



ΒΙΟ 101 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΖΩΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΔΙΔΑΣΚΩΝ

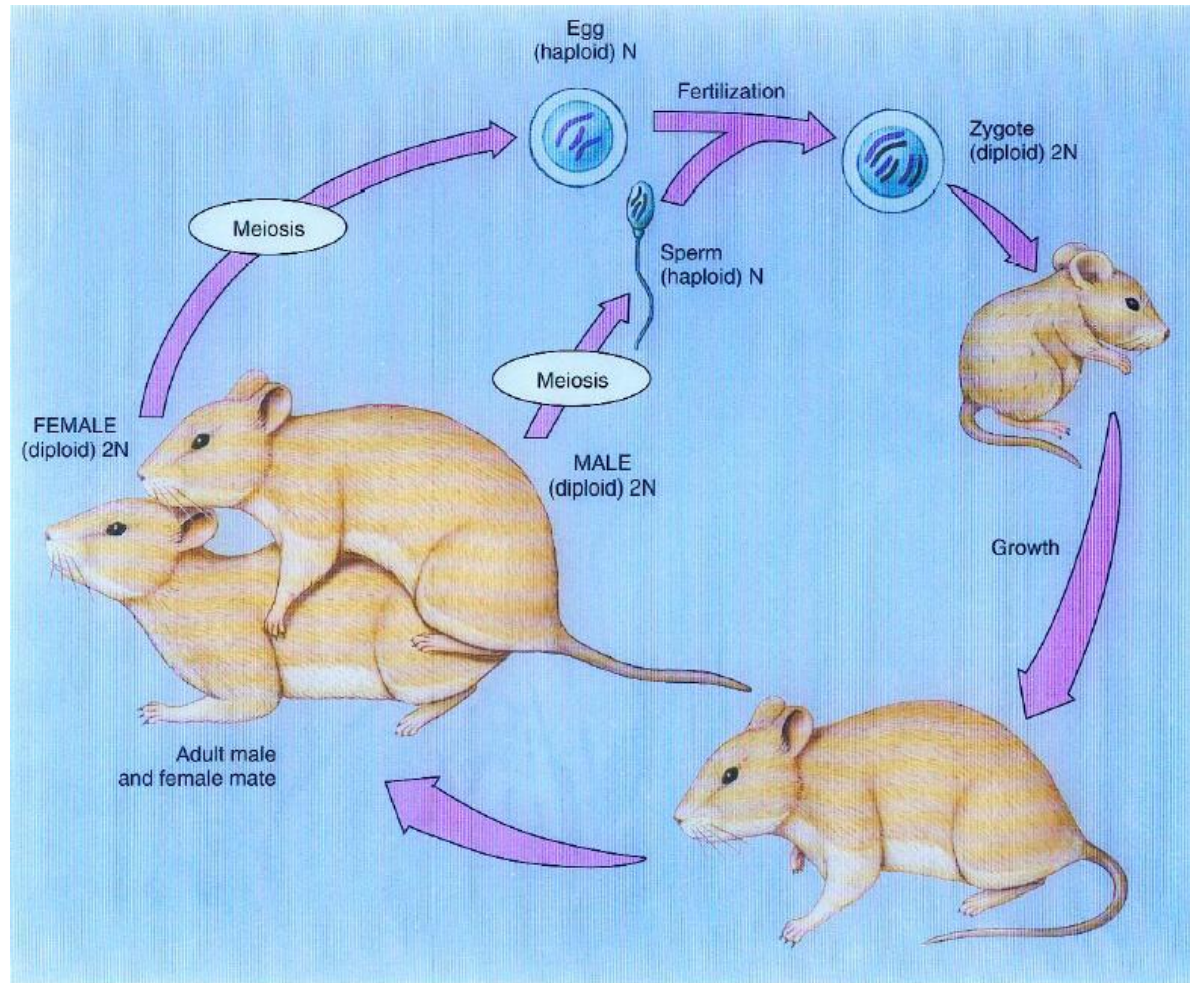
Μιχάλης Παυλίδης (pavlidis@biology.uoc.gr)

Ηράκλειο, Νοέμβριος 2015

Αμφιγονική Αναπαραγωγή

- Δίοικοι οργανισμοί
- Ο κάθε γονέας έχει το δικό του σύστημα αναπαραγωγής & παράγει μόνο ένα είδος γενετικών κυττάρων, ωάριο ή σπερματοζωάριο
- Η δημιουργία απογόνων γίνεται μετά από την ένωση γαμετών που προέρχονται από δύο γενετικά διαφορετικά άτομα
- Μερικά ασπόνδυλα, σπονδυλωτά

Κύκλος Ζωής Εγγενώς Αναπαραγόμενων Οργανισμών



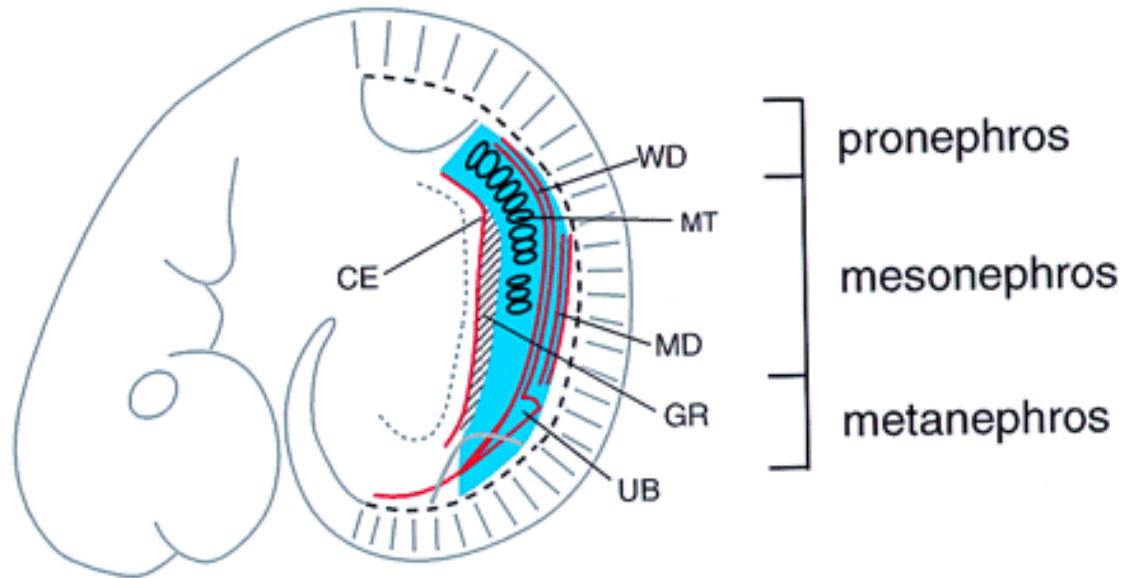
Αμφιγονική vs. Αγενούς Αναπαραγωγής

- (-) 1. Υψηλό κόστος σε ενέργεια
 - 2. Υψηλό κόστος σε χρόνο
 - 3. Υψηλό βιολογικό κόστος
 - «κόστος της μείωσης»
 - δημιουργία ♂ πολλά από τα οποία δεν αναπαράγονται επιτυχώς
 - μικρός αριθμός απογόνων
 - 4. Πολύπλοκη σεξουαλική συμπεριφορά
- (+) Ποικιλομορφία (μέσω της ανακατάταξης & του ανασυνδυασμού του γονιδιώματος)

ΦΥΛΕΤΙΚΟΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ - ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ

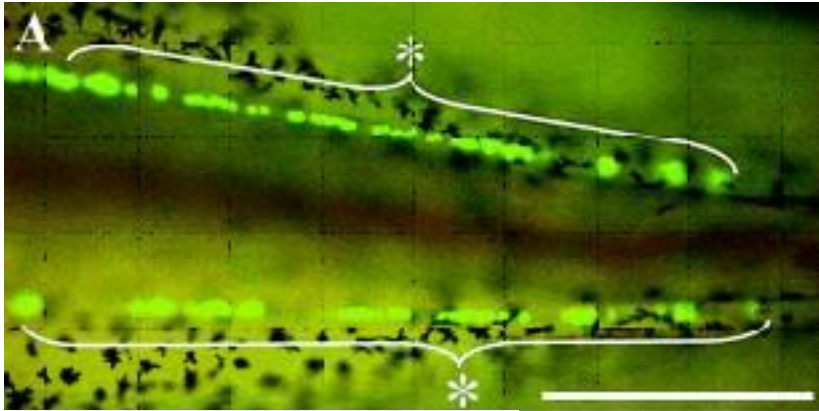
- **Φυλετικός καθορισμός** (Sex determination)
Μηχανισμοί που κατευθύνουν τη φυλετική διαφοροποίηση
- **Φυλετική διαφοροποίηση** (Sex differentiation)
Ανάπτυξη όρχεων & ωοθηκών από αδιαφοροποίητη ή αμφιδυναμική γονάδα

Οντογένεση των Γονάδων στα Σπονδυλόζωα

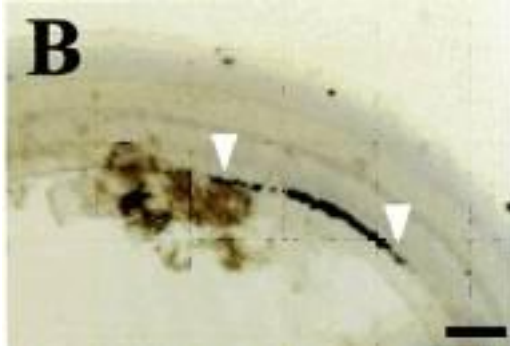


- Κόκκινο: Επιθηλιακές δομές
- Μπλέ: Μεσεγχυματικές δομές
- Γραμμώσεις: Γεννητικό έπαρμα (**GR : genital ridge**)
- WD: Αγωγός Wolff; MD: Αγωγός Müller
- MT: Μεσονεφρικά σωληνάκια; UB: ουρητικός κάλυκας;
- CE: σπλαχνικό επιθήλιο

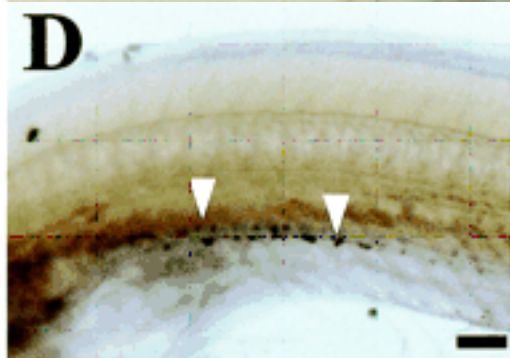
Γεννητικό Έπαρμα & PGCs



A. Γεννητικά επάρματα (*) σε διαγωνιδιακή ιριδίζουσα πέστροφα. Κοιλιακή κάτοψη της σωματικής κοιλότητας (το πρόσθιο άκρο του ψαριού είναι αριστερά)



Αρχέγονα Γεννητικά Κύτταρα (βέλη)
(Primordial germ cells – PGCs)
B: 70-σωμίτες έμβρυο (14 dpf)

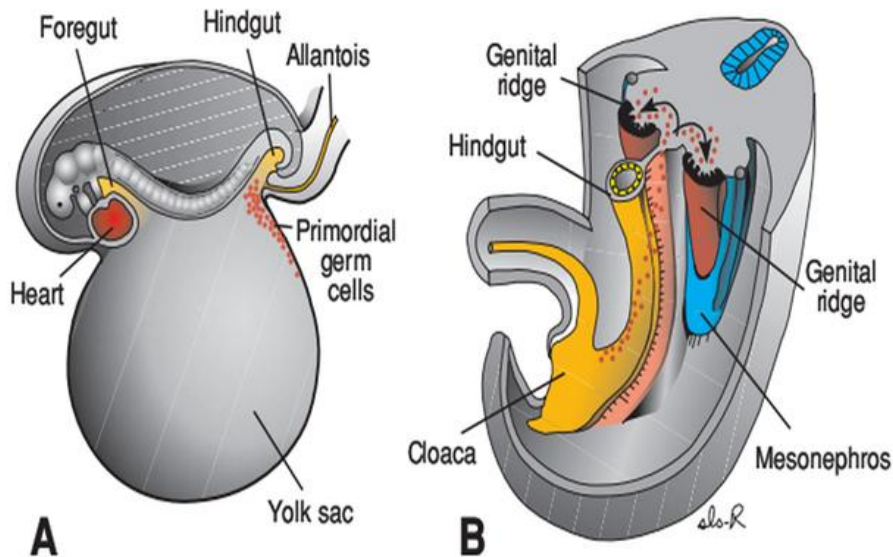


D: έμβρυο στο στάδιο του οφθαλμού (25 dpf)

(Takeuchi et al., 2002. Biol. Repro., 67, 1087-1092)

Πρωτογενής Φυλετικός Καθορισμός

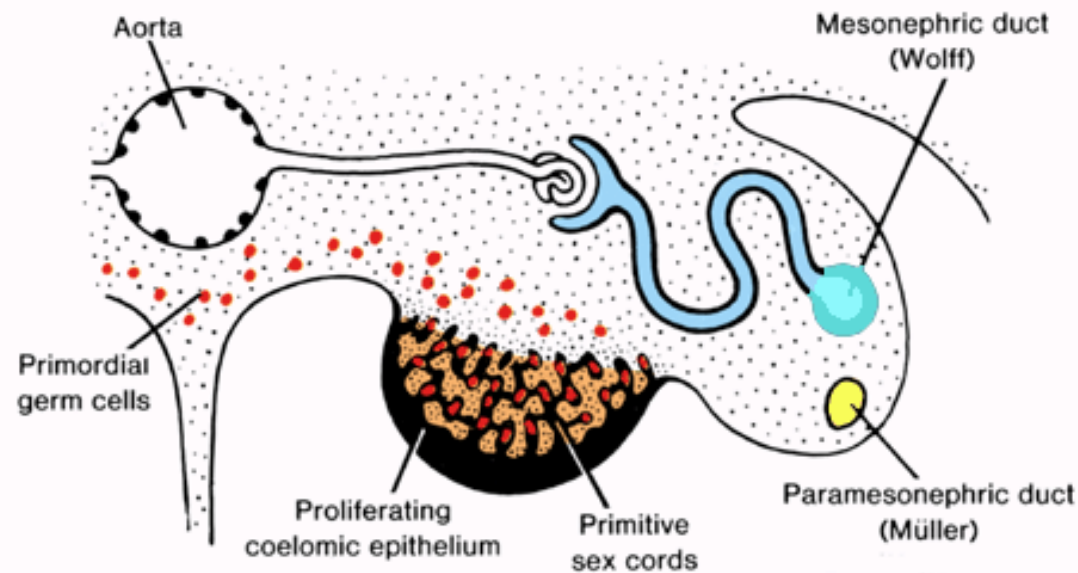
- Ενδιάμεσο μεσόδερμα → Γεννητικό έπαρμα → Αδιαφοροποίητη γονάδα
- Ενδόδερμα → PGCs → Βλαστοκυτταρική σειρά



A. A 3-week-old embryo showing the primordial germ cells in the wall of the yolk sac close to the attachment of the allantois. **B.** Migrational path of the primordial germ cells along the wall of the hindgut and the dorsal mesentery into the genital ridge.

Ποιος είναι ο ρόλος των δύο διαφορετικών αγωγών ?

- Αγωγός Wolff
παροχέτευση του εμβρυικού μεσόνεφρου
- Αγωγός Müller
καμία ειδική εμβρυική λειτουργία



Διαφοροποίηση των Αγωγών

Αγωγός	Αρσενικά	Θηλυκά
Wolff	¹ Επιδιδυμίδα Εκφορητικός αγωγός Σπερματοδόχος κύστη	² Εκφυλισμός
Müller	³ Εκφυλισμός	⁴ Ωαγωγοί, Σάλπιγγες, Μήτρα Τράχηλος, Κόλπος

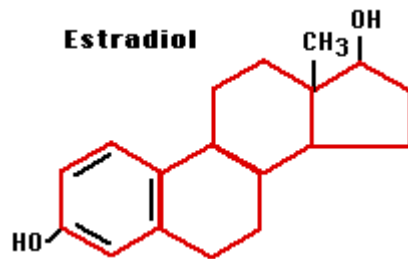
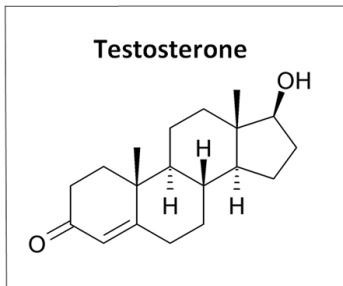
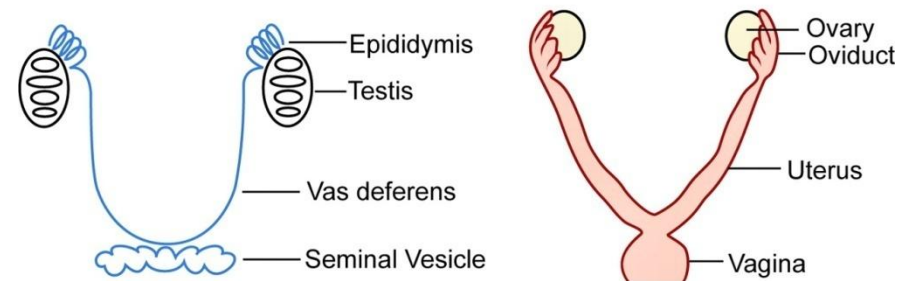
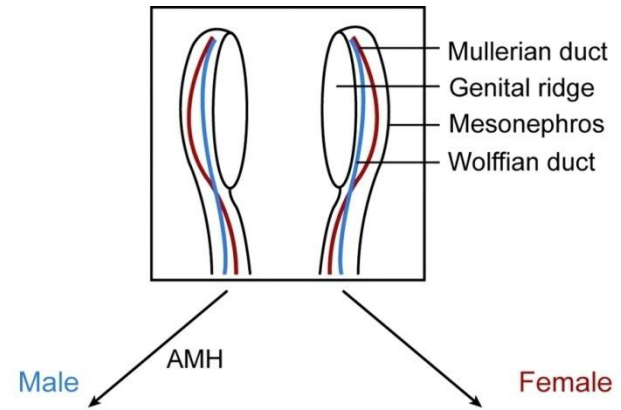
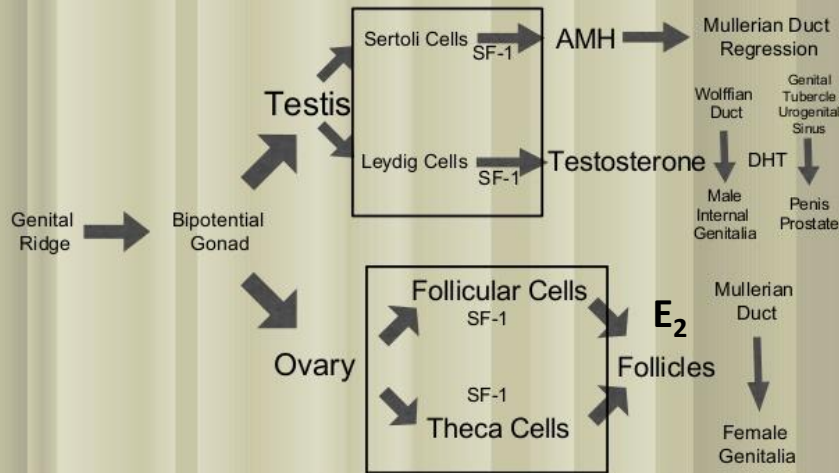
¹ Λόγω της παραγωγής **τεστοστερόνης** από τα κύτταρα Leydig cells

² Λόγω της απουσίας **τεστοστερόνης**

³ Λόγω της παραγωγής **AMH** (ή MIF) από τα κύτταρα Sertoli

⁴ Λόγω της παραγωγής **οιστραδιόλης** από την εμβρυική ωοθήκη

Normal Sexual Differentiation

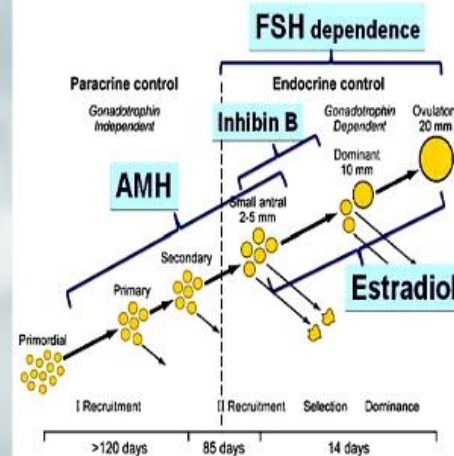


Anti-Müllerian Hormone (AMH)

- Γλυκοπρωτεΐνη
- Εμφανίζεται στα ♀ κατά την εφηβεία
- Ρόλος: παρεμποδίζει την «στρατολόγηση» μεγάλου αριθμού ωοθηλακίων
- Η συγκέντρωση της δεν επηρεάζεται από τη φάση του έμμηνου κύκλου



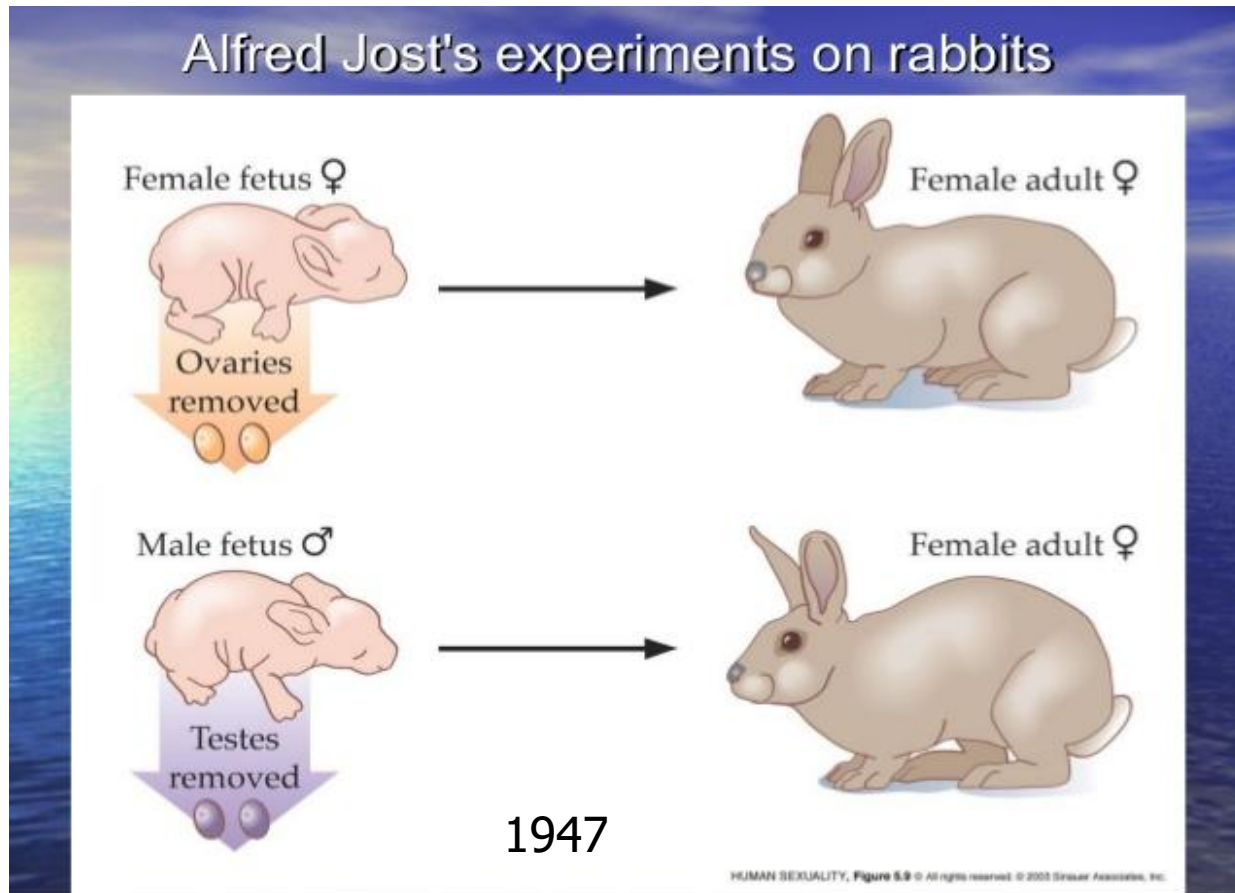
Ovarian Reserve
= remaining population of primordial and resting follicles



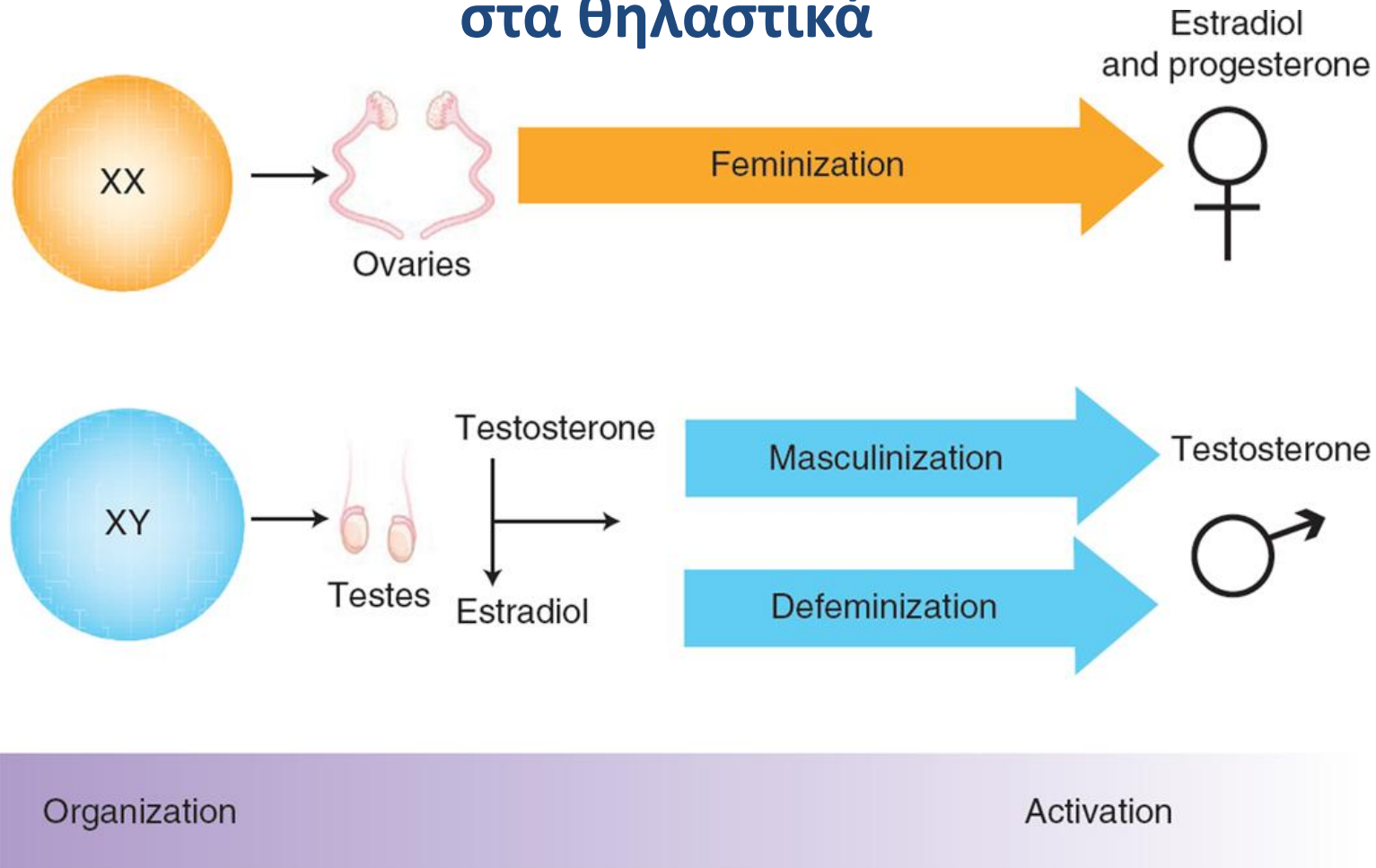
Anti-Mullerian Hormone levels are correlated with the number of follicles at gonadotropin independent stage.

La Marca et al. Hum Reprod 2009

Does femaleness represents the “default” state?



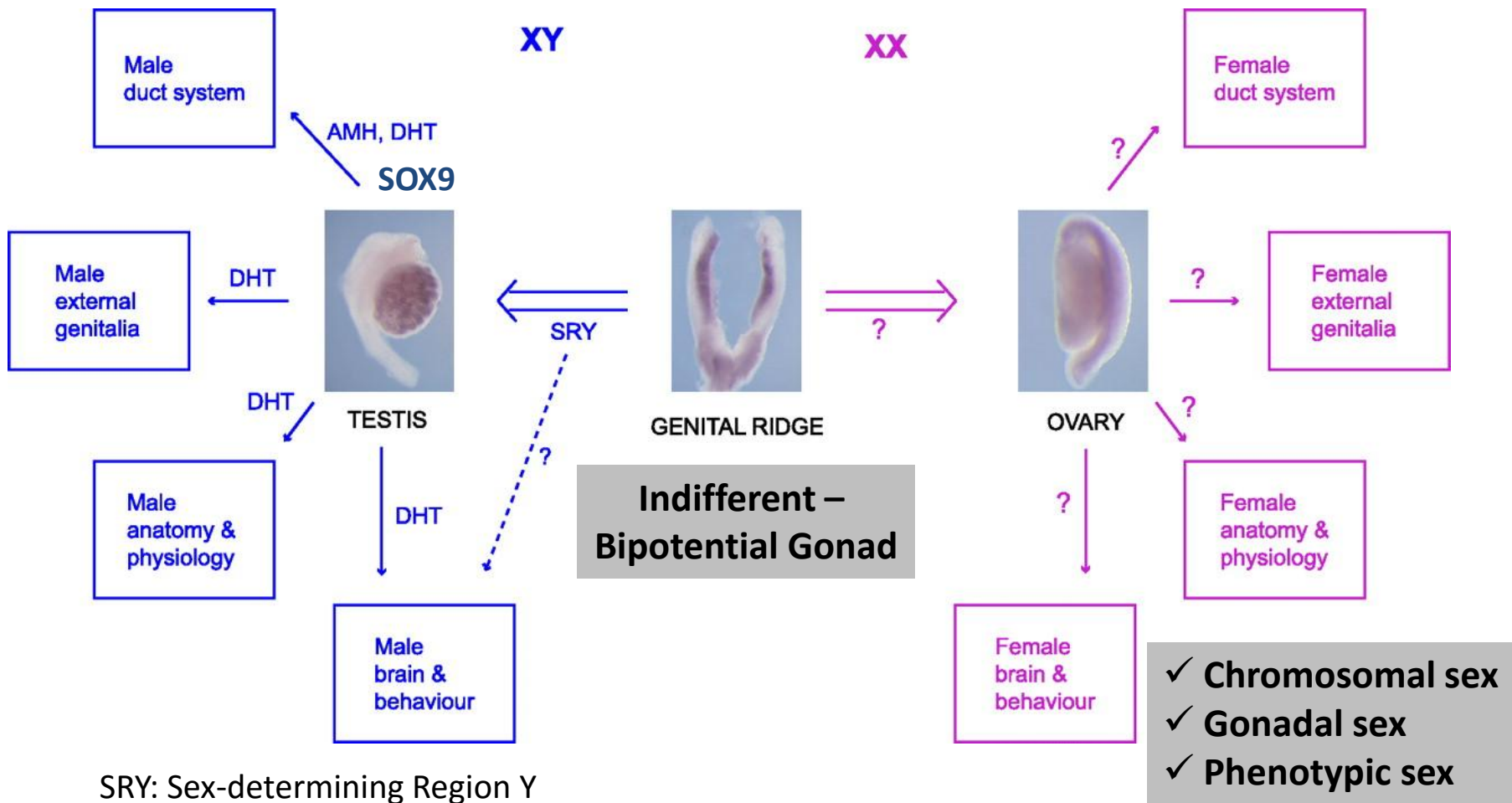
Κλασικό μοντέλο φυλετικής διαφοροποίησης στα θηλαστικά



Άνθρωπος

- Το φύλο καθορίζεται χρωμοσωμικά κατά τη γονιμοποίηση
- Οι πρώτες φυλετικές διαφορές παρατηρούνται κατά την 7^η εβδομάδα της κύησης

Σύγχρονο μοντέλο φυλετικής διαφοροποίησης στα θηλαστικά

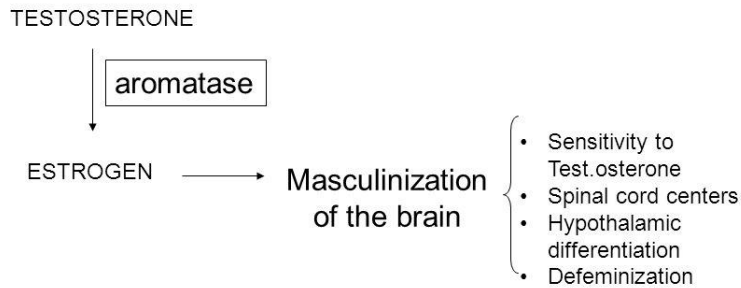


SRY: Sex-determining Region Y

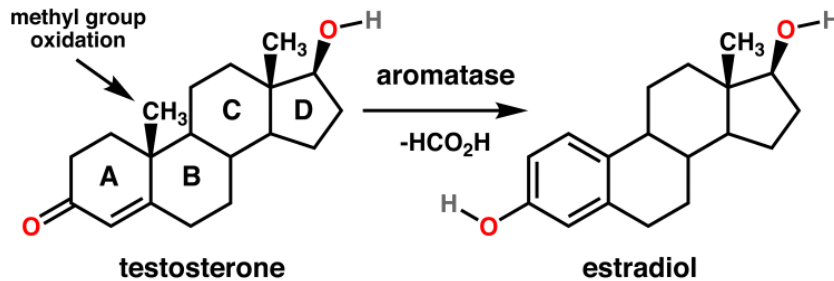
DHT: 5 α -dihydrotestosterone

Aromatization hypothesis

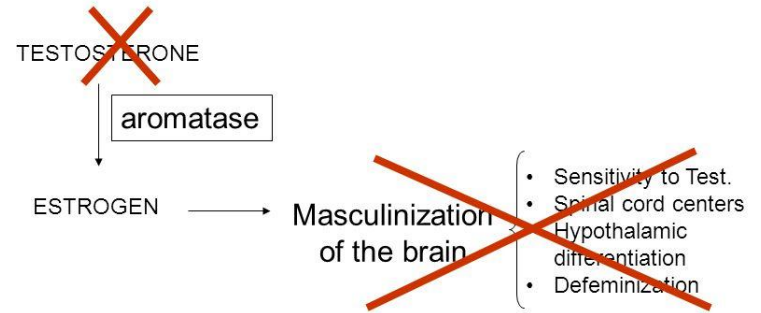
Sexual differentiation of the brain



MALE

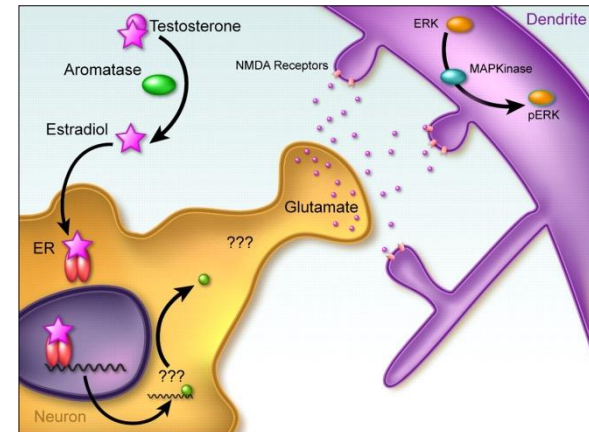


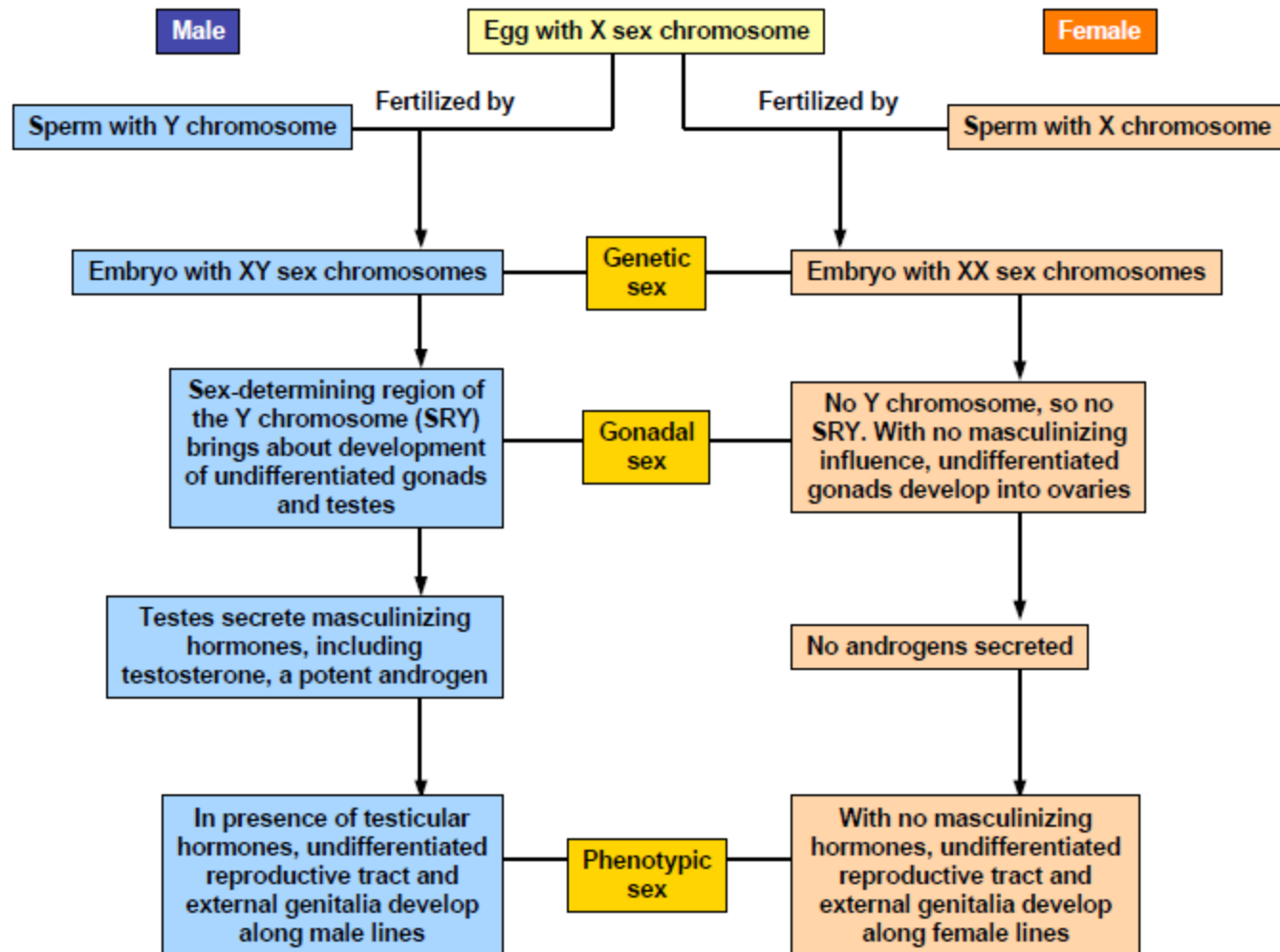
Sexual differentiation of the brain



FEMALE

Circulating maternal estrogen? Attached to alpha-fetoprotein, does not get into the fetus brain





Chapter 7 Human Heredity by Michael Cummings ©2006 Brooks/Cole-Thomson Learning

Stepped Art
Fig. 7-13, p.168



Μηχανισμοί Φυλετικής Διαφοροποίησης

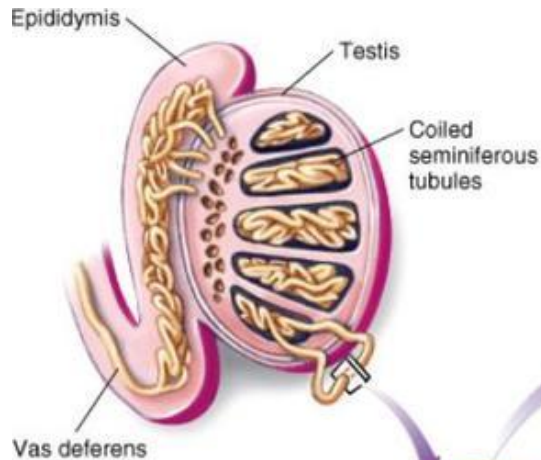
- Γενετικοί
- Ενδοκρινικοί & μοριακοί
- Περιβαλλοντικοί
- Κοινωνικοί

ΓΑΜΕΤΟΓΕΝΕΣΗ

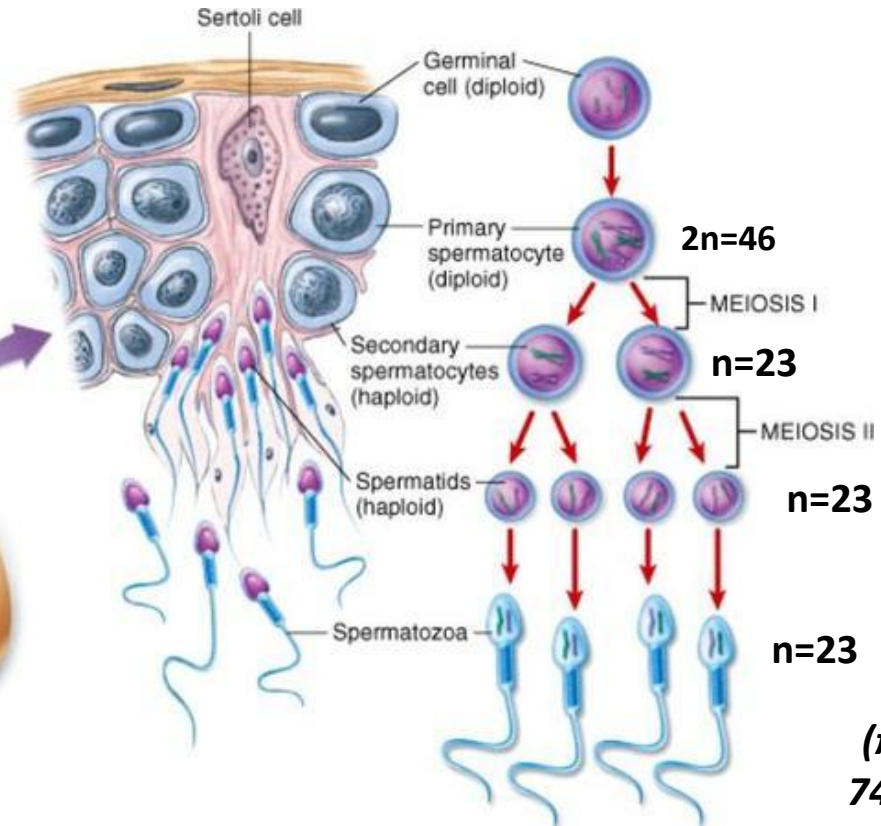
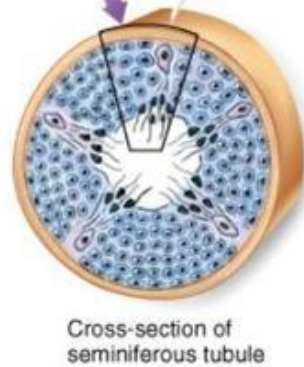
- Η διαδικασία που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ώριμων γαμετών
- **Σπερματογένεση** = η διαδικασία παραγωγής στους όρχεις, σπερματοζωαρίων από σπερματογόνια
- **Ωογένεση** = η διαδικασία παραγωγής στις ωοθήκες ωαρίων από ωογόνια

Σπερματογένεση

Επιδυμίδα



Εκφορητικός
αγωγός (Wolf)



1

4

(περίπου
74 ημέρες)

- Μεγάλη μείωση του κυτταροπλάσματος
- Σχηματισμός μεσαίου τμήματος
- Συμπύκνωση του πυρήνα στην κεφαλή

- Διαμόρφωση ουράς
- Ακρόσωμα

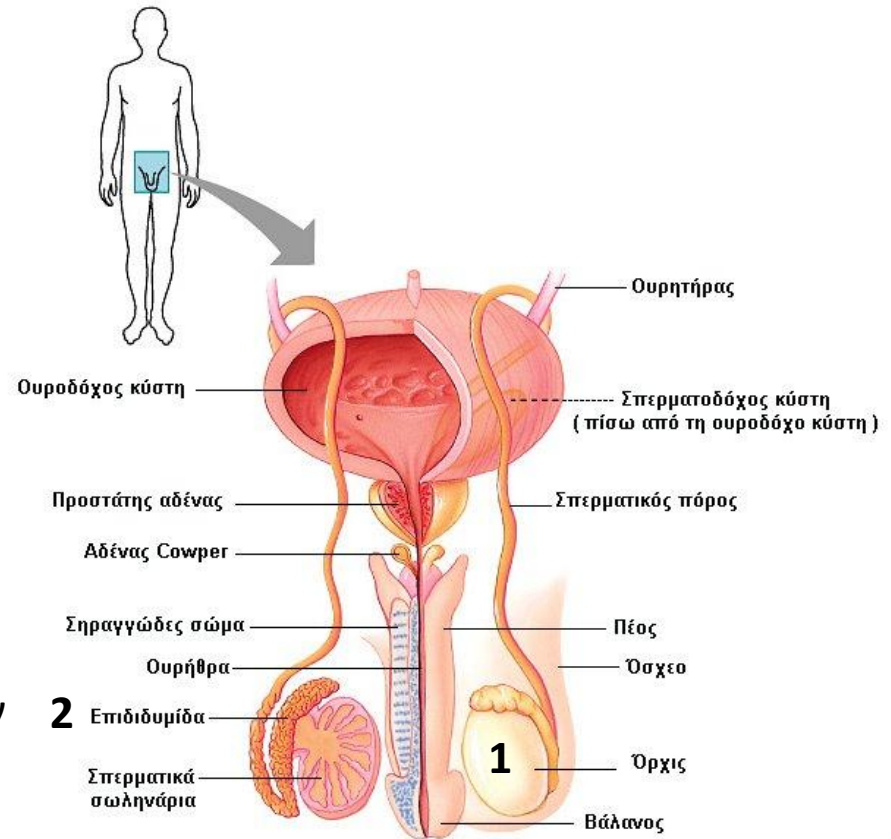
Ανατομία ανδρικού Αναπαραγωγικού συστήματος (πρόσθια όψη)

1. Όρχεις

- Σπερματοζωάρια
- **Ανδρογόνα**

2. Επιδιδυμίδες

- Προσωρινές αποθήκες σπερματοζωαρίων
- Παραγωγή εκκρίματος
 - Διευκολύνει την κίνηση των σπερματοζωαρίων
 - Παρέχει θρεπτικά συστατικά
 - Περιέχει **προσταγλανδίνες** οι οποίες διεγείρουν τη σύσπαση των λείων μυϊκών ινών της μήτρας και βοηθούν στην προώθηση του σπέρματος



τα σπερματοζωάρια που μπαίνουν στην επιδιδυμίδα κάνουν τη διαδρομή αυτή (≈ 7 μέτρα) σε 12–14 ημέρες

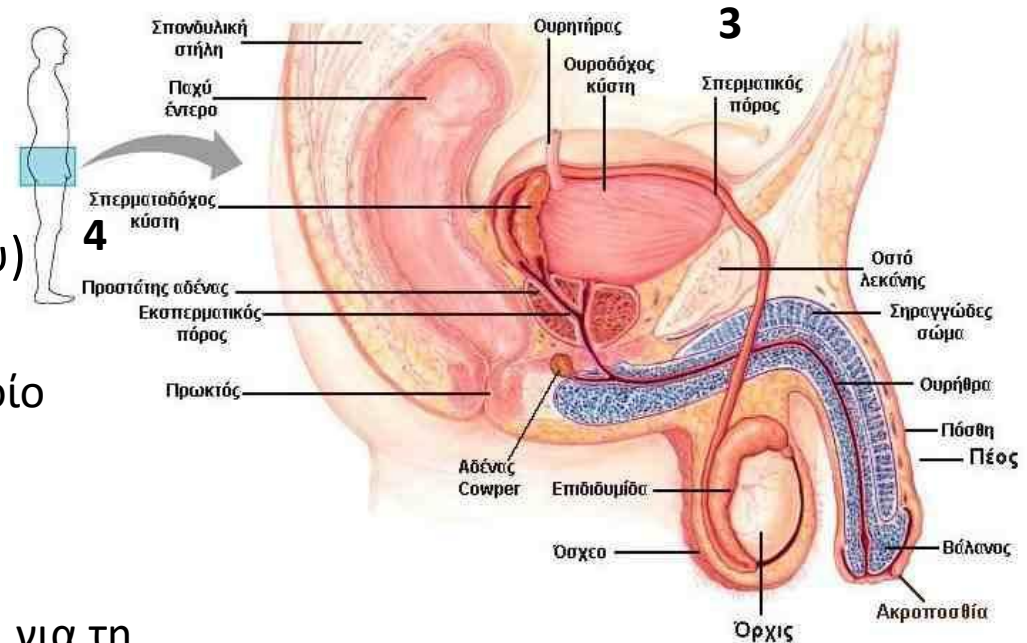
Ανατομία ανδρικού γεννητικού συστήματος (πλάγια όψη)

3. Σπερματικός πόρος (ΣΠ)

- Αγωγός (≈ 45 cm) που οδηγεί τα σπερματοζωάρια στην ουρήθρα και καταλήγει στον εκσπερματικό πόρο

4. Σπερματοδόχος κύστη

- Τυφλή προεξοχή του ΣΠ που εκκρίνει υγρό (70-80% του όγκου του σπέρματος/σπερματικού υγρού)
 - Προσφέρει όγκο στο σπέρμα, το οποίο βοηθάει έτσι στην προώθηση των σπερματοζωαρίων προς τα έξω
 - Περιέχει **φρουκτόζη**, που χρησιμεύει για τη θρέψη των σπερματοζωαρίων
 - Περιέχει μια ουσία που προκαλεί πήξη του σπέρματος, αμέσως, μετά την εκσπερμάτιση



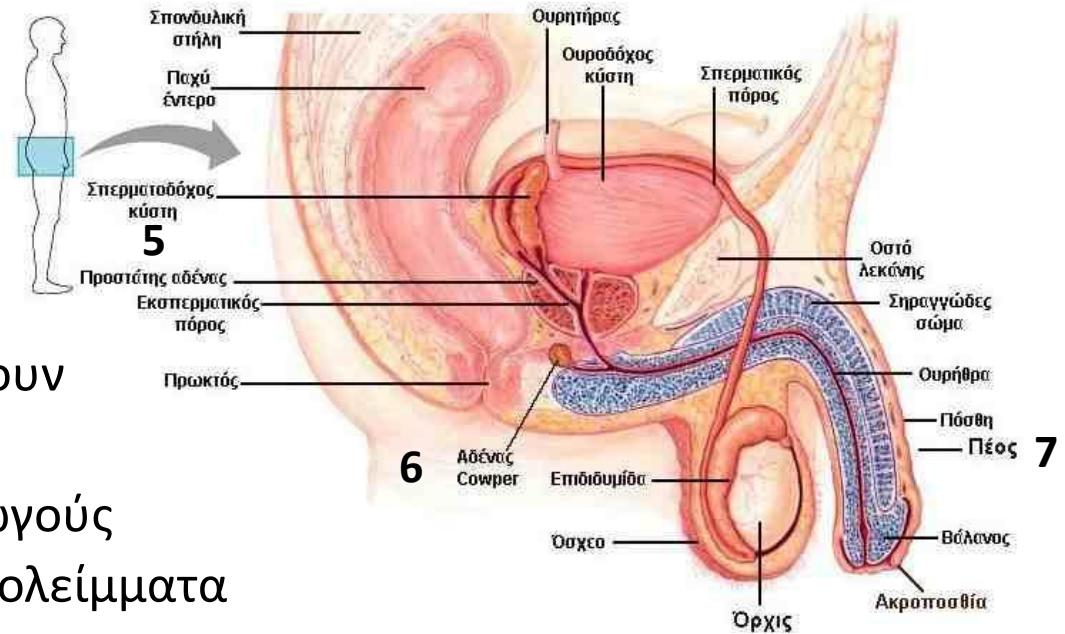
5. Προστάτης

- Παράγει το προστατικό υγρό (20-30% του όγκου του σπέρματος), το μέσο δηλαδή όπου θα κινηθούν τα σπερματοζωάρια. Περιέχει το ειδικό προστατικό αντιγόνο (PSA).

Μετατροπή τεστοστερόνης σε διϋδροτεστοστερόνη (DHT)

6. Αδένες Cowper ή Βολβουρηθραίοι αδένες

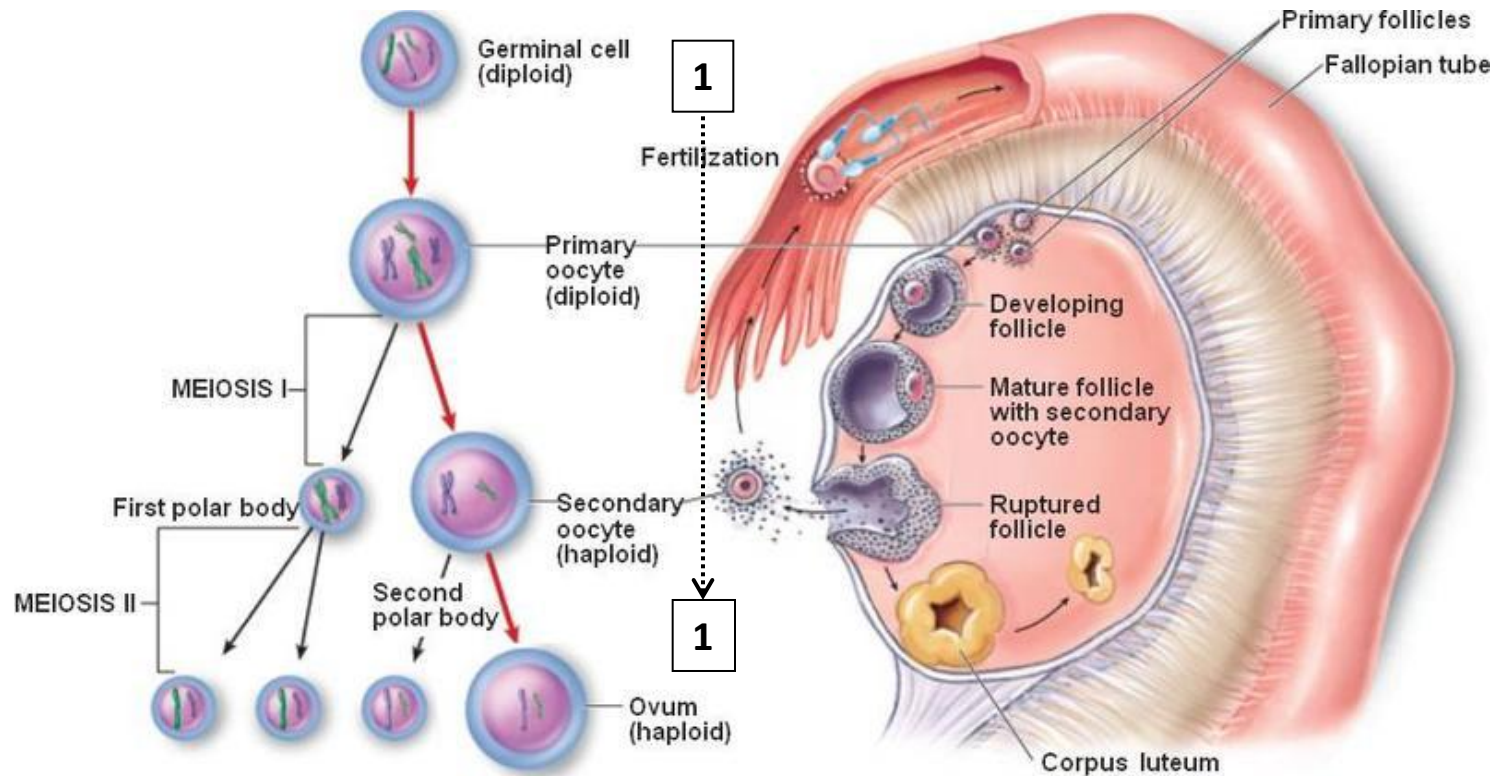
- Εξωκρινείς αδένες που παράγουν έκκριμα, το οποίο
 - Διατρέφει & λιπαίνει τους αγωγούς
 - Εξουδετερώνει όσα (όξινα) υπολείμματα ούρων έχουν παραμείνει στην ουρήθρα



7. Πέος

- Εξωτερικό γεννητικό όργανο

Ωογένεση



Η διαδικασία της ανάπτυξης **διακόπτεται** στην Πρόφαση I της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης & η **μείωση συνεχίζεται**

- Ωορρηξία (πτηνά & περισσότερα θηλαστικά) ή
- Μετά τη γονιμοποίηση (πολλά ασπόνδυλα, τελεόστεοι, αμφίβια, ερπετά)

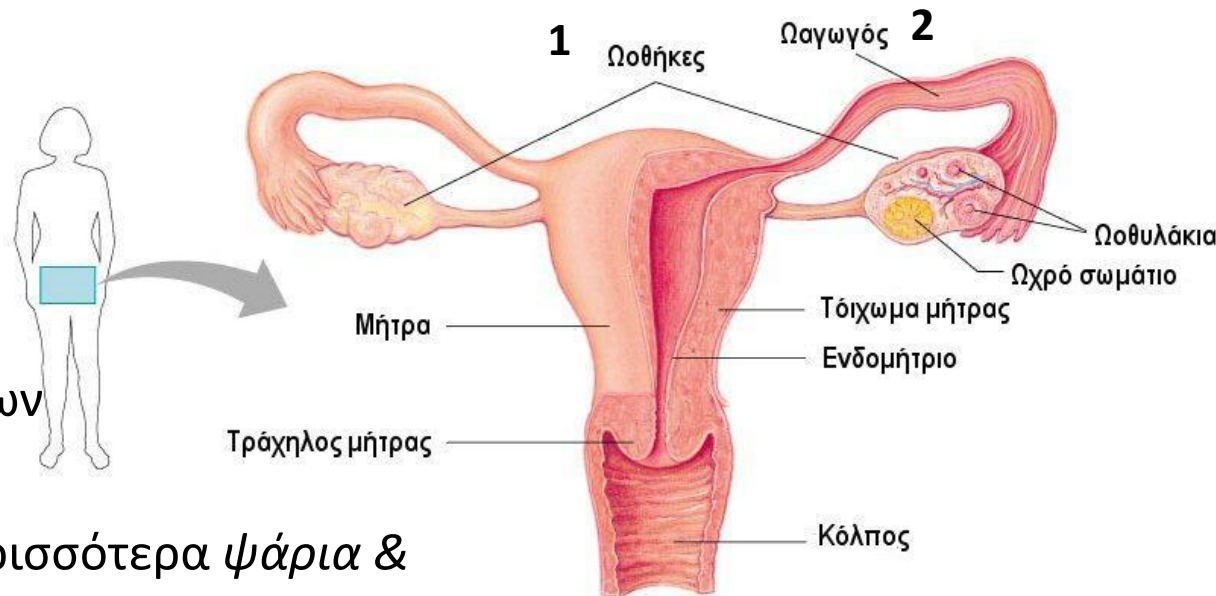
Ανατομία γυναικείου γεννητικού συστήματος

1. Ωοθήκες

- Ωάρια
- Οιστρογόνα
- Προγεστερόνη

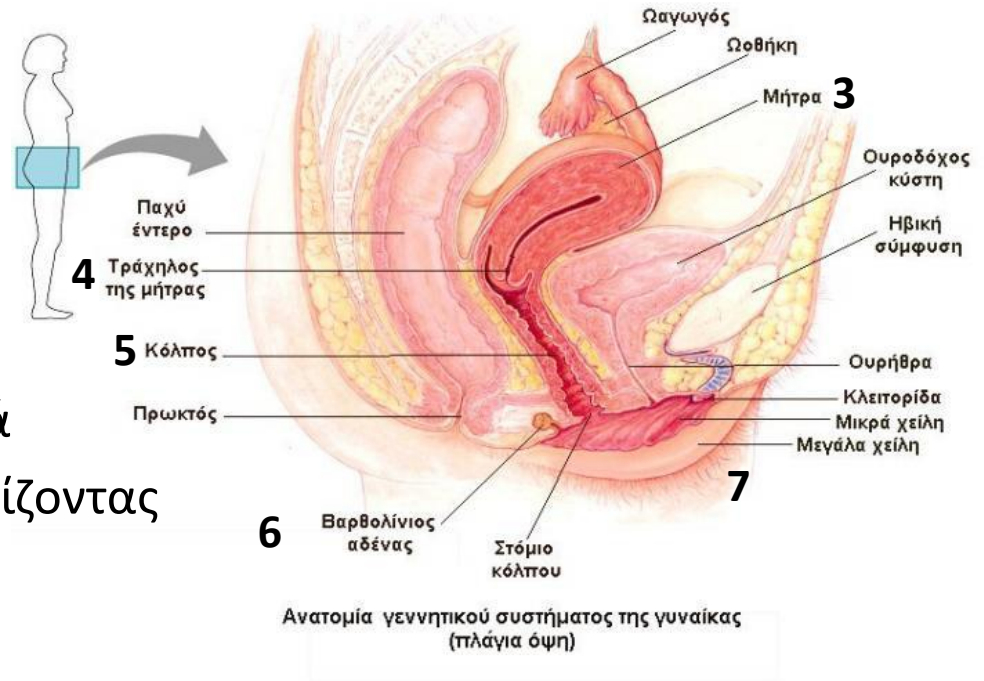
2. Ωαγωγός ή σάλπιγγα

- Μεταφορά ώριμων ωαρίων
- Το τελικό άκρο είναι:
 - Αδιαφοροποίητο: στα περισσότερα ψάρια & στα αμφίβια
 - Φέρει εξειδικευμένες δομές για την παραγωγή αλβουμίνης και του κελύφους: *Χονδριχθύες, Ερπετά & Πτηνά*
 - Καταλήγει στην μήτρα, όπου και φυλάσσονται τα αυγά πριν εκκολαφθούν ή παραμένουν τα έμβρυα μέχρι την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους: *Ερπετά, Πτηνά, Θηλαστικά*



3. Μήτρα

- Παχέα μυώδη τοιχώματα
- Άφθονα αιμοφόρα αγγεία
- Εσωτερικά επενδύεται από το ενδομήτριο
- Ποικίλλει στα διάφορα θηλαστικά
- Προβάλλει προς τον κόλπο σχηματίζοντας τον **τράχηλο (4)**



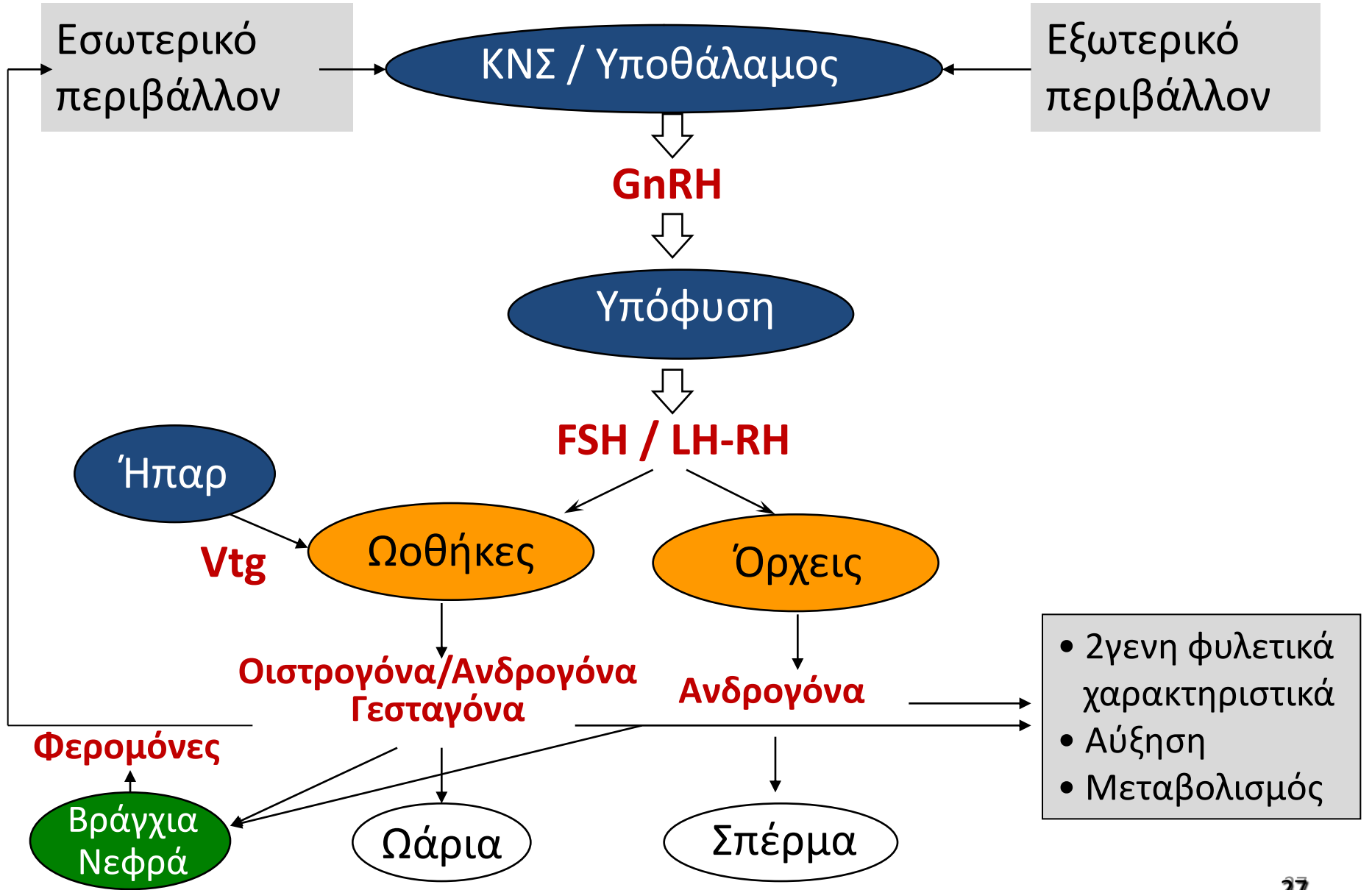
5. Κόλπος

- Μυώδης σωλήνας προσαρμοσμένος για την είσοδο του πέους
- Δίαυλος τοκετού κατά την εξώθηση του εμβρύου

6. Βορθολίνιος αδένας: έκκριση υγρού που βοηθά στη λίπανση του κόλπου

7. Αιδοίο: εξωτερικό γεννητικό όργανο

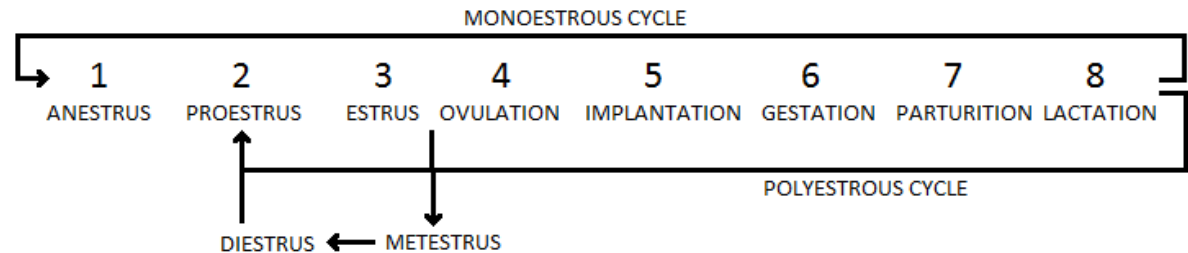
Ορμονική Ρύθμιση για τον Συγχρονισμό του Αναπαραγωγικού Κύκλου



Οίστρος vs. Έμμηνος κύκλος

➤ Έμμηνος κύκλος

- Πρωτεύοντα (πίθηκοι, γορίλες, άνθρωποι)
- Συνεχής σεξουαλική δραστηριότητα
- Πάχυνση του ενδομητρίου πριν την ωορρηξία και
- Αποσύνθεση και εκκένωση του ενδομητρίου αν δεν επέλθει η γονιμοποίηση



➤ Οίστρος

- Υπόλοιπα θηλαστικά
- Τα θηλυκά είναι δεκτικά στα αρσενικά μόνο σε αυτό το/τα σύντομο/α χρονικό/α διάστημα/τα
- Το ενδομήτριο απορροφάται από την μήτρα

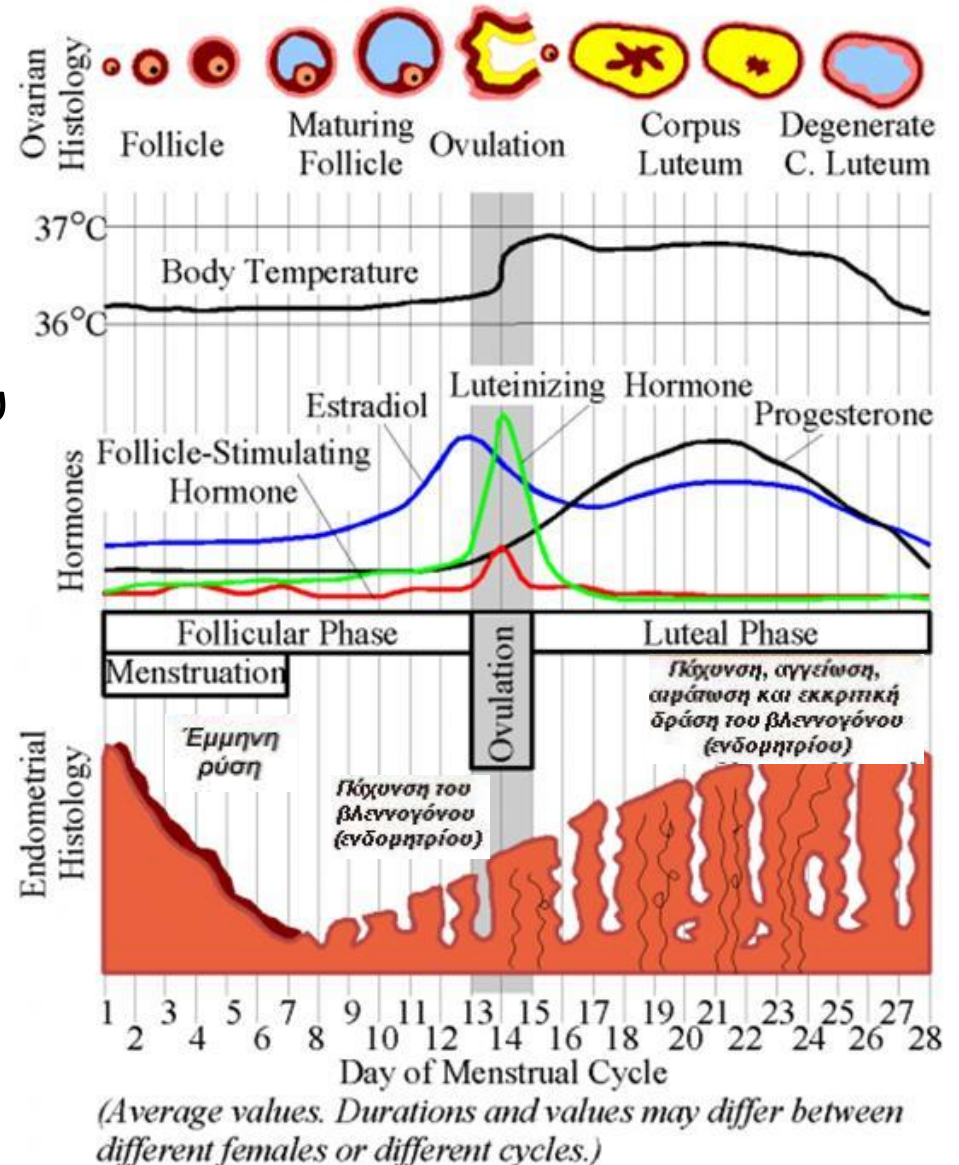
Ο Έμμηνος Κύκλος

FSH → Αύξηση ωοθυλακίου & παραγωγή E₂

E₂ → GnRH → LH

LH → Ωορρηξία

Ωχρό σωμάτιο → PRG, E₂



1. Έμμηνος ρύση (Day 1)

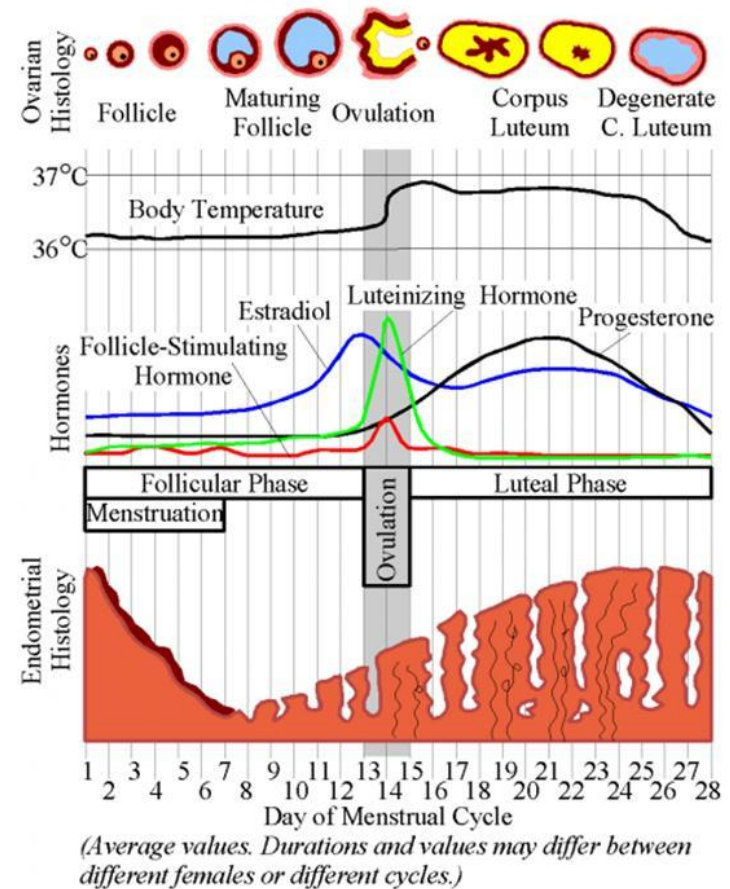
- Εκφύλιση τμήματος του ενδομητρίου
- Σχηματισμός εμμήνου απεκκρίματος

2. Θυλακική φάση

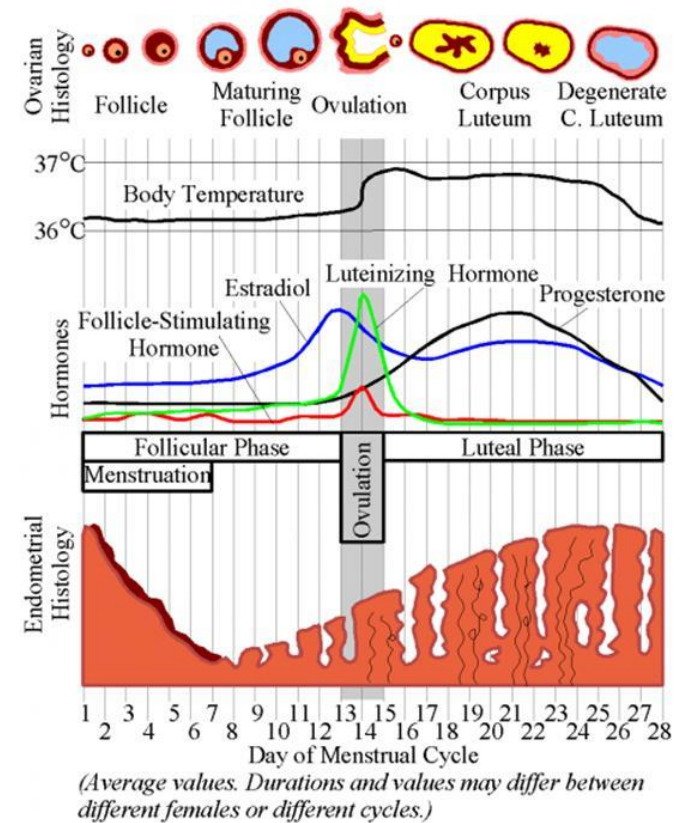
- Αύξηση **FSH** & **LH** στις ωοθήκες (**D3**)
- Αύξηση μερικών ωοθυλακίων &
- Παραγωγή E_2 που οδηγεί σε
- Επούλωση & πάχυνση του ενδομητρίου

• **D3-D10**: Τα περισσότερα ωοθυλάκια που αναπτύχθηκαν αρχίζουν να εκφυλίζονται (**ατρητικά ωοθυλάκια**)

- Ένα (1-3) μόνο ωοθυλάκιο συνεχίζει την ωρίμανση (**ώριμο ή γραφιανό ωοθυλάκιο**)
- Έκκριση οιστρογόνων & παραγόντων καταστολής της FSH



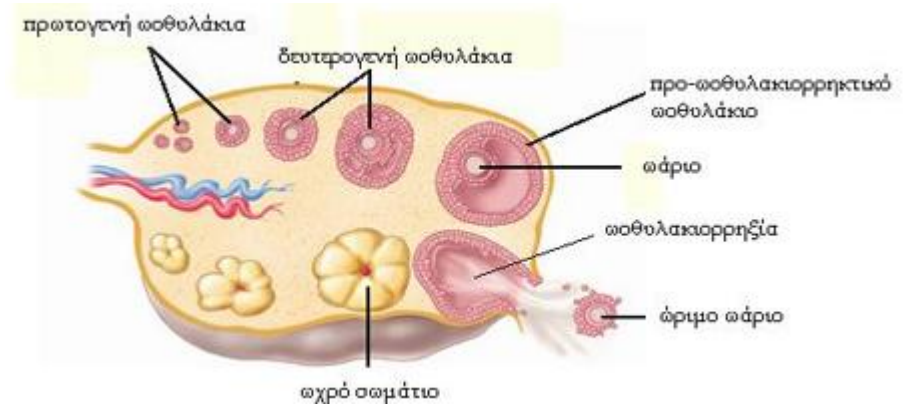
- **D13-D14:** Η αύξηση της E_2 διεγείρει την παραγωγή **GnRH** και την έκκριση
- **LH**, η οποία προκαλεί
- **Ωορρηξία**, απελευθερώνοντας το ωκύτταρο από την ωοθήκη
- Αν δεν γονιμοποιηθεί άμεσα θα πεθάνει



3. Ωχρική φάση

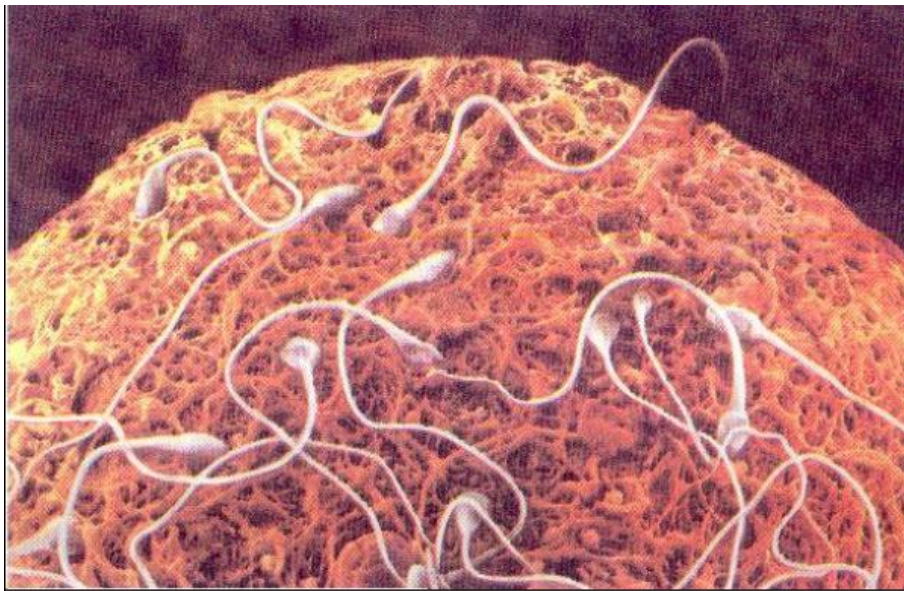
• Τα υπολείμματα του διαρραγέντος ωοθυλακίου τα οποία απελευθέρωσε το ωκύτταρο κατά την ωορρηξία σχηματίζουν το

- **Ωχρο σωματίο**
- Παράγει **προγεστερόνη** (& οιστρογόνα στα πρωτεύοντα)

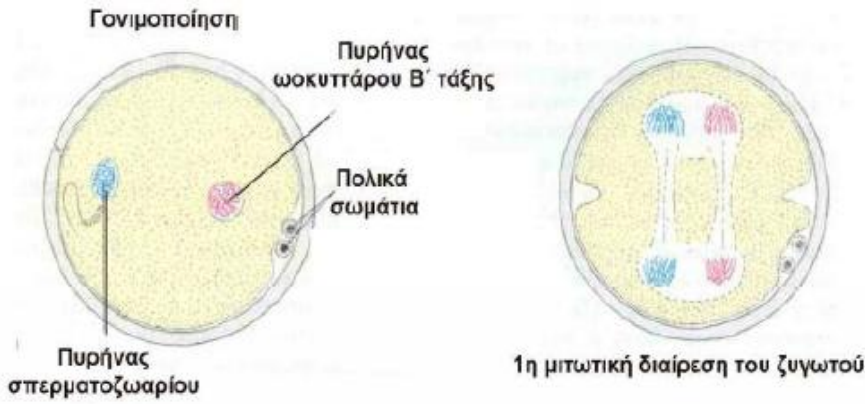
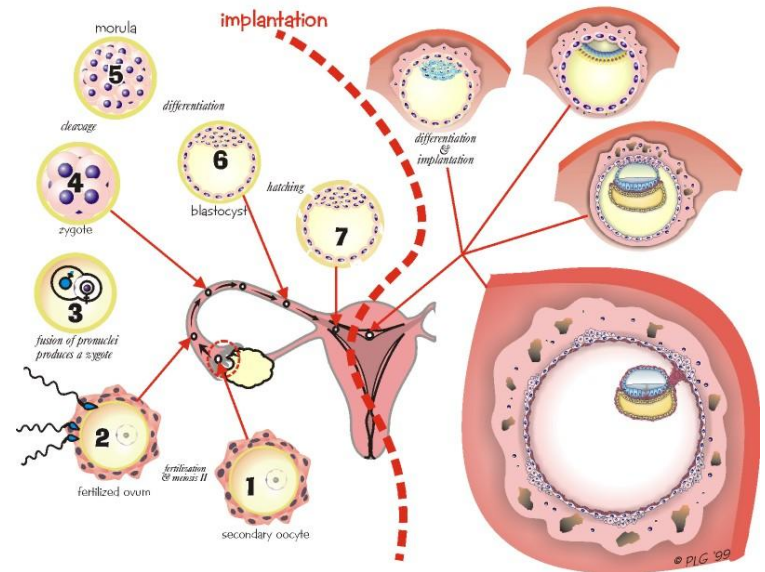


- Διεγείρει την μήτρα για να ξεκινήσει την τελική διαδικασία ωρίμανσης και την προετοιμάζει για την κυοφορία
- Αν δεν γονιμοποιηθεί το ωάριο
 - Το ωχρο σωματίο εκφυλίσσεται
 - Οι ορμόνες του δεν εκκρίνονται
 - Προκαλείται αποσύνθεση του ενδομητρίου, και
 - Αρχίζει ο σχηματισμός του απεκκρίματος του επόμενου κύκλου

<http://www.youtube.com/watch?v=nLmg4wSHdxQ>



Γονιμοποίηση



Γονιμοποίηση και δημιουργία ζυγώτου

Μετά τη συμπλήρωση της δεύτερης μειωτικής διαίρεσης του ωοκυττάρου Β' τάξης, οι δύο απλοεισείς πυρήνες ενώνονται και δημιουργείται το ζυγώτο.

http://www.youtube.com/watch?v=_5OvgQW6FG4

Γονική φροντίδα - παραδείγματα

<https://www.youtube.com/watch?v=fsn00Ggo048>

https://www.youtube.com/watch?v=LBzirqiU_uw

<https://www.youtube.com/watch?v=MsHCqrrU-Gk>

Αναπαραγωγικά Πρότυπα

- **Ωοτόκα** : Γεννούν αυγά (εσωτερική ή εξωτερική γονιμοποίηση)
- **Ωοζωοτόκα** : Συγκρατούν τα αυγά στο σώμα τους, τα έμβρυα διατρέφονται από τη λέκιθο που είναι αποθηκευμένη στο αυγό & γεννούν ζωντανά άτομα
- **Ζωοτόκα** : Τα ωάρια αναπτύσσονται στους ωαγωγούς ή στη μήτρα, τα έμβρυα διατρέφονται από τη μητέρα & γεννούν ζωντανά άτομα