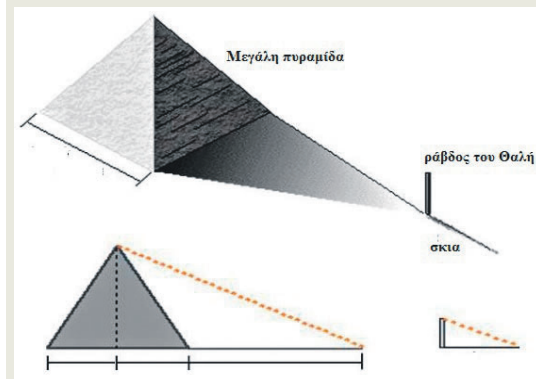


ΙΣΤΟΡΙΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

Ο Θαλής και το Θεώρημά του: Μύθοι και σκοπιμότητες

Κομβικό στοιχείο της ιδεολογίας του «ευρωκεντρισμού» αποτέλεσε ο αρχαιοελληνικός πολιτισμός, που αναγορεύτηκε σε ιδρυτικός του ευρωπαϊκού πολιτισμού.

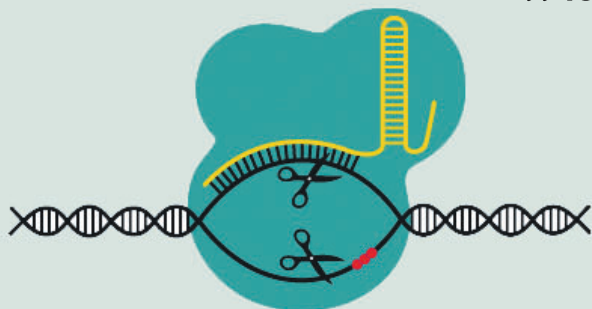
►► 8



Τεχνολογία CRISPR-Cas: Ένα πανίσχυρο εργαλείο τροποποίησης του DNA

Λίγα χρόνια μετά την ανακάλυψη του συστήματος CRISPR-Cas ως εργαλείου τροποποίησης του γενετικού υλικού των οργανισμών, είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς μια τεχνολογία με μεγαλύτερη επίδραση στη Βιολογία και την Ιατρική από αυτήν. Η γονιδιωματική επεξεργασία με το εν λόγω σύστημα έχει θεωρητικά απεριόριστες εφαρμογές, αλλά εγείρει και κρίσιμα βιοηθικά ζητήματα.

►► 4-5



Τοξίνη βακτηρίων επιστρατεύεται για την τροποποίηση του μιτοχονδριακού DNA: Ένα σπουδαίο επίτευγμα της Γενετικής Μηχανικής

Ερευνητές και ερευνήτριες από το Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον των ΗΠΑ, με επικεφαλής τον βιολόγο Joseph Mougous, ανακάλυψαν ένα νέο εργαλείο που μπορεί να τροποποιήσει το μιτοχονδριακό DNA σε επιλεγμένα σημεία. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους γεννούν ελπίδες για την καλύτερη κατανόηση και θεραπευτική αντιμετώπιση των μιτοχονδριακών ασθενειών.

►► 6

Ο Ντόριαν Γκρέι δεν χρειάζεται πια πορτρέτο. Έχει Face App

Πότε σταματάμε να θεωρούμαστε «νέοι»; Πώς αλλάζουν οι αντιλήψεις μας για την ηλικία όσο μεγαλώνουμε; Μια εφαρμογή που δείχνει πώς μπορεί να μοιάζουμε σε σαράντα χρόνια λειτουργεί σαν υπενθύμιση της νεότητάς μας ή της θνητότητάς μας;

►► 7

Συζητώντας για θεωρίες συνωμοσίας στις διακοπές



Τι κάνουμε όταν συζητάμε για τρέχοντα ζητήματα, όπως η κλιματική αλλαγή, οι ανεμογεννήτριες, τα εμβόλια ή η πανδημία και διαπιστώνουμε ότι αγαπημένα μας πρόσωπα ενστερνίζονται πλήρως θεωρίες συνωμοσίας;

►► 2-3



ΜΕΡΕΣ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ, καθώς ετοιμαζόμαστε να αρχίσουμε τις διακοπές μας ως μασκοφόροι τουρίστες -vigilante των Κυκλάδων-, η προσοχή μας στρέφεται διστακτικά στις μικρές απολαύσεις της ζωής. Ζεστή πίτσα, παγωμένη μπύρα - κλασικό καλοκαιρινό γεύμα. Η πίτσα δεν είναι, βέβαια, το τυπικότερο φαγητό του ελληνικού καλοκαιριού, αλλά σίγουρα είναι ένα από το αντιπροσωπευτικότερα. Τα χρώματα, η ποικιλία των υλικών, η ρουστίκ επίφαση του χτιστού φούρνου, η πολιτισμική γέφυρα με την εξίσου πολύχρωμη και μεσογειακή Ιταλία - όλα αυτά της δίνουν την ξεχωριστή της θέση στην παλέτα των καλοκαιρινών γευστικών εμπειριών. Ωστόσο, η πίτσα είναι κάτι παραπάνω - τίποτα, εξάλλου, σ' αυτή τη στήλη δεν είναι μόνο αυτό που δηλώνει το όνομά του...

Η πίτσα είναι ένα χαρακτηριστικό πιάτο της κουζίνας του φτωχού. Περισσεύματα φαγητών συνδυάζονται με διαθέσιμα υλικά (τυριά, αλλαντικά) και με την πάντοτε διαθέσιμη γυναικεία εργασία (ζύμη) για να δημιουργήσουν έναν γευστικό μέσο όρο που θα ικανοποιεί όλη την οικογένεια. Η πίτσα δεν είναι το μόνο δείγμα της cucina povera ασφαλώς. Η ισπανική παέγια και τα τηγανιτά ρύζια της νοτιοανατολικής Ασίας αποτελούν παραδείγματα της ίδιας λογικής: «δεν πετάμε τίποτα». Συνδυάζοντας τα περισσεύματα με φθηνή (συνήθως γυναικεία) εργασία, παράγουμε ένα απογειωτικό γευστικό αποτέλεσμα που καταναλώνεται με εορταστική διάθεση από την ομήγυρη. Εξ ου και η συνύπαρξη τόσο ετερόκλητων υλικών στα συγκεκριμένα πιάτα.

Ωστόσο, η πίτσα δεν είναι ιταλική! Ιταλική είναι η focaccia. Πρόκειται για ένα πλατύ ψωμί που ανοίγεται με τα χέρια έτσι ώστε να καταλάβει ολόκληρο το ταψί, πασπαλίζεται με υπολείμματα κρέατος, κρεμμύδια, δεντρολίβανο και χοντρό αλάτι και ψήνεται στον φούρνο αφού ραντιστεί με μια γενναία δόση ελαιόλαδου. Η focaccia δεν ψήνεται σε επιτηδευμένους χτιστούς φούρνους, ούτε παρασκευάζεται με ακροβατικές περιστροφές της ζύμης. Ούτε μετατρέπει την ακριβή βουβαλίσια μοτσαρέλλα σε συνδετική ύλη για τα ετερογενή υλικά που, ούτως ή άλλως, θα συγκαλύψουν τη λεπτή της γεύση.

Αν δεν είναι ιταλική η πίτσα, τότε τι είναι; Είναι η εξιδανικευμένη και συγκεχυμένη ανάμνηση των Ιταλών μεταναστών των αρχών του 20ού αιώνα που νοσταλγούν τα χρώματα, τις γεύσεις και τις μυρωδιές της πατρίδας τους. Αυτή η ανάμνηση παίρνει μορφή στις βορειοαμερικανικές πιτσαρίες, οι οποίες επινοούν την «αυθεντική» ιταλική πίτσα. Κι αυτή την «αυθεντική» ιταλική πίτσα είναι που ψάχνουν οι Αμερικανοί τουρίστες -πολλοί από αυτούς δεύτερης και τρίτης γενιάς Ιταλοί μετανάστες- όταν επισκέπτονται την Ιταλία. Η πίτσα «επανεισάγεται» στην Ιταλία διεκδικώντας την αυθεντικότητα και τον ιδιαίτερο τοπικό της χαρακτήρα. Αυτό είναι το pizza effect: όταν μια τοπικότητα μορφοποιεί τα πολιτισμικά προϊόντα μιας άλλης τοπικότητας σύμφωνα με τις δικές της ανάγκες, αξίες και προτεραιότητες και η άλλη τοπικότητα τα επανεισάγει ως αυθεντικά δικά της, οικειοποιούμενη με αυτόν τον τρόπο και τα πολιτισμικά πρότυπα που τα συνοδεύουν - μαθαίνοντας να βλέπει τον εαυτό της με το βλέμμα του άλλου.

Μ.Π.

Συζητώντας για θεωρίες

Στις καλοκαιρινές διακοπές βγαίνουμε από τη «φούσκα» της τυπικής μας καθημερινότητας, συναντάμε συγγενείς, παλιούς φίλους, γνωρίζουμε νέους ανθρώπους. Είναι μια

τέλεια ευκαιρία όχι μόνο να αξιολογήσει κανείς την περίοδο που τελείωσε και να σχεδιάσει αυτή που θα ξεκινήσει, αλλά και να έρθει σε επαφή με νέες οπτικές και απόψεις, να αλλάξει γνώμη ή να συμβάλει στη διαμόρφωση της γνώμης των άλλων.

Τι γίνεται όμως όταν το αντικείμενο μιας συζήτησης είναι οι θεωρίες συνωμοσίας και η ψευδοεπιστήμη; Και φυσικά, το πρόβλημα δεν είναι μήπως ρωτήσει κανείς «τι ζώδιο είσαι;» (αν και για τους πιο θερμοκέφαλους η ερώτηση αυτή είναι «κόκκινο πανί»), αλλά να ξεκινήσει μια κουβέντα για τρέχοντα ζητήματα, όπως η κλιματική αλλαγή, οι ανεμογεννήτριες, τα εμβόλια ή η πανδημία. Τι κάνουμε όταν διαπιστώνουμε ότι αγαπημένα μας πρόσωπα ενστερνίζονται πλήρως θεωρίες συνωμοσίας;

Η αντιμετώπιση των ανθρώπων που υποστηρίζουν θεωρίες συνωμοσίας έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης από ψυχολόγους, κοινωνιολόγους κ.λπ. και βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των επιστημόνων είτε αυτοί ασχολούνται με την επικοινωνία και την κοινωνία ή όχι. Ακόμη και στο παρόν ένθετο έχουμε αφιερώσει αρκετές σελίδες σε σχετικά θέματα. Η αίσθηση του γράφοντος είναι ότι η εύκολη λύση στην οποία καταφεύγει μεγάλη μερίδα «ειδικών» είναι η κατά μέτωπο επίθεση και, συχνά, η (δημόσια) γελοιοποίηση όσων υποστηρίζουν συνωμοσιολογικά σενάρια και ψευδοεπιστημονικές απόψεις. Αυτή η αντιμετώπιση είναι προβληματική για δύο λόγους. Πρώτον, διότι πίσω από τις απόψεις βρίσκονται άνθρωποι τους οποίους οφείλουμε να αντιμετωπίσουμε με σεβασμό και δεύτερον, διότι αυτή η «επιθετική» προσέγγιση είναι σχεδόν πάντοτε αναποτελεσματική.

Το περιοδικό «MIT Technology Review» σε πρόσφατο άρθρο του συγκέντρωσε τη σχετική εμπειρία ειδικών και διαχειριστών σε δωμάτια συζητήσεων μέσων κοινωνικής δικτύωσης όπως το Reddit. Σ' αυτό το άρθρο στηρίζονται οι βασικές κατευθύνσεις που προτείνονται στα επόμενα.



Πρώτο βήμα: Κατανόηση του προβλήματος

Το πρώτο βήμα είναι αυτό της κατανόησης. Δεν αρκεί να είμαστε καλά πληροφορημένοι, μορφωμένοι ή καλοί και επιτυχημένοι επιστήμονες. Οφείλουμε να έχουμε κατανοήσει προηγουμένως για ποιο λόγο οι άνθρωποι πιστεύουν σε θεωρίες συνωμοσίας.

Οι θεωρίες συνωμοσίας, και κατ' επέκταση η ψευδοεπιστήμη και τα fake news, προσφέρουν ελκυστικές ερμηνείες για την πραγματικότητα. Η καταφυγή σ' αυτές τις ερμηνείες είναι ένας μηχανισμός άμυνας που διαθέτουμε όλοι απέναντι στο άγνωστο. Όλοι μας είμαστε καχύποπτοι

μπροστά σε όσα δεν γνωρίζουμε ή απέναντι σε όσα φαίνονται να μην εξηγούνται. Μπροστά στο άγνωστο καταφεύγουμε σε πράγματα ήδη γνωστά και οικεία ακόμα κι αν αυτά δεν είναι απολύτως λογικά ή ορθά. Επομένως, όλοι μας είμαστε πιθανά θύματα παραπληροφόρησης και πιθανοί υποστηρικτές θεωριών συνωμοσίας ανεξαρτήτως κοινωνικής ομάδας, ηλικίας και επιπέδου μόρφωσης. Πολλές θεωρίες συνωμοσίας υπαινίσσονται την ύπαρξη κάποιου εξωθεν εχθρού, εθνικού, θρησκευτικού, φυλετικού κ.λπ., και επομένως συχνά κρύβουν δόσεις ρατσισμού. Ωστόσο, υποστηρικτές θεωριών συνωμοσίας εντοπίζονται σε ολόκληρο το πολιτικό φάσμα.

Change my mind στο Reddit

Το Reddit είναι ένα μέσο κοινωνικής δικτύωσης το οποίο βασίζεται στην ανάρτηση και ανταλλαγή απόψεων και νέων. Ως εκ τούτου, οι χρήστες συμμετέχουν σχολιάζοντας ήδη αναρτημένα θέματα ή αναρτώντας νέα θέματα διαλόγου, τα οποία συγκεντρώνουν ψήφους, θετικές ή αρνητικές αναλόγως με την επίδραση και απήχηση που αυτά έχουν. Από την εμφάνισή του το 2005, το Reddit έχει περισσότερους από 300 εκατομμύρια χρήστες. Το r/changemyview είναι ένα από τα «δωμάτια» του reddit στο οποίο ο χρήστης εκφράζει μια άποψη και καλεί τους υπόλοιπους να παρουσιάσουν επιχειρήματα που την καταρρίπτουν. Βασικός κανόνας του δωματίου είναι ο χρήστης να είναι πρόθυμος να αναθεωρήσει την άποψη ή μέρος αυτής δεδομένου ότι θα του έχουν παρουσιαστεί επαρκή επιχειρήματα. Βασικός σκοπός του δωματίου δεν είναι η αντιπαράθεση, αλλά η κατανόηση των διαφόρων οπτικών γύρω από τα θέματα που συζητούνται.

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

ς συνωμοσίας στις διακοπές

Επιπλέον, όλες οι θεωρίες συνωμοσίας στηρίζονται σε (ή επικαλούνται) κάποια πραγματικά γεγονότα, αν και αυτά διαστρεβλώνονται σε μεγάλο βαθμό για να εξυπηρετήσουν τα σενάρια που έχουν στηριχτεί πάνω τους. Για παράδειγμα, οι υποστηρικτές του αντιεμβολιαστικού κινήματος επικαλούνται μια μελέτη που δημοσιεύτηκε τη δεκαετία του 1990 και παρουσίαζε ότι οι εντατικοί εμβολιασμοί των τελευταίων δεκαετιών συσχετίζονται με τα αυξημένα περιστατικά αυτισμού. Η μελέτη αυτή έχει αποδειχθεί ότι ήταν εσφαλμένη και δεκάδες μελέτες που ακολούθησαν δεν έχουν βρει κάποια συσχέτιση. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι τα αυξημένα περιστατικά αυτισμού οφείλονται εν μέρει στην καλύτερη πληροφόρηση και στις διαφορετικές κοινωνικές νόρμες που επιτρέπουν σήμερα, σε αντίθεση με το παρελθόν, τα περιστατικά αυτά να γίνονται αντιληπτά, να καταγράφονται και να παρακολουθούνται. Παρ' όλα αυτά, οι πολέμιοι των εμβολίων συνεχίζουν να επικαλούνται τη συγκεκριμένη μελέτη ή τις πηγές που έχουν στηριχτεί σ' αυτή. Το παράδειγμα αυτό μας δείχνει ότι συχνά η αντιμετώπιση των θεωριών συνωμοσίας δεν μπορεί να στηρίζεται απλώς σε μια παράθεση γεγονότων και πηγών. Επομένως, μια συζήτηση με υποστηρικτές τέτοιων απόψεων δεν μπορεί να είναι διαγωνισμός γνώσεων.

Οι θεωρίες συνωμοσίας είναι παρούσες σε όλη σχεδόν την ιστορία του ανθρώπου και δεν είναι φαινόμενο μόνο του παρόντος. Υπάρχουν, ωστόσο, σήμερα συνθήκες που ευνοούν τη μαζική τους εξάπλωση. Για παράδειγμα, τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης δίνουν σε όλους μας τη δυνατότητα όχι μόνο να δεχόμαστε αλλά και να διακινούμε μεγάλο όγκο πληροφορίας. Η δυνατότητα επιρροής είναι, φυσικά, πολλαπλάσια στην περίπτωση των διασημοτήτων. Μάλιστα, κάποιοι από τους αυτούς έχουν τοποθετηθεί ανοιχτά εναντίον των εμβολίων ή της κλιματικής αλλαγής επηρεάζοντας τεράστιο αριθμό θαυμαστών και δίνοντας μεγάλη δημοσιότητα σ' αυτές τις θεωρίες.

Δεύτερο βήμα: Ευγένεια και χτίσιμο εμπιστοσύνης

Οι βασικότερες προϋποθέσεις για μια παραγωγική συζήτηση είναι ο σεβασμός και η κατανόηση. Είναι αποδεδειγμένο ότι κανείς δεν πρόκειται να μπει στη διαδικασία να επεξεργαστεί αυτά που ακούει όταν έρχεται αντιμέτωπος με απαξία και επιθετικότητα. Ειδικότερα όταν καλείται να αναθεωρήσει εδραιωμένες πεποιθήσεις.

Ειδικό αναφέρουν ότι όταν η κουβέντα γίνεται στο Διαδίκτυο, είναι προτιμότερο να αποφεύγει κανείς τις επισημάνσεις υπό μορφή σχολίων τα οποία είναι ορατά σε όλους και να καταφεύγει σε κατ' ιδίαν σχόλια. Μια τέτοια προσέγ-

γιση είναι πιθανότερο να εμπνεύσει την εμπιστοσύνη στον συνομιλητή και να δείξει ότι η κουβέντα γίνεται με πραγματικό ενδιαφέρον και όχι για να συμβάλει στον δημόσιο εμπαιγμό του. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και σε φυσικές συζητήσεις.

Για να χτιστεί η, απαραίτητη για τον διάλογο, εμπιστοσύνη, είναι χρήσιμο να ξεκινάει κανείς από αυτά στα οποία συμφωνεί. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, όλες οι θεωρίες συνωμοσίας περιέχουν ψήγματα πραγματικότητας τα ο-

ποία μπορούν να αποτελέσουν τη βάση πάνω στην οποία θα συμφωνήσουν οι δύο πλευρές.

Τρίτο βήμα: Αλήθειες, ψέματα και ερωτήσεις

Πάνω σ' αυτά που αποτελούν «αλήθεια» βασίζεται και μία από τις τεχνικές που προτείνονται για την κατασκευή των επιχειρημάτων μας απέναντι στις θεωρίες συνωμοσίας. Η τεχνική λέγεται «truth sandwich», δηλαδή «σάντουιτς αλήθειας» και προτάθηκε από τον γλωσσολόγο και φιλόσοφο George Lakoff. Ο Lakoff πρότεινε αυτή την προσέγγιση για την αντιμετώπιση της προπαγάνδας του Ντόναλντ Τραμπ, ο οποίος διασπείρει ψευδείς ειδήσεις γνωρίζοντας ότι τα λεγόμενα ενός Προέδρου αποτελούν πάντοτε είδηση και κατά συνέπεια έχουν εξασφαλισμένη ευρεία προβολή. Η προσέγγιση του «σάντουιτς αλήθειας» βασίζεται στο ότι οι εσφαλμένες αντιλήψεις συνοδεύονται πάντοτε από τα ευρέως αποδεκτά αληθή γεγονότα που τις διαψεύδουν. Μ' αυτόν τον τρόπο χτίζεται, ουσιαστικά, ένα επιχείρημα που δείχνει ότι η εσφαλμένη αντίληψη είναι πράγματι εσφαλμένη διότι έρχεται σε αντίθεση με όσα γνωρίζουμε και αποδεχόμαστε ως ορθά.

Ένας άλλος συχνά αποτελεσματικός τρόπος είναι η σωματική μέθοδος. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο να θέτουμε στον συνομιλητή μας τις κατάλληλες ερωτήσεις οδηγώντας τον στο σωστό συμπέρασμα. Μ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε να βομβαρδίζουμε τον συνομιλητή με γεγονότα (το οποίο αποδεδειγμένα δεν είναι αποτελεσματικό), ενώ ταυτόχρονα εκμεταλλευόμαστε τη δύναμη της ανακάλυψης: όταν ο συνομιλητής μας νιώσει ότι ανακάλυψε κάτι, εί-

ναι πιθανότερο να το πιστέψει. Επιπλέον, επειδή συνήθως όλοι όσοι πιστεύουν σε σενάρια συνωμοσίας γνωρίζουν περισσότερα από όσα προδίδουν τα λεγόμενά τους, η σωματική μέθοδος βοηθάει τα άτομα αυτά να οδηγηθούν μόνα τους σε αντιφάσεις και να απορρίψουν εσφαλμένες αντιλήψεις.

Τέταρτο βήμα: Η συζήτηση μπορεί να τελειώσει χωρίς νικητή, ακόμη και να αποφευχθεί

Άραγε το άτομο που έχουμε απέναντί μας είναι πρόθυμο να αναθεωρήσει τις απόψεις του ή να ακούσει αυτά που έχουμε να του πούμε; Είναι πολύ σημαντικό να αποδεχτούμε ότι πολλοί δεν θέλουν να αλλάξουν απόψεις όσο κι αν τα γεγονότα τούς διαψεύδουν. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μια ωφέλιμη τακτική είναι η προσπάθεια να κατανοήσουμε τι ακριβώς πιστεύει ο συνομιλητής μας θέτοντας τα κατάλληλα ερωτήματα. Η κατανόηση των απόψεων των άλλων μας βοηθά να οργανώσουμε καλύτερα τα επιχειρήματά μας, ενώ είναι επίσης πιθανό να διαπιστώσουμε ότι οι δικές μας απόψεις έχουν κενά.

Όταν μια συζήτηση γίνεται δυσκολότερη, είναι προτιμότερο να τη σταματά κανείς πριν τα πράγματα γίνουν χειρότερα. Τόσο οι απόψεις των συνομιλητών μας όσο και οι δικές μας έχουν διαμορφωθεί κατά τη διάρκεια μηνών και ετών, επομένως είναι πιθανό να μην αλλάξουν από τη μια στιγμή στην άλλη. Μια συζήτηση μπορεί να βάλει τις βάσεις για μια μελλοντική μετατόπιση απόψεων χωρίς απαραίτητα να οδηγήσει άμεσα σ' αυτή.

Συχνά οι συνομιλητές μας είναι μέλη της οικογένειάς μας ή στενοί φίλοι. Άραγε σε τι βαθμό απειλείται μια τέτοια σχέση από αυτές τις συζητήσεις; Είναι χρήσιμο κανείς να εκτιμήσει αρχικά πόσο θερμά ενστερνίζεται τις θεωρίες συνωμοσίας το οικείο πρόσωπο και πόσο επιβλαβείς είναι αυτές οι απόψεις. Είναι πολύ σημαντικό, τόσο για τη σχέση όσο και για την ψυχική υγεία όλων, να επιλέγει κανείς τις κατάλληλες συζητήσεις στις κατάλληλες περιστάσεις. Συνήθως είναι σημαντικότερο να έχει κανείς ένα ήρεμο κυριακάτικο ή γιορτινό τραπέζι, παρά να τσακώνεται για τη νέα τάξη πραγμάτων και το 5G...

Γ.Κ.

Πηγές

<https://www.technologyreview.com/2020/07/15/1004950/how-to-talk-to-conspiracy-theorists-and-still-be-kind/>

<https://www.abc.net.au/life/how-to-have-a-conversation-with-a-conspiracy-theorist/12228710>

<https://theconversation.com/why-people-believe-in-conspiracy-theories-and-how-to-change-their-minds-82514>



Ένα πανίσχυρο εργαλείο τροποπο

ΛΙΓΑ ΧΡΟΝΙΑ μετά την ανακάλυψη του συστήματος CRISPR-Cas ως εργαλείου τροποποίησης του γενετικού υλικού των οργανισμών είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς μια τεχνολογία με μεγαλύτερη επίδραση στη Βιολογία και την Ιατρική από αυτήν. Θεωρήθηκε η σπουδαιότερη επιστημονική ανακάλυψη των τελευταίων χρόνων και όχι άδικα: η γονιδιωματική επεξεργασία με το εν λόγω σύστημα έχει θεωρητικά απεριόριστες εφαρμογές, με κυριότερη την αντιμετώπιση γενετικών ασθενειών. Ταυτόχρονα, όμως, εγείρει και κρίσιμα βιοηθικά ζητήματα.

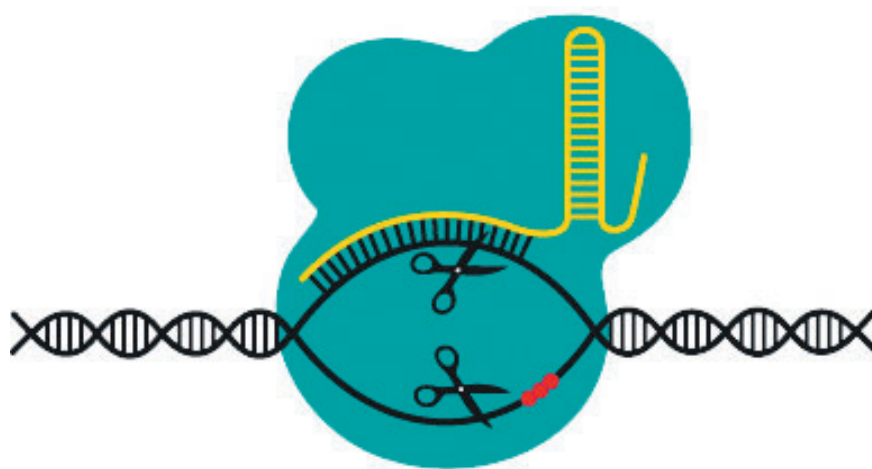
Τροποποίηση του γονιδιώματος: Ένας δρόμος μακρύς και δύσκολος

Η γονιδιωματική τροποποίηση αποτελεί τμήμα της Γενετικής Μηχανικής που σχετίζεται με την εισαγωγή, την απαλοιφή ή την αντικατάσταση τμήματος DNA από το γονιδίωμα ενός οργανισμού. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιούνται ειδικές πρωτεΐνες, οι νουκλεάσες, που δρουν σαν ψαλίδια, τα οποία κόβουν το DNA σε επιλεγμένα σημεία. Την επιδιόρθωση της βλάβης αναλαμβάνουν μηχανισμοί του κυττάρου και το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται μεταλλάξεις στα σημεία αυτά.

Ήδη από τη δεκαετία του 1970 ήταν γνωστές οι βασικές αρχές της Γενετικής Μηχανικής. Οι επιστήμονες μπορούσαν να κόψουν το DNA και να δημιουργήσουν ανασυνδυασμένο που περιείχε κομμάτια γενετικού υλικού από διαφορετικούς οργανισμούς, με επιθυμητές ιδιότητες. Οι φιλοδοξίες των επιστημόνων για την τροποποίηση του γενετικού υλικού και τις ενδεχόμενες εφαρμογές της στην έρευνα και την Ιατρική ήταν πολλές, αλλά ο δρόμος αποδείχθηκε μακρύς και δύσκολος. Η επιστημονική κοινότητα για χρόνια επιχείρησε να εφεύρει μεθόδους παρέμβασης στο γονιδίωμα προκειμένου να κατανοήσει πώς λειτουργούν τα γονίδια και τι επίδραση μπορεί να έχουν οι μεταλλάξεις σ' αυτά. Η ύπαρξη ενζύμων που κόβουν συγκεκριμένα μοτίβα αλληλουχιών στο DNA ήταν ήδη γνωστή, αλλά τα ένζυμα αυτά μπορούν να κόψουν το DNA σε διάφορες περιοχές και επομένως η εξειδίκευσή τους ως προς την αλληλουχία την οποία αναγνωρίζουν αποδείχθηκε περιορισμένη.

Το 1985 ανακαλύφθηκαν οι νουκλεάσες δακτύλων ψευδαργύρου ZFN (Zinc-Finger Nucleases), πρωτεΐνες, δηλαδή, οι οποίες ονομάστηκαν έτσι λόγω της χαρακτηριστικής τρισδιάστατης δομής τους. Οι ZFNs βρέθηκε ότι μπορούν να αναγνωρίσουν και να δεσμευτούν σε συγκεκριμένα σημεία στο DNA, γεγονός που αντιμετωπίστηκε με ενθουσιασμό από την επιστημονική κοινότητα. Με διάφορες τροποποιήσεις αυτές οι νουκλεάσες μπορούν να σπάσουν τη διπλή έλικα του DNA σε επιλεγμένα σημεία. Τα σπασίματα επιδιορθώνονται με τη βοήθεια μηχανισμών που διαθέτουν τα κύτταρα και έτσι προκύπτουν μεταλλάξεις στα επιθυμητά σημεία - στόχους.

Αργότερα ανακαλύφθηκαν οι νουκλεάσες τύπου TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases). Πρόκειται για ένζυμα με ακόμα μεγαλύτερη ειδικότητα ως προς τις αλληλουχίες DNA - στόχους που δρουν με παρόμοιο τρόπο σε σχέση με τις ZFNs. Επομένως, ακόμα ένα «μοριακό ψαλίδι» προστέθηκε στην εργαλειοθήκη των ερευνη-



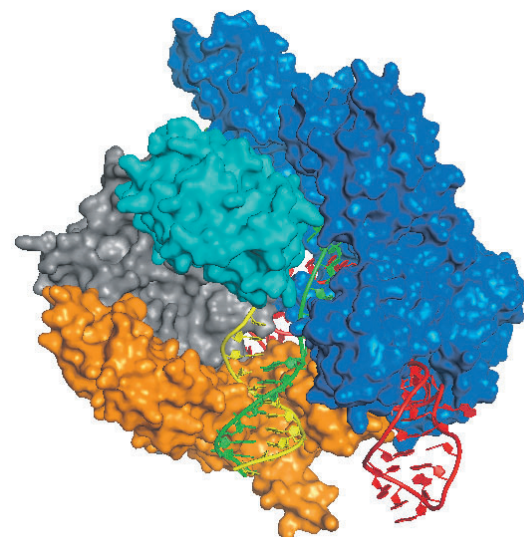
τών. Και οι δύο τεχνολογίες έχουν εφαρμοστεί για τη δημιουργία πληθώρας γενετικά τροποποιημένων φυτών και ζώων [1].

CRISPR-Cas: Μια νέα εποχή στη Γενετική Μηχανική

Όπως αποκαλύπτει και η ονομασία του, το σύστημα αυτό αποτελείται από δύο συστατικά: το CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), που αφορά επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες DNA που βρίσκονται διάσπαρτες στο γενετικό υλικό, και τις πρωτεΐνες Cas, που αποτελούν μια κατηγορία ενζύμων (νουκλεάσες) που κόβουν τα νουκλεϊκά οξέα (DNA ή RNA). Σε αντίθεση με τις προηγούμενες μεθοδολογίες τροποποίησης του γενετικού υλικού, η τεχνολογία CRISPR-Cas παρουσιάζει μεγαλύτερη εξειδίκευση ως προς το DNA - στόχο και θεωρείται πολύ απλή και αξιόπιστη [2]. Πώς όμως ξεκίνησαν όλα;

Οι αλληλουχίες CRISPR εντοπίστηκαν και περιγράφηκαν πρώτη φορά το 1987. Το σύστημα CRISPR-Cas ανακαλύφθηκε αρχικά στα βακτήρια το 2007 και κατόπιν στα αρχαία. Πρόκειται για έναν μηχανισμό άμυνας των βακτηρίων προκειμένου να προστατεύονται από ιικές επιθέσεις. Όταν ένας ιός επιτίθεται σε ένα βακτήριο, το σύστημα CRISPR του βακτηρίου αιχμαλωτίζει τμήμα του γενετικού υλικού του ιού και το ενσωματώνει στο δικό του DNA. Αρχικά το ιικό DNA κόβεται σε κομμάτια και ενσωματώνεται στην αλληλουχία CRISPR του βακτηρίου. Στη συνέχεια οι αλληλου-

Απεικόνιση του συστήματος
CRISPR-Cas (πηγή: Database
Center for Life Science)



Απεικόνιση της κρυσταλλικής
δομής της νουκλεάσης Cas9 τη
στιγμή που «αγκαλιάζει» τη δι-
πλή έλικα του DNA προκαλώ-
ντας σπασίματα (πηγή: Wikime-
dia Commons)

χίες μεταγράφονται, δηλαδή το DNA μετατρέπεται σε RNA, το οποίο κόβεται επίσης σε μικρά κομμάτια, τα CRISPR RNAs. Αυτά ακριβώς τα κομμάτια προσδένονται στις πρωτεΐνες Cas, οι οποίες δρουν σαν μοριακά ψαλίδια. Τα σύμπλοκα αυτά δρουν σαν ανιχνευτές κι όταν ο ίδιος ιός εισβάλλει ξανά στο βακτήριο, τον εξολοθρεύουν άμεσα κόβοντας το γενετικό του υλικό. Έτσι ο ιός - εισβολέας δεν μπορεί να πολλαπλασιαστεί μέσα στο βακτηριακό κύτταρο, το οποίο αποκτά μ' αυτόν τον τρόπο επίκτητη ανοσία από μελλοντικές μολύνσεις από αυτόν.

Όπως σχεδόν όλες οι μεγάλες ανακαλύψεις, έτσι κι αυτή αποτέλεσε προϊόν μακροχρόνιας και επίπονης έρευνας πολλών ερευνητικών ομάδων παγκοσμίως [3]. Πολλοί αφανείς ήρωες, ερευνητές και ερευνήτριες από όλο τον κόσμο, αφοσιώθηκαν με πάθος στην έρευνα γύρω από το σύστημα CRISPR και συνέβαλαν σε σπουδαίες ανακαλύψεις χωρίς τα ονόματά τους να γίνουν γνωστά στο ευρύ κοινό. Ο Ισπανός μικροβιολόγος Francisco Mojica ήταν ο πρώτος που αντιλήφθηκε ότι το σύστημα CRISPR αποτελεί έναν αμυντικό μηχανισμό των βακτηρίων απέναντι στους ιούς. Εργάστηκε πάνω στο συγκεκριμένο ερευνητικό αντικείμενο από το 1993 έως το 2005 και στα συμπεράσματά του βασίστηκαν οι επόμενες μελέτες. Ακολούθησαν πολλές δημοσιεύσεις που συνέβαλαν στην ακριβή περιγραφή του συστήματος CRISPR-Cas και στην πληρέστερη κατανόηση της λειτουργίας του. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι πρώτες σημαντικές ανακαλύψεις γύρω από το σύστημα CRISPR-Cas έγιναν από επιστήμονες που δεν είχαν στο μυαλό τους την τροποποίηση του γονιδιώματος και δεν είχαν σχέση με τη μελέτη ανθρώπινων γενετικών νόσων. Η κινητήριος δύναμη γι' αυτούς υπήρξε η περιέργεια για την κατανόηση του κόσμου και συγκεκριμένα του μικρόκοσμου των μικροοργανισμών ή βιομηχανικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα η αντιμετώπιση των ιών που προσβάλλουν τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή του γιαουρτιού.

Το επόμενο βήμα ήταν η ιδέα ότι το σύστημα CRISPR-Cas μπορεί να μετατραπεί σε πανίσχυρο εργαλείο τροποποίησης του γονιδιώματος. Ο Λιθουανός βιοχημικός Virginijus Siksnys διαπίστωσε πειραματικά ότι το σύστημα αυτό μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα στοχεύοντας οποιαδήποτε αλληλουχία. Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξαν έναν χρόνο μετά, το 2012, η Jennifer Doudna και η Emmanuelle Charpentier. Η ομάδα του Feng Zhang απέδειξε λίγο αργότερα ότι η τροποποίηση των κυττάρων των θηλαστικών με το σύστημα CRISPR-Cas μπορεί να πραγματοποιηθεί σχετικά εύκολα, αναδεικνύοντας τις δυνατότητες για απεριόριστες εφαρμογές, ανάλογες της ανθρώπινης φαντασίας. Με τον τρόπο αυτό εγκαينιάστηκε μια νέα εποχή για τη Γενετική Μηχανική.

Από τότε που έγινε γνωστή η ακριβής δομή και η λειτουργία του συμπλέγματος CRISPR-Cas, αυτό τροποποιήθηκε έτσι ώστε να μπορεί να ψαλιδίζει τα γονιδιώματα σε συγκεκριμένα επιθυμητά σημεία με πολύ μεγάλη ακρίβεια και μικρό κόστος. Η δημιουργία μεταλλάξεων σε μη επιθυμητές θέσεις (αστοχίες), ένα σημαντικό πρόβλημα των τεχνολογιών γονιδιωματικής τροποποίησης, είναι περιορισμένη, ενώ παράλληλα η εργαστηριακή διαδικασία είναι πολύ πιο εύκολη σε σχέση με προηγούμενες

Ίσησης του DNA

Τεχνολογία CRISPR-Cas: Το χρονικό των σημαντικότερων ανακαλύψεων

1993-2005, Francisco Mojica, Πανεπιστήμιο του Αλικάντε, Ισπανία: Χαρακτηρισμός των αλληλουχιών CRISPR, υπόθεση ότι πρόκειται για αμυντικό μηχανισμό των βακτηρίων.

Μάιος 2005, Alexander Bolotin, Εθνικό Ινστιτούτο Αγροτικής Έρευνας της Γαλλίας: Ανακάλυψη σημαντικών συστατικών στο σύστημα CRISPR-Cas του βακτηρίου *Streptococcus thermophilus*.

Μάρτιος 2007, Philippe Horvath, γαλλική εταιρεία Danisco: Πειραματική επιβεβαίωση του αμυντικού ρόλου του CRISPR-Cas στα βακτήρια.

Δεκέμβριος 2008, Luciano Marraffini και Erik Sontheimer, Πανεπιστήμιο Νορθουέστερν, ΗΠΑ: Διαπιστώνεται ότι το CRISPR στοχεύει μόρια DNA και όχι RNA.

Μάρτιος 2011, Emmanuelle Charpentier, Πανεπιστήμιο της Βιέννης, Αυστρία: Ανακάλυψη κι άλλων σημαντικών συστατικών του CRISPR-Cas.

Ιούλιος 2011, Virginijus Siksnys, Πανεπιστήμιο του Βίλνιους, Λιθουανία: Πειραματική επιβεβαίωση ότι τα συστήματα CRISPR-Cas μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα είδη.

Σεπτέμβριος 2012, Virginijus Siksnys, Πανεπιστήμιο του Βίλνιους, Λιθουανία: Προσδιορισμός της λειτουργίας της νουκλεάσης Cas9, τροποποίησή της ώστε να στοχεύει την επιθυμητή περιοχή του DNA.

Ιούνιος 2012, Emmanuelle Charpentier και Jennifer Doudna, Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, ΗΠΑ: Παρόμοια συμπεράσματα με τον Virginijus Siksnys, ακόμα μεγαλύτερη απλοποίηση της διαδικασίας γενωμικής επεξεργασίας. Το άρθρο τους κατατέθηκε προς αξιολόγηση μετά το αντίστοιχο του Virginijus Siksnys, αλλά δημοσιεύτηκε νωρίτερα.

Ιανουάριος 2013, Feng Zhang, Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης, Πανεπιστήμιο Χάρβαρντ, ΗΠΑ: Πρώτη επιτυχημένη απόπειρα γονιδιωματικής τροποποίησης με CRISPR-Cas κυττάρων ανθρώπου και ποντικού.

Αρχές του 2013 μέχρι σήμερα: Δημοσίευση χιλιάδων μελετών ερευνητικών ομάδων από όλο τον κόσμο στις οποίες εφαρμόζεται η τεχνολογία CRISPR-Cas σε διάφορους οργανισμούς: στους μύκητες, στις μύγες, στα σκουλήκια, τα ψαράκια Zebrafish, σε ποντίκια και μαϊμούδες και τέλος στον άνθρωπο.

τεχνικές. Πλέον θεωρείται ένα πανίσχυρο και ταυτόχρονα απλό σύστημα τροποποίησης του γονιδιώματος με ήδη πολυάριθμες χρήσεις σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, όπως στην Ιατρική, τη γεωργία, την έρευνα κ.α.

Από τη γεωργία και τη βιομηχανία στη θεραπεία γενετικών ασθενειών

Είτε πρόκειται για διάγνωση και θεραπεία, είτε πρόκειται για κάτι άλλο, καθημερινά έρχονται στο φως νέες ανακαλύψεις σχετικές με την τεχνολογία CRISPR-Cas. Η τεχνολογία είναι εξαιρετικά απλή, οικονομική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροποποίηση του γονιδιώματος οποιουδήποτε οργανισμού με μεγάλη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα. Η δημιουργία μοντέλων ζώων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που προσομοιάζουν τις ανθρώπινες γενετικές ασθένειες, η παραγωγή γενετικά τροποποιημένων κυττάρων προς χρήση για διάφορες θεραπείες, η δημιουργία ζώων και φυτών με επιθυμητές ιδιότητες και η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι μόνο μερικά παραδείγματα των εφαρμογών της τεχνολογίας CRISPR-Cas.

Στη γεωργία διάφορα είδη φυτών έχουν υποστεί γενωμική επεξεργασία με την τεχνολογία CRISPR-Cas προκειμένου να είναι ανθεκτικά σε παθογόνους οργανισμούς ή σε δύσκολες καιρικές συνθήκες ή για να αυξηθεί η παραγωγή. Οι ένθερμοι υπο-

Έργο του Rocco Baviera
(πηγή: www.harvardmagazine.com)



στηρικτές των εφαρμογών αυτών διακηρύττουν ότι με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία μπορούν να καταπολεμηθούν η έλλειψη τροφής ή οι εξαφανίσεις ειδών που πολλαπλασιάστηκαν λόγω κλιματικής κρίσης.

Στον τομέα της υγείας, η τεχνολογία CRISPR-Cas φαίνεται πολλά υποσχόμενη. Ήδη αναπτύσσονται διαγνωστικά τεστ από διάφορες εταιρείες με σκοπό την εύκολη και γρήγορη διάγνωση μολυσματικών νόσων, βακτηριακών μολύνσεων κ.ά. Μετά από μελέτες σε μοντέλα ζώων με ενθαρρυντικά αποτελέσματα προς την κατεύθυνση της θεραπείας γενετικών νοσημάτων, όπως η δρεπανοκυτταρική αναιμία, ορισμένες αμφιβληστροειδοπάθειες και τύποι καρκίνου, ξεκίνησαν οι κλινικές δοκιμές για την εφαρμογή σε ανθρώπους. Ήδη βρίσκονται σε εξέλιξη σε Ευρώπη και Αμερική κλινικές δοκιμές για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία και τη β-θαλασσαιμία.

Ελπιδοφόρα είναι τα μηνύματα και για τη θεραπεία ορισμένων τύπων καρκίνου. Η τεχνολογία CRISPR-Cas σε συνδυασμό με θεραπεία με κύτταρα του ανοσοποιητικού εφαρμόστηκε σε τρεις ασθενείς με καρκίνο στο αίμα και σάρκωμα. Τα αποτελέσματα για τους εθελοντές ασθενείς ήταν περιορισμένα καθώς βρίσκονταν σε πολύ προχωρημένο στάδιο της νόσου [4]. Ο σκοπός όμως της μελέτης, ο οποίος επετεύχθη, ήταν να αναδειχθεί ότι η τεχνολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με ασφάλεια στην ανοσοθεραπεία για την αντιμετώπιση του καρκίνου.

Ο ασκός του Αιόλου έχει ανοίξει

Γρήγορα έγινε αντιληπτό ότι η τεχνολογία CRISPR-Cas που μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιονδήποτε οργανισμό τροποποιώντας το γονιδίωμα του, άρα και στον άνθρωπο, θα ξεσήκωνε πληθώρα αντιδράσεων αναδεικνύοντας σοβαρά ζητήματα βιοηθικής. Μόλις τρία χρόνια μετά την ανακάλυψή της, τον Μάρτιο του 2015, οι Κινέζοι επιστήμονες χρησιμοποίησαν τη συγκεκριμένη τεχνολογία για να τροποποιήσουν γενετικά ανθρώπινα έμβρυα, ενώ το 2018 ο Κινέζος ερευνητής Χε

Τζιανκούι με την ομάδα του, αφού τροποποίησαν ανθρώπινα έμβρυα έτσι ώστε να είναι ανθεκτικά στον ιό HIV, τα εμφύτευσαν στη μήτρα γυναικών-φορέων του ιού. Το αποτέλεσμα ήταν να γεννηθούν τρία μωρά που έχουν υποστεί γενετική τροποποίηση, με αλλαγές που είναι κληρονομικές χωρίς, φυσικά, τη συναίνεσή τους. Τα γεγονότα αυτά προκάλεσαν παγκόσμια κατακραυγή και οι ιθύνοντες βρέθηκαν αντιμέτωποι με τη Δικαιοσύνη και καταδικάστηκαν σε φυλάκιση και χρηματικά πρόστιμα έναν χρόνο μετά.

Μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας έσπευσε να καταδικάσει τις ενέργειες του Χε Τζιανκούι. Χχηρά ονόματα στον χώρο της Γενετικής Μηχανικής παγκοσμίως, μεταξύ των οποίων και η Emmanuelle Charpentier, με ανοιχτή επιστολή στο περιοδικό «Nature» ζήτησαν την επιβολή μορατόριουμ σε όλες τις κλινικές εφαρμογές της γενετικής τροποποίησης ανθρώπινων κυττάρων που θα μπορούσαν να αλλάξουν το DNA στα γαμετικά κύτταρα ή τα έμβρυα και να οδηγήσουν στη γέννηση γενετικά τροποποιημένων παιδιών [5].

Τον Δεκέμβριο του 2018 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ενέκρινε τη δημιουργία διεπιστημονικού πάνελ εμπειρογνώμων με σκοπό την αντιμετώπιση των επιστημονικών, ηθικών, κοινωνικών και νομικών ζητημάτων που προκύπτουν από τις εφαρμογές της γονιδιωματικής επεξεργασίας σε ανθρώπινα κύτταρα, ενώ λίγους μήνες μετά ανακοίνωσε τη δημιουργία μητρώου προκειμένου να παρακολουθούνται τα εργαστήρια που ασχολούνται με την επεξεργασία του ανθρώπινου γονιδιώματος. Παράλληλα, δεκατρείς εταιρείες κολοσσοί της βιοτεχνολογίας σε κοινή διακήρυξη δεσμεύτηκαν να απαγορεύσουν την τροποποίηση του DNA σε κύτταρα βλαστικής σειράς και να συμμετέχουν σε κλινικά επικυρωμένη θεραπευτική έρευνα σε σωματικά κύτταρα, βάσει πάντοτε των εθνικών ή περιφερειακών κανονισμών [6].

Η τεχνολογία CRISPR-Cas άλλαξε ριζικά την επιστήμη ανοίγοντας νέους ορίζοντες και ελπίδες για πολλαπλά οφέλη στην ανθρωπότητα από τις θεωρητικά απεριόριστες εφαρμογές της. Παράλληλα, όμως, η ορθολογική αξιοποίησή της υπό τον αυστηρό έλεγχο της κοινωνίας και με σεβασμό στον άνθρωπο και στα υπόλοιπα έμβια όντα καθιστά τον εκτενή διάλογο για τη χρήση της επιβεβλημένο και πιο επίκαιρο από ποτέ.

M.T.

Βιβλιογραφία

- Gersbach, C.A., Genome engineering: the next genomic revolution. Nat Methods, 2014. 11(10): p. 1009-11.
- Doudna, J.A. and E. Charpentier, Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. Science, 2014. 346(6213): p. 1258096.
- Lander, E.S., The Heroes of CRISPR. Cell, 2016. 164(1-2): p. 18-28.
- Stadtmauer, E.A., et al., CRISPR-engineered T cells in patients with refractory cancer. Science, 2020. 367(6481).
- Lander, E.S., et al., Adopt a moratorium on heritable genome editing. Nature, 2019. 567(7747): p. 165-168.
- Ελληνική Επιτροπή Βιοηθικής (<http://www.bioethics.gr/>)

ΕΝΑ ΣΠΟΥΔΑΙΟ ΕΠΙΤΕΥΓΜΑ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Τοξίνη βακτηρίων επιστρατεύεται για την τροποποίηση του μιτοχονδριακού DNA

Η ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ του DNA των μιτοχονδρίων αποτελεί ένα ερευνητικό αντικείμενο μεγάλου ενδιαφέροντος καθώς οι πρωτεΐνες που εκφράζονται από αυτό επιτελούν λειτουργίες ζωτικής σημασίας για τα κύτταρα και κατ' επέκταση για τους οργανισμούς. Ερευνητές και ερευνήτριες από το Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον των ΗΠΑ, με επικεφαλής τον βιολόγο Joseph Mougous, ανακάλυψαν ένα νέο εργαλείο που μπορεί να τροποποιήσει το μιτοχονδριακό DNA σε επιλεγμένα σημεία. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους γεννούν ελπίδες για την καλύτερη κατανόηση και θεραπευτική αντιμετώπιση των μιτοχονδριακών ασθενειών.

Μιτοχόνδρια: Οργανίδια ζωτικής σημασίας

Τα μιτοχόνδρια θεωρείται ότι είναι προϊόν ενδοσυμβίωσης ανάμεσα στους προγόνους των κυττάρων μας και σε βακτήρια. Τα βακτήρια κατόρθωσαν να επιβιώσουν στο εσωτερικό των κυττάρων και σταδιακά μετατράπηκαν σε οργανίδια του, τα μιτοχόνδρια. Τα συγκεκριμένα οργανίδια αποτελούν τα εργοστάσια παραγωγής της ενέργειας των κυττάρων. Μπορεί να είναι εκατοντάδες ή και χιλιάδες μέσα σε ένα κύτταρο, αναλόγως τη λειτουργία του. Είναι υπεύθυνα για τη μετατροπή των θρεπτικών συστατικών σε χημική ενέργεια που τροφοδοτεί τον μεταβολισμό του κυττάρου μέσω της διαδικασίας της κυτταρικής αναπνοής. Επιπρόσθετα, συμμετέχουν και σε άλλες σημαντικές λειτουργίες που πραγματοποιούνται μέσα στο κύτταρο, όπως ο μεταβολισμός της χοληστερόλης και η σύνθεση ορμονών και νευροδιαβιβαστών. Εκτός από απαραίτητα για την επιβίωση των κυττάρων, τα μιτοχόνδρια είναι επιφορτισμένα και με την εκτέλεση του κυτταρικού θανάτου, όπου αυτό είναι επιβεβλημένο, μέσω μιας φυσιολογικής, προγραμματισμένης και αυστηρά ελεγχόμενης διαδικασίας.

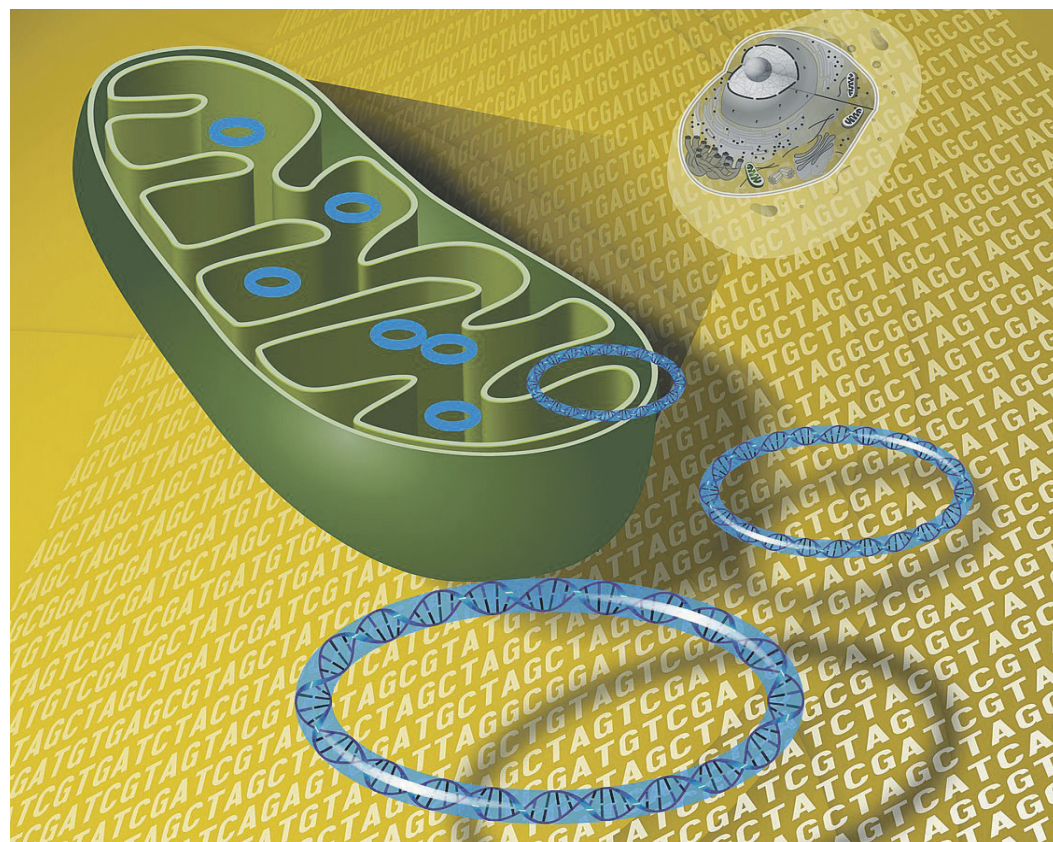
Το μιτοχονδριακό DNA περιέχει 37 γονίδια, ένας αριθμός αρκετά μικρός σε σχέση με το DNA του πυρήνα των κυττάρων, που φέρει περίπου 30.000 γονίδια. Το μιτοχόνδριο εξαρτάται και από πρωτεΐνες του πυρηνικού DNA, γι' αυτό έχει χαρακτηριστεί και ως «ημιαυτόνομο οργανίδιο». Αν κάποιο από τα γονίδια του μιτοχονδριακού DNA φέρει παθολογικές μεταλλάξεις, τότε επιβαρύνεται σημαντικά η σωστή λειτουργία τους. Μεταλλάξεις στο μιτοχονδριακό DNA συντελούν στην εμφάνιση σοβαρών ασθενειών με συχνότητα εμφάνισης περίπου 1 στα 5.000 άτομα, όπως η οπτική νευροπάθεια κατά Leber ή το σύνδρομο MELAS (Mitochondrial Encephalomyopathy, Lactic Acidosis, And Stroke-Like Episodes). Οι μιτοχονδριακές ασθένειες ξεκινούν από τη γέννηση και επιβαρύνουν σημαντικά την υγεία των ασθενών.

Η τροποποίηση του μιτοχονδριακού DNA είναι πλέον εφικτή

Μέχρι στιγμής, η μελέτη των μιτοχονδριακών ασθενειών και η μοντελοποίησή τους περιοριζόταν σημαντικά από τα διαθέσιμα ερευνητικά εργαλεία. Οι ερευνητές μπορούσαν να απαλλάγουν από μεταλλάξεις του μιτοχονδριακού DNA, αλλά δεν μπορούσαν να επιδιορθώσουν μια μετάλλαξη με ακρί-

Πηγές

1. Mok, B.Y., et al., A bacterial cytidine deaminase toxin enables CRISPR-free mitochondrial base editing. Nature, 2020.
2. Aushev, M. and M. Herbert, Mitochondrial genome editing gets precise. Nature, 2020.



βεια χωρίς να επηρεαστούν άλλα γονίδια. Οι τεχνικές γονιδιωματικής τροποποίησης, με κυριότερο παράδειγμα την ιδιαίτερα δημοφιλή τεχνολογία CRISPR-Cas, μπορούν να στοχεύσουν και να τροποποιήσουν επιθυμητές περιοχές του DNA που βρίσκεται στον πυρήνα των κυττάρων, εκεί που αποθηκεύεται η πλειονότητα των γενετικών πληροφοριών. Το γενετικό υλικό των μιτοχονδρίων όμως παρέμενε για καιρό απροσπέλαστο: το μόριο RNA, μέρος του συμπλόκου CRISPR-Cas, που αποτελεί τον «οδηγό» για τον εντοπισμό της επιθυμητής αλληλουχίας DNA, δεν μπορεί να διαπεράσει το εξωτερικό περίβλημα του μιτοχονδρίου. Επομένως, η διάσημη τεχνολογία CRISPR-Cas, που έχει σχεδόν μονοπωλήσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας που ασχολείται με τη Γενετική Μηχανική, φαινόταν στην περίπτωση του μιτοχονδριακού DNA άχρηστη. Προγενέστερα συστήματα γονιδιωματικής τροποποίησης, όπως οι πρωτεΐνες TALENs, μπορούσαν να περιορίσουν τις μεταλλάξεις σε μιτοχόνδρια κυττάρων, καταστρέφοντας όμως το μιτοχονδριακό DNA.

Τα τελευταία δύο χρόνια η επιστημονική ομάδα του Joseph Mougous ασχολήθηκε με τη μελέτη μιας τοξίνης που παράγεται από βακτήρια όταν αυτά επιτίθενται σε άλλα βακτήρια. Πρόκειται για τοξίνη που εκκρίνεται από το βακτήριο Burkholderia Cepaciae προκακωμένου να σκοτώσει άλλους ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς. Ο τρόπος δράσης της τοξίνης κίνησε αμέσως το ενδιαφέρον των ερευνητών: η τοξίνη στόχευε το DNA του ανταγωνιστικού βακτηρίου και το τροποποιούσε με τέτοιο τρόπο ώστε αυτό κατέληγε να αποσυντεθεί. Η τοξίνη, που ονομάστηκε DddA, παρουσίασε πολύ ενδιαφέρουσες και ασυνήθιστες ιδιότητες. Σε αντίθε-

ση με παρόμοιες τοξίνες, μπορεί να τροποποιήσει τη διπλή έλικα του DNA μετατρέποντας την κυτοσίνη σε ουρακίλη και να δημιουργήσει μεταλλάξεις. Παρ' όλο που ο αρχικός στόχος δεν σχετιζόταν με τη γονιδιωματική τροποποίηση, αλλά με την κατανόηση της αλληλεπίδρασης των βακτηρίων, οι ερευνητές αντλήθηκαν αμέσως τις σημαντικές προεκτάσεις της ανακάλυψής τους.

Ακολούθησε μια σειρά πειραμάτων στα οποία η τοξίνη υπέστη επεξεργασία έτσι ώστε να μην είναι τοξική για τα κύτταρα των θηλαστικών και να μπορεί να εισέλθει στα μιτοχόνδριά τους και να τροποποιήσει το μιτοχονδριακό DNA. Ακόμα ένα σημαντικό εύρημα αποτελεί η περιορισμένη «αστοχία» που συχνά παρατηρείται στις τεχνολογίες γονιδιωματικής τροποποίησης: η επεξεργασμένη τοξίνη έδρασε μόνο μέσα στα μιτοχόνδρια, αφήνοντας ανεπηρέαστο το πυρηνικό DNA και, πλην ελάχιστων εξαιρέσεων, τροποποίησε τα γονίδια - στόχους. Η επιστημονική ομάδα δημοσίευσε τα αποτελέσματά της στο περιοδικό «Nature» στις 8 Ιουλίου.

Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός και από τους ίδιους τους συγγραφείς ότι το εργαλείο που περιγράφουν επιδέχεται σημαντικές βελτίωσης μέσα από προσεγγίσεις που ενδέχεται να είναι δύσκολες και χρονοβόρες. Ωστόσο, τα αποτελέσματά τους θα αποτελούν σημείο αναφοράς για μελλοντικά ερευνητικά εγχειρήματα που σχετίζονται με τη βιολογία των μιτοχονδρίων και τη γενετική των μιτοχονδριακών ασθενειών. Το νέο εργαλείο γενετικής τροποποίησης αναμένεται να διευκολύνει πολύ την μελέτη των μιτοχονδριακών ασθενειών και να συντελέσει στην ανάπτυξη καινοτόμων θεραπειών.

M.T.

ΠΟΤΕ ΣΤΑΜΑΤΑΜΕ να θεωρούμαστε «νέοι»; Πώς αλλάζουν οι αντιλήψεις μας για την ηλικία όσο μεγαλώνουμε; Μια εφαρμογή που δείχνει πώς μπορεί να μοιάζουμε σε σαράντα χρόνια λειτουργεί σαν υπενθύμιση της νεότητάς μας ή της θνητότητάς μας;

Ερευνητές των τμημάτων Ψυχολογίας στα Πανεπιστήμια του Στάνφορντ, του Μίσιγκαν και του Σεντ Τόμας στις ΗΠΑ δημοσίευσαν το 2018 έρευνα στην οποία είχαν στόχο να εντοπίσουν την αντίληψη της ηλικίας σε διαφορετικές φάσεις της ζωής, καθώς και ποιες είναι οι ηλικίες στις οποίες θεωρούμε ότι περνάμε από τη μία φάση στην άλλη, για παράδειγμα πότε θεωρείται κάποιος ηλικιωμένος. Η έρευνα περιλάμβανε δείγμα 502.548 ατόμων ηλικίας από 10 έως 89 ετών συνιστώντας τη μεγαλύτερη έρευνα του είδους μέχρι εκείνη τη στιγμή. Η έρευνα διεξήχθη διαδικτυακά από το 2006 έως το 2015. Οι συμμετέχοντες ήταν στην πλειονότητά τους από τις ΗΠΑ, με τις γυναίκες να αποτελούν το 69,1% του δείγματος.

Οι ερευνητές προσπάθησαν να εντοπίσουν τις αντιλήψεις των ανθρώπων για την ηλικία μέσα από τις αξιολογήσεις που εκείνοι συνδέουν με διαφορετικές ηλικίες, αναφέροντας την ιδανική τους ηλικία, την ηλικία που αισθάνονται ότι έχουν, την ηλικία που ελπίζουν ότι θα φτάσουν και την ηλικία που θεωρούν οι άλλοι ότι έχουν. Οι ηλικιωμένοι ενήλικες ανέφεραν ότι αντιλαμβάνονται τους εαυτούς τους ως μεγάλους, αλλά σε κάθε περίπτωση νεότερους από την πραγματική τους ηλικία. Επίσης, τοποθετούσαν την ηλικία στην οποία προκύπτει η μετάβαση σε άλλο ηλικιακό στάδιο, αργότερα στη ζωή. Αυτό το τελευταίο ήταν πιο έντονο για τις μεταβάσεις που σχετίζονταν με τη μέση ηλικία απ' ό,τι μεταβάσεις που λαμβάνουν χώρα στη νεότερη ενήλικη ζωή. Επίσης, ανέφεραν ότι οι άλλοι άνθρωποι τους θεωρούν νεότερους απ' ό,τι είναι στην πραγματικότητα. Οι μεγαλύτεροι σε ηλικία συμμετέχοντες ανέφεραν μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής σε σχέση με τους νεότερους συμμετέχοντες, γεγονός που συνδέεται με τα κίνητρα των ανθρώπων για αυτοσυντήρηση καθώς και με αμυντικές συμπεριφορές ως προς την υπενθύμιση της θνητότητας. Η ηλικία στην οποία αναφέρουν οι συμμετέχοντες ότι ελπίζουν να φτάσουν αυξάνεται δραματικά μετά τα 40 έτη.

Η συγκεκριμένη έρευνα προσέφερε καλύτερη εποπτεία στο πώς η διαδικασία της γήρανσης μπορεί να επηρεάζει τις κρίσεις για τον εαυτό και για τους άλλους. Όσο οι άνθρωποι μεγαλώνουν πλησιάζουν όλο και περισσότερο σε ένα στιγματισμένο ηλικιακό γκρουπ, τους ηλικιωμένους. Ως αποτέλεσμα, προσπαθούν να αποστασιοποιηθούν ψυχολογικά από το γκρουπ αυτό με συμπεριφορές όπως αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω. Τα αποτελέσματα της έρευνας συνάδουν με παλιότερες μελέτες που υποστηρίζουν ότι οι ενήλικες αναφέρουν ότι αισθάνονται νεότεροι από την πραγματική τους ηλικία κι αυτό το φαινόμενο αυξάνεται όσο αυξάνεται η ηλικία. Για παράδειγμα, έρευνα που δημοσιεύτηκε το 2009 είχε δείξει ότι οι άνθρωποι 18-29 ετών θεωρούσαν ότι κάποιος είναι ηλικιωμένος στην ηλικία των 60 ετών, ενώ άτομα άνω των 65 ετών ανέφεραν ότι κάποιος είναι ηλικιωμένος μετά τα 74 έτη.

Η προσπάθεια του ανθρώπου να αποσυνδεθεί ψυχολογικά από το στίγμα που συνοδεύει τη γηρατειά, τα οποία συχνά συνδέονται με αδυναμία και ασθένειες, δεν προκαλεί έκπληξη. Το να αισθανόμαστε νεότεροι φαίνεται να σχετίζεται με μια πληθώρα πλεονεκτημάτων για την υγεία και την ευεξία. Υπάρχει άραγε τρόπος να φανταστούμε το μέλλον και τον γερασμένο εαυτό μας χωρίς αυτό να γεννά αρνητικά συναισθήματα;

Ο Ντόριαν Γκρέι δεν χρειάζεται πια πορτρέτο, έχει FaceApp



Έρευνες στο πεδίο των Νευροεπιστημών έχουν αναδείξει εντυπωσιακές ομοιότητες στον μηχανισμό μέσω του οποίου ο εγκέφαλος θυμάται το παρελθόν και φαντάζεται ή προσομοιάζει το μέλλον. Η φαντασία επιτρέπει στον ανθρώπινο εγκέφαλο να φανταστεί διαφορετικά σενάρια για το μέλλον, με πρωταρχικό στόχο να αποφασίσει ποια πορεία δράσης θα εξασφαλίσει την επιβίωσή του. Εκτός όμως από το ζήτημα της επιβίωσης, η ανθρώπινη φαντασία επέτρεψε στον άνθρωπο να φανταστεί ένα καλύτερο μέλλον και να εργαστεί για να το δημιουργήσει. Τη δυνατότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου να χρησιμοποιεί τα στοιχεία που έχει για να φανταστεί πώς θα μοιάζει το μέλλον φαίνεται να μιμείται η δημοφιλής εφαρμογή επεξεργασίας εικόνας FaceApp. Η εφαρμογή, που χρησιμοποιεί Τεχνητή Νοημοσύνη, μπορεί να επεξεργαστεί μια σημερινή φωτογραφία για να σου αποκαλύψει πώς θα μοιάζεις σε σαράντα χρόνια. Η εφαρμογή όμως δεν σταματά εκεί. Μπορεί ακόμα να γυρίσει πίσω τον χρόνο και να δείξει πώς πιστεύει ότι ήσουν νεότερος ή νεότερη, ενώ η τελευταία δυνατότητά της σου δείχνει πώς θα έμοιαζες αν ήσουν άτομο άλλου φύλου.

Η εφαρμογή, παρ' όλο που έχει κατηγορηθεί ότι συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα των χρηστών για διαφημιστικούς και άλλους σκοπούς, είναι ιδιαίτερα δημοφιλής, καθώς διάσημοι καλλιτέχνες κατακλύζουν τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης με παραλλαγές του εαυτού τους. Ωστόσο, όσο διασκεδαστική και αθώα κι αν φαίνεται η χρήση της εφαρμογής, μπορεί να έχει ψυχολογικές επιπτώσεις στους χρήστες, τόσο θετικές όσο και αρνητικές. Με μια πρώτη ανάγνωση, τα φίλτρα αυτά μπορεί να βοηθήσουν τον χρήστη να συμβιβαστεί με τα χρόνια που περνούν και τη διαδικασία της γήρανσης,

αλλά ταυτόχρονα μπορεί να ενισχύει τη ματαιοδοξία του. Για τον χρήστη που τώρα είναι νέος τονίζει τη νιότη αυτή. Η αντιπαράθεση με τον ενενηντάχρονο εαυτό μας κάνει τον σαραντάχρονο που είμαστε σήμερα να λάμπει ακόμα περισσότερο. Αν ο ναρκισσισμός είναι μία από τις αμαρτίες της εποχής μας, το μαγικό γερασμένο πορτρέτο μας θα έχει πολλές ρυτίδες.

Στη σημερινή κοινωνία τα γηρατειά είναι κάτι που οι περισσότεροι προσπαθούν να ξεорκίσουν. Παρ' όλο που οι άνθρωποι ζουν περισσότερο, με καλύτερη υγεία, φαίνεται να είμαστε λιγότερο συμβιβασμένοι με την ιδέα των γηρατειών και του θανάτου. Η εφαρμογή μπορεί από τη μία να εντείνει την ιδέα ότι το να γερνά κανείς είναι ανεπιθύμητο, αλλά μπορεί ταυτόχρονα να βοηθά να συμβιβαστούμε με το πέρασμα του χρόνου. Να λειτουργήσει σαν μια υπενθύμιση ότι δεν θα είμαστε για πάντα ο νεανικός, σφριγηλός εαυτός μας του 2020 όποια ηλικία κι αν έχουμε τη χρονιά αυτή. Ο εαυτός που επιβίωσε από έναν θανατηφόρο ιό και μια πανδημία. Ο εαυτός που δεν χρειάζεται, σαν άλλος Ντόριαν Γκρέι, ένα πορτρέτο για να γερνάει στη θέση του. Όπως λέει και μια φράση που αποδίδεται (μάλλον λανθασμένα) στον Φράνσις Μπέικον, «Ποτέ δεν θα είμαι ηλικιωμένος. Για μένα τα γηρατειά είναι πάντα 15 χρόνια μετά την ηλικία μου». Φέτος, όποια ηλικία κι αν έχουμε, ας φορέσουμε κίτρινα βατραχοπέδιλα και πολύχρωμα μαγιό κι ας βουτήξουμε με φόρα στη θάλασσα. Ποτέ δεν θα ξαναμάστε τόσο νέοι! Καλό καλοκαίρι!

Λ.Α.

Περισσότερες πληροφορίες

Front. Psychol., 01 February 2018 |
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00067>

Ο Θαλής και το θεώρημά του: Μύθοι και σκοπιμότητες

ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ του 19ου αιώνα διαμορφώνεται μια ιδεολογία που σήμερα αποκαλείται «ευρωκεντρισμός». Η ιδεολογία αυτή ανάγει την Ευρώπη σε ενεργητικό υποκείμενο της επιστημονικής πρόοδου και προβάλλει την ευρωπαϊκή σκέψη και τις πολιτιστικές της παραγωγές ως ανώτερες εκείνων των άλλων λαών με διάφορες, κατά περίπτωση, αιτιολογίες. «Νομιμοποιεί» έτσι την πολιτιστική επικυριαρχία των ευρωπαϊκών επί των μη ευρωπαϊκών χωρών και την αποικιοκρατική κατοχή και εκμετάλλευσή τους.

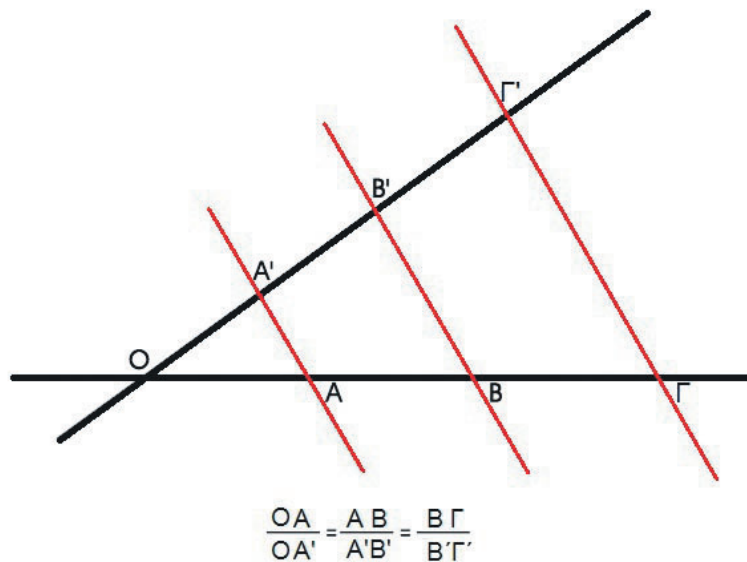
Κομβικό στοιχείο αυτής της ιδεολογίας αποτέλεσε ο αρχαιοελληνικός πολιτισμός, ο οποίος, απογυμνωμένος από τις καταβολές και το πλαίσιο ανάπτυξής του, αναγορεύτηκε σε ιδρυτικό του ευρωπαϊκού πολιτισμού. Στο πλαίσιο αυτό, τα αρχαιοελληνικά Μαθηματικά αναδείχθηκαν ως μια αυτόνομη δημιουργία, αποκλειστική παραγωγή της ελληνικής σκέψης, η οικοδόμηση των οποίων ανάγεται στο απώτατο δυνατό παρελθόν με αντίστοιχη υποτίμηση των αιώνες προγενέστερων βαβυλωνιακών (30ός αιώνας π.Χ.) και αιγυπτιακών (20ός αιώνας π.Χ.) μαθηματικών γνώσεων. Η ανάπτυξη των Μαθηματικών θεωρήθηκε έτσι ως αποκλειστική επινοήση της ευρωπαϊκής σκέψης και δομικό στοιχείο του ευρωπαϊκού πολιτισμού. Μόνο που εδώ και κάποια χρόνια η ιδεολογία αυτή αντιμετωπίζει ιστορικά τεκμηριωμένες αμφισβητήσεις από τις αντιαποικιακές και αντιρατσιστικές προσεγγίσεις στην Ιστορία των Μαθηματικών.

Στην «ευρωκεντρική» γραφή της Ιστορίας των Μαθηματικών αναγορεύτηκε ιδρυτική μορφή των αρχαιοελληνικών μαθηματικών ο Θαλής ο Μιλήσιος, ο οποίος τον 6ο αιώνα π.Χ. διατυπώνει, και σε κάποιες εκδοχές αποδεικνύει, μεταξύ άλλων, και το «Θεώρημα του Θαλή».

Ως «Θεώρημα του Θαλή» εμφανίζεται από το τέλος του 19ου αιώνα και εξής σε βιβλία Γεωμετρίας της Γαλλίας η ακόλουθη γεωμετρική πρόταση: «Όταν δύο ή περισσότερες παράλληλες ευθείες τέμνουν δύο άλλες ευθείες, τότε τα τμήματα που ορίζονται στη μία ευθεία είναι ανάλογα προς τα αντίστοιχα τμήματα που ορίζονται στην άλλη ευθεία γραμμή». Ως «Θεώρημα του Θαλή» εμφανίζεται επίσης η ειδικότερη περίπτωση της πρότασης αυτής: «Αν σε ένα τρίγωνο φέρουμε μια ευθεία παράλληλη σε μία από τις πλευρές του, αυτή θα τέμνει τις άλλες δύο πλευρές του τριγώνου σε μέρη ανάλογα». Η απόδοση της πρότασης αυτής στον Θαλή συνοδεύεται από τον μύθο ότι με την εφαρμογή της υπολόγισε το ύψος της Μεγάλης Πυραμίδας της Αιγύπτου από το μήκος της σκιάς της κατ' αναλογία με το ύψος και το μήκος της σκιάς μιας ράβδου.

Αντίθετα, σε βιβλία Γεωμετρίας της Γερμανίας της ίδιας περιόδου ως «Θεώρημα του Θαλή» αναφέρεται η γεωμετρική πρόταση: «Αν Α, Β, Γ είναι σημεία σε έναν κύκλο και η γραμμή ΑΓ είναι διάμετρος του κύκλου, τότε η γωνία ΑΒΓ είναι ορθή». Αυτή την εκδοχή του «Θεωρήματος του Θαλή» αναφέρουν αρχικά και τα ελληνικά βιβλία Γεωμετρίας των αρχών του 20ού αιώνα, αλλά αργότερα υιοθετούν τη γαλλική εκδοχή.

Οι μυθοπλασίες και τα ιστορικά δεδομένα είναι αξεδιάλυτα τόσο για τα συγκεκριμένα θεωρήμα-



τα της Γεωμετρίας όσο και για τα μαθηματικά επιτεύγματα του Θαλή. Έργα του Θαλή, αν υπήρξαν, δεν έχουν σωθεί και ό,τι γνωρίζουμε γι' αυτόν προέρχεται από αναφορές άλλων συγγραφέων, αιώνες μεταγενέστερων της εποχής του. Οι αναφορές αυτές, παρά τις αντιφάσεις τους, συμπιπτουν στα ακόλουθα γεγονότα. Ο Θαλής ήταν φοινικικής καταγωγής, έζησε στη Μίλητο της Ιωνίας τον 6ο π.Χ. αιώνα, ταξίδεψε στην Αίγυπτο και μελέτησε με τους ιερείς της και στον ελληνόφωνο κόσμο της εποχής του θεωρούνταν πολυμαθής (σοφός).

Κύριος δημιουργός της πλούσιας μυθοπλασίας για τον Θαλή είναι ο ιστοριογράφος Διογένης ο Λαέρτιος, για τον οποίο, πέρα από το όνομά του, δεν είναι γνωστό κανένα άλλο στοιχείο. Πιθανολογείται ότι έζησε τον 3ο αιώνα μ.Χ. και έχει διασωθεί το έργο του «Βίοι και γνώμαι» αρχαίων φιλοσόφων βασισμένων κατά τον συγγραφέα σε έργα παλιότερων ιστοριογράφων. Στο έργο αυτό ιστορείται μια βιογραφία του Θαλή (γραμμένη 900 χρόνια μετά την εποχή του) στην οποία περιλαμβάνεται και ο μύθος για τη μέτρηση της πυραμίδας, ενώ καταγράφεται και μια αναφορά της ιστοριογράφου Παμφίλης της Επιδαύρου (1ος αιώνας μ.Χ.) ότι ο «πρώτος ο Θαλής κατόρθωσε να εγράψει ορθογώνιο τρίγωνο σε κύκλο». Αυτή η γεωμετρική πρόταση, στη γενικευμένη διατύπωσή της, ονοματίστηκε επίσης, όπως προαναφέρθηκε, «Θεώρημα του Θαλή». Ο μύθος της μέτρησης του ύψους της πυραμίδας αναπαράγεται από τον Ρωμαίο συγγραφέα Πλίνιο τον Πρεσβύτερο στο εγκυκλοπαιδικό έργο του «Φυσική Ιστορία» (1ος αιώνας μ.Χ.) χωρίς καμία αναφορά σε πηγές και επαναλαμβάνεται στο έργο «Ηθικά» του Πλούταρχου (1ος – 2ος αιώνας μ.Χ.).

Πέρα όμως από τα υποτιθέμενα θεωρήματα, ποια είναι τα μαθηματικά επιτεύγματα του Θαλή για τα οποία οι Ιστορίες των Μαθηματικών τον κατατάσσουν πρώτο στη σειρά των πρωταγωνιστών της οικοδόμησης των αρχαίων ελληνικών Μαθηματικών;

Η μοναδική πηγή πληροφόρησης είναι τα σχόλια στο πρώτο βιβλίο των Στοιχείων του Ευκλείδη,

το οποίο έγραψε χίλια χρόνια μετά την εποχή του Θαλή (5ος αιώνας μ. Χ.) ο νεωπλατωνικός φιλόσοφος Πρόκλος, βασισμένα κατά δήλωσή του σε μια Ιστορία των Μαθηματικών του μαθητή του Αριστοτέλη Εύδημου (4ος ή 3ος αιώνας π.Χ.) η οποία δεν έχει διασωθεί. Γράφει λοιπόν ο Πρόκλος με την επιφύλαξη «λέγεται ότι...» «πρώτος ο Θαλής απέδειξε ότι η διάμετρος διχοτομεί τον κύκλο» και «πρώτος εκείνος επισήμανε και είπε ότι οι γωνίες της βάσης κάθε ισοσκελούς (:) είναι ίσες», «όπως αναφέρει ο Εύδημος ο Θαλής βρήκε πρώτος το θεώρημα ότι οι κατά κορυφήν γωνίες είναι ίσες, την επιστημονική απόδειξη όμως έδωσε ο Στοιχειωτής (Ευκλείδης)» και «ο Εύδημος στις Γεωμετρικές Ιστορίες αποδίδει στον Θαλή αυτό το θεώρημα (αν δύο τρίγωνα έχουν μια πλευρά ίση και τις προσκείμενες γωνίες ίσες μία προς μία, τότε είναι ίσα). Λένε μάλιστα ότι το χρησιμοποίησε για να μετρήσει την απόσταση των πλοίων στη θάλασσα».

Με βάση αυτές τις «από τρίτο χέρι» πληροφορίες, ιστορικοί των Μαθηματικών, όπως ο Van Der Waerden («Η αφύπνιση της επιστήμης», 1950) καταλήγουν στο αυθαίρετο συμπέρασμα ότι ο Θαλής «ανέπτυξε μια συστηματική λογική έκθεση των Μαθηματικών» και εισήγαγε την απόδειξη στη Γεωμετρία. Σύγχρονοι ιστορικοί των Μαθηματικών υποστηρίζουν πως δεν μπορεί να γίνει λόγος για αποδείξεις γεωμετρικών προτάσεων από τον Θαλή γιατί εκείνη την εποχή (6ος αιώνας π.Χ.) έλειπε η αξιωματική συγκρότηση των Μαθηματικών στο πλαίσιο της οποίας είναι δυνατή μια μαθηματική απόδειξη. Ο μύθος, όμως, του Θαλή ως ιδρυτή των αρχαίων ελληνικών Μαθηματικών, άρα προπάτορα των Ευρωπαίων μαθηματικών, έχει ήδη εδραιωθεί και διαδοθεί.

Ιστορικοί των Μαθηματικών έχουν διατυπώσει την άποψη ότι το αποκαλούμενο «Θεώρημα του Θαλή» στην όποια εκδοχή του, όπως και η ιστορία της μέτρησης του ύψους της πυραμίδας με εφαρμογή ιδιοτήτων της ομοιότητας τριγώνων, είναι κατασκευές που επινοήθηκαν αιώνες μετά τη εποχή που έζησε και έδρασε ο Θαλής από αμφιλεγόμενους ιστοριογράφους, όπως ο Διογένης ο Λαέρτιος.

Οι κατασκευές αυτές επαναδιατυπώθηκαν και προβλήθηκαν στο τέλος του 19ου αιώνα από Ευρωπαίους ιστορικούς των Μαθηματικών για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Το ίδιο ισχύει και για τον ισχυρισμό κάποιων ιστορικών των Μαθηματικών ότι ο Θαλής εισήγαγε την έννοια της απόδειξης στα Μαθηματικά εγκαινιάζοντας το λεγόμενο «αρχαιοελληνικό μαθηματικό θαύμα», «ένα από τα πιο καταπληκτικά επιτεύγματα της ανθρώπινης σκέψης» (Thomas, I. «Greek mathematics works», 1939).

Φαίνεται ότι οι μύθοι, όταν εξυπηρετούν σκοπιμότητες, είναι ισχυρότεροι της Ιστορίας και η περίπτωση του «Θεωρήματος του Θαλή» είναι χαρακτηριστική.

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΧΑΣΑΠΗΣ,

ομότιμος καθηγητής Μαθηματικής
Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Εκπαίδευσης
και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία

