

13강

수정과 착상

서울대 이창규 교수

목차

- 1 암컷 생식도관에서의 정자 이동
- 2 수정능 획득과 수정
- 3 초기 배발생
- 4 모체의 임신 인지

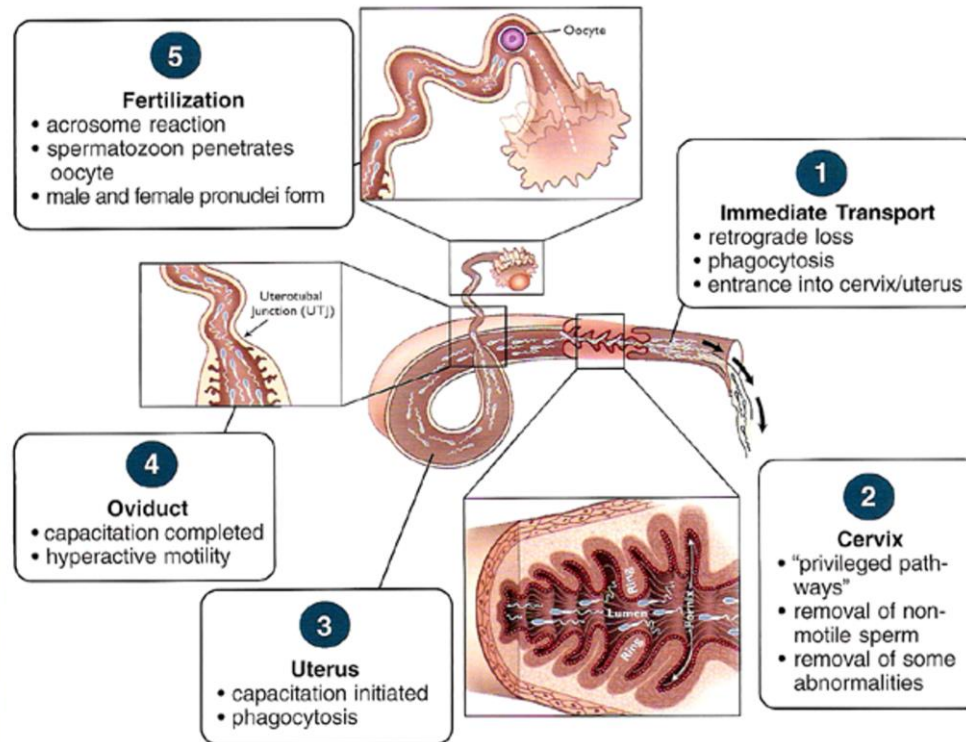


01

암컷 생식도관에서의 정자 이동

▶ 암컷 생식도관에서 정자의 주요 이동 순서

1. 사정압력에 의해 즉시 수정부까지 수송되는 경우
2. 자궁경부 → 자궁 → 난관 → 수정



▶ 암컷 생식도관에서 정자의 주요 이동 순서

1. 사정압력에 의해 즉시 수정부까지 수송되는 경우
 - 역류로 인한 손실
 - 식균작용: 에스트로겐에 의한 호중구
 - 자궁경부/자궁
 - 빠르게 수송되는 단계: 선두 정자들은 난관에 빠르게 도달
 - 느리게, 지속적으로 수송되는 단계
 - 인공수정의 경우 자궁경부보다 자궁각에 주입하는 것이 더 좋음



▶ 암컷 생식도관에서 정자의 주요 이동 순서

사정압력에 의해 즉시 수정부까지 수송되는 경우

■ 정자의 수송 매커니즘

: 암컷 생식도관의 근육 움직임과 긴장 증가

➤ 에스트로겐 → 근육 수축

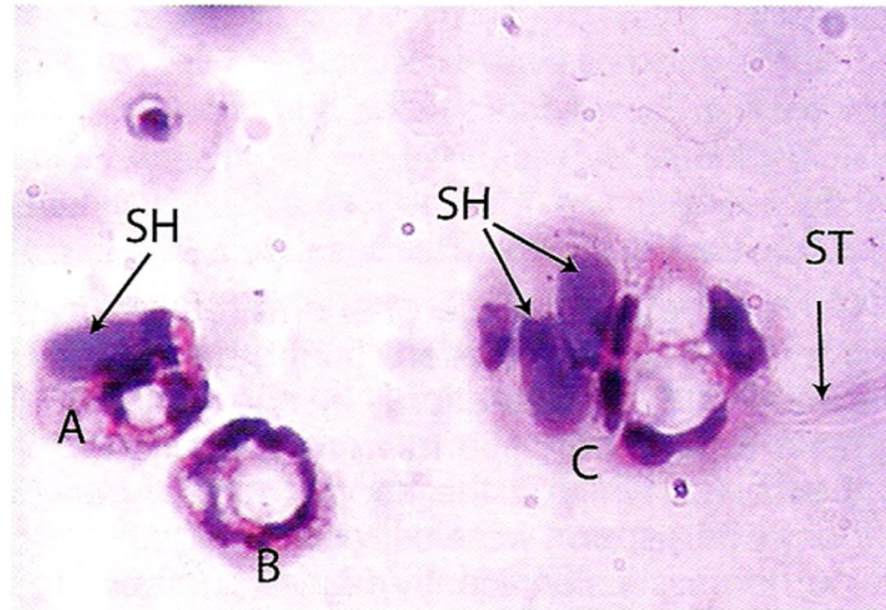
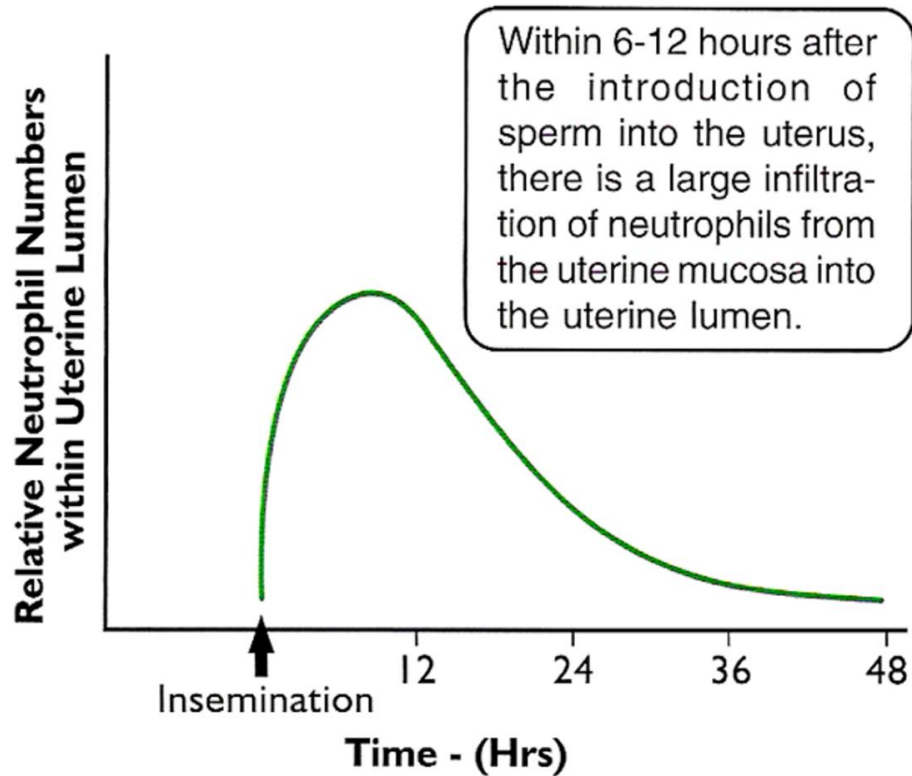
➤ 정액의 PGF2a, PGE1 → 근육 긴장과 움직임 증가



암컷 생식도관에서의 정자 이동

1. 암컷 생식도관에서의 정자 이동

▶ 식균작용



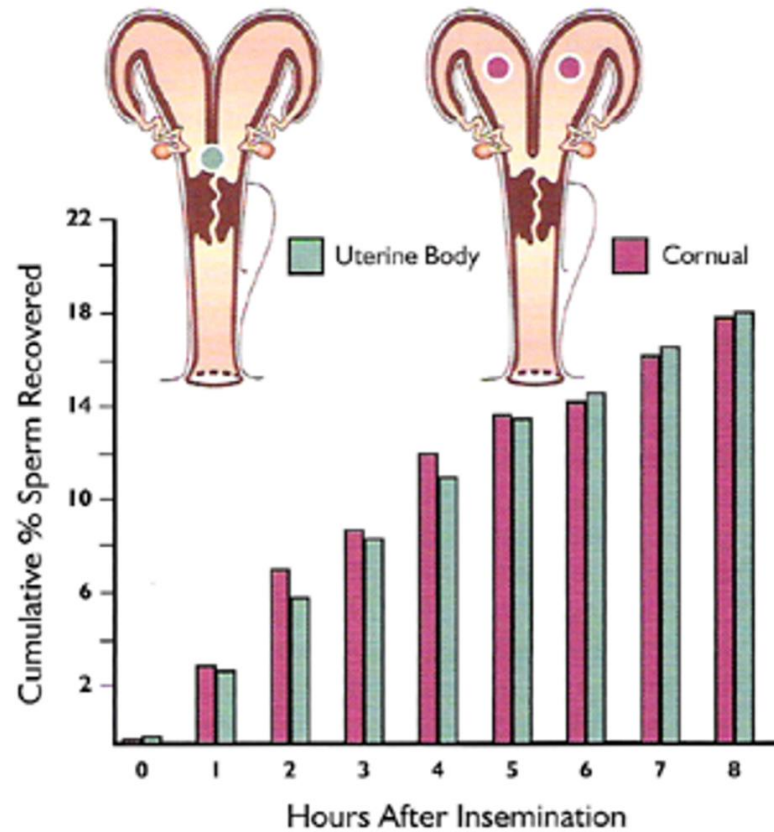
- ✓ 자궁에 정자 주입 후 6~12시간 이내에 호중구 수 증가



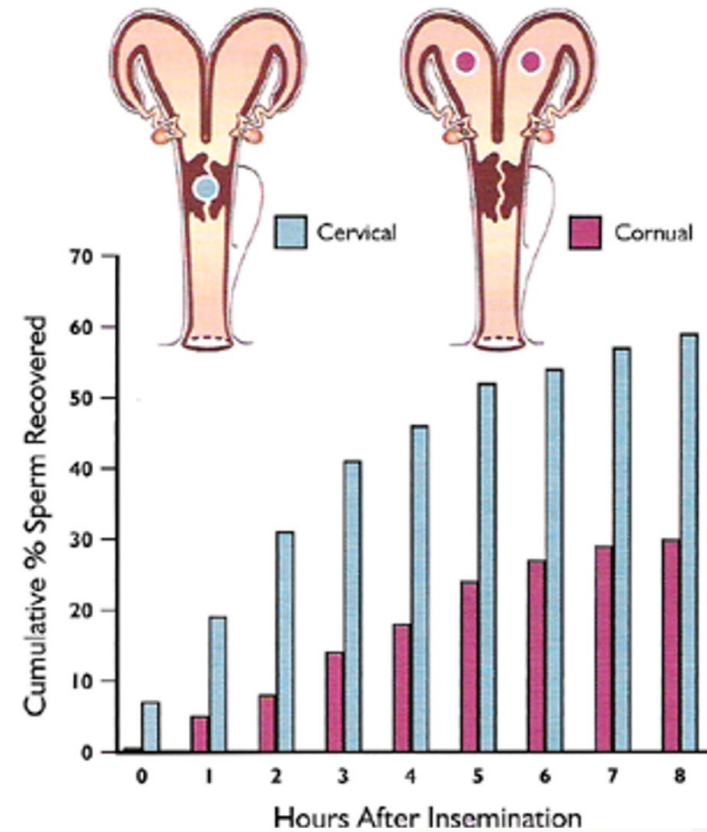
암컷 생식도관에서의 정자 이동

1. 암컷 생식도관에서의 정자 이동

▶ 사정 부위에 따른 정자 손실 정도



- ✓ 자궁체와 자궁각에서 정자 손실 정도 차이 거의 없음



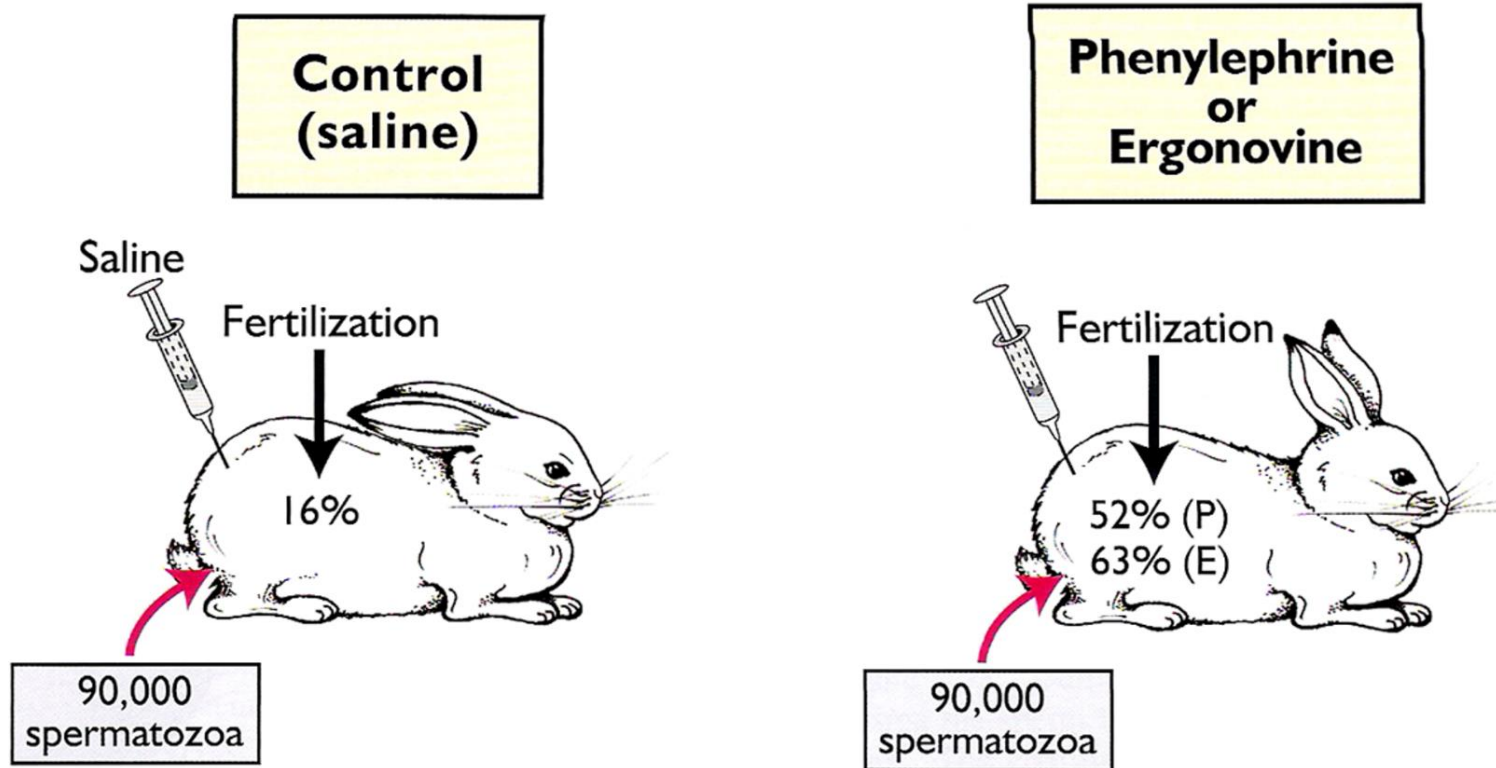
- ✓ 자궁경부와 자궁각에서 정자 손실 정도 차이 유의미하게 나타남



암컷 생식도관에서의 정자 이동

1. 암컷 생식도관에서의 정자 이동

▶ 자궁 근육 운동의 중요성



✓ 자궁 수축을 유발하는 물질을 주입했을 때 수정률 증가

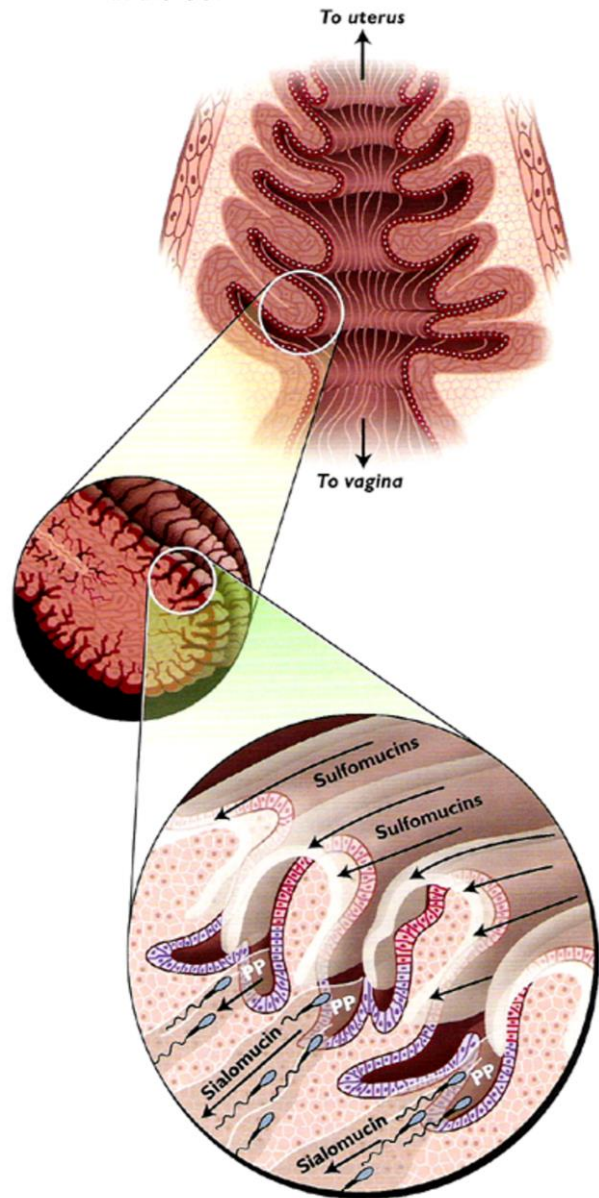
암컷 생식도관에서의 정자 이동

1. 암컷 생식도관에서의 정자 이동

2. 자궁경부 → 자궁 → 난관 → 수정

■ 자궁경부

- Privileged pathway, 시알로뮤신이 분비되어 정자 움직임을 도움
- 운동성이 없거나 비정상 정자 제거



암컷 생식도관에서의 정자 이동

1. 암컷 생식도관에서의 정자 이동

2. 자궁경부 → 자궁 → 난관 → 수정

■ 자궁

- 식균작용
- 수정능 획득 시작

■ 난관

- 수정능 획득 완료
- 매우 활동적인 움직임
(hyperactive motility)



02

수정능 획득과 수정

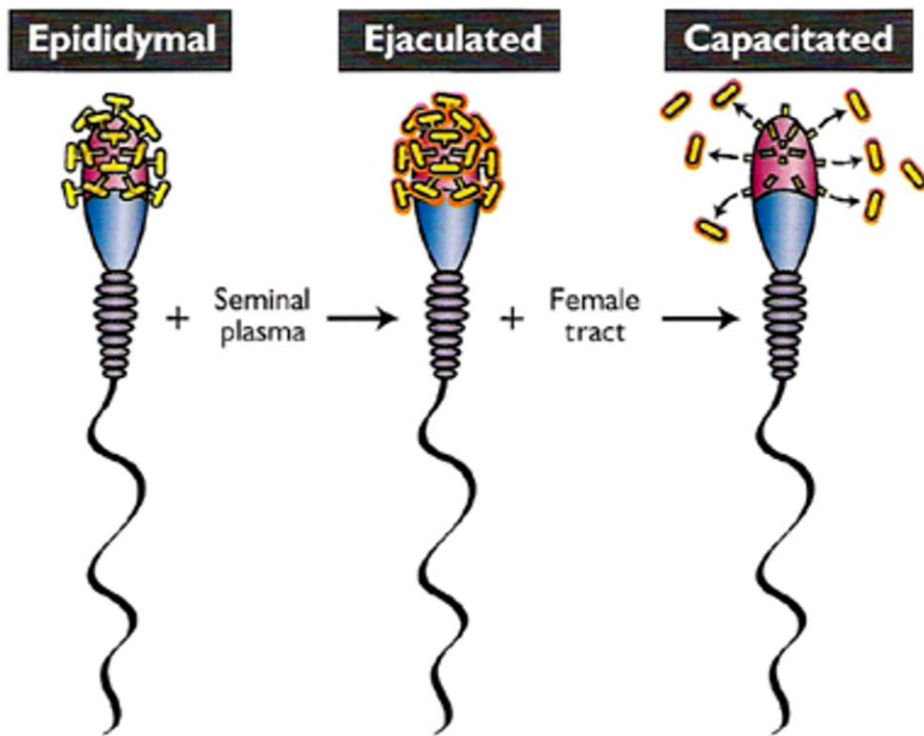
▶ 수정능 획득

- 수정능을 갖기 위해 정자의 세포막이 변화하는 과정
- 정소상체미부 정자: 불완전한 수정능 가짐
- 정(장)액 정자: 수정능 없음 (정자 두부 코팅)
- 암컷 생식도관 이동 정자: 수정능 가짐
- 수정능 획득은 자궁에서 시작되어 난관에서 완료됨
- In vitro에서 화학물질을 통해 수정능 획득 가능
 - 카페인, 헤파린 등
- 수정능을 획득한 정자는 매우 활동적 (hyperactive motility)

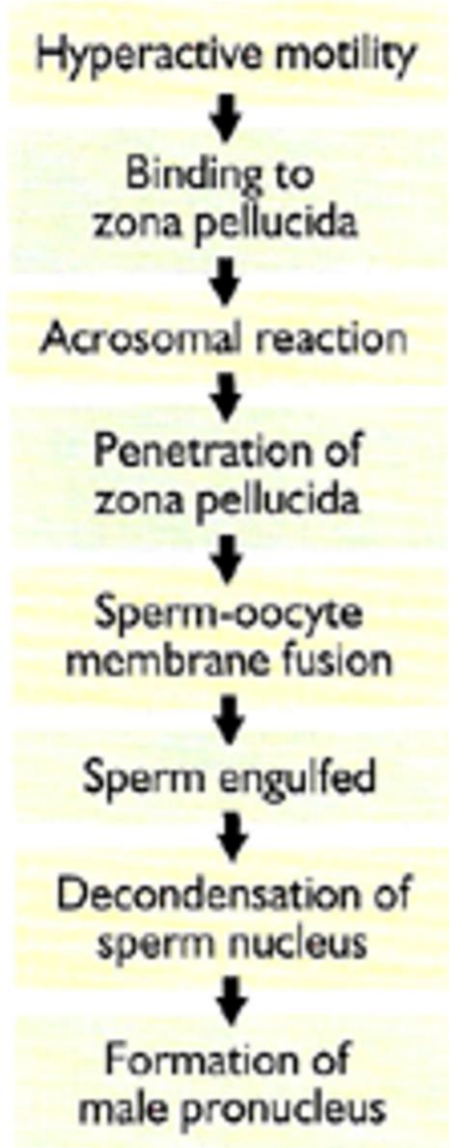


수정능 획득

Figure 12-8. Conceptual Version of Mammalian Capacitation



- ✓ 정소상체에서는 정자가 단백질과 탄수화물로 구성된 분자들로 표면이 둘러싸인 상태로 존재, 불완전한 수정능
- ✓ 사정 시의 정자는 정장액의 단백질로 한 번 더 코팅되어 수정능을 완전히 잃은 상태
- ✓ 암컷 생식도관의 환경에 노출된 정자는 정장액으로 코팅된 표면 단백질이 완전히 탈락되어 완전한 수정능 가짐



▶ 수정

- 침체반응
 - 정자가 난자에 구멍을 뚫음
 - 웅성/자성 전핵 형성
- 난자의 구조
 - 투명대: 대층 단백질(ZP) 1/2/3
 - ZP3: 정자의 수용체
 - 세포막
 - 세포질
 - 핵



▶ 침체반응

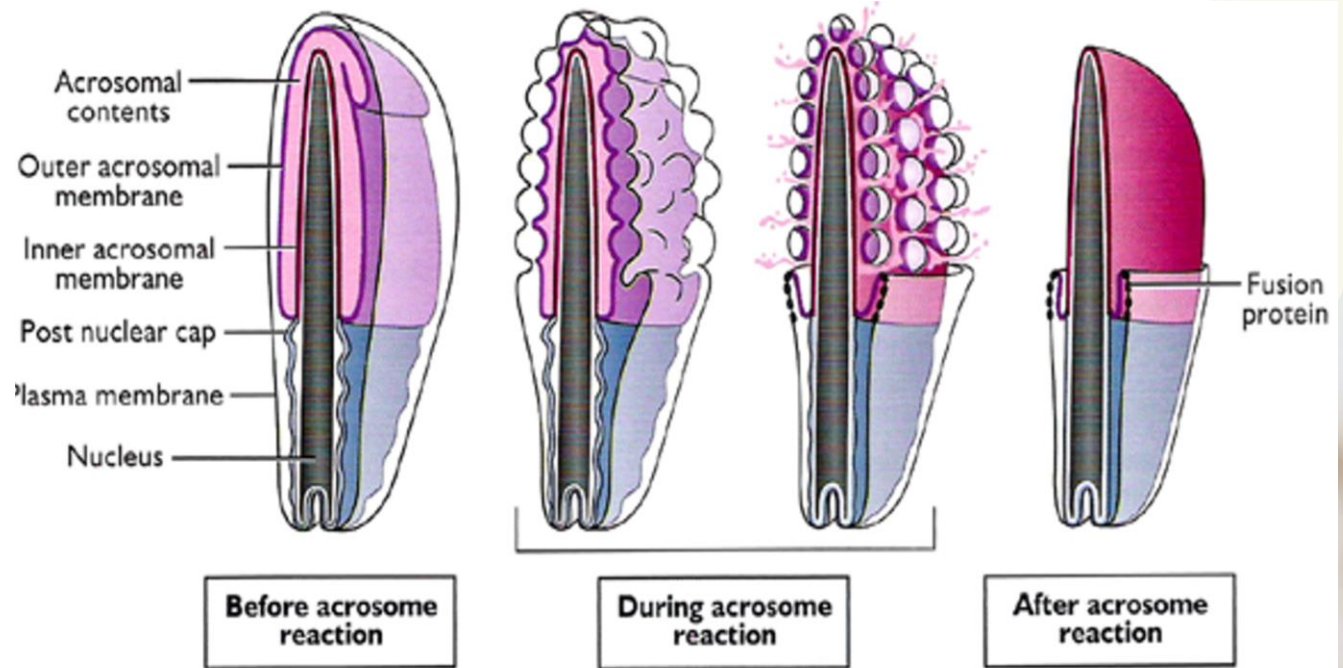
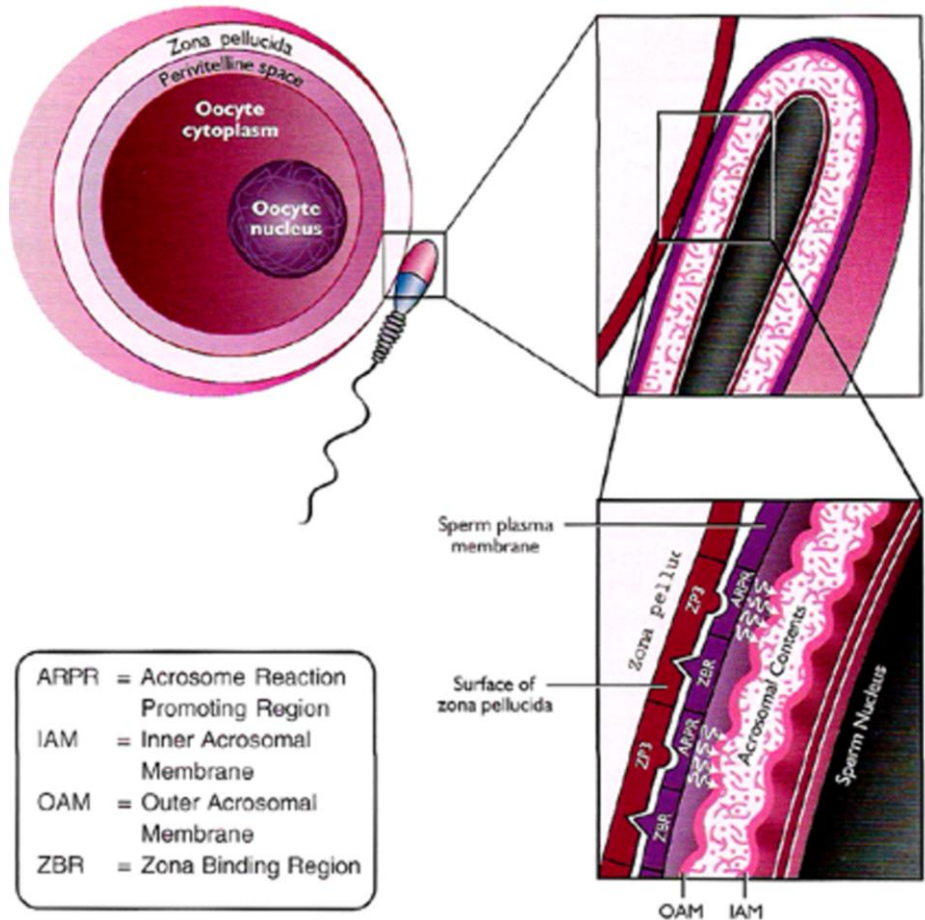
- 외측 침체막과 정자의 세포막의 융합
- 침체반응의 목적
 - 정자의 투명대 안으로의 침투
 - 정자와 난자의 세포막 융합
- 효소 방출: 아크로신, 히알루로니다아제, 산 가수분해효소, 에스터 분해효소 등



수정능 획득과 수정

2. 수정능 획득과 수정

▶ 침체반응



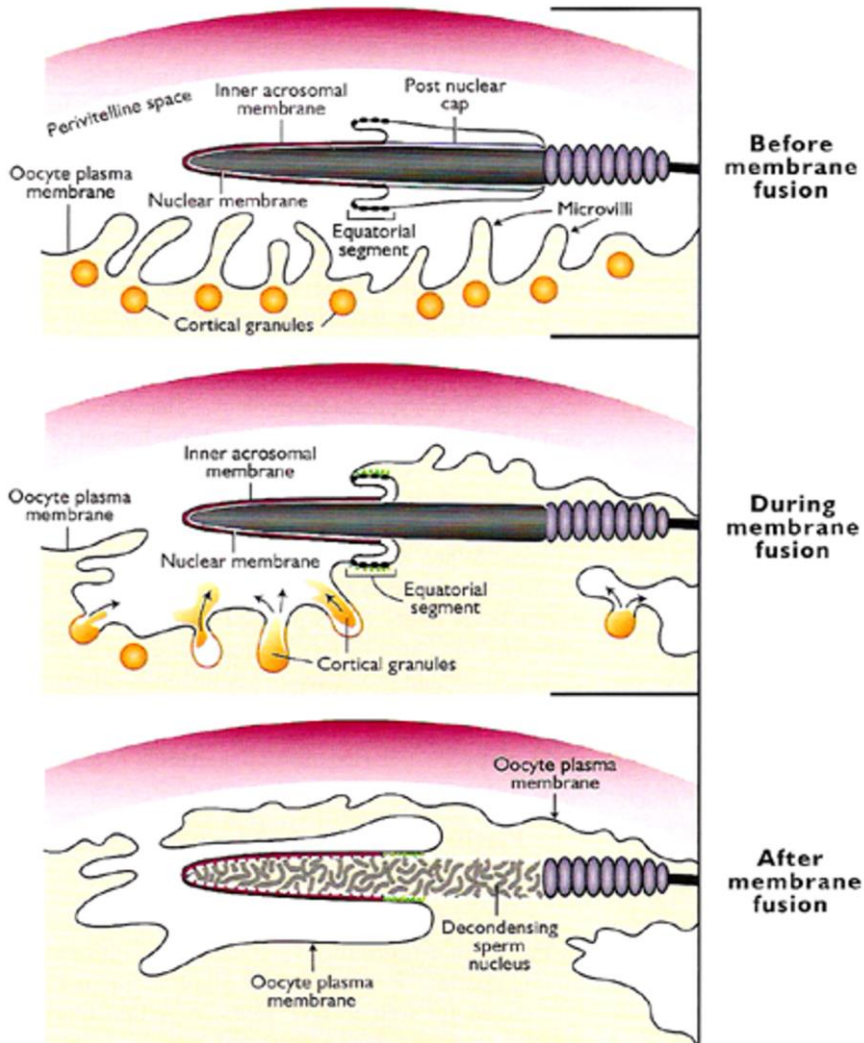
- ✓ 정자가 난자의 투명대 근처로 접근하게 되면 정자의 세포막의 수용체 같이 생긴 부분 2군데 (투명대 결합부, 침체반응 촉진부)가 투명대와 비스듬하게 결합하며 결합부에 구멍이 뚫리면서 정자 세포막이 외측 침체막과 융합을 시작하게 되고 외측/내측 침체막 간의 융합도 일어나며 효소들이 정자 밖으로 나오게 된다.

수정능 획득과 수정

2. 수정능 획득과 수정

▶ 수정

1. 적도부(equatorial segment)와 난자 세포막의 융합
2. 피질 반응: 수정 이후 난자의 투명대에 정자 부착 방지
3. 감수 2분열 재개, 제2극체 방출
4. 정자 풀렸다가 재응축
5. 자성/웅성 전핵 생성
6. 자성/웅성 전핵 융합 (Syngamy)
7. 배발생 시작



▶ 다정자 수정 방지

1. 투명대 차단: 피질 반응

세포외배출작용 통해 피층 과립 방출

→ 다른 정자 침투하지 못하게 투명대 단백질 조성 변화

2. 난황막 차단

추가적인 정자 융합 방지 위해 난자 세포막 조성 변화



수정능 획득과 수정

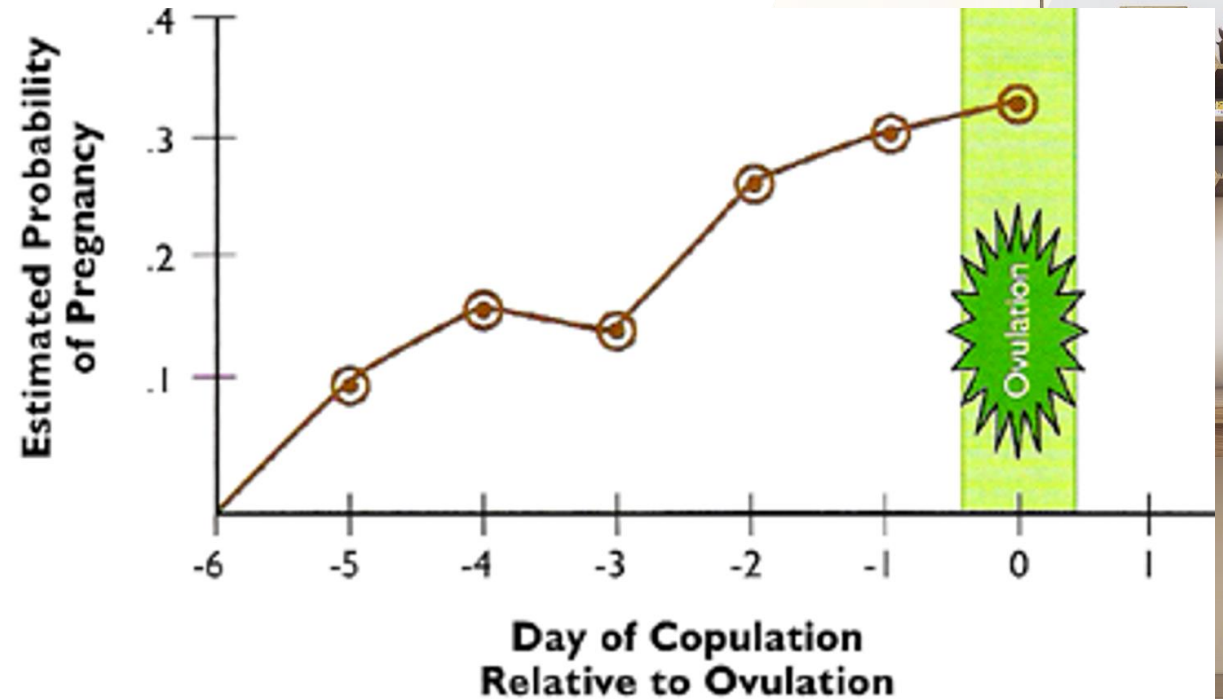
2. 수정능 획득과 수정

▶ 가임기

- 암컷 생식도관 내에서 정자의 수명만큼의 기간

Table 12-1. Duration of Fertilizing Ability of Sperm Within the Female Reproductive Tract of Various Species

<u>Species</u>	<u>Fertile Life (days)</u>
Bitch	9-11
Camelids (camel, llama, alpaca)	4-5
Cow	1.5-2
Mare	4-5
Woman	5-6



03

초기 배발생

➤ 배아

- 발달 초기 단계의 유기체
- Syngamy 이후 형성

➤ 태아

- 자궁 내에 있는 잠재적 자손
- 배아보다 더 발달한 형태

➤ 임신체

- 수태의 산물

1. 초기 배발달동안의 배아
2. 착상 이후 배아와 임신막
3. 부착 이후 태아와 태반



▶ 자궁 부착 이전 배아의 4단계

1. 투명대 안에서 배아 발달
2. 배반포의 투명대 밖으로의 부화
3. 모체의 임신 인지
4. 임신막 형성



초기 배발생

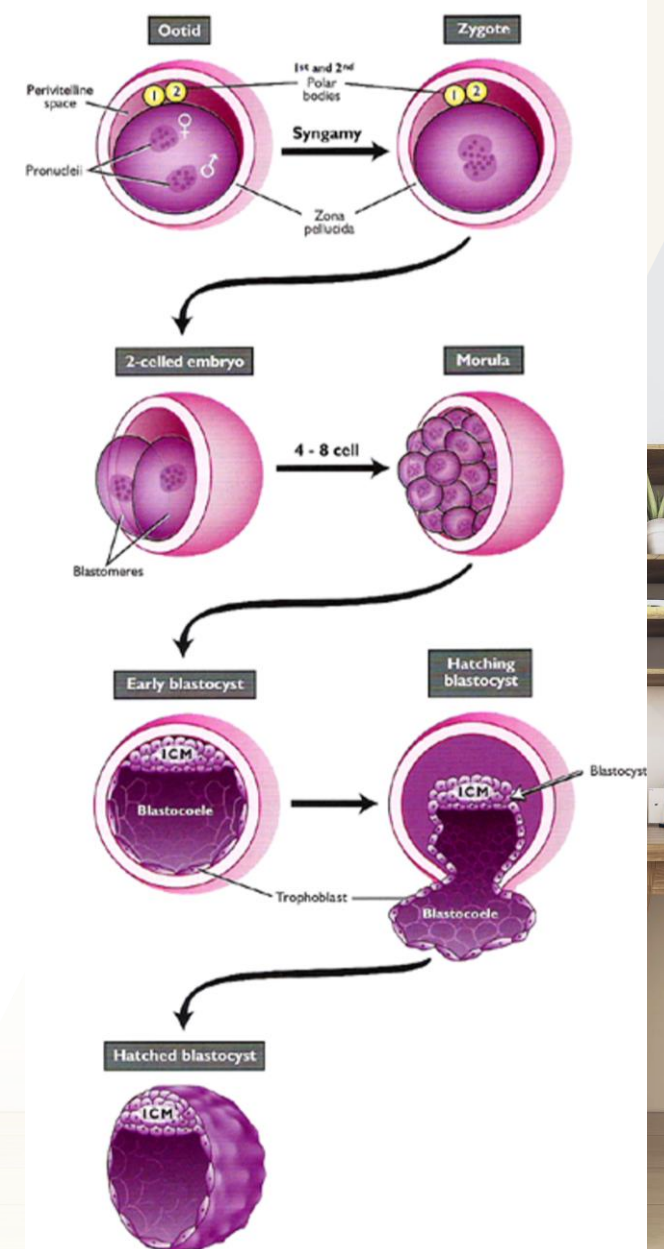
3. 초기 배발생

➤ 난세포(ootid): 자성/웅성 전핵을 갖고 있다. 가장 큰 단일 세포 중 하나

➤ 배발달의 초기 단계

■ 난할

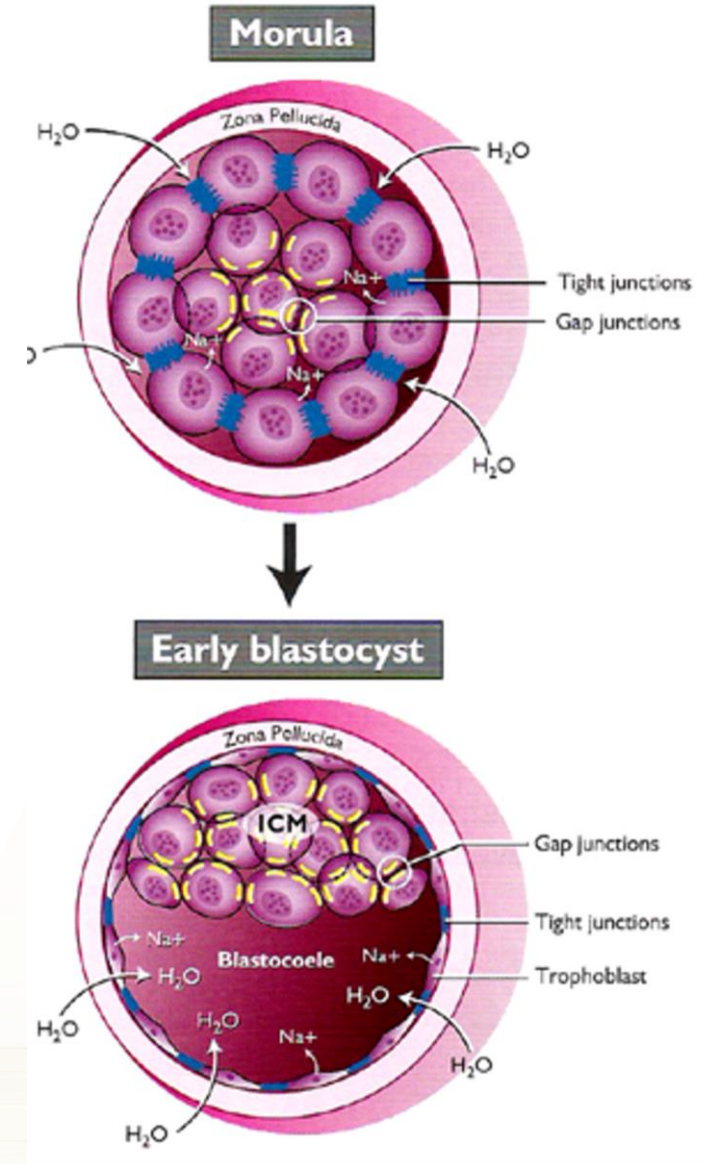
접합체 → 1세포 → 2세포 → 4세포 → 8세포 → 16세포(상실배) → 32세포(상실배) → 배반포 → 부화(투명대탈피)



초기 배발생

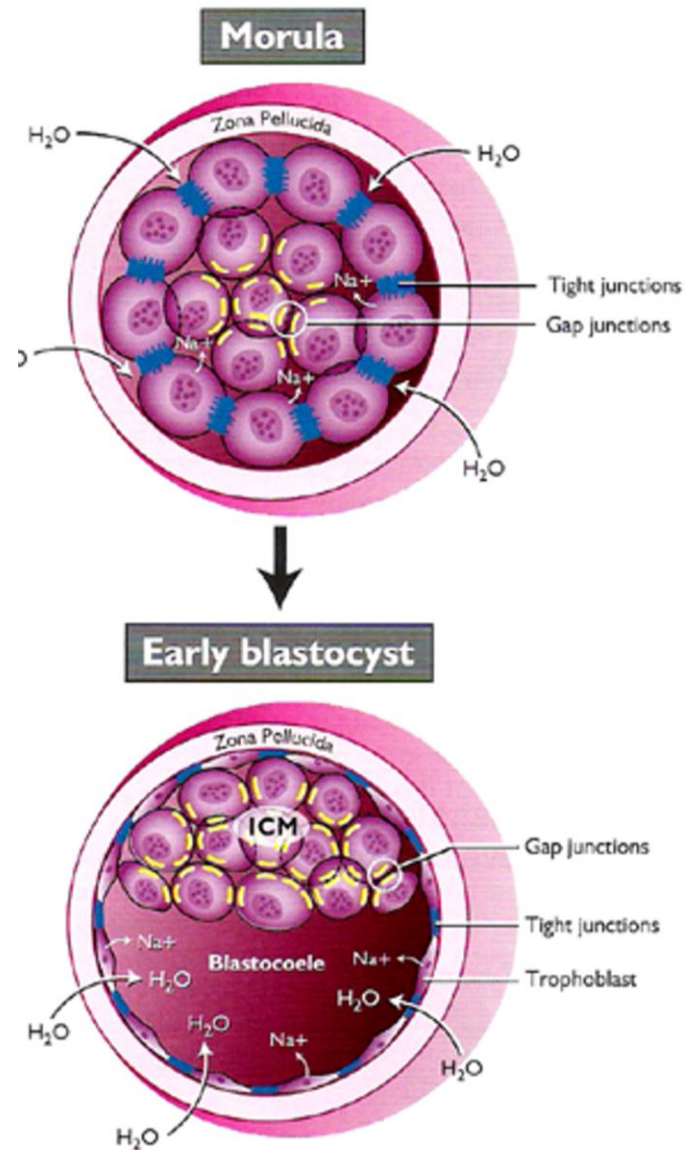
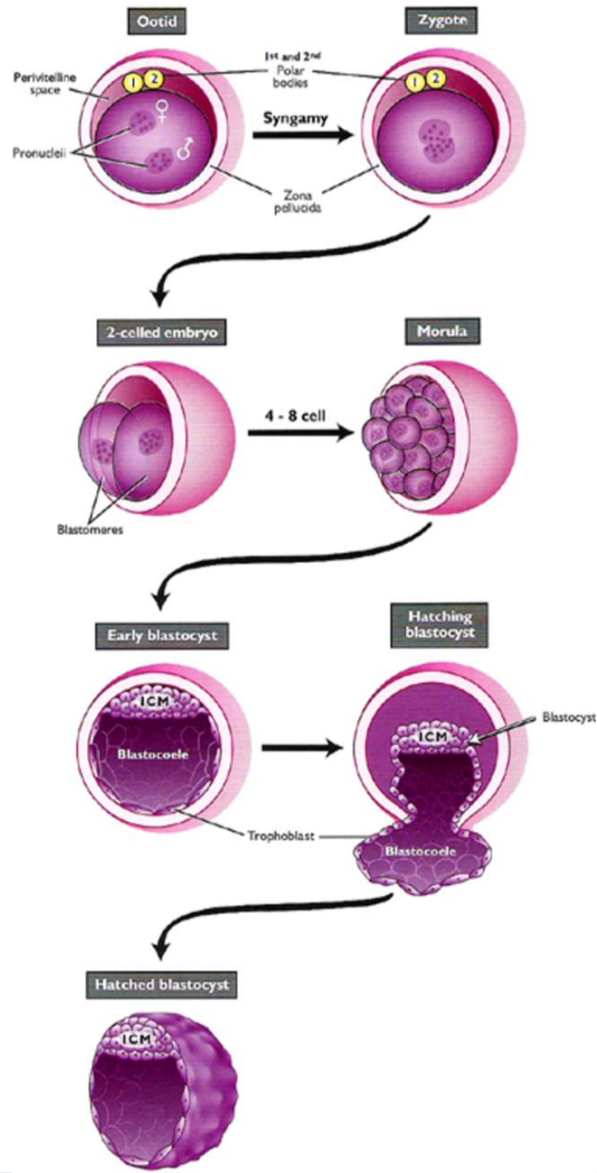
3. 초기 배발생

- ▶ 전능성: 완전한 개체를 형성할 수 있는 2, 4, 8세포기 할구들의 능력
- ▶ 압축: 상실배 단계에서 배아는 내부 세포층과 외부 세포층 형성
 - 내부 세포층: 간극연접
 - 외부 세포층: 밀착연접



초기 배발생

3. 초기 배발생



▶ 배반포

- 내부세포괴
- 영양막세포
- 포배강

▶ 부화

- 배아가 투명대로부터 탈출하는 과정
 1. 성장과 배반포 내의 유체 축적
 2. 영양막 세포에 의한 효소 생성
 3. 배반포의 수축



초기 배발생

3. 초기 배발생

Figure 13-3. Schematic Illustration of Preattachment Embryo Development

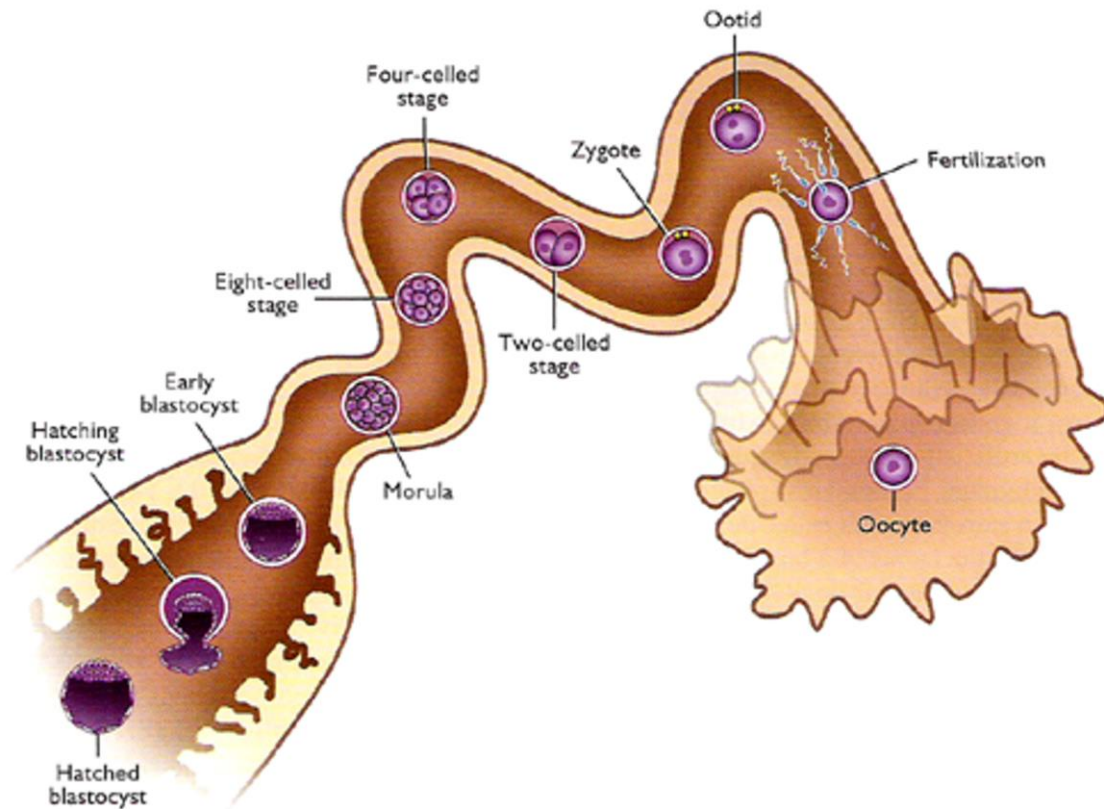


Table 13-1. Timing of preattachment embryogenesis relative to ovulation within females of various species. Non-bolded values are in the oviduct. **Bold values in the shaded box are in the uterus.** (—) = no data.

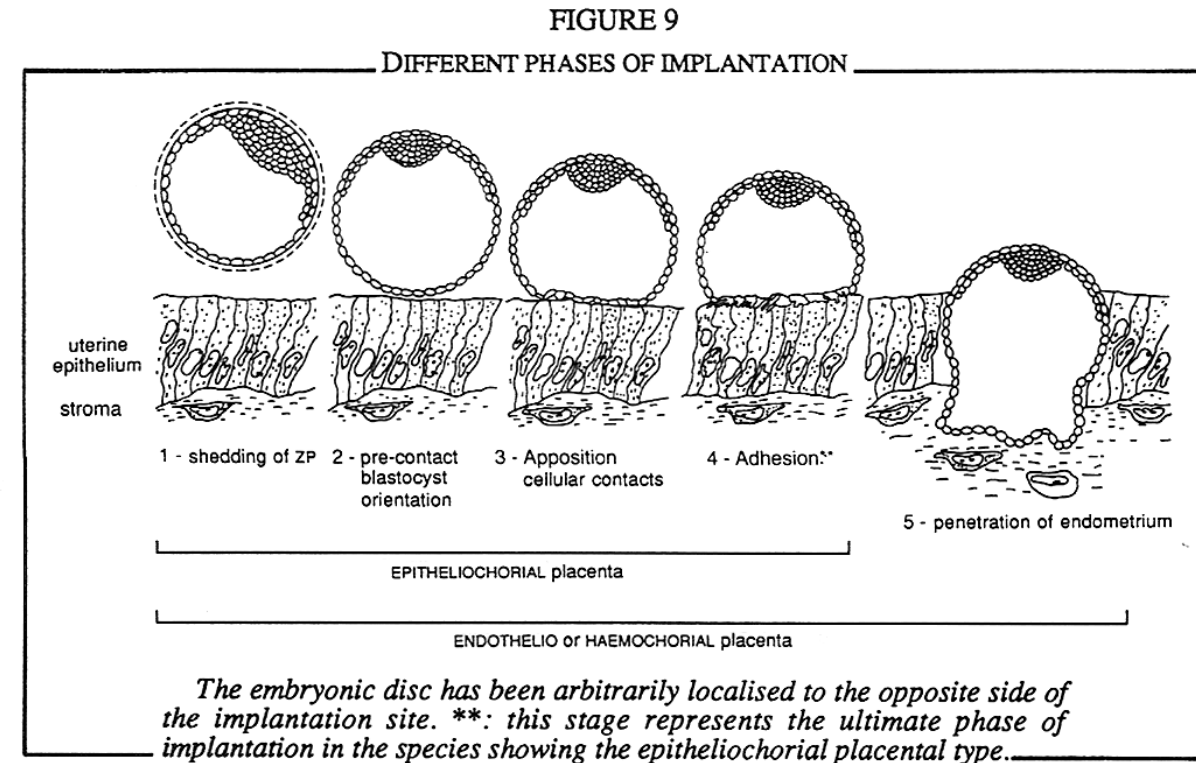
Species	<u>2-cell</u>	<u>4-cell</u>	<u>8-cell</u>	<u>Morula</u>	<u>Blastocyst</u>	<u>Hatching</u>
bitch*	3-7d	—	—	—	—	13-15d
cow	24h	1.5d	3d	4-7d	7-12d	9-11d
ewe	24h	1.3d	2.5d	3-4d	4-10d	7-8d
mare	24h	1.5d	3d	4-5d	6-8d	7-8d
queen	—	—	—	5d	8d	10-12d
sow	14-16h	1.0d	2d	3.5d	4-5d	6d
woman	24h	2d	3d	4d	5d	5-6d

*Recall from Figure 7-4 that ovulation and fertilization occur during a 6-7 day period during estrus.

▶ 착상

- 태반을 만들기 위한 자궁내막과 대뇌피질 사이의 일련의 복잡한 상호작용

1. 투명대 탈피
2. 사전 접촉 및 배반포 방향
3. 위치 조정
4. 부착 (반추동물, 돼지, 말 등)
5. 자궁내막 침투 (인간, 쥐, 토끼 등)



▶ 임신막

■ 난황막

- ▶ 원시 내배엽으로부터 유래
- ▶ 일시적으로 존재 (임신 약 25일에 퇴행)
- ▶ 원시생식세포, 조혈모세포의 근원

■ 융모막

- ▶ 영양외배엽과 원시 중배엽으로부터 형성된 이중막
- ▶ 요막과 융합해 요막융모막 형성, 자궁에 부착해 태반 형성



▶ 임신막

■ 양막

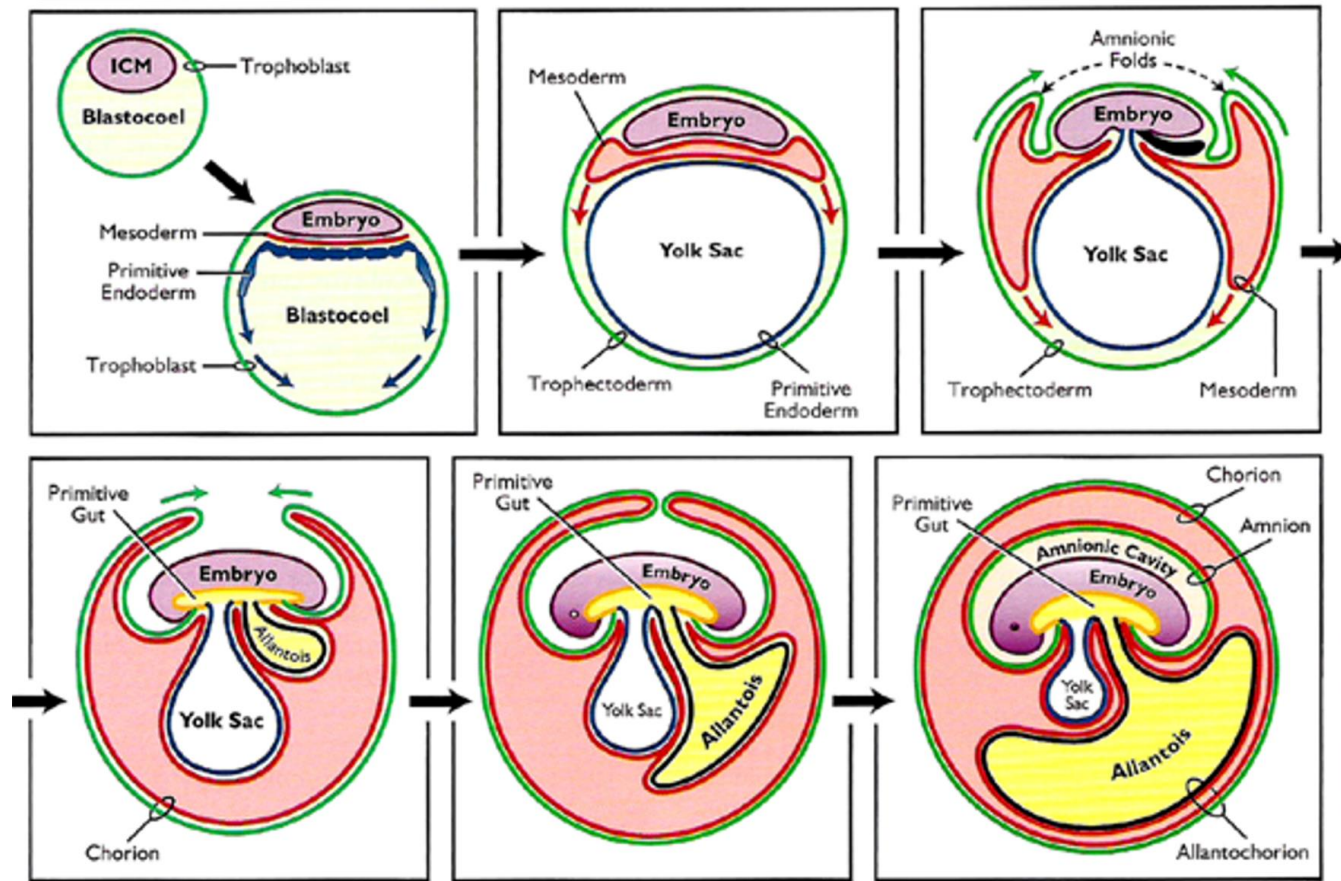
- ▶ 배아 위로 융모막이 자라나 형성
- ▶ 점액으로 차 있음: 충격으로부터 배아 보호, 유착 방지

■ 요막

- ▶ 원시 장기 뒷부분으로부터 주머니 같은 팽출이 성장
- ▶ 융모막과 융합해 요막융모막 형성
- ▶ 점액으로 차 있음: 배아의 노폐물



▶ 임신막 형성 과정



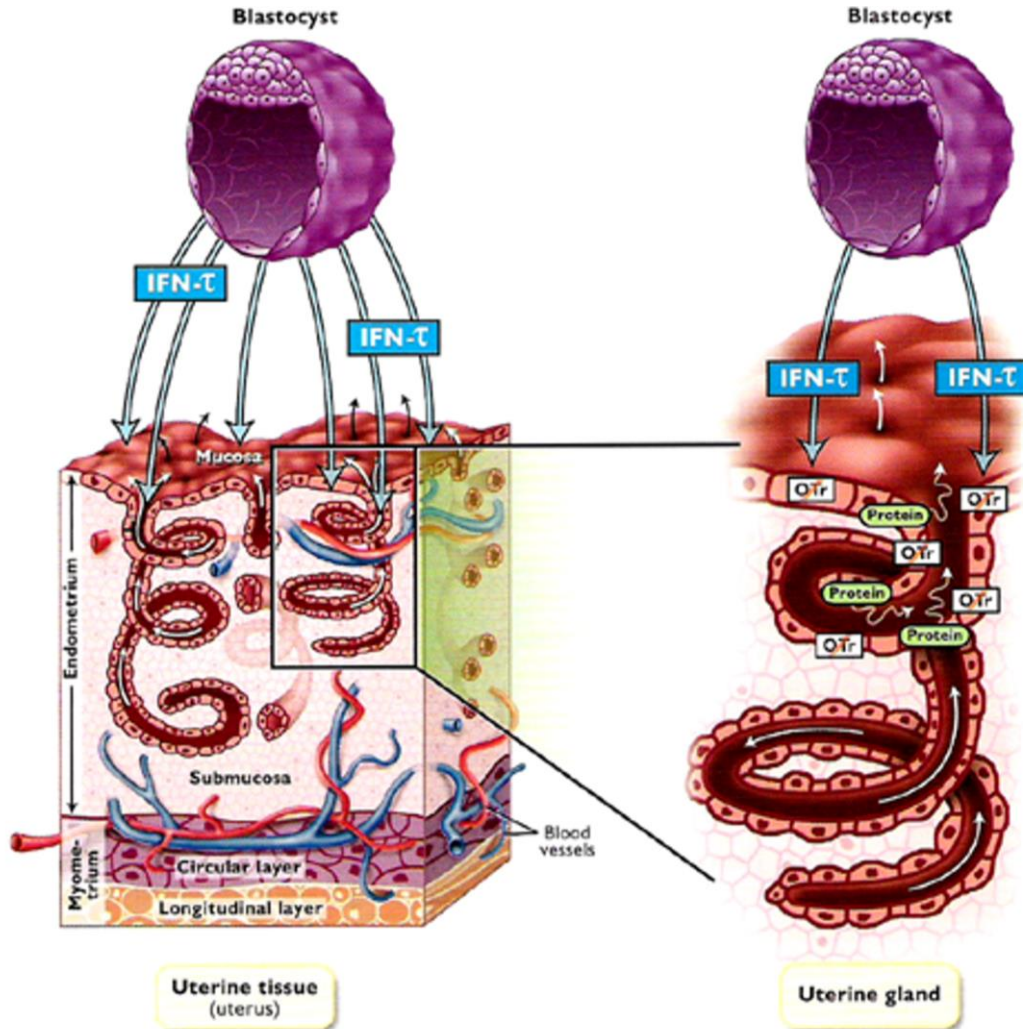
04

모체의 임신 인지

- ▶ 모체의 임신 인지를 위한 신호
 - 임신체로부터 생성됨 (영양외배엽)
 - 반추동물: 인터페론-타우(IFN- τ)
 - 돼지: 에스트로겐
 - 인간: hCG
 - 말: 에스트로겐/그 외
 - 기능: 황체퇴행 방지 (황체가 계속해서 프로게스테론 생성 가능하게 함)



▶ 임신 인지 매커니즘-반추동물



- ✓ IFN- τ 가 자궁 내막의 옥시토신 수용체를 없애고 자궁 상피 세포의 분비 늘려 착상 이전의 배아에 영양분을 공급

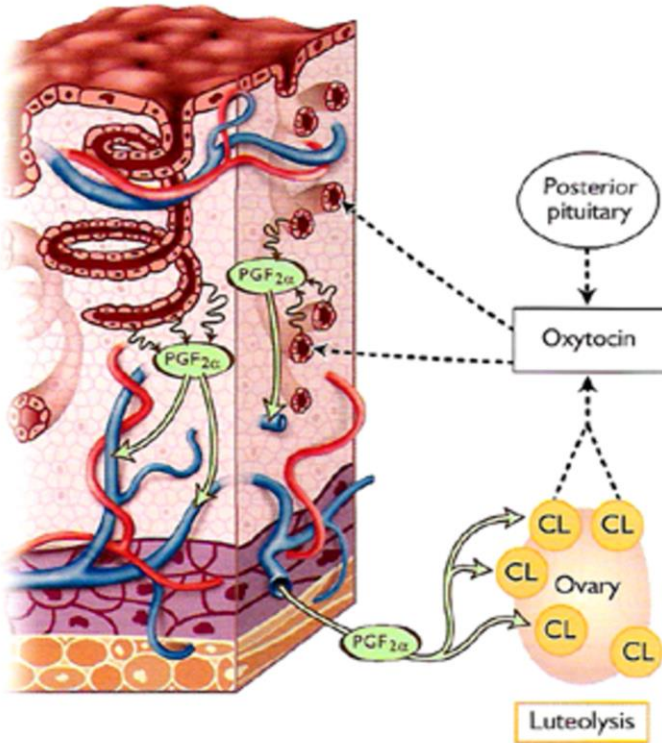


모체의 임신 인지

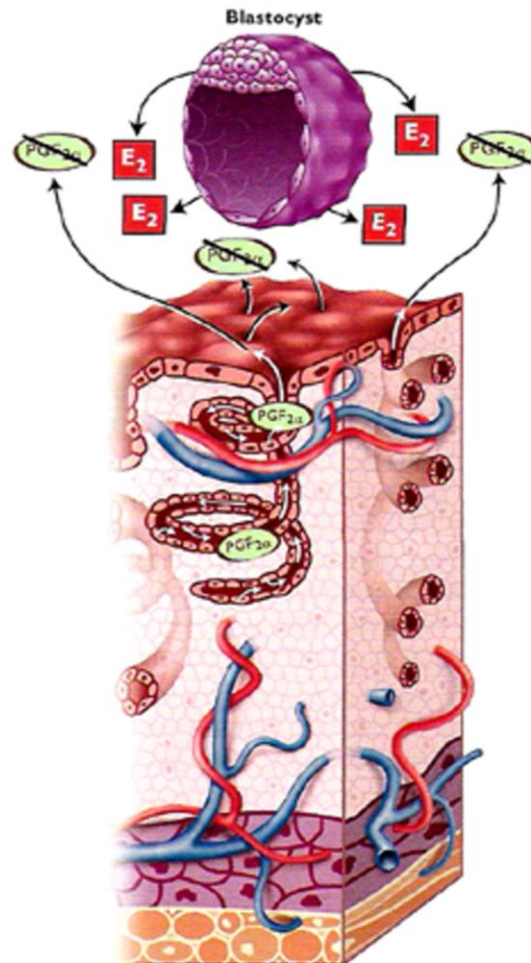
4. 모체의 임신 인지

임신 인지 매커니즘-돼지

Non-pregnant cycling sow
(endocrine secretion of $\text{PGF}_{2\alpha}$)



Pregnant sow
(exocrine secretion of $\text{PGF}_{2\alpha}$)

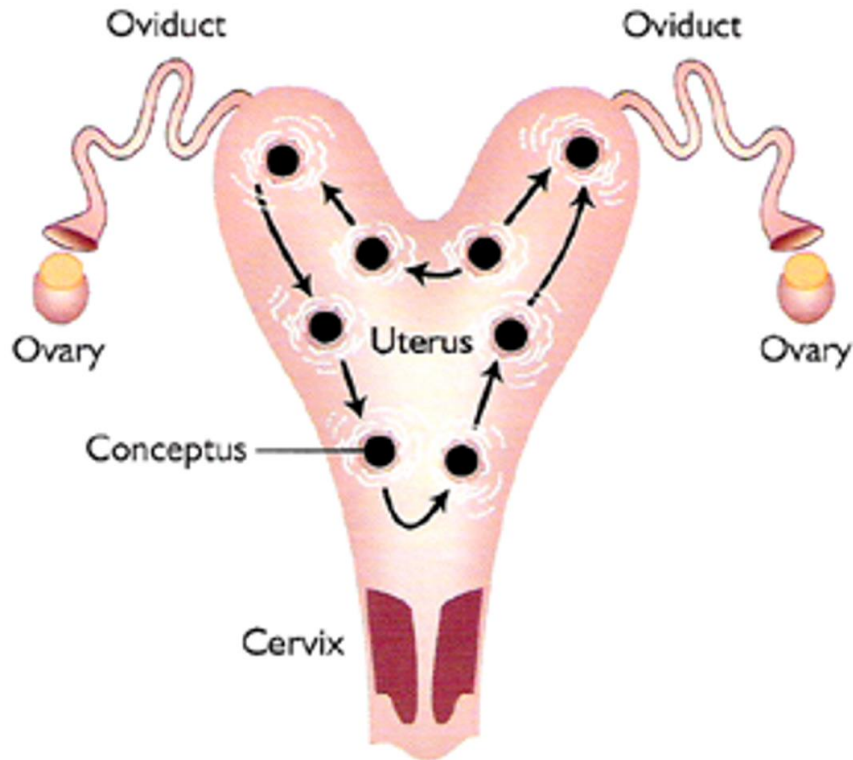


- ✓ 배아가 분비한 에스트로겐: 모체의 $\text{PGF}_{2\alpha}$ 가 혈류가 아닌 자궁 내막 쪽으로 분비되어 분해되게 함

모체의 임신 인지

4. 모체의 임신 인지

▶ 임신 인지 매커니즘-말



- ✓ 배아가 착상 이전까지 자궁을 돌아다니면서 임신 인지 신호를 보내 황체 퇴행을 막음



다음시간 안내

14강

임신과 분만

