종합부분

종부이론 I

혈 통 확 인 팀
팀장 임 병 순

건강한 정자가 암컷의 생식기내에 들어와 난자와 접합하고, 합체하여 수정이 성립되는 조직은 매우 복잡하며, 연구하는 것도 그 기묘에 경탄하고, 차라리 신비라 할 수 있다.

거기에는 달에 인공위성을 명중시키는 이상의 정밀한 조직이 있으며, 시험관 아기를 만드는 것보다 복잡한 것은 확실하다.

복잡한 많은 조직이 연쇄적으로 이어지고, 그 모두에서의 링크가 정상적으로 작용할 필요가 있다. 어떻든 1개가 끊어지면 그의 연결도 성립되지 않는다. 즉, 수정에 실패하게 되는 것이다.

인공수정을 실시하여 수태율을 향상시키기 위한 종부이론, 즉, 수정의 조직을 좋게하고 그 조직위에 잘 얹는 것이다. 말로는 불명한 점이 많은 현상이며, 더욱이 인공수정에 관여하는 요점의 몇 가지를 아래에 적어본다.

1. 종부란

종부란 가축 등에서 좋은 품종을 만들기 위하여 좋은 암컷과 수컷을 교미시키는 것을 말하는 축산용어로써 다른 품종이나 계통간에 인위적으로 암수를 접합시키는 것을 교배 또는 교잡으로 구별하는 것이다.

의학용어나 생물학 용어의 성교, 교접, 교합과 동의어로써 상호 공통의 의미로 사용된다. 동물이나 조류에서는 일반적으로 교미라 부른다. 어떻든 정자와 난자가 접합하여 수정을 목적으로 이성의 두 개체가 결합하여 사정에 이르기까지 전 과정의 행동을 말한다.

자연조건하에서는 통상, 수컷이나 암컷이 승가하면 밑에 있는 가축은 피한다. 그러나, 난자가 성숙하면 암컷은 발정하여 수컷의 교미를 허용한다. 이 경우 수컷이 승가하여도 피하지 않고 서 있으며, 후구를 내리고 꼬리를 옆으로 하여 외음부를 노출시켜 교미를 돕는다.

이렇게 동물에서는 암컷의 협조 없는 자연교미는 성립되지 않는다. 또 암컷은 수컷의 자극을 받아 성주기가 정상으로 되며, 발정징후가 강하게 되는 것 등이 많은 동물에서 나타난다.

한편, 가축화되어 순화된 동물에서는 종종 암수가 별도로 사육되기 때문에 정기적으로 수컷을 가까이 하여 인위적으로 교배시킨다. 이런 관리교배에서는 종부적기를 놓쳐 수태율이 저하되기도 한다. 또 암컷의 움직임이 없도록 보정하고 꼬리를 옆으로 하여 암컷의 성욕에 관계없이 강제적으로 종부하는 것이다.

이 경우에는 종부적기를 놓쳐 수정율이 저하하게 된다. 더우기 최근 수컷에 의하여 교미와 관계없이 인위적으로 정자를 암컷 생식기내에 주입하여 수정을 강요하는 인공수정법이 보급되었다. 따라서 수태율 향상을 목적으로 한 보다 유효한 종부(수정)를 하기 때문에 종부 원리의 구명이 요망되며, 약간의 지식을 얻을 수 있다.

2. 임신성립의 3요소

가축이 임신하기 위하여는 정소, 난소 및 자궁의 기능이 각각 정상적이어야 한다. 이렇기 때문에 각 생식기관의 역할에 대하여 연구되고 있다. 그러나 임신이 성립되기 위하여는 정자나 난자의 성숙 및 자궁의 발정변화 등이 정상적으로 되는 것은 부족하며, 배정, 배란, 수정, 착상의 4현상이 상호 관련하여 순서 바르게 작용 할 필요가 있다.

즉, 임신은 정상인 생식기관의 공동작업에 의하여 처음으로 획득되는 것이다. 따라서 최근 배정－배란, 수정, 착상으로 구분하여 임신의 조직으로 설명하는 것이다.

이 중에서 종부는 교미부터 사정까지의 과정을 일컬어 제2임신준비에 포함되는 것이며, 성행동인 것이다.

〈표 1〉 임신성립의 3요소

배란, 배정－제1임신준비－정자, 난자의 생성, 성숙, 배출의 과정

수정－제2임신준비－배출된 정자와 난자가 접근하고 합체하기까지의 과정

착상－제3임신준비－수정란이 분할, 분화를 개시하고, 이동하여 자궁내로 들어가 착상하는 과정

제1임신준비	난자, 정자의 생성, 성숙, 배출
제2임신준비	난자, 정자의 접근합체
제1수정	난소－난관채 관계
제2수정	정자－경관점액 관계
제3수정	난자－정자 접근
제4수정	정자핵과 난자핵 합체
제3임신준비	수정란의 분할, 분화, 착상
제1착상	수정란 분할과 난관에 의한 자궁내로의 이동
제2착상	수정란의 자궁내막 착상

그러나, 가축의 종부에 대하여는 인위적인 종부, 강제종부 또는 인공수정 등이 실시되고 있기 때문에 자연조건하에서 일어나는 동물의 교미는 약간 다른 것이다.

따라서 여기에는 축산기술로써의 종부이론을 이해하기 위하여 부단의 노력이 요구되며, 성행동도 다시 취급되어 상세히 공부하고, 또 사정후의 암컷 생식기내 정자의 이동이나 운명, 기능의 변화는 원래 수정의 원리속에서 논하여야 하나, 종부적기의 선정에 관여하면서부터 여기에도 취급되어야 한다.

3. 암컷 생식기내에서 정자의 이동

암컷의 생식기도내에서 사정 또는 인위적으로 수정(주입)된 정자는 수정의 장소, 즉 난관상부까지 상승하여 수정한다.

1) 사정장소와 분산범위

암컷과 수컷이 교미하여 사정하는 장소의 해석은 암컷 생식기내에서 수컷 생식기로부터 정액이 방출되는 장소를 말하며, 방출된 정액이 분산하는 범위를 가리킴에 의해 연구자간에 상이하다.

정액이 방출되는 장소와 분포하는 범위를 별도로 하고 더구나 사정량을 보면 〈표 2〉와 같다. 사정하는 장소는 돼지와 닭을 제외하고 소, 면양, 산양, 토끼는 질 심부이다.

〈표 2〉 가축의 사정부위, 정액량과 분산범위

축종	사정부위	정 액 량(mℓ)	분 포 범 위
소	질심부	2~8(6)	질, 경관, (자궁)
산양	질심부	0.5~2(1)	질, 경관, (자궁)
말	질심부	50~200(80)	질, 경관, 자궁
돼지	경관내	150~500(250)	질, 경관, 자궁
토끼	질심부	0.5~2(1)	질, 경관,(자궁)
닭	排泄腔	0.3	排泄腔

( ) : 사정량이 많은 경우 자궁내에 들어가는 양

(1) 소

소는 질심부에 사정한다. 사정된 정액의 분포범위는 그 양과 경관의 구조에 따라 다르다. 소의 자궁경관은 단단하며, 내측에 돌출된 횡주름이 있으며, 부정형의 나선형이다.

황체기나 임신기에는 管腔에 점액이 모이게 되며, 자궁내에 세균의 침입을 방지한다. 또 임신기에는 胎子가 질내로 탈출하는 것을 방지하는 절대적인 역할을 한다. 이점액이 있기 때문에 정자도 침입 할 수 없다. 그러나, 발정이 시작되면 점액이 용해되어 묽어지고, 질을 통하여 체외로 배출되므로 정액이 진입 할 수 있는 것이다.

소는 질내에 요도 개구부로부터 약간 들어간 장소에 직장과 질을 8자형으로 맺어주는 근육 및 질 괄약근이 있다. 이것을 棒狀物을 이용하여 확장하면 후구를 아래로 하고 복압을 가하여 교미자세로 된다. 이 힘에 의하여 자궁과 질은 압박되어 관강이 좁아지게 된다.

더우기 사람이 교미자극을 경관에 가하면 자궁은 1~2분간 간헐적으로 수축하는 조직으로

된다. 동시에 질도 수축하며 관강은 가일층 축소하여 오히려 달라붙은 상태로 된다.

이러는 가운데 나머지 정액이 방출되기 때문에 그 사정압에 의하여 정액은 암컷 생식기내로 넓게 분산되는 것이다. 이 분산의 범위를 알기 위하여 발정기의 소에 교미자극을 가한후 질 심부에 색소를 0.1% 첨가한 色付정액을 주입하여 조사하면 〈표 3〉에 나타난 바와 같이 주입량에 비례하여 분산의 범위가 확대된다.

즉, 주입 정액량이 3mℓ에서는 주입부위의 주변에 한하지만, 5mℓ에서는 경관내강 전체에, 7mℓ주입의 경우는 소량이지만 자궁체부까지 색소가 진입한다.

사정과 거의 동시에 2분 30초 이내에 정자가 난관까지 상승한다는 설이 있으나 보다 장시간을 요한다고 말하는 이론이 있어 연구자간에 모든 일치를 보이지는 않는다.

〈표 3〉 질 심부에 주입한 색소 정액의 분포범위

주입정액량	색소가 분산되는 범위
3mℓ	질 심부, 자궁질부
5mℓ	질 심부, 경관심부
7mℓ	질,경관, 자궁체부

(2) 면양, 산양

면, 산양의 사정부위와 정액의 분산은 소의 것과 대동소이하나, 산양에서 발정기에 자연교배된 것은 사정 후 30초 이내에 난관 내 전면에 수천개 이상의 정자가 상승하는 것이다. 황체기에 강제적 교배된 경우에도 소량의 정자가 자궁각내로부터 회수되어 진다. 이는 암컷 생식기는 적은 비율로 사정량이 비교적 많은 것 및 경관내에는 점액이 적으며, 경관의 구조도 소보다 단순히 되어있기 때문이다.

(3) 말

말은 성기를 자궁경관 외구부에 강하게 밀착하여 사정한다. 경관내강은 엷으며, 소보다 횡주름이 없으며 비교적 단순한 구조로 되어 있다. 또, 사정 정액량이 많기(50~200mℓ) 때문에 정액은 거의 직접 자궁내로 들어간다.

(4) 돼지

돼지는 교미기에 선단이 자궁경관내로 들어가 자극을 받아 사정하는 조직으로 되어 있으므로 경관내에서 사정한다. 그러나, 정액량이 150~500mℓ로 극히 많으며, 대부분의 정액이 자궁내로 들어간다. 또 정자는 처음으로 방출되고 그 후에 교양물(膠樣物:아교모양 →부생식선액)이 나오기 때문에 정자는손실되게 되며, 자궁내로 들어가는 것이다.

2) 자궁경관내에서 정자의 상승

(1) 소

소의 정액은 사정과 동시에 자궁내로 들어가며 그 양은 적고 흔적이 남지 않는다.

많은 정자는 질 심부 또는 경관내에 분산되고 자궁내로 상승하여 간다. 그러나, 이 정자가 상승하는 조직에 대하여는 많은 설이 있으나 아직 불명한 점이 많다.

(가) pH설

체외로 나온 발정기의 소 자궁액과 경관점액의 pH는 약 7.8정도이며 생체내에서는 탄산가스를 포함하기 때문에 자궁액은 6.9~7.2, 경관점액은 6.4~6.8로, 자궁액보다도 경관점액의 pH가 낮다.

정자의 운동은 산성보다도 중성 및 약 알칼리성액 중에서 활발하며, 정자는 pH가 높은 쪽을 찾아 상승한다는 설이 있으나, 그 후 pH가 높은 액 중에서 정자가 활발히 운동하게 되면 수명이 단축되는 것으로 보고되고 있다.

(나) 走化設

난자는 화학적 성분을 분비하며, 정자는 그것을 좇아 난자에 가까이 가게 되는 것이다. 이 화학적 유인 물질은 양치식물이나 비늘류로 보아 증명된다. 동물에서는 어류나 패류에서 가능성이 예측된다.

가축의 정자에서도 생리적 식염수중에서는 들어가지 않으며, 점액이나 난포액 중에서는 정자가 상승하므로써 화학적 유인물질의 존재가 추찰된다. 그러나, 생리적 식염수와 같은 계면활성이 높은 액 중에서는 정자가 튕겨나와 진입하지 못하는 것이나, 단백액이나 점액을 가하면 정자가 진입하게 되는 것이나, 같은 진입은 계면활성제나 지방산을 가하여도 보이는 것이나, 더우기 난자 가까이 정자를 첨가하여도 더욱 정자가 난자의 방향으로 진입하지 못하는 것이 밝혀지면서 본 설은 거의 부정되고 있다.

(다) 자궁흡인설

자궁운동에 의하여 정자를 흡입한다는 것이다. 가축이 기립할 때의 복강은 음압이며, 자궁도 운동휴지기에는 음압으로 된다. 소의 자궁은 교미 후 1~2분간 강렬하게 수축하며 그 후는 이완되어 1분간에 약 2회 수축과 이완을 반복한다.

(라) 정자운동설

소의 정자는 발정기 경관점액속을 1초에 50 μ, 자궁액속은 100μ의 속도로 진행한다. 정자는 꼬리를 파상으로 흔들며 전진한다고 알고 있으나, 최근 나선상으로 회전하며 머리는 꼬리와 반대방향으로 돌며 전진하는 것이 분명하여졌다.

자궁경관내를 정자 자신의 운동으로 상승하게 되면 1분간에 3㎜ 상승하는 것으로 보아, 약10㎝의 경관을 올라가기에는 33분을 필요로 하는 계산이 나온다.

그러나 발정기의 소 자궁은 다량의 분비액이 나오며, 경관점액을 용해하여 몸밖으로 배출한다. 그 양은 미경산에서 1발정기에 약 100, 경산우에서는 시간당 1~27㎖, 평균 14㎖ 흘러내린다. 또 자궁내에 색소를 넣게되면 30분 이내에 질로 나온다. 즉, 정자진행속도보다도 점액의 배출속도가 빠르다.

(마) 走觸設

정자는 물건에 접촉하는 성질이 있으므로 경관점액의 흘러내림이 빠르면 중심부를 피하여 경관벽에 부착하거나 또는 경관에 깊이 관계하므로써 그 가운데를 벽에 접착하여 상승하는 것이다.

(바) 走粘液線條設

점액이 흘러내릴 때 분자가 병행하여 가는 선조의 다발로 되는 것으로써 이 선으로 상승하는 것이다.

(사) 走流設

현재, 가장 신뢰성이 높은 설로써 정자는 정액중에서는 방향을 일정하게 하는 운동을 하며, 이들의 정자에 외부로부터 일정방향으로 흐르도록 해주면, 정자는 그 생사에 관계없이, 또 운동의 유무에 관계없이, 흐름에 대하여 역으로 향한다. 이것을 向流性이라한다.

이것은 머리보다도 미부가 가볍기 때문에 빨리 흐르는 것으로 필연적으로 머리가 위에 남고 꼬리가 아래 방향이 되는 것이다. 또 천천히 흐르는 가운데 정자의 진행속도가 빠르게 된다. 즉, 초속 86㎛으로 진행하는 말의 정자는 유속 120㎛으로 흘러내리는 액체속을 200㎛의 속도로 상승하는 것이다. 더우기 점액의 선조에 의하여 경관벽에 가까이 흐름이 약한 장소를 시간을 요하며 상승하는 것은 아니라고 생각된다.

(2) 산양, 면양

산양, 면양의 발정점액은 수㎖로 적으며, 경관벽을 현미경을 통하여 보면, 표면에 브러시 모양의 섬모가 밀생하고 있으며, 위에서 질의 방향으로 채찍하는 것처럼 파상으로 움직인다. 이 때문에 표층의 액은 질의 방향으로 흘러내리는 것이다. 경관을 상승하는 정자는 몸 속에 머무는 동안 바람에 역으로 진행하는 모양이 되며, 정자의 방향이나 추진력에는 섬모운동이 전혀 유리하게 작용하지 않는 것이다.

(3) 말, 돼지

이들 동물의 정액은 사정과 동시에 자궁내로 들어가므로 정자의 상승에 관한 경관의 역할은 적다.

3) 자궁내에서 정자의 이송

자궁에는 분만시에 태아를 눌러 나오게 하는 힘이 있으며, 근육이 잘 발달되어 있다. 자궁내의 정자이송도 이 근육의 운동에 의함이 크다. 근육은 2층으로 나뉘고, 외측은 종(종주근)으로, 내측의 것은 횡(횡주근)으로 되어 있다.

(1) 소

소의 종주근은 발정기에 활발히 운동하며, 횡주근은 주로 배란후에 운동한다. 따라서 발정기 소의 자궁은 짧아지게 되어 운동한다. 이 결과 자궁내에 들어온 정자는 약 1㎖정도 되는 자궁액과 잘 혼합하며, 수축시에 전후로 눌리게 되는 것이다. 후장에서 눌려진 것은 경관내로 나오며, 전진운동을 가진 정자는 다시 자궁내로 들어간다.

앞으로 눌려진 정자와 자궁액은 자궁각 선단부에 수㎝ 종주근이 적은 장소가 있는데, 운동이 약하므로 이부위로 모아진다. 그 최선단이 난관에 연결되어 있다. 산양이나 면양의 자궁도 같은 운동의 구조이다.

(2) 돼지, 토끼

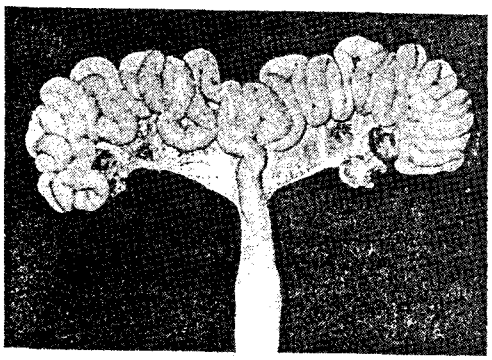
돼지나 토끼의 자궁은 태아수가 많으며, 몸

이 큰 경우에는 크고 길게 된다〈그림 1〉. 종주근과 횡주근은 똑같이 발정기에 활발히 운동하며, 잘록한 장소는 전에 이동하는 것이 많으며 후에도 이동한다. 돼지의 자궁내 정자는 자궁각 선단부에 모이는 경향이 있다.

4) 자궁－난관 이행부의 통과

난관협부는 발정 홀몬(에스트로겐)의 작용을 받으므로써 종창되고, 내강은 추워지는 것이다. 이 때문에 난자나 난관액은 하강하지 않고 머무는 것이다.

더우기 자궁－난관이행부는 강하게 굽은 곡선으로써 정자의 상승을 가일층 곤란하게 한다.



〈그림 1〉 돼지의 자궁

〈그림 2〉 굽은 자궁－난관이행부(소)

그러나, 자궁이 운동하여 수축하면 내용액과 정자는 전방으로 밀려 나가며 압력이 높게 된다. 또 자궁각이 단축함에 의하여 자궁－난관의 굽은 것은 더욱 끌리어 자궁내용물은 난관내로 올라가게 된다. 이러므로써 난자나 난관액은 자궁내로 하강하지 않고, 정자는 난관으로 상승한다. 이 경우, 사멸정자나 무생물도 자궁으로부터 난관내로 상승하게 되며, 정자 자신의 운동은 크게 작용하지 않는다.

5) 난관내에서 정자의 이동

난관에는 縱走筋, 輪走筋으로 구성된 2층의 근육이 잘 발달되어 있다. 발정기에는 자궁과 같은 모양의 종주근이 활발하게 운동한다. 난관내에서 정자의 이송은 주로 난관의 운동에 의하여 이뤄진다. 이 경우 정자를 밀어 올리는 것보다도 끌어올리는 쪽이 효과가 크다.

난관내벽에는 섬모가 밀생하여 있으며, 아랫방향으로 채찍질하는 모양으로 움직인다. 이 섬모 운동은 정자의 방향에 역행한다. 발정기에 증가하는 난관액은 자궁에서 하강하지 않으므로 남는 난관액은 복강내에 남게 된다. 같은 모양으로 남게된 정자도 확인된다.

4. 암컷 생식기에서 정자의 손실

1) 사정 정자수와 난관내 정자수

수정율을 높이기 위하여는 정자수가 난자수보다 많지 않으면 안된다. 그러나, 정자가 많아도 다수의 정자는 난자속으로 들어가 수정란은 기형으로 된다. 그렇지만 몇백만이란 정자를

낭비하여도 되지 않으며, 1개의 난자와 1개의 정자를 완전히 수정하기 위한 방법은 아직 고안되지 않았다. 실제로는 난자를 무난하게 수정하기 위하여 정자는 남도록 사정하지 않으면 안된다.

이 때문에 1회의 사정 정자수는 소에서 50억, 말에서 100억, 돼지에서 400억, 면양은 30억이어야 하며, 더욱이 소나 면양에서는 양은 감소하나 하루에 20~30회도 사정 할 수 있다.

사출된 정자 중 난자에 가까이 도달하는 것은 매우 적다. 〈표 4〉 즉, 소, 면양, 토끼에서는 사정된 정자 중 대략 30만부터 100만에 1개가 난자의 가까이 상승한다는 계산이 나온다.

〈표 4〉 가축의 사정 정자수와 난관내 정자수

축 종	사정 정자수(억)	난관 팽대부에 도달하는 정자수
소	70	4,200~27,500
말	100	–
돼 지	400	8~1,000
면 양	30	240~5,000
토 끼	3·5	250~500

2) 자궁경관내에서 정자의 선별

정액중에는 전진운동력을 가지며 정자의 다른 것을 사멸하는 것, 기형으로 생겨 전진하지 못하는 것, 방향감각을 잃고 회전하는 것 등이 포함되어 있다. 후자의 이상 정자는 자궁경관 점액속을 상승하지 못하는 것도 있다.

경관내의 상승은 활발히 전진운동을 하는 정자만이 가능하며, 여기서 제 1 차 선별을 받는다. 면양이나 산양에서는 경관점액량이 소보다 적으며, 점액에 의한 선별력은 약하고 점액상피표면에 밀생하는 섬모운동(질쪽으로 떠밀림)에 의하여 선별을 받는다.

3) 자궁내에서 정자의 손실

(1) 소 자궁의 배출작용과 생존정자의 선발

발정기의 소 자궁내에서 색소(에반스팔 – 0.1%)를 가하여 물들인 정액 1mℓ를 주입하여 그 행방을 조사하여 보면, 색소액은 1분후부터 15분까지 질내로 배출되고, 주입후 30분에 자궁에서 소실된다.

또 자궁내에 주입된 정소나 정자 희석액과 같이 정자도 경관내를 통하여 질내로 더욱이 체외로 배출된다. 그러나, 생존정자는 정자 자신의 운동에 의하여 점액속으로 침투되고, 다시 자궁내로 들어간다. 실제로 배출되는 것은 사멸정자와 미부가 만곡된 것으로써 미부가 만곡된 정자는 운동하여도 후진하게 되어 빨리 배출된다. 이 때문에 정자를 자불(煮弗 : 익힘)하여 사멸된 정자를 자궁내에 주입하면 1시간 이내에 평균 95%가 질내로 배출되는 것에 비하여 생존정자(생존율75~90%)를 주입한 소에서는 평균 25%가 배출됨을 알 수 있다.

생존정자에 대하여는 그 후 자궁내에서 사멸하는 것이 있으므로써 2시간내에 배출되며, 그 양은 평균 25%를 넘지 않는다. 이로써, 자궁에는 생존정자가 남게되며, 즉, 생존정자의 선발이 일어난다. 이 때문에 정자수는 시간과 함

께 감소하여 정자 생존율의 저하는 거의 일어나 지 않는다.〈표 5,6〉

〈표 5〉 생존정자 수정의 예에서 생식기내 정자분포

수정후 사멸되기 까지의 시간	실 험 두 수	생식기 내에서 회수된 정자수			
		질	경 관	자 궁	난 관
0:03~0:30	3	7×10^4	3.8×10^4	3.5×10^7	3×10^4
0:30~0:60	3	4×10^6	8.7×10^4	1.3×10^4	142
1:00~2:00	3	4.3×10^6	3×10^4	7,117	21
2:00~3:00	3	2×10^7	3×10^5	1,878	194
3:00~5:00	3	2.2×10^7	2,367	317	319

〈표 6〉 수정 후 3분~5시간에서 생식기내 정자 생존율의 변화

수정 후 사멸되기 까지의 시간	실험 두수	정액중 정자 생존율(%)	생식기내에서 회수된 정자의 생존율(%)			
			질	경 관	자 궁	난 관
0:03~0:30	3	55	30	20	75	10
0:30~0:60	3	75	35	30	80	20
1:00~2:00	3	70	20	60	90	30
2:00~3:00	3	65	0	45	90	25
3:00~5:00	3	60	0	35	70	5
평 균	3	65	15	40	80	20

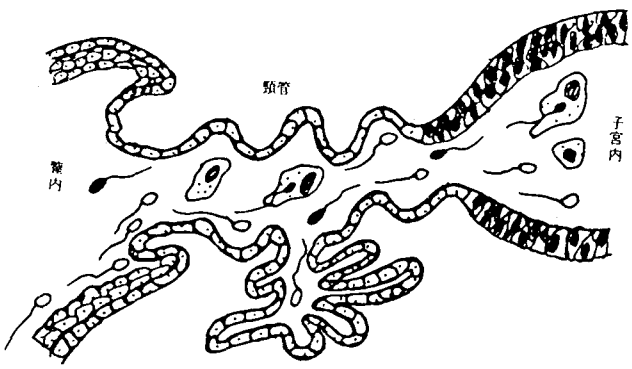
(2) 자궁내에서 일어나는 정자의 분해와 소화

토끼의 자궁을 실로 묶어 정자를 배출하지 못하도록 하면 정자수는 급속히 감소한다.

이것은 자궁내에서 정자가 생존하더라도 죽은 백혈구의 식작용을 받아 감소하고, 단백분해효소의 작용을 받아 붕괴되어 소화되기 때문이다.

백혈구에 의한 식작용이나 단백 분해효소의 작용에 의한 손실은 어느 가축에서도 일어나며, 돼지, 개, 토끼 등 다태동물에서 자궁내 정자 손실의 주된 요인이 된다.〈그림 4〉

또, 자궁이외의 장소에서도 백혈구에 의한 식작용을 받으며, 소나 면양, 돼지의 경관점액내에서 자궁으로부터 하강하여 온 백혈구에 의하여 먹히게 된다. 같은 모양으로 난관내에도 정자가 식작용을 받아 감소한다.



〈그림 4〉 암컷 생식기도내의 정자 상승과 백혈구에 의한 貪食

4) 자궁난관 이행부에서 정자의 선발

자궁각의 선단에서 난관으로 접속하는 부위는 복잡한 구조를 가지고 있으며, 난관의 선단은 자궁내로 돌출하여 깊은 주름이 있고, 발정기에 벽은 종창하며, 그것을 둘러싼 근육은 잘 발달하며, 내강은 급속히 좁아지게 된다.

이 장소에서 난관으로 올라가는 정자는 철저한 제한을 받는다. 더우기 사정과 동시에 정액이 자궁내로 들어가는 돼지 등에서는 주로 이 장소에서 난관내 정자수가 조절된다.

5) 난관협부에서 정자의 선발

자궁－난관이행부를 넘어 난관내로 올라간 정자의 대부분은 난관협부에서 머물며, 그 중 소수의 정자가 난관팽대부로 들어가 난자 가까이에 달한다.

소나 면양의 난관협부는 많이 굽어있으며, 발정기의 난관내벽은 종창하여 있기 때문에 막혀 있다. 이 구조에도 정자가 난관으로 올라가는 수를 제한한다. 그러나 자궁내에서 사멸정자가 墨 등의 무생물을 주입하여도 일부가 난관으로 올라가면서 생존하고 있는 정자를 선별하여 올라가게 하는 어떤 작용은 없다.

난관협부와 자궁－난관이행부에서 정자의 통과는 정자의 운동에 의한 것은 적고, 주로 자궁과 난관의 운동에 의하여 이송된다.

소에서 자궁의 운동은 배란 후 급속히 약해지며, 난관협부의 폐쇄는 그후 72시간까지 남는다. 이 구조에서는 소에서 배란 후 36시간 경에 자궁출혈을 하는 것이 있기 때문에 출혈이 종료된 후에 열리며, 수정란을 자궁속으로 하강시키는 중요한 역할이 있다.

돼지에서는 소의 경우와 같이 많이 굽지는 않았으나, 자궁－난간이행부가 복잡한 구조로 되어 있으며, 난관의 선단이 자궁내로 돌출된 형이다. 이 자궁－난관이행부를 절개하여 난관협부를 직접 자궁각 선단부에 접속하면 난관내로 올라가는 정자수가 증가하며, 그 결과 난자가 많은 정자의 침입을 받아 기형(多精受精)으로 되는 비율이 높아진다.

6) 복강내로 떨어짐에 의한 정자의 손실

발정기의 난관분비액은 협부가 차가워지기 때문에 복강내로 떨어지는 것은 전술과 같다. 자궁이나 난관의 운동에 편승하여 난관팽대부에 도달한 정자의 일부가 난관채로부터 복강내로 떨어지는 것이 분명하다.

토끼에서는 한 쪽 자궁각을 실로 묶어 정자가

상승하지 못하게 하여도 반대측의 자궁에서 올라온 정자가 복강내를 경유하여 묶인 자궁쪽의 난관으로부터 자궁내로 들어간다. 또 난자도 반대쪽의 난소로부터 이동하여 묶인 쪽의 자궁내에 착상하게 된다.

5. 수정에 요하는 정자기능의 변화와 수정장소

사정된 정자는 매우 활발히 운동하는 정상인 정자도 똑바로 난자내로 들어가 수정하지 못한다. 또 건강한 정자를 난자내에 주사하여도 수정하지 않는다. 즉, 정상으로 수정을 완료하기 위하여는 선체반응을 일으킬 필요가 있으며, 그 때문에 정자는 수정능력을 획득하지 않으면 안된다.

1) 수정능 획득

암컷의 생식기내에 성숙된 정자는 수정시에 필요한 정자의 운동과 선체반응을 억제한 상태에서 사정을 갖는다. 이 억제는 정자의 에너지나 선체효소를 난자에 접근하기 전에 손실되지 않도록 보존하는 것이 절대 필요하다.

사정을 받은 정자는 활발히 운동하게 되나, 선체반응은 또 억제되어지며, 난자가 흔들려도 거의 수정되지 않는다. 이것은 精漿成分속에 선체반응이 일어나지 않으면 정지되는 성분이 있기 때문이다.

이 억제물은 정자가 일정기간동안 자궁내에 잔류하면 잃게 된다. 그 소요시간은 가축에 따라서 다르며, 토끼에서 6~12시간, 돼지에서 2~6시간을 요한다.〈표 7〉

〈표 7〉 암컷 생식기내에서 정자의 수정능 획득에 요하는 시간 및 생존시간

축종	수정능 획득에 요하는 시간	수정능 보유시간	운동성 보유시간
소	- 시간	28~50시간	96시간
말	-	144(6일)	144(6일)
돼지	2~6	21~48	50
개	-	168~235	286
토끼	6~12	30~36	43~50
닭	-	(32일)	-

돼지는 교미시에 정액이 직접 자궁내로 사출되고, 그후 2시간에 자궁내에서 정액이소실되며, 정자는 자궁각 선단부에 모인다.

소에서는 자궁에 강한 배출작용이 있으며, 또 정자가 경관점액중에 들어가도 정장성분으로부터 탈각하게 되고, 단시간에 수정능을 획득하기 때문에 돼지나 토끼에서 보이는 어떤 분명한 변화는 보이지 않는다.

수정능 획득은 정액중에서 선체반응이 일어나지 않는 어떠한 안전장치를 설치하지 않으면 선체반응이 일어남을 알 수 있다. 따라서 적당한 염류와 영양을 포함한 용액으로 정자를 일정농도에 희석하면 깨끗하게 수정능을 획득하는 동물도 있다. 그러나, 소, 말, 면양, 산양 등 돼지 이외의 가축에서는 수정능을 획득할 필요가 있으며, 그 구조나 원리에 대하여는 거의 분명치 않다.

또 토끼 자궁내에서는 4~6시간을 요하여

얻어지는 정자 수정능이 난관내에 주입한 정자에서는 획득하기까지 10시간을 요한다고 한다.

그러나 자궁을 경유하여 난관내로 들어온 정자는 자궁내보다도 빨리 수정능을 획득한다. 또 수정능을 획득한 토끼 정자를 精漿內에 넣으면 수정능을 잃는다.

수정능을 잃은 정자를 다시 자궁내에 넣으면 수정능을 획득한다. 수정능을 획득한 정자와 거의 획득하지 않은 정자의 차이는 현미경이나 전자 현미경을 이용하여도 보이지 않는다.

2) 선체반응

사정된 정자중 경관점액, 자궁의 배출작용, 자궁－난관이행부 등, 많은 장벽을 넘어 난관팽대부에 이르며, 다행히도 난자에 도달한 정자가 난자속으로 들어가 수정하는 경우 거의 장벽은 남게된다.

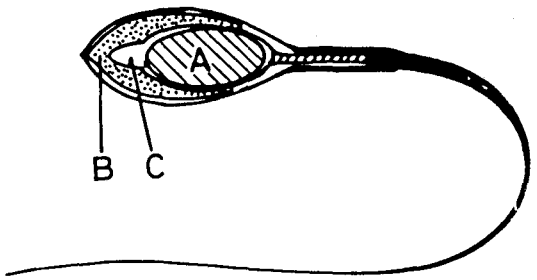
배란된 난자는 난관팽대부로 운반되어 들어오며, 여기서 정자에 도달하여 수정란으로 된다. 그러나, 난관팽대부에 도달한 난자에는 난포내에서 영양의 공급을 받아 放線冠細胞나 난구세포(난포세포)가 부착된다.

정자가 난자에 도달하기 위하여는 난구세포층, 방선간세포층, 투명대라 하는 장벽을 관통하는 일이 남아있다. 이 관통에 요하는 도구는 정자가 두부 전반에 깊은 모자를 쓴 것과 같은 모양으로 있게 된다. 이 장치를 선체라 하며, 寬入작업을 위하여 안의 성분을 방출, 소비, 소실하는 형태로 변화하며, 이 변화를 일괄하여 선체반응이라 한다.

수정능을 획득한 정자가 난관팽대부에 들어와 난자에 도달하면 난자의 주변에 부착되어 있는 난구세포에 충돌하여도 선체가 변화하며, 외막에 구멍이 있으므로 가운데 효소가 누출하게 된다. 선체반응이 시작되는 것이다.

난구세포는 히아루론산을 주성분으로 한 물질로써 되어있으며, 선체효소속에는 히라루론산을 용해하는 효소, 히아루로니타제가 함유되어 있으므로써 정자의 두부 전면이 용해되고 난구세포층에 작은 구멍이 있다.

이렇게 하여 정자는 난구세포층의 극간(隙間:틈새)을 용해하지 않고 침투한다. 따라서 선체외막은 붕괴소실된다. 선체외막의 아래에는 천공기(穿孔器)가 나타난다.〈그림 5〉

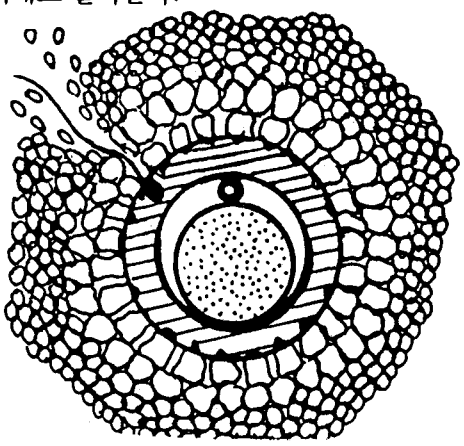


〈그림 5〉 정자의선체(B)와천공기(C) A:정자핵

그렇지만 정자는 송곳모양으로 구멍을 만들어 들어가지는 못하고 천공기의 주변에 붙어있는 효소에 의하여 방선관이나 투명대를 용해하여 작은 구멍을 만들어 진입을 계속한다. 난구세포와 방선관세포 간극 및 투명대의 주성분은 각각 다르게 구성되어 있으며, 각각에 적응하는 전용의 효소가 선체속에 포함되어 있다.

또, 천공기 속에서도 효소가 나온다고 생각하는 학자도 있다.

따라서 정자가 통과한 흔적에는 작은 구멍이 남는다〈그림 6〉. 투명대를 관통하여 난위강에 들어온 정자는 난세포막(난황막이라고 불림)에 접하고, 그 위치에서 가라앉는 모양으로 난자내로 들어온다.



〈그림 6〉 정자의 난자내 진입도

곧, 난자는 제 2 극체를 방출하고, 남은 난핵과 관입된 정자핵이 융합하여 수정란으로 된다. 정자는 두부에 딸린 미부도 서서히 먹혀들어가며, 두부는 선체를 잃게 되어 핵은 벌거벗은 상태로 난자내에 들어가게 된다. 이렇게 변화된 정자가 없으면 수정은 일어나지 않는다.

3) 수정장소

가축을 포함한 모든 포유동물의 수정은 난관팽대부에서 일어난다.

이 때문에 난관내를 정자는 수정부위까지 올라가며 난자는 역으로 하강하지 않으면 안된다.

6. 난자의 진입과 이송

1) 난관내에서의 난자진입

난관의 복강구단은 口斗狀(口斗部)의 넓은 형으로 되어 있으며, 그 선단은 더욱 확장된 房狀(난관채부)으로 된 난소표면을 부수기 위하여 모이게 된다.

난관두부와 채부는 발정기, 더욱 배란이 가까우면 가일층 증대하여 난소표면에 밀착하여 난소를 포함하여 들어가게 된다. 그러나, 늘 포함하여 들어가는 것이 아니고, 채부는 여기저기 이동하면서, 배란된 난자를 남김없이 들어가게 하는 노력을 한다.

또 난소는 길고, 짧고, 높고, 낮게 늘 변형하며, 더우기 소재장소도 자궁이나 인대의 운동에 의하여 이동되는 것이다. 한편, 난관팽대부나 구두부에서도 근육운동이 활발하게 되는 흡인작용을 가지며, 배란에 의하여 방출되는 난포액, 난포세포(난구세포, 과립세포)와 함께 난관내로 들어간다.

이 때문에 배란직후의 난관내는 난포액이나 난포세포로 채워진다. 난자는 난포액이 나온 뒤에 난소에서 밀려 나오게 되며, 또는 난관에서 빨아 들이므로써 난관내로 들어가는 것이다.

난자의 난관내 이송은 난관팽대부, 구두부 및 채부 내면에 밀생하여 있는 섬모운동의 보조도 중요한 요소가 된다. 이들 섬모는 난자를 운반하기 위하여 모인 방향으로 자궁 쪽에서 부수며, 그 흐름에 따라서 난자는 난관내로 들

어가게 된다.

난관채를 제거하여도 난자는 난소표면에 남고 난관내로 들어가지 않는다. 난관에 흡인력이 있는 것은 확실하며, 복강내에 난자에 가까운 전분입자 및 유리 구슬을 주입하면 난관내로 들어가며, 곧 자궁, 경관을 통하여 질내로 배출된다.

2) 난관내에서 난자의 이송

난관내로 들어온 난자는 섬모운동과 난관의 운동에 의하여 회전하면서 빠르게 팽대부내를 하강한다.

소나 면양에서는 3~6시간, 토끼에서는 1분간에 11.5㎜의 비율로 6시간을 요하여 자궁으로 향하며, 난관의 3/4의 위치, 난관협부-팽대부 이행부까지 하강한다.

이 부위에서 비교적 장시간이 걸린다. 이것은 협부의 내막이 종창하여 내강이 폐쇄되어도 더욱이 소에서는 많이 굴절되고, 돼지나 토끼에서는 난간벽의 근육에 의하여 수축적 폐쇄 및 자궁축에서 팽대부 쪽으로 수축〔逆 動運動(역운동운동) : 벌레가 기어가는 모습〕의 역할이 강조된다. 난관협부의 내막상피에는 섬모는 적으며, 분비세포가 많다.

난관협부-팽대부 이행부에 난자가 체류하는 시간은 동물에 따라 약간 다르며, 소나 면양에서는 50~60시간, 돼지에서는 60~70시간 머문 후에 자궁으로 하강한다.

난자의 하강속도나 자궁으로 들어가기까지의 시간은 동물의 종류에 따라 다르며, 일반적으로 배란 후 2~3.5일을 요하여 자궁에 도달한다.

수정란(실제로는 배 : 2분할 난에서 태아의 형으로 되기까지 약 1개월간을 배라하며, 자궁 도착시 수정란은 배에서 생장한다.) 이 자궁에 도달하는 시간은 중요하며, 자궁내에서 착상준비를 잘하여 일치하도록 하여야 한다. 즉, 배가 자궁내로 하강하는 시간과 자궁에서 받을 태세가 바르게 일치할 필요가 있으며, 하강하는 시간이 너무 빨라도 너무 느려도 착상에 실패한다. 난자의 하강속오에 관여하는 난관의 운동이나 섬모운동 및 자궁운동, 자궁내에서 받아들일 태세는 함께 2종의 난소 홀몬(발정홀몬=에스트로겐과 황체홀몬=게스타겐)작용의 우열에 따라 조절되며, 난자의 자궁내 하강시기는 배란후에 형성되는 신생황체의 움직임에 의하여 지배되어 조절된다. 따라서 수정에 실패한 미 수정란도 같은 속도로 자궁에 도달하며, 퇴행 변성한다. 그러나, 말은 특이적으로 미 수정란이 난관내에 장시간 체류하며 종부된 것에서는 1년동안 배란된 난자가 자궁내로부터 회수되어 진다.

7. 정자와 난자의 생존시간, 수정능 보유시간

수정이 성립되기 위하여는 정자와 난자가 같이 생존하고 또 수정능력을 가진 것으로써 수정부위에서 일정기간동안 머물 필요가 있다.

1) 정자의 생존시간과 수정능

암컷 생식기내에 들어온 정자의 생존시간이

나 수정능 보유시간에 대하여는 거의 분명치 않다. 그것은 검사가 현미경하에서 실시되기 때문에 못보고 넘기기 일쑤이며, 또 종부시기나 암컷생식기의 갖춰짐에 따라서도 큰 영향을 받으므로써 정확히 검사하는 것이 곤란하기 때문이다. 그렇지만 정자의 생존시간은 암컷의 생식기내에서 어느 때 보다도 암컷의 생식기내에서 짧고 또 수정능 보유시간은 더욱 짧은 것이 분명하다.

〈표 8〉에서 말, 돼지, 면양의 암컷 생식기내 정자의 최장 생존시간과 최대 수정능 보유시간이 동일한 것이 있다. 이것은, 수정을 조사한 시기에 생존정자가 출현하며 또는 수정이 일어난 동물의 종부로부터 배란까지의 최대 소요시간을 최장 생존기간으로 하기 때문이다.

따라서, 더욱 장시간 생존할 가능성이 있다. 최근, 소의 암컷 생식기내에서 정자의 수정능 보유시간은 신선정자가 가장길고, 액상보존되면 짧게 되고, 동결보존 정자는 더욱 짧은 것이 분명하다.

그러나 정액의 취급과 종부기술이 정당하다면 정액을 쓰더라도 수태율은 저하하지 않는다. M. Vandeplassche씨(1949)는 소의 액상보존 정액을 배란 55시간 전에 인공수정하여 수태에 성공하였다. 암컷 생식기내에서 정자의 생존기간은 정자의 노화에 의한 것보다도 암컷 생식기내 환경에 강하게 영향을 받으며, 발정기간이 긴 동물의 자궁내에서 정자의 생존시간과 수정능 보유시간이 길게 된다.

〈표 8〉 암컷 생식기내 정자의 최장 생존시간과 최대 수정능력보유시간

축종	최장생존시간	최대수정능보유시간
소	96시간	28~56시간
말	144	144
돼지	50	21~48
면양	48	30~48
토끼	30~50	30~36
닭	—	768

말의 정자가 144시간, 닭이 768시간의 수정능을 보유하는 것은, 말의 발정이 6일간, 닭에는 황체기가 없는 것과 관계한다. 또 말에서는 각각 교배 후 7, 8, 15 및 20일차에, 배란되어 수태한 예가 있다. 소에 있어서도 발정이 긴 소의 자궁내 정자는 오래 생존하는 경향이 있다.

2) 정자의 貯留장소와 생존시간

자궁이나 경관내를 예로 정자가 장시간동안 생존하여도 수정에 필요한 시간에서, 수정장소에 생존정자가 있으면 수정되지 않는다.

가축에서는 일반적으로 종부 후 수분에서 수정장소(난간팽대부)에 도달하는 소수의 정자와, 그 후 수시간을 요하여 도착하는 대량의 정자군이 있다. 또 소에서 종부 후 24~48시간 늦게 배란된 것에서도 수태하려면 암컷 생식기내에서 48시간이상 생존하는 것이 분명하다〈표 9〉.

〈표 9〉 난관내의 정자출현시간 및 수정능력 보유시간

축종	종부로부터 난관팽대부까지 상승 소요시간		수정능 보유시간
	소수정자	대량정자	
소	2~13분	4~5분	24~48시간
말	—	5시간	144시간
돼지	15~30분	—	21~48시간
면양	8~30분	6시간	24~48시간
토끼	3시간	5~10시간	30~32시간

그러나, 수정에 관계한 정자가 난관내에 빨리 상승한 것인지 늦게 상승한 것인지는 분명치 않다. 즉, 수정에 참가하기 위하여는 수정장소에 빨리 도착하는 것이 좋은지, 늦게 도착한 것이 좋은지는 분명치 않다.

수정능을 획득한 정자는 운동이 활발하게 되어 대사도 격하게 변화하여 생존시간이 단축된다. 또 난관내 보다도 자궁내에서 정자생존시간이 긴 것이 분명하다.

이상의 사실로부터 동물에 따라서는 암컷 생식기내에 정자 저유장소가 있어 난관내에서 활력이 좋은 정자를 끊임없이 공급되는 것으로 알려졌다.

닭에서는 난관구두부와 자궁-질 이행부에 정자의 저유장소가 있으며, 이 구조 때문에 교배후 4주간은 수정란을 만들어 내는 것이다. 면양에서는 자궁경관의 주름속이나 작은 구멍속으로 들어가 장시간 생존하며, 난관에서 공급되는 것이다. 경관내에서는 자궁으로부터 하강하는 백혈구에 의하여 食作用을 받으며, 백혈구는 頸管腔의 중앙부를 통하므로 주름속의 정자는 영향을 받지 않는다. 돼지에서는 자궁각 선단부에 정자가 집적되며, 장기간 생존하는 것은 잘 알려져 있다.

소에서 자연교배를 시킨 것은 경관내의 정자농도가 자궁 및 경관내의 것보다 높으며, 생존기간도 길다. 그러나, 자궁내 수정을 한 소에서는 경관내에서 정자가 보이지 않는 이후에도 자궁각 선단부에 정자가 잔류하여 생존하고 있다.

개에서는 자궁선 속으로 정자가 들어와 6일간 생존한다. 소의 자궁각 선단부에는 자궁선이 많으며, 선강내에 정자가 있다. 또 자궁선단은 배설작용이 약하므로 정자의 생존에 적합하다. 그러나, 한편 자궁내는 정자가 수정능을 획득하는 장소가 된다. 따라서 자궁내가 정자의 저유장소로 되는 것에는 모순이 있다. 어떻든 정자가 암컷 생식기내에서 장시간 생존하려면 수정능의 획득을 빨리 받는 정자와 느리게 받는 정자가 있으며, 이 차이가 정자에 원인하며 자궁의 장소에 따라 획득시기에 차이를 가져오며, 기타 원인은 거의 분명치 않다. 질내는 잡균이 많으며 산도가 강하므로 정자가 생존하는 시간은 짧으며, 가장 부적당한 장소인 것이다.

3) 난자의 수정능 보유시간

난자의 생존시간을 조사하여 보면 난자는 운동하지 않기 때문에 정자를 검사하는 것보다 곤란하다. 따라서 난자에서는 배란 후에 노화되어 수정하지 않게 되는 수정능력 보유시간을 조사하면 〈표 10〉과 같다.

〈표 10〉 난관내에서 난의 수정능력보유시간

소	18~20시간
말	4~20
돼 지	10
면 양	12~24
토 끼	6~8

가축의 난관내에서 난자의 수정능 보유시간은 약 12~20시간이다. 또 수정하기 전에 난자가 노화된 것에서는 반대로 수정란에서도 태아가 발육하지 않으므로 죽은 것이 많다.

또 노화된 난자는 다정수정이나 제 2 극체가 방출되지 않고 다난핵수정 등 이상수정의 비율이 증가한다.

이상과 같이 암컷 생식기내에서 수정에 관여하는 정자와 난자의 생리 및 그것을 담당하는 구조를 요약하여 보면 <표 11>과 같다. 상세한 점에 대하여는 거의 분명하지 않은 현상이며, 다행히 소에서는 인공수정을 실시하므로써

1. 최적의 시기에
2. 최적의 장소에서
3. 세심한 주의를 가지고 종부를 실시하면 자연교배에 뒤지지 않는 수태율을 얻을 수 있다.

〈표 11〉 암컷 생식기내에서 정자와 난자의 운명 및 그 구조의 요약

경 관	자 궁	난 관
1. 생존정자의 상승	1. 정자에 영양공급	1. 정자의 선체발육발현
2. 사멸정자와 무생물의 배설	2. 정자의 수정능획득	2. 정자를 수정부위까지 이송
3. 백혈구에 의한 정자의 貪食	3. 정자를 상부이송	3. 수정장소의 정자농도조정
4. 생존정자의 저유	4. 사멸정자와 무생물의 배출	4. 백혈구에 의한 정자탐식
	5. 생존정자의 저유	5. 정자의 수정능획득
	6. 백혈구에 의한 정자 탐식	6. 정자와 수정란에 영양공급
	7. 정자의 효소적 분해	7. 난자의 진입
	8. 미수정란, 사멸수정란의 배출 또는 變性崩解	8. 수정장소로 난자의 이송
	9. 妊卵의 착상	9. 수정
	10. 태아의 발육 분만	10. 수정란의 이송
		11. 난자의 자궁내하강 시기조절