

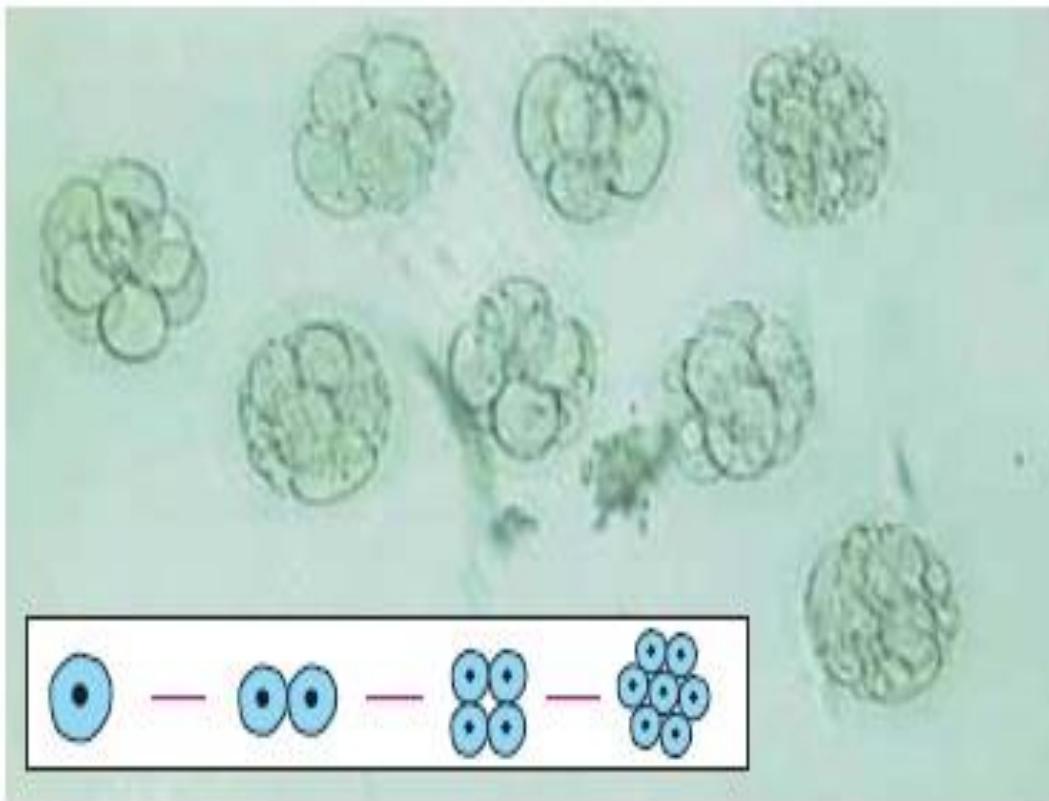


# ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΜΥΝΑΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Η πρώτη γραπτή αναφορά στο  
φαινόμενο της ανοσίας μπορεί  
να αναζητηθεί στον Θουκυδίδη,  
τον μεγάλο ιστορικό του  
Πελοποννησιακού Πολέμου...

# Ανάπτυξη και επιβίωση

- Η ζωή αρχίζει με τη δημιουργία του **ζυγωτού** που περνά από διάφορα στάδια **διαφοροποίησης** και **ανάπτυξης**.
- Η επιβίωση του οργανισμού εξαρτάται από:
  1. τη συντονισμένη λειτουργία των ιστών και των οργάνων του,
  2. την προστασία – άμυνα από εξωτερικούς παράγοντες που διαταράσσουν τη συντονισμένη λειτουργία του.



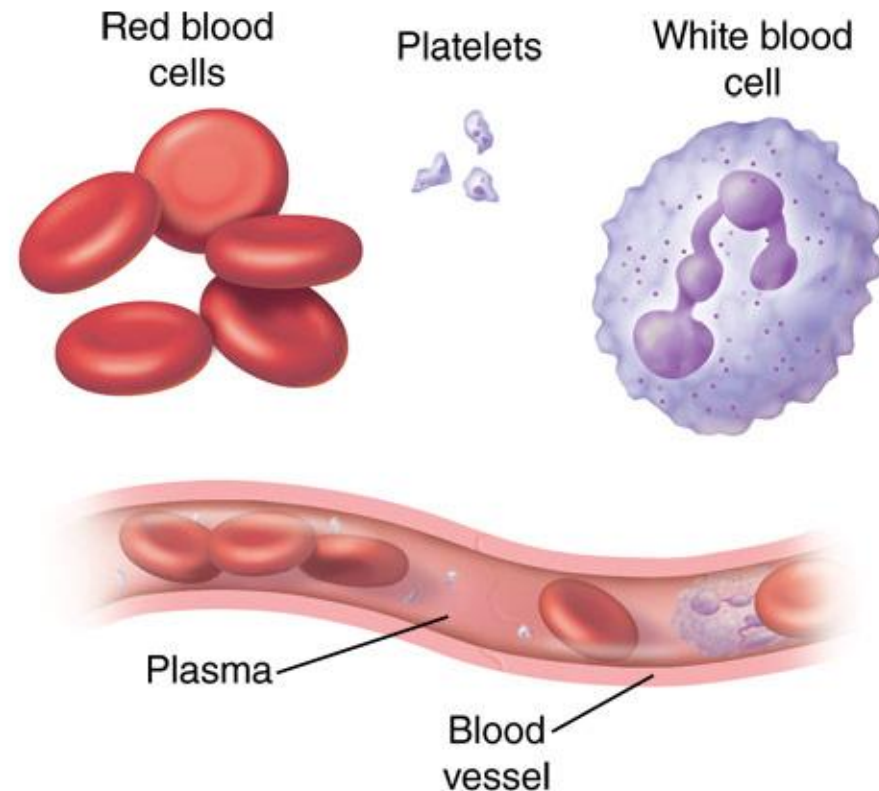
# Διάκριση μηχανισμών άμυνας

Η άμυνα του οργανισμού εναντίον των επιβλαβών εξωτερικών παραγόντων επιτυγχάνεται με ένα σύνολο μηχανισμών οι οποίοι διακρίνονται σε:

- 1. εξωτερικούς και εσωτερικούς** ανάλογα με τη θέση στο ανθρώπινο σώμα.
- 2. μη ειδικούς και ειδικούς** ανάλογα με το αν έχουν γενικευμένη ή εξειδικευμένη δράση.

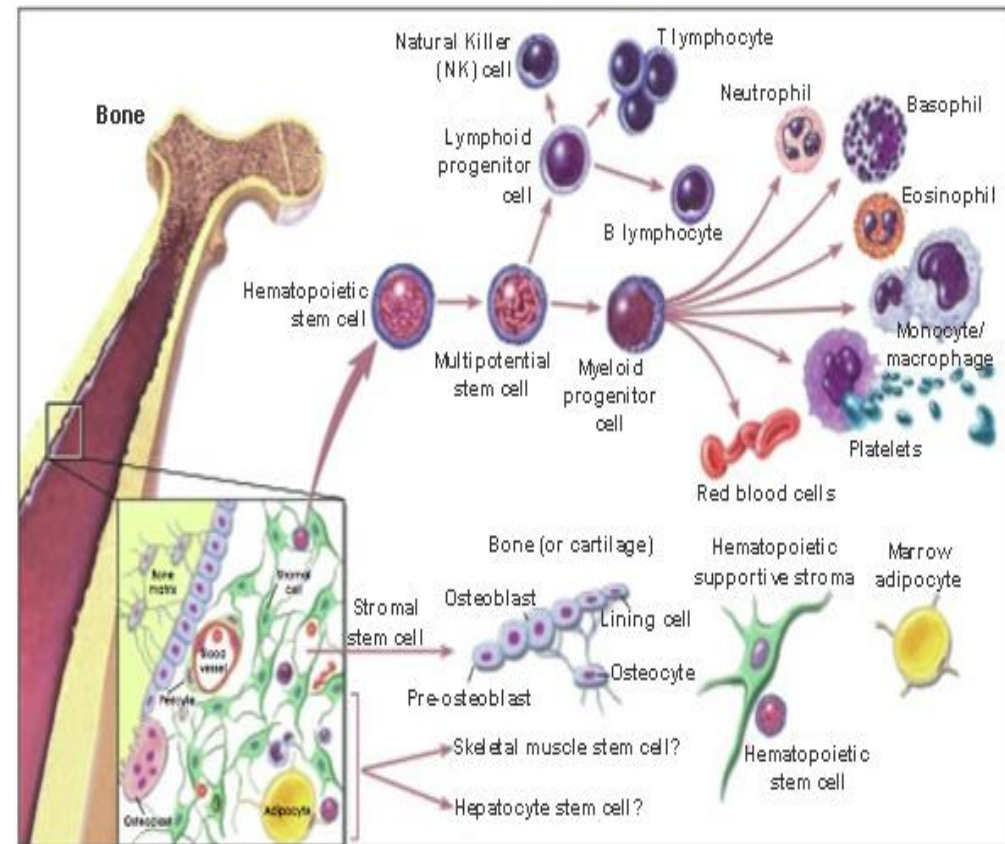
# Το αίμα

- Το αίμα είναι ο βασικότερος παράγοντας οργάνωσης της άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού.
- Αποτελείται από τα **έμμορφα συστατικά** και το **πλάσμα**.
- Τα έμμορφα συστατικά είναι τα κύτταρα του αίματος και διακρίνονται σε:
  1. ερυθρά αιμοσφαίρια.
  2. λευκά αιμοσφαίρια.
  3. αιμοπετάλια.



# Πώς και πού παράγεται το αίμα

- Το κέντρο της αιμοποίησης (της παραγωγής δηλαδή των νέων κυττάρων του αίματος) είναι ο **ερυθρός μυελός των οστών**.
- Όλα τα κύτταρα που συμμετέχουν στους μηχανισμούς άμυνας του οργανισμού προκύπτουν από τη **διαφοροποίηση** πολυδύναμων αιμοποιητικών κυττάρων, τα οποία βρίσκονται στον ερυθρό μυελό των οστών.



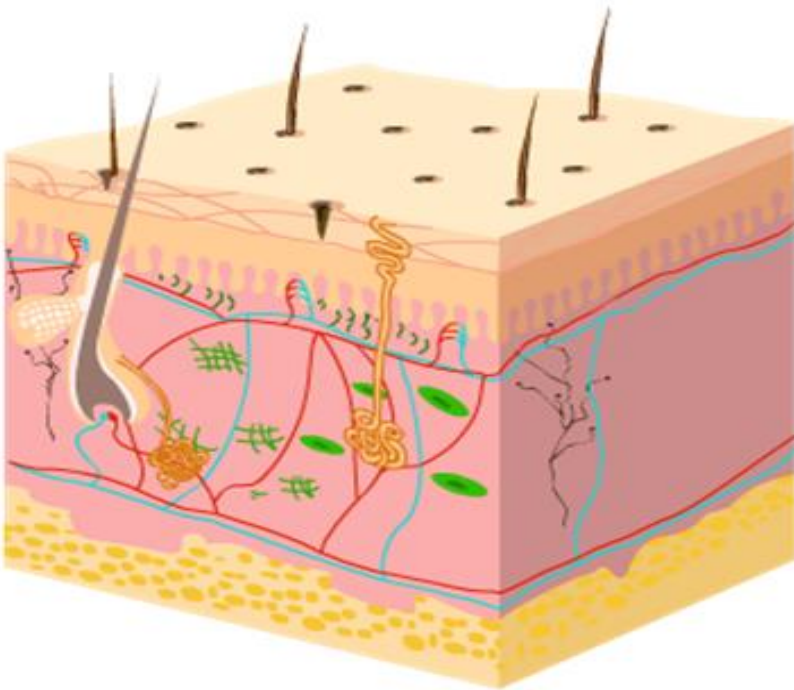
# Μηχανισμοί μη ειδικής άμυνας

Οι μηχανισμοί μη ειδικής άμυνας αντιμετωπίζουν οποιοδήποτε παθογόνο μικροοργανισμό, χωρίς προηγουμένως να έχει συμβεί η αναγνώρισή του. Διακρίνονται σε μηχανισμούς που:

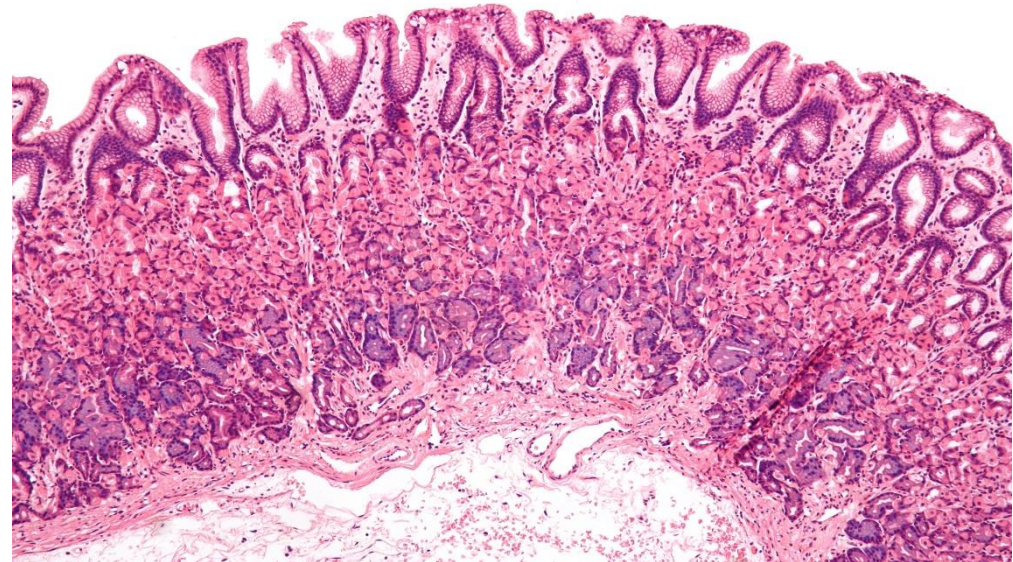
1. παρεμποδίζουν την είσοδο των μικροοργανισμών στον οργανισμό και αποτελούν την **πρώτη γραμμή άμυνας**,
2. αντιμετωπίζουν τους μικροοργανισμούς μετά την είσοδό τους στον οργανισμό και αποτελούν τη **δεύτερη γραμμή άμυνας**.

# Πρώτη γραμμή άμυνας

Δέρμα



Βλεννογόνοι



# Δέρμα

Εμποδίζει την είσοδο των μικροβίων μέσω:

1. της **δομής** του,
2. των **ουσιών** που εκκρίνονται από τους ιδρωτοποιούς και σμηγματογόνους αδένες,
3. των **μη παθογόνων μικροοργανισμών** που φιλοξενούνται στην επιφάνειά του.

# Βλεννογόνοι

Καλύπτουν όλες τις κοιλότητες του οργανισμού. Η βλέννα αποτελεί αποτελεσματικό φραγμό.

Είναι δυνατόν να διαθέτουν επιπλέον χαρακτηριστικά π.χ.

1. ο βλεννογόνος της αναπνευστικής οδού φέρει βλεφαριδοφόρο επιθήλιο,
2. στο βλεννογόνο του στομάχου εκκρίνεται το υδροχλωρικό οξύ,
3. στο βλεννογόνο του επιπεφυκότα του οφθαλμού εκκρίνεται λυσοζύμη στα δάκρυα,
4. στο βλεννογόνο της στοματικής κοιλότητας εκκρίνεται λυσοζύμη στο σάλιο.

# Δεύτερη γραμμή άμυνας

Εάν ένας μικροοργανισμός επιτύχει να διαπεράσει τους μηχανισμούς άμυνας του δέρματος ή των βλεννογόνων έρχεται αντιμέτωπος με τη δεύτερη γραμμή μη ειδικών αμυντικών μηχανισμών, στους οποίους ανήκουν:

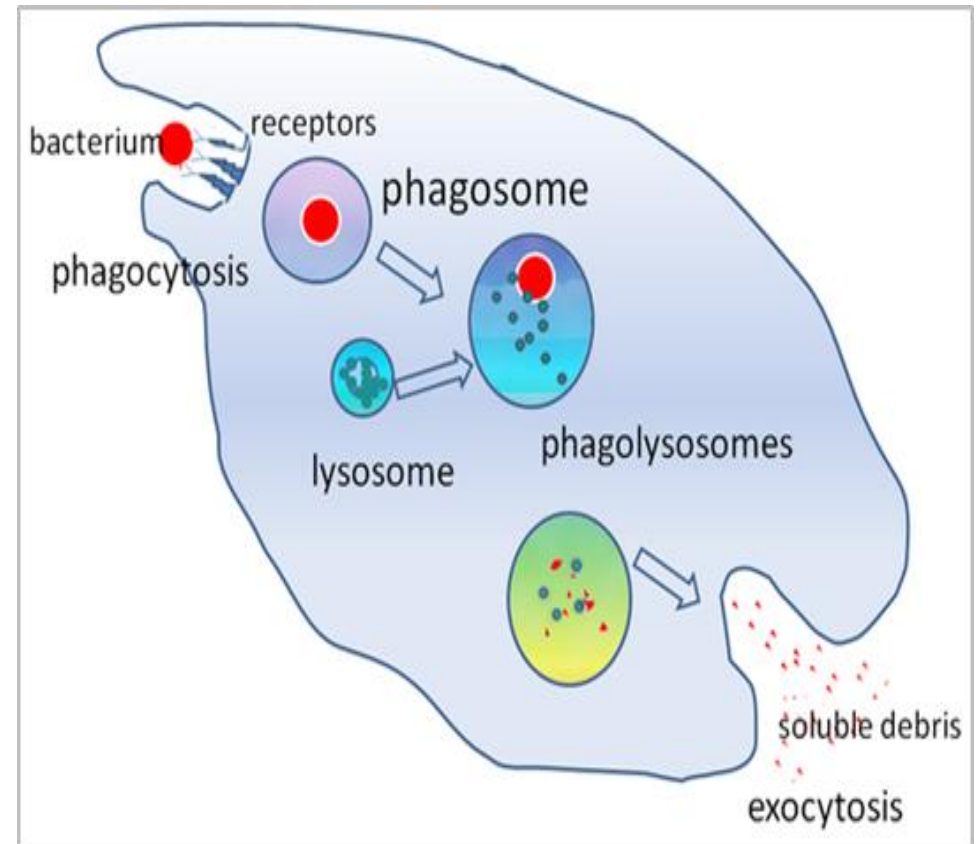
1. η φαγοκυττάρωση,
2. η φλεγμονώδης αντίδραση,
3. ο πυρετός,
4. ουσίες με αντιμικροβιακή δράση.

# Φαγοκυττάρωση

Τα φαγοκύτταρα είναι κατηγορία λευκών αιμοσφαιρίων και διακρίνονται στα:

- ουδετερόφιλα
- και στα **μονοκύτταρα**, τα οποία, αφού διαφοροποιηθούν σε **μακροφάγα**, εγκαθίστανται σε ιστούς του σώματος.

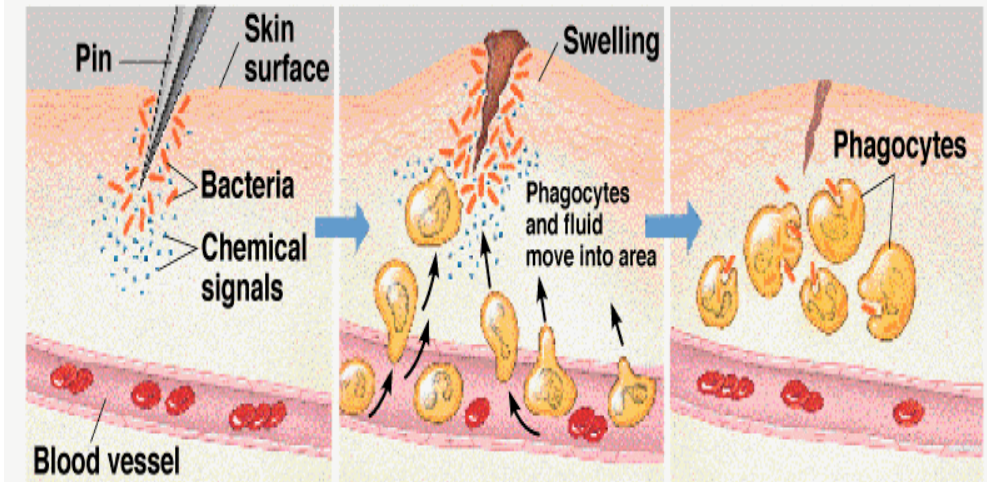
Ειδικά τα μακροφάγα εγκλωβίζουν τον μικροοργανισμό, τον καταστρέφουν και εκθέτουν στην επιφάνειά τους κάποια τμήματά του.



# Φλεγμονώδης αντίδραση (φλεγμονή)

Η φλεγμονή εκδηλώνεται με ένα σύνολο συμπτωμάτων στην περιοχή που συνέβη εισβολή μικροβίων λόγω τραύματος ή άλλης αιτίας, στα οποία περιλαμβάνονται:

1. ο πόνος,
2. το κοκκίνισμα,
3. το οίδημα (πρήξιμο),
4. η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας,
5. ενδεχομένως ο σχηματισμός πύου.



1 Tissue injury; release of chemical signals such as histamine

2 Dilation and increased leakiness of local blood vessels; migration of phagocytes to the area

3 Phagocytes (macrophages and neutrophils) consume bacteria and cell debris; tissue heals

©Addison Wesley Longman, Inc.

# Πυρετός

Σε περίπτωση γενικευμένης μικροβιακής λοίμωξης, η θερμοκρασία του σώματος ανεβαίνει και έχουμε τον **πυρετό** ο ρόλος του οποίου είναι:

1. Εμποδίζει την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των **βακτηρίων**.
2. Παρεμποδίζει τη δράση των ενζύμων των κυττάρων του οργανισμού. Δεδομένου ότι οι ιοί χρησιμοποιούν αυτά τα ένζυμα για να πολλαπλασιαστούν, με αυτόν τον τρόπο αναστέλλεται ο πολλαπλασιασμός των **ιών** μέσα στα κύτταρα.
3. Ενισχύει τη δράση των **φαγοκυττάρων**.

# Ουσίες με αντιμικροβιακή δράση

Ουσίες με αντιμικροβιακή δράση που ανήκουν στους μηχανισμούς μη ειδικής άμυνας αποτελούν:

1. οι ιντερφερόνες,
2. το συμπλήρωμα,
3. η προπερδίνη (ομάδα 3 πρωτεϊνών στο πλάσμα του αίματος που δρα σε συνδυασμό με τις πρωτεΐνες του συμπληρώματος για την καταστροφή του μικροβίου).

# Ιντερφερόνες

Η μόλυνση ενός κυττάρου από έναν ιό προκαλεί την παραγωγή ειδικών πρωτεϊνών, που ονομάζονται ιντερφερόνες.

1. Αρχικά, οι ιντερφερόνες **παράγονται** και **ανιχνεύονται** στο κυτταρόπλασμα του μολυσμένου από τον ιό κυττάρου.
2. Στη συνέχεια, οι ιντερφερόνες **απελευθερώνονται** στο μεσοκυττάριο υγρό.
3. Ακολούθως, **συνδέονται** με υποδοχείς γειτονικών υγιών κυττάρων.
4. Με τη σύνδεση των ιντερφερονών στα υγιή κύτταρα **ενεργοποιείται** η παραγωγή άλλων πρωτεϊνών, που έχουν την ικανότητα να παρεμποδίζουν τον πολλαπλασιασμό των ιών.
5. Κατ' αυτόν τον τρόπο τα υγιή κύτταρα προστατεύονται, γιατί ακόμη κι αν ο ιός επιτύχει να διεισδύσει σε αυτά, είναι **ανίκανος να πολλαπλασιαστεί**.

# Αντιμικροβιακές πρωτεΐνες

## Συμπλήρωμα

Πρόκειται για ομάδα **είκοσι** πρωτεϊνών με αντιμικροβιακή δράση, που βρίσκεται στον ορό (πλάσμα) του αίματος.

## Προπερδίνη

Είναι ομάδα **τριών** πρωτεϊνών στον ορό (πλάσμα) του αίματος και δρα σε συνδυασμό με τις πρωτεΐνες του συμπληρώματος για την καταστροφή του μικροβίου.

# Μηχανισμοί ειδικής άμυνας

Σημαντικές έννοιες είναι οι εξής:

**Ανοσία:** η ικανότητα του οργανισμού να **αναγνωρίζει** οποιαδήποτε ξένη προς αυτόν ουσία και να **αντιδρά** παράγοντας εξειδικευμένα κύτταρα και κυτταρικά προϊόντα (όπως τα αντισώματα) ώστε να την εξουδετερώσει.

**Ανοσοβιολογική απόκριση:** η **αντίδραση** του οργανισμού έναντι της ξένης αυτής ουσίας.

**Αντιγόνο:** η ξένη ουσία που προκαλεί την ανοσοβιολογική απόκριση του οργανισμού.

# Είδη αντιγόνων

Ως αντιγόνο μπορεί να δράσει:

1. ένας ολόκληρος μικροοργανισμός π.χ. βακτήριο, ιός κ.ά.,
2. ένα τμήμα ενός μικροοργανισμού, ένας νεκρός ή εξασθενημένος μικροοργανισμός,
3. τοξικές ουσίες που παράγονται από έναν μικροοργανισμό,
4. διάφορες φαρμακευτικές ουσίες, η γύρη, συστατικά τροφών, κύτταρα ή ορός από άλλα άτομα ή ζώα.
5. κύτταρα μολυσμένα από ιό, καρκινικά κύτταρα, κύτταρα μοσχεύματος.

# Χαρακτηριστικά ειδικής άμυνας

Οι μηχανισμοί ειδικής άμυνας διαθέτουν δύο χαρακτηριστικά χάρη στα οποία ξεχωρίζουν από τους μηχανισμούς μη ειδικής άμυνας. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

1. Η **εξειδίκευση**: η εξειδίκευση σημαίνει ότι τα προϊόντα της ανοσοβιολογικής απόκρισης θα δράσουν μόνο εναντίον της ουσίας που προκάλεσε την παραγωγή τους.
2. Η **μνήμη**: η μνήμη είναι η ικανότητα του οργανισμού να «θυμάται» τα αντιγόνα με τα οποία έχει έρθει σε επαφή, έτσι ώστε μετά από μια πιθανή δεύτερη έκθεσή του σε αυτά να αντιδρά γρηγορότερα.

# Το ανοσοβιολογικό σύστημα

Το ανοσοβιολογικό σύστημα είναι πολύπλοκο σύστημα του οργανισμού με το οποίο διεκπεραιώνεται η ειδική άμυνα.

Το ανοσοβιολογικό σύστημα αποτελείται από:

1. λεμφικά όργανα,
2. εξειδικευμένα κύτταρα, μερικά από τα οποία παράγουν ουσίες της ειδικής άμυνας π.χ. αντισώματα.

# Όργανα ανοσοβιολογικού συστήματος

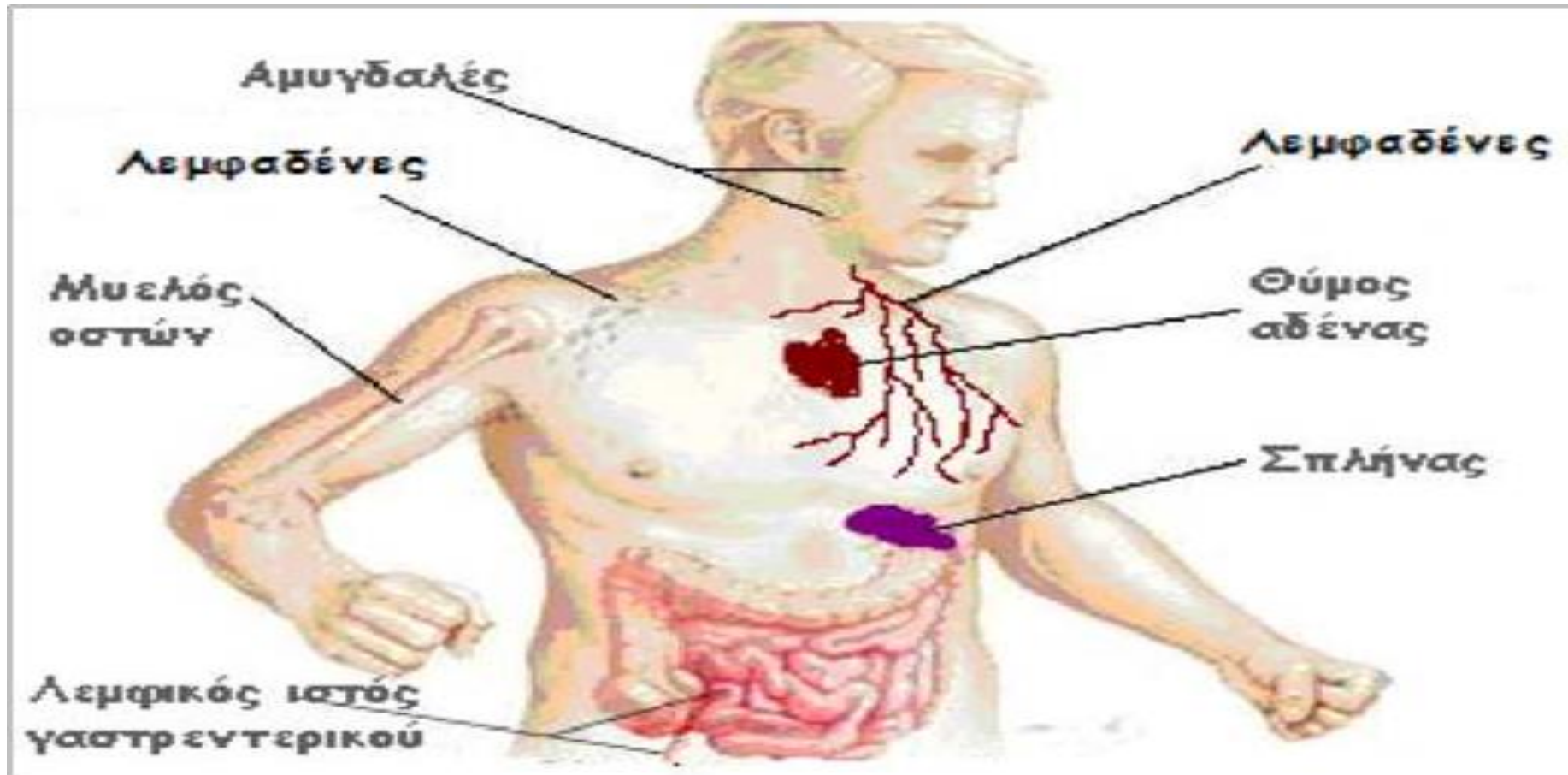
## Πρωτογενή λεμφικά όργανα

1. ο μυελός των οστών,
2. ο θύμος αδένας.

## Δευτερογενή λεμφικά όργανα

1. οι λεμφαδένες,
2. οι αμυγδαλές,
3. ο σπλήνας,
4. ο λεμφικός ιστός κατά μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα.

# Λεμφικά όργανα



# Κύτταρα ανοσοβιολογικού συστήματος

Τα κύτταρα του ανοσοβιολογικού συστήματος ονομάζονται λεμφοκύτταρα και ανήκουν στα λευκά αιμοσφαίρια. Πρόκειται για μικρά κύτταρα, σφαιρικά, με σφαιρικό πυρήνα και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Τ-λεμφοκύτταρα.
2. Β-λεμφοκύτταρα.

# T-λεμφοκύτταρα

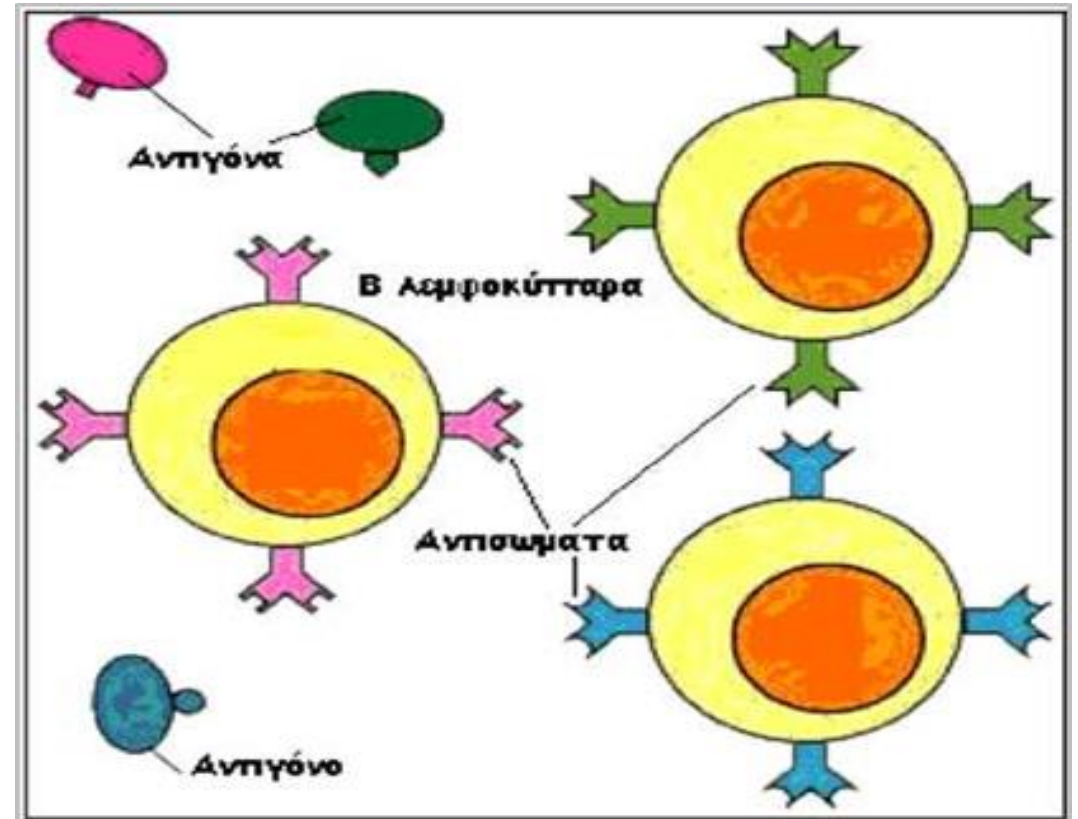
Παράγονται αρχικά στον μυελό των οστών, αλλά διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στον θύμο αδένα και είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση της ανοσοβιολογικής απόκρισης.

Διακρίνονται σε:

1. Βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα,
2. Κυτταροτοξικά T-λεμφοκύτταρα,
3. T-λεμφοκύτταρα μνήμης,
4. Κατασταλτικά T-λεμφοκύτταρα.

# B-λεμφοκύτταρα

- Τα B-λεμφοκύτταρα παράγονται, διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στον μυελό των οστών.
- Συνθέτουν στο κυτταρόπλασμά τους και παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους ειδικές πρωτεΐνες (υποδοχείς) που ονομάζονται ανοσοσφαιρίνες ή αντισώματα.
- Κάθε B-λεμφοκύτταρο διαθέτει στην επιφάνειά του υποδοχείς – αντισώματα που αναγνωρίζουν μόνο ένα συγκεκριμένο είδος αντιγόνου.

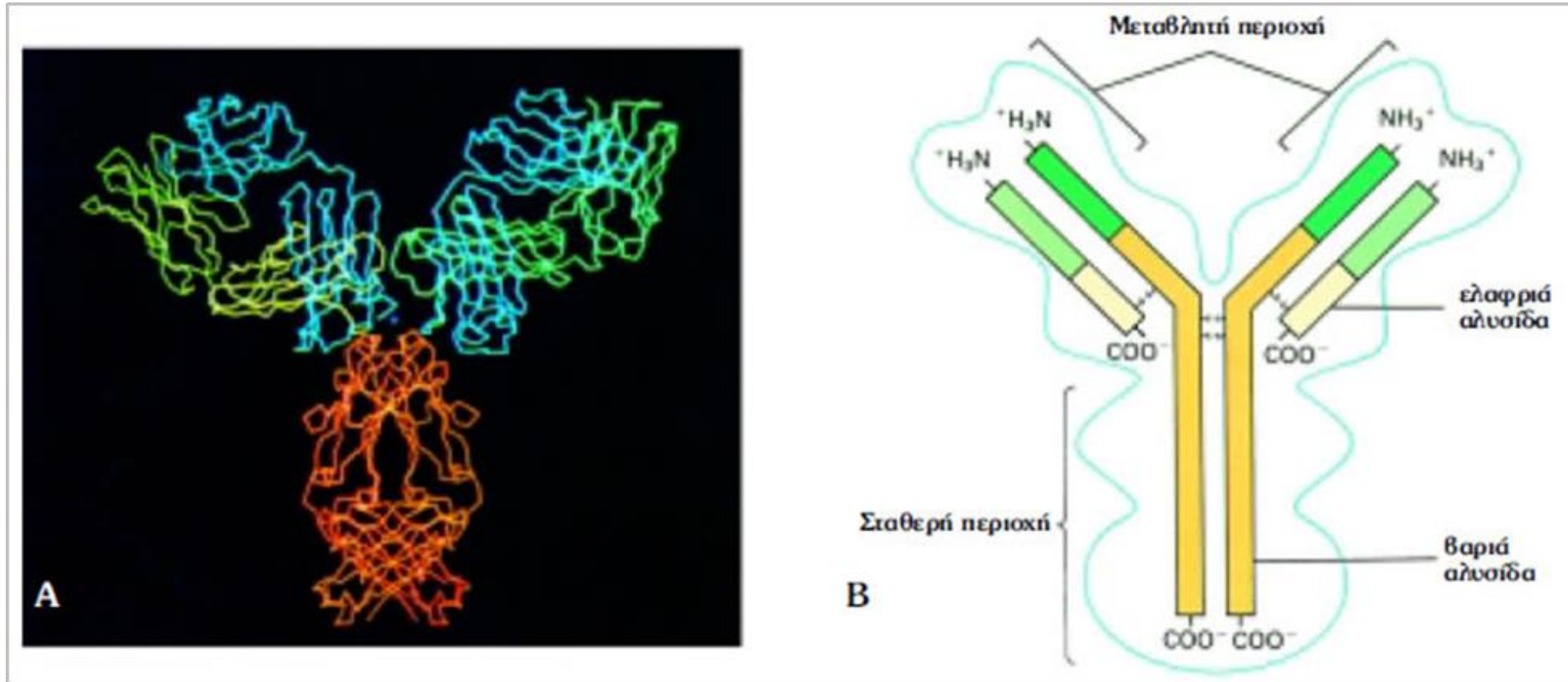


# Διαφοροποίηση B-λεμφοκυττάρων

Η σύνδεση των αντισωμάτων επιφανείας ενός B-λεμφοκυττάρου με το αντιγόνο έχει ως αποτέλεσμα τις διαδοχικές διαιρέσεις του B-λεμφοκυττάρου, από τις οποίες παράγονται οι εξής κατηγορίες κυττάρων:

1. Τα πλασματοκύτταρα που παράγουν και εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων, ιδίων με αυτά που υπήρχαν στην επιφάνεια του B-λεμφοκυττάρου από το οποίο προήλθαν.
2. Τα B-λεμφοκύτταρα μνήμης που ενεργοποιούνται αμέσως ύστερα από επόμενη έκθεση του οργανισμού στο ίδιο αντιγόνο.

# Δομή του αντισώματος



# Ρόλος του αντισώματος

Τα αντισώματα συνδέονται με το αντιγόνο μέσω **μεταβλητής περιοχής**. Η σύνδεση αυτή έχει ως αποτέλεσμα:

1. την ενεργοποίηση του συμπληρώματος,
2. την αδρανοποίηση των τοξινών που παράγουν οι μικροοργανισμοί,
3. την αναγνώριση του μικροοργανισμού από τα μακροφάγα με σκοπό την ολοκληρωτική καταστροφή του (διευκόλυνση της φαγοκυττάρωσης),
4. την εξουδετέρωση του αντιγόνου,
5. τη διαίρεση των Β-λεμφοκυττάρων.

# Στάδια ανοσοβιολογικής απόκρισης

- Η **ανοσοβιολογική απόκριση** είναι η αντίδραση του ανοσοβιολογικού συστήματος στην είσοδο κάθε αντιγόνου και διακρίνεται σε πρωτογενή και δευτερογενή.
  1. Η **πρωτογενής ανοσοβιολογική απόκριση** ενεργοποιείται κατά την πρώτη επαφή του οργανισμού με ένα αντιγόνο.
  2. Η **δευτερογενής ανοσοβιολογική απόκριση** ενεργοποιείται κατά τη δεύτερη (ή επόμενη) επαφή του οργανισμού με το ίδιο αντιγόνο.

# Πρωτογενής ανοσοβιολογική απόκριση

Περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. **Στάδιο 1<sup>ο</sup>** : Ενεργοποίηση των βοηθητικών T-λεμφοκυττάρων
2. **Στάδιο 2<sup>ο</sup>** : α. Ενεργοποίηση των B-λεμφοκυττάρων (χυμική ανοσία) και β. Ενεργοποίηση των κυτταροτοξικών T-λεμφοκυττάρων (κυτταρική ανοσία)
3. **Στάδιο 3<sup>ο</sup>** : Τερματισμός της ανοσοβιολογικής απόκρισης

# Ενεργοποίηση των βοηθητικών Τ-λεμφοκυττάρων

- Με την εμφάνιση του παθογόνου μικροοργανισμού ενεργοποιούνται τα **μακροφάγα**. Τα μακροφάγα εγκλωβίζουν και καταστρέφουν το μικρόβιο και εκθέτουν τμήματα του μικροβίου στην επιφάνειά τους.
- Το τμήμα του μικροβίου που εκτίθεται συνδέεται με μία πρωτεΐνη η οποία υπάρχει στην επιφάνεια των μακροφάγων και ονομάζεται **αντιγόνο ιστοσυμβατότητας**. Τα αντιγόνα ιστοσυμβατότητας είναι πρωτεΐνες χαρακτηριστικές για κάθε άτομο.
- Τα μακροφάγα, στην κατάσταση αυτή, λειτουργούν ως **αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα** διότι παρουσιάζουν το αντιγόνο που έχει προσβάλλει τον οργανισμό σε άλλα κύτταρα του ανοσοβιολογικού συστήματος.
- Τα πρώτα κύτταρα που ενεργοποιούνται από την παρουσίαση του αντιγόνου είναι τα **βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα**.

# Ενεργοποίηση των Β-λεμφοκυττάρων

- Τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα, που έχουν ενεργοποιηθεί από τα αντιγόνα που βρίσκονται εκτεθειμένα στην επιφάνεια των μακροφάγων, **εκκρίνουν ουσίες** που ενεργοποιούν τα Β-λεμφοκύτταρα.
- Τα Β-λεμφοκύτταρα **συνθέτουν και παρουσιάζουν** στην επιφάνειά τους ειδικές πρωτεΐνες που ονομάζονται αντισώματα (ή ανοσοσφαιρίνες). Κάθε Β-λεμφοκύτταρο διαθέτει υποδοχείς-αντισώματα, τα οποία αναγνωρίζουν ένα συγκεκριμένο αντιγόνο.
- Τα Β-λεμφοκύτταρα **πολλαπλασιάζονται και διαφοροποιούνται** σε πλασματοκύτταρα και Β-λεμφοκύτταρα μνήμης.
- Τα **πλασματοκύτταρα** εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων, ειδικών για το συγκεκριμένο αντιγόνο.
- Τα **Β-λεμφοκύτταρα μνήμης** θα ενεργοποιηθούν σε επόμενη έκθεση του οργανισμού στο ίδιο αντιγόνο.

# Ενεργοποίηση των κυτταροτοξικών T-λεμφοκυττάρων

Στην περίπτωση κατά την οποία το αντιγόνο αποτελεί **κύτταρο**, τα βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα συμβάλλουν στην ενεργοποίηση και τον πολλαπλασιασμό μίας άλλης ειδικής κατηγορίας T-λεμφοκυττάρων, των **κυτταροτοξικών T-λεμφοκυττάρων**.

Τα κυτταροτοξικά T-λεμφοκύτταρα είναι αποτελεσματικά έναντι:

1. κυττάρων καρκινικών,
2. κυττάρων μολυσμένων από ιό,
3. και κυττάρων ξένων, όπως τα κύτταρα των μεταμοσχευμένων ιστών.

Από την ενεργοποίηση των δύο κατηγοριών T-λεμφοκυττάρων (βοηθητικά και κυτταροτοξικά) παράγονται επίσης **κύτταρα μνήμης** (δηλαδή βοηθητικά και κυτταροτοξικά T-λεμφοκύτταρα μνήμης).

Η συνολική δράση των βοηθητικών και των κυτταροτοξικών T-λεμφοκυττάρων αποτελεί την **κυτταρική ανοσία**.

# Τερματισμός της ανοσοβιολογικής απόκρισης

Μετά την επιτυχή αντιμετώπιση του αντιγόνου, η ανοσοβιολογική απόκριση ολοκληρώνεται και σταματά την κατάλληλη στιγμή με τη βοήθεια:

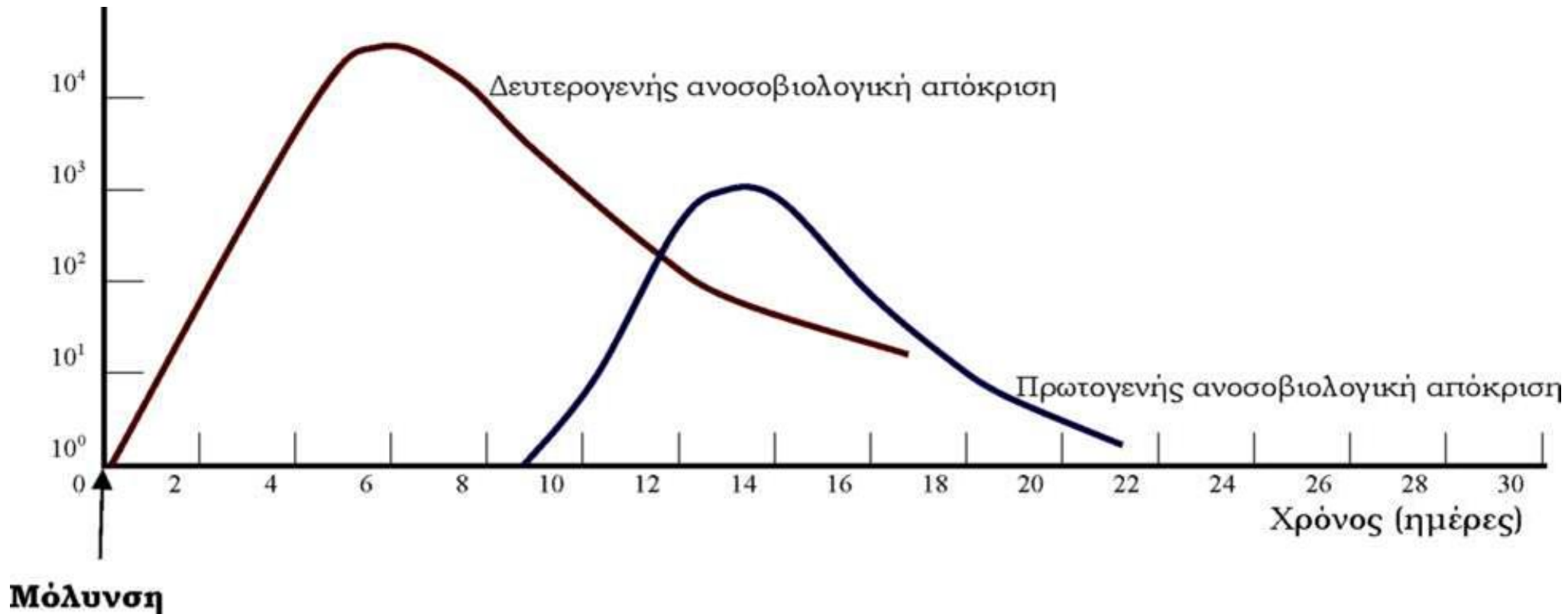
1. μίας ειδικής κατηγορίας T- λεμφοκυττάρων που ονομάζονται κατασταλτικά T-λεμφοκύτταρα και
2. προϊόντων της ίδιας της ανοσοβιολογικής απόκρισης.

# Δευτερογενής ανοσοβιολογική απόκριση

Η δευτερογενής ανοσοβιολογική απόκριση ενεργοποιείται κατά την επαφή του οργανισμού με το ίδιο αντιγόνο για **δεύτερη** ή **επόμενη** φορά. Κατά την απόκριση αυτή:

1. ενεργοποιούνται τα κύτταρα μνήμης,
2. αρχίζει αμέσως η έκκριση αντισωμάτων,
3. παράγεται μεγάλος αριθμός αντισωμάτων,
4. δεν προλαβαίνουν να εμφανιστούν τα συμπτώματα της ασθένειας,
5. το άτομο δεν ασθενεί και πιθανότατα δεν αντιλαμβάνεται ότι μολύνθηκε.

# Συγκέντρωση αντισωμάτων



# Τύποι ανοσίας

## Ενεργητική ανοσία

Τα αντισώματα παράγονται από τον ίδιο τον οργανισμό.

## Παθητική ανοσία

Παρέχονται στον οργανισμό αντισώματα που έχουν παραχθεί από άλλον οργανισμό.

# Ενεργητική ανοσία

## Φυσικός τρόπος

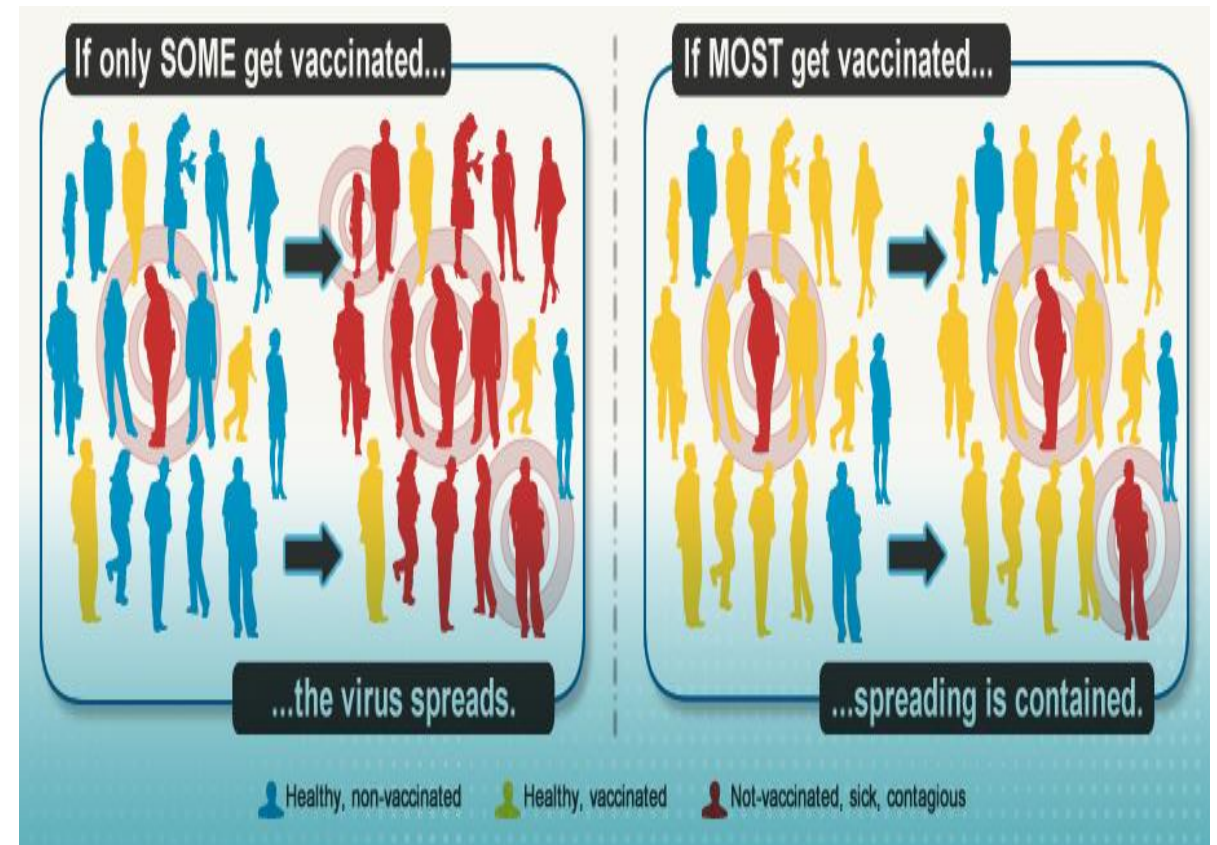
Το άτομο έρχεται σε επαφή με ένα αντιγόνο που βρίσκεται στο περιβάλλον.

## Τεχνητός τρόπος

Το άτομο δέχεται μία ποσότητα εμβολίου.

# Εμβόλια

- Τα εμβόλια περιέχουν νεκρούς ή εξασθενημένους μικροοργανισμούς ή τμήματά τους.
- Το εμβόλιο, όπως θα έκανε και ο ίδιος ο μικροοργανισμός, ενεργοποιεί τον ανοσοβιολογικό μηχανισμό (πρωτογενής ανοσοβιολογική απόκριση), για να παράγει από μόνος του αντισώματα και λεμφοκύτταρα μνήμης.
- Το άτομο που εμβολιάζεται δεν εμφανίζει συνήθως τα συμπτώματα της ασθένειας και φυσικά δεν τη μεταδίδει.



# Παθητική ανοσία

## Φυσικός τρόπος

1. Με τη μεταφορά αντισωμάτων από τη μητέρα στο έμβρυο διαμέσου του **πλακούντα**,
2. Και με τη μεταφορά αντισωμάτων από τη μητέρα στο νεογνό διαμέσου του **μητρικού γάλακτος**.

## Τεχνητός τρόπος

Στα ενήλικα άτομα με τη χορήγηση **ορού αντισωμάτων**.

Οι οροί περιέχουν έτοιμα αντισώματα, τα οποία έχουν παραχθεί σε κάποιο άλλο άτομο ή ζώο.

Η δράση της παθητικής ανοσίας είναι άμεση αλλά η διάρκεια της είναι παροδική.