

ΕΝΟΤΗΤΑ 15: Γενετική Μηχανική

15.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Χιλιάδες χρήσιμα για τον άνθρωπο προϊόντα είναι σήμερα δημιουργήματα της Γενετικής Μηχανικής, της επιστήμης που ασχολείται με την επεξεργασία του γενετικού υλικού.

Γενετική Μηχανική είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή κάποιων σύγχρονων τεχνικών της Μοριακής Βιολογίας που επιτρέπουν την απομόνωση, χαρακτηρισμό, ανασυνδυασμό και εισαγωγή τμημάτων DNA από οποιοδήποτε κύτταρο ή **οργανισμό-δότη** σε άλλο **οργανισμό-δέκτη**. Γονίδια (τμήματα DNA) από διαφορετικά είδη οργανισμών μεταφέρονται σε δοκιμαστικούς σωλήνες και, αφού επιτευχθεί η συνένωσή τους, σχηματίζουν το **ανασυνδυασμένο DNA** που μεταφέρεται σε ζωντανά κύτταρα στα οποία αντιγράφεται και εκφράζεται η γενετική πληροφορία που περιέχει.

Το γνωστό μας βακτήριο *E. coli* χρησιμοποιείται συχνά ως ο ξενιστής του ανασυνδυασμένου DNA, γιατί μπορεί εύκολα να καλλιεργηθεί και να πολλαπλασιασθεί. Η βιοχημεία του, επίσης, είναι σχεδόν απόλυτα γνωστή.

Η Γενετική Μηχανική έχει δημιουργήσει μια επανάσταση στη **βιοτεχνολογία**. Σήμερα, η βιοτεχνολογία χρησιμοποιεί τους ζωντανούς οργανισμούς για την παραγωγή πολλών και διαφορετικών προϊόντων, όπως τροφίμων, αντιβιοτικών και εμβολίων. Η πανάρχαια πρακτική της χρησιμοποίησης μικροοργανισμών για την παραγωγή οινοπνευματωδών ποτών και τυριού, δεν είναι τίποτε άλλο παρά έμπρακτο παράδειγμα βιοτεχνολογίας.

Στον πίνακα 15.1 φαίνονται οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας σε διάφορους τομείς.

Πίνακας 15.1 Εφαρμογές της βιοτεχνολογίας

Τομέας	Προϊόντα - Υπηρεσίες
Τρόφιμα	Γαλακτοκομικά προϊόντα, ψάρια, κρέατα, νέα τρόφιμα. Άμυλο, σιρόπια. Προσθετικά τροφίμων: χρώμα, άρωμα, συντηρητικά. Ζυμομύκητες (μαγιά). Βιταμίνες, αμινοξέα.
Γεωργία	Ζωοτροφές, γεωργικά φάρμακα, αζωτοδεσμευτικά εμβόλια, ανοσοποιητικά εμβόλια κ.ά.
Χημεία	Οργανικά οξέα, αλκοόλες, κετόνες, ένζυμα, πολυμερή, αρωματοποιία, καθαρισμός μετάλλων.
Φαρμακευτική	Αντιβιοτικά, διαγνωστικά μέσα, αναστολείς ενζύμων, εμβόλια, στεροειδή.
Ζυμώσεις	Ζυθοποιία, οινοποιία, αποσταγμένα οινοπνευματώδη ποτά, αρτοποιία.
Ενέργεια	Βιομάζα, αιθανόλη, μεθάνιο.
Βιομηχανικές υπηρεσίες	Διαχείριση (καθαρισμός) βιομηχανικών αποβλήτων και οικιστικών λυμάτων, βιολογικός καθαρισμός νερού, διάσπαση πετρελαιοκηλίδων κ.ά.

15.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΑΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ DNA

Η βιοτεχνολογία στηρίζεται κυρίως σε τεχνικές καλλιέργειας και ανάπτυξης των μικροοργανισμών και σε **τεχνικές ανασυνδυασμένου DNA**. Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιοτεχνολογικές εφαρμογές καθώς χαρακτηρίζονται από ταχύτατο ρυθμό πολλαπλασιασμού και μπορούν να αναπτυχθούν σε ποικιλία θρεπτικών υποστρωμάτων. Σε κατάλληλες συνθήκες διάφορες καλλιέργειες μικροοργανισμών μπορούν να παράγουν μεγάλη ποικιλία σημαντικών ποσοτήτων επιθυμητών προϊόντων. Η απομόνωση των παραπάνω προϊόντων είναι σχετικά εύκολη, καθώς η πλειοψηφία τους παράγεται εξωκυτταρικά, εκκρίνεται δηλαδή στο θρεπτικό υλικό της καλλιέργειας.

Με την τεχνική της Γενετικής Μηχανικής μεταφέρονται τμήματα DNA ενός κυττάρου, που ρυθμίζουν ορισμένους επιθυμητούς χαρακτήρες, σε ένα άλλο κύτταρο, στου οποίου το γενετικό υλικό ενσωματώνονται. Έτσι, παράγεται ένα καινούργιο τεχνητό μόριο, το ανασυνδυασμένο DNA. Οι τεχνικές ανασυνδυασμένου DNA χρησιμοποιούνται στην κλωνοποίηση γονιδίων (παραγωγή πολλών αντιγράφων ενός γονιδίου), στη γενετική τροποποίηση των οργανισμών και γενικά για την ανάπτυξη ποικίλων τεχνικών της Μοριακής Βιολογίας.

Επειδή το μόριο του DNA είναι υπερβολικά μεγάλο και περιλαμβάνει πολλά γονίδια, παρουσιάζει εξαιρετικές δυσκολίες στην απομόνωση και τον πειραματικό χειρισμό του. Ο τεμαχισμός του, όμως, με ειδικά ένζυμα, τις **περιοριστικές ενδονουκλεάσες**, διευκολύνει κατά πολύ την εργαστηριακή επεξεργασία του. Αυτά τα ένζυμα δείχνουν μεγάλη εξειδίκευση και κόβουν το DNA σε περιοχές καθορισμένης αλληλουχίας και έτσι μπορούν να τεμαχίσουν ένα μεγάλο μόριο DNA, που περιέχει πάρα πολλά γονίδια, με ακρίβεια, σε μικρά κομμάτια που περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα γονίδια και είναι ευκολότερα στον πειραματικό χειρισμό.

Η πρόσδεση ενός ή περισσοτέρων γονιδίων σ' ένα μόριο DNA που παίζει το ρόλο του μεταφορέα και μπορεί να πολλαπλασιάζεται αυτόνομα, όταν εισαχθεί σε ένα κατάλληλο κύτταρο-ξενιστή, αποτελεί τη βάση της «κλωνοποίησης του DNA». Όταν ο μεταφορέας ενωθεί με το γονίδιο, τότε σχηματίζεται το **χμαιορικό DNA**, που πήρε την ονομασία του από τη Χίμαιρα, το τέρας της ελληνικής μυθολογίας με κεφάλι λιονταριού, σώμα κασίτσας και ουρά φιδιού. Η συγκόλληση των γονιδίων με το φορέα μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες τεχνικές (εδώ είναι σημαντικός ο ρόλος των ενζύμων **DNA-λιγασών** που χρησιμοποιούνται στη «συρραφή» των τμημάτων). Στη συνέχεια, το χμαιορικό DNA εισάγεται στο κύτταρο-ξενιστή, όπου πολλαπλασιάζεται μαζί του. Με αυτό τον τρόπο το αρχικό γονίδιο κλωνοποιείται. Ο όρος **κλωνοποίηση** αναφέρεται στην κατασκευή μεγάλου αριθμού πανομοιότυπων μορίων, κυττάρων ή οργανισμών. Επομένως, η κλωνοποίηση του DNA επιτρέπει σε ένα γονίδιο να αναπαράγεται και στη συνέχεια να απομονώνεται σε ικανές ποσότητες για εργαστηριακές αναλύσεις. Αναπαραγωγή του DNA σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να γίνει και με την **αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης** (Polymerase Chain Reaction, PCR).

Γενετικά στοιχεία που συνήθως χρησιμοποιούνται ως «μεταφορείς» κλωνοποιημένου DNA είναι τα μικροβιακά πλασμίδια - μικρά κυκλικά μόρια DNA - μεγέθους μόνο μερικών χιλιάδων βάσεων, δηλαδή, πολύ μικρότερα από το βακτηριακό χρωματόσωμα. Χρησιμοποιώντας το χαρακτηριστικό «κόψιμο και ράψιμο» με ένζυμα που αναφέρθηκαν πιο πάνω,

οι επιστήμονες μπορούν να εισάγουν γονίδια από έναν οργανισμό μέσα σε ένα **βακτηριακό πλασμίδιο**, και έπειτα να εισάγουν το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο μέσα σε ένα ζωντανό οργανισμό, στον οποίο θα κατευθύνει τη σύνθεση της επιθυμητής πρωτεΐνης.

Οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στην ιατρική περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την παραγωγή σε ευρεία κλίμακα ευαίσθητων διαγνωστικών ουσιών όπως τα **μονοκλωνικά αντισώματα** (αντισώματα που παράγονται από έναν κλώνο Β-λεμφοκυττάρων και έχουν εξειδίκευση για ένα μόνο τύπο αντιγόνου), αποτελεσματικών εμβολίων και φαρμακευτικών προϊόντων, ανθρώπινης ινσουλίνης από γενετικά τροποποιημένα βακτήρια, ιντερφερόνης, αυξητικής ορμόνης κ.ά.

Τα τελευταία χρόνια ένας νέος τομέας της βιοτεχνολογίας, η **γονιδιακή θεραπεία**, αναπτύσσεται ταχύτατα. Η γονιδιακή θεραπεία στηρίζεται στην εφαρμογή της τεχνολογίας του ανασυνδυασμένου DNA στη θεραπεία πολλών σοβαρών γενετικών ασθενειών, όπως διάφοροι τύποι καρκίνου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η Γενετική Μηχανική δίνει τη δυνατότητα προσθήκης νέων γονιδίων απευθείας στον οργανισμό. Καθιστά συνεπώς δυνατή σε σύντομο χρονικό διάστημα τη δημιουργία γενετικά τροποποιημένων, **διαγονιδιακών** φυτών και ζώων που έχουν τους επιθυμητούς χαρακτηριστές, όπως, για παράδειγμα, ανθεκτικότητα σε ασθένειες. Διαγονιδιακοί οργανισμοί είναι οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί που έχουν δημιουργηθεί με τεχνικές Γενετικής Μηχανικής και περιέχουν γονίδια από άλλο οργανισμό, συνήθως διαφορετικού είδους. Παράλληλα, η ανάπτυξη των τεχνικών κλωνοποίησης ευνόησε σημαντικά τον πολλαπλασιασμό των διαγονιδιακών αυτών οργανισμών. Είναι προφανές, λοιπόν, η συμβολή της Γενετικής Μηχανικής στην ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας.

Συνοπτικά, η ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας εστιάζεται σήμερα σε τρεις βασικούς τομείς, δηλαδή:

- **Παραγωγή ουσιών** από βακτήρια, όπως ανθρώπινης ιντερφερόνης, ινσουλίνης και αυξητικής ορμόνης. Για την παραγωγή αυτών των ουσιών χρησιμοποιούνται απλά βακτήρια, όπως είναι η *E. coli*. Διάφορες άλλες χημικές ουσίες συμπεριλαμβανομένων και ενζύμων παράγονται με τον ίδιο τρόπο.
- **Τροποποίηση φυτών** τα οποία διαφοροποιούν την αντίδρασή τους σε αλλαγές του περιβάλλοντος, ασθένειες και ζιζανιοκτόνα. Για παράδειγμα, οι ντομάτες αποκτούν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στους παρσιτικούς μύκητες, όταν προστεθούν χιτινάσες στο γονιδίωμα τους. Οι χιτινάσες είναι ένζυμα που διασπούν τη χιτίνη η οποία είναι βασικό συστατικό του τοιχώματος των μυκήτων. Ορισμένα ζιζανιοκτόνα σκοτώνουν όλα τα φυτά, αλλά στα φυτά καλλιέργειας ενσωματώνονται γονίδια που προσδίδουν ανθεκτικότητα στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο που θα χρησιμοποιηθεί.
- **Ταυτοποίηση DNA**. Επειδή το γονιδίωμα του κάθε ανθρώπου είναι μοναδικό, μπορούν να λαμβάνονται δείγματα DNA από τη σκηνή ενός εγκλήματος και να συγκρίνονται με το DNA του υπόπτου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την διαλεύκανση πολλών εγκλημάτων.

Στο πολύ σύντομο μέλλον, λόγω της ραγδαίας εξέλιξης του κλάδου, δεν μπορούν να αποκλειστούν και άλλες «εκπλήξεις» που δυνατόν να μας επιφυλάσσει η βιοτεχνολογία.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την προσθήκη ξένων γονιδίων στα βακτήρια αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και άνοιξαν κυριολεκτικά το δρόμο στην επανάσταση της βιοτεχνολογίας.

Το πρώτο προϊόν της σύγχρονης βιοτεχνολογίας ήταν η ορμόνη **ινσουλίνη**. Αρχικά, η ινσουλίνη, που είναι απαραίτητη για τα άτομα που πάσχουν από διαβήτη, λαμβανόταν από το πάγκρεας βοοειδών και γουρουνιών. Υπήρχε, όμως η υποψία πως η συνεχιζόμενη χορήγησή της στους ασθενείς προκαλούσε τελικά ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως, για παράδειγμα, αλλεργίες, επειδή η ζωική ινσουλίνη είναι διαφορετική από την ανθρώπινη.

Το 1978, κατασκευάστηκε εργαστηριακά το πρώτο ανθρώπινο γονίδιο. Το γονίδιο αυτό είναι υπεύθυνο για την παραγωγή ινσουλίνης και τοποθετήθηκε στο βακτήριο *Escherichia coli*. Σήμερα, η παραγωγή ινσουλίνης και άλλων ουσιών με τη μέθοδο του ανασυνδυασμένου DNA αποτελεί πρακτική ρουτίνας και η μέθοδος, συνοπτικά, περιλαμβάνει τα πιο κάτω (εικόνα 15.1):

- Ο Μοριακός Βιολόγος απομονώνει πλασμίδια από βακτήρια. Τα πλασμίδια είναι μικρά κυκλικά μόρια DNA που είναι ανεξάρτητα από το κύριο γενετικό υλικό του βακτηρίου.
- Στη συνέχεια, από άλλο κύτταρο, απομονώνει το DNA που περιέχει το **γονίδιο ενδιαφέροντος**. Αυτό το κύτταρο μπορεί να είναι βακτήριο, φυτικό, ζωικό ή ανθρώπινο κύτταρο. Το γονίδιο ενδιαφέροντος μπορεί να είναι κάποιο που προσδίδει σε καλλιεργούμενα φυτά αντίσταση κατά ενοχλητικών παρασίτων που περιορίζουν με τη δράση τους τη σοδειά. Μπορεί να είναι ανθρώπινο γονίδιο υπεύθυνο για την παραγωγή μιας πρωτεΐνης, όπως η ινσουλίνη. Για την απομόνωση του γονιδίου χρησιμοποιούνται ειδικά ένζυμα, οι **περιοριστικές ενδονουκλεάσες** που αποκόπτουν το DNA σε συγκεκριμένα σημεία. Τα ένζυμα αυτά ουσιαστικά λειτουργούν ως μοριακά ψαλίδια.
- Ένα μέρος του DNA που περιέχει το γονίδιο, ενσωματώνεται στο πλασμίδιο και έτσι παράγεται το ανασυνδυασμένο DNA. Το πλασμίδιο κόβεται πρώτα σε συγκεκριμένη περιοχή με τη βοήθεια των περιοριστικών ενδονουκλεασών.
- Το πλασμίδιο επανατοποθετείται στο βακτήριο.
- Το γενετικά τροποποιημένο βακτήριο τοποθετείται σε κατάλληλο περιβάλλον (θρεπτική καλλιέργεια), όπου και κλωνοποιείται, δηλαδή πολλαπλασιάζεται. Το κάθε αντίγραφο που παράγεται έχει τον ίδιο γονότυπο με το ανασυνδυασμένο βακτήριο.
- Ανάλογα με το επιζητούμενο αποτέλεσμα γίνεται η επιλογή του γονιδίου που θα ενσωματωθεί στο βακτήριο.

Η εφαρμογή της μεθόδου γνωρίζει σήμερα μια άνευ προηγουμένου ανάπτυξη και πιστεύεται ότι η τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA θα δώσει τεράστια ώθηση στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου.

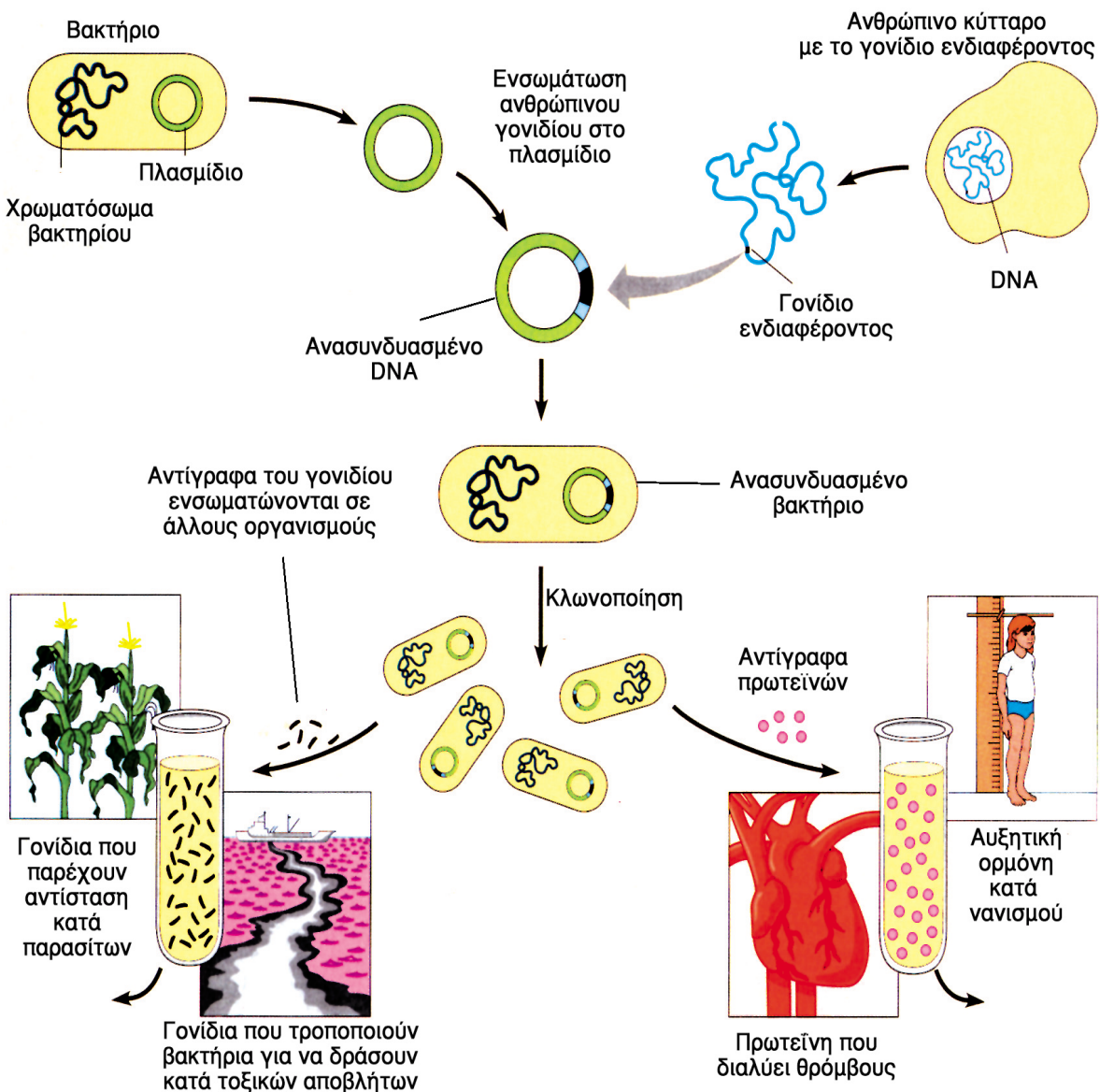
Στην εικόνα 15.1 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα πλασμίδια στη Γενετική Μηχανική.

ΕΝΘΕΤΟ

Το σύνολο των γονιδίων ενός οργανισμού αποτελεί το γονιδίωμά του. Το γονιδίωμα του ανθρώπου αποτελείται από 30 000 περίπου γονίδια, ενώ το γονιδίωμα ενός βακτηρίου περιέχει πολύ λιγότερα γονίδια και ενός ιού ακόμα λιγότερα.

Για να έχουμε μία πιο χειροπιαστή αντίληψη των ανωτέρω διαφορών, αν κάποιος διαβάσει την αλληλουχία των γραμμάτων του DNA με ταχύτητα ενός γράμματος το δευτερόλεπτο, τότε θα τελειώσει το διάβασμα του γονιδιώματος ενός ιού σε 50 περίπου λεπτά, το διάβασμα ενός βακτηριδίου σε 34 περίπου μέρες, ενώ το διάβασμα του γονιδιώματος του ανθρώπου σε 95 περίπου χρόνια.

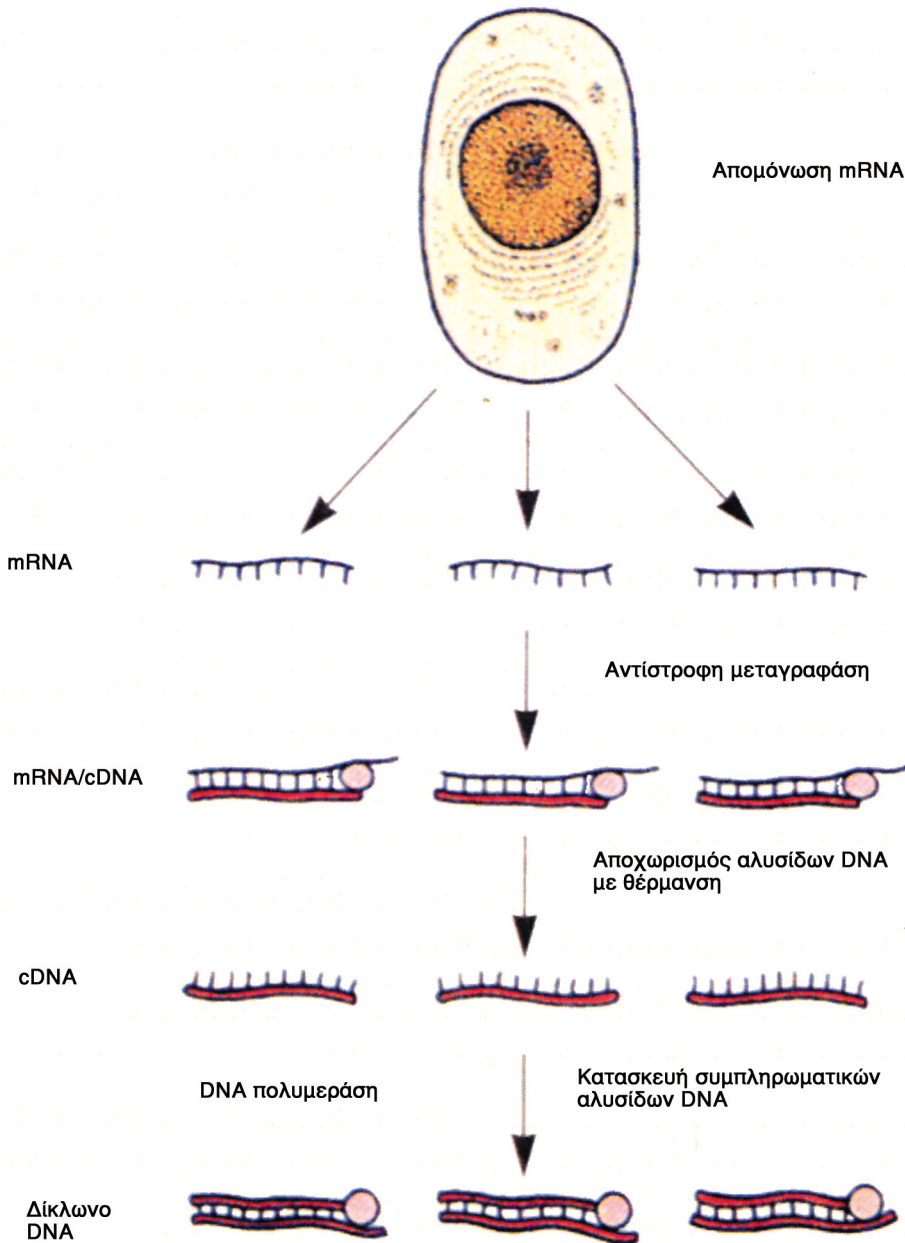
Κάθε ανθρώπινο κύτταρο περιέχει δύο μέτρα DNA τυλιγμένο πολύ σφιχτά στα χρωματοσώματα. Το συνολικό μήκος του DNA όλων των κυττάρων ενός ενήλικα είναι περίπου 20 000 εκατομμύρια χιλιόμετρα, που επαρκεί να καλύψει την απόσταση Γης-Σελήνης 62 500 φορές και αυτή μεταξύ Γης-Ηλίου 140 φορές.



Εικ. 15.1 Εφαρμογές της Τεχνολογίας ανασυνδυασμένου DNA

Η αντίστροφη μεταγραφάση

Η ανακάλυψη και απομόνωση του ενζύμου **αντίστροφη μεταγραφάση** απλοποίησε σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία παραγωγής ανασυνδυασμένου DNA. Τώρα, δεν είναι απαραίτητο να απομονωθεί το ίδιο το τμήμα του DNA που ενδιαφέρει (γονίδιο ενδιαφέροντος) για να ενσωματωθεί στο πλασμίδιο. Το μόνο που χρειάζεται είναι το mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή αυτού του τμήματος. Το συγκεκριμένο mRNA μπορεί εύκολα να απομονωθεί από το κυτταρόπλασμα των κυττάρων που παράγουν την πρωτεΐνη. Από το mRNA, με μια διαδικασία που ονομάστηκε **αντίστροφη μεταγραφή** και που γίνεται με τη βοήθεια του ενζύμου αντίστροφη μεταγραφάση, συντίθεται το DNA που ενδιαφέρει (cDNA δηλαδή συμπληρωματικό DNA). Η διαδικασία αυτή δεν είναι καινούργια για τη φύση αλλά ακολουθείται κατά τον πολλαπλασιασμό ορισμένων ιών (ρετροϊών) με γενετικό υλικό RNA.



Εικ. 15.2 Ο τρόπος δράσης της αντίστροφης μεταγραφάσης

Σήμερα με τη μέθοδο αυτή παράγονται εμβόλια, αντιβιοτικά, ένζυμα απαραίτητα για την έρευνα ή την τεχνολογία αλλά και για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε διάφορους τομείς της καθημερινής ζωής.

ΕΝΘΕΤΟ

cDNA βιβλιοθήκη

Στους ανώτερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς πολλά γονίδια μεταγράφονται σε ορισμένους μόνο κυτταρικούς τύπους, όπως, για παράδειγμα, τα γονίδια των αλυσίδων των αιμοσφαιρινών που εκφράζονται μόνο στα πρόδρομα ερυθροκύτταρα του ανθρώπου. Για την κλωνοποίηση μόνο των γονιδίων που εκφράζονται σε συγκεκριμένα κύτταρα, κατασκευάζονται οι cDNA βιβλιοθήκες οι οποίες περιέχουν αντίγραφα των mRNA όλων των γονιδίων που εκφράζονται στα κύτταρα αυτά και έχουν το πλεονέκτημα απομόνωσης μόνο των αλληλουχιών των γονιδίων που μεταφράζονται σε αμινοξέα, δηλαδή των εξωνίων.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψε τη δημιουργία αυτόματων συστημάτων, που κάνουν δυνατή την ανάλυση της αλληλουχίας των βάσεων ενός τμήματος DNA και οδήγησε στη χαρτογράφηση όλων των γονιδίων του ανθρώπου. Σύντομα, ίσως να είναι δυνατή και η αντικατάσταση μεταλλαγμένων γονιδίων, που προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο, με άλλα φυσιολογικά. Στον πίνακα 15.2 φαίνονται φαρμακευτικές πρωτεΐνες που παράγονται από διαγονιδιακά ζώα.

Πίνακας 15.2 Πρωτεΐνες από διαγονιδιακά ζώα

ΠΡΩΤΕΪΝΗ	Ασθένεια στην οποία χρησιμοποιείται
Ινσουλίνη	Σακχαρώδης διαβήτης
Παράγοντες VIII και IX	Αιμορροφιλία Α και Β
Ενεργοποιητής πλασμινογόνου (tPA)	Θρόμβωση αγγείων, έμφραγμα
Ιντερφερόνες	Καρκίνος
Διαμεμβρανικός ρυθμιστής α ₁ -αντιθρυψίνη (ΑΤΤ)	Κυστική ίνωση
Παράγοντας CD4	Πνευμονικό εμφύσημα
Αυξητική ορμόνη	AIDS
	Αχονδροπλασία

Στον πίνακα 15.3 φαίνονται φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί που έχουν τροποποιηθεί γενετικά για κάποιες ιδιότητες.

Πίνακας 15.3 Γενετικά τροποποιημένοι φυτικοί και ζωϊκοί οργανισμοί

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΑ
Μηλιά	α	Φράουλα	β, θ
Λάχανο	β	Σακχαρότευτλο	β, δ, ε
Βαμβάκι	α, β	Καπνός	α, β, γ, δ, ε, στ, θ
Αγγούρι	δ	Τομάτα	α, β, δ, ε, στ, θ, ι
Κουνουπίδι	δ	Αγελάδα	ζ, ια
Καλαμπόκι	α, β, δ, ε, στ	Αίγα	ζ
Ελαιοκράμβη	α, β, γ, ζ	Γουρούνι	ζ, ια, ιβ
Πατάτα	β, δ, ε, ζ, η	Σολωμός	ια, ιγ
Ρύζι	α, γ, ε	Πρόβατο	ζ
Σόγια	β, ε	Πέστοφα	ια

Τα γράμματα α,β, γ κτλ. στον πίνακα 15.3 παριστάνουν: **α:** τοξίνη που σκοτώνει τα έντομα, **β:** ανοχή στα ζιζανιοκτόνα, **γ:** ανοχή σε αντιβιοτικά, **δ:** ανοχή σε ιούς, **ε:** διαφοροποίηση, **στ:** αντίσταση στους μύκητες, **ζ:** παραγωγή φαρμακευτικών πρωτεϊνών, **η:** ανοχή σε βακτήρια, **θ:** ανοχή στον παγετό, **ι:** καθυστέρηση ωρίμανσης, **ια:** ταχύτερη ανάπτυξη, **ιβ:** γονίδια για ασθένειες και **ιγ:** ανοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες.

15.3 ΤΟ ΠΑΡΟΝ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Στις μέρες μας 600 εκατομμύρια στρέμματα γης παγκοσμίως (στη Β. και στη Ν. Αμερική κυρίως) καλλιεργούνται ήδη με γενετικά τροποποιημένα φυτά. Οι βιοτεχνολογικές καλλιέργειες τείνουν να κυριαρχήσουν και στις πολυπληθέστερες χώρες του κόσμου (Κίνα, Ινδία, Ινδονησία), γεγονός που οφείλεται στην πληθυσμιακή έκρηξη που βιώνουν, καθώς και στην αυξανόμενη ανησυχία για την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων τους με τις παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας.

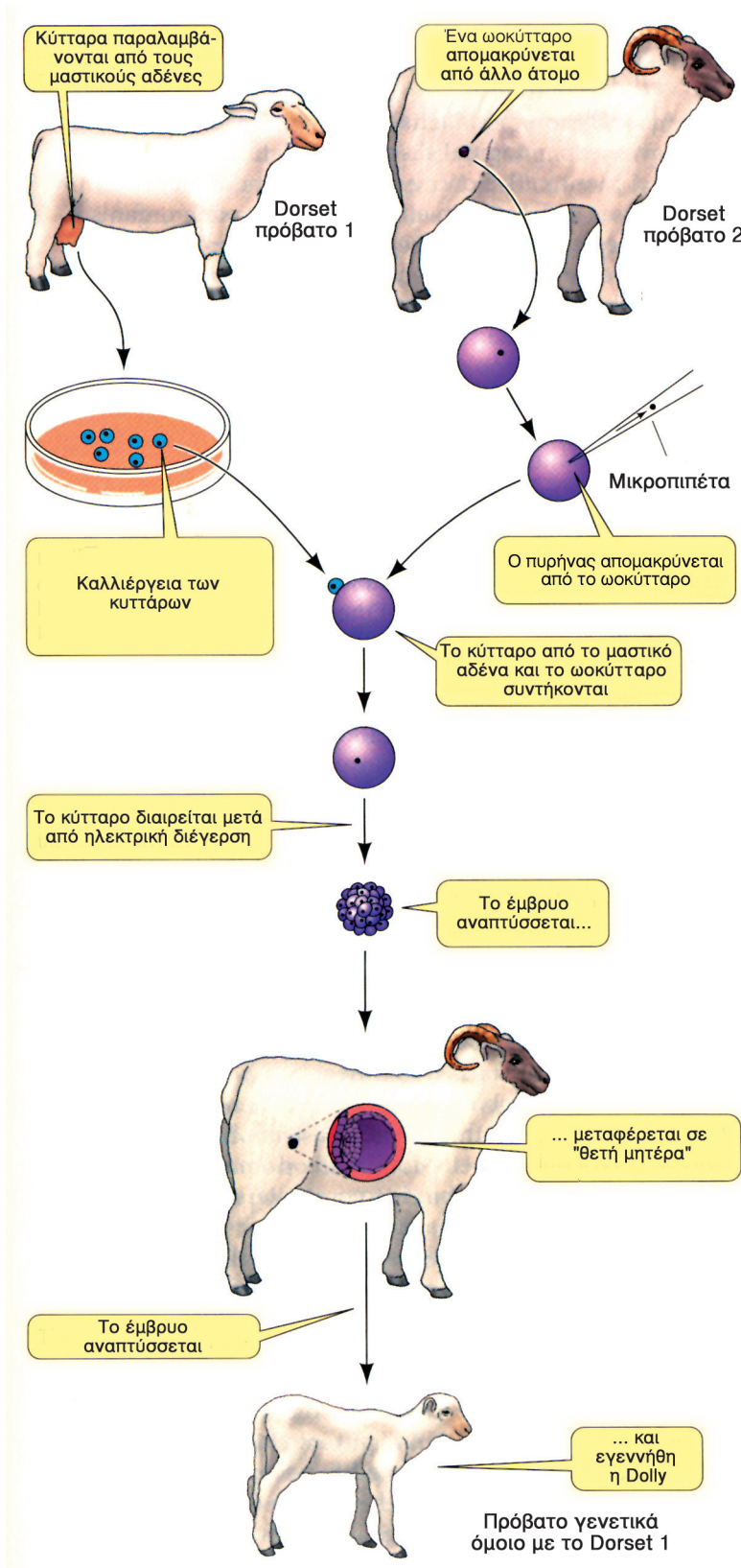
Όπως ήδη έχει αναφερθεί, μεγάλη ποικιλία ζωντανών οργανισμών, κυρίως μικροοργανισμών, χρησιμοποιούνται, επίσης, στη βιομηχανία κατά την παραγωγή αλκοολούχων ποτών, γαλακτοκομικών προϊόντων, ενζύμων και απορρυπαντικών και κατά την επεξεργασία μεταλλευμάτων. Η εξαγωγή μετάλλων, όπως ο χαλκός, το ουράνιο, το κοβάλτιο και ο μόλυβδος, από τα ορυκτά τους, με τη χρησιμοποίηση μικροοργανισμών, επιτρέπει την εκμετάλλευση κοιτασμάτων χαμηλής περιεκτικότητας σε μέταλλα. Με τις παραδοσιακές μεθόδους εξαγωγής μετάλλων είναι απαραίτητη η θέρμανση του ορυκτού σε υψηλές θερμοκρασίες, διαδικασία που αποφεύγεται με τη χρησιμοποίηση μικροοργανισμών. Μειώνεται συνεπώς το ενεργειακό κόστος της εξαγωγής και η εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Τέλος, η ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας συμβάλλει στην εφαρμογή αποτελεσματικών μεθόδων ανακύκλωσης και επεξεργασίας των αστικών λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων (βιολογικός καθαρισμός) και στη διάσπαση με βιολογικό τρόπο των πετρελαιοκηλίδων.

Ωστόσο, η ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας εξαρτάται άμεσα από τη διαθέσιμη προς εκμετάλλευση βιοποικιλότητα η οποία αποτελεί την πρώτη ύλη για κάθε νέα ανακάλυψη και την εφαρμογή της. Η Γενετική Μηχανική μπορεί να "βελτιώσει" τα υπάρχοντα είδη, αλλά δεν μπορεί να δημιουργήσει νέα γονίδια και είδη (απαιτούνται 2.000 - 10.000 γενιές για την εξέλιξη ενός νέου είδους). Αν και οι σύγχρονες δυνατότητες χειρισμού των μορίων και των κυττάρων είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακές, η εργαστηριακή δημιουργία ακόμα και των πιο απλών μορφών ζωής αποτελεί απραγματοποίητο προς το παρόν στόχο. Η ανάπτυξη της επιστημονικής έρευνας και τεχνολογίας δε μας αποζημιώνει για τη συνεχή απώλεια μορφών ζωής, φυτικών, ζωικών κ.ά.

15.4 ΚΛΩΝΟΠΟΙΗΣΗ ΘΗΛΑΣΤΙΚΩΝ

Στην εικόνα 15.3 φαίνεται η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε στη Σκωτία το 1997 για την κλωνοποίηση ενός προβάτου και την παραγωγή ενός άλλου πανομοιότυπου (πρόβατο Dolly)



Εικ. 15.3 Τεχνική παραγωγής του προβάτου Dolly με κλωνοποίηση

ΕΝΘΕΤΟ

Βιοτεχνολογία και Βιοηθική

Βιοηθική είναι το σύνολο των ηθικών κανόνων που προσδιορίζουν τα όρια και τους στόχους των βιοτεχνολογικών εφαρμογών. Τα τελευταία χρόνια οι εξελίξεις στους τομείς της Βιολογίας και της Βιοτεχνολογίας είναι ραγδαίες. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις πιθανές κοινωνικές επιπτώσεις του, επιβάλλει τη θέσπιση δεοντολογικών κανόνων με στόχο τη διαμόρφωση του πλαισίου αξιοποίησης των επιστημονικών επιτευγμάτων.

Η ανάπτυξη της Βιοτεχνολογίας συνοδεύεται από μια σειρά διλημάτων που αφορούν στην ποιότητα ζωής του ανθρώπου και του περιβάλλοντός του. Είναι ασφαλείς για την ανθρώπινη υγεία οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί και πόσο απαραίτητη είναι η σήμανση των προϊόντων που προκύπτουν με τεχνικές Γενετικής Μηχανικής; Πόσο επικίνδυνη για το περιβάλλον είναι η απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών; Ποια είναι τα όρια της εκμετάλλευσης ζωντανών οργανισμών ως επιστημονικά εργαλεία για ερευνητικούς σκοπούς;

Το 1980 το ανώτατο Δικαστήριο των ΗΠΑ παραχώρησε δικαιώματα ευρεσιτεχνίας για ένα βακτήριο που μπορεί να αποικοδομήσει το ακατέργαστο πετρέλαιο. Το 1985 δόθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ένα γενετικά τροποποιημένο φυτό και το 1988 για ένα γενετικά τροποποιημένο ποντίκι. Πόσο επικίνδυνη όμως μπορεί να είναι η οικονομική εκμετάλλευση της πνευματικής ιδιοκτησίας ενός γονιδίου ή ενός οργανισμού;

Με μεθόδους γονιδιακής θεραπείας φυσιολογικά γονίδια αντικαθιστούν τα μεταλλαγμένα γονίδια ενός οργανισμού επιδιορθώνοντας γενετικές βλάβες. Πόσο καθοριστικό όμως ρόλο μπορεί να έχει για τη βιολογική εξέλιξη ανθρώπινων πληθυσμών η επέκταση της γονιδιακής θεραπείας πέρα από τα σωματικά και στα γεννητικά κύτταρα ενός ασθενούς;

Η αποκρυπτογράφηση του ανθρώπινου DNA αποτελεί αναμφισβήτητα σημαντικό σταθμό στην ιστορία της γενετικής έρευνας. Ποιες όμως θα ήταν οι πιθανές συνέπειες από την κοινοποίηση της "γονιδιακής ταυτότητας" των ατόμων; Είναι πιθανό να οδηγηθούμε σε φαινόμενα κοινωνικού αποκλεισμού; Στις μέρες μας είναι δυνατή η προγεννητική διάγνωση γενετικών ασθενειών στα έμβρυα. Είναι σκόπιμο και ηθικά παραδεκτό η δυνατότητα αυτή να χρησιμοποιηθεί και για θέματα που δε σχετίζονται με την υγεία, όπως για παράδειγμα για την επιλογή μορφολογικών χαρακτηριστικών;

Αναμφισβήτητα η ανθρώπινη αξιοπρέπεια και συνολικά τα ανθρώπινα δικαιώματα αποτελούν το κριτήριο της καταλληλότητας οποιασδήποτε εφαρμογής των επιστημονικών δεδομένων. Η σύνταξη σχετικών δεοντολογικών κανόνων προϋποθέτει τη μελέτη των πιθανών συνεπειών της εκάστοτε εφαρμογής.

Το Φεβρουάριο του 1975 στην Καλιφόρνια εκατό Μοριακοί Βιολόγοι πρότειναν ορισμένους περιορισμούς στην έρευνα στον τομέα της Γενετικής Μηχανικής, μέχρι να καθοριστεί με ακρίβεια ο βαθμός επικινδυνότητας των δυνατοτήτων που προσφέρει. Το 1976 συγκροτήθηκε στις ΗΠΑ Συμβουλευτική Επιτροπή με ρόλο τη θέσπιση κανόνων για τη διεξαγωγή πειραμάτων Γενετικής Μηχανικής. Στα χρόνια που ακολούθησαν παρόμοιες επιτροπές συγκροτήθηκαν και στην Ευρώπη, χωρίς

όμως να υπάρχει πάντα ταύτιση στις θέσεις τους.

Στις μέρες μας, στην κατεύθυνση αυτή κινούνται μεγάλοι διεθνείς οργανισμοί, συνασπισμοί και ενώσεις κρατών, μεμονωμένα κράτη και υπηρεσίες αλλά και κοινωνικές ομάδες. Κοινοβούλια, συναθροίσεις, επιτροπές και συμβούλια, κάτω από το γενικότερο τίτλο "Επιτροπή Βιοηθικής", διαπραγματεύονται τα ηθικά, νομικά, κοινωνικά, οικονομικά κ.ά. ερωτήματα που προκύπτουν από τις προόδους της Βιοτεχνολογίας. Κύριος στόχος τους δεν είναι η επιβολή των ορίων του επιτρεπτού ή μη στο ευρύτερο κοινωνικό σύνολο, αλλά η ουσιαστική του ενημέρωση, η πρόκληση διαλόγου και η κατάθεση τεκμηριωμένων απόψεων από πολλές πλευρές.

Το 1997 (Ονιέδο) τα κράτη μέλη του Συμβουλίου της Ευρώπης συνέταξαν Σύμβαση για την "Προστασία των δικαιωμάτων και της αξιοπρέπειας του ανθρώπινου όντος σε σχέση με τις εφαρμογές της Βιολογίας και της Ιατρικής". Σύμφωνα με τη σύμβαση: "Κάθε άτομο έχει το δικαίωμα να γνωρίζει οτιδήποτε αφορά στην υγεία του" (Άρθρο 10) "Απαγορεύεται κάθε είδους διάκριση εναντίον ατόμου με βάση τα κληρονομικά του χαρακτηριστικά" (Άρθρο 11) "Οι εξετάσεις που σχετίζονται με την πρόγνωση γενετικών ασθενειών, χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό ατόμων φορέων γονιδίων υπεύθυνων για γενετικές ασθένειες ή για την ανίχνευση της γενετικής προδιάθεσης για ασθένειες, πρέπει να πραγματοποιούνται μόνο για σκοπούς υγείας ή επιστημονικής έρευνας σχετιζόμενης με θέματα υγείας" (Άρθρο 12)

Το 1998 (Παρίσι) η σύμβαση εμπλουτίστηκε με άρθρα που αφορούν στην ανθρώπινη κλωνοποίηση. Τα κράτη μέλη του Συμβουλίου της Ευρώπης συμφώνησαν ότι:

"Απαγορεύεται οποιαδήποτε παρέμβαση με σκοπό τη δημιουργία ανθρώπινου όντος γενετικά όμοιου με άλλο ανθρώπινο ον, ζωντανό ή νεκρό" (Άρθρο 1).

Στην κατεύθυνση της οριοθέτησης των εφαρμογών των επιτευγμάτων της Βιολογίας η UNESCO διατύπωσε τη "Διακήρυξη για το Ανθρώπινο Γονιδίωμα και τα Ανθρώπινα Δικαιώματα", σύμφωνα με την οποία: "Κάθε άτομο έχει το δικαίωμα σεβασμού της αξιοπρέπειάς του ανεξάρτητα από τα γενετικά του χαρακτηριστικά". "Η ενημέρωση, για τα αποτελέσματα γενετικών εξετάσεων και των επακόλουθων συνεπειών, επαφίεται στην ελεύθερη βούληση του κάθε εξεταζόμενου"

Τέλος, σύμφωνα με τη διακήρυξη της UNESCO: "Καμία έρευνα ή έρευνα των εφαρμογών που αφορούν στο ανθρώπινο γονιδίωμα δεν μπορεί να υπερισχύσει των θεμελιωδών ελευθεριών και της αξιοπρέπειας του ατόμου" (Άρθρο 10).

Το γονίδιο της γήρανης και η παρατεταμένη νεότητα

Οι άνθρωποι από αιώνες ψάχνουν το ελιξίριο της νεότητας. Προσπαθούν με κάθε τρόπο να κατανοήσουν με ποιο τρόπο γερνάει το ανθρώπινο σώμα.

Ελπίζουν ότι αφού καταλάβουν τι ακριβώς συμβαίνει, τότε θα μπορέσουν να βρουν έναν τρόπο που να σταματά τους μηχανισμούς που οδηγούν στη γήρανη του σώματος και του πνεύματος.

Οι έρευνες μέχρι σήμερα συγκλίνουν στο γεγονός ότι οι ανωμαλίες που δημιουργούνται στο επίπεδο του γενετικού υλικού (DNA), είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που το ανθρώπινο σώμα δεν μπορεί πλέον να αντέξει τη φθορά του χρόνου.



Εικ. 15.4 Γηρατειά και νεότητα

Οι έρευνες προς αυτή την κατεύθυνση άρχισαν να γίνονται περισσότερες συγκεκριμένες.

Πρόσφατα επιστήμονες από το Σικάγο, απέδειξαν ότι ένα συγκεκριμένο γονίδιο έχει καθοριστικό ρόλο στην επούλωση πληγών και στην αναζωογόνηση του οργανισμού. Η φθορά που επέρχεται στο γονίδιο αυτό διαχρονικά, δημιουργεί μια σοβαρή απώλεια στον οργανισμό ο οποίος πλέον χάνει την ικανότητα να διορθώνεται και να αναπληρώνει βλάβες στους ιστούς και στα όργανά του.

Το γονίδιο που είναι καθοριστικό για την επιδιόρθωση βλαβών των ιστών του οργανισμού ονομάζεται FoxM1B. Το γονίδιο είναι υπεύθυνο για την κωδικοποίηση και παραγωγή των πρωτεϊνών Forkhead Box (Fox), οι οποίες έχουν ένα βασικό ρόλο στον πολλαπλασιασμό, τη διαφοροποίηση, τη μακροζωία και το μεταβολισμό των κυττάρων.

Η αύξηση της ηλικίας προκαλεί αναπόφευκτα ανωμαλίες στο γονίδιο FoxM1B. Οι ανωμαλίες στο γονίδιο οδηγούν σε λειτουργικές ανεπάρκειες με αποτέλεσμα τη δημιουργία των φαινομένων της γήρασης. Στις πειραματικές τους εργασίες οι ερευνητές απέδειξαν σε ζώα ότι, όταν απουσίαζε το γονίδιο FoxM1B από το σκώτι τους, τότε το όργανο δεν μπορούσε να ξαναδημιουργηθεί τόσο γρήγορα, όσο θα έπρεπε μετά από βλάβη.

Αντίθετα στα ζώα που το γονίδιο FoxM1B ήταν ανέπαφο, η αναγέννηση κυττάρων του ήπατος ήταν πολύ πιο γρήγορη.

Η απουσία του γονιδίου έκανε την αναγέννηση κυττάρων του ήπατος προβληματική. Το γεγονός αυτό οφειλόταν στη συσσώρευση μιας παθολογικής πρωτεΐνης, που ονομάζεται p21C1p. Η συσσώρευση προκαλείτο από την απουσία του γονιδίου.

Το συμπέρασμα των ερευνητών είναι ότι οι βλάβες που υφίσταται το γονίδιο FoxM1B λόγω της προχωρημένης ηλικίας, αφαιρούν από τον οργανισμό την ικανότητα διόρθωσης των βλαβών στις οποίες συνεχώς υπόκειται.

Η αδυναμία των οστών και των μυών, οι ρυτίδες και οι άλλες αλλοιώσεις του δέρματός μας, τα γκρίζα μαλλιά και οι τόσες άλλες αλλαγές της σωματικής μας εικόνας, που παρατηρούνται με το πέρασμα του χρόνου, πιθανόν να οφείλονται σε βλάβες γονιδίων, όπως το FoxM1B και άλλων.

Μήπως αυτό σημαίνει ότι σύντομα οι γιατροί θα μπορούν να επεμβαίνουν με γονιδιακή θεραπεία και να διορθώνουν τις βλάβες των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για τη γήραση;

Ίσως αυτό να ακούγεται παράξενο και να ανήκει στην επιστημονική φαντασία. Όμως, δεν μπορούμε να αποκλείσουμε τέτοιου είδους παρεμβάσεις στο γενετικό υλικό στο μέλλον, δεδομένου ότι οι δεξιότητες των επιστημόνων στο χειρισμό των γονιδίων αυξάνονται συνεχώς.

Η διακοπή των μηχανισμών γήρασης θα μπορούσε να επιτρέψει την παραμονή μας σε μια συγκεκριμένη βιολογική ηλικία για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να εκπληρωθεί το όνειρο του ανθρώπου για μια παρατεταμένη νεότητα.