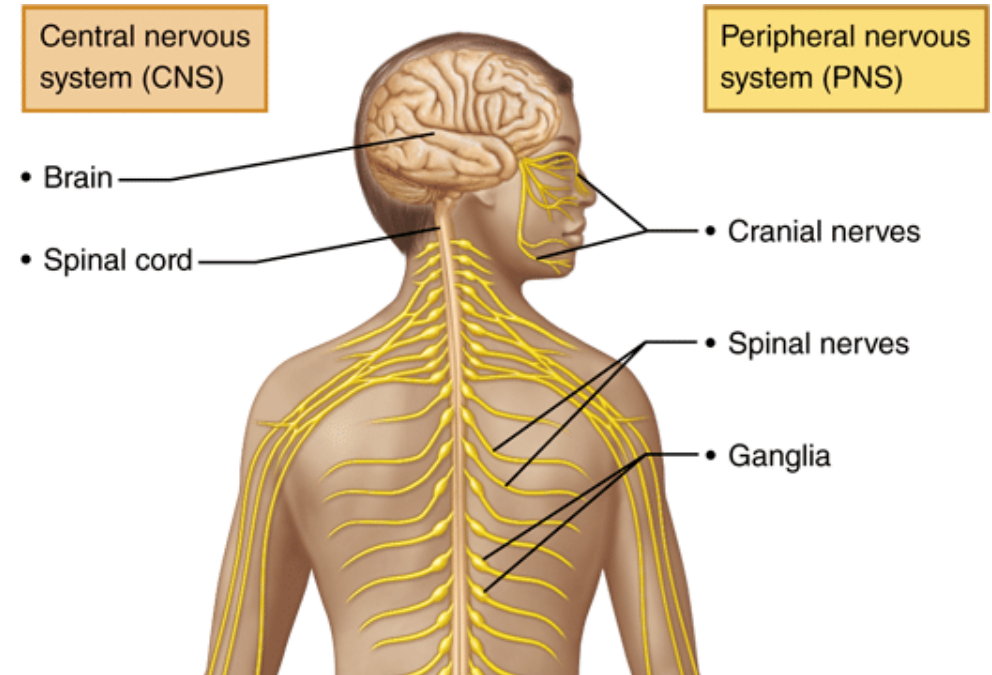
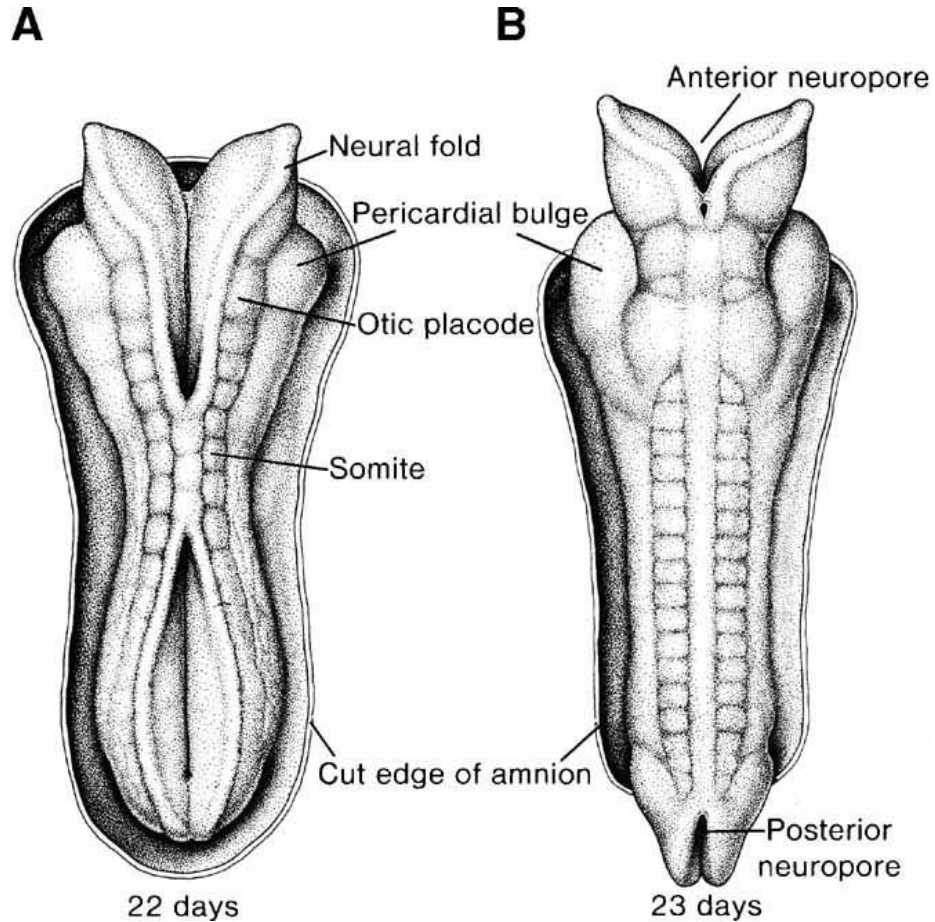


ΕΜΒΡΥΟΛΟΓΙΑ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



ΔΕΥΤΕΡΑΙΟΥ ΘΕΟΔΩΡΑ-ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ, MD, MSc, PhD

ΜΑΙΕΥΤΗΡΑΣ-ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΟΣ

ΜΟΡΙΑΚΟΣ ΒΙΟΛΟΓΟΣ-ΓΕΝΕΤΙΣΤΡΙΑ

ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΙΣΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΕΜΒΡΥΟΛΟΓΙΑΣ

Εισαγωγή

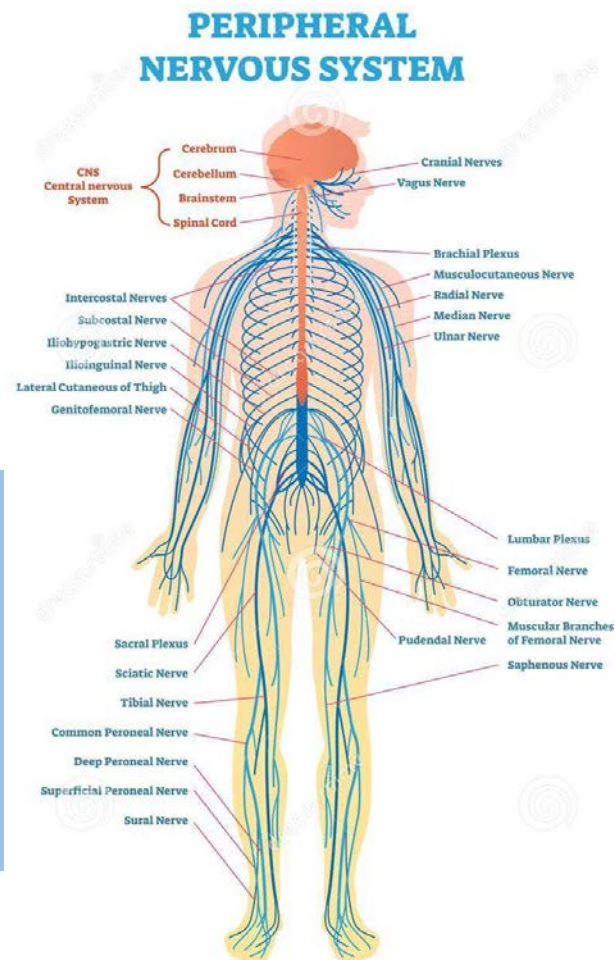
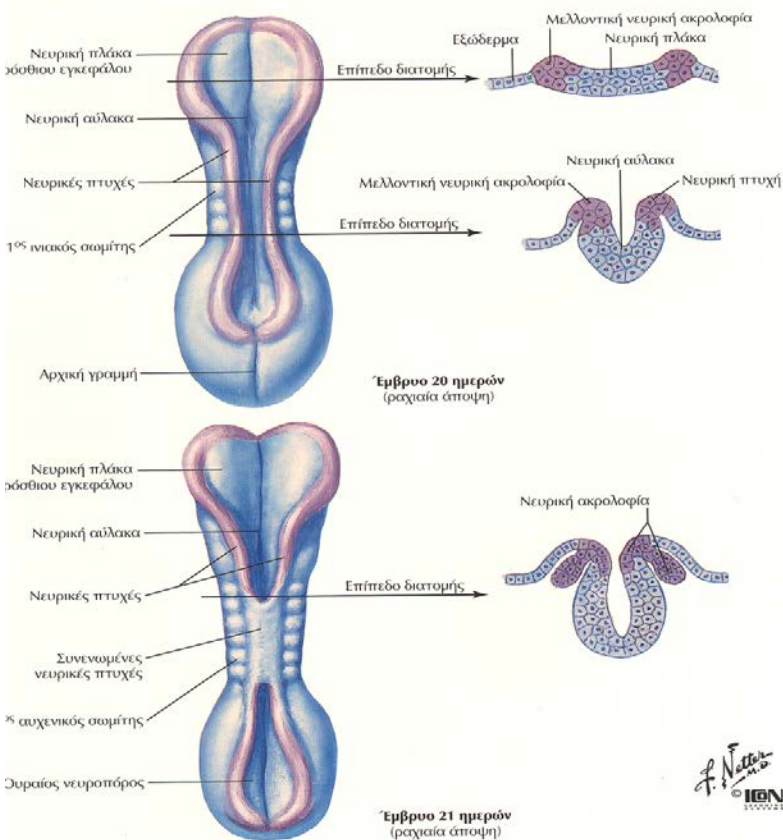
ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

1. Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) = εγκέφαλος & νωτιαίος μυελός
2. Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ) = εγκεφαλικά νεύρα + γάγγλια τους & νωτιαία νεύρα + γάγγλια τους

3. Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) = νευρώνες που νευρώνουν τους λείους μύες, τον καρδιακό μυ & το αδενικό επιθήλιο

Πρόελευση :

Τη 3^η w αναπτύσσεται η **νευρική πλάκα** κι η **νευρική αύλακα**, ως πάχυνση του εμβρυϊκού εξωδέρματος (νευριδίωση), υπό την επαγωγική δράση του παραξονικού μεσοδέρματος και της νωτιαίας χορδής.



Νευριδίωση

Διαδικασίες για το σχηματισμό της νευρικής πλάκας, των νευρικών πτυχών και της σύγκλεισης των πτυχών.

έως 4^η w

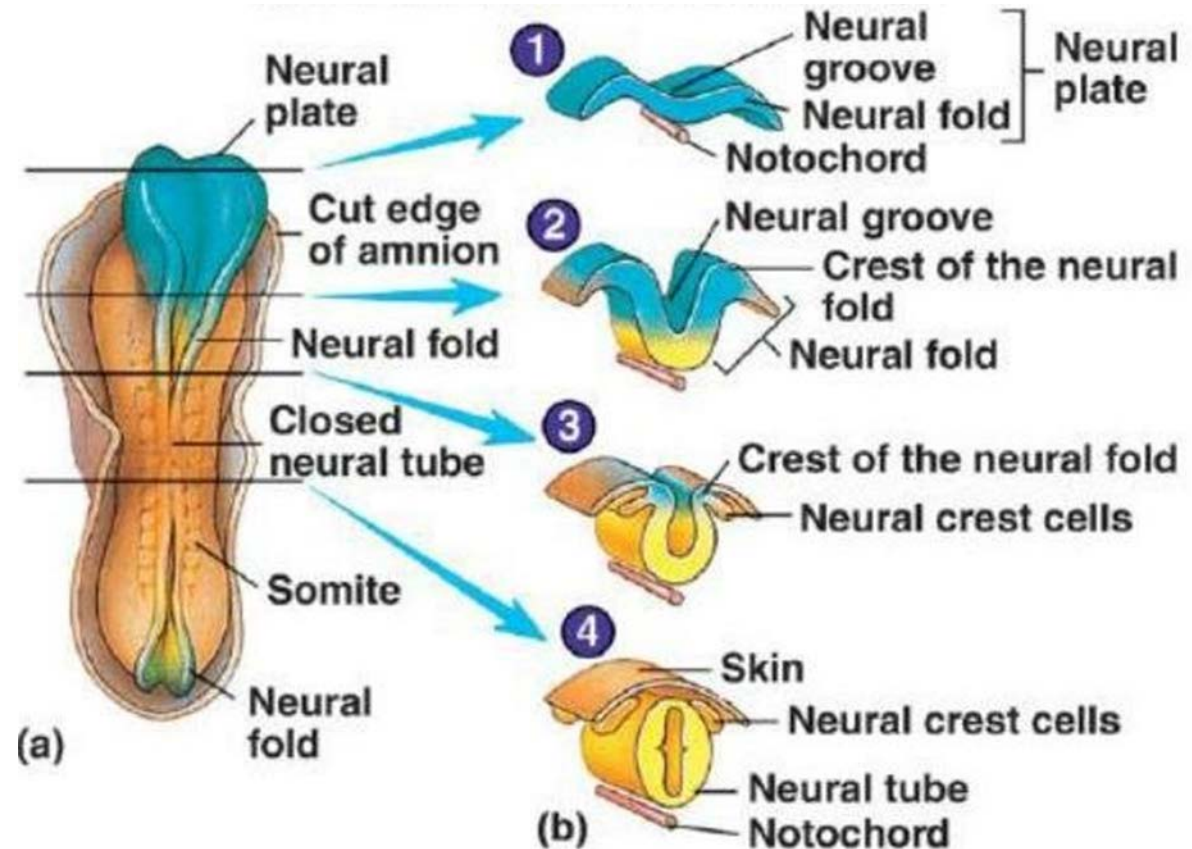


Σύγκλειση οπίσθιου νευροπόρου

Νευρική πλάκα:

Το υπερκείμενο της νωτιαίας χορδής εξώδερμα σχηματίζει μια επιμήκη πλάκα.

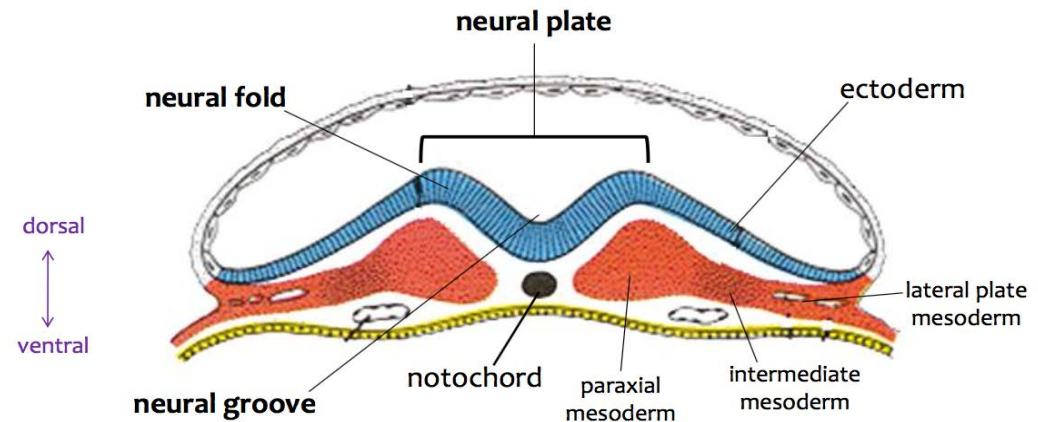
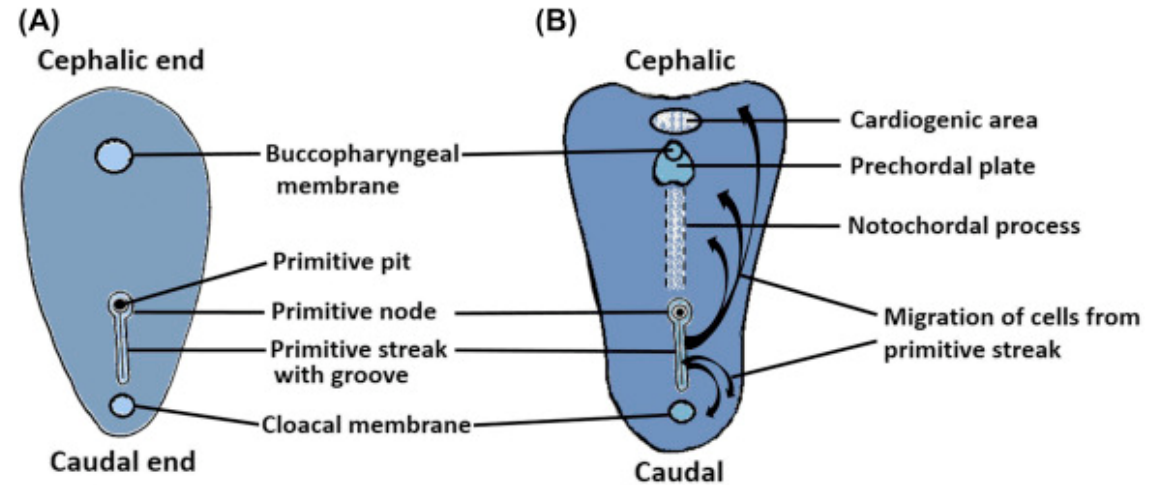
ΚΝΣ = Εγκέφαλος + Νωτιαίος μυελός



Νευρική πλάκα

Αρχικά, η νευρική πλάκα έχει ίδιο μήκος με τη νωτοχορδή. Αργότερα, όσο η νωτοχορδή επιμηκύνεται, η νευρική πλάκα επεκτείνεται μέχρι τον στοματοφαρυγγικό υμένα. **Τελικά, η νευρική πλάκα εκτείνεται πέραν της νωτιαίας χορδής.**

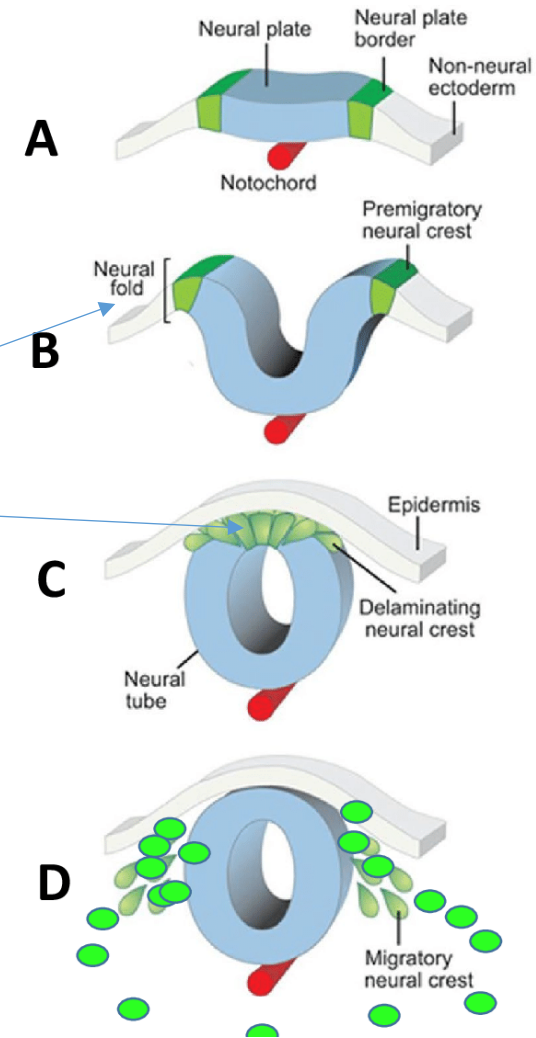
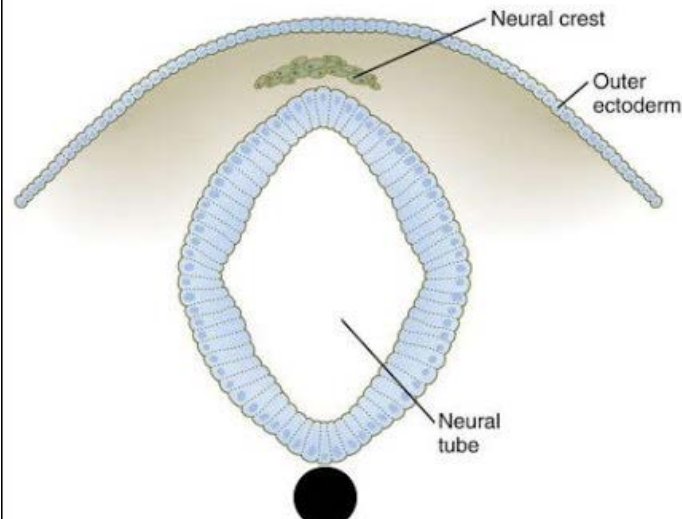
Την 18^η d, η νευρική πλάκα εμφανίζει πτυχές, σχηματίζοντας στο μέσο επίπεδο, τη **νευρική αύλακα**.



transverse section
~ day 19

Νευρική ακρολοφία

Κυτταρικός πληθυσμός αποτελούμενος από νευροεξωδερμικά κύτταρα τα οποία εντοπίζονταν στα πλάγια χείλη των νευρικών πτυχών και συγκροτεί τη **νευρική ακρολοφία**, όταν χάσει τη σύνδεση του με τα γειτονικά κύτταρα.

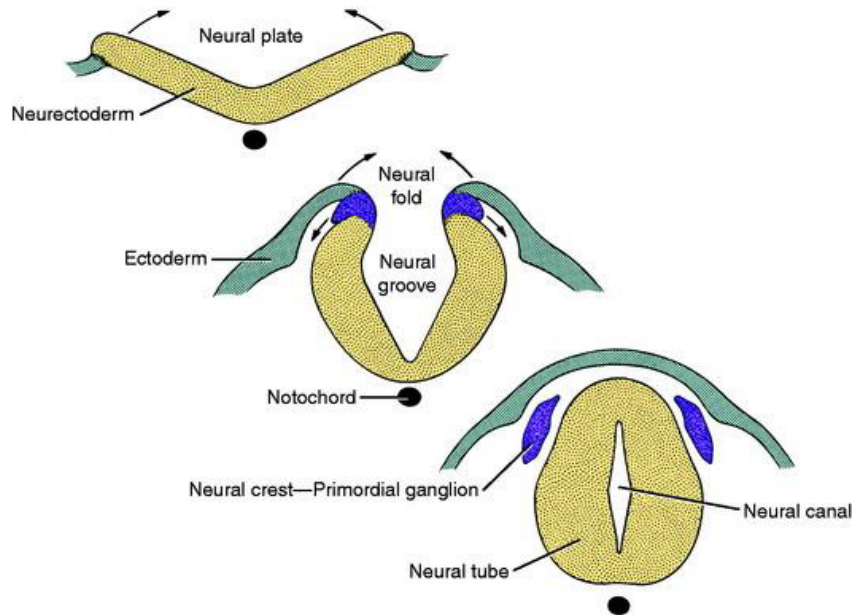


Βρίσκεται μεταξύ του νευρικού σωλήνα και του υπερκείμενου επιπολής εξωδέρματος.

Νευρικός σωλήνας => ΚΝΣ

Εγκέφαλος

Νωτιαίος μυελός



Νευρική ακρολοφία => ΠΝΣ & ΑΝΣ

Συνένωση νευρικών πτυχών: ξεκινά από την αυχενική περιοχή και επεκτείνεται με κεφαλοουραία κατεύθυνση.

Νευρικός σωλήνας: παραμένει προσωρινά ανοικτός στο κεφαλικό και στο ουραίο άκρο => επικοινωνία με αμνιακή κοιλότητα

Αυλός νευρικού σωλήνα => σύστημα κοιλιών εγκεφάλου και τον κεντρικό σωλήνα νωτιαίου μυελού

Πρόσθιος νευροπόρος

Οπίσθιος νευροπόρος

Σύγκλειση πρόσθιου νευροπόρου την 25^η d κι ακολουθεί του οπίσθιου.

Σχηματίζεται από το νευρικό σωλήνα, στο ύψος του 4^{ου} ζεύγους σωματιών, με προοδευτική πάχυνση των τοιχωμάτων του νευρικού σωλήνα & στένωση του αυλού => **στενός κεντρικός σωλήνας**

Ανάπτυξη νωτιαίου μυελού (NM)

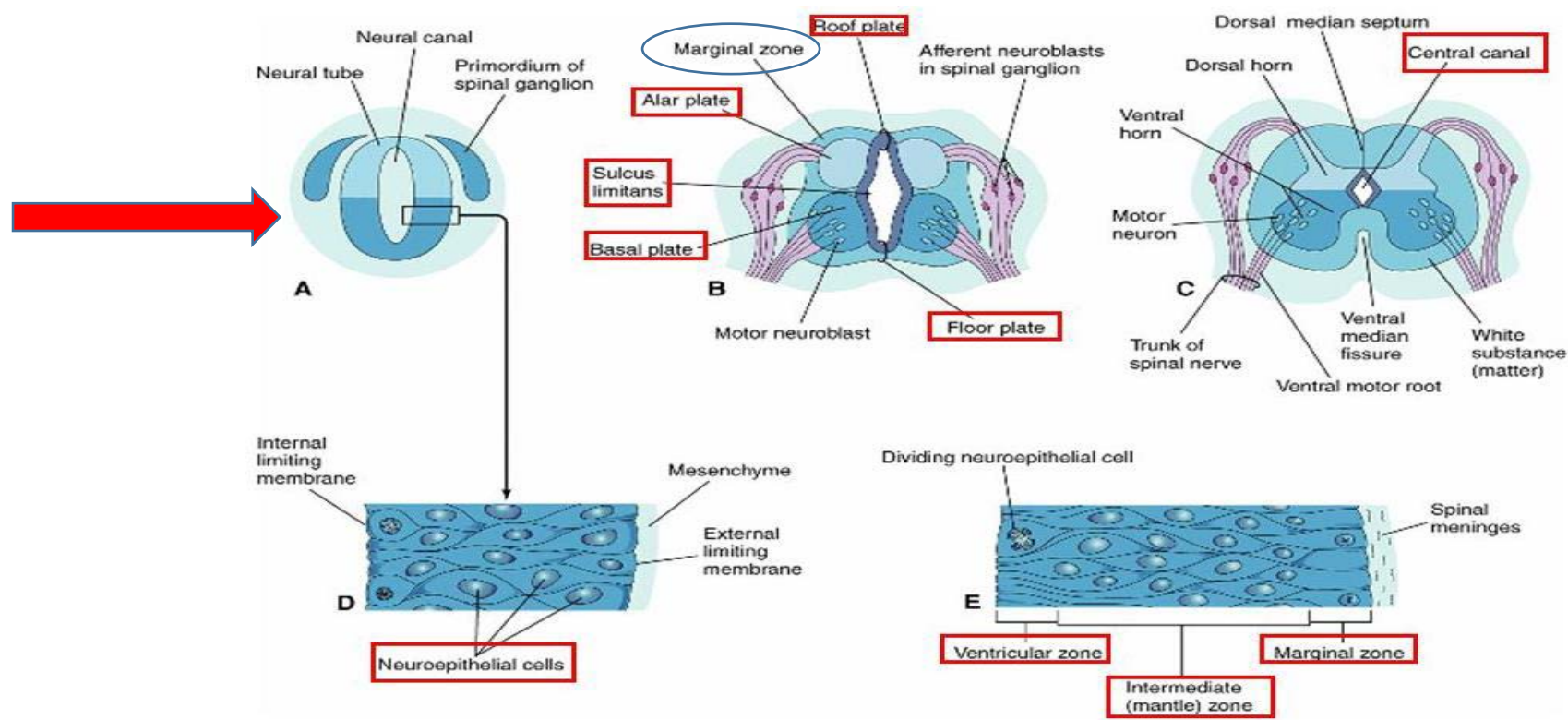
Αρχικά, το τοίχωμα του ΝΣ καλύπτεται από παχύ κυλινδρικό **νευροεπιθήλιο**

Διάμεση ζώνη: ΝΕΥΡΟΒΛΑΣΤΕΣ

Κοιλιακή ζώνη => νευρώνες και μακρογλοιακά κύτταρα NM

Επιχείλια ζώνη (νευρωνικές αποφυάδες)
=> λευκή ουσία NM

Νευρώνες όταν αναπτυχθούν κυτταροπλασματικές αποφυάδες



Γλοιοβλάστες = υποστηρικτικά κύτταρα ΚΝΣ που προέρχονται από τα νευροεπιθηλιακά κύτταρα όταν παύσουν να διαφοροποιούνται σε νευροβλάστες.



Μετανάστευση:
Κοιλιακή => Διάμεση => Επιχείλια ζώνη

Αστροβλάστες => Αστροκύτταρα

Ολιγοδενδροβλάστες => Ολιγοδενδροκύτταρα



Επενδυματικά κύτταρα (επένδυμα)
παράγονται όταν τα νευροεπιθηλιακά κύτταρα παύσουν να διαφοροποιούνται σε νευροβλάστες και γλοιοβλάστες.

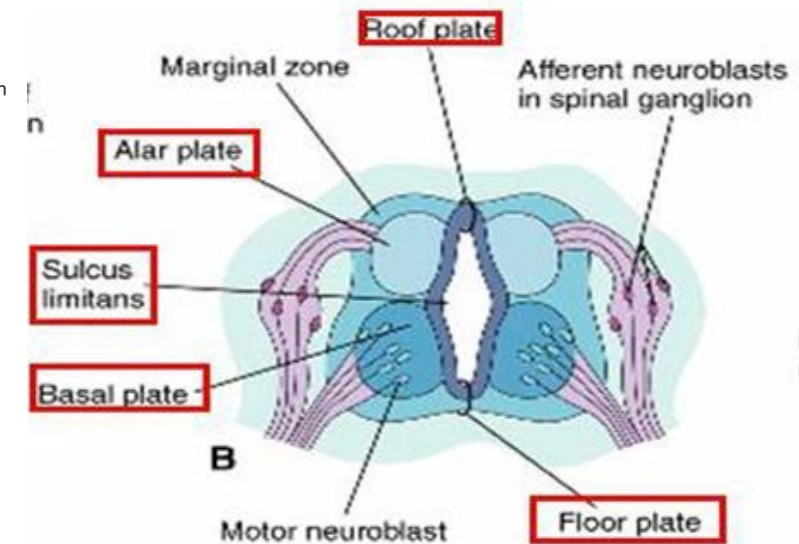
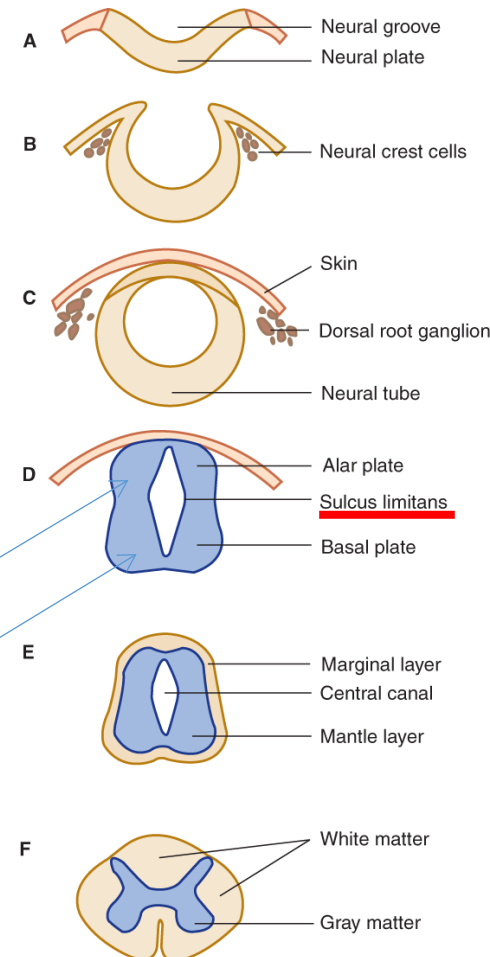
Ο πολλαπλασιασμός και η διαφοροποίηση του νευροεπιθηλίου



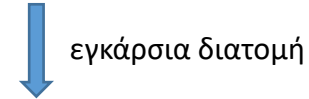
Σχηματισμός παχέων τοιχωμάτων με λεπτά οροφιαία και εδαφιαία πέταλα => **μεθόρια αύλακα** που διαχωρίζει το:

- **Πτερυγοειδές (αισθητικό) πέταλο** (ραχιαίο τμήμα) από το
- **Βασικό (κινητικό) πέταλο** (κοιλιακό τμήμα)

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ



- Παράγωγα πτερυγοειδούς πετάλου → Ραχιαίες στήλες της φαιάς ουσίας κατά μήκος NM

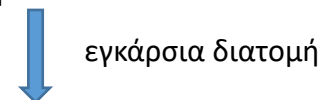


Ραχιαία (οπίσθια) κέρατα φαιάς ουσίας

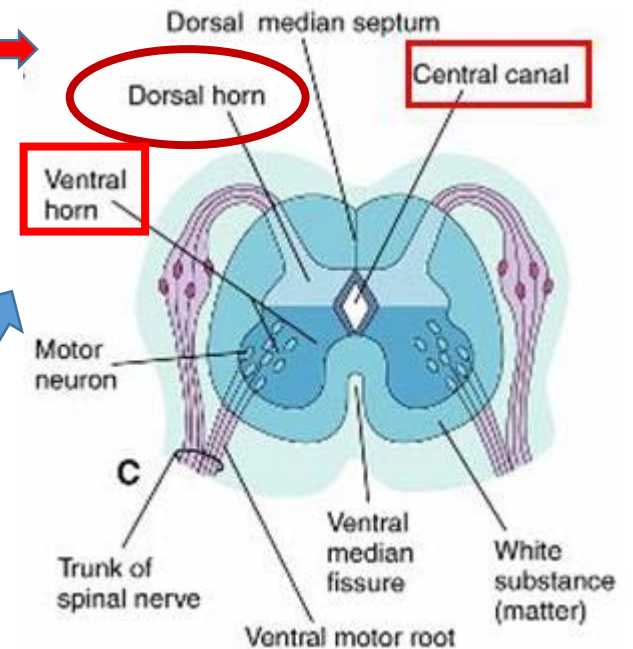


Αύξηση μεγέθους πτερυγοειδών πετάλων =>
σχηματισμός ραχιαίου μέσου διαφράγματος

- Παράγωγα βασικού πετάλου → Κοιλιακές & πλάγιες στήλες της φαιάς ουσίας κατά μήκος NM



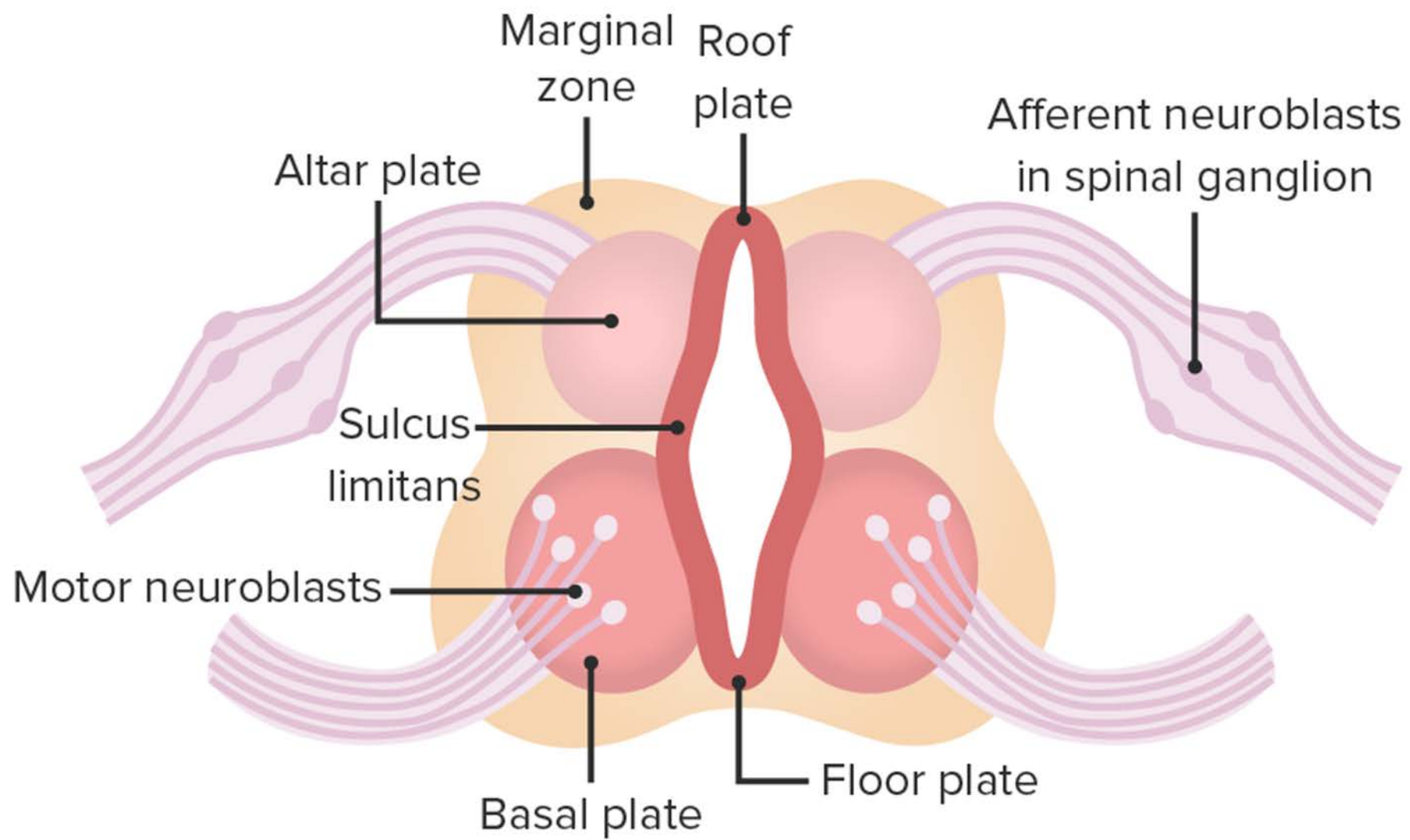
Κοιλιακά (πρόσθια) και πλάγια κέρατα φαιάς ουσίας

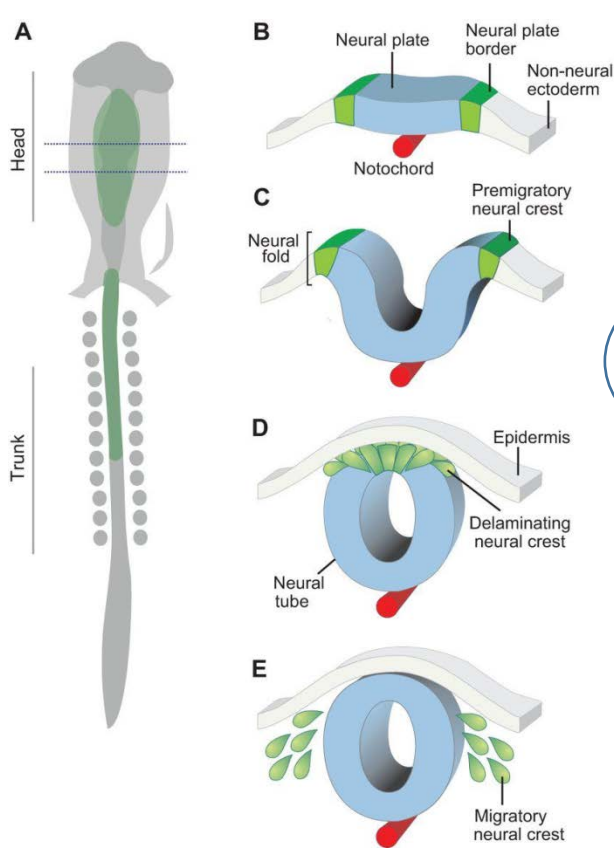


Αύξηση μεγέθους κοιλιακών πετάλων =>
σχηματισμός κοιλιακού μέσου διαφράγματος

Ο αυλός του ΝΣ => Κεντρικό σωλήνα του ΝΜ

Ο διαχωρισμός βασικού και πτερυγοειδούς πετάλου αφορά στη διάκριση σε προσαγωγές και απαγωγές λειτουργίες, αντίστοιχα.





- F Neural crest derivatives**
- Mesenchymal cells**
 - Chondroblasts/chondrocytes
 - Osteoblasts/osteocytes
 - Fibroblasts
 - Odontoblasts
 - Cardiac mesenchyme
 - Myoblasts
 - Adipocytes
 - Neuronal cells**
 - Sensory neurons
 - Cholinergic neurons
 - Adrenergic neurons
 - Satellite cells
 - Schwann cells
 - Glial cells
 - Secretory cells**
 - Chromaffin cells
 - Parafollicular cells
 - Calcitonin-producing cells
 - Pigmented cells**
 - Melanocytes

Ανάπτυξη νωτιαίων γαγγλίων

↓
Σχηματίζονται από
κύτταρα της νευρικής ακρολοφίας

Ανάπτυξη μηνίγγων NM

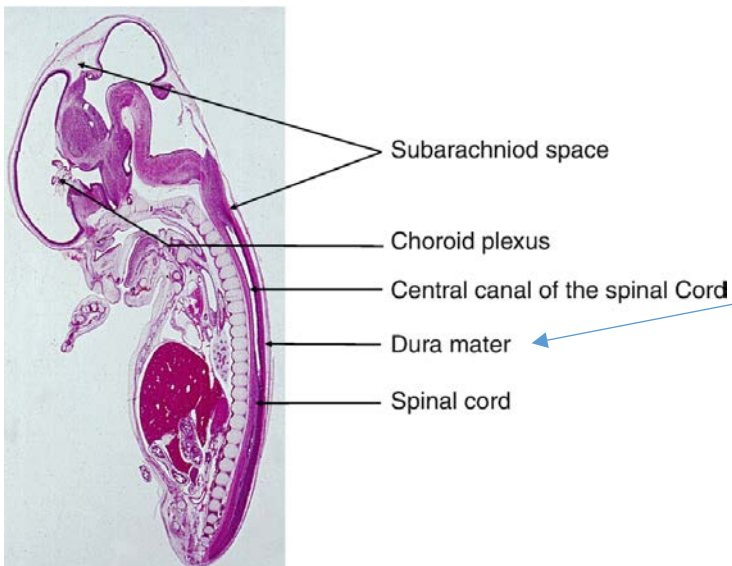
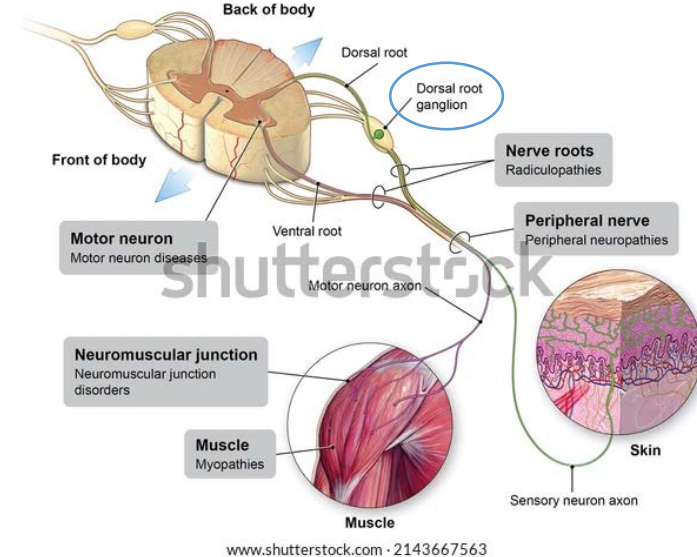
Αναπτύσσονται από μεσεγχυματικά κύτταρα & κύτταρα νευρικής ακρολοφίας, όταν μεταναστεύουν γύρω από το νευρικό σωλήνα

εξωτερική πεπαχυμένη:
σκληρή μήνιγγα

εσωτερική λεπτότερη:
χοριοειδής

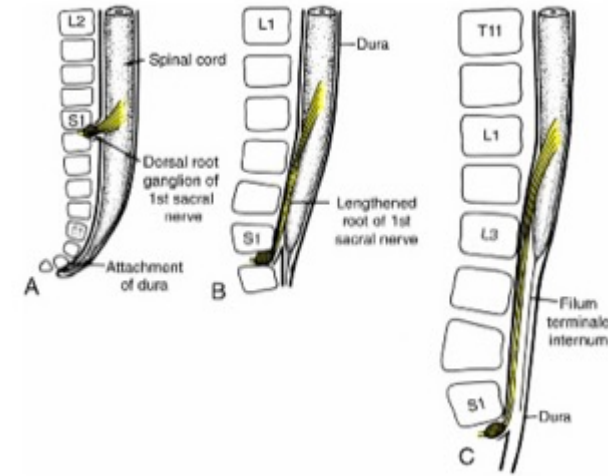
αραχνοειδής μήνιγγα
σχηματίζεται από
κύτταρα της νευρικής
ακρολοφίας

↓
Σχηματισμός χώρων που πληρούνται
από υγρό => υπαραχνοειδής χώρος.
Εμφάνιση ENY από 5^η w.



Ανάπτυξη ΝΜ

- Έως 8^η w: ο ΝΜ εκτείνεται σε **όλο** το μήκος του σπονδυλικού σωλήνα.
- Την 24^η w: ο ΝΜ φτάνει ως το ύψος του **I1** σπονδύλου.
- Στη γέννηση: έως το ύψος του **O2-O3**.
- *Ιππουρίδα*: δέσμη νευρικών ριζών που εκτείνονται κάτω από το τελικό άκρο του ΝΜ.



- **Μυελίνωση => έναρξη λειτουργίας.**
- Προηγείται η μυελίνωση των **κινητικών ινών** κι ακολουθεί αυτή των αισθητικών.
- Τα έλυτρα μυελίνης σχηματίζονται από τα **κύτταρα Schwann** που προέρχονται από κύτταρα της νευρικής ακρολοφίας.

Μυελίνωση νευρικών ινών

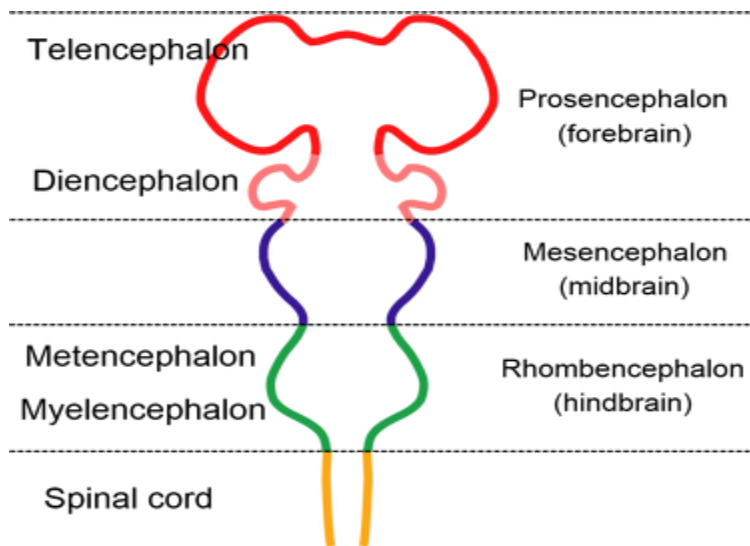


Ανάπτυξη εγκεφάλου

Ανάπτυξη από **3^η w**: όταν ο νευρικός σωλήνας στο ύψος **πάνω** από το ζεύγος των 4^{ων} σωματιών διαφοροποιείται σε εγκέφαλο.



Πριν τη σύγκλειση του νευρικού σωλήνα έχουν σχηματιστεί **3 πρωτογενή εγκεφαλικά κυστίδια**



Προσεγκέφαλος

Μεσεγκέφαλος

Ρομβεγκέφαλος

5^η w

5 δευτερογενή εγκεφαλικά κυστίδια

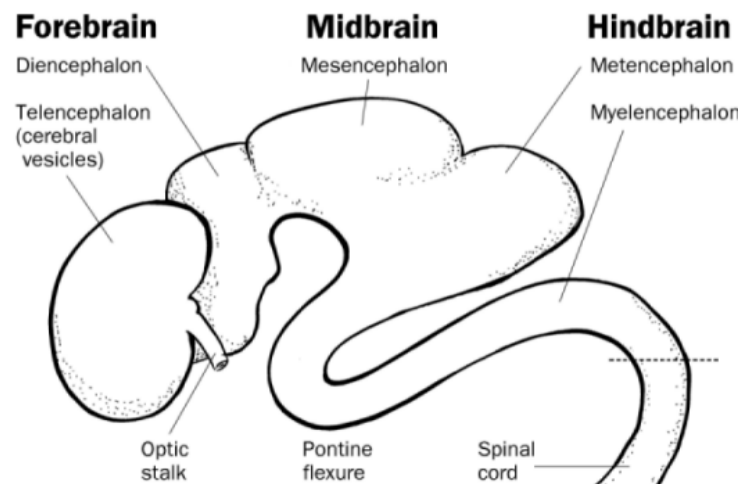
Τελεγκέφαλος

Διεγκέφαλος

-

Μετεγκέφαλος

Μυελεγκέφαλος



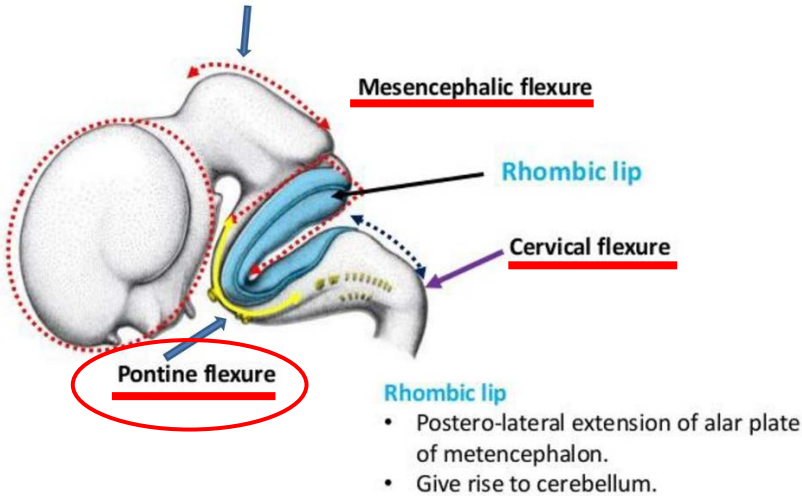
Πτερυγοειδή και βασικά πέταλα:
μόνο στον μεσεγκέφαλο και στο ρομβοειδή εγκέφαλο.

Εγκεφαλικές καμπές

4^η w: εγκέφαλος κάμπτεται κοιλιακά

Μεσεγκεφαλική καμπή (ύψος μεσεγκεφάλου)

Αυχενική καμπή (ύψος ρομβοεγκεφάλου/NM)



Ρομβοειδής εγκέφαλος

Γεφυρική καμπή

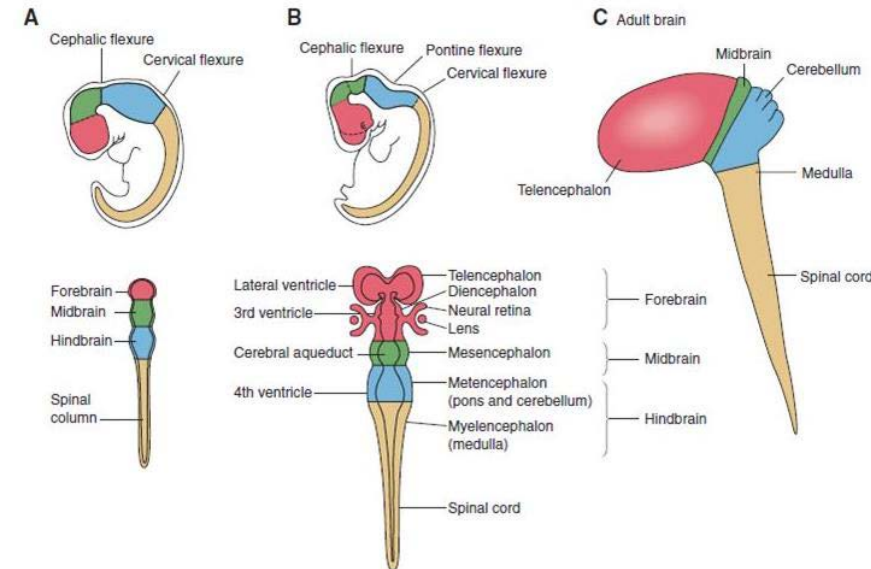
Μυελεγκέφαλος

Μετεγκέφαλος

Προμήκης μυελός

Γέφυρα & Παρεγκεφαλίδα

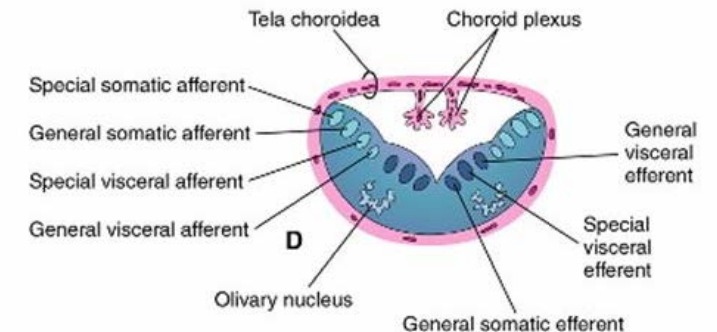
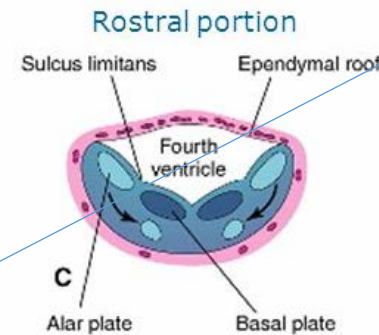
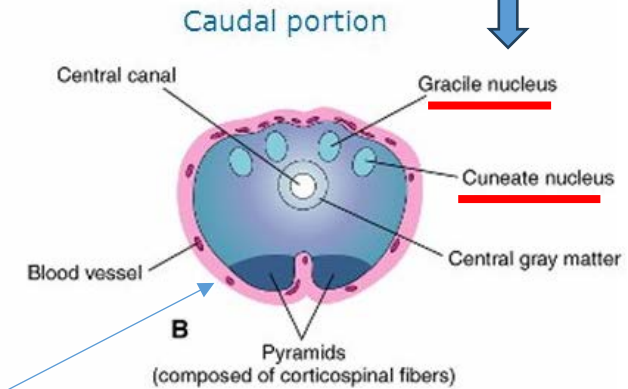
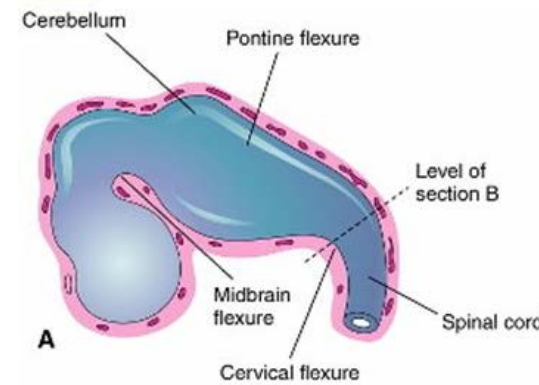
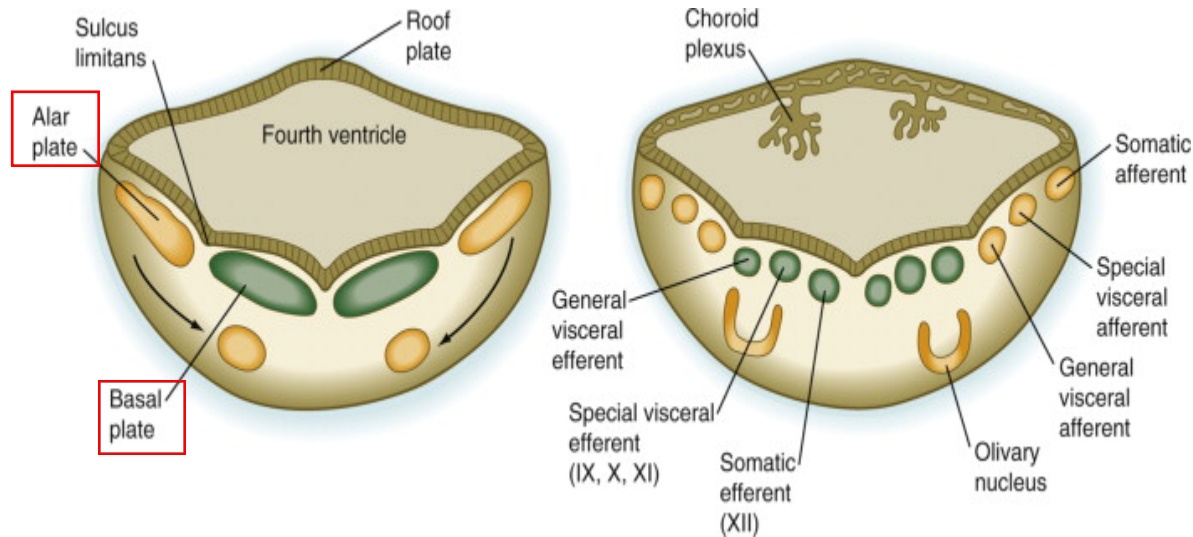
Κοιλότητα ρομβοειδούς εγκεφάλου =>
4^η κοιλία & κεντρικό σωλήνα
προμήκους μυελού



Μυελεγκέφαλος

3 στιβάδες όπως και **NM** (κοιλιακή, διάμεση και επιχείλια) & **2 πέταλα** (πτερυγοειδές και βασικό)

Μετανάστευση νευροβλαστών από τα πτερυγοειδή πέταλα προς την επιχείλια ζώνη => **σχηματισμός ισχνών και σφηνοειδών πυρήνων**



Οι πυρήνες αυτοί επικοινωνούν με νευρικές οδούς και **συνδέουν το NM με τον προμήκη μυελό.**

Στη κοιλιακή περιοχή του προμήκη εμφανίζεται ένα ζεύγος δεσμίδων ινών που **κατέρχονται από τον αναπτυσσόμενο εγκεφαλικό φλοιό : ΠΥΡΑΜΙΔΕΣ**

- Οι νευροβλάστες των πτερυγοειδών πετάλων διαφοροποιούνται σε 4 στήλες (γενική/ειδική - σπλαχνική/σωματική προσαγωγός).
- Οι νευροβλάστες των βασικών πετάλων διαφοροποιούνται σε κινητικούς νευρώνες που οργανώνονται σε 3 στήλες.

Μετεγκέφαλος

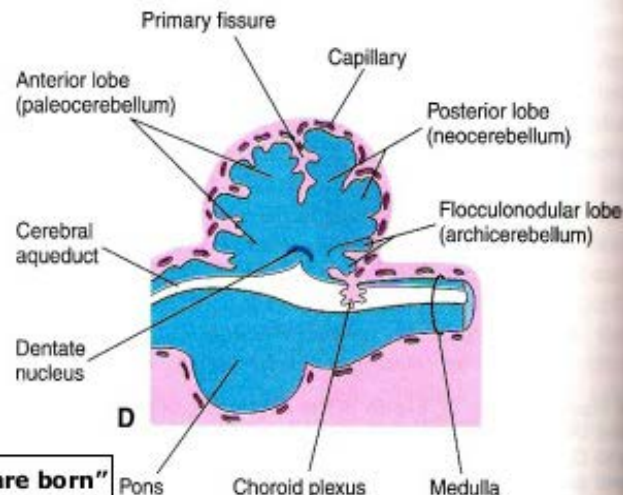
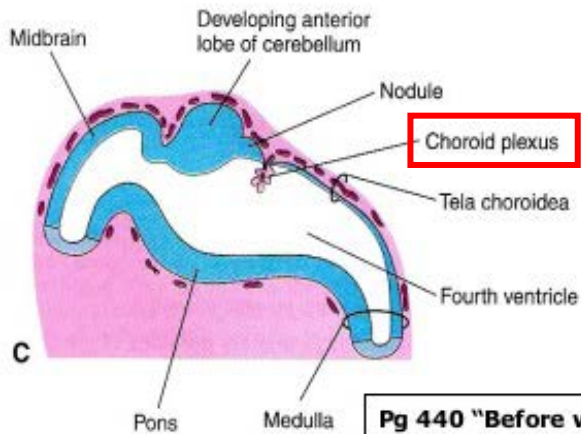
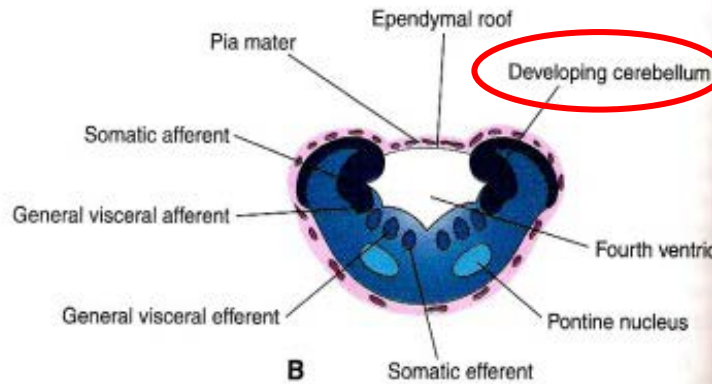
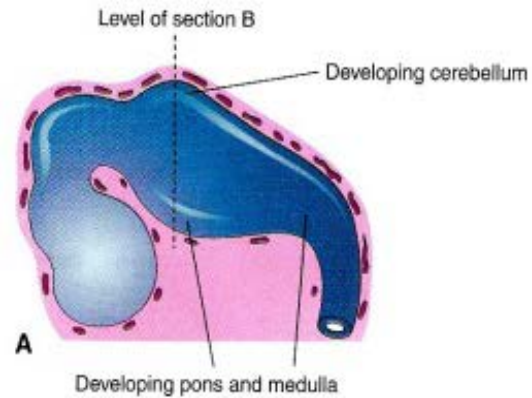
(τοιχώμα)

(κοιλότητα)

Γέφυρα

Παρεγκεφαλίδα

Ανώτερο τμήμα 4^{ης} κοιλίας



Pg 440 "Before we are born"

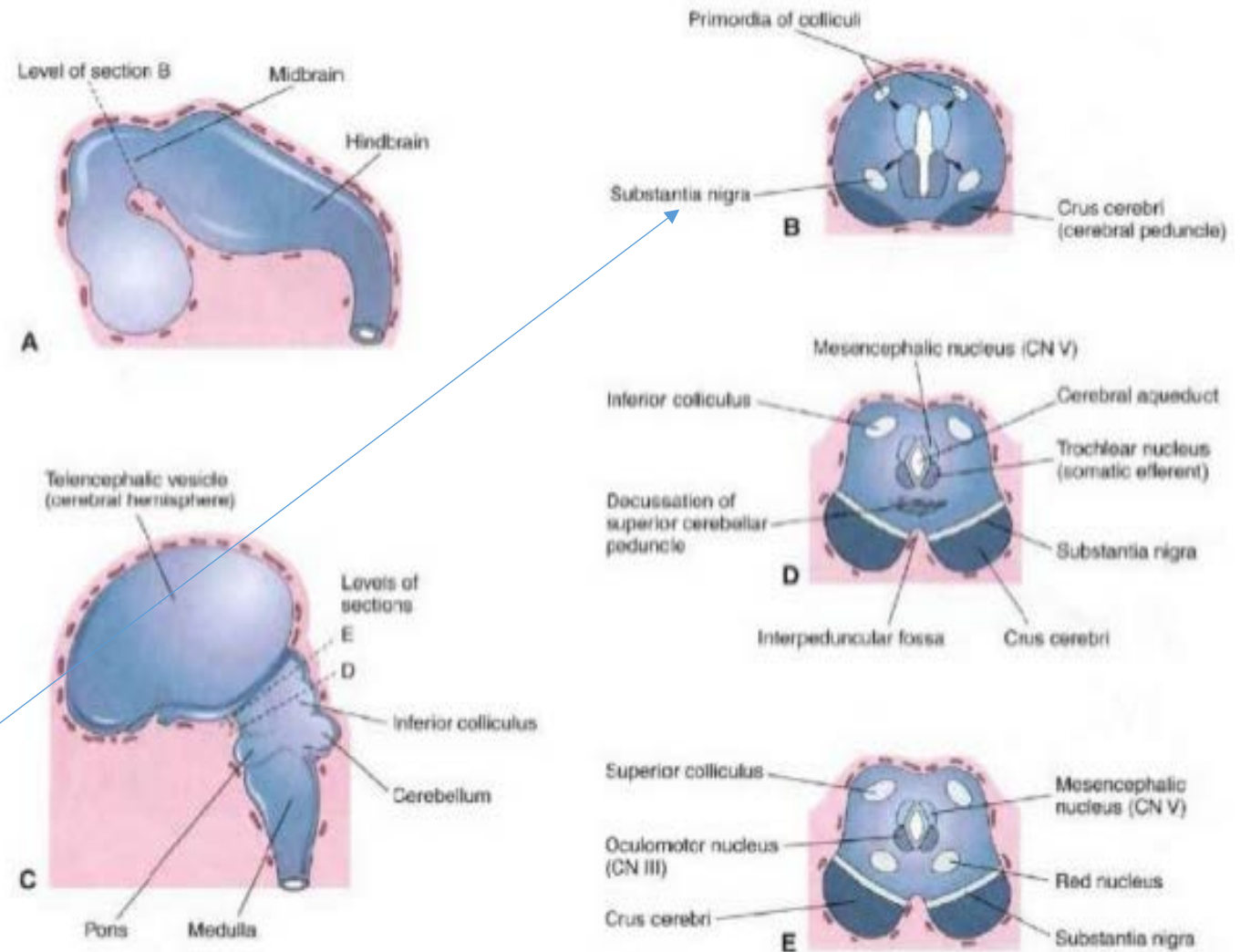
Από τα ραχιαία τμήματα των πτερυγοειδών πετάλων.
Εμφανίζονται 2 επάρματα στο εσωτερικό της 4^{ης} κοιλίας:
παρεγκεφαλιδικά ημισφαίρια => συνένωση στη μέση γραμμή.

Παρεγκεφαλιδικός φλοιός: προκύπτει από νευροβλάστες
διάμεσης ζώνης πτερυγοειδών πετάλων.

Τα χοριοειδή πλέγματα παράγουν το εγκεφαλονωτιαίο υγρό στις κοιλίες. Σχηματίζονται από πτυχές της χοριοειδούς μήνιγγας που εισχωρούν στο εσωτερικό των κοιλιών του εγκεφάλου.

Μεσεγκέφαλος

- Στένωση νευρικού σωλήνα => σχηματισμός **υδραγωγού του Sylvius** (σύνδεση 3^{ης} -4^{ης} κοιλίας).
- Μετανάστευση νευροβλαστών από πτερυγιαία πέταλα μεσεγκεφάλου => εμφάνιση καταβολών διδυμίων => ζεύγη **πρόσθιων και οπίσθιων διδυμίων**.
- Οι νευροβλάστες από τα βασικά πέταλα μεσεγκεφάλου => **ερυθρός πυρήνας, δικτυωτός πυρήνας, πυρήνες 3^{ου} και 4^{ου} εγκεφαλικού νεύρου**.
- Από τα κύτταρα των πτερυγοειδών πετάλων => σχηματίζεται η **μέλαινα ουσία**.



Προσεγκέφαλος

Ανάπτυξη ζεύγους εκκολπωμάτων: τελεγκεφαλικά κυστίδια => καταβολές ημισφαιρίων εγκεφάλου
κοιλότητες τους => πλάγιες κοιλίες

Διεγκέφαλος (ουραίο τμήμα προσεγκεφάλου)

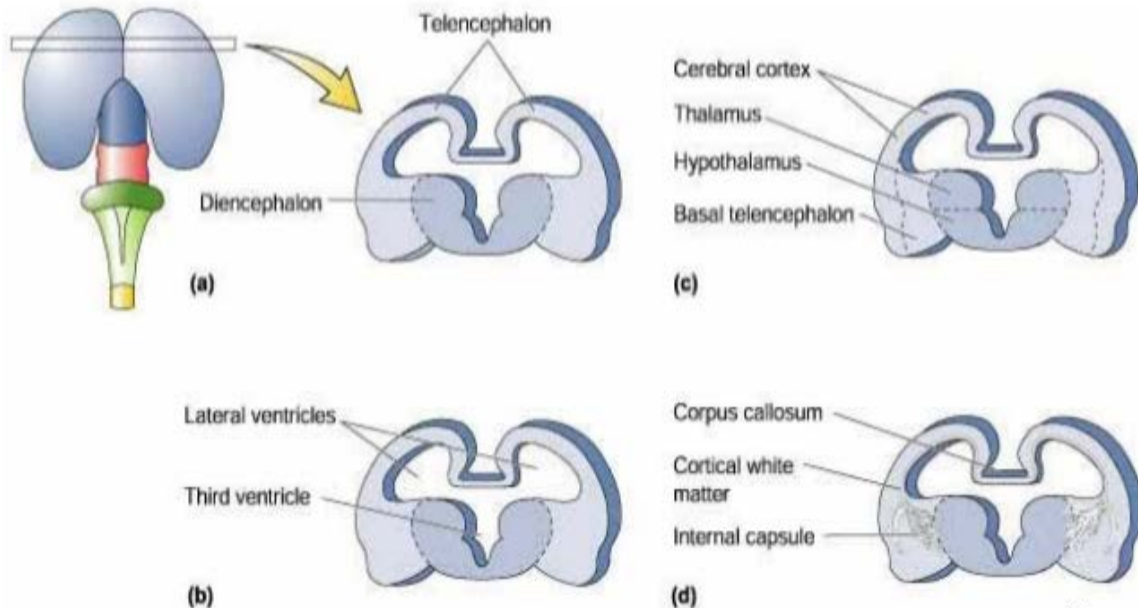
Εμφάνιση 3 επαρμάτων στα πλάγια τοιχώματα της 3^{ης} κοιλίας =>

Θάλαμος
Υποθάλαμος
Επιθάλαμος

Επίφυση

Υπόφυση

2 καταβολές



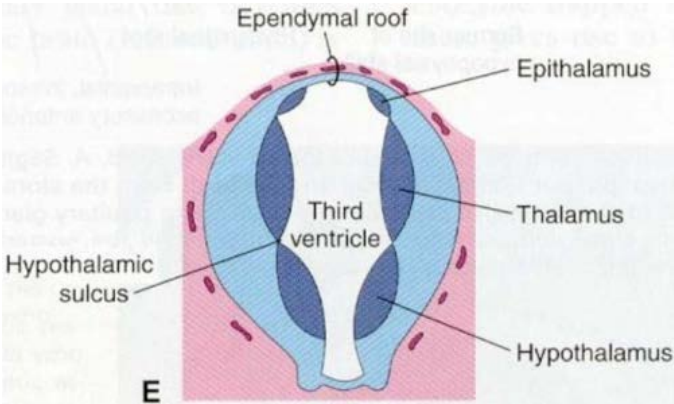
Νευροϋποφυσιακό εκκόλπωμα
διεγκεφάλου
(νευροϋπόφυση)

Εξωδερμικής προέλευσης
εκκόλπωμα από την αρχέγονη
στοματική κοιλότητα
(αδενοϋπόφυση)

A. Μέσο τμήμα → πρόσθιο τμήμα 3ης κοιλίας

B. 2 πλάγια εκκολπώματα = εγκεφαλικά κυστίδια

Τελεγκέφαλος
(κεφαλικό τμήμα προσεγκεφάλου)

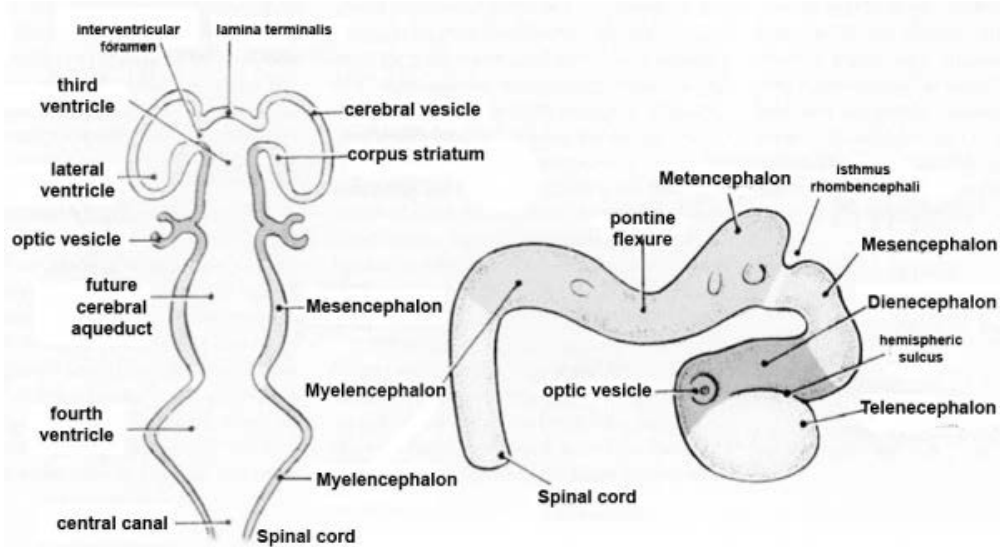
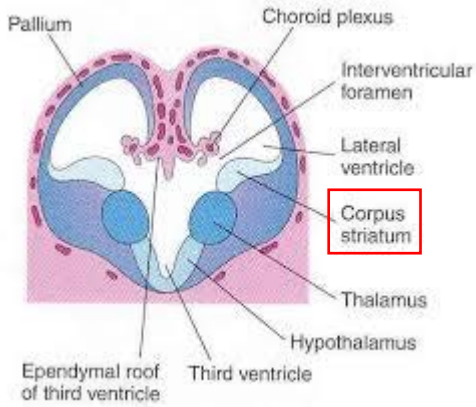


Καταβολές εγκεφαλικών ημισφαιρίων

Το έδαφος του κάθε ημισφαιρίου επεκτείνεται πιο αργά σε σχέση με το τοίχωμα του φλοιού => εγκ. ημισφαίρια σχήμα C.

Αρχικά, επικοινωνούν ευρέως με τη 3η κοιλία. Καθώς επεκτείνονται, καλύπτουν διενκέφαλο, μεσεγκέφαλο και ρομβεγκέφαλο. Τελικά, συναντώνται στη μέση γραμμή.

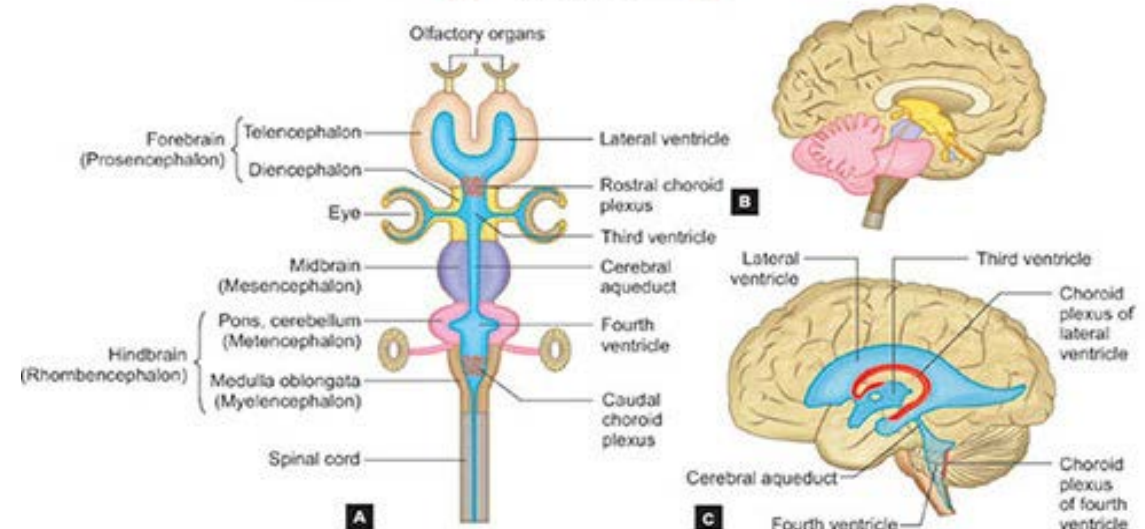
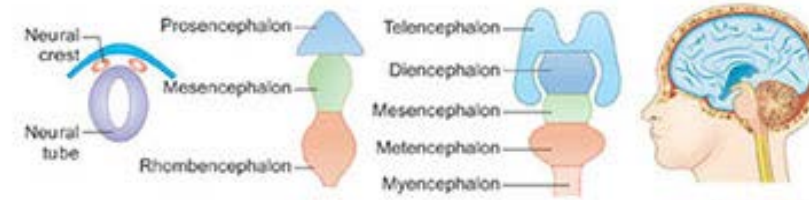
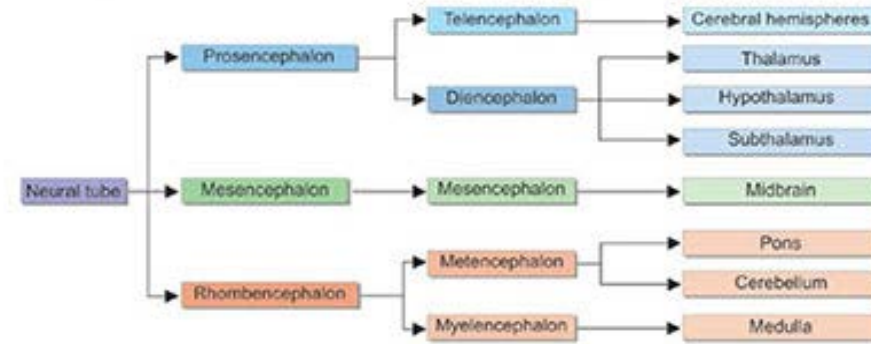
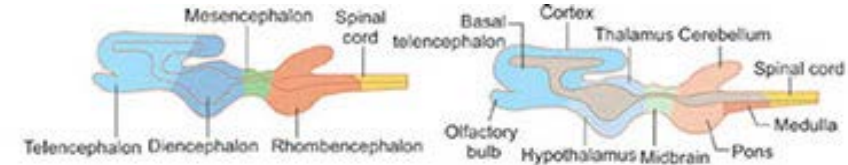
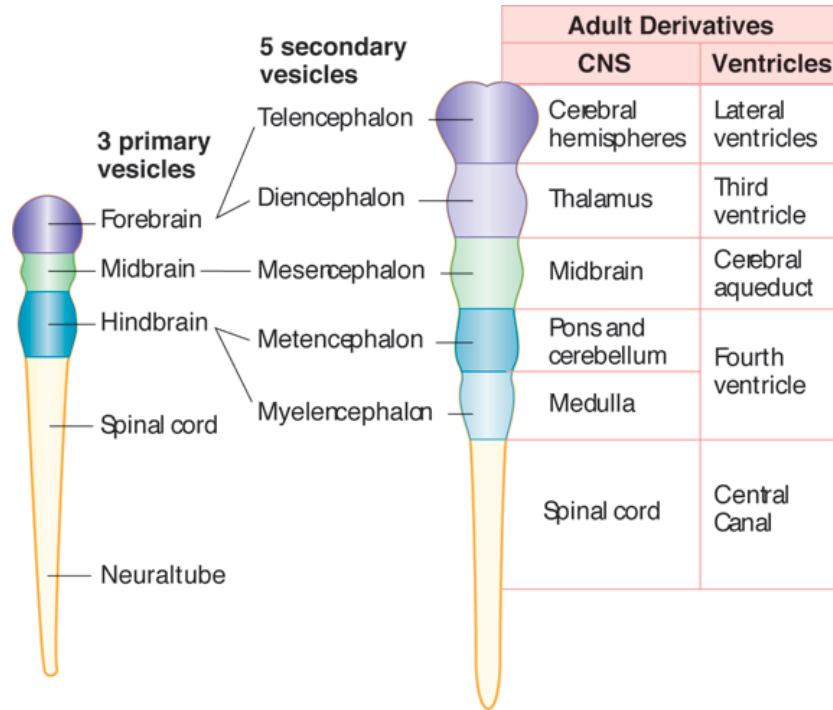
Ραβδωτό σώμα: αναπτύσσεται ως έπαρμα στο έδαφος κάθε ημισφαιρίου



Πρόκειται για ενδιάμεσους σταθμούς για τα διάφορα ερεθίσματα που έρχονται από την περιφέρεια προς τον φλοιό ή αντίστροφα.
Σε κάθε ημισφαίριο υπάρχουν τρεις πυρήνες:
1. **Ραβδωτό σώμα**, 2. Ταινιοειδής πυρήνας, 3. Αμυγδαλοειδής πυρήνας

↓
Διαιρείται από δέσμη νευρικών ινών (έσω κάψα) σε:
Κερκοφόρο & Φακοειδή πυρήνα

Σύνοψη



Εγκεφαλικοί σύνδεσμοι



Νευρικές ίνες που συνδέουν περιοχές των ημισφαιρίων μεταξύ τους

- **Πρόσθιος σύνδεσμος** (συνδέει τον οσφρητικό βολβό του ενός ημισφαιρίου με τον αντίστοιχο του άλλου)
- **Σύνδεσμος ιπποκάμπου** (συνδέει ιπποκάμπειους σχηματισμούς)
- **Μεσολόβιο ή τυλώδες σώμα** (συνδέει περιοχές νεοφλοιού)

Αρχικά, η επιφάνεια των ημισφαιρίων είναι λεία.
Οι αύλακες και οι έλικες εμφανίζονται ώστε να αυξηθεί η επιφάνεια του εγκεφαλικού φλοιού.

Ανάπτυξη ΠΝΣ

Εγκεφαλικά νεύρα
Νωτιαία νεύρα
Σπλαχνικά νεύρα
Εγκεφαλικά γάγγλια
Νωτιαία γάγγλια
Γάγγλια ΑΝΣ

Κύτταρα νευρικής ακρολοφίας

Αισθητικά (σωματικά & σπλαχνικά) κύτταρα ΠΝΣ

Γάγγλια του τριδύμου, του προσωπικού, του
γλωσσοφαρυγγικού, του πνευμονογαστρικού και του
αιθουσαιοκοχλιακού νεύρου.

Γάγγλια του ΑΝΣ

ΝΩΤΙΑΙΑ ΝΕΥΡΑ: σχηματίζονται από νευρικές
ίνες που εκφύονται από τα κύτταρα των
βασικών πετάλων του ΝΜ

Συγκροτούν δεσμίδες για τη νεύρωση ομάδας μυών:
πρόσθια ρίζα νωτιαίων νεύρων.

Η οπίσθια ρίζα νωτιαίων νεύρων προέρχεται από
κύτταρα νευρικής ακρολοφίας => νωτιαία γάγγλια

**Δεσμίδα νευρικών αποφυάδων που εισέρχεται στο
νωτιαίο μυελό και καταλήγει στο οπίσθιο κέρασ της
φαιάς ουσίας.**

Ανάπτυξη εγκεφαλικών νεύρων

12 εγκεφαλικά νεύρα: 3 ομάδες

- A. Σωματικά απαγωγά νεύρα:
1. τροχλιακό
 2. απαγωγό
 3. υπογλώσσιο
 4. οφθαλμοκινητικό

Προέλευση: βασικά πέταλα εγκεφαλικού στελέχους

- B. Νεύρα φαρυγγικών τόξων:
1. τρίδυμο
 2. προσωπικό
 3. γλωσσοφαρυγγικό
 4. πνευμονογαστρικό
 5. παραπληρωματικό

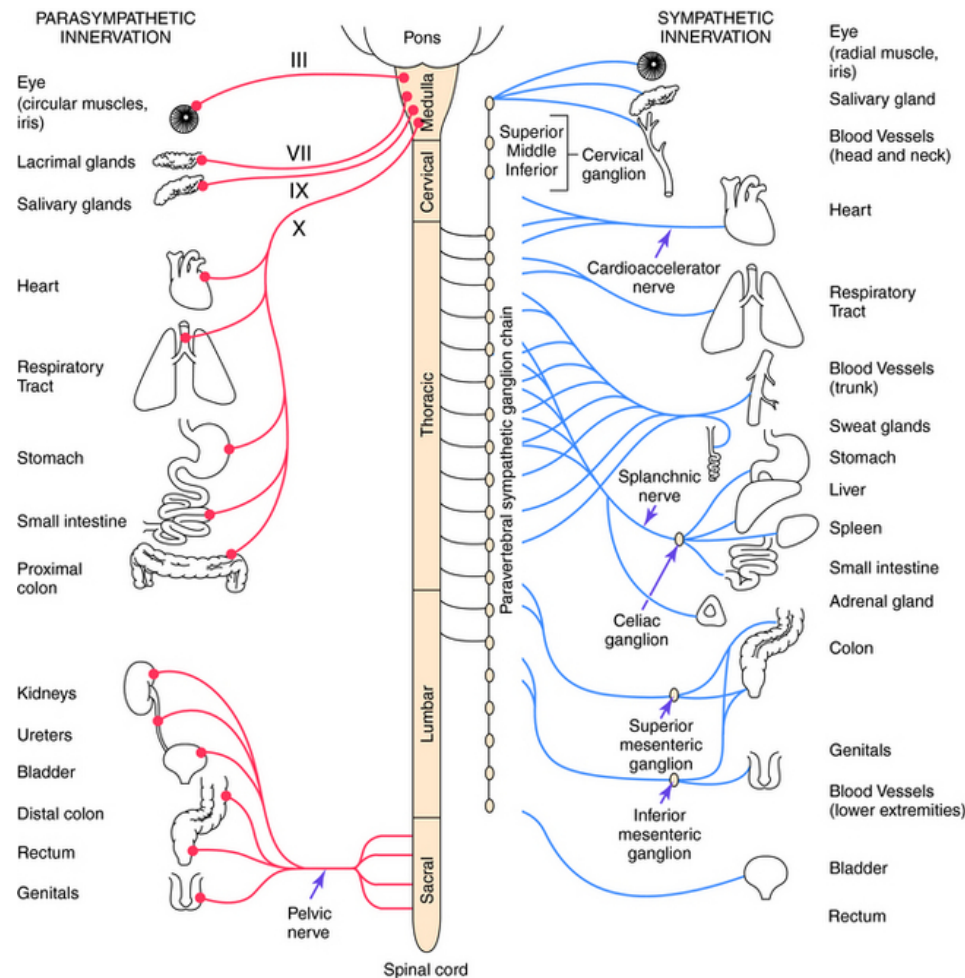
Προέλευση: φαρυγγικά τόξα

- Γ. Ειδικά αισθητικά νεύρα:
1. οσφρητικό
 2. οπτικό
 3. αιθουσαιοκοχλιακό

Ανάπτυξη ΑΝΣ

Παρασυμπαθητικό (κρανιοϊερό)

Συμπαθητικό (θωρακοσφυϊκό)



Ανάπτυξη νευρικών ινών μεταξύ πυρήνων του εγκεφαλικού στελέχους ή της ιερής μοίρας του ΝΜ με τα παρασυμπαθητικά γάγγλια των ανατομικών περιοχών που νευρώνουν.

- Εμφάνιση συμπαθητικών γαγγλίων εκατέρωθεν του ΝΜ, προερχόμενων από κύτταρα νευρικής ακρολοφίας.
- Εμφάνιση προαορτικών γαγγλίων (ίδια προέλευση).
- Εμφάνιση συμπαθητικών πλεγμάτων διάφορων οργάνων (ίδια προέλευση).

