

# 第十五章 生殖

## Reproduction

- **生殖 (reproduction)**：发育成熟的生物体能够产生与自己相似的子代个体的功能。
- 无性生殖和有性生殖。
- 在人类和高等哺乳动物，有性生殖过程包括两性生殖细胞（精子和卵子）的形成、交配、受精以及胚胎发育等重要环节。

• 人类和高等哺乳动物的生殖器官：

主性器官（

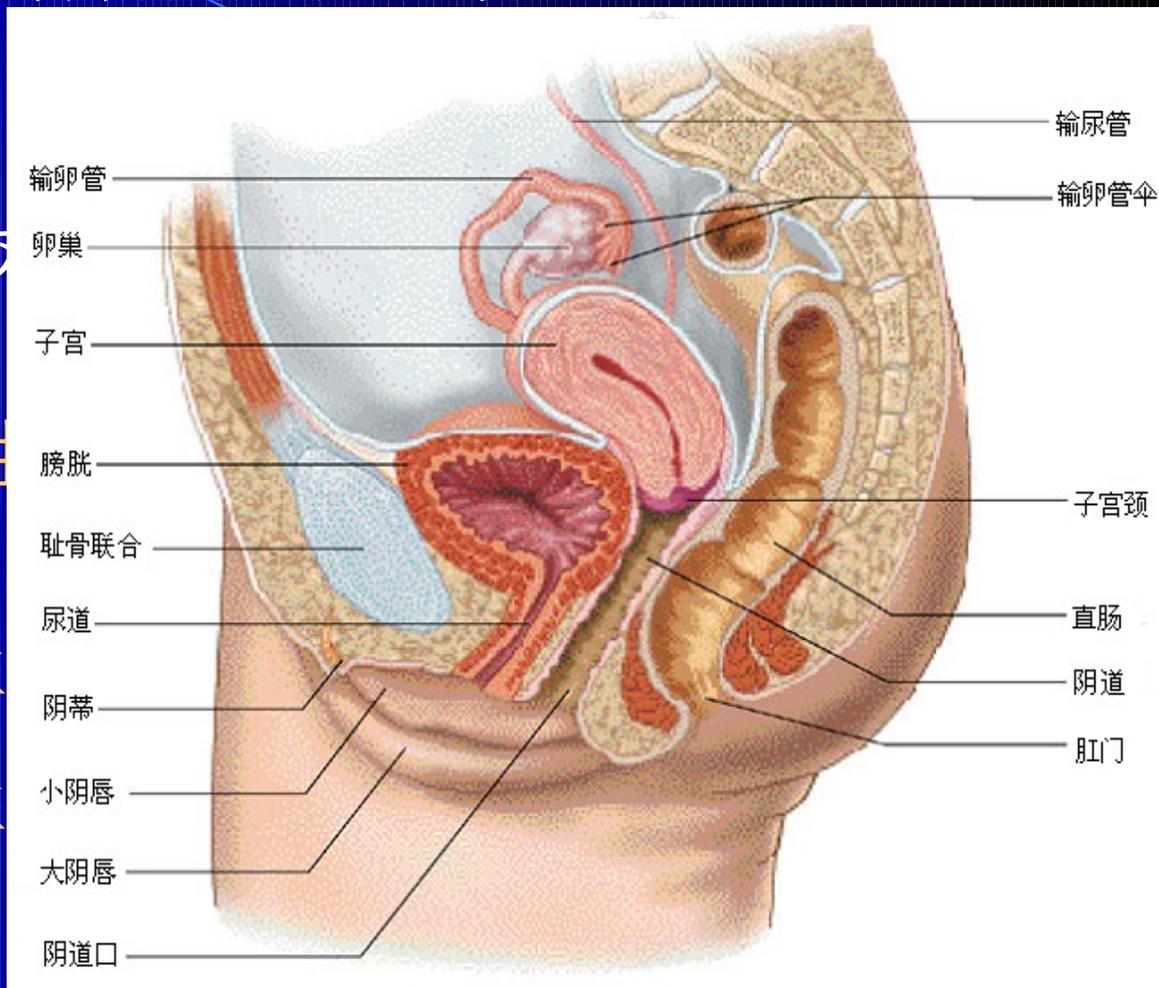
睾丸

y)

功能：产生生

副性腺及分泌性

附性器官和副性  
素的作用。



# 第一节 雄性的生殖机能

睾丸 (Testis)

曲精小管—产生精子

间质细胞—产生雄激素

## 一、睾丸的生精作用

睾丸主要由曲精小管与间质细胞组成。

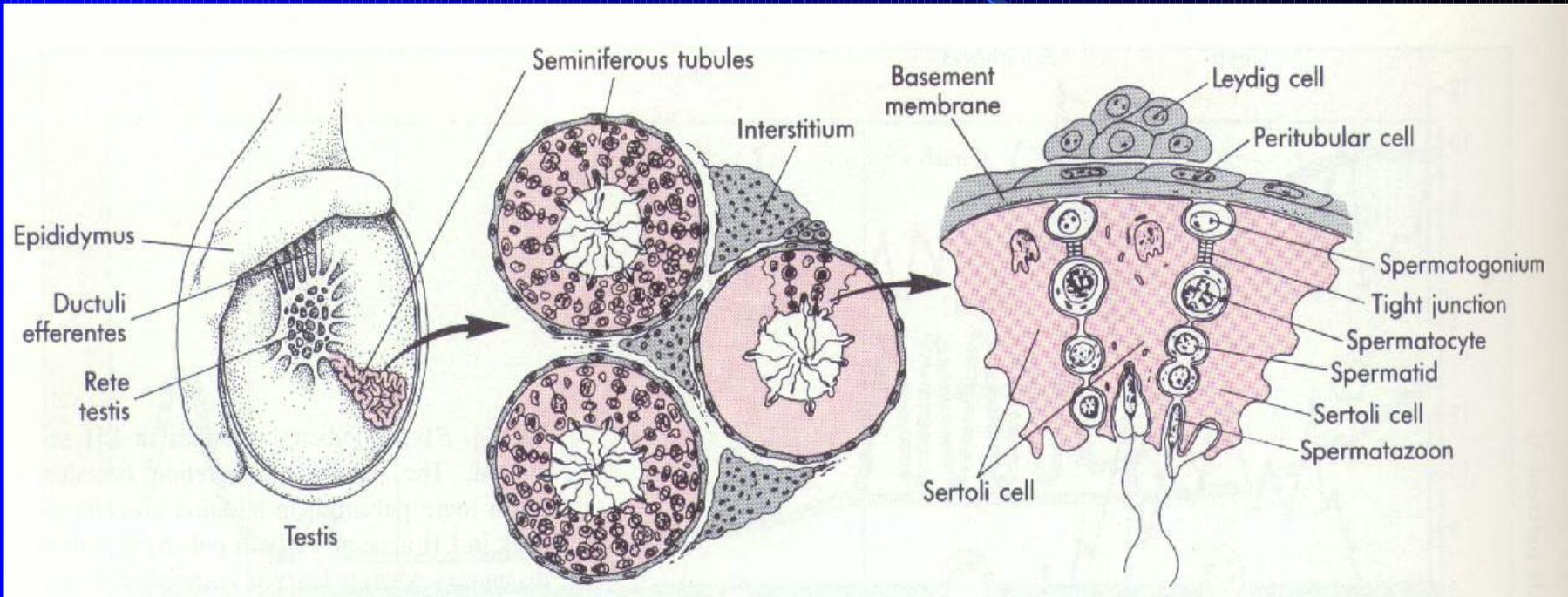
曲精小管上皮：由生精细胞和支持细胞构成。

## (一) 精子的发生

精子生成的过程：精原细胞→初级精母细胞  
→次级精母细胞→精子细胞→精  
子

- 精原细胞增殖期
- 精母细胞减数分裂期
- 精子分化期

- 部位：曲精小管（生精细胞和支持细胞）
- 过程：约两个月

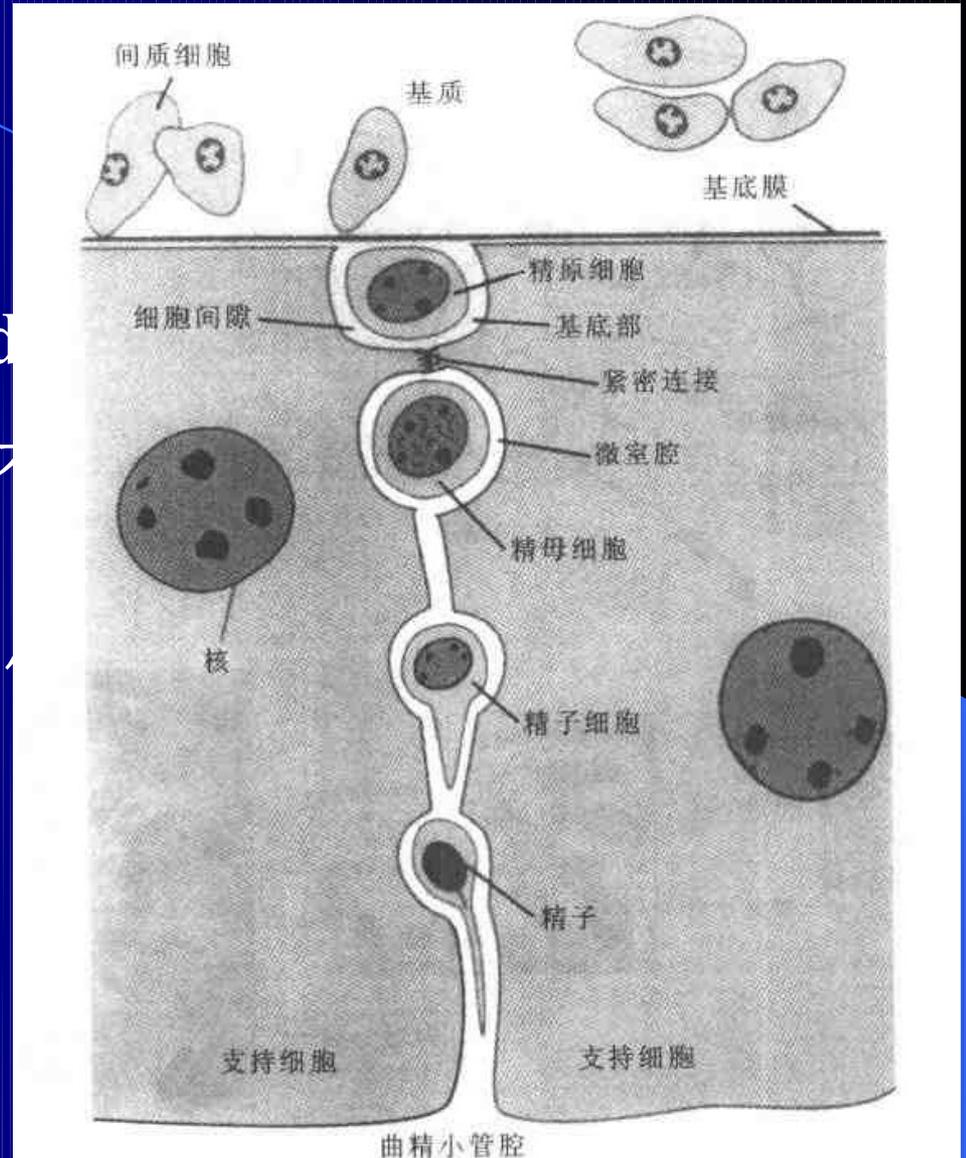


## (二) 支持细胞的作用

### ➤ 血 - 睾屏障 (blood testis barrier)

形成并维持不  
境;

防止发生自



- **雄激素结合蛋白 (Androgen binding protein, ABP)**  
在卵泡刺激素 (FSH) 的作用下, 支持细胞产生 ABP。

主要作用: ① 作为支持细胞中睾酮载体;

② 贮存蛋白; ③ 运载

蛋白。

- **抑制素 (inhibin)**

营养糖蛋白激素保护作用主要是抑制腺垂体分泌 FSH。

### (三) 生精过程的影响因素

#### ➤ FSH 和睾酮

生精过程需要 FSH 和睾酮的双重调节。

#### ➤ 温度

阴囊内温度较腹腔内温度低  $2^{\circ}\text{C}$  左右，适于精子的生成。  
隐睾症：在胚胎发育期间，由于某种原因睾丸不降入阴囊而停留在腹腔内或腹股沟内。曲精小管不能正常发育，也无精子产生。

## 二、睾丸的内分泌作用

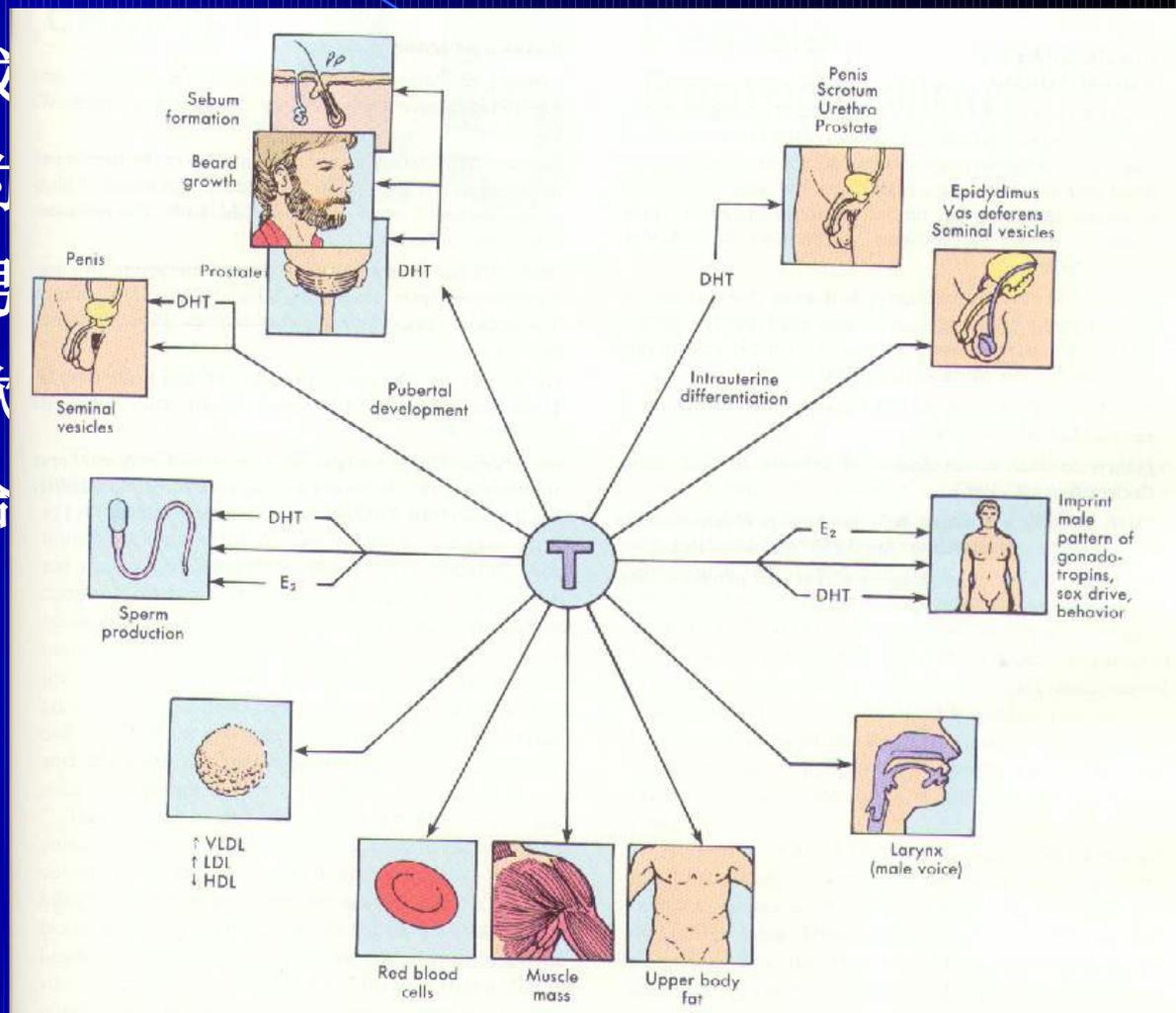
### (一) 间质细胞的作用

- 分泌雄激素，主要是睾酮 (testosterone, T)、双氢睾酮 (DHT)、雄烯二酮。
- 正常男性 (20-50 岁)，睾丸每日分泌 4-9 mg 睾酮，血浆睾酮浓度： $22.7 \pm 4.3$  nM。
- 黄体生成素 (LH) 通过激活 cAMP 系统刺激雄激素产生。
- 间质细胞膜上的 LH 受体对 LH 具有高亲和力及低容量的特性。



# 睾酮的生理作用

- 促进精子生成
- 刺激生殖器的
- 刺激与维持男
- 维持正常性欲
- 促进蛋白质合



## 三、睾丸功能的调节

### Regulation of testis function

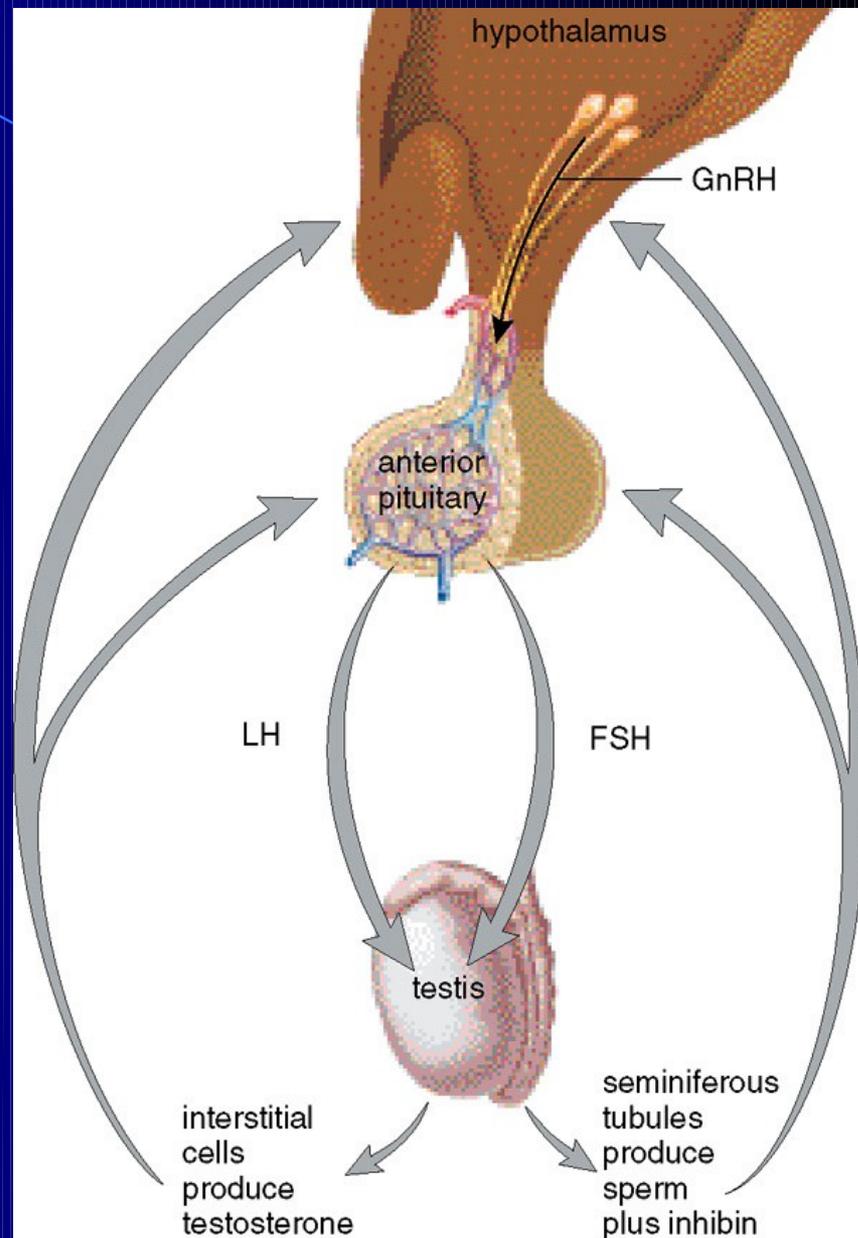
#### ❖ 下丘脑 - 腺垂体 - 睾丸轴

促性腺激素释放激素 (GnRH)、FSH、LH；作用于支持细胞、生精细胞和间质细胞；影响抑制素、ABP、睾酮的分泌，进而影响精子生成。

#### ❖ 反馈调节

#### ❖ 睾丸内的局部调节

# 下丘脑 - 腺垂体 - 睾丸轴



## (一) GnRH 神经元的分布

➤ 人类 GnRH 神经元散在分布于下丘脑的正中

隆起部、丘脑漏斗区和弓状核。

➤ GnRH 的分泌具有周期性，受性激素和神经

递质的影响。

波动发生器 (pulse generator)

灵长类: 0.3-1 次/h

➤ GnRH 周期性释放节律的出现，标志着青春

## (二) GnRH 对 LH 和 FSH 释放的影响

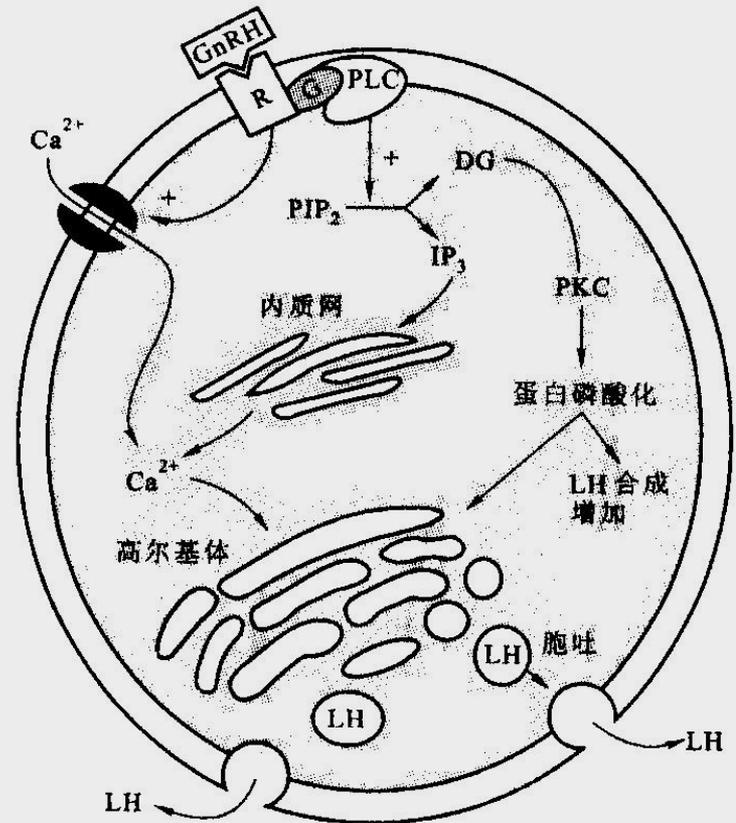
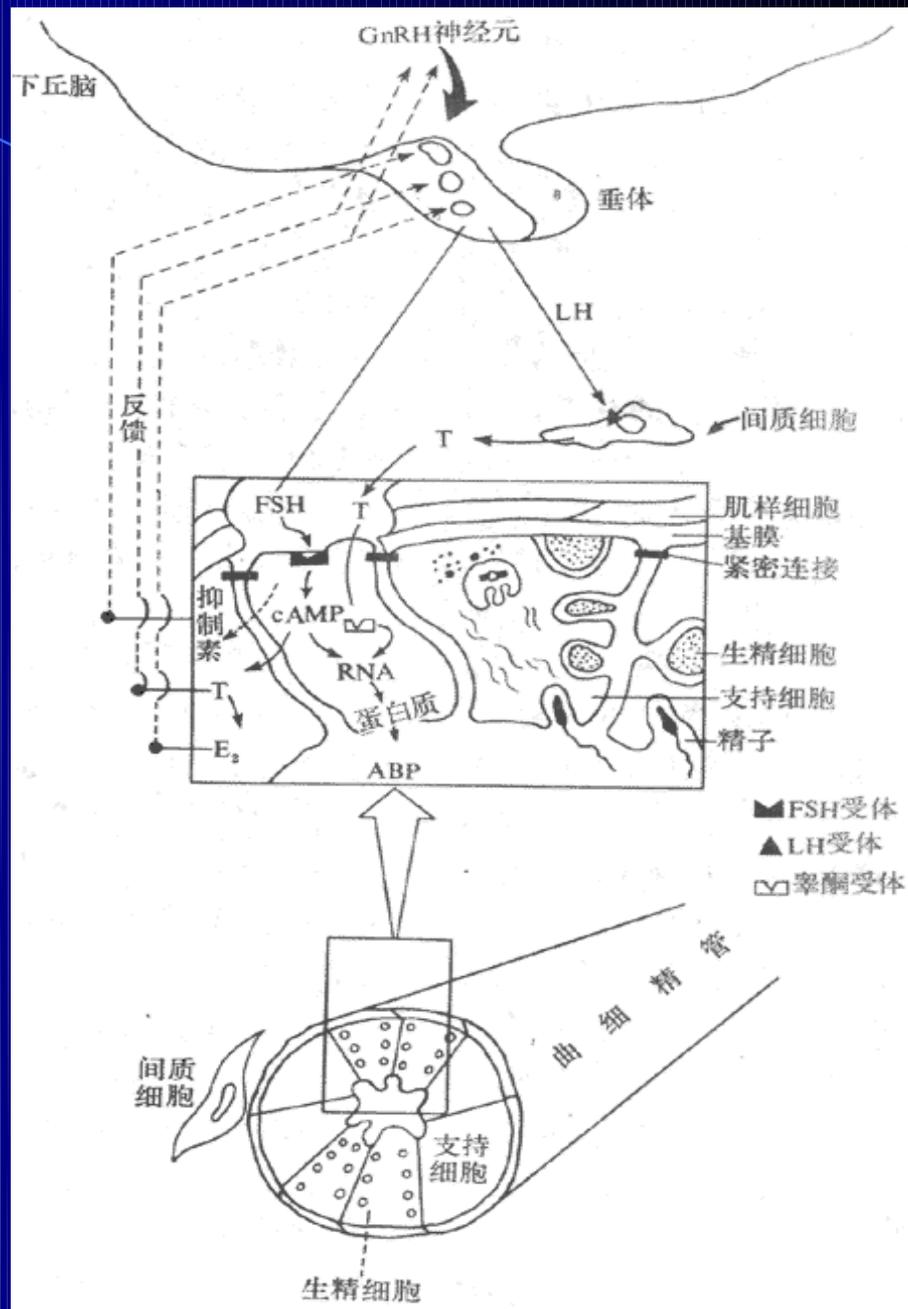


图 12-6 GnRH 刺激腺垂体释放 LH 的细胞机制  
GnRH 与膜受体结合增加了细胞内的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度,同时激活了磷脂酶 C(PLC),结果引起 LH 释放的增加。细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  浓度的增加通过两条途径:细胞内钙库的释放和细胞外液中  $\text{Ca}^{2+}$  的内流。R 为受体,G 为 G 蛋白,PLC 为磷脂酶 C,PKC 为蛋白激酶 C,PIP<sub>2</sub> 为 4,5-二磷酸磷脂酰肌醇,IP<sub>3</sub> 为三磷酸肌醇,DG 为二酰基甘油

### (三) 间质细胞和支持细胞的相互作用

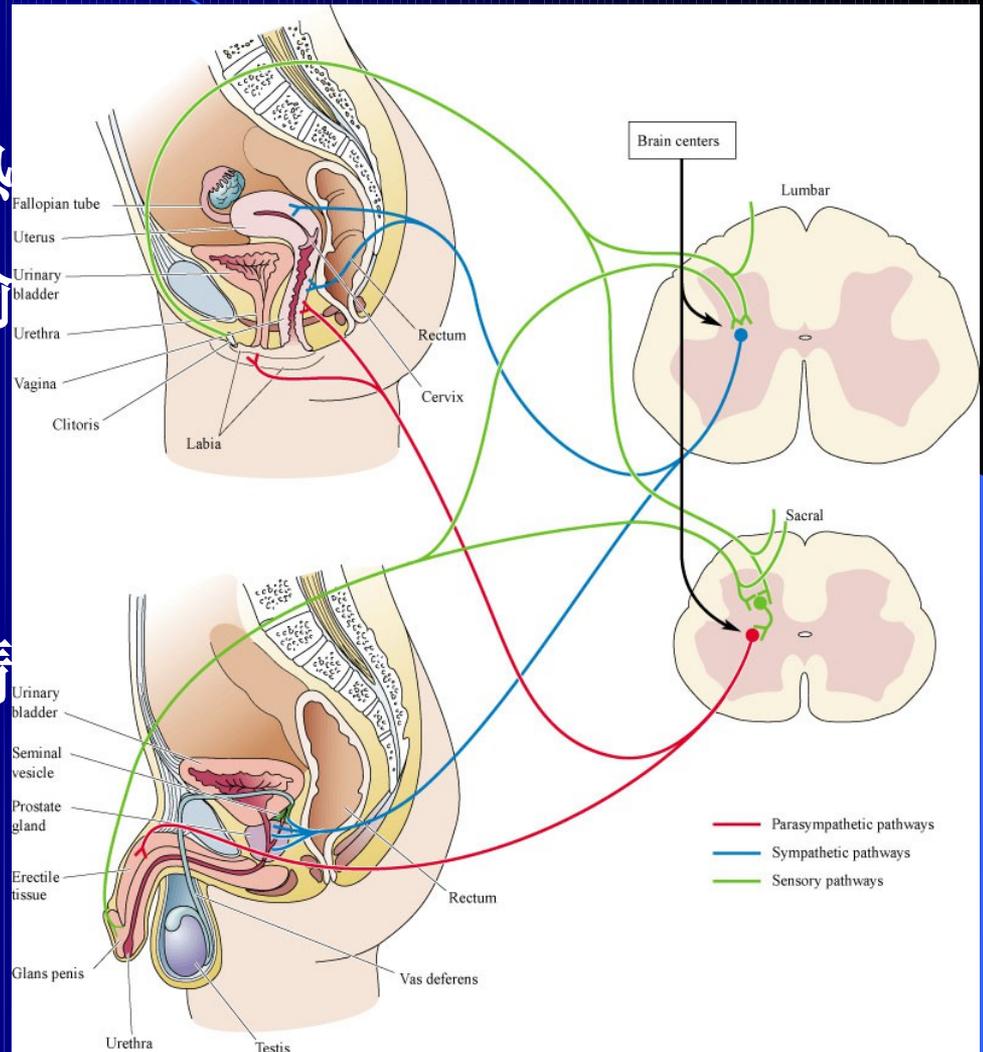
- 在间质细胞和支持细胞之间存在双向调节。
- 支持细胞具有睾酮受体和 FSH 依赖的 p450 芳香化酶。
- 间质细胞具有雌二醇受体。

T: 睾酮      E<sub>2</sub>: 雌二醇  
 ABP: 雄激素结合蛋白



## 四、雄性附性器官的功能

- 精子的进一步成熟
- 精子的运动和运输
- 精子的储存
- 精液
- 阴茎的勃起和射精



## 第二节 雌性的生殖机能

卵巢 (Ovary)

产生和排放卵

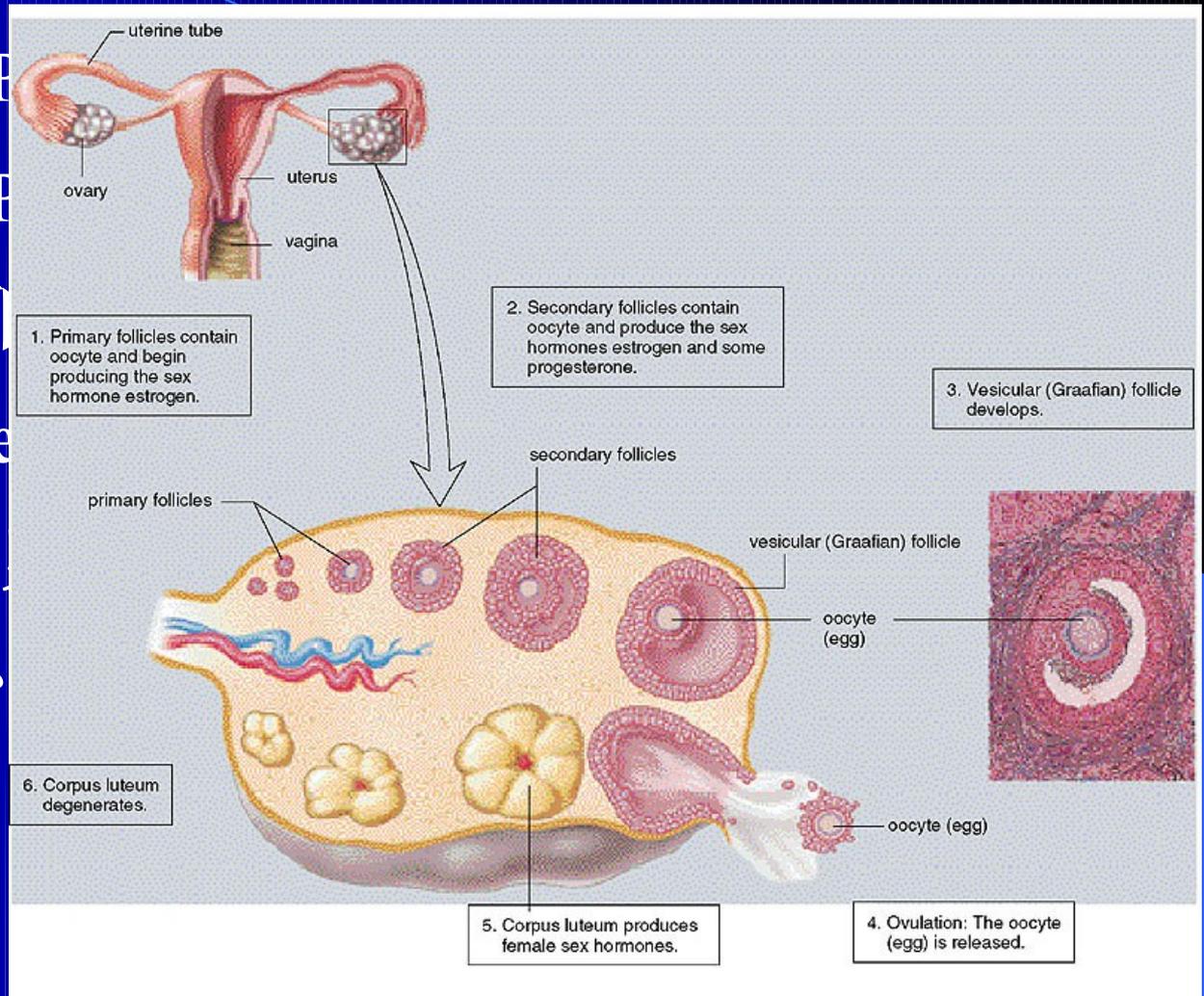
合成和分泌雌性激素

生殖周期

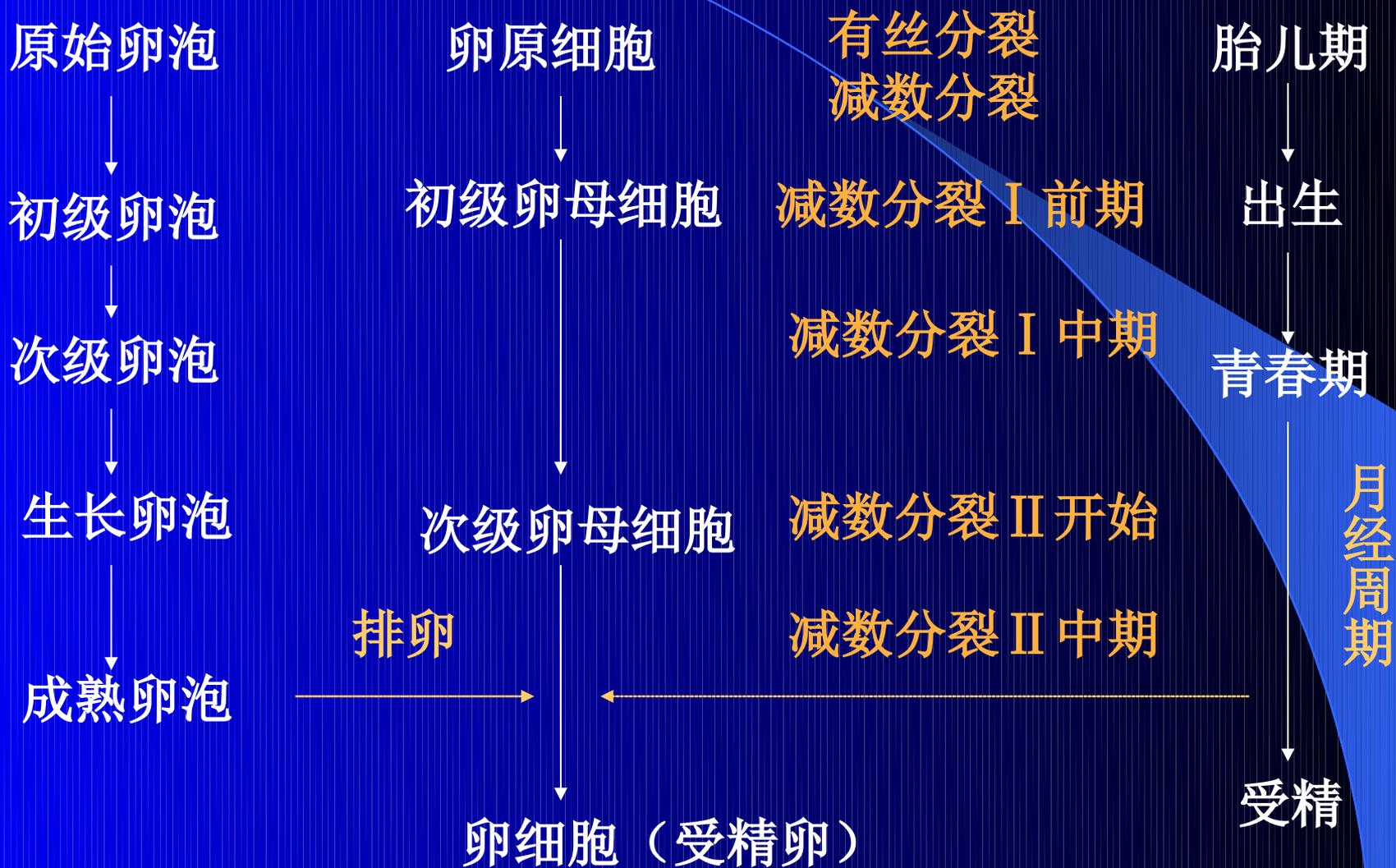
# 一、卵巢的生卵作用

- 卵泡的发育
- 排卵
- 黄体的形成和退缩

- 原始卵泡 (Primary follicles)
- 初级卵泡 (Primary follicles)
- 次级卵泡 (Secondary follicles)
- 卵泡腔、卵丘、



# 卵泡和卵的发育



# 排卵

- 成熟卵泡壁发生破裂，卵细胞、透明带与放射冠随同卵泡液冲出卵泡称为排卵 (ovulation)。
- 雌激素↑，正反馈下丘脑 GnRH↑，FSH、LH↑，出现 LH 高峰——控制排卵的关键性因素。

## 黄体的形成和退缩

- 排卵后，塌陷卵泡内的颗粒细胞与内膜细胞转变为黄体细胞 (luteal cell) 而形成黄体。
  -
- 分泌孕激素和雌激素
  - 月经黄体：两周
  - 妊娠黄体：5-6个月
- 闭锁卵泡→间质腺
- 黄体→白体

## 二、卵巢的内分泌机能

卵巢分泌雌激素主要为雌二醇 (estradiol,  $E_2$ ) ,  
孕激素主要为孕酮 (progesterone,  
P)

### (一) 雌激素和孕激素的合成及其调节

- 排卵前，卵泡分泌雌激素
- 排卵后，黄体分泌孕激素和雌激素

# 雌激素

❖ 颗粒细胞：在 FSH 刺激

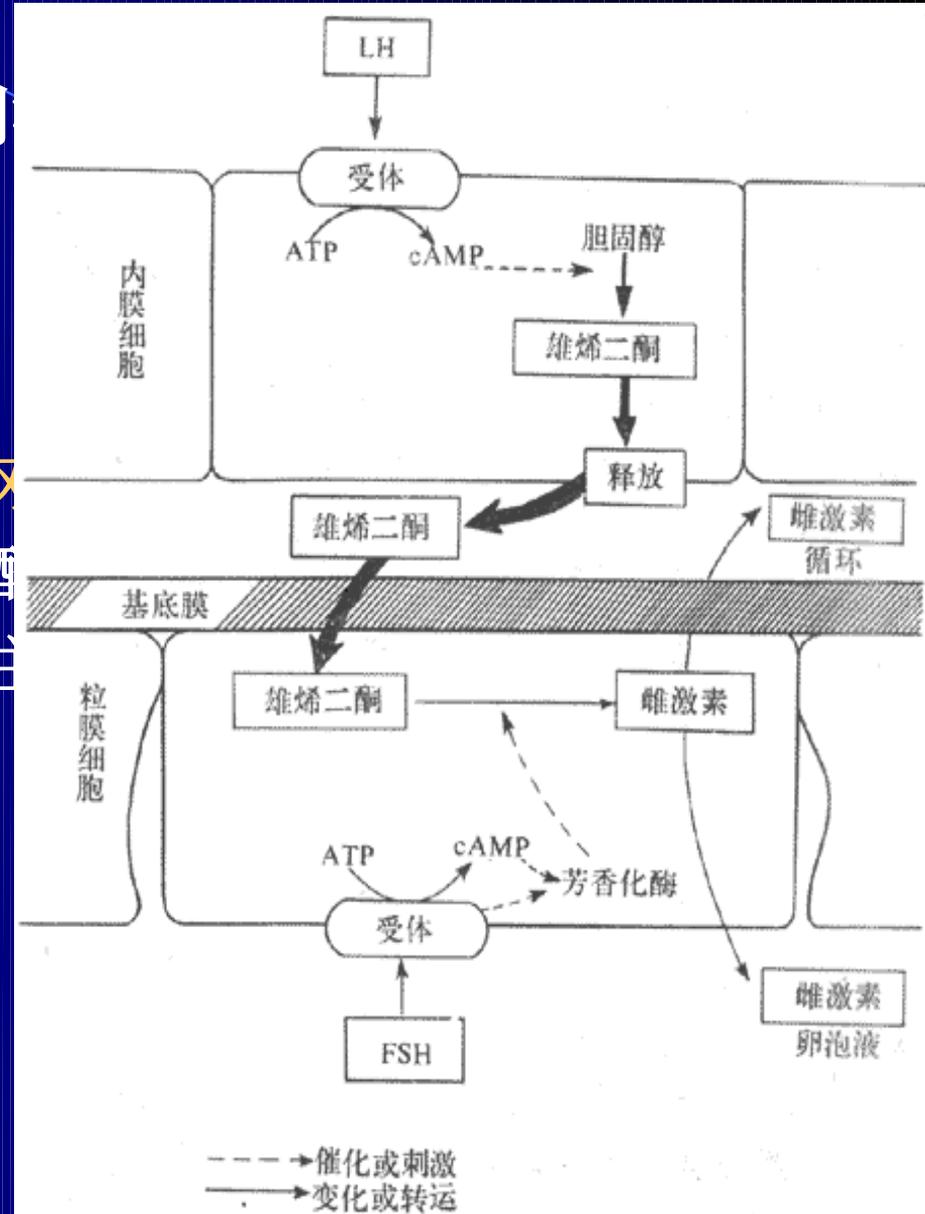
化  
酶将内膜细胞卵泡期  
雄烯

二酮转化为雌激素 (X)

❖ 内膜细胞：可将胆固醇

❖ 黄体期：内膜细胞，主

雌激素分泌的双重细胞学说



## 孕激素

孕酮活性最强，由黄体期黄体内颗粒细胞分泌；胎盘也能分泌大量雌激素与孕激素，

卵巢也分泌少量雄激素

## (二) 雌激素和孕激素的生理作用

- **雌激素：**促进女性附性器官发育，出现副性征，维持成熟状态，引起女性性欲。
- **孕激素：**主要作用于子宫内膜和子宫平滑肌适应受精卵的着床、维持妊娠。

## 对阴道

- **雌激素**：上皮细胞增生角化，糖元↑，降低 pH（乳酸杆菌分解糖原为乳酸）抗菌，“自净”。

## 对子宫

- **雌激素**：内膜呈增殖期变化，肌层变厚，收缩力↑，对催产素敏感性↑，宫颈口松弛，分泌稀薄粘液。
- **孕激素**：内膜继续增长呈分泌期变化，利于受精卵着床，抑制平滑肌放电，对催产素敏感性↓，保胎，宫颈腺分泌，抑制母体对胚胎的免疫排斥反应。

## 对输卵管

- **雌激素：**促进平滑肌蠕动，增加纤毛活动，加速卵子运输。
- **孕激素：**分泌粘液。

## 对乳腺

- **雌激素：**刺激乳腺导管增生 产生乳晕。
- **孕激素：**促进乳腺腺泡发育，作泌乳准备。

## 对垂体

- **雌激素**：大量雌激素抑制腺垂体分泌 FSH。
- **孕激素**：大量孕激素抑制腺垂体分泌 FSH 及 LH，阻止排卵，不出现月经周期。

## 对代谢

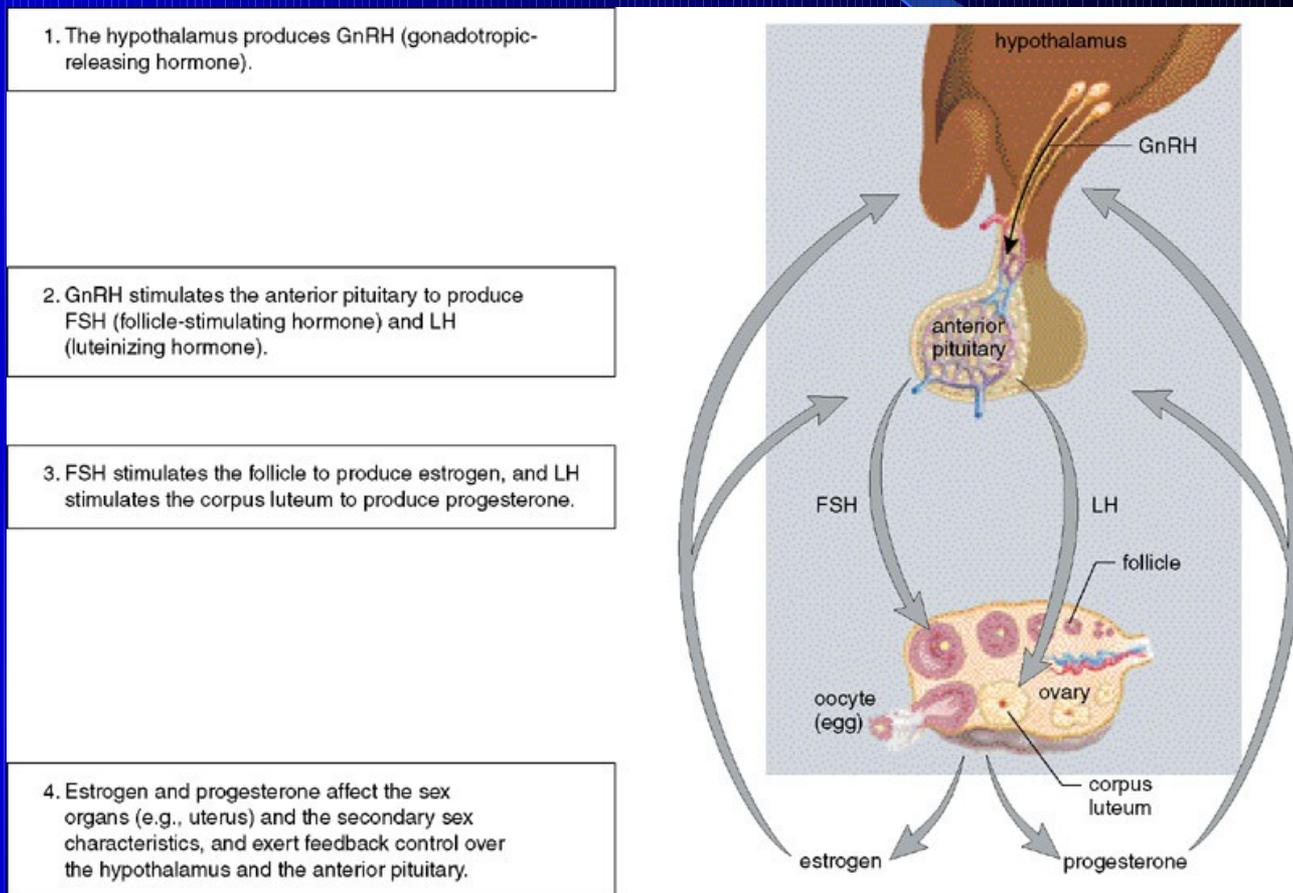
- **雌激素**：促进肾小管重吸收 Na，对 ADH 敏感性，轻度保钠保水；促进肌肉蛋白质合成；增强钙盐沉着，刺激骨骼愈合比睾酮早；停止生长较早；血浆胆固醇↓，减轻动脉硬化。
- **孕激素**：下丘脑体温中枢冷敏 N 元活动↑，调定点略↑，基础体温↑；排卵前体温暂↓，排卵后↑；血管、消化道平滑肌紧张性↓，故孕妇易患便秘，痔疮。

### (三) 雄激素生理作用

- 适量雄激素有刺激阴毛、腋毛生长，维持性欲作用。过多可致男性化或多毛症。

# 三、雌性生殖系统的调节

## (一) 下丘脑 - 腺垂体 - 卵巢轴



## (二) 催乳素的作用

- 催乳素是生殖和哺乳功能最基本的调节激素。
- 下丘脑的主要作用是抑制催乳素的释放。

## (三) 催产素的作用

## (四) 生殖周期

### 动情周期

**月经周期 (menstrual cycle)：** 女性生殖周期

20-40 天 (平均 28 天)

初潮 12-14 岁 绝经期 45-50 岁

在卵巢类固醇激素的作用下，子宫内膜发生周期性剥落，产生流血现象，称为月经 (menses)。

3-5 天，失血 30-100 ml

# 月经周期 (menstrual cycle)

1

4

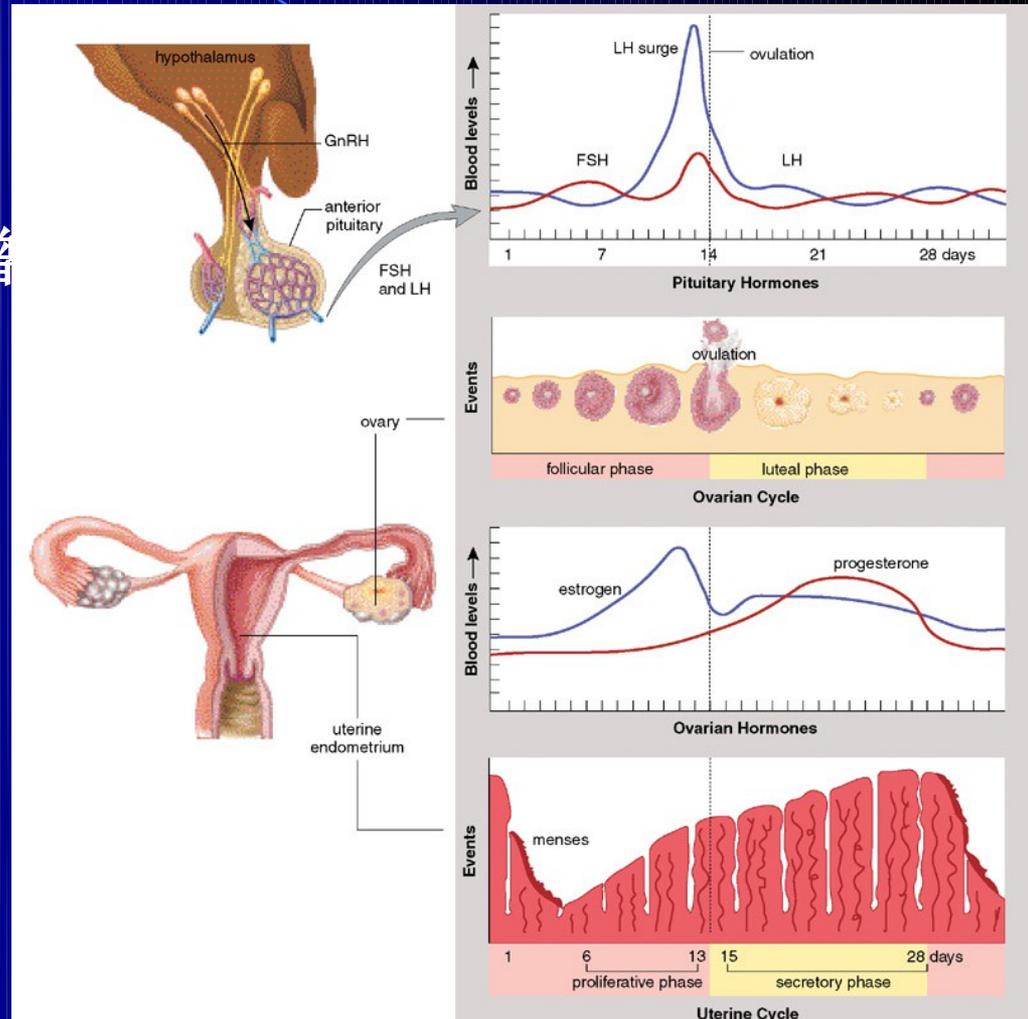
子宫周期

月经期

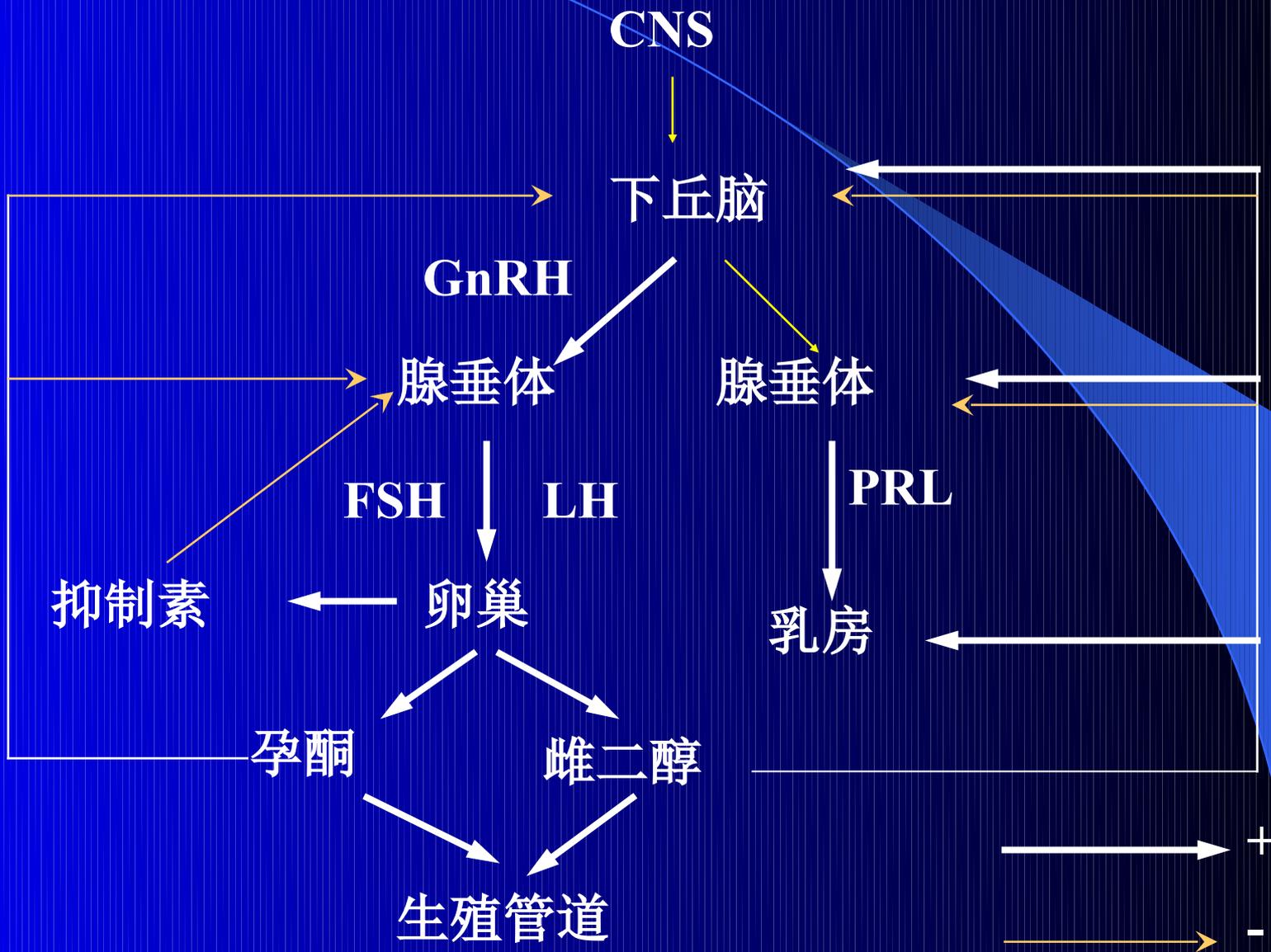
增

卵巢周期

卵泡期



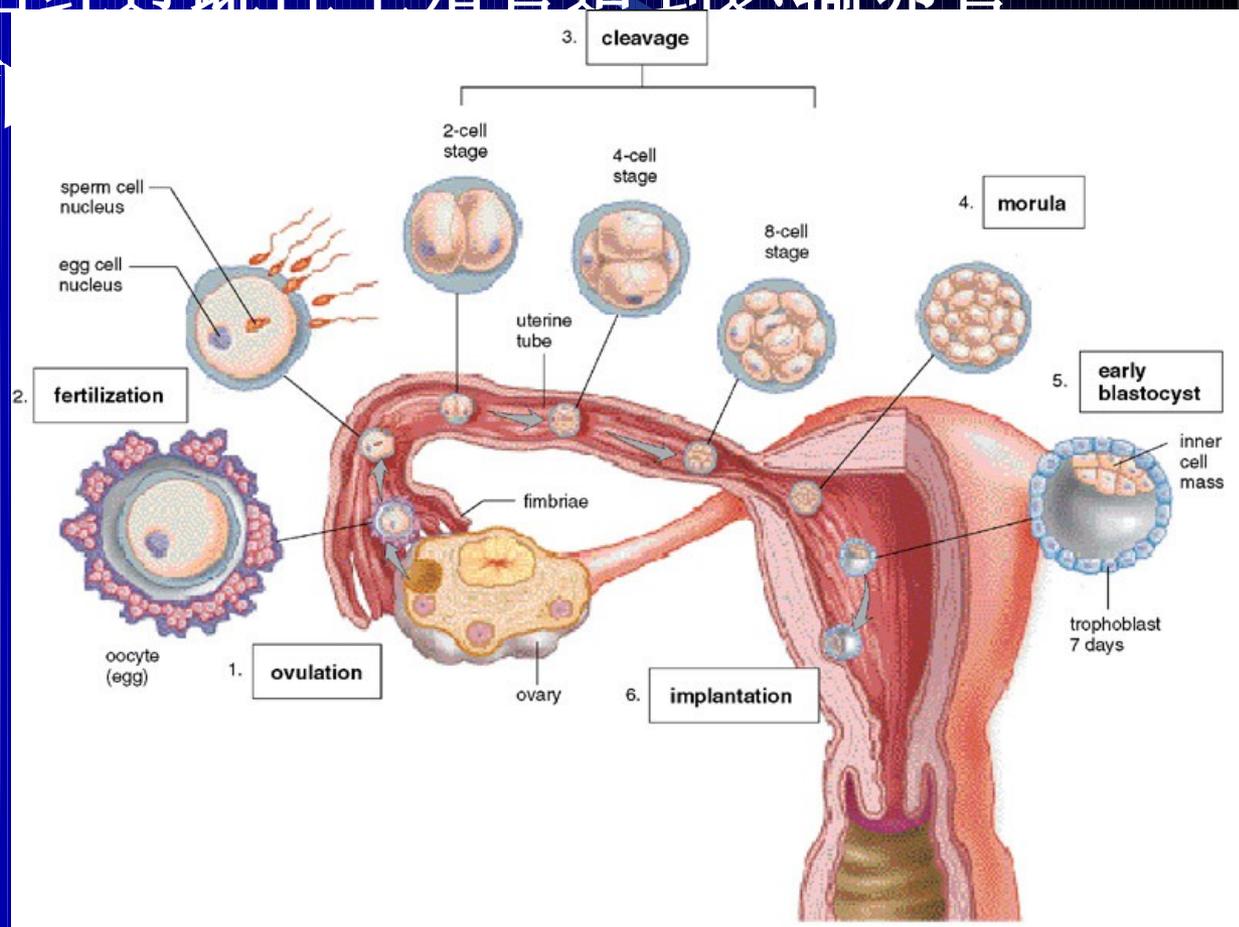
# 雌性生殖机能的调节



## 第三节 受精、妊娠和授乳

# 一、受精与着床

- 精子射出后经过雌性生殖管道到达输卵管壶腹部与卵



## 精子获能 (capacitation)

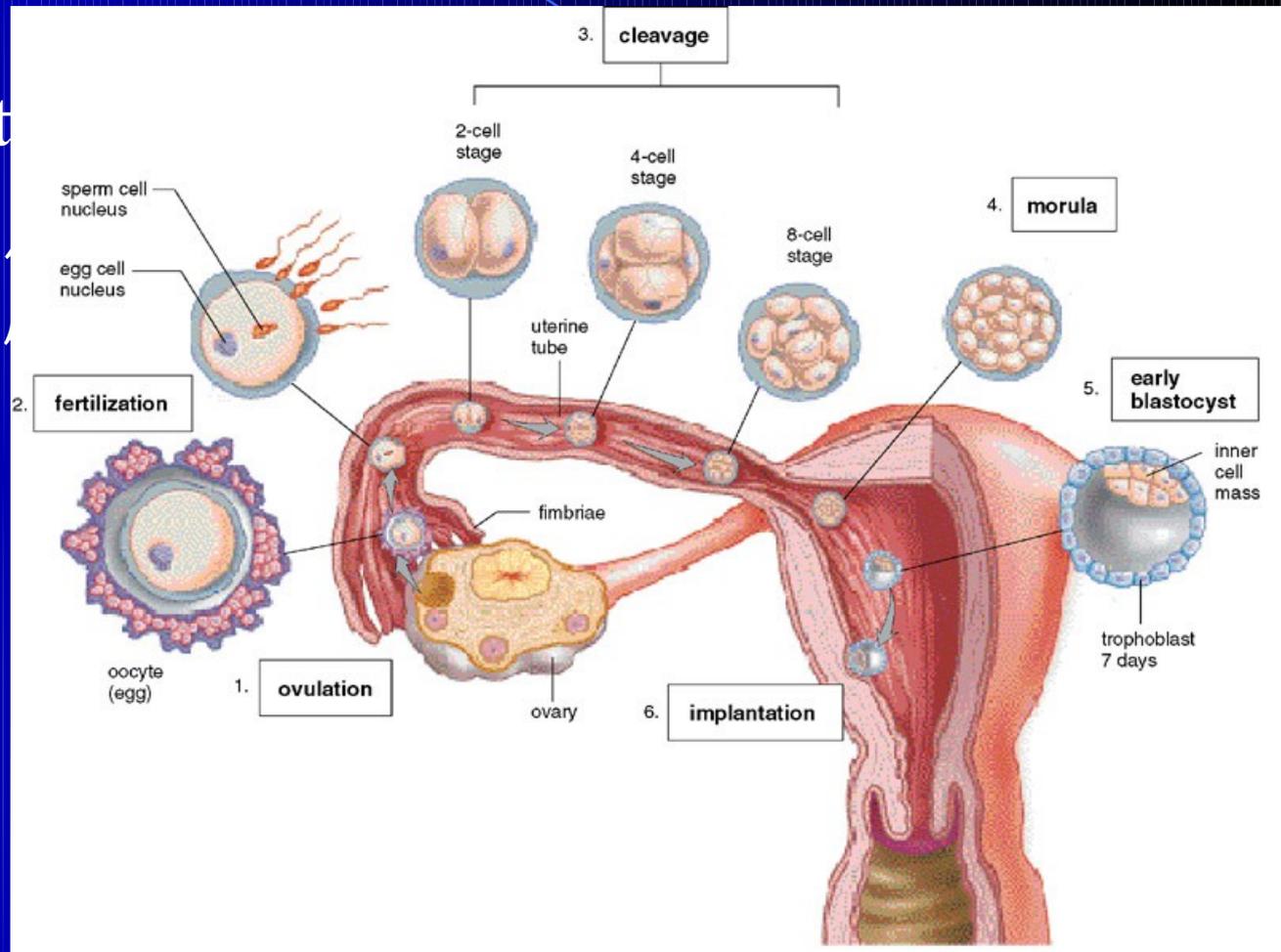
- 在大多数哺乳动物，精子需要雌性生殖道内停留一段时间方能获得使卵子受精的能力，称为精子获能。
  - 可逆过程，包括提高精子的运动能力；移去“去获能因子”；改变精子的膜成分，使膜的流动性增加，提高对  $\text{Ca}^{2+}$  的通透性。
  - 本质：暴露精子表面与卵子识别的装置，解除对顶体反应的抑制。

## 顶体反应 (acrosome reaction)

- 精卵结合前，精子的细胞膜和顶体膜融合破裂释放出顶体酶，溶解卵子外围的放射冠和透明带的过程。
  - 顶体外膜与精子头部的细胞膜融合，释放出顶体酶；
  - 顶体酶溶解卵子周围的放射冠和透明带。

# 着床 (implantation)

- 胚泡 (blastocyst)
- 人类在排卵后，受精卵在子宫内着床。



## 二、妊娠

人类的妊娠期  $270 \pm 14$  天。

## 三、分娩

成熟的胎儿从子宫经阴道排出体外的过程。

## 四、授乳

## 五、生殖控制