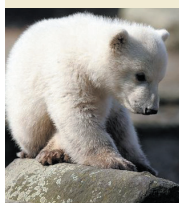


ΘΕΤΙΚΗΣ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:  
ΝΟΤΑ ΛΑΖΑΡΑΚΗ  
ΒΑΓΓΕΛΗΣ ΚΑΡΟΥΣΗΣ  
ΜΑΡΙΑ ΚΙΤΡΙΛΑΚΗ

Τα μοριακά μυστικά της πολικής αρκούδας, όπως και κάθε άλλης

μορφής ζωής στον πλανήτη μας, είναι κωδικοποιημένα στο DNA των κυττάρων που δομούν τον πλούτο που ονομάζουμε ζωή. Η διατήρηση των μοριακών μυστικών στηρίζεται στη διατήρηση της βιοποικιλότητας που είναι κυρίως δική μας ευθύνη...

Ακαδημαϊκός  
Υπεύθυνος

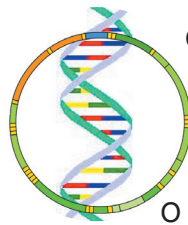
Η συνεχής εκπαίδευση και αξιοποίηση των καθηγητών και ο συντονισμός όλων των διδασκόντων με ενιαίο πρόγραμμα και στρατηγική εξασφαλίζονται μέσω του ρόλου:

- Του ανά ειδικότητα Ακαδημαϊκού Υπευθύνου, ο οποίος αναλαμβάνει τον έλεγχο και το συντονισμό όλων των καθηγητών της ειδικότητάς του
- Του Δ/ντή Ακαδημαϊκού, ο οποίος μεταφέρει την εκπαιδευτική πολιτική των φροντιστηρίων στους Ακαδημαϊκούς Υπευθύνους

φροντιστήρια  
ΠΟΥΚΑΜΙΣΑΣ

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ

## «ΠΟΛΙΚΑ» ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΑ



Οι πολικές αρκούδες (*Ursus maritimus*) είναι είδος που χαρακτηρίζεται από 74 χρωμοσώματα. Ο φυλετικός καθορισμός του είδους συμβαίνει όπως στον άνθρωπο, ενώ η χημική σύσταση και η οργάνωση του γονιδιώματός του είναι κοινή με τα λοιπά είδη ευκαρυωτικών οργανισμών. Στον γαστρεντερικό σωλήνα της πολικής αρκούδας συμβιώνουν φυσιολογικά αρκετά βακτήρια, αλλά και ένα είδος απλοειδούς σκώληκα που αποτελεί πολυκύτταρο ευκαρυωτικό οργανισμό. Ο μοριακός ζωολόγος Τ.Δ. απομόνωσε από τον γαστρεντερικό σωλήνα μίας φυσιολογικής πολικής αρκούδας αρκετούς διαφορετικούς τύπους κυττάρων, για τέσσερις εκ των οποίων προσδιόρισε τον αριθμό και τη μορφή των μορίων DNA που ανίχνευσε στο εσωτερικό τους.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεών του απεικονίζονται στον πίνακα:

Κυτταρικός τύπος	1	2	3	4
Γραμμικά μόρια DNA / κύτταρο	74	148	-	9
Κυκλικά μόρια DNA / κύτταρο	100	122	5	32

Επιπλέον, ο Τ.Δ. υπολόγισε με κατάλληλες τεχνικές το μέγεθος των 5 κυκλικών μορίων DNA του κυτταρικού τύπου 3 και κατάληξε στο συμπέρασμα ότι το ένα εξ αυτών έχει μέγεθος περίπου 100 φορές μεγαλύτερο των υπόλοιπων, που ήταν ισομεγέθη.

Δεδομένων των πληροφοριών που αναφέρονται για την πολική αρκούδα και όσων γνωρίζετε για το γενετικό υλικό των διαφόρων οργανισμών, να απαντήσετε:

- A.** Σε ποιον οργανισμό ανήκει κάθε ένα από τα κύτταρα 1, 2, 3 και 4;  
**B.** Πώς μπορεί να δικαιολογηθεί ο μεγάλος αριθμός κυκλικών μορίων DNA στα κύτταρα 1 και 2;  
**Γ.** Ποια είναι η οργάνωση των μορίων DNA στον πυρήνα των σωματικών κυττάρων της πολικής αρκούδας;  
**Δ.** Πόσα αυτοσωμικά και πόσα φυλετικά χρωμοσώματα υπάρχουν:  
 i) σε ένα φυσιολογικό σωματικό κύτταρο της πολικής αρκούδας;  
 ii) σε έναν φυσιολογικό γαμέτη του θηλαστικού αυτού;  
**E.** Πώς μπορεί να δικαιολογηθεί η διαφορά μεγέθους των μορίων DNA του κυτταρικού τύπου 3 και ποιος είναι ο ρόλος καθενός από αυτά για τον οργανισμό στον οποίο ανήκουν;  
**Στ.** Ποιος από τους εν λόγω κυτταρικούς τύπους είναι καταλληλότερος για την κατασκευή του καρυότυπου της πολικής αρκούδας και ποια στάδια πρέπει να ακολουθήσει ο μοριακός ζωολόγος προκειμένου να επιτύχει την κατασκευή του;

## ΑΠΑΝΤΗΣΗ

**A.** Στα κύτταρα των διαφόρων οργανισμών είναι δυνατό να ανιχνεύονται γραμμικά ή κυκλικά μόρια DNA. Συγκεκριμένα:

- **γραμμικά** μόρια DNA εντοπίζονται στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων και στα μιτοχόνδρια ορισμένων κατώτερων πρωτοζώων,
- **κυκλικά** μόρια DNA εντοπίζονται στα βακτήρια, στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες.

Επιπλέον, ο αριθμός των μορίων DNA στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων καθορίζεται από τον αριθμό των χρωμοσωμάτων του είδους και ισούται με αυτόν όσο το κύτταρο βρίσκεται στη μεσόφαση και πριν την αντιγραφή του DNA, ενώ είναι διπλάσιος αυτού αφού το κύτταρο έχει αντιγράψει το DNA του προκειμένου να διαιρεθεί.

Συνεπώς:

- > Ο κυτταρικός τύπος 1 αφορά σωματικά κύτταρα της πολικής αρκούδας των οποίων το γενετικό υλικό δεν έχει ακόμη διπλασιαστεί, καθώς περιλαμβάνει 74 γραμμικά μόρια DNA (όσα και τα χρωμοσώματα του είδους της πολικής αρκούδας) και αρκετά κυκλικά μόρια DNA (που προφανώς αποτελούν μιτοχονδριακό DNA).
- > Ο κυτταρικός τύπος 2 (με  $148 = 74 \times 2$  γραμμικά μόρια DNA) προέρχεται επίσης από την πολική αρκούδα και πρόκειται για κύτταρα που έχουν διπλασιάσει το DNA του πυρήνα τους και προφανώς προετοιμάζονται για να διαιρεθούν. Τα κυκλικά μόρια DNA επίσης αποτελούν μιτοχονδριακό DNA των κυττάρων αυτών.
- > Ο κυτταρικός τύπος 3 περιλαμβάνει μόνο κυκλικά μόρια DNA γεγονός που επιτρέπει να συμπεράνουμε ότι πρόκειται για προκαρυωτικά κύτταρα, δηλαδή για βακτήρια που ζουν συμβιωτικά στον γαστρεντερικό σωλήνα της πολικής αρκούδας.
- > Ο κυτταρικός τύπος 4 περιλαμβάνει τόσο κυκλικά όσο και γραμμικά μόρια DNA συνεπώς προέρχεται από ευκαρυωτικό οργανισμό και συγκεκριμένα από τον απλοειδή σκώληκα. Άλλωστε ο μονός αριθμός 9 για τα γραμμικά μόρια DNA των κυττάρων αυτών δικαιολογείται για απλοειδή οργανισμό, καθώς οι απλοειδείς ορ-

γανισμοί δεν περιλαμβάνουν ζεύγη χρωμοσωμάτων στο γονιδίωμά τους, οπότε είναι πιθανό ορισμένοι από αυτούς να χαρακτηρίζονται από μονό αριθμό χρωμοσωμάτων. Επιπροσθέτως, ο μονός αριθμός μορίων DNA στον συγκεκριμένο κυτταρικό τύπο υποδεικνύει ότι τα κύτταρα βρίσκονται πριν τη φάση της αντιγραφής του γενετικού τους υλικού. Τα κυκλικά μόρια DNA αποτελούν μιτοχονδριακό DNA των κυττάρων των σκωλήκων.

**Β.** Στους κυτταρικούς τύπους 1 και 2 παρατηρούμε μεγάλο αριθμό κυκλικών μορίων DNA μιτοχονδριακής προέλευσης. Κάθε κύτταρο περιέχει συνήθως περισσότερα από ένα μιτοχόνδρια και κάθε μιτοχόνδριο περιέχει 2 έως 10 αντίγραφα του κυκλικού μορίου DNA γεγονός που αιτιολογεί τον σχετικά μεγάλο αριθμό κυκλικών μορίων DNA στα κύτταρα της πολικής αρκούδας.

**Γ.** Στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων, η διπλή έλικα του DNA συνδέεται με τις ιστόνες (πρωτεΐνες) σχηματίζοντας τα νουκλεοσώματα. Το νουκλεόσωμα αποτελεί τη βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης. Κάθε νουκλεόσωμα αποτελείται από 8 μόρια πρωτεϊνών που ονομάζονται ιστόνες (οκταμερές ιστονών), γύρω από τις οποίες τυλίγεται τμήμα DNA μήκους 146 ζευγών βάσεων. Τα νουκλεοσώματα αναδιπλώνονται με αποτέλεσμα το DNA να πακετάρεται σε μεγαλύτερο βαθμό σχηματίζοντας τελικά τα ινίδια της χρωματίνης. Στην αναδίπλωση συμμετέχουν και άλλα είδη πρωτεϊνών.

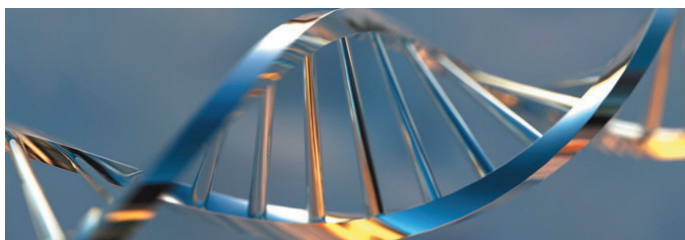
**Δ. i)** Όπως αναφέρεται στην εκφώνηση, ο φυλετικός καθορισμός στην πολική αρκούδα πραγματοποιείται όπως στον άνθρωπο. Είναι γνωστό ότι σε κάθε φυσιολογικό ανθρώπινο σωματικό κύτταρο υπάρχει ένα ζεύγος φυλετικών χρωμοσωμάτων (XX ή XY). Ομοίως, στην πολική αρκούδα υπάρχει ένα ζεύγος φυλετικών χρωμοσωμάτων και  $74-2=72$  αυτοσωμικά χρωμοσώματα σε κάθε σωματικό κύτταρο του οργανισμού.

**ii)** Οι γαμέτες είναι απλοειδή κύτταρα που προκύπτουν μετά τη διαδικασία της μείωσης. Περιέχουν ένα μόνο αντίγραφο της γενετικής πληροφορίας και συνεπώς τον μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από εκείνον των σωματικών κυττάρων του οργανισμού. Στην περίπτωση της πολικής αρκούδας, κάθε φυσιολογικός της γαμέτης θα περιέχει 37 χρωμοσώματα, εκ των οποίων τα 36 είναι αυτοσωμικά και το 1 είναι φυλετικό χρωμόσωμα (X ή Y).

**Ε.** Το κύριο γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι ένα δίκλωνο, κυκλικό μόριο DNA (μήκους 1mm), που αναδιπλώνεται και πακετάρεται με τη βοήθεια πρωτεϊνών με αποτέλεσμα το τελικό του μήκος να είναι 1μm. Τα προκαρυωτικά κύτταρα περιέχουν ένα μόνο αντίγραφο του γονιδιώματός τους (απλοειδή). Σε πολλά βακτήρια εντοπίζονται επίσης μικρότερα μόρια DNA, τα πλασμίδια. Συνεπώς το μεγαλύτερο από τα 5 μόρια DNA του κυτταρικού τύπου 3 είναι προφανώς το κύριο βακτηριακό DNA και τα 4 μικρότερα είναι πλασμίδια. Τα πλασμίδια είναι δίκλωνα, κυκλικά μόρια DNA με ποικίλα μεγέθη, τα οποία εντοπίζονται σε πολλά βακτήρια και περιέχουν μικρό ποσοστό της γενετικής πληροφορίας του κυττάρου (1-2%). Ένα βακτήριο μπορεί να μην περιέχει πλασμίδια, είτε να περιέχει ένα ή και περισσότερα πλασμίδια. Τα πλασμίδια αντιγράφονται ανεξάρτητα από το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου και περιέχουν διάφορα γονίδια. Μεταξύ των γονιδίων που εντοπίζονται στα πλασμίδια υπάρχουν ορισμένα που προσδίδουν στα βακτήρια που τα φέρουν ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά και άλλα που σχετίζονται με τη μεταφορά γενετικής πληροφορίας από βακτήριο σε βακτήριο. Εξάλλου μέρος των πλασμιδίων είναι επιπλέον δυνατή η μεταφορά γενετικής πληροφορίας από πλασμίδιο σε πλασμίδιο ή και από πλασμίδιο στο κύριο βακτηριακό DNA.

**Στ.** Η μελέτη των χρωμοσωμάτων είναι δυνατή σε κύτταρα που διαιρούνται. Δεδομένου ότι ο κυτταρικός τύπος 2 βρίσκεται ήδη μετά την αντιγραφή του DNA του, αποτελεί τον πλέον κατάλληλο προς αυτό τον σκοπό. Τα διαδοχικά βήματα που επιτελούνται για την απεικόνιση των χρωμοσωμάτων ενός ατόμου είναι:

- Απομόνωση σωματικών κυττάρων, τα οποία πρέπει να βρίσκονται στη φάση της μίτωσης. Τα κύτταρα αυτά μπορεί να προέρχονται:
  1. είτε από ιστούς που διαιρούνται φυσιολογικά,
  2. είτε από καλλιέργειες κυττάρων, στις οποίες επάγεται in vitro η κυτταρική διαίρεση με τη χρήση ουσιών που έχουν μιτογόνο δράση (επάγουν τη μίτωση).
- Αναστολή (παύση) της κυτταρικής διαίρεσης στη μετάφαση με τη χρήση κατάλληλων ουσιών. Το βήμα αυτό πραγματοποιείται προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των κυττάρων που βρίσκονται στη μετάφαση.
- Επάση των κυττάρων σε υποτονικό διάλυμα ώστε να σπάσει η κυτταρική μεμβράνη και να ελευθερωθούν τα χρωμοσώματα.
- Μεταφορά των χρωμοσωμάτων σε ειδική γυάλινη πλάκα (αντικειμενοφόρος), η οποία είναι κατάλληλη για παρατήρηση των χρωμοσωμάτων στο μικροσκόπιο.
- Χρώση των χρωμοσωμάτων με ειδικές χρωστικές και παρατήρησή τους σε οπτικό μικροσκόπιο.



## ΟΣΒΑΛΝΤ ΤΕΟΝΤΟΡ ΕΪΒΕΡΙ (1877-1955)

Θεωρείται πατέρας της ανοσοχημείας και ένας από τους πρωτοπόρους μοριακούς βιολόγους. Ο καναδικής καταγωγής (γεννήθηκε στο Χάλιφαξ της Νέας Σκωτίας) Αμερικανός επιστή-



μονας μαζί με τους συναδέλφους του Κόλιν Μακλέοντ και Μακλίν Μακάρθι εργάστηκαν πάνω στις μελέτες του Φρέντερικ Γκρίφιθ για την αναπαραγωγή και τον μετασχηματισμό των βακτηρίων και το 1944 κατέληξε μαζί τους στην επαναστατική διαπίστωση ότι η μοριακή βάση για τη διαβίβαση των γενετικών πληροφοριών είναι το δεσοξυριβονουκλεϊνικό οξύ, το DNA. Εργαστηριακά και κλινικά (νοσοκομείο Ινστιτούτου Ροκφέλερ της Νέας Υόρκης), ο Έιβερι με οδήγη τις γενετικές ανακαλύψεις του ασχολήθηκε με τη μελέτη των λοιμογόνων νόσων. Κύρια αντικείμενά του οι πνευμονόκοκκοι και οι ασθένειες της φυματίωσης και της πνευμονίας. Στο εργαστήριο Hoagland του Μπρούκλιν αφιέρωσε χρόνια για την παρασκευή ανοσοποιητικών αντιγόνων, αναστολέων ενζύμων και θεραπευτικών ορών. Αργότερα εγκαταστάθηκε κοντά στην οικογένεια του αδελφού του, στο Νάσβιλ του Τεννεσί, όπου πέθανε.



## Σεμινάρια επιμόρφωσης εκπαιδευτικού προσωπικού

Η διοργάνωση σεμιναρίων έχει στόχο την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα κυρίως διδακτικών προσεγγίσεων του γνωστικού τους αντικείμενου.

Το περιεχόμενο των σεμιναρίων για κάθε μάθημα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Ανάληψη της διδακτέας ύλης του εν λόγω μαθήματος
- Διαδραστική επεξεργασία της θεωρίας και των ασκήσεων μέσω του διαλόγου και της ανταλλαγής απόψεων και σχολιασμών