

ΜΕΡΟΣ Ι ΒΑΣΙΚΗ ΒΑΚΤΗΡΙΟΛΟΓΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

Σύγκριση των βακτηρίων με άλλους μικροοργανισμούς

ΟΙ ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Οι παθογόνοι παράγοντες των λοιμωδών νόσων του ανθρώπου ανήκουν σε πέντε κύριες ομάδες μικροοργανισμών: βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, έλμινθες και ιοί. Τα βακτήρια υπάγονται στο βασίλειο των προκαρυωτικών μικροοργανισμών, οι μύκητες (ζύμες) και βλαστομύκητες, υφομύκητες (μούχλες)] και τα πρωτόζωα είναι μέλη του βασιλείου των πρωτίστων και οι έλμινθες (σκώληκες) ταξινομούνται στο ζωικό βασίλειο (Πίνακας 1-1). Τα πρώτιστα διακρίνονται από τα ζώα και τα φυτά επειδή είναι είτε μονοκύτταροι είτε σχετικά απλοί πολυκύτταροι μικροοργανισμοί. Οι έλμινθες είναι πολύπλοκοι πολυκύτταροι μικροοργανισμοί που κατατάσσονται ως μετάζωα στο ζωικό βασίλειο. Συνολικά, οι έλμινθες και τα πρωτόζωα ονομάζονται από κοινού παράσιτα. Οι ιοί διαφέρουν πολύ από τους άλλους μικροοργανισμούς—δεν είναι κύτταρα, αλλά μπορούν να αναπαραχθούν μόνο μέσα σε κύτταρα.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Πολλά σημαντικά χαρακτηριστικά αυτών των μικροοργανισμών περιγράφονται στον Πίνακα 1-2. Ένα βασικό τους γνώρισμα είναι ότι τα βακτήρια, οι μύκητες, τα πρωτόζωα και οι έλμινθες έχουν ως δομικό στοιχείο τα κύτταρα, ενώ οι ιοί όχι. Αυτή η διαφορά οφείλεται κυρίως στα εξής τρία κριτήρια:

(1) **Δομή.** Τα κύτταρα έχουν πυρήνα ή πυρηνοειδές

(βλέπε παρακάτω) που περιέχει DNA και περιβάλλεται από το κυτταρόπλασμα, εντός του οποίου συντίθενται πρωτεΐνες και παράγεται ενέργεια. Οι ιοί έχουν έναν εσωτερικό πυρήνα από γενετικό υλικό (DNA ή RNA), αλλά όχι κυτταρόπλασμα, και γι' αυτό χρειάζονται τον μηχανισμό του κυττάρου-ξενιστή για τη σύνθεση πρωτεϊνών και την παραγωγή ενέργειας.

(2) **Μέθοδος αναπαραγωγής.** Τα κύτταρα αναπαράγονται με διχοτόμηση, με μίτωση, οπότε ένα μητρικό κύτταρο διαιρείται και/ή δίνει δύο θυγατρικά κύτταρα που διατηρούν την κυτταρική δομή του. Τα προκαρυωτικά κύτταρα, π.χ. βακτήρια, αναπαράγονται με διχοτόμηση, ενώ τα ευκαρυωτικά αναπαράγονται με μίτωση. Αντίθετα, οι ιοί αποσυντίθενται, παράγουν πολλά αντίγραφα των νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών τους και στη συνέχεια τα συναρμολογούν παράγοντας πολλούς θυγατρικούς ιούς. Επιπλέον, οι ιοί πρέπει να αναπαραχθούν εντός των κυττάρων-ξενιστών επειδή, όπως προαναφέρθηκε, στερούνται συστημάτων σύνθεσης πρωτεϊνών

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-1 Βιολογικές σχέσεις των παθογόνων μικροοργανισμών

Βασίλειο	Παθογόνοι μικροοργανισμοί	Τύπος κυττάρων
Ζωικό	Έλμινθες	Ευκαρυωτικά
Φυτικό	Κανείς	Ευκαρυωτικά
Πρώτιστα	Πρωτόζωα Μύκητες	Ευκαρυωτικά Ευκαρυωτικά
Προκαρυωτικά	Προκαρυωτικοί Ιοί	Βακτήρια Μη κυτταρικά

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-2 Σύγκριση των μικροοργανισμών που ενδιαφέρουν την Ιατρική

Χαρακτηριστικό	Ιοί	Βακτήρια	Μύκητες	Πρωτόζωα και έλμινθες
Κύτταρα	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Μέση διάμετρος (μm) ¹	0,02-0,2	1-5	3-10 (βλαστομύκητες)	15-25 (τροφοζώιτες)
Νουκλεϊκό οξύ	DNA ή RNA	DNA και RNA	DNA και RNA	DNA και RNA
Πυρήνας	Δεν υπάρχει	Προκαρυωτικός	Ευκαρυωτικός	Ευκαρυωτικός
Ριβοσώματα	Απουσιάζουν	70S	80S	80S
Μιτοχόνδρια	Απουσιάζουν	Απουσιάζουν	Υπάρχουν	Υπάρχουν
Δομή εξωτερικής επιφάνειας	Πρωτεϊνικό καψίδιο και λιποπρωτεϊνικό περιβλήμα	Σταθερό τοίχωμα από πεπτιδογλυκάνη	Σταθερό τοίχωμα από χιτίνη	Εύκαμπτη μεμβράνη
Κινητικότητα	Καθόλου	Μερικά	Κανείς	Τα περισσότερα
Μέθοδος αναπαραγωγής	Όχι διχοτόμηση	Διχοτόμηση	Εκβλάστηση ή μίτωση ²	Μίτωση ³

¹Συγκριτικά, το ερυθρό αιμοσφαίριο του ανθρώπου έχει διάμετρο 7 μm.

²Οι βλαστομύκητες αναπαράγονται με εκβλάστηση, ενώ οι μούχλες με μίτωση.

³Το ελμινθικό κύτταρο διαιρείται με μίτωση, αλλά ο μικροοργανισμός αναπαράγεται με πολύπλοκους, σεξουαλικούς βιολογικούς κύκλους.

και παραγωγής ενέργειας. Εξαιρώντας τις ρικέτσιες και τα χλαμύδια, που επίσης χρειάζονται ζωντανά κυτταροξενιστές για να αναπτυχθούν, τα βακτήρια μπορούν να αναπαράγονται έξω από τα κύτταρα.

(3) **Είδος νουκλεϊκού οξέος.** Τα κύτταρα περιέχουν τόσο DNA όσο και RNA, ενώ οι ιοί περιέχουν μόνο το ένα εκ των δύο.

ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Τα κύτταρα έχουν εξελιχθεί σε δύο ριζικά διαφορετικούς τύπους, τα **ευκαρυωτικά** και τα **προκαρυωτικά**, που διακρίνονται από τη δομή και την πολυπλοκότητά τους. Οι μύκητες και τα πρωτόζωα είναι ευκαρυωτικά, ενώ τα βακτήρια είναι προκαρυωτικά.

(1) Το ευκαρυωτικό κύτταρο έχει πραγματικό **πυρήνα** με πολλά χρωμοσώματα, περιβαλλόμενα από πυρηνική μεμβράνη, και χρησιμοποιεί μιτωτικό μηχανισμό για να εξασφαλίσει ίση κατανομή των χρωμοσωμάτων στα θυγατρικά κύτταρα.

(2) Το **πυρηνοειδές** του προκαρυωτικού κυττάρου αποτελείται από ένα μόνο κυκλικό μόριο χαλαρά οργα-

νωμένου DNA, δεν έχει πυρηνική μεμβράνη και μιτωτικό μηχανισμό.

Εκτός από τις διαφορές του πυρήνα, οι δύο τύποι κυττάρων διαφέρουν και σε πολλά άλλα σημεία.

(1) Τα ευκαρυωτικά κύτταρα περιέχουν **οργανίδια**, π.χ. μιτοχόνδρια και λυσοσώματα, και μεγαλύτερα (80S) ριβοσώματα, ενώ τα προκαρυωτικά δεν έχουν οργανίδια και τα ριβοσώματά τους είναι μικρότερα (70S).

(2) Τα περισσότερα προκαρυωτικά κύτταρα έχουν σταθερό εξωτερικό κυτταρικό τοίχωμα που περιέχει ως χαρακτηριστικό δομικό συστατικό του **πεπτιδογλυκάνη**, ένα πολυμερές αμινοξέων και σακχάρων. Τα ευκαρυωτικά κύτταρα, αντίθετα, δεν έχουν πεπτιδογλυκάνη και είτε περιβάλλονται από εύκαμπτη κυτταρική μεμβράνη είτε, στην περίπτωση των μυκήτων, έχουν σταθερό κυτταρικό τοίχωμα από χιτίνη, ένα ομοπολυμερές της *N*-ακετυλογλυκοζαμίνης που σχηματίζει το στηρικτικό πλαίσιο.

(3) Η ευκαρυωτική κυτταρική μεμβράνη περιέχει **στερόλες**, οι οποίες απουσιάζουν από τις προκαρυωτικές μεμβράνες, με εξαίρεση τα στερούμενα κυτταρικό τοιχώματος Μυκοπλάσματα.

Η **κινητικότητα** είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό, βά-

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-3 Χαρακτηριστικά των προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών κυττάρων

Χαρακτηριστικό	Προκαρυωτικά βακτηριακά κύτταρα	Ευκαρυωτικά βακτηριακά κύτταρα
DNA εντός πυρηνικής μεμβράνης	Όχι	Ναι
Μιτωτική διαίρεση	Όχι	Ναι
DNA συνδεδεμένο με ιστόνες	Όχι	Ναι
Αριθμός χρωμοσωμάτων	Ένα	Περισσότερα από ένα
Οργανίδια συνδεδεμένα με τη μεμβράνη, όπως μιτοχόνδρια και λυσοσώματα	Όχι	Ναι
Μέγεθος ριβοσώματος	70S	80S
Πεπτιδογλυκάνη στο κυτταρικό τοίχωμα	Ναι	Όχι

σει του οποίου διαχωρίζονται αυτοί οι μικροοργανισμοί. Πολλά πρωτόζωα και μερικά βακτήρια είναι κινητά, ενώ οι μύκητες και οι ιοί δεν είναι. Τα πρωτόζωα είναι μια ετερογενής ομάδα με τρία διαφορετικά όργανα κίνησης: μαστίγια, βλεφαρίδες ή κροσσούς και ψευδοπόδια. Τα βακτήρια κινούνται μόνο με βλεφαρίδες.

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Τα βακτήρια, οι μύκητες, τα πρωτόζωα και οι ελμίνθες παίρνουν σύμφωνα με το σύστημα του Λινναίου διπλή ονομασία, για το γένος και για το είδος, αλλά οι ιοί δεν ονοματίζονται έτσι. Για παράδειγμα, το πασίγνωστο κολοβακτηρίδιο ονομάζεται *Escherichia* (γένος) *coli* (είδος). Ομοίως, ο γνωστός μύκητας Κάντιντα ονομάζεται *Candida* (γένος) *albicans* (είδος). Αλλά οι ιοί, κατά κανόνα, έχουν ένα μόνο όνομα, π.χ. πολιοϊός, ιός της ιλαράς ή ιός της λύσσας. Μερικοί ιοί έχουν όνομα από δύο λέξεις, π.χ. ιός του απλού έρπητα, αλλά αυτό δεν δείχνει γένος και είδος.

ΧΡΗΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Οι παθογόνοι παράγοντες των λοιμωδών νόσων του ανθρώπου είναι **βακτήρια, μύκητες (ζύμες και υφομύκητες), πρωτόζωα, ελμίνθες (σκώληκες)** και **ιοί**.
- Τα βακτηριακά κύτταρα έχουν **προκαρυωτικό** πυρήνα, ενώ τα κύτταρα του ανθρώπου, των μυκήτων, των πρωτοζώων και των ελμίνθων έχουν **ευκαρυωτικό** πυρήνα. Οι ιοί δεν είναι κύτταρα και δεν έχουν πυρήνα.
- Όλα τα κύτταρα περιέχουν τόσο DNA όσο και RNA, πλην των ιών που περιέχουν μόνο DNA ή RNA, ποτέ και τα δύο.
- Τα βακτηριακά κύτταρα και οι μύκητες περιβάλλονται από άκαμπτο κυτταρικό τοίχωμα, ενώ τα κύτταρα του ανθρώπου, των πρωτοζώων και των ελμίνθων έχουν εύκαμπτη κυτταρική μεμβράνη.
- Το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων περιέχει **πεπτιδογλυκάνη**, ενώ αυτό των μυκήτων περιέχει **χιτίνη**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ USMLE*

Ερωτήσεις (με τις απαντήσεις τους) για τα θέματα αυτού του κεφαλαίου θα βρείτε στο τμήμα της Βασικής Μικροβιολογίας του Μέρους XII και στο Μέρος XIII στις σελ. 581 και 627, αντίστοιχα.

* USMLE (United States Medical Licensing Examination = Εξέταση για Άσκηση Επαγγέλματος)

Δομή των βακτηριακών κυττάρων

ΣΧΗΜΑ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ

Τα βακτήρια, ανάλογα με το σχήμα τους, κατατάσσονται σε τρεις κύριες ομάδες: **κόκκοι**, **βακτηρίδια** και **σπειροχαίτες** (Εικόνα 2-1). Οι κόκκοι είναι στρογγυλοί, τα βακτηρίδια είναι επιμήκη, σαν ράβδοι, και οι σπειροχαίτες έχουν σπειροειδές σχήμα. Μερικά βακτήρια δεν έχουν σταθερό σχήμα και ονομάζονται **πολύμορφα**. Το σχήμα του βακτηρίου καθορίζεται από το κυτταρικό τοίχωμα. Η εμφάνιση του βακτηρίου στο μικροσκόπιο είναι ένα από τα σπουδαιότερα κριτήρια για την ταυτοποίησή του.

Εκτός από το χαρακτηριστικό τους σχήμα, σημασία έχει και η διάταξη των βακτηρίων. Για παράδειγμα, μερικοί κόκκοι διατάσσονται σε ζεύγη (**διπλόκοκκοι**), μερικοί διατάσσονται σε αλυσίδες (**στρεπτόκοκκοι**) και άλλοι σε σωρούς σαν σταφύλια (**σταφυλόκοκκοι**). Η διάταξη καθορίζεται από τον προσανατολισμό και τις συνδέσεις των βακτηρίων κατά τον χρόνο της κυτταρικής διαίρεσης. Η διάταξη των βακτηριδίων και των σπειροχαιτών ενδιαφέρει λιγότερο την Ιατρική και δεν θα αναφερθούν εδώ.

Το μέγεθος των βακτηρίων κυμαίνεται από 0,2 έως 5 μm (Εικόνα 2-2). Τα μικρότερα βακτήρια (*Mycoplasma*) έχουν περίπου το μέγεθος των μεγαλύτερων ιών (Ροχνίγους) και είναι οι μικρότεροι μικροοργανισμοί που μπορούν να ζήσουν έξω από κάποιον ξενιστή. Τα μεγαλύτερα βακτηρίδια έχουν το μέγεθος μερικών ζυμών και των ερυθρών αιμοσφαιρίων του ανθρώπου (7 μm).

ΔΟΜΗ

Η δομή του τυπικού βακτηρίου φαίνεται στην Εικόνα 2-3 και τα σημαντικά χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου παρουσιάζονται στον Πίνακα 2-1.

Κυτταρικό τοίχωμα

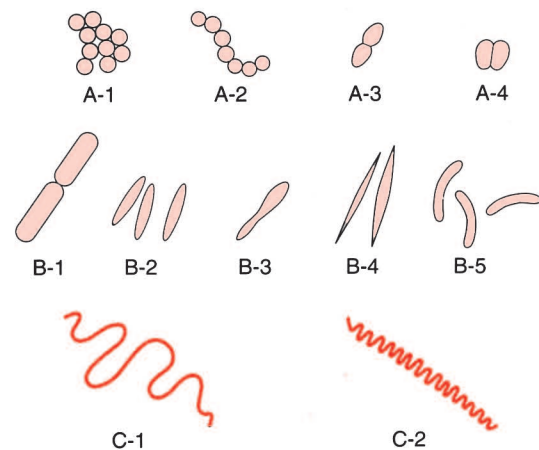
Το κυτταρικό τοίχωμα είναι το εξώτατο δομικό στοιχείο όλων των βακτηρίων (εκτός από τα είδη *Mycoplasma* που περιβάλλονται από κυτταρική μεμβράνη και όχι τοίχωμα). Μερικά βακτήρια έχουν έξω από το κυτταρικό τοίχωμα διάφορα στοιχεία, όπως έλυτρο, βλεφαρίδες και ινίδια, τα οποία είναι λιγότερο συνηθισμένα συστατικά και περιγράφονται παρακάτω.

Το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από πολλές στιβά-

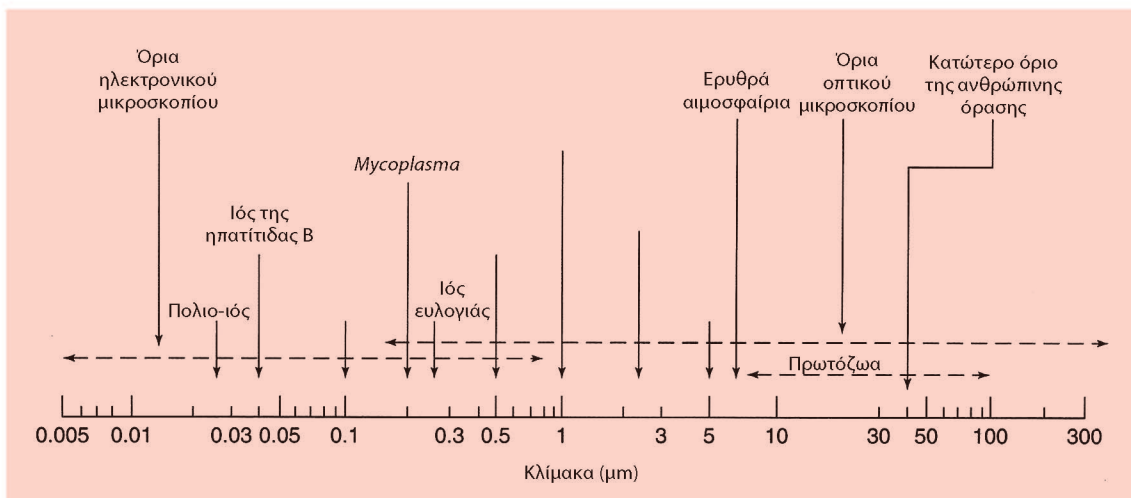
δες και περιβάλλει την κυτταροπλασματική μεμβράνη. Αποτελείται από μια εσωτερική στιβάδα **πεπτιδογλυκάνης** (βλέπε σελ. 7-8) και μια εξωτερική μεμβράνη ποικίλου πάχους και χημικής σύνθεσης, ανάλογα με το είδος του βακτηρίου (Εικόνα 2-4). Η πεπτιδογλυκάνη έχει υποστηρικτικό ρόλο και διατηρεί το χαρακτηριστικό σχήμα του κυττάρου.

Κυτταρικά τοιχώματα των Gram-θετικών και Gram-αρνητικών βακτηρίων

Η δομή, η χημική σύνθεση και το πάχος του κυτταρικού τοιχώματος διαφέρει στα Gram-θετικά και στα Gram-αρνητικά βακτήρια (Πίνακας 2-2 και “Χρώση κατά Gram” σε πλαίσιο).



ΕΙΚΟΝΑ 2-1 Μορφολογία των βακτηρίων. **A:** Κόκκοι σε σωρούς, π.χ. *Staphylococcus* (A-1), σε αλυσίδες, π.χ. *Streptococcus* (A-2), σε ζεύγη με τις κορυφές τους, π.χ. *Streptococcus pneumoniae* (A-3), σε ζεύγη με σχήμα νεφρών, π.χ. *Neisseria* (A-4). **B:** Βακτηρίδια (βάκιλλοι): με τετράγωνα άκρα, π.χ. *Bacillus* (B-1), με αποστρογγυλεμένα άκρα, π.χ. *Salmonella* (B-2), με σχήμα κορίνας, π.χ. *Corynebacterium* (B-3), ατρακτοειδή, π.χ. *Fusobacterium* (B-4), με σχήμα κόμματος, π.χ. *Vibrio* (B-5). **C:** Σπειροχαίτες: με αραιές σπείρες, π.χ. *Borrelia* (C-1), με πυκνές σπείρες, π.χ. *Treponema* (C-2). (Τροποποίηση και αναπαραγωγή κατόπιν αδείας από Joklik WK et al. *Zinsser Microbiology*. 20th ed. Αρχική δημοσίευση από Appleton & Lange. Copyright 1992 του McGraw-Hill.)



ΕΙΚΟΝΑ 2-2 Μεγέθη αντιπροσωπευτικών βακτηρίων, ιών, ζυμών, πρωτοζώων και ανθρώπινων ερυθρών αιμοσφαιρίων. Τα βακτήρια κατατάσσονται κατά μέγεθος από το μικρότερο *Mycoplasma* έως τον *Bacillus anthracis*, ένα από τα μεγαλύτερα. Στους ιούς, ο πολιοϊός είναι από τους μικρότερους και ο ιός της ευλογιάς ο μεγαλύτερος. Τα πρωτόζωα είναι πολύμορφα με ευρύ φάσμα μεγεθών. HIV, ιός της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας. (Τροποποίηση και αναπαραγωγή κατόπιν αδείας από Joklik WK et al. *Zinsser Microbiology*. 20th ed. Αρχική δημοσίευση από Appleton & Lange. Copyright 1992 του McGraw-Hill.)

(1) Η στιβάδα της πεπτιδογλυκάνης είναι πολύ παχύτερη στα Gram-θετικά παρά στα Gram-αρνητικά βακτήρια. Μερικά Gram-θετικά βακτήρια έχουν επίσης μόρια τειχοϊκού οξέος που προεξέχουν από την πεπτιδογλυκάνη, ενώ τα Gram-αρνητικά βακτήρια δεν έχουν.

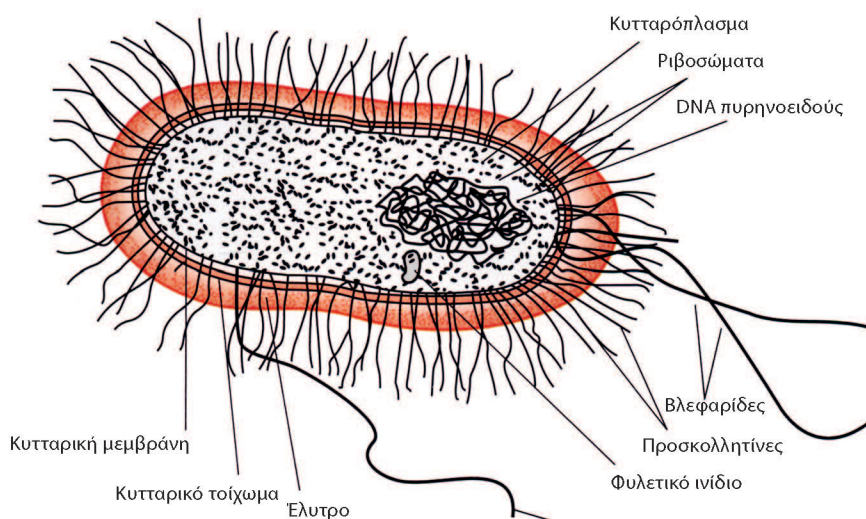
(2) Αντίθετα, τα Gram-αρνητικά βακτήρια έχουν πολυσύνθετη εξωτερική στιβάδα αποτελούμενη από λιποπολυσακχαρίτη, λιποπρωτεΐνη και φωσφολιπίδιο. Μεταξύ της εξωτερικής μεμβράνης και της κυτταροπλασματικής μεμβράνης βρίσκεται στα Gram-αρνητικά βακτήρια ο

περιπλασμικός χώρος, εντός του οποίου, σε μερικά είδη, βρίσκονται τα ένζυμα β-λακταμάσες που διασπούν τις πενικιλίνες και άλλα β-λακταμικά αντιμικροβιακά.

Το κυτταρικό τοίχωμα διαθέτει πολλές άλλες σημαντικές ιδιότητες.

(1) Στα Gram-αρνητικά βακτήρια περιέχει **ενδοτοξίνη** (λιποπολυσακχαρίτη) (βλέπε σελ. 9 και 44-45).

(2) Οι πολυσακχαρίτες και οι πρωτεΐνες του είναι αντιγόνα, χρήσιμα για την ταυτοποίηση στο εργαστήριο.



ΕΙΚΟΝΑ 2-3 Δομή των βακτηρίων. (Κατόπιν αδείας από Ryan et al. *Sherris Medical Microbiology*. 4th ed. Copyright 2004 του McGraw-Hill.)