

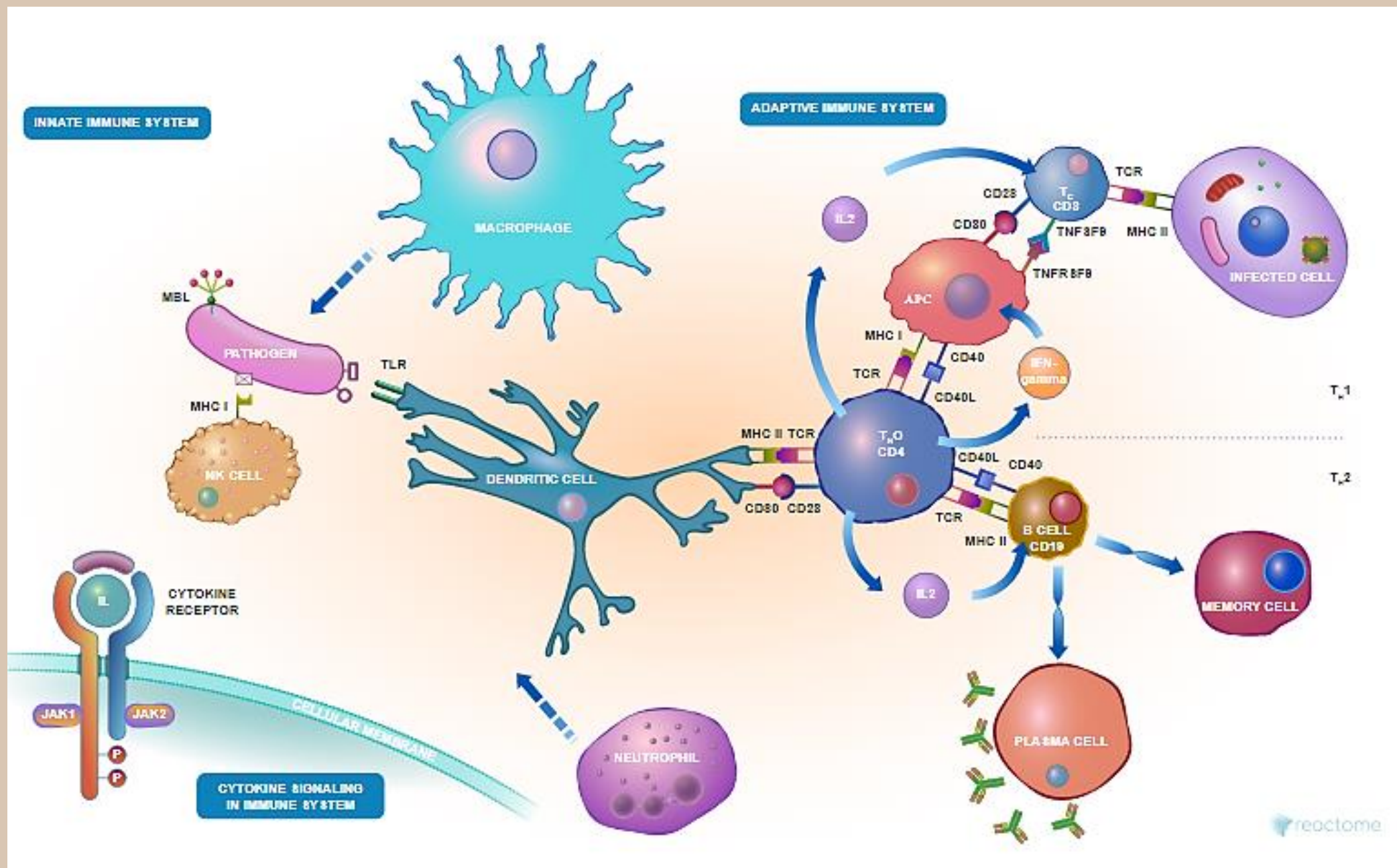
Ανοσοποιητικό σύστημα

Βασιλική Βαρτελά, MD, PhD
Καρδιολόγος, ΩΚΚ

Α' Εξαμήνο
Τμήμα Μαιευτικής
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

17/12/2024

- **Ανοσία** είναι η αντίσταση σε μία νόσο και ειδικότερα σε ένα λοιμώδες νόσημα.
- Το άθροισμα των κυττάρων, ιστών και μορίων που μεσολαβούν στην αντίσταση σε λοιμώξεις ονομάζεται **ανοσοποιητικό σύστημα (ΑΣ)** και η συντονισμένη αντίδραση των κυττάρων και των μορίων αυτών ονομάζεται ανοσοαπάντηση ή ανοσοαπόκριση.
- Η φυσιολογική λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος είναι η προστασία του ατόμου από τις λοιμώξεις.
 - Η εμφάνιση του συνδρόμου της επίκτητης ανοσοανεπάρκειας (AIDS) τη δεκαετία του 1980, ανάδειξε τη σημασία του ανοσοποιητικού συστήματος στην προστασία του ατόμου από τις λοιμώξεις.
 - Η ανοσοαπάντηση αποτελεί το μεγαλύτερο εμπόδιο για μια επιτυχημένη μεταμόσχευση.
 - Οι ανώμαλες ανοσοαπαντήσεις είναι η αιτία πολλών νοσημάτων με σημαντική νοσηρότητα και θνησιμότητα πχ. λύκος, ρευματοειδής αρθρίτις, κ.α.)

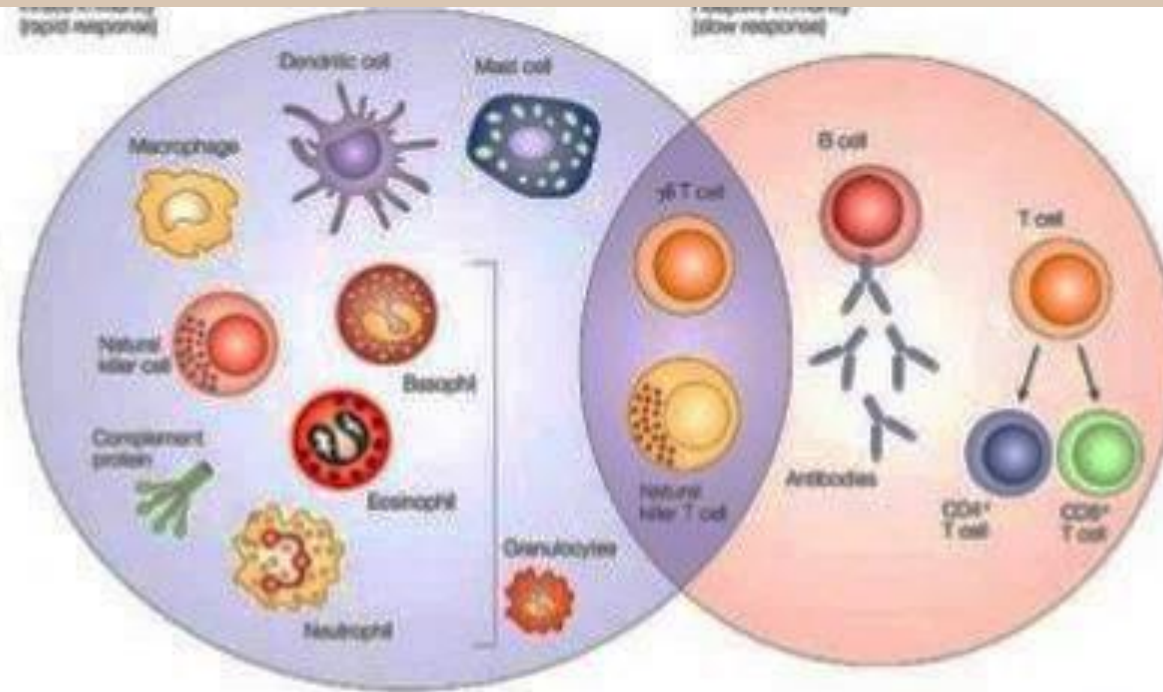


- Το ΑΣ είναι ένα σύστημα οργάνων και βιολογικών μηχανισμών υπεύθυνο για την άμυνά του οργανισμού.
 - Αποτελείται από πολλά διαφορετικά όργανα και ιστούς.
 - Λειτουργεί μέσα από τα **λεμφοκυττογόνα όργανα** (εκεί βρίσκονται τα λεμφοκύτταρα- οι βασικοί φρουροί του οργανισμού).
 - Τα σημαντικότερα από αυτά τα όργανα είναι **ο μυελός των οστών** και **ο θύμος αδένας**.
 - Δευτερεύοντα όργανα του ανοσοποιητικού συστήματος είναι :
 - οι **αμυγδαλές, ο σπλήνας, τα λεμφογάγγλια** και **οι πλάκες Peyer**.
 - Επίσης **το δέρμα**, το οποίο αποτελεί ένα φυσικό φραγμό απέναντι στους εισβολείς, και
 - **ο πεπτικός σωλήνας**, όπου κυκλοφορούν τα κύτταρα του ανοσοποιητικού και επικοινωνούν μεταξύ τους για να μεταφέρουν τις απαραίτητες πληροφορίες.
- Το ανοσοποιητικό συνδέεται με κάθε όργανο και κύτταρο του σώματος και η λειτουργία τους είναι αλληλένδετη με τη δική του.

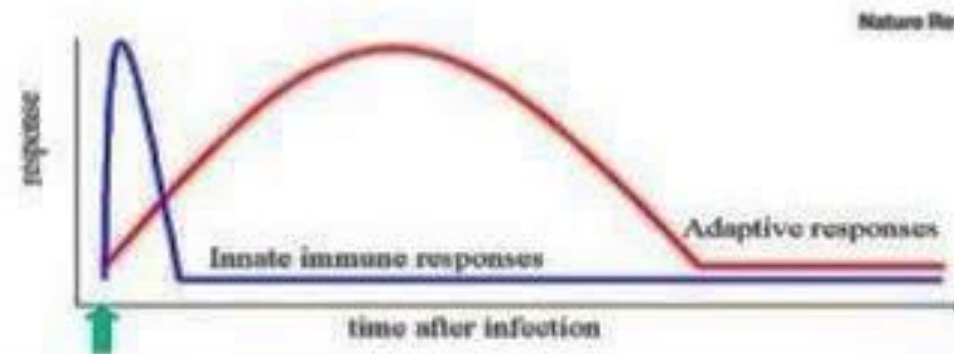
Διαίρεση του ανοσοποιητικού συστήματος

- Οι μηχανισμοί άμυνας του ξενιστή περιλαμβάνουν τη :
 - **φυσική ανοσία (ενδογενές ή έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα)**, που μεσολαβεί στην αρχική φάση της προστασίας απέναντι στις λοιμώξεις,
- Ο τύπος αυτός της άμυνας του ξενιστή υπάρχει πάντα σε υγιή άτομα, έτοιμος να σταματήσει την είσοδο των μικροοργανισμών και να απομακρύνει γρήγορα τους μ-οργανισμούς που επιτυγχάνουν να εισέλθουν στους ιστούς του ξενιστή, εξαρτάται απολύτως από τα **γονίδια που κληρονομήσαμε** από τους προγόνους μας, αντιδρά πάντα με τον **ίδιο τρόπο** και **δεν αντιδρά εναντίον των κυττάρων μας**, και την
 - **επίκτητη ανοσία (προσαρμοστικό ή επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα)**, που αναπτύσσεται πιο αργά και μεσολαβεί στο όψιμο στάδιο της άμυνας απέναντι στα μικρόβια. Στοχεύει τον **συγκεκριμένο εισβολέα** (σαν τη σχέση κλειδιού-κλειδαριάς) και χρειάζεται **λίγες μέρες** για να δημιουργηθεί (σ' αυτό συμμετέχουν τα **λεμφοκύτταρα T** και τα **λεμφοκύτταρα B**).
- Ο τύπος της άμυνας του ξενιστή που διεγείρεται από τους μικροβιακούς εισβολείς που εισβάλλουν στους ιστούς.

- Innate:**
- Nonspecific
 - Responds quickly

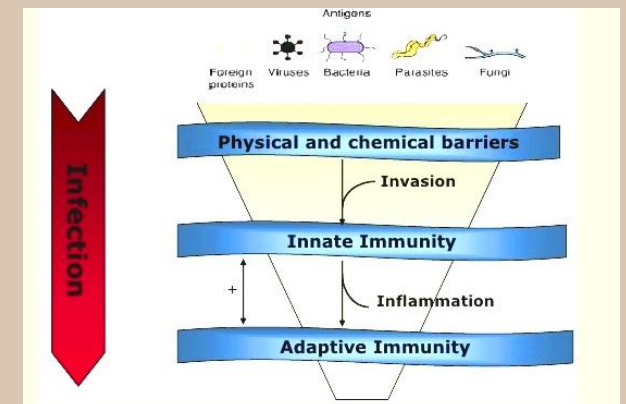


- Adaptive:**
- Specific
 - Responds Slowly the 1st time



Nature Reviews | Cancer

- Η πρώτη γραμμή άμυνας στη φυσική ανοσία παρέχεται από τους **επιθηλιακούς φραγμούς** και από εξειδικευμένα κύτταρα και φυσικά αντιβιοτικά που υπάρχουν στα επιθήλια, τα οποία έχουν ως λειτουργία την παρεμπόδιση της εισόδου των μ-οργανισμών.
- Αν τα μικρόβια διαπεράσουν τα επιθήλια και εισέλθουν στους ιστούς ή στην κυκλοφορία, τότε δέχονται επίθεση από **φαγοκύτταρα**, τα **ουδετερόφιλα**, τα **μονοκύτταρα** και από εξειδικευμένα λεμφοκύτταρα που ονομάζονται **φυσικά κυτταροκτόνα** (Natural Killer, NK) κύτταρα και από διάφορες πρωτεΐνες του πλάσματος, συμπεριλαμβανομένων και των **πρωτεϊνών του συστήματος του συμπληρώματος**.
- Όλοι αυτοί οι μηχανισμοί της φυσικής ανοσίας αναγνωρίζουν και αντιδρούν στα μικρόβια αλλά δεν αντιδρούν σε μη μολυσματικές ξένες ουσίες.
- Εκτός από την πρώιμη άμυνα απέναντι στις λοιμώξεις, η φυσική ανοσία ενισχύει και τις επίκτητες ανοσοαπαντήσεις κατά λοιμωδών παραγόντων.



A. Φυσική ανοσία

- **Ουδετερόφιλα ή πολυμορφοπύρρηνα λευκά αιμοσφαίρια:** είναι η πλειοψηφία όλων των τύπων των λευκών αιμοσφαιρίων του αίματος.
- Βρίσκονται στην κυκλοφορία του αίματος, αυξάνουν σε αριθμό στην κατά τη διάρκεια μιας λοίμωξης και μπορούν να μεταναστεύσουν στα σημεία της μόλυνσης μέσα σε λίγα λεπτά.
- Φεύγουν από την κυκλοφορία του αίματος, συσσωρεύονται στους ιστούς κατά τη διάρκεια των πρώτων ωρών μιας μόλυνσης και είναι υπεύθυνα για το σχηματισμό του **πύον**.
- Ο κύριος ρόλος τους είναι η καταστροφή βακτηρίων και μυκήτων, ενώ έχουν πολύ μικρή σημασία στην άμυνα εναντίον των ιών.

- **Μονοκύτταρα:** βρίσκονται και αυτά στην κυκλοφορία του αίματος. Αποτελούν το 5-10% των λευκών αιμοσφαιρίων. Όταν τα μονοκύτταρα εγκαταλείπουν την κυκλοφορία του αίματος για να εισέλθουν στους ιστούς, αλλάζουν το σχήμα και το μέγεθος τους και γίνονται μακροφάγα.
- Τα μακροφάγα είναι απαραίτητα για την καταστροφή των μυκήτων και των μυκοβακτηριδίων.
- Τα μακροφάγα μπορεί να ρυθμίζονται από τα **T λεμφοκύτταρα** και συχνά συνεργάζονται μαζί τους για την καταστροφή των μ-οργανισμών.

ΛΕΥΚΑ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΑ

Υπάρχουν πέντε (5)
κύριοι τύποι λευκών
αιμοσφαιρίων:
ουδετερόφιλα,
ηωσινοφιλα,
βασεόφιλα,
λεμφοκύτταρα και
μονοκύτταρα.

Οι φυσιολογικές τιμές των Λευκοκυττάρων στο αίμα, σε απόλυτους αριθμούς ανά κυβικό χιλιοστό (mm³) αίματος είναι:

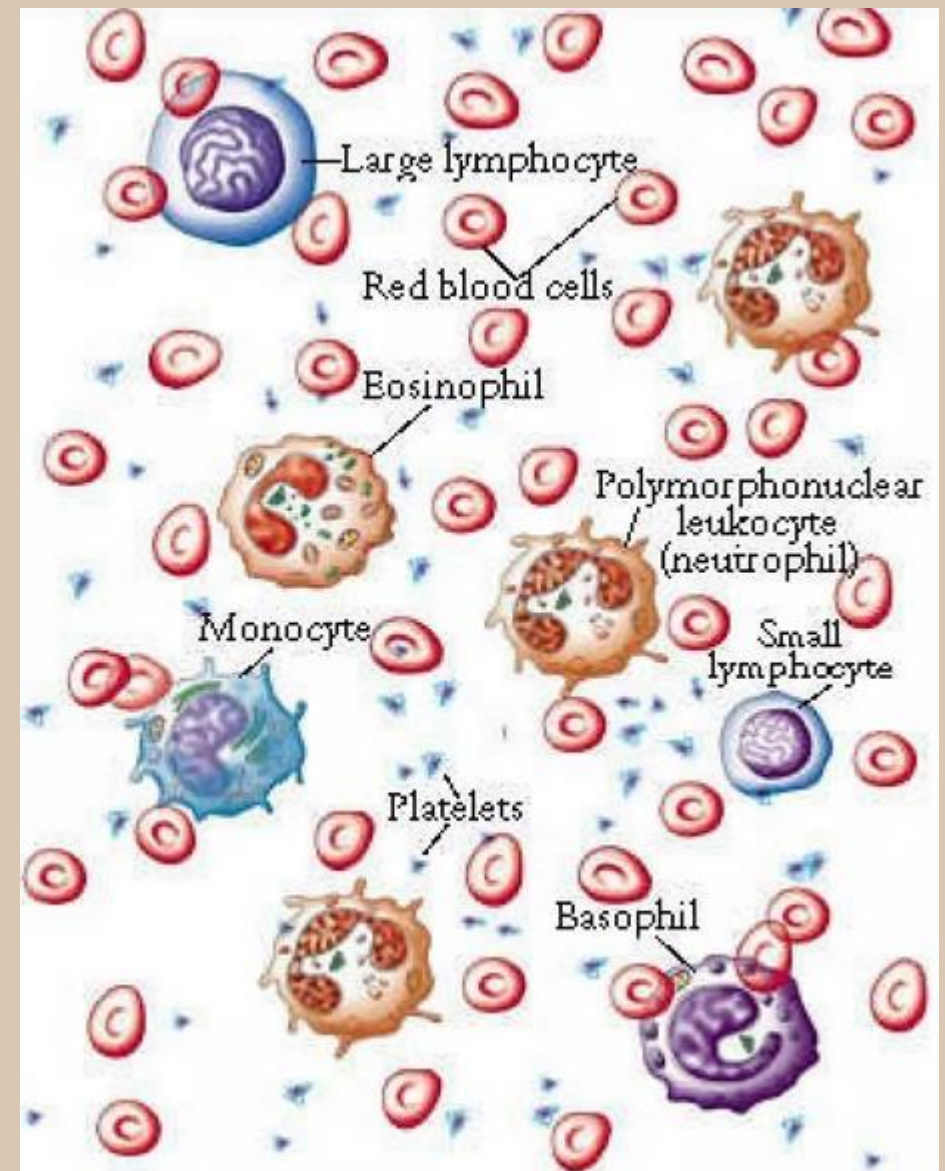
Ουδετερόφιλα: 1,700–7,500 (κατά το CDC: 2,000-9,000)

Λεμφοκύτταρα: 1,000–3,200 (κατά το CDC: 1,000-4,000)

Μονοκύτταρα (ή **Μονοπύρηνα**): 100–1,300 (κατά το CDC: 100-1,000)

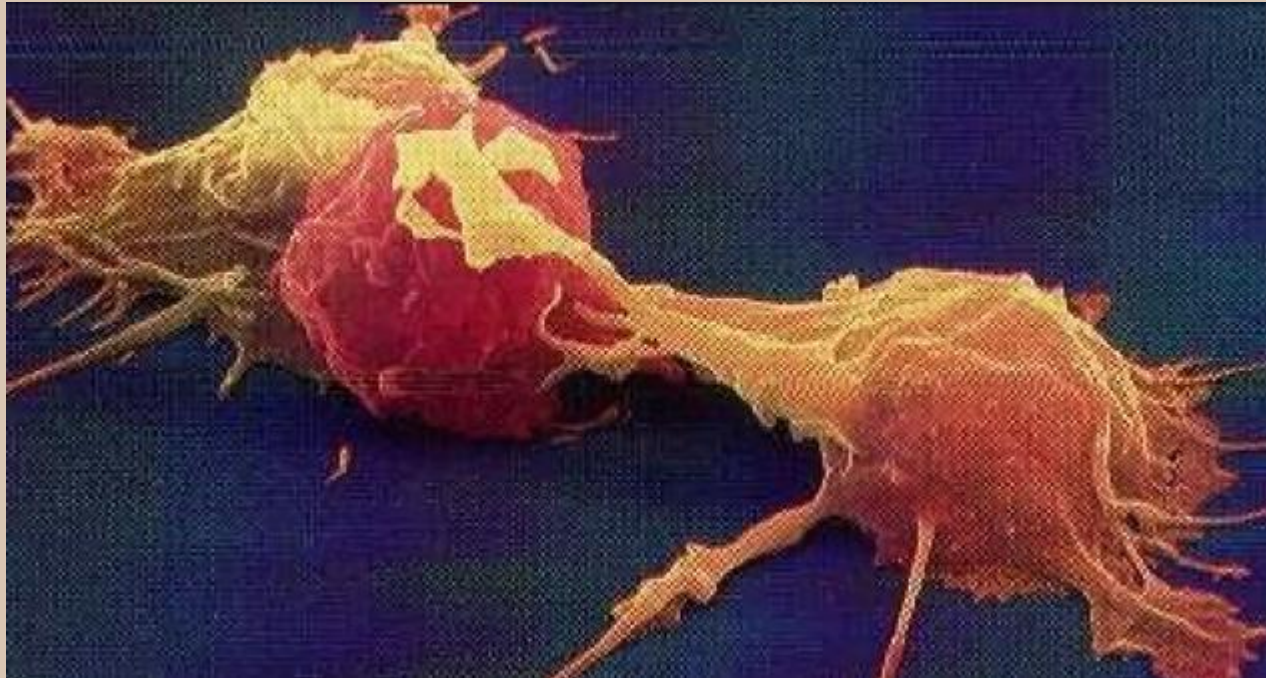
Ηωσινόφιλα: 0–300 (κατά το CDC: 100-500)

Βασεόφιλα: 0-200 (κατά το CDC: ίδιο)



- **Συμπλήρωμα:** Το σύστημα του συμπληρώματος αποτελείται από περισσότερες από 25 πρωτεΐνες του αίματος που λειτουργούν με ένα μεθοδικό τρόπο και επιτίθενται σε ξένα κύτταρα και μικρόβια. Οι περισσότερες πρωτεΐνες του συμπληρώματος παράγονται στο ήπαρ.
- **NK Κύτταρα:** Τα φυσικά κυτταροκτόνα ή κύτταρα φυσικά φονείς (NK) ονομάζονται έτσι επειδή σκοτώνουν κύτταρα μολυσμένα με ιούς. Είναι ιδιαίτερα σημαντικά στην άμυνα έναντι των ιών του έρπητα όπως του απλού έρπητα, του ιού Epstein-Barr και του ιού της ανεμοβλογιάς.
- Τα NK κύτταρα είναι επίσης πολύ σημαντικά για την καταστροφή των καρκινικών κυττάρων και την πρόληψη της εμφάνισης όγκων.

Φυσικά κυτταροκτόνα ή φυσικά κύτταρα φονείς



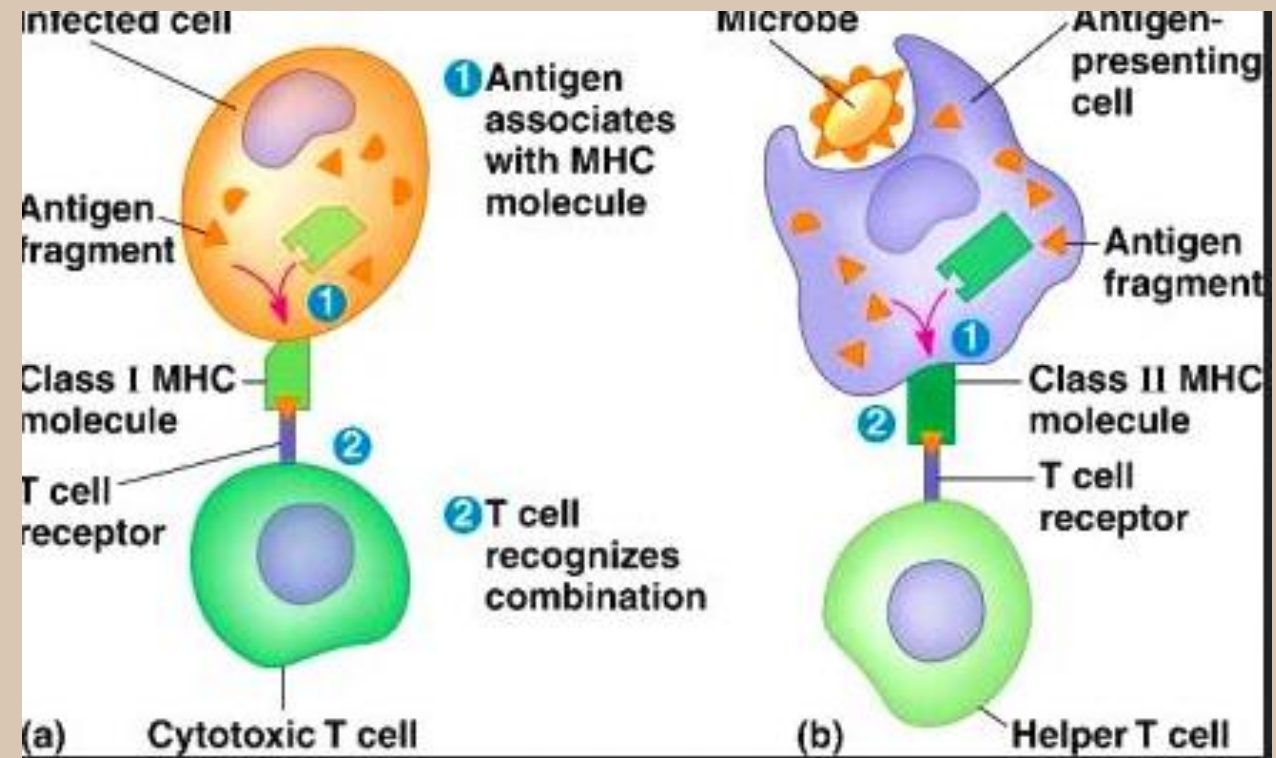
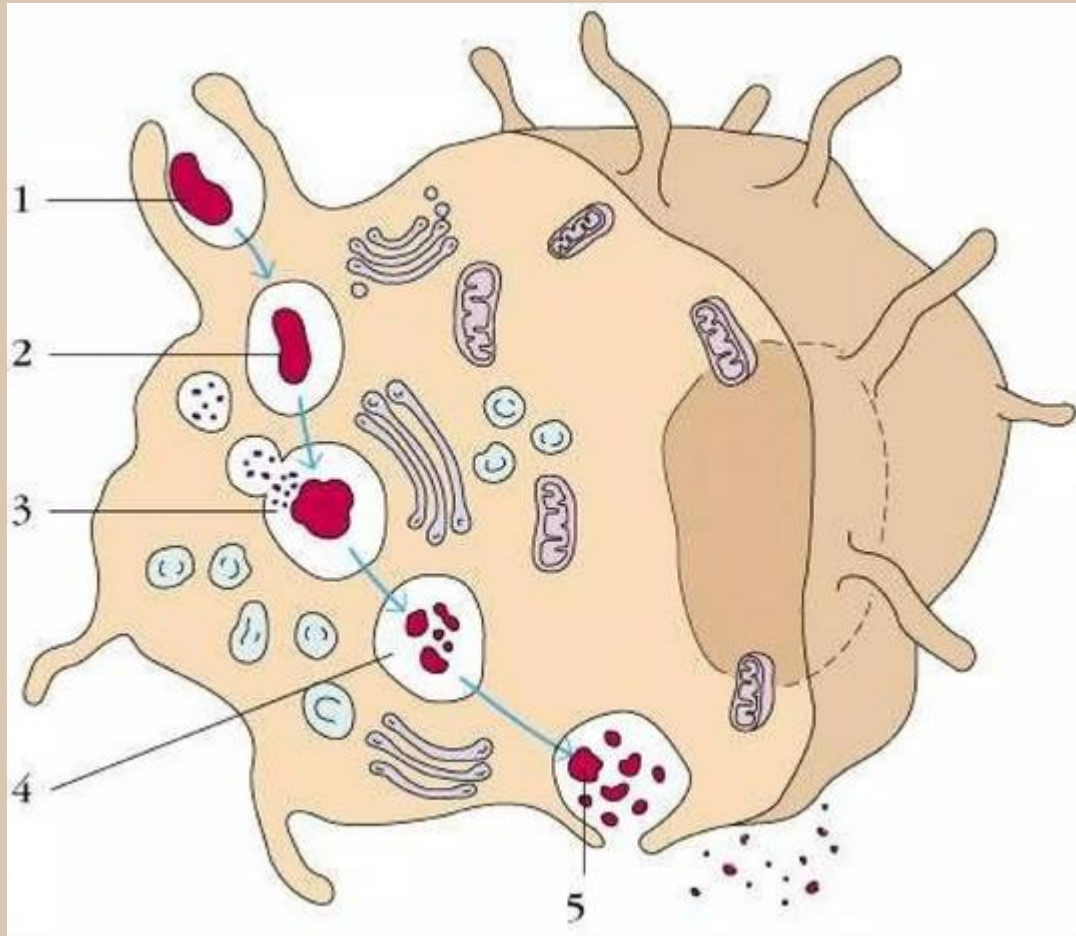
B. Επίκτητη ανοσία

- Το επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα αποτελείται από τα **λεμφοκύτταρα** και τα προϊόντα τους, όπως τα **αντισώματα** (antibody).
- Ενώ οι μηχανισμοί της φυσικής ανοσίας αναγνωρίζουν δομές κοινές σε διάφορα είδη μ-οργανισμών, τα κύτταρα της επίκτητης ανοσίας, δηλαδή τα λεμφοκύτταρα, εκφράζουν υποδοχείς οι οποίοι αναγνωρίζουν ειδικά συγκεκριμένες ουσίες που παράγονται από μ-οργανισμούς καθώς και μη μολυσματικές ουσίες. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται **αντιγόνα** (antigens).
- Οι επίκτητες ανοσοαπάντησεις ενεργοποιούνται μόνο αν οι μ-οργανισμοί ή τα αντιγόνα τους διαπεράσουν τους επιθηλιακούς φραγμούς και αναγνωρισθούν από τα λεμφοκύτταρα.
- Οι επίκτητη ανοσοαπάντηση δημιουργεί μηχανισμούς εξειδικευμένους για την αντιμετώπιση διαφόρων τύπων λοιμώξεων.
- Πχ. τα αντισώματα εξουδετερώνουν μ-οργανισμούς στα εξωκυττάρια υγρά, ενώ τα ενεργοποιημένα T λεμφοκύτταρα εξουδετερώνουν ενδοκυττάριους μ-οργανισμούς.

Συνεργασία επίκτητης και φυσικής ανοσίας

- Οι επίκτητες ανοσοαπαντήσεις για να εξουδετερώσουν τους μ-οργανισμούς χρησιμοποιούν συχνά τα κύτταρα και τα μόρια του συστήματος της φυσικής ανοσίας, και ταυτόχρονα η επίκτητη ανοσία ενισχύει τους αντιμικροβιακούς μηχανισμούς της φυσικής ανοσίας.
- Πχ. τα αντισώματα (ένα στοιχείο της επίκτητης ανοσίας) προσδένονται σε μ-οργανισμούς και τους επικαλύπτουν. Οι επικαλυμμένοι μ-οργανισμοί, με τη σειρά τους, συνδέονται με φαγοκύτταρα (ένα στοιχείο της φυσικής ανοσίας) τα οποία ενεργοποιούν, με αποτέλεσμα την πέψη και καταστροφή των μ-οργανισμών.
- Πολλοί μ-οργανισμοί οι οποίοι είναι παθογόνοι (ικανοί δηλαδή να προκαλέσουν νόσο) για τον άνθρωπο, έχουν εξελιχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιστέκονται στη φυσική ανοσία. →
- Συνεπώς, η άμυνα κατά των μ-οργανισμών αυτών είναι καθήκον της επίκτητης ανοσίας και για το λόγο αυτό, «βλάβες» στο επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα οδηγούν σε ευαισθησία σε λοιμώδη νοσήματα.

Επίκτητη ανοσία



Χυμική (humoral) και κυτταρική (cell mediated) ανοσία

- Υπάρχουν δύο τύποι επίκτητης ανοσίας, η **χυμική ανοσία** και η **κυτταρική ανοσία**, στις οποίες μεσολαβούν διαφορετικά μόρια και κύτταρα και παρέχουν την άμυνα κατά εξωκυττάρων και ενδοκυττάρων μ-οργανισμών, αντίστοιχα.
- Στη **χυμική ανοσία** μεσολαβούν πρωτεΐνες που ονομάζονται **αντισώματα** (ανοσοσφαιρίνες), οι οποίες παράγονται από κύτταρα που ονομάζονται **B λεμφοκύτταρα**.
- Τα αντισώματα εκκρίνονται στην κυκλοφορία και στα υγρά των βλεννογόνων, όπου εξουδετερώνουν και απομακρύνουν τους μ-οργανισμούς και τις τοξίνες τους που βρίσκονται στο αίμα και στον αυλό των οργάνων με βλεννογόνο (γαστρεντερικό σωλήνα και αναπνευστικό σύστημα).
- Μια από τις σπουδαιότερες λειτουργίες των αντισωμάτων είναι να εμποδίσουν τη διείσδυση και τον αποικισμό των κυττάρων και του συνδετικού ιστού του ξενιστή από μ-οργανισμούς που βρίσκονται στους βλεννογόνους και στο αίμα. Με τον τρόπο αυτό τα αντισώματα εμποδίζουν την εγκατάσταση λοιμώξεων.

- Τα αντισώματα δε μπορούν όμως να φτάσουν σε μ-οργανισμούς που ζουν και πολλαπλασιάζονται μέσα σε μολυσμένα κύτταρα. Η άμυνα κατά τέτοιων ενδοκυττάρων μικροοργανισμών ονομάζεται **κυτταρική ανοσία** επειδή μεσολαβούν κύτταρα, τα **T λεμφοκύτταρα**.
- Ορισμένα T λεμφοκύτταρα ενεργοποιούν τα φαγοκύτταρα ώστε να καταστρέψουν τους μ-οργανισμούς που έχουν εγκλωβιστεί από τα φαγοκύτταρα μέσα στα φαγοκυτταρικά κυστίδια.
- Άλλα T λεμφοκύτταρα μπορούν να φονεύσουν κάθε τύπο κυττάρων του ξενιστή που φιλοξενεί λοιμώδεις μ-οργανισμούς στο κυτταρόπλασμά του.
- Τα B λεμφοκύτταρα και τα T λεμφοκύτταρα αναγνωρίζουν ειδικά τα αντιγόνα των εξωκυττάρων και ενδοκυττάρων μικροοργανισμών, αντίστοιχα.

Ενεργητική ανοσοποίηση

- Σε ένα άτομο, η ανοσία μπορεί να επιτευχθεί μετά από λοίμωξη ή εμβολιασμό (ενεργητική ανοσοποίηση) ή να μεταδοθεί στο άτομο με μεταφορά αντισωμάτων ή λεμφοκυττάρων από ένα άλλο ενεργά ανοσοποιημένο άτομο (παθητική ανοσοποίηση).
- Ένα άτομο που εκτίθεται στα αντιγόνα ενός μ-οργανισμού εγείρει μια ενεργό απάντηση ώστε να εξαλείψει τη λοίμωξη και να αναπτύξει αντίσταση σε μεταγενέστερη λοίμωξη από τον ίδιο μ-οργανισμό. Το άτομο αυτό είναι "άνοσο" στο μικρόβιο αυτό σε αντίθεση με το "παρθένο" άτομο που δεν έχει έλθει στο παρελθόν σε επαφή με τα αντιγόνα του μ-οργανισμού αυτού.

Παθητική ανοσοποίηση

- Στην παθητική ανοσοποίηση, ένα παρθένο άτομο δέχεται κύτταρα (π.χ. λεμφοκύτταρα) ή μόρια (π.χ. αντισώματα) από ένα άλλο άτομο το οποίο είναι άνοσο σε μια συγκεκριμένη λοίμωξη, έτσι ώστε ο δέκτης των κυττάρων ή των μορίων γίνεται ικανός να αντιμετωπίσει τη λοίμωξη αυτή.
- Η παθητική ανοσοποίηση είναι χρήσιμη στη γρήγορη απόκτηση ανοσίας, πριν ακόμα το άτομο εγείρει τη δική του ενεργό ανοσοαπάντηση, αλλά δεν προσφέρει μακροπρόθεσμη αντίσταση στη λοίμωξη.
- Ένα πολύ καλό παράδειγμα παθητικής ανοσοποίησης παρατηρείται στα νεογνά (το ανοσοποιητικό σύστημα των οποίων δεν είναι αρκετά ώριμο ώστε να αποκριθεί σε πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς), τα οποία μπορούν να προστατευθούν από τις λοιμώξεις μέσω αντισωμάτων που λαμβάνουν από τις μητέρες τους διαμέσου του πλακούντα και από το γάλα.
- Ορός έναντι του τετάνου

Ιδιότητες της **επίκτητης** ανοσίας

- Οι σημαντικότερες ιδιότητες της επίκτητης ανοσίας και εκείνες που τη διακρίνουν από τη φυσική είναι η **ειδικότητά της** για διαφορετικής δομής αντιγόνα και η **μνήμη** σε προηγούμενη έκθεση στο αντιγόνο.

Ειδικότητα

- Η ειδικότητα της ανοσοαπάντησης σημαίνει ότι όταν έχει προηγηθεί μία έκθεση σ' ένα αντιγόνο εμφανίζεται αυξημένη αντίδραση σε μεταγενέστερη επαφή μόνο με το αντιγόνο αυτό, αλλά όχι σε επαφή με άλλα, ακόμα και αρκετά όμοια, αντιγόνα.
- Το ανοσοποιητικό σύστημα έχει τη δυνατότητα να διακρίνει διαφορές ανάμεσα σε τουλάχιστον ένα δισεκατομμύριο διαφορετικά αντιγόνα ή τμήματα αντιγόνων.

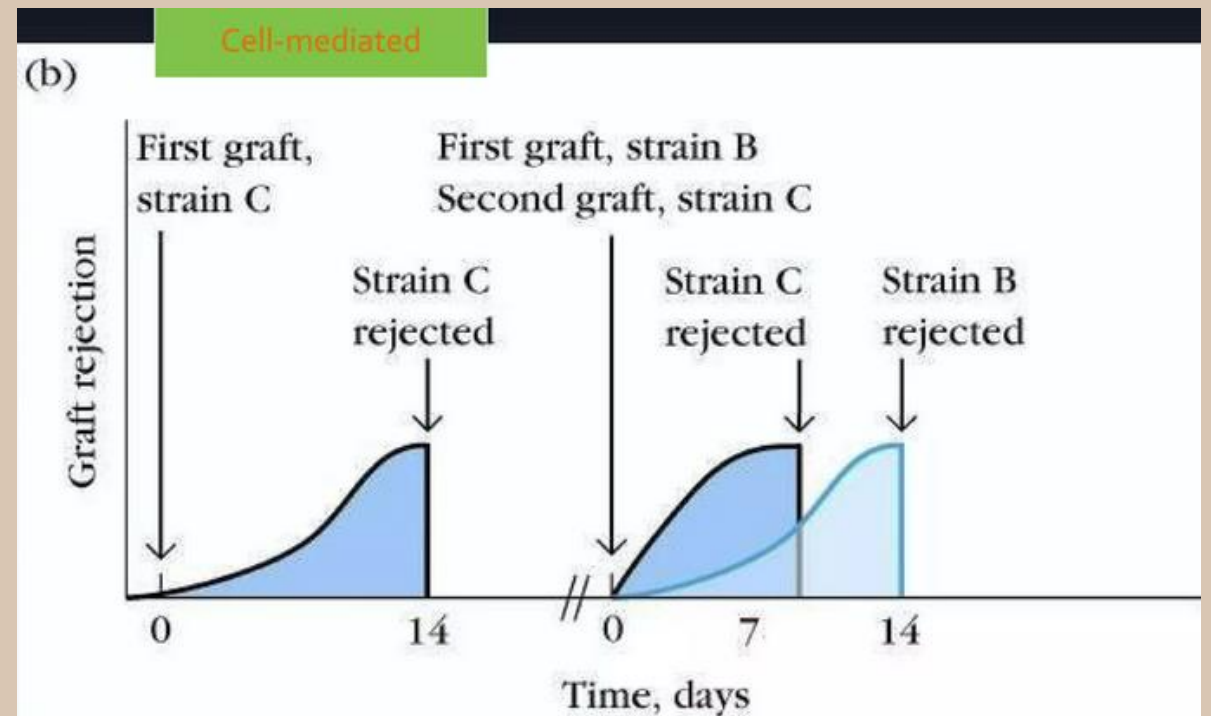
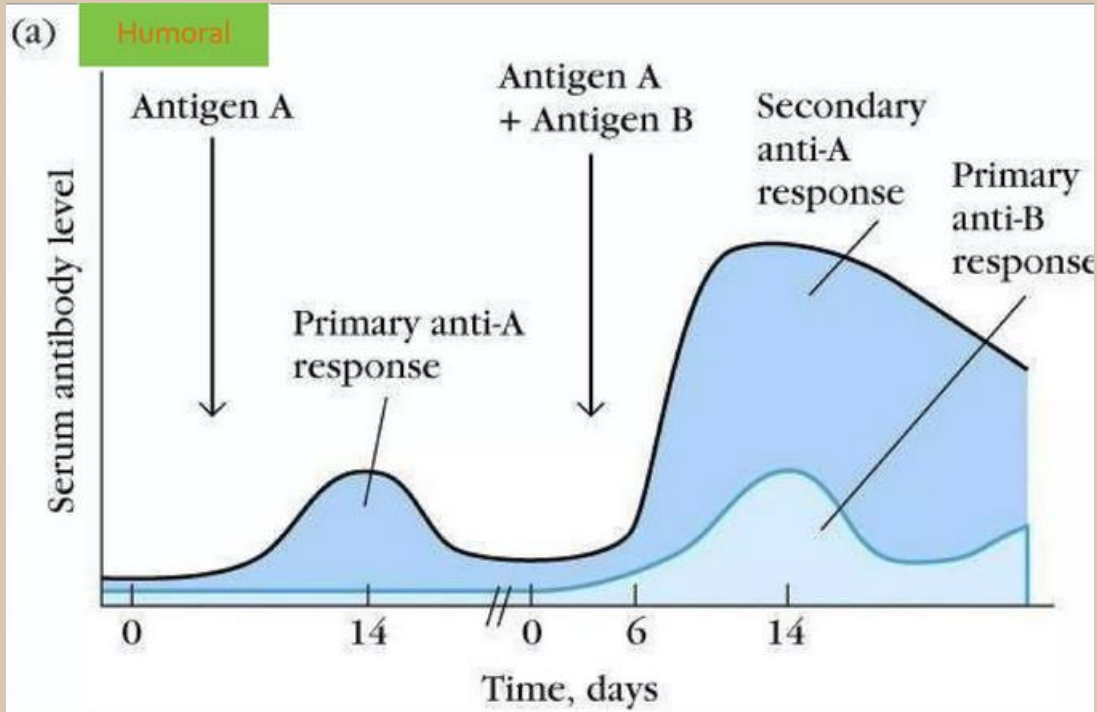
Ειδικότητα

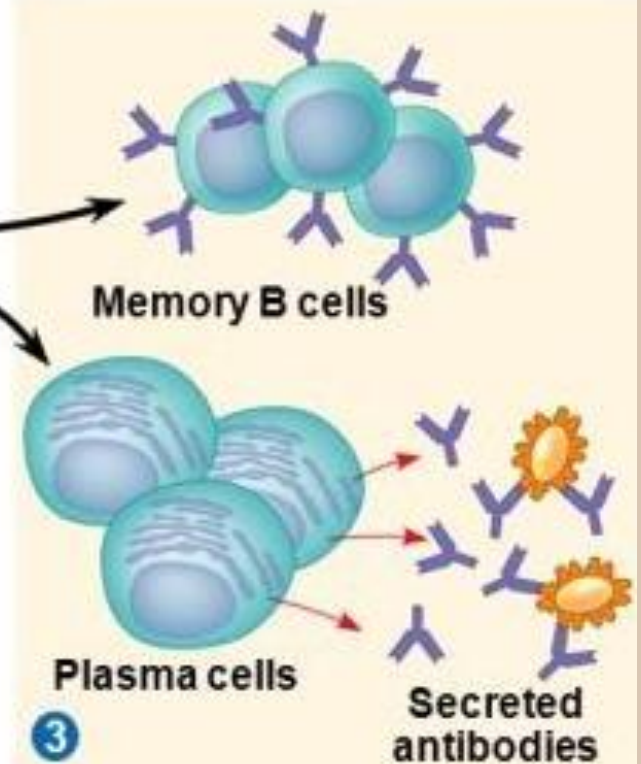
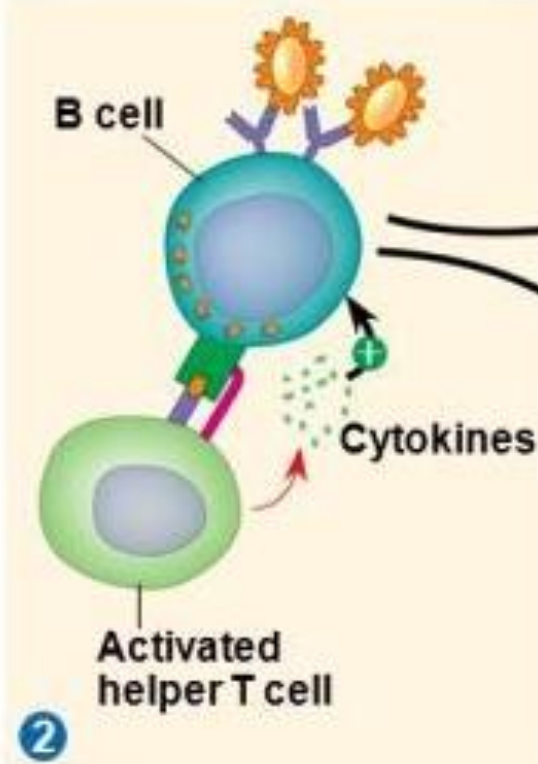
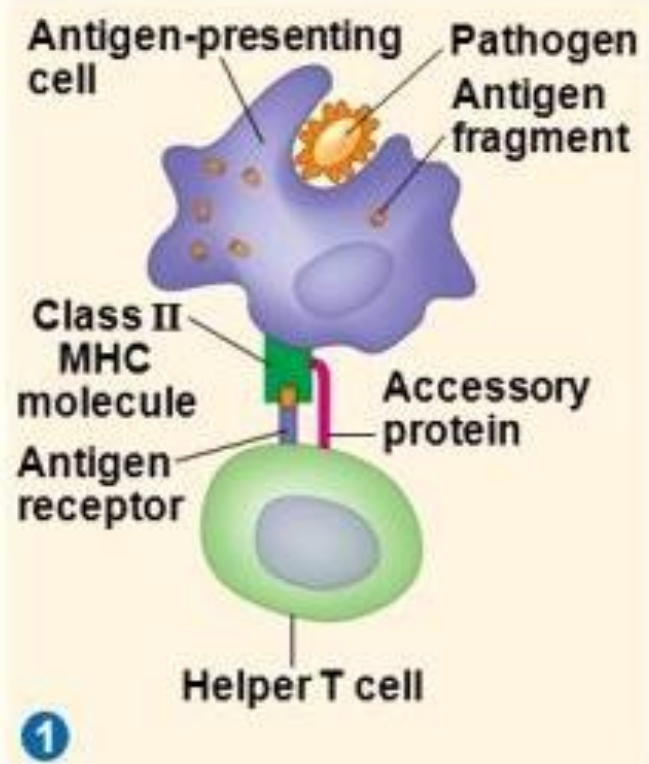
- Η ειδικότητα για πολλά διαφορετικά αντιγόνα σημαίνει ότι το σύνολο των ειδικοτήτων των λεμφοκυττάρων είναι εξαιρετικά ποικίλο. Η βάση αυτής της ειδικότητας και ποικιλότητας είναι, ότι τα λεμφοκύτταρα εκφράζουν αντιγονικούς υποδοχείς οι οποίοι είναι κλωνικά κατανεμημένοι.
- Ο συνολικός πληθυσμός των λεμφοκυττάρων, δηλαδή, αποτελείται από πολλούς διαφορετικούς κλώνους (ο καθένας από τους οποίους αποτελείται από ένα κύτταρο και τους απογόνους του) και κάθε κλώνος εκφράζει έναν αντιγονικό υποδοχέα που είναι διαφορετικός από τους υποδοχείς όλων των άλλων κλώνων.
- Η **υπόθεση της κλωνικής επιλογής** λέει ότι κλώνοι λεμφοκυττάρων ειδικοί για διαφορετικά αντιγόνα είχαν δημιουργηθεί πριν από την επαφή με τα αντιγόνα αυτά, και ότι κάθε αντιγόνο προκαλεί μια ανοσοαπάντηση επιλέγοντας και ενεργοποιώντας τα λεμφοκύτταρα ενός συγκεκριμένου κλώνου.

Μνήμη

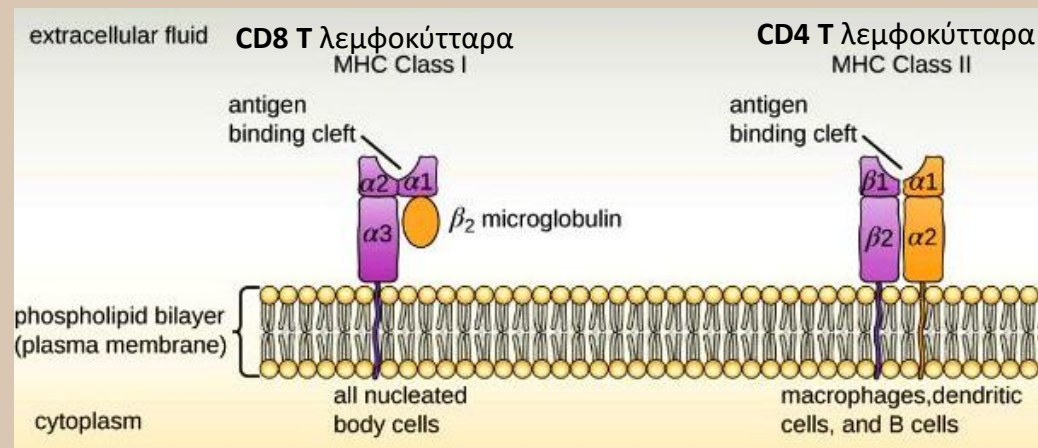
- Το ανοσοποιητικό σύστημα εγείρει μεγαλύτερης κλίμακας και περισσότερο αποτελεσματικές απαντήσεις μετά από επανειλημμένες εκθέσεις στο ίδιο αντιγόνο. Η απάντηση στην πρώτη έκθεση ονομάζεται πρωτογενής ανοσοαπάντηση, όπου μεσολαβούν λεμφοκύτταρα, τα οποία έρχονται σε επαφή με το αντιγόνο για πρώτη φορά («**παρθένα λεμφοκύτταρα**»).
- Μεταγενέστερες επαφές με το ίδιο αντιγόνο οδηγούν σε δευτερογενείς ανοσοαπαντήσεις που είναι συνήθως ταχύτερες, μεγαλύτερης έντασης και περισσότερο ικανές να εξαλείψουν το αντιγόνο από τις πρωτογενείς απαντήσεις.
- Οι δευτερογενείς απαντήσεις είναι αποτέλεσμα της ενεργοποίησης των **λεμφοκυττάρων μνήμης** τα οποία είναι μακρόβια κύτταρα που επάγονται κατά τη διάρκεια της πρωτογενούς ανοσοαπάντησης.
- Η ανοσιακή μνήμη βελτιστοποιεί την ικανότητα του ανοσοποιητικού συστήματος να αντιμετωπίζει επιμένουσες και υποτροπιάζουσες λοιμώξεις, επειδή κάθε επαφή με ένα μ-οργανισμό προκαλεί τη γένεση περισσότερων κυττάρων μνήμης και ενεργοποιεί προϋπάρχοντα κύτταρα μνήμης.
- Η μνήμη είναι επίσης η κύρια αιτία που τα εμβόλια προσφέρουν μακροπρόθεσμη προστασία από τις λοιμώξεις.

Πρωτογενής και δευτερογενής ανοσοαπάντηση





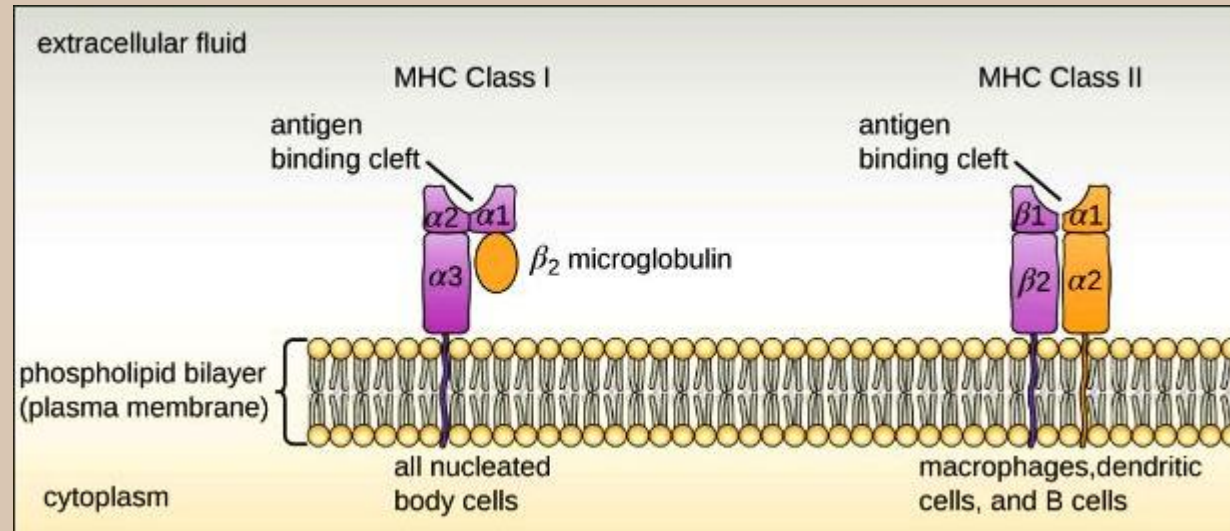
- Το ανοσοποιητικό σύστημα είναι ικανό να αντιδρά απέναντι σε ένα τεράστιο αριθμό και ποικιλία μ-οργανισμών και άλλων ξένων αντιγόνων, αλλά φυσιολογικά δεν αντιδρά στις δυνητικά αντιγονικές ουσίες του ίδιου του ξενιστή, που ονομάζονται "αντιγόνα του εαυτού" ή "εαυτά αντιγόνα" (self antigens).
- Όλες οι ανοσοαπαντήσεις είναι αυτοπεριοριζόμενες και εξασθενούν καθώς η λοίμωξη εξαλείφεται, έτσι ώστε το ανοσοποιητικό σύστημα να επιστρέφει σε μια κατάσταση ηρεμίας και να είναι έτοιμο να αποκριθεί σε άλλες λοιμώξεις.



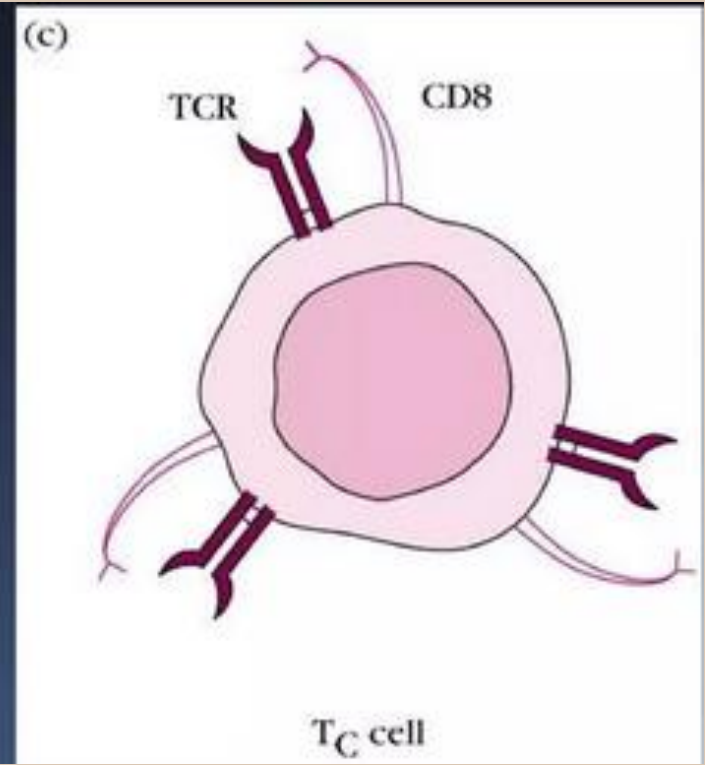
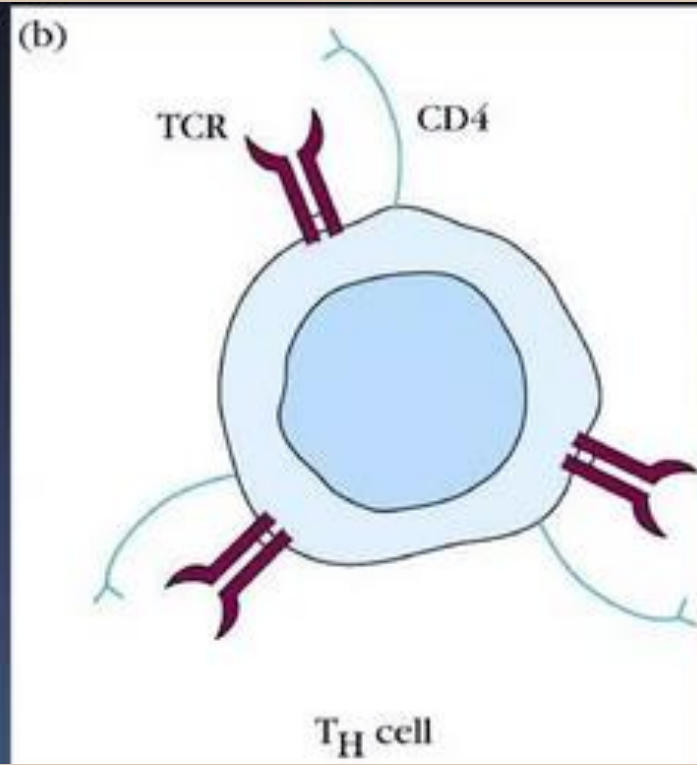
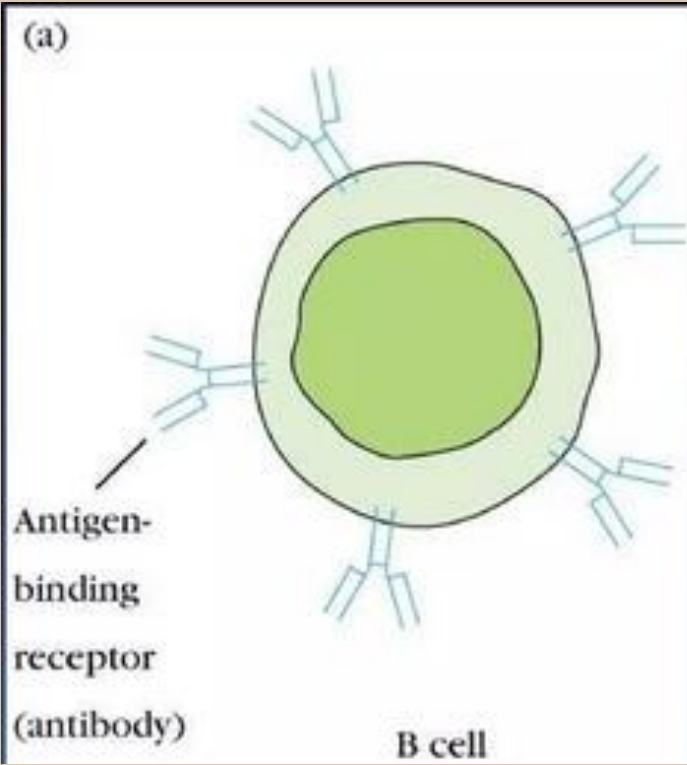
[Στην επιφάνεια των κυττάρων μας υπάρχουν πρωτεΐνες (λέγονται **MHC** ή **HLA**) που είναι απαραίτητες ώστε να μπορεί να **διαχωρίζει το αμυντικό μας σύστημα, ποια μόρια – αντιγόνα είναι δικά μας και πια είναι ξένα** και επίσης αν τα κύτταρα μας είναι **φυσιολογικά ή μολυσμένα** από ιό κλπ..

Οι **MHC** είναι 2 κυρίως ειδών: α) η **MHC I** που εμφανίζεται σε **ΟΛΑ τα κύτταρα** (εκτός των ερυθροκυττάρων και των αιμοπεταλίων) και εμφανίζουν πεπτίδια από **ενδοκυττάριας πρωτεΐνες** στα **CD8 T** λεμφοκύτταρα και στα **NK-cells**.

και β) η **MHC II** που εμφανίζεται στα κύτταρα των **μακροφάγων**, των **δενδριτικών** κυττάρων και των **B** λεμφοκυττάρων και εμφανίζουν πεπτίδια από **εξωκυττάριας πρωτεΐνες** στα **CD4 T** λεμφοκύτταρα.



- Το επίκτητο ΑΣ βασίζεται στα **T-λεμφοκύτταρα** (που βοηθούν άλλα λεμφοκύτταρα να λειτουργήσουν ή δρουν καταστρέφοντας άλλα κύτταρα) και τα **B-λεμφοκύτταρα** (που παράγουν τις ανοσοσφαιρίνες ή αντισώματα), δύο είδη κυττάρων που απαιτούν «εκπαίδευση» για να μάθουν να μην επιτίθενται στα κύτταρα του οργανισμού μας.
- **T Λεμφοκύτταρα** (T-κύτταρα): είναι υπεύθυνα για την κυτταρική ανοσία. Υπάρχουν δύο κύριες υποκατηγορίες T- κυττάρων: τα **κυτταροτοξικά** και τα **βοηθητικά T-κύτταρα**, και μια τρίτη ομάδα τα **ρυθμιστικά T-κύτταρα** τα οποία παίζουν ρόλο στη ρύθμιση της ανοσολογικής απόκρισης.
 - Τα **κυτταροτοξικά T-κύτταρα (CD8)** καταστρέφουν κύτταρα μολυσμένα με ιούς (ή άλλα παθογόνα) ή κύτταρα που έχουν άλλου τύπου βλάβες ή είναι δυσλειτουργικά.
 - Τα **βοηθητικά T-κύτταρα (CD4)** ρυθμίζουν τόσο τις ενδογενείς όσο και τις επίκτητες ανοσολογικές αντιδράσεις.
- **B Λεμφοκύτταρα**: Τα B-λεμφοκύτταρα ή B-κύτταρα είναι υπεύθυνα για τη χυμική ανοσία, την παραγωγή δηλαδή των ειδικών αντισωμάτων (ανοσοσφαιρίνες).



- **Κυτοκίνες:** Οι κυτοκίνες είναι μια πολύ σημαντική ομάδα πρωτεϊνών στο σώμα που χρησιμεύουν ως ορμόνες, ως «σήματα επικοινωνίας» δηλαδή μεταξύ των κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος.
- Παράγονται ως απάντηση σε κάποια απειλή και αντιπροσωπεύουν το δίκτυο επικοινωνίας μεταξύ των επιμέρους τμημάτων του ΑΣ.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος επικοινωνούν με την άμεση επαφή μεταξύ τους, αλλά τις περισσότερες φορές επικοινωνούν με την έκκριση των κυτοκινών που μπορεί στη συνέχεια δράσουν σε άλλα κύτταρα είτε τοπικά, είτε σε απόσταση.

Οι ανοσοαπαντήσεις αποτελούνται από διαδοχικές φάσεις:

- την αναγνώριση του αντιγόνου,
- την ενεργοποίηση των λεμφοκυττάρων,
- την εξάλειψη του αντιγόνου,
- την εξασθένηση της απάντησης και
- τη μνήμη.

Κάθε φάση αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη αντίδραση των λεμφοκυττάρων και άλλων στοιχείων του ανοσοποιητικού συστήματος.

- Κατά τη διάρκεια της **φάσης αναγνώρισης**, παρθένα λεμφοκύτταρα, ειδικά για το συγκεκριμένο αντιγόνο, εντοπίζουν και αναγνωρίζουν τα αντιγόνα των μικροοργανισμών.
- Ακολουθεί η ενεργοποίηση των λεμφοκυττάρων. Κατά τη **φάση της ενεργοποίησης**, οι κλώνοι των λεμφοκυττάρων που έχουν συναντήσει αντιγόνα υφίστανται γρήγορη κυτταρική διαίρεση, δημιουργώντας ένα μεγάλο αριθμό απογόνων (κλωνικός πολλαπλασιασμός).

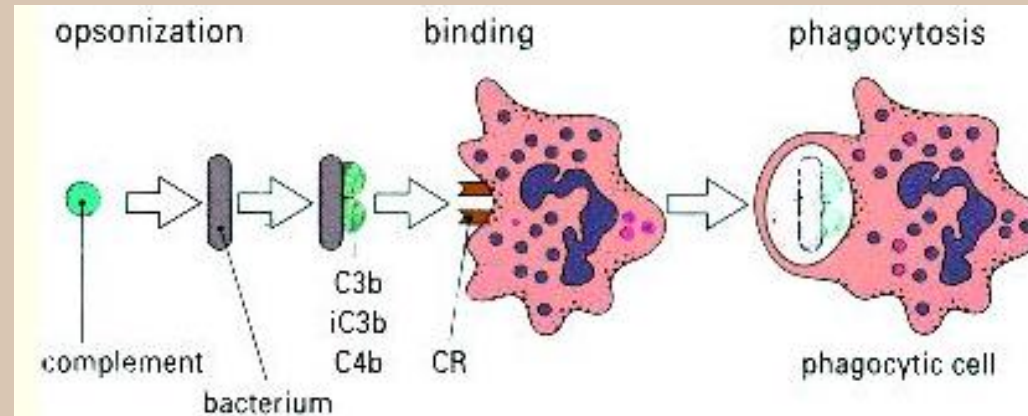
- Ορισμένα από τα λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται από κύτταρα που αναγνωρίζουν αντιγόνα σε κύτταρα που παράγουν ουσίες που θα εξαλείψουν το αντιγόνο και ονομάζονται **δραστικά λεμφοκύτταρα**.
- Πχ. τα Β λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται σε δραστικά κύτταρα που εκκρίνουν αντισώματα, ενώ ορισμένα Τ λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται σε δραστικά κύτταρα που φονεύουν μολυσμένα κύτταρα του ξενιστή.
- Τα δραστικά κύτταρα και τα προϊόντα τους εξουδετερώνουν τους μ-οργανισμούς συχνά και με τη βοήθεια στοιχείων της φυσικής ανοσίας. Η **φάση** αυτή **της εξάλειψης** του αντιγόνου λέγεται δραστική φάση της ανοσοαπάντησης

- Από τη στιγμή που η λοίμωξη έχει αντιμετωπισθεί, το ερέθισμα για την ενεργοποίηση των λεμφοκυττάρων παύει να υπάρχει (**φάση της εξασθένησης της απάντησης**). Τα περισσότερα από τα κύτταρα που είχαν ενεργοποιηθεί από το αντιγόνο πεθαίνουν μέσω μιας ελεγχόμενης διαδικασίας κυτταρικού θανάτου που ονομάζεται **απόπτωση** και τα νεκρά κύτταρα απομακρύνονται γρήγορα από τα φαγοκύτταρα χωρίς να προκαλείται κάποια βλαπτική αντίδραση.
- Όταν η ανοσοαπάντηση υποχωρήσει, τα κύτταρα που παραμένουν είναι **λεμφοκύτταρα μνήμης**, τα οποία μπορεί να επιβιώσουν σε κατάσταση ηρεμίας για μήνες ή έτη, παραμένοντας ικανά να απαντήσουν γρήγορα σε μια νέα επαφή με το μικροοργανισμό (**φάση της μακροπρόθεσμης μνήμης**).

Κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος

απαρτίζονται από :

- τα λεμφοκύτταρα, τα εξειδικευμένα κύτταρα που προσλαμβάνουν και παρουσιάζουν τα αντιγόνα των μ-οργανισμών και
- τα δραστικά κύτταρα που εξαλείφουν τους μ-οργανισμούς.



Λεμφοκύτταρα

- Τα λεμφοκύτταρα είναι τα μοναδικά κύτταρα με ειδικούς υποδοχείς για αντιγόνα με ρόλο κλειδί στην επίκτητη ανοσία.
- Αν και όλα τα λεμφοκύτταρα είναι μορφολογικά όμοια, αποτελούνται από πληθυσμούς ετερογενείς σε προέλευση και λειτουργία και είναι ικανά να επιτελούν περίπλοκες βιολογικές δραστηριότητες.
- Τα κύτταρα αυτά διακρίνονται με βάση τις επιφανειακές τους πρωτεΐνες (ανιχνεύονται με μονοκλωνικά αντισώματα).
- Αναλόγως των επιφανειακών πρωτεϊνών τους χαρακτηρίζονται ως «**CD**» (cluster of differentiation: ομάδα διαφοροποίησης) συνοδευόμενο από έναν αριθμό, και αυτά αναγνωρίζονται από μια ομάδα αντισωμάτων.

B- λεμφοκύτταρα → χυμική ανοσία

- Τα **B λεμφοκύτταρα** είναι τα μόνα ικανά κύτταρα να παράγουν αντισώματα και επομένως είναι τα κύτταρα που μεσολαβούν στη **χυμική ανοσία**.
- Τα B κύτταρα εκφράζουν στη μεμβράνη τους αντισώματα, τα οποία χρησιμεύουν σαν υποδοχείς αναγνώρισης αντιγόνου (αναγνωρίζουν αντιγόνα) και κινητοποιούν τη διαδικασία ενεργοποίησης των κυττάρων αυτών.
- Αντιγόνα μ-οργανισμών ή άλλων κυττάρων μπορούν να προσδεθούν στους αντιγονικούς αυτούς υποδοχείς των B λεμφοκυττάρων και να προκαλέσουν χυμικές ανοσοαπαντήσεις.

T- λεμφοκύτταρα → κυτταρική ανοσία

- Τα **T λεμφοκύτταρα** είναι τα κύτταρα της **κυτταρικής ανοσίας**. Ο αντιγονικός υποδοχέας των T λεμφοκυττάρων αναγνωρίζει πεπτιδικά τμήματα πρωτεϊνικών αντιγόνων που παρουσιάζονται πάνω σε άλλα κύτταρα (είναι προσδεμένα σε ειδικά μόρια που ονομάζονται μόρια του μείζονος συμπλέγματος ιστοσυμβατότητας και βρίσκονται στην επιφάνεια εξειδικευμένων κυττάρων, που ονομάζονται **αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα**).
- Μεταξύ των T λεμφοκυττάρων, τα CD4+ T λεμφοκύτταρα ονομάζονται **βοηθητικά T κύτταρα** επειδή βοηθούν τα B λεμφοκύτταρα να παράγουν αντισώματα και τα φαγοκύτταρα να καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς που έχουν ήδη φαγοκυτταρώσει.
- Τα CD8+ T λεμφοκύτταρα ονομάζονται **κυτταροτοξικά ή κυτταρολυτικά T λεμφοκύτταρα** επειδή φονεύουν κύτταρα που φέρουν ενδοκυττάρους μικροοργανισμούς στο κυτταρόπλασμά τους.
- Μια τρίτη ομάδα είναι τα λεμφοκύτταρα **φυσικά κυτταροκτόνα** (Natural Killer, NK) κύτταρα, τα οποία συμμετέχουν στη φυσική (και όχι στην επίκτητη) ανοσία και δεν εκφράζουν αντιγονικούς υποδοχείς όπως τα B και τα T λεμφοκύτταρα.

IMMUNE SYSTEM CELLS



monocyte



macrophage



mast cell



dendritic cell



natural killer
cell



neutrophil



eosinophil



basophil

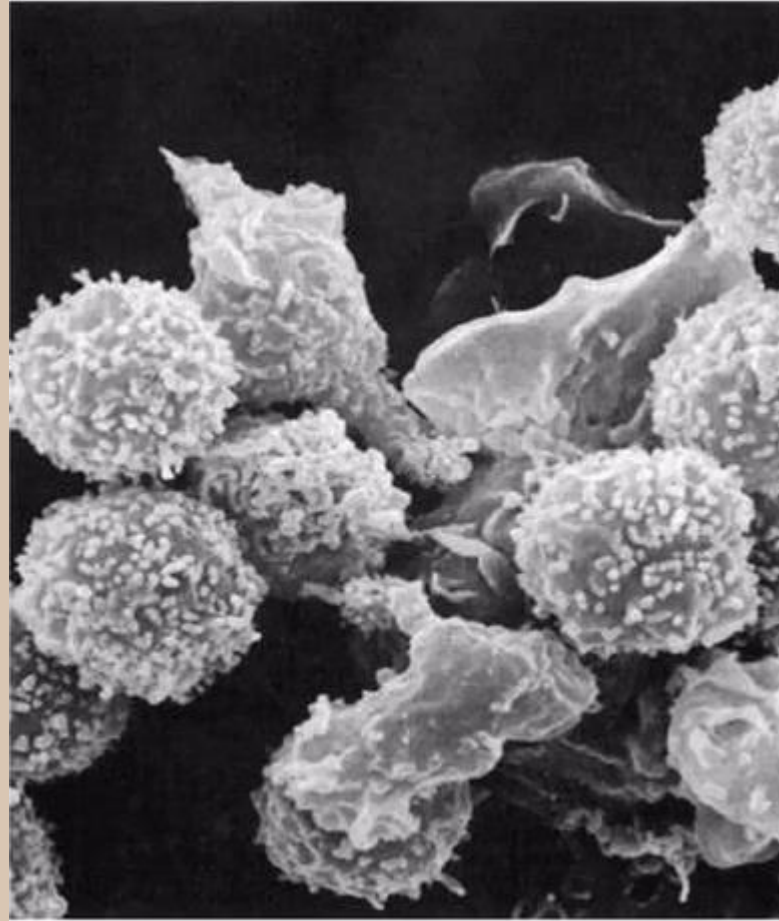


T cell



B cell

Ενεργοποίηση Τ λεμφοκυττάρων



Προέλευση των λεμφοκυττάρων



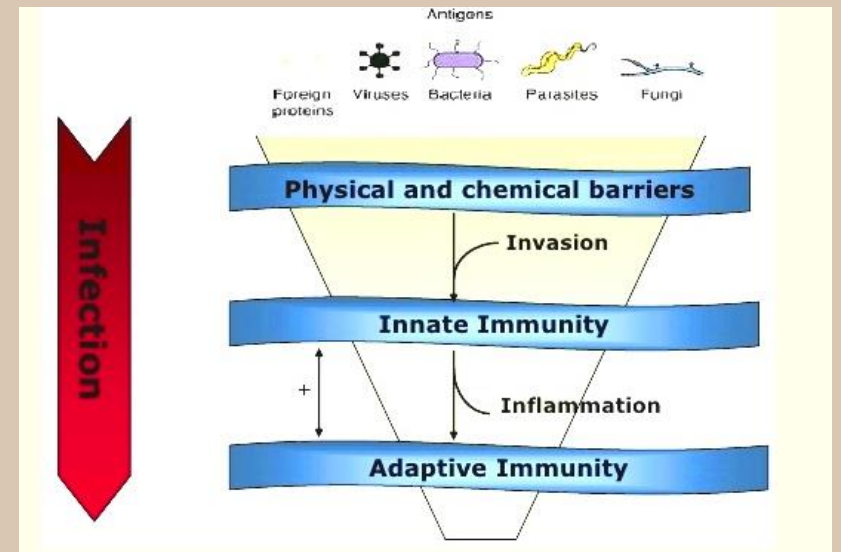
- Όλα τα λεμφοκύτταρα προέρχονται από πολυδύναμα προγονικά κύτταρα (**stem cells**) του μυελού των οστών.
- Τα B λεμφοκύτταρα ωριμάζουν στο μυελό των οστών και τα
- T λεμφοκύτταρα στο θύμο αδένα.
- Οι θέσεις αυτές στις οποίες παράγονται ώριμα λεμφοκύτταρα ονομάζονται **κεντρικά λεμφικά όργανα**.
- Τα ώριμα λεμφοκύτταρα εισέρχονται στην κυκλοφορία και στα περιφερικά λεμφικά όργανα, όπου και παραμένουν περιμένοντας το αντιγόνο για το οποίο εκφράζουν ειδικούς υποδοχείς.

- Όταν τα **«παρθένα λεμφοκύτταρα»** συναντήσουν αντιγόνα μ-οργανισμών, τα λεμφοκύτταρα που είναι ειδικά για τα αντιγόνα αυτά, πολλαπλασιάζονται και διαφοροποιούνται προς **δραστικά κύτταρα** και **κύτταρα μνήμης**.
- Τα «παρθένα λεμφοκύτταρα» εκφράζουν υποδοχείς για αντιγόνα αλλά δεν επιτελούν τις λειτουργίες για να εξαλείψουν τα αντιγόνα.
- Τα κύτταρα αυτά βρίσκονται στα περιφερικά λεμφικά όργανα και επιβιώνουν για αρκετές ημέρες ή μήνες περιμένοντας να συναντήσουν και να αποκριθούν σε αντιγόνα.
- Η διαφοροποίησή τους σε δραστικά κύτταρα και κύτταρα μνήμης αρχίζει με την αναγνώριση του αντιγόνου, εξασφαλίζοντας έτσι ότι η ανοσοαπάντηση που θα αναπτυχθεί είναι ειδική για το αντιγόνο.

- Τα **δραστικά κύτταρα** της κυτταρικής σειράς των **B λεμφοκυττάρων** είναι κύτταρα που εκκρίνουν αντισώματα και ονομάζονται **πλασματοκύτταρα**, τα οποία εξουδετερώνουν το αντιγόνο.
- Τα **δραστικά CD4+ T λεμφοκύτταρα** παράγουν πρωτεΐνες, τις **κυτταροκίνες**, οι οποίες ενεργοποιούν τα B κύτταρα και τα μακροφάγα,
- τα **δραστικά CD8+ T λεμφοκύτταρα**, δηλαδή τα κυτταρολυτικά λεμφοκύτταρα, φέρουν τους κατάλληλους μηχανισμούς ώστε να φονεύουν τα μολυσμένα κύτταρα του ξενιστή.

- Τα περισσότερα δραστικά λεμφοκύτταρα είναι βραχύβια και πεθαίνουν όταν εξαφανισθεί το αντιγόνο. Ορισμένα όμως μπορούν να μεταναστεύσουν σε ειδικές ανατομικές θέσεις και να ζήσουν εκεί για μεγάλες περιόδους (πχ τα πλασματοκύτταρα στο μυελό των οστών).
- Τα κύτταρα μνήμης, τα οποία επίσης παράγονται από απογόνους των λεμφοκυττάρων που διεγέρθηκαν από αντιγόνο, επιβιώνουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα παρά την απουσία του αντιγόνου. Είναι λειτουργικά σιωπηλά, δηλαδή δεν επιτελούν δραστικές λειτουργίες εκτός εάν διεγερθούν από αντιγόνο.
- Όταν τα κύτταρα μνήμης συναντήσουν το ίδιο αντιγόνο που προκάλεσε την ανάπτυξή τους, αποκρίνονται ταχύτατα με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της δευτερογενούς ανοσοαπάντησης.
- Πολύ λίγα γνωρίζουμε για τα «σήματα» που προκαλούν τη δημιουργία των κυττάρων μνήμης, για τους παράγοντες που καθορίζουν αν οι απόγονοι των λεμφοκυττάρων που διεγέρθηκαν από το αντιγόνο θα εξελιχθούν σε δραστικά ή σε κύτταρα μνήμης και για τους μηχανισμούς που διατηρούν τα κύτταρα μνήμης ζωντανά παρά την απουσία αντιγόνου ή φυσικής ανοσίας.

Αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα και δενδριτικά κύτταρα



- Οι συνήθεις πύλες εισόδου των μικροοργανισμών (το δέρμα, ο γαστρεντερικός σωλήνας και το αναπνευστικό σύστημα-) περιέχουν στο επιθήλιό τους εξειδικευμένα κύτταρα (αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα) και τα δενδριτικά κύτταρα, τα οποία προσλαμβάνουν τα αντιγόνα μ-οργανισμών που εισβάλλουν, τα συγκεντρώνουν στα περιφερικά λεμφικά όργανα και τα παρουσιάζουν για να αναγνωρισθούν από τα T λεμφοκύτταρα.
- Τα λεμφοκύτταρα και τα αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα οργανώνονται στα περιφερικά λεμφικά όργανα όπου ξεκινούν και εξελίσσονται οι ανοσοαπαντήσεις.

- Τα **παρθενικά λεμφοκύτταρα** κυκλοφορούν στα περιφερικά λεμφικά όργανα αναζητώντας ξένα αντιγόνα.
- Τα **δραστικά T λεμφοκύτταρα** μεταναστεύουν στις περιφερικές εστίες της λοίμωξης όπου εξαλείφουν τους λοιμώδεις οργανισμούς,
- Τα **δραστικά B κύτταρα** παραμένουν στα λεμφικά όργανα από όπου εκκρίνουν αντισώματα τα οποία εισέρχονται στην κυκλοφορία και βρίσκουν και εξουδετερώνουν τους μ-οργανισμούς.

Ιστοί του ανοσοποιητικού συστήματος



Οι ιστοί του ανοσοποιητικού συστήματος αποτελούνται από τα

- **κεντρικά λεμφικά όργανα** (ή πρωτογενή) μέσα στα οποία τα Τ και τα Β λεμφοκύτταρα ωριμάζουν και γίνονται ικανά να αποκρίνονται σε αντιγόνα (μυελός των οστών και ο θύμος αδένας), και τα
- **περιφερικά λεμφικά όργανα** (ή δευτερογενή) στα οποία ξεκινούν οι ανοσοαπαντήσεις της επίκτητης ανοσίας κατά των μ-οργανισμών.

Περιφερικά λεμφικά όργανα

Τα **περιφερικά λεμφικά όργανα**, που αποτελούνται από :

- Τους λεμφαδένες,
- τον σπλήνα και
- το ανοσοποιητικό σύστημα των βλεννογόνων και του δέρματος,

Είναι οργανωμένα για να συγκεντρώνουν αντιγόνα, αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα και λεμφοκύτταρα με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των κυττάρων και η ανάπτυξη της επίκτητης ανοσίας.

Οργάνωση των περιφερικών λεμφικών οργάνων

- Η ανατομική οργάνωση των περιφερικών λεμφικών οργάνων διευκολύνει τα λεμφοκύτταρα να εντοπίσουν τους μ-οργανισμούς και να απαντήσουν σε αυτούς.
- Η οργάνωση αυτή συμπληρώνεται από την ικανότητα των λεμφοκυττάρων να κυκλοφορούν σε όλο τον οργανισμό, έτσι ώστε τα παρθένα λεμφοκύτταρα να κατευθύνονται εκλεκτικά σε εξειδικευμένα όργανα στα οποία συγκεντρώνονται τα αντιγόνα, και τα δραστικά κύτταρα να οδηγούνται στις εστίες της λοίμωξης, εκεί όπου πρέπει να εξαλειφθούν οι μ-οργανισμοί.
- Επιπλέον, για να συμβεί μια αποτελεσματική ανοσοαπάντηση, συχνά είναι απαραίτητη η επικοινωνία μεταξύ διαφόρων τύπων λεμφοκυττάρων.

πχ. βοηθητικά T λεμφοκύτταρα ειδικά για ένα αντιγόνο αλληλοεπιδρούν και βοηθούν τα B λεμφοκύτταρα που είναι ειδικά για το ίδιο αντιγόνο, με αποτέλεσμα την παραγωγή αντισωμάτων.

A. Οι λεμφαδένες (για Αντιγόνα που εισέρχονται στη λέμφο)

- είναι οζώδη συσσωματώματα λεμφικού ιστού κατά μήκος των λεμφαγγείων του σώματος. Το υγρό από τα επιθήλια, το συνδετικό ιστό και από τα περισσότερα παρεγχυματικά όργανα ονομάζεται **λέμφος**, η οποία παροχετεύεται από τα λεμφαγγεία που τη μεταφέρουν από τους ιστούς στους λεμφαδένες.
- Η λέμφος περιέχει ένα μίγμα ουσιών που απορροφώνται από τα επιθήλια και τους ιστούς, και καθώς περνάει από τους λεμφαδένες, τα ανοσοπαρουσιαστικά κύτταρα των λεμφαδένων μπορούν να αναζητήσουν τα αντιγόνα των μ-οργανισμών που ίσως εισήλθαν μέσω των επιθηλίων στους ιστούς.
- Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας πρόσληψης και μεταφοράς αντιγόνων είναι ότι τα αντιγόνα των μ-οργανισμών που εισέρχονται μέσω των επιθηλίων ή αποικίζουν τους ιστούς συγκεντρώνονται στους επιχώριους λεμφαδένες.

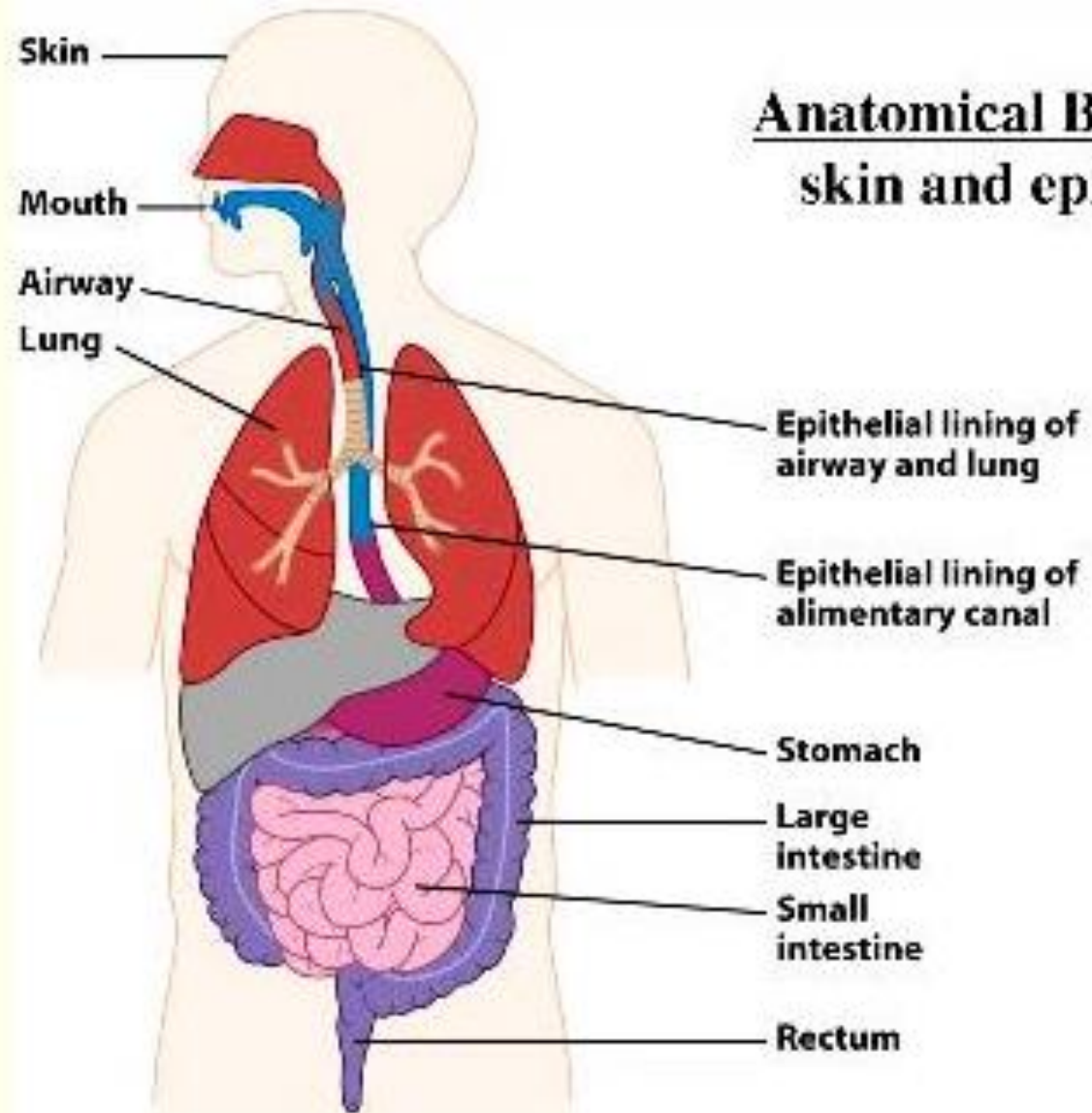
B. Ο σπλήνας (για Αντιγόνα που εισέρχονται στο αίμα)

- είναι ένα κοιλιακό όργανο το οποίο παίζει ρόλο για τα αντιγόνα που κυκλοφορούν στο αίμα, αντίστοιχο με το ρόλο των λεμφαδένων για τα αντιγόνα που κυκλοφορούν στη λέμφο.
 - Το αίμα που εισέρχεται στο σπλήνα ρέει μέσω ενός δικτύου καναλιών (κολποειδή) που είναι επικαλυμμένα με φαγοκύτταρα.
 - Τα αντιγόνα που κυκλοφορούν στο αίμα παγιδεύονται και συγκεντρώνονται στο σπλήνα από τα μακροφάγα.
- Ο σπλήνας περιέχει άφθονα φαγοκύτταρα που φαγοκυτταρώνουν και καταστρέφουν τους μ-οργανισμούς που βρίσκονται στο αίμα.

Γ. Τα λεμφικά συστήματα του δέρματος και των βλεννογόνων (για Αντιγόνα που διαπερνούν τα επιθήλια)

- βρίσκονται κάτω από το επιθήλιο του δέρματος και του γαστρεντερικού και αναπνευστικού συστήματος.
- Οι **φαρυγγικές αμυγδαλές** και οι **πλάκες του Peyer** στο έντερο είναι δυο βλεννογόνοι λεμφικοί ιστοί, επίσης ο λεμφικός ιστός του παχέως εντέρου και της σκωληκοειδούς κλπ.
- Οι **βλεννογόνοι** βρίσκονται στα ανοίγματα του σώματος όπως στη μύτη, στο στόμα, τους αεραγωγούς, τον πρωκτό, την ουρήθρα, τον κόλπο, τα μάτια κλπ.
- Οι βλεννογόνοι εκκρίνουν **βλέννα, σάλιο, δάκρυα** κλπ. και προστατεύουν τόσο από εισβολείς όσο και από αφυδάτωση.
- Άλλοι αμυντικοί μηχανισμοί των **φραγμών** προς το εξωτερικό περιβάλλον είναι στο στομάχι το **γαστρικό οξύ** (υδροχλωρικό οξύ), στο αναπνευστικό σύστημα το **κροσσωτό επιθήλιο**, στο έντερο η **φυσιολογική** χλωρίδα των μικροοργανισμών που συμβιώνουν μαζί μας κλπ.
- Οι λεμφικοί ιστοί του δέρματος και των βλεννογόνων είναι θέσεις ανοσοαπάντησης σε αντιγόνα που διαπερνούν τα επιθήλια, όπως οι λεμφαδένες και ο σπλήνας είναι θέσεις ανοσοαπάντησης για αντιγόνα που εισέρχονται στη λέμφο και στο αίμα, αντίστοιχα.

Anatomical Barriers: skin and epithelia



Οι αμυντικοί φραγμοί

- Μέσα στα περιφερικά λεμφικά όργανα, τα T και τα B λεμφοκύτταρα βρίσκονται απομονωμένα σε ξεχωριστά ανατομικά διαμερίσματα.
- Η ανατομική οργάνωση των περιφερικών λεμφικών οργάνων είναι αυστηρά καθορισμένη ώστε να επιτρέπει την ανάπτυξη των ανοσοαπαντήσεων.
- Στους λεμφαδένες, τα B κύτταρα είναι συγκεντρωμένα σε διακριτές δομές, τα λεμφοζίδια, που βρίσκονται στην περιφέρεια (ή φλοιό) κάθε λεμφαδένα.
- Αντίστοιχα, τα T λεμφοκύτταρα συγκεντρώνονται στην παραφλοιώδη περιοχή των λεμφαδένων και στο περιαρτηριακό λεμφικό στρώμα του σπλήνα.

- Όταν τα λεμφοκύτταρα ενεργοποιηθούν από αντιγόνα μ-οργανισμών, δεν υφίστανται πλέον ανατομικούς περιορισμούς.
- Τότε, τα Β και τα Τ κύτταρα να μεταναστεύουν τα μεν προς τα δε και να συναντώνται στα όρια των λεμφοζιδίων, όπου τα βοηθητικά Τ κύτταρα αλληλεπιδρούν και προσφέρουν βοήθεια στα Β κύτταρα ώστε αυτά να διαφοροποιηθούν σε κύτταρα παραγωγής αντισωμάτων.
- Τα ενεργοποιημένα λεμφοκύτταρα εξέρχονται από τους λεμφαδένες μέσω των απαγωγών λεμφαγγείων και από το σπλήνα μέσω των φλεβών, καταλήγοντας στην κυκλοφορία και έτσι μπορούν να φθάσουν σε απομακρυσμένες εστίες λοίμωξης.

Επανακυκλοφορία λεμφοκυττάρων

- Τα λεμφοκύτταρα επανακυκλοφορούν συνεχώς μεταξύ των ιστών με τέτοιο τρόπο ώστε τα παρθένα λεμφοκύτταρα να διέρχονται από τα περιφερικά λεμφικά όργανα, όπου ξεκινούν οι ανοσοαπαντήσεις και τα δραστικά κύτταρα να μεταναστεύουν στις εστίες της λοίμωξης, όπου εξαλείφονται οι λοιμώδεις παράγοντες.
- Έτσι, τα λεμφοκύτταρα στα διάφορα στάδια της ζωής τους μεταναστεύουν σε διαφορετικές θέσεις, ανάλογες με την εκάστοτε λειτουργία τους.

Περίληψη (1)

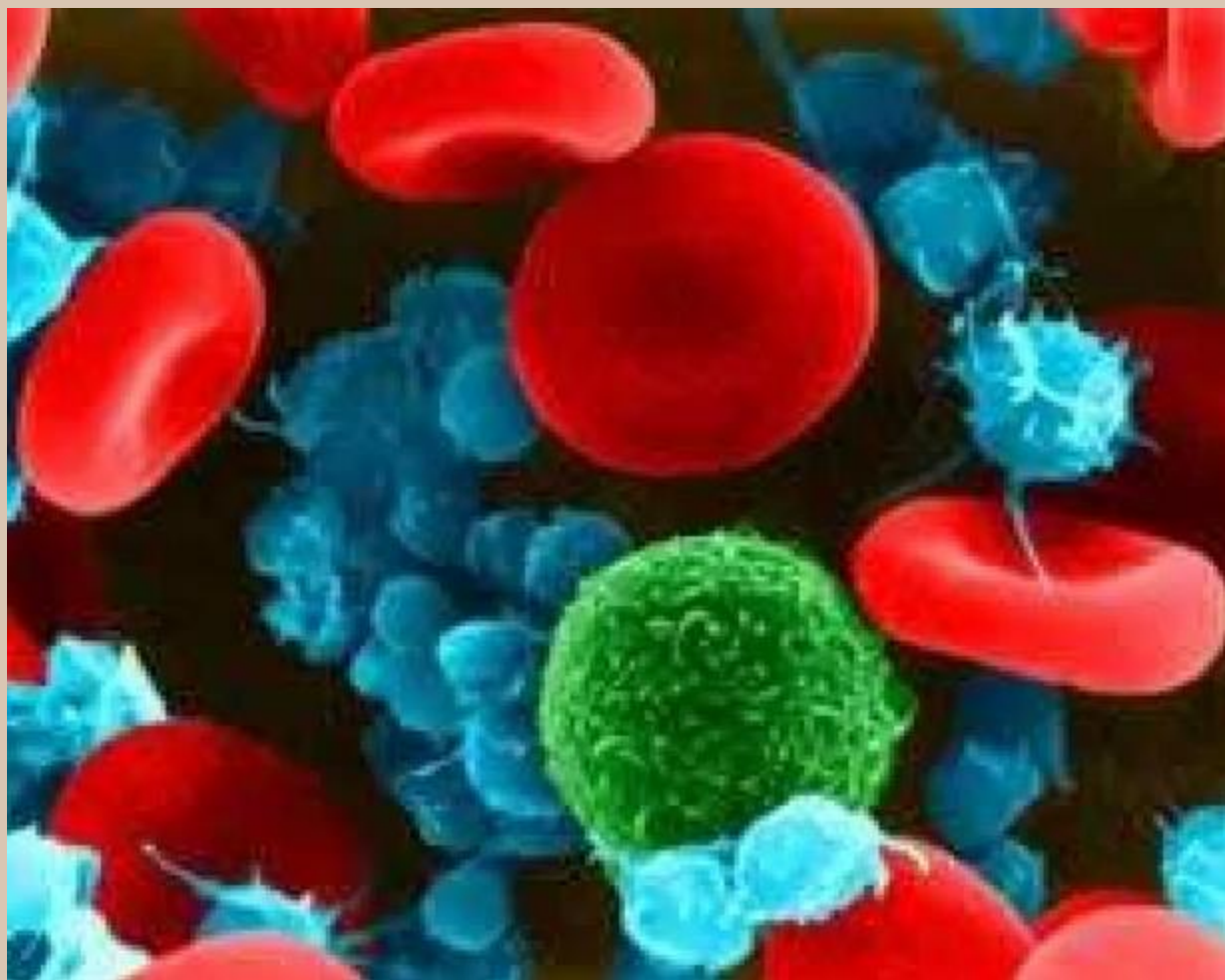
- Η φυσιολογική λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος είναι η προστασία του ατόμου από τις λοιμώξεις.
- Η φυσική ανοσία είναι η πρώτη γραμμή άμυνας.
- Η επίκτητη ανοσία είναι η μορφή της ανοσίας που διεγείρεται από τους μικροοργανισμούς.
- Τα λεμφοκύτταρα είναι τα κύτταρα της επίκτητης ανοσίας και φέρουν υποδοχείς για το αντιγόνο.
- Η επίκτητη ανοσία αποτελείται από τη χυμική ανοσία, (τα αντισώματα εξουδετερώνουν εξωκυττάριους μικροοργανισμούς), και την κυτταρική ανοσία (τα Τ λεμφοκύτταρα εξαλείφουν ενδοκυττάριους μ-οργανισμούς).

Περίληψη (2)

- Η επίκτητη ανοσία λαμβάνει χώρα σε διαδοχικές φάσεις: **αναγνώριση** του αντιγόνου, **ενεργοποίηση** των λεμφοκυττάρων (δραστικά κύτταρα και κύτταρα μνήμης), **εξασθένιση** της ανοσοαπάντησης και μακροπρόθεσμη **μνήμη**.
- Τα **λεμφοκύτταρα** διακρίνονται από την έκφραση συγκεκριμένων μορίων στη μεμβράνη τους.
- Τα **B λεμφοκύτταρα** είναι τα μόνα κύτταρα που παράγουν αντισώματα που αναγνωρίζουν αντιγόνα, ενώ τα **δραστικά B** κύτταρα εκκρίνουν τα αντισώματα τα οποία εξουδετερώνουν το αντιγόνο.
- Τα **T λεμφοκύτταρα** αναγνωρίζουν αντιγόνων που παρουσιάζονται πάνω σε άλλα κύτταρα. Τα βοηθητικά T λεμφοκύτταρα ενεργοποιούν τα **φαγοκύτταρα**, να καταστρέψουν τους φαγοκυτταρωμένους μικροοργανισμούς, και τα B λεμφοκύτταρα ώστε να παράγουν αντισώματα.
- Τα **κυτταροτοξικά (ή κυτταρολυτικά) T λεμφοκύτταρα** σκοτώνουν κύτταρα που φέρουν μ-οργανισμούς στο κυτταρόπλασμά τους.

Περίληψη (3)

- Τα **αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα** προσλαμβάνουν αντιγόνα μ-οργανισμών που εισβάλλουν μέσω των επιθηλίων και παρουσιάζουν τα αντιγόνα για να αναγνωρισθούν από τα T κύτταρα.
- Τα λεμφοκύτταρα και τα αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα οργανώνονται στα **περιφερικά λεμφικά όργανα** όπου ξεκινούν οι ανοσοαπαντήσεις.
- Τα **παρθένα λεμφοκύτταρα** κυκλοφορούν στα περιφερικά λεμφικά όργανα αναζητώντας ξένα αντιγόνα.
- Τα **δραστικά T λεμφοκύτταρα** μεταναστεύουν στις περιφερικές εστίες της λοίμωξης όπου εξαλείφουν τους λοιμώδεις μ-οργανισμούς.
- Τα **δραστικά B κύτταρα** παραμένουν στα λεμφικά όργανα από όπου εκκρίνουν αντισώματα τα οποία εισέρχονται στην κυκλοφορία και βρίσκουν και εξουδετερώνουν τους μικροοργανισμούς



Σας ευχαριστώ

Οι επιστημονικές πληροφορίες από το διαδίκτυο που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι μόνο για εκπαιδευτικούς λόγους.