



Άσκηση και το Ανοσοποιητικό Σύστημα

■ Στόχοι

Μετά τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου θα είστε σε θέση να πραγματοποιήσετε τα ακόλουθα:

1. Να περιγράψετε πώς το έμφυτο και το επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα, συνεργάζονται για να προστατεύσουν από λοίμωξη.
2. Να συζητήσετε τα βασικά στοιχεία που αποτελούν το έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα και να περιγράψετε πώς τα βασικά συστατικά του έμφυτου ανοσοποιητικού συστήματος προστατεύουν το σώμα από τη λοίμωξη.
3. Να περιγράψετε τα βασικά συστατικά που συνθέτουν το επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα και να εξηγήσετε πώς προστατεύουν ενάντια στη λοίμωξη.
4. Να εξηγήσετε τις διαφορές μεταξύ της οξείας και της χρόνιας φλεγμονής.
5. Να συζητήσετε τις επιδράσεις της μέτριας προπόνησης στο ανοσοποιητικό σύστημα και τον κίνδυνο λοίμωξης.
6. Να εξηγήσετε πώς μια οξεία περίοδος έντονης και παρατεταμένης άσκησης (>90 λεπτά) επιδρά στη λειτουργία του ανοσοποιητικού και στον κίνδυνο λοίμωξης.
7. Να συζητήσετε πώς η άσκηση σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (ζέστη, κρύο και υψηλό υψόμετρο) επηρεάζουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού.
8. Να εξηγήσετε τις κατευθυντήριες γραμμές για την άσκηση όταν είστε κρυωμένοι.

■ Περίγραμμα

Επισκόπηση του Ανοσοποιητικού
Συστήματος
Έμφυτο Ανοσοποιητικό Σύστημα
Επίκτητο Ανοσοποιητικό
σύστημα
Άσκηση και το Ανοσοποιητικό
Σύστημα
Άσκηση και Αντίσταση στη
Λοίμωξη

Υψηλής έντασης/Μεγάλης
διάρκειας Αερόβια Άσκηση
Αυξάνει τον Κίνδυνο Λοίμωξης
Η Άσκηση σε Ακραίες
Περιβαλλοντικές συνθήκες
αυξάνει τον Κίνδυνο
Λοιμώξεων;
Πρέπει να γυμνάζεστε ενώ είστε
κρυωμένοι;

■ Όροι Κλειδιά

Ανοσία
B κύτταρα
Κυτοκίνες
Κύτταρα φυσιικοί φονιάδες
Λοίμωξη
Μακροφάγα
Ουδετερόφιλα
Σύστημα συμπληρώματος
T κύτταρα
Φαγοκύτταρα

Η ιδέα της ομοιόστασης και τα συστήματα ελέγχου που ρυθμίζουν το εσωτερικό περιβάλλον, παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2. Το ανοσοποιητικό σύστημα είναι ένα σημαντικό σύστημα ομοιόστασης που αναγνωρίζει, επιτίθεται και καταστρέφει ξένους παράγοντες στο σώμα. Είναι προφανές ότι αυτό είναι σημαντικό γιατί το σώμα βρίσκεται συνεχώς κάτω από επιθέσεις ξένων παραγόντων (π.χ. βακτήρια, ιούς και μύκητες), οι οποίοι προάγουν τη λοίμωξη. Προστατεύοντας το σώμα ενάντια στη λοίμωξη, το ανοσοποιητικό σύστημα παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ομοιόστασης σε όλο τον οργανισμό.

Όλοι έχουμε υποφέρει από τα δυσάρεστα συμπτώματα (π.χ. μύτη με καταρροή και πυρετό) μιας λοίμωξης ανώτερου αναπνευστικού (URTI). Αυτές οι URTI είναι κοινώς γνωστές σαν κρύωμα και προκαλούνται από περισσότερους από 200 διαφορετικούς ιούς (16). Επί του παρόντος, οι URTI είναι ο πιο συχνός τύπος λοίμωξης διεθνώς και ο μέσος ενήλικας υποφέρει από δύο με πέντε κρυώματα ετησίως (10, 25). Παρόλο που τα κρυώματα δεν είναι συνήθως απειλητικά για τη ζωή για τους υγιείς ενήλικες, έχουν πολλές αρνητικές συνέπειες εξαιτίας του αυξημένου κόστους υγειονομικής περίθαλψης και απουσίας από τη δουλειά, το σχολείο και την προπόνηση (12). Εξαιτίας της υψηλής εμφάνισης κρυωμάτων, αυτές οι ασθένειες επηρεάζουν τόσο την υγεία των αθλητών όσο και του γενικού πληθυσμού. Αφού η άσκηση και άλλοι εντασιογόνοι παράγοντες (π.χ. συναισθηματικό στρες, απώλεια ύπνου κτλ) είναι γνωστό ότι επηρεάζουν το ανοσοποιητικό σύστημα, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τη σχέση μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας και του ανοσοποιητικού συστήματος. Γι' αυτό, το παρόν κεφάλαιο έχει σχεδιαστεί για να παρουσιάσει τα βασικά στοιχεία του ανοσοποιητικού συστήματος και να συζητήσει πώς η προπόνηση επηρεάζει αυτό το σημαντικό σύστημα ομοιόστασης. Ξεκινάμε με μια σύντομη επισκόπηση του τρόπου με τον οποίο το ανοσοποιητικό σύστημα εργάζεται για να προλάβει τη λοίμωξη.

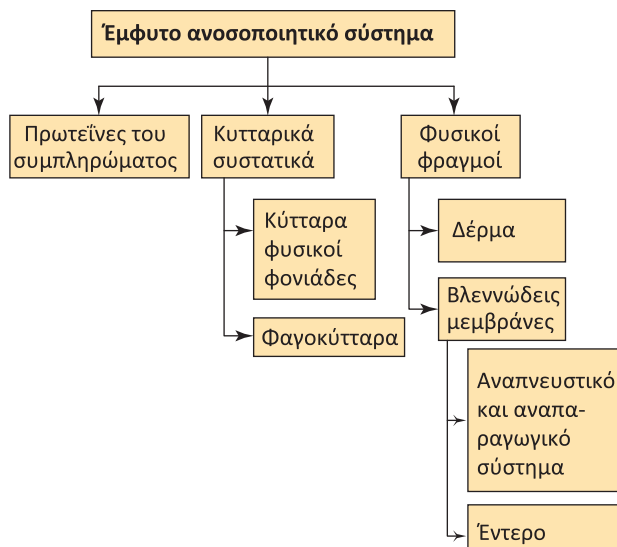
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο όρος **ανοσία** αναφέρεται σε όλους τους μηχανι-

σμούς που χρησιμοποιούνται στο σώμα για να το προστατεύσουν από ξένους παράγοντες. Η προέλευση αυτού του όρου είναι ο λατινικός όρος *immunitas* (που σημαίνει «απελευθέρωση από») (4). Η ανοσία προκύπτει από ένα καλά συντονισμένο ανοσοποιητικό σύστημα, που αποτελείται τόσο από κυτταρικά όσο και από χημικά στοιχεία τα οποία παρέχουν αλληλεπικαλυπτόμενη προστασία ενάντια σε λοιμώδεις παράγοντες. Αυτή η αλληλοεπικάλυψη των στοιχείων του ανοσοποιητικού συστήματος έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίσει ότι αυτά τα πλεονάζοντα συστήματα είναι ικανά να προστατεύσουν το σώμα ενάντια σε λοιμώξεις από παθογόνα (παράγοντες που προκαλούν νόσο), όπως τα βακτήρια, οι ιοί και οι μύκητες. Ο πλεονασμός του ανοσοποιητικού συστήματος επιτυγχάνεται με την ομαδική δουλειά των δύο «όπλων» του που αναφέρονται σαν έμφυτο και επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα (καλούνται επίσης το προσαρμοστικό και το ειδικό ανοσοποιητικό σύστημα). Ακολουθεί μια σύντομη εισαγωγή στα δύο αυτά συστήματα του ανοσοποιητικού.

Έμφυτο Ανοσοποιητικό Σύστημα

Οι άνθρωποι και άλλα ζώα γεννιούνται με ένα έμφυτο, μη ειδικό ανοσοποιητικό σύστημα, το οποίο σχηματίζεται από μια διαφοροποιημένη συλλογή τόσο κυτταρικών, όσο και πρωτεϊνικών στοιχείων. Αυτό το σύστημα παρέχει τόσο εξωγενή όσο και ενδογενή άμυνα ενάντια σε ξένους εισβολείς (εικόνα 6.1). Η εξωγενής άμυνα είναι η πρώτη γραμμή της έμφυτης άμυνας και αποτελείται από τους φυσικούς φραγμούς όπως το δέρμα και οι βλεννώδεις μεμβράνες (π.χ. βλεννογόνος) που καλύπτουν το αναπνευστικό, το γαστρεντερικό (έντερο) και το ουροποιητικό σύστημα. Έτσι, προκειμένου να δημιουργήσουν κάποιο πρόβλημα τα βακτήρια και άλλοι ξένοι παράγοντες πρέπει να διαπεράσουν αυτούς τους φραγμούς. Ένας εισβολέας ο οποίος περνά το φυσικό φραγμό του δέρματος ή του βλεννογόνου αντιμετωπίζεται από μια δεύτερη γραμμή έμφυτης άμυνας. Αυτή η ενδογενής άμυνα, αποτελείται τόσο από εξειδικευμένα κύτταρα (π.χ. φαγοκύτταρα και κύτταρα φυσικούς φονιάδες) τα οποία είναι σχεδιασμένα να καταστρέφουν τον εισβολέα, όσο και από μια ομάδα πρωτεϊνών που καλούνται το σύστημα του συμπληρώματος, και οι οποίες βρί-



ΕΙΚΟΝΑ 6.1 Μείζονα συστατικά του έμφυτου ανοσοποιητικού συστήματος. Βλέπε το κείμενο για περισσότερες λεπτομέρειες.

σκονται στο αίμα και τους ιστούς. Το σύστημα του συμπληρώματος αποτελείται από πάνω από 20 διαφορετικές πρωτεΐνες, οι οποίες δρουν συνεργικά για να καταστρέψουν ξένους εισβολείς. Αυτό το σύστημα επίσης δίνει σήματα και σε άλλα στοιχεία του ανοσοποιητικού συστήματος, ότι το σώμα έχει δεχτεί επίθεση. Ας συζητήσουμε αυτά τα στοιχεία της έμφυτης ανοσίας με περισσότερες λεπτομέρειες.

Φυσικοί Φραγμοί Και πάλι, η πρώτη γραμμή άμυνας ενάντια στους εισβολείς είναι οι φυσικοί φραγμοί του δέρματος και των βλεννογόνων. Παρόλο που πιστεύουμε ότι το δέρμα είναι ο βασικός φραγμός ενάντια στους ξένους παράγοντες, η περιοχή που καλύπτεται από δέρμα είναι μόνο 2 τετραγωνικά μέτρα (28). Αντίθετα, η περιοχή που καλύπτεται από βλεννογόνο (π.χ. αναπνευστικό, γαστρεντερικό και ουροποιητικό σύστημα) είναι περίπου 400 τετραγωνικά μέτρα (περίπου όσο δύο γήπεδα τένις) (28). Το σημείο κλειδί εδώ, είναι ότι υπάρχει μια μεγαλύτερη περίμετρος που πρέπει να προφυλαχθεί, ώστε να παραμείνουν εκτός σώματος οι ανεπιθύμητοι ξένοι εισβολείς.

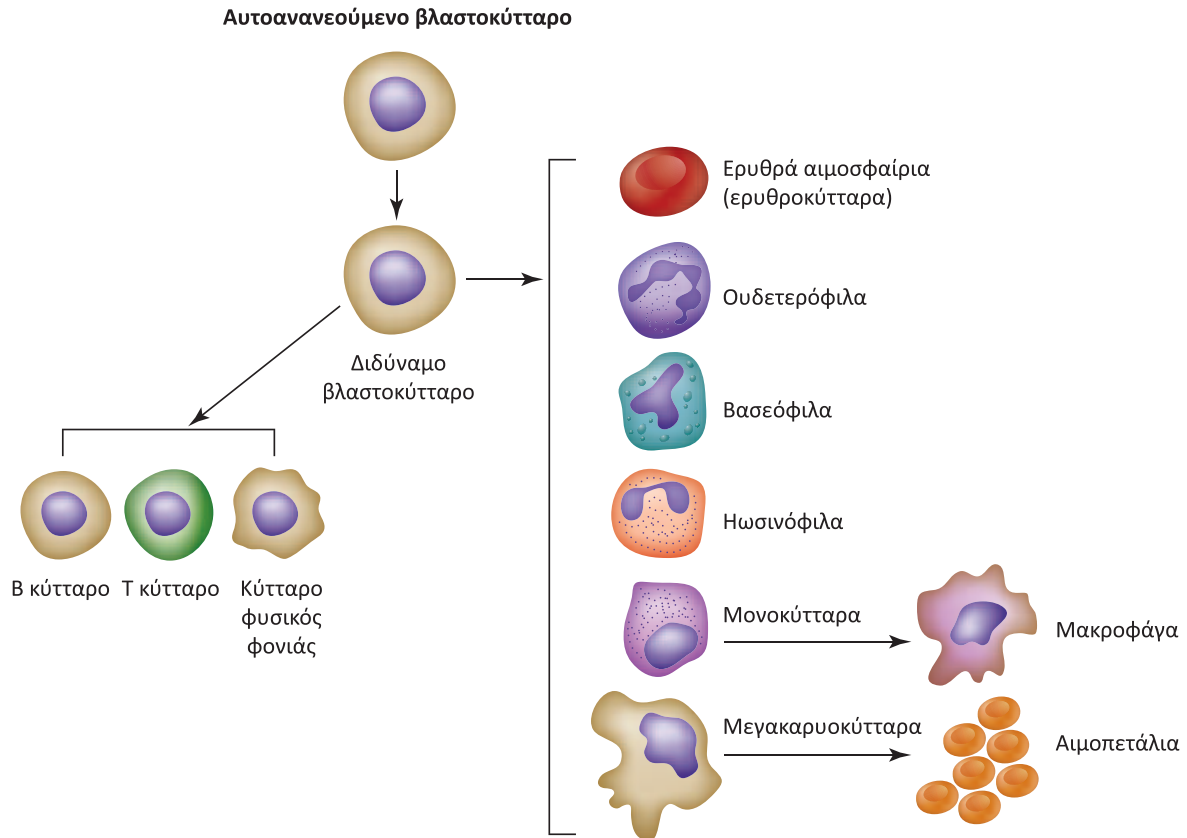
Κυτταρικά στοιχεία (Φαγοκύτταρα και Κύτταρα φυσικοί φονιάδες) Τα φαγοκύτταρα και τα κύτ-

ταρα φυσικοί φονιάδες είναι εξειδικευμένα κύτταρα που έχουν σχεδιαστεί για να επιτίθενται και να σκοτώνουν εισβάλλοντα παθογόνα. Και τα δύο κύτταρα είναι μέλη της οικογένειας των λευκοκυττάρων των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Τα λευκοκύτταρα (λευκά αιμοσφαίρια) είναι μια ομάδα ειδικών κυττάρων που έχουν σχεδιαστεί για να αναγνωρίζουν και να εξαλείφουν ξένους εισβολείς και να σχηματίζουν τη δεύτερη γραμμή άμυνας ενάντια σε ξένους παράγοντες. Μια πλήρης συζήτηση για τα λευκοκύτταρα και τη λειτουργία τους δεν είναι ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου. Γι αυτό, θα παρέχουμε μόνο «τη μεγάλη εικόνα» των λευκοκυττάρων και θα επικεντρώσουμε τη συζήτησή μας σε μερικά λευκοκύτταρα κλειδιά (φαγοκύτταρα και κύτταρα φυσικούς φονιάδες) τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στο έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα.

Από που προέρχονται τα λευκοκύτταρα; Όλα τα κύτταρα του αίματος (ερυθρά και λευκά) δημιουργούνται στο μυελό των οστών, όπου παράγονται από κοινά «αυτοανανεούμενα» βλαστοκύτταρα. Αυτά τα κύτταρα είναι αυτοανανεούμενα, επειδή όταν τα βλαστοκύτταρα διαιρούνται σε δύο θυγατρικά κύτταρα, ένα από τα δύο θυγατρικά παραμένει βλαστοκύτταρο και το άλλο μετατρέπεται σε ώριμο αιμοσφαίριο. Αυτή η στρατηγική της ανανέωσης εξασφαλίζει ότι πάντα θα υπάρχουν διαθέσιμα βλαστοκύτταρα για να παράγουν ώριμα αιμοσφαίρια.

Όταν τα βλαστοκύτταρα διαιρούνται, το ώριμο θυγατρικό κύτταρο πρέπει να κάνει μια επιλογή για το τι είδος αιμοσφαιρίου θα γίνει όταν ωριμάσει. Αυτές οι επιλογές δεν είναι τυχαίες, αλλά ρυθμίζονται από πολύπλοκα συστήματα ελέγχου. Η εικόνα 6.2 δείχνει τη διαδικασία δημιουργίας ενός δι-δύναμου βλαστοκυττάρου από ένα βλαστοκύτταρο, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να δημιουργήσει μια ποικιλία διαφορετικών λευκοκυττάρων. Ο πίνακας 6.1 παρέχει μια σύντομη περιγραφή της λειτουργίας κάθε ενός από αυτά τα λευκοκύτταρα. Στα επόμενα τμήματα, θα συζητήσουμε τρία σημαντικά λευκοκύτταρα που συμμετέχουν στην έμφυτη ανοσία, προστατεύοντας τόσο ενάντια σε βακτηριακές όσο και ενάντια σε ιογενείς λοιμώξεις.

Τα **φαγοκύτταρα** είναι κύτταρα που εγκολπώνουν τους ξένους παράγοντες με μια διαδικασία που καλείται φαγοκυττάρωση. Για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων βακτηρίων, το σώμα



ΕΙΚΟΝΑ 6.2 Ο σχηματισμός ερυθρών αιμοσφαιρίων από βλαστοκύτταρα στο μυελό των οστών. Βλέπε κείμενο για λεπτομέρειες.

παράγει διάφορους τύπους φαγοκυττάρων, τα οποία συμμετέχουν στο έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα. Δυο βασικά φαγοκύτταρα είναι τα μακροφάγα και τα ουδετερόφιλα. Μαζί, αυτά τα δύο σημαντικά φαγοκύτταρα σχηματίζουν μια σημαντική γραμμή άμυνας ενάντια στη λοίμωξη.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 6.2, τα μακροφάγα προέρχονται από τα μονοκύτταρα. Τα **μακροφάγα** εντοπίζονται σε διάφορους ιστούς στο σώμα και καλούνται «επαγγελματίες» φαγοκύτταρα, γιατί ζουν καταστρέφοντας βακτήρια (28). Όταν τα βακτήρια εισέρχονται στο σώμα, τα μακροφάγα αναγνωρίζουν αυτά τα κύτταρα εισβολείς και προσεγγίζουν για να επιτεθούν στα βακτήρια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εγκόλπωση των βακτηρίων σε ένα σάκο (κυστίδιο), τα οποία μετακινείται στο εσωτερικό του μακροφάγου. Όταν το βακτήριο εγκολπώνεται από το μακροφάγο, θανατώνεται από πανίσχυρα χημικά και ένζυμα που περιέχονται στο μακροφάγο (4).

Τα μακροφάγα μπορούν επίσης να συμβάλλει στο έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα με δύο άλλους σημαντικούς τρόπους. Πρώτον, όταν τα μακροφάγα καταστρέφουν βακτήρια απελευθερώνουν χημικά τα οποία αυξάνουν την αιματική ροή στην περιοχή της μόλυνσης. Αυτή η αυξημένη αιματική ροή, προσελκύει περισσότερα λευκοκύτταρα στην περιοχή ώστε να συμμετέχουν στη μάχη της απομάκρυνσης των εισβαλόντων μικροβίων.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της μάχης με τα βακτήρια, τα μακροφάγα παράγουν πρωτεΐνες που καλούνται κυτοκίνες. Οι **κυτοκίνες** είναι κυτταρικά σήματα που ρυθμίζουν το ανοσοποιητικό σύστημα διευκολύνοντας την επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων του συστήματος αυτού(4). Για παράδειγμα, μερικές κυτοκίνες ειδοποιούν τα κύτταρα του ανοσοποιητικού ότι η μάχη συνεχίζεται και προκαλούν αυτά τα κύτταρα να απομακρυνθούν από την κυκλοφορία και να βοηθήσουν στην καταπολέμηση

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

Μια Σύντομη Επισκόπηση των Λευκοκυττάρων (Λευκά Αιμοσφαίρια) και η Λειτουργία τους στην Προστασία Ενάντια σε Ξένους Εισβολείς

Λευκοκύτταρα (Λευκά Αιμοσφαίρια)	Περιοχή παραγωγής	Έμφυτη ή επίκτητη ανοσία	Λειτουργίες
Ουδετερόφιλα	Μυελός των οστών	Έμφυτη	1. Φαγοκυττάρωση 2. Απελευθέρωση χημικών που εμπλέκονται στη φλεγμονή (αγγειοδιασταλτικά, χημειοτακτικούς παράγοντες κτλ.)
Βασεόφιλα	Μυελός των οστών	Έμφυτη	Απελευθέρωση χημικών (π.χ. ισταμίνη) που εμπλέκονται στη φλεγμονή
Ηωσινόφιλα	Μυελός των οστών	Έμφυτη	1. Καταστροφή πολυκύτταρων παρασίτων 2. Εμπλέκονται σε αντιδράσεις υπερευαισθησίας
Μονοκύτταρα	Μυελός των οστών	Έμφυτη	Πρόδρομα των μακροφάγων- Τα μακροφάγα είναι σημαντικά φαγοκύτταρα που εμπλέκονται στην έμφυτη ανοσία
Μεγακαρυοκύτταρα	Μυελός των οστών	Δεν συμμετέχουν στη λειτουργία του ανοσοποιητικού	Πρόδρομα των αιμοπεταλίων- Τα αιμοπετάλια παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στη δημιουργία θρόμβων αίματος
B κύτταρα (καλούνται επίσης B λεμφοκύτταρα)	Μυελός των οστών- ενεργοποίηση σε περιφερικά λεμφοειδή όργανα	Επίκτητη	1. Εκκινούν αντιδράσεις που διαμεσολαβούνται από αντισώματα 2. Πρόδρομα των πλασματοκυττάρων- Τα ώριμα πλασματοκύτταρα εκκρίνουν αντισώματα
T κύτταρα (καλούνται επίσης T λεμφοκύτταρα)	Μυελός των οστών- ενεργοποίηση στο θύμο	Επίκτητη	Πολλοί διαφορετικοί τύποι T κυττάρων υπάρχουν συλλογικά, αυτά τα κύτταρα συμμετέχουν σε αντιδράσεις του επίκτητου ανοσοποιητικού συστήματος, που διαμεσολαβούνται από κύτταρα
Κύτταρα φυσικοί φονιάδες	Μυελός των οστών	Έμφυτη	1. Συνδέονται απευθείας στα κύτταρα που έχουν μολυνθεί από ιούς και σε καρκινικά κύτταρα για να τα θανατώσουν 2. Λειτουργούν σαν κύτταρα φονιάδες σε ανοσολογικές αποκρίσεις που εξαρτώνται από αντισώματα

των ταχέως πολλαπλασιαζόμενων βακτηρίων (28). Σε αυτήν την περίπτωση οι κυτοκίνες δρουν σαν χημειοτακτικοί παράγοντες. Οι χημειοτακτικοί παράγοντες είναι χημικά, τα οποία επιστρατεύουν και άλλους «παίχτες» του ανοσοποιητικού συστήματος στην περιοχή της μάχης ώστε να βοηθήσουν στην προστασία του σώματος από τη λοίμωξη. Άλλες κυτοκίνες προάγουν τον πυρετό, διεγείρουν την παραγωγή άλλων συστατικών της ανοσοποιητικής απόκρισης και προάγουν τη φλεγμονή (8).

Τα μακροφάγα δεν είναι τα μόνα φαγοκύτταρα που εμπλέκονται στην έμφυτη ανοσία. Πράγματι, τα ουδετερόφιλα μπορεί να είναι τα πιο σημαντικά φαγοκύτταρα στην έμφυτη ανοσία (28). Τα **ουδετερόφιλα** είναι λευκοκύτταρα τα οποία επίσης συμμετέχουν σαν φαγοκύτταρα κατά τη διάρκεια της βακτηριακής εισβολής. Τα ουδετερόφιλα καλούνται και επαγγελματίες φονιάδες, τα οποία είναι «σε ετοιμότητα» στο αίμα (28). Αφού τα ουδετερόφιλα κληθούν στη μολυσμένη περιοχή, αυτά τα σημαντικά φαγοκύτταρα εξέρχονται από την κυκλοφορία και ενεργοποιούνται για να ξεκινήσουν την καταστροφή των ξένων εισβολέων. Παρόμοια με τα μακροφάγα, τα ουδετερόφιλα παράγουν επίσης κυτοκίνες οι οποίες μπορούν να ειδοποιήσουν άλλα κύτταρα του ανοσοποιητικού. Επιπλέον, τα ενεργοποιημένα ουδετερόφιλα απελευθερώνουν χημικά που προωθούν την αύξηση της αιματικής ροής στη μολυσμένη περιοχή.

Εκτός από τα φαγοκύτταρα επαγγελματίες (π.χ. μακροφάγα και ουδετερόφιλα), άλλο ένα βασικό κυτταρικό συστατικό του έμφυτου ανοσοποιητικού συστήματος είναι τα **κύτταρα φυσικοί φονιάδες**. Αυτά τα κύτταρα παράγονται στο μυελό των οστών από βλαστοκύτταρα (εικόνα 6.2) και είναι «σε ετοιμότητα» για την καταπολέμηση μιας λοίμωξης. Τα περισσότερα κύτταρα φυσικοί φονιάδες βρίσκονται στο αίμα, το ήπαρ ή το σπλήνα και όταν καλούνται να καταπολεμήσουν μια λοίμωξη, αυτά τα κύτταρα εξέρχονται από την κυκλοφορία και κινούνται προς το πεδίο της μάχης για να συμμετέχουν στη μάχη. Όταν φτάσουν στο σημείο μάχης (π.χ. στην τοποθεσία των βακτηρίων), τα κύτταρα φυσικοί φονιάδες παίζουν δύο ρόλους-κλειδιά στην προστασία μας από τη λοίμωξη. Πρώτον, τα κύτταρα φυσικοί φονιάδες μπορούν να καταστρέψουν τα κύτταρα που έχουν μολυνθεί από ιούς, βακτήρια, παράσιτα, μύκητες και καρκινικά κύτ-

ταρα. Δεύτερον, τα κύτταρα φυσικοί φονιάδες απελευθερώνουν κυτοκίνες που βοηθούν στην άμυνα του ανοσοποιητικού. Έτσι, τα κύτταρα φυσικοί φονιάδες είναι ένα σημαντικό μέρος του έμφυτου ανοσοποιητικού συστήματος επειδή είναι ευέλικτοι «δολοφόνοι» των ξένων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων, των ιών, των καρκινικών κυττάρων και άλλων ανεπιθύμητων εισβολέων στο σώμα.

Για να συνοψίσουμε, τα φαγοκύτταρα (μακροφάγα και ουδετερόφιλα) και τα κύτταρα φυσικοί φονιάδες είναι σημαντικά κυτταρικά συστατικά του έμφυτου ανοσοποιητικού συστήματος και σχηματίζουν τη δεύτερη γραμμή άμυνας ενάντια στη λοίμωξη. Συλλογικά, αυτά τα κύτταρα απομακρύνουν επικίνδυνους εισβάλλοντες παράγοντες και προστατεύουν το σώμα από λοιμώξεις όταν οι φυσικοί φραγμοί άμυνας είναι εξασθενημένοι (π.χ. τραύμα στο δέρμα). Όταν αυτά τα κυτταρικά συστατικά του έμφυτου ανοσοποιητικού συστήματος ενεργοποιούνται ακολουθώντας μια λοίμωξη, συμβαίνει μια φυσιολογική απόκριση γνωστή ως φλεγμονή. Τα χαρακτηριστικά σημεία της φλεγμονής είναι ερυθρότητα, οίδημα, θερμότητα και πόνος. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη φλεγμονή μπορούν να βρεθούν στο «Μια Πιο Κοντινή Ματιά 6.1».

Σύστημα Συμπληρώματος Το σύστημα του συμπληρώματος παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην έμφυτη ανοσία και αποτελείται από έναν αριθμό πρωτεϊνών που κυκλοφορούν στο αίμα σε ανενεργό μορφή. Όπως τα φαγοκύτταρα και τα κύτταρα φυσικοί φονιάδες, έτσι και το σύστημα του συμπληρώματος είναι ένα ακόμα συστατικό της έμφυτης άμυνας ενάντια στη λοίμωξη. Οι παραπάνω από 20 πρωτεΐνες που συνιστούν το συμπλήρωμα παράγονται κυρίως στο ήπαρ και είναι παρούσες σε υψηλές συγκεντρώσεις στο αίμα και στους ιστούς (28). Όταν το σώμα εκτίθεται σε έναν ξένο παράγοντα (π.χ. βακτήριο), το σύστημα του συμπληρώματος ενεργοποιείται για να επιτεθεί στον εισβολέα. Αυτές οι ενεργοποιημένες πρωτεΐνες του συμπληρώματος, αναγνωρίζουν την επιφάνεια του βακτηρίου σαν ξένο σώμα και συνδέονται στην επιφάνεια του ξένου κυττάρου. Αυτό πυροδοτεί μια ταχεία σειρά γεγονότων που έχουν σαν αποτέλεσμα τη σύνδεση όλο και περισσότερων πρωτεϊνών του συμπληρώματος στην επιφάνεια των βακτη-



ΜΙΑ ΠΙΟ ΚΟΝΤΙΝΗ ΜΑΤΙΑ 6.1

Η Φλεγμονή είναι ένα Φυσιολογικό Μέρος της Ανοσολογικής Απόκρισης

Η λέξη *φλεγμονή* προέρχεται από τη λατινική λέξη *inflammare* που σημαίνει «βάζω φωτιά». Η φλεγμονή είναι ένα φυσιολογικό τμήμα της βιολογικής απόκρισης σε επιβλαβή στοιχεία, όπως η είσοδος βακτηρίων στο σώμα. Εν ολίγοις, ο στόχος της φλεγμονής είναι να αποκαταστήσει την ομοιόσταση, βοηθώντας τον τραυματισμένο ιστό να επανέλθει στη φυσιολογική του κατάσταση. Η φλεγμονή, μπορεί να χαρακτηριστεί είτε σαν οξεία ή σαν χρόνια. Ακολουθεί μια σύντομη εξήγηση της διαφοράς της οξείας από τη χρόνια φλεγμονή.

Οξεία φλεγμονή Το ακόλουθο παράδειγμα δείχνει μια οξεία φλεγμονώδη απόκριση. Κάποια στιγμή στη ζωή σου θα έχεις κόψει το δάχτυλό σου ή το χέρι σου. Σε αυτήν την περίπτωση, το σκίσιμο του δέρματος επιτρέπει την είσοδο βακτηρίων μέσω του τραύματος και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια οξεία (π.χ. σύντομη) και εντοπισμένη φλεγμονώδη αντίδραση. Τα κλινικά σημεία της εντοπισμένης φλεγμονής είναι ερυθρότητα, οίδημα, θερμότητα και πόνος. Αυτό συμβαίνει λόγω της πυροδότησης ενός καταρράκτη γεγονότων από το έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα. Η ερυθρότητα, το οίδημα και η θερμότητα στην τραυματισμένη περιοχή είναι αποτέλεσμα της αυξημένης αιματικής ροής στην κατεστραμμένη περιοχή. Αυτή η αυξημένη αιματική ροή πυροδοτείται από την απελευθέρωση χημικών από τα φαγοκύτταρα τα οποία προσελκύονται στην μολυσμένη περιοχή. Πράγματι, τόσο τα μακροφάγα όσο και τα ουδετερόφιλα εκκλύουν χημικά (π.χ. βραδυκίνη) που προάγουν την αγγειοδιαστολή (π.χ. διεύρυνση της διαμέτρου του αγγείου). Αυτή η αγγειοδιαστολή αυξάνει την αιματική ροή και τη συλλογή υγρών (οίδημα) γύρω από τον τραυματισμένο ιστό. Ο πόνος που σχετίζεται με αυτόν τον τύπο της τοπικής φλεγμονώδους απόκρισης προέρχεται από χημικά (π.χ. κίνινες) που διεγείρουν τους υποδοχείς πόνου στη φλεγμονώδη περιοχή.

Χρόνια Φλεγμονή Τυπικά, ένα μικρό κόψιμο στο δά-

χτυλο, έχει σαν αποτέλεσμα μια οξεία φλεγμονή η οποία λύνεται μετά από μερικές ημέρες όταν το ανοσοποιητικό σύστημα απομακρύνει τα εισβάλλοντα βακτήρια, σχηματίζεται ένα καύκαλο και ο ιστός επανέρχεται στα φυσιολογικά. Ωστόσο, η χρόνια (ατελείωτη) φλεγμονή, συμβαίνει σε περιπτώσεις εμμένουσας λοίμωξης (π.χ. φυματίωση) ή συνεχούς ενεργοποίησης της ανοσολογικής απόκρισης σε νόσους όπως ο καρκίνος, η καρδιακή ανεπάρκεια, η ρευματοειδής αρθρίτιδα ή η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια. Είναι ενδιαφέρον ότι τόσο η παχυσαρκία όσο και η γήρανση σχετίζονται με χρόνια φλεγμονή (1, 2). Ανεξάρτητα από το αίτιο, η χρόνια φλεγμονή σχετίζεται με αυξημένες κυκλοφορούσες κυτοκίνες και με τις ονομαζόμενες «πρωτεΐνες οξείας φάσης», όπως η c-αντιδρώσα πρωτεΐνη. Αυτό είναι σημαντικό γιατί τα χρονίως ανεβασμένα επίπεδα τόσο των κυτοκινών όσο και της c-αντιδρώσας πρωτεΐνης στο αίμα, φαίνεται να συμβάλλουν στον κίνδυνο πολλών νόσων, συμπεριλαμβανομένων της καρδιακής νόσου και του καρκίνου (1).

Είναι επίσης σημαντικό να εκτιμήσουμε ότι η χρόνια συστηματική φλεγμονή δεν είναι «όλα ή τίποτα», αλλά μπορεί να υπάρχει σε διάφορα επίπεδα, τα οποία συχνά περιγράφονται σαν «υψηλού βαθμού» ή «χαμηλού βαθμού» φλεγμονή. Μια σοβαρή «υψηλού βαθμού» φλεγμονή μπορεί να συμβεί σε άτομα που πάσχουν από συγκεκριμένους τύπους καρκίνου ή από ρευματοειδή αρθρίτιδα. Αντιθέτως, ακόμα και σε απουσία διαγνωσμένης νόσου, χαμηλού βαθμού φλεγμονή μπορεί να υπάρχει τόσο σε γηραιά όσο και σε παχύσαρκα άτομα (2). Η σημασία της «χαμηλού βαθμού» συστηματικής φλεγμονής στην υγεία, είναι ένα καυτό θέμα στην ιατρική, επειδή η χαμηλού βαθμού φλεγμονή έχει συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο πολλών τύπων καρκίνου, Alzheimer, διαβήτη και καρδιακής νόσου (1, 2). Ωστόσο, το αν η χρόνια φλεγμονή προκαλεί όλες αυτές τις νόσους ή απλώς τις συνοδεύει είναι προς το παρόν άγνωστο.

ρίων. Η προσθήκη πολλαπλών πρωτεϊνών του συμπληρώματος στην επιφάνεια του βακτηρίου, σχηματίζει μια «τρύπα» (π.χ. κανάλι) στην επιφάνεια του βακτηρίου. Και από τη στιγμή που το βακτήριο έχει μια τρύπα στη μεμβράνη του, το βακτήριο πεθαίνει.

Επιπλέον του σχηματισμού συμπλεγμάτων που

επιτίθενται στη μεμβράνη, το σύστημα του συμπληρώματος πραγματοποιεί άλλες δύο εργασίες στην έμφυτη ανοσία. Η δεύτερη λειτουργία είναι να βάζει «ταμπέλα» στην επιφάνεια του εισβάλλοντος βακτηρίου ώστε άλλα κυτταρικά συστατικά (π.χ. φαγοκύτταρα) του έμφυτου ανοσοποιητικού συστήματος να μπορούν να αναγνωρίσουν και να

σκοτώνουν τον εισβολέα. Ο τρίτος και τελευταίος ρόλος των πρωτεϊνών του συμπληρώματος είναι να λειτουργούν σαν χημειοτακτικοί παράγοντες. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, ένας χημειοτακτικός παράγοντας επιστρατεύει άλλους «παίκτες» του ανοσοποιητικού στο πεδίο της μάχης για να βοηθήσουν στην προστασία του σώματος από τη λοίμωξη.

Για να συνοψίσουμε, το σύστημα του συμπληρώματος εκτελεί διάφορες σημαντικές εργασίες όταν στο σώμα εισβάλουν ξένοι παράγοντες. Αυτό το σύστημα, μπορεί να καταστρέψει τους εισβολείς σχηματίζοντας ένα σύμπλεγμα που επιτίθεται στη μεμβράνη, το οποίο μπορεί να δημιουργήσει μια τρύπα στην επιφάνεια του εισβάλοντος βακτηρίου. Δεύτερον, μπορεί να ενισχύσει τη λειτουργία άλλων κυττάρων (π.χ. φαγοκύτταρα) του ανοσοποιητικού συστήματος, βάζοντας ταμπέλα στον εισβάλλοντα παράγοντα για να καταστραφεί. Τρίτον, μπορεί να ειδοποιήσει άλλα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος ότι το σώμα δέχεται επίθεση. Το πιο σημαντικό είναι ότι όλες αυτές οι λειτουργίες του συστήματος του συμπληρώματος μπορούν να δράσουν ταχέως για την προστασία του σώματος κατά τη διάρκεια της εισβολής.

Επίκτητο Ανοσοποιητικό Σύστημα Πάνω από το 95 τοις εκατό όλων των ζώων είναι μια χαρά μόνο με το έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα για την προστασία τους (28). Ωστόσο, για τους ανθρώπους και άλλα σπονδυλωτά, η Μητέρα Φύση ανέπτυξε και άλλο ένα στρώμα προστασίας ενάντια στη νόσο, το επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα. Αυτό το σύστημα ανοσίας έχει προσαρμοστεί για να μας προστατεύσει σχεδόν από κάθε τύπο εισβολέα. Ο κύριος ρόλος του επίκτητου ανοσοποιητικού συστήματος είναι να μας προστατεύσει από τους ιούς, γιατί το έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα δεν μπορεί να εξαλείψει πολλούς από τους ιούς (28). Η πρώτη απόδειξη ύπαρξης του επίκτητου ανοσοποιητικού συστήματος προτάθηκε από τον Dr. Edward Jenner το 1970 (βλ. «Μια Ματιά Πίσω-Σημαντικά Πρόσωπα στην Επιστήμη»).

Το επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα σχηματίζεται από κύτταρα υψηλής εξειδίκευσης και διαδικασίες που προλαμβάνουν ή εξαλείφουν τα εισβάλλοντα παθογόνα. Αυτή η προσαρμοστική ανοσολογική απόκριση παρέχει την ικανότητα στον οργανισμό να αναγνωρίζει και να θυμάται συγκεκριμένα

κρίμενα παθογόνα (π.χ. για δημιουργία ανοσίας) και να προκαλέσει ισχυρότερες επιθέσεις κάθε φορά που συναντά ένα επαναλαμβανόμενο παθογόνο. Γι αυτό, αυτό το σύστημα καλείται πολλές φορές το προσαρμοστικό ανοσοποιητικό σύστημα γιατί προετοιμάζει τον εαυτό του για μελλοντικές προκλήσεις παθογόνων.

Τα κύρια κύτταρα που εμπλέκονται στο επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα είναι τα Β κύτταρα (καλούνται επίσης Β λεμφοκύτταρα) και τα Τ κύτταρα (καλούνται επίσης Τ λεμφοκύτταρα). Τόσο τα Β όσο και τα Τ κύτταρα είναι μέλη της οικογένειας των λευκοκυττάρων των αιμοσφαιρίων, τα οποία προέρχονται από βλαστοκύτταρα που εντοπίζονται στο μυελό των οστών (εικόνα 6.2). Ακολουθεί μια σύντομη επισκόπηση της λειτουργίας των Β και Τ κυττάρων στο επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα.

Β κύτταρα Αυτά τα κύτταρα παίζουν ένα ρόλο-κλειδί στην ειδική ανοσία και τη μάχη ενάντια τόσο σε βακτηριακές όσο και σε ιογενείς λοιμώξεις, εκκρίνοντας αντισώματα στο αίμα. Τα Β κύτταρα λειτουργούν σαν εργοστάσια αντισωμάτων και μπορούν να παράγουν περισσότερους από 100 εκατομμύρια διαφορετικούς τύπους αντισωμάτων που χρειάζονται για την προστασία μας ενάντια σε μια ευρεία ποικιλία εισβαλόντων αντιγόνων. Τα αντισώματα (καλούνται και ανοσοσφαιρίνες) είναι πρωτεΐνες που παράγονται από τα Β κύτταρα για να βοηθήσουν στην καταπολέμηση ξένων ουσιών που καλούνται αντιγόνα. Τα αντιγόνα είναι οι ουσίες που διεγείρουν τα ανοσοποιητικά σύστημα για παραγωγή αντισωμάτων. Για παράδειγμα, τα βακτήρια, οι ιοί ή οι μύκητες είναι όλα αντιγόνα. Επιπλέον, τα αντιγόνα μπορεί να είναι ουσίες που καλούνται αλλεργιογόνα, οι οποίες προάγουν μια αλλεργική απόκριση. Κοινά αλλεργιογόνα είναι η γύρη, το τρίχωμα των ζώων, η σκόνη και τα περιεχόμενα συγκεκριμένων τροφών. Όταν το σώμα έρχεται αντιμέτωπο με αυτά τα αντιγόνα, τα Β κύτταρα ανταποκρίνονται παράγοντας αντισώματα για την προστασία ενάντια στην εισβολή.

Παρόλο που το σώμα μπορεί να παράγει περισσότερα από 100 εκατομμύρια διαφορετικά αντισώματα, υπάρχουν μόνο πέντε γενικές κατηγορίες αντισωμάτων και κάθε μία έχει διαφορετική λειτουργία. Οι πέντε κατηγορίες αντισωμάτων είναι οι IgG, IgA, IgM, IgD και IgE. Η συντομογραφία Ig



ΜΙΑ ΜΑΤΙΑ ΣΤΟ ΧΘΕΣ – ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΑΝΘΡΩΠΟΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

Ο Edward Jenner ήταν ο Πρωτοπόρος του Εμβολίου της Ευλογιάς



Ο Edward Jenner (1749-1823), ήταν ένας Άγγλος γιατρός, ο οποίος έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του εμβολίου της ευλογιάς. Εξαιτίας αυτής της επίτευξης, πολλές φορές αναφέρεται και σαν «ο πατέρας της ανοσολογίας». Αυτή είναι η ιστορία πίσω από την ανακάλυψη του εμβολίου της ευλογιάς από τον Jenner.

Μια από τις πρώτες ενδείξεις ότι το ανοσοποιητικό σύστημα είναι προσαρμοστικό, προήλθε το 1796, όταν ο Jenner ξεκίνησε να εμβολιάζει τους Άγγλους ενάντια στην ευλογιά. Κατά τη διάρκεια ζωής του Jenner η ευλογιά ήταν ένα μεγάλο πρόβλημα υγείας και περίπου το 30% των ανθρώπων που μολύνονταν από την ευλογιά, πέθαιναν. Στην πραγματικότητα, εκατοντάδες χιλιάδες άνθρωποι πέθαναν από τη νόσο και πολλοί άλλοι παραμορφώθηκαν άσχημα (28). Δύο παρατηρήσεις έκαναν τον Edward Jenner να αναπτύξει τον εμβολιασμό ενάντια στην ευ-

λογιά. Πρώτον, ο Jenner παρατήρησε ότι οι άνθρωποι που άρμεγαν τις αγελάδες συχνά εμφάνιζαν μια νόσο που καλούνταν δαμαλίτιδα, η οποία χαρακτηριζόταν από την εμφάνιση βλαβών στο σώμα, που ήταν παρόμοιες με τα έλκη που εμφανίζονταν στην ευλογιά. Δεύτερον, ο Jenner παρατήρησε επίσης ότι τα άτομα που άρμεγαν τις αγελάδες και εμφάνισαν δαμαλίτιδα ποτέ δεν προσβλήθηκαν από ευλογιά, η οποία όπως φάνηκε αργότερα είναι συγγενής με τον ιό της δαμαλίτιδας (28). Βασισμένος σε αυτές τις παρατηρήσεις, ο Jenner αιτιολόγησε ότι έκθεση σε μικρές ποσότητες του ιού της δαμαλίτιδας μπορεί να προάγει ανοσία ενάντια στην ευλογιά.

Για να ελέγξει αυτήν την υπόθεση, ο Jenner αποφάσισε να πραγματοποιήσει ένα τολμηρό πείραμα. Συνέλεξε πύον από τα έλκη των ατόμων που άρμεγαν τις αγελάδες και είχαν προσβληθεί από δαμαλίτιδα. Στη συνέχεια, έγχυσε αυτό το υγρό στο βραχίονα ενός παιδιού που ονομαζόταν James Phipps. Αυτός ο εμβολια-

σμός, προκάλεσε πυρετό αλλά δεν εμφανίστηκε η νόσος. Μερικές εβδομάδες αργότερα, ο Jenner έγχυσε στον Phipps πύον που είχε συλλέξει από άτομα που είχαν μολυνθεί από ευλογιά. Αυτό το τολμηρό πείραμα ήταν μια τεράστια επιτυχία, γιατί ήταν αξιοσημείωτο ότι το παιδί δεν μολύνθηκε από ευλογιά. Ωστόσο, ο Phipps μπορούσε να εμφανίσει άλλες παιδικές νόσους (π.χ. ιλαρά). Αυτό δείχνει ένα από τα χαρακτηριστικά της προσαρμοστικότητας του ανοσοποιητικού συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι το επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα προσαρμόζεται για την προστασία ενάντια σε ειδικούς εισβολείς.

Είναι προφανές, ότι το πείραμα του Jenner στο νεαρό αγόρι, δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σήμερα, λόγω ηθικών θεμάτων. Παρόλα αυτά, μπορούμε να είμαστε ευγνώμονες στην επιτυχία των πειραμάτων του Jenner, γιατί άνοιξαν το δρόμο για τα μελλοντικά εμβόλια τα οποία έσωσαν τις ζωές αμέτρητων ανθρώπων στον κόσμο.

αντιπροσωπεύει τον όρο ανοσοσφαιρίνη (αντίσωμα). Μια λεπτομερής συζήτηση για τις ειδικές λειτουργίες της κάθε κατηγορίας αντισωμάτων υπερβαίνει το στόχο αυτού του κεφαλαίου. Ωστόσο, ένα παράδειγμα για το πώς λειτουργούν δύο κατηγορίες αντισωμάτων είναι χρήσιμο για την κατανόηση του ρόλου των αντισωμάτων στην προστασία ενάντια στη νόσο.

Όταν τα Β κύτταρα ενεργοποιούνται από ένα εισβάλλον αντιγόνο, η IgM είναι ένα από τα πρώτα αντισώματα που παράγονται. Η παραγωγή αυτού του

μεγάλου αντισώματος νωρίς στην αρχή της λοίμωξης είναι μια καλή στρατηγική, γιατί τα IgM αντισώματα μπορούν να προστατεύσουν από τους εισβολείς, με δύο σημαντικούς τρόπους. Πρώτον, τα IgM αντισώματα μπορούν να ενεργοποιήσουν το συμπλήρωμα ώστε να βοηθήσει στην απομάκρυνση των ανεπιθύμητων εισβολέων. Στην πραγματικότητα, ο όρος συμπλήρωμα, επινοήθηκε από τους ανοσολόγους όταν ανακάλυψαν ότι τα αντισώματα ήταν πολύ πιο αποτελεσματικά όσον αφορά στην αντιμετώπιση των εισβολέων, όταν

συμπληρώνονται από άλλες πρωτεΐνες-το σύστημα του συμπληρώματος (28). Δεύτερον, τα IgM αντισώματα μπορούν να ουδετεροποιήσουν τους ιούς, με το να δεσμευτούν σε αυτούς και να αποτρέψουν τη μόλυνση των κυττάρων. Ως εκ τούτου, εξαιτίας αυτών των συνδυασμένων ιδιοτήτων, η IgM είναι το «τέλειο» πρώτο αντίσωμα για την προστασία ενάντια σε εισβολές από ιούς ή βακτήρια.

Τα IgG αντισώματα είναι μια άλλη σημαντική κατηγορία αντισωμάτων. Αυτά τα αντισώματα κυκλοφορούν στο αίμα και σε άλλα υγρά του σώματος και προφυλάσσουν ενάντια στα εισβάλλοντα βακτήρια και τους ιούς (31). Η σύνδεση των αντισωμάτων IgG με τα βακτηριακά ή τα ιικά αντιγόνα ενεργοποιεί άλλα κύτταρα του ανοσοποιητικού (π.χ. μακροφάγα, ουδετερόφιλα και κύτταρα φυσικούς φονιάδες) τα οποία καταστρέφουν αυτούς τους εισβολείς και μας προστατεύουν ενάντια στη νόσο.

Τ κύτταρα Τα **T κύτταρα** είναι μια οικογένεια κυττάρων του ανοσοποιητικού που παράγονται στο μυελό των οστών. Τα T και τα B κύτταρα διαφέρουν μεταξύ τους με πολλούς τρόπους. Πρώτον, ενώ τα B κύτταρα ωριμάζουν στο μυελό των οστών, τα T κύτταρα ωριμάζουν σε ένα ειδικό όργανο του ανοσοποιητικού, που καλείται θύμος. Γι αυτό και καλούνται T κύτταρα. Επιπλέον, τα T κύτταρα δεν παράγουν αντισώματα, αλλά εξειδικεύονται στην αναγνώριση πρωτεϊνικών αντιγόνων στο σώμα. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι T κυττάρων: (1) Φονικά T κύτταρα (καλούνται επίσης κυτταροτοξικά), (2) Βοηθητικά T κύτταρα και (3) Ρυθμιστικά T κύτταρα. Τα Φονικά T κύτταρα είναι ένα ισχυρό όπλο ενάντια σε ιούς, γιατί αναγνωρίζουν και σκοτώνουν κύτταρα που έχουν μολυνθεί από ιούς (6). Τα βοηθητικά T κύτταρα εκκρίνουν κυτοκίνες, οι οποίες έχουν μια δραματική επίδραση σε άλλα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο, τα T κύτταρα λειτουργούν σαν επιθετικοί παίκτες του ανοσοποιητικού συστήματος, καθοδηγώντας τις δράσεις άλλων κυττάρων του ανοσοποιητικού. Τέλος, όπως δηλώνει και το όνομα, τα ρυθμιστικά T κύτταρα εμπλέκονται στη ρύθμιση της ανοσολογικής λειτουργίας. Ειδικά, αυτά τα κύτταρα παίζουν ρόλο στην αναστολή αποκρίσεων τόσο στα αυτοαντιγόνα (π.χ. αποτρέπουν το ανοσοποιητικό από το να επιτεθεί σε φυσιολογικά κύτταρα του σώματος) όσο και στα ξένα αντιγόνα. Με αυτόν τον τρόπο, τα ρυθμιστικά T κύτταρα βοηθούν στη ρύθμιση της αυτοανοχής και προλαμβάνουν τα αυτοάνοσα νοσήματα (4).

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

- Το ανθρώπινο ανοσοποιητικό σύστημα είναι ένα περίπλοκο και πλεονάζον σύστημα που έχει σχεδιαστεί για να μας προστατεύει ενάντια σε εισβάλλοντα παθογόνα.
- Ένα υγιές ανοσοποιητικό σύστημα απαιτεί τη συνεργασία δύο επιπέδων ανοσολογικής προστασίας: (1) έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα και (2) επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα.
- Το έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα παρέχει την πρώτη γραμμή άμυνας ενάντια σε ξένους εισβολείς και αποτελείται από τρία βασικά συστατικά: (1) Φυσικούς φραγμούς όπως το δέρμα και οι βλεννώδεις μεμβράνες που καλύπτουν το αναπνευστικό, το γαστρεντερικό και το ουροποιητικό σύστημα, (2) εξειδικευμένα κύτταρα (π.χ. φαγοκύτταρα και κύτταρα φυσικούς φονιάδες) και (3) μια ομάδα πρωτεϊνών, που καλούνται το σύστημα του συμπληρώματος, και βρίσκονται σε όλο το σώμα για την προστασία ενάντια στους εισβολείς.
- Το επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα που προσαρμόζεται ώστε να προστατεύει ενάντια σε όλους σχεδόν τους τύπους των εισβαλλόντων παθογόνων. Ο βασικός σκοπός του επίκτητου ανοσοποιητικού συστήματος είναι να παρέχει προστασία ενάντια σε ιούς, κάτι που δεν μπορεί να προσφέρει το έμφυτο ανοσοποιητικό σύστημα. Τα B και τα T κύτταρα είναι τα βασικά κύτταρα που εμπλέκονται στο επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα. Τα B κύτταρα παράγουν αντισώματα, ενώ τα T κύτταρα εξειδικεύονται στην αναγνώριση και την απομάκρυνση αντιγόνων από το σώμα.

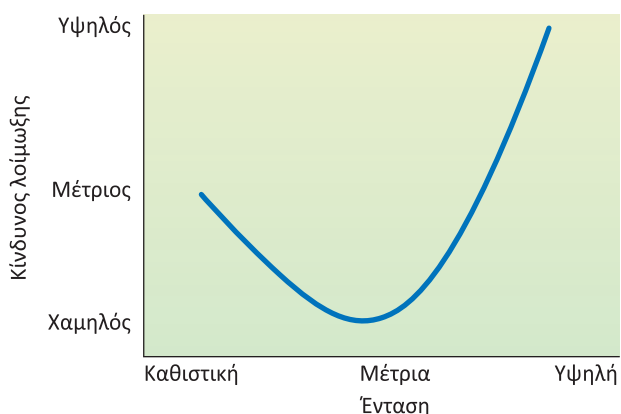
ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Συγκριτικά με τις περισσότερες περιοχές έρευνας στη φυσιολογία της άσκησης, η άσκηση και το ανοσοποιητικό σύστημα είναι ένα σχετικά νέο θέμα

στην έρευνα. Ωστόσο, το ενδιαφέρον στο πεδίο της ανοσολογίας στην άσκηση έχει αναπτυχθεί κατά πολύ κατά τη διάρκεια των τελευταίων δυο δεκαετιών. Στις επόμενες ενότητες θα συζητήσουμε πολλά σημαντικά θέματα που σχετίζονται με τις επιδράσεις της άσκησης στη αντίσταση στη λοίμωξη.

Άσκηση και Αντίσταση στη Λοίμωξη

Η ιδέα ότι η άσκηση μπορεί να έχει και θετική και αρνητική επίδραση στον κίνδυνο της λοίμωξης είναι σχεδόν είκοσι χρόνων. Αυτή η ιδέα εισήχθη από τον Dr. David Nieman όταν περιέγραψε τον κίνδυνο μιας λοίμωξης του ανώτερου αναπνευστικού (URTI) σαν μια καμπύλη σχήματος J, η οποία άλλαζε σαν συνάρτηση της έντασης και του ποσού της άσκησης που εφαρμοζόταν (εικόνα 6.3). Σημειώστε στην εικόνα 6.3 ότι άνθρωποι που ασχολούνται με τακτικές περιόδους μέτριας άσκησης, έχουν χαμηλότερο κίνδυνο εμφάνισης URTI συγκριτικά με αυτούς που έχουν καθιστική ζωή ή ασχολούνται με έντονη και/ή μακράς διάρκειας άσκηση. Για παράδειγμα, οι μαραθωνοδρόμοι αντιπροσωπεύουν τα άτομα στο υψηλότερο σημείο της κλίμακας της έντασης και της διάρκειας της άσκησης. Πράγματι, το να τρέχεις σε έναν μαραθώνιο αυξάνει τον κίνδυνο μιας URTI τις επόμενες ημέρες από το τρέξιμο (24).



ΕΙΚΟΝΑ 6.3 Μοντέλο «σχήματος J» για τη σχέση μεταξύ διαφόρων ποσών άσκησης και του κινδύνου εμφάνισης URTI. Αυτό το μοντέλο προτείνει ότι μέτρια αερόβια άσκηση μειώνει τον κίνδυνο λοίμωξης, ενώ υψηλής έντασης/μακράς διάρκειας άσκηση, μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο λοίμωξης (19).

Στα επόμενα δύο τμήματα, θα συζητήσουμε τους λόγους για τους οποίους η μέτριας και η υψηλής έντασης άσκηση έχει διαφορετικές επιδράσεις στον κίνδυνο εμφάνισης μιας λοίμωξης.

Η Μέτριας Έντασης Αερόβια Άσκηση Προστατεύει Ενάντια στη Λοίμωξη

Πολλές μελέτες υποστηρίζουν την ιδέα, ότι τα άτομα που ασχολούνται με τακτικές περιόδους μέτριας έντασης αερόβιας άσκησης εμφανίζουν λιγότερα κρυώματα (π.χ. URTI) τόσο από τα άτομα που κάνουν καθιστική ζωή όσο και από τα άτομα που ασχολούνται με υψηλής έντασης / μακράς διάρκειας άσκηση (22, 23). Για παράδειγμα, τόσο οι επιδημιολογικές όσο και οι τυχαιοποιημένες μελέτες αναφέρουν ότι η τακτική άσκηση έχει σαν αποτέλεσμα μια μείωση της τάξης του 18-67% στον κίνδυνο μιας URTI (9). Είναι ενδιαφέρον ότι αυτή η προστασία ενάντια σε λοιμώξεις που επιτυγχάνεται με την άσκηση, μπορεί να επιτευχθεί με πολλές μορφές αερόβιας δραστηριότητας (π.χ. περπάτημα, τζόκινγκ, ποδηλασία, κολύμβηση, ομαδικό παιχνίδι και αερόβιος χορός). Γενικά, φαίνεται ότι 20-40 λεπτά μέτριας έντασης άσκηση (π.χ. 40-60% της $\dot{V}O_2 \max$) είναι αρκετά για να προάγουν μια ευεργετική επίδραση στο ανοσοποιητικό σύστημα. Είναι σημαντικό, ότι αυτή η μείωση στον κίνδυνο εμφάνισης μιας URTI συμβαίνει και στους άντρες και στις γυναίκες οποιασδήποτε ηλικίας (22).

Η εξήγηση γιατί η μέτριας έντασης άσκηση προστατεύει ενάντια στη URTI, παραμένει θέμα συζήτησης. Παρόλα αυτά, υπάρχουν πολλοί λόγοι για να εξηγήσουμε γιατί η άσκηση μειώνει τον κίνδυνο λοίμωξης. Πρώτον, κάθε περίοδος μέτριας αερόβιας άσκησης προκαλεί μια αύξηση των επιπέδων των κυττάρων φυσικών φονιάδων, των ουδετερόφιλων και των αντισωμάτων στο αίμα (9). Για αυτό, μια οξεία περίοδος άσκησης παρέχει μια θετική ώθηση τόσο στο έμφυτο (κύτταρα φυσικοί φονιάδες και ουδετερόφιλα) όσο και στο επίκτητο ανοσοποιητικό σύστημα (αντισώματα). Σημειώστε ότι αυτή η ευεργετική ώθηση στη λειτουργία του ανοσοποιητικού που προκαλείται από την άσκηση, είναι παροδική και επιστρέφει στα επίπεδα πριν την άσκηση μετά από 3 ώρες. Παρόλα αυτά, φαίνεται ότι κάθε περίοδος άσκησης βελτιώνει τη λειτουργία του ανοσοποιητικού ενάντια στα παθογόνα για ένα μικρό χρονικό διάστημα, που έχει σαν αποτέλεσμα

ένα μειωμένο κίνδυνο λοίμωξης (22). Όμως, και άλλοι παράγοντες μπορεί να συνεισφέρουν στη θετική επίδραση της τακτικής άσκησης στο μειωμένο κίνδυνο λοίμωξης. Για παράδειγμα, άνθρωποι που ασχολούνται με τακτική άσκηση μπορεί να ωφεληθούν από την βελτιωμένη ψυχολογική ευεξία που επιφέρει (π.χ. λιγότερο συναισθηματικό άγχος), και την παράλληλη καλή διατροφική κατάσταση και υγιεινό τρόπο ζωής (π.χ. επαρκής ύπνος). Κάθε ένας από αυτούς τους παράγοντες έχει συνδεθεί με μειωμένο κίνδυνο λοίμωξης και γι αυτό μπορεί να υπάρχει μια σύνδεση μεταξύ τακτικής άσκησης και χαμηλού κινδύνου για URTI.

Παρόλο που είναι προφανές ότι η αερόβια άσκηση παρέχει προστασία ενάντια στα κρυώματα, παραμένει άγνωστο αν η προπόνηση αντιστάσεων παρέχει τα ίδια επίπεδα προστασίας ενάντια σε λοιμώξεις. Αυτό οφείλεται στο ότι ελάχιστες έρευνες έχουν μελετήσει συστηματικά την επίδραση της προπόνησης αντιστάσεων στη λειτουργία του ανοσοποιητικού. Παρόλα αυτά, βασισμένοι στις διαθέσιμες αποδείξεις, φαίνεται ότι μια οξεία περίοδος προπόνησης αντιστάσεων, έχει σαν αποτέλεσμα μια παροδική αύξηση στα κύτταρα φυσικοί φονιάδες (15). Ωστόσο, αυτή η ώθηση του ανοσοποιητικού είναι προσωρινή επειδή τα επίπεδα στο αίμα των βασικών κυττάρων του ανοσοποιητικού επανέρχονται στα αρχικά τους επίπεδα μετά την πάροδο μιας μικρής χρονικής περιόδου μετά την προπόνηση αντιστάσεων (5). Για να συνοψίσουμε, φαίνεται πιθανό ότι τακτικές περιόδους προπόνησης αντιστάσεων μπορεί να προστατεύουν ενάντια στη λοίμωξη, αλλά χρειάζεται επιπλέον έρευνα για να καθιερωθεί επισήμως η άποψη ότι η προπόνηση αντιστάσεων από μόνη της είναι αποτελεσματική στην παροχή προστασίας ενάντια σε μια URTI.

Η Υψηλής Αντίστασης / Μακράς Διάρκειας Αερόβια Άσκηση Αυξάνει τον Κίνδυνο Εμφάνισης Λοίμωξης

Η ιδέα ότι οι αθλητές που ασχολούνται με έντονη άσκηση είναι πιο επιρρεπείς σε λοιμώξεις, προήλθε από ανεπίσημες αναφορές προπονητών και αθλητών. Για παράδειγμα, ο μαραθωνοδρόμος Alberto Salazar ανέφερε ότι κρύωσε 12 φορές σε 12 μήνες, ενώ προπονούσαν για το Μαραθώνιο των Ολυμ-

πιακών Αγώνων του 1984 (17). Επειδή ο Salazar ασχολείτο με έντονη προπόνηση, πολλοί άνθρωποι ανέφεραν ότι τα υψηλά επίπεδα της προπόνησης ήταν υπεύθυνα για το μεγάλο αριθμό κρυωμάτων. Ωστόσο, ανεπίσημες αναφορές δεν αποδεικνύουν αίτιο και αποτέλεσμα και χρειάστηκαν επιστημονικές μελέτες για να καθορίσουν αν η έντονη προπόνηση οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο λοίμωξης. Γενικά, πολλές μελέτες υποστηρίζουν την ιδέα ότι οι αθλητές που ασχολούνται με έντονη προπόνηση αντοχής, έχουν μια υψηλότερη πιθανότητα εμφάνισης URTI συγκριτικά με τα άτομα που διάγουν καθιστική ζωή ή τα άτομα τα οποία ασχολούνται με μέτρια άσκηση (εικόνα 6.3) (9, 21, 24). Για παράδειγμα, συγκριτικά με το γενικό πληθυσμό, τα ευρήματα δείχνουν ότι ο πονόλαιμος και τα συμπτώματα που μοιάζουν με της γρίπης είναι πιο συχνά σε αθλητές που ασχολούνται με έντονη προπόνηση (11, 24). Πράγματι, ο κίνδυνος ανάπτυξης μιας URTI είναι δύο με έξι φορές μεγαλύτερος σε μαραθωνοδρόμους από ότι στο γενικό πληθυσμό (24). Αυτός ο αυξημένος κίνδυνος ασθένειας είναι ανησυχητικός για τους αθλητές, γιατί ακόμα και πολύ μικρές λοιμώξεις μπορεί να επηρεάσουν την αθλητική επίδοση και την ικανότητα αντοχής σε έντονη προπόνηση (27). Επιπλέον, παρατεταμένες ιογενείς λοιμώξεις συχνά σχετίζονται με την ανάπτυξη εμμένουσας κόπωσης, η οποία ενέχει άλλον έναν κίνδυνο για τους αθλητές (7).

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι γιατί η υψηλής έντασης και μακράς διάρκειας άσκηση προάγει έναν αυξημένο κίνδυνο λοιμώξεων (9). Πρώτον, παρατεταμένη (>90 λεπτά) και έντονη άσκηση προκαλεί μια παροδική καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος. Για παράδειγμα, μετά από έναν μαραθώνιο, συμβαίνουν οι παρακάτω μείζονες αλλαγές στη λειτουργία του ανοσοποιητικού:

- Μείωση των επιπέδων των Β κυττάρων, των Τ κυττάρων και των κυττάρων φυσικών φονιάδων στο αίμα
- Μείωση στη δραστηριότητα των κυττάρων φυσικών φονιάδων και τη λειτουργία των Τ κυττάρων
- Μείωση στη ρινική φαγοκυττάρωση από τα ουδετερόφιλα
- Μείωση των επιπέδων της IgA στη ρινική κοιλότητα και τους σιελογόνους αδένες
- Αύξηση των προ- και αντι-φλεγμονωδών κυτοκινών