

# Μάθηση & Μνήμη

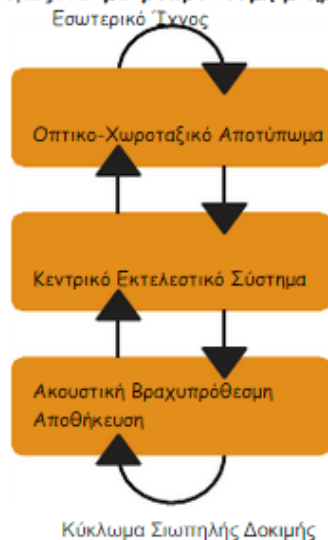


Οι αναμνήσεις μας είναι κρίσιμες ως προς την ατομικότητά μας. Το τι θυμάται ο κάθε ένας από μας διαφέρει από το τι θυμούνται οι άλλοι, ακόμη και σε περιπτώσεις που ήμασταν όλοι μαζί. Ωστόσο, με το δικό μας τρόπο, όλοι θυμόμαστε συμβάντα, γεγονότα, συναισθήματα και δεξιότητες - κάποια για λίγο και άλλα για μια ζωή. Ο εγκέφαλος έχει πολλαπλά μνημονικά συστήματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά τα οποία διαμεσολαβούνται από διαφορετικά νευρωνικά δίκτυα. Η δημιουργία νέων αναμνήσεων πιστεύεται πλέον ότι εξαρτάται από τη συναπτική πλαστικότητα, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αλλά ακόμη δεν είμαστε σίγουροι για τους νευρωνικούς μηχανισμούς της ανάσωσης των πληροφοριών. Ενώ όλοι παραπονιόμαστε για τη μνήμη μας, σε γενικές γραμμές βρίσκεται σε αρκετά καλή κατάσταση. Συνήθως μας προδίδει σε μεγάλη ηλικία ή μετά από συγκεκριμένες νευρολογικές ασθένειες. Μπορεί να είναι καλό να θέλουμε να βελτιώσουμε τη μνήμη μας, αλλά κάτι τέτοιο μπορεί να έχει το κόστος να θυμόμαστε πολλά πράγματα που θα ήταν καλύτερα να ξεχάσουμε.

## Η οργάνωση της μνήμης

Δεν υπάρχει μόνο μία εγκεφαλική περιοχή στην οποία αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες που μαθαίνουμε. Η **μνήμη εργασίας** συγκρατεί πληροφορίες για περιορισμένο

χρόνο σε μία κατάσταση ενεργούς συνείδησης. Η πολύ μεγαλύτερη και περισσότερο παθητική αποθήκευση πληροφορίας ονομάζεται **μακροπρόθεσμη μνήμη**.



Το σύστημα της βραχυπρόθεσμης μνήμης εργασίας του εγκεφάλου

## Μνήμη εργασίας

Ο εγκέφαλος έχει ένα σύστημα για να συγκρατεί και να επεξεργάζεται με μεγάλη ακρίβεια μικρές ποσότητες πληροφορίας, κάτι σαν το σημειωματάριο του γραφείου μας, στο οποίο σημειώνουμε πρόχειρα ονόματα ή τηλεφωνικά νομότερα που χρειάζεται να θυμόμαστε μόνο για λίγο.

Χρησιμοποιούμε αυτό το σύστημα για να θυμόμαστε όσα λέγονται για όσο διάστημα χρειάζεται, τόσο ώστε να μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη ροή μιας συζήτησης, για να κάνουμε αριθμητικούς υπολογισμούς με το μυαλό μας ή για να θυμόμαστε πού και πότε αφήσαμε τα κλειδιά μας. Η ακρίβεια είναι κεντρικό γνώρισμα σε αυτό το σύστημα - ένα γνώρισμα που κοστίζει όσον αφορά την περιορισμένη χωρητικότητα και τη διάρκεια. Θεωρείται ότι μπορείτε να διατηρείτε  $7 \pm 2$  πράγματα στη μνήμη εργασίας σας, για το λόγο αυτό πολλοί τηλεφωνικοί αριθμοί έχουν μόνο 7 ή 8 ψηφία. Όμως είναι σημαντικό να θυμόμαστε αυτά τα πράγματα με ακρίβεια. Μπορείτε να δείξετε τη χωρητικότητα και την περιορισμένη διατήρηση της μνήμης εργασίας με ένα απλό πείραμα που μπορείτε να κάνετε με τους φίλους σας.



### Ένα πείραμα βραχυπρόθεσμης μνήμης

Η απλή δοκιμασία βραχυπρόθεσμης μνήμης ή μνήμης εργασίας ονομάζεται «γραμματικό εύρος». Χρειάζεστε τουλάχιστον 2 ανθρώπους, αν και είναι καλύτερο να γίνεται με μία ολόκληρη τάξη. Χωρίς να το ξέρουν οι υπόλοιποι, ένας από σας γράφει μία

σειρά από γράμματα ξεκινώντας μόνο με 2, προσέχοντας να μη σχηματίζεται λέξη (π.χ. ΧΤ). Στη συνέχεια φτιάχνει σειρές με περισσότερα γράμματα, προσθέτοντας ένα γράμμα τη φορά (π.χ. μία σειρά με 5 γράμματα όπως ΚΒΗΧΖ και μία σειρά με 10 γράμματα όπως ΔΩΣΥΚΧΒΡΣΖ). Το πείραμα ξεκινά αφού ετοιμαστούν αυτές οι σειρές. Το άλλο πρόσωπο (ή ολόκληρη η τάξη) ακούει κάθε σειρά διαδοχικά και μετά από περίπου 5 δευτερόλεπτα, προσπαθεί να γράψει από μνήμης τα γράμματα με τη σωστή σειρά. Ξεκινώντας με τις εύκολες σειρές των 2 γραμμάτων, το τεστ συνεχίζει με τις πιο δύσκολες. Οι περισσότεροι άνθρωποι τα πάνε τέλεια περίπου μέχρι τα 7 ή 8 γράμματα - και μετά ξεκινούν τα λάθη. Πολλοί λίγοι μπορούν να θυμηθούν και τα 10 γράμματα σωστά. Η χωρητικότητα της βραχυπρόθεσμης μνήμης έχει περιγραφεί ως «ο μαγικός αριθμός 7 συν ή πλην 2».

Ένα κεντρικό εκτελεστικό σύστημα ελέγχει τη ροή της πληροφορίας, υποβοηθούμενο από δύο πρόσθετα μνημονικά αποθηκευτικά συστήματα. Υπάρχει ένα **φωνολογικό αποθηκευτικό σύστημα** μαζί με ένα **κύκλωμα σιωπηλής δοκιμής** - το κομματάκι του εγκεφάλου σας που χρησιμοποιείτε για να πείτε πράγματα στον εαυτό σας. Ακόμη και αν διαβάζετε λέξεις ή αριθμούς, η πληροφορία θα μετασχηματιστεί σε ένα φωνολογικό κώδικα και θα αποθηκευτεί για μικρό χρονικό διάστημα σε αυτό το διμερές σύστημα. Υπάρχει και ένα **οπτικό αποτύπωμα (σημειωματάριο)** που μπορεί να συγκρατήσει εικόνες αντικειμένων για αρκετό χρονικό διάστημα, ώστε να μπορέσετε να τις επεξεργαστείτε με το μυαλό σας.

Η μνήμη εργασίας επεξεργάζεται σε μεγάλο βαθμό στο

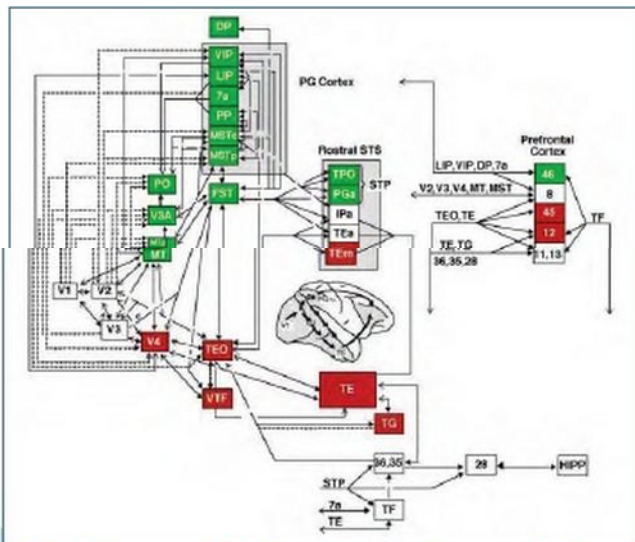


μετωπιαίο και βρεγματικό λοβό, όπου αλληλεπιδρούν με νευρωνικά δίκτυα τα οποία εμπλέκονται στην ομιλία, στο σχεδιασμό και στη λήψη αποφάσεων. Οι δραστηριότητες αυτές απαιτούν μία καλή μνήμη εργασίας. Το οπτικό σημειωματάριο βρίσκεται στο δεξιό ημισφαίριο (βλ. εικόνα με χιμπατζήδες, τέλος του κεφαλαίου).

Πώς εξελίχθηκε η μνήμη εργασίας; Τα ζώα, ακόμη και τα περισσότερα θηλαστικά, ενδεχομένως δε διαθέτουν το ίδιο σύστημα βραχυπρόθεσμης μνήμης όπως εμείς, και σίγουρα η μνήμη εργασίας δεν εξελίχθηκε για να βοηθήσει τα πρώτα ανθρωποειδή να θυμούνται τηλεφωνικά νούμερα! Μελέτες σε μικρά παιδιά, τονίζουν το σημαντικό ρόλο της μνήμης εργασίας στην εκμάθηση της γλώσσας, προτείνοντας ότι αυτό το μνημονικό σύστημα μπορεί να εξελίχθηκε παράλληλα με την ομιλία. Η ακρίβεια που απαιτείται για την παρακολούθηση των λέξεων και της σειράς τους σε μία πρόταση είναι βασική για να αντιληφθούμε το σωστό νόημα.

## Μακροπρόθεσμη μνήμη

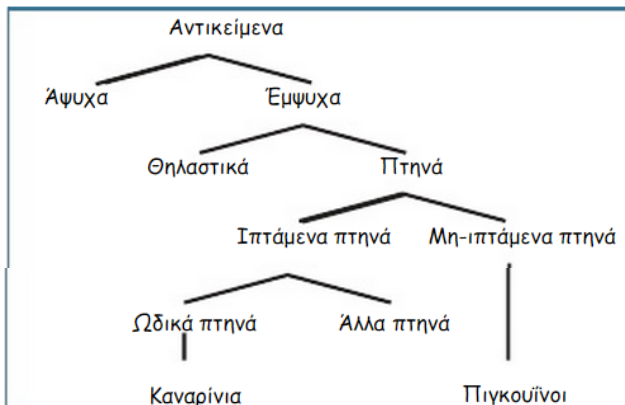
Και η μακροπρόθεσμη μνήμη υποδιαιρείται σε διαφορετικά συστήματα που εντοπίζονται σε ευρύτερα διασκορπισμένα δίκτυα στον εγκέφαλο. Τα διαφορετικά δίκτυα εκτελούν πολύ διαφορετικές εργασίες. Σε γενικές γραμμές, οι πληροφορίες εισέρχονται στα αισθητηριακά συστήματα και στη συνέχεια προχωρούν σε μονοπάτια τα οποία προσφέρουν αυξημένη εξειδίκευση επεξεργασίας. Η πληροφορία που εισέρχεται στο οπτικό σύστημα περνά μέσα από μία ονομαζόμενη κοιλιακή οδό, από τον κύριο οπτικό φλοιό προς τον έσω κροταφικό λοβό, μέσα από ένα σύνολο συνδεδεμένων (αλυσίδα) δικτύων που επεξεργάζονται το σχήμα, το χρώμα, την ταυτότητα του αντικείμενου, αν το αντικείμενο μας είναι γνωστό ή όχι, μέχρι, τελικά, να σχηματιστεί ένα είδος μνήμης για το συγκεκριμένο αντικείμενο καθώς και για το χρόνο και τον τόπο που το είδαμε.



Το σύνολο των συνδεδεμένων εγκεφαλικών περιοχών, μέσα από τις οποίες γίνεται πρώτα η αντιληπτική επεξεργασία της οπτικής πληροφορίας, ώστε να μετατραπεί τελικά σε μνήμη.

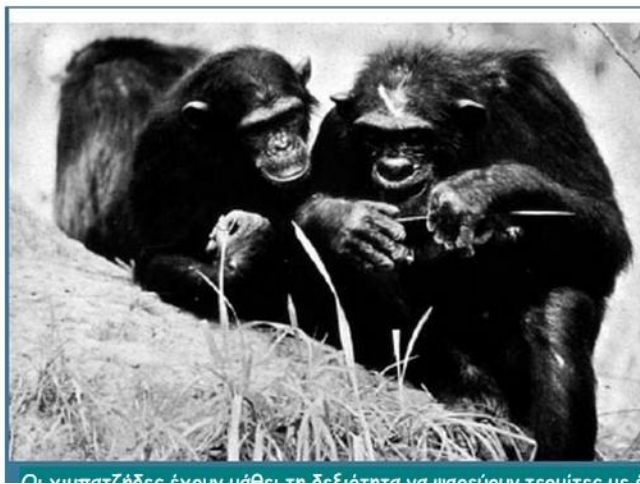
Υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσέγγισης αυτής της αλυσιδωτής σειράς των αναλύσεων. Πρώτον, υπάρχουν περιοχές στο φλοιό που εκμειύουν την **αντιληπτική αναπαράσταση** αυτού που βλέπουμε. Αυτή η αναπαράσταση χρησιμεύει στην αποθήκευση και αργότερα στην αναγνώριση των αντικειμένων γύρω μας. Η ικανότητά μας να αναγνωρίζουμε γνωστά πρόσωπα, όπως των πολιτικών σε σκίτσα εφημερίδων, οφείλεται σε αυτό το σύστημα. Πολύ στενή σχέση με αυτό το σύστημα έχει και ένα άλλο που ονομάζεται **σημασιολογική μνήμη**, δηλαδή η τεράστια αποθήκη τεκμηριωμένης γνώσης που έχουμε συγκεκριμένα σχετικά με τον

κωδικοποιεί γενετική πληροφορία υπό τη μορφή αλληλουχιών ζευγών βάσεων, κλπ. Η κεντρική ιδιότητα αυτού του συστήματος είναι ότι τα γεγονότα οργανώνονται σε κατηγορίες. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για τη μνημονική ανάκληση καθώς η διεργασία της αναζήτησης μπορεί να διαπεράσει μέσα από δενδροειδή διαγράμματα στην αποθήκη για να εντοπίσει την απαραίτητη πληροφορία. Αν η εννοιολογική μνήμη ήταν οργανωμένη με τον τρόπο που οι περισσότεροι άνθρωποι οργανώνουν τα πράγματα που έχουν στην αποθήκη του σπιτιού τους - σχετικά τυχαία - θα είχαμε μεγάλο πρόβλημα να θυμηθούμε οτιδήποτε. Ευτυχώς, ο εγκέφαλος τακτοποιεί την πληροφορία που κωδικοποιούμε σε κατηγορίες. Βέβαια ένας καλός δάσκαλος στο σχολείο μας βοηθάει επίσης στη μάθηση πολύπλοκων εννοιών, γιατί και οι χαρισματικοί δάσκαλοι βοηθούν τους μαθητές τους στο χτίσιμο αυτών των δομών χωρίς μεγάλη προσπάθεια.



Οι γνώσεις μας γύρω από τα ζώα, οργανώνονται σε ένα δενδροειδές διάγραμμα. Δε γνωρίζουμε ακόμη με ποιον τρόπο τα δίκτυα του εγκεφάλου το επιτυγχάνουν αυτό.

Επίσης, μαθαίνουμε **δεξιότητες** και αποκτούμε **συναισθήματα** για τα αντικείμενα. Το να ξέρουμε ότι ένα πιάνο είναι ένα πιάνο, είναι ένα θέμα: το να μπορούμε να παίξουμε πιάνο είναι ένα άλλο θέμα. Το να ξέρουμε να κάνουμε ποδήλατο είναι χρήσιμο, αλλά το να αναγνωρίζουμε ότι συγκεκριμένες καταστάσεις στο δρόμο μπορεί να είναι επικίνδυνες, είναι επίσης σημαντικό. Οι δεξιότητες μαθαίνονται μέσα από ενσυνείδητη και εκτεταμένη εξάσκηση, ενώ η συναισθηματική μάθηση τείνει να είναι πολύ πιο ταχεία. Συχνά πρέπει να είναι γρήγορη, κυρίως για τα πράγματα που μαθαίνουμε να φοβόμαστε. Και, ο, διότι τίποτα μάθησης αποτελούν την **εξαρτημένη μάθηση**. Εμπλέκονται εξειδικευμένες εγκεφαλικές περιοχές. Τα **βασικά γάγγλια** και η **παρεγκεφαλίδα** είναι πολύ σημαντικά για τη μάθηση δεξιοτήτων, ενώ η **αμυγδαλή** για τη μάθηση των συναισθημάτων. Πολλά ζώα μαθαίνουν διάφορες δεξιότητες, γιατί είναι πολύ σημαντικό για την επιβίωσή τους.



Οι χιμπατζήδες έχουν μύθοι τη δεξιότητα να προσφέρουν προτίμους με ένα



## Διαταραχές της μνήμης και ο εντοπισμός της επεισοδιακής μνήμης στον εγκέφαλο

Το τελευταίο είδος μνημονικού συστήματος στον εγκέφαλο ονομάζεται **επεισοδιακή μνήμη**. Είναι το σύστημα που χρησιμοποιείτε για να θυμόμαστε προσωπικές εμπειρίες. Το να θυμόμαστε γεγονότα διαφέρει από το να μαθαίνουμε συμβάντα για ένα μοναδικό λόγο- τα γεγονότα συμβαίνουν μόνο μία φορά. Αν ξεχάσετε τί φάγατε σήμερα για πρωινό (απίθανο), ή τί συνέβη πέρυσι τα Χριστούγεννα (πιθανό), ή ό,τι σας συνέβη την πρώτη-πρώτη μέρα που πήγατε σχολείο (ενδεχόμενο), δε μπορείτε να επαναλάβετε κανένα από αυτά τα γεγονότα σα να είναι ένα ακόμη μάθημα στην τάξη σας. Αυτό το σύστημα μαθαίνει γρήγορα διότι έτσι πρέπει.

Έχουμε μάθει πολλά πράγματα σχετικά με την επεισοδιακή μνήμη μελετώντας νευρολογικούς ασθενείς οι οποίοι, μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο ή όγκο στον εγκέφαλο ή λοιμώξεις από ιούς όπως η ερπητική εγκεφαλίτιδα, έχουν πολύ συγκεκριμένες διαταραχές σε αυτό το είδος μνήμης. Η προσεκτική μελέτη αυτών των ασθενών έχει αποτελέσει το κύριο εργαλείο διαλεύκανσης της ανατομικής οργάνωσης αυτού και άλλων μνημονικών συστημάτων.

Είναι εκπληκτικό το ότι οι ασθενείς με αμνησία μπορούν να μάθουν κάποια πράγματα που δε μπορούν να θυμηθούν συνειδητά! Μπορούν να αποκτήσουν κινητικές δεξιότητες ή να μάθουν να διαβάζουν ανάποδα πολύ γρήγορα.

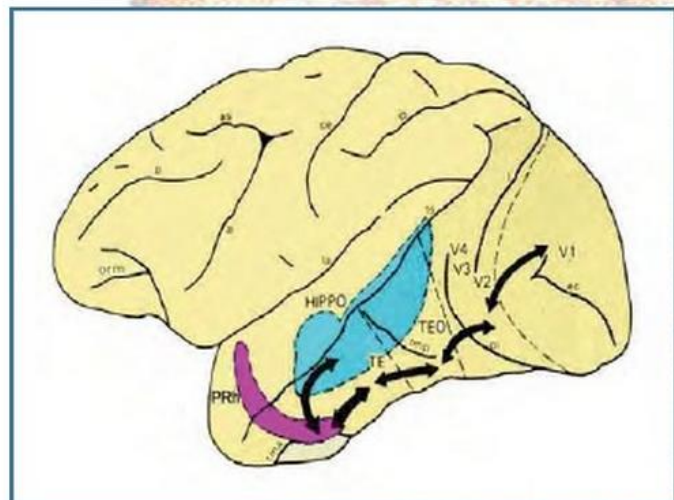
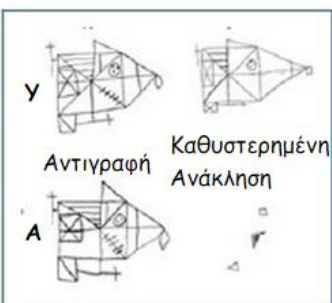
Το να μάθει κάποιος να διαβάζει γρήγορα ανάποδα παίρνει κάποιο χρόνο. Αυτό ισχύει για τους ασθενείς με αμνησία όσο και για μας, αλλά ενώ εμείς θα θυμόμασταν ότι κάποιος μας το διδάξε, αυτοί δε μπορούν. Πρόκειται για μία εκπληκτική αποσύνδεση επίγνωσης της συνειδητής τους. Οι ασθενείς με αμνησία σίγουρα κάνουν συνειδητή προσπάθεια όταν μαθαίνουν, αλλά αργότερα δεν το θυμούνται. Δε μπορούν να επανακτήσουν συνειδητή αντίληψη του παρελθόντος. Η βλάβη που προκαλεί αυτή τη δυσάρεστη κατάσταση μπορεί να συμβεί σε ένα αριθμό εγκεφαλικών κυκλωμάτων. Οι περιοχές του μεσεγκεφάλου που ονομάζονται **μαστία** και **θάλαμος** φαίνεται ότι είναι ζωτικής σημασίας για τη φυσιολογική μνήμη, καθώς και μία δομή στον έσω κροταφικό λοβό που ονομάζεται **ιππόκαμπος**. Βλάβη στις περιοχές αυτές φαίνεται να επηρεάζει ιδιαίτέρως τη διαμόρφωση της επεισοδιακής και της σημασιολογικής μνήμης.

“Δεν είναι τόσο πολύ η βλάβη που προσελκύει την προσοχή μας όσο ο τρόπος, μέσω της βλάβης ή της ασθένειας, που αποκαλύπτεται η φυσιολογική λειτουργία.”  
(Sir Henry Head - Νευρολόγος 20<sup>ου</sup> αιώνα).

Οι άνθρωποι που προσβάλλονται από μία κατάσταση γνωστή ως **αμνησία** δε μπορούν να θυμηθούν ότι συνάντησαν κάποιον μόνο μισή ώρα νωρίτερα. Δε μπορούν να θυμηθούν αν έφαγαν πρόσφατα ή αν πρέπει να φάνε, ή ακόμη και απλά πράγματα της καθημερινής ζωής, όπως το πού έβαλαν κάτι μέσα στο σπίτι. Αν τους παρουσιάσουν ένα πολύπλοκο σχέδιο - όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα - μπορούν να το αντιγράψουν με ακρίβεια αμέσως, αλλά δε μπορούν να το ζωγραφίσουν από μνήμης, 30 λεπτά αργότερα, τόσο καλά όσο οι περισσότεροι από μας. Συχνά, δε μπορούν να θυμηθούν πράγματα που συνέβησαν πριν αρρωστήσουν. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται **παλίνδρομη αμνησία**.

Αυτός ο τρόπος ζωής στερείται δόμησης σε σχέση με το χρόνο και τον τόπο και όπως έχει περιγραφεί από έναν ασθενή που έπασχε από αυτού του τύπου την αμνησία, η κατάσταση μοιάζει σα να «ξυπνάει διαρκώς από ένα όνειρο». Ωστόσο, το ίδιο πρόσωπο διατηρεί την ικανότητα του χειρισμού της γλώσσας και της έννοιας των λέξεων

και αρκετή μνήμη εργασίας για να κάνει μία λογική συζήτηση. Μόνο αν κάποιος κάνει ακριβώς την ίδια συζήτηση μαζί του λίγα λεπτά αργότερα θα γίνει φανερή η συγκλονιστική μοναξιά της ύπαρξής του.



Ασθενείς με αμνησία (A) μπορούν να δουν καλά και να αντιγράψουν πολύπλοκα σχέδια όπως αυτό με αρκετή ακρίβεια, αλλά δε μπορούν να τα θυμηθούν μετά από λίγο διάστημα σε σύγκριση με υγιείς ανθρώπους (Y).

Δύο δομές είναι πολύ σημαντικές για την επεισοδιακή μνήμη - ο περιρινικός φλοιός (PRH) που διαμεσολαβεί την αίσθηση της οικειότητας με το παρελθόν και ο ιππόκαμπος (HIPPO) που κωδικοποιεί γεγονότα και τόπους.



## Άλλα μνημονικά συστήματα

Βλάβη σε κάποια σημεία του εγκεφάλου μπορεί να επηρεάσει άλλα μνημονικά συστήματα. Εκφυλιστικές καταστάσεις, όπως σε συγκεκριμένα είδη **σημασιολογικής άνοιας** (ένα είδος νόσου Alzheimer), μπορούν να προκαλέσουν εντυπωσιακές μορφές διαταραχής της σημασιολογικής μνήμης. Στην αρχή οι ασθενείς θα μπορούν να σας πουν αρκετά καλά ότι οι εικόνες που βλέπουν σε ένα πείραμα δείχνουν μία γάτα, ένα σκύλο, ή ένα αυτοκίνητο ή ένα τρένο. Καθώς η ασθένεια προχωρά, μπορεί να διστάσουν να πουν ότι σε μία εικόνα με ένα ποντίκι βλέπουν ένα ποντίκι και να πουν ότι πρόκειται για ένα σκύλο. Αυτό που φαίνεται να συμβαίνει είναι ότι η λειτουργική πληροφορία οργανώνεται σε κατηγορίες, με τις πληροφορίες για τα έμψυχα όντα να αποθηκεύονται μαζί σε κάποιο σημείο, πολύ μακριά από τις πληροφορίες για τα άψυχα.

## Η νευροβιολογία της μνήμης

Η προσεκτική μελέτη νευρολογικών ασθενών μας βοηθά να ανακαλύψουμε πού βρίσκονται οι μνημονικές λειτουργίες στον εγκέφαλο, αλλά η έρευνα που αφορά στον τρόπο λειτουργίας σε επίπεδο νευρώνων και χημικών διαβιβαστών διεξάγεται σε πειραματόζωα και αυτό απαιτεί ιδιαίτερη

διαδικασία και τους χημικούς νευροδιαβιβαστές που απελευθερώνονται για να δράσουν σε υποδοχείς που εμπλέκονται στην αποθήκευση κάποιου είδους «εικόνας» της μητέρας. Αυτή η εικόνα φαίνεται να είναι τόσο ακριβής, ώστε το κοτόπουλο να ακολουθεί τη μητέρα του και όχι κάποια άλλη. Τα νεαρά ζώα επειδή χρειάζεται να μάθουν ποιές τροφές είναι ασφαλείς δοκιμάζουν μικρές ποσότητες φαγητού κάθε φορά και έτσι μαθαίνουν ποιές από αυτές έχουν άσχημη γεύση. Αυτό δε μπορεί να αποδοθεί μόνο στη γενετική προδιάθεση, διότι συγχρόνως με την ανάπτυξη ενεργοποιούνται μηχανισμοί μάθησης. Με την ενεργοποίηση των υποδοχέων κατά την αποτύπωση ή κατά τη δοκιμή κάποιας τροφής, μία σειρά δεύτερων αγγελιοφόρων μεταδίδουν σήματα στον πυρήνα των εγκεφαλικών κυττάρων, όπου ενεργοποιούνται γονίδια για να φτιάξουν ειδικές πρωτεΐνες που μπορούν κυριολεκτικά να δημιουργήσουν μνήμη.

Τα **κύτταρα ανίχνευσης θέσης** είναι μία άλλη σημαντική ανακάλυψη. Πρόκειται για νευρώνες στον ιππόκαμπο που πυροδοτούν δυναμικά ενέργειας μόνο όταν ένα ζώο εξερευνά ένα οικείο μέρος. Διαφορετικά κύτταρα κωδικοποιούν διαφορετικά μέρη του περιβάλλοντος, έτσι ώστε ένας πληθυσμός κυττάρων εμπλέκεται στην χαρτογράφηση μιας ολόκληρης περιοχής. Άλλα κύτταρα σε μία κοντινή περιοχή του εγκεφάλου κωδικοποιούν την κατεύθυνση προς την οποία



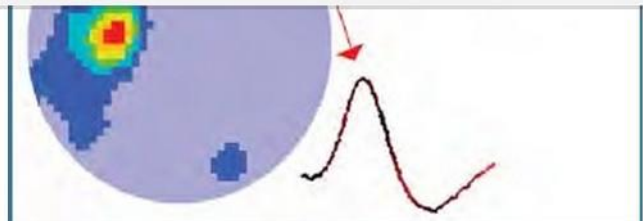
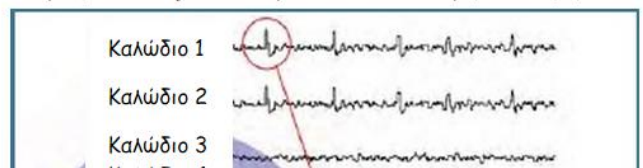
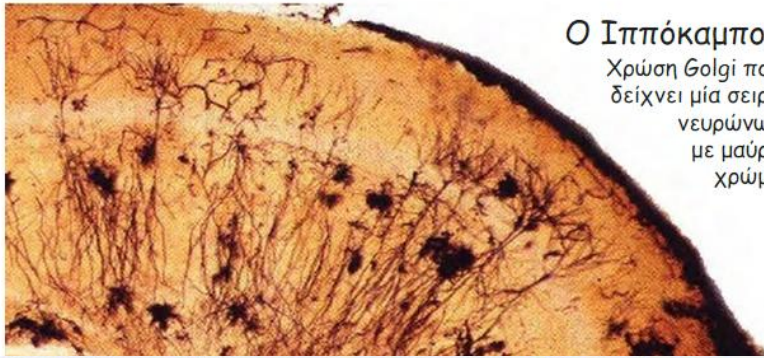
λειτουργίας σε επίπεδο νευρώνων και χημικών διαβιβαστών διεξάγεται σε πειραματόζωα και αυτό απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.

Οι νευροεπιστήμονες σήμερα πιστεύουν ότι πολλές διαστάσεις του λεπτού συντονισμού των νευρωνικών συνδέσεων στον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο, χρησιμοποιούνται και κατά την πρώιμη μάθηση. Ο δεσμός που αναπτύσσεται ανάμεσα σε ένα βρέφος και τη μητέρα του μελετήθηκε σε νεαρά κοτόπουλα σε μία διαδικασία που ονομάστηκε **αποτύπωση**. Σήμερα γνωρίζουμε σε ποιο σημείο του εγκέφαλου του κοτόπουλου πραγματοποιείται αυτή η

ολόκληρης περιοχής. Άλλα κύτταρα σε μία κοντινή περιοχή του εγκέφαλου κωδικοποιούν την κατεύθυνση προς την οποία κινείται το ζώο. Οι δύο αυτές περιοχές συνεργάζονται - ο χάρτης του χώρου και η αίσθηση της κατεύθυνσης - βοηθούν το ζώο να μάθει να κινείται στον κόσμο. Αυτό είναι προφανώς πολύ σημαντικό για τα ζώα, επειδή η ανεύρεση τροφής και νερού και στη συνέχεια του δρόμου για επιστροφή στο λαγούμι, τη φωλιά ή οποιοδήποτε άλλο σπίτι, είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση τους. Αυτό το καθοδηγητικό σύστημα μάθησης σχετίζεται τόσο με την σημασιολογική όσο και με την επεισοδιακή μνήμη. Τα ζώα διαμορφώνουν μία σταθερή αναπαράσταση του πού βρίσκονται τα πράγματα στο έδαφός τους - ακριβώς όπως η αντικειμενική γνώση που εμείς αποκτούμε για τον κόσμο μας. Και αυτός ο χάρτης για το χώρο προσφέρει ένα μνημονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θυμούνται γεγονότα - π.χ. πού είδαν τελευταία φορά ένα αρπακτικό. Τα κύτταρα ανίχνευσης θέσης μπορεί να κωδικοποιούν και άλλες πληροφορίες εκτός χώρου - μπορεί να βοηθούν τα ζώα να θυμούνται πού συνέβησαν τα γεγονότα.

### Ο Ιππόκαμπος

Χρώση Golgi που δείχνει μία σειρά νευρώνων με μαύρο χρώμα



Τέσσερα καλώδια καταγραφής κοντά σε κύτταρα του ιπποκάμπου δείχνουν νευρικές ώσεις σε δύο από αυτά (1 και 2, περιστασιακά 4) που αντιπροσωπεύουν νευρίνες οι οποίες πυροδοτούν σε μία συγκεκριμένη θέση (κόκκινη κουκκίδα στο κυκλικό ένθετο). Μεγενθύνοντας την κλίμακα του χρόνου (κόκκινος κύκλος) παρατηρούμε το σχήμα των κυμάτων στον εγκέφαλο.

Πώς σχηματίζονται αυτοί οι χάρτες και τα μνημονικά ίχνη; Μία πρόσφατη θεωρία τα συνδέει με την συναπτική πλαστικότητα την εξαρτώμενη από τους NMDA υποδοχείς. Στο τελευταίο κεφάλαιο, περιγράψαμε πώς η ενεργοποίηση της συναπτικής πλαστικότητας αλλάζει την ισχύ των συνδέσεων σε ένα δίκτυο νευρώνων και ότι αυτός είναι ένας τρόπος αποθήκευσης της πληροφορίας. Η μάθηση σχετικά με το χώρο διαταράσσεται όταν χορηγηθεί στον ιππόκαμπο ένα φάρμακο που αποκλείει τους **NMDA υποδοχείς**.



Για παράδειγμα, οι αρουραίοι και τα ποντίκια μπορούν να εκπαιδευτούν και να μάθουν να κολυμπούν σε μία πισίνα, προκειμένου να βρουν μία πλατφόρμα απόδρασης που είναι κρυμμένη σε κάποιο σημείο κάτω από την επιφάνεια του νερού. Για να επιτύχουν αυτό το εγχείρημα χρησιμοποιούν τα κύτταρα ανίχνευσης θέσης και τα κύτταρα κατεύθυνσης της κεφαλής ώστε να βρουν το δρόμο τους ενώ κωδικοποιούν τη σωστή τοποθεσία της πλατφόρμας στη μνήμη τους, χρησιμοποιώντας την πλαστικότητα που ενεργοποιείται από τους NMDA υποδοχείς. Μεταλλαγμένα πειραματόζωα (knockout), στα οποία έχουν εξαλειφθεί οι NMDA υποδοχείς του ιπποκάμπου, παρουσιάζουν φτωχή μάθηση και εσφαλμένα κύτταρα ανίχνευσης θέσης. Στο τελευταίο κεφάλαιο, εξηγήσαμε ότι οι αλλαγές στη συναπτική ισχύ εκφράζονται μέσω μεταβολών στους διεγερτικούς AMPA υποδοχείς. Δε γνωρίζουμε ακόμα αν αυτό ισχύει και για τη μνήμη αλλά πρόκειται για ένα θέμα αυξημένου ερευνητικού ενδιαφέροντος.



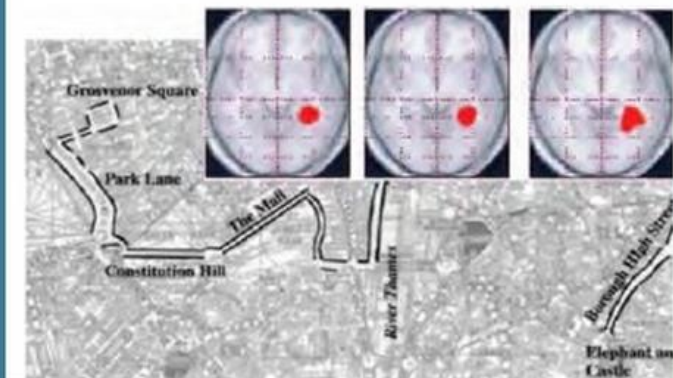
Ο αρουραίος κολύπησε στην πισίνα μέχρι που βρήκε την κρυμμένη πλατφόρμα, πάνω στην οποία στέκεται.

## Μπορούμε να βελτιώσουμε τη μνήμη;

Όλοι πιστεύουμε ότι θα ήταν καλό να βελτιώσουμε τη χωρητικότητα ή την ικανότητα της μνήμης μας. Οι γηραιότεροι συχνά παραπονιούνται για τη μνήμη τους. Ωστόσο, η βελτίωση της μνήμης σίγουρα θα έχει κάποιο κόστος, επειδή η καλή μνήμη σημαίνει ισορροπία ανάμεσα σε όσα θυμόμαστε και σε όσα ξεχνάμε. Αν τη βελτιώσουμε περισσότερο, μπορεί να έχουμε δυσκολία να ξεχάσουμε όλα τα ασήμαντα πράγματα που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της ημέρας και δε χρειάζεται να τα θυμόμαστε. Το «πνεύμα της ισορροπίας» μιας καλής μνήμης είναι εκείνο που θυμάται και οργανώνει τα σωστά πράγματα στον εγκέφαλο, αλλά ξεχνά άλλα που φαίνονται λιγότερο σημαντικά. Δε φαίνεται

## Ερευνητικά Σύνορα

Οι οδηγοί ταξί εμφανίζουν αυξημένη ενεργοποίηση μέσα και κοντά στον ιπποκάμπο, όταν φαντάζονται μία διαδρομή



Οι οδηγοί ταξί στο Λονδίνο πρέπει να γνωρίζουν πολύ καλά την πόλη πριν τους επιτραπεί να εκτελέσουνδρομολόγια με χρέωση. Όταν οι ερευνητές τοποθέτησαν έμπειρους οδηγούς ταξί σε εγκεφαλικό τομογράφο και τους ζήτησαν να φανταστούν μία διαδρομή από την Marble Arch προς το Elephant and Castle, παρατήρησαν μεγαλύτερη ενεργοποίηση στο δεξιό παρα-

ιπποκάμπιο φλοιό (κόκκινες περιοχές). Λειτουργική Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού οδηγών ταξί δείχνει αλλαγές στο σχετικό μέγεθος διαφορετικών τμημάτων του ιπποκάμπου που μπορεί να σχετίζονται με το πόσο καλά θυμούνται την πόλη, αν και μπορεί να παρεμβάλλονται και άλλοι παράγοντες.


να εκμεταλλευτούμε τις γνώσεις που αποκτήσαμε σχετικά με το πώς η πληροφορία κωδικοποιείται, αποθηκεύεται, εμπεδώνεται (διαδικασία «παγίωσης») και στη συνέχεια ανακαλείται. Τέτοια παραδείγματα είναι η διαδικασία προσήλωσης της προσοχής, η ύπαρξη κενού χρονικού διαστήματος ανάμεσα σε περιόδους μάθησης και η χρήση τακτικών υπενθυμίσεων για να υποστηριχθεί η διαδικασία της «παγίωσης». Κάποιοι ηλικιωμένοι ασθενείς με προβλήματα μνήμης βρίσκουν αρκετά βοηθητικό ένα σύστημα υπενθύμισης που ονομάζεται «ΝευροΥπενθύμιση - NeuroPage» -που τους θυμίζει τί πρέπει να κάνουν κάθε φορά και αυτό τους βοηθά να δομήσουν τη μέρα τους με τέτοιο τρόπο ώστε να μη ξεχνούν βασικές εργασίες. Η συνειδητοποίηση των διαφορετικών ροών που διέπουν τη

τουλάχιστον στους φυσιολογικούς ανθρώπους. Η εξέλιξη έχει διασφαλίσει ότι το σύστημα θα χαρακτηρίζεται από τη βέλτιστη ισορροπία.

Αντίθετα οι σοβαρές διαταραχές της μνήμης μπορεί να βελτιωθούν με φάρμακα που θα κάνουν τους NMDA ή τους AMPA υποδοχείς να δουλεύουν αποτελεσματικότερα, ή με φάρμακα που θα ενεργοποιούν την αλυσιδωτή παραγωγή σημάτων δεύτερων αγγελιοφόρων, που έχουν ήδη ταυτοποιηθεί με έρευνες μάθησης σε νεαρά ζώα. Θα βοηθούσε επίσης, να βρούμε κάποιο τρόπο να περιορίσουμε την πορεία νευροεκφυλιστικών διαταραχών, όπως η νόσος Alzheimer, οι οποίες επηρεάζουν τη μνήμη. Μία από τις πιο συναρπαστικές περιπέτειες στις νευροεπιστήμες σήμερα, για τους ερευνητές στα πανεπιστήμια, στα ερευνητικά ινστιτούτα, αλλά και στις φαρμακευτικές εταιρίες, είναι η έρευνα αυτών των πεδίων. Με την πληθυσμιακή εξέλιξη, σχεδόν σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες να στρέφεται προς μία σημαντική επικράτηση των γηραιότερων, οι θεραπείες που θα μπορούσαν να τους βοηθήσουν να ζήσουν ανεξάρτητοι για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, θα αποτελούσαν σημαντική προσφορά. Ωστόσο, κάποιοι επιστήμονες πιστεύουν ότι μαζί με τα φάρμακα θα χρειαστεί και η **γνωσιακή μηχανική**. Η γνωσιακή μηχανική δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο τα φάρμακα, αλλά είναι εξίσου σημαντική. Το σκεπτικό είναι

δεξιότητα απλώς ακούγοντας για αυτήν, αν και αυτή η μέθοδος είναι αποτελεσματική για την επεισοδιακή μνήμη. Όποιος προσπαθήσει να μάθει μία δεξιότητα πρέπει να εξασκείται συχνά, όπως πάντα θυμίζουν οι δάσκαλοι μουσικής στους μαθητές τους.

Ο Alan Baddeley ανέπτυξε την θεωρία της μνήμης εργασίας, που αποτελείται από διαφορετικά συστήματα, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.



Η φυσιολογική αποθήκευση, το οπτικο-χρωταξικό αποτύπωμα και το κεντρικό εκτελεστικό σύστημα εντοπίζονται σε διάφορα μέρη του εγκεφάλου

