

ΙΣΤΟΡΙΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

Από τον κόσμο των συμβόλων στον κόσμο της αλήθειας

Πριν τον 17ο αιώνα υπήρχε ένας κόσμος συμβόλων. Κάθε φυσικό αντικείμενο στον κόσμο είχε μυριάδες κρυφά νοήματα και η γνώση συνίστατο στην προσπάθεια να κατανοηθούν όσο περισσότερα γινόταν.

►► 8



Αρχαία: Μια θαυμαστή και παρεξηγημένη κατηγορία μικροοργανισμών

Σχεδόν πενήντα χρόνια μετά την αναγνώρισή τους ως διακριτή ομάδα σε σχέση με τα βακτήρια, τα αρχαία κρύβουν πολλά ανεξερευνήτα μυστικά. Η μελέτη τους έδωσε πολλές σημαντικές πληροφορίες για την εξέλιξη της ζωής στη Γη και πυροδότησε σενάρια για το πώς μπορεί να μοιάζει η ζωή σε άλλους πλανήτες. Παρά την αδιαμφισβήτητη επιτυχία τους στον εποικισμό των πιο φιλόξενων περιοχών του πλανήτη μας, τα αρχαία αφθονούν σε πολλά άλλα μέρη στην ξηρά και τη θάλασσα.

►► 4-5

Πρωτεΐνη Lin28 και νευρικά κύτταρα: Ένα καινούργιο όπλο στην αναγέννηση του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος

Επιστήμονες από το Πανεπιστήμιο Temple στη Φιλαδέλφεια των ΗΠΑ κατόρθωσαν να αναγεννήσουν νευρικά κύτταρα ποντικών με τραυματισμό στον νωτιαίο μυελό ή στο οπτικό νεύρο. Οι τραυματισμοί αυτοί μέχρι στιγμής δεν είναι θεραπεύσιμοι και οδηγούν σε μόνιμες βλάβες. Για πρώτη φορά αναδεικνύεται ο προεξέχων ρόλος συγκεκριμένου μορίου στην αναγέννηση των τραυματισμένων ιστών και παράλληλα ανοίγονται νέοι θεραπευτικοί ορίζοντες.

►► 6



Η ΑΘΕΑΤΗ ΠΑΝΔΗΜΙΑ

Βία πίσω από τις κλειστές πόρτες

Η βία κατά των γυναικών τείνει να αυξάνεται σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, συμπεριλαμβανομένων των επιδημιών, και παραμένει μια σημαντική απειλή για την παγκόσμια δημόσια υγεία και την υγεία των γυναικών.

►► 7

Η πλησιέστερη στη γειτονιά μας μελανή οπή

Σύμφωνα με τα μοντέλα αστρικής εξέλιξης που έχουμε κατασκευάσει, οι αστρικές μελανές οπές του γαλαξία μας ανέρχονται σε εκατοντάδες εκατομμύρια, από τις οποίες, όμως, έχουμε εντοπίσει μόλις μερικές δεκάδες. Μια νέα μελέτη μάς δείχνει πού να ψάξουμε για τις «χαμένες» μελανές οπές και εντόπισε την κοντινότερη σε εμάς.

►► 2-3





Αντιθέσεις

ΠΩΣ ΚΑΤΑΡΡΕΕΙ ένα σύστημα όταν δεχτεί επίθεση; Υποθέτω ότι το ερώτημα έχει απασχολήσει εκτενώς τους θεωρητικούς του πολέμου, γιατί από την απάντησή του καθορίζεται τι συνιστά αποτελεσματική στρατηγική αποτροπής. Η αλήθεια είναι ότι δεν γνωρίζω τι απαντήσεις έχουν δοθεί κατά καιρούς από τους διάφορους θεωρητικούς: γνωρίζω, όμως, ποια είναι η απάντηση που προβάλλεται στη δημόσια σφαίρα. Ένα σύστημα, όταν δεχτεί επίθεση, αναπτύσσει μια γραμμή άμυνας. Εάν καταφέρει να απωθήσει τον εχθρό, τότε το σύστημα επεκτείνεται και καταλαμβάνει μεγαλύτερο ωφέλιμο χώρο. Εάν, αντίθετα, η γραμμή άμυνας καταρρέυσει, τότε ο εχθρός εισβάλλει στο σύστημα και το κατασπαράζει. Οι κακοί εξωγήινοι, όπως παλιότερα οι κακοί Ινδιάνοι, εξουδετερώνουν την άμυνα της ειρηνικής κοινότητας και εισβάλλουν σφάζοντας και λεηλατώντας. Οι κακοί χάκερ παραβιάζουν το firewall και παρεισδύουν αποσπώντας ή δεσμεύοντας κακόβουλα τους πόρους τού συστήματος. Το καταστροφικό φυσικό φαινόμενο υπερνικά την ανθεκτικότητα των ανθρώπινων κατασκευών και ισοπεδώνει τις υποδομές του πολιτισμού. Η εικόνα είναι πάντα η ίδια: ένα κέλυφος προφύλαξης γύρω από μια κοινότητα που, παρά τις τυχόν επιμέρους διαφορές, χαρακτηρίζεται από μια θεμελιώδη *κοινότητα συμπεριόντων*. Όταν καταρρέυσει το κέλυφος, πάνε κατά διαόλου και οι επιμέρους διαφορές, και ολόκληρη η κοινότητα. Όλοι είμαστε ίσοι απέναντι στην απειλή.

Ένας μαρξιστής θεωρητικός, που είχε την τύχη να γνωρίζει καλά τη δυτική Φιλοσοφία, αλλά να την καλλιεργεί στο γόνιμο έδαφος της κινέζικης σκέψης, είχε προτείνει κάποτε ένα διαφορετικό σχήμα. Σύμφωνα με τον Μάο Τσετούνγκ, λοιπόν, κάθε σύστημα συγκροτείται γύρω από μια κύρια αντίθεση. Η αντίθεση αυτή είναι που του προσδίδει τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του, είναι το θεμελιώδες στοιχείο της «ταυτότητάς» του. Οι δευτερεύουσες αντιθέσεις, που συνδέονται οργανικά με την κύρια αντίθεση, ορίζουν τα επιμέρους χαρακτηριστικά του συστήματος και τη λεπτή υφή των δικτύων που το συγκροτούν. Βεβαίως, η ιδέα ότι η ταυτότητα προκύπτει από την αντίθεση είναι ξένη προς τη δυτική σκέψη. Ωστόσο, είναι μια γόνιμη ιδέα που συλλαμβάνει τη δυναμική φύση των συστημάτων. Βάσει αυτής της ιδέας, ένα σύστημα δεν καταρρέει ποτέ επειδή ένας εξωτερικός παράγοντας κατέλυσε τη συνοχή του. Καταρρέει μόνο όταν ένας εξωτερικός παράγοντας κατορθώσει να ενεργοποιήσει την κύρια εσωτερική του αντίθεση κατά τρόπον ώστε αυτή να εξελιχθεί καταστροφικά για το ίδιο το σύστημα. Τα συστήματα καταρρέουν πάντα από μέσα. Και, αντίστοιχα, μια επίθεση έχει νόημα μόνο αν αποβλέπει στην καταστροφική ενεργοποίηση της εσωτερικής αντίθεσης του προσβαλλόμενου συστήματος.

Η εμφάνιση του SARS-CoV-2 από μόνη της δεν σημαίνει τίποτα. Ο ιός μετατράπηκε σε απειλή όταν και στον βαθμό που έγινε φανερό ότι ενεργοποιεί τις εσωτερικές αντιθέσεις των κοινωνιών προς μια καταστροφική κατεύθυνση. Συνεπώς, αυτό που πρωτίστως οφείλουν να σκεφτούν οι κοινωνίες με αφορμή την τρέχουσα πανδημία δεν είναι πώς θα ενισχύσουν τη γραμμή άμυνας τους απέναντι στον εισβολέα, αλλά πώς θα χειριστούν τις εσωτερικές τους αντιθέσεις.

Μ.Π.

Η πλησιέστερη στη γει

Τα τελευταία στάδια ζωής των άστρων

Τα αστέρια είναι τεράστιοι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες στο εσωτερικό των οποίων παράγεται ενέργεια μέσω σύντηξης. Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται στο διάστημα υπό τη μορφή ορατού φωτός ή άλλων ειδών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτή η ακτινοβολία, την οποία συνοπτικά ονομάζουμε «φως», είναι όλη η πληροφορία που έχουμε στη διάθεσή μας για να κατανοήσουμε τη φυσική των αστεριών, τα συστατικά τους και τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σ' αυτά.

Με τεχνικές που ξεκίνησαν να αναπτύσσονται κατά τον 19ο και τον 20ό αιώνα καταφέραμε να μετατρέψουμε την Αστρονομία από μια πρακτική παρατήρησης και καταγραφής θέσεων και λαμπροτήτων των αστεριών σε μια επιστήμη ανάλυσης του φωτός τους και αντιπαράβολής των ευρημάτων με φυσικές θεωρίες. Κάπως έτσι γεννήθηκε η Αστροφυσική, αν και σήμερα οι όροι Αστρονομία και Αστροφυσική συχνά χρησιμοποιούνται για να υποδηλώσουν την ίδια επιστήμη.

Μελετώντας πώς μοιράζεται η ακτινοβολία που συλλέγουμε από τα αστέρια στα διάφορα μήκη κύματος (για παράδειγμα, στα διάφορα χρώματα, το υπέρυθρο, το υπεριώδες κ.λπ.) μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τη θερμοκρασία στην επιφάνειά τους. Από την άλλη, μέσω των γραμμών απορρόφησης που εμφανίζονται, δηλαδή των τμημάτων που «λείπουν» από αυτή την κατανομή της ακτινοβολίας επειδή κάποια χημικά στοιχεία την απορροφούν, μπορούμε να μάθουμε για την αφθονία των στοιχείων, τις κινήσεις των αστεριών και των στρωμάτων της ατμόσφαιράς τους, την περιστροφή τους κ.λπ. Επειδή κάθε χημικό στοιχείο μπορεί να απορροφήσει ακτινοβολία σε πολύ συγκεκριμένα μήκη κύματος και σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, το φάσμα απορρόφησης, δηλαδή το σύνολο των απορροφήσεων που παρουσιάζονται στο φως ενός αστέρα μάς επιτρέπει να κατατάξουμε τους αστέρες σε κατηγορίες. Συγκεντρώνοντας τεράστιο αριθμό παρατηρήσεων και μετά από επίπονη δουλειά δεκαετιών, καταλήξαμε σε μοντέλα που περιγράφουν την εσωτερική δομή των αστεριών και την εξέλιξή τους.

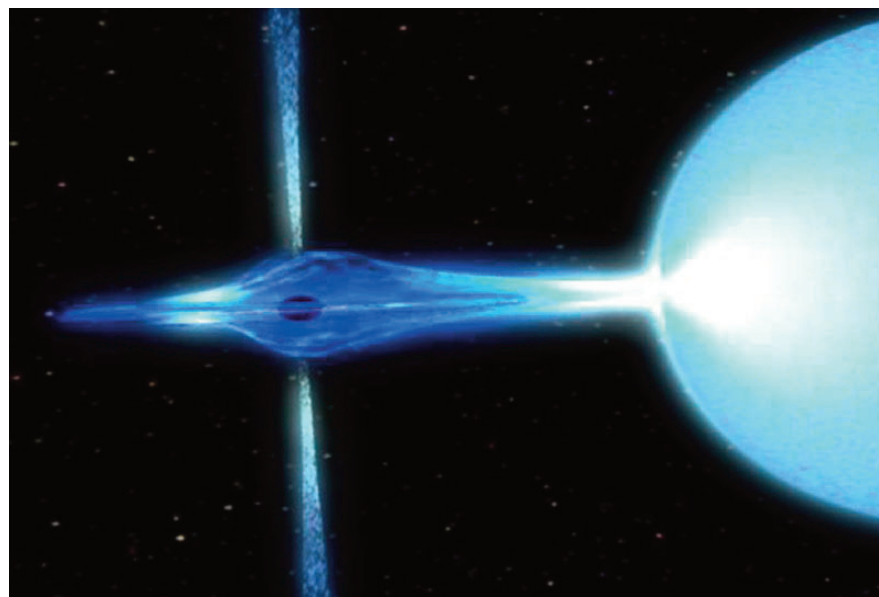
Με βάση αυτά τα μοντέλα, σήμερα



γνωρίζουμε ότι η εξέλιξη της ζωής των αστεριών καθορίζεται σημαντικά από τη μάζα τους. Τα μεγάλα σε μάζα αστέρια εξελίσσονται πολύ γρήγορα και οδηγούνται στο τέλος τους πολύ πιο σύντομα απ' ό,τι τα μεσαία και μικρά. Αν και δεν γνωρίζουμε ακόμη πολλές από τις λεπτομέρειες που διέπουν την αστρική εξέλιξη, μπορούμε να σκιαγραφήσουμε εν

συντομία παρακάτω κάποιες βασικές πτυχές της.

Κατά τη διάρκεια της «κανονικής» ζωής των αστεριών, το υδρογόνο του πυρήνα τους μετατρέπεται στο στοιχείο ήλιο, παράγοντας τεράστια ενέργεια. Αυτή είναι αρκετή για να εξασφαλίσει τη σταθερότητα των άστρων, αλλιώς αυτά θα κατέρρεαν και θα διαλύονταν υπό το ίδιο τους το



Σχηματική απεικόνιση του δίσκου από υλικό που συγκεντρώνει μια μελανή οπή όταν βρίσκεται κοντά σε έναν αστέρα

Συνδεθείτε με το «Πρίσμα» στο Facebook:
www.facebook.com/PRISMASCIENCEMAGAZINE/

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

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

ΤΟΝΙΑΪ ΜΑΣ **ΜΑΥΡΗ** ΤΡΥΠΑ

βάρος. Ωστόσο, το υδρογόνο στον πυρήνα ενός αστέρα κάποτε εξαντλείται και ο αστέρας θα πρέπει να αναζητήσει άλλη πηγή ενέργειας. Αρχικά, το βάρος του αστέρα συμπιέζει τον πλούσιο σε ήλιο, πλέον, πυρήνα και όταν η θερμοκρασία εκεί αυξηθεί επαρκώς, θα είναι η σύντηξη του ηλίου η διαδικασία που θα παρέχει την απαραίτητη ενέργεια. Η ζωή του αστέρα έχει πάρει πλέον παράταση, αλλά όχι χωρίς τίμημα. Ο αστέρας διαστέλλεται και μετατρέπεται σε έναν ερυθρό γίγαντα σηματοδοτώντας την αναπόφευκτη πορεία προς το αστρικό τέλος. Ακολουθώντας παρόμοια πορεία και εφόσον ο αστέρας έχει επαρκώς μεγάλη μάζα, η πυρηνική σύντηξη θα έχει ως αποτέλεσμα να σχηματίζονται συνεχώς βαρύτερα στοιχεία στο εσωτερικό τού αστέρα. Η διαδικασία αυτή, όμως, έχει ένα όριο. Όταν στον πυρήνα δημιουργηθεί σίδηρος, ο αστέρας πλέον έχει χάσει κάθε εναλλακτική πηγή ενέργειας και οδεύει με βεβαιότητα προς το τέλος της ζωής του.

Το τέλος αυτό σηματοδοτείται, για τα αστέρια με μεγάλη μάζα, από μια εντυπωσιακή κοσμική έκρηξη, η οποία αυξάνει κατά πολύ τη λαμπρότητά του. Ο αστέρας θα λάμψει για μια τελευταία φορά ως ένας υπερκαινοφανής. Το μέρος τού αστέρα που παραμένει συμπιέζεται με βιαιότητα μέχρι να δημιουργηθεί ένας αστέρας νετρονίων ή, αν η μάζα τού εναπομείναντα αστέρα είναι μεγαλύτερη από τρεισήμιση ηλιακές, μια μαύρη τρύπα (μελανή οπή).

Οι «χαμένες» αστρικές μελανές οπές του γαλαξία μας και η πιο κοντινή στη γειτονιά μας

Ο γαλαξίας μας εκτιμάται ότι αποτελείται από 100 με 400 δισεκατομμύρια αστέρια. Δεδομένου ότι πολλά από αυτά τα αστέρια τελειώνουν τη ζωή τους ως αστρικές μελανές οπές, αναμένουμε ο αριθμός τους να είναι επίσης τεράστιος. Συγκεκριμένα, τα μοντέλα αστρικής εξέλιξης που έχουμε κατασκευάσει προβλέπουν ότι ανέρχεται σε 100 εκατομμύρια με 1 δισεκατομμύριο. Πόσες όμως από αυτές έχουμε εντοπίσει;

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο εντοπισμός των μελανών οπών βασίζεται στην επίδραση που αυτές έχουν στο άμεσο περιβάλλον τους. Επειδή τα περισσότερα αστέρια είναι μέλη διπλών ή πολλαπλών συστημάτων, δηλαδή δύο ή περισσότερα αστέρια που περιστρέφονται το ένα γύρω από το άλλο, αυτά αποτελούν τον ιδανικό στόχο για τον εντοπισμό πολύ μαζικών, αλλά ταυτόχρονα αμυδρών αντικειμένων, όπως είναι οι μαύρες τρύπες και οι αστέρες νετρονίων. Μια κατηγορία διπλών αστέρων, τα διπλά συστήματα εκπομπής ακτίνων Χ (X-ray binaries) δημιουργούνται όταν το ένα από τα



Το Αστεροσκοπείο La Silla στη Χιλή

δύο αστέρια είναι πολύ μεγάλο σε μάζα (δηλαδή μαύρη τρύπα ή αστέρας νετρονίων) και βρίσκεται σε τέτοια απόσταση από το συνοδό αστέρι ώστε να συγκεντρώνει γύρω του υλικό από την ατμόσφαιρά του. Σ' αυτά τα συστήματα, γύρω από τον μαζικό συνοδό σχηματίζεται ένας δίσκος από υλικό που στροβιλίζεται και θερμαίνεται σε τεράστιες θερμοκρασίες, εκπέμποντας ακτίνες Χ. Μόλις μερικές εκατοντάδες τέτοια συστήματα έχουν εντοπιστεί και για τη συντριπτική πλειονότητά τους έχει βρεθεί ότι ο μαζικός συνοδός είναι αστέρας νετρονίων. Αυτό σημαίνει ότι, αντί για εκατοντάδες εκατομμύρια αστρικών μελανών οπών, έχουμε εντοπίσει μόλις μερικές δεκάδες.

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι μεγάλος αριθμός αστρικών μελανών οπών «κρύβεται» από τα όργανα παρατήρησής μας επειδή αυτές αποτελούν μέλη αστρικών συστημάτων στα οποία δεν υπάρχει ισχυρή αλληλεπίδραση με τον συνοδό αστέρα. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να βρεθεί ένας άλλος τρόπος εντοπισμού τους σ' αυτά τα συστήματα, ο οποίος να μην στηρίζεται μόνο στην παρατήρηση πολύ ενεργητικών φαινομένων, αλλά στην πιο λεπτομερή ανάλυση των κινήσεων των μελών των συστημάτων αυτών.

Τι είναι μια μαύρη τρύπα;

Οι μαύρες τρύπες (γνωστές και ως μελανές οπές) είναι σώματα στα οποία μια τεράστια ποσότητα μάζας είναι «στριμωγμένη» σε πολύ μικρό χώρο, ώστε να δημιουργεί γύρω του ένα τρομακτικά ισχυρό βαρυτικό πεδίο. Σύμφωνα με τις προβλέψεις της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, ένα τέτοιο πεδίο θα καμπυλώσει τρομακτικά τον χωρόχρονο γύρω του, με αποτέλεσμα οι ευθείες γραμμές που ακολουθεί το φως είναι τόσο καμπυλωμένες ώστε, πρακτικά, το φως δεν μπορεί να ξεφύγει.

Φυσικά, αυτό δεν σημαίνει ότι οι μελανές οπές είναι τεράστιες ρουφήχτρες που απορροφούν τα πάντα γύρω τους, παρ' όλο που αυτή η παρομοίωση είναι πολύ συνηθισμένη στον δημόσιο λόγο. Το πεδίο βαρύτητας που δημιουργούν οι μαύρες τρύπες, αν και τεράστιο, εξασθενεί με την απόσταση, με αποτέλεσμα σε πολύ μακρινές αποστάσεις αυτές να μην προκαλούν καμία μεταβολή. Το κοντινό τους περιβάλλον, ωστόσο, υφίσταται τις δραματικές συνέπειες της τεράστιας έλξης, ενώ σε μια ακτίνα, που ονομάζεται ορίζοντας γεγονότων, τίποτα δεν ξεφεύγει από αυτή.

Αυτή η περιγραφή περιλαμβάνει τόσο το πρόβλημα όσο και τη λύση σε ό,τι αφορά τον εντοπισμό τους. Από τη μία, οι μελανές οπές είναι αόρατα αντικείμενα, εφόσον καμία ακτινοβολία δεν θα μπορούσε να τις αφήσει να γίνουν άμεσα αντιληπτές από τους ανιχνευτές μας. Από την άλλη, είναι τόσο ισχυρή η επίδρασή τους στο άμεσο περιβάλλον τους, που μπορεί να γίνουν αντιληπτές μέσω της συμπεριφοράς της ύλης και τυχόν άλλων σωμάτων που βρίσκονται στην εγγύτητά τους.

Οι μαύρες τρύπες που προκύπτουν από τον θάνατο αστεριών με μεγάλη μάζα ονομάζονται αστρικές μαύρες τρύπες. Υπάρχουν όμως και οι υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες, οι οποίες, όπως πιστεύουμε σήμερα, βρίσκονται στο κέντρο των περισσότερων μεγάλων γαλαξιών και έχουν τεράστιες μάζες ακόμα και για τα κοσμικά δεδομένα: από μερικές εκατοντάδες χιλιάδες έως δισεκατομμύρια φορές τη μάζα του Ήλιου μας.

Αυτή είναι η περίπτωση μιας πρόσφατης μελέτης που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό «Astronomy & Astrophysics» από ερευνητές του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Αστρονομικής Έρευνας του Νότιου Ημισφαιρίου (European Southern Observatory), της Τσεχικής Ακαδημίας Επιστημών και του Αστεροσκοπείου του Mount Wilson των ΗΠΑ. Η μελέτη διερεύνησε τις ιδιότητες ενός τριπλού συστήματος αστέρων, στο οποίο τα δύο σώματα περιστρέφονται το ένα γύρω από το άλλο, ενώ γύρω τους και σε μεγάλη απόσταση βρίσκεται ένα τρίτο συνοδό αστέρι.

Το αστρικό σύστημα που μελετήθηκε είναι ορατό με γυμνό μάτι ως ένας αστέρας από το νότιο ημισφαίριο και βρίσκεται στον αστερισμό του Τηλεσκοπίου, με το όνομα QV Tel. Η χρήση κεφαλαίων λατινικών γραμμάτων στο όνομα αυτών των αστεριών συνήθως υποδηλώνει ότι αυτά είναι μεταβλητά. Η μελέτη τού φωτός τού αστέρα μέσα στην προηγούμενη δεκαετία έδειξε ότι αυτό περιέχει συνεισφορά από ένα δεύτερο αστέρι, ενώ περαιτέρω μελέτη έδειξε ότι αυτό το δεύτερο αστέρι περιστρέφεται με τη σειρά του γύρω από έναν «αόρατο» συνοδό. Οι ερευνητές επεξεργάστηκαν τα φάσματα απορρόφησης και εκπομπής τού αστρικού συστήματος τα οποία συγκέντρωσαν κατά τη διάρκεια πολλών νυχτών παρατήρησης από το αστεροσκοπείο La Silla της Χιλή. Από τις μεταβολές που αυτά τα φάσματα παρουσίαζαν κατάφεραν να προσδιορίσουν τη μάζα του «αόρατου» συνοδού, την οποία εκτίμησαν πως είναι ίση περίπου τέσσερις έως πέντε φορές με τη μάζα του Ήλιου. Δεδομένης της απόστασης του συστήματος, μια τέτοια μάζα μπορεί να είναι αόρατη μόνο αν είναι μια μελανή οπή.

Η σημασία της μελέτης είναι διπλή. Από τη μία, εντοπίστηκε η κοντινότερη μελανή οπή στο ηλιακό μας σύστημα, σε απόσταση περίπου χιλίων ετών φωτός. Από την άλλη, το τριπλό σύστημα που μελετήθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο ώστε περισσότερες παρατηρήσεις σε αντίστοιχα συστήματα αστέρων να αποκαλύψουν την τυχόν ύπαρξη μαύρων τρυπών ως αόρατους συνοδούς. Κάτι τέτοιο θα μας βοηθήσει να εντοπίσουμε τις «χαμένες» μελανές οπές που προβλέπουν τα θεωρητικά μοντέλα.

Γ.Κ.

Πηγές

Th. Rivinius, D. Baade, P. Hadrava, M. Heida, and R. Klement, "A naked-eye triple system with a nonaccreting black hole in the inner binary", «Astronomy & Astrophysics», 637, L3, 2020, <https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2020/05/aa38020-20.pdf>

Χ. Βάρβογλη, Γ. Σειραδάκη, «Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία», εκδόσεις Γαρταγάνης, τρίτη έκδοση, 1994.

Αρχαία: Μια θαυμαστή και παρεξηγ

Οι μικροοργανισμοί, και συγκεκριμένα τα βακτήρια και οι μύκητες, αποτελούν οικίες μορφές ζωής, κυρίως λόγω της χρησιμότητας ή των ασθενειών που προκαλούν στον άνθρωπο. Πόσο δημοφιλή είναι όμως τα αρχαία, μια κατηγορία ζωντανών οργανισμών που βρίσκονται κυριολεκτικά στο όριο της ζωής, εκεί που κανένας άλλος οργανισμός δεν επιβιώνει;

Μέχρι πρόσφατα ταξινομούνταν στα βακτήρια και ονομάζονταν αρχαιοβακτήρια λόγω των αρκετών ομοιοτήτων στη μορφολογία τους μ' αυτά. Πράγματι, πρόκειται για ομάδα οργανισμών που αποτελείται από μόνο ένα κύτταρο, όπως τα βακτήρια. Είναι προκαρυωτικοί οργανισμοί, δεν έχουν δηλαδή στο εσωτερικό του κυττάρου τους πυρήνα ή μεμβρανώδη οργανίδια. Η μοριακή ανάλυση, όμως, ορισμένων συστατικών τους έριξε φως στις διαφορές τους με τα βακτήρια, οι οποίες ήταν αρκετές ώστε να αποτελούν πλέον μια διακριτή ομάδα.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 ερευνητές από Πανεπιστήμιο του Ιλινόις με επικεφαλής τον Carl Woese αναγνώρισαν τα αρχαία ως μια εντελώς διαφορετική μορφή ζωής, που δεν έμοιαζε με καμία άλλη. Οι επιστήμονες τότε ταξινόμησαν τους οργανισμούς σε τρεις γραμμές στο φυλογενετικό δέντρο που αναπαριστά τη ζωή στη Γη, με βάση τις διαφορές στην αλληλουχία του ριβοσωμικού RNA, ενός μορίου πολύ σημαντικού για την κυτταρική λειτουργία, το οποίο δεν μεταβάλλεται γρήγορα μέσω της εξέλιξης. Με βάση τα μοναδικά μοριακά και βιοχημικά χαρακτηριστικά τους, τα αρχαία διακρίθηκαν από τις άλλες δύο μεγάλες κατηγορίες των ζωντανών οργανισμών, τα βακτήρια και τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, στους οποίους περιλαμβάνονται οι μύκητες, τα φυτά και τα ζώα. Παρ' όλο που η ανακάλυψη αυτή αντιμετώπιστηκε αρχικά με μεγάλη καχυποψία από την επιστημονική κοινότητα, σήμερα πλέον γνωρίζουμε ότι αποτελούν ξεχωριστή ομάδα, η οποία μάλιστα είναι εξελικτικά πιο συγγενική με τις πιο πολύπλοκες μορφές ζωής σε σχέση με τα βακτήρια.

Από τις θερμές πηγές και τα ηφαίστεια στους πάγους και τους ωκεανούς

Τα αρχαία ονομάστηκαν έτσι διότι θεωρείται ότι δεν έχουν απομακρυνθεί πολύ από τον κοινό πρόγονο όλων των οργανισμών από εξελικτική σκοπιά. Το πολύ αργό «εξελικτικό ρολόι» τους μπορεί να σχετίζεται με τα ακραία περιβάλλοντα στα οποία επιβιώνουν, τα οποία μοιάζουν με τις αρχέγονες συνθήκες στη Γη. Άλλωστε, τα κύτταρά τους βρίσκονται σε ισχυρή εξελικτική πίεση προκειμένου να διατηρήσουν τα γονίδια που τους προσδίδουν τα χαρακτηριστικά που τους επιτρέπουν να ζουν στα περιβάλλοντα αυτά. Γι' αυτόν τον λόγο αποτελούν εξαιρετικό υλικό μελέτης σχετικά με το πώς ξεκίνησε η ζωή στον πλανήτη μας. Τα αρχαία αποτελούν ιδιαίτερα αξιοπερίεργη μορφή ζωής αφού τα συναντάμε σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως σε πολύ αλμυρά νερά ή σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες, εκεί που άλλοι οργανισμοί αδυνατούν να



Η θερμή πηγή του Εθνικού Πάρκου Yellowstone των ΗΠΑ αποτελεί το σπίτι διάφορων ειδών αρχαίων.
(πηγή: Wikimedia Commons)

επιβιώσουν. Τα ακραία περιβάλλοντα φαίνεται μάλιστα ότι αποτελούν προϋπόθεση για την επιβίωση πολλών ειδών αρχαίων.

Αρχικά ταξινομήθηκαν με βάση τα κυτταρικά και μοριακά χαρακτηριστικά τους σε τρεις κατηγορίες, τα κρεναρχαιωτικά, τα ευρυαρχαιωτικά και τα κοραρχαιωτικά, ενώ αργότερα προστέθηκαν και άλλες. Μια μεγάλη υποομάδα αποτελούν τα υπερθερμόφιλα αρχαία, τα οποία μπορούν να ζήσουν στις ανώτατες θερμοκρασίες στις οποίες έχει εντοπιστεί ζωή, όπως για παράδειγμα κοντά σε ηφαίστεια. Τα *Picrolobus fumarii*, για παράδειγμα, που ζουν σε υδροθερμικές αναβλύσεις, μπορούν να επιβιώσουν σε θερμοκρασία έως 113 βαθμούς Κελσίου, εκεί όπου δύσκολα συναντάμε άλλες μορφές ζωής. Οι οργανισμοί αυτοί έχουν αναπτύξει προσαρμοστικούς μηχανισμούς έτσι ώστε να αντέχουν την υπερβολική ζέστη. Οι κυτταρικές μεμβράνες τους αποτελούνται από λιπίδια τα οποία δεν επηρεάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ περιέχουν θερμοανθεκτικές πρωτεΐνες και ένζυμα που σταθεροποιούν το DNA τους και το προστατεύουν από το λιώσιμο. Τα είδη του γένους *Picrophilus*, που απομονώθηκαν από όξινα εδάφη στην Ιαπωνία, αναπτύσσονται σε pH κοντά στο 0 και είναι οι μοναδικοί οργανισμοί που αντέχουν σε τόσο όξινα περιβάλλοντα.

Ακόμα ένα εντυπωσιακό παράδειγμα του θαυμαστού κόσμου των αρχαίων αποτελούν τα αλόφιλα, που ζουν σε πολύ αλμυρές λίμνες ή σε αλυκές, όπως το *Halobacterium*, που απαιτεί μεγάλες ποσότητες αλατιού για να επιβιώσει. Μια άλλη μεγάλη υποομάδα των αρχαίων είναι τα μεθανιογόνα, τα οποία παράγουν μεθάνιο χρησιμοποιώντας διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Το περισσότερο μεθάνιο της ατμόσφαιρας οφείλεται σ' αυτούς τους οργανισμούς, οι οποίοι επιβιώνουν αποκλειστικά σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Αφθονούν σε διάφορα ετερόκλητα μέρη της Γης, όπως σε διάφορα ιζήματα, κοντά σε υποθαλάσσιες υδροθερμικές πηγές, σε ορυζώνες, αλλά και στο πεπτικό σύστημα ορισμένων ζώων. Ορι-

σμένα μεθανιογόνα είναι και θερμοφιλά, όπως το *Methanopyrus*, το οποίο αναπτύσσεται άριστα στους 100 βαθμούς Κελσίου.

Παρεξηγήσεις και προκαταλήψεις

Τα αρχαία εντοπίστηκαν πρώτα σε θαλάσσιες υδροθερμικές αναβλύσεις, σε θερμές πηγές και σε λίμνες πολύ υψηλής αλατότητας. Παρά την αδιαμφισβήτη επιτυχία τους στον εποικισμό των πιο αφιλόξενων περιοχών του πλανήτη μας, τα αρχαία ζουν σε πολλά άλλα μέρη, στην ξηρά και τη θάλασσα, σε ορισμένες περιπτώσεις σε άφθονες ποσότητες. Τα κρεναρχαιωτικά, για παράδειγμα, επιβιώνουν σε ποικίλα περιβάλλοντα και έχουν εντοπιστεί σε μεγάλα βάθη στους ωκεανούς αλλά και στα παγωμένα νερά της Ανταρκτικής.

Τα αρχαία είναι εξαιρετικά δύσκολο να καλλιεργηθούν στο εργαστήριο, επομένως η παρουσία τους σε πολλά και διαφορετικά μέρη της Γης έχει διαπιστωθεί από μοριακές κυρίως τεχνικές που δεν προϋποθέτουν την καλλιέργειά τους. Η απευθείας απομόνωση και η μελέτη του γενετικού υλικού τους από δείγματα από διάφορα περιβάλλοντα έχουν οδηγήσει στον προσδιορισμό καινούργιων ειδών. Η ανακάλυψη όλο και περισσότερων ειδών αρχαίων σε συνηθισμένα περιβάλλοντα αναδεικνύει τη λανθασμένη εικόνα που επικρατούσε γι' αυτούς τους οργανισμούς για πολύ καιρό, ότι έχουν, δηλαδή, περιορισμένη ποικιλότητα και ότι συναντώνται κυρίως σε περιβάλλοντα όπου επικρατούν ακραίες συνθήκες (υψηλή θερμοκρασία και αλατότητα, ιδιαίτερα όξινα κ.λπ.). Φαίνεται μάλιστα ότι αποτελούν ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό της μικροβιακής ζωής στους ωκεανούς και στο έδαφος και ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο όχι μόνο στα οικοσυστήματα στα οποία κατοικούν, αλλά και στον κύκλο του άνθρακα και άλλων στοιχείων σε παγκόσμια κλίμακα. Αρκετά είδη αρχαίων αναπτύσσουν επίσης συμβιωτικές σχέσεις με άλλους οργανισμούς, όπως φυτά και ζώα.

ημένη κατηγορία μικροοργανισμών

Η σχέση τους με τον άνθρωπο

Τα αρχαία αποτελούν μέρος του ανθρώπινου μικροβιώματος και έχουν εντοπιστεί στο δέρμα, στη ρινική κοιλότητα και στο γαστρεντερικό σύστημα. Παρ' όλο που η ύπαρξή τους στο ανθρώπινο σώμα είναι γνωστή εδώ και δεκαετίες, μόλις τρία μέλη της οικογένειας Methanobacteriaceae έχουν απομονωθεί και καλλιεργηθεί στο εργαστήριο. Η πλειονότητα των αρχαίων του ανθρώπινου μικροβιώματος εντοπίζεται στο πεπτικό σύστημα. Τα μεθανιογόνα αρχαία και τα βακτήρια που βρίσκονται εκεί αποτελούν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα συμβίωσης: τα αρχαία απομακρύνουν την περίσσεια υδρογόνου αξιοποιώντας το για να παράγουν ενέργεια και δημιουργώντας παράλληλα ένα πιο φιλικό περιβάλλον για τα βακτήρια προκειμένου τα τελευταία να διασπασουν τα συστατικά των τροφών που καταναλώνει ο άνθρωπος.

Ο ρόλος τους στην ανθρώπινη υγεία και παθογένεση παραμένει αμφιλεγόμενος. Σε αντίθεση με τους άλλους μικροοργανισμούς, δεν έχουν βρεθεί αρχαία που να προκαλούν νόσο στον άνθρωπο ή σε άλλα ζώα. Ωστόσο, θεωρείται ότι τα μεθανιογόνα αρχαία ενδέχεται να σχετίζονται με την εμφάνιση ασθενειών με έμμεσο τρόπο, ενισχύοντας τον πολλαπλασιασμό παθογόνων βακτηρίων. Επιπρόσθετα, το μεθάνιο που παράγουν θεωρείται ότι επιβραδύνει τη διέλευση των συστατικών από το έντερο προκαλώντας γαστρεντερικές διαταραχές και παχυσαρκία. Ωστόσο, η σχέση των αρχαίων με τον άνθρωπο παραμένει μέχρι στιγμής ανεξιχνίαστη, κυρίως λόγω περιορισμών στην υπάρχουσα μεθοδολογία, αφού ακόμα και σήμερα, παρ' όλο που πέρασαν δεκαετίες από την ανακάλυψή τους, η απομόνωσή τους από σύνθετα μικροβιώματα και η καλλιέργειά τους σε εργαστηριακές συνθήκες αποτελούν δύσκολο εγχείρημα. Αρκετοί επιστήμονες θεωρούν ότι η εκτεταμένη μελέτη τους μπορεί να αποκαλύψει μια ανακτεταμένη πηγή αντιμικροβιακών ουσιών που πιθανώς να αποτελέσει λύση στο πρόβλημα της μικροβιακής αντοχής που λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις παγκοσμίως.

Σχεδόν πενήντα χρόνια μετά την αναγνώρισή τους ως διακριτή ομάδα σε σχέση με τα βακτήρια, τα αρχαία κρύβουν πολλά ακόμα ανεξερεύνητα μυστικά. Η μελέτη τους έδωσε πολλές σημαντικές πληροφορίες για την εξέλιξη της ζωής στη Γη και πυροδότησε σενάρια για το πώς μπορεί να μοιάζει η ζωή σε άλλους πλανήτες. Νέες μέθοδοι καλλιέργειας και τεχνικές ανάλυσης και επεξεργασίας δειγμάτων από διάφορα περιβάλλοντα θα επιτρέψουν την πληρέστερη έρευνα γι' αυτούς τους εντυπωσιακούς μικροοργανισμούς που θέτουν τα όρια της ζωής στη Γη και αφθονούν σε χερσαία και θαλάσσια περιβάλλοντα.

M.T.

Ενδεικτική βιβλιογραφία:

1. Woese, C.R. and G.E. Fox, «Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms». ProcNatlAcadSci, USA, 1977. 74(11): p. 5088-90.
2. Moissl-Eichinger, C., et al., «Archaea Are Interactive Components of Complex Microbiomes», Trends Microbiol, 2018. 26(1): p. 70-85.
3. Baker, B.J., et al., «Diversity, ecology and evolution of Archaea», Nat Microbiol, 2020.

Ξετυλίγοντας το κουβάρι της εξέλιξης των ευκαρυωτικών κυττάρων

Ήταν ήδη γνωστό εδώ και πολλές δεκαετίες ότι οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί εξελίχθηκαν από απλούστερες μορφές ζωής, δεν ήταν όμως σαφές από ποιους μικροοργανισμούς προέκυψαν τα πρώτα ευκαρυωτικά κύτταρα. Πρόσφατη μελέτη ρίχνει φως στον τρόπο εξέλιξης των ευκαρυωτικών κυττάρων προτείνοντας ένα διαφορετικό μοντέλο σε σχέση μ' αυτό που ήταν αποδεκτό μέχρι πρότινος από την επιστημονική κοινότητα.

Αυτό το εξελικτικό μοντέλο προέκυψε από την καλλιέργεια των αρχαίων Asgard για πρώτη φορά στο εργαστήριο. Η in vitro καλλιέργειά τους, που αποδείχθηκε ένα ιδιαίτερα χρονοβόρο και δύσκολο εγχείρημα, επέτρεψε τη μελέτη της μορφολογίας και του μεταβολισμού των αξιοπερίεργων αυτών μικροοργανισμών και την περαιτέρω διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εξέ-

λιξη των πιο πολύπλοκων κυττάρων, των ευκαρυωτικών. Οι πιο σύνθετες μορφές ζωής, τα ζώα, τα φυτά και οι μύκητες αποτελούνται από ευκαρυωτικά κύτταρα, τα οποία περιέχουν δηλαδή πυρήνα, και άλλα μεμβρανώδη οργανίδια.

Η σχέση των προκαρυωτικών Asgard με τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς άρχισε να διαφαίνεται με τον προσδιορισμό της αλληλουχίας του γονιδιώματός τους. Το γονιδίωμα του Lokiarchaeota, ενός μέλους της ομάδας των As-

gard, που έγινε γνωστό το 2015, αποκάλυψε, προς μεγάλη έκπληξη της επιστημονικής κοινότητας, γονίδια που είχαν πολλές ομοιότητες στην αλληλουχία τους με αντίστοιχα των ευκαρυωτικών κυττάρων. Τα γονίδια αυτά είναι υπεύθυνα για την παραγωγή πρωτεϊνών που μέχρι τότε θεωρούνταν ότι εντοπίζονται αποκλειστικά στα ευκαρυωτικά κύτταρα. Η ακριβής εξελικτική σχέση ανάμεσα στα αρχαία και στις πιο σύνθετες μορφές ζωής δεν είχε ακόμα αποκαλυφθεί εξαιτίας της δυσκολίας στην in vitro καλλιέργεια των αρχαίων: μόλις 6 από τα 27 φύλα τους είχαν καλλιεργηθεί σε εργαστηριακές συνθήκες κι από αυτά κανένα δεν ανήκε στην ομάδα των Asgard. Το γεγονός αυτό άφηνε μεγάλα κενά στην κατανόηση της δομής και της βιολογίας αυτών των αινιγματικών μορφών ζωής.

Προσπαθώντας να καλύψει το συγκεκριμένο κενό στην επιστημονική γνώση γύρω από τα αρχαία Asgard, η επιστημονική ομάδα με επικεφαλής τον Hiroyuki Imachi, ερευνητή στην Ιαπωνική Υπηρεσία Επιστήμης και Τεχνολογίας Γης και Θάλασσας, κατόρθωσε μετά από προσπάθεια δώδεκα χρόνων να καλλιεργήσει τα Asgard στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας ειδικούς βιοαντιδραστήρες που προσομοιάζουν τις συνθήκες υπό τις οποίες ζουν.

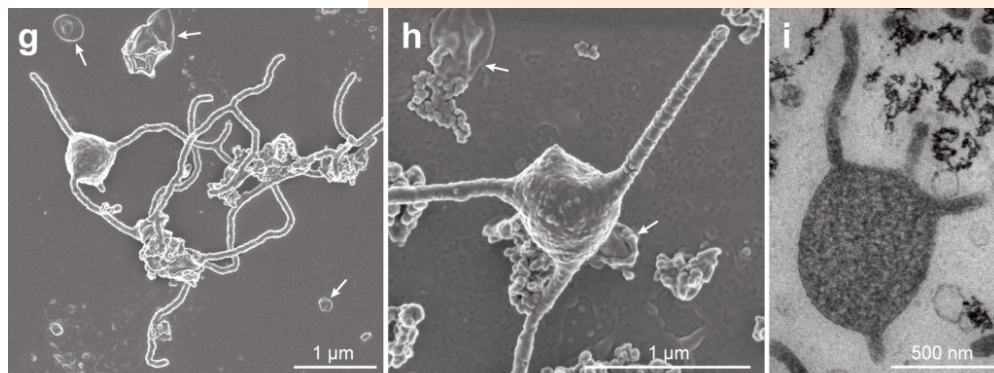
Τα αποτελέσματά τους, που δημοσιεύτηκαν τον Ιανουάριο στο περιοδικό «Nature», δεν ανέδειξαν μόνο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των Asgard, αλλά οδήγησαν και στην περιγραφή ενός νέου μοντέλου για την εξέλιξη των ευκαρυωτικών κυττάρων. Το είδος Prometheoarchaeum syntrophicum, που ονομάστηκε έτσι από την εμβληματική μορφή τής αρχαίας ελληνικής μυθολογίας, εντοπίστηκε και απομονώθηκε από ιζήματα του βυθού τής θάλασσας, έχει σφαιρικό σχήμα με ασυνήθιστα μακριές προεκβολές και δεν φέρει οργανίδια στο εσωτερικό του, όπως τα ευκαρυωτικά κύτταρα. Προκειμένου να επιβιώσει, αναπτύσσει συμβιωτικές σχέσεις με άλλους μικροοργανισμούς. Μετά από ενδελεχή μελέτη των χαρακτηριστικών, της φυσιολογίας και του μεταβολισμού της συγκεκριμένης κατηγορίας αρχαίων οι ερευνητές συμπέραναν ότι τα ευκαρυωτικά κύτταρα προέκυψαν από τρεις διαφορετικούς οργανισμούς: από έναν πρόγονο των βακτηρίων που εγγολώθηκε από έναν πρόγονο των αρχαίων, ο οποίος συμβίωνε με κάποιο άλλο βακτήριο.

Η in vitro καλλιέργεια των αρχαίων Asgard σηματοδότησε μια νέα περίοδο για τη μελέτη των ιδιαίτερων αυτών μικροοργανισμών. Η περαιτέρω μελέτη τους αναμένεται να εξιχνιάσει το μυστήριο που αφορά την αλληλουχία των γεγονότων που οδήγησαν από τα προκαρυωτικά κύτταρα στις πιο σύνθετες μορφές ζωής και θα συμβάλει ακόμα περισσότερο στην κατανόηση της εξέλιξης της ζωής στον πλανήτη μας.

M.T.

Ενδεικτική βιβλιογραφία:

1. Imachi, H., et al., "Isolation of an archaeon at the prokaryote-eukaryote interface", "Nature", 2020. 577(7791): p. 519-525.
2. Spang, A., et al., «Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes», «Nature», 2015. 521(7551): p. 173-179.



Τα αρχαία Prometheoarchaeum syntrophicum όπως αυτά απεικονίζονται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (πηγή: Imachi, H. et al, 2020)

ΠΡΩΤΕΪΝΗ LIN28 ΚΑΙ ΝΕΥΡΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Ένα καινούργιο όπλο στην αναγέννηση του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος

Επιστήμονες από την Ιατρική Σχολή Lewis Katz του Πανεπιστημίου Temple στη Φιλαδέλφεια των ΗΠΑ κατόρθωσαν να αναγεννήσουν νευρικά κύτταρα ποντικών με τραυματισμό στον νωτιαίο μυελό ή στο οπτικό νεύρο. Οι τραυματισμοί αυτοί μέχρι στιγμής δεν είναι θεραπεύσιμοι και οδηγούν σε μόνιμες βλάβες. Για πρώτη φορά αναδεικνύονται η συμμετοχή και ο προεξέχων ρόλος συγκεκριμένου μορίου στην αναγέννηση των τραυματισμένων ιστών, ενώ παράλληλα ανοίγονται νέοι θεραπευτικοί ορίζοντες.

Νευρικό σύστημα: Ένα πολύπλοκο «ηλεκτρικό κύκλωμα» που δεν επισκευάζεται εύκολα

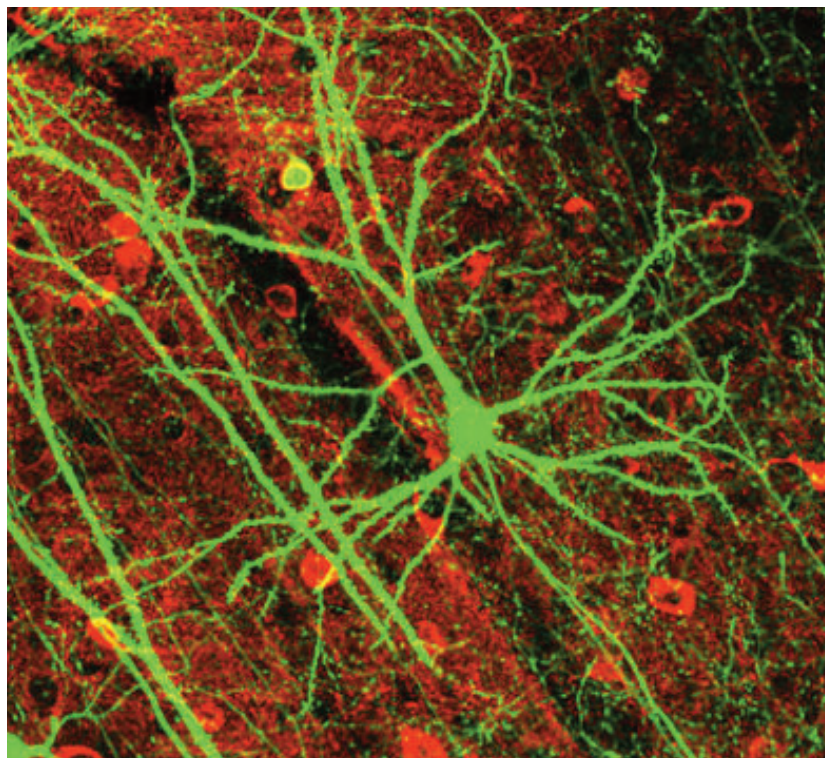
Το ανθρώπινο νευρικό σύστημα, δηλαδή ο εγκέφαλος, ο νωτιαίος μυελός και τα περιφερικά νεύρα, χαρακτηρίζεται από πολύπλοκες δομές και αξιολάμπη οργάνωση. Οι νευρώνες, τα κυρίαρχα κύτταρα του νευρικού συστήματος, σχηματίζουν πολύπλοκα δίκτυα που ξεκινούν από τον εγκέφαλο και διατρέχουν όλο το σώμα. Οι νευρώνες περιέχουν μακριές επιμήκεις απολήξεις, τους άξονες, οι οποίοι δρουν σαν καλώδια ηλεκτρικών κυκλωμάτων, μεταφέροντας μικροσκοπικά ηλεκτρικά σήματα από και προς τον εγκέφαλο.

Ωστόσο, μόλις ολοκληρωθεί η ανάπτυξη του νευρικού συστήματος, η ικανότητα πολλαπλασιασμού των κυττάρων και αναγέννησης των ιστών του μειώνεται δραματικά. Επομένως, η επιδιόρθωση και η επούλωση των τραυματισμένων ή εκφυλισμένων ιστών, ιδιαίτερα στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα, είναι ελάχιστες και οι βλάβες συνήθως μόνιμες και μη αναστρέψιμες. Η περιορισμένη ικανότητα αναγέννησης και επιδιόρθωσης καθιστά το νευρικό σύστημα ευάλωτο σε ό,τι αφορά τραυματισμούς αλλά και σε νευροεκφυλιστικές ασθένειες, όπως οι νόσοι Alzheimer και Parkinson. Οι ασθενείς με σοβαρούς τραυματισμούς στο νευρικό σύστημα ή νευροεκφυλιστικές παθήσεις χρειάζονται υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, γεγονός που επιβαρύνει σημαντικά τους ίδιους και τις οικογένειές τους.

Παρ' όλα αυτά, ήδη από την δεκαετία του 1990 είναι γνωστό ότι οι ώριμοι νευρώνες των ενήλικων ατόμων διατηρούν την ικανότητα αναγέννησης, αλλά σε πολύ περιορισμένο βαθμό. Η επιστημονική κοινότητα που ασχολείται με το συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο δίνει ανελλιπώς μάχες για την κατανόηση της πολύπλοκης ανατομίας και φυσιολογίας του νευρικού συστήματος προκειμένου να μπορεί να ανακαλύψει τα μόρια και τους μηχανισμούς που θα πυροδοτούν την αναγέννηση σε περίπτωση τραυματισμού.

Η δημιουργία νέων νευρών είναι εφικτή

Μελέτη που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό



Δίκτυο νευρικών κυττάρων από εγκέφαλο ποντικού στο οπτικό μικροσκόπιο (πηγή: Wikimedia Commons, Lee et al., 2006)

«Molecular Therapy» τον προηγούμενο μήνα περιγράφει την ικανότητα της πρωτεΐνης Lin28 να πυροδοτεί την αναγέννηση των αξόνων των νευρικών κυττάρων όταν εκφράζεται σε μεγαλύτερες ποσότητες. Προκειμένου να διερευνήσει τον ρόλο της Lin28, η ερευνητική ομάδα της Ιατρικής Σχολής Lewis Katz του Πανεπιστημίου Temple, με επικεφαλής τον καθηγητή Shuxin Li, χρησιμοποίησε γενετικά τροποποιημένα ποντίκια που παρήγαγαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της συγκεκριμένης πρωτεΐνης σε ορισμένους ιστούς. Δημιουργήθηκαν δύο ομάδες μοντέλων - ζώων, η μία με τραυματισμούς στον νωτιαίο μυελό και η άλλη με τραυματισμούς στο οπτικό νεύρο. Μια άλλη ομάδα που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνταν από ποντίκια με παρόμοιους τραυματισμούς και φυσιολογική έκφραση της πρωτεΐνης Lin28. Στα ποντίκια αυτής της ομάδας χορηγήθηκε η Lin28 με ένεση στην τραυματισμένη περιοχή.

Σε όλες τις ομάδες των ποντικών παρατηρήθηκε αναγέννηση των νευραξόνων. Τα πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα παρατηρήθηκαν μετά από τη χορήγηση της Lin28 με ένεση στα τραυματισμένα ποντίκια. Παρατηρήθηκε αύξηση του μήκους των νευραξόνων τόσο στην περιοχή του νωτιαίου μυελού όσο και στο οπτικό νεύρο. Τα ζώα επέδειξαν σημαντική βελτίωση στον συντονισμό της κίνησης και στις αισθήσεις τους. Ακόμα ένα σημαντικό εύρημα αφορά την αλληλεπίδραση της Lin28 με πρωτεϊνικά μόρια που θεωρούνται απαραίτητα για την ανάπτυξη και την ομοιοστάση του κεντρικού συστήματος. Η Lin28 φαίνεται ότι επιδρά σ' αυτά ενισχύοντας τον ρόλο τους στην επιδιόρθωση.

Επόμενος στόχος των ερευνητών αποτελεί, όπως αναφέρουν οι ίδιοι, η εφεύρεση του κατάλλη-

λου «οχήματος» για τη διοχέτευση της πρωτεΐνης στους κατεστραμμένους ιστούς του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή αποτελεσματικότητα και ειδικότητα. Η ερευνητική ομάδα προσανατολίζεται και στον προσδιορισμό άλλων μορίων - στόχων που μαζί με τη Lin28 θα προάγουν την αναγέννηση των νευραξόνων.

Μια σημαντική πρωτεΐνη από το νηματώδες σκουλήκι μέχρι τον άνθρωπο

Η Lin28 δεν επιλέχθηκε τυχαία για τη μελέτη της αναγέννησης των αξόνων των νευρικών κυττάρων. Είναι γνωστή εδώ και χρόνια στους ερευνητές για τη δράση της στα βλαστικά κύτταρα. Ακαλύφθηκε για πρώτη φορά πριν από τριάντα πέντε χρόνια στο νηματώδες σκουλήκι *Caenorhabditis Elegans* και έκτοτε πολυάριθμες μελέτες έχουν αναδείξει τον πολλαπλό και σημαντικό ρόλο της στην ανάπτυξη των ιστών και των οργάνων, αφού φαίνεται ότι καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μοίρα των κυττάρων από νωρίς, κατά την εμβρυογένεση. Μόλις ολοκληρωθεί η διαφοροποίηση των κυττάρων σε συγκεκριμένους κυτταρικούς τύπους, η συγκέντρωση της Lin28 μειώνεται και περιορίζεται σε συγκεκριμένους ιστούς των πνευμόνων, των νεφρών, της καρδιάς και του νευρικού συστήματος. Φαίνεται ότι δρα προς δύο κατευθύνσεις, είτε αυξάνοντας τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων είτε προάγοντας τη διαφοροποίησή τους σε συγκεκριμένους κυτταρικούς τύπους.

Το γονίδιο που την κωδικοποιεί θεωρείται εξελικτικά συντηρημένο και έχει εντοπιστεί με μικρές διαφορές στο γενετικό υλικό πολλών διαφορετικών ειδών, από τη μύγα *Drosophila* μέχρι και τον άνθρωπο. Σε όλα τα ζώα έχει παρατηρηθεί σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις κατά την εμβρυογένεση και θεωρείται σημαντική για τη διατήρηση των βλαστικών κυττάρων, των εφεδρικών δηλαδή κυττάρων που στα ενήλικα άτομα επιστρατεύονται σε περιπτώσεις τραυματισμού προκειμένου να αναγεννηθούν κατεστραμμένοι ιστοί.

Τα αποτελέσματα της ερευνητικής ομάδας του καθηγητή Shuxin Li αναδεικνύουν την πρωτεΐνη Lin28 ως πολλά υποσχόμενο θεραπευτικό στόχο και είναι ένα ελπιδοφόρο βήμα προς την αναγέννηση των κυττάρων του νευρικού συστήματος που αποτελεί αναγκαιότητα για εκατοντάδες χιλιάδες ανθρώπους σε όλο τον κόσμο.

M.T.

Ενδεικτική βιβλιογραφία:

1. Nathan, F.M., et al., «Upregulating Lin28a Promotes Axon Regeneration in Adult Mice with Optic Nerve and Spinal Cord Injury», *MolTher*, 2020.
2. «Tsalikis, J. and J. Romer-Seibert, LIN28: roles and regulation in development and beyond», *Development*, 2015. 142(14): p. 2397-404.

Η ΑΘΕΑΤΗ ΠΑΝΔΗΜΙΑ

Βία πίσω από τις κλειστές πόρτες

Το σπίτι μας είναι το καταφύγιό μας. Καλύπτει μία από τις βασικές ανθρώπινες ανάγκες. Είναι ένας χώρος στον οποίο αισθανόμαστε ασφαλείς. Δυστυχώς, αυτή η συνθήκη δεν φαίνεται να είναι αληθής για εκατομμύρια γυναίκες και παιδιά θύματα ενδοοικογενειακής βίας σε ολόκληρο τον κόσμο. Η καραντίνα που επιβλήθηκε ως μέτρο αντιμετώπισης του νέου κορωνοϊού έφερε στην επιφάνεια πολύ περισσότερα από τις ελλείψεις στα συστήματα Υγείας, τα σαθρά θεμέλια του καπιταλισμού και ένα στρεβλό ένστικτο επιβίωσης που ικανοποιείται μέσα από τη συσσώρευση απολυμαντικών.

Η βία κατά των γυναικών

Η βία κατά των γυναικών είναι δυστυχώς διαδεδομένη σε ολόκληρο τον κόσμο, με πιο κοινή μορφή της τη βία που προέρχεται από τους συντρόφους. Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, σε παγκόσμιο επίπεδο 1 στις 3 γυναίκες έχουν βιώσει σωματική ή/και σεξουαλική βία από σύντροφο ή από άλλο δράστη στη ζωή τους. Σε αναφορά της UNICEF του 2017 (A Familiar Face: Violence in the lives of children and adolescents, UNICEF, 2017) επισημαίνεται ότι περίπου 9 εκατομμύρια κορίτσια, ηλικίας 15 έως 19 ετών, είχαν υποστεί σεξουαλική κακοποίηση ή είχαν πέσει θύματα βιασμού μέσα στην προηγούμενη χρονιά. Η υπηρεσία των Ηνωμένων Εθνών για την ισότητα των φύλων και τη χειραφέτηση των γυναικών και των κοριτσιών μελετά τις επιπτώσεις τής πανδημίας στη βία κατά των γυναικών. Σύμφωνα με τη σχετική αναφορά, 243 εκατομμύρια κορίτσια και γυναίκες, ηλικίας 15 έως 49 ετών σε όλο τον κόσμο έπεσαν θύματα σεξουαλικής ή άλλης κακοποίησης από έναν σύντροφο τους τελευταίους 12 μήνες (U.N. Women, April 2020 Report). Σύμφωνα με την ίδια αναφορά, το 2017 87.000 γυναίκες παγκοσμίως δολοφονήθηκαν, οι περισσότερες από τον σύντροφο ή κάποιο μέλος της οικογένειάς τους. Η βία κατά των γυναικών είναι διάχυτη και ταυτόχρονα σπάνια αναφέρεται. Υπολογίζεται ότι λιγότερο από το 40% των γυναικών που κακοποιούνται το αναφέρουν ή ζητούν βοήθεια οποιουδήποτε είδους.

Βία και περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης

Η βία κατά των γυναικών τείνει να αυξάνεται σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, συμπεριλαμβανομένων των επιδημιών, και παραμένει μια σημαντική απειλή για την παγκόσμια δημόσια υγεία και την υγεία των γυναικών. Γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας και γυναίκες με αναπηρίες ενδέχεται να έχουν μεγαλύτερες ανάγκες και να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο. Το ίδιο ισχύει για γυναίκες που έχουν εκτοπιστεί, είναι πρόσφυγες και ζουν σε περιοχές που πλήττονται από συγκρούσεις.

Η αναφορά των Ηνωμένων Εθνών την περίοδο της πανδημίας υπογραμμίζει ότι μετά την επιβολή της καραντίνας οι καταγγελίες ενδοοικογενειακής βίας αυξήθηκαν κατά 30% στη Γαλλία και κατά 25%



στην Αργεντινή, ενώ οι τηλεφωνικές γραμμές βοήθειας στην Κύπρο και τη Σιγκαπούρη κατέγραψαν αύξηση 30% και 33% αντίστοιχα. Αντίστοιχη αύξηση στα περιστατικά ενδοοικογενειακής βίας και στην αναζήτηση ασύλου καταγράφηκε την ίδια περίοδο και στον Καναδά, στη Γερμανία, την Ισπανία, στο Ηνωμένο Βασίλειο και στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Ο αντίκτυπος της βίας, ιδιαίτερα της ενδοοικογενειακής βίας, στις γυναίκες και στα παιδιά τους είναι σημαντικός. Η βία κατά των γυναικών μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμούς και σοβαρά σωματικά, διανοητικά, σεξουαλικά προβλήματα καθώς και προβλήματα αναπαραγωγικής υγείας, συμπεριλαμβανομένων των σεξουαλικά μεταδιδόμενων λοιμώξεων, του HIV και των μη προγραμματισμένων κυήσεων.

Απομόνωση

Σε μια έκτακτη συνθήκη όπως η πανδημία του SARS-CoV-2 το άγχος, η διακοπή των κοινωνικών και προστατευτικών δικτύων και η μειωμένη πρόσβαση σε υποστηρικτικές υπηρεσίες μπορούν να επιδεινώσουν τον κίνδυνο βίας για τις γυναίκες. Η επιβολή καραντίνας, στη διάρκεια της οποίας τα μέλη μιας οικογένειας περνούν περισσότερο χρόνο σε στενή επαφή και οι οικογένειες διαχειρίζονται πρόσθετο άγχος και πιθανές οικονομικές απώλειες ή απώλειες θέσεων εργασίας, αυξάνει δραματικά τις πιθανότητες μια γυναίκα που κακοποιείται και τα παιδιά της να υποστούν βία. Παράλληλα, σε μια τέτοια συνθήκη οι γυναίκες είναι πιθανόν να έχουν λιγότερη επαφή με την οικογένεια και τους φίλους τους, επαφές που μπορεί να παρέχουν υποστήριξη και προστασία από τη βία. Σ' αυτή την έκτακτη ανάγκη οι γυναίκες επωμίζονται το αυξημένο βάρος τής φροντίδας παιδιών και άλλων ατόμων που έχουν ανάγκη φροντίδας, ενώ οι δράστες μπορούν να ασκήσουν εξουσία και έλεγχο πάνω τους πιο εύκολα, για παράδειγμα επιβάλλοντάς τους περιορισμούς και αποκλείοντας την πρόσβαση σε υπηρεσίες και βοήθεια. Η πρόσβαση σε υπο-

στηρικτικές υπηρεσίες, όπως γραμμές βοήθειας, καταφύγια, κέντρα νομικής βοήθειας, γίνεται δυσκολότερη.

Τα στοιχεία δείχνουν ότι σε περιπτώσεις καταστροφών μεγάλης κλίμακας τα ποσοστά σεξουαλικής ή άλλης βίας κατά των γυναικών κλιμακώνονται τόσο κατά τη διάρκεια του γεγονότος όσο και μετά. Στο πλαίσιο αυτό, η συνεισφορά εθελοντικών υποστηρικτικών δομών και ομάδων αλληλεγγύης οι οποίες προσφέρουν καταφύγιο, νομικές συμβουλές και υποστήριξη μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο. Η ανεξαρτησία των δομών αυτών είναι συχνά ενθαρρυντικός παράγοντας για τα θύματα κακοποίησης, τα οποία μπορεί να είχαν αρνητικές εμπειρίες από θεσμούς όπως η αστυνομία ή οι κοινωνικές υπηρεσίες.

Μένουμε ασφαλείς;

Κατά τη διάρκεια της καραντίνας, το σύνθημα «Μένουμε Σπίτι» συνοδευόταν από τις ακόλουθες προστακτικές προτάσεις: «Προστάτευσε τον εαυτό σου, προστάτευσε την κοινωνία». Τι συμβαίνει όμως όταν το «Μένουμε Σπίτι» και το «Προστάτευσε τον εαυτό σου» δεν μπορούν να συνδυαστούν; Για γυναίκες και παιδιά που υφίστανται ενδοοικογενειακή βία, το σπίτι είναι συχνά ο χώρος όπου υφίστανται σωματική, ψυχολογική και σεξουαλική κακοποίηση. Όπως αναφέρεται και στο τελευταίο editorial του «Journal of Clinical Nursing», το σπίτι μπορεί να είναι ένας χώρος όπου η δυναμική τής εξουσίας παραμορφώνεται και ανατρέπεται από εκείνους που κακοποιούν, συχνά χωρίς κανέναν εξωτερικό έλεγχο. Η προτροπή να μένουμε σπίτι και ο περιορισμός των μετακινήσεων αποκλείουν τις οδούς διαφυγής και παροχής βοήθειας για τα θύματα. Τα περιοριστικά μέτρα σπλίζουν όσους κακοποιούν και τους επιτρέπουν να ασκούν περισσότερο έλεγχο, παρακολούθηση, εκβιασμό.

Η ενδοοικογενειακή βία είναι παγκόσμιο φαινόμενο, με βαθιές ιστορικές καταβολές. Η ανισότητα ανδρών και γυναικών και οι υπάρχουσες κοινωνικοοικονομικές δομές εξουσίας δημιουργούν το πλαίσιο στο οποίο το φαινόμενο αυτό διαιωνίζεται. Όσα συμβαίνουν στο σπίτι, στην οικογένεια συμβαίνουν πίσω από κλειστές πόρτες. Οι κοινωνικές συμβάσεις αποδίδουν στην οικογενειακή ζωή μια ιερότητα, γεγονός που κάνει τα θύματα διστακτικά στο να μιλήσουν για μια κακοποιητική σχέση. Η βίαιη συμπεριφορά κατά των γυναικών δεν είναι σύμπτωμα του νέου κορωνοϊού και δεν θα εξαλειφθεί ούτε με φάρμακα, ούτε με εμβόλιο. Απαιτεί συνεχή επαγρύπνηση και κυρίως να σταθούμε κριτικά απέναντι στις εξιδανικευμένες αναπαραστάσεις της οικογένειας και τις δομές εξουσίας που αναπαράγουν την ανισότητα.

Λ.Α.

Περισσότερες πληροφορίες:

www.unwomen.org/
www.unicef.org
www.who.int/

Από τον κόσμο των συμβόλων στον κόσμο της αλήθειας

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα υπήρχε μια ταξινόμηση που διέκρινε μεταξύ τεσσάρων διαφορετικών νοημάτων στη Βίβλο: κυριολεκτικό ή ιστορικό, τροπολογικό, αναγωγικό και αλληγορικό. Το κυριολεκτικό νόημα ήταν λίγο - πολύ προφανές. Το τροπολογικό νόημα αναφερόταν στην ηθική εφαρμογή του κειμένου - πώς θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην πράξη. Το αναγωγικό νόημα αναφερόταν στις υποσχέσεις της Βίβλου και στην προετοιμασία για τον Παράδεισο - αυτό στο οποίο έλπιζαν οι άνθρωποι. Τέλος, το αλληγορικό νόημα τοποθετούσε τον Χριστό στο κέντρο της ιστορίας. Ο Ιωάννης Κασσιανός, ένας από τους πρώτους που χρησιμοποίησαν αυτό το σχήμα, παρείχε ένα παράδειγμα πώς θα μπορούσε να δουλέψει στην πράξη, εξηγώντας τα διαφορετικά νοήματα της «Ιερουσαλήμ». Μια βιβλική αναφορά στην πόλη της Ιερουσαλήμ θα μπορούσε να σημαίνει, με την κυριολεκτική έννοια, την πόλη των Εβραίων· με την τροπολογική έννοια, την ανθρώπινη ψυχή· με την αναγωγική έννοια, την ουράνια πόλη του Θεού· και με την αλληγορική έννοια, την Εκκλησία του Χριστού. Αυτή η συμβολική διάσταση καθοδηγούσε και τη μελέτη της φύσης.

Κατά τη διάρκεια του ύστερου Μεσαίωνα εμφανίστηκαν αρκετά μεσαιωνικά εικονογραφημένα βιβλία με μύθους για ζώα. Ονομάζονταν «βεστιάρια» (bestiaries) και αποτελούσαν επεξεργασμένες εκδοχές ενός παλιότερου διδακτικού χριστιανικού κειμένου γνωστού ως «Physiologus». Σ' αυτά τα εικονογραφημένα έργα περιγράφονται ζώα, φυτά και ορυκτά στα οποία αποδίδονται θεολογικά και ηθικά νοήματα. Μέσα από αυτά τα κείμενα, δηλαδή, εφαρμόστηκε η θεωρία των σημείων του φυσικού κόσμου. Μ' αυτόν τον τρόπο οι αναγνώστες αντιμετώπιζαν όλα τα φυσικά αντικείμενα ως αντικείμενα που είχαν έναν βαθύτερο συμβολισμό, ο οποίος αποκάλυπτε την αληθινή σημασία τους. Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι η περιγραφή του πελεκάνου. Ο πελεκάνος αποτελούσε συμβολισμό του Χριστού. Υπάρχει μια περιγραφή στο «Physiologus» που λέει το εξής: «Ο Δαβίδ λέει στον ψαλμό 101: 'Εμείνα μόνος σαν τον έρημο πελεκάνο'. Αν ο πελεκάνος γεννήσει μικρά και τα μικρά μεγαλώσουν, αρχίζουν να χτυπούν τους γονείς τους στο πρόσωπο. Οι γονείς, ωστόσο, ανταποδίδοντας το χτύπημα, σκοτώνουν τα μικρά τους και στη συνέχεια, συγκινούμενοι από οίκτο, κλαίει για τρεις μέρες θρηνώντας πάνω από εκείνα που σκότωσαν. Την τρίτη μέρα η μητέρα τους χτυπάει τα πλευρά της και χύνει το ίδιο της το αίμα πάνω από τα νεκρά τους σώματα... Και το ίδιο το αίμα τα ξυπνά από τον θάνατο».

Η παραπάνω περιγραφή έχει πλήθος σχολίων μέσω των οποίων επιχειρείται η διερεύνηση των πιθανών νοημάτων που μπορούν να αποδοθούν στον πελεκάνο. Το βεστιάριο του Aberdeen (περ. 1200), για παράδειγμα, εξηγεί ότι ο πελεκάνος υποδηλώνει τον Χριστό, την Αίγυπτο και τον κό-



σμο. Συμβολίζει τον Χριστό επειδή σκοτώνει τα μικρά με το ράμφος του, όπως η διδασκαλία του λόγου του Θεού προσηλυτίζει τους άπιστους. Θρηνεί ακατάπαυστα για τα μικρά του, όπως ο Χριστός θρήνησε από οίκτο όταν ανέστησε τον Λάζαρο. Έτσι, μετά από τρεις μέρες, αναβιώνει τα μικρά του, όπως ο Χριστός μάς σώζει και μας λυτρώνει με το ίδιο του το αίμα. Στη συνέχεια δίνονται και εξηγήσεις για τους λόγους που ο πελεκάνος υποδηλώνει την Αίγυπτο και τον κόσμο.

Ο κόσμος των συμβόλων άντεξε για αρκετούς αιώνες. Στον 16ο αιώνα οι φυσικοί ιστορικοί θεωρούσαν ακόμη ότι ο κόσμος ήταν συμβολικός (ένα κοσμοειδωλό συμβόλων). Έβλεπαν ένα σύνθετο πλέγμα σχέσεων το οποίο αποτελούνταν από τις απόκρυφες συμπάθειες και αντιπάθειες, οι οποίες ήταν έννοιες που χρησιμοποιούσαν οι αλχημιστές και οι φυσικοί μάγοι. Σκοπός των φυσικών ιστορικών, έως εκείνη την περίοδο, ήταν να κάνουν καταλόγους μ' αυτές τις σχέσεις. Ο Conrad Gesner (1516-1565) στο «History of Animals» δεν περιέγραφε τα φυσικά χαρακτηριστικά των ειδών, αλλά συνέδεε καθετί με την κλασική μυθολογία (π.χ. τον Αίσωπο), την Ιστορία, την ετυμολογία, τις παροιμίες και τα γνωμικά, τα ιερογλυφικά και άλλα είδη του ζωικού ή φυτικού βασιλείου. Η ουσία της συμβολικής εικόνας ήταν η πεποίθηση ότι κάθε φυσικό αντικείμενο στον κόσμο έχει μυριάδες κρυφά νοήματα κι ότι αυτή η γνώση συνίσταται στην προσπάθεια να κατανοήσουμε όσο περισσότερα γίνεται. Η γνώση έμοιαζε εντελώς ημιτελής χωρίς τους άπειρους συμβολισμούς ενός φυσικού αντικειμένου. Η μελέτη ενός ζώου ή φυτού αποκρινόταν από τον κόσμο - όπως μπορεί να βλέπουμε σήμερα σε βιβλία βοτανικής ή ζωολογίας - ήταν άγνωστη και αδιανόητη.

Στον 17ο αιώνα, όμως, προκύπτουν κάποιες κομβικές αλλαγές. Η πρώτη είναι τα ταξίδια προς τη Δύση. Αυτή ήταν και η αρχή της κατάρρευσης της συμβολικής εικόνας του κόσμου. Όταν οι Ευρωπαίοι ήρθαν σε επαφή με τη χλωρίδα και πανίδα του Νέου Κόσμου, συνειδητοποίησαν ότι πολλά από τα ζώα που κατοικούσαν εκεί δεν είχαν καμία ομοιότητα με τα ζώα του ευρύτερου ευ-

ρωπαϊκού χώρου. Τι σήμαινε αυτό; Σήμαινε ότι οι υπάρχοντες συμβολισμοί δεν μπορούσαν να προβληθούν σ' αυτά τα νέα φυσικά αντικείμενα. Η δεύτερη αλλαγή είναι ότι οι πανίσχυρες μοναρχίες του 17ου αιώνα ανέδειξαν ένα πρωτοφανές αίτημα. Οι χώρες του Βορρά δεν είχαν Ιστορία αντίστοιχη με εκείνη της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας ή της αρχαίας Ελλάδας.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να επιχειρούν να συγκροτήσουν την Ιστορία τους μέσα από την εύρεση, περιγραφή και ταξινόμηση αρχαιοτήτων. Η μελέτη και συλλογή αρχαίων αντικειμένων έδωσε στις χώρες του Βορρά την ιστορική προοπτική και συνέχεια που δεν είχαν. Τα αρχαία αντικείμενα δεν είχαν καμία συμβολική αξία γι' αυτές τις χώρες. Η αξία τους ήταν καθαρά ιστορική. Μέσα από αυτή την ιστορική αλλαγή στη μελέτη των αρχαιοτήτων προέκυψε μια διάκριση μεταξύ αλήθειας και ψεύδους. Κάθε αντικείμενο είχε μια συγκεκριμένη ιστορία να πει. Οι συμβολισμοί, αντιθέτως, επέτρεπαν οποιαδήποτε ερμηνεία χωρίς να δίνουν έμφαση σε μια συγκεκριμένη αλήθεια. Η κυριολεκτική αφήγηση, όμως, για ένα αρχαίο αντικείμενο δεν μπορούσε να έχει οποιαδήποτε ερμηνεία. Θα είχε μόνο μία, μόνο αυτή θα ήταν αληθής και θα είχε άμεση σχέση με έναν συγκεκριμένο τόπο.

Προηγουμένως, τα σύμβολα ήταν φορείς ηθικών αρετών. Πλέον, η αλήθεια, χωρίς καμία ηθική διάσταση, άρχισε να αποτελεί το μόνο κριτήριο για την περιγραφή και την ερμηνεία του κόσμου. Φαντάζει εξαιρετικά ειρωνικό η αλήθεια να μην έχει ηθικό περιεχόμενο, όμως αυτό συνέβη.

Η τρίτη αλλαγή προέκυψε με τον Φράνσις Μπέικον. Ήταν εκείνος που διέκρινε μεταξύ πραγμάτων και λέξεων. Οι λέξεις δεν ήταν εγγενώς συνδεδεμένες με τα αντικείμενα. Αποτελούσαν μια αυθαίρετη σύμβαση. Τα μόνα νοήματα που είχαν τα αντικείμενα, σύμφωνα με τον Μπέικον, ήταν εκείνα που τους αποδίδαμε. Δεν είχαν από τη φύση τους κάποιο νόημα. Το πρόβλημα είναι το εξής: αν η γλώσσα του ανθρώπου είναι αυθαίρετη, μπορεί να υπάρξει γλώσσα για τη φύση; Πώς το Βιβλίο της Φύσης μπορεί να ρίξει φως στο Σχέδιο του Θεού αν η γλώσσα αυτού του βιβλίου στερείται οποιουδήποτε νοήματος; Ο Μπέικον είχε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η φύση δεν είναι ένα δίκτυο πολλαπλών νοημάτων και ότι οι φιλόσοφοι δεν πρέπει να ασχολούνται με τέτοια ζητήματα.

Κάθε κοινωνία αντιλαμβάνεται με διαφορετικούς όρους τι συνιστά γνώση. Υπήρχε μια εποχή που τα αντικείμενα δεν αποτελούσαν φορείς αλήθειας. Αυτό που παραγόταν μέσα από τα φυσικά αντικείμενα ήταν ένας τρόπος ζωής. Με ανθρωπολογικούς όρους, οι κοινωνίες πριν τον τεχνοεπιστημονικό πολιτισμό πρόβαλλαν νοήματα στον κόσμο. Κατά τη συγκρότηση του τεχνοεπιστημονικού πολιτισμού επινοήθηκε μια φύση χωρίς κανένα νόημα. Το τίμημα για την αλήθεια ήταν η απομάκρυνση της συμβολικής ηθικής από την επικράτεια της επιστήμης.

