

## Γονιδιακή ρύθμιση

### 1. Εντοπίστε δύο διαφορές στον έλεγχο της γονιδιακής έκφρασης ανάμεσα στους προκαρυωτικούς και στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.

- A. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους προκαρυωτικούς οργανισμούς γίνεται κυρίως στο επίπεδο της μεταγραφής, ενώ ο έλεγχος της ρύθμισης στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς είναι πολύ πιο πολύπλοκος και γίνεται σε τέσσερα επίπεδα: κατά τη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, κατά τη μετάφραση και μετά τη μετάφραση.
- B. Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς τα γονίδια των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό οργανώνονται σε οπερόνια και αποτελούν μια μονάδα που υπόκειται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους, ενώ στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς τα γονίδια δεν οργανώνονται σε οπερόνια, αλλά καθένα ρυθμίζεται ανεξάρτητα.

### 2. Τι είναι το οπερόνιο; Σε ποιους οργανισμούς συναντάται;

Στο γονιδίωμα των προκαρυωτικών οργανισμών τα γονίδια των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο, αποτελούν μια μονάδα και υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους. Η μονάδα αυτή ονομάζεται οπερόνιο. Εκτός από τα γονίδια των ενζύμων (δομικά γονίδια) στο οπερόνιο συμπεριλαμβάνονται δύο ρυθμιστικές αλληλουχίες, ο χειριστής και ο υποκινητής, καθώς και ένα ρυθμιστικό γονίδιο, που συνθέτει μια ρυθμιστική πρωτεΐνη.

### 3. Στο οπερόνιο της λακτόζης ο καταστολέας προσδέεται:

- α. στον υποκινητή
- β. στην αρχή του πρώτου γονιδίου
- γ. στο χειριστή
- δ. στο mRNA
- ε. στο ρυθμιστικό γονίδιο.

Σωστή απάντηση είναι η γ.

### 4. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς η περιοχή του γονιδίου που μεταφράζεται είναι:

- α. το οπερόνιο
- β. ο υποκινητής
- γ. ο χειριστής
- δ. τα εσώνια
- ε. τα εξώνια
- στ. ο καταστολέας.

Σωστή απάντηση είναι η ε.

**5. Τι είναι ο υποκινητής;**

- α. περιοχή στην οποία προσδένεται ο καταστολέας**
- β. περιοχή που προσδένεται η RNA πολυμεράση**
- γ. γονίδιο που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη καταστολέα**
- δ. ένα δομικό γονίδιο**
- ε. ένα οπερόνιο.**

Σωστή απάντηση είναι η β.

**6. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης είναι πιο πολύπλοκη στους πολυκύτταρους οργανισμούς επειδή:**

- α. τα ευκαρυωτικά κύτταρα είναι πολύ μικρότερα**
- β. σε έναν πολυκύτταρο οργανισμό τα διάφορα κύτταρα εξειδικεύονται σε διαφορετικές λειτουργίες**
- γ. το περιβάλλον γύρω από έναν πολυκύτταρο οργανισμό αλλάζει συνεχώς**
- δ. οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν λιγότερα γονίδια, γι' αυτό κάθε γονίδιο πρέπει να έχει περισσότερες από μία λειτουργίες**
- ε. τα γονίδια των ευκαρυωτικών οργανισμών κωδικοποιούν πρωτεΐνες.**

**Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι η σωστή; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.**

Η σωστή πρόταση είναι η β. Στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού διαφοροποιούνται και εξειδικεύονται, για να εκτελέσουν επιμέρους λειτουργίες. Τα κύτταρα όπως τα νευρικά, τα μυϊκά, τα ηπατικά, διαφέρουν στη δομή και τη λειτουργία τους, μολονότι έχουν όλα το ίδιο γενετικό υλικό. Τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού έχουν αναπτύξει μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να εκφράζουν τη γενετική τους πληροφορία επιλεκτικά και να ακολουθούν μόνο τις οδηγίες που χρειάζονται κάθε χρονική στιγμή. Κάθε κυτταρικός τύπος έχει εξειδικευμένη λειτουργία και πρέπει να υπάρχει πλήρης συντονισμός των λειτουργιών όλων των κυττάρων. Γι' αυτό, η τελειοποίηση των συστημάτων ελέγχου είναι αναγκαία και λόγω της μεγαλύτερης πολυπλοκότητας των ευκαρυωτικών κυττάρων, αλλά και επειδή πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών. Κατά συνέπεια, η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στα ευκαρυωτικά κύτταρα γίνεται σε πολλά επίπεδα: κατά τη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, κατά τη μετάφραση και μετά τη μετάφραση.

**7. Τα κύτταρα του ήπατος, του δέρματος και τα μυϊκά κύτταρα είναι διαφορετικά επειδή:**

- α. υπάρχουν διαφορετικά είδη γονιδίων στα κύτταρα**
- β. βρίσκονται σε διαφορετικά όργανα**
- γ. διαφορετικά γονίδια λειτουργούν σε κάθε είδος κυττάρου**
- δ. περιέχουν διαφορετικούς αριθμούς γονιδίων**
- ε. διαφορετικές μεταλλάξεις έχουν συμβεί σε κάθε είδος κυττάρου.**

**Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι η σωστή;**

Η σωστή πρόταση είναι η γ.

**8. Σε στέλεχος του βακτηρίου *E.coli* δε λειτουργεί το γονίδιο που παράγει τον καταστολέα του οπερόνιου της λακτόζης. Ποιο είναι το αποτέλεσμα σε σχέση με την παραγωγή των ενζύμων που μεταβολίζουν τη λακτόζη όταν το βακτήριο αναπτύσσεται:**

**α. παρουσία λακτόζης**

**β. απουσία λακτόζης.**

Ο καταστολέας του οπερόνιου της λακτόζης έχει την ιδιότητα να προσδένεται ισχυρά στον υποκινητή και να εμποδίζει την RNA πολυμεράση να αρχίσει τη μεταγραφή των δομικών γονιδίων του οπερόνιου, με αποτέλεσμα να μην παράγονται τα ένζυμα που μεταβολίζουν τη λακτόζη. Όταν το ρυθμιστικό γονίδιο που παράγει τον καταστολέα λειτουργεί κανονικά και στο θρεπτικό υλικό του βακτηρίου δεν υπάρχει γλυκόζη, αλλά λακτόζη, ο ίδιος ο δισακχαρίτης προσδένεται στον καταστολέα και δεν του επιτρέπει να προσδεθεί στο χειριστή. Τότε η RNA πολυμεράση είναι ελεύθερη να αρχίσει τη μεταγραφή, οπότε τα δομικά γονίδια εκφράζονται και συνθέτουν τα ένζυμα που μεταβολίζουν τη λακτόζη.

Στην περίπτωση που δε λειτουργεί το ρυθμιστικό γονίδιο που παράγει τον καταστολέα, και εφόσον από το θρεπτικό υλικό απουσιάζει η γλυκόζη, ο χειριστής του οπερόνιου θα είναι προφανώς ελεύθερος, η RNA πολυμεράση θα προσδένεται στον υποκινητή, τα δομικά γονίδια θα μεταγράφονται και θα μεταφράζονται και τα ένζυμα που μεταβολίζουν τη λακτόζη θα παράγονται συνεχώς, ανεξάρτητα από την παρουσία (α) ή απουσία (β) λακτόζης στο θρεπτικό υλικό του συγκεκριμένου στελέχους του βακτηρίου *E.coli*.

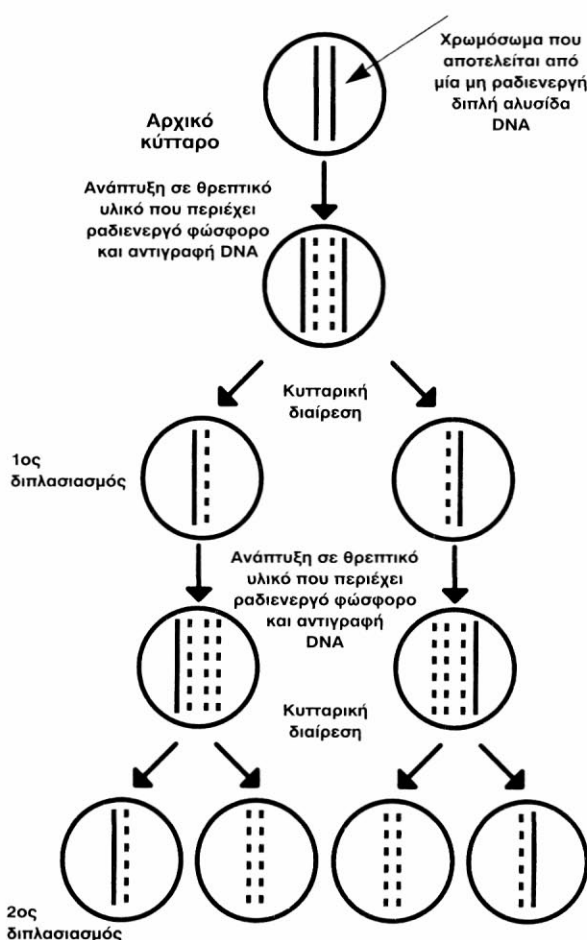
## Κεφάλαιο 2

### Αντιγραφή, έκφραση και ρύθμιση της γενετικής πληροφορίας

#### Αντιγραφή του DNA και έκφραση της γενετικής πληροφορίας

1. Ένα κύτταρο που περιέχει ένα μόνο χρωμόσωμα τοποθετείται σε θρεπτικό υλικό που περιέχει ραδιενεργό φώσφορο. Έτσι κάθε νέος κλώνος DNA που συντίθεται κατά την αντιγραφή του DNA θα είναι ραδιενεργός. Το κύτταρο αντιγράφει το DNA του και μετά διαιρείται. Τα θυγατρικά κύτταρα που βρίσκονται ακόμη στο ραδιενεργό θρεπτικό μέσο αντιγράφουν το DNA τους και διαιρούνται για άλλη μια φορά, οπότε έχουμε συνολικά τέσσερα κύτταρα. Σχεδιάστε το DNA σε κάθε ένα από τα 4 κύτταρα, παριστάνοντας το μη ραδιενεργό DNA με μια συνεχή γραμμή και το ραδιενεργό με διακεκομμένη γραμμή.

Ο μηχανισμός αντιγραφής του DNA είναι ημισυντηρητικός. Το κύτταρο αρχικά αντιγράφει το DNA του, σχηματίζοντας δύο νέα μόρια DNA και στη συνέχεια διαιρείται. Τα δύο νέα μόρια DNA αποτελούνται από μία μητρική αλυσίδα (συνεχής γραμμή) και μία θυγατρική ραδιενεργή αλυσίδα (διακεκομμένη γραμμή). Κατά την διαίρεση κάθε κύτταρο παίρνει από ένα νέο υβριδικό μόριο. Τα θυγατρικά κύτταρα αντιγράφουν πάλι το DNA τους και κατά τη διαίρεση δίνουν τελικά τέσσερα κύτταρα. Στα δύο από αυτά το DNA αποτελείται από δύο ραδιενεργές αλυσίδες, ενώ στα άλλα δύο από υβριδικά μόρια (ραδιενεργό και μη ραδιενεργό).



**2. Για ποιο λόγο είναι απαραίτητο το ξετύλιγμα της έλικας του DNA πριν από την αντιγραφή; Ποιο είναι το ένζυμο που βοηθάει στο ξετύλιγμα;**

Για να αρχίσει η αντιγραφή του DNA, είναι απαραίτητο να ξετυλιχθούν στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής οι δύο αλυσίδες και να σπάσουν οι μεταξύ τους υδρογονικοί δεσμοί. Έτσι, μένουν «ελεύθερες» οι αζωτούχες βάσεις τους, ώστε να μπορέσουν να τοποθετηθούν τα νουκλεοτίδια με τις συμπληρωματικές αζωτούχες βάσεις. Τα ένζυμα που βοηθούν στο ξετύλιγμα της έλικας του DNA και στο σπάσιμο των υδρογονικών δεσμών μεταξύ των δύο αλυσίδων ονομάζονται DNA ελικάσες.

**3. Να τοποθετήσετε τα παρακάτω ένζυμα στη σειρά με την οποία συμμετέχουν στο διπλασιασμό του DNA.**

- α. DNA δεσμάση**
- β. DNA πολυμεράση**
- γ. DNA ελικάση.**

Η σειρά με την οποία τα παρακάτω ένζυμα συμμετέχουν στο διπλασιασμό του DNA είναι: γ, β, α.

**4. Ποια από τις παρακάτω πορείες καταλύεται από το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφή;**

- α. RNA → DNA**
- β. DNA → RNA**
- γ. RNA → RNA**
- δ. RNA → πρωτεΐνες**

Η σωστή απάντηση είναι η α.

**5. Αν το 20% των βάσεων ενός δίκλωνου τμήματος βακτηριακού DNA είναι αδενίνη - θυμίνη, ποιο θα είναι το ποσοστό των βάσεων γουανίνη - κυτοσίνη του RNA που μεταγράφεται από αυτό το DNA;**

- α. 20%**
- β. 60%**
- γ. 80%**
- δ. 40%**
- ε. 30%**

Η σωστή απάντηση είναι η γ.

**6. Σε ποια στάδια της ροής της γενετικής πληροφορίας βρίσκει εφαρμογή η συμπληρωματικότητα των βάσεων;**

Γνωρίζουμε ότι η αδενίνη συνδέεται μόνο με τη θυμίνη του DNA ή μόνο με την ουρακίλη του RNA και αντίστροφα, ενώ η κυτοσίνη μόνο με γουανίνη και αντί-

στροφα. Ανάμεσα στην αδενίνη και τη θυμίνη καθώς και ανάμεσα στην αδενίνη και την ουρακίλη σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στη γουανίνη και την κυτοσίνη σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου.

Η συμπληρωματικότητα των βάσεων είναι υπεύθυνη για:

- Τη δομή της διπλής έλικας του DNA
- Την αντιγραφή του DNA
- Τη μεταγραφή του RNA από το DNA
- Την αναγνώριση του κωδικονίου από το αντικωδικόνιο κατά τη μετάφραση
- Την αντίστροφη μεταγραφή των RNA ιών
- Τον αυτοδιπλασιασμό των RNA ιών.

**7. Τμήμα μιας μη κωδικής αλυσίδας βακτηριακού DNA έχει την παρακάτω αλληλουχία βάσεων: 3'- TAC TGC ATA ATG ATT- 5'. Ποια είναι η ακολουθία βάσεων της συμπληρωματικής αλυσίδας DNA; Ποια θα είναι η αλληλουχία των κωδικονίων στο mRNA που μεταγράφεται από αυτή την αλυσίδα; Ποια είναι τα αντικωδικόνια για κάθε κωδικόνιο του RNA; Χρησιμοποιήστε τον πίνακα με το γενετικό κώδικα για να καθορίσετε την ακολουθία των αμινοξέων του πεπτιδίου που θα συντεθεί από το mRNA. Μην παραλείψετε να συμπληρώσετε τα 5' και 3' άκρα των νουκλεϊκών οξέων.**

Συμπληρωματική αλυσίδα DNA: 5'- ATG ACG TAT TAC TAA -3'

mRNA που μεταγράφεται: 5'- AUG ACG UAU UAC UAA- 3'

αντικωδικόνια για κάθε κωδικόνιο του RNA: UAC UGC AUA AUG

αμινοξέα του πεπτιδίου που θα συντεθεί: μεθειονίνη-θρεονίνη-τυροσίνη-τυροσίνη.

Στη συγκεκριμένη αλληλουχία mRNA η τελευταία τριπλέτα είναι κωδικόνιο λήξης.

**8. Να συμπληρώσετε τις βάσεις και τα αμινοξέα στον παρακάτω πίνακα: (Να χρη-**

Δίκλωνη αλυσίδα DNA	5' G TA		AA		3'(κωδική) CT
mRNA			U		U
Αντικωδικόνιο					
Αμινοξέα		λευκίνη		φαινυλαλανίνη	

Δίκλωνη αλυσίδα DNA	5' ATG 3' TAC	CTT GAA	AAT TTA	TTT AAA	TGA 3' (κωδική) ACT 5'
mRNA	5' AUG	CUU	AAU	UUU	UGA 3'
Αντικωδικόνιο	UAC	GAA	UUA	AAA	
Αμινοξέα	μεθειονίνη	λευκίνη	ασπαραγίνη	φαινυλαλανίνη	λήξη

σιμοποιηθεί ο πίνακας με το γενετικό κώδικα, από τον οποίο θα επιλέξετε μόνο ένα κωδικόνιο για κάθε αμινοξύ).

9. Το μόριο της αιμοσφαιρίνης A του ανθρώπου αποτελείται από 4 πολυπεπτιδικές αλυσίδες, δύο α όμοιες μεταξύ τους με 141 αμινοξέα η κάθε μία και δύο β όμοιες μεταξύ τους με 146 αμινοξέα η κάθε μία.

α. Πόσα είδη mRNA είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων;

β. Από πόσες βάσεις αποτελείται η αλληλουχία του mRNA που αντιστοιχεί στις παραπάνω αλυσίδες;

(Δεν υπολογίζεται στο mRNA το κωδικόνιο λήξης).

α. Υπεύθυνα για τη σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων είναι δύο είδη mRNA, ένα για την αλυσίδα α και ένα για την αλυσίδα β.

β. Το mRNA για τη σύνθεση της αλυσίδας α περιέχει  $141 \times 3 = 423$  νουκλεοτίδια και το mRNA για τη σύνθεση της αλυσίδας β περιέχει  $146 \times 3 = 438$  νουκλεοτίδια, επειδή μία τριάδα νουκλεοτιδίων του mRNA κωδικοποιεί ένα αμινοξύ. Δεν υπολογίζεται στο mRNA το κωδικόνιο λήξης. Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι το mRNA έχει τις 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές, οι οποίες επίσης δεν υπολογίζονται στον αριθμό των νουκλεοτιδίων.

10. Από πρόδρομα ερυθρά αιμοσφαίρια απομονώνουμε mRNA που κωδικοποιεί τη β-αλυσίδα της αιμοσφαιρίνης A και το βάζουμε σε εκχύλισμα βακτηριακών κυττάρων. Παρατηρούμε σύνθεση β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης. Εξηγήστε το φαινόμενο.

(Το εκχύλισμα κυττάρων περιέχει όλα τα λειτουργικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης).

Οι γενετικές πληροφορίες του DNA των πρόδρομων ερυθρών αιμοσφαιρίων για τη σύνθεση των β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης A έχουν μεταγραφεί στο αντίστοιχο mRNA. Η μετάφραση του mRNA, δηλαδή η αντιστοίχιση των κωδικονίων σε αμινοξέα και η διαδοχική σύνδεση των αμινοξέων σε πολυπεπτιδική αλυσίδα, πραγματοποιείται στα ριβοσώματα με τη βοήθεια των tRNA και με τη συμμετοχή αρκετών ενζύμων και ενέργειας. Τα ριβοσώματα δεν είναι εξειδικευμένα συστατικά της μεταφραστικής μηχανής και με αυτή την έννοια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θέση μετάφρασης για οποιοδήποτε mRNA. Επιπλέον, ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν καθολικός με συνέπεια πρακτικά όλοι οι οργανισμοί να έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα. Αυτό εξηγεί γιατί στο εκχύλισμα των βακτηριακών κυττάρων παρατηρούμε σύνθεση β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης.

11. Συμπληρώστε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

α. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από ..... διαφορετικά είδη αμινοξέων, τα οποία είναι τοποθετημένα σε .....

β. Μία ..... είναι μια σειρά τριών βάσεων στο μόριο του DNA. Κωδικο-

ποιεί ένα .....

- γ. Η πρωτεϊνοσύνθεση πραγματοποιείται σε δομές του κυτταροπλάσματος που ονομάζονται .....
  - δ. Ένα μόριο ..... είναι «αντίγραφο» τμήματος του ..... και μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από τον πυρήνα στα .....
  - ε. Η αλληλουχία των ..... στο ..... καθορίζει την ακολουθία των ..... στην πρωτεΐνη.
- α. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από είκοσι διαφορετικά είδη αμινοξέων, τα οποία είναι τοποθετημένα σε συγκεκριμένη σειρά.
  - β. Μία τριπλέτα είναι μια σειρά τριών βάσεων στο μόριο του DNA. Κωδικοποιεί ένα αμινοξύ.
  - γ. Η πρωτεϊνοσύνθεση πραγματοποιείται σε δομές του κυτταροπλάσματος, που ονομάζονται ριβοσώματα.
  - δ. Ένα μόριο mRNA είναι «αντίγραφο» τμήματος του DNA και μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από τον πυρήνα στα ριβοσώματα.
  - ε. Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων (βάσεων) στο DNA καθορίζει την ακολουθία των αμινοξέων στην πρωτεΐνη.