

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΦΥΪΑΣ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΩΝ



ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Α. ΚΟΥΤΑΛΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

Συνηθίζουμε να ορίζουμε στους φοιτητές το «μέτρο» μέσα στο οποίο δομείται μία διπλωματική εργασία. Από τη θεματική της έως τον τρόπο που συντάσσονται οι εικόνες και η βιβλιογραφία. Τα συνήθη, δηλαδή, πλαίσια μίας επιστημονικής εργασίας (τουλάχιστον όπως τα βιώνουμε και εμείς μέσα από την εμπειρία μας με τους διάφορους επιστημονικούς εκδοτικούς οίκους). Και είναι αλήθεια πως πολλές φορές το πλαίσιο διαμόρφωσης (layout) λειτουργεί ως «παραπέτασμα καπνού» για να καλύψει τις (καθόλα αναμενόμενες) αδυναμίες στο επιστημονικό υπόβαθρο του φοιτητή. Η ομοιομορφία, εξάλλου, σε πολλές εκφάνσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας, λειτουργεί σωστικά...

Τα όρια όμως υπάρχουν για να παραβιάζονται και είναι σαφώς πολύ πιο σημαντικό να ενθαρρύνεις τον ίδιο τον επιστημονικό προβληματισμό και τους νοητικούς πειραματισμούς του εκπαιδευόμενου από το να εμμένεις σε τύπους και πλαίσια. Αυτό άλλωστε είναι και το ίδιο της επιστημονικής σκέψης, που πολλές φορές αδυνατούμε να εξυπηρετήσουμε μέσα στη λαίλαπα της καθημερινότητας.

Η διπλωματική του Στέλιου ανήκει σαφώς σε αυτή την ωραία εξαίρεση. Το θέμα της μου προτάθηκε από τον ίδιο, ως αντικείμενο προσωπικού του προβληματισμού. Και παρότι διαφεύγει από τη γενική θεματική των διπλωματικών του Τμήματος, θεώρησα ότι όφειλα να το υποστηρίξω. Το τελικό προϊόν είναι μέρος μόνο της βιβλιογραφικής έρευνας που πραγματοποίησε ο Στέλιος- προσπάθησα απλά να βάλω μία αρχή και ένα «κατά σύμβαση» τέλος. Η μορφή και το ύφος σίγουρα δεν ανταποκρίνονται στα πλαίσια που ως Τμήμα-αλλά και εγώ προσωπικά μέσω της Επιτροπής Διατριβών και Επετηρίδας-ορίσαμε. Εκφράζει όμως την προσωπικότητα, το ύφος και τον τρόπο σκέψης του υπογράφοντα και γι αυτό την αποδέχτηκα ως έχει.

Στις αραιές αλλά ουσιαστικές συζητήσεις μας για το θέμα -και όχι μόνο- αντιλήφθηκα ότι η διπλωματική εργασία ήταν παράλληλα το άλλοθι μίας εσωτερικής ανάγκης για πνευματική και ηθική ανάνηψη, μία απόδραση από μία όχι και τόσο φιλική πραγματικότητα, μία εργασιοθεραπεία. Και πέρα από το παρόν κείμενο, νομίζω πως πέτυχε πλήρως τους μύχιους στόχους της. Εγώ πάντως, φίλε Στέλιο, θεωρώ τον εαυτό μου κερδισμένο, τόσο γνωστικά, καθώς μου υπέδειξες πεδία που δεν θα εισέβαλα ποτέ μόνος, όσο κυρίως συναισθηματικά...

ΔΣΚ

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	7
2.1 Εξέλιξη.....	8
2.2 Εξελικτικές εξηγήσεις.....	10
2.3 Τα τέσσερα «C's» της εξέλιξης.....	11
2.4 Το φυσικό πλαίσιο της εξέλιξης.....	11
2.5 Γεγονότα κλειδιά.....	12
2.6 Η υπόθεση του μοναδικού είδους.....	13
3. Κρανίο, εγκέφαλος, ευφυΐα.....	14
3.1 Το κρανίο.....	16
3.2 Η ανατομία του εγκεφάλου.....	21
3.2.1. Το νευρικό σύστημα.....	21
3.2.2 Τα εγκεφαλικά τμήματα και οι λειτουργίες του εγκεφάλου.....	27
4.1 Πως, ποιος, γιατί.....	35
4.2 Οι περιοχές του Brodmann.....	37
4.3 Νευρώνες.....	38
4.3.1 Νευρικά δίκτυα.....	38
4.3.2 Ικανότητα επεξεργασίας πληροφοριών.....	41
4.3.3 Βιολογικά όρια της επεξεργασίας πληροφοριών.....	42
4.3.4 «Όρια» στην εγκεφαλκή εξέλιξη.....	43
4.4 «Κοιτάς αλλά δε βλέπεις».....	45
5. Σεξουαλική επιλογή.....	46
5.1 «Σεξιστικές» διαφορές του εγκεφάλου.....	46
5.1.1 Αιτίες των διαφορών.....	47
5.2 Σεξουαλική επιλογή και ευφυΐα.....	48
5.3 Σεξ, χιούμορ, ευφυΐα.....	48
6.1 Συγκρίνοντας τη νοημοσύνη.....	50
6.2 Απολιθωμένοι πρόγονοι.....	53
6.2.1 Αριστερά ινιακή-δεξιά πρόσθια (μετωπιαία) <i>petalia</i>	54
6.2.2 Σχήμα της κογχικής επιφάνειας του μετωπιαίου λοβού.....	54
6.2.3 Μετωπιαία κογχική αύλακα.....	55
6.2.4 Το κάλυμμα του Broca (Broca's cap).....	55
6.2.5 Κροταφικοί πόλοι.....	56
6.2.6 Θέση της ημισελινοειδούς αύλακας.....	56

6.2.7 Επέκταση του βρεγματικού λοβού	57
6.2.8 Μέγεθος της παρεγκεφαλίδας	57
7.1 ΕΠΙΛΟΓΟΣ - Η συνείδηση στο σύμπαν	59
7.2 «Έχω ένα πρόβλημα για κάθε σου λύση...».....	60
Βιβλιογραφία	61

Αντί προλόγου

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε υπό τη καθοδήγηση του Κυρίου Δημήτρη Κωστόπουλου, αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, το έτος 2014 στη Θεσσαλονίκη. Το ευαίσθητο θέμα της καταγωγής του ανθρώπου προσεγγίζεται από δύο κατευθύνσεις. Η μία σχετίζεται με τις απαρχές του είδους, τις εξελικτικές κατακτήσεις, τις συγγενικές μορφές, τις δυνατότητες που αποκτήθηκαν και αυτές που χάθηκαν. Η δεύτερη κατεύθυνση αναζητά εξηγήσεις στα πλαίσια χάραξης του μέλλοντος. Που μπορεί να οδηγηθεί ένα ζώο που προσαρμόζει το περιβάλλον του; Πόσο μακριά θα καταφέρει να φτάσει στο χώρο και το χρόνο; Γιατί ο εγκέφαλος κατασκευάστηκε έτσι ώστε να προσπαθεί να ξεπεράσει τον ίδιο; Να αντιλαμβάνεται το ήθος, την απώλεια και τον πνευματικό κόσμο; Η νοημοσύνη φαίνεται να εξελίσσεται παράλληλα με τους πολιτισμούς, όπου υπάρχει χρόνος και πόροι. Η στενά συνδεδεμένη έκφραση του φυσικού κόσμου και η σταθερότητα αυτού πιθανόν να συγγενεύει με την ανάπτυξη της πνευματικότητας σε μία προσπάθεια οργάνωσης *εαυτού* και απομίμησης των φυσικών μοτίβων που ως ερεθίσματα εκπέμπονται και ως κρίση λαμβάνονται. Η επιλογή να εξεταστεί αυτό το θέμα δεν ξεκίνησε για να δώσει απαντήσεις σε κάποια ερώτηση. Επιλέχθηκε για να ρίξει λίγο φώς στο τι πραγματικά είμαστε, σε ποιούς κόσμους ζούμε, ποιοί παραμένουν σταθεροί και ποιοί μεταβάλλονται. Ο αριθμός των συγγραφέων και ερευνητών που μελετάνε αυτά τα θέματα κάθε μέρα αυξάνεται. Ίσως το κοινωνικοπολιτικό περιβάλλον πιέζει προς αυτή τη κατεύθυνση. Για τη συγγραφή της εργασίας δεν παρήγαγα καμία γνώση, αλλά η παρούσα, σε όλη της την έκταση, αποτελεί αναπαραγωγή διατυπωμένων απόψεων τρίτων. Από τη βασική δομή απουσιάζει το κομμάτι των συμπερασμάτων και αυτό γιατί τα συμπεράσματα σε τόσο ευαίσθητα θέματα δεν μπορούν να εξαχθούν με το δικό μου γνωστικό επίπεδο αλλά και γιατί από τη μελέτη μου απουσιάζει πλήρως το ερευνητικό κομμάτι. Θα ήθελα, τέλος, να ευχαριστήσω όσους είχαν την αρετή της υπομονής και με στήριξαν με κάθε τρόπο για να ολοκληρώσω τις σπουδές μου σε αυτό το τμήμα. Την διπλωματική αυτή εργασία την αφιερώνω στο Στέργιο Κουταλή, το τέλος του οποίου παρακολούθησα.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία ξεκινάει με μία εισαγωγή που προλογίζει το χαρακτήρα και το πεδίο αυτής της μελέτης. Συνεχίζοντας την ανάγνωση ακολουθεί το δεύτερο κεφάλαιο το οποίο ασχολείται με τους παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την εξέλιξη των οργανισμών με έμφαση στην εμφάνιση της γενεαλογίας του ανθρώπου. Ακόμα προσδιορίζονται προβληματικές. Έπεται το τρίτο κεφάλαιο που περιλαμβάνει την ανατομική ανάλυση του κρανίου και του εγκεφάλου δηλώνοντας τη λειτουργία κάθε εγκεφαλικού τμήματος. Έπειτα στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι λειτουργίες, οι δυνατότητες και οι περιορισμοί του δικτύου νευρώνων του εγκεφάλου σε μία προσπάθεια εγκαθίδρυσης της μοναδικότητας της ανθρώπινης νοημοσύνης, αλλά και της φυσιολογικής απόρροιάς της. Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετάται ο ρόλος της σεξουαλικής επιλογής ως δευτερεύων μηχανισμός εξέλιξης και ανάπτυξης της ευφυΐας ως προσαρμογή. Το έκτο κεφάλαιο ασχολείται με συγκεκριμένα - ανθρωποκεντρικά - δεδομένα όπου συγκρίνονται διάφορες πτυχές της νοημοσύνης ανάμεσα σε διάφορα πρωτεύοντα αλλά και ανατομικά στοιχεία – αποτυπώματα της νοημοσύνης σε απολιθωμένα είδη. Τέλος αναλύονται οι διάφορες μορφές της συνείδησης, ύψιστης έκφρασης της νοημοσύνης με παράθεση προβληματισμών.

1. Εισαγωγή

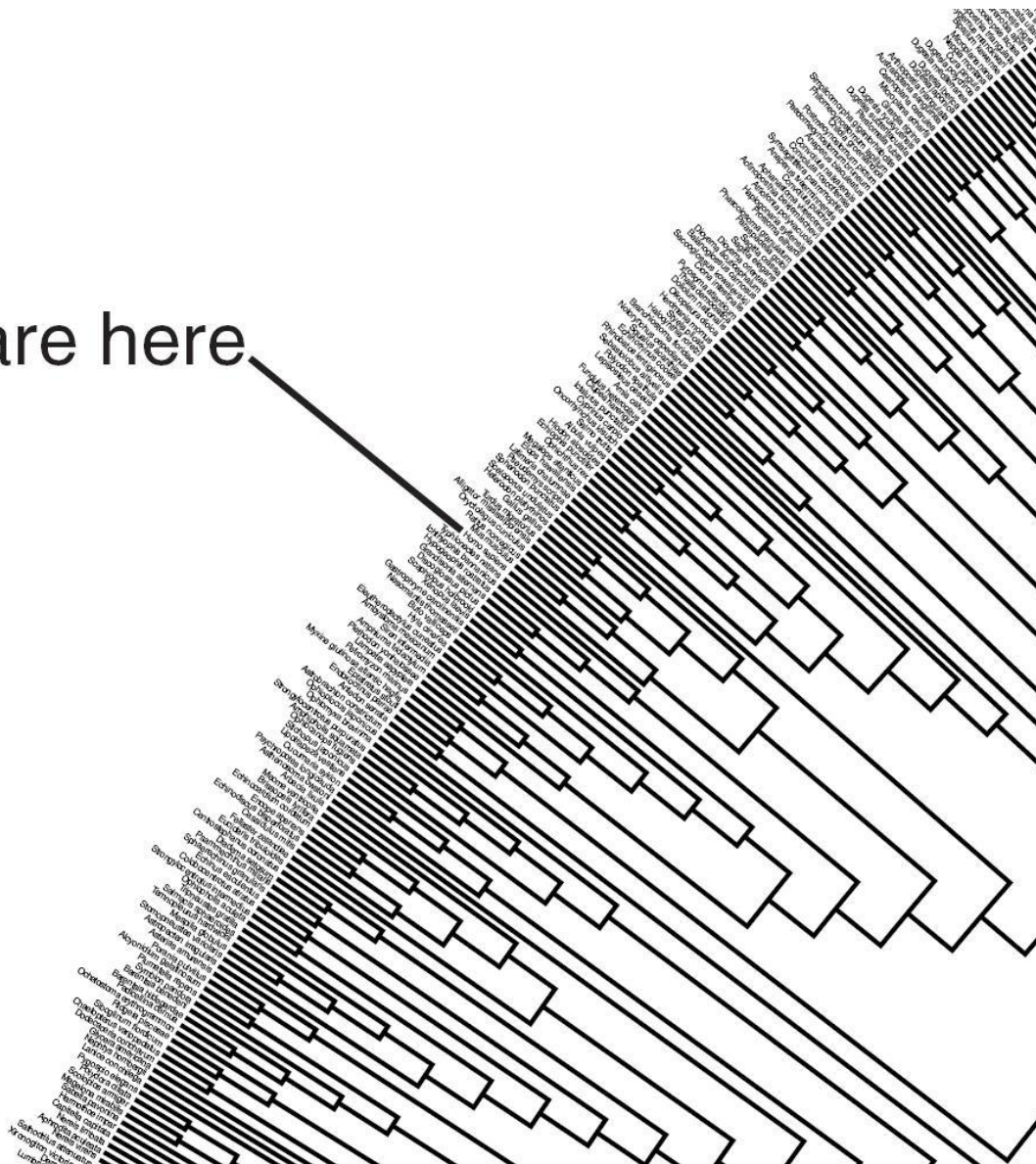
«Αγαπητέ μου, καταγόμαστε από τους πιθήκους! Ας ελπίσουμε να μην είναι αλήθεια, αλλά και αν είναι, ας προσευχηθούμε να μην γίνει γενικά γνωστό», κάπως έτσι αντέδρασε η σύζυγος του Αρχιεπισκόπου του Worcester τον Ιούνιο του 1860. Τελικά δεν έπρεπε να ανησυχεί αφού με αυτούς απλά μοιραζόμαστε ένα κοινό πρόγονο. Παρ' όλα αυτά το ερώτημα που τέθηκε αποτελεί τη δεύτερη κατά σειρά πνευματική επανάσταση, που αναθεώρησε τη σχέση του ανθρώπου με το φυσικό κόσμο. Η πρώτη προηγήθηκε τέσσερις αιώνες, όταν ο μαθηματικός Νικόλαος Κοπέρνικος (ο Goethe είχε δηλώσει ότι «απ' όλες τις ανακαλύψεις και απόψεις που ακούστηκαν, σίγουρα τίποτα δεν έχει κάνει τόσο βαθιά εντύπωση στο ανθρώπινο μυαλό όπως η επιστήμη του Κοπέρνικου») εκτόπισε την ιδέα ότι η γη είναι το κέντρο του σύμπαντος. Η δεύτερη συνέβη όταν ο Κάρολος Δαρβίνος έδειξε ότι η ανθρωπότητα ήταν μέρος της φύσης και όχι κατακτητής της. Παρατηρώντας, λοιπόν, την επική εξέλιξη του Αφρικανού πιθήκου που ορίζει τον ανατομικά σύγχρονο άνθρωπο, το ερώτημα της «ανθρωπιάς» του κλάδου των προγόνων των ανθρωπιδών (hominin) φαίνεται να εξελίσσεται παράλληλα, μολοντί προς μία κατεύθυνση. Πιο συγκεκριμένα, οι ανθρωπίδες, με εξαίρεση τον ίδιο τον *Homo sapiens*, θεωρούνται λιγότερο άνθρωποι από τους παλαιοανθρωπολόγους, τουλάχιστον μέχρι τη δεκαετία του 1980. Πάνω σε αυτό το θέμα, οι διαφορετικές απόψεις της καταγωγής του σύγχρονου ανθρώπου, μελετώνται από διαφορετικές προοπτικές. Ωστόσο, η «ανθρωπιά» των προγονικών προς τον άνθρωπο μορφών και η καταγωγή του ίδιου του *Homo sapiens* συνδέονται άρρηκτα. Θέλοντας να ορίσουμε ποιο είδος πιθήκου ή μαϊμούς σχετίζεται πλησιέστερα με τον άνθρωπο, χρειάζεται να ορίσουμε ποια είναι εκείνα τα χαρακτηριστικά που είναι σημαντικά για να ορίσεις κάποιο ζώο..., άνθρωπο. Η αναζήτηση λοιπόν αναγκαστικά θα οδηγηθεί στο ποιά μορφή, που αποτελεί κοινό πρόγονο συγκεκριμένων ειδών, πληρεί τα κατά τον άνθρωπο «ανθρώπινα» χαρακτηριστικά του. Ο Κάρολος Δαρβίνος στο έργο του, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, «ταχτοποίησε» ποια είναι εκείνα τα στοιχεία που μας ορίζουν και μας καταστούν ιδιαίτερους στο βασίλειο της ζωής. Η **ευφυΐα**, η **χειρονακτική επιδεξιότητα**, η **τεχνολογία** και η **ανατομική ευθύτητα**, υποστηρίζοντας ότι ένας πίθηκος εφοδιασμένος με κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά, ακόμα και σε μικρό βαθμό θα μπορούσε να υπερτερήσει έναντι άλλων. Μόλις καθιερώθηκε ο εγγύτερος ανθρωπίνος πρόγονος, η «παροντική» κατάληξη στον *Homo sapiens*, φαίνεται να ήταν αναπόφευκτη, καθοδηγούμενη από τη δύναμη της φυσικής επιλογής, την ίδια την εξέλιξη, στο χώρο και στο χρόνο.

2.1 Εξέλιξη

Εξέλιξη, στις βιολογικές επιστήμες, είναι η αλλαγή των κληρονομημένων χαρακτηριστικών των βιολογικών πληθυσμών κατά τη διάρκεια διαδοχικών γενεών. Οι εξελικτικές διαδικασίες «δημιουργούν» διαφορετικότητα σε κάθε επίπεδο βιολογικής οργάνωσης, συμπεριλαμβανομένων των ειδών, των ατόμων και μεμονωμένων μορίων όπως το μόριο του DNA και τις πρωτεΐνες. Όλη η ζωή στη Γη κατάγεται από έναν καθολικό πρόγονο που έζησε περίπου πριν 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια (LUCA, Last Universal Common Ancestor). Η επαναλαμβανόμενη ειδογένεση και «απόκλιση» της ζωής προκύπτει από κοινά σύνολα βιοχημικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών, είτε με κοινές αλληλουχίες DNA ανάμεσα στους οργανισμούς. Αυτά τα χαρακτηριστικά και οι γενετικές ακολουθίες είναι περισσότερα παρόμοια μεταξύ των ειδών που μοιράζονται ένα «πιό» πρόσφατο κοινό πρόγονο. Τα σημερινά πρότυπα της βιοποικιλότητας έχουν διαμορφωθεί τόσο από τη διαδικασία της ειδογένεσης όσο και από τις εξαφανίσεις προηγούμενων γενεών. Ο Κάρολος Δαρβίνος ήταν ο πρώτος που διατύπωσε επιστημονική επιχειρηματολογία για τη θεωρία της εξέλιξης, μέσω της **φυσικής επιλογής**. Η εξέλιξη της ζωής μέσω της φυσικής επιλογής είναι μια διαδικασία που προκύπτει από τρία στοιχεία που σχετίζονται με τους πληθυσμούς των οργανισμών: **1.** γεννούνται περισσότεροι απόγονοι από όσους επιβιώνουν, **2.** τα χαρακτηριστικά μεταξύ των ατόμων των πληθυσμών ποικίλλουν, οδηγώντας τους πληθυσμούς σε διαφορετικά ποσοστά επιβίωσης και αναπαραγωγικής επιτυχίας και **3.** τα ατομικά χαρακτηριστικά είναι κληρονομικά. Η φυσική επιλογή είναι η μόνη γνωστή αιτία προσαρμογής, αλλά όχι η μόνη γνωστή αιτία εξέλιξης. Οι μη προσαρμοστικές αιτίες εξέλιξης περιλαμβάνουν τη γενετική μετάλλαξη και τη γενετική παρέκκλιση. Η **εξέλιξη λαμβάνει χώρα** όταν αλλάζει η συχνότητα εμφάνισης των αλληλόμορφων μέσα σε ένα πληθυσμό, διαμέσου διασταυρώσεων. Οι μηχανισμοί που μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγή στις συχνότητες των αλληλόμορφων περιλαμβάνουν, τη φυσική επιλογή, τη γενετική παρέκκλιση, το «φαινόμενο του οτοστόπ», τη μετάλλαξη και τη γονιδιακή ροή. Η εξέλιξη επηρεάζει κάθε πτυχή της μορφής και της συμπεριφοράς των οργανισμών. Οι εξειδικευμένες συμπεριφορές και οι φυσικές προσαρμογές είναι το αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής. Αυτές οι προσαρμογές ευνοούν την επικράτηση των πληθυσμών ενισχύοντας την επιτυχία επιβίωσης, την παραπλάνηση των εχθρών, την ανεύρεση τροφής και την αναπαραγωγή. Οι οργανισμοί μπορούν επίσης να ανταποκριθούν «στην επιλογή» μέσω της συνεργασίας μεταξύ αυτών, συνήθως μεταξύ συγγενών ή με τη συμμετοχή σε αμοιβαία επωφέλη συμβίωση. Μακροπρόθεσμα, η εξέλιξη δημιουργεί νέα είδη διασπώντας τους προγονικούς πληθυσμούς των οργανισμών σε νέες ομάδες που δεν μπορούν ή δεν θα διασταυρωθούν. Μια ειδική περίπτωση φυσικής επιλογής είναι η **σεξουαλική επιλογή**, η οποία δραστηριοποιείται σε κάθε χαρακτηριστικό που αυξάνει την επιτυχία του ζευγαρώματος, αυξάνοντας την ελκυστικότητα ενός οργανισμού σε πιθανούς συντρόφους. Τα γνωρίσματα που καθιερώθηκαν μέσω της σεξουαλικής επιλογής είναι περισσότερο εμφανή στα αρσενικά. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που ευνοούν το ζευγάρωμα, παράλληλα έλκουν τους θηρευτές, μειώνοντας τα ποσοστά επιβίωσης συγκεκριμένων ατόμων. Η επιτυχία της σεξουαλικής επιλογής έγκειται στο γεγονός ότι ενώ τα χαρακτηριστικά που αποκτώνται μέσω αυτής ωθούν συγκεκριμένα

αρσενικά σε κάποιο στομάχι, έχει προηγηθεί η «αναπαραγωγική» επικράτηση αυτών μεταξύ των άλλων αρσενικών σε ένα πληθυσμό.

You are here



Εικόνα 2

2.2 Εξελικτικές εξηγήσεις

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η αρχή της φυσικής επιλογής, που συχνά αναφέρεται ως αναπαραγωγική επιτυχία, είναι δυνατή και εξίσου αναπόφευκτη, κάτω από ορισμένες συνθήκες και ότι η εξέλιξη και οι προσαρμογές είναι προϊόντα αυτής. Η φυσική επιλογή είναι έτσι ένας τρόπος να εξηγούμε εξελικτικές αλλαγές και τα προσαρμοστικά χαρακτηριστικά των οργανισμών, εδώ, στους ανθρώπους. Ενώ κατά μία έννοια η φυσική επιλογή είναι η εξήγηση που μπορεί καλύτερα να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει την ανθρώπινη εξέλιξη, αξίζει να εξετάσουμε εν συντομία τι ακριβώς σημαίνει αιτιότητα στην εξέλιξη και το πλαίσιο στο οποίο ζητούνται εξηγήσεις. Στο παρελθόν υπήρχαν προστριβές στους κύκλους της ηθολογίας σχετικά με διάφορες ανταγωνιστικές επεξηγήσεις για μία συγκεκριμένη συμπεριφορά. Σε μία εργασία, ο Ολλανδός ηθολόγος Nikko Tinbergen έδειξε ότι η αρχή της διαφωνίας και των προστριβών μεταξύ των ερευνητών για θέματα σχετικά με την εξέλιξη, έγκειται στο γεγονός ότι απαντώνται διαφορετικές ερωτήσεις. Υπέδειξε ότι υπάρχουν τεσσάρων ειδών ερωτήσεις σχετικές με την εξέλιξη και απαιτούν ξεχωριστών τύπων απαντήσεις. Πρώτα, υπάρχουν ερωτήσεις με άμεση αιτιώδη συνάφεια, οι οποίες απαιτούν μια μηχανικού είδους απάντηση από την άποψη των (συνήθως μηχανιστικών) βιολογικών διεργασιών, δεύτερον, υπάρχουν ερωτήσεις σχετικά με το πώς μια ιδιαίτερη κατάσταση ύπαρξης έχει εδραιωθεί ως υπαρκτή, που αποτελούν απαντήσεις σχετικές με την ανάπτυξη, τρίτον, υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με τη λειτουργία, τα οποία αναφέρονται στην προσαρμοστική αξία των χαρακτηριστικών που αποκτήθηκαν και τέταρτον, υπάρχουν ερωτήσεις σχετικά με την εξελικτική ιστορία ή (who made who) «τι εξελίχθηκε από τι». Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα σχετικό με την εξέλιξη του ανθρώπου. Στη διάρκεια της εξέλιξης το είδος μας κατάκτησε την συντεταγμένη γλώσσα, συγκεκριμένα τον έναρθρο λόγο. Υπάρχουν διάφορες εξελικτικές εξηγήσεις για την γλώσσα και τα ερωτήματα του Tinbergen μας επιτρέπουν να ξεχωρίσουμε διάφορες κατηγορίες αυτών. Αρχικά, η αναζήτηση της αλήθειας θα ασχολείται με το πώς παράγεται ο λόγος, που σχετίζεται με την μηχανική αντίληψη της ανατομίας της στοματικής κοιλότητας, των φωνητικών χορδών και του διαφράγματος, καθώς και με την νευροβιολογία της παραγωγής ήχων-μηχανιστική προσέγγιση. Το δεύτερο είδος εξηγήσεων σχετίζεται με την πραγματική κατάκτηση της γλώσσας, ανατομικά και νευροβιολογικά, κυρίως στα πρώτα τρία από τα τέσσερα χρόνια της ανάπτυξης-αναπτυξιακή προσέγγιση. Το τρίτο είδος εξηγήσεων σχετίζεται με τη επιλογή αυτή καθ' αυτή και με την προσαρμοστική αξία του λόγου και της γλώσσας, δηλαδή ποιο πλεονέκτημα έδωσε σε αυτούς που την κατείχαν έναντι αυτών που δεν είχαν αυτή τη δυνατότητα και τέλος, υπάρχουν εξηγήσεις που σχετίζονται με τους εξελικτικούς προγόνους της γλώσσας και του λόγου, είτε προέρχονται από τα φωνήματα των πρωτευόντων ή ως προσαρμογή της χειρονομικής γλώσσας-επικοινωνίας. Κάθε εξήγηση είναι εξίσου έγκυρη και δεν ανταγωνίζεται κατ' ανάγκη τις άλλες, αλλά όλες απευθύνονται σε διαφορετικά ζητήματα.

2.3 Τα τέσσερα «C's» της εξέλιξης

Στα πλαίσια της εξελικτικής θεωρίας και γενικεύοντας, μπορούμε να διακρίνουμε και να ορίσουμε τέσσερις τύπους παραγόντων που συμμετέχουν σε κάποιο συγκεκριμένο γεγονός. Αυτά αναφέρονται ως τα “τέσσερα C” της εξέλιξης, οι συνθήκες (**Conditions**), οι αιτίες (**Causes**), οι περιορισμοί (**Constraints**) και οι συνέπειες (**Consequences**). Οι συνθήκες αποτελούν το πλαίσιο στο οποίο λαμβάνει χώρα η φυσική επιλογή ή πιο συγκεκριμένα το πλαίσιο στο οποίο ο ανταγωνισμός λαμβάνει χώρα. Αυτές μπορεί να είναι περιβαλλοντικές ή κοινωνικές, συμπεριφοράς ή ανατομίας. Έπειτα, οι αιτίες, αναφέρονται σε εκείνες τις επιλεκτικές λειτουργίες που ευνοούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε οργανισμού, ειδικά εκείνα που προωθούν την αναπαραγωγική επιτυχία. Ο τρόπος με τον οποίο αυτές οι επιλεκτικές πιέσεις οδηγούν σε συγκεκριμένες εξελικτικές αλλαγές με τη σειρά του εξαρτάται από την παρουσία ιδιαίτερων περιορισμών. Αυτοί οι περιορισμοί αποτελούν μηχανικό πλαίσιο μέσα στο οποίο πρέπει-μπορεί να λειτουργεί η επιλογή. Μπορούν να είναι βιοχημικοί, φυσιολογικοί, ανατομικοί ή οικολογικοί. Τέλος, οι συνέπειες της αλληλεπίδρασης των τριών αυτών παραγόντων είναι η ουσιαστική εξελικτική αλλαγή, η οποία είναι μια συνέπεια που θα ανατροφοδοτήσει την αλληλεπίδραση των άλλων παραγόντων.

2.4 Το φυσικό πλαίσιο της εξέλιξης

Ανεξάρτητα από τους ακριβείς μηχανισμούς που συμμετέχουν ώστε να οριοθετηθεί όποια εξελικτική αλλαγή, είναι σημαντικό να μελετηθούν οι παράγοντες που οδηγούν την εξέλιξη στο σύνολό της. Οι τρεις παράγοντες που επηρεάζουν την γένεση νέων ειδών και την εξαφάνιση των υπαρχόντων είναι, αρχικά, τα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά κάθε γενεαλογίας. Έπειτα έρχεται το βιοτικό πλαίσιο, δηλαδή οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών ενός είδους ή μεταξύ διαφορετικών ειδών, στα πλαίσια του ανταγωνισμού τους για τρόφιμα και χώρο, κυνήγι, αλλά και κοινωνικότητα. Τέλος, είναι το φυσικό πλαίσιο όπως η γεωγραφία και το κλίμα, που καθορίζουν τους τύπους των ειδών που μπορούν να αναπτύσσονται σε κάθε περιοχή, σύμφωνα με τις προσαρμογές τους. Η γεωτεκτονική είναι αδιαμφισβήτητη, η συγγενέστερη προς την βιολογική εξέλιξη δύναμη και δεν γίνεται παρά να μελετάται παράλληλα με την μελέτη των ειδών, στο βάθος του χρόνου. Μελετώντας την καταγωγή του ανθρώπου, αναγκαζόμαστε να αναζητήσουμε την γεωτεκτονική εξέλιξη της Αφρικανικής ηπείρου, που ορίζει τους γεωγραφικούς περιορισμούς που οδηγούν την εξέλιξη των τοπικών ειδών, ανάμεσα στα οποία και οι προγονικές μορφές του ανθρώπου. 20ma πριν , η αφρικανική ήπειρος ήταν τοπογραφικά επίπεδη και από δυτικά προς τα ανατολικά γεμάτη με τροπικά δάση. Η τεκτονική δραστηριότητα τροποποίησε ριζικά αυτό το τοπίο. Μια μικρή τεκτονική πλάκα, περιθώριο της μεγάλης Αφρικανικής αρχίζει να αποχωρίζεται. Η τεκτονική αυτή απόκλιση παρήγαγε τεράστια ποσά λάβας που ανύψωσαν την περιοχή και δημιούργησαν δύο υψίπεδα (έως και 2 Km ύψος), κοντά στο Ναϊρόμπι στην Κένυα και την Αντίς Αμπέμπα στην Αιθιοπία . Αυτά τα υψίπεδα ήταν οι θόλοι Κένυας και της Αιθιοπίας. Το ηπειρωτικό τέμαχος που κατέρρευσε σε ένα μεγάλο κατακόρυφο ρήγμα , εκτεινόταν αρκετές

χιλιάδες χιλιόμετρα από τη Μοζαμβίκη νότια έως την Αιθιοπία στο βορρά , και στην Ερυθρά Θάλασσα. Το αποτέλεσμα της ανύψωσης των υψιπέδων είναι ότι πλέον τα νέφη συγκεντρωνόταν στο ανατολικό κομμάτι της ηπείρου αλλάζοντας δραματικά τη βλάστηση εκεί. Το συνεχές δάσος αντικαταστάθηκε από ένα συνονθύλευμα που χαρακτηρίζει ανοιχτές δασώδεις περιοχές και τελικά, εκτάσεις σαβάνας. Μία τόσο ριζική αλλαγή του οικοτόπου θα περιόρισε τα ζώα με δασικές προσαρμογές, ενθαρρύνοντας αλλοπάτρια ειδογένεση (είδη επιλεκτικά προσαρμοσμένα σε μικρούς, απομονωμένους πληθυσμούς). Οι συνθήκες που επικρατούσαν ήταν εξαιρετικά ποικίλες από ζεστά και ξηρά στη πεδινή έρημο ως κρύα και υγρά στα υψίπεδα διατηρώντας και μεταξύ αυτών ποικιλία τοπικών οικοτόπων. Οι συνθήκες αυτές αποτελούν εμπόδιο στη μετακίνηση των πληθυσμών. Ως αποτέλεσμα, μια περιοχή που είναι τοπογραφικά ποικιλόμορφη και φιλοξενεί μικρούς απομονωμένους πληθυσμούς, αντιπροσωπεύει ένα πιθανό εργοστάσιο εξέλιξης νέων ειδών. Η τεκτονική ανύψωση και γενικότερη ρήξη, που σχηματίζει το Great Rift Valley στην ανατολική Αφρική, παρήγαγε μια τέτοια τοπογραφία, που μπορεί κάλλιστα να οδήγησε την εξέλιξη των hominins από ένα πιθηκόμορφο πρόγονο.

2.5 Γεγονότα κλειδιά

Το να τοποθετείς γεγονότα με σωστή σειρά αποτελεί το ουσιαστικό κομμάτι κάθε ιστορικής επιστήμης και δεν πρέπει να υποτιμάται, ακόμα και όταν τα αποτελέσματα κάποιας ακολουθίας γεγονότων μας ενοχλούν. Έτσι, εάν η ανθρώπινη εξέλιξη ήταν απλά μία διαδικασία τοποθέτησης γεγονότων, τότε όλη αυτή η αναζήτηση θα αποτελούσε απλά μία ιστορική διήγηση, είτε σωστή είτε λανθασμένη. Ωστόσο, υπάρχει ένα δεύτερο στοιχείο, αυτό της προσπάθειας της αιτιακής εξήγησης των γεγονότων, να καταλάβουμε δηλαδή γιατί συνέβησαν με μία συγκεκριμένη ακολουθία και όχι με κάποια άλλη. Αυτή είναι η πεμπτουσία της επιστήμης, να αναζητάς αιτιακές εξηγήσεις για γεγονότα «κλειδιά». Παραδοσιακά, οι παλαιοανθρωπολόγοι αναγνώρισαν τέσσερα σημαντικά γεγονότα στην ανθρώπινη εξέλιξη. Την καταγωγή της **εδαφικότητας** (η **κάθοδος** από δενδρόβια ζωή σε εδαφική), τη **δίποδη βάδιση**, την **εγκεφαλοποίηση** (η ανάπτυξη του εγκεφάλου σε σχέση με την ανάπτυξη του σώματος) και τον **πολιτισμό**. Ενώ όλοι συμφωνούν και αποδέχονται τη σημαντικότητα αυτών των γεγονότων στην εξέλιξη των ανθρώπων, η ουσιαστική διαφωνία έγκειται στη σειρά που πραγματοποιήθηκαν και στη σημασία αυτών ξεχωριστά σχετικά με τη συμμετοχή τους στην «ανθρωποποίηση». Ο Henry Fairfield Osborn θεωρεί πως η σωστή σειρά είναι αυτή με την οποία παρουσιάστηκαν τα τέσσερα γεγονότα, που συμπίπτει μερικώς με την άποψη του Δαρβίνου. Ο Sir Arthur Keith, στηριζόμενος σε προγενέστερες ιδέες του D.J. Morton, θεωρούσε την δίποδη βάδιση ως εναρκτήριο γεγονός και ακολουθούσε η εδαφικότητα. Με άλλα λόγια ο Keith θεωρούσε πως η δίποδη βάδιση κατακτήθηκε ενώ οι πιθηκόμορφοι πρόγονοί μας κατοικούσαν στα δέντρα, και έπειτα κατακτήθηκε η εδαφικότητα. Για τον Sir Grafton Elliot Smith, σύγχρονο του Keith, η εγκεφαλοποίηση και η δίποδη βάδιση αναπτύχθηκαν ενώ οι τα είδη κατοικούσαν στα δέντρα, με την δίποδη βάδιση να προηγείται

της εγκεφαλοποίησης. Ο William King Gregory, όπως και ο Osborn, τάσσονται υπέρ της εδαφικότητας ως αρχικό γεγονός αλλά πρότειναν ότι η ανάπτυξη τεχνολογίας, δηλαδή η χρήση εργαλείων-πολιτισμός, ώθησαν την ανάπτυξη του εγκεφάλου. Η ανάπτυξη αυτών των τεσσάρων ιδιοτήτων γενικά σαν προσαρμογές, θα μπορούσαν να ορίσουν «το παραμύθι του ήρωα», ο ήρωας έρχεται, ο ήρωας προκαλείται, ο ήρωας θριαμβεύει... .

2.6 Η υπόθεση του μοναδικού είδους

Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση μόνο ένα είδος ανθρωπίδα υπήρχε κάθε φορά στη πορεία της εξέλιξης. Δηλαδή η ανθρώπινη ιστορία βίωσε μία προοδευτική ανάπτυξη μέσω της σταθερής «βελτίωσης» της ενιαίας εξελικτικής κλίμακας. Η λογική αυτή στηρίχτηκε σε μία υποθετική λειτουργία της οικολογίας, την αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού, που δηλώνει ότι δύο είδη με παρόμοιες εξελικτικές προσαρμογές δεν μπορούν να συνυπάρξουν. Σε αυτή τη περίπτωση ο πολιτισμός θεωρήθηκε ιδιαίτερα ισχυρή προσαρμογή συμπεριφοράς, που δεν θα επέτρεπε δύο «πολιτισμικά» είδη να ευδοκιμήσουν παράλληλα. Έτσι, επειδή όλοι οι ανθρωπίδες (hominins) είναι πολιτισμικά είδη εξ' ορισμού, μόνο ένα θα μπορούσε να υπάρχει κάθε φορά. Αυτή η ιδέα ήταν αρκετά δημοφιλής και ισχυρή και αναπτύχθηκε στα μέσα του προηγούμενου αιώνα από τους Theodosius Dobzhansky και Ernst Mayr που σφυρηλάτησαν την σύγχρονη εξελικτική θεωρία όπως την ξέρουμε εμείς. Η υπόθεση του «μοναδικού είδους», καταρρίφθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970, όταν ανακαλύφθηκαν και μελετήθηκαν απολιθώματα στην Κένυα που αναμφισβήτητα αποδείκνυαν την συνύπαρξη δύο εντελώς διαφορετικών ειδών ανθρωπιδών: του **Homo erectus** (ή *Homo ergaster*), ένα είδος με μεγάλο εγκέφαλο που εμφανώς είναι προγονική μορφή του σύγχρονου ανθρώπου και του **Australopithecus boisei**, είδος με μικρό εγκέφαλο που τελικά αφανίστηκε. Μεταγενέστερες ανακαλύψεις και αναλύσεις, έδειξαν ότι διάφορα είδη ανθρωπιδών συνυπήρχαν στην Αφρική περίπου πριν 2Ma, υπονοώντας πως διάφορα εξελικτικά παρακλάδια δημιουργήθηκαν με επιτυχία. Η ανακάλυψη τέτοιων αποδείξεων σήμαινε πως για να είναι ένα είδος ανθρωπίδας (hominin) δεν είναι απαραίτητο να είναι πολιτισμικό είδος. Έτσι δεν γίνεται να συγχέουμε πλέον την καταγωγή των ανθρωπιδών με την καταγωγή του ανθρώπου. Από τη δεκαετία του 1980 και έπειτα, όχι μόνο εκτιμήθηκε όλο το φάσμα των προσαρμογών των διάφορων ανθρωπιδών, συμπεριλαμβανομένης της έννοιας του πιθήκου με την δίποδη βάδιση, αλλά και ολόκληρη η γενεαλογία που εν τέλει οδήγησε στη εμφάνιση του *Homo sapiens* θεωρείται πολύ λιγότερο ανθρώπινη. Πλέον μιλάμε για έναν Αφρικανό πιθήκο που προσάρμοσε καινούργια, μη «πιθηκίστηκα» χαρακτηριστικά ύπαρξης. Η σχέση των ανθρώπων με τους πιθήκους και η αρχαιότητα των ανθρώπων γενικά παραμένουν εξαιρετικά ενδιαφέρουσες θεματικές της σύγχρονης παλαιοανθρωπολογικής έρευνας. Η στενή σχέση του ανθρώπου και των αφρικανικών πιθήκων φαίνεται να έχει εδραιωθεί, και οι παλιότερες ιδέες έχουν απορριφθεί πλήρως. Το κύριο συμπέρασμα που έχει ήδη συναχθεί είναι ότι το βασικό, «πρωτεύον υλικό» από το οποίο προέρχονται οι άνθρωποι ήταν μέρος μιας ήδη καλά αναπτυγμένης μορφής Αφρικανού πιθήκου. Ωστόσο, τα στοιχεία που

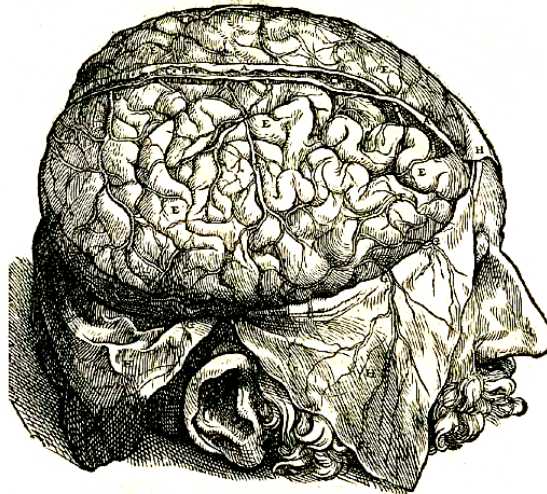
κατηγορηματικά χωρίζουν την ανθρωπότητα από τον κόσμο των υπόλοιπων πρωτευόντων, δεν μπορούν να ανιχνευθούν στην αρχή της εξελικτικής ιστορίας των ανθρωπιδών. **Το αποτέλεσμα είναι ότι τώρα, υπάρχουν δύο προβλήματα που αναζητούν απάντηση. Η καταγωγή της γενεαλογίας των ανθρωπιδών και η καταγωγή της «ανθρωπιάς», όλων εκείνων δηλαδή των προσαρμογών που χαρακτηρίζουν τον σύγχρονο άνθρωπο.** Η σύνδεση αυτών των προβλημάτων είναι ιδιαίτερα εμφανής όταν μελετάται το χρονικό πλαίσιο της εξέλιξης αλλά και η ποικιλία των ειδών που συμμετέχει σε αυτή. Τα ερωτήματα που σχετίζονται με την απαρχή της γενεαλογίας των ανθρωπιδών εμπλέκονται στο πεδίο της «οικολογίας συμπεριφοράς» και δεν στηρίζονται στις αντιλήψεις μας για διαφοροποίηση των ανθρώπων από την υπόλοιπη έμφυτη φύση, αλλά οι ερωτήσεις για την «καταγωγή» των ανθρωπιδών πρέπει να τεθούν στα πλαίσια της βιολογίας των πρωτευόντων.

3. Κρανίο, εγκέφαλος, ευφυΐα

Άραγε τι μας καθιστά τόσο μοναδικούς; Η ικανότητα των ανθρώπων να αντιλαμβάνονται και να συλλαμβάνουν έννοιες πέρα από το λογικό, τους τοποθετεί αυτόματα στην κορυφή της εξελικτικής πυραμίδας. Οι άνθρωποι είναι σε θέση να **πιέζουν το περιβάλλον τους** και να αναπτύσσονται επιμένοντας στην εσωστρέφεια. Ποιοι μηχανισμοί οδήγησαν στην ανάπτυξη της ευφυΐας σαν συνείδηση ενός μεγαλοπρεπούς «εγώ», αλλά και σαν όπλο επιβίωσης; Η ευφυΐα σαν σύνολο είναι αυτός ο μηχανισμός που οδηγεί πλέον τον πλανήτη και επιτρέπει να ξεχωρίζουμε το σωστό από το λάθος, το λογικό από το παράλογο, το ηθικό από το ανήθικο. Οι κοινωνίες αλλάζουν και τρέφονται από τα προϊόντα της ευφυΐας, τα επιχειρήματα, τις τέχνες, την πρόοδο, την αλληλεγγύη και την λογική αιτιότητα. Ο ζωολόγος της Οξφόρδης Richard Dawkins, προκαλεί τη σκέψη λέγοντας ότι η επιτυχία της συνέχειας της έμβιας φύσης έγκειται στο γεγονός ότι αυτή είναι σε θέση να «προβλέπει το μέλλον», διαδικασία που κορυφώθηκε με την υποκειμενική συνείδηση. Η συνείδηση λοιπόν αναδύεται όταν ένας εγκέφαλος-υπολογιστής-αναλύει την ίδια του την πραγματικότητα, τις ανάγκες του, την ανατομία του και τα δικαιώματά του. Τότε η προσομοίωση του κόσμου γίνεται πλήρης και η υπαρκτή συνείδηση είναι επιλογή και όχι μηχανιστική λειτουργία. Η ύπαρξη της συνείδησης και της ευφυΐας σαν οντολογικό φαινόμενο θα μπορούσε να αποτελεί παραπροϊόν ενός μεγάλου εγκεφάλου αλλά η εξελικτική της αναγκαιότητα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αυτή είναι προϊόν της φυσικής επιλογής, «με σεξουαλική χροιά» αφού από την εμφάνισή της και έπειτα μονοπωλεί τις αναπαραγωγικές στρατηγικές αλλά και το μέτρο επιβίωσης των ατόμων μέσα στους πληθυσμούς. Η εξελικτική μεγέθυνση των εγκεφάλων στα θηλαστικά και η ακόμα μεγαλύτερη στους ανθρωποειδείς πιθήκους και η ακόμα μεγαλύτερη στους ανθρώπους (σύγχρονους και προγονικούς ανθρωπίδες) συνδέεται άμεσα με την αντίληψη του κόσμου σε επίπεδο είδους και όχι ατόμου. Η αντικειμενική πραγματικότητα που ένας εγκέφαλος αντιλαμβάνεται, συνδέεται με το ποσό των ερεθισμάτων από το περιβάλλον που αυτός μπορεί να αναλύσει. Όσο περισσότερα «κανάλια» διαθέτει ένας εγκέφαλος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία των αναλύσεων που αυτός μπορεί να πετύχει, αφού δέχεται και

αντιλαμβάνεται περισσότερα ερεθίσματα. Αφού λοιπόν ένας ανεπτυγμένος εγκέφαλος αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του σαν πρόκληση και απαιτεί την βιολογική του συνέχεια και αφού είναι πλέον σε θέση να κάνει συνειδητές προγνώσεις της συμπεριφοράς άλλων ατόμων-εγκεφάλων-κάτω από τις ίδιες περιστάσεις τότε αυτός θα μπορέσει να υπερτερήσει έναντι άλλων, με χαμηλότερο δείκτη αυτοσυνείδησης, και θα επικρατήσει. Η εσωτερική συνείδηση-ευφυΐα συνδέεται άρρηκτα με την «κοινωνική ευφυΐα». Η μελέτη τμημάτων του εγκεφαλικού φλοιού πρωτευόντων που εξετάστηκαν από τον Robin Dunbar, έδειξε ότι τα είδη που ζούνε σε μεγάλες κοινωνικές ομάδες, και αντιμετωπίζουν μεγαλύτερη ποικιλία ερεθισμάτων-πιέσεων από το περιβάλλον τους έχουν πιο εκτεταμένο εγκεφαλικό φλοιό. Οι αλλαγές που συνέβησαν με την εξέλιξη του γένους *Homo* όσον αφορά το μέγεθος αλλά και την αρχιτεκτονική του εγκεφάλου, στο πλαίσιο των πάγιων κοινωνικών αναγκών αλλά και με τις διαδικασίες διαβίωσης, που είναι το κυνήγι και η συλλογή τροφών, θα έδιναν στα άτομα των πληθυσμών με μεγαλύτερες νοητικές δυνατότητες μεγαλύτερη κοινωνική και αναπαραγωγική επιτυχία. Η φυσική επιλογή λοιπόν ώθησε την συνείδηση σε ανώτερο επίπεδο και κατέστησε τους προγόνους **ζώα**, που κρίνουν, πιστεύουν και ενταφιάζουν τελετουργικά τους νεκρούς τους. Η αναστοχαστική συνείδηση λοιπόν, ώθησε τις ανθρώπινες κοινωνίες στην νοητική τελειότητα, αφού αναζητούσαν αιτιακές εξηγήσεις για τον κόσμο, τη ζωή, το θάνατο, την προέλευση και την κατάληξη.

SECUNDA SEPTIMI LIBRI FIGVRA.



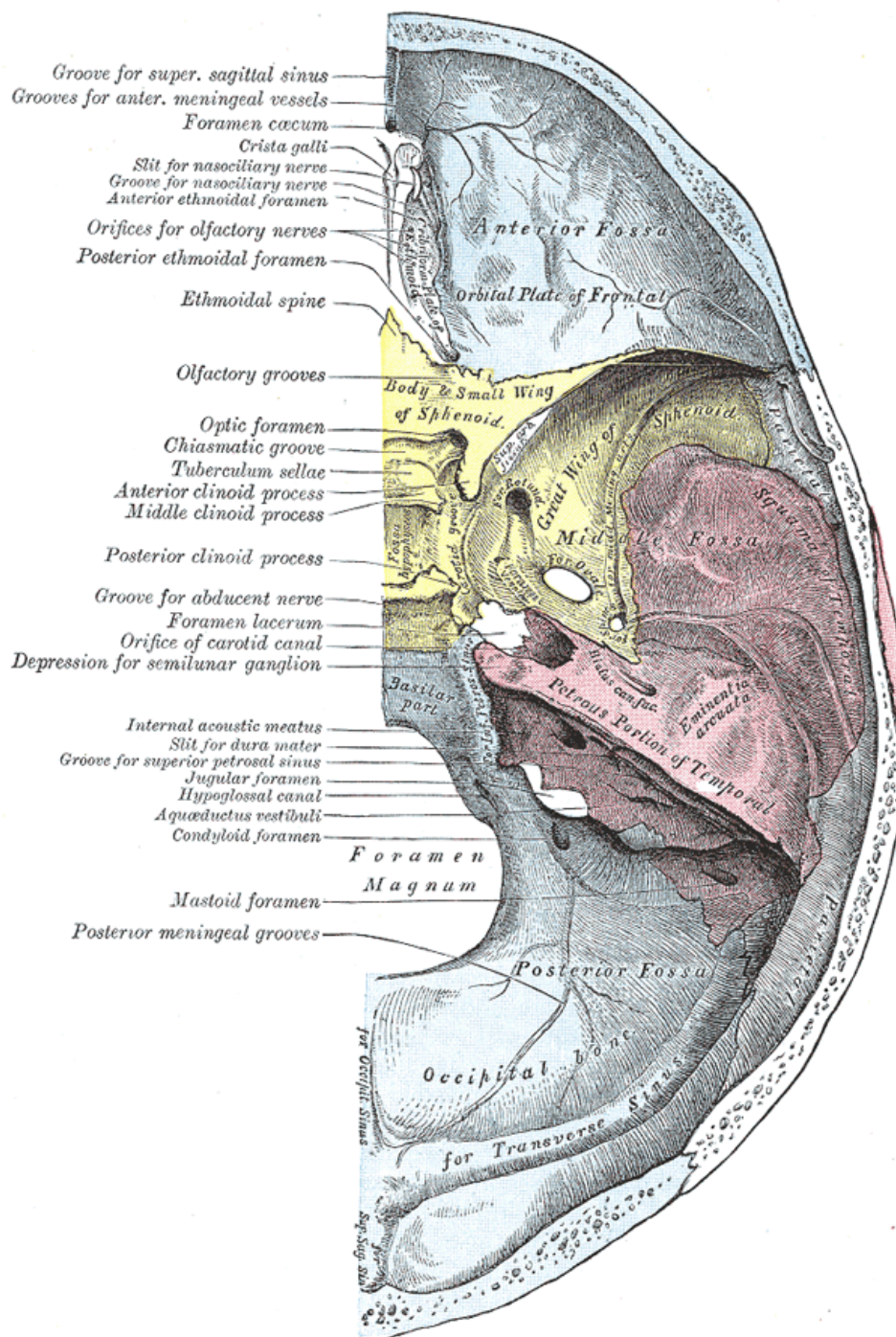
SECUNDAE FIGVRAE, HVSDEMQUE CHARACTERUM Index.

PRÆSENS figura sectionis serie primam subsequens, tertium duræ membranæ finem (quem primâ figura C aliquot insignitum gerit) longa sectione secundum capituli longitudinem ducta ad apertum demonstrat. Insuper ad huius tertij finis latera, per capituli quoque longitudinem duas deduxi sectiones, utrinque nimirum ad finem singulas, quæ duram membranam dumtaxat penetrarunt, et duræ membranæ latera ab ea membranæ separavit parte, quæ dextram cerebri partem à sinistra dirimit, atque in subsequenti figura tribus D insignitur. Præter tres iam commemoratas sectiones utrinque aliâ quoque molitus sum, quæ ab aure ad uerticem pertingēs, solam

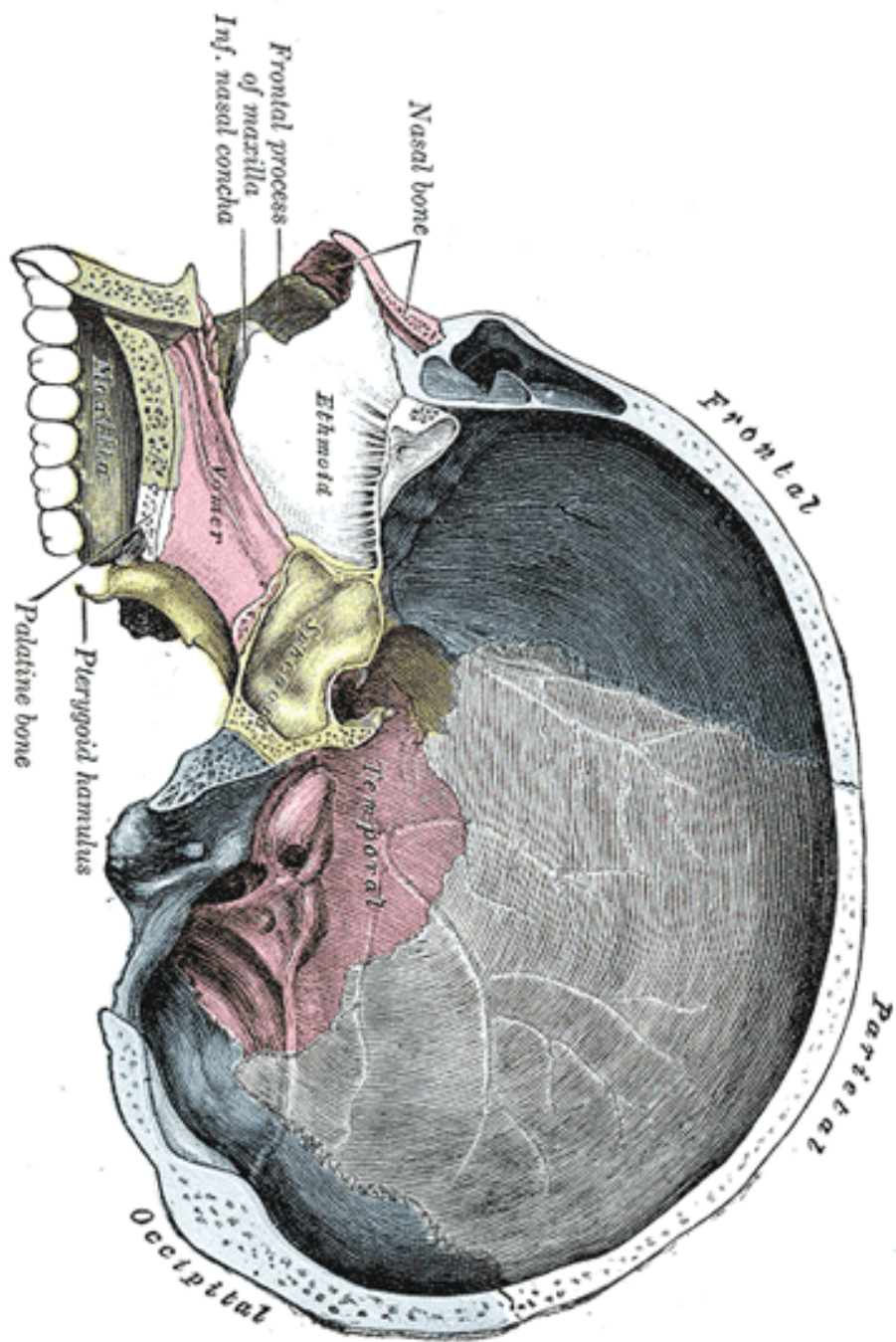
3.1 Το κρανίο

Ο σκελετός της κεφαλής αποτελείται από το κρανίο, την κάτω γνάθο, τα τρία μικρά οστά που βρίσκονται στο κοίλο του τυμπάνου (σφύρα, άκμονας και αναβολέας) και από τα οστά της υοειδούς συσκευής. Το κρανίο, που αποτελείται από περισσότερα των 22 οστών, εξετάζεται ενιαία λόγω μεγαλύτερου πρακτικού ενδιαφέροντος και διακρίνεται σε δύο κύρια μέρη: **1. στο εγκεφαλικό κρανίο**, που αποτελεί το προς τα άνω και πίσω τμήμα του και περιέχει τον εγκέφαλο, τις μήνιγγες και τα αγγεία του εγκεφάλου και **2. στο προσωπικό ή σπλαχνικό κρανίο**, που αποτελεί το προς τα κάτω και πρόσω τμήμα του και περιέχει την αρχή του πεπτικού και αναπνευστικού συστήματος, καθώς και τα αισθητήρια όργανα της ακοής, της όρασης, της όσφρησης και της γεύσης. Όριο ανάμεσα στα δύο τμήματα του κρανίου είναι ένα ανώμαλο επίπεδο που ορίζεται από δύο γραμμές, οι οποίες αρχίζουν από τη ρίζα της μύτης και διέρχονται, στις δύο πλευρές, από το υπερκόγχιο χείλος και το ζυγωματικό τόξο, για να καταλήξουν στο κάτω χείλος του αντίστοιχου έξω ακουστικού πόρου. Το κρανίο είναι το πιο πολύπλοκο τμήμα του σκελετού του ανθρώπου, αφού αποτελεί το περισσότερο διαφοροποιημένο μέρος του αξονικού σκελετού. Οι καταβολές του εγκεφαλικού κρανίου στα μεταμερίδια του εμβρυικού σώματος βρίσκονται στα νευρικά τόξα τους, από τα οποία προέρχονται και τα σπονδυλικά τόξα των σπονδύλων, ενώ οι καταβολές του σπλαχνικού κρανίου βρίσκονται στα σπλαχνικά τόξα τους, από τα οποία προέρχονται και οι πλευρές. Η κύρια αιτία που προκαλεί τη διαφοροποίηση του πρόσθιου (κεφαλικού) πέρατος του αξονικού σκελετού, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση του κρανίου, είναι ότι στο μέρος αυτό του οργανισμού εντοπίζεται ο εγκέφαλος και επιπλέον η αρχή του πεπτικού και αναπνευστικού συστήματος, καθώς και τα αισθητήρια όργανα. Η συγκέντρωση αυτών των οργάνων στο πρόσθιο τμήμα του σώματος των αρχέγονων ζώων, έχει πολλά πλεονεκτήματα για τη διατήρηση της ζωής, αφού διευκολύνεται η ανεύρεση, ο έλεγχος και η λήψη της τροφής. Η λήψη της τροφής, που απαιτεί δυνατή μασητική συσκευή, επηρεάζει τη μορφολογία όλου του προσώπου και ιδιαίτερα της άνω και κάτω γνάθου, της κροταφογναθικής διάρθρωσης και του οδοντικού φραγμού. Η αναπνοή απαιτεί διαρκώς ανοιχτό τον αναπνευστικό σωλήνα και επομένως επηρεάζει τη διαμόρφωση της μύτης. Ο εγκέφαλος και τα αισθητήρια όργανα της όρασης και της ακοής, που είναι πολύ χρήσιμα στην αναζήτηση της τροφής, εξαιτίας του ευπαθούς της σύστασής τους απαιτούν προστασία από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα να διαμορφώνονται οι οστέινες κάψες που τα περιβάλλουν. Η άποψη ότι η παρουσία του εγκεφάλου αποτελεί τον κύριο παράγοντα στη διαμόρφωση του σκελετού της κεφαλής, ενισχύεται από την παρατήρηση ότι τα ζώα που δεν έχουν εγκέφαλο δεν έχουν και κρανίο. Το κρανίο εμφανίζεται στα ζώα των οποίων το πρόσθιο πέρας της **αρχέγονης νευρικής ταινίας** αρχίζει να υπερπλάθεται και να διαφοροποιείται σε εγκέφαλο. Η μορφή του κρανίου είναι ανάλογη με το βαθμό διαφοροποίησης του εγκεφάλου. Έτσι, στα χορδωτά, στα οποία ο εγκέφαλος είναι υποτυπώδης, το κρανίο είναι υμενώδες. Στους ιχθείς είναι χόνδρινο στα αρχέγονα είδη τους και αρχίζει να γίνεται οστέινο στα εξελιγμένα είδη τους. Στα αμφίβια επικρατεί ο οστίτης ιστός στη δομή του κρανίου. Στα θηλαστικά, στα οποία υπάρχει η ανάγκη προστασίας ενός εξελιγμένου εγκεφάλου και αισθητήριων οργάνων υψηλής διαφοροποίησης, διαμορφώνεται ένα οστέινο κρανίο με

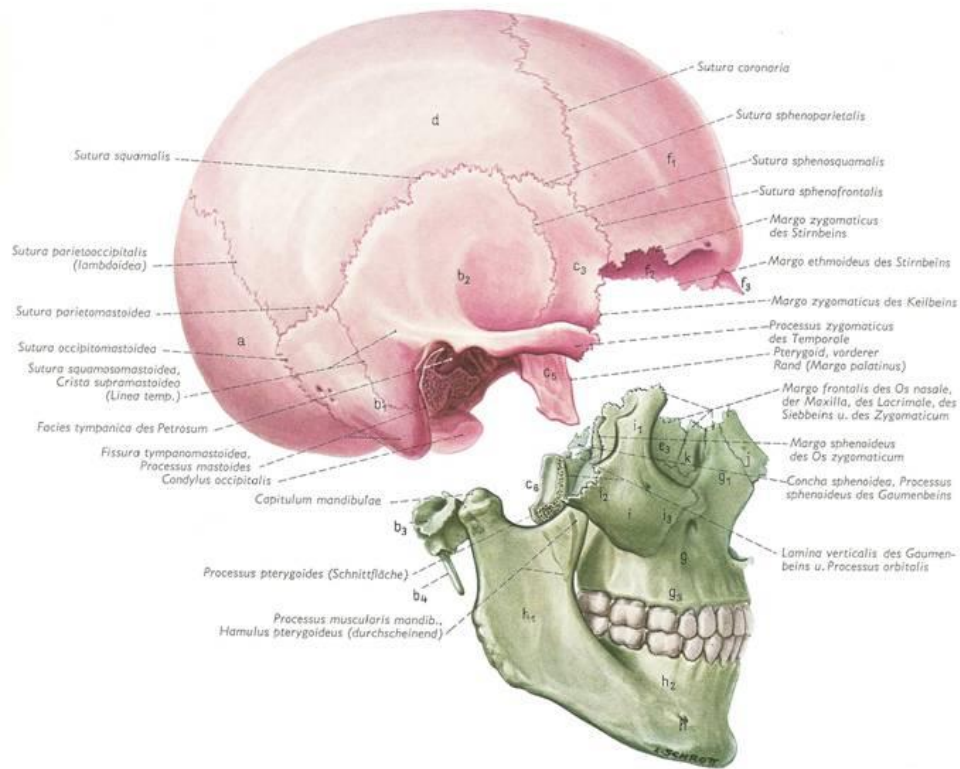
πολύπλοκη μορφή. Όσο ανεβαίνουμε τη ζωική κλίμακα, παρατηρείται μία κάμψη προς τα εμπρός και κάτω (κοιλιακά) του πρόσθιου πέρατος του επιμήκη άξονα του σώματος των σπονδυλωτών, η οποία οφείλεται κυρίως στην υπέρμετρη ανάπτυξη του πρόσθιου εγκεφάλου, αλλά και στην σμίκρυνση της μασητικής συσκευής. Η κάμψη του πρόσθιου πέρατος έχει ως συνέπεια αφενός η επέκταση του επιμήκη άξονα του κορμού να μη βρίσκεται στο άνω (πρόσθιο) άκρο του σώματος, που είναι τα βρεγματικά οστά, αλλά κοιλιακά, δηλαδή στο ριζορρίνιο, και αφετέρου η καταβολή του εγκεφαλικού κρανίου να συγκολλάται με την καταβολή του προσωπικού κρανίου. Έτσι, διαμορφώνεται αυτό που περιγράφεται ως πρόσωπο. Στον σχηματισμό του προσώπου, επομένως, συμμετέχουν οστά και από το εγκεφαλικό και από το προσωπικό κρανίο. Ο παράγοντας που συμμετέχει σε μεγάλο βαθμό στη διαμόρφωση της ιδιαίτερης μορφής του κρανίου στον άνθρωπο είναι η όρθια στάση του. Η όρθια στάση έχει ως αποτέλεσμα η στήριξη της κεφαλής στον άνθρωπο να μην επιτυγχάνεται από ισχυρούς οπίσθιους ραχιαίους μυς και τον αυχενικό σύνδεσμο, όπως συμβαίνει στα τετράποδα, αλλά κυρίως από τη σπονδυλική στήλη. Η περιοχή του κρανίου που στηρίζεται στη σπονδυλική στήλη δε βρίσκεται στο μέσο του αλλά έκκεντρα, προς τα πίσω. Έτσι, βαθμιαία και για να ενισχυθεί η στήριξη (ισορροπία) της κεφαλής, υποπλάθεται το ρυγχαίο τμήμα της, που εκτείνεται μπροστά από τον άξονα στήριξης της (προσωπικό κρανίο), ενώ διογκώνεται το τμήμα της που βρίσκεται πίσω του (εγκεφαλικό κρανίο). Η μορφή του κρανίου αποτελεί μία σημαντική πηγή άντλησης πληροφοριών γύρω από τη διαδικασία της εξέλιξης των σπονδυλωτών και ειδικότερα του ανθρώπου και της ευφυΐας του. Το σχήμα, το μέγεθος των γνάθων και των δοντιών επιτρέπει υποθέσεις για την τροφή που καταναλώνεται από το συγκεκριμένο είδος ζώου και επομένως για τη μορφή των οργάνων που βοηθούν στη συλλογή αυτού του είδους τροφής. Επίσης, το σχήμα και η κατεύθυνση των οφθαλμικών κόγχων μαζί με τις αλλαγές στην άνω αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης επιτρέπουν συμπεράσματα για την ισχύ της όρασης, το εύρος πεδίου κτλ.



Εικόνα 4



Εικόνα 5



3.2 Η ανατομία του εγκεφάλου

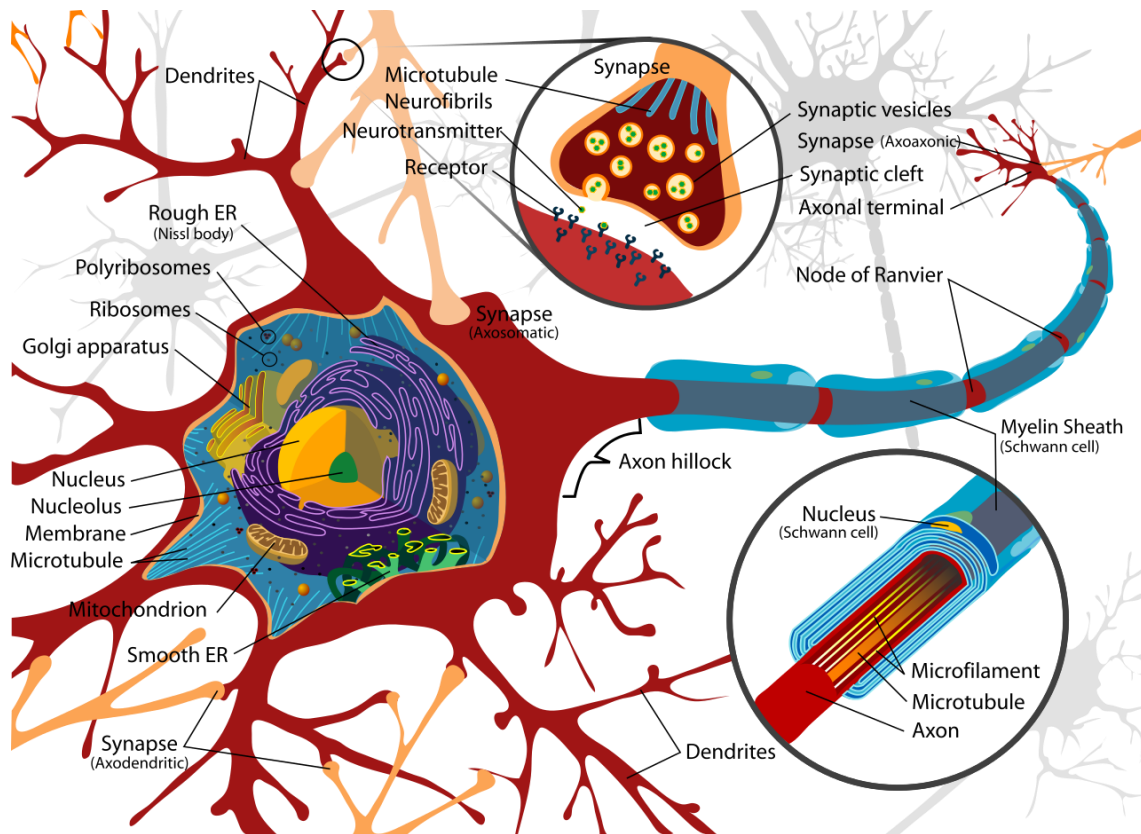
Ο εγκέφαλος αποτελεί την κατάληξη του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος και τοποθετείται στο εγκεφαλικό κρανίο όπως αναλύθηκε παραπάνω. Οι λειτουργίες που επιτελεί ο εγκέφαλος είναι τόσο σημαντικές για τη διατήρηση της ζωής που πιθανή αστοχία της λειτουργίας του σαν σύνολο καθιστά «κλινικά νεκρό» το άτομο χωρίς μεγάλα ποσοστά επαναλειτουργίας του. Αποτελεί τον κεντρικό υπολογιστή που δέχεται, αναλύει και συμπεραίνει, μέσω των πέντε αισθήσεων αλλά και με τους μηχανισμούς της κριτικής επεξεργασίας. Είναι μία αυστηρά οργανωμένη δομή που κάθε σκέλος της επιτελεί και μία συγκεκριμένη λειτουργία. Εδώ παράγεται ο λόγος σαν κατανόηση και πρωτοβουλία, ελέγχεται η μνήμη, λειτουργική και συναισθηματική, αλλά και όλες οι κινήσεις, των πάνω από διακοσίων μυών του σώματός των ανθρώπων. Το βάρος του εγκεφάλου κυμαίνεται από την βρεφική ηλικία μέχρι την ενηλικίωση και διαφοροποιείται σεξουαλικά (στα δύο φύλα). Στη βρεφική ηλικία ζυγίζει περίπου 0,45 Kg και καταλήγει στα ενήλικα αρσενικά να ζυγίζει 1,36 Kg και στα θηλυκά 1,23 Kg κατά μέσο όρο. Είναι το πιο σπουδαίο εξελικτικό χαρακτηριστικό του είδους μας και είναι αυτό που μας δίνει όλες τις δυνατότητες για την ανάπτυξη του πολιτισμού-πνευματικού και υλικού-αλλά και τη δυνατότητα να αυτοπροσδιοριζόμαστε συνειδητά στο περιβάλλον μας, να το μελετάμε, να το κατανοούμε και να το αλλάζουμε με βάση τις ανάγκες των κοινωνιών μας.

3.2.1. Το νευρικό σύστημα

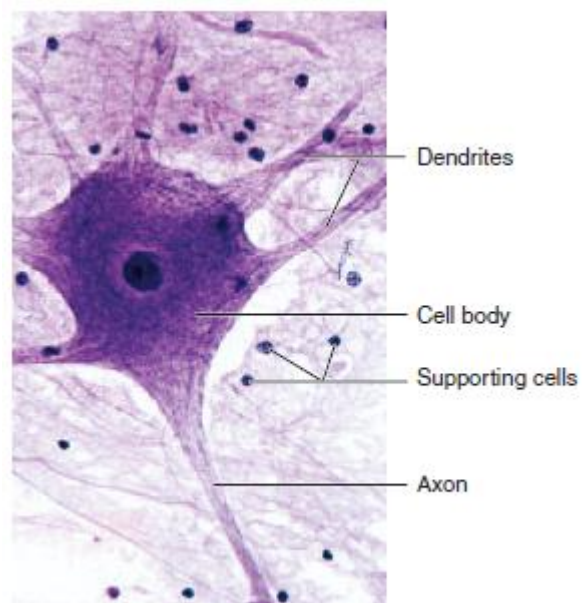
Το νευρικό σύστημα χωρίζεται στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα και στο Περιφερικό Νευρικό Σύστημα. Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα αποτελείται από τον **εγκέφαλο**, τα **κρανιακά νεύρα** και το **νωτιαίο μυελό**. Το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα αποτελείται από τα **νεύρα της σπονδυλικής στήλης** που διακλαδίζονται από τον νωτιαίο μυελό και το **αυτόνομο νευρικό σύστημα** (χωρίζεται σε συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα).

3.2.1.1 Η κυτταρική δομή του εγκεφάλου

Ο εγκέφαλος αποτελείται από δύο τύπους κυττάρων: 1. τους **νευρώνες** και 2. τα **νευρογλοιακά κύτταρα**. Οι νευρώνες είναι υπεύθυνοι για την αποστολή και λήψη των νευρικών ώσεων ή σημάτων. Τα νευρογλοιακά κύτταρα είναι μη νευρωνικά κύτταρα που παρέχουν υποστήριξη και διατροφή, είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της ομοιοστασίας, σχηματίζουν τη μυελίνη και διευκολύνουν τη μετάδοση των σημάτων στο νευρικό σύστημα. Στον ανθρώπινο εγκέφαλο, τα νευρογλοιακά κύτταρα ξεπερνούν τους νευρώνες κατά περίπου 50 προς 1. Τα νευρογλοιακά κύτταρα είναι τα πιο κοινά κύτταρα που βρέθηκαν σε πρωτογενείς όγκους του εγκεφάλου.



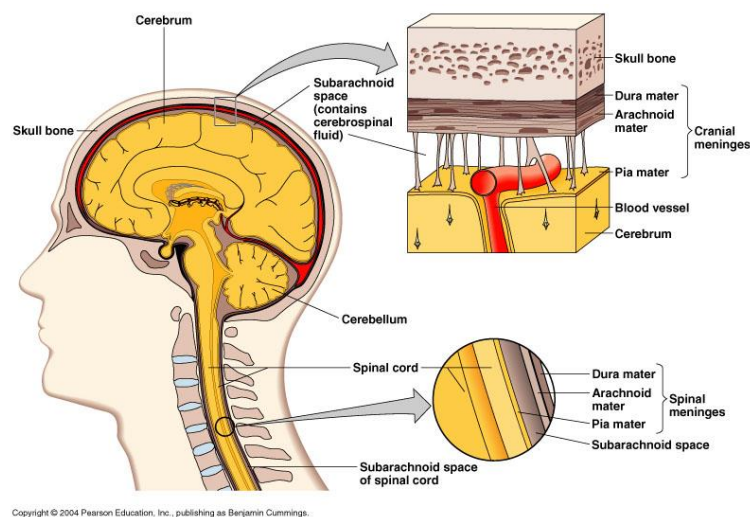
Εικόνα 7



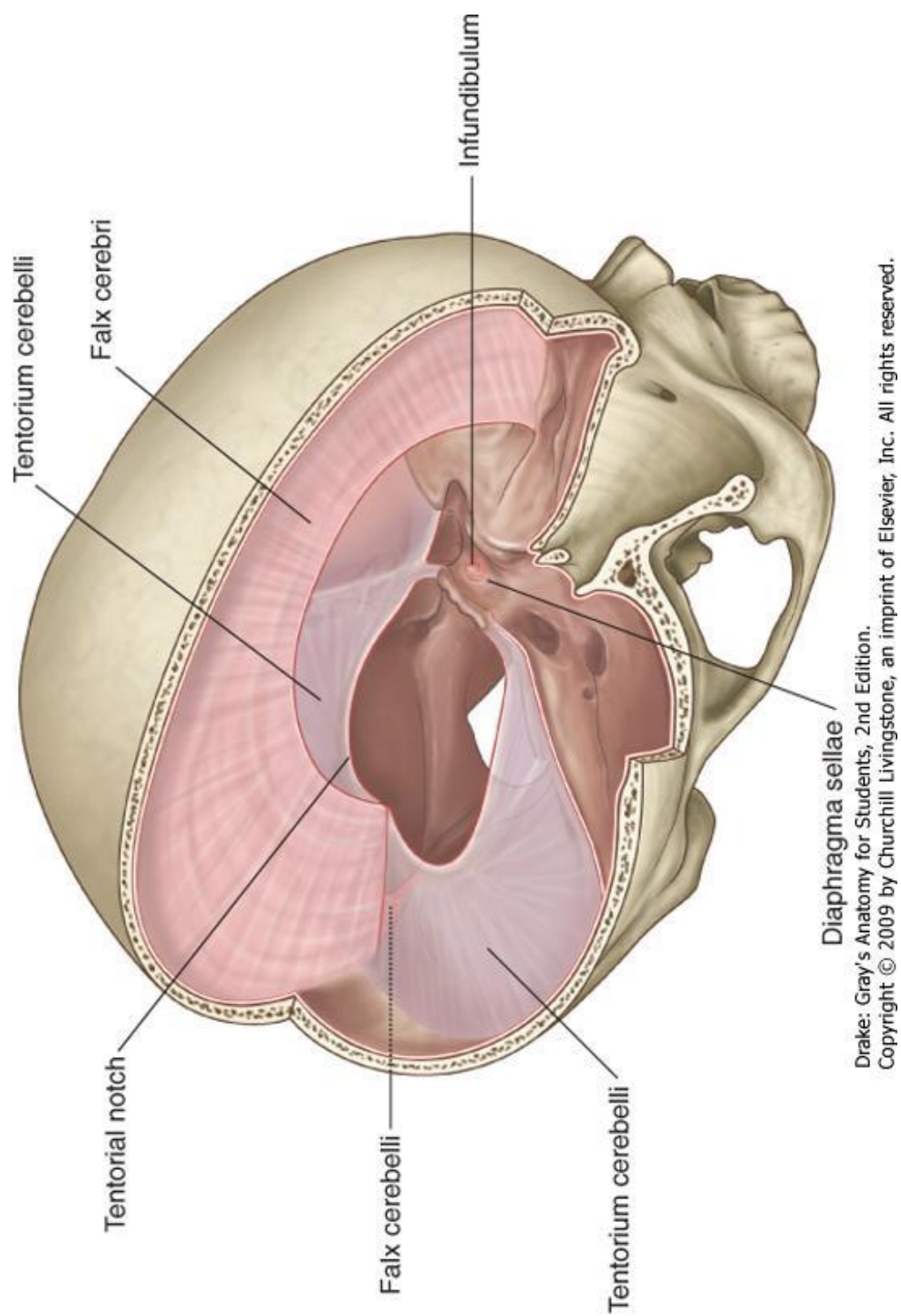
Εικόνα 8

3.2.1.2 Οι μήνιγγες

Μεταξύ του κρανίου και του εγκεφάλου βρίσκονται οι μήνιγγες, οι οποίοι αποτελούνται από τρία στρώματα ιστού που καλύπτουν και προστατεύουν τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό. Από το έξω προς τα μέσα είναι: 1. η **σκληρά μήνιγγα**, η **αραχνοειδής** και η **χοριοειδής** μήνιγγα. Στον εγκέφαλο, η σκληρά μήνιγγα αποτελείται από δύο στρώματα, υπόλευκης, μη ελαστικής μεμβράνης. Το εξωτερικό στρώμα ονομάζεται περιόστεο. Το εσωτερικό στρώμα, η σκληρή μήνιγγα, καλύπτει το σύνολο του κρανίου και δημιουργεί μικρές πτυχώσεις ή «διαμερίσματα» στα οποία τα μέρη του εγκεφάλου προστατεύονται και ασφαλίζονται. Οι δύο ειδικές πτυχώσεις της σκληρής μήνιγγας του εγκεφάλου ονομάζονται 1. **falx** και 2. **tentorium**. Η falx διαχωρίζει το δεξί και το αριστερό μισό του εγκεφάλου και η tentorium χωρίζει το άνω και κάτω τμήματα του εγκεφάλου. Το δεύτερο στρώμα των μηνίγγων είναι η αραχνοειδής μήνιγγα. Αυτή η μεμβράνη είναι λεπτή και ευαίσθητη και καλύπτει όλο τον εγκέφαλο. Υπάρχει ένα κενό μεταξύ της σκληράς μήνιγγας και της αραχνοειδούς μήνιγγας που ονομάζεται **υποσκληρίδιος χώρος**. Η αραχνοειδής μήνιγγα αποτελείται από λεπτό, ελαστικό ιστό και αιμοφόρα αγγεία διαφόρων μεγεθών. Το στρώμα των μηνίγγων πλησιέστερα προς την επιφάνεια του εγκεφάλου ονομάζεται χοριοειδής μήνιγγα. Η χοριοειδής μήνιγγα έχει πολλά αιμοφόρα αγγεία που φτάνουν βαθιά μέσα στην επιφάνεια του εγκεφάλου. Η χοριοειδής, καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του εγκεφάλου και ακολουθεί τις πτυχώσεις του. Ο χώρος που χωρίζει την αραχνοειδή και τη χοριοειδή μήνιγγα ονομάζεται **υπαραχνοειδής χώρος**. Εδώ ρέει το εγκεφαλονωτιαίο υγρό.



Εικόνα 9

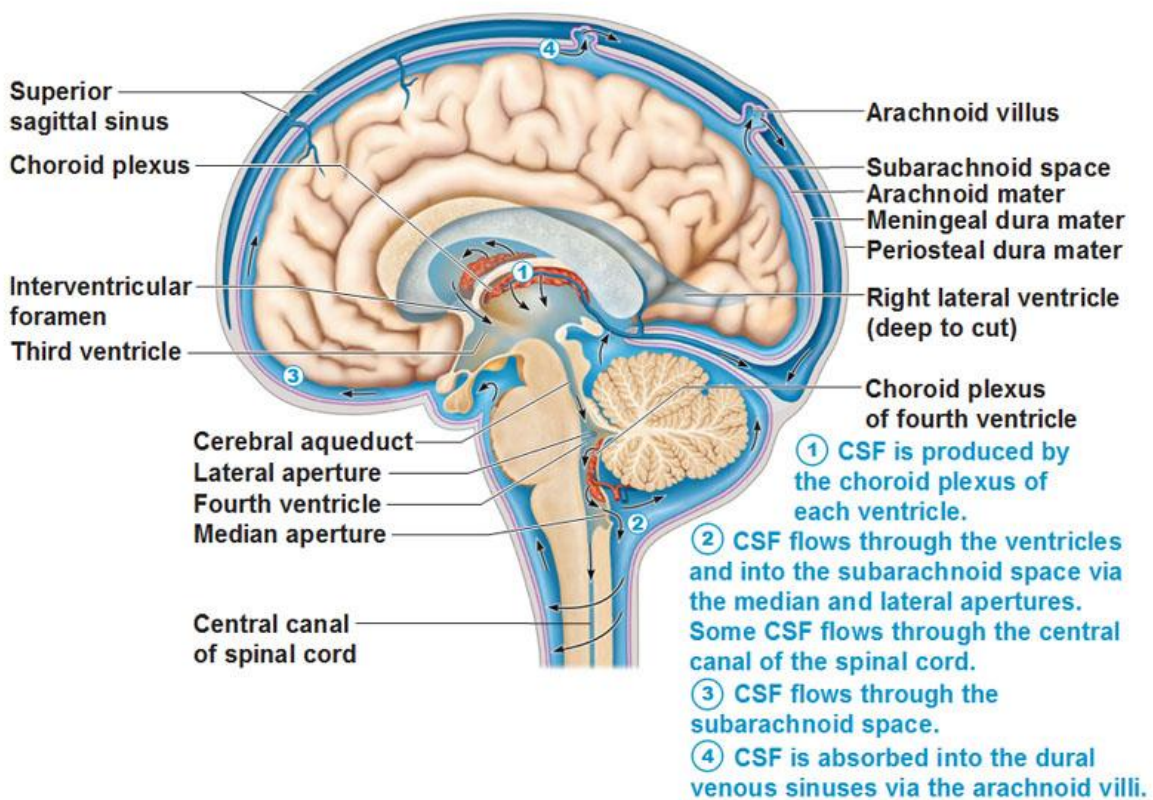


Εικόνα 10

3.2.1.3 Εγκεφαλονωτιαίο υγρό

Το εγκεφαλονωτιαίο υγρό (CSF) βρίσκεται εντός του εγκεφάλου και περιβάλλει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό. Πρόκειται για ένα υδαρής ουσίας υγρό, που βοηθά στην προστασία του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού από τραυματισμούς. Το υγρό κυκλοφορεί μέσα από κανάλια γύρω από το νωτιαίο μυελό και τον εγκέφαλο και συνεχώς απορροφάται και αναπληρώνεται. Το υγρό παράγεται σε κοίλα τμήματα του εγκεφάλου που ονομάζονται **κοιλίες**. Μια εξειδικευμένη δομή εντός κάθε κοιλίας, που ονομάζεται **χοριοειδές πλέγμα**, είναι υπεύθυνη για την μεγαλύτερη ποσότητα παραγωγής του CSF. Ο εγκέφαλος διατηρεί συνήθως σε ισορροπία το ποσό του CSF που απορροφάται και το ποσό που παράγεται.

Circulation of Cerebrospinal Fluid (CSF)

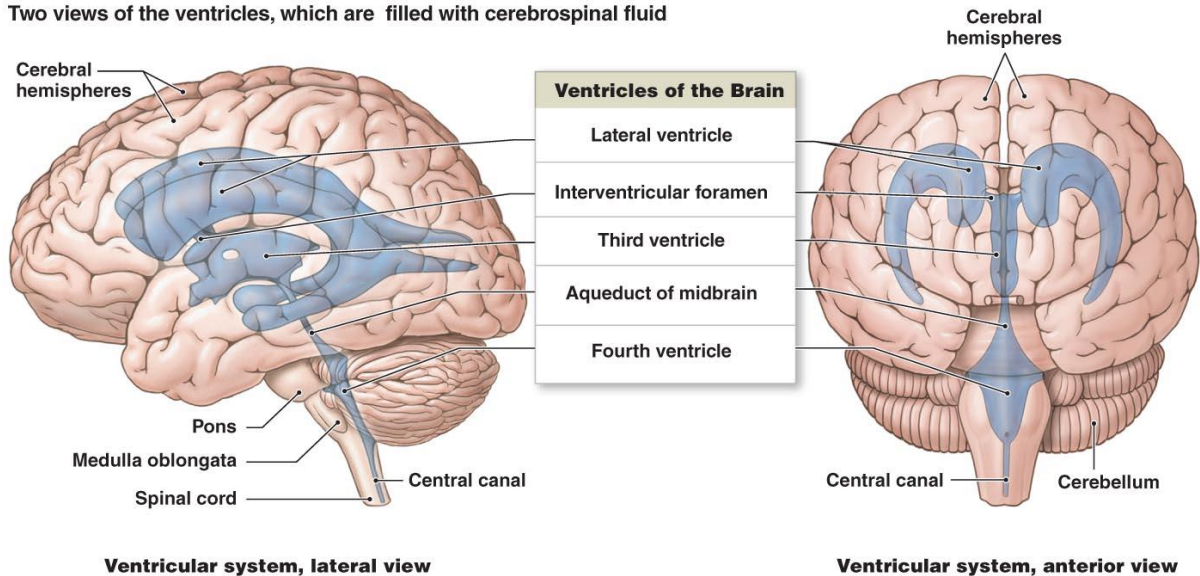


Εικόνα 11

3.2.1.4 Το κοιλιακό σύστημα

Το κοιλιακό σύστημα χωρίζεται σε τέσσερις κοιλότητες που ονομάζονται **κοιλίες**, οι οποίες συνδέονται με μία σειρά οπών που ονομάζονται **τρήματα**, και **σωλήνες**. Οι δύο κοιλίες που περικλείονται στα εγκεφαλικά ημισφαίρια ονομάζονται **πλευρικές κοιλίες** (πρώτη και δεύτερη). Η κάθε κοιλία επικοινωνεί με την τρίτη κοιλία μέσω ενός ξεχωριστού ανοίγματος που ονομάζεται **τρήμα του Munro**. Η τρίτη κοιλία βρίσκεται στο κέντρο του εγκεφάλου, και τα τοιχώματά της αποτελούνται από το **θάλαμο** και τον **υποθάλαμο**. Η τρίτη κοιλία συνδέεται με την τέταρτη με ένα μακρύ σωλήνα που ονομάζεται **το υδραγωγείο του Sylvius**. Το CSF που ρέει διαμέσου της τέταρτης κοιλίας ρέει γύρω από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό διαμέσου μίας άλλης σειράς από ανοίγματα.

Two views of the ventricles, which are filled with cerebrospinal fluid



Εικόνα 12

3.2.2 Τα εγκεφαλικά τμήματα και οι λειτουργίες του εγκεφάλου

3.2.2.1 Το εγκεφαλικό στέλεχος

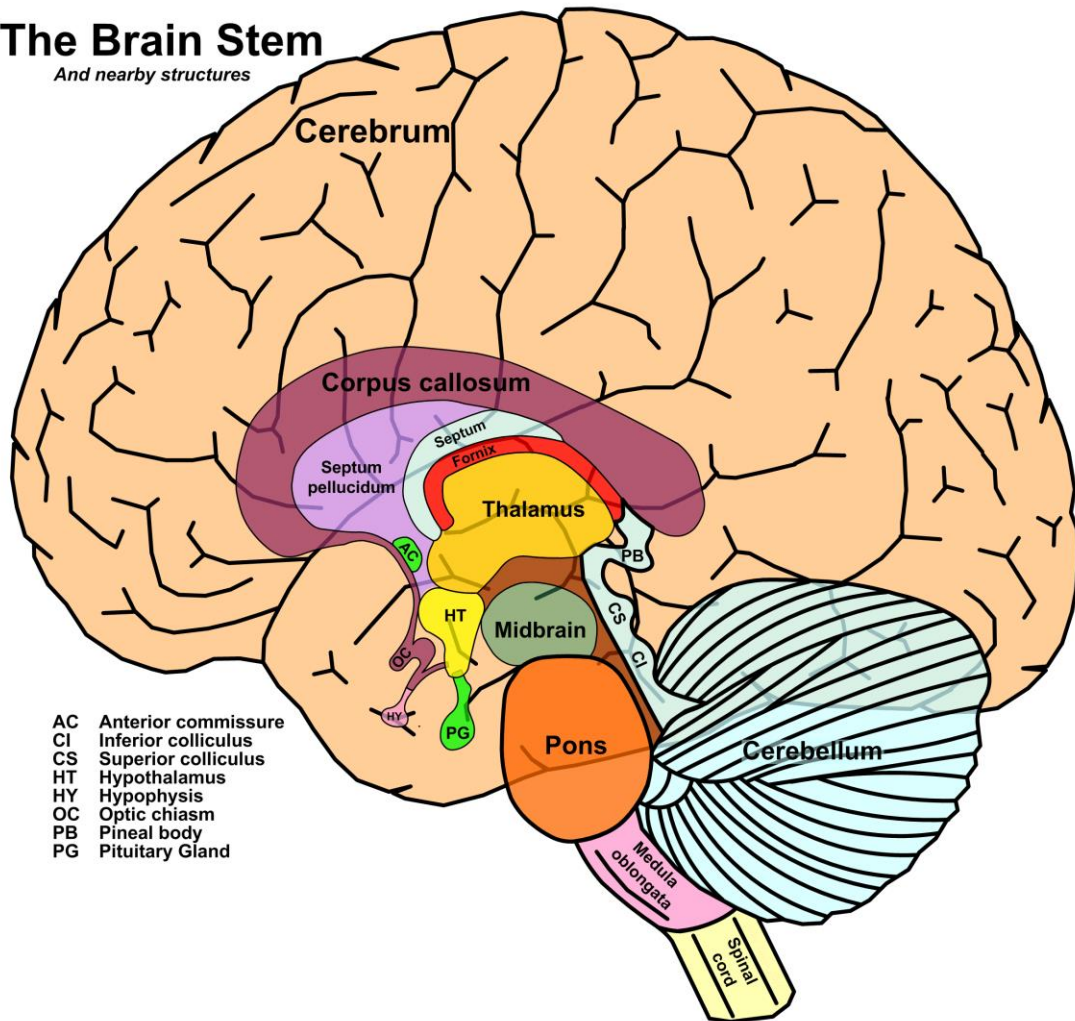
Το **εγκεφαλικό στέλεχος** αποτελεί τη χαμηλότερη προέκταση του εγκεφάλου, που βρίσκεται μπροστά από την **παρεγκεφαλίδα** και συνδέεται με το νωτιαίο μυελό. Αποτελείται από τρεις δομές: 1. το **μεσεγκέφαλο**, 2. τη **γέφυρα** και 3. τον **προμήκη μυελό**. Χρησιμεύει ως «σταθμός αναμετάδοσης», περνώντας μηνύματα εμπρός και πίσω μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του σώματος και του εγκεφαλικού φλοιού. Εδώ τοποθετούνται οι απλές και πρωτόγονες λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την επιβίωση. Το μεσεγκέφαλο είναι σημαντικό κέντρο για την οφθαλμική λειτουργία, ενώ οι λειτουργίες της γέφυρας σχετίζονται με το συντονισμό των ματιών, τις κινήσεις του προσώπου και την αίσθηση αυτού, την ακοή και την ισορροπία. Ο προμήκης μυελός ελέγχει την αναπνοή, την αρτηριακή πίεση, τον καρδιακό ρυθμό και την κατάποση. Τα μηνύματα του εγκεφαλικού φλοιού στο νωτιαίο μυελό, και τα νεύρα που απορρέουν από το αυτόν, στέλνονται διαμέσου της γέφυρας και του εγκεφαλικού στελέχους. Η καταστροφή αυτών των περιοχών του εγκεφάλου προκαλεί τον «εγκεφαλικό θάνατο» αφού χωρίς αυτές τις βασικές λειτουργίες, οι άνθρωποι δεν μπορούν να επιβιώσουν. Το δικτυωτό σύστημα ενεργοποίησης βρίσκεται στο μεσεγκέφαλο, τη γέφυρα, στο προμήκη μυελό και σε μέρος του **θαλάμου**. Αυτό ελέγχει τα επίπεδα εγρήγορσης, επιτρέπει στους ανθρώπους να δώσουν προσοχή στο περιβάλλον τους και συμμετέχει στις διαδικασίες του ύπνου. 10 από τα 12 κρανιακά νεύρα που ελέγχουν την ακοή, την κίνηση των ματιών, τις αισθήσεις του προσώπου, τη γεύση, την κατάποση τις κινήσεις των μυών του προσώπου, του λαιμού, των ώμων και της γλώσσας προέρχονται από το εγκεφαλικό στέλεχος. Τα κρανιακά νεύρα για την οσμή και την όραση προέρχονται από τον εγκεφαλο. Τέσσερα ζεύγη κρανιακών νεύρων προέρχονται από τη γέφυρα: νεύρα 5 έως 8.

3.2.2.2 Παρεγκεφαλίδα

Η **παρεγκεφαλίδα** βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου κάτω από τον ινιακό λοβό και χωρίζεται από τον εγκεφαλικό φλοιό από το tentorium (πτυχή της σκληρής μήνιγγας). Η παρεγκεφαλίδα ρυθμίζει την μικρο-κινητική δραστηριότητα, π.χ. τις λεπτές κινήσεις των δακτύλων. Βοηθά στη διατήρηση της στάσης του σώματος, στην αίσθηση της ισορροπίας ελέγχοντας τον τόνο των μυών και τη θέση των άκρων. Η παρεγκεφαλίδα είναι σημαντική για την ικανότητα ενός ατόμου να εκτελεί γρήγορες και επαναλαμβανόμενες ενέργειες.

The Brain Stem

And nearby structures



Εικόνα 13

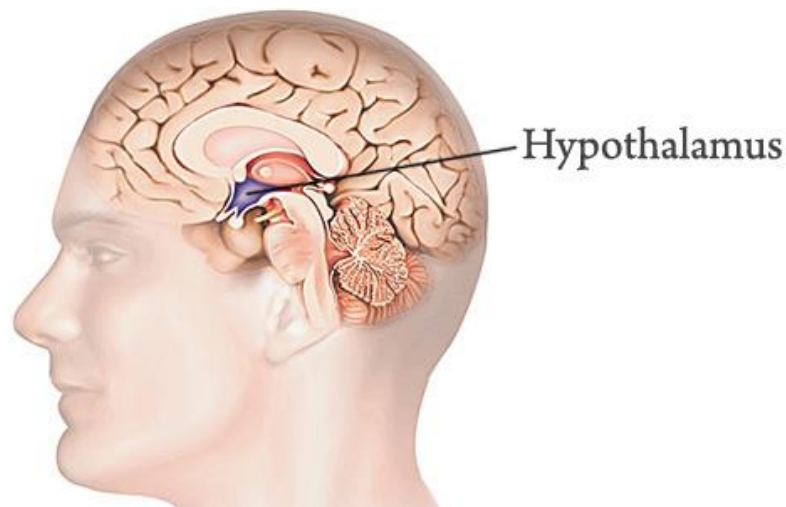
3.2.2.3 Εγκέφαλος-Cerebrum

Το “**cerebrum**”, αποτελεί το κύριο τμήμα του εγκεφάλου και χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη: τ δεξί και αριστερό εγκεφαλικά ημισφαίρια. Το cerebrum είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει το σύνολο του εγκεφάλου. Η σχισμή ή αύλακα που χωρίζει τα δύο ημισφαίρια ονομάζεται **μεγάλη διαμήκης σχισμή**. Οι δύο πλευρές του εγκεφάλου ενώνονται στο κάτω μέρος από το **μεσολόβιο**. Το μεσολόβιο συνδέει τα δύο μισά του εγκεφάλου και παραδίδει μηνύματα από το ένα ήμισυ του εγκεφάλου στο άλλο. Η επιφάνεια του εγκεφάλου περιέχει δισεκατομμύρια νευρώνες και νευρογλοία τα οποία μαζί σχηματίζουν τον **εγκεφαλικό φλοιό**. Ο εγκεφαλικός φλοιός έχει ένα γκριζωπό καφέ χρώμα και ονομάζεται «**φαιά ουσία**». Η επιφάνεια του εγκεφάλου φαίνεται «ζαρωμένη-πτυχωμένη». Ο εγκεφαλικός φλοιός έχει αύλακες (μικρά αυλάκια), ρωγμές (μεγαλύτερες αυλακώσεις) και διογκώσεις ανάμεσα στα αυλάκια που ονομάζεται **gyri**. Οι επιστήμονες έχουν συγκεκριμένα ονόματα για τα εξογκώματα και τις αύλακες επί της επιφάνειας του εγκεφάλου. Δεκαετίες επιστημονικής έρευνας έχουν αποκαλύψει τις ειδικές λειτουργίες των διαφόρων περιοχών του εγκεφάλου. Κάτω από τον εγκεφαλικό φλοιό ή την επιφάνεια του εγκεφάλου, σχηματίζεται μία λευκού

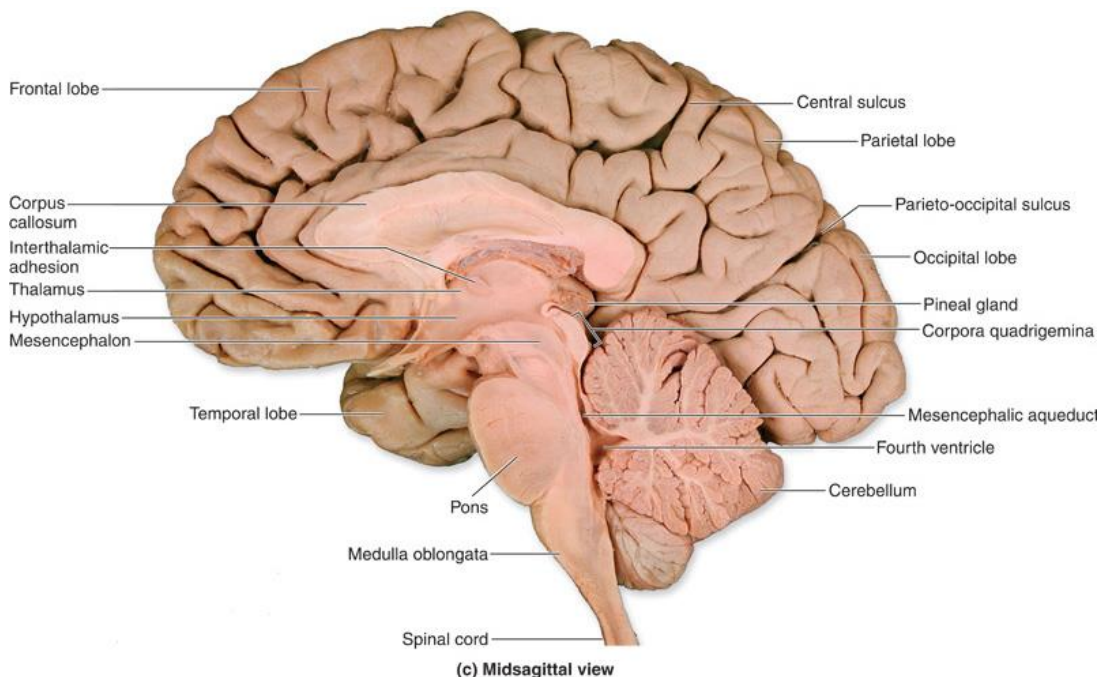
χρώματος περιοχή που ονομάζεται το «**λευκή ουσία**». Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια έχουν πολλές διαφορετικές ρωγμές. Με τον εντοπισμό αυτών στην επιφάνεια του εγκεφάλου, μπορεί ο εγκέφαλος να χωριστεί σε ζεύγη «**λοβών**». Οι λοβοί είναι απλά ευρείες περιοχές του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος μπορεί να χωριστεί στα ζεύγη του 1. **Μετωπικού**, 2. **Κροταφικού**, 3. **Βρεγματικού** και 4. **Ινιακού λοβού**. Κάθε ημισφαίριο έχει ένα μετωπικό, κροταφικό, βρεγματικό και ινιακό λοβό. Κάθε λοβός μπορεί να διαιρεθεί, αναλυτικότερα, σε περιοχές που εξυπηρετούν πολύ συγκεκριμένες λειτουργίες. Οι λοβοί του εγκεφάλου δεν λειτουργούν από μόνοι τους αλλά μέσα από πολύ πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ τους. Τα μηνύματα εντός του εγκεφάλου παραδίδονται με πολλούς τρόπους. Τα σήματα μεταφέρονται κατά μήκος οδών που ονομάζονται «**μονοπάτια**». Οποιαδήποτε καταστροφή του εγκεφαλικού ιστού μπορεί να διαταράξει την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του εγκεφάλου. Το αποτέλεσμα είναι η απώλεια λειτουργιών, όπως η ομιλία, η ικανότητα να διαβάζει, ή η ικανότητα να ακολουθεί απλές προφορικές εντολές. Τα μηνύματα μπορούν να ταξιδέψουν από ένα εξόγκωμα του εγκεφάλου σε ένα άλλο (gyri σε gyri), από έναν λοβό στον άλλο, από τη μία πλευρά του εγκεφάλου στην άλλη, από ένα λοβό του εγκεφάλου σε δομές που βρίσκονται βαθιά στον εγκέφαλο, π.χ. στο θάλαμο, ή από βαθιές δομές του εγκεφάλου σε μια άλλη περιοχή του κεντρικού νευρικού συστήματος. Η έρευνα έχει διαπιστώσει ότι αγγίζοντας μία πλευρά του εγκεφάλου στέλνονται ηλεκτρικά σήματα στην άλλη πλευρά του σώματος. Έτσι, η δεξιά πλευρά του εγκεφάλου ελέγχει την αριστερή πλευρά του σώματος και αντιστρόφως. Υπάρχουν 12 ζεύγη νεύρων (κρανιακά νεύρα) που προέρχονται από τον ίδιο τον εγκέφαλο. Αυτά τα νεύρα είναι υπεύθυνα μόνο για πολύ συγκεκριμένες δραστηριότητες και ονομάζονται και αριθμούνται ως εξής: **1.** Οσφρητικό νεύρο (μετάδοση της αίσθησης της όσφρησης), **2.** Οπτικό νεύρο (μετάδοση των οπτικών πληροφοριών), **3.** Κοινό κινητικό νεύρο (κινήσεις του βλεφάρου και βολβού), **4.** Τροχλιακό νεύρο (κινήσεις του βολβού), **5.** Τρίδυμο νεύρο (κινήσεις μάσησης και αισθητική νεύρωση του προσώπου), **6.** Απαγωγό νεύρο (κινήσεις του βολβού), **7.** Προσωπικό νεύρο (μιμητικοί μύες του προσώπου, αίσθηση της γεύσης, νεύρωση σιελογόνων αδένων), **8.** Στατικοακουστικό νεύρο (αίσθηση της ακοής, θέση στο χώρο), **9.** Γλωσσοφαρυγγικό νεύρο (αίσθηση της γεύσης-οπίσθιο 1/3 της γλώσσας), **10.** Πνευμονογαστρικό νεύρο (νεύρωση μυών λάρυγγα και φάρυγγα), **11.** Παραπληρωματικό νεύρο (νεύρωση στερνοκλειδομαστοειδούς και τραπεζοειδών μυών) και **12.** Υπογλώσσιο νεύρο (νεύρωση μυών της γλώσσας).

3.2.2.4 Υποθάλαμος

Ο υποθάλαμος είναι μια μικρή δομή που περιέχει τις νευρικές συνδέσεις που στέλνουν μηνύματα στην υπόφυση. Ο υποθάλαμος χειρίζεται τις πληροφορίες που προέρχονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Παίζει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο λειτουργιών, όπως το φαγητό, τη **σεξουαλική συμπεριφορά** και τον ύπνο. Ακόμα, ρυθμίζει τη θερμοκρασία του σώματος, τα συναισθήματα, την έκκριση ορμονών και την κίνηση. Η υπόφυση αναπτύσσεται από μια επέκταση του κάτω υποθαλάμου και από ένα δεύτερο συστατικό που εκτείνεται προς τα άνω από την οροφή του στόματος.



Εικόνα 14



Εικόνα 15

3.2.2.5 Οι λοβοί

3.2.2.5.1 Μετωπιαίοι λοβοί

Ο μετωπιαίος λοβός είναι ο μεγαλύτερος από τους τέσσερις λοβούς και είναι υπεύθυνος για πολλές διαφορετικές λειτουργίες. Αυτές περιλαμβάνουν τις κινητικές δεξιότητες όπως η εκούσια κίνηση, η ομιλία, η πνευματική και λειτουργική συμπεριφορά. Οι περιοχές που παράγουν την κίνηση στα διάφορα μέρη του σώματος βρέθηκαν στον πρωτογενή κινητικό φλοιό ή στη προκεντρική έλικα. Ο προμετωπιαίος φλοιός παίζει σημαντικό ρόλο στη μνήμη, **την ευφυΐα**, τη συγκέντρωση, τη ψυχραιμία και την προσωπικότητα. Ο προκινητικός φλοιός είναι μια περιοχή που βρίσκεται δίπλα στο πρωτογενή κινητικό φλοιό. Καθοδηγεί τα μάτια και τις κινήσεις της κεφαλής, την αίσθηση ενός ατόμου και τον προσανατολισμό. Η περιοχή του Broca, βασικό συστατικό της παραγωγής της γλώσσας-λόγου, βρίσκεται στο μετωπιαίο λοβό, συνήθως στην αριστερή πλευρά.

3.2.2.5.2 Ινιακοί λοβοί

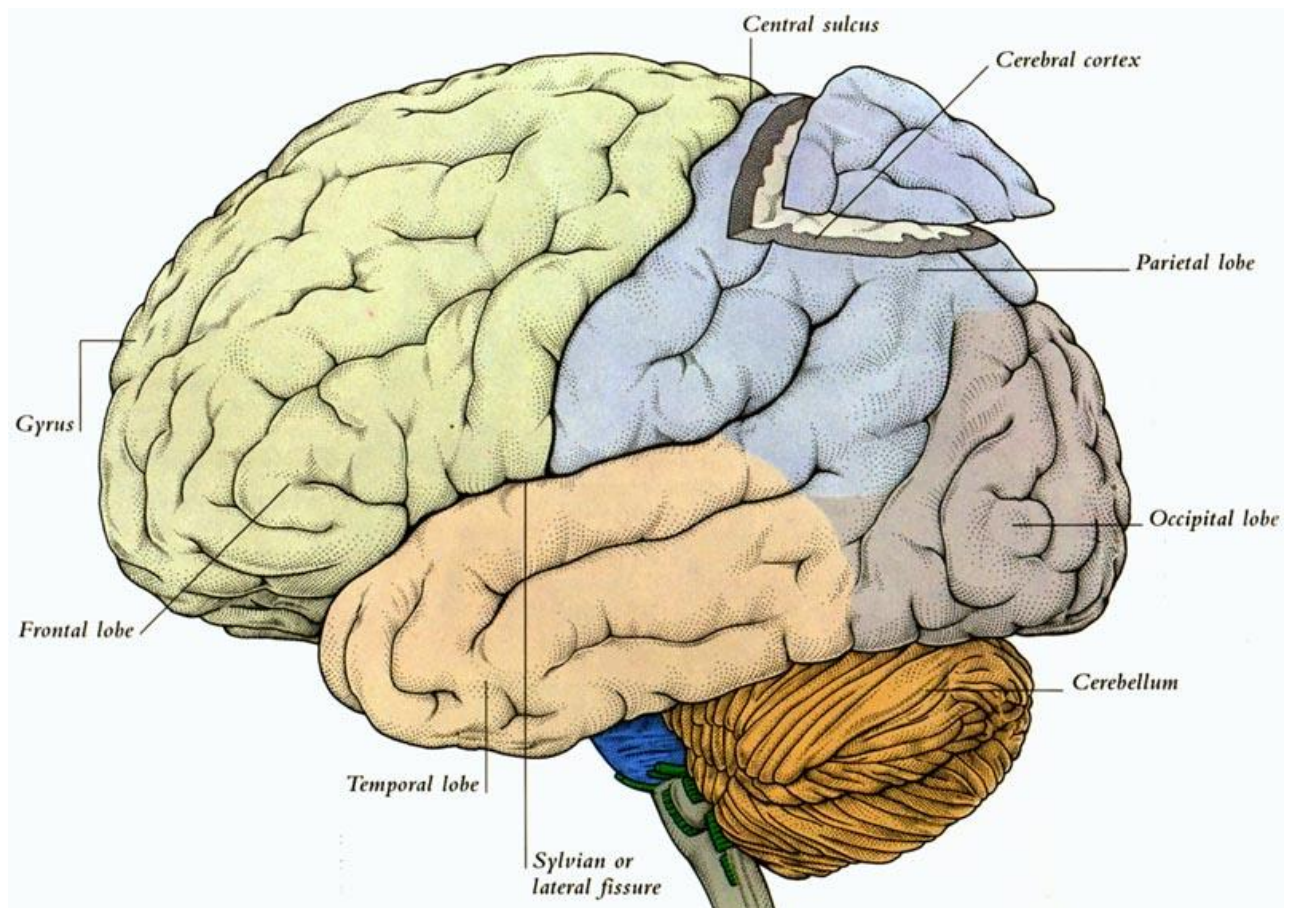
Οι ινιακοί λοβοί βρίσκονται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου και επιτρέπουν στους ανθρώπους να λαμβάνουν και να επεξεργάζονται τις οπτικές πληροφορίες. Μπορούν να επηρεάσουν το πώς οι άνθρωποι επεξεργάζονται τα χρώματα και τα σχήματα. Ο ινιακός λοβός στα δεξιά, ερμηνεύει τα οπτικά σήματα του αριστερού οπτικού χώρου, ενώ ο αριστερό ινιακός λοβός εκτελεί την ίδια λειτουργία για το δεξί οπτικό χώρο.

3.2.2.5.3 Βρεγματικοί λοβοί

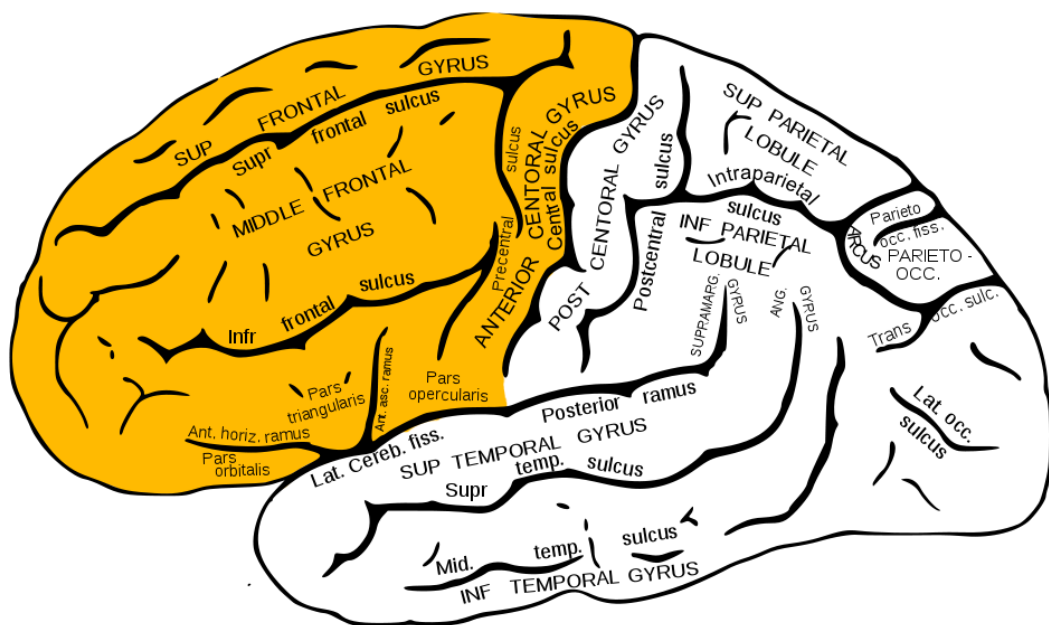
Οι λοβοί αυτοί ερμηνεύουν τα σήματα που λαμβάνονται από άλλες περιοχές του εγκεφάλου, όπως η όραση, η ακοή, οι κινητικές, αισθητηριακές λειτουργίες και η μνήμη. Η μνήμη ενός ατόμου και οι νέες αισθητηριακές πληροφορίες που ελήφθησαν, δίνουν νόημα σε αντικείμενα.

3.2.2.5.4 Κροταφικοί λοβοί

Αυτοί οι λοβοί που βρίσκονται σε κάθε πλευρά του εγκεφάλου, περίπου στο επίπεδο του αυτιού, μπορεί να χωριστούν σε δύο μέρη. Ένα μέρος είναι στο κάτω μέρος (κοιλιακό) του κάθε ημισφαιρίου και το άλλο είναι στην πλευρά (πλευρική) του κάθε ημισφαιρίου. Μια περιοχή της δεξιάς πλευράς εμπλέκεται στην οπτική μνήμη και βοηθά τους ανθρώπους να αναγνωρίζουν τα αντικείμενα και τα πρόσωπα των ανθρώπων. Μια περιοχή στην αριστερή πλευρά εμπλέκεται στη λεκτική μνήμη και βοηθά τους ανθρώπους να θυμούνται και να κατανοούν τη γλώσσα. Το πίσω μέρος του κροταφικού λοβού δίνει τη δυνατότητα της ερμηνείας των συναισθημάτων και των αντιδράσεων των άλλων ανθρώπων.



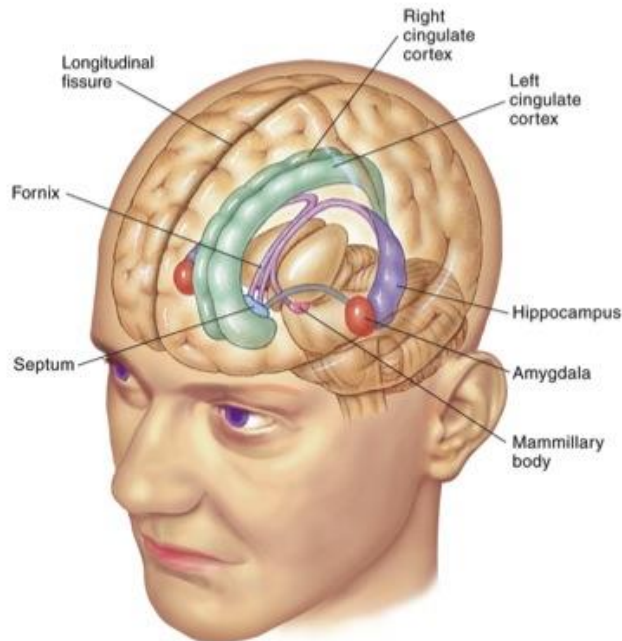
Εικόνα 16



Εικόνα 17

3.2.2.6 Μεταχαιμιακό σύστημα

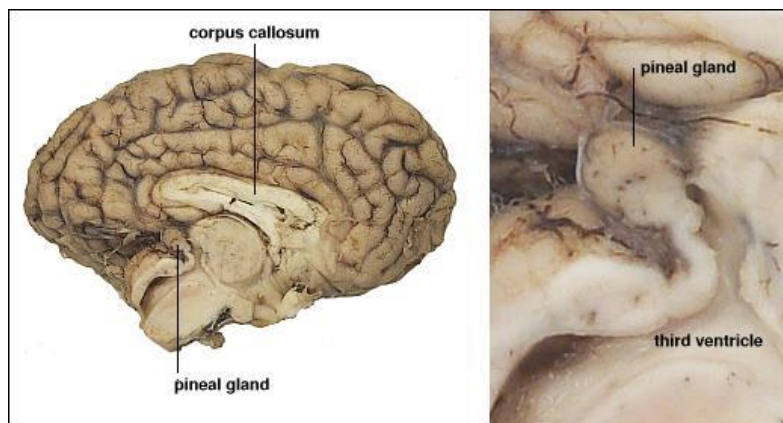
Αυτό το σύστημα εμπλέκεται στα συναισθήματα. Σε αυτό το σύστημα ανήκει ο υποθάλαμος, μέρος του θαλάμου, η αμυγδαλή και ο ιππόκαμπος (παίζει ρόλο στη μνημόνευση νέων πληροφοριών).



Εικόνα 18

3.2.2.7 Επίφυση

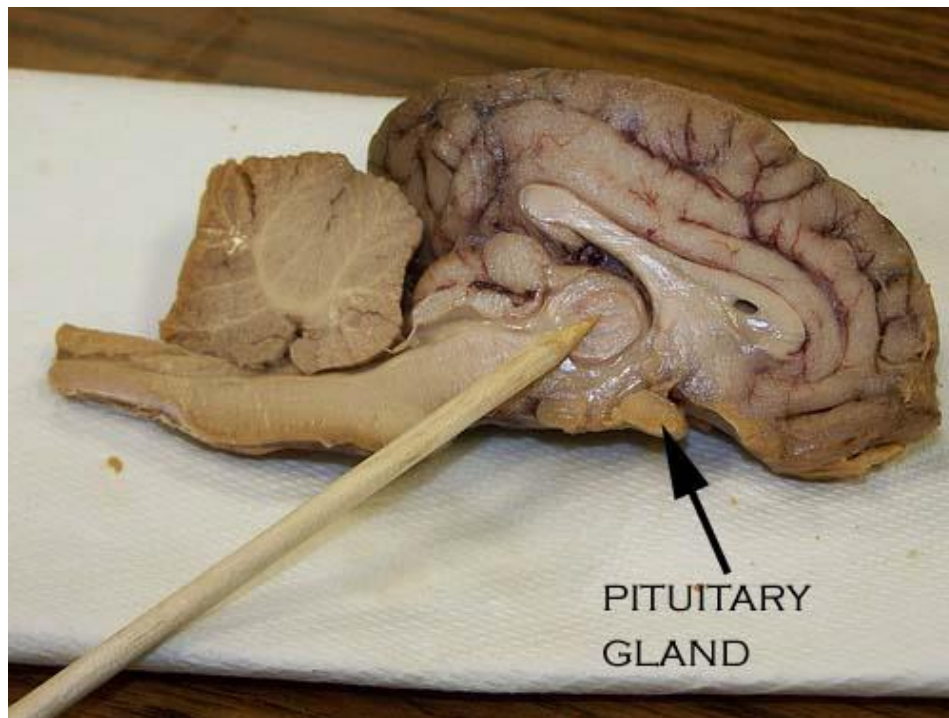
Αυτός ο αδένας είναι μια απόφυση από το οπίσθιο ή πίσω τμήμα της τρίτης κοιλίας. Σε ορισμένα θηλαστικά, ελέγχει την απόκριση στο σκοτάδι και το φως. Στους ανθρώπους, έχει κάποιο ρόλο στην **σεξουαλική ωρίμανση**, αν και η ακριβής λειτουργία του αδένα της επίφυσης στον άνθρωπο είναι ασαφής.



Εικόνα 19

3.2.2.8 Υπόφυση

Η υπόφυση είναι ένας μικρός αδένας συνδεδεμένος με τη βάση του εγκεφάλου (πίσω από τη μύτη) σε μια περιοχή που ονομάζεται «βοθρίο της υπόφυσης» ή sella turcica. Η υπόφυση συχνά αποκαλείται η "κύριος αδένας", επειδή ελέγχει την έκκριση των ορμονών. Η υπόφυση είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο και συντονισμό: 1. της ανάπτυξης και εξέλιξης, 2. τη λειτουργία διαφόρων οργάνων του σώματος (τα νεφρά, το στήθος και τη μήτρα), 3. τη λειτουργία των άλλων αδένων (π.χ. του θυρεοειδή, τις γονάδες, και τα επινεφρίδια).



Εικόνα 20

3.2.2.9 Οπίσθιο βοθρίο

Αυτή είναι μια κοιλότητα στο πίσω μέρος του κρανίου που περιέχει την παρεγκεφαλίδα, το εγκεφαλικό στέλεχος και τα κρανιακά νεύρα 5-12.

3.2.2.10 Θάλαμος

Ο θάλαμος λειτουργεί ως σταθμός αναμετάδοσης για σχεδόν όλες τις πληροφορίες που έρχονται και πηγαίνουν στο φλοιό. Παίζει ρόλο στην αίσθηση του πόνου, την προσοχή και την εγρήγορση. Αποτελείται από τέσσερα μέρη: τον υποθάλαμο, τον επιθάλαμο, το κοιλιακό θάλαμο, και το ραχιαίο θάλαμο. Τα βασικά γάγγλια είναι συστάδες νευρικών κυττάρων που περιβάλλουν το θάλαμο.

4.1 Πως, ποιος, γιατί

Τα θηλαστικά, οι ελέφαντες και τα κητοειδή θεωρούνται εξυπνότερα από τα «κατώτερα» θηλαστικά με τους ανθρώπους στη κορυφή. Οι ιδιότητες του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη νοημοσύνη είναι το μέγεθός του, ο φλοιός, ο προμετωπιαίος φλοιός και ο βαθμός της εγκεφαλοποίησης, μα παράγοντες που σχετίζονται άμεσα είναι ο αριθμός των νευρικών βρόγχων και η ταχύτητα επικοινωνίας/ σύνδεσης της επεξεργασίας των πληροφοριών. Η ευφυΐα έγκειται στην επιτυχία και στη βέλτιστη ταχύτητα, του τρόπου που ζώα και άνθρωποι λύνουν προβλήματα στο φυσικό τους περιβάλλον (π.χ. τροφή, κοινωνική και ενδοειδική επικοινωνία). Η μελέτη της οικολογίας συμπεριφοράς προτείνει ότι η νοημοσύνη εξελίχθηκε ανταποκρινόμενη σε ειδικά περιβάλλοντα. Είναι γνωστό ότι η νοημοσύνη εμφανίζεται σε διαφορετικές εκφράσεις και επίπεδα ανάμεσα στα είδη ίδιας ή διαφορετικής ταξινομικής ομάδας, φαινόμενο που οδηγεί στη απόρριψη της «ορθογενετικής» άποψης, που θέλει αυτή να αναπτύχθηκε σε μία ενιαία εξελικτική γραμμή που αναπόφευκτα και μοναδικά οδηγεί στο *Homo sapiens*. Στα 3.5Ma της ανθρώπινης εξέλιξης το μέγεθος του εγκεφάλου αυξήθηκε κατά πολύ, από 450 cm³ στους Australopithecines, στα 1300 cm³ στους σύγχρονους *Homo sapiens* και 1500 cm³ στο *Homo neanderthalensis*. Μία τέτοια αύξηση θα πρέπει να βασίζεται σε γενετικούς μηχανισμούς. Στα θηλαστικά, ο φλοιός σχηματίζεται από νευρώνες δύο σταδίων και μορφών. Αρχικά τα προγονικά κύτταρα σχηματίζονται σε μία στενή ζώνη γύρω από την τηλεγκεφαλική κοιλία. Σύμφωνα με την υπόθεση της «ακτινικής ενότητας» του Rakiz, οι νευρώνες που προέρχονται από προγονικά κύτταρα σχηματίζουν μία φλοιώδη στήλη στην οποία οι νέοι νευρώνες τοποθετούνται στη κορυφή της. Ο αριθμός των κύκλων της συμμετρικής κυτταρικής παραγωγής είναι σημαντικός για την επέκταση του φλοιού, επειδή κάθε κύκλος διπλασιάζει τον αριθμό των φλοιωδών στηλών. Αντίθετα ο αριθμός των ασύμμετρων κυτταρικών διαιρέσεων ελέγχει τον αριθμό των νευρώνων ανά στήλη και έτσι το πάχος του φλοιού. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος καταλαμβάνει το 2% της μάζας του σώματος αλλά καταναλώνει το 20% του μεταβολισμού. Σύμφωνα με την υπόθεση του «ακριβού ιστού» του Aiello et al. κάθε αύξηση στο μέγεθος του φλοιού πρέπει να ισορροπείται από τη μείωση των απαιτήσεων άλλων οργάνων. Έτσι μειώθηκε το μέγεθος του εντέρου που όμως αντικαταστήθηκε από την ποιοτική αύξηση της διατροφικής αξίας των τροφών. Η ποιότητα των τροφών ευνοείται από υψηλότερες κινητικές και γνωστικές ικανότητες, τη βελτίωση της αναγνώρισης των υψηλής ποιότητας τροφίμων, την καλύτερη τακτική αναζήτησης τροφής ή την καλύτερη χειρονακτική επεξεργασία τροφίμων πχ. με τη βοήθεια μέσων, τα οποία με τη σειρά τους, ευνοούνται από την αυξημένη χειρονακτική επιδεξιότητα και τις αυξημένες ικανότητες πραγμάτωσης της δράσης. Το πραγματικό εμπόδιο των ενεργειακών απαιτήσεων του εγκεφάλου φαίνεται να βρίσκεται στη προγεννητική και βρεφική του ανάπτυξη, κατά την οποία καταναλώνει το 60% του μεταβολισμού μέχρι και το πρώτο έτος και επιβραδύνει μέχρι τα 7.

Table 1. Brain weight, encephalization quotient and number of cortical neurons in selected mammals

Animal taxa	Brain weight (in g) ^a	Encephalization quotient ^{b,c}	Number of cortical neurons (in millions) ^d
Whales	2600–9000	1.8	
False killer whale	3650		10 500
African elephant	4200	1.3	11 000
Man	1250–1450 ^e	7.4–7.8	11 500
Bottlenose dolphin	1350	5.3	5800
Walrus	1130	1.2	
Camel	762	1.2	
Ox	490	0.5	
Horse	510	0.9	1200
Gorilla	430 ^e –570	1.5–1.8	4300
Chimpanzee	330–430 ^e	2.2–2.5	6200
Lion	260	0.6	
Sheep	140	0.8	
Old world monkeys	41–122	1.7–2.7	
Rhesus monkey	88	2.1	480
Gibbon	88–105	1.9–2.7	
Capuchin monkeys	26–80	2.4–4.8	
White-fronted capuchin	57	4.8	610
Dog	64	1.2	160
Fox	53	1.6	
Cat	25	1.0	300
Squirrel monkey	23	2.3	480
Rabbit	11	0.4	
Marmoset	7	1.7	
Opossum	7.6	0.2	27
Squirrel	7	1.1	
Hedgehog	3.3	0.3	24
Rat	2	0.4	15
Mouse	0.3	0.5	4

^aData from [13,17,73].

^bIndicates the deviation of the brain size of a species from brain size expected on the basis of a 'standard' species of the same taxon, in this case of the cat.

^cData after [13,73].

^dCalculated using data from [17].

^eBasis for calculation of neuron number.

www.sciencedirect.com

4.2 Οι περιοχές του Brodmann

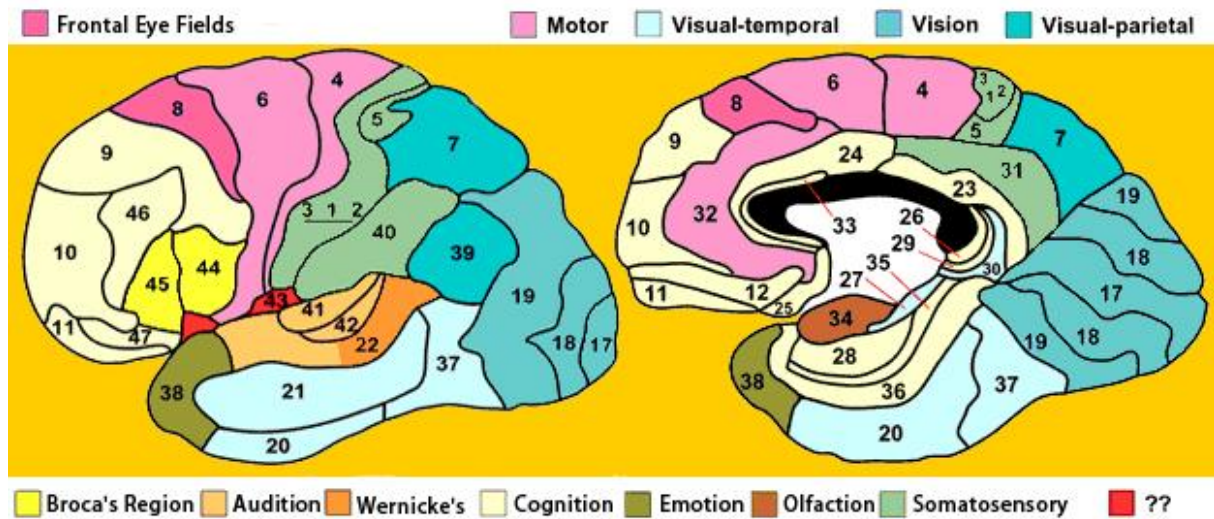
Οι περιοχές του **Brodmann**, είναι περιοχές (48 σε κάθε ημισφαίριο) του εγκεφαλικού φλοιού του εγκεφάλου των ανθρώπων και άλλων πρωτεύοντων. Διαχωρίζονται από τη διαφορετική κυτταροαρχιτεκτονική, δομή και οργάνωση των κυττάρων. Αυτό που είναι μοναδικό στον ανθρώπινο εγκέφαλο είναι ότι αυτός έχει το μεγαλύτερο απόλυτο αριθμό νευρώνων από όλα τα πρωτεύοντα, πιθανόν και από τα άλλα ζώα και αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με το ότι ο άνθρωπος έχει το μεγαλύτερο μέγεθος εγκεφάλου ανάμεσα στα πρωτεύοντα. Η έρευνα για τις λειτουργίες του εγκεφάλου έχει μετατοπιστεί από την ανατομία στην κυτταροαρχιτεκτονική, τις νευρικές συνδέσεις και τις λειτουργίες στο επίπεδο των κυττάρων. Οι Semendeferi et al. απέδειξαν ότι το συνολικό μέγεθος του ανθρώπινου μετωπικού λοβού δεν είναι μεγαλύτερο από το αναμενόμενο για εγκεφάλους του μεγέθους τους. Αντ' αυτού, φαίνεται ότι συνέβησαν μεταβολές στην εσωτερική καλωδίωση κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των hominini σε ορισμένες υποπεριοχές του προμετωπιαίου φλοιού με αυξήσεις, όπως της BA 10, ενώ άλλες περιοχές όπως η περιοχή 13 του Brodmann (BA 13, μέρος του μεταιχμιακού συστήματος) μειώθηκαν σε σχετικό μέγεθος. Επειδή το σχετικό μέγεθος του ανθρώπινου BA 10 είναι διπλάσιο από αυτό και των μπονόμπο και των χιμπατζήδων, προτάθηκε ότι αυτή η περιοχή του εγκεφαλικού φλοιού αυξήθηκε σε σχετικό μέγεθος κατά την εξέλιξη από τα πρώτα hominini στους πρώτους αντιπρόσωπους του γένους *Homo*. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης της χωρικής κατανομής των νευρώνων στις περιοχές BA 10, BA 4, BA 3 και BA 17 του στρώματος III σε ανθρώπους και πιθήκους υποδηλώνουν ότι η οριζόντια χωρική απόσταση (HSD) μεταξύ των νευρώνων αυξήθηκε στη περιοχή BA 10 (αλλά όχι στις άλλες τρεις περιοχές) στους hominini, μετά το διαχωρισμό αυτών από τους προγόνους των χιμπατζήδων, κατά τέτοιο τρόπο που διευκολύνεται η περίπλοκη επεξεργασία των πληροφοριών. Παρόμοια ιστολογικά ευρήματα έχουν αναφερθεί για την, ανθρώπινη, BA 44/45 (περιοχή του Broca). Το μέγεθος και η οργάνωση του ανθρώπινου μετωπικού πόλου ξεχωρίζει σαφώς από εκείνη των πιθήκων. Αυτή η περιοχή εμπλέκεται σε μια σειρά από δραστηριότητες όπως η επαγρύπνηση, η μνήμη εκτέλεσης δραστηριοτήτων, οι αναμνήσεις, η πρόβλεψη του μέλλοντος, η ενασχόληση με πολλές δραστηριότητες ταυτόχρονα, η εναλλαγή μεταξύ εξωτερικών και εσωτερικών σκέψεων κ.α. Έτσι, ένα βασικό προσαρμοστικό πλεονέκτημα ενός εξελιγμένου μετωπιαίου φλοιού μπορεί να είναι η ικανότητα για εφαρμογή μακροπρόθεσμων σχεδίων συμπεριφοράς και ταυτόχρονα η ανταπόκριση στις πιέσεις του κοινωνικού και φυσικού περιβάλλοντος καθώς και η σταδιακή διαμόρφωση σύνθετων συμπεριφορών όπως η χρήση εργαλείων από άτομα και κοινωνίες.

4.3 Νευρώνες

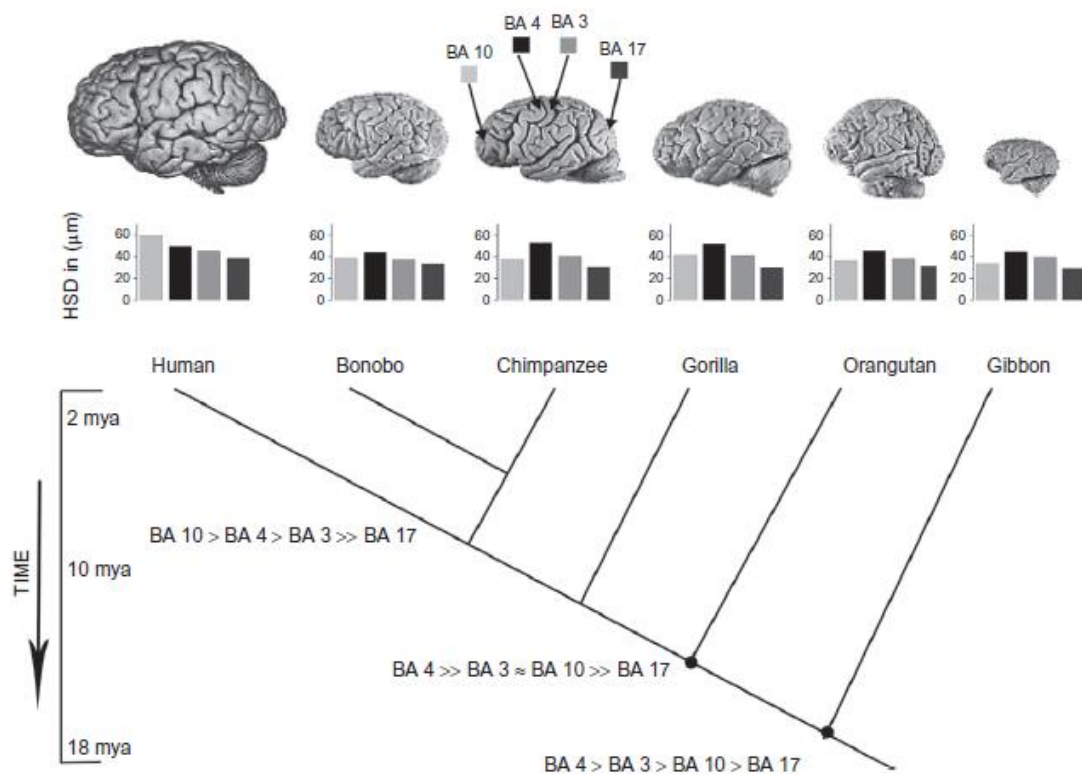
Ο νευρώνας, πιθανώς εμφανίστηκε ως ένα εξειδικευμένο κύτταρο νωρίς στην εξέλιξη, περισσότερα από 600 Ma πριν, και πολλά από τα χαρακτηριστικά του είναι ταυτόσημα σε όλες τις περιπτώσεις στις οποίες λειτουργεί σε ένα συναπτικό νευρικό σύστημα. Είναι πιθανό ότι αυτή η προσαρμογή πρωτοεμφανίστηκε σε προκάμβρια είδη μεταζώων που αποτελούν το κοινό πρόγονο όλων των ειδών που ζουν και πλέον μοιράζονται τη προσαρμογή.

4.3.1 Νευρικά δίκτυα

Πρόσφατα, αποδείχθηκε ότι στα είδη με περίπλοκο εγκέφαλο, το κλάσμα της μάζας που είναι αφιερωμένο στην νευρική καλωδίωση αυξάνεται πολύ πιο αργά απ' ό,τι χρειάζεται για να διατηρηθεί ένας υψηλός βαθμός συνδεσιμότητας μεταξύ των αρθρωτών μονάδων. Το εύρημα αυτό είναι σύμφωνο με το μοντέλο του νευρωνικής συνδεσμολογίας, το οποίο λέει ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος του εγκεφάλου, θα πρέπει να αντιστοιχεί μία μείωση στο κλάσμα των νευρώνων με τους οποίους κάθε νευρώνας επικοινωνεί άμεσα. Ο λόγος για αυτό είναι ότι, εάν χρειάζεται ένα σταθερό ποσοστό διασυνδέσεων για να διατηρηθεί ο αυξημένος αριθμός νευρώνων, τότε ένα μεγάλο μέρος του μεγέθους του εγκεφάλου θα χρειάζεται για να διατηρήσει σε ικανοποιητικό βαθμό τη νευρική καλωδίωση, ενώ η αύξηση του μήκους θα μειώνει την υπολογιστική ταχύτητα. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει εκτιμώμενη διασυνδεσιμότητα της τάξης του 10^3 . Αυτό συνεπάγεται ότι κάθε μονάδα συνδέεται σε άλλες χίλιες και ότι ο μέσος αριθμός συνάψεων αυτών των ενοτήτων είναι περίπου δύο. Πρόσφατα, οι Herculano-Houzel et al. έδειξαν ότι στα πρωτεύοντα, η μάζα της λευκής ουσίας κλιμακώνεται γραμμικά μεταξύ των ειδών, με τον αριθμό των μη-νευρωνικών κυττάρων να είναι ανάλογος με το συνολικό μήκος των εμμέλων αξόνων στην λευκή ουσία. Βρήκαν ότι η επιφανειακή περιοχή της λευκής ουσίας αυξάνεται με τον αριθμό νευρώνων της φαιάς, υποδεικνύοντας ότι η συνδεσιμότητα μειώνεται σε μεγαλύτερους εγκεφαλικούς φλοιούς ως αργή μείωση του κλάσματος των νευρώνων. Μόλις ο εγκέφαλος έχει αυξηθεί σε ένα σημείο όπου το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του είναι υπό την μορφή των συνδέσεων, τότε περαιτέρω αυξήσεις θα είναι αντιπαραγωγικές. Δηλαδή, αυξήσεις του αριθμού των μονάδων θα αντισταθμίζονται από μειωμένη απόδοση αυτών λόγω του αυξημένου χρόνου αγωγιμότητας. Αυτό συνεπάγεται ότι οι μεγάλοι εγκέφαλοι μπορεί να έχουν την τάση να παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξειδίκευση προκειμένου να διατηρήσουν την ικανότητα επεξεργασίας. Πράγματι, έχει παρατηρηθεί ότι η αύξηση του αριθμού των διακριτών περιοχών του φλοιού σχετίζεται με την αύξηση του μεγέθους του εγκεφάλου. Αυτή η εγκεφαλική «πρόληψη» εξηγεί γιατί τα είδη με μεγάλο εγκέφαλο, ανέπτυξαν κάποιο βαθμό εγκεφαλικής πλευρίωσης ως άμεση συνέπεια του μεγέθους. Εάν υπάρχει εξελικτική πίεση για ορισμένες λειτουργίες που απαιτούν υψηλό βαθμό τοπικής επεξεργασίας, όπως η γλωσσική επικοινωνία στον ανθρώπινο εγκέφαλο, αυτές θα έχουν τάση να αναπτυχθούν στο ένα ημισφαίριο.



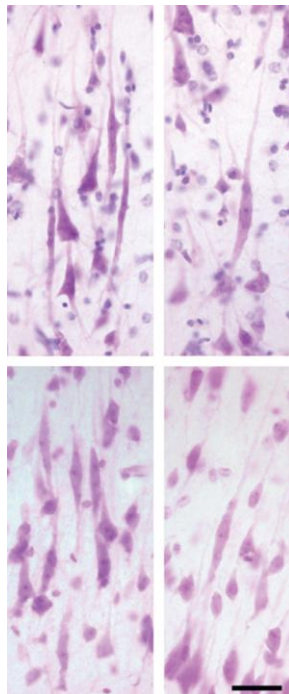
Εικόνα 21



Εικόνα 22

4.3.1.1 Η γνωστική εξειδίκευση-VEN

Ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του μετωπιαίου φλοιού (cerebral cortex) των hominoid αποτελεί η παρουσία των **VEN's** (von Economo Neurons). Τα VEN's είναι **projection** νευρώνες τοποθετημένοι στο στρώμα V του πρόσθιου και μετωπιαίου φλοιού και λιγότερο συχνά στον άνω μετωπιαίο φλοιό και αντιπροσωπεύουν ένα νευρικό τόπο με χαρακτηριστική μορφολογία που εξελίχθηκαν σε περιορισμένο αριθμό ειδών, πιθανόν από ένα πληθυσμό «πυραμιδικών νευρώνων» στα αρχαία θηλαστικά. Τα VEN's που είναι εξαιρετικά πολυπληθή στους hominoids, είναι γενικά μεγαλύτερα από τα πυραμιδοειδή του στρώματος V και ο σωματικός τους όγκος σχετίζεται με τον EQ, αντίθετα με τα πυραμιδοειδή. Στους ενηλίκους είναι πιο πολλά στο δεξί ημισφαίριο πιθανώς αντανakλώντας τις ασυμμετρίες στην οργάνωση των προσαγωγών ινών του αυτόνομου νευρικού συστήματος, με τη πυκνότητά τους παρ' όλα αυτά να παραμένει χαμηλή. Η λειτουργία των VEN's δεν έχει κατανοηθεί πλήρως. Νευροψυχιατρικά περιστατικά προδίδουν τη συσχέτιση αυτών με καταστάσεις κοινωνικής έκφρασης, τις δεξιότητες της επικοινωνίας, το συναίσθημα και την *αντίληψη εαυτού*. Υπόκεινται σε μεγάλη μείωση κατά την μετωποκροταφική άνοια και την αγγενεσία του μεσολόβιου, μείωση της πυκνότητάς τους σε ασθενείς με σχιζοφρένεια και ανώμαλη κατανομή και αυξημένο αριθμό στα νεαρά αυτιστικά άτομα και στα θύματα αυτοκτονίας με ψύχωση. Η ειδική τοποθέτησή τους στο φλοιό σε περιοχές όπου οι πληροφορίες της φυσιολογίας του σώματος καθοδηγούν τη συμπεριφορά, η συμμετοχή τους σε νευροψυχιατρικές ασθένειες «κοινωνικού» χαρακτήρα κ.α., τα καθιστούν όπως αρχικά προτάθηκε (1926) απαραίτητα για τη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Η εμφάνισή τους στα θηλαστικά με μεγάλο εγκέφαλο δηλώνει κάποιο είδος συσχέτισης αυτών με τους μηχανισμούς ανάπτυξης του μεγέθους του εγκεφάλου.



von Economo neurons (VENs) as revealed by Nissl staining from layer V of anterior cingulate cortex in great apes and humans. (a) human, (b) chimpanzee, (c) bonobo, and (d) gorilla.

Εικόνα 23

4.3.1.2 Η γνωστική εξειδίκευση-νευροδιαβιβαστές

Πρόσφατες έρευνες έδειξαν αλλαγές στη μικροδομή των συνδέσεων και την κατανομή των τύπων των νευρώνων. Η προμήθεια νευροδιαβιβαστών ουσιών παίζει σημαντικό ρόλο στην ισορροπία μεταξύ διέγερσης και αναστολής των διαδικασιών επεξεργασίας των πληροφοριών στο νεοφλοιό. Αυτές οι ουσίες (ντοπαμίνη, νορεπινεφρίνη, ακετυλοχολίνη, σεροτονίνη) έχουν συγκεκριμένες ζώνες δράσης και μακροπρόθεσμες επιδράσεις στα **μετασυναπτικά** κύτταρα, αλληλεπιδρώντας με πολλαπλούς υποτύπους υποδοχέων συνδεδεμένων με τις G-πρωτεΐνες. Έχει δειχθεί ότι η εξωγενής προμήθεια σεροτονεργικών, ντοπαμινεργικών και χολινεργικών αξόνων στο προμετωπιαίο φλοιό έχει τροποποιηθεί εκλεκτικά σε ανθρώπους και χιμπατζήδες συγκριτικά με τους μακάκους. Αυτά τα συστήματα νευροδιαβίβασης εμπλέκονται στις λειτουργίες της συμπεριφοράς, της προσοχής και της μάθησης και έτσι υποθέτουμε ότι αυτή η εξελικτική προσαρμογή που είναι κοινή σε ανθρώπους και μεγάλους πιθήκους, ώθησε την αύξηση της αναστολής της συμπεριφοράς, το μεγαλύτερο βαθμό προσοχής στο βλέμμα άλλων ατόμων, τη μεγαλύτερη κοινωνική ανοχή, τη διάδοση της κοινωνικής μάθησης μέσω της παράδοσης και την ικανότητα για αυτογνωσία. Μελέτες για τις εγγενείς πηγές των νευροδιαβιβαστών στον εγκεφαλικό φλοιό αποκάλυψαν ότι υπάρχει μεγάλη μεταβλητότητα στην κατανομή και πυκνότητα των νευρώνων του φλοιού για διάφορους νευροδιαβιβαστές ανάμεσα στα πρωτεύοντα. Ανοσοαντιδραστικοί νευρώνες τυροσίνης-υδροξυλάσης απαντώνται αραιά στον εγκεφαλικό φλοιό πολλών θηλαστικών, σε αντίθεση με τους ανθρώπους που κατανέμονται σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό. Η απουσία αυτού του νευροχημικού φαινοτύπου στους μεγάλους πιθήκους (χιμπατζής, bonobo, gorilla, orangutan) δηλώνει την ανεξάρτητη εξέλιξή τους στους ανθρώπους (και στους siamang). Σχετικά με το Υ-νευροπεπτιδικό ανοσοδραστικό φλοιώδες κύτταρο που απαντάται σε ανθρώπους και μεγάλους πιθήκους, αναφέρεται ποσοτική διακύμανση στα είδη αλλά τίποτα μοναδικό στους ανθρώπους (πυκνότητα-κατανομή).

4.3.2 Ικανότητα επεξεργασίας πληροφοριών

Έχει υποστηριχθεί ότι οι διαφορές στη νοημοσύνη συνδέονται με την IPC (Information Packing Capacity) του εγκεφάλου που με τη σειρά της υποκινεί την κοινωνική και οικολογική ευφυΐα. Η IPC του εγκεφάλου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από **1. την αποθηκευτική χωρητικότητα ή μνήμη**, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τον αριθμό των νευρώνων και συνάψεων, **2. την ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών**, η οποία εξαρτάται από την ενδονευρωνική απόσταση και την αξονική ταχύτητα αγωγιμότητας και **3. το πρότυπο σύνδεσης** των νευρώνων. Αυτοί οι τρεις παράγοντες επηρεάζουν την IPC τουλάχιστον μερικώς και ανεξάρτητα. Ο αριθμός των νευρώνων του φλοιού εξαρτάται από τον όγκο της φαιάς ουσίας και τη νευρωνική πυκνότητα (NPD-Neural Packing Density). Τα εντομοφάγα, τα μικρά τρωκτικά και τα κήτη, έχουν σχετικά λεπτό φλοιό (0,5-1,5 mm), ενώ τα πρωτεύοντα έχουν γενικά παχύς φλοιούς. Οι πιο παχύς φλοιοί εντοπίζονται στους μεγάλους πιθήκους και ανθρώπους (2-4mm). Με την αύξηση του όγκου του φλοιού, η NPD τείνει να μειώνεται (με εκθέτη -0,33). Μεταξύ των πρωτευόντων, οι λεμούριοι και οι marmoset του Νέου Κόσμου έχουν την υψηλότερη NPD με περίπου 75.000 νευρώνες/mm³, ακολουθούμενοι από τον σκίουρο του Νέου Κόσμου και τους μπαμπούνους με περίπου 60.000 νευρώνες/mm³. Οι μακάκοι, τα talapoins, και οι χιμπατζήδες έχουν περίπου 40.000 νευρώνες/mm³, οι πίθηκοι αράχνη, οι μαλλιαροί πίθηκοι, οι γορίλες και οι άνθρωποι έχουν περίπου 25-30.000

νευρώνες/mm³. Έτσι, στα πρωτεύοντα, η NPD δε συσχετίζεται με το μέγεθος του εγκεφάλου ή του φλοιού. Ο σχετικά μικρός σκίουρος-μαϊμού έχει 430, ο καπουτσίνος (white fronted) 600-700, ο μεγαλύτερος rhesus πίθηκος 500-800, ο γορίλας περίπου 4000, ο χιμπατζής περίπου 6000 και οι άνθρωποι 11-14.000 εκατομμύρια φλοιώδεις νευρώνες, με τις εκτιμήσεις να αναθεωρούνται ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται. Ο αριθμός των συνάψεων ανά νευρώνα υποτίθεται ότι αυξάνεται με την αύξηση του όγκου του φλοιού και το μέγεθος του νευρώνα με έναν εκθέτη 0,33. Έτσι, μεγαλύτεροι νευρώνες θα πρέπει να έχουν μεγαλύτερο αριθμό συνάψεων αλλά αυτή η αύξηση αντισταθμίζεται από την μείωση του NPD, έτσι ώστε στα θηλαστικά η πυκνότητα των συνάψεων να παραμένει σταθερή. Ο αριθμός των συνάψεων ανά νευρώνα στον ανθρώπινο φλοιό είναι αμφιλεγόμενος με τον Cherniak να αναφέρει 1000-10.000 και τον Rockland σχεδόν 30.000 συνάψεις ανά νευρώνα κατά μέσο όρο. Μια σημαντική οργανωτική αρχή του φλοιού των θηλαστικών είναι η διαίρεση του σε λειτουργικά διαφορετικές περιοχές. Στους εγκεφάλους των μικρών θηλαστικών, ο αριθμός αυτών των περιοχών είναι περίπου 10, χωρίς σημάδια κάποιας ενοποιητικής-συνειρμικής περιοχής και αυξάνει με την αύξηση του όγκου του φλοιού με εκθέτη 0,33 στα περισσότερα θηλαστικά και σε όλα πρωτεύοντα (αλλά όχι στους ελέφαντες και τα κητοειδή). Ταυτόχρονα, τα σχετικά μεγέθη των περιοχών του φλοιού υποτίθεται ότι μειώνονται με τον αριθμό των συνδέσεων μεταξύ των περιοχών να παραμένει σταθερός, έτσι ώστε ο αριθμός των συνδέσεων των περιοχών να αυξάνει με τον όγκο. Ο ανθρώπινος φλοιός υποτίθεται ότι περιλαμβάνει 150 περιοχές με 60 συνδέσεις ανά περιοχή με αποτέλεσμα να έχει 9.000 συνδέσεις περιοχή-με-περιοχή. Αυτό έχει ερμηνευθεί ως τάση διατήρησης της βέλτιστης συνδεσιμότητας κατά την αύξηση του όγκου του φλοιού, του αριθμού των νευρώνων και των περιοχών, η οποία πραγματοποιείται μέσω της αρχής της *πυκνής τοπικής* (μέσα στις περιοχές και στήλες του φλοιού) και *αραιής καθολικής* σύνδεσης (σε όλες τις περιοχές του φλοιού).

4.3.3 Βιολογικά όρια της επεξεργασίας πληροφοριών

Η κινητήρια δύναμη της εξέλιξης σχετίζεται με την αλληλεπίδραση οργανισμού και περιβάλλοντος. Στους οργανισμούς που κατέχουν εγκέφαλο, ως προσαρμοστικό χαρακτηριστικό, η βιολογική επιτυχία εξαρτάται από το ποσό και την ποιότητα των πληροφοριών που μπορεί να δεχτεί και να επεξεργαστεί ο εγκέφαλος. Η επεξεργασία πληροφοριών όμως προϋποθέτει την αποθήκευσή τους και την ανάκληση αυτών. Το όριο κάθε τέτοιου συστήματος, έγκειται στις δυνατότητές του να επεξεργάζεται και να ενσωματώνει μεγάλες ποσότητες αισθητηριακών πληροφοριών και να συγκρίνει αυτές σε πολλές καταστάσεις της μνήμης και όλα αυτά στο ελάχιστο του χρόνου. Η λειτουργική χωρητικότητα μίας νευρωνικής δομής σχετίζεται άμεσα με την αρχιτεκτονική της και το χρόνο επεξεργασίας των σημάτων. Η επεξεργασία και η μεταφορά των πληροφοριών στις διάφορες περιοχές του φλοιού, μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη μείωση του μήκους και του αριθμού των νευροαξόνων διασύνδεσης, προκειμένου να θέσει όρια στην μεγέθυνση. Ο αριθμός των ινών διασύνδεσης μειώνεται με τη διαμερισματοποίηση των νευρώνων σε αρθρωτά κυκλώματα, μέσα στα οποία κάθε μονάδα, περιέχει ένα μεγάλο αριθμό νευρώνων που συνδέεται με το νευρωνικό περιβάλλον της με ένα μικρό αριθμό νευραξόνων. Το μήκος των ινών μπορεί να μειώνεται κατά την αναδίπλωση του φλοιού και έτσι συντομεύονται οι

ακτινικές και εφάπτομενικές αποστάσεις των περιοχών του εγκεφάλου. Έτσι, η ανάπτυξη του εγκεφαλικού φλοιού συντονίζεται και συνδυάζει την αναδίπλωση με την συνδεσιμότητα ώστε να παράγει **μικρότερα και γρηγορότερα μυαλά**. Ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτής της εξελικτικής στρατηγικής, είναι ότι μια αύξηση του σχετικού αριθμού των ελίκων μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη μείωση του πλάτους της. Έτσι οι νευρώνες στην έλικα θα πρέπει να απομονωθούν από το υπόλοιπο του νευρικού συστήματος, δεδομένου ότι δε θα υπάρχει άμεση επαφή με την υποκείμενη λευκή ουσία. Ως εκ τούτου, οι Prothero και Sundsten εισήγαγαν την έννοια του **ελικοειδούς παράθυρου** η οποία παριστάνει το υποθετικό επίπεδο μεταξύ ενός έλικα και της υποκείμενης λευκής ουσίας μέσω του οποίου οι νευρικές ίνες πρέπει να περάσουν. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, το ελικοειδές παράθυρο θα έχει ένα συγκεκριμένο μέγιστο για ένα συγκεκριμένο μέγεθος εγκεφάλου. Περαιτέρω αύξηση του μεγέθους του εγκεφάλου, σε 2800 cm³, θα αυξήσει το εμβαδόν της επιφάνειας του φλοιού, αλλά της επιφάνειας αυτής θα μειωθεί, οδηγώντας σε μείωση της νευρωνικής «ολοκλήρωσης» και την αύξηση του χρόνου απόκρισης. Η εξαιρετικά υψηλή συσχέτιση μεταξύ φαιής και λευκής ουσίας και μεγέθους εγκεφάλου στα ανθρωποειδή πρωτεύοντα διασφαλίζει ότι το μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του όγκου της λευκής ουσίας σε σχέση με τον όγκο του εγκεφάλου για ένα υποθετικό πρωτεύον. Για μέγεθος του εγκεφάλου περίπου 3500cm³, ο συνολικός όγκος των υποφλοιωδών περιοχών (δηλαδή, παρεγκεφαλίδα, εγκεφαλικό στέλεχος, κλπ) φθάνει σε μία μέγιστη τιμή. Η αύξηση του μεγέθους του εγκεφάλου πέρα από αυτό το σημείο και ακολουθώντας την ίδια αρχή σχεδιασμού, θα οδηγήσει σε περαιτέρω αύξηση στο μέγεθος του neocortex, αλλά σε μείωση του υποφλοιώδους όγκου. Κατά συνέπεια, πρωτεύοντα με πολύ μεγάλους εγκεφάλους (π.χ., πάνω από 5kg) μπορεί να παρουσιάζουν μειωμένη ικανότητα νευρικής ολοκλήρωσης παρά το μεγαλύτερο αριθμό νευρώνων στο φλοιό.

4.3.4 «Όρια» στην εγκεφαλική εξέλιξη

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος εξελίχθηκε από ένα σύνολο υποκείμενων δομών που περιορίζουν το μέγεθος και την ποσότητα των πληροφοριών που μπορεί να αποθηκεύσει και να επεξεργαστεί. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν μια σειρά συναφών παραγόντων που αλληλεπιδρούν για να περιοριστεί το μέγεθος του εγκεφάλου και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: **(1) ενεργητικοί** περιορισμοί και **(2) νευρωνικοί** περιορισμοί επεξεργασίας. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος, παράγει 15W ενέργειας. Μηχανολογικά, χρειάζεται μία πλήρη ψύξη για να αποφθεχθεί η υπερθέρμανσή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη ροή αίματος. Έτσι η ταχύτητα ψύξης αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Για να αυξηθεί η απόδοση της ψύξης σε ένα μεγαλύτερο εγκέφαλο, είτε το αίμα πρέπει να ψύχεται πριν εισέλθει στη δομή ή η ταχύτητα ροής του πρέπει να αυξηθεί πάνω από τα σημερινά επίπεδα. Οι Cochrane et al. εξέτασαν διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους ο εγκέφαλος θα μπορούσε να εξελιχθεί για να επεξεργάζεται περισσότερες πληροφορίες πιο αποτελεσματικά. Υποστηρίζουν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος έφτασε τα όρια της επεξεργασίας πληροφοριών που ένα νευρικό σύστημα επιτρέπει και ότι το εξελικτικό μας δυναμικό περιορίζεται μεταξύ της ταχύτητας

αγωγιμότητας, το χρόνο επεξεργασίας και τη νευρωνική πυκνότητα. Με τη μοντελοποίηση της ικανότητας επεξεργασίας πληροφοριών στη μονάδα του χρόνου ως συνάρτηση της διασυνδεσιμότητας και της αξονικής ταχύτητας αγωγιμότητας, βρήκαν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος βρίσκεται περίπου στο 20-30% κάτω από το βέλτιστο, με τη βέλτιστη ικανότητα επεξεργασίας να αντιστοιχεί σε έναν εγκέφαλο περίπου στο διπλάσιο του σημερινού όγκου. Για μέγεθος εγκεφάλου περίπου 3500cm³, δύο έως τρεις φορές των σύγχρονων, ο εγκέφαλος θα φτάσει στη μέγιστη δυναμικότητα επεξεργασίας. Πέρα από αυτό το κρίσιμο μέγεθος, θα γίνει λιγότερο αποτελεσματικός, περιορίζοντας έτσι τυχόν βελτίωση της γνωστικής αντίληψης του. Κανείς δεν μπορεί να αποκλείσει το ενδεχόμενο εξέλιξης νέων δομών στον εγκέφαλο ή μια ανώτερη εξειδίκευση των υπάρχουσών περιοχών του, αλλά εντός των ορίων του υπαρκτού σχεδίου δομικής ανάπτυξης δεν φαίνεται να υπάρχει ένας πιθανός τρόπος να συμβεί αυτό.

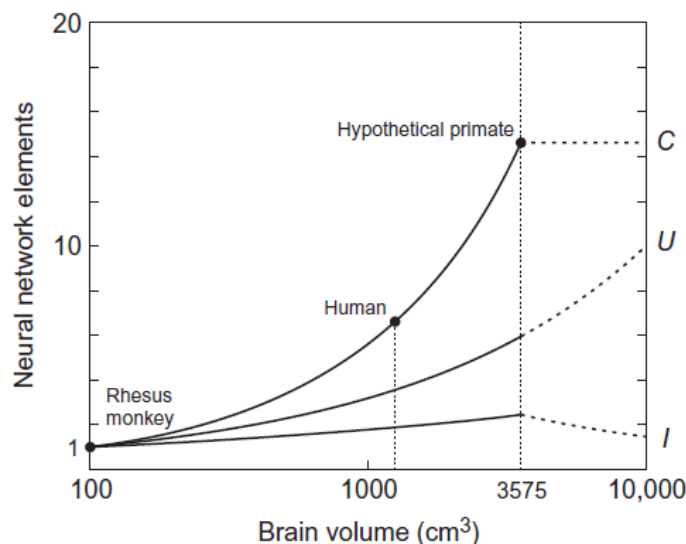


Fig. 8. The number of connections (C), cortical processing units (U), and level of interconnectivity (I) in the primate neocortex as a function of brain size. Semilogarithmic scale. Values are normalized to one at a brain volume of 100cm³, the size of a monkey brain. Note that the number of myelinated axons increases much faster than the number of cortical processing units (see also Fig. 5). The human cerebrum, for example, contains 6× more myelinated axons than that of a rhesus monkey, whereas the number of cortical processing units is only three times larger. Dashed lines show the potential evolutionary pathway of these neural network elements in primates with very large brains, that is, beyond the hypothetical upper limit of the brain's processing power (see text and Fig. 9). Note that a further exponential growth in the number of cortical processing units, without a corresponding increase in the axonal mass, will lead to a decrease in connectivity between these units and thus to more local wiring.

Διάγραμμα 1

4.4 «Κοιτάς αλλά δε βλέπεις»

Για να δείξουν ότι το αυξημένο μέγεθος του εγκεφάλου σχετίζεται με αυξημένες νοητικές δυνατότητες οι Kotrschal et al. έστησαν ένα πείραμα με χρωματιστά ψάρια, *Poecilia reticulata*, σχετίζοντας τα μικροεγκεφαλικά και μεγαλοεγκεφαλικά άτομα (διαφέρουν κατά 9,3% στο εγκεφαλικό μέγεθος). Αυτή η διαφορά επέτρεψε τους ερευνητές να εξετάσουν κατά πόσο τα άτομα με μεγαλύτερο εγκέφαλο έχουν καλύτερες νοητικές λειτουργίες από τα άλλα. Οι νοητικές δυνατότητες αυτών μετρήθηκαν-εξετάστηκαν με ένα τεστ αριθμητικής μάθησης. Τα ψάρια τοποθετήθηκαν σε μία δεξαμενή, στο ένα άκρο της οποίας τοποθετήθηκε ένα κομμάτι χαρτί πάνω στο οποίο υπήρχαν τέσσερα μαύρα σύμβολα (κύκλοι και τετράγωνα), ενώ στο άλλο άκρο υπήρχε ένα κομμάτι χαρτί με δύο μαύρα σύμβολα. Τοποθέτησαν λοιπόν τροφή στη βάση της μεριάς με τα τέσσερα μαύρα σύμβολα. Μετά τις δοκιμαστικές προσπάθειες, τοποθέτησαν το ψάρι στη μέση της δεξαμενής και κατέγραφαν προς τα πού θα κινηθεί. Το ψάρι ανταμειβόταν με τροφή μόνο όταν κατευθυνόταν προς τα τέσσερα σύμβολα. Μετά από 48 δοκιμές ελέγχου και οκτώ πειραματικές οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τον αριθμό των φορών που ένα ψάρι κινήθηκε προς τα τέσσερα σύμβολα με την επιβράβευση της τροφής ως μέτρο καταγραφής της μάθησης. Έτσι παρατήρησαν ότι τα μεγαλοεγκεφαλικά θηλυκά ξεπέρασαν στην επίδοσή τους τα άλλα άτομα του είδους τους. Κολύμπησαν πολύ συχνότερα από τα μικροεγκεφαλικά θηλυκά και σχεδόν όλα τα αρσενικά. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα οι ερευνητές ισχυρίστηκαν ότι αποδείχτηκε η άμεση σχέση του μεγέθους του εγκεφάλου με τις νοητικές δυνατότητες. Ότι δηλαδή **«το μεγαλύτερο είναι καλύτερο»**. Υπάρχουν βέβαια δύο βασικές προβληματικές σχετικά με το πείραμα. Η **πρώτη** αναφέρεται στο κατά πόσο τα ψάρια «έμαθαν» το τεστ αριθμητικής εκμάθησης. Για να το έχουν μάθει τα ψάρια πρέπει να είχαν φάει το φαγητό στη βάση των τεσσάρων συμβόλων κατά τις δοκιμαστικές φορές και να μάθαιναν ότι στα δύο σύμβολα δεν υπάρχει φαγητό έτσι ώστε να μπορούν να συσχετίσουν τα σύμβολα με την ανταμοιβή. Δεν παρέχονται δεδομένα που να δείχνουν ότι τα ψάρια επισκέφτηκαν και τα δύο άκρα για να μάθουν αυτή τη συσχέτιση και συνεπώς όταν κάποια άτομα δεν έφαγαν το φαγητό τους στις δοκιμαστικές φορές, αυτό θα οφείλεται στο ότι δεν μπορούν να μάθουν τη συσχέτιση. Κατά συνέπεια δε μπορούμε να είμαστε σίγουροι εάν η καλύτερη απόδοση των μεγαλοεγκεφαλικών θηλυκών οφείλεται στην εκμάθηση ή σε κάποιο άλλο μεροληπτικό παράγοντα. Για τη μείωση αυτών των μη μαθησιακών παραγόντων, τα μισά ψάρια έπρεπε να εκπαιδευτούν στη σύνδεση των δύο συμβόλων με ανταμοιβή ενώ τα άλλα στη σύνδεση των τεσσάρων με τη σηματοδότηση της ανταμοιβής. Η **δεύτερη** προβληματική σχετίζεται με τους ερευνητές που δεν έδωσαν πιθανές εναλλακτικές εξηγήσεις, στα πλαίσια της εξαίρεσης, για να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους. Για την εξέταση των νοητικών δυνατοτήτων στα ζώα πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι διαφορές δεν οφείλονται σε διακυμάνσεις των κινήτρων, της προσοχής ή τον αριθμό των υποδείξεων. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τη διαδικασία ελέγχου των και οδηγούν σε λάθος συμπεράσματα (π.χ. ότι οι διακυμάνσεις της συμπεριφοράς των υποκειμένων οφείλονται σε νοητικές διαφορές).

5. Σεξουαλική επιλογή

Η τυπική περιγραφή της σεξουαλικής επιλογής είναι ότι το αρσενικό έχει ένα γονίδιο που ελέγχει το μέγεθος κάποιου χαρακτηριστικού (όπως το φτέρωμα σε ένα παγώνι), και το θηλυκό έχει ένα γονίδιο που ελέγχει την προτίμησή της για ζευγάρωμα με αρσενικά που υπερέχουν σε αυτό το χαρακτηριστικό. Το ερώτημα είναι αν τέτοια χαρακτηριστικά είναι άχρηστα ή ακόμα και επιβλαβή (π.χ. το υπερβολικά μεγάλο φτέρωμα των αρσενικών που μειώνει την ευελιξία τους), και πώς προκύπτει αυτή η αλληλεπίδραση χαρακτηριστικού και προτίμησης από την εξέλιξη; Υπάρχουν δύο θεωρίες που προσπαθούν να εξηγήσουν αυτή την εξέλιξη. Η **πρώτη** προτάθηκε από τον Fisher που πρότεινε ότι το πλεονέκτημα των προτιμήσεων έγκειται στην επιλογή των συντρόφων να αναπαράγουν **ελκυστικούς γιούς**. Αν οι γυναίκες προτιμούν ένα συγκεκριμένο αρσενικό γνώρισμα, τότε οι άνδρες που έχουν αυτό θα έχουν ένα πλεονέκτημα στο ζευγάρωμα. Αν αυτό το χαρακτηριστικό είναι κληρονομικό, τότε τα θηλυκά επίσης θα προτιμούν να ζευγαρώσουν με αυτά τα αρσενικά. Ο Fisher υποστήριξε ότι αυτή η εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει σε μια ανεξέλεγκτη διαδικασία, καταλήγοντας σε αναποτελεσματικό μέγεθος του χαρακτηριστικού, όπως το υπερβολικά μεγάλο φτέρωμα στα παγώνια. Ωστόσο, οι Romiankowski et al. επισήμαναν ότι αυτό το επιχείρημα είναι έγκυρο μόνο όταν δεν υπάρχει κόστος που συνδέεται με τις προτιμήσεις των θηλυκών. Αν υπάρχει κάποιο κόστος (ας πούμε *η αναζήτηση*), το επιχείρημα του Fisher δεν ισχύει. Η **δεύτερη** υπόθεση προτείνει ότι το όφελος των γυναικείων προτιμήσεων έγκειται στην επιβίωση των απογόνων τους. Ο Zahavi υποστήριξε στη θεωρία του «**μειονεκτήματος**» ότι το αρσενικό χαρακτηριστικό παρέχει στο θηλυκό πληροφορίες σχετικές με τη κληρονομική ποιότητα του αρσενικού. Οι Iwasa et al. έδειξαν ότι μία συσχέτιση μεταξύ των αρσενικών γνωρισμάτων και της βιωσιμότητας τους είναι απαραίτητη για τη δημιουργία μιας ισορροπίας με τις προτιμήσεις του θηλυκού.

5.1 «Σεξιστικές» διαφορές του εγκεφάλου

Οι διαφορές που σχετίζονται με το φύλλο των ατόμων στη μικροανατομία του εγκεφάλου αναφέρονται στη μικροτοπογραφία των συνάψεων μεταξύ των νευρώνων, το μηχανισμό των στεροειδών υποδοχέων των νευρώνων και στο μεταβολισμό των νευροδιαβιβαστών, με τις περισσότερες έρευνες να προέρχονται από τη μελέτη ζώων. Σχετικά με τους ανθρώπους έχουν συνταχθεί *post mortem* μελέτες που αποκάλυψαν έντονες διαφορές μεταξύ των φύλων σχετικές με την κατανομή των ορμονικών υποδοχέων και με τα επίπεδα ορισμένων νευροδιαβιβαστών. Ακόμα έδειξαν ότι ειδικοί πυρήνες ή ομάδες κυττάρων ήταν μεγαλύτερες στους άνδρες απ' ότι στις γυναίκες ή είχαν διαφορετικά σχήματα, επιμήκη στις γυναίκες και περισσότερο σφαιρικά στους άνδρες. Τέλος, οι γυναίκες έχουν μεγαλύτερες περιοχικές *neuropil* (*neuropil*= *δίκτυο δενδριτών, αξόνων και νευρογλοιακών κύτταρων στη φαϊά ουσία του κεντρικού νευρικού συστήματος*) και δενδριτική ανάπτυξη ενώ οι άνδρες παρουσιάζουν μεγαλύτερη νευρωνική πυκνότητα που αμφισβητείτε ανάλογα με την περιοχή που εξετάζεται.

5.1.1 Αιτίες των διαφορών

Οι διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα που προκύπτουν πριν από τη γέννηση, πρέπει να σχετίζονται με τη προγεννητική ορμονική δράση και με το γενετικό προκαθορισμό και όχι με τη διαφορετική κοινωνική επιρροή. Αντίθετα, οι μορφολογικές διαφορές των φύλων που πρωτοεμφανίζονται μετά τη γέννηση θα μπορούσαν να είναι αποτέλεσμα είτε προγεννητικών, περιγεννητικών ή μεταγεννητικών επιρροών. Εκτός από το μεγαλύτερο βάρος του εγκεφάλου και του μεγαλύτερου όγκου εγκεφάλου και ιστών στα αρσενικά, δεν είναι γνωστό με βεβαιότητα εάν κάποια μορφή σεξουαλικού διμορφισμού στον ανθρώπινο εγκέφαλο αναφέρεται κατά τη γέννηση ή όχι. Έτσι, απομένει να καθοριστεί αν η αλληλεπίδραση μεταξύ γεννητικού καθορισμού, ορμονικής έκθεσης, και του περιβάλλοντος αποτελεί μηχανισμό που ωθεί στο διμορφισμό.

5.1.1.1 Μη περιβαλλοντικοί περιορισμοί

Προτάθηκε ότι τα γονίδια για τα φυλετικά χρωμοσώματα καθορίζουν το **διμορφικό** φαινότυπο του εγκεφάλου δρώντας στα κύτταρά του και ρυθμίζοντας τη δράση των ορμονών κάθε φύλλου (στεροειδή), όπως τα ανδρογόνα και τα οιστρογόνα, με τις οργανωτικές επιπτώσεις των στεροειδών στην ανατομία του εγκεφάλου να είναι πολύ καλύτερα κατανοητές από τις άμεσες ενέργειες των φυλετικών χρωμοσωμάτων. Μεταβολές στη γονιδιακή έκφραση από τη δράση των ορμονών μπορεί να υποκινήσουν ένα νευρώνα να δημιουργήσει νέες συνάψεις, να απορρίψει παλιές, να παραμείνει ζωντανός, ή να πεθάνει με τις επιπτώσεις να αποτελούν δια βίου επιδράσεις σε διάφορα «επίπεδα» όπως η αρχιτεκτονική και τη λειτουργία του εγκεφάλου.

5.1.1.2 Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

Ενώ το κοινωνικό περιβάλλον για άνδρες και γυναίκες είναι εξαιρετικά ίδιο, κάποιες διαφορές παραμένουν ισχύουσες (**φυλετικό περιβάλλον**) από τη βρεφική ηλικία και εκφράζονται με τη χρήση συγκεκριμένων παιχνιδιών, την αναμενόμενη συμπεριφορά και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, με τις μελέτες να έχουν αποδείξει ότι ο εγκέφαλος των θηλαστικών «αλλάζει» στα πλαίσια της εμπειρίας. *Post mortem* μελέτες απέκάλυψαν ότι το δενδριτικό μήκος και η διακλάδωση μεταβάλλονται σε συνάρτηση με τα επίπεδα της εκπαίδευσης και αυξάνονται όπου τα επίπεδα αυτά είναι αυξημένα. Αντίθετα, μελέτες *in vivo*, ανέφεραν αλλαγές στη φαιά ουσία του εγκεφάλου ως αποτέλεσμα έντονης γνωστικής και κινητικής εξάσκησης (μελέτη για εξετάσεις, εξάσκηση ταχυδακτυλουργικών δραστηριοτήτων). Συνεπώς, αναμένεται παρόμοιοι μηχανισμοί να έχουν προκαλέσει τις παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών στον εγκέφαλο.

5.2 Σεξουαλική επιλογή και ευφυΐα

Ο ρόλος της σεξουαλικής ανακατάταξης των αλληλόμορφων γονιδίων που σχετίζονται με την ανάπτυξη του εγκεφάλου, π.χ. των νευρωνικών μορίων κυτταρικής προσκόλλησης (NCAMs- Neural Cell Adhesion Molecule) οδηγεί τη μελέτη της ανάπτυξης του εγκεφάλου, της συμπεριφοράς των ειδών και την ανάπτυξη της ευφυΐας σε μια αναδιατύπωση της λεγόμενης «**Red Queen Hypothesis**». Αν οι διάφοροι συνδυασμοί NCAM-NCAM προκαλούν ακραία συμπεριφορά και μεταβλητότητα στη νοημοσύνη ενός πληθυσμού, οι συνδυασμοί αυτοί θα αποτελούν έκφραση της σεξουαλικής επιλογής. Ως εκ τούτου, οι παραλλαγές των NCAM και οι σχετικές συμπεριφορές τους πιστεύεται ότι είναι σημαντικές στην ανάπτυξη της νοημοσύνης, στο μέτρο που προωθούν την έλξη ατόμων με ήδη υψηλή νοημοσύνη, με το μηχανισμό αυτό να οδηγεί στην ειδογένεση υπερ-ευφύων ομάδων. Όπως το ανοσοποιητικό σύστημα μέσω της σεξουαλικής αναπαραγωγής, παράγει διαφορετικότητα ώστε να προσαρμόζεται σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο μικροβιολογικό περιβάλλον, έτσι και το ΚΝΣ θα μπορούσε με τον ίδιο τρόπο να παράγει διαφορετικότητα μεταβάλλοντας τα NCAMs για να προσαρμοστεί σε ένα νέο περιβάλλον μεταβάλλοντας με αυτό το τρόπο την ευφυΐα και τη συμπεριφορά. Αυτή η μεταβλητότητα στη συμπεριφορά συντελείται μέσω της σεξουαλικής αναπαραγωγής και οδηγεί στην ειδογένεση. Έτσι, η μεταβλητότητα των NCAMs εκφρασμένη ως μεταβλητότητα στη συμπεριφορά θα πρέπει να επηρεάζει την επιλογή συντρόφου. Αν η υπόθεση που περιγράφεται εδώ είναι σωστή, η ανάπτυξη της νοημοσύνης και άλλων συμπεριφορών πρέπει να συνδέονται με συγκεκριμένους συνδυασμούς των μορίων κυτταρικής προσκόλλησης και μεταξύ των ειδών θα πρέπει να παρατηρούνται διαφορετικοί συνδυασμοί, όπως και μεταξύ των ατόμων ενός πληθυσμού με διαφορετικό «μέτρο» νοημοσύνης. Ως εκ τούτου, η κατανομή αυτών των μορίων εντός ενός πληθυσμού δεν πρέπει να είναι τυχαία. Διαφορετικά μόρια τέτοιου τύπου (NCAM1, NCAM2, integrins, και selectins) προσδίδουν διαφορετική σταθερότητα και δύναμη στις συνάψεις που σχηματίζονται επηρεάζοντας τη νοημοσύνη και τη συμπεριφορά. Έτσι, οι συνδυασμοί των NCAM (η μεγάλη ποικιλία των οποίων ευθύνεται στη σεξουαλική αναπαραγωγή-**επιλογή**) πιστεύεται ότι είναι αναγκαίοι για την νευρωνική ανάπτυξη και ως εκ τούτου, για την ανάπτυξη της νοημοσύνης, των συναισθημάτων και άλλων ειδικών συμπεριφορών. Η νευρωνική ευφυΐα, λοιπόν, εξελίσσεται στα άτομα μέσω της «**νευρωνικής εξέλιξης**», στα πλαίσια της οντογένεσης ενός ατόμου.

5.3 Σεξ, χιούμορ, ευφυΐα

Η εξέλιξη της ικανότητας για παραγωγή και κατανόηση του χιούμορ αποτελεί εξελικτικό παράδοξο, αφού αποτελεί καθολικό χαρακτηριστικό των ανθρώπων αλλά παρ' όλα αυτά δεν ευνοεί την επιβίωση. Παραμένει συνεπώς εξαιρετικά πιθανό να προβλέπεται μία εξήγηση στα πλαίσια της **σεξουαλικής επιλογής** με βάση την κοινωνική ελκυστικότητα. Σύμφωνα με τη θεωρία των *Δεικτών Ψυχικής Ιδιοσυγκρασίας* (Mental Fitness Indicators), ιδιότητες όπως η γλώσσα, η δημιουργικότητα, οι τέχνες, ο αλτρουισμός και το χιούμορ εξελίχθηκαν μερικώς μέσω της αμοιβαίας επιλογής συντρόφου, μεταξύ των φύλλων, για καλά γονίδια και χαρακτηριστικά. Το χιούμορ λοιπόν αποτελεί πιθανό σεξουαλικό χαρακτηριστικό αφού υπονοεί αυξημένη αντίληψη υποκινώντας τη δημιουργικότητα και εκφράζει στο σύνολό του μία κατάσταση ψυχικής υγείας και άλλα χαρακτηριστικά επιθυμητά και από τα δύο φύλλα,

συνειδητά ή όχι. Ακόμα, διαφορές στις αναπαραγωγικές στρατηγικές των δύο φύλλων ίσως εξηγούν γιατί τα θηλυκά εκτιμάνε περισσότερο το χιούμορ (παραγωγή - έκφραση), γιατί γελάνε και χαμογελάνε περισσότερο κατά τη διάρκεια των συζητήσεων-κυρίως με το αντίθετο φύλλο-και γιατί οι γυναίκες αρέσκονται σε άντρες που τους κάνουν να γελάνε, ενώ οι άντρες αρέσκονται σε γυναίκες που εκτιμάνε το χιούμορ τους. Ακόμα, το χιούμορ ίσως αποκαλύπτει μία γενική γενετική ποιότητα, με το σύνολο αυτής της γνωστικής έκφρασης να είναι μέτρια κληρονομήσιμη εξηγώντας έτσι την κληρονομικότητα των στυλ του χιούμορ και την ικανότητα παραγωγής του. Η ευφυΐα έχει μελετηθεί εκτενέστερα από το χιούμορ ως δείκτης ψυχικής ιδιοσυγκρασίας με τη γενική ευφυΐα, *g*, να αποτελεί το μέγιστο ποθητό χαρακτηριστικό και για τα δύο φύλλα, να είναι κληρονομήσιμο και να σχετίζεται με πολλούς άλλους δείκτες-χαρακτηριστικά όπως η φυσική υγεία, η μακροζωία, η σωματική συμμετρία-ελκυστικότητα και η ποιότητα του σπέρματος. Άμα η ικανότητα παραγωγής χιούμορ αποτελεί δείκτη της ευφυΐας θα σχετίζεται θετικά με αυτή. Υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που συσχετίζουν την καλή αίσθηση του χιούμορ με τη λεκτική δημιουργικότητα και την ευφυΐα. Η συσχέτιση της ευφυΐας με την παραγωγή χιούμορ και η εξέλιξη και των δύο στα πλαίσια της σεξουαλικής επιλογής τέμνονται στο σημείο της αναπαραγωγικής επιτυχίας-επιλογής συντρόφου (mental fitness indicator). Για να επαληθευτεί αυτή η υπόθεση πρέπει να απαντηθούν-επικυρωθούν ως ισχύουσες τρεις κύριες υποθέσεις, **1.** η γενική ευφυΐα θα πρέπει να υποθάλλει την ικανότητα για χιούμορ και ειδικά η λεκτική ευφυΐα θα πρέπει να υποθάλλει την ικανότητα για λεκτικό χιούμορ, **2.** η ικανότητα για χιούμορ θα πρέπει να υποδεικνύει την επιτυχία στο ζευγάρωμα και το συνολικό αριθμό σεξουαλικών συντρόφων ακόμα και αν δεν υποδεικνύει την αναπαραγωγική επιτυχία και τέλος, **3.** δεδομένου ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν ισχυρότερη προτίμηση στο χιούμορ από τους άντρες, η παραγωγή του θα πρέπει να είναι κατά μέσο όρο ανώτερη στα αρσενικά, ακόμα και αν δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο φύλλων στην ευφυΐα. Για να εξεταστεί η ισχύ των υποθέσεων αυτών διεξήχθη ένα πείραμα στο Μεξικό και αφορούσε τη μέτρηση με διάφορες μεθόδους, 200 φοιτητών διαφορετικού φυσικού-πολιτισμικού επιπέδου, σε τρεις φάσεις, **1.** μέτρηση της ευφυΐας (RAPM, MAB, WAIS-R, IQ), **2.** μέτρηση της ικανότητας παραγωγής χιούμορ (παραγωγή αστείων λεζάντων σε καρτούν του New Yorker σε 10 λεπτά και κρίση από 10 άνδρες και 2 γυναίκες, φοιτητές) και **3.** την επιτυχία στο ζευγάρωμα (SOI test). Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων επαλήθευσε τις υποθέσεις που προέκυψαν στα πλαίσια ενός μοντέλου «σεξουαλικής επιλογής» του χιούμορ (Miller). Η ευφυΐα προδηλώνει την ικανότητα παραγωγής χιούμορ, η ικανότητα αυτή προδηλώνει την επιτυχία στο ζευγάρωμα και οι άντρες παρουσιάζουν υψηλότερο μέσο όρο στη παραγωγή χιούμορ. Ακόμα δείχθηκε (μοντέλα δομικών εξισώσεων) ότι η νοημοσύνη είναι σεξουαλικά ελκυστική μέσω του λεκτικού χιούμορ και ότι το χιούμορ αποτελεί από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για τον άνθρωπο που αναζητεί σύντροφο. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, το χιούμορ σχετίζεται με τον ανταγωνισμό για κοινωνικές θέσεις (status) μεταξύ του ίδιου φύλλου και μειώνει τις κοινωνικές εντάσεις.

6.1 Συγκρίνοντας τη νοημοσύνη

Τα πρωτεύοντα είναι, κατά μέσο όρο, πιο «έξυπνα» από τα άλλα θηλαστικά, με τους ανθρώπους στην κορυφή. Σε γενικές γραμμές έχουν μεγαλύτερο εγκέφαλο και φλοιούς, και λόγω του μεγαλύτερου σχετικού όγκου του φλοιού και της νευρικής πυκνότητας (NPD), έχουν περισσότερους νευρώνες στο φλοιό σε σχέση με άλλα taxa θηλαστικών με ίδιο μέγεθος εγκεφάλου. Όλα τα επίπεδα της ανθρώπινης νοημοσύνης παρουσιάζονται τουλάχιστον σε υποτυπώδη μορφή σε μη ανθρώπινα πρωτεύοντα ή κάποια θηλαστικά ή σπονδυλωτά, εκτός από τη συντακτική γλώσσα. **Το τελευταίο μπορεί να θεωρηθεί πολύ ισχυρό «ενισχυτικό» της ευφυΐας.** Οι διαφορές στη νοημοσύνη συνδέονται με τις διαφορές στη δομή και τη λειτουργία των αντίστοιχων εγκεφάλων ανάμεσα στα είδη. Στους ανθρώπους, η νοημοσύνη συνήθως ορίζεται ως το άθροισμα των νοητικών ικανοτήτων, όπως η αφηρημένη σκέψη, η κατανόηση, η επικοινωνία, η λογική, η δυνατότητα εκμάθησης και ο σχηματισμός της μνήμης, ο σχεδιασμός δράσης, και η επίλυση προβλημάτων. Συνήθως, η ανθρώπινη νοημοσύνη «μετράται» από τεστ νοημοσύνης και εκφράζεται ως **πηλίκιο νοημοσύνης (IQ)** αξιώνοντας διαφορετικά επίπεδα αυτής (π.χ., οπτικό-χωρική, λεκτική, αριθμητική). Μία διάκριση, που προτάθηκε από τον Cattell (1963), είναι αυτή μεταξύ **ρευστής** και **κρυσταλλωμένης** νοημοσύνης, όπου η ρευστή θεωρείται ότι είναι στενά συνδεδεμένη με τη γενική νοημοσύνη "g" ως μια ευρεία ικανότητα στο λόγο, το σχηματισμό εννοιών, και την επίλυση προβλημάτων χρησιμοποιώντας άγνωστες πληροφορίες ή νέες διαδικασίες, ενώ η κρυσταλλωμένη νοημοσύνη περιλαμβάνει το εύρος και το βάθος της γνώσης που αποκτήθηκε από ένα άτομο, την ικανότητά του να συνδέει και να χρησιμοποιεί τις γνώσεις του και να συμπεραίνει χρησιμοποιώντας δεδομένα από εμπειρίες του. Τα παραδείγματα για τη «μέτρηση» της νοημοσύνης στα πρωτεύοντα, συμπεριλαμβάνουν τη **χρήση και κατασκευή εργαλείων**, τα **«εσκεμμένα βλέμματα»**, την **απομίμηση**, τη **σκοπίμη δράση**, τη **κοινωνική μάθηση**, τις **ποσοτικές αναπαραστάσεις**, τη **μονιμότητα ενός αντικειμένου**, τη **«μεταμνήμη»**, τη **«θεωρία του νου» (ToM)** και τη **γλώσσα**. Οι λεμούριοι με δακτυλιοειδής ουρές πρόσφατα παρατηρήθηκε ότι χειρίζονται με επιτυχία ένα «puzzle feeder» στη φύση. Συστηματική χρήση εργαλείων, καθώς και περιορισμένες μορφές κατασκευής υποστηρίζονται και από τους καπουτσίνους. Οι Iriki και Sakura υποστηρίζουν ότι σε ιαπωνικές μορφές μαϊμούδων, η εκπαίδευση της χρήσης εργαλείου προκάλεσε φυσιολογικές, ανατομικές, και μοριακές γενετικές αλλαγές στους εγκεφάλους των ζώων. Οι χιμπατζήδες είναι γνωστό ότι κατασκευάζουν μία μεγάλη γκάμα περίπλοκων εργαλείων και τα χρησιμοποιούν σε ποικίλα επίπεδα. Σε πληθυσμούς χιμπατζήδων, τα εργαλείων αποτελούνται από περίπου 20 είδη και εξυπηρετούν διάφορες λειτουργίες. Μόνο οι χιμπατζήδες φαίνεται να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν μία πρώτη ύλη για να κατασκευάσουν διαφορετικά είδη εργαλείων. Σε αυτό το πλαίσιο, οι χιμπατζήδες παρουσιάζουν ένα είδος διορατικής επίλυσης προβλημάτων. Ασχολούνται με το σχεδιασμό της δράσης, προαισθάνονται μία κατάσταση ενδιαφέροντος και είναι σε θέση να επιλέξουν αντικείμενα που θα χρησιμοποιήσουν στο μέλλον για να φτιάξουν εργαλεία. Συνεχίζοντας την συσχέτιση, οι λεμούριοι προσανατολίζουν με προτίμηση τα μάτια τους προς άλλους λεμούριους και αντικατοπτρίζουν αυτή τη κατάσταση προσήλωσης των άλλων στα πλαίσια της κοινωνικής τους ομάδας. Στους «long-tailed» μακάκους, τα εσκεμμένα

βλέμματα συνοδεύονται από συχνά πίσω-βλέμματα επιβεβαίωσης και η έκφραση αυτή είναι σημαντικά πιο συχνή σαν απάντηση σε ένα σήμα φόβου και υποβολής παρά σε ουδέτερες εκφράσεις του προσώπου. Οι καπουτσίνιοι και οι μαϊμούδες αράχνη, αυθόρμητα ακολουθούν το βλέμμα ενός «παρατηρητή», αλλά καμιά από τις δύο δεν εμφανίζει οποιαδήποτε συμπεριφορά «πίσω κοιτάγματος» και, ως εκ τούτου, πιθανόν να απουσιάζει η προοπτική αντίληψη. Οι μεγάλοι πίθηκοι είναι σε θέση να συντονίζουν το βλέμμα τους σε κρυμμένους στόχους και να κοιτάζουν πίσω, ξανά, τον παρατηρητή, όταν δεν τον βρίσκουν. Ωστόσο, οι μεγάλοι πίθηκοι χρησιμοποιούν τόσο το κεφάλι όσο και τα μάτια στα «εσκεμμένα βλέμματα», ενώ τα ανθρώπινα βρέφη είναι πολύ περισσότερο προσηλωμένα στα μάτια. Σχετικά με το μηχανισμό της απομίμησης, οι Bates και Byrne κατέταξαν διάφορους τύπους. Η απομίμηση συμβαίνει, όταν μεταφέρεται ένα κοινωνικό σήμα. Αυτό το είδος κοινωνικού μιμητισμού μπορεί να εξαρτάται από τη δράση που αντιγράφεται και το κίνητρο πίσω από την αντιγραφή. Οι χιμπατζήδες και οι υπόλοιποι μεγάλοι πίθηκοι παρουσιάζουν μιμητικές ικανότητες ανώτερες από άλλα πρωτεύοντα θηλαστικά. Η τελευταία άποψη είναι ότι οι μεγάλοι πίθηκοι παρουσιάζουν μοτίβα απομίμησης σε προγραμματικό επίπεδο, ρητή αναγνώριση της μίμησης, ορθολογική απομίμηση, είναι σε θέση να νοητικοποιήσουν καταστάσεις και έχουν ορισμένη κατανόηση της πρόθεσης και της αιτιότητας. Είναι αβέβαιο αν η απομίμηση της χρήσης ενός κανόνα ή απλά η αντιγραφή μίας κινητικής συμπεριφοράς στους μακάκους αποδεικνύει τη λειτουργία της απομίμησης στις μαϊμούδες. Στους μακάκους, η οπίσθιοι, βρεγματικοί και μετωπιαίοι τομείς, συμπεριλαμβανομένων των "κατοπτρικών νευρώνων" στη μετωπική περιοχή F5 είναι αφιερωμένοι στην εκτέλεση και αναγνώριση χρήσιμων χειρισμών των χεριών και προσωπικών κινήσεων, αλλά η συμβολή τους στη λειτουργία της απομίμησης αμφισβητείται. Οι χιμπατζήδες είναι σε θέση να διακρίνουν σε ένα πειραματιστή αν είναι απρόθυμος είτε ανίκανος να τους δώσει φαγητό. Ως εκ τούτου, δεν αντιλαμβάνονται απλά τη συμπεριφορά των άλλων, αλλά την ερμηνεύουν. Όσον αφορά την ποσοτική αναπαράσταση ενός αντικειμένου, οι λεμούριοι βρέθηκε ότι είναι σε θέση να ελέγχουν την παρορμητική τους λαιμαργία μπροστά σε μια καλύτερη επιλογή, όταν η «υπομονή» αυτή σχετίζεται με μια μικρότερη ποσότητα τροφής που ανταμείβεται με μια μεγαλύτερη. Έμαθαν επίσης να συνδέουν μια γραφική παράσταση της ανταμοιβής με την αντίστοιχη ποσότητα. Οι καπουτσίνιοι πίθηκοι είναι σε θέση να διακρίνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες από δύο σύνολα έως πέντε αντικειμένων σε πειράματα φαγητού. Οι rhesus πίθηκοι επιλέγουν το μεγαλύτερο από δύο διαδοχικά σύνολα όταν το ένα είχε λιγότερα ή περισσότερα από τέσσερα στοιχεία, ενώ οι μεγάλοι πίθηκοι έκαναν το ίδιο, ακόμη και όταν οι ποσότητες ήταν μεγάλες και η αριθμητική διαφορά μεταξύ αυτών ήταν μικρή.

Σύμφωνα με τον Piaget, η αντίληψη του διαρκή (μόνιμου) χαρακτήρα ενός αντικειμένου διέρχεται από έξι στάδια κατά την οντογενετική ανάπτυξη του ανθρώπου. Στο **στάδιο 4**, τα ανθρώπινα βρέφη είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται διανοητικά και να ανακτούν ένα αντικείμενο κρυμμένο σε ένα μια συγκεκριμένη κρυψώνα. Όταν η αντικείμενο είναι εμφανώς τοποθετημένο σε μια νέα κρυψώνα, τα βρέφη συνεχίζουν να αναζητούν αυτό στην αρχική θέση. Στο **στάδιο 5** «η μονιμότητα ενός αντικειμένου» χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα να ανακτάται ένα αντικείμενο που έχει τοποθετηθεί διαδοχικά σε πολλές περιοχές, ενώ στο

στάδιο 6 η άμεση αντίληψη ενός αντικειμένου δεν είναι πλέον απαραίτητη για να συμπεράνει το υποκείμενο τη θέση του. Οι λεμούριοι, επιτυχώς, βρήκαν αντικείμενα (σταφίδες) που ήταν ορατά επανατοποθετημένα και ως εκ τούτου πληρούν το στάδιο 5 και είναι ικανοί να κατανοήσουν και να αναπαράγουν διανοητικά ορατές μετατοπίσεις, αλλά δεν εντόπισαν σωστά τα αντικείμενα κατά τη διάρκεια αόρατων μετατοπίσεων (στάδιο 6). Οι ταμαρίνοι, όμως, βρήκαν εμφανώς εκτοπισμένα αντικείμενα και σε συνθήκες αόρατης μετατόπισης. Η ικανότητα του εντοπισμού ενός αόρατου κινούμενου αντικειμένου έχει επανειλημμένα αναφερθεί για τους μεγάλους πιθήκους και τους ανθρώπους. Ως μεταμνήμη ορίζεται η ικανότητα να παρακολουθεί κανείς τη δική του μνήμη. Σε ένα πείραμα καθυστερημένης αντιστοιχίας δειγμάτων οι rhesus πίθηκοι έδειξαν υψηλή ακρίβεια σε τεστ μνήμης με επιλογή διαφυγής, αλλά όχι σε δοκιμές αναγκαστικής μνήμης. Οι rhesus μακάκοι είναι σε θέση να παρακολουθούν τις επιδόσεις τους σε μια σειρά αντιληπτικών δραστηριοτήτων και να μεταφέρουν την εν λόγω ικανότητα σε ένα ποιοτικά διαφορετικό πρότυπο με βάση την «εργασιακή μνήμη» (WM, working memory). Οι μακάκοι, επίσης, εφαρμόζουν στρατηγικές ελέγχου για να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις στις γνώσεις τους. Σε ένα από τα δύο είδη καπουτσίνων που δοκιμάστηκαν, η ακρίβεια αντιστοίχισης σε επιλεγμένα τεστ μνήμης μειώθηκε πιο αργά ως συνάρτηση της καθυστέρησης της διάρκειας. Το υποκείμενο ήταν σε θέση να αναγνωρίζει τη δύναμη του δικού του ίχνους μνήμης, αλλά όχι το περιεχόμενό της. Όταν δοκιμάστηκαν σε ένα τεστ καθυστερημένης διακριμένης τοποθέτησης με μια επιλογή διαφυγής, οι ουραγκοτάγκοι έκαναν πιο συχνά χρήση της διαφυγής όταν δεν γνώριζαν τη μαρκαρισμένη τοποθεσία. Φαίνεται ότι η ικανότητα μεταμνήμης είναι διαδεδομένη μεταξύ των πρωτευόντων θηλαστικών. Μία φιλοσοφική άποψη είναι ότι η μνήμη αποτελεί την πεμπτουσία της κριτικής σκέψης. ΤοM είναι η ικανότητα κάποιου να κατανοεί και να λαμβάνει υπόψη την ψυχική κατάσταση ενός άλλου ατόμου. Στους ανθρώπους, η ToM και η κατανόηση ότι ένα άτομο μπορεί να έχει μία ψευδή πεποίθηση αναπτύσσεται μεταξύ των 3-4 ετών και έχει πλήρως αναπτυχθεί μόνο στην ηλικία των 5. Η αντίληψη της «εσφαλμένης πεποίθησης» ελέγχθηκε χρησιμοποιώντας λεκτικές δοκιμές μεταξύ χιμπατζήδων, μιας ομάδας αυτιστικών παιδιών (υποτίθεται ότι στερούνται ToM) και παιδιά μεταξύ 3 και 6 ετών. Οι χιμπατζήδες πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις από ό, τι τα αυτιστικά και τα τρίχρονα κανονικά παιδιά ενώ ήταν ίσοι με παιδιά 4-5 ετών και κατώτερα των εξάχρονων. Αυτό επιβεβαιώνει την ιδέα ότι οι χιμπατζήδες επιδεικνύουν τουλάχιστον κάποιες πτυχές της ToM. Επί του παρόντος, η ικανότητα της ToM στα πρωτεύοντα θηλαστικά αμφισβητείται. Ερευνητές αναφέρουν ότι οι χιμπατζήδες αντιλαμβάνονται τους στόχους και τις προθέσεις άλλων, καθώς και την αντίληψη και γνώση των άλλων, αλλά δεν αποδεικνύεται ότι αντιλαμβάνονται τυχόν εσφαλμένες αντιλήψεις, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχουν στοιχεία ότι τα μη ανθρώπινα ζώα έχουν κάτι που χαρακτηρίζει την ToM, μάλλον και την οργανωμένη επικοινωνία (!). Οι περισσότεροι γλωσσολόγοι συμφωνούν στην ιδέα ότι η ανθρώπινη γλώσσα διαφέρει από αυτές του υπόλοιπου ζωικού βασιλείου στο ότι **1.** δεν υπάρχει σχέση μεταξύ ενός ήχου ή σήμανσης και της σημασίας τους, **2.** η ανθρώπινη γλώσσα είναι συντακτική και έχει σύνθετους κανόνες και αρχές για την κατασκευή προτάσεων με σημασιολογική έννοια, **3.** η γλώσσα μπορεί να χρησιμοποιείται για να επικοινωνήσουν ιδέες

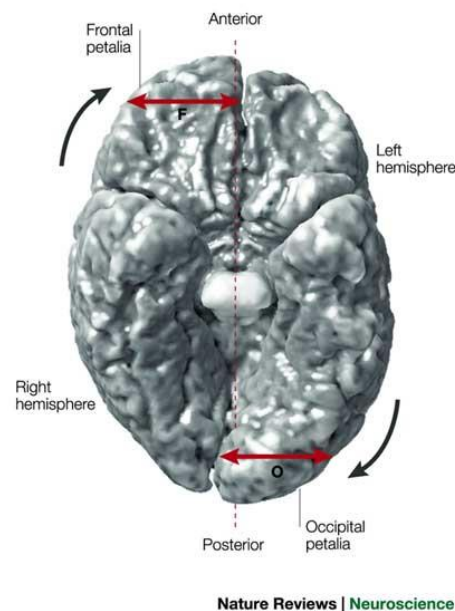
για πράγματα που δεν υπάρχουν, και **4.** ένας πεπερασμένος αριθμός μονάδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός απεριόριστα μεγάλου αριθμού εκφράσεων. Προτάσεις που αποτελούνται από μία έως και τρεις μονάδες γίνονται κατανοητές και χρησιμοποιούνται από χιμπατζήδες, γορίλλες και δελφίνια. Οι Savage-Rumbaugh et al. έδειξαν ότι η οκτάχρονη μπονόμπο Kanzi που μεγάλωσε σε γλωσσικό περιβάλλον παρόμοιο με εκείνο των παιδιών, εμφανίζει γλωσσικές ικανότητες που χαρακτηρίζουν ένα δίχρονο κορίτσι, αλλά δεν υπερβαίνει αυτές τις ικανότητες παρά με μακρόχρονη εκπαίδευση. Τέλος, πρέπει να γίνει ουσιαστικά αντιληπτό ότι η νοημοσύνη αναπτύχθηκε σε επίπεδο συνόλου και μόνο οι διακυμάνσεις της απαντώνται στο ατομικό επίπεδο. Πρόσφατα, οι Dunbar και Shultz επιβεβαίωσαν ότι στις μαϊμούδες, τους πιθήκους και τους ανθρώπους το σχετικό μέγεθος του νεοφλοιού συσχετίζεται σημαντικά με το μέσο μέγεθος της κοινωνικής ομάδας. Υποστηρίζουν ότι η κοινωνική συνοχή απαιτεί ένα υψηλό επίπεδο ευέλικτης συμπεριφοράς. Υπάρχουν λιγότερα στοιχεία για μια συσχέτιση μεταξύ της οικολογικής νοημοσύνης και της αύξησης του εγκεφάλου ή του μεγέθους του φλοιού στα πρωτεύοντα.

6.2 Απολιθωμένοι πρόγονοι

Τι συνέβη στον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια της ανθρωποειδούς εξέλιξης και ποιά γεγονότα προκάλεσαν τις νευρολογικές αλλαγές; Αυτά τα ερωτήματα έχουν προσεγγιστεί με δύο τρόπους. **Η πρώτη** (άμεση) μέθοδος σχετίζεται με την εξέταση απολιθωμάτων για πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος του εγκεφάλου (κρανιακή χωρητικότητα), την εξωτερική μορφολογία του εγκεφαλικού φλοιού (όπως αντανακλάται σε ενδοκρανιακά εκμαγεία) και άλλες ανατομικές συσχετίσεις ενός διευρυνόμενου εγκεφάλου (π.χ. αγγειακές αποτυπώσεις). Ποια είναι η σχέση μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών και του αρχαιολογικού αρχείου που εμπεριέχει την εξέλιξη του πολιτισμού; **Η δεύτερη** έμμεση (συγκριτική) μέθοδος βασίζεται στις μελέτες των εγκεφάλων των πιθήκων, των μαϊμούδων, και των ανθρώπων. Εάν υποθεθεί ότι αυτοί οι εγκέφαλοι προσεγγίζουν μια εξελικτική ακολουθία, τι αλλάζει στον ανθρώπινο εγκέφαλο, και σε ποιες ειδικές γνωστικές ικανότητες ήταν πιθανότερο να έχουν εμπλακεί οι «άνθρωποι»; Ο εγκέφαλος των ενηλίκων (21-39 χρονών) ανθρώπων ζυγίζει κατά μέσο όρο 1450gr στα αρσενικά άτομα και 1290gr στα θηλυκά. Οι έφηβοι και ενήλικες χιμπατζήδες (7-30 χρονών) έχουν εγκέφαλο που ζυγίζει κατά μέσο όρο 406gr στα αρσενικά και 368gr στα θηλυκά. Και στα δύο είδη το βάρος μειώνεται στα πιο ηλικιωμένα άτομα κατά περίπου 100gr (7,8%). Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι το απόλυτο μέγεθος του εγκεφάλου υποδεικνύει τις νοητικές δυνατότητες στα πρωτεύοντα ενώ ο EQ δεν το κάνει. Τα συμπεράσματα των παρατηρήσεων διαφέρουν από ερευνητή σε ερευνητή.

6.2.1 Αριστερά ινιακή-δεξιά πρόσθια (μετωπιαία) petalia

Τα petalia είναι μία προεξοχή του ενός εγκεφαλικού ημισφαιρίου σε σχέση με το άλλο. Η αριστερή ινιακή-δεξιά μετωπιαία petalia (LORF) αποτελεί ένα ασυμμετρικό μοτίβο που είναι τυπικό στους ανθρώπους και σχετίζεται στατιστικά με τη χρήση του δεξιού χεριού (οι αριστερόχειρες είναι πιθανόν να είναι πιο συμμετρικοί ή να παρουσιάζουν αυτή την ασυμμετρία αντίθετα). Δεν είναι ξεκάθαρο αν οι πίθηκοι παρουσιάζουν ανθρωπόμορφα petalia. Τα petalia τύπου LORF είναι συνήθη στους *H. heidelbergensis*, *H. neanderthalensis*, *H. sapiens* αλλά εμφανίζονται και σε δείγματα *H. rudolfensis*, *H. ergaster* και *H. erectus*. Ένα έντονο αλλά αντεστραμμένο ασυμμετρικό μοτίβο (petalia/ROLF) έχει περιγραφεί για τον *H. floresiensis*. Μικρά petalia τύπου LORF έχουν περιγραφεί για τους *Australopithecus africanus*, *Paranthropus boisei* και *Paranthropus aethiopicus*. Σε όλα τα δείγματα του *H. habilis* απουσιάζουν τα ανθρωπόμορφα petalia τύπου LORF. Για τον *Australopithecus afarensis* υπάρχουν ασαφή αποδεικτικά στοιχεία για περιγραφή petalias αλλά μπορεί να υπάρχει μία ένδειξη μίας μικρής αριστερής-ινιακής ασυμμετρίας στο δείγμα AL 333-45.



Εικόνα 24

6.2.2 Σχήμα της κογχικής επιφάνειας του μετωπιαίου λοβού

Η κογχική επιφάνεια του μετωπιαίου λοβού είναι αμβλεία επεκταμένη στον άνθρωπο. Αντίθετα, περιγράφεται ως ραμφοειδής και τονισμένη στους αφρικανούς πιθήκους. Αυτή η περιοχή αντιστοιχεί στο τμήμα BA10, που εμπλέκεται στο προγραμματισμό μελλοντικών δράσεων, την αφηρημένη σκέψη, και την ανάληψη πρωτοβουλιών. Στους ανθρώπους η περιοχή χαρακτηρίζεται από αυξημένη οριζόντια απόσταση μεταξύ των κυττάρων και μεγαλύτερο όγκο απ' ότι θα αναμενόταν για ένα πίθηκο με ανθρώπινο μέγεθος εγκεφάλου (6% περίπου). Ο προμετωπιαίος φλοιός στην περιοχή BA10 επεκτάθηκε σε δύο μεγάλες ελικώσεις, που υπερβαίνουν τη μεσαία ραχιαία γραμμή μεταξύ των μετωπιαίων λοβών στο *H. floresiensis*, σε αντίθεση με τους *H. sapiens*, στους οποίους η BA10 είναι διευρυμένη αλλά δεν εκδηλώνεται σε τέτοιες συνελίξεις. Αυτή η περιοχή είναι επίσης κάπως επεκταμένη στο

Australopithecus africanus, αλλά όχι στο *P. aethiopicus*, *P. boisei* και στον *Paranthropus robustus*.

6.2.3 Μετωπιαία κογχική αύλακα

Η μετωπιαία κογχική αύλακα τέμνει το πλάγιο κογχικό όριο το μετωπιαίου λοβού στους αφρικανούς πιθήκους αλλά δεν εμφανίζεται στους ανθρώπινους εγκεφάλους. Ο ανθρώπινος μετωπιαίος λοβός και ο φλοιός του έχουν όγκο που αναμένονται για ένα πίθηκο με παρόμοιο μέγεθος εγκεφάλου. Έχει προταθεί ότι ο ανθρώπινος προμετωπιαίος φλοιός είναι μεγαλύτερος απ' ό,τι αναμένεται για ένα πρωτεύον με παρόμοιο μέγεθος εγκεφάλου, που ενισχύεται από τη εύρεση της αυξημένης πτύχωσης της περιοχής. Ακόμα, παρουσιάζει πιο αυξημένη από την αναμενόμενη αναλογία λευκή προς φαιά ουσία. Η ανθρωπόμορφη μορφολογία, στην οποία η μετωπιαία κογχική αύλακα απουσιάζει αναφέρεται για τον *H. rudolfensis* και *H. floresiensis*. Η αντίστοιχη πιθηκόμορφη μορφολογία της αύλακας αναφέρεται για τον *Au. africanus* και τον *H. habilis*.

6.2.4 Το κάλυμμα του Broca (Broca's cap)

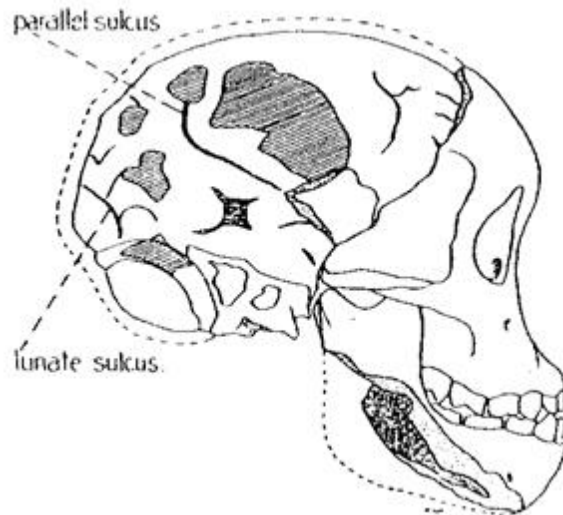
Το «κάλυμμα του Broca», αντιπροσωπεύει τα τμήματα των περιοχών του Brodmann (BAs) 47 και 45. Το κάλυμμα του Broca επικαλύπτει (αλλά δεν αντιστοιχεί ακριβώς) στη γλωσσική περιοχή του Broca. Η περιοχή του Broca αντιστοιχεί στις BA45 και BA44, (αντίστοιχα, *pars triangularis* και *pars opercularis* της κατώτερης μετωπικής έλικας). Στην πλειονότητα των ανθρώπων, το αριστερό ημισφαίριο σχετίζεται με τη γλώσσα, και η BA44 (αλλά όχι η BA45) στο αριστερό ημισφαίριο είναι ασύμμετρα διευρυμένη συγκρινόμενη με την ετερόπλευρη BA44. Παρά το γεγονός ότι το διευρυμένο κάλυμμα του Broca είναι χαρακτηριστικό στους ανθρώπους, αυτό συμβαίνει, αν και πιο σπάνια, και στους πιθήκους. Πρόσφατες μελέτες του μεγέθους των μικροστηλών BA44 και BA45 έδειξαν ότι στους πιθήκους δεν υπάρχει σταθερό μοτίβο των ασυμμετριών, όπως στους ανθρώπους. Οι ερευνητές αναζητούν την ανθρωπόμορφη αυτή ασυμμετρία του καλύμματος σε απολιθωμένα δείγματα, ιδίως, σε αυτά στα οποία η αριστερή πλευρά είναι μεγαλύτερη από την δεξιά ομόλογη (L>R). Επειδή η L>R ασυμμετρία του Broca χαρακτηρίζει τους περισσότερους ανθρώπους, και οι περισσότεροι άνθρωποι είναι δεξιόχειρες, σχετίζεται με τη χρήση του δεξιού χεριού και έτσι δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα απολιθωμένα δείγματα με LORF και L>R ασυμμετρίες επειδή στους περισσότερους παρατηρείται και μία αριστερά πλάγια ασυμμετρία σχετιζόμενη με τη γλώσσα. Η περιοχή του Broca συμμετέχει στη κίνηση του χεριού και σύμφωνα με την υπόθεση του «mirror system» είναι προάγγελος της ανθρώπινης γλώσσας. Ωστόσο, η ανατομική ασυμμετρία στην περιοχή του Broca είναι μεταβλητή και ελάχιστα κατανοητή σχετικά με τις λειτουργικές ασυμμετρίες της γλώσσας και χεριού. Οριοθετημένη και ανθρωπόμορφη μορφολογία του καλύματος του Broca με L>R ασυμμετρία παρατηρείται στους *H. heidelbergensis*, *H. neanderthal*, και *H. sapiens*. Επίσης αναφέρθηκε σε δείγματα *H. rudolfensis* και *H. erectus*. Τάση προς ένα ανθρωπόμορφο σχήμα αναφέρεται για τον *Au. africanus*. Οι περιγραφές είναι ανεπαρκείς για τους *Au. afarensis*, *H. habilis*, *H. ergaster*, και *H. floresiensis*.

6.2.5 Κροταφικοί πόλοι

Οι ανθρώπινοι κροταφικοί λοβοί είναι μεγαλύτεροι σε συνολικό όγκο, όγκο λευκής ουσίας, και επιφάνεια από ότι προβλέπεται για πίθηκο παρόμοιου μεγέθους εγκεφάλου. Στους ανθρώπους, ο πρόσθιος πλευρικός κροταφικός πόλος, ιδιαίτερα στο αριστερό ημισφαίριο, εμπλέκεται στην αναγνώριση των προσώπων και την ονοματοδοσία. Η αντίστοιχη περιοχή στις μαϊμούδες, TG, εμπλέκεται στις λειτουργίες της οπτικής μάθησης και αναγνώρισης. Ο διευρυμένος κροταφικός λοβός σε απολιθωμένα hominins θεωρείται ανθρωπόμορφος, σε αντίθεση με τους μικρότερους κροταφικούς λοβούς των πιθήκων. Προτάθηκαν δύο διαφορετικές κατηγορίες παρατηρήσεων για το μέγεθος του κροταφικού λοβού. **Πρώτον**, περιγράφηκαν οι κροταφικοί πόλοι των rAMHS (recent Anatomically Modern Homo Sapiens) και *Au. africanus* εξαιτίας των εμπρόσθιων προβολών αυτών πέρα από το πρόσθιο όριο της sella turcica, και της απόστασης μεταξύ τους. Σε αντίθεση, στους *P. boisei*, *P. robustus*, και *P. aethiopicus*, οι κροταφικοί λοβοί είναι αποστρογγυλεμένοι και πιθηκοειδείς. **Δεύτερον**, οι ασυνήθιστα μεγάλοι κροταφικοί λοβοί του *H. floresiensis* που υποδεικνύονται από το συνολικό πλάτος των εκμαγείων, το οποίο είναι μεγαλύτερο από κάθε άνθρωπο, πίθηκο, ή απολιθωμένο ανθρωποειδές, λόγω της πλευρικής επέκτασης του ουραίου τμήματος του κροταφικού λοβού. Ωστόσο, σύμφωνα με τη μικρή κρανιακή χωρητικότητά του, η απόσταση μεταξύ των κροταφικών πόλων στον *H. floresiensis* είναι ελαφρώς υψηλότερη από εκείνη του *Au. afarensis* και μικρότερη από εκείνη των rAMHS.

6.2.6 Θέση της ημισελινοειδούς αύλακας

Η ημισελινοειδής αύλακα (LS) βρίσκεται εντός της δευτερογενούς οπτικής περιοχής των πιθήκων, κοντά στο πρόσθιο άκρο του πρωτογενή οπτικού φλοιού, BA17. Η θέση της LS χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του μεγέθους της BA17, και συσχετίζεται με το συνολικό όγκο της BA17 στους πιθήκους. Στους χιμπατζήδες η LS αποτελεί την πρόσθια προέκταση της BA17, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου η LS είναι σε μια ασυνήθιστη θέση. Η περιοχή BA17 είναι η περισσότερο μειωμένη περιοχή του φλοιού στους ανθρώπους, σχετιζόμενη με έναν εγκεφαλο πίθηκου ίδιου μεγέθους (-121%). Παρά το γεγονός ότι οι χιμπατζήδες συνήθως έχουν σχετικά μεγαλύτερη BA17 απ' ότι οι άνθρωποι, μία μειονότητα αυτών εμφανίζει επανατοποθέτηση της LS προς μία πιο ανθρωπόμορφη οπίσθια θέση και ως εκ τούτου μπορεί επίσης να έχει μειωμένο όγκο της BA17. Με βάση αυτή την παρατήρηση, πιθανόν ένας υποθετικός panin-hominin MRCA (Most Recent Common Ancestor) να είχε ανάμεσα στο πληθυσμούς του άτομα με μειωμένο πρωτογενή οπτικό φλοιό (π.χ. *Au. Afarensis*). Οπισθίως τοποθετημένη LS παρατηρήθηκε στους *P. boisei*, *P. robustus*, *H. erectus*, *H. heidelbergensis*, *H. neanderthal* και *H. sapiens*. Προτάθηκε ότι στον *Au. afarensis*, όπως και στους χιμπατζήδες, η LS μπορεί να είναι μεταβλητή σε οπίσθια ή πρόσθια θέση.



Εικόνα 25

6.2.7 Επέκταση του βρεγματικού λοβού

Η σχετική μείωση της BA17 συνδέεται με τη σχετική επέκταση του οπίσθιου βρεγματικού association (συνδετικού) φλοιού. Ο οπίσθιος βρεγματικός λοβός συνδέεται με διάφορες πτυχές της αισθητηριακής επεξεργασίας. Το δευτερεύων ανώτερο βρεγματικό λοβίο συμμετέχει στις οπτικοκινητικές εργασίες, συμπεριλαμβανομένων των κινήσεων των δακτύλων και της οπτικής προσοχής. Το ανώτερο βρεγματικό λοβίο (BA7) συνδέεται με τις λειτουργίες της χωρικής αντίληψης και ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της κατασκευής εργαλείων τύπου Oldowan. Το κατώτερο βρεγματικό λοβίο εμπλέκεται στη γλώσσα και τις υπολογιστικές ικανότητες, και στον άνθρωπο επεκτάθηκε σε σύγκριση με τους πιθήκους. Οι ανθρώπινες συμπεριφορές που αφορούν τον οπίσθιο βρεγματικό λοβό περιλαμβάνουν τη κοινωνική συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένης της επικοινωνίας, τη κατασκευή και χρήση εργαλείων. Έχει προταθεί ότι το σφαιροειδές σχήμα του κρανίου του AMHS (Anatomically Modern Homo Sapiens) σχετίζεται με την πρόσθετη επέκταση του βρεγματικού λοβού και μπορεί να σχετίζεται και με την κατασκευή πιο εξελιγμένων εργαλείων καθώς και με αυξημένες γλωσσικές ικανότητες.

6.2.8 Μέγεθος της παρεγκεφαλίδας

Η παρεγκεφαλίδα είναι γνωστή για λειτουργίες, όπως ο συντονισμός, η ακρίβεια, και η ακριβής χρονική αντίληψη. Η νεοπαρεγκεφαλίδα εμπλέκεται στις γνωστικές λειτουργίες και παρατηρείται μία επέκταση της πλευρικής παρεγκεφαλίδας στα hominoids σε σύγκριση με άλλα anthropoids. Η ανθρώπινη παρεγκεφαλίδα είναι μικρότερη απ' ότι αναμένεται για πίθηκο παρόμοιου μεγέθους εγκεφάλου. Η διαφορά μεταξύ ανθρώπων και μεγάλων πιθήκων σε σχέση με τον σχετικό όγκο της παρεγκεφαλίδας είναι στατιστικά σημαντική, αλλά λιγότερο δραματική, όταν εξετάζεται σε απολιθωμένα είδη. Το σχετικό μέγεθος της παρεγκεφαλίδας των rAMHS εκτιμάται ότι είναι παρόμοιο ή μεγαλύτερο από εκείνο των προηγούμενων hominins. Ωστόσο, fAMHS και *H. neanderthalensis* έχουν μικρότερο μέσο CQs (**Cerebellar Quotient, =actual/predicted value**), αναφέροντας έτσι μια πρόσφατη αύξηση στο μέγεθος της παρεγκεφαλίδας σχετικά με εκείνη των rAMHS.

Table 2. Absolute and relative brain size values for fossil and extant panin and hominin taxa

Taxon ^a	FAD (mya)	No. endocranial vols. or brain wts.	Mean endocranial vol. (cm ³)	Minimum endocranial vol. (cm ³)	Maximum endocranial vol. (cm ³)	Mean brain wt. (g) ^b	Minimum brain wt. (g)	Maximum brain wt. (g)	Brain wt. SD (g)	Mean body wt. (kg) ^c	EQ ^d
<i>Pan troglodytes</i> (M)		17				406	347	530	39	58	1.65
<i>Pan troglodytes</i> (F)		17				368	308	458	37	43	1.88
rAMHS (M)		351				1450	1343	1526	20	70	5.10
rAMHS (F)		201				1290	1239	1366	30	57	5.35
<i>S. ichadensis</i>	7.0	1	365			363					
<i>Au. afarensis</i>	3.7	5	446	387	550	442	385	542	69	38	2.50
<i>Au. afarensis</i> (M?)	3.7	2	521	492	550	514	486	542	40	45	2.56
<i>Au. afarensis</i> (F?)	3.7	3	396	387	400	393	385	397	7	29	2.69
<i>Au. africanus</i>	3.0	9	460	428	515	455	424	508	33	34	2.78
<i>Au. garhi</i>	2.5	1	450			446					
<i>P. aethiopicus</i>	2.5	1	410			407					
<i>H. habilis</i>	2.4	6	609	509	687	599	503	674	60	33	3.72
<i>H. rudolfensis</i>	2.4	3	776	750	825	758	734	805	41	55	3.21
<i>P. boisei</i>	2.3	10	488	400	545	483	397	537	43	41	2.54
<i>P. robustus</i>	2.0	4	533	450	650	525	446	638	82	36	3.07
<i>Au. sediba</i>	2.0	1	420			363					
<i>H. erectus</i>	1.9	36	991	727	1260	963	712	1218	134	58	3.94
<i>H. ergaster</i>	1.8	6	763	600	900	746	590	877	111	64	2.81
<i>H. ergaster</i> (Africa)	1.8	3	851	804	900	830	785	877	46	64	3.12
<i>H. ergaster</i> (Dmanisi)	1.8	3	675	600	775	662	590	758	86		
<i>H. antecessor</i>	0.78	1	1000			972					
<i>H. heidelbergensis</i>	0.60	21	1242	880	1450	1200	858	1397	131	71	4.21
<i>H. neanderthalensis</i>	0.20	27	1404	1172	1740	1353	1135	1669	153	72	4.67
<i>H. sapiens</i>	0.20	79	1463	1090	1880	1408	1057	1799	124	64	5.30
<i>H. floresiensis</i>	0.07	1	417			414				26	3.10

^aSources as follows: Chimpanzee brain and body weights from individuals 7–30 years, from Herndon et al. (1999). rAMHS brain and body weights from adults 21–39 years (except min. and max. brain weights, which are for 20–30 years), from Dekaban and Sadowsky (1978). In both datasets, “brain weight” is taken from fresh autopsy specimens and includes brain tissue as well as leptomeninges and CSF. See Appendix for references of the volumes on which fossil hominin species data are based.

^bFossil endocranial volumes were converted into brain weights after Ruff et al. (1997).

^cMean body weights are from Skinner and Wood (2006).

^dAfter Martin (1981) and Ruff et al. (1997). Extant taxon EQs are means of individual EQs. Fossil taxon sample mean EQs are obtained from each taxon’s mean brain weight and mean body weight estimates. EQs obtained by either method are very similar and have been used interchangeably (e.g., Ruff et al., 1997).

7.1 ΕΠΙΛΟΓΟΣ - Η συνείδηση στο σύμπαν

Τα διάφορα επίπεδα της ευφυΐας δυσκολεύουν κατά πολύ το έργο των ερευνητών στο να δοθεί μία ενιαία απάντηση στο τι ακριβώς είναι η νοημοσύνη. Ίσως τέτοιες δύσκολες ερωτήσεις οφείλουν να βαραίνουν τους ποιητές, που αναζητώντας εξηγήσεις, πολλές φορές για να σώσουν τον εαυτό τους, καταλήγουν να ονομάζουν αυτά τα επίπεδα με τόσο όμορφο τρόπο, που δυστυχώς μπορεί να μην χαρακτηρίζουν μοναδικά το είδος μας. Η έμπνευση τοποθετείται κάπου εκεί που η παρατήρηση τέμνει τη κρίση και το φανταστικό καταλήγει, άλλοτε ανυψωμένο και άλλοτε βυθισμένο, να καθίσταται πραγματικότητα, με ορμόνες, νευρικούς παλμούς, φωτεινά ερεθίσματα, ουσίες και κυμάνσεις του ήχου να συνδυάζονται έντεχνα και ενορχηστρωμένα, πολλές φορές με λάθη που ένα νοήμων πλαίσιο υπογραμμίζει και ένα νοήμων ον διορθώνει, με σκοπό να σχεδιάσουν στρατηγικά την πολυδιάστατη ανθρώπινη ύπαρξη, μια ψυχή, που στο πνεύμα της λάξευσης του μέλλοντος διαμορφώνεται σε συνείδηση, και αυτή, οχυρωμένη ή μη, κατορθώνει ακόμα να εκπλήσσει την ίδια, όπως τα παιδιά τους μεγάλους, όπως οι φτωχοί τους πλούσιους. Η συνείδηση συνεπάγεται τη γνωστική αφύπνιση, την αντικειμενική και φαινομενική εμπειρία των εσωτερικών και εξωτερικών κόσμων. Ακόμα συνεπάγεται την αίσθηση εαυτού, το συναίσθημα, την επιλογή, τον έλεγχο της συμπεριφοράς, τη μνήμη, τις σκέψεις, τη γλώσσα και εσωτερικά δημιουργημένες εικόνες και γεωμετρικά μοτίβα. Αλλά το τι ακριβώς είναι η συνείδηση παραμένει αναπάντητο ερώτημα. Η αντίληψη της πραγματικότητας, του τι είμαστε εμείς, οι άλλοι, το σύμπαν, εξαρτάται από αυτήν. Η *συνείδηση* καθορίζει τη ζωή μας και η θέση αυτής μελετάται και καθορίζεται με τρεις διακριτούς τρόπους.

1. Η συνείδηση δεν αποτελεί ανεξάρτητη-αυτόνομη έκφραση του εγώ, αλλά προέκυψε συμβαδίζοντας με «κλασσικές» φυσικές διεργασίες, ως εξελικτική συνέπεια της βιολογικής προσαρμογής των εγκεφάλων και των νευρικών συστημάτων. Αυτή η άποψη δέχεται ότι προέκυψε ως συνεπαγόμενη ιδιότητα της οργανωμένης υπολογιστικής βιολογίας στο βάθος της εξέλιξης. Άμα εμφανίστηκε πρόσφατα στους ανθρώπους ή νωρίτερα δε το γνωρίζουμε. Η συνείδηση θεωρείται ως επιφαινομενική (δευτερογενής επίδραση χωρίς εξωτερικές επιδράσεις) και «απατηλή» (δημιουργώντας πραγματικότητες αντί να δέχεται τις υπάρχουσες) δίνοντας σημαντικά πλεονεκτήματα στους οργανισμούς. Αυτή η άποψη δηλώνει τη μη εγγενή προέλευση της συνείδησης στα κοσμικά πλαίσια.
2. Η συνείδηση αποτελεί μία ξεχωριστή ύπαρξη που δεν ελέγχεται από φυσικούς νόμους και προϋπήρχε στο σύμπαν. Ο δυισμός του Καρτέσιου και οι θρησκευτικές εκφάνσεις της ύπαρξης θεωρούν ότι η συνείδηση υπήρχε πάντα στο σύμπαν ως βάση της ύπαρξης σε επίπεδο συνόλου, ως Δημιουργός. Υπό αυτή την άποψη η συνείδηση επηρεάζει την ύλη και την ανθρώπινη συμπεριφορά αλλά δεν περιγράφεται από την επιστήμη. Με άλλα λόγια ο «πανψυχισμός» προσδίδει νόηση σε όλη την ύλη χωρίς επιστημονική ταυτότητα ή αιτιακή επίδραση και ο ιδεαλισμός δηλώνει ότι υπάρχει μόνο συνείδηση, προβολή των επιπέδων της ύπαρξης σε αυτή και ο υλικός κόσμος δεν υφίσταται.
3. Η συνείδηση προέρχεται από διακριτά φυσικά γεγονότα που πάντα συντελούνταν στο σύμπαν ως μη- ή πρωτο-συνειδητά, δρώντας ως τμήματα των φυσικών νόμων αλλά χωρίς να είναι πλήρως κατανοητά. Σύμφωνα με αυτή την ιδέα η βιολογία κατάφερε να αναπτύξει ένα μηχανισμό ώστε να εναρμονίσει τέτοια γεγονότα-δράσεις και να τις εκφράσει σε νευρική δραστηριότητα με αποτέλεσμα να προκύπτουν στιγμές συνειδητής αφύπνισης που ελέγχουν

με αιτιατές σχέσεις τη συμπεριφορά. Αυτές οι στιγμές έχει προταθεί ότι προκύπτουν από κβαντικές λειτουργίες (quantum state reduction) αυτομέτρησης που δέχονται εξήγηση. Αυτή η άποψη διατυπώθηκε από τον φιλόσοφο A.N. Whitehead και εκφράστηκε επιστημονικά στη θεωρία της «ενορχηστρωμένης κβαντικής μείωσης» (Orch-OR) των Penrose-Hameroff. Σύμφωνα με αυτή, τα συνειδητά γεγονότα αποτελούν προϊόντα κβαντικών υπολογισμών στους μικροσωλινίσκους του εγκεφάλου προκαλούμενα από την OR και αποτελούν εμπειρικές ποιότητες. Κατ' αυτή την άποψη η συνείδηση αποτελεί μία έκφραση της δράσης του σύμπαντος.

7.2 «Έχω ένα πρόβλημα για κάθε σου λύση...»

Η συνείδηση θεωρείται από διάφορους κλάδους επιστημών και τη φιλοσοφία ότι προκύπτει από τη δράση των νευρώνων που συνδέονται και λειτουργούν στις χημικές συνάψεις. Παρ' όλ' αυτά ο μηχανισμός τέτοιου είδους νευρωνικού υπολογισμού που παράγει συνείδηση δεν εξηγείται. Συγκεκριμένες ανεξήγητες εκφάνσεις της συνείδησης αποτελούν οι παρακάτω.

- i. Το «σκληρό πρόβλημα» (Hard Problem) σχετίζεται με τη φύση της φαινομενικής εμπειρίας και της συνειδητής ή ασυνειδητής αντίληψης. Η αντίληψη και η συμπεριφορά μπορεί να προκύπτουν ή να κατευθύνονται από τη φαινομενική συνειδητή αφύπνιση, την εμπειρία, αντικειμενικά αισθήματα και γενικότερα από την κατάσταση που εκφράζεται ως «qualia». Κάποιες φορές η αντίληψη και η συμπεριφορά δεν αποτελούν προϊόντα συνειδητής κρίσης. Είναι πιθανόν να εξελιχθήκαμε ως μη συνειδητά «αυτόματα» όντα; Γιατί υπάρχει εσωτερικός κόσμος και αντικειμενική εμπειρία;
- ii. Το «δέσιμο» (Binding) κατά το οποίο, ανόμοια αισθητηριακά δεδομένα που επεξεργάζονται σε διαφορετικά μέρη του εγκεφάλου και σε διαφορετικούς χρόνους, αποτελούν μοναδικές ενωμένες (δεμένες) συνειδητές στιγμές. Ποιος μηχανισμός ενοποιεί αυτά τα δεδομένα;
- iii. Ο «συγχρονισμός» (Synchrony) στον οποίο, οι καταστάσεις πόλωσης των νευρωνικών μεμβρανών είναι επακριβώς συγχρονισμένες σε μεγάλες περιοχές του εγκεφάλου και ταυτόχρονα διαδίδονται στις περιοχές του ως συγχρονισμένες ζώνες. Ο συγχρονισμός απαιτεί ηλεκτρικές συνάψεις (gap junctions) ή/και κάποιου είδους κβαντική εμπλοκή; Αποτελεί διακριτές, ενωμένες στιγμές συνείδησης;
- iv. Η «μη υπολογιστικότητα» (non-computability) αναφέρεται στη φύση του μηχανισμού της συνείδησης και αυτό γιατί η νευροϋπολογιστική προσέγγιση της βούλησης, όπου ο αλγοριθμικός υπολογισμός ορίζει πλήρως όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας, δεν αφήνει περιθώριο για ανεξάρτητη, αιτιατή δράση ή ελεύθερη βούληση. Ποιος μη-υπολογιστικός παράγοντας λαμβάνει δράση στον εγκέφαλο και προκαλεί ελευθερία σκέψης;
- v. Συνειδητές συμπεριφορές μονοκύτταρων οργανισμών, όπως πχ. το *Physarum* που μπορεί να ξεφεύγει-αποδράσει από λαβύρινθους και να λύνει προβλήματα και το *Paramecium* που μπορεί να κολυμπάει, να βρίσκει τροφή και σύντροφο, να μαθαίνει, να θυμάται και να κάνει σεξ, χωρίς να έχει νευρωνικές συνάψεις. Πώς γίνεται μονοκύτταροι οργανισμοί να εκφράζουν ευφυή συμπεριφορά;

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσσα

Άγιος, Α. Ε., 2002. Περιγραφική & Εφαρμοσμένη Ανατομική, Γ. Το κινητικό σύστημα, Το ανατομικό υπόστρωμα της κίνησης του ανθρώπινου σώματος. UNIVERSITY STUDIO PRESS, Θεσσαλονίκη.

Πίτσιος, Θ.Κ., 2003. Εξελικτική Ανθρωπολογία, Πορίσματα και Βασικές Έννοιες της Σύγχρονης Ανθρωπολογικής Έρευνας. ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Π. Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.

Guyton, A. G., 1992. Ιατρική Φυσιολογία, Τόμος Γ', Όγδοη Έκδοση. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ «ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΠΑΡΙΣΣΙΑΝΟΣ».

Taber's, 2007. Ιατρικό Εγκυκλοπαιδικό Λεξικό (συλλογικό έργο). Εικοστή ελληνική έκδοση. Mendor EDITIONS S.A.

Ξενόγλωσσα

Borros A. M. 2009. Sexual selection and intelligence: Does sexual reproduction drive the evolution of intelligence? Bioscience Hypotheses 2, 209-212.

Cunha, E., de Sousa, A. 2012. CHAPTER 14, Hominins and the emergence of the modern human brain. M. A. Hofman and D. Falk (Eds.), Progress in Brain Research, Vol. 195.

Cyrus C, C.Y., Lee, R. D. 2012. Sexual dimorphism and sexual selection: A unified economic analysis. Theoretical Population Biology 82, 355–363.

Leaky, R. E., Lewin, R. 1977. ORIGINS, what New Discoveries Reveal About the Emergence of our Species and it's Possible Future. The Rainbird Publishing Group Limited.

Dicke, U., Roth, G. 2012. CHAPTER 20, Evolution of the brain and intelligence in primates. M. A. Hofman and D. Falk (Eds.). Progress in Brain Research, Vol. 195.

Dicke, U., Roth, G. 2005. Evolution of the brain and intelligence. Trends in Cognitive Sciences 9 (5), 250-257.

Falk, D. 2012. Chapter 12, Hominin paleoneurology: Where are we now? M. A. Hofman and D. Falk (Eds.). Progress in Brain Research, Vol. 195.

Falk, D. 1991. 3 .5 Million years of hominid brain evolution. seminars in THE NEUROSCIENCES 3, 409-416.

Greengross, G., Miller, G. 2011. Humor ability reveals intelligence, predicts mating success, and is higher in males. Intelligence 39, 188–192.

Hameroff, S., Penrose, R. 2013. Review, Consciousness in the universe.

A review of the 'Orch OR' theory. *Physics of Life Reviews* 11, 39–78.

Healy, S. D., Rowe, C. 2013. Costs and benefits of evolving a larger brain: doubts over the evidence that large brains lead to better cognition. *Animal Behaviour* 86, e1-e3.

Hofman, M. A. 2012. CHAPTER 18, Design principles of the human brain: An evolutionary perspective. M. A. Hofman and D. Falk (Eds.). *Progress in Brain Research*, Vol. 195.

Jerison, H. J. 2002. Evolution of the Brain. *Encyclopedia of the Human Brain*, Volume 2.

Lewin, R., Foley, R. A. 2004. Principles of human evolution, second edition. Blackwell Publishing.

Luders, E., Toga, A. W. 2010. CHAPTER 1, Sex differences in brain anatomy. I. Savic (Ed.) *Progress in Brain Research*, Vol. 186.

Sherwood, C. C., Bauernfeind, A. L., Bianchi, S., Raghanti, M. A. and Hof, P. R. 2012. CHAPTER 11, Human brain evolution writ large and small. M. A. Hofman and D. Falk (Eds.) *Progress in Brain Research* 195, 237-254.

Διαδικτυακός τόπος

<http://www.mayfieldclinic.com/PE-AnatBrain.htm#VEoboyKsUQk>

Πηγές εικόνων, διαγραμμάτων, πινάκων

Διάγραμμα 1	Hofman, M. A. 2012. CHAPTER 18, Design principles of the human brain: An evolutionary perspective. M. A. Hofman and D. Falk (Eds.). <i>Progress in Brain Research</i> , Vol. 195.
Πίνακας 1	Dicke, U., Roth, G. 2005. Evolution of the brain and intelligence. <i>Trends in Cognitive Sciences</i> 9 (5), 250-257.
Πίνακας 2	Cunha, E., de Sousa, A. 2012. CHAPTER 14, Hominins and the emergence of the modern human brain. M. A. Hofman and D. Falk (Eds.), <i>Progress in Brain Research</i> , Vol. 195.

Εικόνα1-εξώφυλλο	http://mythogenia.blogspot.gr/2010/03/blog-post.html
Εικόνα 2	http://thebotanicgardensatkonakai.blogspot.gr/2014_02_01_archive.html
Εικόνα 3	http://www.taringa.net/Otro_Anonimo/mi/Zl8wq
Εικόνα 4	http://frontalcortex.com/?page=qod&topic=anatomy&qid=02090802
Εικόνα 5	http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Gray194.png
Εικόνα 6	mindarrive.com

Εικόνα 7	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Complete_neuron_cell_diagram_de.svg
Εικόνα 8	http://onlinehumanphysiology.blogspot.gr/
Εικόνα 9	http://lanatomia.blogspot.gr/2014/05/meninges.html
Εικόνα 10	http://sacredspiral.abmp.com/craniosacral-anatomy
Εικόνα 11	http://beyondachondroplasia.org/tag/brain/
Εικόνα 12	http://www.psychologytoday.com/blog/the-fallible-mind/201402/sleep-the-clean-crew-dirty-mind
Εικόνα 13	http://tutionpoint.com/health1.html
Εικόνα 14	http://contemplatingcognition.wordpress.com/2014/01/16/the-brain-within-the-brain/
Εικόνα 15	http://panicker-schroeder-hormone.weebly.com/location.html
Εικόνα 16	http://countyourculture.com/tag/temporal-lobes/
Εικόνα 17	http://neurosciencenews.com/white-matter-dementia-down-syndrome-930/frontal-lobe-white-matter-public/
Εικόνα 18	http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Limbic+System&lang=1
Εικόνα 19	http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathphys/endocrine/otherendo/pineal.html
Εικόνα 20	https://www.studyblue.com/notes/note/n/lab-quiz-6/deck/7022881
Εικόνα 21	http://www.brain-maps.com/brodmann-areas.html
Εικόνα 22	Falk, D. 2012. Chapter 12, Hominin paleoneurology: Where are we now? M. A. Hofman and D. Falk (Eds.). Progress in Brain Research, Vol. 195.
Εικόνα 23	Sherwood, C. C., Bauernfeind, A. L., Bianchi, S., Raghanti, M. A. and Hof, P. R. 2012. CHAPTER 11, Human brain evolution writ large and small. M. A. Hofman and D. Falk (Eds.) Progress in Brain Research 195, 237-254.
Εικόνα 24	Falk, D. 2012. Chapter 12, Hominin paleoneurology: Where are we now? M. A. Hofman and D. Falk (Eds.). Progress in Brain Research, Vol. 195.
Εικόνα 25	Falk, D. 2012. Chapter 12, Hominin paleoneurology: Where are we now? M. A. Hofman and D. Falk (Eds.). Progress in Brain Research, Vol. 195.