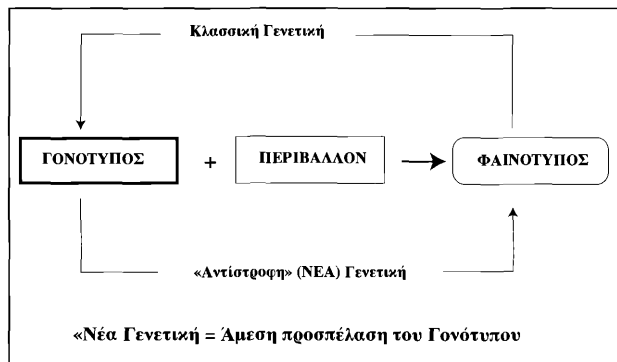


Προοπτικές και προβλήματα από τις νέες εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας

Γεώργιος Μανιάτης

Καθηγητής Γεν. Βιολογίας στην Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών

Θα ήθελα να αρχίσω με μερικές γενικές πληροφορίες και επισημάνσεις όσον αφορά αυτό που αναφέρθηκε ήδη ως καινούργιος κλάδος της Βιολογίας, δηλ. τη γονιδιωματική ή γενωμική -δεν υπάρχει ακόμα γενικά καθιερωμένος όρος στα ελληνικά. Όπως ξέρετε, η Γενετική ασχολείται με τη μετάδοση των γενετικών πληροφοριών από γενεά σε γενεά και είναι μία δραστηριότητα, η οποία έχει πολύ μακρά ιστορία. Η αρχή του ανθρώπινου πολιτισμού, αν θέλετε, ταυτίζεται χρονικά με την προσπάθεια γενετικών επεμβάσεων. Να θυμίσω ότι όλα τα φυτά και τα ζώα που χρησιμοποιούμε δεν είναι «φυσικά» αλλά είναι προϊόντα αυτής της ανθρώπινης προσπάθειας να επέμβουμε στο γενετικό υλικό. Γιατί, λοιπόν, γίνεται πρόσφατα τόσο μεγάλος θόρυβος και εκφράζονται τόσο πολλοί φόβοι γι' αυτή τη γενετική επέμβασή μας; Υπάρχει κάποιος λόγος που ενδεχομένως φαίνεται στην απλή αυτή διαφάνεια (Σχ. 1). Η παραδοσιακή μελέτη της μετάδοσης των γενετικών πληροφοριών στους διάφορους οργανισμούς, γινότανε μέσα από τις ιδιότητες που εμφάνιζαν διάφοροι οργανισμοί, αυτό που αποκαλούμε φαινότυπο και είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών και



Σχήμα 1

των ιδιοτήτων που έχει ένας οργανισμός. Ο φαινότυπος οφείλεται στην ύπαρξη κάποιων γενετικών πληροφοριών στα γονίδια που ανακάλυψε ο Mendel (ο όρος είναι μεταγενέστερος αλλά αυτά τα «στοιχεία» όπως τα απεκάλεσε, αποτελούν στο σύνολό τους τον λεγόμενο γονότυπο). Αυτός ο γονότυπος αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον διαμορφώνει τον φαινότυπο. Η Κλασική Γενετική προσπαθούσε να βγάλει συμπέρασμα για το τι υπάρχει στον γονότυπο μελετώντας τον φαινότυπο. Ο γονότυπος ήταν ένα κλειστό «μαύρο» κουτί, το οποίο μας ήταν απρόσιτο. Στην εποχή μας, με την πρόοδο της Βιολογίας των τελευταίων 50 χρόνων, αυτό το κουτί έχει ανοίξει και είναι πια δυνατή η άμεση επέμβαση μας στον γονότυπο, στο γενετικό υλικό. Και είναι αυτή η καινούργια δυνατότητα που έχουμε, που δημιουργεί τον φόβο και την ανησυχία για το κατά πόσον έχουμε τη σύνεση να επέμβουμε αμέσως σ' αυτό το γενετικό υλικό.

Όπως ασφαλώς θα έχετε ακούσει, τα τελευταία 10 χρόνια, υπάρχει μια συντονισμένη διεθνής προσπάθεια για την "ανάγνωση" του γενετικού υλικού του ανθρώπου, μια προσπάθεια η οποία κοντεύει να τελειώσει. Τον περασμένο Μάιο, ανακοινώθηκε από τον Πρόεδρο Clinton η ολοκλήρωση κατά 90% της «ανάγνωσης» αυτών των γενετικών πληροφοριών (και όταν λέμε γενετικές πληροφορίες, μιλάμε για πληροφορίες οι οποίες είναι εγγεγραμμένες μεν με χημικό τρόπο, αλλά κατά τρόπο ανάλογο με αυτόν με τον οποίον είναι γραμμένο ένα κείμενο με τα 24 γράμματα της αλφαβήτου. Δεν έχει βέβαια 24 γράμματα το αλφάβητο αυτό, έχει μόνον 4, αλλά υπάρχει μια αναλογία). Είναι ένα κείμενο το οποίο έχει περίπου 3 δις ψηφία και περιέχεται σε κάθε μας κύτταρο. Για να σας δώσω μια ιδέα του πόσες πολλές πληροφορίες περιέχονται, έχει υπολογισθεί ότι εάν αυτό το κείμενο ήταν γραμμένο με γράμματα του συνήθους αλφαβήτου, θα έπαιρνε η ανάγνωσή του 9 χρόνια, η δε καταγραφή του θα κατελάμβανε περίπου 200 τόμους εγκυκλοπαίδειας.

Αυτή η αλληλουχία έχει προσδιορισθεί σήμερα. Αυτό δεν σημαίνει ότι έχουμε καταλάβει πώς λειτουργεί το γενετικό υλικό. Απέχουμε πάρα πολύ από αυτό. Εκτιμάται ότι θα περάσουν αρκετές δεκαετίες για

να αρχίσουμε να παίρνουμε μια ολοκληρωμένη ιδέα, αλλά ακόμη και αυτή η πληροφορία που ήδη έχουμε της αλληλουχίας αυτών των γραμμάτων στο κείμενο, είναι μια πολύ σημαντική επίτευξη. Επαναλαμβάνω ότι δεν σημαίνει ότι έχουμε κατανοήσει το περιεχόμενο· μάλιστα έχει λεχθεί, ότι αυτό το πρόγραμμα ανάλυσης του ανθρωπίνου γονιδιώματος είναι απλώς η μεταφορά ψηφιακών πληροφοριών από το μόριο του DNA στα αρχεία των υπολογιστών ή στα μόρια του πυριτίου που αποτελούν την καρδιά του υπολογιστή.

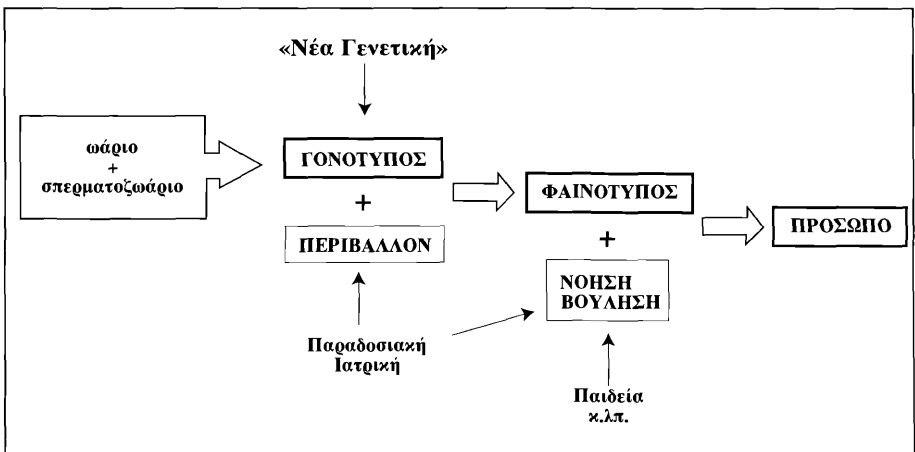
Μία αναλογία που χρησιμοποιώ για να δείξω αυτή την απόσταση μεταξύ περιγραφής και κατανόησης είναι ότι η πλήρης ανατομική περιγραφή του ανθρωπίνου σώματος ολοκληρώθηκε πριν από τέσσερις περίπου αιώνες, η κατανόηση όμως της λειτουργίας του ακόμα δεν έχει ολοκληρωθεί. Κατά συνέπεια, δεν θα πρέπει να είμαστε πάρα πολύ αισιόδοξοι. Παρ' όλα αυτά έστω και η αποσπασματική κατανόηση της λειτουργίας του γονιδιώματος με τον τρόπο που αναφέρθηκε, έχει ήδη αρχίσει να δίνει θετικά αποτελέσματα.

Τι έχουμε κατανοήσει μέσα από την ανάλυση του γονιδιώματος τόσο του ανθρώπου όσο και άλλων οργανισμών; Ήδη έχει ολοκληρωθεί η ανάγνωση του γονιδιώματος μερικών οργανισμών-μοντέλων, που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τη λειτουργία και του ανθρωπίνου γονιδιώματος. Ένα πολύ σημαντικό αποτέλεσμα που μας έχει δώσει αυτή η μελέτη του γονιδιώματος διαφόρων οργανισμών είναι η διαπίστωση της πολύ μεγάλης συγγένειας που έχουμε με τους υπόλοιπους ζωντανούς οργανισμούς, πολλή περισσότερη απ' ότι εκτιμούσαμε.

Πριν από 2-3 εβδομάδες ανακοινώθηκε ο πλήρης προσδιορισμός του γονιδιώματος ενός φυτού, ενός ζιζανίου και διαπιστώσαμε ότι υπάρχουν μερικές δεκάδες γονίδια τα οποία είναι ταυτόσημα σχεδόν με αντίστοιχα δικά μας γονίδια. Η αντιστοιχία του γενετικού κειμένου του ανθρώπου και του πλησιέστερου πρωτεύοντος, του χιμπατζή, είναι 98.5%. Διαφέρουμε μόνον κατά το 1.5%. Αυτό, οδηγεί σε δύο επισημάνσεις: η μία, όπως είπα, είναι η μεγάλη συγγένειά μας με τα άλλα ζώα και η άλλη είναι ότι οι μεγάλες μας διαφορές δεν μπορούν ευθέως να

αποδοθούν σε διαφορές που υπάρχουν στα γονιδιά μας. Υπάρχουν διαφορές που δεν περιγράφονται απλώς με την αντιστοιχία του DNA.

Θα ήθελα να επισημάνω και μια άλλη διαπίστωση: το ανθρώπινο είδος έχει πολύ μικρότερες διαφορές μεταξύ των ατόμων που το αποτελούν, απ' ότι έχουν οι άλλοι ζωντανοί οργανισμοί πάνω στη Γη. Η εξήγηση γι' αυτό είναι ότι το ανθρώπινο είδος είναι σχετικά νέο. Λογαριάζεται ότι έχει μια ζωή 7.000, περίπου, γενεών και γι' αυτό δεν υπάρχει μεγάλη ποικιλότητα μεταξύ των ατόμων. Αυτό έχει την πρακτική συνέπεια ότι για κάθε μας γονίδιο οι διάφορες «εκδόσεις», αν θέλετε, που υπάρχουν στον πληθυσμό, δεν είναι ένας μεγάλος αριθμός, αλλά για κάθε γονίδιο ίσως είναι 3-4 μονάχα εναλλακτικές εκδόσεις του κάθε γονιδίου και αυτό κάνει πιθανή την ικανότητά μας να μπορούμε να διαβάσουμε το γενετικό υλικό με τον τρόπο που έχει περιγραφεί (με συστοιχίες DNA-microchips) στο μέλλον συνολικά. Είναι δηλαδή δυνατόν να ενσωματωθούν σε μια τέτοια συστοιχία DNA 300.000 διαφορετικές γονιδιακές εκδοχές. Κατά συνέπεια, ανοίγεται η προοπτική να μπορούμε να έχουμε το πλήρες γενετικό προφίλ του καθενός μας με όλες τις συνέπειες που αναφέρθηκαν όσον αφορά την εξατομικευμένη Ιατρική στη διάγνωση, την πρόγνωση νόσων ή την πρόβλεψη μελλοντικής συμπεριφοράς του οργανισμού μας.



Σχήμα 2

Θα ήθελα να κάνω μια άλλη επισήμανση πριν προχωρήσω στη συζήτηση, δείχνοντάς σας ένα σχήμα ανάλογο με το προηγούμενο, αλλά πιο συμπληρωμένο (Σχ. 2). Το σχήμα αυτό θα πρέπει να το έχουμε υπ' όψη μας σε όλες αυτές τις συζητήσεις που γίνονται για τις συνέπειες που μπορεί να έχει η ανάπτυξη της Βιολογίας όσον αφορά τη ζωή μας. Αυτό που δείχνει το σχήμα είναι ότι με τη γονιμοποίηση καθορίζεται και σταθεροποιείται ο γονότυπός μας, το γενετικό μας περιεχόμενο. Αυτό, όμως, υπόκειται σε μια σοβαρή αλληλοεπίδραση από το εκάστοτε περιβάλλον για να οδηγήσει τελικώς στη διαμόρφωση των σωματικών μας χαρακτηριστικών, τον φαινότυπο. Και αυτό δεν είναι κάτι θεωρητικό μόνον. Ξέρουμε ότι υπάρχουν π.χ. ορισμένα ζώα που έχουν κάποια μετάλλαξη που κάνει το χρώμα του τριχώματός τους να είναι διαφορετικό ανάλογο με την εξωτερική θερμοκρασία. Έχουν άλλο χρώμα σε χαμηλή θερμοκρασία και άλλο σε υψηλή θερμοκρασία. Μια τέτοια παραλλαγή αυτού του φαινομένου είναι οι σιαμαίες γάτες, οι οποίες έχουν τη μύτη τους, την ουρά και τα πόδια τους πιο σκούρα απ' ότι είναι το υπόλοιπο σώμα. Αυτό οφείλεται σε μια τέτοια θερμοευαίσθητη μετάλλαξη. Αλλά ακόμα και καθαρά γενετικά νοσήματα (και όταν λέμε γενετικά νοσήματα εννοούμε αυτά στα οποία η παρουσία ενός γονιδίου είναι καθοριστική για τον φαινότυπο), ακόμα και τέτοια νοσήματα μπορούν να επηρεαστούν στον φαινότυπο από το περιβάλλον και το περιβάλλον το εννοώ με την ευρεία έννοια και περιλαμβάνει τη διατροφή, τον τρόπο διαβίωσης κ.λπ. Η φαινυλκετονουρία π.χ. είναι ένα νόσημα που οφείλεται στην παρουσία ενός και μόνον γονιδίου που οδηγεί σε σοβαρή διανοητική καθυστέρηση. Είναι ένα πολύ σοβαρό γενετικό νόσημα. Εντούτοις, εάν διαπιστωθεί εγκαίρως, είναι δυνατόν να προληφθούν οι συνέπειες με κατάλληλη διαίτα. Έτσι σε όλες τις πολιτισμένες χώρες επειδή το τεστ για τη διαπίστωση στο νεογέννητο είναι πάρα πολύ φθινό, γίνεται σε όλα τα νεογνά, παρ' όλο που το νόσημα είναι σπάνιο. Γι' αυτό στις συσκευασίες της coca-cola και των άλλων αναψυκτικών τα light έχουν μία προειδοποίηση να μην τα παίρνουν άτομα που έχουν φαινυλκετονουρία. Συνεπώς, με τροποποίηση του περιβάλλοντος μπορούμε να αλλάξουμε τον φαινότυπο.

Ο φαινότυπος, λοιπόν, είναι αποτέλεσμα αυτής της αλληλοεπίδρασης γονοτύπου-περιβάλλοντος και πρέπει να πώ, ότι ένας γενετιστής δεν θα μπορούσε να πει ποιος θα είναι ο φαινότυπος αν του δοθεί ο γονότυπος χωρίς να καθορισθεί το περιβάλλον. Στην περίπτωση του ανθρώπου υπάρχει και μια περαιτέρω επίδραση στον φαινότυπο και αυτή είναι η νόηση, η βούληση και όλοι οι παράγοντες που τροποποιούν τη νόηση και τη βούληση για να φθάσουμε σε αυτό που αποκαλούμε πρόσωπο. Ο λόγος που παίρνω χρόνο για να το πω, είναι διότι η προστασία, η ηθική, η νομική, η κοινωνική, που έχουμε ως κοινωνίες αφορούν το πρόσωπο και δεν θα πρέπει να γίνεται ταύτιση του προσώπου με τον γονότυπο, όπως πολύ συχνά γίνεται στις διάφορες συζητήσεις για εμβρυϊκή έρευνα, κλωνοποίηση κ.λπ. Είναι στάδια διαφορετικά και κατά συνέπεια δεν μπορούμε να εξισώσουμε το πρόσωπο με τον γονότυπο

Είπαμε, λοιπόν, ότι αυτό που κάνει η νέα Γενετική είναι ότι μας επιτρέπει την άμεση επέμβαση στο γενετικό υλικό. Ανέφερα ήδη ότι από αυτή την επέμβαση έχουμε βγάλει το συμπέρασμα για την ενότητα των βιολογικών όντων, έχουμε επίσης κάνει μία άλλη διαπίστωση που μέχρι τώρα ήταν απλώς ένα φιλοσοφικό συμπέρασμα: ότι ο καθένας από μας είναι διαφορετικός. Είπαμε ότι είμαστε αρκετά ομοιογενείς, είμαστε όμοιοι κατά 99,9% αλλά διαφέρουμε κατά 1/1000. Έτσι ο καθένας μας έχει μια ατομική ταυτότητα καταγραμμένη επάνω στο γενετικό του υλικό και αυτή είναι η βάση της χρησιμοποίησης π.χ. του DNA για τον καθορισμό, για εγκληματολογικούς λόγους, της ταυτότητας υπόπτων. Έχουμε, λοιπόν, μία μοναδική ταυτότητα. Είμαστε πολύ συγγενείς αλλά είμαστε και μοναδικοί. Ένα άλλο συμπέρασμα είναι η κατάργηση της έννοιας του ρατσισμού. Τα άτομα μέσα σε μία φυλή, μία ράτσα, διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο απ' ότι διαφέρουν οι φυλές μεταξύ τους. Πρόσφατα π.χ. διαπιστώθηκε ότι σε μεγάλο βαθμό η διαφορά του χρώματος της επιδερμίδας και των μαλλιών οφείλεται σε μία στοιχειώδη μετάλλαξη ενός γονιδίου, ενός υποδοχέα για την ορμόνη που καθορίζει την έκκριση της μελανίνης. Μία διαφορά, λοιπόν, στην οποία είχε επενδυθεί πολύ φιλολογία και για την οποία έχουν υπάρξει διαμάχες

και είχαν υποφέρει πάρα πολλοί άνθρωποι οφείλεται σε μια ασήμαντη, μικρή βιολογική αλλαγή, η οποία επηρεάζει αποκλειστικά το χρώμα και τίποτε άλλο, κατά μείζονα λόγο βέβαια όχι τις διανοητικές ικανότητες.

Αυτές είναι θεωρητικές διαπιστώσεις. Υπάρχουν όμως και πρακτικές συνέπειες. Και τέτοιες πρακτικές συνέπειες είναι η δημιουργία οργανισμών με ανάμειξη του γενετικού υλικού περισσότερων από έναν οργανισμών. Έχουμε αυτή τη στιγμή μονοκύτταρους οργανισμούς οι οποίοι φέρουν ανθρώπινα γονίδια ιατρικής σημασίας και τα προϊόντα αυτών των γονιδίων κυκλοφορούν ευρύτατα ως φάρμακα. Η ινσουλίνη είναι ένα τέτοιο προϊόν, η ερυθροποιητίνη που χρησιμοποιείται ευρύτατα, ένα άλλο.

Ξέρουμε, βέβαια, τη συζήτηση για φυτά τα οποία είναι γενετικά τροποποιημένα και τα οποία υπόσχονται να λύσουν πολύ σοβαρά προβλήματα. Πρόσφατα έχει ανακοινωθεί η δημιουργία μίας ποικιλίας ρυζιού που φέρει ένα γονίδιο από τη σόγια και που έχει σχέση με την απορρόφηση του σιδήρου. Η σημασία του για το 30% του ανθρώπινου πληθυσμού που πάσχει από υπόχρωμα αναιμία είναι προφανής. Τρώγοντας το ρύζι αυτό θα μπορούν τα άτομα αυτά να εξασφαλίσουν απορρόφηση αρκετού σιδήρου, ώστε να πάψουν να πάσχουν από αναιμία με όσα αυτή συνεπάγεται όσον αφορά τη δραστηριότητα, την όλη συμπεριφορά. Υπάρχουν και πάρα πολλά άλλα για τα οποία δεν θέλω να σπαταλήσω την ώρα σας απόψε.

Θέλω να συγκεντρωθώ περισσότερο στις ιατρικές εφαρμογές. Θα έλεγα ότι μπορούμε να διακρίνουμε τις δυνατότητές μας με τη νέα Γενετική στις δυνατότητες ανάγνωσης του γενετικού υλικού και στις δυνατότητες της τροποποίησης του γενετικού υλικού.

Η ανάγνωση του γενετικού υλικού γίνεται ήδη ευρύτατα και την διακρίνω σε δύο φάσεις της ανθρώπινης ζωής: στην προγεννητική, όταν γίνεται δηλ. πριν από τη γέννηση ή ακόμα και πριν από την εμφύτευση του εμβρύου, δηλ. είναι είτε προγεννητική ή προεμφυτευτική. Υπάρχουν αποδεκτές χρήσεις γι' αυτόν τον τύπο διάγνωσης. Η χώρα μας

είναι από αυτές που έχουν κάνει επιτυχώς χρήση αυτών των μεθόδων στη διάγνωση κυρίως αιμοσφαιρινοπαθειών, αλλά και άλλων γενετικών νόσων. Οι αποδεκτές γενικές ενδείξεις είναι ότι για να χρησιμοποιηθεί πρέπει το νόσημα να είναι καθαρά γενετικό, να είναι σοβαρό και να εκδηλώνεται νωρίς. Ως διεθνές παράδειγμα επιτυχίας σε επίπεδο δημόσιας υγείας αναφέρεται πολύ συχνά η Κύπρος, στην οποία έχει εκλείψει η γέννηση παιδιών με μεσογειακή αναιμία, λόγω εφαρμογής της προγεννητικής διάγνωσης.

Προετοιμαζόμενος γι' αυτή την ομιλία, είδα ότι σ' ένα βιβλίο που δεν έχει εκδοθεί ακόμα, περιλαμβάνεται μια ανθρωπολογική ανάλυση αυτής της προσπάθειας που έγινε στην Κύπρο και της επιτυχίας της όσον αφορά την εξαφάνιση της μεσογειακής αναιμίας. Το συμπέρασμα είναι ότι σε αυτή την προσέγγιση στην Κύπρο παραβιάστηκαν όλοι οι κανόνες που υπαγορεύουν οι διάφορες επιτροπές βιοηθικής. Δηλαδή, η εξέταση των υποψηφίων μελλονύμφων ήταν κατ' ουσίαν υποχρεωτική, η προσέγγιση ήταν σε επίπεδο πληθυσμού και όχι σε επίπεδο ατόμου όπως λένε όλοι οι κανόνες, η γενετική συμβουλή ήταν κατευθυντική, πράγμα που αποτελεί θανάσιμο αμάρτημα για τους γενετιστές, δηλ. δεν τους έδιναν μόνον τις πληροφορίες, αλλά τους έλεγαν και τι έπρεπε να κάνουν και επί πλέον το αποτέλεσμα ήταν ευγονικό. Και συμπεραίνει ο συγγραφέας, ένας Γερμανός, και αυτό είναι το ενδιαφέρον, ότι ο λόγος για τον οποίον επέτυχε το πείραμα στην Κύπρο ήταν επειδή ακριβώς παραβιάστηκαν οι κανόνες! Αυτό ως παρένθεση.

Τώρα, η προγεννητική διάγνωση μπορεί να γίνει και σε νοσήματα τα οποία είναι σοβαρά μεν αλλά εκδηλώνονται αργότερα. Και εδώ αρχίζουν οι προβληματισμοί. Υπάρχουν γενετικά νοσήματα πολύ σοβαρά που εκδηλώνονται, όμως, την 3η, 4η ή και 5η δεκαετία της ζωής. Η νόσος του Huntington π.χ. είναι το κατ' εξοχήν κλασικό παράδειγμα, αλλά και ορισμένες μορφές Alzheimer, που είναι κληρονομικές (δεν είναι όλες, το 10% μόνον) και εκδηλώνονται στα 40 ή 50. Το ερώτημα που γεννάται είναι: μπορεί κάποιος να αποφασίσει ότι ένα άτομο το οποίο θα εκδηλώσει στα 30 ένα πολύ σοβαρό νόσημα που θα οδηγήσει

σύντομα σε θάνατο, δεν αξίζει να ζήσει; Και αν αυτό μπορεί κάποιος να το αποφασίσει, ποιος είναι αυτός; Οι γονείς; Για μερικά από αυτά τα νοσήματα ο προβληματισμός αυτός υπάρχει, δεν είναι θεωρητικός. Ιδίως για τη νόσο του Huntington έχει γίνει πάρα πολύ συζήτηση και είναι ένα πρόβλημα για το οποίο δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες. Βέβαια, υπάρχουν και νοσήματα τα οποία δεν είναι καθαρά γενετικά, υπό την έννοια ότι η παρουσία κάποιου γονιδίου δεν σημαίνει κατ' ανάγκη νόσηση, αλλά υπάρχουν γονίδια τα οποία προδιαθέτουν προς συγκεκριμένα νοσήματα. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν τα περισσότερα κοινά νοσήματα: υπέρταση, καρδιολογικές παθήσεις, ορισμένοι καρκίνοι και πάλι εδώ το πράγμα γίνεται ακόμα πιο σοβαρό. Γιατί πρέπει να σας υπενθυμίσω ότι όταν λέμε προγεννητική διάγνωση είναι λίγο παραπλανητικός ο όρος. Η διάγνωση είναι ένας όρος που στην Ιατρική σημαίνει μία διαδικασία που γίνεται για να βοηθήσει τον ασθενή. Η προγεννητική διάγνωση, προς το παρόν τουλάχιστον, το μόνο αποτέλεσμα που μπορεί να έχει η θετική διάγνωση είναι η διακοπή της κύησης. Είναι δηλ. η εξολόθρευση του ασθενούς και συνεπώς υπάρχουν προβλήματα. Σήμερα, η προγεννητική διάγνωση ακόμη, είναι μια επεμβατική διαδικασία. Γίνεται στην 8η-10η εβδομάδα της κύησης με λήψη βιοψίας χορειακής λάχνης από την έγκυο. Ήδη όμως πειραματικά μπορεί να γίνει με λήψη εμβρυϊκών κυττάρων από το αίμα της μητέρας, (διότι υπάρχουν κάποια εμβρυϊκά κύτταρα που διαφεύγουν τον πλακούντα και μπορούν να απομονωθούν) ή ακόμα πιο πρόσφατα, δεν χρειάζεται καν να υπάρχουν κύτταρα, μπορεί να είναι θραύσματα DNA κυττάρων του εμβρύου τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Άρα η διαδικασία θα γίνει πολύ λιγότερο επεμβατική, πολύ πιο εύκολη και συνεπώς περισσότεροι άνθρωποι θα καταφεύγουν σ' αυτήν.

Έχουν διατυπωθεί ορισμένες σκέψεις για τις τυχόν αρνητικές συνέπειες που μπορεί να έχει αυτή η εύκολη προγεννητική διάγνωση και μερικές από αυτές τις επισημάνσεις και σκέψεις είναι ότι όσο πιο εύκολη γίνεται τόσο θα διευρύνεται η έννοια του σοβαρού νοσήματος. Μέχρι σήμερα γίνεται για σοβαρά νοσήματα τα οποία είναι ασύμβατα

με μακροχρόνια επιβίωση, οι ασθενείς δεν φθάνουν στην αναπαραγωγική ηλικία, έχουν συμπτώματα από την παιδική ηλικία κ.λπ. Αλλά εφ' όσον θα είναι εύκολο, διατυπώνεται ο φόβος μήπως θα καταλήξουμε και για ασήμαντη αφορμή, να το πούμε έτσι, να κάνουμε διακοπή της κύησης, να οδηγηθούμε δηλαδή σε έναν κατήφορο τελειότητας; Θα επανέλθω σ' αυτό γιατί δεν είναι τόσο απλό όσο φαίνεται.

Επίσης, ένας άλλος φόβος είναι ότι αφού η γέννηση αυτών των ανθρώπων μπορεί να αποφευχθεί, μήπως δεν χρειάζεται να ασχολούμεθα ερευνητικά για τη θεραπευτική αντιμετώπισή τους. Γιατί οι Κύπριοι να ασχολούνται (το λέω σαν παράδειγμα) με τη θαλασσαιμία, η κοινωνία δηλαδή να αφιερώνει πόρους στην προσπάθεια θεραπείας της θαλασσαιμίας αφού το πρόβλημα δεν υφίσταται πια, εξέλειπε. Και το άλλο είναι η ενδεχόμενη μετατόπιση της κοινωνικής ευθύνης για την περίθαλψη των ασθενών αυτών από το κοινωνικό σύνολο στους γονείς με την σκέψη ότι «μπορούσατε να αποφύγετε τη γέννηση αυτού του παιδιού, αφού αποφασίσατε να γεννηθεί, δεν είμαστε εμείς υποχρεωμένοι να πληρώνουμε». Κάπου διάβαζα ότι για τις ΗΠΑ ή τις δημοκρατικές χώρες η ευγονική προσπάθεια δεν πρόκειται να γίνει από δικτάτορα, αλλά μπορεί να γίνει μέσω των ασφαλιστικών εταιρειών, οι οποίες μπορούν να μετακινήσουν το κόστος περίθαλψης σε ατομικό επίπεδο.

Δύο λέξεις γι' αυτό που είπα προηγουμένως για το «σοβαρό νόσημα». Να πώ ότι όσο και αν φαίνεται εκ πρώτης όψεως εύκολο να απαντηθεί, η έννοια του σοβαρού νοσήματος είναι ασαφής. Δεν υπάρχουν κριτήρια. Στην Ιατρική αρχίζει να υπάρχει δυσκολία να καθορίσουμε τι είναι νόσημα. Νόσημα είναι η απόκλιση από το φυσιολογικό, αλλά ο ορισμός του φυσιολογικού στην Ιατρική, δεν είναι ξεκαθαρισμένος. Τι είναι φυσιολογικό; είναι το σύνηθες ή είναι το ιδεώδες. Υπάρχει αυτή τη στιγμή μία τάση στην Ιατρική το φυσιολογικό να ταυτίζεται σιγά-σιγά με το ιδεώδες. Και η οποιαδήποτε απόκλιση από αυτό το ιδεώδες να θεωρείται παθολογική και όχι απλώς παραλλαγή. Διάβαζα πρόσφατα ότι σε μια έρευνα στο Hong Kong το 90% των παιδιών 18-25 χρονών έχουν μυωπία. Είναι η μυωπία φυσιολογικό χαρακτηριστικό;

Απαντάται στο 90% του πληθυσμού. Ποιο είναι το κριτήριο ότι είναι παθολογικό; Συνεπώς αυτός ο κατήφορος τελειότητας που είπα προηγουμένως, μπορεί να είναι ευκολότερος απ' ότι φαίνεται εκ πρώτης όψεως.

Τώρα στη μεταγενετική ανάγνωση του γενετικού υλικού, αυτό που λέμε γενετικό έλεγχο (screening). Ο γενετικός έλεγχος μπορεί να γίνεται σήμερα για αρκετά νοσήματα, αλλά θα μπορεί να γίνεται για πολύ μεγάλο αριθμό γονιδίων, όπως ακούσατε, με τις συστοιχίες DNA, οι οποίες υπάρχουν αυτή τη στιγμή και χρησιμοποιούνται. Το πρόβλημα το οποίο έχουν είναι απλώς ότι είναι ακριβές, αλλά η τιμή τους θα πέσει με τον ίδιο ρυθμό που έπεσε η τιμή των microchips των Η/Υ. Ο στόχος είναι η τιμή του κάθε πλακιδίου να είναι \$5 και οι συσκευές να μπορούν να χρησιμοποιούνται από τους γενικούς γιατρούς στα ιατρεία τους. Κατά συνέπεια, η ανίχνευση της παρουσίας γονιδίων που προδιαθέτουν σε κάποια νοσήματα, θα είναι πολύ εύκολη. Είναι ήδη δυνατή για μερικά γονίδια αλλά θα γενικευθεί.

Οι θετικές πλευρές αυτής της δυνατότητας είναι ότι γνωρίζοντας τον γονότυπό μας, εάν έχουμε προδιάθεση για κάποιο νόσημα θα μπορούμε, τροποποιώντας εγκαίρως το περιβάλλον (διατροφή, λήψη φαρμάκων, αλλαγή συμπεριφοράς) να εξουδετερώνουμε αυτόν τον κίνδυνο, π.χ. ξέρουμε όλοι ότι το κάπνισμα προκαλεί καρκίνο του πνεύμονος. Ως ψυχολογική άμυνα οι καπνιστές λένε συχνά ότι "εγώ είχα ένα θείο που κάπνιζε 4 πακέτα την ημέρα και έζησε 100 χρόνια". Θα μπορούμε να ξέρουμε αν και σεις έχετε τα γονίδια του θείου σας, που κάπνιζε 4 πακέτα και συνεπώς εάν μπορείτε και σεις να καπνίζετε χωρίς κίνδυνο να πάθετε καρκίνο του πνεύμονος.

Το άλλο είναι η εξατομικευμένη Ιατρική. Αυτό θα είναι πραγματικά μία επανάσταση στην Ιατρική. Η Ιατρική από «στατιστική» που είναι σήμερα θα γίνει «εξατομικευμένη». Δεν θα χρειάζεται να δοκιμάζουμε τα φάρμακα για να δούμε αν έχουν επίδραση στο συγκεκριμένο ασθενή ή όχι. Αυτό θα το ξέρουμε εκ των προτέρων και επί πλέον θα μπορούμε να σχεδιάζουμε τα φάρμακα. Σήμερα τα φάρμακα βρίσκονται, ως επί το

πλείστον, τυχαίως. Δοκιμάζουμε 3000 ουσίες για να βρούμε κάποια που δρα. Ήδη, υπάρχει ένα φάρμακο για τη χρόνια μυελογενή λευχαιμία -της οποίας τη γονιδιακή βλάβη την ξέρουμε από πολλά χρόνια- το οποίο σχεδιάστηκε και δρα μόνον στο παθολογικό προϊόν, στην παθολογική πρωτεΐνη και όχι στη φυσιολογική. Αυτή, λοιπόν, η καινούργια Φαρμακολογία θα έχει τη δυνατότητα, ξέροντας το γονίδιο, ξέροντας τη δομή του, ξέροντας τα προϊόντα του, να μπορούμε να σχεδιάζουμε εκ των προτέρων ουσίες οι οποίες θα είναι αποτελεσματικές με ειδικότητα στο συγκεκριμένο γονίδιο. Πρόκειται, επαναλαμβάνω, για μια επανάσταση που θα αλλάξει τη μορφή της Ιατρικής. Ήδη έχουμε τα πρώτα δείγματα.

Οι αρνητικές πλευρές της «νέας» Γενετικής είναι αυτές που έχουν συζητηθεί πολύ. Είναι ο αποκλεισμός από επάγγελμα όχι διότι έχουμε κάποιο γονίδιο που μας κάνει ευάλωτους στις συγκεκριμένες επαγγελματικές συνθήκες. Π.χ. υπάρχουν ορισμένοι άνθρωποι που έχουν έλλειψη κάποιων ενζύμων που τους κάνει ευαίσθητους σε ορισμένες τοξικές ουσίες, οι οποίες βρίσκονται κατ' ανάγκη στην ατμόσφαιρα ορισμένης χημικής βιομηχανίας. Αυτό δεν νομίζω ότι αποτελεί πρόβλημα, είναι προς το συμφέρον και του εργαζόμενου να μην ασχοληθεί με αυτό το επάγγελμα. Μιλάω για περιπτώσεις που θα μπορούσε να διαπιστωθεί ότι ένας από μας έχει μεγάλη πιθανότητα να πάθει έμφραγμα του μυοκαρδίου στα 35 του και κατά συνέπεια ο εργοδότης του, εάν το ξέρει, θα προτιμήσει να μην επενδύσει στην εκπαίδευσή του για να τον κάνει διευθυντικό στέλεχος και να πεθάνει στα 35, μόλις τον έχει εκπαιδεύσει. Θα προτιμήσει να πάρει κάποιον άλλον. Ένας τέτοιος κίνδυνος μπορεί να υπάρξει και γι' αυτό έχουν αρχίσει διεθνώς προσπάθειες και προβληματισμοί για την κατοχύρωση αυτών των προσωπικών δεδομένων σε επίπεδο DNA.

Υπάρχει, λοιπόν το ερώτημα: σ' αυτές τις γενετικές πληροφορίες ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση, ποιοι δικαιούνται να έχουν πρόσβαση; Μπορεί να έχει η οικογένεια; Θα θυμίσω ότι οι γενετικές πληροφορίες έχουν μια ιδιομορφία σε σχέση με τις άλλες ιατρικές πληροφορίες:

αφορούν και άλλα μέλη της οικογένειας. Υπήρχε μια υπόθεση που έφθασε στο δικαστήριο στις ΗΠΑ όπου η μία δίδυμη αδελφή έπασχε από καρκίνο του μαστού. Διαπιστώθηκε ότι είχε ένα προδιαθεσικό γονίδιο που ηύξανε σοβαρά την πιθανότητα νόσησης. Ο γιατρός της επέστησε την προσοχή να πληροφορήσει και την αδελφή της επ' αυτού, η οποία θα μπορούσε να κάνει προληπτική μαστεκτομή. Η ασθενής δεν το είπε στην αδελφή της και η αδελφή της έκανε μήνυση στον γιατρό διότι δεν την ειδοποίησε εκείνος. Βεβαίως, ο γιατρός εκαλύπτετο από το ιατρικό απόρρητο, αλλά ήλθε στην επιφάνεια το πρόβλημα, εάν δηλ. σε τέτοιες περιπτώσεις όπου η προστασία του ιατρικού απορρήτου για ένα άτομο μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις για κάποιο άλλο, τίνος το συμφέρον υπερισχύει και πώς αντιμετωπίζεται αυτό το θέμα. Ερώτημα στο οποίο δεν έχει δοθεί απάντηση. Έχει επίσης πολύ συζητηθεί και συζητείται ακόμη το εάν κάποιος από μας δεν θέλει να γνωρίζει την ύπαρξη παθολογικών γονιδίων στο γενετικό του υλικό, κατά πόσο μπορούμε να του επιβάλουμε τη γνώση, να του πούμε με το ζόρι "έχεις αυτό το γονίδιο"; Όλες οι βιοηθικές επιτροπές και οργανισμοί ομιλούν για το "δικαίωμα της άγνοιας". Αν κάποιος δεν θέλει την πληροφορία, δεν μπορεί να του επιβληθεί. Και σε επίπεδο νομοθετικό και νομικό συμφωνώ απολύτως ότι δεν θα πρέπει να μπορεί να του επιβληθεί να μάθει αυτή την πληροφορία. Έχω κάποιες επιφυλάξεις σε επίπεδο ηθικής γι' αυτό το "δικαίωμα άγνοιας". Θεωρώ ότι ως έλλογα όντα και υπεύθυνοι πολίτες έχουμε δικαίωμα ή και υποχρέωση της γνώσης, να ενεργούμε δηλ. με γνώση και όχι να έχουμε το δικαίωμα στην άγνοια που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τους συνανθρώπους μας ή και εμάς τους ίδιους. Συνεπώς αυτή η απόλυτη κατοχύρωση του δικαιώματος της άγνοιας με αφήνει λίγο προβληματισμένο. Αυτά σύντομα για την ανάγνωση του γενετικού υλικού.

Η τροποποίηση, τώρα, του γενετικού υλικού μπορεί να γίνει είτε στα σωματικά κύτταρα, τα κύτταρα δηλ. που αποτελούν το σώμα μας και που πεθαίνουν μαζί μας. Όσον αφορά την τροποποίηση αυτή δεν φαίνεται να υπάρχει ιδιαίτερος ηθικός προβληματισμός. Κατ' ουσίαν είναι

μία μοριακή μεταμόσχευση, είναι ένα είδος μεταμόσχευσης και δεν έχει περισσότερα ηθικά προβλήματα απ' ότι έχει μια μεταμόσχευση κυττάρου ή οργάνου. Η τροποποίηση, όμως του γενετικού υλικού σε γαμετικά κύτταρα, τα κύτταρα δηλ. τα οποία είναι υπεύθυνα για το πέρασμα των γενετικών πληροφοριών από γενιά σε γενιά, τα ωάρια και τα σπερματοζωάρια, εκεί σήμερα υπάρχει απόλυτη απαγόρευση. Δεν είμαι βέβαιος ότι αυτή θα πρέπει να εξακολουθήσει να ισχύει, εάν οι τεχνικές συνθήκες από απόψεως ασφαλείας των διαδικασιών βελτιωθούν. Εν πάση περιπτώσει σήμερα κανείς δεν ισχυρίζεται ότι θα πρέπει να γίνει τέτοιου είδους επέμβαση. Γενικότερα η τροποποίηση του γενετικού υλικού θεωρείται ότι είναι ανεκτή όταν με αυτή προσπαθούμε να εξουδετερώσουμε κάποιο παθολογικό γονίδιο, αλλά όχι να βελτιώσουμε κάποιο χαρακτηριστικό. Υπάρχει αυτή η διάκριση μεταξύ θεραπείας και αυτού που λέγεται αγγλικά "enhancement", βελτίωση ή επαύξηση, δεν υπάρχει καθιερωμένος όρος. Π.χ. μπορούμε να κάνουμε επέμβαση για να θεραπεύσουμε τον νανισμό, αλλά δεν δικαιολογούμεθα να κάνουμε επέμβαση για να κάνουμε έναν άνθρωπο από 1.70 σε 1.80. Τα όρια δεν είναι σαφή και εδώ. Το τι αποτελεί θεραπεία και το τι αποτελεί βελτίωση σχετίζεται με αυτό που είπα και προηγουμένως. Το τι είναι φυσιολογικό και τι παθολογικό. Εν πάση περιπτώσει αυτή τη στιγμή, οι κανόνες λένε ότι δεν μπορεί να γίνει επιλογή η οποία να είναι βελτιωτική, να επιλέγεις θετικό χαρακτηριστικό. Θα σας δώσω, όμως, ένα παράδειγμα πρόσφατο, που περιγράφηκε πριν από 2 μήνες. Υπάρχει, όπως σας είπα, η διαδικασία της *in vitro* γονιμοποίησης, στην οποία μπορούμε να κάνουμε προεμφυτευτική διάγνωση, δηλ. να διαλέξουμε από τα γονιμοποιημένα ωάρια που είναι προς εμφύτευση ένα που έχει συγκεκριμένο γονότυπο. Να διευκρινίσω εδώ ότι δεν εξετάζουμε τον γονότυπο συνολικά, αυτό δεν μπορούμε να το κάνουμε, αλλά μόνον για κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Υπήρχε, λοιπόν, μία οικογένεια που προσήλθε για *in vitro* γονιμοποίηση και προεμφυτευτική διάγνωση γιατί είχε ένα παιδί με μία πάρα πολύ σοβαρή αναιμία, αναιμία Fanconi, (τα παιδιά αυτά πεθαίνουν 7-8 χρονών) και δεν ήθελε να αποκτήσει δεύτερο παιδί με το ίδιο νόσημα. Σε αυτό το επίπεδο το αίτημα ήταν μέσα στους δεο-

ντολογικούς κανόνες που ισχύουν. Ήταν προεμφυτευτική διάγνωση και επιλογή γονοτύπου προς αποφυγήν κάποιου σοβαρού νοσήματος. Αφού όμως θα γινόταν η διαδικασία, είπαν οι γονείς: "δεν διαλέγετε έμβρυο που είναι ιστοσυμβατό με το παιδί που είχε το νόσημα ήδη, ούτως ώστε να κάνουμε μεταμόσχευση με κύτταρα από τον ομφάλιο λώρο και να σώσουμε και το άλλο παιδί;". Απολύτως, το αίτημα (αν πήγαιναν δηλ. και ζητούσαν να κάνουν θετική επιλογή γονοτύπου με αυτό το χαρακτηριστικό), δεοντολογικά θα απερρίπτετο. Στη συγκεκριμένη όμως περίπτωση το αίτημα ήταν απολύτως εύλογο, κατά την γνώμη μου, έστω και αν ήταν έξω από τους δεοντολογικούς κανόνες. Έγινε βεβαίως η επιλογή και η μεταμόσχευση. Αυτό ανακοινώθηκε τον περασμένο Σεπτέμβριο.

Για το θέμα της θετικής επιλογής των γονοτύπων των παιδιών μας, θα ήθελα, να θέσω έναν προβληματισμό. Σήμερα στις πολιτισμένες κοινωνίες θεωρείται ότι η κοινωνική υπευθυνότητα μας επιβάλλει να έχουμε περιορισμένο αριθμό παιδιών. Μήπως αυτή η υποχρέωση δημιουργεί και το δικαίωμα της επιλογής υγιών παιδιών; Θα έχουμε λίγα, αλλά τουλάχιστον αυτά να είναι υγιή.

Τώρα, αυτές είναι μερικές από τις επεμβάσεις που μπορούμε να κάνουμε. Τι κίνδυνοι έχουν επισημανθεί; Ο ένας κίνδυνος, που δεν είναι από τη χρήση αυτών των μεθόδων αλλά απορρέει από τη μεγάλη πρόοδο της γενετικής τα τελευταία χρόνια όπου τείνουμε να ξεχάσουμε το αρχικό διάγραμμα που σας έδωσα και να θεωρήσουμε ότι όλα μας τα χαρακτηριστικά οφείλονται αποκλειστικά στο γενετικό μας υλικό, είναι να οδηγηθούμε σε έναν γενετικό ντετερμινισμό. Να θεωρήσουμε ότι οτιδήποτε είμαστε οφείλεται στα γονίδια και αν τα γονιδιά μας είναι αυτά που είναι, δεν μπορούμε να κάνουμε τίποτα· άποψη που δεν είναι ορθή όχι μόνο για τους λόγους που προανέφερα, αλλά και ειδικά για την ανάπτυξη του νευρικού συστήματος. Τα πράγματα είναι πολύ πιο περίπλοκα.

Ο άλλος κίνδυνος είναι ότι ο φόβος που δημιουργεί αυτή η καινούργια δυνατότητα της γενετικής είναι ένας ιδιάζων φόβος, βαθύς φόβος,

ισχυρότερος απ' ότι είναι ο φόβος γενικά κάποιου καινούργιου, ή κάποιας τεχνολογικής εφαρμογής που μπορεί να είναι καταστροφική σαν την ατομική βόμβα. Είναι πιο βαθιά ριζωμένος και μπορεί να οδηγήσει όχι μόνο σε απαγόρευση χρήσης κάποιων εφαρμογών αλλά να θεωρηθεί ότι και η απόκτηση γνώσης μπορεί να είναι επικίνδυνη σε μία κατ' εξοχήν, κατά την γνώμη μου, οπισθοδρομική και σκοταδιστική προσέγγιση. Και αυτή η έννοια του "ολισθηρού κατήφορου" έχει υιοθετηθεί ακόμα και από την Ευρωπαϊκή Σύμβαση για τα Ανθρώπινα Δικαιώματα και την Βιοϊατρική, η οποία αποτελεί και νόμο του ελληνικού κράτους. Είμαστε η πρώτη χώρα που υιοθέτησε την απόφαση αυτή χωρίς συζήτηση και χωρίς να έχουμε καμία προεργασία. Αυτή η σύμβαση σε πολλά σημεία είναι κατ' εξοχήν οπισθοδρομική, κατά την γνώμη μου. Και δέχεται τον "ολισθηρό κατήφορο". Τι λέει η αντίληψη του «ολισθηρού κατήφορου»; Ο ολισθηρός κατήφορος λέει ότι εάν κάνουμε το πρώτο βήμα σε μια κατεύθυνση η οποία μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα, άπαξ και κάνουμε το πρώτο βήμα, τότε χάνουμε πια τη λογική μας κρίση και μοιραία θα οδηγηθούμε στο δρόμο προς το αρνητικό αποτέλεσμα. Άρα θα πρέπει να απαγορεύσουμε το πρώτο βήμα.

Βεβαίως υπάρχουν κίνδυνοι. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι κάθε νέα διαδικασία εμπεριέχει κινδύνους. Εάν αποκλείσουμε την ανάληψη του ρίσκου, σημαίνει ότι τίποτα δεν πρέπει να δοκιμάζεται για πρώτη φορά. Κάθε τι που δοκιμάζεται για πρώτη φορά δεν ξέρουμε τα αποτελέσματά του. Συνεπώς, ρίσκα υπάρχουν. Το ερώτημα είναι ποιοι κίνδυνοι είναι αποδεκτοί; Και βεβαίως ποιος αποφασίζει γι' αυτό; Επειδή τα θέματα της Βιολογίας και της Γενετικής όπως εξελίσσονται είναι αρκετά περίπλοκα έτσι ώστε οι πολίτες να έχουν δυσκολία, ακόμα και οι μορφωμένοι πολίτες, να αντιληφθούν τα πραγματικά δεδομένα ώστε να μπορούν να αποφασίσουν σε επίπεδο ηθικής, υπάρχει ο κίνδυνος και τον έχουμε ήδη δει να παρασυρόμεθα και να γινόμαστε θύματα προπαγάνδας είτε από τη μία πλευρά είτε από την άλλη. Και πολλές από τις συζητήσεις που γίνονται και πολλές από τις απόψεις που εκφράζονται από κατ' όνομα ειδικούς στις τηλεοράσεις, είναι προϊόν συγχύσεως και

μη κατανόησης του τι συμβαίνει στην πραγματικότητα. Και δικαιολογημένα οι μη ειδικοί είναι σε ακόμη μεγαλύτερη σύγχυση. Δεν ισχυρίζομαι ότι τα επιστημονικά θέματα, της Βιολογίας εν προκειμένω, πρέπει να αποφασίζονται από τους ειδικούς. Έχουν πολύ μεγάλη κοινωνική σημασία και προεκτάσεις ούτως ώστε θα πρέπει να υπόκεινται στην κριτική πληροφορημένων, μη επιστημόνων. Το ερώτημα είναι ποιος πληροφορεί τους μη επιστήμονες. Θεωρώ ότι η Βιολογία δεν αποτελεί πια μια εξειδικευμένη επιστημονική δραστηριότητα, είναι κάτι που μπαίνει στη ζωή μας πολλαπλώς, είναι κάτι για το οποίο όλοι θα πρέπει να έχουμε γνώμη και γι' αυτό υποστηρίζω ότι η διδασκαλία της Βιολογίας θα πρέπει να γενικευθεί ως πολύ βασικό μάθημα σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης.