

Albert Jacquard - Ο άνθρωπος και τα γονίδιά του

Εξετάζουμε τον κόσμο μέσω των αισθήσεών μας και ακόμη περισσότερο μέσω των εννοιών. Με τα μάτια μας παρατηρούμε στον ουρανό μια τεράστια φλεγόμενη σφαίρα, την οποία η ευφυΐα μας μετατρέπει σε άστρο, γύρω απ' το οποίο γυρίζουμε.

Ένα σφάλμα στην επεξεργασία των εννοιών αυτών μας αναστατώνει με τρόπο πολύ πιο δραματικό απ' ό,τι ένα λάθος της όρασης ή της ακοής μας. Η μεταβίβαση της ζωής είναι ο τομέας όπου η αδυναμία κατανόησης πέραν των φαινομένων, οδήγησε στα χειρότερα λάθη και κάποτε στις χειρότερες συνέπειες για τις ανθρώπινες κοινωνίες. Από ένα έμβιο ον μπορεί να ξεπηδήσει ένα άλλο έμβιο ον, διαφορετικό, αυτόνομο, που ανήκει όμως στο ίδιο είδος. Για να συμβεί κάτι τέτοιο χρειάζεται να παρέμβουν δύο γεννήτορες και επομένως το παραγόμενο άτομο έχει δύο πηγές. Όλα αυτά δεν είναι μόνο μυστηριώδη, αλλά και συναρπαστικά. Μπροστά σ' ένα τέτοιο φαινόμενο, οι διάφοροι πολιτισμοί φαντάστηκαν μύθους και ιστορίες συχνά πολύ ποιητικές.

Θεωρίες σαν αυτές του "εγκιβωτισμού" [σελ. 8-9] και των "αγγελιοφόρων" [σελ. 9] του Buffon, είχαν ως άμεση συνέπεια τη σταθερότητα του κάθε είδους. Καμιά εξέλιξη δεν ήταν δυνατό να σημειωθεί, εκτός κι αν είχε προβλεφθεί, προγραμματιστεί εξ αρχής από τον Δημιουργό. Ωστόσο, χάρη στο Δαρβίνο, άρχισαν να συσσωρεύονται αποδείξεις υπέρ της κοινής καταγωγής των ειδών και της προοδευτικής δημιουργίας ποικιλιών κατά τη ροή της ιστορίας του πλανήτη.

Δύο στάδια επέτρεψαν να βγούμε από το αδιέξοδο αυτό, με τίμημα την εκ βάθρων αναθεώρηση της άποψής μας για ό,τι διακηρύσσαμε "έμβιο". Η αναταραχή υπήρξε τόσο βαθιά, που ακόμη και σήμερα δεν έχουμε βγάλει τα συμπεράσματά μας, ενώ η ατομική και συλλογική τύχη μας εξαρτάται απ' αυτά.

Το πρώτο στάδιο υπήρξε η εκ νέου ανακάλυψη, το 1900, των εννοιών, τις οποίες ο Mendel είχε ήδη προτείνει από το 1865, και που τις παρουσιάζουμε, με αρκετά κουτό τρόπο, ως ένα σύνολο "νόμων". Ο Mendel παραδέχεται ότι ο καθένας μας υπόκειται σε διπλό έλεγχο. Κάθε στοιχειώδες χαρακτηριστικό ελέγχεται από δύο παράγοντες (σήμερα λέμε **γονίδια**), οι οποίοι δρουν ταυτόχρονα. Κατά την τεκνοποίηση, ένα μόνο από τα γονίδια αυτά μεταβιβάζεται μέσω ενός γαμέτη. Μετά από 35 χρόνια, τρεις βιολόγοι οδηγήθηκαν από τις παρατηρήσεις τους, και ανεξάρτητα μεταξύ τους, ότι οι αφηρημένοι "παράγοντες" του Mendel είναι χειροπιαστή πραγματικότητα. Οι παράγοντες αυτοί βρίσκονται σε τμήματα των χρωμοσωμάτων, αυτών των ινιδίων που βάφονται από τις χρωστικές ουσίες στην καρδιά του πυρήνα των κυττάρων.

Το δεύτερο στάδιο καλύφθηκε το 1953, με την ανακάλυψη του πιο διάσημου μορίου στις μέρες μας, δηλ του DNA, που έχει μια δομή διπλού έλικα και που αποτελεί το κύριο συστατικό των χρωμοσωμάτων. Το μόριο αυτό, που αποτελείται από δύο χημικά συμπληρωματικούς κλώνους, έχει τη **μοναδική ικανότητα να παράγει αντίγραφα του εαυτού του**. Η αλληλουχία χημικών δομών τεσσάρων τύπων (A,T,C,G), που ακολουθούν η μία την άλλη πάνω στους κλώνους αυτούς, ερμηνεύει εξάλλου και το πως το μόριο αυτό έχει την ικανότητα να διαχειρίζεται την κατασκευή των πρωτεϊνών.

Αυτό που περιγράφεται ως "έμβιο" είναι απλά μια υλική δομή που διαθέτει μακρύτερες ή βραχύτερες αλληλουχίες DNA. Η επίδραση των αλληλουχιών αυτών με το περιβάλλον είναι αποτέλεσμα κοινών έλξεων μεταξύ χημικών στοιχείων. Η λέξη "ζωή" δεν ορίζει μια συγκεκριμένη ιδιότητα ορισμένων αντικειμένων. Εκφράζει την κατάπληξή μας μπροστά στις ικανότητες των υπερπολύπλοκων αντικειμένων.

Πρόκειται για ένα εντελώς νέο πεδίο σκέψης. Για πρώτη φορά στην ιστορία του, ο άνθρωπος έχει πρόσβαση στην πηγή του κάθε όντος, και μάλιστα και του εαυτού του. Όλες οι πληροφορίες, βάση των οποίων δημιουργήθηκε το ον αυτό, βρίσκονται γραμμένες μέσα σ' ένα

βιβλίο που μόλις το άνοιξε. Είναι ικανός μέχρι και να διορθώσει στις σελίδες αυτές ό,τι του φαίνεται πως αποτελεί ορθογραφικό ή συντακτικό λάθος. Ο άνθρωπος, προϊόν της αποκρυπτογράφησης του βιβλίου από τη φύση, έγινε ο συγγραφέας των επόμενων φράσεων.

Εδώ και χιλιάδες χρόνια είναι συνδημιουργός του περιβάλλοντός του. Ξαφνικά γίνεται συνδημιουργός του εαυτού του. **Σε ποιο όνειρο άραγε θα "υποταχθεί";** Όλοι πρέπει να συμμετάσχουν στη σκέψη πάνω στο θέμα αυτό, που είναι απαραίτητη. Όλες οι σχέσεις μεταξύ ατόμων ή μεταξύ ομάδων, εξαρτώνται από την ερμηνεία που δίνουμε στο μυστήριο της τεκνοποιήσεως.

Τα τεχνολογικά επιτεύγματα που καθιστούν πλέον εφικτή τη μετατροπή της γενετικής κληρονομιάς, εντάσσονται αναγκαστικά σ' ένα κοινωνικό σχέδιο. Οι συνέπειες κάθε νέας δυνατότητας, η οποία προσφέρεται από μια πρωτοποριακή τεχνική, πρέπει να προσδιορίζονται όχι μόνο πάνω στο άτομο που τις υφίσταται, αλλά και σε σχέση με το σύνολο της κοινότητας. Την ανάγκη αυτή καλύπτει ένας ειδικός επιστημονικός κλάδος, η "γενετική των πληθυσμών". Προκειμένου να κατανοήσουμε πραγματικά έναν μηχανισμό τόσο λεπτό όσο η τεκνοποίηση, δεν μπορούμε να φεισθούμε κόπων. Πως άλλωστε να συμμετάσχουμε σε μια απόφαση χωρίς να έχουμε πρώτα κατανοήσει αυτόν τον μηχανισμό;

=====

=====

=====

Πριν απ' όλα χρειάζεται να ξεριζώσουμε από τη σκέψη μας διάφορες ιδέες που θεωρούνται προφανείς, μόνο και μόνο επειδή συμφωνούν με τα φαινόμενα. Οι περισσότερες λέξεις, τις οποίες χρησιμοποιούμε όταν αναφερόμαστε στην τεκνοποίηση, μας εξαπατούν. Μεταφέρουν μεσαιωνικές απόψεις που δεν έχουν καμιά σχέση με την πραγματικότητα: "τα παιδιά που έκανα", "κατά μάνα κατά κύρη". Με τον ίδιο τρόπο μας εξαπατά και το κλασσικό γενεαλογικό σχεδιάγραμμα, σύμφωνα με το οποίο το ζεύγος γονέων και η αδελφότητα που προέρχεται απ' αυτούς, ενώνεται με μια μοναδική κατακόρυφη γραμμή. Εκφράσεις και απεικονίσεις σαν αυτές δε λαμβάνουν υπόψη τους ένα θεμελιακό γεγονός, το οποίο αποκρύπτει μια διπλή οφθαλμαπάτη.

Αρχικά, η τεκνοποίηση είναι ένα γεγονός που εμπλέκει όχι δύο αλλά τέσσερα πρόσωπα: τη μητέρα, τον πατέρα, ένα ωάριο που προέρχεται απ' την πρώτη και ένα σπερματοζωάριο που προέρχεται απ' τον δεύτερο. Και τα τέσσερα αυτά πρόσωπα είναι έμβια όντα, καθένα από τα οποία έχει τη δική του ατομικότητα. Από την άλλη πλευρά, το γεγονός της τεκνοποίησης δεν συνοψίζεται στη συνεύρεση των δύο γεννητόρων, αλλά περιλαμβάνει δύο φάσεις: την παραγωγή γαμετών και, μετέπειτα, τη συνένωσή τους. Η πρώτη από τις φάσεις είναι σαφώς και η πιο καίρια. Ωστόσο, εκτυλίσσεται με αργό ρυθμό, μυστικά, στο εσωτερικό του σώματός μας. Αντίθετα, η δεύτερη κινητοποιεί για μερικές στιγμές όλες μας τις δυνάμεις και καταλαμβάνει πλήρως τη συνείδησή μας. Απορροφημένοι απ' τον ορυμαγδό του τελευταίου μπουμπουνητού, παραβλέπουμε τη σημασία των προηγούμενων γεγονότων.

Το κλειδί του μυστηρίου είναι ο διπλός έλεγχος των όντων που εμφανίζουν δύο φύλα. Η συνεχής προσθήκη χαρακτηριστικών από δύο πηγές, γενεά προς γενεά, θα έπρεπε να προκαλεί απaráδεκτη συσσώρευση. Ο Mendel διατύπωσε την υπόθεση πως μεταβιβάζεται ένας μόνο απ' τους δύο "παράγοντες" που διαθέτει κάθε γεννήτορας. Υπάρχει επομένως επιλογή, που συμβαίνει τυχαία, και που παρέχει ίσες πιθανότητες και στους δύο παράγοντες.

Τότε όμως, όλοι οι συλλογισμοί αλλάζουν ριζικά. Αυτό που μεταβιβάζεται δεν είναι πλέον ένα εκδηλωμένο χαρακτηριστικό, αλλά οι μισές από τις γενετικές πληροφορίες που επιτρέπουν την εκδήλωσή του. Ο δεσμός, τον οποίον θεωρούσαμε άμεσο, μεταξύ των φαινομενικών χαρακτηριστικών του τεκνοποιούντος και του προϊόντος, έχει σπάσει. Το προϊόν μπορεί να είναι, και με το παραπάνω, διαφορετικό τόσο από τον ένα όσο και από τον άλλο γεννήτορά του.

Ένα εμφανές χαρακτηριστικό (χρώμα, μορφή), ή ένα χαρακτηριστικό που ανιχνεύεται μέσω πολύπλοκων διαδικασιών (ομάδα αίματος, ανοσολογικό σύστημα), ονομάζεται φαινότυπος του εξεταζόμενου οργανισμού. Αν το χαρακτηριστικό αυτό, μεταβιβάζεται από γενεά σε γενεά, εξαρτάται από δύο "παράγοντες" κατά τον Mendel, από δύο γονίδια δηλ, από τα οποία μεταβιβάζεται μόνο το ένα. Το σύνολο αυτών των δύο γονιδίων αποτελεί το γονότυπο του ατόμου ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Τα γονίδια από τα οποία εξαρτάται ένα δεδομένο χαρακτηριστικό, εντοπίζονται σε μια συγκεκριμένη θέση πάνω σ' ένα ζεύγος χρωμοσωμάτων, που βρίσκονται σπειρωμένα στον πυρήνα των κυττάρων μας. Η θέση αυτή ονομάζεται γενετικός τόπος του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού.

Τα γονίδια διαφόρων ατόμων ενδέχεται να έχουν πολλαπλές δραστηριότητες για κάθε δεδομένο στοιχειώδη χαρακτήρα. Στο σύστημα ομάδων αίματος ABO, ο τύπος καταλαμβάνεται από τρία είδη γονιδίων, ενώ για το κύριο ανοσολογικό σύστημα υπάρχουν εκατοντάδες γονίδια. Οι διάφορες αυτές κατηγορίες γονιδίων ονομάζονται αλληλόμορφα. Οι γονότυποι αυτοί μπορούν να περιλαμβάνουν είτε δύο γονίδια που έχουν την ίδια δράση (ομοζυγωτικοί), είτε δύο γονίδια που έχουν διαφορετικές δράσεις (ετεροζυγωτικοί). Σε έναν ετεροζυγωτικό γονότυπο δεν είναι απίθανο να εκφράζεται ένα μόνο από τα δύο γονίδια, που ονομάζεται επικρατούν, ενώ το άλλο ονομάζεται υπολειπόμενο. Η σχέση επικρατούντων-υπολειπόμενων γονιδίων οδηγεί σ' έναν αριθμό φαινοτύπων μικρότερο από τον αριθμό γονοτύπων. Η γνώση του γονοτύπου συνεπάγεται και τη γνώση του φαινοτύπου, ενώ το αντίθετο γενικώς δεν ισχύει. Το γεγονός ότι υπάρχουν υπολειπόμενα γονίδια επιτείνει την απουσία αντιστοιχίας μεταξύ των φαινοτύπων των γεννητόρων και των φαινοτύπων των απογόνων τους. Κατά την τεκνοποίηση οι γεννήτορες δεν μεταβιβάζουν αυτό που είναι, αλλά τους μισούς παράγοντες τους οποίους παρέλαβαν. Για την επιλογή των μισών αυτών παραγόντων επιτελείται μια σειρά κληρώσεων. Το αποτέλεσμα είναι μοναδικό αλλά ο αριθμός των πιθανοτήτων είναι τεράστιος. Είναι αδύνατο λοιπόν να προβλέψουμε τι θα είναι το μελλοντικό παιδί γνωρίζοντας τους γονείς.

Η μορφή του συλλογισμού που ονομάζεται πιθανοκρατικός, επιτρέπει να εξετάσουμε με αλάνθαστη λογική τις συνέπειες ατελών πληροφοριών ή εν μέρει αστήρικτων υποθέσεων. Αν γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά των γονέων, οι κανόνες που χρησιμοποιούμε στον πιθανοκρατικό συλλογισμό, αρκούν για να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά των παιδιών τους. [σελ. 25 - 29]. Πρακτικά όμως, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, το πρόβλημα δεν μπορεί να τεθεί έτσι, επειδή ο γονότυπος των γονέων είναι άγνωστος. Το μόνο που γνωρίζουμε είναι ο φαινότυπος. Για να υπολογίσουμε τις πιθανότητες των γονοτύπων των παιδιών, χρειάζεται η γενετική των πληθυσμών, η οποία μας επιτρέπει, αντί να προσπαθήσουμε να καταγράψουμε τη στατιστική των διαφόρων πιθανών γονοτύπων, να αρκεστούμε σε μια πιο περιορισμένη πληροφορία και να αναζητήσουμε μόνον τα ίδια τα γονίδια, και όχι τους ανά δύο πιθανούς συνδυασμούς τους. Αυτό ισοδυναμεί με το να θεωρήσουμε, αντί για τα άτομα, τους γαμέτες, τους οποίους αυτά παράγουν για να σχηματίσουν την επόμενη γενεά.

Για να διηγηθούμε την ιστορία ενός πληθυσμού, μπορούμε να εξετάσουμε διαδοχικές γενεές ατόμων. Αυτό το κάνουμε αυθόρμητα. Μπορούμε όμως κάλλιστα να εξετάσουμε διαφορετικές γενεές γαμετών. Η γενετική ιστορία ενός πληθυσμού είναι η ιστορία μιας διαδοχής σταδίων, κατά τη διάρκεια των οποίων αυτή δομείται εναλλάξ από άτομα και από κύτταρα της αναπαραγωγής. Είναι αξιοσημείωτο ότι, βάσει ορισμένων υποθέσεων, μπορούμε να εξάγουμε τη δομή της φάσεως "ατόμων" από τη δομή της φάσεως "γαμετών". Από τη σκοπιά του γενετιστή των πληθυσμών, τα άτομα δεν είναι παρά οι ενδιάμεσοι μεταξύ δύο γενεών γαμετών.

Τα αποτελέσματα των μεθόδων της γενετικής των πληθυσμών οδηγούν στο συμπέρασμα ότι, από μία γενεά στην άλλη, το γενετικό κληροδότημα μιας οικογένειας μπορεί να μεταβληθεί. Το ίδιο ισχύει και για το γενετικό κληροδότημα ενός συνόλου οικογενειών, δηλ ενός πληθυσμού. Το ίδιο ισχύει και για τη γενετική κληρονομιά του συνόλου των πληθυσμών, δηλ ενός είδους. Ο

τελικός στόχος της γενετικής των πληθυσμών είναι η κατανόηση των μηχανισμών αυτής της εξέλιξης.

Από την ανθρώπινη σκοπιά όλα τα είδη είναι σταθερά (γάτες -γατάκια, πάπιες -παπάκια). Στο δυτικό πολιτισμό, η σταθερότητα αυτή θεωρείται ανέκαθεν παραδεκτή ως προφανής. Ωστόσο μια κάπως βαθύτερη ανάλυση των χαρακτηριστικών των ζώων και των φυτών, έφερε αρκετά γρήγορα στο φως ομοιότητες, οι οποίες θα μπορούσαν να ερμηνευθούν ως σημεία συγγένειας, κοινής προέλευσης. Από τον 18ο αι διατυπώθηκε η υπόθεση της κοινής προέλευσης, από μωαλά όπως του Montesquieu, του Lamarck, του Cuvier, μέχρι τον Δαρβίνο που συγκέντρωσε αναρίθμητα επιχειρήματα υπέρ της εξέλιξης, ώστε η ιδέα αυτή να γίνει επιτέλους αποδεκτή μετά τα μέσα του 19ου αι. Σήμερα οι αποδείξεις έχουν συσσωρευθεί. Δεν αφορούν πλέον αποκλειστικά τη σύγκριση ατομικών μορφών, αλλά επίσης την εμβρυογένεση, τα φυσιολογικά ή και τα βιοχημικά χαρακτηριστικά. Σήμερα, η εξέλιξη είναι γεγονός τόσο εδραιωμένο όσο και η κίνηση των πλανητών γύρω από τον ήλιο. Μόνο μερικές ολοκληρωτικές αιρέσεις προσπαθούν ακόμα να αρνηθούν τα προφανή.

Όπως είδαμε, το άτομο που δημιουργείται είναι ένας λαχνός, τραβηγμένος από έναν τεράστιο αριθμό πιθανών λαχνών. Συστηματικά, οι γενετικοί ανασυνδυασμοί δημιουργούν ανανέωση. Οι ανανεώσεις αυτές προκαλούν μεν την εμφάνισή ποικιλίας μέσα στον πληθυσμό, αλλά πως άραγε μπορούν να επιφέρουν την εξέλιξη; Είναι σημαντικό να διευκρινίσουμε "τι είναι αυτό" που εξελίσσεται. Αυτό δεν μπορεί να είναι άλλο από τη συλλογή γονιδίων που μεταβιβάζονται από γενεά σε γενεά. Για έναν δεδομένο τόπο, η συλλογή αυτή περιγράφεται από το σύνολο των συχνοτήτων των διαφόρων παρόντων αλληλομόρφων. Περιγραφή της εξέλιξης σημαίνει να μετρήσουμε τις αλλαγές των συχνοτήτων αυτών. Ερμηνεία της σημαίνει να συνδέσουμε τις αλλαγές αυτές με διάφορους παράγοντες που μπορούν να υπεισέλθουν.

Ένα άτομο μπορεί να αποκτήσει πολλά παιδιά και ωστόσο να μην μεταβιβάσει κάποιο γονίδιο του σε κανένα απ' αυτά. Η διαδικασία εξάλειψης γονιδίων επαναλαμβάνεται σε κάθε γενεά. Η απόκλιση που δημιουργείται, και οφείλεται στο ότι ο αριθμός των ατόμων είναι πεπερασμένος, συσσωρεύεται από γενεά σε γενεά, και τελικά προκαλεί την εκτροπή της γενετικής κληρονομιάς. Το φαινόμενο έχει μετρήσιμες συνέπειες σε έναν πληθυσμό που παραμένει απομονωμένος επί μακρόν ή όταν μια ομάδα μεταναστεύει σε μια απομακρυσμένη περιοχή.

Τα μέλη ενός πληθυσμού δεν συνεισφέρουν όλα με τον ίδιο τρόπο στη διαμόρφωση της γενετικής κληρονομιάς, επειδή κάποια δεν έχουν απογόνους και τα γονιδιά τους παύουν να εκπροσωπούνται. Η ανισότητα αυτή μπορεί να είναι απλά συνέπεια της τύχης, αλλά μπορεί επίσης να εξαρτάται από τα βιολογικά χαρακτηριστικά των ατόμων, τα οποία με τη σειρά τους είναι συνάρτηση των γενετικών κληροδοτημάτων τους. Αν κάποιο γονίδιο αυξάνει τη γονιμότητα, και αν κάποιο άλλο βελτιώνει την αντοχή στις ασθένειες, τότε οι φορείς των γονιδίων αυτών θα έχουν και περισσότερους "χρήσιμους" απογόνους, με την έννοια ότι αυτοί θα κατορθώσουν να φτάσουν, με τη σειρά τους, σε ηλικία που θα τους επιτρέψει να τεκνοποιήσουν. Μια τέτοια "επιλεκτική ικανότητα" δε θεωρείται ένδειξη "φυσικής επιλογής", αφού θα έπρεπε να αφορά το σύνολο των γονιδίων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το φαινόμενο "οτοστόπ" των γονιδίων. Ας υποθέσουμε ότι ένα νέο γονίδιο, που εμφανίστηκε ως συνέπεια μιας μετανάστευσης ή μιας μετάλλαξης προκαλεί μια ελαφρά εκφύλιση του μεταβολισμού στο νεφρό. Φυσιολογικά η επιλογή θα έπρεπε να εξαλείψει το γονίδιο αυτό. Όμως, εντελώς τυχαία, το γονίδιο αυτό βρίσκεται πάνω σ' ένα χρωμόσωμα δίπλα σ' ένα άλλο γονίδιο, το οποίο επιφέρει σημαντική βελτίωση της λειτουργίας των πνευμόνων. Επειδή βρίσκονται σε γειτονικές θέσεις, τα δύο αυτά γονίδια μεταβιβάζονται ταυτόχρονα. Έτσι το γονίδιο αυτό εξαπλώνεται σιγά σιγά στον πληθυσμό επειδή επωφελήθηκε από την ευνοϊκή δράση του δευτέρου, έκανε δηλ "οτοστόπ".

Η αλληλεξάρτηση αυτή, μεταξύ γονιδίων που διέπουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, μπορεί να εκδηλωθεί μέχρι και για τόπους που βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα, και που μεταβιβάζονται επομένως ανεξάρτητα.

Συχνά, η αναφορά στη φυσική επιλογή δεν αγγίζει καθόλου την πολυπλοκότητα των αφανών εξελικτικών διεργασιών. Η ίδια η έννοια του "καλού" και του "κακού" γονιδίου γίνεται ασαφής. Υπάρχουν τόσες διαπλεκόμενες επιρροές, που τελικά όλα συμβαίνουν σα να υπήρχε επικράτηση της τύχης στο ντετερμινισμό. **Η εξέλιξη που συνέβη ήταν μια από τις αναρίθμητες πιθανές εξελίξεις. Δεν είναι αναγκαστικά εκείνη που είχε εκ των προτέρων τις περισσότερες πιθανότητες να συμβεί.**

Η θεμελιώδης λειτουργία της αλληλουχίας βάσεων ενός κλώνου DNA είναι η διαχείριση της σύνθεσης πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες είναι αλληλουχίες 20 διαφορετικών ειδών αμινοξέων. Σε κάθε ομάδα τριών βάσεων DNA αντιστοιχεί ένας τύπος αμινοξέος, και η αντιστοιχία αυτή είναι ο **"γενετικός κώδικας"**, κοινός σε όλα τα έμβια όντα. Η αλλαγή μιας βάσεως μπορεί επομένως να προκαλέσει μεταβολή του αμινοξέος που καταλαμβάνει τη θέση αυτή, κατά τη σύνθεση της πρωτεΐνης. Με τη σειρά της η μεταβολή αυτή μπορεί να προκαλέσει μετατροπές της λειτουργίας της πρωτεΐνης.

Ένα μεταλλαγμένο γονίδιο μπορεί να έχει την ίδια δράση μ' ένα γονίδιο που είναι ήδη παρόν στον πληθυσμό, οπότε η μετάλλαξη δεν έχει άλλο αποτέλεσμα παρά την ελάχιστη μεταβολή των συχνοτήτων. Μπορεί όμως να είναι ένα μέχρι τότε άγνωστο αλληλόμορφο, από το οποίο πηγάζει ένας νέος φαινότυπος. Αν το γονίδιο αυτό εξαπλωθεί στον πληθυσμό, μπορεί να του προσδώσει ένα νέο χαρακτηριστικό (ευνοϊκό, ουδέτερο ή δυσμενές).

Μετά από μεγάλο αριθμό γενεών, δεν είναι απίθανο όλα τα άτομα να έχουν παραλάβει το γονίδιο αυτό σε διπλή δόση. Τότε η μετάλλαξη θα έχει οριστικά "σταθεροποιηθεί", μετατρέποντας την ομάδα αυτή σε σύνολο διαφορετικό από τα άλλα, και ενδεχομένως τόσο διαφορετικό ώστε να αποτελεί ένα νέο είδος. Για το σύνολο ενός είδους οι μεταλλάξεις αποτελούν πράγματι τη μοναδική πηγή νέων γενετικών υλικών που επιτρέπουν την εξέλιξη.

Οι αιτίες που διευκολύνουν μια τέτοια "σταθεροποίηση" είναι δύο: το πλεονέκτημα που προσφέρει η μετάλλαξη σ' εκείνους που την παραλαμβάνουν, γεγονός που βελτιώνει την πιθανότητα μεταβίβασής της, και ο περιορισμός του αριθμού των ατόμων στον πληθυσμό, γεγονός που επιτείνει τις εντελώς τυχαίες διακυμάνσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να αυξήσουν χωρίς λόγο τη συχνότητά της.

Η σταθεροποίηση αυτή είναι σπάνιο φαινόμενο. Η τύχη μιας μετάλλαξης εξαρτάται κυρίως από την απρόβλεπτη έκβαση των "κληρώσεων", κατά τις οποίες αποφασίζεται ποιο γονίδιο θα μεταβιβαστεί. Στο είδος μας κάθε άτομο υφίσταται κατά μέσο όρο μία μεταβιβάσιμη μετάλλαξη.

Η υπόθεση μιας τυχαίας συνάντησης των συντρόφων δεν είναι ρεαλιστική παρά μόνο για τα είδη εκείνα, στα οποία η τεκνοποίηση δεν προϋποθέτει τη συνουσία. Στο είδος μας, κάποια πρότυπα για την επιλογή του συντρόφου στην τεκνοποίηση, στηρίζονται στην εμφάνιση των ατόμων, δηλ το φαινότυπο, ή στις συγγενειές τους. Το ταμπού της αιμομιξίας είναι μια αρκετά γενική μορφή "επιλογής" στο ανθρώπινο είδος. Για την ερμηνεία της συμπεριφοράς αυτής έχουν προταθεί διάφορες υποθέσεις. Είναι μάλλον απίθανο μια τέτοια στάση να απορρέει από τη διαπίστωση ότι τα παιδιά που προέρχονται από τέτοιου είδους ενώσεις έχουν χειρότερη βιολογική "ποιότητα". Η συνέπεια αυτή, που είναι πραγματική, δεν είναι αρκετά σημαντική για να γίνει αντιληπτή.

Εξ ορισμού, ένα είδος είναι γενετικώς απομονωμένο. Επειδή δεν μπορεί να υπάρξει εισροή μεταναστών, οι μεταλλάξεις αποτελούν και τη μοναδική πηγή ανανέωσης. Η μεταμόρφωση είναι αναγκαστικά αργή. Η ελάχιστη σημαντική μονάδα χρόνου είναι η χιλιάδα γενεών. Αντίθετα, ένας πληθυσμός ορίζεται από σύνορα μεταξύ άλλων ατόμων του ίδιου είδους. Τα

ορία του δεν είναι στεγανά, και το γεγονός αυτό είναι που προσφέρει ουσιαστικά τα νέα γονίδια. Η ελάχιστη σημαντική μονάδα χρόνου για τη μεταμόρφωση ενός πληθυσμού είναι η εκατοντάδα γενεών.

Καθένα από τα όντα, τα οποία αποκαλούμε έμβια, είναι κατάληξη ενός γενεαλογικού δέντρου που περιλαμβάνει όλους τους προγόνους του. Τα γενεαλογικά αυτά δέντρα δε σταματούν κάπου. Δεν υπάρχουν τόσα ιδρυτικά ζευγάρια όσα και τα είδη. Τα δέντρα συγχωνεύονται και σχηματίζουν ένα σύνολο κοινό για όλους. Στην προσπάθεια των ερευνητών για την ανασύσταση του γενεαλογικού δέντρου του συνόλου των ειδών, σημαντική βοήθεια προσφέρει η πρόσβαση που έχουν σε μια πολύ χρήσιμη πληροφορία: τη δομή των αλυσίδων αμινοξέων, από τις οποίες αποτελούνται οι πρωτεΐνες. Η προοδευτική μεταμόρφωση των φαινοτύπων δεν είναι παρά η μακρινή αντανάκλαση της εξέλιξης. Αντίθετα, οι αλληλουχίες αμινοξέων των πρωτεϊνών είναι η άμεση αντανάκλαση της δομής των μορίων του DNA.

Η σύγκριση δύο ειδών δε συνίσταται πλέον στην αντιπαραβολή μορφών κάποιου οργάνου, αλλά στην αντιπαραβολή δομών κάποιας πρωτεΐνης του ενός και του άλλου. Μία από τις πρωτεΐνες που έχουν μελετηθεί κατά κόρον είναι το κυτόχρωμα c, μόριο που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στους βιοχημικούς μηχανισμούς της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής.

Η ανασύσταση του γενεαλογικού δέντρου συνίσταται στο να ταξινομήσουμε τα είδη, έτσι ώστε η διαδοχή τους να αντιστοιχεί στο ελάχιστο δυνατό αριθμό μεταβολών της αλληλουχίας των αμινοξέων. Δύο είδη, των οποίων τα κυτοχρώματα διαφέρουν μόνο κατά ένα ή δύο αμινοξέα, βρίσκονται πολύ κοντά, ενώ δύο είδη που τα κυτοχρώματά τους διαφέρουν κατά πολλά αμινοξέα είναι απομακρυσμένα. Τα πρώτα έχουν κοινούς προγόνους, τα δεύτερα έχουν αποκλίνει από καιρό.

Κάθε είδος ορίζεται θεωρητικά με απόλυτη ακρίβεια: σ' αυτό ανήκουν όλα τα μέλη του είδους που είναι δυνητικώς ικανά να τεκνοποιήσουν με κάποιο άλλο μέλος του. Οι δυσκολίες του ορισμού αυτού εμφανίζονται για είδη, τα μέλη των οποίων διαθέτουν πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά (σκυλιά). Απέναντι στην εσωτερική αυτή ποικιλότητα των περισσοτέρων ειδών, είναι φυσικό να προσπαθήσουμε να εντάξουμε τα άτομα σε σχετικά ομοιογενείς ομάδες: τις ράτσες ή φυλές. Ωστόσο, μια φυλή δεν έχει σταθερό ορισμό, παρά μόνον όταν τα χαρακτηριστικά που λαμβάνουμε υπόψη μας παραμένουν σταθερά για ένα μεγάλο αριθμό γενεών, όταν δηλ είναι μεταβιβάσιμα.

Μια φυλή είναι ένα σύνολο ατόμων ή πληθυσμών που έχει, όχι κοινά ορατά χαρακτηριστικά, αλλά κοινό μεγάλο μέρος της γενετικής τους κληρονομιάς. Όταν διάφοροι πληθυσμοί αναπαρίστανται με σημεία, που απέχουν τόσο περισσότερο μεταξύ τους όσο μεγαλύτερες είναι και οι "γενετικές αποστάσεις" που τους χωρίζουν, τότε είναι φυσικό να θεωρήσουμε ότι τα σημεία που σχηματίζουν ένα μεμονωμένο νέφος ανήκουν σε μια φυλή. Αντίθετα, όταν τα σημεία αυτά σχηματίζουν μια αρκετά κανονική ομίχλη, είναι αδύνατο να ορίσουμε φυλές. Αυτό διαπιστώνουμε και για το ανθρώπινο είδος.

Εδώ και μερικές δεκαετίες, το αναπάντεχο εύρημα είναι ότι υπάρχει τεράστια ποικιλότητα ανάμεσα σε άτομα που ανήκουν στον ίδιο πληθυσμό. Ο ορισμός φυλών συνίσταται στην ομαδοποίηση πληθυσμών με μικρή γενετική απόσταση, και στο διαχωρισμό σε διαφορετικές φυλές, των πληθυσμών που τους χωρίζει μεγάλη γενετική απόσταση. Επομένως, το έργο, το οποίο επιτρέπει να ομαδοποιήσουμε πληθυσμούς σε φυλές, είναι σαφώς ορισμένο και σύμφωνο με μια αυστηρή επιστημονική πορεία. Για ορισμένα είδη, η πορεία αυτή καταλήγει σε κάποιο κοινώς αποδεκτό αποτέλεσμα. Για τον άνθρωπο όμως, η πορεία αυτή καταλήγει σε αδιέξοδο.

Είναι αδύνατο να χαράξουμε, ανάμεσα στους ανθρώπινους πληθυσμούς, σύνορα που να σημαίνουν ότι κάποιος απ' αυτούς τους πληθυσμούς ανήκει σε μια φυλή. Στο είδος μας, οι μεγάλες διαφορές δεν παρατηρούνται μεταξύ ομάδων, αλλά στο εσωτερικό των ομάδων αυτών.

Για να διαφοροποιηθεί ένας πληθυσμός από έναν άλλο, είτε μέσω της τυχαίας εκτροπής, είτε υπό την επήρεια μιας επιλεκτικής πίεσης, χρειάζεται οι μεταναστεύσεις ανάμεσά τους να είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Ελάχιστοι μετανάστες αρκούν για να εκμηδενίσουν τη μέση ομοιοσύνη, την οποία είχε επιφέρει η απομόνωση επί πολλές γενεές. Μια μετάλλαξη που τυχαίνει να ευνοηθεί από το περιβάλλον αυτό εξαλείφεται, παρά το επιλεκτικό της πλεονέκτημα, μέσω μιας έστω και ελάχιστης εισροής μεταναστών.

Στους πληθυσμούς ζώων, μια τέτοια απομόνωση, σχεδόν πλήρης και ταυτόχρονα παρατεταμένη, μπορεί κάλλιστα να συμβεί. Μια απομονωμένη ομάδα υφίσταται μια ειδική μεταμόρφωση, που τη μετατρέπει σε ξεχωριστή φυλή (γάτες). Μπορεί μάλιστα κάποτε να εξελιχθεί και σε νέο είδος, χωρίς την ικανότητα να τεκνοποιεί με άτομα της αρχικής ομάδας. Για να γίνει κάτι τέτοιο, αρκεί να συσσωρευτεί μεταλλάξεις, οι οποίες να καθιστούν τη συνάντηση των δύο γαμετών αδύνατη ή άγονη.

Παραδείγματα από φυλές της Αυστραλίας, που έμειναν απομονωμένες για μερικές δεκάδες χιλιετιών, δηλ περίπου επί χίλιες γενεές, δείχνουν, ότι το χρονικό αυτό διάστημα δεν είναι αρκετό για να δημιουργήσει τόσο μεγάλες γενετικές αποστάσεις, που να επιτρέπουν τη χάραξη ενός "φυλετικού" ορίου.

Ακριβώς επειδή το χαρακτηριστικό αυτό είναι οφθαλμοφανές, το χρώμα του δέρματος υπήρξε το αυθόρμητο κριτήριο, με το οποίο επινοήθηκε η ταξινόμηση των ανθρώπων σε φυλές. Το χρώμα αυτό εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα μελανίνης που βρίσκεται στο δέρμα, και η ποσότητα αυτή με τη σειρά της, εξαρτάται από τη γενετική κληρονομιά. Η γενετική αυτή εξάρτηση αποδεικνύεται από την ύπαρξη μιας μετάλλαξης, του αλβινισμού, η οποία καθιστά αδύνατη τη σύνθεση μελανίνης. Η διαφορά χρώματος μεταξύ ενός Βορειοευρωπαίου και ενός Αφρικανού είναι τόσο σαφής, που το όριο μεταξύ "Μαύρων" και "Λευκών" μπορεί να τεθεί εύκολα. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για μια αυταπάτη. Ακόμη και σ' ένα πληθυσμό που φημίζεται για το μαύρο χρώμα του, η ένταση της "μαυρίλας" ποικίλλει από άτομο σε άτομο.

Η γεωγραφική κατανομή των πληθυσμών ανάλογα με το χρώμα του δέρματος, τουλάχιστον αν εξαιρέσει κανείς τις μεγάλες μετακινήσεις πληθυσμών που επήλθαν κατά τους πέντε τελευταίους αιώνες, αποδεικνύει την προφανή επιρροή του περιβάλλοντος: όλοι οι σκουρόχρωμοι πληθυσμοί ζουν στην ισημερινή ζώνη. Η διαπίστωση αυτή θέτει ένα αληθινό πρόβλημα: ένα σκούρο δέρμα απορροφά περίπου 20% - 30% περισσότερη ηλιακή ενέργεια από ένα ανοιχτόχρωμο δέρμα. Επομένως, θα έπρεπε να αποτελεί πλεονέκτημα στις ψυχρές χώρες. Μάλλον οι Σουηδοί θα είχαν κάθε συμφέρον να είναι μαύροι.

Αναμφίβολα, πρέπει να επέδρασαν παράγοντες διαφορετικοί από την ενεργειακή αυτή ισορροπία, όπως ίσως η ικανότητα του δέρματος να συνθέτει βιταμίνη D, η έλλειψη της οποίας προκαλεί ραχιτισμό. Η σύνθεση αυτή γίνεται χάρη στις υπεριώδης ακτίνες, οι οποίες διαπερνούν πιο εύκολα τα ανοιχτόχρωμα δέρματα. Τα άτομα με σκούρο δέρμα μπορούν να αντισταθμίσουν την έλλειψη, καταναλώνοντας τροφές πιο πλούσιες σε βιταμίνη D. Η ανακάλυψη της γεωργίας εδώ και 10.000 χρόνια περίπου, καθώς και η διατροφή με δημητριακά, που περιέχουν λίγη βιταμίνη D, έκαναν την πηγή αυτή να στερέψει, και έδωσαν ένα προσωρινά αποφασιστικό πλεονέκτημα στα άτομα με ανοιχτόχρωμο δέρμα. Έτσι αυτοί μπόρεσαν να εξαπλωθούν σε περιοχές όπου η ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι μικρότερη. Η εξέλιξη των συμπεριφορών έχει τις συνέπειές της στην εξέλιξη των γενετικών κληρονομιών.

Γνωρίζουμε πλέον τι ακριβώς μεταβιβάζεται από τον γεννήτορα στον γενόμενο. Σιγά σιγά κατανοούμε πως η μεταβίβαση αυτή επέτρεψε στα έμβια όντα να διαφοροποιηθούν σε είδη

οριστικά διαχωρισμένα, και να διατηρήσουν την ποικιλότητά τους στο εσωτερικό κάθε είδους. Ωστόσο, η κατανόηση αυτή συνεχίζει να μη μας ικανοποιεί σε νοητικό επίπεδο. Κατορθώσαμε επιτέλους να αναγάγουμε σε μια ακολουθία μηχανισμών αυτό που η φύση μας παρουσίαζε ανέκαθεν ως μυστήριο. Σήμερα μπορούμε να την υποκαταστήσουμε, να πάρουμε στα χέρια μας τη συνέχεια της περιπέτειας, να γίνουμε κύριοι του βιολογικού μας πεπρωμένου, να αντικαταστήσουμε το τυχαίο μ' ένα πρόγραμμα. Με ποιον στόχο άραγε;

Το να θέσουμε το ερώτημα αυτό σημαίνει να υποχρεωθούμε, πριν από οποιαδήποτε απόφαση ή δράση, να υιοθετήσουμε μια ηθική. Ιδού μια λέξη που οι φυσικοί, οι χημικοί ή οι μαθηματικοί ούτε που την ανέφεραν, αλλά η οποία επιβάλλεται στο γενετιστή, εφόσον το αντικείμενο των χειρισμών του είναι η έμβια ύλη, τα ζώα, τα κοντινά του πρόσωπα, οι άνθρωποι και ο εαυτός του.

Η επιστημονική έρευνα δεν μπορεί από μόνη της να θεμελιώσει μια ηθική. Στη φύση, όλα υπόκεινται είτε στην αυστηρότητα των ντετερμινιστικών αλληλεπιδράσεων ή στην αβεβαιότητα του κβαντικού τυχαίου. Τα γεγονότα εκτυλίσσονται ανάλογα με την εκάστοτε παρούσα κατάσταση, χωρίς στόχο, χωρίς σκοπό, χωρίς έκθεση σε κάποια κρίση περί του τι είναι "καλό" και τι "κακό". Δεν μπορεί να υπάρξει "ηθικολογία της φύσης".

Η σημερινή κατάληξη της εξέλιξης έτυχε να δημιουργήσει ένα είδος, το δικό μας, ικανό να σκέφτεται το μέλλον και να κάνει σχέδια. Σε κάθε στιγμή του ο άνθρωπος αντιμετωπίζει επιλογές. Υιοθετώντας μια ηθικολογία, παίρνει τη "σωστή" απόφαση. Ο ορισμός είναι αναγκαστικά αυθαίρετος.

Περισσότερο ίσως από κάθε άλλο επιστημονικό κλάδο η γενετική προσφέρει μια νέα και αποφασιστική διαύγεια σκέψεως, όσον αφορά την επιλογή ρεαλιστικών και συνεπών κανόνων για τη διαχείριση των σχέσεων μεταξύ ατόμων ή ομάδων. Ας μη ξεχνάμε ότι μόλις έναν αιώνα πριν κανείς δεν είχε κατανοήσει τι σημαίνει η τεκνοποίηση ενός όντος από δύο άλλα. Όλοι οι κανόνες που υιοθετήθηκαν από διάφορους πολιτισμούς, βασίζονταν στην ιδέα την οποία οι πολιτισμοί αυτοί είχαν παραδεχτεί για τη "φύση" κάθε ατόμου και κάθε πληθυσμού. Σ' αυτή τη "φύση" βασίστηκε ο ορισμός και η ιεράρχηση φυλών, που τόσο πολύ επηρέασαν τον προσανατολισμό της πολιτικής των εθνών που ενδιαφέρονταν να αποκτήσουν αποικίες. Η γενετική κατέστρεψε τις δικαιολογίες των εθνών που ήθελαν να επιβάλουν την κυριαρχία τους, παρουσιάζοντας στοιχεία τα οποία καθιστούν προφανή την αδυναμία ορισμού των φυλών, καθώς και περιορίζοντας την τεκνοποίηση στη μεταβίβαση πληροφοριών τις οποίες φέρει το DNA. Με τον ίδιο τρόπο, η γενετική έφερε σε δύσκολη θέση τη θεωρία των "χαρισμάτων", η οποία δεχόταν ότι κάθε παιδί γεννιέται μ' ένα καθορισμένο δυναμικό νοητικής ανάπτυξης. Αυτό που στην πραγματικότητα παραλαμβάνει το παιδί δεν είναι μια ικανότητα να διαλογίζεται ή να επινοεί, αλλά μόνον οι συνταγές παρασκευής των πρωτεϊνών που του επιτρέπουν να διαλογίζεται και να επινοεί. Σίγουρα, υπάρχουν γονίδια που καταστρέφουν τα όργανα αυτά, ή που εμποδίζουν τον σχηματισμό τους, δηλ "γονίδια της βλακείας", αλλά δε γνωρίζουμε γονίδια στα οποία οφείλεται μια ιδιαίτερα ζωηρή ευφυΐα. Η ευφυΐα είναι μια παρατεταμένη δόμηση και όχι ένα δώρο. Αρκεί το λιγοστό φως μιας τέτοιας προφανούς εκδοχής για να αναθεωρηθεί ολόκληρη η λειτουργία του εκπαιδευτικού συστήματος.

Όταν κάποια υλικά στοιχεία συνδυάζονται και σχηματίζουν ένα ολοκληρωμένο, μοναδιαίο σύνολο, το σύνολο αυτό διαθέτει ιδιότητες, οι οποίες δε μπορούν να προβλεφθούν από τις ιδιότητες των στοιχείων. Σε αντίθεση με τη φράση που τόσο συχνά παρουσιάζεται ως θεμελιώδης αλήθεια, δύο και δύο δεν κάνουν τέσσερα. Παρά το ότι δύο συν δύο προφανώς κάνουν τέσσερα, η αριθμητική αυτή έκφραση δε προσφέρει καθόλου φως απέναντι στην ερώτηση που περιέχει το "και", η οποία αναφέρεται σ' όλες τις πλευρές μιας πιθανής αλληλεπίδρασης.

Αυτή η έκρηξη νέων δυνατοτήτων, κάθε φορά που σχηματίζεται ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων στοιχείων, είναι ο μόνιμος κανόνας του σύμπαντός μας. Οι ικανότητες ενός εγκεφάλου είναι εντελώς διαφορετικής φύσεως από το άθροισμα των ικανοτήτων καθενός από τα κύτταρά του. Παρομοίως, οι ικανότητες μιας κοινότητας υπερβαίνουν τις ικανότητες καθενός από τα άτομα που την απαρτίζουν.

Το μοναδικό σημαντικό πράγμα για μια κοινότητα είναι να συμμετάσχει όσο το δυνατόν καλύτερα στην ανάπτυξη αυτή, προς όφελος όλων. Οι νέες δυνατότητες, τις οποίες μας παρέχει η πρόοδος της γενετικής πρέπει να κριθούν σε σχέση μ' αυτόν το στόχο.

Οι κτηνοτρόφοι έχουν καταβάλει μέχρι τώρα αποτελεσματικές προσπάθειες για να βελτιώσουν τα ζώα. Ένα παράδειγμα είναι των επιτυχιών αυτών είναι τα καθαρόαιμα άλογα που τα θαυμάζουμε στους ιπποδρόμους. Θα αισθανόμασταν όμως άραγε το ίδιο αν ήμασταν άλογα; Στην πραγματικότητα αυτά τα προϊόντα της επιλογής είναι ηλίθια ζώα. Οι εκτροφείς καθόλου δε "βελτίωσαν τη ράτσα των αλόγων". Βελτίωσαν την ταχύτητά τους στους αγώνες σε βάρος άλλων δυνατοτήτων της. Η γενετική κληρονομιά των ζώων αυτών δεν είναι "καθαρή", είναι φτωχή.

Όταν πρόκειται για ανθρώπους, οι απλοϊκοί συλλογισμοί είναι ακόμη πιο επικίνδυνοι. Εδώ και αρκετό καιρό, προτάθηκαν σχέδια για τη βελτίωση των πληθυσμών, αναπτύχθηκε μάλιστα και ένας κλάδος που παρουσιάζεται ως αυστηρά επιστημονικός: η ευγονική. Σε συνδυασμό με τις προόδους της γενετικής, η ευγονική ντύθηκε μ' έναν ψευδοεπιστημονικό μανδύα, συχνά απατηλό. Οι απόπειρες βελτίωσης της συλλογικής κληρονομιάς του πληθυσμού, μέσω της εξάλειψης των βλαβερών γονιδίων τα οποία περιέχει, έχουν λιγότερες πιθανότητες να αποτύχουν. Αναγκαστικά όμως τα αποτελέσματα είναι απογοητευτικά. Ορισμένες φορές, ο χαρακτηρισμός ενός γονιδίου ως "καλού" ή "κακού" είναι διαφορούμενος.

Οι προσπάθειες ορισμένων κρατών να εξαλείψουν από τον πληθυσμό το γονίδιο S που προκαλεί την ασθένεια όταν είναι παρόν σε δύο αντίτυπα, έχουν ως αποτέλεσμα να χάνεται το πλεονέκτημα να γεννηθούν παιδιά καλύτερα προστατευμένα από άλλα έναντι της ελονοσίας. Αν η μέθοδος αυτή εφαρμοζόταν για μεγάλο διάστημα, το γονίδιο θα εξαφανιζόταν, και θα χανόταν μαζί του ένας από τους τρόπους αντίστασης του πληθυσμού στις δυσμενείς επιδράσεις του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζει.

Η προβληματική μας είναι τελείως διαφορετική όταν πρόκειται για τη βελτίωση όχι μιας συλλογικής αλλά μιας ατομικής κληρονομιάς. Έχουμε εντοπίσει γονίδια που ευθύνονται για διάφορες ασθένειες. Οι γνώσεις αυτές οδηγούν στη σωματική γονιδιακή θεραπεία, δηλ. θεραπεία μέσω μεταβολής του γενετικού περιεχομένου των κυττάρων: η βλαβερή δράση του γονιδίου αντιστρέφεται αν εισαχθεί στα προσβεβλημένα κύτταρα ένα γονίδιο που επιφέρει φυσιολογικό μεταβολισμό.

Στο πλαίσιο του ιδιότυπου διαλόγου μεταξύ ασθενούς και γιατρού, οι δυνατότητες αυτής τη προρρητικής ιατρικής διαγράφονται εξαιρετικά ωφέλιμες. Θέτουν όμως και φοβερά κοινωνικά προβλήματα. Και πρώτα απ' όλα, η επιθυμία των μελλοντικών γονέων να έχουν μια πρώτη άποψη για το μελλοντικό τους παιδί, θα τους φέρει αντιμέτωπους με μια εικόνα πιθανών κινδύνων, η οποία είναι ανησυχητική, αν όχι αποκαρδιωτική. Που άραγε πρέπει να τεθεί το όριο ανάμεσα στις πληροφορίες που είναι χρήσιμες και σε 'κείνες που δεν κάνουν τίποτε άλλο από το να τρέφουν μια επικίνδυνη περιέργεια;

Κυρίως όμως, ποιοι θα έχουν πρόσβαση στην πληροφορία αυτή; Η γνώση των προδιαθέσεων θα επιτρέψει σ' έναν εργοδότη να τοποθετεί εργάτες σε 'κείνες τις θέσεις εργασίας που του ταιριάζουν καλύτερα. Αυτό όμως μπορεί επίσης να τον προτρέψει να λάβει υπόψη του τις προδιαθέσεις αυτές κατά την πρόσληψη του προσωπικού. Επίσης οι ασφαλιστικές εταιρίες θα έχουν πολλά να κερδίσουν από τη γνώση αυτών των πληροφοριών. Μπορούμε να φανταστούμε μια κοινωνία, η οποία, στο όνομα της αποτελεσματικότητας, θα υποχρεώνει τον καθένα να

παρουσιάζει τη "γενετική του καρτέλα", που θα αποτελεί και το αληθινό δελτίο ταυτότητάς του. Ο "θαυμαστός κόσμος" του Aldous Huxley ή η δικτατορία του Μεγάλου Αδελφού, την οποία περιγράφει στο 1984 ο George Orwell, φαίνονται σαν πρότυπα δημοκρατίας μια κοινωνίας όπου καθένας θα έχει ορισθεί προτού καν γεννηθεί, και το πεπρωμένο του θα είναι δεδομένο.

Οι ταχύτατες τεχνικές πρόοδοι που σημειώνονται σήμερα, θα επιτρέψουν, σε κάποιον που γνωρίζει ότι είναι υγιής φορέας ενός βλαβερού γονιδίου, την αποφυγή της μεταβίβασης του γονιδίου αυτού. Αυτό επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερα με τη μεταβολή του γενετικού περιεχομένου στους γαμέτες του. Η σωματική γονιδιακή θεραπεία αφορά μόνο τον ενδιαφερόμενο, αλλά η γαμετική γονιδιακή θεραπεία αφορά όλους τους απογόνους του: η μετατροπή δεν είναι αναστρέψιμη. Ενόψει του γεγονότος αυτού, οι επιτροπές ηθικής θεώρησαν ότι ο κίνδυνος είναι πολύ μεγάλος και οι γνώσεις μας ακόμη πολύ αποσπασματικές. Έτσι, τέτοιου είδους χειρισμοί απαγορεύονται.

Κατά παράξενο τρόπο, ο κίνδυνος ο οποίος συνήθως αναφέρεται, είναι ο κίνδυνος μεταμόρφωσης του ανθρώπινου είδους. Η εκδοχή αυτή, επιστημονικά, θεωρείται απίθανη. Ο πραγματικός κίνδυνος είναι η εδραίωση μιας κοινωνίας που χορηγεί στον εαυτό της το δικαίωμα να αποφασίζει ποιο είναι το βιολογικό καλό και κακό, βάσει των ορισμών που η ίδια έθεσε για το οικονομικό καλό και κακό.