

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

---

### A. Σύντομη ιστορική ανασκόπηση

Η Βιολογία του Κυττάρου ασχολείται με την οργάνωση της ζωντανής ύλης και είναι από τους πιο νέους κλάδους των βιολογικών επιστημών. Το πρόβλημα της οργάνωσης της ζωντανής ύλης είχε πάντα μεγάλο ενδιαφέρον για τους ερευνητές, αλλά η έλλειψη κατάλληλων οργάνων εμπόδιζε σοβαρά τις έρευνες προς αυτή την κατεύθυνση.

Το πρώτο σημαντικό γεγονός για τη Βιολογία του Κυττάρου αναφέρεται το 1665 από τον Hooke, ο οποίος περιγράφει «κύτταρα» παρατηρώντας λεπτές τομές φελλού. Παρόμοιες παρατηρήσεις έγιναν και από τον Grew το 1672 σε διάφορα τμήματα φυτών. Το 1674 ο van Leeuwenhoek παρατήρησε ελεύθερα κύτταρα μελετώντας διάφορα πρωτόζωα, σπερματοζωάρια και ερυθροκύτταρα και ήταν ο πρώτος που ανέφερε ότι υπάρχει μια κάποια οργάνωση στα κύτταρα αυτά.

Το κυριότερο πρόβλημα που συνάντησαν οι πρώτοι ερευνητές ήταν τα σφάλματα των φακών στα οπτικά μικροσκόπια. Για έναν περίπου αιώνα οι παρατηρήσεις των Hooke, Grew και van Leeuwenhoek παρέμειναν οι μοναδικές παρατηρήσεις κυττάρων. Αργότερα, αρκετοί ερευνητές ξεκινώντας από τις αρχικές παρατηρήσεις του Hooke, υπέθεσαν ότι τα κύτταρα περιβάλλονται πάντα από κυτταρικό τοίχωμα και συνεπώς η μορφή οργάνωσης των ζώων είναι διαφορετική από εκείνη των φυτών. Όμως ο Schwann, παρατηρώντας κομμάτια ζωικού χόνδρου διαπίστωσε την ομοιότητα της δομής τους σε σχέση με τα φυτικά κύτταρα και διατύπωσε την άποψη ότι φυτά και ζώα πρέπει να αποτελούνται από τις ίδιες βασικές δομικές μονάδες.

Μεγάλο ρόλο στην ανάπτυξη της Βιολογίας του Κυττάρου διαδραμάτισε η **κυτταρική θεωρία** που είναι μια από τις πιο θεμελιώδεις βιολογικές έννοιες. Η κυτταρική θεωρία, στην τωρινή της μορφή, αναφέρει ότι:

- I. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αποτελούνται από εμπύρηνα κύτταρα
- II. Τα κύτταρα αποτελούν τις δομικές μονάδες της ζωής και
- III. Τα κύτταρα προκύπτουν μόνο από προϋπάρχοντα κύτταρα με διαίρεση.

Η θεωρία αυτή προήλθε από πολυάριθμες παρατηρήσεις που τελικά οδήγησαν στη διατύπωσή της από τους Schwann και Schleiden. Οι απόψεις των Schwann και Schleiden είχαν βαθιά απήχηση στους επιστήμονες της εποχής εκείνης. Αργότερα, το 1858, ο Virchow στο κλασικό πια βιβλίο του «Cellular Pathology», διατύπωσε το περίφημο «Omnis cellula e cellula» (κάθε κύτταρο προέρχεται από ένα κύτταρο).

Λίγο νωρίτερα, στα 1831, ο Brown ανέφερε ότι ο πυρήνας είναι ουσιώδης και σταθερό στοιχείο του κυττάρου. Έτσι, η αρχική ιδέα του απλού κυττάρου άλλαξε προς μια πιο πολύπλοκη έννοια κατά την οποία, κύτταρο είναι μια μάζα πρωτοπλάσματος (ο όρος πρωτόπλασμα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1840 από τον Purkinje) που περιορίζεται από μια κυτταρική μεμβράνη και έχει έναν πυρήνα. Το πρωτόπλασμα που περιβάλλει τον πυρήνα έγινε γνωστό σαν **κυτόπλασμα** ή **κυτταρόπλασμα** για να ξεχωρίζει από το «πρωτόπλασμα» του πυρήνα, το **καρυόπλασμα** ή **πυρηνόπλασμα**.

Άλλες ενδιαφέρουσες ανακαλύψεις στη Βιολογία Κυττάρου αφορούν τη διαίρεση του κυττάρου που ονομάστηκε **καρυοκίνηση** (Schleicher, 1878) ή **μίτωση** (Flemming, 1880) και το σπουδαίο ρόλο που διαδραματίζουν στη μίτωση τα **πυρηνικά νημάτια** ή **χρωμοσώματα** (Waldeyer, 1890). Την ίδια περίπου εποχή παρατηρήθηκε η γονιμοποίηση του ωαρίου από τα σπερματοζωάρια (Hertwig), η δικτυοειδής συσκευή ή συσκευή Golgi (Golgi) και τα μιτοχόνδρια (Altmann, Benda). Στα 1892 ο Hertwig δημοσίευσε τη μονογραφία του Die Zelle und das Gewebe, όπου προσπάθησε να δώσει μια γενική εικόνα των βιολογικών φαινομένων βασισμένη στα χαρακτηριστικά του κυττάρου, τη δομή και τη λειτουργία του. Από τότε η Βιολογία Κυττάρου καθιερώθηκε ως ανεξάρτητος κλάδος των Βιολογικών επιστημών.

Η ανάπτυξη της Βιολογίας Κυττάρου στον αιώνα μας οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους: I. στην αυξανόμενη ικανότητα ανάλυσης των χρησιμοποιούμενων οργάνων, κυρίως του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και της τεχνικής της διάθλασης ακτίνων X και II. στην πρόοδο και αλληλοσυμπλήρωση των γνώσεων με άλλους τομείς της Βιολογίας και κυρίως τη Γενετική, τη Φυσιολογία και τη Βιοχημεία.

Μετά την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου από τον Thomson (1898) και την κατασκευή του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου το 1932, έπεσε το φράγμα των 2000 Å και η δύναμη ανάλυσης των βιολογικών δομών έγινε πολύ με-

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

*Μερικοί από τους πρώτους ιστορικούς σταθμούς στη Βιολογία Κυττάρου*

- 
1665. Ο Hooke δημοσιεύει το έργο του *Micrographia*, στο οποίο περιγράφει και σχεδιάζει την κυτταρική κατασκευή του φελλού.
1675. Ο Leeuwenhoek κατασκευάζει νέους φακούς για το οπτικό μικροσκόπιο και ανακαλύπτει μια ποικιλία μονοκύτταρων τύπων ζωής, περιλαμβανομένων και των βακτηρίων (1683).
1824. Ο Dutrochet καταλήγει στο συμπέρασμα ότι όλοι οι ιστοί (ζωικοί και φυτικοί) αποτελούνται από μικρότερες μονάδες (τα κύτταρα).
1828. Ο Wöhler συνθέτει ουρία και εκφράζει την άποψη ότι οι οργανικές ενώσεις μπορούν να συντεθούν μόνο από ζωντανούς οργανισμούς.
1831. Ο Brown αναφέρει την ύπαρξη των πυρήνων.
- 1838, 1839. Οι Schwann και Schleiden θεμελιώνουν την κυτταρική θεωρία.
1858. Ο Virchow υποστηρίζει ότι τα κύτταρα προέρχονται μόνο από άλλα κύτταρα και ότι, ως λειτουργικές μονάδες της ζωής, είναι επίσης οι πρωταρχικές θέσεις των ασθενειών.
1862. Ο Pasteur καταρρίπτει τη θεωρία για την αυτόματη γένεση των μικροβίων.
1907. Ο Harrison ανακαλύπτει τρόπο ανάπτυξης απομονωμένων κυττάρων στο εργαστήριο (κυτταροκαλλιέργειες), έτσι ώστε οι κυτταρικές έρευνες μπορούν να γίνουν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.
- 

γαλύτερη. Για το λόγο αυτό, όλα τα υποκυτταρικά οργανίδια ανακαλύφθηκαν μετά το 1950 όπως π.χ. τα ριβοσώματα και το ενδοπλασματικό δίκτυο από τους Palade και Porter, τα λυοσώματα από τον de Duve και Novikoff, τα μιτοχόνδρια από τους Sjöstrand και Palade κτλ.

Η σύγχρονη Βιολογία Κυττάρου προσεγγίζει τα προβλήματα του κυττάρου σ' όλα τα επίπεδα οργάνωσης, αρχίζοντας από τις μοριακές δομές. Η Βιολογία Κυττάρου είναι μια νέα σχετικά επιστήμη προς την οποία συγκλίνουν η Γενετική, η Φυσιολογία και η Βιοχημεία. Οι βιολόγοι του κυττάρου, χωρίς να χάσουν την έννοια του κυττάρου, ως μορφολογικής και λειτουργικής μονάδας του οργανισμού, πρέπει να είναι προετοιμασμένοι να χρησιμοποιήσουν κατάλληλα τις μεθόδους, τις τεχνικές και τις έννοιες από τις άλλες επιστήμες. Μόνο έτσι είναι δυνατόν το κύτταρο να μελετηθεί σαν μια ολοκληρωμένη ενότητα μέσα στο μεγαλείο του φυσικού του περιβάλλοντος.

## **B. Τι είναι κύτταρο – Προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά κύτταρα**

Τα κύτταρα παρουσιάζουν τεράστια ποικιλία μεγεθών και διαστάσεων που αντιπροσωπεύουν την εξελικτική τους προσαρμογή σε διάφορα περιβάλλοντα και τη διαφοροποίησή τους. Τα κύτταρα έχουν διάμετρο από λίγα δέκατα ενός μμ, όπως συμβαίνει σε μερικά βακτήρια, μέχρι και μερικά εκατοστά, π.χ. ορισμένα θαλάσσια φύκη και αυγά πτηνών. Παρόλη την εμφανή διαφοροποίηση που παρατηρείται ανάμεσα στα κύτταρα, υπάρχουν εντούτοις κοινά γνωρίσματα που αποτελούν χαρακτηριστικά στοιχεία των ζωντανών κυττάρων.

Το κύτταρο έχει την ικανότητα να ζει ακόμη και χωρίς την ύπαρξη άλλων κυττάρων. Η ιδιότητα αυτή προϋποθέτει την ύπαρξη μιας μεταβολικής μηχανής ικανής να πάρει ενέργεια από το περιβάλλον και να χρησιμοποιήσει την ενέργεια αυτή για τη στήριξη ουσιαστών βιοχημικών διεργασιών. Οι διεργασίες αυτές περιλαμβάνουν την κίνηση ουσιών από το ένα σημείο του κυττάρου στο άλλο, την εκλεκτική μεταφορά μορίων μέσα και έξω από το κύτταρο και την ικανότητα αλλαγής διαμόρφωσης των μορίων. Εκτός απ' αυτή τη μεταβολική μηχανή, το κύτταρο έχει ομάδες γονιδίων που καθορίζουν τη σύνθεση ουσιών και τέλος μια ξεχωριστή δομή, την κυτταρική ή πλασματική μεμβράνη, που τα απομονώνει από το εξωτερικό περιβάλλον.

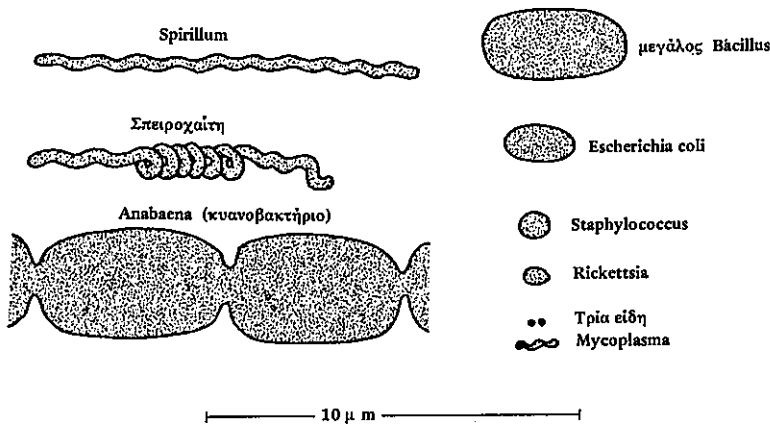
Η ζωντανή ύλη χαρακτηρίζεται ταυτόχρονα από ευαισθησία, μεταβολισμό, αύξηση, κίνηση και αναπαραγωγή. Είναι όμως δυνατόν, τουλάχιστον θεωρητικά, να κατασκευαστεί μια μηχανή με όλα τα χαρακτηριστικά της ζωντανής ύλης. Ποιά είναι λοιπόν η πιο σημαντική διαφορά ανάμεσα στη ζωντανή και μη ζωντανή ύλη; Τι είναι εκείνο που διαχωρίζει το ένα από το άλλο; Η απάντηση είναι μια: η εξέλιξη. Η ζωή είναι μια διεργασία που άρχισε από ένα απλό επίπεδο οργάνωσης και απέκτησε την πολυπλοκότητά της μέσα από την εξέλιξη. Ο ουσιαστικός χαρακτήρας της ζωής και της ζωντανής ύλης είναι ότι έχει εξελιχθεί, ότι διατηρεί και επεκτείνει την οργάνωσή της. Η ζωντανή ύλη δεσμεύει ενέργεια και τη διοχετεύει με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνει βιολογικά χρήσιμη. Κατά την εξέλιξη οι μηχανισμοί δέσμευσης, μετατροπής και χρησιμοποίησης της ενέργειας έγιναν πιο αποτελεσματικοί και επέτρεψαν τη δημιουργία ανώτερων μορφών οργάνωσης. Η ενέργεια επιτρέπει στο ζωντανό σύστημα να διατηρήσει τη σταθερότητα και την τάξη, η οποία ελαττώνει την εντροπία (τάση ενός απομονωμένου συστήματος να γίνει αυτόματα λιγότερο οργανωμένο) του συστήματος. Χωρίς την ύπαρξη ελεύθερης ενέργειας ή των μηχανισμών χρησιμοποίησής της, τα κύτταρα θα είχαν αυξήσει την εντροπία τους με αποτέλεσμα το θάνατό τους. Η ζωντανή ύλη υπόκειται λοιπόν στους ίδιους φυσι-

κούς και χημικούς νόμους που υπάρχουν για την ανόργανη ύλη, αλλά διακρίνεται απ' αυτή λόγω των εξελικτικών της δυνατοτήτων.

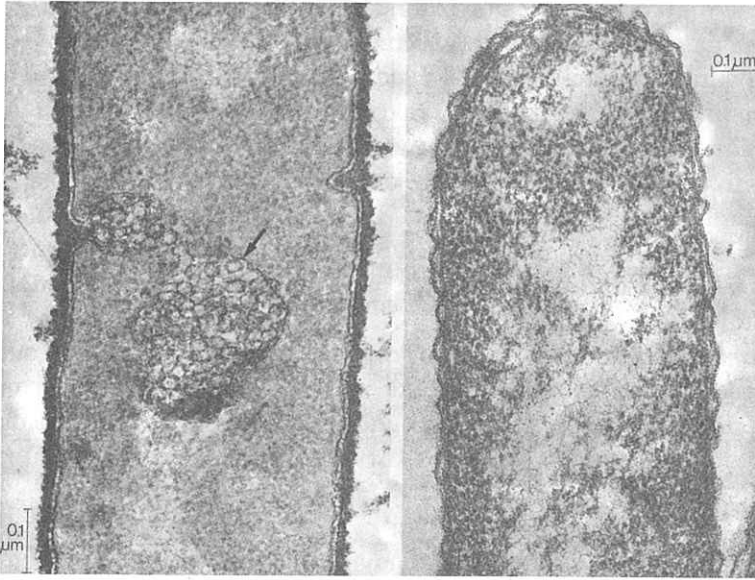
Δεν είναι δυνατόν να δοθεί ένας απλός ορισμός για το κύτταρο. Το κύτταρο μπορεί να οριστεί ως μια συστηματικά οργανωμένη ομάδα μορίων που βρίσκονται σε δυναμική αλληλεπίδραση. Το κύτταρο έχει μορφολογική, φυσική και χημική οργάνωση και την ικανότητα να αφομοιώνει, να αναπτύσσεται και να αναπαράγεται. Το κύτταρο αποτελεί τη μονάδα ζωής η οποία έχει ανεξαρτησία στην έκταση που βρίσκεται σε ισορροπία με το περιβάλλον του, από την άποψη της αυτορρύθμισης και της προσαρμοστικότητας.

Τα κύτταρα τα οποία υπάρχουν σήμερα στον κόσμο μας χωρίζονται σε **προκαρυωτικά** και **ευκαρυωτικά**. Στα προκαρυωτικά κύτταρα ανήκουν τα βακτήρια και συγγενείς προς αυτά ομάδες και θεωρούνται ότι μοιάζουν πολύ περισσότερο προς τα αρχέγονα κύτταρα απ' ό,τι τα ευκαρυωτικά κύτταρα.

Τα **προκαρυωτικά κύτταρα** είναι σχετικά μικρά με διαστάσεις ολίγων  $\mu\text{m}$  (Εικ. 1-1). Η πλασματική μεμβράνη στα προκαρυωτικά κύτταρα περιβάλλεται από ένα σκληρό κυτταρικό τοίχωμα και μπορεί να είναι λεία ή να σχηματίζει εγκοιλώσεις οι οποίες στα βακτήρια ονομάζονται **μεσόσωμα** (Εικ. 1-2). Στην πλασματική μεμβράνη των προκαρυωτικών κυττάρων υπάρχουν τα ένζυμα για τις διάφορες οξειδώσεις, τη μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική κτλ.



**Εικόνα 1-1.** Διάφορα προκαρυωτικά κύτταρα στα οποία φαίνεται η διαφορά μεγέθους. Σ' όλα όμως το μήκος τους δεν ξεπερνά τα λίγα ( $\sim 10$ )  $\mu\text{m}$ .  
(Από Alberts et al., 1983).



**Εικόνα 1-2.** Δύο είδη βακτηρίων, *Bacillus subtilis* (αριστερά) και *Escherichia coli* (δεξιά). Στο *B. subtilis* η μεμβράνη δεν είναι λεία αλλά σχηματίζει το μεσόσωμα (βέλος). Τα νουκλεοειδή είναι οι ηλεκτρονικά διαφανείς περιοχές και στα δύο βακτήρια. Το κυτταρικό τοίχωμα στο *B. subtilis* είναι πιο παχύ απ' ό τι στην *E. coli* και βρίσκεται σε στενή επαφή με την πλασματική μεμβράνη. (Από Giese, 1978).

Στο εσωτερικό των προκαρυωτικών κυττάρων δεν υπάρχει οργανωμένος πυρήνας αλλά μια χρωματινική δομή που ονομάζεται νουκλεοειδές και περιβάλλεται από το κυτταρόπλασμα. Το νουκλεοειδές αποτελείται από ένα απλό μόριο DNA το οποίο αναδιπλώνεται και σχηματίζει μια σχεδόν ομογενή μάζα. Τα ριβοσώματα των προκαρυωτικών κυττάρων είναι μικρότερα από τα ριβοσώματα των ευκαρυωτικών κυττάρων. Πολλά είδη βακτηρίων μετακινούνται με τη βοήθεια μαστιγίου. Τα μαστίγια είναι λεπτές (διάμετρος 12-18 nm) επιμήκεις δομές, αποτελούνται από ένα είδος πρωτεΐνης σ' ένα συγκεκριμένο είδος βακτηρίου και διαφέρουν από τα μαστίγια των ευκαρυωτικών κυττάρων τα οποία είναι μεγαλύτερα και έχουν πιο πολύπλοκη δομή.

Σε αντίθεση με τα προκαρυωτικά κύτταρα, στα ευκαρυωτικά κύτταρα υπάρχει σαφής διαμερισματοποίηση του κυτταροπλάσματος, η οποία είναι ουσιώδης για τη σωστή λειτουργία τους, επειδή χωρίς αυτήν χιλιάδες ένζυμα θα αναμιγνύονταν τυχαία μεταξύ τους με αποτέλεσμα χαώδεις βιοχημικές διεργασίες. Τα ευκαρυωτικά κύτταρα περιβάλλονται και αυτά από πλα-

σματική μεμβράνη, αλλά οι περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις γίνονται ενδοκυτταρικά. Το γενετικό υλικό στα ευκαρυωτικά κύτταρα χωρίζεται από το κυτταρόπλασμα με τον πυρηνικό φάκελο, ένα διπλομεμβρανικό οργανίδιο με πόρους που επιτρέπουν την επικοινωνία πυρήνα-κυτταροπλάσματος. Μέσα στον πυρήνα, το DNA μαζί με ιστονικές και μη ιστονικές πρωτεΐνες δημιουργεί χρωμοσωμικά ινίδια και χρωμοσώματα, ενώ υπάρχει και ο πυρηνίσκος, η θέση δημιουργίας των ριβοσωμικών υπομονάδων. Στο κυτταρόπλασμα υπάρχουν διάφορα μεμβρανικά οργανίδια και μια μεγάλη ποικιλία κυστιδίων και κενοτοπίων. Τα μικροσωληνάρια και τα μικροϊνίδια εκτός από το ρόλο τους στην κυτταρική κίνηση, αποτελούν κύρια στοιχεία του κυτταρικού σκελετού (Εικ. 1-3). Οι κυριότερες διαφορές ανάμεσα στα προκαρυωτικά και τα ευκαρυωτικά κύτταρα αναφέρονται στον Πίνακα 2.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

*Σύγκριση προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών κυττάρων*

	Προκαρυωτικά	Ευκαρυωτικά
Κυτταρικό μέγεθος	μήκος 1-10 $\mu\text{m}$	μήκος 10-100 $\mu\text{m}$
Μεταβολισμός	αναερόβιος ή αερόβιος	αερόβιος
Οργανίδια	λίγα ή κανένα	πυρήνας, μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες, ενδοπλασματικό δίκτυο κτλ.
DNA	κυκλικό DNA στο κυτταρόπλασμα	πολύ μακρύ DNA, περιέχει πολλές περιοχές που δεν κωδικοποιούν - βρίσκεται στον πυρήνα, σχηματίζει χρωμοσώματα
RNA και πρωτεΐνες	RNA και πρωτεΐνες συνθέτονται στο κυτταρόπλασμα	RNA συνθέτεται στον πυρήνα - οι πρωτεΐνες συνθέτονται στο κυτταρόπλασμα
Κυτταρόπλασμα	δεν υπάρχει κυτταρικός σκελετός, ροή κυτταροπλάσματος, ενδοκύτωση ή εξωκύτωση	ο κυτταρικός σκελετός αποτελείται από πρωτεϊνικά ινίδια-κυτταροπλασματική ροή-ενδοκύτωση-εξωκύτωση
Κυτταρική διαίρεση	με σχάση	με μίτωση (ή μείωση)

Εξαιρέση στην παραπάνω ταξινόμηση αποτελούν οι ιοί και οι φάγοι που είναι μια ιδιαίτερη κατηγορία «οργανισμών» με δυνατότητα παρέμβασης στις κυτταρικές λειτουργίες. Οι ιοί και οι φάγοι περιέχουν DNA ή