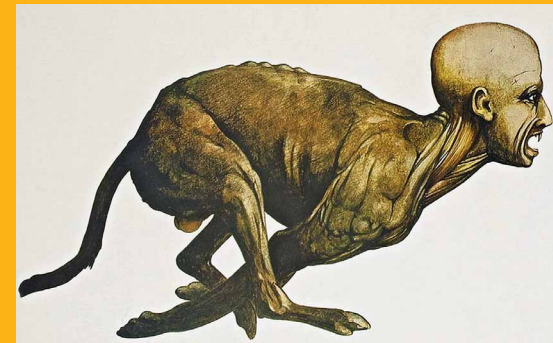


Η ευγένεια της γενετικής

Ο ευγενής δόκτορας Φ. Φ. Πρεομπραζένσκι, όπως και οι γιατροί που εμφανίζονται στις *Οκτώ Ιστορίες ενός Νεαρού Γιατρού* και στα *Μοιραία Αυγά* του Μπουλγκάκοφ αντιστρέφουν την τσεχοφική εικόνα του ρομαντικού ιδεαλιστή γιατρού.

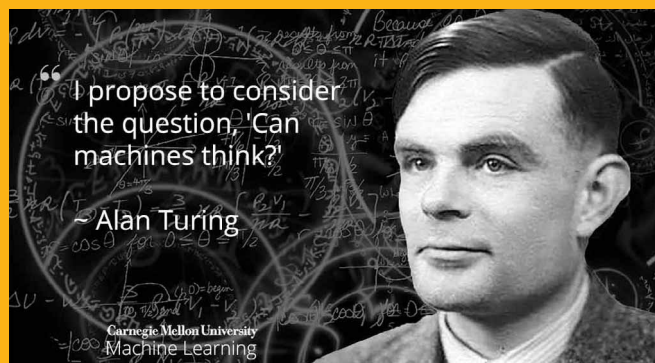
ΣΕΛΙΔΑ 8



Alan Turing: ήρωας του παρελθόντος, οραματιστής του μέλλοντος

Ο Alan Turing έσπασε τον κώδικα των Ναζί και έθεσε τα θεμέλια της σύγχρονης πληροφορικής. Σήμερα θεωρείται ο πατέρας της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Θεωρητικής Επιστήμης των Υπολογιστών.

ΣΕΛΙΔΕΣ 4-5



Τρισδιάστατη βιοεκτύπωση: ένα χρήσιμο εργαλείο στην ιατρική και στην έρευνα

Στην τρισδιάστατη βιοεκτύπωση ζωντανά κύτταρα και θρεπτικά συστατικά συνδυάζονται και προκύπτουν δομές που προσομοιάζουν τους ιστούς των οργανισμών. Είναι ένας τομέας που προσφέρει ποικίλες δυνατότητες για ερευνητικούς και θεραπευτικούς σκοπούς.

ΣΕΛΙΔΑ 6

Ένας όχι και τόσο γενναίος, νέος κόσμος;

Με βάση πρόσφατες μελέτες, το ποσοστό των επιστημονικών δημοσιεύσεων που παράγουν πρωτοποριακή έρευνα, είτε θεωρητική είτε τεχνολογική, έχει μειωθεί δραστικά στη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών.

ΣΕΛΙΔΑ 7



Προκλήσεις της ζωής στο διάστημα (μέρος Β')

Στο δεύτερο και τελευταίο άρθρο της σειράς αναλύουμε τους παράγοντες που συνδέονται με τις συνθήκες που επικρατούν στο διαστημικό περιβάλλον όπου ζουν και εργάζονται οι αστροναύτες αλλά και τη δυναμική που αναπτύσσεται ανάμεσα στην ίδια την ομάδα.

ΣΕΛΙΔΕΣ 2-3



Nomophobia

ΔΥΟ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΛΕΞΕΙΣ με πρόδηλο νόημα: Η φοβία του νόμου. Περίεργο, βέβαια, να έχει κάποιος φοβία για τον νόμο. Θα μπορούσε να έχει φόβο. Η φοβία είναι μια παθολογική εκδήλωση που δηλώνει το αδικαιολόγητο άγχος και την εμμονική ανησυχία ενός ατόμου για μια κατάσταση, χωρίς να υφίσταται πραγματικός κίνδυνος από αυτή. Η λέξη nomophobia είναι μια από τις λέξεις που χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα το 2022, ενώ ήδη από το 2018 οι χρήστες του λεξικού Cambridge την είχαν ανακηρύξει λέξη της χρονιάς. Και φυσικά δεν σημαίνει φοβία του νόμου. Προέρχεται από τις αγγλικές λέξεις no mobile (phone) phobia. Δηλώνει, λοιπόν, το έντονο άγχος που προκαλείται σε ένα άτομο στην προοπτική να μείνει χωρίς κινητό ή το κινητό του να πάψει να λειτουργεί, επειδή έχει αποφορτιστεί ή βρίσκεται εκτός δικτύου.

Οι ειδικοί εντάσσουν τη νομοφοβία (ας τη μεταφράσουμε με τον εξίσου αμφίσημο όρο «ακινητοφοβία») στη χορεία των ψηφιακών εθισμών. Ιδιαίτερα οι έφηβοι θεωρούνται εξαιρετικά επιρρεπείς στην ακινητοφοβία. Σύμφωνα με τον Αμερικανό ψυχολόγο Adam Alter, οι έφηβοι/ες που ρωτήθηκαν σε μια έρευνα του 2017 αν θα προτιμούσαν να διαλυθεί το κινητό τους ή να σπάσουν ένα κόκκαλο της παλάμης τους, απάντησαν σχεδόν κατά 50% ότι θα προτιμούσαν το δεύτερο. Διευκρινίζοντας, μάλιστα, σε κάποιες περιπτώσεις, ότι θα το προτιμούσαν υπό την προϋπόθεση ότι θα ήταν σε θέση να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν το κινητό τους. Από τέτοιες μελέτες, οι ειδικοί έχουν βγάλει το συμπέρασμα ότι η ακινητοφοβία αποτελεί σοβαρή ψυχολογική διαταραχή, ιδιαίτερα για νεαρά άτομα και άτομα με ευαισθησίες και ανασφάλειες. Για την αντιμετώπισή της έχουν προταθεί διάφορες ψυχοθεραπευτικές προσεγγίσεις καθώς και φαρμακευτική αγωγή.

Έχω ξαναγράψει ότι θεωρώ εξαιρετικά προβληματική τη συζήτηση περί ψηφιακών εθισμών. Χτίζει καριέρες, αλλά παραποιεί την εικόνα μιας δυναμικά μεταβαλλόμενης πραγματικότητας. Αυτό που χάνουν από το οπτικό τους πεδίο τέτοιες θεωρήσεις είναι το κρίσιμο γεγονός ότι τεχνολογία και κοινωνία *συμπαράγονται*. Η τεχνολογία δεν είναι μια εξωτερική δύναμη που καθηλώνει ή απογειώνει την κοινωνία. Είναι ένας από τους τρόπους με τους οποίους η κοινωνία μετασχηματίζει τον εαυτό της. Ως τέτοια αποτελεί, ασφαλώς, πεδίο κοινωνικών ανταγωνισμών. Διαφορετικές τεχνολογίες και διαφορετικές στρατηγικές εντός κάθε τεχνολογίας αντιπροσωπεύουν διαφορετικά συμφέροντα και κοινωνικά οράματα. Σε καμία περίπτωση, όμως, η τεχνολογία δεν αλλοτριώνει τον άνθρωπο από τον αυθεντικό εαυτό του, επειδή απλούστατα τέτοιος εαυτός δεν υφίσταται. Ο έφηβος της έρευνας δεν καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε έναν οικείο και έναν αποξενωμένο εαυτό, αλλά ανάμεσα σε δυο καταστάσεις του εαυτού του. Και, όπως είναι λογικό, σε έναν κόσμο που, χωρίς να το αντιληφθούμε, έχει αναδιοργανωθεί γύρω από την αυτονόητη παρουσία και την πολυχρησιμότητα του κινητού, επιλέγει την κατάσταση που θα τον κάνει να νιώσει πιο ολοκληρωμένα παρών σε αυτόν. Το ενδεχόμενο απώλειας αυτής της δυνατότητας δεν προκαλεί φοβία, αλλά πραγματικό υπαρξιακό άγχος.

Μ.Π.

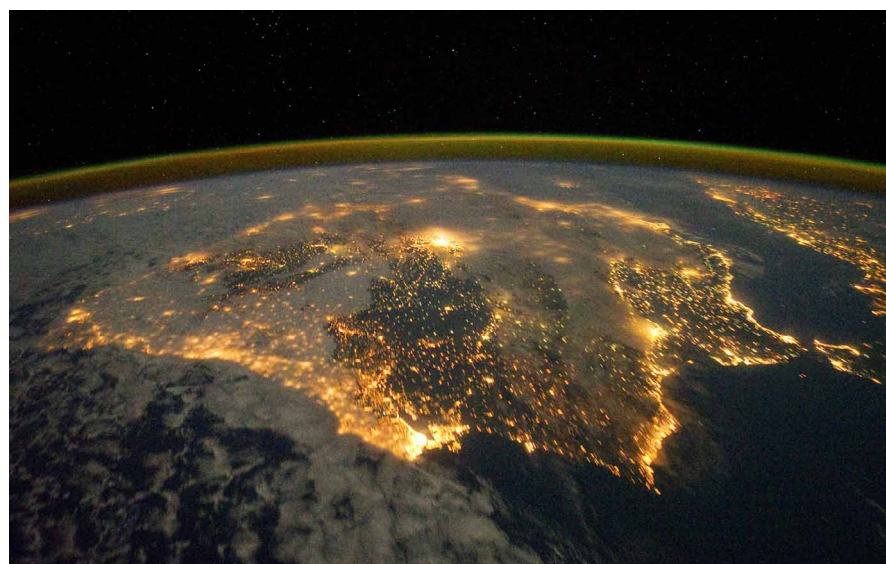
Προκλήσεις της ζωής στο

«Όταν μεγαλώσω, θα γίνω αστροναύτης!». Μία φράση που ακούγεται πολύ συχνά από μικρά (...αλλά και μεγάλα) παιδιά. Παρόλα αυτά, μόνο λίγοι έχουν την τύχη να πληρούν τα αυστηρά κριτήρια, αλλά και να περάσουν τις εξοντωτικές σωματικές και ψυχολογικές δοκιμασίες που απαιτούνται από τις ανά τον κόσμο διαστημικές υπηρεσίες (NASA, ESA, JAXA, κ.λπ.). Κι όμως, όλα αυτά είναι απαραίτητα, καθώς το επάγγελμα του αστροναύτη είναι από τα πλέον απαιτητικά, τόσο σωματικά όσο και ψυχολογικά.

Στο προηγούμενο άρθρο, ασχοληθήκαμε με τους φυσικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη ζωή του ανθρώπου στο διάστημα, δηλαδή τη μικροβαρύτητα και την αυξημένη έκθεση σε κοσμική ακτινοβολία. Στο δεύτερο αυτό άρθρο, θα αναλύσουμε τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν την ζωή και την εργασία στο διαστημικό περιβάλλον. Αυτοί συνδέονται άμεσα με το ενδιαίτημα στο οποίο διαβιώνουν και συμβιώνουν οι αστροναύτες και τις συνθήκες που επικρατούν σε αυτό, αλλά και τη δυναμική που αναπτύσσεται ανάμεσα στην ίδια την ομάδα.

Κλειστό περιβάλλον

Θα μπορούσε κανείς να πει με σιγουριά ότι το διάστημα αποτελεί ένα εχθρικό περιβάλλον για τον άνθρωπο, και για κάθε ζωντανό οργανισμό. Απουσία οξυγόνου, ακραίες θερμοκρασίες, υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας είναι μερικά μόνο από τα χαρακτηριστικά που του προσδίδουν με ευκολία το χαρακτηρισμό αυτό. Τι γίνεται όμως με το Διαστημικό Σταθμό; Οι χώροι διαβίωσης και εργασίας εντός του Διαστημικού Σταθμού (ISS) έχουν σχεδιαστεί και αξιολογηθεί ώστε να διασφαλίζονται όσο το δυνατόν περισσότερο συγκεκριμένα πρότυπα τόσο για την ασφάλεια όσο και για την υγιεινή



του πληρώματος. Και αυτό γιατί, τα χαρακτηριστικά διαφόρων μικροοργανισμών μπορεί να μεταβληθούν στο διαστημικό περιβάλλον, ενώ αυξάνει και η πιθανότητα μεταφοράς τους από άτομο σε άτομο σε ένα τόσο κλειστό περιβάλλον. Αντίστοιχα, μεταβάλλεται, επίσης, και η λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και των επιπέδων ορμονών των αστροναυτών, με αποτέλεσμα να είναι πιο ευαίσθητοι σε αλλεργιογόνα.

Για την αποφυγή αυτών, είναι απαραίτητο να ληφθούν διάφορα μέτρα. Αρχικά, γίνεται σύσταση στους αστροναύτες να κάνουν μια σειρά εμβολίων (όπως το εμβόλιο κατά της γρίπης) προκειμένου να ενισχύσουν το ανοσοποιητικό τους σύστημα. Στη συνέχεια, το πλήρωμα μπαίνει σε καραντίνα πριν την εκτόξευση ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες να έχουν κολλήσει κάποια ασθένεια. Κατά τη διάρκεια της αποστολής, συλλέγονται δείγματα σάλιου και αίματος, καθώς και δείγματα από επιφάνειες εντός του ISS προκειμένου να γίνεται αξιολόγηση του μικροβιακού πληθυσμού και των πιθανών επιπτώσεων του στην υγεία του πληρώματος, ενώ τα μέλη του πληρώματος

καλούνται, επίσης, να καθαρίζουν σχολαστικά όλες τις επιφάνειες του ISS. Η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και η χρήση ειδικών φίλτρων είναι επίσης απαραίτητη, προκειμένου να διασφαλίζεται ότι το περιβάλλον είναι κατάλληλο για τη διαβίωση, και δεν είναι μολυσμένο με διάφορα επικίνδυνα για την υγεία αέρια, όπως αμμωνία, μονοξείδιο του άνθρακα ή φορμαλδεϋδη.

Διαταραχή του ύπνου

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αστροναύτες κατά τη διάρκεια παραμονής τους στον ISS, και συνδέεται άμεσα με το περιβάλλον διαβίωσης, είναι η διαταραχή των μοτίβων ύπνου. Η «όρθια» στάση ύπνου με τη χρήση ειδικών ιμάντων για την αντιμετώπιση της μικροβαρύτητας σίγουρα δεν διευκολύνει την κατάσταση. Επίσης, η εναλλαγή φωτός και σκοταδιού δεν πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως στη Γη, καθώς λόγω της περιστροφής του σταθμού γύρω από τη Γη, οι αστροναύτες βιώνουν κύκλους ημέρας – νύχτας διάρκειας μόλις ενενήντα λεπτών. Αυτό σημαίνει ότι μέσα σε είκο-

Συνδεθείτε με το ΠΡΙΣΜΑ στο facebook
www.facebook.com/PRISMASCIENCEMAGAZINE/

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Λήδα Αρνέλλου, Διδάκτωρ Επικοινωνίας της Επιστήμης
Παναγιώτης Κάβουρας, Διδάκτωρ Φυσικής
Γιάννης Κοντογιάννης, Διδάκτωρ Αστροφυσικής
Μανώλης Πατνιώτης, Καθηγητής Ιστορίας των Επιστημών ΕΚΠΑ
Δημήτρης Πετάκος, Διδάκτωρ Ιστορίας των Επιστημών
Μαρία Τσίπη, Διδάκτωρ Γενετικής

διάστημα (Μέρος Β')

σι τέσσερις ώρες θα «απολαύσουν» δεκαέξι ανατολές του ήλιου και ισάριθμα ηλιοβασίλεμα, γεγονός που οδηγεί σε διατάραξη του κερκαδικού ρυθμού, δηλαδή του εσωτερικού μας βιολογικού ρολογιού.

Αυτό, όμως, δεν φαίνεται να είναι ο μόνος λόγος που μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια και την ποιότητα ύπνου του πληρώματος. Εντός της γήινης ατμόσφαιρας, το φως του Ήλιου διαχέεται και διασκορπίζεται από τα ατμοσφαιρικά στρώματα δημιουργώντας το φυσικό φωτισμό. Στο διαστημικό περιβάλλον κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό. Οι αστροναύτες βλέπουν το άμεσο ηλιακό φως και αυτό που ανακλάται από τη γήινη σφαίρα, σε ένα σκοτεινό υπόβαθρο (αυτό του σκοτεινού διαστήματος). Εντός του διαστημικού σταθμού υπάρχει τεχνητός φωτισμός, ο οποίος κυριαρχείται από μπλε μήκη κύματος και παρεμποδίζει την απελευθέρωση μελατονίνης. Αυτό κρατάει τους αστροναύτες ξύπνιους ή διαταράσσει τον ύπνο τους, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που μας επηρεάζει και εμάς η έκθεση στο μπλε φως των οθονών του κινητού, του υπολογιστή ή της τηλεόρασης λίγο πριν κοιμηθούμε. Τέλος, ο ύπνος στο διαστημικό σταθμό επηρεάζεται και από τον διαρκή ακουστικό θόρυβο λόγω των συστημάτων ρύθμισης θερμοκρασίας και των υπόλοιπων μηχανημάτων που λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

Η έλλειψη επαρκούς και ποιοτικού ύπνου μπορεί να έχει πολλές δυσάρεστες επιπτώσεις στην καθημερινότητα των αστροναυτών. Συγκεκριμένα, μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένες εκτελεστικές λειτουργίες και νοητικές διαδικασίες, μειωμένη συγκέντρωση, ψυχολογικό στρες και αδυναμία λήψης αποφάσεων. Ταυτόχρονα μειώνεται η απόδοση και η παραγωγικότητα των μελών του πληρώματος στις καθημερινές διεργασίες κατά τη διάρκεια παραμονής τους στο σταθμό, κάτι το οποίο θα μπορούσε να είναι και δυνητικά επικίνδυνο για την ασφάλειά τους.

Δυναμική της ομάδας

Οι αστροναύτες καλούνται να συμβιώσουν σε έναν ιδιαίτερα περιορισμένο χώρο και να συνεργαστούν αποτελεσματικά ως ομάδα για μία χρονική διάρκεια που μπορεί να αγγίζει τους έξι με δώδεκα μήνες στον ISS. Η διάρκεια αυτή μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη για μία πιθανή μελλοντική αποστολή στον Άρη. Για το λόγο αυτό, τα μέλη του πληρώματος επλέγονται πολύ προσεκτικά, εκπαιδεύονται, προετοιμάζονται και υποστηρίζονται κατάλληλα καθ' όλη τη διάρκεια της αποστολής. Η συνοχή και η δυναμική της ομάδας παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία της αποστολής, ιδιαίτερα αν αναλογιστούμε τον πολυεθνικό και πολυπολιτισμικό χαρακτήρα της επιλογής των ατόμων που απαρτίζουν κάθε φορά το πλήρωμα.



Για το λόγο αυτό, πραγματοποιούνται πλήθος αναλογικών μελετών, που λαμβάνουν χώρα σε περιβάλλοντα που προσεγγίζουν τις συνθήκες παραμονής στον ISS: μικροί χώροι διαβίωσης, μειωμένη ιδιωτικότητα, μεγάλο εργασιακό φορτίο, συχνά ακραία περιβάλλοντα (π.χ. σταθμός Concordia στην Ανταρκτική), μειωμένη επικοινωνία με το οικογενειακό περιβάλλον και απομόνωση. Στις μελέτες αυτές εξετάζονται διάφοροι παράγοντες, όπως η συμβατότητα, η συνοχή, η διάθεση, η επικοινωνία, η σύγκρουση και η αποδοτικότητα μεταξύ των ατόμων με διαφορετικό χαρακτήρα και υπόβαθρο.

Ψυχολογική κατάσταση

Η εργασία και παραμονή στο διάστημα απαιτούν γερά νεύρα, λόγω του απαιτητικού περιβάλλοντος και του μεγάλου φόρτου εργασίας καθημερινά. Όλα αυτά δρουν συνεργιστικά με όλους τους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω και στο προηγούμενο

άρθρο, με αποτέλεσμα να επιβαρύνουν σημαντικά τη ψυχολογία των μελών του πληρώματος. Ο κοσμοναύτης Valentin Lebedev είναι από τους πρώτους που παρουσίασε συμπτώματα κατάθλιψης μετά από πέντε μήνες παραμονής του στο διαστημικό σταθμό Salyut 7, το 1982, τα οποία κατέγραψε ο ίδιος αναλυτικά στο ημερολόγιό του. Αυτό επέστησε την προσοχή στην επιστημονική κοινότητα πως είναι απαραίτητη η έρευνα για το πώς μπορεί εν δυνάμει να επηρεαστεί η ψυχολογική και συναισθηματική κατάσταση των αστροναυτών κατά τη διάρκεια μιας αποστολής.

Όσο πιο περιορισμένος είναι ο χώρος στον οποίο αναγκάζονται να διαβιώσουν οι αστροναύτες, τόσο περισσότερο αυξάνεται η πιθανότητα ανάπτυξης συμπεριφορικών, γνωστικών ή ψυχιατρικών διαταραχών. Σε αυτό συνεισφέρει σημαντικά και η μειωμένη επικοινωνία του πληρώματος και με άτομα πέρα από αυτά με τα οποία συναναστρέφονται καθημερινά, όπως για παράδειγμα από το οικο-

γενειακό και το φιλικό τους περιβάλλον. Η επικοινωνία, η κατανόηση και η αλληλοϋποστήριξη ανάμεσα στα μέλη του πληρώματος είναι ζωτικής σημασίας για την εξέλιξη και επιτυχία της αποστολής, ειδικά όταν παρατηρούνται μεταπτώσεις στη διάθεση, το ηθικό και τα κίνητρα των αστροναυτών. Αυτές είναι ανεξάρτητες από τη διάρκεια της αποστολής και ενδέχεται να σχετίζονται με μειωμένη πνευματική διέγερση, λαχτάρα για αγαπημένα πρόσωπα, αίσθημα αδυναμίας παροχής βοήθειας σε οικογενειακές καταστάσεις έκτακτης ανάγκης στη Γη.

Άλλοι παράγοντες

Οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν τη ζωή των αστροναυτών κατά την παραμονή τους στο Διαστημικό Σταθμό, και μπορούν να επιφέρουν αλλαγές τόσο στη φυσιολογία τους όσο και στη συμπεριφορά και την ψυχολογία τους. Σε αυτούς προστίθενται και άλλοι που αφορούν τις ακραίες συνθήκες του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια των διαστημικών περιπάτων και των διεργασιών στο εξωτερικό του ISS: οι πιθανοί τραυματισμοί και η δυσκολία της αντιμετώπισής τους σε περιβάλλον μικροβαρύτητας και μακριά από τους πόρους της Γης· η σύνθεση αλλά και η συντήρηση των τροφίμων για μεγάλα χρονικά διαστήματα ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητά τους και η διατήρηση όλων των θρεπτικών συστατικών τους· η ακεραιότητα και η συσκευασία των απαραίτητων φαρμακευτικών σκευασμάτων κ.α.

Νέα δεδομένα προκύπτουν διαρκώς από εργαστήρια, αναλογικές μελέτες στην επιφάνεια της Γης, αλλά και από μελέτες και πειράματα που πραγματοποιούνται από τους ίδιους τους αστροναύτες κατά τη διάρκεια της αποστολής τους. Θα μπορούσε, λοιπόν, κάποιος να ισχυριστεί ότι οι αστροναύτες του ISS παίζουν το ρόλο των “πειραματόζωνων” για μία μελλοντική μόνιμη παρουσία του ανθρώπου στο διάστημα. Με τη νέα διαστημική εποχή να ανατέλλει, η περαιτέρω έρευνα στους τομείς αυτούς θα δώσει τη δυνατότητα για όλο και μεγαλύτερης διάρκειας παραμονή στο Διαστημικό Σταθμό, και ίσως μία μέρα και στην επιφάνεια ενός άλλου ουράνιου σώματος στο Ηλιακό Σύστημα.

Αναστασία Τεζάρη

Φυσικός, Διδάκτωρ Ιατρικής Φυσικής ΕΚΠΑ

Πηγές

<https://www.nasa.gov/hrp/bodyinspace>

<https://cmsw.mit.edu/angles/2019/headspace-how-space-travel-affects-astronaut-mental-health/>

Bell S.T., Brown S.G. and Mitchell T. (2019) What We Know About Team Dynamics for Long-Distance Space Missions: A Systematic Review of Analog Research. Front. Psychol. 10:811. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00811

Alan Turing: ήρωας του παρελθόντος,

Το έτος ήταν 1941 και έβρισκε τον πλανήτη στη δίνη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Σε ένα ημισκοτεινό δωμάτιο φωτισμένο μόνο από πράσινα και κόκκινα λαμπάκια που αναβόσβηναν στον ρυθμό ηλεκτρονικών ήχων από σύρματα, πηνία και περιστρεφόμενες διάτρητες μεταλλικές ροδέλες, όλα συνδεδεμένα μεταξύ τους, οι άντρες της αντικατασκοπείας των Συμμάχων με την ένταση ολοφάνερα ζωγραφισμένη στα ιδρωμένα πρόσωπά τους πάσχιζαν να αποκρυπτογραφήσουν την επικοινωνία μεταξύ της Ναζιστικών δυνάμεων. Ανάμεσά τους, σκυμμένος πάνω από τους προγόνους των σημερινών υπολογιστών, ο άνθρωπος που έμελλε να σπάσει τον κώδικα των Ναζί και να θέσει τα θεμέλια της σύγχρονης πληροφορικής, ώστε να θεωρείται σήμερα «ο πατέρας της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Θεωρητικής Επιστήμης των Υπολογιστών».

Ο Turing και το «πρόβλημα της απόφασης»

Ο Alan Mathison Turing (1912–1954) ήταν Άγγλος μαθηματικός, κρυπταναλυτής, πρωτεργάτης της επιστήμης των υπολογιστών και φιλόσοφος. Ως παιδί εντυπωσίαζε τους καθηγητές του οι οποίοι αναγνώριζαν αμέσως την ιδιοφυΐα και το ξεχωριστό ταλέντο του στα μαθηματικά. Στην ηλικία των 16 ετών μελέτησε μέρος του έργου του Einstein και όχι μόνο το κατανόησε, αλλά φαίνεται πως αντιλήφθηκε την υποβόσκουσα, σίγουρα όχι καταφανή, αμφισβήτηση του τελευταίου σχετικά με την ευρύτητα των νόμων της κίνησης του Νεύτωνα. Έχοντας γοητευτεί από τη θεωρία των μαθηματικών, αλλά και από το εύρος των ανεξερεύνητων δυνατοτήτων της, έθεσε από νωρίς την υπέρμετρη ευφυΐα του στην υπηρεσία της σπουδάζοντας στο Πανεπιστήμιο του Cambridge, όπου βραβεύτηκε για τις εξαιρετικές επιδόσεις του. Σε ηλικία μόλις 22 ετών έλαβε νέα διάκριση για την απόδειξη μίας εκδοχής του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος (Central Limit Theorem), ενός από τα βασικά θεωρήματα της Θεωρίας των Πιθανοτήτων, ενώ το επόμενο έτος δημοσίευσε μία εργασία ορόσημο, η οποία θεωρείται μία από τις επιδραστικότερες στην ιστορία των μαθηματικών, με τίτλο, «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem».

Το «πρόβλημα της απόφασης» (Entscheidungsproblem) που πραγματεύεται η εργασία είχε αρχικά εισαχθεί από τον Γερμανό μαθηματικό David Hilbert, ωστόσο ο Tur-



Άγαλμα του Turing στο Blechley Park, φιλοτεκνημένο από 500.000 κομμάτια σχιστόλιθου. Πηγή: Wikipedia

ing επέκτεινε σημαντικά τη θεωρία εισάγοντας μία απλή υποθετική συσκευή η οποία ήταν θεωρητικά ικανή να επιλύσει οποιαδήποτε αριθμητικό πρόβλημα, αν εκείνο μπορούσε να παρασταθεί ως μία αυστηρά δομημένη αλληλουχία διεργασιών -ο γνωστός μας αλγόριθμος. Η λογική και μαθηματική δομή της υποθετικής «Μηχανής Turing» και κυρίως της βελτιωμένη έκδοσής της, δηλαδή της «Παγκόσμιας Μηχανής Turing» (Universal Turing Machine - UTM), αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες της Επιστήμης των Υπολογιστών και της Πληροφορικής. Δεν είναι τυχαίο πως, αν και αρκετά πολυπλοκότεροι, οι σύγχρονοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ως συσκευές αφομοίωσης και εκτέλεσης αλγορίθμων θεωρείται ότι προσομοιάζουν τόσο αρχιτεκτονικά, όσο και λειτουργικά μία UTM.

Ο αφανής ήρωας του Β' ΠΠ

Μεγάλο μέρος των επαναστατικών του ιδεών γεννήθηκε στο βρετανικό κέντρο κρυπτανάλυσης *Government Code and Cypher School*, στο οποίο ξεκίνησε να εργάζεται το 1938. Έναν χρόνο αργότερα, λίγο μετά το ξέσπασμα του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, μεταφέρθηκε στο Bletchley Park του Buckinghamshire, όπου στεγάζονταν οι πολεμικές εγκαταστάσεις του κέντρου. Η εργασία του επικεντρώθηκε στην αποκωδικοποίηση των μηνυμάτων

μεταξύ των δυνάμεων του Άξονα και για κάποιο διάστημα, ως προϊστάμενος της ομάδας Hut 8, στην αποκρυπτογράφηση των μηνυμάτων του διαβόητου Γερμανικού Ναυτικού. Το έργο της ομάδας έμοιαζε ακατόρθωτο, καθώς η βασική γερμανική συσκευή κρυπτογράφησης με την ονομασία Enigma απαρτιζόταν από έναν πολύπλοκο μηχανισμό -με ρότορες και κλειδιά κρυπτογράφησης- που επέτρεπε ασύλληπτο αριθμό πιθανών συνδυασμών στο σύστημα κωδικοποίησης. Ο Turing αξιοποιώντας πληροφορίες των Συμμάχων από τις επιτυχίες των βρετανικών και γαλλικών δυνάμεων, κατάφερε το ακατόρθωτο. Η μηχανή Bombe που σχεδίασε, βασισμένη σε μία προγενέστερη, αν και λιγότερο πολύπλοκη και αποδοτική, πολωνική εκδοχή είχε ως αποκλειστική λειτουργία την αποκρυπτογράφηση μηνυμάτων από μηχανές Enigma. Η επιτυχία αυτή διατηρήθηκε μυστική -όπως και το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας που έλαβε χώρα εκείνη την περίοδο στο κέντρο- και εφοδίασε τους Συμμάχους με ένα πολύτιμο εργαλείο που τους εξασφάλισε το πλεονέκτημα στον πόλεμο, αφού οι μηχανές Enigma θεωρούνταν τόσο αξιόπιστες που μετέφεραν μηνύματα ακόμα και από τον ίδιο τον Χίτλερ. Στην αξιοποίηση της Bombe αποδίδονται πολλές σημαντικές νίκες των Συμμάχων απέναντι στις δυνάμεις του Άξονα, μεταξύ των οποίων και η καθοριστική «Μάχη του Ατλαντικού». Η συνεισφορά του Turing ήταν τόσο σημαντική που σήμερα εκτιμάται από ιστορικούς ότι είναι υπεύθυνη για τη μείωση της διάρκειας του πολέμου κατά δύο χρόνια σώζοντας εκατομμύρια ζωές. Πτυχές της απόρρητης εκείνης δουλειάς έγιναν γνωστές το 1970 πολύ αργότερα από τον θάνατο του και γρήγορα αναγνωρίστηκε ως ένας από τους ήρωες του πολέμου.

Το πείραμα της νοημοσύνης

Πέρα από την καθοριστική πρακτική συνεισφορά του στον πόλεμο, ο πολυδιάστατος νους του μεγάλου οραματιστή ευθύνεται για την απαρχή της ιδέας που μετουσιώθηκε σταδιακά σε μία από τις μεγαλύτερες τεχνολογικές προκλήσεις του αιώνα, αλλά και του μέλλοντος. Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) έχει εισχωρήσει πλέον για τα καλά σε κάθε πτυχή της ζωής μας και η περαιτέρω ανάπτυξη της φαντάζει αναπόφευκτη. Οι ηθικοί φραγμοί πάμπολλοι, οι κίνδυνοι υπαρκτοί. Το ίδιο όμως και οι αδιαμφισβήτητη χρησιμότητά της. Αλγόριθμοι ΤΝ ιατρικών διαγνώσεων και εύρεσης καρκινικών κυττάρων από ανάλυση εικόνων, ανάπτυξης βέλτιστων οικονο-



Μηχανή αποκρυπτογράφησης Enigma, μοντέλο «Enigma I», που χρησιμοποιούνταν κατά τη διάρκεια του Β' ΠΠ. Μουσείο Museo

μικών μοντέλων, πρόγνωσης μετεωρολογικών φαινομένων και παρακολούθησης της κλιματικής αλλαγής αποτελούν ένα μικρό δείγμα της πολλά υποσχόμενης αυτής τεχνολογίας. Στον αντίποδα, η μέχρι πρότινος χρήση της από τους τεχνολογικούς κολοσσούς, τουλάχιστον διφορούμενη. Σε μία εποχή που η διατήρηση της ιδιωτικότητας του ατόμου ισοδυναμεί σχεδόν με κοινωνικό αποκλεισμό σε κάποιο εξωαστικό περιβάλλον τα δεδομένα μας και τα ψηφιακά παραπροϊόντα τους τροφοδοτούν αλγορίθμους ΤΝ που εξαγουν υπερπολύτιμες πληροφορίες για τις τάσεις των μαζών σε διάφορα οικονομικά, κοινωνικά και πολιτικά ζητήματα, δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα της χειραγώγησης και ανακατεύθυνσης της κοινής γνώμης. Οι παραπάνω εκφάνσεις της ΤΝ εντάσσονται, ωστόσο, στη λεγόμενη «Εφαρμοσμέ-

οραματιστής του μέλλοντος

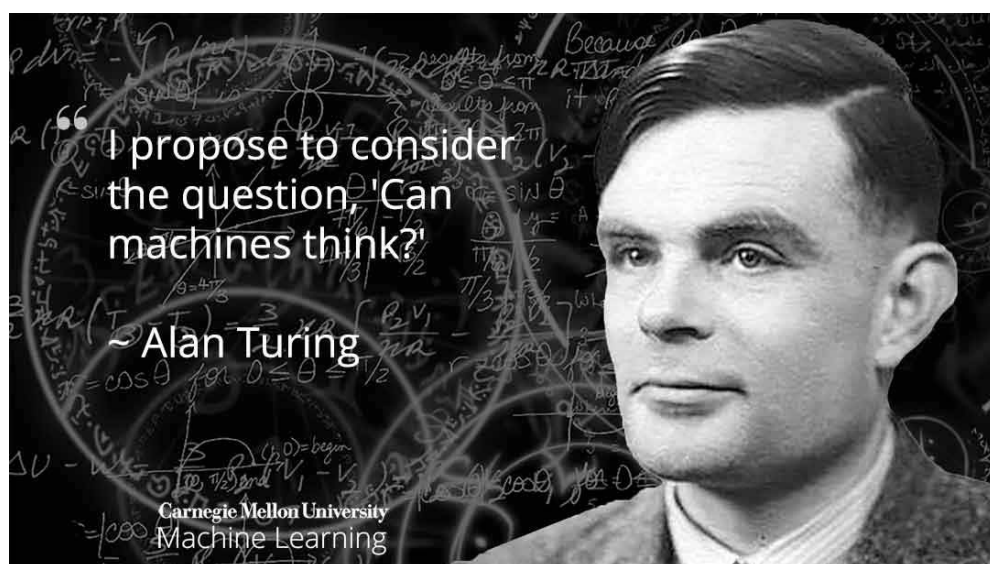


νη ΤΝ» και το κατά πόσο είναι τελικά εφικτό να δημιουργηθεί μία ευφυής, σκεπτόμενη μηχανή με την ευρύτερη έννοια του όρου, όπως και το πόσο απέχουμε ακόμα από μία τέτοια υπέρβαση, συνθέτουν μία ανοικτή συζήτηση με περισσότερες από δύο αντικρουόμενες πλευρές.

Πριν λοιπόν υλοποιηθεί η τεχνολογία, πριν ωριμάσει η φιλοσοφική συζήτηση για το μέλλον της, υπήρξε η ιδέα. Στο λυκαυγές της επιστήμης των υπολογιστών, προτού συναρμολογηθεί ο πρώτος ψηφιακός ηλεκτρονικός υπολογιστής ο Turing ήδη σχεδίαζε αναλογικά προγράμματα και αλγόριθμους και έθετε ερωτήματα όπως «Μπορεί μία μηχανή να σκεφτεί;». Το παραπάνω ερώτημα δεσπόζει στις πρώτες γραμμές της μνημειώδους εργασίας του, «Computing Machinery and Intelligence», στην οποία εισήγαγε και εξε-

ρεύνησε πολλές από τις ιδέες που αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο της εξέλιξης του πεδίου της ΤΝ τα τελευταία 60 χρόνια. Σημαντικό εργαλείο με το οποίο υφαίνει τη συλλογιστική του, το λεγόμενο «Τεστ του Turing». Το διάσημο νοητό πείραμα διδάσκεται μέχρι και σήμερα στα πρώτα εξάμηνα των σχολών πληροφορικής σε όλον τον κόσμο και αποτελεί παραλλαγή του παιγνίου της Βικτωριανής εποχής με το όνομα «Παιχνίδι της Μίμησης». Σε αυτό δύο διαγωνιζόμενοι, ένας άντρας και μία γυναίκα, απαντούν γραπτά στις στοχευμένες ερωτήσεις ενός ανακριτή που βρίσκεται σε ξεχωριστό δωμάτιο και προσπαθεί να ξεχωρίσει το φύλο τους. Ο πρώτος προσπαθεί να ξεγελάσει τον ανακριτή, ενώ η δεύτερη το αντίθετο. Στο Τεστ του Turing ο άντρας διαγωνιζόμενος αντικαθίσταται από μία μηχανή. Αν ο ανακριτής δεν είναι σε θέση να ξεχωρίσει ποιο από τα δύο υποκείμενα είναι ο άνθρωπος και ποιο ο υπολογιστής, τότε θεωρείται ότι η μηχανή παρουσιάζει «ευφυΐα» και το παιχνίδι αφορά πλέον τη μίμηση της ανθρώπινης συλλογιστικής.

Στο πλαίσιο αυτό μπορεί κανείς εύκολα να αναλογιστεί μία σκεπτόμενη μηχανή που προσπαθεί να ξεγελάσει τον ανακριτή, απαντώντας, λόγου χάριν, λανθασμένα ή ψέματα εσκεμμένα. Διαφαίνεται λοιπόν το διφορούμενο ζήτημα του ορισμού της ευφυΐας και το κατά πόσο είναι εφικτή η δημιουργία ΤΝ ικανής να προσομοιάζει ικανοποιητικά την ανθρώπινη. Κάποιοι συγγραφείς προτάσσουν το Τεστ του Turing ως έναν ικανοποιητικό ορισμό της ευφυΐας και ταυτόχρονα ως όργανο της αναγνώρισής της. Παρ' όλα αυτά, όπως τονίζει και ο ίδιος ο Turing, μία μηχανή με «επαρκή» ευφυΐα μπορεί κάλλιστα να αποτύχει στο τεστ του αν δεν είναι ικανή να μιμηθεί την ανθρώπινη συλλογιστική. Γιατί ένα ευφυές ρομπότ που επιβλέπει την εξόρυξη πετρωμάτων στη Σελήνη και είναι ικανό να λαμβάνει αποφάσεις, αλλά και να εξελίσσει την τεχνική του αυτόνομα, χρειάζεται να είναι σε θέση να μιμηθεί τις λεπτές αποχρώσεις της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης; Αν λοιπόν ένα τέτοιο ρομπότ μπορεί να θεωρηθεί ευφυές και ταυτόχρονα αποτυγχάνει στο τεστ, τότε το δεύτερο αποτελεί έναν φτωχό ανιχνευτή νοημοσύνης. Στην πραγματικότητα η ΤΝ αδυνατεί να δώσει ορισμό για την ευφυΐα ακόμα και σε επίπεδα που θεωρούμε κατώτερα. Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ένας σύγχρονος αλγόριθμος ΤΝ που είναι σε θέση να επεξεργαστεί δισεκατομμύρια αναρτήσεις χρηστών σε πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης είναι ευφύεστερος από μία γάτα; Η αδυναμία της ΤΝ,



Πηγή: www.medium.com

όπως και του Τεστ του Turing, να προσδιορίσει την ευφυΐα ενημερώνεται ταυτόχρονα με την πρόοδό της, υπό την έννοια ότι όταν κάποιος από τους στόχους της επιτευχθεί, η κριτική επαναπροσδιορίζει τον ορισμό. Τελικά πολλοί ερευνητές και στοχαστές, μεταξύ των οποίων και ο Turing καταλήγουν ότι ενδεχομένως ως ευφυΐα τείνουμε να ονομάζουμε οποιαδήποτε πολύπλοκη νοητική διεργασία δεν είμαστε ακόμα σε θέση να κατανοήσουμε.

Η καταδίκη του αντισυμβατικού οραματιστή

Ο Turing παρουσίαζε ένα ριζοσπαστικό και αντισυμβατικό πνεύμα σε κάθε πτυχή της ζωής του, από την επιστήμη, όπου αγνοούσε τα αυστηρά καθορισμένα όρια μεταξύ των επιστημών που καταπατίστηκε –μαθηματικά, μηχανική, ηλεκτρονική, θεωρητική βιολογία– μέχρι τις σεξουαλικές του προτιμήσεις, όπου παρότι γνώριζε το συντηρητικό κατεστημένο της εποχής του, κατέβαλλε μικρή προσπάθεια να κρύψει τις ομοφυλοφιλικές του προτιμήσεις. Δυστυχώς, στο νομικό πλαίσιο της εποχής, που αντικατόπτριζε απλά τον υπέρμετρο συντηρητισμό της κοινωνίας, οποιαδήποτε πράξη ομοφυλοφιλίας θεωρούνταν «σεξουαλική διαστροφή» και ως εκ τούτου, αξιόποινη. Έφερε λοιπόν, τον Turing μπροστά σε μία φρικτή επιλογή. Να εκτίσει την ποινή του ως φυλακισμένος ή να υποβάλει τον εαυτό του σε μία ορμονοθεραπεία που θα κατέστειλε τη σεξουαλική του επιθυμία, κοινώς, σε χημικό ευνουχισμό. Κινούμενος από την αγάπη του για την επιστήμη του εκείνος επέλεξε το δεύτερο. Έχοντας πλέον «λερωμένο» ποινικό μητρώο ήταν ανεπιθύμητος

στο μεταπολεμικό Εθνικό Κέντρο Τηλεπικοινωνιών της Βρετανίας, ενώ η «θεραπεία» εμφάνισε παρενέργειες στο σώμα του. Δύο χρόνια αργότερα, σε ηλικία μόλις 41 ετών, βρέθηκε νεκρός στο δωμάτιό του με ένα μισοφαγωμένο δηλητηριασμένο μήλο στο πλάι του. Η επίσημη τοποθέτηση των αρχών έκανε λόγο για αυτοκτονία, ωστόσο η μπέρα του πάντοτε υποστήριζε ότι επρόκειτο για δικό του λάθος, ενώ δεν έλειψαν και οι συνομωσιολογικές, αστήρικτες κατά κύριο λόγο, εικασίες περί δολοφονίας από τις βρετανικές μυστικές υπηρεσίες. Η ζωή και το έργο του ενέπνευσαν συγγραφείς, βιογράφους και ιστορικούς, ενώ πέρασαν και στην έβδομη τέχνη, μέσα από ταινίες και θεατρικά έργα.

Άρης Μύργιος
Φυσικός

Πηγές:

Sharkley, Noel, Alan Turing: The experiment that shaped artificial intelligence, 2012
<https://www.bbc.com/news/technology-18475646>

Alan Turing, British mathematician and logician
<https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>

Furtado, Erika L., «Artificial intelligence: An analysis of Alan Turing's role in the conception and development of intelligent machinery», 2018. Selected Honors Theses. 92.
<https://firescholars.seu.edu/honors/92>

Τρισδιάστατη βιοεκτύπωση: ένα χρήσιμο εργαλείο στην ιατρική και στην έρευνα

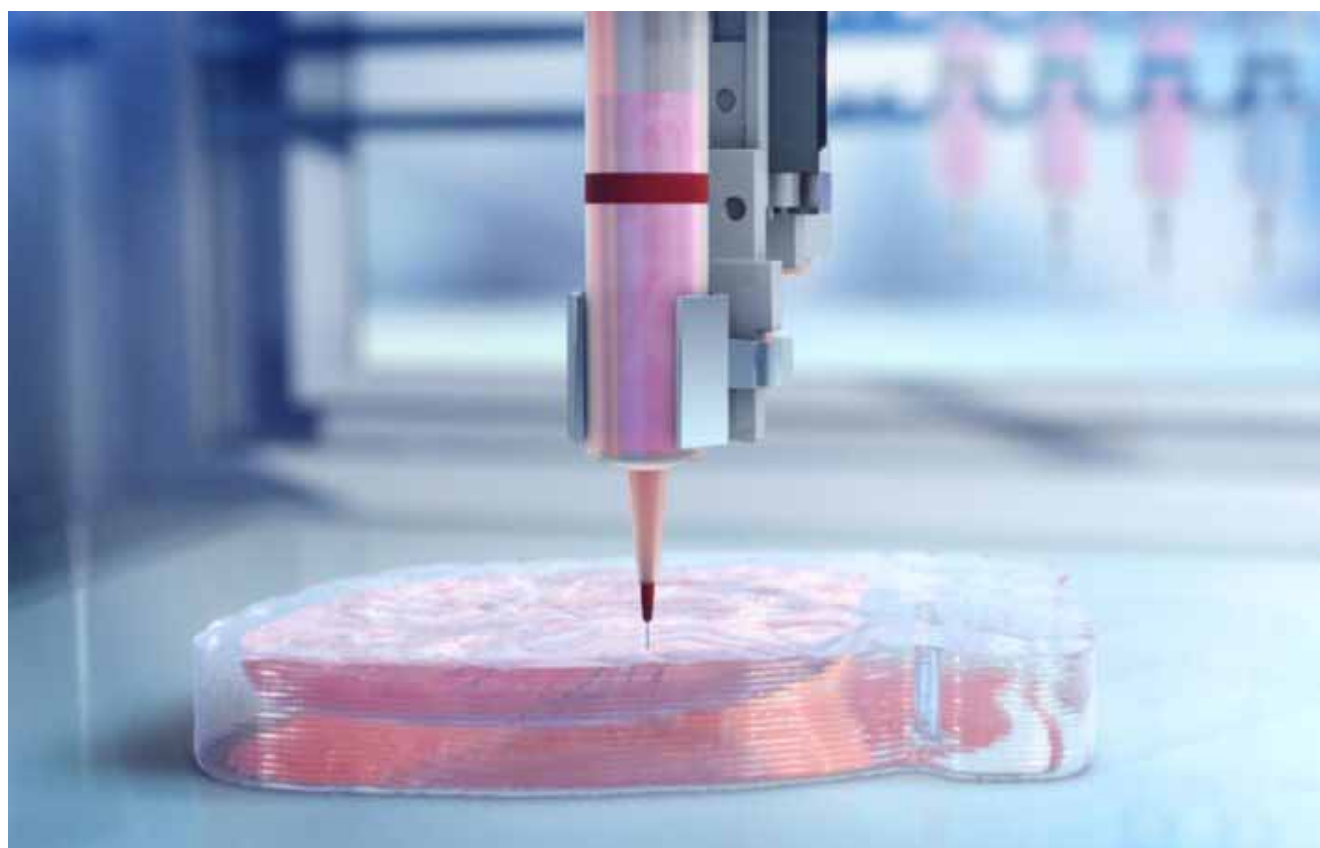
Με την τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορούμε να δημιουργήσουμε κατασκευές με το επιθυμητό σχήμα και χαρακτηριστικά. Πρόκειται για μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία που έχει πλέον αμέτρητες εφαρμογές σε διάφορους τομείς και δραστηριότητες. Για παράδειγμα στην ιατρική, η τρισδιάστατη εκτύπωση εφαρμόζεται κυρίως για την αντιγραφή του σχήματος και της δομής των οργάνων. Έτσι προκύπτουν μοντέλα οργάνων που χρησιμοποιούνται για την έρευνα και για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Μία πολύ ενδιαφέρουσα υποκατηγορία της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η βιοεκτύπωση. Στην τρισδιάστατη βιοεκτύπωση ζωντανά κύτταρα και θρεπτικά συστατικά συνδυάζονται έτσι ώστε να προκύψουν τεχνητές δομές που προσομοιάζουν τους ιστούς των οργανισμών. Το αποτέλεσμα δεν μοιάζει απλώς μορφολογικά με τους επιθυμητούς ιστούς αλλά εκδηλώνει και την αντίστοιχη βιολογική λειτουργία τους. Η βιοεκτύπωση είναι ένας τομέας που τα τελευταία χρόνια συγκεντρώνει το ενδιαφέρον των επιστημόνων εξαιτίας των ποικίλων δυνατοτήτων που προσφέρει στην ιατρική. Σε θεωρητικό επίπεδο μπορεί να παραχθεί οποιοσδήποτε ιστός προκειμένου να αξιοποιηθεί για θεραπευτικούς σκοπούς. Ο απώτερος στόχος είναι η αναγεννητική ιατρική και συγκεκριμένα η παραγωγή ιστών και οργάνων που θα αντικαθιστούν κατεστραμμένες περιοχές του ανθρώπινου οργανισμού. Ωστόσο σήμερα, υπάρχουν λίγα παραδείγματα εφαρμογής της βιοεκτύπωσης σε ασθενείς, κυρίως εξαιτίας της πολυπλοκότητας των ιστών και των οργάνων του ανθρώπινου οργανισμού που καθιστά την «αντιγραφή» τους ένα δύσκολο εγχείρημα. Ένα παράδειγμα είναι η παραγωγή κυττάρων του δέρματος σε ανθρώπους που έχουν υποστεί εγκαύματα ή που φέρουν πληγές, με τη χρήση ενός συστήματος τρισδιάστατης βιοεκτύπωσης¹.

Τα βιοϋλικά που παράγονται χρησιμοποιούνται κυρίως για τη δοκιμή φαρμάκων ή στην έρευνα. Ιδιαίτερα όσον αφορά τα φάρμακα, η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση διευκολύνει σημαντικά τις προκλινικές δοκιμές, μειώνοντας τον χρόνο και το κόστος και περιορίζοντας τις δοκιμές σε ζώα ή σε ανθρώπους.

Η βιοεκτύπωση στη μελέτη νοσημάτων της όρασης

Πρόσφατα χρησιμοποιήθηκαν βλαστοκύτταρα σε μια νέα τεχνική τρισδιάστατης βιοεκτύπωσης προκειμένου να παραχθεί ιστός από οφθαλμό και να διευκολυνθεί η μελέτη των νοσημάτων που τον προσβάλλουν. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε ένα μίγμα κυττάρων που σχηματίζουν τον ιστό του αιματοαμφιβληστροειδικού φραγμού. Πρόκειται για κύτταρα που βρίσκονται στενά συνδεδεμένα με στόχο την προστασία των παρακείμενων φωτοϋποδοχέων, δηλαδή των κυττάρων που απορροφούν το φως, από χημικές ουσίες που βρίσκονται στην κυκλοφορία του αίματος. Απώτερος στόχος είναι η δημιουργία ενός συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη των νοσημάτων του οφθαλμού και συγκεκριμένα της ηλικιακής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας. Στην ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας, ένα αρκετά συχνό νόσημα που προκαλεί σοβαρά προβλήματα όρασης, ορισμένες πρωτεΐνες συσσωρεύονται στον αιματοαμφιβληστροειδικό φραγμό προκαλώντας βλάβες στα κύτταρα που τροφοδοτούν και υποστηρί-



ζουν τους φωτοϋποδοχείς, οδηγώντας τελικά στην κατάρρευσή τους.

Επιστημονική ομάδα από πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα των ΗΠΑ και της Ολλανδίας, με επικεφαλής τον ερευνητή από το Εθνικό Ινστιτούτο Οφθαλμού των ΗΠΑ Kapil Bharti συνδύασαν τρεις τύπους ανώριμων κυττάρων του χοριοειδούς κιτώνα, ενός τμήματος του ματιού που περιέχει τα αιμοφόρα αγγεία. Τα κύτταρα τοποθετήθηκαν σε ένα τζελ το οποίο με τη βοήθεια του τρισδιάστατου εκτυπωτή εναποτέθηκε σε ένα βιοδιασπώμενο ικρίωμα. Τα κύτταρα άρχισαν σιγά σιγά να ωριμάζουν και να πολλαπλασιάζονται.

Μετά από λίγες μέρες είχε πλέον δημιουργηθεί ένα πυκνό δίκτυο κυττάρων. Την ένατη μέρα τοποθετήθηκαν στη μία πλευρά του ικρίωματος κύτταρα του μελάγχρου επιθηλίου, ενός ιστού που στον οφθαλμό υποστηρίζει τη λειτουργία των φωτοϋποδοχέων. Την 42^η μέρα τα κύτταρα του αναπτυσσόμενου ιστού είχαν πλέον συνδεθεί μεταξύ τους και αναπτυχθεί επαρκώς. Στη συνέχεια ακολούθησαν ιστολογικές και βιοχημικές αναλύσεις που έδειξαν ότι ο ιστός που δημιουργήθηκε από τη βιοεκτύπωση είχε παρόμοια μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά με τον αιματοαμφιβληστροειδικό φραγμό. Έπειτα ο ιστός υποβλήθηκε σε διάφορες δοκιμασίες επαγόμενου στρες και εμφάνισε αλλοιώσεις στα κύτταρα αντίστοιχες με αυτές που παρατηρούνται στα διάφορα στάδια της ηλικιακής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας. Το συγκεκριμένο κυτταρικό σύστημα αποδείχθηκε ένα πολύ χρήσιμο μοντέλο για τη μελέτη της παθοφυσιολογίας της συγκεκριμένης ασθένειας,

για την οποία η γνώση είναι μέχρι στιγμής αρκετά περιορισμένη. Πλέον υπάρχει μια κυτταρική δομή που προσομοιάζει τα κύτταρα και τις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του οφθαλμού, γεγονός ιδιαίτερα χρήσιμο για τη μελέτη των νοσημάτων που προσβάλλουν τους δυσπρόσιτους και πολύπλοκους ιστούς του. Η επιστημονική ομάδα με τη βοήθεια της τρισδιάστατης βιοεκτύπωσης φιλοδοξεί να εξιχνιάσει τους μηχανισμούς που προκαλούν βλάβες στην όραση και να διευκολύνει τη δοκιμή φαρμάκων και θεραπειών μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο και κόστος.

Παρόλο που η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση έχει μέχρι στιγμής περιορισμένες εφαρμογές στην κλινική πράξη και χρησιμοποιείται κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς, είναι ένα εντυπωσιακό τεχνολογικό επίτευγμα με πολλές δυνατότητες που αναμένεται να αποδώσουν καρπούς στο άμεσο μέλλον.

M.T.

Πηγές:

¹Moakes R. *et al.* A suspended layer additive manufacturing approach to the bioprinting of tri-layered skin equivalents. *APL Bioengineering* 5, 046103 (2021).

²Song, M.J., Quinn, R., Nguyen, E. *et al.* Bioprinted 3D outer retina barrier uncovers RPE-dependent choroidal phenotype in advanced macular degeneration. *Nat Methods* 20, 149–161 (2023).

Είναι γνωστό στην επιστημονική κοινότητα, έστω και ως περιρρέουσα γνώση παρότι και υπάρχουν ποσοτικά δεδομένα που το υποστηρίζουν, ότι ο αριθμός των επιστημονικών δημοσιεύσεων έχει αυξηθεί αλματωδώς τις τελευταίες δεκαετίες. Παρόλα αυτά, ο αντίκτυπος που προκαλούν τόσο σε θεωρητικό όσο και σε τεχνολογικό επίπεδο θεωρείται ότι είναι ο ίδιος με την δεκαετία του 1940, όταν οι επιστημονικές εργασίες που δημοσιεύονταν ήταν πολύ, πολύ λιγότερες. Με άλλα λόγια, το ποσοστό των επιστημονικών δημοσιεύσεων έχει μειωθεί δραματικά. Σε αυτό το συμπέρασμα κατέληξε πρόσφατη μελέτη (M. Park, E. Leahey, R.J Funk, *Nature* 613 (2023) 138–144) που διερεύνησαν του πόσο ριζικά αποκλίνουν οι επιστημονικές δημοσιεύσεις από την προηγούμενη βιβλιογραφία.

Συγκεντρώνοντας εκατομμύρια επιστημονικές δημοσιεύσεις οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι, σε σύγκριση με την έρευνα που γινόταν στα μέσα του 20^{ου} αιώνα, αυτή που έγινε στη δεκαετία του 2000 ήταν πολύ πιο πιθανό να ωθήσει την επιστήμη σε σταδιακή πρόοδο, παρά να την εκτρέψει απότομα προς μια νέα κατεύθυνση. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η ανάλυση των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας από το 1976 έως το 2010 έδειξε ανάλογη τάση. Με βάση τους ερευνητές είναι ξεκάθαρο ότι τα δεδομένα που συνέλλεξαν και ανάλυσαν, υποδηλώνουν ότι κάτι αλλάζει, με την έννοια ότι δεν παρατηρείται η ίδια συχνότητα επαναστατικών επιστημονικών ανακαλύψεων που παρατηρούνταν κάποτε.

Οι ερευνητές στηρίχτηκαν στην ευλογοφανή υπόθεση ότι εάν μια επιστημονική δημοσίευση ήταν πολύ πρωτοποριακή, τότε οι επόμενες επιστημονικές δημοσιεύσεις θα ήταν πολύ περισσότερο πιθανό να παραπέμπουν σε αυτήν, παρά στις παραπομπές τις (δηλαδή στις παλιότερες επιστημονικές δημοσιεύσεις στις οποίες στηρίχτηκε η εν λόγω πρωτοποριακή δημοσίευση). Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, δεδομένα παραπομπών από 45 εκατομμύρια επιστημονικές δημοσιεύσεις και σχεδόν τέσσερα εκατομμύρια διπλώματα ευρεσιτεχνίας, οι ερευνητές υπολόγισαν τον λεγόμενο «δείκτη πρωτοπορίας» μίας δημοσίευσης, του οποίου οι τιμές κυμαίνονταν από -1 για τη λιγότερο πρωτοποριακή δημοσίευση έως 1 για την πιο πρωτοποριακή δημοσίευση.

Ο μέσος δείκτης πρωτοπορίας, λοιπόν, μειώθηκε κατά περισσότερο από 90% μεταξύ του 1945 και του 2010 για τις επιστημονικές δημοσιεύσεις και κατά σχεδόν 80% από το 1980 έως το 2010 για τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας. Ο ίδιος δείκτης μειώθηκε σε όλα τα ερευνητικά πεδία και τους τύπους διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που αναλύθηκαν, ακόμη και όταν λήφθηκαν υπόψη οι πιθανές διαχρονικές μεταβολές στην πρακτική με την οποία χρησιμοποιούνταν οι παραπομπές.

Είναι πολύ ενδιαφέρον ότι οι ερευνητές ανέλυσαν επίσης τα πιο κοινά ρήματα που



Ένας όχι και τόσο γενναίος, νέος κόσμος;

χρησιμοποιούνται σε επιστημονικές δημοσιεύσεις. Αυτό που διαπίστωσαν είναι ότι ενώ στην έρευνα της δεκαετίας του 1950 ήταν πιο πιθανό να χρησιμοποιούνταν λέξεις που παραπέμπουν σε δημιουργία ή ανακάλυψη, αυτές που χρησιμοποιούνταν στη δεκαετία του 2010 ήταν πιο πιθανό να αναφέρονται σε σταδιακή πρόοδο.

Βεβαίως, η σταδιακή πρόοδος της επιστήμης δεν είναι εγγενώς κακή. Με βάση τους ιστορικούς της επιστήμης, το ιδανικό είναι ένας συνδυασμός σταδιακής και ριζοσπαστικής προόδου. Μάλιστα, σε μία περίοδο που προβληματίζει η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της έρευνας, ίσως είναι καλύτερο να αφιερώνεται περισσότερος χρόνος στον έλεγχο

της εγκυρότητας των επιστημονικών δημοσιεύσεων, κάτι που εξ ορισμού θα επιβραδύνει την δημοσίευση νέων επιστημονικών αποτελεσμάτων.

Πέραν όμως της διαπίστωσης ότι η σύγχρονη έρευνα φαίνεται να είναι πολύ λιγότερο πρωτοποριακή από την έρευνα του παρελθόντος, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τους λόγους που προκάλεσαν τούτες τις δραστικές αλλαγές. Η παρατηρούμενη τάση μπορεί να προέρχεται, εν μέρει, από αλλαγές που έχουν συμβεί στον τρόπο λειτουργίας της ευρύτερης επιστημονικής κοινότητας. Πιο συγκεκριμένα, αυτή τη στιγμή υπάρχουν πολλοί περισσότεροι ερευνητές από ό,τι στη δεκαετία του 1940, γεγονός που έχει δημιουργήσει ένα πιο ανταγωνιστικό περιβάλλον, αυξάνοντας τις απαιτήσεις για όλο και περισσότερες επιστημονικές δημοσιεύσεις ανά ερευνητή, καθώς και για όλο και περισσότερα διπλώματα ευρεσιτεχνίας. Αυτό, με τη σειρά του, μετέβαλε τα κίνητρα που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές εργάζονται.

Επίσης, ο ολοένα εντεινόμενος διεπιστημονικός χαρακτήρας της έρευνας έχει οδηγήσει στη δημιουργία μεγάλων ερευνητικών ομάδων, που με βάση επιστημονικές μελέτες είναι λιγότερο πιθανό να παράγουν ριζοσπαστικά καινούρια επιστήμη. Μία άλλη άποψη θα μπορούσε να είναι ότι κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του 20ου αιώνα ανακαλύφθηκε ότι ήταν δυνατό να παραγάγει ριζοσπαστική επιστημονική πρόοδο με σχετικά εύκολο τρόπο, αφήνοντας τα πραγματικά «δύσκολα» ζητήματα για τους επιστήμονες του 21^{ου} αιώνα. Ίσως, πάλι, οι επιστήμονες των δεκαετιών του 1940 και 1950 είχαν περισσότερες ευκαιρίες και πόρους να ακολουθήσουν το ένστικτό τους, σε σχέση με τους επιστήμονες του παρόντος, οι οποίοι είναι περισσότερο δεσμευμένοι σε έρευνα η οποία απαιτείται να παράγει πιο πρακτικά και μετρήσιμα αποτελέσματα, δηλαδή αυτό που αποκαλείται καινοτομία.

Τέλος, ίσως ο πολυπολικός σημερινός κόσμος να έχει ορθώσει περισσότερα εμπόδια στην μετάδοση της γνώσης, σε σχέση με τον διπολικό κόσμο των δεκαετιών που ακολούθησαν τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Κινήματα όπως αυτά της ανοιχτής επιστήμης ίσως να μην έχουν ακόμα τη δυναμική να αντιπαρατεθούν αποτελεσματικά με τις πολιτικές εξελίξεις που φαίνεται να οδηγούν σε έναν ολοένα και περισσότερο κατακερματισμένο κόσμο. Ίσως αυτό που επείγει περισσότερο από ποτέ να μην είναι καν η αύξηση της ριζοσπαστικότητας της επιστήμης, αλλά η δικαιότερη κατανομή των ευεργετικών αποτελεσμάτων της. Η πανδημία μπορεί να ανέδειξε αυτό το χαρακτηριστικό της αδικίας με τον πιο ορατό τρόπο, όμως δεν αποτελεί καινούριο χαρακτηριστικό αλλά μάλλον μία οδυνηρή αναπαραγωγή του μαύρου χιούμορ του George Orwell, όταν έγραφε –ας μας επιτραπεί μία ελαφριά παράφραση– ότι όλοι είναι ίσοι, αλλά κάποιοι είναι πιο ίσοι από τους άλλους.

Π.Κ.



Η ευγένεια της γενετικής

Ο Μιχαήλ Μπουλγκάκοφ (1891-1940) έχει διαβαστεί αρκετά και σίγουρα όσοι/ες έχουν βυθιστεί σε μεγαλύτερα λογοτεχνικά βάθη από τον γράφοντα –που αρκείται στην κολύμβηση και την ηλιοθεραπεία– έχουν να πουν περισσότερα για το έργο του. Εμένα όμως μου έκανε κάτι εντύπωση και θα το γράψω: ο Μιχαήλ Μπουλγκάκοφ ήταν γιατρός. Είχε σπουδάσει δηλαδή Ιατρική και παρότι δεν έχει τύχει να συναντήσω κάποιον/α ασθενή του είμαι σίγουρος πως είχε αναπτύξει μια κριτική στάση απέναντι στην ιατρική επιστήμη. Γιατί το υποστηρίζω αυτό; Ο ευγενής δόκτορας Φ. Φ. Πρεομπραζένσκι, τον οποίο θα γνωρίσουμε καλύτερα στη συνέχεια, όπως και οι γιατροί που εμφανίζονται στις *Οκτώ Ιστορίες Ενός Νεαρού Γιατρού** και στα *Μοιραία Αυγά* αντιστρέφουν την «τσεχοφική εικόνα του ρομαντικού ιδεαλιστή γιατρού» (2014, 162).

Ο γιατρός Φιλίπ Φιλίπποβιτς Πρεομπραζένσκι, που αντλεί το όνομα του από το Σύνταγμα Πρεομπραζένσκι της Τσαρικής Ρωσίας, είναι ο πρωταγωνιστής της *Καρδιάς σκύλου*. Η *Καρδιά σκύλου* συγκαταλέγεται στα πρώιμα μικρά πεζά του Μπουλγκάκοφ, γράφτηκε τους πρώτους μήνες του 1925 και προοριζόταν να δημοσιευτεί στο περιοδικό *Νιέντρα*. Το κείμενο τελικά θα απορριφθεί και κάποιο καιρό μετά η Γκεπεού θα εισβάλει στο σπίτι του για να κατασχέσει το χειρόγραφο. Η συγκυρία κατά την οποία συντάσσεται είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα, καθώς το 1925 βρίσκεται στην καρδιά της Νέας Οικονομικής Πολιτικής της Σοβιετικής Ένωσης (1921-1928), μιας περιόδου κατά την οποία η εξουσία των Σοβιέτ βγαίνει νικήτρια από τον εμφύλιο πόλεμο και ξεκινάει την ανοικοδόμηση της Σοβιετικής Ένωσης.

Η Σοβιετική Ένωση οικοδομείται αλλά ο Φ. Φ. Πρεομπραζένσκι παραμένει Πρεομπραζένσκι, παραμένει ένα ισχυρό αόρατο οχυρό που υπερασπίζεται σθεναρά τον παλιό κόσμο. Αποτελεί ένα παλιό θεμέλιο στην οικοδόμηση ενός νέου κόσμου. Θα ξεπεράσουμε αυτόν τον λυρισμό και θα περάσουμε στο ζητούμενο: στις επιστήμες. Τι γιατρός είναι ο Πρεομπραζένσκι; Σίγουρα δεν ήταν κτηνίατρος, αλλά κάπως βρέθηκε να έχει μπροστά του, πάνω στο χειρουργικό κρεβάτι, έναν σκύλο: Ο Φιλίπ Φιλίπποβιτς προχώρησε σε βάθος και μετά από μερικά στριψίματα ξεκόλλησε από το σώμα του Σάρικ [του σκύλου] τους γεννητικούς αδένες μαζί με κάτι ξεφτίδια. Ο Μπορμεντάλ, καταϊδρωμένος από την προσπάθεια και την ταραχή, όρμησε σε ένα γυάλινο βάζο με δύο άλλους, κρεμαστούς γεννητικούς αδένες. Στα χέρια του καθηγητή και του βοηθού του, άρχισαν να πετάγονται και να ελίσσονται μικρές υγρές ίνες. Οι κυρτές βελόνες άρχισαν να



χτυπούν ξανά και ξανά πάνω στους σφιγκτήρες, καθώς οι γεννητικοί αδένες ράβονταν στη θέση εκείνων του Σάρικ (67-68). Το χειρουργείο είναι δύσκολο αλλά προχωράει, ο Φ. Φιλίπποβιτς φτάνει στην καρδιά και στο μυαλό του σκύλου, παρότι το μέλλον του είναι αβέβαιο. Συνεχίζει: κι άλλη αδρεναλίνη, ουρλιάζει ο καθηγητής και εμείς δεν καταλαβαίνουμε αν αναφέρεται στη συναισθηματική του κατάσταση ή αν γεμίζει με ουσίες τις φλέβες του συμπαθούς σκύλου.

Το χειρουργείο πέτυχε: Με χλωροφορμική νάρκωση αποσπάστηκαν από τον Σάρικ οι όρχεις και στη θέση τους φυτεύτηκαν ανθρώπινοι όρχεις με τις επιδιθυμίες τους και τους σπερματοδόχους πόρους, οι οποίοι αφαιρέθηκαν από άνδρα 28 ετών, που απεβίωσε 4 ώρες και 4 λεπτά πριν την επέμβαση, και διατηρήθηκαν σε αποστειρωμένο φυσιολογικό ορό κατά τη μέθοδο του καθηγητή Πρεομπραζένσκι. (73)

Ο Φιλίπ Φιλίπποβιτς είναι γενετιστής, ένα είδος πειραματιστή γιατρού που επιχειρεί να δοκιμάσει τα όρια των σωμάτων εισάγοντάς

τους εξωτερικά μέλη και περίεργες χημικές ουσίες. Ο Φιλίπ Φιλίπποβιτς πειραματίζεται με τη γέννηση ενός νέου, ανώτερου είδους ανθρώπου. Εκτιμά πως η επιστήμη μπορεί να δημιουργήσει μια νέα αδρανή πρώτη ύλη ικανή να εκπαιδευτεί με έναν νέο βέλτιστο τρόπο. Η επιστήμη μπορεί να δημιουργήσει έναν υπεράνθρωπο.

Ο καθηγητής, γεμάτος ενθουσιασμό, υπογραμμίζει τρεις φορές στο μικρό σημειωματάριο στο οποίο καταγράφει την πορεία του εξανθρωπισμένου σκύλου: η αλλαγή της υπόφυσης του εγκεφάλου προκαλεί τον απόλυτο εξανθρωπισμό. (78)

Λίγες μέρες μετά:

- Κανονικός άντρας στη σωματοδομή,
- βάρος περίπου πενήντα κιλά,
- ανάστημα μικρό,
- κεφάλι μικρό,
- άρχισε να καπνίζει, τρώει ανθρώπινη τροφή,
- ντύνεται μόνος του,
- μιλάει κατανοητά (84)

Ο Σάρικ δεν γαβγίζει πια. Λέγεται Πολυ-

γκράφ Πολυγκράφοβιτς και καθώς αναζητά δουλειά, την ανεξαρτησία του από τον δημιουργό του, γίνεται υπεύθυνος της υποδιεύθυνσης καθαρισμού της Μόσχας από τα αδέσποτα ζώα. Το μέλλον του όμως είναι αβέβαιο, οι προστριβές με τον καθηγητή είναι καθημερινές και δεν φτάνει αυτό: Ο Πολυγκράφ έχει αρχίσει να επιδίδεται σε βανδαλισμούς. Ο καθηγητής και ο βοηθός του έπρεπε να πάρουν την κατάσταση στα χέρια τους, πριν ο ταραχοποιός Πολυγκράφ αμαυρώσει για πάντα την επιστήμη τους. Κάπως έτσι ο παλιός σκύλος θα βρεθεί με το κεφάλι του ασφυκτικά σφηνωμένο κάτω από ένα μαξιλάρι.

Δέκα μέρες μετά ο Φιλίπ Φιλίπποβιτς θα δεχτεί στο σπίτι του την επίσκεψη της αστυνομίας. Είναι ύποπτος για φόνο. Ποιόν Πολυγκράφοβιτς Σαρίκοφ; Αχ, συγγνώμη, τον σκύλο μου... Αυτόν που εγχείρησα; Θα πει και θα σφυρίξει μόνο και μόνο για να δει η αστυνομία την ουρά ενός σκύλου να κουνιέται.

Ο Πολυγκράφ παρότι δεν γαβγίζει και έχει απαλλαχθεί από την πρηνή στάση και την έντονη τριχοφυΐα, ήταν και παραμένει σκύλος. Δεν μπορούσε να απαλλαχθεί από τη ζωώδη κατάσταση γιατί εκεί ήταν που τον είχε καθηλώσει το βλέμμα του γενετιστή. Ο θάνατός του λογικός, όπως ο θάνατος ενός σκύλου. Η επιτυχία του πειράματος, τις περισσότερες φορές δεν σημαίνει και την επιβίωση του πειραματόζωου. Και σίγουρα δεν σημαίνει την ανεξαρτησία του. Ο Μπουλγκάκοφ επιχειρώντας να μας δείξει τα πολιτισμικά όρια της Νέας Οικονομικής Πολιτικής της Σοβιετικής ένωσης επιτυγχάνει να μας δείξει καθαρά τα όρια της γενετικής και της ιατρικής. Μας δείχνει πως στον βαθμό που το υποκείμενο της θεραπείας δεν θεωρείται ανεξάρτητο υποκείμενο, δεν θεωρείται οργανισμός με προθέσεις, διαθέσεις και συνείδηση, η θεραπευτική πρακτική μετατρέπεται σε ιατρική εξουσία. Και ο ευγενής γιατρός Φιλίπ Φιλίπποβιτς Πρεομπραζένσκι μετατρέπεται στην ομώνυμη φάλαγγα του Τσαρικού στρατού.

Χρήστος Κρυστάλλης

υποψήφιος διδάκτορας τμήματος Κοινωνιολογίας ΕΚΠΑ

Καρδιά Σκύλου

Ο Φιλίπ Φιλίπποβιτς Πρεομπραζένσκι είναι ένας έγκριτος γιατρός, ένας λαμπρός επιστήμονας που πειραματίζεται με τις ανώτερες μορφές της επιστήμης της εποχής του. Κάπως έτσι η συνάντηση με έναν πεινασμένο σκύλο και ο τυχαίος θάνατος ενός αστέγου, παρουσιάζεται ως μια λαμπρή ευκαιρία. Ο Φιλίπ Φιλίπποβιτς θα δελεάσει τον σκύλο και με την υπόσχεση πλούσιων γευμάτων θα τον καθηλώσει στο χειρουργικό κρεβάτι. Μετά από μια πολύωρη εγχείρηση ο σκύλος δεν θα είναι πια σκύλος, θα είναι ένας πρώην σκύλος αντιμετώπος με την κατάσταση του να γίνει άνθρωπος.

Αναφορές

Μπουλγκάκοφ Μ. (2014). *Καρδιά σκύλου*, μτφρ. Ελένη Μπακοπούλου. Αθήνα: Αντίποδες.

* Η Ρώσικη έκδοση του κειμένου περιλαμβάνει οκτώ πεζά κείμενα. Αντίθετα η ελληνική έκδοση περιλαμβάνει εννιά, και έτσι είναι γνωστή στο ελληνικό κοινό. Εμείς, λοιπόν, χρησιμοποιούμε την πρωτότυπη ρωσική αναφορά και γι' αυτό ευχαριστούμε την Εύα Πιλάκου. Μόνο εκείνη θα μπορούσε να το γνωρίζει.