

Γονιδιακός ντετερμινισμός: κίνδυνος για την επιστήμη και την κοινωνία

Γεώργιος Θηραίος

*Διευθυντής του Ινστιτούτου Μοριακής Βιολογίας
και Βιοτεχνολογίας στο ΙΤΕ Κρήτης*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ (ΓΙΑ ΟΛΑ ΕΥΘΥΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΓΟΝΙΔΙΑ)



Α ήθελα κατ' αρχάς να ευχαριστήσω τους οργανωτές για την πρόσκληση σε αυτή την εκδήλωση. Το θέμα μου αφορά τον γονιδιακό ντετερμινισμό και τις ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις του στην κοινωνία και την επιστήμη. Πριν ξεκινήσω, θα ήθελα να τονίσω ότι δεν είμαι φιλόσοφος αλλά επιστήμονας κι επομένως ό,τι λέω το αντλώ από την εμπειρία μου στην επιστήμη και την όποια δυνατότητα διαθέτω για να επεκτείνω την επιστήμη στην κοινωνία.

Τον γονιδιακό ή γενετικό ντετερμινισμό (όπως λεγόταν παλιότερα) τον βιώνουμε στην καθημερινή μας ζωή. Λέγοντας ότι κάποιος είναι φύσει εγκληματίας ή φύσει κάτι άλλο, προφανώς εννοούμε ότι στο αίμα του, στα γονίδιά του, υπάρχει κάτι που προκαθορίζει ότι ο συγκεκριμένος άνθρωπος θα γίνει εγκληματίας, μουσικός ή κάτι άλλο. Αλλά ας δούμε πρώτα τι είναι ο γονιδιακός ή γενετικός ντετερμινισμός. Είναι η άποψη που ισχυρίζεται ότι ακόμα και οι πιο

πολύπλοκες βιολογικές εκφάνσεις μπορούν να αναχθούν στα γονίδια ενός οργανισμού. Συνυφασμένος με τον γονιδιακό ντετερμινισμό είναι και ο αναγωγικός τρόπος τον οποίο ακολουθούμε εμείς οι μοριακοί βιολόγοι προκειμένου να εξηγήσουμε ένα κομμάτι της φύσης. Όλα λοιπόν εξηγούνται γραμμικά με βάση τα γονίδια και όλα μπορούν να αναχθούν σε αυτά.

Πέρα από τον γονιδιακό ντετερμινισμό, υπάρχει ο γενικότερος ντετερμινισμός της φύσης. Πρόκειται για τη γνωστή φιλοσοφική άποψη που ισχυρίζεται ότι όλα στη φύση –ζωντανή και μη– είναι προκαθορισμένα και ρυθμίζονται από τους νόμους της Φυσικής. Ο γενικευμένος προκαθορισμός εγκαθιδρύθηκε ως φιλοσοφική άποψη κατά τη μετάβαση από την αριστοτέλεια στη νεωτέρη ερμηνεία της φύσης. Η αριστοτέλεια άποψη περί φυσικής υποστήριζε πως ό,τι συμβαίνει υπακούει σε ό,τι αρέσει ή όχι στη φύση. Η νεωτέρη Φυσική είναι άκρως ντετερμινιστική κι αρνείται την ύπαρξη ελευθερίας στη βούληση. Η αμφισβήτησή της πάντως ήρθε με την Κβαντομηχανική και ιδιαίτερα όταν διατυπώθηκε η αρχή της αβεβαιότητας. Η έννοια του ντετερμινισμού, του προκαθορισμού δηλαδή ότι όλα τα πράγματα είναι κατά βάση αποτέλεσμα κάποιας αιτίας, είναι γενικότερη από τον γονιδιακό ντετερμινισμό. Το ενδιαφέρον είναι ότι αν διαβάσει κανείς απόψεις για τον γενικότερο ντετερμινισμό, το κομμάτι που αφορά την ανθρώπινη ζωή αναφέρεται ως συνιστώσα της γενετικής υποστάσης όσο και του περιβάλλοντος. Για τον ντετερμινισμό αυτό δεν συνιστά πρόβλημα καθώς θεωρεί το περιβάλλον εξίσου ντετερμινιστικό.

Αυτά εν γένει. Μπαίνοντας στη βαθύτερη ουσία και μιλώντας για γονιδιακό ντετερμινισμό, βλέπουμε ότι υπάρχουν ποικίλες εκφράσεις του –από τις πιο ακραίες και άκαμπτες μέχρι τις πιο ήπιες. Ουσιαστικά διαφέρει μονάχα το ποσοστό του περιβάλλοντος που κρίνει κανείς ότι παίζει ρόλο στον γονιδιακό προκαθορισμό. Αν επικεντρώνεται στο περιβάλλον είναι πιο ήπιος ντετερμινιστής, αν όχι είναι πιο σκληρός. Η ντετερμινιστική άποψη όμως δεν επικρατεί για το λόγο ότι σοβαροί επιστήμονες πιστεύουν στον γονιδιακό ντετερμινισμό, αλλά επειδή χρησιμοποιείται από την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα ως εύκολη εξήγηση της ζωής και πειστικό επιχείρημα για χρηματοδοτήσεις (παράμετροι συμβατές με τις ευρύτερες πολιτικό-οικονομικές αντιλήψεις).

Έτσι, το ευρύτερο κοινό έχει την εντύπωση ότι ο γονιδιακός ντετερμινισμός είναι μια αλήθεια. Αυτό το βλέπουμε καθημερινά μέσα από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Πολύ συχνά ακούμε ότι ανακαλύπτεται ένα γονίδιο υπεύθυνο για κάποια ασθένεια. Έχουμε φτάσει στο σημείο να θεωρούμε ότι για τα πάντα ευθύνονται τα γονίδια –το γονίδιο της μανιοκατάθλιψης, του καρκίνου, της σεξουαλικότητας, της ομοφυλοφιλίας, κ.ο.κ.– με αποτέλεσμα να φοβόμαστε τα γονίδια, πιστεύοντας ότι μόνο ασθένειες μάς δίνουν. Έτσι όπως ορίζουμε τα γονίδια, είναι σαν να ορίζουμε τα όργανά μας με βάση τις ασθένειες που προκαλούν. Είναι δηλαδή σαν να λέμε ότι το συκώτι είναι το όργανο εκείνο που θα πάθει κίρρωση. Τέτοια αντιστοιχία υπάρχει.

Βεβαίως, τα γονίδια δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένα κομμάτι DNA που από μόνο του δεν είναι τίποτα. Θα έλεγα ότι πρόκειται για μια μοναχική μνήμη, η οποία μπορεί να ζωντανέψει μόνο όταν μπαίνει μέσα σε ένα κύτταρο. Ένας ακραίος ντετερμινιστής θα έλεγε ότι ουσιαστικά το DNA που μπαίνει μέσα στο κύτταρο το καταλαμβάνει, ενώ η αντίθετη άποψη θα υποστήριζε ότι τίθεται στην υπηρεσία του κυττάρου. Αυτές είναι οι δυο ακραίες εκφράσεις. Όπως θα δούμε παρακάτω, η αλήθεια βρίσκεται όπως πάντα κάπου στη μέση. Ας περάσουμε όμως στα γονίδια. Τα γονίδια δίνουν την πληροφορία για την κατασκευή των πρωτεϊνών, οι οποίες με τη σειρά τους επιφορτίζονται με κάποια λειτουργία, σε αντίθεση με τα γονίδια. Έτσι, οι πρωτεΐνες, μέσα σε ένα οργανικό περιβάλλον βιολογικής ιεραρχίας, βρίσκουν τη λειτουργία τους και ουσιαστικά συμμετέχουν σε όλους τους μηχανισμούς της ζωής.

ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗ

Πριν 50 περίπου χρόνια, όταν ουσιαστικά τα γονίδια απέκτησαν μια σύσταση χημική, αυτή του DNA, η επιστήμη της Βιολογίας και ειδικότερα της Μοριακής Βιολογίας γνώρισε μια επανάσταση. Ο συνδυασμός αυτής της επανάστασης με αυτή που είχε γίνει και στη Φυσική 50 χρόνια νωρίτερα είχε ως αποτέλεσμα να οριστεί το γονίδιο «κβάντουμ της Βιολογίας». Η επιστήμη της Φυσικής εισέβαλε κυριολεκτικά στη Βιολογία όχι μόνο ιδεολογικά αλλά και πρακτι-

κά, καθώς επιστήμονες της Φυσικής μπήκαν στον χώρο της Βιολογίας. Ο Σρέντιγκερ έγραψε το –κλασικό– βιβλίο *Τι είναι ζωή*, που ήταν μια ακραία αναγωγική άποψη για τη ζωή. Επομένως, αυτή η αντίληψη επικράτησε και στη Μοριακή Βιολογία, η οποία αναπτύχθηκε εκείνη την εποχή και τελικά επικράτησε η ιδέα ότι όλα μπορούν να εξηγηθούν με την αναγωγή στα βιολογικά μόρια. Εν ολίγοις, ακόμα και οι πιο σύνθετες και πολύπλοκες εκδηλώσεις της ζωής μπορούν να εξηγηθούν απλά και μόνο χάρη στη Μοριακή Βιολογία και την αναγωγή της σε αυτή. Ένα αρνητικό αποτέλεσμα αυτής της εντατικής πορείας προς την αναγωγική Μοριακή Βιολογία ήταν ότι εγκαταλείφθηκε ένας παραδοσιακός κλάδος της Βιολογίας, η Κυτταρική Βιολογία, που ευτυχώς ανέκαμψε πολύ δυναμικά τα τελευταία 10 χρόνια. Εμείς οι βιολόγοι ανακαλύψαμε ξανά ότι όλα όσα αφαιρετικά μελετάμε βρίσκονται και λειτουργούν μέσα στο κύτταρο.

Στο ίδιο ιδεολογικό πλαίσιο εντάσσεται και ο θόρυβος γύρω από το πρόγραμμα του ανθρώπινου γονιδιώματος, που θεωρείται το μεγαλύτερο επιστημονικό εγχείρημα που συντελείται στις μέρες μας. Δεν θα διαφωνήσω, θα πω όμως ότι είναι τόσο σημαντικό όσο και η κατασκευή του μετρώ, της ζεύξης Ρίου–Αντιρρίου ή της σκεπής του Καλατράβα. Είναι δηλαδή ένα τεχνολογικό επίτευγμα που πραγματοποιήθηκε επειδή χρηματοδοτήθηκε αδρά. Όταν το ανθρώπινο γονιδίωμα αποκωδικοποιηθεί, θα γνωρίζουμε μονάχα τη γραμμική πληροφορία στο DNA. Από κει και πέρα θα χρειαστεί πολύς χρόνος για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε αυτήν την πληροφορία προκειμένου να εξάγουμε μερικά βασικά συμπεράσματα σχετικά με το τι είναι ζωή.

Η εκλογίκευση του προγράμματος του ανθρώπινου γονιδιώματος δημιούργησε επιπλέον προβλήματα. Τόσο οι επιστήμονες όσο και ο οικονομικός περίγυρος της επιστήμης δημιούργησαν την εντύπωση ότι το ανθρώπινο γονιδίωμα αρκεί για να μας οδηγήσει στην εξήγηση της ζωής. Χαρακτηριστικό είναι ότι όταν ο πρόεδρος Κλίντον ανακοίνωνε μαζί με τον Τόνι Μπλερ την αποκωδικοποίηση, το σχεδόν τελείωμα του ανθρώπινου γονιδιώματος πριν 1-2 χρόνια, είπε: «Σήμερα μαθαίνουμε τη γλώσσα που επέτρεψε στον Θεό να φτιάξει τη ζωή». Προσέξτε, είπε: «Επέτρεψε στον Θεό», που σημαίνει ότι στο μυαλό του το DNA ήταν τόσο σημαντικό που ουσιαστικά προϋπήρχε του Θεού, ήταν η

γλώσσα που επέτρεψε στον Θεό να φτιάξει τη ζωή. Η ρήση αυτή έχει σημειολογική σημασία αλλά δεν θέλω να επεκταθώ σε θεολογικά θέματα. Για τη λογική της βιομηχανίας, το χρήσιμο του ανθρώπινου γονιδιώματος δεν ήταν να μάθουμε τι είναι ζωή, αυτό ήταν δευτερεύον. Ζητούμενο ήταν να λυθεί το πρόβλημα της φαρμακοβιομηχανίας, που σήμερα βγάζει ελάχιστα φάρμακα τον χρόνο, ξοδεύει πολλά εκατομμύρια δολάρια και δυσκολεύεται να αναπτυχθεί, αν όχι και να επιβιώσει. Όταν μάλιστα ορισμένοι πιο τολμηροί επιστήμονες στον χώρο του ανθρώπινου γονιδιώματος ξεστόμισαν ότι το ανθρώπινο γονιδίωμα μπορεί να έχει μόνο 50 με 60 χιλιάδες γονίδια ξέσπασε πανικός στους κόλπους των επενδυτών, οι οποίοι θα προτιμούσαν να έχει 100-120 χιλιάδες γονίδια, όπως αρχικά είχε προβλεφτεί. Περισσότερα γονίδια, περισσότεροι στόχοι!

Έτσι, υπάρχει αφενός η πλευρά των επιστημόνων οι οποίοι φτάνουν σε απλουστεύσεις που τροφοδοτούν τον ντετερμινισμό προκειμένου να πετύχουν τη χρηματοδότηση της έρευνάς τους κι αφετέρου η βιομηχανία που θεωρεί ότι θα βοηθηθεί οικονομικά από τις μεσοπρόθεσμες ευκαιρίες που θα προσφέρει αυτού του τύπου η έρευνα. Όλη αυτή η λογική του ανθρώπινου γονιδιώματος βασίζεται στο ότι ακόμα και οι πιο πολύπλοκες ασθένειες –δεν μιλάω μόνο για τις μονογονιδιακές– μπορούν να αναχθούν στα γονίδια του ανθρώπινου γονιδιώματος, να γίνουν μερικές επιπρόσθετες μελέτες και τελικά οι φαρμακευτικοί στόχοι να πληθύνουν λογαριθμικά. Θα δημιουργηθούν έτσι οι προϋποθέσεις για προσωπικές θεραπείες, κ.λπ. Όλα αυτά τα έχουμε ακούσει κατά καιρούς. Δεν θέλω να τα αμφισβητήσω, απλώς θέλω να τα θέσω επί τη βάση μιας προοπτικής εγγύτερης στην αλήθεια, ικανής να διαλύσει ψευδαισθήσεις.

Θέλω να φέρω ένα παράδειγμα που μπορεί να ακουστεί λίγο ακραίο αλλά απηχεί την πραγματικότητα. Πιστεύουμε ότι η γνώση του ανθρώπινου γονιδιώματος θα λύσει όλα τα προβλήματα της υγείας, τη στιγμή που η αλληλουχία του γενετικού υλικού του μικρού ιού του AIDS είναι γνωστή εδώ και 15-20 χρόνια χωρίς όμως να έχει βρεθεί ακόμη θεραπεία. Ανεξάρτητα από την πεποίθησή μου ότι θα βρεθεί, θέλω να δείξω πως τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά.

ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΓΟΝΙΔΙΩΜΑ ΚΑΙ Η ΑΠΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΜΦΙΣΒΗΤΗΣΗΣ

Δεν είναι περιέργο λοιπόν ότι όταν ολοκληρώθηκε το γονιδίωμα και μάθαμε ότι τα γονίδια είναι μόνο 30 χιλιάδες υπήρξε τεράστια έκπληξη. Μα πώς είναι δυνατόν 30 χιλιάδες γονίδια, τι λεγόταν τόσο καιρό; Δηλαδή ο άνθρωπος είναι μόνο κατά 10 χιλιάδες γονίδια ανώτερος από το σκουλήκι που έχει 20 χιλιάδες γονίδια; Ή τα 300 διαφορετικά γονίδια που έχει ο άνθρωπος από το ποντίκι αρκούν για να εξηγήσουν την τεράστια διαφορά στην πολυπλοκότητα των δύο αυτών οργανισμών, και κυρίως τη νοτική πολυπλοκότητα;

Ο ακραίος γονιδιακός ντετερμινισμός άρχισε να καταρρέει, και μάλιστα μέσα από τον στόχο που μόνος του έθεσε. Ο ίδιος ο Βέντερ, ένας από τους πρωτεργάτες του ανθρώπινου γονιδιώματος και ο άνθρωπος που μέσα από τον ιδιωτικό τομέα μπόρεσε να ολοκληρώσει αυτή την προσπάθεια, είπε ότι τελικά αποκαλύπτοντας το ανθρώπινο γονιδίωμα οδηγούμαστε στην αποφυγή δύο θεμελιωδών λαθών: του ντετερμινισμού και της αναγωγής. Ο ίδιος δήλωσε ότι θα πρέπει να ψάξουμε αλλού για τους μηχανισμούς που δημιουργούν την πολυπλοκότητα στη ζωή κι όχι απλά στην καταγραφή των γονιδίων. Και άλλοι επιστήμονες βεβαίως το έχουν πει ευθέως, δεν πρόκειται για κάτι καινούργιο. Θεωρώ ότι το πίστευαν και πριν, απλώς τώρα πια είναι όλοι αναγκασμένοι να το παραδεχθούν.

Έτσι λοιπόν καταλήξαμε στο ότι ο ανθρώπινος οργανισμός έχει περίπου 30 χιλιάδες γονίδια. Παρεμπιπτόντως, υπάρχουν αιτήσεις για διπλώματα ευρεσιτεχνίας που αφορούν 150 χιλιάδες ανθρώπινα γονίδια, ένα νούμερο που δεν θέλω να σχολιάσω παραπέρα.

Τώρα ομολογήθηκε κάτι το οποίο ξέραμε ανέκαθεν, ότι βρισκόμαστε απλώς στην αρχή ενός μεγάλου εγχειρήματος. Δηλαδή η ολοκλήρωση του ανθρώπινου γονιδιώματος ουσιαστικά μας επιτρέπει να αρχίσουμε πολύ σημαντικότερες έρευνες· δεν είναι επ' ουδενί το τέλος, όπως τουλάχιστον οι τίτλοι των εφημερίδων άφησαν να φανεί όταν ανακοινώθηκε το ανθρώπινο γονιδίωμα πριν ένα-ενάμιση χρόνο.

Η ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Ας δούμε τώρα διάφορα προβλήματα που παρουσιάζουν αυτές οι ακραίες αναγωγικές και ντετερμινιστικές απόψεις. Κατ' αρχάς, όσον αφορά τις ασθένειες, ξέρουμε ότι μόλις το 2% των ασθενειών που εκδηλώνει ο άνθρωπος οφείλονται σε ένα ή το πολύ δύο γονίδια. Οι περισσότερες ασθένειες είναι πολυπαραγοντικές, πολυγονιδιακές, δηλαδή πολλά γονίδια μαζί αλλά και το περιβάλλον συνεισφέρουν στο να εκδηλωθεί ή όχι μια ασθένεια.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μονογονιδιακές ασθένειες, για τις οποίες γνωρίζουμε ποιο γονίδιο ευθύνεται. Παρόλο που γνωρίζουμε την αλληλουχία του γονιδίου και την πρωτεΐνη, δεν έχουμε ακόμα αναπτύξει θεραπεία για τις περισσότερες από αυτές. Θέλω να πω ότι ο χρόνος μεταξύ της ανακάλυψης και της εφαρμογής είναι αρκετά μεγαλύτερος από ό,τι πιστεύεται. Αναμφίβολα, έχει αυξηθεί πολύ η δυνατότητά μας να προβλέπουμε και να κάνουμε προγενετικούς ελέγχους και απλούς διαγνωστικούς ελέγχους. Το ερώτημα βέβαια είναι τι ακριβώς μπορούμε να διαγνώσουμε.

Είναι σημαντικό να ξέρουμε ότι ακόμα και μονογονιδιακές ασθένειες τελικά δεν είναι μονογονιδιακές. Κλασικό παράδειγμα είναι η περίπτωση της δρεπανοκυταρικής αναιμίας, η οποία οφείλεται σε μια μεταλλαγή του γονιδίου της αιμοσφαιρίνης που οδηγεί σε αναιμία, σε πολύ δραματικά συμπτώματα έλλειψης οξυγόνωσης και τέλος στον θάνατο. Κι όμως αυτή η μονογονιδιακή ασθένεια είναι πολυπαραγοντική. Αν ο φορέας ζει στην Αφρική είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα πεθάνει όταν είναι ομοζυγώτης, ενώ αν κατάγεται από την Ινδία δεν θα πεθάνει ούτε καν θα παρουσιάσει συμπτώματα. Επομένως, υπάρχει ένα στοιχείο στο γονιδίωμα των ανθρώπων στην Αφρική ή στην Ινδία που ουσιαστικά επιτρέπει την εκδήλωση ή μη αυτής της ασθένειας, η οποία οφείλεται σε ένα γονίδιο.

Το ίδιο ισχύει και για την κυστική ίνωση, για την οποία επίσης γνωρίζουμε ποιο είναι το γονίδιο το οποίο την προκαλεί. Είναι τελείως έμμεσα τα αποτελέσματα της βλάβης του γονιδίου όσον αφορά την εκδήλωση της ασθένειας και

το αν θα εκδηλωθεί στην πλήρη ή τη μερική της μορφή, με αναπνευστικά προβλήματα, προβλήματα στο πάγκρεας ή άλλου· σχετίζεται με το σύνολο των ιδιαιτέρων γονιδίων του κάθε ανθρώπου. Επομένως, παρόλο που η ασθένεια οφείλεται σε ένα γονίδιο, στην ουσία είναι κι αυτή πολυπαραγοντική. Βεβαίως, υπάρχουν και παραδείγματα όπου οι ασθένειες είναι 100% μονογονιδιακές και δεν υπάρχει καμία άλλη –περιβαλλοντολογική ή γονιδιακή– συνεισφορά. Αλλά αυτές είναι οι εξαιρέσεις.

Δεν έχω πολλά να πω αναφορικά με τις πολυπαραγοντικές ασθένειες, γιατί λίγα γνωρίζουμε. Γίνεται μια προσπάθεια να καταλάβουμε, να βρούμε όλους τους παράγοντες που προκαλούν μια ασθένεια. Είναι προφανές ότι το περιβάλλον παίζει σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση πολυπαραγοντικών ασθενειών, ότι κάθε γονίδιο που εμπλέκεται ή «ενοχοποιείται» έχει μια μικρή συνεισφορά που από μόνη της ίσως να μην είναι αντιληπτή, αλλά τελικά εκδηλώνεται μέσα από το σύνολο του γονιδιώματος του συγκεκριμένου ατόμου και της επίδρασης του περιβάλλοντος.

Παρενθετικά, θα ήθελα να πω ότι ο ένας άνθρωπος διαφέρει από τον άλλον τουλάχιστον σε ένα εκατομμύριο μέρη. Ουσιαστικά, κάθε γονίδιό μας είναι διαφορετικό από του διπλανού μας. Η ατομικότητα του γονιδιακού υλικού είναι άρα γεγονός. Επομένως, αυτή η ατομικότητα σε συνδυασμό με το περιβάλλον καθορίζει αν μια συγκεκριμένη μορφή ενός γονιδίου θα εκδηλώσει ή όχι μια ασθένεια. Σε τελευταία ανάλυση, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι αν αυτές οι περίφημες προδιαθέσεις εντοπιστούν, το καλύτερο που έχει να μας πει ένας γιατρός είναι τι να προσέχουμε σε σχέση με το περιβάλλον κι όχι σε σχέση με τα γονιδιά μας. Αν, λόγου χάρη, διαπιστώσει ότι έχουμε τάση για υψηλή πίεση, θα πρέπει να κάνουμε τέτοια ζωή ώστε να μην εκδηλώσουμε ποτέ αυτή την υψηλή πίεση.

Η ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Θα ήθελα να αναφέρω μερικά παραδείγματα από ερευνητικά δεδομένα, τα οποία είναι σημαντικά για να καταλάβουμε τη φύση των γονιδίων. Υπάρχει μια

διαδικασία στη Βιολογία με την οποία μπορεί κανείς να προκαλέσει μεταλλάξεις σε οποιοδήποτε γονίδιο ενός πειραματόζωου, να αφαιρέσει δηλαδή γονίδια και να δει τι αποτέλεσμα έχει στον οργανισμό αυτή η αφαίρεση. Πρόκειται για μια κλασική γενετική προσέγγιση. Είχαμε πάρα πολλές εκπλήξεις όταν ξεκίνησε η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας. Είχαμε κάποια δεδομένα από πειράματα σε δοκιμαστικούς σωλήνες ή σε απομονωμένα κύτταρα, τα οποία οδηγούσαν σε ορισμένα συμπεράσματα για συγκεκριμένα γονίδια, σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα ο ρόλος αυτών των γονιδίων φαινόταν τόσο καίριος που ήταν σχεδόν προβλέψιμο ότι η αφαίρεσή του από έναν ζωντανό οργανισμό θα προκαλέσει θάνατο ή τουλάχιστον σοβαρά προβλήματα. Κι όμως, τις περισσότερες φορές ο οργανισμός επιβίωνε χωρίς εμφανή προβλήματα.

Άλλη πρόβλεψη ήταν ότι θα προκαλέσει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Ξέραμε ότι, παραδείγματος χάριν, ο υποδοχέας της διοξίνης βρίσκεται στο συκώτι και όταν αφαιρεθεί υπάρχει πρόβλημα με την αποτοξίνωση αυτής της ουσίας. Κι όμως –προς μεγάλη μας έκπληξη– η αφαίρεση του υποδοχέα αυτού δημιουργούσε πρόβλημα στο συκώτι αλλά και στο ανοσοποιητικό σύστημα. Αρχίσανε δηλαδή να αποκαλύπτονται πολλά πράγματα για τα γονίδια, τα οποία δεν είχαν –τουλάχιστον σε πιο πολύπλοκα συστήματα– μέχρι εκείνη τη στιγμή διαπιστωθεί.

Ακόμα, υπήρχαν και πολύ απογοητευτικές καταστάσεις όπου γονίδια για τα οποία είχαν αφιερωθεί πολύ μελάνι και ερευνητική δουλειά τελικά δεν είχαν κανένα φαινόμενο στα ποντίκια. Φανταστείτε τον ερευνητή, ο οποίος για να κάνει αυτή τη δουλειά χρειάστηκε πολύ κόπο και αρκετά χρήματα, να καταλήξει τελικά να πει ότι το «γονίδιό του» δεν κάνει τίποτα. Εξαιρετικά εσφαλμένη απογοήτευση, βεβαίως, γιατί αν δεν έκανε τίποτε, η φυσική επιλογή θα το είχε εξαφανίσει.

Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνουν αυτά είναι πολλοί, αλλά δύο είναι οι κύριοι. Ο πρώτος έχει να κάνει με το γεγονός ότι το γονιδιώμά μας, όπως και άλλων οργανισμών, είναι πολλαπλώς διπλασιασμένο. Υπάρχουν δηλαδή πολλαπλά αντίγραφα γονιδίων τα οποία έχουν διαφοροποιηθεί λίγο, γιατί αλλιώς θα αφανίζονταν μέσω της φυσικής επιλογής. Εκτελούν λίγο διαφοροποιημένες

λειτουργίες αλλά μπορούν να αντικαταστήσουν και γονίδια που λείπουν. Ο δεύτερος είναι ότι υπάρχει μια συμπληρωματικότητα που οφείλεται στο ότι άλλες διεργασίες μπορούν να καλύψουν την έλλειψη που έχουμε προκαλέσει. Επομένως, το γονιδίωμα δεν είναι κάτι πολύ σκληρό που όταν αφαιρέσεις ένα συστατικό του θα καταστραφεί ή ο οργανισμός που θα προκύψει θα έχει σοβαρά προβλήματα. Περισσότερο μοιάζει με ένα ρυθμιστικό διάλυμα, καθώς υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης, κάλυψης και αλληλοκάλυψης. Υπάρχει δηλαδή ένα φιλικό περιβάλλον γονιδίων που προσπαθούν να αλληλοκαλυφθούν προκειμένου ο οργανισμός να μπορέσει να επιβιώσει.

Γενικότερα, τα πειράματα με τα ποντίκια έδειξαν ότι δεν γίνεται να ορίσουμε για πολλά γονίδια μία και μόνο λειτουργία. Τα περισσότερα γονίδια και τα περισσότερα στοιχεία που εξετάζουμε ακόμα και σε απλούς οργανισμούς είναι πλειοτροπικά, δηλαδή έχουν πολλούς φαινοτύπους, πράγμα που αρχίσαμε να ανακαλύπτουμε πρόσφατα.

Ένα πρόβλημα για το οποίο εμείς ευθυνόμαστε, για τον ακραίο αναγωγισμό, είναι ότι μελετάμε συνήθως πράγματα ή συστήματα τα οποία είναι 0 ή 1. Δεν μας αρέσει να μελετάμε ενδιάμεσες καταστάσεις, ίσως δεν έχουμε ή δεν είχαμε και την τεχνολογία ώστε να τις μελετήσουμε. Οπότε εξετάζουμε ακραίες καταστάσεις και σε αυτές μπορούμε να κάνουμε μια αναγωγή. Όταν όμως αρχίζει το πράγμα να γίνεται λίγο πιο πολύπλοκο, να υπεισέρχονται ποσοτικά στοιχεία αλλά και ενδιάμεσες καταστάσεις, τότε πραγματικά βρισκόμαστε σε αδιέξοδο και πρέπει να επινοήσουμε άλλους τρόπους για να εξηγήσουμε τις καταστάσεις αυτές. Εξαρτάται καθαρά πια από μας, και ως ένα βαθμό και από την κοινωνία με την έννοια της χρηματοδότησης, αν θα προχωρήσουμε με επιτυχία προς αυτές τις κατευθύνσεις.

Έχω στις σημειώσεις μου μια ενδιαφέρουσα μελέτη που επιβεβαιώνει τα παραπάνω και αφορά ένα από τα πιο καλά μελετημένα γονίδια, το οποίο ονομάζεται «φορ». Όταν αφαιρέθηκε μια μορφή του «φορ» δεν υπήρχε κανένας φαινότυπος, δηλαδή τα ποντίκια γεννιόντουσαν υγιέστατα αλλά πέθαιναν πάρα πολύ γρήγορα. Και ο λόγος που πέθαιναν γρήγορα ήταν γιατί η μητέρα τους

είχε χάσει το μητρικό της ένστικτο. Δεν τα περιέθαλπε και επομένως τα ποντικά πέθαιναν. Όταν έγινε αυτή η ανακάλυψη, οι εφημερίδες έγραψαν για το «γονίδιο της μητρότητας». Όταν βέβαια το όλο θέμα μελετήθηκε λεπτομερώς, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει ένα γονίδιο αλλά πάρα πολλά γονίδια μητρότητας και ότι η μητρότητα καθορίζεται από ένα πολύπλοκο σύστημα στον υποθάλαμο, για το οποίο ευθύνονται πολλοί παράγοντες –γονίδια και περιβάλλον– καθώς επίσης και πολλοί συνδυασμοί.

Αυτό μας φέρνει στο θέμα των πιο πολύπλοκων διεργασιών που σχετίζονται με τη συμπεριφορά. Έχουν γίνει άπειρες συζητήσεις για γονίδια συμπεριφοράς και για ντετερμινισμό ή όχι στη συμπεριφορά. Δεν θέλω να επεκταθώ αλλά ως πειραματιστής θέλω να πω ότι τα πειράματά μας πάσχουν από διάφορα προβλήματα. Για παράδειγμα, σε πειραματόζωα δεν μπορείς να ορίσεις εύκολα κάποιες συμπεριφορές ή τις ορίζεις αρκετά υποκειμενικά. Όταν, λόγου χάρη, έγινε το πείραμα της αφαίρεσης γονιδίων που σχετίζονται με την σύνθεση προσαγλανδινών στο ποντίκι, ορμόνες που έχουν να κάνουν με την ομοιόσταση (που μάλιστα είναι ο φαρμακευτικός στόχος της ασπιρίνης), δεν υπήρχε κανένας φαινότυπος στο ποντίκι ούτε βεβαίως και η δυνατότητα να μάθουμε αν το ποντίκι είχε πονοκέφαλο.

Ωστόσο, μερικοί ισχυρίζονται ότι υπάρχει τρόπος να ξετάσει κανείς τη γενετική της συμπεριφοράς ενώ άλλοι τη μάχονται. Δεν μπορώ αυτή τη στιγμή να πάρω θέση, το θέμα για μένα είναι ακόμη ανοικτό. Ακόμα πιο ανοικτό είναι για τον άνθρωπο, όπου ο πειραματισμός είναι αδύνατος και μόνο υποκειμενικούς συσχετισμούς μπορούμε να κάνουμε.

Ο κίνδυνος που δημιουργείται για την κοινωνία από τη γενετική της συμπεριφοράς φαίνεται στους λαϊκούς προσδιορισμούς «φύσει εγκληματικός» ή «φύσει προβληματικός». Αυτού του τύπου ο αποκλεισμός δημιουργεί το κυριότερο πρόβλημα για την κοινωνία. Φυσικά το θέμα είναι γνωστό και δεν θα επεκταθώ περισσότερο.

ΑΝ ΟΧΙ ΓΟΝΙΔΙΑΚΟΣ ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΜΟΣ, ΤΟΤΕ ΤΙ;

Αν όσα ειπώθηκαν μας πείθουν ότι ο ακραίος γονιδιακός ντετερμινισμός δεν είναι ικανός να ερμηνεύσει τη ζωή, ας δούμε τι μπορεί να το κάνει. Επαναλαμβάνω ότι δεν παίρνω θέση στο ότι τα γονίδια δεν παίζουν κανένα ρόλο. Ουσιαστικά, μέχρι στιγμής, βασανιζόμαστε από δύο ακρότητες: γονίδια-περιβάλλον. Υπάρχει όμως και ο ενδιάμεσος δρόμος: κάποια συμμετοχή έχουν τα γονίδια και κάποια το περιβάλλον.

Ένα τρίτο πρόσθετο στοιχείο που αναδύεται και πιθανώς συμπληρώνει αυτή την εικόνα είναι αυτό το οποίο μπορεί να ονομάσει κανείς «γενετικά οριοθετημένο μη-ντετερμινισμό», που σημαίνει ότι υπάρχουν τα γονίδια αλλά είναι απρόβλεπτο τι θα προκύψει.

Ένα παράδειγμα μέσα από το οποίο μπορούμε να καταλάβουμε τι είναι αυτό το καινούργιο συστατικό είναι το ανοσοποιητικό σύστημα, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο ο οργανισμός μας απαντά στις ξένες πρωτεΐνες, στα ξένα σώματα, και προσπαθεί να τα αποβάλει. Αυτό εκδηλώνεται κυρίως μέσω της δημιουργίας πρωτεϊνών (αντισώματα) εξειδικευμένων να καταπολεμήσουν τη συγκεκριμένη προσβολή. Υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός γονιδίων που καθορίζουν τμήματα αυτών των αντισωμάτων και η δημιουργία ενός συγκεκριμένου αντισώματος είναι συνδυαστική μέσα από την τυχαία συρραφή αυτών των γονιδίων. Δεν μπορούμε να προβλέψουμε ποια κομμάτια και ποια γονίδια θα συνδυαστούν. Επιβεβαίωση αυτού είναι ότι μονογονείς δίδυμοι θα παράγουν διαφορετικό αντίσωμα για την ίδια προσβολή.

Επομένως, θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει ότι υπάρχει κάποιο συστατικό γονιδιακού ντετερμινισμού για μερικά πράγματα, υπάρχει το περιβάλλον και αυτός ο γενετικά-γονιδιακά οριοθετημένος μη ντετερμινισμός, παράγοντες που καθορίζουν τελικά τη ζωή. Τα γονίδια είναι όπως οι παίκτες μιας ομάδας: χωρίς παίκτες δεν γίνεται τίποτα, αλλά είναι απρόβλεπτο ποιο πλάνο και ποιος τρόπος παιχνιδιού θα αναπτυχθεί. Υπάρχουν πολλές δυνατότητες και δεν μπορούμε να προβλέψουμε τι ακριβώς θα γίνει.

Ένα τέταρτο συστατικό, το οποίο τώρα αρχίζουμε να μελετάμε, βασίζεται στο γεγονός ότι οι πρωτεΐνες, που είναι το αποτέλεσμα, το προϊόν των γονι-

δίων, δρουν μέσα στο κύτταρο κι όχι ανεξάρτητα από αυτό ενώ έρχονται να δράσουν σε μια βιολογικά ιεραρχημένη κατάσταση. Επ' ουδενί δεν θέλω να εισάγω τον βιταλισμό σε αυτή την άποψη· είναι απλώς μια πραγματικότητα. Η πρωτεΐνη θα δράσει επειδή αλληλεπιδρά με άλλες πρωτεΐνες. Συνεπώς, υπάρχει μια μοριακή οργάνωση των πρωτεϊνών. Πέρα από τη μοριακή οργάνωση, αυτές οι πρωτεΐνες οργανώνονται μέσα στο κύτταρο, σε υποκυτάρια συστατικά κι όλες μαζί φτιάχνουν το κύτταρο. Το κύτταρο οργανώνεται σε ιστούς, οι ιστοί οργανώνονται σε όργανα, τα όργανα σε οργανισμούς και οι οργανισμοί σε πληθυσμούς. Υπάρχει συνεπώς μια βιολογική ιεραρχία μέσα από την οποία καλείται να δράσει η πρωτεΐνη.

Ουσιαστικά πιστεύω ότι η γνώση που έχουμε σήμερα μας επιτρέπει εύκολα να περάσουμε από τον φαινότυπο, δηλαδή τον οργανισμό, στα γονίδια τα οποία προκαλούν αυτό τον φαινότυπο, ακολουθώντας τη βιολογική ιεραρχία, ενώ αντίθετο είναι αδύνατο. Όταν το καταφέρουμε θα έχουμε καταλάβει τη ζωή.

Πιθανώς έχετε ήδη ακούσει ότι ο απώτερος στόχος του ανθρώπινου γονιδιώματος –το οποίο εγώ δεν θα αποκαλούσα απώτερο στόχο, θα έλεγα ότι το ανθρώπινο γονιδίωμα μάς δίνει τη δυνατότητα να οδηγηθούμε προς αυτό τον δρόμο– είναι να κατατάξουμε τις πρωτεΐνες και να καταγράψουμε την οργάνωσή τους σε ιεραρχικές ομάδες, δηλαδή σε αυτό που λέμε αλληλεπιδρούσες πρωτεΐνες, οι οποίες καθορίζουν συγκεκριμένες λειτουργίες μέσα στο κύτταρο. Αυτή η μεσόφαση παίρνει ερεθίσματα από το περιβάλλον, τα επιστρέφει και επίσης δημιουργεί τις δυνατότητες στα γονίδια να εκφράσουν τον εαυτό τους. Ο χώρος αυτός παραμένει ακόμη ανεξερεύνητος, γι' αυτό δεν μπορώ για τίποτα να είμαι κατηγορηματικός. Είναι όμως πράγματι ένας επιστημονικός στόχος αυτή τη στιγμή που ίσως μας δώσει πολύ πιο ολοκληρωμένες εικόνες σχετικά με το τι είναι ζωή.

Το θετικό είναι ότι αυτή η άποψη αρχίζει να μελετάται επιστημονικά. Η Βιολογία συστημάτων και η διεπιστημονική Βιολογία είναι οι νέοι κλάδοι που αναπτύσσονται. Αυτή η νέα Βιολογία αρχίζει να αναπτύσσεται και πιστεύω ότι μέσα από την ανάπτυξή της ίσως καταλάβουμε καλύτερα αν υπάρχει κάτι που μας προκαθορίζει, ποιο είναι αυτό και σε ποιο βαθμό το κάνει.

Αυτό είναι πολύ σημαντικό αλλά κρύβει παγίδες. Λένε οι επιστήμονες, πάλι αναγωγικά, ότι αν καταλάβουμε πώς οργανώνονται και αλληλεπιδρούν όλες οι πρωτεΐνες μέσα σε ένα κύτταρο, τότε θα καταλάβουμε το κύτταρο. Νομίζω ότι αυτή είναι επίσης μια αναγωγική άποψη που δεν θα μας οδηγήσει στην πλήρη κατανόηση και γι' αυτό έχουμε πάρα πολλές πειραματικές ενδείξεις. Σε πολλές περιπτώσεις ξέρουμε πώς οι πρωτεΐνες αλληλεπιδρούν με άλλες πρωτεΐνες χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ξέρουμε πραγματικά τι σημαίνει αυτή η αλληλεπίδραση. Επομένως, μπορεί να φτάσουμε σε έναν χώρο μοριακών αλληλεπιδράσεων αλλά θα έχουμε κατακτήσει μόνο το επίπεδο της βιολογικής οργάνωσης. Θα πρέπει να πάμε παραπέρα, στο κύτταρο, στον ιστό, στο όργανο και στον οργανισμό. Πιστεύω ότι μέσα από αυτή την πορεία θα βγούμε από το σημερινό αδιέξοδο.

Ο ΓΟΝΙΔΙΑΚΟΣ ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΜΟΣ ΔΕΣΠΟΖΕΙ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΜΦΙΣΒΗΤΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Θέλω να καταλήξω εντοπίζοντας προεκτάσεις του γονιδιακού ντετερμινισμού. Έχετε ακούσει για κλωνοποιήσεις, για γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα, όλα όσα –καλώς ή κακώς– μας απασχολούν. Το ενδιαφέρον είναι ότι και οι δύο πλευρές, και οι πολέμιοι των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων ή της κλωνοποίησης και οι υπέρμαχοι των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, χρησιμοποιούν τον γονιδιακό ντετερμινισμό για τα επιχειρήματά τους, πράγμα κατά τη γνώμη μου εξίσου επικίνδυνο.

Υπάρχουν χίλιοι δυο λόγοι για τους οποίους παρουσιάζουν πρόβλημα τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα αλλά δεν συντρέχει κανένας λόγος να φοβόμαστε επειδή ένα γονίδιο θα μπει σε ένα φυτό και θα επιφέρει, όπως λένε, τεράστια ανισορροπία και απρόβλεπτες καταστάσεις. Αυτό είναι γονιδιακός ντετερμινισμός και νομίζω ότι δεν προσφέρει σοβαρά επιχειρήματα. Ουσιαστικά, και η πλευρά βεβαίως όσων είναι υπέρ των γενετικά τροποποιημένων είναι εξίσου απλοϊκή, καθώς πιστεύουν ότι βάζοντας ένα γονίδιο θα καταφέρουν να αλλάξουν σταθερά τις ιδιότητες του φυτού αυτού. Είναι το ίδιο ακραία αυτή η θέση όπως και ο τρόμος που μας καταλαμβάνει όταν εισάγουμε κατά βούληση γονίδια.

Στο ανθρώπινο γονιδίωμα έχουν βρεθεί 150 τουλάχιστον βακτηριακά γονίδια. Αυτά τα γονίδια δεν προήλθαν προφανώς από την εξέλιξη (σταθεροποιήθηκαν από την εξέλιξη αλλά δεν προήλθαν από μια διαδικασία της λογικής μέσα στο είδος)· προήλθαν από εισβολή στο είδος. Αυτά τα γονίδια κρατήθηκαν, η εξέλιξη τα κράτησε και προφανώς δεν έχουν κανένα πρόβλημα οι άνθρωποι που τα έχουν. Τα βακτηριακά γονίδια ήταν εύκολο να ταυτοποιηθούν. Πιστεύω ότι υπάρχουν και πάρα πολλά άλλα γονίδια από μύκητες, από άλλους οργανισμούς, τα οποία έχουν περάσει στον άνθρωπο και είναι πολύ δυσκολότερο να ταυτοποιηθούν γιατί εκεί δεν μπορούμε να εντοπίσουμε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Επομένως, μπορεί να υπάρχουν πάρα πολλά γονίδια τα οποία έχουν εισβάλει στον άνθρωπο από αλλού. Αυτή η εισβολή δεν φαίνεται να έχει βλάβει. Έχει περάσει μέσα από τη φυσική επιλογή, από την οποία θα περάσουν και οι εφαρμογές που κάνει ο άνθρωπος, και είτε θα εγκαταλειφθούν είτε θα διατηρηθούν.

Θα ήθελα να τελειώσω με μια ιστορική διάσταση του θέματος. Εκτιμώ ιδιαίτερα τον γενετιστή Ρίτσαρντ Λιούντιν. Αν θέλετε να μάθετε πολύ περισσότερα σε σχέση με αυτά που σας είπα, σας συνιστώ να διαβάσετε τα βιβλία του που έχουν κυκλοφορήσει και στα ελληνικά. Σε ένα βιβλίο του αναφέρει ένα ωραίο παράδειγμα, που μας υπενθυμίζει πόσο παλιά είναι η ιδέα του γονιδιακού ντετερμινισμού, παλαιότερη κι από την έννοια του γονιδίου. Τη βρίσκουμε στον Ντίκενς. Όταν ο Όλιβερ Τουίσιτ το έσκασε από το ορφανοτροφείο, πήγε στο Λονδίνο και έπιασε φίλιες με έναν αλήτη, ο οποίος επίσης το είχε σκάσει από ορφανοτροφείο. Αυτός ο αλήτης χρησιμοποιούσε αισχρή γλώσσα και φρασεολογία του δρόμου ενώ ο Όλιβερ Τουίσιτ, αν και είχε μεγαλώσει σε παρόμοιο περιβάλλον με τον αλήτη, μιλούσε με οξφορδιανή προφορά. Ο λόγος, όπως τον ανακαλύπτει κανείς λίγο αργότερα στο βιβλίο, ήταν ότι οι γονείς του Όλιβερ Τουίσιτ ήταν αριστοκράτες. Επομένως, ήταν προκαθορισμένο να μιλάει σαν ευγενής.