

제 5 장

The Estrous Cycle

5-1. 성성숙 (Puberty)

5-2. Periods of the Estrous Cycle

5-3. Hormone Control of the Estrus Cycle

5-4. Follicular Dynamics

5-5. Mating Behavior (교미행위(발정징후))

5-6. Seasonal Breeders

- 발정 주기 內 : 배란, 수정 → 임신.
 - estrous → 발정주기의 개시부터 다음발정개시까지의 사이
 - 발정기와 발정기 사이의 기간.
 - 평균길이 : 모든 가축에서 비슷(면양만 짧다.)
 - 발정주기 ① ewe : 약 17일,
 ② 돼지 : 20일,
 ③ 소, 산양 : 21일,
 ④ 말 : 22일 ; 평균길이이고, 약간의 변동이 생길 수도 있다.
 ↳ 상당히 많은 수의 평균치.
 - 개체간의 변이가 모든 가축에 있다.
 - 소 : 17(18)~24일까지는 정상(빠르거나, 늦으면 비정상)
 - 말 : 19(16)~25(24)일까지는 정상(빠르거나, 늦으면 비정상)
 - 산양 : 일주일만에 발정 오는 것이 많다. : 특히 분만 후 첫 번째 이후, 두 번째 발정이 일주일만에 오는 것이 약 40%정도나 된다.
- 소이면 소, 말이면 말에서 개체간의 변이는 올 수 있으나, 한 개체에서의 다양한 발정주기는 비정상적으로 간주.

Species Variation in Estrous Cycle Characteristics

Estrous Cycle	EWE	SOW	COW	MARE
Length of Estrous Cycle	14 - 19 Days	18 - 22 Days	18 - 24 Days	16 - 24 Days
Length of Estrus	24 - 36 hours	48 - 72 hours	12 - 19 hours	2 - 11 Days
Time of Ovulation	24 - 36 hours After the onset of estrus	35 - 45 hours After the onset of estrus	10 - 11 hours After the end of estrus	1 - 2 Days Before the end of estrus
Time of AI	12 - 18 hours After the onset of estrus	16 - 14 hours After the onset of estrus and again 8 - 24 hours later	7 - 18 hours After onset of estrus	Second day and every other day in estrus

5-1. Puberty(성성숙) – 춘기발동기(동물), 사춘기(사람)

- **암컷의 성성숙** : 배란과 함께 처음으로 발정이 오는 연령.

(발정+배란이 일어나는 시기)

- 성성숙이 성적완숙(sexual maturity)을 의미하는 것은 아니다.

(만약 동물을 성숙기에 번식(교미+ 수정+ 임신)→분만시 난산)

→ 젖소의 경우 : 너무 일찍 수정→ 첫 1년 동안 우유의 생산량 작다.

- 조숙성 (early maturity), 만숙성 (late maturity)

- **수컷의 성성숙** : 처음으로 정액(정자)이 사정되는 시기.

성성숙(Puberty)

성성숙이란 가축의 생식기능에 대한 성적 기능이 시작되는 연령에 달하는 시기를 말하며, 이 시기가 되면 生殖腺(정소, 난소)이 활동한다. 즉, 정소에서는 정자를 생산하고 난소에서는 난자를 생산한다.

-성숙과정의 개시를 춘기발동이라 하고, 춘기발동이 시작되는 시기를 춘기발동기(春機發動機, puberty)라 한다. 그리고, 이 과정의 완료를 성성숙이라 하며, 완료되는 시기를 성성숙기(성완숙, sexual maturation)라 한다. 그러므로 엄밀한 의미에서는 춘기발동과 성성숙은 구별되어야 하지만 이 둘은 구별하지 않고, 동의어로 혼동하여 사용하는 경우가 많다.

-성성숙이 완성된 동물은 번식에 관계하는 모든 생리적기능이 완성되어 번식이 가능한 상태에 도달하게 된다.

- ① 암컷에서는 난소와 부생식기관이 발달되어 완전생식주기(수정, 착상, 임신, 분만, 포육)의 유지가 가능한 상태에서 발정과 배란이 일어나고, 수컷과 교미하여 임신할 수 있는 능력을 가지게 된다.
- ② 수컷에서는 조정기능(造精機能)이 완성됨과 동시에 부생식선도 충분히 발육되고, 성욕이 발현되어 교미와 사정이 가능하게 되므로서 암컷을 임신시킬 수 있는 상태에 도달한다.

- 생식선에서 새로운 호르몬의 분비가 왕성해지면,

① 암컷은 심신이 강해지고 신경질적이 되며 유방은 현저하게 커진다. 또한 몸 전체는 곡선미를 가지며, 피하지방의 축적이 많아진다.

② 수컷은 신경질적이 되고 싸우기(好爭性)를 좋아하며 앞몸과 어깨가 퍼지고, 면양이나 소같은 有角種은 뿔이 자라며, 鳥類는 벚이 커지고 성대가 좋아진다.

(제2차적 성징, secondary sexual characteristics)

-가축에 있어서 성성숙은 기후 및 여러가지의 환경조건에 따라 영향을 받고, 영양상태에 따라서도 영향을 받는데, **주요가축의 성성숙 도달월령은 ① 소 8-12개월, ② 말 15-16개월, ③ 면양과 산양 6-8개월, ④ 돼지 8개월이다.**

- 성성숙시기와 성성숙에 영향을 끼치는 요인; ① 유전적 요인, ② 환경적 요인, 이러한 요인에 따라 성성숙시기를 보면 개체가 출생한 후 신체 각 부위의 조직이 똑같이 성장하는 것이 아니라 먼저 1)골격계통이 빨리 발육하고, 골격의 발육이 어느 단계까지 이르면 그 다음에는 2)근육이 주로 발육하며, 이것이 어느 단계까지 발육하면 3)체지방의 축적이 왕성해진다.

Puberty: Onset of reproductive competence, i.e., both behavior and function

	Age at Puberty (months)	
	Female	Male
Sheep-Goats	7-10	4-6
Swine	4-7	4-8
Cattle	8-11	10-12
Brahman type cattle	15-18	
Horses	15-18	13-18

Swine (gilts) can be induced into puberty by boar exposure, mixing pens and transport close to 5-7 months of age

[표 34]

수컷의 성성숙과정(단위: 개월)

성 성 숙 과 정	소	말	면 양	산 양	돼 지
정소 내 최초 정자출현	6~7	13~14	5~5.5	3	4
음경과 포피 완전분리	8~8.5	—	3.5~7	—	5
최초로 정자사출	8.5~14	—	4.5~8.5	3	6
정소의 성숙도가 성숙치에 도달	13~14	23~26	—	5	6~7
세정관의 지름이 성숙치에 도달	13~14	23~26	5~5.5	6	9
정자의 농도가 성숙치에 도달	12~14	23~24	—	—	7~8
정자의 기형률이 성숙치에 있음	13~14	23~24	—	—	7
정소의 발육곡선이 수평화됨	6 ⁺	28 ⁺	—	6~7 ⁺	8 ⁺
성성숙기	15	3~4(세)	6~7	5~6	7
번식공용시기	15~20	4~5(세)	15~18	12~18	10

- **sheep** – 성성숙기 : mature weight의 40~50% → 이때는 번식을 하지 못한다.
→ mature weight의 65%일 때 번식이 가능하다.
- **유우**(dairy cow) – 성성숙기 : mature weight의 35~45%
→ mature weight가 55%일 때 번식이 가능 ← 이때 수정, 번식 → 난산이 준다.
- **돼지** ① 수돼지의 번식적령; 생후 8개월령시 120~130 Kg
② 암돼지의 번식적령; 생후 8개월령시 110~120 Kg,
정기발정이 2~3회 반복된 후
- **puberty**; ① 난포가 성장하기 시작하고, ② 난자 성숙·배란이 되기에 충분할 정도로 gonadotropin(뇌의 발달: 성선자극호르몬(FSH, LH))이 생산되었을 때 일어난다.
– 난포성장은 성성숙 몇 달 전에 발견 할 수 있다.
- 성성숙기가 가까워지면서 gonadotropin의 간헐(맥동)적방출(pulse-like releases)이 더 자주 일어나고, 폭이 더 높아지게 된다.
→ 성성숙기가 거의 다 될 때쯤에 FSH와 LH는 난자성숙 재개시를 촉진하고, 배란을 일으킨다.

- **성성숙 일령(age at puberty)** ← 유전적 요인과 환경적 요인에 영향을 받는다.
 - 성성숙시의 체중은 유전적 요인에 더 크게 좌우된다.
 - 유전적인 요인은 ‘비교종, 이나 ‘한종내에서의 번식,,을 통해서 알 수 있다.
- **평균 성성숙일령 ;**
 - sow : 4~7개월 (8개월)
 - ewe : 6~9개월, doe : 5~7개월 (6~8개월)
 - mare : 15~24개월 (15~16개월)
 - cows : European-type dairy cow ; 8~11개월 (8~12개월)
 - └ jersey : 성성숙 - 약 8개월 (160 kg) average
 - └ Holstein : 성성숙 - 약 11개월 (270 kg) average
 - European-type beef cow ; 10~15개월
 - zebu-type cows ; 17~27개월
- 많은 환경적인 요인도 성성숙일령에 영향을 끼친다.
 - 일반적으로 어떤 환경적요인이 성장률을 늦추어서 완전한 유전적인 잠재성의 표현을 방해해서 성성숙기를 늦춘다 (성성숙기 지연).
 - 성장률(성성숙)이 낮은 이유: ①사양관리 불량, ②더울 때(고온), ③주위환경 불량

- **Holstein(heifer)→ 권장사양표준급여→ 약 11개월에 성성숙(270 kg)에 도달**
 - 출생후 권장사양표준의 62%로 사육→성성숙이 약 20개월 이상 걸린다.
(권장에너지표준)
- **높은 주위 온도→ 성성숙에 영향(늦춘다)**
 - **beef heifer** : 10℃로 사육→ 10.5 개월에 성성숙.
27℃로 사육→ 13 개월 이상(↑)만에 성성숙.
 - **gilt(미경산돈)** : 늦은 봄에 낳은 새끼는 다른 계절에 낳은 새끼보다 성성숙 더디다(이유 : 여름의 고온으로 성장이 늦어지고, 성성숙도 늦어진다).
 - **sheep(면양), goat(산양)** → 출산달에 영향받는다.→계절번식 때문.
→ 번식계절; 9월~12.1월 사이.
*for example : ewe(면양)-1월달 새끼가 3월달 새끼보다 성성숙 늦다.
(1월 → 9월(2개월 늦다), 3월 → 9월)
- **다른 환경적요인으로 번식에 영향을 끼치는 요인;**
 - ①불량한 건강상태, ②사육시설의 공중위생 불량 → 성성숙기를 늦춘다.
- 불리한 환경적 요인 → 성성숙 늦추고, 동물의 mature size를 줄인다. 그러나, 성성숙시의 체중에는 별 영향을 주지 않는다.
- Heifer(낮은 영양수준 상태);
 - 권장수준이상으로 사육 → 성성숙이 더 빨라질 것이다.
 - Holstein heifer: 권장수준의 146%(1.46배)로 사육 → 약 9.2개월에 성성숙에 도달.
(정상수준 → 11개월(270 Kg)에 성성숙에 도달.)

5-2. periods of the Estrous cycle

- **발정주기** → estrus (발정기)
metestrus (발정후기)
diestrus (발정정지기(중간기, 휴지기))
proestrus (발정전기)
 - 발정주기는 주기적이고 연속적으로 일어난다.(무발정(anestrus)기간은 제외)
 - 계절번식동물 : ewe, doe, mare.
- 모든 동물 → 임신중과 분만후 초기기간은 무발정.

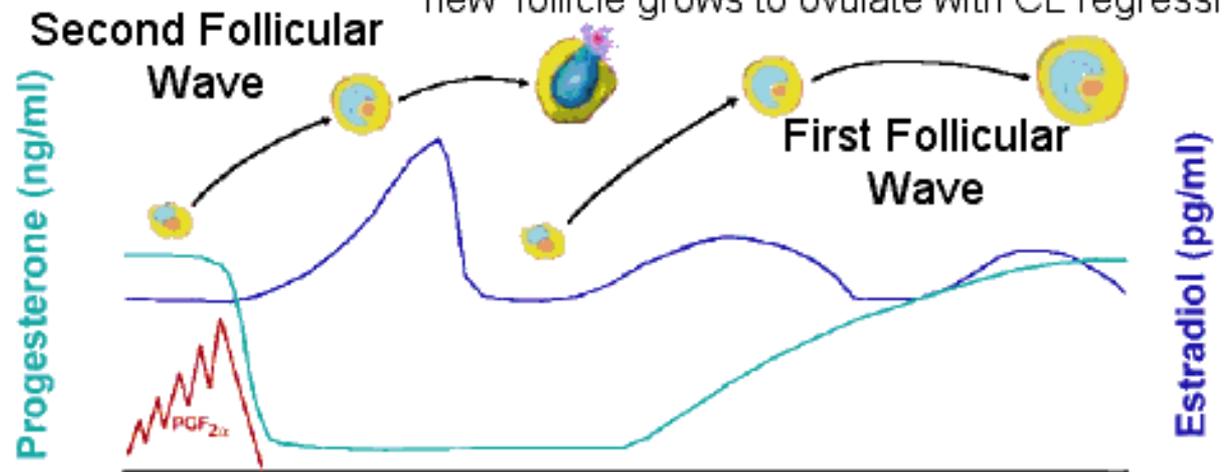
Hormonal Profiles During the Estrous Cycle

Cow

Follicle will become atretic and regress as a new follicle grows to ovulate with CL regression

ng = nanogram 10^{-9} grams
 LH, FSH, Progesterone
 pg = picogram 10^{-12} grams
 Estrogen, $PGF2\alpha$

When progesterone is less than 1 ng/ml it usually means the cow has regressed the CL and is coming into heat during the estrous cycle



Increases for CL regression

LH surge for ovulation

Second increase of FSH for follicle development. Inhibin is low as is progesterone

LH (ng/ml)

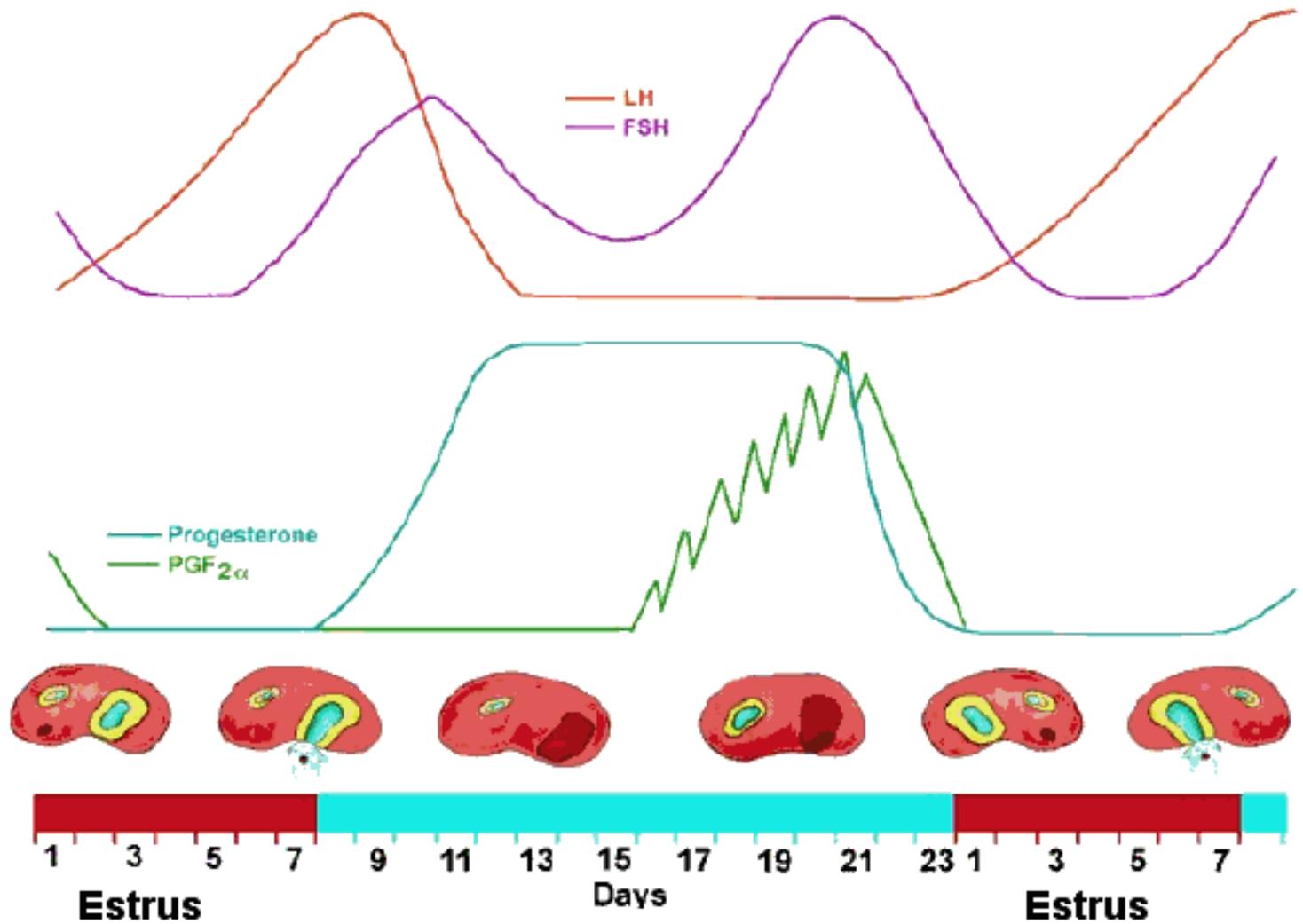
FSH (ng/ml)

18 19 20 0 1 2 3 4 5 6 7 8

Estrus

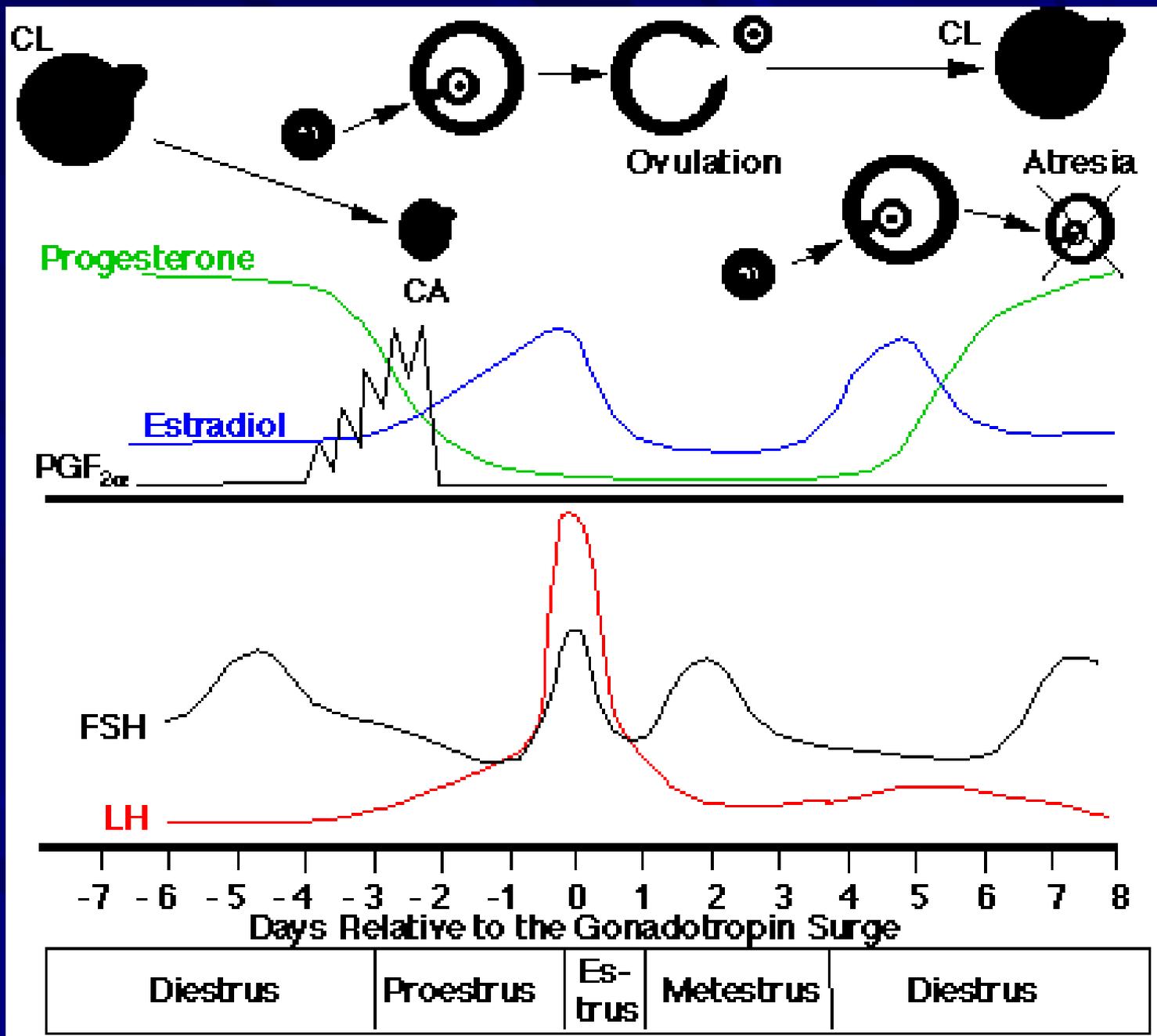
Days of the Estrous Cycle

Mare

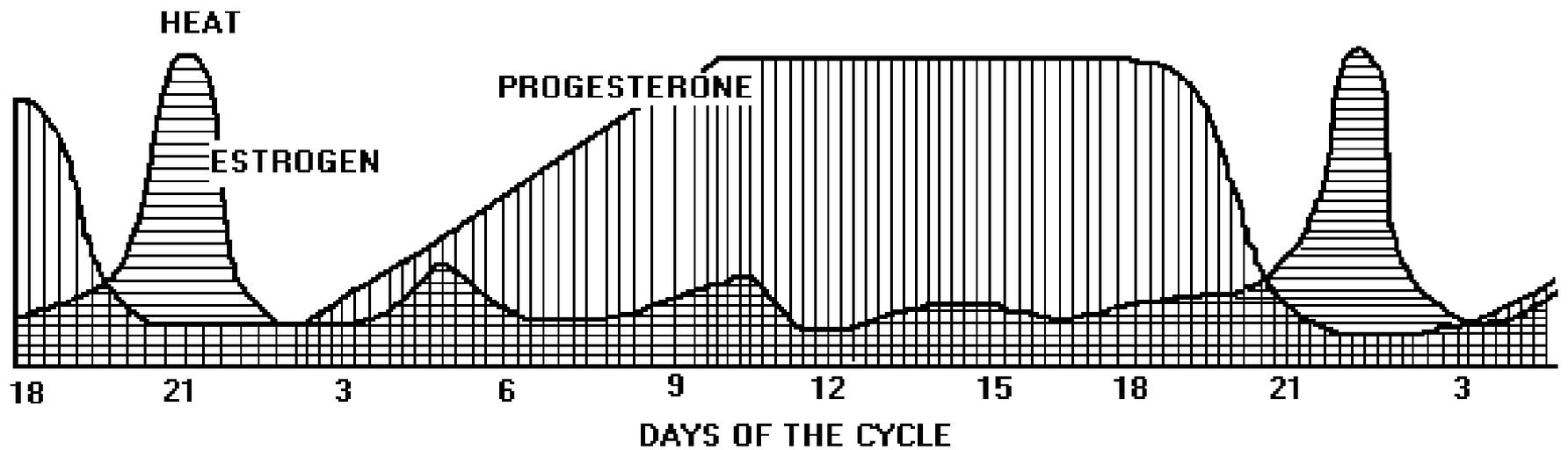
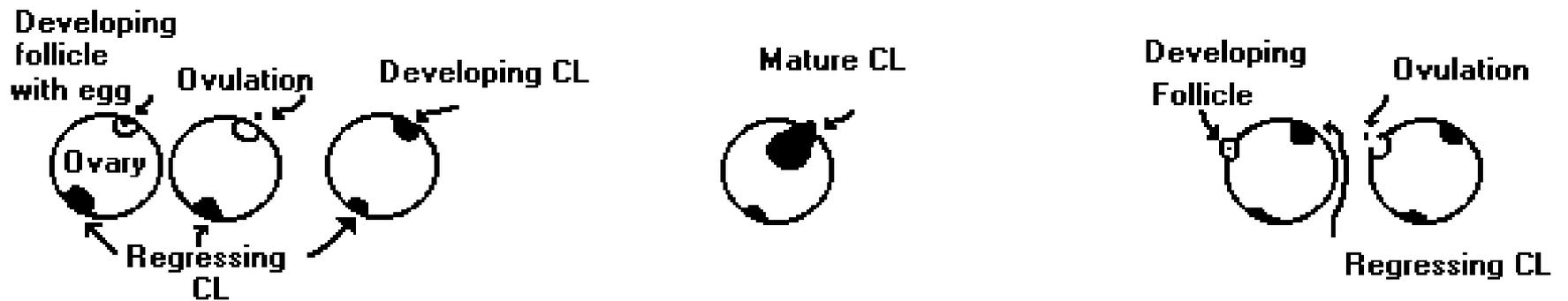


© 199

Adapted from Ginther, O.J. 1992. 2nd Edition
Reproductive Biology of the Mare. p288



Estrus and Estrous Cycle



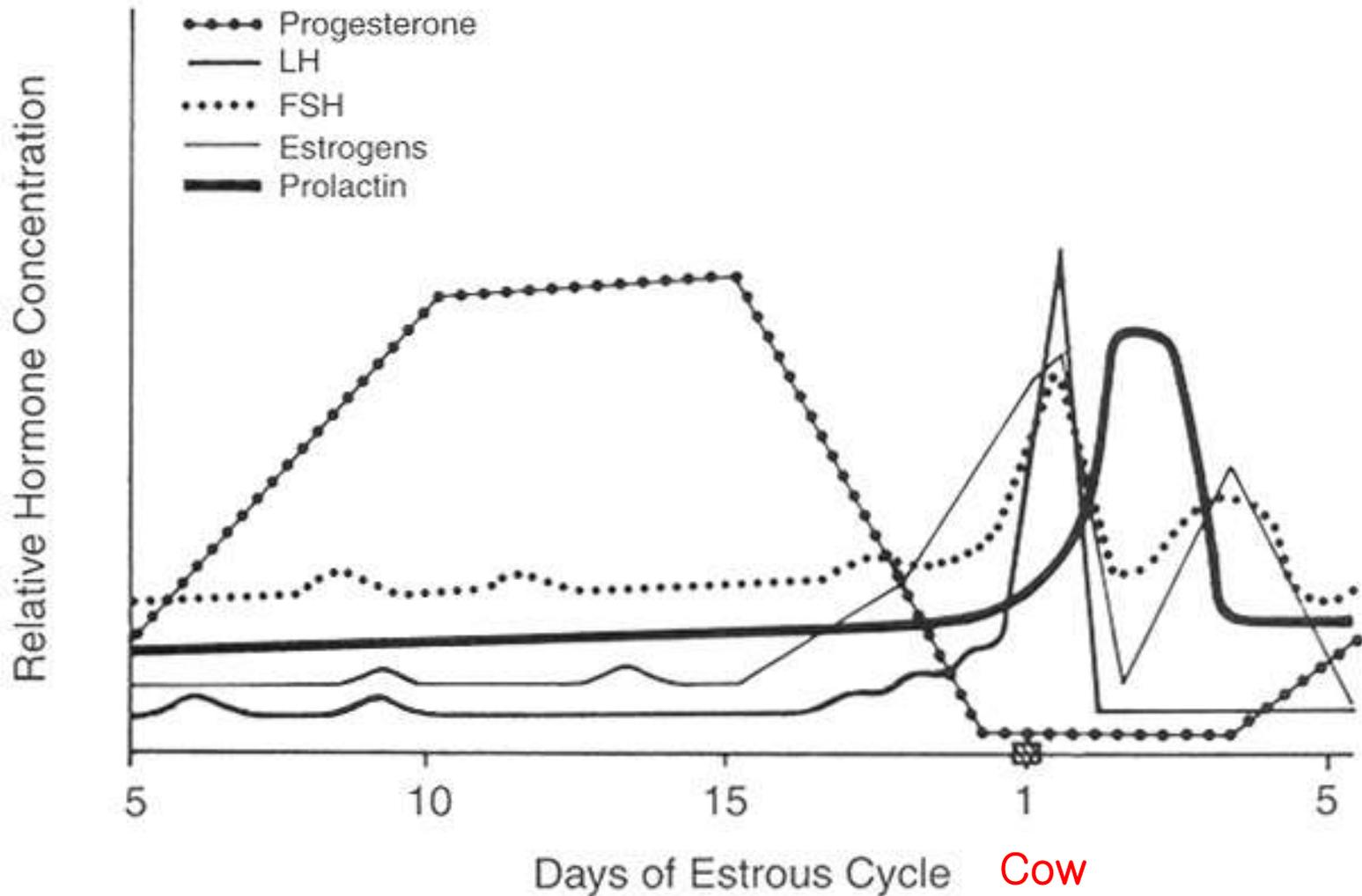


Figure 5-1 Hormonal changes in the peripheral plasma during the estrous cycle of the cow. The drop in progesterone on day 16, 17, or 18 is followed by surges in estrogens during late proestrus, FSH and LH during estrus, and prolactin during late estrus and early metestrus. (Based on literature.)

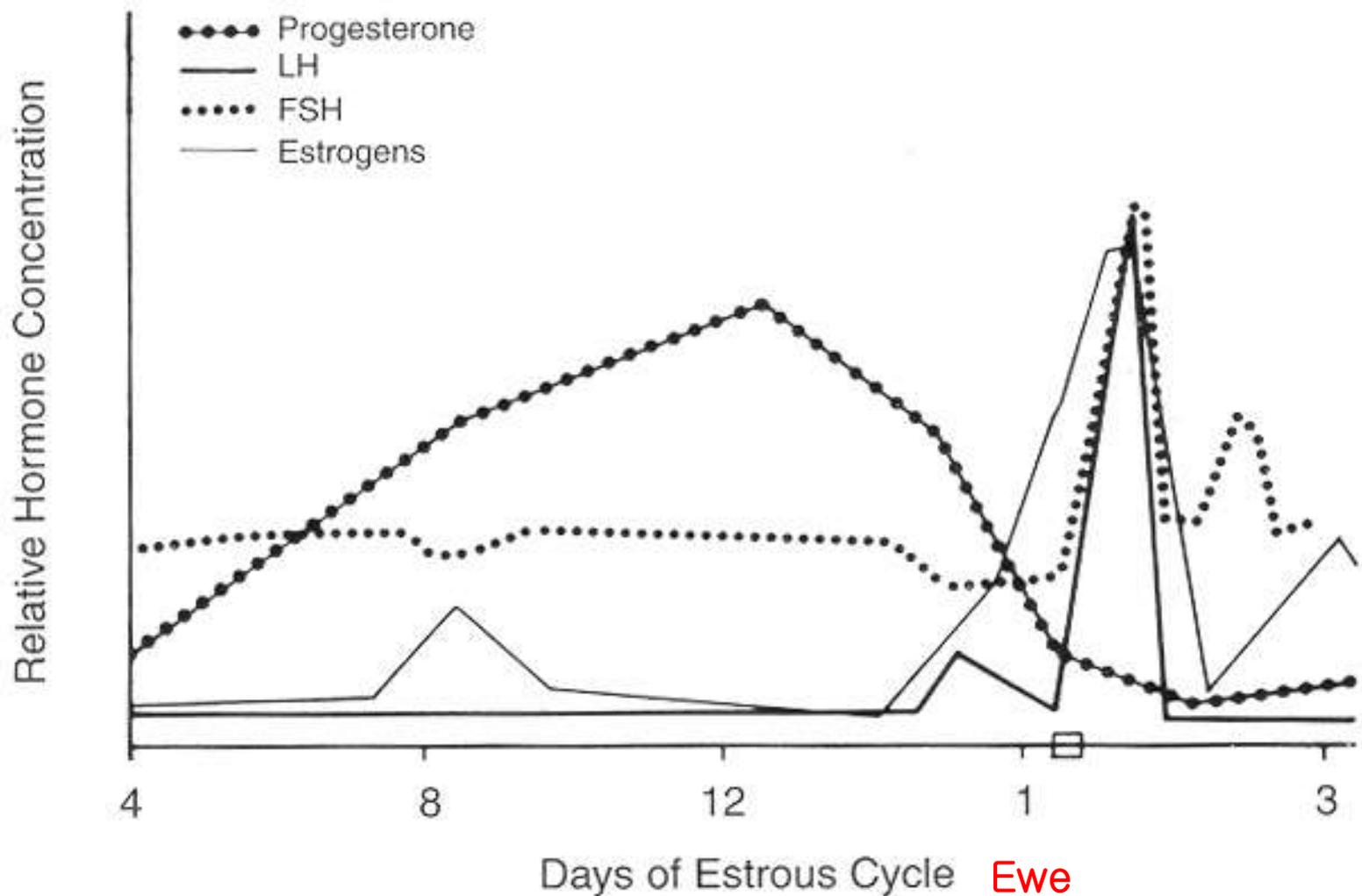


Figure 5-2 Hormonal changes in the peripheral plasma during the estrous cycle of the ewe. Patterns for the ewe are similar to that for other species. A reduction in FSH during proestrus is followed by a spike during estrus and another surge during metestrus. (Based on literature.)

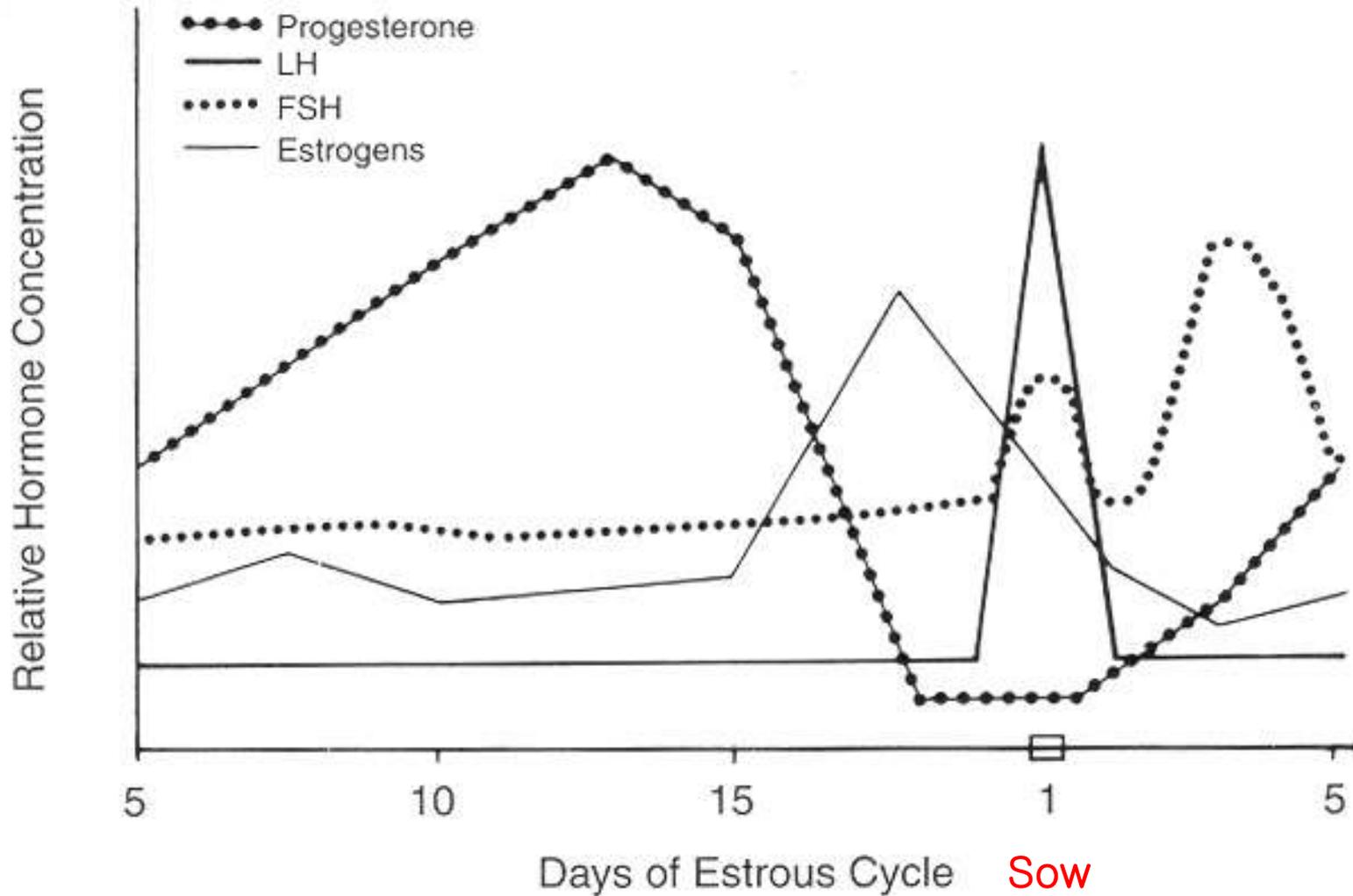


Figure 5-3 Hormonal changes in the peripheral plasma during the estrous cycle in the sow. Notable is the marked increase in FSH during metestrus. (Based on literature.)

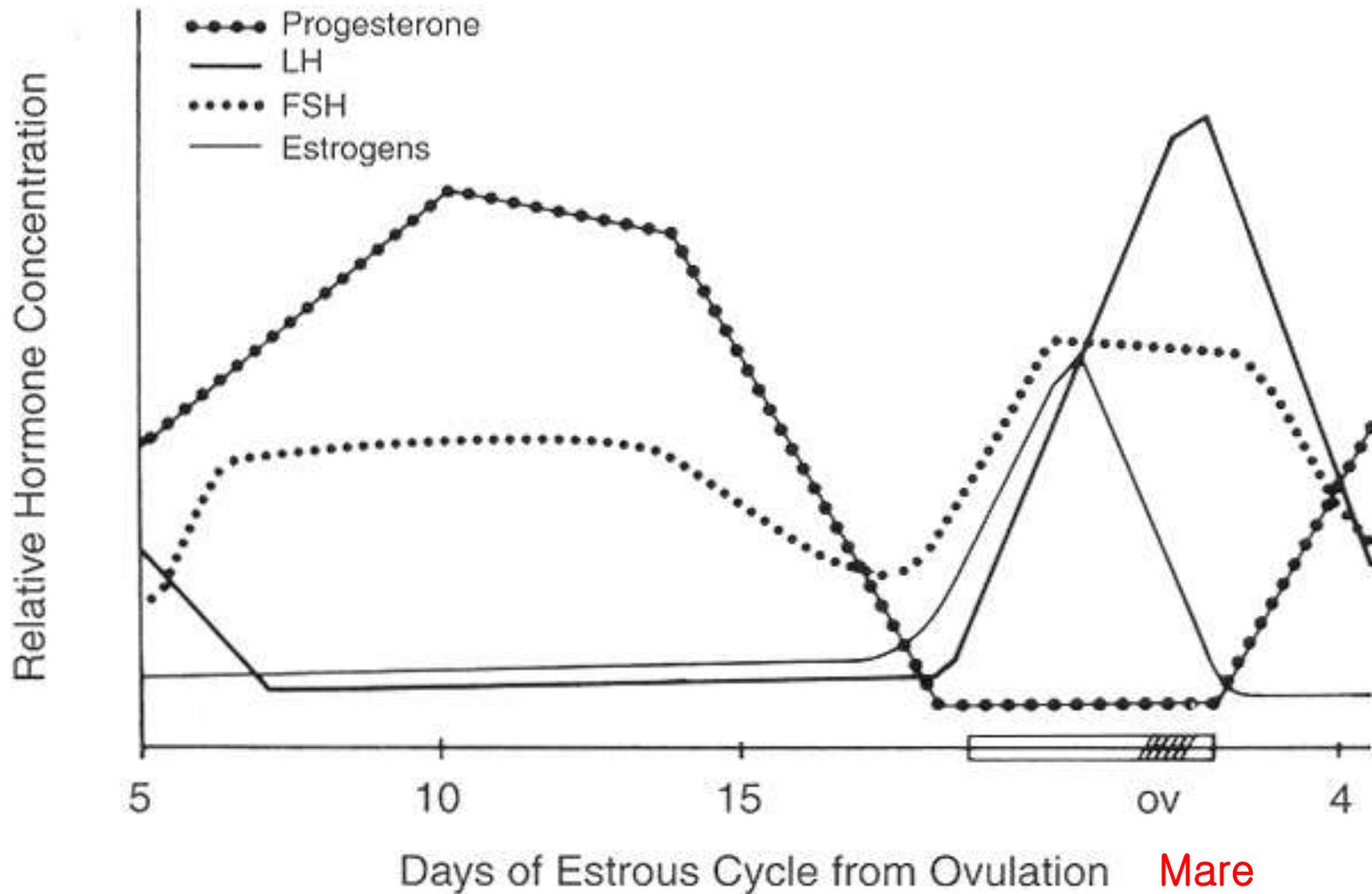


Figure 5-4 Hormonal changes during the estrous cycle in the mare. Patterns are similar to that of other species except that surges of FSH and LH during estrus last for several days. (Based on literature.)

대 뇌
시상하부

하 수 체

난 소

E: estrogen

P: progesterone

자궁내막

혈액 중의 성
호르몬의 소장

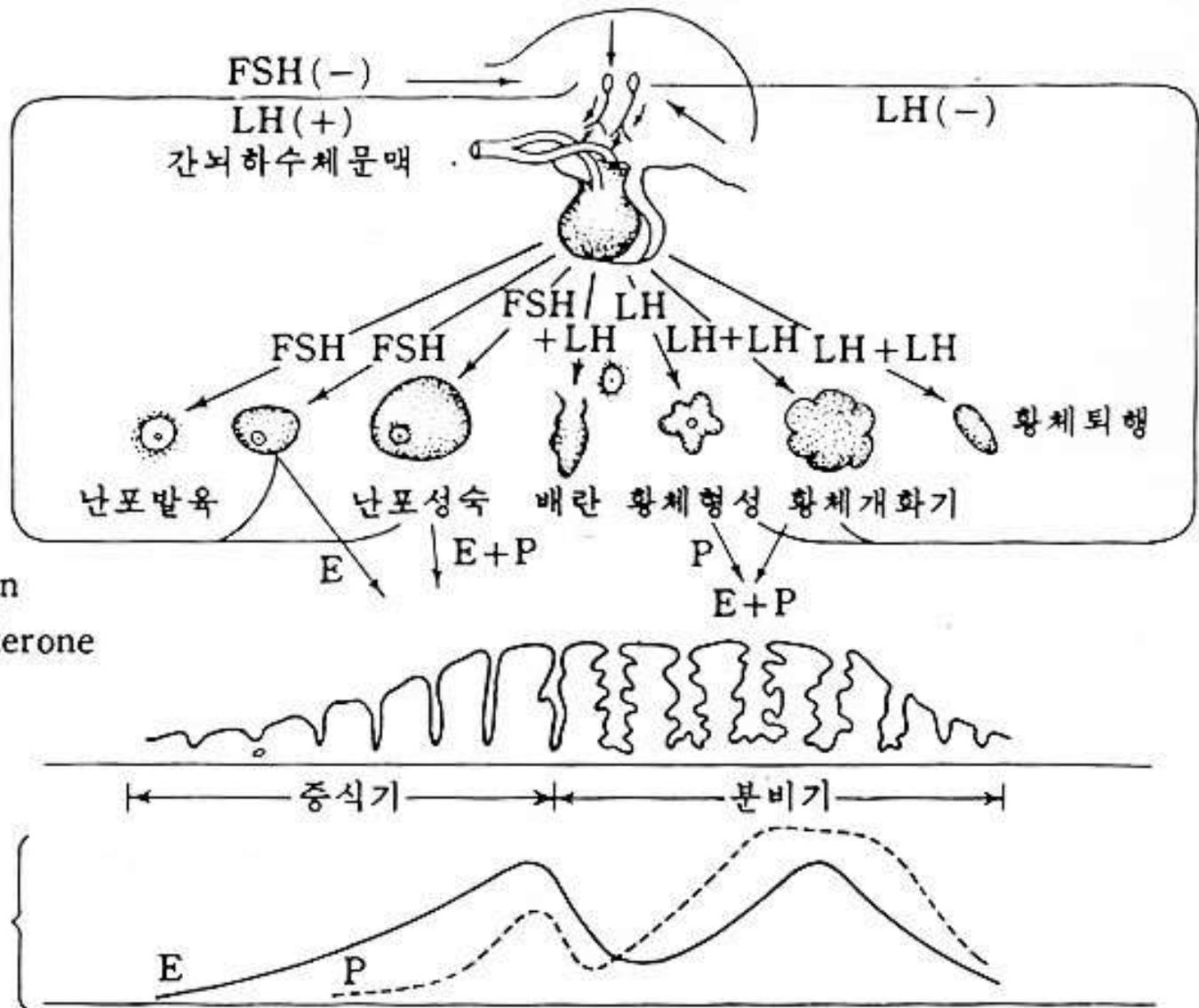


그림 95 성주기에 있어서의 각 호르몬의 작용과 각 생식기의 주기적 변화

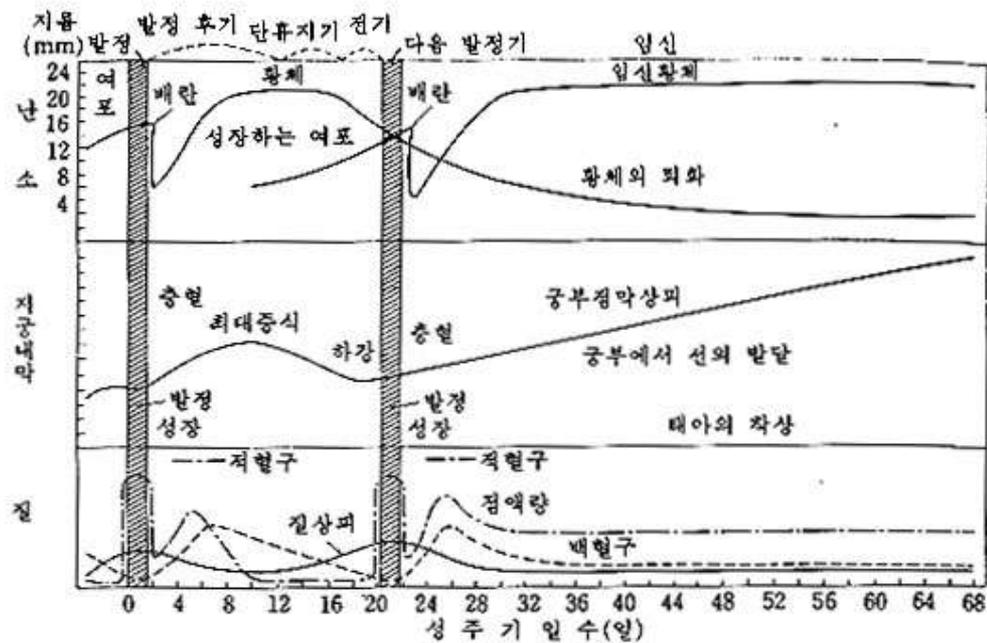


그림 102 암소에 있어서의 생식기의 주기적 변화<DUKES>

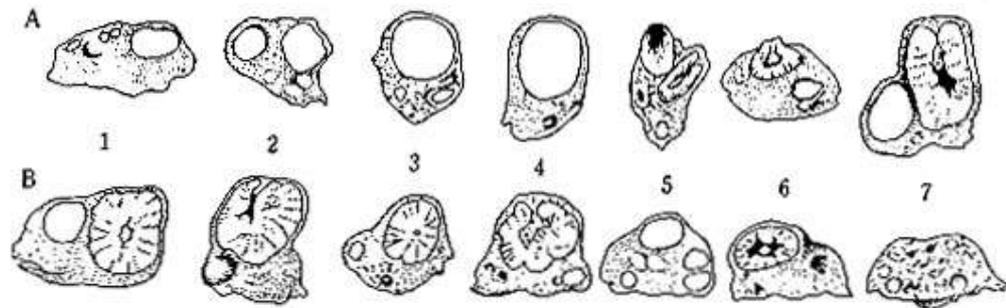


그림 103 젖소에 있어서의 난소의 주기적 변화

A: 오른쪽 난소 B: 왼쪽 난소

1, 2. 발정 전 3일 14시간 3. 발정 후 6시간 4. 발정 후 24시간
5. 발정 후 48시간 6. 발정 후 72시간 7. 발정 후 8일

5-2-1. Estrus → 생리적 징후 → 혈중 progesterone 농도가 뚝 떨어진다↓.

▪ estrus (발정기) → 수컷의 교미를 허용(교미를 위해서 서있다(stand)).

▪ 발정기의 길이는 종에 따라 다양;

① cow: 발정기 12~18시간 지속(발정주기에 있어서는 개체간의 차이가 있다).

└ 더울 때 : 발정기 지속 10~12시간.

└ 추울 때 : 발정기 지속 18시간.

② ewe: 발정기 24~36시간 지속.

③ doe: 발정기 30~40시간 지속.

④ sow: 발정기 40 (48)~72 시간 지속.

⑤ mare: 발정기 4일~8일간 지속.

(말의 발정기의 시간이 가장 다양 → 2~12일 사이로 보고)

▪ **ovulation(배란)** ←발정과 관계해서

- ① cow : 발정기가 끝나고 10~12시간 후.
- ② doe : 발정기가 끝나고 몇 시간 뒤.
- ③ ewe : 발정기 중간.
- ④ sow : 발정기의 거의 중간.
- ⑤ mare : 발정끝나기 1일~2일 前.

*소 → 발정주기기간중의 주요특징

period	day	principal features
Estrus 발정기	1일	발정행위 징후(교미허용)
Metestrus 발정후기	2~4일	배란, 황체형성
Diestrus 발정휴지기	5~16일	황체기능 발휘
Proestrus 발정전기	17~21	급속한 난포성장

5-2. 2 Metestrus (발정후기) - 배란, 황체형성(소, 산양)

- **발정후기 기간** - estrus(발정기)의 종지와 함께 시작, 약 3일간 지속.
 - 황체형성기(배란과 함께)
 - 소, 산양; 발정후기에 배란.
- 발정후기기간에 소에 있어서 발정후기출혈현상이 일어난다.
 - **발정후기 출혈 현상**; 자궁내출혈 또는 발정후출혈
 - ┌ 미경산우 → 전발정후기기간중 약 90% 쯤에.
 - └ 성숙한소 → 전발정후기기간중 약 45% 쯤에.
 - **발정전기와 발정기동안**; 자궁내출혈 또는 발정후출혈 이유?
 - ┌ estrogen 농도↑ → 자궁내막에 혈관 분포를 증가시킴.
| (발정기가 끝난 후 약 1일쯤에 최고)
 - └ estrogen 농도↓ → 모세혈관이 약간 파괴 → 소량의 출혈.
(발정이 끝나고 약 35~45시간 뒤에 꼬리에서 혈반으로 발견)
이 혈반이 수태(임신)나 임신의 징후는 아니다. 또 사람의 맨스출혈과 혼동치 말도록(사람은 임신후에는 출혈하지 않는다.)
 - 사람과 원숭이에서 보이는 월경은 황체퇴행기에 일어나는 자궁내막의 박리에 동반된 출혈로서, 소에서 보이는 발정후출혈(황체형성기)과는 생리적 의미가 다르다.

월경평균주기

-사람; 28일

-고릴라; 30일

-침팬지; 35일

-오랑우탄; 29일

5-2-3. Diestrus (발정정지기(중간기, 휴지기) - cow: 5~16일

- **Diestrus**; 황체가 완전한 기능을 하는 기간(황체기).
 - cow; 발정주기의 약 5일에 시작,
 혈중 progesterone의 농도의 증가↑가 처음으로 발견 될 때,
 황체의 퇴행과 함께 끝난다(16~17일에).
 - sow, ewe - 4~13, 14, 15일.
 - mare - 더 다양(발정기의 길이가 불규칙하기 때문)
 ↓5일경 배란, → Diestrus : 약 8~19, 20일(임신을 위한 자궁의 준비기간)

*같은 종에서 발정주기가 서로 다른 이유 → 발정휴지기의 길이가 다르기 때문.
 (즉, 황체퇴행기간의 차이)

cow : 발정 21일.

발정기 1일	cow #	1번	2번	3번
발정후기 3일(2~4일)	발정주기	17일	20일	24일
발정휴지기 ?	발정휴지기	10일	13일	17일
발정전기 3일(17~21일)		└──────────┘ → 황체퇴행기간의 차이에 따라.		

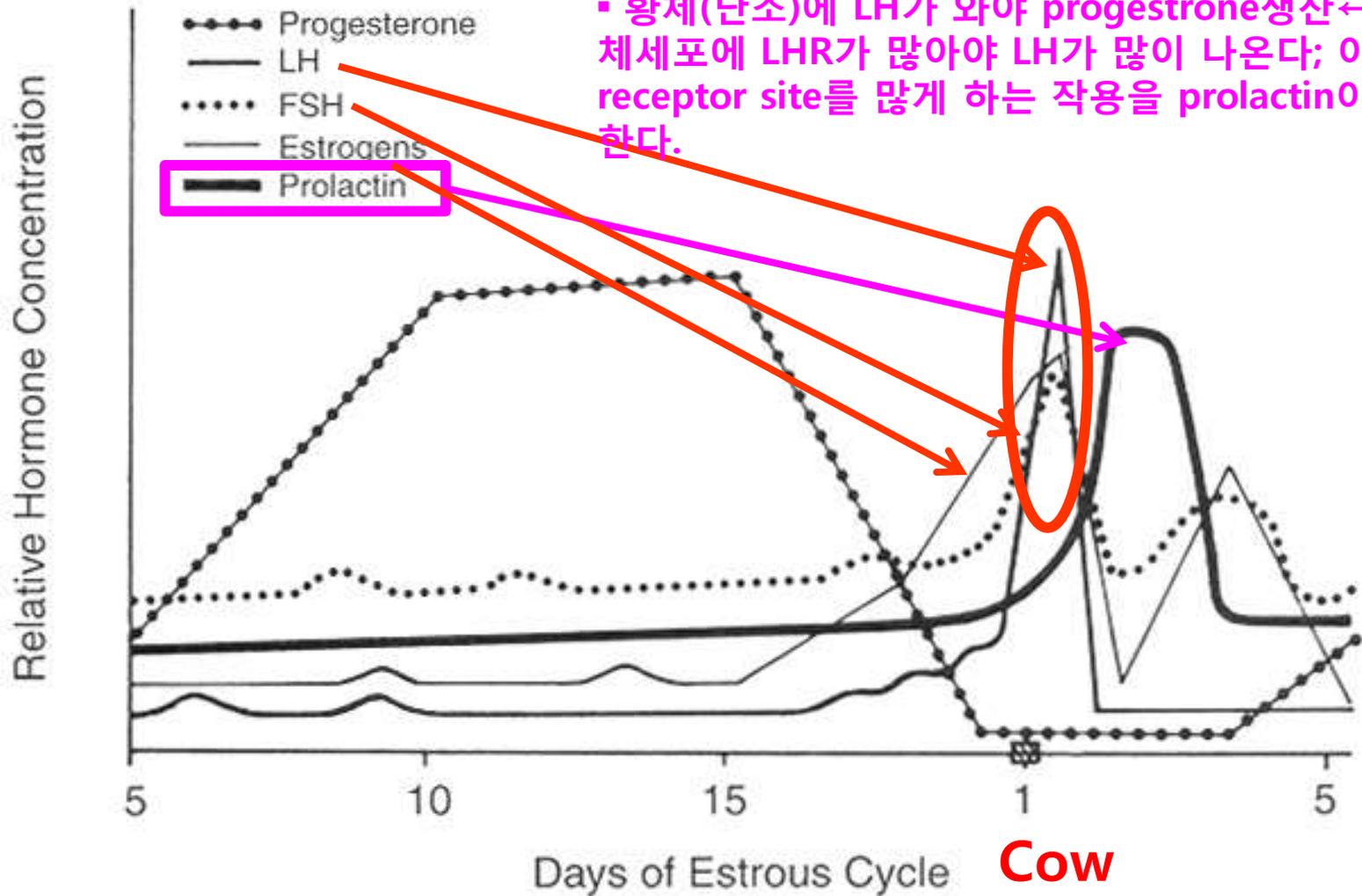
- 발정후기(황체형성) → 발정휴지기(progesterone 분비).
- 발정주기 회복 조절작용: GnRH, FSH, LH, estrogen, progesterone, prostaglandin, inhibin, 자궁의 PGF2α + Receptors ↑

5-2-4. proestrus(발정전기) – cow: 17~21일 → 황체퇴행끝, 난포급속히 성장.

- **proestrus** – 황체의 퇴행과 함께 시작 → progesterone 농도↓.
 - 급속한 난포 성장이 일어난다.
- proestrus → duct system에서 estrogen의 영향을 지속.
 - 발정이 다가오는 행동적인 징후를 관찰할 수 있다.

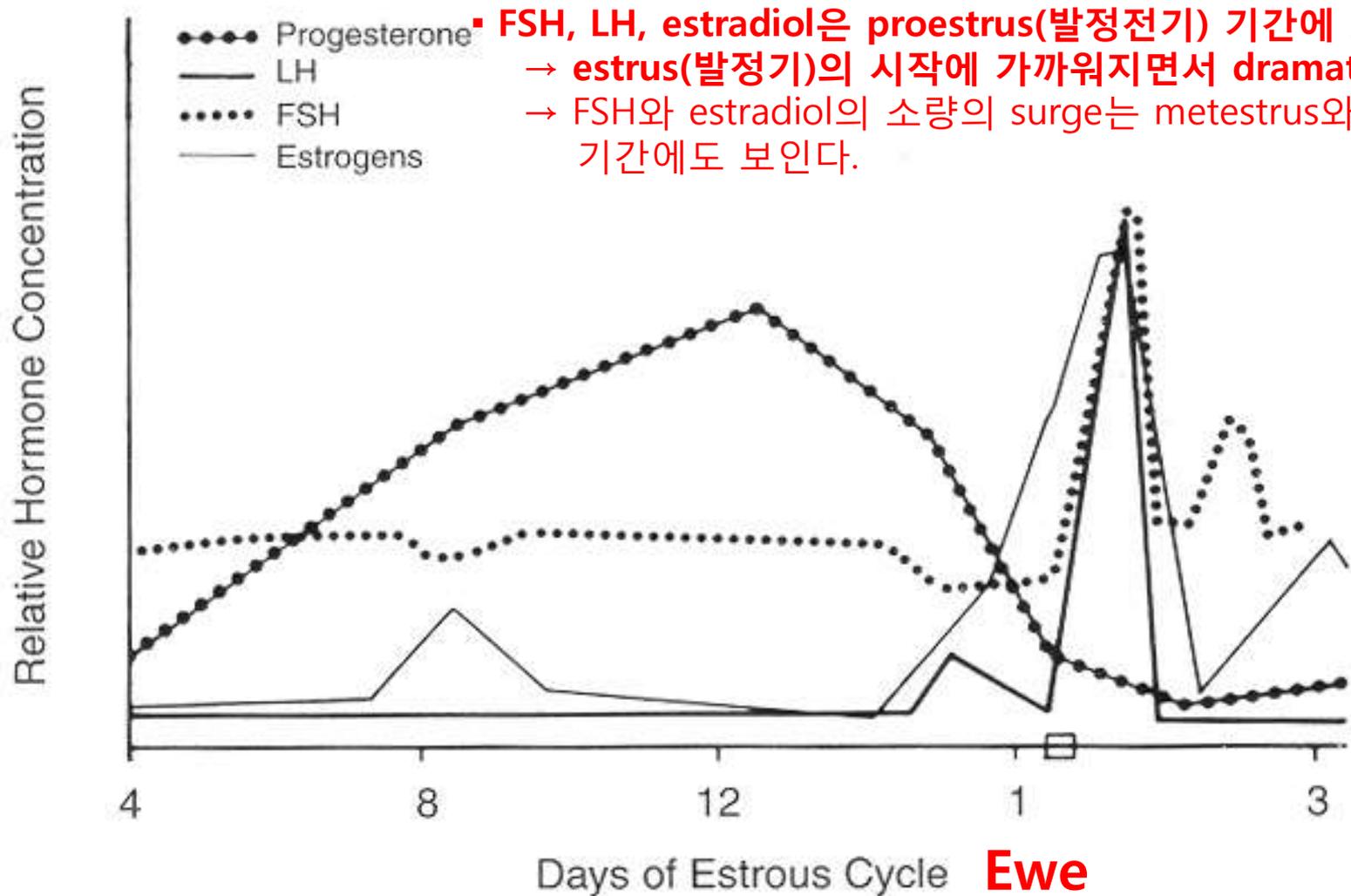
5-3. Hormone control of the Estrus cycle

- **발정주기의 조절에는 hypothalamus, anterior pituitary, ovaries의 번식호르몬 사이의 상호작용에 의존한다.**
- 또한 uterus와 ovaries 사이의 상호작용도 중요.
 - 자궁내막: **PGF2 α** ← 천연 luteolysin(황체퇴행물질)
 - ↳ ① 황체퇴행, ② progesterone 생산의 중지.
- **diestrus(발정휴지기)→ 자궁제거→ 황체의 수명연장→ 발정주기가 늘어난다.**
 - 즉, 자궁의 PGF2 α 생산이 되지 않기 때문에.
- gonadotropin(FSH, LH)과 난소 steroids(estrogen, progesterone)의 농도;
 - 발정주기를 통하여 많은 가축에서 그래프로 추적(figure 5-1,2,3,4).
 - 이들 종들을 비교해서 볼 때 다른 정보다 유사점이 더 많다.
- **progesterone의 농도는 diestrus기간에 높다. → proestrus의 시작신호가 오면↓.**



▪ 황체(난소)에 LH가 와야 progesterone 생산 ← 황체세포에 LHR가 많아야 LH가 많이 나온다; 이 receptor site를 많게 하는 작용을 prolactin이 한다.

Figure 5-1 Hormonal changes in the peripheral plasma during the estrous cycle of the cow. The drop in progesterone on day 16, 17, or 18 is followed by surges in estrogens during late proestrus, FSH and LH during estrus, and prolactin during late estrus and early metestrus. (Based on literature.)



▪ FSH, LH, estradiol은 proestrus(발정전기) 기간에 조금 증가되다가,
 → estrus(발정기)의 시작에 가까워지면서 dramatic surges.
 → FSH와 estradiol의 소량의 surge는 metestrus와 mid-diestrus
 기간에도 보인다.

Figure 5-2 Hormonal changes in the peripheral plasma during the estrous cycle of the ewe. Patterns for the ewe are similar to that for other species. A reduction in FSH during proestrus is followed by a spike during estrus and another surge during metestrus. (Based on literature.)

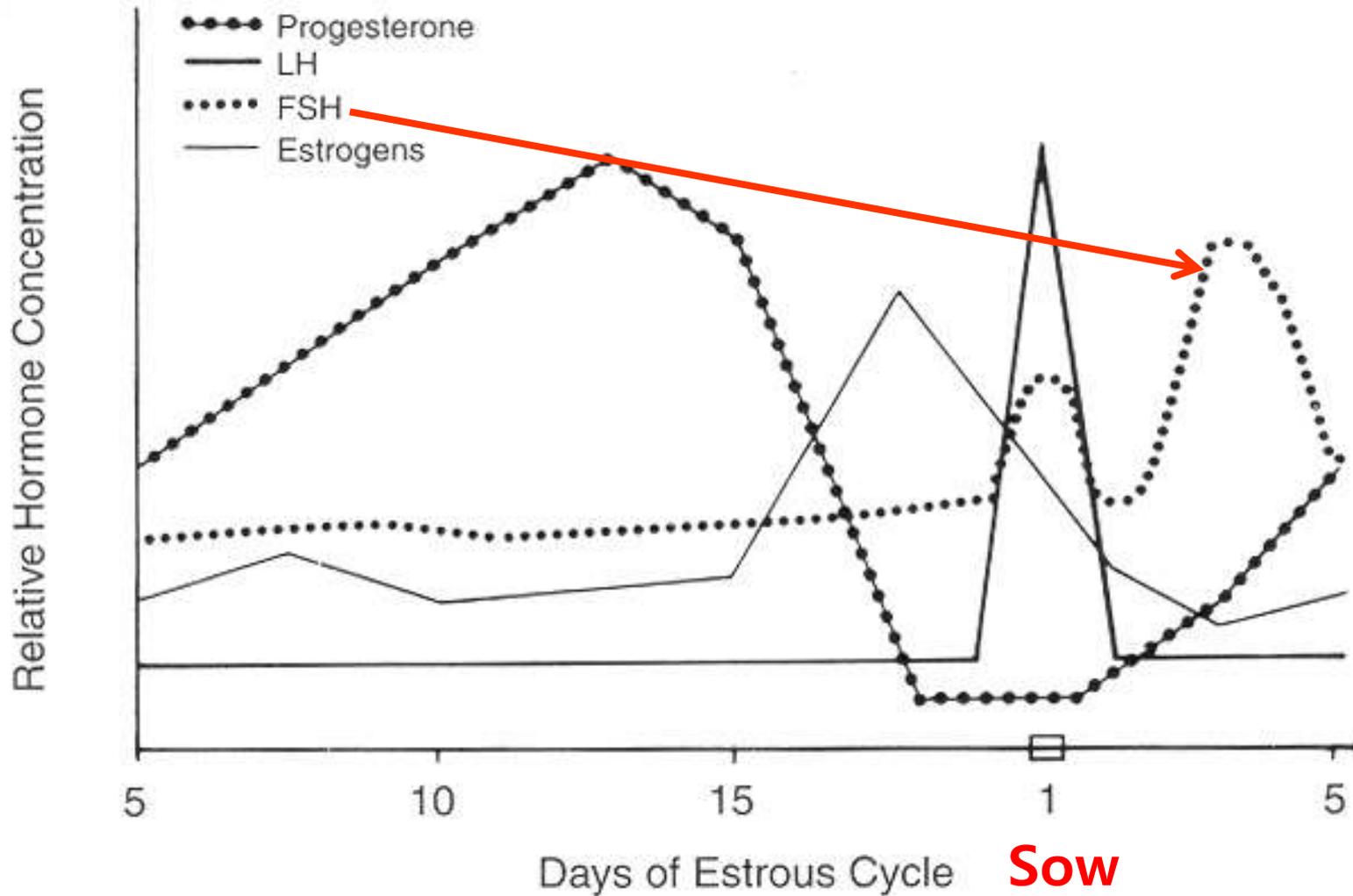


Figure 5-3 Hormonal changes in the peripheral plasma during the estrous cycle in the sow. Notable is the marked increase in FSH during metestrus. (Based on literature.)

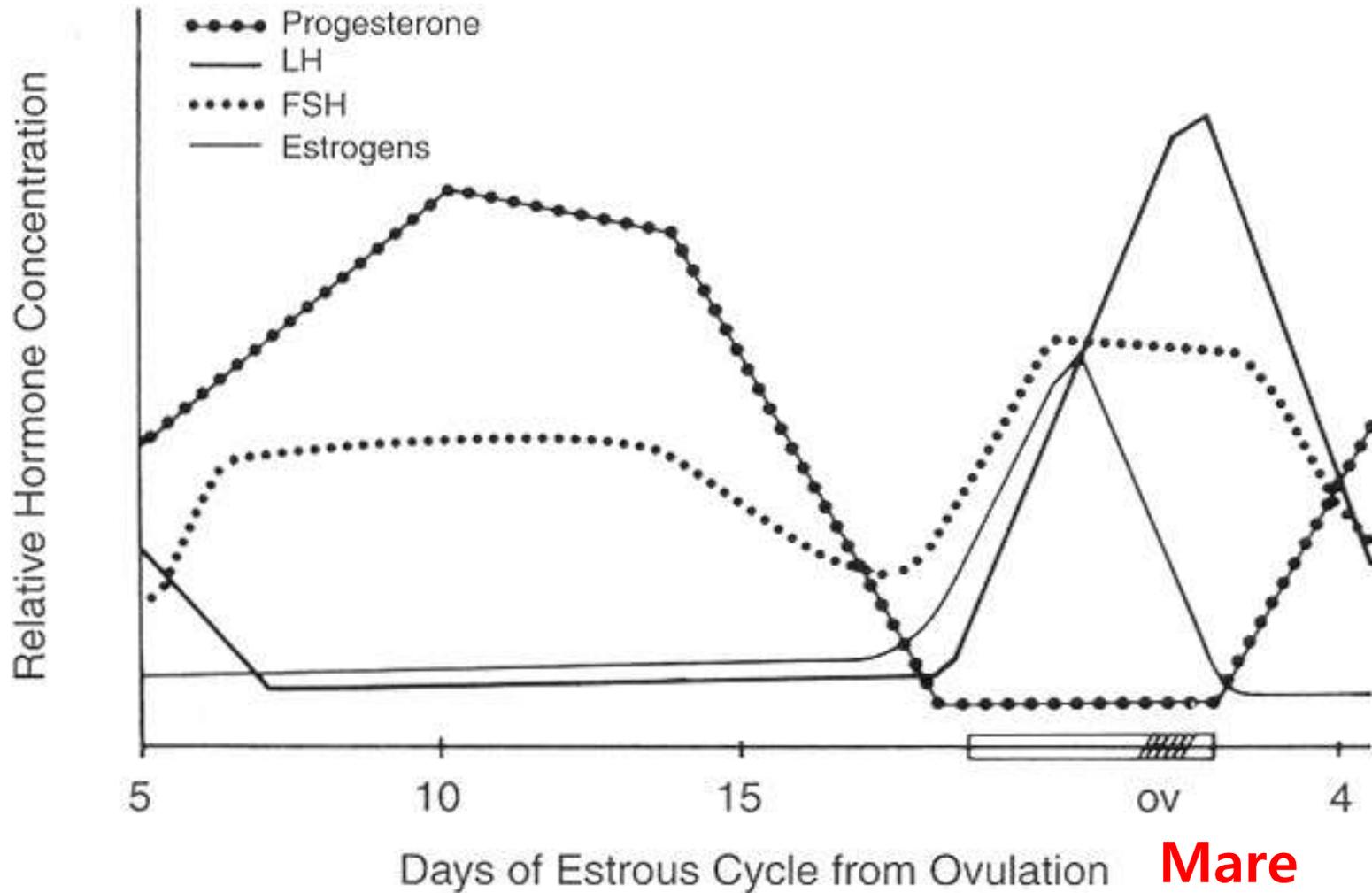


Figure 5-4 Hormonal changes during the estrous cycle in the mare. Patterns are similar to that of other species except that surges of FSH and LH during estrus last for several days. (Based on literature.)

- FSH, LH, estradiol 은 proestrus기간에 조금 증가되다가,
 → estrus의 시작에 가까워지면서 dramatic surges.
 → FSH와 estradiol의 소량의 surge는 metestrus와 mid-diestrus 기간에도 보인다.
- prolactin의 surge → estrus 후기에 있다.(일어난다)
 - 이들 호르몬의 증감(방출) mechanism에 대한 이해(그들 호르몬의 receptor는 어떻게 조절되며, 또 호르몬의 생리적인 활동은 또 어떻게 조절되어지는가?)와 함께 발정주기동안에 이들 호르몬의 순환적인 농도에 대한 지식을 가지고 있어야 발정주기의 호르몬조절에 대한 합리적이고, 논리적인 연쇄작용을 알 수 있다.
- progesterone → 발정주기의 조절에 지배적인 역할을 한다.
- diestrus 기간 → 황체기능발휘 → progesterone의 농도가 증가↑하면;
 - ↳ FSH, LH억제 ← by 시상하부와 뇌하수체 전엽에 negative feedback control.
- progesterone → 발정기 행동(behavioral estrus)을 억제한다.
- pregnancy(임신기간) → progesterone 농도↑ → FSH, LH억제
 (발정기행동에서 처럼)
 - ↳ diestrus(발정 휴지기) → LH small episodic increase.
 황체기 (이 원인은 황체의 기능을 유지시키려는 factor 일 것이다.)

- 발정휴지기 중간에도 난포가 성장하고 estrogen 분비.(FSH에 의한다고 전제하에)
 - 발정기 동물에 일어나는 것에 일어나는 변화에 비교한다면 소량이다.
- 그 전의 발정기 동안에 암컷이 임신이 되지 않았다면,
 - PGF2 α 는 자궁에서 분비되어서 직접 난소에 운반.
(자궁정맥-난소정맥을 통해서 난소동맥까지 역류순환); 국소적순환경로
 - PGF2 α 는 황체가 형성 된지 10~14일에 황체 퇴행시킴.
- progesterone \downarrow \rightarrow negative feedback inhibition 기능상실(Hypothalamus에 대한)
- Hypothalamus에 대한 이 inhibition제거 \rightarrow GnRH, FSH, LH의 맥동적 방출이 잦아지며, 분비량(폭)도 증가.
 - FSH의 방출촉진 \lceil 급속한 난포성장.
 \lrcorner estradiol 분비 증가.
- GnRH에 대한 뇌하수체 전엽의 감각성 \rightarrow GnRH의 pulse를 더 자주 진행시키면서 GnRH receptor에 대한 up-regulation 을 증가시킬 것이다.
- progesterone농도가 떨어진 후 2~3일 \rightarrow estradiol : threshold concentration.
- FSH의 배란전 급증 \rightarrow ①난포성장을 급속히 촉진시키고, ②estradiol 분비촉진.

- estradiol의 고농도 → 암컷의 발정행위 징후를 나타낸다.
- inhibin의 방출 → 발정기간에 FSH의 방출을 조절에 의해서 난소의 overstimulation 방지.
- FSH에 대한 inhibin영향 → 폐쇄난포에 있는 어떤 factor일지도 모른다.
- LH의 배란전 급증 → oocyte의 마지막 성숙촉진 → ovulation.
 - ↳ 발정기간초기에 일어나고, 대부분의 종에서 6~10 시간 지속.
 - 그러나, 말은 며칠간 지속(발정기 4~8일간지속; 일부는 2~12일간지속).
- LH의 배란전 급증후 → cow, ewe는 24~30시간 후에 배란.
 - doe는 30~36시간 후에 배란.
 - sow는 40~45시간 후에 배란.
- 배란 후 그 자리에 황체형성(형성은 급속히 일어난다).
 - 배란 2~4일 후에 progesterone의 농도 증가 발견 → 다시 diestrus 시작.
 - 황체의 형성과 기능유지에는 LH가 지배적 영향끼침. → 그래서 leuteotropin 이라 이름.

- LH는 황체의 기능을 유지하는데 다른 호르몬과 **협동작용**을 한다.
 - FSH + estradiol + granulosa cell에 있는 LH receptor를 up-regulation.
 - 발정기 후반에 prolactin 급증 → G.C의 LH receptor의 유지에 도움.
- LH → granulosa cell 의 membrane receptor와 결합.
 - 배란되고 나서는 granulosa cell이 lutenization(granulosa cell의 corpus luteum cell로 변형)에 작용.
 - G.C에 의한 progesterone의 생산에도 관여.
- LH는 황체구조를 통한 혈액흐름을 증가시켜서 황체의 기능을 유지시킨다.
- PGF2 α → 황체를 통한 혈액흐름 감소.
 - ↳ 황체의 퇴행 촉진시키는 factor; 국소적순환경로: 자궁정맥 → 난소동맥
- 발정후기 동안에 FSH와 estradiol의 적당한 증가가 발생.
- 발정휴지기중간에는 난포와 다음 발정기에 배란된 난포를 선발하여 성장시키는 factor일 것이다.
- 발정휴지기 LH의 episodic increase → 황체의 기능을 유지시키는 factor.

발정주기의 단계

-가축의 발정주기를 편의상 4단계로 구분; **발정전기(proestrus), 발정기(estrus), 발정후기(metestrus) 및 발정휴지기(diestrus)**

① 발정전기

발정전기는 발정휴지기로부터 발정기로 이행하는 시기이며, 발정이 시작되기 직전의 단계이다. 즉, 난소에서 난자를 배출시키기 위한 준비와 교미를 위한 준비기간이다. **이 단계에서는 웅축(雄畜)을 허용하지 않는다.** 축종에 따라 차이가 있으나, 난소에서는 하나 혹은 수개의 난포가 급속하게 발육하면서 그 속에 난포액이 충만되고, estrus의 함량도 증가한다. 발정전기의 지속시간은 소에서는 1일, 말 1~2일, 돼지는 1~7일 이다.

② 發情期

발정전기에 이어지는 단계이며, 이 시기는 난포로부터 estrogen이 왕성하게 분비되기 때문에 生殖系(reproductive system)는 estrogen의 영향하에 놓이게 된다. 자축은 몹시 흥분하게 되고 웅축의 승가를 허용한다. **소와 산양을 제외하고 대부분의 가축이 이 기간에 배란하게 된다.** **발정기의 지속시간은 소 12~18시간, 면양 24~46 시간, 돼지 40~72시간이며 말은 4~8일** 이다.

③ 발정후기

발정후기는 발정기 다음에 이어지는 시기로서 높았던 estrogen 함량이 낮아지면서 progesterone의 농도가 높아지고 발정기 때의 흥분이 가라앉게 된다. 자궁내막에는 **자궁선**(uterine gland)이 급속도로 발달하며, 발정후기의 지속시간은 소 3~4일, 돼지 1~5일, 말과 면·산양은 2~일이다. 특히 소에서는 발정후기가 다른 가축에 비해 명확하지 않다. 그러나 이 기간에 자궁내출혈(intrauterine bleeding) 혹은 발정후 출혈(metestrus bleeding)이 외부로 나타나는 경우가 있다. 보통 배란 후 24시간, 즉 발정개시후 50~71시간에 일어나며, 이것은 임신여부와는 관계 없이 발생한다.

④ 발정휴지기

발정후기 이후부터 다음 발정전기까지의 기간을 발정휴지기라 하며, 난소주기로 보아서는 황체기에 속하는 시기이다. 발정과 배란이 있는 후 만약 임신이 안 되었을 때는 자궁을 비롯한 모든 생식계는 서서히 환원하기 시작한다. 발정휴지기의 기간은 소에서는 발정주기의 5일부터 16~17일까지, 면양과 돼지는 발정주기 4일부터 13~15일까지이며, 말의 경우는 발정기간에 개체차이가 크기 때문에 대략 14~19일간이다.

[표 35]

가축의 성주기

〈ASDEL, 1964〉

구분	성주기의 형	발정주기(일)		발정기간		배란 시기	임신기간 (일) (범위)	성성속
		평균	범위	평균	범위			
말	다발정형(봄)	20.3	13~25 (78%)	120 시간	2~11 일	발정폐지 1~2 일 전	336 (329~346)	8~20 개월
소	다발정형(연중)	21	18~24 (84%)	19.3 시간	13~27시 간(93%)	발정종료 후 10.7 시간	282 (274~291)	7~8 개월
면양	다발정형(가을) 품종에 따라 번식 계절의 기간이 김	17	16~19 (85%)	38 시간	36~48시 간(70%)	발정개시 후 36~40 시간	150 (140~160)	7~10 개월
산양	다발정형(가을)	19.4	12~24	39.2 시간	24~96 시간	발정의 말기	151 (140~160)	7~10 개월
돼지	다발정형(연중)	20.7	18~23 (75%)	59.3 시간	1~5 일	발정개시 후 36 시간	113 (110~116)	6~8 개월
개	다발정형(봄·가을)	23.5	120~ 390	9 일	4~14 일	발정개시시	60 (58~63)	—
고양이	계절적 다발정형 (2 회 또는 그 이상)	18	15~21	4 일	—	교미자극에 따 라 26~27 시 간 후	64	6~15 개월
여우	단발정형(2 월)	—	—	—	2~4 일	발정 초기	52 (49~55)	1년
토끼	다발정형(연중) 여름은 휴지상태	—	—	항상	—	교미자극 후 10~12 시간	31 (30~32)	6개월
기니피그	다발정형	16	13~20	24 시간	—	자연배란	62	♂ 65 일 ♀ 45 일

[표 45] 소의 표미시각과 수태성적 <TRIMBERGER, 1951>

수정시기		수정마리수(마리)	수태마리수(마리)	수태율(%)
발정초기		25	11	44.0
발정중기		40	33	82.5
발정말기		40	30	75.0
발정종료 후	0~6(시간)	40	25	62.5
	7~12	25	8	32.0
	13~18	25	7	28.0
	19~24	25	3	12.0
	25~36	25	2	8.0
	35~48	25	0	0

[표 46] 연령별 암소의 수태빈도 <PIRCHER, 1974>

산차	1란성쌍자	2란성쌍자	산차	1란성쌍자	2란성쌍자
1	0.15	0.33	4	0.24	2.30
2	0.17	1.36	5	0.17	2.54
3	0.14	1.96			

[표 44] 소의 배란시기

구분	발정종료 후 배란 까지의 시간		비고
	평균	범위	
ASDEL(1946)	10.7	10~11	—
TRIMBERGER(1948)	10.2	—	경산젖소
ARASIDA(1950)	7.5	3~18	미경산젖소, 젖소(수소허용종료 후)
HANELL(1955)	10.4	5.7~13.4	성숙젖소
CASIDA(1956)	9.2	11~12	미산 Angus 종

5-4. Follicular Dynamics

Ovarian follicular development in cows and ewes is a progressive and recurring process with **two to three waves** of follicular growth occurring each cycle.

In cows, two waves appear to be more common but three waves are frequent in long cycle.

During each wave, a group of follicles will be recruited and start to grow.

One of these follicles will attain dominance and the subordinate follicles will become atretic. In the last wave of the cycle, the dominant follicle is the ovulatory follicle.

Two ovulatory follicles are common **in ewes**. For **cows** with a two-wave cycle (Figure 5-5), the anovulatory wave starts in early metestrus, peaks in mid-diestrus, and then Regresses as atresia of the dominant follicle occur. The ovulatory wave begins shortly After the start of regression of the first wave and will surpass the area of the regressing anovulatory wave by the end of diestrus. The area of the ovulatory wave peaks at estrus and is terminated by ovulation.

Although the first wave is anovulatory in normal cycles, the dominant follicle of this wave will become ovulatory after injection of $\text{PGF}_{2\alpha}$ in early diestrus, as in synchronization of estrus. Procedures recommended for superovulation (Section 18-2.1) result in first wave ovulation, also. Injection of FSH in this procedure promotes growth of several follicles that would normally become subordinate and atretic. The result is a number of ovulatory follicles, rather than the one dominant follicle.

In sows, ovulatory size (8 mm to 11 mm) follicles develop only during the follicular phase after luteal regression. Prior to luteal regression, the number of small antral follicles will increase but seldom grow beyond 5 mm in diameter until after luteal Regression.

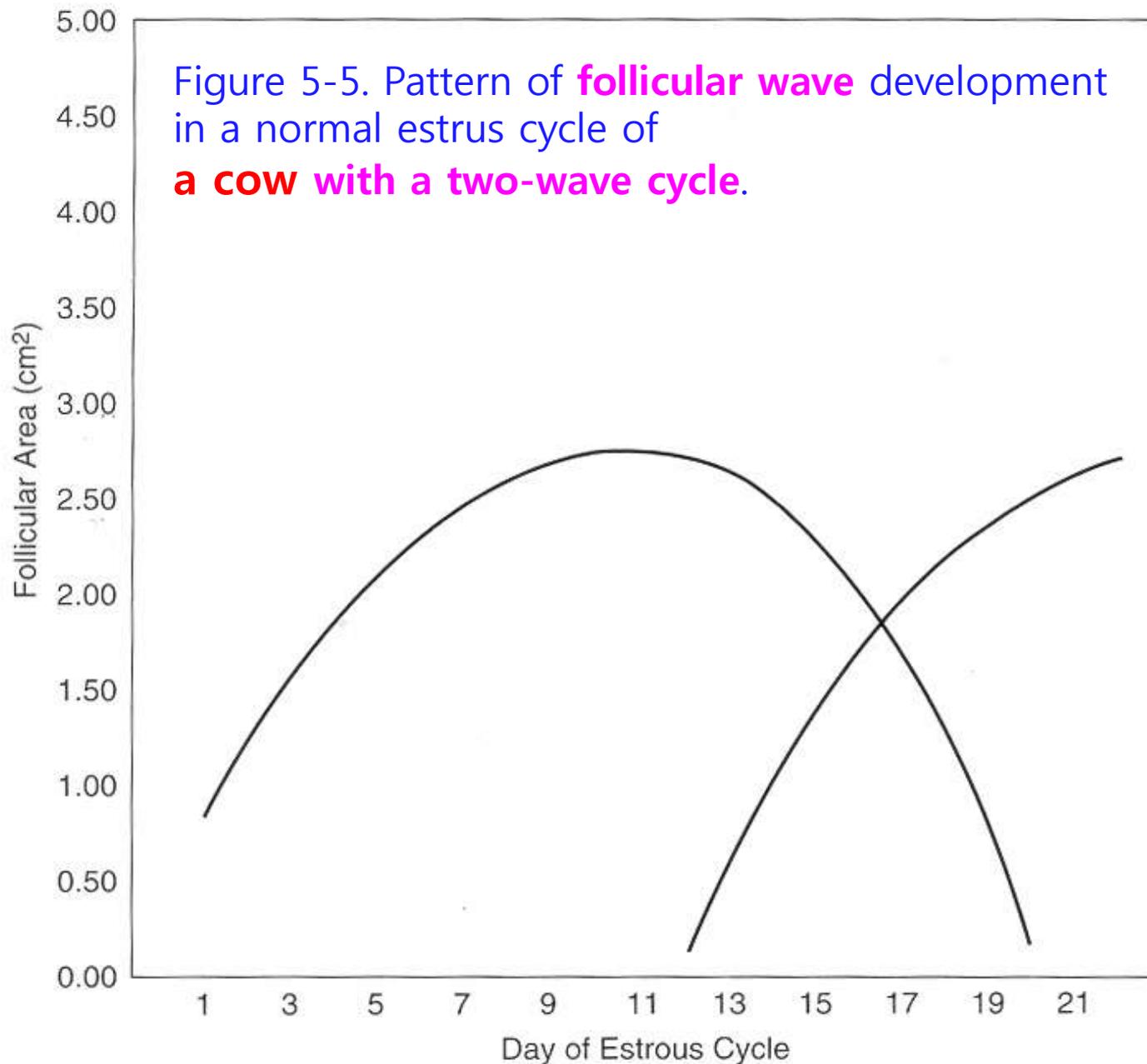


Figure 5-5 Pattern of follicular wave development in a normal estrous cycle of a cow with a two-wave cycle.

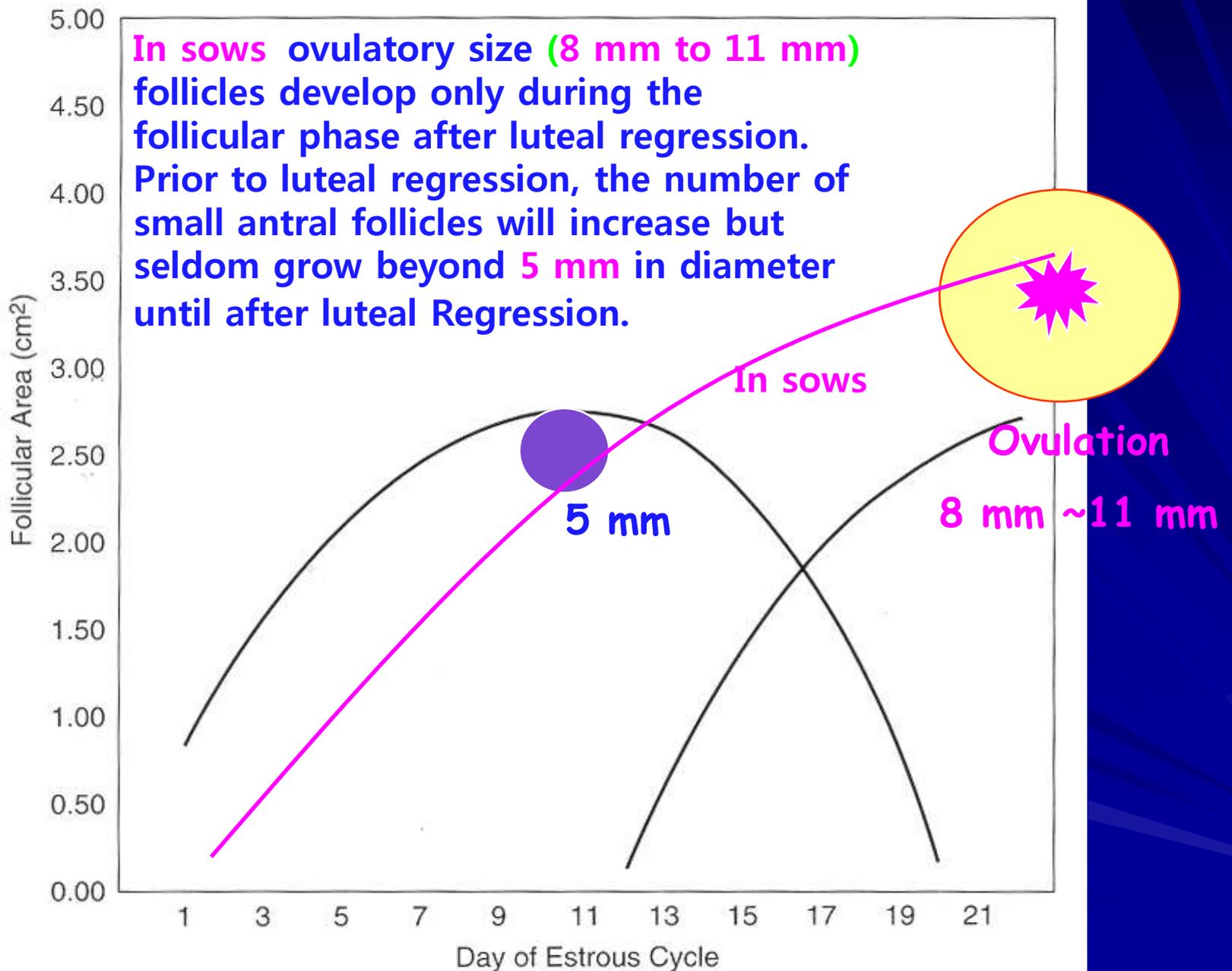


Figure 5-5 Pattern of follicular wave development in a normal estrous cycle of a cow with a two-wave cycle.

5-5. 교미행위(발정징후)

- **발정기(estrus)** → 암컷이 수컷의 교미를 허용하고, standing해 있다.
이것이 발정행위(행동)현상이다.
생리적인 징후로는 혈중 progesterone의 농도↓-황체퇴행.
- 수컷의 교미허용을 위해 서있는 것 이외에 발정기의 생리적 증상 등 다른 행위도 있다.
- **자연종부나 인공수정을 위해 가축관리자는;**
 - ① 발정행동징후의 이해,
 - ② 정상적인 발정행위에 관련되는 요인에 대한 숙지,
 - ③ 발정을 중심으로 한 생리적 변화숙지가 필요로 한다.
- 어떤 경우 발정기의 표현도 없이 배란도 되고, cycle이 온다.
→ 이 경우 관리자가 배란이 가까워진다는 생리적 징후를 어떻게 아는 가도 중요.
- **발정기의 행위표현에는 estrogen의 높은 농도가 최고로 중요.**
- 완전한 발정반응을 유도하는 어떤 감각기관과 estrogen의 상호작용이 존재.
→ 이것에 대한 증거는 소나 말보다 돼지, 산양, 면양이 더 크다(감각기관이 중요하다).
→ 그러나 이 감각기관의 발정 반응에 대한 기여는 모든 종에서 중요.

예)

- **sow(암돼지)** → 후각과, 청각이 중요.

- 즉, 수컷이 없는 상태에서;

- ① 수컷의 울음소리를 녹음시켜 틀어주고,

- ② 수컷의 냄새(포피선에서 pheromone을 함유한 용액(수돼지 오줌))을 제공하면
→ 보다 더 강한 발정반응 유발.

(pheromone→수컷에서 만들어져서 암컷을 유혹하는 냄새가 나는 화학적 물질)

- 반대로 수컷에서는 의빈대 사용; 의빈대에 발정온 암컷의 오줌이나 질점액
(질분비물)을 발라주면 의빈대 승가훈련에 도움이 된다.

- **암면양** → 숫면양이 없으면 발정징후를 나타내지 않는다.

- 이때, 숫면양 털의 wax로 간주되는 pheromone을 제공하면; ‘후각’
→ 암면양의 발정과 배란 촉진.

- 면양에서 pheromone은 수컷의 sight 나 sound 보다 더 중요.

- **doe(암산양)** → 수컷이 없으면 발정행위를 나타내지 않는다.

- buck(숫산양)의 뿔로부터 등쪽의 중앙에 위치한 향선에서 pheromone분비.

- 암산양은 → 향선을 제거한 숫산양과 비교해서 향선을 가진 숫산양에게 더
꼬리를 친다(적극적이다).

- 숫산양의 머리에 천을 문지르고서 암산양의 코에 대면 숫산양이 없더라도 더
강한 발정징후를 나타낸다.

- **소**에 있어서 **발정**은 암소의 **경관점액**에 있는 **pheromone**과 마찬가지로, 수소의 **오줌**에 있는 **pheromone**도 heifer(미경산우)의 발정반응↑을 높인다.
- **촉각**(뿔로 받기), **물기**, **핥기**, **비비기** 등은 교미에 앞서 구애동작의 일부로서, 모든 종에서 교미반응에 중요.
- **소 암컷** → **발정기간** 중에는 더 불안해하고, 초조해하고, 더 흥분되기 쉽다.
 - 만약 수컷이 근처에 있다면 수컷에 대한 암컷의 관심은 더 고조된다.
 - 그런 징후는 발정전기의 후반에 처음으로 볼 수 있다.

그러나 이 기간(발정전기)에는 암컷은 수컷이나 발정전기에 있는 다른 암컷의 승가를 위해 서 있지는(standing) 않는다.- 발정기 때만 교미(승가)허용.
- 발정징후와 발정기에 접근한다는 것을 알아채기 위해서는 문체에 있는 그 동물의 개성을 알고있으면 유리하다.
- **암컷이 조용할 때는 발정기를 관찰해라.**
 - 새벽이나 저녁 무렵(땅거미)이 발정기를 관찰하는데 좋은 시간이다.

(특히 그 암컷이 감시당하는 줄을 모를 때, 사료급여 중 일 때는 금지)
- 만약 암컷이 사람이나, 소음, 사료급여예상 등에 자극되면 발정을 하기 어렵다.

- 특별한 발정 pattern이나 생리학적 pattern은 다른 종의 특징이다;
 - cow → homosexual tendencies(발정온 암소가 다른 암소에게 기어오른다).
 - 수컷이 없어도 보다 쉽게 이 관찰로 발정확인.
 - 발정온 암소가 승가를 하려하고, 다른 암소에게 승가를 시도.
발정을 안하는 암소가 발정하는 암소에게 올라 탈 수도 있다.
 - 승가행위; ① 한 마리가 발정일 때 보다 2마리 이상이 발정일 때 더 자주 일어 난다.
 - ② 승가행위는 낮보다 밤에 더 잦다.
 - ③ 늦은 오후보다 이른 아침에 승가행위를 하는 것이 발정시작에 더 가깝다.
 - 뚜렷한 발정징후는 다른 암소나 수소의 승가를 허용; 용모자세(容牡姿勢)

- 발정온 암소는;

- ① 다른 발정주기기간에서보다 발정기에 더 많이 걷고, 적게 먹고, 적게 쉰다.
- ② 다른 암소의 vulva 냄새를 맡는다(다른 암소에 승가시도).
- ③ 꼬리를 들어올리고, 꼬리를 흔들고, 수컷무리를 찾는다.
- ④ vulva가 붓고, 선명한 점액이 vulva로 부터 흐르는 것을 볼 수 있다.
- ⑤ 승가를 위해(허용) 서 있는 것이, 발정을 확인하는 가장 뚜렷한 징후.
 - cow; 발정기 외에는 승가를 위해서 서 있지 않다.
 - 콘크리트바닥은 발정확인이 30% 로 떨어진다.
흙바닥에서 발정징후를 가장 잘 나타낸다.
 - 발정관찰 시 : 사료급여 중지.

- 암소의 발정확인을 위하여;

- ① 정관수술 ♂ 이용 - ♂턱밑에 크레파스 띠 부착
♀등에 물감부착(♂승가 시 터진다)
- ② 어린 숫송아지 이용(성숙이 안된)
- ③ andronized cow 이용 - 암소가 수소처럼 행동(발정확인시)
1,000 IU testosterone을 2일에 한번씩 주사
- ④ 축주가 매일 일정한 간격으로 관찰
아침·저녁으로 암소 群 관찰- 흙바닥 필요, 사료 급여중 피할 것.

- **ewe** → 수컷이 없으면 발정징후를 나타내지 않는다.
 - 수컷의 목과 몸을 문지르고, 수컷주위를 배회하며, 수컷생식기의 냄새를 맡고, 꼬리를 힘차게 흔든다.
 - 그러나, **vulva**는 충혈되지도 않고, 점액도 흐르지 않는다.
 - 인공수정시에 면양을 사용하려면, 발정확인을 위해 정관수술한 면양을 사용. (♀면양 등에 흔적 → ♂복부에 크레파스 띠에 의한.)

- **Doe** → 발정시 간혹 다른 산양의 승가를 위해 서있다.
 - homosexual behavior은 낮다↓.
 - 발정시에는 활동적으로 수컷을 구한다. 꼬리를 흔들고, 물고, 수컷주위에 방뇨, **vulva**가 약간 붓고, 때때로 점액이 흐른다.
 - 발정징후가 약한 산양 → 꼬리 흔들고, 수컷 교미허용 위해 standing이 유일한 징후.
 - 수컷이 암컷에게 지분거리면 더 강한 발정징후 유발 ← 발정징후가 약한 산양에서.

- **sow** – ① 수퇘지, 다른 암퇘지, 관리자가 엉덩이를 누르면 교미자세로 서있다.
- ② 인공수정시 이러한 증세보이면, 엉덩이만 누르면 억제하지 않고 수정시 킬 수 있다.
- ③ 발정시 점액은 없으나, 음순이 붓고, 충혈된다.
- ④ 음순이 붓는 것은 sow보다 gilt에서 더 눈에 띈다.
- 어떤 약물처리후에 붓게 되는데, 발정징후로 간주될 수 없다.

- **mare** → ① 수컷의 냄새를 맡고, 문다. 뒷다리를 들어올리고, 꼬리를 엉덩이 옆. 아래로 들어올린다.
- ② vulva는 늘어나고, 붓는다.(labia는 부분적으로 뒤집힌다.)-음순개폐
- ③ labia의 수축으로 똑바로 선 음핵이 자주 보여 질 것이다.-음핵노출
- ④ 정확한 발정확인을 위해서는 수컷을 접근시킨다. – 수컷과 싸우는 암말은 뚜렷한 어떤 다른 발정징후가 보이더라도 발정이 아니다.

발정징후

- 자축의 발정징후는 육안으로 관찰할 수 있는 외부적 징후와 직장검사 또는 질 검사 등을 통해서 알 수 있는 내부적징후로 구분된다.
- 이 중에서 외부적 징후는 동물종간에 유사한 점이 많이 있으나, 성적거동은 동물 종, 품종, 개체, 영양수준을 비롯한 사육조건에 따라 다소 차이가 있다.
- 모든 자축에서 공통된 발정징후는 거동의 변화(흥분상태), 식욕감퇴, 외음부변화, 승가(mounting) 또는 교미(mating)을 허용하는 자세 등이다.**

1) 소

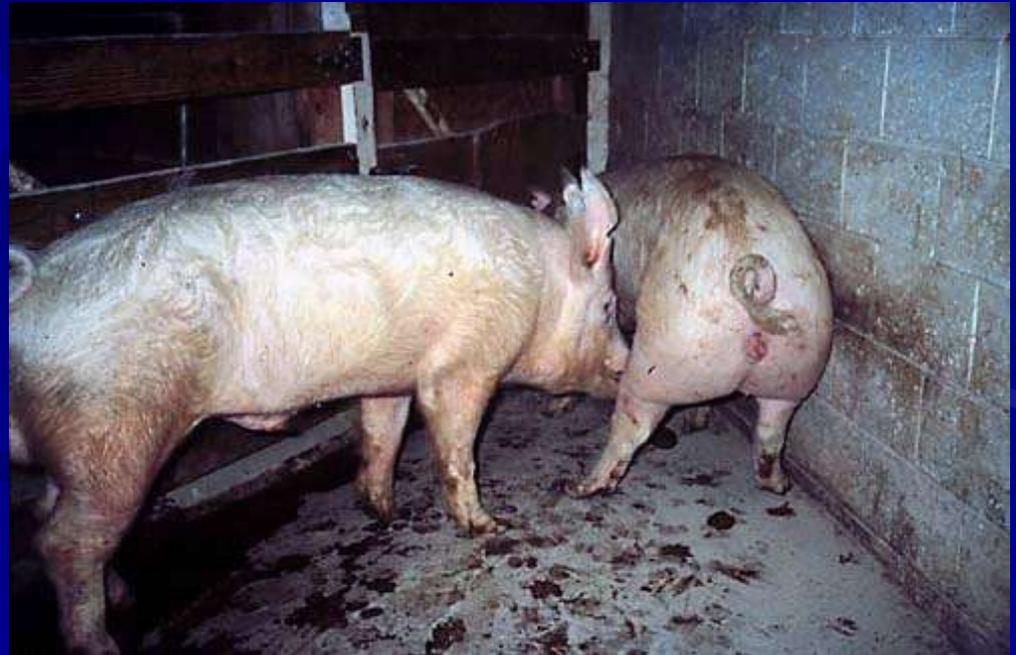
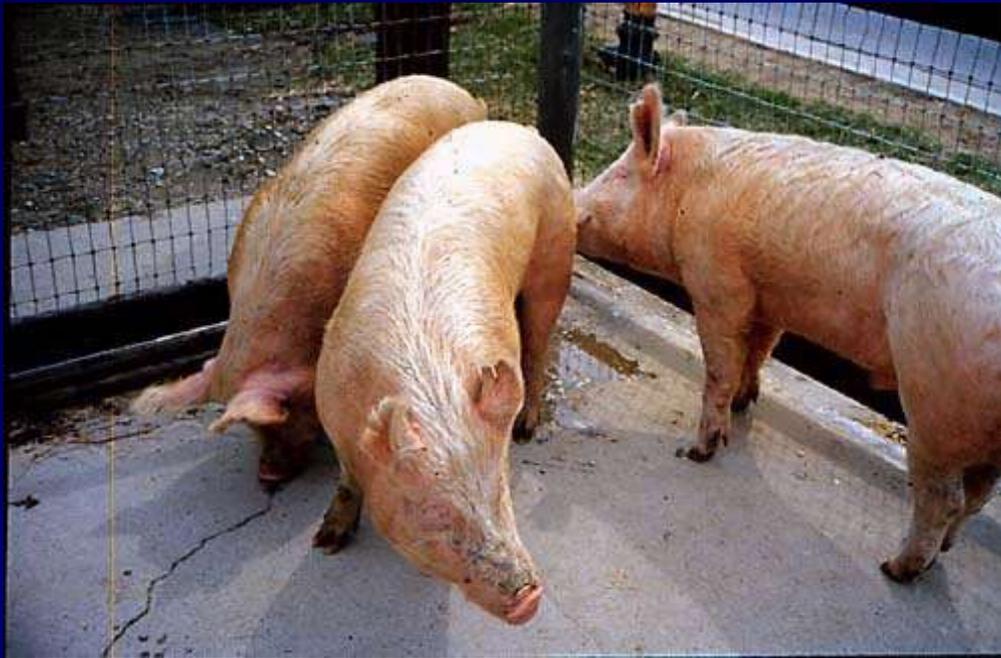
- 발정한 소는 정서적으로 불안한 상태를 보이며 수소를 찾기 위해서 가끔 괴성을 지르고 다니며 평상시보다 보행수가 2~4배 많아진다. 식욕이 감퇴되고 反芻가 줄어들거나 거의 중단되기도 하며 연변(軟便)을 배설하고, 착유우인 경우는 유량이 크게 감소한다.
- 뚜렷한 발정징후는 다른 암소나 수소의 승가를 허용하는데, 이를 **容牡姿勢 (standing estrus)**라 한다.**
- 이러한 행동은 오후보다 오전에 활발하며 외음부는 충혈하여 종창(腫脹)되고 밖으로 맑은 점액이 가끔 흘러나와 미근부(尾根部) 주위나 옆구리에 묻기도 한다.

2) 면양, 산양

- 발정된 암면양은 긴장된 상태로 숫양을 찾아 울타리 주변을 걸으면서 운다. 그러나 숫양이 없을 때에는 뚜렷한 발정징후를 나타내지 않는 것이 보통이다.
- 숫양에 접근하여 구애(sexual display)를 하며, 꼬리를 자주 좌우로 흔들면서 숫양의 승가를 허용한다. 외음부는 눈에 띄게 충혈하거나 종창하지 않으며, 점액도 거의 누출되지 않는다.
- 산양의 발정징후도 면양과 거의 비슷하나, 꼬리를 좌우로 흔드는 것이 면양보다 더 심하다.

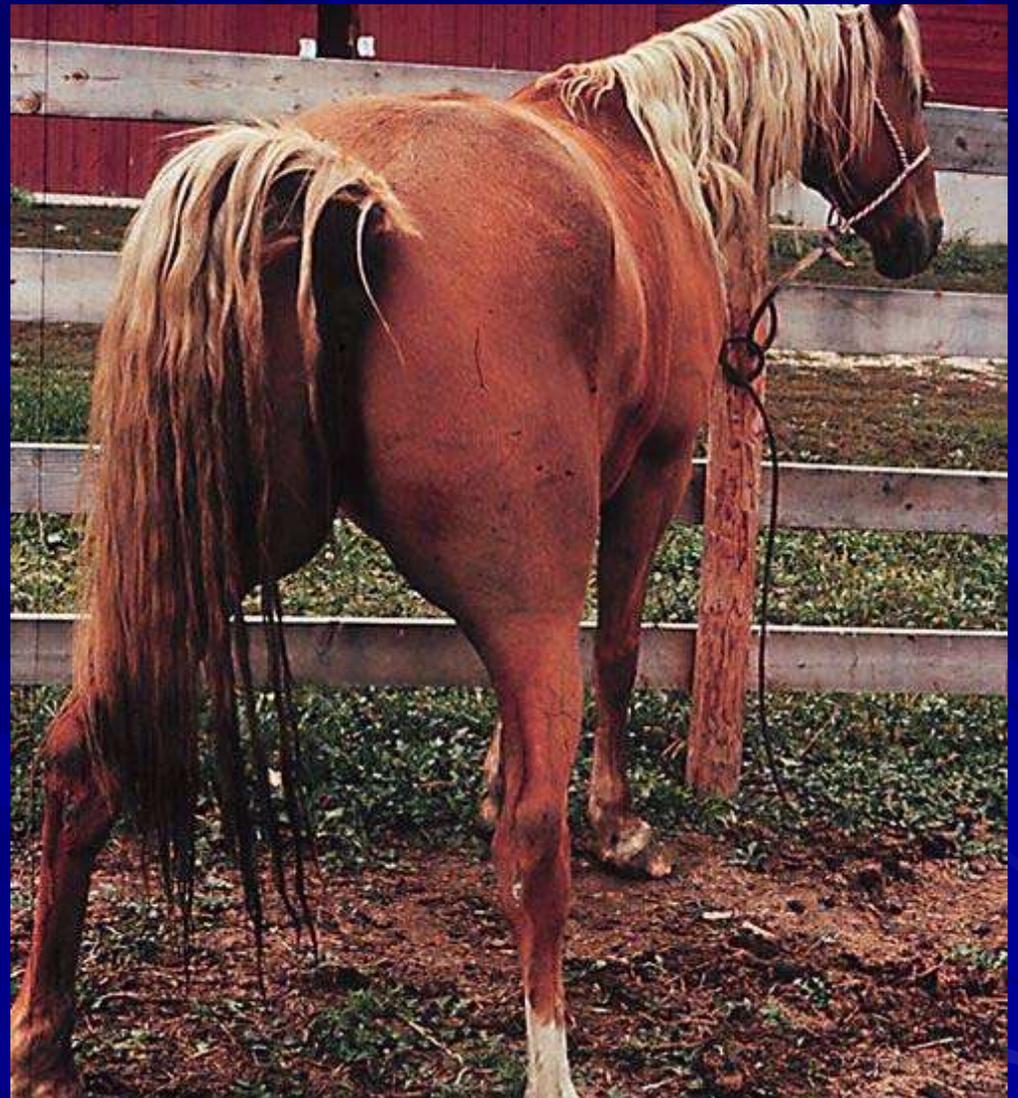
3) 돼지

- 암돼지는 발정이 시작되면서 행동의 변화가 온다. 주위에 대하여 아주 민감해지고 수돼지를 찾아다니며 이상한 소리로 계속 웃어대고 사료에 거의 관심을 보이지 않는다. 가장 뚜렷한 발정징후는 다른 암돼지나 수돼지의 승가를 허용하거나 관리자가 손으로 허리를 누르거나 엉덩이를 밀면 특이한 소리를 내면서 **부동반응(immobile response)** 또는 **交尾姿勢**를 취하는데, 경산돈에서 보다 미경산돈에서 더욱 현저하다.



4) 말

-발정난 말은 흥분하고 사료를 먹지 않는다. 수말에 대해서 더 관심을 보이면서 따라다니지만 교미허용시간에 이르기 전에는 수말의 접근을 허용하지 않는다. 그러나 시간이 경과됨에 따라 수말에게 더욱 접근하여 승가를 유도하기도 하며, 꼬리를 들어 올리고 **排尿姿勢**를 취하면서 오줌을 자주 본다. 동시에 종창된 **외음부의 음순(陰脣)**이 **개폐(음순개폐)**하면서 **질점액과 음핵을 노출시키는 라이트닝(lightning; 음핵노출)**을 2~3초간 주기적으로 반복하다가 수말의 승가를 허용하게 된다.





5-6. Seasonal Breeders

- 대부분 야생종은 새끼가 태어나서 생존하기가 좋은 그때;
 - Seasonal Breeding이 시작.
 - ┌ **seasonally polyestrus** - 1년 중 한 번식계절에 여러 번 지속적 발정.
 - 말, 면양, 산양, 개, 고양이; 다발정형계절번식
 - └ **monoestrus** - 한 번식계절에 1번 발정.
 - 단발정동물; 곰, 여우, 코끼리, 다람쥐, 사슴, 족제비
- 이 형태는 수 세대를 지나면서 natural selection (자연도태)를 통해서 자연스럽게 이루어져 왔다.
- 모든 가축화된 동물들은 가축화되기 전부터 계절 번식경향이 존재하였으나;
 - 이것은 better environment (housing and nutrition)과
 - 다산성의 선택(즉 다산성 가축은 select)에 의해 바뀌었다.
- 소(cattle)와 돼지(swine)에 있어서의 계절번식은 아주 악조건의 환경인 일부 그해에는 있을 수 있으나, 다른 해에서는 그렇지 않다.
 - Water buffalo are polyestrus but frequently show seasonal patterns due to limitations in feedstuffs or hot, humid climatic condition.
- 계절번식동물(가축); 면양, 산양, 말.
- Polyestrus; 소, 돼지, 토끼

번식계절

-비계절번식동물(non-seasonal breeder); 암컷이 임신하지 않는 한 연중 계속 발정이 일어나고 임신이 가능한 것.

계절번식동물(seasonal breeder); 연중 특정 계절에만 발정기와 그 계절에만 임신이 가능한 것.

-이와 같이 번식이 이루어지는 계절을 번식계절(breeding season)이라 하고 그렇지 못한 계절을 비번식계절(non breeding season)이라고 한다. 그런데 비계절번식동물이라도 번식효율(reproductive efficiency)은 계절에 따라 차이가 있다.

-계절번식을 하는 대표적인 가축이 말, 면양, 산양인데,

말(337일 임신기간)은 일조시간이 길어지는 4~6월에 발정율이 가장 높고 그 외의 계절에도 발정이 와서 수태하는 경우가 있으나 번식성적이 나쁘며, 10~2월경에는 발정이 오지 않는다. 한편,

면양(148일)과 산양(149일)은 9~1월 사이에 주로 발정이 와서 번식이 가능하다.

이 시기에 몇 차례 발정이 오며 수컷의 교미욕이 회복되므로 종부시켜

다음해 봄에 분만하게 된다.

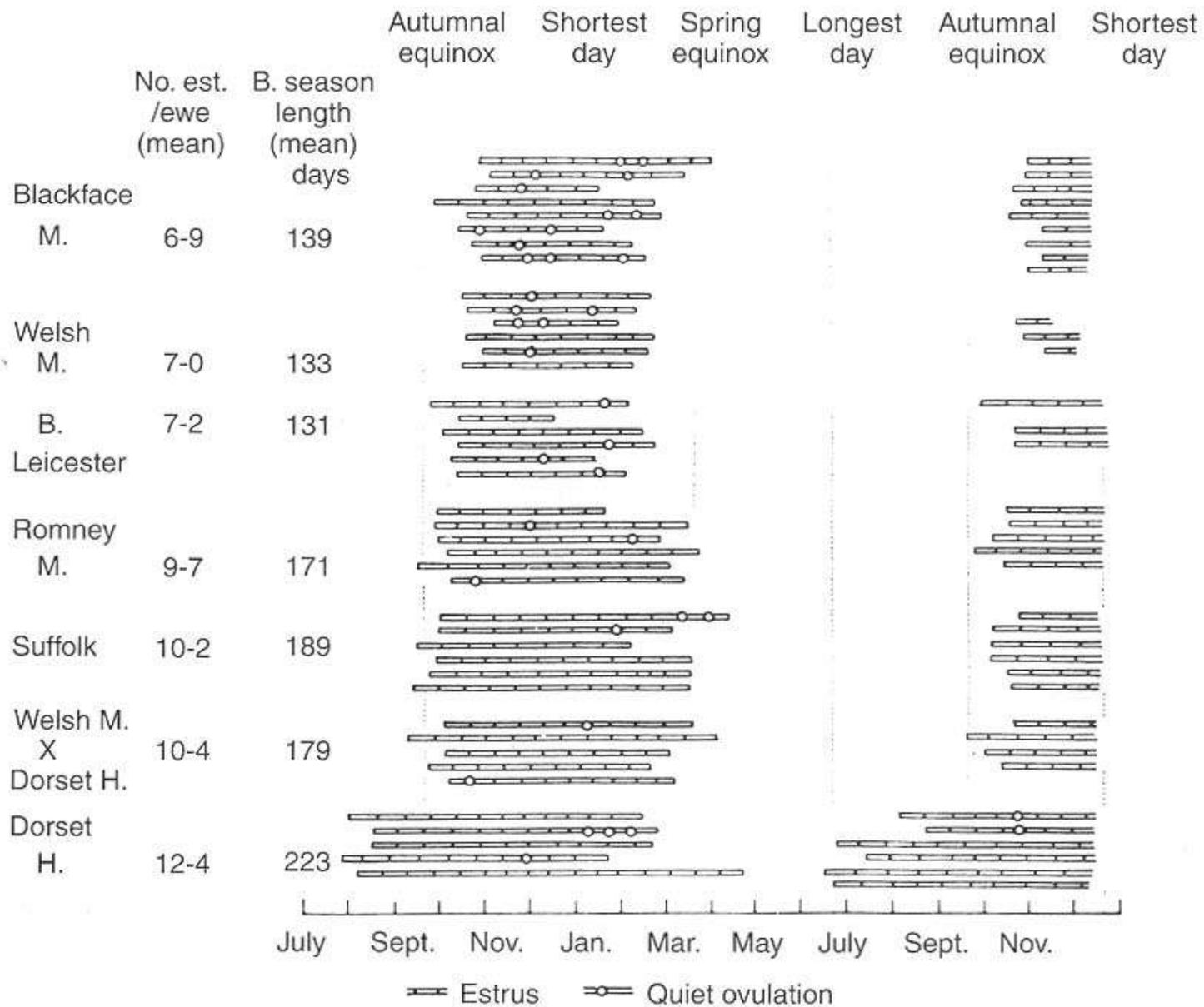


Figure 5-6 Breed differences in the duration of the breeding seasons in adult ewes in Great Britain. (Hafez, *J. Agric. Sci.*, 42:305, 1952.)

5-6-1. Ewes and Does

- tropics(아열대)산 면양과 산양은 계절번식에서 예외- 연중발정.
- sheep, goat는 더운 지방보다 arctic region(극지방)이 계절번식이 짧은 경향.
- **sheep** : short-day(단일성계절번식동물 또는 가을번식동물)
 - 밝은 시간/어두운 시간의 비가 감소할 때 시작하여 거의 같아질 때 끝난다.
(일조시간이 짧아지는 가을에)
 - 대부분 번식 추분과 춘분사이에 하지사이 번식 계절. 즉, 추분과 하지 사이가 번식계절. 그러나 Dorset Horn, Merino, Rambouillet 종은 좋은 환경조건(먹이와 기후)이면 계절번식이 연장(즉, 다발정이 일어난다).
 - Quiet ovulations(무발정배란(둔성발정))은 Breeding season의 끝과 시작이 될 때 종종 일어난다.
 - 발정동기화(ram effect 현상); 무발정에서 발정기로 이어질 시기(늦여름, 초가을)에 숫면양(rams)을 introduction 하면 발정동기화 일어난다.
→ 첫 교미시 이용하면, 그 이후론 발정이 동일.
 - 발정동기화는 수컷 introduction 후 15~20일 후 발정이 첫 교미시에 동기화 정도가 높다.
- 면양과 산양은 10월을 중심으로 하여 전후 약 2개월간이 번식계절이며, 이 기간 중에 교미하여 이듬해 봄에 분만하는 것이 보통(면양 148일, 산양 149일 임신기간)

▪ **Goat** – 단일성계절번식동물.

– 8, 9月에서 4月초 계절번식이 일어난다.

– 번식 peak는 9~1月 사이

– breeding season의 시작前 수컷을 같이 있게 하면 synchrony(발정동기화).

→ 수컷을 introduction 한 후 5~10일後 첫 발정. ← 암컷이 포유중이건 아니건 모두 발정유기

→ 가을에 수컷(buck)의 정액성상이 좋다.

- 가을에 높은 번식활동과 수태를 보여주었듯이 rams, bucks 둘 다 광주기(일조시간; photo period)에 영향을 받는다.
 - 광주기가 길어지는 봄과 초여름에 두 종(ram, buck)은 ① 정자생산의 감소, ② 비정상적인 정자의 증가 및 ③ 낮은 수태율을 나타낸다.
 - 만약 수컷들이 여름철에 stress를 받았을 때는 정자의 질은 더욱 악화.
 - 그러나, 봄과 여름동안 ram은 약간의 sexual activity를 계속할 것이고, buck(숫산양)은 봄과 여름동안에는 성적 무기력을 나타낸다.
- **breeding season의 시작과 끝은 조절하는데 가장 큰 요인은 일조시간이다.**
 - 실험예; 면양, 산양은 북반구에서 남반구로 옮겨 놓았을 때 breeding season은 바뀐다.
 - 그러한 변화를 人工照明을 통해서 입증;
- 8시간 빛을 주고 16시간 어둡게 하면서 비발정 계절동안 번식 활동 자극한다.
- 빛의 변화 없이 온도의 변화는 estrus activity에 영향을 미치지 못한다.
 - 그러나, short light 일 때 높은 주위 온도는 ram과 buck의 정액질을 저하시킨다.

5-6-2. Mares

- **말은 장일번식동물** : 번식계절은 밝은 시간의 비율이 어두운 시간에 비해 증가할 때 시작하고, 일조시간이 감소할 때 끝이 난다.
- 조랑말; 평균번식기간 : 5~10월(2~11월까지 있는 말도 있다).
 - 5~7월 사이에 번식을 시키면, 수정율이 최고로 높아진다.
 - 1~4월 사이에 나타나는 발정행동은 종종 배란이 일어나지 않는다.
→ 무배란성발정(미약발정)
 - 번식계절 길이는 말들간(개체 또는 집단)에 변화는 있다.
 - 일조시간은 말에서도 아주 큰 영향을 미친다.
 - 낮이 짧은 번식계절 초반기에 인공 lighting으로 일조시간을 길게 하면 번식능력을 자극하는 효과를 나타낸다.
 - 16시간 동안은 빛을 주고 8시간은 어둡게 하면 말은 무발정에서 벗어나게 된다.
- **숫말**에서는 계절번식양상이 명확하지 않다.
 - 수정 가능한 정액을 연중 채취할 수 있다. 그러나 sexual activity와 정액생산의 감소는 광주기가 짧은 달에 나타나는 것으로 알려졌다. 즉, 짧은 광주기를 가진 달에는 성행위와 정액생산이 떨어진다.

말은 이른 봄부터 초여름에 걸쳐서 발정하므로 보통 4~6월경에 교미하게 되며, 이듬해 봄에 분만(임신기간 337일)한다.

- 계절번식활동을 조절하는 것은 광주기의 역할이다.
 - 번식계절이 가까워지면, LH의 간헐적 급증의 횟수와 폭이 증가된다.
 - ram(숫면양)에서 송과선적출은 광주기의 변화에 따른 LH분비에 영향을 미친다.
 - 말에서도 송과선 신경제거는 번식계절의 시작을 지연시킨다.
- 번식계절에서 눈의 망막은 빛 자극에 대한 감지기(감지장치)이고, 신경신호(nenral signals)는 시신경과 다른 신경통로를 경유하여 송과선으로 전달된다.
- pineal gland(송과선)→뇌의 좌우 반구사이의 시상하부 위쪽에 위치(작은 솔방울 모양)
 - (가을) 비번식 계절→ 어둠 8시간, 빛 16시간→ 번식 발정 유도
 - 번 식 계절→ 일조시간의 증가에 따른다.→ 송과선(melatonin)→ 번식계절
 - 좌우에 관련→ 시상하부, 뇌하수체 전엽→ melatonin 분비
- 말→ 일조시간 길이가 중요.
 - 불을 켜면(일조시간을 늘리면)→ 번식계절 유도

발정생리에 대한 추론

A. 무배란 발정: Anovulatory estrus

- 발정현상은 보여도 배란을 수반하지 않음.
- 난포가 크게 발달. LH분비부족→배란안됨.
- 임신발정: 무배란 발정을 보이는 현상이기도함(극히 드물게 배란, 임신되는 예도 있다고 함). 소에서 10% 발생. 인공수정시 주의 쏘. 질경으로 자궁외구 관찰- 달려있고, 정상인가 확인할 것.

B. 무발정 배란: Silent estrus = 鈍性(둔성)발정

- 배란은 일어나면서도 발정현상이 나타나지 않음.
- 면양; 번식계절 초기, 말: 3~4월에 10%정도 발생.
각종가축에서 분만후 발정재귀시 나타남.
- 젖소; Hereford 등의 소에서 흔히 발정징후가 뚜렷하지 못한 경우→ 이것은 모두 무발정 배란이 아니고, 수소를 가까이 접근했어도 교미허용 또는 수컷 승가 관심이 없을 경우라야만 무발정 배란이라고 할 수 있음.

C. 미약발정: Split estrus = 간헐적 발정

- 한발정기간 동안에 수컷을 허용-불허용-허용-하는 현상.
말의 경우 이른봄에 볼 수 있다.

D. 지속발정: Prolonged estrus

- 말의 경우(특히 大型馬): 10~40일간이나 지속적으로 발정이 옴.
말의경우가 이상적 발정이 많은 이유는 난포가 매우 크게 되고, 발정기가 길고, 排卵窩에서만 배란되며, LH분비량은 적음.

E. 사모광증: Nymphomania

- 난포낭종인 경우: 유량이 많은 젖소에 多發: 강한발정이 지속적이거나 불규칙적. 미근부를 추켜들고 있음

F. 무발정(Anestrus)

- 성숙한 암컷이 임신중이 아니면서 발정주기를 반복하지 않는 현상의 총칭
 - a. 산욕기 무발정(Postpartum anestrus)
 - b. 비번식계절의 무발정(Seasonal anestrus)
 - c. 황체퇴행지연 무발정(Anestrus from retained corpus luteum):영구황체(황체 낭종)
 - d. 생식발달이상 무발정(Anestrus from infantile reproductive system):Freemartin 등
 - e. 假(거짓가)妊娠 무발정(Anestrus from pseudoprenancy)

G. **발정주기의 이상**(Abnormal estrus cycle)

a. **Short estrus cycle**

예) 산양: 6~7일 주기

발생: 유기발정. 유기유산. 유산. 분만후 발정재귀등 불완전한 번식생리
상태 뒤 온발정.

원인: 황체의 조기퇴행

예방.치료: 아직 대책 없음

b. **Long estrus cycle**

예) 소: 25일 이상

Bearden & Fugnay (1984) p337.

발생빈도: 27.6%

(분만후 첫발정후에 무발정배란으로 인함: 8.8%

영구황체로 인한 발정주기 지연: 15.2%

난소위축으로 인한 발정주기 지연: 3.6%)

* 18일 이내의 짧은 발정주기 빈도: 1.4%

[배란]

1. 자연배란과 유기배란(= 교미배란)

- 자연배란: 교미자극 없이 일정단계에 이르면 배란함: 일반가축
- 유기배란: 장기간 거의 항상 발정상태에 있으면서 교미자극을 받으면 배란함: 토끼, 고양이, 멍크 등.

(자연 배란축이나 교미배란 가축이나 LH or hCG 주사하면 다같이 배란함)

2. 배란시기

- 돼지: 발정기의 제2일(발정개시후 35~45시간)
- 면양: 발정종료 직전(발정개시후 24~30시간)
- 말: 발정종료 1일전
- 소: 발정종료후 12~14시간

3. 排卵數

- 소, 말: 1개 (2개 배란: 소- 10%, 말- 3~30%)
- 면양, 산양: 1~2개, 품종간 차이 많음. 면양보다 산양이 약간 많은 경향임.
- 돼지: 13.5개(미경산 豚)~21.4개(경산 豚)

4. 배란의 기전

- LH가 성숙한 난포의 표면세포에 염증성 자극을 주어 theca cells의 세포막에 있는 collagen단백질을 분해시켜 난자덩이가 밖으로 터져 나온다.
→ 염증반응설

성성숙(Puberty)

성성숙이란 가축의 생식기능에 대한 성적 기능이 시작되는 연령에 달하는 시기를 말하며, 이 시기가 되면 生殖腺(정자, 난자)이 활동한다. 즉, 정소에서는 정자를 생산하고 난소에서는 난자를 생산한다.

-성숙과정의 개시를 춘기발동이라 하고, 춘기발동이 시작되는 시기를 춘기발동기(春機發動機, puberty)라 한다. 그리고, 이 과정의 완료를 성성숙이라 하며, 완료되는 시기를 성성숙기(성완숙, sexual maturation)라 한다. 그러므로 엄밀한 의미에서는 춘기발동과 성성숙은 구별되어야 하지만 이 둘은 구별하지 않고, 동의어로 혼동하여 사용하는 경우가 많다.

-성성숙이 완성된 동물은 번식에 관계하는 모든 생리적기능이 완성되어 번식이 가능한 상태에 도달하게 된다.

① 암컷에서는 난소와 부생식기관이 발달되어 완전생식주기(수정, 착상, 임신, 분만, 포육)의 유지가 가능한 상태에서 발정과 배란이 일어나고, 수컷과 교미하여 임신할 수 있는 능력을 가지게 된다.

② 수컷에서는 조정기능(造精機能)이 완성됨과 동시에 부생식선도 충분히 발육되고, 성욕이 발현되어 교미와 사정이 가능하게 되므로서 암컷을 임신시킬 수 있는 상태에 도달한다.

- 생식선에서 새로운 호르몬의 분비가 왕성해지면,
 - ① 암컷은 심신이 강해지고 신경질적이 되며 유방은 현저하게 커진다. 또한 몸 전체는 곡선미를 가지며, 피하지방의 축적이 많아진다.
 - ② 수컷은 신경질적이 되고 싸우기(好爭性)를 좋아하며 앞몸과 어깨가 퍼지고, 면양이나 소같은 有角種은 뿔이 자라며, 鳥類는 벋이 커지고 성대가 좋아진다.(제2차적 성징, secondary sexual characteristics)

-가축에 있어서 성성숙은 기후 및 여러가지의 환경조건에 따라 영향을 받고, 영양상태에 따라서도 영향을 받는데, 주요가축의 성성숙 도달월령은 ① 소 8-12개월, ② 말 15-16개월, ③ 면양과 산양 6-8개월, ④ 돼지 8개월이다.

- 성성숙시기와 성성숙에 영향을 끼치는 요인; ① 유전적 요인, ② 환경적 요인, 이러한 요인에 따라 성성숙시기를 보면 개체가 출생한 후 신체 각 부위의 조직이 똑같이 성장하는 것이 아니라 먼저 1)골격계통이 빨리 발육하고, 골격의 발육이 어느 단계까지 이르면 그 다음에는 2)근육이 주로 발육하며, 이것이 어느 단계까지 발육하면 3)체지방의 축적이 왕성해진다.

번식적령

-동물이 춘기발동기에 도달되어 번식기능의 일부가 명확히 발현되고, 일어서 성성숙이 완성되어 생식기관의 형태와 기능이 성숙동물의 그것과 질적으로 동등한 상태에 도달되었다 하더라도 곧바로 번식에 공용할 수는 없다. 왜냐하면 성성숙은 체성숙이 완성되기 이전에 이루어지므로 성성숙기의 체격이 번식기능을 수행하는데 지장이 없을 정도로 발육된 상태가 아니기 때문이다. 따라서, 체격의 발육이 어느 정도 완성되어 안심하고 번식에 공용할 수 있다고 판단되는 시기에 비로소 번식을 시킬 수 있는데, 이 연령을 번식적령이라 하고, 이 시기를 번식적령기라 한다. 가축의 경우 번식적령에 도달하면 가능한 한 빨리 임신시켜 공태기간을 단축시키는 것이 바람직하다.

- 가축의 성성숙의 대체적 시기는

	월령	체중	초임적령
말 mare	15 ~ 18 개월		3 ~ 4 세
소 cow	8 ~ 12 개월	Holstein 260 kg	16 ~ 18 개월
면양.산양 doe	6 ~ 8 개월	ewe 20 ~ 35 kg	12 ~ 18 개월
돼지 sow	6 ~ 8 개월	70 ~ 80 kg	10 ~ 12 개월
개 bitch	8 ~ 24 개월	beagle 10 kg	
고양이 cat	7 ~ 12 개월	2.5 kg	
토끼 doe	5.5 ~ 8.5 개월		

- 가축의 성성숙 월령과 번식공용월령

구 분		성성숙월령	번식공용월령	구 분		성성숙월령	번식공용월령
한 우	♀	18 ~ 24	24	면 양	♀	6 ~ 8	18 ~ 20
	♂	18	24		♂	4 ~ 6	
유 우 (Holstein) 말	♀	10 ~ 15	15	산 양	♀	4 ~ 6	7 ~ 18
	♂	15	18		♂	3 ~ 5	24 ~ 36
	♀	15 ~ 24	36		♀	3 ~ 5	8 ~ 10
돼 지	♂	15 ~ 24	48	닭 (Leghorn)	♂	145 ~ 150	8 ~ 10
	♀	5 ~ 7	8 ~ 12		♀	일	145 ~ 150일
	♂	5 ~ 8	8 ~ 12		♂	145 ~ 150 일	145 ~ 150일

번식계절

-**비계절번식동물**(non-seasonal breeder); 암컷이 임신하지 않는 한 연중 계속 발정이 일어나고 임신이 가능한 것.

계절번식동물(seasonal breeder); 연중 특정 계절에만 발정기와 그 계절에만 임신이 가능한 것.

-이와 같이 번식이 이루어지는 계절을 번식계절(breeding season)이라 하고 그렇지 못한 계절을 비번식계절(non breeding season)이라고 한다. 그런데 비계절번식동물이라도 번식효율(reproductive efficiency)은 계절에 따라 차이가 있다.

-**계절번식을 하는 대표적인 가축이 말, 면양, 산양인데 말은 일조시간이 길어지는 4~6월에 발정율이 가장 높고** 그 외의 계절에도 발정이 와서 수태하는 경우가 있으나 번식성적이 나쁘며, 10~2월경에는 발정이 오지 않는다. 한편, **면양과 산양은 9~1월 사이에 주로 발정이 와서 번식이 가능하다.** 이 시기에 몇 차례 발정이 오며 수컷의 교미욕이 회복되므로 종부시켜 **다음해 봄에 분만하게 된다.**

발정주기의 단계

-가축의 발정주기를 편의상 4단계로 구분; **발정전기(proestrus)**, **발정기(estrus)**, **발정후기(metestrus)** 및 **발정휴지기(diestrus)**

① 발정전기

발정전기는 발정휴지기로부터 발정기로 이행하는 시기이며, 발정이 시작되기 직전의 단계이다. 즉, 난소에서 난자를 배출시키기 위한 준비와 교미를 위한 준비기간이다. **이 단계에서는 웅축(雄畜)을 허용하지 않는다.** 축종에 따라 차이가 있으나, 난소에서는 하나 혹은 수개의 난포가 급속하게 발육하면서 그 속에 난포액이 충만되고, estrus의 함량도 증가한다. 발정전기의 지속시간은 소에서는 1일, 말 1~2일, 돼지는 1~7일 이다.

② 發情期

발정전기에 이어지는 단계이며, 이 시기는 난포로부터 estrogen이 왕성하게 분비되기 때문에 生殖系(reproductive system)는 estrogen의 영향하에 놓이게 된다. 자축은 몹시 흥분하게 되고 웅축의 승가를 허용한다. **소를 제외하고 대부분의 가축이 이 기간에 배란하게 된다.** **발정기의 지속시간은 소 12~18시간, 면양 24~46시간, 돼지 40~72시간이며 말은 4~8일** 이다.

③ 발정후기

발정후기는 발정기 다음에 이어지는 시기로서 높았던 estrogen 함량이 낮아지면서 progesterone의 농도가 높아지고 발정기 때의 흥분이 가라앉게 된다. 자궁내막에는 자궁선(uterine gland)이 급속도로 발달하며, 발정후기의 지속시간은 소 3~4일, 돼지 1~5일, 말과 면·산양은 2~일이다. 특히 소에서는 발정후기가 다른 가축에 비해 명확하지 않다. 그러나 이 기간에 자궁내출혈(intrauterine bleeding) 혹은 발정후 출혈(metestrus bleeding)이 외부로 나타나는 경우가 있다. 보통 배란 후 24시간, 즉 발정개시후 50~71시간에 일어나며, 이것은 임신여부와는 관계 없이 발생한다.

④ 발정휴지기

발정후기 이후부터 다음 발정전기까지의 기간을 발정휴지기라 하며, 난소주기로 보아서는 황체기에 속하는 시기이다. 발정과 배란이 있는 후 만약 임신이 안되었을 때는 자궁을 비롯한 모든 생식계는 서서히 환원하기 시작한다. 발정휴지기의 기간은 소에서는 발정주기의 5일부터 16~17일까지, 면양과 돼지는 발정주기 4일부터 13~15일까지이며, 말의 경우는 발정기간에 개체차이가 크기 때문에 대략 14~19일간이다.

발정징후

- 자축의 발정징후는 육안으로 관찰할 수 있는 외부적 징후와 직장검사 또는 질 검사 등을 통해서 알 수 있는 내부적징후로 구분된다.
- 이 중에서 외부적 징후는 동물종간에 유사한 점이 많이 있으나, 성적거동은 동물 종, 품종, 개체, 영양수준을 비롯한 사육조건에 따라 다소 차이가 있다.
- 모든 자축에서 공통된 발정징후는 거동의 변화(흥분상태), 식욕감퇴, 외음부변화, 승가(mounting) 또는 교미(mating)을 허용하는 자세 등이다.**

1) 소

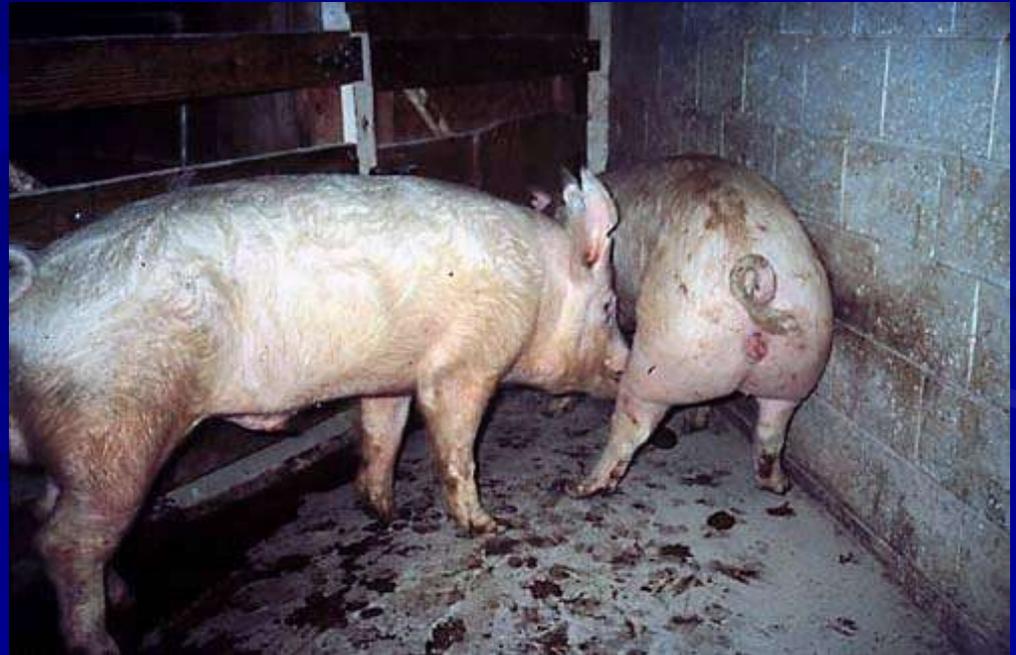
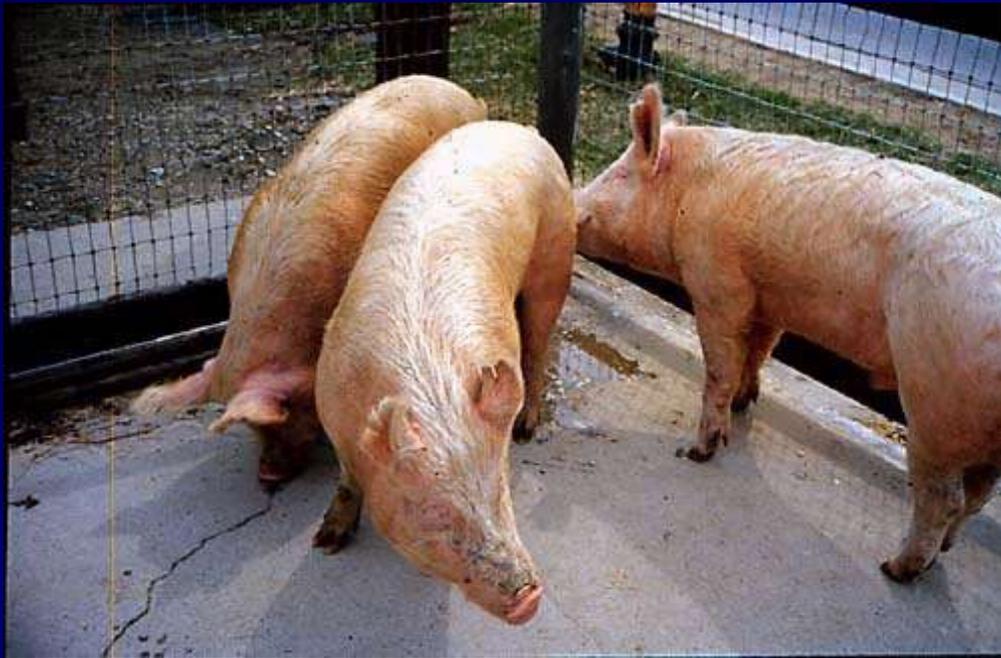
- 발정한 소는 정서적으로 불안한 상태를 보이며 수소를 찾기 위해서 가끔 괴성을 지르고 다니며 평상시보다 보행수가 2~4배 많아진다. 식욕이 감퇴되고 反芻가 줄어들거나 거의 중단되기도 하며 연변(軟便)을 배설하고, 착유우인 경우는 유량이 크게 감소한다.
- 뚜렷한 발정징후는 다른 암소나 수소의 승가를 허용하는데, 이를 **容牡姿勢 (standing estrus)**라 한다.**
- 이러한 행동은 오후보다 오전에 활발하며 외음부는 충혈하여 종창(腫脹)되고 밖으로 맑은 점액이 가끔 흘러나와 미근부(尾根部) 주위나 옆구리에 묻기도 한다.

2) 면양, 산양

- 발정된 암면양은 긴장된 상태로 숫양을 찾아 울타리 주변을 걸으면서 운다. 그러나 숫양이 없을 때에는 뚜렷한 발정징후를 나타내지 않는 것이 보통이다.
- 숫양에 접근하여 구애(sexual display)를 하며, 꼬리를 자주 좌우로 흔들면서 숫양의 승가를 허용한다. 외음부는 눈에 띄게 충혈하거나 종창하지 않으며, 점액도 거의 누출되지 않는다.
- 산양의 발정징후도 면양과 거의 비슷하나, 꼬리를 좌우로 흔드는 것이 면양보다 더 심하다.

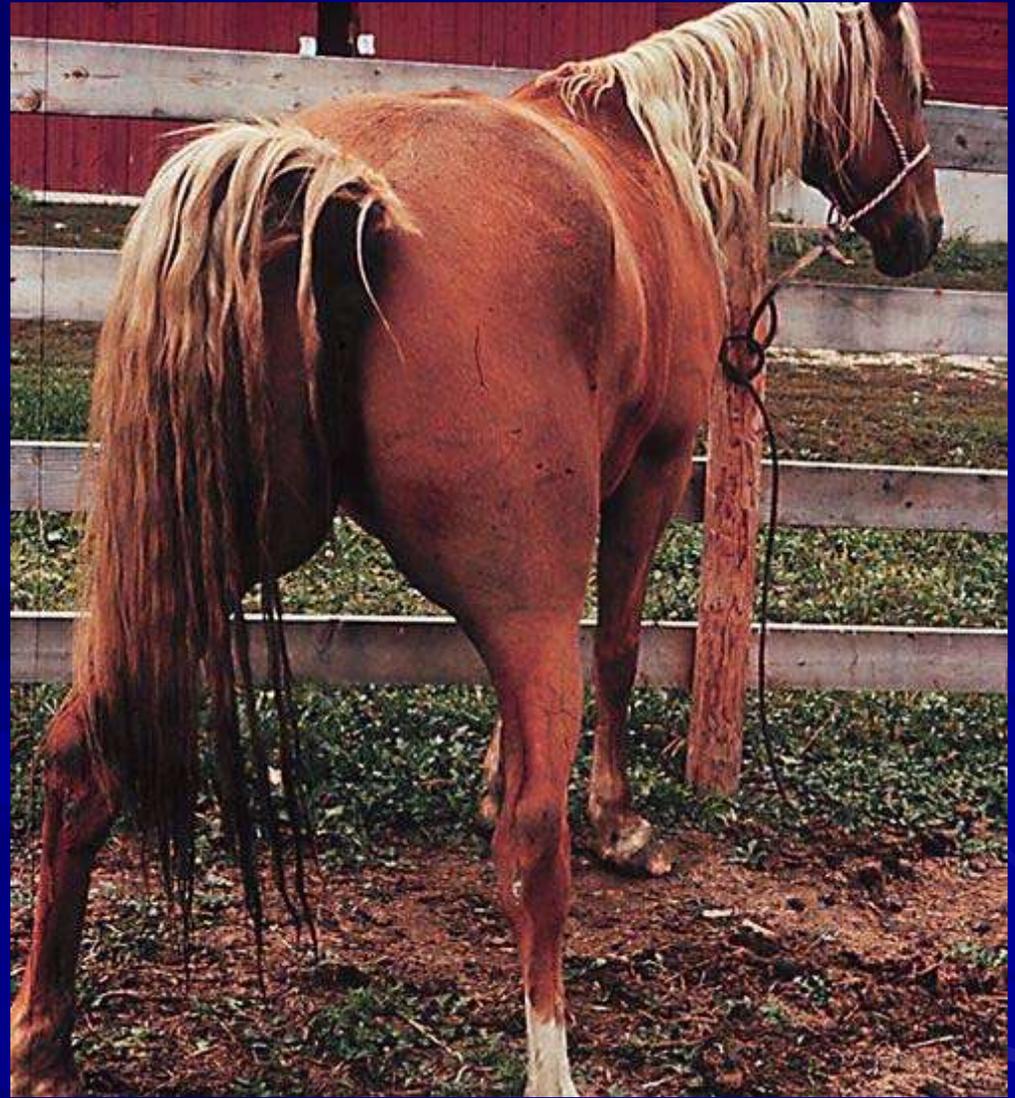
3) 돼지

- 암돼지는 발정이 시작되면서 행동의 변화가 온다. 주위에 대하여 아주 민감해지고 수돼지를 찾아다니며 이상한 소리로 계속 웃어대고 사료에 거의 관심을 보이지 않는다. 가장 뚜렷한 발정징후는 다른 암돼지나 수돼지의 승가를 허용하거나 관리자가 손으로 허리를 누르거나 엉덩이를 밀면 특이한 소리를 내면서 **부동반응(immobile response)** 또는 **交尾姿勢**를 취하는데, 경산돈에서 보다 미경산돈에서 더욱 현저하다.



4) 말

-발정된 말은 흥분하고 사료를 먹지 않는다. 수말에 대해서 더 관심을 보이면서 따라다니지만 교미허용시간에 이르기 전에는 수말의 접근을 허용하지 않는다. 그러나 시간이 경과됨에 따라 수말에게 더욱 접근하여 승가를 유도하기도 하며, 꼬리를 들어 올리고 **排尿姿勢**를 취하면서 오줌을 자주 본다. 동시에 종창된 **외음부의 음순(陰脣)**이 개폐하면서 **질점액과 음핵을 노출시키는 라이트닝(lightning)**을 2~3초간 주기적으로 반복하다가 수말의 승가를 허용하게 된다.







Species differences in various characteristics of the estrus cycle

	Cow	Ewe	Sow	Mare	Goat (doe)
Estrus cycle (days)	21	17	20	22	21
Metestrus (days)	3-4	2-3	2-3	2-3	2-3
Diestrus (days)	10-14	10-12	11-13	10-12	13-15
Proestrus (days)	3-4	2-3	3-4	2-3	2-3
Estrus	12-18 hrs	24-36 hrs	48-72 hrs	4-8 days	30-40 hrs
Ovulation	10-12 hrs after estrus	late estrus	mid-estrus	1-2 days before estrus ends	few hrs after estrus

Species and breed differences in age and weight at puberty

	Age (months)	Weight (kg)
Doe	5–7	10–30
Sow	5–7	68–90
Ewe	7–10	27–34
Mare	15–24	Varies with mature size of breed
Dairy cow	8–13	160–270
Jersey	8	160
Guernsey	11	200
Holstein	11	270
Ayrshire	13	240
Beef cow (European breeds)	10–15	–
Zebu	17–27	–
Water buffalo	15–36	–

번식계절

- 동물이 번식활동(繁殖活動, reproductive activity)을 활발하게 영위하는 특정한 계절을 **번식계절**이라고 하며, 보통 암컷에서의 발정(發情, estrus)은 이 시기에 한하여 발현된다. 대부분의 야생동물은 뚜렷한 번식계절을 가지고 있지만, 가축에서는 말과 면·산양을 제외하고는 번식의 계절성이 명확하지 않다. 이와 같이 특정한 계절에만 번식활동을 나타내는 동물, 즉 번식계절이 있는 동물을 **계절번식동물**(seasonal breeder)이라 하고, 연중 어느 때나 번식이 가능한 동물을 **주년번식동물**(annual breeder)이라고 한다.
- 모든 계절번식동물은 새끼의 양육에 적합한 시기(일반적으로 봄)에 분만이 일어날 수 있도록 번식계절을 유지하기 때문에 임신기간의 장단(長短)에 따라 번식계절이 개시되는 시기가 다르다. 즉, 임신기간이 긴 말은 봄-여름의 일조시간이 길어지는 시기에 번식계절이 개시되지만(**장일번식동물**, long-day breeder), 임신기간이 짧은 면·산양은 가을-겨울의 일조시간이 짧아지는 시기에 번식계절이 개시된다(**단일번식동물**, short-day breeder).

- 한편, 계절번식동물의 성숙한 수컷은 비번식계절(non breeding season)에도 정액의 채취가 가능하지만, 정액성장이나 성욕은 명확한 계절적 변화를 나타낸다. 번식계절의 길고 짧음은 가축의 품종이나 사육환경에 크게 영향을 받는다.
- 서식지의 위도(緯度)가 낮아지고, 연간의 환경변화가 적어질수록 번식은 계절의 영향을 적게 받아 주년번식형에 속하게 된다. 또한, 야생동물에서 보이던 번식계절도 가축화가 진전되고, 사양조건이 개선됨에 따라 불분명하게 된다. 면양에서 Merino종은 열대환경에서는 연중 어느 때나 번식이 가능하고, Merino종과의 교잡종도 번식계절이 비교적 길며, Dorset Horn종과 Persian종의 교잡으로 육성된 Doppler종은 무발정기(無發情期, anestrous period)가 단지 1개월 밖에 안된다. 그러나, Blackface종과 Southdown종은 번식계절이 1년중 139일과 120일에 불과하다. 말에 있어서도 Pony의 번식기간은 5월부터 10월까지이지만, 번식계절이 길어서 2월부터 12월까지 번식이 가능한 품종도 있다. 또한, 동일한 품종에서도 기후조건에 따라 번식기간이 상당히 다른데, 적도에서 남북으로 멀어질수록 무발정기가 길어진다.

- 번식계절의 발현에는 일조시간(日照時間, day-light length), 온도 및 영양조건 등이 중요한 요인으로 작용한다. 이들 요인들은 주로 시상하부-뇌하수체-생식선 축(視床下部-腦下垂體-生殖腺 軸, hypothalamus- hypophysis-gonad axis)에 영향을 미쳐서 번식활동을 지배하는 호르몬의 분비를 조절하므로써 번식계절을 지배한다. 즉, 계절번식동물의 번식계절은 시상하부에 가해지는 내·외적 자극, 특히 일조시간이 변동되는 자극에 의하여 개시 또는 종료가 이루어진다.
- 비번식계절이 가까워 올 때 일조시간의 변동에 의한 광주기효과(光週期效果)가 포유동물의 경우는 망막로(網膜路, retinal pathway), 조류의 경우는 시상하부의 광감응신경단위(光感應神經單位, photosensitive neuron)를 거쳐 시상하부에 도달되면 시상하부의 성선자극호르몬(GTH) 방출중추를 자극하여 혈류를 타고 오는 에스트라디올(estradiol)에 대한 감수성을 증가시켜 에스트라디올에 의한 부(負)의 피드백(feedback)이 GTH방출중추에 강하게 걸리게 된다.
- 따라서, 성선자극호르몬 방출호르몬(GnRH)의 감소, GTH의 감소, 에스트라디올의 감소가 차례로 일어나게 된다. 낮아진 에스트라디올의 수준은 시상하부의 GTH 방출중추에 대하여 LH-급증(LH-surge)을 유발하는 정(正)의 피드백작용을 걸지 못하므로 배란(排卵, ovulation)이 중지되고, 이어서 무발정기로 들어가게 된다.

-반면에 번식계절이 가까워지면 일조시간의 변화자극이 시상하부의 GTH방출중추를 자극하여 혈중 에스트라디올에 대한 감수성을 낮게 함에 따라 에스트라디올에 의한 부의 피드백이 해제된다. 따라서 GnRH분비, GTH분비, 그리고 에스트라디올의 상승이 일어나 LH의 급격한 방출이 가능한 역치(値, threshold)에 달하게 되며, 드디어 LH-급증이 일어나 배란이 일어나게 되고, 정상적인 발정주기(發情週期, estrous cycle)를 찾게 된다.

-한편 햄스터(hamster)의 번식활동에는 송과선(松果腺, pineal gland)도 관여한다. 햄스터를 계속해서 암조건(暗條件)에 두면 송과선에서 멜라토닌(melatonin)이 분비되고, 이 멜라토닌이 항성선자극호르몬(antigonadotropin)으로 작용하여 생식선(生殖腺, gonad)을 위축시킨다. 면양에서도 명암(明暗)에 따라 멜라토닌의 분비가 달라지는데, 이것도 번식계절의 조절에 하나의 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있다.