

ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ

3. ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

ΓΚΛΩΤΣΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

dimglo@uniwa.gr

Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικές έννοιες

2. Πνεύμονες - Αναπνοή

3. Πίεση και αναπνοή - Ασκήσεις

4. Καρδιαγγειακό σύστημα

5. Καρδιαγγειακό σύστημα - Ασκήσεις

6. Πιέσεις στο αυτί

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικές έννοιες

2. Πνεύμονες - Αναπνοή

3. Πίεση και αναπνοή - Ασκήσεις

4. Καρδιαγγειακό σύστημα

5. Καρδιαγγειακό σύστημα - Ασκήσεις

6. Πιέσεις στο αυτί

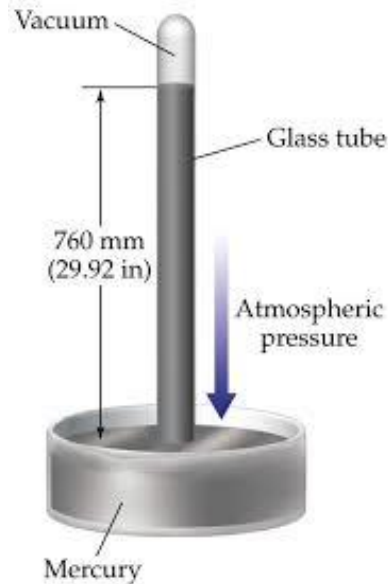
ΠΙΕΣΗ

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Όπου P η πίεση, ρ η πυκνότητα του υγρού, g η επιτάχυνση της βαρύτητας και h το ύψος της στήλης (N/m^2) – Πείραμα Torricelli, Φυσικός, Μαθηματικός, 1608-1647 - Βαρόμετρο

$$1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$$

$$1\text{ Atm} = 101\text{ kPa} = 760\text{ mmHg}$$



Ανθρώπινο σώμα		Ενδεικτικές τιμές (mmHg)
Αρτηριακή πίεση	Μικρή	60-90mmHg
Αρτηριακή πίεση	Μεγάλη	100-140
Φλεβική πίεση		3-8
Πίεση στα τριχοειδή	Αρτηρίες	35
Πίεση στα τριχοειδή	Φλέβες	15
Πίεση στην ουροδόχο κύστη		0-25
Πίεση στον εγκέφαλο		5-12
Πίεση στα μάτια		12-24
Πίεση στο πεπτικό σύστημα		10-20
Ενδοθωρακική πίεση		Αρνητική, -4, -8
Πίεση στο αυτί		<1

Πηγή: <https://gareths-chemistry-assignment1.weebly.com/evangelista-torricelli.html>

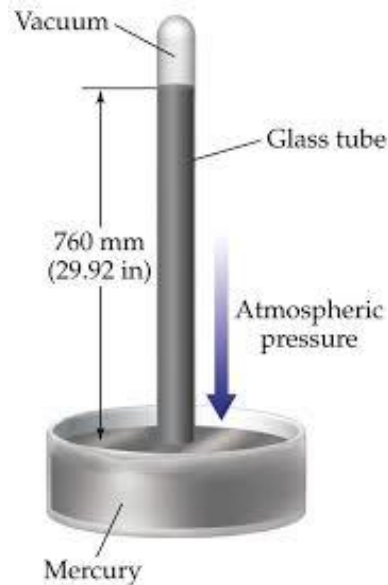
ΠΙΕΣΗ

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Όπου P η πίεση, V ο όγκος, n η πυκνότητα του αερίου, R η σταθερά του αερίου και T η θερμοκρασία σε Kelvin (N/m^2)

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ Atm} = 101 \text{ kPa} = 760 \text{ mmHg}$$



Ανθρώπινο σώμα		Ενδεικτικές τιμές (mmHg)
Αρτηριακή πίεση	Μικρή	60-90mmHg
Αρτηριακή πίεση	Μεγάλη	100-140
Φλεβική πίεση		3-8
Πίεση στα τριχοειδή	Αρτηρίες	35
Πίεση στα τριχοειδή	Φλέβες	15
Πίεση στην ουροδόχο κύστη		0-25
Πίεση στον εγκέφαλο		5-12
Πίεση στα μάτια		12-24
Πίεση στο πεπτικό σύστημα		10-20
Ενδοθωρακική πίεση		Αρνητική, -4, -8
Πίεση στο αυτί		<1

Πηγή: <https://gareths-chemistry-assignment1.weebly.com/evangelista-torricelli.html>

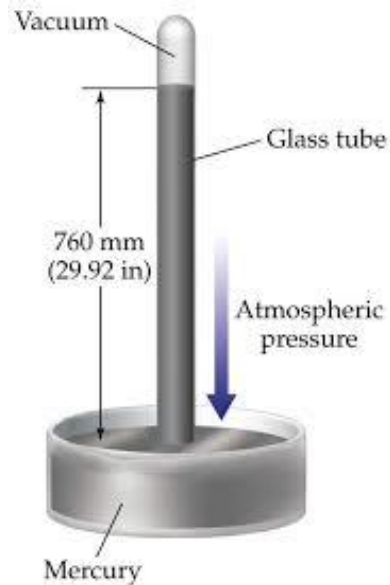
ΠΙΕΣΗ

$$P = \frac{F}{A}$$

Όπου P η πίεση, F η δύναμη και A η επιφάνεια (N/m^2)

$$1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$$

$$1\text{ Atm} = 101\text{ kPa} = 760\text{ mmHg}$$



Ανθρώπινο σώμα		Ενδεικτικές τιμές (mmHg)
Αρτηριακή πίεση	Μικρή	60-90mmHg
Αρτηριακή πίεση	Μεγάλη	100-140
Φλεβική πίεση		3-8
Πίεση στα τριχοειδή	Αρτηρίες	35
Πίεση στα τριχοειδή	Φλέβες	15
Πίεση στην ουροδόχο κύστη		0-25
Πίεση στον εγκέφαλο		5-12
Πίεση στα μάτια		12-24
Πίεση στο πεπτικό σύστημα		10-20
Ενδοθωρακική πίεση		Αρνητική, -4, -8
Πίεση στο αυτί		<1

Πηγή: <https://gareths-chemistry-assignment1.weebly.com/evangelista-torricelli.html>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικές έννοιες

2. Πνεύμονες - Αναπνοή

3. Πίεση και αναπνοή - Ασκήσεις

4. Καρδιαγγειακό σύστημα

5. Καρδιαγγειακό σύστημα - Ασκήσεις

6. Πιέσεις στο αυτί

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

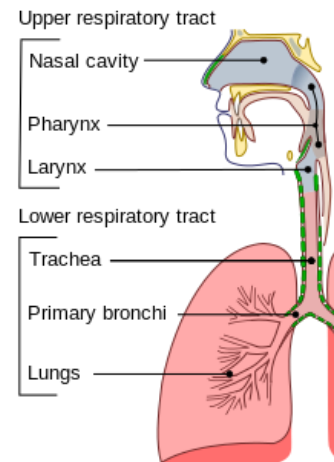
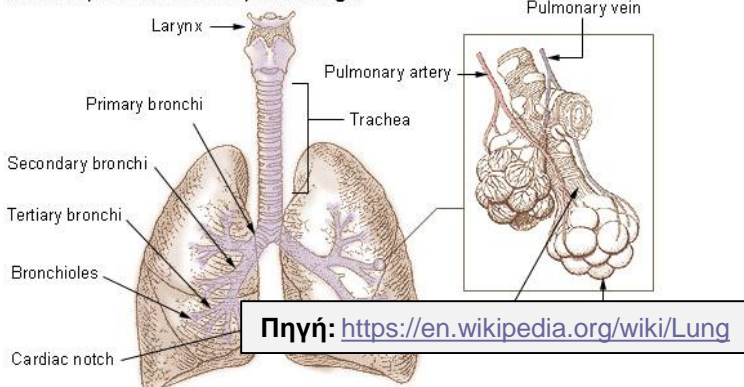
- **Λειτουργία της Αναπνοής:** Χωρίζεται σε εισπνοή και εκπνοή. Στην εισπνοή ο αέρας εισέρχεται από την μύτη/στόμα, διοχετεύεται στον Φάρυγγα όπου και φιλτράρεται (καθαρίζεται, θερμαίνεται), περνά από τον Λάρυγγα, την Τραχεία και καταλήγει στους βρόγχους και τις κυψελίδες στις οποίες γίνεται η πρόσληψη του οξυγόνου και η αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα μέσω μίας λεπτής μεμβράνης, της λεγόμενης αναπνευστικής μεμβράνης. Το οξυγόνο δεσμεύεται από το αίμα που αναλαμβάνει να το διοχετεύσει σε όλες τους ιστούς και κύτταρα του σώματος μέσω του καρδιαγγειακού συστήματος. Στην εκπνοή το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται από τις κυψελίδες και ο αέρας ακολουθεί την αντίθετη πορεία από την εισπνοή, περνάει από τους βρόγχους, στην Τραχεία, στον Λάρυγγα, στον Φάρυγγα και διοχετεύεται εκτός σώματος μέσω της μύτης και του στόματος
- Η περιεκτικότητα του αέρα κατά την εισπνοή είναι: $N_2 \approx 78\%$, $O_2 \approx 21\%$, $CO_2 \approx 0.04\%$, άλλα αέρια $\approx 0.96\%$
- Η περιεκτικότητα του αέρα κατά την εισπνοή είναι: $N_2 \approx 80\%$, $O_2 \approx 16\%$, $CO_2 \approx 4\%$

Εκπαιδευτική προβολή: Αναπνοή

<https://www.youtube.com/watch?v=zRv5tNCMpyY>

<https://www.youtube.com/watch?v=kacMYexDgHg>

Bronchi, Bronchial Tree, and Lungs



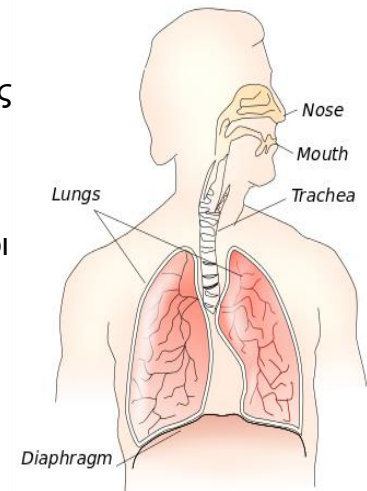
Αναπνευστικό Σύστημα

Μύτη
Στόμα
Φάρυγγας
Λάρυγγας
Τραχεία
Βρόγχοι
Πνεύμονες

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

- **Λειτουργία των πνευμόνων:** Μέσω του αίματος προσλαμβάνουν οξυγόνο (O_2) και απελευθερώνουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), συνεισφέρουν στην ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος και στην ρύθμιση των υγρών (συνήθως στην εκπνοή ο αέρας έχει μεγάλες ποσότητες υδρατμών)
- Ρυθμός αναπνοής αέρα: $\approx 6-8$ L/min αέρα, $\approx 360-480$ L/hour αέρα, $\approx 8640-11520$ L/day αέρα ($\approx 10-15$ kg/day – βάρος αέρα 1.2929 kilogram per cubic meter, 1L = 0.001 cubic meter)
- Ρυθμός αναπνοής O_2 : ≈ 1.2 L/min O_2 , ≈ 216 L/hour O_2 , ≈ 5184 L/day O_2 ($\approx 6-8$ kg/day) από τα οποία οι πνεύμονες απορροφούν περίπου 0.4-0.5 Kg/day
- Πάχος κυψελίδων ≈ 0.4 mm, διάμετρος κυψελίδων ≈ 0.1 mm
- Έχουμε εκατοντάδες εκατομμύρια κυψελίδες με συνολική επιφάνεια: $\approx 80m^2$ (ένα ολόκληρο διαμέρισμα 3-5 δωματίων)
- Η αναπνοή χαρακτηρίζεται από δύο βασικές διεργασίες, τον αερισμό (ο αέρας μεταφέρεται μέσα και έξω από τις κυψελίδες) και την αιμάτωση (το αίμα φθάνει στα τριχοειδή αγγεία των κυψελίδων)
- Για την επιτυχή έκβαση της διαδικασίας της αναπνοής θα πρέπει και οι δύο αυτές διεργασίες να πραγματοποιούνται εξίσου αποδοτικά, δηλαδή να υπάρχει καλός αερισμός και καλή αιμάτωση
- Σε παθολογικές καταστάσεις μπορεί να έχω καλό αερισμό με ανεπαρκή αιμάτωση (π.χ. πνευμονική εμβολή-θρόμβος), ανεπαρκή αερισμό με καλή αιμάτωση (π.χ. πνευμονία, γρίπη, ΧΑΠ κλπ), ανεπαρκή αερισμό με ανεπαρκή αιμάτωση
- Η αναπνοή πραγματοποιείται με την συνεισφορά διαφόρων μυών:
- Διάφραγμα, μεσοπλεύριοι, επικουρικοί και κοιλιακοί μύες
- Διάφραγμα: Κύριος μύς της αναπνοής, βρίσκεται κάτω από τους πνεύμονες, κινείται κάτω πάνω, μετακινεί την κοιλιά προς τα έξω και εκτείνει τον θώρακα. Η κίνηση αυτή αναγκάζει τον αέρα να εισέλθει στους πνεύμονες όπως θα δούμε παρακάτω. Ο λόξιγκας προκαλείται από το διάφραγμα



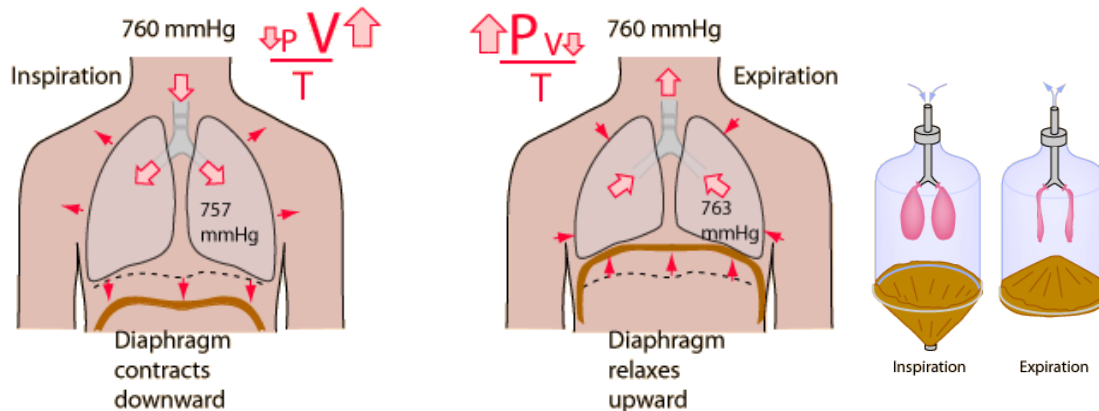
Πηγή:

https://en.wikipedia.org/wiki/T horacic_diaphragm
<https://www.youtube.com/watch?v=hAy0a4TP05Q>
<https://www.youtube.com/watch?v=HCoD0Pfq7B8>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

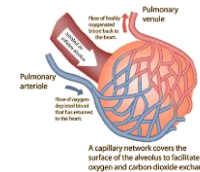
Πνεύμονες - Αναπνοή

- **Λειτουργία των πνευμόνων:** Κατά την εισπνοή η πίεση στα τοιχώματα των πνευμόνων είναι $\approx 756-757\text{mmHg}$, ενώ η πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα που εισέρχεται στο εσωτερικό των πνευμόνων είναι $\approx 760\text{mmHg}$. Παρόλο που ο ατμοσφαιρικός αέρας που εισπνέουμε έχει πίεση 760mmHg , η πίεση στο εσωτερικό των πνευμόνων είναι μικρότερη από 760mmHg καθώς το διάφραγμα κινείται προς τα κάτω αυξάνοντας τον όγκο των πνευμόνων. Η διαφορά αυτή της πίεσης επιτρέπει την ανταλλαγή των αερίων στις κυψελίδες των πνευμόνων και πιο συγκεκριμένα την είσοδο του O_2 στις κυψελίδες. Η μερική πίεση του O_2 στα τριχοειδή αγγεία των κυψελίδων είναι $p_{\text{A}}\text{O}_2$ alveolar $\approx 105\text{mmHg}$. Η πίεση αυτή είναι μικρότερη από την μερική πίεση του O_2 στον ατμοσφαιρικό αέρα, δηλαδή του αέρα που εισπνέουμε, $p_{\text{A}}\text{O}_2$ atmosphere $\approx 21\%$ του $760\text{mmHg} \approx 159\text{mmHg}$. Λόγω αυτής της διαφοράς πίεσης το O_2 'πιέζεται' και διαπερνά την αναπνευστική μεμβράνη προς τα μέσα.
- $\text{Hb} + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{Hb} + \text{O}_2$ (Hb - Αιμοσφαιρίνη)
- Ο φυσιολογικός κορεσμός του οξυγόνου SaO_2 στις αρτηρίες είναι $\approx 96-98\%$



Πηγή:

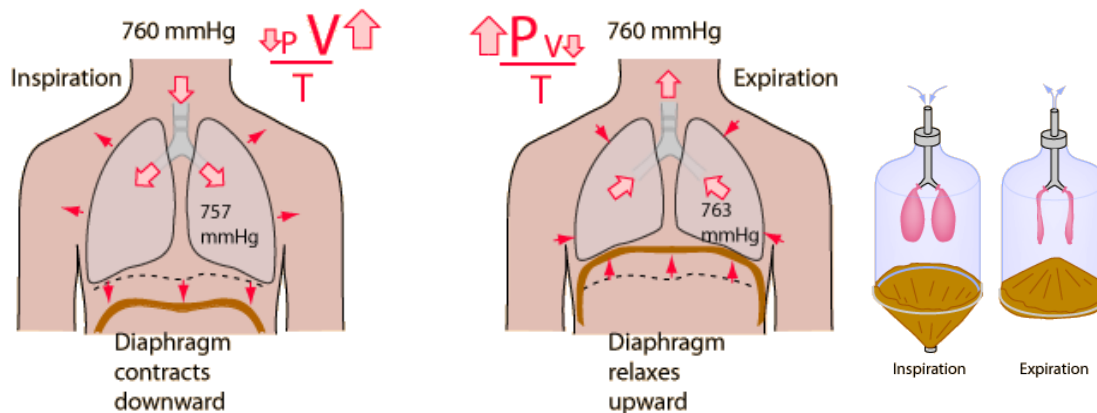
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Biology/respir.html>



ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

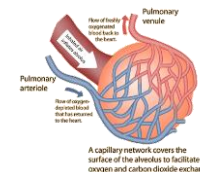
Πνεύμονες - Αναπνοή

- **Λειτουργία των πνευμόνων:** Κατά την εκπνοή η πίεση στα τοιχώματα των πνευμόνων αυξάνεται στα $\approx 763\text{-}764\text{mmHg}$ καθώς το διάφραγμα κινείται προς τα πάνω μειώνοντας, έτσι, τον όγκο των πνευμόνων. Η διαφορά της πίεσης στα τοιχώματα των πνευμόνων και της ατμοσφαιρικής πίεσης επιτρέπει την έξοδο του CO_2 από τις κυψελίδες προς το περιβάλλον. Η μερική πίεση του CO_2 στα τριχοειδή αγγεία των κυψελίδων είναι $p_A\text{CO}_2$ alveolar $\approx 44\text{mmHg}$. Η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη από την πίεση του του CO_2 στον ατμοσφαιρικό αέρα, $p_A\text{CO}_2$ atmosphere $\approx 40\text{mmHg}$. Λόγω αυτής της διαφοράς πίεσης το CO_2 'πιέζεται' και διαπερνά την αναπνευστική μεμβράνη προς τα έξω.
- Ο φυσιολογικός κορεσμός του οξυγόνου SaO_2 στις φλέβες είναι $\approx 75\%$



Πηγή:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Biology/respir.html>



ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

- **Μέτρηση παραμέτρων αναπνοής**
- Σπιρόμετρο
- Σε φυσιολογική λειτουργία στο εσωτερικό του πνεύμονα υπάρχει απόθεμα αέρα περίπου 1lt (υπολειπόμενος όγκος). Κατά την εισπνοή ο αέρας που εισέρχεται στους πνεύμονες είναι περίπου 0.5 lt (αναπνεόμενος όγκος). Αυτός ο αέρας αναμειγνύεται με το απόθεμα. Κατά την εκπνοή εξέρχεται περίπου 0.5 lt αέρα και πάλι στο εσωτερικό του πνεύμονα παραμένει το απόθεμα του περίπου 1 lt. Με το σπιρόμετρο διοχετεύουμε στον εξεταζόμενο ένα ευγενές αέριο, π.χ. ήλιο, και μετρώντας την περιεκτικότητα του αέρα σε ήλιο κατά την εκπνοή μπορούμε να υπολογίσουμε διάφορα χρήσιμα μεγέθη σχετικά με την αναπνοή



Πηγή:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Spirometer>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Πίεση και υψόμετρο:

-Ενώ το ποσοστό του O_2 παραμένει σταθερό στο 21% για υψόμετρα έως και 21000 μέτρα, η πίεση του O_2 (PO_2) μειώνεται σημαντικά με αύξηση του υψομέτρου. Αυτό έχει άμεση επίδραση στην διαδικασία της αναπνοής καθώς ελαττώνεται η ικανότητα απορρόφησης οξυγόνου από τους πνεύμονες – **ΥΠΟΒΑΡΙΚΗ ΥΠΟΞΙΑ**

-Στην υψηλότερη κορυφή του βουνού Έβερεστ, η PO_2 πέφτει στο 1/3 της πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας. Υψόμετρα πάνω από 5000 μέτρα μπορεί να αποδειχθούν πολύ γρήγορα θανατηφόρα

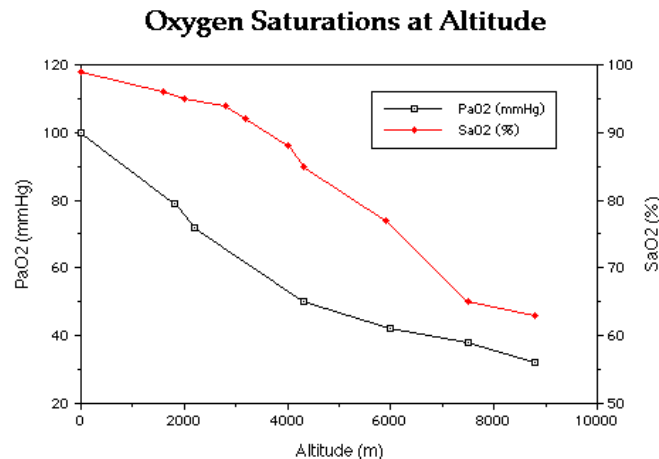
Τα υψόμετρα χωρίζονται ως εξή

Μέσο (1500-2500m)

Μεγάλο (2500-4500m)

Πολύ μεγάλο (4500-5500m)

Ακραίο (5500m)



Πηγή:

<http://www.high-altitude-medicine.com/sao2-table.html>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:

-Η ασθένεια ξεκινά από τα περίπου 2500m (η πίεση στα 2500m είναι περίπου ίδια με την πίεση εντός ενός αεροπλάνου κατά την πτήση)

-Τα συμπτώματα της ασθένειας είναι πονοκέφαλος, ναυτία, ζαλάδα και σε πιο σοβαρές καταστάσεις όπως πνευμονικό οίδημα (κακός αερισμός, οι πνεύμονες γεμίζουν με υγρό), εγκεφαλικό οίδημα και θάνατος

Altitude (m)	PaO₂ (mmHg)	SaO₂ (%)
0	96	96
1,200	74	95
1,600	69	94
2,810	60	91
3,050	58	90
3,660	48	85
4,050	42	81

Πηγή:

<http://www.usariem.army.mil/assets/docs/partnering/TB-Med-505-Sept-2010.pdf>

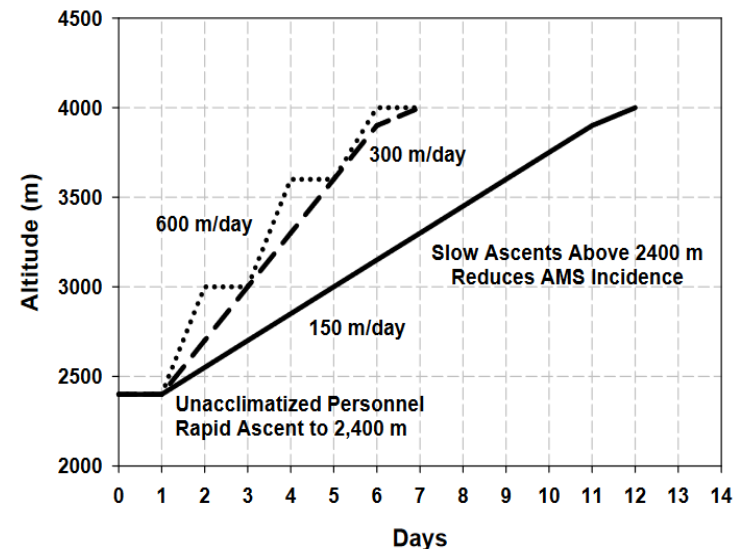
ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:

-Η σταδιακή παραμονή του ανθρώπου σε υψηλότερα υψόμετρα ενεργοποιεί διαδικασίες στο σώμα μας που επιτρέπουν την σταδιακή προσαρμογή του στις συνθήκες χαμηλότερης πίεσης PO_2 (εγκλιματισμός-acclimatization). Ο εγκλιματισμός μπορεί να διαρκέσει αρκετές ημέρες

- Ο εγκλιματισμός περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:
- Αύξηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων που οδηγεί σε αύξηση της αιμοσφαιρίνης ακόμα και έως και 50%.
- Αύξηση αερισμού έως και 5 φορές
- Αύξηση αιμάτωσης των ιστών, αύξηση καρδιακής παροχής



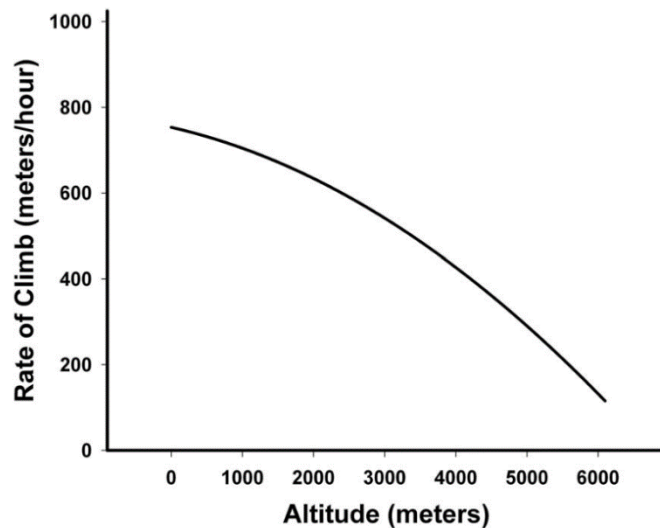
Πηγή:

<http://www.usariem.army.mil/assets/docs/partnering/TB-Med-505-Sept-2010.pdf>

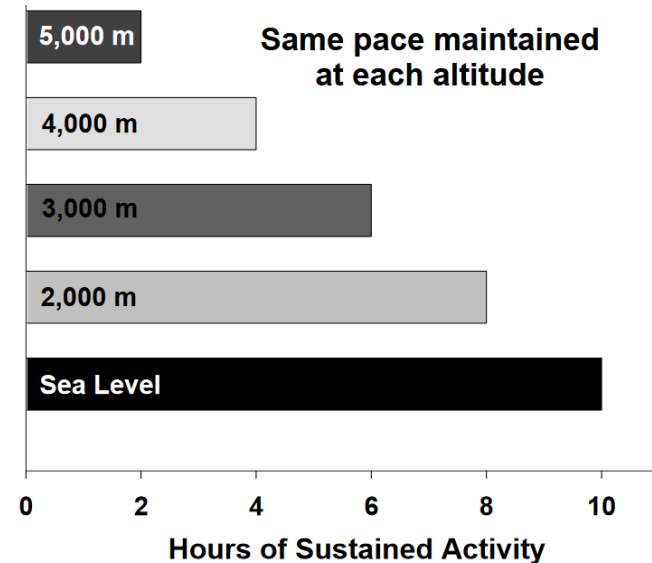
ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:



Εκπαιδευτική προβολή: Ασθένεια υψομέτρου
<https://www.youtube.com/watch?v=V2RHmufuOIY>



Πηγή:

<http://www.usariem.army.mil/assets/docs/partnering/TB-Med-505-Sept-2010.pdf>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:

Summary of treatments for some common altitude-related problems

Summary	Diagnosis	Treatment
Headache only	High altitude headache	Ibuprofen, acetaminophen, aspirin
Headache and insomnia, fatigue, dizziness, anorexia, or nausea	Acute mountain sickness	Descent; stop, rest and acclimatize; acetazolamide (250 mg b.i.d.); prochlorperazine (10 mg three times daily (t.i.d.)) for nausea.
Gait ataxia, altered mental status, severe lassitude	High altitude cerebral edema	Immediate descent, supplementary oxygen (4–6 L/min), hyperbaric bag treatment, dexamethasone (8 mg initially, then 4 mg every 6 hrs).
Decreased exercise performance, dry cough, dyspnea at rest, wheezing, tachypnea, tachycardia, blood-tinged sputum	High altitude pulmonary edema	Immediate descent; supplementary oxygen (2–4 L/min); hyperbaric bag treatment, nifedipine (10 mg initially, then 30 mg extended release every 12 to 24 hrs).
Persistent dry cough	High altitude pharyngitis/bronchitis	Mild cough suppressant, throat lozenges, steam inhalation, breathable silk balaclava.
Body weight gain, swelling of face and extremities	Altitude-induced peripheral edema	Acetazolamide, 250 mg t.i.d. for 1 day; salt restriction.
Body weight loss, difficulty sleeping, impaired judgment	Chronic fatigue (energy depletion)	Proper diet, rest, and rehydration. Eat several small meals per day.
Tired and weak, dry throat, dark urine, rapid heartbeat, headache, dizziness	Dehydration	Rest and rehydration. Severe cases require intravenous rehydration. Oral electrolyte solution helpful.
Abdominal pain, weakness and nausea, frequent diarrhea, loss of appetite	Parasitical/bacterial illness (that is, traveler's diarrhea)	Norfloxacin 400 mg b.i.d. for 3 days (bacterial); metronidazole 500 mg t.i.d. for 7 days (viral).
Insomnia	Altitude-related sleep problems	Acetazolamide, 250 mg t.i.d.
Poor vision, dark spots	High altitude retinal hemorrhage or snow blindness	Descent.
Pain, swelling in limb, chest pain, dyspnea, hypoxemia, neurological deficiency	Thromboembolic event	Low-dose subcutaneous heparin (5,000 units every 8–12 hrs).

Πηγή:

<http://www.usariem.army.mil/assets/docs/partnering/TB-Med-505-Sept-2010.pdf>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:

Υπερβαρικοί θάλαμοι οξυγόνου (οξυγονοθεραπεία): Στους θαλάμους αυτούς αυξάνεται σημαντικά η πίεση του οξυγόνου με αποτέλεσμα να είναι αποδοτικότερη η διαδικασία πρόσληψης του οξυγόνου από τους πνεύμονες



Εκπαιδευτική προβολή: Υπερβαρική θεραπεία
<https://www.youtube.com/watch?v=2p5vz4YMdjs>
<https://www.youtube.com/watch?v=2VvLkjk96qU>

Ασθένειες:

Νόσος υψομέτρου
Νόσος δυτών
Αναιμία
Εγκαύματα
Αποσυμπίεση
Γάγγραινα
Δηλητηρίαση από ιοντίζουσες ακτινοβολίες
Προβλήματα απώλειας όρασης και ακοής
Αλλεργίες
AIDS
Alzheimer
.....

Πηγή:

<https://emedicine.medscape.com/article/1464149-overview>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:

-η μερική πίεση του οξυγόνου $p_A O_2$ στον αέρα δίνεται από την εξίσωση

$$p_A O_2 \approx F_I O_2 (P_{ATM} - p_{H_2O}) - \frac{p_A CO_2}{RER}$$

Όπου

$F_I O_2$ Το ποσοστό του οξυγόνου στον αέρα – 0.21 (20.9%)

P_{ATM} Η ατμοσφαιρική πίεση 760mmHg (101kPa)

p_{H_2O} Η μερική πίεση του νερού 47mmHg (6.25kPa)

$p_A CO_2$ Η μερική πίεση του CO₂ 40mmHg (5.33kPa)

RER Η αναλογία μεταξύ CO₂ και O₂ 0.8

Πηγή:

<https://academic.oup.com/bjaed/article/13/1/17/281180>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:

Στο επίπεδο της θάλασσας (0m)

$$p_A O_2 = 0.21(101kPa - 6.3kPa) - \frac{5.3kPa}{0.8kPa} = 13.3kPa$$

Σε ακραίο ύψος (8400m)

$$p_A O_2 = 0.21(36.3kPa - 6.3kPa) - \frac{1.8kPa}{0.74kPa} = 3.9kPa$$

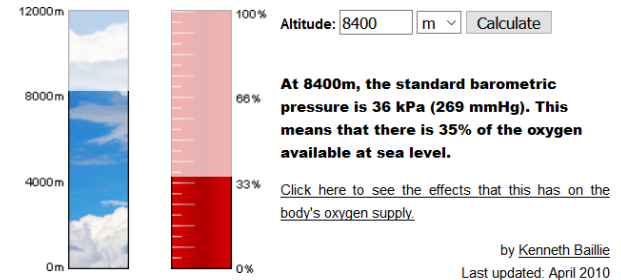
-ποσοστό οξυγόνου στο αίμα:

Στο επίπεδο της θάλασσας (0m)

$$O_2 \% = 17.3ml O_2 / 100ml blood$$

Σε ακραίο ύψος (8400m)

$$O_2 \% = 14ml O_2 / 100ml blood$$



Πηγή:

<https://academic.oup.com/bjaed/article/13/1/17/281180>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψομέτρου:

Πίεση και υψόμετρο

$$P(h) = P_{sea} \cdot \exp\left(-\frac{m \cdot g}{R \cdot T} \cdot h\right)$$

Όπου $P(h)$ η πίεση σε υψόμετρο h , m η μοριακή μάζα, g η επιτάχυνση της βαρύτητας, R η σταθερά αερίου, T η θερμοκρασία σε Kelvin

-Για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{sea}=101kPa$, μοριακή μάζα αέρα $m=0.028$ kg/mol, $g=9.81m/sec^2$, σταθερά $R=8.3143$ (N*m)/(mol*K), θερμοκρασία 15 °C=15+273.15 Kelvin= 288.15K, και ύψος 2500m, η πίεση του αέρα $P(2500m)$ θα είναι:

$$P(2500m) = 101kp \cdot \exp\left(-\frac{0.028kg / mol \cdot 9.81m / sec^2}{8.3143 (N * m) / (mol * K) \cdot 288.5} \cdot 2500m\right) = 75.088kPa$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Νόσος του υψόμετρου:

Πίεση και υψόμετρο

$$P(h) = P_{sea} \cdot \exp\left(-\frac{m \cdot g}{R \cdot T} \cdot h\right)$$

Όπου $P(h)$ η πίεση σε υψόμετρο h , m η μοριακή μάζα, g η επιτάχυνση της βαρύτητας, R η σταθερά αερίου, T η θερμοκρασία σε Kelvin

Πίεση και κορεσμός οξυγόνου

$$a1 = \left(P_{air}^3 + 150 \cdot P_{air}\right)^{-1}$$

$$a2 = a1 \cdot 23400$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1}$$

$$SaO_2 = a3 \cdot 100$$

Πηγή:

Severinghaus JW. Simple, accurate equations for human blood O_2 dissociation computations. J Appl Physiol 1979; 46: 599–602

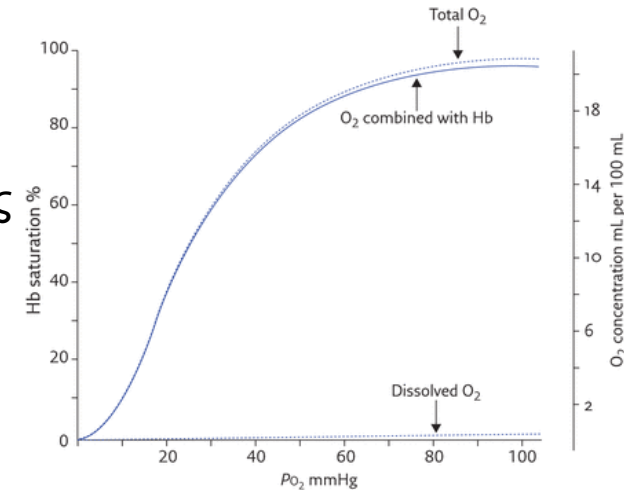
ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια

Υπάρχουν διάφορες ασθένειες που εμποδίζουν την ομαλή οξυγόνωση του αίματος προκαλώντας συνθήκες αναπνευστικής ανεπάρκειας

Η οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια εμφανίζεται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η μερική πίεση του O_2 στο αίμα είναι μικρότερη από 8kPa (60mmHg) ή/και η μερική πίεση του CO_2 μεγαλύτερη από 6kPa (45mmHg) με αποτέλεσμα να μην γίνεται σωστά η ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες. Το όριο των 8kPa προκύπτει από την καμπύλη κορεσμού των ερυθρών αιμοσφαιρίων



Πηγή:

<http://breathe.ersjournals.com/content/11/3/194>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

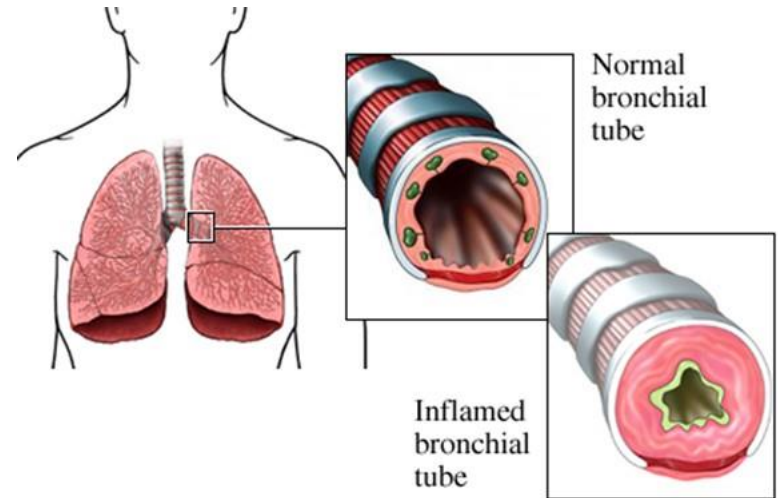
Πνεύμονες - Αναπνοή

Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)

Η ΧΑΠ είναι μια ασθένεια που έχει να κάνει με προοδευτική χειροτέρευση του αερισμού των πνευμόνων.

Η ΧΑΠ συνήθως παρουσιάζει συμπτώματα του εμφυσηματος (δυσλειτουργία των κυψελίδων) και χρόνιας βρογχίτιδας (φλεγμονώδη αντίδραση των αεραγωγών και παραγωγή βλέννας που μειώνει την ικανότητά εισόδου και εξόδου του αέρα στους πνεύμονες, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποδοτικότητα απορρόφησης οξυγόνου)

Μέχρι το 2020 η ΧΑΠ θα αποτελεί την 3^η αιτία θανάτου παγκοσμίως με εξαιρετικά μεγάλο κόστος αντιμετώπισης στα 10αδες δισεκατομμύρια ευρώ ανά έτος



Πηγή:

<https://www.healthnavigator.org.nz/health-topics/chronic-obstructive-lung-disease/>

Εκπαιδευτική προβολή: ΧΑΠ

<https://www.youtube.com/watch?v=ks8NqXN6fwQ>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

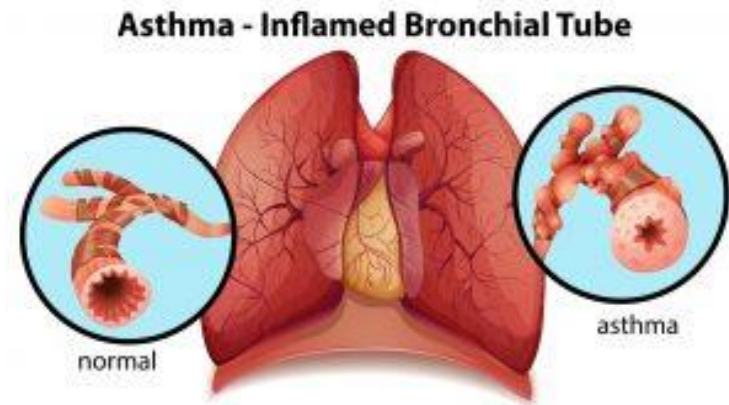
Πνεύμονες - Αναπνοή

Άσθμα

Μια άλλη ασθένεια αναπνευστικής ανεπάρκειας αποτελεί το άσθμα.

Το άσθμα είναι μια ασθένεια που μεταξύ άλλων προκαλεί των αεραγωγών των πνευμόνων, φλεγμονώδη αντίδραση και βρογχοσπασμούς.

Τουλάχιστον 30 000 000 άνθρωποι <45 χρονών υποφέρουν από το άσθμα στην Ευρώπη



Πηγή:

<https://coloradoallergy.com/asthma-101/>

Εκπαιδευτική προβολή: Άσθμα

<https://www.youtube.com/watch?v=S04dci7NTPk>

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πνεύμονες - Αναπνοή

Αντιμετώπιση ασθενών με αναπνευστική ανεπάρκεια

Η αντιμετώπιση των ασθενειών αναπνευστικής ανεπάρκειας περιλαμβάνει και την χορήγηση οξυγόνου στον ασθενή σε μόνιμη βάση

- Τα φυσιολογικά επίπεδα κορεσμού οξυγόνου στο αίμα είναι $\approx 95-98\%$ για τον γενικό πληθυσμό
- Για τους ασθενείς με ΧΑΠ οι τιμές $\approx 88-92\%$ θεωρούνται φυσιολογικές
- Για τους ασθενείς με ΧΑΠ οι τιμές $\approx 85-94\%$ μπορεί να θεωρηθούν υποξικές και απαιτούν την έναρξη χορήγησης θεραπείας με οξυγόνο
- Τιμές κάτω από $\approx 85\%$ θεωρούνται πολύ επικίνδυνες καθώς δείχνουν σοβαρή υποξία και πρέπει να αντιμετωπίζονται άμεσα με χορήγηση οξυγόνου

Εκπαιδευτική προβολή: Χορήγηση οξυγόνου
<https://www.youtube.com/watch?v=u7Auje2xIEE>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικές έννοιες

2. Πνεύμονες - Αναπνοή

3. Πίεση και αναπνοή - Ασκήσεις

4. Καρδιαγγειακό σύστημα

5. Καρδιαγγειακό σύστημα - Ασκήσεις

6. Πιέσεις στο αυτί

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 1

-Να βρεθεί η πίεση του αέρα P και ο κορεσμός σε οξυγόνο SaO_2 για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{sea\ air}=101kPa$, μοριακή μάζα αέρα $m=0.028\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{ m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)}$, θερμοκρασία $15\text{ }^\circ\text{C}=15+273.15\text{ Kelvin}=288.15\text{K}$, και υψόμετρο 0 m

$$P_{air}(0m) = 101kPa \cdot \exp\left(-\frac{0.028\text{kg} / \text{mol} \cdot 9.81\text{m} / \text{sec}^2}{8.3143\text{ (N*m)} / (\text{mol} * \text{K}) \cdot 288.15} \cdot 0m\right) = 101kPa$$

$$P_{O_2}(0m) = P_{air}(0m) \cdot 0.21 = 21.21kPa$$

$$a1 = (101^3 + 150 \cdot 101)^{-1} = 9.56 \cdot 10^{-7}$$

$$SaO_2\% = a3 \cdot 100 = 97.81\% \quad a2 = a1 \cdot 23400 = 0.02238$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1} = 0.9781$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 2

- Να βρεθεί η πίεση του αέρα P και ο κορεσμός σε οξυγόνο SaO_2 για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{sea\ air}=101kPa$, μοριακή μάζα αέρα $m=0.028\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{ m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)}$, θερμοκρασία $15\text{ }^\circ\text{C}=15+273.15\text{ Kelvin}=288.15\text{K}$, και υψόμετρο 2000 m

$$P_{air}(2000m) = 101kPa \cdot \exp\left(-\frac{0.028\text{kg} / \text{mol} \cdot 9.81\text{m} / \text{sec}^2}{8.3143\text{ (N*m)} / (\text{mol} * \text{K}) \cdot 288.15} \cdot 2000m\right) = 79.67kPa$$

$$P_{O_2}(2000m) = P_{air}(2000m) \cdot 0.21 = 16.73kPa$$

$$a1 = (79.67^3 + 150 \cdot 79.67)^{-1} = 1.931 \cdot 10^{-6}$$

$$SaO_2\% = a3 \cdot 100 = 95.67\%$$

$$a2 = a1 \cdot 23400 = 0.0451$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1} = 0.95675$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 3

- Να βρεθεί η πίεση του αέρα P και ο κορεσμός σε οξυγόνο SaO_2 για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{sea\ air}=101kPa$, μοριακή μάζα αέρα $m=0.028\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{ m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)}$, θερμοκρασία $15\text{ }^\circ\text{C}=15+273.15\text{ Kelvin}=288.15\text{K}$, και υψόμετρο 2500 m

$$P_{air}(2500m) = 101kPa \cdot \exp\left(-\frac{0.028\text{kg} / \text{mol} \cdot 9.81\text{m} / \text{sec}^2}{8.3143\text{ (N * m) / (mol * K)} \cdot 288.15} \cdot 2500m\right) = 75.088kPa$$

$$P_{O_2}(2500m) = P_{air}(2500m) \cdot 0.21 = 15.76kPa$$

$$a1 = (75.088^3 + 150 \cdot 75.088)^{-1} = 1.931 \cdot 10^{-6}$$

$$SaO_2\% = a3 \cdot 100 = 94.89\%$$

$$a2 = a1 \cdot 23400 = 0.0538$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1} = 0.9489$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 4

- Να βρεθεί η πίεση του αέρα P και ο κορεσμός σε οξυγόνο SaO_2 για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{sea\ air}=101kPa$, μοριακή μάζα αέρα $m=0.028\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{ m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)}$, θερμοκρασία $15\text{ }^\circ\text{C}=15+273.15\text{ Kelvin}=288.15\text{K}$ και υψόμετρο 5000 m

$$P_{air}(5000m) = 101kPa \cdot \exp\left(-\frac{0.028\text{kg/mol} \cdot 9.81\text{m/sec}^2}{8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)} \cdot 288.15} \cdot 5000m\right) = 55.824kPa$$

$$P_{O_2}(5000m) = P_{air}(5000m) \cdot 0.21 = 11.72kPa$$

$$a1 = \left(55.824^3 + 150 \cdot 55.824\right)^{-1} = 5.484 \cdot 10^{-6}$$

$$SaO_2\% = a3 \cdot 100 = 88.63\%$$

$$a2 = a1 \cdot 23400 = 0.1283$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1} = 0.8862$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 5

- Να βρεθεί η πίεση του αέρα P και ο κορεσμός σε οξυγόνο SaO_2 για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{sea\ air}=101kPa$, μοριακή μάζα αέρα $m=0.028\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{ m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)}$, θερμοκρασία $15\text{ }^\circ\text{C}=15+273.15\text{ Kelvin}=288.15\text{ K}$ και υψόμετρο 8,400 m

$$P_{air}(8400m) = 101kPa \cdot \exp\left(-\frac{0.028\text{ kg/mol} \cdot 9.81\text{ m/sec}^2}{8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)} \cdot 288.15} \cdot 8400m\right) = 37.301kPa$$

$$P_{O_2}(8400m) = P_{air}(8400m) \cdot 0.21 = 7.8kPa$$

$$a1 = (37.3^3 + 150 \cdot 37.3)^{-1} = 1.739 \cdot 10^{-5}$$

$$SaO_2\% = a3 \cdot 100 = 71.07\%$$

$$a2 = a1 \cdot 23400 = 0.4069$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1} = 0.7107$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 6

-Για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{\text{sea air}}=101\text{kPa}$, μοριακή μάζα αέρα $m=0.028$ kg/mol, $g=9.81\text{m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143$ (N*m)/(mol*K), θερμοκρασία 10°C , και υψόμετρο ίσο με την ψηλότερη κορυφή του Ολύμπου, βρείτε την πίεση του αέρα, την μερική πίεση του οξυγόνου και τον κορεσμό του οξυγόνου στο αίμα

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 7

-Για πίεση στο επίπεδο της θάλασσας $P_{sea} O_2=21.21\text{kPa}$, μοριακή μάζα οξυγόνου $m=0.016\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)}$, θερμοκρασία 15°C , και υψόμετρο ίσο με 1000 m, βρείτε την πίεση του αέρα, την μερική πίεση του οξυγόνου και τον κορεσμό του οξυγόνου στο αίμα.

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 8

-Για μερική πίεση οξυγόνου $P_{O_2}=10.5kPa$, να υπολογιστεί η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του αίματος. Ενδείκνυται η χορήγηση οξυγόνου;

$$P_{O_2} = P_{air} \cdot 0.21 \Leftrightarrow P_{air} = \frac{P_{O_2}}{0.21} = \frac{10.5kPa}{0.21} = 50kPa$$

$$a1 = \left(P_{air}^3 + 150 \cdot P_{air} \right)^{-1}$$

$$a2 = a1 \times 23400$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1}$$

$$SaO_2 = a3 \cdot 100$$

$$a1 = \left(50^3 + 150 \cdot 50 \right)^{-1} = 7.5471 \cdot 10^{-6}$$

$$SaO_2 \% = a3 \cdot 100 = 84.99\%$$

$$a2 = a1 \cdot 23400 = 0.1766$$

$$a3 = (a2 + 1)^{-1} = 0.8499$$

-Ενδείκνυται η χορήγηση οξυγόνου καθώς $SaO_2 < 85\%$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 9

-Για μερική πίεση οξυγόνου $P_{O_2}=13\text{kPa}$, να υπολογιστεί η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του αίματος. Ενδείκνυται η χορήγηση οξυγόνου;

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 10α

Αν υποθέσουμε ότι το όριο πέρα από το οποίο εμφανίζεται η νόσος του υψόμετρου είναι όταν η μερική πίεση του οξυγόνου είναι 18.61 kPa, να βρεθεί το υψόμετρο h που ρίχνει την πίεση του οξυγόνου στα 18.61 kPa, δεδομένου $P_{sea\ air}=101\text{kPa}$, μοριακή μάζα οξυγόνου $m=0.016\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N}\cdot\text{m)/(mol}\cdot\text{K)}$, θερμοκρασία $15\text{ }^\circ\text{C}=15+273.15\text{ Kelvin}=288.15\text{K}$

$$P(h) = P_{sea} \cdot \exp\left(-\frac{m \cdot g \cdot h}{R \cdot T}\right) \Leftrightarrow \frac{P(h)}{P_{sea}} = \exp\left(-\frac{m \cdot g \cdot h}{R \cdot T}\right) \Leftrightarrow \frac{P(h)}{P_{sea}} = \frac{1}{\exp\left(\frac{m \cdot g \cdot h}{R \cdot T}\right)} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \ln\left(\frac{P(h)}{P_{sea}}\right) = \ln\left(\frac{1}{\exp\left(\frac{m \cdot g \cdot h}{R \cdot T}\right)}\right) \Leftrightarrow \ln(P(h)) - \ln(P_{sea}) = \ln(1) - \ln\left(\exp\left(\frac{m \cdot g \cdot h}{R \cdot T}\right)\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \ln(P(h)) - \ln(P_{sea}) = 0 - \frac{m \cdot g}{R \cdot T} \cdot h \Leftrightarrow \frac{m \cdot g}{R \cdot T} \cdot h = \ln(P_{sea}) - \ln(P(h)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow h = \frac{(\ln(P_{sea}) - \ln(P(h))) \cdot R \cdot T}{m \cdot g}$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 10β

$$P(0m)_{air} = 101kPa$$

$$P(0m)_{O_2} = P(0m)_{air} \cdot 0.21 = 21.21kPa$$

$$h = \frac{\left(\ln(P(0m)_{O_2}) - \ln(P(h)) \right) \cdot R \cdot T}{m \cdot g} =$$

$$= \frac{\left(\ln(21.21kPa) - \ln(18.81kPa) \right) \cdot 8.3143 (N \cdot m) / (mol \cdot K) \cdot 288.15K}{0.016kg / mol \cdot 9.81m / sec^2} = 2000m$$

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΝΟΗ

Πίεση και αναπνοή : Αριθμητικό παράδειγμα 11

Αν υποθέσουμε ότι το όριο πέρα από το οποίο έχουμε οξεία υποξία είναι όταν η μερική πίεση του οξυγόνου είναι 10.0 kPa, να βρεθεί το υψόμετρο που ρίχνει την πίεση του οξυγόνου στα 10.0 kPa, δεδομένου $P_{(0m)αέρα}=101\text{kPa}$, μοριακή μάζα οξυγόνου $m=0.016\text{ kg/mol}$, $g=9.81\text{m/sec}^2$, σταθερά $R=8.3143\text{ (N*m)/(mol*K)}$, θερμοκρασία 20 °C

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικές έννοιες

2. Πνεύμονες - Αναπνοή

3. Πίεση και αναπνοή - Ασκήσεις

4. Καρδιαγγειακό σύστημα

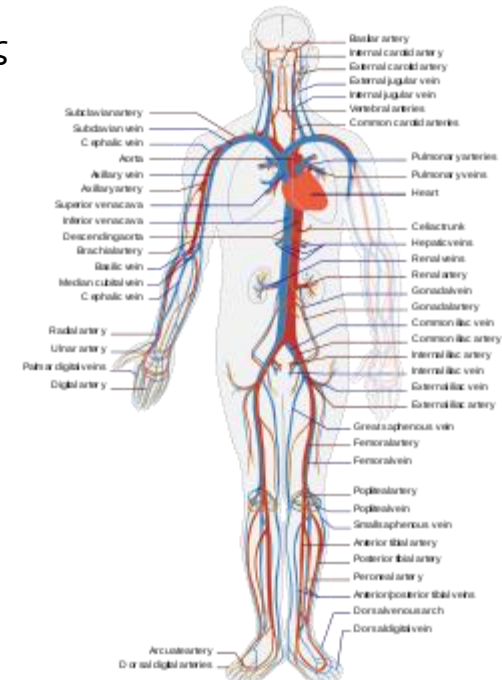
5. Καρδιαγγειακό σύστημα - Ασκήσεις

6. Πιέσεις στο αυτί

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Λειτουργία καρδιαγγειακού συστήματος:** Το καρδιαγγειακό σύστημα είναι υπεύθυνο για μεταφορά ουσιών σε ολόκληρο το σώμα, όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, θρεπτικών συστατικών, παραγώγων του μεταβολισμού κλπ
- Οι κύριες δομές του καρδιαγγειακού συστήματος είναι η καρδιά, τα αγγεία (αρτηρίες, φλέβες, τριχοειδή) και το αίμα. Η μεταφορά των ουσιών γίνεται μέσω του αίματος, τα αγγεία αποτελούν τους 'δρόμους' μέσω των οποίων κινείται το αίμα ενώ η καρδιά προσδίδει κινητική ενέργεια στο αίμα ώστε να μπορεί να φθάσει ακόμα και τους πιο απομακρυσμένους ιστούς στο σώμα.
- Το αίμα μεταφέρει πολύ σημαντικές ουσίες για την λειτουργία του σώματος, όπως
 - το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα,
 - τα θρεπτικά συστατικά που παρέχει το πεπτικό σύστημα,
 - τα τοξικά, άχρηστα συστατικά του μεταβολισμού τα οποία απελευθερώνει στο απεκκριτικό σύστημα για αποβολή από το σώμα,
 - τις ορμόνες,
 - τα κύτταρα που συνεισφέρουν στην άμυνα του οργανισμού,
 - μεταφορά του νερού και άλλων υγρών,
 - μεταφορά και διατήρηση της θερμότητας
- κ.α.



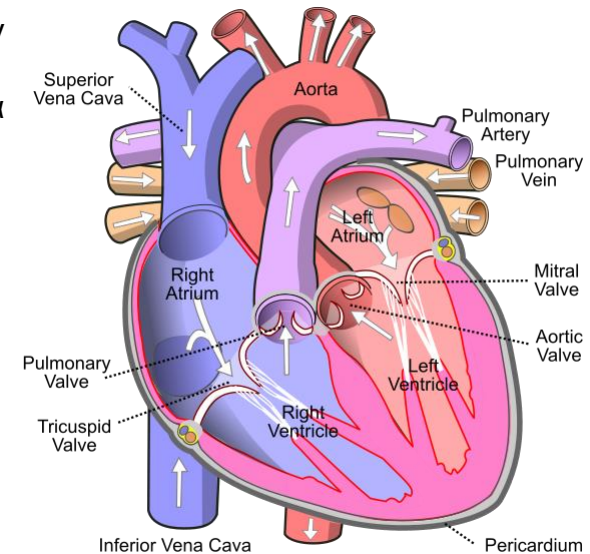
Εκπαιδευτική προβολή:

<https://www.youtube.com/watch?v=A2YoGyNhAns>

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

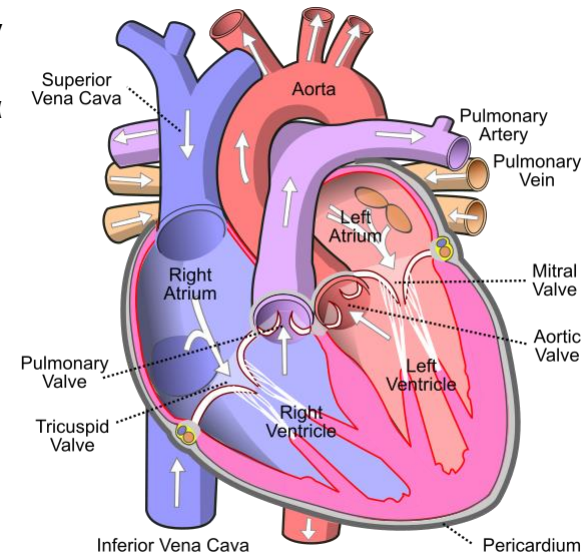
- **Καρδιά:** Η καρδιά αποτελείται από 4 θαλάμους, τους δύο κόλπους και τις δύο κοιλίες. Η καρδιά προωθεί το οξυγονωμένο αίμα σε ολόκληρο το σώμα και το μη οξυγονωμένο αίμα στους πνεύμονες.
- Η διαδρομή του αίματος στην καρδιά περιλαμβάνει
 - α/ την επιστροφή του μη οξυγονωμένου αίματος στον δεξιό κόλπο
 - β/ την προώθηση του αίματος από τον δεξιό κόλπο στην δεξιά κοιλία
 - γ/ την άντληση του αίματος από την δεξιά κοιλία προς τους πνεύμονες και τις κυψελίδες
 - δ/ την επιστροφή του οξυγονωμένου αίματος στον αριστερό κόλπο
 - ε/ την προώθηση του οξυγονωμένου αίματος από τον αριστερό κόλπο στην αριστερή κοιλία
 - στ/ την άντληση του αίματος από την αριστερή κοιλία σε ολόκληρο το σώμα
- Ο δεξιός κόλπος επικοινωνεί με την δεξιά κοιλία μέσω της τριγλώχινα βαλβίδας και ο αριστερός κόλπος επικοινωνεί με την αριστερή κοιλία μέσω της μιτροειδούς βαλβίδας. Οι βαλβίδες αυτές εξασφαλίζουν την σωστή κίνηση του αίματος από τους κόλπους στις κοιλίες και την αποφυγή αντίθετης ροής αίματος



ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

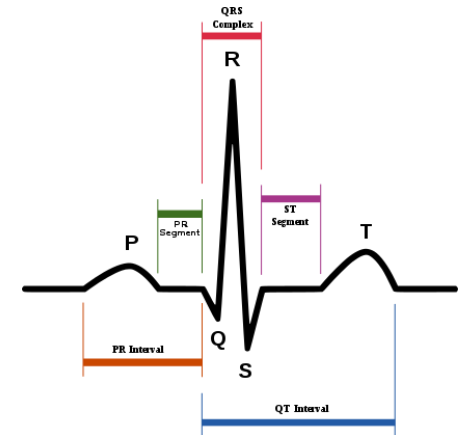
- **Καρδιά:** Η καρδιά αποτελείται από 4 θαλάμους, τους δύο κόλπους και τις δύο κοιλίες. Η καρδιά προωθεί το οξυγονωμένο αίμα σε ολόκληρο το σώμα και το μη οξυγονωμένο αίμα στους πνεύμονες.
- Η διαδρομή του αίματος στην καρδιά περιλαμβάνει
 - α/ την επιστροφή του μη οξυγονωμένου αίματος στον δεξιό κόλπο
 - β/ την προώθηση του αίματος από τον δεξιό κόλπο στην δεξιά κοιλία
 - γ/ την άντληση του αίματος από την δεξιά κοιλία προς τους πνεύμονες και τις κυψελίδες
 - δ/ την επιστροφή του οξυγονωμένου αίματος στον αριστερό κόλπο
 - ε/ την προώθηση του οξυγονωμένου αίματος από τον αριστερό κόλπο στην αριστερή κοιλία
 - στ/ την άντληση του αίματος από την αριστερή κοιλία σε ολόκληρο το σώμα
- Το 'δυνατότερο' τμήμα της καρδιάς είναι η αριστερή κοιλία η οποία αντλεί το αίμα προς ολόκληρο το σώμα. Η πίεση στην αριστερή κοιλία κατά την συστολή είναι $\approx 125\text{mmHg}$ (17kPa)
- Ο δεξιός κόλπος υποδέχεται το μη οξυγονωμένο αίμα και με πίεση $\approx 5.5\text{mmHg}$ (0.8kPa) το προωθεί στην δεξιά κοιλία
- Η δεξιά κοιλία αντλεί το μη οξυγονωμένο αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία με πίεση $\approx 25\text{mmHg}$ (3.3kPa)
- Ο αριστερός κόλπος υποδέχεται το οξυγονωμένο αίμα και το προωθεί στην αριστερή κοιλία με πίεση $\approx 7.5\text{mmHg}$ (1kPa)



ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Καρδιά:** Ο καρδιακός ρυθμός αποτελεί ένα κύκλο διαδικασιών που έχει να κάνει με
 - α/ την διαστολική φάση κατά την διάρκεια της οποίας έχουμε πλήρωση των κόλπων με αίμα
 - β/ την συστολική φάση κατά την διάρκεια της οποίας έχουμε συστολή των κόλπων για την προώθηση του αίματος προς τις κοιλίες και συστολή των κοιλιών για την προώθηση του αίματος στην μεγάλη κυκλοφορία (από την αριστερή κοιλία προς όλο το σώμα) και στην μικρή κυκλοφορία (από την δεξιά κοιλία προς τους πνεύμονες)
 - Το ερέθισμα για την έναρξη του καρδιακού κύκλου το δίνει ο φλεβόκομβος ο οποίος δημιουργεί ένα ηλεκτρικό παλμό που προκαλεί την συστολή των καρδιακών μυών. Βρίσκεται στον δεξιό κόλπο κάτω από την άνω κοίλη φλέβα
- Η μελέτη του καρδιακού κύκλου γίνεται με ειδική συσκευή που ονομάζεται ηλεκτροκαρδιογράφος. Το σήμα που μετράει ο ηλεκτροκαρδιογράφος περιλαμβάνει τις εξής περιοχές:
 - P: εκκίνηση της συστολής των κόλπων, όταν αυτοί γεμίσουν με αίμα
 - Q: έναρξη της συστολής των κοιλιών
 - R: μέγιστο κοιλιακής συστολής
 - S: τελικό στάδιο κοιλιακής συστολής
 - T: επαναφορά των κοιλιών (χαλάρωση)



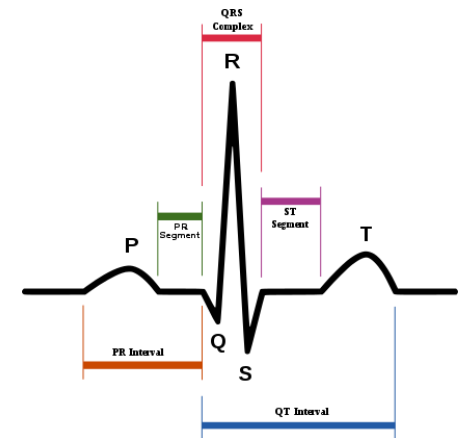
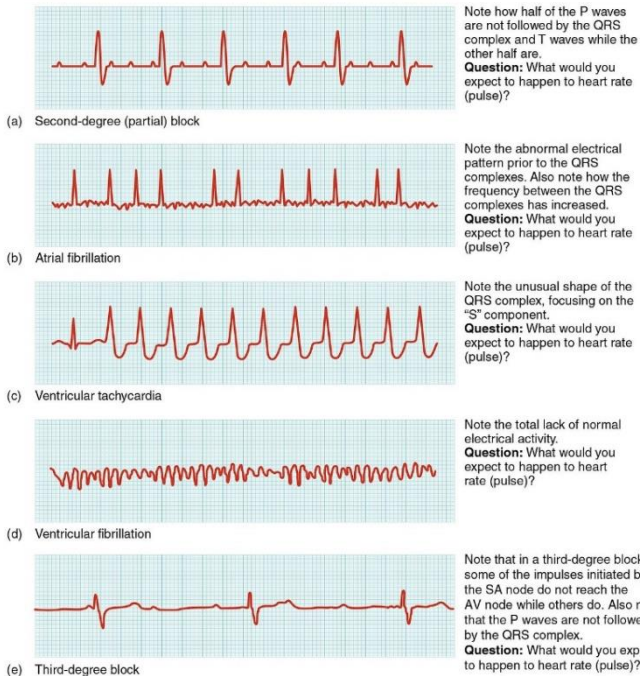
Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Circulatory_system#Heart

Εκπαιδευτική προβολή: Καρδιογράφημα
<https://www.youtube.com/watch?v=RYZ4daFwMa8>

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Καρδιά:** Ο καρδιακός κύκλος είναι χρονικά προκαθορισμός. Η μελέτη του καρδιακού κύκλου είναι ενδεικτική της κατάστασης υγείας της καρδιάς. Όταν διαταράσσεται ο καρδιακός κύκλος Προκύπτουν διάφορες παθολογικές καταστάσεις όπως οι αρρυθμίες (ταχυκαρδία, βραδυκαρδία, μαρμαρυγή) και ποιο σοβαρές καταστάσεις όπως ο ινιδισμός. Ο φυσιολογικός καρδιακός κύκλος είναι 60-100 παλμούς το λεπτό και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η ηλικία, η φυσική κατάσταση, το κάπνισμα, οι συναισθηματικές συνθήκες κ.α.

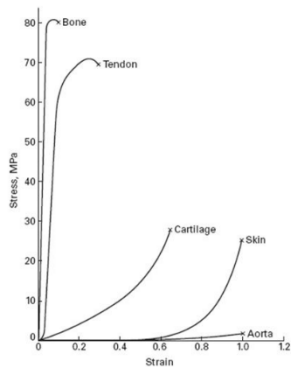


ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

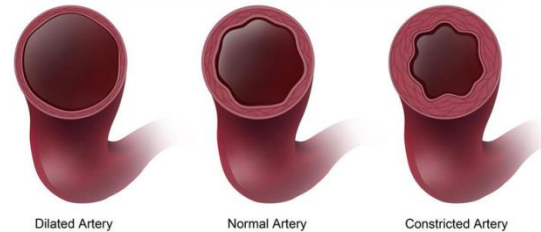
- **Αγγεία:** Χωρίζονται σε τρεις τύπους, τις αρτηρίες, τις φλέβες και τα τριχοειδή.
- Εμπεριέχουν ενδοθηλιακά κύτταρα, ελασίνη, κολλαγόνο, μυϊκά κύτταρα
- Το οξυγονωμένο αίμα αποστέλλεται από την αριστερή κοιλία της καρδιάς σε ολόκληρο το σώμα, φτάνει στα τριχοειδή στα οποία γίνεται η ανταλλαγή των αερίων και άλλων συστατικών με τους διάφορους ιστούς του σώματος, και κατόπιν από τα τριχοειδή πηγαίνει στις φλέβες που επιστραφούν το αίμα πίσω στην καρδιά στον δεξιό κόλπο ώστε να επανα-οξυγονωθεί και να επαναληφθεί ο κύκλος
- Κατά τη διάρκεια της διέλευσης του αίματος από τα αγγεία έχουμε τριβές που αντιστέκονται στην κίνηση του αίματος
- Τα αγγεία έχουν την ιδιότητα να μπορούν να μεταβάλλουν τη διάμετρο τους (αγγειοσυστολή και αγγειοδιαστολή) κάτι που προκαλεί αύξηση ή μείωση των τριβών στα τοιχώματά τους, αύξηση ή μείωση της πίεσης στα τοιχώματά τους, αύξηση ή μείωση της ροής του αίματος (ποσότητα)
- Η αύξηση ή μείωση της διαμέτρου των αγγείων γίνεται υπό την επίδραση του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος στα μυϊκά κύτταρα των αγγείων

Stress-Strain Curves of Some Biological Materials



Stress-strain response for some biological materials.

Vasoconstriction and Vasodilation



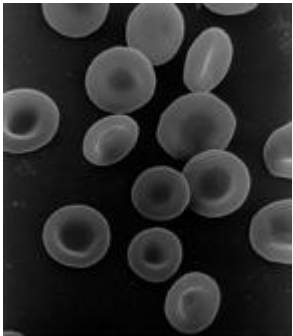
Πηγή:

https://psychonautwiki.org/wiki/File:Vasodilation_and_vasoconstriction.png
<http://slideplayer.com/slide/6364561/>

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Αίμα:** Ο μέσος άνθρωπος έχει περίπου 5 lt αίμος που αποτελεί το 6-8% το συνολικού βάρους
- Αποτελείται από το πλάσμα (το 95% είναι νερό) μέσα στο οποίο κινούνται τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια
- Τα ερυθρά αιμοσφαίρια αποτελούν περίπου το 36-48% του αίματος (αιματοκρίτης). Περιέχουν την αιμοσφαιρίνη μια ουσία υπεύθυνη για την δέσμευση και μεταφορά του οξυγόνου. Ζουν 4 μήνες, διανύουν περίπου 1500m



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Red_blood_cell

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

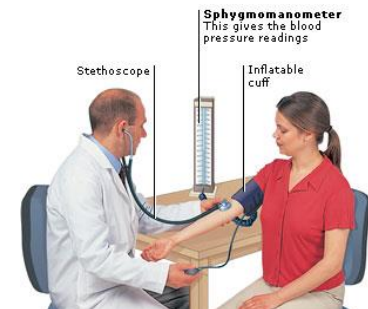
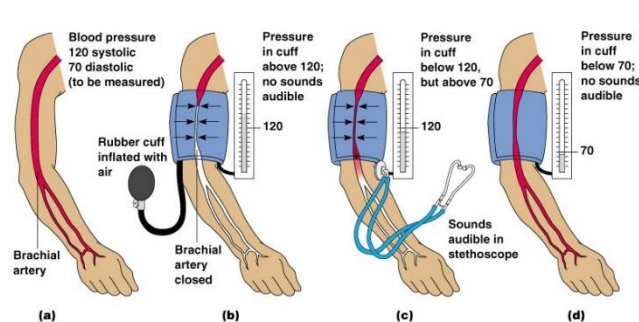
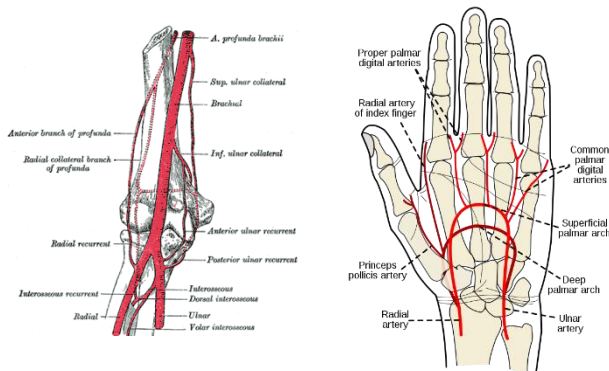
Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Παθήσεις:**
- Έμφραγμα του μυοκαρδίου (Απόφραξη στεφανιαίας αρτηρίας, η καρδιά δεν τροφοδοτείται με αίμα, οξυγόνο, υγρά, θρεπτικά συστατικά) – Τα κύτταρα της καρδιάς νεκρώνουν
- Αρτηριοσκλήρωση (Σταδιακή στένωση αρτηριών, επικίνδυνη κατάσταση καθώς μπορεί να αποτελέσει πρόωιμη κατάσταση εμφάνισης εμφράγματος του μυοκαρδίου, εγκεφαλικού επεισοδίου κλπ)
- Αρτηριακή υπέρταση (Αυξημένη πίεση στις αρτηρίες, η καρδιά αναγκάζεται να δουλεύει εντατικά, επικίνδυνη κατάσταση καθώς μπορεί να αποτελέσει πρόωιμη κατάσταση εμφάνισης εμφράγματος του μυοκαρδίου, εγκεφαλικού επεισοδίου κλπ)
- Ανευρύσματα (μεγαλώνει τμήμα του αγγείου και έτσι κινδυνεύει από πλήρη ρήξη καθώς αυξάνεται η πίεση που ασκείται στα τοιχώματά του)
- Θρόμβωση κ.α.

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Μέτρηση πίεσης:** Ο πιο διαδεδομένος τρόπος μέτρησης της πίεσης είναι ο λεγόμενος έμμεσος τρόπος με το σφυγμομανόμετρο
- Μια περιχειρίδα προσαρμόζεται γύρω από την βραχιόνια αρτηρία
- Η περιχειρίδα γεμίζει σταδιακά με αέρα εμποδίζοντας την ροή του αίματος μέχρι που την διακόπτει πλήρως
- Η πίεση στην περιχειρίδα είναι συνήθως 20-30mmHg πάνω από την πίεση διακοπής της κυκλοφορίας στην βραχιόνια αρτηρία. Μπορούμε να ανιχνεύσουμε το σημείο στο οποίο έχουμε διακοπή της ροής ψηλαφώντας την κερκιδική αρτηρία και σημειώνοντας την πίεση στην οποία διακόπτεται ο παλμός στην αρτηρία αυτή
- Την πίεση την μετράμε με κάποιο μανόμετρο ή με στήλη υδραργύρου ή στα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα με πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς
- Κατόπιν απελευθερώνουμε τον αέρα από την περιχειρίδα περίπου 2-3mmHg ανά δευτερόλεπτο
- Με στηθοσκόπιο που έχει προσαρμοστεί στην βραχιόνια αρτηρία αναμένουμε να ακούσουμε χαρακτηριστικούς ήχους (Korotkoff) που προκαλεί η δυσκολία της ροής του αίματος από την βραχιόνια αρτηρία λόγω της περιχειρίδας. Οι πρώτοι ήχοι που ακούγονται είναι ενδεικτικοί της συστολικής πίεσης, ενώ οι τελευταίοι ήχοι της διαστολικής πίεσης



ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Καρδιακή παροχή:** Η καρδιακή παροχή Cardiac Output (CO) είναι μια σημαντική παράμετρος που επιτρέπει την ποσοτικοποίησή της ποσότητας αίματος που μπορεί η καρδιά να αντλήσει στην μονάδα του χρόνου ως το γινόμενο του καρδιακού ρυθμού Heart Rate (HR) και του όγκου παλμού Stroke Volume (SV) που είναι ο όγκος αίματος που αντλείται από την αριστερή κοιλία σε κάθε καρδιακό κύκλο. Μετρείται σε l/min . Συνήθεις τιμές είναι $4-8l/min$

$$CO = SV \cdot HR$$

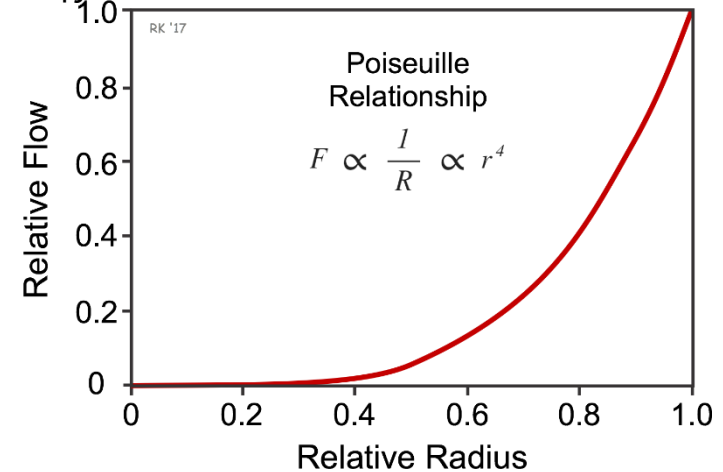
- **Ροή του αίματος:** Η ροή του αίματος Q μπορεί να υπολογιστεί ως το γινόμενο της ταχύτητας του αίματος V με την επιφάνεια A ή σαν το πηλίκο της διαφοράς πίεσης ΔP και της αντίστασης R

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = \frac{\Delta P}{R} = \frac{P_1 - P_2}{R}$$

- **Αντίσταση στη ροή:** Η αντίσταση στη ροή R προκαλείται από την τριβή του αίματος με τα αγγεία και εξαρτάται από το μήκος L , το ιξώδες του αίματος η , την ακτίνα r του αγγείου ως ακολούθως

$$R = \frac{8 \cdot L \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}$$



Πηγή: <https://www.cvphysiology.com/Hemodynamics/H003>

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα

- **Μέση αρτηριακή πίεση:** Η μέση αρτηριακή πίεση Mean Arterial Pressure (*MAP*) υπολογίζεται ως συνδυασμός της διαστολικής *DIA* και της συστολικής πίεσης *SYS* ως εξής:

$$MAP = \frac{1}{3} SYS + \frac{2}{3} DIA$$

- **Πίεση στα αγγεία λόγω βαρύτητας:** Η επιπλέον πίεση *P* που ασκείται λόγω της βαρύτητας υπολογίζεται από το γινόμενο της πυκνότητας του αίματος $\rho=1040 \text{ kg/m}^3$, της επιτάχυνσης της βαρύτητας *g* και του ύψους *h* από την καρδιά

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

- **Τάση στα τοιχώματα των αγγείων:** Η τάση στα τοιχώματα των αγγείων *T* δίνεται ως το γινόμενο της πίεσης *P* και της ακτίνας του αγγείου *r* για κυλινδρική μεμβράνη

$$T = P \cdot r$$

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικές έννοιες

2. Πνεύμονες - Αναπνοή

3. Πίεση και αναπνοή - Ασκήσεις

4. Καρδιαγγειακό σύστημα

5. Καρδιαγγειακό σύστημα - Ασκήσεις

6. Πιέσεις στο αυτί

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 1

-Να βρεθεί η πίεση στα πόδια υποθέτοντας απόσταση ποδιών - καρδιάς 1.30 m, συστολική πίεση 100mmHg και $\rho=1040 \text{ kg/m}^3$

Η επιπλέον πίεση στα πόδια υποθέτοντας απόσταση ποδιών - καρδιάς 1.30 m θα είναι:

$$P_{gravity_feet} = 1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.3\text{m} = 13263.12\text{Pa} = 13.26\text{kPa} = 99.5\text{mmHg}$$

Άρα η συνολική πίεση στα πόδια θα είναι:

$$P_{feet} = P_{heart} + P_{gravity_feet} = 100\text{mmHg} + 99.5\text{mmHg} = 199.5\text{mmHg}$$

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 2

-Να βρεθεί η πίεση στην λεκάνη υποθέτοντας απόσταση λεκάνης - καρδιάς 0.40 m, συστολική πίεση 100mmHg και $\rho=1040 \text{ kg/m}^3$

Η επιπλέον πίεση στην λεκάνη υποθέτοντας απόσταση λεκάνης - καρδιάς 0.40 m θα είναι:

$$P_{gravity_abdominal} = 1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.4\text{m} = 4080.96\text{Pa} = 4.08\text{kPa} = 30.6\text{mmHg}$$

Άρα η συνολική πίεση στην λεκάνη θα είναι:

$$P_{abdominal} = P_{heart} + P_{gravity_abdominal} = 100\text{mmHg} + 30.6\text{mmHg} = 130.6\text{mmHg}$$

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 3

-Να βρεθεί η πίεση στο κεφάλι υποθέτοντας απόσταση κεφαλιού - καρδιάς 0.50 m, συστολική πίεση 100mmHg και $\rho=1040 \text{ kg/m}^3$

Η επιπλέον πίεση στο κεφάλι υποθέτοντας απόσταση κεφαλιού - καρδιάς 0.50 m θα είναι:

$$P_{gravity_head} = 1040 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.5m = 5101.2Pa = 5.10kPa = 38.26mmHg$$

Άρα η συνολική πίεση στο κεφάλι θα είναι:

$$P_{head} = P_{heart} + P_{gravity_head} = 100mmHg - 38.26mmHg = 61.73mmHg$$

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 4

-Να βρεθεί η πίεση στο κεφάλι υποθέτοντας απόσταση κεφαλιού - καρδιάς 0.50 m συστολική πίεση 100mmHg και $\rho=1040 \text{ kg/m}^3$. Ο άνθρωπος στέκεται με το κεφάλι

Η επιπλέον πίεση στο κεφάλι υποθέτοντας απόσταση κεφαλιού - καρδιάς 0.50 m θα είναι:

$$P_{gravity_head} = 1040 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.5m = 5101.2Pa = 5.10kPa = 38.26mmHg$$

Άρα η συνολική πίεση στο κεφάλι θα είναι:

$$P_{head} = P_{heart} + P_{gravity_head} = 100mmHg + 38.26mmHg = 138.26mmHg$$

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 5

-Να βρεθεί η πίεση στο κεφάλι υποθέτοντας απόσταση κεφαλιού - καρδιάς 0.40 , συστολική πίεση 120mmHg και $\rho=1040 \text{ kg/m}^3$, όταν α/ ο άνθρωπος είναι ξαπλωμένος και β/ ο άνθρωπος κάθεεται σε καρέκλα

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 6

-Έστω ότι χρειάζεται να αυξηθεί 5 φορές η ροή του αίματος λόγω ξαφνικής εντατικής άσκησης (π.χ. γρήγορο τρέξιμο). Πόσο θα πρέπει να αυξηθεί η πίεση του ανθρώπου δεδομένου ότι η φυσιολογική πίεση του είναι 120mmHg

$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{\Delta P}{R} = \frac{P_1 - P_2}{R} \\ R &= \frac{8 \cdot L \cdot \eta}{\pi \cdot r^4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q = \frac{\Delta P}{\frac{8 \cdot L \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}} = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}$$
$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta} \\ 5 \cdot Q &= \frac{\Delta P_{new} \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{Q}{5 \cdot Q} = \frac{\frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}}{\frac{\Delta P_{new} \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}} \Leftrightarrow \frac{1}{5} = \frac{\Delta P}{\Delta P_{new}} \Leftrightarrow \Delta P_{new} = 5 \cdot \Delta P$$

Δεδομένου ότι το μήκος, το ιξώδες και η ακτίνα των αγγείων δεν αλλάζει η πίεση θα πρέπει να πενταπλασιαστεί, άρα από τα 120mmHg θα χρειαστεί να αυξηθεί στα 600mmHg κάτι που προφανώς δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα.

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 7

-Έστω ότι χρειάζεται να αυξηθεί 5 φορές η ροή του αίματος λόγω ξαφνικής εντατικής άσκησης (π.χ. γρήγορο τρέξιμο). Πόσο αλλάζει η ακτίνα του αγγείου δεδομένου ότι η φυσιολογική πίεση του ανθρώπου είναι 120mmHg

$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{\Delta P}{R} = \frac{P_1 - P_2}{R} \\ R &= \frac{8 \cdot L \cdot \eta}{\pi \cdot r^4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q = \frac{\Delta P}{\frac{8 \cdot L \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}} = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}$$

$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta} \\ 5 \cdot Q &= \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r_{new}^4}{8 \cdot L \cdot \eta} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{Q}{5 \cdot Q} = \frac{\frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}}{\frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r_{new}^4}{8 \cdot L \cdot \eta}} \Leftrightarrow \frac{1}{5} = \frac{r^4}{r_{new}^4} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow r_{new}^4 = 5 \cdot r^4 \Leftrightarrow \sqrt[4]{r_{new}^4} = \sqrt[4]{5 \cdot r^4} \Leftrightarrow r_{new} = \sqrt[4]{5} \cdot r = 1.5 \cdot r$$

Δεδομένου ότι η πίεση, το μήκος και το ιξώδες των αγγείων δεν αλλάζει, τότε η ακτίνα των αγγείων πρέπει να μεγαλώσει κατά 1.5 φορές για να μπορεί να υποδεχτεί την αυξημένη ροή του αίματος.

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 8

-Έστω ότι χρειάζεται να αυξηθεί 3 φορές η ροή του αίματος λόγω ξαφνικής εντατικής άσκησης (π.χ. γρήγορο τρέξιμο). Πόσο αλλάζει η ακτίνα σε ένα αγγείο 0.1mm;

$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{\Delta P}{R} = \frac{P_1 - P_2}{R} \\ R &= \frac{8 \cdot L \cdot \eta}{\pi \cdot r^4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q = \frac{\Delta P}{\frac{8 \cdot L \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}} = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}$$
$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta} \\ 3 \cdot Q &= \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r_{new}^4}{8 \cdot L \cdot \eta} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{Q}{3 \cdot Q} = \frac{\frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}}{\frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r_{new}^4}{8 \cdot L \cdot \eta}} \Leftrightarrow \frac{1}{3} = \frac{r^4}{r_{new}^4} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow r_{new}^4 = 3 \cdot r^4 \Leftrightarrow \sqrt[4]{r_{new}^4} = \sqrt[4]{3 \cdot r^4} \Leftrightarrow r_{new} = \sqrt[4]{3} \cdot r = 1.31 \cdot r = 1.31 \cdot 0.1mm = 0.131mm$$

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 9

-Έστω ότι χρειάζεται να αυξηθεί 3.5 φορές η ροή του αίματος λόγω ξαφνικής εντατικής άσκησης (π.χ. γρήγορο τρέξιμο). Πόσο αλλάζει η ακτίνα σε ένα αγγείο 0.15mm;

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 10

-Έστω ότι χρειάζεται να αυξηθεί 5 φορές η ροή του αίματος λόγω ξαφνικής εντατικής άσκησης (π.χ. γρήγορο τρέξιμο) και ο όγκος του αίματος που αντλείται από την καρδιά αυξάνεται 2 φορές. Πόσο θα χρειαστεί να αυξηθούν οι καρδιακοί παλμοί αν σε κατάσταση ηρεμίας ήταν 65bpm;

$$\left. \begin{array}{l} CO = SV \cdot HR \\ 5 \cdot CO = 2 \cdot SV \cdot HR_{new} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{CO}{5 \cdot CO} = \frac{SV \cdot HR}{2 \cdot SV \cdot HR_{new}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{5} = \frac{HR}{2 \cdot HR_{new}} \Leftrightarrow HR_{new} = \frac{5 \cdot HR}{2} = 2.5 \cdot HR = 2.5 \cdot 65 = 162.5bpm$$

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρδιαγγειακό σύστημα: Αριθμητικό παράδειγμα 11

-Έστω ότι χρειάζεται να αυξηθεί 3 φορές η ροή του αίματος λόγω ξαφνικής εντατικής άσκησης (π.χ. γρήγορο τρέξιμο) και ο όγκος του αίματος που αντλείται από την καρδιά αυξάνεται 1.8 φορές. Πόσο θα χρειαστεί να αυξηθούν οι καρδιακοί παλμοί αν σε κατάσταση ηρεμίας ήταν 63bpm ;

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικές έννοιες

2. Πνεύμονες - Αναπνοή

3. Πίεση και αναπνοή - Ασκήσεις

4. Καρδιαγγειακό σύστημα

5. Καρδιαγγειακό σύστημα - Ασκήσεις

6. Πιέσεις στο αυτί

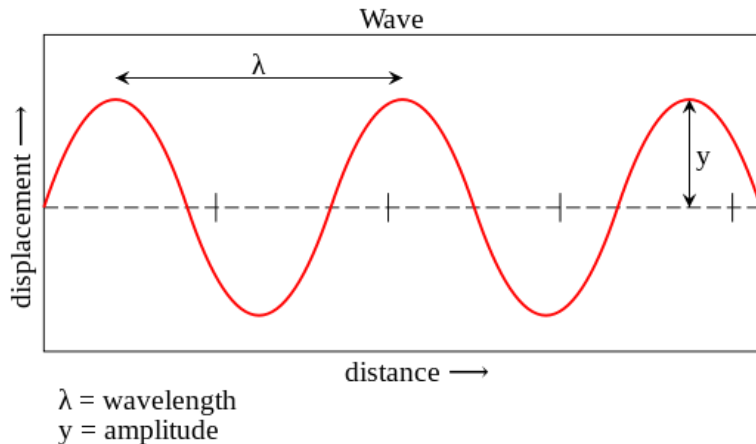
ΟΥΣ ΚΑΙ ΗΧΟΣ

Φυσική της ακοής

- **Ήχος – Βασικές αρχές:** Ο ήχος θεωρείται μια μηχανική ταλάντωση που διαδίδεται μέσω ενός υλικού (π.χ. αέρας, υγρό, στερεό)
- Ένα ηχητικό σήμα χαρακτηρίζεται από την ένταση και την συχνότητα (μήκος κύματος)
- Οι ήχοι που μπορεί να ανιληφθεί ο άνθρωπος βρίσκονται στο εύρος από περίπου 10Hz έως 20kHz
- Οι υπέρηχοι που χρησιμοποιούμε στην ιατρική απεικόνιση είναι ηχητικά κύματα με συχνότητες πάνω από τις συχνότητες της ανθρώπινης ακοής, δηλαδή πάνω από τα 20kHz.
- Η ταχύτητα μετάδοσης των ήχων (u_s) εξαρτάται τόσο από το μήκος κύματος (λ) όσο και την συχνότητα (f) σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$u_s = f\lambda$$

- Ο μέσος όρος ταχύτητας του ήχου στον αέρα προσεγγίζει τα 350m/s, ενώ στους μαλακούς ιστούς είναι περίπου 1540m/s και στα οστά αγγίζει τα 4000m/s. Οι διαγνωστικοί υπέρηχοι εκτείνονται σε συχνότητες από 1 έως 15 MHz σε μήκη κύματος από 1,5mm έως 0,1mm.



Πηγή: [https://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Physics_\(Advancing_Physics\)/What_is_a_wave%3F](https://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Physics_(Advancing_Physics)/What_is_a_wave%3F)

ΟΥΣ ΚΑΙ ΗΧΟΣ

Φυσική της ακοής

- **Ήχος – Βασικές αρχές:** Ο μέσος όρος ταχύτητας του ήχου στον αέρα προσεγγίζει τα 350m/s, ενώ στους μαλακούς ιστούς είναι περίπου 1540m/s και στα οστά αγγίζει τα 4000m/s. Οι διαγνωστικοί υπέρηχοι εκτείνονται σε συχνότητες από 1 έως 15 MHz σε μήκη κύματος από 1,5mm έως 0,1mm.
- Η ταχύτητα διάδοσης του υπερήχου εξαρτάται από το υλικό διάδοσης. Δύο σημαντικοί παράγοντες, ενδεικτικοί της σύστασης του υλικού με το οποίο αλληλεπιδρά ο υπέρηχος, είναι η ελαστικότητα (απόσταση μορίων) ϵ και η πυκνότητα (μοριακό βάρος) ρ :

$$u_s = \sqrt{\frac{\epsilon}{\rho}}$$

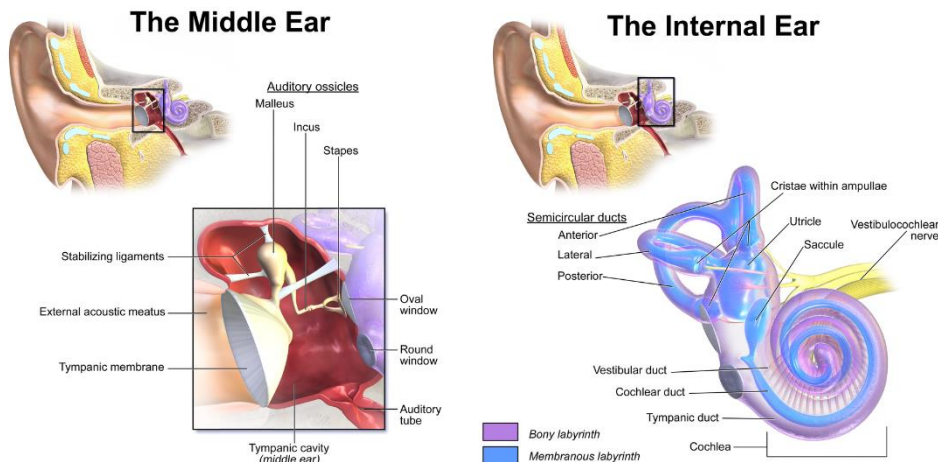
- Όσο πιο ασυμπίεστο είναι το υλικό (π.χ. οστά), τόσο ταχύτερα μεταδίδεται ο ήχος. Όσο πιο πυκνό είναι το υλικό (μεγάλο μοριακό βάρος), τόσο βραδύτερα μεταδίδεται ο ήχος. Στους βιολογικούς ιστούς προκύπτει ότι ο υπέρηχος μεταδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα στους μαλακούς ιστούς και στα οστά από ότι στις ανατομικές κοιλότητες με αέρα, όπως τους πνεύμονες.
- Η ένταση της ηχητικής δέσμης εκφράζει την ενέργεια ανά μονάδα χρόνου και επιφανείας κάθετης στον άξονα διάδοσης της ακτινοβολίας. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι τα Watt/cm², συνήθως όμως η ένταση εκφράζεται με την σχετική μονάδα του decibel (dB) ως εξής:

$$I_{\text{db}} = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad / \text{η ένταση σε Watt/cm}^2, I_0 = 10^{-16} \text{ Watt/cm}^2$$

ΟΥΣ ΚΑΙ ΗΧΟΣ

Φυσική της ακοής

- **Λειτουργία της ακοής:** Το ους (αυτί) έχει σαν βασική λειτουργία την ακοή αλλά και την ισορροπία
- Ο ήχος συλλέγεται από το αυτί, διαμορφώνεται και δημιουργεί ηλεκτρικά σήματα που προωθούνται στον εγκέφαλο για περαιτέρω επεξεργασία
- Αποτελείται από
- α/ το εξωτερικό αυτί, βασικά μέρη του οποίου είναι το πτερύγιο και ο τυμπανικός υμένας (0.1mm). Ο ήχος συλλέγεται το τύμπανο το οποίο δονείται ανάλογα με την ένταση και την συχνότητα του ηχητικού κύματος



Πηγή:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blaus_en_0330_EarAnatomy_MiddleEar.png
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blaus_en_0329_EarAnatomy_InternalEar.png

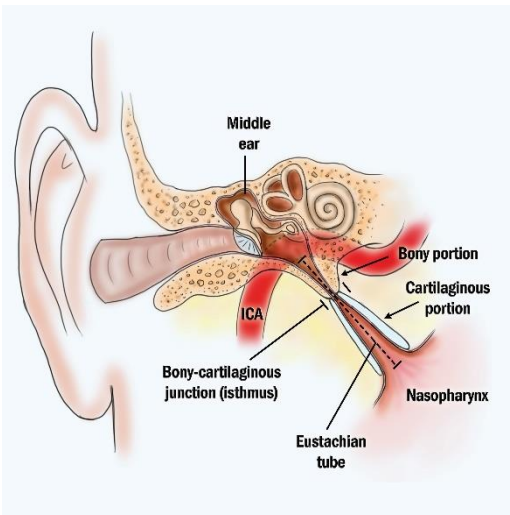
Εκπαιδευτική προβολή: Ακοή

<https://www.youtube.com/watch?v=T8lKKInnC6M>
<https://www.youtube.com/watch?v=46aNGGNPm7s>
<https://www.youtube.com/watch?v=PeTriGTENoc>

ΟΥΣ ΚΑΙ ΗΧΟΣ

Φυσική της ακοής

- **Λειτουργία της ακοής:**
- β/ το μέσο αυτί που περιλαμβάνει τρία ακουστικά μικρά οστά τα οποία συνδέονται με τον τυμπανικό υμένα και μεταφέρουν τις ταλαντώσεις στο εσωτερικό του αυτιού.
- Το μέσο αυτί συνδέεται με τον ρινοφάρυγγα μέσω της ευσταχιακής σάλπιγγας η οποία επιτρέπει την εξίσωση της πίεσης μεταξύ τους εξωτερικού και του εσωτερικού τμήματος του τυμπάνου. Όταν η εξωτερική πίεση αλλάζει (π.χ. σε υψηλό υψόμετρο, στην καμπύνα αεροσκάφους, σε αλλαγές του καιρού), η ευσταχιακή σάλπιγγα ανοίγει και ο αέρας του περιβάλλοντος εισέρχεται εξισώνοντας την πίεση.
- Πιέσεις πάνω από 17kPa (120mmHg) μπορούν να προκαλέσουν ρήξη του τυμπάνου. Τέτοιες πιέσεις αναπτύσσονται για παράδειγμα σε βάθους 1.7m από την επιφάνεια της θάλασσας



Πηγή:

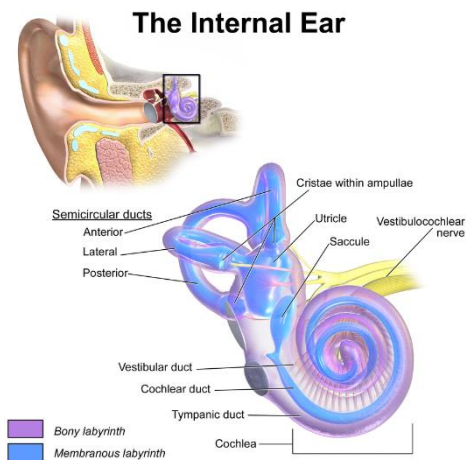
<http://www.prohealthmd.com/ent/2017/02/23/eustachian-tube-balloon-dilation-system/>

Εκπαιδευτική προβολή: Ευσταχιακή σάλπιγγα
<https://www.youtube.com/watch?v=WKHNuseJXoY>

ΟΥΣ ΚΑΙ ΗΧΟΣ

Φυσική της ακοής

- **Λειτουργία της ακοής:**
- γ/ το έσω αυτί (λαβύρινθος) που περιλαμβάνει τον κοχλία. Ο λαβύρινθος είναι γεμάτος με υγρό. Ο κοχλίας υποδέχεται τις ταλαντώσεις.
- Στον λαβύρινθο εμπεριέχονται και τα ακουστικά κύτταρα τριχίδια που αποτελούν τους μετατροπείς των ταλαντώσεων σε ηλεκτρικά σήματα που κατόπιν οδηγούνται στον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου για περαιτέρω επεξεργασία
- Ο λαβύρινθος είναι μια πολύ σημαντική δομή για την ισορροπία. Περιέχει τρία κανάλια με υγρό, η μετατόπιση του οποίου ενεργοποιεί ηλεκτρικά σήματα που στέλνονται στον εγκέφαλο ώστε να υπάρχει η αίσθηση της ισορροπίας.



Πηγή:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blaus_en_0329_EarAnatomy_InternalEar.png

ΓΛΩΣΣΑΡΙ - ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ

Πηγή: Διαδικτυακή πηγή από την οποία ανακτήθηκαν τα δεδομένα (π.χ. εικόνες, γραφήματα, πίνακες)

Εκπαιδευτική προβολή: Διαδικτυακό βίντεο που περιγράφει βασικές αρχές λειτουργίας και εφαρμογές

Ασκήσεις: Άλυτες ασκήσεις για μελέτη στο σπίτι