



ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΟΡΦΩΤΙΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ

Το φαινόμενο της ζωής



Χ Ο Ρ Η Γ Ο Σ

 NOVARTIS

Στο πλαίσιο του προγράμματος των Ειδικών Μορφωτικών Εκδηλώσεων «ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ» το ΕΙΕ πραγματοποιεί κύκλους ομιλιών, δράματα και εκδόσεις, με στόχο την παρουσίαση των σύγχρονων επιτευγμάτων στον χώρο τόσο των θετικών όσο και των ανθρωπιστικών επιστημών, καθώς και την προβολή του κοινωνικού χαρακτήρα της επιστημονικής έρευνας.

ISBN: 960-7998-32-4

© 2006, ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ (ΕΙΕ)

Υπεύθυνη του Προγράμματος των Ειδικών Μορφωτικών Εκδηλώσεων
«ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ» και

επιμέλεια έκδοσης: Ελένη Γραμματικοπούλου

Τηλ.: 210 72 73 501, Fax: 210 72 46 618, e-mail: gramma@eie.gr

Σχεδίαση, παραγωγή:

S & P Advertising

Ασκληπιού 154, 114 71 Αθήνα

Τηλ.: 210 64 62 716, Fax: 210 64 52 570

e-mail: central@spad.gr, www.spad.gr

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΖΩΗΣ



ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΟΡΦΩΤΙΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ



Το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, συνεχίζοντας την παράδοση της προσφοράς και της συμβολής στην ανάπτυξη της πνευματικής ζωής του τόπου μας, οργάνωσε τις καθιερωμένες πλέον Ειδικές Μορφωτικές Εκδηλώσεις «ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ» και κατά την περίοδο 2005-2006.

Η παρουσίαση των σύγχρονων επιστημονικών επιτευγμάτων στον χώρο τόσο των θετικών, όσο και των ανθρωπιστικών επιστημών καθώς και η προβολή του κοινωνικού χαρακτήρα της επιστημονικής έρευνας εξακολουθούν να αποτελούν, κατά μείζονα λόγο, τα καθοδηγητικά κριτήρια και τον στόχο των διαλέξεων που εντάσσονται στο Μορφωτικό Πρόγραμμα του ΕΙΕ.

Με βάση αυτές τις προϋποθέσεις θεωρήθηκε σκόπιμο να ενταχθεί και πάλι στο πρόγραμμα αυτής της περιόδου ένας κύκλος ομιλιών με τον γενικό τίτλο «**Το φαινόμενο της ζωής**», με στόχο να παρουσιασθούν τα πρόσφατα επιστημονικά δεδομένα που αναφέρονται στον μηχανισμό σχηματισμού της ζωής. Μια αντίστοιχη σειρά ομιλιών με την ίδια περίπου θεματολογία, «Θεωρίες της Εξελίξεως», είχε πραγματοποιηθεί πριν από δέκα χρόνια ενώ οι δύο εκδόσεις που ακολούθησαν εξαντλήθηκαν. Οι θεωρίες για τη δημιουργία ζωής φαίνεται, λοιπόν, ότι εξακολουθούν να κεντρίζουν την περιέργεια, να μαγεύουν και να διεγείρουν τη φαντασία του ανθρώπου.

Στον παρόντα τόμο περιλαμβάνονται οι εισηγήσεις των τεσσάρων ομιλητών που συμμετείχαν στον κύκλο αυτό, οι οποίες έγιναν στο Αμφιθέατρο «Λεωνίδα Ζέρβας» του ΕΙΕ κατά το διάστημα από 10 Ιανουαρίου έως 1η Φεβρουαρίου

2006, στο τέλος των οποίων ακολουθούσε διαλογική συζήτηση μεταξύ ομιλητών και κοινού.

Επιθυμούμε και από τη θέση αυτή να ευχαριστήσουμε τους ομιλητές και όλους όσοι συνετέλεσαν στην πραγματοποίηση της σειράς αυτής των ομιλιών. Ιδιαίτερες ευχαριστίες όμως οφείλουμε να απευθύνουμε στον εμπνευστή του παρόντος κύκλου Καθηγητή κ. Δ. Α. Κυριακίδη, Διευθυντή ΕΙΕ, καθώς και στον ομότιμο Καθηγητή κ. Κ. Σέκερη για την πολύτιμη συμβολή του στον σχεδιασμό του. Τέλος, ευχαριστούμε θερμά τη φαρμακευτική εταιρεία NOVARTIS HELLAS AEBE για την οικονομική της συνδρομή.

Ελένη Γραμματικοπούλου
Υπεύθυνη του Προγράμματος
των Μορφωτικών Εκδηλώσεων του ΕΙΕ
«Επιστήμης Κοινωνία»

Περιεχόμενα

	<i>Σύντομη εισαγωγή από τον ομοτ. Καθηγητή Πανεπιστημίου Αθηνών και ομοτ. Διευθυντή Ερευνών του Ινστιτούτου Βιολογικών Ερευνών & Βιοτεχνολογίας/ΕΙΕ κ. Κωνσταντίνο Σέκερη</i>	9
10 Ιανουαρίου 2006	Προέλευση της ζωής: Θεωρίες και πειραματικές προσεγγίσεις Δημήτριος Α. Κυριακίδης	11
17 Ιανουαρίου 2006	Η δαρβινική ερμηνεία της πολυπλοκότητας της ζωής Ελευθέριος Ζούρος	31
24 Ιανουαρίου 2006	Ποιες λειτουργίες του εγκεφάλου μάς επιτρέπουν να συμπεριφερόμαστε ως άνθρωποι; Γιώργος Κωστόπουλος	51
1η Φεβρουαρίου 2006	Το νόημα της ανθρώπινης ύπαρξης στην εποχή της τεχνικοοικονομικής ανάπτυξης Λάμπρος Κουλουμπαρίτσας	87

Εισαγωγή

Η μετουσίωση της ανόργανης ύλης σε ζωντανή –η δημιουργία δηλαδή της ζωής– συνεχίζει να μαγεύει και να διεγείρει τη φαντασία του σκεπτόμενου ανθρώπου. Παρ' όλη την εκπληκτική πρόοδο και τις ανακαλύψεις της σύγχρονης επιστήμης, που αρχίζει να φωτίζει τον μηχανισμό σχηματισμού των οργανικών ουσιών –πρόδρομων των βιολογικών μακρομορίων– από πιο απλά όργανα-μόρια, αγνοούμε ακόμη στάδια που οδήγησαν στην εμφάνιση της θεμελιώδους μονάδας έμβιας ύλης, του κυττάρου, και της εξέλιξής του στην ποικιλία των οργανισμών που έζησαν ή ζουν στον πλανήτη μας.

Έτσι, θεωρήσαμε επίκαιρο να επανέλθουμε, μετά από δέκα έτη, στο πρόβλημα «Το φαινόμενο της ζωής» εντάσσοντας στο Πρόγραμμα «Επιστήμης Κοινωνία» τέσσερις ομιλίες από εκλεκτούς επιστήμονες, ειδικούς στο θέμα αυτό.

Η πρώτη ομιλία αναφέρεται στο πώς αντιλαμβάνεται η σύγχρονη επιστήμη τη δημιουργία της ζωντανής ύλης, του κυττάρου, από την ανόργανη ύλη. Μερικά –λίγα– από τα βήματα στην πορεία προς τη ζωή μπορούν να αναπαραχθούν πειραματικά στον δοκιμαστικό σωλήνα. Η παραγωγή κυττάρου με όλα τα χαρακτηριστικά της ζωής παραμένει ακόμη απώτερος πλην όμως εφικτός στόχος, δεδομένης της εκπληκτικής ανάπτυξης της μοριακής και κυτταρικής βιολογίας.

Το πώς το αρχέγονο κύτταρο εξελίχθηκε στη θαυμαστή φαινοτυπική ποικιλία που παρουσιάζουν οι ζώντες οργανισμοί φωτίστηκε από τις μεγαλοφυείς προσφορές των Μέντελ και Δαρβίνου και την αποκάλυψη στο μοριακό επίπεδο της φύσεως των γονιδιακών μεταλλάξεων. Η σύνθεση των γνώσεων αυτών αποτελεί την ουσία της νεοδαρβινικής θεωρίας της εξέλιξης, που θα αποτελέσει τον κορμό της δεύτερης ομιλίας.

Δικαίως ο άνθρωπος θεωρείται η κορωνίδα της εξελικτικής διαδικασίας, χάρη στην ανάπτυξη των νοητικών ικανοτήτων του και της «ανθρώπινης» συμπεριφοράς του. Τι είναι αυτό που κάνει τον άνθρωπο, άνθρωπο; Νομοτελειακά ανατρέχουμε στον εγκέφαλό του για να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό, μια και όλα τα άλλα οργανικά συστήματα του ανθρώπου δεν διαφέρουν ουσιαδώς από αυτά των ανθρωποειδών. «Ποιες είναι οι ουσιαστικές εγκεφαλικές λειτουργίες που μας προσδίδουν την ανθρώπινη συμπεριφορά»; Το ερώτημα αυτό θα αποτελέσει το αντικείμενο της τρίτης ομιλίας.

Ακόμη και αν ήταν δυνατόν να δοθούν απαντήσεις στα ερωτήματα που θέτουν οι τρεις πρώτες ομιλίες, απαιτείται ένα άλμα στο μεταφυσικό επίπεδο για να προσεγγισθούν οι υπαρξιακές αγωνίες και προβληματισμοί του ανθρώπου. Μήπως όμως το νόημα της ζωής πρέπει να το αναζητήσουμε και στην καθημερινότητα, στην αλληλεπίδραση των ατόμων, στη συμπεριφορά και στις μεταξύ μας σχέσεις, σε ένα ραγδαίως μεταβαλλόμενο παγκοσμιοποιημένο τοπίο; Με τη φιλοσοφική διάσταση για το νόημα της ανθρώπινης ύπαρξης στην εποχή μας, στην εποχή της τεχνικοοικονομικής ανάπτυξης, θα κλείσει ο κύκλος αυτών των ομιλιών, που προμηνύεται εξαιρετικά ενδιαφέρων.

Κωνσταντίνος Σέκερης

Ομοι. Καθηγητής Παν/μίου Αθηνών,

Ομοι. Διευθυντής Ερευνών IBEB/EIE

Προέλευση της ζωής: Θεωρίες και πειραματικές προσεγγίσεις

Δημήτριος Α. Κυριακίδης

*Καθηγητής Βιοχημείας
Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης,
Πρόεδρος Δ.Σ. και Διευθυντής του
Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών*

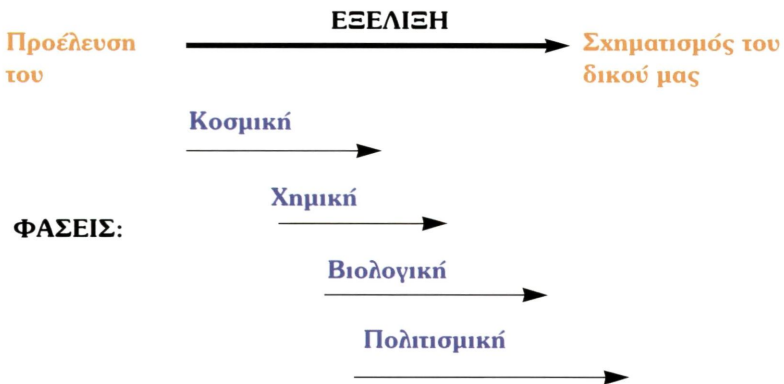
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί να παρουσιάσει συνοπτικά τις διάφορες θεωρίες σχετικά με την προέλευση της ζωής και να εξηγήσει διάφορες πειραματικές μαρτυρίες που είναι σήμερα δημοσιευμένες. Γίνεται μια επιστημονική ξενάγηση από τον χρόνο μηδέν έως σήμερα και συζητούνται διάφορα ερωτήματα σχετικά με το πώς περίπου νομίζουμε ότι έχει προέλθει η ζωή στον πλανήτη μας. Η ζωή είναι συνυφασμένη με όλες τις ζωντανές υπάρξεις, με ή χωρίς συνείδηση, δημιουργήματα με πολύ ωραία χρώματα και εξαιρετική ποικιλία. Το ζωικό βασίλειο αποτελείται από περισσότερα από δέκα εκατομμύρια είδη με εκπληκτική ποικιλομορφία. Στον πλανήτη μας μόνο, οι μικροοργανισμοί είναι περισσότεροι από ένα εκατομμύριο. Πολλές πληροφορίες για το αντικείμενο αυτό μπορούν να βρεθούν και σε βιβλία (1,2).

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Η προσπάθειά μας δεν είναι να δούμε τη ζωή σαν μια αφηρημένη έννοια αλλά να την ορίσουμε ως μετάβαση από την ανόργανη στην οργανική ύλη. Ο Πλάτων μιλάει για ψυχή. Οτιδήποτε είναι ζωντανό ή έχει ζωή εμπεριέχει μέσα του ψυχή, το αθάνατο πνεύμα. Ο Αριστοτέλης χρησιμοποιεί μια άλλη λέξη, την εντελέχεια. Η εντελέχεια εξηγεί την αλληλεπίδραση της ύλης με τελικό αποτέλεσμα την κίνηση που κινεί το σώμα (1). Ο Αριστοτέλης περιγράφει την τυχαία γένεση στην οποία στηρίχθηκαν όλοι οι μεταγενέστεροι φιλόσοφοι, μέχρι και στις αρχές του 20ού αιώνα. Ο Καντ περιγράφει τη ζωή ως την εσωτερική αρχή της δράσης, ο Χέγκελ ως παγκόσμια αιτία, οι βιταλιστές ως *vita vitalis*, οι νεοβιταλιστές ως την επικρατέστερη ιδέα και οι υλιστές ως κάτι που αποτελείται από ύλη. Ο μηχανιστικός υλισμός μιλάει για απλές φυσικές και χημικές αντιδράσεις –τις οποίες οι φυσικοί, χημικοί ή βιολόγοι καταλαβαίνουν καλύτερα– αλλά ούτε κι αυτός ο ορισμός είναι πλήρης. Κατά τον διαλεκτικό υλισμό βλέπουμε ότι η ζωή θεωρείται μια μορφή κίνησης της ύλης, η οποία είναι διαφορετική από τα υλικά του ανόργανου κόσμου. Ο πιο πλήρης ορισμός της ζωής είναι αυτός που δόθηκε από τον Γερμανό φυσικοχημικό Μάνφρεντ Άιγκεν, που λέει ότι η ζωή είναι μια δυναμική κατάσταση της ύλης, οργανωμένη με

ΕΞΕΛΙΞΗ ≡ Διαδικασία 13.0



πληροφορία και εξελίσσεται με βάση τον μηχανισμό της φυσικής επιλογής (1). Άρα περιμένουμε η ζωή να παρουσιάζει μια δυναμική και να είναι οργανωμένη με πληροφορία. Δεδομένου ότι όλοι οι ζώντες οργανισμοί έχουν DNA, που περιέχει όλες τις γενετικές πληροφορίες, προσπαθούμε να κατανοήσουμε από πού ξεκινήσαμε και ποιος ήταν ο προπάτοράς μας.

ΖΩΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

Τα ερωτήματα που μπορούμε να θέσουμε είναι πολλά, όμως θα μας επιτρέψουν να καταλάβουμε πώς εξελιχθήκαμε και με βάση ποιο μηχανισμό φυσικής επιλογής είμαστε σήμερα εδώ, με όλα τα οικοσυστήματα γύρω μας (1).

Η ξενάγηση που αποτυπώνεται στο πιο πάνω διάγραμμα διαρκεί περίπου 13 δισεκατομμύρια χρόνια. Μερικοί θεωρούν ότι το σύμπαν ξεκίνησε περίπου πριν από 13 με 14,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Θεωρούμε ότι ξεκινήσαμε από μια μεγάλη μάζα, από ένα γαλακτικό νεφέλωμα, το οποίο κάτω από συμπίεση εξωτερικών παραγόντων και περνώντας από μια ασταθή βαρυτική κατάσταση δημιούργησε το ηλιακό μας σύστημα, το οποίο όπως φαίνεται είναι ένας πεπλατυσμένος δίσκος με χρόνο μηδέν τη Μεγάλη Έκρηξη (1-3).

Μέσα σε αυτά τα 13 δισεκατομμύρια χρόνια βλέπουμε πώς εξελίχτηκε το σύμπαν σε τέσσερις φάσεις, από τη στιγμή της δημιουργίας του μέχρι σήμερα. Αυτές οι φάσεις είναι η κοσμική φάση κατά την οποία δημιουργούνται τα άτομα, η χημική φάση κατά την οποία δημιουργούνται τα μόρια, η φάση της βιογένεσης, δηλαδή η δημιουργία των βιομορίων και του πρώτου κύτταρου (ο πρώτος πρόγονος), και τέλος η τέταρτη φάση της πολιτισμικής εξέλιξης του ανθρώπου. Θεωρούμε ότι στον χρόνο μηδέν έγινε η Μεγάλη Έκρηξη, όπου με τα πρώτα σωματίδια είχαμε τη φυσική εξέλιξη και τη δημιουργία των ατόμων. Τα άτομα που σχηματίζονταν άρχισαν να ενώνονται μεταξύ τους και έτσι είχαμε τον σχηματισμό των πρώτων μορίων, διαδικασία γνωστή ως χημική εξέλιξη που την ονομάζουμε και περίοδο της προβιοτικής χημείας. Προβιοτική χημεία σημαίνει δημιουργία μορίων αβιογενώς, χωρίς ακόμα να έχουν δημιουργηθεί πολύπλοκα σύνολα που να εμπεριέχουν ζωή. Από το πρωταρχικό

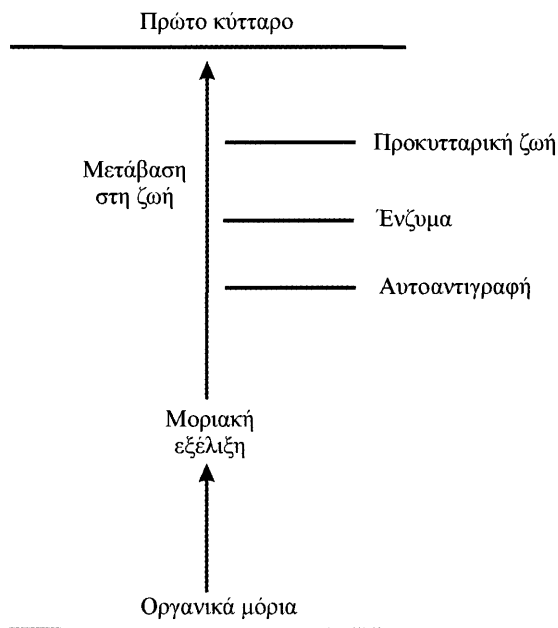
κύτταρο οδηγούμαστε στα βακτήρια, τα πρώτιστα, και στη συνέχεια από τους πολυκύτταρους οργανισμούς καταλήγουμε στον άνθρωπο, όπου μιλούμε για την πολιτισμική ή κοινωνιολογική εξέλιξη. Άρα ευδιάκριτα ξεχωρίζουμε τις τέσσερις φάσεις, χωρίς να διαθέτουμε πολλές πληροφορίες για το πώς εξελίχθηκαν σε όλη τους τη λεπτομέρεια.

Η ιστορία του σύμπαντος θεωρούμε ότι ακολουθεί γραμμικά αυτή την πορεία, αλλά κατά τη Μεγάλη Έκρηξη αυτό που έχει συμβεί και μπορούμε πειραματικά να αποδείξουμε (σύμφωνα με το τι γίνεται στις μαύρες τρύπες ή με τους μετεωρίτες) είναι πως η θερμοκρασία του χρόνου μηδέν ήταν 2×10^{12} K (K, βαθμοί Kelvin). Το πλάσμα δηλαδή, αυτό το πυκνό αέριο, επεκτάθηκε και μας έδωσε τους πλανήτες που ήταν σε πολύ υψηλή θερμοκρασία ενώ μέσα σε τριάντα μόνο δευτερόλεπτα η θερμοκρασία έπεσε στους 4×10^8 K και σε ένα χρόνο στους 2×10^6 K, που μετά από 1.000.000 χρόνια κατέβηκε στους 2×10^3 K.

Η ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ ΜΑΣ

Το ηλιακό μας σύστημα προέκυψε πριν από 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια.

Με απλές χημικές αντιδράσεις, οι οποίες ξεκίνησαν πριν από πολλά δισεκατομμύρια χρόνια, μπορούμε να δούμε πώς από οργανικά και ανόργανα μόρια μεταβαίνουμε στη ζωή, στο πρώτο κύτταρο, στον πρώτο προπάτορά μας (1). Για να γίνει αυτή η μοριακή εξέλιξη χρειάζεται μηχανισμούς αντιγραφής ή αυτοαντιγραφής, χρειάζονται πολλά ένζυμα για να δημιουργηθούν πολλά βιομόρια, τα οποία όταν οργανωθούν θα δώσουν το πρώτο κύτταρο που θα μπορεί να επιζεί και να πολλαπλασιάζεται. Υπάρχουν σήμερα αποδείξεις για τις θεωρίες σχετικά με το πώς προέκυψαν από τα πρώτα αμινοξέα και νουκλεοτίδια οι πρωτεΐνες, το DNA ή RNA, και στη συνέχεια το πρώτο κύτταρο. Τα πρώτα προβιοτικά μονομερή, τα οποία μπορούμε να δούμε στη Γη, τα βρίσκουμε στους μεσοαστρικούς χώρους από τα πλανητικά ταξίδια. Στα ταξίδια αυτά απέδειξαν ότι υπήρχαν ανάμεσα στους αστέρες γνωστά μόρια, όπως υδρόθειο, μυρμηκικό οξύ, οξικό οξύ, αμμωνία, νερό, ακετυλένιο, μονοξειδίο του άνθρακα και άλλα πιο πολύπλοκα μόρια.



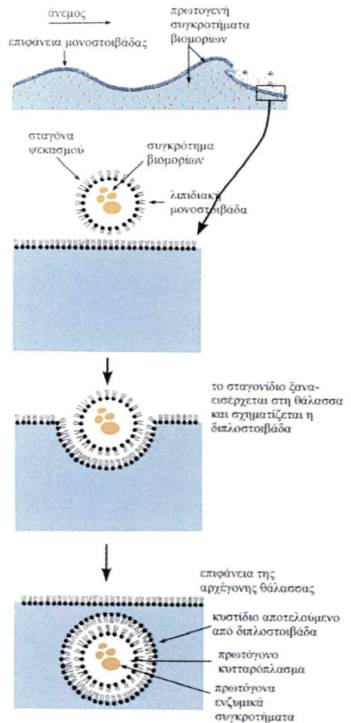
*Μετάβαση στο πρώτο κύτταρο
μέσω της προβιοτικής και
μοριακής εξέλιξης (1)*

Δύο αξιολογες παρατηρήσεις, του Όπαριν και του Χάλντεϊν, θα πρέπει να μνημονευτούν (4,5). Ο Όπαριν, το 1920, δημοσιεύει ότι τα πρώτα μόρια που έχουν σχηματιστεί αβιογενώς θα πρέπει να έχουν γίνει σε μια μεγάλη χρονική περίοδο, η οποία θεωρείται ότι διήρκεσε πολλά εκατομμύρια έτη. Καθόρισε ποια είναι αυτά τα μόρια εξηγώντας με απλά πειράματα πώς αυτά τα μόρια, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, σε συνθήκες προσομοίωσης, μπορούν να παραχθούν στο εργαστήριο. Το 1929, εννέα χρόνια αργότερα, ο Χάλντεϊν προτείνει ότι πράγματι δεν μπορούμε να έχουμε ένα οργανωμένο κύτταρο, έναν οργανισμό, αν πριν από πολλά χρόνια δεν έχουν φτιαχτεί τα πρώτα βιομόρια. Άρα μιλάει για μια χημική εξέλιξη και ανέμενε από το 1929 να δει να γίνονται πειράματα χημικής εξέλιξης.

ΘΕΩΡΙΕΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

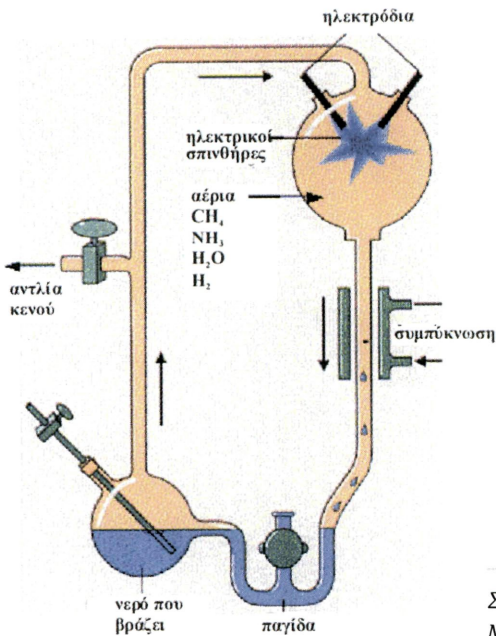
Μπορούμε σήμερα να δούμε ότι υπάρχουν τρεις τουλάχιστον θεωρίες για το πώς προήλθε η ζωή, οι οποίες θα εξηγηθούν πολύ περιληπτικά (1,2).

Η πρώτη είναι η θεωρία της προβιοτικής «σούπας» (6). Σε μεγάλες λεκάνες –μεγάλες λίμνες– πιστεύεται ότι συσσωρεύτηκαν υλικά που συμπυκνώθηκαν μετά από μεγάλη ακτινοβολία και υψηλές θερμοκρασίες. Ας σημειωθεί ότι η πρωταρχική μας ατμόσφαιρα ήταν αναγωγική και περιείχε μεθάνιο, υδροθείο, αμμωνία, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Άρα, όταν αυτά τα μόρια βρέθηκαν σε μια τέτοια «σούπα», μπόρεσαν και άρχισαν να δίδουν τις πρώτες αντιδράσεις σχηματισμού των πρώτων βιομορίων και στη συνέχεια τον σχηματισμό του πρώτου κυττάρου, τον πιθανό πρόγονό μας. Η μεμβράνη που σχηματίζεται από απλά μόρια λιπιδίων, χοληστερόλης και πρωτεϊνών έχει τη δομή



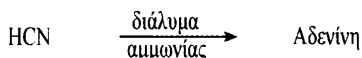
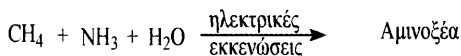
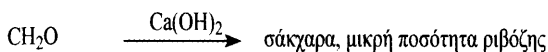
Σχηματική απεικόνιση του σχηματισμού της διπλοστρωβάδας στις αρχέγονες λίμνες [από τη Βιοχημεία του A.L. Lehninger (6) ανασχεδιασμένο]

μωσαϊκού και μπορεί σε υδατικό διάλυμα να πάρει τη μορφή σφαίρας εμπρικλείοντας πολλά άλλα νεοσχηματισθέντα μόρια. Το 1953 γίνονται τα πρωταρχικά πειράματα προσομοίωσης από τον Χάρολντ Γιούρεϊ, που είχε κερδίσει ήδη το βραβείο Νόμπελ το 1934 και τον μαθητή του τον Στάνλεϊ Μίλερ, με σκοπό να συνθέσουν τα πρώτα βιογενή μόρια (7). Ως υποψήφιος διδάκτορας ο Μίλερ είχε φτιάξει μια συσκευή, στην οποία έβαλε υδροθείο, νερό, αμμωνία, μεθάνιο και διάφορα άλλα αέρια και με τη βοήθεια καταλυτών ή εκκενώσεων, σε θερμοκρασία 350-400° C για δύο ή τρεις εβδομάδες, συντέθηκαν σε μικρές ποσότητες βιογενή μόρια, όπως ριβόζη, αμινοξέα, κ.λπ. Η ριβόζη είναι το πρώτο δομικό λιθάρι για να φτιαχτεί το RNA και από τη ριβόζη μπορεί να φτιαχτεί δεοξυριβόζη. Ωστόσο, σε αυτό το ίδιο ακριβώς πείραμα μπορεί κανείς να ελέγξει πώς από μεθάνιο, αμμωνία και νερό μπορεί να παραχθούν αμινοξέα, που είναι τα δομικά λιθάρια από τα οποία φτιάχνονται οι πρωτεΐνες, τα ένζυμα, κ.λπ. Συνεπώς, από απλές προβιοτικές ενώσεις μπορούμε να δούμε τον σχηματισμό *in vitro* σακχάρων, αμινοξέων, νουκλεοτιδίων (αδενίνης, κυτοσίνης)

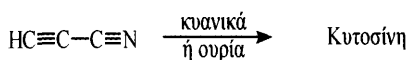


Συσκευή πειραμάτων προσομοίωσης των Miller και Urey (2)

κ.λπ. Ο προβιοτικός σχηματισμός αδενίνης για τους χημικούς δεν είναι τίποτε άλλο παρά η συμπύκνωση πέντε μορίων υδροκυανίου και αποτελεί την πρόδρομο ένωση για τον σχηματισμό του DNA.



Προβιοτικός σχηματισμός οργανικών ενώσεων (2,8)

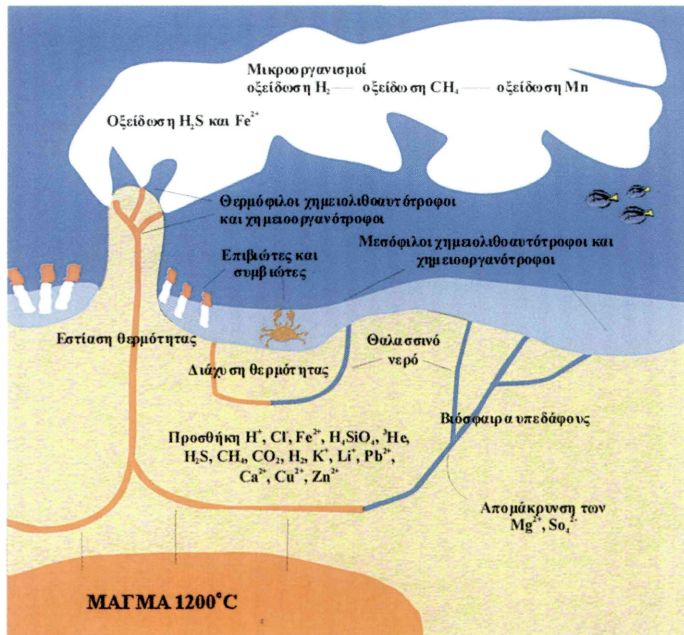


Κάτω από τις ίδιες συνθήκες, με απλές αντιδράσεις, μπορεί να σχηματιστεί αδενίνη, διαμινοπουρίνη, γουανίνη, πρόδρομες ενώσεις από τις οποίες φτιάχνεται το DNA. Ποιες ήταν όμως αυτές οι πηγές ενέργειας που βοήθησαν στον σχηματισμό των πρωταρχικών ενώσεων; Η ακτινοβολία που υπήρχε, οι μορφές ενέργειας εκείνης της εποχής: αστραπές, κοσμική ακτινοβολία, θερμότητα που παράγονταν από τα ηφαίστεια, κ.λπ. Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) φαίνεται να συμμετείχε με ένα τεράστιο ποσό και συνεπώς περιμένουμε η σύνθεση πολλών προβιοτικών αντιδράσεων να έχει βοηθηθεί από την UV ακτινοβολία, τη ραδιενέργεια και τα διάφορα φωσικά κύματα.

Γύρω στο 1960, γίνονται κι άλλα πειράματα προσομοίωσης σε υψηλές θερμοκρασίες, που προσπαθούν να μιμηθούν τις συνθήκες της προβιοτικής εποχής. Οι Σίντεϊ και Φοξ, για παράδειγμα, δημιουργούν τις πρωτεϊνοειδείς μικρόσφαιρες (9). Αμινοξέα που θερμάνθηκαν για πολλές μέρες (περίπου δέκα) σε υψηλή θερμοκρασία (350° C) φτιάχνουν στοιχειώδεις μορφές που προσομοιάζουν στα πρωταρχικά κύτταρα. Το ίδιο μπορεί να γίνει σήμερα *in vitro* με υπερήχους και λιποειδή: φτιάχνονται λιποσωμάτια που ονομάζονται κύτταρα φαντάσματα.

Μέχρι τώρα εξηγήθηκε ότι στην προβιοτική «σούπα» μπορούσαν να φτιαχτούν τα προβιοτικά μόρια.

Η δεύτερη θεωρία, η οποία προτάθηκε το 1992, υποστηρίζει ότι μπορεί να έχουμε ζωή σε υδροθερμες υπόγειες περιοχές (10). Δηλαδή στον πυθμένα της θάλασσας, περίπου σε 3.000 χιλιόμετρα βάθος, μπορεί να δούμε καπνοδόχους, δηλαδή οπές απ' όπου βγαίνει μαύρος ή άσπρος καπνός. Ο μαύρος καπνός είναι συνήθως υδρόθειο και θειούχο σίδηρο, μίγμα αναγωγικών ενώσεων· καθώς οι καπνοδόχοι ανεβαίνουν προς τα πάνω, φαίνεται πως σχηματίζονται μικροοργανισμοί. Τέτοιοι μικροοργανισμοί, δηλαδή νηματοειδή βακτήρια, σήμερα έχουν απομονωθεί από υπόγειες περιοχές με θερμοκρασίες πάνω από 300° C. Οι παλαιοντολόγοι έχουν υπολογίσει ότι τα νηματοειδή βακτηρίδια εμφανίστηκαν περίπου πριν 3,2 δισεκατομμύρια χρόνια. Άρα, η ύπαρξη αυτών των νηματοειδών βακτηριδίων, σε τέτοιες υπόγειες, υποθαλάσσιες περιοχές, δημιουργεί ζωή και με πειράματα προσομοίωσης έχει αποδειχθεί στο εργαστήριο ότι μπορούμε να πάρουμε αμινοξέα, πεπτίδια, διπεπτίδια,



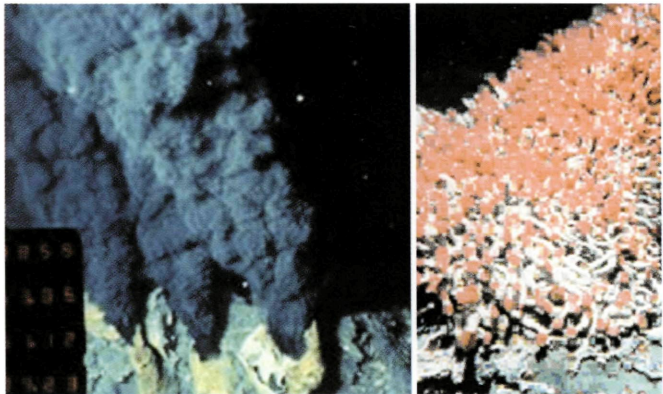
Διαγραμματική απεικόνιση διατομής βαθύβιου υδροθερμικού συστήματος που απεικονίζει τις πιθανές θέσεις για τις διαφορετικές μικροβιακές κοινότητες (2,11)

τριπεπίδια ή πολυπεπίδια. Μπορούμε επίσης να αναμίξουμε νουκλεοτίδια και να δούμε ότι τα νουκλεοτίδια κάτω από αυτές τις συνθήκες αντιδρούν μεταξύ τους.

Η τρίτη θεωρία (11) ουσιαστικά εξηγεί μερικές παρατηρήσεις που είχε κάνει ο Δαρβίνος. Όταν έκανε τις μελέτες του στα νησιά Γκαλαπάγκος, ο Δαρβίνος είχε παρατηρήσει ότι σε περιοχές όπου τα νερά ήταν ζεστά υπήρχαν υπερπληθυσμοί, δηλαδή περισσότερη ζωή. Σήμερα, χάρη σε πειράματα παλαιοντολόγων, βιοχημικών, βιολόγων σε τέτοιες σχισμές, με θερμοκρασία 1.200°C, ανέρχονται υλικά στην επιφάνεια της θάλασσας και όταν αναμειχθούν με το νερό δημιουργούνται θερμόφιλοι, αυτότροφοι μικροοργανισμοί. Συνεπώς, έχουμε μαρτυρίες και γι' αυτή τη θεωρία, ότι δηλαδή δημιουργείται ζωή δίπλα από σχισμές, δίπλα από υποθαλάσσιες ρωγμές.

Δεν θα γίνει αναφορά στη θεωρία της πανσπερμίας ούτε στην πιθανότητα να ήρθαν αστροναύτες από κάποιο άλλο πλανήτη και από τα απορρίμματά τους να προέκυψε η ζωή. Αυτά για τους βιοχημικούς είναι λιγότερο πιθανά και πολύ θεωρητικά. Τα βασικά μόρια που υπάρχουν σε ένα κύτταρο είναι το DNA, οι πρωτεΐνες με τις πολύπλοκες δομές, τα λιπίδια, οι υδατάνθρακες, τα RNA ή τα ριβόζυμα, τα RNA με καταλυτική δράση. Από τη μελέτη των μορίων αυτών, μπορούμε σήμερα να δούμε και να κάνουμε υποθέσεις για το πώς εξελίχθηκε το

A. Μαύρες καπνοδόχοι
B. Πωγωνοφόρα στη
βάση μιας μαύρης
καπνοδόχου ενός υδρό-
θερμου συστήματος
(2,10)



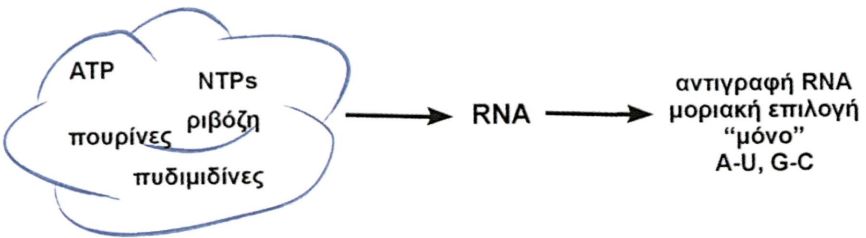
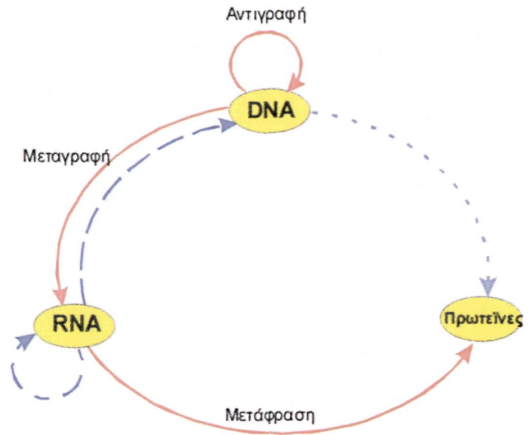
πρωταρχικό κύτταρο. Έχουμε προβιοτικές ενώσεις, το πρωτόπλασμα, και επομένως δεχόμαστε ότι κάπως έτσι αρχίζει ο πρωτομεταβολισμός: αρχίζουν να γίνονται αντιδράσεις μεταξύ αυτών των μορίων. Προκύπτει η μεμβράνη και η γενετική μηχανή, που για ορισμένους είναι τα μόρια του RNA ενώ για άλλους είναι τα μόρια του DNA. Με βάση τον σχηματισμό των μορίων αυτών, μπορούμε να δεχτούμε τον σχηματισμό του πρώτου κυτάρου –τον πρώτο προπάτορά μας. Στο πρώτο κύτταρο θεωρούμε ότι αφού έχουν συντεθεί τα μεγάλα μόρια του RNA ή DNA, αυτοαντιγράφονται και αρχίζουν να παράγονται αντίγραφα τους, μόρια που μπορούν να εγκλωβιστούν σε κυστίδια ή λιπίδια, ώστε να σχηματίσουν το πρώτο στοιχειώδες κύτταρο. Έχουμε μαρτυρίες ότι αυτά προϋπήρξαν πολλές χιλιάδες χρόνια πριν; Βεβαίως, καθώς από παλαιοντολογικές μελέτες βρίσκονται απολιθώματα 60-70 εκατομμυρίων ετών, για παράδειγμα στο Κολοράντο, σε βράχια απολιθώμα ψαριού, απολιθωμένο ψάρι στο Γκριν Ρίβερ των ΗΠΑ, κουνούπι εγκλωβισμένο μέσα σε κεκριμπάρι ή αμμωνίτη στη Χιλή.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΣΤΑΘΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Το 1953 αποτελεί σταθμό για την έρευνα σχετικά με την προέλευση της ζωής. Η συστηματική μελέτη για την προέλευση της ζωής ξεκινά το 1953, δηλαδή τη χρονιά που οι Γουάτσον και Κρικ αναλύουν τη δομή της διπλής έλικας DNA. Το 1953 με τις τρεις μεγάλες ανακαλύψεις –των πειραμάτων προσομοίωσης του Μίλερ, της αλληλούχησης πρωτεϊνών του Σάγκερ και της ανάλυσης της διπλής έλικας του DNA– θεωρείται πραγματικός σταθμός για τη ροή της πληροφορίας που σήμερα γνωρίζουμε ενώ μπορούμε επίσης να κάνουμε υποθέσεις και για το παρελθόν. Σήμερα γνωρίζουμε πολύ καλά σύμφωνα με το κεντρικό δόγμα της βιολογίας ότι το DNA μπορεί να αντιγράφεται, να μεταγράφεται σε RNA και να μεταφράζεται σε πρωτεΐνες.

Τόσο το DNA όσο και το RNA έχουν τρόπο να αντιγράφονται, να πολλαπλασιάζονται. Το ερώτημα είναι: Κατά την προβιοτική εποχή τι ξεκίνησε πρώτο; Υπήρχαν οι πρωτεΐνες, τα ένζυμα; Πού μπόρεσαν να καταλύσουν πολλές από

Το κεντρικό δόγμα της μοριακής γενετικής. Τα συνεχή βέλη δείχνουν τους τύπους της μεταφοράς της γενετικής πληροφορίας που συμβαίνει σε όλα τα κύτταρα. Οι ιδιαίτεροι τύποι μεταφοράς σημειώνονται με διακοπόμενα βέλη. Η κατευθυνόμενη σύνθεση πρωτεϊνών από το DNA είναι άγνωστη προς το παρόν.

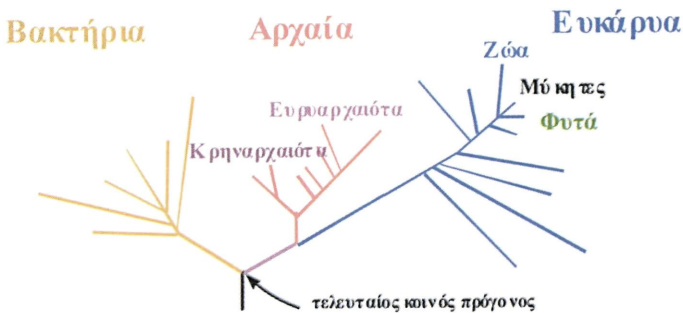


Σχηματική αναπαράσταση πιθανών σταδίων στον προ-RNA κόσμο (2)

τις πρωταρχικές αντιδράσεις; Γνωρίζουμε όμως ότι οι πρωτεΐνες δεν μπορούν να φτιάξουν RNA άρα η ροή των πληροφοριών δεν πηγαίνει προς αυτή την κατεύθυνση. Ωστόσο, οι θεωρίες υπάρχουν και μας λένε ότι πιθανώς να προϋπήρξε ο DNA ή ο RNA κόσμος ή πιθανόν να προϋπήρξε DNA και πρωτεΐνες ή RNA και πρωτεΐνες. Σήμερα, το πιο πιθανό φαίνεται να είναι τα μόρια του RNA, για πολλούς λόγους. Το RNA είναι πιο σταθερό, πολλαπλασιάζεται, παρουσιάζει και καταλυτικό χαρακτήρα ενώ μέσω της υδροξυλομάδας μπορεί να συμμετάσχει σε πάρα πολλές αντιδράσεις. Άρα από τις θεωρίες προκύπτει ότι ο κόσμος του RNA ήταν αυτός που πρωτοεμφανίστηκε και από τον κόσμο του RNA περάσαμε στον κόσμο του DNA και των πρωτεϊνών.

ΦΥΛΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΔΕΝΔΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΣΕ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΕΣ

Τα διάφορα φυλογενετικά δέντρα από τα οποία περιμένουμε να δούμε την εξέλιξη των περισσότερων από δέκα εκατομμύρια διαφόρων ειδών σήμερα περιλαμβάνει τρεις μόνο κατηγορίες. Παλαιότερα όλα τα είδη κατατάσσονταν σε πέντε κατηγορίες, αλλά το 1990 με πειράματα τα οποία έκανε ο Γουζ μελετώντας το RNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος ξεχώρισε ορισμένα χαρακτηριστικά και χώρισε το βασίλειο των ειδών που υπάρχουν γύρω μας σε τρεις μεγάλες επικράτειες: των βακτηρίων, των αρχαίων και των ευκάριων ή ευκαρυωτικών κυττάρων. Τα ευκάρια τα ξεχωρίζουμε επειδή έχουν διαφορετικό τρόπο να διπλασιάζουν το DNA τους, έχουν διαφορετικά ένζυμα, κ.λπ.



Το φυλογενετικό δένδρο όπως το πρότεινε ο Woese με αναπαράσταση μόνο κάποιων κύριων κλάδων (12)

ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

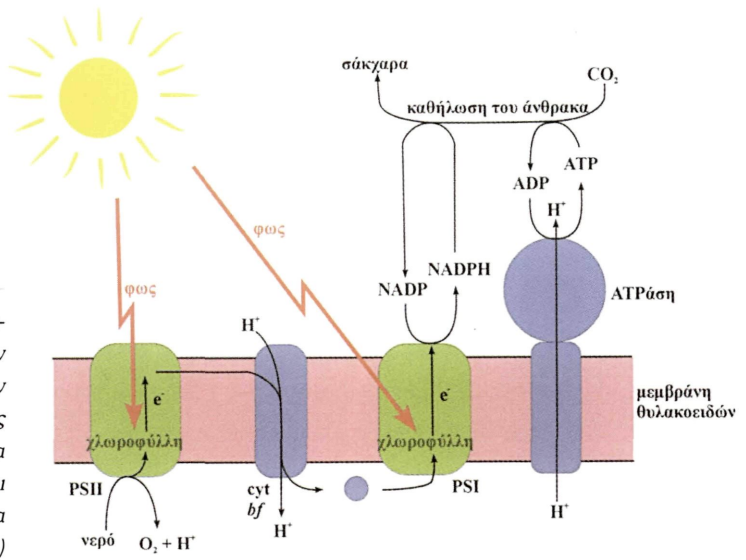
Τα κυανοβακτηρίδια, ενώ έχουν τα στοιχεία των βακτηρίων, ωστόσο κάνουν φωτοσύνθεση. Η αναγωγική ατμόσφαιρα, η οποία προϋπήρξε κάποτε, πριν από πολλά χρόνια θα πρέπει να μετατράπηκε σε οξειδωτική, όπως είναι σήμερα. Σήμερα ζούμε με βάση το οξυγόνο. Αν δείτε τη δομή ενός βακτηρίου είναι απλή, έχει μέσα το DNA του, τα ριβοσώματά του, το κυτταρικό τοίχωμα και μπορούμε να το συγκρίνουμε με τα αρχαία ή αρχαιοβακτηρίδια. Τα αρχαία, πάλι, είναι οργανισμοί οι οποίοι ζουν σε παράξενα μέρη. Πολλά

βακτήρια που μπορούν να επιζήσουν χωρίς οξυγόνο έχουν μηχανισμούς που μπορούν να φτιάξουν μεθάνιο και στη συνέχεια οξικό οξύ. Από το οξικό οξύ με μεταβολικές αντιδράσεις θα οδηγήσουν σε δομές που απαιτεί ένα τέτοιο πολύπλοκο κύτταρο.

Όμως έγινε μια καταπληκτική επανάσταση στο πέρασμα των 3,6 δισεκατομμυρίων χρόνων, από τότε δηλαδή που θεωρούμε ότι πρωτοεμφανίστηκε ο πρώτος πρόγονος, το πρώτο κύτταρο. Μπορούμε να δούμε πώς ξεκινάει ο μηχανισμός που ονομάζεται φωτοσύνθεση. Είναι ένας εκπληκτικός, επαναστατικός μηχανισμός, ο οποίος χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για να μπορέσει από μόρια νερού και διοξειδίου του άνθρακα να φτιάχνει γλυκόζη, που δίνει τελικά άμυλο, κυτταρίνη και απελευθερώνει στο περιβάλλον οξυγόνο O_2 .

Από τα πειράματα του Κέλβιν γνωρίζουμε ότι το οξυγόνο το οποίο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από μόρια νερού. Άρα υπάρχει μια ανακύκλωση, καθώς το οξυγόνο της θάλασσας, των ποταμών επανέρχεται και το αναπνέουμε για να μπορέσουμε να επιζήσουμε. Επομένως, ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης μάς δίδει τα φυτά, τα δέντρα, τα λουλούδια, τους καρπούς.

Σχηματική αναπαράσταση των φωτοσυνθετικών διαδικασιών όπως εμφανίζονται στα φυτά, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια (13)



Θα πρέπει να τονιστεί ότι η φύση για τον καθένα από εμάς φτιάχνει 70 kg κυτταρίνης ανά ημέρα. Τοποθετούμε τη φωτοσύνθεση μέσα στη δημιουργία του κόσμου και στην εξέλιξη, διότι με τα δύο φωτοσυστήματα με τα οποία προσλαμβάνεται η ηλιακή ακτινοβολία και με τα μόρια των χλωροφυλλών αποθηκεύεται χημική ενέργεια με μορφή ATP και παράγεται οξυγόνο, σάκχαρα και κυτταρίνη. Τα δύο φωτοσυνθετικά συστήματα απορροφούν την ακτινοβολία στα 700 και 680 nm με τη βοήθεια της χλωροφύλλης α και β. Το φάσμα απορρόφησης της χλωροφύλλης α και β, παρόλο που απορροφούν στο ιώδες και στο ερυθρό, διαφέρει αρκετά και το ερώτημα είναι κατά πόσον οι χλωροφύλλες που ξέρουμε σήμερα είναι αυτές που έκαναν φωτοσύνθεση εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Υπάρχουν σήμερα εκπληκτικές δημοσιεύσεις που μας δείχνουν την εξέλιξη του φωτοσυνθετικού μηχανισμού, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο προήλθαν πολλές χλωροφύλλες ή βακτηριοχλωροφύλλες.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΑΡΒΙΝΙΣΜΟΣ

Η ποικιλομορφία, που καταγράφηκε για πρώτη φορά από τον Λαμάρκ το 1801, περιγράφει πως οι οργανισμοί δεν είναι κάτι το αμετάβλητο, δεν είναι αμετάβλητα προϊόντα αλλά προϊόντα δράσης της δημιουργίας, τα οποία αναπτύχθηκαν σε διαφορετικές κατευθύνσεις ως προϊόντα πολλών μεταλλάξεων λόγω προσαρμογής τους στο περιβάλλον. Η περίφημη περίοδος του λαμαρκισμού κρατάει περίπου πενήντα χρόνια. Ο λαμαρκισμός εξηγεί πώς προκύπτουν τα είδη μας, βιολογικά, νομοτελειακά και κατευθυνόμενα. Τελεολογικά, προσαρμόζονται οι οργανισμοί στο περιβάλλον τους, αλλιώς δεν επιζούν (14).

Η δυνατότητα που έχουν τα κύτταρα να μεταβιβάζουν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά είναι κάτι το οποίο ξέρουμε ότι οφείλεται στο DNA. Μετά από πενήντα χρόνια, σχεδόν ταυτόχρονα, ο Ουάλας και ο Δαρβίνος –σε μια επιστημονική συνάντηση στη Βασιλική Ακαδημία του Λονδίνου το 1858– ανακάλυψαν την ίδια επιστημονική πληροφορία με μικρές διαφορές. Την εποχή του Δαρβίνου, ο Μέντελ είχε διατυπώσει τη δική του θεωρία για το πώς μεταβιβάζονται τα γονίδια, αλλά η θεωρία του Μέντελ πέρασε στα βιβλία μόλις στις αρχές του 19ου αιώνα.

Ο Ουάλας περιγράφει ότι η κινητήρια δύναμη είναι η διατήρηση του καταλληλότερου, δηλαδή η ποικιλομορφία οργανισμών σε ένα δεδομένο περιβάλλον. Ό,τι είναι πιο ευκολοπροσάρμοστο θα βρει τον κατάλληλο χώρο, το κατάλληλο περιβάλλον και ο οργανισμός αυτός θα μπορέσει να επιζήσει (14).

Ο Δαρβίνος, στο βιβλίο που συνέγραψε πολύ γρήγορα αφότου επέστρεψε ύστερα από δέκα χρόνια στα νησιά Γκαλαπάγκος, συνομίλησε με τον Ουάλας και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η προέλευση των ειδών είναι αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής των ειδών. Μόνο τα είδη που μπορούν να προσαρμόζονται μπορούν να επιβιώσουν και να εξελιχθούν. Την ίδια περίπου πληροφορία διατύπωσαν και οι δύο. Η προέλευση των ειδών έχει επομένως μέσα της τη φυσική επιλογή, αυτή η φυσική επιλογή έχει προσαρμοστικότητα και με βάση αυτή την ιδιότητα μπορούν να εξελισσονται. Η θεωρία του Δαρβίνου ήταν καλή, χωρίς λάθη όχι όμως πλήρης, όπως αποδεικνύεται με τις νέες ανακαλύψεις.

Στη συνθετική θεωρία, που είναι πλέον γνωστή και ως νεοδαρβινισμός, έχουμε τη φυσική επιλογή ως ουδέτερη εξέλιξη. Ο πατέρας αυτής της θεωρίας, η οποία δεν μπορεί να καταρριφθεί εύκολα, είναι ο Θεοδόσιος Ντομπζάνσκι, που υποστηρίζει ότι οι μεταλλάξεις διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο στη δημιουργία της γενετικής ποικιλομορφίας, αλλά η διατήρησή τους στον πληθυσμό κατευθύνεται και εξαρτάται αποκλειστικά από τη φυσική επιλογή (15). Με άλλα λόγια, συμφωνεί με αυτά που μας λέει ο Δαρβίνος, με τη μόνη διαφορά ότι τώρα γνωρίζει πως η πληροφορία μεταβιβάζεται από το DNA και αυτή η πληροφορία δεν παραμένει άθικτη. Μπορεί και επιδέχεται πάρα πολλών ειδών μεταλλάξεις. Συνεπώς, τα νέα είδη των οργανισμών, όπως φαίνεται, εμφανίζονται μέσω της αναπαραγωγικής απομόνωσης τμημάτων του αρχικού πληθυσμού, σε συνάρτηση με τη σταδιακή συσσώρευση νέων μεταλλάξεων. Κάνει λόγο για ύπαρξη νέων ειδών. Εμφανίζονται νέα είδη μέσω αναπαραγωγικής απομόνωσης. Αν για παράδειγμα από έναν πληθυσμό απομονώσουμε ένα είδος και το αφήσουμε να πολλαπλασιάζεται για πολλά χρόνια, θα υποστεί μεταλλάξεις και κάποια στιγμή τα είδη που θα προκύψουν δεν θα μπορούν μεταξύ τους να διασταυρωθούν (14). Επομένως ή θα πρέπει να πεθάνουν ή θα προκύψει ένα νέο είδος. Τα νέα είδη των οργανισμών εμφανίζονται μέσω ανα-

παραγωγικής απομόνωσης. Η εξέλιξη έχει θεωρηθεί μια δημιουργική διεργασία. Πράγματι η εξέλιξη απετέλεσε μια δημιουργική εργασία και μάλλον μη αντιστρέψιμη. Ό,τι έχει συμβεί δεν μπορούμε να το αντιστρέψουμε, δεν μπορούμε να γυρίσουμε πίσω. Είναι μια δημιουργική εργασία, σαν αυτές που μπορεί να κάνει ένας καλλιτέχνης: να σμιλέψει ένα πολύ ωραίο άγαλμα, να ζωγραφίσει ένα πολύ ωραίο πίνακα, να συνθέσει ένα συμφωνικό κομμάτι. Με βάση τα παραπάνω, η εξέλιξη για τους βιολόγους είναι μια δημιουργική διεργασία (15).

Πρόσφατα, με τη δημοσίευση της ανάλυσης του γονιδιόματος του χιμπατζή, δείχθηκε πως σε επίπεδο βάσεων στο DNA ο άνθρωπος διαφέρει από τον χιμπατζή μόνο κατά 1%, ενώ οι πρωτεΐνες μας διαφέρουν σε λιγότερο από δύο αμινοξέα (16). Εντυπωσιακές ήταν και οι διαφορές μας στις μη κωδικοποιούμενες περιοχές του DNA, στις οποίες είτε εισήλθαν είτε εξαλείφθηκαν αλληλουχίες βάσεων, με αποτέλεσμα η συνολική διαφορά του ανθρώπου από τον χιμπατζή να κυμαίνεται στο 4% περίπου.

Αν θέλαμε να κάνουμε μια μικρή αναφορά στην εξέλιξη των ειδών στο πέρασμα του χρόνου, θα ξεκινούσαμε από τον σχηματισμό της Γης πριν από



Ο χιμπατζής του οποίου αναλύθηκε το γονιδίωμα (16)

4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, θα πηγαίναμε στην υδρόσφαιρα, στην προβιοτική εποχή, στον προ-RNA κόσμο, και τότε θα εμφανιζόταν η πρώτη μορφή ζωής με συμμετοχή του DNA και των πρωτεϊνών (1,2). Θα πρέπει να δεχτούμε ότι όλα αυτά δεν έγιναν τυχαία. Εμείς μπορούμε να φανταστούμε ένα πρώτο ξεκίνημα που να δημιουργεί το Σύμπαν, σε κάποια στιγμή του παρελθόντος τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης. Υπάρχουμε γιατί έγινε το πρώτο ξεκίνημα. Κάτι ξεκίνησε και αυτό εξελίχθηκε μέχρι σήμερα. Άρα συνέβη μια σειρά από αλυσιδωτές αντιδράσεις που η ενέργειά τους –ή το τέλος τους– δεν μπορεί από κανέναν να προβλεφθεί. Ο άνθρωπος, μέσα σε αυτόν τον κύκλο, προβάλλει ως ένας ηθοποιός του σύμπαντος που εγωιστικά ψάχνει τη δική του προέλευση. Προσπαθούμε να δούμε από πού προήλθαμε, να δούμε τους εαυτούς μας μέσα σε αυτή τη ματαιοδοξία και να διαπιστώσουμε εγωιστικά ότι είμαστε κάτι το ασύγκριτο, κάτι το θαυμαστό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κυριακίδης Δ.Α., *Προέλευση της ζωής: ένα χημικό μυστήριο* Θεσσαλονίκη, ΖΗΤΗ, 2001.

Μπαμπάτσικος Χ. και Κυριακίδης Δ.Α., *Προέλευση της ζωής: Θεωρίες και πειραματικές προσεγγίσεις*, ΕΙΕ, 2006 (υπό εκτύπωση).

Snedden C., «The age of the Universe», *Nature*, 409(2001), 673-675.

Oparin A.I., *Proiskhozhdenie Zhizny [The Origin of Life]*, Moscow, Izd. Moskovskiy Rabochiy, 1924.

Haldane J.B.S., «The origin of life», *Rationalist Annual*, 1929, 148-169.

Lehninger A.L., *Biochemistry*, Wooth Publisher Inc., 1992.

Miller S.L., Urey H.C. and Oro J., «Origin of organic compounds on the primitive earth and in meteorites», *J Mol Evol*, 9(1976), 59-72.

Orgel L.E., «The origin of life-a review of facts and speculations», *Trends in Biochemical Sciences*, 23(1998), 491-495.

Fox S.W. and Dose K., *Molecular evolution and the origin of life*, San Francisco, Freeman, 1972.

National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), www.photolib.noaa.gov/nurp/images/big/nur04512.jpg

Reysenbach A.L. and Cady S.L., «Microbiology of ancient and modern hydrothermal systems», *TRENDS in Microbiology*, 19(2001),79-86.

Woese C.R., Kandler O. and Wheelis M.L., «Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya», *Proc Natl Acad Sci U S A*, 87(1990), 4576-4579.

<http://photoscience.la.asu.edu/photosyn/education/photointro.html>

Ροδάκης Γ.Κ., *Εισαγωγή στην εξελικτική βιολογία*, Αθήνα, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, 2001.

Dobzhaasky T., *Η γενετική της εξελικτικής πορείας*, (Μετάφραση Κ. Καστρίτου) Columbia Univ. Press, 1985.

Culotta E. and Pannisi E., «Breakthrough of the year: Evolution in action», *Science*, 310(2005), 1878-1879.

Η δαρβινική ερμηνεία της πολυπλοκότητας της ζωής

Ελευθέριος Ζούρος

*Καθηγητής Εξελικτικής Βιολογίας,
Πανεπιστήμιο Κρήτης*

*Στη βιολογία τίποτε δεν έχει νόημα
έξω από την έννοια της εξέλιξης.*

Th. Dobzhansky

*Μια άλλη ιδιομορφία της εξέλιξης είναι
ότι ο καθένας νομίζει ότι την καταλαβαίνει.*

J. Monod

*Μια άλλη ιδιομορφία της εξέλιξης είναι ότι γι' αυτήν ισχύουν τα εξής:
Δεν την καταλαβαίνω επομένως είναι λάθος.
Δεν μπορώ να τη δεχθώ επομένως είναι λάθος.*

Λ. Ζούρος



α βρείτε την παραπάνω ρήση του Dobzhansky ακόμα και στα πιο βασικά εγχειρίδια βιολογίας. Και πολύ σωστά. Δεν είναι μόνο ότι τίποτε δεν αποκτά νόημα στη βιολογία παρά μόνο κάτω από το φως της εξέλιξης. Μπορούμε να πάμε ένα βήμα πιο πέρα και να πούμε πως όλη η βιολογία και οι προεκτάσεις της (ιατρική, γεωπονία, κ.λπ.) παύουν να αποτελούν επιστήμες μόλις αποκοπούν από την έννοια της εξέλιξης. Και πως εάν η

αρχή της εξέλιξης δεν είχε ανακαλυφθεί από τους βιολόγους, θα είχε ανακαλυφθεί από τους χημικούς, τους γεωλόγους και τους αστροφυσικούς. Και, τέλος, πως όποιος θέλει να αμφισβητήσει το φαινόμενο της εξέλιξης θα πρέπει να αμφισβητήσει ολόκληρο το οικοδόμημα των φυσικών επιστημών.

Σήμερα που η εξέλιξη έχει εγκαθιδρυθεί στέρεα στον ενοποιημένο χώρο της επιστήμης, η δεύτερη ρήση, η ρήση του Monod, αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς μας προειδοποιεί σχετικά με τους κίνδυνους που περικλείει η απλοϊκή αποδοχή της ή η αβασάνιστη προέκτασή της σε χώρους ρευστούς και σε χρόνους ανώριμους. Οι ίδιοι οι εξελικτικοί βιολόγοι ομολογούν πως έχουν πολλά ακόμα να κατανοήσουν σχετικά με το αντικείμενό τους. Αν κάποιος βιαστούν να συμπεράνουν πως αυτό αποτελεί απόδειξη ότι η επιστήμη της εξέλιξης δεν πατά σε γερά θεμέλια, θα πρέπει να πουν το ίδιο και για τη φυσική, γιατί κι εκεί έχουμε παρόμοιες ομολογίες και μάλιστα από τους πιο φωτεινούς θεραπευτές της.¹

Η τρίτη ρήση συνάγεται από προσωπική εμπειρία, που νομίζω είναι εμπειρία όσων προσπάθησαν να περάσουν τη θεωρία της εξέλιξης στο ευρύτερο κοινό (ελπίζω να μου συγχωρεθεί η τόλμη να μιλήσω για όλους αυτούς, βάζοντας το όνομά μου κάτω από τα ονόματα του Dobzhansky και του Monod). Υπάρχουν πολλές θεωρίες για τον φυσικό κόσμο τις οποίες δεν καταλαβαίνουμε χωρίς ωστόσο να αμφιβάλλουμε για την ορθότητά τους. Μου αρέσει το παράδειγμα της αεροδυναμικής: πολλοί λίγοι την κατανοούν, κανείς μας δεν αμφιβάλλει για την ορθότητά της (το αποδεικνύουμε κάθε φορά που μπαίνουμε σε ένα αεροπλάνο). Η ινσουλίνη που χρησιμοποιεί σήμερα ένας διαβητικός παράγεται από την έκφραση του ανθρώπινου γονιδίου της ινσουλίνης σε βακτήρια, πράγμα που δεν εξηγείται εκτός αν δεχθούμε ότι ο γενετικός κώδικας είναι ίδιος στο άνθρωπο και στο βακτήριο, που με τη σειρά του δεν εξηγείται εκτός αν δεχθούμε ότι τα βακτήρια και ο άνθρωπος έχουν κοινή καταγωγή. Κι όμως, υπάρχουν αναμφισβήτητα διαβητικοί που αμφιβάλλουν για την εξέλιξη, χωρίς να συνειδητοποιούν ότι αυτό τους εξισώνει με όσους θα αμφισβητούσαν εν πάσει τη θεωρία της αεροδυναμικής. Υπάρχει βέβαια ερμηνεία γι' αυτόν τον παραλογισμό, η οποία όμως δεν είναι της στιγμής (η επισήμανση όμως του παράλογου είναι της

στιγμής και πάσης στιγμής). Υπάρχει, τέλος, και μια μερίδα ανθρώπων για τους οποίους η εξέλιξη είναι αξιωματικά λανθασμένη.

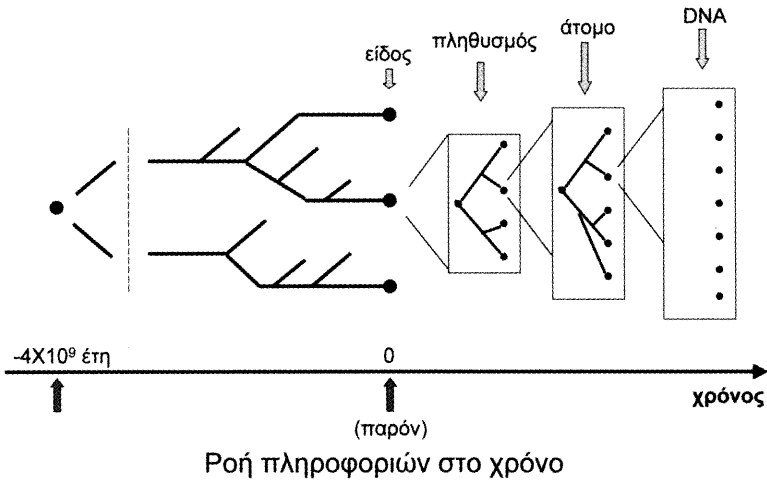
Σήμερα η εξέλιξη είναι ίσως η μοναδική περιοχί γνώσης με αυτό το ιδιαί-
 ζον χαρακτηριστικό, την αξιωματική απόρριψη (κάποτε ήταν και η κίνηση της
 Γης γύρω από τον Ήλιο). Και εδώ υπάρχει ερμηνεία του παράλογου, που επί-
 σης δεν είναι της στιγμής (ο προβληματισμός όμως γι' αυτή τη μοναδικότητα
 της εξέλιξης είναι, επίσης, της στιγμής και πάσης στιγμής). Θα πρέπει πάντως
 να σημειωθεί ότι η αξιωματική απόρριψη της εξέλιξης έχει τουλάχιστον το στοι-
 χείο της ειλικρίνειας σε αντιπαράθεση με τις ψευδοεπιστημονικές αμφισβητή-
 σεις της.²

ΜΙΑ ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΑΡΧΕΣ

Ωστόσο, οι βασικές αρχές της εξέλιξης μπορούν να κατανοηθούν σχετικά
 εύκολα. Η αναδρομή στην προέλευση της ζωής αποτελεί μια καλή αρχή. Κοινό
 σημείο όλων των υποθέσεων για το ξεκίνημα της ζωής είναι η ανάδυση ενός
 μακρομορίου με την ιδιότητα της αυτοαναπαραγωγής. Σήμερα έχουμε ισχυ-
 ρούς λόγους να θεωρούμε ότι το μόριο αυτό ήταν RNA, αλλά αυτό είναι δευτε-
 ρεύον σημείο. Το βασικό σημείο είναι ότι το μόριο αυτό –όποιο κι αν ήταν–
 είχε τη χημική ιδιότητα να παράγει αντίγραφά του, όχι αναγκαστικά πιστά αντί-
 γραφα αλλά πάντως αντίγραφα. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε ποια ήταν η
 πιθανότητα να προκύψει ένα τέτοιο μόριο κάτω από τις συνθήκες που επικρα-
 τούσαν στον πλανήτη μας πριν από 4 δισεκατομμύρια χρόνια. Μπορούμε να τη
 φέρουμε όσο θέλουμε πιο κοντά στο μηδέν, αλλά δεν μπορούμε να τη μηδενί-
 σουμε ολοσχερώς. Θα ισχυριστώ μάλιστα ότι η μόνη επιστημονική οδός που
 μας έχει μείνει για μια εκ θεμελίων απόρριψη της θεωρίας της εξέλιξης –λέγο-
 ντας «μας» εννοώ τους εξελικτικούς βιολόγους που, όπως συμβαίνει με όλους
 τους επιστήμονες, πάσχουν από ένα μαζοχιστικό πάθος να διαψεύσουν την
 επιστήμη τους– είναι να αποδείξουμε πως αυτή η πιθανότητα ήταν πράγματι
 μηδέν. Γιατί αν αυτή η πιθανότητα ήταν ανεπαίσθητα μεγαλύτερη του μηδενός,
 όλα τα άλλα δεν μπορούσαν παρά να ακολουθήσουν. Ας δούμε γιατί.

Από τη στιγμή που θα δεχθούμε ότι ένα μακρομόριο απέκτησε την ικανότητα του αυτοπολλαπλασιασμού του, το ερώτημα που αναγκαστικά ακολουθεί είναι: Ποια ήταν η πιθανότητα όλα τα αντίγραφα του να ήταν πανομοιότυπα με το πρωτότυπο; Η απάντηση είναι μηδέν. Είναι αναπόφευκτο ότι κάποια στιγμή θα προκύψει κάποιο λάθος στην αντιγραφή. Τα λάθη αυτά τα ονομάζουμε μεταλλαγές. Πρώτο συμπέρασμα: με δεδομένη την ικανότητα της αυτοαντιγραφής, η μεταλλαγή είναι μια βεβαιότητα. Η μεταλλαγή μάς οδηγεί τώρα σε έναν πληθυσμό μορίων που μοιάζουν αλλά δεν είναι πανομοιότυπα και που το καθένα τους έχει την ικανότητα της αναπαραγωγής. Και έρχεται έτσι το τρίτο ερώτημα: Ποια ήταν η πιθανότητα όλα αυτά τα μόρια να είχαν ακριβώς τον ίδιο βαθμό επιβίωσης και τον ίδιο ρυθμό αναπαραγωγής ανά μονάδα χρόνου; Ασφαλώς οι διαφορές στη χημική τους δομή, όσο λεπτεπίλεπτες και αν ήταν, δεν θα μπορούσαν παρά να μεταφραστούν σε διαφορετικές πιθανότητες επιβίωσης και αναπαραγωγής, δηλαδή σε διαφορετική αντιπροσώπευση στη διάσταση του χρόνου. Αυτή τη διαφοροποίηση των πιθανοτήτων αντιπροσώπευσης στον χρόνο την ονομάζουμε επιλογή. Δεύτερο συμπέρασμα: με δεδομένη τη μεταλλαγή, η επιλογή είναι μια βεβαιότητα. Γενικό συμπέρασμα: η αναπαραγωγή συνεπάγεται τη μεταλλαγή και την επιλογή. Αυτά τα τρία «-γη» αποτελούν τις απαραίτητες και ικανές συνθήκες για την εξέλιξη ενός συστήματος, εν προκειμένου της ζωής. Χαριτολογώντας, θα μπορούσαμε να πούμε πως το κύριο χαρακτηριστικό της ζωής είναι η άνισο-λάθο-αυτό-ανά-παραγωγή.

Μια τέτοια θεώρηση μάς επιτρέπει να δούμε τη ζωή σαν μια ροή πληροφοριών στον χρόνο (εικ. 1). Πρόκειται για πληροφορίες που έχουν την ικανότητα να πολλαπλασιάζονται, να μεταλλάσσονται και να διακλαδίζονται μέσω των δομών που δημιουργούν. Οι δομές αυτές (κύτταρα, οργανισμοί, κοινωνίες) αποτελούν εφήμερα κατασκευάσματα, αφού το μόνο που παραμένει στον χρόνο είναι η πληροφορία. Αυτό το ταξίδι της πληροφορίας στον χρόνο είναι η ιστορία της ζωής. Είναι μια ιστορία που κυριαρχείται από μεγάλους και μικρούς αριθμούς από τη μία, και από την αιτιοκρατία και την πιθανοκρατία από την άλλη (προτιμά τον όρο «πιθανοκρατία» από την «τυχαιοκρατία», γιατί στην καθημερινή χρήση το πιθανό και το τυχαίο έχουν διαφορετικό νόημα και εδώ μιλάμε για το πιθανό).



Εικ. 1. Παράσταση του φαινομένου της ζωής σαν ροή πληροφοριών στον χρόνο. Η αρχή της ροής συμπίπτει με τη στιγμή της γένεσης της ζωής, πριν από 3,7 και 4 δισεκατομμύρια χρόνια περίπου. Η ροή διακλαδίστηκε και τροποποιήθηκε κάτω από την επίδραση του ποικιλόμορφου και μεταβαλλόμενου φυσικού περιβάλλοντος και από τυχαία γεγονότα. Οι περισσότερες διακλαδώσεις έσβησαν στον χρόνο και μόνο ένα πολύ μικρό κομμάτι της τεράστιας πληροφορίας που προέκυψε από αυτή τη διαδικασία απαντά σήμερα στον πλανήτη μας. Την πληροφορία αυτή μπορούμε να τη μελετήσουμε σε διάφορα επίπεδα: ως είδη, άτομα, κύτταρα, γονίδια, DNA.

Ας πάρουμε πρώτα τους αριθμούς. Το κάθε ωάριο και το κάθε σπερματοζωάριο στον άνθρωπο είναι φορέας περίπου 3,5 δισεκατομμυρίων νουκλεοτιδίων, που είναι οι δομικοί λίθοι του DNA από το οποίο ως γνωστό αποτελούνται τα γονίδιά μας, η γενετική πληροφορία. Ξεκινούμε λοιπόν σαν ένα κύτταρο με 7 δισεκατομμύρια νουκλεοτιδία και ως πλήρως ανεπτυγμένοι οργανισμοί φθάνουμε στα μερικά τρισεκατομμύρια κύτταρα. Αυτό είναι συνέπεια της πρώτης ιδιότητας της ζωής, της ικανότητας της αυτοαντιγραφής ή –όπως την ονομάσαμε γενικότερα– της αναπαραγωγής. Φέρτε τώρα τον δεύτερο πρωταγωνιστή του δράματος στη σκηνή, τη μεταλλαγή. Ποια είναι η πιθανότητα ένα συγκεκριμένο νουκλεοτίδιο να υποστεί μεταλλαγή (από Α π.χ. να γίνει G, C ή T); Κάπου 1 στα 10 δισεκατομμύρια. Άρα σε κάθε πράξη αντιγραφής του DNA (που περίπου ισοδυναμεί με κάθε κυτταρική διαίρεση) ο αναμενόμενος αριθμός νουκλεοτιδικών αλλαγών είναι περίπου ένα ($7 \times 10^9 \times 10^{-10} = 0.7$). Όμως

ο αριθμός των κυτταρικών διαιρέσεων είναι μεγάλος στη ζωή ενός ατόμου και ασυγκρίτως μεγαλύτερος στη ζωή ενός είδους. Συνεπώς, δεν έχουμε έλλειψη μεταλλαγών, τουτέστιν γενετικής ποικιλότητας. Αντίθετα, έχουμε μια πλημμυρίδα γενετικής ποικιλομορφίας. Αυτό εξηγεί γιατί κανείς μας δεν είναι γενετικά ταυτόσημος με κάποιον άλλο και, εκτός αν τυχαίνει να έχετε ομοζυγωτικό αδελφό, μπορείτε δίκαια να υπερηφανεύεστε για το ότι είστε ένα μοναδικό δημιούργημα από απαρχής μέχρι συντέλειας του κόσμου (το πώς χρησιμοποιούμε αυτή τη μοναδικότητά μας είναι ένα άλλο θέμα). Δεν εξηγεί όμως γιατί το DNA μας είναι τόσο καταπληκτικά όμοιο με το DNA του χιμπατζή, πάνω από 99% όμοιο. Φέρτε στη σκηνή τον τρίτο πρωταγωνιστή, την επιλογή και δείτε την σαν τον μέγα διαφοροποιητή. Γιατί ένας από τους πιο γόνιμους τρόπους να εκλάβετε την επιλογή είναι σαν μια δύναμη που διαφοροποιεί (δεν θα κάνω το λάθος να πω «καθορίζει») τις πιθανότητες επιβίωσης στο μήκος του χρόνου μιας μορφής DNA έναντι μιας άλλης. Παρενθετικά, η έννοια της φυσικής επιλογής αποτελεί την πιο χτυπητή εφαρμογή της ρήσης του Monod. Όλοι νομίζουν πως την καταλαβαίνουν. Και όμως οι δυσκολίες που κρύβονται πίσω από αυτή τη φαινομενικά απλή έννοια,³ αν συνδυασθεί μάλιστα με την έννοια της προσαρμογής,⁴ εξακολουθούν να προβληματίζουν τους εξελικτικούς βιολόγους.

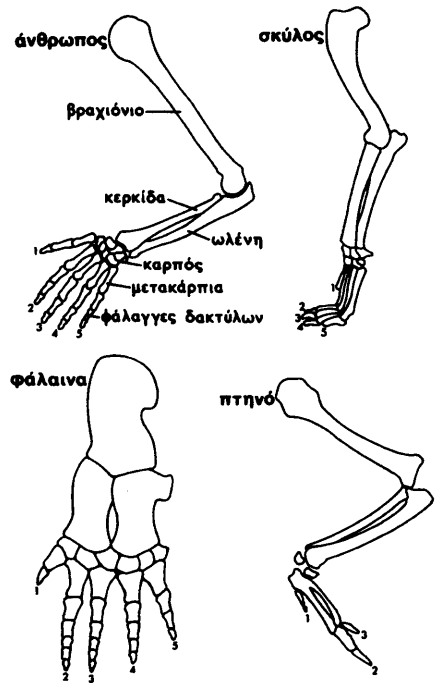
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθούμε στην έννοια της εγκαθίδρυσης μιας μορφής γενετικής πληροφορίας έναντι μιας άλλης εναλλακτικής πληροφορίας (στη γενετική αυτές τις μορφές τις ονομάζουμε «αλληλόμορφα» –είναι φανερό ότι όλα τα αλληλόμορφα ξεκίνησαν ως μεταλλαγές). Αν σε κάποιο πληθυσμό δεχθούμε ότι υπάρχουν τρεις εναλλακτικές μορφές, οι A_1 , A_2 και A_3 , με σχετικές συχνότητες 0.1, 0.4 και 0.5 αντίστοιχα, και αν σε κάποια μελλοντική στιγμή ο πληθυσμός φθάσει να αποτελείται μόνο από A_1 , τότε μιλούμε για εγκαθίδρυση του A_1 . Είμαστε τώρα έτοιμοι για ένα νοπτικό πείραμα. Ας εξετάσουμε έναν πληθυσμό του οποίου το εξελικτικά ενεργό μέγεθος είναι 500 άτομα (το αν αυτός ο όρος αποδίδει σωστά το «δραστικό» μέγεθος που χρησιμοποιούν οι εξισώσεις της εξελικτικής βιολογίας και το τι ακριβώς εννοούμε λέγοντας δραστικό μέγεθος αφορά αποκλειστικά τις έριδες μεταξύ

των ειδικών). Ας δεχθούμε επιπλέον ότι για κάθε 1.000 μεταλλαγές που γίνονται και έχουν κάποια πιθανότητα να εγκαθιδρυθούν (για μια μεταλλαγή που σκοτώνει το άτομο στο οποίο απαντά η πιθανότητα είναι μηδέν, επομένως την αγνοούμε) οι 500 προκαλούν μια μικρή μείωση της ικανότητας του ατόμου να επιβιώσει και να αναπαραχθεί, συγκεκριμένα μια μείωση (συντελεστής επιλογής) -0.001 έναντι του μέσου όρου του πληθυσμού. Τις μεταλλαγές αυτές θα τις ονομάσουμε μειονεκτικές. Δεχόμαστε ακόμα πως 499 μεταλλαγές είναι ουδέτερες (συντελεστής επιλογής μηδέν) και ότι μόνο μία είναι πλεονεκτική μεταλλαγή με συντελεστή επιλογής $+0.02$. Μια απλή εφαρμογή της θεωρίας της εξέλιξης⁵ μας δείχνει ότι για να έχουμε 100 εγκαθιδρύσεις απαιτούνται 160.000 μεταλλαγές (δηλαδή οι 159.900 θα καθούν από τον πληθυσμό), και από αυτές οι 72 θα είναι ουδέτερες, οι 25 μειονεκτικές και οι 3 πλεονεκτικές. Διαπιστώνουμε τώρα ότι ενώ οι μεταλλαγές είναι συχνές, οι εγκαθιδρύσεις είναι σπάνιες. Αυτό εξηγεί γιατί είμαστε τόσο όμοιοι γενετικά με τον χιμπατζή.

Ο κοινός πρόγονός μας έζησε μόλις πριν 5-7 εκατομμύρια χρόνια, χρόνος σύντομος για μεγάλες γενετικές διαφοροποιήσεις. Βλέπουμε ακόμα πως οι πλεονεκτικές εγκαθιδρύσεις είναι λίγες σχετικά με τις μειονεκτικές, για τον απλό λόγο ότι προκύπτουν με μικρότερο ρυθμό. Αυτό μας δίνει ένα μέτρο του πόσο πιο κάτω από τη δυνητικά άριστη κατάσταση βρισκόμαστε ανά πάσα στιγμή ως άτομα ή είδος. Γι' αυτό και ο καλύτερος τρόπος να εκτιμήσουμε σωστά την εξέλιξη είναι να εστιάσουμε στις ατελειές της (ο θαυμασμός είναι πάντα εύκολος και σχεδόν πάντα παραπλανητικός). Το αριθμητικό παράδειγμα που παραθέσαμε είναι αρκετά αποκαλυπτικό των περιορισμών μέσα στους οποίους κινείται η εξέλιξη. Τέλος, βλέπουμε ότι αποικρατία και πιθανοκρατία πάνε χέρι-χέρι. Στις 160.000 μεταλλαγές με τις οποίες ξεκινήσαμε, 160 αναμένονται να είναι πλεονεκτικές και 80.000 να είναι μειονεκτικές. Σε έναν απόλυτα αποικρατικό κόσμο, θα περιμέναμε όλες οι πλεονεκτικές μεταλλαγές να εγκαθιδρυθούν και όλες οι μειονεκτικές να εξαφανιστούν. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει. Μην βιαστείτε επομένως να θεοποιήσετε τη φυσική επιλογή (και την αποικρατία που αντιπροσωπεύει). Πρώτον, είναι χρονικά τυφλή: δεν μπορεί να δει πέρα από τη στιγμή της δράσης της. Δεύτερον, δεν μπορεί να απαλλαγεί από τις

τρικλοποδιές της πιθανοκρατίας για τον (αφοπλιστικά) απλό λόγο ότι αν βάλετε το χέρι σας σε έναν σάκο με 9 άσπρες και μία μαύρη μπίλια, υπάρχει πάντα η πιθανότητα να διαλέξετε τη μαύρη.

Μπορούμε να κλείσουμε αυτό το μέρος της εισαγωγής στον δαρβινισμό με μια αναφορά στη δεύτερη εικόνα που δείχνει την ανατομία των προσθίων άκρων τεσσάρων ειδών που μπορούμε –θα έλεγα «πρέπει»– να τα δούμε σαν κατασκευές για διαφορετικούς σκοπούς: η μία για χειρισμό εργαλείων, η άλλη για τρέξιμο, η επόμενη για κολύμβηση και η τελευταία για πτήση. Φαντασθείτε ότι ένας μηχανικός, ένας υπέρ-μηχανικός, αντιμετωπίζει το πρόβλημα του σχεδιασμού τεσσάρων οργάνων, το καθένα για τον αντίστοιχο σκοπό. Ερώτημα πρώτο: Θα καταλήξει στις κατασκευές της εικόνας ως τις πλέον κατάλληλες γι' αυτό που τις προορίζει; Η απάντηση είναι αρνητική. Το γνωρίζουμε αυτό από το γεγονός ότι έχουμε ήδη σχεδιάσει πολύ πιο αποτελεσματικότερα όργανα για τον χειρισμό οργάνων, το τρέξιμο, την κολύμβηση και την πτήση. Ερώτημα



Εικ. 2. Ο σκελετός των προσθίων άκρων του ανθρώπου, του σκύλου, της φάλαινας και του πουλιού. Οι ομοιότητες, οι διαφορές και οι ατελείες αποτελούν ισχυρές ενδείξεις για τη βιολογική εξέλιξη.

δεύτερο: Γιατί να είναι η βασική ανατομία ίδια και στα τέσσερα όργανα αφού εκτελούν πολύ διαφορετικές εργασίες; Στο ερώτημα αυτό απλώς δεν υπάρχει απάντηση. Σκεφθείτε τώρα την κοινή καταγωγή (σαν εξήγηση της ίδιας βασικής ανατομίας), την τροποποίηση κάτω από την επίδραση της φυσικής επιλογής (σαν εξήγηση των διαφορών στις λεπτομέρειες) και ακόμα τους περιορισμούς και τις εγγενείς αδυναμίες της εξελικτικής διαδικασίας (σαν εξήγηση του γιατί οι κατασκευές αυτές δεν είναι οι καλύτερες δυνατές) και ξαναμελετήστε την εικόνα. Αν η εικόνα 2 δεν σας πείθει για το φαινόμενο της εξέλιξης, το πιθανότερο είναι ότι τίποτε δεν θα σας πείσει. Μάλλον ανήκετε σε αυτούς που την απορρίπτουν αξιωματικά.

ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΔΑΡΒΙΝΙΣΜΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΜΕΣΟΚΟΣΜΟ ΣΤΟΝ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Αυτή ήταν σε γενικές γραμμές η εικόνα της εξελικτικής βιολογίας μέχρι τη δεκαετία του '60 του περασμένου αιώνα, όταν η μοριακή βιολογία άρχισε να καλπάζει με φρενήρη ρυθμό κι όταν η ανησυχία μας για την πληθυσμιακή έκρηξη και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος επέβαλαν την αναθεώρηση των γνώσεών μας για τη λειτουργία των βιοκοινωνιών και των οικοσυστημάτων. Η βιολογία άρχισε τότε να καταγίνεται πιο συστηματικά με τον μικρόκοσμο (βιομόρια) και τον μακρόκοσμό της (οικοσυστήματα), σε αντίθεση με τη μέχρι τότε έμφασή της στον μεσόκοσμο (οργανισμός). Οι πρώτες εντυπώσεις ήταν όχι απλώς ασυμβίβαστες με τον δαρβινισμό, αλλά σαφώς αντιδαρβινικές. Το φαινόμενο της βρεφοκτονίας, για παράδειγμα, έρχεται σε πλήρη αντίθεση με κάθε έννοια επιλογής «για το καλό του είδους». Το φαινόμενο είναι διαδεδομένο σε πολλά θηλαστικά, αλλά έχει μελετηθεί ιδιαίτερα σε πιθήκους του γένους *Presbytis* των οποίων οι πληθυσμοί αποτελούνται από χαρέμια –ομάδες από θηλυκά, ανώριμα αρσενικά και ένα κυρίαρχο αρσενικό που μονοπωλεί τις συζεύξεις– και από συμμορίες περιπλανώμενων αρσενικών.⁶ Όταν ένα από τα τελευταία αρσενικά εκτοπίσει το κυρίαρχο, επιδίδεται σε μια συστηματική θανάτωση όλων των βρεφών της ομάδας που δεν έχουν ακόμα απογαλακτισθεί (εικ.

Εικ. 3. Βρεφοκτονία σε πιθήκους. Δύο θηλυκά επιτίθενται κατά του αρσενικού που έχει αρπάξει ένα νήπιο και του έχει προκαλέσει σοβαρά τραύματα.



3). Η συμπεριφορά σχετίζεται απόλυτα με την ανάληψη του χαρεμιού, αφού μετά από λίγους μήνες το ίδιο αρσενικό γίνεται ο προστάτης (με κίνδυνο της ζωής του) όλης της ομάδας, συμπεριλαμβανομένων και των νεογέννητων.

Πώς αυτό μπορεί να εξηγηθεί σύμφωνα με την κοινή αντίληψη ότι τα άτομα «αποβλέπουν στο καλό του είδους»; Επίσης, σε πλήρη αντίθεση με κάθε έννοια δαρβινικής επιλογής έρχεται και η σπειρότητα της μέλισσας και η αυτοθυσία της για την προστασία της κυψέλης, αφού ο δαρβινισμός συνήθως εκλαμβάνεται σαν «αγώνας περί υπάρξεως» του ατόμου και, κατ' επέκταση, της διαιώνισής του μέσω των απογόνων του. Με μια λέξη, πώς θα μπορούσε ο δαρβινισμός να ερμηνεύσει ταυτόχρονα τα «καλά» και τα «κακά» ζώα; Σαν να μην έφτανε αυτό το αδιέξοδο, η μοριακή βιολογία μάς έφερε μπροστά σε «καλά» και «κακά» μόρια. Τα πρώτα, δηλαδή τα χρήσιμα για τον οργανισμό μόρια, μας ήταν γνωστά. Μάλιστα νομίζαμε ότι κάθε μόριο που φτιάχνει ο οργανισμός μας του είναι εξ ορισμού χρήσιμο. Αλλά ήρθαμε αντιμέτωποι με τα μεταθετά στοιχεία –για να αναφέρουμε ένα παράδειγμα μοριακού παράδοξου– μικρά κομμάτια του DNA μας που φαίνεται να μην έχουν άλλο ρόλο από το να εμφυτεύουν αντίγραφα τους εδώ κι εκεί μέσα στο γονιδίωμα, καθιστώντας έτσι μη λειτουργικά απαραίτητα γονίδια και προκαλώντας τον θάνατο του κυττάρου και του οργανισμού.

Ήταν σαν να είχε η βιολογία, σε αναλογία με τη φυσική, μια θεωρία για την κίνηση των σωμάτων αλλά όχι για την κίνηση των ηλεκτρονίων ή των πλανητών.

Έπρεπε να αναζητήσει μια ενοποιητική αρχή και τη βρήκε στον... δαρβινισμό. Τα ονόματα που συνήθως συνδέουμε με αυτή την επέκταση του δαρβινισμού από τα μόρια στις βιοκοινωνίες είναι των W. Hamilton, E.O. Wilson, R. Trivers και R. Dawkins. Για μια κατ' ανάγκη σύντομη αναδρομή, το καλύτερο σημείο εκκίνησης θα ήταν ίσως το εγωιστικό γονίδιο, μια έννοια της οποίας την επιτυχημένη εκλαΐκευση οφείλουμε σε μεγάλο βαθμό στον Dawkins, που στο πασίγνωστο ομώνυμο βιβλίο του μας προκαλεί να δούμε όλες τις δομές της ζωής –τα κύτταρα, τους οργανισμούς, τις κοινωνίες και ό,τι αυτές περικλείουν– σαν εφήμερα κατασκευάσματα των γονιδίων.⁷ Γιατί, όπως ήδη έχουμε σημειώσει, με το να μεταλλάσσονται και με το να προσφέρονται με πολλαπλές μορφές στις περιβαλλοντικές επιδράσεις, τα γονίδια καταφέρνουν να περάσουν στις επόμενες γενιές εκείνες ακριβώς τις μορφές τους που εγκλείουν τις οδηγίες για τα πιο «επιτυχημένα» εφήμερα κατασκευάσματά τους, αυτά που τους εξασφαλίζουν μεγαλύτερη αντιπροσώπευση στην επόμενη γενιά.

Μια τέτοια θεώρηση οδηγεί κατ' ευθείαν στο προκλητικό ερώτημα του Dawkins: Τι γαρ οφελήσει άνθρωπον εάν τον κόσμο όλον κερδίσει τα δε γονίδια αυτού ζημιωθεί; Τέτοια ισχυρές και ηχηρές ρήσεις έχουν τη δύναμη να απελευθερώνουν τη σκέψη μας και να τη μεταφέρουν σε χώρους με νέα κέντρα έλξης, αλλά μέσα από τη μανία τους να εξηγήσουν τα πάντα διαμιγνύονται να εκφυλισθούν σε καρικατούρες. Εν προκειμένω, η έννοια της εγωιστικότητας του γονιδίου καταντά μια αληθοφάνεια, αν με αυτή εννοούμε τον φαινότυπο του (μορφολογία, φυσιολογία, συμπεριφορά), δηλαδή το πώς εμπίπτει στις αισθήσεις μας η μακριά αλυσίδα των φυσικοχημικών αντιδράσεων που εκπορεύονται από το γονίδιο και οδηγούν στον πολλαπλασιασμό του. Υπό μια έννοια, πολλαπλασιασμός και εγωιστικότητα γίνονται έννοιες ταυτόσημες.

Η έμμεση ή οριζόντια –σε αντιδιαστολή με την κάθετη– μεταφορά των γονιδίων μάς βγάζει από αυτή την ταυτολογία.⁸ Μπορείτε να διαβιβάσετε τα γονιδιά σας στην επόμενη γενιά με δύο τρόπους: καθέτως μέσω των παιδιών σας ή οριζοντίως μέσω των παιδιών των συγγενών σας. Αν ο συγγενής είναι αδελφός σας, το παιδί του (το ανίψι σας) είναι φορέας του $\frac{1}{4}$ των γονιδίων σας, ενώ το παιδί σας είναι φορέας του $\frac{1}{2}$. Σαν μηχανή μεταφοράς των γονιδίων

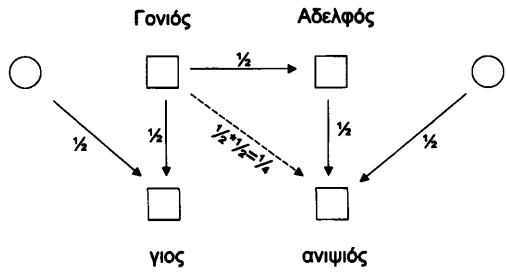
σας στον χρόνο, το παιδί σας είναι, επομένως, δυο φορές πιο αποτελεσματικό από το ανήφι σας, αλλά τρία ανήφια αξίζουν πιο πολύ από ένα παιδί σας. Κάντε τώρα το εξής νοητικό πείραμα: Φαντασθείτε ένα γονίδιο που επηρεάζει μια ενστικτώδη συμπεριφορά με δύο εναλλακτικές καταστάσεις, την εγωιστική και την αλtruιστική. Η εγωιστική επιτάσσει δύο αδέρφια να χωρίσουν και να δημιουργήσουν ξεχωριστές οικογένειες. Η εγωιστική επιτάσσει τον νεώτερο αδελφό να μείνει με την οικογένεια του μεγαλύτερου αδελφού και να βοηθήσει στην ανατροφή των ανιψιών του. Ποια συμπεριφορά θα επικρατήσει; Σε ένα ευνοϊκό περιβάλλον με αφθονία τροφής και χωρίς κινδύνους για τα ανήλικα, ο ένας αδελφός δεν έχει την ανάγκη του άλλου. Η αλtruιστική συμπεριφορά θα αποτελούσε εσφαλμένη στρατηγική μεταφοράς γονιδίων στον χρόνο, αφού τα δύο αδέρφια μαζί θα μπορούσαν να αποκτήσουν περισσότερους απογόνους έχοντας ο καθένας τη δική του οικογένεια. Αντίθετα, σε ένα δυσμενές περιβάλλον είναι πιθανόν και τα δύο αδέρφια να μείνουν τελικά χωρίς απογόνους στην προσπάθειά τους να θρέψουν και να προστατεύσουν τα παιδιά τους, χωριστά ο καθένας, ενώ θα κατάφερναν να αναθρέψουν κάποιους απογόνους αν έμεναν μαζί. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον η αλtruιστική συμπεριφορά θα ήταν η σωστή στρατηγική. Το συμπέρασμα είναι ότι δεν υπάρχουν εγωιστικά ή αλtruιστικά γονίδια αλλά μόνο εγωιστικές ή αλtruιστικές συμπεριφορές. Υπό μια έννοια μπορούμε να πούμε ότι το γονίδιο είναι πάντοτε εγωιστικό και πως πίσω από κάθε αλtruιστική πράξη (όπως η «απόφαση» του μικρότερου αδελφού να μην αποκτήσει δικά του παιδιά προκειμένου να βοηθήσει στην ανατροφή των ανιψιών του) κρύβεται ένα εγωιστικό γονίδιο. Αλλά αυτό δεν λέει τίποτε περισσότερο από το αν λέγαμε ότι πίσω από κάθε χρώμα ματιών κρύβεται η εξυπηρέτηση της όρασης.

Είμαστε τώρα έτοιμοι να επιστρέψουμε στον αιμοβόρο πίθηκο και στην ηρωική μέλισσα. Για τον νέο κυρίαρχο αρσενικό πίθηκο κάθε ενστικτώδης (τουτέστιν γενετικά προδιαγεγραμμένη) ενέργεια που θα συντελούσε στο να συζευχθεί με όσο το δυνατό περισσότερα θηλυκά πριν εκδιωχθεί –με τη σειρά του– από την ομάδα θα αποτελούσε ευνοϊκή για τη φυσική επιλογή συμπεριφορά. Όμως μπότερες που ακόμα θηλάζουν τα μικρά τους δεν είναι ορμονικά

επιδεκτικές σε σύζευξη. Ένας τρόπος για να έλθουν σε οίστρο είναι η διακοπή του θηλασμού, εξ ου και η εξήλιξη της συμπεριφοράς της βρεφοκτονίας. Για τη μέλισσα η εξήλιξη είναι λίγο πιο σύνθετη αλλά πιο αποκαλυπτική. Μια θηλυκή μέλισσα (βασίλισσα ή εργάτρια) προκύπτει από την ένωση ενός ωαρίου (της βασίλισσας) με ένα σπέρμα (του κηφήνα), όπως συμβαίνει με τα περισσότερα είδη. Όμως η αρσενική μέλισσα (ο κηφήνας) προκύπτει από ένα μη γονιμοποιημένο ωάριο. Το αποτέλεσμα αυτής της ιδιορρυθμίας (τη λέμε απλοδιπλοειδία) είναι ότι οι εργάτριες είναι μεταξύ τους συγγενείς κατά $3/4$, δηλαδή τρεις στις τέσσερις έχουν το ίδιο αλληλόμορφο (γονίδιο) για κάθε γενετικό τόπο (για την ακρίβεια, το ποσοστό αυτό ισχύει ανάμεσα σε δύο εργάτριες που προέρχονται από σπερματοζώαρια του ίδιου κηφήνα). Το αντίστοιχο ποσοστό για τα αδέρφια σε ένα είδος με φυλετική αναπαραγωγή (όπως ο άνθρωπος) είναι $1/2$ και σε μια ανθρώπινη κοινωνία για δύο τυχαία άτομα είναι πολύ κοντά στο μηδέν. Διαπιστώνουμε ότι αν μια εργάτρια μετατρεπόταν, μέσω μεταλλαγής, σε γόνιμο θηλυκό άτομο και υιοθετούσε τον συνηθισμένο τρόπο εγγενούς αναπαραγωγής (διπλοειδία) που συναντάμε σε άλλα έντομα, θα ανέτρεφε κόρες με τις οποίες θα είχε συγγένεια $1/2$ αντί για αδελφές με τις οποίες έχει (κάτω από το σύστημα της απλοδιπλοειδίας) συγγένεια $3/4$. Μια τέτοια μεταλλαγή θα βρισκόταν σε μειονεκτική θέση έναντι της αρχικής κατάστασης και δεν θα εξαπλωνόταν στον πληθυσμό. Συμπεραίνουμε ότι πίσω και από τις δύο αυτές ακραίες και αντίθετες συμπεριφορές κρύβονται αμετακίνητες βιολογικές αναγκαιότητες: η ορμονική αιτιότητα του γενετήσιου κύκλου του θηλυκού πίθηκου και η απλοδιπλοειδία της μέλισσας.

Έχοντας εξηγήσει τις ακραίες περιπτώσεις της βρεφοκτονίας και της κοινωνίας της μέλισσας, μπορούμε τώρα να δούμε ένα σύνολο συμπεριφορών σαν ενδιάμεσες καταστάσεις. Θα έχει ήδη γίνει αντιληπτό ότι η σχέση-κλειδί είναι η γενετική συγγένεια (το ποσοστό των κοινών γονιδίων) μεταξύ των δύο ατόμων που εμπλέκονται σε μία συμπεριφορά: του ευεργέτη (του αδελφού που ανατρέφει το ανίψι του) και του ευεργετούμενου (το ανίψι). Ο πρώτος υφίσταται μια «ζημία» που θα μπορούσαμε να τη μετρήσουμε σαν δυνητική αναπαραγωγή (που δεν έγινε) και ο άλλος δέχεται ένα «κέρδος» που μπορούσαμε να

Κάθετη και οριζόντια μεταφορά γονιδίου



Εικ. 4. Κάθετη και οριζόντια μεταφορά γονιδίων. Ένας γιος έχει τα μισά γονίδια του πατέρα του. Η πιθανότητα δύο πλήρη αδέρφια (με κοινούς και τους δύο γονείς) να έχουν το ίδιο γονίδιο είναι 1/2. Άρα η πιθανότητα ένας θείος και ένας ανιψιός να έχουν το ίδιο γονίδιο είναι 1/4 κυανοβακτήρια (13)

Δύο ανιψιοί ισοδυναμούν με ένα γιο

$$K r > Z$$

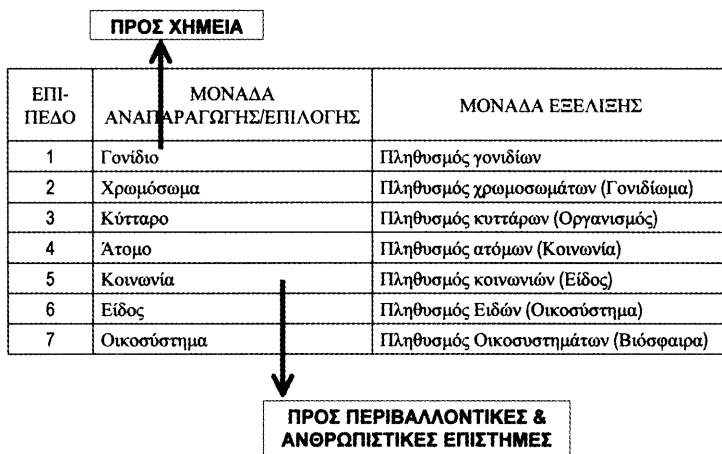
$$K r < Z$$

το μετρήσουμε σαν αναπαραγωγή (που θα γίνει). Αν συμβολίσουμε το πρώτο σαν Z, το δεύτερο σαν K και αν με r συμβολίσουμε τη γενετική συγγένεια, τότε προκύπτει εύκολα ότι κάτω από συνθήκες στις οποίες $K r < Z$ θα επικρατήσει η εγωιστική συμπεριφορά, ενώ κάτω από συνθήκες όπου $K r > Z$ θα επικρατήσει η αλtruιστική (εικ. 4). Η σχέση αυτή αποτελεί, θα λέγαμε, το πυθαγόρειο θεώρημα μιας σχετικά νέας επιστήμης, της κοινωνιοβιολογίας.⁹ Οι επιτυχίες της κοινωνιοβιολογίας στην ερμηνεία των κοινωνικών φαινομένων που απαντούμε στα ζώα (αλλά ακόμα και σε άλλους οργανισμούς) είναι αξιοσημείωτες. Το εντυπωσιακό αποτέλεσμά της, όταν κλήθηκε να εξηγήσει φαινόμενα που συναντούμε στις ανθρώπινες κοινωνίες, ήταν να φέρει στην επιφάνεια τον υπέρποντα διχασμό μεταξύ εκείνων –βιολόγων, κοινωνιολόγων, ψυχολόγων, κ.ο.κ.– που θέλουν τον βιολογικό κόσμο χωρισμένο στα δύο (με τον άνθρωπο να καταλαμβάνει μόνος το ένα μέρος και όλες τις άλλες μορφές της ζωής το άλλο μέρος) και αυτών που προτιμούν να βλέπουν τη ζωή σαν ένα οργανικό και αδιάσπαστο σύνολο όπου οι οποιοσδήποτε διαφορές είναι διαφορές ποσότητας και όχι ποιότητας. Ο διχασμός είναι σημαντικός και η κατανόησή του απαιτεί την επιστροφή μας στην ενότητα της ζωής.

Η ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ

Σημειώσαμε πως το θεμελιακό γεγονός στην προέλευση της ζωής, θεμελιακό για τη ζωή γενικά αλλά και για τον πλανήτη μας –μερικοί θα έλεγαν και για το σύμπαν ολόκληρο, αλλά αυτό θα έλεγα πως αποτελεί μια συμπαντική ύβρη–, ήταν η εμφάνιση ενός μορίου με την ικανότητα της αναπαραγωγής. Θα το εξισώσουμε με το «γονίδιο». Το γονίδιο έχει, όπως σημειώσαμε, τις ιδιότητες της αναπαραγωγής, της μεταλλαγής και (σαν πληθυσμός γονιδίων) της επιλογής. Σήμερα, τα γονίδια απαντούν σε ομάδες, τις οποίες θα μπορούσαμε να ονομάσουμε χρωμοσώματα, τα χρωμοσώματα απαντούν σε κύτταρα, τα κύτταρα σε οργανισμούς, οι οργανισμοί σε κοινωνίες, οι κοινωνίες σε είδη, τα είδη σε οικοσυστήματα, για να φθάσουμε στη βίοςφαιρα¹⁰ (εικ. 5). Η ιεραρχία αυτή είναι κάτι παραπάνω από απλή αναπαράσταση της συνθετικότητας της ζωής. Αρκεί να δούμε ότι, όπως τα γονίδια, έτσι και τα χρωμοσώματα, τα κύτταρα, οι

Η ιεραρχική οργάνωση της ζωής



Εικ. 5. Η ιεραρχική οργάνωση της ζωής. Κάθε επίπεδο έχει τις ιδιότητες της αναπαραγωγής, της μεταλλαγής και της επιλογής. Το πέρασμα από ένα κατώτερο σε ένα ανώτερο επίπεδο απαιτεί την ελαχιστοποίηση των διαφορών της γενετικής πληροφορίας ή του ρυθμού πολλαπλασιασμού των μονάδων από τις οποίες αποτελείται.

οργανισμοί, οι κοινωνίες και τα είδη έχουν την τριπλή ιδιότητα της αναπαραγωγής, μεταλλαγής και επιλογής. Μια πιο προσεκτική εστίαση στο πώς συνδέεται το ένα επίπεδο με το άλλο δείχνει ότι το πέρασμα από ένα χαμηλότερο ($v-1$) σε ένα ανώτερο (v) επίπεδο συνδέεται με μια ελαχιστοποίηση των διαφορών μεταξύ των μονάδων-μελών του κατωτέρου επιπέδου. Οι διαφορές αυτές έχουν να κάνουν με το ποιόν της γενετικής πληροφορίας ($\Delta\gamma$) ή τον ρυθμό αναπαραγωγής ($\Delta\alpha$) των μονάδων-μελών. Σε έναν πληθυσμό γονιδίων θα μπορούσε το κάθε γονίδιο να είναι διαφορετικό από το άλλο ($\Delta\gamma > 0$) και να πολλαπλασιάζεται με διαφορετικό ρυθμό ($\Delta\alpha > 0$). Σε έναν τέτοιο πληθυσμό το γινόμενο των δύο διαφορών είναι μεγαλύτερο του μηδενός ($\Delta\gamma \times \Delta\alpha > 0$). Από τέτοιους πληθυσμούς ελευθέρων και ανταγωνιζομένων μορίων φανταζόμαστε ότι ξεκίνησε το φαινόμενο της ζωής. Σήμερα, όμως, σε ένα χρωμόσωμα τα γονίδια παραμένουν μεν διαφορετικά ($\Delta\gamma > 0$), αλλά πολλαπλασιάζονται με την ίδια ταχύτητα ($\Delta\alpha = 0$), επομένως το γινόμενο είναι μηδέν. Αν τώρα εξετάσουμε έναν πολυκύτταρο οργανισμό, θα διαπιστώσουμε ότι τα κύτταρα από τα οποία αποτελείται πολλαπλασιάζονται με διαφορετικό ρυθμό ($\Delta\alpha > 0$), όμως τα κύτταρα εμπεριέχουν εν δυνάμει την ίδια γενετική πληροφορία ($\Delta\gamma = 0$), επομένως πάλι το γινόμενο είναι μηδέν.

Η συσχέτιση των $\Delta\alpha$ και $\Delta\gamma$ με την ιεραρχική οργάνωση της ζωής μας οδηγεί σε τέσσερις σημαντικές διαπιστώσεις. Η πρώτη είναι ότι το πέρασμα από το ένα επίπεδο στο επόμενο συνοδεύεται από την ελαχιστοποίηση της μιας ή της άλλης ποσότητας. Η δεύτερη είναι ότι άπαξ και επιτευχθεί μια μορφή οργάνωσης, η περαιτέρω διατήρησή της εξαρτάται από το κατά πόσον ισχύει μία από τις εξής συνθήκες: τα μέρη της κατώτερης οργάνωσης από τα οποία αποτελείται μπορεί να ενέχουν διαφορετική γενετική πληροφορία αλλά τότε θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται με τον ίδιο ρυθμό, ή τα μέρη της κατώτερης οργάνωσης μπορεί να πολλαπλασιάζονται με διαφορετικό ρυθμό αλλά τότε θα πρέπει να περιέχουν την ίδια γενετική πληροφορία. Αν ούτε η μία ούτε η άλλη συνθήκη ισχύει, η οργάνωση θα καταρρεύσει στο κατώτερο επίπεδο. Η τρίτη διαπίστωση είναι ότι τώρα είμαστε σε θέση να αντικαταστήσουμε τη διαζευκτική έννοια του εγωιστικού-αλτρουιστικού γονιδίου με την έννοια του υποβιβαστικού-προβιβα-

σικού γονιδίου και να αποφύγουμε έτσι την ταυτολογία μεταξύ πολλαπλασιασμού και εγωιστικότητας του γονιδίου. Υποβιβαστικό είναι ένα γονίδιο όταν με την πληροφορία που αποκτά μέσω της μεταλλαγής προκαλεί την αποδιοργάνωση του φορέα του από ένα ανώτερο σε ένα κατώτερο επίπεδο οργάνωσης. Ένα μεταθετό στοιχείο, ένα Β χρωμόσωμα, ένα καρκινικό κύτταρο ή μια νυκτηρίδα-βάμπιρος που αρνείται να ταΐσει μια πεινασμένη νυκτηρίδα της ίδιας σπηλιάς αποτελούν καταστάσεις-φορείς υποβιβαστικών γονιδίων (δεχόμαστε πάντα ότι αυτή η μετάπτωση από την «ανώτερη» στην «κατώτερη» συμπεριφορά οφείλεται σε γενετική αλλαγή) γιατί υπονομεύουν το συμφέρον του χρωμοσώματος υπέρ του γονιδίου, του κυττάρου υπέρ του χρωμοσώματος, του οργανισμού υπέρ του κυττάρου, της ομάδας υπέρ του οργανισμού.¹¹ Τέταρτο, ίσως και σπουδαιότερο, μπορούμε τώρα να δούμε γιατί η ιεραρχική οργάνωση της ζωής έχει σταματήσει στο επίπεδο του οργανισμού για τα περισσότερα είδη. Τα περισσότερα είδη αποτελούνται από άτομα με μεγάλες γενετικές διαφορές ($\Delta\gamma > 0$) και με διαφορετικούς ρυθμούς αναπαραγωγής ($\Delta\alpha > 0$), άρα δεν ισχύουν οι συνθήκες για τη μετάβαση στο ανώτερο επίπεδο οργάνωσης. Υπάρχουν μόνο κάποιες δειλές εξαιρέσεις που επιβεβαιώνουν τον κανόνα του γινομένου των $\Delta\gamma$ και $\Delta\alpha$. Ήδη αναφερθήκαμε στη μέλισσα. Εκεί παρατηρήσαμε ότι οι μέλισσες έχουν μεγάλη γενετική συγγένεια μεταξύ τους, δηλαδή το $\Delta\gamma$ (που, όπως είπαμε, μετρά τις γενετικές διαφορές μεταξύ ατόμων) είναι πολύ μικρό, εξ ου και η αναβάθμιση της μέλισσας από το επίπεδο του μονήρους ατόμου στο επίπεδο της κοινωνίας. Το ίδιο ισχύει σε μικρότερο βαθμό σχεδόν σε όλες τις κοινωνίες ζώων με μορφές αλτρουιστικής συμπεριφοράς, όπως ομάδες λύκων και πουλιών. Στις περιπτώσεις αυτές η γενετική συγγένεια μεταξύ των μελών της ομάδας είναι υψηλή, κυρίως λόγω κοινής καταγωγής από μικρό αριθμό προγόνων.

Τι μπορούμε να πούμε για τον άνθρωπο; Για να κατανοήσουμε την ερμηνευτική δύναμη των όσων είπαμε θα αναφερθούμε σε μια συμπεριφορά που απαιτά σε πολλά είδη ζώων, θα λέγαμε σε όλα τα είδη που δημιουργούν αναπαραγωγικά ζεύγη. Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε το φαινόμενο της περιφρούρησης του συντρόφου (που στον άνθρωπο είναι γνωστό ως ζήλια). Θα δεχθούμε

βεβαιο πως στα ζώα η ζήλια είναι ενστικτώδης και γενετικά καθορισμένη, για τον άνθρωπο ο καθένας μπορεί να έχει την άποψή του. Μεταφερθείτε τώρα στην εποχή, πριν από 20 χιλιάδες χρόνια, που ο άνθρωπος ήταν ένας σπηλαιόβιος συλλέκτης-κυνηγός και φαντασθείτε δύο εναλλακτικές συμπεριφορές του αρσενικού έναντι του θηλυκού συντρόφου του: την αδιαφορία (έλλειψη ζήλιας) και την επαγρύπνηση κατά της κλεψιγαμίας (ζήλια). Είναι φανερό ότι η δεύτερη συμπεριφορά θα επικρατήσει και μάλιστα σε πολύ σύντομο διάστημα στα μέτρα του εξελικτικού χρόνου. Θα περιμένουμε, επομένως, το φαινόμενο της ζήλιας να είναι διαδεδομένο στις ανθρώπινες κοινωνίες. Οι παρατηρήσεις συμφωνούν, τόσο μάλιστα που οι εξαιρέσεις προκαλούν την εντύπωσή μας.

Αυτό που έχει περισσότερο ενδιαφέρον είναι να διερωτηθούμε για το πώς θα αλλάξει αυτή η συμπεριφορά, αν αλλάξουν οι κοινωνικές συνθήκες που προκάλεσαν την εξαπλώσή της μέσα σε έναν πληθυσμό. Καταλαβαίνουμε αμέσως πως μια τέτοια αλλαγή δεν συνεπάγεται την εξαφάνιση της ζήλιας, αφού το γονίδιο που την προκαλεί εξακολουθεί να υπάρχει στην ανθρώπινη γονιδιακή δεξαμενή. Μπορούμε μάλιστα, κάνοντας ορισμένες παραδοχές, να υπολογίσουμε τον χρόνο που θα απαιτηθεί για την εξαφάνιση του γονιδίου μετά την εξαφάνιση του οφέλους το οποίο προσέδιδε στους φορείς του στο παρελθόν. Το χρονικό διάστημα ανέρχεται σε μερικές χιλιάδες χρόνια. Που σημαίνει ότι ένα μεγάλο μέρος της συμπεριφοράς μας (η ζήλια είναι μόνο ένα παράδειγμα) μπορεί να οφείλεται σε καταβολές οι οποίες εγγράφηκαν στο γενετικό μας υλικό στην απώτερη ιστορία μας, για λόγους που σήμερα έπαψαν να προσδίδουν επιλεκτικό πλεονέκτημα ή είναι ακόμα και επιβλαβείς.

Από αυτές τις κληρονομικές προδιαθέσεις μπορούμε να απαλλαγούμε μόνο με μια άλλη μορφή πίεσης, αυτό που θα λέγαμε πολιτισμική επιλογή. Η πολιτισμική επιλογή είναι μόνο ένα μέρος της γενικότερης έννοιας της πολιτισμικής εξέλιξης, η οποία έχει έντονες ομοιότητες με τη βιολογική εξέλιξη. Γι' αυτό και σήμερα υπάρχει η τάση να θεωρούμε τον δαρβινισμό μια γενικότερη θεωρία, μια θεωρία που περιλαμβάνει κάθε διαδικασία που έχει τα βασικά χαρακτηριστικά της βιολογικής εξέλιξης, δηλαδή την αναπαραγωγή, τη μεταλλαγή και την επιλογή. Η εξέλιξη της γλώσσας είναι ίσως η πλησιέστερη περι-

πώση της βιολογικής εξέλιξης. Γνωρίζουμε ότι μια διάλεκτος κληρονομείται, πολλαπλασιάζεται και μεταδίδεται αλλά και τροποποιείται. Τον ρόλο των γονιδίων στην εξέλιξη της γλώσσας παίζουν οι λέξεις και οι εκφράσεις. Ποιος παίζει αυτόν τον ρόλο στην πολιτισμική εξέλιξη; Όπως στη βιολογική εξέλιξη το γονίδιο αποτελεί τη μονάδα διαβίβασης της πληροφορίας μέσα στον χρόνο κι όπως στην εξέλιξη της γλώσσας οι λέξεις αποτελούν τη μονάδα διαβίβασης της πληροφορίας μέσα στον χρόνο, έτσι και στην πολιτισμική εξέλιξη θα πρέπει να ψάξουμε για κάτι που είναι διαβιβάσιμο και μεταλλάσσόμενο. Ιδέες, πεποιθήσεις, συνήθειες, έθιμα έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά. Ο Dawkins χρησιμοποίησε τον όρο «μimίδιο» σαν καθολική αναφορά σε όλα τα χαρακτηριστικά που παίζουν τον ρόλο του γονιδίου στην πολιτισμική εξέλιξη.

Το ότι έχουμε μια ιδέα για το τι αντιστοιχεί στο «γονίδιο» της πολιτισμικής εξέλιξης, το ότι μπορούμε να διακρίνουμε αναλογίες μεταξύ γονιδίων και μιμιδίων ως προς το πώς μεταλλάσσονται και πώς ανταγωνίζονται και εκτοπίζουν το ένα το άλλο κάτω από ένα καθιερωμένο επιλογής (πολλές φορές πιο σκληρό από κάθε μορφή φυσικής επιλογής), όλη αυτή η αντιστοιχία δεν πρέπει να μας παρασύρει στην εντύπωση –πολύ περισσότερο στη βεβαιότητα– ότι ο δαρβινισμός μπορεί να μεταφερθεί άθικτος και αναλλοίωτος από τη σφαίρα της βιολογίας στη σφαίρα των ανθρωπιστικών επιστημών. Αυτό θα αποτελούσε σφάλμα. Θα ήταν το σφάλμα του ενός άκρου, ότι δηλαδή η μεταφύτευση ιδεών και μεθοδολογιών μιας επιστήμης μπορεί να λύσει τα προβλήματα μιας άλλης. Υπάρχει όμως και το σφάλμα του άλλου άκρου, ότι δηλαδή ο δαρβινισμός δεν έχει να προσφέρει τίποτε στην κατανόηση των ανθρωπιστικών επιστημών. Τέτοιο ήταν το λάθος των βιολόγων πριν 2-3 αιώνες, όταν πίστευαν ότι η χημεία δεν μπορούσε να προσφέρει τίποτε στην ερμηνεία των φαινομένων της ζωής. Ευτυχώς μαθαίνουμε από την ιστορία μας και, ως αποτέλεσμα, η σταυρογονιμοποίηση των βιολογικών και ανθρωπιστικών επιστημών βρίσκεται σήμερα σε καλό δρόμο. Θα μπορούσε κανείς να διακινδυνεύσει την πρόβλεψη ότι μέσα από αυτή τη διαδικασία θα ξεπηδήσουν κάποια από τα μεγαλύτερα κατορθώματα του αιώνα που μόλις άρχισε. Θα τολμούσα ακόμα να πω ότι αυτή η σταυρογονιμοποίηση αποτελεί τη μεγάλη ελπίδα μας.¹²

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον καθηγητή και ακαδημαϊκό Κώστα Κριμπά που με υπέδειξε γι' αυτή τη διάλεξη και τους αναπλ. καθηγητή Γιώργο Ροδάκη και μεταπτυχιακό φοιτητή Γιάννη Θεολογίδη που με βοήθησαν με τις εικόνες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Feynman R., *Η χαρά της ανακάλυψης*, Αθήνα, Κάτοππο, 2005.
2. Futuyma D.J., *Science on Trial. The Case for Evolution*, New York, Pantheon Books, 1983.
3. Gould S.J. and R.C. Lewontin, «The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 205(1979), 5820598.
4. Krimbas C.B., «On Adaptation, Neo-Darwinian tautology and Population Fitness», *Evolutionary Biology*, 17, 1-57.
5. Kimura M., *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge University Press, 1983.
6. Hdry S.B., «Male-male compertion and infanticide among the langurs (*Presbytis entellus*) of Abu Rajasthan», *Folia Primatologia*, 22, 19-58.
7. Dawkins R., *Το εγωιστικό γονίδιο*, Αθήνα, Σύναλμα.
8. Hamilton W.D., The genetical theory of social behaviour: I and II. *Journal of Theoretical Biology*, 7, 1-52.
9. Wilson E.O., *Κοινωνιοβιολογία, Η Νέα Σύθεση*, Αθήνα, Σύναλμα, 2000.
10. Maynard Smith J. and E. Szathmary, *The Major Transitions in Evolution*, Oxford Freeman/Spektrum, 1995.
11. Burt A. and Trivers R., *Genes in Conflict*, The Belknap Press of Harvard University Press, 2006.
12. Razis D.V., «The biological approach to the social and ecological crisis», In *The Human Predicament II*, D. V. Razis (ed). Ministry of Culture, Athens, 2003.

Ποιες λειτουργίες του εγκεφάλου μάς επιτρέπουν να συμπεριφερόμαστε ως άνθρωποι;

Γιώργος Κωστόπουλος

*Καθηγητής Φυσιολογίας, Τμήμα Ιατρικής,
Πανεπιστήμιο Πατρών*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αποδέχθηκα πολύ ευχαρίστως την πρόσκληση συμμετοχής στη συζήτηση αυτή γιατί πιστεύω στη σπουδαιότητα της μεγάλης προσπάθειας που καταβάλλεται στα πλαίσια σύνδεσης του Εθνικού μας Ιδρύματος Ερευνών με την ελληνική κοινωνία. Ιδιαίτερα πιστεύω ότι πρέπει οι πολίτες να ενημερώνονται και να συμμετέχουν με τον τρόπο τους στην έρευνα και ιδιαίτερα στην έρευνα του εγκεφάλου για λόγους που θα αναφέρω στη συνέχεια.

Όμως, λίγο μετά την επιλογή του τίτλου της συζήτησης, διαπίστωσα ότι φέρει ένα κρυφό και πολύ βαρύ φορτίο: Θα πρέπει πριν απ' όλα να ορίσουμε ποιες είναι οι χαρακτηριστικά ανθρώπινες λειτουργίες. Τι είναι, δηλαδή, άνθρωπος; Ένα ερώτημα που δεν ορίζεται μόνο από τις νευροεπιστήμες, αλλά είναι αντικείμενο μελέτης για ανθρωπολόγους και κοινωνιολόγους και είναι εν τέλει ένα ακόμη ανοικτό φιλοσοφικό ερώτημα.

Θα επιχειρήσω λοιπόν να θέσω ως βάση της συζήτησης την ακόλουθη αρχική πρόταση, που φυσικά είναι υποκειμενική: Ας δούμε το ανθρώπινο είδος ως ενσώματο νου με ίση έμφαση και στα δύο στοιχεία του όρου και ιδιαίτερα στη διάδρασή τους. Δεν πρέπει να παραβλέψουμε ούτε τη βιολογική του προέλευση μέσα από εκατομμυρίων χρόνων εξέλιξη ούτε τα ιδιαίτερα ανεπτυγμένα χαρακτηριστικά του, όπως η λογική, ο υποκειμενισμός και η συνείδηση. Προφανής είναι η υπεροχή των ανθρώπων, η οποία οφείλεται στην όρθια βάδιση και την ανάπτυξη της ομιλίας και σε όσα αυτή έχει συνεισφέρει στον πολιτισμό του. Λιγότερο αποδεκτή παραδοσιακά είναι η μεγάλη ικανότητα του ανθρώπου στην ανάπτυξη συναισθημάτων και –μέσω αυτών– στη δημιουργία σχέσεων και κοινωνικών δεσμών. Χαρακτηρίζει αναμφίβολα τον άνθρωπο η μεγάλη ικανότητα πρόβλεψης στο μέλλον αλλά και η τάση να εκφράζεται με τις τέχνες.

Η μοναδική υποκειμενικότητά του και η συνεχής αλλαγή μέσω μάθησης οδηγούν σε αυξανόμενης απόκλισης ατομικές προσωπικότητες. Λόγω της μεγαλύτερης πολυπλοκότητας των εγκεφαλικών διεργασιών, οι οποίες επιτρέπουν τα παραπάνω στηριζόμενες σε λεπτές και δυναμικές ισορροπίες, ο άνθρωπος είναι ίσως πλέον ευάλωτος σε νευροψυχιατρικές νόσους. Τέλος, πολυσυζητημένα αλλά πιο δύσκολα να προσεγγιστούν επιστημονικά είναι και άλλα προτεινόμενα ως χαρακτηριστικά του ανθρώπου, όπως η ελευθερία που έχει στις επιλογές του (ελευθερία βούλησης), η μοναδικότητα ή ανωτερότητά του ως είδος, η ύπαρξη σκοπού της ύπαρξής του, το ένθεον ή το βελτιώσιμο του είδους μας και φυσικά η μοναδική μας τάση να αναρωτιόμαστε για τη φύση και τον εαυτό μας, και μάλιστα ενίοτε με χιούμορ.

Ας συζητήσουμε λοιπόν για τις εγκεφαλικές διαδικασίες που προσδιορίζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά, από τη σκοπιά του τελεολογικού «γιατί» στο φως της εξελικτικής θεωρίας και του «πώς», σύμφωνα με όσα μας παρουσιάζει η σύγχρονη νευροεπιστημονική έρευνα. Θα επιχειρήσουμε στη συνέχεια μια επισκόπηση των όσων τι μας έχει ήδη προσφέρει η σύγχρονη έρευνα του εγκεφάλου και ποιες είναι οι μελλοντικές προοπτικές της. Τέλος, θα γίνει αναφορά στις ανησυχίες και τα ηθικά διλήμματα που προκαλούν τα ευρήματα της έρευνας του εγκεφάλου.

Επιτρέψτε μου να κλείσω την εισαγωγή μου εξηγώντας γιατί νομίζω ότι αυτή η συζήτηση είναι σημαντική. Η κατανόηση των τρόπων λειτουργίας του εγκεφάλου μας έχει αυτονόητη σημασία για τους γιατρούς που έτσι θα καταφέρουν να προλαμβάνουν και να θεραπεύουν τις νευροψυχιατρικές νόσους και για τους μηχανικούς που θα καταφέρουν να φτιάξουν «νοήμονες» μηχανές (νευρωνικοί υπολογιστές, ρομπότ, κ.ά.). Πιστεύω όμως ότι κάθε πολίτης πρέπει να ενημερώνεται για τα ευρήματα της έρευνας του εγκεφάλου για τους παρακάτω λόγους:

- Για μια ουσιαστική αυτογνωσία. Ο εγκέφαλος, πρέπει να το συνειδητοποιήσουμε, είναι ο πιο δικός μας άγνωστος (βλ. Κωστόπουλος, 2002).
- Για την αποτελεσματική επικοινωνία ασθενούς-ιατρού.
- Για την εξάλειψη κοινωνικών διακρίσεων κατά των νευροψυχιατρικών ασθενών.
- Για τη λαϊκή στήριξη της έρευνας του εγκεφάλου και τον δημοκρατικό έλεγχο των εφαρμογών της.

Θα προσέθετα –περισσότερο ως ελπίδα παρά ως γνώση– ότι ένας έφηβος που έμαθε από παιδί να εκτιμά πόσο σημαντικό για την προσωπικότητά του και πόσο νελικάτο όργανο έχει μέσα στο κρανίο του, τότε ίσως φορέσει πιο πρόθυμα το προστατευτικό κράνος του και ίσως το σκεφτεί διπλά πριν μολύνει αυτό το όργανο με εθιστικές ουσίες.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Το κεντρικό δόγμα που κινεί τη σύγχρονη έρευνα του εγκεφάλου είναι ότι όλα αυτά που συναποκαλούμε νου (mind) βασίζονται σε ένα φάσμα διαδικασιών του εγκεφάλου. Αυτό δεν είναι καθόλου καινούργιο. Από τις πολυτιμότερες ιπποκράτειες παρακαταθήκες είναι και η επιχειρηματολογία υπέρ ενός κεντρικού ρόλου του εγκεφάλου στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Πολύ τολμηρά για την εποχή του, απέδωσε στον εγκέφαλο όλες τις χαρές και τις λύπες μας, τις αισθήσεις και την κατανόηση των πραγμάτων, την ίδια τη σύνεση.

Υπήρχε ιατρική του εγκεφάλου και σε προηγούμενους πολιτισμούς, όμως οι πρώτοι που είδαν τον εγκέφαλο επιστημονικά ήταν οι πυθαγόρειοι (Αλκμαίων, κ.ά.) τον 6ο αιώνα π.Χ. Η ορθή αντίληψη για τον ρόλο του εγκεφάλου επικράτησε επί 8 αιώνες σε πολλά κέντρα γνώσης στη λεκάνη της Μεσογείου με τους μεγάλους ανατόμους των μετά-Αλεξανδρινών χρόνων και μέχρι τον Γαληνό.

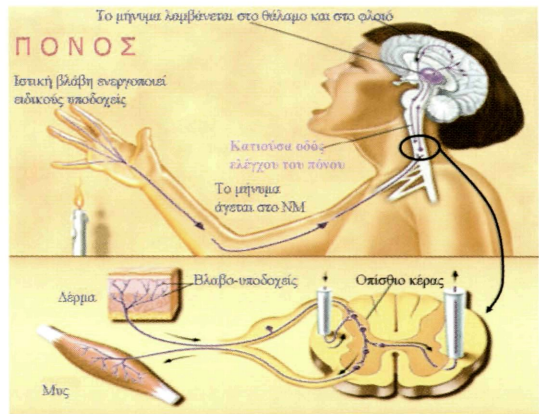
Η Εκκλησία και η κυρίαρχη πθική του Βυζαντίου και των κατοπινών αιώνων στη Δύση δεν επέτρεπε τις νεκροτομές και έτσι η έρευνα έμεινε πίσω και μαζί της και η λαϊκή αντίληψη περί εγκεφάλου. Μέχρι και τον Μεσαίωνα, δαίμονες πήραν τη θέση των εγκεφαλικών μηχανισμών που ο Ιπποκράτης έβλεπε να προκαλούν την επιληψία. Τα πράγματα άρχισαν να αλλάζουν με την Αναγέννηση που ξανά επέτρεψε τη μελέτη των σωμάτων. Στη σκέψη του Καρτέσιου οι δαίμονες πήραν τη μορφή κάποιου δαίμονα σαν κι αυτού του Maxwell. Μιας δικλίδας, δηλαδή, μέσα στον εγκέφαλο –το κωνάριο– που επέτρεπε την επικοινωνία της θεϊκής προέλευσης ανθρώπινης ψυχής με τον υπόλοιπο εγκέφαλο και το σώμα. Αναγκάστηκε να καταφύγει σε αυτόν τον δυισμό ο Καρτέσιος για να συμβιβάσει τη θρησκευτική του πεποίθηση με τις ανατομικές παρατηρήσεις.

Παρενθετικά, δεν πιστεύω ότι χρειαζόμαστε τέτοιους συμβιβασμούς –δεν αντιτίθενται οι καινούργιες θεωρίες του εγκεφάλου με καμία πίστη. Καίτοι οι θεωρίες του Καρτέσιου απετέλεσαν έναυσμα μελέτης, γρήγορα διαφεύστηκαν από τις προόδους στην κατανόηση του νευρικού συστήματος που μας επέτρεψαν οι τεχνολογικές πρόοδοι στην ηλεκτροφυσιολογία και τη μικροσκοπία. Συνεχίσαμε και θα συνεχίζουμε να φανταζόμαστε διάφορους δαίμονες μέσα στον εγκέφαλο που επιτελούν ό,τι δεν καταλαβαίνουμε (Kostopoulos, 2004). Όσο προχωρά η κατανόησή μας, τους καταργούμε αντικαθιστώντας τους με νέους δαίμονες. Ένας, για παράδειγμα, σημερινός δαίμονας είναι αυτό το κάτι που αποφασίζει μέσα στον εγκέφαλό μας τι θα κάνουμε και το ονομάζουμε ελεύθερη βούληση. Κι αυτός ο δαίμονας, όπως θα δούμε παρακάτω, αρχίζει να αμφισβητείται υπό το φως των πειραμάτων. Πάντως ο 20ός αιώνας άνοιξε και έκλεισε με πίστη στο δόγμα του Ιπποκράτη περί εγκεφάλου όπως φαίνεται από τα λεγόμενα δύο ψυχιάτρων, του Sigmund Freud (1856-1939) και του Eric Kandel (Νόμπελ 2000).

3. ΚΟΙΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Σε όλα τα ζώα το νευρικό σύστημα (εγκέφαλος, νωτιαίος μυελός και περιφερικά νεύρα, βλ. Bear et al., 2004· Kandel et al., 1999) συντονίζει τη λειτουργία των άλλων οργάνων του σώματος, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η ομοιοστάση, δηλαδή η διατήρηση των παραμέτρων του εσωτερικού περιβάλλοντος εντός συγκεκριμένων ορίων. Στην ομοιοστάση περιλαμβάνεται και η κατάλληλη απάντηση προσαρμογής στις αλλαγές του εξωτερικού περιβάλλοντος που το επηρεάζουν. Με τη συμμετοχή δύο άλλων σχετικά απλούστερων και βραδύτερων συστημάτων πληροφόρησης και ελέγχου –του ενδοκρινικού και του ανοσοποιητικού– επιτυγχάνεται μια εξαιρετικά δυναμική σταθερή κατάσταση, αν και πολλές από τις επιμέρους παραμέτρους του συστήματος βρίσκονται μακριά από τα σημεία ισορροπίας τους. Οι άμεσες (μέσω των αισθητηρίων) αλλά και έμμεσες επιρροές του εξωτερικού περιβάλλοντος αναλύονται στο νευρικό σύστημα συγκρινόμενες προς προηγούμενες και αποθηκεύονται σε αυτό, τροποποιώντας τις συνάψεις των νευρώνων του (μάθηση και μνήμη), ενώ παράλληλα οργανώνεται η κατάλληλη απάντηση (συμπεριφορά) μέσω των σκελετικών μυών και των εξωκρινών αδένων (π.χ. πόνος, εικ. 1).

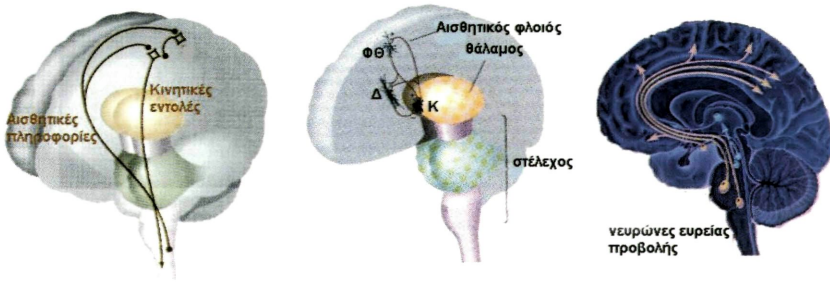
Οι μακρές αυτές παράλληλες οδοί εισόδου και εξόδου πληροφοριών προς και από τον εγκέφαλο είναι το πρώτο είδος νευρωνικών συστημάτων (εικ. 2, αριστερά). Τα ανιόντα συστήματα προσάγουν ειδικές πληροφορίες από ειδικούς αισθητικούς υποδοχείς στις περιοχές του φλοιού που είναι εξειδικευμένες στην επεξεργασία τους, με σκοπό την αντίληψη των αλλαγών στο περιβάλλον και στο σώμα μας, ενώ τα κατιόντα δίνουν εντολές σε ομάδες νευρώνων για την κίνηση. Το μεγαλύτερο και πλέον ανεξερεύνητο τμήμα του εγκεφάλου καταλαμβάνεται από μικρότερα ή μεγαλύτερα τοπικά κύκλωμα (εικ. 2, μέσον). Για παράδειγμα, το τοπικό κύκλωμα ανάμεσα στους κατανεμτικούς (Κ) νευρώνες του θαλάμου και τους νευρώνες του δικτυωτού πυρήνα που περιβάλλει τον θάλαμο (Δ) ή το ευρύτερο κύκλωμα ανάμεσα στους δύο αυτούς νευρώνες και τους αντιστοιχούντες νευρώνες του φλοιού (ΦΘ). Το κύκλωμα αυτό (ο Κ διεγείρει τους ΦΘ και Δ, ο ΦΘ διεγείρει τους Κ και Δ και ο Δ αναστέλλει τον Κ) ενέχεται στην παραγωγή ρυθμικών ταλαντώσεων της δραστηριότητας φλοιού



Εικ. 1. Νευρωνικές οδοί που ενέχονται στο αντανακλαστικό απόσυρσης και την αντίληψη του πόνου μετά από ένα βλαπτικό ερέθισμα. Αυτό ενεργοποιεί ειδικές προσαγωγούς ίνες οι οποίες φέρουν την πληροφορία από την περιφέρεια στον νωτιαίο μυελό. Τοπικά κυκλώματα εκεί ενεργοποιούν τους κατάλληλους συνδυασμούς κινητικών νευρώνων που θα καταφέρουν να αποσύρουν το άκρο πριν ακόμα γίνει αντιληπτός ο πόνος. Αυτή η αντίληψη θα γίνει με αγωγή του μηνύματος στον θάλαμο και από εκεί στην αισθητική περιοχή του χεριού (εντόπιση) και σε άλλες περιοχές (βρεγματική καλύπτρα, πρόσθια υπερμεσολόβια έλικα, νήσος του Reil, κ.ά.) που θα αξιολογήσουν υποκειμενικά το επώδυνο της βλάβης. Κατιούσες νευρωνικοί οδοί ενεργοποιούμενες από ενδογενή συστήματα αναλγησίας θα προσπαθήσουν να μετριάσουν την άνοδο νέων επώδυνων μηνυμάτων. Παράλληλα, άλλα κυκλώματα θα καταγράψουν το γεγονός στη μνήμη, ώστε να αποφευχθεί μελλοντική επανάληψη της κίνησης που το προκάλεσε (τροποποιημένο από Society For Neuroscience 1996).

και θαλάμου που ενισχύει ή αποκλείει την είσοδο πληροφοριών στον φλοιό και ποικίλλει χαρακτηριστικά κατά τις διάφορες καταστάσεις εγρήγορης και ύπνου. Οι εναλλαγές ανάμεσα στις καταστάσεις αυτές αλλά και στις θυμικές μας καταστάσεις φαίνεται να ρυθμίζονται αποφασιστικά από έναν τρίτο τύπο κυκλωμάτων αποτελούμενο από νευρώνες του στελέχους του εγκεφάλου, οι οποίοι έχουν σφαιρική προβολή σε ολόκληρο τον εγκέφαλο (εικ. 2, δεξιά).

Η σύγχρονη έρευνα έχει αναγνωρίσει ειδική και αποφασιστικής σημασίας συμμετοχή συγκεκριμένων τοπικών ή ευρέως κατανεμημένων κυκλωμάτων σε συγκεκριμένες λειτουργίες μας. Για παράδειγμα, ο ανταγωνισμός ανάμεσα σε ευρείας προβολής αδρενεργικούς και χολινεργικούς νευρώνες του στελέχους φαίνεται να καθορίζει τα χαρακτηριστικά της εγρήγορης και του ύπνου αντί-



Εικ. 2. Τρεις μορφολειτουργικοί τύποι νευρωνικών κυκλωμάτων. Αριστερά: Μακρές αλυσίδες νευρώνων σχηματίζουν ανιόντα και κατιόντα συστήματα με τα οποία αντίστοιχα προσάγονται ειδικές πληροφορίες και απάγονται ειδικές εντολές κίνησης. Μέσον: Τοπικά κυκλώματα νευρώνων περιορισμένα σε μία περιοχή (Κ-Δ) ή ανάμεσα σε περιοχές (Κ-Δ-ΦΘ). Δεξιά: Νευρώνες με μακρούς άξονες μη ειδικής προβολής σε ολόκληρο τον εγκέφαλο, οι οποίοι ρυθμίζουν το γενικό επίπεδο εγρήγορης και συναισθηματικής κατάστασης. Οι νευρώνες αυτοί απελευθερώνουν νευροδιαβιβαστές όπως οι νοραδρεναλίνη, η ακετυλοχολίνη, η ντοπαμίνη και η σεροτονίνη (τροποποιημένο από Hobson, 1999).

στοιχα. Επίσης, νευρώνες του στελέχους που απελευθερώνουν τον νευροδιαβιβαστή ντοπαμίνη διαμορφώνουν ένα πολύ σημαντικό ευρέως προβλητικό σύστημα ανταμοιβής, με το οποίο η εξέλιξη εξασφαλίζει τη διαίωσιση του είδους, ενεργοποιώντας κυκλώματα ευχάριστων συναισθημάτων μετά από ενέργειες όπως το φαγητό ή το σεξ. (Υπερβολική αύξηση της διαθεσιμότητας της ντοπαμίνης στις συνάψεις του συστήματος ανταμοιβής φέρνει ευφορία. Παράλληλα, όμως, μειώνεται η ικανότητα φυσιολογικής παραγωγής και δράσης της, εξ ου και ο εθισμός και η κάθε είδους εξάρτηση. Πάνω στο βιολογικό αυτό υπόστρωμα, όταν συνδράμουν διάφοροι ψυχολογικοί και κοινωνικοί παράγοντες, δημιουργείται η χρόνια υποτροπιάζουσα νόσος της εξάρτησης από ουσίες). Άλλα κυκλώματα στον ιππόκαμπο του κροταφικού λοβού επεξεργάζονται πληροφορίες που προσλαμβάνουμε με τις αισθήσεις μας, έτσι που να μπορούμε κάποτε να τις ανακαλέσουμε (έκδηλη μνήμη) και ιδιαίτερα αναφορικά με τον προσανατολισμό μας στον χώρο.

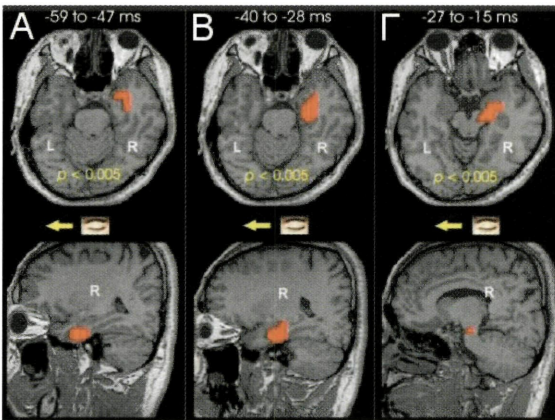
Διεργασίες σε άλλα κυκλώματα όπως αυτό που περιλαμβάνει τον αμυγδαλοειδή πυρήνα του κροταφικού λοβού, ο οποίος βρίσκεται υπό τον έλεγχο του

κογχομετωπιαίου φλοιού, απεργάζονται συγκινησιακές αντιδράσεις και συναισθήματα (π.χ. φόβου) και ελέγχουν τις διεργασίες καταστάσεων κινητοποίησης και στρες. Είναι γνωστό σήμερα ότι διαθέτουμε δύο συστήματα ενεργοποίησης του αμυγδαλοειδούς πυρήνα στις καταστάσεις φόβου (Ledoux, 2002). Το πρώτο μήνυμα ταχύτατα έρχεται από τα αισθητήρια όργανα μέσω θαλάμου απ' ευθείας στον αμυγδαλοειδή πυρήνα και οδηγεί στην πρώιμη ασυνείδητη και συγκινησιακή κινητοποίηση μέσω του αυτόνομου και ορμονικού συστήματος: προετοιμασία για αντίδραση φυγής ή πάλης (αύξηση αρτηριακής πίεσης, παροχής αίματος στους μύες, κ.λπ.). Ένα κλάσμα του δευτερολέπτου αργότερα το μήνυμα πηγαιίνει και στον φλοιό των ημισφαιρίων για την αναγνώριση της φύσης και της σοβαρότητας του κινδύνου που διατρέχουμε βάσει των εμπειριών μας, και ακολουθεί οδηγία προς τον αμυγδαλοειδή πυρήνα για συνέχιση ή όχι της κατάστασης συναγερμού: όψιμη συνειδητή γνωσιακή αντίδραση και ενεργοποίηση μηχανισμών απομνημόνευσης του γεγονότος. Έτσι, στον πυρήνα αυτό φαίνεται να συνδυάζονται η αντίληψη, οι συγκινησιακές αντιδράσεις και οι συνειδητές ή ασυνείδητες μνήμες μας.

Η επανάληψη είτε παράταση τέτοιων συγκινησιακών καταστάσεων συναγερμού ή και η ενεργοποίηση του κυκλώματος από φανταστική αναπαραγωγή του φόβου μπορεί να οδηγήσει σε χρόνιο στρες κατόπιν επενέργειας του αμυγδαλοειδούς πυρήνα στον άξονα υπόφυσης-επινεφριδίων και τον υπομέλανα τόπο (έκκριση κορτιζόλης και κατεχολαμινών). Η μοντέρνα τεχνολογία μη επεμβατικής ηλεκτροφυσιολογικής διερεύνησης μάς επιτρέπει να παρατηρήσουμε την ηλεκτρική δραστηριότητα τέτοιων εν τω βάθει περιοχών του εγκεφάλου, όπως ο αμυγδαλοειδής πυρήνας, κατά τη διάρκεια διαφόρων ελεγχόμενων τύπων συμπεριφοράς αλλά ακόμη και κατά τον ύπνο και το όνειρο (εικ. 3). Στη συνέχεια, νέα πολύ ισχυρά εργαλεία νευροπληροφορικής επέτρεψαν τη μελέτη της διάδρασης ανάμεσα στον αμυγδαλοειδή πυρήνα και φλοιϊκές περιοχές και διαπίστωσαν σημαντικές σχετικές διαφορές σε ψυχωσικούς ασθενείς (Ioannides et al., 2004a).

Συνοψίζοντας, θα έλεγε κανείς ότι το θαλαμοφλοιικό σύστημα με τις αμοιβαίες συνδέσεις και την επαναλαμβανόμενη ανάδραση Θ-Φ και Φ-Φ κατανέμει

ανά πάσα στιγμή τους ρόλους στις φλοιϊκές περιοχές και ταυτόχρονα επιτυγχάνει την ολοκλήρωση των διεργασιών σε όλο τον εγκέφαλο. Ενώ οι διάχυτες γενικευμένες προβολές από το στέλεχος στον φλοιό, που καθορίζουν γενικές καταστάσεις συμπεριφοράς, δυνατότητες μάθησης κ.λπ. και τις αλλαγές τους ανάλογα με τη σημασία εσωτερικών και εξωτερικών σημάτων, αποτελούν ένα σύστημα αξιολόγησης. Τέλος, διακρίνουμε πολλά ειδικά φλοιϊκά εξαρτήματα (Sporns et al., 2002): μακρές πολυσυναπτικές, αμοιβαίες και παράλληλες συνδέσεις του φλοιού με τον ιππόκαμπο λόγω χάρη (για τη μνήμη), τα βασικά γάγγλια (για κινήσεις και συγκινήσεις) και την παραγκεφαλίδα (γνωσιακός και κινητικός συντονισμός).



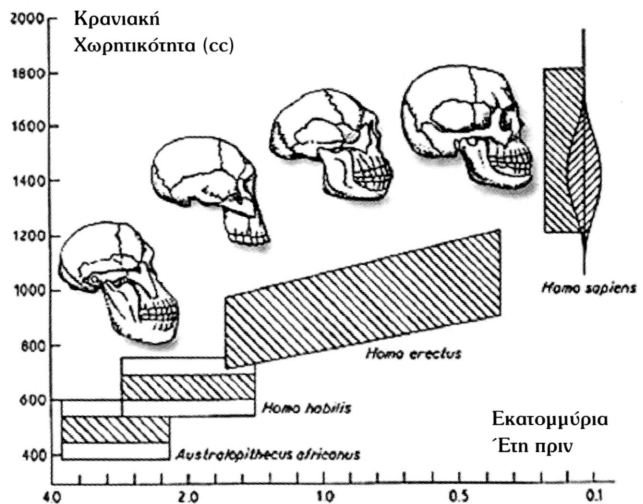
Εικ. 3. Περίπου 20 msec πριν από τις ταχείες οφθαλμικές κινήσεις οι οποίες χαρακτηρίζουν τον ενεργό ύπνο με όνειρα ανιχνεύεται με τομογραφία μαγνητικού πεδίου σημαντική ενεργοποίηση των αντίπλευρων οφθαλμοκινητικών πυρήνων του στελέχους (δεξιά στήλη). Ανάλυση αμοιβαίας πληροφόρησης έδειξε άλλες απιακά συσχετιζόμενες δραστηριότητες (προς αυτή του στελέχους), οι οποίες εντοπίζονται: περίπου 80 msec πριν στον κοχχομετωπιαίο φλοιό (δεν απεικονίζεται), 50 msec πριν στον αμυγδαλοειδή πυρήνα (αριστερή στήλη) και 35 msec πριν στην παραϊποκκάμπειο έλικα (μεσαία στήλη). Το κόκκινο χρώμα αφορίζει περιοχές όπου η νευρωνική δραστηριότητα αυξάνει στατιστικά σημαντικά σε όλα τα υποκειμένα μελέτης απεικονιζόμενη πάνω στη μαγνητική τομογραφία ενός εκ των υποκειμένων σε οριζόντια τομή (άνω σειρά) και σε οβελιαία (κάτω) (τροποποιημένο από Ioannides et al., 2004b).

4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ανθρώπου που φαινομενικά τουλάχιστον μοιράζεται με άλλα ζώα είναι πολλά. Το 98,8% του DNA μας είναι ίδιο με του χιμπατζή και μόλις 6 εκατομμύρια χρόνια πριν πιστεύεται ότι ζούσε κάποιος κοινός μας πρόγονος (Culotta, 2005). Η πρώτη εμφάνιση του εκέφρονα ανθρώπου τοποθετείται από τους περισσότερους στις πεδιάδες της ανατολικής Αφρικής περίπου 200.000–100.000 χρόνια πριν (εικ. 4). Όμως σημαντικές προτάσεις αμφισβητούν τη μονοτοπική εμφάνιση και μεταθέτουν σε πολύ παλαιότερες εποχές τον χρόνο πρώτης εμφάνισης και του εκέφρονα και του πρώτου ανθρώπου (Brunet, 2002· Roulianos, 1982). Στη συζήτησή μας, ωστόσο, μας ενδιαφέρει η εξειδίκευση των κοινών αυτών χαρακτηριστικών ή ανάδειξη και νέων, η οποία και διαμόρφωσε τον άνθρωπο μέσα στα χρόνια της βιολογικής εξέλιξης.

Καίτοι μας φαίνεται λογικό ότι κάτι πιο έξυπνο είναι πάντα καλύτερο, η μεγάλη ανάπτυξη της ευφυΐας στον άνθρωπο δεν αποδεικνύεται επιστημονικά να είναι ούτε αυτοσκοπός της εξέλιξης ούτε τυχαίο γεγονός. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του εγκεφάλου επιλέχθηκαν γιατί έλυσαν προβλήματα

Εικ. 4. Αλλαγή του σχήματος του κρανίου και αύξηση της χωρητικότητάς του κατά την επικρατέστερη πρόταση της εξελικτικής γραμμής που οδήγησε στον εκέφρονα άνθρωπο (τροποποιημένο από Allman 1999).



προσαρμογής που αντιμετώπιζαν τα πρώτα πολύ απλά ζώα, οι φυλογενετικοί τους απόγονοι στη Γη και αργότερα οι δικοί μας πρόγονοι (Mayr 2001). Και η προσφορότερη για το μέλλον εξέλιξη δεν ήταν η προσαρμογή σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον (μια που αυτό φαίνεται να άλλαζε με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα) αλλά η προσαρμογή στην ποικιλότητα.

Ο κύριος αρχικός λόγος δημιουργίας εγκεφάλων ήταν πιθανά η ανάγκη για πρόβλεψη των επιπτώσεων της κίνησης του ζώου στο ίδιο και στο περιβάλλον. Αισθητικοκινητικές αρχικά και βραχυπρόθεσμες οι ανάγκες –όσο και οι στόχοι– του ζώου εμπλουτίστηκαν αργότερα σε έναν κόσμο όπου άλλαζε συνεχώς η κατανομή στον χώρο και στον χρόνο των απαραίτητων πηγών ενέργειας και των κινδύνων για την επιβίωση (Allman 1999· Llinas 2001).

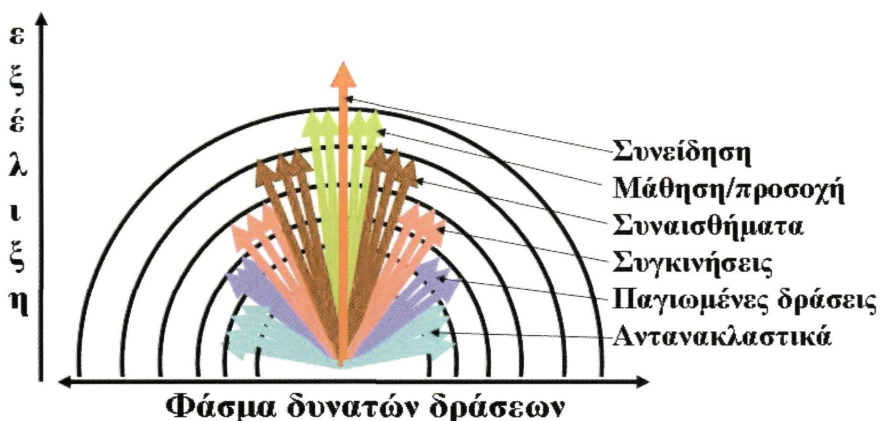
Οι περισσότερες αρχικές ανάγκες του ζώου για διατήρηση της μηχανικής ισορροπίας του και της ομοιόστασης στο εσωτερικό περιβάλλον, καθώς και οι πλέον επείγουσες απαντήσεις στις αλλαγές του περιβάλλοντος αντιμετωπίστηκαν με την ανάπτυξη στοιχειωδών ή πιο πολύπλοκων αντανακλαστικών, μερικά από τα οποία ακόμα χρησιμοποιούμε (π.χ. αντανακλαστικό απόσυρσης, εικ. 1). Σχετικά ελάχιστα είδη επιβίωσαν στον βαθμό που ανέπτυξαν πιο αποτελεσματικά αισθητικά συστήματα και ταχύτερη κίνηση σε ένα όλο και μεγαλύτερο χώρο. Με την εξέλιξη αυτή τα ζώα εσωτερίκευσαν το περιβάλλον υπό τη μορφή πολλαπλών χαρτών στον εγκέφαλο κι έτσι οι προβλέψεις έγιναν πλέον μακροπρόθεσμες και εξαιρετικά ποικίλες, όπως και οι πιθανές δράσεις προσαρμογής.

Το σύστημα έγινε υπερπλήρες, με την έννοια ότι η δοκιμασία με προσομοίωση όλων των δυνατών εναλλακτικών αντιδράσεων για την επιλογή της καταλληλότερης θα έπαιρνε απαγορευτικά πολύ χρόνο. Έτσι, μια σειρά από δυνατές ολοκληρωμένες και παγιωμένες δράσεις επελέγη να βρίσκεται σε ετοιμότητα βάσει μιας ιεραρχίας που καθορίζεται από σημαντικά χαρακτηριστικά του κάθε είδους (π.χ. η ενστικτώδης αμοιβαία έλξη μπτέρας-παιδιού στα πρώτα θηλαστικά αλλά και η άμεση τροπή σε φυγή του μόλις γεννημένου ελαφιού στη θέση της επιθέμενης λεοπάρδαλης). Στη βάση πολύ σημαντικών εμπειριών του ίδιου του ζώου και της αυξανόμενης ικανότητας του εγκεφάλου του να μαθαίνει, αυτές οι παγιωμένες δράσεις πολλαπλασιάστηκαν προσαρμοζόμενες

ακόμη περισσότερο στις ανάγκες του. Περιέλαβαν τις συγκινήσεις που αποτελούν ολοκληρωμένη κινητοποίηση του οργανισμού με κυρίαρχη συμμετοχή του αυτονόμου νευρικού συστήματος, η οποία έχει πραγματοποιούμενο ή όχι αλλά πάντως συγκεκριμένο στόχο ενώ δεν είναι αναγκαστικά ενσυνείδητη ενέργεια (π.χ. η κινητοποίηση φυγής λόγω φόβου).

Οι συγκινήσεις και στην εξελικτική συνέχεια τα συναισθήματα που αυτές προκαλούν (οι σκέψεις που τις συνοδεύουν) στα ανώτερα θηλαστικά άρχισαν να διαμορφώνουν ουσιαστικά την ιεραρχία σε μια τεράστια πια ποικιλία παγιωμένων δράσεων. Παρά την αύξηση της λειτουργικής κωρπικότητας του εξελισσόμενου εγκεφάλου, προέκυψε ανάγκη επιλογής ανάμεσα στις πολλές παράλληλες προβλεπτικές διαδικασίες (σκέψεις) στις οποίες οδηγούν τα εκλυόμενα συναισθήματα. Αυτή η επιλογή έγινε από ειδικά συστήματα του εγκεφάλου που προσανατολίζουν την προσοχή μας σε μία σκέψη κάθε φορά. Στα πρώτιστα –και ιδιαίτερα στον άνθρωπο– η μεγαλύτερη ικανότητα μάθησης από τις εμπειρίες και η αναγκαία διαμόρφωση των εγκεφαλικών κυκλωμάτων μέσω των επιλογών που επιβάλλει η ζωή οδηγεί σε όλο και μεγαλύτερη υποκειμενικότητα και τελικά στη συνείδηση και την αυτοσυνείδηση ως μέσο επίβλεψης του κατά πόσον η συμπεριφορά μας ανταποκρίνεται σε όσα μάθαμε να αγαπάμε ή να αποφεύγουμε, δηλαδή στην προσωπικότητά μας. Όλα αυτά πιθανόν να προήλθαν από την ίδια αρχαία και συνεχιζόμενη ανάγκη συμβιβασμού ανάμεσα στην πληρότητα και καταλληλότητα της συμπεριφορικής απάντησης σε ένα περιβαλλοντικό ερέθισμα και της συμβατής με την επιβίωση ταχύτητα αντίδρασης (εικ. 5)

Η πιο ολοκληρωμένη, εμπνευσμένη και διορατική πρόταση συσχέτισης της εξέλιξης του εγκεφάλου και της συμπεριφοράς είναι ίσως ο τριπλός εγκέφαλος του Paul MacLean (1990). Στο κέντρο του εγκεφάλου μας έχουμε τα κυκλώματα που αποτελούσαν τον συνολικό εγκέφαλο των πλέον πρωτόγονων ζώων (όπως τα ερπετά) και –όπως σε αυτά– καθορίζουν και σε εμάς λειτουργίες βασικές για την επιβίωση. Γύρω από αυτόν τον αρχαιοεγκέφαλο αναπτύχθηκε ο παλαιοεγκέφαλος (μεταϊχμιακό σύστημα) των πρώτων θηλαστικών, ο οποίος επέτρεψε την ανάπτυξη συναισθημάτων. Ακόμη πιο εξωτερικά αναπτύχθηκε ο νεοεγκέφαλος –ο φλοιός των ημισφαιρίων στα πρώτιστα και στον άνθρωπο, ο



Εικ. 5. Υποθετικό διάγραμμα της αύξησης των επιλογών συμπεριφοράς σε όλο και πιο εξελιγμένα ζώα (όλο και μεγαλύτεροι ομόκεντροι κύκλοι). Προκειμένου να κρατηθεί ο χρόνος αντίδρασης σε συμβατά με την επιβίωση όρια, δεν εξετάζονται πάντα οι πολυάριθμες αυτές επιλογές. Οι απαντήσεις μας περιορίζονται από την παράλληλη ανάπτυξη ειδικών για κάθε είδος απλών αρχικά αντανακλαστικών και πιο πολύπλοκων αργότερα παγιωμένων αντιδράσεων (“fixed action patterns”, Llinas, 2001). Οι συγκινήσεις και η σωματική ή νοητική μνήμη τους αποτελούν στα θηλαστικά παραπέρα περιορισμό επιλογής, όπως αργότερα στα πρῶιστα και ιδιαίτερα στον άνθρωπο η ειδική μάθηση διεργασιών και η επιλογή μέσω της προσοχής. Τέλος, συνειδητές επιλογές συνιστούν την κορωνίδα της συμπεριφοράς στον άνθρωπο.

οποίος προσφέρει τις ικανότητες αφαιρετικής λογικής και τα άλλα αποκαλούμενα ανώτερα νοητικά χαρακτηριστικά μας. Παρά τις αστήρικτες πλέον υπερπλουστεύσεις που ενέπνευσε αυτή η πρόταση και την υπερβολή της ως προς τη στεγανότητα των τριών διαμερισμάτων του εγκεφάλου, η πρόταση του MacLean ενέπνευσε και εξακολουθεί να εμπνέει σημαντικές ερευνητικές κατευθύνσεις. Ιδιαίτερα ο πολύ διορατικός προβληματισμός που εισήγαγε ως προς το πόσο αποτελεσματική είναι η επικοινωνία των τριών εγκεφάλων μας σε νόσους όπως η σχιζοφρένεια και ιδιαίτερα ανάμεσα στις διεργασίες της λογικής και εκείνες του συναισθήματος (MacLean, 1952).

Οι εγκεφαλικές διαδικασίες για συγκινήσεις και συναισθήματα φαίνεται να αναπτύχθηκαν στο μεταϊχμιακό σύστημα του παλαιοεγκεφάλου με την εμφάνιση των θηλασικών και τις ανάγκες που προέκυψαν για την προστασία, διατροφή

και εκπαίδευση των σχετικά πολύ πιο ολιγάριθμων και ανέτοιμων για επιβίωση νεογνών. Αυτές οι ανάγκες αντιμετωπίστηκαν με καινούργιες δομές και διεργασίες στον εγκέφαλο, το αυτόνομο νευρικό και το ενδοκρινικό σύστημα που εξασφάλιζαν την αμοιβαία αναγνώριση, την επικοινωνία και τον ισχυρό δεσμό μητέρας-παιδιού αλλά και δεσμών ανάμεσα στους γονείς. Σύγχρονες μελέτες (Bartels and Zeki, 2004) δείχνουν ότι η έκλυση συναισθημάτων μητρικής αγάπης αλλά και έρωτα συνοδεύεται από ενεργοποίηση περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζονται: α. Με συγκινησιακές αντιδράσεις (αμυγδαλή, μεταχιασκό σύστημα, κογχο-μετωπιαίος φλοιός), β. Με το σύστημα ανταμοιβής (νευρώνες τοποαμίνης) και γ. Με την εντόπιση υποδοχέων ωκυτοκίνης και αγγειοτενσίνης.

Ίσως λοιπόν όλοι οι μηχανισμοί έκλυσης συναισθημάτων να αναπτύχθηκαν εξελικτικά στη βάση των δύο αρχέγονων (φόβος για προστασία και ανταμοιβή για κίνητρα) και της ανάγκης για δεσμό μητέρας-παιδιού στα θηλασικά καθώς και για παραπέρα διαδικασίες δεσμών με την ευρύτερη κοινωνική ομάδα. Ακόμη περισσότερο στον άνθρωπο, το –συγκριτικά με άλλα ζώα μεγαλύτερο– μέγεθος του ανθρώπινου εγκεφάλου επιβάλλει την πρωιμότερη γέννηση που συνεπάγεται μακρύτερο χρόνο μέχρι την ωρίμανση και ανεξαρτητοποίηση του παιδιού. Κατά την περίοδο αυτή το παιδί δεν μπορεί να φροντίσει τον εαυτό του και απαιτείται η συνδρομή των γονέων. Έτσι, η ανάπτυξη του εγκεφάλου φαίνεται να συνδυάστηκε σε έναν θετικό κύκλο ανάδρασης με την ανάπτυξη των εγκεφαλικών διεργασιών που στηρίζουν τις συγκινησιακές αντιδράσεις και τα συνοδά συναισθήματα. Η παραπέρα εξέλιξη των εγκεφαλικών αυτών διεργασιών φαίνεται να οδήγησε στη χρήση των συναισθημάτων ως ένα από τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης των δυνατών πράξεων (κέρδος/κόστος) των δικών μας και των άλλων και εν τέλει στην ηθική (Dolan, 2002· Damasio, 1999· Green et al., 2001).

5. ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

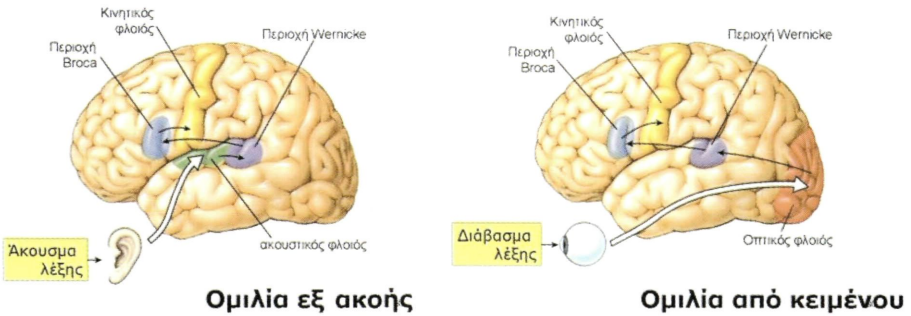
Από τα πλέον φανερά ανθρώπινα χαρακτηριστικά είναι η όρθια βάδιση, η σμίκρυνση των κοπήρων οδόντων, η χαμηλότερη θέση του λάρυγγα και φυσικά ο μεγάλος εγκέφαλος (1400 κ.εκ., υπερδιπλάσιος από εκείνον του γορίλα

ή του χιμπατζή). Η αλλαγή στάσης και κίνησης στον *homo erectus* προηγήθηκε εξελικτικά και επηρέασε ποικιλοτρόπως τη μεγάλη αύξηση του εγκεφάλου που παρουσιάστηκε λίγο πριν τον εκέφρονα άνθρωπο (*homo sapiens*). Την ίδια περίοδο (πριν 300.000 χρόνια περίπου) αναπτύχθηκε το ίσως ουσιαστικότερο χαρακτηριστικό του ανθρώπου, που είναι ο λόγος.

Έναν φανταστικό επισκέπτη στη Γη θα εξέπληπτε –ανάμεσα στα άλλα– και το πόσο πολύ μοιάζει ο γενετικός κώδικας όλων των έμβιων όντων της, σε αντίθεση με το πόσο διαφέρουν οι κώδικες επικοινωνίας ακόμη και μέσα στα θηλαστικά ή τα πρωτίστα. Ιδιαίτερα ο άνθρωπος ανέπτυξε στο έπακρο την ικανότητα επικοινωνίας με άλλους ανθρώπους και τη χρησιμοποίησε για την ανάπτυξη πολιτισμού. Η όμοια δομή του λόγου σε όλους τους πολιτισμούς και η φυσική εκμάθηση της δομής αυτής από τα παιδιά μάς πείθουν ότι ο λόγος αποτελεί βιολογική εξέλιξη και συνεπώς είναι παγκόσμια κληρονομιά.

Όπως μπορούμε σήμερα να διαπιστώσουμε με μη επεμβατικές μεθόδους απεικόνισης, στη λειτουργία αυτή συμμετέχουν διάφορες περιοχές του εγκεφάλου (Wise, 2003, εικ. 6). Όταν για παράδειγμα διαβάζουμε φωναχτά βλέπουμε, όπως αναμένεται, ενεργοποίηση της οπτικής περιοχής στον ινιακό λοβό. Αυτή ακολουθείται από ενεργοποίηση της περιοχής Wernicke στον κροταφικό λοβό (αισθητική περιοχή αναγνώρισης λέξεων) και στη συνέχεια της κινητικής περιοχής του λόγου (προμετωπιαία περιοχή Broca), η οποία ενεργοποιεί τις συγκεκριμένες περιοχές του κινητικού φλοιού (πρόσθια κεντρική έλικα) για τη συστολή των κατάλληλων μυών του στόματος και του φάρυγγα. Αντίστοιχες ενεργοποιήσεις παρατηρούνται κατά την εκφορά λέξεων που ακούμε, ενώ προηγείται ενεργοποίηση στην πρωτεύουσα ακουστική περιοχή που βρίσκεται στον κροταφικό λοβό. Πιο λεπτομερής εξέταση αποκαλύπτει και άλλες περιοχές του εγκεφάλου (π.χ. τα βασικά γάγγλια) οι οποίες είναι απαραίτητες για την ολοκλήρωση της λειτουργίας του λόγου.

Όλες οι παραπάνω επιμέρους λειτουργίες του λόγου φαίνεται να εδράζονται κύρια –αν και όχι αποκλειστικά– στο αριστερό ημισφαίριο μαζί με την άλλη χαρακτηριστική ικανότητα του ανθρώπου που ίσως όχι τυχαία έχει την ίδια αρχαιοελληνική ρίζα: την αναγωγική λογική (εκ της οποίας τα μαθηματικά, οι



Εικ. 6. Υ. Τα κυριότερα κέντρα του λόγου και η διαδοχική ενεργοποίησή τους στο κυρίαρχο (αριστερό) ημισφαίριο του ανθρώπινου εγκεφάλου.

παράγωγες επιστήμες και γενικά η ικανότητα «λογικής» επίλυσης προβλημάτων).

Ο κινητικός έλεγχος του δεξιού χεριού από το αριστερό ημισφαίριο ήταν γνωστός και στον Ιπποκράτη. Γενικότερα, ο αισθητικοκινητικός έλεγχος της κάθε πλευράς του σώματός μας διενεργείται από το αντίπλευρο ημισφαίριο σε όλα τα ζώα. Αυτό που χαρακτηρίζει τον άνθρωπο είναι η προτίμηση του ενός από τα δύο χέρια (δεξιχειρία ή σχετικά σπανιότερα αριστεροχειρία). Μελέτες σε ασθενείς με διατομή του μεσολοβίου συνδέσμου (Gazzaniga, 2005b) έδειξαν ότι αρκετές από τις διαδικασίες που ευθύνονται για διάφορες ανώτερες νοητικές και συναισθηματικές λειτουργίες παρουσιάζουν πλαγίωση, δηλαδή διεκπεραιώνονται πιο αποφασιστικά από περιοχές στο αριστερό ή στο δεξιό ημισφαίριο του εγκεφάλου μας.

Απλουστευτικά, στο αριστερό –ονομαζόμενο και κυρίαρχο– ημισφαίριο φαίνεται να εδράζονται διαδικασίες με αποφασιστικό ρόλο (όχι μοναδικό) στον προφορικό λόγο, στις μαθηματικές ικανότητες, στον γραπτό λόγο και στις επιστημονικές ικανότητες. Αντίθετα, το δεξιό ημισφαίριο φαίνεται περισσότερο αποφασιστικής σημασίας στην αναγνώριση προσώπων (Lee et al., 2005), την αντίληψη της μουσικής, των τρισδιάστατων σχημάτων και της τέχνης, την ανάπτυξη δεσμών μητέρας-παιδιού, κοινωνικών δεσμών, κ.ά. καθώς και των συνοδών συναισθημάτων, ενώ φαίνεται να περιλαμβάνει περιοχές απαραίτητες

για τη διαίσθηση και τη φαντασία (Azevedo, 2002). Όλες οι παραπάνω λειτουργίες που διαθέτουν πια μία τουλάχιστον αρχική πρόταση μηχανισμών και κυρίαρχης εντόπισης στον εγκέφαλο είναι σημαντικά διαφοροποιά χαρακτηριστικά του είδους μας.

Αντίθετα με ό,τι ίσως θα περιμέναμε από την αριστερή πλαγίωση των διαδικασιών του λόγου, προκαταρκτικά ευρήματα της ομάδος του Karl Zilles (Azevedo, 2002) δείχνουν προοδευτική αύξηση από τον πίθηκο στον πρωτόνθρωπο, στον *homo sapiens*, όχι του αριστερού αλλά του δεξιού ημισφαιρίου! Μήπως λοιπόν είμαστε περισσότερο συναισθηματικό είδος απ' ό,τι πιστεύουμε; Σίγουρα μοιραζόμαστε πολλά είδη βασικών συγκινησιακών αντιδράσεων με τα άλλα θηλαστικά και ιδιαίτερα τα πρώτιστα. Είναι όμως εξίσου φανερό ότι οι οικογενειακοί και κοινωνικοί δεσμοί και βέβαια ο πολιτισμός που διακρίνει το είδος μας στηρίζεται στην ανάπτυξη πολύπλοκων και πλούσιων συναισθημάτων.

Αυτό που μάλλον χρειάζεται αναθεώρηση στο φως των νευροεπιστημονικών ευρημάτων είναι η λαϊκή αντίληψη των συγκινήσεων και συναισθημάτων ως κατώτερων και ζωικών χαρακτηριστικών, σε σύγκριση με την υποτίθεται πιο ανθρώπινη λογική. Όπως διεξοδικά αναλύεται αλλού (Kostopoulos, 2003), γνωρίζουμε σήμερα ότι το συναίσθημα δεν είναι εξελικτικό κατάλοιπο αλλά αντίθετα κορωνίδα της δημιουργίας (χρησιμοποιεί και περιοχές του εγκεφάλου όπως ο προμετωπιαίος λοβός που είναι λιγότερο ανεπτυγμένες στα ζώα) και το κυριότερο οι εγκεφαλικοί μηχανισμοί του είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με τους μηχανισμούς των λογικών αποφάσεων. Οι αποφάσεις μας επηρεάζονται άδηλα από παλαιότερες συγκινήσεις (Damasio, 1999· Ledoux, 2002) και οι ευφυέστερες ανθρώπινες δημιουργίες είχαν ισχυρά συναισθηματικά κίνητρα. Χωρίς αυτά δύσκολα μπορεί κανείς να κατανοήσει την περιέργεια και την απαίτηση εξήγησης των πάντων που χαρακτηρίζει την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Λογική και συναίσθημα ανυψώνονται μαζί στις κορυφές της τέχνης και της επιστημονικής δημιουργίας (Freeman, 1995), δύο απόλυτα χαρακτηριστικά του ανθρώπου τα οποία ίσως δεν απέχουν μεταξύ τους τόσο πολύ όσο πιστεύεται (Zeki, 2002). Ένα παράδειγμα άρρηκτης σύνδεσης λογικής και συναισθήματος

μπορεί να αναζητηθεί σε αυτό που αποκαλούμε ικανότητα να «διαβάζουμε τη σκέψη του άλλου» (“theory of mind”, Churchland, 2002), κάτι που είναι ικανά –χωρίς καμιά διδασκαλία– να κάνουν τα παιδιά από τον τέταρτο χρόνο της ζωής τους. Η νοητική αυτή ικανότητα είναι εξίσου απαραίτητη (και ως προϋπόθεση ίσως) για την ανάπτυξη συναισθηματικών δεσμών με άλλους ανθρώπους. Για άγνωστους ακόμη λόγους, η ικανότητα αυτή λείπει –όπως φαίνεται να λείπει και το συναίσθημα– από τα παιδιά που πάσχουν από αυτισμό. Ποικιλότητα και μικρή ή μεγαλύτερη διάσταση ανάμεσα στις ικανότητες του ανθρώπου για λογική και για συναίσθημα παρατηρείται μόνο σε συγκεκριμένες βαριές νευροψυχιατρικές νόσους, και φυσικά κάθε βράδυ που βλέπουμε όνειρα (Hobson, 1999). Η λαϊκή λοιπόν ευχή «ας επικρατούσε η λογική που έχουμε ως άνθρωποι και όχι το συναίσθημα που κληρονομήσαμε από τα ζώα» είναι επιστημονικά αστήρικτη, ενώ σε μένα τουλάχιστον μάλλον ως κατάρα ακούγεται.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι πολλά εγκεφαλικά κυκλώματα, τα οποία φαίνεται να απεργάζονται τον έλεγχο συμπεριφορών που χαρακτηρίζουν τον άνθρωπο, αναγνωρίζονται και στον εγκέφαλο κατώτερων ζώων αλλά με διαφορετικό ρόλο. Για παράδειγμα, η κινητική του λόγου περιοχή Broca φαίνεται να είναι το ανθρώπινο ανάλογο της περιοχής F5 του πιθήκου. Οι λεγόμενοι «νευρώνες καθρέπτη» της F5 ενεργοποιούνται όχι μόνο όταν ο πίθηκος κάνει συγκεκριμένη κίνηση αλλά και όταν παρατηρεί κάποιον άλλο να κάνει την ίδια κίνηση (Rizzolatti et al., 1996). Μηχανισμοί της περιοχής αυτής που οργανώνουν νοηματικές κινήσεις των χεριών πιστεύεται ότι εξελίχθηκαν στον άνθρωπο να οργανώνουν την εκφορά του λόγου μας (Corballis, 2002· Fitch et al., 2005) συνδυαζόμενες με άλλα μοναδικά στον άνθρωπο χαρακτηριστικά που αφορούν τις φωνητικές χορδές αλλά και τον εγκέφαλο (εξελιγμένο αισθητικό-κινητικό σύστημα, σύστημα αντίληψης και πρόθεσης, υπολογιστικό σύστημα ανακύκλωσης).

Απλουστευτικά, θα λέγαμε ότι οι διαδικασίες για τη γραμματική και το συντακτικό του λόγου προέκυψαν από παλαιότερες διαδικασίες κινητικής δεξιοτήτας. Είναι παραπέρα προφανές ότι η ικανότητά μας να διαβάζουμε (εικ. 6) είναι πολύ πρόσφατη για να μπορεί να οφείλεται σε εξελικτική ανάπτυξη

ειδικών εγκεφαλικών διαδικασιών. Είναι πιθανότατα μια ευεργετική «παρενέργεια» συνδυασμού των διαδικασιών της όρασης και του λόγου. Γενικότερα, τα περισσότερα επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού θα πρέπει να αποδοθούν σε «παρενέργειες» ή δώρα εγκεφαλικών διαδικασιών, οι οποίες είχαν εξελιχθεί για επίλυση συγγενών αλλά διαφορετικών προβλημάτων. Η αφαιρετική λογική, για παράδειγμα, και η ικανότητα για μαθηματικούς υπολογισμούς που έφτασαν μέχρι τον σχεδιασμό διαστημικών ταξιδιών ίσως στηρίζεται σε διεργασίες που αναπτύχθηκαν μεν στους συγκριτικά μεγαλύτερους μετωπιαίους λοβούς (και ιδιαίτερα στον αριστερό) του πρωτόγονου ανθρώπου, όχι όμως γι' αυτό τον σκοπό αλλά πιθανά για την κοινωνική συναλλαγή και την ανίχνευση του αληθούς ή ψευδούς στις προτάσεις των συντρόφων των πρωτόγονων ανθρώπων (Barkow et al., 1992).

Η υψηλή αισθητική του ανθρώπου και η ευαισθησία του για την τέχνη επίσης φαίνεται να είναι μια ευεργετική παρενέργεια συνδυασμού γνωσιακών και συγκινησιακών κυκλωμάτων του μετωπιαίου λοβού. Έχει πρόσφατα δείχθει ότι στη θέα ενός όμορφου ζωγραφικού πίνακα ενεργοποιείται ο κοχχομετωπιαίος φλοιός, ενώ στη θέα άσχημου ο κινητικός (Kawabata and Zeki, 2004). Από την αναγνώριση των ενεργοποιούμενων περιοχών του εγκεφάλου, των οποίων η δραστηριότητα ειδικά συνμεταβάλλεται με μουσική παραφωνία/συμφωνία και δυσαρέσκεια/ευχαρίστηση, εικάζεται ότι κατά την ακρόαση της μουσικής επιστρατεύονται κυκλώματα διαδικασιών αντίληψης (προσοχής και μνήμης) καθώς και κυκλώματα που απεργάζονται συγκινήσεις (Blood et al., 1999· Weinberger, 2004). Ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες δείχνουν ότι κατά την ακρόαση ενός μουσικού κομματιού, η κατανομή ισχύος συχνοτήτων της ηλεκτρικής δραστηριότητας διαφόρων περιοχών του εγκεφάλου συμβαδίζει με την κατανομή συχνοτήτων της μουσικής (Popescu et al., 2004). Η μουσική διεγείρει αρχικά τις περιοχές ανάλυσης του ήχου και μετά από 1-3 δευτ. διάσπαρτες περιοχές στον εγκέφαλο και κύρια στην παρεγκεφαλίδα και τις κινητικές περιοχές (που απαντούν στον ρυθμό) και προμετωπιαίες περιοχές (που ολοκληρώνουν στον χρόνο της τρέχουσας μνήμης απλά μουσικά τμήματα ώστε να δίδεται κάποιο νόημα). Μαθαίνουμε τόσα πολλά για τον εγκέφαλο μέσα από την

τέχνη, τόσο που έχει υποστηριχτεί ότι: «Οι καλλιτέχνες είναι νευρολόγοι που μελετούν τον εγκέφαλο με τον δικό τους τρόπο» (Zeki, 2000).

Θα ήταν παράδοξο εάν δεν ήταν διαφορετικές οι εγκεφαλικές διαδικασίες στα δύο φύλλα, τουλάχιστον στον βαθμό που διαφέρει και το υπόλοιπο σώμα τους. Οι συνεχώς αποκαλυπόμενες διαφορές είναι κυρίως ποσοτικές και αφορούν τις διημισφαιρικές συνδέσεις, κάποιους πυρήνες του υποθαλάμου, κ.ά. και υποδεικνύουν λειτουργίες στις οποίες τα φύλλα εκλήθησαν εξελικτικά να παίξουν συμπληρωματικό ρόλο. Πολλά έχουν λεχθεί και για διαφορές στο γνωσιακό και συναισθηματικό επίπεδο και ακόμη στον βαθμό πλαγιώσης λειτουργιών, όπως ο λόγος, κ.ά. Όμως οι διαφορές αυτές φαίνεται να είναι μικρότερες από εκείνες μεταξύ ατόμων, ασχέτως αν πρόκειται για γυναίκα ή άντρα (Cahill, 2005· Kimura, 2002).

Καθώς γηράσκουμε ο εγκέφαλός μας υφίσταται αλλαγές ορατές στα αγγεία και στη μορφολογία του από το μοριακό μέχρι το τομογραφικό επίπεδο, οι οποίες αντιστοιχούνται με γνωσιακές εκπτώσεις διαφόρων τύπων –και ιδιαίτερα της μνήμης– αλλά και με αλλαγές στα επίπεδα νευροδιαβιβαστών και ορμονών (Peters, 2006). Περισσότερο αποφασιστικής σημασίας φαίνεται να είναι οι αλλαγές που οφείλονται σε ασθένειες, των οποίων η συχνότητα αυξάνεται με την ηλικία και όχι την ηλικία καθ' εαυτή, ενώ αποδεδειγμένα μετριάζονται τα αποτελέσματα και των δύο με τρόπο ζωής που βελτιώνει την αιμάτωση του εγκεφάλου και απασχολεί δημιουργικά τα κυκλώματά του.

6. ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΟΝΤΟΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Η ικανότητα για μάθηση που χαρακτηρίζει τον εγκέφαλο αποτελεί και το κύριο έργο του. Συνεχώς μαθαίνει, τροποποιώντας τις εξαιρετικά εύπλαστες ιδιότητες των νευρώνων και των διανευρωνικών επιδράσεων. Όσο ζούμε, διαφοροποιείται ο εγκέφαλός μας με κάθε εμπειρία της κάθε μέρας και με κάθε όνειρο της κάθε νύχτας (σε βαθμό που είναι να απορεί κανείς πώς καταφέρνουμε να καταλαβαίνουμε ο ένας τον άλλο –μια ακόμη πρόκληση για τις

συναισθηματικές διαδικασίες δημιουργίας δεσμών που αναφέρθηκε παραπάνω). Η διαφοροποίηση του εγκεφάλου και της συμπεριφοράς μας με σκοπό την προσαρμογή στα συνεχώς μεταβαλλόμενα δεδομένα του περιβάλλοντος επιτυγχάνεται χάρη στην κύρια και πρωταρχική ιδιότητα του εγκεφάλου μας, την ευπλαστότητα του –ευπλαστότητα κύρια των συνδέσεων ανάμεσα στους νευρώνες του. Αυτή η ευπλαστότητα είναι η βάση όλων των μηχανισμών που αποκαλούμε μάθηση και μνήμη, και μάλιστα με την πολύ ευρεία έννοια του όρου ευπλαστότητα, που περιλαμβάνει:

- Την εξελικτική προσαρμογή μας ως ζωικό είδος
- Την διά βίου μάθηση/παιδεία
- Την δημιουργία προσωπικών ονείρων και διαπροσωπικών σχέσεων (ανάπτυξη προσωπικότητας, κοινωνικοποίηση, κ.λπ.)
- Την ευαισθησία σε εξαρτήσεις
- Την προσαρμογή στο χρόνο στρες
- Την προδιάθεση σε νευροψυχιατρικές νόσους, αλλά και
- Την συμβίωση μαζί τους (προσαρμογή στη νόσο) και
- Την δυνατότητα θεραπείας και αποκατάστασης

Θα λέγαμε χωρίς υπερβολή ότι «είμαστε ο εγκέφαλός μας», με την έννοια ότι ο εγκέφαλος χαρακτηρίζει απόλυτα τον καθένα μας ως αποτέλεσμα της γονιδιακής μας καταβολής και των εμπειριών μας, χάρη στη μεγάλη ευπλαστότητα των συνάψεων ανάμεσα στα δισεκατομμύρια των νευρώνων που τον απαρτίζουν. Με την έννοια αυτή, ο εγκέφαλός μας αποτελεί ό,τι πιο δικό μας. Αλλά συγχρόνως, όντας απροσπέλαστος σε όλες τις αισθήσεις, αποτελεί και ό,τι πιο άγνωστο σε εμάς (Κωστόπουλος, 2002).

Πώς μαθαίνουμε λοιπόν, με ποιο μηχανισμό; Κατά τον Edelman (1994), από την εμβρυϊκή ακόμη ανάπτυξη του νευρικού συστήματος μέχρι και το γήρας γίνεται συνεχώς μια επιλογή νευρωνικών ομάδων. Προηγείται η αναπτυξιακή επιλογή (κυτταρική διαίρεση και θάνατος, αύξηση και μείωση προβολών). Ακολουθεί η εμπειρική επιλογή (αλλαγές στην ισχύ ενός πληθυσμού συνάψεων) και η χαρτογράφηση με επανείσοδο σε θαλαμοφλοιϊκά συστήματα

(για την ολοκλήρωση, σύνθεση και συντονισμό σε χώρο και χρόνο), ενώ έχουμε και ανάπτυξη και εκφύλιση περίσσιας θαλαμοφλοιϊκών κυκλωμάτων. Σε όλα αυτά, το σύστημα «αξιολόγησης» (τα στελεχο-φλοιϊκά διάχυτα γενικευμένα συστήματα αμινών) κατευθύνει την ανάπτυξη και τροποποιεί κατηγοριοποιήσεις και δράσεις.

Στο επίπεδο των νευρώνων, εντελώς σχηματικά θα μπορούσε να αναφερθεί ότι μαθαίνουμε μεταβάλλοντας την ισχύ των συνάψεων ανάμεσα στους νευρώνες του εγκεφάλου, για μικρότερο ή μεγαλύτερο χρόνο (Kandel, 2001). Η βραχύχρονη μνήμη στηρίζεται σε ανακύκλωση νευρικών ώσεων και βιοχημικές διεργασίες. Η μακρόχρονη απαιτεί είσοδο ασβεστίου μέσα από διαύλους N-μέθυλ-D-Ασπαρτικού οξέος ή ταεσο-ελεγχόμενων διαύλων ασβεστίου και ενεργοποίηση πρωτεϊνοκινασών, όπως η C που κινητοποιεί το μόριο CREB και αυτό την έκφραση γονιδίων στην παραγωγή πρωτεϊνών. Αυτές τροποποιούν τη δομή και τη λειτουργία των συνάψεων για πολύ χρόνο. Αυτά φαίνεται να ισχύουν και για την έκδηλη και για την άδηλη μνήμη που αντίστοιχα εδράζονται κύρια –αλλά όχι και αποκλειστικότητα– στον έσω κροταφικό λοβό και στα ειδικά σωματοκινητικά συστήματα και τα βασικά γάγγλια αντίστοιχα.

Φαίνεται ότι ο ύπνος είναι απαραίτητος για τη μονιμοποίηση των όσων μάθαμε μέσω διαδικασιών του ιπποκάμπου. Ο εγκέφαλος ενός παιδιού μπορεί να διδαχθεί με πολλούς τρόπους, με αρχικό τρόπο τη μίμηση και αργότερα τον λόγο και με προϋπόθεση τη συναισθηματική ενεργοποίηση. Ίσως είναι πολύ χρήσιμο για την εκπαίδευση να αναγνωριστεί ότι η νευρωνική ανάπτυξη με καταληκτικό στάδιο το «κλάδεμα» των μη ενεργοποιούμενων συνάψεων δεν τελειώνει ταυτόχρονα σε όλες τις περιοχές του εγκεφάλου. Οι μετωπιαίοι λοβοί για παράδειγμα αργούν πολύ περισσότερο να ωριμάσουν. Η συμπεριφορά των εφήβων μπορεί να είναι πιο συγκινησιακή, ως πλέον ευάλωτη σε μη ελεγχόμενο από τον μετωπιαίο λοβό αμυγδαλοειδή πυρήνια (βλ. παραπάνω) και σε ορμόνες.

Ένα κορυφαίο και ιδιαίτερα προσωπικό χαρακτηριστικό του ανθρώπου είναι η συνείδηση (επίγνωση του περιβάλλοντος κόσμου αλλά και η αυτεπίγνωση). Η συνείδηση αναδύεται από ένα μεγάλο σύνολο πολύπλοκων και σύνθετων διαδικασιών. Από παλαιότερη έρευνα στον ύπνο και την παθοφυσιο-

λογία νόσων όπως η επιληψία (Kostopoulos, 2001) αλλά και πρόσφατα πειράματα (βλ. Churchland, 2002· Llinas et al., 1998· Singer, 2001) αναγνωρίζονται για τη συνείδηση: προϋποθέσεις (εγρήγορη ή ενεργός ύπνος), καταστάσεις (από τον συνδυασμό ενεργοποίησης, πληροφόρησης και νευροτροποποίησης), περιεχόμενα (μνήμες, συγκινήσεις), εστιασμός (προσοχή) και διαδικασίες συσχέτισης (έσω/έξω, στον χώρο, στον χρόνο) και υποκειμενικής ενιαίας πρόβλεψης. Πειραματικά χαρακτηριστικά συνοδά της συνείδησης μόνο εκ του αντιθέτου έχουν προκύψει και είναι φτωχά: ηλεκτροεγκεφαλογράφημα μικρού πλάτους και υψηλών συχνοτήτων (20-70 Hz), άρρηκτη σύνδεση με θαλαμολοϊικά κυκλώματα και γενικευμένη ενεργοποίηση του εγκεφάλου ως προς το περιεχόμενο της συνείδησης.

Η (υγιής εν εγρηγόρσει) συνείδηση: α. Φαίνεται να οδηγεί στην υποκειμενικότητα τη βασισμένη στην παραβολή των ανά πάσα στιγμή αισθητικών (εξωτερικών και εσωτερικών) ερεθισμάτων προς τις προβλέψεις που κάνει ο εγκέφαλος στη βάση καταβολών και εμπειριών και με έγκυρο προσανατολισμό στον χώρο και στον χρόνο, και β. Φαίνεται να αναπτύχθηκε και για να ενιαιοποιηθεί η ικανότητα τμημάτων του εγκεφάλου να προβλέπουν (κυρίως τα επακόλουθα των κινήσεών μας). Αν και υπό ορισμένες φυσιολογικές ή παθολογικές συνθήκες μπορεί να διαπιστωθούν περισσότερες από μία συνιστώσες της συνείδησης (Zeki, 2004), η έννοια του εγώ ίσως είναι μια αφαιρετική εικόνα αυτού του ενιαίου οργάνου πρόβλεψης.

Ο Gazzaniga (1998, 2005a) αποδίδει τη δημιουργία του εαυτού σε κάποιον «ερμηνευτή». Όπως προαναφέρθηκε, οι μελέτες του σε ασθενείς με διαχωρισμένα το αριστερό από το δεξιό ημισφαίριο (μετά-διατομή του μεσολοβίου) αλλά και κατοπινές μελέτες απεικόνισης του εγκεφάλου εν λειτουργία έδειξαν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος/νους αποτελείται από μια κοινωνία ημιαυτόνομων λειτουργικών στοιχείων, τα οποία επιτελούν συγκεκριμένες διεργασίες με σημαντική πλαγίωση. Τα στοιχεία αυτά συντονίζονται από διάφορες διαδικασίες σε επίπεδο ολόκληρου εγκεφάλου/σώματος αλλά και ερμηνεύονται –προτείνει ο Gazzaniga– συνολικά ανά πάσα στιγμή στη βάση της συνολικής μας ιστορίας, άρα υποκειμενικά. Δεν παρατηρούμε τον κόσμο άμεσα αλλά μέσω

των περιορισμών των αισθητηρίων μας και τον αναπαριστούμε ως οιονεί πραγματικότητα. Ο σκοπός της αναπαράστασης δεν είναι η αλήθεια αλλά η εξαγωγή χρήσιμου μηνύματος (Freeman, 1995), η πλέον συμβατή με τα πράγματα εξήγηση που θα βοηθήσει τη συμπεριφορά/προσαρμογή μας σε αυτά, την επιβίωση. Ο «ερμηνευτής» αποδίδει τότε τη συμπεριφορά σε κάποιον «εαυτό».

Η υποκειμενικότητα φαίνεται να είναι απόλυτα ανθρώπινο χαρακτηριστικό. Μερικά πρώτιστα έχουν κάποιου βαθμού λογική, μνήμη και ειδικές αφαιρετικές διαδικασίες σκέψης. Κανένα όμως δεν έχει προσωπική ιστορία γιατί δεν διαθέτουν τη νοπή γραμμή του χρόνου πάνω στην οποία δύνανται να τοποθετήσουν χαρακτήρες και γεγονότα. Μόνο ο ανθρώπινος νους μπορεί να θεωρεί τον εαυτό του στο μέσο μιας εξελισσόμενης ιστορίας στην οποία πρωταγωνιστεί. Στο πλαίσιο αυτό ερμηνεύει τη συμπεριφορά του και τα γεγονότα στο περιβάλλον. Αυτή η ερμηνευτική λειτουργία αποτελεί ίσως την ανθρώπινη σκέψη, την κορυφή ενός τεράστιου παγόβουνου ασυνείδητων διεργασιών και την ουσία της συνείδησης (αυτοσυνείδησης). Βασική βιολογική προϋπόθεση ύπαρξης του ερμηνευτή είναι η βραχυπρόθεσμη μνήμη που επιτρέπει ο «ευρύχωρος» στον άνθρωπο μετωπιαίος λοβός του (Petrides, 2005· Kostopoulos and Petrides, 2003) και τα υψηλά επίπεδα αμινών που τροποποιούν τις συνάψεις του κατά την εγρήγορση. Όταν αυτά υπολείπονται, όπως στον ύπνο με όνειρα και ταχείες οφθαλμικές κινήσεις (REM, εικόνα 7Α), δεν υπάρχει η γραμμή του χρόνου, διαταράσσεται η συνείδηση και οι ερμηνείες είναι αυθαίρετες και παράλογες (Hobson, 1999).

Ας σημειωθεί ότι θα ήταν παράλογο να μην έχουν παράλληλα εξελιχθεί στον άνθρωπο και οι υποσυνείδητες ή ασυνείδητες εγκεφαλικές διαδικασίες, αφού κατά την πρόταση του διαγράμματος 4 (εξωτερικός κύκλος) η υπερπληρότητά τους έχει κάνει αναγκαία τη συνειδητή επιλογή. Η ύπαρξή τους και η μέγιστη σημασία τους είναι προφανείς σε όλες τις σύγχρονες απεικονιστικές μελέτες που δείχνουν μια απειρία ημιαυτόνομων λειτουργικών στοιχείων του εγκεφάλου να δραστηριοποιούνται ταυτόχρονα προετοιμάζοντας πληθώρα εναλλακτικών για την πιο απλή μας συμπεριφορά και προβλέποντας τις επιπτώσεις της καθεμίας από αυτές. Επίσης εύκολα διαπιστώνουμε πόσες «προ-

κατασκευασμένες» φράσεις χρησιμοποιούμε στον καθημερινό λόγο μας. Το μεγαλύτερο μέρος από τις συνομιλίες μας καθώς και άλλες ενέργειες «ρουτίνας» γίνονται χωρίς την προσοχή μας. Πράξεις που κατά την αρχική εκμάθησή τους γίνονται συνειδητά (π.χ. ποδήλατο, κιθάρα) και με συμμετοχή φλοιικών κέντρων για συνεχή αισθητικοκινητικό έλεγχο, μόλις τις μάθουμε τις εκτελούμε ασυνείδητα υπό τον έλεγχο των αρχαιότερων δομών του εγκεφάλου που είναι τα βασικά γάγγλια.

Εξάλλου το ίδιο μας το σώμα «προδίδει» την ύπαρξη και ακόμη τη συμμετοχή των ασυνείδητων διεργασιών στη λήψη αποφάσεων με ποικίλες και εύκολα καταγραφόμενες σωματικές εκδηλώσεις (Damasio, 1999). Αν κατανοήσουμε όλη την έκτασή του, ίσως να αναγκαστούμε να επαναπροσδιορίσουμε έννοιες όπως η συνείδηση αλλά και η ελεύθερη βούληση. Πολλοί πιστεύουν ότι η ελεύθερη βούληση –πάνω στην οποία στηρίζεται το δίκαιο, η ηθική μας αλλά και οι πιο απλές διαπροσωπικές μας σχέσεις– δεν έχουν πια επιστημονική υπόσταση μετά τα απλά ηλεκτροφυσιολογικά πειράματα του Benjamin Libet (1991), ο οποίος έδειξε ότι ο εγκέφαλος έχει ήδη ξεκινήσει την ετοιμασία μιας πράξης μας μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν εμείς αποφασίσουμε να κάνουμε την πράξη αυτή (Wegner, 2003). Ίσως είναι καιρός να αντικαταστήσουμε τους δαίμονες της συνείδησης και της ελεύθερης βούλησης με την πρόταση του εκ των υστέρων «ερμηνευτή», όμως και αυτός θα είναι ένας νέος δαίμων προς ερμηνεία και εξορκισμό όταν θα γίνουν ακόμη πιο κατανοητοί οι μηχανισμοί λειτουργίας του εγκεφάλου (Kostopoulos, 2004).

7. ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Η μοναδικότητα του εγκεφάλου του καθενός μας και η πολυπλοκότητα με την οποία απαρτιώνονται οι λειτουργίες του σε διάφορα επίπεδα (από το μοριακό μέχρι το ψυχολογικό) αποτελεί υψίστη πρόκληση για τη σύγχρονη έρευνα. Από την πρόσφατη συνεργασία διαφόρων ειδικοτήτων (πειραματικών και κλινικών αλλά και μαθηματικών, ψυχολόγων, κ.ά.) σε μια κοινή προσπάθεια έρευνας του εγκεφάλου δημιουργήθηκαν οι νευροεπιστήμες. Ας σκε-

φτούμε ένα οποιοδήποτε ερώτημα, τόσο απλό όσο μια κίνηση ή τόσο πολύπλοκο όσο η αντιμετώπιση μιας ψυχικής νόσου. Θα πρέπει κανείς να κατανοήσει τους μηχανισμούς ανάδυσσης της συγκεκριμένης λειτουργίας από το επίπεδο του μορίου σε εκείνο των νευρώνων και των συνάψεών τους, των νευρωνικών κυκλωμάτων και των συστημάτων που αυτά σχηματίζουν. Όσο ανερχόμαστε την κλίμακα της απαρτίωσης από το γονιδιακό επίπεδο μέχρι αυτό της συμπεριφοράς μας, τόσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα των μηχανισμών και η πολυπαραγοντική ανάδυση της δυναμικής κάθε επιπέδου από στοιχεία του αμέσως κατώτερου.

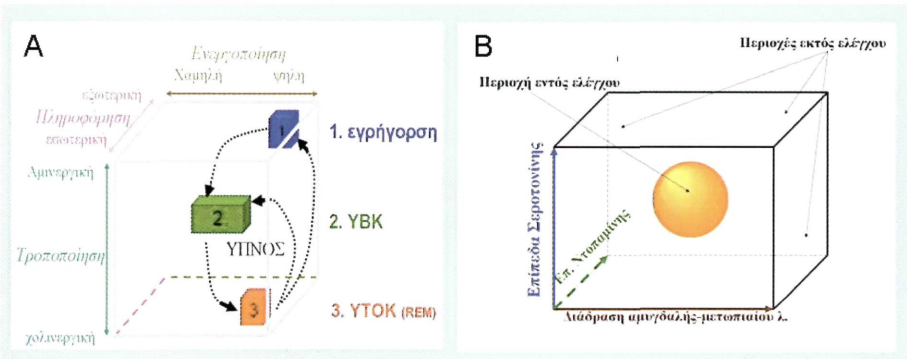
Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι κάθε λειτουργία το νευρικό σύστημα την απεργάζεται σαν σύνολο. Έτσι προκύπτει μια πολύ βασική αρχή της έρευνας του εγκεφάλου την οποία συνειδητοποιούμε όλο και περισσότερο: η ανάγκη ολιστικής ερευνητικής προσέλασης. Πέρα από το πολυεπίπεδο της οργάνωσης που αναφέρθηκε, δεν νοείται μελέτη του νου χωρίς το σώμα που το φέρει και το περιβάλλον στο οποίο ζει. Η σύγχρονη νευροεπιστημονική έρευνα είναι κύρια αναγωγική ως νέα επιστήμη σχεδόν ανώριμη για συνθετικές θεωρίες (τον Νεύτωνα της φυσικής ακόμη τον περιμένουμε στις νευροεπιστήμες). Όμως γίνεται φανερό ήδη ότι οποιαδήποτε εξήγηση του εγκεφάλου θα πρέπει να τον δει ως ενσώματο και διαδραστικό με άλλους ανθρώπους και με το περιβάλλον.

Υπάρχουν προφανείς περιορισμοί στην ικανότητά μας να κατανοήσουμε τις πολυδιάστατες διεργασίες του εγκεφάλου μας και γι' αυτό επινοούμε συνεχώς νέους «δαίμονες» σε μια προσπάθεια να συλλάβουμε και να αντικειμενικοποιήσουμε τις τρέχουσες αντιλήψεις για τον εγκέφαλο. Η νευροεπιστημονική έρευνα των εγκεφαλικών μηχανισμών που στηρίζουν συγκεκριμένη συμπεριφορά συχνά ακολουθεί τον δρόμο αρχικά της εντόπισης κέντρων κομβικής σημασίας και αργότερα της μελέτης της διαδραστικότητας αυτών των κέντρων στην πορεία του χρόνου. Στη συνέχεια αναγνωρίζεται η πολυπαραγοντική φύση των εγκεφαλικών λειτουργιών ενώ όλο και πιο συχνά επιχειρείται διανοματική αναπαράσταση των σχέσεων ανάμεσα στους παράγοντες αυτούς (παραδείγματα στην εικόνα 7). Πολύ σύντομα αναμένεται ότι αυτοί οι απλοί

άξονες X, Ψ και Z θα πρέπει να αντικατασταθούν από δυναμικές διαδρομές μεταξύ ελκυστών (Freeman, 1999).

Σε κάθε περίπτωση όμως φαίνεται να μην ξέρουμε ακόμη να κάνουμε τις σωστές ερωτήσεις με τα πειράματά μας προς τον εγκέφαλο. Ρωτάμε για παράδειγμα ερωτήσεις του τύπου «Πώς μαθαίνουν ή πώς αισθάνονται οι νευρώνες;» (Churchland, 2004), ενώ όλο και περισσότερο αντιλαμβανόμαστε την ανάγκη να απευθυνθούμε στο επίπεδο ολόκληρου του οργανισμού: «Πώς γνωρίζουν ή αισθάνονται τα πειραματόζωα σε ένα δεδομένο περιβάλλον διάδρασης;»

Είναι προφανές ότι η κατανόηση του εγκεφάλου απαιτεί νέα προωθημένη τεχνολογία και νέες ιδέες μεθοδολογίας που θα ανιχνεύει τη δραστηριότητα του με διακριτότητα χώρου στο νευρωνικό επίπεδο (μικρόμετρα) και χρόνου ανάλογου με αυτό στον οποίο επικοινωνούν οι νευρώνες (κάτω του χιλιοστού



Εικ. 7. Προσπάθειες τρισδιάστατης απεικόνισης της πολυπαραγοντικής φύσης των λειτουργιών του εγκεφάλου. Α. Κατά την εγρήγορση ο εγκέφαλος έχει υψηλή μεταβολική και ηλεκτροφυσιολογική ενεργοποίηση, υψηλά επίπεδα νοραδρεναλίνης και επεξεργάζεται κύρια εξωγενείς πληροφορίες. Και τα τρία αυτά χαρακτηριστικά μειώνονται με το πέρασμα στον ήσυχο ύπνο των βραδένων ηλεκτροεγκεφαλογραφικών κυμάτων. Κατά τον ύπνο με ταχείες οφθαλμικές κινήσεις ο εγκέφαλος ανακτά την ενεργοποίησή του –αλλά τώρα με υψηλά επίπεδα ακετυλοχολίνης– και επεξεργάζεται μόνο ενδογενείς πληροφορίες (τροποποιημένο από Hobson 1999b). Β. Ελέγχουμε καλύτερα τη συμπεριφορά μας όταν τα επίπεδα αμινοξέων –όπως η ντοπαμίνη και η σεροτονίνη– καθώς και η διάδραση ανάμεσα στον μετωπιαίο φλοιό και τον αμυγδαλοειδή πυρήνα κρατούνται μέσα σε κάποια όρια (τροποποιημένο από Churchland 2002.)

του δευτερολέπτου), αλλά παράλληλα και ικανότητα κατανοητής απεικόνισης του τεράστιου πλήθους τέτοιων δεδομένων και της διάδρασής τους στο επίπεδο ολοκλήρου του εγκεφάλου και στη διάρκεια ολοκλήρωσης μιας στοιχειώδους έστω συμπεριφοράς, λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη ποικιλία των συμπεριφορών λόγω της ευπλαστότητας των εγκεφαλικών διεργασιών (Ioannides, 2001· Ioannides et al., 2005a).

Κύρια αρωγός των νευροεπιστημών στην προσπάθεια αντιμετώπισης της πρόκλησης αυτής είναι ήδη η νευροπληροφορική με την ανάπτυξη: α. Μαθηματικών τρόπων ανίχνευσης των πλέον σημαντικών από τις διεργασίες, β. Μοντέλων που –συμπυκνώνοντας τις ιδιότητες ενός από τα κατώτερα επίπεδα οργάνωσης του εγκεφάλου– προβλέπουν τις ιδιότητες που θα αναδυθούν στο αμέσως ανώτερο επίπεδο, και γ. Βάσεις δεδομένων που θα περιλαμβάνουν δεδομένα ποικίλου τύπου. Το τελευταίο επιβάλλεται από τη συμπληρωματική φύση των υπάρχοντων μεθόδων ανάλυσης –π.χ. καλύτερη διακρίπτητα χρόνου με τις ηλεκτροφυσιολογικές μεθόδους (ηλεκτρο- και μαγνητο-εγκεφαλογράφημα, εικ. 3) και καλύτερη διακρίπτητα χώρου με τις ανατομικές και μεταβολικές μεθόδους (λειτουργική μαγνητική τομογραφία, κ.ά.). Προϋπόθεση των ανωτέρω είναι η δυνατότητα κοινής απεικόνισης και συγκριτικής αξιολόγησης των δεδομένων από τις διάφορες αυτές τεχνικές (Badea et al., 2003· Zainea et al., 2005· Roland et al., 2001· 1998· Toga et al., 2005). Η προσπέλαση αυτή –εφαρμοζόμενη σε παγκόσμιες συνεργασίες– αναμένεται να έχει πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα στην έρευνα του εγκεφάλου, όπως έκαναν και οι παγκόσμιες βιβλιοθήκες γενετικού υλικού στην επιτυχή «ανάγνωση του γενώματος».

8. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Δεν θα πρέπει να λησμονούμε ότι, ως κληρονομούμενος τρόπος προσαρμογής σε ένα συγκεκριμένο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, η απόκτηση νέων εγκεφαλικών μηχανισμών προηγείται της επιτυχούς προσαρμογής και η διατήρησή τους ακολουθεί τους νόμους της φυσικής επιλογής. Συνεπώς είναι εξαιρετικά αργή. Έτσι θεωρείται πολύ πιθανόν κατά τα τελευταία 30-40.000

χρόνια να μην έχει αλλάξει τίποτε στον εγκέφαλο του homo sapiens, ενώ η ζωή του πέρασε από τις συνθήκες διαβίωσης σε σπηλιές σε διαστημικά ταξίδια. Δεδομένου ότι με δραστικές επεμβάσεις του ανθρώπου το περιβάλλον αλλάζει με ολοένα και πιο αυξανόμενη ταχύτητα, εκφράζονται φόβοι για το αν ο εγκέφαλός του ανθρώπου των σπηλαίων είναι ο καταλληλότερος για να αντιμετωπίσει το μέλλον του (Pinker, 1997). Επίσης συχνά εκφράζεται η ανησυχία ότι κάποιο πιθανά μη αντιστρεπτό λάθος συνοδεύει την εξέλιξη του ανθρώπινου είδους, ως συνέπεια του οποίου ο σημερινός άνθρωπος μαζί με τα δημιουργικά επιτεύγματά του να προκαλεί με απαράδεκτη ανευθυνότητα κοινωνικές και οικολογικές κρίσεις, φθάνοντας έτσι τελευταία να απειλεί να καταστρέψει όλη τη ζωή στον πλανήτη.

Πιστεύω ότι –όπως διαφαίνεται από τη σύγχρονη έρευνα του εγκεφάλου– η φύση του ανθρώπου αποτελεί τόσο πολύπλοκη και δυναμική διάδραση ανάμεσα στις εξελικτικά/γενετικά και περιβαλλοντικά καθοριζόμενες ικανότητές μας και στο φυσικό, εσωτερικό και εξωτερικό αλλά και το κοινωνικό περιβάλλον μας, ώστε με κανένα τρόπο δεν μπορεί να προβλεφθεί –πόσο μάλλον να αποτελέσει– ένα σκοτεινό πεπρωμένο. Αντίθετα, η ανθρώπινη επινοτικότητα αποτελεί τη μοναδική ελπίδα διαφυγής από τα σημερινά αδιέξοδα.

Η καινούργια γνώση σχετικά με τον εγκέφαλο η οποία συσσωρεύεται στον αιώνα μας με τρομακτικούς ρυθμούς αναμένεται να έχει κοινωνικό αντίκτυπο πολύ μεγαλύτερο από εκείνον των ανακαλύψεων του περασμένου αιώνα, της πυρηνικής ενέργειας και του ανθρώπινου γονιδιώματος (Hauser, 2004). Τα ίδια τα ευρήματα ως γνώση με τον τρόπο που αυτή θα «προσληφθεί» από την κοινωνία αλλά και πρακτική χρήση ή κατάχρησή τους φαίνεται σίγουρο ότι θα θέσουν υπό αμφισβήτηση παραδοσιακές ανθρώπινες αξίες (όπως η έννοια του «εαυτού» μας, η ελεύθερη βούληση, κ.ά.) πάνω στις οποίες στηρίζονται όλα τα ηθικά συστήματα και η απονομή δικαιοσύνης και συνεπώς θα απειλήσουν την ίδια τη συνοχή της μελλοντικής κοινωνίας (βλ. κεφ. 7, Kostopoulos, 2002). Πολλοί διαβλέπουν πως η ωριμάζουσα αντίληψη της νευροεπιστημονικής κοινότητας ότι ο νους είναι προϊόν του εγκεφάλου θα αποτελέσει πρόκληση για όλες τις θρησκείες. Ένας κοινωνικός διχασμός θα μπορούσε να προκύψει

μεταξύ εκείνων που θεωρούν τη θεότητα προϊόν της ανθρώπινης φαντασίας ή ενός βιολογικού κινήτρου και εκείνων που πιστεύουν ότι έχει αυθεντική οντότητα την οποία ο εγκέφαλος εξελίχθηκε να αντιλαμβάνεται.

Μάλλον καλοδεχούμενη πρέπει να είναι αυτή η πρόκληση, μια και είναι ιστορικά αποδεδειγμένο ότι οξυμένες αντιθέσεις θεωριών πάντα οδήγησαν στη σύνθεση και στην πρόοδο της επιστήμης, ενώ κανένα γνήσιο θρησκευτικό αίσθημα δεν κάμφθηκε εξαιτίας της προόδου των επιστημών. Γενικότερα υπάρχει η αισιόδοξη προοπτική ότι μέσα από την καλύτερη γνώση της ανθρώπινης φύσης θα αναδυθούν πρωτότυπες και δημιουργικές λύσεις προσαρμογής σε αυτήν, περισσότερος σεβασμός του εαυτού μας και των άλλων και μεγαλύτερη απόλαυση της ζωής.

Πολλοί διαβλέπουν τον κίνδυνο κατάχρησης των αλματωδώς αναπτυσσόμενων μεθόδων μη επεμβατικής μελέτης της λειτουργίας του εγκεφάλου, με τρόπο που να απειληθούν βασικά ανθρώπινα δικαιώματα –τι πιο προσωπικό δεδομένο από τις νοητικές και συναισθηματικές ικανότητές μας (Butler, 1998). Η ανακάλυψη κάποιας στατιστικής σχέσης ανάμεσα στη βιολογία και τη συμπεριφορά (Davidson et al., 2000) μπορεί –εντελώς αντιεπιστημονικά– να χρησιμοποιηθεί ως δικαιολογία για μαζικούς «προληπτικούς» ελέγχους της εγκεφαλικής δραστηριότητας παιδιών, υπαλλήλων ή επίδοξων μεταναστών. Είναι σίγουρο ότι στη βάση των νέων ευρημάτων οι όποιες προσπάθειες ελέγχου της συμπεριφοράς των μαζών θα μπορέσουν να γίνουν πλέον αποτελεσματικές, ενώ υπάρχουν ήδη ενδείξεις κατάχρησης επιστημονικών γνώσεων στην κατασκευή νέων καταστροφικών όπλων (Moreno, 2004).

Μια κατάχρηση που ήδη εκτιμάται ότι αποφέρει τεράστια εταιρικά κέρδη αφορά την ιλιγγιωδώς αυξανόμενη και αλόγιστη χρήση νευροδραστικών ουσιών για «κοινωνικούς» λόγους («βελτίωση» της ανθρώπινης φύσης). Οι κίνδυνοι είναι υπαρκτοί, όπως συμβαίνει με κάθε επιστημονική πρόοδο. Επειδή η πρόοδος δεν πρέπει και δεν μπορεί να φραγεί και τα προκύπτοντα θέματα ηθικής δεν είναι φυσικά αντικείμενο των επιστημών, η αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων πιστεύω ότι προϋποθέτει έγκαιρη, ευρεία και ορθή ενημέρωση των πολιτών για τα νευροεπιστημονικά ευρήματα, ώστε να υπάρχει: α. Στήριξη

των επιθυμιών από την κοινωνία και πλέον δημιουργικών κατευθύνσεων της έρευνας του εγκεφάλου, και β. Δημοκρατικός έλεγχος των εφαρμογών.

Ας σημειωθεί ότι η χρήση «βελτιωτικών» της ανθρώπινης φύσης που ακολουθεί νομοτελειακά την πρόοδο στα μέτρα αντιμετώπισης νευροψυχιατρικών νόσων (η οποία ραγδαία επεκτείνεται όχι μόνο στα φάρμακα αλλά και σε κυτταρικά ή ηλεκτρονικά εμφυτεύματα, γονιδιακές αλλαγές, κ.ά.) πέραν των αθέμιτων οικονομικών κινήτρων και πολιτικών επιπτώσεων (ανισότητα υπέρ των πλουσίων) που τη συνοδεύουν απολαμβάνει και θεωρητικής υποστήριξης από αναδυόμενες φιλοσοφικές κινήσεις του «μετά-ανθρωπισμού» (“transhumanism” του Julian Huxley, βλ. Naam, 2005 αλλά και Bostrom, 2005· Fukuyama, 2002).

Αναφέρθηκαν μερικά παραδείγματα και απόψεις που φυσικά δεν μπορούν να αναμετρηθούν με το ερώτημα που θέτει ο τίτλος αυτής της συζήτησης. Το σίγουρο πάντως είναι ότι περίπου 200.000 χρόνια πριν κάτι συνέβη στη γραμμή εξέλιξης των εκατομμυρίων ετών της βιολογικής εξέλιξης, το οποίο μας επέτρεψε να κάνουμε τέτοιου είδους ερωτήσεις και αυτή η αλλαγή αφορούσε κυρίως τον τρόπο λειτουργίας του εγκεφάλου μας.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Allman J., *Evolving Brains*, Scientific American library, 2000.

Azevedo I., “Being human”, *Science*, Jul 12;297(5579)(2002), 194.

Badea A., Kostopoulos G.K., Ioannides A.A., “Surface visualization of electromagnetic brain activity”, *J Neurosci Methods*, 127(2)(2003), 137-47.

Barkow J., Cosmides L. and Tooby J, *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture*, Oxford University press, 1992.

Bartel A. and Zeki S., “The neural correlates of maternal and romantic love”, *Neuroimage*, 21(2004), 1155-1166.

Bear M.F., Connors B.W. and Paradiso M.A., *Neuroscience, exploring the brain*, Williams and Wilking, 2004, 2nd edition

Blood et al., “Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions” *Nature Neuroscience*, 2(4)(1999), 382-387.

- Bostrom N., "In defense of posthuman dignity" *Bioethics*, 19(3)(2005), 202-14.
- Brunet M, et al., "A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa" *Nature*, 418(6894)(2002), 145-51.
- Brunet M., Franck Guy, David Pilbeam, Hassane Taisso Mackaye, Andossa Likius, Djimdoumbaye Aounta, et al., "A new hominid from the upper Miocene of Chad, central Africa", *Nature*, 418(2002), 145-51.
- Butler D., «"Advances in neuroscience "may threaten human rights"», *Nature* 191(1998), 318.
- Cahill L., "His brain, her brain", *Scientific American*, May 2005.
- Changeux J-P and Ricoeur P., *What makes us think? A Neuroscientist and a philosopher argue about ethics, human nature and the brain*, Princeton University Press, 2001.
- Corballis M.C., *From Hand to Mouth: The Origins of Language*, Princeton University Press, NJ, USA, 2002.
- Cosmides L. and Tooby J., "Evolutionary Psychology and the Emotions". In *Handbook of Emotions*, 2nd Edition, M. Lewis & J. M. Haviland-Jones, Editors. NY: Guilford, 2000.
- Culotta E., "What genetic changes made us uniquely human?", *Science* 2005, vol. 309, p. 91
- Curchland P.S., "Self-representation in nervous systems", *Science*, 296(5566) (2002a), 308-10.
- Curchland P.S., *Brain-Wise: Studies in Neurophilosophy*, MIT Press, 2002b.
- Curchland P.S., *How do neurons know?*, Daedalus Spring, 2004.
- Damasio A.R., *Descartes' Error*, New York, Grosset/Putman, 1994.
- Damasio A.R., *The feeling of what happens*, New York, Harcourt, Brace, 1999.
- Davidson R.J., Putnam K.M., Larson C.L., "Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation—a possible prelude to violence", *Science*, 289(5479)(2000), 591-4.
- Dolan R.J., "Emotion, cognition, and behavior", *Science*, Nov. 8;298(5596)(2002), 1191-4.
- Edelman G., *Bright air, brilliant fire. On the matter of the mind*, Penguin book, 1994.

Fitch W.T., Hauser M.D., Chomsky N., “The evolution of the language faculty: clarifications and implications”, *Cognition*, Sep;97(2)(2005), 179-210; discussion 211-25.

Freeman W., *How Brains Make Up Their Minds*, Weidenfeld & Nicolson, 1999.

Freeman W.J., *Societies of brains. A study of the neuroscience of love and hate*, LEA, Hove, UK, 1995.

Freud S., *Εισαγωγή στο Ναρκισσισμό*, Αναφέρει: «Ας μη ξεχνάμε ότι όλες οι υποθετικές ιδέες μας στην ψυχολογία αναμένουμε μια μέρα να βασίζονται σε ένα οργανικό υπόστρωμα», 1914.

Fukuyama F., *Our PostHuman Future-consequences of the biotechnology revolution*, Farrar, Straus & Giroux, New York, 2002.

Gazzaniga M.S., *The mind's past*, University of California Press, 1998.

Gazzaniga M.S., *The ethical Brain*, Dana Press, 2005a.

Gazzaniga M.S., “Forty-five years of split-brain research and still going strong”, *Nat Rev Neurosci.*, 6(8)(2005b), 653-9.

Greene J.D., Sommerville R.B., Nystrom L.E., Darley J.M., and Cohen J.D., “An fMRI Investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment”, *Science*, 293(2001), 2105-2108

Hauser S.L., “The shape of things to come”, *Neurology*, Sep 28;63(6)(2004), 948-50.

Hobson J. Allan, *Dreaming as Delirium: How the Brain Goes Out of its Mind*, MIT Press, 1999a.

Hobson J.A., *Consciousness*, Scientific American Library, 1999b.

Holden C., “The origin of Speech”, *Science*, 303(2004), 1316-1319.

Ioannides A.A., “Real time human brain function: observations and inferences from single trial analysis of magnetoencephalographic signals”, *Clinical EEG*, 32(2001), 98-111.

Ioannides A.A., Corsi-Cabrera M., Fenwick P.B., del Rio Portilla Y., Laskaris N.A., Khurshudyan A., Theofilou D., Shibata T., Uchida S., Nakabayashi T., Kostopoulos G.K., “MEG tomography of human cortex and brainstem activity in waking and REM sleep saccades”, *Cereb Cortex*, 14(1)(2004b), 56-72.

Ioannides A.A., Fenwick P.B., Liu L., “Widely distributed magnetoencephalography spikes related to the planning and execution of human saccades”, *J Neurosci.*, 25(35)(2005a), 7950-67.

Ioannides A.A., Poghosyan V., Dammers J., Streit M., “Real-time neural activity and connectivity in healthy individuals and schizophrenia patients” *Neuroimage*, Oct;23(2)(2004a), 473-82.

Kandel E., Schwartz J., Jessell T., *Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά*, Ελληνική μετάφραση από Α. Καραμανλίδη, Γ.Χ. Παπαδόπουλο και Χ. Καζλαρή, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1999.

Kandel E.R., “Neuroscience – The molecular biology of memory storage: A dialogue between genes and synapses”, *Science* 294(5544)(2001), 1030-1038

Kandel E.R. “Biology and the future of psychoanalysis: a new intellectual framework for psychiatry revisited”, *Amer. J. Psychiatry*, 156(1999), 505-524, «Η νευροβιολογία (των μηχανισμών νευρωνικής ευπλαστότητας και μάθησης) θα μπορούσε να δια φωτίσει κάποια σημαντικά ζητήματα της ψυχανάλυσης»

Kawabata H. and Zeki S., “Neural Correlates of Beauty”, *J. Neurophysiol.*, 91(2004), 1699-1705.

Kimura D., “Sex differences in the brain”, *Scientific American*, 280(2002), 32-37

Kostopoulos G.K. “Involvement of the thalamocortical system in epileptic loss of consciousness”, *Epilepsia*, 42 (s3), (2001), 13-19.

Kostopoulos G.K. “Brain mechanisms underlying logos and pathos”. Pages 137-175 in *The Human Predicament II*, Ed. D.V. Razis, S&P Advertising, Athens, 2003.

Kostopoulos G.K., “Epilepsy and other daemons in the brain: a historical perspective” in Proceedings of the meeting: “Brain, Mind and Culture: Modern insights into 2,500-year-old riddles” Editor: A.A. Ioannides, 29.11–3.12. 2004, Limassol, Cyprus. http://www.hbd.brain.riken.jp/cyprus/assets/BMC_program_abstract.pdf

Kostopoulos P, Petrides M., “The mid-ventrolateral prefrontal cortex: insights into its role in memory retrieval” *Eur J Neurosci*, Apr;17(7)(2003), 1489-97.

LeDoux J., *Synaptic Self: How Our Brains Become Who We Are*, New York, Viking, 2002.

Lee D., Simos P., Sawrie S.M., Martin R.C., Knowlton R.C., “Dynamic brain activation patterns for face recognition: a magnetoencephalography study”, *Brain Topogr.*, Fall;18(1)(2005), 19-26, Epub 2005 Sep 16.

Libet B., “Conscious vs neural time”, *Nature*, 352(6330)(1991), 27-8.

Llinas R., Ribary U., Contreras D., et al., “The neuronal basis of consciousness, *PHILOS T ROY SOC B*, 353 (1377)(1998), 1841-1849.

Llinas R.R., "I for the vortex: From Neurons to self", a Bradford book, 2001.

MacLean P., *The Triune Brain in Evolution*, New York, Plenum Press, 1990, p. 543.

MacLean P.D. "Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system" (Visceral brain), *Electro, Clin. Neurophysiology*, 4(1952), 407-418.

Mayr E., *What evolution is*, Basic Books, 2001

Moreno J.D., "DARPA on your mind", *Cerebrum* 6(4)(2004), 91-9.

Naam R., *More than human: Embracing the promise of biological enhancement*, Broadway Press, 2005.

Peters R., "Ageing and the brain", *Postgrad Med J.*, 82(964)(2006), 84-8.

Petrides M., "Lateral prefrontal cortex: architectonic and functional organization", *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, Apr 29;360(1456) (2005), 781-95.

Pinker S., *How the mind works*, WW Norton and co New York, 1997.

Popescu M., Otsuka A., Ioannides A.A., "Dynamics of brain activity in motor and frontal cortical areas during music listening: a magnetoencephalographic study", *Neuroimage*, Apr;21(4)(2004), 1622-38

Poulianos A., "Petralona cave dating controversy", *Nature*, 299(5880)(1982), 280.

Rizzolatti G. et al., "Premotor cortex and the recognition of motor actions" *Brain Res. Cognit. Brain Res.*, 3(1996), 131-141

Roland P., Svensson G., Lindeberg T., Risch T., Baumann P., Dehmel A., Frederiksson J., Halldorson H., Forsberg L., Young J., Zilles K., «A database generator for human brain imaging», *Trends Neurosci*, Oct; 24(10) (2001), 562-4.

Roland P.E., Svensson P., Fredriksson J., Cavada C., Hari R., Cowey A., Kostopoulos G., Mazoyer B., Schormann T. and Zilles K., ECHBD - «A database model of the cerebral cortex in man», Proc. of 28th . *Society for Neuroscience annual meeting*, Los Angeles, USA, 1998.

Singer W., «Consciousness and the binding problem», *Ann N Y Acad Sci. Apr* 929(2001), 123-46.

Society for Neuroscience / USA 1996 "Τι γνωρίζουμε για τον Εγκέφαλο: Ένα αλφαβητάρι για τον εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα", ελληνική μετάφραση του *Brain Facts*, Εκδόσεις Καστανιώτη. Το πρωτότυπο είναι διαθέσιμο στην: <http://web.sfn.org/content/Publications/BrainFacts/brainfacts.pdf>

Solso R.L., *The psychology of art and the evolution of the conscious brain*, MIT Press, 2004

Sporns O., Tononi G., Edelman G.M., “Theoretical neuroanatomy and the connectivity of the cerebral cortex” *Behav Brain Res.*, 135(1-2)(2002), 69-74.

Wegner D.M., “The Mind’s Best Trick: How We Experience Conscious Will”, *Trends in Cognitive Sciences*, February, 2003.

Weinberger N.M., “Music and the brain”, *Sci Am.*, Nov;291(5)(2004), 88-95

Wise R.J., “Language systems in normal and aphasic human subjects: functional imaging studies and inferences from animal studies” *Br Med Bull.*, 65(2003), 95-119.

Zainea O.F., Kostopoulos G.K., Ioannides A.A., “Clustering of early cortical responses to median nerve stimulation from average and single trial MEG and EEG signals”, *Brain Topogr.*, 17(4)(2005b), 219-36.

Zeki S. “The disunity of consciousness”, *Trends in Cognitive Sciences* 7(5), 214-218.

Zeki S., *Εσωτερική όραση. Μια εξερεύνηση της τέχνης και του εγκεφάλου*, Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2002.

Κωστόπουλος Γ., «Εγκέφαλος: Ο πιο δικός μας άγνωστος», *Κοινωνία και Υγεία*, Εκδόσεις Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών, 2002, σελ. 73-104.

Το νόημα της ανθρώπινης ύπαρξης στην εποχή της τεχνικοοικονομικής ανάπτυξης

Λάμπρος Κουλουμπαρίτσας*

Καθηγητής Πανεπιστημίου Βρυξελλών (ULB)



Εάν ένας κύκλος διαλέξεων γύρω από τη ζωή, ένα θέμα όπως η ανθρώπινη ύπαρξη είναι σημαντικό όχι όμως και εύκολο. Πόσο μάλλον αφού ο φιλοσοφικός λόγος –όταν πραγματεύεται σε βάθος ένα θέμα– είναι πολλές φορές δυσνόητος, στρυφνός ή ακόμη, όπως υποστηρίζουν πολλοί, σκοτεινός. Φοβούμαι λοιπόν μήπως δεν γίνω πάντοτε κατανοητός. Θα προσπαθήσω όμως να είμαι σαφής ως προς τις ιδέες, εφόσον –στο μέτρο που μπορώ– σκοπεύω να αποφύγω προσεγγίσεις με τεχνικούς φιλοσοφικούς όρους.

* Ο Λάμπρος Κουλουμπαρίτσας είναι καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Βρυξελλών (ULB), όπου διδάσκει φιλοσοφία. Είναι επίσης τακτικό μέλος της βελγικής Ακαδημίας, αντεπιτελλόν μέλος της Ακαδημίας Αθηνών και επίτιμος διδάκτωρ τεσσάρων Πανεπιστημίων (Οράντσα, Λιέγης, Αθηνών και Κρήτης). Έχει δημοσιεύσει πέντε βιβλία και πάνω από εκατόν εξήντα μελέτες. *Η Ιστορία της αρχαίας και μεσαιωνικής φιλοσοφίας* που δημοσίευσε ο παρισινός εκδοτικός οίκος Grasset (1998) μεταφράζεται στα ελληνικά και θα κυκλοφορήσει από τις εκδόσεις Εξάντας. Ο τίτλος του τελευταίου βιβλίου του είναι *Η εγγύτητα και το ζήτημα του ανθρώπινου πόνου* (Ousia, Βρυξέλλες, 2005).

Ο φιλόσοφος Εμμανουήλ Καντ, όταν έθεσε τις τρεις πολυφημισμένες ερωτήσεις σχετικά με τη γνώση, την πράξη και την ελπίδα, δηλαδή *Τι γνωρίζω; Τι πράττω; Τι μπορώ να ελπίζω;* πρόσθεσε και μία τέταρτη: *Τι είναι ο άνθρωπος;* Παρόλο που ο Καντ παραμελεί μέχρι ενός σημείου την ερώτηση που αφορά το ποιείν (δηλαδή *Τι δημιουργώ;* την οποία είχαν θέσει καθαρά πρώτοι ο Πλάτων και ο Αριστοτέλης και η οποία θα μας απασχολήσει στη συνέχεια), διακρίνει εύστοχα την κεντρική θέση που κατέχει ο άνθρωπος στη φιλοσοφία. Βρισκόμαστε βέβαια κοντά στην εποχή μας, μετά από την Αναγέννηση, που ανέδειξε τον ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα των φιλοσοφικών στοχασμών σε βάρος της θεοκεντρικής αντίληψης του Μεσαίωνα. Επιπλέον, παρόλο που ο Καντ –όπως και άλλοτε ο Αριστοτέλης– δεν είχε ενδοιασμούς ως προς την αξία της θεολογικής σκέψης, δεν δίστασε να αξιοποιήσει σχεδόν αποκλειστικά την ανθρώπινη ύπαρξη έξω από κάποια μορφή θεολογικής δογματικής όπως συνηθιζόταν στον Μεσαίωνα. Εκεί όμως όπου ο Αριστοτέλης, πρωτεργάτης της ηθικής ως πρακτικής επιστήμης, προβάλλει τη φρόνηση σε σχέση με ένα είδος ανθρώπου, τον φρόνιμο, τον οποίον καθορίζει ως μοντέλο των αγαθών πράξεων προς όφελος του συνόλου, ο Καντ επιμένει κυρίως στην άποψη της ηθικότητας διατυπώνοντας οικουμενικά αποφθέγματα που αφορούν κυρίως την αξιοπρέπεια του ανθρώπου, όπως η αρχή που υποστηρίζει ότι δεν πρέπει ποτέ να μεταχειριζόμαστε τον άνθρωπο ως μέσο.

Όλες αυτές οι προσπάθειες είναι αναμφισβήτητα αξιοθαύμαστες και σφράγισαν την ιστορία της φιλοσοφίας με την πιο θεαματική και διαρκή συνεισφορά τους, τουλάχιστον –όπως θα δούμε– μέχρι να αναδυθεί μια καινούρια πραγματικότητα, άγνωστη στις εποχές του Αριστοτέλη και του Καντ: η τεχνικοοικονομική δομή του κόσμου. Όμως, και πέρα από αυτό το ζήτημα, τα πράγματα δεν είναι απλά, γιατί όπως δεν μπορούμε ακόμα να απαντήσουμε στο ερώτημα *Τι είναι η ζωή;* παρά τις προόδους της σύγχρονης επιστήμης, αντιμετωπίζουμε την ίδια αδυναμία αναφορικά με τον άνθρωπο. Αυτό δεν μας εμποδίζει φυσικά να διαπιστώνουμε ότι η ζωή υπάρχει και οι έρευνες στη βιολογία εξελίσσονται ραγδαία με απρόβλεπτες επιπτώσεις για την ύπαρξή μας στο μέλλον. Δημιουργήσαμε μάλιστα κι έναν κλάδο της ηθικής, τη βιοηθική,

πολύ της μόδας θα έλεγα, αν δεν τον θεωρούσα απαραίτητο για τη διευθέτηση των νέων προβλημάτων που προκαλούν οι καινούριες τεχνολογίες και οι έρευνες πάνω στη ζωή.

Παρόμοιο πρόβλημα με εκείνο της ζωής παρουσιάζεται και για τον άνθρωπο. Ως άνθρωποι υπάρχουμε, δημιουργήσαμε και δημιουργούμε πολιτισμούς και προχωράμε ραγδαία προς την κατάκτηση κάποιου χώρου στο σύμπαν, όσο μηδαμινός κι αν είναι αυτός. Και διαπιστώνουμε ότι η πιο πρόσφατη φάση της εξέλιξής μας σχετίζεται με την τεχνολογική επανάσταση, με την καθίδρυση τεχνικοοικονομικής δομής, η οποία συνδέεται άρρηκτα με την παγκοσμιοποίηση. Βέβαια, υπάρχει πρώτα απ' όλα η οικονομική παγκοσμιοποίηση, την οποία προσπαθούμε, αντιμετωπίζοντας πολλά εμπόδια, να μετατρέψουμε και να μεταμορφώσουμε και σε κοινωνική, περιβαλλοντολογική και πολιτισμική παγκοσμιοποίηση. Όπως θα δούμε όμως, η συνύπαρξη αυτή δεν είναι ούτε αυτόματη ούτε αυτονόητη.

Τα στοιχεία αυτά δεν μας δίνουν όμως ακόμα απάντηση στην ερώτηση *Τι είναι η ζωή*; Ίσως μάλιστα το πρόβλημα της ζωής να είναι άλυτο, ώστε να μην μπορέσουμε ποτέ να απαντήσουμε σε τέτοιου είδους ερωτήματα. Την αδυναμία μας αυτή τη συνοδεύει ένα παράδοξο. Από καιρό τώρα η φιλοσοφία έχει εγκαταλείψει κάποια παλιά αντικείμενα μελέτης της, όπως τη φύση και τον κόσμο, που έχουν κατακτηθεί από τις θετικές επιστήμες, καθώς επίσης και τον Θεό ή τους θεούς, οι οποίοι μελετούνται από τους θεολόγους ή τους θρησκευολόγους. Η πορεία της δίνει την εντύπωση πως, με την πάροδο του χρόνου, ο μόνος χώρος που της απέμεινε είναι ο άνθρωπος. Όπως είδαμε, πρώτος ο Καντ συνειδητοποίησε αυτή τη στροφή. Ωστόσο, διαπιστώνουμε σήμερα ότι και ο προσανατολισμός της αυτός, που έρχεται σε αντιπαράθεση με την αδυναμία μας να δώσουμε απαντήσεις σχετικά με το τι είναι ο άνθρωπος, πρέπει να μας προβληματίσει γιατί και ο άνθρωπος ως αντικείμενο μελέτης ξεφεύγει συνέχεια από τη φιλοσοφία. Πράγματι, οι καινούριοι αντίπαλοι που αντιμετωπίζει προέρχονται από το πεδίο της γνώσης που ονομάζουμε ανθρωπιστικές επιστήμες, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν την ανθρωπολογία, την κοινωνιολογία, την ψυχολογία, τη γλωσσολογία, κ.ά.

Με άλλα λόγια, όλα δείχνουν πως η φιλοσοφία κάνει συνεχώς έδαφος. Κάποιο αδιέξοδο φαίνεται να απειλεί εμάς τους φιλοσόφους, αν φυσικά δεν προσέξουμε και δεν βρούμε διέξοδο στον αγώνα στον οποίο μας παρέσυραν οι κληρονόμοι των φιλοσοφικών ανακαλύψεων με σκοπό την κατάκτηση εδαφών. Γιατί, πράγματι, το παράδοξο είναι πως οι εκάστοτε επιστήμονες ορίζουν ως αντικείμενό τους κάτι που άλλοτε ανήκε στον τομέα της φιλοσοφίας και το οποίο απορρόφησαν σαν να ήταν δικό τους. Εκτός κι εάν οι φιλόσοφοι πιστέψαμε λανθασμένα ότι ήταν αποκλειστική ιδιοκτησία μας κάτι που δημιουργήσαμε ή φανερώσαμε στις σχέσεις που πραγματεύονται οι άνθρωποι με τον κόσμο, ενώ στην πραγματικότητα τα εκάστοτε αντικείμενα ανήκαν κυρίως στις διάφορες επιστήμες που διαμορφώνονται με το πέρασμα του χρόνου, όπως τα μαθηματικά μετά από τους Πυθαγορείους, τα φυσικά (μαζί με τη βιολογία και την ψυχολογία) μετά από τον Αριστοτέλη, η κοινωνιολογία μετά τον Auguste Comte, κ.λπ. Αυτό σημαίνει ίσως ότι ο μόνος χώρος που ανήκει πραγματικά στη φιλοσοφία είναι εκείνος που προσδιορίζει τις σχέσεις κάθε πράξης ή πράγματος στην οποία συμμετέχει ο άνθρωπος, με τον κόσμο τον οποίον καθιδρύει ο ίδιος και προσπαθεί να διατηρήσει στην παρουσία του ή να τον μετατρέψει στην πάροδο του χρόνου.

Είναι λοιπόν κατανοητό ότι, εξαιτίας του κινδύνου που μας απειλεί, ψάχνουμε οι φιλόσοφοι ένα παραθυράκι που να μας επιτρέπει να διακρίνουμε λίγο φως για να φωτίσει καλύτερα τα βήματά μας προς όφελος της ιστορικότητας της φιλοσοφίας. Ας μην ξεχνάμε, ωστόσο, ότι το πεπρωμένο της φιλοσοφίας είναι και δικό μας πεπρωμένο, είναι το πεπρωμένο του καθενός μας, γιατί οι φιλόσοφοι διαφέρουν μεν από τον κοινό θνητό επειδή φιλοσοφούν με μέθοδο και τεχνική και μάλιστα με στυφή γλώσσα, αναμφισβήτητα δε κάθε άνθρωπος φιλοσοφεί με τον τρόπο του. Δεν υπάρχει άνθρωπος που να μην βιώνει προβλήματα τα οποία θέτουν φιλοσοφικά ερωτήματα. Κάθε άνθρωπος κρύβει μέσα του φιλοσοφικές χορδές τις οποίες χρησιμοποιεί για να δημιουργήσει δικές του μελωδίες. Για τον λόγο αυτό, αν αληθεύει ότι τίποτα δεν μας επιτρέπει σήμερα να απαντήσουμε στην ερώτηση *Τι είναι ο άνθρωπος;* η φιλοσοφική τεχνική για τους φιλοσόφους και οι φιλοσοφικές χορδές για τους υπόλοιπους ανθρώπους

μας ενθαρρύνουν να διερευνήσουμε το νόημα της ανθρώπινης ύπαρξης στο πλαίσιο κάθε ιστορικής εποχής, συνεπώς και της δικής μας. Με άλλα λόγια, η προβληματική της ανθρώπινης ύπαρξης μπορεί να αντικαταστήσει την τολημηρή και παρακινδυνευμένη αναζήτηση που ρωτά *Τι είναι ο άνθρωπος;*

Για να πλησιάσω το νόημα της ανθρώπινης ύπαρξης θα βασιστώ σε δύο διαστάσεις της μέχρι σήμερα φιλοσοφικής μου πρακτικής: την ιστορική, η οποία απορρόφησε το μεγαλύτερο μέρος της ζωής μου, και την ανθρωπιστική, την οποία ανέπτυξα στο τελευταίο μου βιβλίο σχετικά με την εγγύτητα και τον ανθρώπινο πόνο.¹ Για να γίνουν πιο κατανοπτά τα πλαίσια της ιστορικό-ανθρωπιστικής προσέγγισης του νοήματος της ανθρώπινης ύπαρξης, θα συνδυάσω την προβληματική μου με μια σύγκριση ανάμεσα στο νόημα που δίναμε στην ανθρώπινη ύπαρξη στο παρελθόν, κυρίως στην Αρχαιότητα και στον Μεσαίωνα, και στο νόημα που διαγράφεται σήμερα στον ορίζοντα της τεχνικοοικονομικής επανάστασης που βιώνουμε καθημερινά με θαυμασμό και αμηχανία.

Όλοι παρατηρούμε την αφθονία των τεχνολογικών αντικειμένων και όλοι μας νοιώθουμε ότι η παρουσία της τεχνολογικής δημιουργίας είναι κάτι το συγκεκριμένο και το μοναδικό. Η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται κυρίως από την τεχνικοοικονομική πρόοδο. Παράλληλα, όμως, νοιώθουμε και κάτι άλλο πολύ σημαντικό: ότι η εποχή μας χαρακτηρίζεται από την αναγνώριση της δημοκρατίας ως το πλέον ταιριαστό καθεστώς στην ανθρώπινη υπόσταση. Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε πως το δημοκρατικό πολίτευμα –δημιούργημα του αρχαίου αθηναϊκού πολιτισμού– είναι καινούργιο φαινόμενο που ξαναγεννήθηκε με τον Διαφωτισμό, αλλά εδραιώθηκε μόνο μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, έπειτα από σημαντικές ταραχές και πολιτικές ανακατατάξεις. Με τη σημερινή δημοκρατία έχουμε διαμορφώσει, για πρώτη φορά στην παγκόσμια ιστορία, ένα πολίτευμα που επιθυμεί να μεριμνά για τον *άνθρωπο ως άνθρωπο*, δίχως συστηματικές αναφορές σε υπερφυσικές δυνάμεις που τον υπερβαίνουν. Το παράξενο όμως είναι ότι ενώ βρήκαμε ένα καθεστώς στα μέτρα του ανθρώπου,

1. L. Couloubaritsis, *La proximité et la question de la souffrance humaine*, Βρυξέλλες, Ousia, 2005.

το οποίο μας ταιριάζει, παράλληλα δημιουργήσαμε μια καινούρια δομή, την τεχνικοοικονομική, την οποία αδυνατούμε πλέον να ελέγξουμε και η οποία μάλιστα δεν είναι πλέον όργανό μας, όπως ήταν άλλοτε οι τέχνες και οι βιοτεχνίες. Αντίθετα, μεταμορφώθηκε σε μια αντικειμενική δύναμη που κατακυριεύει τον πλανήτη μας και εγκαθιδρύει μια νέα πραγματικότητα.

Οι δύο αυτοί άξονες της ανθρώπινης πράξης – η τεχνικοοικονομική δύναμη και το δημοκρατικό πολίτευμα – οι οποίοι προσδιορίζουν καθημερινά τη ζωή μας διαφέρουν ριζικά από τις κοινωνικές και πολιτιστικές διαρθρώσεις του παρελθόντος όπου μια αόρατη πραγματικότητα γεμάτη από τον Θεό ή τους θεούς, τους δαίμονες ή τους αγγέλους, τους ήρωες ή τους αγίους, τα είδωλα ή τις ψυχές των ανθρώπων συνυπήρχε με τον φυσικό και ορατό κόσμο και προσδιόριζε ιεραρχικές δομές της κοινωνίας και της πολιτικής εξουσίας. Στο παρελθόν, μέχρι τουλάχιστον τη νεότερη εποχή, η πραγματικότητα που πλαισίωνε τους ανθρώπους ήταν τα φυσικά και υπερφυσικά όντα, με ελάχιστη παρουσία τεχνικών πραγμάτων. Η εικόνα που διαμόρφωναν για τον εαυτό τους οι άνθρωποι πρόβαλλε ως κύρια μέριμνα την αθανασία της ψυχής, ώστε οι πράξεις να κρίνονται συμφωνά με την πίστη στη μεταθανάτια ζωή και στη μετάβαση σε κάποιον παράδεισο. Ο πόνος και η οδύνη της ζωής – είτε ήταν προϊόν βίας (πόλεμοι, υποδουλώσεις, ληστείες, κ.ο.κ.) είτε ήταν προϊόν της αρρώστιας, της επιδημίας και του καθημερινού κόπου – εκλαμβάνονταν ως συνέπεια κάποιου κακού (λόγου χάρη του προπατορικού αμαρτήματος). Για να κατευνάζουν τις αόρατες δυνάμεις, οι άνθρωποι οργάνωναν θυσίες και τελετές ανάλογα με τις δυνάμεις που πίστευαν ότι δρούσαν από τον αόρατο κόσμο. Οι μύθοι, οι αποκαλύψεις και οι τελετουργίες εξουσίαζαν την ανθρώπινη ζωή.

Τα πράγματα έχουν κατά πολύ αλλάξει σήμερα, ακόμη και για τους πιστούς. Όχι μόνο με τη μεσολάβηση του Διαφωτισμού και της Γαλλικής Επανάστασης, που εισήγαγαν την ιδέα του κοσμικού κράτους και περιόρισαν την ιεράρχηση της πολιτικής και της κοινωνίας σε συμβολική προσέγγιση, αλλά κυρίως εξαιτίας της καθίδρυσης της τεχνικοοικονομικής δομής του κόσμου. Μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη δομή αυτή με βάση ορισμένους συντελεστές.

Κατ' αρχάς πρέπει να επισημανθεί η προαγωγή του αυτοματισμού. Έχουμε τόσο συνηθίσει σήμερα στον αυτοματισμό, ώστε δεν έχουμε πλέον την αίσθηση πως πρόκειται για τη μεγαλύτερη κατάκτηση της τεχνικής και συνεπώς της ανθρωπότητας. Ξεκίνησε με τα αυτόματα αντικείμενα στον 16ο αιώνα και κατοχυρώθηκε με τον έλεγχο της ενέργειας στον 19ο αιώνα (κυρίως με τους σερβομηχανισμούς). Ενώ βρίσκουμε μυθικές αναφορές στον Όμηρο για τα αυτόματα του Ηφαίστου (φουσηπήρες, τρίποδα, υπηρέτριες φτιαγμένες από ελεφαντοστό και χρυσό) ή στον περίφημο μύθο του Ικάρου, η αρχαία φιλοσοφία μετά τον Σωκράτη αρνήθηκε τη δυνατότητα του αυτοματισμού του σώματος και της τεχνικής. Μόνο η ψυχή κατά τον Πλάτωνα είναι αυτοκίνητος, ενώ κατά τον Αριστοτέλη χρειάζεται πάντοτε μια μορφή κινούντος για να κινούνται τα πράγματα και τα όντα, σε σημείο να υποστηρίζει τη δουλεία αφού διαπιστώνει ότι τα υφαντουργεία είναι αδύνατο να κινούνται μόνα τους. Ο δε χριστιανισμός απέδιδε την αρχή της πρώτης κίνησης στον πλάστη Θεό. Στην πραγματικότητα, ο πρώτος φιλόσοφος ο οποίος θεμελίωσε τον αυτοματισμό του σώματος είναι ο Καρτέσιος επειδή προέβη στον χωρισμό της πνευματικής από τη σωματική υπόσταση, αναγνωρίζοντας αυτονομία στην καθεμία.

Δευτερευόντως, η πραγματικότητα που κυριαρχεί στο εξής συνδέει άρρηκτα την τεχνική παραγωγή με την οικονομία. Κάθε πράγμα που παράγεται είναι εμπορεύσιμο κι άρα ξεδιπλώνεται αμείλικτο το οικονομικό πλέγμα που συνδέει και ορίζει τις πράξεις μας. Στο νέο αυτό πλαίσιο, κάθε πράγμα και κάθε πράξη παρουσιάζουν, πέρα από τη σύστασή τους, και οικονομική αξία που εκδηλώνεται στην πρακτική μέσω της εμπορευσιμότητάς τους.

Κατά τρίτον, διαμορφώνεται ένα καινούριο είδος αοράτου, το οποίο αποτελείται από ανθρώπινους παραγωγικούς μηχανισμούς με ατελείωτους ανταγωνισμούς. Το πλέγμα της παραγωγής και των υπηρεσιών, με τις πολλές διαδικασίες και αλυσίδες της τεχνικοοικονομικής προέλευσης κάθε πράξης και πράγματος, είναι για τους πολλούς άγνωστο και αόρατο. Όμως η τεχνικοοικονομική δύναμη ενώνει όλους τους αόρατους μηχανισμούς και αντικαθιστά κατά κάποιο τρόπο τη θεϊκή δομή που κυριαρχούσε ως αόρατη στον Μεσαίωνα, προβάλλοντας νέες προτεραιότητες για τον άνθρωπο.

Κατά τέταρτον, παρόλο που η τεχνικοοικονομία είναι δημιούργημά μας, αγνοούμε ποιοι και πώς διέπουν τις λειτουργίες της τεχνικοοικονομικής παγκοσμιοποίησης ενώ για πολλές άλλες δραστηριότητες (όπως η πολιτική, η ηθοποιία, η μουσική, τα αθλήματα, κ.ο.κ.) δοξάζονται τα άτομα, όπως άλλοτε εξιδανικεύονταν οι ήρωες ή οι άγιοι. Ελάχιστα από τα άτομα που χειρίζονται τους οικονομικούς μηχανισμούς του πλανήτη μας είναι σήμερα γνωστά στο μεγάλο κοινό.

Κατά πέμπτον, τα τεχνικά αντικείμενα έχουν κατακτήσει μεγάλο μέρος από τους γήινους τόπους ακόμα και εκεί όπου η φύση κυριαρχεί, αφού όλος ο πλανήτης μεταχειρίζεται «έξυπνα» όπλα και κοντεύει να κατακτηθεί από την αόρατη ρύπανση. Η κοινωνία της διακινδύνευσης, του ρίσκου, κατακτά συνεχώς έδαφος και οι παράγοντες που κατέχουν τα κλειδιά της τεχνικοοικονομίας αδιαφορούν δίνοντας προτεραιότητα στα συμφέροντά τους.

Απέναντι στην τεχνικοοικονομική δομή, φανταζόμαστε ορισμένες απαντήσεις μερικές από τις οποίες προέρχονται από την ίδια την πρόοδο της τεχνικής. Πιο συγκεκριμένα, η εκμηδένιση των αποστάσεων με τα μέσα της τεχνικής ανέδειξε το γεγονός ότι η εγγύτητα δεν είναι μόνο ζήτημα απόστασης (μετακίνηση και επικοινωνία) ή χρόνου (το επείγον) αλλά εξαρτάται και από τις σχέσεις ανάμεσα στους ανθρώπους. Ονομάζω αυτή τη διπλή εγγύτητα *αμφισημία* χωροχρονικής και σχεσιακής εγγύτητας. Για παράδειγμα, τυχαίνει να έχουμε καλύτερες σχέσεις με ανθρώπους που βρίσκονται μακριά μας παρά με ορισμένους με τους οποίους συνεργαζόμαστε. Συνεπώς, η απόσταση που μας χωρίζει από τους παράγοντες που πρωτοστατούν στις αποφάσεις της παγκοσμιοποίησης δεν εμποδίζει την εγγύτητα να παίζει σημαντικό ρόλο στις σχέσεις του ανθρώπου με τον εαυτό του, τους άλλους και τα πράγματα. Αρκεί όμως να προαχθούν καινούριες σχέσεις με συγκεκριμένα κριτήρια, όπως εκείνο του ανθρώπινου πόνου.

Υπάρχει εντούτοις και μια άλλη προσέγγιση για την ανάλυση της εγγύτητας, η οποία δημιουργεί μια *αντινομία*. Το δεύτερο αυτό είδος της εγγύτητας χαρακτηρίζει την πρωτοτυπία του βιβλίου μου στο οποίο ήδη αναφέρθηκα, που πραγματεύεται την εγγύτητα και το ζήτημα του ανθρώπινου πόνου. Διαπιστώνουμε ότι η επιστήμη και η τεχνική φανέρωσαν τον αόρατο μικροσκοπικό

κόσμο των σωματιδίων, των οποίων οι διαστάσεις έχουν γίνει ασύλληπτες, απαιτώντας νέα συστήματα μέτρησης. Με την πολυπλοκότητα της επιστήμης δημιουργείται ένα μεγάλο παράδοξο: όσο διαμορφώνουμε έναν κόσμο εγγύ, αντί να περιορίζουμε τον απομακρυσμένο κόσμο του αγνώστου και του πολύπλοκου, τον μεγεθύνουμε μέσω κάθε καινούριας ανακάλυψης. Πολλές συνέπειες απορρέουν από αυτή την κατάσταση.

Ας αρχίσουμε από την πιο άμεση. *Τι γνωρίζουμε για τον εαυτό μας*, όταν το πρόσωπό μας απαιτεί ένα καθρέπτη, όταν το εσωτερικό του σώματός μας περιμένει τις νέες τεχνολογίες για να διερευνηθεί ολόκληρο, για να μάθουμε επιτέλους πώς είμαστε, βοηθώντας μάλιστα και τους γιατρούς να μας θεραπεύσουν και να διαμορφώσουν το γενετικό μας πρόγραμμα; Τι γνωρίζουμε για τον ψυχικό μας κόσμο, ο οποίος διέπεται από το απρόσιτο υποσυνείδητο, παρά τα διακόσια προσφερόμενα είδη ψυχοθεραπείας; Μεταχειριζόμαστε τον εγκέφαλό μας για κάθε μας σκέψη και πράξη, ακόμη και για να αντιμετωπίσουμε τον πόνο και τις χαρές που αισθανόμαστε, δίχως καν να γνωρίζουμε πώς εργάζεται αυτή ακριβώς τη στιγμή που μιλώ και με ακούτε. Από την άλλη, η άγνοια για τον εαυτό μας αρκεί ώστε να εμπεδώσουμε την ιδέα ότι αγνοούμε και τους άλλους και τα πράγματα. Αγνοούμε κυρίως τον εσωτερικό κόσμο του καθενός, τους πόνους και τις ελπίδες του, παρά την καθίδρυση μέσω των επικοινωνιών αδιανόπτων στο παρελθόν, αποτελεσματικού νοσηλευτικού συστήματος ή ακόμη κοινωνικής μέριμνας, κ.ά.

Με άλλα λόγια, η εγγύτητα παρουσιάζεται είτε ως αμφισημία χωροχρονική και σχεσιακή είτε ως αντινομία, εφόσον το πλησίον γίνεται απόμακρο και ανεξέλεγκτο, προβάλλει ως ουσιαστικό πρόβλημα της ανθρώπινης ύπαρξης. Από αυτή τη σκοπιά συνορεύει με ένα άλλο ουσιαστικό πρόβλημα που μας βασανίζει όλους: τον πόνο, το άλγος ή την οδύνη. Παρόλο που στη μελέτη μου διαφοροποιώ τον σωματικό πόνο (που εμπεριέχει και τον μόχθο) από την ψυχική οδύνη ή το άλγος, προτιμώ να απλοποιήσω την ορολογία μιλώντας εδώ μόνο για τον πόνο πιο γενικά. Το πρόβλημα του πόνου μάς φέρνει κοντά στον άνθρωπο και ευρύτερα κοντά στη ζωή των ζώων (την οποία παραμέρισα μέχρι στιγμής από τις έρευνές μου).

Διαπιστώνω ότι συνήθως αποκρύπτουμε τον ανθρώπινο πόνο, ενώ τον βιώνουμε και τον αντιλαμβανόμαστε. Οι δε φιλόσοφοι αποφεύγουν να τον θεωρήσουν αντικείμενο του στοχασμού τους. Συνήθως τον αντιπαραβάλλουν με την ηδονή που τους ενδιαφέρει πιο άμεσα, ως αίτιο κάποιου κακού. Στην εποχή μας τον αφήνουμε στη μέριμνα κυρίως των γιατρών και του νοσοκομειακού περιβάλλοντος, των συγγραφέων και των μέσων μαζικής ενημέρωσης που τον φέρνουν κοντά μας. Έχει γίνει, με την πίεση των γεγονότων, και ζήτημα του πολιτικού λόγου.

Για την ακρίβεια, στην εποχή μας εκείνο που φανερώνει με θεαματικό τρόπο τον ανθρώπινο πόνο είναι οπωσδήποτε οι εικόνες του κινηματογράφου και της τηλεόρασης, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα τον καθένα μας. Ενώ όμως τον βλέπουμε παντού, κάτι μας αναγκάζει να τον μεταμορφώνουμε, να τον διαστρεβλώνουμε ή να τον αποσιωπούμε. Για τον λόγο αυτό θεωρώ ότι η ανάλυση του πόνου και της οδύνης πρέπει να γίνει κύριο θέμα του φιλοσοφικού στοχασμού, όπως επιχειρήσα να κάνω στο βιβλίο μου, το οποίο όμως δεν πραγματεύεται τον ηθικό πόνο που αφορά την πίστη και τις πεποιθήσεις, τους μύθους και τις τελετουργίες που προσδιορίζουν την ύπαρξή μας –θέμα που αφορά το πρόβλημα των μύθων, αντικείμενο του επόμενου βιβλίου μου. Το πρόβλημα που πρέπει όμως να μας απασχολεί, πριν από κάθε άλλη θεώρηση, είναι οι δομές και οι πηγές του πόνου. Θεωρώ ότι τρεις είναι οι δομές του πόνου.

Πρώτα απ' όλα, ο πόνος επιβάλλεται με τη μοναδικότητά του και την απόλυτη εγγύτητα με τον εαυτό μας. Κατά δεύτερον, μεταδίδεται στους άλλους οι οποίοι τον νοιώθουν διαφορετικά από τον πάσχοντα, πράγμα που παράγει μια εγγύτητα με αυτόν, βάσει κάποιας εμπιστοσύνης. Η δημιουργία οικειότητας και εμπιστοσύνης είναι βασικός παράγοντας της προβληματικής της σχεσιακής εγγύτητας. Υπάρχει όμως και μια τρίτη δομή του πόνου, η οποία σχετίζεται πιο άμεσα με τις αποστάσεις. Όταν ο πόνος στέκει σε απόσταση, μακριά μας, μεταμορφώνεται από τις πολιτικές ομιλίες, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και τη λογοτεχνία. Καμιά φορά μάλιστα διαστρεβλώνεται ή ακόμη παραμένει αδιάφορος.

Οι τρεις αυτές δομές του πόνου έχουν σχέση με την πολυπλοκότητα και προϋποθέτουν και τις δύο αναλύσεις της εγγύτητας που πρότεινα πιο πάνω.

Αυτή η διάσταση του πόνου, η οποία εμπλέκεται με το πολύπλοκο, δεν έχει μελετηθεί μέχρι σήμερα ενώ μου φαίνεται ότι είναι η σημαντικότερη. Ένα παράδειγμα αρκεί για να μας ευαισθητοποιήσει.

Ενώ κάνουμε χρήση πραγμάτων με μεγάλη ευκολία, παραβλέπουμε ότι αυτά τα πράγματα που χρησιμοποιούμε και καταναλώνουμε είναι αποτέλεσμα πολλαπλών διαδικασιών τεχνικοοικονομικής υφής που ξεκινούν από τις πρώτες ύλες οι οποίες είναι συσφρασμένες με ανθρώπινους πόνους. Η προέλευση κάθε πράγματος υποθέτει πολύπλοκες διαδικασίες με άπειρους πόνους. Για παράδειγμα, γίνονται πόλεμοι για τις πρώτες ύλες, οι εργασίες συνδέονται με υπεράνθρωπους κόπους και ασθένειες, η εκμετάλλευση και η βία κυριαρχεί σε πολλές επιχειρήσεις, κ.λπ. Έτσι, ένα μπουκάλι νερό το οποίο μεταχειρίζομαι για να εξουδετερώσω τον πόνο της δίψας είναι αποτέλεσμα πολλαπλών τεχνικοοικονομικών διαδικασιών που καθεμία συνδέεται με πόνους οι οποίοι προέρχονται από τον κόπο της εργασίας, τις ασθένειες, τις εκμεταλλεύσεις, κ.λπ. ή ακόμη και από τα συμφέροντα που υπηρετούνται για την απόκτηση του πετρελαίου, για το οποίο δεν διστάζουμε να δημιουργούμε αιματοχυσίες. Κάθε τεχνικό αντικείμενο κρύβει μέσα του άφθονους πόνους, ακόμα και όσα μετέχεται η ιατρική όταν απαντά στους πόνους, πράγμα που μας οδηγεί σε παράδοξο.

Από την άλλη πλευρά, η αφθονία των τεχνικών αντικειμένων που το τεχνικοοικονομικό σύστημα παράγει και αναπαράγει επ' άπειρον λόγω ζήτησης, ανταγωνισμού και ανάγκης βελτίωσης της ποιότητας ή των τιμών δεν είναι δυνατό να ανταποκριθεί στην αγοραστική επιθυμία του καθενός, στην έλλειψη οικονομικής ευχέρειας για την απόκτησή τους. Αυτό δημιουργεί με τη σειρά του αμέτρητους πόνους, μέσα σε μια κοινωνία όπου κυριαρχεί ο καταναλωτισμός και η εμπορευσιμότητα κάθε πράξης και πράγματος. Η καταναλωτική κοινωνία, η οποία μας βοηθά να αποκτούμε πράγματα προτού τα πληρώσουμε, δημιουργεί και ανάγκες δίχως να παρέχεται η δυνατότητα ανταπόκρισης. Δημιουργούνται δε και οικονομικά δράματα, όπως τα χρέη, αναπαράγοντας στο διπνεκές τους ανθρώπινους πόνους.

Με άλλα λόγια, διαπιστώνουμε ότι, παρ' όλη τη σημερινή πρόοδο, ο ανθρώπινος πόνος παραμένει σε μεγάλο βαθμό στο περιθώριο της πολιτικής

μέριμνας, όπως μαρτυρούν όχι μόνο η βία και οι βίαιες απαντήσεις στις οποίες ανατρέχουμε αλλά και η προτεραιότητα που αποδίδουμε στο οικονομικό κέρδος, δυναμώνοντας την αόρατη τεχνικοοικονομική δύναμη της παγκοσμιοποίησης σε βάρος του ανθρώπου.

Απέναντι σε αυτή τη δομή της πραγματικότητας, όπου η αόρατη τεχνικοοικονομική δύναμη κυριαρχεί, οι απαντήσεις είναι βέβαια περιορισμένες και σίγουρα αδιανόητες πλέον στον χώρο εθνικής κλίμακας. Οι απαντήσεις μπορούν να είναι μόνο πολιτικές, στο πλαίσιο νομικών αναφορών κρατών δικαίου και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η δημοκρατική εξουσία, τόσο σε εθνική όσο και σε παγκόσμια κλίμακα, παραμένει συνεπώς η μόνη αξιόπιστη αναφορά που μπορεί να ελέγξει το τεχνικοοικονομικό πλέγμα που επιβάλλει την παρουσία του παντού. Όμως μέχρι σήμερα, η δημοκρατική αφύπνιση περιορίζεται σε έμμεσες λύσεις που αντλεί μέσα από το σκεπτικό αόριστης δικαιοσύνης και με αναφορές στα ανθρώπινα δικαιώματα που ερμηνεύει κάθε πολιτική εξουσία ανάλογα με τα συμφέροντά της, προσφέροντας ελάχιστες συγκεκριμένες λύσεις για τον αφοπλισμό, την κοινωνική δικαιοσύνη, την απόσβεση των χρεών, την προστασία του περιβάλλοντος, κ.ά.

Τον δε πόνο τον αντιμετωπίζουμε, όπως άλλοτε, ως συνέπεια ενός κακού και σηματοδούμε το «κακόν» ως αντίπαλο ή εχθρό, με αποτέλεσμα να διαιωνίζεται η βία. Εντούτοις, το πρόβλημα του πόνου, όπως μόλις το ανέλυσα, παραμένει κεντρικό πρόβλημα της ανθρωπότητας που αφορά κάθε ύπαρξη και δεν μπορεί να παραμένει στο περιθώριο της μέριμνας του καθενός μας. Κατέχει την κεντρικότερη θέση στο νόημα της ανθρώπινης ύπαρξης.

Ως εκ τούτου, νομίζω ότι το ζήτημα του πόνου μπορεί να γίνει αφετηρία για την ανάδειξη ενός νέου ανθρωπισμού. Για να δώσουμε κάποιο νόημα σήμερα στην ύπαρξή μας, δηλαδή στα πλαίσια της τεχνικοοικονομίας και της δημοκρατίας –μιας δημοκρατίας που έχει καθήκον να εκμεταλλευθεί τη θετικότητα της τεχνικοοικονομικής προόδου και συγχρόνως να αντιμετωπίσει την τεχνικοοικονομική δύναμη που κυριαρχεί–, η αναφορά στον ανθρώπινο πόνο, όχι πια ως συνέπεια κάποιου φανταστικού κακού αλλά ως μέτρο των πράξεων μας, πρέπει να είναι η πρωταρχική μας μέριμνα. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να ανα-

τρέψουμε ριζικά τις αναφορές που αποδίδουμε στην ανθρώπινη ύπαρξη με γνώμονα τον ανθρώπινο πόνο, δηλαδή ως μέτρο και όχι ως αποτέλεσμα ενός κακού, με σκοπό να αναβαθμίσουμε δημιουργικές μορφές εγγυτήτας, ώστε να κυριαρχήσει η ανθρώπινη αξιοπρέπεια και η φιλανθρωπία.

Πιο συγκεκριμένα, είναι καιρός, με βάση την ανατροπή που προτείνω, να προσδιοριστούν καινούριοι στόχοι για την ανθρωπότητα, με αφητηρία δύο τουλάχιστον σημεία: Πρώτον, να προσδιοριστούν τα χαμηλότερα όρια οικονομικής και κοινωνικής ύπαρξης κάτω από τα οποία κανένας πολίτης δεν είναι παραδεκτό να ζει σε ένα δημοκρατικό καθεστώς. Κατά δεύτερον, να δοθούν ποικίλες απαντήσεις στους ανθρώπινους πόνους κάθε μορφής, δημιουργώντας προϋποθέσεις για χαρά, αγαλλίαση, εφευρετικότητα, ευεργεσία. Ενώ η πρώτη πρόταση μπορεί να θέσει τις αναγκαίες προϋποθέσεις για τη ευνομία σε ένα δημοκρατικό πολίτευμα, η δεύτερη επιδέχεται τη δυνατότητα δημιουργίας στόχων που υπερβαίνουν τον αποκλειστικό διακανονισμό της οικονομίας αποκλειστικά στο πλαίσιο της δικαιοσύνης. Η δικαιοσύνη δεν μπορεί να είναι ο μοναδικός στόχος ενός δημοκρατικού πολιτεύματος. Είναι απλώς η βασική προϋπόθεση της ύπαρξής του. Ο στόχος, όμως, της δημοκρατίας πρέπει να είναι η μέριμνα να δοθούν απαντήσεις στους ανθρώπινους πόνους με την προβολή εγγυτήτων που θα αποσκοπούν στην εξάπλωση κάποιας μορφής ευτυχίας και χαράς. Κάθε άνθρωπος επιθυμεί να ελευθερωθεί από τους πόνους. Επιθυμεί επίσης δικαιοσύνη για τον εαυτό του και κάνει πολλά όνειρα στη ζωή του. Θα πρέπει καθένας μας να επιθυμεί και να υπερασπίζεται το ίδιο και για τους συνανθρώπους του.

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ «ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ» ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΡΕΥΝΩΝ

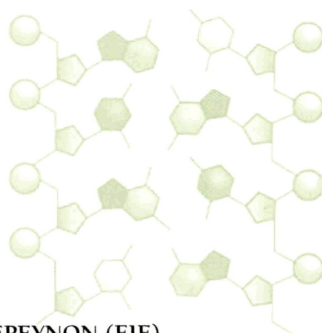
1. Σύγχρονα επιτεύγματα των Θετικών Επιστημών, ΑΘΗΝΑ 1993 (εξαντλήθηκε)
2. Μοριακή βάση των ασθενειών, ΑΘΗΝΑ 1994
3. Η Θεωρία της Εξελίξεως, ΑΘΗΝΑ 1994 (εξαντλήθηκε)
4. Αρχαιολογία της πόλεως των Αθηνών, ΑΘΗΝΑ 1994 (εξαντλήθηκε)
5. Περιβάλλον και Υγεία, ΑΘΗΝΑ 1996
6. Νεοελληνικό Θέατρο (17ος-20ός αι.), ΑΘΗΝΑ 1996
7. Κατανόηση και αποδοχή των εφαρμογών της Βιοτεχνολογίας από το Κοινό, ΑΘΗΝΑ 1997
8. Τα βιολογικά αίτια της γήρανσης και τα προβλήματα της «Τρίτης Ηλικίας», ΑΘΗΝΑ 1998
9. Η Άλλη Πλευρά της Βιοτεχνολογίας, ΑΘΗΝΑ 1998
10. Βιοτεχνολογία και Μέσα Μασικής Ενημέρωσης, ΑΘΗΝΑ 1999
11. Οι Μεταμορφώσεις της Πελοποννήσου (4ος-15ος αι.), ΑΘΗΝΑ 2000
12. ΧΗΜΕΙΑ & ΚΟΙΝΩΝΙΑ, ΑΘΗΝΑ 2000
13. ΘΡΑΚΗ. Ιστορικές και Γεωγραφικές Προσεγγίσεις, ΑΘΗΝΑ 2000
14. ΕΥΘΑΝΑΣΙΑ. Η σημαντική του «καλού θανάτου», ΑΘΗΝΑ 2000
15. Οι Συλλογικοί Φόβοι στην Ιστορία, ΑΘΗΝΑ 2001
16. Τα Βαλκάνια στην Προϊστορία, ΑΘΗΝΑ 2001
17. ΚΥΠΡΟΣ. Σταυροδρόμι της Μεσογείου, ΑΘΗΝΑ 2001
18. Η Πρόοδος στις Βιολογικές Επιστήμες: Νέες Τεχνολογίες και οι εφαρμογές τους στην Υγεία, ΑΘΗΝΑ 2001
19. Greek Archaeology without Frontiers, ΑΘΗΝΑ 2002
20. ΧΗΜΕΙΑ & ΔΙΑΤΡΟΦΗ, ΑΘΗΝΑ 2002
21. Βίκτωρ Ουγκώ (1802-1885), ο ρομαντικός συγγραφέας, ο οραματιστής στοχαστής, ο Φιλέλληνας. 200 χρόνια από τη γέννησή του, ΑΘΗΝΑ 2002
22. Χημεία και Υγεία, η Χημεία ως εργαλείο για την ανάπτυξη νέων φαρμάκων, ΑΘΗΝΑ 2002
23. Λατρείες στην 'περιφέρεια' του αρχαίου ελληνικού κόσμου, ΑΘΗΝΑ 2002
24. Άνθρωποι στα άκρα. Ο θάνατος ως επιλογή, ΑΘΗΝΑ 2002

25. Ιστορική Διαδρομή της Νομισματικής Μονάδας στην Ελλάδα, ΑΘΗΝΑ 2002
26. Κοινωνία και Υγεία I. Επίκαιρα προβλήματα υγείας και η αντιμετώπισή τους, ΑΘΗΝΑ 2003
27. Κοινωνία και Υγεία II. Επίκαιρα προβλήματα υγείας και η αντιμετώπισή τους, ΑΘΗΝΑ 2003
28. Βυζαντινό κράτος και κοινωνία, ΑΘΗΝΑ 2003
29. Η αμφισβήτηση της εξουσίας, ΑΘΗΝΑ 2003
30. Μουσικοκινητικά δρώμενα ως μέσον θεραπευτικής αγωγής, ΑΘΗΝΑ 2003
31. The Human Predicament II, (συνέκδοση με την Δελφική Εταιρεία) υπό την αιγίδα της Πολιτιστικής Ολυμπιάδας, ΑΘΗΝΑ 2003
32. Το Ταξίδι από τους αρχαίους έως τους νεότερους χρόνους, ΑΘΗΝΑ 2004
33. Φιλοσοφία και Θετικές Επιστήμες στον 20ό αιώνα, ΑΘΗΝΑ 2004
34. Το Βυζάντιο και οι απαρχές της Ευρώπης, ΑΘΗΝΑ 2004
35. Η τέχνη ως μέσον θεραπευτικής αγωγής, ΑΘΗΝΑ 2004
36. Κοινωνία και Υγεία III, ΑΘΗΝΑ 2004
37. Διπλωματία και Πολιτική. Ιστορική προσέγγιση, ΑΘΗΝΑ 2005
38. Ελληνικές συλλογές επιστημονικών οργάνων, 19ος-20ός αι., ΑΘΗΝΑ 2005
39. Κοινωνία και Υγεία IV, ΑΘΗΝΑ 2005
40. Αποτίμηση ρίσκου και ασφάλεια τροφίμων, ΑΘΗΝΑ 2005
41. Ήρωες και ανώνυμοι, αφανείς και επώνυμοι στις παρυφές της Ιστορίας και της Τέχνης, ΑΘΗΝΑ 2006

Η μετουσίωση της ανόργανης ύλης σε ζωντανή –η δημιουργία ζωής– συνεχίζει να μαγεύει και να διεγείρει τη φαντασία του σκεπτόμενου ανθρώπου. Παρ' όλη την εκπληκτική πρόοδο και τις ανακαλύψεις της σύγχρονης επιστήμης αγνοούνται ακόμη στάδια, που οδήγησαν στην εμφάνιση του κυττάρου και στην εξέλιξή του στην ποικιλία των οργανισμών που έζησαν ή ζουν στον πλανήτη μας.

Οι τέσσερις διακεκριμένοι πανεπιστημιακοί δάσκαλοι Δημήτριος Κυριακίδης, Ελευθέριος Ζούρος, Γιώργος Κωστόπουλος και Λάμπρος Κουλουμπαρίτης προσπαθούν, ο καθένας μέσα από τη δική του επιστημονική θεώρηση, να διαφωτίσουν «Το φαινόμενο της Ζωής».

Στον παρόντα τόμο περιλαμβάνονται τα κείμενα των τεσσάρων αυτών ομιλητών, που συμμετείχαν στον ομώνυμο κύκλο που πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2006 στο πλαίσιο των μορφωτικών εκδηλώσεων του ΕΙΕ, ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ.



ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ (ΕΙΕ)

Λεωφ. Βασιλέως Κωνσταντίνου 48, 116 35 Αθήνα

Τηλ.: 210 72 73 700, Fax: 210 72 46 618

e-mail: eie@eie.gr, <http://www.eie.gr>

ISBN: 960-7998-32-4