



Μια νέα κοινωνιοκεντρική βιολογία αλληλεπίδρασης μεταξύ βιολογικά ισότιμων ατόμων και περιβάλλοντος¹

*Αποκαθλώνεται η γονιδιοκεντρική
μοριακή βιολογία των ελίτ*



γράφει ο ΧΡΗΣΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥ*

«Στη φύση δεν υπάρχουν “άνω” και “κάτω”, ούτε ιεραρχίες. Υπάρχουν μόνο αλληλένδετα δίκτυα».

Capra & Luisi (2014)

Τί είναι ζωή και άνθρωπος; Η απάντηση προϋποθέτει την επιστημονική αποκαθάρωση της ευρέως διαδεδομένης γονιδιοκεντρικής αντίληψης περί τυφλής εξάρτησης του ανθρώπου από τα «εγωιστικά γονιδια» του. Αυτή η αντίληψη επιβλήθηκε στη βιολογία από τις οικονομικές ελίτ από τη δεκαετία του 1920 με τη δημιουργία της μοριακής βιολογίας, ώστε να αιτιολογήσουν την οικονομικο-πολιτική εξουσία τους ως γενετικά (στο DNA) προκαθορισμένη. Τα νέα επιστημονικά δεδομένα ανατρέπουν αυτή την αντίληψη και επαναπροσδιορίζουν την ανθρώπινη φύση ως το αποτέλεσμα βιοχημικών αλληλεπιδράσεων-ανατροφοδότησης-τροποποίησης τόσο μεταξύ

των διαφορετικών επιπέδων οργάνωσης της (κύτταρα, όργανα, οργανισμός) όσο και με το περιβάλλον και το DNA, που είναι ένας παθητικός αποθηκάριος γενετικών πληροφοριών, παρεχόμενων κατά παραγγελία εις απόκριση απαιτήσεων του ενδο-/δια-οργανισμικού και εξωτερικού (φυσικού/κοινωνικού) περιβάλλοντος, που και η ίδια η ζωή το τροποποιεί. Η παρούσα μελέτη διευρύνει τα επιστημονικά επιχειρήματα προηγούμενης κριτικής κατά της θέσης περί ύπαρξης γενετικής ανισότητας μεταξύ των ανθρώπων ως αποδεκτής από τον μαρξισμό και όλες τις αριστερές και αναρχικές αποχρώσεις του, γεγονός που τις συσχετίζει ιδεολογικά και με τη δεξιά ιδεολογία των οικονομικο-πολιτικών ελίτ, της οποίας αποτελεί κεντρική θέση (Georgiou, 2016). Τα νέα επιστημονικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι η βιολογία του ανθρώπου επιβάλλει την επιβίωσή του μόνο εντός κοινωνικο-

*** Καθηγητής Βιοχημείας, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών**

1. Ευχαριστώ τη Μαρία Παναγιωτονάκου για την πολύτιμη βοήθειά της στη σύνταξη του κειμένου.

πολιτικών δομών συγκροτημένων από άτομα αναγνωριζόμενα ως βιολογικά/διανοητικά ισοδύναμα.

Όποτε τίθεται το ερώτημα «πού πηγάζουν οι διανοητικές διαφορές στα άτομα;», η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων αναφέρει το DNA (γονίδια). Στην ίδια αντίληψη συγκλίνουν και όλες οι πολιτικές ιδεολογίες (Georgίου, 2016).

Οι άνθρωποι ωθούνται/εκπαιδεύονται από τη γέννησή τους προς δύο κύριες εναλλακτικές εξηγήσεις της βιολογικής/συμπεριφορικής ποικιλομορφίας τους. Η πρώτη, αντιεπιστημονική, αποδίδει τις διαφορές σε «χαρίσματα» από κάποιο θεό-δημιουργό (δημιουργισμός/μονοθεϊστικές θρησκείες). Η δεύτερη, η επιστημονική, του νεοδαρβινισμού, αποδίδει τις διαφορές σε κληρονομικές μεταλλάξεις του DNA, τυχαίες και ανεξάρτητες του περιβάλλοντος. Αγνώστας/υποβαθμίζοντας πολλά παλαιά και σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα, ο νεοδαρβινισμός προεκτείνει αυθαίρετα τη «φυσική επιλογή του καταλληλότερου» του Δαρβίνου και στα γονίδια για να στηρίξει τη γονιδιακή προέλευση των έξυπνων-ταλαντούχων ατόμων (αλλά και ανώτερων εθνών/φυλών).

Το DNA προβάλλεται από το δίκτυο των ελίτ (πολιτικών, οικονομικών, μιντιακών, πολιτιστικών, ακρο/δεξιές-κεντρίας ιδεολογίας) κάτι ως «νόμος της φύσης» για την ιδεολογική επιστημονική επικύρωση της γενετικής² ανωτερότητάς τους να κυβερνούν τον κόσμο (σήμερα μέσω του νεοφιλελεύθερου καπιταλισμού). Έτσι, ο γενετικά διαβαθμισμένος (ανώτερος/κατώτερος) γονιδοκεντρικός ατομισμός προβάλλεται καθημερινά από τα ΜΜΕ (τηλεοπτικές εκπομπές «ταλέντων» κ.ά.), τις τέχνες κ.λπ. και εμφυτεύεται συστηματικά στις νέες γενιές από τα σχολεία και πανεπιστήμια.

Όπως θα δειχθεί, η ζωή αυτοοργανώνεται χωρίς τις εντολές του DNA. Το χρησιμοποιεί ως παθητική αποθήκη

πληροφοριών, το τροποποιεί επιλεκτικά (αναδιατάσσοντας, επανασυναρμο-λογώντας, κομματιάζοντάς το για νέες επανασυνδέσεις), το ελέγχει μετά τη γέννηση (τροποποιώντας το «επιγενετικά»), ενώ σε άλλες περιπτώσεις δεν το χρησιμοποιεί ως φορέα κληρονομικότητας. Και όλα αυτά τα κάνει η ζωή με ερεθίσματα-ελέγχους μέσω αλληλεπίδρασής της με το περιβάλλον (φυσικό, κοινωνικό κ.ά.).

Τα νέα επιστημονικά δεδομένα εκθρονίζουν το DNA από το επίκεντρο της σύγχρονης βιολογίας και την μετεξελίσσουν προς μια επιστήμη που επιβεβαιώνει την ισότιμη, κοινωνική φύση όλων των ανθρώπων.

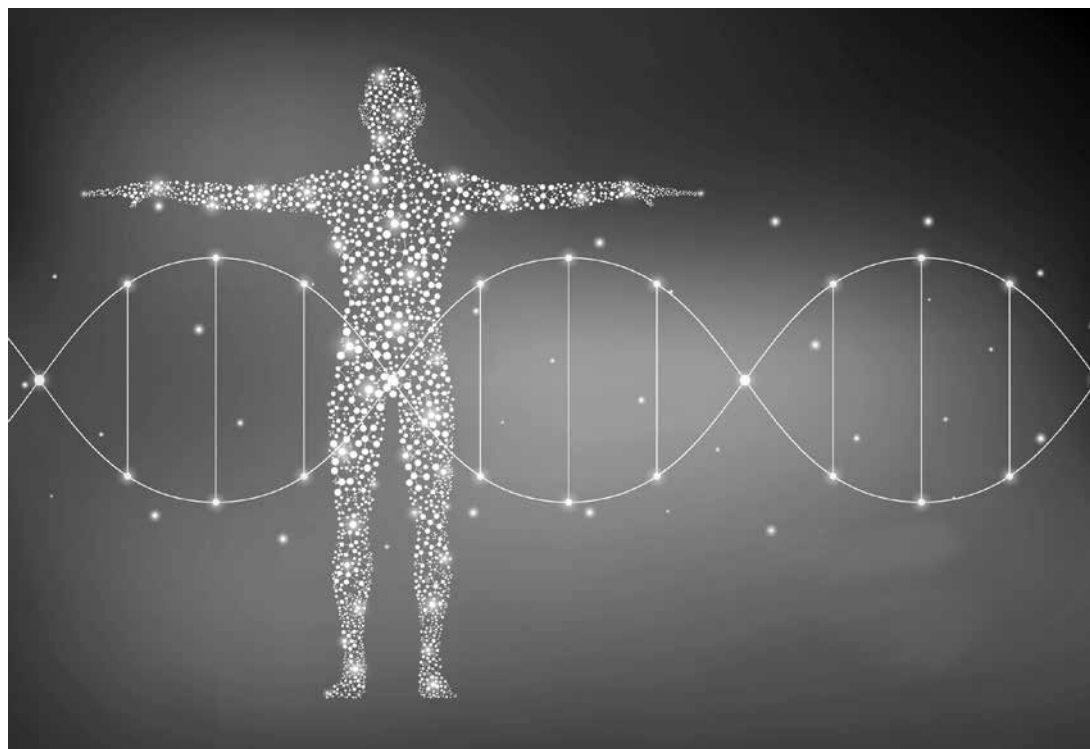
Επιστημονικές υπερβολές για το DNA

Τα προαναφερθέντα οικονομικο-πολιτικά μέσα στηρίζουν την παραποίηση του πραγματικού ρόλου του DNA στον άνθρωπο, σε επιστημονικά αυθαίρετες προεκτάσεις της ερευνητικής εξειδίκευσης ολίγων φημισμένων βιολόγων. Για παράδειγμα, ο νομπελίστας (1993) Kary Mullis στην αυτοβιογραφία του χαρακτηρίζει το DNA «βασίλια των μορίων» (Mullis, 1998), παρ' ότι συνεισέφερε μόνο στην τεχνητή αναπαραγωγή αντιγράφων του.³ Ίσως είχε επηρεαστεί από το υπερπροβαλλόμενο βιβλίο του επίσης νομπελίστα (1962) James Watson (*DNA: The Secret of Life*), που προβάλλει το DNA ως το μόριο που «κρατάει το κλειδί στην ίδια τη φύση των ζωντανών όντων», αν και συνεισέφερε μόνο στην ανακάλυψη της χημικής δομής του.

Άλλοι φανατικοί λάτρεις του βιβλίου του Γουότσον είναι ο Eric Lander (πρωτοπόρος της σύγχρονης γενετικής του ανθρώπου), που επίσης βρίσκει «το μυστικό της ζωής» στο DNA, καθώς και η Mary-Claire King (καθηγήτρια Γενετικής

2. Ο όρος «γενετικό» σημαίνει γονίδια/DNA, όχι γεννητικό.

3. Γνωστή ως αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης.



στο University of Washington). Η τελευταία μάλιστα νομιμοποιεί με το DNA έως και τη διεφθαρμένη ανισοκοινωνική οργάνωση του ανθρώπου: «Αυτή είναι η ιστορία του DNA κι επομένως της ζωής, της ιστορίας, του σεξ (πολύ σεξ!), του χρήματος, των ναρκωτικών και άλλων μυστικών που η αποκάλυψή τους έπεται».⁴

Εφόσον, λοιπόν, η ανθρώπινη φύση είναι ατομο-γονιδοκεντρική, κατά ειδικούς στο DNA φημισμένους επιστήμονες, όπως ο Γουότσον, δεν εκπλήσσει και η συνειρμική επικράτησή του στην κοινωνία ως κεντρικό μόριο της ζωής. Η επιβολή του όμως στη βιολογία και την ιατρική γίνεται μέσω χρηματοδότησης γονιδοκεντρικών ερευνητικών προγραμμάτων από θεσμικά επιστημονικά ιδρύματα.⁵

Το ερώτημα, λοιπόν, που πρέπει να απαντηθεί επιστημονικά, λόγω των τεράστιων συνεπειών του για τον άνθρωπο, είναι αν το DNA είναι πράγματι το κέντρο ελέγχου της βιολογικής, ατομικής και κοινωνικής οργάνωσής του. Η απάντηση, που θα θεμελιωθεί επιστημονικά στα επόμενα κεφάλαια, είναι ότι το DNA δεν έχει κανέναν από τους ρόλους που επινόησαν οι Γουότσον, Λάντερ και Κόλλινς. Ούτε είναι η *Γλώσσα του Θεού*, πολύ περισσότερο της σύγχρονης βιολογίας. Αυτά αναδεικνύονται κυρίως από μια νέα βιολογική επιστήμη της ζωής, που εξηγεί τα βιολογικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά του ανθρώπου με νέους, πειραματικά επιβεβαιώσιμους τρόπους ανάλυσης· κάτι που δεν μπορεί να πράξει επιστημονικά η τρέχουσα γονιδοκεντρική νετερμινιστική μοριακή βιολογία. Η επιστήμη

4. <http://www.penguinrandomhouse.com/books/187337/dna-by-james-watson/9780307521484>, τελευταία πρόσβαση 20-12-2017.

5. Με διευθυντές που προβάλλουν τις αντιλήψεις

του Γουότσον, όπως π.χ. ο Francis Collins των Εθνικών Ινστιτούτων Υγείας (ΗΠΑ) στα βιβλία του *The Language of Life*, *The Language of God*.

που, όπως θα δούμε, δημιουργήθηκε από συγκεκριμένα οικονομικο-πολιτικά συμφέροντα τη δεκαετία του 1920.

Οι οργανισμοί συγκροτούν ολοκληρωμένα συστήματα

Η απόδειξη ότι το DNA δεν είναι ο κεντρικός ελεγκτής της ανθρώπινης φύσης (βιολογικής, κοινωνικής, ατομικής) πηγάζει από το ότι οι οργανισμοί είναι περίπλοκα βιολογικά συστήματα. Η επιστημονική ανάλυση κάθε πολύπλοκου συστήματος (π.χ. του κλίματος) ποτέ δεν ξεκινά με αφετηρία κάποιο κυρίαρχο στοιχείο του. Θεωρείται προφανές ότι κάθε σύνθετο σύστημα αποτελείται από υποσυστήματα, απαραίτητα για τη λειτουργία του όλου. Κάθε υποσύστημα μπορεί να έχει συγκεκριμένη θέση στο σύνολο, αλλά κανένα υποσύστημα δεν διαθέτει προνομιακή αιτιώδη συνάφεια έναντι των υπόλοιπων. Το ίδιο ισχύει για τον άνθρωπο και για όλους τους οργανισμούς. Η φυσιολογία κάθε οργανισμού δεν αποδίδει στα επιμέρους υποσυστήματά του (καρδιά, ήπαρ, δέρμα, εγκέφαλο κ.λπ.) κάποιον ειδικό αιτιώδη ρόλο, καθότι ο οργανισμός χρειάζεται όλα τα υποσυστήματά του ως λειτουργικό σύνολο. Υποσύνολα υπάρχουν και στα υποσυστήματα των οργάνων με τη μορφή ξεχωριστών τύπων κυττάρων (πάνω από 200 στον άνθρωπο), τα οποία αυτοελέγχουν τη λειτουργία και την επιδιόρθωσή τους. Σε κυτταρικό επίπεδο, τα οργανίδια (π.χ. μιτοχόνδρια) και οι υπόλοιπες μοριακές δομές αποτελούν αλληλεπιδρώντα και ανεξάρτητα υποτμήματα του συνόλου. Για τους νεοδαρβινιστές μοριακούς βιολόγους, η οργάνωση της ζωής σε συστήματα σταματά στο επίπεδο των μεγαλομορίων. Για το ευαγγέλιό τους, το *κεντρικό δόγμα* της βιολογίας, «εν αρχή ην το DNA», ο φορέας των γενετικών πληροφοριών στο RNA, που τις μεταφράζει σε πρωτεΐνες (Crick, 1970), και με αντιεπιστημονική προέκταση κατευθύνει την ιστορία της ζωής.

Το πρώτο λάθος του *κεντρικού δόγματος* προέρχεται από το χαρακτηρισμό του ως «κεντρικό», με τα γονίδια στο ρόλο των κύριων κληρονομικών αναπαραγωγικών στοιχείων της ζωής. Όμως, επειδή κάθε οργανισμός αποτελεί ένα σύστημα, δεν διαθέτει κάποιο μοριακό κέντρο, αλλά ούτε και κάποια ιεραρχημένη σπουδαιότητα στα επιμέρους συστατικά του. Στην πραγματικότητα, οι κυριότεροι κληρονομούμενοι αναπαραγωγοί της ζωής είναι τα κύτταρα και όχι τα γονίδια (και όλο το γονιδίωμα). Κι αυτό διότι το DNA μπορεί να αναπαραχθεί μόνο μέσω της *αυτοαντιγραφόμενης* αναπαραγωγής των κυττάρων. Ακόμα και η «αθανασία» των «εγωιστικών γονιδίων», εφεύρημα του νεοδαρβινιστή κοινωνιοβιολόγου Richard Dawkins (Dawkins, 1976), καθορίζεται από το μηχανισμό επιδιόρθωσης του DNA (δηλαδή του φορέα τους) που διαθέτουν τα κύτταρα. Δηλαδή, όχι μόνο το DNA δεν μπορεί να κάνει τίποτα από μόνο του, αλλά υπάρχουν και κύτταρα που, ενώ δεν το έχουν, λειτουργούν χωρίς πρόβλημα για περίπου 100 ημέρες (ερυθρά αιμοσφαίρια).

Πέραν αυτών, υπάρχουν τμήματα στο «άχρηστο» DNA (το 95% του DNA μας) που όταν μετασχηματίζονται (μεταγράφονται) σε αντίστοιχα τμήματα RNA, αυτά μπορούν να κληρονομούνται ανεξάρτητα από το DNA (Noble, 2017: 89). Επιπλέον, άλλα τμήματα RNA ελέγχουν την έκφραση του DNA με παρόμοιο τρόπο που το ελέγχουν ορισμένες πρωτεΐνες (ονομαζόμενες *παράγοντες μεταγραφής*). Δηλαδή, ακόμα και το RNA ασκεί στο DNA ίδια δράση όπως οι πρωτεΐνες. Συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι να αδυνατούμε να προσδιορίσουμε τι είναι γονίδιο, καθότι δεν ορίζεται πλέον μόνο ως εκείνο το τμήμα του DNA που περιέχει πληροφορίες για τη σύνθεση κάποιας πρωτεΐνης. Η έννοια του γονιδίου γίνεται πιο ασαφής από το επιπρόσθετο γεγονός ότι διαφορετικά ή και ίδια τμήματα μιας περιοχής στο DNA μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κωδικοποίηση τμημάτων εντελώς διαφορετικών μεταξύ τους πρωτεϊνών. Δι-

λαδή, διαφορετικά τμήματα μιας αλληλουχίας DNA μπορούν να συνδυαστούν σε περισσότερα του ενός γονίδια κωδικοποίησης πρωτεϊνών. Πόσο μάλλον όταν υπάρχουν γονίδια που μπορούν να συμμετέχουν σε περισσότερες από μία βιολογικές λειτουργίες. Επιπλέον, δεδομένου ότι γονίδια στο DNA μας που ελέγχουν την ανάπτυξη, π.χ. των χεριών ή των ποδιών μας, υπάρχουν ακόμα και σε οργανισμούς που δεν φέρουν τέτοια όργανα, ο όρος «γονίδιο» αποκτά το οποίο νόημα λειτουργίας του όχι στο επίπεδο του γονιδιώματος αλλά του φαινοτύπου. Όλοι αυτοί οι λόγοι, και πολλοί άλλοι που θα αναφερθούν στη συνέχεια, καταρρίπτουν και το «εγωιστικό» σκέλος του γονιδίου. Συνεπώς, καμία βιολογική λειτουργία δεν μπορεί να καθορίζεται και να ελέγχεται από μεμονωμένα γονίδια και οι συχνά χρησιμοποιούμενες εκφράσεις περί ύπαρξης γονιδίων «ευφυίας», «επιχειρηματικότητας», «ταλέντων», «ομοφυλοφιλίας» κ.ά. στερούνται επιστημονικής βάσης.

Το δεύτερο σφάλμα του *κεντρικού δόγματος* βρίσκεται στη θεωρούμενη από αυτό ύπαρξη γραμμικής πορείας μεταφοράς της κωδικοποιημένης πληροφορίας από το DNA στο RNA (RiboNucleic Acid), και από αυτό προς την παραγωγή πρωτεϊνών. Στην πραγματικότητα, αυτή η πορεία δεν είναι γραμμική, αλλά μια αλληλουχία αλληλοσυνδεόμενων και ανατροφοδοτούμενων βρόχων πληροφοριών, δεδομένου ότι το DNA δεν έρχεται από το πουθενά. Για να δημιουργηθεί κάθε μόριο DNA προαπαιτείται η δημιουργία των πρωτεϊνών μέσω του RNA. Δηλαδή, η σύνθεση του DNA (όπως και κάθε RNA ή πρωτεΐνης) δεν μπορεί να γίνει έξω από ένα λειτουργικό κύτταρο, το οποίο με τη σειρά του χρειάζεται έναν ολόκληρο οργανισμό προκειμένου να υφίσταται. Όμως, ούτε αυτή η πορεία είναι επαρκής διότι η ολοκλήρωσή της για τον άνθρωπο χρειάζεται ένα πλήρες οικοσύστημα, στο οποίο περιλαμβάνονται ένας ιδιαίτερος εντερικός μικροβιακός πληθυσμός, σε συνδυασμό με μια σταθερή παροχή τροφίμων. Επομένως,

οι ανατροφοδοτούμενοι βρόχοι μεταβίβασης της γενετικής πληροφορίας του DNA αναγκαστικά είναι ενσωματωμένοι λειτουργικά σε ένα περίπλοκο οργανικό πλέγμα.

Εν τούτοις, το *κεντρικό δόγμα* παρουσιάζεται ως ένα απλοϊκό ιδεατό γραμμικό μονοπάτι με αφετηρία μια ξεχωριστή θέση στο DNA, παραπληροφορεί τα εκατομμύρια φοιτητές που το διδάσκονται κάθε χρόνο με δύο κυρίως τρόπους. Πρώτον, με το να μη θέτει τη διαχείριση των γενετικών πληροφοριών του DNA εντός εξελισσόμενων κύκλων αναδραστικής σύνθεσης, πολλαπλασιασμού, έκφρασης και ελέγχου τους από το όλον του οργανισμού. Δεύτερον, με το να τοποθετεί το DNA ως γενεσιουργό και κληρονομικό φορέα όλων των βιολογικών λειτουργιών, ικανοτήτων, συμπεριφοράς και κοινωνικής οργάνωσης των ατόμων. Συνεπώς, το *κεντρικό δόγμα* δεν αποτελεί επιστημονική βιολογική αρχή, αλλά μια κατασκευασμένη απλοϊκή διανοητική μεταφορά της εξέλιξης της ζωής εντός επινοημένων βιολογικών ορίων.

Η παλιά φρουρά των νεοδαρβινικών γενετιστών και άλλοι νεότεροι βιολόγοι προβάλλουν τη γραμμική λειτουργία του DNA ως εύλογη χωρίς πειραματικές μελέτες (αφού τα αποτελέσματά τους αντιφάσκουν), αλλά χρησιμοποιώντας εμφατικά ενεργητικά ρήματα στις αναφορές τους στο DNA. Μας λέει ότι το DNA «ελέγχει», «κυβερνά» και «ρυθμίζει» τις κυτταρικές διεργασίες και χρησιμοποιούν προσδιορισμούς, όπως «έκφραση», που αποδίδουν υπερφυσικές λειτουργίες στο DNA. Αυτές οι ανθρωποκεντρικές μεταφορές στην απόδοση κομβικών λειτουργιών στο DNA συνειρμικά δημιουργούν κυκλικά επιχειρήματα και συμπεράσματα του τύπου ότι το DNA ελέγχει την εμβρυϊκή ανάπτυξη ή την υγεία ως απόρροια της έκφρασης των γονιδίων του.

Ωστόσο, οι νεοδαρβινικοί βιολόγοι οπαδοί του *δόγματος* δεν παρέχουν καμία επιστημονική απόδειξη ότι το DNA παίζει τον κυρίαρχο ρόλο που υπονοούν αυτές οι προσφιλείς λέξεις τους, αλλά

στην ουσία συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο. Για παράδειγμα, πρόσφατη μελέτη στο φημισμένο περιοδικό *Nature* έδειξε «μια αναδυόμενη συναίνεση ότι μεγάλο μέρος των πρωτεϊνικών συστατικών του κυττάρου είναι προστατευμένο από μεταγραφικές μεταβολές». Δηλαδή, ότι είναι ανεπηρέαστες από τη μεταγραφή της πληροφορίας του DNA σε RNA ή, με άλλα λόγια, ότι το DNA είναι απομονωμένο από άμεσες γενετικές ποσοτικές επιδράσεις επί αυτού (Chick et al., 2016). Αυτή η κυτταρική απομόνωση του DNA έχει αποδειχθεί ξεκάθαρα σε πολλά πειράματα. Ενδεικτικά, ο κερκάρδιος ρυθμός (κάθε ενδογενής περιοδική μεταβολή στη διάρκεια ενός 24ώρου) ενός βακτηρίου μπορεί να αναπαραχθεί (σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα) απουσία του DNA του και παρουσία μόνο τριών συγκεκριμένων πρωτεϊνών και μάλιστα μπορεί να διατηρηθεί επί τρεις ημέρες ακόμη και όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία (Nakajima et al., 2005).

Προφανώς, κάθε τρόπος γλωσσικής περιγραφής των λειτουργιών του DNA είναι αναπόφευκτα μεταφορικός και πάντα περιορισμένης ακρίβειας. Όμως, λέξεις όπως «κυβερνά» και «ελέγχει» κυριολεκτικά επινοούν χαρακτηριστικά για το DNA που δεν τα έχει (Noble, 2003). Μια πολύ πιο ακριβής μεταφορική αποτύπωση του ρόλου του DNA θα το συνέκρινε με μια βιβλιοθήκη, καθότι τα κύτταρα το χρησιμοποιούν κυρίως ως αποθήκη πληροφοριών. Δηλαδή, η αναφορά στο DNA θα έπρεπε να γίνεται με πιο ουδέτερα ρήματα, όπως «χρησιμοποιώ», ώστε να του αποδίδεται το σωστό συμπέρασμα ότι τα «κύτταρα χρησιμοποιούν το DNA για να δημιουργήσουν πρωτεΐνες».

Εάν απορρίπτονταν οι ακραίες μεταφορές για το *κεντρικό δόγμα* και το DNA, θα πρόκυπτε ένας ακριβέστερος τρόπος αντίληψης της βιολογίας. Αν δεχθούμε, όπως και ισχύει, ότι κάθε βιομόριο και κάθε υποσύστημα σε έναν οργανισμό (ανεξάρτητα από την οργανωτική κλίμακα στην οποία υπάγονται) θέτει όρια και συνδυαμοποιείται με τα

άλλα μέρη του οργανισμού, τότε παύει να υφίσταται κάποιο μόριο ή σύστημα σε ρόλο κεντρικού ελεγκτή. Έτσι, το DNA καταργείται ως το κεντρικό μοντέλο της βιολογίας και αντικαθίσταται με ένα σχεσιακό μοντέλο σύνθετης αλληλεπίδρασης συστημάτων ανάδρασης και αναδυόμενων ιδιοτήτων, των οποίων η βιβλιοθήκη πληροφοριών του DNA είναι μόνο μία από τις συνιστώσες. Σε αυτό το μοντέλο, το RNA είναι απλά μία από τις εισροές που απαιτούνται για να παραχθούν πρωτεΐνες και το DNA είναι μόνο μία από τις εισροές που απαιτούνται για να παραχθεί το RNA κ.ο.κ. Σε αντίθεση με το *κεντρικό δόγμα*, μια τέτοια αντίληψη είναι σύμφωνη με τα υφιστάμενα και νέα πειραματικά δεδομένα της βιολογίας.

Επομένως, η ουσία του *κεντρικού δόγματος* που μεταφέρεται και στα διδακτικά βιβλία βιολογίας συνιστά επιστημονική ψευδαίσθηση και κλασικό παράδειγμα, κατά τον μικροβιολόγο Car House, «αναγωγιστικού φονταμενταλισμού» (Woese, 2004). Δηλαδή, μιας ιδεολογικής επιλογής για μια απλοϊκή εξήγηση ενός φαινομένου, η οποία παρακάμπτει την ανάλυσή του βάσει αποδεικτικών στοιχείων – αντίθετα, ο αναγωγισμός αποτελεί έγκυρη επιστημονική μέθοδο. Στην περίπτωση του DNA, ο αναγωγιστικός φονταμενταλισμός του αποδίδει υπερφυσικές δυνάμεις για να εξηγήσει παρατηρούμενες βιολογικές λειτουργίες, ενώ μια επιστημονικότερη εξήγηση θα δεχόταν ότι πολλά βιοχημικά φαινόμενα έχουν πολλαπλά και αλληλεπιδρώντα αίτια. Τέτοια επιστημονική πλάνη, κατά τον καθηγητή Φυσιολογίας στην Οξφόρδη Denis Noble, αποδίδει στο DNA «έναν προνομιούχο αιτιακό ρόλο» (Noble, 2017).

Υπάρχουν κεντρικά «μόρια της ζωής»;

Πολλοί φυτοπαθογόνοι ιοί στερούνται DNA. Εντούτοις, ο κύκλος ζωής τους βασίζεται στις πρωτεΐνες, ενώ χρησι-

μποιούν το RNA ως κληρονομικό υλικό τους. Άλλα φυτοπαθογόνα, τα ιοειδή, στερούνται DNA και γονιδίων, άρα και πρωτεϊνών, κι αποτελούνται αποκλειστικά από μη κωδικοποιημένο RNA (χωρίς γενετικές πληροφορίες). Δηλαδή, υπάρχουν μορφές ζωής χωρίς DNA ή πρωτεΐνες, αλλά δεν υπάρχει καμία μορφή ζωής χωρίς RNA. Επομένως, το κοινό βιομόριο για όλους τους οργανισμούς είναι το RNA και όχι το DNA και υπάρχουν πολλοί λόγοι γι' αυτό.

RNA και DNA είναι πολύ όμοια μόρια, αλλά οι ιδιότητές τους είναι πολύ διαφορετικές λόγω μικρών χημικών διαφορών τους. Το RNA είναι δομικά πολύ εύκαμπτο, ασταθές και χημικά ευάλωτο, ενώ το DNA είναι εξαιρετικά άκαμπτο και σχετικά αδρανές. Μια βασική διαφορά μεταξύ τους έγκειται στον αριθμό των χημικών τροποποιήσεων που τα κύτταρα μπορούν να επιφέρουν στις τέσσερις χημικές βάσεις τους (είναι τα νουκλεοτίδια συμβολισμένα με τα γράμματα A, C, G και T για το DNA, με το U αντί του T για το RNA). Μόνο δύο τροποποιήσεις είναι δυνατές για το DNA, ονομαζόμενες μεθυλίωση και ακετυλίωση. Αυτές μπορούν να μεταβάλουν τις ιδιότητες των βάσεων του DNA και αποτελούν τον κορμό της σύγχρονης επιστήμης της επιγενετικής. Αντίθετα, τα κύτταρα μπορούν και κάνουν πάνω από εκατό χημικές τροποποιήσεις στις βάσεις του RNA, με τους ρόλους να παραμένουν ένα μυστήριο, αλλά πιθανώς να το βοηθούν στην εκτέλεση των ποικίλων κυτταρικών λειτουργιών του.

Το RNA είναι ιδιαίτερα υποτιμημένο από τους περισσότερους βιολόγους, διότι λόγω του εγκλωβισμού τους στο *κεντρικό δόγμα*, θεωρούν ότι λειτουργεί μόνο ως ενδιάμεσος μεταφορέας γενετικών πληροφοριών μεταξύ του DNA και των πρωτεϊνών. Όμως, μόνο λιγότερο από 1% του RNA παράγει πρωτεΐνες σε ένα τυπικό ανθρώπινο κύτταρο (ως μέρος του κυτταρικού οργανιδίου ριβόσωμα), ενώ το υπόλοιπο 99% παρουσιάζει ποικιλία δομικών, ρυθμιστικών και ενζυμικών λειτουργιών. Μόνο πρόσφατα ξεκίνησε να αναδύεται το RNA από τη σκιά

του DNA. Αυτό δείχθηκε κυρίως μέσα από τη γνώση ότι το 80% του πρότερα θεωρούμενου «άχρηστου» DNA μας (του 95% του όλου) μεταγράφεται σε μόρια RNA (The ENCODE Consortium, 2004), πολλά από τα οποία ελέγχουν την έκφραση του DNA και κάποια άλλα κληρονομούνται ανεξάρτητα από το DNA (Noble, 2017: 89).

Ο βασικός λόγος των χημικών διαφορών μεταξύ DNA/RNA απορρέει από την πιθανή εμφάνιση του RNA προ της εμφάνισης του DNA στα πρώτα κύτταρα, τα οποία μάλλον εξελίχθηκαν σε συνδυασμό του RNA με τις πρόδρομες μορφές των πρωτεϊνών (τα πεπτιδία). Η σημαντικότερη απόδειξη προέλευσης της ζωής από συνδυασμό RNA-πεπτιδίων (Carter, 2016) βασίζεται στην ύπαρξη στα κύτταρα ενός ενζύμου (αμινοακυλο-tRNA συνθετάση), που συνδέει ορισμένο είδος (μεταφέροντος) RNA (tRNA) με τη σύνθεση των πρωτεϊνών,⁶ και συνεπώς συνδέει τον κόσμο του RNA με τον κόσμο των πρωτεϊνών. Το ένζυμο αυτό εμφανίζεται σε δύο βασικές μορφές (Κατηγορίας I και II) σε κάθε οργανισμό, αλλά η εξελικτική προέλευσή τους δείχνει παράξενα ασυμβίβαστη. Παρ' ότι εκτελούν σχεδόν πανομοιότυπες λειτουργίες, η βασική δομή τους είναι διαφορετική (ως επί το πλείστον αποτελούνται από διαφορετικά αμινοξέα), εκτός από μια εξαιρετικά σημαντική περιοχή της με ιδιάζοντα ρόλο, το ενεργό καταλυτικό κέντρο τους.⁷ Όμως, ενώ και για τις δύο κατηγορίες του ενζύμου θα έπρεπε να αποτελείται από τα ίδια συντηρημένα αμινοξέα, αυτά όμως που περιέχει το καθένα κέντρο τους δείχνουν να έχουν κωδικοποιηθεί από δύο αλυσίδες του ίδιου μικρού μορίου RNA, αλλά με αντίθετη αλληλουχία βάσεων (Carter,

6. Ξεχωριστά tRNA λειτουργούν ως φορείς κάθε ενός από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα μας από συνδυασμούς των οποίων κατασκευάζονται όλες οι πρωτεΐνες των κυττάρων μας.

7. Η ειδική περιοχή κάθε ενζύμου που καταλύει τη διάσπαση ή σύνθεση των βιολογικών μορίων στα κύτταρα.

2016). Δηλαδή, το κρίσιμο ενεργό κέντρο των δύο κατηγοριών πρωτεϊνών-ενζύμων (I και II) που επιτρέπει στο RNA να παράγει όλες τις πρωτεΐνες μας (μέσω των οποίων πραγματοποιείται ο μεταβολισμός) φαίνεται να προέρχεται από αντίθετης φοράς αλυσίδες ενός και του ίδιου πρωτόγονου μικρού μορίου RNA.

Συνέπεια αυτής της εντυπωσιακής ανακάλυψης είναι η στενή σύνδεση του μεταβολισμού και του πολλαπλασιασμού σε ένα πολύ πρώιμο στάδιο της προέλευσης της ζωής, με το RNA στο ρόλο του συναρμολογητή πρωτόγονων πρωτεϊνών με καταλυτικό ρόλο για την καθοδήγηση και την ενίσχυση του μεταβολισμού. Δηλαδή, η ζωή ξεκίνησε ως μια διεργασία πρωτόγονου μεταβολισμού, με το RNA να εμφανίζεται μετέπειτα για να τον ενισχύει. Επομένως, *ο μεταβολισμός και όχι το DNA (και τα γονίδια) έχει εξελικτικά τον πρώτο λόγο στις παντοειδείς λειτουργίες και δράσεις όλων των οργανισμών.*

Εντούτοις, παρά την καθολικότητα του το RNA (όπως και το DNA) δεν διαθέτει ρόλους κεντρικού μορίου-ελεγκτή της ζωής. Είναι όμως πολύπλευρα ενσωματωμένο στα βιολογικά συστήματα των οργανισμών, γεγονός που κάνει δυσκολότερη τη μελέτη του. Λόγω αυτής της εξαιρετικής σημασίας του για τη λειτουργία των κυττάρων, δεν μπορούμε να το αφαιρούμε/τροποποιούμε επιλεκτικά από τα κύτταρα (όπως κάνουμε για το DNA) προκειμένου να μελετήσουμε τους ρόλους του στην ενίσχυση του μεταβολισμού. Επιπλέον, το RNA, όπως και τα περισσότερα βιομόρια και οι πρωτεΐνες, είναι ένα εξαιρετικά δραστικό χημικό μόριο με διαρκείς μεταβατικούς ρόλους και υπάρχει σε χιλιάδες αντίγραφα σε κάθε κύτταρο, που δυσκολεύουν περαιτέρω την απομόνωση και τη μελέτη του. Ενδεικτικά, κάθε ανθρώπινο κύτταρο περιέχει (σε μόρια) τρία εκατομμύρια πρωτεΐνες, είκοσι εκατομμύρια λίπη, ένα εκατομμύριο λιποπολυσακχαρίτες, τέσσερις χιλιάδες γλυκογόνα, 820 χιλιάδες RNA και μόνο ένα ζευγάρι μορίων DNA – το σύνολο

του γονιδιώματος (Milo & Phillips 2015: 169).

Το DNA, αντίθετα, είναι ένας πολύ πιο πρακτικός στόχος παρέμβασης στη βιολογία, διότι είναι σταθερό και ανθεκτικό. Εύκολα απομονώνεται και αντιγράφεται ακόμα και από έναν μαθητή γυμνασίου (μετά από μία ώρα εκπαίδευσης). Με λίγο περισσότερη εξάσκηση, το DNA μπορεί να τροποποιηθεί τεχνητά και να αντικατασταθεί σε απλούς μικροοργανισμούς (όπως τα βακτήρια). Συνεπώς, είναι το πιο ευκολοπροσβάσιμο μόριο των οργανισμών, κι αυτός είναι ο κύριος λόγος που η κατανόησή μας για τα ρυθμιστικά δίκτυα των γονιδίων υπερτερεί αυτής άλλων κλάδων της βιολογίας. Δηλαδή, βλέπουμε ότι ενώ η ζωή μας στηρίζεται σε 25 εκατομμύρια διαφορετικά μεγαλομόρια ο νεοδαρβινισμός αναγνωρίζει κεντρικό ρόλο μόνο σε ένα ζευγάρι μόρια DNA. Εξού και η επαναλαμβανόμενη κλισέ φράση «το έχει στο DNA του».

Συνεπώς, για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την εξέλιξη και τις μεταβολικές και λοιπές λειτουργίες του ανθρώπου (και όλων των οργανισμών) θα πρέπει ουσιαστικά να ανατρέψουμε την γονιδοκεντρική έρευνα και διδασκαλία της βιολογίας, αποκαθλώνοντας το DNA από την περίοπτη θέση του. Να το προβάλλουμε, όπως πραγματικά είναι, ως μια εξελιγμένη εξειδικευμένη μορφή του RNA με μεγαλύτερη δομική και χημική σταθερότητα, ώστε να αναλάβει το ρόλο (από το αρχέγονο RNA) του αξιόπιστου βιβλιοθηκονόμου⁸ στην ασφαλή αποθήκευση των κληρονομικών πληροφοριών κατασκευής των πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες αποδείχθηκαν ανώτεροι επιταχυντές (καταλύτες) των βιοχημικών αντιδράσεων απ' ό,τι το RNA. Εντούτοις, το RNA δεν παύει να παραμένει ένα εκ των πιθανών καθολικών οικοδομικών βιομορίων της ζωής στο σύμπαν, από κοινού με τα λίπη (Georgiou & Deamer, 2014· Deamer & Georgiou, 2015).

8. Ο μεταφορικός όρος βιβλιοθηκονόμος προέρχεται από τον Colin Tudge (2013).

Το DNA δεν καθοδηγεί ούτε την εξέλιξη της ζωής

Η μοριακή βιολογία αποδίδει στο DNA κεντρικούς ρόλους στη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου, που στην ουσία παρερμηνεύουν και την ίδια, αφενός υπερβάλλοντας τη σημασία της θεωρίας του Δαρβίνου και αφετέρου πιστώνοντας στο DNA ρόλους που δεν έχει.

Η πρώτη παρανόηση παρουσιάζει την εξελικτική θεωρία και ως εξήγηση της ζωής. Η ζωή όμως ξεκίνησε πολύ πριν από τη δαρβινική εξέλιξη, ενώ ορισμένες από τις θεμελιώδεις παραμέτρους της (κύτταρα, πρωτεΐνες, παραγωγή χημικής ενέργειας για το μεταβολισμό) προέκυψαν –όσο μπορούμε να γνωρίζουμε– πολύ πριν το DNA γίνει το μόριο της κληρονομικότητας (Carter, 2016). Επιπλέον, η εμφάνιση των πρωτοκυττάρων και ο μεταβολισμός ως σύνθετα συστήματα βασίστηκαν στις εγγενείς αναδυόμενες και αυτοοργανωτικές ιδιότητές τους (Kauffman, 1993· Carter, 2016). Η εμφάνιση του DNA σε αυτά τα συστήματα όχι μόνο δεν εξάλειψε αυτές τις ιδιότητές τους, αλλά αλληλοεπέδρασε μαζί τους και συνέβαλε στη δημιουργία νέων, επιταχύνοντας την αναδυόμενη δαρβινική εξέλιξη των οργανισμών. Η «αυτοοργάνωση δημιουργεί το πλαίσιο εντός του οποίου ασκείται η φυσική επιλογή» κατά τον Batten και συνεργάτες (Batten et al., 2008), υποδηλώνοντας δυνητικές εναλλακτικές εξελικτικές πορείες έναντι αυτής της κλασικής γονιδιο-ντετερμινιστικής εξελικτικής θεωρίας.

Κλασικό παράδειγμα αναδυόμενης βιολογικής ιδιότητας είναι η τρισδιάστατη αναδιπλωση των αλυσίδων αμινοξέων που συγκροτούν τις πρωτεΐνες. Το DNA κωδικοποιεί μόνο τη γραμμική αλληλουχία των αμινοξέων στις αλυσίδες των πρωτεϊνών. Όμως, κάθε πρωτεΐνη αποκτά τελικά ένα πολύπλοκο τρισδιάστατο σχήμα (Munson et al., 1996), που τελικά καθορίζει τη λειτουργικότητα, το ηλεκτρικό φορτίο και τη διαλυτότητά της στο νερό. Η συνήθης αντι-

επιστημονική νεοδαρβινιστική άποψη, όμως, που επαναλαμβάνεται εμφιασμένα είναι ότι μόνο το DNA καθορίζει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το τελικό σχήμα μιας πρωτεΐνης, παρ' ότι έχει αποδειχθεί ότι αυτό εξαρτάται επίσης από την ενσωμάτωση πολλαπλών πηγών κυτταρικών πληροφοριών. Τέτοιες είναι η θερμοκρασία, τα λοιπά χημικά μόρια του κυττάρου (νερό, ανόργανα ιόντα), η οξύτητα/αλκαλικότητα (δηλαδή το pH) εντός του κυττάρου, χημικά μόρια αποθηκευμένης ενέργειας (όπως το ATP), πρωτεΐνες-βοηθοί (τα χαπερόνια) στις αναδιπλώσεις των πρωτεϊνών κ.ά.

Επιπλέον, πρωτεΐνες, όπως οι δίαυλοι και οι αντλίες ιόντων, αποκτούν λειτουργικότητα μόνο σε υψηλότερα επίπεδα δομής (εντός/επί κυτταρικών μεμβρανών, παρουσία άλλων πρωτεϊνών κ.ά.) και οργάνωσης (π.χ. εντός συγκεκριμένων οργάνων). Υπάρχουν συστήματα οργάνων που λειτουργούν ρυθμικά (π.χ. καρδιά) χωρίς αναγκαιότητα ύπαρξης κάποιου μοριακού «ταλαντωτή» κάτω από τον έλεγχο του DNA. Κι αυτό διότι ο ρυθμός είναι μια αναδυόμενη ιδιότητα και ενοποιημένη δραστηριότητα των βιολογικών συστημάτων (Noble, 2003: 60) ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ πολλών πρωτεϊνών (π.χ. διαύλων και αντλιών στα κύτταρα της καρδιάς). Επομένως, η δομή των πρωτεϊνών και οι λειτουργίες τους καθορίζονται από το DNA σε πολύ περιορισμένο επίπεδο.

Οι αναδυόμενες ιδιότητες είναι εξίσου σημαντικές και σε άλλους τομείς της βιολογίας, με παράδειγμα το αγγειακό σύστημα των φυτικών οργανισμών. Μέσω αυτού, τα δέντρα μπορούν να μεταφέρουν νερό σε πολλές δεκάδες μέτρα ύψος με τη βοήθεια της διαπνοής. Η λειτουργία αυτή δεν απαιτεί εισροή βιολογικής ενέργειας, εκμεταλλευόμενη τις φυσικές ιδιότητες του δενδρικού ξυλώματος (υδρόφιλο σύστημα αγωγών) και του ίδιου του νερού που περνά μέσα από αυτό. Χωρίς τη διαπνοή τα φυτά δεν θα μπορούσαν να ψηλώσουν ούτε πέντε εκατοστά από το έδαφος ούτε

να αντέξουν στην ξηρασία (Wheeler & Stroock, 2008). Άλλο παράδειγμα είναι τα τόξα του ανθρώπινου πέλματος. Είναι διαμήκη και εγκάρσια διαφράγματα που αποτελούνται από οστά και συνδετικό ιστό, των οποίων η αναδύομενη ιδιότητα είναι τόσο να διαχέουν τις ασκούμενες δυνάμεις κατά την πρόσκρουση όσο και να λειτουργούν ως ελατήρια για τη μεταφορά της ενέργειας από την πρόσκρουση στην πρόσθια κίνηση. Τα τόξα μειώνουν την απαιτούμενη ενέργεια για βάδισμα και τρέξιμο.

Στο πεδίο της βιοχημείας, μια πρόσφατη εξέλιξη είναι η προτεινόμενη ύπαρξη μεταβολιδίων (metabolons). Είναι τρισδιάστατα χωρικά συστήματα ενζύμων, δηλαδή προσωρινά δομολειτουργικά συμπλέγματα διαδοχικών ενζύμων μιας μεταβολικής οδού (συγκρατούμενα μεταξύ τους με μη μόνιμες αλληλεπιδράσεις, όσο και με δομικά στοιχεία του κυττάρου, όπως π.χ. οι πρωτεΐνες των μεμβρανών και του κυτταροσκελετού). Τα μεταβολίδια εξηγούν πώς το προϊόν μιας φαινομενικά δευτερεύουσας μεταβολικής οδού μπορεί να αποτελέσει το 30% του βάρους ενός σποριοφύτου (νεαρού φυτού) για να απωθεί τα παράσιτά του (Laurson et al., 2017). Μια πιο συμβατική κατηγορία αυτοοργανωτικών ιδιοτήτων αποτελούν οι ομοιοστατικοί βρόγχοι βιοχημικής ανατροφοδότησης ελέγχου επί ενζύμων («αλλοστερικών») του μεταβολισμού των οργανισμών. Είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητοι από γονίδια και έχουν κρίσιμους ρόλους στην ανάπτυξη των δραστηριοτήτων και των ιδιοτήτων των οργανισμών. Η προηγηθείσα αναφορά σε τρεις μόνο πρωτεΐνες για την αναδημιουργία ενός βακτηριακού κικράδιου ρυθμού αποτελεί μόνο ένα από τα χτυπητά παραδείγματα αναδύομενης ιδιότητας (Nakajima et al., 2005).

Η άγνοια ή αποσιώπηση όλων αυτών των μη γενετικά καθοριζόμενων ιδιοτήτων της ζωής και η απόδοση στο DNA όλων των λειτουργικών παραμέτρων μιας πρωτεΐνης, μιας μεταβολικής διαδικασίας ή κι εντέλει ενός οργανισμού,

συνιστά μια αντιεπιστημονικά απλοποιημένη άκρως ντετερμινιστική θεώρηση της βιολογίας. Θέτει τις αναδύομενες ιδιότητες, όπως η αναδίπλωση πρωτεϊνών, εκτός της βιολογικής ουσίας της ζωής και αποδίδει στο DNA ανύπαρκτες υπερδυνάμεις.

Οι αναδύομενες βιολογικές ιδιότητες δείχνουν ενδεικτικά γιατί η σχέση μεταξύ του DNA και της εξέλιξης είναι πολύ πιο αδύναμη από ό,τι συνήθως παρουσιάζεται. Ο Patrick Bateson (του Cambridge University), που οι επιστημονικές μελέτες του αφορούν στη συμπεριφορά των ζώων και όχι στις αναδύομενες ιδιότητες, επεξηγεί την εξέλιξη με μεγαλύτερη σαφήνεια: «Οι οργανισμοί επιβιώνουν και αναπαράγονται εξατομικευμένα και οι νικητές μεταφέρουν τους γονότυπούς τους μαζί τους. Αυτή είναι η κινητήρια δύναμη της δαρβινικής εξέλιξης και ο λόγος που είναι τόσο σημαντικό να κατανοήσουμε πώς συμπεριφέρονται και αναπτύσσονται όλοι οι οργανισμοί» (Bateson, 2005). Έτσι, μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί ο Δαρβίνος ανακάλυψε τη θεωρία του για την εξέλιξη χωρίς καν να γνωρίζει την ύπαρξη του DNA, διότι απλά το DNA δεν παίζει κρίσιμο ρόλο ακόμη και για την εξέλιξη. Εν τούτοις, εξακολουθεί να διδάσκεται/ερευνάται ως το σημαντικότερο, από οποιοδήποτε άλλο, βιομόριο στην εξέλιξη των οργανισμών.

Ανεκπλήρωτες επιστημονικές προσδοκίες για το DNA

Κάτω από τη φαινομενικά ήρεμη επιφάνεια του ανθρώπινου δέρματος λειτουργούν αδιάκοπα βιολογικά συστήματα όπως το κυκλοφορικό, το πεπτικό, το λεμφικό, ηλεκτρικοί παλμοί, βιομοριακά δίκτυα αντιδράσεων κ.ο.κ. Τα συστήματα αυτά υποβάλλουν κάθε μέρος του ανθρώπινου οργανισμού σε διαρκή κίνηση, συστολή/διαστολή, αναδίπλωση, δόνηση, ένταση και ανάπτυξη, που ουσιαστικά προσδιορίζουν τη δυναμική

έμβια φύση του ανθρώπου. Και είναι αυτή που εξετάζουμε στον άνθρωπο όταν θέλουμε να πιστοποιήσουμε αν είναι νεκρός. Μετράμε τον καρδιακό παλμό ή την λειτουργία του εγκεφάλου του, και όχι το DNA του. Οι έμβιες ιδιότητες των οργανισμών χρειάζονται ζωογόνα μοριακά συστατικά στοιχεία, όπως το RNA και τις πρωτεΐνες, για τη διατήρησή τους.

Ωστόσο, οι περισσότεροι βιολόγοι παραμένουν περιέργως επικεντρωμένοι στο DNA για την επιστημονική κατανόηση της ζωής, δηλαδή στο λιγότερο αντιπροσωπευτικό βιομόριο της δυναμικής φύσης της. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που η απλοποιητικά περιορισμένη από το *κεντρικό δόγμα* του DNA μοριακή βιολογία έχει τεθεί υπό έντονη αμφισβήτηση από μερικούς από τους εξέχοντες επιστήμονες του χώρου, στα φημισμένα περιοδικά *Science* και *Nature* (Kaufman, 1993· Strohman, 1997· Rose, 1999· Woese, 2004· Annala & Baverstock, 2014· Friston et al., 2015), μαζί με άλλους λιγότερο γνωστούς. Όλοι τους επισμαίνονται την ανυπαρξία νέων ιατρικών επιστημονικών ανακαλύψεων μετά την ολοκλήρωση της αλληλούχισης του ανθρώπινου γονιδιώματος (το 2003). Και παρά την ολοένα και λεπτομερέστερη ανάλυση ακόμα και των μικροσκοπικών κομματιών του «άχρηστου» DNA (Ioannidis, 2007· Dermitzakis & Clark, 2009· Manolio et al., 2009). Κάποιοι από αυτούς, όπως ο Carl Woese (ίσως ο γνωστότερος μικροβιολόγος μετά τον Παστέρ), συμπεραίνουν ότι ο γενετικός ντετερμινισμός είναι αδιέξοδος και ότι η ισχύς του στη βιολογία «εξαντλήθηκε» (Woese, 2004).

Τα πεδία της μηχανικής ιστών και της θεραπείας ασθενειών, όπως ο καρκίνος, προσφέρουν ίσως τα αντιπροσωπευτικότερα παραδείγματα αποτυχημένων κλινικών εφαρμογών από έρευνες γονιδιοκεντρικής προσέγγισης. Οι επιστήμονες τεχνητών ιστών ισχυρίζονται ότι έχουν κάνει «απίστευτη» πρόοδο στην κατασκευή ολόκληρων ανθρώπινων οργάνων για μεταμόσχευση και

άλλες ιατρικές χρήσεις, παρ' ότι αυτά δεν είναι λειτουργικά (Badylak, 2016). Δηλαδή, στερούνται αιμοφόρων αγγείων, ανοσοποιητικού συστήματος ή νευρικών δικτύων κι απλά αποτελούνται από ανθρώπινα κύτταρα απλωμένα π.χ. σε κάποια τεχνητή επιφάνεια σχήματος αυτιού ή σε ικρίωμα-απομίμηση χεριού. Εκτός των πολλών άλλων ελλείψεών τους, είναι βραχύβια επειδή στερούνται αναγεννητικών δυνατοτήτων. Ούτε όμως η αλληλούχιση του ανθρώπινου γονιδιώματος μπόρεσε να προβλέψει ασθένειες (Noble, 2017: 251· Joyner, 2015). Αντίθετα, καλύτερες προβλέψεις στην εμφάνιση ασθενειών επιτυγχάνονται βάσει του οικογενειακού ιστορικού και του τρόπου ζωής. Οι πιο εντυπωσιακές βελτιώσεις στην αντιμετώπιση ασθενειών, όπως ο καρκίνος, επιτυγχάνονται από αλλαγές στον τρόπο ζωής (π.χ. μείωση του καπνίσματος). Το ίδιο ισχύει και για τη μακροζωία, όπου η συμβολή της κληρονομικότητας είναι μόνο περίπου 25% (από μελέτες σε δίδυμα από το ίδιο ωάριο), με το άλλο 75% στον τρόπο ζωής (Finch & Kirkwood, 2000).

Η ανάγκη για επιστημονικές βιολογικές προσεγγίσεις εναλλακτικές του νεοδαρβινικού ντετερμινισμού υποδηλώνεται σε μια αποκαλυπτική δήλωση του Craig Venter, πρωτοπόρου γενετιστή στην αλληλούχιση του ανθρώπινου γονιδιώματος και μετέπειτα γκουρού της «νεοφιλελεύθερης βιοτεχνολογίας»: «Η ανθρώπινη βιολογία στην πραγματικότητα είναι πολύ πιο περίπλοκη από ό,τι φανταζόμαστε. Όλοι μιλάνε για τα γονίδια που κληρονόμησαν από τη μητέρα και τον πατέρα τους, ή για το ένα ή το άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα. Στην πραγματικότητα, όμως, τα γονίδια έχουν πολύ μικρό αντίκτυπο στις ατομικές εκβάσεις της ζωής. Η βιολογία μας είναι πάρα πολύ πιο περίπλοκη για τέτοιες εξηγήσεις και επηρεάζεται από εκατοντάδες χιλιάδες ανεξάρτητους παράγοντες. Τα γονίδια σε καμία περίπτωση δεν καθορίζουν τη μοίρα μας. Μπορούν να μας δώσουν χρήσιμες πληροφορίες για τον αυξημένο κίνδυνο μιας ασθέ-

νειας, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις δεν θα καθορίσουν ούτε την πραγματική αιτία ούτε τη συχνότητα εμφάνισης κάποιας ασθένειας. Περισσότερη βιολογική γνώση θα προέλθει μέσα από τη σύνθετη αλληλεπίδραση όλων των πρωτεϊνών και των κυττάρων σε λειτουργική σύνδεση με περιβαλλοντικούς παράγοντες και με απόλυτα τον άμεσο έλεγχο από τον γενετικό κώδικα» (Anand et al., 2008).

Γιατί ο νεοδαρβινισμός είναι επιστημονικά αστήρικτος

Υπάρχουν πολλοί επιστήμονες, πόσο μάλλον η κοινή γνώμη, που ακόμα αγνοούν ότι το ανθρώπινο DNA (και κάθε οργανισμού) παρουσιάζει χημική αστάθεια εξαρτώμενη από το περιβάλλον. Αγνοούν επίσης ότι τα γονιδιώματα των οργανισμών τροποποιούνται (συνενώνονται, συρρικνώνονται, αναπτύσσονται, αποκτούν νέα τμήματα DNA και αλλάζουν τις δομές τους) μέσα από επιστημονικά τεκμηριωμένες κυτταρικές και βιοχημικές διεργασίες. Η νεοδαρβινική μοριακή βιολογία παρακάμπτει/ελαχιστοποιεί την επιστημονική σημασία βασικών, περιβαλλοντικά επαγόμενων, διεργασιών τροποποίησης του γονιδιώματος, διότι την ακυρώνουν επιστημονικά ως αντιφάσκουσες ευθέως με το *κεντρικό δόγμα* περί περιβαλλοντικά απομονωμένων, τυχαία προκαλούμενων ποικιλομορφιών των γονιδιωμάτων. Οι κύριες διεργασίες είναι οι ακόλουθες:

▶ **Συμβιογένεση:** Είναι η μετακίνηση ολόκληρων γονιδιωμάτων μεταξύ διαφορετικών συμβιωτικών οργανισμών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα μιτοχόνδρια (οργανίδια παραγωγής ενέργειας των κυττάρων), υπολείμματα συμβιωτικών βακτηρίων που διατήρησαν τμήμα του βακτηριακού DNA τους. Το υπόλοιπο ενσωματώθηκε στο DNA του πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων μέσα από πολλά κοπορραπτικά στάδια φυσι-

κής γενετικής μηχανικής (Hamilton, 2015). Ο πυρήνας του κυττάρου μπορεί επίσης να θεωρηθεί, σχεδόν με βεβαιότητα, ως ένα κύτταρο εντός ενός κυττάρου (Noble, 2017: 106).

▶ **Αναδιοργάνωση γονιδιώματος:** Συμβαίνει με ενθέσεις ολόκληρων περιοχών DNA σε νέα σημεία του γονιδιώματος, π.χ. με μετάθεσή τους μέσω «κινητών γενετικών στοιχείων» (McClintock, 1984). Λόγω αυτού του μηχανισμού, οι διαφορές ανάμεσα στο σκουλήκι, τη μύγα, τον ποντικό και τον άνθρωπο δεν προέρχονται από την δημιουργία νέων τμημάτων στο DNA τους, αλλά από την ολοκληρωτική αναδιοργάνωση του γονιδιωμάτος τους (Noble, 2017: 203).

▶ **Οριζόντια μεταφορά DNA:** Συμβαίνει μεταξύ διαφορετικών ειδών οργανισμών που μπορούν να ανήκουν ακόμα και σε διαφορετικά βασίλεια. Ενεργοποιείται περιβαλλοντικά, π.χ. σε απόκριση των οργανισμών σε άνυδρα περιβάλλοντα (Acuna et al., 2012; Hespeels et al., 2015; Schwartz et al., 2014).

▶ **Μεταφορά τμημάτων εξωτερικού DNA εντός κυττάρων:** Για παράδειγμα, σπερματοζώαρια αποκτούν τμήματα DNA από το εξωτερικό τους περιβάλλον και τα κληρονομούν στους απογόνους τους (Pittoggi et al., 2006).

▶ **Διαφορετική φαινοτυπική έκφραση του ίδιου γονιδιώματος:** Παραδείγματα αποτελούν: (α) ο μετασχηματισμός της έρπουσας κάμπιας στην εντυπωσιακά χρωματιστή πεταλούδα (Noble, 2017: 87), (β) οι πάνω από 200 διαφορετικοί τύποι κυττάρων στον άνθρωπο (Noble, 2017: 52), με πιο αξιοσημείωτες και (γ) τις περιβαλλοντικά επαγόμενες διαφορές φαινοτυπικών χαρακτηριστικών στα ανθρώπινα δίδυμα με ταυτόσημο DNA (τα μονοζυγωτικά δίδυμα) (Keul et al., 1981).

▶ **Επιγενετικές τροποποιήσεις στο DNA:** Περιβαλλοντικά επαγόμενος μηχανισμός μέσω του οποίου το DNA (γονιδίωμα) των οργανισμών τροποποιείται περιβαλλοντικά και τα ούτως

αποκτηθέντα νέα χαρακτηριστικά μπορούν να κληρονομηθούν. Αυτός ο μηχανισμός αναπτύσσεται πιο αναλυτικά ακολούθως λόγω της εξαιρετικής σπουδαιότητας των επιστημονικών αποδείξεών του για την επιστημονική αναξιοπιστία του γενετικού ντετερμινισμού και του νεοδαρβινισμού.

Η επιγενετική καταρρίπτει τον γενετικό ντετερμινισμό

Η επιγενετική είναι μια σύγχρονη επιστημονική περιοχή της μοντέρνας βιολογίας που μελετά δυνητικά κληρονομούμενες αλλαγές στην έκφραση (ενεργοποίηση/απενεργοποίηση) γονιδίων, οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο γονιδίωμα (DNA) του ανθρώπινου εμβρύου (και κάθε οργανισμού) μετά τη γονιμοποίηση του ωαρίου από το σπερματοζωάριο. Η δυνατότητα των περιβαλλοντικών παραγόντων να επηρεάζουν την υγεία μας προκαλώντας ασθένειες εκδηλώνεται μέσα από επιγενετικούς μηχανισμούς που διαμεσολαβούν στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ γονιδίων και περιβάλλοντος. Η επιγενετική ρύθμιση των γονιδίων περιλαμβάνει επίκτητες κληρονομικές αλλαγές στην έκφρασή τους, δηλαδή αυτές που συμβαίνουν χωρίς αλλαγές στην αλληλουχία του DNA (Dolīnov, 2008). Απλούστερα, η επιγενετική προσθέτει στο γονιδίωμα επιπρόσθετες πληροφορίες μέσω χημικών σημάτων, που τοποθετεί σε συγκεκριμένες από τις προαναφερθείσες βάσεις A, C, G, και T του DNA (οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μακριές αλυσίδες που ονομάζονται χρωμοσώματα). Αν παρομοιάζαμε μια ακολουθία DNA με την παρτιτούρα (τη σειρά από νότες) ενός μουσικού κομματιού, μια επιγενετική τροποποίησή της θα μπορούσε να ήταν η αλλαγή των τόνων σε διαφορετικά μέρη της παρτιτούρας, από κάποιον άλλο μουσικό εν αγνοία του μουσικού που το έγραψε, με σκοπό να τον ξεγελάσει να το παίξει με διαφορετικές μελωδίες.

Επιστημονικότερα, οι γνωστοί επιγενετικοί μηχανισμοί περιλαμβάνουν: (1) Την αναδίπλωση της χρωματίνης (σύμπλοκα DNA-πρωτεϊνών που σχηματίζουν χρωμοσώματα στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων) και την προσκόλλησή της στην πυρηνική μήτρα (δίκτυο πρωτεϊνικών ινών εντός του πυρήνα του κυττάρου, δηλαδή κάτι ανάλογο του κυτταροσκελετού του κυττάρου). (2) Το πακετάρισμα του DNA γύρω από τα νουκλεοσώματα (τις πρωτεΐνες ιστόνες στους πυρήνες των ευκαρυωτικών κυττάρων, οι οποίες δρουν ως καρούλια γύρω από τα οποία τυλίγεται το DNA και επίσης παίζουν ρόλο στη ρύθμιση των γονιδίων). (3) Τις χημικές (ομοιοπολικές) τροποποιήσεις, ή αλλιώς χημικές σημάσεις (ακετυλίωση, μεθυλίωση και φωσφορυλίωση), των πρωτεϊνικών άκρων των ιστονών. (4) Τη μεθυλίωση ορισμένων βάσεων του DNA (Dolīnov, 2008). Επιπλέον, η δράση μικρών τμημάτων RNA και μικροRNA⁹ στη μεταγραφή των γονιδίων αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο ως ένας βασικός μηχανισμός επιγενετικής γονιδιακής ρύθμισης.

Οι επιγενετικές σημάσεις στο DNA καθοδηγούν τις πρωτεΐνες του κυττάρου να επεξεργάζονται συγκεκριμένα τμήματά του με καθορισμένους τρόπους. Για παράδειγμα, το DNA μπορεί να σημανθεί με μικροσκοπικά χημικά μόρια, τις ομάδες μεθυλίου, μετά από προσκόλλησή τους σε ορισμένες βάσεις με το γράμμα C. Αναφέρθηκαν ήδη οι χημικές σημάσεις-ετικέτες που μπορούν να προστεθούν στις ιστόνες, τις πρωτεΐνες που συνδέονται στενά με το DNA. Υπάρχουν άλλες πρωτεΐνες, που αναζητούν τις μεθυλιωμένες περιοχές του DNA και δεσμεύονται ειδικά σε αυτές, και λειτουργούν ως εμπόδια που μπλοκάρουν την ενεργοποίηση των γονιδίων σε αυτές τις περιοχές. Αυτές οι ομάδες μεθυλίου (και άλλα είδη μικρών μοριακών χημικών σημάτων-

9. Μν κωδικοποιούνται τμήματα RNA μήκους περίπου 22 βάσεων. Σιγάδουν το RNA, ρυθμίζουν την έκφραση γονιδίων.

ετικετών) μπορούν να προσκολληθούν σε διαφορετικές θέσεις στις ιστόνες, προκαλώντας η καθεμία τους και διαφορετικό αποτέλεσμα. Κάποιες ετικέτες χαλαρώνουν την προσκόλληση των ιστονών πάνω σε ορισμένες περιοχές του DNA, καθιστώντας τις πιο προσβάσιμες στις πρωτεΐνες που είναι υπεύθυνες για την ενεργοποίηση των γονιδίων τους. Άλλες ετικέτες σε άλλες τοποθεσίες των ιστονών κάνουν το αντίθετο, ή προσελκύουν άλλες πρωτεΐνες με άλλες συγκεκριμένες λειτουργίες. Υπάρχουν επιγενετικές χημικές σημάσεις-ετικέτες που συσσωρεύονται σε στενές ή ευρείες περιοχές κοντά στην αρχή των γονιδίων. Υπάρχουν επίσης και επιγενετικές τροποποιήσεις του RNA. Έτσι, παρ' ότι κάθε κύτταρο ξεκινά τη ζωή του με σχεδόν το ίδιο DNA, εντούτοις κάθε τύπος του (π.χ. νπατικά, εγκεφαλικά κύτταρα) τελικά αποκτά διαφορετικούς συνδυασμούς επιγενετικών σημάτων. Αναμφίβολα, υπάρχουν πολλές άλλες χημικές σημάσεις που ακόμη δεν γνωρίζουμε.

Τα σπουδαιότερα συμπεράσματα της επιστήμης της επιγενετικής είναι ότι οι χημικές σημάσεις της στο DNA δεν είναι μόνιμες (όπως είναι η αλληλουχία του γονιδιώματός μας), ότι είναι περιβαλλοντικά επαγόμενες και ότι μπορούν να κληρονομηθούν. Δηλαδή, μπορούν να αλλάξουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μας σε απόκριση σε εξωτερικές περιβαλλοντικές επιρροές. Στην πραγματικότητα, οποιοδήποτε εξωτερικό ερέθισμα που ανιχνεύει το σώμα μας, φυσικό (κλίμα, άσκηση), χημικό (τροφή, ρύπανση) ή κοινωνικό (εκπαίδευση, κακοποίηση παιδιών), δύναται να προκαλέσει επιγενετικές χημικές τροποποιήσεις στο DNA μας. Πιο σημαντικό, αυτές οι τροποποιήσεις μπορούν να κληρονομηθούν (όπως το είχε προβλέψει ο Lamarck). Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι επιγενετικές σημάσεις διαπιστώθηκε ότι παραμένουν στο DNA επί γενιές και ότι η επιγενετική μπορεί μερικές φορές να είναι εξίσου ισχυρή με την κλασική γενετική κληρονομικότητα (Nelson et al., 2012). Ακόμα δεν εί-

ναι σαφής ο ακριβής βαθμός επίδρασης των περιβαλλοντικών ερεθισμάτων στις επιγενετικές σημάσεις στο DNA, ούτε και οι σχετικοί μηχανισμοί και οι επακόλουθες συνέπειες. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετά χαρακτηρισμένα παραδείγματα κληρονομής των επιγενετικών σημάτων που προκαλούνται από το περιβάλλον. Ενδεικτικά, αναφέρονται τα ακόλουθα:

Α. Παραδείγματα σχετιζόμενα με περιβαλλοντικούς χημικούς και παράγοντες του τρόπου ζωής:

1. Το μικροσκοπικό σκουλήκι *C. elegans* αποκρίνεται όταν δέχεται ένα περιβαλλοντικό ερέθισμα (π.χ. προσβολή από ιό) και συνθέτει ένα μόριο RNA (από τμήμα του DNA του) που αναστέλλει τη δράση του ιού. Όσα σκουλήκια δεν διαθέτουν το ανάλογο τμήμα στο DNA τους για να δημιουργήσουν την προστατευτική ασπίδα με το RNA, αποκτούν ανοχή στον ιό περνώντας μικρές ποσότητες του RNA σίγασης του ιού μέσω της αρσενικής γαμετικής σειράς του σκουληκιού. Στη συνέχεια, σε κάθε γενιά αυτό πολλαπλασιάζεται από ένα ειδικό ένζυμο (την πολυμεράση του RNA) και μεταβιβάζεται, έτσι, μέσω τουλάχιστον 100 γενεών (Rechavi et al., 2011). Αυτό το παράδειγμα επιπλέον αποδεικνύει ότι (α) κομμάτια RNA μπορούν να μεταδίδονται μέσω γαμετικών σειρών και (β) συνεπώς, το DNA δεν είναι το μόνο κληρονομικό μόριο.

2. Ιδιαίτερα σταθερή κληρονομικότητα επιγενετικών χαρακτηριστικών επί πολλές γενεές έχει επίσης καταδειχθεί από μια οικογένεια πρωτεϊνών στον ποντικό, που δημιουργούν κληρονομούμενες μεταλλάξεις στο DNA και το RNA (Nelson et al., 2012).

3. Κληρονομείται επίσης και η επιγενετική σήμανση των χρωμοσωμικών πρωτεϊνών (McCarrey, 2015; Siklenka et al., 2015).

4. Επιγενετικές σημάσεις στο DNA λόγω τρόπου ζωής αποδείχθηκε ότι παίζουν ρόλο στην κληρονομικότητα της παχυσαρκίας στον άνθρωπο (Donkin et al., 2016).

5. Η μετάδοση μορίων RNA σε σπερματοζωάρια ποντικού τού προκαλούν κληρονομική μετάδοση της παχυσαρκίας (Chen et al., 2016; Sharma et al., 2016).

6. Ορισμένοι περιβαλλοντικοί παράγοντες που βιώνουν τα ενήλικα ποντίκια μπορούν να μεταφερθούν στους απογόνους τους μέσω επιγενετικών μηχανισμών. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελεί ένα γονίδιο, ονομαζόμενο *agouti*, το οποίο είναι επιγενετικά σηματοδοτούμενο (μεθυλιωμένο) στα φυσιολογικά καφέ ποντίκια. Ωστόσο, ποντίκια με μη σηματοδοτούμενο γονίδιο *agouti* είναι κιτρινωπά και παχύσαρκα, παρ' ότι είναι γενετικά ταυτόσημα με τους λιπόσαρκους καφετί συγγενείς τους. Ωστόσο, αν αλλάξει το διαίτημα της εγκύου μητέρας, μετά από προσθήκη ορισμένων χημικών ουσιών, θα αλλάξει και η αναλογία των καφετί και κιτρινωπών απογόνων. Λόγου χάριν, με τη χημική ουσία φολικό οξύ γεννιούνται περισσότεροι καφετί απόγονοι, ενώ με τη bisphenol A (BPA) περισσότερα κιτρινωπά νεογνά. Σημειωτέον, η BPA είναι ένας τοξικός χημικός ενδοκρινικός διαταράκτης (μιμητής φυσιολογικών ορμονών), που χρησιμοποιείται στην κατασκευή πολυανθρακικών πλαστικών και εποξειδικών ρητινών, και υπάρχει στα πλαστικά δοχεία συσκευασίας (τροφίμων, ποτών, τροφής/γάλακτος των μωρών), σε οδοντικές εμφράξεις κ.λπ. (Dolinoy, 2008).

Β. Παραδείγματα σχετιζόμενα με περιβαλλοντικούς κοινωνικούς παράγοντες:

1. Οι επιγενετικοί μηχανισμοί μπορούν να κληρονομήσουν αναμνήσεις από δυσάρεστες εμπειρίες σε απογόνους ποντικών που εκπαιδεύτηκαν να φοβούνται κάποια συγκεκριμένη χημική οσμή μέσω της συσχέτισής της με ηλεκτρικό σοκ (Dias & Ressler, 2014a; 2014b).

2. Η κληρονομία επιγενετικών σημάτων έχει δείξει ότι μπορεί να συμβεί σε τρωκτικά μέσω της μητρικής συμπεριφοράς. Τα τρωκτικά, όπως και πολλά άλλα θηλαστικά, φροντίζουν τα μωρά

τους με γλείψιμο και χάιδεμα, τα οποία ενισχύουν την υγεία και τη μακροζωία των απογόνων. Επίσης, επηρεάζουν την επιγενετική σήμανση στο τμήμα του εγκεφάλου που ονομάζεται ιππόκαμπος, η οποία, μεταξύ άλλων, παίζει ρόλο στη συναισθηματική συμπεριφορά. Επομένως, οι επιγενετικές επιδράσεις προδιαθέτουν τους απογόνους να έχουν την ίδια συμπεριφορά προς τους δικούς τους απογόνους, χωρίς κληρονομική μετάδοση, μέσω της γαμετικής σειράς, κάποιοι υποθετικοί «συμπεριφορικού» γονιδίου (Weaver, 2009).

3. Μελέτες σε ανθρώπους των οποίων οι πρόγονοι επιβίωσαν σε περιοχές πείνας στη Σουηδία (Bygone et al., 2014) και την Ολλανδία (Heijmans et al., 2008) δείχνουν ότι οι επιπτώσεις της πείνας στην επιγενετική τροποποίηση του DNA (και την υγεία) μπορούν να κληρονομηθούν για τουλάχιστον τρεις γενιές. Συγκεκριμένα, η στέρση τροφής σε έναν πρόσφατο κοινό πρόγονο φαίνεται να προετοιμάζει το σώμα του απογόνου για διαβήτη και καρδιαγγειακά προβλήματα, μια απόκριση που μπορεί να εξελίχθηκε για να μετριάσει τις επιπτώσεις μελλοντικών λιμών στην ίδια γεωγραφική περιοχή.

Τα ανωτέρω πειράματα καταρρίπτουν το νεοδαρβινιστικό δόγμα ότι οι μικρές τυχαίες, περιβαλλοντικά απομονωμένες μεταλλάξεις στο DNA αποτελούν την κύρια πηγή των χρήσιμων βιολογικών παραλλαγών στους οργανισμούς. Η τυφλή τυχαότητα στις μεταλλάξεις του DNA στην πραγματικότητα συνεισφέρει ελάχιστα στην εξελικτική ποικιλότητα των οργανισμών. Το γονιδίωμα (DNA) είναι στην πραγματικότητα πολύ ανθεκτικό στις τυφλές μεταλλάξεις. Αυτό έχει αποδειχθεί από το γεγονός ότι στο σύνολο του γονιδιώματός, π.χ. του ζυμομύκητα (δηλαδή στα 6.000 «γονιδιά» του), το 80% των πειραματικά προκαλούμενων «μεταλλάξεων εξουδετέρωσης» γονιδίων είναι σιωπηρές (δηλαδή χωρίς βιολογικές συνέπειες) (Hillenmeyer et al., 2008). Συνεπώς, η εξέλιξη των οργανισμών δεν απαιτεί καν μεταλλάξεις

σε μεμονωμένα γονίδια, αλλά κυρίως αλλαγές στο επίπεδο των μοτίβων έκφρασης των γονιδίων ως απόκριση στα διάφορα είδη περιβαλλόντων (Noble, 2017: 232).

Φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, DNA και οργανισμοί

Τα προαναφερθέντα παραδείγματα περιβαλλοντικά εξαρτώμενων επιγενετικών τροποποιήσεων του DNA των οργανισμών αποκαλύπτουν ξεκάθαρα ότι οι ποικίλες διεργασίες αυτού του φαινομένου επί του γονιδιώματος και των μεταβολικών λειτουργιών περιλαμβάνουν συνολικές ρυθμιστικές δράσεις του κυττάρου επί του DNA σε απόκριση στο περιβάλλον. Αυτές οι διεργασίες συνιστούν μια εξελικτική δυνατότητα στους οργανισμούς να επιταχύνουν τη γενετική ποικιλομορφία τους σε απόκριση στις περιβαλλοντικές επιδράσεις (Noble, 2017: 234).

Αλληλεπιδράσεις λαμβάνουν χώρα μεταξύ του περιβάλλοντος και όλων των κλιμάκων δομής και λειτουργίας των οργανισμών (όργανα, κύτταρα): Τα βιομόρια περιορίζονται εντός των κυττάρων και ελέγχονται από το κυτταρικό περιβάλλον. Τα κύτταρα με τη σειρά τους οριοθετούνται από τις φυσιολογικές ιδιότητες των ιστών, των οργάνων και των συστημάτων στους πολυκύτταρους οργανισμούς, τα οποία με τη σειρά τους περιορίζονται/ελέγχονται από το ευρύτερο περιβάλλον τους. Σε αυτό συμπεριλαμβάνονται και οι αλληλεπιδράσεις με άλλους οργανισμούς, πράγμα που σημαίνει ότι οι κοινωνικοί παράγοντες έχουν επίσης επίδραση (Noble, 2017: 172). Για παράδειγμα, στην κλίμακα του κυττάρου η εξωτερική μεμβράνη που το περιβάλλει περιέχει διάφορες πρωτεΐνες-μεταφορείς/διαύλους που χρησιμοποιεί το κύτταρο για να επιλέξει χημικές ουσίες από το μεταβαλλόμενο εξωτερικό περιβάλλον, ώστε να διαμορφώσει/διατηρήσει προστατευμένο και σταθερό το εσωτερικό

χημικό περιβάλλον του, όπου λαμβάνουν χώρα όλες οι βιοχημικές δράσεις (Noble, 2017: 99). Αυτό το περιβάλλον διατηρείται επίσης με μια κυκλική αιτιότητα τόσο προς τα κάτω, δηλαδή από το επίπεδο του κυττάρου κάτω προς τα μόρια προκειμένου αυτό να επηρεάσει τη βιοχημική συμπεριφορά τους, όσο και προς τα πάνω, δηλαδή από τα μόρια στο κύτταρο (Noble, 2017: 163-164). Τυπικά παραδείγματα τέτοιων σταθερών κυκλικών βιολογικών ιδιοτήτων αποτελούν ο καθημερινός ρυθμός (κιρκάδιος), υπό τον οποίο ταλαντεύονται όλα τα κύτταρα του σώματος, καθώς και οι κύττοι της καρδιάς (περίπου ένας ανά δευτερόλεπτο), με τον οργανισμό προσαρμοζόμενο στο περιβάλλον μέσω διεργασιών αλληλεπίδρασης με τα διάφορα μεταβολικά δίκτυά του (Noble, 2017: 7).

Οι αλλαγές στο DNA μπορούν επίσης να αποκρίνονται στο περιβάλλον, εξωτερικό (φυσικό και κοινωνικό) και ενδο- (και μεταξύ των κυττάρων) του ίδιου του οργανισμού. Αυτά τα περιβάλλοντα με τη σειρά τους εξαρτώνται από τις δραστηριότητες προηγουμένων οργανισμών, καθότι οι οργανισμοί έχουν αναδιατάξει τα γονιδιώματά τους κατά τη διάρκεια της εξέλιξης ως απόκριση σε τέτοιες περιβαλλοντικές επιδράσεις (Noble, 2017: 250). Τέτοιες αλλαγές στο γονιδίωμα των οργανισμών σε απόκριση στο περιβάλλον μπορούν να κληρονομηθούν.

Η πρώτη απόδειξη ότι ένα νέο χαρακτηριστικό γνώρισμα αποκτάται και κληρονομείται ως αποτέλεσμα μιας περιβαλλοντικής αλλαγής ήταν το γεγονός της ανάπτυξης διπλού θώρακα στη φρουτομούγα (Waddington, 1956), που επίσης αποτελεί και παράδειγμα επιγενετικής δράσης. Άλλα ενδεικτικά παραδείγματα δείχνουν τους καταπληκτικούς τρόπους με τους οποίους το περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει κληρονομικές αλλαγές στο γονιδίωμα πειραματόζων: Τα βακτήρια αποδείχθηκε ότι αυξάνουν κατευθυνόμενα την αναδιοργάνωση του γονιδιώματός τους κατά 100.000 φορές σε απόκρι-



ση στην έλλειψη τροφής (Noble, 2017, 196), ενώ άλλα δείχνουν εκπληκτικές δυνατότητες γενετικής εξέλιξης/προσαρμογής ως αντίσταση στα αντιβιοτικά (Bos et al., 2015). Άλλα βακτήρια αναγεννούν το μαστίγιό τους, που έχασαν λόγω αποκοπής κάποιου γονιδίου από το DNA τους, εντός τεσσάρων ημερών μετά την έκθεσή τους σε κάποιο στρεσογόνο περιβάλλον. Αποκρινόμενα σε αυτό, εξελίσσουν τα απαραίτητα ρυθμιστικά δίκτυα έκφρασης άλλων γονιδίων για την αποκατάσταση της κινητικότητάς τους (Taylor et al., 2015). Οι οργανισμοί διαθέτουν και μεταβολικά μονοπάτια μηνυματοδότησης που «αντιλαμβάνονται» θρεπτικές ουσίες περιβαλλοντικής προέλευσης και ελέγχουν τις αλλαγές σε εκείνα τα τμήματα του γονιδιώματος που σχετίζονται με την κατασκευή των ριβοσωμάτων (τα κυτταρικά οργάνδια παραγωγής των πρωτεϊνών). Όλα αυτά καταδεικνύουν ότι οι αλλαγές του DNA δεν συμβαίνουν

όλες τυχαία και ότι τα κύτταρα διαθέτουν συγκεκριμένους μηχανισμούς για τη βελτιστοποίηση του γονιδιώματός τους σε απόκριση στο περιβάλλον (Jack et al., 2015).

Οργανισμοί που θέτουν στόχους, όπως ο άνθρωπος, δρουν επί τη βάσει σκοπών και όχι μόνο μέσω ανεξέλεγκτων ή αυτοματοποιημένων αιτιών. Προφανώς και απαιτούνται νευρικά, μυϊκά, ορμονικά και άλλα σωματικά αίτια για κάθε δράση μας, αλλά όλες οι ενέργειές μας συνδέονται απαραίτητα με, και επηρεάζονται από, τις διεργασίες που συμβαίνουν στο περιβάλλον. Οι δράσεις μας δεν είναι τυχαίες ούτε και στο πλαίσιο των κοινωνικών σχέσεων, λόγω της αλληλεπίδρασης των στοχοκατευθύνσεων κάθε ατόμου με αυτές των άλλων ανθρώπων, με τη γενικότερη κοινωνική συμπεριφορά του πληθυσμού να υπόκειται σε κανόνες, άρα να μην είναι τυχαία. Λόγω των αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον και τους

άλλους οργανισμούς, κάθε άτομο καθίσταται ικανό να επιδεικνύει επιλογές καθοδηγούμενες από κανόνες (Noble, 2017: 256-7) και να αναπτύσσει ικανότητες («κλίσεις», «ταλέντα», «ευφυΐα») και συμπεριφορές (π.χ. ομοφυλοφιλία) όχι λόγω κάποιας γενετικής προδιάθεσης, αλλά ανάλογα με το πόσο αποτελεσματικά, ολιστικά, συνδυαστικά και για πόσο καιρό ο καθένας έρχεται σε επαφή με τις διάφορες συνιστώσες του κοινωνικού περιβάλλοντος (εκπαίδευση, πολιτισμός, οικονομική ασφάλεια, δημιουργικότητα κ.λπ.). Συνεπώς, το DNA μας δεν είναι «απομονωμένο από τον έξω κόσμο», ούτε είναι αυτό που «μας δημιούργησε σώμα και πνεύμα» (Dawkins, 1976), όπως ισχυρίζεται ο πολυδιαφημισμένος γκουρού του νεο-δαρβινισμού Richard Dawkins.

Ανάπτυξη ανθρώπινου εγκέφαλου και ψηφιακό περιβάλλον¹⁰

Προκειμένου ο *όρθιος Άνθρωπος* (*Homo erectus*) να αντιμετωπίσει τις δυνάμεις της φύσης πριν από περίπου δύο εκατομμύρια χρόνια, υποβλήθηκε σε μια επιλεκτική πίεση για τη διεύρυνση των εγκεφαλικών ικανοτήτων του, που αύξησε και τον όγκο του εγκεφάλου του. Επέλεξε να παρατείνει τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας των νεογνών του, αξιοποιώντας την για την ανάπτυξη ικανοτήτων μάθησης προς απόκτηση ευέλικτης σκέψης, ικανότητας σχεδιασμών και ανάπτυξης δημιουργικότητας. Έτσι, η εξελικτική περιβαλλοντική πίεση ασκήθηκε σε μια νέα αναδυόμενη δομή, τον μετωπιαίο λοβό, που επιτρέπει χωροχρονικές ταξινομήσεις των σκέψεων σε ιστορικές κατηγορίες, και τη δημιουργία νέων οριζώντων μέσω δημιουργικών ιδεών. Αυτές οι ικανότητες έπρεπε, και χρει-

άζεται ακόμα και σήμερα, να σχεδιαστούν εξ αρχής σε κάθε νεογέννητη ζωή. Κι αυτό διότι οι χωροχρονικές διανοητικές ικανότητες του μετωπιαίου λοβού δεν προέρχονται από κάποιο γενετικό πρόγραμμα αποτυπωμένο στο DNA, αλλά δημιουργούνται με την αναδιάρθρωση του νευρικού συστήματος που είχε αναπτυχθεί έως τη γέννηση. Και αυτό συμβαίνει κατά τις περιόδους της παιδικής και της νεανικής ηλικίας, που έχουν διευρυνθεί χρονικά στο ανθρώπινο είδος.

Εξ αυτής της πραγματικότητας και μόνο, οι κοινωνίες υποχρεούνται να παρέχουν σε κάθε παιδί όλες εκείνες τις δυνατότητες ανάπτυξης/ενίσχυσης του μετωπιαίου λοβού του, που θα του επιτρέπουν να αναπτύσσει χωροχρονικές διανοητικές ικανότητες. Δηλαδή, ανάπτυξη περιέργειας, θάρρους, θέλησης, κοινωνικής συμπεριφοράς, λήψης αποφάσεων και ικανότητας πρόβλεψης για το σχεδιασμό της επόμενης ημέρας.

Η έκθεση στα ψηφιακά μέσα (υπολογιστές, έξυπνα τηλέφωνα, τάμπλετ) αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα καθοριστικής αρνητικής περιβαλλοντικής επίδρασης στην ανάπτυξη του παιδικού, αλλά και στη λειτουργία του ενήλικα εγκεφάλου. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος προετοιμάστηκε για την ψηφιοποίηση της πληροφορίας επί τουλάχιστον τρεις χιλιάδες χρόνια, δηλαδή από την εμφάνιση του φοινικικού αλφάβητου. Όμως, η σχολική εκπαίδευση, η γραφή, η ανάγνωση και η αρίθμηση απέδωσαν πολιτιστικά και τεχνολογικά ιδιαίτερα τους τρεις τελευταίους αιώνες.

Τα αισθητήρια-κινητικά πεδία του φλοιού του παιδικού εγκεφάλου αξιοποιούνται βέλτιστα μόνο όταν ωριμάζουν πλήρως στα καθορισμένα χρονικά παράθυρα της παιδικής και νεανικής ηλικίας. Μόνο τα πλήρως ώριμα πρωτεύοντα και δευτερογενή νευρωνικά δίκτυα του φλοιού θα επιτρέψουν στον ενήλικα άνθρωπο να δημιουργεί εντός αφηρημένων πρότυπων σκέψης και να διαχειρίζεται λελογισμένα τα ψηφιακά μέσα, ή ακόμα και να συντάσσει προ-

10. Αυτό το κεφάλαιο βασίστηκε σε συνέντευξη της Gertraud Teuchert-Noodt, καθηγήτριας Νευροεγκεφαλικής Φυσιολογίας στο Universität Bielefeld, Γερμανία (Teuchert-Noodt, 2017).

γράμματα/αλγόριθμοι για ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας, αυτό το απολύτως απαραίτητο για τις διαδικασίες σκέψης νευρωνικό υπόβαθρο αμφισβητείται από την ψηφιοποίηση. Συνιστά επικίνδυνη πλάνη η διαδεδομένη αντίληψη ότι το σύγχρονο παιδί μπορεί να μάθει το χειρισμό των ψηφιακών μέσων με ελάχιστη τεχνική προσπάθεια. Σύμφωνα με ερευνητικές μελέτες, ο παιδικός εγκέφαλος δεν θα είναι προετοιμασμένος για κάτι τέτοιο ούτε για τα επόμενα χίλια χρόνια. Κι αυτό διότι οι γνωστικές διανοητικές επιδόσεις εξαρτώνται από τη χρονικά παρατεταμένη ωρίμανση των πρωτογενών και δευτερογενών νευρωνικών δικτύων του παιδικού εγκεφαλικού φλοιού, προκειμένου να αποκτήσει μετέπειτα ικανότητες συνδυαστικής σκέψης. Αντιθέτως, τα ψηφιακά μέσα δρουν ως παράγοντες ακραίας επιτάχυνσης της φυσιολογικής ωρίμανσης των λειτουργικών συστημάτων του φλοιού, ενώ είναι *αθεράπευτα εθιστικά*.

Η πολυδιαφημιζόμενη ψηφιακή σχολική εκπαίδευση πλήττει καίρια την ωρίμανση αυτών των βασικών ζωτικών διανοητικών ιδιοτήτων στον παιδικό εγκέφαλο. Στην ουσία, τα ψηφιακά μέσα εξαπολύουν μια ύπουλη επίθεση στην ίδια την ανάγκη του μετωπιαίου λοβού να αποκτήσει αυτές τις ικανότητες κατά τη διάρκεια της τριετίας και παιδικής ηλικίας, ακυρώνοντας τη φυσιολογική ανάπτυξη του παιδικού εγκεφάλου. Συνεπώς, η φυσική σχολική διαδικασία απόκτησης γνώσης δεν μπορεί να αντικατασταθεί από την ψηφιοποιημένη γνωστική πληροφορική.

Οι γονείς παγιδεύονται από κλισιά ψηφιακές προπαγάνδες του τύπου, «τα παιδιά ωριμάζουν γρήγορα με το διαδίκτυο». Επειδή συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο, οι γονείς θα προστάτευαν τα παιδιά τους απαγορεύοντας να χρησιμοποιούν κάθε είδος ηλεκτρονικού βοηθήματος. Επίσης, θα πρέπει να απαιτήσουν την απόσυρση κάθε ψηφιακού μέσου από νηπιαγωγεία, δημοτικά και

γυμνάσια – κάτι που εξαγγέλθηκε στη Γαλλία (*The Telegraph*, 2017). Οι επιπρόσθετοι επιστημονικοί λόγοι είναι οι ακόλουθοι:

1. Ο παιδικός εγκέφαλος χρειάζεται τις φυσικές κινήσεις του σώματος για να προγραμματίσει τις εμπειρίες στο χώρο. Αυτές προκαλούνται από το αισθησιακό σύστημα ωριμάνσεως ισορροπίας,¹¹ καθώς και από τους άξονες-αισθητήρες σε μυς και τένοντες που καθορίζουν τον εγκεφαλικό έλεγχο της σωματικής κίνησης. Παράλληλα, οι τρεις χωρικοί λοβοί της παρεγκεφαλίδας προγραμματίζουν κατά τη διάρκεια της ζωής για τις αντίστοιχες δράσεις (τρέξιμο, αναρρίχηση, συστροφή/εξισορρόπηση), χωρίς τις οποίες η παρεγκεφαλίδα δεν αναπτύσσεται φυσιολογικά. Όσο πιο πολύπλευρα οι δραστηριότητες κίνησης εμπλουτίζουν τα παιδικά χρόνια, τόσο πιο αποτελεσματικά επηρεάζουν την ωρίμανση και των ψυχικών λειτουργιών.

2. Η ομαλή ανάπτυξη του παιδικού εγκεφάλου παρεμποδίζεται από τον εθισμό που προκαλεί η έκθεση του μεταιχμιακού συστήματός του στα ψηφιοποιημένα μέσα, ο οποίος δεν είναι διαφορετικός του εθισμού στα ναρκωτικά ούτε είναι λιγότερο επικίνδυνος μακροπρόθεσμα. Και οι δύο εθισμοί ενεργοποιούν τις ίδιες περιοχές του μεταιχμιακού συστήματος στο να υπερπαραγούν δικά τους οπιούχα, που αποδιοργανώνουν το φυσικό αυτοενισχυόμενο «σύστημα ανταμοιβής». Αλλά ούτε η ικανοποίησή του επανακτάται από τους χημικούς (κοκαΐνη, αμφεταμίνες) και τους άυλους (τάμπλετ, έξυπνα τηλέφωνα) εθιστικούς διεγέρτες. Εκτός από το σύστημα των υποδοχέων των οπιοειδών, αυτό το αυτοενισχυόμενο κύκλωμα περιλαμβάνει ως σύστημα παράκαμψης και τον άκρως δραστήριο ιππόκαμπο. Επιπλέον, όλες οι συναι-

11. Περιλαμβάνει τους αισθητηριακούς υποδοχείς του εσωτερικού αυτιού, τα προσληπτικά συστήματα του εγκεφαλικού στελέχους και της παρεγκεφαλίδας και την επίδραση αυτών των συστημάτων μέσα στον εγκέφαλο.

σθηματικές εμπειρίες εισάγονται στην αμυγδαλή. Τα παιδιά όμως δεν διαθέτουν δυνατότητες αυτοελέγχου και μόνο από την εφηβεία και μετά ο μετωπιαίος λοβός μπορεί (μέσα από την προοδευτική ωρίμανσή του) να συνεργάζεται ελεγχόμενα με το μεταιχμιακό κύκλωμα για να μπορεί να διαχειρίζεται τα ψηφιοποιημένα μέσα.

Συνεπώς, αν επιτρέψουμε τη συνέχιση αυτής της πορείας, μια ολόκληρη γενιά ψηφιακά εκτεθέντων παιδιών θα παραμείνει εγκεφαλικά στα επίπεδα των παιδιών της Λίθινης Εποχής. Τα παντοδύναμα ψηφιακά μέσα καθιστούν ανίκανο το παιδί να απορροφήσει τις βασικές γνώσεις που προσπαθεί ο δάσκαλος να εγκαταστήσει στον εγκεφαλικό φλοιό του. Σε παιδιά και νέους χωρίς κοινωνικές ή ιστορικές γνώσεις αδυνατεί ο εγκεφαλικός φλοιός τους να αποκτήσει δεξιότητες μέσω συσχέτισης με ποικίλες εμπειρίες, με αποτέλεσμα οι πληροφορίες να περιβάλλονται από σύννεφα ασάφειας. Άγχος, επιθετικότητα και πολλά άλλα ψυχικά ελλείμματα εντείνονται σε κάθε ψηφιακά εκτιθέμενο μαθητή, διότι παρακάμπτεται η αναγκαία διαδικασία αργής διανοητικής και συναισθηματικής αποσύνδεσης από τον γονέα και διότι αναπτύσσεται υπό καθεστώς διανοητικής αποσταθεροποίησης και έλλειψης αυτενέργειας.

Έχει ήδη φανερό ότι ακόμη και ο ενήλικας αδυνατεί να αναπτυχθεί απεριόριστως διανοητικά στον τεχνολογικά υπερεξοπλισμένο κόσμο της εργασίας. Εξάλλου, οι βιολογικές και ψυχογνωστικές λειτουργίες είναι υπό τον έλεγχο των χωροχρονικών λειτουργιών του νευρικού συστήματος. Χωρίς μόνιμη χωροχρονική γείωση του μετωπιαίου λοβού, κάθε κατάχρηση των ψηφιακών μέσων επίσης οδηγεί σε απώλεια αυτοελέγχου και μετάβαση σε μια κατάσταση «διδασκόμενης αδυναμίας», δηλαδή αίσθηση αδυναμίας σε αρνητικές καταστάσεις. Αυτός ο γνωστικός αυτοπεριορισμός ευθύνεται και για το σύνδρομο «εργασιακής εξουθένωσης» του σύγχρονου ανθρώπου. Μια ψυχο-

σωματική ανωμαλία ανύπαρκτη στην προψηφιακή εποχή, που προκαλείται από τον κατακλυσμό του μεσαίου μετωπιαίου λοβού (εδράζει τη συνειδητή μνήμη για γεγονότα) από ακατάσχετες ψηφιοποιημένες πληροφορίες. Τυπική συνέπεια είναι η αποδιοργάνωση της λειτουργικής μνήμης, καθότι κάθε συνειδητή πληροφορία αξιοποιεί τους λειτουργικούς παράγοντες, χρόνο και χώρο, των νευρωνικών δικτύων του μετωπιαίου λοβού. Μια πληροφορία, που διανέμεται μέσω της χωρικής προεπεξεργασίας του ιππόκαμπου, χωρίζεται σε χρονικές μονάδες διάρκειας 3-5 δευτερολέπτων, προκειμένου να συσχετίσει το γεγονός με το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον. Δηλαδή, η λογική σκέψη αδυνατεί να παρακολουθήσει τον πολύ γρήγορο χρονισμό της ψηφιακής πληροφορίας.

Η ψηφιακή πληροφοριακή επιτάχυνση προκαλεί γνωστική ανικανότητα διότι εμποδίζει τη λειτουργική νευρωνική αλληλουχία και νευροχημική επικοινωνία μεταξύ των κυτταρικών περιοχών του εγκεφάλου, που χρησιμεύουν για τη μετάδοση διεγερτικών μοτίβων σε απομακρυσμένα νευρωνικά δίκτυα. Γι' αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιούμε κάθε ψηφιακό βοήθημα. Χρειαζόμαστε την ολοκληρωτική χρήση του μετωπιαίου λοβού για την κοινωνική επιβίωσή μας διότι το απαραίτητο δημοκρατικό πλαίσιο της προϋποθέτει ελεύθερη, ανεμπόδιστη λειτουργία του εγκεφάλου μας για την ανάπτυξη υψηλής αποφασιστικότητας, υπευθυνότητας και κρίσης. Κάτι όμως ασύμβατο με τους στόχους των ψηφιακών επιχειρηματικών ελίτ, δηλαδή το κέρδος και τον πολιτικό έλεγχο της νέας γενιάς. Με τα ψηφιακά μέσα, ουσιαστικά εφαρμόζουν στα άτομα εγκεφαλική λοβοτομή, κατευθύνοντάς τα προς σταδιακή διανοητική ανικανότητα μέσα από την κτήση/χρήση τους ως εθελοντική επιλογή τους. Λόγου χάριν, ένας εξ αυτών, ο Elon Musk¹², αναπτύσσει εμφυτεύσιμα

12. Των εταιρειών SpaceX, Tesla, Paypal, Solar City, Hyperloop, Boring Company, <https://www>.

μικροσίπι διεπαφής εγκεφαλικού φλοιού-υπολογιστή (Neuralink) για τη μετατροπή των ατόμων σε παγκοσμίως διαδικοτυωμένους συμβιωτές (symbiotes) ανθρωπίνης-τεχνητής νοημοσύνης. Αυτή η ψηφιακή εγκεφαλική άλωση/εκφύλιση δεν θα σταματήσει με κινήματα «ψηφιακής απεξάρτησης» ακόμα και στην καρδιά της Silicon Valley.¹³

Προς μια νέα κοινωνιοκεντρική βιολογία αλληλεπίδρασης μεταξύ βιολογικά ισότιμων ατόμων και περιβάλλοντος

Η μηχανή Helmholtz είναι μια αισθητηριακή συσκευή (κάτι σαν τεχνητό νευρωνικό δίκτυο)¹⁴ που κάνει μια πρόβλεψη, τη διασταυρώνει με την πραγματικότητα και υπολογίζει τη διαφορά μεταξύ πρόβλεψης και επιβεβαίωσης, όπως το ίδιο κάνει και η στατιστική μέθοδος Bayesian.¹⁵ Μια νέα θεωρία της νευροβιολογίας, αυτή του μπειζιανού εγκεφάλου, προτείνει ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί σε προσεγγιστική προσομοίωση με τη μηχανή Helmholtz και τη μπειζιανή στατιστική (Clark, 2013). Κάθε εγκέφαλος κάνει προβλέψεις και ζυγίζει τις προσδοκίες με τις αναντιστοιχίες, τις οποίες μεταβιβάζει προς υψηλότερα επίπεδα νευρωνικών κυκλωμάτων, που επαναλαμβάνουν τη διαδικασία. Αν εξακολουθούν να υφίστανται αναντιστοιχίες μεταφέρονται σε ακόμα υψηλότερα νοητικά επίπεδα.

Η θεωρία του μπειζιανού εγκεφάλου δείχνει να εξηγεί πολλές δομικές και λειτουργικές πτυχές του εγκεφάλου.

[youtube.com/watch?time_continue=852&v=tnBQmEqBCYO](https://www.youtube.com/watch?time_continue=852&v=tnBQmEqBCYO), <https://www.neuralink.com>

13. <https://www.voanews.com/a/reu-san-francisco-techies-unplug-digital-detox-camp/1954058.html>, EPT3-https://www.youtube.com/watch?v=_rfPpMpeeVA

14. https://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz_machine

15. https://en.wikipedia.org/wiki/Bayesian_statistics

Για παράδειγμα, πώς ο εγκέφαλος καταφέρνει και διαχειρίζεται αντιδιαμετρικά διαφορετικά ερεθίσματα (οπτικά, αισθητικά, γευστικά, ακουστικά κ.λπ.) και συνδυάζει δράση και αντίληψη ουσιαστικά με τους ίδιους νευρωνικούς μηχανισμούς και δομές. Η θεωρία προσφέρει επίσης μια ουσιαστική εξήγηση της μάθησης, δηλαδή της διαδικασίας ενημέρωσης-επικαιροποίησης του προγνωστικού μοντέλου. Επίσης, μπορεί να εξηγήσει ακόμη πώς ο εγκέφαλος ανέπτυξε υψηλότερα επίπεδα συνείδησης, προσθέτοντας νέα επίπεδα πρόβλεψης. Ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα της θεωρίας αυτής είναι ότι προσομοιάζει την πραγματική χωρική οργάνωση των νευρώνων στον πρωτεύοντα φλοιό. Εκεί δηλαδή όπου οι κλίμακες των «προγνωστικών» και των «αισθητήριων» νευρώνων στέλνουν σήματα σε αντίθετες κατευθύνσεις, που επιτρέπουν τη μεταξύ τους ακύρωση (με εξαίρεση τις ανατιστοιχίες).

Το δομικά εξαρτώμενο σύστημα προγνωστικής μάθησης της θεωρίας του μπειζιανού εγκεφάλου έχει εξαιρετική σημασία, διότι υποβαθμίζει και περιθωριοποιεί λεπτομερείς εξηγήσεις με βάση τα γονίδια για πολλά βιολογικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένης ενδεχομένως και της συνείδησης (Friston, 2010). Τα γονίδια και οι πρωτεΐνες μπορούν να συμπληρώσουν τις λειτουργικές λεπτομέρειες του εγκεφάλου, αλλά πολλά από τα βασικότερα λειτουργικά στοιχεία του (μάθηση, δράση, αντίληψη) προέρχονται μόνο από τη δομή του, δηλαδή είναι αναδυόμενες ιδιότητες οργάνωσης.¹⁶

Πολλοί βιολόγοι προβληματίζονται τουλάχιστον ως προς μερικές πτυχές παρόμοιων παραδειγμάτων, αλλά σπάνια αμφισβητούν τη γονιδιοκεντρική βιολογία στο σύνολό της. Προς το παρόν, αποσιάζει κάποια οργανωμένη επιστημονική κατεύθυνση προς τη σχε-

16. Όπως π.χ. και η αναδίπλωση των πρωτεϊνών και άλλα προαναφερθέντα παραδείγματα στην ενότητα *Το DNA δεν καθοδηγεί ούτε την εξέλιξη της ζωής*.

τικιστική βιολογία συστημάτων, ούτε υπάρχει κάποιος κρατικός επιστημονικός θεσμός που να αμφισβητεί την επιστημονική εγκυρότητα της δογματικής νεοδαρβινικής αναγωγιστικής βάσης της γονιδιοκεντρικής βιολογίας. Μόνη αξιοσημείωτη επίσημη αναγνώριση του προφανούς ότι οι οργανισμοί είναι περίπλοκα συστήματα είναι μια περιορισμένη χρηματοδότηση μελετών (ιδιαίτερα στις ΗΠΑ) στην κατεύθυνση της «βιολογίας συστημάτων», που όμως οι εμπλεκόμενοι επιστήμονες στη συντριπτική πλειοψηφία χρησιμοποιούν τους πόρους για να διευρύνουν τον γονιδιοκεντρικό αναγωγισμό τους.

Αυτό το σχεδόν επιστημονικό κενό αναπληρώνεται από μεμονωμένους επιστήμονες με πολλά υποσχόμενες ή/και επαναστατικές θεωρητικές εξελίξεις και πειραματικά ευρήματα (μερικά από τα οποία προαναφέρθηκαν), που εξηγούν τα βιολογικά φαινόμενα με τρόπους που υπερβαίνουν τις κατεστημένες γονιδιοκεντρικές προσεγγίσεις. Νέες ενοποιητικές θεωρίες έχουν αναδυθεί με επίκεντρο το κύτταρο και το μεταβολισμό για να ερμηνεύσουν τα πιο στοιχειώδη και καθολικά επίπεδα ζωής, μερικές ακόμα και με βάση τους θεμελιώδεις νόμους του σύμπαντος. Αναμφισβήτητος εμπνευστής όλων αυτών των θεωριών υπήρξε ο μαθηματικός-βιολόγος Nicolas Rashevsky (καθηγητής στο Chicago University), του οποίου οι ιδέες επιζούν μέσω των μαθητών του Robert Rosen και Aloisius Louie. Άλλοι επιστήμονες ανάλογων αντιλήψεων είναι ο νομπελίστας φυσικός Erwin Schrödinger (συγγραφέας του βιβλίου *What is Life?*), ο Stuart Kauffman (*The Origins of Order*), ο Steven Rose (*Lifelines: Biology beyond Determinism*), ο Enrico Coen (*The Art of Genes*), ο Denis Noble (*The Music of Life, Dance to the Tune of Life: Biological Relativity*). Επίσης, οι Annala και Baverstock (2014) και ο Karl Friston (2015) που υποστηρίζουν ότι η ζωή βασίζεται στο δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής. Δηλαδή, αυτή αποτελεί ένα σύστημα με εντοπισμένη ενέργεια, χα-

μηλή αταξία και ικανότητα παραγωγής έργου, ενώ τείνει στο θάνατο όταν αποκτήσει υψηλή αταξία και η ενέργειά του παίρνει χαοτική μορφή. Δηλαδή, αυτό που αποσυντίθεται όταν φθίνει η ζωή δεν είναι η ποσότητα αλλά η ποιότητα της ενέργειας.

Αυτοί και πολλοί άλλοι στοχαστές έχουν σε μεγάλο βαθμό συνθέσει/συλλέξει το απαραίτητο επιστημονικό υλικό για μια επανάσταση στη βιολογία πολύ πέρα από το λειτουργικό πλαίσιο ρυθμιστικών δικτύων γονιδίων. Τα ουσιαστικότερα στοιχεία αυτών των θεωριών θα εκθρονίσουν οριστικά τον γενετικό αναγωγισμό ως εξήγηση της ζωής όταν ενοποιηθούν προς μια θεωρία προέλευσης και διατήρησής της, με επίκεντρο το μεταβολισμό κάθε οργανισμού υπό τον αμφίδρομο έλεγχο ενός διαρκώς μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος (χημικού, φυσικού και κοινωνικού).

Βιολογία και πολιτική

Πώς εξηγείται η μεγάλη έλξη που ασκεί ο γενετικός αναγωγισμός, η ανθεκτικότητά του στις επιστημονικά θεμελιωμένες νέες αντιγονιδιοκεντρικές ιδέες, η ελλιπής χρηματοδότησή τους από επίσημους ερευνητικούς θεσμούς και η αποσιώπησή τους από το εκπαιδευτικό σύστημα και τα ΜΜΕ; Οι λόγοι εν πολλοίς απορρέουν από την ιδεολογικοπολιτική και οικονομική εξάρτηση των επιστημών.

Οι βάσεις της γονιδιοκεντρικής βιολογίας τέθηκαν από το Rockefeller Institute of Biochemistry (σήμερα Rockefeller University) της γνωστής οικονομικής δυναστείας των ΗΠΑ (Kay, 1993),¹⁷ όπου πρωτοανακαλύφθηκε η χημική σύνθεση του DNA (τη δεκαετία του 1920). Το Ίδρυμα Ροκφέλερ διαμόρφωσε ακόμα και το όνομα του DNA, εισάγοντας τα αρχικά του στο τμήμα *rib* της πλήρους ονομασίας του

17. Ιστοριογράφος του Ίδρυματος.

(deoxyribonucleic acid) – θα έπρεπε να είναι *riboso* από τον ελληνικό όρο δεοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ.

Το Ίδρυμα Ροκφέλερ ασχολήθηκε με το DNA τη δεκαετία του 1920 επειδή οι διαχειριστές (καταπιστευματοδέκτες) του φοβόντουσαν μια επανάσταση μπολσεβίκικου τύπου, λόγω των προηγηθεισών λαϊκών αναταραχών (το 1911), που οδήγησαν στη διάσπαση της πετρελαϊκής εταιρείας τους, *Standard Oil*. Το Ίδρυμα αναζητούσε τρόπους αποτελεσματικής διαχείρισης των αγανακτισμένων και ζηλόφθονων όχλων, εφαρμόζοντας δύο ξεχωριστές συμπληρωματικές στρατηγικές ελέγχου της ανθρώπινης συμπεριφοράς: στο επίπεδο των κοινωνικών δομών (οικογένεια, εργασία, συναισθήματα) υπό τον όρο «ψυχοβιολογία» και στο επίπεδο των χημικών βιομορίων. Το διπλά εστιασμένο πρόγραμμα του Ιδρύματος «Επιστήμη του Ανθρώπου», κατά τον διευθυντή του (το 1929) Max Mason, «προσανατολίζεται στο γενικό πρόβλημα της ανθρώπινης συμπεριφοράς, με σκοπό τον έλεγχό της μέσω της κατανόησής της. Οι κοινωνικές επιστήμες, για παράδειγμα, θα ασχοληθούν με τον εξορθολογισμό του κοινωνικού ελέγχου. Οι ιατρικές και φυσικές επιστήμες προτείνουν μια στενά συντονισμένη μελέτη των επιστημών που στηρίζουν την κατανόηση και τον έλεγχο του ατόμου» (Kay, 1993). Σύμφωνα με τον Warren Weaver, διευθυντή των Φυσικών Επιστημών του Ιδρύματος (το 1932), η «αναμόρφωση των επικρατούσων ιδεών για την ανθρώπινη φύση και τη συμπεριφορά», θα πρέπει να εναρμονίζεται με τις «διαχειριστικές ανάγκες» βιομηχανοποίησης προσωπικών χαρακτήρων όπως η διαχρονικότητα και η υπακοή.

Ο δεύτερος στόχος του Ιδρύματος ήταν η επιστημονική ορθολογικοποίηση των τότε ευρέως διαδεδομένων αντιλήψεων της ευγονικής, που για τους διαχειριστές του σήμαινε ότι γνωρίσματα όπως ευγένεια, νοημοσύνη και υπακοή, ελέγχονται από κάποιους κρυμμένους μηχανισμούς και βιομό-

ρια, που λογικά θα έπρεπε να είναι επιστημονικά ανιχνεύσιμα, και που μόλις αναγνωριστούν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της συμπεριφοράς. Αυτό απαιτούσε μια νέα αναγωγιστική «επιστήμη του πολύ μικροσκοπικού» για την ανακάλυψη της φύσης του γονιδίου (τότε θεωρείτο ότι ήταν πρωτεΐνες), που το Ίδρυμα την ονόμασε «μοριακή βιολογία». Μετά από διάφορες προσεγγίσεις με επιστήμονες και ιδρύματα, το Ίδρυμα κατέληξε το 1933 σε μια πλήρως επεξεργασμένη στρατηγική ανάπτυξης της μοριακής βιολογίας, με τη χρηματοδότηση επιστημονικών ομάδων σε λίγα κορυφαία ιδρύματα όπως το Caltech και το Chicago University. Από εκεί εκπαιδεύτηκαν εκατοντάδες επιστήμονες στην ανακάλυψη των «κύριων μορίων» –πηγών προέλευσης των σωματικών λειτουργιών και της συμπεριφοράς του ανθρώπου– με στόχο για το Ίδρυμα την επιστημονική επικύρωση των ευγονικών θέσεων των Ροκφέλερ.

Όλες αυτές οι έρευνες ήταν εξαιρετικά επιτυχείς για το Ίδρυμα, που τελικά επικέντρωσε τη χρηματοδότηση στο ευκολοπροσβάσιμο DNA. Όπως σημειώνει ο George Beadle (νομπελίστας στη φυσιολογία και διαπλεκόμενος με το Ίδρυμα), από τα 18 βραβεία Νόμπελ που δόθηκαν στη γενετική μετά το 1953, μόνο ένα απονεμήθηκε σε επιστήμονα που δεν είχε χρηματοδοτηθεί από το Ίδρυμα Ροκφέλερ (Kay, 1993). Έως το 1989, η μοριακή βιολογία αποτελούσε την κυρίαρχη προσέγγιση όλων των κλάδων της βιολογίας (ιατρική, αναπτυξιακή βιολογία, νευροβιολογία, γενετικά τροποποιημένη γεωργία) κυρίως χάρη στο Ίδρυμα, με τις οικονομικοπολιτικές επιρροές στη σύγχρονη διαμόρφωσή της να συνεχίζονται μέχρι σήμερα (Latham, 2017). Η μόνη παραχώρηση του νεοδαρβινισμού ήταν η συμμετοχή και ολίγου περιβάλλοντος στη γενετική διαμόρφωση της ανθρώπινης φύσης, η ποσόστωση του οποίου ξεκινά σχεδόν από το μηδέν για τις (ακρο)δεξιές και τείνει αυξανόμενη προς κεντρώες, σοσιαλδημοκρατικές

και αμιγώς αριστερές ιδεολογίες, που όμως ακυρώνεται από τις απροσπέλαστες για τα άτομα-μάζες, στυγνά ανταγωνιστικές νεοφιλελεύθερες συμπληγάδες της τελειομανίας και της αξιοκρατίας.¹⁸

Συνεπώς, ο νεοδαρβινισμός αναμφίβολα αποτέλεσε και αποτελεί το κεντρικό ιδεολόγημα των ελίτ όλων των μορφών καπιταλισμού. Η κεντρική του ιδέα περί μη βιολογικής (γενετικής) και διανοητικής ισότητας μεταξύ των ατόμων ήταν αποδεκτή από τον Μαρξ (δικαιολογημένα, με την τότε βιολογία στα σπάργανα και τις ανάλογες ιδέες του Δαρβίνου στο απόγειό τους). Παραμένει όμως στους θεωρητικούς του μαρξισμού (και του αναρχισμού), με εξαίρεση τον Αντονίο Γραμσκι και τον Κορνήλιο Καστοριάδη (Georgiou, 2016). Επίσης, έχει επηρεάσει καθοριστικά την αποτυχία της μαρξιστικής ιδεολογίας στην ανάπτυξη ενός ενοποιητικού επιστημονικού ορισμού της ισότητας, με αποτέλεσμα τον κατακερματισμό της Αριστεράς σε ιδεολογικές αιρέσεις ενός μαρξισμού σε εκφυλιστική επιστημονική στατικότητα. Η αποδοχή της ύπαρξης γενετικά ισοδύναμης, αδιαβάθμητης διανοητικής ισότητας (όχι ταυτότητας) μεταξύ των ατόμων συνεπάγεται αυτόματα και την κατάργηση των κοινωνικών τάξεων, όχι όμως το αντίθετο (όπως έχει ήδη διαπιστωθεί από τη δημιουργία/διαίχιση κοινωνικών ανισοτήτων στα πρώην και νυν καθεστώτα του υπαρκτού σοσιαλισμού). Με το να μην κατανοούν τη μετατροπή της γονιδιοκεντρικής βιολογίας σε κύριο ιδεολογικοπολιτικό εργαλείο των ελίτ, οι μαρξιστές, αριστεροί και αναρχικοί κάθε απόχρωσης αδυνατούν να αντιπαρατεθούν ιδεολογικά μαζί τους σε αυτό το πεδίο. Υπολείπονται ιδεολογικά ακόμα και όταν οι ελίτ διατρανώνουν ακραία τις ανισότητες προκειμένου να αιτιολογήσουν τις πολιτικές τους, με κλασικό εγχώριο πολιτικό πα-

ράδειγμα τον πρόεδρο της Νέας Δημοκρατίας Κυριάκο Μητσοτάκη: «Δεν τρέφω αυταπάτες για μια κοινωνία χωρίς ανισότητες. Κάτι τέτοιο είναι αντίθετο στην ανθρώπινη φύση».¹⁹

Η αναδυόμενη νέα βιολογία προσφέρει τα απαραίτητα επιστημονικά επιχειρήματα για την ιδεολογική και επιστημονική θεμελίωση των κοινωνιών του μέλλοντος που θα βασίζονται στην ισότητα των ατόμων. Θέτει τα γονίδια των γενετικών ανισοτήτων στη θέση των άψυχων πλήκτρων του πιάνου που ενεργοποιούνται από τον πιανίστα-άτομο, σε απόκριση πλειάδας περιβαλλοντικών διαβαθμίσεων (ενδο/διακυτταρικές, ενδο/διοργανικές και ενδο/διοργανισμικές, τροφή, φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον).

Η διανοητική/γνωστική διαφορετικότητα των ατόμων είναι αποτέλεσμα έκθεσης σε διαφορετικά ερεθίσματα που μπορεί να είναι τυχαία (λόγω γέννησης από μη επιλέξιμα οικογενειακά περιβάλλοντα, γεωγραφικούς χώρους και χώρες) ή υποβαλλόμενα (παιδεία) ή και επιδιωκόμενα (στο βαθμό που υπάρχει ενσυνείδητη και πλήρης εικόνα του όλου). Επίσης, τα ερεθίσματα μπορεί να τυχαίοποιούνται στο πλαίσιο πολιτιστικών, οικονομικών ακόμα και αντιπαγκοσμιοποιητικών βιολογικών/τεχνολογικών περιορισμών (διποδισμός, τεχνολογικά αδύνατη η ακαριαία μετάβαση-επιστροφή, εγκατάσταση, προσαρμογή σε άλλες χώρες), καθώς και λόγω της περιοριστικής αυτοσυνηρητικής τάσης συνασπισμού των ατόμων σε ομάδες (φυλές, έθνη, πατρίδες) αλληλοσυμπληρούμενων ενδιαφερόντων/συμφερόντων/παραδόσεων/θρησκειών εντός περιορισμένων γεωγραφικών χώρων.

Οι ελίτ κατασκευάζουν για τις μάζες έναν απόρροωπο/νεφελώδη –γνωστικά, κοινωνικά, και ως προς τη φυλογένεια– γονιδιοκεντρικό ατομικισμό. Επιτρέπουν στα άτομα την ελεύθερη επιλογή μόνο σε ομογενοποιημένους (κοσμο-

18. https://www.yahoo.com/lifestyle/irrational-desire-driving-millennials-gen-z-depression-222357005.html?tsrc=daily_mail&uh_test=2_01

19. ΔΕΘ, 16-09-2017: <https://www.youtube.com/watch?v=q7bbEPxvGM7>.

πολιτικά, πολυπολιτισμικά) τρόπους αποπροσωποποίησης του ατομισμού τους. Έτσι, τα αναγκάζουν να προσφεύγουν σε θολά κριτήρια αυτοεπιβεβαίωσης, μετατρέποντάς τα σε πολιτικά ακίνδυνες ατομικιστικές ασημαντότητες. Παρά ταύτα, τα άτομα ισορροπούν βιολογικά, ψυχικά και διανοητικά μόνο όταν αντλούν αυτοεπιβεβαίωση από κοινωνικούς στόχους/δράσεις που θέτουν/πραγματοποιούν δημοκρατικά με ισότιμα μέλη των κοινωνιών τους.

Συνεπώς, η βιολογική φύση του ανθρώπου και η επιβίωσή του ως είδος επιβάλλουν την αξιακά και διανοητικά ισότιμη, συναγωνιστική κοινωνική συμβίωσή του υπό συνθήκες ατομικού αλληλοσεβασμού και υψηλού επιπέδου πολιτισμού και παιδείας. Μόνο υπό αυτό το πλαίσιο βιολογικής/διανοητικής ισότητας θα μπορέσει ο άνθρωπος να επεξεργαστεί βιώσιμα πολιτικά συστήματα και δομές ουσιαστικής κοινωνικής αυτοδιαχείρισης. **T**

b **Acuna, R. et al.** (2012). Adaptive horizontal transfer of a bacterial gene to an invasive insect pest of coffee. *PNAS* 109: 4197-4202.

Anand et al. (2008) Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *Pharm. Research.* 25: 2097-2116.

Annala, A., Baverstock, K. (2014). Genes without prominence: a reappraisal of the foundations of biology. *Journal of the Royal Society Interface*, 19 February 2014, DOI:10.1098/rsif.2013.1017.

Badylak, S. (2016). Work with, not against, biology. *Nature* 540: S55 doi:10.1038/540S55a

Bateson, P. (2005). The return of the whole organism. *J. Biosci.* 30: 31-39.

Batten, D., et al. (2008). Visions of evolution: self-organization proposes what natural selection disposes. *Biological Theory* 3: 17-29.

Bos, J. et al. (2015). Emergence of antibiotic resistance from multinucleated bacterial filaments. *PNAS* 112: 178-183.

Bygone, L. O. et al. (2014). Change in paternal grandmothers' early food supply influenced cardiovascular mortality of the female grandchildren. *BMC Genet.* 15: 12. doi: 10.1186/1471-2156-15-12.

Capra, F., Luisi, P. (2014). *The Systems View of Life: A Unifying Vision.* Cambridge University Press.

Carter, C. (2016). An alternative to the RNA world. *Natural History* Dec 2016/Jan 2017 28-33.

Chen, Q., et al. (2016). Sperm tsRNAs contribute to intergenerational inheritance of an acquired metabolic disorder. *Science* 351(6271): 397-400.

Chick, J. M., et al. (2016) Defining the consequences of genetic variation on a proteome-wide scale. *Nature* 534: 500-505.

Clark, A. (2013). Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioural and Brain Sciences* 36(3):181-204.

Crick, F. (1970). Central Dogma of Molecular Biology. *Nature* 227: 56-63.

Dawkins, R. (1976). *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Oxford.

Deamer, D. W. & Georgiou, C. D. (2015). Hydrothermal conditions and the origin of cellular life. *Astrobiology* 15: 1091-1095.

Dermitzakis, E. T., Clark A. G. (2009). Life after GWA studies. *Science* 326: 239-240.

Dias, B. G., Ressler, K. J. (2014a). Parental olfactory experience influences behavior and neural structure in subsequent generations. *Nature Neuroscience* 17: 89-96.

Dias, B. G., Ressler, K. J. (2014b). Experimental evidence needed to demonstrate inter- and trans-generational effects of ancestral experiences in mammals. *Bioassays* 36: 919-923.

Dolinoy, D. C. (2008). The agouti mouse model: an epigenetic biosensor for nutritional and environmental alterations on the fetal epigenome. *Nutrition Reviews.* 66 (Suppl. 1): S7-S11.

Donkin, I. et al. (2016). Obesity and bariatric surgery drive epigenetic variation of spermatozoa in humans. *Cell Metabolism* 23(2): 369-378.

Finch, C. E., Kirkwood, T. (2000). *Chance, Development and Aging*, Oxford University Press, Oxford (επίσης σε μία βιντεοσκοπημένη διάλεξη του Kirkwood στο <https://www.youtube.com/watch?v=hRUSkIMMhro>).

Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience* 11, 127-138. doi:10.1038/nrn2787.

Friston, K., et al. (2015) Knowing one's place: a free-energy approach to pattern regulation. *Journal of the Royal Society Interface*, 18 March 2015. DOI: 10.1098/rsif.2014.1383.

Georgiou, C. D. (2016). Unconditional communist equality among individuals - Beyond the Marxist equality limited to the abolition of classes. *Critique - Journal of Socialist Theory* 44(1-2): 129-160.

Georgiou, C. D., Deamer, D. W. (2014). Lipids as universal biomarkers of extraterrestrial life. *Astrobiology* 14(6): 541-549.

Hamilton, G. (2015). The mitochondrial mystery. *Nature* 525: 444-446.

Heijmans, B. T. et al. (2008). Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. *PNAS* 105(44): 17046-170469.

- Hespeels, B. et al.** (2015). Against all odds: trehalose-6-phosphate synthase and trehalase genes in the Bdelloid rotifer *Adineta vaga* were acquired by horizontal gene transfer and are upregulated during desiccation. *PLoS ONE* 10(7): e0131413.
- Hillenmeyer, M. E. et al.** (2008). The chemical genomic portrait of yeast: uncovering a phenotype for all genes. *Science* 320(5874): 362-365.
- Ioannidis, J. P.** (2007). Non-replication and inconsistency in the genome-wide association setting. *Hum. Hered.* 64(4): 203-13.
- Jack, C. V. et al.** (2015). Regulation of ribosomal DNA amplification by the TOR pathway. *PNAS* 112(31): 9674-9679.
- Joyner, M.** (2015). Has Neodarwinism failed clinical medicine: does systems biology have to? *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 117: 107-112.
- Kaufman, S.** (1993). *The Origins of Order*. Oxford University Press.
- Kay, L. E.** (1993) *The Molecular Vision of Life: Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*. Oxford University Press.
- Keul, J. et al.** (1981). Effect of static and dynamic exercise on heart volume, contractility and left ventricular dimensions. *Circulation Research* 48 (suppl 1): 163-170.
- Latham, J.** (2017). The meaning of life (part I), *Independent Science News*, March 21, (<https://www.independentsciencenews.org/health/the-meaning-of-life-part-i-τελευταία-πρόσβαση> 24-12-2017).
- Laursen, T., et al.** (2017). Characterization of a dynamic metabolon producing the defense compound dhurrin in sorghum. *Science* 354: 890-895.
- Manolio, T., et al.** (2009). Finding the missing heritability of complex diseases. *Nature* 461: 747-753.
- McCarrey, J. R.** (2015). The epigenome: a family affair. *Science* 350: 634-635.
- McClintock, B.** (1984). The significance of responses of the genome to challenge. *Science* 226: 792-801.
- Milo, R., Phillips, R.** (2015) *Cell Biology by the numbers* Garland Science, Taylor & Francis (<http://book.bionumbers.org/what-is-the-macromolecular-composition-of-the-cell/>).
- Mullis, K.** (1998). *Dancing Naked in the Mind Field*, Vintage Books.
- Munson, M., et al.** (1996). What makes a protein a protein? Hydrophobic core designs that specify stability and structural properties. *Protein Science* 5: 1584-1593.
- Nakajima, M., et al.** (2005). Reconstitution of circadian oscillation of Cyanobacterial KaiC phosphorylation *in vitro*. *Science* 308: 414-415.
- Nelson, V. R. et al.** (2012). Transgenerational epigenetic effects of Apobec1 cytidine deaminase deficiency on testicular germ cell tumor susceptibility and embryonic viability. *PNAS* 109: E2766-E2773.
- Noble, D.** (2003). *The music of life. Biology Beyond Genes*. Oxford University Press.
- Noble, D.** (2017). *Dance to the Tune of Life: Biological Relativity*. Cambridge University Press.
- Pittoggi, C. R. et al.** (2006). Generation of biologically active retro-genes upon insertion of mouse spermatozoa with exogenous DNA. *Molec. Reprod. Develop.* 73: 1239-1246.
- Rechavi, O. et al.** (2011). Transgenerational inheritance of an acquired small RNA-based antiviral response in *C. elegans*. *Cell* 147: 1248-1256.
- Rose, S.** (1997). *Lifelines: Biology beyond Determinism*. Oxford University Press.
- Schwartz, J. A. et al.** (2014). FISH labelling reveals a horizontally transferred algal (*Vaucheria litorea*) nuclear gene on a sea slug (*Elysia chlorotica*) chromosome. *Biological Bulletin* 227: 300-312.
- Sharma, U., et al.** (2016). Biogenesis and function of tRNA fragments during sperm maturation and fertilization in mammals. *Science* 351(6271): 391-396.
- Siklenka, K. et al.** (2015). Disruption of histone methylation in developing sperm impairs offspring health transgenerationally. *Science* 350(6261): aab2006.
- Strohman, R. C.** (1997). The coming Kuhnian Revolution in biology. *Nature Biotechnology* 15: 194-200.
- Taylor, T. B., et al.** (2015). Evolutionary resurrection of flagellar motility via rewiring of the nitrogen regulation system. *Science* 347: 1014-1017.
- Teuchert-Noodt, G.** (2017): Cyberattacke auf die nervennetze des gehirns – Wohin führt die digitale revolution? (=H κυβερνο-επίθεση στο νευρικό σύστημα του μυαλού – Πού οδηγεί τα παιδιά η ψηφιακή επανάσταση;). Συνέντευξη στο umwelt-medizin-gesellschaft, |30|3, p. 28-32 (<https://www.ksta.de/ratgeber/finanzen/karriere/gehirnforscherin-warnt-digitale-medien-am-arbeitsplatz-machen-uns-abhaengig-und-dumm-24345186>).
- The ENCODE Consortium** (2004). The Encode Project. *Science* 306: 636-640.
- The Telegraph, Dec. 11, 2017; <http://www.telegraph.co.uk/news/2017/12/11/france-impose-total-ban-mobile-phones-schools>.
- Tudge, C.** (2013). *Why Genes are not Selfish and People are Nice*. Floris Books.
- Waddington, C. H.** (1956). The genetic assimilation of the bithorax phenotype. *Evolution* 10: 1-13.
- Watson, J. D.** (2003). *DNA: The Secret of Life*. Alfred A. Knopf.
- Weaver, I. C. G.** (2009). Life at the interface between a dynamic environment and a fixed genome, pp. 17-40. Στο *Mammalian Brain*, Janigro, D., επιμ., Humana Press, Springer, NY.
- Wheeler, T. D., Stroock, A.** (2008). The transpiration of water at negative pressures in a synthetic tree. *Nature* 455: 208-212 doi:10.1038/nature07226.
- Woese, C. R.** (2004). A new biology for a new century. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 68: 173-186.