

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΩΝ, ΙΝΙΔΙΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΝΗΣ, ΜΟΡΙΩΝ DNA ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΙΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

ΜΕΣΟΦΑΣΗ**Ανθρώπινο σωματικό κύτταρο σε κατάσταση πρώιμης μεσόφασης πριν την αντιγραφή του DNA (φάση G1)**

Το γενετικό υλικό είναι οργανωμένο με τη μορφή ινιδίων χρωματίνης. Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων ταυτίζεται με τον αριθμό των ινιδίων χρωματίνης και με τον αριθμό των μορίων DNA. Σε αυτή τη φάση του κυτταρικού κύκλου, δεν υπάρχουν χρωματίδες.

Άρα έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 46 ινίδια χρωματίνης, 46 μόρια DNA, 0 χρωματίδες.

Ανθρώπινο σωματικό κύτταρο στη μεσόφαση μετά την αντιγραφή του DNA (φάση G2)

Το γενετικό υλικό εξακολουθεί να είναι οργανωμένο με τη μορφή ινιδίων χρωματίνης. Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων παραμένει σταθερός. Επειδή όμως έχει προηγηθεί η αντιγραφή του DNA, κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο ινίδια χρωματίνης και συνεπώς δύο μόρια DNA. Τα ινίδια χρωματίνης είναι ενωμένα σε μία δομή που λέγεται κεντρομερίδιο και χαρακτηρίζονται ως αδελφές χρωματίδες γιατί είναι γενετικά πανομοιότυπες (η μία έχει προκύψει από αντιγραφή της άλλης).

Άρα έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 92 ινίδια χρωματίνης, 92 μόρια DNA και 92 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 46 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

ΜΙΤΩΣΗ**Ανθρώπινο σωματικό κύτταρο στην πρόφαση της μίτωσης**

Επειδή στην πρόφαση αρχίζει η περιέλιξη και συμπύκνωση των χρωμοσωμάτων, δεν χρησιμοποιούμε πια τον όρο ινίδια χρωματίνης.

Έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 92 μόρια DNA και 92 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 46 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο σωματικό κύτταρο στη μετάφαση της μίτωσης

Ο υψηλός βαθμός συσπείρωσης των χρωμοσωμάτων στη μετάφαση δεν επιτρέπει τη διάκριση ινιδίων χρωματίνης.

Έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 92 μόρια DNA και 92 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 46 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο σωματικό κύτταρο στην ανάφαση της μίτωσης

Στην ανάφαση το κεντρομερίδιο διαιρείται, καθεμία από τις αδελφές χρωματίδες ανεξαρτητοποιείται (αποχωρίζεται) από την άλλη και κάθε χρωματίδα αποτελεί πλέον ένα ανεξάρτητο χρωμόσωμα. Επομένως, ο αριθμός των χρωμοσωμάτων είναι διπλάσιος από τον χαρακτηριστικό αριθμό των χρωμοσωμάτων του είδους και ίσος με τον αριθμό των μορίων DNA.

Άρα έχουμε συνολικά 92 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 92 μόρια DNA, 92 χρωματίδες που ανά δύο είναι πρώην αδελφές.

Ανθρώπινο σωματικό κύτταρο στην τελόφαση της μίτωσης

Στο τέλος της μίτωσης έχουμε αποσυσπείρωση του γενετικού υλικού και προκύπτουν δύο θυγατρικά κύτταρα που το καθένα φέρει το ίδιο γενετικό υλικό με το αρχικό. Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων είναι ο αριθμός που χαρακτηρίζει το είδος και ίδιος είναι και ο αριθμός των μορίων DNA.

Άρα έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 46 ινίδια χρωματίνης, 46 μόρια DNA, 0 χρωματίδες.

ΜΕΙΩΣΗ**Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στην πρόφαση της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης**

Κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο μόρια DNA γιατί έχει προηγηθεί η αντιγραφή του DNA στο στάδιο S της μεσόφασης.

Άρα έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 92 μόρια DNA και 92 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 46 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στη μετάφαση της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 92 μόρια DNA και 92 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 46 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στην ανάφαση της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Στην ανάφαση I αποχωρίζονται τα μέλη κάθε ζεύγους ομόλογων χρωμοσωμάτων και οι δύο πλήρεις απλοειδείς σειρές χρωμοσωμάτων απομακρύνονται μεταξύ τους και κατευθύνονται προς τους αντίθετους πόλους. Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων και των μορίων DNA, αφού δεν διαχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες, παραμένει ο ίδιος με τη μετάφαση I.

Άρα έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 92 μόρια DNA και 92 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 46 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στην τελόφαση της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Στο τέλος της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης προκύπτουν δύο κύτταρα που έχουν τον μισό αριθμό χρωμοσωμάτων (ένα χρωμόσωμα από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων) σε σχέση με το

αρχικό άωρο γεννητικό κύτταρο, αλλά τον ίδιο αριθμό μορίων DNA αφού κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο μόρια DNA. Επίσης έχουμε αποσυσπείρωση γενετικού υλικού και σχηματισμό ινιδίων χρωματίνης.

Άρα έχουμε συνολικά 23 χρωμοσώματα, 46 ινίδια χρωματίνης, 46 μόρια DNA και 46 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 23 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στην πρόφαση της 2^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Στην πρόφαση II κάθε κύτταρο περιέχει ένα χρωμόσωμα από κάθε ζευγάρι ομολόγων χρωμοσωμάτων, δηλαδή περιέχει απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων. Κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο μόρια DNA. Έχουμε επανασυσπείρωση γενετικού υλικού που δεν επιτρέπει τη διάκριση ινιδίων χρωματίνης.

Άρα έχουμε συνολικά 23 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 46 μόρια DNA και 46 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 23 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στη μετάφαση της 2^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Έχουμε συνολικά 23 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 46 μόρια DNA και 46 χρωματίδες που ανά δύο είναι αδελφές, δηλαδή 23 ζεύγη αδελφών χρωματίδων.

Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στην ανάφαση της 2^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Στην ανάφαση II το κεντρομερίδιο διαιρείται, οι αδελφές χρωματίδες διαχωρίζονται και κάθε χρωματίδα αποτελεί πλέον ένα ανεξάρτητο χρωμόσωμα.

Άρα έχουμε συνολικά 46 χρωμοσώματα, 0 ινίδια χρωματίνης, 46 μόρια DNA και 46 χρωματίδες που ανά δύο είναι πρώην αδελφές.

Ανθρώπινο άωρο γεννητικό κύτταρο στην τελόφαση της 2^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Στο τέλος της 2^{ης} μειωτικής διαίρεσης προκύπτουν συνολικά 4 απλοειδείς γαμέτες. Εάν δεν έχει λάβει χώρα το φαινόμενο του επιχιασμού, ανά δύο οι γαμέτες έχουν το ίδιο γενετικό υλικό. Εάν έχει συμβεί επιχιασμός, είναι και οι τέσσερις διαφορετικοί. Κατά τον σχηματισμό των γαμετών γίνεται και αποσυσπείρωση του γενετικού υλικού.

Σε κάθε γαμέτη έχουμε 23 χρωμοσώματα, 23 ινίδια χρωματίνης, 23 μόρια DNA και 0 χρωματίδες.

Σημείωση: Όσα αναγράφονται παραπάνω για ανθρώπινο κύτταρο, ισχύουν για τα σωματικά και τα άωρα γεννητικά κύτταρα όλων των διπλοειδών οργανισμών, των οποίων ο φυλοκαθορισμός γίνεται όπως και στον άνθρωπο.

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1. Παρατηρώντας στο μικροσκόπιο την εξέλιξη της μίτωσης σε ένα κύτταρο ενός ανώτερου ευκαρυωτικού οργανισμού, κατορθώσαμε με τη βοήθεια κολχικίνης να παγώσουμε την εξέλιξη της κυτταροδιαίρεσης στη φάση της ανάφασης, οπότε και μετρήσαμε 64 χρωμοσώματα. Για το είδος του οργανισμού γνωρίζουμε ότι στο απλοειδές γονιδίωμά του περιέχει ποσότητα DNA ίση με 4×10^9 ζεύγη νουκλεοτιδίων.

Να εξηγήσετε πόσα χρωμοσώματα, ινίδια χρωματίνης, μόρια DNA, χρωματίδες και πόσα νουκλεοτίδια στο συνολικό πυρηνικό DNA του θα υπάρχουν:

- i. σε ένα σωματικό κύτταρο σε κατάσταση πρώιμης μεσόφασης,
 - ii. σε ένα κύτταρο που μπαίνει σε μίτωση,
 - iii. σε ένα κύτταρο στη μετάφαση I,
 - iv. σε ένα κύτταρο στη πρόφαση II,
 - v. σε έναν γαμέτη.
2. Ο χοίρος (*Sus scrofa*) έχει όμοιο τρόπο φυλοκαθορισμού με τον άνθρωπο και στον πυρήνα του γαμέτη του περιέχονται 19 ινίδια χρωματίνης τα οποία αντιστοιχούν σε $2,8 \times 10^9$ ζεύγη βάσεων. Να βρεθεί ο αριθμός μορίων DNA, ινιδίων χρωματίνης, χρωμοσωμάτων, χρωματίδων, αδελφών χρωματίδων και συνολικών ζευγών βάσεων στον πυρήνα κυττάρων του χοίρου:
- i. που βρίσκονται στην G1 φάση του κύκλου ζωής (πριν το διπλασιασμό του DNA) του κυττάρου.
 - ii. που βρίσκονται στην μετάφαση της μίτωσης.
 - iii. τα θυγατρικά της 1ης μειωτικής διαίρεσης.

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

(Θέματα ΟΕΦΕ Α φάση 2019)