

Οι έρευνες για τον τελευταίο παγκόσμιο κοινό πρόγονο: LUCA (Last Universal Common Ancestor)*

Η Μοριακή Βιολογία κατάφερε στον 20ό αιώνα να αποκαλύψει την ενότητα του έμβιου κόσμου, ότι δηλαδή όλοι οι σύγχρονοι οργανισμοί αποτελούνται από τα ίδια μακρομόρια, χρησιμοποιούν τους ίδιους μηχανισμούς για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και τον ίδιο γενετικό κώδικα. Ήδη από τις αρχές του 20ού αιώνα είχε επιτευχθεί και η πειραματική αναπαραγωγή σε υποθετικές αβιοτικές συνθήκες, της σύνθεσης αυτών των βιομορίων που αποτελούν τα συστατικά της ζωής. Οι διαπιστώσεις από τα επιτεύγματα της μοριακής βιολογίας επέτρεψαν να γίνει αντιληπτό ότι όλα τα έμβια όντα προέρχονται από την ίδια γενεαλογική σειρά ενός κοινού προγόνου. Κατά συνέπεια επαλήθευσαν τη θεωρία που διατύπωσε ο Δαρβίνος πριν από διακόσια χρόνια.

Το ερώτημα όμως που αναδύθηκε και που είχε απασχολήσει και τον Ζακ Μονό και άλλους ερευνητές, χωρίς να βρεθεί η απάντηση στην εποχή εκείνη, ήταν: πώς έγινε η «συναρμολόγηση» των βιομορίων προς μια αρχέγονη μορφή ζωής καθώς και ποιο ήταν το μακρομόριο που εμφανίστηκε πρώτο; Τα νουκλεϊκά οξέα ή οι πρωτεΐνες; Το δεύτερο ερώτημα ωστόσο απαντήθηκε όταν αποκαλύφθηκε ότι το ένα από τα νουκλεϊκά οξέα, το RNA, έχει και καταλυτικές ιδιότητες και συνεπώς προηγήθηκε των άλλων, δεδομένου ότι διέθετε τις λειτουργίες που σήμερα έχουν το DNA και οι πρωτεΐνες. Συνεπώς οι πρωτεΐνες ήρθαν δεύτερες στο προσκήνιο της ζωής. Το 2000 έγινε και ένα επιπλέον αποφασιστικό βήμα όσον αφορά την κατανόηση των διαφορετικών φάσεων της ζωής με την ανάλυση των ριβοσωμάτων, των οργανιδίων του κυττάρου που είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση των πρωτεϊνών.

Ένα άλλο σημαντικό βήμα από την εφαρμογή των μεθόδων της μοριακής βιολογίας στη μελέτη των πρώτων σταδίων της εξέλιξης ήταν αυτό της απόδειξης ότι ο

Η Λ. Λάκκα είναι διδάκτωρ Βιολογίας και σχολική σύμβουλος.

* Το παρόν κείμενο αποτελεί μια περίληψη των πρόσφατων ερευνών και υποθέσεων που διεξάγονται στα εργαστήρια του Patrick Fortere και της Celine Brochier σχετικά με τους εξελικτικούς μοριακούς μηχανισμούς των σύγχρονων οργανισμών και με τη μορφή που είχε ο τελευταίος κοινός παγκόσμιος πρόγονος.

κόσμος των έμβιων όντων χωρίζεται τελικά όχι σε δύο μεγάλους κλάδους (τους προκαρυώτες και ευκαρυώτες), αλλά σε τρεις τομείς: στα αρχαία, τα βακτήρια και τους ευκαρυώτες. Η συγκεκριμένη αποκάλυψη έδωσε και το έναυσμα για να ξεκινήσουν οι έρευνες για τη δομή του LUCA (του τελευταίου κοινού παγκόσμιου προγόνου).

Μέχρι στιγμής οι βιολόγοι δεν διαθέτουν ακόμη όλα εκείνα τα ευρήματα που θα μπορούσαν να περιγράψουν την ακριβή σύσταση του luca, του τελευταίου κοινού προγόνου των έμβιων όντων. Διαθέτουν ωστόσο άφθονα δεδομένα, τα οποία προέρχονται από τους επιστημονικούς κλάδους της συγκριτικής γονιδιωματικής, της μοριακής φυλογένεσης και της αναπτυξιακής γενετικής. Τα δεδομένα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο τελευταίος κοινός πρόγονος όλων των οργανισμών διέθετε ήδη κυτταρική μεμβράνη και ένα αρκετά πολύπλοκο οπλοστάσιο βιομορίων για τη μετάφραση. Αντιθέτως, τα δεδομένα αυτά δεν μπορούν να αποκαλύψουν τη φύση του γονιδιώματος του κοινού προγόνου: αν δηλαδή επρόκειτο για ένα γονιδίωμα της μορφής του RNA ή του DNA.

Η γνώση των συστατικών του LUCA και των μοριακών του μηχανισμών είναι αναγκαία εάν θέλουμε να εξιχνιάσουμε όλα τα στάδια της εξελικτικής ιστορίας των μοριακών μηχανισμών των σύγχρονων οργανισμών.

Η ανάδυση της έννοιας του LUCA

Οι έρευνες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα σχετικά με τον τελευταίο κοινό πρόγονο δεν δίνουν απάντηση στο ερώτημα αν η ζωή εμφανίστηκε μία μόνο φορά στον πλανήτη. Το ερώτημα της μοναδικής ή πολλαπλής εμφάνισης της ζωής και των μηχανισμών που οδήγησαν στην ανάδυσή της γεννά πάντα πολλές διχογνωμίες. Πάντως στο ερώτημα για το αν εμφανίστηκαν και άλλα είδη μορφών ζωής στον πλανήτη η απάντηση είναι ότι, εφόσον οι μορφές αυτές δεν άφησαν απογόνους, ενδεχομένως να αποκλείστηκαν από τη συγκεκριμένη μορφή της ζωής που μας είναι γνωστή.

Οι κοινές γενεαλογικές σειρές όλων των έμβιων όντων που υπάρχουν σήμερα καταλήγουν σε ένα τελευταίο κοινό παγκόσμιο πρόγονο που οι ερευνητές τον αποκάλεσαν LUCA. Η ονομασία LUCA, *Last Universal Common Ancestor* προτάθηκε σε ένα συνέδριο που διεξήχθη στο Ίδρυμα Treilles το 1996 και έχει υιοθετηθεί από τον κόσμο της βιολογίας κατ' αναλογία με τη Λούσυ, τη μιτοχονδριακή μητέρα του ανθρώπινου είδους. Το επίθετο «τελευταίος» είναι ιδιαίτερα σημαντικό διότι επιτρέπει να αποφευχθεί η σύγχυση που είναι συχνή ανάμεσα στο LUCA και την πρώτη κυτταρική μορφή που εμφανίστηκε στον πλανήτη. «Τελευταίος» σημαίνει ο πιο κοινός χρονικά πρόγονος όλων των μορφών ζωής. Οι επιστήμονες πιστεύουν από τα νέα ευρήματά τους ότι οι τρεις κλάδοι του φυλογενετικού δένδρου διαφοροποιήθηκαν μετά την ανάπτυξη του LUCA και συνεπώς είναι ο κοινός πρόγονος όλων.

Ορισμένοι ερευνητές απορρίπτουν την ιδέα ενός μοναδικού τελευταίου κοινού προγόνου και αναφέρονται σε μια κοινότητα αρχέγονων κυτταρικών μορφών που συνέβαλαν στην ανάδυση των τριών κλάδων της ζωής. Είναι προφανές ότι δεν μπορεί να υπάρξει μια απλουστευτική αντίληψη για τον LUCA, ότι δηλαδή ήταν μόνος του στον πλανήτη. Ωστόσο ο θεμελιώδης μηχανισμός της κυτταρικής ζωής (ότι το κάθε κύτταρο προέρχεται από ένα άλλο κύτταρο) υπονοεί ότι υπήρξε μια μοναδική μορφή του LUCA.

Αυτός που έδωσε ώθηση στη σημασία της συγκεκριμένης έρευνας για τον LUCA, στη δεκαετία του 1970, ήταν ο Carl Woese (Καρλ Γόουζ), βασιζόμενος στη λογική ότι ο τελευταίος κοινός πρόγονος αποτελεί μια ενδιάμεση ιστορική φάση από την εμφάνιση της ζωής και τη σύγχρονη εποχή. Η αποκάλυψη της σύστασης του LUCA αποτελεί μια σημαντική πρόκληση για την ιστορία της ζωής. Όταν αυτό θα γίνει εφικτό, θα είναι ευκολότερο να πάμε πιο μακριά μέσα στο χρόνο προς την καταγωγή μας και να καθορίσουμε πώς εξελίχθηκαν οι σύγχρονοι μοριακοί μηχανισμοί. Είναι αδύνατον να κατανοήσουμε πλήρως ένα βιολογικό αντικείμενο όταν δεν γνωρίζουμε την καταγωγή του και την εξέλιξή του, δεδομένου ότι τα βιολογικά αντικείμενα είναι ταυτόχρονα και ιστορικά. Αυτός είναι ο λόγος που ο επιστήμονας Μισέλ Μοράνζ υποστηρίζει ότι η λέξη *εξέλιξη* όσον αφορά τις διαδικασίες της καταγωγής του έμβιου κόσμου, πρέπει να αντικατασταθεί από τη λέξη *ιστορία*.

Σύγχρονες υποθέσεις και δεδομένα σχετικά με τις έρευνες για τον LUCA

1) Ομόλογες παγκόσμιες πρωτεΐνες

Η ανάπτυξη της συγκριτικής γονιδιωματικής σε μεγάλη κλίμακα οργανισμών επέτρεψε προσφάτως να διερευνηθεί το θέμα του LUCA πάνω σε συγκεκριμένα δεδομένα και βάσεις. Αυτές οι ερευνητικές εργασίες της συγκριτικής γονιδιωματικής κατέληξαν στον καθορισμό του αριθμού και της φύσης των *παγκόσμιων πρωτεϊνών*, δηλαδή αυτών που οι *ομόλογές τους πρωτεΐνες* είναι παρούσες σε όλα τα έμβια όντα και συνεπώς ήταν παρούσες και στο LUCA. Οι έρευνες αυτές αποκάλυψαν έναν αριθμό *ομόλογων παγκόσμιων πρωτεϊνών* που ο αριθμός κυμαίνεται μεταξύ των 30 έως 80. Το 60%-80% αυτών των πρωτεϊνών εμπλέκονται κυρίως στους μηχανισμούς της μετάφρασης – όπως, οι ριβοσωμικές πρωτεΐνες, τα ένζυμα τροποποίησης του μεταφορικού RNA, κ.λπ.

Αυτό που αποτέλεσε έκπληξη στην έρευνα των ομόλογων πρωτεϊνών είναι το γεγονός ότι ο αριθμός των ομόλογων ενζύμων που εμπλέκονται στο μεταβολισμό του DNA είναι μικρός. Βρέθηκε ότι τα ένζυμα που πρωταγωνιστούν στις μεταβολικές διαδικασίες είναι σπανίως ομόλογα στους τρεις τομείς των έμβιων όντων.

Ενδιαφέρον επίσης είναι το γεγονός ότι στον κατάλογο των *παγκόσμιων πρωτεϊνών* δεν συμπεριλαμβάνονται *μεταβολικά ένζυμα*.

2) Κοινοί μοριακοί μηχανισμοί

Μια άλλη κατεύθυνση αυτών των ερευνών στρέφεται, εκτός από τις πρωτεΐνες, προς τη φύση των μοριακών μηχανισμών που είναι κοινοί στα αρχαία και τους ευκαρυώτες, (όπως τη χρήση των RNA guide).

3) RNA ή DNA είναι το γονιδίωμα του LUCA;

Οι έρευνες των Mishegian και Koomin το 1996 υποστήριζαν ότι το γονιδίωμα του τελευταίου κοινού παγκόσμιου προγόνου είναι το RNA και ότι το DNA εμφανίστηκε δύο φορές, ξεχωριστά στον κλάδο των βακτηρίων και ξεχωριστά σε έναν κοινό κλάδο των αρχαίων και των ευκαρυωτών. Ωστόσο, η ιδέα ότι ο κοινός πρόγονος είχε συστατικό το RNA είχε αντιμετωπιστεί με σκεπτικισμό για μεγάλο διάστημα λόγω του ότι δεν υπάρχει πιστότητα στην αναπαραγωγή του RNA και δεν υπάρχουν μηχανισμοί επιδιόρθωσής του.

Εντούτοις τα τελευταία χρόνια έγινε δυνατό να αποκαλυφθεί ένας ειδικός επιδιορθωτικός μηχανισμός του RNA, και κατά συνέπεια μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο LUCA ενδεχομένως να διέθετε ένα πολύπλοκο RNA ως γενετικό υλικό.

Από την άλλη, παραμένει ανοιχτή και η υπόθεση ότι το γονιδίωμα του LUCA μπορεί να είναι το DNA, και γι' αυτό οι επιστήμονες διερευνούν τις ομόλογες αρχέγονες πρωτεΐνες που λαμβάνουν μέρος στην αναπαραγωγή του μορίου, όπως τις πολυμεράσες και τις ελικάσες που έχουν ενδεχομένως αντικατασταθεί κατά τη διάρκεια της εξέλιξης από νέες μοριακές δομές.

4) Ο ρόλος των ιών στη φυλογένεση;

Η ιδέα ότι οι ιοί συμμετείχαν σε ένα πρώιμο στάδιο της εξέλιξης των έμβιων όντων συμφωνεί με την υπόθεση ότι οι ιοί εμφανίστηκαν πριν από τον LUCA. Συνεπώς το ερώτημα εάν ο LUCA ανήκει στον κόσμο του RNA ή του DNA παραμένει πάντα ανοιχτό.

5) Ένας τέταρτος ενδεχομένως φυλογενετικός κλάδος;

Η εξερεύνηση του έμβιου κόσμου τα τελευταία χρόνια έφερε στο φως απροσδόκητες πληροφορίες οι οποίες κατέστησαν πιο διάτρητο το σύνολο ανάμεσα στον κόσμο των ευκαρυωτών και των προκαρυωτών. Η ανακάλυψη για παράδειγμα ενός τεράστιου ιού του Μιμίου (Mimivirus), ενός ιού που περιέχει γονίδια τα οποία κωδικοποιούν πρωτεΐνες εντοπιζόμενες και στους τρεις κλάδους της ζωής, επαναφέρει το ερώτημα για το ρόλο των ιών στην εξέλιξη της ζωής. Αποτελούν άραγε οι ιοί αυτής της μορφής (Mimivirus) έναν τέταρτο φυλογενετικό κλάδο που έχει σήμερα εξαφανιστεί;

Η ερευνητική ομάδα του Forterre θεωρεί ότι η ιδέα να συμπεριληφθεί ο κόσμος των ιών στην εικόνα του φυλογενετικού δένδρου των τριών κλάδων θα μας προσφέρει σημαντικά μονοπάτια για το μακρινό παρελθόν μας, δεδομένου ότι η εμφά-

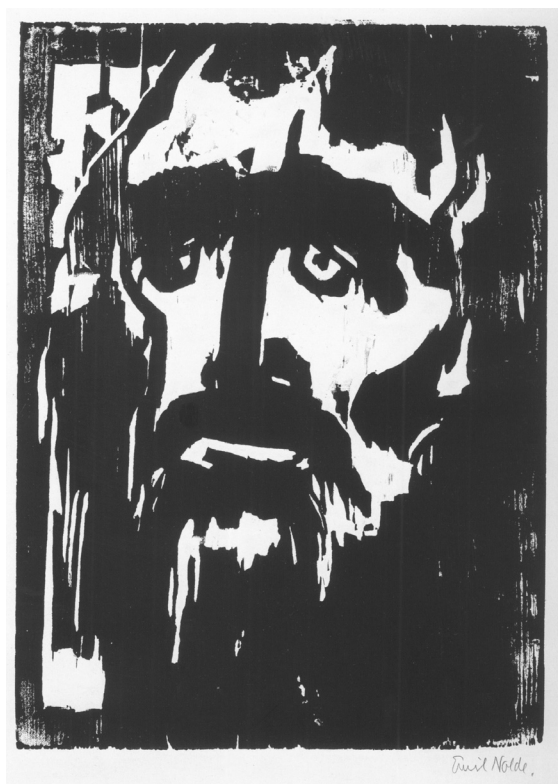
νιση και η εξάπλωση των ιών έπαιξαν ενδεχομένως σημαντικό ρόλο στην πρόωμη φάση της εξέλιξης.

Βιβλιογραφία

Forterre, Patrick/Gribaldo, Simonetta/Brocier, Celine (2005), «Luca: à la recherche du plus proche ancetre commun universel», *M/S Medicine Sciences* 21: 860.

Forterre, Patrick, «L'origine du genome», *Les dossiers de la Recherche* 19: 34.

Woese, Carl R./Fox, George E. (1977), «The concept of cellular evolution», *Journal of Molecular Evolution*. 10: 1-6.



Εμίλ Νόλντε, «Προφήτης», 1912.



Εμίλ Νόλντε, «Γυναίκες που κλαίνουν», 1914.