

Υπάρχουν πιθανότητες μελλοντικής εξέλιξης του Homo sapiens σε νέο είδος στον πλανήτη μας;

Ενα από τα θεμελιακά προβλήματα που απασχολούν τον σκεπτόμενο άνθρωπο είναι το αν ο Homo sapiens αποτελεί το τεματικό στάδιο εξέλιξης του είδους μας, την κορωνίδα της δημιουργίας, ή αν η εξελικτική πορεία των τελευταίων 2 εκατ. ετών, η οποία ξεκίνησε από τον Homo habilis και κατέληξε προ 150.000 ετών στον σημερινό άνθρωπο, θα συνεχιστεί με την εμφάνιση ενός νέου Homo, ενός διαφορετικού είδους, του Homo sapiens futuricus.

Απάντηση σε αυτό το ερώτημα προφανώς είναι δύσκολο να δοθεί, όμως η αναδρομή στο παρελθόν και η σύγκριση του Homo sapiens με υπαρκτούς πολύ μακρινούς προγόνους του, τους μεγάλους πιθήκους, προσέτι η θεώρηση του εξελικτικού μηχανισμού και των περιβαλλοντικών και κοινωνικών συνθηκών, όπως σήμερα επικρατούν και όπως προβλέπονται μελλοντικά, προσφέρουν βάση για συζήτηση και διατύπωση απόψεων.

Διαφορές του DNA χιμπατζή και ανθρώπου

Προ 6-7 εκατ. χρόνων διαχωρίστηκε η εξελικτική πορεία του ανθρώπου από αυτή των μεγάλων πιθήκων (χιμπατζή, γορίλα, ουραγοτάγκου). Η πλήρης αλληλουχία του DNA του χιμπατζή και του ανθρώπου οδήγησε σε αποκάλυψη γονιδιακών διαφορών οι οποίες ευθύνονται για τις φαινοτυπικές διαφορές μεταξύ ανθρώπου και των πλησιέστερων προγόνων του, ανοίγοντας το δρόμο κατανόησης των εξελικτικών βημάτων που οδήγησαν στον σημερινό άνθρωπο. Κατ' αρχήν, η ομοιότητα του DNA των δύο αυτών οργανισμών είναι εντυπωσιακή: τα δύο γονιδιώματα είναι κατά 98,5% όμοια. Βέβαια, αυτό το 1,5% αντιπροσωπεύει σημαντική διαφορά 45 εκατομμυρίων βάσεων, στις οποίες πρέπει να προστεθούν και οι πιστοποιούμενοι αναδιπλασιασμοί γονιδίων και οι διαφορές στη γραμμική διάταξή τους. Το 29%

* Ο αείμνηστος Κων/νος Σέκερης δεν πρόλαβε να δει δημοσιευμένο το κείμενό του (για την προσωπικότητα και τα έργα του βλ. *Ουτοπία 86*, Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2009)

των δομικών γονιδίων του χιμπαντζή είναι ακριβώς όμοιο με τα αντίστοιχα του ανθρώπου, ενώ το 60% των γονιδίων του μόνο λίγο διαφέρουν από αυτά του ανθρώπου. Έχει διαπιστωθεί, μεταξύ άλλων, ότι ορισμένα γονίδια, όπως αυτά που συμμετέχουν στο μηχανισμό της φλεγμονής λείπουν στο χιμπαντζή, ενώ άλλα, όπως αυτό της κασπάσης 12, έχουν απαλειφθεί στον άνθρωπο. Επιπλέον το γονίδιο της τρανσφεράσης (GSTO2) εμφανίζει στον άνθρωπο διαφορετικό μάτισμα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη έκφρασή του, που οδηγεί στη μειωμένη προστασία του ανθρώπου σε σύγκριση με το χιμπαντζή, στο οξειδωτικό στρες. Τέτοιες διαφορές στο μάτισμα γονιδίων επηρεάζουν τη γονιδιακή έκφραση, τη μετάδοση σήματος, την ανοσοπροστασία, την ευπάθεια σε νόσους, τη γήρανση και το θάνατο. Σημαντικό είναι το εύρημα της σημαντικής εξέλιξης γονιδίων μεταγραφικών παραγόντων στον άνθρωπο, καθότι ο διαφορετικός συντονισμός και η εναρμονισμένη έκφραση γονιδιακών δικτύων φαίνεται να είναι ουσιαστικοί εξελικτικοί παράγοντες. Ουσιαστικής εξελικτικής σημασίας είναι ο διαχωρισμός των πιθανώς ολίγων γονιδιακών στοιχείων, που πράγματι έχουν φαινοτυπικές συνέπειες και έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ειδοποίηση, από την πλειονότητα των λειτουργικώς ουδέτερων στοιχείων. Αυτό που αδιαμφισβητήτως διαφοροποιεί θεμελιακά τον άνθρωπο από το χιμπαντζή είναι ο εγκέφαλος και οι συνδεδεμένες με αυτόν λειτουργίες όπως η ομιλία και η γλώσσα. Και σε αυτές τις διαφορές, τόσο στο μορφολογικό όσο και στο μοριακό επίπεδο, θα εστιάσουμε την προσοχή μας και θα αναζητήσουμε πληροφορίες και στοιχεία για το μηχανισμό της εξελικτικής διαδικασίας.

Διαφορές εγκεφάλου ανθρώπου – χιμπαντζή

Ενώ το ανθρώπινο σώμα είναι μόνο 20% βαρύτερο από αυτό του χιμπαντζή, ο εγκέφαλος του ανθρώπου είναι 250% μεγαλύτερος από αυτόν του μακρινού ξάδερφού του. Παρόλο που ο μεγαλύτερος εγκέφαλος δεν σημαίνει και μεγαλύτερη νοημοσύνη – υπάρχουν εγκέφαλοι σε μερικά είδη ζώων μεγαλύτεροι από του ανθρώπου, χωρίς βεβαίως οι οργανισμοί αυτοί να έχουν τη νοητική ικανότητά μας – εντούτοις ισχύει το γεγονός ότι ο μεγαλύτερος εγκέφαλος έχει περισσότερες δυνατότητες λειτουργικής πολυπλοκότητας. Σημαντικές είναι οι διαφορές στο μέγεθος περιοχών που είναι έδρες νοητικών διεργασιών και του λόγου, όπως οι μετωπιαίοι λοβοί και οι περιοχές του Broca, καθώς και της αντίστοιχης φλοιώδους μοίρας τους, οι οποίες στον άνθρωπο είναι πιο ανεπτυγμένες. Επιπλέον, υπάρχουν συγκεκριμένες διαφορές στο μικροσκοπικό επίπεδο, όπως κυτταρικά στοιχεία γνωστά από παλαιότερες έρευνες (κύτταρα του von Economo) που είναι πιο εξεσημασμένα στον ανθρώπινο εγκέφαλο και φαίνεται ότι εμπλέκονται στις ανώτερες εγκεφαλικές λειτουργίες, καθώς και κυτταρικά δίκτυα στον οπτικό φλοιό του ανθρώ-

που, που του προδίδουν συγκεκριμένες οπτικές ιδιότητες. Η πιο σημαντική πρόοδος στη διερεύνηση της εξελικτικής πορείας του εγκεφάλου προήλθε από την κατανόηση των γονιδιακών μεταβολών που οδήγησαν στην εμφάνιση της ομιλίας και της γλώσσας. Οι σχετικές μελέτες είχαν ως αφετηρία τη συσχέτιση γονιδιακών μεταλλάξεων με παθήσεις όπως η μικροκεφαλία και με διαταραχές της ομιλίας. Η αυτοσωματική υπολειπόμενη πρωτοπαθής μικροεγκεφαλία (MCPH – μέγεθος εγκεφάλου στον πάσχοντα αποτελεί το 30% του φυσιολογικού) εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα (20 πάσχοντες ανά εκατομμύριο) στο Πακιστάν ήτοι με δεκαπλάσια συχνότητα απ' ό,τι στην Αγγλία. Η πάθηση χαρακτηρίζεται από μέτρια ή ελαφρά δυσκολία στη μάθηση, στην ανάγνωση και τη γραφή. Στους πάσχοντες βρέθηκαν 8-9 συγκεκριμένα μεταλλαγμένα γονίδια, τρία από τα οποία κωδικοποιούν πρωτεΐνες του κεντροσώματος, που ρυθμίζουν τη μιτωτική άτρακτο, επομένως και την κυτταροδιαίρεση. Συγκρίνοντας τα αντίστοιχα γονίδια του χιμπαντζή και του φυσιολογικού ανθρώπου παρατηρούνται μεταλλάξεις στον άνθρωπο οι οποίες σχετίζονται με την ταχεία αύξηση του μεγέθους του εγκεφάλου, ήτοι σημερινό σημείο προ 100.000 ετών. Μια άλλη παθολογική κατάσταση που έδωσε πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την εξέλιξη της ομιλίας είναι αυτή που εκδηλώνεται με διαταραχές της ομιλίας και οδήγησε στην ταυτοποίηση του γονιδίου FOXP₂. Το γονίδιο αυτό κωδικοποιεί έναν μεταγραφικό παράγοντα ο οποίος, στην περίπτωση της παθήσεως, εμφανίζει ετερόζυγη μετάλλαξη (είτε ανόητη είτε παρερμηνεύσιμη). Η συγκριτική ανάλυση του FOXP₂ μεταξύ πρωτευόντων και ανθρώπου αποκάλυψε στο ανθρώπινο γονιδίωμα δύο υποκαταστάσεις (T303N, N325S) μετά το διαχωρισμό του ανθρώπου από το χιμπαντζή. Δείχθηκε ότι το ανθρώπινο FOXP₂, και όχι αυτό του χιμπαντζή, επηρεάζει τα επίπεδα των νευροδιαβιβαστών και τη συναπτική πλαστικότητα, επιταχύνει την αύξηση των δενδριτών των νευρώνων και ενεργοποιεί γονίδια του ραβδωτού σώματος με θέσεις δέσμευσης για την αντίστοιχη πρωτεΐνη FOXP₂ (Svante Paabo κ.ά.). Φαίνεται ότι οι δύο υποκαταστάσεις στο FOXP₂ υπέστησαν θετική επιλογή στον άνθρωπο λόγω της επίδρασής τους στον έναρθο λόγο και τη γλώσσα.

Υπάρχουν στοιχεία για συνεχιζόμενη εξέλιξη του Homo sapiens από την εμφάνισή του μέχρι σήμερα;

Το ερώτημα που τίθεται είναι αν οι γονιδιακές μεταβολές που οδήγησαν στην εidoποίηση του ανθρώπου συνεχίζονται και ποιες είναι οι προοπτικές για νέο εξελικτικό άλμα. Εξετάζοντας τα γονιδιώματα των διαφόρων ανθρωπίνων φυλών και πληθυσμιακών ομάδων διαπιστώνουμε ανακατατάξεις, αναδιπλασιασμούς και μεταλλάξεις σε πλήθος γονιδίων που έχουν προκύψει κατά τη διάρκεια των 150.000 χρό-

νων από την εμφάνιση του ανθρώπου μέχρι σήμερα (μικροεξέλιξη). Έχουν ταυτιστεί 700 γονιδιακές ποικιλίες με επιπτώσεις στην όσφρηση, στην αναπαραγωγή, στο μεταβολισμό, στο χρώμα του δέρματος, στην ανάπτυξη, οι οποίες έχουν συσχετισθεί με φυλετικές διαφορές και αποτελούν βάση για την αναζήτηση της φυλετικής προέλευσης. Χαρακτηριστική είναι η μετάλλαξη του ρυθμιστικού γονιδίου της συνθέσεως του ενζύμου λακτάση, η οποία παρατηρείται στο 70% των Ευρωπαίων και επιτρέπει την έκφραση του ενζύμου σε μεγάλη ηλικία, ενώ το μη μεταλλαγμένο γονίδιο δρα ως καταστολέας της έκφρασης του ενζύμου. Μία αναστροφή ενός θραύσματος DNA στο χρωμόσωμα 17 προκαλεί αύξηση της γονιμότητας. Η αναστροφή αυτή παρατηρείται συχνά στην Ισλανδία, με αποτέλεσμα την αύξηση 35% της γεννητικότητας στη χώρα αυτή σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Μετάλλαξη στο γονίδιο της αιμοσφαιρίνης, η οποία οδηγεί στη δρεπανοκυτταρική αναιμία, παρατηρείται στις μεσογειακές χώρες και προσφέρει προστασία από την ελονοσία στους αντίστοιχους πληθυσμούς. Μεταλλάξεις του γονιδίου του αντιγόνου HLA προστατεύει από μόλυνση με HIV και παρατηρείται στους Αφρικανούς. Το σύνολο των μεταλλάξεων αυτών περιλαμβάνεται στο πλαίσιο των περιβαλλοντικών προσαρμοστικών μεταβολών του ανθρώπου και δεν έχουν επίδραση στην ειδοποίηση.

Είναι δυνατόν το ραγδαίως μεταβαλλόμενο περιβάλλον να αυξήσει την εξελικτική πίεση;

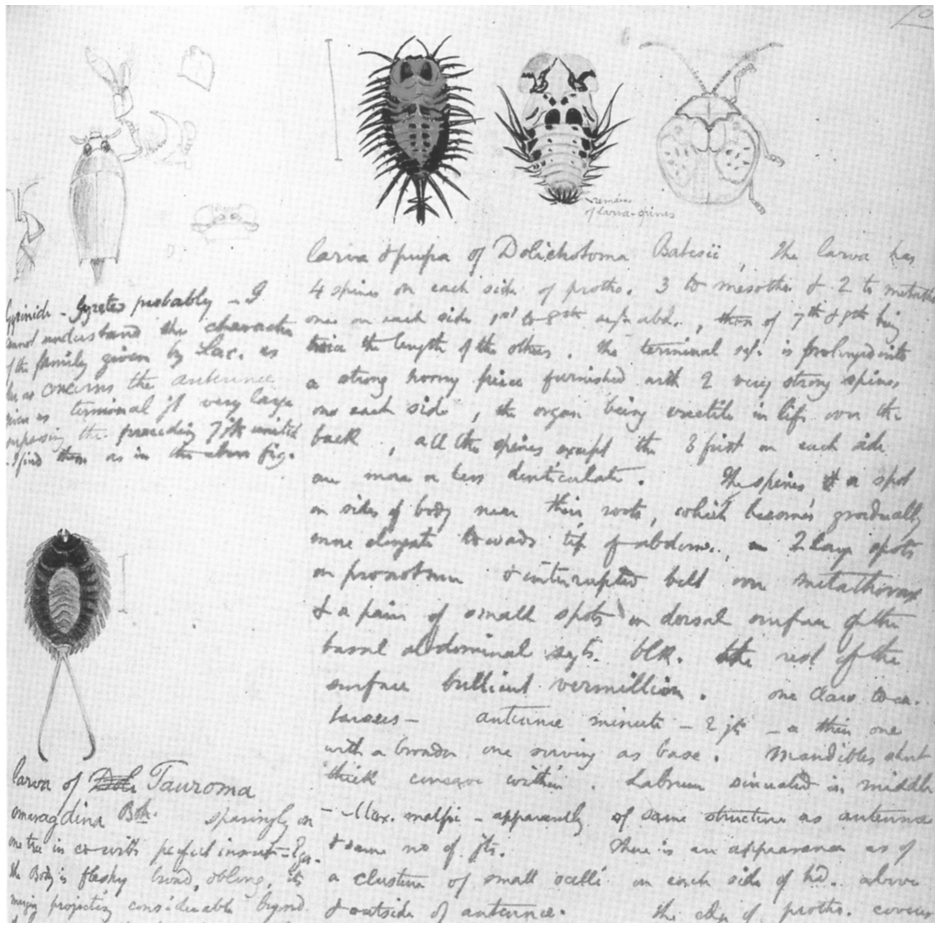
Η εξέλιξη είναι αποτέλεσμα τυχαίων μεταλλάξεων που καθιστούν τον οργανισμό ικανότερο να επικρατήσει και να επιβιώσει στο συγκεκριμένο περιβάλλον υπό συγκεκριμένες κλιματικές και διατροφικές συνθήκες. Η επικράτηση νέων ιδιοτήτων και η ειδοποίηση είναι πολυπαραγοντικές, με σημαντική παράμετρο τη γεωγραφική απομόνωση η οποία στη σημερινή εποχή είναι ανέφικτη, απαιτεί αιώνες, δεν παρουσιάζει πάντα τον ίδιο ρυθμό, αλλά έχει εκρηκτικές περιόδους που δεν έχουν ακόμα αιτιολογικά ερμηνευθεί. Οι αγαστές περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες για αιώνες ζούσε ο άνθρωπος μεταβάλλονται ραγδαίως. Το περιβάλλον γίνεται όλο και πιο επιθετικό και στρεσογόνο. Παρ' όλες τις προσπάθειες μείωσης των ποικίλων βλαπτικών περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως είναι το CO₂ (με τον επικείμενο κίνδυνο υπερθέρμανσης του πλανήτη), τα τοξικά αέρια, οι ιοντίζουσες και μη ακτινοβολίες, τα πολυάριθμα χημικά παράγωγα, η κατάσταση δεν μπορεί παρά να επιδεινωθεί με την επιπλέον «συμβολή» των δραστηριοτήτων των αναδυόμενων ασιατικών και νοτιοαμερικανικών οικονομιών. Η χρησιμοποίηση της πυρηνικής ενέργειας, λόγω των πιθανών πυρηνικών ατυχημάτων, εγκυμονεί ίσως περισσότερους και πιο βλαπτικούς για τα γονίδια κινδύνους. Αν δεν υπάρξει έγκαιρη αξιοποίηση νέων, φιλικών προς το περιβάλλον, μορφών ενέργειας, η περιβαλλοντική

κατάρρευση πιθανόν να έχει αντίκτυπο στον μέχρι τώρα ρυθμό μεταλλάξεων, όπως πιθανώς συνέβη στο παρελθόν (Καμβριανή έκρηξη). Επικράτηση γονιδιακών μεταβολών σε σημερινές συνθήκες, όπου οι πληθυσμοί συνεχώς αναμειγνύονται και ομογενοποιούνται, είναι δύσκολη. Μια ολοκληρωτική καταστροφή (πυρηνικός όλεθρος, λιμοί, πανδημίες, πτώση μετεωρίτη) και επιβίωση των ολίγων λόγω της συγκεκριμένης γονιδιακής συστάσεώς τους θα μπορούσε να δημιουργήσει προϋποθέσεις και απαρχή για νέα ειδοποίηση. Αναγκαία για μια τέτοια εξέλιξη πληθυσμιακή απομόνωση πιθανώς προσφέρουν τα διαστημικά ταξίδια, όπου σε συνδυασμό με τις μεταλλαξιόγones επιδράσεις κοσμικών ακτινοβολιών θα ήταν δυνατόν να δημιουργηθούν οι κατάλληλες προϋποθέσεις για ανάδυση του *Homo futuricus*.

Γονιδιακή παρέμβαση και συνθετική βιολογία: ο *Homo syntheticus*

Παρόλο που η τεχνολογία της γονιδιακής παρέμβασης στον άνθρωπο είναι ακόμη στην αρχή της, οι δυνατότητές της προμηνύονται θαυματοργές. Η κατά βούληση εισαγωγή ή εξουδετέρωση γονιδίων ενός οργανισμού, σε συνδυασμό με την ταύτιση γονιδίων που ελέγχουν συγκεκριμένες φυσιολογικές λειτουργίες και τα οποία σε μεταλλαγμένη μορφή οδηγούν σε νόσο, προσφέρει από την πλευρά της θεραπευτικές ελπίδες ίασης ασθενειών που μέχρι σήμερα θεωρούνταν αθεράπευτες. Ωστόσο, η χρησιμοποίηση της γονιδιακής παρέμβασης για «ευγονικούς» σκοπούς είναι προ των πυλών και η δυνατότητα «εισαγωγής» επιθυμητών ιδιοτήτων στον οργανισμό θα είναι σύντομα πραγματικότητα. Παράλληλα, αναπτύσσεται ένας νέος βιοτεχνολογικός κλάδος, η Συνθετική Βιολογία. Σκοπός της είναι η δημιουργία ενός νέου οργανισμού αποτελούμενου από συνθετικό γονιδίωμα και συνθετικό κυτταρόπλασμα. Μέχρι σήμερα έχει επιτευχθεί η αντικατάσταση του γονιδιώματος ενός μικροοργανισμού με το ίδιο του το γονιδίωμα, που συντέθηκε χημικά (Hamilton, Smith, Graig, Venter). Συγχρόνως γίνονται προσπάθειες για τη συνθετική παρασκευή του αποδέκτη του γονιδιώματος, του βακτηριακού κυτταροπλάσματος, με όλα τα απαραίτητα κυτταρικά στοιχεία του. Παράλληλες έρευνες γίνονται και με ευκαρυωτικά κύτταρα. Οι έρευνες αυτές έχουν τελικό τους στόχο την εισαγωγή σε ώο συνθετικού γονιδιώματος αποτελούμενου από γνωστά ή και «νέα» γονίδια με άγνωστες βιολογικές ιδιότητες. Οι δυνατότητες του βιοτεχνολογικού αυτού «παιχνιδιού» φαίνονται απεριόριστες και η δημιουργία νέου οργανισμού, νέου είδους ανθρώπου, αν και ακόμη στα όρια της επιστημονικής φαντασίας, μελλοντικά δεν θα είναι τόσο απίθανη.

Το μέγα ερώτημα όμως είναι πώς φανταζόμαστε τον *Homo syntheticus* και τι νέο είδος ανθρώπου θέλουμε!



larva - probably - I
 and understand the characters
 of the family given by Lac. as
 as one sees the antennae
 as terminal if very large
 as the preceding 7th would
 find them as in the above fig.

Larva & pupa of *Dolichostoma barbesii*, the larva has
 4 spines on each side of protho. 3 to mesotho. & 2 to metatho.
 one on each side, 1st & 2nd up. abdo., those of 7th & 8th being
 twice the length of the others. the terminal sp. is prolonged into
 a strong horny spine furnished with 2 very strong spines
 one each side, the organ being erectile in life over the
 back, all the spines except the 3 first on each side
 are more or less denticulate. The spines of a spot
 on side of body near thin roots, which become gradually
 more elongate towards tip of abdomen. on 2 large spots
 on prothorax & interrupted belt over metathorax
 & a pair of small spots on dorsal surface of the
 basal abdominal segts. blk. the rest of the
 surface brilliant vermillion. one claw to ea.
 tarsus - antennae minute - 2 jts - a thin one
 with a broader one arising as base. Mandibles dent
 thick convex within. Labrum sinuate in middle
 - Mos. melpis - apparently of same structure as antennae
 + same no. of jts. There is an appearance as if
 a cluster of small cells on each side of hd. above
 & outside of antennae. the skin of protho. covers

Larva of *Tauronema*
omacodina Bth. spiracles on
 on the in ex with perfect inward - sp.
 the body is fleshy broad, oblong, to
 being projecting considerable beyond