



Ηράκλειο 19/8/2019

ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ

Ερευνητές του ΙΤΕ ρίχνουν φως στη λειτουργία εγκεφαλικών κυττάρων, θέτοντας υπό αμφισβήτηση την υπάρχουσα θεωρία



Νέα ανακάλυψη ερευνητών του ΙΤΕ που δημοσιεύτηκε πρόσφατα στο έγκριτο επιστημονικό περιοδικό **Nature Communications** ρίχνει φως στον τρόπο λειτουργίας των ενδονευρώνων ταχείας πυροδότησης, ενός τύπου ανασταλτικών νευρώνων στον εγκέφαλο μας. Η παρούσα έρευνα αποκαλύπτει τον τρόπο με τον οποίο τα κύτταρα αυτά ενσωματώνουν τα ερεθίσματα που δέχονται με τη χρήση πολύπλοκων, μη γραμμικών υπολογισμών στους δενδρίτες τους, αποτέλεσμα που προσβάλλει την υπάρχουσα θεωρία που θέλει τους ενδονευρώνες να έχουν

απλούς, γραμμικούς δενδρίτες.

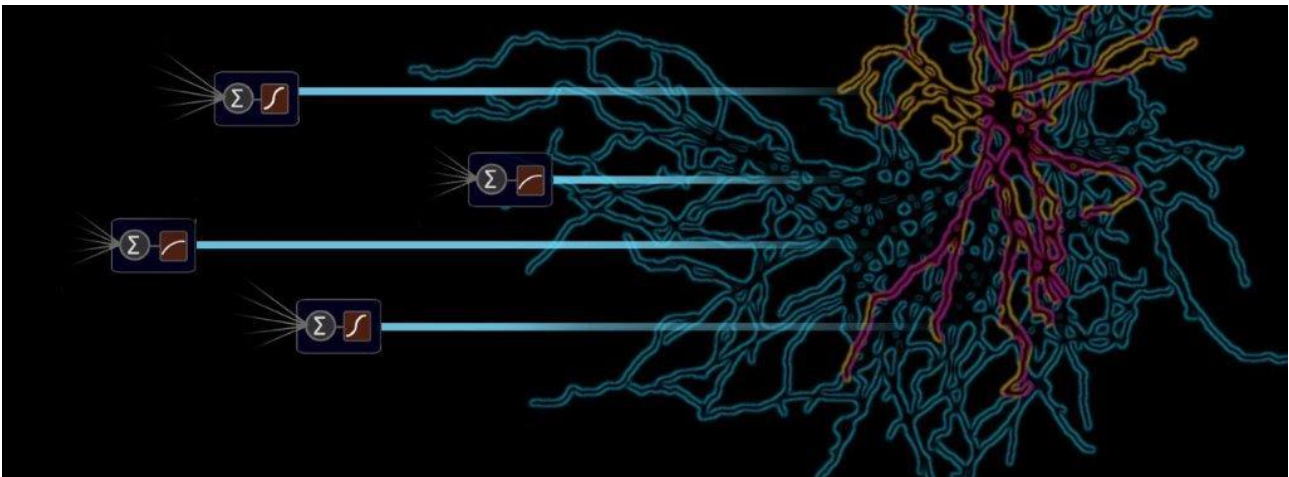
Οι ενδονευρώνες είναι η κύρια κατηγορία ανασταλτικών κυττάρων στον εγκέφαλο των θηλαστικών (ανασταλτικοί νευρώνες είναι τα φρένα του εγκεφάλου: καταστέλλουν τη νευρική δραστηριότητα των κυττάρων με τα οποία συνδέονται). Οι ενδονευρώνες διακρίνονται για την εξαιρετική ποικιλομορφία τους, τόσο στη δομή, όσο και στην μοριακή και πρωτεϊνική τους σύνθεση. Παρά την χαρακτηριστική τους πολυπλοκότητα και ανομοιογένεια, τα κύτταρα αυτά θεωρούνταν μέχρι σήμερα ως απλοί ελεγκτές της διεγερσιμότητας των νευρικών κυκλωμάτων, με στόχο την ομαλή λειτουργία του εγκεφάλου. Πράγματι, η διακοπή της σωστής λειτουργίας τους, έχει συσχετιστεί με διάφορες νευροεκφυλιστικές διαταραχές όπως η νόσος του Alzheimer, η νόσος του Parkinson, η επιληψία κλπ.

Για δεκαετίες, οι ερευνητές υπέθεταν ότι οι ενδονευρώνες απλά άθροιζαν τα εισερχόμενα ερεθίσματα που δέχονταν και, εφόσον το αποτέλεσμα ήταν αρκετά ισχυρό, πυροδοτούνταν μεταφέροντας έτσι το μήνυμα στα επόμενα κύτταρα. Η θεώρηση αυτή οδήγησε στο δόγμα του «σημειακού νευρώνα», δηλ. εκείνου που απλώς αθροίζει τα ερεθίσματα που λαμβάνει χωρίς να τα επηρεάζει – ως εκ τούτου αναπαρίστανται «σημειακά», δηλαδή σαν ένα απλό σημείο. Πρόσφατα πειραματικά ευρήματα ωστόσο αναφέρουν μη γραμμικά δενδριτικά γεγονότα σε πολλούς τύπους ενδονευρώνων, υποδηλώνοντας ότι τα κύτταρα αυτά πιθανά να είναι κάτι παραπάνω από σημειακά.

Για να απαντήσουν αυτό το ερώτημα, οι ερευνητές του ΙΤΕ ανέπτυξαν ένα σύνολο υπολογιστικών μοντέλων που καλύπτουν δύο περιοχές του εγκεφάλου, τον υπόκαμπο και τον προμετωπιαίο φλοιό. Οι περιοχές αυτές εμπλέκονται σε διαδικασίες μνήμης και μάθησης και εμφανίζουν αλλοιώσεις σε πληθώρα ασθενειών που προσβάλλουν την μνήμη. Τα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν για να μελετήσουν οι ερευνητές το πώς οι δενδρίτες επεξεργάζονται τα ερεθίσματα που δέχονται και τον τρόπο με τον οποίο η επεξεργασία αυτή θα μπορούσε να ενισχύσει την συμβολή των κυττάρων αυτών σε διαδικασίες μνήμης και μάθησης. Τα υπολογιστικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν περιλάμβαναν α) λεπτομερείς αναπαραστάσεις των βιολογικών νευρώνων, β) απλοποιημένες μαθηματικές εκδοχές αυτών βασιζόμενες σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και γ) μοντέλα δικτύων από νευρώνες που έχουν την ικανότητα να δημιουργούν νέες μνήμες.



Το πρώτο ενδιαφέρον εύρημα ήταν ότι σε όλα τα μοντέλα που δοκιμάστηκαν, και στις δύο περιοχές του εγκεφάλου, οι ενδονευρώνες ταχείας πυροδότησης είχαν δύο είδη μη γραμμικών δενδριτών. Εκείνους που μπορούσαν να ενισχύσουν τα εισερχόμενα ερεθίσματα (υπερ-γραμμικοί) και αυτούς που μπορούσαν να τα καταστείλουν (υπο-γραμμικοί). Η παρουσία αυτών των μη-γραμμικών δενδριτικών ιδιοτήτων επέτρεψε σε μεμονωμένους ενδονευρώνες να παράγουν ένα ευρύ φάσμα αποκρίσεων που δεν θα μπορούσαν να παραχθούν από ένα απλό σημειακό νευρώνα. Οι ερευνητές μάλιστα ανέπτυξαν ένα νέο θεωρητικό μοντέλο ικανό να εξηγήσει το φάσμα αποκρίσεων που παράγουν αυτά τα κύτταρα. Σύμφωνα με τη νέα θεωρία, οι συγκεκριμένοι ενδονευρώνες λειτουργούν ως 2-επιπέδων νευρωνικά δίκτυα με κόμβους αντίστοιχους των δενδριτικών ιδιοτήτων τους.



Το αναπάντεχο αυτό εύρημα θέτει υπό αμφισβήτηση την μέχρι προσφάτως αποδεκτή θεωρία ότι οι ενδονευρώνες ταχείας πυροδότησης λειτουργούν ως απλά σημειακά κύτταρα, χωρίς δενδριτική επεξεργασία των ερεθισμάτων τους.

Στη συνέχεια, οι ερευνητές δημιούργησαν ένα υπολογιστικό νευρικό μικροκύκλωμα, που χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργήσει απλές μνήμες, και μελέτησαν τον τρόπο με τον οποίο οι ενδονευρώνες συμβάλλουν στη δημιουργία τους. **Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μη γραμμικοί δενδρίτες των ενδονευρώνων ταχείας πυροδότησης μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά τη δημιουργία και παγίωση μνημών.**

Συνοπτικά, η έρευνα αυτή παρουσιάζει μια νέα θεώρηση για τον τρόπο λειτουργίας των ενδονευρώνων, και επεκτείνεται σε δυο περιοχές σχετικές με τη μνήμη: τον ιπποκάμπο και τον προμετωπιαίο φλοιό. Παρέχει επίσης μια ακριβέστερη μαθηματική περιγραφή του τρόπου με τον οποίο οι νευρώνες αυτοί κωδικοποιούν τις εισερχόμενες πληροφορίες, **γεγονός που μπορεί να έχει μελλοντικά σημαντικές επιρροές σε πεδία πέρα από τη Νευροεπιστήμη, όπως αυτά της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής νοημοσύνης.** Περαιτέρω πειραματικές δοκιμασίες αναμένεται να ενισχύσουν την κατανόησή μας για **το πώς τα κύτταρα αυτά συμβάλλουν στη μάθηση και τη μνήμη.**

Τα αποτελέσματα της έρευνας δημοσιεύτηκαν πρόσφατα στο **Nature Communications**, με τίτλο: «Αμφισβητώντας το δόγμα του σημειακού νευρώνα: Οι ενδονευρώνες ταχείας πυροδότησης ως μη γραμμικά νευρωνικά δίκτυα». Η έρευνα πραγματοποιήθηκε από την υποψήφια Διδάκτορα **Αλεξάνδρα Τζιλιβάκη**, με τη συμμετοχή του μεταδιδακτορικού συνεργάτη Δρ. **Γιώργου Καστελάκη**, υπό την επίβλεψη της Δρ. **Παναγιώτας Ποϊράζη**.



Δημοσίευση

Tzivilivaki A., Kastellakis G., Poirazi P. (2019) Challenging the point neuron dogma: FS basket cells as 2-stage nonlinear integrators.

Nature Communications. doi: 10.1038/s41467-019-11537-7

<https://rdcu.be/bOQgU>

<https://www.nature.com/articles/s41467-019-11537-7>

Για περισσότερες πληροφορίες:

Δρ. Παναγιώτα Ποϊράζη

Διευθύντρια Ερευνών, IMBB-ITE

Email: poirazi@imbb.forth.gr | Τηλ.: +30 2810391139

www.dendrites.gr, www.imbb.forth.gr