



Κυτταρική Βιολογία

Ενότητα **11** : Κυτταρική διαίρεση

Παναγιωτίδης Χρήστος
Τμήμα Φαρμακευτικής Α.Π.Θ.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Κυτταρική διαίρεση



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Σκοποί ενότητας

- Η περιγραφή του κυτταρικού κύκλου και των σταδίων του.
- Η περιγραφή της ρύθμισης του κυτταρικού κύκλου.



Η κυτταρική διαίρεση στα βακτήρια

- Το βακτηριακό κύτταρο κάνει ότι και οποιοδήποτε άλλο κύτταρο κατά τη διαδικασία της διαίρεσης:
 1. Αυξάνει τον όγκο του.
 2. Αντιγράφει το γενετικό του υλικό.
 3. Διαιρείται με ακρίβεια σε δύο πανομοιότυπα θυγατρικά κύτταρα.



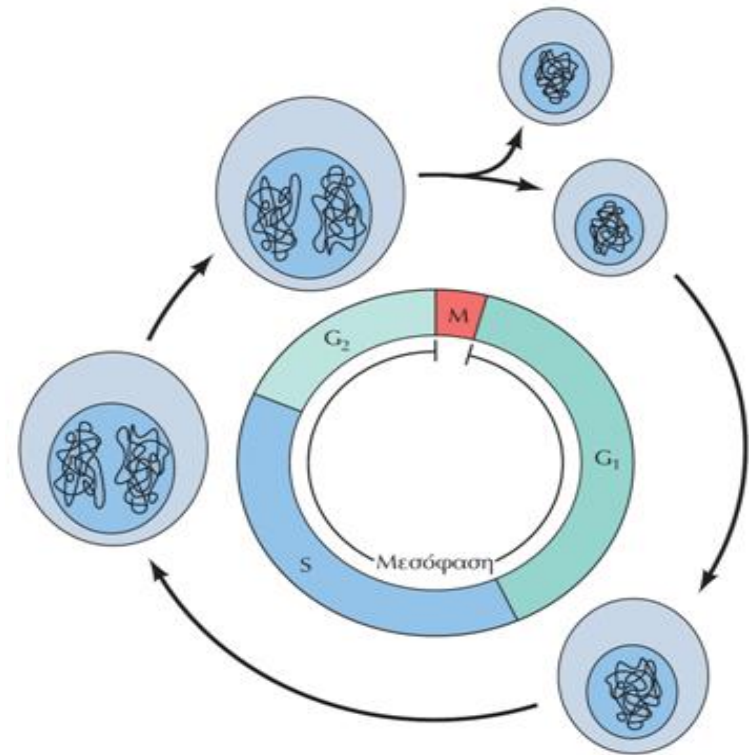
Η κυτταρική διαίρεση στους ευκαρυώτες είναι πιο πολύπλοκη

- Η διαδικασία της κυτταρικής διαίρεσης των ευκαρυωτικών κυττάρων είναι πιο περίπλοκη λόγω της ύπαρξης πυρήνα, πολλαπλών χρωμοσωμάτων και μεμβρανικών οργανιδίων.
- Επιπλέον, σε πολυκύτταρους οργανισμούς το κάθε κύτταρο δεν είναι ανεξάρτητο αλλά αποτελεί μέρος του συνόλου και η διαδικασία της διαίρεσης του θα πρέπει να ρυθμίζεται ανάλογα λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες του συνόλου (δηλαδή του οργανισμού).



Ο κυτταρικός κύκλος και τα στάδιά του στους ευκαρυώτες

- Ο κύκλος διαίρεσης των περισσότερων ευκαρυωτικών κυττάρων χωρίζεται σε τέσσερις διακριτές φάσεις: την M, την G_1 , την S και την G_2 .
- Η φάση M αποτελείται από την μίτωση (διαίρεση γενετικού υλικού) και την κυτταροκίνηση (διαίρεση κυτταροπλάσματος).
- Η φάση S είναι η περίοδος κατά την οποία αντιγράφεται το DNA.
- Το κύτταρο αυξάνεται σε μέγεθος σε όλη τη διάρκεια της μεσόφασης, η οποία συμπεριλαμβάνει τις φάση S, S και G_2 .

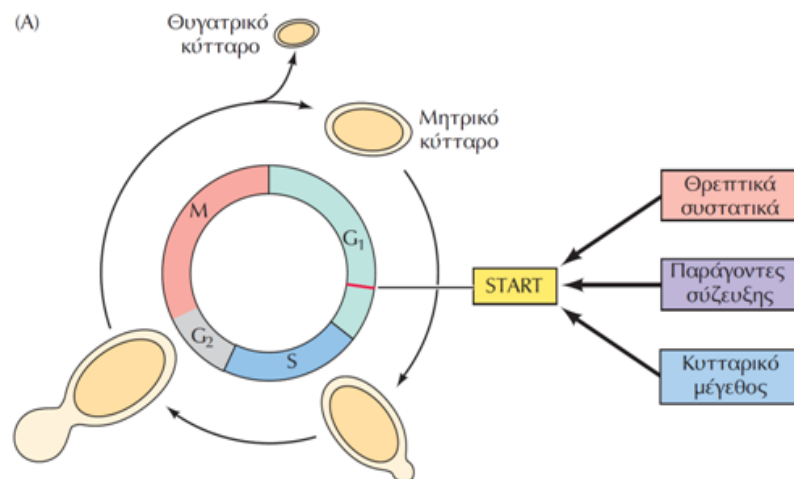


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Ρύθμιση του κυτταρικού κύκλου του ζυμομύκητα

- Ο κυτταρικός κύκλος του *S. cerevisiae* ρυθμίζεται κυρίως σε ένα σημείο προς το τέλος της G_1 το οποίο ονομάζεται START-ΕΚΚΙΝΗΣΗ.
- Η διέλευση από το σημείο START ελέγχεται από τη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, από παράγοντες σύζευξης και από το κυτταρικό μέγεθος.
- Οι συγκεκριμένοι ζυμομύκητες διαιρούνται με εκβλάστηση (budding yeast). Το εκβλάστημα σχηματίζεται αμέσως μετά το σημείο START και συνεχίζει να αναπτύσσεται μέχρι να χωριστεί από το μητρικό κύτταρο μετά τη μίτωση.
- Το θυγατρικό κύτταρο που σχηματίζεται με την εκβλάστηση είναι μικρότερο από το μητρικό και επομένως χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να αναπτυχθεί κατά τη φάση G_1 του επόμενου κυτταρικού κύκλου.
- Ο κυτταρικός κύκλος του *S. cerevisiae* δε διαθέτει διακριτή φάση G_2 . Αν και οι φάσεις G_1 και S διεξάγονται κανονικά, η μιτωτική άτρακτος αρχίζει να σχηματίζεται κατά τη φάση S.

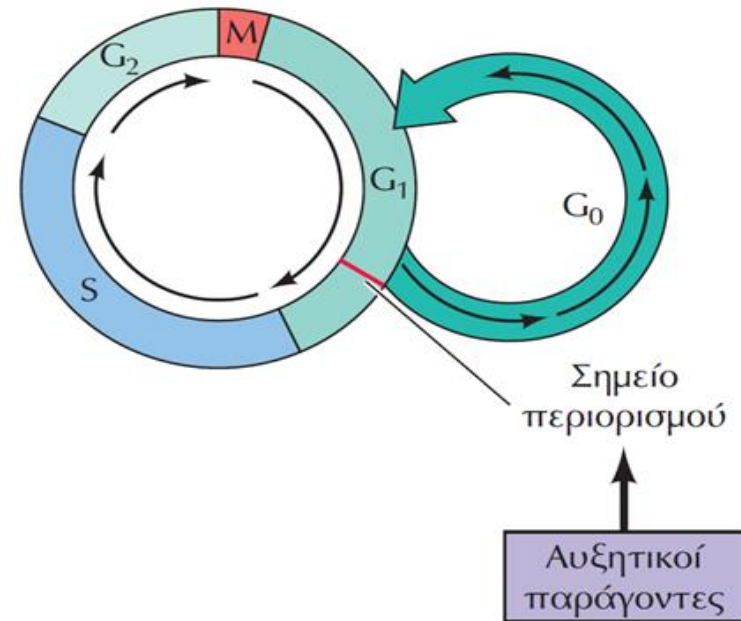


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Ρύθμιση του κυτταρικού κύκλου ζωικών κυττάρων από αυξητικούς παράγοντες

- Στα κύτταρα των θηλαστικών, η διαθεσιμότητα αυξητικών παραγόντων ελέγχει τον κυτταρικό κύκλο σε ένα σημείο προς το τέλος της φάσης G_1 το οποίο ονομάζεται σημείο περιορισμού.
- Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι αυξητικοί παράγοντες κατά την G_1 , τα κύτταρα εισέρχονται σε μια φάση ηρεμίας του κυτταρικού κύκλου η οποία ονομάζεται φάση G_0 .



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



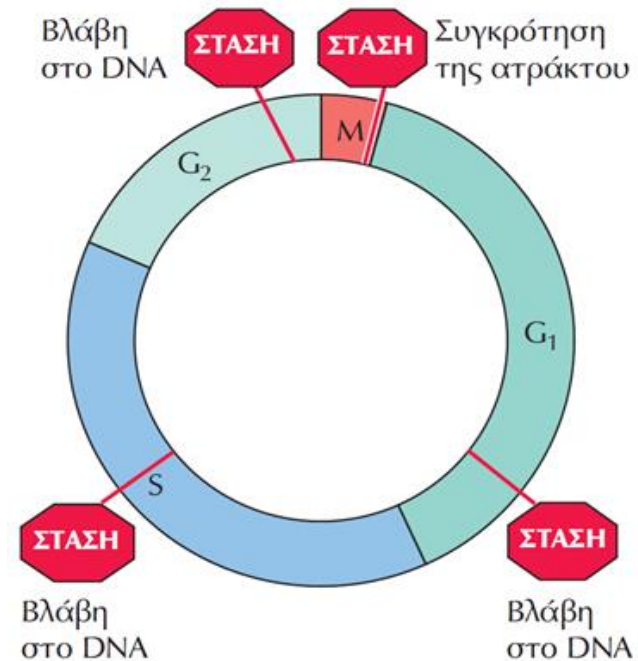
Καθορισμένες ενέργειες σε φάσεις του κυτταρικού κύκλου

- Σε συγκεκριμένα σημεία ελέγχου του κυτταρικού κύκλου τα κύτταρα δεσμεύονται να προβούν σε καθορισμένες ενέργειες.
- Προσπερνώντας το σημείο ελέγχου της **φάσης G1** το κύτταρο δεσμεύεται να αντιγράψει το γενετικού του υλικό.
- Προσπερνώντας το σημείο ελέγχου της **φάσης G2** το κύτταρο δεσμεύεται να διαιρεθεί.



Σημεία ελέγχου του κυτταρικού κύκλου

- Πολλαπλά σημεία ελέγχου διασφαλίζουν τη μεταβίβαση ακέραιων γονιδιωμάτων στα θυγατρικά κύτταρα.
- Τα σημεία ελέγχου βλαβών στο DNA στις φάσεις G_1 , S και G_2 προκαλούν τη στάση του κυτταρικού κύκλου αν υπάρχει ελαττωματικό ή μη αντιγραμμένο DNA.
- Το σημείο ελέγχου συγκρότησης της ατράκτου διακόπτει τη μίτωση όταν τα χρωμοσώματα δε στοιχίζονται σωστά στη μιτωτική άτρακτο.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



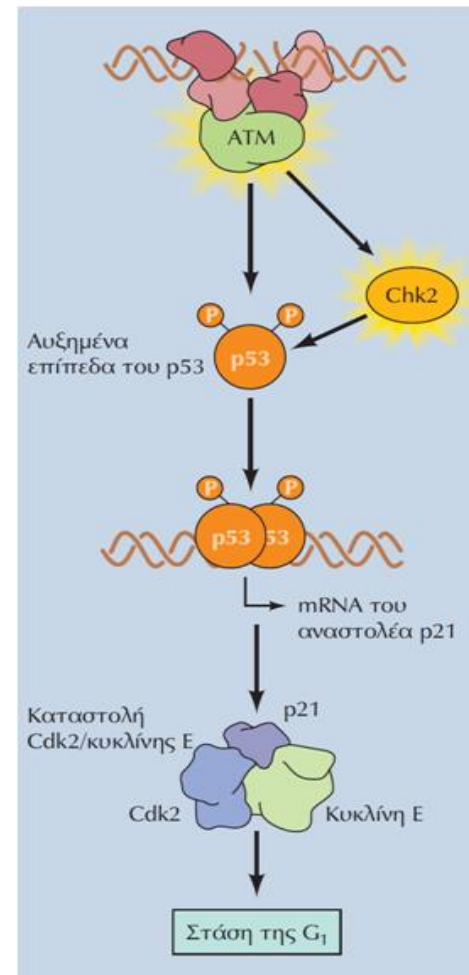
Διακοπή του κυτταρικού κύκλου σε σημεία ελέγχου

- Ο κυτταρικός κύκλος έχει πολλά σημεία ελέγχου:
 - Στάση στη **φάση G1** εάν υπάρχει βλάβη στο DNA.
 - Στάση στη **φάση S** εάν δεν έχει ολοκληρωθεί η αντιγραφή/υπάρχουν βλάβες στο DNA.
 - Στάση στη **φάση G2** εάν υπάρχουν βλάβες στο DNA.
 - Στάση στη **φάση της μίτωσης** σε περίπτωση μη προσδεδεμένου κινητοχώρου.



Η πρωτεΐνη p53 σταματά τον ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΚΥΚΛΟ

- Η πρωτεΐνη p53 έχει ρόλο-κλειδί στο σταμάτημα του κυτταρικού κύκλου στο σημείο ελέγχου της G₁ στα κύτταρα των θηλαστικών.
- Η p53 σταθεροποιείται με φωσφορυλίωση από τις κινάσες ATM και Chk2, με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή της να αυξάνεται ταχύτατα ως απόκριση στην ύπαρξη βλαβών στο DNA.
- Στη συνέχεια, η πρωτεΐνη p53 ενεργοποιεί τη μεταγραφή του γονιδίου που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη p21.
- Η p21, που είναι αναστολέας των Cdk, ενώνεται με το σύμπλοκο Cdk2/κυκλίνης E αναστέλλοντας τη δράση της κινάσης και προκαλώντας τη στάση του κυτταρικού κύκλου.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



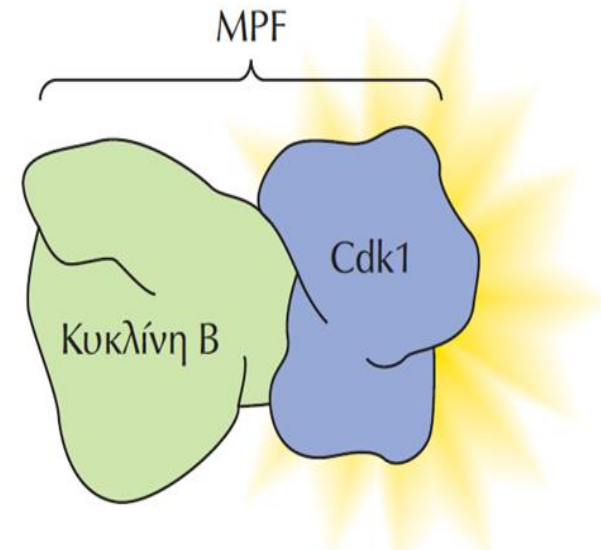
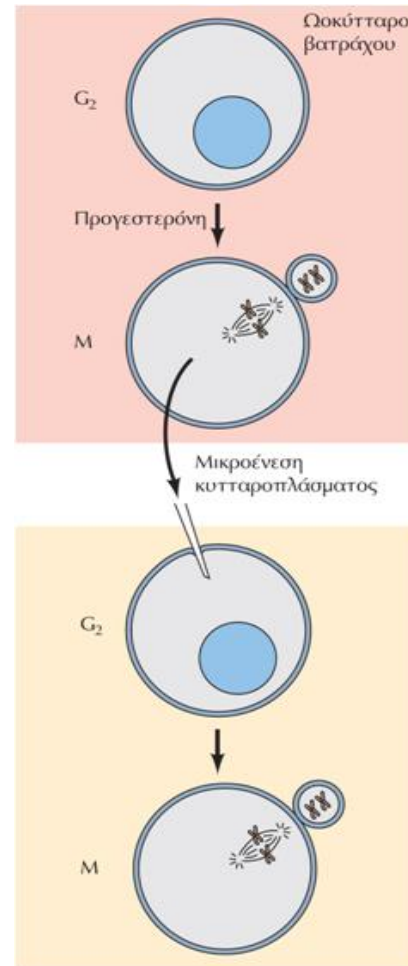
Το παράδειγμα του MPF

- **MPF** (mitosis promoting factor = παράγοντας που προάγει την μίτωση).
- Ο **MPF** είναι σύμπλοκο **κυκλίνης** και **κυκλινοεξαρτώμενης κινάσης** (Cdk ή Cd κινάση).
- Ο **MPF** αποτελεί παράδειγμα εξειδικευμένου συμπλόκου πρωτεϊνικών παραγόντων που ρυθμίζει τη μετάβαση από μιά φάση του κυτταρικού κύκλου στην επόμενη.



Ταυτοποίηση του MPF και η δομή του

- Τα ωκύτταρα του βατράχου παραμένουν σταματημένα στη φάση G_2 του κυτταρικού κύκλου μέχρι η ορμόνη προγεστερόνη να πυροδοτήσει την είσοδο στη φάση Μ της μείωσης.
- Στο πείραμα που παρουσιάζεται διαγραμματικά, κυτταρόπλασμα από ωκύτταρα που είχαν ολοκληρώσει τη μετάβαση από την G_2 στην Μ χορηγήθηκε με μικροένεση σε ωκύτταρα σταματημένα στην G_2 .
- Η μεταφορά κυτταροπλάσματος προκαλεί μετάβαση από την G_2 στην Μ χωρίς να απαιτείται ορμονική διέγερση αποδεικνύοντας ότι η ύπαρξη ενός κυτταροπλασματικού παράγοντα, του MPF, αρκεί για την επαγωγή της εισόδου στη φάση Μ της μείωσης.

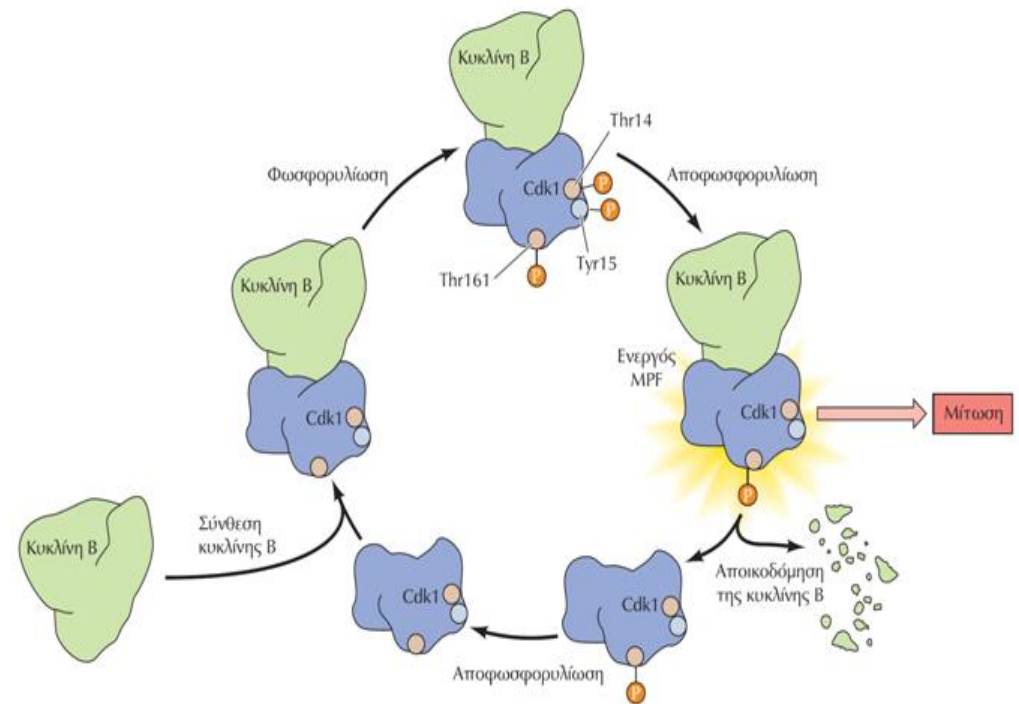


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Η ενεργοποίηση του MPF

- Ο MPF αποτελεί σύμπλοκο της κινάσης Cdk1 με την κυκλίνη B.
- Το σύμπλοκο της κινάσης Cdk1 με την κυκλίνη B σχηματίζεται κατά τη φάση G₂.
- Η Cdk1 φωσφορυλιώνεται αρχικά στη θρεονίνη 161 [Thr161] και στην τυροσίνη 15 [Tyr15] (σε κύτταρα σπονδυλωτών φωσφορυλιώνεται και στη θρεονίνη 14 [Thr14]).
- Οι φωσφορυλιώσεις αυτές επάγουν ή καταστέλλουν, αντίστοιχα, την ενεργότητα της Cdk1.
- Η αποφωσφορυλίωση των κατασταλτικών θέσεων φωσφορυλίωσης, δηλ. της Thr14 και της Tyr15, ενεργοποιεί τη δράση κινάσης του MPF, επιτρέποντας τη μετάβαση από την G₂ στην M.
- Στο τέλος της μίτωσης, ο MPF απενεργοποιείται με πρωτεολυτική αποικοδόμηση της κυκλίνης B.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Η κινάση Cdk1

- Η αποσυναρμολόγηση του πυρηνικού υμένα πυροδοτείται από φωσφορυλίωση των λαμινών από μιά Cd κινάση (Cdk1).



Cd κινάσες :

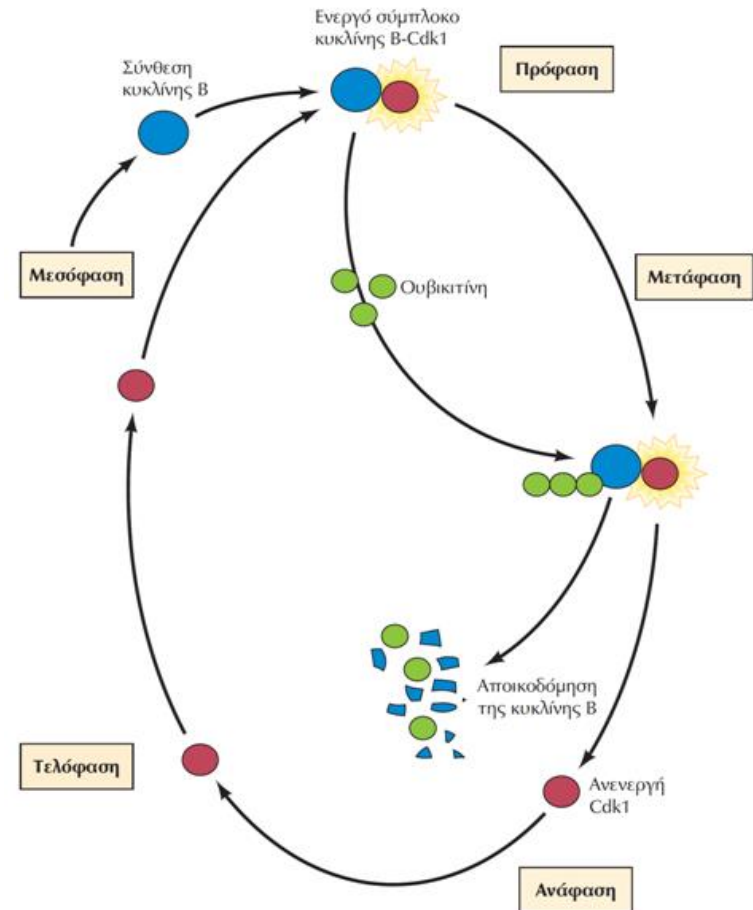
Βιολογικοί ρόλοι και ρύθμιση

1. Ελέγχουν τις διεργασίες και την εξέλιξη του κυτταρικού κύκλου φωσφορυλιώνοντας επιλεκτικά μια πλειάδα πρωτεϊνών-στόχων.
2. Η ενεργότητα των Cd κινασών ρυθμίζεται από την παρουσία των κυκλινών.
3. Μετά τη πρόσδεση της κυκλίνης στην Cdk-στόχο, η ενεργότητα της Cdk ρυθμίζεται περαιτέρω με διαδοχικά στάδια εκλεκτικής φωσφορυλίωσης-αποφωσφορυλίωσης σε συγκεκριμένες περιοχές της Cdk (ενεργοποιητικές και κατασταλτικές θέσεις φωσφορυλίωσης).
4. Απενεργοποιούνται στο τέλος μιας συγκεκριμένης φάσης του κυτταρικού κύκλου με αποφωσφορυλίωση.



Ρύθμιση ενεργότητας των Cd κινασών από την αποδόμηση κυκλινών

- Ο κυτταρικός κύκλος των ευκαρυωτικών κυττάρων ελέγχεται εν μέρει από τη σύνθεση και την αποικοδόμηση των κυκλινών.
- Ως παράδειγμα αναφέρεται η κυκλίνη B του MPF, η οποία λειτουργεί ως ρυθμιστική υπομονάδα της πρωτεϊνικής κινάσης Cdk1.
- Η κυκλίνη B συντίθεται κατά τη διάρκεια της μεσόφασης και προσδέεται στη Cdk1. Έτσι σχηματίζεται ένα σύμπλοκο κυκλίνης B-Cdk1, το οποίο έχει ενεργότητα πρωτεϊνικής κινάσης και διεγείρει την έναρξη της μίτωσης.
- Η γρήγορη αποικοδόμηση της κυκλίνης B, μετά από «μαρκάρισμα» της με πολυ-ουβικιτίνη, προς το τέλος της μίτωσης έχει ως συνέπεια την απενεργοποίηση της πρωτεϊνικής κινάσης Cdk1.
- Η απενεργοποίηση της πρωτεϊνικής κινάσης Cdk1 του MPF επιτρέπει στο κύτταρο να εξέλθει από τη μίτωση και να εισέλθει στη μεσόφαση του επόμενου κυτταρικού κύκλου.

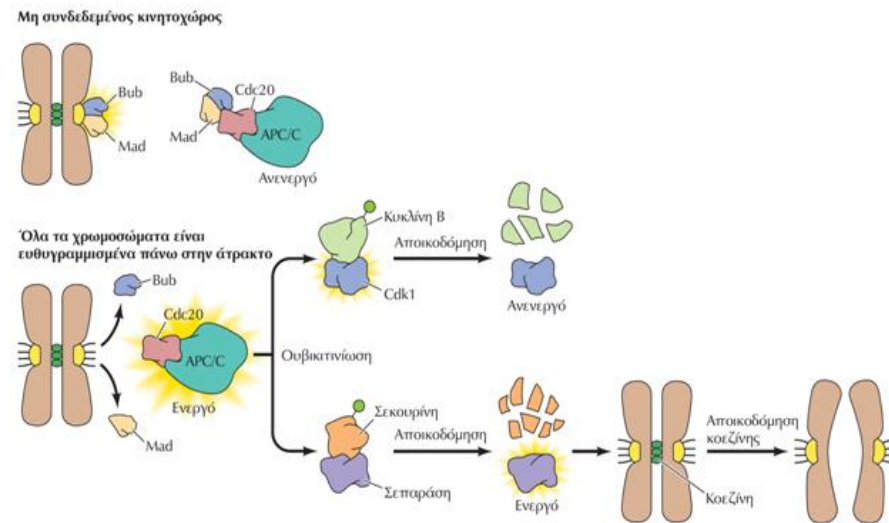


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Το σύμπλοκο APC πυροδοτεί την αποικοδόμηση των κυκλινών

- Η μετάβαση στην ανάφαση εξαρτάται από την ενεργοποίηση του συμπλόκου προώθησης της ανάφασης/κυκλώσωμα (APC/C) που έχει ενεργότητα λιγάσης ουβικιτίνης.
- Η ύπαρξη κινητοχώρων που δεν έχουν συνδεθεί με μικροσωληνίσκους (μη συνδεδεμένοι κινητοχώροι) οδηγεί στη συγκρότηση και ενεργοποίηση του συμπλόκου των πρωτεϊνών Mad/Bub, το οποίο καταστέλλει το APC/C μέσω της πρόσδεσής τους στην υπομονάδα Cdc20.
- Όταν όλα τα χρωμοσώματα στοιχιστούν και συνδεθούν με την άτρακτο, το σύμπλοκο Mad/Bub διασπάται, με αποτέλεσμα να γίνει διαθέσιμη η Cdc20 και συμπλοκοποιούμενη με το APC/C να το ενεργοποιεί.
- Το APC/C ουβικιτινώνει την κυκλίνη B, οδηγώντας έτσι στην αποικοδόμηση της και στην επακόλουθη απενεργοποίηση της Cdk1.
- Επιπλέον, το APC/C ουβικιτινώνει τη σεκουρίνη, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την ενεργοποίηση της σεπαράσης.
- Η πεπτιδάση σεπαράση διασπά μια υπομονάδα της κοεζίνης, προκαλώντας την αποσύνδεση των αδελφών χρωματίδων και την έναρξη της ανάφασης.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

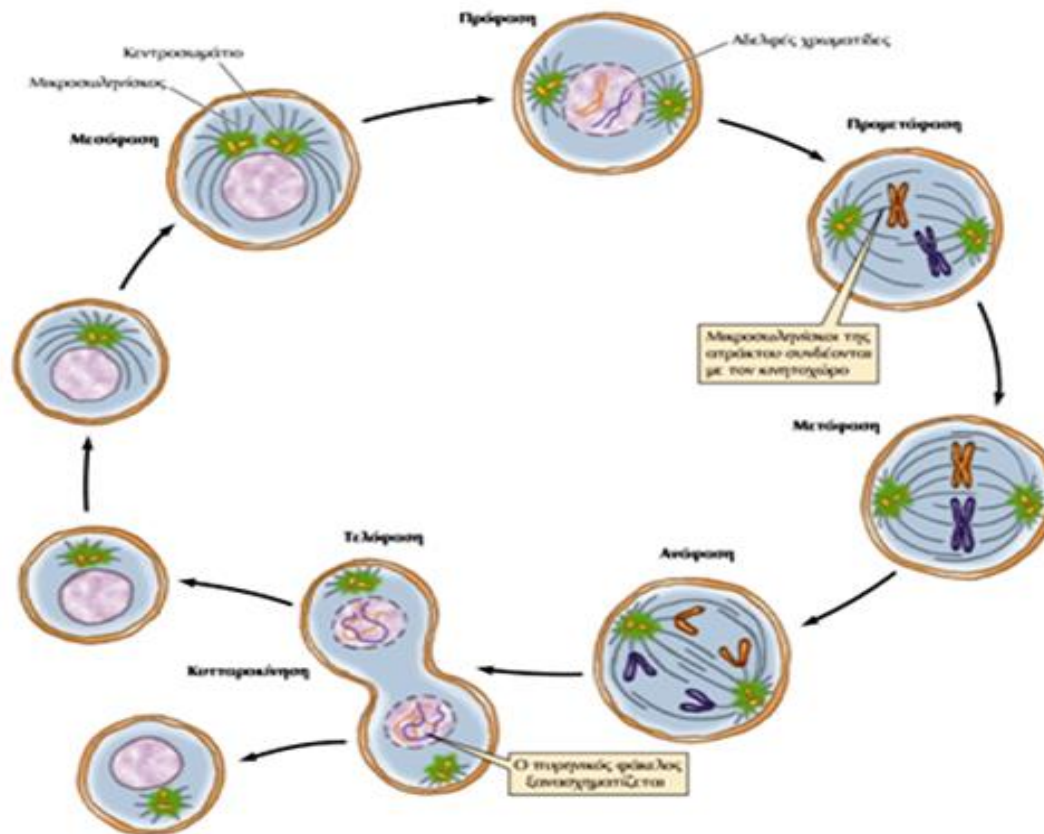


Τα στάδια της μίτωσης (1)

- Κατά την πρόφαση, τα χρωμοσώματα συμπυκνώνονται και τα κεντροσωμάτια μετακινούνται προς αντίθετες πλευρές του πυρήνα, ξεκινώντας τον σχηματισμό της μιτωτικής ατράκτου.
- Στη συνέχεια, η αποδιοργάνωση του πυρηνικού φακέλου επιτρέπει στους μικροσωληνίσκους της ατράκτου να συνδεθούν με τους κινητοχώρους των χρωμοσωμάτων.
- Κατά την προμετάφαση, τα χρωμοσώματα μετακινούνται μπρος πίσω ανάμεσα στα κεντροσωμάτια και το μέσο του κυττάρου, ώσπου να στοιχιστούν τελικά στο ισημερινό επίπεδο της ατράκτου (μετάφαση).
- Κατά την ανάφαση, οι αδελφές χρωματίδες διαχωρίζονται και μετακινούνται προς τους αντίθετους πόλους της ατράκτου.
- Τέλος, η μίτωση ολοκληρώνεται με τον επανασχηματισμό των πυρηνικών φακέλων και την αποσυμπύκνωση των χρωμοσωμάτων κατά την τελόφαση.
- Από την κυτταροκίνηση που ακολουθεί προκύπτουν δύο μεσοφασικά θυγατρικά κύτταρα. Να σημειωθεί ότι καθένα από τα δύο θυγατρικά κύτταρα λαμβάνει ένα κεντροσωμάτιο, το οποίο θα διπλασιαστεί πριν από την επόμενη μίτωση.

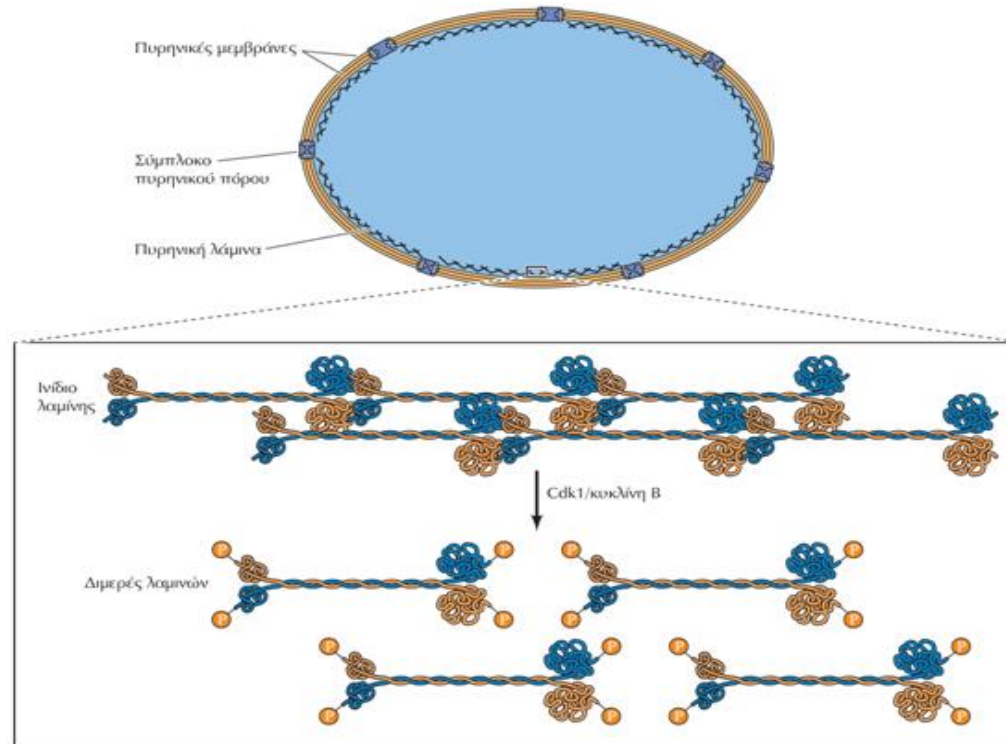


Τα στάδια της μίτωσης (2)



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

Φωσφορυλίωση λαμινών από Cdk1 αποσυναρμολογεί τον πυρηνικό υμένα



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

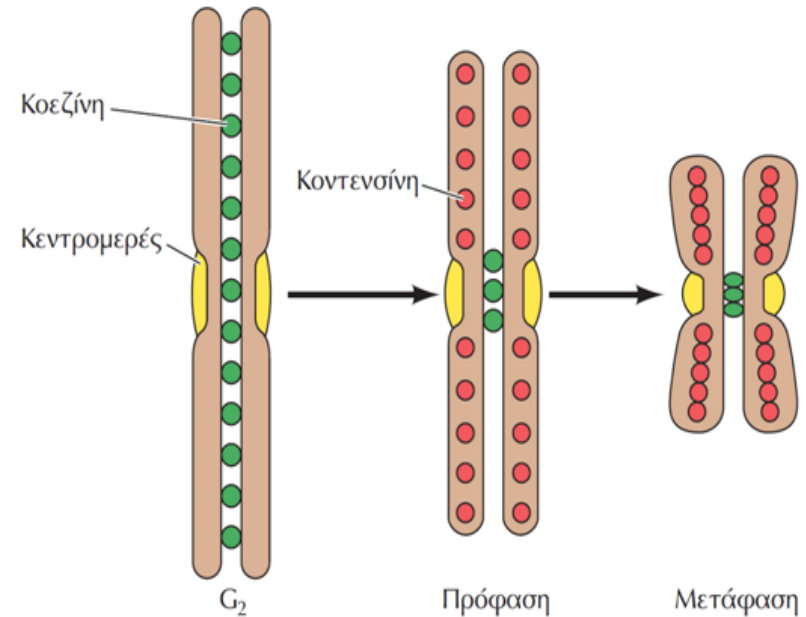
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

- Το σύμπλοκο Cdk1/κυκλίνης B φωσφορυλιώνει τις πυρηνικές λαμίνες, καθώς και πρωτεΐνες των πυρηνικών πόρων και της εσωτερικής πυρηνικής μεμβράνης.
- Η φωσφορυλίωση των λαμινών προκαλεί την αποσυναρμολόγηση των ινιδίων που σχηματίζουν την πυρηνική λάμινα σε ελεύθερα διμερή λαμινών.



Ειδικές πρωτεΐνες σταθεροποιούν τη δομή των αδελφών χρωματιδών

- Οι κοεζίνες προσδέονται στο DNA κατά τη φάση S και συγκρατούν τις αδελφές χρωματίδες συνδεδεμένες μεταξύ τους μετά την αντιγραφή του DNA σε όλη τη διάρκεια της S και της G₂, μέχρι την ανάφαση.
- Καθώς το κύτταρο εισέρχεται στη φάση M, οι κοεζίνες αντικαθίστανται από κοντενσίνες στο μεγαλύτερο μήκος του χρωμοσώματος, εκτός από το κεντρομερές.
- Η φωσφορυλίωση από την κινάση Cdk1 ενεργοποιεί τις κοντενσίνες, οι οποίες στη συνέχεια συμπυκνώνουν τη χρωματίνη.

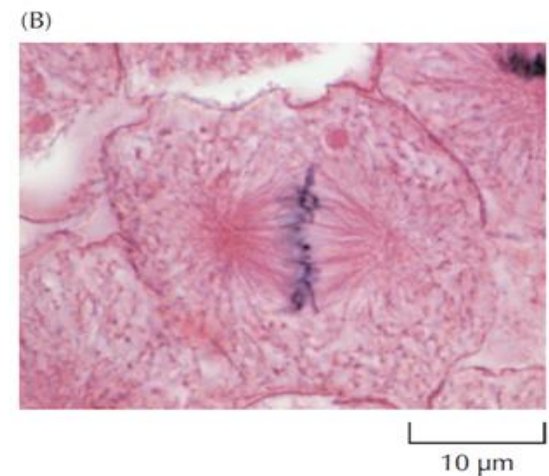
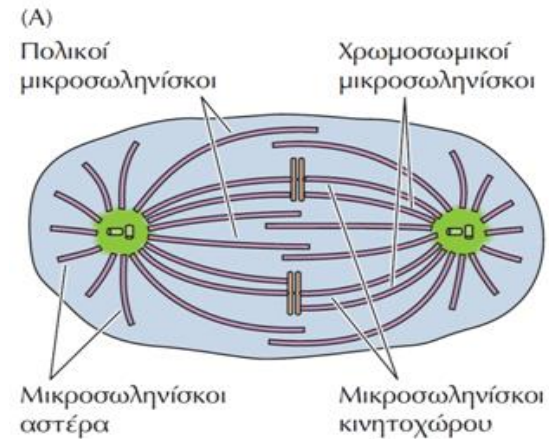


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Ο ρόλος του κυτταροσκελετού στην κυτταρική διαίρεση

- Η μιτωτική άτρακτος αποτελείται από τέσσερις τύπους μικροσωληνίσκων (A).
- Οι μικροσωληνίσκοι του κινητοχώρου και οι χρωμοσωμικοί μικροσωληνίσκοι είναι συνδεδεμένοι με τα χρωμοσώματα.
- Οι πολικοί μικροσωληνίσκοι από αντίθετους πόλους συνδέονται μεταξύ τους στο μέσο του κυττάρου και οι αστρικοί μικροσωληνίσκοι (ελεύθεροι μικροσωληνίσκοι) εκτείνονται ακτινωτά από τα κεντροσώματα προς την κυτταρική περιφέρεια.
- Ένα κύτταρο κορήγονου (ψαριού της οικογένειας *Salmonidae*) στη μετάφαση (B).



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

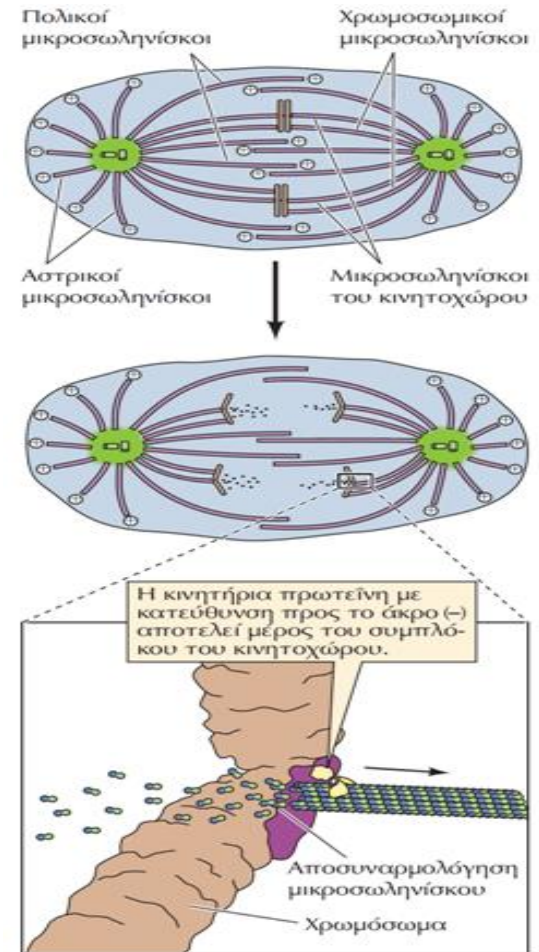
Οι κατηγορίες των μικροσωληνίσκων της μιτωτικής ατράκτου

- Ελεύθεροι μικροσωληνίσκοι.
- Μικροσωληνίσκοι κινητοχώρου.
- Πολικοί μικροσωληνίσκοι.



Διαχωρισμός των αδερφών χρωματίδων κατά την ανάφαση A

- Τα χρωμοσώματα κινούνται προς τους πόλους της ατράκτου κατά μήκος των μικροσωληνίσκων του κινητοχώρου.
- Η κίνηση των χρωμοσωμάτων ωθείται από κινητήριες πρωτεΐνες με κατεύθυνση προς το άκρο (-), οι οποίες συνδέονται με τον κινητοχώρο.
- Η δράση αυτών των πρωτεϊνών συνδυάζεται με αποσυναρμολόγηση και βράχυνση τόσο του κινητοχώρου όσο και των χρωμοσωμικών μικροσωληνίσκων.



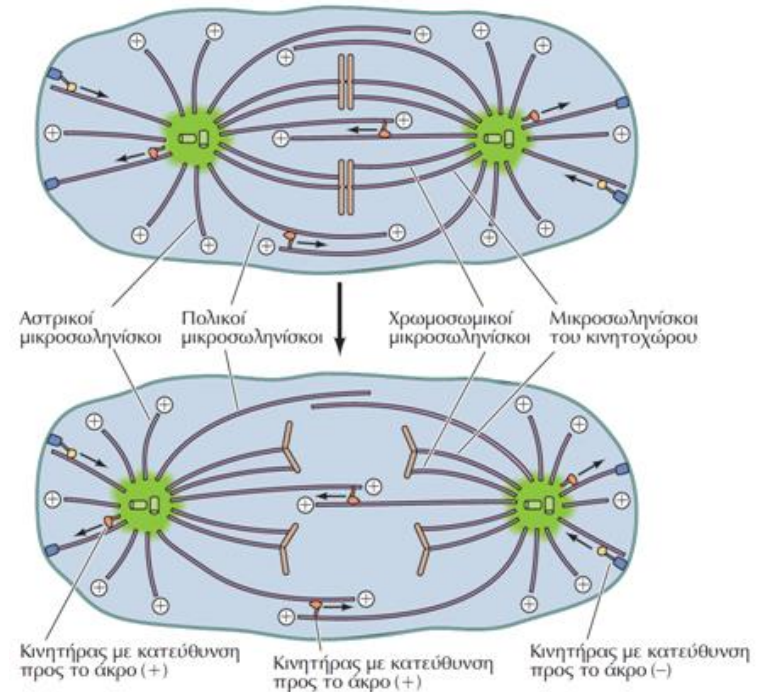
Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Διαχωρισμός των αδερφών χρωματίδων κατά την ανάφαση Β

- Ο διαχωρισμός των πόλων της ατράκτου είναι αποτέλεσμα δύο τύπων κινήσεων.
- Αρχικά, οι αλληλεπικαλυπτόμενοι πολικοί μικροσωληνίσκοι ολισθαίνουν ο ένας έναντι του άλλου και ωθούν τους πόλους της ατράκτου προς τα αντίθετα άκρα, πιθανόν λόγω της δράσης κινητήριων πρωτεϊνών με κατεύθυνση προς το άκρο (+).
- Στη συνέχεια, οι πόλοι της ατράκτου έλκονται προς τα άκρα του κυττάρου από τους αστρικούς μικροσωληνίσκους.
- Αυτή η έλξη φαίνεται ότι οφείλεται σε μια κινητήρια πρωτεΐνη με κατεύθυνση προς το άκρο (-), η οποία βρίσκεται αγκυροβολημένη στον κυτταρικό φλοιό.

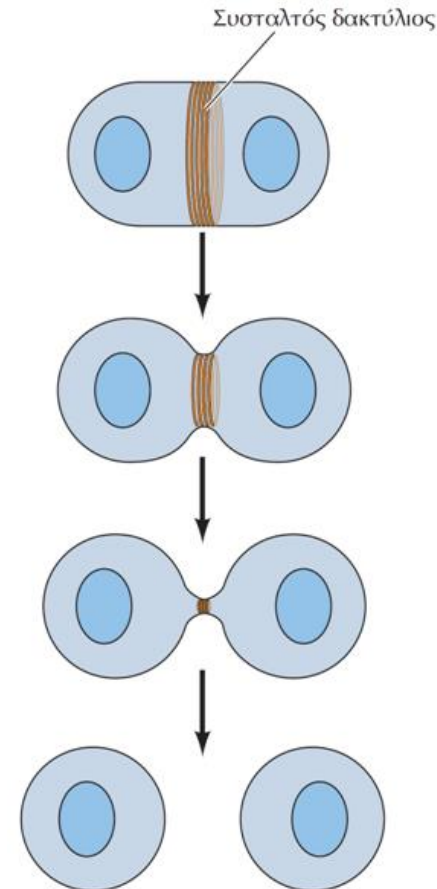


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Καθορισμός σχηματισμού του συσταλτικού δακτυλίου από την άτρακτο

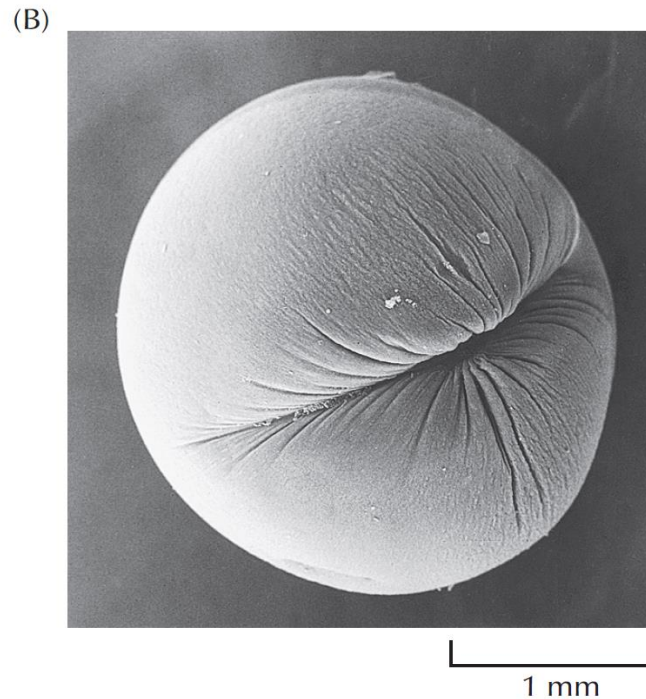
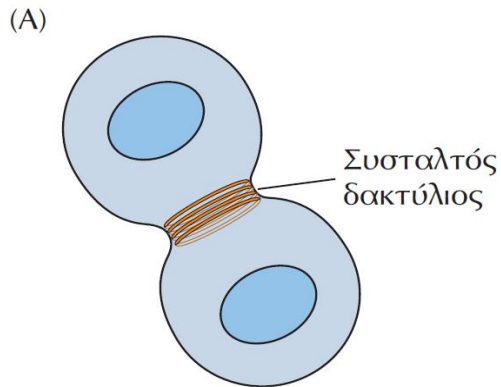
- Μετά την ολοκλήρωση της μίτωσης (πυρηνικής διαίρεσης), ένας συσταλτός δακτύλιος που αποτελείται από ινίδια ακτίνης και μυοσίνη II διαιρεί το κύτταρο σε δύο θυγατρικά κύτταρα.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



Ο συσταλτικός δακτύλιος



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

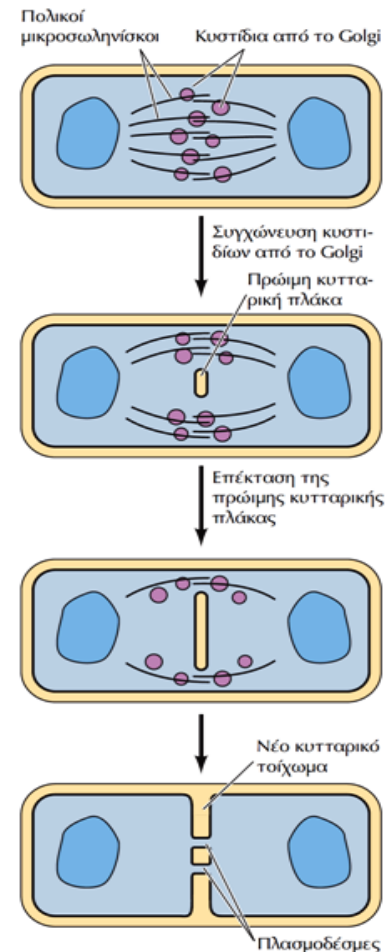
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

- (A) Η κυτταροκίνηση προκαλείται από τη συστολή ενός δακτυλίου ινιδίων ακτίνης και μυοσίνης, ο οποίος χωρίζει το κύτταρο στα δύο.
- (B) Φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης που δείχνει ένα ωάριο βατράχου κατά την κυτταροκίνηση.



Τα φυτικά κύτταρα δεν σχηματίζουν συσταλτικό δακτύλιο

- Στα φυτικά κύτταρα, κυστίδια Golgi που μεταφέρουν δομικά συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος συνδέονται με πολικούς μικροσωληνίσκους στο επίπεδο όπου βρισκόταν η μεταφασική πλάκα.
- Από τη σύντηξη των κυστιδίων δημιουργείται ο φραγμοπλάστης, που αποτελεί μια δομή που περιβάλλεται από μεμβράνη και μοιάζει με δίσκο.
- Η πρώιμη αυτή κυτταρική πλάκα επεκτείνεται περιφερειακά και συγχωνεύεται με την κυτταροπλασματική μεμβράνη.
- Τα θυγατρικά κύτταρα που προκύπτουν από τον διαχωρισμό του αρχικού κυττάρου παραμένουν συνδεδεμένα με πλασμοδέσμες.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Τσαχουρίδου Βασιλική
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2013-2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ