

## Παρουσίαση αντιγόνου στα T λεμφοκύτταρα και οι λειτουργίες των μορίων του μείζονος συμπλέγματος ιστοσυμβατότητας

*Τι βλέπουν τα λεμφοκύτταρα*

### Περιεχόμενα Κεφαλαίου

#### ΑΝΤΙΓΟΝΑ ΠΟΥ ΑΝΑΓΝΩΡΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ Τ ΛΕΜΦΟΚΥΤΤΑΡΑ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΓΟΝΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΑΝΤΙΓΟΝΟ-ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΙΣΤΟΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ

Δομή των μορίων του MHC  
Μόρια MHC τάξης I  
Μόρια MHC τάξης II  
Ιδιότητες των γονιδίων και των πρωτεϊνών του MHC  
Μοτίβα κληρονομικότητας και ονοματολογία των γονιδίων HLA  
Σύνδεση των πεπτιδίων με τα μόρια του MHC

#### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΓΟΝΩΝ

Επεξεργασία κυτοσωλικών αντιγόνων για παρουσίαση από μόρια MHC τάξης I  
Πρωτεόλυση κυτταροσωλικών πρωτεϊνών

Δέσμευση πεπτιδίων σε μόρια MHC τάξης I

Μεταφορά των συμπλόκων πεπτιδίων-MHC στην κυτταρική επιφάνεια  
Διασταυρούμενη παρουσίαση ενδοκυτταρομένων αντιγόνων στα CD8<sup>+</sup> T κύτταρα

Επεξεργασία εσωτερικευμένων αντιγόνων για παρουσίαση από μόρια MHC τάξης II  
Εσωτερικοποίηση και πρωτεόλυση των αντιγόνων  
Δέσμευση πεπτιδίων σε μόρια MHC τάξης II  
Μεταφορά των συμπλόκων πεπτιδίων-MHC στην κυτταρική επιφάνεια

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΓΟΝΟ-ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ ΕΚΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΓΟΝΩΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΙΓΟΝΟΥ ΑΠΟ Τ ΚΥΤΤΑΡΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΛΕΜΦΟΚΥΤΤΑΡΑ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι επίκτητες ανοσοαπαντήσεις ξεκινούν με την αναγνώριση του αντιγόνου από τους αντιγονικούς υποδοχείς των λεμφοκυττάρων. Τα B και τα T

λεμφοκύτταρα διαφέρουν ως προς τους τύπους των αντιγόνων που αναγνωρίζουν. Οι αντιγονικοί υποδοχείς των B λεμφοκυττάρων, δηλαδή τα αν-

τισώματα που είναι συνδεδεμένα στην κυτταρική μεμβράνη, μπορούν να αναγνωρίσουν μια μεγάλη ποικιλία μακρομορίων (πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες, λιπίδια και νουκλεϊνικά οξέα) αλλά και μικρομοριακές χημικές ουσίες, είτε σε διαλυτή μορφή, είτε σε μορφή συνδεδεμένη στην κυτταρική επιφάνεια. Επομένως, οι χυμικές ανοσοαπαντήσεις μέσω των Β κυττάρων εγείρονται κατά διαφόρων τύπων αντιγόνων μικροοργανισμών, είτε από το κυτταρικό τοίχωμα είτε και διαλυτών. Από την άλλη πλευρά, οι υποδοχείς αντιγόνων των περισσότερων Τ λεμφοκυττάρων, μπορούν να αναγνωρίσουν μόνο πεπτιδικά θραύσματα πρωτεϊνικών αντιγόνων, και μόνο όταν αυτά τα πεπτίδια εμφανίζονται σε επιφάνειες κυττάρων ξενιστών, συνδεδεμένα με εξειδικευμένες πρωτεΐνες, οι οποίες ορίζονται ως μόρια του μείζονος συμπλέγματος ιστοσυμβατότητας (MHC). Επειδή η ένωση αντιγονικών πεπτιδίων και μορίων MHC λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό των κυττάρων, οι μεσολαβούμενες από τα Τ λεμφοκύτταρα ανοσολογικές αποκρίσεις μπορούν να δημιουργηθούν μόνο έναντι των πρωτεϊνικών αντιγόνων που είτε παράγονται, είτε προσλαμβάνονται από τα κύτταρα του ξενιστή. Επομένως, τα Τ λεμφοκύτταρα ανιχνεύουν την παρουσία ενδοκυτταρικών ξένων αντιγόνων, το πρώτο βήμα στην κυτταρομεσολαβούμενη ανοσία. Η λειτουργία απεικόνισης πεπτιδίων του MHC επιτρέπει την επιφανειακή απεικόνιση τμημάτων των μικροβίων που εισέρχονται στο εσωτερικό των κυττάρων του ξενιστή, και αυτό επιτρέπει στα Τ λεμ-

φοκύτταρα να ανιχνεύουν τα μολυσμένα κύτταρα μέσα σε ένα φάσμα μικροβιακών αντιγόνων χωρίς κύτταρα. Το παρόν Κεφάλαιο επικεντρώνεται στη φύση των αντιγόνων που αναγνωρίζονται από τα Τ λεμφοκύτταρα. Η αναγνώριση αντιγόνων από τα Β λεμφοκύτταρα εξετάζεται στο Κεφάλαιο 7. Το Κεφάλαιο 4 περιγράφει τους υποδοχείς που χρησιμοποιούνται από τα λεμφοκύτταρα για την αναγνώριση και την απόκριση σε αυτά τα αντιγόνα.

Η επαγωγή των ανοσοαπαντήσεων από τα αντιγόνα είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, η οποία διαθέτει πολλά αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι ότι, περίπου 1 ανά  $10^5$  με  $10^6$  παρθένα λεμφοκύτταρα στο αίμα είναι ειδικό για κάθε ένα αντιγόνο. Το μικρό αυτό κλάσμα των λεμφοκυττάρων του οργανισμού πρέπει να εντοπίσει το αντιγόνο, από όποιο σημείο κι αν εισήλθε, και να αντιδράσει γρήγορα σε αυτό. Δεύτερον, για να καταπολεμηθούν τα διάφορα είδη μικροβίων χρειάζονται διαφορετικοί τύποι επίκτητων ανοσοαπαντήσεων. Πράγματι, το ανοσοποιητικό σύστημα πρέπει να αντιδράσει με διαφορετικούς τρόπους ακόμα και για τις διαφορετικές φάσεις της ζωής ενός μικροοργανισμού. Για παράδειγμα, αν ένας μικροοργανισμός, όπως ένας ιός, εισέλθει στην κυκλοφορία και βρίσκεται ελεύθερος στο αίμα, το ανοσοποιητικό σύστημα πρέπει να παράγει αντισώματα που θα προσδεθούν στο μικροοργανισμό, θα τον εμποδίσουν να μολύνει τα κύτταρα του ξενιστή και θα βοηθήσουν στην εξάλειψή του. Η παραγωγή των πιθανών

αντισωμάτων απαιτεί την ενεργοποίηση των CD4<sup>+</sup> βοηθητικών Τ λεμφοκυττάρων. Από τη στιγμή όμως που ο μικροοργανισμός έχει μολύνει τα κύτταρα του ξενιστή, τα αντισώματα δεν είναι πλέον αποτελεσματικά, καθώς δεν μπορούν να εισέλθουν μέσα στα κύτταρα. Σαν αποτέλεσμα, μπορεί να είναι απαραίτητη η ενεργοποίηση των CD8<sup>+</sup> κυτταροτοξικών Τ λεμφοκυττάρων (CTLs) ώστε να φονευθούν τα μολυσμένα κύτταρα και να εξαλειφθεί η πηγή της λοίμωξης. Έτσι, αντιμετωπίζουμε δύο σημαντικά ερωτήματα:

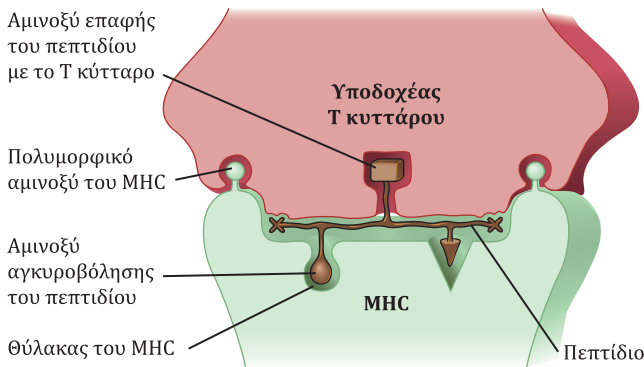
- Πως τα σπάνια λεμφοκύτταρα που είναι ειδικά για καθένα αντιγόνο του μικροοργανισμού, βρίσκουν τον μικροοργανισμό αυτό, ειδικά αν λάβουμε υπόψη ότι οι μικροοργανισμοί μπορούν να εισέλθουν πρακτικά από οποιοδήποτε σημείο του σώματος;
- Πως το ανοσοποιητικό σύστημα παράγει διαφορετικούς τύπους κυττάρων και μόρια ικανά να αναγνωρίζουν τα μικρόβια σε διαφορετικά μέρη του σώματος, όπως τα βοηθητικά Τ λεμφοκύτταρα και τα αντισώματα που δρουν έναντι εξωκυττάρων μικροοργανισμών, και τα CTLs που φονεύουν κύτταρα που περιέχουν μικροοργανισμούς στο κυτταρόπλασμά τους;

Η απάντηση και στα δύο ερωτήματα είναι ότι το ανοσοποιητικό σύστημα έχει αναπτύξει ένα εξαιρετικά εξειδικευμένο σύστημα για την πρόσληψη και την παρουσίαση του αντιγόνου στα λεμφοκύτταρα. Πολλές έρευνες που έγιναν από ανοσολόγους, κυτταρικούς

βιολόγους και βιοχημικούς οδήγησαν στη λεπτομερή κατανόηση του πώς τα αντιγόνα προσλαμβάνονται, διασπώνται και παρουσιάζονται για αναγνώριση από τα Τ λεμφοκύτταρα. Αυτό αποτελεί το κύριο θέμα του κεφαλαίου αυτού.

## ΑΝΤΙΓΟΝΑ ΠΟΥ ΑΝΑΓΝΩΡΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ Τ ΛΕΜΦΟΚΥΤΤΑΡΑ

**Η πλειονότητα των Τ λεμφοκυττάρων αναγνωρίζει πεπτιδικά αντιγόνα που είναι συνδεδεμένα με τα μόρια του μείζονος συμπλέγματος ιστοσυμβατότητας (major histocompatibility complex, MHC) των αντιγονοπαρουσιαστικών κυττάρων και παρουσιάζονται από αυτά.** Το MHC είναι ένας γενετικός τύπος του οποίου τα κύρια πρωτεϊνικά προϊόντα λειτουργούν ως μόρια παρουσίασης πεπτιδίων στο ανοσοποιητικό σύστημα. Σε κάθε άτομο, διάφοροι κλώνοι CD4<sup>+</sup> και CD8<sup>+</sup> Τ κυττάρων μπορούν να αναγνωρίσουν πεπτίδια, μόνο όταν τα πεπτίδια αυτά παρουσιάζονται από τα μόρια MHC του ατόμου. Η ιδιότητα αυτή των Τ κυττάρων ονομάζεται **περιορισμός MHC** (MHC restriction). Ο υποδοχέας του Τ κυττάρου (T cell receptor, TCR) αναγνωρίζει ορισμένα αμινοξέα του πεπτιδικού αντιγόνου, ενώ ταυτόχρονα αναγνωρίζει και αμινοξέα του μορίου MHC, το οποίο παρουσιάζει το πεπτίδιο (Εικόνα 3-1). Κάθε TCR, και συνεπώς κάθε κλώνος CD4<sup>+</sup> ή CD8<sup>+</sup> Τ λεμφοκυττάρων, αναγνωρίζει ένα πεπτίδιο που εμφανίζεται από ένα από τα πολλά διαφορετικά μόρια MHC σε κάθε άτομο. Οι ιδιότητες των μορίων MHC, καθώς



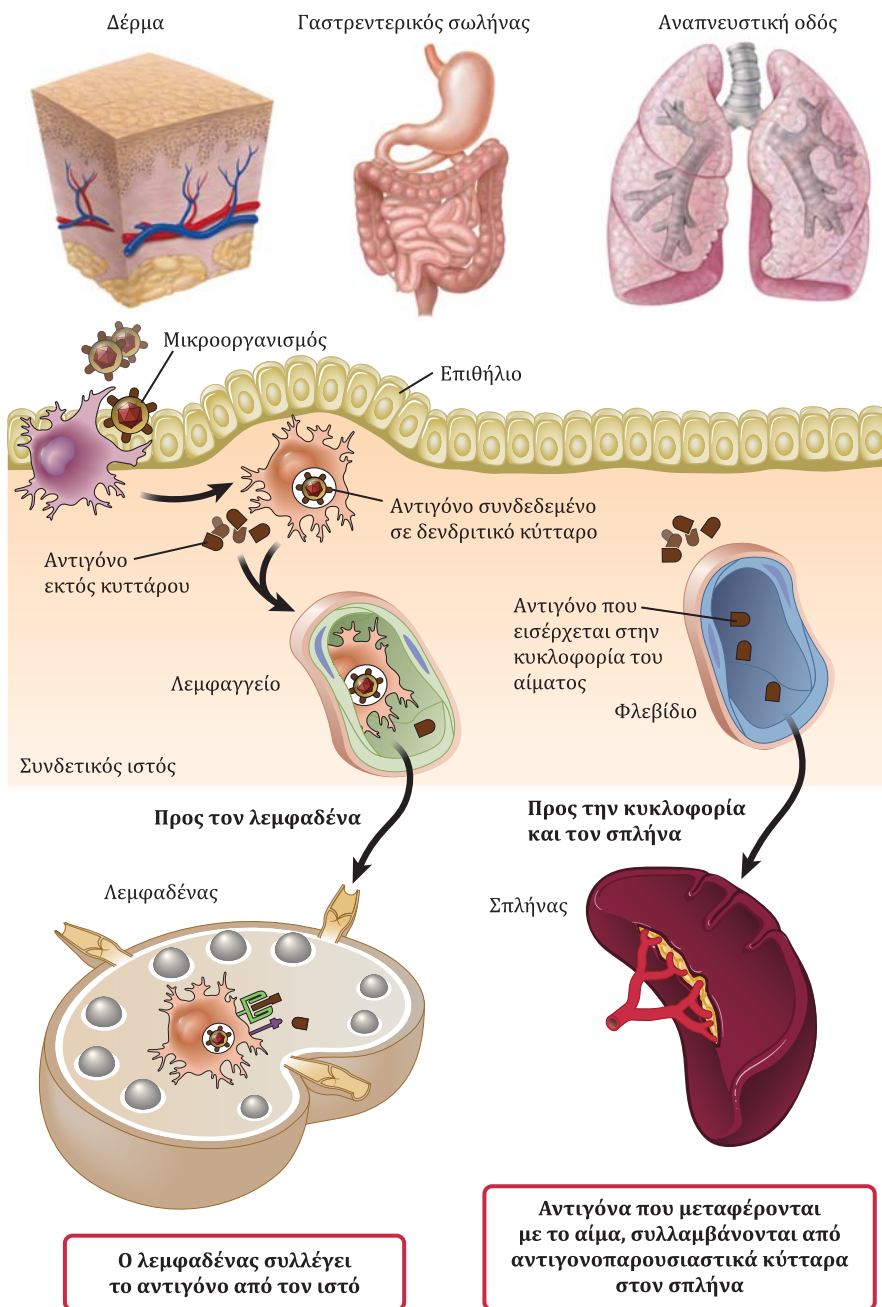
**ΕΙΚΟΝΑ 3-1 • Ένα μοντέλο του τρόπου με τον οποίο ο υποδοχέας των Τ κυττάρων αναγνωρίζει ένα σύμπλεγμα ενός αντιγονικού πεπτιδίου που παρουσιάζεται από ένα μόριο ΜΗC.** Τα μόρια του μείζονος συμπλέγματος (ΜΗC) εκφράζονται στα αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα και η λειτουργία

τους είναι η παρουσίαση πεπτιδίων που προέρχονται από πρωτεϊνικά αντιγόνα. Τα πεπτίδια συνδέονται στα μόρια του ΜΗC μέσω των αμινοξέων αγκυροβόλησης, τα οποία συνδέουν τα πεπτίδια σε θύλακες των μορίων ΜΗC. Ο αντιγονικός υποδοχέας κάθε Τ κυττάρου αναγνωρίζει μερικά αμινοξικά κατάλοιπα του πεπτιδίου και μερικά (πολυμορφικά) αμινοξέα του μορίου ΜΗC.

και η σημασία του περιορισμού ΜΗC θα περιγραφούν αργότερα στο κεφάλαιο αυτό. Ο τρόπος με τον οποίο τα Τ κύτταρα μαθαίνουν να αναγνωρίζουν πεπτίδια που παρουσιάζονται μόνο από τα μόρια ΜΗC του εαυτού, θα περιγραφεί στο Κεφάλαιο 4. Επίσης, ορισμένοι μικροί πληθυσμοί Τ κυττάρων αναγνωρίζουν λιπίδια και άλλα μη πεπτιδικά αντιγόνα, τα οποία είτε παρουσιάζονται από μη πολυμορφικά μόρια που προσομοιάζουν σε μόρια τάξης Ι του ΜΗC, είτε δεν απαιτούν ένα εξειδικευμένο σύστημα παρουσίασης αντιγόνου.

Τα κύτταρα που προσλαμβάνουν τα αντιγόνα των μικροοργανισμών και τα παρουσιάζουν ώστε να αναγνωρισθούν από τα Τ λεμφοκύτταρα ονομάζονται **αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα** (antigen-presenting cells, APCs). Τα παρθένα Τ λεμφοκύτταρα μπορούν να αναγνωρίζουν πρωτεϊνικά αντιγόνα που παρουσιάζονται από τα δενδριτικά κύτταρα, έτσι

ώστε να ξεκινήσει η κλωνική επέκταση και η διαφοροποίηση των Τ κυττάρων σε δραστικά κύτταρα και κύτταρα μνήμης. Γι' αυτόν τον λόγο, τα δενδριτικά κύτταρα θεωρούνται τα πιο αποτελεσματικά και εξειδικευμένα APCs, και γι' αυτό ορισμένες φορές, ονομάζονται επαγγελματικά APCs. Τα διαφοροποιημένα δραστικά Τ κύτταρα απαιτούν να αναγνωρίσουν αντιγόνα, τα οποία παρουσιάζονται από διάφορα είδη APCs, εκτός από τα δενδριτικά κύτταρα, έτσι ώστε να ενεργοποιήσουν τις δραστικές λειτουργίες των Τ κυττάρων, τόσο στη χυμική όσο και στην κυτταρική ανοσοαπόκριση. Αρχικά, περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο τα APCs συλλαμβάνουν και παρουσιάζουν τα αντιγόνα για να ενεργοποιήσουν τις ανοσοαποκρίσεις και στη συνέχεια, εξετάζουμε τον ρόλο των ΜΗC μορίων στην παρουσίαση των αντιγόνων στα Τ κύτταρα.



**ΕΙΚΟΝΑ 3-2 • Σύλληψη και παρουσίαση των μικροβιακών αντιγόνων.** Οι μικροοργανισμοί, είτε εισβάλλουν μέσω του επιθηλίου και συλλαμβάνονται από τα αντιγονοπαρουσιαστικά κύτταρα που βρίσκονται εγκατεστημένα στους ιστούς, είτε εισέρχονται στα λεμφαγγεία ή τα αιμοφόρα αγγεία. Οι μικροοργανισμοί και τα αντιγόνα τους μεταφέρονται στα περιφερικά λεμφικά όργανα, τους λεμφαδένες και τον σπλήνα, όπου τα πρωτεϊνικά αντιγόνα παρουσιάζονται για αναγνώριση από τα Τ λεμφοκύτταρα.

## ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΓΟΝΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΑΝΤΙΓΟ- ΝΟΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Τα πρωτεϊνικά αντιγόνα των μικροοργανισμών που εισέρχονται στον οργανισμό προσλαμβάνονται, κυρίως, από δενδριτικά κύτταρα και συγκεντρώνονται στα περιφερικά λεμφικά όργανα, όπου ξεκινούν οι ανοσοαποκρίσεις (Εικόνα 3-2). Οι μικροοργανισμοί συνήθως εισέρχονται στον οργανισμό μέσω του δέρματος (μέσω επαφής), του γαστρεντερικού σωλήνα (μέσω κατάποσης) και από το αναπνευστικό σύστημα (μέσω εισπνοής). Ορισμένοι μικροοργανισμοί που μεταφέρονται από έντομα μπορεί να εισέλθουν στο αίμα μετά από τσίμπημα του εντόμου, και μερικές λοιμώξεις αποκτώνται μέσω του ουρογεννητικού συστήματος. Επίσης, τα μικροβιακά αντιγόνα μπορεί να παραχθούν σε οποιοδήποτε μολυσμένο ιστό. Λόγω της μεγάλης επιφάνειας των επιθηλιακών φραγμών και του μεγάλου όγκου του αίματος, των συνδετικών ιστών και των εσωτερικών οργάνων, θα ήταν αδύνατο για τα λεμφοκύτταρα όλων των πιθανών ειδικοτήτων, να φρουρούν αποτελεσματικά όλα αυτά τα μέρη ψάχνοντας για ξένους εισβολείς. Αντ' αυτού, τα αντιγόνα μεταφέρονται στα λεμφικά όργανα, μέσω των οποίων τα λεμφοκύτταρα επανακυκλοφορούν.

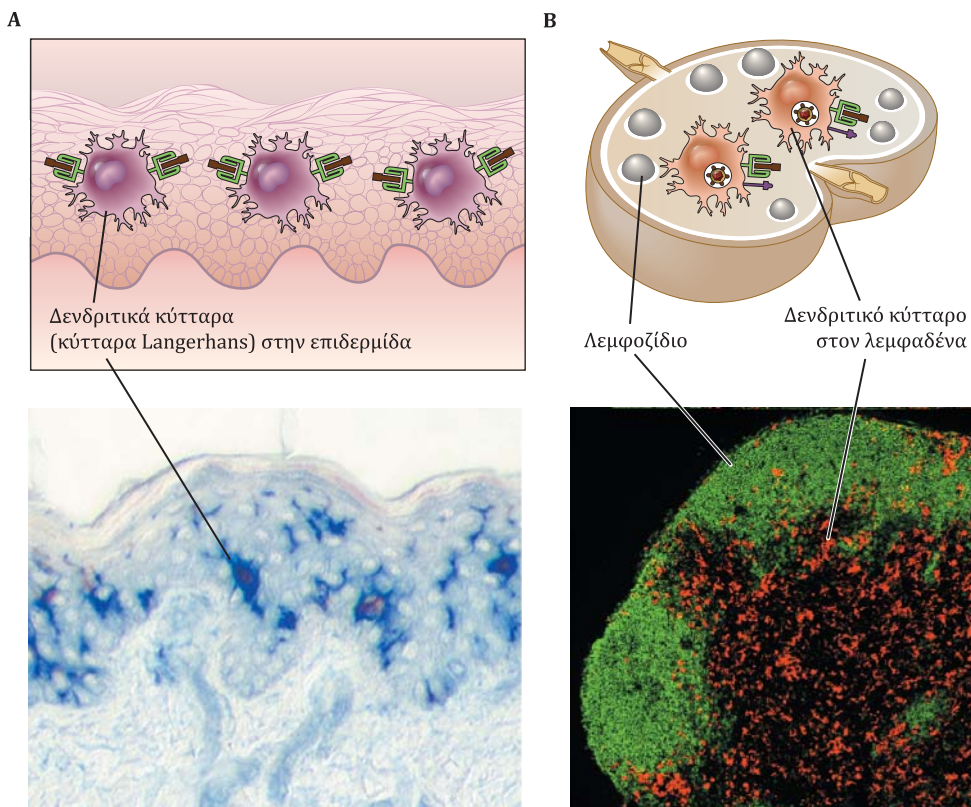
Τα αντιγόνα μεταφέρονται στα δευτερογενή λεμφοειδή όργανα με δύο τρόπους.

- Τα δενδριτικά κύτταρα στα επιθήλια, τους συνδετικούς ιστούς και τα όργανα συλλαμβάνουν μικροβιακά αντιγόνα και τα μεταφέρουν στους

λεμφαδένες που παροχετεύουν αυτούς τους ιστούς. Η εν λόγω διαδικασία περιλαμβάνει μια σειρά γεγονότων που ακολουθούν τη συνάντηση των δενδριτικών κυττάρων με μικρόβια - πέψη αντιγόνων, ενεργοποίηση των δενδριτικών κυττάρων, μετανάστευση των κυττάρων που μεταφέρουν το αντιγόνο στους λεμφαδένες και εμφάνιση του αντιγόνου στα T λεμφοκύτταρα. Τα στάδια αυτά περιγράφονται κατωτέρω.

- Τα μικρόβια ή τα αντιγόνα τους μπορούν επίσης να μεταφερθούν στους λεμφαδένες στη λέμφο ή στον σπλήνα στο αίμα. Στη συνέχεια, δεσμεύονται από τα μόνιμα δενδριτικά κύτταρα σε αυτά τα δευτερογενή λεμφοειδή όργανα και παρουσιάζονται στα T λεμφοκύτταρα.

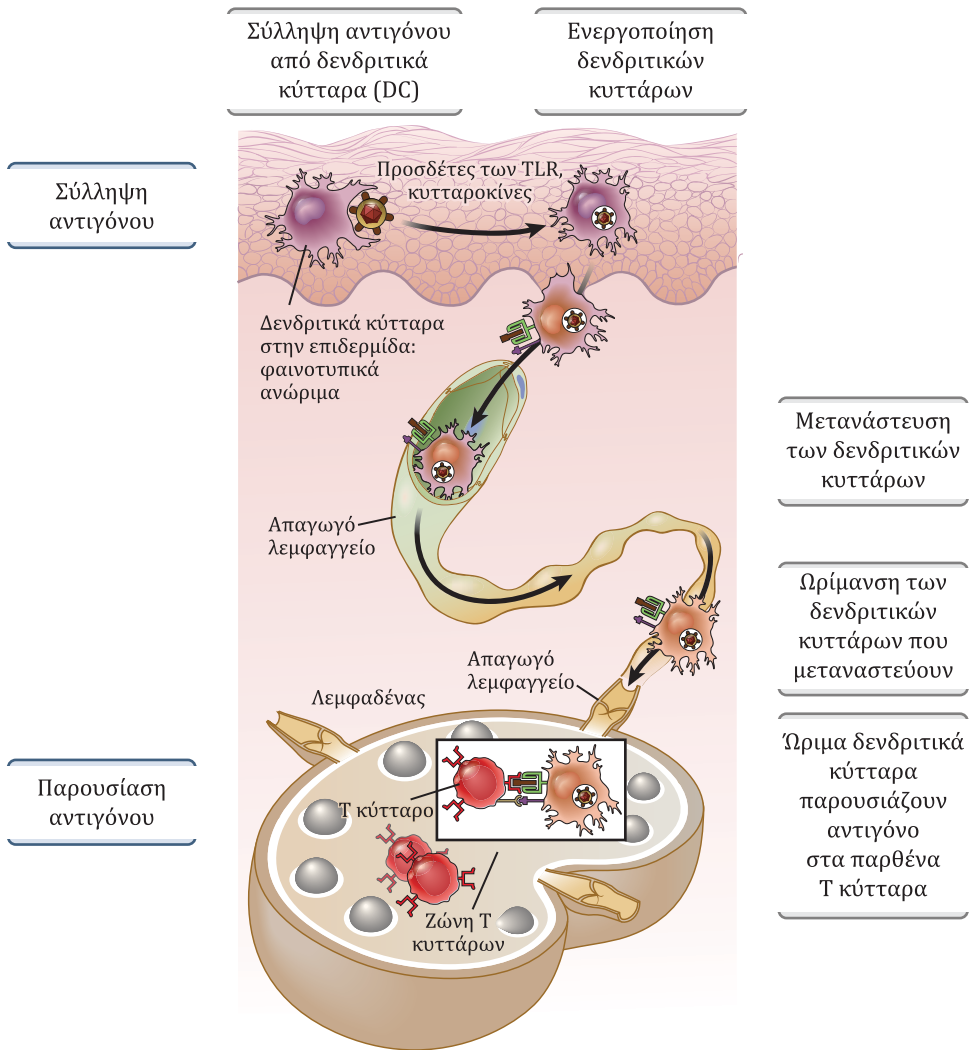
Όλες οι διεπιφάνειες μεταξύ του οργανισμού και του εξωτερικού περιβάλλοντος επενδύονται από συνεχή επιθήλια, των οποίων η κύρια λειτουργία είναι να προσφέρουν έναν μηχανικό φραγμό στη μόλυνση. Τα επιθήλια και οι υποεπιθηλιακοί ιστοί διαθέτουν ένα δίκτυο **δενδριτικών κυττάρων**, τα οποία είναι τα ίδια κύτταρα που είναι παρόντα σε περιοχές πλούσιες σε T κύτταρα των περιφερικών λεμφικών οργάνων και, σε μικρότερους πληθυσμούς, στα περισσότερα από τα υπόλοιπα όργανα (Εικόνα 3-3). Υπάρχουν δύο κύριοι πληθυσμοί δενδριτικών κυττάρων, τα κλασσικά και τα πλασματοκυτταροειδή, τα οποία διαφέρουν ως προς τις θέσεις που βρίσκονται και τις αποκρίσεις τους (Εικόνα 3-4). Η πλειοψηφία των δενδριτικών κυττάρων στους ιστούς και στα λεμφικά όρ-



**ΕΙΚΟΝΑ 3-3 • Δενδριτικά κύτταρα.** **A.** Τα ανώριμα δενδριτικά κύτταρα βρίσκονται στα επιθήλια, όπως στο δέρμα, και σχηματίζουν ένα δίκτυο κυττάρων με διαπλεκόμενες αποφύσεις, που φαίνονται σαν μπλε κύτταρα στην περιοχή του δέρματος με χρώση αντισώματος που αναγνωρίζει τα δενδριτικά κύτταρα. **B.** Τα ώριμα δενδριτικά κύτταρα βρίσκονται στις πλούσιες σε T κύτταρα περιοχές των λεμφαδένων (και του σπλήνα, δεν απεικονίζεται), και φαίνονται κόκκινα στην τομή ενός λεμφαδένα, με χρώση αντισώματος κατά δενδριτικών κυττάρων συζευγμένου με φθορίζουσα χρωστική, ενώ τα B κύτταρα βρίσκονται στα λεμφοζίδια (φαίνονται πράσινα). Να σημειωθεί ότι τα δενδριτικά κύτταρα βρίσκονται στις ίδιες περιοχές στους λεμφαδένες, όπως τα T κύτταρα (βλ. Εικόνα 1-15, B) (**A:** μικροφωτογραφία δέρματος, παραχωρημένη από τον Dr. Y-J.Liu, MD, Anderson Cancer Center, Houston, **B:** παραχωρημένη από τις Drs. Kathlyn Pape και Jennifer Walter, University of Minnesota Medical School, Minneapolis).

γανα ανήκουν στο υποσύνολο των κλασικών κυττάρων. Στο δέρμα, τα επιδερμικά δενδριτικά κύτταρα ονομάζονται κύτταρα Langerhans. Τα πλασματοκυτταροειδή δενδριτικά κύτταρα ονομάστηκαν έτσι, λόγω της μορφολογικής ομοιότητάς τους με τα πλασμα-

τοκύτταρα, και βρίσκονται στο αίμα και τους ιστούς. Τα πλασματοκυτταροειδή δενδριτικά κύτταρα είναι, επίσης, η βασική πηγή των ιντερφερονών τύπου I, κατά την έμφυτη ανοσολογική απόκριση ύστερα από μολύνσεις από ιούς (βλ. Κεφάλαιο 2).



**ΕΙΚΟΝΑ 3-4 • Σύλληψη και παρουσίαση των πρωτεϊνικών αντιγόνων από τα δενδριτικά κύτταρα.** Τα ανώριμα δενδριτικά κύτταρα στο επιθήλιο (στο δέρμα, όπως απεικονίζεται εδώ, όπου τα δενδριτικά κύτταρα ονομάζονται κύτταρα Langerhans) συλλαμβάνουν μικροβιακά αντιγόνα, ενεργοποιούνται και εγκαταλείπουν το επιθήλιο. Τα δενδριτικά κύτταρα μεταναστεύουν στους επιχώριους λεμφαδένες, όπου τους προσελκύουν οι χημειοκίνες που παράγονται από τα λεμφαγγεία και τους λεμφαδένες. Ως απόκριση στα σήματα που επάγονται από τους μικροοργανισμούς, όπως τα σήματα των υποδοχέων τύπου Toll (TLR) και οι κυτταροκίνες, τα δενδριτικά κύτταρα ωριμάζουν και αποκτούν την ικανότητα παρουσίασης των αντιγόνων στα παρθένα Τ λεμφοκύτταρα των λεμφαδένων. Τα δενδριτικά κύτταρα, στα διαφορετικά στάδια ωρίμανσής τους, εκφράζουν διαφορετικές μεμβρανικές πρωτεΐνες. Τα ανώριμα δενδριτικά κύτταρα εκφράζουν μεμβρανικούς υποδοχείς που συλλαμβάνουν μικροβιακά αντιγόνα, ενώ τα ώριμα δενδριτικά κύτταρα εκφράζουν, σε υψηλά επίπεδα, τα μόρια του μείζονος συμπλέγματος ιστοσυμβατότητας και συνδιεγέρτες, που έχουν ως λειτουργία την ενεργοποίηση των Τ κυττάρων.