

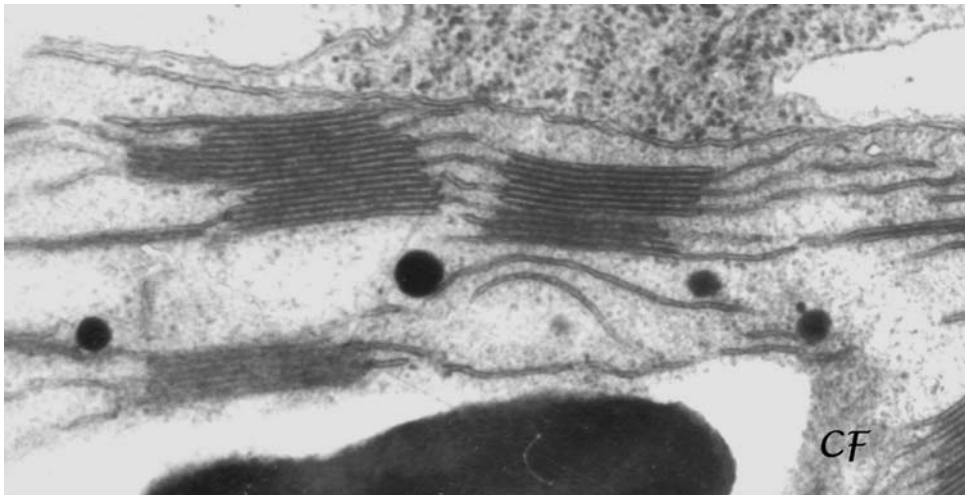
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ
ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

ΤΟΥ

Δρ Κωνσταντίνου Φασσέα, Βιολόγου,
Αναπληρωτή Καθηγητή.



ΑΘΗΝΑ 2006

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
1. ΛΕΠΤΗ ΔΟΜΗ ΚΥΤΤΑΡΟΥ	18
1.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥ «ΛΕΠΤΗ ΔΟΜΗ».....	18
1.2 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ.....	18
1.2.1 Μικροσκοπία.....	18
1.2.2 Εγκατάσταση χημικών συνθηκών στο εσωτερικό ζωντανών	
κυττάρων.....	18
1.2.3 Διαχωρισμός κυττάρων και κυτταροκαλλιέργεια.....	21
1.2.4 Κλασμάτωση κυτταρικών συστατικών.....	21
2. ΜΟΡΦΕΣ ΖΩΗΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΚΑΤΑΤΑΣΣΟΝΤΑΙ ΣΕ ΒΑΣΙΛΕΙΑ.....	23
2.1 ΙΟΕΙΔΗ (VIROIDS).....	23
2.2 ΤΑ PRIONS.....	23
2.3 ΙΟΙ (VIRUSES).....	25
2.3.1 Η δομή των ιών.....	26
2.3.2 Οι ιοί των φυτών.....	27
2.3.3 Οι ιοί των ζώων.....	29
2.3.4 Οι ιοί στην Ιατρική.....	29
2.4 ΜΥΚΟΠΛΑΣΜΑΤΑ (MYCOPLASMAS).....	30
3. ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ	32
3.1 ΒΑΚΤΗΡΙΑ (BACTERIA).....	32
3.2 ΡΙΚΕΤΤΣΙΕΣ (RICKETTSIA).....	34
4. ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ.....	35
4.1 ΠΡΩΤΙΣΤΑ.....	35
5. ΟΙ ΚΥΤΤΑΡΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ.....	37
5.1 ΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ.....	37
5.1.1 Ιστορικά δεδομένα.....	37
5.1.2 Η λεπτή δομή της πλασματικής ή μοναδιαίας μεμβράνης (plasma	
membrane).....	40
5.1.3 Το μοντέλο του υγρού μωσαϊκού.....	41
5.1.4 Το λιπιδικό τμήμα.....	41
5.1.5 Οι πρωτεΐνες των μεμβρανών.....	43
5.1.6 Μετακίνηση συστατικών μέσω των μεμβρανών.....	44
5.2 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ.....	46
5.2.1 Μικρολάχνες.....	46
5.2.2 Οι σύνδεσμοι.....	49
5.2.3 Οι συνάψεις.....	52
5.2.4 Πλασμοδέσμες.....	53
5.3 ΕΞΟΚΥΤΤΑΡΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.....	53
5.4 ΟΡΓΑΝΙΔΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	56
5.4.1 Μιτοχόνδρια και χλωροπλάστες.....	56

5.4.2	<i>Το μιτοχόνδριο.</i>	57
5.4.3	<i>Ο χλωροπλάστης.</i>	61
5.4.4	<i>Χλωροπλάστες και φωτοσύνθεση.</i>	64
5.4.5	<i>Ανάπτυξη και διαίρεση μιτοχονδρίων και χλωροπλαστών.</i>	65
5.5	ΥΠΕΡΟΞΥΣΩΜΑΤΑ.	67
5.6	ΤΑ ΡΙΒΟΣΩΜΑΤΑ.	69
5.7	ΤΟ ΕΝΔΟΠΛΑΣΜΑΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.	70
5.8	ΤΟ ΣΩΜΑΤΙΟ GOLGI.	72
5.9	Ο ΠΥΡΗΝΑΣ. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.	77
5.10	Ο ΚΥΤΤΑΡΟΣΚΕΛΕΤΟΣ.	81
5.11	ΟΙ ΜΙΚΡΟΣΩΛΗΝΙΣΚΟΙ.	84
5.12	ΤΑ ΚΕΝΤΡΟΣΩΜΑΤΙΑ ΟΙ ΒΛΕΦΑΡΙΔΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΜΑΣΤΙΓΙΑ.	86
6.	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΥΤΤΑΡΟΥ – ΚΥΤΤΑΡΟΔΙΑΙΡΕΣΗ.	89
6.1	ΓΙΑΤΙ ΔΙΑΙΡΟΥΝΤΑΙ ΤΑ ΚΥΤΤΑΡΑ;	89
6.2	Ο ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.	89
6.3	ΜΙΤΩΣΗ ΚΑΙ ΚΥΤΟΚΙΝΗΣΗ.	91
6.4	Η ΜΙΤΩΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ Η ΜΙΤΩΣΗ	93
6.5	Η ΜΕΙΩΣΗ.	96
7.	Η ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ.	102
7.1	ΠΡΩΤΟΠΛΑΣΜΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ.	102
7.2	ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ.	102
7.3	ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΙΣΤΟΥ.	103
7.4	ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΙΣΤΟΥ – ΟΡΓΑΝΟΥ.	104
7.5	ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΡΓΑΝΩΝ.	104
8.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΤΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΖΩΩΝ.	104
8.1	ΤΥΠΟΙ ΙΣΤΩΝ.	104
8.2	ΕΠΙΘΗΛΙΑΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	105
8.2.1	<i>Απλό πλακώδες επιθήλιο.</i>	105
8.2.2	<i>Απλό κυβοειδές.</i>	105
8.2.3	<i>Απλό σπηλοειδές.</i>	105
8.2.4	<i>Στρωματώδες.</i>	106
8.2.5	<i>Ψευδοστρωματώδες.</i>	106
8.3	ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ.	106
8.4	ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΦΗ ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ	
	ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΕΞΗΣ:	106
8.4.1	<i>Χαλαρός συνδετικός ιστός.</i>	106
8.4.2	<i>Ελαστικός συνδετικός ιστός.</i>	107
8.4.3	<i>Δικτυωτός συνδετικός ιστός.</i>	107
8.4.4	<i>Αποθετικός ιστός.</i>	107
8.4.5	<i>Πυκνός ή ινώδης συνδετικός ιστός.</i>	107
8.4.6	<i>Χόνδρος.</i>	108
8.4.7	<i>Οστίτης ιστός.</i>	108
8.4.8	<i>Αίμα.</i>	108

8.5	ΜΥΪΚΟΣ ΙΣΤΟΣ.....	111
8.6	ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ.....	112
9.	ΤΟ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	113
9.1.1	<i>Η κυτταρική βάση της ανοσίας.....</i>	<i>113</i>
9.1.2	<i>Οι λειτουργικές ιδιότητες των αντισωμάτων.....</i>	<i>113</i>
9.1.3	<i>Η λεπτή δομή των αντισωμάτων.....</i>	<i>113</i>
9.1.4	<i>Η δημιουργία διαφορετικών αντισωμάτων.....</i>	<i>113</i>
9.1.5	<i>Το συμπληρωματικό σύστημα (the complement system).....</i>	<i>113</i>
9.1.6	<i>Τα Τ-λεμφοκύτταρα και (cell mediated immunity).....</i>	<i>113</i>
10.	ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ.....	114

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι Πανεπιστημιακές Παραδόσεις γράφτηκαν έτσι που να ανταποκρίνονται στην ύλη του μαθήματος «Βιολογία Κυττάρου» που διδάσκεται στους φοιτητές του Β' Εξαμήνου του Τμήματος Γεωπονικής Βιοτεχνολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Σκοπός του Μαθήματος είναι η κατανόηση των βασικών εννοιών της βιολογίας των κυττάρων, συνδέοντας πάντα τη δομή με τη λειτουργία τους αλλά και των υποκυτταρικών δομών από τις οποίες απαρτίζονται τα κύτταρα. Έχει γίνει ιδιαίτερη προσπάθεια τα παραδείγματα και οι εικόνες να σχετίζονται με τα αντικείμενα που ασχολείται η Γεωπονία ενώ όλες οι φωτογραφίες και τα σχεδιαγράμματα που παρατίθενται είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας του συγγραφέα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εδώ και αρκετά χρόνια οι περισσότεροι επιστήμονες έχουν αποδεχτεί την κατάταξη των έμβιων όντων σε πέντε Βασίλεια, τα οποία είναι:

Monera (Μονήρη = βακτήρια και κυανοφύκη),
Protoctista ή **Protista** (τα πρώτιστα, είναι απλοί ευκαρυωτικοί οργανισμοί που δεν περιλαμβάνονται στις άλλες ομάδες),
Fungi (Μύκητες),
Plantae (Φυτά) και
Animalia (Ζώα).

Στα Βασίλεια κατατάσσονται οι οργανισμοί οι οποίοι διαθέτουν τους κατάλληλους μηχανισμούς για να επιβιώσουν ως αυτόνομοι. Υπάρχουν όμως και άλλες ομάδες όντων οι οποίες αποτελούν ιδιόζουσες μορφές ζωής και εξετάζονται ιδιαιτέρως. Τέτοιες μορφές ζωής αποτελούν οι ιοί τα ιοειδή (Viroids), και τα Prions. Τα μυκοπλάσματα, τα οποία διαθέτουν ενδιάμεση μορφή οργάνωσης μεταξύ των ιών και των βακτηρίων, κατατάσσονται στα τελευταία.

Μια πιο προσεκτική μελέτη της υπομικροσκοπικής και μοριακής δομής, καθώς και η μελέτη των διαφόρων μεταβολικών μηχανισμών όπως π.χ. η πρωτεϊνοσύνθεση, η αντιγραφή και ο διπλασιασμός του DNA, ή δομών όπως τα ριβοσώματα, τα μαστίγια κλπ. μας δείχνουν την ομοιομορφία και κοινή προέλευση των οργανισμών. Οι διαφορές που παρατηρούνται στη δομή, μορφή και λειτουργία των οργανισμών που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες, έχουν προκύψει από τις διαφορετικές φυσιολογικές ανάγκες των οργανισμών αυτών (π.χ. αυτότροφοι – ετερότροφοι οργανισμοί) ή τη διαφορετική αντιμετώπιση κοινών προβλημάτων όπως για παράδειγμα η κίνηση, η ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης, η άμυνα, η εύρεση τροφής κλπ. Οι διαφορές αυτές, σχεδόν πάντα, φτάνουν μέχρι και το υπομικροσκοπικό ή ακόμα και το μοριακό επίπεδο.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι τα κοινά οργανίδια και δομές που διαθέτουν τα φυτικά και τα ζωικά κύτταρα (π.χ. μιτοχόνδρια, ενδοπλασματικό δίκτυο, Golgi κλπ.) είναι πολύ παρόμοια μορφολογικά και λειτουργικά και στις δυο κατηγορίες κυττάρων και δείχνουν ότι η φυσική επιλογή οδήγησε στην κοινή ή παράλληλη εξέλιξη τους.

Η πιο σημαντική διαφορά ανάμεσα στα φυτά και τα ζώα και που από αυτήν απορρέουν και οι περισσότερες μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές, είναι ο τρόπος θρέψης τους. Σε γενικές γραμμές τα φυτά είναι κατά κανόνα αυτότροφοι οργανισμοί και τα ζώα ετερότροφοι.

Αυτότροφοι ή παραγωγοί, είναι οι οργανισμοί που μπορούν να συνθέσουν μόνοι τους οργανικές ενώσεις από απλές ανόργανες, όπως είναι το CO₂ το νερό και τα ανόργανα άλατα και με πηγή ενέργειας κυρίως το ηλιακό φως, τέτοιοι οργανισμοί είναι κατά κανόνα τα πράσινα φυτά τα φωτοσυνθετικά βακτήρια και ορισμένα πρώτιστα.

Ετερότροφοι ή καταναλωτές είναι οι οργανισμοί που τρέφονται καταναλώνοντας έτοιμες οργανικές ουσίες που βρίσκονται στο σώμα άλλων ζώων ή φυτών, τέτοιοι οργανισμοί είναι κατά κανόνα τα ζώα και οι μύκητες ενώ ετερότροφα είναι και πολλά βακτήρια και πρώτιστα.

Λόγω αυτής της διαφοράς οι δυο κατηγορίες οργανισμών έχουν εντελώς διαφορετικούς μηχανισμούς για να βρίσκουν την τροφή τους, αλλά και για να προστατεύονται από τους διάφορους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες. Τα μεν φυτά μπορούν να παίρνουν όλα τα συστατικά που χρειάζονται για τη διαβίωση και ανάπτυξη τους από το άμεσο περιβάλλον τους χωρίς να χρειάζεται να μετακινηθούν (εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων) τα δε ζώα πρέπει να μπορούν να κινηθούν για να φτάσουν στη τροφή τους είτε αυτή είναι κάποιο φυτό (φυτοφάγα ζώα) είτε είναι κάποιο άλλο ζώο (σαρκοφάγα ζώα). Έτσι τα φυτά έχουν προσαρμοστεί ώστε να αντιμετωπίζουν τα προβλήματα της στατικής ζωής με κυριότερα τη **θρέψη**, την **οικονομία νερού** και τη **στήριξη**. Τα ζώα θα πρέπει να κινηθούν στο περιβάλλον τους για να εξασφαλίσουν τη τροφή τους, το νερό την προστασία τους κλπ. Εξαίρεση αποτελούν ορισμένες ακίνητες, αποκλειστικά υδρόβιες μορφές, όπου κινείται το υγρό μέσον που τα περιβάλλει, όπως είναι για παράδειγμα οι θαλάσσιες ανεμώνες.

Το μέγεθος των κυττάρων

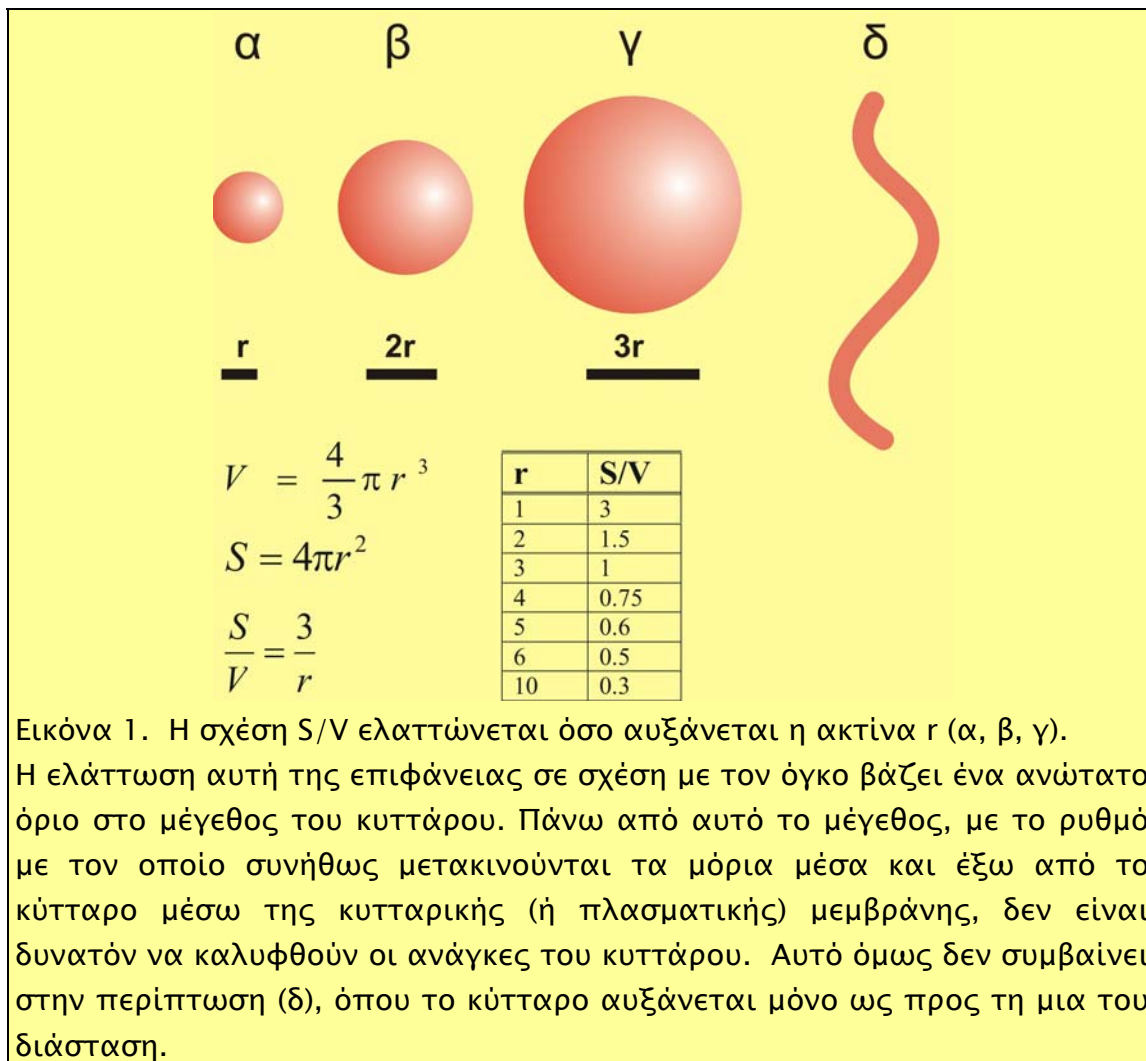
Τα περισσότερα κύτταρα έχουν μικροσκοπικό μέγεθος ενώ από κύτταρο σε κύτταρο μπορεί να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεγέθους. Υπάρχουν για παράδειγμα βακτήρια που είναι ορατά μόνο με ένα καλό οπτικό μικροσκόπιο ενώ κάποια εξειδικευμένα ζωικά κύτταρα είναι αρκετά μεγάλα ώστε να είναι ορατά με γυμνό μάτι. Για παράδειγμα το ανθρώπινο ωάριο έχει περίπου το μέγεθος της τελείας στο τέλος αυτής της πρότασης. Τα μεγαλύτερα κύτταρα είναι τα αυγά των πουλιών, δεν μπορούν όμως να θεωρηθούν ως τυπικά κύτταρα επειδή σχεδόν ολόκληρη η μάζα τους αποτελείται από αποταμιευτικές ουσίες που δεν αποτελούν μέρος των λειτουργικών δομών των κυττάρων.

Το μέγεθος και το σχήμα των κυττάρων σχετίζονται με τη λειτουργία τους. Κάποια κύτταρα όπως η αμοιβάδα και τα λευκά αιμοσφαίρια μπορούν να αλλάζουν το σχήμα τους κατά την κίνησή τους και η οποία ονομάζεται αμοιβαδοειδής. Τα σπερματοζωάρια έχουν μακριές ουρές που μοιάζουν με μαστίγια, και χρησιμεύουν στη μετακίνησή τους ενώ τα νευρικά κύτταρα διαθέτουν μακριές προεκβολές που τους επιτρέπουν να μεταδίδουν μηνύματα σε μεγάλες αποστάσεις μέσα στο σώμα του ζώου. Κάποιες τέτοιες προεκβολές νευρικών κυττάρων του

ανθρώπινου σώματος μπορεί να φτάνουν το 1 m μήκος. Κάποια άλλα κύτταρα, όπως είναι τα επιθηλιακά, μπορεί να έχουν σχήμα παραλληλεπίπεδου και να είναι τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο όπως τα τούβλα ενός κτιρίου ή οι πλάκες του πεζοδρομίου.

Γιατί τα κύτταρα να είναι τόσο μικρά;

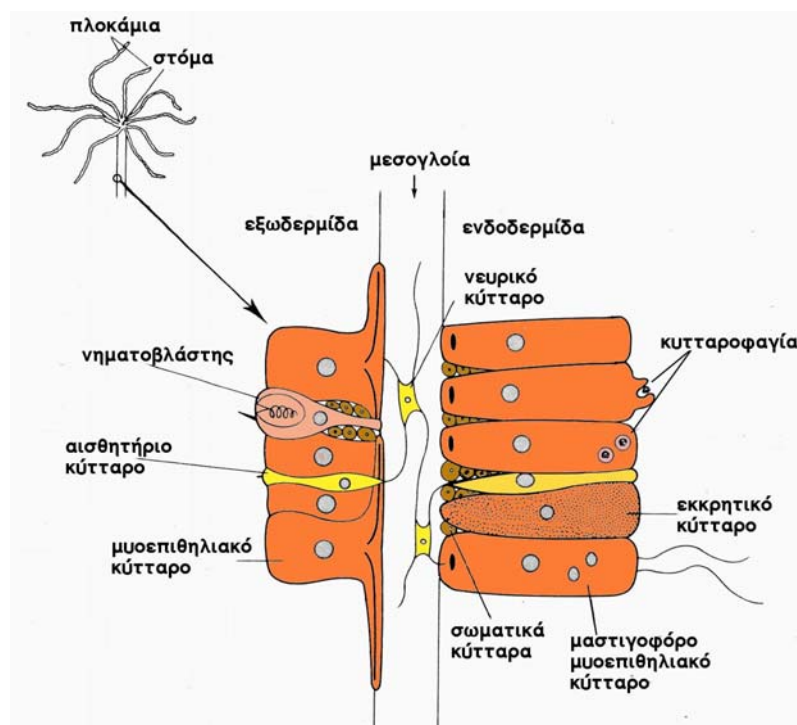
Αν σκεφτούμε πόσες διεργασίες πρέπει να διενεργούνται σ' ένα κύτταρο για να μπορέσει να επιβιώσει, αναπτυχθεί και αναπαραχθεί, αυτό μπορεί να μας βοηθήσει να δώσουμε την απάντηση. Ένα κύτταρο πρέπει να προσλάβει τροφή και άλλα συστατικά μέσω της κυτταρικής του μεμβράνης. Μόλις αυτά τα συστατικά εισέλθουν στο κύτταρο, πρέπει να μετακινηθούν στη σωστή τοποθεσία όπου και θα μετατραπούν σε κάποιες άλλες ουσίες. Οι ουσίες αυτές, με τη σειρά τους, πρέπει να μετακινηθούν μέσα στο κύτταρο για να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον, ορισμένα συστατικά που παράγει ένα κύτταρο, είτε πρέπει να απομακρυνθούν από αυτό πριν τη συσσώρευσή τους σε τοξικό επίπεδο, εφόσον αυτά είναι άχρηστα υποπροϊόντα κάποιων μεταβολικών αντιδράσεων, είτε να εκκριθούν από αυτό, εφόσον πρόκειται για χρήσιμα προϊόντα (π.χ. πεπτικά ένζυμα, ορμόνες κλπ.). Στους πολυκύτταρους οργανισμούς, τα κύτταρα πρέπει ακόμα να εκκρίνουν συστατικά που θα χρησιμοποιηθούν από άλλα κύτταρα. Επειδή όμως τα κύτταρα είναι τόσο μικρά, οι αποστάσεις που πρέπει να διατρέξουν τα διάφορα μόρια είναι σχετικά μικρές, πράγμα που επιταχύνει πολλές κυτταρικές λειτουργίες. Επιπλέον, αφού όλα τα συστατικά πρέπει να περάσουν μέσω της κυτταρικής μεμβράνης, όσο πιο μεγάλη επιφάνεια μεμβρανών διαθέτει το κύτταρο τόσο πιο γρήγορα τα διάφορα μόρια θα περάσουν μέσα από τη μεμβράνη. Αυτό σημαίνει ότι το μέγεθος κάθε κυττάρου υπόκειται σε κάποιους περιορισμούς. Αν απαιτείται αύξηση του μεγέθους του κυττάρου αυτό συμβαίνει μόνο ως προς τη μια ή το πολύ προς τις δυο διαστάσεις ενώ η τρίτη διατηρείται πάντα περιορισμένη, όπως συμβαίνει στους νευρώνες στα ζώα και στα κολλεγχυματικά κύτταρα στα ανώτερα φυτά. (Εικόνα 1).



Η ποικιλομορφία των κυττάρων.

Δομές όπως τα χρωμοσώματα, τα μιτοχόνδρια, το ενδοπλασματικό δίκτυο κλπ. είναι κοινά στη πλειοψηφία των κυττάρων, παρόλα αυτά το σχήμα, η μορφή και τα συστατικά των κυττάρων εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Τα δομικά χαρακτηριστικά ενός κυττάρου είναι στενά συνδεδεμένα με τις λειτουργίες του. Εδώ θα αναφερθούν μόνο μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα ορισμένων εξειδικευμένων κυττάρων για να φανεί αυτή η ποικιλομορφία. Τέτοια ποικιλομορφία εμφανίζεται όχι μόνο μεταξύ κυττάρων διαφορετικών ειδών αλλά και ανάμεσα στα κύτταρα του ίδιου είδους. Έτσι τα κύτταρα του υδρόβιου ζωικού οργανισμού *Hydra* διαφέρουν σημαντικά από εκείνα του ανθρώπου αν και έχουν τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά και ως προς ένα βαθμό επιτελούν και τις ίδιες λειτουργίες. Το σώμα της *Hydra*, που είναι ένας σχετικά απλός οργανισμός, αποτελείται από επτά διαφορετικά είδη κυττάρων, που κάθε ένα από αυτά είναι λίγο ή πολύ εξειδικευμένο να επιτελεί

ορισμένες διεργασίες Εικόνα 2. Στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη κυττάρων (περισσότερα από 200), που όλα είναι πολύ εξειδικευμένα και προσαρμοσμένα για να επιτελούν ορισμένες διεργασίες.

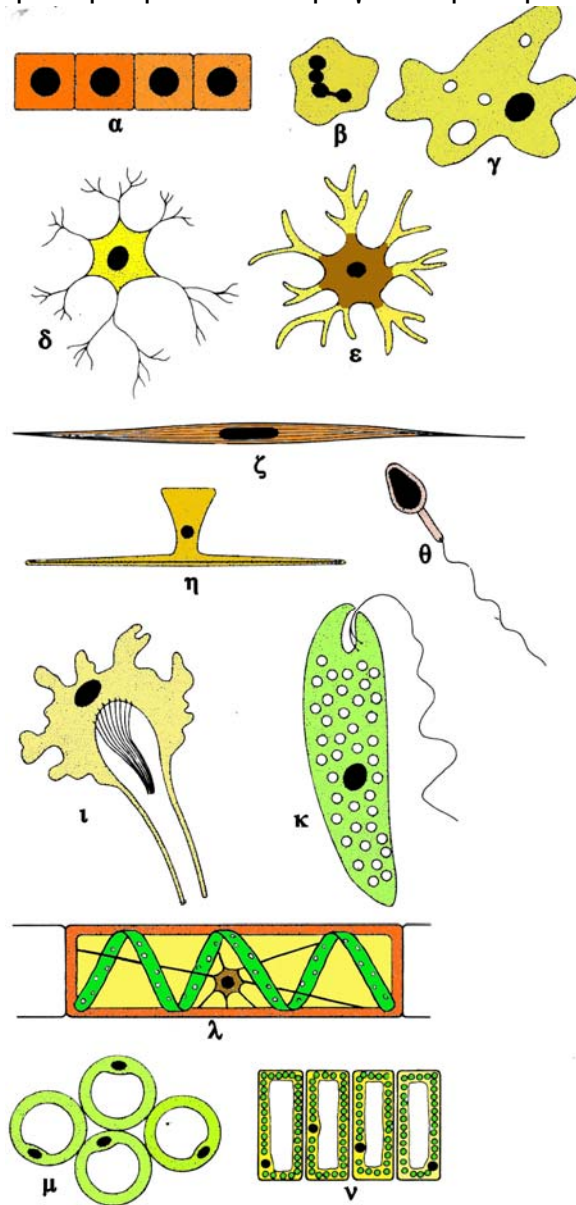


Εικόνα 2. Κατά μήκος τομή από το σώμα του υδρόβιου ζώου ύδρα (*Hydra* sp), όπου φαίνονται τα διάφορα είδη κυττάρων που το αποτελούν.

Έτσι τα επιθηλιακά κύτταρα (τέτοια κύτταρα υπάρχουν πολλών ειδών) έχουν τέτοιο σχήμα και μορφή που τα καθιστούν κατάλληλα για την επικάλυψη επιφανειών του σώματος, οργάνων και επιφανειών κοιλότητων. Τα εκκριτικά κύτταρα είναι υπεύθυνα για την έκκριση ουσιών, για παράδειγμα βλέννας. Τέτοια κύτταρα διαθέτουν μεγάλο αριθμό οργανιδίων Golgi, πράγμα που αποτελεί ένδειξη ότι τα οργανίδια αυτά έχουν λειτουργική σχέση με την έκκριση ουσιών.

Οι ινιδοβλάστες εκκρίνουν πρωτεϊνικές ίνες οι οποίες συνθέτουν τον συνδετικό ιστό ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη συγκράτηση ιστών και οργάνων στη θέση τους. Οι χονδροβλάστες και οι οστεοβλάστες παράγουν χόνδρο και οστέινη αντίστοιχα, συστατικά του στηρικτικού (ερειστικού) ιστού. Τα ερυθροκύτταρα (ερυθρά αιμοσφαίρια) έχουν σχήμα αμφίκιουλου δίσκου, είναι γεμάτα με μια κόκκινη χρωστική την αιμοσφαιρίνη (ή αιμογλοβίνη) και είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά οξυγόνου σε όλο το σώμα ενώ είναι ένα από τα λίγα είδη κυττάρων που δεν διαθέτουν πυρήνα. Τα λευκά αιμοσφαίρια (ή λευκοκύτταρα) γενικά έχουν αμοιβαδοειδές σχήμα και ο ρόλος τους είναι η άμυνα. Ένα από τα πιο εξειδικευμένα κύτταρα των ζώων είναι και τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες, που είναι εξειδικευμένα να μεταδίδουν ηλεκτρικά μηνύματα από

κύτταρο σε κύτταρο. Τα αισθητήρια κύτταρα είναι ικανά να μετατρέπουν κάποιας μορφής ενέργεια (μηχανική, φωτεινή, θερμική ή χημική) σε ηλεκτρική. Έτσι παράγουν ηλεκτρικά μηνύματα όταν διεγείρονται από κατάλληλα ερεθίσματα όπως της αφής, του ήχου, του φωτός, της θερμότητας ή χημικών ουσιών.



Εικόνα 3. Η ποικιλομορφία των κυττάρων: (α) κυβοειδή επιθηλιακά, (β) λευκό αιμοσφαίριο, (γ) αμοιβάδα, (δ) νευρικό κύτταρο, (ε) χρωματοφόρο, (ζ) λεία μυϊκή ίνα, (η) μυοεπιθηλιακό κύτταρο, (θ) σπερματοζωάριο, (ι) φλογοκύτταρο,

Τα **μυοϊνίδια** είναι επίσης ευαίσθητα σε ηλεκτρικά ερεθίσματα που τα κάνουν να συστέλλονται. Τα κύτταρα που αναφέρθηκαν μέχρι εδώ βρίσκονται στα ανώτερα ζώα. Υπάρχουν όμως και άλλα εξειδικευμένα κύτταρα που βρίσκονται σε ζώα που ανήκουν σε κατώτερες εξελικτικές βαθμίδες. Για παράδειγμα στο δέρμα των αμφιβίων και ερπετών συναντάμε χρωματοφόρα κύτταρα που περιέχουν χρωστικές ουσίες οι οποίες επιτρέπουν στο ζώο να αλλάζει χρώμα, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο χαμελέων. Τα **φλογοκύτταρα** (ονομάζονται έτσι επειδή μοιάζουν με αναμένα καντήλια) βρίσκονται σε ορισμένα σκουλήκια (Platyhelminthes) και παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης. Ένα από τα πιο περίεργα κύτταρα είναι και οι **νηματοβλάστες** της θαλάσσιας ανεμώνας ή της μέδουσας (τσούχτρας) και της Hydra. Αυτά τα κύτταρα περιέχουν ένα νήμα που είναι αντιστρεπτό (δηλαδή, του βγαίνει το μέσα έξω), κάτι που θυμίζει την αντίδραση του ακροσώματος του σπερματοζωαρίου όταν αυτό

επιτίθεται στο ωάριο) και περιέχει τοξικό υγρό ικανό να σκοτώσει τη λεία. Τα **μυοεπιθηλιακά** κύτταρα της Hydra, και άλλων συγγενικών ειδών,

εξυπηρετούν την κίνηση αλλά και την κάλυψη του οργανισμού. Ανάλογη ποικιλία κυττάρων υπάρχει βέβαια και στα φυτά.

Μονοκύτταροι-πολυκύτταροι οργανισμοί.

Κυτταρική διαφοροποίηση.

Επίπεδα οργάνωσης των οργανισμών.

Σε προηγούμενη παράγραφο εξηγήσαμε γιατί τα κύτταρα δεν μπορούν να ξεπεράσουν ένα καθορισμένο μέγεθος. Έτσι για να μεγαλώσει ένας οργανισμός θα πρέπει να γίνει πολυκύτταρος. Η δημιουργία όμως πολυκύτταρων οργανισμών απαιτεί τη δημιουργία εξειδικευμένων κυττάρων. Σ' ένα μονοκύτταρο οργανισμό, όπως είναι ένα βακτήριο ή ένα μαστιγοφόρο, όλες οι λειτουργίες που απαιτούνται για τη διαβίωση του οργανισμού επιτελούνται μέσα στο ένα κύτταρο. Ένας πολυκύτταρος οργανισμός για να επιβιώσει θα πρέπει να «αναθέσει» διάφορες εργασίες σε διάφορα εξειδικευμένα κύτταρα. Έτσι όσο πιο εξελιγμένος είναι ένας οργανισμός τόσο πιο εξειδικευμένα (διαφοροποιημένα) κύτταρα διαθέτει.

Με την εξέλιξη έχουν δημιουργηθεί οργανισμοί με διαφορετικά επίπεδα πολυπολοκότητας:

A. κυτταρικό επίπεδο. Σε αυτό το επίπεδο κατατάσσονται μονοκύτταροι οργανισμοί ή οργανισμοί που διαθέτουν και ορισμένα διαφοροποιημένα κύτταρα για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων σκοπών, όπως είναι η κίνηση, η αναπαραγωγή, η κίνηση και η άμυνα. Όλα όμως τα κύτταρα έχουν την ικανότητα να επιβιώσουν ανεξάρτητα και να επιτελούν τις βασικές λειτουργίες τους. Παραδείγματα τέτοιων οργανισμών είναι οι αμοιβάδες, το *Paramecium*, οι αποικίες *Volvox*, οι σπόγγοι κ.ά.

B. επίπεδο ιστού. Σε αυτό το επίπεδο οργάνωσης ανήκουν οργανισμοί οι οποίοι διαθέτουν ομάδες εξειδικευμένων κυττάρων οργανωμένων σε ιστούς.

Για παράδειγμα, κάποιες ομάδες κυττάρων εξειδικεύονται στη μεταφορά συστατικών ή κάποιες άλλες συστέλλονται για να προκαλέσουν τη μετακίνηση του οργανισμού. Όταν τα κύτταρα μιας τέτοιας ομάδας είναι παρόμοια σε σχήμα, μέγεθος, οργάνωση και λειτουργία συνιστούν έναν ιστό. Οι ζωικοί ιστοί είναι οι εξής: επιθηλιακός, ερειστικός, μυϊκός και νευρικός.

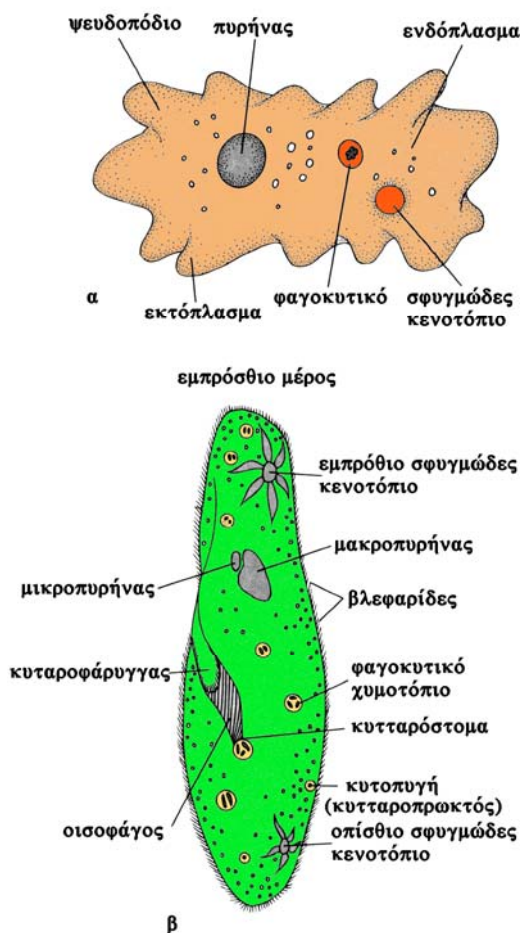
Μια ένδειξη της πολυπλοκότητας των ζώων φαίνεται από το ότι όλα τα ζώα, εκτός από τα πολύ απλά, διαθέτουν όργανα. Το όργανο είναι μια ξεχωριστή δομή του σώματος που συνήθως επιτελεί μια εξειδικευμένη λειτουργία. Τυπικά αποτελείται από διάφορους ιστούς που έχουν μια πολύ οργανωμένη δομική σχέση μεταξύ τους. Για παράδειγμα τα νεφρά αποτελούνται από λείους μύες, συνδετικό ιστό, διάφορα είδη επιθηλίων,

και αίμα που όλα είναι οργανωμένα σ' ένα πολύπλοκο σύστημα, το όργανο, του οποίου ο ρόλος είναι η ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης του σώματος και η απομάκρυνση από τον οργανισμό ανεπιθύμητων συστατικών.

Η διαφοροποίηση των κυττάρων των ανώτερων ζώων είναι πιο απόλυτη από εκείνη των φυτών. Τα διαφοροποιημένα ζωικά κύτταρα εκτός από τις βασικές μεταβολικές πορείες, όπως η αναπνοή, που είναι κοινές σε όλα τα κύτταρα, είναι απόλυτα εξειδικευμένα να επιτελούν μια εργασία, όπως για παράδειγμα τα μυϊκά κύτταρα συσπώνται, τα νευρικά μεταδίδουν νευρικούς παλμούς, και τα επιθηλιακά καλύπτουν. Στα φυτά η εξειδίκευση (διαφοροποίηση) έχει μια διαβάθμιση, από ελάχιστα διαφοροποιημένα κύτταρα όπως τα καμβιακά μέχρι τα απόλυτα εξειδικευμένα όπως του ηθμού. Έτσι, ένα παρεγχυματικό κύτταρο μπορεί να επιτελεί διαφορετικές λειτουργίες, όπως στήριξη, μεταφορά και φωτοσύνθεση. Αυτή η ιδιότητα των φυτικών κυττάρων αντικατοπτρίζεται και στην ικανότητα που έχουν για αποδιαφοροποίηση και επαναδιαφοροποίηση και αναφέρεται ως **πολυδυναμικότητα** (totipotency). Λόγω αυτής της ιδιότητας που έχουν τα φυτικά κύτταρα είναι δυνατή η ανάπτυξη τυχαίων οργάνων, όπως είναι η ανάπτυξη ριζών από βλαστό ή φύλλα, ή η ανάπτυξη οφθαλμών από επιδερμικά κύτταρα. Κάτι τέτοιο όμως είναι εντελώς αδιανόητο στα ανώτερα τουλάχιστον ζώα. Στα κατώτερα ζώα διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους, η ικανότητα για κυτταροδιαίρεση και διαφοροποίηση ορισμένων κυττάρων από τα οποία μπορούν να αναγεννηθούν διάφοροι ιστοί και όργανα που πιθανόν να έχουν πάθει κάποια βλάβη. Έτσι στις σαλαμάνδρες, τις σαύρες, τους αστερίες τα καβούρια ή τα χταπόδια, είναι δυνατή η αναπλήρωση της ουράς, των πλοκαμιών ή βραχιόνων που έχουν αποκοπεί ή ακόμα και κάποιων άλλων οργάνων. Είναι γνωστό εδώ και πολλά χρόνια στους οστρακοτρόφους ότι ο τεμαχισμός των αστερίων, οι οποίοι τρώνε τα οστρακοφόρα ζώα, και το πέταγμά τους πάλι στη θάλασσα έχει σαν αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των αστερίων! Ο ακρωτηριασμός ενός

θηλαστικού, όμως, είναι μη αναστρέψιμη βλάβη, αντίθετα όμως ακόμα και στους πιο φυλογενετικά προηγμένους οργανισμούς, όπως είναι ο άνθρωπος, ορισμένοι ιστοί έχουν την ικανότητα να αναπλάθονται. Τα επιθηλιακά και τα κύτταρα του αίματος είναι γνωστό ότι αναπληρώνονται συνεχώς. Σε άλλα κύτταρα όμως ο βαθμός διαφοροποίησης φτάνει σε τέτοιο επίπεδο όπου παρεμποδίζεται ακόμα και η αύξηση τους, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στους νευρώνες. Τα κύτταρα όμως του συκωτιού παραμένουν σχετικά αδιαφοροποίητα και έτσι παράλληλα με την ικανότητα να επιτελούν ένα μεγάλο αριθμό λειτουργιών διατηρούν και την ικανότητα προς κυτταροδιαίρεση. Έτσι όταν σ' έναν ενήλικα, αφαιρεθούν τα δυο τρίτα του συκωτιού του, αυτό μπορεί να αναγεννηθεί στο αρχικό του μέγεθος και σχήμα σε διάστημα τριών εβδομάδων. Αντίθετα οι «μη προγραμματισμένες» κυτταροδιαιρέσεις οι οποίες πολλές φορές επιτελούνται σε κάποιο ιστό των ανώτερων ζώων χαρακτηρίζεται ως όγκος ο οποίος μπορεί να είναι καλοήθης ή κακοήθης.

Όπως όμως τα κύτταρα, και οι ιστοί δεν μπορούν να λειτουργήσουν απομονωμένα, έτσι και τα όργανα πρέπει να είναι συγκροτημένα σε **συστήματα οργάνων**. Ένα σύστημα οργάνων αποτελείται από διάφορα όργανα που όλα μαζί επιτελούν μια συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα στο πεπτικό σύστημα



το οποίο αποτελείται από τον οισοφάγο, το στομάχι, το λεπτό έντερο και άλλα όργανα όπως το πάγκρεας και το συκώτι, επιτελείται η λειτουργία της πέψης. Πολλές φορές ένα όργανο μπορεί να ανήκει σε δυο διαφορετικά συστήματα όπως για παράδειγμα το πάγκρεας το οποίο ανήκει και στο πεπτικό σύστημα, επειδή εκκρίνει πεπτικά ένζυμα, αλλά και στο ενδοκρινές επειδή εκκρίνει και ορμόνες.

Τα ζωικά κύτταρα, όπως ακριβώς και τα φυτικά, περιβάλλονται από μια μεμβράνη, την πλασματική (ή κυτταρική) μεμβράνη, που γενικά έχει τις ίδιες ιδιότητες με το πλασμαλείμμα των

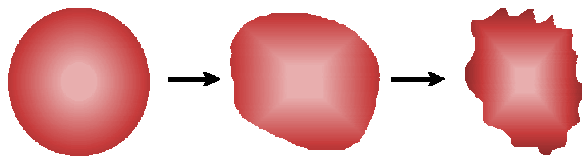
1. Εικόνα 4. Τα πρωτόζωα *Amoeba proteus* (α) και το *Paramecium* (β).

φυτικών κυττάρων. Σε αντίθεση όμως με το φυτικό κύτταρο, το ζωικό δεν περιβάλλεται από κυτταρικό τοίχωμα το οποίο είναι μια δομή πλήρως διαπερατή που δίνει μηχανική αντοχή στις διάφορες μηχανικές τάσεις (π.χ. ωσμωτική καταπόνηση, στήριξη, κλπ.).

Τα ζωικά κύτταρα συνήθως βρίσκονται σε περιβάλλον ισοτονικό με το κυτταρόπλασμα τους και έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα καταστροφής τους λόγω μεταβολής του ωσμωτικού δυναμικού του μέσου που τα περιβάλλει. Όταν όμως το ωσμωτικό δυναμικό του περιβάλλοντός τους είναι μεταβλητό, όπως για παράδειγμα στα πρωτόζωα του γλυκού νερού, οι οργανισμοί αυτοί αναπτύσσουν μηχανισμούς, όπως τα σφυγμώδη κενοτόπια, των οποίων μια από τις λειτουργίες τους είναι και η ρύθμιση του ωσμωτικού δυναμικού του κυτταροπλάσματος. Ως παράδειγμα μπορούμε να πάρουμε τα ανθρώπινα ερυθρά αιμοσφαίρια. Ένα διάλυμα 0.9% NaCl είναι ισοτονικό με το υγρό που περιβάλλει τα ανθρώπινα κύτταρα, όταν ερυθρά αιμοσφαίρια τοποθετηθούν σ' ένα τέτοιο διάλυμα ο όγκος και το σχήμα τους δε θα αλλάξουν. Όταν όμως τοποθετηθούν σε ισχυρότερο (υπερτονικό) διάλυμα NaCl, π.χ. 1.2%, τα κύτταρα αυτά θα συρρικνωθούν και η κυτταρική μεμβράνη θα ζαρώσει, αν αντίθετα τα κύτταρα τοποθετηθούν σε αραιότερο διάλυμα (υποτονικό) αυτά θα διογκωθούν με αποτέλεσμα τη διάρρηξή τους, φαινόμενο που ονομάζεται αιμόλυση. Είναι επομένως κατανοητό ότι τα ζωικά κύτταρα για να διατηρήσουν το σχήμα και μέγεθός τους θα πρέπει είτε να βρίσκονται συνεχώς σε ισοτονικό περιβάλλον, είτε να διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς που να τους επιτρέπουν τη διαβίωσή τους σε περιβάλλοντα με μεταβαλλόμενο ωσμωτικό δυναμικό. Αυτοί οι ειδικοί μηχανισμοί αποτελούν μέρος του ωσμωορρυθμιστικού συστήματος που είναι απαραίτητο για τη διατήρηση των οργανισμών στη ζωή. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το Πρώτιστο Amoeba (αμοιβάδα) που έχει και θαλάσσια αλλά και είδη του γλυκού νερού. Τα θαλάσσια είδη είναι ισοτονικά με το θαλασσινό νερό και έτσι δε χρειάζονται κανένα ωσμωορρυθμιστικό μηχανισμό. Στα είδη όμως του γλυκού νερού, το κυτταρόπλασμα τους είναι σημαντικά υπερτονικό σε σχέση με το περιβάλλον τους. Το αποτέλεσμα είναι να εισέρχεται συνεχώς νερό μέσα στο κύτταρο μέσω της πλασματικής τους μεμβράνης. Αναμφίβολα το κύτταρο αυτό γρήγορα θα διογκωνόταν και θα καταστρεφόταν αν δεν είχε τα **σφυγμώδη κενοτόπια**, ειδικά σφαιρικά οργανίδια που λειτουργούν σαν αντλίες, απορροφώντας το νερό από το κυτταρόπλασμα και αποβάλλοντας το προς το περιβάλλον. Στα ανώτερα ζώα η ρύθμιση του ωσμωτικού δυναμικού που περιβάλλει τα κύτταρα (και όχι τον οργανισμό), αντιμετωπίζεται συνολικά με τη συνεργασία διαφόρων ομοιοστατικών μηχανισμών.

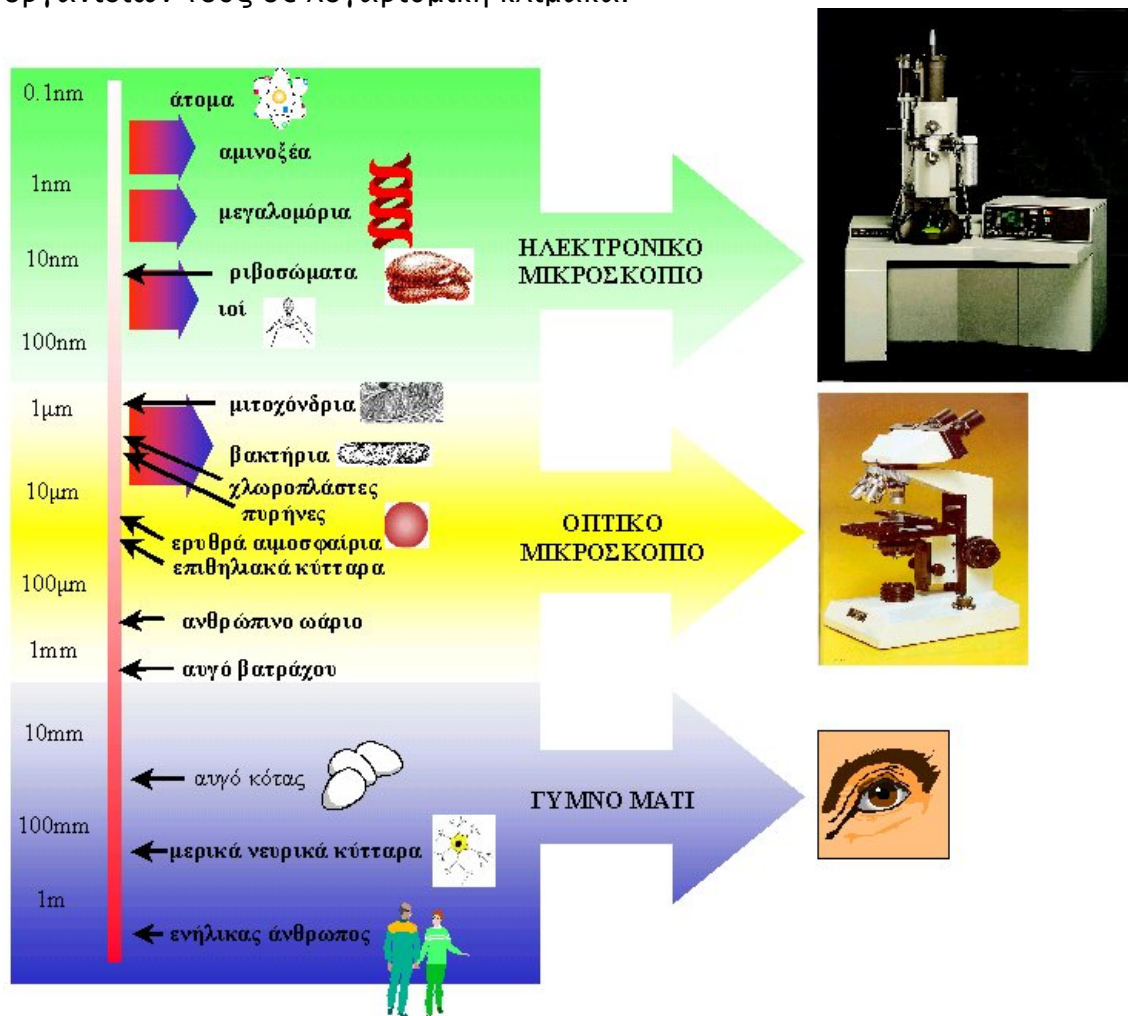
Το πρόβλημα αυτό στα φυτικά κύτταρα και γενικότερα στα φυτά λύνεται με την ύπαρξη των κυτταρικών τοιχωμάτων και των στηρικτικών ιστών όπως το κολλέγχυμα, σκληρέγχυμα, ξυλώδη αγγεία κλπ. Οι ίδιοι όμως μηχανισμοί δε μπορούν να εξυπηρετήσουν το ζωικό κύτταρο ή οργανισμό που πρέπει να έχει την ικανότητα να κινείται ενεργά και σχετικά γρήγορα.

Όλα τα ζωικά κύτταρα διατηρούν το σχήμα τους και τη μορφή τους με τη δημιουργία κυτταροσκελετού ενώ σε πολυκύτταρους οργανισμούς δημιουργούν τον ερειστικό ιστό.



1. Εικόνα 5. Η σταδιακή συρρικνώσει των ερυθρών αιμοσφαιρίων όταν τοποθετηθούν σε υπερτονικό περιβάλλον.

Θεωρώ εδώ σκόπιμο να παραθέσω ένα διάγραμμα που δείχνει τα σχετικά μεγέθη μερικών γνωστών χημικών ενώσεων οργανισμών και οργανιδίων τους σε λογαριθμική κλίμακα.



1. Πίνακας 1. Τα σχετικά μεγέθη των διαφόρων βιολογικών δομών.

1. ΛΕΠΤΗ ΔΟΜΗ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

1.1 Η έννοια του όρου «λεπτή δομή».

Ο όρος «λεπτή δομή» ή «λεπτή υφή» έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται για την περιγραφή των βιολογικών δομών και οργανιδίων που μπορούν να παρατηρηθούν μόνο με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Ο όρος πρωτοχρησιμοποιήθηκε τη δεκαετία του '50, τότε που παρατηρήθηκαν και σχεδόν όλες οι κυτταρικές δομές και οργανίδια με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Με τα σημερινά δεδομένα, επειδή πολλές από αυτές τις δομές είναι ορατές και με άλλα είδη μικροσκοπιών που πετυχαίνουν σχεδόν την ίδια διακριτική ικανότητα με τα ΗΜ, ή οι δομές αυτές γίνονται ορατές με άλλες τεχνικές, ο όρος «λεπτή δομή» δεν θα πρέπει να αναφέρεται πλέον για τις δομές που παρατηρούνται μόνο με το ΗΜ, αλλά σε εκείνες που δεν μπορούν να παρατηρηθούν με το κλασσικό οπτικό μικροσκόπιο και με τις κλασσικές μεθόδους και τεχνικές.

Στο βιβλίο αυτό θα ασχοληθούμε με τη δομή των διαφόρων τύπων κυττάρων και τους τρόπους μελέτης, μικροοργανισμών και γενικά βιολογικών δομών ή μορφών ζωής που παρουσιάζουν ενδιαφέρον στη γεωπονική επιστήμη. Η εξέλιξη της επιστήμης στην εποχή μας είναι ραγδαία. Έτσι είναι πολύ δύσκολο να είμαστε βέβαιοι ότι αυτό που αναφέρεται σε κάποιο βιβλίο είναι ακόμα σε ισχύ. Η συστηματική ενημέρωση γύρω από τα θέματα που μας ενδιαφέρουν είναι απαραίτητη. Εξ άλλου με τα μέσα που υπάρχουν σήμερα στον τομέα της πληροφόρησης αυτό είναι κάτι σχετικά εύκολο. Σε αυτό το βιβλίο γίνεται προσπάθεια να αναφερθούν οι παγιωμένες γνώσεις (όσο παγιωμένες μπορεί να είναι!) ενώ ο αναγνώστης με ιδιαίτερες απαιτήσεις σε ένα 2συγκεκριμένο θέμα θα πρέπει να ψάξει σε πιο ειδικά βιβλία και κυρίως ειδικά περιοδικά.

1.2 Τρόποι μελέτης των κυττάρων

1.2.1 Μικροσκοπία.

Οι μικροσκοπικές μέθοδοι μελέτης των κυττάρων και των κυτταρικών δομών αναφέρονται εκτενώς στο βιβλίο «ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ».

1.2.2 Εγκατάσταση χημικών συνθηκών στο εσωτερικό ζωντανών κυττάρων.

Οι κλασσικές μικροσκοπικές μέθοδοι μας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη δομή αλλά όχι και τη χημική σύσταση των κυττάρων και κυτταρικών δομών. Σήμερα χρησιμοποιούνται αρκετές

χημικές μέθοδοι που επιτρέπουν τον προσδιορισμό των χημικών συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό ζωντανών κυττάρων.

Φθορίζουσες χρωστικές - δείκτες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της συγκέντρωσης συγκεκριμένων μορίων μέσα στα κύτταρα και ακόμα και τις διαβαθμίσεις της συγκέντρωσης στις διάφορες περιοχές του ίδιου κυττάρου.

Όνομα	Σύσταση	Λειτουργία
κυτταρικό τοίχωμα	περιέχει ινίδια κυτταρίνης	στήριξη και προστασία
κυτταρική μεμβράνη	διπλή στρώση φωσφολιπιδίων με εγκλεισμένες πρωτεΐνες	επιλεκτική μετακίνηση μορίων μέσα και έξω από το κύτταρο
πυρήνας	πυρηνικός φάκελος (διπλή μεμβράνη) που περιβάλλει το πυρηνόπλασμα, τη χρωματίνη και τους πυρηνίσκους	έλεγχος της ανάπτυξης και του μεταβολισμού
πυρηνίσκος	περιοχή του πυρήνα με συμπυκνωμένη χρωματίνη, RNA, και πρωτεϊνών	σχηματισμός ριβοσωμάτων
ριβοσώματα (πολυσώματα)	πρωτεΐνη και RNA, σε δυο υπομονάδες	πρωτεϊνοσύνθεση
ενδοπλασματικό δίκτυο	μεμβρανώδη πεπλατυσμένα κανάλια και σωληνοειδείς δομές	σύνθεση ή/και τροποποίηση πρωτεϊνών και άλλων συστατικών, και μεταφορά με κυστίδια που σχηματίζονται από αυτό
αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο	ενδοπλασματικό δίκτυο με ριβοσώματα στην επιφάνειά του	πρωτεϊνοσύνθεση
λείο ενδοπλασματικό δίκτυο	χωρίς ριβοσώματα	ποικίλη, σύνθεση λιπών σε ορισμένα κύτταρα
οργανίδιο Golgi (συνήθως στα φυτά αναφέρεται σαν δικτυόσωμα)	συστάδες από πεπλατυσμένα κυστίδια	επεξεργασία και συσκευασία μορίων (π.χ. γλυκοπρωτεϊνών)
χυμοτόπια (φυτά) και κυστίδια	κυστίδια που περιβάλλονται από μοναδιαία μεμβράνη	αποθήκευση συστατικών
λυσοσώματα	κυστίδια που περιβάλλονται από μοναδιαία μεμβράνη και περιέχουν λυτικά ένζυμα	ενδοκυτταρική πέψη
μικροσωμάτια	μεμβρανώδη κυστίδια που περιέχουν ειδικά ένζυμα	διάφορες μεταβολικές διεργασίες
μιτοχόνδρια	εσωτερική μεμβράνη με αναδιπλώσεις (cristae) που περιβάλλεται από μια εξωτερική	κυτταρική αναπνοή
χλωροπλάστες	εσωτερικοί μεμβρανώδεις σχηματισμοί (grana) που περιβάλλονται από φάκελο	φωτοσύνθεση
κυτταροσκελετός	μικροσωληνίσκοι και ινίδια ακτίνης	σχήμα κυττάρου και κίνηση των τμημάτων του
μαστίγια και βλεφαρίδες	9+2 δομή μικροσωληνίσκων	κίνηση του κυττάρου ή του μέσου που τα περιβάλλει
κεντροσώματιο	κεντρίλια με 9+0 δομή και KOM	σχηματισμός βασικών σωματίων και μικροσωληνίσκων

1. Πίνακας 2. Ανασκόπηση της δομής και λειτουργίας των οργανιδίων των ευκαρυωτικών κυττάρων φυτών και ζώων.

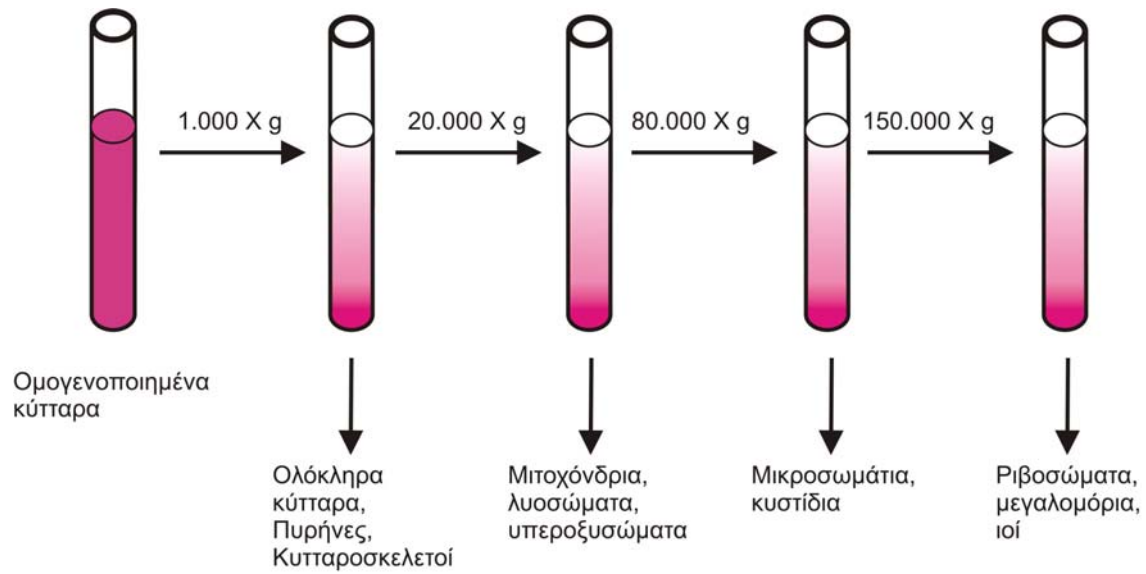
1.2.3 Διαχωρισμός κυττάρων και κυτταροκαλλιέργεια.

Στους πολυκύτταρους οργανισμούς η διαφοροποίηση και ο μεταβολισμός των κυττάρων επηρεάζεται από τα άλλα κύτταρα και ιστούς του οργανισμού είτε αυτά βρίσκονται σε επαφή είτε βρίσκονται σε κάποια απόσταση. Ακόμα, η μελέτη της επίδρασης ορισμένων παραγόντων, χημικών ή περιβαλλοντικών, απαιτεί την απομόνωση και την καλλιέργεια μεμονωμένων κυττάρων. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι που μπορεί να επιτευχθεί ένας τέτοιος διαχωρισμός. Η τεχνική που θα ακολουθηθεί εξαρτάται από τον ιστό ή το μίγμα των υπό διαχωρισμό κυττάρων. Στην πιο απλή περίπτωση όπου τα υπό διαχωρισμό κύτταρα έχουν κάποιες διαφορετικές φυσικές ιδιότητες, όπως είναι το μέγεθος και η πυκνότητά τους, ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει με απλές φυγοκεντρίσεις. Πιο πολύπλοκες τεχνικές, μας επιτρέπουν το διαχωρισμό κυττάρων βάσει χημικών συστατικών που περιέχουν. Τα κύτταρα που θέλουμε να διαχωρίσουμε σημαίνονται με αντισώματα συνδεδεμένα με κάποια φθορίζουσα ουσία. Στη συνέχεια το εναιώρημα των κυττάρων τοποθετείται σε συσκευή που αναφέρεται σαν διαχωριστής κυττάρων φθορισμού, όπου τα κύτταρα εξετάζονται καθώς περνούν ένα – ένα από ένα πολύ λεπτό τριχοειδή σωλήνα. Ανάλογα με το αν κάποιο κύτταρο φθορίζει ή όχι η σταγόνα που το περιβάλλει φορτίζεται αρνητικά ή θετικά. Ο διαχωρισμός τους στη συνέχεια γίνεται με την έκθεσή τους σε ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο. Τέτοιες συσκευές μπορούν να διαχωρίσουν 1 κύτταρο στα 1000 και μπορούν να ελέγξουν 5000 κύτταρα το δευτερόλεπτο. Οι συσκευές αυτές αναφέρονται σαν διαχωριστές κυττάρων (cell sorters) ενώ η μέθοδος αυτή έχει εξελιχθεί σε ένα ξεχωριστό κλάδο των βιολογικών επιστημών με το όνομα Κυτταρομετρία ροής (Flow cytometry).

Μετά το διαχωρισμό ο αριθμός των κυττάρων μπορεί να αυξηθεί με την *in vitro* καλλιέργειά τους. Μια εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι και η απομόνωση κυττάρων εμβρύων από το αμνιοτικό υγρό εγκύων, για τον προγεννητικό έλεγχο χρωμοσωμικών ανωμαλιών του εμβρύου.

1.2.4 Κλασμάτωση κυτταρικών συστατικών.

Σε πολλά πειράματα είναι χρήσιμη ή και απαραίτητη η μελέτη μεμονωμένων οργανιδίων ή συστατικών των κυττάρων. Ο διαχωρισμός αυτός μπορεί να γίνει με τη μέθοδο της σταδιακής φυγοκέντρισης αφού γίνει ομογενοποίηση του ιστού και των κυττάρων είτε με μηχανικές μεθόδους είτε με ωσμωτικό σοκ ή με υπερήχους. Η φυγοκέντρωση γίνεται σε στάδια σύμφωνα με το πιο κάτω σχήμα:



1. Εικόνα 6. Με τη διαφορική φυγοκέντριση μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα διάφορα κυτταρικά οργανίδια και συστατικά.

2. ΜΟΡΦΕΣ ΖΩΗΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΚΑΤΑΤΑΣΣΟΝΤΑΙ ΣΕ ΒΑΣΙΛΕΙΑ.

2.1 *Ιοειδή (Viroids).*

Έχει βρεθεί ότι τα φυτά είναι δυνατόν να μολυνθούν από περισσότερους από 16 μολυσματικούς παράγοντες γνωστούς σαν «ιοειδή» (viroids). Οι μολυσματικοί αυτοί παράγοντες είναι ακόμα πιο μικροί και απλοί σε δομή από του ιούς. Κάθε σωματίδιο ιοειδούς αποτελείται αποκλειστικά από μια πολύ κοντή, μονόκλωνη, κυκλική αλυσίδα RNA, που αποτελείται περίπου από 250 – 370 νουκλεοτίδια. Η ποσότητα αυτή του RNA είναι αρκετή για την κωδικοποίηση μιας μέσου μεγέθους πρωτεΐνης. Δεν έχουν παρατηρηθεί πρωτεΐνες, ή προστατευτικά καλύμματα που να σχετίζονται με τα σωματίδια των ιοειδών. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το RNA των ιοειδών δεν κωδικοποιεί για καμιά πρωτεΐνη. Τα ένζυμα του ξενιστή χρησιμοποιούνται για τον πολλαπλασιασμό του RNA του ιοειδούς. Γενικά τα ιοειδή παρατηρούνται μέσα στον πυρήνα των κυττάρων και προκαλούν ασθένειες είτε επηρεάζοντας τη δράση των introns, είτε επηρεάζοντας τη λειτουργία των γονιδίων των κυττάρων του ξενιστή.

Όλα τα ιοειδή που έχουν αναγνωριστεί προσβάλλουν φυτά. Τα ιοειδή έχουν συσχετιστεί με αρκετές ασθένειες ανωτέρων φυτών, συμπεριλαμβανομένης της ασθένειας ατρακτομόρφων κονδύλων(;) (spindle tuber disease), της ασθένειας που προκαλεί νανισμό στα χρυσάνθεμα στις ΗΠΑ και μια ασθένεια στις καρύδες των Φιλιππίνων.

Η μετάδοση των ιοειδών γίνεται είτε με μηχανικό τρόπο είτε με την επικοινωνία μέσω των γυρεοκόκκων.

Τα ιοειδή μπορούν να παρατηρηθούν με το Η.Μ.Δ. με τη μέθοδο της απομόνωσης των νουκλεϊκών οξέων και σκίασή τους με κάποιο βαρύ μέταλλο. Σε αυτά τα παρασκευάσματα τα ιοειδή εμφανίζονται σαν μικρά ραβδία μήκους περίπου 100nm.

2.2 *Τα Prions.*

Ως prions χαρακτηρίζονται μολυσματικοί παράγοντες που μέχρι σήμερα δεν είναι δυνατή η παρατήρησή τους με οποιοδήποτε μικροσκόπιο και πιστεύεται ότι δεν περιέχουν καθόλου νουκλεϊκό οξύ (DNA ή RNA) παρά μόνο μια ασυνήθιστη μορφή γλυκοπρωτεΐνης που συνήθως βρίσκεται στον ξενιστή. Τα prions προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο και τα ζώα με πιο γνωστές τη σπογγώδη εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών (Bovine spongiform encephalopathy, BSE) που πριν από μερικά χρόνια έγινε γνωστή με το

δημοσιογραφικής προέλευσης όνομα «ασθένεια των τρελών αγελάδων», τις ασθένειες Creutzfeldt-Jakob, kuru, θανατηφόρα κληρονομική αϋπνία (fatal familial insomnia) και το σύνδρομο Gerstmann-Strüssler-Jacob (GSS) στους ανθρώπους και την ασθένεια scrapie στα αιγοπρόβατα. Πριν από την αναγνώριση των prions, αυτές οι ασθένειες ήταν γνωστές με τον όρο σπογγώδεις εγκεφαλοπάθειες, λόγω των κοινών συμπτωμάτων που είναι η αποδιοργάνωση του εγκεφαλικού ιστού. Σήμερα έχει αποδειχθεί ότι έχουν και κοινή αιτία.

Τα prions πρωτοαναγνωρίστηκαν από τον Prusiner κατά τα τέλη της δεκαετίας του '70, που απομόνωσε τον παράγοντα που προκαλεί την ασθένεια scrapie στον εγκέφαλο των hamsters της Συρίας. Ο Prusiner έδειξε ότι αντίθετα με τις άλλες μολύνσεις η ασθένεια scrapie προκαλείται από ένα παράγοντα που αποτελείται μόνο από πρωτεΐνη. Ο μολυσματικός παράγοντας, είναι γνωστός σαν PrP (Prion Protein) και είναι μια ανώμαλη μορφή της prion πρωτεΐνης που συνήθως βρίσκεται στα μολυσμένα ζώα. Η prion πρωτεΐνη είναι κωδικοποιημένη στον κοντό βραχίονα του χρωμοσώματος 20 στα ανθρώπινα κύτταρα. Δεν είναι ακόμα γνωστό πως ακριβώς το ανώμαλο PrP επηρεάζει τον ξενιστή, αλλά μπορεί πιθανόν να μετατρέπει το κανονικό PrP του ξενιστή σε ανώμαλο.

Αν και έχει αποδειχθεί ότι τα prions είναι μολυσματικοί παράγοντες, δεν μπορούν, με τα σημερινά δεδομένα, να γίνουν αυτά ορατά με κανένα τύπο μικροσκοπίου. Δεν υπάρχει καμιά ένδειξη φλεγμονής του εγκέφαλου, παρά μόνο αποδιοργάνωση του εγκεφαλικού ιστού. Δεν έχει ακόμα παρατηρηθεί ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος και παραγωγή αντισωμάτων. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή η ανώμαλη πρωτεΐνη PrP είναι τόσο όμοια με την κανονική που το ανοσοποιητικό σύστημα δεν είναι σε θέση να αναγνωρίσει τη διαφορά.

Από Γεωπονικής πλευράς ενδιαφέρον έχουν η ασθένεια scrapie των αιγοπροβάτων και η σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών. Η πρώτη, είναι ενδημική ασθένεια σε πολλές περιοχές της γης. Δεν υπάρχει μέχρι σήμερα απόδειξη ότι οι άνθρωποι μπορούν να μολυνθούν με την ασθένεια Creutzfeldt-Jakob με την κατανάλωση κρέατος ή εγκέφαλου μολυσμένων προβάτων, υπάρχουν όμως σοβαρές ενδείξεις.

Η σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών (B.S.E. Bovine spongiform encephalopathy) παρατηρήθηκε για πρώτη φορά σε ένα Βρετανικό ζωολογικό κήπο όταν ένα σπληφόρο ζώο της Αφρικής, το nyala, πέθανε το 1986 από μια μυστηριώδη ασθένεια του εγκέφαλου. Η ασθένεια αποδείχθηκε ότι ήταν μια ασθένεια παρόμοια με την ασθένεια scrapie των αιγοπροβάτων και ότι από αυτή την ασθένεια είχαν ήδη πεθάνει αρκετά βοοειδή. Η ασθένεια αποδείχθηκε ότι οφείλεται σε prions.

Οι ασθένειες Creutzfeldt-Jakob (CJD) και Gerstmann-Strüssler-Jacob (GSS) που εμφανίζονται σε ενήλικες ανθρώπους και είναι πολύ σπάνιες και κοσμοπολίτικες. Η ασθένεια κυριό έχει βρεθεί μόνο στη φυλή Fore της Νέας Γουινέας. Σε αυτή τη φυλή υπήρχε η κανιβαλική συνήθεια οι νέοι σε μια τελετή να καταναλώνουν του εγκέφαλους των γερόντων. Το αποτέλεσμα ήταν να διακωνίζεται η ασθένεια. Εδώ και αρκετά χρόνια ο κανιβαλισμός έχει απαγορευτεί με νόμο και έτσι τώρα η ασθένεια έχει περιοριστεί μόνο σε λίγους ενήλικες.

2.3 Ιοί (Viruses)

Ο αριθμός των ασθενειών ανθρώπων ζώων και φυτών που αποδίδονται στους ιούς καθημερινά όλο και αυξάνεται.

Οι ιοί είναι υπομικροσκοπικοί παράγοντες μόλυνσης. Δεν είναι κύτταρα, δεν έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν από μόνοι τους και δεν έχουν από μόνοι τους μεταβολικές δραστηριότητες. Αυτοί είναι και οι λόγοι που οι ιοί δεν έχουν ενταχθεί σε κανένα από τα πέντε γενικώς αποδεκτά Βασίλεια.

Αντίθετα με όλες τις κυτταρικές δομές, που διαθέτουν και DNA και RNA, οι ιοί έχουν είτε DNA είτε RNA ποτέ όμως και τα δύο. Δεν υπάρχουν ριβοσώματα και ένζυμα απαραίτητα για την πρωτεϊνοσύνθεση. Μπορούν να αναπαραχθούν, αλλά μονάχα στο πολύπλοκο εσωτερικό περιβάλλον ζωντανών κυττάρων που μολύνουν.

Η συστηματική κατάταξη των ιών στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στο σχήμα και το μέγεθός τους, κάτι που μπορεί να προσδιοριστεί μόνο με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Έτσι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο είναι ίσως το πιο απαραίτητο όργανο σε ένα ιολογικό εργαστήριο.

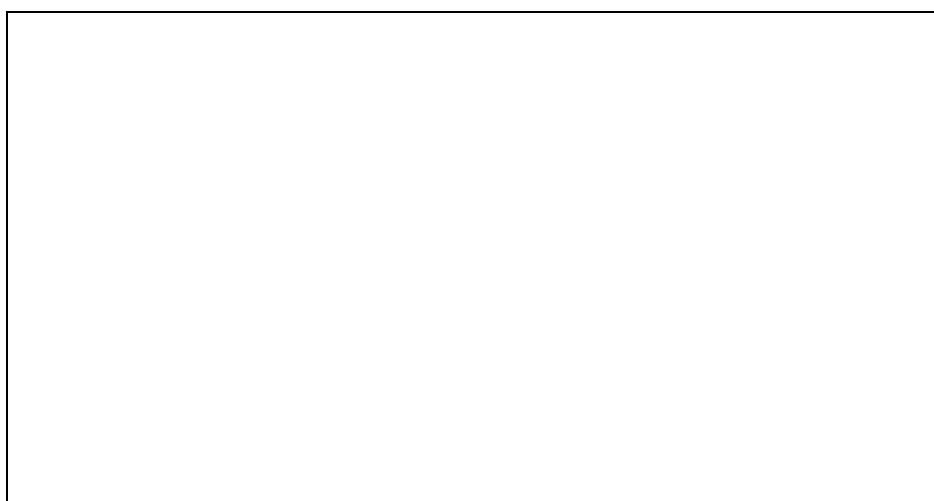
Υπάρχει μια πολύ εκτεταμένη βιβλιογραφία που σχετίζεται με τη μελέτη των ιών με τους διάφορους τύπους μικροσκοπίων και κυρίως με το Η.Μ.Δ. που είναι και το κατ' εξοχήν όργανο παρατήρησης των ιών σε φυτά και ζώα. Είναι εξ άλλου γνωστό ότι με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έγινε δυνατή η παρατήρηση αυτών των σωματιδίων που τους είχε ήδη δοθεί το όνομα «*virus*» που στα Λατινικά σημαίνει δηλητήριο.

Για την ώρα δεν υπάρχει ένα αποδεκτό από όλους σύστημα κατάταξης των ιών επειδή οι γνώσεις μας για την εξέλιξή τους είναι λιγοστές. Προς το παρόν οι ιοί, συνήθως, κατατάσσονται βάσει τεσσάρων κριτηρίων:

1. του μεγέθους,
2. του σχήματος,
3. της παρουσίας ή απουσίας εξωτερικού καλύμματος και

4. του νουκλεϊνικού οξέως που περιέχουν, δηλαδή DNA ή RNA και αν αυτό είναι μονόκλωνο ή δίκλωνο.

Τα κριτήρια 1, 2 και 3, προϋποθέτουν τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης για την παρατήρησή τους. Καμιά φορά η συστηματική τους κατάταξη γίνεται βάσει της ασθένειας που προκαλούν ή βάσει του τρόπου μεταφοράς τους. Με το OM, πολλές φορές είναι ορατές ενδοκυτταρικές συσσωματώσεις ιών ή ορισμένα ενδοκυτταρικά έγκλειστα που οφείλονται στην ύπαρξη του ιού. Άλλοι τρόποι έμμεσης παρατήρησης ιών με το OM είναι με ανοσοβιολογικές μεθόδους με τη χρήση φθορίζοντων αντισωμάτων ή κολλοειδή χρυσού και ενίσχυση του σήματος με άργυρο.



Εικόνα 7. Τα σχετικά μεγέθη και η μορφολογία διαφόρων ιών. Περισσότερες επεξηγήσεις δίδονται στο κείμενο.

Οι ιοί γενικά εμφανίζονται είτε ελικοειδείς είτε πολυεδρικοί ή και με πιο πολύπλοκες δομές που συνδυάζονται και οι δυο τύποι όπως φαίνονται στην Εικόνα 7.

2.3.1 Η δομή των ιών.

Η δομή των ιών τα τελευταία χρόνια έχει μελετηθεί εντατικά λόγω των σημαντικών ασθενειών που προκαλούν σε φυτά και ζώα αλλά και λόγω της απλότητας της δομής τους. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι μελέτης των ιών είναι η ηλεκτρονική μικροσκοπία, η περίθλαση ακτίνων X, διάφορες βιοχημικές αναλύσεις και οι ανοσοβιολογικές τεχνικές. Αν και υπάρχουν ακόμα ελλείψεις στις γνώσεις μας για τους ιούς, η γενική εικόνα σχετικά με τη δομή τους είναι αρκετά καθαρή.

Το μέγεθος των σωματιδίων των ιών (virions) ποικίλει από περίπου 10 μέχρι και 400nm σε διάμετρο. Οι μικρότεροι ιοί είναι λίγο μεγαλύτεροι από τα ριβοσώματα, ενώ οι μεγαλύτεροι είναι λίγο μικρότεροι από τα μικρότερα βακτήρια και είναι ορατοί με το οπτικό μικροσκόπιο. Οι περισσότεροι πάντως ιοί είναι πολύ μικροί και παρατηρούνται μόνο με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Όλοι οι ιοί αποτελούνται από ένα νουκλεϊνικό οξύ, DNA ή RNA, που περιβάλλεται από ένα, πρωτεϊνικής φύσης κάλυμμα το καψίδιο, το οποίο προστατεύει το γενετικό υλικό και βοηθάει τη μεταφορά του μεταξύ των κυττάρων - ξενιστών.

Υπάρχουν τέσσερις μορφολογικά διαφορετικές κατηγορίες ιών:

1. Ιοί με εικοσάεδρα καψίδια (Εικόνα 7, θ =Adenovirus, κ =Polyomavirus, λ =Picornavirus, μ =φάγος φΧ174). Αυτά τα καψίδια εμφανίζονται σφαιρικά όταν παρατηρούνται με το ΗΜΔ σε χαμηλή μεγέθυνση.
2. Τα ελικοειδή καψίδια που αποτελούνται από κενούς εσωτερικά πρωτεϊνικούς κυλίνδρους και είναι είτε εύκαμπτα είτε άκαμπτα και εύθραυστα (Εικόνα 7, ν =Tubulovirus).
3. Πολλοί ιοί περιβάλλονται από ένα μεμβρανώδη σχηματισμό και εμφανίζονται περίπου σφαιρικοί (Εικόνα 7, β =Paramyxovirus, γ =Herpesvirus, ι =Influenza).
4. Πολύπλοκοί ιοί που έχουν καψίδια με συμμετρία, αλλά δεν είναι ούτε εικοσάεδρα ούτε ελικοειδή. (Εικόνα 7, α =Vaccinia, δ =Orf, ζ =βακτηριοφάγος, η =φάγος με εύκαμπτη ουρά). Αυτά τα σωματίδια μπορεί να έχουν ουρές ή άλλες δομές όπως οι βακτηριοφάγοι (ή απλά φάγοι) ή περιβάλλονται από πολύπλοκα τοιχώματα.

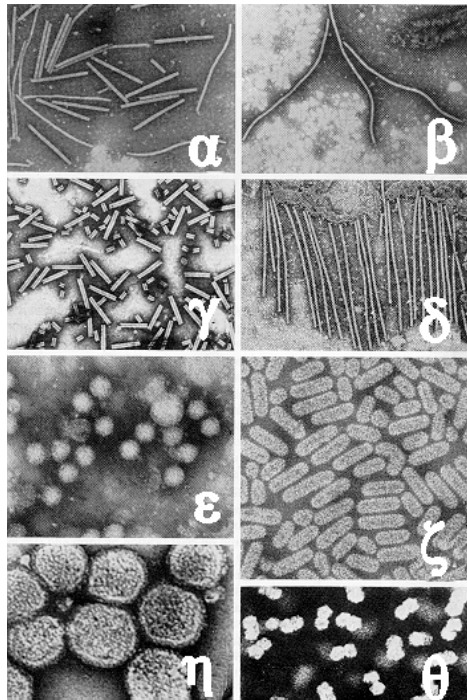
2.3.2 Οι ιοί των φυτών.

Ο ιοί που προσβάλλουν τα φυτά, κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες ανάλογα με το σχήμα τους:

Οι μολυσμένοι φυτικοί ιστοί μπορούν να κοπούν σε υπέρλεπτες τομές και να παρατηρηθούν με το ΗΜΔ. Αυτές οι μελέτες απεδείχθησαν πολύ αποτελεσματικές γιατί αποκάλυψαν τους ιούς *in situ* καθώς επίσης και τις υποκυτταρικές αποκλείσεις αλλά και τις σχέσεις μεταξύ σωματιδίων του ιού και κυτταρικών οργανιδίων και δομών.

Με τις διάφορες τεχνικές που αναφέρονται στο Β μέρος του βιβλίου έχει βρεθεί ότι στα φυτά, σωματίδια του ιού μπορούν να βρεθούν στους περισσότερους ιστούς του ξενιστή ενώ πολλές φορές η παρουσία των σωματιδίων περιορίζεται σε ορισμένους μόνο ιστούς, όπως συμβαίνει με τους Iuteoviruses που βρίσκονται μόνο στα κύτταρα του ηθμού. Οι

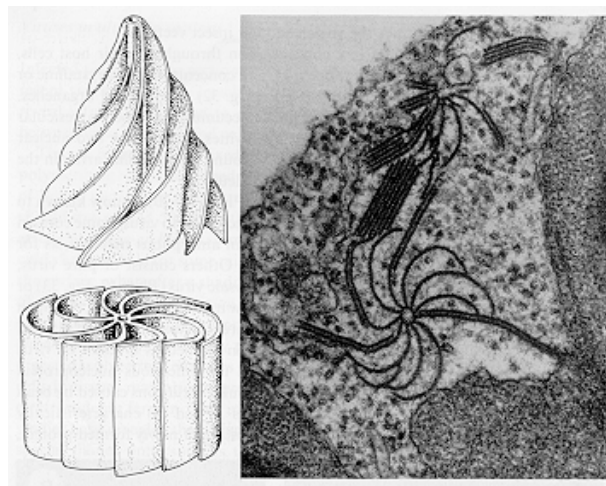
μικροσκοπικές αυτές μελέτες βοηθούν επίσης στον εντοπισμό των ιών στον φορέα τους, που στα φυτά είναι συνήθως κάποιο έντομο ή κάποιος νηματώδης.



Εικόνα 8. Τα σωματίδια διαφόρων ιών φυτών όπως παρατηρούνται με το ΗΜΔ με αρνητική χρώση.

Τα σωματίδια του ιού πολλές φορές βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις παντού σε όλα τα κύτταρα του ξενιστή και ακόμα και στα χυμοτόπια. Πιο συχνά βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε κρυσταλλική μορφή ή σε συσσωρεύσεις που εμφανίζουν μια κανονικότητα στη δομή τους είτε στο κυτταρόπλασμα είτε σε ειδικές εγκολπώσεις του ενδοπλασματικού δικτύου ή σε κοιλότητες ανάμεσα στις δυο μεμβράνες του πυρηνικού φακέλου. Σωματίδια που δεν περιβάλλονται από μεμβράνη μπορεί να παρατηρηθούν στο πυρηνόπλασμα. Τα σωματίδια των

geminiviruses που έχουν κρυσταλλική δομή, παρατηρούνται μόνο στον πυρήνα των κυττάρων του ξενιστή.



Εικόνα 9. Κυτταρικά έγκλειστα ιωμένων φυτικών κυττάρων με τη χαρακτηριστική ακτινωτή δομή (pinwheel).

Κυτταρικά έγκλειστα (inclusion bodies), που πολλά είναι ορατά και με το οπτικό μικροσκόπιο, είναι σήμερα γνωστό ότι διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε δομή και σύνθεση ανάλογα με τον ιό. Μερικά έγκλειστα περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις

σωματιδίων ιών εγκλεισμένα σε ένα άμορφο υλικό, όπως συμβαίνει με τους ιούς μωσαϊκής της ντάλιας και του κουνουπιδιού. Άλλα έγκλειστα αποτελούνται αποκλειστικά από σωματίδια του ιού είτε σε μια κανονική κρυσταλλική διάταξη όπως ο ιός της μωσαϊκής του καπνού είτε σε μια κανονική διάταξη σε ζώνες όπως ο ιός της μωσαϊκής του κίτρινίσματος του τριφυλλιού (clover yellow mosaic virus).

Πολλές κρυσταλλικές δομές είναι πρωτεϊνικής φύσης που ο σχηματισμός τους είναι αποτέλεσμα της μόλυνσης από τον ιό, όπως αυτό συμβαίνει σε αρκετούς rotovirus, ή από μικρά σωματίδια μη μολυσματικής νουκλεοπρωτεΐνης όπως συμβαίνει με τον red clover vein mosaic virus. Κοκκώδη έγκλειστα που είναι το αποτέλεσμα μόλυνσης με τον bean yellow mosaic virus και άλλους rotoviruses περιέχουν κάποιες περίεργες χαρακτηριστικές δομές γνωστές σαν pinwheels μαζί με παραμορφωμένα κυτταρικά οργανίδια (Εικόνα 9).

2.3.3 Οι ιοί των ζώων.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλομορφία στις ασθένειες που προκαλούν οι ιοί στα ζώα. Μερικές από αυτές είναι η μολυσματική αναιμία των αλόγων, η ασθένεια Newcastle, η χολέρα των χοίρων, η ευλογιά στα πουλικά, η λύσσα, η δυστροφία των κυνοειδών, η εγκεφαλίτιδα κλπ. Αρκετοί ιοί προκαλούν το σχηματισμό όγκων στα πουλικά με πολλές φορές σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις. Οι ιοί της γρίπης προκαλούν σημαντικές ασθένειες όχι μόνο στους ανθρώπους, αλλά και στους χοίρους, τα άλογα και τα πουλικά.

Μερικοί ιοί μεταδίδονται από τη μητέρα στους απογόνους μέσω του πλακούντα ή του αυγού, και ενώ μερικοί είναι πολύ ανθεκτικοί και μπορούν να επιβιώσουν κάτω από αντίξοες συνθήκες, κάποιιοι άλλοι μπορούν να μολύνουν μόνο με πολύ κοντινή επαφή. Κάποιοι άλλοι πάλι μπορούν να μεταφερθούν και να μολύνουν με το δάγκωμα αρθροπόδων.

Οι ιοί δεν περιορίζονται πάντοτε σε ένα είδος ζώου ή σε ένα τύπο ιστού ή ένα είδος οργάνου. Από την άλλη όμως πλευρά, η σοβαρότητα κάποιων ασθενειών που οφείλονται σε ιούς, μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη σε ένα μόνο είδος ή ένα τύπο ιστού.

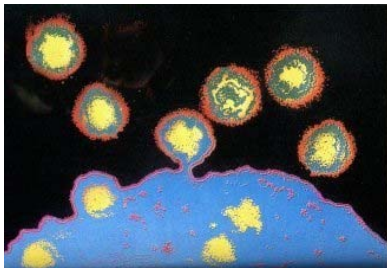
2.3.4 Οι ιοί στην Ιατρική.

Η ιολογία είναι ένας από τους κύριους τομείς της Ιατρικής, στον αγώνα για την καταπολέμηση των ασθενειών που προκαλούν οι ιοί. Στις ασθένειες που προκαλούν οι ιοί, συμπεριλαμβάνονται και το κοινό κρυολόγημα, που προσβάλλει εκατομμύρια ανθρώπους κάθε χρόνο. Άλλες ιώσεις που είναι πολλές φορές και θανατηφόρες είναι η λυσσά, πολιομυελίτιδα, αιμορραγικοί πυρετοί, κίτρινος πυρετός, εγκεφαλίτιδες κ.ά.

Οι περισσότεροι όμως ιοί, προκαλούν ασθένειες που τα συμπτώματά τους ενισχύονται από άλλες επιπλοκές που προκαλούνται από τον ιό ή από άλλες βακτηριακές μολύνσεις. Μερικές από αυτές τις

ασθένειες είναι η γρίπη, ιλαρά, παρωτίτιδα, ευλογιά, έρπης-ζωστήρας, αναπνευστικές ασθένειες, διάρροια, μυρμηγκιάσεις και ηπατίτιδα. Ακόμα κάποιες άλλες ασθένειες όπως η ερυθρά, μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές ανωμαλίες στην ανάπτυξη των εμβρύων.

Η ασθένεια γνωστή σαν AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) προκαλείται από ένα ρετροϊό (retrovirus, RNA ιός) **Εικόνα Σφάλμα!** Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Μόνο δυο ρετροϊοί έχει αποδειχθεί ότι είναι υπεύθυνοι για καρκίνο στον άνθρωπο, ενώ και κάποιοι papilloma ιοί (σαν αυτόν που προκαλεί τις μυρμηγκιάσεις) είναι ύποπτοι για καρκινογενέσεις. Αυξάνονται επίσης οι ενδείξεις ότι και άλλοι ιοί μπορεί να σχετίζονται με μερικούς τύπους καρκίνου ή και σε χρόνιες ασθένειες όπως είναι η σκλήρυνση κατά πλάκα και άλλες εκφυλιστικές ασθένειες.

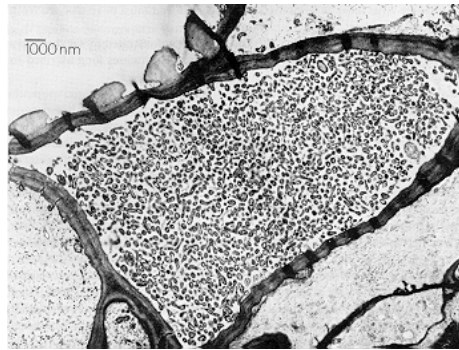


Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Τα σωματίδια του ιού HIV δημιουργούνται με εκβλάστηση από την επιφάνεια των T λεμφοκυττάρων. Φωτογραφία με το ΗΜΔ κατόπιν επεξεργασίας με Η/Υ.

2.4 Μυκοπλάσματα (*Mycoplasmas*).

Τα μυκοπλάσματα είναι μικροοργανισμοί που μοιάζουν με βακτήρια και συνήθως ζουν παρασιτικά σε στενή σχέση με φυτικά και ζωικά κύτταρα, ενώ υπάρχουν και μορφές που ζουν στο χώμα ή και σε βιολογικά λύματα (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.).

Τα κύτταρα αυτά περιβάλλονται από πλασματική μεμβράνη αλλά όχι και κυτταρικό τοίχωμα, το οποίο είναι χαρακτηριστικό των βακτηρίων. Μερικά μυκοπλάσματα είναι τόσο μικρά που, όπως και οι ιοί, περνούν από βακτηριολογικά φίλτρα, ενώ κάποια από αυτά είναι ακόμα πιο μικρά και από κάποιους ιούς. Τα μυκοπλάσματα ίσως να αντιπροσωπεύουν την απλούστερη μορφή ζωής στη γη. Υπάρχουν αερόβια και αναερόβια είδη και μερικά από αυτά προκαλούν ασθένειες σε ζώα και ανθρώπους όπως είναι η μεταδοτική πλευροπνευμονία των βοοειδών (*Mycoplasma mycoides*), η χρόνια αναπνευστική ασθένεια των πουλερικών (*M. gallisepticum*), η πνευμονία των χοίρων (*M. hyorhynchiae*) ενώ το *M. pneumoniae* προκαλεί μια μορφή πνευμονίας στον άνθρωπο. Τα μυκοπλάσματα περιέχουν νουκλεϊνικό οξύ που κωδικοποιεί περίπου 750 διαφορετικές πρωτεΐνες κάποιες από τις οποίες είναι ένζυμα και οι άλλες είναι δομικές.

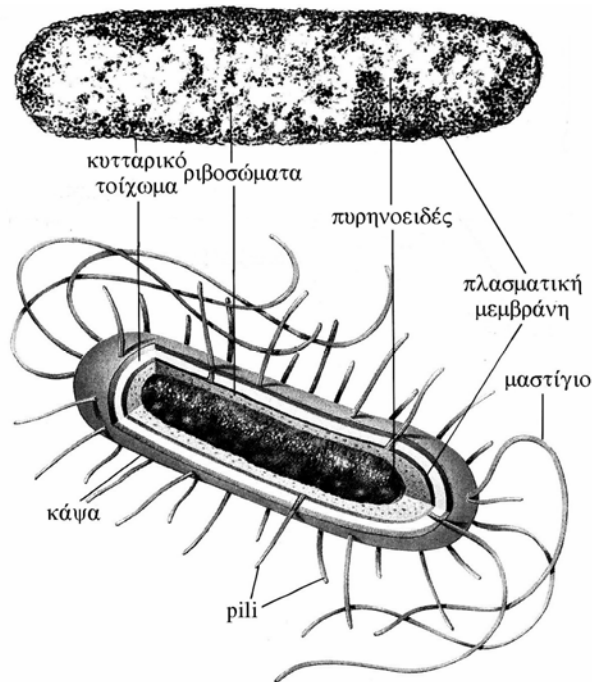


Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Μυκοπλάσματα σε ηθμοσωλήνα.

3. ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

3.1 ΒΑΚΤΗΡΙΑ (*Bacteria*).

Όλοι οι προκαρυωτικοί οργανισμοί - τα βακτήρια - (από την Ελληνική λέξη βακτηρία = μπαστούνι), ανήκουν στο Βασίλειο των Prokaryota που παλιότερα ονομαζόταν Monera (Μονήρη).



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η λεπτή δομή ενός βακτηρίου.

Χαρακτηριστικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι η απουσία πολύπλοκων οργανιδίων που περιβάλλονται από μεμβράνη, ιδιότητα χαρακτηριστική των ευκαρυωτικών κυττάρων. Σε πολλά όμως βακτήρια παρατηρούνται μεμβρανώδεις δομές, όπως το μεσόσωμα, του οποίου η λειτουργία δεν είναι ακόμα απόλυτα διευκρινισμένη. Σε πολλά, κυρίως φωτοσυνθετικά βακτήρια και βακτήρια με έντονη αναπνευστική δραστηριότητα, υπάρχει εκτεταμένο σύστημα μεμβρανών που αποτελείται από συσσωματώσεις πεπλατυσμένων κυστιδίων. Τα προκαρυωτικά κύτταρα δεν έχουν πυρήνες, μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες, ενδοπλασματικό δίκτυο, σύστημα Golgi, ή λυσοσώματα (Εικόνα Σφάλμα! **Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.**). Το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών οργανισμών περιέχεται σε ένα κυκλικό μόριο DNA που βρίσκεται στο κυτταρόπλασμα και δεν περιβάλλεται από πυρηνική μεμβράνη. Τα περισσότερα προκαρυωτικά κύτταρα περιβάλλονται από κυτταρικό τοίχωμα εξωτερικά της πλασματικής μεμβράνης. Αν και ο ρόλος του

κυτταρικού τοιχώματος των προκαρυωτικών οργανισμών είναι ο ίδιος με εκείνο των ευκαρυωτικών (φυτικά κύτταρα), δηλαδή παροχή μηχανικής στήριξης για τη διατήρηση του σχήματος τους και προστασία από τις διακυμάνσεις της ωσμωτικής πίεσης, η δομή και σύσταση τους διαφέρει. Τα περισσότερα βακτήρια φαίνεται να είναι προσαρμοσμένα να ζουν σε υποτονικό περιβάλλον. Συνήθως τα βακτήρια δεν μπορούν να επιβιώσουν χωρίς τα κυτταρικά τους τοιχώματα. Διαφορετική είναι επίσης η δομή και η κίνηση των προκαρυωτικών μαστιγίων από εκείνα των ευκαρυωτικών. Τα βακτηριακά μαστίγια αποτελούνται από ένα νημάτιο. Στη βάση του μαστιγίου υπάρχει μια πολύπλοκη δομή που προκαλεί τη περιστροφική κίνηση του μαστιγίου το οποίο προωθεί το βακτήριο όπως περίπου ο έλικας του πλοίου. Με αυτό τον τρόπο μερικά βακτήρια μπορούν να μετακινηθούν μέχρι και 2000 φορές το μήκος τους σε μια ώρα.

Διαφορά υπάρχει επίσης και στη δομή των ριβοσωμάτων τα οποία είναι μικρότερα ($70 S^1$) από εκείνα των ευκαρυωτικών κυττάρων ($80 S$).

Τα βακτηριακά κύτταρα είναι πολύ μικρά. Ο όγκος τους είναι μόλις το ένα χιλιοστό του όγκου ενός ευκαρυωτικού κυττάρου. Τα περισσότερα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, αλλά μερικά σχηματίζουν αποικίες ή νημάτια.

Η πρώτη κατάταξη των βακτηρίων έγινε βάσει του σχήματός τους από το Ολλανδό φυσιοδίφη Anton van Leeuwenhoek το 1683 με την ανακοίνωσή του στο Royal Society of London². Τότε κατατάχθηκαν τα βακτήρια σε κόκκους βακίλους και σπειρίλια.

Όσον αφορά τη παρατήρησή τους, είναι ορατά με όλα τα είδη μικροσκοπιών. Η επιλογή του μικροσκοπίου εξαρτάται από το αποτέλεσμα που θέλουμε.

Μορφολογικές διαφορές μεταξύ των δυο μεγάλων ομάδων, τα Archeobacteria και τα Eubacteria δεν έχουν παρατηρηθεί. Οι διαφορές τους βρίσκονται στο βιοχημικό επίπεδο.

Η χρώση κατά Gram είναι μια μέθοδος χρώσης βακτηρίων η οποία δίνει και την ευχέρεια αναγνώρισής τους ως προς ένα βαθμό. Η μέθοδος επινοήθηκε πριν από 100 περίπου χρόνια από τον Δανό γιατρό Hans Christian Joachim Gram. Η μέθοδος συνίσταται στην κατ' αρχή χρώση με ιώδες της γεντιανής (gentian violet), στη συνέχεια ακολουθεί επεξεργασία

¹ S = Svedberg, μονάδα μέτρησης της ταχύτητας καθίζησης κατά την υπερφυγοκέντρωση, από το όνομα Theodore Svedberg (1884 -1971), Νομπελίστα Σουηδού φυσικοχημικού.

² Το γεγονός ότι βακτήρια και άλλες δομές που περιέγραψε ο Leeuwenhoek, δεν ξαναπαρατηρήθηκαν παρά μόνο ύστερα από 200 περίπου χρόνια, έκανε τους επιστήμονες να πιστεύουν ότι ίσως αυτές τις δομές ο Leeuwenhoek τις είχε φανταστεί. Οι αμφιβολίες όμως αυτές διαλύθηκαν με τη κατασκευή, στις μέρες μας, ενός μικροσκοπίου, σύμφωνα με της οδηγίες του Leeuwenhoek, από μέλη του Royal Microscopical Society, που απέδειξαν ότι πράγματι αυτές οι δομές ήταν ορατές με αυτό το πρωτόγονο όργανο.

με το διάλυμα Gram που αποτελείται από 1 μέρος ιώδιο, 2 μέρη ιωδιούχο κάλιο και 300 μέρη νερό. Ύστερα από έκπλυση με αιθυλική αλκοόλη τα βακτήρια είτε διατηρούν ένα βαθύ μπλε χρώμα είτε αποχρωματίζονται τελείως. Καμιά φορά χρησιμοποιείται και κάποια άλλη χρωστική όπως η φουξίνη ή η εοζίνη για να γίνουν πιο ορατά τα αποχρωματισμένα βακτήρια.

Τα βακτήρια που διατηρούν τη μπλε χρωστική χαρακτηρίζονται ως Gram θετικά, ενώ εκείνα που αποχρωματίζονται, Gram αρνητικά. Μερικοί μικροοργανισμοί που άλλοτε διατηρούν τη χρωστική και άλλοτε όχι χαρακτηρίζονται ως Gram μεταβλητοί. Χαρακτηριστικά Gram θετικά βακτήρια είναι οι σταφυλόκοκκοι. Χαρακτηριστικά Gram αρνητικά βακτήρια είναι οι βάκιλοι που προκαλούν τον κοκίτη ενώ χαρακτηριστικά Gram μεταβλητοί είναι οι βάκιλοι που προκαλούν τη φυματίωση.

Η διαφορά αυτή στη χρώση οφείλεται στη διαφορετική λεπτή δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων τους. Τα κυτταρικά τοιχώματα των θετικών κατά Gram βακτηρίων αποτελούνται κυρίως από πεπτιδογλυκάνες, ενώ τα κυτταρικά τοιχώματα των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων αποτελούνται από δυο στρώσεις, ένα λεπτό στρώμα από πεπτιδογλυκάνες και μια εξωτερική μεμβράνη από λιποπρωτεΐνες και λιποπολυσακχαρίτες.

Η διαφορετική αυτή χρώση δίνει τη δυνατότητα στους μικροβιολόγους να κατατάσσουν τα βακτήρια σε τρεις κατηγορίες, τα βακτήρια χωρίς τοιχώματα, τα αρνητικά κατά Gram και τα θετικά κατά Gram.

3.2 Ρικέττιες (*Rickettsia*).

Οι ρικέττιες, σήμερα αποτελούν ένα γένος βακτηρίων με μέγεθος ενδιάμεσο, μεταξύ ιών και των περισσότερων βακτηρίων. Το όνομά τους δόθηκε από τον Αμερικανό παθολόγο Howard Taylor Ricketts, που τα ανακάλυψε το 1909. Όπως και οι ιοί, μπορούν να επιβιώσουν και πολλαπλασιαστούν μόνο μέσα σε κύτταρα. Το σχήμα τους είναι είτε με μορφή κόκκων είτε βακίλων. Βρίσκονται σε πολλά ζώα και προκαλούν αρκετές ασθένειες σε ανθρώπους και ζώα. Γενικά η διασπορά τους γίνεται με αρθρώποδα όπως οι ψύλλοι, οι ψείρες και τα τσιμπούρια στο οποία όμως δεν προκαλούν ασθένειες. Η καλλιέργεια των μικροοργανισμών αυτών είναι εφικτή στο εργαστήριο μόνο σε ζωντανά κύτταρα σε καλλιέργειες.

Η παρατήρησή τους μπορεί να γίνει με τους ίδιους τρόπους που παρατηρούνται τα βακτήρια. Με το οπτικό μικροσκόπιο δίνουν αρνητική

κατά Gram χρώση. Με το ΗΜΔ μπορούν να παρατηρηθούν είτε με αρνητική χρώση είτε σε τομές μέσα στα κύτταρα του ξενιστή.

4. ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Ως ευκαρυωτικά χαρακτηρίζονται τα κύτταρα τα οποία έχουν οργανίδια που περιβάλλονται από διπλές μεμβράνες ή φακέλους. Το πιο εμφανές οργανίδιο είναι ο πυρήνας ενώ συνήθως υπάρχουν και άλλα οργανίδια. Ευκαρυωτικοί είναι οι οργανισμοί που αποτελούνται από ευκαρυωτικά κύτταρα και μπορεί να είναι είτε μικροσκοπικοί μονοκύτταροι, όπως τα Πρώτιστα, είτε πολύ πολύπλοκοι πολυκύτταροι οργανισμοί όπως ο άνθρωπος ή τα ανώτερα φυτά.

4.1 Πρώτιστα

Τα Πρώτιστα είναι οι απλούστεροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί. Το μέγεθός τους κυμαίνεται σημαντικά από μονοκύτταρους οργανισμούς μερικών μικρών μέχρι τα γιγάντια φαιοφύκη που φτάνουν τα 60m μήκος. Τα περισσότερα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί ενώ ορισμένα εμφανίζουν αποικιακή οργάνωση. Μερικά είναι κοινοκυτικά (δηλαδή, πολυπύρηνα), ενώ υπάρχουν και πολυκύτταρες μορφές που όμως έχουν απλή κατασκευή χωρίς διαφοροποιημένους ιστούς.

Ο όρος Πρώτιστα προέρχεται από τα Ελληνικά και σημαίνει «τα πρώτα». Αν και απλοί οργανισμοί, τα Πρώτιστα, έχουν πολύπλοκη κυτταρική οργάνωση, πολύ πιο πολύπλοκη από εκείνη των ευκαρυωτικών φυτικών και ζωικών κυττάρων. Αυτό συμβαίνει επειδή όλες οι διεργασίες που επιτελούνται από ένα ανώτερο πολυκύτταρο οργανισμό με διαφοροποιημένους ιστούς και όργανα, στα Πρώτιστα επιτελούνται από ένα και μόνο κύτταρο.

5. ΟΙ ΚΥΤΤΑΡΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ.

5.1 Οι βιολογικές μεμβράνες.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνουν οι πολυάριθμες χημικές αντιδράσεις μέσα σε ένα κύτταρο για τη διατήρηση της ζωής, είναι η διατήρηση ενός σταθερού εσωτερικού περιβάλλοντος. Αυτό είναι δυνατόν λόγω της παρουσίας της πλασματικής μεμβράνης που αποτελεί ένα φυσικό φραγμό μεταξύ του περιβάλλοντος και του εσωτερικού του κυττάρου. Πολλοί βιολόγοι θεωρούν τη δημιουργία της βιολογικής μεμβράνης σαν ένα από τα πιο βασικά βήματα στη δημιουργία της ζωής. Οι μεμβράνες συμβάλλανε και στην εξέλιξη πιο πολύπλοκων κυττάρων, των ευκαρυωτικών, παρέχοντας τη δυνατότητα διαμερισματοποίησης των κυττάρων σε χώρους όπου διατηρούνται μοναδικές συνθήκες για απόλυτα εξειδικευμένες δραστηριότητες.

Όλα τα κύτταρα περιβάλλονται από μια μεμβράνη η οποία διαχωρίζει το εσωτερικό του κυττάρου που είναι ζωντανό από το μη ζωντανό εξωτερικό περιβάλλον του. Η ακεραιότητα της πλασματικής μεμβράνης είναι απόλυτα απαραίτητη για να διατηρηθεί το κύτταρο ζωντανό. Οποιαδήποτε βλάβη της μεμβράνης είναι μοιραία για το κύτταρο.

Το εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον των κυττάρων είναι πάντοτε υγρό, έστω και αν το κύτταρο είναι υπομονάδα ενός πολυκύτταρου οργανισμού. Πολύ συχνά το εξωτερικό περιβάλλον ενός κυττάρου είναι πολύ διαφορετικό από τον εσωτερικό κυτταροχυμό (cytosol). Ρόλος της κυτταρικής μεμβράνης είναι η διατήρηση της σταθερότητας της σύστασης του κυτταροχυμού και ο έλεγχος και η ρύθμιση των συστατικών που μπαίνουν και βγαίνουν από το κύτταρο.

5.1.1 Ιστορικά δεδομένα.

Η ύπαρξη της πλασματικής μεμβράνης αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1855 από τον Carl Nageli σε μονοκύτταρα φύκη. Πλασμολύοντας τα κύτταρα παρατήρησε ότι το όριο του κυττάρου δεν ήταν το κυτταρικό τοίχωμα, αλλά μια μεμβράνη που αποχωρίζεται από αυτό κατά την πλασμόλυση.

Αργότερα οι De Vries (1886), Pfeffer (1897) και Overton (1899) με διάφορα πειράματα διαπερατότητας των κυττάρων, έδειξαν την οντότητα των μεμβρανών αλλά και τον λιπιδικό χαρακτήρα τους. Με τα πειράματά τους διαπίστωσαν ότι οι λιποδιαλυτές ουσίες μπορούσαν να μπουν πιο εύκολα στα κύτταρα από ότι οι υδατοδιαλυτές. Αυτό τους έδωσε την ιδέα

ότι η μεμβράνη πρέπει να αποτελείται ή να περιέχει λιπίδια στη δομή της. Αργότερα, κάποιες χημικές αναλύσεις έδειξαν ότι η πλασματική μεμβράνη περιέχει φωσφολιπίδια.

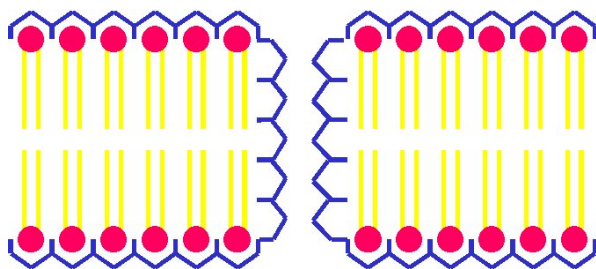
Το 1925, οι E. Gorter και G. Grendel, μέτρησαν την ποσότητα των φωσφολιπιδίων που πήραν από συγκεκριμένο αριθμό ερυθρών αιμοσφαιρίων και υπολόγισαν ότι δυο στρώσεις φωσφολιπιδίων θα μπορούσαν να περιβάλουν κάθε ερυθρό αιμοσφαίριο. Όπως αποδείχτηκε αργότερα, αν και οι υπολογισμοί τους ήταν λανθασμένοι το αποτέλεσμα τους ήταν σωστό γιατί το ένα τους λάθος αναιρούσε το άλλο!

Οι ίδιοι ερευνητές ακόμα πρότειναν ότι οι μη πολικές (υδρόφοβες) ουρές των λιπιδίων εκτείνονται προς τα μέσα και οι πολικές (υδρόφιλες) κεφαλές βρίσκονται προς τα έξω.

Την ίδια περίοδο (1925) ο Plowe, απομόνωσε τονοπλάστες από φυτικά κύτταρα.

Κατά τη δεκαετία του '30, διάφορα πειράματα, με διάφορες πειραματικές διατάξεις, έδειξαν κυρίως τις φυσικοχημικές ιδιότητες των μεμβρανών.

Τα λιπίδια από μόνα τους δεν μπορούσαν να δικαιολογήσουν όλες τις ιδιότητες και λειτουργίες των μεμβρανών. Έτσι, για να εξηγήσουν τη διαπερατότητα της μεμβράνης σε ορισμένα μη λιπιδικά συστατικά οι Danielli και Davson πρότειναν το 1940, ότι κάποιες σφαιρίνες (πρωτεΐνες) αποτελούν συστατικά των μεμβρανών. Έτσι πρότειναν το γνωστό σαν Danielli and Davson μοντέλο της μοναδιαίας μεμβράνης στο οποίο η διπλή στρώση των φωσφολιπιδίων περιβάλλεται από μια στοιβάδα πρωτεϊνών σε κάθε μεριά της μεμβράνης (Εικόνα....). Οι πρωτεΐνες σχηματίζουν διαύλους



μέσω των οποίων μπορούν να περνούν πολικά μόρια.

Εικόνα..... Η δομή της μεμβράνης κατά Danielli and Davson.

Κατά το τέλος της δεκαετίας του '50, η ηλεκτρονική μικροσκοπία είχε προοδεύσει αρκετά. Ο Robertson, το 1959, παρατήρησε με το ΗΜΔ τη μεμβράνη σε εγκάρσια τομή και τη συσχέτισε με το μοντέλο των Danielli και Davson. Παράλληλες μελέτες των Hillier and Hoffman, (1959), Frey-

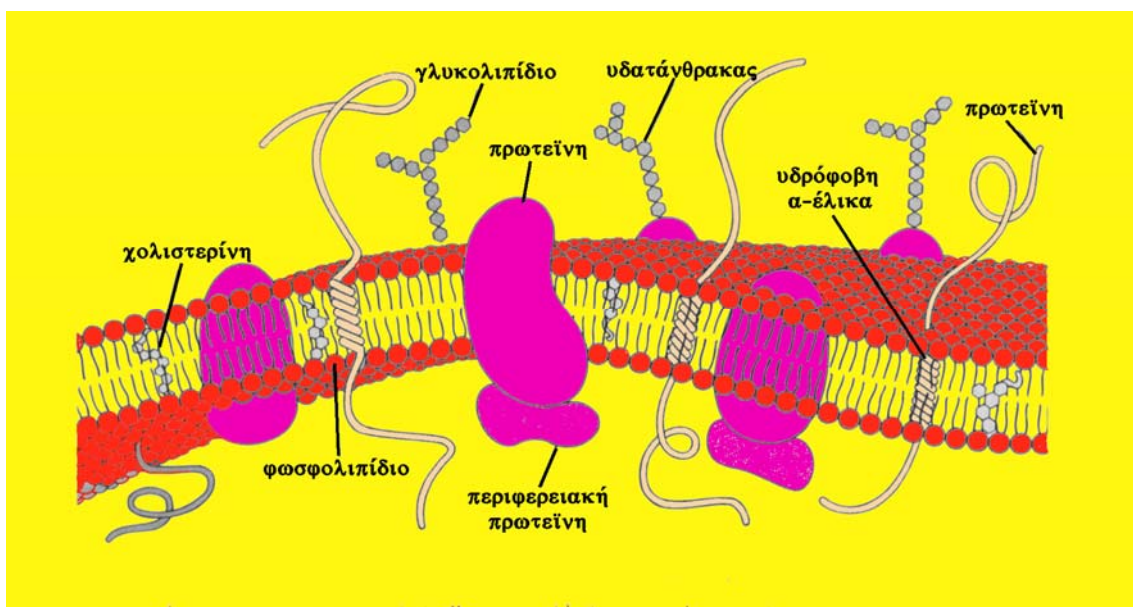
Wyssling and Stein, (1948) και Park and Pon, (1961), έδειξαν την ανομοιογένεια των μεμβρανών και πρότειναν τη «μωσαϊκή» δομή τους.

Ο J.D. Robertson (1959), έβγαλε το συμπέρασμα ότι οι σκοτεινές φάσεις είναι οι στρώσεις των πρωτεϊνών με τις κεφαλές των φωσφολιπιδίων, ενώ η φωτεινή μεσαία φάση περιέχει τις υδρόφοβες ουρές των δυο στοιβάδων των φωσφολιπιδίων (Εικόνα...). Ο Robertson πρότεινε ακόμα ότι όλες οι μεμβράνες των διαφόρων κυττάρων έχουν βασικά την ίδια δομή που αναφέρθηκε ως “μοναδιαία μεμβράνη” (unit membrane) όπως φαίνεται στην Εικόνα.... Αυτό το μοντέλο μεμβράνης ήταν αποδεκτό για περίπου μια δεκαετία, αν και πολλοί ερευνητές είχαν από την αρχή τις επιφυλάξεις τους. Ο λόγος ήταν η διαφορετική εμφάνιση των μεμβρανών διαφορετικών δομών με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, αλλά και οι διαφορετικές λειτουργίες των μεμβρανών. Για παράδειγμα η εσωτερική μεμβράνη των μιτοχονδρίων είναι καλυμμένη από σωματίδια και ρόλος της είναι η κυτταρική αναπνοή, ενώ η πλασματική μεμβράνη έχει εντελώς διαφορετική δομή και λειτουργία.

Στη δεκαετία του '60 οι ραγδαίες εξελίξεις στην τεχνολογία και τις αναλυτικές μεθόδους, συμβάλλανε στην καλύτερη κατανόηση της δομής των μεμβρανών και τη διαπίστωση ότι τα πρωτεϊνικά μόρια των μεμβρανών κινούνται ελεύθερα ανάμεσα στα λιπίδια.

Τελικά το 1972 οι S. Singer και G. Nicholson πρότειναν το μοντέλο του «υγρού - μωσαϊκού», που προτείνει ότι η μεμβράνη είναι μια διπλοστοιβάδα από φωσφολιπίδια, στην οποία πρωτεϊνικά μόρια βρίσκονται είτε μερικά είτε ολοκληρωτικά βυθισμένα. Οι πρωτεΐνες είναι διασκορπισμένες στη μεμβράνη και σχηματίζουν σχηματισμούς που θυμίζουν μωσαϊκό (Εικόνα.....). Το μοντέλο αυτό υποστηρίζεται και από εικόνες που παίρνουμε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης με τη τεχνική της ψυκτοεξάχνωσης (freeze-etching, Branton 1966).

Με τη τεχνική της ψυκτοεξάχνωσης οι βιολογικές δομές σπάνε σε τυχαία επίπεδα, με αποτέλεσμα τα σπασίματα να δημιουργούνται σε περιοχές με μικρότερη συνοχή όπως είναι οι μεμβράνες. Με αυτόν τον τρόπο αποκαλύπτονται οι επιφάνειες των μεμβρανών ή και της



εσωτερικής ηλεκτρονιακά διαφανούς στοιβάδας (Εικόνα...).

Εικόνα.... Η δομή της μοναδιαίας μεμβράνης σύμφωνα με το μοντέλο του ρευστού μωσαϊκού.

Σήμερα είναι γενικά αποδεκτό ότι οι βιολογικές μεμβράνες δεν είναι ακίνητα στερεά χωρίσματα, αλλά πολύπλοκες δυναμικές δομές φτιαγμένες από λιπίδια και πρωτεΐνες που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Αν και όλες οι μεμβράνες έχουν την ίδια βασική δομή, όσον αφορά τη διάταξη των λιπιδίων, η ποικιλομορφία των πρωτεϊνικών και άλλων μορίων που βρίσκονται σε αυτές, τους δίνουν τη δυνατότητα να έχουν πολλές λειτουργίες. Αυτές οι λειτουργίες είναι:

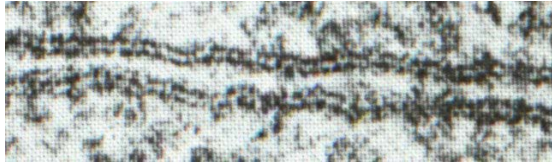
- η χρησιμοποίηση των μεμβρανών ως επιφανειών όπου γίνονται πολλές βιοχημικές αντιδράσεις,
- η ρύθμιση της διέλευσης συστατικών μέσα και έξω από το κύτταρο ή κάποιο οργανίδιο,
- η μετάδοση μηνυμάτων και πληροφοριών μεταξύ του εσωτερικού των κυττάρων και του περιβάλλοντος τους, και
- ως ένα απαραίτητο τμήμα ενός συστήματος μεταφοράς και αποθήκευσης ενέργειας.

Για την κατανόηση αυτών των λειτουργιών είναι απαραίτητη η γνώση της χημικής σύστασης και της λεπτής δομής των μεμβρανών όπως αυτές έχουν μελετηθεί με τις διάφορες αναλυτικές και μικροσκοπικές μεθόδους.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι αν και γνωρίζουμε λεπτομέρειες σχετικά με τη σύνθεση και λειτουργία των μεμβρανών, όσον αφορά τη δομή τους, συνεχίζουμε να αναφερόμαστε για υποθέσεις, όπως την πιο πρόσφατη των S.J. Singer και G.L. Nicholson του 1972, γνωστή ως υγρό μωσαϊκό. Αυτό συμβαίνει γιατί αν και το ΗΜΔ μας έχει δείξει λεπτομέρειες της δομής, οι εικόνες που διαθέτουμε ακόμα και σήμερα είναι στατικές και αδυνατούν να δείξουν τη δυναμική των μεμβρανών.

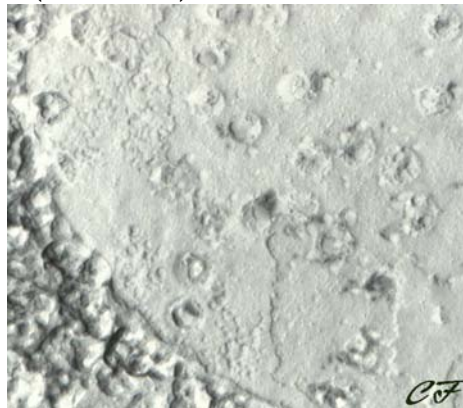
5.1.2 Η λεπτή δομή της πλασματικής ή μοναδιαίας μεμβράνης (plasma membrane).

Η *in situ* παρατήρηση των βιολογικών μεμβρανών μπορεί να γίνει, με τα σημερινά δεδομένα, μόνο με το ΗΜΔ, είτε σε τομές με τις κλασσικές μεθόδους, είτε με την τεχνική της ψυκτοεξάχνωσης (freeze-etching). Άλλες καταστροφικές μέθοδοι μπορούν να μας δώσουν πληροφορίες για τη χημική σύσταση και δομή των μεμβρανών γενικά, όχι όμως των συγκεκριμένων μεμβρανών στη συγκεκριμένη θέση στο κύτταρο.



Εικόνα..... Η λεπτή δομή της μοναδιαίας μεμβράνης με το ΗΜΔ. Στην Εικόνα φαίνονται δυο παράλληλες μοναδιαίες μεμβράνες, όπου φαίνεται η τριμερής δομή τους.(Φωτ. Κ. Φασσέας)

Με το ΗΜΔ η μοναδιαία μεμβράνη, σε εγκάρσια τομή και ειδικότερα όταν έχει γίνει χρώση με KMnO_4 , εμφανίζεται ως τριμερής (Εικόνα...). Οι δυο σκοτεινές φάσεις αντιπροσωπεύουν τις υδρόφιλες «κεφαλές» των λιπιδίων και η φωτεινή ζώνη ανάμεσά τους αντιπροσωπεύει τις υδρόφοβες «ουρές». Η μέθοδος της ψυκτοεξάχνωσης μας δίνει τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε τη φάση μεταξύ των δυο στρώσεων των λιπιδίων όπως αυτές αποκαλύπτονται κατά τη θραύση του ψυγμένου παρασκευάσματος. Έτσι έγινε δυνατή η παρατήρηση των πρωτεϊνικών μορίων των μεμβρανών (Εικόνα...).



Εικόνα Τμήμα του πυρηνικού φακέλου όπως φαίνεται με το ΗΜΔ με την τεχνική της ψυκτοεξάχνωσης. (Φωτ. Κ. Φασσέας)

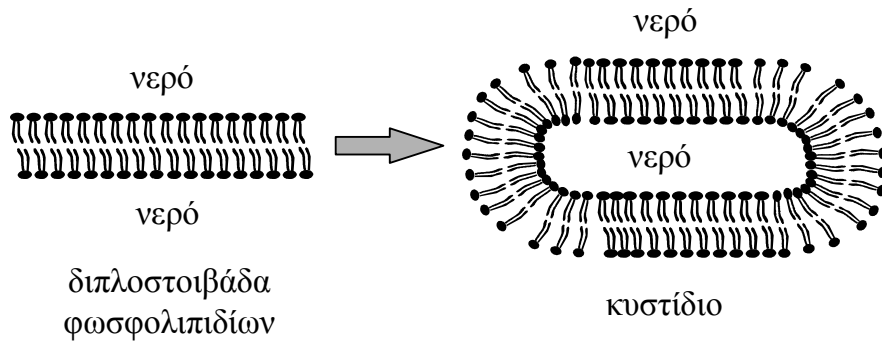
5.1.3 Το μοντέλο του υγρού μωσαϊκού.

Σύμφωνα με το μοντέλο του υγρού μωσαϊκού η μεμβράνη αποτελείται από δυο συστατικά, λιπίδια και πρωτεΐνες. Τη βασική δομή της μεμβράνης την αποτελούν τα λιπίδια ενώ οι πρωτεΐνες αποτελούν το λειτουργικό της μέρος.

5.1.4 Το λιπιδικό τμήμα.

Τα περισσότερα λιπίδια που συνιστούν την πλασματική μεμβράνη είναι **φωσφολιπίδια**. Σε ένα δοχείο με νερό τα φωσφολιπίδια αυτόματα σχηματίζουν διπλοστοιβάδες όπου οι υδρόφιλες κεφαλές στρέφονται προς το νερό και οι υδρόφοβες στρέφονται προς τις υδρόφοβες άλλων

φωσφολιπιδίων (Εικόνα....). Επειδή όμως οι διπλοστοιβάδες δεν μπορούν να έχουν ελεύθερα άκρα, τείνουν να σχηματίσουν κλειστά κυστίδια. Σε θερμοκρασία σώματος η σύσταση της διπλής στρώσης των φωσφολιπιδίων είναι παρόμοια με εκείνη του ελαιόλαδου. Όσο περισσότερα ακόρεστα λιπαρά οξέα υπάρχουν στη μεμβράνη τόσο πιο «υγρή» είναι η φύση της μεμβράνης.



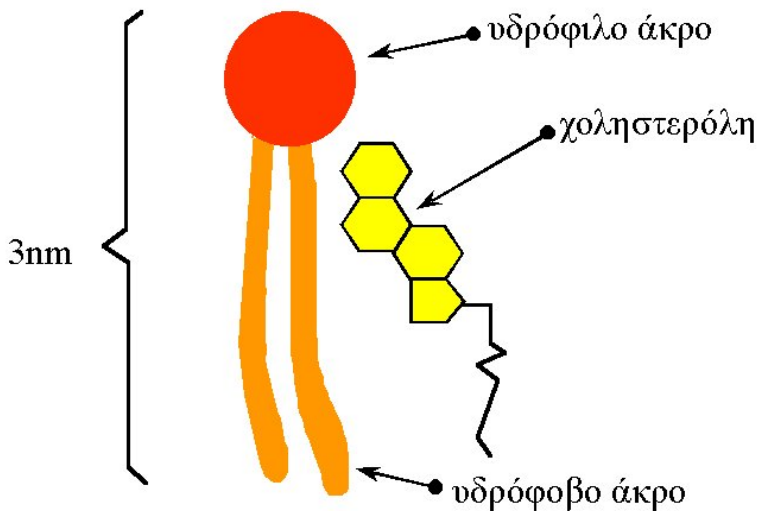
Εικόνα..... Σχηματισμός διπλοστοιβάδας από φωσφολιπίδια στην επιφάνεια νερού.

Η «υγρή» φύση της μεμβράνης, της παρέχει τη δυνατότητα να είναι εύπλαστη, έτσι τα κύτταρα και τα οργανίδια που περιβάλλονται από μεμβράνες είναι και αυτά εύπλαστα. Για τη διατήρηση της οντότητας της μεμβράνης απαιτείται η παρουσία νερού και από τις δυο πλευρές της. Έτσι όλα τα κύτταρα για να διατηρούνται ζωντανά πρέπει να περιβάλλονται από νερό. Τα ζωικά κύτταρα βρίσκονται πάντα σε υγρό περιβάλλον, συνήθως ισοτονικό με το κυτταρόπλασμα τους, ενώ στα φυτικά το υγρό περιβάλλον διατηρείται με τη συγκράτηση νερού από το κυτταρικό τοίχωμα.

Η πλασματική μεμβράνη δεν είναι συμμετρική. Για παράδειγμα οι δυο στρώσεις φωσφολιπιδίων που σχηματίζουν τη μεμβράνη μπορεί να είναι διαφορετικές. Η διαφορά τους συνήθως έγκειται στις διαφορετικές αζωτούχες ενώσεις που έχουν.

Τα γλυκολιπίδια είναι μια άλλη ομάδα λιπιδίων που βρίσκονται στις μεμβράνες. Αυτά μοιάζουν με τα φωσφολιπίδια με τη διαφορά ότι το υδρόφιλο άκρο έχει διάφορους υδατάνθρακες που σχηματίζουν ίσιες ή διακλαδιζόμενες αλυσίδες. Τα γλυκολιπίδια πάντοτε βρίσκονται προς την εξωτερική πλευρά της μεμβράνης και φαίνεται ότι είναι υπεύθυνα για τη λήψη μηνυμάτων και την ρύθμιση της λειτουργίας των πρωτεϊνών της μεμβράνης.

Στα ζωικά κύτταρα ένα σημαντικό συστατικό των μεμβρανών είναι και η χοληστερόλη (ή χοληστερίνη). Το μόριο της χοληστερόλης είναι και αυτό πολικό, έχει δηλαδή ένα υδρόφιλο και ένα υδρόφοβο άκρο και είναι τοποθετημένο παράλληλα με τα φωσφολιπίδια (Εικόνα.....). Ο αριθμός των μορίων χοληστερόλης κυμαίνεται, ανάλογα με τη μεμβράνη και μπορεί να φτάνει ακόμα και να είναι ίσος με τον αριθμό των φωσφολιπιδίων.



Εικόνα..... Το σχήμα, το μέγεθος και η σχετική θέση στη μεμβράνη ενός φωσφολιπιδίου και ενός μορίου χοληστερόλης.

Η χοληστερόλη καθιστά τις μεμβράνες ακόμα πιο αδιαπέραστες από τα περισσότερα μόρια. Μικρά μόρια, όπως τα αμινοξέα και τα μόρια της ζάχαρης, δυσκολεύονται να περάσουν επειδή είναι πολικά, ενώ το μέσον της μεμβράνης μη πολικό. Η διέλευση μορίων μέσω τέτοιων μεμβρανών εξαρτάται από τις πρωτεΐνες που περιέχονται σε αυτές.

5.1.5 Οι πρωτεΐνες των μεμβρανών.

Οι πρωτεΐνες αυτές βρίσκονται είτε βυθισμένες στο στρώμα των λιπιδίων στη μια πλευρά της μεμβράνης, είτε την διαπερνούν (Εικόνα.....). Συχνά και οι πρωτεΐνες των μεμβρανών διαθέτουν υδρόφιλες και υδρόφοβες ομάδες, με τις υδρόφοβες προς το εσωτερικό της μεμβράνης και τις υδρόφιλες να προεξέχουν από την επιφάνεια της. Πειράματα με φθορίζοντα αντισώματα που έχουν προσκολληθεί σε πρωτεΐνες των μεμβρανών έχουν δείξει ότι οι πρωτεΐνες δεν είναι συνδεδεμένες με τα φωσφολιπίδια αλλά μπορούν να κινούνται οριζόντια μεταξύ αυτών.

Το ποσοστό των πρωτεϊνών σε σχέση με τα φωσφολιπίδια κυμαίνεται ανάλογα με τη θέση και τη λειτουργία της μεμβράνης. Η

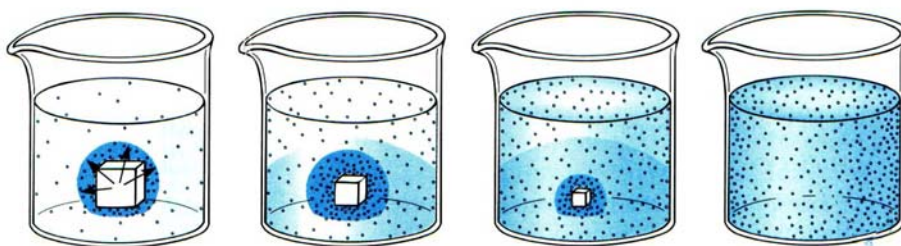
πλασματική μεμβράνη των ερυθρών αιμοσφαιρίων, για παράδειγμα, αποτελείται από 20%–40% λιπίδια και 60%–80% πρωτεΐνες. Διαφορά επίσης υπάρχει ανάμεσα στις δυο πλευρές της μεμβράνης. Για παράδειγμα μόνο οι πρωτεΐνες προς το εσωτερικό των κυττάρων μπορεί να είναι συνδεδεμένες με τα μικροϊνίδια του κυτταροσκελετού ενώ μόνο οι εξωτερικές πρωτεΐνες έχουν υδατάνθρακες που εξυπηρετούν την επικοινωνία των κυττάρων. Οι υδατάνθρακες αυτοί μπορεί να αποτελούν τμήμα μιας γλυκοπρωτεΐνης ή ενός γλυκολιπιδίου και δίνουν την ταυτότητα του κυττάρου ή του οργανιδίου. Έτσι είναι δυνατή η αναγνώριση των κυττάρων μεταξύ τους σε μια μεταμόσχευση οργάνων, η βλάστηση των γυρεοκόκκων και η επιτυχία ενός μπουλιάσματος στα φυτά.

Πολλές από τις πρωτεΐνες της πλασματικής μεμβράνης είναι υπεύθυνες για τη μετακίνηση συστατικών μέσω αυτής με τους τρόπους που αναφέρονται στην επόμενη παράγραφο.

5.1.6 Μετακίνηση συστατικών μέσω των μεμβρανών.

Διάχυση.

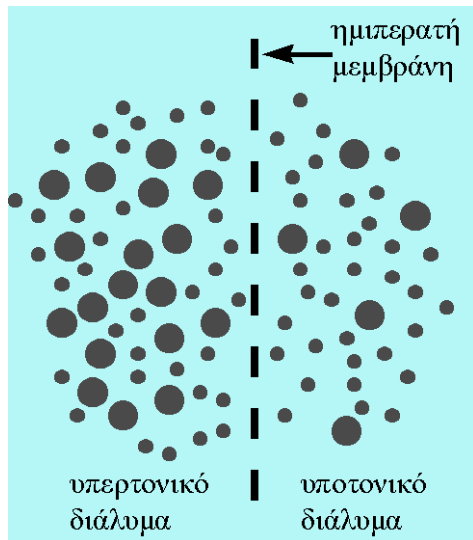
Διάχυση, είναι η μετακίνηση μορίων από περιοχές που αυτά βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση προς περιοχές μικρότερης συγκέντρωσης (διαβάθμιση συγκέντρωσης) χωρίς την κατανάλωση ενέργειας. Ένας μικρός αριθμός μικρών μορίων, όπως το O_2 και το CO_2 , μπορούν να περνούν ελεύθερα μέσω των μεμβρανών με διάχυση.



Εικόνα..... Η διάχυση μιας ευδιάλυτης ουσίας.

Ώσμωση.

Η δομή της μεμβράνης, που σε αυτή την περίπτωση αναφέρεται σαν



ημιπερατή, ή εκλεκτικά διαπερατή, επιτρέπει τη διέλευση μόνο ορισμένων μορίων.

Εικόνα Η ημιπερατή μεμβράνη είναι διαπερατή μόνο από τα μόρια του διαλύτη και όχι από τα μόρια της διαλυμένης ουσίας.

Μεταφορά με φορείς.

Η παρουσία της μεμβράνης επιτρέπει την ελεύθερη μεταφορά μέσω αυτής μόνο λίγων μορίων. Τα άλλα μόρια που πρέπει να διασχίσουν τη μεμβράνη, το κάνουν με τη βοήθεια διαφόρων μηχανισμών. Τους μηχανισμούς μεταφοράς συστατικών μέσω των μεμβρανών συνιστούν ορισμένες εξειδικευμένες πρωτεΐνες που βρίσκονται επάνω σε αυτές. Το πώς ακριβώς οι πρωτεΐνες αυτές μεταφέρουν συστατικά δεν είναι εντελώς κατανοητό.

Όταν η μεταφορά με φορείς, γίνεται από υψηλή προς χαμηλή συγκέντρωση χωρίς την κατανάλωση ενέργειας αλλά με μεγαλύτερη ταχύτητα από εκείνη που ορίζει η διαβάθμιση της συγκέντρωσης, αναφερόμαστε σε διευκολυνόμενη διάχυση. Με αυτόν τον τρόπο συνήθως μεταφέρονται τα αμινοξέα, τα νουκλεοτίδια και διάφορα σάκχαρα μέσα και έξω από τα κύτταρα.

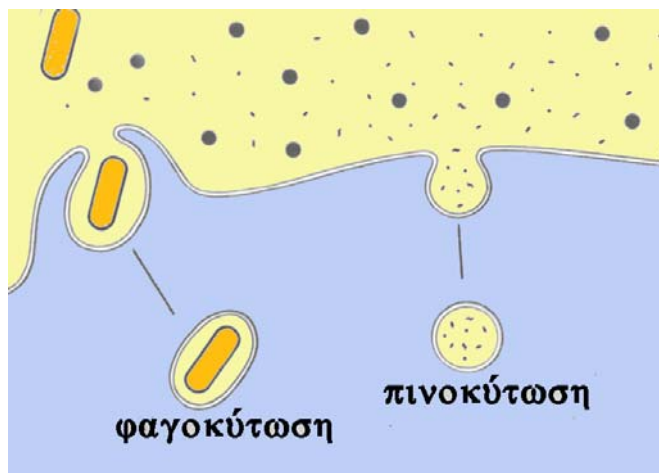
Όταν η μεταφορά γίνεται αντίθετα από τη διαβάθμιση συγκέντρωσης, τότε απαιτείται η κατανάλωση ενέργειας με μορφή ATP και αναφερόμαστε σε ενεργό μεταφορά. Παραδείγματα τέτοιου είδους μεταφοράς είναι η συσσώρευση ιωδίου στο θυρεοειδή αδένα και η επαναπροσρόφηση ιόντων νατρίου (Na^+) στα νεφρικά σωληνάκια.

Όταν τα συστατικά είναι πολύ μεγάλα για να μετακινηθούν μέσω των μεμβρανών με τις πρωτεΐνες μεταφοράς, αυτά μετακινούνται με ενδοκύτωση ή εξωκύτωση ανάλογα με τη κατεύθυνση μετακίνησης

(Εικόνα....). Φαγοκύτωση είναι η ενδοκύτωση μεγάλων στερεών συστατικών ενώ πινοκύτωση είναι η πρόσληψη από το κύτταρο μεγάλων μορίων. Και στις δυο περιπτώσεις αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός φαγοκυτικών ή πινοκυτικών κυστιδίων. Εξωκύτωση είναι το αντίθετο της ενδοκύτωσης κατά την οποία ένα κυστίδιο συντήκεται με την πλασματική μεμβράνη αποβάλλοντας έτσι το περιεχόμενό του στο εξωτερικό περιβάλλον του κυττάρου.

Τεχνητοί πόροι.

Ένα από τα πιο πρόσφατα επιτεύγματα της μοριακής βιολογίας είναι η κατασκευή τεχνητών πόρων πρωτεϊνικής φύσης, και η εμφύτευσή τους στις μεμβράνες ζωντανών κυττάρων. Αυτές οι δομές θα μπορούσαν να διευκολύνουν τη χορήγηση ουσιών στα κύτταρα για τις οποίες οι φυσικές



μεμβράνες δεν είναι διαπερατές.

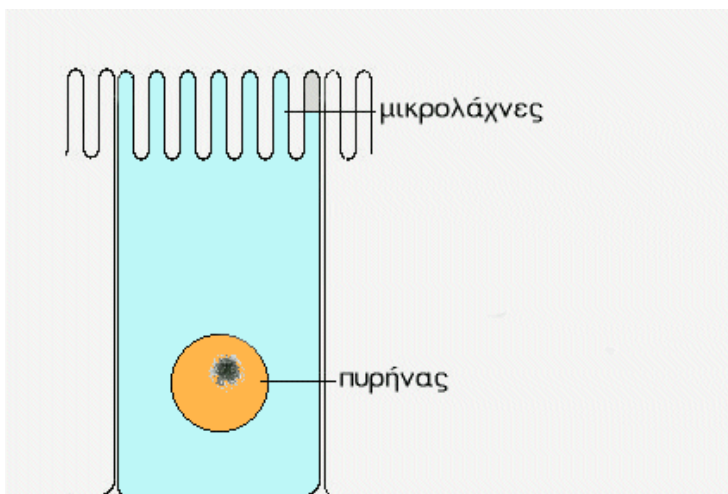
Εικόνα Η φαγοκύτωση και η πινοκύτωση.

5.2 Εξαρτήματα της μεμβράνης

5.2.1 Μικρολάχνες.

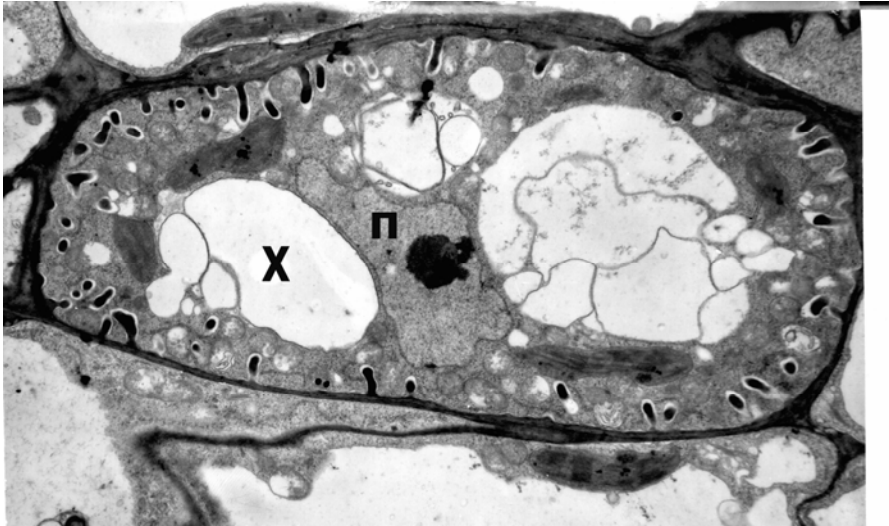
Οι μικρολάχνες είναι δομές που μοιάζουν με δάκτυλα που προεξέχουν από την επιφάνεια ορισμένων επιθηλιακών ζωικών κυττάρων και ειδικότερα εκείνων που χρειάζεται να διαθέτουν μεγάλη επιφάνεια για ικανοποιητική επιτέλεση της λειτουργίας τους πως είναι η απορρόφηση συστατικών από το περιβάλλον του κυττάρου (Εικόνα.....). Ένα επιθηλιακό κύτταρο του ανθρώπινου λεπτού εντέρου, για παράδειγμα, έχει μερικές χιλιάδες μικρολάχνες στην εξωτερική του επιφάνεια. Το μέγεθος των μικρολαχνών έχουν διάμετρο 0.08 μm και μήκος 1 μm . Η επιφάνεια του

κυττάρου είναι περίπου εικοσαπλάσια από εκείνη που θα είχε ένα κύτταρο χωρίς μικρολάχνες. Η πλασματική μεμβράνη που καλύπτει τις μικρολάχνες είναι απόλυτα εξειδικευμένη και περιέχει ένα παχύ εξωκυτταρικό στρώμα από πολυσακχαρίτες και πεπτικά ένζυμα. Το εσωτερικό κάθε μικρολάχνης του εντέρου περιέχει μια δεσμίδα από 20 – 30 δύσκαμπτα παράλληλα διαταγμένα ινίδια ακτίνης που εκτείνονται από την κορυφή της μικρολάχνης μέχρι και το εσωτερικό του κυττάρου. Τα ινίδια της ακτίνης συνδέονται μεταξύ τους με άλλες πρωτεΐνες τη φμπρίνη και τη φασκίνη που κάνουν τις μικρολάχνες πιο ισχυρές. Μελέτες με το ΗΜΔ δείχνουν ότι η όλη δομή είναι ισχυρά συνδεδεμένη με το κυτταρόπλασμα.

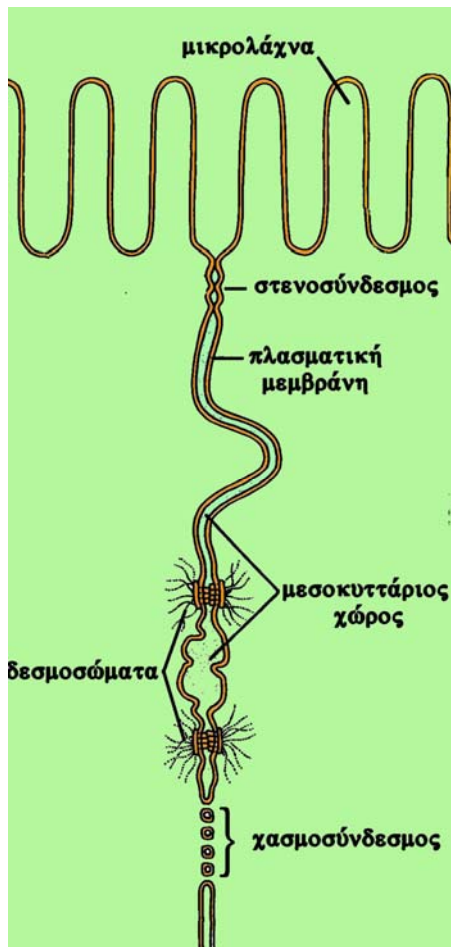


Εικόνα Επιθηλιακό κύτταρο με μικρολάχνες.

Στα φυτικά κύτταρα η αύξηση της επιφάνειας επιτυγχάνεται με παρόμοιο τρόπο, αλλά λόγω της ύπαρξης του κυτταρικού τοιχώματος, αντί για προεξοχές της πλασματικής μεμβράνης σχηματίζονται εσοχές που ακολουθούνται από προεκτάσεις του κυτταρικού τοιχώματος με μορφή δακτύλων που εκτείνονται προς τον πρωτοπλάστη. Τα κύτταρα αυτά χαρακτηρίζονται σαν κύτταρα μεταφοράς (transfer cells) και σχετίζονται με τη μεταφορά συστατικών μεταξύ ηθμού και αναπτυσσομένων σημείων των ανώτερων φυτών (Εικόνα.....). Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού μιτοχονδρίων κοντά στη πλασματική μεμβράνη ανάμεσα στις εσοχές, δείχνει έντονη ενεργό μεταφορά.



Εικόνα Κύτταρο μεταφοράς από το υποκοτύλιο του λιναριού (*Linum usitatissimum*) π - πυρήνας, χ - χυμοτόπιο. Φωτ. Κ. Φασσέας.



Εικόνα Τα διάφορα είδη συνδέσμων που παρατηρούνται στα επιθηλιακά κύτταρα του λεπτού εντέρου.

5.2.2 Οι σύνδεσμοι.

Η επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων.

Μια από τις προϋποθέσεις για τη συντονισμένη ανάπτυξη και λειτουργία ενός πολυκύτταρου οργανισμού είναι η δυνατότητα για επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων καθώς επίσης και η συνοχή και η συγκράτηση τους σε ορισμένη θέση. Σήμερα η επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων είναι δεδομένη, αν και αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη "κυτταρική Θεωρία" του Schleiden (1838) που ήθελε τα κύτταρα ενός οργανισμού ανεξάρτητες μονάδες.

Συνήθως κατατάσσουμε τα είδη της διακυτταρικής επικοινωνίας σε δυο κατηγορίες:

A. επικοινωνία μεταξύ κυττάρων που βρίσκονται μακριά το ένα από το άλλο (long range),

B. επικοινωνία μεταξύ κυττάρων που βρίσκονται σ' επαφή (close contact).

Στη πρώτη κατηγορία, κάποιο μόριο "αγγελιοφόρος" μεταβιβάζει ένα μήνυμα στο οποίο ανταποκρίνονται ορισμένα κύτταρα που διαθέτουν τους ειδικούς γι' αυτό το μόριο δέκτες στην πλασματική τους μεμβράνη. Παράδειγμα τέτοιου είδους επικοινωνίας είναι η ορμονική επικοινωνία και ο χημειοτακτισμός. Ένα παράδειγμα ορμονικής επικοινωνίας είναι και η έκκριση θυροξίνης από το θυροειδή αδέν, η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται με το αίμα σ' ολόκληρο τον οργανισμό και ρυθμίζει το ρυθμό του βασικού μεταβολισμού όλων των κυττάρων με τους κατάλληλους δέκτες στη μεμβράνη. Παράδειγμα χημειοτακτισμού στον άνθρωπο αποτελούν η μετακίνηση των λευκών αιμοσφαιρίων προς ορισμένα προϊόντα των μικροβίων ή και άλλων κυττάρων και σωματιδίων, με αποτέλεσμα να πλησιάζουν την πηγή του ερεθίσματος και να την εξουδετερώνουν με κυτταροφαγία. Άλλο τέτοιο παράδειγμα είναι και η μετακίνηση του σπερματοζωαρίου προς το ωάριο για να το γονιμοποιήσει. Σε πρωτόγονα ευκαρυωτικά κύτταρα το φαινόμενο αυτό τα καθοδηγεί για εύρεση τροφής ή για την μετακίνησή τους προς ευνοϊκότερο γι' αυτά περιβάλλον (π.χ. φως, pH κλπ.).

Στα προκαρυωτικά κύτταρα όπως τα βακτήρια φαίνεται να ισχύει η αρχή της δοκιμής - κίνησης - δοκιμής αφού η κίνησή τους είναι τυχαία, δηλαδή έρχονται σ' επαφή με τον παράγοντα τυχαία και ανάλογα αντιδρούν θετικά ή αρνητικά. Ο χημειοτακτισμός είναι θετικός όταν η κίνηση γίνεται προς το ερέθισμα και αρνητικός όταν γίνεται απομάκρυνση από το ερέθισμα.

Στη δεύτερη κατηγορία επικοινωνίας, όπου τα κύτταρα βρίσκονται σ' επαφή, έχουμε ορισμένες εξειδικεύσεις της πλασματικής μεμβράνης, τους συνδέσμους (cell junctions) που επιτρέπουν στα γειτονικά κύτταρα να

είναι συνδεδεμένα μηχανικά και να εξασφαλίζεται σ' αυτά η γρήγορη επικοινωνία μεταξύ τους. Οι περισσότεροι σύνδεσμοι είναι πολύ μικροί για να παρατηρηθούν με το οπτικό μικροσκόπιο. Μπορούν όμως να παρατηρηθούν και μελετηθούν με τις κλασσικές μεθόδους ηλεκτρονικής μικροσκοπίας αλλά και με φυκτοεξάχνωση (freeze-etching) και ψυκτοτεμαχισμό (freeze-fracture).

Οι σύνδεσμοι μπορούν να χωριστούν σε τρεις λειτουργικές ομάδες:

Στενοσύνδεσμοι ή σύνδεσμοι κυτταρικής απομόνωσης ή κυτταρικού αποκλεισμού (occluding junctions, tight junctions), αυτές σφραγίζουν τα κύτταρα επιθηλίων έτσι που ακόμα και μικρά μόρια να μη μπορούν να περάσουν ανάμεσα από τα κύτταρα της επιθηλιακής στοιβάδας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων συνδέσμων παρατηρείται στα επιθηλιακά κύτταρα του λεπτού εντέρου των θηλαστικών, όπου οι σύνδεσμοι αυτοί εμποδίζουν τη διέλευση συστατικών από την κοιλότητα του εντέρου προς τα αιμοφόρα αγγεία ανάμεσα από τα κύτταρα. Έτσι τα συστατικά μπορούν να περάσουν μόνο μέσα από τα κύτταρα.

Σύνδεσμοι στήριξης (anchoring junctions), οι οποίοι συνδέουν τον κυτταροσκελετό ενός κυττάρου με εκείνους των γειτονικών κυττάρων ή με την εξωκυτταρική ύλη. Ο ρόλος αυτών των συνδέσμων είναι η μηχανική συγκράτηση των κυττάρων μεταξύ τους και συνήθως παρατηρούνται σε κύτταρα ιστών που υφίστανται μηχανικές τάσεις όπως για παράδειγμα τα μυϊκά κύτταρα της καρδιάς ή τα επιθηλιακά κύτταρα της επιδερμίδας. Τέτοιοι σύνδεσμοι υπάρχουν δυο ειδών που διαφέρουν στη δομή και τη λειτουργία:

Σύνδεσμοι συγκόλλησης (adherens junctions). Αυτοί μπορεί να είναι σημειακοί (macula adherens = πλάκα σύνδεσης) ή να σχηματίζουν ζώνη (zonula adherens - ζώνη πρόσδεσης). Η σύνδεση των κυττάρων σ' αυτές τις περιπτώσεις οφείλεται σε ινίδια ακτίνης και παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη μορφογένεση κατά την ανάπτυξη του οργανισμού (π.χ. όταν μια στοιβάδα επιθηλιακών κυττάρων αναδιπλώνεται για τη δημιουργία ενός σωλήνα).

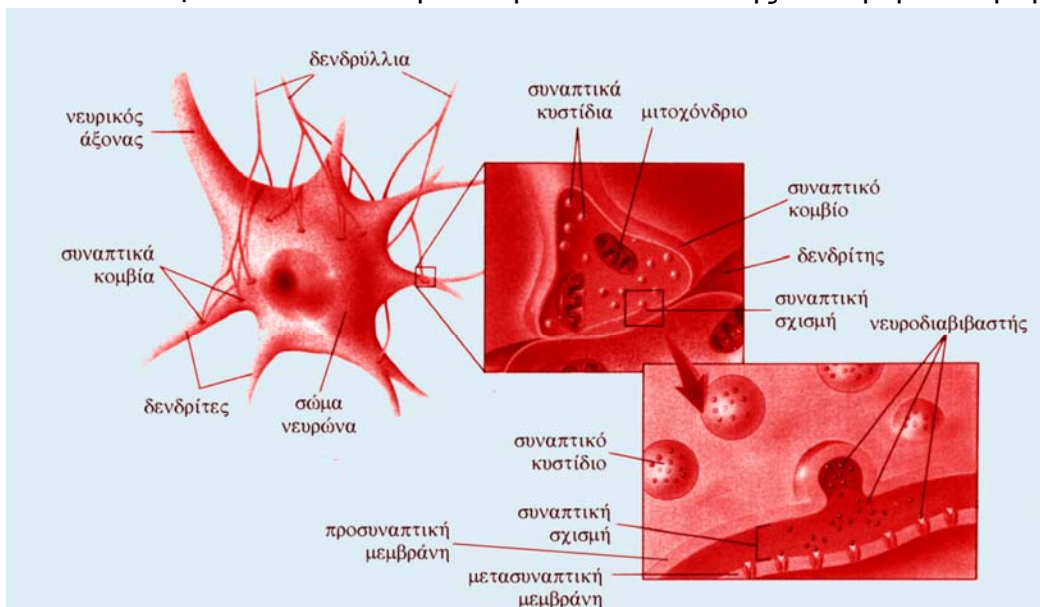
Δεσμοσώματα και ημιδεσμοσώματα (desmosomes and hemidesmosomes). Αυτού του τύπου οι σύνδεσμοι επιτυγχάνουν τη σύνδεση με ενδιάμεσα ινίδια. Τα πρώτα συμβάλουν στη σύνδεση κυττάρων μεταξύ τους όπως είναι τα επιθηλιακά κύτταρα ενώ τα δεύτερα συγκολλούν επιθηλιακά κύτταρα με εξωκυτταρικά συστατικά του συνδετικού ιστού όπως είναι οι ίνες κολλαγόνου.

3. **Σύνδεσμοι επικοινωνίας**, οι οποίοι μεταβιβάζουν χημικά ή ηλεκτρικά μηνύματα από το ένα κύτταρο στο άλλο και διακρίνονται στους **χασμοσύνδεσμούς** και τις **συνάψεις**.

Χασμοσύνδεσμοι (gap junctions). Αυτοί είναι και οι πιο μυστηριώδεις απ' όλους. Χασμοσύνδεσμοι παρατηρούνται σε μεγάλους αριθμούς στους περισσότερους ιστούς και σε όλα τα είδη ζώων. Στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο οι χασμοσύνδεσμοι εμφανίζονται σαν ομοιόμορφα χάσματα, πλάτους 3nm, ανάμεσα στις πλασματικές μεμβράνες δυο γειτονικών κυττάρων. Οι χασμοσύνδεσμοι χρησιμεύουν στην ενδοκυτταρική επικοινωνία με το να επιτρέπουν σε μικρό βαθμό ανόργανα ιόντα και άλλα μικρά υδατοδιαλυτά μόρια να περνούν απ' ευθείας από το κυτταρόπλασμα του ενός κυττάρου στο κυτταρόπλασμα του άλλου και έτσι να συνδέουν τα κύτταρα ηλεκτρικά και μεταβολικά. Τα μόρια δηλαδή που μπορούν να περάσουν από κύτταρο σε κύτταρο είναι τα ανόργανα ιόντα, σάκχαρα, αμινοξέα, νουκλεοτίδια και βιταμίνες, άλλα όχι μεγαλομόρια όπως πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα και πολυσακχαρίτες που το μέγεθος τους ξεπερνάει τα 1000-1500 daltons³. Οι χασμοσύνδεσμοι είναι κατασκευασμένοι από πρωτεΐνες που διαπερνούν τις μεμβράνες που σχηματίζουν δομές που ονομάζονται connexons. Όταν τα connexons των πλασματικών μεμβρανών δυο γειτονικών κυττάρων είναι ευθυγραμμισμένα, σχηματίζουν ένα συνεχή σωληνίσκο που συνδέει τα εσωτερικά των δυο κυττάρων.

Αυτή η σύνδεση των κυττάρων εμπλέκεται σε πολλές λειτουργίες των κυττάρων μερικές από τις οποίες μόλις τώρα αρχίζουμε να τις καταλαβαίνουμε. Για παράδειγμα ο συγχρονισμός των κυττάρων του μυοκαρδίου, και των λείων μυών του λεπτού εντέρου οφείλονται στα ηλεκτρικά μηνύματα που περνούν από κύτταρο σε κύτταρο από τους χασμοσύνδεσμούς.

Ένας άλλος πολύ σημαντικός ρόλος των χασμοσυνδέσμων είναι και η επικοινωνία των κυττάρων κατά την εμβρυογένεση, με αποτέλεσμα το συντονισμό των κυτταροδιαιρέσεων και της διαφοροποίησης των



omic

κυττάρων προς ιστούς και όργανα. Η διαπερατότητα αυτή των χασμοσυνδέσμων είναι ρυθμιζόμενη. Οι χασμοσύνδεσμοι είναι δυναμικές δομές που μπορούν να επιτρέπουν ή όχι τη διέλευση συγκεκριμένων μορίων ανάλογα με τις ανάγκες του κυττάρου και όχι κάποια σωληνάκια που λειτουργούν σα φίλτρα επιλέγοντας τα μόρια με μόνο κριτήριο το μέγεθος τους.

Εικόνα Η μεταβίβαση της νευρικής ώσης από νευρικό σε νευρικό κύτταρο μέσω της χημικής σύναψης.

5.2.3 Οι συνάψεις

Μια εξειδικευμένη μορφή χασμοσυνδέσμων αποτελούν και οι **συνάψεις** που διακρίνονται σε **ηλεκτρικές** και **χημικές**.

Ηλεκτρικές συνάψεις

Η ηλεκτρική σύνδεση ανάμεσα σε νευρικά κύτταρα (ηλεκτρική σύναψη) επιτρέπει στις νευρικές ώσεις να μεταδίδονται από κύτταρο σε κύτταρο αστραπιαία χωρίς να υπάρχει η μικρή καθυστέρηση που συμβαίνει στις συνάψεις. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για την αντίδραση διαφυγής ορισμένων ψαριών και εντόμων.

Χημικές συνάψεις.

Ενώ οι ηλεκτρικές συνάψεις, που αναφέρθηκαν πιο πάνω, επιτρέπουν τη γρήγορη μετάδοση μηνυμάτων από κύτταρο σε κύτταρο, οι ικανότητές τους να ελέγχουν και να ρυθμίζουν τη μετάδοση του μηνύματος είναι πιο περιορισμένες σε σύγκριση με τις χημικές συνάψεις.

Οι χημικές συνάψεις είναι και αυτές μια μορφή χασμοσυνδέσμων μεταξύ νευρικών κυττάρων ή νευρικών και μυϊκών (νευρομυϊκές συνάψεις) στις οποίες όμως η μεταβίβαση του μηνύματος είναι πάντοτε μονόδρομη. Και οι δυο τύποι έχουν παρόμοια μορφή και λειτουργία που συνοψίζονται πιο κάτω. Το ένα κύτταρο (διαβιβαστικό) σχηματίζει μια κυτταροπλασματική προεκβολή που περιέχει πολυάριθμα κυστίδια διαμέτρου 40–60nm που ονομάζονται συναπτικά κυστίδια (synaptic vesicles) και πολυάριθμα μιτοχόνδρια που δίνουν την ενέργεια για τη παραγωγή του νευροδιαβιβαστή που περιέχουν τα συναπτικά κυστίδια (Εικόνα.....). Ο νευροδιαβιβαστής, π.χ. η ακετυλοχολίνη, όταν φτάσει στη προεκβολή αυτή ένας νευρικός παλμός ελευθερώνεται στο μετασυναπτικό χάσμα, μετά από σύντηξη της πλασματικής μεμβράνης με τη μεμβράνη των κυστιδίων. Ο νευροδιαβιβαστής δεσμεύεται από υποδοχείς της πλασματικής μεμβράνης των δευτέρων κυττάρων (μεταβιβάζοντας έτσι το ερέθισμα), ενώ όσα μόρια νευροδιαβιβαστή παραμείνουν ελεύθερα

διασπώνται γρήγορα και τα υπολείμματα απορροφώνται με ενδοκύτωση από το πρώτο κύτταρο (Εικόνα.....). Νευροδιαβιβαστής στις περισσότερες συνάψεις είναι η ακετυλοχολίνη που την αδρανοποιεί το ένζυμο χολινεστεράση, ενώ σε πολλές συνάψεις του συμπαθητικού νευρικού συστήματος οι αντίστοιχες ουσίες είναι η νοραδρεναλίνη που αδρανοποιείται από τη μόνο-αμινοξειδάση.

Σχεδόν όλες οι διεγερτικές ή ηρεμιστικές (ναρκωτικές) ουσίες επηρεάζουν την επικοινωνία μεταξύ νευρικών κυττάρων. Για παράδειγμα η ατροπίνη εμποδίζει τη δράση της ακετυλοχολίνης και επομένως εμποδίζει τη μεταβίβαση νευρικών παλμών. Αντίθετα η στρυχνίνη εμποδίζει τη δράση της ακετυλοχολινεστεράσης με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η μεταβίβαση νευρικών παλμών (διεγερτικό). Παρόμοια δράση, αλλά στη νοραδρεναλίνη, έχουν η μεσκαλίνη και το LSD.

5.2.4 Πλασμοδέσμες.

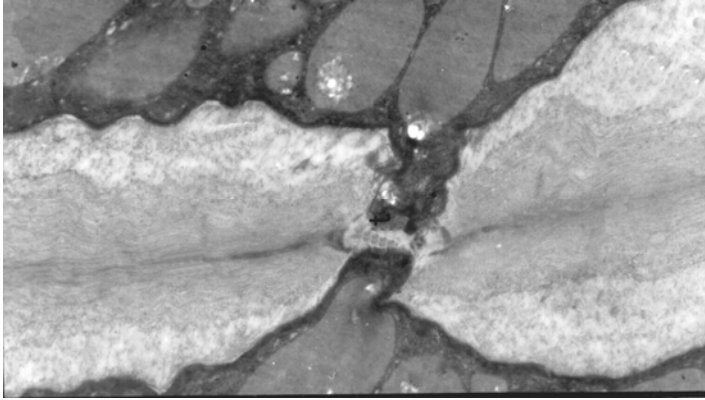
Τα φυτικά κύτταρα μεταξύ τους έχουν τα σκληρά κυτταρικά τοιχώματα. Έτσι δεν υπάρχει η ανάγκη για δεσμοσώματα. Αυτά τα κυτταρικά τοιχώματα είναι συνήθως εμποτισμένα με ουσίες που τα κάνουν αδιαπέραστα από το νερό που κάνουν τους συνδέσμους αποκλεισμού άχρηστους στα φυτικά κύτταρα. Η επικοινωνία όμως μεταξύ των κυττάρων, είναι απαραίτητη με μια μορφή αντίστοιχη με τους χασμοσύνδεσμους των ζωικών κυττάρων. Στα φυτικά κύτταρα αναφέρονται σαν πλασμοδέσμες. Αυτές οι δομές είναι δίαυλοι πλάτους 20 - 40 nm που εκτείνονται μεταξύ γειτονικών κυττάρων. Οι κυτταρικές μεμβράνες των γειτονικών κυττάρων είναι συνεχόμενες μέσω των πλασμοδεσμών, μέσω των οποίων μπορούν να περάσουν διάφορα μόρια και ιόντα αλλά όχι και οργανίδια.

Τα σωματίδια των ιών δεν μπορούν να περάσουν από τις πλασμοδέσμες από το ένα κύτταρο στο άλλο. Ορισμένοι όμως ιοί έχουν μηχανισμούς που επιστρώνουν τις πλασμοδέσμες με ειδικές πρωτεϊνικές ουσίες που επιτρέπουν τη διόδο των σωματιδίων.

5.3 Εξωκυτταρικές ουσίες.

Οι ιστοί δεν αποτελούνται αποκλειστικά από κύτταρα. Ένα σημαντικό μέρος του όγκου τους καταλαμβάνεται από εξωκυτταρικά υλικά. Τα υλικά αυτά είναι είτε πολυσακχαρίτες είτε πρωτεΐνες που εκκρίνονται τοπικά και οργανώνονται σε ένα δίκτυο. Ο συνδετικός ιστός είναι ο κύριος ζωικός ιστός που περιέχει εξωκυτταρικές ουσίες, ενώ στα φυτά είναι τα κυτταρικά τοιχώματα. Ως εξωκυτταρικές ουσίες αναγνωρίζουμε τα δίκτυα των ινωδών πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών

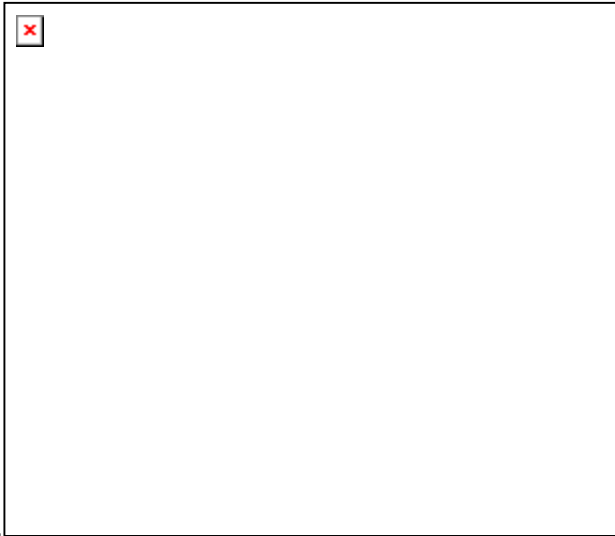
που παράγονται από τα κύτταρα και καταλαμβάνουν τους χώρους μεταξύ των κυττάρων ή επικαλύπτουν τις εξωτερικές επιφάνειες οργάνων ή οργανισμών. Τα ζωικά κύτταρα τείνουν να προσκολλώνται σε επιφάνειες. Οι εξωκυτταρικές ουσίες αποτελούν αυτό



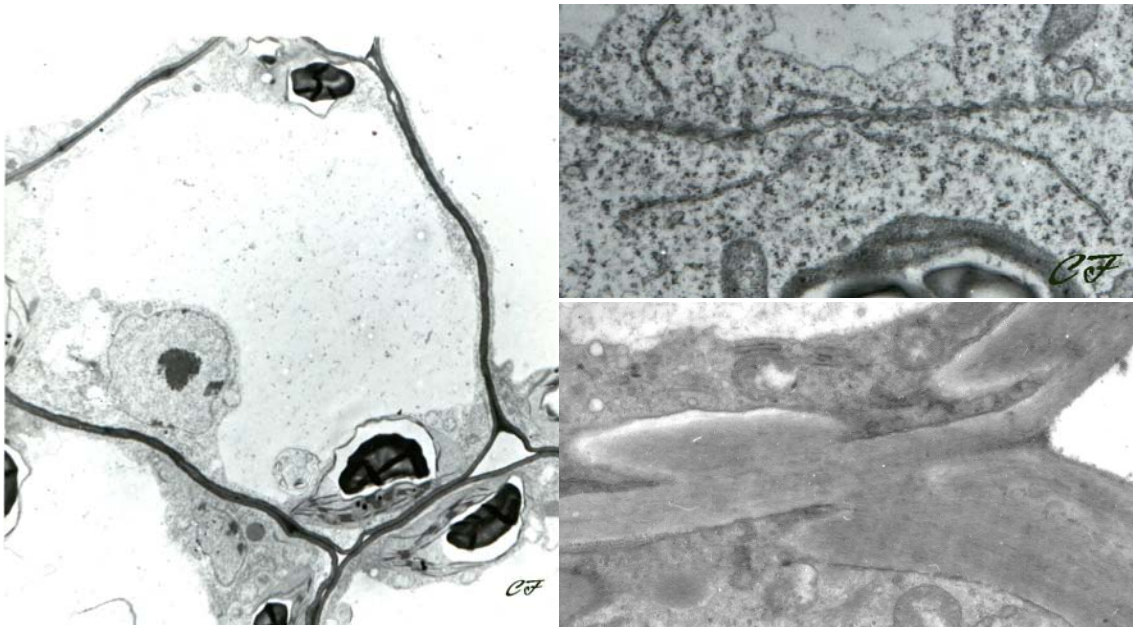
Εικόνα Οι πλασμοδέσμες είναι μια μορφή χασμοσυνδέσμων με τους οποίους επικοινωνούν τα φυτικά κύτταρα. Φωτ. Κ. Φασσέας.

το μέσον προσκόλλησης. Ρόλος των ουσιών αυτών είναι η συγκόλληση – σταθεροποίηση του κυττάρου, διατήρηση του σχήματος, προστασία του κυττάρου, ιστού, οργάνου ή οργανισμού. Παραδείγματα τέτοιων ουσιών στα ζώα, είναι ο χόνδρος, η θεμελιώδης ουσία των οστών, η ελαστίνη και οι ίνες κολλαγόνου (Εικόνα.....).

Τα φυτικά κύτταρα εκτός από την πλασματική μεμβράνη, περιβάλλονται από ένα πορώδες κυτταρικό τοίχωμα του οποίου το πάχος κυμαίνεται ανάλογα με τη θέση και λειτουργία του κυττάρου (Εικόνα.....). Όλα τα φυτικά κύτταρα έχουν ένα πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα, με πιο κοινό του συστατικό τα πολυμερή της κυτταρίνης που ενώνονται για να σχηματίσουν μικροϊνίδια και ινίδια. Τα ινίδια της κυτταρίνης σχηματίζουν ένα πλέγμα του οποίου οι χώροι γεμίζουν με άλλα μόρια. Τέτοια μόρια είναι οι πηκτίνες, οι ημικυτταρίνες και η λιγνίνη που δίνει μηχανική αντοχή στα δευτερογενή τοιχώματα των ανώτερων φυτών. Άλλες εξωκυτταρικές ουσίες των φυτών που κύριος ρόλος τους είναι η προστασία από την αφυδάτωση είναι η κουτίνη και η σουμπερίνη.



Εικόνα Ινίδια κολλαγόνου από δέρμα αγελάδας.



Εικόνα Κυτταρικό τοίχωμα με το ΗΜΔ. Α. το κυτταρικό τοίχωμα σε ένα τυπικό παρεγχυματικό κύτταρο. Β. ο σχηματισμός του κυτταρικού τοιχώματος κατά την κυτταροδιαίρεση. Γ. τα κυτταρικά τοιχώματα δυο πρωτοξυλικών αγγείων κατά τον σχηματισμό τους. Φωτ. Κ. Φασσέας.

5.4 Οργανίδια μετατροπής ενέργειας.

5.4.1 Μιτοχόνδρια και χλωροπλάστες.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι που μας υπαγορεύουν τη σύγχρονη αναφορά αυτών των δυο οικογενειών οργανιδίων. Οι ομοιότητες που έχουν είναι πολλές και αφορούν τη δομή, λειτουργία, περιεχόμενο αλλά και την προέλευσή τους.

Η προέλευση των οργανιδίων μετατροπής ενέργειας.

Πιστεύεται ότι τα πρώτα ευκαρυωτικά κύτταρα δεν είχαν οργανίδια μετατροπής ενέργειας όπως είναι τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες αλλά τα απέκτησαν με τη διεργασία της κυτταροφαγίας. Η **θεωρία της ενδοσυμβίωσης** λέει ότι οι χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια ήταν αρχικά ανεξάρτητοι προκαρυωτικοί οργανισμοί οι οποίοι ήδη συμβίωναν στο εσωτερικό των ευκαρυωτικών κυττάρων πριν από περίπου 1.5×10^9 χρόνια. Έτσι πιστεύεται ότι τα σύγχρονα μιτοχόνδρια προήλθαν από αερόβια βακτήρια ενώ οι χλωροπλάστες από φωτοσυνθετικά βακτήρια.

Η θεωρία της ενδοσυμβίωσης υποστηρίζεται από τα εξής:

Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες είναι παρόμοια σε μέγεθος και δομή με τα βακτήρια.

Και τα δυο οργανίδια περιβάλλονται από διπλή μεμβράνη (φάκελο). Η εξωτερική μεμβράνη είναι πιθανό να προήλθε από την πλασματική μεμβράνη του κυττάρου ξενιστή κατά την κυτταροφαγία ενώ η εσωτερική, είναι η αρχική μεμβράνη του προκαρυωτικού οργανισμού.

Και τα δυο είδη οργανιδίων σχετίζονται με τη μετατροπή ενέργειας. Οι εξειδικευμένες λειτουργίες τους αντικατοπτρίζονται στη μορφολογία τους. Και στα δυο είδη οργανιδίων υπάρχει εκτεταμένο δίκτυο μεμβρανών, πάνω στις οποίες υπάρχουν σε τάξη πρωτεΐνες υπεύθυνες για τις λειτουργίες τους, ενώ στο εσωτερικό των μεμβρανών επιτελούνται άλλες βιοχημικές διεργασίες ή αποθηκεύονται κάποια συστατικά.

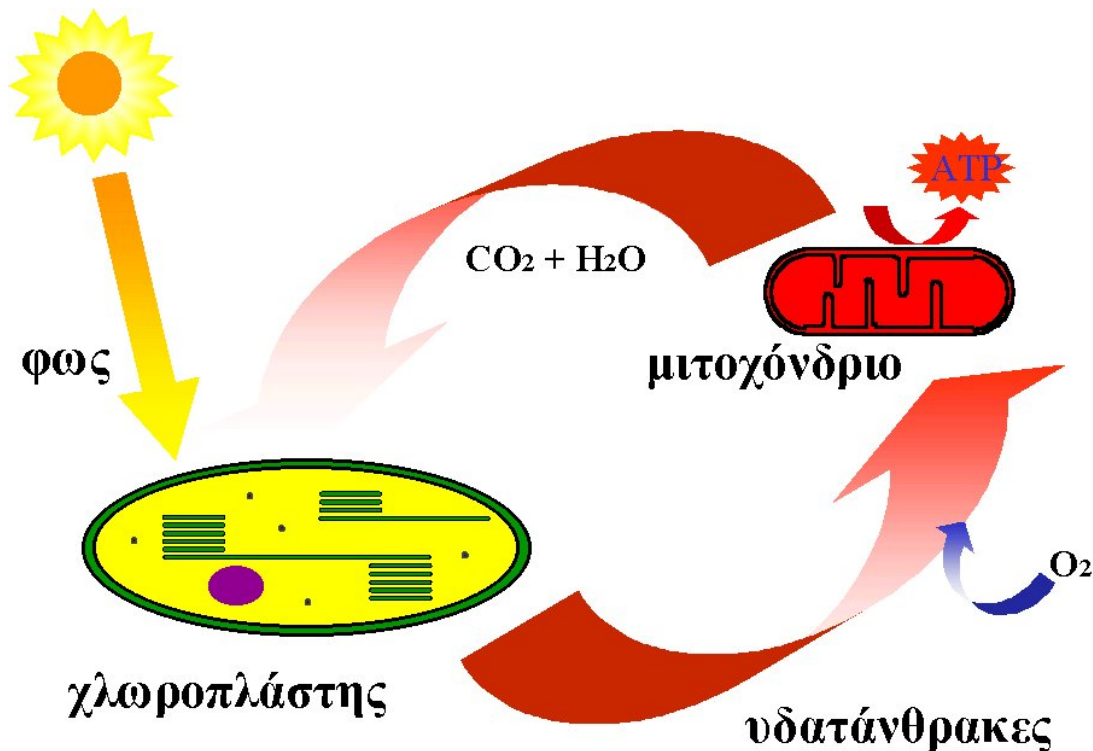
Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες περιέχουν περιορισμένη ποσότητα γενετικού υλικού και είναι ικανά να αυτοδιπλασιάζονται, μόνο όμως μέσα στα κύτταρα «ξενιστές». Το DNA τους είναι κυκλικό όπως και των βακτηρίων.

Αν και οι περισσότερες πρωτεΐνες των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων συνθέτονται από το ευκαρυωτικό κύτταρο, έχουν το δικό τους μηχανισμό για πρωτεϊνοσύνθεση και παράγουν μερικές μόνο από τις πρωτεΐνες τους.

Τα ριβοσώματα των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων είναι προκαρυωτικού τύπου (βλέπε Κεφ. 5.6 σελ. 69)

Χωρίς μιτοχόνδρια το ζωικό κύτταρο θα μπορούσε να φτιάξει ATP μόνο με αναερόβια γλυκόλυση. Οι χλωροπλάστες παράγουν και αυτοί ATP αλλά με διαφορετική πηγή ενέργειας, που είναι το φως.

Και στα δυο είδη οργανιδίων η οργάνωσή τους είναι παρόμοια ενώ η παραγωγή ATP γίνεται μέσω αλυσίδων μεταφοράς ηλεκτρονίων.



Εικόνα Η σχέση μεταξύ μιτοχονδρίου και χλωροπλάστη.

5.4.2 Το μιτοχόνδριο.

Σχεδόν όλα τα ευκαρυωτικά κύτταρα (φυτικά, ζωικά, μύκητες και πρώτιστα) περιέχουν πολύπλοκα οργανίδια που ονομάζονται, μιτοχόνδρια (από τις Ελληνικές λέξεις μίτος = κλωστή και χόνδρος = κόκκος).

Οι περισσότερες γνώσεις που έχουμε σχετικά με τη λειτουργία και δομή των μιτοχονδρίων προέρχονται από πειράματα με μιτοχόνδρια κυττάρων συκωτιού θηλαστικών. Αυτό συμβαίνει για πρακτικούς λόγους, κυρίως επειδή τα κύτταρα αυτά μπορούμε να τα βρούμε εύκολα και σε μεγάλο αριθμό.

Όπως και με τα περισσότερα οργανίδια, η ύπαρξή τους ήταν γνωστή από τον δέκατο ένατο αιώνα. Η λεπτομερής όμως μελέτη τους, που οδήγησε και στη συσχέτιση της δομής με τη λειτουργία τους ξεκίνησε τη δεκαετία του '40 με τις εξελίξεις στις αναλυτικές τεχνικές και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Στα οργανίδια αυτά επιτελείται η **κυτταρική αναπνοή**, μια διαδικασία που περιλαμβάνει τις περισσότερες από τις αντιδράσεις μετατροπής χημικής ενέργειας που βρίσκεται στις τροφές σε μορφή ATP. Η κυτταρική αναπνοή χρειάζεται οξυγόνο και απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα και νερό (μεταβολικό νερό). Τα μιτοχόνδρια είναι πολυπληθέστερα στα περισσότερο μεταβολικά ενεργά κύτταρα. Περισσότερα από 1000 μιτοχόνδρια έχει υπολογιστεί ότι υπάρχουν μέσα σε ένα κύτταρο του συκωτιού. Ο αριθμός αυτός όμως, διαφέρει πολύ στα διάφορα είδη κυττάρων.

Τα μιτοχόνδρια έχουν συνήθως σχήμα σφαιρικό ή επίμηκες και μοιάζουν με βακτήρια. Έχουν διάμετρο που κυμαίνεται από 0.5 – 1.0 μm ενώ το μήκος τους μπορεί να φτάνει και τα 8 μm. Έχουν όμως αναφερθεί μιτοχόνδρια με διάφορα σχήματα όπως νηματοειδή ή ακόμα και με σχήμα κώδωνα. Είναι χαρακτηριστική σε ορισμένα κύτταρα ή συνεχής κίνηση και αλλαγή του σχήματος τους, καθώς επίσης και οι συνεχείς συντήξεις και διαιρέσεις τους, όπως αυτά έχουν παρατηρηθεί με μικροκινηματογράφηση ζωντανών κυττάρων με το οπτικό μικροσκόπιο σε κυτταροκαλλιέργειες. Η κίνησή τους φαίνεται να συνδέεται με την οργάνωση των μικροσωληνίσκων στα ίδια κύτταρα.. Σε άλλα όμως κύτταρα, τα μιτοχόνδρια παραμένουν ακίνητα σε συγκεκριμένες θέσεις όπου τροφοδοτούν με ATP συγκεκριμένες διεργασίες όπως στα μυοκύτταρα ή τα μιτοχόνδρια των σπερματοζωαρίων στα οποία είναι τυλιγμένα γύρω από τη βάση του μαστιγίου.

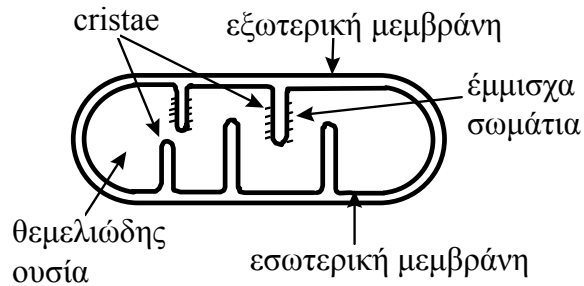
Κάθε μιτοχόνδριο αποτελείται από δυο απόλυτα εξειδικευμένες μεμβράνες που παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία τους. Απομόνωση των μιτοχονδρίων και στη συνέχεια διαχωρισμός των συστατικών τους, μπορούν να μας δώσουν πληροφορίες σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία των επιμέρους συστατικών τους.

Τα μιτοχόνδρια έχουν την ικανότητα να διαιρούνται ενώ δεν είναι δυνατό να δημιουργηθούν *de novo*⁴ αλλά μόνο από προϋπάρχοντα οργανίδια.

⁴ *de novo* - Λατινική έκφραση που σημαίνει «εκ του μη υπάρχοντος».



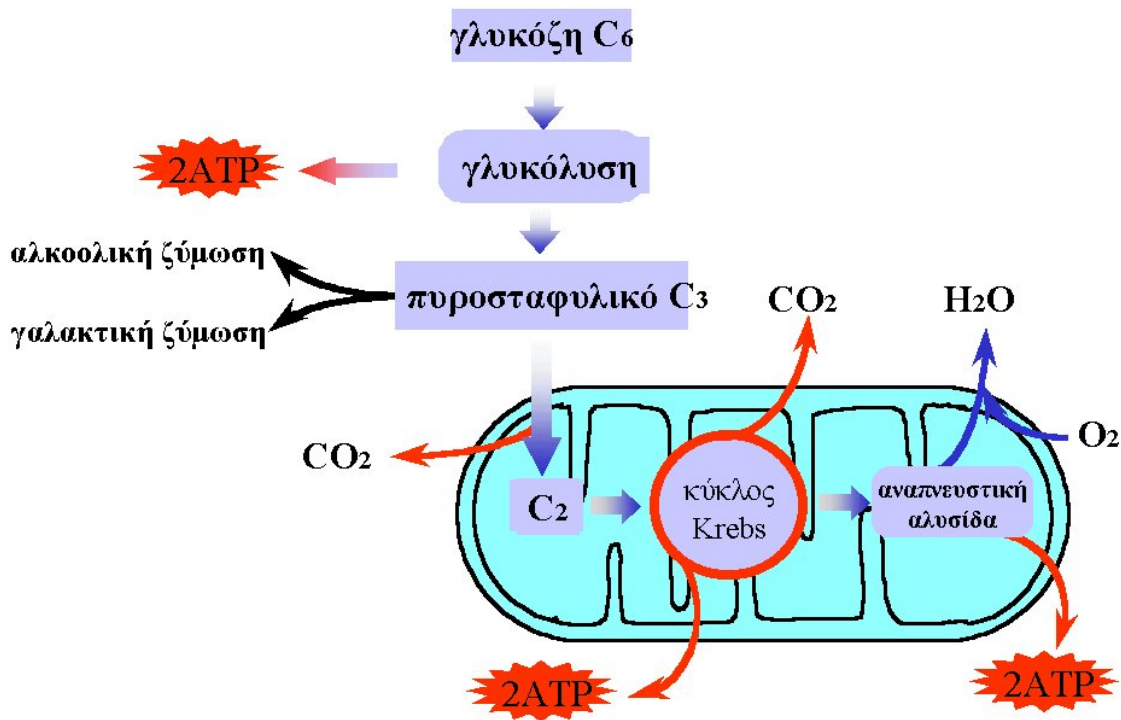
0.5μm



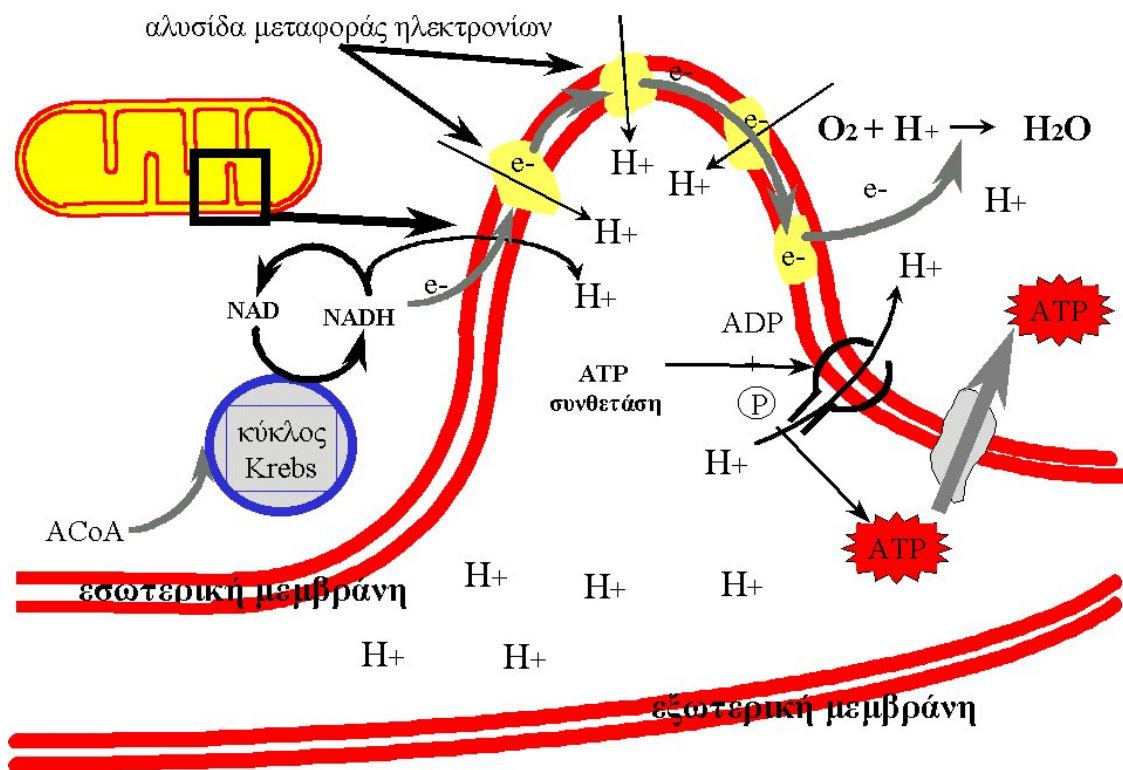
Εικόνα..... Η λεπτή δομή του μιτοχονδρίου.

Κάθε μιτοχόνδριο περιβάλλεται από δυο μοναδιαίες μεμβράνες που σχηματίζουν δυο διαφορετικούς χώρους (διαμερίσματα) μέσα στο μιτοχόνδριο. Το χώρο μεταξύ των δυο μεμβρανών και το χώρο που περιβάλλεται από την εσωτερική μεμβράνη που αναφέρεται ως θεμελιώδης ουσία (matrix).

Η εξωτερική μεμβράνη εμφανίζεται λεία και λειτουργεί ως ένας ηθμός που επιτρέπει τη διέοδο όλων των μορίων που έχουν μέγεθος μέχρι 10.000 dalton λόγω της ύπαρξης της πρωτεΐνης πορίνης που σχηματίζει πόρους. Υπάρχουν και άλλες πρωτεΐνες, όπως κάποια ένζυμα, για τη σύνθεση λιπιδίων στα μιτοχόνδρια, καθώς επίσης και για τη μετατροπή λιπιδικών υποστρωμάτων σε ενώσεις που στη συνέχεια μεταβολίζονται στη θεμελιώδη ουσία.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Ο μεταβολισμός της γλυκόζης κάτω από αναερόβιες (A) και αερόβιες (B) συνθήκες.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η σχέση δομής και λειτουργίας των μεμβρανών του μιτοχονδρίου.

Η εσωτερική μεμβράνη σχηματίζει αναδιπλώσεις που σχηματίζουν προβολές προς το εσωτερικό του μιτοχονδρίου που ονομάζονται cristae (που στα Λατινικά σημαίνει λόφος, χαιτή αλόγου ή λειρί του κόκορα!). Ο ρόλος τους είναι η αύξηση της επιφάνειας της μεμβράνης πάνω στην οποία γίνονται πολλές βιοχημικές αντιδράσεις και η επιλεκτική διέλευση ορισμένων μόνο μορίων.

Επάνω στην εσωτερική μεμβράνη υπάρχουν τριών ειδών πρωτεΐνες με διαφορετικές λειτουργίες:

A. Εκείνες που επιτελούν τις οξειδωτικές αντιδράσεις της αναπνευστικής αλυσίδας.

B. Ένα σύστημα ενζύμων, που ονομάζεται συνθετάση του ATP.

Τα ένζυμα αυτά είναι προσκολλημένα στα cristae και προεξέχουν προς τη θεμελιώδη ουσία είναι δε ορατά με το ΗΜΔ σε πολύ μεγάλες μεγεθύνσεις και αναφέρονται ως έμμοσχα σωματίδια, και

Γ. Ειδικές πρωτεΐνες μεταφοράς που ρυθμίζουν τη δίοδο μεταβολιτών μέσα και έξω από το matrix. Η μεμβράνη αυτή πρέπει να είναι

αδιαπέραστη από τα περισσότερα μικρομόρια εφ' όσον υπάρχει μια ηλεκτροχημική διαβάθμιση που οδηγεί τη συνθετάση του ATP εκατέρωθεν της μεμβράνης.

Η θεμελιώδης ουσία ή matrix περιέχει ένα πολύ συμπυκνωμένο μίγμα από εκατοντάδες ένζυμα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που απαιτούνται για την οξείδωση του πυροσταφυλικού και των λιπαρών οξέων και για τον κύκλο του Krebs. Στο matrix επίσης υπάρχουν αρκετά αντίγραφα του μιτοχονδριακού DNA, μιτοχονδριακά ριβοσώματα (70S), t-RNA και διάφορα ένζυμα απαραίτητα για την έκφραση των μιτοχονδριακών γονιδίων.

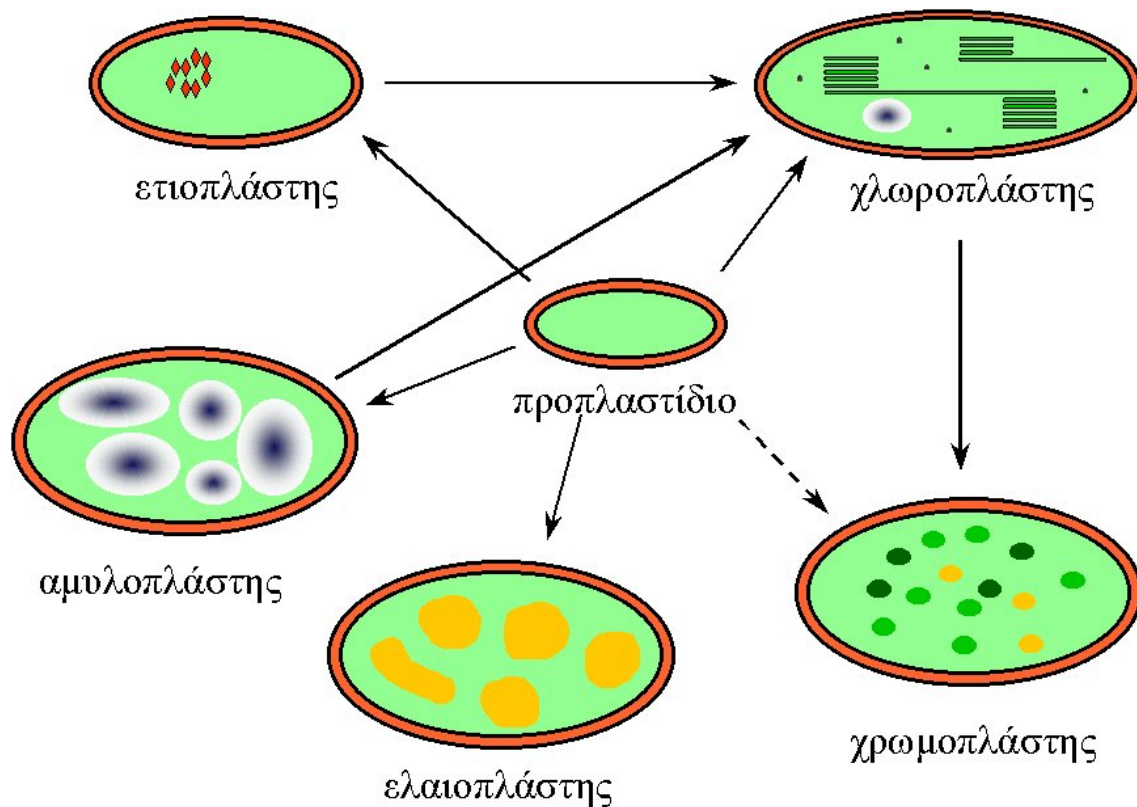
5.4.3 Ο χλωροπλάστης.

Ο χλωροπλάστης ανήκει σε μια οικογένεια οργανιδίων τα οποία συλλογικά αναφέρονται ως **πλαστίδια** και είναι χαρακτηριστικά μόνο των φυτικών κυττάρων και των χλωροφυκών. Τα οργανίδια αυτά βρίσκονται σε όλους τους τύπους φυτικών κυττάρων και ο ρόλος τους είναι η αποθήκευση ή και η μετατροπή ενέργειας.

Κατά την ανάπτυξη του φυτού, στα μεριστωματικά κύτταρα υπάρχουν μόνο **προπλαστίδια** τα οποία στη συνέχεια διαφοροποιούνται στις διάφορες κατηγορίες πλαστιδίων ανάλογα με τη διαφοροποίηση του κυττάρου που τα περιέχει. Έτσι στα κύτταρα φωτοσυνθετικών ιστών τα προπλαστίδια θα διαφοροποιηθούν σε **χλωροπλάστες**. Σε πέταλα ορισμένων ανθέων θα διαφοροποιηθούν σε **χρωμοπλάστες**, όπως στο Νάρκισσο. Χρωμοπλάστες όμως δίνουν χαρακτηριστικό χρώμα και σε μερικούς καρπούς όταν ωριμάζουν, όπως στην τομάτα και τα μήλα καθώς επίσης και σε μερικές ρίζες, όπως τα καρώτα. Οι **λευκοπλάστες** είναι πλαστίδια που απαντώνται σε κύτταρα που δεν φωτοσυνθέτουν όπως είναι τα επιδερμικά. Στα φυτικά κύτταρα οι αποθησαυριστικές ουσίες αποθηκεύονται σε πλαστίδια. Έτσι στους **αμυλοπλάστες** αποθηκεύεται άμυλο, όπως στον κόνδυλο της πατάτας, και τις κοτυληδόνες του φασολιού. Το λάδι αποθηκεύεται σε **ελαιοπλάστες** ή **ελαιοσώματα**, όπως στον καρπό της ελιάς και η πρωτεΐνη σε **πρωτεΐνοπλάστες**, όπως συμβαίνει σε πολλούς καρπούς. Είναι όμως πολύ συνηθισμένο ένα πλαστίδιο να φωτοσυνθέτει και παράλληλα να αποθηκεύει ένα ή και όλες τις αποθησαυριστικές ουσίες.

Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις μπορούν να υπάρξουν κάποιες αλληλομετατροπές από ένα τύπο πλαστιδίου σε έναν άλλο. Είναι γνωστό το πρασίνισμα της πατάτας όταν εκτεθεί στο φως, όπου οι αμυλοπλάστες μετατρέπονται σε χλωροπλάστες. Δεν είναι όμως δυνατόν τα πέταλα ενός

κίτρινου άνθους να πρασινίσουν. Η Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος

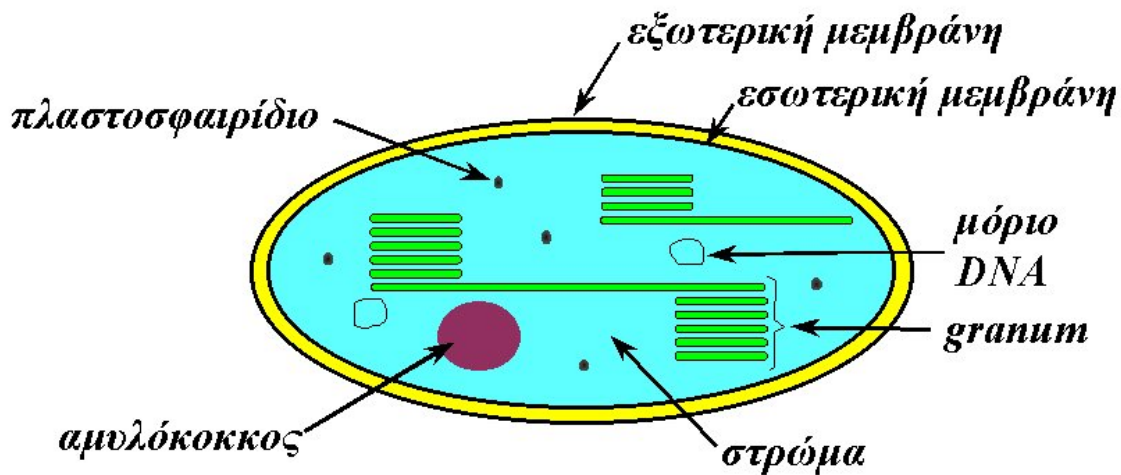


αλλαγής. δείχνει τι δυνατές αλληλομετατροπές μεταξύ πλαστιδίων.

Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η διαφοροποίηση των πλαστιδίων και οι αλληλομετατροπές τους.

Η δομή των χλωροπλαστών.

Οι χλωροπλάστες, όπως και τα μιτοχόνδρια, μετατρέπουν την ενέργεια με χημειωσμητικούς μηχανισμούς και είναι οργανωμένοι με παρόμοιο τρόπο. Το μέγεθος και το σχήμα των χλωροπλαστών ποικίλει ανάλογα με το κύτταρο. Στα ήδη διαφοροποιημένα κύτταρα του φωτοσυνθετικού παρεγχύματος οι χλωροπλάστες έχουν συνήθως ένα ωοειδές πεπλατυσμένο σχήμα και το μέγεθος τους είναι περίπου 3 – 5 μm. (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.).



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Διαγραμματικά ή δομή του χλωροπλάστη.

Τα οργανίδια αυτά περιβάλλονται από μια λεία και διαπερατή εξωτερική μεμβράνη και μια εσωτερική, λιγότερο διαπερατή, εσωτερική μεμβράνη στην οποία είναι εμφυτευμένα πρωτεϊνικά μόρια μεταφοράς και ένα στενό χώρο ανάμεσά τους. Η εσωτερική μεμβράνη περιβάλλει ένα μεγάλο χώρο που αναφέρεται ως στρώμα, κάτι ανάλογο με τη θεμελιώδη ουσία των μιτοχονδρίων ο οποίος περιέχει διάφορα ένζυμα, ριβοσώματα (70S), RNA και μερικά πανομοιότυπα μόρια κυκλικού DNA.

Υπάρχει όμως μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στην οργάνωση των μιτοχονδρίων και των χλωροπλαστών. Η εσωτερική μεμβράνη των χλωροπλαστών δεν σχηματίζει αναδιπλώσεις όπως τα cristae των μιτοχονδρίων και δεν περιέχει αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων. Αντί γι' αυτό, το φωτοσυνθετικό σύστημα απορρόφησης φωτεινής ενέργειας, οι αλυσίδες μεταφοράς ηλεκτρονίων και ένα σύστημα συνθέσεως του ATP περιέχονται σε μια τρίτη μεμβράνη που σχηματίζει πεπλατυσμένους ασκούς τα **θυλακοειδή**. Ο εσωτερικός χώρος των θυλακοειδών φαίνεται να είναι συνεχόμενος με άλλους τέτοιους χώρους σχηματίζοντας έτσι ένα τρίτο εσωτερικό χώρο, το θυλακοειδή χώρο, που διαχωρίζεται από το στρώμα με τη θυλακοειδή μεμβράνη.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Χλωροπλάστες από το υποκοτύλιο του λιναριού. Φωτ. Κ. Φασσέας.

Τα grana.

Το ΗΜΔ αποκάλυψε τη λεπτή δομή αυτών των δομών. Κάθε granum⁵ αποτελείται από μια συστάδα από πεπλατυσμένους ασκούς ή δίσκους που αναφέρονται σαν **θυλακοειδή** των grana. Τα grana συνδέονται μεταξύ τους με ελασμάτια (frets) που παλιότερα αναφερόντουσαν σαν θυλακοειδή στρώματος. Έτσι το σύστημα των μεμβρανών χωρίζει το εσωτερικό του χλωροπλάστη σε δυο χώρους, το στρώμα και το εσωτερικό των θυλακοειδών και ελασματίων.

Στις μεμβράνες αυτές εντοπίζονται οι φωτοσυνθετικές χρωστικές, καθώς επίσης και τα ένζυμα του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρονίων που σχετίζεται με τη ν παραγωγή ATP και NADPH (φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης).

Το στρώμα.

Το στρώμα είναι ένα διάλυμα πυκνό σε ένζυμα που είναι υπεύθυνα για τις ανεξάρτητες από το φως (ή παραπλανητικά λεγόμενες, σκοτεινές) αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης.

Άλλα συστατικά του στρώματος είναι μερικά πανομοιότυπα μόρια κυκλικού DNA που κωδικοποιεί για μέρος των πρωτεϊνών του χλωροπλάστη, ριβοσώματα προκαρυωτικού τύπου (70S), ηλεκτρονικά πυκνά σταγονίδια, γνωστά σαν πλαστοσφαιρίδια ή λιποσταγωνίδια και πολλές φορές, άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων αλλά και μιας πρωτεΐνης, της φυτοφερριτίνης, που εμφανίζεται με τη μορφή κρυστάλλων.

5.4.4 Χλωροπλάστες και φωτοσύνθεση.

Πιστεύεται ότι οι πρώτοι οργανισμοί στη γη βρίσκανε άφθονες οργανικές ουσίες που παραγόντουσαν με γεωχημικές διεργασίες. Οι ουσίες όμως αυτές τελείωσαν πριν από μερικά δισεκατομμύρια χρόνια. Από τότε όλες οι οργανικές ουσίες που χρησιμοποιούνται από τους ζωντανούς οργανισμούς παράγονται από φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων και πολλών τύπων φωτοσυνθετικών βακτηρίων.

Στα φυτά που εξελίχθηκαν μετά τα φωτοσυνθετικά βακτήρια, η φωτοσύνθεση επιτελείται σε εξειδικευμένα οργανίδια, τους χλωροπλάστες. Οι χλωροπλάστες είναι υπεύθυνοι για τη φωτοσύνθεση

⁵ Granum, πληθυντικός - grana = κόκκος (Λατινικά).

κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τη νύχτα, όταν σταματάει η σύνθεση πλούσιων σε ενέργεια μεταβολιτών, τα φυτικά κύτταρα βασίζονται στα μιτοχόνδριά τους για την παραγωγή ATP.

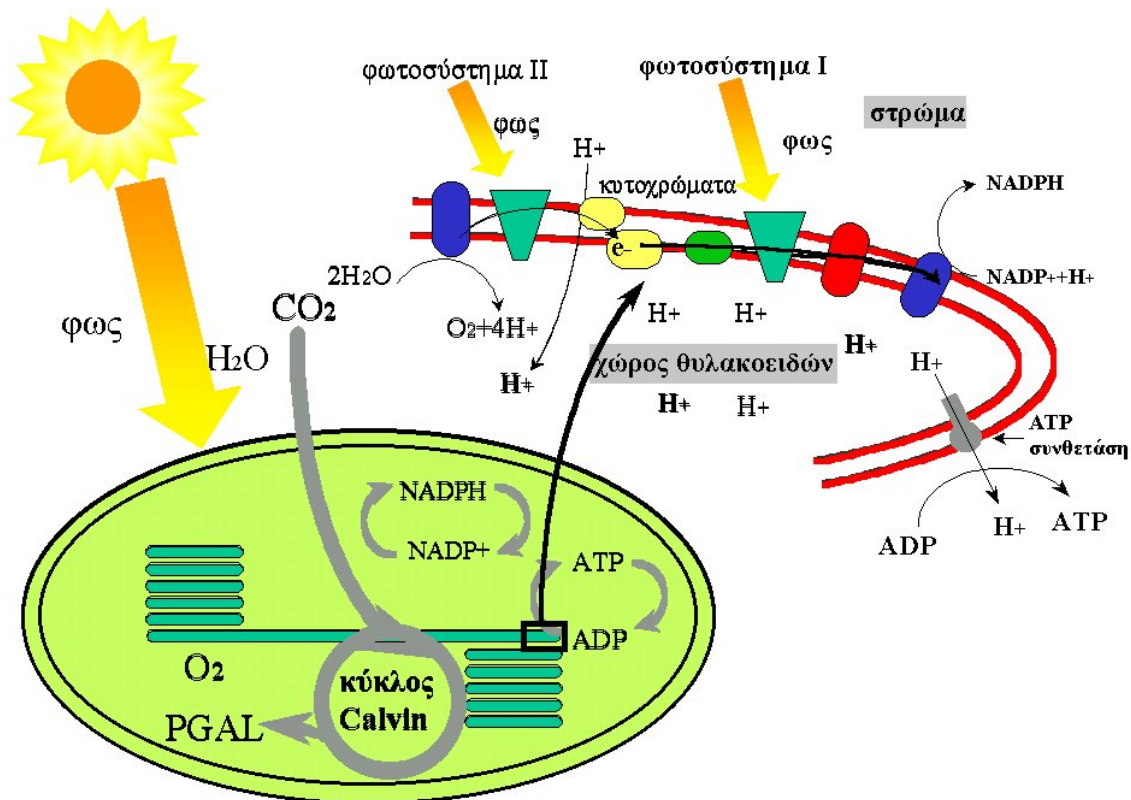
Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι χλωροπλάστες προέρχονται από φωτοσυνθετικά βακτήρια που παράγουν οξυγόνο και τα οποία συσσωματώθηκαν με ενδοκύτωση με τα πρωτόγονα ευκαρυωτικά κύτταρα, όπως ακριβώς συνέβη και με τα μιτοχόνδρια. Οι διαφορές που έχουν τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες πιστεύεται ότι οφείλονται στο ότι προέρχονται από διαφορετικούς τύπους βακτηρίων, αν και ο βασικός μηχανισμός σύνθεσης ATP στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες είναι πολύ παρόμοιος.

Στην Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής., συνοψίζεται η φωτοσύνθεση των ευκαρυωτικών κυττάρων και σε ποιες θέσεις στο χλωροπλάστη επιτελούνται οι επιμέρους βιοχημικές αντιδράσεις.

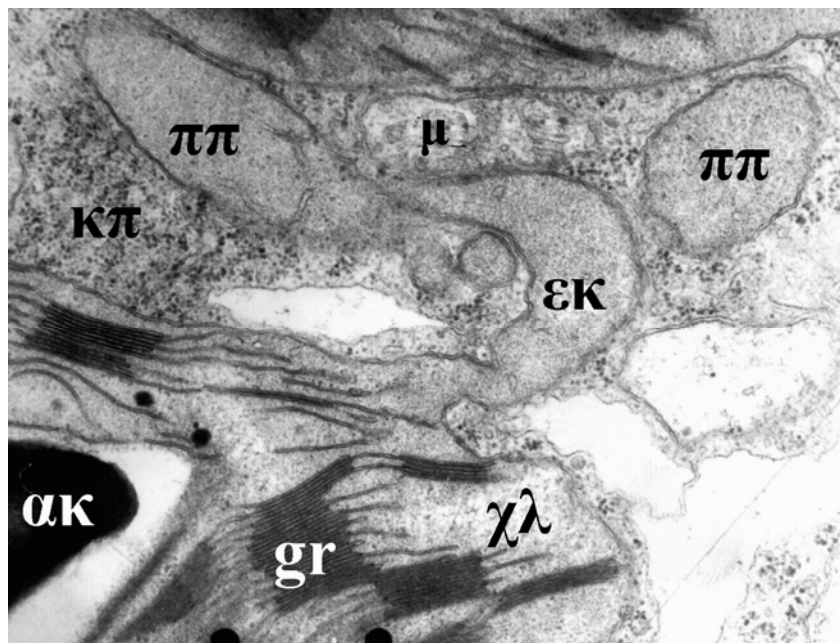
Τα πλαστίδια, όμως, δεν είναι απλά και μόνο τα οργανίδια που δεσμεύουν και μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια σε χημική. Οι χλωροπλάστες και άλλα είδη πλαστιδίων παίρνουν επίσης μέρος, στην αφομοίωση του αζώτου, τη βιοσύνθεση ορισμένων αμινοξέων, λιπαρών οξέων, λιπιδίων και ορισμένων φυτοορμονών. Τα πλαστίδια των μη φωτοσυνθετικών ιστών αποθηκεύουν ενέργεια με τη μορφή αμύλου ή λιπιδίων.

5.4.5 Ανάπτυξη και διαίρεση μιτοχονδρίων και χλωροπλαστών.

Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ποτέ δεν δημιουργούνται *de novo*. Πάντοτε προκύπτουν από την ανάπτυξη και διαίρεση προϋπαρχόντων οργανιδίων. Παρατηρήσεις ζωντανών κυττάρων, κυρίως με το οπτικό μικροσκόπιο με τη μέθοδο Nomarsky, δείχνουν ότι τα μιτοχόνδρια όχι μόνο διαιρούνται αλλά και συντήκονται μεταξύ τους. Παρατηρήσεις με το ΗΜΔ δείχνουν ότι η διαίρεση ξεκινάει είτε με τη δημιουργία στένωσης όπως και κατά τη διαίρεση των βακτηρίων, είτε με μια διαδικασία παρόμοια με την εκβλάστηση που παρατηρείται στους μύκητες.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η χημειοωσμωτική σύνθεση ATP στο χλωροπλάστη.

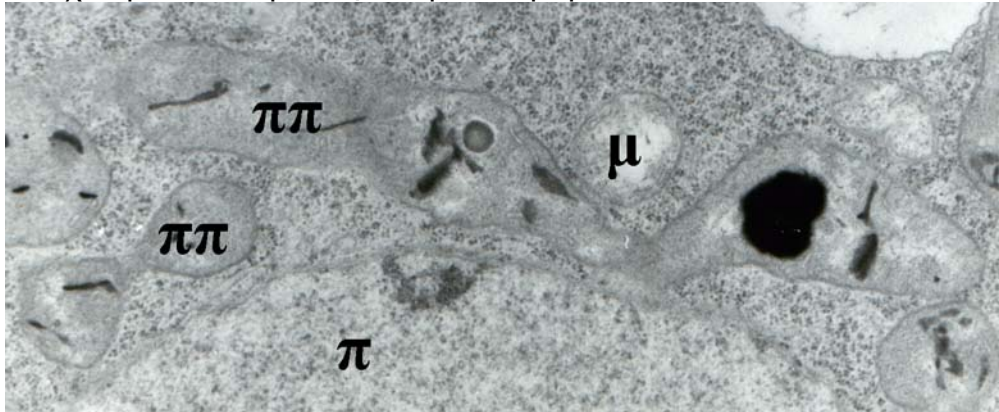


Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Διαίρεση χλωροπλάστων με εκβλάστηση. ππ - προπλάστιδια, εκ - εκβλάστηση, χλ -

χλωροπλάστης, ακ - αμυλόκοκκος, κπ - κυτταρόπλασμα, μ - μιτοχόνδριο, gr - granum. Φωτ. Κ. Φασσέας.

Ο πολλαπλασιασμός των οργανιδίων αυτών δεν περιορίζεται σε μια φάση ανάπτυξης ή διπλασιασμού του κυττάρου, αλλά μπορεί να γίνει σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κυττάρου ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του. Στην περίπτωση όμως μονοκύτταρων ή ινωδών φυκών που διαθέτουν ένα μόνο χλωροπλάστη, αυτός συνήθως διαιρείται λίγο πριν τη διαίρεση του κυττάρου και στο επίπεδο όπου πρόκειται να γίνει αυτή. Στην περίπτωση των μεριστωματικών κυττάρων ο πολλαπλασιασμός των πλαστιδίων γίνεται με τη δημιουργία μιας ή μερικών στενώσεων στα προϋπάρχοντα πλαστίδια (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.).

Στην περίπτωση των ωρίμων χλωροπλαστών, οι χλωροπλάστες μπορούν να πολλαπλασιαστούν είτε με στένωση σε οποιοδήποτε σημείο του χλωροπλάστη είτε με εκβλάστηση.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Πιθανή διαίρεση προπλαστιδίων σε μεριστωματικά κύτταρα του ακραίου μεριστώματος του λιναριού. π - πυρήνας, ππ - προπλαστίδιο, μ - μιτοχόνδριο. Φωτ. Κ. Φασσέας.

5.5 Υπεροξυσώματα.

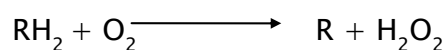
Τα οργανίδια αυτά ανακαλύφθηκαν στην αρχή της δεκαετίας του '60 με συνδυασμό βιοχημικών μεθόδων και ηλεκτρονικής μικροσκοπίας.

Τα υπεροξυσώματα (ή μικροσωμάτια, peroxysomes ή microbodies) είναι κυτταροπλασματικά οργανίδια σφαιρικού σχήματος διαμέτρου περίπου 0.15-0.5μm και έχουν παρατηρηθεί σε όλα τα ευκαρυωτικά κύτταρα. Περιβάλλονται από μια μοναδιαία μεμβράνη και δεν περιέχουν DNA ή ριβοσωμάτια και φαίνεται να σχηματίζονται με την έγκλειση μέσα σε μεμβράνη πρωτεϊνών και λιπιδίων από το κυτταρόπλασμα. Επειδή τα

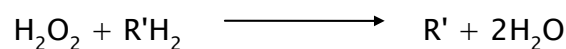
υπεροξυσώματα δεν διαθέτουν γονιδίωμα, όλες οι πρωτεΐνες τους πρέπει να προέρχονται από το κυτταρόπλασμα. Έτσι αυτά τα οργανίδια μοιάζουν με το ενδοπλασματικό δίκτυο, από την άποψη ότι είναι αυτοδιπλασιαζόμενα, καλυμμένα από μεμβράνη οργανίδια που υπάρχουν χωρίς δικό τους γονιδίωμα.

Όπως και τα μιτοχόνδρια έτσι και τα υπεροξυσώματα είναι οργανίδια με μεγάλη οξειδωτική δράση όπως φαίνεται από την ύπαρξη σ' αυτά σχετικά μεγάλων συγκεντρώσεων οξειδασών όπως η D-αμινοξειδάση, η ουρική οξειδάση ή η καταλάση. Μια υπόθεση είναι ότι τα υπεροξυσώματα είναι τα υπολείμματα κάποιου οργανιδίου των προγόνων των ευκαρυωτικών κυττάρων όπου γινόταν ο μεταβολισμός του οξυγόνου. Όταν άρχισε να παράγεται οξυγόνο από τα πρώτα φωτοσυνθετικά βακτήρια και άρχισε να συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα, θα πρέπει αυτό να ήταν πολύ τοξικό για τα περισσότερα κύτταρα. Τα υπεροξυσώματα είναι πιθανό να χρησίμευαν στην ελάττωση του επιπέδου του οξυγόνου ενώ συγχρόνως άρχισαν να εκμεταλλεύονται τις χημικές ιδιότητες του οξυγόνου και να το χρησιμοποιούν για άλλες χρήσιμες οξειδωτικές αντιδράσεις. Σύμφωνα μ' αυτή την άποψη, όταν αργότερα με την εξέλιξη δημιουργήθηκαν τα μιτοχόνδρια, ο ρόλος των υπεροξυσωμάτων περιορίστηκε στις λειτουργίες που επιτελούν στα σύγχρονα κύτταρα.

Τα υπεροξυσώματα απέκτησαν το όνομα τους επειδή συνήθως περιέχουν ένα ή περισσότερα ένζυμα που χρησιμοποιούν μοριακό οξυγόνο για την απομάκρυνση ατόμων υδρογόνου από ορισμένα οργανικά υποστρώματα (που συμβολίζονται εδώ με R) σε μια οξειδωτική αντίδραση που παράγει υπεροξείδιο του υδρογόνου:



Η καταλάση χρησιμοποιεί το H_2O_2 που παράγεται από άλλα ένζυμα του οργανιδίου αυτού για να οξειδώσουν διάφορα άλλα υποστρώματα συμπεριλαμβανομένων και φαινολών, μυρμιγκικού οξέως, φορμαλδεΐδης και αλκοόλης με την "υπεροξειδωτική" αντίδραση:



Αυτού του τύπου η αντίδραση είναι εξαιρετικά σημαντική στα κύτταρα του συκωτιού και των νεφρών, των οποίων τα υπεροξυσώματα αποτοξινώνουν το αίμα από διάφορες τοξικές ουσίες. Σχεδόν η μισή από την αλκοόλη που καταναλώνουμε οξειδώνεται προς ακεταλδεΐδη μ' αυτόν

τον τρόπο. Τέλος, όταν H_2O_2 (που είναι πολύ τοξικό) συσσωρευτεί στα κύτταρα, η καταλάση το μετατρέπει γρήγορα σε H_2O .



Στα οργανίδια αυτά έχουν ακόμα εντοπιστεί και ορισμένα από τα ένζυμα του γλυκοξυλικού κύκλου (κύκλου του Krebs), όπως η μαλεϊκή συνθετάση και η ισοκιτρική λυάση, ενώ στην περίπτωση των φυτικών σπερμάτων ολόκληρος ο γλυκοξυλικός κύκλος γίνεται σ' αυτά. Στη δράση των ενζύμων των υπεροξυσωμάτων οφείλεται και η β-οξειδωση των λιπαρών οξέων, μια αντίδραση που δεν παράγει ATP αλλά θερμότητα καθώς και η αλκοολική ζύμωση στους σακχαρομύκητες.

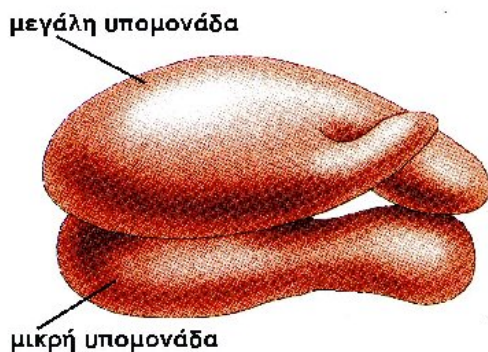
Με το ΗΜΔ πολλές φορές τα οργανίδια αυτά είναι ευδιάκριτα λόγω των κρυστάλλων ουρικής οξειδάσης που περιέχουν.

Στα φυτικά κύτταρα τα υπεροξυσώματα φαίνεται να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα. Αυτά διακρίνονται σε **υπεροξυσώματα** και **γλυοξυσώματα**.

Τα υπεροξυσώματα παρατηρούνται κυρίως στα φύλλα και σχετίζονται με τη **φωτοαναπνοή**, ενώ τα γλυοξυσώματα παρατηρούνται κυρίως στα κύτταρα των σπερμάτων κατά τη βλάστησή τους όπου ο ρόλος τους είναι η μετατροπή των λιπαρών οξέων σε σάκχαρα μέσω μιας σειράς αντιδράσεων γνωστών ως **γλυοξυλικό κύκλο**.

5.6 Τα ριβοσώματα.

Τα ριβοσώματα είναι σωματίδια που παρατηρούνται είτε ελεύθερα στο κυτταρόπλασμα και στο εσωτερικό μιτοχονδρίων και χλωροπλάστων, είτε προσκολλημένα στις μεμβράνες του ΕΔ. Κάθε ριβόσωμα συγκροτείται από δυο υπομονάδες, μια μικρή και μια μεγάλη (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.), που καθεμιά αποτελείται από μερικές πολυπεπτιδικές αλυσίδες και ένα μόριο RNA. Όλα τα κύτταρα, προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά έχουν ριβοσώματα που είναι πολύ παρόμοιας σύστασης και δομής. Το μέγεθος των ευκαρυωτικών ριβοσώματα είναι περίπου 23 nm σε διάμετρο ενώ τα προκαρυωτικά είναι λίγο μικρότερα.. Προκαρυωτικού τύπου ριβοσώματα παρατηρούνται, εκτός από τους προκαρυωτικούς οργανισμούς, και στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες (βλέπε σελ. 32 και 56) Το μέγεθος των ριβοσωμάτων μετριέται και με τις μονάδες καθίζησης Svedberg όπως δείχνει ο Πίνακας Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής..



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Το ριβόσωμα αποτελείται από δυο υπομονάδες με διαφορετική συμπεριφορά στην υπερφυγοκέντριση.

Ριβοσώματα	μέγεθος	υπομονάδες
ευκαρυωτικών κυττάρων	80S	60S 40S
βακτηρίων	70S	50S 30S
μιτοχονδρίων (θηλαστικών)	55S	35S 25S

Πίνακας Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Το μέγεθος των διαφόρων ριβοσωμάτων.

Τα ριβοσώματα συμβάλουν στη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης. Ο ρόλος τους θυμίζει αρκετά τη λειτουργία των ενζύμων. Τα ριβοσώματα φέρνουν κοντά και με τον κατάλληλο προσανατολισμό τα μόρια tRNA με τρόπο που τα αμινοξέα που αυτά μεταφέρουν, να αντιδρούν και να σχηματίζουν πολυπεπτιδικές αλυσίδες.

5.7 Το ενδοπλασματικό δίκτυο.

Σε όλα τα ευκαρυωτικά κύτταρα υπάρχει το ενδοπλασματικό δίκτυο (ΕΔ).

Αυτό αποτελείται από μια μεμβράνη που σχηματίζει πολλές αναδιπλώσεις. Οι μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου αποτελούν περισσότερο από το 50% όλων των μεμβρανών του κυττάρου. Το ενδοπλασματικό δίκτυο με τις αναδιπλώσεις που κάνει σχηματίζει άλλον

ένα χώρο στο κύτταρο τον ενδοπλασματικό χώρο που σε πολλά κύτταρα καταλαμβάνει μέχρι και το 10% του όγκου του κυττάρου.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Το αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο σε κύτταρα κοτυληδόνας φασολιού κατά τη βλάστηση. Φωτ. Κ. Φασσέας.

Αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο ΑΕΔ, (rough endoplasmic reticulum, RER). Το ενδοπλασματικό δίκτυο αναφέρεται ως αδρό όταν υπάρχουν ριβοσώματα προσκολλημένα επάνω του και προς την πλευρά του κυτταροπλάσματος. Ο ρόλος που αποδίδεται στο ΑΕΔ είναι η συμμετοχή του στη σύνθεση πρωτεϊνών, η μετατροπή ορισμένων νεοσυντεθέντων πρωτεϊνών καθώς επίσης και η συσκευασία τους σε κυστίδια που προέρχονται από αυτό και μεταφορά τους σε άλλες θέσεις μέσα στο κύτταρο ή έξω από αυτό με εξωκύττωση. Πρωτεΐνες που παράγονται από τα πολυριβοσώματα τα οποία είναι προσαρτημένα στο ΑΕΔ, εισέρχονται στην εσωτερική κοιλότητα του ΑΕΔ ακόμα και κατά τη διάρκεια της σύνθεσής τους. Μόλις η πολυπεπτιδική αλυσίδα εισέλθει στην κοιλότητα μπορεί, για παράδειγμα, να κοντύνει ή μακρύνει ή να της προστεθεί ένα σάκχαρο και να μετατραπεί σε γλυκοπρωτεΐνη. Αυτές οι πρωτεΐνες μπορούν να αποτελέσουν πρωτεΐνες της μεμβράνης ή να μεταφερθούν με κυστίδια αλλού.

Πολλές φορές έχει παρατηρηθεί η συνέχεια του ΑΕΔ με τον πυρηνικό φάκελο.

Λείο ενδοπλασματικό δίκτυο ΛΕΔ, (smooth endoplasmic reticulum, SER). Το ΛΕΔ αποτελείται και αυτό από αναδιπλωμένες μεμβράνες οι οποίες όμως δεν έχουν ριβοσώματα στην επιφάνειά τους. Η λειτουργία του εξαρτάται από το κύτταρο στο οποίο βρίσκεται. Σε ορισμένα κύτταρα συσχετίζεται με το μεταβολισμό λιπιδίων και άλλων λιποδιαλυτών ουσιών όπως είναι τα στεροειδή. Στο συκώτι βοηθάει στην αποτοξίνωση ενώ στα μυϊκά κύτταρα αποθηκεύει ιόντα ασβεστίου τα οποία απελευθερώνονται κατά τη μυϊκή σύσπαση. Εκτός όμως από τις εξειδικευμένες αυτές λειτουργίες το

ΛΕΔ σχηματίζει και κυστίδια για τη μεταφορά μεγαλομορίων μέσα στο κύτταρο.

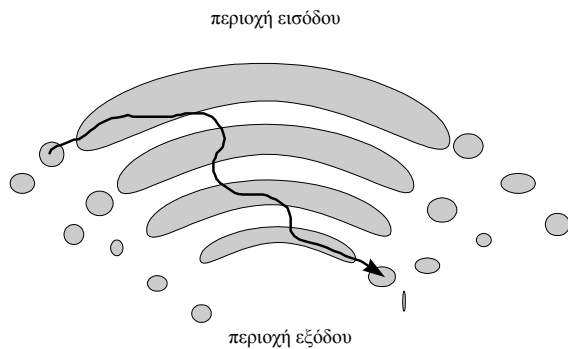
5.8 Το σωμάτιο Golgi.

Το σωμάτιο Golgi ή σύμπλοκο Golgi, ή οργανίδιο Golgi ή δικτυόσωμα στα φυτικά κύτταρα, πρωτοπαρατηρήθηκε το 1898 από τον Ιταλό μικροσκοπιστή Camillo Golgi σε ζωικά κύτταρα. Από τότε, τέτοια οργανίδια έχουν παρατηρηθεί σε όλα σχεδόν τα ευκαρυωτικά κύτταρα φυτών και ζώων. Ειδικά με αυτό το οργανίδιο υπάρχει μια σύγχυση σχετικά με το όνομα του. Σε αυτό το βιβλίο θα χρησιμοποιηθεί μόνο ο όρος οργανίδιο Golgi για μια συστάδα από πεπλατυσμένα κυστίδια με τα γύρω από αυτή κυστίδια (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.).

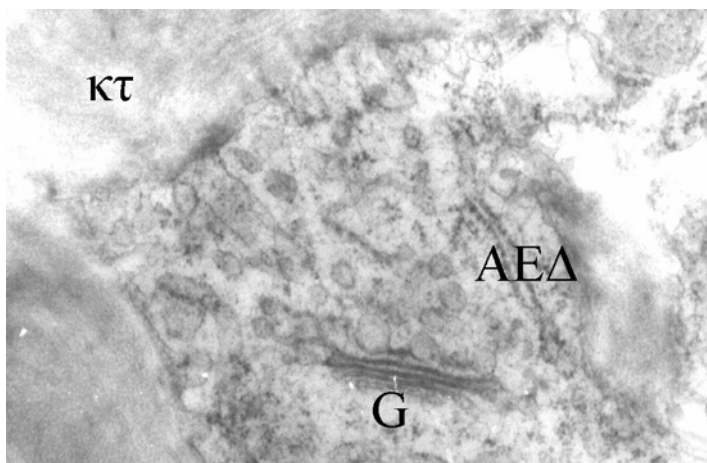
Το οργανίδιο Golgi αποτελείται από μερικά πεπλατυσμένα κυστίδια τοποθετημένα το ένα επάνω στο άλλο. Στα ζωικά κύτταρα η όλη δομή έχει σχήμα κώδωνα ενώ στα φυτικά κύτταρα το σχήμα είναι πιο επίπεδο (περίπου σαν μια στοίβα από πίτες για σουβλάκια). Το μέγεθος του οργανιδίου είναι περίπου 1μm και βρίσκεται πολλές φορές κοντά στον πυρήνα του κυττάρου. Σε άλλα όμως κύτταρα μπορεί να υπάρχουν πολλά τέτοια οργανίδια και να είναι διασκορπισμένα σε όλο το κύτταρο. Ειδικότερα σε κύτταρα, ζωικά ή φυτικά, με εκκριτική λειτουργία ο αριθμός τους είναι πολύ αυξημένος όπως επίσης και στα φυτικά κύτταρα που συνθέτουν συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος όπως συμβαίνει κατά τη λιγνινοποίηση.

Τα πεπλατυσμένα κυστίδια (cisterna) είναι παράλληλα διαταγμένα και δεν φαίνεται να επικοινωνούν μεταξύ τους. Στην περιφέρεια των cisterna παρατηρούνται μικρά κυστίδια τα οποία από τη μια πλευρά του οργανιδίου συντήκονται με αυτό ενώ από την άλλη αποκόβονται. Η πλευρά του οργανιδίου όπου παρατηρείται η σύντηξη αναφέρεται ως πλευρά εισόδου ή cis ενώ η πλευρά αποκοπής ως πλευρά εξόδου ή trans.

Ο ρόλος του οργανιδίου Golgi πρωταρχικά είναι η επεξεργασία, ο διαχωρισμός και η τροποποίηση των πρωτεϊνών. Οι περισσότερες πρωτεΐνες που εκκρίνονται από το κύτταρο υπόκεινται σε κάποια επεξεργασία από το οργανίδιο Golgi. Ύστερα από τη σύνθεσή τους στα ριβοσώματα του ΑΕΔ, οι πρωτεΐνες συσκευάζονται σε κυστίδια του ΑΕΔ και εισέρχονται στο οργανίδιο Golgi με σύντηξη των κυστιδίων με τη μεμβράνη του οργανιδίου. Οι πρωτεΐνες στη συνέχεια μετακινούνται από το ένα πεπλατυσμένο κυστίδιο στο επόμενο μέσω πρωτεϊνών μεταφοράς των μεμβρανών. Κατά τη μετακίνηση αυτή οι πρωτεΐνες υπόκεινται σε ορισμένες τροποποιήσεις ή σε αυτές προστίθενται άλλες χημικές ενώσεις όπως μερικοί υδατάνθρακες. Οι γλυκοπρωτεΐνες είναι μια κατηγορία ενώσεων που παράγονται με αυτόν τον τρόπο.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Διαγραμματικά το οργανίδιο Golgi. Η γραμμή δείχνει την πορεία που ακολουθούν τα μόρια μέσα στο οργανίδιο Golgi.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Οργανίδιο Golgi σε αποθηκευτικό κύτταρο κοτυληδόνας φασολιού. Εδώ γίνεται αποικοδόμηση των ημικυτταρινών του κυτταρικού τοιχώματος (κτ) και μεταφορά των συστατικών με κυστίδια στο οργανίδιο Golgi (G). Φωτ. Κ. Φασσέας.

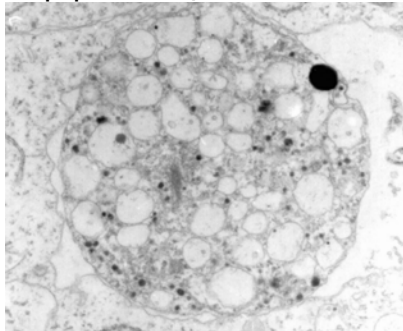
Λυσοσώματα.

Κάθε ευκαρυωτικό κύτταρο διαθέτει μια ομάδα κυτταροπλασματικών οργανιδίων, τα λυσοσώματα, των οποίων η κύρια λειτουργία είναι η ενδοκυτταρική και εξωκυτταρική πέψη. Μπορούμε να τα διακρίνουμε από τα άλλα κυτταρικά οργανίδια από τη μορφολογία τους και ειδικότερα από τις ακόλουθες λειτουργίες τους:

α. Πέψη τροφών που έχουν μπει στο κύτταρο με φαγοκύτωση ή πινοκύτωση (κυτταροφαγία ή κυτταροποσία).

β. Πέψη τμημάτων ή οργανιδίων του ίδιου του κυττάρου, μια διεργασία που λέγεται αυτοφαγία, και

γ. Διάσπαση εξωκυτταρικών υλικών με την έκκριση ενζύμων στο περιβάλλον μέσο.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Λυσοσώμα φυτικού κυττάρου. Φωτ. Κ. Φασσέα.

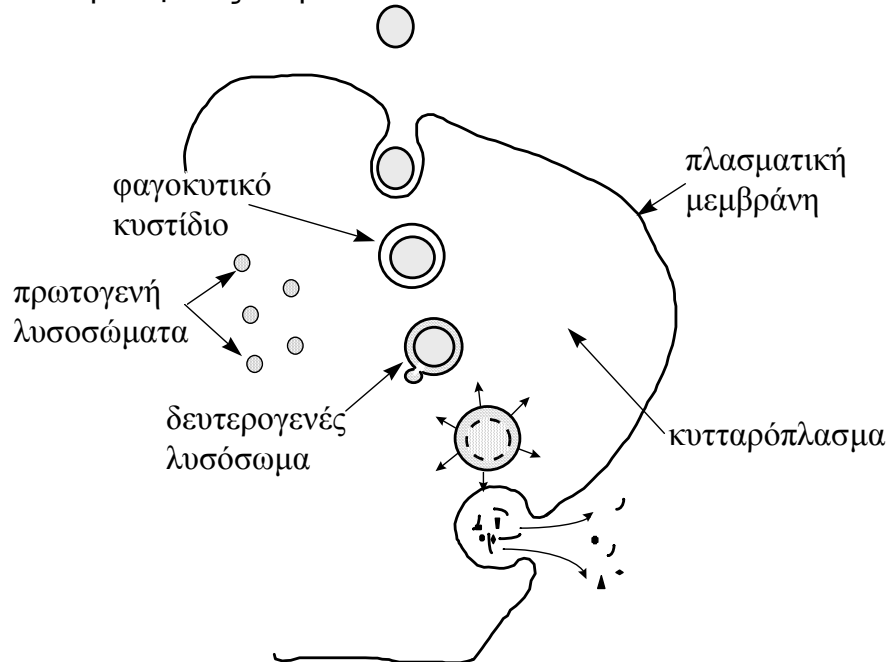
Η ιδέα της ύπαρξης των λυσοσωμάτων ξεκίνησε με την ανάπτυξη της τεχνικής της κλασμάτωσης κυττάρων με διαφορική φυγοκέντρωση με την οποία διαχωρίζονται κυτταρικά συστατικά. Κατά το 1949, ένα κυτταρικό κλάσμα, που είχε τις ίδιες φυγοκεντρικές ιδιότητες ανάμεσα σ' εκείνες των μιτοχονδρίων και των μικροσωμάτων, απομονώθηκε από τον De Dune. Αυτό το κλάσμα βρέθηκε να περιέχει μεγάλες σχετικά ποσότητες όξινης φωσφατάσης και άλλων υδρολυτικών ενζύμων. Εξ αιτίας των ενζυμικών ιδιοτήτων, το 1955 αυτά τα σωματίδια ονομάστηκαν λυσοσώματα.

Προς το παρόν έχουν βρεθεί περίπου 50 λυσοσωμικές υδρολάσες που είναι ικανές να πέψουν τα περισσότερα βιολογικά συστατικά. Λυσοσώματα έχουν βρεθεί στα ζωικά και φυτικά κύτταρα και στα πρωτόζωα. Στα βακτήρια δεν υπάρχουν λυσοσώματα, αλλά ο λεγόμενος περιπλασματικός χώρος, που παρατηρείται πολλές φορές μεταξύ της πλασματικής μεμβράνης και του κυτταρικού τοιχώματος, μπορεί να παίζει παρόμοιο ρόλο μ' εκείνο των λυσοσωμάτων.

Μια σημαντική ιδιότητα των λυσοσωμάτων είναι η δομική τους σταθερότητα στα ζωντανά κύτταρα. Τα ένζυμα είναι κλεισμένα μέσα σε κυστίδια που περιβάλλονται από μια μεμβράνη και δεν είναι άμεσα διαθέσιμα στο υπόστρωμα. Μετά από απομόνωσή τους με ήπιες μεθόδους ομογενοποίησης, η ποσότητα του ενζύμου που μπορεί να μετρηθεί είναι μικρή. Η ποσότητα αυτή αυξάνεται σημαντικά αν γίνει επεξεργασία των σωματιδίων με υποτονικό διάλυμα ή με απορρυπαντικά (π.χ. triton). Αυτή η ανενεργότητα των ενζύμων οφείλεται στην ύπαρξη της μεμβράνης.

Η λυσοσωμική μεμβράνη είναι ανθεκτική στα λυτικά ένζυμα που περικλείει λόγω της πρωτεΐνης κλαθρίνης που την περιβάλλει. Η όλη διαδικασία της πέψης γίνεται μέσα στο λυσοσώμα. Η μεμβράνη

προστατεύει το κύτταρο από την πιθανή καταστρεπτική δράση των ενζύμων. Η ανθεκτικότητα αυτή είναι πολύ σημαντική για την κανονική λειτουργία του κυττάρου. Όταν ένα κύτταρο πεθαίνει, η μεμβράνη των λυσοσωμάτων του καταστρέφεται ελευθερώνοντας στο κυτταρόπλασμα λυτικά ένζυμα που καταστρέφουν το ίδιο το κύτταρο. Αυτό το σύστημα "αυτοκαταστροφής" είναι υπεύθυνο για τη γρήγορη καταστροφή πολλών κυττάρων μόλις νεκρωθούν.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η συμμετοχή των πρωτογενών και δευτερογενών λυσοσωμάτων στην κυτταροφαγία.

Ένα άλλο ενδιαφέρον σημείο είναι ότι τα περισσότερα ένζυμα των λυσοσωμάτων δρουν σε όξινο περιβάλλον. Σήμερα είναι γνωστό ότι η μεμβράνη των λυσοσωμάτων διαθέτει αντλίες πρωτονίων που με ενεργό μεταφορά (κατανάλωση ATP) τα συσσωρεύει στο εσωτερικό της μεμβράνης και κάνει το περιεχόμενο όξινο. Σήμερα ως λυσοσώματα θεωρούνται όλα εκείνα τα κυτταρικά σωματίδια που περιέχουν λυτικά ένζυμα και που εντοπίζονται με ιστοχημικές και ανοσοϊστοχημικές μεθόδους. Το σχήμα και η μορφή τους ποικίλουν σημαντικά.

Η ύπαρξη των λυσοσωμάτων αρχικά στηρίχτηκε αποκλειστικά σε βιοχημικές παρατηρήσεις. Μια δεκαετία αργότερα, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έδειξε ότι τα απομονωμένα λυσοσώματα φαίνονται σφαιρικά με μια μονή μεμβράνη να τα περιβάλλει και χωρίς χαρακτηριστική εσωτερική δομή. Η χρήση ιστοχημικών και ανοσοβιολογικών μεθόδων σήμερα κάνει σχετικά εύκολη την αναγνώριση αυτών των σωματίων ακόμα και με το οπτικό μικροσκόπιο.

Το πιο αξιοσημείωτο μορφολογικό χαρακτηριστικό των λυσοσωμάτων είναι ο πολυμορφισμός τους, ειδικότερα όσον αφορά το μέγεθος τους και την ανομοιομορφία του περιεχομένου τους. Αυτός ο πολυμορφισμός ερμηνεύεται ως το αποτέλεσμα συνένωσης πρωτογενών λυσοσωμάτων με τα διάφορα συστατικά που μπαίνουν στο κύτταρο με φαγοκύτωση.

Λόγω του πολυμορφισμού τους τα λυσοσώματα είναι δύσκολο να ταξινομηθούν σε ομάδες. Όλοι πάντως συμφωνούν να αποκαλούν **πρωτογενή** τα λυσοσώματα τα οποία δεν έχουν πάρει μέρος σε καμιά λυτική διεργασία ενώ **δευτερογενή** αποκαλούνται τα φαγοκυτικά κυστίδια με τα οποία έχουν συντηχθεί τα πρωτογενή λυσοσώματα (Εικόνα Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.).

Μερικές άλλες ονομασίες που έχουν δοθεί σε άλλα λυσοσώματα σύμφωνα με τη δράση τους και το περιεχόμενό τους είναι : δευτερογενή λυσοσώματα, πεπτικά χυμοτόπια, αυτοφαγικά χυμοτόπια, πολυκυστιδικά σωμάτια και υπολειπόμενα σωμάτια.

Τα πρωτογενή λυσοσώματα θεωρούνται σήμερα ως εκκριτικά προϊόντα του κυττάρου που, όπως και άλλα εκκρίματα, συνθέτονται από τα ριβοσωμάτια (πρωτεϊνοσύνθεση), μπαίνουν στο ενδοπλασματικό δίκτυο και μετακινούνται στο σύστημα Golgi για τον τελικό σχηματισμό των λυσοσωμάτων.

Αναφέρονται τουλάχιστον 50 ασθένειες που οφείλονται σε δυσλειτουργία των λυσοσωμάτων. Οι περισσότερες από αυτές οφείλονται στη συσσώρευση μεταβολιτών τους οποίους τα λυσοσώματα δεν μπορούν να διασπάσουν ή σε βλάβες της μεμβράνης των λυσοσωμάτων.

Η ρευματοειδής αρθρίτιδα οφείλεται στην έκκριση λυτικών ενζύμων από τα χονδροκύτταρα με αποτέλεσμα την πρόκληση βλάβης του υαλώδους χόνδρου των αρθρώσεων.

Η ασθένεια Tay-Sachs είναι γενετική με συμπτώματα που εμφανίζονται μεταξύ του 4^{ου} και του 8^{ου} μήνα της ηλικίας με προβλήματα νευρολογικής και ψυχοκινητικής φύσης που καταλήγουν σε παράλυση και θάνατο μέχρι την ηλικία των 4^{ων} χρόνων.

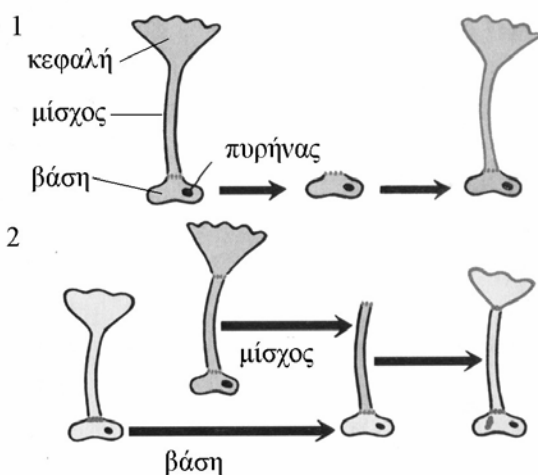
Στη δυσλειτουργία των λυσοσωμάτων οφείλονται σε μεγάλο βαθμό και τα συμπτώματα της γήρανσης. Στα γερασμένα κύτταρα μπορεί να συμβούν λάθη κατά την κυτταροδιαίρεση, διπλασιασμό του DNA και κατά την πρωτεϊνοσύνθεση με αποτέλεσμα την παραγωγή πρωτεϊνών με λάθη. Αυτές οι πρωτεΐνες είναι υπεύθυνες, είτε για τα λυσοσώματα που έχουν διαρροές είτε για άλλα ένζυμα που δεν λειτουργούν σωστά. Το αποτέλεσμα είναι η αποικοδόμηση ιστών, όπως του χόνδρου (υαλώδους ή μεσοσπονδύλιου) που προκαλούν τη συρρίκνωση του σώματος.

Το σίτεμα του κρέατος οφείλεται, ως προς ένα βαθμό, στην απελευθέρωση λυτικών ενζύμων από τα λυσοσώματα, όταν με τη θανάτωση του ζώου επέρχεται λύση των μεμβρανών τους. Τα λυτικά ένζυμα των λυσοσωμάτων των μυϊκών ινών (καθεψίνες) υδρολύουν τα μυοϊνίδια ενώ άλλα λυτικά ένζυμα υδρολύουν συστατικά του συνδετικού ιστού με αποτέλεσμα το μαλάκωμα του κρέατος.

Τα λυσοσώματα παίζουν επίσης πρωτεύοντα ρόλο κατά την εμβρυογένεση και την ανάπτυξη των οργανισμών. Για παράδειγμα κατά τη μεταμόρφωση του γυρίνου σε βάτραχο, τα λυσοσώματα είναι υπεύθυνα για την αποικοδόμηση της ουράς του γυρίνου. Τα δάχτυλα του ανθρώπου στα πρώτα στάδια της εμβρυακής του ανάπτυξης είναι ενωμένα μεταξύ τους ενώ στη συνέχεια διαχωρίζονται με τη δράση και των λυσοσωμάτων.

5.9 Ο πυρήνας. Δομή και λειτουργία.

Ο πυρήνας είναι το πιο μεγάλο και ευδιάκριτο οργανίδιο των ευκαρυωτικών κυττάρων. Η σπουδαιότητα του πυρήνα οφείλεται στην ικανότητά του να ελέγχει το μεταβολισμό και τα χαρακτηριστικά του κυττάρου. Χαρακτηριστικά είναι τα κλασικά πειράματα του Γερμανού Βιολόγου J. Hammerling με τον χλωροφύκη *Acetabularia*, όπως φαίνεται στην Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής..



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Τα πειράματα του Hammerling που δείχνουν ότι ο πυρήνας είναι το κέντρο ελέγχου του κυττάρου. Περισσότερες επεξηγήσεις στο κείμενο.

Η *Acetabularia* είναι ένας μονοκύτταρος χλωροφύκος, ύψους περίπου 4-5cm πολύ κοινός στα ρηχά και καθαρά νερά των παραλιών της Ελλάδας και έχει χρησιμοποιηθεί για πειράματα που σχετίζονται με τον έλεγχο που ασκεί ο πυρήνας στην ανάπτυξη του όλου οργανισμού. Χαρακτηριστικό

του οργανισμού αυτού είναι ότι έχει τον πυρήνα στη βάση του και όταν αποκοπεί ο μίσχος ή η κεφαλή του, ο χλωροφύκος αναγεννάτε από τη βάση του. Ο μίσχος όμως ή η κεφαλή, που δεν περιέχουν πυρήνα πεθαίνουν.

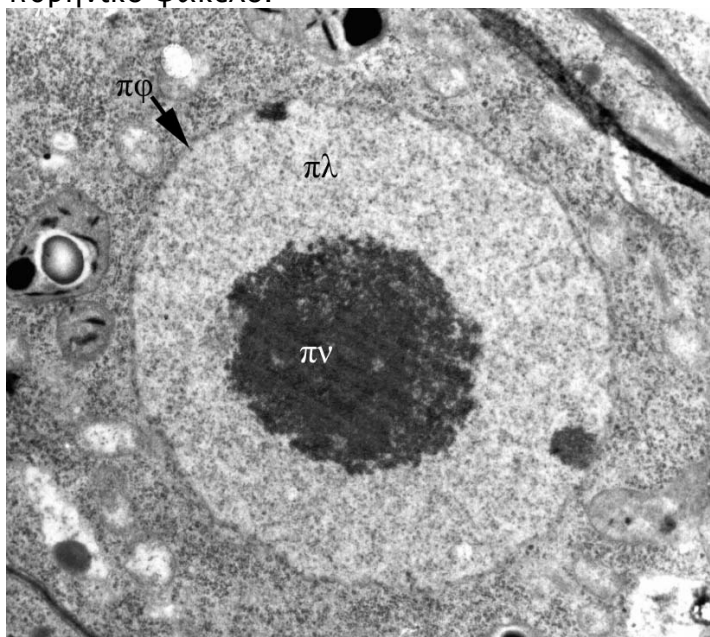
Στο πρώτο πείραμα αν απομακρυνθεί η βάση του χλωροφύκου, που περιέχει τον πυρήνα, ο υπόλοιπος οργανισμός πεθαίνει ενώ η βάση του αναπτύσσεται σε ένα ολόκληρο οργανισμό.

Σε αυτό το πείραμα, όπου χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικά είδη *Acetabularia*, η αναδημιουργημένη κορυφή, είναι όμοια με εκείνη του είδους από το οποίο προέρχεται ο πυρήνας, και όχι του είδους από το οποίο προέρχεται το κυτταρόπλασμα.

Σε άλλα πειράματα, ο πυρήνας από το αυγό βατράχου μπορεί να αφαιρεθεί και να αναπληρωθεί με πυρήνα από άλλο είδος. Το αποτέλεσμα είναι ο γυρίνος και στη συνέχεια ο βάτραχος που θα αναπτυχθεί να μοιάζει με το είδος του βατράχου δότη του πυρήνα.

Αυτού του είδους τα πειράματα γινόντουσαν όταν ακόμα λίγα ήταν γνωστά σχετικά με τη δομή και λειτουργία του πυρήνα. Εδώ και πολλά χρόνια είναι γνωστό ότι στον πυρήνα υπάρχει το DNA που περιέχει τις κωδικοποιημένες πληροφορίες για τη σωστή κατασκευή των πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες του κυττάρου προσδιορίζουν τη δομή και τις λειτουργίες του.

Ένα από τα συστατικά του πυρήνα που παρατηρήθηκαν πρώτα είναι και η **χρωματίνη** η οποία όταν περιελιχθεί γύρω από τον εαυτό της, λίγο πριν την πυρηνοδιάκριση, εμφανίζεται με τη μορφή ραβδίων των **χρωμοσωμάτων**. Χημική ανάλυση των συστατικών του πυρήνα δείχνουν την ύπαρξη DNA, RNA και πρωτεΐνης. Τα συστατικά αυτά βρίσκονται σε μια ημίρρευστη μάζα, το **πυρηνόπλασμα** και όλα περιβάλλονται από τον πυρηνικό φάκελο.

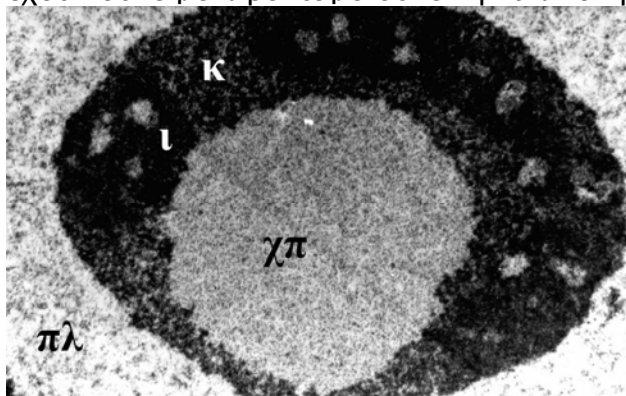


Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Πυρήνας φυτικού μεριστωματικού κυττάρου με το ΗΜΔ. πφ - πυρηνικός φάκελος, πν - πυρηνίσκος, πλ - πυρηνόπλασμα. Φωτ. Κ. Φασσέας.

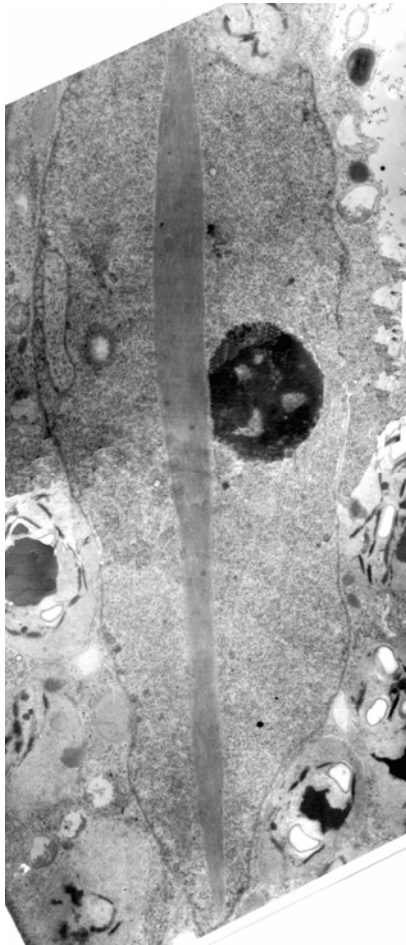
Στο εσωτερικό του πυρήνα συνήθως υπάρχουν μια ή περισσότερες σκοτεινές περιοχές οι πυρηνίσκοι. Στους πυρηνίσκους πολλές φορές διακρίνονται περιοχές με διαφορετική υφή. Στην Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής. φαίνονται περιοχές ηλεκτρονικά αραιές που αναφέρονται ως χυμοτόπια του πυρηνίσκου (nucleolar vacuoles), ενώ οι ηλεκτρονικά πυκνές περιοχές μπορεί να έχουν ινώδη (ι) ή κοκκιώδη (κ) υφή. Στις περιοχές αυτές έχει διαπιστωθεί ότι συνθέτονται τα συστατικά των ριβοσωμάτων δηλαδή το rRNA και πρωτεΐνες.

Το σχήμα και το μέγεθος του πυρήνα ποικίλουν. Το σχήμα πολλές φορές εξαρτάται από το σχήμα του όλου κυττάρου. Έτσι σε ένα κύτταρο του συκωτιού ή ένα παρεγχυματικό ή μεριστωματικό κύτταρο ο πυρήνας είναι συνήθως σφαιρικός με διάμετρο περίπου 5-10 μm. Σε κύτταρα όμως επιμηκυσμένα, όπως τα μυϊκά κύτταρα στα ζώα ή τα επιδερμικά στα φυτά ο πυρήνας μπορεί να είναι και αυτός επιμηκυσμένος (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.). Στην Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής., παρατηρείται ένας πολυπλοειδής πυρήνας κοτυληδόνας φασολιού κατά τη βλάστηση, ο οποίος έχει σχήμα αμοιβαδοειδές με πολλούς πυρηνίσκους.

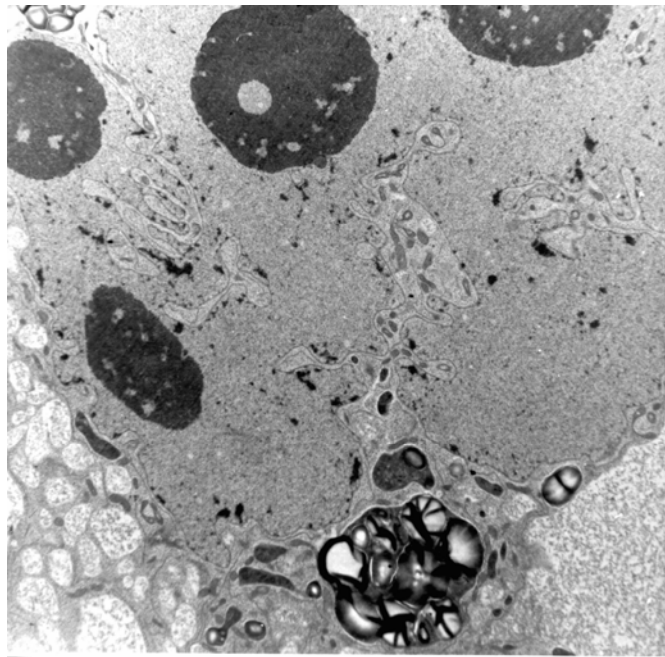
Συνήθως υπάρχει ένας πυρήνας σε κάθε κύτταρο. Υπάρχουν όμως και κύτταρα με περισσότερους του ενός πυρήνες ή και χωρίς πυρήνα. Παραδείγματα κυττάρων με πολλούς πυρήνες είναι τα μυοϊνίδια των γραμμωτών μυών και οι σκληρείδες του λιναριού στις οποίες έχουν παρατηρηθεί μέχρι έξι πυρήνες (Esau, 1943. Fasseas, 1980). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ζωικών κυττάρων χωρίς πυρήνα είναι τα ερυθρά αιμοσφαίρια των περισσότερων θηλαστικών, τα οποία όμως δεν έχουν ούτε μεταβολισμό ούτε την ικανότητα να διαιρούνται.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Πυρηνίσκος φυτικού κυττάρου. χπ - χυμοτόπιο πυρηνίσκου, πλ - πυρηνόπλασμα, ι - ινώδης περιοχή, κ - κοκκιώδης περιοχή.



A



B

Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. A. Επιμήκης πυρήνας με πρωτεϊνικό έγκλειστο σε επιδερμικό κύτταρο υποκοτυλίου *Linum usitatissimum*. B. Αμοιβαδοειδής πολυπλοειδής πυρήνας από κοτυληδόνα φασολιού κατά τη βλάστηση,

Ο πυρήνας χωρίζεται από το κυτταρόπλασμα με μια διπλή μεμβράνη, τον πυρηνικό φάκελο. Το εσωτερικό του πυρήνα επικοινωνεί με το κυτταρόπλασμα μέσω των πυρηνικών πόρων. Οι πυρηνικοί πόροι επιτρέπουν τη διέλευση μόνο ορισμένων μορίων. Προσαρτημένες στο εσωτερικό του πυρηνικού φακέλου είναι κάποιες εξειδικευμένες πρωτεΐνες, οι λαμίνες, που ως λειτουργία φαίνεται ότι έχουν τον σχηματισμό και την αποικοδόμηση του πυρηνικού φακέλου κατά τις πυρηνοδιαίρέσεις. Η εξωτερική μεμβράνη του πυρήνα φαίνεται πολλές φορές να αποτελεί συνέχεια του αδρού ενδοπλασματικού δικτύου.

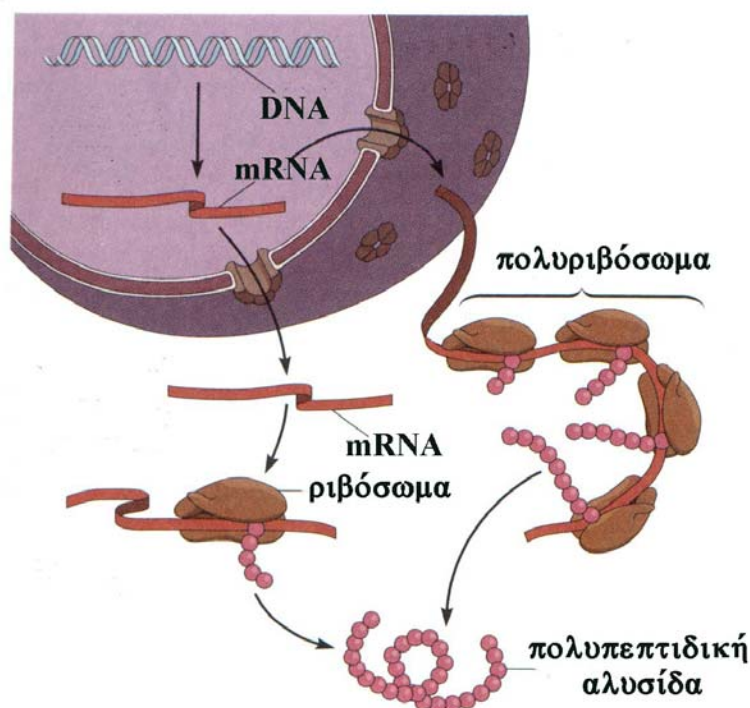
Τμήμα

Δομή

Λειτουργία

χρωματίνη (χρωμοσώματα)	DNA και πρωτεΐνες	γενετικό υλικό
πυρηνίσκος	RNA και πρωτεΐνες	σχηματισμός RNA
πυρηνικός φάκελος	διπλή μεμβράνη με πόρους	έλεγχος εισόδου και εξόδου συστατικών στον πυρήνα.

Πίνακας Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Τα διάφορα τμήματα του πυρήνα και οι λειτουργίες τους.



1. . Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η σχέση ανάμεσα στα διάφορα κυτταρικά οργανίδια και της πρωτεϊνοσύνθεσης.

5.10 Ο κυτταροσκελετός.

Αν παρατηρήσουμε προσεκτικά, κύτταρα από διαφορετικούς ζωικούς ιστούς, θα δούμε σημαντικές διαφορές στο σχήμα τους. Όταν τα κύτταρα αυτά παρατηρηθούν στο εργαστήριο ενώ αναπτύσσονται, θα δούμε ότι μπορούν να αλλάξουν το σχήμα τους ή ακόμα και να κινηθούν. Τα σχήματα των ζωικών κυττάρων και η ικανότητά τους να κινούνται εξαρτώνται κατά μεγάλο βαθμό από ένα πολύπλοκο δίκτυο πρωτεϊνικών ινιδίων που βρίσκονται μέσα στα κύτταρα και αποτελούν τον **κυτταροσκελετό**. Το γεγονός ότι τα προκαρυωτικά κύτταρα δε διαθέτουν τέτοιο σύστημα σημαίνει ότι η δημιουργία του κυτταροσκελετού υπήρξε ένα σημαντικό βήμα στην εξέλιξη των ευκαρυωτικών κυττάρων. Ο όρος

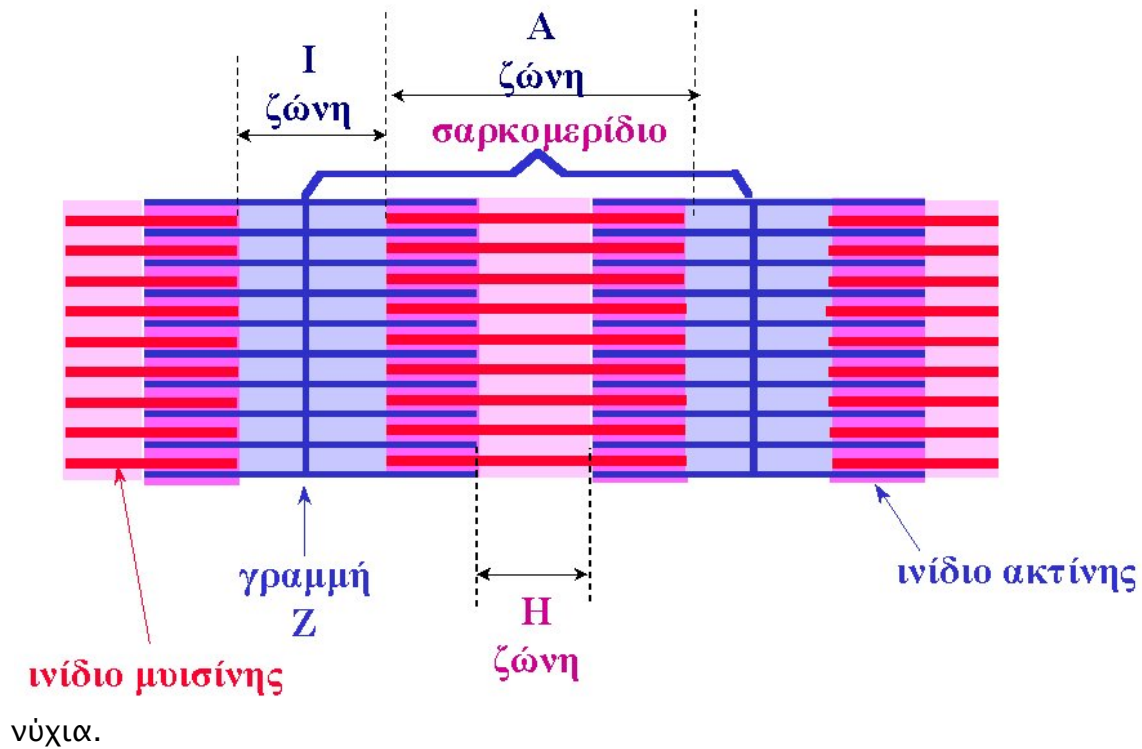
κυτταροσκελετός είναι ίσως λίγο παραπλανητικός γιατί υποδηλώνει ότι η δομή αυτή είναι σκληρή και στατική, ενώ στη πραγματικότητα ο κυτταροσκελετός είναι μια δομή που συνεχώς αλλάζει δυναμικά.

Τα πρώτα συστατικά του κυτταροσκελετού των κυττάρων που παρατηρήθηκαν, ήταν τα ινίδια ακτίνης και μυοσίνης των μυϊκών κυττάρων λόγω της διάταξής τους. Οι πρώτες αυτές παρατηρήσεις έδωσαν και τις πρώτες ενδείξεις που αφορούσαν τη μυϊκή σύσπαση. Οι τότε όμως επιστήμονες πίστευαν ότι αυτά τα ινίδια βρίσκονται αποκλειστικά στα μυϊκά κύτταρα ενώ σήμερα είναι γνωστό ότι βρίσκονται σε όλα σχεδόν τα κύτταρα ζωικά και φυτικά.

Οι πρώτες ενδείξεις για την ύπαρξη του κυτταροσκελετού στο χώρο, ήρθαν με τη χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου διέλευσης υπερύψηλης τάσης ενώ με το κοινό ΗΜΔ ο κυτταροσκελετός δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθεί λόγω του ότι το κλασικό ΗΜΔ απαιτεί πολύ λεπτές τομές όπου η πιθανότητα να κοπεί ένα συστατικό του κυτταροσκελετού κατά μήκος, για να γίνει αυτό ορατό, είναι μηδαμινή. Η μελέτη του κυτταροσκελετού έγινε κυρίως με το οπτικό μικροσκόπιο φθορισμού και με τη χρήση φθορίζοντων αντισωμάτων.

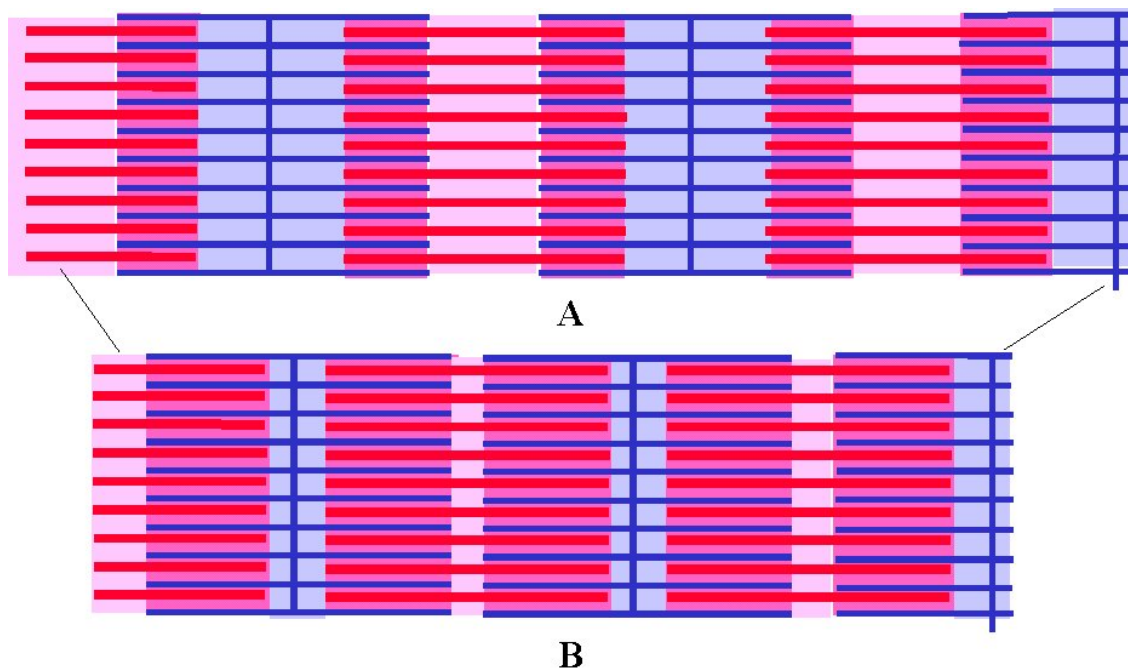
Τα πρωτεϊνικά ινίδια που αποτελούν τον κυτταροσκελετό αρχικά περιγράφηκαν βάσει του σχετικού τους πάχους. Τα δυο κύρια είδη ινιδίων από τα οποία σχηματίζεται ο κυτταροσκελετός των ευκαρυωτικών κυττάρων είναι τα **μικροϊνίδια** (γνωστά και ως **ινίδια ακτίνης**), με διάμετρο 7nm, και οι **μικροσωληνίσκοι** που έχουν διάμετρο 25nm. Και τα δυο είδη ινιδίων, δηλαδή τα μικροϊνίδια και οι μικροσωληνίσκοι, αποτελούνται από σφαιρικές πρωτεϊνικές υπομονάδες (γλοβουλίνες), που μπορούν πολύ γρήγορα να οργανώνονται και αποδιοργανώνονται μέσα στο κύτταρο. Αν και τα δυο είδη ινιδίων είναι τα κύρια συστατικά του κυτταροσκελετού, παίζουν και τα δυο σημαντικό ρόλο και σε άλλες διεργασίες όπως είναι η κίνηση και η οργάνωση του κυττάρου.

Σε πολλά ζωικά κύτταρα υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία ινιδίων τα **ενδιάμεσα ινίδια** που έχουν διάμετρο 8–10nm. Τα ενδιάμεσα ινίδια είναι φτιαγμένα από **ινώδεις**, πρωτεϊνικές υπομονάδες που είναι όμως πιο σταθερές από τους μικροσωληνίσκους και τα μικροϊνίδια. Ένας τύπος ενδιάμεσων ινιδίων αποτελείται από κερατίνη, μια πρωτεΐνη παρόμοια σε δομή μ' εκείνη από την οποία είναι κατασκευασμένες οι τρίχες και τα



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Διαγραμματικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σαρκομέριο.

Μυϊκή σύσπαση.



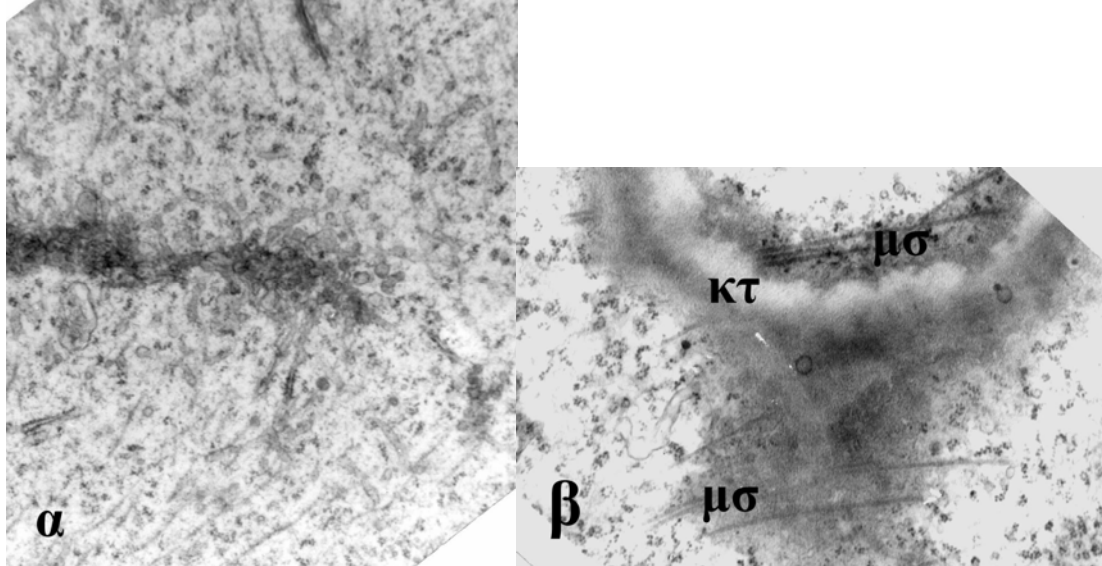
Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Πως επιτυγχάνεται η σύσπαση ενός μυοϊνιδίου. A – σε χαλάρωση, B – σε σύσπαση.

5.11 Οι μικροσωληνίσκοι.

Οι μικροσωληνίσκοι εκτός από το ρόλο που παίζουν στη δημιουργία του κυτταροσκελετού, παίζουν επίσης ρόλο και στη μετακίνηση των χρωμοσωμάτων κατά τη κυτταροδιαίρεση ενώ αποτελούν και συστατικά των μαστιγίων και των βλεφαρίδων, ειδικές δομές που εξυπηρετούν την κίνηση. Οι μικροσωληνίσκοι για να μπορούν να επιτελούν το έργο τους θα πρέπει να είναι στερεωμένοι κάπου μέσα στο κύτταρο. Στα κύτταρα που βρίσκονται σε μεσόφαση (μη διαιρούμενα κύτταρα) οι μικροσωληνίσκοι φαίνεται να ξεκινούν από το λεγόμενο κυτταρικό κέντρο ή κέντρο οργάνωσης μικροσωληνίσκων (KOM ή MTOC, microtubule organizing center).

Οι μικροσωληνίσκοι αποτελούνται από διμερείς υπομονάδες της πρωτεΐνης τουμπουλίνης. Κάθε διμερές αποτελείται από μέχρι δυο πολύ παρόμοιες υπομονάδες την α και την β. Οι μικροσωληνίσκοι μακραίνουν με την προσθήκη διμερών κατά προτίμηση στην μια άκρη του μικροσωληνίσκου, ενώ μπορούν ανά πάσα στιγμή να αποικοδομηθούν με την αφαίρεση υπομονάδων οι οποίες μπορούν να ανακυκλωθούν και να σχηματίσουν άλλου μικροσωληνίσκους. Εκτός από τις δομικές ιδιότητες, οι μικροσωληνίσκοι φαίνεται να ενεργούν ως οδηγοί πάνω στους οποίους μετακινούνται διάφορα κυτταρικά οργανίδια όπως τα μιτοχόνδρια και τα εκκριτικά κυστίδια, προς διάφορους προορισμούς μέσα στο κύτταρο. Ο πολυμερισμός και αποπολυμερισμός των μικροσωληνίσκων απαιτεί την

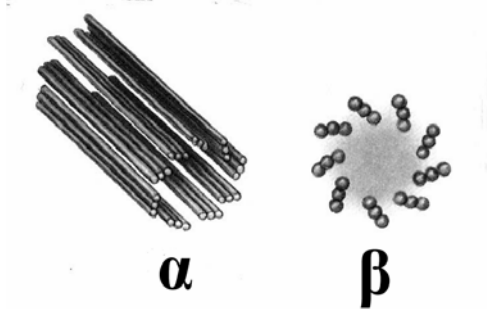
κατανάλωση ενέργειας με τη μορφή ΑΤΡ. Έτσι η μετακίνηση οργανιδίων με μικροσωληνίσκους μπορεί να θεωρηθεί και αυτή ως μια μορφή ενεργού μεταφοράς. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου είδους μεταφοράς είναι και μιτωτική άτρακτος ή οποία χρησιμεύει ως σκελετός για την κατανομή των χρωμοσωμάτων κατά τη μιτωτική διαίρεση με τάξη.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Μικροσωληνίσκοι σε φυτικά κύτταρα. α, μικροσωληνίσκοι που μεταφέρουν υλικά για το σχηματισμό του κυτταρικού τοιχώματος. β, μικροσωληνίσκοι που είναι διαταγμένοι παράλληλα προς το κυτταρικό τοίχωμα. Φωτ. Κ. Φασσέας.

5.12 Τα κεντροσωμάτια οι βλεφαρίδες και τα μαστίγια.

Τα κεντροσωμάτια (centrosomes), είναι δομές που σχηματίζουν τους πόλους της ατράκτου σε όλα τα ζωικά κύτταρα, καθώς και σε πολλά κατώτερα φυτά και πρωτόζωα. Κατά τη μεσόφαση το κεντροσωμάτιο εντοπίζεται κοντά στον πυρήνα παίρνοντας θέση στο κέντρο περίπου του κυττάρου και κατευθύνει την οργάνωση των μικροσωληνίσκων. Στο σημείο αυτό παρατηρούνται δυο κεντρίδια (centrioles) σε αλληλοκάθετη θέση καθώς και ηλεκτρονικά πυκνές δομές γύρω τους, που καλούνται "δορυφόροι". Συνήθως οι μικροσωληνίσκοι φαίνονται να τερματίζουν σε μια ζώνη γύρω από τα κεντρίδια, τη περικεντριδιακή περιοχή, που δρα ως κέντρο οργάνωσης μικροσωληνίσκων (microtubule organising centre, MTOC). Σε μερικά πρωτόζωα το κεντροσωμάτιο χρησιμεύει για την οργάνωση ενός δικτύου μικροσωληνίσκων που μετακινεί τη τροφή από τη περιφέρεια προς το κέντρο. Το κεντροσωμάτιο είναι απαραίτητο για την οργάνωση των μικροσωληνίσκων ενώ το κεντρίδιο όχι και πολλές φορές το τελευταίο απουσιάζει.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Τα δυο κεντρίδια που είναι κάθετα το ένα στο άλλο, α. ένα κεντρίδιο όπως φαίνεται στο χώρο, β. σε εγκάρσια τομή.

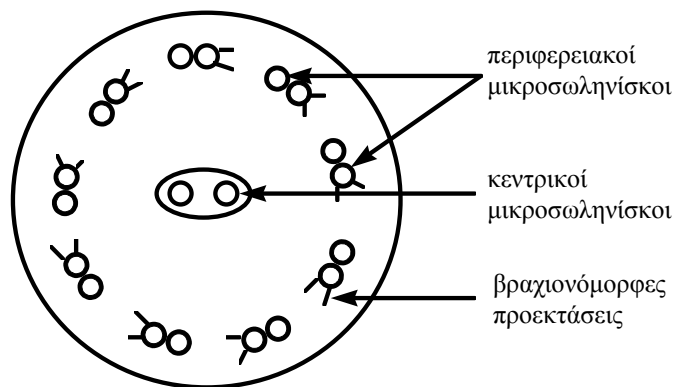
Κατά τη μίτωση, το κεντροσωμάτιο δρα και σαν οργανωτής μικροσωληνίσκων (MTOC), ενώ έμμεσα συντονίζει την οργάνωση και άλλων κυτταροσκελετικών ινιδίων. Αναπαράγεται και μεταβιβάζεται από κύτταρο σε κύτταρο μαζί με τα χρωμοσώματα χωρίς όμως να περιέχει DNA ή RNA, όπως έχει αποδειχτεί με αυτοραδιογραφία, ενώ έχει παρατηρηθεί και εμφάνισή του, *de novo*. Αυτό σημαίνει ότι οι πληροφορίες (τα πρόδρομα μόρια) για το σχηματισμό του υπάρχουν στο κυτταρόπλασμα.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι, το κεντροσωμάτιο παρατηρείται σε κύτταρα οργανισμών που σε κάποια φάση της ζωής τους κάποια κύτταρα τους σχηματίζουν μαστίγια ή βλεφαρίδες.

Τα ανώτερα φυτά ενώ διαθέτουν MTOC's (άλλωστε η ιδέα των δομών αυτών ξεκίνησε από τα φυτά από τον Pickett-Hears) δεν έχουν

κεντρίδια. Αυτό δείχνει ότι τα κεντρίδια είναι απαραίτητα για το σχηματισμό μαστιγίων και βλεφαρίδων, ενώ δεν είναι απαραίτητα κατά τη μίτωση, όπου όμως συμμετέχουν όταν υπάρχουν.

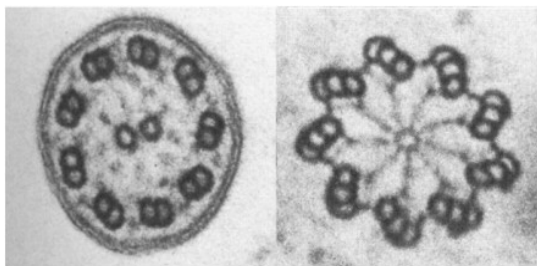
Σε ορισμένα κύτταρα τα κεντρίδια διπλασιάζονται επανειλημμένα με τρόπο που δεν είναι ακόμα κατανοητός. Τα κεντρίδια αυτά μετακινούνται προς τη πλασματική μεμβράνη και σχηματίζουν το βασικό σωματίο ή κινητόσωμα (basal body ή kinetosome), που με τη σειρά του δημιουργεί τη βλεφαρίδα ή το μαστίγιο. Οι δομές αυτές είναι ακριβώς οι ίδιες σ' όλα τα ευκαρυωτικά κύτταρα από το *Paramecium* μέχρι τον άνθρωπο (στον άνθρωπο μαστίγια έχουν τα σπερματοζώαρια ενώ βλεφαρίδες παρατηρούνται στα επιθηλιακά κύτταρα του ωαγωγού και του αναπνευστικού συστήματος). Αυτή η ομοιότητα αποτελεί άλλη μια πολύ σημαντική απόδειξη για τη ομοιομορφία της ζωής στο επίπεδο του ευκαρυωτικού κυττάρου. Φαίνεται δε ότι οι δομές αυτές δεν έχουν αλλάξει μορφή απ' όταν δημιουργήθηκαν σε κάποια μονοκύτταρα φωτοσυνθετικά φύκη πριν από μερικά δισεκατομμύρια χρόνια.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η χαρακτηριστική 9+2 δομή των βλεφαρίδων και μαστιγίων που παρατηρείται με το ΗΜΔ σε εγκάρσιες τομές.

Ένας συλλογικός όρος που έχει προταθεί τα τελευταία χρόνια για τα μαστίγια και τις βλεφαρίδες είναι ο όρος undulipodia λόγω της κυματοειδούς τους κίνησης (undulation).

Μια εγκάρσια τομή της βλεφαρίδας δείχνει ότι η οργάνωσή της διαφέρει από εκείνη του κεντρίδιου και του βασικού σωματίου. Τα ινώδη συστατικά είναι τοποθετημένα σε έντεκα ομάδες, δυο μονοί μικροσωληνίσκοι στο κέντρο και εννέα διπλοί κοντά στη περιφέρεια, δομή γνωστή ως 9+2. Λεπτομέρειες της δομής των βλεφαρίδων και των μαστιγίων δείχνουν οι Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής. και Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής..



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Εγκάρσια τομή βλεφαρίδας με το ΗΜΔ, (α) στο μέσον και (β) στη βάση.

Λειτουργικά οι δομές αυτές χρησιμεύουν για τη κίνηση των κυττάρων που τις φέρουν ή τη μετατόπιση του υγρού μέσου που τα περιβάλλει, καθώς επίσης και τη μετακίνηση σωματιδίων (ή μικροοργανισμών κλπ.) που βρίσκονται κοντά τους με σκοπό τη θρέψη ή άμυνά τους.

Οι δομές αυτές έχουν διάμετρο περίπου 250nm και μήκος οι μεν βλεφαρίδες μέχρι 10μm, τα δε μαστίγια μέχρι 200μm. Μαστίγια συνήθως παρατηρούνται ένα ή δυο ανά κύτταρο (π.χ. το ανθρώπινο σπερματοζωάριο) ενώ οι βλεφαρίδες καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια του κυττάρου που είναι σε επαφή με το περιβάλλον μέσον (π.χ. στα επιθηλιακά κύτταρα του αναπνευστικού συστήματος του ανθρώπου υπάρχουν περίπου 10.000.000.000 βλεφαρίδες /cm²).

Η κίνηση των δομών αυτών γίνεται με κάμψη τους που οφείλεται στο σχηματισμό παροδικών δεσμών μεταξύ των γειτονικών ομάδων μικροσωληνίσκων που έχουν βραχίονες δυνείνης.

6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΥΤΤΑΡΟΥ – ΚΥΤΤΑΡΟΔΙΑΙΡΕΣΗ.

6.1 Γιατί διαιρούνται τα κύτταρα;

Οι λόγοι που οδηγούν τα κύτταρα σε διαίρεση είναι:

- για να αυξηθούν σε μέγεθος, δηλαδή για να μεταβληθεί η σχέση της επιφάνειας της κυτταρικής μεμβράνης / όγκο,
- για να αναπαραχθούν, στην περίπτωση των μονοκύτταρων οργανισμών,
- για να αυξηθεί το μέγεθος των οργανισμών, στην περίπτωση πολυκύτταρων οργανισμών,
- για να αναπληρωθούν φθαρμένα ή καταστραμμένα κύτταρα.

Το 1879, οι Bovery και Flemming περιέγραψαν τα γεγονότα που οδηγούν στη δημιουργία δυο πανομοιότυπων κυττάρων, διαδικασία που αργότερα ονομάστηκε **μιτωτική διαίρεση**, ενώ το 1887 ο Weissmann παρατήρησε τις ιδιόμορφες κυτταροδιαιρέσεις που οδηγούν στην παραγωγή γαμετών, σήμερα γνωστή ως **μειωτική διαίρεση**.

6.2 Ο κυτταρικός κύκλος.

Ήδη, από το 1970, υπάρχουν ακριβείς περιγραφές των κινήσεων των χρωμοσωμάτων κατά τη μιτωτική διαίρεση. Λίγα όμως ήταν γνωστά για τα γεγονότα που μεσολαβούν μεταξύ δυο διαδοχικών μιτωτικών διαιρέσεων. Επειδή δεν υπήρχε κάποια ορατή δραστηριότητα ανάμεσα στις μιτώσεις, η φάση αυτή αναφέρθηκε ως φάση «ανάπαυσης» του κυττάρου και ονομάστηκε **μεσόφαση**. Όταν, τη δεκαετία του '50, ανακαλύφθηκε ότι ο διπλασιασμός του DNA γίνεται κατά τη μεσόφαση, διαπιστώθηκε ότι η μεσόφαση κάθε άλλο παρά «φάση ανάπαυσης» είναι και συνελήφθει η ιδέα του κυτταρικού κύκλου.

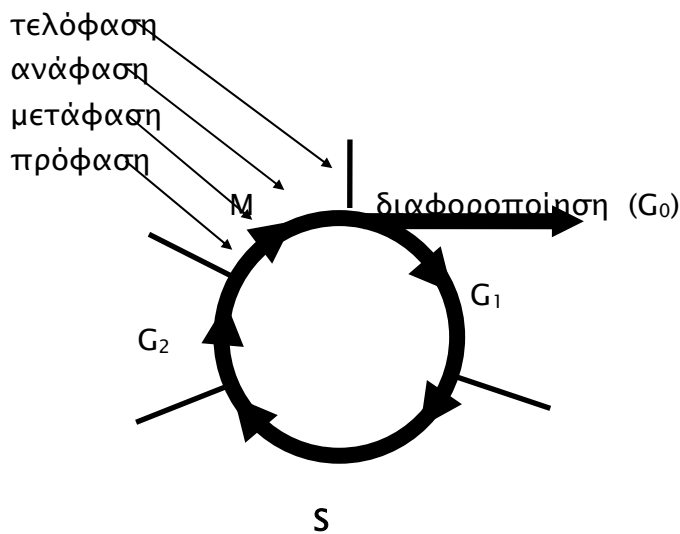
Η σειρά των γεγονότων, μεταξύ της δημιουργίας ενός κυττάρου και της διαίρεσής του, αναφέρεται ως **κύκλος του κυττάρου** και τον χωρίζουμε σε τρία στάδια.

Μεσόφαση, είναι η περίοδος έντονης σύνθεσης ουσιών και ανάπτυξης του κυττάρου. Το κύτταρο παράγει πολλά συστατικά για την ανάπτυξή του και τις λειτουργίες, για τις οποίες είναι υπεύθυνο. Ο διπλασιασμός του DNA γίνεται προς το τέλος αυτής της φάσης.

Μίτωση, είναι η φάση της διαίρεσης του πυρήνα σε δυο θυγατρικούς, με πανομοιότυπο γενετικό υλικό.

Κυτταροδιαίρεση, είναι η φάση διαίρεσης του κυτταροπλάσματος σε δυο θυγατρικά κύτταρα.

Τα κύτταρα αναπτύσσονται και διαιρούνται κατά τη διάρκεια ενός κύκλου που έχει τέσσερες φάσεις. Η όλη φάση της κυτταροδιαίρεσης, που περιλαμβάνει τη μίτωση και την κυτοκίνηση, αναφέρεται ως Μ φάση (M=mitosis). Η περίοδος του διπλασιασμού του DNA αναφέρεται ως φάση S (S=synthesis). Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης γίνεται και η σύνθεση των πρωτεϊνών που σχετίζονται με το DNA στα ευκαρυωτικά χρωμοσώματα. Κατά τον κυτταρικό κύκλο παρατηρούνται και άλλες δυο φάσεις, μια μετά τη Μ και πριν την S που ονομάζεται G₁, και μια μετά την S και πριν την Μ που ονομάζεται G₂. Το γράμμα G (gap=κενό) χρησιμοποιήθηκε επειδή αρχικά νομίστηκε ότι σε αυτές τις φάσεις δεν συμβαίνει τίποτα. Σήμερα γνωρίζουμε ότι κατά τη φάση G₁, το κύτταρο αυξάνει σε μέγεθος και τα οργανίδια του πολλαπλασιάζονται. Κατά τη φάση G₂ γίνεται σύνθεση διαφόρων ενζύμων και άλλων πρωτεϊνών, όταν το κύτταρο προετοιμάζεται για την επόμενη μιτωτική διαίρεση.



Φάση	Γεγονότα	Vicia faba	Homo sapiens (καλλιέργεια ινιδοβλαστών)
G ₁	διπλασιασμός των οργανιδίων	4.9 h	6.3 h
S	διπλασιασμός του DNA	7.5 h	7.0 h
G ₂	σύνθεση πρωτεϊνών	4.9 h	2.0 h
M	μιτωτική διαίρεση	2.0 h	0.7 h
	Σύνολο	19.3 h	16.0 h

Πίνακας Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Ο κυτταρικός κύκλος και τα κυριώτερα γεγονότα που παρατηρούνται κατά τη μιτωτική διαίρεση και η διάρκειά τους στα κουκιά (*Vicia faba*) και σε ανθρώπινα (*Homo sapiens*) κύτταρα σε κυτταροκαλλιέργεια.

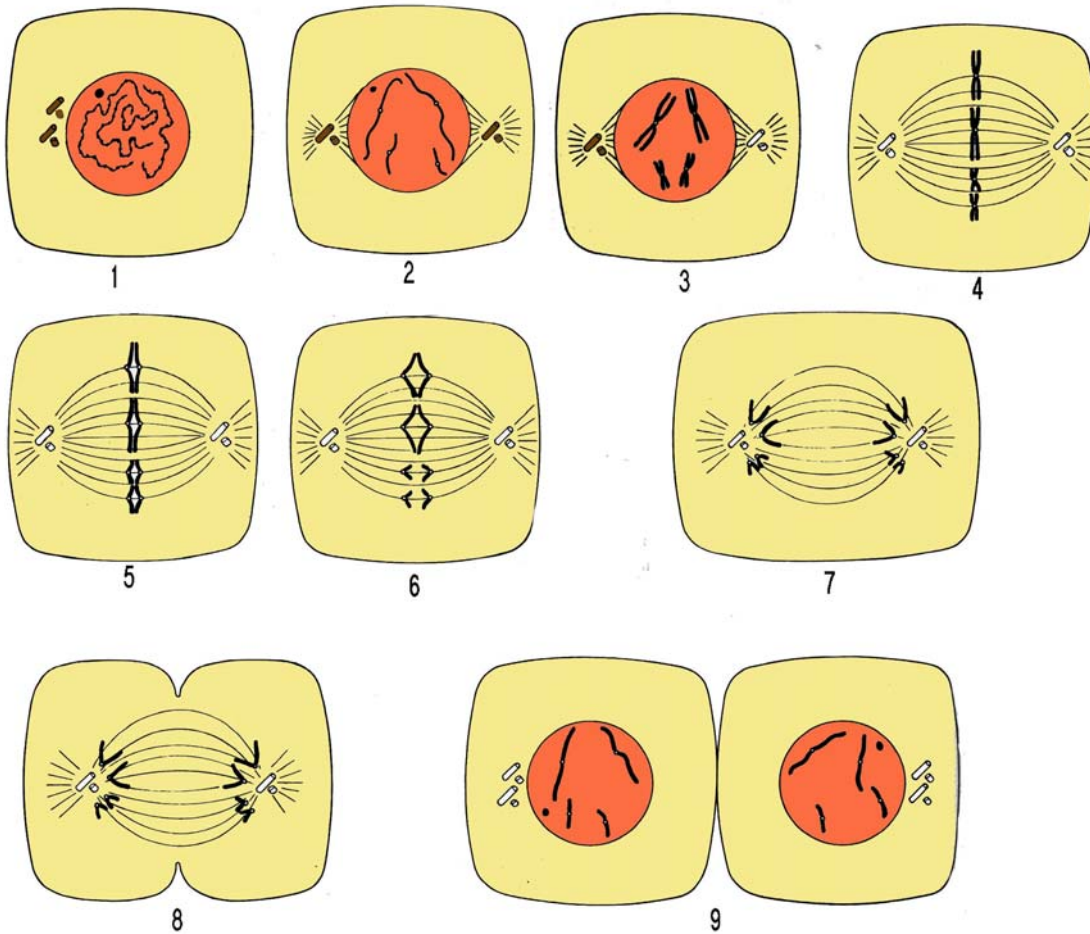
Μερικά κύτταρα, όπως αυτά που παράγουν το δέρμα, διαιρούνται συνεχώς σε όλη τη διάρκεια της ζωής του οργανισμού. Πολλά κύτταρα όμως τα οποία, για κάποιο χρονικό διάστημα ή για πάντα, διακόπτουν τον κυτταρικό τους κύκλο, αναφέρεται ότι βρίσκονται στη φάση G₀.

6.3 Μίτωση και κυτοκίνηση.

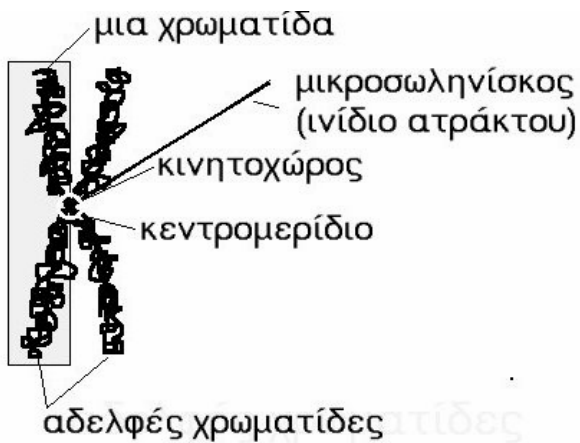
Μίτωση είναι η διαίρεση του ευκαρυωτικού πυρήνα με τρόπο που οι θυγατρικοί πυρήνες να αποκτούν τον ίδιο αριθμό και είδος χρωμοσωμάτων με τον μητρικό πυρήνα. Πριν ξεκινήσει η μίτωση κάθε χρωμόσωμα έχει ήδη διπλασιαστεί και αποτελείται από δυο χρωματίδες. Στο τέλος της μίτωσης κάθε χρωμόσωμα αποτελείται πάλι από μια χρωματίδα.

Κατά τη διάρκεια της μιτωτικής διαίρεσης δημιουργείται μια δομή από μικροσωληνίσκους, η **μιτωτική άτρακτος**, η οποία εξασφαλίζει τη σωστή κατανομή των χρωμοσωμάτων στους θυγατρικούς πυρήνες. Τέτοια δομή δεν έχει παρατηρηθεί κατά τη διχοτόμηση προκαρυωτικών οργανισμών. Η μίτωση, οποία καλείται και **καρυοκίνηση**, είναι μια **συνεχής διαδικασία** που για **καθαρά περιγραφικό και διδακτικό σκοπό** έχει διαιρεθεί σε τέσσερα (;) στάδια γνωστά ως **πρόφαση, μετάφαση, ανάφαση και τελόφαση**. Επειδή όμως, πολλές φορές, είναι δύσκολο να περιγραφούν τα ενδιάμεσα στάδια, συχνά αναφερόμαστε και σε στάδια όπως **αρχή μετάφασης ή τέλος ανάφασης** κλπ.

Η χρονική διάρκεια του κύκλου εξαρτάται από τον τύπο του κυττάρου και τους εξωτερικούς παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία, τα θρεπτικά συστατικά και η παροχή οξυγόνου. Για παράδειγμα, στα βακτήρια, η διάρκεια του κύκλου είναι 20 min, στα επιθηλιακά κύτταρα του λεπτού εντέρου 8-10 h, ενώ πολλά κύτταρα του νευρικού συστήματος από τη στιγμή που δημιουργούνται και διαφοροποιούνται δε διαιρούνται ποτέ.



Εικόνα Σφάλμα! Αγνώστη παράμετρος αλλαγής.. Μερικές από τις φάσεις της μιτωτικής διαίρεσης στα ζωικά κύτταρα. 1. Μεσόφαση, 2. αρχή πρόφασης, 3. τέλος πρόφασης, 4. αρχή μετάφασης, 5. τέλος μετάφασης, 6. αρχή ανάφασης, 7. τέλος ανάφασης, 8. αρχή τελοφασης, 9. τέλος τελοφασης.



6.4 Η μιτωτική διαίρεση ή μίτωση

Είναι η διαδικασία κατά την οποία ο πυρήνας του ευκαρυωτικού κυττάρου διαιρείται με τέτοιο τρόπο, που να παράγονται δυο θυγατρικοί πυρήνες με ομάδες χρωμοσωμάτων πανομοιότυπες με εκείνες του μητρικού κυττάρου (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.). Συνήθως ακολουθείται αμέσως από ισομερή διαίρεση του κυτταροπλάσματος και τον διαχωρισμό των δυο θυγατρικών κυττάρων. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται ως **κυτταροδιαίρεση**.

Η μίτωση και στη συνέχεια η κυτταροδιαίρεση έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των κυττάρων, την αύξηση του μεγέθους πολυκύτταρων οργανισμών, την αντικατάσταση φθαρμένων κυττάρων και την επισκευή ιστών και οργάνων.

Στους μονοκύτταρους οργανισμούς, η μίτωση είναι και ο κύριος τρόπος μονογονικής αναπαραγωγής για τη γρήγορη αύξηση του πληθυσμού.

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να τονιστεί, ότι η μιτωτική διαίρεση είναι μια συνεχής διαδικασία και ότι οι αλλαγές γίνονται σταδιακά και όχι απότομα. Εξ άλλου ο διαχωρισμός σε στάδια έχει γίνει για καθαρά περιγραφικούς και διδακτικούς λόγους.

Μεσόφαση: Η φάση αυτή συχνά αναφέρεται λανθασμένα ως φάση ανάπαυσης του κυττάρου. Η διάρκειά της διαφέρει ανάλογα με το είδος του κυττάρου και είναι η περίοδος που το κύτταρο συνήθως συνθέτει τα οργανίδια του και αυξάνεται σε μέγεθος. Οι πυρηνίσκοι είναι ευδιάκριτοι και συνθέτουν ριβοσώματα. Πριν από κάθε κυτταροδιαίρεση, το DNA κάθε χρωμοσώματος διπλασιάζεται έτσι που να σχηματιστούν δυο πανομοιότυπες πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες. Αυτές περιβάλλονται από ένα πρωτεϊνικό κάλυμμα και στο ξεκίνημα της κυτταροδιαίρεσης είναι δίπλα-δίπλα. Κάθε ένας από τους κλώνος του DNA αναφέρεται ως **χρωματίδα**. Οι δυο θυγατρικές χρωματίδες συγκρατούνται μεταξύ τους από το **κεντρομερίδιο**, το οποίο σχετίζεται με τον **κινητοχώρο**, περιοχή του χρωμοσώματος στην οποία στηρίζονται τα **ινίδια της ατράκτου** κατά την κυτταροδιαίρεση. Το χρωμοσωμικό υλικό χρωματίζεται και καλείται **χρωματίνη**, αλλά η δομή των χρωμοσωμάτων δεν διακρίνεται εύκολα.

Πρόφαση: Συνήθως είναι η μεγαλύτερη σε διάρκεια φάση της πυρηνοδιαίρεσης. Οι χρωματίδες κονταίνουν (στο 4% του αρχικού τους μήκους) και παχαινούν με περιέλιξη γύρω από τον εαυτό τους, με αποτέλεσμα να γίνονται ορατές με το οπτικό μικροσκόπιο, ύστερα από

χρώση. Στο τέλος της πρόφασης ο πυρηνικός φάκελος κομματιάζεται σε μικρά κυστίδια που διασπείρονται μέσα στο κύτταρο, ενώ σχηματίζεται η **μιτωτική άτρακτος**.

Μετάφαση: Τα ζευγάρια των χρωματίδων προσαρτώνται στα ινίδια της ατράκτου στην περιοχή του κεντρομεριδίου. Οι χρωματίδες μετακινούνται προς το κέντρο του κυττάρου έτσι που τα κεντρομερίδια τους να είναι διαταγμένα στο επίπεδο του ισημερινού.

Ανάφαση: Είναι το πιο σύντομο στάδιο. Τα κεντρομερίδια διαχωρίζονται στα δύο και τα ινίδια της ατράκτου έλκουν τα κεντρομερίδια στους αντίθετους πόλους του κυττάρου. Οι διαχωρισμένες χρωματίδες, που τώρα καλούνται χρωμοσώματα, σύρονται προς τους πόλους πίσω από τα κεντρομερίδια.

Τελόφαση: Τα χρωμοσώματα φτάνουν στους πόλους του κυττάρου, ξετυλίγονται, επιμηκύνονται και δεν είναι πλέον ορατά. Τα ινίδια της ατράκτου αποσυνθέτονται, ο πυρηνικός φάκελος ξανασχηματίζεται γύρω από τα χρωμοσώματα στον κάθε πόλο, ενώ ξαναεμφανίζονται οι πυρηνίσκοι. Η τελόφαση συνήθως ακολουθείται από τη διαίρεση του κυτταροπλάσματος.

Η κυτταροδιαίρεση: Είναι η διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Αυτό το στάδιο συνήθως ακολουθεί την τελόφαση και οδηγεί στη φάση G1 της μεσόφασης. Όταν το κύτταρο προετοιμάζεται για τη διαίρεση του, τα οργανίδια του μετακινούνται και κατανέμονται πιο ομοιόμορφα κοντά στους δυο πόλους του κυττάρου μαζί με τα χρωμοσώματα. Στα ζωικά κύτταρα η κυτταρική μεμβράνη αρχίζει να συσφίγγει το κύτταρο στο επίπεδο του ισημερινής πλάκας. Αυτή η σύσφιξη γίνεται από μικροϊνίδια που σφίγγουν το κύτταρο σαν ζώνη μέχρι που το κόβουν στη μέση.

Οι διαφορές της μιτωτικής διαίρεση των φυτικών από τα ζωικά κύτταρα. Στα φυτικά κύτταρα δεν εμφανίζονται αστέρες επειδή δεν υπάρχουν κεντρίδια ενώ διαθέτουν κέντρα οργάνωσης μικροσωληνίσκων. Αυτό αποδεικνύει ότι τα κεντρίδια δεν εξυπηρετούν στο σχηματισμό της μιτωτικής ατράκτου.

Στο επίπεδο του ισημερινού σχηματίζεται ο **φραγμοπλάστης**.

Η κυτοκίνηση στα φυτικά κύτταρα διαφέρει λόγω του σκληρού κυτταρικού τοιχώματος το οποίο εμποδίζει τη σύσφιξη

Η μίτωση στα ζωϊκά κύτταρα.

Κατά την πρόφαση...

Η χρωματίνη συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα χρωμοσώματα.

Ο πυρηνίσκος εξαφανίζεται.

Ο πυρηνικός φάκελος τεμαχίζεται.

Τα ζευγάρια των κεντριδίων κινούνται προς τους αντίθετους πόλους.

Σχηματίζονται μικροσωληνίσκοι στους πόλους

Κατά τη μετάφαση μετάφαση...

Ο τεμαχισμός του πυρηνικού φακέλου είναι πλήρης.

Έχει σχηματιστεί η μιτωτική άτρακτος.

Τα χρωμοσώματα διατάσσονται στο επίπεδο της ισημερινής πλάκας.

Είναι ορατοί οι μικροσωληνίσκοι, που είναι προσαρτημένοι στους κινητοχώρους των αδελφών χρωματίδων.

Κατά την ανάφαση...

Τα κεντρομερίδια διαιρούνται.

Διπλοειδή σετ θυγατρικών χρωμοσωμάτων μετακινούνται προς τους αντίθετους πόλους.

Οι πολικοί μικροσωληνίσκοι επιμηκύνονται.

Αρχίζει η κυτοκίνηση.

Κατά την τελόφαση...

Τα χρωμοσώματα ξετυλιγονται και σχηματίζουν χρωματίνη.

Ξανασχηματίζεται ο πυρηνικός φάκελος.

Επανεμφανίζονται οι πυρηνίσκοι.

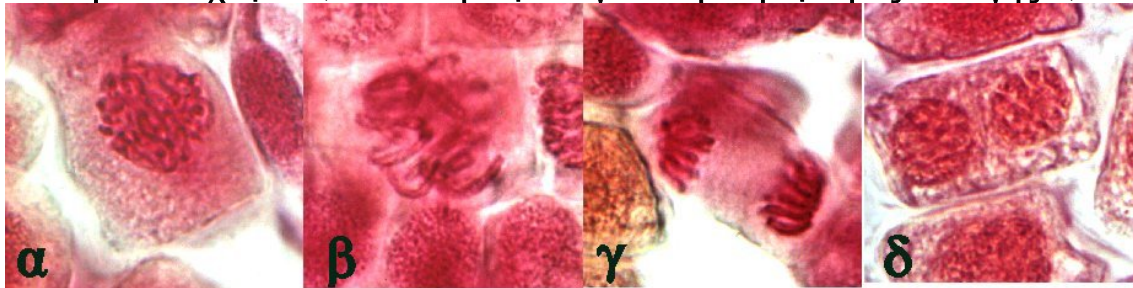
Οι θυγατρικοί πυρήνες είναι διπλοειδείς.

Η κυτοκίνηση έχει σχεδόν συμπληρωθεί.

Πίνακας Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στα διάφορα στάδια της μίτωσης.

Κατά την τελόφαση, στα φυτικά κύτταρα, τα μικροϊνίδια της ατράκτου αρχίζουν να εξαφανίζονται εκτός από την περιοχή του ισημερινού επιπέδου. Μικρά τμήματα μικροσωληνίσκων που μόλις αποδιοργανώθηκαν από τη μιτωτική άτρακτο μετακινούνται προς την

περιφέρεια και αυξάνονται σε αριθμό, σχηματίζοντας μια περιοχή σε σχήμα βαρελιού γνωστή ως **φραγμοπλάστης**. Ο ρόλος του φραγμοπλάστη είναι να «φράσσει» το δρόμο και να παγιδεύει τα κυστίδια των οργανιδίων Golgi που υπάρχουν σε μεγάλο αριθμό στην περιοχή και μεταφέρουν συστατικά για την κατασκευή της **κυτταρικής πλάκας**. Μικροσωληνίσκοι, ριβοσώματα, μιτοχόνδρια, ενδοπλασματικό δίκτυο και σωμάτια Golgi, συσσωρεύονται σε αυτή την περιοχή. Πολλά κυστίδια, που προέρχονται από τα σωμάτια Golgi, τα οποία περιέχουν πολυσακχαρίτες, εμφανίζονται αρχικά στο κέντρο του κυττάρου και στη συνέχεια οδηγούμενα από μικροσωληνίσκους συντήκονται και σχηματίζουν την κυτταρική πλάκα που αναπτύσσεται φυγοκεντρικά στο επίπεδο του ισημερινού μέχρι που να διαχωριστούν τα δυο θυγατρικά κύτταρα. Στην κυτταρική πλάκα εναποτίθενται συστατικά που πολυμερίζονται και δίνουν το **πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα**. (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.α).



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. **Φάσεις της μιτωτικής διαίρεσης σε κύτταρα ακρορριζίου του σκόρδου. α. πρόφαση, β. μετάφαση, γ. ανάφαση και δ. τελόφαση. Φωτ. Κ. Φασσέας.**

Η μίτωση δεν είναι ο μοναδικός τρόπος διαίρεσης των ευκαρυωτικών κυττάρων. Στις ζύμες, για παράδειγμα, παρατηρείται και κυτταροδιαίρεση με εκβλάστηση όπως φαίνεται στην Εικόνα Σφάλμα!



Άγνωστη παράμετρος αλλαγής..

Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. **Διάφορες φάσεις της εκβλάστησης του ζυμομύκητα *Saccharomyces cerevisiae*. Φωτ. Κ. Φασσέας.**

6.5 Η μείωση.

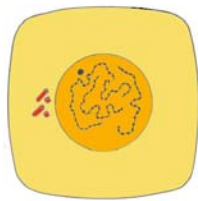
Η μείωση είναι μια μορφή πυρηνοδιαίρεσης που γίνεται σε ορισμένα κύτταρα των οργανισμών, οι οποίοι αναπαράγονται αμφιγονικά. Η

μείωση γίνεται για την παραγωγή γαμετών, δηλαδή σπέρματος και ωαρίων στα ζώα και γενετησίων πυρήνων και ωοκυττάρων στα φυτά.

Κατά τη μείωση (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.), ελαττώνεται ο αριθμός των χρωμοσωμάτων στο μισό, με σκοπό τη δημιουργία γαμετών. Οι γαμέτες περιέχουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων, συγκρινόμενοι με τα υπόλοιπα κύτταρα των οργανισμών που αναπαράγονται αμφιγονικά. Αυτό είναι απαραίτητο για να διατηρηθεί σταθερός ο αριθμός των χρωμοσωμάτων μετά τη γονιμοποίηση, κατά την οποία συντήκονται ο αρσενικός και ο θηλυκός γαμέτης. Με άλλα λόγια, αρχικά γίνεται μια απλή διαίρεση των χρωμοσωμάτων (διπλασιασμός του DNA, όπως και στη μίτωση) στο μητρικό κύτταρο, που ακολουθείται από δυο κύκλους πυρηνοδιαιρέσεων και κυτταροδιαιρέσεων (πρώτη και δεύτερη μειωτική διαίρεση). Έτσι από ένα αρχικό κύτταρο δημιουργούνται τέσσερις γαμέτες με το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων.

Η σημασία της μειωτικής διαίρεσης είναι να διατηρηθεί σταθερός ο αριθμός των χρωμοσωμάτων κατά την αμφιγονική αναπαραγωγή των οργανισμών, από γενιά σε γενιά.

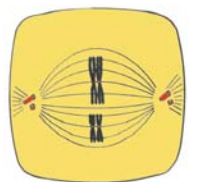
Μείωση I



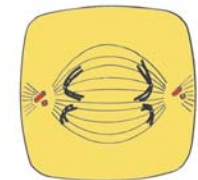
μεσόφαση



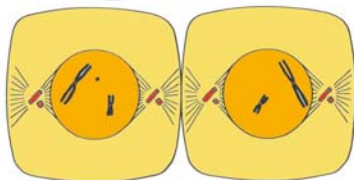
πρόφαση I



μετάφαση I

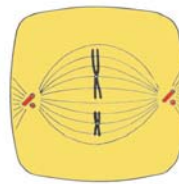


ανάφαση I

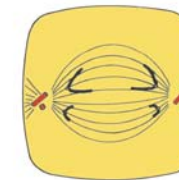


τελόφαση I

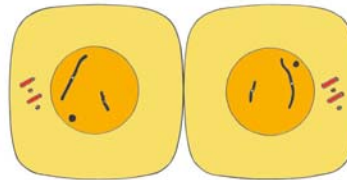
Μείωση II



μετάφαση II



ανάφαση II



τελόφαση II

Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Διαγραμματικά η διαδικασία της μειωτικής κυτταροδιαίρεσης.

Όπως και η μίτωση, έτσι και μείωση είναι μια συνεχής διαδικασία που για τους λόγους που αναφέρθηκαν πιο πάνω τη χωρίζουμε στις φάσεις πρόφαση, μετάφαση, ανάφαση και τελόφαση. Αυτές οι φάσεις γίνονται μια φορά κατά την πρώτη μειωτική διαίρεση και μετά πάλι στη δεύτερη μειωτική διαίρεση.

Στην Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής., φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά της μείωσης σε ένα κύτταρο με αριθμό χρωμοσωμάτων $2n=4$. Το αποτέλεσμα της μειωτικής διαίρεσης είναι η παραγωγή τεσσάρων απλοειδών κυττάρων (γαμετών) με αριθμό χρωμοσωμάτων $n=2$.

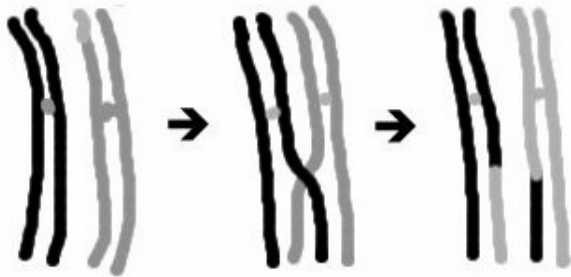
Η μείωση στον άνθρωπο.

Η γέννηση υγιών μωρών προϋποθέτει την παραγωγή υγιών γαμετών, που σημαίνει ότι οι γαμέτες πρέπει να έχουν το σωστό αριθμό κανονικών χρωμοσωμάτων. Προϋπόθεση γι' αυτό είναι η μείωση να γίνει σωστά και στους δυο γονείς.

Στους άνδρες, η μείωση παράγει **σπερματοζωάρια** στους όρχεις. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει κατά την εφηβεία και συνεχίζεται σε όλη τη διάρκεια της ζωής του. Στις γυναίκες, η μείωση γίνεται στις ωοθήκες και ξεκινάει κατά την εμβρυϊκή της ανάπτυξη. Στη γυναίκα η μείωση I ξεκινάει στις ωοθήκες πριν ακόμα η ίδια γεννηθεί και «παγώνει» στην πρόφαση I μέχρι την εφηβεία. Κατά την εφηβεία συνεχίζεται η μειωτική διαίρεση I και ωριμάζει ένα **ωάριο** κάθε περίπου 28 ημέρες (**ωοθυλακιορρηξία**). Η μείωση II ολοκληρώνεται μετά τη γονιμοποίηση. Η ωοθυλακιορρηξία συνεχίζεται μέχρι την **εμμηνόπαυση** που επέρχεται γύρω στο 50^ο έτος της ηλικίας. Έτσι εξηγείται και η αύξηση της πιθανότητας γέννησης παιδιών με χρωμοσωμικές ανωμαλίες, όπως το σύνδρομο Down, όσο αυξάνεται η ηλικία της μητέρας.

Κατά τη διάρκεια της μείωσης, συγκεκριμένα στο τέλος της πρόφασης της πρώτης μειωτικής διαίρεσης, τα όμοια χρωμοσώματα μητρικής και πατρικής προέλευσης, που λέγονται **ομόλογα χρωμοσώματα**, πλησιάζουν πολύ κοντά το ένα το άλλο. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **σύναψη**. Σε αυτή τη φάση, τα ζευγαρωμένα χρωμοσώματα κονταίνουν και τυλιγονται το ένα επάνω στο άλλο. Στη συνέχεια, αρχίζουν να ξεχωρίζουν μεταξύ τους σαν να απωθούνται. Τώρα είναι ορατές οι τέσσερις χρωματίδες από τις οποίες αποτελούνται τα ζευγάρια των ομόλογων χρωμοσωμάτων ενώ σε πολλά σημεία αυτά φαίνονται να διασταυρώνονται. Αυτά τα σημεία της διασταύρωσης ονομάζονται **χιάσματα** και είναι τα σημεία όπου τα χρωμοσώματα ανταλλάσσουν κομμάτια από τις χρωματίδες τους με αλληπάλληλα τυχαία σπασίματα και επανασυγκολλήσεις των χρωματίδων. Το αποτέλεσμα είναι γονίδια από ένα χρωμόσωμα (π.χ. πατρικής προέλευσης) να ανταλλάσσονται με τα αντίστοιχα γονίδια του άλλου χρωμοσώματος (π.χ. μητρικής προέλευσης). Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται **γενετική χιασματυπία** (Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.).

Η μείωση παρέχει τη δυνατότητα για το σχηματισμό νέων συνδυασμών γονιδίων που οδηγεί στη γενετική ποικιλομορφία των οργανισμών. Αυτό γίνεται: (α) με το διαχωρισμό των αλληλόμορφων γονιδίων κατά το σχηματισμό των γαμετών, (β) τον τυχαίο ανεξάρτητο συνδυασμό των χρωματίδων ή χρωμοσωμάτων κατά τη μείωση, και (γ) με τις χιασματυπίες που οδηγούν στη δημιουργία νέων συνδυασμών γονιδίων στα χρωμοσώματα.



Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Η ανταλλαγή γενετικού υλικού (χιασματυπία) μεταξύ δυο ομολόγων χρωμοσωμάτων.

Μείωση και γενετικός ανασυνδυασμός

Η μειωτική διαίρεση εξασφαλίζει τον γενετικό ανασυνδυασμό σε κάθε γενιά. Αποτέλεσμα του ανεξάρτητου ανασυνδυασμού των χρωμοσωμάτων, τα χρωμοσώματα, που είναι μητρικής και πατρικής προέλευσης, κατανέμονται τυχαία στα θυγατρικά κύτταρα. Ο συνολικός αριθμός των πιθανών συνδυασμών είναι $2n$, όπου n είναι ο απλοειδής αριθμός των χρωμοσωμάτων. Στους ανθρώπους, ο αριθμός $n=23$ που σημαίνει ότι ο αριθμός των πιθανών διαφορετικών συνδυασμών είναι 2^{23} , ή 8.388.608. Αυτός όμως ο αριθμός δεν συμπεριλαμβάνει τον ανασυνδυασμό των γονιδίων, λόγω επιχιασμού. Αν υποθέσουμε ότι γίνεται ένας επιχιασμός ανά ζευγάρι ομολόγων χρωμοσωμάτων (συνήθως γίνονται αρκετοί), τότε ο αριθμός των πιθανών ανασυνδυασμών γίνεται 4^{23} , ή 70.368.744.000.000. Για να υπολογιστεί όμως αυτός ο αριθμός δεν λάβαμε υπ' όψη μας τον συνδυασμό που θα προκύψει με τη γονιμοποίηση, όπου συνδυάζονται χρωμοσώματα που προέρχονται από διαφορετικά άτομα. Έτσι ο αριθμός των χρωμοσωμικά διαφορετικών ζυγωτών γίνεται $(2^{23})^2$, ή 70.368.744.000.000, αν πάλι υποθέσουμε ότι γίνεται και ένας επιχιασμός ανά ζευγάρι ομολόγων χρωμοσωμάτων τότε ο αριθμός των πιθανών γενετικά διαφορετικών ζυγωτών για κάθε ζευγάρι είναι 4.951.760.200.000.000.000.000.000. Ο τεράστιος αυτός αριθμός ανασυνδυασμών δίνει το πλεονέκτημα του τεράστιου αριθμού

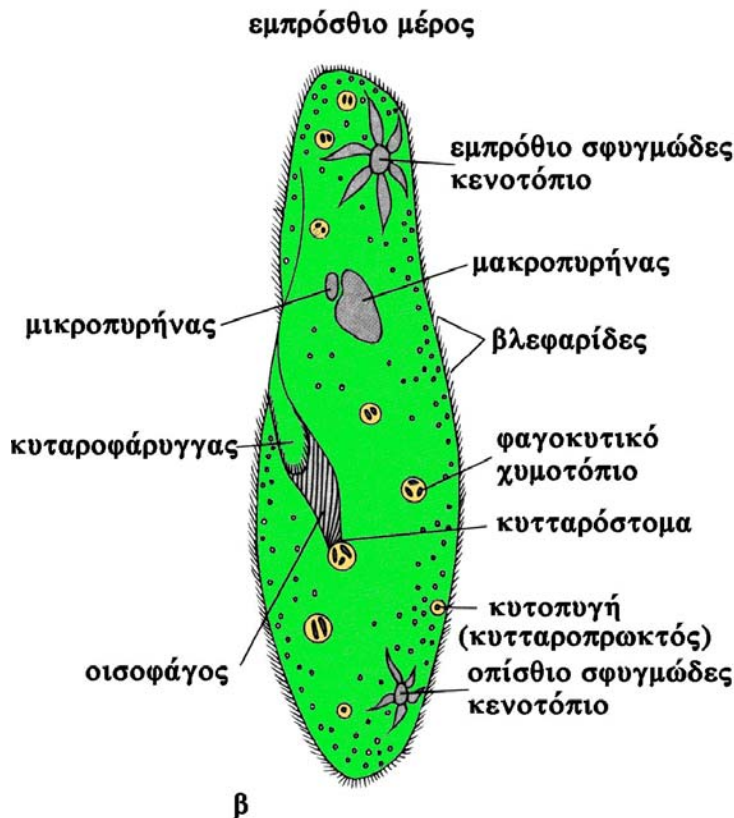
γενετικών συνδυασμών που συμβάλλουν στην εξέλιξη και την προσαρμογή των οργανισμών σε ένα περιβάλλον που συνεχώς αλλάζει.

7. Η ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ.

Μεταξύ των διαφόρων ομάδων των μεταζώων αναγνωρίζονται πέντε κύρια επίπεδα οργάνωσης. Κάθε ομάδα είναι πιο πολύπλοκη από την προηγούμενη.

7.1 Πρωτοπλασμικό επίπεδο οργάνωσης.

Η πρωτοπλασμική οργάνωση εμφανίζεται στα πρωτόζωα και άλλους μονοκύτταρους οργανισμούς. Όλες οι λειτουργίες της ζωής περιορίζονται μέσα στα όρια ενός και μόνο κυττάρου, τη βασική μονάδα ζωής. Μέσα στο κύτταρο, η ζωντανή ουσία είναι διαφοροποιημένη σε οργάνια ικανά για να επιτελούν εξειδικευμένες λειτουργίες.

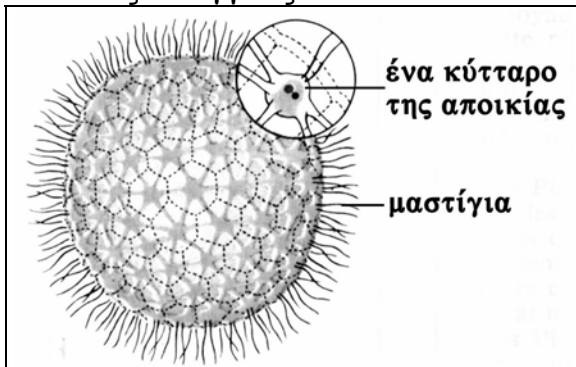


Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Το πρωτόζωο *Paramecium* είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα οργανισμού στο κυτταρικό επίπεδο.

7.2 Κυτταρικό επίπεδο οργάνωσης.

Στην κυτταρική οργάνωση υπάρχει συνάθροιση κυττάρων που όμως είναι λειτουργικά διαφοροποιημένα. Η κατανομή της εργασίας είναι

φανερή. Έτσι κάποια κύτταρα, για παράδειγμα, επιτελούν την αναπαραγωγή, ενώ κάποια άλλα τη θρέψη. Τέτοια κύτταρα έχουν μια μικρή τάση για οργάνωση σε ιστούς (ο ιστός είναι μια ομάδα παρόμοιων κυττάρων οργανωμένων να επιτελούν μια κοινή λειτουργία). Μερικά πρωτόζωα που σχηματίζουν αποικίες και έχουν ευδιάκριτα αναπαραγωγικά και σωματικά κύτταρα, μπορούν να τοποθετηθούν στο κυτταρικό επίπεδο οργάνωσης. Πολλοί τοποθετούν σε αυτό το επίπεδο και τους σπόγγους.

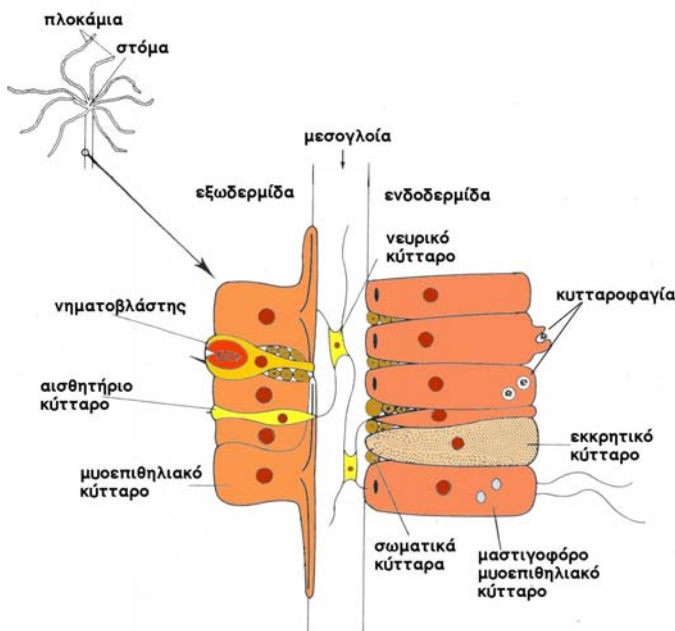


Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Τα κύτταρα του Volvox, ενός πλαγκτονικού οργανισμού, σχηματίζουν μια σφαιρική αποικία που συγκρατείται από μια ζελατινώδη μάζα. Με συντονισμό των μαστιγίων η αποικία μπορεί να

μετακινείται προς ορισμένη κατεύθυνση ενώ υπάρχει και καταμερισμός εργασίας των κυττάρων, τα εξωτερικά για κίνηση και θρέψη και μερικά στο κέντρο για αναπαραγωγή.

7.3 Επίπεδο οργάνωσης ιστού.

Ένα βήμα μπροστά από το προηγούμενο επίπεδο οργάνωσης, είναι η συσσωμάτωση παρόμοιων κυττάρων σε συγκεκριμένες στρώσεις ή σχήματα, που σχηματίζουν τους ιστούς. Μερικοί επιστήμονες τοποθετούν εδώ και τους σπόγγους, αν και τα Cnidaria (όπως οι τσούχτρες) έχουν πιο ξεκάθαρα, σχηματισμένους ιστούς. Και οι δυο ομάδες θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι ανήκουν στο κυτταρικό επίπεδο οργάνωσης επειδή τα περισσότερα από τα κύτταρά τους βρίσκονται διάσπαρτα και όχι οργανωμένα σε ιστούς. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ιστού στα Cnidaria είναι το **νευρικό δίκτυο**, στο οποίο νευρικά κύτταρα και οι



αποφυάδες τους σχηματίζουν ένα συγκεκριμένο ιστό που σαν λειτουργία του έχει τον συντονισμό.

Εικόνα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. **Χαρακτηριστικό παράδειγμα οργανισμοί στο επίπεδο οργάνωσης ιστού είναι η *Hydra* που ανήκει στο Φύλο *Coelenterata*.**

7.4 Επίπεδο οργάνωσης ιστού – οργάνου.

Η οργάνωση ιστών σε όργανα αποτελεί ακόμα ένα βήμα μπροστά στην εξέλιξη. Τα όργανα συνήθως αποτελούνται από περισσότερους του ενός ιστούς και έχουν πιο εξειδικευμένες λειτουργίες από τους ιστούς. Οι Platyhelminthes είναι οι κατώτεροι οργανισμοί σε αυτό το επίπεδο οργάνωσης, δηλαδή που διαθέτουν όργανα όπως είναι η πεπτική οδός και τα αναπαραγωγικά όργανα.

7.5 Επίπεδο οργάνωσης συστήματος οργάνων.

Όταν τα όργανα λειτουργούν μαζί για να επιτελέσουν μια λειτουργία, τότε έχουμε το ανώτατο επίπεδο οργάνωσης το σύστημα οργάνων. Τα συστήματα σχετίζονται με τις βασικές λειτουργίες του σώματος όπως είναι η κυκλοφορία, η αναπνοή, η πέψη, η αναπαραγωγή κ.ά. Τα απλούστερα ζώα με τέτοιο επίπεδο οργάνωσης είναι οι Nemertea (σκουλήκια) που διαθέτουν πλήρες πεπτικό σύστημα που σαφώς διαχωρίζεται από το κυκλοφορικό. Το επίπεδο αυτό οργάνωσης είναι και το πιο κοινό ανάμεσα στα ζωικά phyla.

8. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΤΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΖΩΩΝ.

8.1 Τύποι ιστών.

Ένας ιστός είναι μια ομάδα παρόμοιων κυττάρων (μαζί με τα κυτταρικά προϊόντα) που είναι εξειδικευμένα στην επιτέλεση μιας κοινής λειτουργίας. Η μελέτη των ιστών αναφέρεται ως ιστολογία. Στα μετάζωα, όλα τα κύτταρα συμμετέχουν στο σχηματισμό ιστών. Πολλές φορές οι ιστοί αποτελούνται από κύτταρα που διαφέρουν μεταξύ τους, μερικοί ιστοί αποτελούνται εκτός από τα κύτταρα και από εξωκυτταρικές ουσίες οι οποίες παράγονται από αυτά.

Κατά την εμβρυακή ανάπτυξη, τα γενετήσια στρώματα κυττάρων διαφοροποιούνται σε τέσσερα είδη ιστών. Αυτοί είναι: ο επιθηλιακός, ο συνδετικός, ο μυϊκός και ο νευρικός.

8.2 Επιθηλιακός ιστός

Ο ιστός αυτός καλύπτει εξωτερικές (**εκτοθήλια**) και εσωτερικές (**ενδοθήλια**) επιφάνειες του σώματος των ζώων και στον οποίο ανήκουν και οι διάφοροι αδένες. Χαρακτηριστικό όλων των επιθηλιακών κυττάρων είναι η ικανότητά τους για κυτταροδιαίρεση. Όλα τα επιθηλιακά κύτταρα βρίσκονται στερεωμένα επάνω σε μια **βασική μεμβράνη** ενώ η άλλη τους επιφάνεια είναι ελεύθερη. Ανάλογα με το σχήμα και τη λειτουργία τους τα επιθηλιακά κύτταρα διαχωρίζονται στους πιο κάτω τύπους:

8.2.1 Απλό πλακώδες επιθήλιο.

Αποτελείται από πεπλατυσμένα κύτταρα χωρίς διάκενα μεταξύ τους και αποτελούν τα τοιχώματα των τριχοειδών αγγείων και των κυψελίδων των πνευμόνων. Ρόλος τους είναι η γρήγορη διάχυση αερίων και υγρών μέσα και έξω από σωματικές κοιλότητες.

8.2.2 Απλό κυβοειδές.

Αποτελείται από κύτταρα των οποίων οι τρεις διαστάσεις είναι περίπου ίσες. Συνήθως τα επιθήλια αυτά επιστρώνουν αγωγούς και σωληνάρια, όπως τα νεφρικά και εκείνα των σιελογόνων αδένων. Η λειτουργία τους εκτός από καλυπτική μπορεί να είναι και εκκριτική ή απορροφητική. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων επιθηλιακών κυττάρων είναι ο θυρεοειδής αδένας, άλλοι αδένες, ενδοκρινείς και εξωκρινείς, και ορισμένα από τα νεφρικά σωληνάρια.

8.2.3 Απλό σπηλοειδές.

Είναι παρόμοιο με το κυβοειδές, αλλά τα κύτταρα έχουν μεγαλύτερο ύψος και συνήθως έχουν επιμηκυσμένους πυρήνες. Αυτός ο τύπος επιθηλίου συνήθως βρίσκεται σε επιφάνειες εξειδικευμένες στην απορρόφηση συστατικών, όπως είναι ο εντερικός σωλήνας των περισσοτέρων ζώων. Αυτά τα κύτταρα πολλές φορές έχουν μικρολάχνες για την αύξηση της απορροφητικής επιφάνειας ενώ σε μερικά όργανα, όπως ο αγωγός των θηλυκών θηλαστικών, έχουν βλεφαρίδες. Με την κίνηση των βλεφαρίδων, αυτών των επιθηλιακών κυττάρων, προωθείται το αίμα από την ωοθήκη προς τη μήτρα ή προωθούν τη βλέννα που εκκρίνεται από το βλεννογόνο της τραχείας προς τον εισοφάγο.

8.2.4 Στρωματώδες.

Αποτελείται από δυο ή περισσότερες στρώσεις κυττάρων προσαρμοσμένες στο να αντέχουν σε ελαφριά μηχανική καταπόνηση και τριβή. Η βασική στρώση κυττάρων υπόκειται σε συνεχείς μιτωτικές διαιρέσεις που παράγουν κύτταρα που προωθούνται προς την επιφάνεια από την οποία και αποπίπτουν ενώ αναπληρώνονται συνεχώς από νέα που συνεχώς παράγονται. Αυτού του τύπου τα επιθηλιακά κύτταρα καλύπτουν επιφάνειες όπως είναι επιδερμίδα, η στοματική κοιλότητα, ο οισοφάγος και ο κόλπος των θηλυκών θηλαστικών.

8.2.5 Ψευδοστρωματώδες.

Είναι ένας τύπος επιθηλίου που καλύπτει όργανα που έχουν την ικανότητα να εκτείνονται και να συρρικνώνονται, όπως είναι η ουροδόχος κύστη των σπονδυλοζώων. Όταν η κύστη είναι συρρικνωμένη, το επιθήλιο φαίνεται να αποτελείται από τέσσερις ή πέντε στρώσεις κυττάρων ενώ όταν έχει εκταθεί οι στρώσεις φαίνονται μια ή δυο.

8.3 Συνδετικός ιστός.

Ως συνδετικό ιστό εννοούμε μια ποικιλία διαφορετικών μορφολογικά και λειτουργικά ιστών με κοινό γνώρισμα ότι αποτελούνται από σχετικά ολιγάριθμα κύτταρα που περιβάλλονται από εξωκυτταρικές ουσίες οι οποίες παράγονται – εκκρίνονται από τα κύτταρα του ιστού αυτού. Ορισμένοι τύποι συνδετικού ιστού χρησιμεύουν για στήριξη ή σύνδεση ιστών και οργάνων ενώ σε άλλες περιπτώσεις η λειτουργία τους μπορεί να είναι εντελώς διαφορετική όπως στην περίπτωση του αίματος και της λέμφου.

8.4 Ανάλογα με τη λειτουργία και την υφή οι διάφοροι τύποι συνδετικού ιστού διακρίνονται στους εξής:

8.4.1 Χαλαρός συνδετικός ιστός.

Βρίσκεται παντού και συνδέει χαλαρά διάφορες δομές έτσι που να μπορούν να μετακινούνται. Εκτός από το στηρικτικό ρόλο χρησιμεύει και για την αποθήκευση νερού, λίπους και αλάτων. Ο ιστός αυτός αποτελείται από κύτταρα, τους ινοβλάστες, που εκκρίνουν διάφορες ινώδεις πρωτεΐνες, όπως η ελαστίνη και το κολλαγόνο και βρίσκονται εγκλεισμένα σε μια ημίρρευστη μάζα, τη θεμελιώδη ουσία, στην οποία υπάρχουν και διάφορα άλλα είδη κυττάρων όπως τα λιποκύτταρα για

αποθήκευση λίπους ή τα μακροφάγα (ένα είδος λευκών αιμοσφαιρίων) με φαγοκυτική δράση.

8.4.2 Ελαστικός συνδετικός ιστός.

Αυτός ο τύπος ιστού βρίσκεται σε δομές και όργανα που έχουν την ικανότητα να εκτείνονται και να επανέρχονται στο αρχικό τους μέγεθος, όπως είναι οι πνεύμονες και οι μεγάλες αρτηρίες. Κύριο συστατικό του ιστού είναι διακλαδιζόμενες ίνες ελαστικής που παράγονται από τους ινοβλάστες.

8.4.3 Δικτυωτός συνδετικός ιστός.

Αποτελεί το «σκελετό» ορισμένων μαλακών οργάνων όπως του συκωτιού, των λεμφογαγγλίων και της σπλήνας και τους προσδίδουν το χαρακτηριστικό τους σχήμα. Αποτελείται από δικτυωτά διαταγμένες ελαστικές ίνες.

8.4.4 Αποθετικός ιστός.

Βρίσκεται κυρίως κάτω από το δέρμα ως υποδόριος ιστός και σε ορισμένες θέσεις γύρω από ορισμένα όργανα, όπως είναι τα νεφρά. Κύριες λειτουργίες είναι η αποθήκευση ενέργειας, η στήριξη οργάνων, η θερμομόνωση και η απόσβεση κραδασμών κατά την κίνηση του ζώου. Τα ζώα που ζουν σε θερμά κλίματα εναποθέτουν το λίπος σε ορισμένα σημεία του σώματος για να μην λειτουργεί ως θερμομόνωση (η καμπούρα της καμήλας). Σε αυτά τα ζώα το λίπος χρησιμεύει και σαν «αποθήκη» νερού (το νερό παράγεται με την οξείδωση του λίπους, μεταβολικό νερό).

Σε ορισμένα ζώα, κυρίως αυτά που πέφτουν σε χειμέρια νάρκη, εμφανίζεται ένας ειδικός τύπος λιποκυττάρων που έχουν χαρακτηριστικό σκούρο χρώμα. Αυτό το λίπος εναποτίθεται μεταξύ του λαιμού και της ωμοπλάτης των ζώων και χρησιμεύει για τη παραγωγή θερμότητας που παράγεται από το γρήγορο μεταβολισμό του λίπους με μια μεταβολική πορεία διαφορετική από εκείνη του μεταβολισμού των λιπαρών οξέων. Το διαφορετικό χρώμα οφείλεται στο μεγάλο αριθμό μιτοχονδρίων που περιέχουν αυτά τα λιποκύτταρα και το μεγάλο αριθμό των αιμοφόρων αγγείων που χρησιμεύουν στη γρήγορη απαγωγή της θερμότητας στο υπόλοιπο σώμα.

8.4.5 Πυκνός ή ινώδης συνδετικός ιστός.

Από αυτόν αποτελούνται οι τένοντες, διάφορες χορδές και το χόριο του δέρματος. Λειτουργία του ιστού αυτού είναι η στήριξη, και η μεταφορά μηχανικής δύναμης. Κύριο συστατικό του είναι οι ίνες κολλαγόνου που μπορεί να έχουν κανονική ή ακανόνιστη διάταξη.

8.4.6 Χόνδρος.

Είναι το κύριο σκελετικό συστατικό των χονδριχθύων και μερικών άλλων ασπόνδυλων ζώων, αποτελεί τον εμβρυακό σκελετό των θηλαστικών, και βρίσκεται στις άκρες οστών (επιφύσεις), με τη μορφή δακτυλίων στηρίζει σωληνωτές δομές⁶ (όπως η τραχεία). Ρόλος του χόνδρου είναι η στήριξη αλλά και για η μείωση της τριβής μεταξύ των οστών (αρθρικός χόνδρος). Ο χόνδρος αποτελείται από τα χονδροκύτταρα που εκκρίνουν την πρωτεΐνη χονδρίνη που είναι το κύριο συστατικό του χόνδρου. Υπάρχουν τρία είδη χόνδρου:

- α. ο υαλώδης χόνδρος, που χρησιμεύει κυρίως ως υλικό ελάττωσης του συντελεστή τριβής στις αρθρώσεις μεταξύ των οστών.
- β. ο ελαστικός χόνδρος, όπως αυτός από τον οποίο αποτελείται το εξωτερικό αυτί του ανθρώπου αλλά και άλλων θηλαστικών, και
- γ. ο ινώδης χόνδρος, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τους μεσοσπονδύλιους δίσκους που ρόλος τους είναι η ελάττωσης των τριβών αλλά και η απορρόφηση κραδασμών.

8.4.7 Οστίτης ιστός.

Είναι το κύριο σκελετικό συστατικό των περισσότερων σπονδυλοζώων. Λειτουργίες του ιστού αυτού είναι η στήριξη όλου του οργανισμού καθώς επίσης και η στήριξη και προστασία εσωτερικών οργάνων όπως ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός, ως αποθήκη ασβεστίου, και για τη στήριξη μυών. Αποτελείται από οστεοκύτταρα, τα οποία όταν είναι ενεργά και εκκρίνουν τη θεμέλια ουσία αναφέρονται ως οστεοβλάστες και τους οστεοκλάστες που είναι πολυπύρρηνα κύτταρα υπεύθυνα για την αποικοδόμηση του οστού. Ανάλογα με τη θέση του οστού στον οργανισμό και τη μηχανική καταπόνηση που υφίσταται τα οστά έχουν συμπαγή, σωληνωτή (τύπου Havers) ή σπογγώδη δομή.

Ο εξωσκελετός των αρθροπόδων δεν έχει καμία σχέση με τον οστίτη ιστό, ή προέλευσή του είναι από τον επιθηλιακό ιστό.

8.4.8 Αίμα.

Το αίμα, αν και ο προφανής ρόλος του δεν είναι στηρικτικός ή συνδετικός, μελετάται με τους στηρικτικούς ιστούς λόγω της προέλευσής του και της μορφολογίας του. Το αίμα, σε όλα τα σπονδυλόζωα αλλά και σε μερικά ασπόνδυλα, κυκλοφορεί μέσα σε αιμοφόρα αγγεία και χρησιμεύει για τη μεταφορά θρεπτικών υλικών, ουσιών αποικοδόμησης, οξυγόνου κλπ. Το αίμα των σπονδυλοζώων αποτελείται από κύτταρα μέσα σε υγρό εξωκυτταρικό υλικό το πλάσμα. Ο Πίνακας Ο ορός του

⁶ Τα ξυλώδη αγγεία των φυτών έχουν παρόμοιες δομές για μηχανική ενίσχυση, αυτό που διαφέρει είναι το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα.

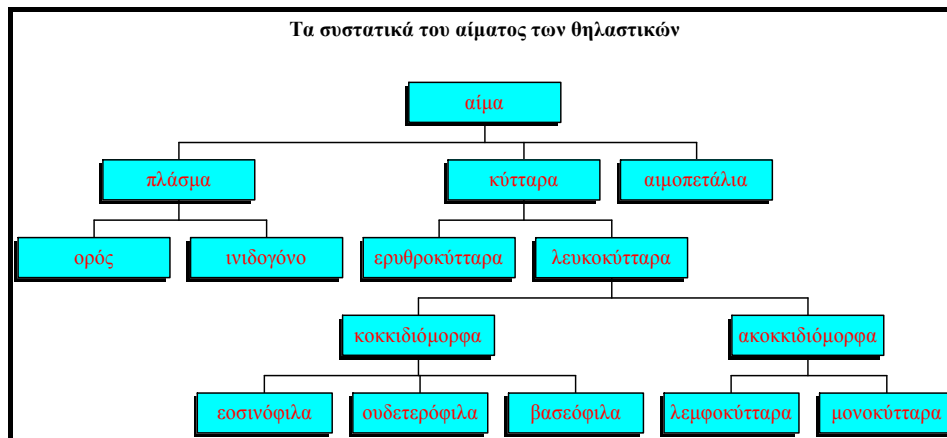
αίματος περιέχει νερό, πρωτεΐνες, γλυκόζη, λιπίδια, αμινοξέα, άλατα, ένζυμα, ορμόνες, αντιγόνα, αντισώματα, ουρία κ.ά.

Το ινιδογόνο είναι μια πρωτεΐνη που συμμετέχει στην πήξη του αίματος.

Τα ερυθροκύτταρα των θηλαστικών είναι απύρρηνα, έχουν σχήμα αμφίκοιλου δίσκου, περιέχουν αιμοσφαιρίνη και ρόλος τους είναι η μεταφορά οξυγόνου. Ο αριθμός τους είναι περίπου 5.000.000 /mm³.

Τα λευκά αιμοσφαίρια είναι περίπου 7000 /mm³. Περιέχουν πυρήνα, άχρωμο κυτταρόπλασμα και η λειτουργία τους είναι η άμυνα του οργανισμού. Τα διάφορα είδη λευκοκυττάρων διαχωρίζονται ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι κοκκίων στο κυτταρόπλασμα, την αντίδρασή τους με διάφορες κυτταρολογικές χρωστικές και το σχήμα του πυρήνα τους.

δείχνει τα διάφορα συστατικά του αίματος.



Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Τα συστατικά του αίματος των θηλαστικών.

Πίνακας Ο ορός του αίματος περιέχει νερό, πρωτεΐνες, γλυκόζη, λιπίδια, αμινοξέα, άλατα, ένζυμα, ορμόνες, αντιγόνα, αντισώματα, ουρία κ.ά.

Το ινιδογόνο είναι μια πρωτεΐνη που συμμετέχει στην πήξη του αίματος.

Τα ερυθροκύτταρα των θηλαστικών είναι απύρρηνα, έχουν σχήμα αμφίκοιλου δίσκου, περιέχουν αιμοσφαιρίνη και ρόλος τους είναι η μεταφορά οξυγόνου. Ο αριθμός τους είναι περίπου 5.000.000 /mm³.

Τα λευκά αιμοσφαίρια είναι περίπου 7000 /mm³. Περιέχουν πυρήνα, άχρωμο κυτταρόπλασμα και η λειτουργία τους είναι η άμυνα του οργανισμού. Τα διάφορα είδη λευκοκυττάρων διαχωρίζονται ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι κοκκίων στο κυτταρόπλασμα, την αντίδρασή τους με διάφορες κυτταρολογικές χρωστικές και το σχήμα του πυρήνα τους.

Τύπος

Λειτουργία

Θέση

Χαλαρός συνδετικός ιστός	Συνδέει - στηρίζει όργανα	Κάτω από το δέρμα και κάτω από κάθε επιθήλιο
Ελαστικός συνδετικός ιστός	Παρέχει ελαστικότητα σε ορισμένα όργανα	Πνεύμονες, ουροδόχος κύστης, μήτρα, μεγάλες αρτηρίες
Δικτυωτός συνδετικός ιστός	στήριξη - διατήρηση σχήματος ορισμένων οργάνων	συκώτι, λεμφογάγγλεια, σπλήνα
Αποθετικός ιστός	Μονώνει, αποθηκεύει λίπος	Κάτω από το δέρμα, γύρω από τα νεφρά.
Ινώδης συνδετικός ιστός	Συνδέει όργανα	Τένοντες, χορδές
Χόνδρος		
Υαλώδης χόνδρος	Στηρίζει, προστατεύει	Άκρες (επιφύσεις) οστών, μύτη, δακτύλιοι στις αναπνευστικές οδούς
Ελαστικός χόνδρος	Στηρίζει, προστατεύει	Εξωτερικό αυτί, μέρος του λάρυγγα
Ινώδης χόνδρος	Στηρίζει, προστατεύει	Μεταξύ των σπονδύλων, και στο γόνατο
Οστά	Στηρίζουν, προστατεύουν	Οστά του σκελετού
Αίμα	Μεταφέρει αέρια, θρεπτικά συστατικά και άχρηστες ουσίες για απομάκρυνση από το σώμα, καταπολέμηση μολύνσεων, πήξη του αίματος	Αιμοφόρα αγγεία

Πίνακας Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. Οι διάφοροι ιστοί η θέση και η λειτουργία τους.

8.5 Μυϊκός ιστός.

Η κίνηση των περισσότερων ζώων είναι αποτέλεσμα της σύσπασης των επιμηκυσμένων, κυλινδρικών ή ατρακτοειδών κυττάρων του μυϊκού ιστού. Κάθε μυϊκό κύτταρο συνήθως αναφέρεται σαν Μίκη ίνα λόγω του μήκους του. Μια μυϊκή ίνα περιέχει πολλές μικρές, επιμήκεις παράλληλες συσταλτές ίνες τα μυοϊνίδια. Οι ινώδεις πρωτεΐνες ακτίνη και μυοσίνη είναι τα κύρια συστατικά των πρωτεϊνών. Τα μυϊκά κύτταρα παράγουν έργο όταν συσπώνται.

Στα σπονδυλόζωα εμφανίζονται τρεις τύποι μυών, οι **γραμμωτοί**, οι **λείοι**, και οι **καρδιακοί**.

Γραμμωτοί ή σκελετικοί μύες αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της μυϊκής μάζας και εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις είναι στηριγμένοι σε οστά. Κάθε σκελετική μυϊκή ίνα έχει πολλούς πυρήνες που βρίσκονται περιφερειακά κάτω από τη κυτταρική μεμβράνη (το **σαρκείλημα**). Το μεγαλύτερο μέρος της μυϊκής ίνας αποτελείται από τα μυοϊνίδια που είναι και τα συσταλτά στοιχεία.

Λείες μυϊκές ίνες βρίσκονται στα τοιχώματα του πεπτικού σωλήνα, των αιμοφόρων αγγείων, της μήτρας και άλλων εσωτερικών οργάνων.

Καρδιακές μυϊκές ίνες αποτελούν τους μύες της καρδιάς.

Με το οπτικό μικροσκόπιο παρατηρούνται εγκάρσιες γραμμώσεις στους γραμμωτούς και τους καρδιακούς μύες. Το πλάτος των γραμμώσεων αλλάζει κατά τη μυϊκή σύσπαση. Οι γραμμωτοί μύες έχουν την ικανότητα να συσπώνται γρήγορα αλλά δεν μπορούν να παραμείνουν σε σύσπαση.

Στα ασπόνδυλα υπάρχουν οι ίδιες κατηγορίες μυϊκών ινών που όμως μπορεί να έχουν λίγο ή πολύ διαφορετικές ιδιότητες.

Ένας άλλος διαχωρισμός των μυϊκών ινών γίνεται σύμφωνα με το χρώμα τους. Έτσι διαχωρίζουμε τους σκουρόχρωμους (βραδείας σύσπασης) και τους ανοιχτόχρωμους (ταχείας σύσπασης) μύες. Ο διαχωρισμός αυτός έχει ενδιαφέρον όχι μόνο από φυσιολογικής πλευράς αλλά και για τον διαχωρισμό των ποιοτήτων του κρέατος. Και οι δυο τύποι μυών είναι γραμμωτοί. Οι σκουρόχρωμοι (κόκκινοι) μύες περιέχουν περισσότερη μυογλοβίνη (μυοσφαιρίνη) και περισσότερο λίπος που κατά προτίμηση το χρησιμοποιούν για την παραγωγή έργου, έτσι οι μύες αυτοί κάνουν πιο αργές συσπάσεις αλλά αντέχουν περισσότερο. Οι ανοιχτόχρωμοι (λευκοί) μύες χρησιμοποιούν περισσότερο γλυκογόνο σαν αναπνευστικό υπόστρωμα, συσπώνται πιο γρήγορα αλλά αντέχουν λιγότερο στην καταπόνηση. Το ποσοστό των δυο ειδών μυϊκών ινών διαφέρει από ζώο σε ζώο και από άτομο σε άτομο. Μεγαλύτερο ποσοστό σκούρων ινών δίνει αργή κίνηση αλλά αντοχή (δρομείς μεγάλων αποστάσεων), ενώ

μεγαλύτερο ποσοστό ανοιχτόχρωμων ινών δίνει γρήγορη κίνηση αλλά χωρίς μεγάλη αντοχή (sprinters). Η ποιότητα του κρέατος επίσης διαφέρει ανάλογα με το ποσοστό των δυο τύπων μυϊκών ινών. Το ανοιχτόχρωμο κρέας είναι πιο στεγνό και άγευστο από το σκουρόχρωμο κρέας που είναι πιο νόστιμο και όχι στεγνό. Η διαφορά οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη λίπους ανάμεσα στις ίνες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το κοτόπουλο όπου οι δυο τύποι κρέατος διαφέρουν φανερά. Το κρέας του στήθους που είναι ανοιχτόχρωμο και στεγνό και το κρέας του ποδιού που είναι πιο σκούρο αλλά πιο μαλακό και ζουμερό.

	Γραμμωτοί	Λείοι	Καρδιακοί
Θέση	στηριγμένοι στο σκελετό	τοιχώματα στομάχου κλπ.	καρδιά
Τύπος ελέγχου	εκούσιος	ακούσιος	ακούσιος
Σχήμα ίνας	επιμήκης, κυλινδρική, με στρογγυλεμένα άκρα	επιμήκης, ατρακτοειδής, με οξεία άκρα	επιμήκεις, κυλινδρικές που διακλαδίζονται και συνενώνονται
Γραμμώσεις	παρούσες	απούσες	παρούσες
Αριθμός πυρήνων ανά ίνα	πολλοί	ένας	ένας ή δυο
Θέση πυρήνα	περιφερειακά	στο κέντρο	στο κέντρο
Ταχύτητα σύσπασης	γρήγορη	αργή	μέτρια
Ικανότητα παραμονής σε σύσπαση	ελάχιστη	μέγιστη	ενδιάμεση

8.6 Νευρικός ιστός.

Ο νευρικός ιστός αποτελείται από **νευρώνες**, κύτταρα εξειδικευμένα στη μετάδοση ηλεκτροχημικών νευρικών ώσεων και τη **νευρογλοία**, που αποτελούν κύτταρα που ο ρόλος τους είναι η στήριξη και η θρέψη των νευρώνων. Οι νευρώνες επικοινωνούν μεταξύ τους με ειδικές δομές τις συνάψεις.

Οι νευρώνες αποτελούνται από το **σώμα** του κυττάρου από το οποίο εκφύονται οι **δενδρίτες**, το **νευράξονα** ή **νευρίτη** που ξεκινάει από το σώμα και στην άλλη άκρη του υπάρχουν αποφυάδες που στο σύνολό τους ονομάζονται **τελοδενδρία**. Κάθε μια από αυτές τις αποφυάδες αποτελεί ένα **τελικό δενδρύλλιο**. Ο άξονας μπορεί να περιβάλλεται από το

μυελινικό έλυτρο που αποτελείται από νευρογλοιακά κύτταρα και τα οποία αναφέρονται σαν **έλυτρα του Swann**. Το περίβλημα αυτό προστατεύει το νευρώνα περίπου όπως και το πλαστικό περίβλημα ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου. Το έλυτρο του Swann αποτελείται από πεπλατυσμένα κύτταρα γεμάτα με λίπος που είναι τυλιγμένα γύρω από τον άξονα το ένα δίπλα στο άλλο έτσι που να τον καλύπτουν, τα σημεία του άξονα, όπου δυο τέτοια κύτταρα γειτονεύουν ονομάζονται **κόμβοι του Ranvier**. Η επικοινωνία μεταξύ νευρικών κυττάρων γίνεται με τα **συναπτικά κομβία** που βρίσκονται στα τελικά δενδρύλλια τα οποία είναι σε επαφή με το σώμα κάποιου άλλου νευρικού κυττάρου προς το οποίο μεταδίδουν τον νευρικό παλμό ή με ένα μυϊκό κύτταρο (**νευρομυϊκή σύναψη**) προς το οποίο μεταδίδουν το μήνυμα για τη μυϊκή σύσπαση.

9. ΤΟ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.

9.1.1 Η κυτταρική βάση της ανοσίας.

9.1.2 Οι λειτουργικές ιδιότητες των αντισωμάτων.

9.1.3 Η λεπτή δομή των αντισωμάτων.

9.1.4 Η δημιουργία διαφορετικών αντισωμάτων.

9.1.5 Το συμπληρωματικό σύστημα (the complement system).

9.1.6 Τα T-λεμφοκύτταρα και (cell mediated immunity)

10. ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ.

Πειραματικά δεδομένα μας δείχνουν ότι τα κύτταρα έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν άλλα κύτταρα. Όταν για παράδειγμα διαχωρίσουμε τεχνητά τα κύτταρα δυο ιστών (π.χ. με ελάττωση της συγκέντρωση ιόντων ασβεστίου) και στη συνέχεια τα επωάσουμε όλα μαζί σε ένα δοχείο, παρατηρούμε ότι τα ομοειδή κύτταρα συναθροίζονται. Είναι προφανές ότι οι επιφάνειες των πλασματικών μεμβρανών των κυττάρων περιέχουν ειδικά μόρια ικανά να αναγνωρίζουν τα ομοειδή τους κύτταρα. Κυτταρική αναγνώριση έχει παρατηρηθεί και σε φυτικά κύτταρα όπως για παράδειγμα το στίγμα του άνθους αναγνωρίζει το σωστό γυρεόκοκκο ή κατά τον εμβολιασμό των φυτών από τον άνθρωπο.

Πώς είναι δυνατόν από ένα μικροσκοπικό, μη ειδικευμένο κύτταρο, το ζυγωτό, να δημιουργείται αίμα, οστά, εγκέφαλος και όλες οι άλλες πολύπλοκες δομές που συγκροτούν ένα οργανισμό. Όλες αυτές οι

διεργασίες μαζί αναφέρονται ως **ανάπτυξη** του οργανισμού. Η διαδικασία της ανάπτυξης περιλαμβάνει διεργασίες όπως η κυτταροδιαίρεση (μίτωση και κυτοκίνηση), αύξηση, μορφογένεση και κυτταρική διαφοροποίηση.

Το μονοκύτταρο ζυγωτό υπόκειται σε συνεχείς μιτώσεις και κυτοκινήσεις σχηματίζοντας έτσι αρχικά δυο κύτταρα μετά τέσσερα κ.ο.κ. Αυτό συνεχίζεται επανειλημμένα παράγοντας τα δισεκατομμύρια των κυττάρων που συνιστούν τον ενήλικα οργανισμό. Αύξηση συμβαίνει και με την αύξηση του αριθμού των κυττάρων αλλά και με αύξηση του μεγέθους τους. Οι διεργασίες αυτές όμως από μόνες τους θα έδιναν ένα σωρό από ομοειδή κύτταρα πράγμα βέβαιο που δε συμβαίνει. Τα κύτταρα πρέπει να οργανωθούν σε εξειδικευμένες δομές και σωματικές μορφές. Οι διεργασίες που οδηγούν προς, και προσδιορίζουν τη μορφή και δομή του οργανισμού, συμπεριλαμβάνονται στο γενικό όρο μορφογένεσης. Τα διάφορα κύτταρα όχι μόνο πρέπει να οργανωθούν σε ειδικευμένες δομές, αλλά πρέπει να επιτελούν και διάφορες εξειδικευμένες εργασίες. Τα κύτταρα πρέπει να είναι οργανωμένα και εξειδικευμένα. Για να είναι δυνατός ο καταμερισμός εργασίας μέσα στο σώμα ενός οργανισμού αυτός θα πρέπει να είναι φτιαγμένος από διαφορετικά συστατικά. Στη αρχή της ανάπτυξης, τα κύτταρα αρχίζουν να αλλάζουν μορφή και λειτουργία. Αρχίζουν ακόμα να διαφέρουν μεταξύ τους, και να εξειδικεύονται βιοχημικά και δομικά για να επιτελούν διαφορετικές εργασίες. Στο σώμα ενός πλήρως αναπτυγμένου σπονδυλωτού ζώου μπορούμε να διακρίνουμε περισσότερα από 200 διαφορετικά είδη κυττάρων. Η διεργασία μέσω της οποίας τα κύτταρα εξειδικεύονται είναι γνωστή ως **διαφοροποίηση** (differentiation).