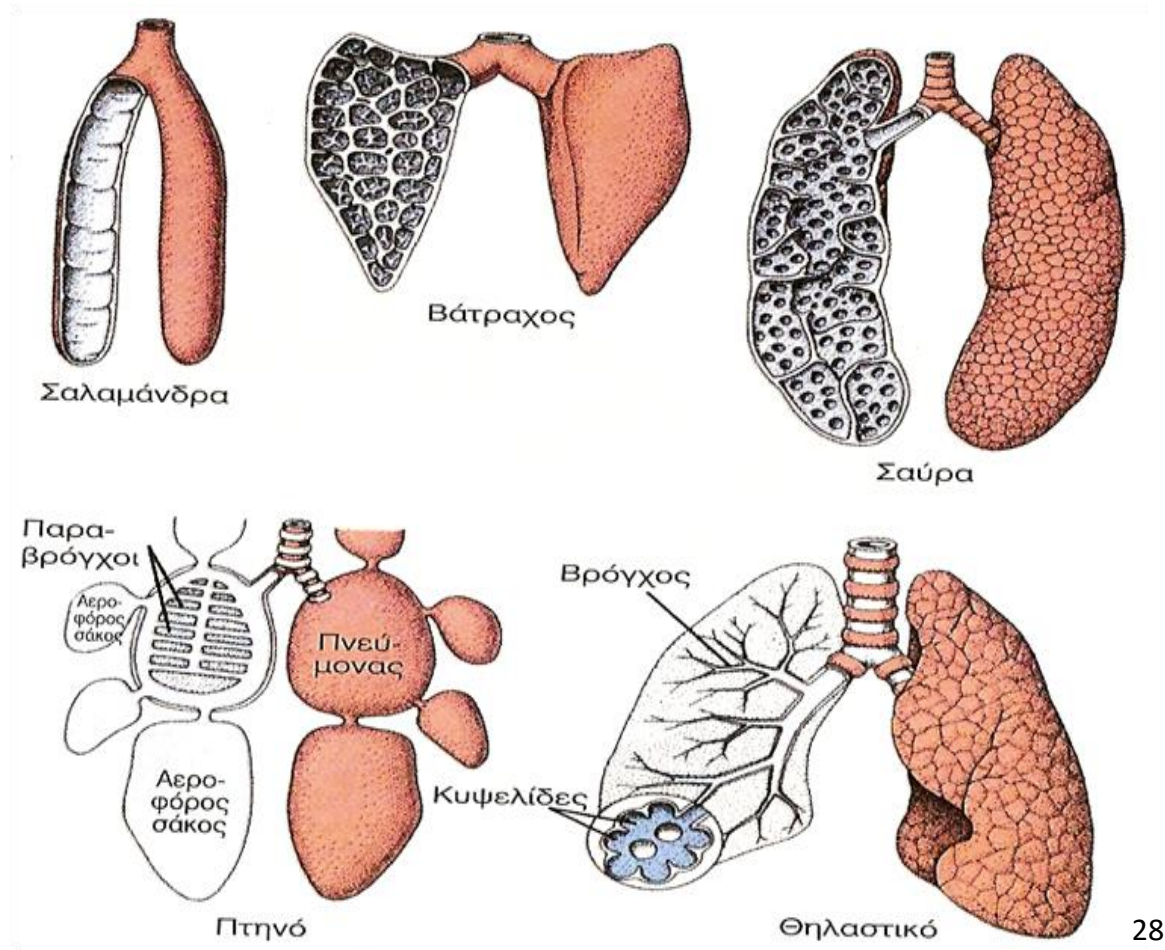


Αναπνοή: Πνεύμονες 1/2

- Οι **Δίπνοοι Ιχθύες** έχουν τους πλέον **υποτυπώδεις πνεύμονες**. Φέρουν πλέγμα τριχοειδών αγγείων στα τοιχώματα, σωληνοειδή σύνδεσμο με το φάρυγγα και υποτυπώδες σύστημα μετακίνησης των αερίων.
- Τα **Αμφίβια** έχουν πνεύμονες με **μορφολογική ποικιλία** στα διάφορα είδη. Εξασκούν **θετική πίεση** για την είσοδο του αέρα στους πνεύμονες
- Τα **Ερπετά** έχουν πνεύμονες με πολλές **υποδιαίρέσεις** (σάκους αέρα)
- Τα **Πτηνά** έχουν αποτελεσματικό σύστημα ανταλλαγής αερίων μέσω της παρουσίας των **αεροφόρων σάκων** που αποθηκεύουν αέρα στην εισπνοή
- Τα **Θηλαστικά** φέρουν πολλούς μικρούς σάκους, τις **κυψελίδες**.



Αναπνοή: Πνεύμονες 2/2

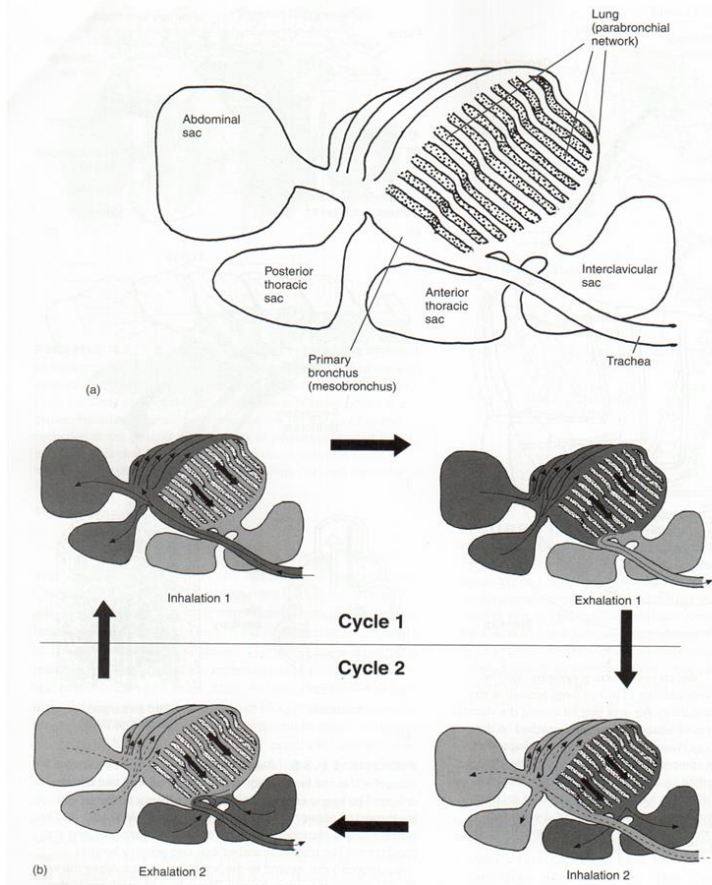


28

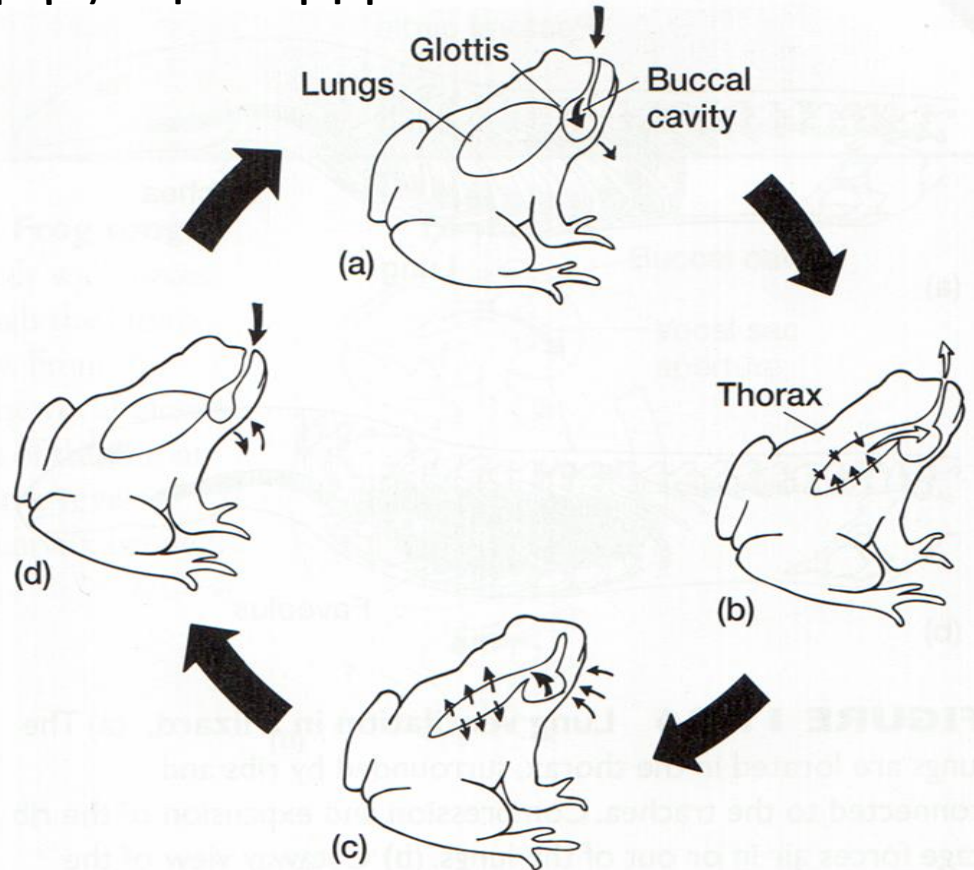


Αναπνοή: Πνεύμονες

Ειδικές προσαρμογές Πτηνών Αμφιβίων



29



30



Αναπνοή:

Συντονισμός αναπνοής

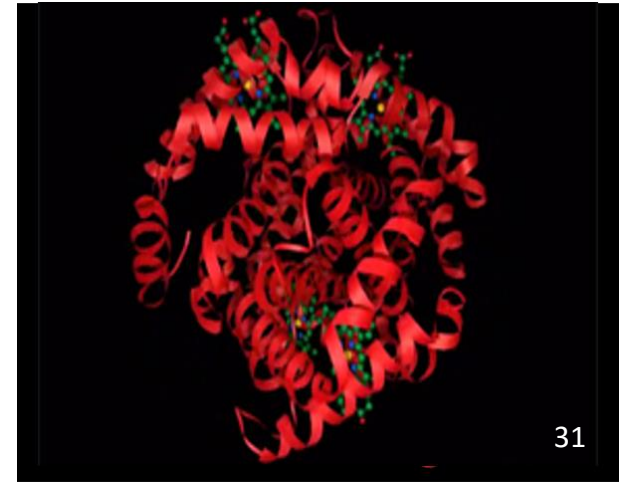
- Νευρώνες του **προμήκη μυελού** ρυθμίζουν τον αναπνευστικό ρυθμό
- Λαμβάνουν σήματα από νευρώνες που βρίσκονται στα **αορτικά και καρωτιδικά σώματα** και οι οποίοι φέρουν **χημειο-υποδοχείς** που ενεργοποιούνται από **αλλαγές στο pH του αίματος (7.4)**.
- Αλλαγές στο pH μέσω παραγωγής **ανθρακικού οξέος (H_2CO_3)** από τα αυξημένα επίπεδα CO_2 δίνει το σήμα στους νευρώνες του προμήκη μυελού για αύξηση του αναπνευστικού ρυθμού.



Αναπνοή:

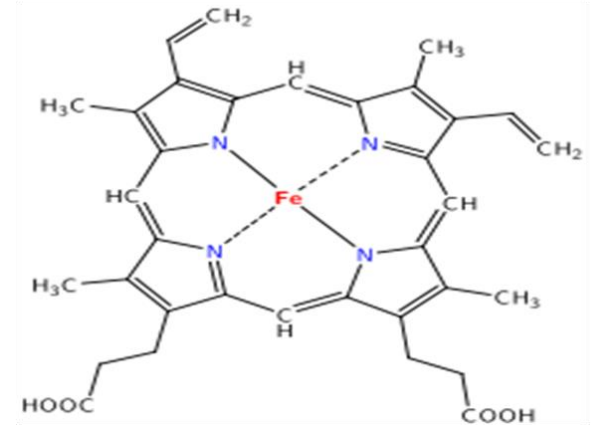
Μεταφορά αναπνευστικών αερίων 1/5

- Η διαλυτότητα του O_2 στο νερό (**9,1 mg/L, 20°C, 1 atm**) είναι πολύ μικρή και εξυπηρετεί ασπόνδυλα με χαμηλούς ρυθμούς μεταβολισμού.
- Σε πολλά ασπόνδυλα και σε όλα τα Σπονδυλόζωα η μεταφορά του O_2 και του CO_2 γίνεται από πρωτεΐνες (**αναπνευστικές χρωστικές**).



Αναπνευστικές χρωστικές:

- **Αιμοσφαιρίνη:** Πρωτεΐνη που φέρει την **αίμη** (ετεροκυκλικός δακτύλιος **πορφυρίνης** με **σίδηρο**). Μορ. Βάρος 17 kDa.
- 1 γρ. Αιμοσφαιρίνης μεταφέρει μέγιστο 1,3 ml O_2 . 100 mL αίματος έχουν 15 γρ. Αιμοσφαιρίνη ή **μέγιστο 20 ml O_2** .

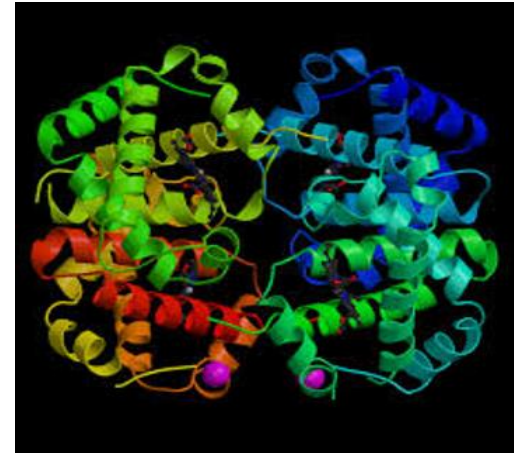


Αναπνοή:

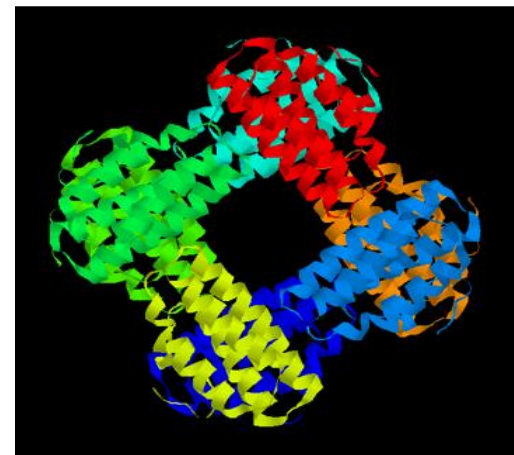
Μεταφορά αναπνευστικών αερίων 2/5

Άλλες αναπνευστικές χρωστικές

- **Αιμοκυανίνη:** Φέρει χαλκό ως συνδετικό μόριο του οξυγόνου. Υπάρχει στα Αρθρόποδα και στα Μαλάκια. Μορ. Βάρος 75 kDa (είναι διμερές ή εξαμερές).
- Κάθε μονομερές φέρει 2 μόρια χαλκού που προσδέχουν 1 μόριο O_2 .
- **Αιμερυθρίνη:** Φέρει σίδηρο ως συνδετικό μόριο του οξυγόνου αλλά όχι αίμη. Υπάρχει στους Πολύχαιτους. Μορ. Βάρος 14 kDa (οκταμερές).
- **Χλωροκρουορίνη:** Φέρει σίδηρο ως συνδετικό μόριο του οξυγόνου αλλά η αίμη έχει διαφορετική δομή. Υπάρχει στους Πολύχαιτους. Μεγάλο πρωτεϊνικό σύμπλοκο.



33



34



Αναπνοή:

Μεταφορά αναπνευστικών αερίων 3/5

Ενώ το οξυγόνο μεταφέρεται αποκλειστικά με την αιμοσφαιρίνη, το διοξείδιο του άνθρακα μεταφέρεται υπό 3 διαφορετικές μορφές

- 1) Μικρό ποσοστό (7%) μεταφέρεται ως αέριο διαλυμένο στο πλάσμα
- 2) Το υπόλοιπο διαχέεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Εκεί το μεγαλύτερο ποσοστό (70%) μετατρέπεται σε ανθρακικό οξύ με την επίδραση της **ανθρακικής ανυδράσης**



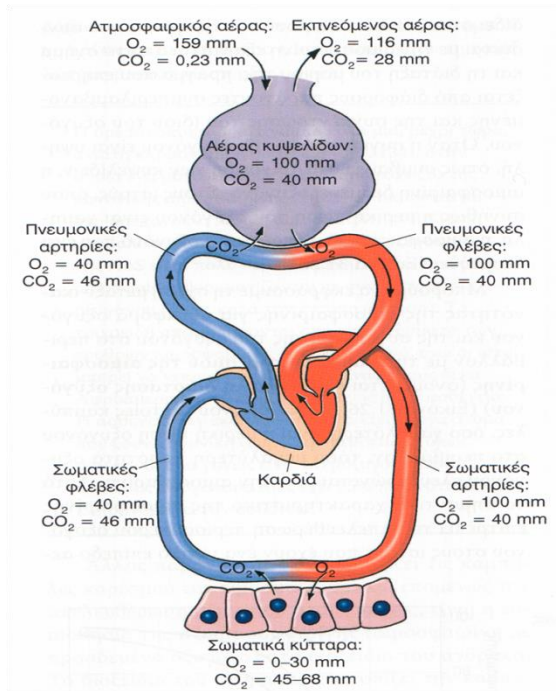
Αλλά το ανθρακικό οξύ διασπάται άμεσα σε ιόντα υδρογόνου και διττανθρακικά ιόντα. Τα διττανθρακικά ιόντα είναι εξαιρετικά ευδιάλυτα και μεταφέρονται είτε με τα ερυθρά αιμοσφαίρια είτε διαλυμένα στο πλάσμα, ενώ η αλλαγή του pH (ιόντα υδρογόνου) αποτρέπεται από τους κυτταρικούς μηχανισμούς.

- 3) Ένα τρίτο ποσοστό (23%) ενώνεται με αναστρέψιμο τρόπο με την αιμοσφαιρίνη (αλλά όχι με την ομάδα της αίμης) και μεταφέρεται στους πνεύμονες.



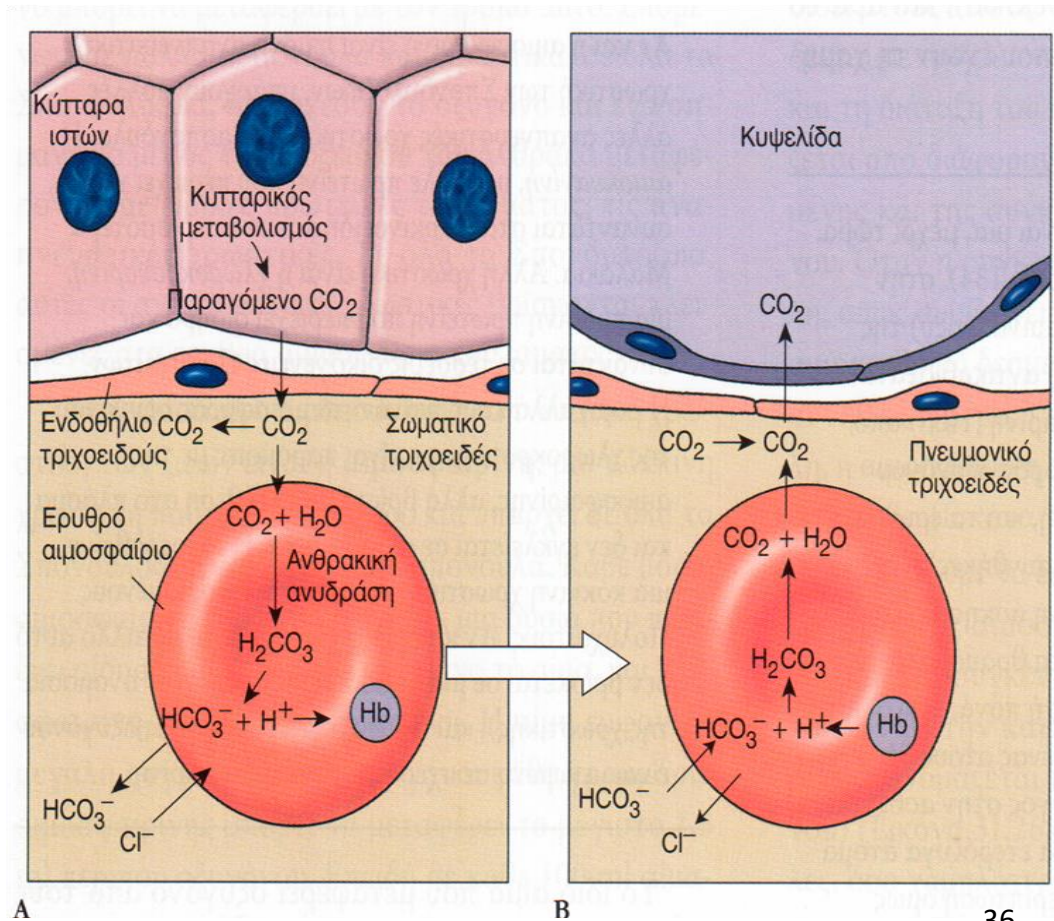
Αναπνοή:

Μεταφορά αναπνευστικών αερίων 4/5



35

Σχηματική αναπαράσταση των μηχανισμών μεταφοράς αερίων με το κυκλοφορικό σύστημα

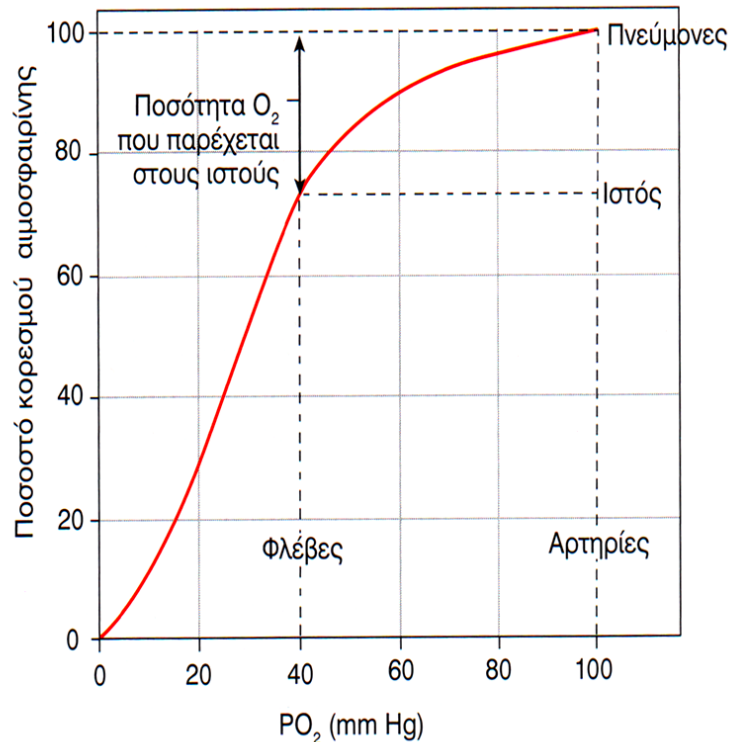


36

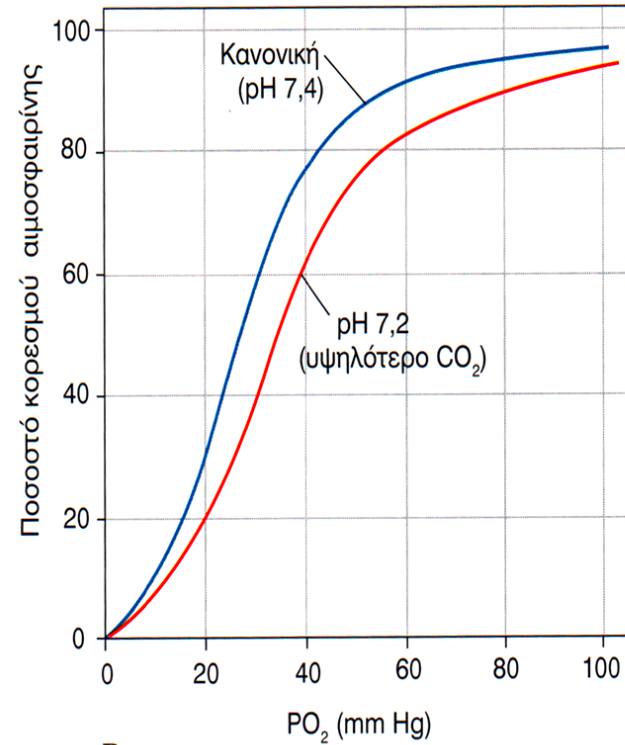


Αναπνοή:

Μεταφορά αναπνευστικών αερίων 5/5



A



B

37

Το **φαινόμενο του Bohr** εξηγεί την καμπύλη κορεσμού της αιμοσφαιρίνης και ουσιαστικά μας λέει ότι **περισσότερο οξυγόνο** θα δοθεί στους ιστούς **όταν η συγκέντρωση του CO_2 είναι μεγαλύτερη ή το pH μικρότερο.**



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων

Σύσταση αέρα

• Άζωτο	78,084%
• Οξυγόνο	20,946%
• Αργό	0,934%
• Διοξ. άνθρακα	0,033%
• Άλλα αέρια	0,003%

Νόμος του Henry

“Με σταθερή θερμοκρασία, το μέρος του αερίου που θα διαλυθεί σε ένα υγρό είναι ανάλογο με την μερική πίεση του αερίου” .

Δηλαδή όσο μεγαλώνει η πίεση, τόσο περισσότερα μόρια διαλύονται στο υγρό και όσο ελαττώνεται η πίεση, τόσα περισσότερα μόρια ελευθερώνονται.



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων:

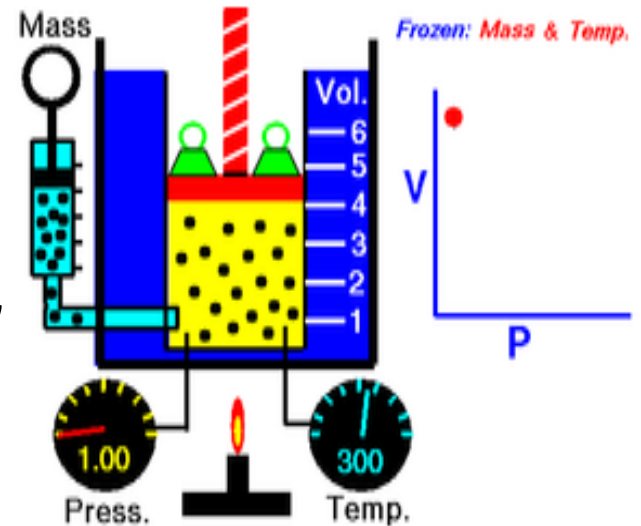
Εμβολή αέρα 1/3

Άμεση σχέση με τον νόμο του Boyle

Προκαλείται όταν ο αέρας που έχει εισπνεύσει ο δύτης σε ορισμένο βάθος δεν εξισορροπείται με το εξωτερικό περιβάλλον

Αν δηλαδή ο δύτης εισπνεύσει αέρα σε ένα βάθος και χωρίς εκπνοή ανέβει προς την επιφάνεια, τότε λόγω της υψηλότερης πίεσης, θα έχουμε:

- Ρήξη πνευμόνων γιατί η διόγκωση του αέρα έχει ως αποτέλεσμα την υπερδιάσταση των πνευμόνων και την ρήξη των κυψελίδων (**Πνευμονικό βαρότραυμα**).
- Φυσαλίδες αέρα στο κυκλοφορικό σύστημα με κίνδυνο για έμφραγμα ή θρόμβωση (**Νόσος των δυτών**).



38



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων:

Εμβολή αέρα 2/3

Τα τριχοειδή αγγεία που περιβάλλουν ως πυκνό δίκτυο τις κυψελίδες σπάζουν.

Δημιουργούνται χιλιάδες ανοικτά στόμια από τα οποία περνά αθρόα ο **αέρας στον θωρακικό χώρο ή μπαίνει στην ίδια κυκλοφορία του αίματος**. → Η πίεση του αέρα είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την πίεση του αίματος.

Ο αέρας από την περιοχή των πνευμόνων με την μορφή φυσαλίδων ακολουθεί την ροή της κυκλοφορίας και έρχεται στην καρδιά.

Οι φυσαλίδες από την καρδιά μπαίνουν στην αρτηριακή κυκλοφορία και ακολουθώντας την ροή της, φθάνουν στις τελικές διακλαδώσεις όπου φράζουν τις **μικρές αρτηρίες με αποτέλεσμα να διακόπτεται η κυκλοφορία του αίματος** σε ορισμένες περιοχές.



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων:

Εμβολή αέρα 3/3

Η εμβολή είναι επικίνδυνη (*συνήθως θανατηφόρα*) όταν προκληθεί στον εγκέφαλο ή την καρδιά.

Η μόνη θεραπεία στην εμβολή είναι η επανασυμπίεση και η σταδιακή αποσυμπίεση .

Οι κίνδυνοι όμως δεν τελειώνουν εδώ

Σύμφωνα με τον **νόμο του Henry** όσο μεγαλώνει το βάθος, τόσο αυξάνει και η ποσότητα του αέρα που διαλύεται στο αίμα. Αυτό έχει ως συνέπεια, μετά από ένα όριο, τη δημιουργία σοβαρών παθολογικών καταστάσεων, όπως:

- 1) Δηλητηρίαση οξυγόνου
- 2) Δηλητηρίαση Μονοξειδίου του Άνθρακα
- 3) Νάρκωση αζώτου



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων:

Δηλητηρίαση οξυγόνου 1/2

Η μεγάλη συγκέντρωση **διαλυμένου O_2** στο αίμα επιδρά στα:

Κεντρικό νευρικό σύστημα: Δημιουργία σπασμών (όπως στην επιληψία)

Πνεύμονες: Πνευμονικό οίδημα, έντονος βήχας.

Οφθαλμούς: Αποκόλληση Αμφιβληστροειδούς.

Προκαλείται από την παραγωγή **Ενεργών Μορφών Οξυγόνου (ROS)** που οδηγεί στην υπεροξείδωση των λιπιδίων στις κυτταρικές μεμβράνες.

Για να προκληθεί **δηλητηρίαση οξυγόνου** πρέπει:

η μερική πίεση O_2 κατά την εισπνοή > 1,7 ως 2 ατμόσφαιρες (1 atm= 760 mm Hg).

Για να συμβεί αυτό **πρέπει ο δύτης να κατέβει πολύ βαθιά.**

Στην **επιφάνεια της θάλασσας:** μερική πίεση $O_2 = 0,2$ atm
μερική πίεση $N_2 = 0,8$ atm.

Σε **βάθος 40 μέτρα:** ολική πίεση του αέρα = 5 atm
μερική πίεση $O_2 = 1$ atm. Δηλαδή σαν ο δύτης να αναπνέει καθαρό οξυγόνο στην επιφάνεια.

Στα 75 μέτρα: μερική πίεση $O_2 = 1,7$ atm και στα **90 μέτρα** είναι **2 atm.**



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων:

Δηλητηρίαση οξυγόνου 2/2

Η τοξικότητα O_2 στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα είναι συνάρτηση και του χρόνου

- σε μερική πίεση O_2 1,6atm, μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος 45min
- σε μερική πίεση O_2 1,5atm μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος 120min
- σε μερική πίεση O_2 1,4atm μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος 150min

•Συμπτώματα τοξικότητας O_2

- Οπτικές και ακουστικές διαταραχές
- Ευφορία
- Ναυτία
- «Τσιμπήματα» στα χείλη, στο πρόσωπο και στο διάφραγμα
- Ζάλη και Ίλιγγος
- Σπασμοί → Οδηγούν συνήθως σε πνιγμό ή πνευμονική εμβολή.

Κίνδυνος δηλητηρίασης σε μικρά βάθη υπάρχει με τις συσκευές κλειστού κυκλώματος όπου χρησιμοποιείται καθαρό O_2



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων:

Δηλητηρίαση CO

- Άχρωμο, άγευστο, άοσμο αέριο
- Συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη 200 φορές πιο εύκολα από το O₂
- Υπάρχει στον αέρα όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων

Οι καπνιστές έχουν αυξημένα επίπεδα CO στο αίμα τους
Το κάπνισμα πριν την κατάδυση αυξάνει τα επίπεδα του CO κατά 3-12 φορές πάνω από το φυσιολογικό
Απαιτούνται 8-12 ώρες για να αποβληθεί το CO από το αίμα

Συμπτώματα:
**έντονος πονοκέφαλος, ναυτία
υποξία**



Στοιχεία Φυσιολογίας Καταδύσεων:

Νάρκωση Αζώτου

Λέγεται και μέθη του βυθού και μπορεί να προκληθεί από κάθε αδρανές αέριο, είναι ωστόσο πιο συχνή για το N_2 . Εμφανίζεται επειδή σε **αυξημένες πιέσεις τα αδρανή αέρια** εμφανίζουν εκλεκτική διαλυτότητα στα **λιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών**. Η αυξημένη απορρόφησή στα κύτταρα του νευρικού ιστού τους δίνει ναρκωτικές ιδιότητες. (Η ένταση και το εύρος των συμπτωμάτων αυξάνουν με την αύξηση της PN_2)

Συμπτώματα:

- Αδυναμία συγκέντρωσης
- Κακή κρίση
- Απώλεια μνήμης
- Νοητική σύγχυση
- Μέθη, ευφορία
- Καθυστερημένη αντίδραση
- Απώλεια προσανατολισμού
- Άγχος, πανικός



Προσαρμογές – Δυνατότητες κατάδυσης Θαλάσσιων Θηλαστικών

- Αναπνευστικός ρυθμός
- Προσαρμογές κυκλοφορικού
- Αποθέματα οξυγόνου στο σώμα
- Μέγιστο βάθος και χρόνος ελεύθερης κατάδυσης



Αναπνευστικός Ρυθμός

Τα χερσαία Θηλαστικά **αναπνέουν με συχνότητα** που είναι **ανάλογη** με το **μέγεθος και την επιφάνεια του οργανισμού**.

Για παράδειγμα, τα μικρά τρωκτικά (ποντίκια) αναπνέουν με συχνότητα 100 ή και περισσότερες φορές το λεπτό.

Οι άνθρωποι αναπνέουν 16 φορές το λεπτό και οι ελέφαντες 6 φορές το Λεπτό.

Τα Κητώδη αναπνέουν με ρυθμό 1 -2 φορές το λεπτό.
Ο ρυθμός αυτός είναι αντίστοιχος με εκείνον των χερσαίων Θηλαστικών.

Τα μεγάλα Κητώδη έχουν αναλογικά μικρούς πνεύμονες, ενώ τα μικρά ιδιαίτερα μεγάλους.



Προσαρμογές Κυκλοφορικού

Τα Κητώδη σε κάθε εκπνοή, αδειάζουν όλο το περιεχόμενο των πνευμόνων και έτσι έχουν **καλύτερη ανανέωση του αέρα**.

Στα Κητώδη τα ερυθροκύτταρα, είναι μεγαλύτερα, περισσότερα και με διπλάσια ποσότητα αιμοσφαιρίνης από ότι στα χερσαία Θηλαστικά.

Η μυοσφαιρίνη (17 kDa) είναι περισσότερη στα Κητώδη, ~ διπλάσια στους δύτες μικρού βάθους και οκταπλάσια ως εννεαπλάσια στους δύτες μεγάλων βαθών όπως οι φυσητήρες.

Η μυοσφαιρίνη δεσμεύει περισσότερο οξυγόνο από την αιμοσφαιρίνη.



Αποθέματα Οξυγόνου στο Σώμα

	Επαγγελματίας δύτης	Κητώδες (Φυσητήρας)
Πνεύμονες	34%	9%
Αίμα	41%	41%
Ιστοί	12%	9%
Μύες	12%	41%



Αποθέματα Οξυγόνου στο Σώμα

Όσοι οργανισμοί καταδύονται, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου, κάτω από το νερό, παρουσιάζουν **μείωση των καρδιακών παλμών.**

Στα Κητώδη, ενώ μειώνονται οι καρδιακοί παλμοί, δεν μειώνεται η πίεση και η ταχύτητα κυκλοφορίας του αίματος, γιατί **συστέλλονται τα αγγεία.**

Καρδιακοί Παλμοί

	Στην επιφάνεια	Σε κατάδυση
Κάστορας	140	20
Φώκια	120	10
Δελφίνι	110	50
Άνθρωπος	70	35



Αποθέματα Οξυγόνου στο Σώμα

Φυσιολογικοί Μηχανισμοί

- Τα **Κητώδη** έχουν την δυνατότητα να **περιορίσουν** ή και να **σταματήσουν** την κυκλοφορία του αίματος σε περιοχές του σώματος.
- Οι μύες δεν τροφοδοτούνται με O_2 από τους πνεύμονες, αλλά με εκείνο της μυοσφαιρίνης.
- Το O_2 των πνευμόνων χρησιμοποιείται για τις ανάγκες του **εγκεφάλου**.
- Στα χερσαία Θηλαστικά όπως και στα θαλάσσια όταν δεν βρίσκονται εν καταδύσει, το γαλακτικό οξύ συγκεντρώνεται μέσα στο αίμα.

Στα Κητώδη κατά την διάρκεια της κατάδυσης παραμένει στους μύες και ελευθερώνεται όταν αποκαθίσταται η αναπνοή στην επιφάνεια της Θάλασσας.

Ο μηχανισμός αυτός είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την **ρύθμιση της αναπνοής**. Το γαλακτικό οξύ όταν διασπάται παράγει CO_2 που συσσωρεύεται μέσα στο αίμα, το οποίο με την σειρά του επηρεάζει το **κέντρο της αναπνοής στον εγκέφαλο**.



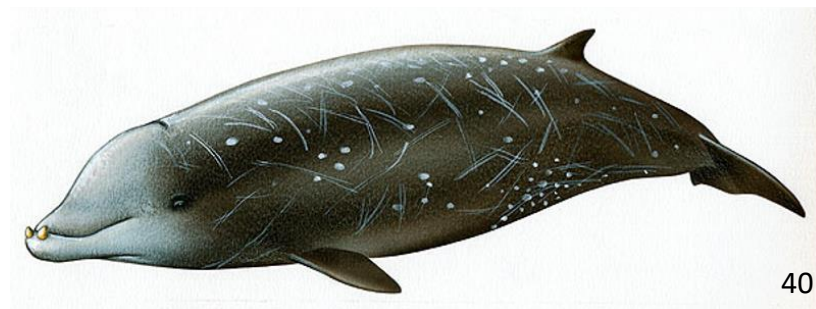
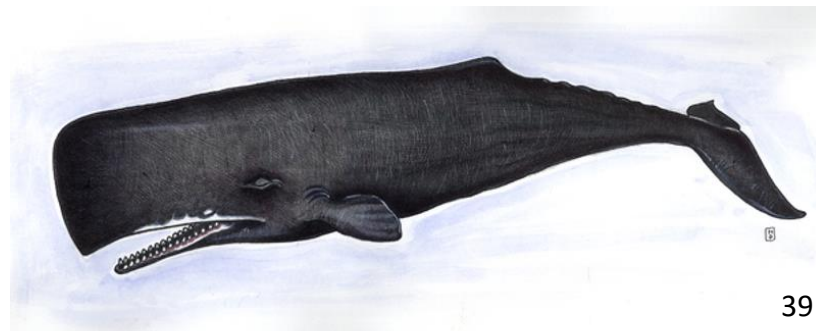
Μέγιστο Βάθος και Χρόνος Ελεύθερης Κατάδυσης

Ένας εκπαιδευμένος ελεύθερος δύτης μπορεί άνετα να κατέβει γύρω στα 20 με 30 μέτρα.

Το μέγιστο βάθος που έχει κατορθώσει να κατέβει με ελεύθερη κατάδυση ο άνθρωπος είναι 121 μέτρα (2011).

Για τον Φυσητήρα (*Physeter macrocephalus*) έχει καταγραφεί κατάδυση στα 2050 μέτρα για 73 λεπτά.

Για το Ζιφιό (*Ziphius cavirostris*) έχει καταγραφεί κατάδυση στα 1900 μέτρα για 86 λεπτά.



Τέλος Παρουσίασης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής. «Ζωολογία II. Ενότητα 3. Κυκλοφορία - Αναπνοή». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL1/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 1/6

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες

- **Εικόνα 1.** Πηγή: Rhoades R. and Bell DR. (2008) Medical physiology: principles for clinical medicine. Lippincot Williams & Wilkins.
- **Εικόνα 2.** Σύνδεσμος: <http://www.rcsb.org/pdb/explore.do?structureId=2VUE>. Πηγή: Crystallographic analysis of human serum albumin complexed with 4Z,15E-bilirubin-IXalpha. Zunszain, P.A., Ghuman, J., Mcdonagh, A.F., Curry, S. Journal: (2008) J.Mol.Biol. 381: 394-406.
- **Εικόνα 3.** Σύνδεσμος: <http://www.rcsb.org/pdb/explore.do?structureId=1fza>. Πηγή: Crystal structures of fragment D from human fibrinogen and its crosslinked counterpart from fibrin. Spraggon, G., Everse, S.J., Doolittle, R.F. Journal: (1997) Nature 389: 455-462.
- **Εικόνα 4.** Σύνδεσμος: <http://www.rcsb.org/pdb/explore.do?structureId=2a2g>. Πηγή: The structures of alpha 2u-globulin and its complex with a hyaline droplet inducer. Chaudhuri, B.N., Kleywegt, G.J., Bjorkman, J., Lehman-McKeeman, L.D., Oliver, J.D., Jones, T.A. Journal: (1999) Acta Crystallogr.,Sect.D 55: 753-762.
- **Εικόνα 5.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 2/6

- **Εικόνα 6.** © Salvadorjo, Wikimedia Commons, cc by sa 3.0. Σύνδεσμος: <http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dico/d/medecine-globule-blanc-733/>.
- **Εικόνα 7.** © Medgadget, LLC. 2004-2015. All rights reserved. Σύνδεσμος: <http://www.medgadget.com/2015/07/acute-myeloid-leukemia-therapeutics-market-by-market-research-store-by-2020.html>.
- **Εικόνα 8.** Copyrighted.
- **Εικόνα 9.** Copyright © 2015 Fastbleep Ltd. All rights reserved. Σύνδεσμος: <http://www.fastbleep.com/medical-notes/heart-lungs-blood/13/26/158>.
- **Εικόνα 10.** © 2010 BIOLOGI MEDIA CENTRE Powered by PROPOLIS BIORAJA. Σύνδεσμος: <http://biologimediacentre.com/sistem-kekebalan-tubuh/>.
- **Εικόνα 11.** Copyright © 2014 Dentistry and Medicine All Right Reserved. Σύνδεσμος: <http://dentistryandmedicine.blogspot.gr/2011/09/wiskott-aldrich-syndrome-x-linked.html>.
- **Εικόνα 12.** Scanning electron micrograph of T lymphocyte (right), a platelet (center) and a red blood cell (left). Wikipedia the Free Encyclopedia. Creative Commons Licence. Σύνδεσμος: https://en.wikipedia.org/wiki/T_cell. Πηγή: <https://en.wikipedia.org>
- **Εικόνα 13.** Οι σειρές ανάπτυξης των κυττάρων του αίματος. Σύνδεσμος: <http://www.ioanninamed.gr/component/content/article?id=31:genki>. Πηγή: Wikipedia.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 3/6

- **Εικόνα 14.** ©2015 Encyclopædia Britannica, Inc. Σύνδεσμος: <http://www.britannica.com/science/bleeding>. Πηγή: <http://www.britannica.com>.
- **Εικόνα 15.** Σύνδεσμος: <https://www.pinterest.com/pin/235102043024029748/>. Πηγή: <https://www.pinterest.com/>.
- **Εικόνα 16.** Σύνδεσμος: <http://zoology2014rylee.weebly.com/annalida-earthworm.html>. Πηγή: <http://zoology2014rylee.weebly.com/>.
- **Εικόνα 17.** Copyright The McGraw Hill Companies Inc. Permission required for reproduction or display. Σύνδεσμος: <http://pt.slideshare.net/Adenomar/aula-arthropoda>. Πηγή: <http://pt.slideshare.net/>.
- **Εικόνα 18.** Copyrighted.
- **Εικόνα 19.** © Phys.org 2003 - 2015, Science X network. Σύνδεσμος: <http://www.gceadvancelevel.com/transport-in-animals/>. Πηγή: Encyclopaedia Britannica, Inc.
- **Εικόνα 20.** Σύνδεσμος: <http://www.gceadvancelevel.com/transport-in-animals/>. Πηγή: <http://www.gceadvancelevel.com>.
- **Εικόνα 21.** Copyrighted.
- **Εικόνα 22.** © 2004-2015 Medical.gr. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Σύνδεσμος: <http://medical.gr/kardiografima-kardiakos-kyklos.html> . Πηγή: <http://medical.gr>.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 4/6

- **Εικόνα 23.** Σύνδεσμος: <http://www.slideshare.net/drmklamba/cardiovascular-system-ppt>. Πηγή: <http://www.slideshare.net>.
- **Εικόνα 24.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 25.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 26.** Copyright Zoologia. Σύνδεσμος: α) Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 27.** Copyrighted.
- **Εικόνα 28.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 29.** Bird Lung Air Flow. (c)2006 McGraw-Hill Higher Education. Σύνδεσμος: <http://dopepicz.com/63613004-air-flow-respiratory-system-of-a-bird.html> . Πηγή: Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution, 4/e, Kenneth V. Kardong, Washington State University.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 5/6

- **Εικόνα 30.** Copyrighted.
- **Εικόνα 31.** Hemoglobin. Σύνδεσμος:
<http://www.spongelab.com/masterlist/details.cfm?ID=482&st=1&ATID=1>. Πηγή:
<http://www.spongelab.com>
- **Εικόνα 32.** Σύνδεσμος: <http://butane.chem.uiuc.edu/pshapley/GenChem2/B2/1.html>. Πηγή: EnLiST Elementary Science Program, University of Illinois, Professor Patricia Shapley, University of Illinois 2012.
- **Εικόνα 33.** Structure of hemoglobin. Σύνδεσμος:
<http://www.bio.davidson.edu/Courses/Molbio/MolStudents/spring2010/Hua/Hemoglobin.html>.
Πηγή: <http://www.davidson.edu/academics/biology>
- **Εικόνα 34.** 95 © Birkbeck College 1995.
Σύνδεσμος:http://www.cryst.bbk.ac.uk/PPS95/course/9_quaternary/sympics.html . Πηγή:
<http://www.cryst.bbk.ac.uk>.
- **Εικόνα 35.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 36.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 6/6

- **Εικόνα 37.** Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, l'Anson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 38.** "The pressures and expansions [are] in reciprocal proportion..." Robert Boyle, 1662. NASA animated illustration of Robert Boyle's law. Copyright © 2005 Mednansky Institute, Inc. Σύνδεσμος: http://minst.org/on_understanding_science.htm. Πηγή: Author: M. Crasnier-Mednansky, Ph.D., D.Sc. (martine@minst.org).
- **Εικόνα 39.** All member work copyright of respective owner, otherwise © 2006-2015 Adobe Systems Incorporated. Σύνδεσμος: <https://www.behance.net/gallery/3285262/mediterranean-fishes>. Πηγή: <https://www.behance.net/>
- **Εικόνα 40.** Cuvier's beaked whale. Σύνδεσμος: http://www.espacotalassa.com/03_gb/16_species/docs/z_cavirostris.htm . Πηγή: <http://www.espacotalassa.com/>.

