



AIMA.2

Αίμα

```
graph TD; A[Αίμα] --> B[Έμμορφα συστατικά]; A --> C[Πλάσμα]; B --> D[Ερυθρά αιμοσφαίρια (ερυθροκύτταρα)]; B --> E[Λευκά αιμοσφαίρια (λευκοκύτταρα)]; B --> F[Αιμοπετάλια];
```

Έμμορφα  
συστατικά

Πλάσμα

Ερυθρά  
αιμοσφαίρια  
(ερυθροκύτταρα)

Λευκά  
αιμοσφαίρια  
(λευκοκύτταρα)

Αιμοπετάλια

Αίμα: "ζωντανός" ρευστός ιστός

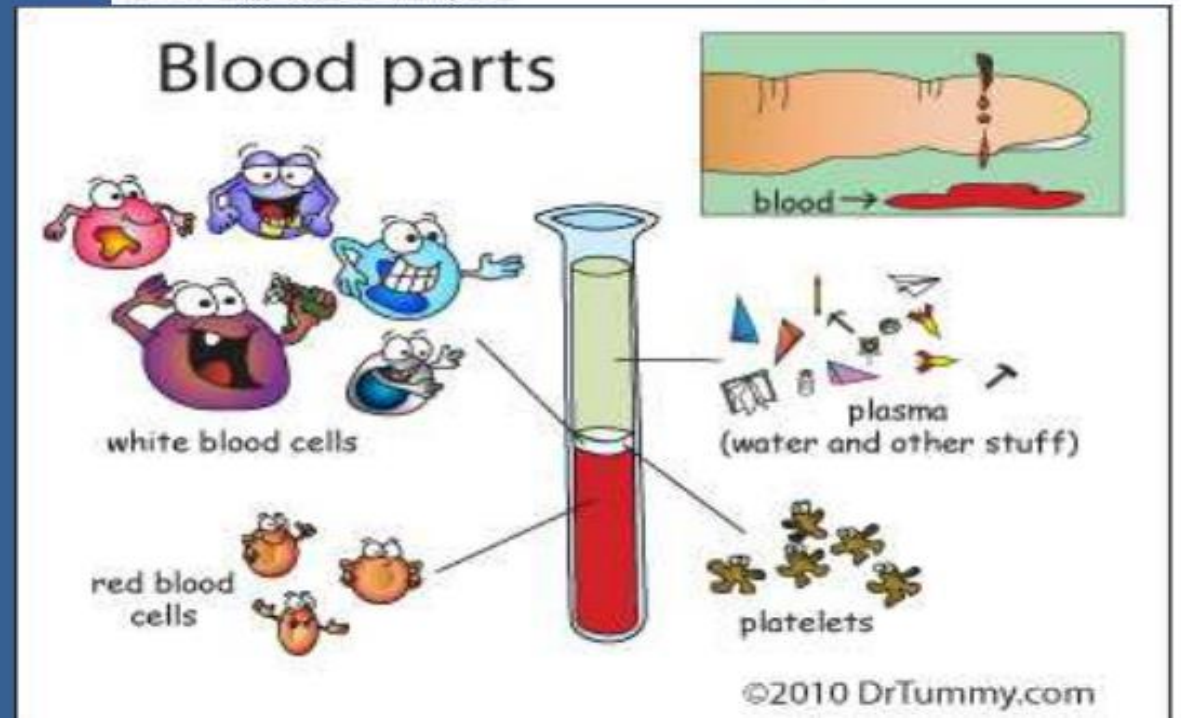
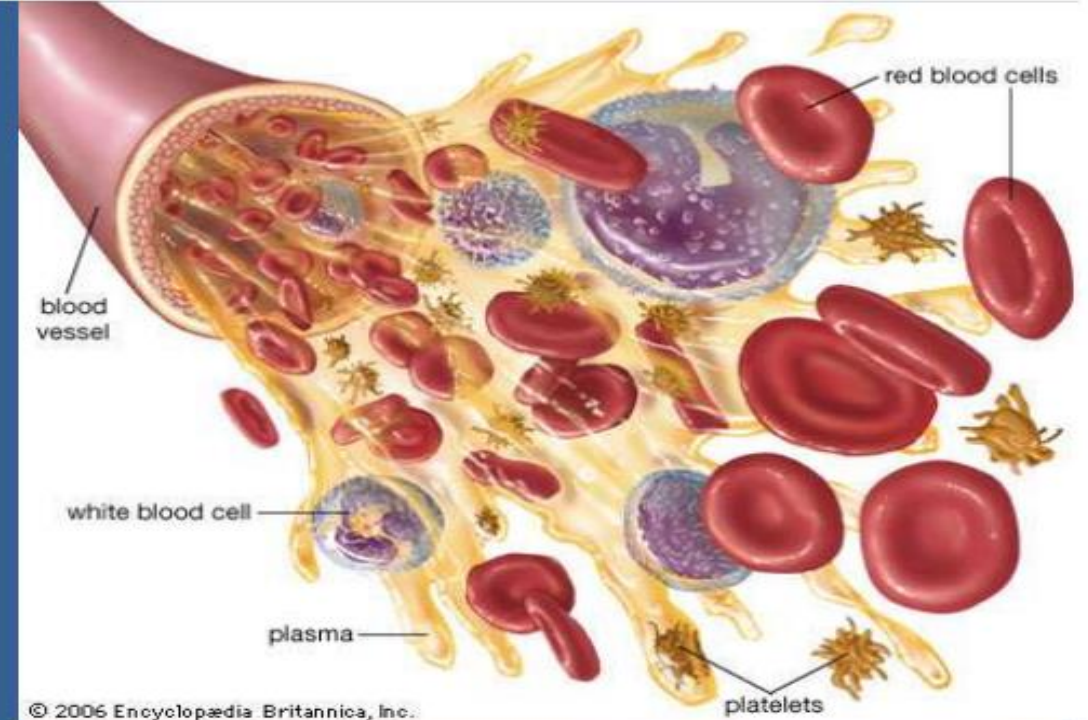
Εναιώρημα έμμορφων στοιχείων  
μέσα στο πλάσμα

Έμμορφα στοιχεία:

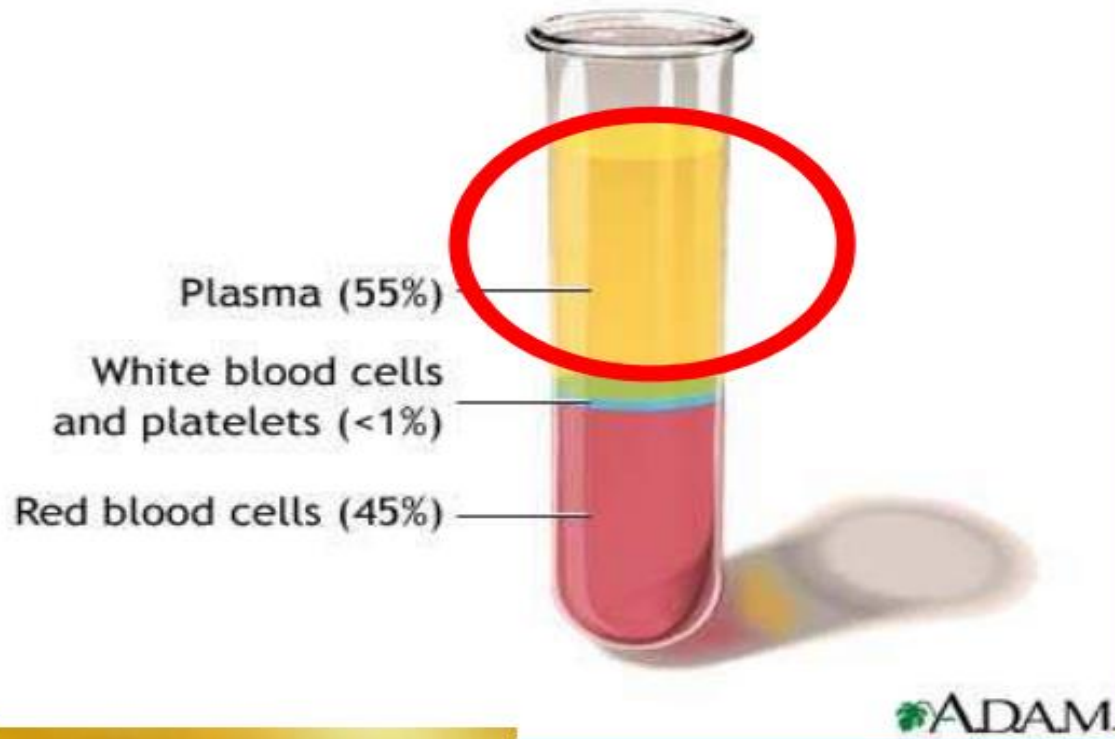
Ερυθρά αιμοσφαίρια

Λευκά αιμοσφαίρια

Αιμοπετάλια



# ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ



Κύριο συστατικό του αίματος

55% του όγκου του αίματος

- υποκίτρινο υγρό

αποτελείται από

→ 91.5% από νερό

→ 7% πρωτεΐνες

→ 1.5% από ορμόνες, βιταμίνες,

ηλεκτρολύτες, αζωτούχες ουσίες,

O<sub>2</sub> , CO<sub>2</sub>



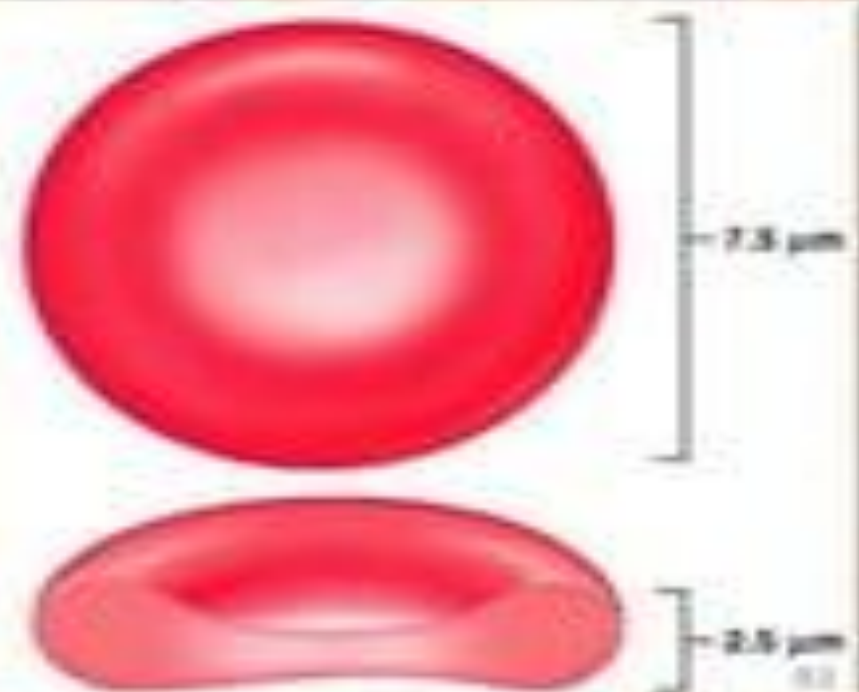
## Αίμα: Εισαγωγή

- Το **πλάσμα** αποτελείται από νερό (90% του όγκου του), μέσα στο οποίο είναι διαλυμένα ανόργανα άλατα, ορμόνες, πρωτεΐνες, θρεπτικές ουσίες κ.ά.
- Στον ενήλικα υπάρχουν κατά μέσο όρο **5,5 λίτρα** αίματος.



## Αίμα: Ερυθρά αιμοσφαίρια

- Τα ερυθρά αιμοσφαίρια είναι πολυπληθή. Μία σταγόνα αίματος περιέχει εκατομμύρια ερυθροκυττάρων.
- Ο ρόλος τους είναι η μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς και η απομάκρυνση από αυτούς του διοξειδίου του άνθρακα.
- Τα ώριμα ερυθρά αιμοσφαίρια έχουν χαρακτηριστικό σχήμα αμφίκοιλου δίσκου και είναι παχύτερα στην περιφέρεια απ' ό,τι στο κέντρο. Το σχήμα τους αυτό οφείλεται στην απουσία πυρήνα.



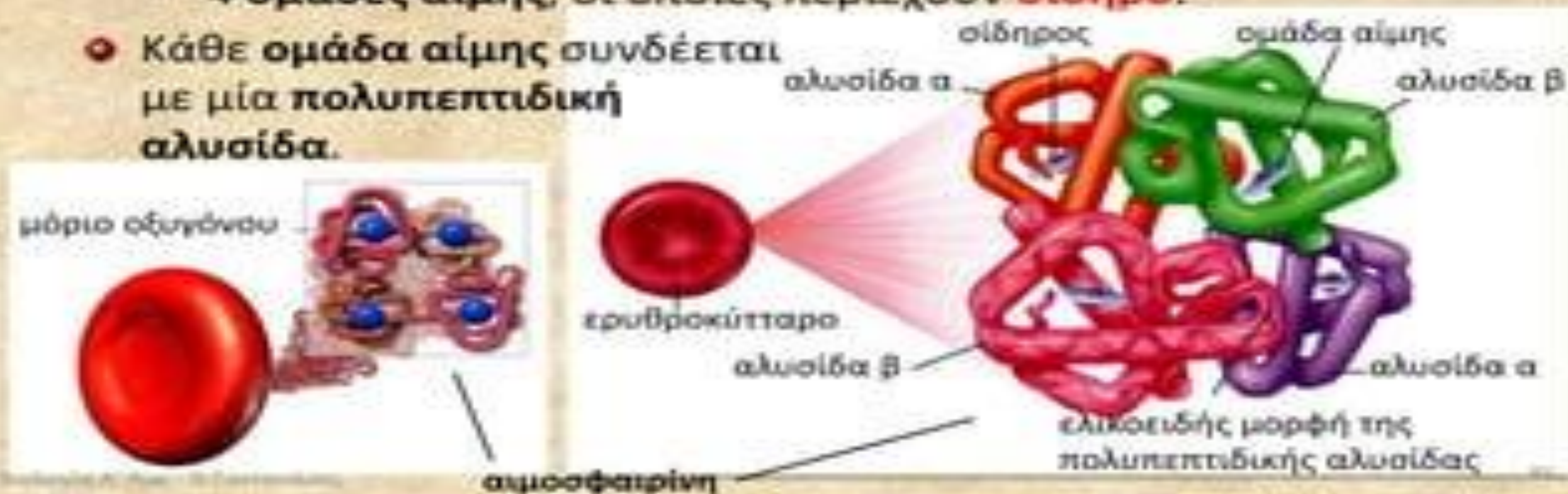
## Αίμα: Ερυθρά αιμοσφαίρια

- Το κυτταρόπλασμα των ερυθροκυττάρων περιέχει κυρίως **αιμοσφαιρίνη**, η οποία τους δίδει το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα.
- Η αιμοσφαιρίνη είναι μία εξειδικευμένη πρωτεΐνη, υπεύθυνη για τη μεταφορά του οξυγόνου.



## Αίμα: Ερυθρά αιμοσφαίρια

- Η **αιμοσφαιρίνη Α**, που είναι ο κύριος τύπος αιμοσφαιρίνης στους ενήλικες, αποτελείται από:
  - δύο ζευγάρια πολυπεπτιδικών αλυσίδων, της αλυσίδας α και της αλυσίδας β και
  - 4 ομάδες αίμης, οι οποίες περιέχουν **σίδηρο**.
- Κάθε ομάδα αίμης συνδέεται με μία πολυπεπτιδική αλυσίδα.





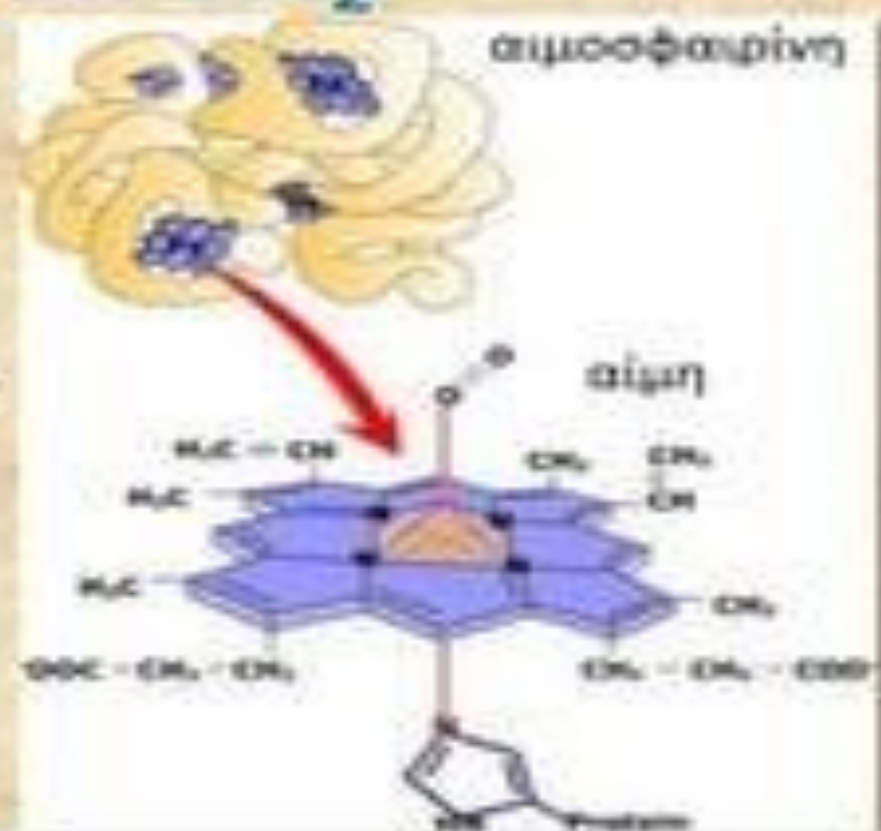
## Αίμα: Ερυθρά αιμοσφαίρια

- Τα ερυθροκύτταρα ζουν περίπου τέσσερις μήνες.
- Στη συνέχεια εγκαταλείπουν την κυκλοφορία του αίματος και συγκεντρώνονται στο ήπαρ και στη σπλήνα, όπου καταστρέφονται.
- Για να διατηρείται όμως ο αριθμός τους στο αίμα σταθερός, παράγονται συγχρόνως άλλα από τον ερυθρό μυελό των οστών.
- Κάθε δευτερόλεπτο στον οργανισμό παράγονται 3.000.000 ερυθροκύτταρα και καταστρέφονται άλλα τόσα.



# Αίμα: Μεταφορά $O_2$ και $CO_2$

- Όταν τα ερυθροκύτταρα φτάσουν στους πνεύμονες με την κυκλοφορία, προσλαμβάνουν **οξυγόνο**.
- Το **άτομο σιδήρου** που υπάρχει σε κάθε μόριο αίμης δεσμεύει ένα μόριο οξυγόνου. Στην κατάσταση αυτή η αιμοσφαιρίνη ονομάζεται **οξυαιμοσφαιρίνη**.
- Το οξυγόνο μεταφέρεται έτσι μέχρι τα τριχοειδή, όπου αποδεσμεύεται από την αιμοσφαιρίνη και διαχέεται προς τα κύτταρα.



## Αίμα: Μεταφορά $O_2$ και $CO_2$

- Αφού απελευθερωθεί το οξυγόνο, δεσμεύεται από την αιμοσφαιρίνη ένα μέρος από το διοξείδιο του άνθρακα που έχει παραχθεί με το μεταβολισμό των κυττάρων.
- Το υπόλοιπο διαλύεται στο πλάσμα με τη μορφή όξινων ανθρακικών ανιόντων ( $HCO_3^-$ ).
- Στη συνέχεια το δεσμευμένο διοξείδιο του άνθρακα και το διαλυμένο στο πλάσμα, μεταφέρονται στους πνεύμονες, όπου αποβάλλονται ως  $CO_2$ .



## Αίμα: Μεταφορά $O_2$ και $CO_2$

- Η οξυαιμοσφαιρίνη προσδίδει στο αίμα **λαμπερό κόκκινο χρώμα**, ενώ η αιμοσφαιρίνη που έχει δεσμεύσει διοξείδιο του άνθρακα, **σκούρο κόκκινο**.



# Εμβρυϊκή και μετεμβρυϊκή αιμοποίηση

13

- ▶ Αιμοποίηση καλείται η λειτουργία που οδηγεί στην παραγωγή όλων των εμμόρφων συστατικών του αίματος. Τα όργανα και οι ιστοί στους οποίους συντελείται η παραγωγή των κυττάρων του αίματος χαρακτηρίζονται αιμοποιητικά όργανα ή αιμοποιητικοί ιστοί.
- ▶ Ο κύριος αιμοποιητικός ιστός είναι ο μυελός των οστών.

# Εμβρυϊκή και μετεμβρυϊκή αιμοποίηση

14

## ➤ Εμβρυϊκή Αιμοποίηση :

- Συντελείται στον μυελό των οστών, στο ήπαρ, στο θύμο, στους λεμφαδένες και στον σπλήνα. Τα κύτταρα του αίματος προέρχονται από την αιματοκυτοβλάστη, ένα αρχέγονο πολυδύναμο κύτταρο, που εμφανίζεται την 3η εβδομάδα κύησης. Οι αιματοκυτοβλάστες διαφοροποιούνται και δίνουν γένεση σε 2 αιμοποιητικούς ιστούς, στον μυελικό και στον λεμφικό.
- Ο μυελικός ιστός είναι ο ιστός απ' όπου προέρχονται όλα τα είδη των κυττάρων του εμβρύου. Ο λεμφικός ιστός εμφανίζεται αργότερα και βρίσκεται στα λεμφοζίδια, στα αυτοτελή λεμφικά όργανα (θύμο, λεμφαδένες, σπλήνας).

# Εμβρυϊκή και μετεμβρυϊκή αιμοποίηση

15

## ➤ Μετεμβρυϊκή Αιμοποίηση :

- Τόπος αιμοποίησης είναι μόνο ο μυελός των οστών με εξαίρεση τα λεμφοκύτταρα που παράγονται στα λεμφικά όργανα.
- Αρχικά υπάρχει το αρχέγονο μητρικό αιμοποιητικό όργανο ή αιμοκυτοβλάστη.
- 5 % προέρχονται τα πολυδύναμα μυελικά και πολυδύναμα λεμφικά κύτταρα.

# Εμβρυϊκή και μετεμβρυϊκή αιμοποίηση

## ► Πολυδύναμα Μυελικά Προγονικά Κύτταρα :

- Πραγματικά προγονικά κύτταρα με την ποιότητα της ανανέωσης που διαφοροποιούνται και ωριμάζουν προς μια καθορισμένη μυελική σειρά και αποκτούν χαρακτηριστικά που επιτρέπουν την αναγνώριση τους.
- Στην διαφοροποίηση των προγονικών αιμοποιητικών κυττάρων παίζουν ρόλο οι ονομαζόμενοι αυξητικοί παράγοντες και πολυπεπτίδια με χαρακτηριστικά ορμονών ως CSF (Colony Stimulating Factors).



# Εμβρυϊκή και μετεμβρυϊκή αιμοποίηση

17

## ► Πολυδύναμα Λεμφικά Προγονικά (μητρικά) Κύτταρα :

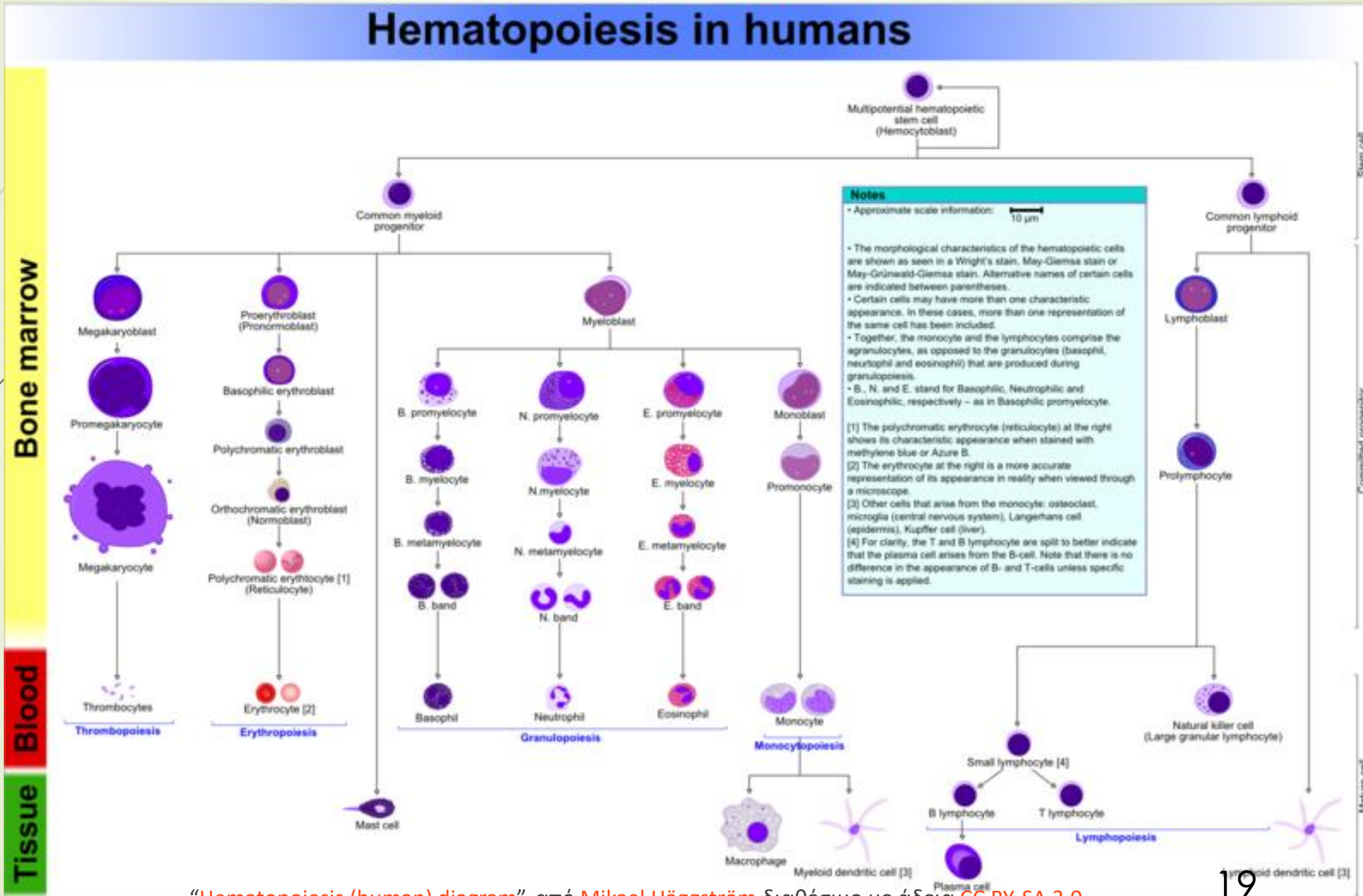
- Υπάρχουν και πολυδύναμα (μητρικά) προγονικά αιμοποιητικά κύτταρα (L – HSC) (Lymphoid Hemopoietic Stem Cell). Πρόκειται για προγονικά λεμφοκυττάρων τα οποία διαφοροποιούμενα δίνουν γένεση στις προγονικές σειρές (λεμφοσειρές) των Β και Τ λεμφοκυττάρων

# Μυελός των οστών

- Ο μυελός των οστών βρίσκεται στα σπογγώδη οστά (σπόνδυλοι, πλευρές, άνω άκρο μηριαίου και στα πλατέα οστά της πυέλου), στις επιφύσεις των επιμηκών οστών. Αποτελεί διάχυτο αιμοποιητικό όργανο και παράγει αιμοσφαιρίνη. Χαρακτηρίζεται από έντονη αιμοποιητική δραστηριότητα και καθημερινά παράγει 100 – 200 δις ερυθροκύτταρα.
- Ο λιπώδης ωχρός μυελός βρίσκεται στον αυλό των επιμήκων οστών, συνίσταται από λιπώδη κύτταρα και συνδετικό ιστό και είναι αδρανής, δεν συμμετέχει δηλαδή, στην αιμοποίηση.

# Αιμοποίηση

## Hematopoiesis in humans

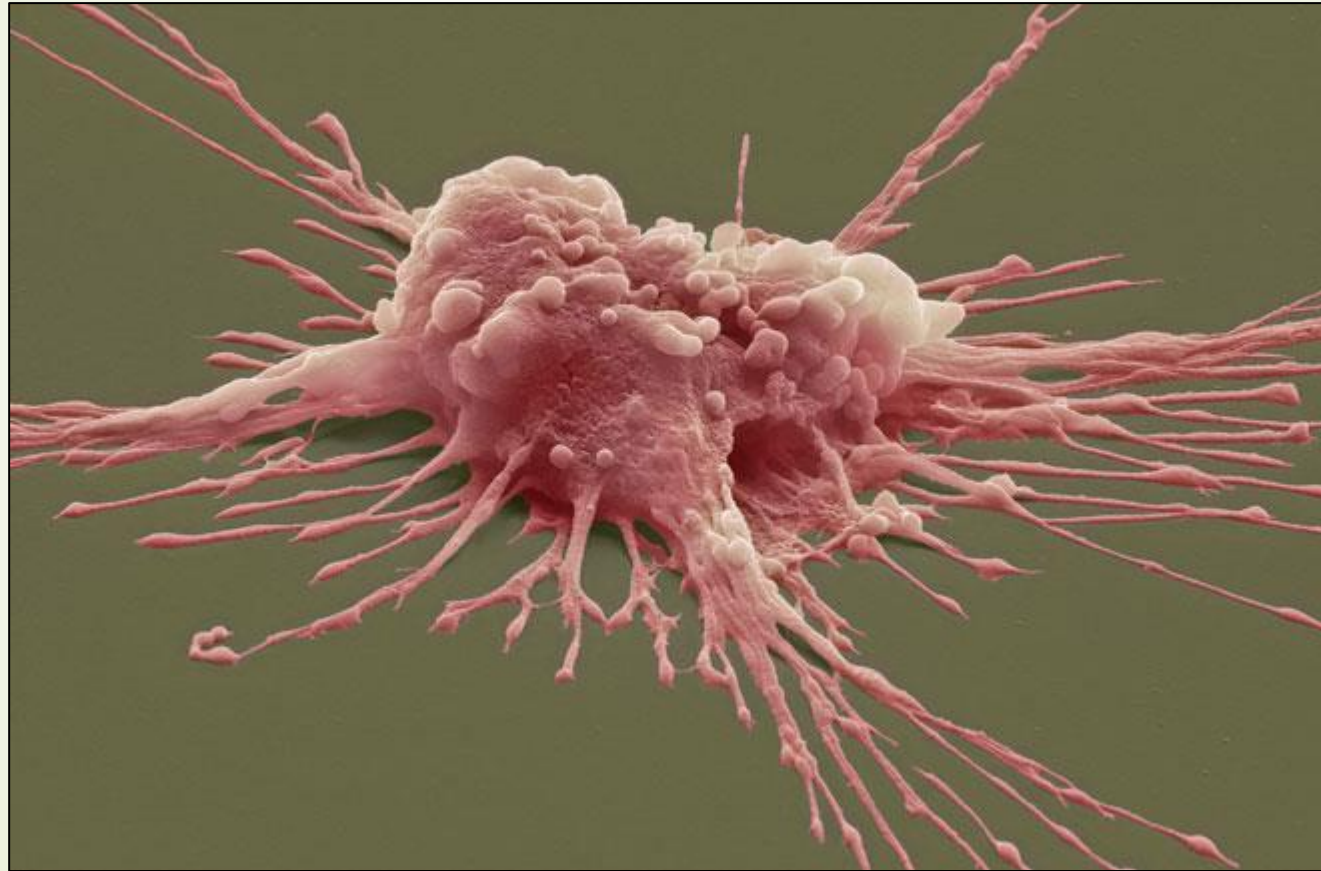


**Notes**

- Approximate scale information: 10 μm
- The morphological characteristics of the hematopoietic cells are shown as seen in a Wright's stain, May-Giemsa stain or May-Grünwald-Giemsa stain. Alternative names of certain cells are indicated between parentheses.
- Certain cells may have more than one characteristic appearance. In these cases, more than one representation of the same cell has been included.
- Together, the monocyte and the lymphocytes comprise the agranulocytes, as opposed to the granulocytes (basophil, neutrophil and eosinophil) that are produced during granulopoiesis.
- B, N, and E stand for Basophilic, Neutrophilic and Eosinophilic, respectively – as in Basophilic promyelocyte.

[1] The polychromatic erythrocyte (reticulocyte) at the right shows its characteristic appearance when stained with methylene blue or Azure B.  
 [2] The erythrocyte at the right is a more accurate representation of its appearance in reality when viewed through a microscope.  
 [3] Other cells that arise from the monocyte: osteoclast, microglia (central nervous system), Langerhans cell (epidermis), Kupffer cell (liver).  
 [4] For clarity, the T and B lymphocyte are split to better indicate that the plasma cell arises from the B-cell. Note that there is no difference in the appearance of B- and T-cells unless specific staining is applied.

# Πολυδύναμο αιμοποιητικό κύτταρο



# Μυελός των οστών

- ▶ Ο μυελός μελετάται με το μυελόγραμμα που αφορά την εξέταση των κυττάρων του μυελού και αποτελεί εξέταση εκλογής για διαπίστωση ύπαρξης και κατάληψης του μυελού από παθολογικά κύτταρα (π.χ. οξεία λευχαιμία). Ο μυελός λαμβάνεται με παρακέντηση με τροκάρ υπό τοπική αναισθησία από το φλοιό του οστού όπου είναι άφθονος η οποία γίνεται συνήθως στο στέρνο ή στην οπίσθια λαγόνιο άκανθα.

# Γενική αίματος

- Η καθίζηση των ερυθρών δηλαδή , ο διαχωρισμός του πλάσματος από τα έμμορφα συστατικά με την επίδραση της βαρύτητας. Αίμα με αντιπηκτικό τοποθετείται σε σωλήνα ορισμένων διαστάσεων και το σύνολο φέρεται κατακορύφως. Με την πάροδο του χρόνου επέρχεται ο διαχωρισμός.
- Φάση συσσωμάτων.
- Φάση καθίζησης συσσωμάτων.
- Φάση επιβράδυνσης της καθίζησης.

# Γενική αίματος

Για τον προσδιορισμό της **TKE** χρησιμοποιείται σωλήνας 200mm αντιπηκτικό διάλυμα κιτρικού Na 3.8 % και η προκύπτουσα αραιώση είναι 20 %

## Φυσιολογικές Τιμές :

<b>Φύλλο</b>	<b>1<sup>η</sup> ώρα</b>	<b>2<sup>η</sup> ώρα</b>	<b>24 ώρες</b>
<b>Άρρεν</b>	3 – 5 mm	Μέχρι 15 mm	70- 80 mm
<b>Γυναίκες</b>	3 - 8 mm	Μέχρι 12 mm	100 – 110 mm

# Γενική αίματος

- ▶ **Hct:** Η σχέση που εκφράζει τον όγκο που καταλαμβάνουν τα έμμορφα συστατικά προς τον όγκο αίματος που τα περιέχει ονομάζεται Hct (αιματοκρίτης)
- ▶ **Hb:** Είναι μόριο που αποτελείται από αίμη / σφαιρίνη / Fe και δεσμεύει  $O_2$  που μεταφέρει στους ιστούς ανταλλάσσοντας το με  $CO_2$  που αποβάλλει.
- ▶ **MCV** (Μέσος όγκος ερυθρών): Υπολογίζεται διαιρώντας τον όγκο των αιμοσφαιρίων που περιέχονται σε  $1\text{mm}^3$  αίματος (δίδεται από Hct) δια του αριθμού των ερυθροκυττάρων, που υπάρχουν στον ίδιο όγκο (ο αριθμός δίδεται με αρίθμηση τους) και εκφράζεται σε fl.



# Γενική αίματος

## Φυσιολογικές Τιμές:

85 – 95 fl	Νορμοκυττάρωση
< 85	Μικροκυττάρωση
> 97	Μακροκυττάρωση

# Γενική αίματος

- MCHV : (Μέση συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης) υπολογίζεται διαιρώντας την μετρηθείσα Hb δια τα υπολογισθέντος Hct→

$$MCHV = \frac{Hb \text{ g/d} \times 100}{Hct(\%)}$$

32 – 36	Νορμοχρωμία
< 32	Υποχρωμία
> 36	Υπερχρωμία

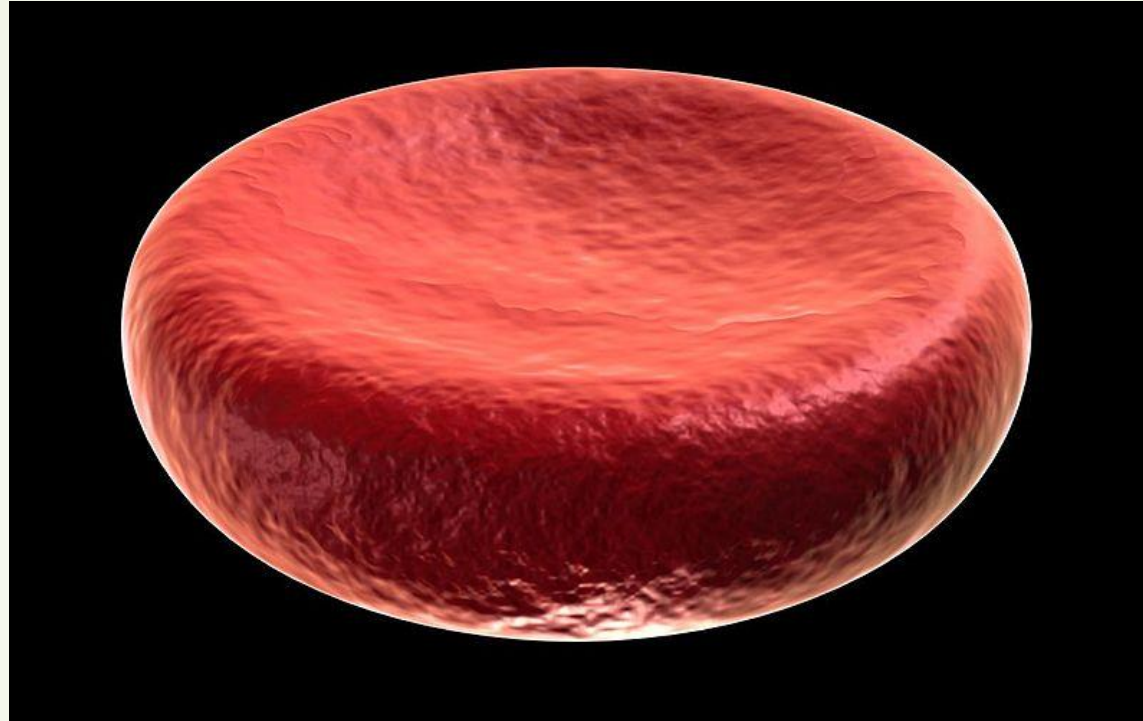
**MCH** : (Μέση περιεκτικότητα ερυθροκυττάρων σε αιμοσφαιρίνη)  
 Διαιρώντας την Hb δια του αριθμού των ερυθροκυττάρων, και  
 δείχνει το μέσο βάρος της Hb ανά ερυθροκύτταρο  $MCH = Hb/RBC$

28 – 34 pg	Νορμοχρωμία
< 28	Υποχρωμία
> 34	Υπερχρωμία

# Δομή ερυθροκυττάρου

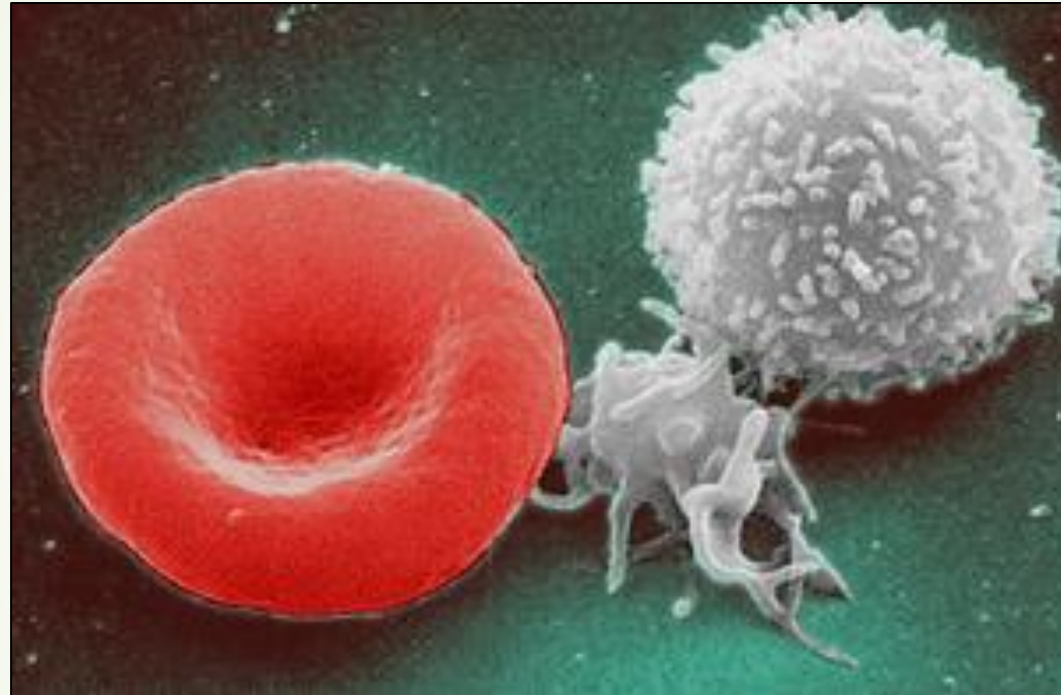
- ▶ Το ερυθροκύτταρο είναι ένα απύρρηνο κύτταρο και για τον λόγο αυτό στερείται πρωτεϊνοσύνθεσης.
- ▶ Έχει σχήμα αμφίκοιλου δίσκου που επιτρέπει την περισσότερο ομοιόμορφη και ταχεία διάχυση των αερίων απ' ότι όταν είχε ένα σφαιρικό σχήμα γιατί η απόσταση κέντρου και επιφάνειας γίνεται μικρότερη.
- ▶ Το σχήμα αυτό αυξάνει την ωφέλιμη επιφάνεια του κατά 30%.

# Ερυθροκύτταρο



“[Erythrocyte deoxy](#)”, από Rogeriopfm  
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

# Ερυθροκύτταρο, λευκό, αιμοπετάλιο



[“Red White Blood cells”](#), από WhatamI doing  
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

# Ερυθρά στην αγγειακή κοίτη

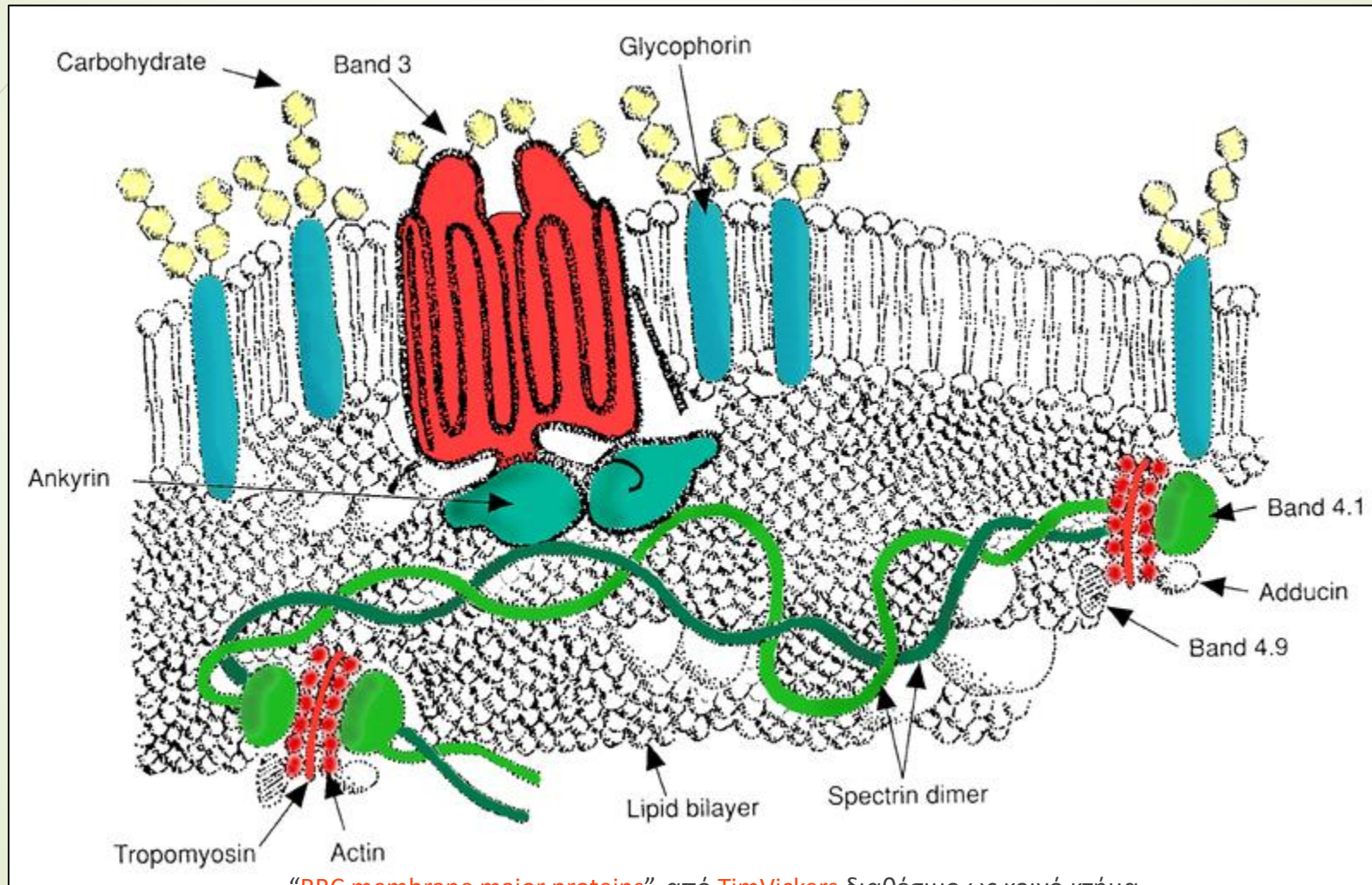


“blood blood plasma red blood cells plasma  
infection”, από geralt διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

# Δομή ερυθροκυττάρου

- Το σχήμα του ερυθροκυττάρου θεωρείται σχήμα ισορροπίας, πράγμα που τα ερυθρά το εμφανίζουν όταν βρίσκονται εντός του πλάσματος.
- Περιβάλλεται από μεμβράνη εύκαμπτη και όχι τόσο ελαστική.
- Λόγω αυτού, το ερυθροκύτταρο μπορεί να υποστεί μεγάλες παραμορφώσεις όταν διέρχεται από τριχοειδή.
- Η **μεμβράνη του ερυθρού** όμως είναι παρόμοια με των άλλων κυττάρων.

# Μεμβράνη ερυθρού



"RBC membrane major proteins", από [TimVickers](#) διαθέσιμο ως κοινό κείμενο



# Δομή ερυθροκυττάρου

- ▶ Εκτός του πλάσματος τα ερυθροκύτταρα λαμβάνουν σχήμα σφαιρικό και η σφαιρικότητα αυτή αποδίδεται στην απουσία μιας πρωτεΐνης του πλάσματος.
- ▶ Τα σφαιροκύτταρα είναι λιγότερο εύκαμπτα και είναι λιγότερο πιθανό να επιβιώσουν σε αντίξοες συνθήκες, όπως π.χ. από βλάβη αντισωμάτων.

# ΕΡΥΘΡΗ ΣΕΙΡΑ

- Τα ερυθρά αιμοσφαίρια περιέχουν την αιμοσφαιρίνη, μια πρωτεΐνη ειδικά σχεδιασμένη για να μεταφέρει O<sub>2</sub> στους ιστούς.
- Η παραγωγή τους ελέγχεται από την ερυθροποιητίνη (EPO)
- Διεγείρει τη διαφοροποίηση του αρχέγονου πολυδύναμου μητρικού κυττάρου (CFU-E) προς κύτταρα της ερυθρής σειράς
- Το πρώτο αναγνωρίσιμο κύτταρο της ερυθρής σειράς στο ΜΟ είναι η ερυθροβλάστη (βασεόφιλη, διάμεση, οξεόφιλη)
- Ωριμάζει προς δικτυοερυθροκύτταρο (ΔΕΚ) και τελικά προς ώριμο ερυθροκύτταρο (Ελάττωση του μεγέθους του κυττάρου, εξαφάνιση πυρήνα, αύξηση περιεκτικότητας σε Hb)

# ΕΡΥΘΡΟΠΟΙΗΣΗ - Ορισμός

- **Ερυθροποίηση** είναι η διαδικασία παραγωγής ωρίμων ερυθροκυττάρων στο μυελό των οστών.
- Το σύνολο των κυττάρων που μετέχουν σε αυτήν από το πρώτο "δεσμευμένο" προς την ερυθροποίηση αρχέγονο κύτταρο ως τα ώριμα ερυθρά αιμοσφαίρια, αποτελούν την **ερυθρά σειρά**.

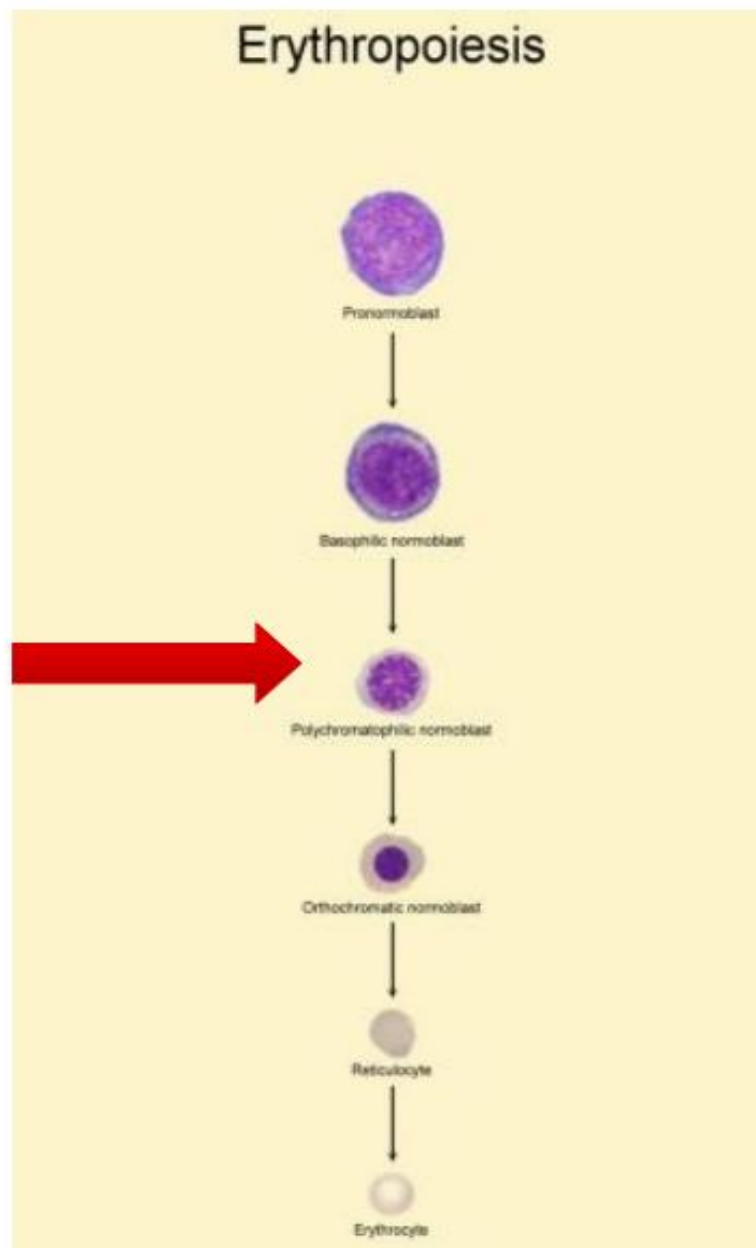
# Ρύθμιση της ερυθροποίησης – Ερυθροποιητίνη

- Η **ερυθροποιητίνη (Epo)** είναι μια γλυκοπρωτεΐνη μοριακού βάρους 34.4 Kd, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση της ερυθροποίησης.
- Συγκεκριμένα η **ελάττωση της τάσης του οξυγόνου επηρεάζει τα επίπεδα Epo** μέσω αυξημένης έκφρασης του γονιδίου της.

# Δράση ερυθροποιητίνης

- 1) **Διασώζει τα κύτταρα** που έχουν εκφράσει Ερο-υποδοχείς αυξάνοντας έτσι το συνολικό πληθυσμό των ερυθροποιητικών κυττάρων.
- 2) **Επιταχύνει τη διαδικασία διαφοροποίησης** μειώνοντας το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ των κυτταρικών διαιρέσεων.

# Διαφοροποίηση της ερυθρής σειράς



- Καθημερινά παράγονται  $\sim 2,5-3 \times 10^9$  /kg ΒΣ RBC
- Μιτωτικές διαιρέσεις συμβαίνουν μέχρι το στάδιο της **πολυχρωματόφιλης (διάμεσης) ερυθροβλάστης**, με σύγχρονη ωρίμανση
- Αναλογία στο μυελό  $\sim 17\%$

# Διαφοροποίηση της ερυθρής σειράς

- Προερυθροβλάστη (διαιρούνται μία φορά)
- Βασεόφιλη ερυθροβλάστη I και II »
- Πολυχρωματόφιλος ερυθροβλάστη »
- **Οξύφιλος ερυθροβλάστη (δεν διαιρούνται /μόνο ωριμάζουν)**
- **Δικτυοερυθροκύτταρα »**
- **Ερυθρά αιμοσφαίρια »**

# Ερυθρά αιμοσφαίρια

- Απύρρηνα, περιέχουν αιμοσφαιρίνη (ζωηρό ερυθρό χρώμα).
- Σχήμα αμφίκυκλο
- Βασική αποστολή: μεταφορά  $O_2$  στους ιστούς
- Σε  $\sim 20$  sec τα ερυθρά διανύουν ένα “πλήρη κύκλο” στην κυκλοφορία του αίματος
- Ζουν  $\sim 100-120$  ημέρες





# Λειτουργία ερυθροκυττάρου

- Η **μεμβράνη του ερυθρού** όμως είναι παρόμοια με των άλλων κυττάρων.
- Η μεμβράνη αποτελείται από:
  1. Διπλοστοιβάδα φωσφολιπιδίων .
  2. Διαμεμβρανικές πρωτεΐνες και υποστηρίζεται από υπομεμβρανικό σκελετό που προσδίδει ευλυγισία και ανθεκτικότητα.
  3. Σπекτρίνη (άλυσος-πλέγμα).
  4. Ανκυρίνη (διαμεμβρανική πρωτεΐνη) που επιτρέπει την ανταλλαγή  $\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^-$  και απομάκρυνση του  $\text{CO}_2$ .
  5. Η μεμβράνη έχει διάφορες αντλίες κατιόντων (ΑΤΡασες) π.χ.  $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$  και  $\text{Ca}^{++} \text{ATPase}$  και υποδοχείς.

# Λειτουργία ερυθροκυττάρου

- **Το πρωτόπλασμα του ερυθροκυττάρου** είναι ομοιογενές, στερείται δε οργανιδίων.
- Μοιάζει σε σύνθεση με τα άλλα κύτταρα π.χ.  $H_2O$  65-70%, ανόργανα στοιχεία, άλατα, οργανικές ουσίες,  $K^+$ , κ.α.
- Υπάρχουν δε ένζυμα της αναερόβιας γλυκόλυσης και αερόβιας διεργασίας απελευθέρωσης ενέργειας.

# Λειτουργία ερυθροκυττάρου

- ▶ Στο πρωτόπλασμα υπάρχουν η αναπνευστική χρωστική, η αιμοσφαιρίνη και οι μηχανισμοί προστασίας της αιμοσφαιρίνης από οξειδωτικές ουσίες.
- ▶ Η λειτουργία του ερυθροκυττάρου, βασίζεται στην λειτουργία του μορίου της αιμοσφαιρίνης και στην λειτουργία της ανταλλαγής των αερίων.

# Οδοί παραγωγής ενέργειας ερυθρού

- ▶ Ανασύνθεση του ATP (αναερόβια γλυκόλυση).
- ▶ Τα φυσιολογικά ερυθροκύτταρα λειτουργούν με αερόβια διεργασία.

# Οδοί παραγωγής ενέργειας ερυθρού

- ▶ Η αναερόβια (κύκλος Emben- Meyerhof) περιλαμβάνει 2 σειρές αντιδράσεων
  - ▶ διάσπαση γλυκόζης σε 2 φωσφορικές τριόζες
  - ▶ σχηματισμό πυροσταφυλικού που περιέχει ενέργεια για την ανασύνθεση 2 ATP μορίων και σχηματίζει 2 μόρια ανηγμένου NADH , το οποίο συμμετέχει στην αναγωγή της μεθαιμοσφαιρίνης σε αιμοσφαιρίνη και σχηματίζει 2,3 διφωσφογλυκερικό.
- ▶ Η συμπληρωματική οδός (πεντοζών) 10% συμμετοχή.
- ▶ Το ATP εξασφαλίζει την λειτουργία της αντλίας Na και η διάσπαση γίνεται με την ATPάση.

# Αιμοσφαιρίνη

- ▶ Η αιμοσφαιρίνη είναι μια αναπνευστική χρωστική. Σε αυτήν οφείλεται το κόκκινο χρώμα του αίματος.
- ▶ Αποτελεί και το κύριο συστατικό των ερυθρών και το  $\frac{1}{3}$  του βάρους του ερυθροκυττάρου. Ανήκει στις μεταλοπορφυρικές χρωστικές. Από πλευράς λειτουργίας, οι χρωστικές συμμετέχουν στην αναπνοή και δρουν σαν μεταφορείς  $O_2$  της ατμόσφαιρας, σαν αποθήκη  $O_2$  ή σαν παράγοντες ένζυμων κυτταρικών οξειδώσεων.

# Αιμοσφαιρίνη

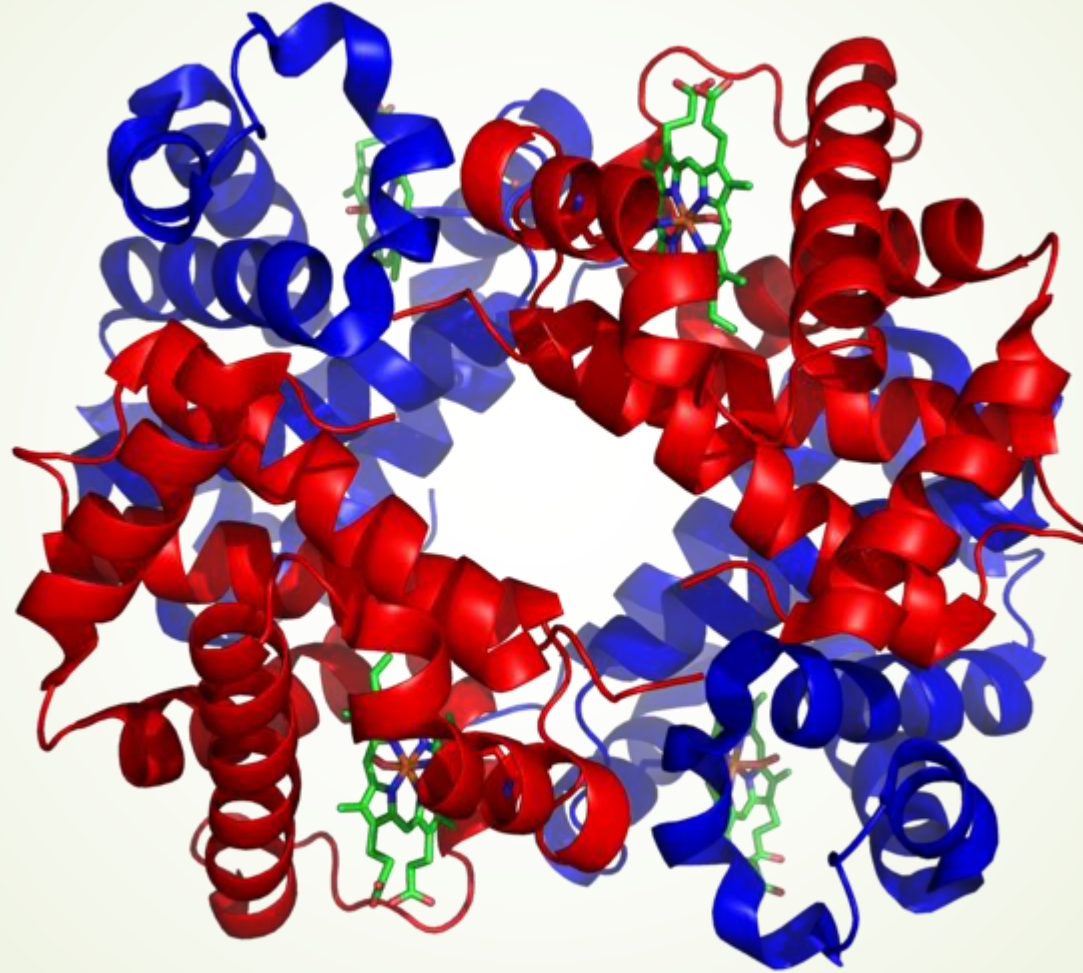
- ▶ Όλες αυτές οι ουσίες αποτελούνται από πορφυρίνη η οποία στο κέντρο της είναι συνδεδεμένη με μέταλλο και μια πρωτεϊνική ομάδα. Στην περίπτωση της αιμοσφαιρίνης, η πρωτεϊνική ομάδα είναι σφαιρίνη, ο πορφυρικός δακτύλιος είναι πρωτοπορφυρίνη και το μέταλλο ο σίδηρος. Το σύνολο πρωτοπορφυρίνη-σίδηρος αποτελεί την προσθετική ομάδα, την αίμη.
- ▶ ΜΒ αιμοσφαιρίνης 64500 Daltons. Η αίμη συνδέεται με Fe. Η πρωτοπορφυρίνη III ως δομή έχει 4 πυρρολικούς δακτυλίους. Στο κέντρο της πρωτοπορφυρίνης είναι το άτομο Fe και συνδέεται με 4 άτομα αζώτου και διατηρεί 2 ελεύθερα σθένη.
- ▶ Η σφαιρίνη αποτελείται από 4 πολυπεπτιδικές αλυσσους, ανά 2 ίδιες [(α,β,γ,δ)].

# Αιμοσφαιρίνη

- ▶ Για την αιμοσφαιρίνη A, η σύνθεση είναι (HbA  $\alpha_2 \beta_2$ ) (φυσιολογική αιμοσφαιρίνη).
- ▶ Αυτή εμφανίζεται σαν οξυαιμοσφαιρίνη και είναι η καθ' αυτό αιμοσφαιρίνη του ενήλικα.



# Εικόνα μορίου αιμοσφαιρίνης



“[1GZX Haemoglobin](#)”, από [PatríciaR](#)  
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#)

# Φυσιολογικές και παθολογικές αιμοσφαιρίνες

50

- ▶ Η  $A(\alpha_2\beta_2)$  εμφανίζεται ως οξυαιμοσφαιρίνη.
- ▶ Στα πρώτα στάδια εμβρύων απαντάται η αιμοσφαιρίνη Gowers.
- ▶ Στα τελευταία στάδια εμβρύου αναπτύσσεται η αιμοσφαιρίνη F ( $\alpha_2\gamma_2$ ) (μεταφορά  $O_2$  στον πλακούντα).
- ▶ Στον ενήλικα και μετά το τέλος γαλουχίας υπάρχει και η  $A_2(\alpha_2\delta_2)$  και η  $F(\alpha_2\gamma_2)$ , αλλά σε πολύ μικρό ποσοστό. Η  $A(\alpha_2\beta_2)$  είναι 97% και η  $A_2(\alpha_2\delta_2)$  1,3-5%.

# Φυσιολογικές και παθολογικές αιμοσφαιρίνες

51

- ▶ Ανθρακυλαιμοσφαιρίνη όταν συνενώνεται με CO (μονοξείδιο) και μεθαιμοσφαιρίνη όταν οξειδώνεται.
- ▶ Γλυκοζιωμένη (A1c), όταν συνδέεται με ποσό γλυκόζης στο αίμα π.χ. στον σακχαρώδη διαβήτη.

# Λειτουργίες αιμοσφαιρίνης

- ▶ Μεταφέρει το  $O_2$  από τους πνεύμονες στους ιστούς, διότι σε κάθε μόριο φυσιολογικής αιμοσφαιρίνης Hb (HbA ( $\alpha_2\beta_2$ )) συνδέονται 4 μόρια  $O_2$ .
- ▶ Η αποτελεσματικότητα της αιμοσφαιρίνης για την μεταφορά  $O_2$  αποδίδεται στην περιστροφή των  $\beta$  αλυσέων γύρω από τις  $\alpha$  αλυσίδες και με διολίσθηση των μεν πάνω στις άλλες.

# Λειτουργίες αιμοσφαιρίνης

- ▶ Μια άλλη λειτουργία της αιμοσφαιρίνης είναι η μεταφορά του  $\text{CO}_2$  από τους ιστούς στους πνεύμονες.
- ▶ Η σύνδεση  $\text{CO}_2$  με το μόριο της Hb γίνεται όχι με τον σίδηρο αλλά και τις πλευρικές ομάδες της σφαιρίνης οπότε σχηματίζεται καρβαμινοαιμοσφαιρίνη.

# Ορισμός αναιμίας

- ▶ Αναιμία είναι η κατάσταση κατά την οποία υπάρχει μείωση του αριθμού των κυκλοφορούντων αιμοσφαιρίων /  $\text{mm}^3$ , της ποσότητας της αιμοσφαιρίνης ανά 100 ml ή του Hct ανά 100 ml.
- ▶ Η αναιμία είναι σύμπτωμα και όχι νόσος.

## Τύποι αναιμίας

- ▶ Με βάση το MCV διακρίνεται σε μικροκυτταρική (<80), σε νορμοκυτταρική (80-84) και μακροκυτταρική (>80).
- ▶ Με βάση την μέση αιμοσφαιρίνη του ερυθροκυττάρου (MCH) σαν υπόχρωμη (<27), νορμόχρωμη (27-32) και υπέρχρωμη (>32).

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MED1048/%CE%91%CE%B9%CE%BC%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7%20-%20%CE%95%CF%81%CF%85%CE%B8%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7.pdf>
- <https://www.eae.gr/images/files/aimodosia/drastiriotites/2013-05/parousiaseis/KOKOPH.pdf>
- <https://www.slideshare.net/ht101/biology-a-lykkef3>





# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Μαρία Βενετίκου 2014. Μαρία Βενετίκου. «Φυσιολογία. Ενότητα 2: Αίμα». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](http://ocp.teiath.gr).

# 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. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται 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.

# Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

59

© Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.

διαθέσιμο με  
άδεια CC-BY

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια  
CC-BY-SA

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια

διαθέσιμο με άδεια  
CC-BY-ND

άδεια. Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια  
CC-BY-NC

Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου. Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια  
CC-BY-NC-SA

Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με  
άδεια CC-BY-

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.

NC-ND  
διαθέσιμο με άδεια  
CC0 Public

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

Domain  
διαθέσιμο ως κοινό  
κτήμα

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

χωρίς σήμανση

Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.



# 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.

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ 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.

