

# Η ευθύνη του χειρουργού στην εποχή της «σκανδαλώδους επιστήμης»

**R.M. Satava**

University of Washington Medical Center, Seattle, USA,  
Surgical Endoscopy, 2006, 20: 1797-1801

Μετάφραση-προσαρμογή: **Ι. Α. Βαλιούλης**  
Χειρουργός Παίδων

Το άρθρο αυτό, εκτός από την πληροφόρηση που παρέχει σε θέματα απρόσιτα για την πλειοψηφία των γιατρών, είναι ενδεικτικό (και για τον λόγο αυτό ελπιδοφόρο) του επιπέδου του προβληματισμού των αληθινών ταγών της επιστήμης.

Κρατάμε μεσ' τα χέρια μας τα πρόσωπά μας  
Και βλέπουμε χρωματιστές εκτάσεις  
Οι σκέψεις μας γίνονται γεννιούνται  
Στην κάθε μας ματιά

Δεν άνησαν ματαίως τόσα θαύματα  
Η χάρη τους είναι ψηλή περικοκλάδα  
Που σφίγγει τα μελλούμενα και την ζωή μας  
Μέσα στ' αστέρια

*Ανδρέας Εμπειρικός, Σκοπιά, ΕΝΔΟΧΩΡΑ*

Αρκετές φορές στην ιστορία της ανθρωπότητας εμφανίστηκε γόνιμη υπερπαραγωγή επιστημονικών ανακαλύψεων, ιδιαίτερα κατά την Αναγέννηση και τη Βιομηχανική Επανάσταση. Σήμερα, στην εποχή της Πληροφορικής, παρατηρείται μια άλλη επανάσταση στην επιστήμη. Πάντως, η φύση των σύγχρονων ανακαλύψεων είναι τόσο πολύ μπροστά εν σχέσει προς τις εφευρέσεις του παρελθόντος, που προσφυώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο όρος «σκανδαλώδης επιστήμη». Ο όρος *σκανδαλώδης* σημαίνει «αυτός που ξεπερνάει θεσμοθετημένα ή λογικά όρια, απίθανος, παράδοξος»<sup>12</sup>.

Γιατί αυτό θα έπρεπε να προβληματίζει τους χειρουργούς; Πρώτο και σημαντικότερο, υπάρχουν πολλές τεχνολογικές εφαρμογές εκτός του άμεσου πεδίου ενδιαφέροντος των χειρουργών, οι οποίες θα επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο διενεργούνται οι χειρουργικές επεμβάσεις,

πιθανώς ακόμη και αντικαθιστώντας εν χρήση μεθόδους. Αυτή πάντως είναι μια εγωκεντρική προσέγγιση του θέματος. Οι αλλαγές που λαμβάνουν χώρα επηρεάζουν κατευθείαν την καρδιά της ιατρικής, η οποία είναι η φροντίδα του συνανθρώπου μας.

Οι τεχνολογικές εφαρμογές στην ιατρική αυξάνονται εκθετικά, ώστε τα ηθικά και δεοντολογικά προβλήματα που ανακύπτουν θα λυθούν μετά από δεκαετίες. Αυτά τα προβλήματα εστιάζουν στις πιο βασικές ερωτήσεις, για παράδειγμα: Ποια είναι η έννοια του ανθρώπου; Πόσο θα πρέπει να ζει ένας άνθρωπος; Στο κείμενο που ακολουθεί πραγματεύονται κάποιες απίστευτες εργαστηριακές ανακαλύψεις, γίνονται εικασίες για την κατεύθυνση προς την οποία αναπτύσσονται και τίθενται τα βασικά ηθικά και δεοντολογικά προβλήματα, τα οποία θέτουν μείζονες προκλήσεις για τις επερχόμενες δεκαετίες.

Άλλες τεχνολογικές εφαρμογές με εξίσου σημαντικές επιδράσεις, όπως η τηλεμεταφορά, η ψυχρή σύντηξη για παραγωγή ενέργειας και η απευθείας επικοινωνία συσκευών με τον εγκέφαλο, δεν έχουν επιστημονική βάση και για τον λόγο αυτό προς το παρόν δεν σχολιάζονται, αλλά μια ξαφνική επιστημονική ανακάλυψη θα μπορούσε να τις βάλει στο κέντρο του ενδιαφέροντος. Ως παράδειγμα απότομης αλλαγής αναφέρεται αυτό που συνέβη με την ανθρώπινη κλωνοποίηση. Σαν να ξεπήδησε από το πουθενά, ανακοινώθηκε η κλωνοποίηση της Dolly, του πρόβα-

του. Μετά από λίγο ο Γάλλος επιστήμονας Brigitte Boisselier ανέφερε τον πρώτο ανθρώπινο κλώνο. Η αντίδραση της κοινής γνώμης και των πολιτικών ήταν άμεση. Όλα τα κράτη του κόσμου, εκτός από τρία, συμφώνησαν να μην κάνουν έρευνα στην κλωνοποίηση ανθρώπων. Όμως η Κίνα, η Κορέα και η Ελβετία έχουν προγράμματα ανθρώπινης κλωνοποίησης επιδοτούμενα από το κράτος (περιλαμβανομένων των εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων). Οι ηθικές και δεοντολογικές επιπτώσεις είναι σημαντικότερες και αυτή την περίοδο συζητώνται διεθνώς. Τι θα συμβεί αν ο κλώνος έχει κάποια σοβαρή διαμαρτία; Θα τον πετάξουμε; Οι κλώνοι θα έχουν τα ίδια δικαιώματα με τους ανθρώπους που γεννιούνται φυσιολογικά; Θα δημιουργήσουμε κλώνους χωρίς εγκέφαλο ώστε να έχουμε «ανταλλακτικά»; Γιατί η Κίνα χρειάζεται να δημιουργήσει κλώνους; Δεν γεννιούνται εκεί αρκετά παιδιά κάθε μέρα; Προς το παρόν γίνεται κλωνοποίηση ανθρώπων, αλλά τι θα μπορούσε να μας φέρει το μέλλον;

Παρακάτω αναφέρουμε κάποιες τεχνολογικές εφαρμογές που αναδύονται από τα εργαστήρια και γίνονται εικασίες για τις πιθανές και αναπόφευκτες συνέπειες της πλήρους εφαρμογής τους καθώς και των σημαντικών ηθικών και δεοντολογικών προβλημάτων που συνεπάγονται.

### Ρομποτική

Πρώτα θα ασχοληθούμε με τις τεχνολογικές εφαρμογές από τον κόσμο των ρομπότ. Με την εμφάνιση του χειρουργικού ρομποτικού συστήματος DaVinci, έγινε αποδεκτή η παρουσία ρομποτικών συστημάτων στο χειρουργείο. Σήμερα, ο χειρουργός κάθεται μπροστά σε μια οθόνη και χειρουργεί τον ασθενή ελέγχοντας με τα χέρια του, μέσω των χειριστηρίων, το ρομπότ. Μερικά πανεπιστήμια ερευνούν την εμφύτευση ενός μικροκυκλώματος (με εμπορικό όνομα BrainGate) στην κινητική χώρα του εγκέφαλου πιθήκων για να καταγράφουν τις «σκέψεις» τους<sup>10</sup>. Ακολούθως, ο πίθηκος διδάσκεται να κινεί μια πράσινη κηλίδα πάνω σε μια κόκκινη κηλίδα στην οθόνη ενός υπολογιστή χρησιμοποιώντας joy stick και όταν το πετυχαίνει αμείβεται με την εμφάνιση ενός ρομποτικού βραχίονα που του δίνει τροφή. Ένας υπολογιστής καταγράφει τα σήματα του φλοιού και εν συνεχεία οι επιστήμονες τα συσχετίζουν, σε διάστημα έξι εβδομάδων, με τις κινήσεις του χεριού. Ακολούθως, το καλώδιο που

συνδέει το εμφύτευμα στον εγκέφαλο αποσυνδέεται από τον καταγράφοντα υπολογιστή και συνδέεται απ' ευθείας με τον ρομποτικό βραχίονα. Σε διάστημα δυο εβδομάδων ο πίθηκος αντιλαμβάνεται ότι δεν χρειάζεται να κουνήσει το χέρι του ή το joy stick για να λάβει τροφή.

Αυτή την περίοδο πέντε πανεπιστήμια έχουν οικογένειες πιθήκων, που κάθονται μπροστά από οθόνες υπολογιστών, απλά σκέπτονται να κινήσουν τα χέρια τους και τρέφονται κινώντας έτσι τον ρομποτικό βραχίονα, μετατρέποντας σκέψεις σε κίνηση. Στο Πανεπιστήμιο Brown, οι πρώτες κλινικές δοκιμές του BrainGate σε έναν τετραπληγικό ασθενή ξεκίνησαν το 2005<sup>2</sup>. Σήμερα, ο ασθενής μπορεί να ελέγχει έναν υπολογιστή, να ανάβει και να σβήνει μια τηλεόραση και να κάνει ένα προσθετικό τεχνητό χέρι να ανοίγει και να κλείνει, απλώς με τη σκέψη. Αυτά είναι τα πρώτα βήματα προς το να μπορεί ο άνθρωπος να ελέγχει ένα τεχνητό χέρι ή πόδι μόνο με τη σκέψη.

Στο πανεπιστήμιο της Χαβάης, ο Dr. Hunter Hoffman κατασκεύασε μια κάσκα με ηλεκτρόδια, η οποία καταγράφει τα εγκεφαλικά σήματα του ατόμου που τη φοράει (αντί για το BrainGate)<sup>17</sup>. Τα σήματα είναι πολύ ασθενή, έτσι ώστε χρειάζονται πολύ ευαίσθητοι αισθητήρες και προηγμένη διαχείριση των σημάτων, αλλά το αποτέλεσμα είναι ότι μερικοί άνθρωποι μπορούν να μετακινούν έναν δείκτη στην οθόνη ενός υπολογιστή με την απλή σκέψη, όπως και με το BrainGate. Βρισκόμαστε λοιπόν στην αρχή της δυνατότητας ελέγχου του περιβάλλοντός μας και των συσκευών με την απλή σκέψη; Ο χειρουργός του μέλλοντος θα μπορεί να φορά απλώς μια «κάσκα σκέψης» και να χειρουργεί; Τι είδους επανάσταση θα φέρει αυτό στον τρόπο που η χειρουργική διδάσκεται και διενεργείται;

Σήμερα, η συμβατική χειρουργική διενεργείται σε διάφορα όργανα και ιστούς, ακόμη δε χρησιμοποιούνται και μικροσκόπια σε πολύ «λεπτές» επεμβάσεις ή σε πολύ μικρά τμήματα οργάνων. Η έρευνα όμως έφτασε σε νέα σύνορα. Μια νέα τεχνολογία αποκαλούμενη “femtosecond laser” (ή υπερβραχύ παλμικό laser) παράγει ενέργεια η οποία πάλλεται με συχνότητα 10<sup>19</sup> sec. Σ' αυτή την ταχύτητα τα μόρια μιας κυτταρικής μεμβράνης διαχωρίζονται από τους παλμούς χωρίς βλάβη, ανοίγοντας ένα «παράθυρο» στο κύτταρο<sup>4</sup>. Ακολούθως, με τη χρήση μικροερ-

γαλείων οι ερευνητές φτάνουν στο εσωτερικό του κυττάρου και επεμβαίνουν στα διάφορα ενδοκυτταρικά όργανα, όπως τα μιτοχόνδρια, το όργανο του Golgi κ.λπ.

Μια ομάδα στην Γερμανία<sup>7</sup> κατάφερε να εισέλθει στον κυτταρικό πυρήνα και να επέμβει στα χρωματοσώματα. Το απώτατο αποτέλεσμα αυτής της χειρουργικής παρέμβασης θα είναι η ικανότητα επέμβασης επί συγκεκριμένων χρωματοσωμάτων, η οποία με τη σειρά της θα αλλάξει τη βιολογία του κυττάρου. Αυτό αναφέρεται ως «βιοχειρουργική»<sup>15</sup>. Πιθανόν, λοιπόν, ο χειρουργός του μέλλοντος να μην επεμβαίνει σε ιστούς και όργανα, αλλά να εισέρχεται σε άρρωστα κύτταρα, να αλλάζει τη γενετική τους δομή και να επαναφέρει τη φυσιολογική βιολογική τους λειτουργία; Ακόμη σημαντικότερο, θα μπορούμε να επεμβαίνουμε σε χρωματοσώματα και να αλλάζουμε αυτό που η φύση μάς έδωσε; Θα μπορούμε να ζητούμε από τον χειρουργό να αλλάξει τα γονίδια και να δώσει σε ένα άτομο “super” ικανότητες; Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι για να γίνουν βιοχειρουργικές επεμβάσεις σε micro ή nano επίπεδο, οι άνθρωποι χρειάζονται ρομποτικά συστήματα για να ελέγχουν τα εργαλεία, όπως γίνεται σήμερα στα εργαστήρια, τα οποία συστήματα μοιάζουν πολύ με το ρομποτικό σύστημα DaVinci.

### Τεχνητή και ανθρώπινη νοημοσύνη

Καθώς μαθαίνουμε να χρησιμοποιούμε υπολογιστές και ρομποτικά συστήματα για χειρουργικές επεμβάσεις, εκατοντάδες και χιλιάδες φορές πέραν των φυσικών ανθρώπινων ικανοτήτων (δηλ. μεγέθυνση με μικροσκόπια για να βλέπουμε τι γίνεται στο εσωτερικό των κυττάρων ή ρομπότ που εκτελούν επεμβάσεις με ακρίβεια μικρού), γινόμαστε όλο και πιο εξαρτημένοι από αυτά τα συστήματα. Σήμερα αυτά τα συστήματα ελέγχονται πλήρως από τους ανθρώπους.

Ο Noel Sharkey του Πανεπιστημίου του Sheffield στο Λονδίνο<sup>16</sup> εργάζεται σε απλά ρομπότ με τροχούς προγραμματίζοντάς τα με «νοημοσύνη», ώστε αυτά να μπορούν να μάθουν. Αντί για προγράμματα με σαφείς εντολές χρησιμοποιεί τον «προγραμματισμό βάσει κανόνων», δίνοντας στα ρομπότ μια σειρά κανόνων και, ακολούθως, αφήνοντάς τα να «μάθουν» σύμφωνα με τους κανόνες. Έβαλε μια δωδεκάδα απ' αυτά σε ένα άδειο γυμναστήριο στο οποίο τοποθέτησε τυχαί-

ως αντικείμενα. Τα ρομπότ κινούνταν στον χώρο και σκαρφάλωναν στα αντικείμενα. Μια μέρα, η πόρτα ξεχάστηκε ανοιχτή και ένα ρομπότ «απέδρασε». Βγήκε από την πόρτα, πήγε στον προθάλαμο, κατέβηκε μια σκάλα και βρήκε μια ανοιχτή πόρτα. Συνελήφθη στον ανοικτό χώρο στάθμευσης. Ήταν αυτό το ρομπότ έξυπνο; Ποτέ δεν είχε δει ανοιχτή πόρτα, σκάλα, τον έξω κόσμο, αλλά ίσως «έμαθε» αρκετά ώστε να γίνει τόσο έξυπνο όσο ένα μυρμήγκι. Αυτή είναι η αρχή της δημιουργίας «έξυπνων» ρομπότ;

Οι Ray Kurzweil<sup>8</sup> και Hans Morevac<sup>9</sup> έκαναν κάποιους υπολογισμούς βασισμένους στο τι είναι γνωστό για τον ανθρώπινο εγκέφαλο και τους υπερυπολογιστές. Βάσει του εκτιμώμενου αριθμού νευρώνων, των συνάψεων για κάθε νευρώνα, της ταχύτητας αγωγής των νευρώνων, το ανθρώπινο μυαλό έχει ικανότητα διενέργειας περίπου  $4 \times 10^{19}$  υπολογισμών ανά δευτερόλεπτο (cps). Οι σύγχρονοι υπερυπολογιστές, όπως ο Sandia National Lab Red Storm ή ο IBM Blue Gene, υπολογίζουν 35 terafops/s ( $35 \times 10^{15}$  cps), περίπου 1.000 φορές λιγότερο απ' ό,τι ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Σύμφωνα με τον νόμο του Moore (διπλασιασμός της υπολογιστικής ισχύος κάθε 18 μήνες) για τον υπολογισμό του ρυθμού αύξησης των υπερυπολογιστών, προβλέπεται ότι το πολύ σε 20 χρόνια οι υπολογιστές θα υπολογίζουν ταχύτερα απ' ό,τι ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Συνδυάζοντας αυτή τη δύναμη με την προηγουμένως αναφερθείσα εμφάνιση της τεχνητής νοημοσύνης, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι στο μέλλον οι υπολογιστές θα είναι έξυπνοι; Θα αναγνωρίσουμε αυτή τη νοημοσύνη και θα μπορούμε να επικοινωνούμε με τους υπολογιστές; Θα θυμούνται αυτοί ότι δημιουργήθηκαν από ανθρώπους ή δεν θα μας έχουν καν ανάγκη; Εάν είναι έξυπνοι, θα έχουν αντίληψη και θα απαιτήσουν (ή μήπως θα έπρεπε να τους χορηγηθούν) «δικαιώματα»; Είναι αναπόφευκτο ότι οι υπολογιστές θα γίνουν εξυπνότεροι από τους ανθρώπους; Αν κάποιος σταματήσει την ηλεκτροδότηση ενός έξυπνου υπολογιστή, αυτό νομικά θα είναι φόνος ενός έξυπνου «όντος»; Με την αύξηση της ισχύος των υπολογιστών και την τεχνητή νοημοσύνη, ο αγώνας του ανθρώπινου είδους με το «είδος» των υπολογιστών άρχισε και θα συνεχισθεί.

Ίσως όμως απάντηση του ανθρώπου στη ρομποτική νοημοσύνη να αποτελέσει η αύξηση της

ανθρώπινης νοημοσύνης. Τελευταίες ανακαλύψεις στη διακρανιακή μαγνητική διέγερση (TMS)<sup>3,13</sup> έδειξαν ότι, εφαρμόζοντας ειδικό μαγνητικό πεδίο πέριξ του κρανίου, είναι δυνατόν να αυξηθεί δραματικά η ικανότητα μάθησης και συγκράτησης της πληροφορίας σε ένα άτομο, με αποτέλεσμα, κατ' ουσίαν, το άτομο αυτό να γίνει εξυπνότερο. Θα είναι λοιπόν δυνατό να αυξηθεί κατά πολύ η ικανότητα μάθησης ενός ατόμου; Υπάρχουν γενετικές μέθοδοι αύξησης της ανθρώπινης εξυπνάδας; Πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την τεχνολογία για να αυξήσουμε την ανθρώπινη εξυπνάδα πέραν των θεωρούμενων φυσικών ορίων;

### **Αντικαθιστώντας μέρη του σώματος: έξυπνες προθέσεις και παραγωγή συνθετικών οργάνων**

Ως τα πρώτα μετριοπαθή βήματα των έξυπνων προθέσεων μπορούν να θεωρηθούν οι καρδιακοί βηματοδότες, οι οποίοι ήταν απλές εμφυτεύσιμες συσκευές που διέγειραν το μυοκάρδιο όταν το νευρικό σύστημα της καρδιάς αδυνατούσε. Σήμερα οι βηματοδότες είναι πολύπλοκες κατασκευές, με ανάλυση του καρδιακού ρυθμού σε πραγματικό χρόνο και ανάδραση κλειστής αγκύλης για διέγερση ή αυτόματη απινίδωση. Σε άλλα μέρη του σώματος, από εμφυτεύματα του αμφιβληστροειδούς και του κοχλίου μέχρι έξυπνα τεχνητά άκρα, έχει γίνει εντυπωσιακή πρόοδος στην αντικατάσταση πασχόντων, κατεστραμμένων ή απολεσθέντων τμημάτων του ανθρώπινου σώματος. Ως αποτέλεσμα του πολέμου του Κόλπου και της επιτυχίας των αλεξίσφαιρων στολών, πολλοί στρατιώτες επιβίωσαν με φοβερά τραύματα, τα οποία υπό άλλες συνθήκες θα ήταν θανατηφόρα, αλλά τελικά περιορίστηκαν σε απώλεια άκρων. Πάντως η πρόοδος στον τομέα των τεχνητών άκρων είναι τόσο σημαντική, ώστε μερικές από τις διαθέσιμες στο εμπόριο προθέσεις κάτω άκρου (ακρωτηριασμός πάνω από το γόνατο) είναι έξυπνες και δίνουν στον ακρωτηριασμένο τις ίδιες ικανότητες με το φυσικό του άκρο<sup>1,11</sup>.

Δύο στρατιώτες των ΗΠΑ με ακρωτηριασμένα πάνω από το γόνατο πόδια αρνήθηκαν την τιμητική αποστρατεία και ζήτησαν να επιστρέψουν στη μονάδα τους. Υποβλήθηκαν εκ νέου και ξεπέρασαν με επιτυχία την εξαντλητική βασική στρατιωτική εκπαίδευση (που περιλαμβάνει σκαρφάλωμα σε τοίχους, σύρσιμο στη λάσπη κάτω από δικτυωτά πλέγματα κ.λπ.) και επέστρε-

ψαν να υπηρετήσουν εκ νέου στη μονάδα τους.

Μερικά από τα τεχνητά άκρα, τα οποία κατασκευάζονται ειδικά για αθλητές (για δραστηριότητες όπως ο στίβος ή η ορειβασία), παρέχουν στον ακρωτηριασμένο περισσότερες ικανότητες απ' ό,τι το ανθρώπινο πόδι. Θα πρέπει να χορηγούμε σε επιλεγμένους ακρωτηριασμένους τεχνητά άκρα, που θα τους δίνουν πλεονεκτήματα έναντι των «φυσιολογικών» ανθρώπων; Θα έρθει κάποτε η μέρα κατά την οποία θα μπορούμε να ζητούμε την αντικατάσταση μερών του σώματός μας (μάτι, αυτί, χέρι, πόδι) με τεχνητά μέλη υπέρτερα αυτών που είχαμε κατά τη γέννησή μας; Ποια η ευθύνη του χειρουργού μπροστά σ' ένα τέτοιο αίτημα;

Η μεταμόσχευση οργάνων έκανε τεράστιες προόδους τις τελευταίες δεκαετίες, ώστε να ελεγχθεί και το πρόβλημα της απόρριψης. Ως αποτέλεσμα, χιλιάδες ασθενείς περιμένουν για μεταμόσχευση νεφρού, ήπατος και άλλων σημαντικών οργάνων. Πάντως, η παράλληλη προσπάθεια κατασκευής ιστών βρίσκεται στο όριο για να φέρει επανάσταση στις μεταμοσχεύσεις. Ο Dr. Anthony Atala του Πανεπιστημίου Wake Forest ανέφερε σειρά ασθενών, τους οποίους παρακολούθησε επί πενταετία, με μεταμοσχευθείσα ουροδόχο κύστη, η οποία δημιουργήθηκε από καλλιέργεια βλαστικών κυττάρων του ίδιου του ασθενή<sup>6</sup>. Πολλές άλλες ερευνητικές ομάδες έχουν καλλιεργήσει και αναπτύξει διάφορα όργανα και ιστούς στο εργαστήριο (από ήπαρ και νεφρούς μέχρι μύες, οστά και χόνδρους) και τους δοκίμασαν σε πειραματόζωα. Αυτή η επιτυχία μήπως οδηγήσει σε βασικές αλλαγές στην πρακτική των χειρουργών; Σήμερα οι χειρουργοί διενεργούν δεκάδες τύπους επεμβάσεων σε κάθε όργανο, π.χ., το στομάχι (επεμβάσεις για κίρσους οισοφάγου, οξεία αιμορραγία, πυλωρική στένωση, καρκίνο κ.λπ.). Στο μέλλον θα υπάρχει μήπως μια μόνο επέμβαση για κάθε όργανο; Δηλαδή η αφαίρεση του ασθενούς, κατεστραμμένου ή τραυματισμένου οργάνου και η αντικατάστασή του με ένα άλλο το οποίο θα έχει αναπτυχθεί από βλαστοκύτταρα του ίδιου του ασθενούς;

Εκτιμάται ότι θα είναι δυνατό να αντικατασταθεί το 95% των ανθρωπίνων ιστών και οργάνων με έξυπνες προθέσεις ή συνθετικά όργανα. Αυτό θέτει το ηθικό δίλημμα: «Αν αντικαταστήσω το 95% των τμημάτων του φυσικού μου σώματος, θα εξακολουθήσω να είμαι άνθρωπος;». Αυ-

τό καθορίζεται από τη σάρκα και το αίμα που έχει κανείς κατά τη γέννησή του;

### Γενετική μηχανική

Η χρήση της γενετικής μηχανικής για την επιλογή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών σε φυτά και ζώα ήταν συνηθισμένη για δεκαετίες. Η δυνατότητα να επιλέξουν οι γονείς τα χαρακτηριστικά των παιδιών τους έγινε εφικτή το 1997. Οι πρώτες έρευνες στην ανθρώπινη γενετική μηχανική εστιάζονταν στην ανακάλυψη σε γονείς γονιδίων σχετιζόμενων με συγκεκριμένες συγγενείς παθήσεις και την αποτροπή εμφάνισης της νόσου στα παιδιά τους. Πάντως το 2003 γεννήθηκε ο πρώτος γενετικά τροποποιημένος άνθρωπος και έγινε ένα βήμα παραπάνω από την in vitro γονιμοποίηση. Μια οικογένεια που είχε τρία αγόρια επέλεξε να τροποποιήσει γενετικά το επόμενο παιδί της, ώστε να είναι ένα ξανθό κορίτσι με γαλανά μάτια. Μια άλλη αποφασιστική ανακάλυψη αφορούσε μια σπάνια ανωμαλία σε νεογνά, η οποία προκαλεί μεγάλη μυϊκή υπερτροφία στο πρώτο έτος της ζωής, δημιουργούμενου έτσι ενός «υπερμυώδους» παιδιού. Το υπεύθυνο γονίδιο απομονώθηκε και ονομάστηκε «γονίδιο Schwarzenegger». Θα πρέπει να ξεκινήσουμε να βάζουμε το γονίδιο σε νεογέννητα ώστε να καταστούν υπεραθλητές; Αυτοί που θα φέρουν αυτή τη γενετική τροποποίηση θα μπορούν να παίρνουν μέδailles σε Ολυμπιακούς Αγώνες;

Ακόμα και πιο πέρα από την επέμβαση στα γονίδια ενός ατόμου η διαφυλετική μηχανική (μεταφορά γονιδίων από ένα είδος σε άλλο) αποτελεί κοινοτοπία. Η Nexia Biotechnologies στο Μόντρεαλ του Καναδά σημείωσε σημαντική εμπορική επιτυχία με ένα προϊόν ονόματι Biosteel. Είναι γνωστό ότι η σφαιρική αράχνη υφαίνει την ισχυρότερη από τις γνωστές φυσικές ίνες (μετάξι, πρωτεΐνη). Η Nexia ανακάλυψε τη γενετική αλληλουχία για την παραγωγή της πρωτεΐνης στη σφαιρική αράχνη και τη μετέφερε στα γονίδια διαφυλετικών κατσικών (ζώα τα οποία μπορούν να δεχθούν γονίδια από άλλα είδη), τα οποία πλέον εκκρίνουν την πρωτεΐνη του μεταξιού στο γάλα τους. Σήμερα υπάρχουν κοπάδια κατσικών τα οποία παράγουν στο γάλα τους μεγάλες ποσότητες της ισχυρότερης γνωστής πρωτεΐνης, η οποία εξάγεται και κλώθεται σε μετάξι. Μήπως αυτή θα είναι η εικόνα των «εργοστασίων» του μέλλοντος, με φυτά και κοπάδια ζώων να αντικαθιστούν τα

τούβλα, τα κονιάματα και τις καπνοδόχους;

Ακόμη παραπέρα, είναι γνωστή η γενετική ακολουθία που επιτρέπει ένα είδος οχιάς να βλέπει στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος και η ακολουθία που κάνει ικανά τα κολιμπρί να βλέπουν στο υπεριώδες. Όπως με την προαναφερθείσα γενετική μηχανική μεταξύ αράχνης και κατσικών, θεωρητικά είναι δυνατόν να μεταφερθούν αυτά τα γονίδια σε ανθρώπους (με τις ίδιες γενετικές ακολουθίες) και πιθανότατα θα δώσουν την ικανότητα όρασης στο σκοτάδι ή στο υπεριώδες. Αυτά τα άτομα θα έχουν ικανότητες που θα ξεπερνούν εκείνες του μέσου ανθρώπου. Τι θα σημαίνει να έχει κανείς την ικανότητα να βλέπει στο σκοτάδι; Σε ποιους θα επιτραπεί να αποκτήσουν αυτές τις γενετικές τροποποιήσεις; Μόνο οι πλούσιοι θα μπορούν να τις πληρώσουν; Τι θα συμβεί εάν εμφανιστούν επιπλοκές;

### Χειμερία νάρκη και αναστολή των βιολογικών λειτουργιών

Η επιτυχία στη γενετική, τη μοριακή βιολογία, τους παράγοντες μεταγραφής, τα μόρια αγγελιοφόρους και άλλες βιομοριακές ανακαλύψεις οδήγησαν στη μεγαλύτερη κατανόηση βασικών μεταβολικών αρχών, γεγονός που κατά πολλούς αποτελεί επανάσταση στην ιατρική. Μια όψη του ελέγχου του μεταβολισμού είναι και η έρευνα επί των υπομεταβολικών καταστάσεων, όπως η χειμερία νάρκη, η ελαχιστοποίηση και η πλήρης αναστολή των βιολογικών λειτουργιών.

Η πρώιμη έρευνα στη χειμερία νάρκη από επιστήμονες όπως ο Brian Barnes του πανεπιστημίου Αλάσκα-Fairbanks<sup>5</sup> οδήγησε στην εντυπωσιακή ανακάλυψη ότι τα ζώα δεν πέφτουν σε χειμερία νάρκη επειδή κάνει κρύο. Αυτά πέφτουν σε χειμερία νάρκη επειδή, κατά κάποιο τρόπο, «σβήνουν» τους οργανισμούς τους. Λίγο πριν ο αρκτικός σκίουρος πέσει σε χειμερία νάρκη, εκκρίνει ένα μόριο, το οποίο σταματά πλήρως τον μεταβολισμό του μέσα σε λίγες ώρες. Εάν αφαιρεθεί μια συγκεκριμένη περιοχή του υποθαλάμου του και ο σκίουρος αφεθεί στην παγωμένη αρκτική, δεν θα πέσει σε χειμερία νάρκη, αλλά θα πεθάνει. Αυτό σημαίνει ότι κάποιο μόριο ή σήμα αποστέλλεται από αυτή την περιοχή του εγκεφάλου.

Στην άλλη άκρη του φάσματος, ανακαλύφθηκε ότι στα ευρισκόμενα σε χειμερία νάρκη ζώα κάποιο μόριο συνδέεται στη μιτοχονδριακή μεμ-

βράνη μέσα στο κύτταρο και αναστέλλει τη μεταφορά ηλεκτρονίων (τα ηλεκτρόνια από το οξυγόνο είναι τελικά ο οδηγός του κύκλου του ATP που παρέχει ενέργεια στο κύτταρο). Συμπεραίνεται λοιπόν ότι υπάρχει κάποιο μόριο-αγγελιοφόρος (πιθανώς από τον υποθάλαμο), το οποίο συνδέεται στη μιτοχονδριακή μεμβράνη και προκαλεί τη μετάβαση στη χειμερία νάρκη. Αν και αυτή είναι μια απλουστευτική προσέγγιση, δείχνει τον δρόμο, ο οποίος θα οδηγήσει στο μέλλον στην ανακάλυψη του τρόπου ελέγχου του μεταβολισμού και πιθανώς στη χειμερία νάρκη.

Ακόμη πιο προχωρημένη είναι η έρευνα του Mark Roth του Fred Hutchinson Cancer Institute του Πανεπιστημίου της Ουάσιγκτον<sup>14</sup>. Αποδείχθηκε ότι ελάχιστη ποσότητα υδρόθειου μπορεί να συνδεθεί με τη μιτοχονδριακή μεμβράνη (αντικαθιστώντας το οξυγόνο ως μεταφορέα ηλεκτρονίων) και να διακόψει πλήρως τη μεταβολική διαδικασία. Σε ποντίκια πειραματόζωα ο Dr Roth απέδειξε ότι η χορήγηση υδρόθειου οδηγούσε σε πλήρη αναστολή των βιολογικών λειτουργιών επί έξι ώρες. Τα ποντίκια δεν είχαν ούτε σφυγμούς ούτε αναπνοή ούτε ηλεκτροκαρδιογραφικές ενδείξεις καρδιακής λειτουργίας και ευθεία γραμμή στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Πληρούσαν, δηλαδή, όλα τα κριτήρια «κλινικού θανάτου». Πάντως, μετά έξι ώρες και αφού διεκόπη η χορήγηση υδρόθειου, τα ποντίκια γρήγορα «ξύπνησαν» και μπορούσαν να εκτελούν όλες τις συνειδητές λειτουργίες (π.χ., να πιέζουν ένα κουμπί για να πάρουν τροφή και να θυμούνται τη σωστή διαδρομή στον λαβύρινθο), να μαθαίνουν καινούριους λαβύρινθους κ.λπ. Αυτά ήταν απολύτως φυσιολογικά, όπως αυτό μπορεί να αποδειχθεί με τους διαθέσιμους ελέγχους.

Αυτό συνιστά μια ενδιαφέρουσα υπόθεση: η πιο έντονη δραστηριότητα που θα μπορούσε ποτέ να επιτελέσει ένα ζωντανό σύστημα είναι να «πεθάνει». Κάθε ζωντανό σύστημα θα χρησιμοποιήσει όλες τις διαθέσιμες εφεδρείες (π.χ., ενζυματικές αντιδράσεις, σύνθεση πρωτεϊνών) και θα καταναλώσει όλη τη διαθέσιμη ενέργεια (μεταφορά ηλεκτρονίων) σε μια προσπάθεια να επιβιώσει. Όταν όλη η ενέργεια θα έχει καταναλωθεί (παύση μεταφοράς ηλεκτρονίων), τότε επέρχεται ο θάνατος. Πάντως, αν εμποδιστεί η ροή ενέργειας (μεταφορά ηλεκτρονίων), δεν είναι δυνατόν από φυσικής πλευράς να επέλθει ο θάνατος. Κατά τον ίδιο τρόπο δεν μπορεί να υπάρχει

ζωή χωρίς ενέργεια. Ένας απλουστευτικός, λοιπόν, ορισμός της αναστολής της βιολογικής δραστηριότητας θα μπορούσε να την περιγράψει ως την κατάσταση κατά την οποία διακόπτεται πλήρως η μεταφορά ενέργειας (δηλαδή, κατάσταση πλήρους υπομεταβολισμού).

Αν και αυτά τα ευρήματα αποτελούν την πιο προκαταρκτική έρευνα στον τομέα της χειμερίας νάρκης και της αναστολής της βιολογικής δραστηριότητας, θέτουν πολλά ζητήματα. Θα αντικαταστήσουν οι αναισθησιολόγοι τις εν χρήσει μεθόδους νάρκωσης με την αναστολή της βιολογικής δραστηριότητας, δίνοντας στον χειρουργό ένα αναίμακτο εγχειρητικό πεδίο, σε έναν ακίνητο ασθενή, ο οποίος κατά πάσα πιθανότητα δεν θα νιώθει πόνο; Θα γίνεται απλά «επανεκκίνηση» του ασθενούς μετά την επέμβαση; Αλλά, ακόμη σημαντικότερο, είμαστε στο κατώφλι τού να επιτύχουμε μακράς διάρκειας χειμερία νάρκη, ώστε να πραγματοποιηθούν τα σενάρια που προβλέπουν ότι θα υποβάλλονται σε χειμερία νάρκη άνθρωποι με τελικού σταδίου νόσο, μέχρι να βρεθεί μια θεραπεία, ή αστροναύτες σε ταξίδια διάρκειας εκατοντάδων ετών προς τους πλησιέστερους γαλαξίες;

### Παρατείνοντας τη ζωή

Η μέση διάρκεια ζωής στις ΗΠΑ έφτασε τα 79 έτη για τις γυναίκες και τα 72 για τους άνδρες. Από την άλλη πλευρά, ως το μέγιστο χρονικό διάστημα που θα μπορούσε να ζήσει πιθανώς ένα άτομο έχουν αναφερθεί τα 123 έτη, αν και τις τελευταίες δεκαετίες της ζωής του το συγκεκριμένο άτομο θα ήταν πολύ ευπαθές. Η έρευνα στη γηριατρική, τη γήρανση και τη μακροζωία αυξάνει τα όρια ηλικίας στα ζώα. Σήμερα υπάρχουν τρία είδη ποντικών, τα οποία έχουν αυξημένη διάρκεια ζωής, χάρις σε διαφορετικές μεθόδους, όπως η καταστολή της απόπτωσης, η ενεργοποίηση της τελομεράσης, η δέσμευση ελευθέρων ριζών κ.ά., μερικά από τα οποία ζουν διπλάσιο ή τριπλάσιο διάστημα.

Τα πειραματόζωα αυτά ζουν αυτή τη μεγαλύτερη ζωή τους με καλή υγεία και νοσοούν ή γίνονται ευπαθή μόνο κατά την περίοδο που το τέλος είναι πολύ κοντά. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι βασικοί σε όλα τα θηλαστικά, περιλαμβανομένων των ανθρώπων, έτσι ώστε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι ίδιοι μηχανισμοί να είναι αποτελεσματικοί και στους ανθρώπους. Αν ένας από αυτούς τους

μηχανισμούς εφαρμοζόταν σε ανθρώπους, τότε η μέση διάρκεια ζωής θα έφθανε τα 200 με 250 έτη. Τι θα έκανε ένας άνθρωπος όλο αυτό το διάστημα; Θα έπαιρνε σύνταξη στα 65 και θα επιβάρυνε το σύστημα κοινωνικής ασφάλισης για 150 έτη ή θα είχε περισσότερες από μία επαγγελματικές σταδιοδρομίες; Οι φυλακισμένοι θα έμεναν στη φυλακή για εκατοντάδες έτη; Ποιος θα είναι οι επιπτώσεις στον παγκόσμιο πληθυσμό, αν δεν πεθαίνει κανείς πριν τα 200 έτη ζωής; Πώς θα μπορούσε ένα άτομο, πόσο μάλλον η κοινωνία, να τα βγάλει πέρα με αυτές τις πιθανότητες, ειδικά αν συμβούν μέσα σε μια ή δύο δεκαετίες;

### Συμπεράσματα

Οι προαναφερθείσες τεχνολογικές εξελίξεις και η εικονολογία για τις πιθανές ηθικές και δεοντολογικές συνέπειες θα πρέπει να ξυπνήσουν μια νέα συνείδηση της ευθύνης που εμείς, ως χειρουργοί, πρέπει να δεχθούμε. Αγνοώντας το πιθανό να συμβεί, άσχετα με το πόσο σκανδαλώδες φαίνεται τώρα, βάζουμε σε κίνδυνο τις επερχόμενες γενιές. Αν και ούτε οι υποθέσεις, όπως παρουσιάστηκαν, ούτε τα ηθικά και δεοντολογικά ζητήματα, όπως προβλήθηκαν, θα εμφανιστούν κατά τον τρόπο που περιγράφηκαν, είναι εμφανές ότι η σκληρή επιστήμη, πίσω από τις δημοσιεύσεις, θα συνεχίσει ανέκδοτη και με επικίνδυνα επιταχυνόμενο ρυθμό. Αυτό που σήμερα είναι απλή φαντασία, θα γίνει το αδιαμφισβήτητο γεγονός του αύριο. Αλλά ακόμη σπουδαιότερο, τα ηθικά και δεοντολογικά θέματα είναι τόσο σημαντικά, που θα απαιτηθούν δεκαετίες για να βρεθούν ισορροπημένες λύσεις, οι οποίες θα είναι από φιλοσοφικής πλευράς καθαρές, αλλά και ταυτόχρονα εφαρμόσιμες. Πέραν τούτου, ποιος θα είναι καλύτερα καταρτισμένος για να συμμετέχει από αυτούς, οι οποίοι έδωσαν έναν ιερό όρκο, τον όρκο του Ιπποκράτη, και δέχτηκαν να υπηρετούν τους ασθενείς και τους φοιτητές τους.

Είναι καθοριστικό να ενσταλάξουμε στους φοιτητές μας ένα αίσθημα επείγοντος, μια αίσθηση σπουδαιότητας και μια αποδοχή της υποχρέωσης όχι μόνο προς τους ασθενείς και το επάγγελμα, αλλά προς όλη την ανθρωπότητα. Πάνω στους ώμους τους στηρίζεται κυριολεκτικά η μοίρα του ανθρώπινου είδους. Το να αγνοήσουμε αυτό το φορτίο, είναι σαν να το παραχωρούμε σε άλλους (π.χ., πολιτικούς, δικηγόρους, κ.λπ.), οι οποίοι συγχέουν τη θυσία για το ιδεώδες, το ιδανικό,

με την πραγματικότητα του ατομικού συμφέροντος. Για να παραφράσουμε τον Francis Fukuyama όταν περιγράφει «*Το Μετά Τον Άνθρωπο Μέλλον Μας*», τώρα πλησιάζουμε στην έσχατη ερώτηση: «Σήμερα περπατάει στον πλανήτη μας ένα είδος τόσο ισχυρό, το οποίο μπορεί να ελέγξει την ίδια του την εξέλιξη, τη στιγμή που το θέλει και σύμφωνα με τις επιλογές του... ο *homo sapiens*. Τι νέο είδος θα διαλέξουμε να γίνουμε;».

### Βιβλιογραφία

1. Koh CJ, Atala A (2004) Tissue engineering for urinary incontinence applications. *Minerva Ginecol* 56: 371-378
2. Konig K, Rieman I, Fisher P, Halbhuber KJ (1999) Intracellular nanosurgery with near infrared femtosecond laser pulses. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* 45: 195-201
3. Kurzweil R (2001) The age of spiritual machines: when computers exceed human intelligence. Texere Publishing Ltd, London
4. Morevac H (2001) Robot: Mere machine to transcendent mind. Bock O (2006, May) C-leg knee, Minneapolis, MN. Διαθέσιμο στο: <http://www.ottobock.com>
5. Donoghue JP, Nurmikko A, Friechs G, Black M (2004) Development of neuromotor prostheses for humans. *Suppl Clin Neurophysiol* 57: 592-606
6. Fregni F, Boggio PS, Nitsche M, Berman P, Antal A, Feredoes E, Marcolin MA, Rigonatti SP, Silva MT, Paulus W, Pascual-Leone A (2005) Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Exp Brain Res* 166: 23-30, Epub 2005
7. Heisterkamp A, Maxwell IZ, Mazur E, Underwood JM, Nickerson JA, Kumar S, Ingber DE (2005) Pulse energy dependence of subcellular dissection by femtosecond laser pulses. *Opt Express* 13: 3690-3696
8. Hut RA, Barnew BM, Daan S (2002) Body temperature patterns before, during, and after seminatural hibernation in the European ground squirrel. *J Comp Physiol B* 172: 47-58
9. Oxford University Press, New York
10. Nicolelis MA, Dimitrov D, Carmena JM, Crist R, Lehw G, Kralik JD, Wise SP (2003) Chronic, multisite, multielectrode recordings in macaque monkeys. *Proc Natl Acad Sci* 100: 11041-11046
11. Ossur (2006, May) Rheo bionic knee. Reykjavik, Iceland. Διαθέσιμο στο: <http://www.ossur.com/>
12. Oxford English Dictionary (2006) Oxford University Press, Oxford. Διαθέσιμο στο: <http://www.oed.com>. Σημείωση μεταφραστική: Στο πρωτότυπο αναφέρεται ως «outrageous». Σύμφωνα με το OXFORD Learner's Dictionary, Oxford University Press 1998, η λέξη *outrageous* σημαίνει «σκανδαλώδης, εξωφρενικός, πρόστυχος, χυδαίος, σκληρός, αποτρόπαιος». Η μετάφραση του όρου ως *σκανδαλώδης* θεωρήθηκε ως η πλησιέστερη στο πνεύμα του άρθρου.
13. Rami L, Gironell A, Kulisevsky J, Garcia-Sanchez C, Bethier M, Estevez-Gonzalez A (2003) Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on memory subtypes: a controlled study. *Neuropsychologia* 41: 1877-1883
14. Roth MB, Nystul T (2005) Buying time in suspended animation. *Sci Am* 292: 48-55
15. Satava RM, Wolf RK (2003) Disruptive visions: biosurgery. *Surg Endosc* 17: 1833-1836
16. Sharkey NE (1997) the new wave in robot learning. *Robotics Autonomous Systems* 22: 179-185
17. Wolpaw JR, McFarland DJ (2004) Control of a two-dimensional movement signal by a noninvasive interface in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 101: 17849-17854