

Ο εγκέφαλος του χρόνου

αντιποίηση διαφυγουσών εννοιών

καθηγητής Γ. Χ. Παπαδόπουλος

<http://users.auth.gr/gpapadop>

« Πλήρης από έλλειψη νοήματος υπερέχω...
Ο χρόνος είχε μόλις ανατείλει.»

Νίκος Καρούζος

Η δεύτερη εποχή'

Υποθέτω ότι κάθε αξιοπρεπής εισαγωγή ενός άρθρου με θέμα τον χρόνο οφείλει καταρχάς να επαναλάβει το ακατανόητο της έννοιας του χρόνου και τα αδιέξοδα στα οποία έχει οδηγήσει κάθε σοβαρή και εμπνευσμένη προσπάθεια ενασχόλησης με αυτό το θέμα. Να επαναβεβαιώσει δηλαδή την αδυναμία του συγγραφέα να προσφέρει χειροπιαστές αποδείξεις για το τι είναι χρόνος, τι θα ήταν ο χρόνος εάν τα φυσικά συστήματα δεν μπορούσαν να τον αντιληφθούν και να τον μετρήσουν, ποια είναι η διακριτή σχέση του χρόνου με τα έμψυχα και τα άψυχα, τη συνείδηση και το ασυνείδητο, ή, τουλάχιστον, τι θα γίνει εάν συνεχίσει να επιβραδύνεται ο γήινος χρόνος (θυμίζω ότι σύμφωνα με τους φυσικούς, η μέρα πριν από 150 εκατομμύρια χρόνια διαρκούσε 22 ώρες!), και γιατί ένας άνθρωπος μπορεί να υπολογίσει ακριβέστερα τον χρόνο όταν βρίσκεται σε ύπωση. Ωστόσο, επειδή κάθε ταξίδι στον χρόνο μπορεί να κρύβει κάποιο απροσδόκητο ενδιαφέρον, αξίζει συχνά να το αποτολμούμε.

Λένε ότι από τότε που άρχισε να παρακολουθεί τον χρόνο, η ζωή σταμάτησε να είναι ίδια πλέον. Αλλά τι μπορεί να είναι η ζωή χωρίς χρόνο; Σύμφωνα με τα λίγα που μας έχουν μάθει, χρόνος σημαίνει αλλαγή, και ζωή χωρίς αλλαγή είναι αδιανόητη. Η ταύτιση όμως της ζωής με τον χρόνο είναι μία επικίνδυνη υπόθεση, ιδιαίτερα για τους Χριστιανούς, οι οποίοι πάντοτε κινδύνευαν να χαρακτηριστούν αιρετικοί, κάθε φορά που αποτολμούσαν να ασχοληθούν με τον χρόνο και τη ζωή. Ίσως για αυτό ο σοφός Αυγουστίνος δήλωνε περήφανα ότι ήξερε τι είναι ο χρόνος, μέχρι τη στιγμή κατά την οποία κάποιος θα τον ρωτούσε. Σκεφθείτε, λοιπόν, τα διλήμματα που έχει να

αντιμετωπίσει κάποιος που προσπαθεί να αναπτύξει ένα θέμα με μία εξίσωση και δύο αγνώστους, τον εγκέφαλο και τον χρόνο, οι οποίοι σημειωτέον αλλάζουν κάθε φορά που προσδιορίζονται..

Ο χρόνος ως φυσικό αγαθό

Ο άνθρωπος συνηθίζει να μετράει τον χρόνο, εκτός ίσως από τον μυθικό και τον έσχατο χρόνο, με ρολόγια. Μηχανικά, ατομικά, ηλιακά ή βιολογικά ρολόγια προσπαθούν να ανταποκριθούν με επάρκεια στο έργο τους, να ταυτοποιήσουν δηλαδή ένα πιθανόν ανύπαρκτο μέγεθος (αφούν κανένα από τα επιμέρους τμήματα του χρόνου δεν υπάρχει). Εάν όμως τα μηχανικά, τα ατομικά και τα ηλιακά ρολόγια βρίσκονται εκεί όπου τα τοποθετεί ο άνθρωπος, πού βρίσκονται τα βιολογικά ρολόγια με τα οποία οι οργανισμοί μετρούν τις δράσεις και συντονίζουν τις αντιδράσεις τους; Πληθώρα στοιχείων πείθει ότι τα βιολογικά ρολόγια δεν βρίσκονται στην αποκλειστική προνομιακή διάθεση των ζώων, πολύ περισσότερο του ανθρώπου, αλλά εξαπλώνονται παντού. Τα φυτά που ανθίζουν σε τακτά διαστήματα, ή ανοίγουν και κλείνουν τα άνθη τους παρακολουθώντας με συνέπεια ένα καθημερινό κύκλο, ακόμη και σε συνθήκες σκότους, αποδεικνύουν του λόγου το αληθές.

Άφθονα, επίσης, στοιχεία αποδεικνύουν ότι τα ζωικά βιολογικά ρολόγια δεν είναι ούτε πρόσφατο φυλογενετικό απόκτημα των πλέον εξελιγμένων οργανισμών, ούτε αποκλειστικό προνόμιο ενός προικισμένου 'ευγενούς ιστού', δηλαδή του νευρικού ιστού.

Τα κυανοφύκη χρησιμοποιούν τα βιολογικά ρολόι τους για 3 δισεκατομμύρια χρόνια, αφού τόσα χρόνια συνεχίζουν με το σωτήριο 24ωρο πρόγραμμά τους να φωτосυνθέτουν (παράγουν οξυγόνο) κατά τη διάρκεια της ημέρας, να σταθεροποιούν χημικά το άζωτο κατά τη διάρκεια της νύχτας και να πολλαπλασιάζονται σε συγκεκριμένες ώρες του 24ώρου, για να αποφεύγουν την καταστρεπτική επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη φάση του αναδιπλασιασμού του DNA. Η τελευταία μάλιστα παρατήρηση οδηγεί στην υπόθεση ότι τα βιολογικά ρολόγια προέκυψαν ίσως στην προσπάθεια να προστατευθεί το DNA από την καταστροφή.

Το γεγονός ότι η μέτρηση του χρόνου στους ανώτερους οργανισμούς είναι ένα έργο στο οποίο μπορούν να ανταποκριθούν και άλλα κύτταρα πέραν των εξειδικευμένων νευρικών αποδεικνύεται περίτρανα από τη διαπίστωση ότι ινοβλάστες, κύτταρα δηλαδή του συνδετικού ιστού, ακόμη και μετά από 30 χρόνια διατήρησής τους, έχουν τη δυνατότητα να ακολουθούν *in vitro* για κάποιο διάστημα ημερήσιους κύκλους.

Γιατί ο εγκέφαλος;

Εάν λοιπόν όλα τα κύτταρα έχουν από ένα ρολόι, τότε τι ιδιαίτερο υπάρχει στον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζεται ο εγκέφαλος τον χρόνο; Θα μπορούσε να ισχυρισθεί κανείς ότι ο εγκέφαλος αξίζει να αναφερθεί ιδιαίτέρως γιατί μόνον αυτός από τα όργανα-συστήματα του οργανισμού

α. προϋποθέτει, προβλέπει και αφομοιώνει τον χρόνο, για να αξιοποιήσει το βίωμα, προκειμένου να αυτο-συγκροτηθεί κατά την ανάπτυξη, αλλά και για να μπορεί να μεταβάλλεται διαρκώς στη συνέχεια (πλαστικότητα)

β. ακινητοποιεί ή αλλοιώνει τον χρόνο με τη μνήμη και τη φυσιοπαθολογία του

γ. δανείζει και δανείζεται τον χρόνο για να (συν)υπάρξει

δ. κερδίζει ή χάνει τον παρόντα χρόνο μεταφέροντάς τον από έναν χώρο σε έναν άλλο (διαταραχή κηριάδιου ρυθμού τύπου αεροπορικής υστέρησης/jetlag)

Οι κλινικοί νευροεπιστήμονες συνηθίζουν να λένε 'ο χρόνος είναι εγκέφαλος', για να υπογραμμίσουν την ταχεία απώλεια νευρικού ιστού μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο και την ανάγκη να καταβληθεί άμεση θεραπευτική προσπάθεια για την αποτροπή της. Μένει να αποδειχθεί εάν η σημασία που μπορεί να έχει η φράση 'ο εγκέφαλος είναι χρόνος' είναι ανάλογου ή ευρύτερου ενδιαφέροντος.

Ο εγκέφαλος όμως αξίζει να αναφέρεται ιδιαίτέρως διότι εκτός των άλλων είναι μία μηχανή χρόνου που διαθέτει πολλά διαφορετικά ρολόγια. Ρολόγια που φαίνεται ότι είναι προγραμματισμένα-ευαίσθητα είτε να μετρούν χιλιοστά του δευτερολέπτου, είτε ημερήσιους κύκλους, εβδομαδιαίους κύκλους, μηνιαίους κύκλους, και ετήσιους κύκλους. Οι ρυθμοί λειτουργίας των στοιχείων του εγκεφάλου και του λοιπού οργανισμού οι οποίοι έχουν περίπου ημερήσια περιοδικότητα ονομάζονται κηριάδιο (circadian, από το λατινικό circa dies=περίπου ημέρα). Αντιστοίχως οι ρυθμοί μικρότερης περιοδικότητας ονομάζονται ultradian, οι ρυθμοί μεγαλύτερης διάρκειας ονομάζονται infradian.

Τα ρολόγια του εγκεφάλου προσφέρουν στον οργανισμό την ευεργετική δυνατότητα προσαρμογής στις χωροχρονικές παραμέτρους του γεωφυσικού περιβάλλοντος. Επιτρέπουν, επίσης, στον ίδιο τον εγκέφαλο να μπορεί να ελέγχει και να συντονίζει πάρα πολλές δραστηριότητες επιμέρους κυτταρικών συστημάτων έτσι ώστε ο οργανισμός να λειτουργεί ως ένα αρμονικό και αποτελεσματικό σύνολο. Ίσως και να μπορεί να διασπά τη συνέχεια της ύπαρξής του προκειμένου να επινοεί την πολλαπλότητά του, αλλά και να επιτίθεται στις συνδέσεις (ως εγγενώς σχιζοφρενής).

Στον επόμενο τόνο.....

Η κοινή ανθρώπινη εμπειρία της ομιλίας βεβαιώνει τον καθένα μας ότι ο εγκέφαλος έχει την ικανότητα να προγραμματίζει και να ανταποκρίνεται σε λεκτικές διατυπώσεις οι οποίες

προϋποθέτουν ακρίβεια κλάσματος δευτερολέπτου στη διάρκεια τόσο της φώνησης των φωνηέντων και των συμφώνων, όσο και των μεταξύ τους διαστημάτων. Χωρίς αυτή τη δυνατότητα χρονισμού νευρικών δράσεων και παύσεων δεν θα ήταν δυνατή ούτε η εκφορά, ούτε η κατανόηση του λόγου. Και φυσικά ο κόσμος μας θα ήταν άλλος. Δυστυχώς, το επίπεδο των γνώσεών μας για το νευροβιολογικό υπόστρωμα που επιτρέπει την πραγματοποίηση και την αξιοποίηση τέτοιων χρονοεξαρτώμενων θαυμαστών λειτουργιών είναι ακόμη πολύ χαμηλό, αφού το μόνο που φαίνεται ότι μπορούμε να πούμε με σιγουριά είναι ότι στη διεκπεραίωσή τους έχουν κρίσιμο ρόλο ο φλοιός των εγκεφαλικών ημισφαιρίων (προμετωπιαίος και κροταφο-βρεγματικός), τα βασικά γάγγλια και η παρεγκεφαλίδα.

Όποιος έχει παίξει ή έχει δοκιμάσει να παίξει κάποιο άθλημα με μπάλα (ποδόσφαιρο, μπάσκετ, τένις κλπ) ξέρει ότι έχει στη διάθεσή του μόνο μερικά δέκατα του δευτερολέπτου για να προβλέψει την πορεία και την κατάληξη της μπάλας, προκειμένου να τοποθετήσει σωστά το σώμα του και να σχηματίσει τις κατάλληλες γωνίες των χεριών και των ποδιών που θα επιτρέψουν τη σύλληψη ή την επιστροφή της μπάλας. Αυτό σημαίνει ότι τα ρολόγια του εγκεφάλου εξαρτώνται από την ανίχνευση και τη διάκριση/αρίθμηση περιοδικά μεταβαλλόμενων νευρωνικών εκφορτίσεων. Στον έλεγχο των κινήσεων αυτών συμμετέχουν, ως γνωστόν, ένα σύνολο εγκεφαλικών περιοχών (φλοιικών και υποφλοιικών-κυρίως τα βασικά γάγγλια), αλλά ο ρυθμός ή ο ρυθμός των πληροφοριών εκκινεί ίσως από την παρεγκεφαλίδα. Η μικροαρχιτεκτονική της παρεγκεφαλίδας προσφέρεται χαρακτηριστικά για αυτό: το δενδριτικό δίκτυο των κυττάρων Purkinje σχηματίζει ένα κανονικό πλέγμα που το διασχίζουν κάθετα νευράξονες άλλων κυττάρων. Έτσι, καθώς οι νευρικές/ηλεκτρικές ώσεις διατρέχουν με την ίδια ταχύτητα τους νευράξονες αυτούς, οι κινητικές ώσεις μπορεί να συσχετισθούν αναλόγως και να συγχρονιστούν με μεγάλη ακρίβεια.

Κυκλικός βιολογικός χρόνος

Εκτός από τις παραπάνω ταχύτατες εναλλαγές της νευρωνικής δραστηριότητας, οι οποίες μας προσφέρουν ρολόγια μέγιστης ακρίβειας, όλοι μας βιώνουμε καθημερινά έντονες μεταβολές της πνευματικής και φυσικής κατάστασής μας. Το νευρικό μας σύστημα και κατ' επέκταση όλος ο οργανισμός λειτουργεί ρυθμικά, στη βάση κανονικών 24ωρων κύκλων. Ο ύπνος-εγρήγορηση, η σωματική θερμοκρασία, το επίπεδο των ορμονών και 100 άλλες περίπου φυσιολογικές, αλλά και παθολογικές (άσθμα, έμφραγμα, εγκεφαλικά κλπ) διεργασίες ακολουθούν έναν επαναλαμβανόμενο 24ωρο κύκλο.

Το ερώτημα ποιος είναι ο βηματοδότης αυτής της κυκλικής συμπεριφοράς απασχόλησε τους νευροεπιστήμονες για περισσότερα από 100 περίπου χρόνια. Είναι ίσως αξιοσημείωτη ειρωνεία ότι

αυτός που μελέτησε με πάθος τις αυθόρμητες σωματικές δραστηριότητες και υπέδειξε κατά προσέγγιση την περιοχή του εγκεφάλου που ευθύνεται για την ρυθμική συμπεριφορά ήταν ο Curtis Richter, ο οποίος ξεκίνησε τη σταδιοδρομία του ως μεταπτυχιακός φοιτητής του ιδρυτή του μπηχεβιορισμού John Watson, σύμφωνα με τον οποίο κάθε συμπεριφορά είναι αποτέλεσμα αντίδρασης σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα. Ο Curtis Richter, ο οποίος σήμερα θεωρείται πατέρας του κλάδου της χρονοβιολογίας, αφού αποπειράθηκε κάθε δυνατό μεταβολικό, ενδοκρινικό και νευρολογικό χειρισμό για τον επηρεασμό της αυθόρμητης ρυθμικής δραστηριότητας τυφλών επίμυων, καταστρέφοντας εναλλακτικά τα επινεφρίδια, τους γεννητικούς αδένες, την υπόφυση, την επίφυση, ή το πάγκρεας, διαπίστωσε ότι μόνο η βλάβη του πρόσθιου τμήματος του υποθαλάμου αναστέλλει την εκδήλωση πολλών συμπεριφορικών ρυθμών. Ακριβέστερη όμως εντόπιση του βηματοδότη των κιρκάδιων ρυθμών πραγματοποιήθηκε χάρις στις προσπάθειες άλλων ερευνητών. Σειρά διαδοχικών πειραμάτων που διήρκεσαν μία εικοσαετία αποκάλυψαν, πέρα από κάθε αμφιβολία, ότι το ρολόι που ρυθμίζει την 24ωρη κανονικότητα πολλών οργανικών λειτουργιών βρίσκεται σε έναν μικρό πυρήνα του υποθαλάμου, τον υπερχιασματικό πυρήνα, ο οποίος μάλιστα φαίνεται ότι διαφέρει από άποψη μεγέθους σε άνδρες και γυναίκες (ίσως και ομοφυλόφιλους). Ο υπερχιασματικός πυρήνας κάθε πλαγίου τοποθετείται πάνω από το οπτικό χιάσμα, και στον άνθρωπο βρίσκεται σε απόσταση 2 περίπου cm από τους οφθαλμικούς βολβούς, εκεί περίπου που οι Βουδιστές τοποθετούν το 'τρίτο μάτι', που υποτίθεται ότι ανοίγεται στη 'φώτιση'...

Τα κύτταρα του υπερχιασματικού πυρήνα εμφανίζουν έναν κιρκάδιο τύπο ρυθμικής ηλεκτρικής δραστηριότητας (με υψηλή δραστηριότητα την ημέρα και χαμηλή τη νύχτα), τον οποίο διατηρούν ακόμη και όταν απομονωθούν από τον υπόλοιπο εγκέφαλο, και τον οποίο μπορούν (μόνον αυτά) να επιβάλουν όταν μεταμοσχευθούν στον άρρυθμο εγκέφαλο επίμυων που έχουν κατεστραμμένους τους δικούς τους υπερχιασματικούς πυρήνες. Εάν μάλιστα ο μεταμοσχευμένος υπερχιασματικός πυρήνας προέρχεται από γενετικά μεταλλαγμένο πειραματόζωο που εμφανίζει κιρκάδιο ρυθμό 22 ή 20 ωρών, τότε ο μέχρι τότε άρρυθμος εγκέφαλος του πειραματόζωου-δέκτη θα αποκτήσει και αυτός ρυθμό 22 ή 20 ωρών!

Κάθε μεμονωμένο νευρικό κύτταρο του υπερχιασματικού πυρήνα έχει τον δικό του ρυθμό ταλάντωσης. Το σύνολό τους όμως, συντονίζεται σε έναν κοινό ρυθμό, περιόδου 24 1/4 περίπου ωρών, ο οποίος επηρεάζει στη συνέχεια μεγάλο αριθμό οργανικών λειτουργιών και 'περιφερικών ταλαντωτών'. Αυτό εξασφαλίζεται χάρις στη διαρκή ροή σημάτων προς και από τα νευρικά κύτταρα του υπερχιασματικού πυρήνα.

Το ρολόι του υπερχιασματικού πυρήνα θα ήταν παντελώς άχρηστο στον κάτοχό του, εάν δεν τον βοηθούσε να προσαρμόσει τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά του στους βιοτικούς και αβιοτικούς κύκλους του περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό αξίζει να κατανοήσει κανείς τον τρόπο με τον οποίο

ο άνθρωπος και τα άλλα ζώα προσαρμόζονται στο διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον τους. Τα προσαγωγά σήματα/ερεθίσματα που (επανα)ρυθμίζουν τον κεντρικό ρυθμό των νευρικών κυττάρων του υπερχιασματικού πυρήνα στον γήινο 24ωρο κύκλο ονομάζονται χρονοδότες (zeitgebers). Ο κύριος χρονοδότης των θηλαστικών είναι βέβαια το φως, αλλά, όταν αυτό απουσιάζει, ρόλο χρονοδότη παίζουν οι θόρυβοι, τα γεύματα, η θερμοκρασία, οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις κ.ά. Επιπλέον, φαίνεται ότι συμπεριφορικά και φυσιολογικά σήματα από την καρδιά, το ήπαρ, τους πνεύμονες και άλλους ιστούς επηρεάζουν παλίνδρομα όλα τα επίπεδα του κεντρικού 'άξονα' και διαμορφώνουν το ακριβές ρυθμικό αποτέλεσμα του οργανισμού συνολικά. Αναδεικνύεται έτσι η σύνθετη εικόνα ενός κεντρικού συστήματος, του οποίου το κεντρικό ρολόι-βηματοδότης συντονίζει τον ρυθμό πολυάριθμων περιφερικών ταλαντωτών (επανα)ρυθμιζόμενο διαρκώς από χρονοδότες που προέρχονται από το περιβάλλον και τους περιφερικούς ιστούς.

‘Οι περασμένες μέρες πίσω μένουν...κεριά σβησμένα’

Όπως είναι γνωστό, οι ζωντανοί οργανισμοί αξιοποιούν το φως με ποικίλους τρόπους. Μεταξύ αυτών και για να (επανα)ρυθμίζουν το κεντρικό τους ρολόι, τον υπερχιασματικό πυρήνα.

Τα θηλαστικά, αντίθετα προς τα πτηνά, τα ερπετά, τα αμφίβια και τα ψάρια, δεν έχουν άλλα φωτοϋποδεικτικά όργανα εκτός από τα μάτια τους. Εάν χάσουν τα μάτια τους, δεν χάνουν μόνο την όρασή τους, αλλά και τον συνεπή κεντρικό ρυθμό τους. Η οργάνωση όμως του αισθητικού συστήματος που αποβλέπει στον σχηματισμό οπτικών ειδώλων είναι τελείως διαφορετική από την οργάνωση του συστήματος που στοχεύει στη συλλογή φωτός για τη ρύθμιση του κεντρικού ρολογιού του εγκεφάλου. Το τελευταίο, το οποίο είναι στον άνθρωπο 1000 φορές λιγότερο ευαίσθητο από το οπτικό σύστημα, συλλέγει το φως όχι με τα κωνιοφόρα ή τα ραβδιοφόρα κύτταρα, αλλά με ειδικά φωτοευαίσθητα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Τα ειδικά αυτά γαγγλιακά κύτταρα, τα οποία αποτελούν το 1-2% του συνόλου των γαγγλιακών κυττάρων, περιέχουν τη φωτοχρωστική μελανοψίνη, διαφορετική από τις οψίνες των κωνίων και των ραβδίων, η οποία είναι ευαίσθητη στην 'μπλε' περιοχή του οπτικού φάσματος (μήκους κύματος περίπου 480 nm). Οι νευράξονες των κυττάρων αυτών σχηματίζουν την αμφιβληστροειδο-υποθαλαμική δεσμίδα, η οποία καταλήγει στον υπερχιασματικό πυρήνα, και ιδιαίτερα στο έξω-κοιλιακό τμήμα αυτού. Τα νευρικά κύτταρα του τμήματος αυτού προβάλλουν σε διάφορες υποθαλαμικές περιοχές, αλλά και στο έσω-ραχιαίο τμήμα του υπερχιασματικού πυρήνα, στο οποίο, σημειωτέον, έχει διαπιστωθεί απώλεια νευρώνων σε ανοιακούς ασθενείς με διαταρχές στον κεντρικό κύκλο τους.

Ο υπερχιασματικός πυρήνας συνομιλεί με το υπόλοιπο σώμα χρησιμοποιώντας νευρικές συνδέσεις (κυρίως με άλλες περιοχές του υποθαλάμου και την επίφυση), αλλά και διαχέοντας χημικές ουσίες. Οι άμεσες νευρικές συνδέσεις με τον υποθάλαμο και οι έμμεσες νευρικές συνδέσεις με την επίφυση ρυθμίζουν αφενός τα επίπεδα του μεταβολισμού και των παραγόμενων ορμονών της υπόφυσης, και αφετέρου τα επίπεδα της μελατονίνης, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει πάλι τον υποθάλαμο. Η μείωση των σημάτων του υπερχιασματικού πυρήνα προς την επίφυση (κατά τη νύχτα) προκαλεί αύξηση της έκκρισης μελατονίνης, ενώ προσδευτική επιμήκυνση του νυχτερινού σήματος μελατονίνης σηματοδοτεί την έλευση του χειμώνα και προετοιμάζει για τις απαραίτητες ενδοκρινικές και συμπεριφορικές αλλαγές. Αντίθετα, σταδιακή βράχυνση του νυχτερινού σήματος μελατονίνης προαναγγέλλει την έλευση της άνοιξης. Επομένως, το καθημερινό (κιρκάδιο) ρολόι του υπερχιασματικού πυρήνα συμβάλλει στη διαμόρφωση ενός ενδοκρινικού ημερολογίου και, επομένως, στη βιολογική αντίληψη του μακροπρόθεσμου χρόνου.

Οι διαχεόμενες ουσίες από τα νευρικά κύτταρα του υπερχιασματικού πυρήνα ίσως επηρεάζουν πλέον απομακρυσμένους κυτταρικούς στόχους. Η διαπίστωση ότι τα κύτταρα των περιφερικών ιστών έχουν τον απαραίτητο βιοχημικό εξοπλισμό για να εισέρχονται σε κιρκάδιους ρυθμούς γονιδιακής έκφρασης, αποδεικνύει ότι το σώμα αποτελείται από δισεκατομμύρια ανεξάρτητα ρολόγια, που, μπορεί να είναι υπεύθυνα για την τοπική ώρα, αλλά αναγκάζονται να συντονίζονται στο πρόγραμμα του υπερχιασματικού πυρήνα.

Πρωτεϊνικά ρολόγια

Ποια είναι όμως η φύση των κυτταρικών/βιολογικών αυτών ρολογιών; Τα βιολογικά ρολόγια είναι αδύνατον να είναι μηχανικά και μάλλον απίθανο να είναι ατομικά. Η κοινή λογική οδηγεί στην εκτίμηση ότι τα βιολογικά ρολόγια δεν μπορεί παρά να βασίζονται στους μοριακούς μηχανισμούς που είναι ικανό να ενεργοποιήσει και να παρακολουθήσει το κύτταρο, και ο κύριος μηχανισμός από τον οποίο εξαρτάται το κύτταρο και η ζωή, είναι ο μηχανισμός γονιδιακής έκφρασης και παραγωγής πρωτεϊνών. Μελέτες κυρίως στη φρουτόμυγα *Drosophila* πείθουν ότι τα βιολογικά ρολόγια βασίζονται σε αυτόν τον βασικό κυτταρικό μηχανισμό. Ωρολογιακά γονίδια εκφράζονται περιοδικά, επειδή οι πρωτεΐνες τις οποίες παράγουν είναι ικανές να εισέρχονται στον πυρήνα και να αναστέλλουν την ίδια την παραγωγή τους μέχρι τη χρονοεξαρτώμενη διάσπασή τους! Ομόλογα γονίδια ταυτοποιήθηκαν σε διάφορα θηλαστικά και στον άνθρωπο, ενώ πρόσφατες μελέτες αποκαλύπτουν ότι η έκφραση ενός μεγάλου αριθμού άλλων γονιδίων εξαρτάται από τα βιολογικά ρολόγια. Ωστόσο, παρά την πρόσφατη διαπίστωση ότι το ενδοκυτταρικό κυκλικό μονοφωσφορικό οξύ (cAMP) έχει κρίσιμο ρόλο στην περιοδική δραστηριότητα του κεντρικού βηματοδότη, δεν

είναι ακόμη γνωστοί οι ακριβείς μοριακοί μηχανισμοί που επιτρέπουν την (επανα)ρύθμιση του κιρκάδιου κύκλου. Άγνωστο επίσης παραμένει εάν οι μοριακοί μηχανισμοί του υπερχιασματικού ρολογιού είναι ακριβώς ίδιοι με αυτούς των περιφερικών ταλαντωτών του ήπατος, της καρδιάς και των πνευμόνων.

Ο δικός μας, ο παραμορφωμένος χρόνος

Οι σχέσεις και οι δραστηριότητες των ανθρώπων στηρίζονται στην εδραιωμένη κοινή πεποίθηση ότι ο χρόνος είναι ένα απόλυτο μέγεθος που κυλά ανεξάρτητα από εμάς. Ωστόσο, όπως μας έχει εξηγήσει ήδη ο Αϊνστάιν, αυτό δεν ισχύει. Και ο ανθρώπινος νους έχει πολλές ευκαιρίες για να το καταλάβει. Η αντίληψή μας για τον χρόνο ποικίλλει, και όχι μόνο με τη βοήθεια φαρμάκων και ονείρων. Στο εδώ και τώρα, οι περίοδοι έντονης δραστηριότητας μοιάζουν σύντομες ενώ οι μονότονες μοιάζουν ατέλειωτες. Στις αναμνήσεις μας συμβαίνει το αντίθετο. Ίσως για αυτό οι συγγραφείς της Παλαιάς Διαθήκης απέφευγαν να υπολογίζουν με βάση τα χρόνια ή άλλους αστρονομικούς κύκλους και προτιμούσαν τις γενιές των ανθρώπων ως μονάδες περιοδικότητας. Όταν έχουμε πυρετό, αντιλαμβανόμαστε μία περίοδο ως μεγαλύτερης διάρκειας από όση είναι. Τείνουμε να εκτιμάμε περιόδους μικρότερες των τριών δευτερολέπτων ως μεγαλύτερες από όσο είναι και περιόδους μεγαλύτερες των τριών δευτερολέπτων ως μικρότερες.

Κάθε αισθητικό σύστημα έχει διαφορετικό όριο διάκρισης/συγχώνευσης ερεθισμάτων. Για παράδειγμα, το ακουστικό μας σύστημα έχει οξεία χρονολογική διακριτική ικανότητα, αφού μπορεί να ξεχωρίζει ήχους που απέχουν 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου, ενώ το οπτικό μας σύστημα θεωρεί συνεχείς τις εικόνες που προβάλλονται διαδοχικά με χρονική απόσταση μικρότερη των 40 χιλιοστών του δευτερολέπτου. Ασθενείς με εστιακή βλάβη στην παρεγκεφαλίδα έχουν δυσκολία στο να διακρίνουν διαλείμματα ολίγων δευτερολέπτων, ασθενείς με βλάβη στον μετωπιαίο λοβό των εγκεφαλικών ημισφαιρίων εκτιμούν ότι ήχος διάρκειας μερικών δευτερολέπτων είναι στιγμιαίος, ενώ οι παρκισονικοί ασθενείς βιώνουν προβλήματα στην εκτίμηση της διάρκειας των ερεθισμάτων, τόσο στην κλίμακα των δευτερολέπτων όσο και στην κλίμακα των χιλιοστών του δευτερολέπτου. Αποδεικνύεται ότι στην αντίληψη που έχουμε για τον χρόνο συμβάλλουν περισσότερα νευρωνικά συμπλέγματα.

Το ερώτημα είναι εάν υπάρχουν ειδικά νευρωνικά δίκτυα, όπως αυτό του υπερχιασματικού πυρήνα, που είναι επιφορτισμένα με τη συνειδητή μέτρηση του χρόνου ή εάν η ικανότητά μας να μετράμε τα χρονικά διαστήματα είναι ένα παραπροϊόν της όλης εγκεφαλικής δραστηριότητας. Υπάρχουν δηλαδή 'νευρώνες χρόνου', αντίστοιχοι με τους νευρώνες που είναι αφιερωμένοι στην εξυπηρέτηση ειδικών οπτικών, γλωσσικών, κινητικών και άλλων λειτουργιών, ή η ίδια η φύση(;) του χρόνου είναι

ένα εγγενές χαρακτηριστικό του νευρωνικού σύμπαντος; Ακόμη όμως και εάν δοθεί απάντηση στο ερώτημα αυτό, θα παραμείνουμε με την απορία για τη βοήθεια που μας προσφέρει εξελικτικά ένας εγκέφαλος που, ενώ μπορεί να μετράει με ακρίβεια, έχει συχνά την τάση να παραμορφώνει τον χρόνο. Γιατί δεν εξαντλεί την προσπάθειά του στην παρακολούθηση των τόσων φυσικών προκλήσεών του; Διακινδυνεύω μία προσωπική απάντηση. Γιατί έτσι μοιράζει τον χρόνο του στα χριώδη, αλλά αφήνει και χώρο για τους ποιητές. Για να μην καμωνόμαστε ότι δεν ακούσαμε τον Σταύρο Ζαφειρίου να μας λέει ότι ειχεμει 'αμέτρητη μόνον η τέταρτη διάσταση κατά το μέγα, το ελάχιστο του ανθρώπου', και τον Χρήστο Μπράβο να μας προειδοποιεί από ψηλά ότι 'ο χρόνος μετριέται με Ψυχοσάββατα'.