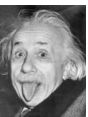


ΠΙΕΣΗ ΣΤΟ ΣΩΜΑ



- Ως πίεση (P) ορίζεται το φυσικό μέγεθος που δίνεται από το λόγο της δύναμης που ασκείται σε ένα αέριο ή υγρό ανά μονάδα επιφανείας ($P = F/A$).
- Στο σύστημα SI η μονάδα της πίεσης είναι το Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$)
- ✓ Η **πίεση** χρησιμοποιείται για τα αέρια και τα υγρά. Η πίεση γενικά στα ρευστά είναι "υδροστατική" δηλαδή η δύναμη ανά μονάδα επιφανείας είναι η ίδια προς όλες τις κατευθύνσεις.
- ✓ Στην περίπτωση των **στερεών** η δύναμη είναι συνήθως ανισοτροπική. Η ποσότητα [**δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας**] ορίζεται ως **τάση**



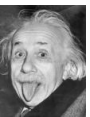
Συντελεστές Μετατροπής Μονάδων Μέτρησης της Πίεσης

	Ατμόσφαιρες	Pa	cm H ₂ O	mm Hg	lb/in. ² (psi)
1 Ατμόσφαιρα	1	1,01×10 ⁵	1033	760	14,7
1 Pa	0,987×10 ⁻⁵	1	0,0102	0,0075	0,145×10 ³
1 cm H ₂ O	9,68×10 ⁻⁴	98,1	1	0,735	0,0140
1 mm Hg	0,00132	133	1,36	1	0,0193
1 lb/in. ² (psi)	0,06800	6895	70,3	51,7	1



Συντελεστές Μετατροπής Μονάδων Μέτρησης της Πίεσης

	Ατμόσφαιρες	Pa	cm H ₂ O	mm Hg	lb/in. ² (psi)
1 Ατμόσφαιρα	1	100 kPa	1033	760	14,7
1 Pa	0,987×10 ⁻⁵	1	0,0102	0,0075	0,145×10 ³
1 cm H₂O	9,68×10 ⁻⁴	98,1	1	0,735	0,0140
1 mm Hg	0,00132	133	1,36	1	0,0193
1 lb/in.²(psi)	0,06800	6895	70,3	51,7	1



Η μετρούμενη πίεση είναι η απόλυτη πίεση ή όχι;

Επειδή η ατμόσφαιρα μέσα στην οποία ζούμε ασκεί πίεση 1 atm είναι πιο εύκολο να μετράμε την πίεση σε σχέση με την ατμοσφαιρική αντί να μετράμε την πραγματική ή την απόλυτη πίεση.

Για παράδειγμα,

- ✓ αν η μετρούμενη πίεση P_{gauge} στο λάστιχο ενός ποδηλάτου είναι 400 kPa ($\sim 60 \text{ lb/in}^2$)
- ✓ η απόλυτη τιμή της πίεσης P_{abs} είναι $400 + 100 \text{ kPa} = 500 \text{ kPa}$ ($\sim 75 \text{ lb/in}^2$).
- ✓ $P_{\text{gauge}} = P_{\text{abs}} - 1 \text{ atm}$

στα επόμενα με τον όρο πίεση νοείται η μετρούμενη, εκτός αν δηλώνεται διαφορετικά.

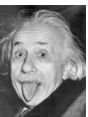




Συντελεστές Μετατροπής Μονάδων Μέτρησης της Πίεσης

	Ατμόσφαιρες	Pa	cm H ₂ O	mm Hg	lb/in. ² (psi)
1 Ατμόσφαιρα	1	1,01×10 ⁵	1033	760	14,7
1 Pa	0,987×10 ⁻⁵	1	0,0102	0,0075	0,145×10 ³
1 cm H ₂ O	9,68×10 ⁻⁴	98,1	1	0,735	0,0140
1 mm Hg	0,00132	133	1,36	1	0,0193
1 lb/in. ² (psi)	0,06800	6895	70,3	51,7	1

- π.χ. αν η μεγάλη **συστολική πίεση** του αίματος μετρηθεί και ευρεθεί ίση με 120 mm Hg (15,8 kPa), αυτό σημαίνει ότι μια στήλη υδραργύρου ύψους 120 mm ασκεί πίεση ίση με τη συστολική πίεση του αίματος του ασθενούς.
- Η ατμοσφαιρική πίεση στο επίπεδο της θάλασσας (1 atm) είναι 101 kPa και η πίεση στο λάστιχο ενός ποδηλάτου μπορεί να φτάσει τα 620 kPa



Η **πίεση P** που ασκείται κάτω από μια στήλη υγρού ύψους h

υπολογίζεται από τη σχέση **$P = \rho \cdot g \cdot h$**

όπου

ρ : η πυκνότητα του υγρού και

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας

Ποιά είναι η σχέση ύψους μεταξύ μιας στήλης νερού και μιας στήλης υδραργύρου για να εξασκούν την ίδια πίεση;

πυκνότητα $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ και

πυκνότητα $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$

→ μια στήλη νερού πρέπει να έχει 13,6 φορές μεγαλύτερο ύψος από τη στήλη του υδραργύρου για να ασκούν την ίδια πίεση



Τυπικές Τιμές Πίεσης στο Σώμα	kPa	mm Hg	
Αρτηριακή Πίεση	Μεγάλη (συστολική)	13-18	100-140
	Μικρή (διαστολική)	8-12	60-90
Φλεβική Πίεση	0.4-0.9	3-7	
	Μεγάλες Φλέβες	<0.1	<1
Πίεση Τριχοειδών Αγγείων	Αρτηριακό Ακρο	4	30
	Φλεβικό Ακρο	1.3	10
Πίεση Μέσου Ωτός	<0.1	<1	
Πίεση Οφθαλμού - Υδατοειδές Υγρό	2.6	20	
Πίεση ΕΝΥ στον Εγκέφαλο (ξαπλωμένος)	0.6-1.6	5-12	
Πίεση Γαστρεντερική	1.3-2.6	10-20	
Πίεση Ενδοθωρακική (μεταξύ πνεύμονα και θωρακικού τοιχώματος)	-1.3	-10	



αρνητική πίεση στο ανθρώπινο σώμα

Μέσα στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν αρκετές περιοχές στις οποίες η πίεση είναι μικρότερη από την τοπική ατμοσφαιρική πίεση (ή "αρνητική"):

- ✓ κατά την διάρκεια της εισπνοής η πίεση στους πνεύμονες πρέπει να είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική, διαφορετικά ο αέρας δεν θα εισέρχεται
- ✓ κατά τη διάρκεια της εκπνοής η πίεση στους πνεύμονες είναι τυπικά αρνητική κατά λίγα εκατοστά της στήλης ύδατος
- ✓ Όταν κάποιος πίνει χρησιμοποιώντας καλαμάκι, η πίεση μέσα στο στόμα του πρέπει να είναι αρνητική

$$\text{Υπενθύμιση: } P_{\text{gauge}} = P_{\text{abs}} - 1 \text{ atm}$$

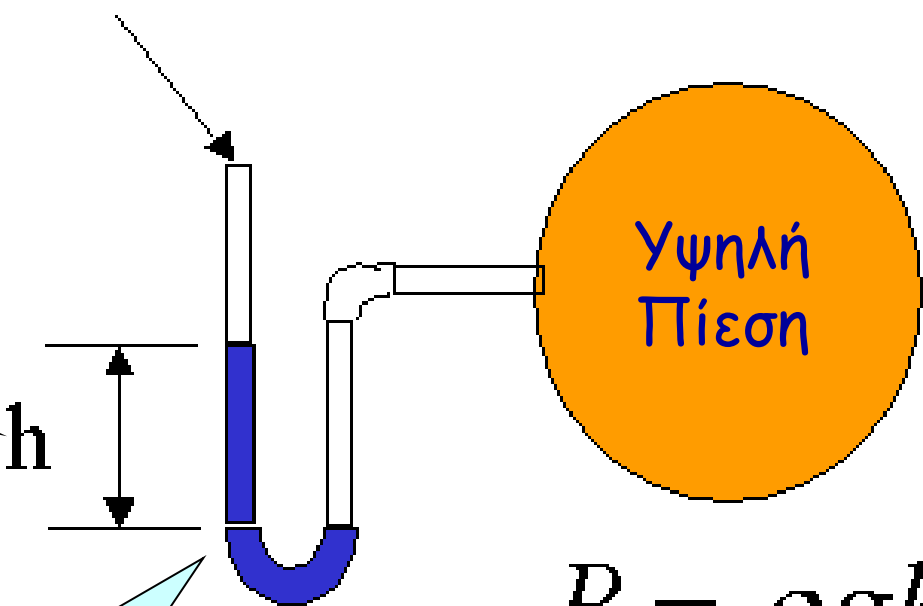
(η διαφορά της πίεσης είναι η καθαρή δύναμη η οποία δρα στην μονάδα επιφανείας)



Η κλασική μέθοδος μέτρησης της πίεσης είναι ο προσδιορισμός του ύψους μιας στήλης υγρού που ασκεί πίεση ίση με τη μετρούμενη

Η στάθμη του υγρού στις δύο κάθετες στήλες του μεταβάλλεται μέχρις ότου η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δυο επιπέδων στάθμης γίνει ίση με τη μετρούμενη πίεση

Πίεση Περιβάλλοντος



$$P = \rho gh$$

Αυτός ο τύπος μανομέτρου μπορεί να μετρήσει θετικές και αρνητικές τιμές πίεσης



Σφυγμομανόμετρο: μέτρηση της πίεσης

Μανόμετρο υδραργύρου:

η τιμή τη πίεσης δείχνεται από το ύψος της στήλης υδραργύρου μέσα στο γυάλινο σωλήνα.



Άνευ υδραργύρου μανόμετρο:

οι τιμές της πίεσης παρουσιάζονται με περιστροφή μιας βελόνας στο βαθμολογημένο δίσκο.

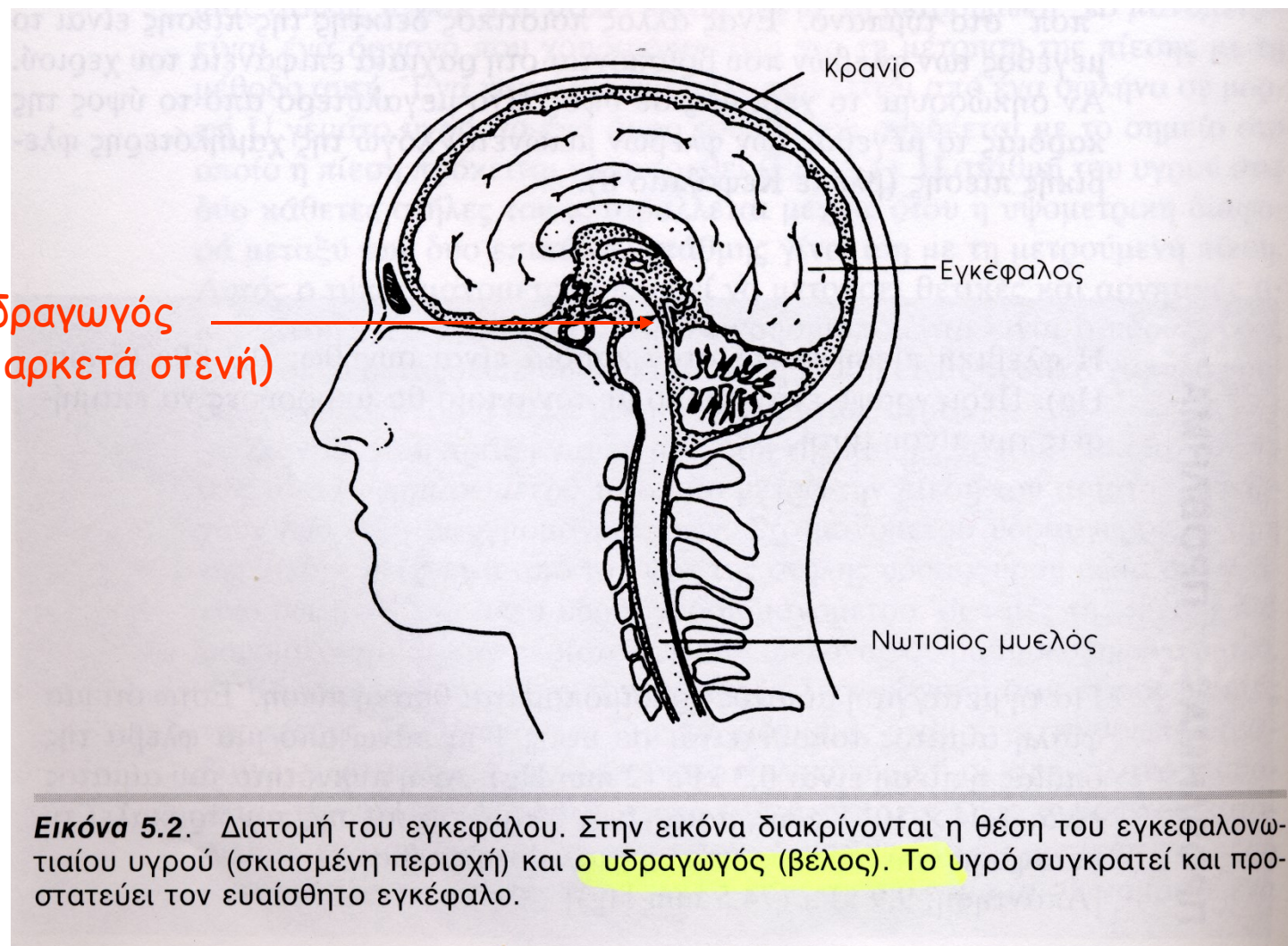


Υπάρχουν μέρη του σώματος που να λειτουργούν σαν αδροί δείκτες της πίεσης:

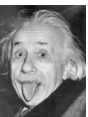
Παραδείγματα:

- Όταν ένας άνθρωπος ανεβαίνει ή κατεβαίνει μέσα σε έναν ανελκυστήρα ή σε **αεροπλάνο** αισθάνεται την αλλαγή της πίεσης στα αυτιά του.
- Το μέγεθος των **φλεβών** που βρίσκονται στη ραχιαία επιφάνεια του χεριού. Αν σηκώσουμε το χέρι μας σε ύψος λίγο μεγαλύτερο από το ύψος της καρδιάς το μέγεθος των φλεβών μειώνεται λόγω της χαμηλότερης φλεβικής πίεσης
- Αν ένας άνθρωπος **καταπιεί**, οι ευσταχιανές σάλπιγγες ανοίγουν στιγμιαία και η πίεση στο μέσο αυτί εξισώνεται με την εξωτερική - σαν αποτέλεσμα αισθανόμαστε ένα 'ποπ' στο τύμπανο

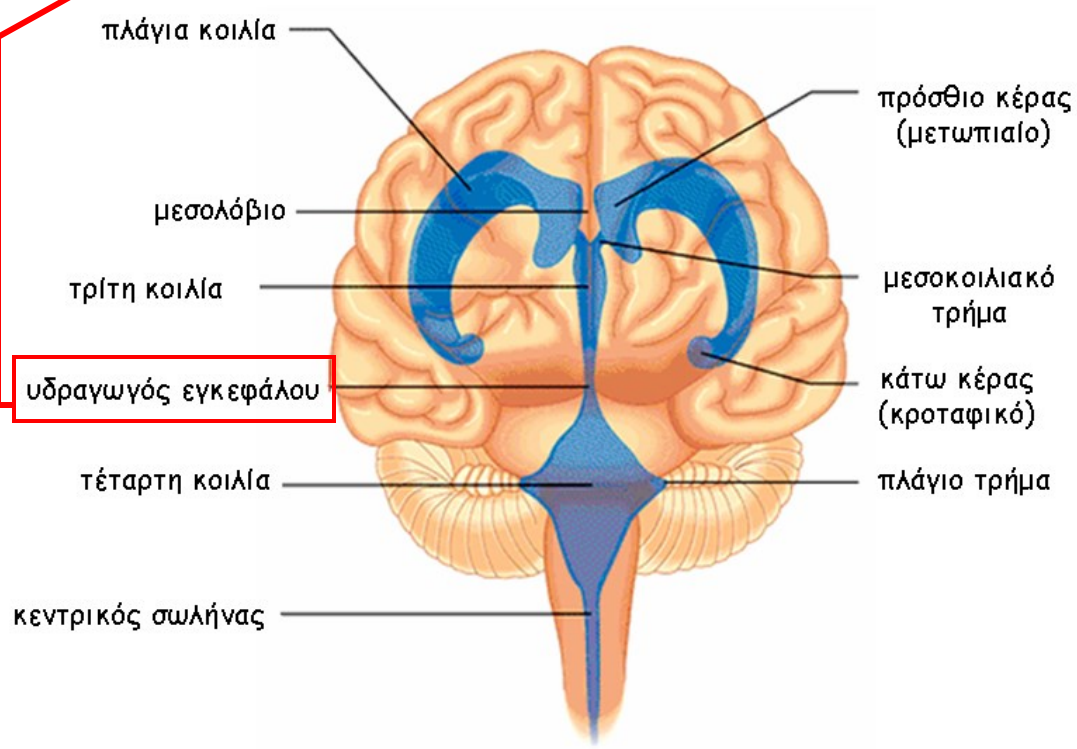
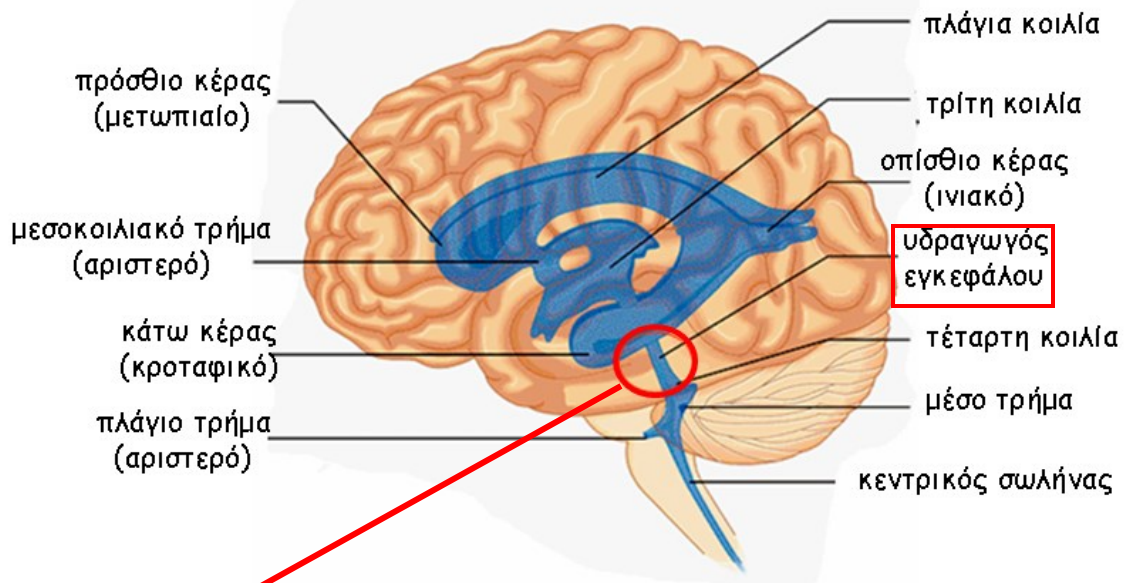




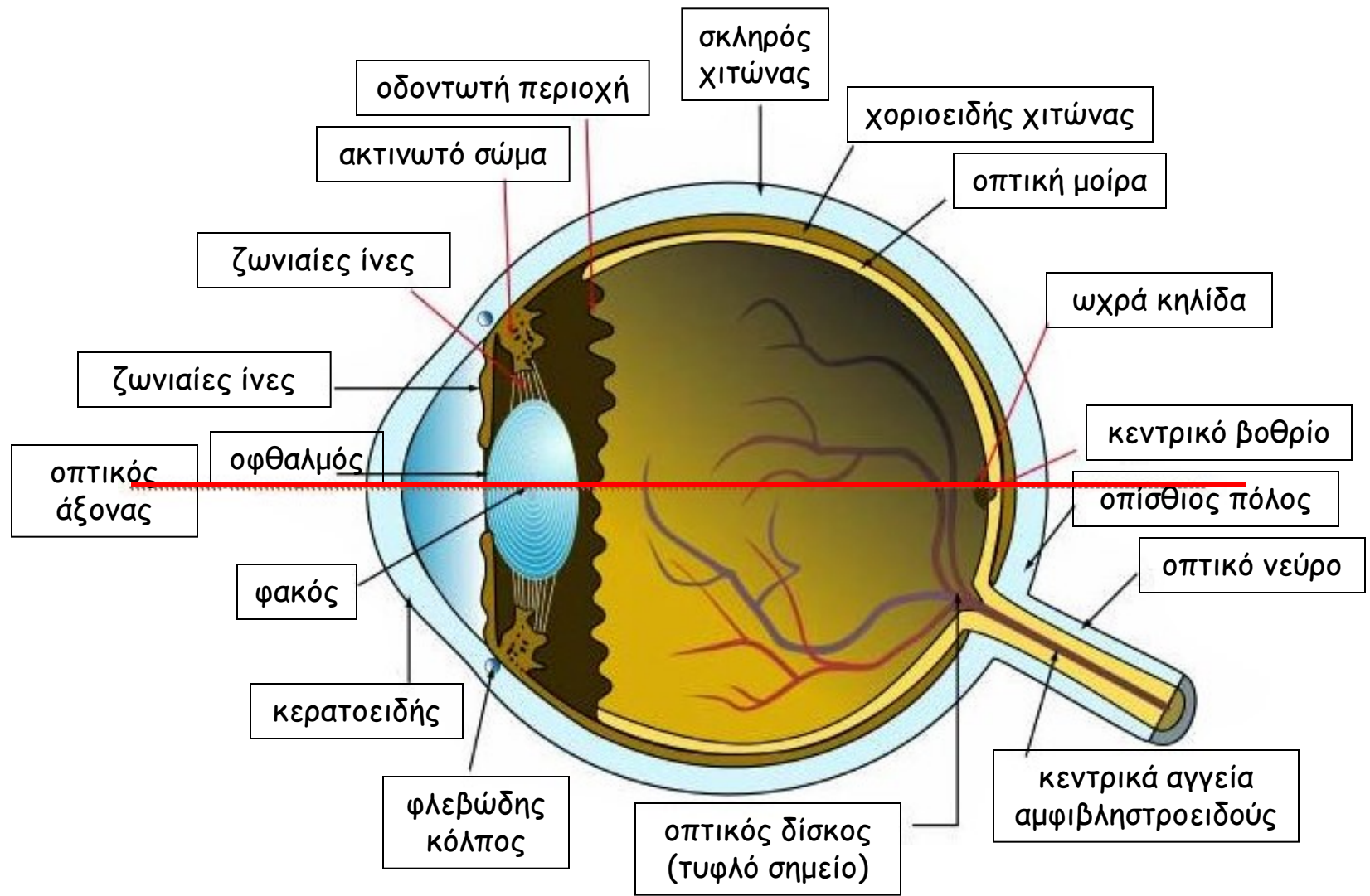
- ✓ 150 cc εγκεφαλονωτιαίο υγρό (ΕΝΥ) μέσα στις κοιλίες του εγκεφάλου
- ✓ **Υδροκεφαλία:** απόφραξη υδραγωγού, αύξηση διαστάσεων κρανίου
- ✓ **Διάγνωση:** μέτρηση περιφέρειας κρανίου (normal: 32-37 cm) ή διαφανοσκόπηση
- ✓ **Θεραπεία:** χειρουργική παράκαμψη (by pass)



ΠΙΕΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΚΡΑΝΙΟ



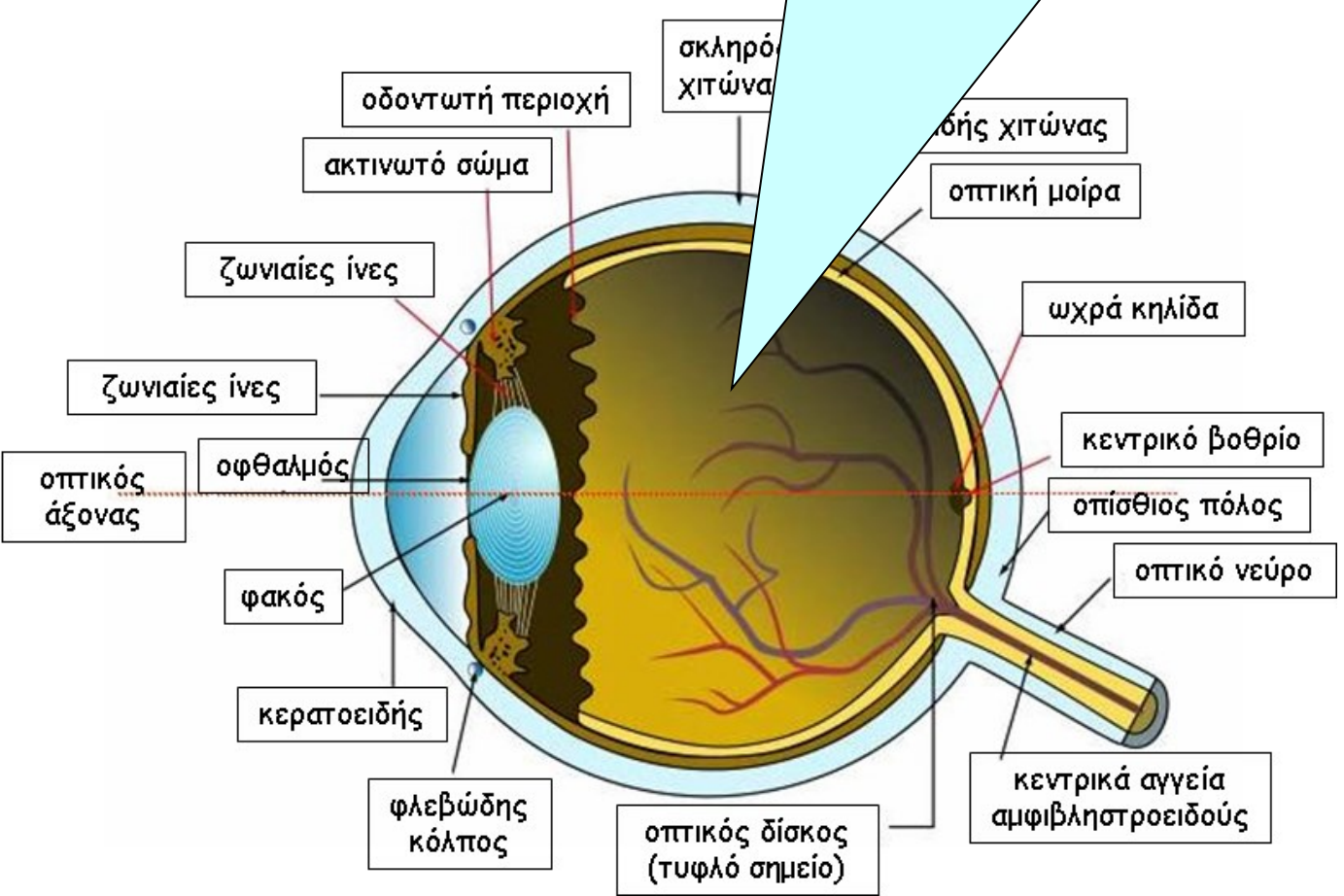
Εσωτερικές Δομές του Οφθαλμού (οβελιαία τομή)



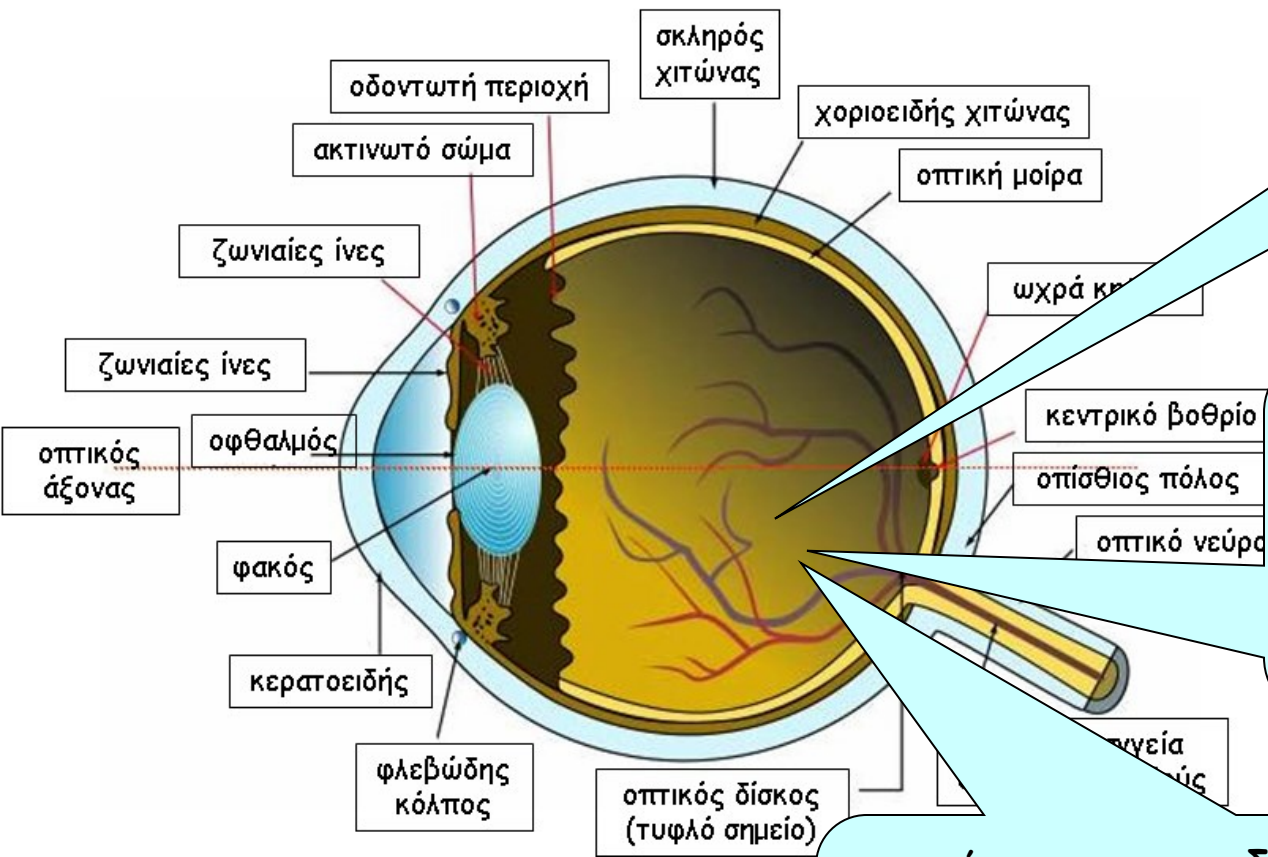
Τα υγρά του οφθαλμού (το υδατοειδές υγρό και το υαλοειδές):

- μεταβιβάζουν το φως στον αμφιβληστροειδή
- ευρίσκονται υπό πίεση
- διατηρούν το σχήμα και το μέγεθος του βολβού του οφθαλμού

Εσωτερικές Δομές του Οφθαλμού (οβελιαία τομή)



Εσωτερικές Δομές του Οφθαλμού
(οβελιαία τομή)



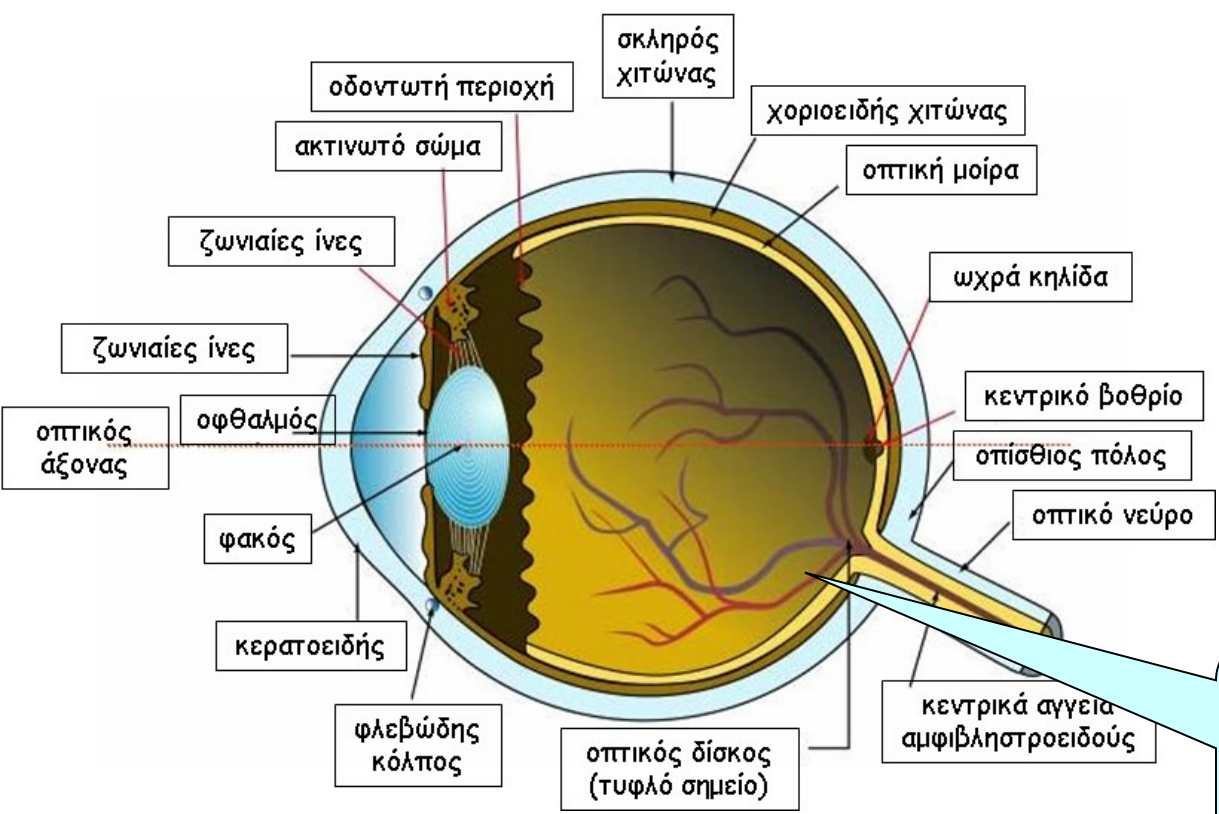
Οι διαστάσεις του βολβού του οφθαλμού παίζουν σημαντικό ρόλο στην καλή όραση

μια μεταβολή της τάξης του 10^{-4} m (0,1 mm) στη διάμετρό του μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την όραση.

αν πιέσουμε με το δάχτυλό μας το βλέφαρο παρατηρούμε την αντίσταση του οφθαλμού που οφείλεται στην εσωτερική πίεση.



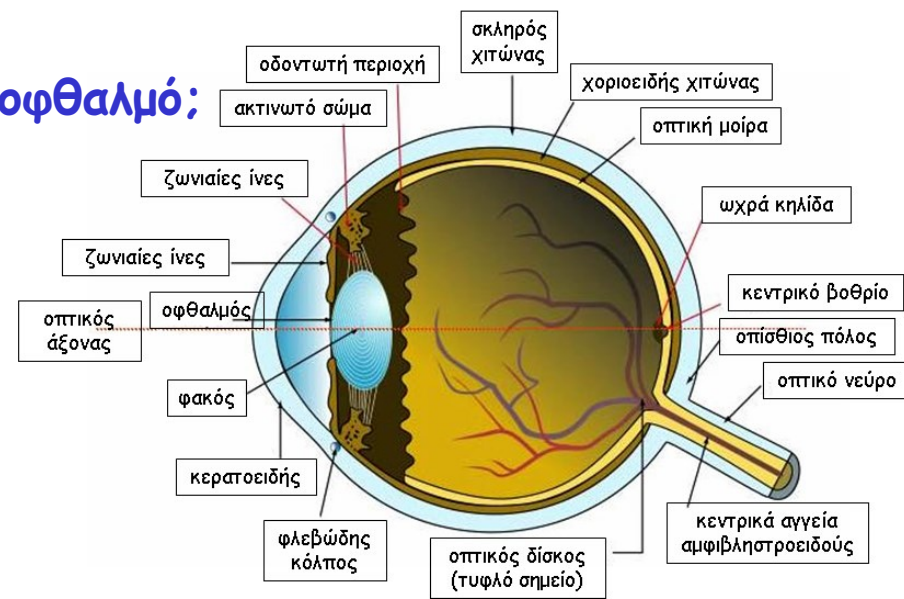
Εσωτερικές Δομές του Οφθαλμού (οβελιαία τομή)



Οι φυσιολογικές τιμές της πίεσης κυμαίνονται από 1,6 έως 3 kPa (12 έως 23 mm Hg)



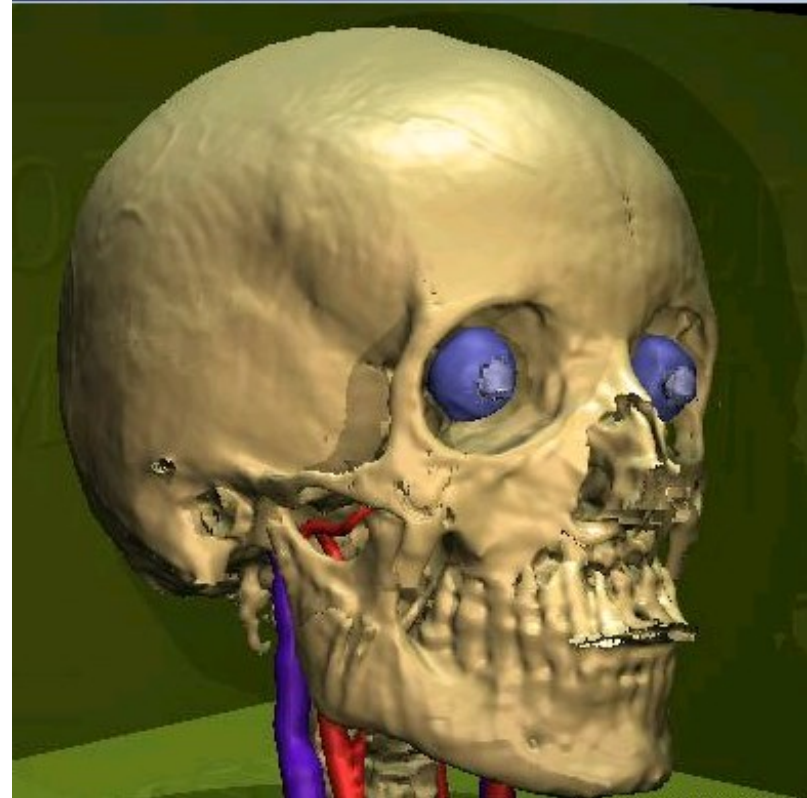
Τι ρόλο παίζει το υδατοειδές υγρό στον οφθαλμό;



- Το **υδατοειδές** υγρό, το υγρό το οποίο ευρίσκεται στο πρόσθιο μέρος του οφθαλμού, αποτελείται κύριος από νερό.
- Ο οφθαλμός παράγει συνεχώς υδατοειδές υγρό και η περίσσεια αυτού απομακρύνεται μέσω ειδικού παροχετευτικού συστήματος
- Μερική **απόφραξη** του συστήματος αυτού προκαλεί αύξηση της πίεσης η οποία μπορεί να περιορίσει την παροχή του αίματος στον αμφιβληστροειδή επηρεάζοντας με τον τρόπο αυτό την όραση.
- Η παθολογική αυτή κατάσταση λέγεται **γλαύκωμα** και προκαλεί σε μέτριες καταστάσεις στένωση του οπτικού πεδίου και σε βαριές, τύφλωση.



Πως μετράται η πίεση στον οφθαλμό;

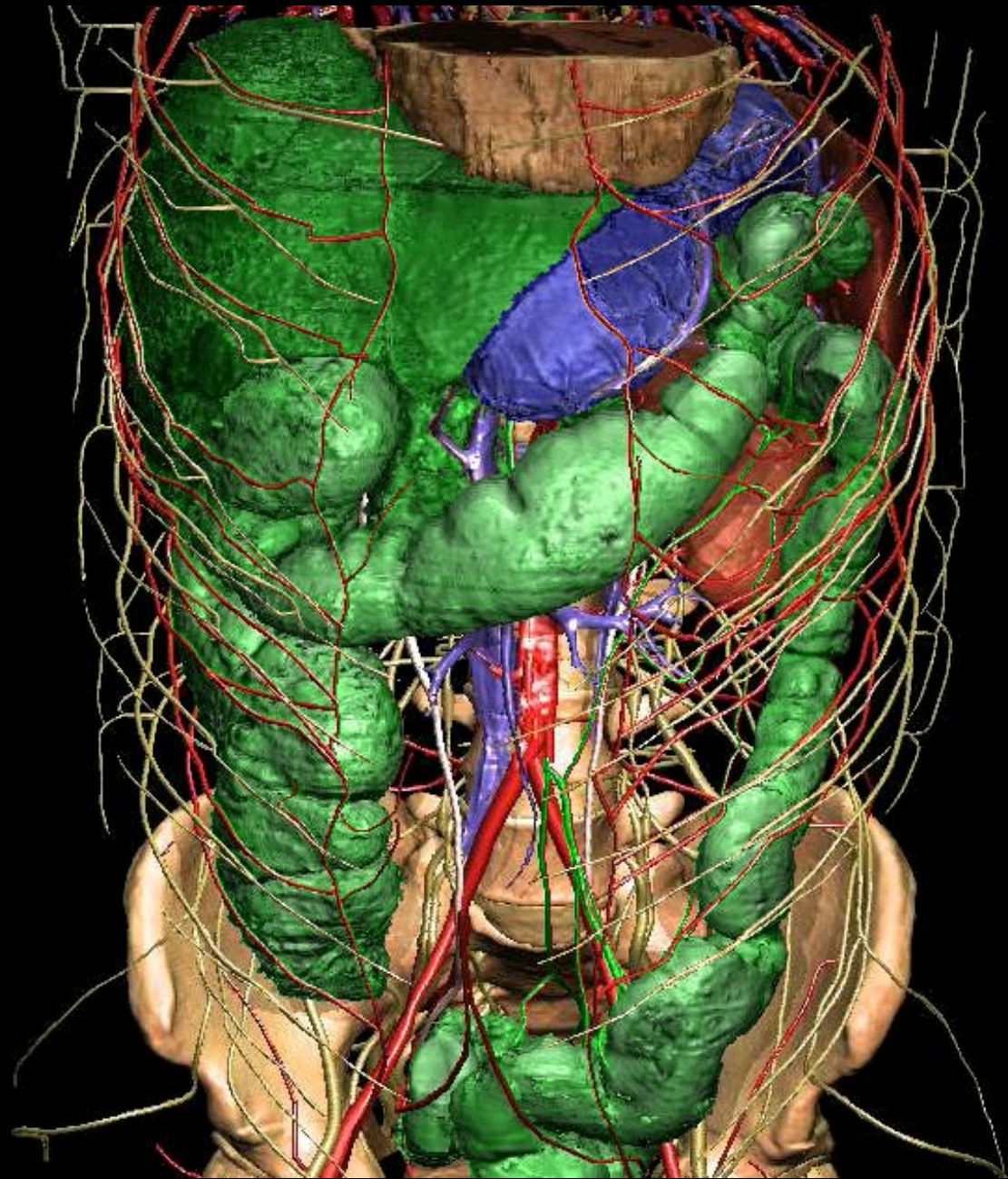


Αρχικά, οι ιατροί εκτιμούσαν την πίεση στο εσωτερικό του οφθαλμού πιέζοντας με το δάχτυλό τους τον οφθαλμό.

Σήμερα, η πίεση μετράται με διάφορα όργανα που λέγονται **τονόμετρα**. Αυτά μετρούν την ενδοτικότητα που παράγεται από μια γνωστή δύναμη.

Τα τονόμετρα είναι συνήθως βαθμολογημένα σε αυθαίρετες μονάδες και όχι σε kPa ή mm Hg



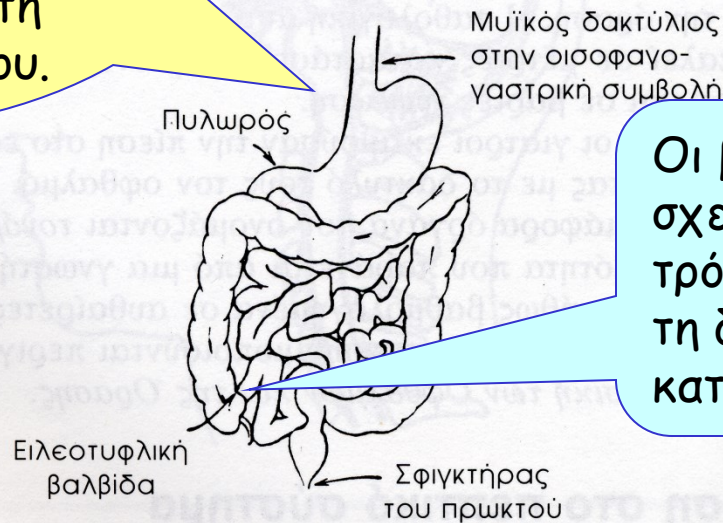


Η **πεπτική οδός** είναι δαιδαλώδης, έχει μήκος πάνω από 6 μέτρα και εκτείνεται από το στόμα μέχρι τον πρωκτό.

οι **βαλβίδες** και οι **σφιγκτήρες** (μύες σε μορφή δακτυλίου) του πεπτικού συστήματος ανοίγουν για τη διέλευση των τροφών, των υγρών και των παραπροϊόντων τους.

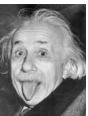


Η ροή της τροφής είναι δυνατό να αλλάξει καταβάλλοντας προσπάθεια, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του εμέτου.



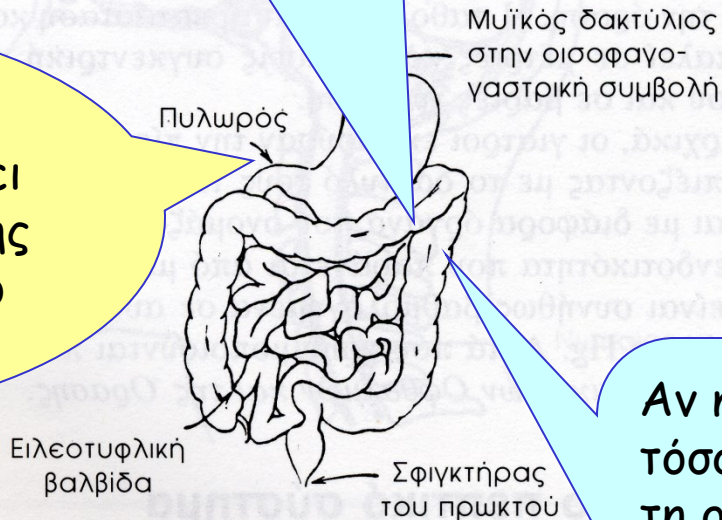
Οι βαλβίδες είναι σχεδιασμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση προς μια κατεύθυνση μόνο

Εικόνα 5.3. Οι βαλβίδες και οι σφιγκτήρες του πεπτικού σωλήνα.



Αν δημιουργηθεί απόφραξη στο έντερο, τότε η πίεση στην περιοχή μεταξύ πυλωρού και της απόφραξης αυξάνεται.

Ο πυλωρός είναι μια βαλβίδα που εμποδίζει την αντίστροφη ροή της τροφής από το λεπτό έντερο στο στομάχι



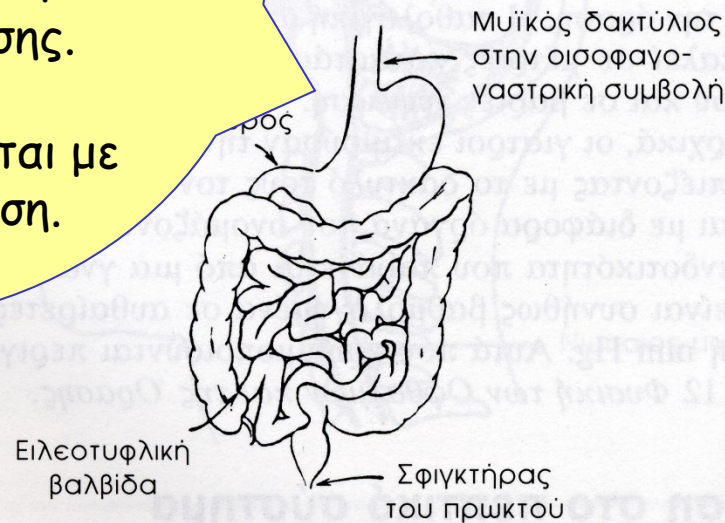
Αν η πίεση αυτή αυξηθεί τόσο ώστε να περιορίσει τη ροή του αίματος σε κρίσιμα όργανα μέσω του πυλωρού, τότε είναι δυνατό να προκαλέσει ακόμη και θάνατο.

Εικόνα 5.3. Οι βαλβίδες και οι σφιγκτήρες του πεπτικού σωλ



Πως λύνεται το πρόβλημα;

Η *διασωλήνωση*, τοποθέτηση σωλήνα που περνά από τη μύτη, το στομάχι και τον πυλωρό, χρησιμοποιείται για την υποχώρηση της πίεσης. Αν η κατάσταση δεν βελτιωθεί τότε γίνεται με χειρουργική επέμβαση.



Εικόνα 5.3. Οι βαλβίδες και οι σφιγκτήρες του πεπτικού σωλήνα.



Ποιά είναι η πίεση στο γαστρεντερικό σύστημα;

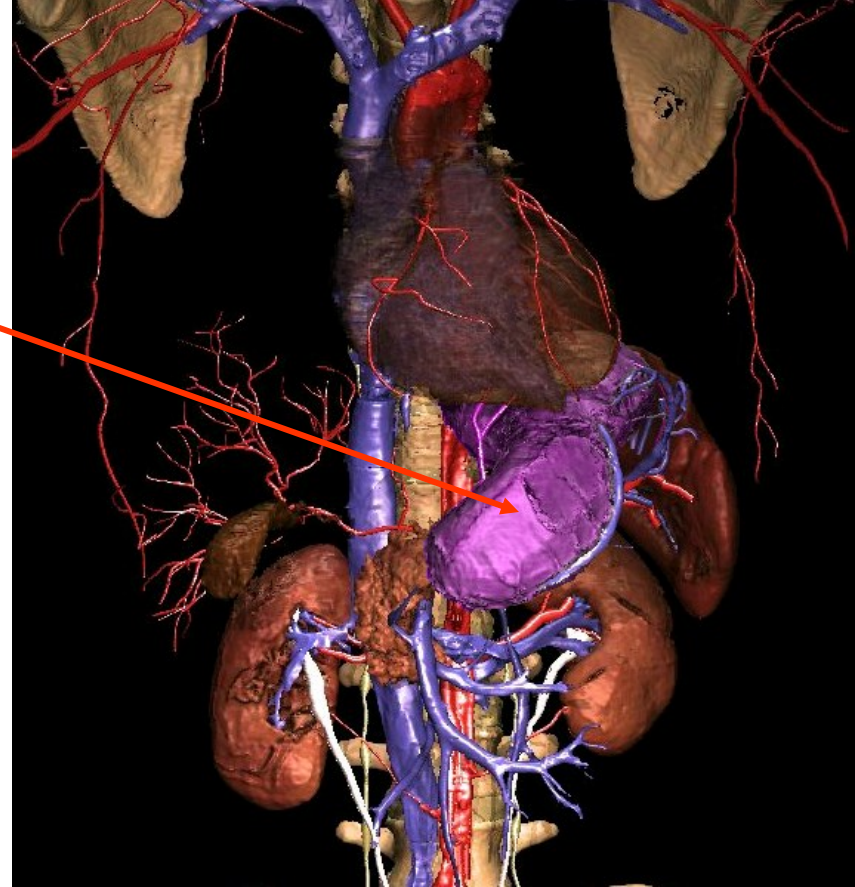
- ✓ Η πίεση στο μεγαλύτερο μέρος του γαστρεντερικού συστήματος είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική.
- ✓ Παρόλα αυτά, η πίεση στην περιοχή του οισοφάγου συνδυάζεται με την πίεση μεταξύ των πνευμόνων και του θωρακικού τοιχώματος (ενδοθωρακική πίεση) με αποτέλεσμα να είναι συνήθως μικρότερη από την ατμοσφαιρική.
- ✓ Σε αρκετές περιπτώσεις η ενδοθωρακική πίεση προσδιορίζεται μετρώντας την πίεση του οισοφάγου.



Τι συμβαίνει με την πίεση στο στομάχι, κατά την διάρκεια του φαγητού;

Κατά τη διάρκεια του φαγητού η πίεση στο στομάχι αυξάνεται καθώς τα τοιχώματα του διατείνονται.

Επειδή όμως ο όγκος του στομάχου αυξάνεται με τον κύβο της ακτίνας του, R^3 , ενώ η τάση (δύναμη που διατείνει τα τοιχώματα) είναι ανάλογη του R^2 , η πίεση στο στομάχι αυξάνει πολύ αργά.



Μια μεγαλύτερη αύξηση της πίεσης στο στομάχι οφείλεται στην εισροή αέρα που καταπίνεται κατά τη διάρκεια του φαγητού.

Ο αέρας που παγιδεύεται στο στομάχι προκαλεί ερυγή (ρέψιμο) και πολλές φορές είναι ορατός σε ακτινογραφία θώρακος.



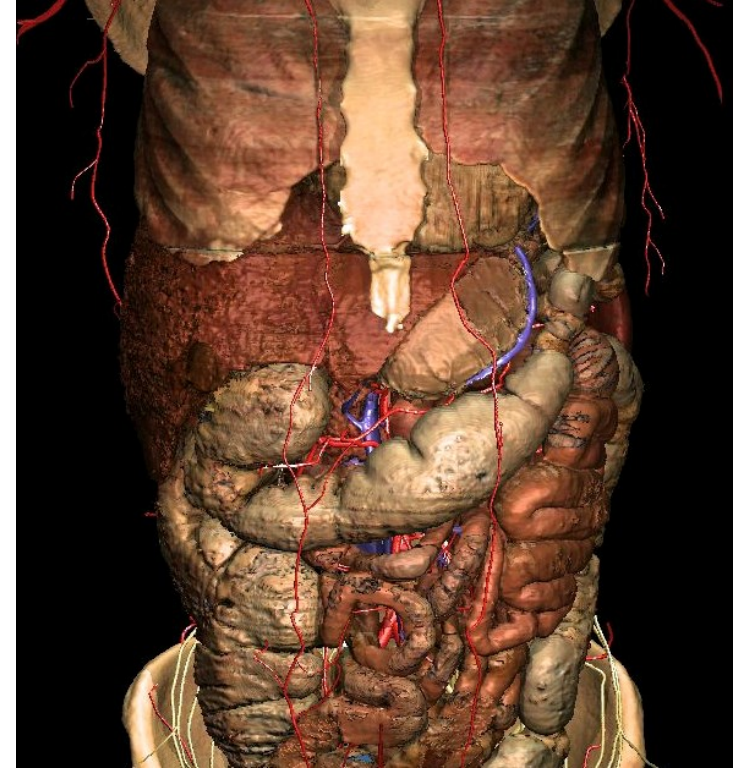
Συνδέεται η πίεση στο πεπτικό σύστημα με την πίεση των πνευμόνων;

Η πίεση στο πεπτικό σύστημα συνδέεται με την αντίστοιχη των πνευμόνων διότι παρεμβάλλεται το διάφραγμα το οποίο διαχωρίζει τα δύο οργανικά συστήματα.

Όταν είναι αναγκαία ή επιθυμητή η αύξηση της πίεσης στο έντερο, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της **αφόδευσης**:

το άτομο παίρνει μια βαθιά αναπνοή, αποκλείει την έξοδο του αέρα από τους πνεύμονες κλείνοντας τις γλωττίδα και συσπά τους κοιλιακούς μυς.

Αυτή η αύξηση της πίεσης προκαλεί μείωση της ροής του φλεβικού αίματος στη δεξιά καρδιά.



Ποιές είναι οι υψηλότερες πιέσεις που ασκούνται στο σώμα;

Οι υψηλότερες πιέσεις που ασκούνται στο σώμα που συχνά αναφέρονται ως **τάσεις**, συναντώνται στις **αρθρώσεις** στις οποίες ασκείται δύναμη προερχόμενη από το βάρος του σώματος.

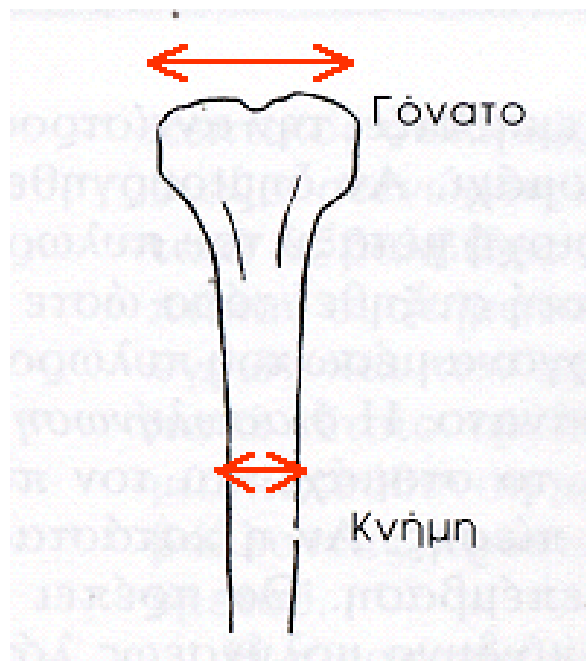
Όταν για παράδειγμα περπατάμε, όλο το βάρος του σώματός μας στηρίζεται πάνω στο ένα πόδι μας και η τάση που ασκείται στην άρθρωση του γόνατος μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 10^6 Pa (10 atm)!



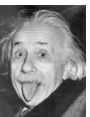
Παρατήρηση:

- ✓ Τάση ορίζεται η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας. Για μια δεδομένη δύναμη η τάση μειώνεται όσο αυξάνεται η επιφάνεια.
- ✓ Επομένως, αν η επιφάνεια στην οποία ασκείται μια συγκεκριμένη δύναμη αυξηθεί η τάση μειώνεται
- ✓ Αν η επιφάνεια των αρθρώσεων ήταν πολύ μικρότερη, η τιμή της τάσης θα ήταν πολύ μεγαλύτερη





- ✓ Η επιφάνεια διατομής των οστών στην περιοχή της άρθρωσης είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια των οστών πάνω ή κάτω από την άρθρωση.
- ✓ Η μεγαλύτερη επιφάνεια στην άρθρωση κατανέμει την δύναμη ελαττώνοντας με τον τρόπο αυτό την πίεση.

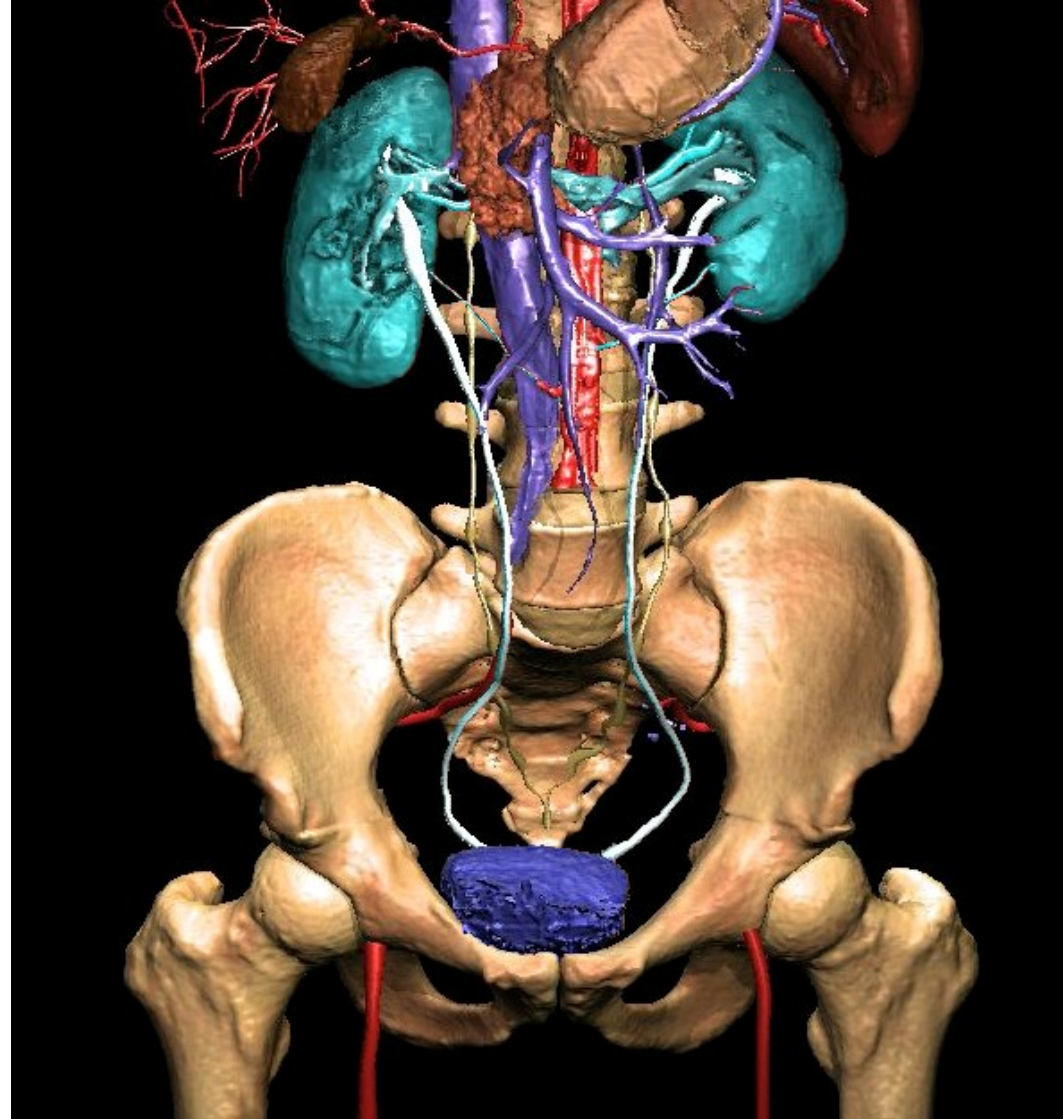


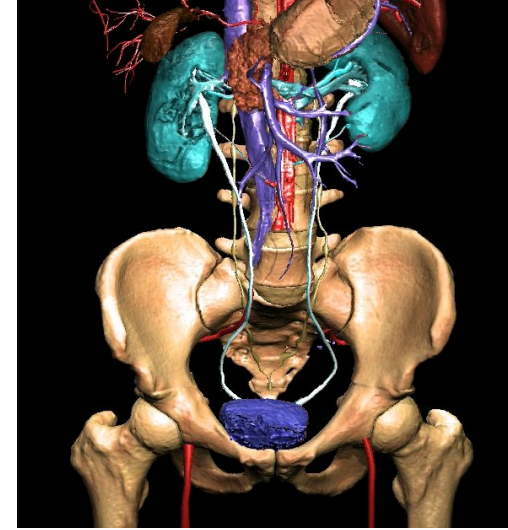


- ✓ Το **λιπαντικό** που δημιουργείται στις αρθρώσεις είναι καλύτερο από κάθε άλλο λιπαντικό κατασκευασμένο από τον άνθρωπο.
- ✓ Αν χρησιμοποιούσαμε ένα **κοινό λιπαντικό** στην άρθρωση, αυτό θα εξαφανιζόταν και η άρθρωση πολύ σύντομα θα γινόταν στεγνή.
- ✓ Οι αρθρώσεις έχουν την ικανότητα να λιπαίνονται καλύτερα όταν η τάση αυξάνεται.



Η πίεση που ασκείται στην ουροδόχο κύστη από τη συσσώρευση των ούρων μέσα σε αυτή είναι μια από τις πιο αξιοσημείωτες εσωτερικές πιέσεις.

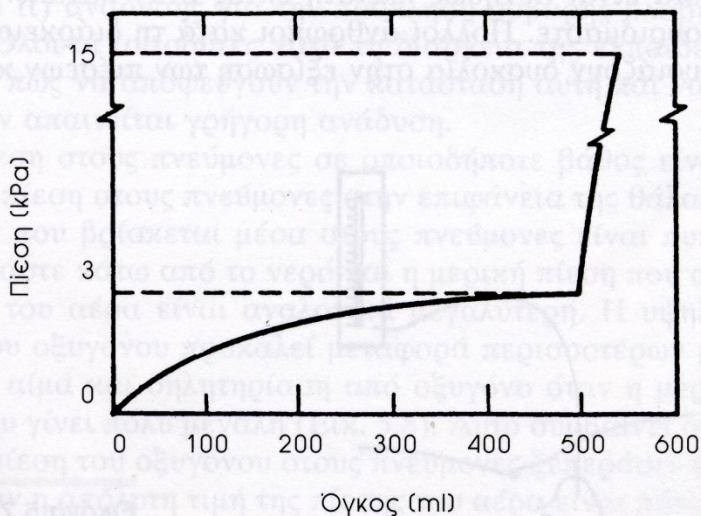
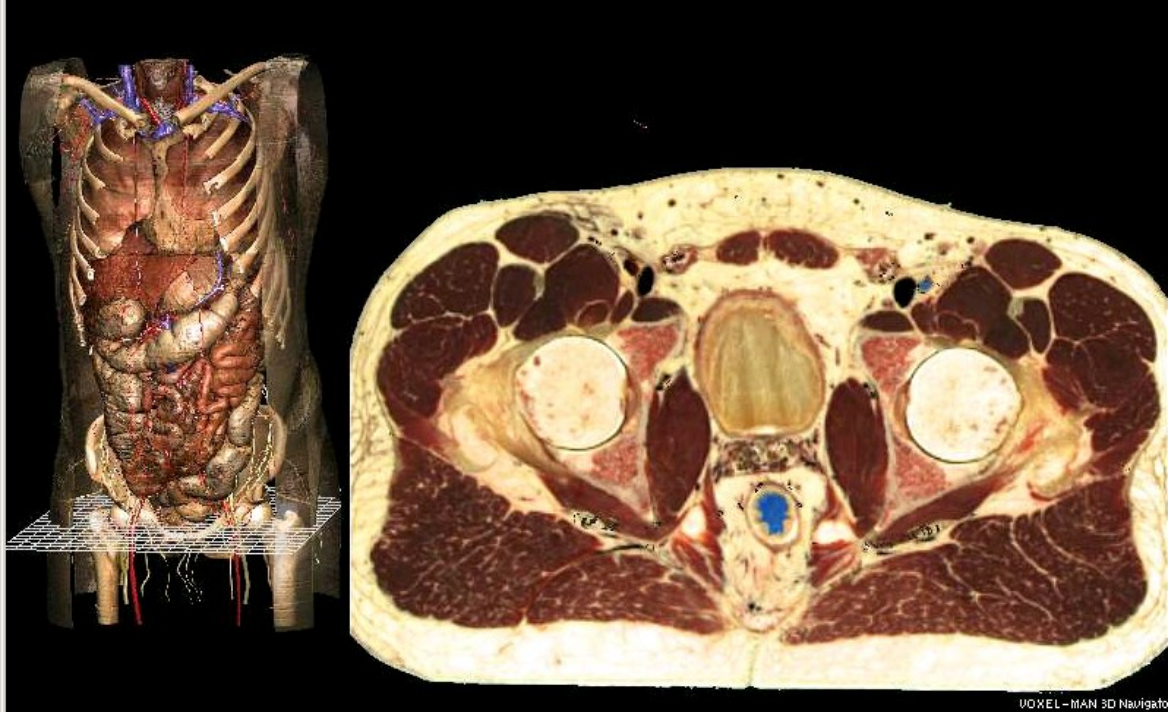




- ✓ Όταν βήχουμε, τεντωνόμαστε ή σηκώνομαστε όρθιοι, η πίεση στην ουροδόχο κύστη αυξάνεται.
- ✓ Κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης το βάρος του εμβρύου που ευρίσκεται πάνω από την ουροδόχο κύστη και προκαλεί συχνή ούρηση.
- ✓ Καταστάσεις που προκαλούν στρες, π.χ. μελέτη για τις εξετάσεις, προκαλούν συχνή ούρηση.



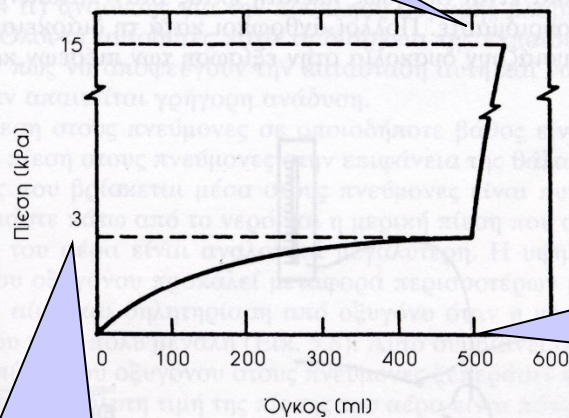
Τα τοιχώματα της κύστης διατείνονται όσο αυξάνεται ο όγκος



- για συγκεκριμένη αύξηση της ακτίνας R ο όγκος αυξάνεται σε R^3 , ενώ η πίεση αυξάνεται σε R^2 .
- λόγω αυτής της σχέσης παρατηρείται σχετικά μικρή κλίση στο μεγαλύτερο μέρος της καμπύλης πίεσης-όγκου

Εικόνα 5.6. Χαρακτηριστική καμπύλη πίεσης - όγκου για την ουροδόχο κύστη (κυστομετρόγραμμα).

Το τοίχωμα της ουροδόχου κύστης συσπάται και ασκεί στιγμιαία πίεση μέχρι 15 kPa



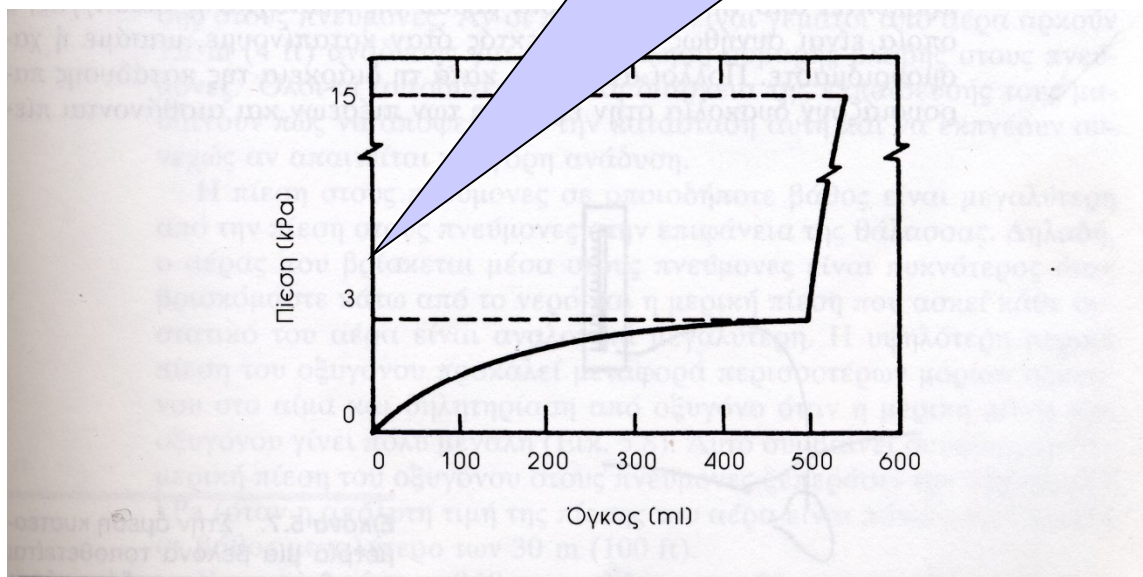
Για τους ενήλικες ο μέγιστος όγκος ούρων στην κύστη πριν από την ούρηση είναι 500 ml (0,5 L).

Εικόνα 5.6. Χαρακτηριστική καμπύλη πίεσης - όγκου για την ουροδόχο κύστη (κυστομετρώγραμμα).

Για κάποια τιμή πίεσης, συνήθως 3 kPa, ενεργοποιείται το αντανακλαστικό ούρησης



Οι φυσιολογικές τιμές που προκαλούν ούρηση είναι αρκετά χαμηλές, 2-4 kPa

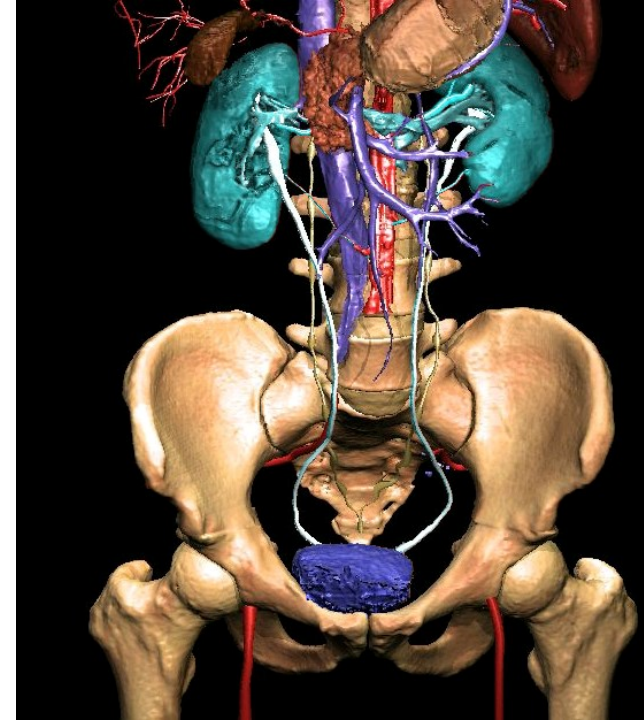
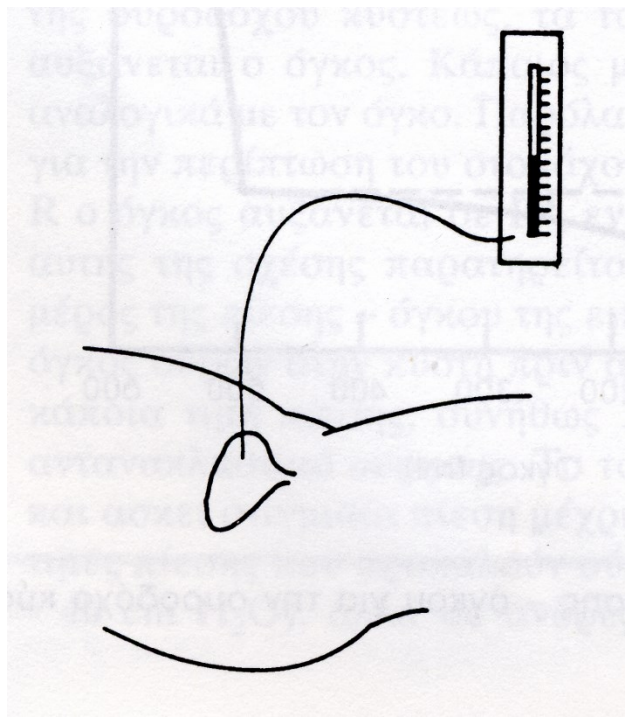


Εικόνα 5.6. Χαρακτηριστική καμπύλη πίεσης - όγκου για την ουροδόχο κύστη (κυστομετρόγραμμα).

Σε άνδρες που έχουν **απόφραξη της διόδου των ούρων** λόγω υπερτροφίας του προστάτη, η πίεση που απαιτείται για την ούρηση μπορεί να είναι πάνω από **10 kPa**.

Αυτό συνήθως οδηγεί σε κατακράτηση ούρων οπότε και απαιτείται και καθετηριασμός για την εκκένωση της κύστης.





Η πίεση στο εσωτερικό της ουροδόχου κύστεως μπορεί να μετρηθεί περνώντας ένα καθετήρα εξοπλισμένο με ανιχνευτή πίεσης στην ουροδόχο κύστη από την ουρήθρα.

Στην **άμεση κυστεομετρία** η πίεση μετράται με βελόνα η οποία εισάγεται από το τοίχωμα της κοιλίας στην ουροδόχο κύστη.



