

# Γενετική τύχη ή εξελικτική αναγκαιότητα;

**Στάθης Γκόνος**

*Διευθυντής Ερευνών του  
Ινστιτούτου Βιολογικών Ερευνών  
και Βιοτεχνολογίας/ΕΙΕ*

---

**Ε**ίναι αδιαμφισβήτητο ότι η Βιολογία, η Μοριακή Βιολογία, η Γενετική μάς βομβαρδίζουν με επιτεύγματα, με πληθώρα νέων καταστάσεων που ίσως η ανθρωπότητα και η πολιτεία δεν είναι ακόμη έτοιμες να κατανοήσουν και να αντιμετωπίσουν.

Ο κ. Θηραΐος αναφέρθηκε στην αποκρυπτογράφηση του ανθρώπινου γενετικού υλικού, που έφερε στον νου μας τα θέματα σχετικά με την κλωνοποίηση. Σας θυμίζω την πρόσφατη εξαγγελία Αμερικανών επιστημόνων και της αμερικάνικης κυβέρνησης για τη δημιουργία μονοκύτταρου οργανισμού –του μυκοπλάσματος– χρησιμοποιώντας τεχνητό χρωμόσωμα.

Υπάρχουν, βεβαίως, καιρό τώρα γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, οι οποίοι παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Πολύ σύντομα, όμως, θα κληθούμε να αντιμετωπίσουμε άλλα ερωτήματα, όπως το θέμα της γονιδιακής θεραπείας και, φυσικά, της χρήσης πολυδύναμων κλωνοποιημένων κυττάρων για καθαρά θεραπευτικούς σκοπούς.

Δεν θα ήθελα να αναφερθώ εκτενώς σε όλες τις εφαρμογές των επιλεγόμενων βιοϊατρικών επιστημών ούτε στο κατά πόσο θα βελτιώσουν ή όχι την καθημερινή μας ζωή· προτιμώ να εξετάσω τις προκείμενες επιστήμες από μια διαφορετική οπτική γωνία, και συγκεκριμένα από το πρίσμα μέσα από το οποίο αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο. Ακριβώς αυτή τη σκοπιά ενδιαφέρεται να καλύψει η παρούσα εκδήλωση στο πλαίσιο των τεσσάρων ημερίδων. Θα ήθελα λοιπόν να αναφέρω αρχικά κάποια παραδείγματα που δείχνουν κατά πόσο διάφορα φαινόμενα στη ζωή, όπως τα μελετάμε οι ερευνητές στο εργαστήριο, σχετίζονται με αυτό που πολύ εύστοχα ο κ. Θηραϊός ονόμασε γονιδιακό ή μη ντετερμινισμό.

Το πρώτο παράδειγμα είναι το κατ' εξοχήν αγαπημένο μου παράδειγμα. Πρόκειται για τη γήρανση, το θέμα με το οποίο ασχολούμαστε στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Βιολογικών Ερευνών και Βιοτεχνολογίας του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών. Παραπέμπω πρωτίστως σε αυτό, διότι είναι μια φυσιολογική και αναπόφευκτη βιολογική διαδικασία. Δεν είναι ασθένεια· η γήρανση και ο θάνατος είναι αναπόφευκτα και οικουμενικά γεγονότα για κάθε μορφή ζωής. Το ερώτημα είναι: Αυτό το αναπόδραστο φαινόμενο είναι τελικά γενετικά προκαθορισμένο ή όχι;

Παρότι έχουν βρεθεί μηχανισμοί (φερ' ειπείν μετράνε τον χρόνο μέσα στα κύτταρα), αυτό το οποίο ονομάζουμε «βιολογικό ρολόι» είναι, για όσους προφανώς γνωρίζουν, τα «τελομερή» που ελαττώνονται με την πάροδο της ηλικίας. Μελέτες σε κατώτερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς έχουν ταυτοποιήσει γονίδια τα οποία ενέχονται στη γήρανση όσο και στη μακροβιότητα. Αυτό συνεπάγεται ότι, αν επιδράσουμε σε αυτά τα γονίδια, μπορούμε να επιμηκύνουμε ή να συντομεύσουμε τον χρόνο ζωής κατώτερων ευκαρυωτικών οργανισμών – για παράδειγμα σκουλήκι, μύγα, μαγιά.

Όσο προχωρούμε σε αυτή την εξελικτική διαδικασία και βάσει των κατώτερων ευκαρυωτικών μηχανισμών, σιγά-σιγά προσπαθούμε να κατανοήσουμε τι συμβαίνει στον άνθρωπο, διαπιστώνουμε ότι τα πράγματα περιπλέκονται, ακόμα και σε αυτά τα γενετικά προκαθορισμένα μονοπάτια. Ενώ, για παράδειγμα, στο σκουλήκι αναγνωρίζουμε μια σειρά από γονίδια τα οποία επηρεάζουν τη

διάρκεια ζωής του συγκεκριμένου οργανισμού, τα ίδια γονίδια στον άνθρωπο δεν έχουν φαινότυπο. Κι αυτό συμβαίνει, όσο ξέρουμε μέχρι στιγμής τουλάχιστον, γιατί απλούστατα καθώς ανεβαίνουμε στην εξελικτική διαδικασία τόσο οι καταστάσεις καθίστανται ολοένα και πιο πολύπλοκες.

Από την άλλη, ξέρουμε ότι μια σειρά περιβαλλοντικών παραγόντων επηρεάζουν αυτές τις διαδικασίες. Είναι γνωστό ότι ορισμένοι παράγοντες –υπεριώδης ακτινοβολία, στρες, οξειδωτικά, ελεύθερες ρίζες– επιδρούν αρνητικά στη διαδικασία της γήρανσης ενώ κάποιοι άλλοι αντιθέτως επιδρούν ευεργετικά. Έχουμε λοιπόν ένα φαινόμενο για το οποίο οι επιδημιολόγοι υποστηρίζουν ότι κατά ένα 25-30% σχετίζεται με γενετικούς παράγοντες –μιλιά πάντοτε για τη γήρανση και τη μακροβιότητα– αλλά τελικά το περιβάλλον, οι συνθήκες ζωής, εν ολίγοις ο τρόπος με τον οποίο ο καθένας ζει τη ζωή του διαδραματίζει τον κυρίαρχο ρόλο.

Και πράγματι, αυτή είναι η πεμπουσία κάθε βιολογικού φαινομένου που μελετάμε. Θα φέρω και ένα δεύτερο παράδειγμα που εντάσσεται στην ίδια κατηγορία. Προ ετών ανακαλύφθηκε κάποια χρωμοσωμική περιοχή η οποία δημιουργούσε την προδιάθεση γι' αυτό που ονομάζουμε απλά «μουσικό αφτί». Δηλαδή άνθρωποι οι οποίοι κωδικοποιούσανε ένα συγκεκριμένο τμήμα σε ένα χρωμόσωμα φάνηκε ότι είχαν την προδιάθεση να αντιλαμβάνονται τις νότες πολύ καλύτερα (absolute pitch). Κατοπινές μελέτες όμως έδειξαν το εξής πολύ ενδιαφέρον: αυτή η συγκεκριμένη χρωμοσωμική περιοχή δεν ήταν ικανή ούτε απαραίτητη για να κάνει κάποιον άνθρωπο μουσικό, καθώς επιδημιολογικές έρευνες έδειξαν ότι νήπια που ασχολήθηκαν με τη μουσική και διέθεταν πάντοτε αυτή τη χρωμοσωμική περιοχή πριν την ηλικία των τεσσάρων ετών ανέπτυξαν αυτή την ιδιότητα, ενώ παιδιά που διέθεταν αυτή τη χρωμοσωμική περιοχή αλλά ασχολήθηκαν με τη μουσική μετά τα εννέα έτη δεν την ανέπτυξαν.

Υφίσταται, επομένως, γενετική προδιάθεση σε ορισμένες περιπτώσεις ενώ σε άλλες όχι, και μάλιστα είναι τόσο πολύπλοκη που τελικά αδυνατούμε να τη μελετήσουμε. Η γενική αυτή γενετική προδιάθεση δεν είναι από μόνη της ικανή ούτε αναγκαία για να ορίσει μια λειτουργία, μια ιδιότητα ή να προδιαγράψει ένα φαινόμενο. Αναρωτιόμαστε ωστόσο αν υπάρχουν αυστηρά γενετι-

κές προκαθορισμένες διαδικασίες. Και πράγματι είναι ελάχιστες. Αναφέρω μονάχα ένα παράδειγμα, ακριβώς θέλοντας να δείξω πόσο επικίνδυνο θα ήταν –τόσο από φιλοσοφικής όσο και από βιοηθικής πλευράς– εάν ζούσαμε σε αυτό τον ατυχή κόσμο και την κάθε μας ιδιότητα καθόριζε αυστηρά κάποια γενετική προδιάθεση.

Μια τέτοια μονογονιδιακή νόσος είναι η νόσος του Huntigton. Πρόκειται για μια νευροεκφυλιστική διαδικασία. Το δε υπεύθυνο γονίδιο έχει απομονωθεί. Μπορούμε όντως να ανιχνεύσουμε αν κάποιος είναι θετικός να φέρει τη συγκεκριμένη μετάλλαξη ή όχι. Ο φαινότυπος, μάλιστα, είναι δυστυχώς έντονα καθορισμένος. Δηλαδή άνθρωποι οι οποίοι φέρουν τη συγκεκριμένη μετάλλαξη θα αναπτύξουν τη νόσο περίπου στα 40 τους χρόνια και είναι σχεδόν μαθηματικά προδικασμένο ότι μετά από 10 με 15 χρόνια θα επέλθει ο θάνατος.

Φέρνω αυτό το παράδειγμα μόνο και μόνο για να θέσω το εξής ερώτημα: Έχει το δικαίωμα κάποιος να μάθει αν θα είναι θετικός ή όχι; Κι αν υποθέσουμε ότι κάποιος έχει το δικαίωμα πραγματικά να μάθει, κι αν μάλιστα είναι θετικός, η πιθανότητα είναι μία στις δέκα χιλιάδες. Πρόκειται δηλαδή για μια αρκετά μικρή κι ωστόσο υπαρκτή πιθανότητα. Σε εκείνη όμως την περίπτωση αυτός ο άνθρωπος πρέπει να κάνει παιδιά, όταν θεωρητικά η πιθανότητα να μεταφέρει αυτή τη μετάλλαξη είναι περίπου 50%; Αν αυτός ο άνθρωπος έχει αδέρφια, που επίσης η πιθανότητα είναι ίδια, έχει το δικαίωμα να θέσει στο άμεσο συγγενικό του περιβάλλον ανάλογα ερωτήματα;

Αναφέρω, επ' ευκαιρία κάτι που πληροφορηθήκαμε προ διετίας, ότι στη Βρετανία οι ασφαλιστικές εταιρείες θεώρησαν υποχρεωτικό οι ασφαλιζόμενοι να χαρτογραφούνται για τη συγκεκριμένη μετάλλαξη. Δεν γνωρίζω τι αποφασίστηκε τελικά, αλλά θέλω να ελπίζω ότι αυτό ακριβώς το αίτημα δεν έγινε δεκτό.

Έτσι λοιπόν θα έλεγα ότι, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, δεν υπάρχει γονίδιο «υπεύθυνο για...». Υπάρχουν σαφέστατα γενετικές προδιαθέσεις για ορισμένες διεργασίες, το πώς όμως τελικά θα εξελιχθεί μια λειτουργία, ένας οργανισμός, είναι πάντοτε –ή αν μη τι άλλο στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων– ένας συγκερασμός της «γενετικής προδιάθεσης» και της επίδρα-

σης, της ανταπόκρισης του εκάστοτε οργανισμού στο περιβάλλον και στις συνθήκες κάτω από τις οποίες ζει.

Θα ήθελα στη συνέχεια να ξεφύγω από την αυστηρή Βιολογία και να αναφερθώ σε κάποια άλλα ζητήματα, συνυπολογίζοντας το ενδιαφέρον του ευρέως κοινού για τις μελέτες που αφορούν τον ίδιο τον άνθρωπο κι όχι τους εξελικτικά χαμηλότερους οργανισμούς, που ενδιαφέρουν κατά κύριο λόγο τους ερευνητές. Ίσως το πρώτο ερώτημα στο οποίο θα πρέπει –όσο πιο απλοϊκά μπορούμε– να απαντήσουμε είναι γιατί βρισκόμαστε στην κορυφή της εξέλιξης. Πώς συμβαίνει αυτό; Δηλαδή, ποια ήταν τα στοιχεία εκείνα που μας οδήγησαν στην κορυφή της πυραμίδας της ζωής;

Καθοριστικό στοιχείο είναι, πιστεύω, η προσαρμοστικότητα των οργανισμών σε ένα περιβάλλον αξιωματικά εχθρικό και διαρκώς μεταλλασσόμενο. Πώς όμως πραγματώνεται αυτή η προσαρμοστικότητα; Πολύ πρόσφατα, η πλέον έγκριτη επιστημονική επιθεώρηση *Nature* δημοσίευσε μια εξαιρετη μελέτη με αντικείμενο τα χλαμιδομόνια, η οποία κατέληγε σε ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα που αξίζει να εξετάσουμε.

Όλοι μας διαφέρουμε κατά τι ως προς το γενετικό μας υλικό και, χωρίς να ξέρουμε πώς, δηλαδή τυχαία ή μη, συνεχώς ενσωματώνουμε αλλαγές. Η σωστή έκφραση είναι «μετάλλαξη» αλλά πρόκειται για μια λέξη παρεξηγημένη, οπότε κρατάμε τον όρο γενετικό «υλικό». Κληροδοτούμε στους απογόνους μας αυτό το γενετικό υλικό, το οποίο συνδυάζεται με τον γενετικό μας σύντροφο, με αυτόν με τον οποίο αποκτούμε παιδιά. Έτσι λοιπόν, ο κάθε απόγονος και η κάθε γενιά απογόνων διαφέρει στο γενετικό υλικό σε σχέση με άλλους, κατά τι έστω. Εάν συγκεκριμένα άτομα έχουν ένα συγκεκριμένο γενετικό υλικό και τυγχάνει αυτό το γενετικό υλικό να είναι πιο ανθεκτικό στο υπό διαμόρφωση περιβάλλον, τότε αυτός ο πληθυσμός στην πορεία των γενεών θα υπερισχύσει.

Για να δικαιολογήσω και τον τίτλο της αποψινής μου ομιλίας, πιστεύω τελικά ότι μιλάμε και για γενετική τύχη: το πώς θα γίνουν αυτές οι αλλοιώσεις είναι τυχαίο, δεν είναι σε καμία περίπτωση ντετερμινιστικό, από όσο είμαστε σε θέση σήμερα να γνωρίζουμε. Πρόκειται για μια εξελικτική αναγκαιότητα, διότι

τελικά οι απόγονοι που θα είναι πιο ικανοί να ανταποκριθούν, να προσαρμοστούν στο νέο περιβάλλον και τις συνθήκες, είναι αυτοί οι οποίοι τελικά θα επιβιώσουν και θα εξελιχθούν. Ανάλογες διαδικασίες ενδεχομένως μπορούν να μας κάνουν να κατανοήσουμε σταδιακά για ποιο ακριβώς λόγο ορισμένα είδη και οργανισμοί εξελίχθηκαν, προσαρμόστηκαν και, ας μου επιτραπεί η έκφραση, είναι ανώτερα από κάποια άλλα.

Ξαναγυρνώντας στον άνθρωπο, βλέπουμε πως διαθέτει πλήθος άλλων ιδιοτήτων τις οποίες μέχρι σήμερα η Βιολογία αδυνατεί να εξηγήσει. Υπενθυμίζω ότι σε γενετικό επίπεδο τα θηλαστικά και όλες οι μορφές ζωής παρουσιάζουν πάρα πολλές ομοιότητες. Με τα τρωκτικά, για παράδειγμα, είμαστε κατά 90% όμοιοι όσον αφορά το γενετικό μας υλικό, διαφέρουμε μόνο σε 300 γονίδια. Με τον χιμπατζή είμαστε περίπου κατά 99% όμοιοι κι ωστόσο διαφέρουμε ριζικά.

Αν λοιπόν διερευνούσαμε τα στοιχεία που κάνουν τον άνθρωπο να διαφέρει από τις άλλες μορφές ζωής, φαντάζομαι ότι θα στεκόμασταν σε δυό-τρεις παράγοντες:

Πρώτον, η δεξιότητα του αντίχειρα, το γεγονός ότι μπορούμε να χρησιμοποιούμε το χέρι μας ως εργαλείο. Είναι ίσως η μοναδική ιδιότητα που θα μπορούσε να ερμηνευτεί με βάση τον συγκερασμό γενετικής τύχης και εξελικτικής αναγκαιότητας: κάποια πιθηκοειδή, κατάφεραν με κάποια διαδικασία να αναπτύξουν τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Σαφέστατα, το ότι διαθέτουμε ένα χέρι-εργαλείο συνέβαλε καθοριστικά σε αυτή την εξέλιξη.

Υπάρχουν όμως ευάριθμες άλλες ιδιότητες –τις οποίες τουλάχιστον σήμερα η Βιολογία αδυνατεί να εξηγήσει– που σαφέστατα κάνουν τον άνθρωπο να διαφέρει από τις άλλες μορφές ζωής. Θα απεικονίσω δύο, οι οποίες καθαρά υποκειμενικά είναι πολύ σημαντικές: αφενός διαθέτουμε φαντασία κι αφετέρου είμαστε η μοναδική μορφή ζωής που έχει συναίσθηση του επικείμενου θανάτου της. Αναμφίβολα, συντρέχουν κι άλλες ιδιότητες και διαδικασίες, τις οποίες όμως η Βιολογία στις αρχές του 21ου αιώνα αδυνατεί να αναλύσει.

Η Βιολογία, τολμώ να πω, βρίσκεται ακόμα στα σπάργανα. Είμαι πεπεισμένος ότι τα ερωτήματα στα οποία θα κληθούμε στο εγγύς μέλλον να απαντήσουμε θα είναι πολύ πιο σημαντικά από τα πρωτόγονα ζητήματα με τα οποία μας βομβαρδίζουν οι επιστημονικές ανακοινώσεις και τις οποίες προβάλλουν τα μέσα μαζικής επικοινωνίας.

Αναφορικά, τώρα, με την ελεύθερη βούληση, αναρωτιόμαστε αν άραγε εδράζεται κάπου. Κι αν ναι, τότε πού; Θα ήθελα λοιπόν εδώ –κι ας μου το επιτρέψουν οι συνάδελφοι, οι φυσικοί του ακροατηρίου– να κάνω μια σειρά από αναγωγές με βάση τη Φυσική, που είναι πολύ πιο ανεπτυγμένη από τη Βιολογία και να θέσω κάποια υποθετικά ερωτήματα έτσι όπως αναπτύχθηκαν από τις φυσικές επιστήμες.

Κατ' αρχάς, αναφορικά με τη θεωρία της σχετικότητας, θέλω να θέσω δύο ερωτήματα τα οποία οφείλουν να μας απασχολούν. Πρώτον, μπορούμε να αντιληφθούμε ένα φαινόμενο με βάση ένα περιορισμένο εύρος μετρήσεων που έχουμε; Πολύ απλά, όταν κοιτάω βλέπω μόνο το ορατό φως. Αν εκπέμπεται μια εικόνα πέρα από τα όρια του ορατού φωτός ή έναν ήχο πέρα από τα όρια των ήχων, αυτό δεν είμαι σε θέση να το κατανοήσω.

Προάγουμε βεβαίως μια τεχνολογία που έρχεται να καλύψει αυτά τα φάσματα αλλά οι πέντε μας αισθήσεις ταυτόχρονα μας οριοθετούν ενώ δεν πρέπει επ' ουδενί να θεωρούμε ότι ο κόσμος όπως υπάρχει περιορίζεται στα όρια των πέντε αισθήσεων ή στις προεκτάσεις τους που διασφαλίσαμε χάρη σε ποικίλα όργανα που έχουμε εφεύρει. Με άλλα λόγια, θα έλεγα ότι πρέπει να έχουμε επίγνωση του συστήματος αναφοράς –για να χρησιμοποιήσω έναν πιο τεχνολογικό όρο– στο οποίο εργαζόμαστε.

Δευτερευόντως, θέλω να σταθώ στο ερώτημα εάν ο παρατηρητής επηρεάζει το αντικείμενο που παρατηρεί. Είναι μια παράμετρος την οποία δεν λαμβάνουμε υπόψη κι όμως σαφέστατα διαδραματίζει κάποιο ρόλο και στις βιολογικές επιστήμες. Εάν δε εντάξουμε σε αυτή τη σκέψη και τη θεωρία της αβεβαιότητας, όπως αναπτύχθηκε από τον Χάιζμπεργκ, αντιλαμβανόμαστε ότι τελικά μελετούμε κάποια φαινόμενα μέσα σε κάποια πολύ αυστηρά όρια, των οποίων

πρέπει να έχουμε σαφή επίγνωση. Σε καμία περίπτωση δεν θέλω να φτάσω στον αυστηρά φιλοσοφικό αντίποδα, όπως πολύ εύστοχα εκφράστηκε στο έργο του Σοπενχάουερ *Ο κόσμος ως βούληση και ως παράσταση*, ούτε και στην καντιανή αντίληψη του κόσμου, ότι δηλαδή νοηματοδοτούμε κατά το δοκούν.

Σαφέστατα υπάρχει αντικείμενο αναφοράς, υπάρχει ο κόσμος τον οποίο παρατηρούμε. Πρέπει όμως να έχουμε επίγνωση των περιορισμών όσων παρατηρούμε καθώς επίσης και των μέσων που διαθέτουμε. Οφείλουμε να έχουμε εξίσου κατά νου ότι πιθανώς ακόμα κι εμείς οι ίδιοι όταν παρατηρούμε κάτι ενδέχεται να το επηρεάζουμε κι άρα να έχουμε μια υποκειμενική εικόνα αυτού του γεγονότος.

Ένα άλλο θέμα το οποίο θέλω να θίξω –που προέρχεται επίσης από τη Φυσική και τη θεωρία των κβάντα– αφορά το γεγονός ότι το ελάχιστο σωματίδιο στη Φυσική είναι και ύλη και ενέργεια. Στη Βιολογία μελετούμε εν τέλει αυστηρά τις ιδιότητες της ύλης. Δεν γνωρίζουμε αν υπάρχει κάτι άλλο, αν υπάρχει μια άλλη μορφή του ελάχιστου σωματιδίου, του κυττάρου, κι αν τελικά έχει και κάποιες άλλες ιδιότητες.

Παραμένει συνεπώς το εξής ερώτημα, που ορισμένοι θεωρούν παρωχημένο: Το κύτταρο τελικά βούληται; Πρόκειται για ένα υποθετικό ερώτημα για το οποίο δεν έχουμε καμία απάντηση. Έχουμε μάλλον μία απάντηση αναφορικά με την οποία θα παραπέμψω στην ομιλία του κ. Νίκολη. Αναφέρθηκε ο κ. Νίκολης στον καθοριστικό ρόλο που παίζει στα δίκτυα που ανέφερα μία πρωτεΐνη μέσα στο κύτταρο, η Π53, γνωστή στην επιστημονική κοινότητα εδώ και 25 περίπου χρόνια. Παρόλο που είχαμε μια τελείως στρεβλή άποψη για τη λειτουργία αυτής της πρωτεΐνης επί μία δεκαετία σχεδόν, σιγά-σιγά καταλάβαμε ότι πρόκειται για ένα μόριο το οποίο κατέχει πραγματικά μια κομβική θέση στη λειτουργία ενός κυττάρου. Κι αυτό γιατί όταν το κύτταρο εκτίθεται σε αυτό που λέμε «εχθρικό περιβάλλον», φερ' ειπείν δέχεται μια υπεριώδη ακτινοβολία κι άρα υφίσταται βλάβες στο γενετικό του υλικό, οφείλει εκείνη τη στιγμή να αποφασίσει απλούστατα τι θα κάνει. Την πολυσιχιδή αυτή απόφαση την παίρνει το



μόριο P153. Το κύτταρο ενδέχεται να θεωρήσει –μέσω της P153– ότι η βλάβη είναι μικρή κι άρα ανατάξιμη, οπότε ενεργοποιείται το κατάλληλο μονοπάτι, επιδιορθώνεται η βλάβη και το κύτταρο παραμένει στο πλαίσιο του ιστού και του οργανισμού ως είχε. Αν η βλάβη είναι λίγο μεγαλύτερη, η P153 αντιλαμβάνεται ότι δεν συμφέρει το κύτταρο και τον οργανισμό να επιδιορθωθεί κι επομένως σηματοδοτεί την παύση της πολλαπλασιαστικής ικανότητας του κυττάρου. Με άλλα λόγια, δίνει εντολή να μην μεταδοθούν οι μεταλλάξεις που έχουν δημιουργηθεί στο γενετικό υλικό σε απογόνους του ίδιου κυττάρου. Εάν, πάλι, η βλάβη είναι μεγάλη, η ίδια η P153 σηματοδοτεί αυτό που λέμε «κυτταρική αυτοκτονία» (ο βιολογικός όρος είναι «απόπτωση»).

Έχουμε λοιπόν ένα μόριο το οποίο καλείται να αποφασίσει. Βεβαίως, ούτε εδώ είναι απολύτως τυχαίο τι θα αποφασιστεί τελικά. Σιγά-σιγά αρχίζουμε να κατανοούμε ότι, σύμφωνα με τη λογική των πολύπλοκων συστημάτων, οι αποφάσεις διαφέρουν ανάλογα με τις συγκεκριμένες συνθήκες, τη συγκεκριμένη έκθεση βλάβης, το συγκεκριμένο γενετικό υπόστρωμα.

Το πλεονέκτημα, εν τέλει, των επιλεγόμενων θετικών επιστημών είναι ότι, αν ξέρουμε το σύστημα αναφοράς στο οποίο δουλεύουμε, το πείραμα μάς δίνει μια απάντηση με ελάχιστα περιθώρια αμφισβήτησης. Ταυτόχρονα, όμως, πρέπει εμείς οι ίδιοι να αμφισβητούμε τους εαυτούς μας και να μην πιστεύουμε ότι μια σημερινή γνώση αποτελεί πανάκεια, αφού όταν απαντιέται ένα ερώτημα γεννάει πάραυτα επόμενα ερωτήματα.

Εφεξής, υπάρχει μια σειρά ερωτημάτων στα οποία θα κληθούν να απαντήσουν κατά πάσα πιθανότητα οι επιστήμες της ζωής: Υφίσταται το δίπολο ύλης-ενέργειας στη ζωή κι αν ναι, πώς οριοθετείται; Τι σημαίνει εξέλιξη και προσαρμοστικότητα; Νομίζω ότι έγινε σαφές πως κάτι ανάλογο λαμβάνει χώρα είτε στο γενετικό υλικό –μεταφέροντας αυτό το γενετικό υλικό στους απογόνους– είτε σε ένα δεδομένο εν ζωή οργανισμό, αλλάζοντας τη δομή και τη διαμόρφωση των πρωτεϊνών. Επίσης, πρέπει να μελετήσουμε κατά πόσο ένας ζωντανός οργανισμός, όταν εκτίθεται σε ένα περιβάλλον, μπορεί να προσαρμοστεί παράγοντας τα ίδια μόρια με διαφορετική όμως δομή.

Σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει να ξεχνάμε αυτό που συνιστά το δυστύχημα του ανθρώπου αλλά ταυτόχρονα και το στοιχείο που τον κρατάει εν ζωή: ότι προσπαθούμε να καταλάβουμε πράγματα τα οποία ενδεχομένως ο εγκέφαλός μας δεν είναι εκ προοιμίου σε θέση να καταλάβει στην ολότητά τους.