

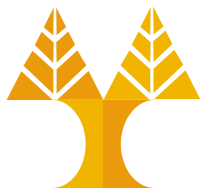


Νευροφυσιολογία και Αισθήσεις

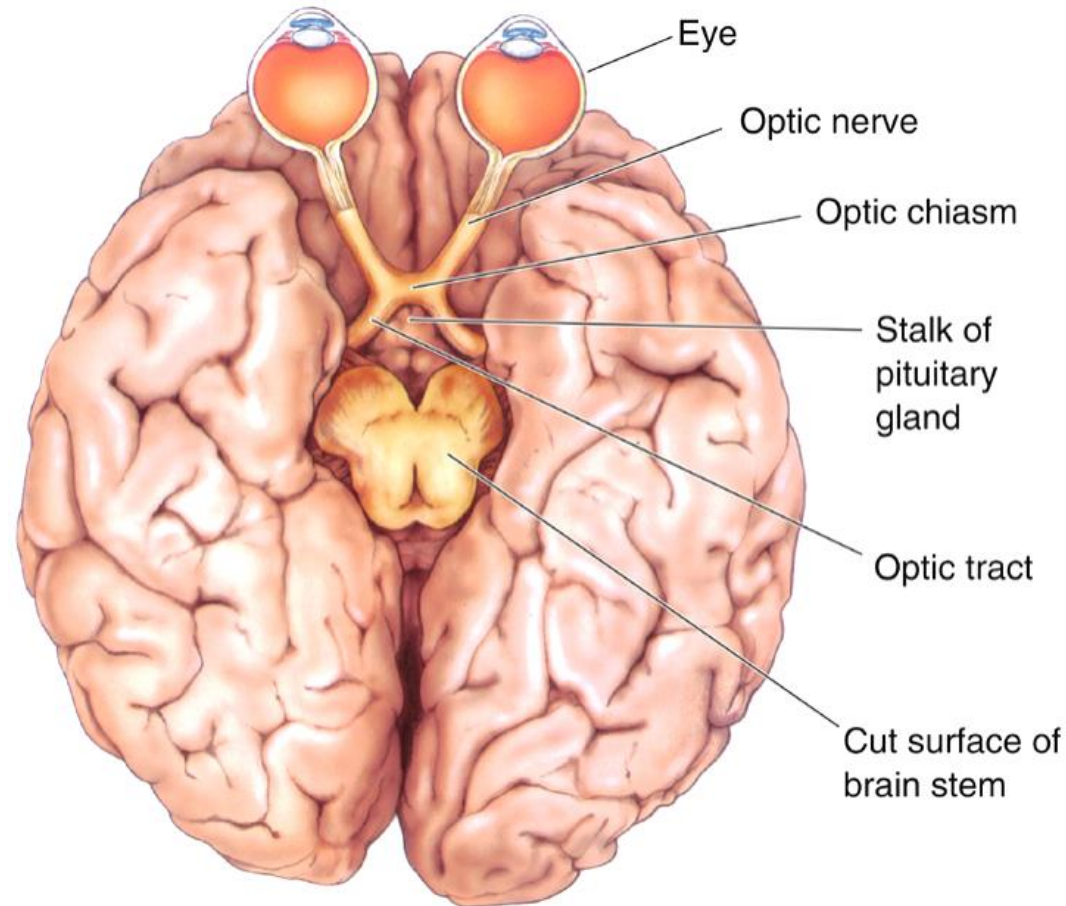
Διάλεξη 11

The Central Visual System (Το Κεντρικό Οπτικό Σύστημα)

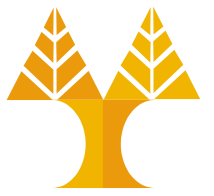
Ρετινο-Φλοιακές Οδοί



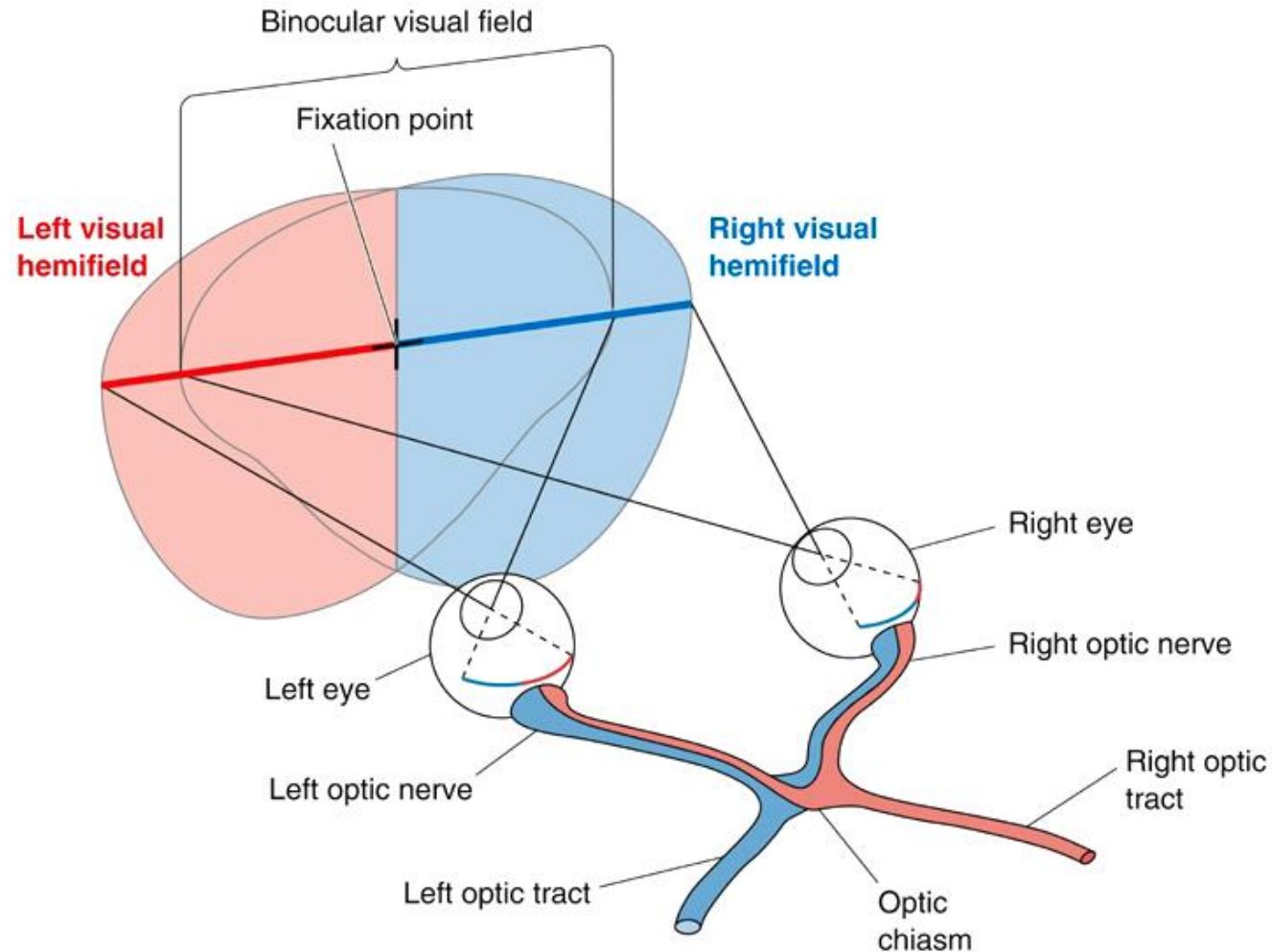
- Οπτικό Νεύρο (Optic Nerve), Οπτικό Χίασμα (Optic Chiasm), και Οπτική Οδός (Optic Tract)



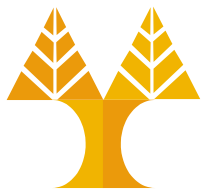
Ρετινο-Φλοιακές Οδοί



- Δεξί και Αριστερό Οπτικό Πεδίο (Visual Hemifield)

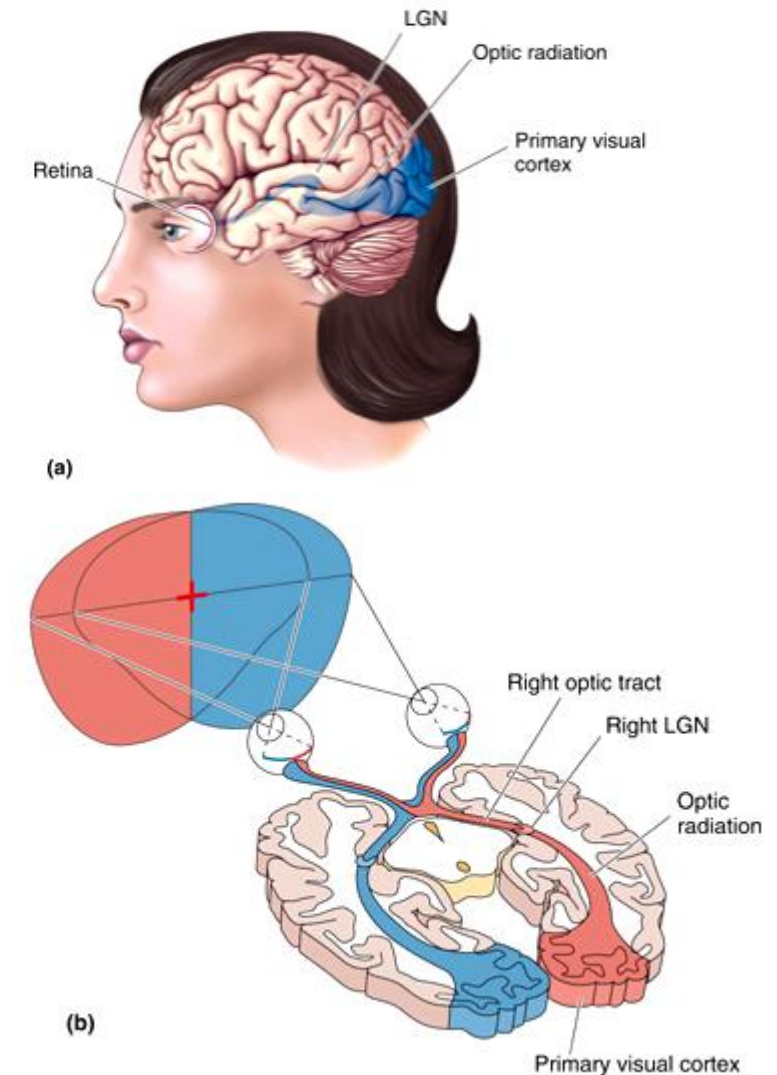


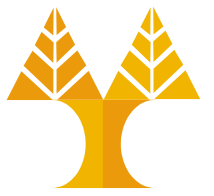
Ρετινο-Φλοιακές Οδοί



• Τελικός Προορισμός της Οπτικής Οδού

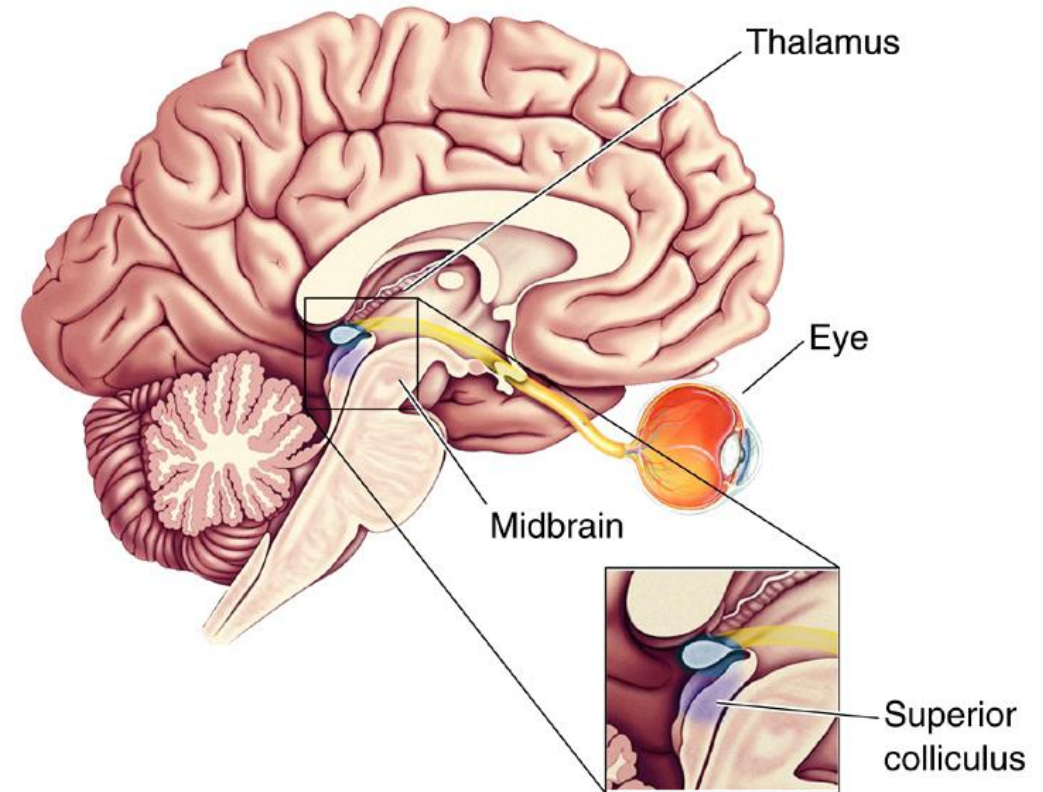
- Οπτική Οδός (Optic Tract)
- Θάλαμος (Thalamus)
 - Έξω Γονατώδης Πυρήνας (Lateral Geniculate Nucleus – LGN)
- Οπτική Ταινία (Optic Radiation)
- Πρωτοταγής Οπτικός Φλοιός (Primary Visual Cortex)
- Εξωταινιωτές περιοχές (Extrastriate Areas)





- **Εξωθαλαμικοί προορισμοί**

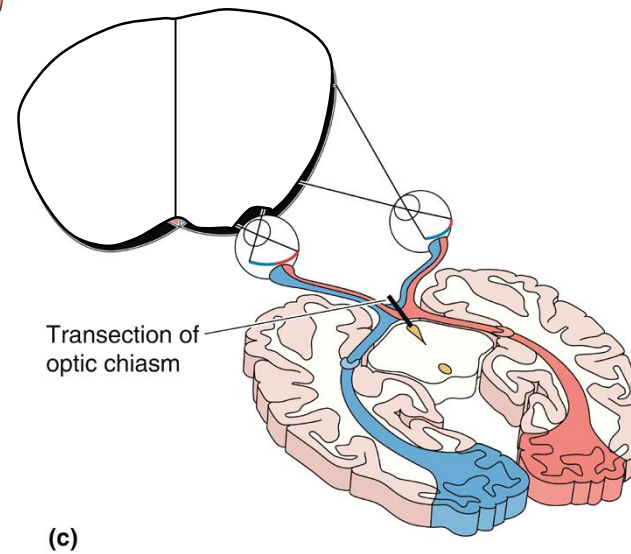
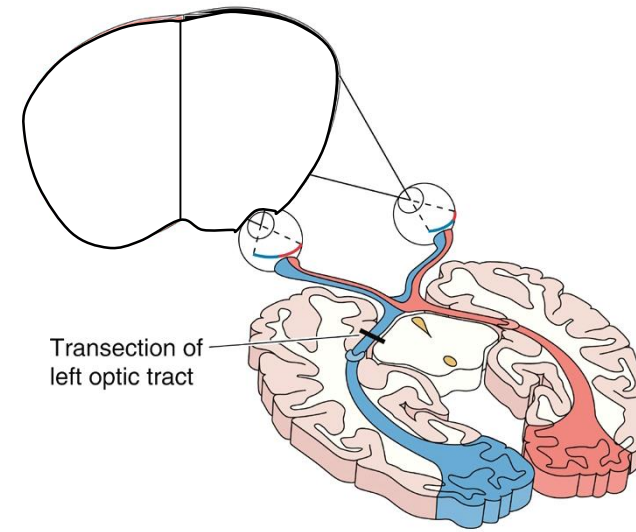
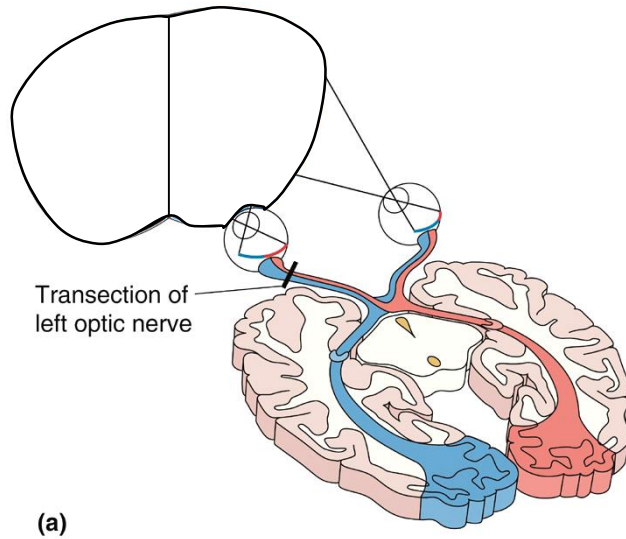
- Υποθάλαμος
 - Βιολογικοί ρυθμοί (Biological rhythms), συμπεριλαμβανομένου του ύπνου και της αφύπνησης
- Pretectum (στέλεχος)
 - Μέγεθος της κόρης του ματιού
 - Κάποιες κινήσεις του ματιού
- Superior colliculus (στέλεχος)
 - Κατεύθυνση των ματιών ως αντίδραση σε νέο ερέθισμα



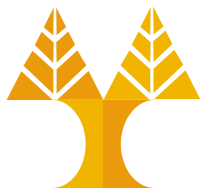
Ρετινο-Φλοιακές Οδοί



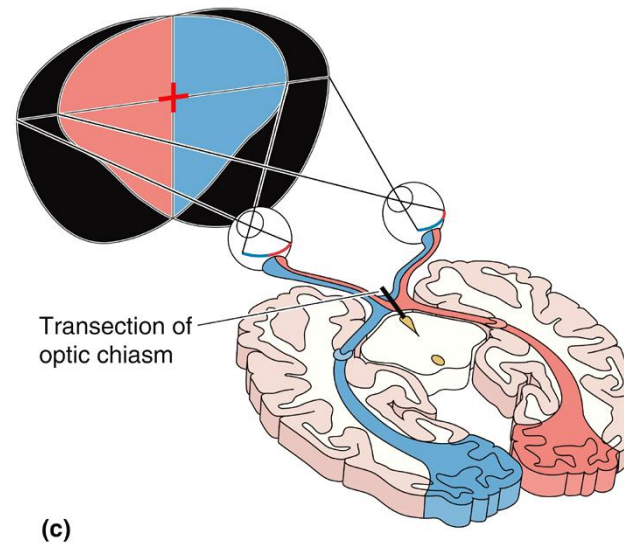
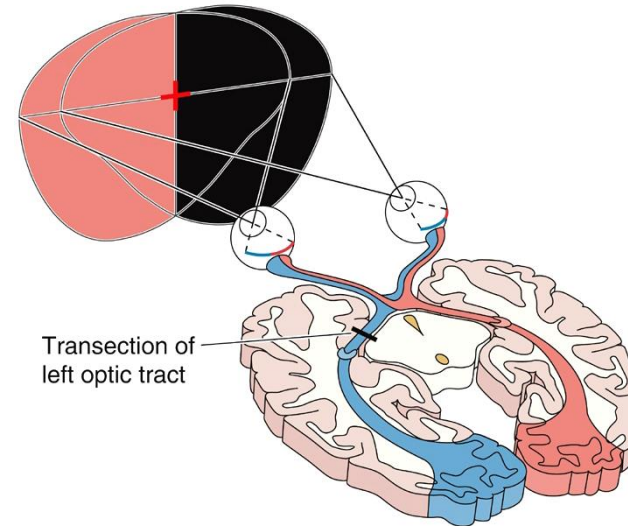
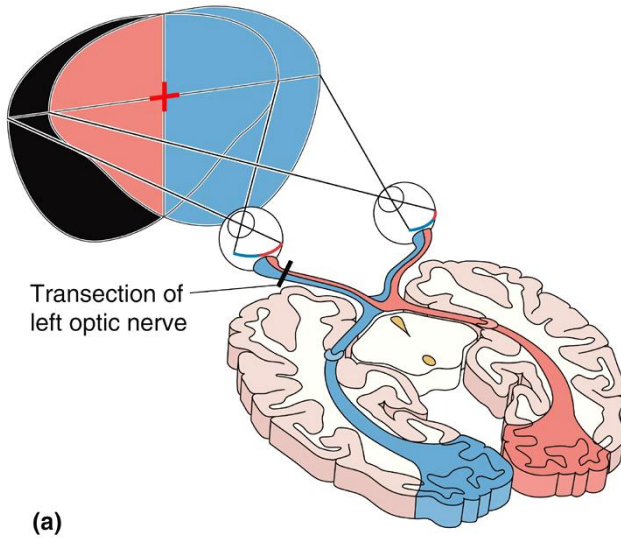
- Προβλήματα με την οπτική οδό



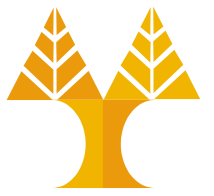
Ρετινο-Φλοιακές Οδοί



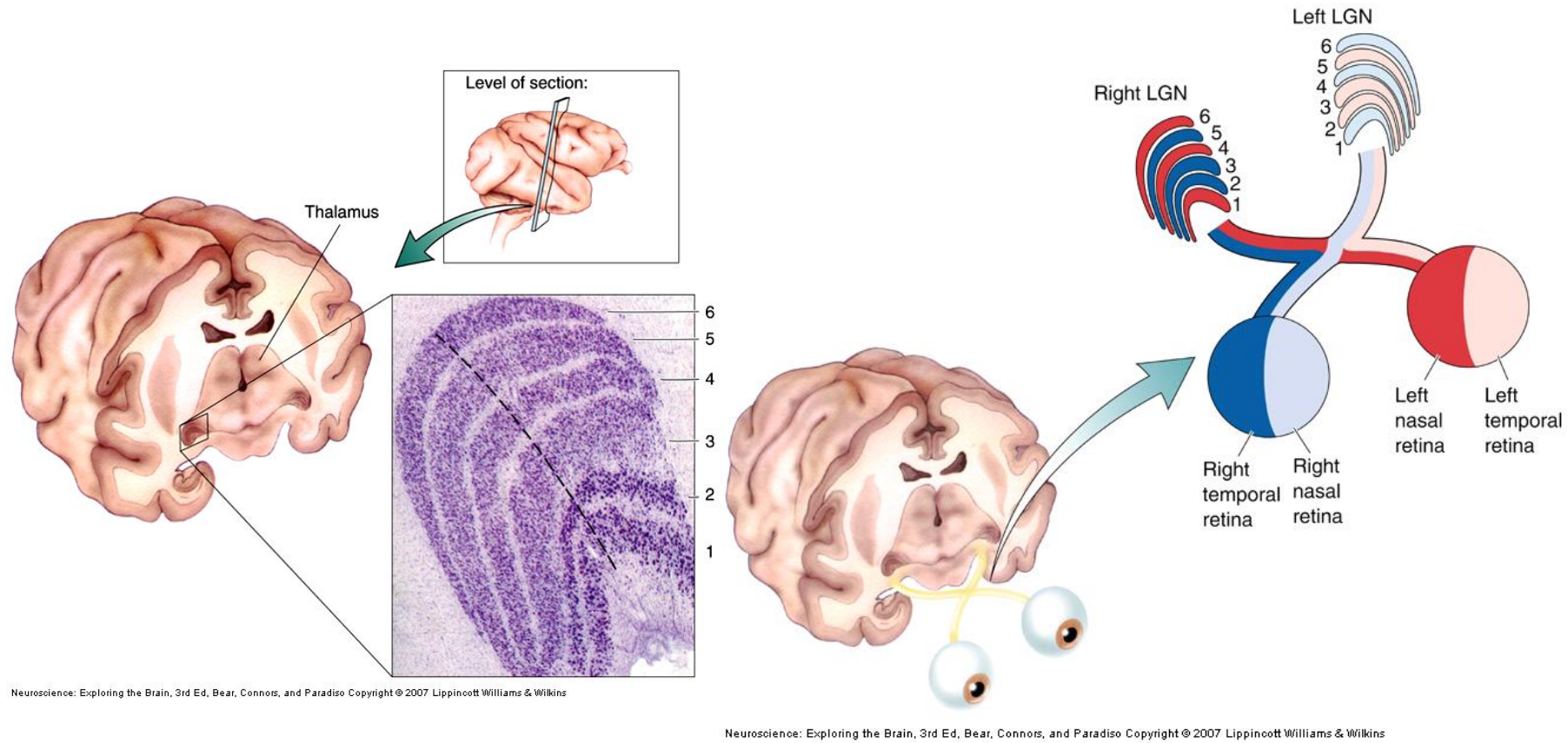
- Προβλήματα με την οπτική οδό



Ἐξω Γονατώδης Πυρήνας (Lateral Geniculate Nucleus – LGN)



- Geniculate = Γονατώδης (όπως ένα γόνατο)



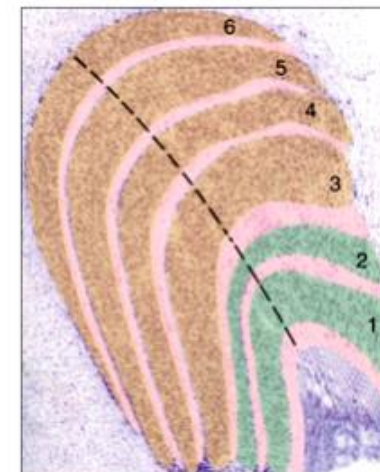
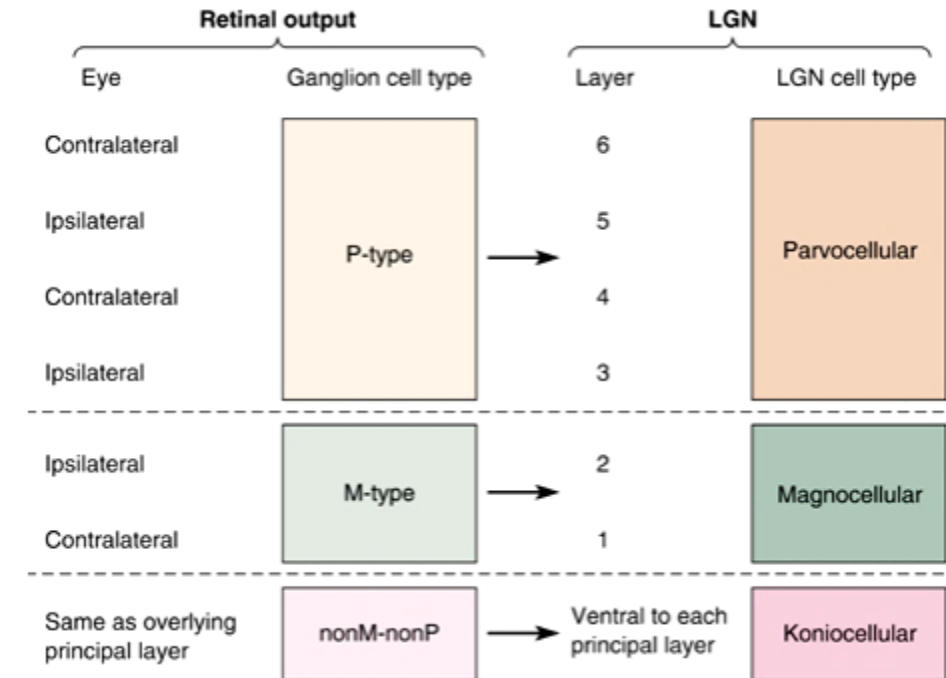
Έξω Γονατώδης Πυρήνας (Lateral Geniculate Nucleus – LGN)



• Υποδεκτικά Πεδία (Receptive Fields)

- Υποδεκτικά πεδία νευρώνων του LGN: Όπως και τα γαγγλιακά που φτάνουν εκεί
- Μεγαλοκυτταρικοί (Magnocellular) νευρώνες LGN
 - Μεγάλα, μονόφθαλμα (monocular) υποδεκτικά πεδία με παροδικές (transient) αντιδράσεις
- Μικροκυτταρικοί (Parvocellular) νευρώνες LGN
 - Μικρά, μονόφθαλμα (monocular) υποδεκτικά πεδία με συνεχείς (sustained) αντιδράσεις
- Κονιοκυτταρικοί (Koniocellular) νευρώνες LGN
 - Μη-P-Μη-M (non-P-non-M) γαγγλιακά κύτταρα

• Κατάτμηση (Segregation) της εισόδου κατά μάτι και τύπο γαγγλιακού κυττάρου



Έξω Γονατώδης Πυρήνας (Lateral Geniculate Nucleus – LGN)

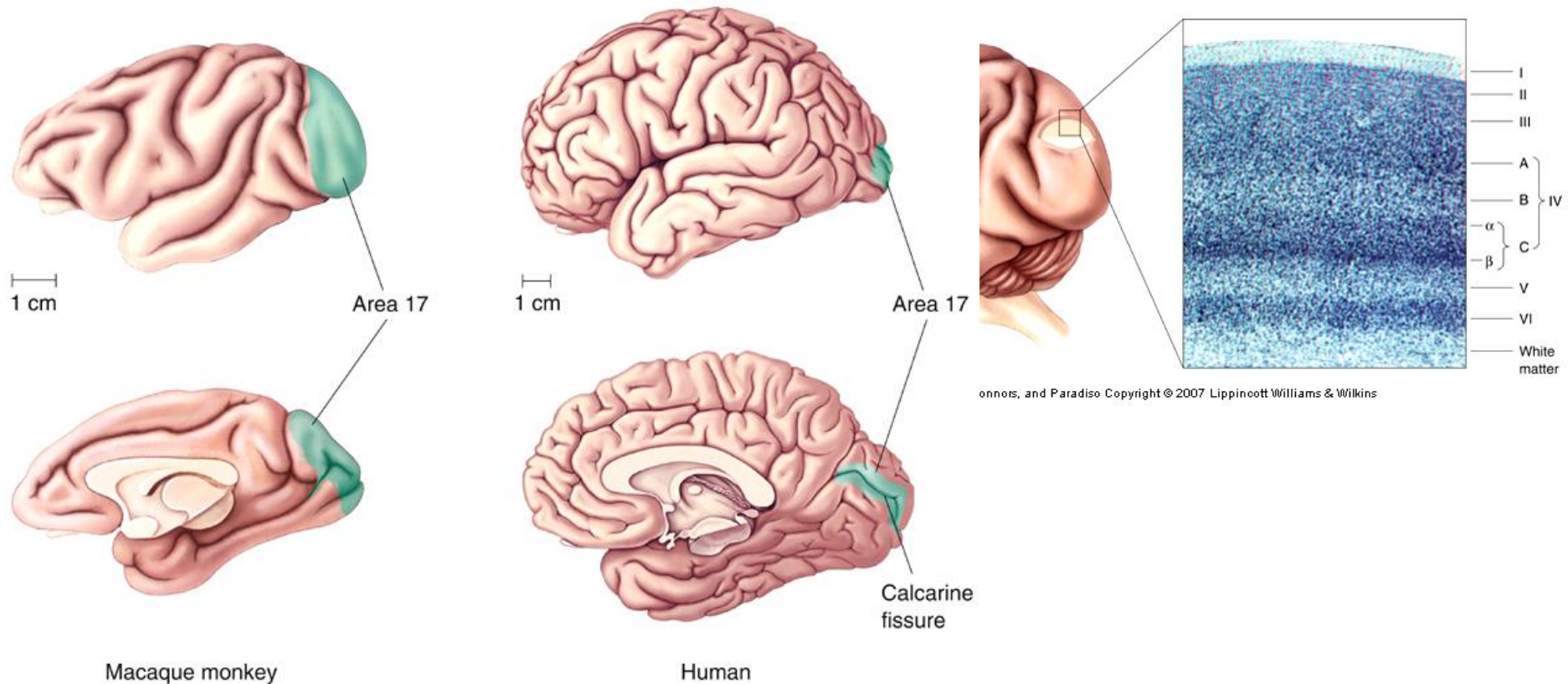


- **Είσοδοι στον LGN εκτός από τον αμφιβληστροειδή**
 - Οι άξονες των γαγγλιακών κυττάρων δεν είναι η μόνη συναπτική εισαγωγή στον LGN
 - Πρωτοταγής Οπτικός Φλοιός: 80% των συναπτικών εισαγωγών (inputs)
 - Νευρώνες από το εγκεφαλικό στέλεχος: Διαμορφώνουν τη νευρωνική δραστηριότητα

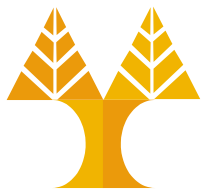
Ανατομία του Οπτικού Φλοιού



- **Πρωτοταγής Οπτικός Φλοιός (Primary Visual Cortex)**
 - ή περιοχή Brodman 17 ή V1 ή Ταινιωτός Φλοιός (Striate Cortex)

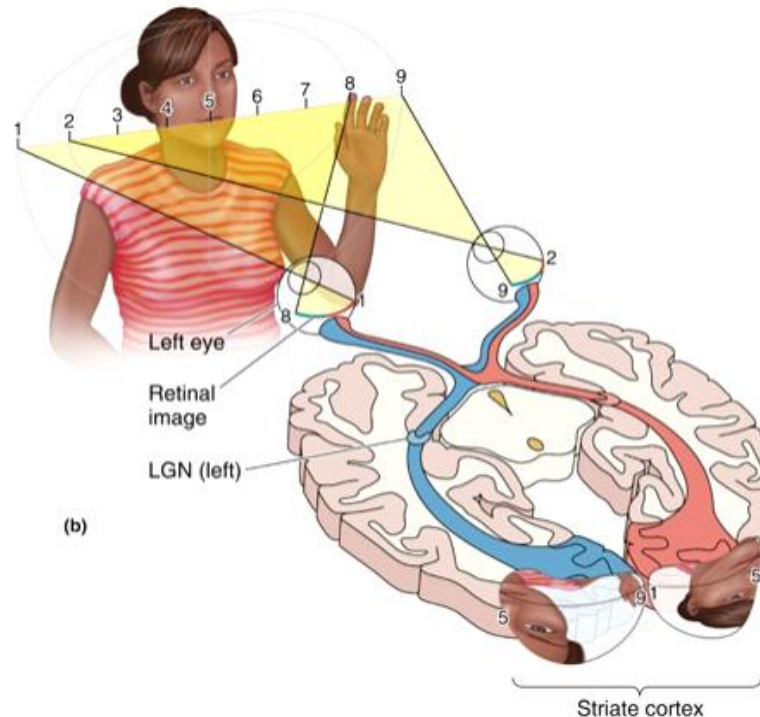
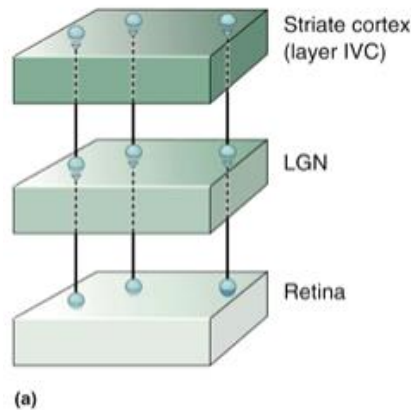


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins



• Τοπογραφική Οργάνωση (Retinotopy)

- Χαρτογράφηση του οπτικού πεδίου στη δομή του προορισμού (αμφιβλιστροειδής (retina), LGN, superior colliculus, V1)
 - Το κέντρο του οπτικού πεδίου αντιπροσωπεύεται δυσανάλογα
- Ένα σημείο φωτός ενεργοποιεί πολλά κύτταρα στον προορισμό του
- Αντίληψη: Βασίζεται στην ερμηνεία των μορφών της δραστηριότητας από τον εγκέφαλο



Η εικόνα δεν είναι ακριβής!

Υπάρχουν πολλές
παράλληλες οδοί και
εναλλαξιμότητα (interleaving)
των πληροφοριών

Ανατομία του Οπτικού Φλοιού

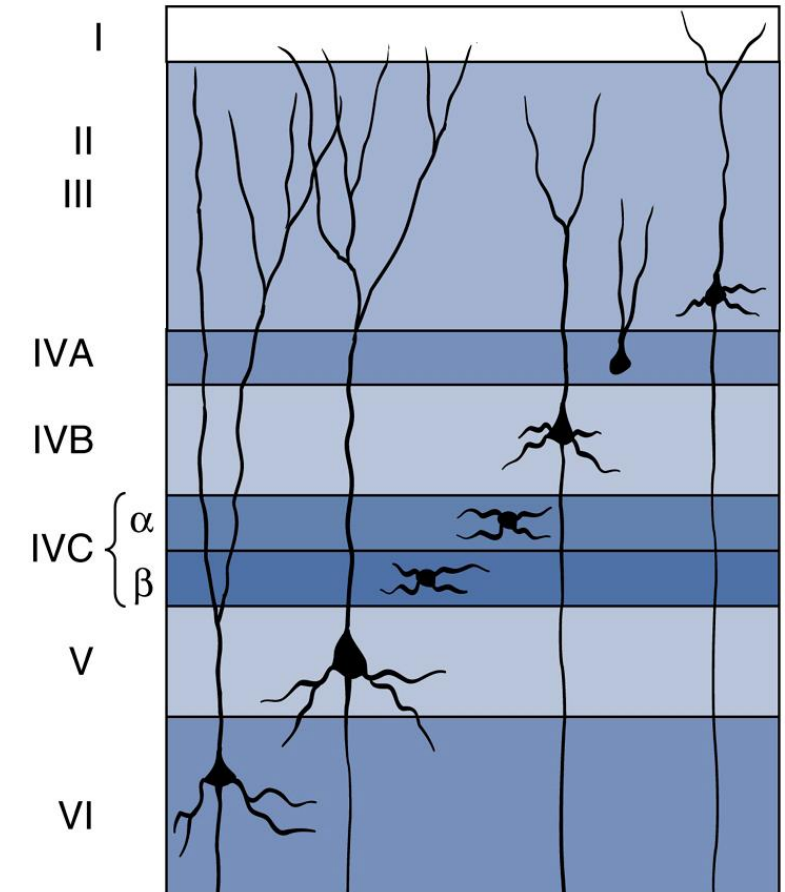


- **Στιβάδες του V1**

- Στιβάδες I - VI
- Ακανθώδη αστεροειδή (Spiny stellate) κύτταρα
 - Δεντρίτες με διακλαδώσεις (Spines)
 - Στιβάδα IVC
- Πυραμοειδή (Pyramidal) κύτταρα
 - Δεντρίτες με διακλαδώσεις (Spines)
 - Μεγάλοι δεντρίτες
 - Στιβάδες III, IVβ, V, VI
- Ανασταλτικοί (Inhibitory) νευρώνες
 - Χωρίς διακλαδώσεις (Spines)
 - Σε όλες τις στιβάδες
 - Τοπικές συνδέσεις

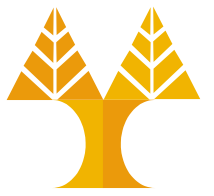
- **Είσοδοι στον V1**

- Μεγαλοκυτταρικοί (Magnocellular) νευρώνες LGN
 - Προβάλλουν άξονες στη IVCα
- Μικροκυτταρικοί (Parvocellular) νευρώνες LGN
 - Προβάλλουν άξονες στη IVCβ
- Κονιοκυτταρικοί (Koniocellular) νευρώνες LGN
 - Διαπερνούν την IV και προβάλλουν άξονες στις II και III



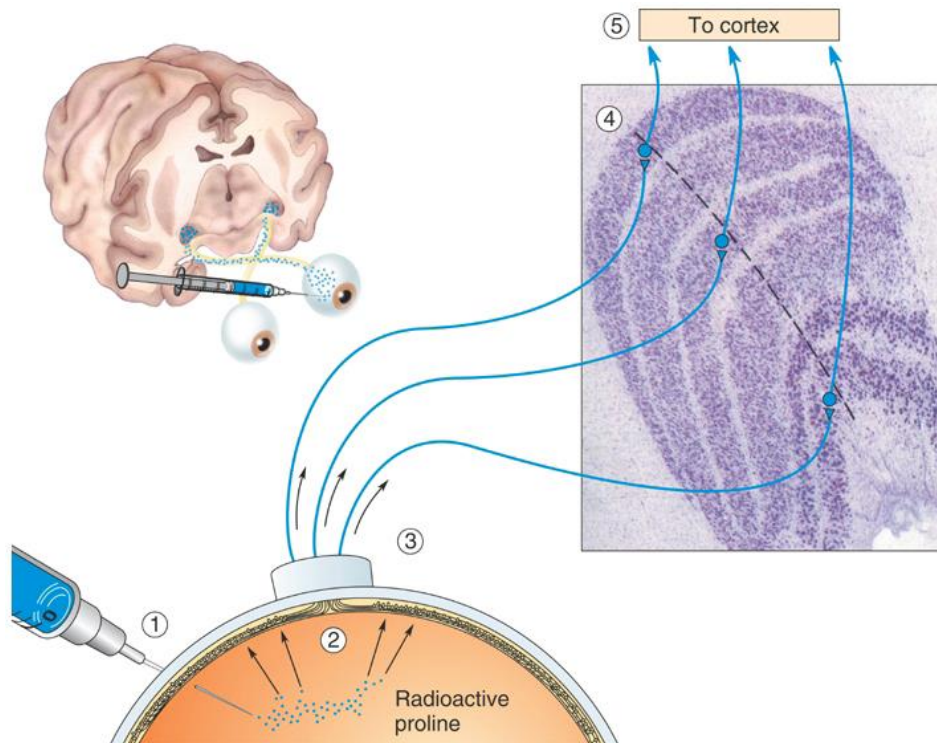
Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Ανατομία του Οπτικού Φλοιού

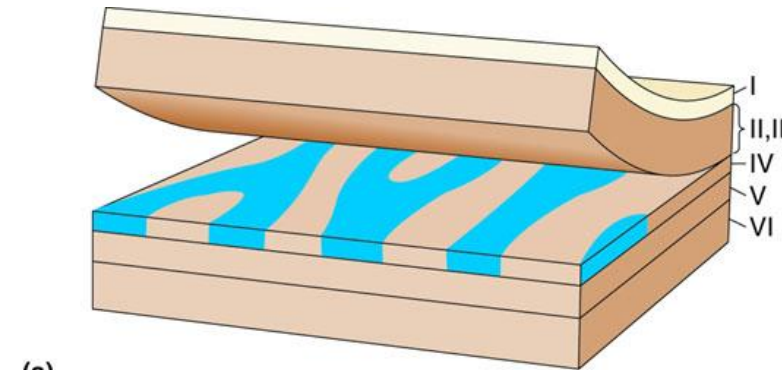


- **Λωρίδες Οφθαλμικής Επικράτησης (Ocular Dominance Columns)**

- Οι εισαγωγές από LGN χωρίζονται σε ισοκατανεμημένες λωρίδες
- Εναλλάσσονται από κάθε μάτι (δεξι-αριστερό)



Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins



(a)



(b)

Ανατομία του Οπτικού Φλοιού

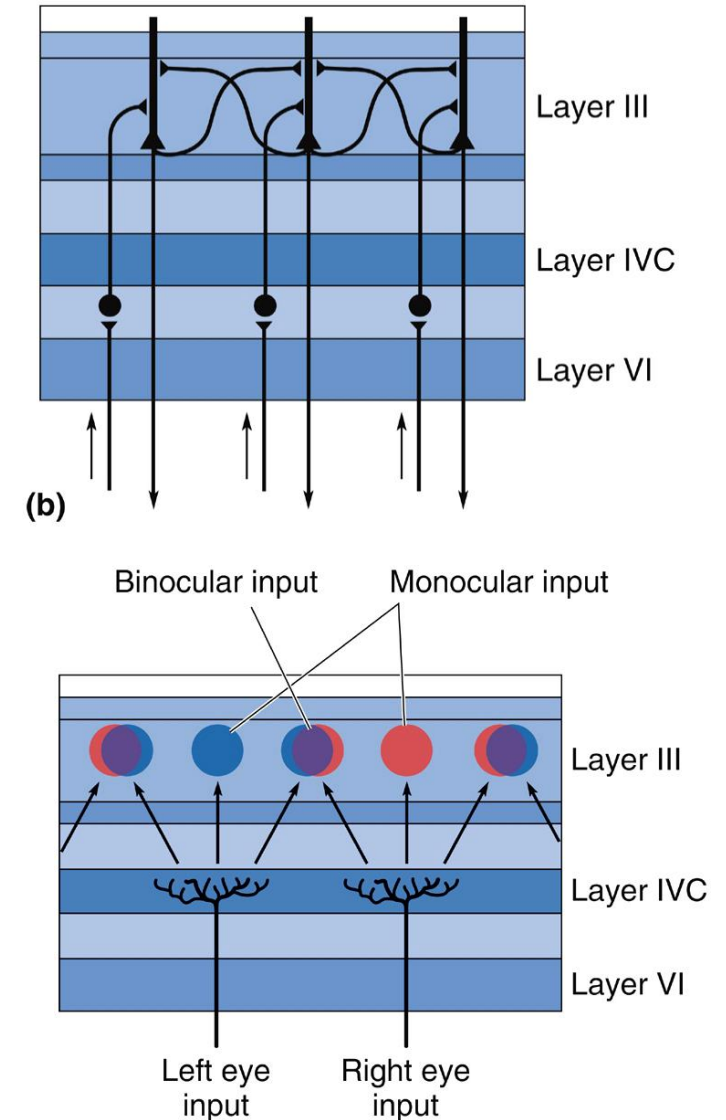


• Συνδέσεις

- Διαφορετικοί ρόλοι στην ανάλυση της οπτικής εικόνας
- Κάθετες (Radial) συνδέσεις
 - Διατηρείται η τοπογραφική οργάνωση (retinotopy)
- Οριζόντιες (Horizontal) συνδέσεις
 - Μέσα στη στιβάδα III

• Εισαγωγές (Inputs) στο V1

- Η στιβάδα IVC εννευρώνει πιο επιφανειακές στιβάδες
 - Magno $\rightarrow$ IVC α $\rightarrow$ IVB
 - Parvo $\rightarrow$ IVC β $\rightarrow$ III
- Οι στιβάδες II και III έχουν και διοφθάλμια (binocular) πεδία

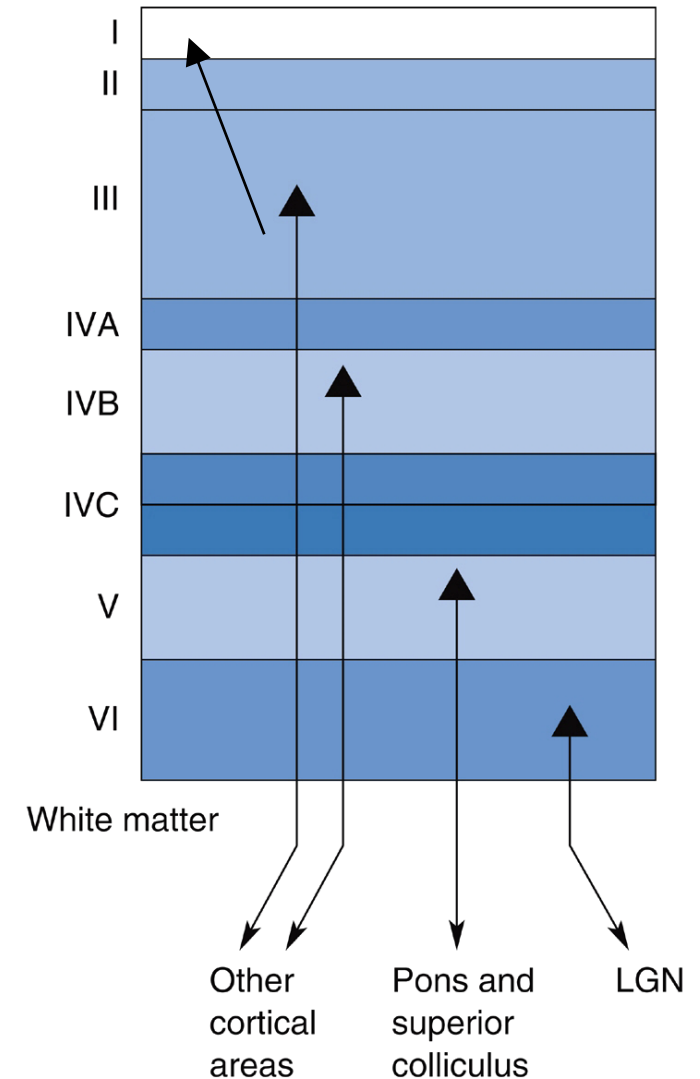


Ανατομία του Οπτικού Φλοιού



- **Έξοδοι (Outputs) από τον V1**

- Στιβάδες II, III, και IVB
 - Προβάλλουν άξονες σε άλλες περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού (cortical areas)
- Στοιβάδα V
 - Προβάλλουν άξονες στο superior colliculus και γέφυρα (pons)
- Στοιβάδα VI
 - Προβάλλουν άξονες πίσω στον LGN



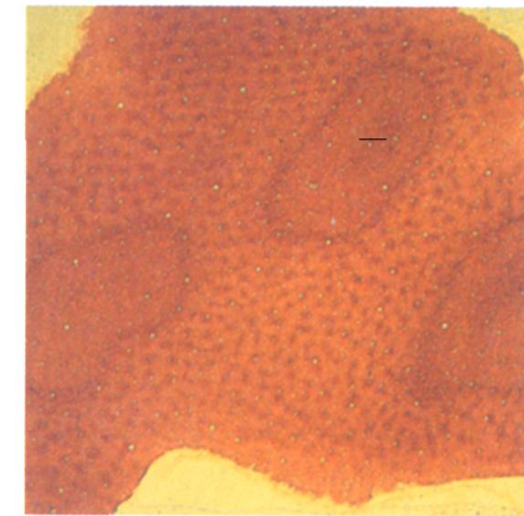
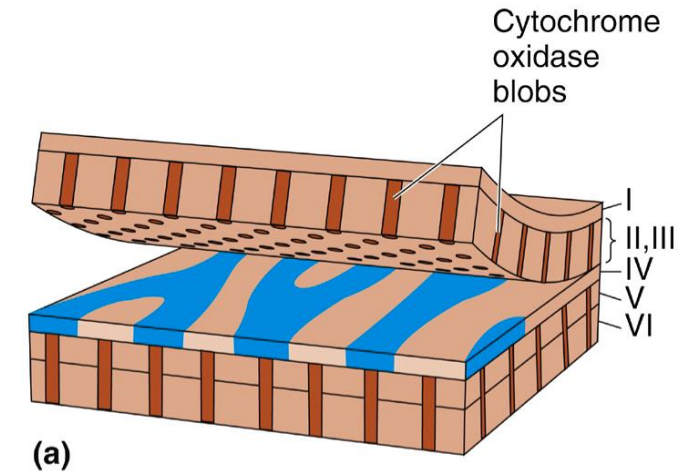
Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed. Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Ανατομία του Οπτικού Φλοιού



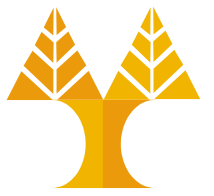
- **Κηλίδες Κυτταροχρωμικής Οξειδάσης (Cytochrome Oxidase Blobs)**

- Οι στιβάδες II και III παίζουν σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία και εξαγωγή (output) από τον V1
- Η Κυτταροχρωμική Οξειδάση (Cytochrome Oxidase) είναι ένα μιτοχωνδριακό ένζυμο με ρόλο στον κυτταρικό μεταβολισμό (metabolism)
- Κηλίδες: Χρώση κυτταρικής οξειδάσης σε τομές του V1
 - Στοιβάδες II & III καθώς επίσης V και VI
- Δέχονται εισαγωγές (inputs) από κονιοκυτταρικούς (koniocellular) όπως και από μικρό (parvo) και μεγάλο (magno) κυτταρικούς νευρώνες της στιβάδας IVC



(b)

Φυσιολογία του Οπτικού Φλοιού



- **Εισαγωγές (Inputs)**

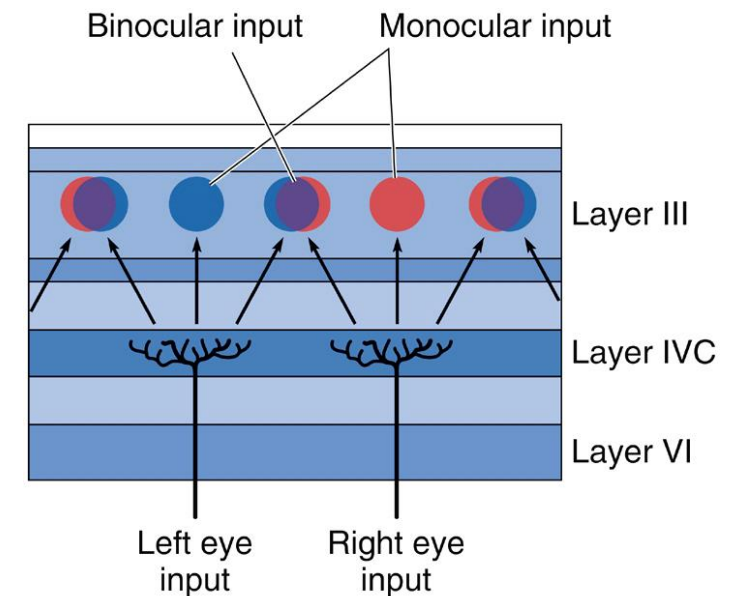
- Magno $\rightarrow$ IVC α $\rightarrow$ IVB
- Parvo $\rightarrow$ IVC β $\rightarrow$ III
- Konio $\rightarrow$ Blobs (II & III)

- **Υποδεκτικά Πεδία (Receptive Fields)**

- Στιβάδα IVC
 - Μονοφθάλμια (Monocular), κεντρο-περιφερικά (center-surround)
 - Στιβάδα IVC α
 - Δεν είναι ευαίσθητη στο μήκος κύματος
 - Layer IVC β
 - Χρωματική κεντρο-περιφερική (center-surround) ανταγωνιστικότητα (opponency)

- **Διοφθαλμία (Binocularity)**

- Στιβάδες πάνω από την IVC
- Τα πρώτα διοφθάλμια υποδεκτικά πεδία στην οπτική οδό

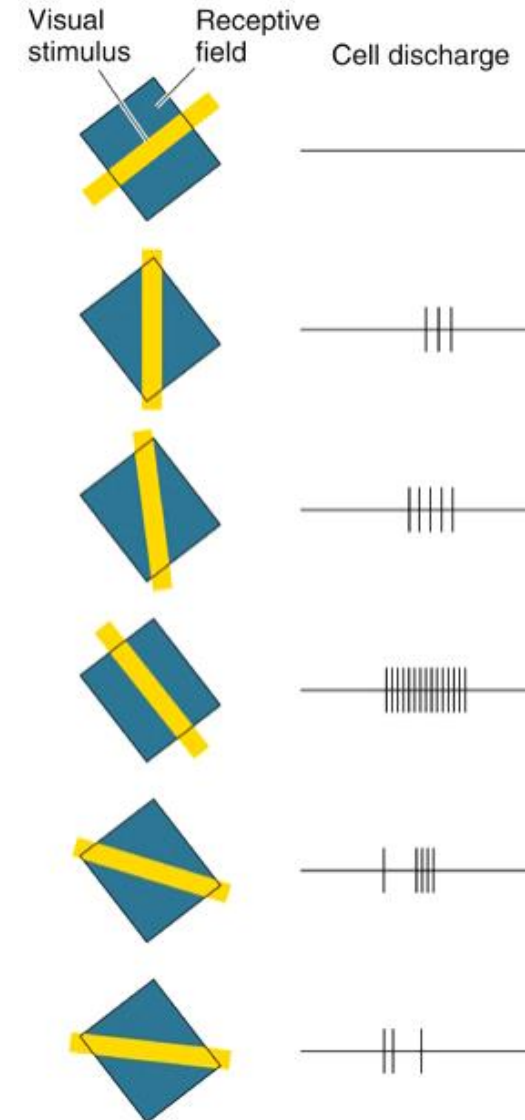
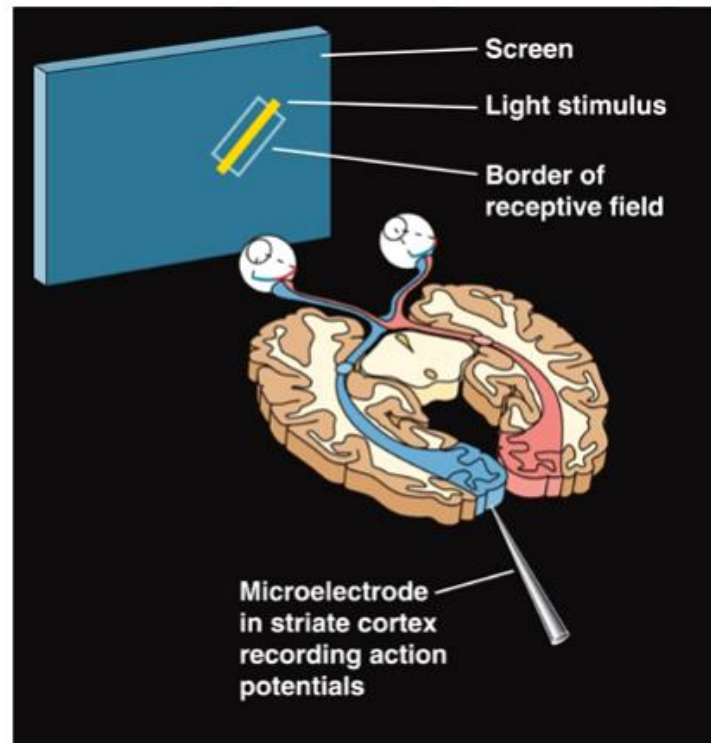


Φυσιολογία του Οπτικού Φλοιού

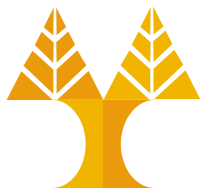


- Υποδεκτικά πεδία έξω από την IVC

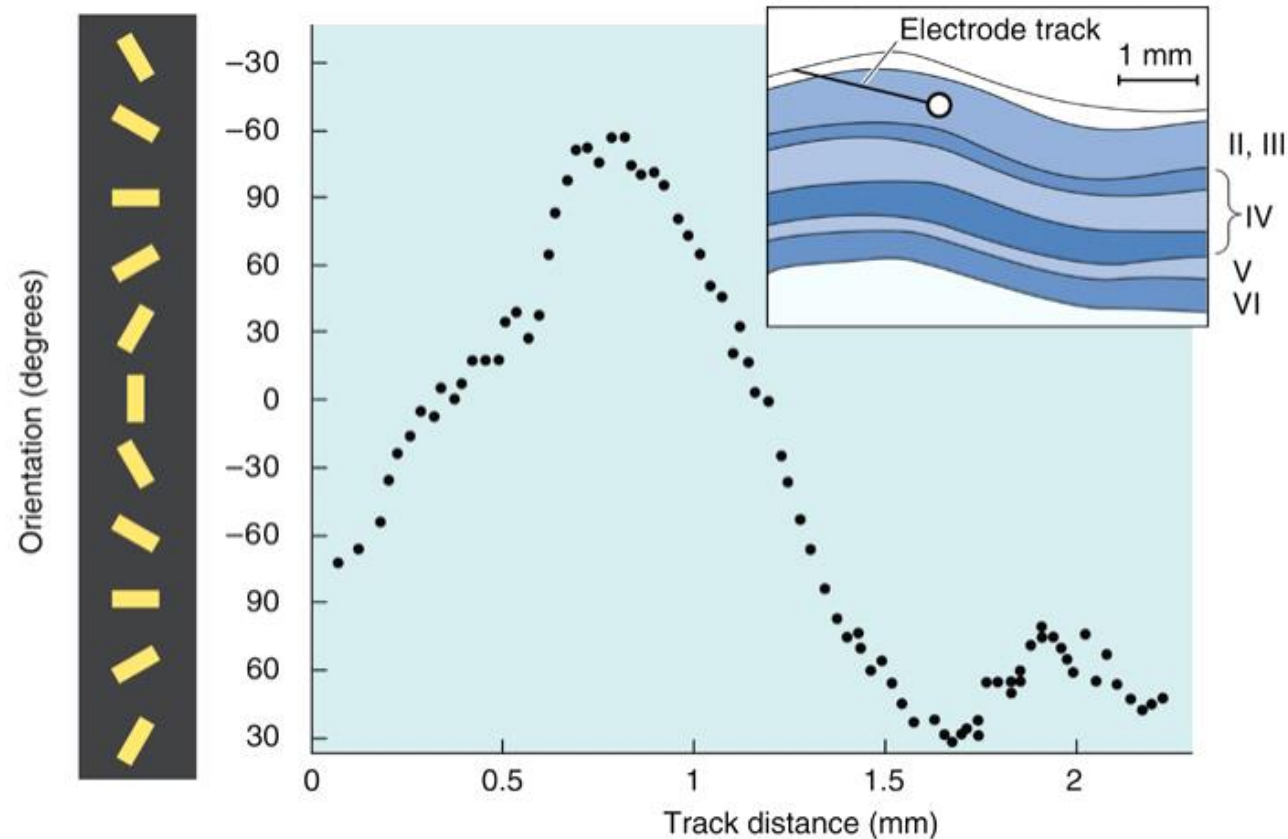
- Επιλεκτικότητα Προσανατολισμού (Orientation Selectivity)

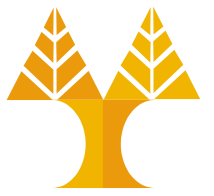


Φυσιολογία του Οπτικού Φλοιού



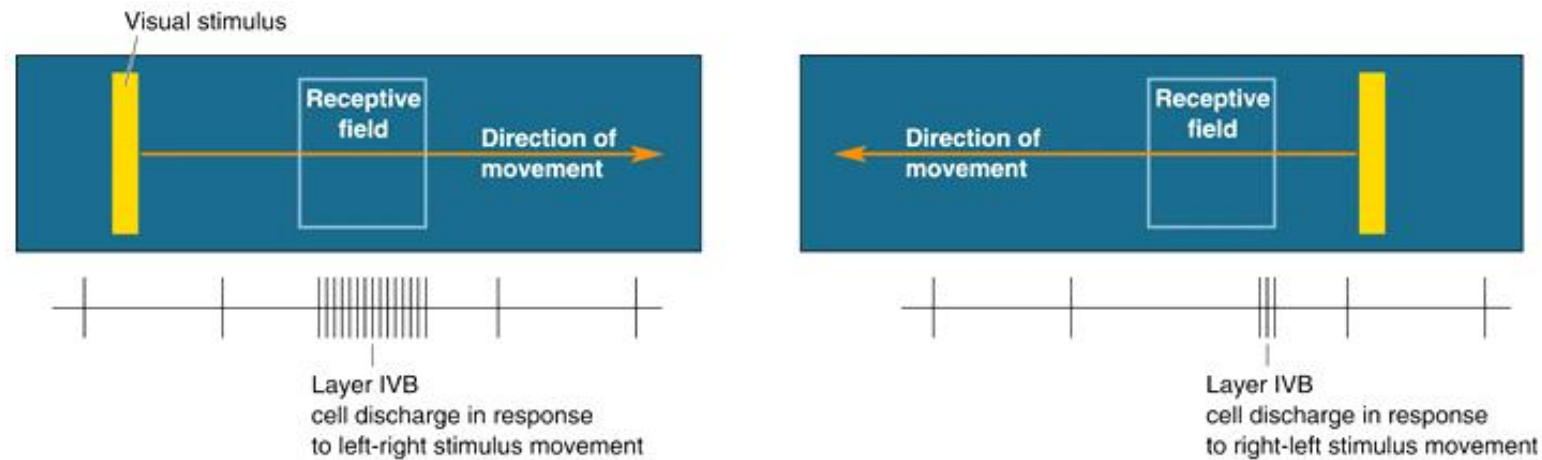
- Υποδεκτικά πεδία έξω από την IVC
 - Επιλεκτικότητα Προσανατολισμού (Orientation Selectivity)
 - Στήλες επιλεκτικότητας προσανατολισμού (Orientation radial columns)





- **Υποδεκτικά πεδία στην IVB**

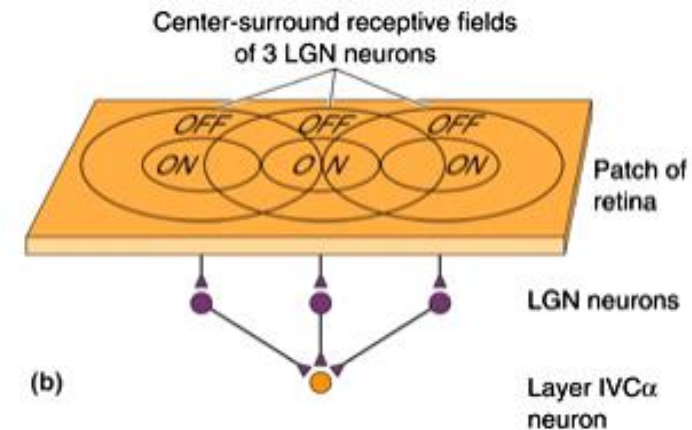
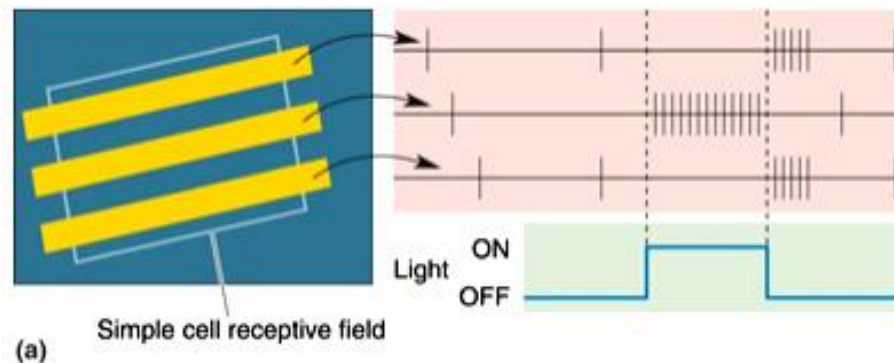
- Επιλεκτικότητα κατεύθυνσης (Direction Selectivity)
 - ΔΕ σε αντίδραση μια μετακινούμενης λωρίδας φωτός
 - IVB (είσοδος από μεγαλοκυτταρικού (magnocellular) νευρώνες)

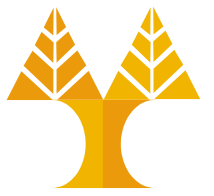




- Υποδεκτικά πεδία

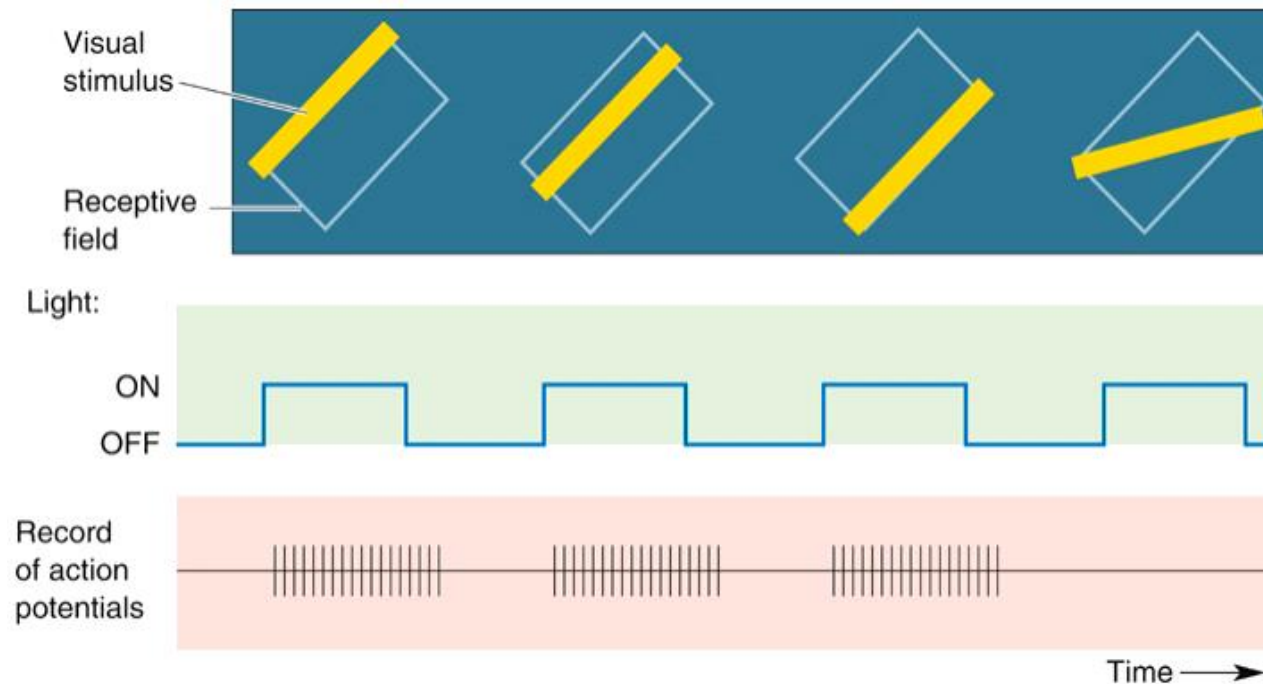
- Απλά (Simple) κύτταρα
 - Διοφθάλμια (Binocular), επιλεκτικότητα προσανατολισμού (Orientation-selective)
 - Στενόμακρη περιοχή on-off με ανταγωνιστικές άκρες
 - Αντιδρά σε λωρίδα φωτός
 - Κατά πάσα πιθανότητα: 3 άξονες LGN με κεντρο-περιφερικά (center-surround) υποδεκτικά πεδία





- **Receptive Fields**

- Σύνθετα (Complex) κύτταρα
 - Διοφθάλμια (Binocular), επιλεκτικότητα προσανατολισμού (Orientation-selective)
 - ON ή OFF αντίδραση σε λωρίδα φωτός αλλά όχι σε συγκεκριμένη θέση

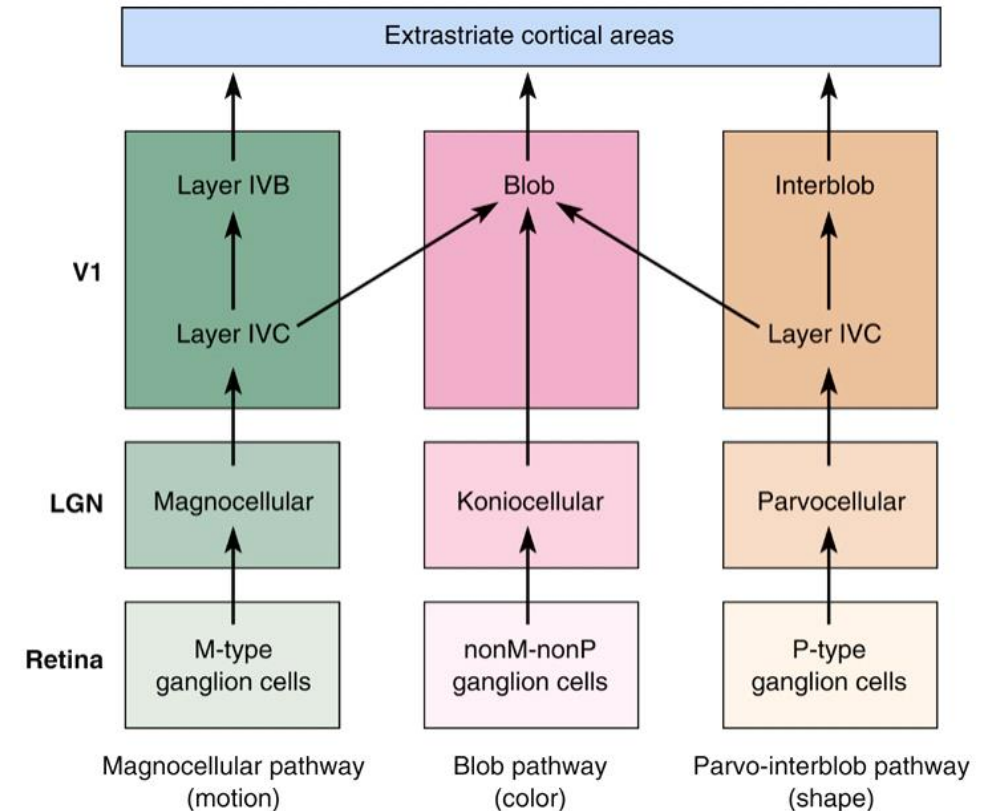


Φυσιολογία του Οπτικού Φλοιού



• Παράλληλες Οδοί

- Μεγαλοκυτταρική (Magnocellular)
 - Ανάλυση κίνησης και καθοδήγηση δραστηριότητας κίνησης
 - Μεγάλα υποδεκτικά πεδία, παροδική αντίδραση, διοφθάλμια, απλά και σύνθετα, επιλεκτικά προσανατολισμού και κατεύθυνσης, μη-ευαίσθητα στο μήκος κύματος
- Μικρο-Μεσοκηλιδική (Parvo Interblob)
 - Ανάλυση λεπτομερειών
 - Μικρά υποδεκτικά πεδία, σταθερή αντίδραση, διοφθάλμια, απλά και σύνθετα, επιλεκτικά προσανατολισμού και κατεύθυνσης, μη-ευαίσθητα στο μήκος κύματος
- Κηλιδική (Blob - Koniocellular)
 - Ανάλυση χρώματος
 - Κεντρο-περιφερικά (center-surround), χρωματική ανταγωνιστικότητα (color opponency), μονοφθάλμια, μη-ευαίσθητα στο προσανατολισμό και κατεύθυνση
- Ανάμιξη (Mixing)
 - Αχρείαστη παρεμβολή (interference) ή ολοκλήρωση (integration);



- Η κάθε μια επεξεργάζεται μέρος της εικόνας



Πέρα από τον V1

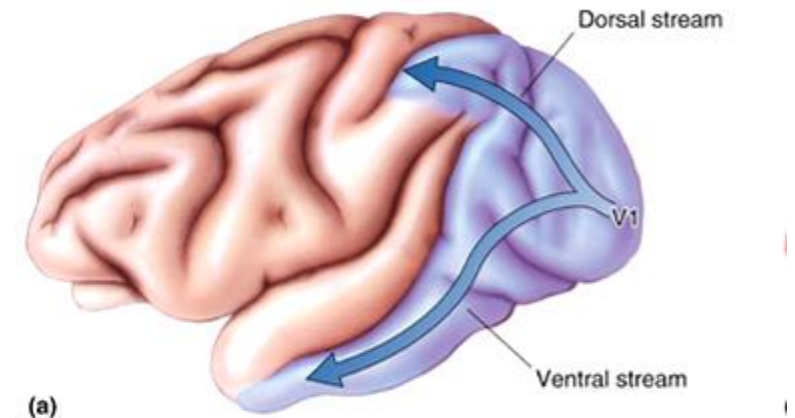
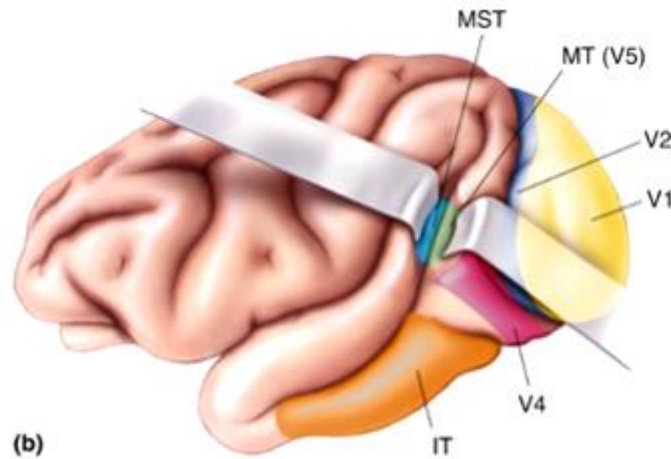


- **Ραχιαία οδός (Dorsal stream)**

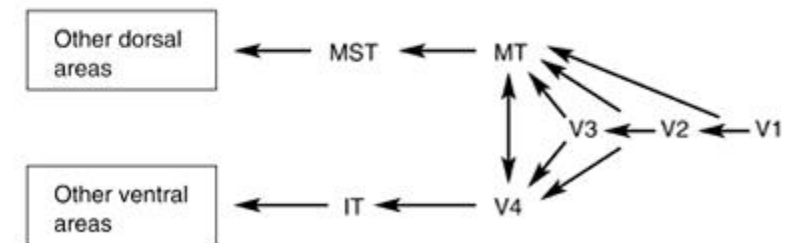
- Ανάλυση της κίνησης και οπτικός έλεγχος των ενεργειών

- **Κοιλιακή Οδός (Ventral stream)**

- Αντίληψη του οπτικού κόσμου και αναγνώριση αντικειμένων



(a)

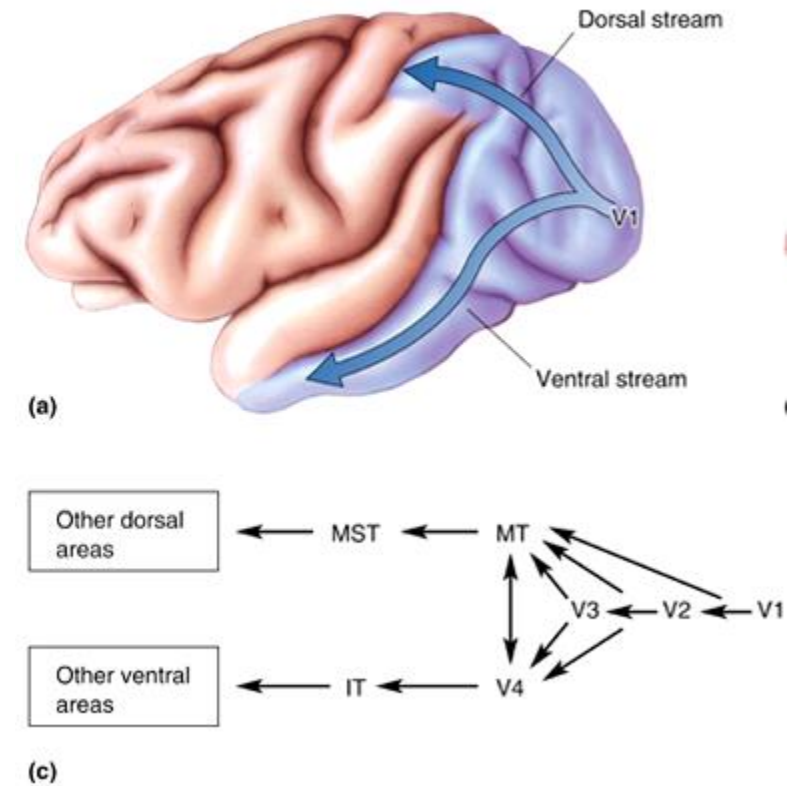


(c)

Πέρα από τον V1



- **Ραχιαία οδός (V1, V2, V3, MT, MST, και άλλες ραχιαίες περιοχές)**
 - Ανάλυση της κίνησης και οπτικός έλεγχος των ενεργειών
 - Περιοχή MT (κροταφικός λοβός)
 - Οι περισσότεροι νευρώνες
 - Επιλεκτικότητα κατεύθυνσης
 - Αντιδρούν περισσότερο στην κίνηση παρά στο σχήμα
 - Μετά από την MT
 - Τρεις ρόλοι νευρώνων στη περιοχή MST (βρεγματικός λοβός)
 - Πλοήγηση (Navigation)
 - Κατεύθυνση κίνησης ματιών (Directing eye movements)
 - Αντίληψη κίνησης (Motion perception)

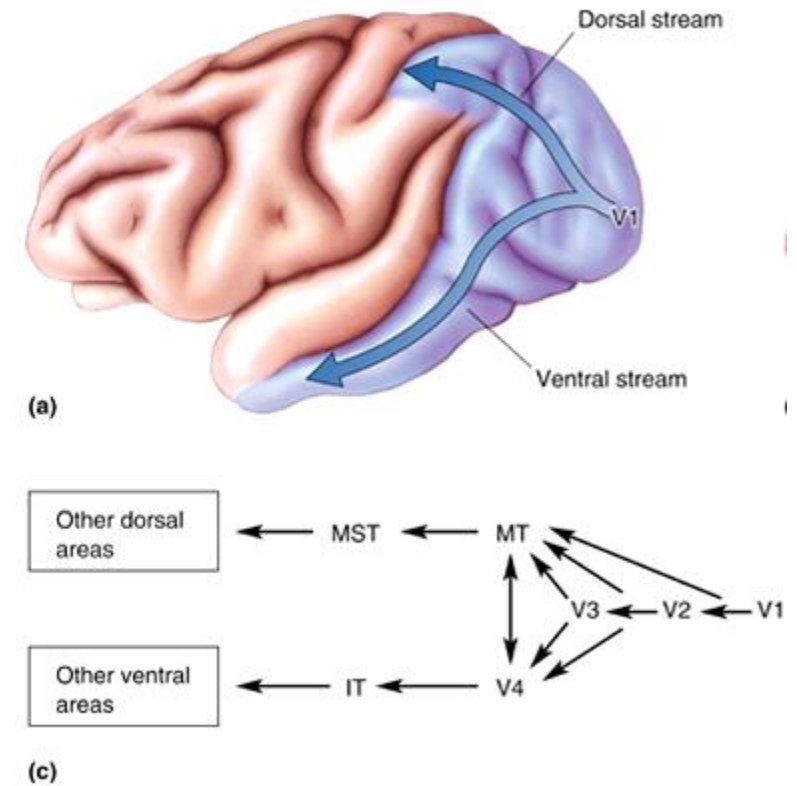


Πέρα από τον V1



- **Κοιλιακή Οδός(V1, V2, V3, V4, IT, και άλλες κοιλιακές περιοχές)**

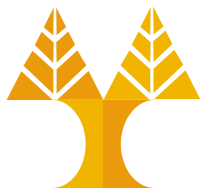
- Αντίληψη του οπτικού κόσμου και αναγνώριση αντικειμένων
- Περιοχή V4
 - Αχρωματοψία (Achromatopsia): Κλινικό σύνδρομο που προκαλείται από καταστροφή της V4 με μερική ή ολική απώλεια έγχρωμης όρασης
- Περιοχή IT
 - Οι περισσότερες έξοδοι της V4
 - Τα υποδεκτικά πεδία αντιδρούν σε ποικιλία χρωμάτων και αορίστων (abstract) σχημάτων
 - Προσωποαγνωσία (Prosopagnosia): Σύνδρομο που εμποδίζει την αναγνώριση προσώπων → εξειδικευμένοι νευρώνες που αντιδρούν σε πρόσωπα



Από τους Νευρώνες στην Αντίληψη



- **Οπτική αντίληψη (Visual perception)**
 - Αναγνώριση και πρόσδοση νοήματος σε αντικείμενα
- **Ιεραρχικά και πολύπλοκα υποδεκτικά πεδία**
 - Γαγγλιακά Κύτταρα του αμφιβληστροειδούς (Retinal ganglion cells)
 - Κεντρο-περιφερική (Center-surround) δομή, ευαίσθητα στην αντίθεση (contrast) και στο μήκος κύματος
 - Πρωτοταγής Οπτικός Φλοιός
 - Επιλεκτικότητα προσανατολισμού και κατεύθυνσης (Orientation and direction selectivity), και διοφθαλμικότητα (binocularity)
 - Εξωταινιωτός Φλοιός (Extrastriate cortex)
 - Επιλεκτικότητα σε πολύπλοκα σχήματα, π.χ. πρόσωπα
- **Από τους υποδοχείς στη γιαγιά μας;**
 - Υπάρχουν νευρώνες στην περιοχή IT που αναγνωρίζουν ειδικά την γιαγιά;
 - Μάλλον όχι. Η αντίληψη δεν είναι αποτέλεσμα ενός μόνο νευρώνα
 - Ψηλότερο επίπεδο, ευελιξία, προσαρμοστικότητα
- **Παράλληλη Επεξεργασία (Parallel processing) και Αντίληψη (Perception)**
 - Ομάδες από περιοχές του φλοιού συνεισφέρουν στην αντίληψη χρώματος, κίνησης και ταυτοποίησης αντικειμένων και σημασίας
 - Παράλληλη επεξεργασία
 - Όπως ο ήχος μιας ορχήστρας και όχι το αποτέλεσμα μιας αλυσίδας συναρμολόγησης



Διάλεξη 12

Ακουστικό και Αιθουσιαίο Σύστημα (Auditory and Vestibular Systems)