

제12회 137억년 우주의 진화 2강 노트

(박문호 박사님 강의를 요약 정리한 내용입니다)

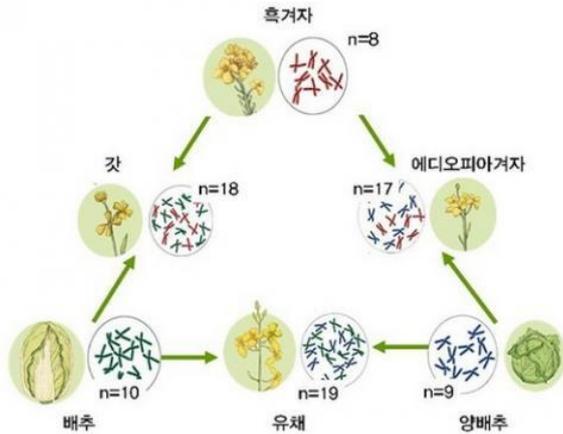
사고작용은 image based 사고와 symbol based 사고로 나누어 진다. 해부학은 당연히 2가지가 믹스되어 있다. 꿈은 이미지로 하는 것이고, 자폐어나 동물들도 image based 사고를 한다.

symbol은 언어(문자)이다. 초등학교에서 대학까지 교과서의 문자를 통해서 받아드린 내용은 모두 symbol(언어)로 되어 있다.

창의성은 image base이다. 논리나 추론은 symbol base이다. 기억은 90% 이상이 image base로 한다.

기억을 symbol(언어)로 하려고 하기 때문에 기억하기가 그렇게 어렵다.

우장춘 삼각형을 기억할 것이다.



8번이 흑 겨자이고, 9번이 양배추, 10번이 배추이다.

8번과 9번을 섞으면 아프리카 겨자가 나오고, 8번과 10번을 섞으면 갓이 나온다.

9번과 10번을 섞으면 유채꽃이 나온다.

이미지와 심볼이 결합되어 있다. 한 번 익히면 쉽게 기억할 수 있다. 공부는 이미지와 용어를 기억하는 것이다. 특히 해부학은 그림과 용어를 결합하면 쉽게 기억할 수 있다. 그 외에 다른 이론이 없다.

오늘은 발생학을 한다.

발생에서 시작하면 거의 대부분을 쉽게 이해할 수 있다.

“예수든, 석가든, 누구든 남자가 아무리 대단하고 뛰어나도 그 엄마의 아들이다”

이것이야 말로 지구 상에서 가장 놀랍고 핵심적인 사실이다.

포유류의 여성이 위대한 것은 하나의 생명을 자기 몸 속에서 만든다는 놀라운 사건 때문이다.

수정란이 만나서 2개로 갈라진다. 속이 빈 축구공 속에 2개의 구슬이 결합된 오투기가 하나 들어 있다고 상상하면 된다. 하나의 수정란이 2개가 되는데 하루 정도 걸린다. 4일 째 되면 16개가 된다.

그것을 뽕나무 열매처럼 생겼다고 해서 상실배(morula)라고 한다. 포도 송이라고 생각해도 된다.

16개에서 32개가 될 때 축구공 겹질 모양인 胚盤胞(blastocyst)이 된다.

blastocyst는 ICM(inner cell mass)과 trophoblast로 구성된다. ICM은 처음에는 12개의 세포로 구성되는데 태아줄

기세포이다.

Trophoblast는 경계를 형성해 준다. Trophoblast가 엄마 세포와 만나다.

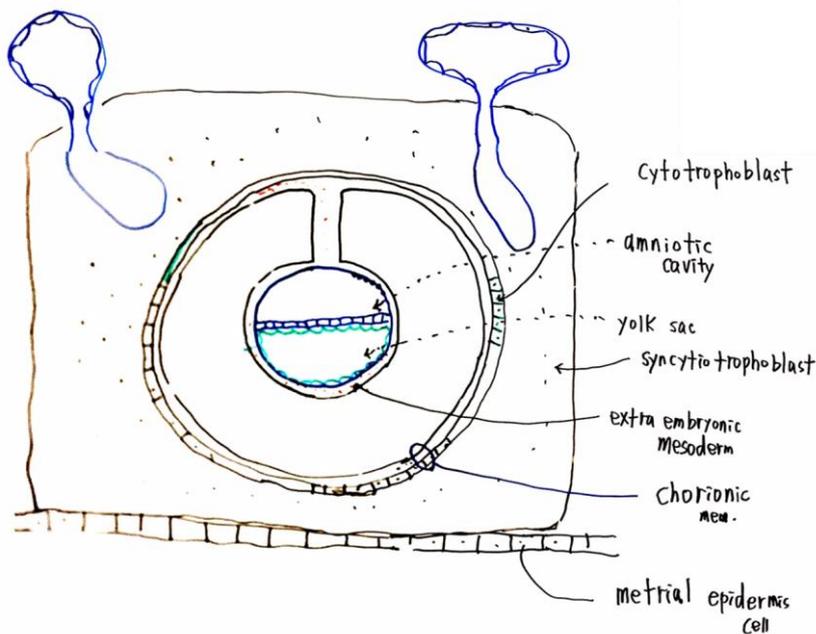
Trophoblasts는 cytotrophoblast와 syncytiotrophoblast(영양합체세포)로 2개 층으로 나누어 진다. Blast는 뭐든지 가능한 줄기세포성 세포이다. Syncytiotrophoblast에 구멍이 생기고 그 구멍 속에서 엄마의 모세 혈관과 만난다. 엄마와 배아는 구분된다.

인간은 임신 기간이 10개월 정도이다. 늦으면 태아의 머리가 커져서 출산이 어렵기 때문이다. 그런데 그 이론 외에, 10개월이 엄마가 태아에게 영양분을 공급할 수 있는 임계 기간이라는 이론도 있다.

양수가 많을 때는 1리터가 된다. 태아의 머리가 명치까지 올라 온다. 숨이 막힌다.

아래 그림은 착상(implantation) 후 양막 공간(amniotic cavity)과 난황 공간(yolk sac)이 생긴 모습이다.

이 이미지가 어떤 과정을 거쳐 나왔는지 상상하기 바란다.



생명은 선이 끊어지지 않는다.

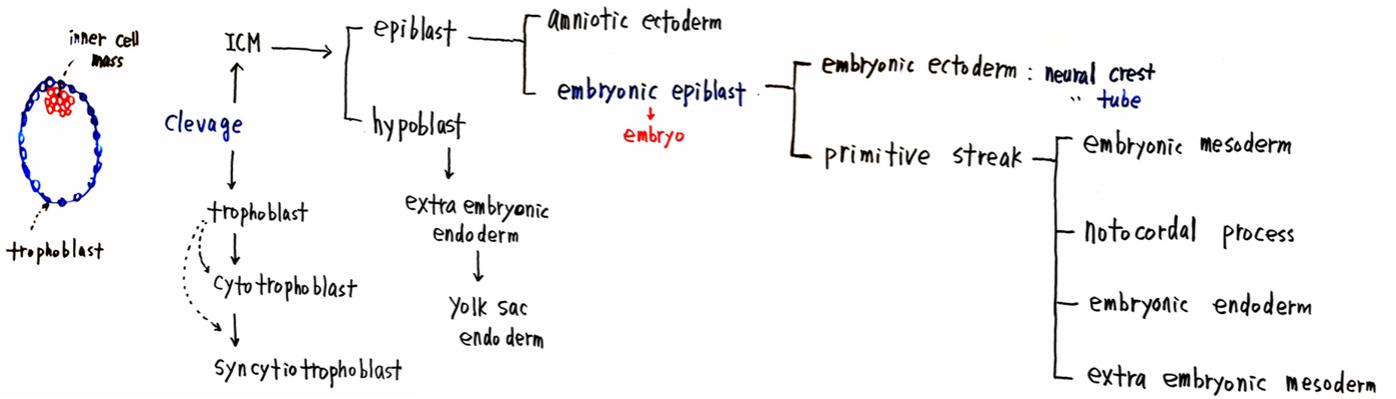
엄마의 혈관이 다핵 세포인 syncytiotrophoblast와 만나다. 인간은 임신 후 2-3주 동안 영양은 yolk sac에서 공급한다. 그 후에는 엄마의 탯줄을 통해 영양을 공급 받는다. Yolk sac은 나중에 창자의 내피로 바뀐다.

양막 공간 은 처음에는 10ml보다 적게 시작했으나 나중에 1리터까지 된다. 난자의 크기는 0.1mm 정도이다. 눈으로 보인다. Extraembryonic mesoderm은 중 배엽성 물질이다. 수정란을 싸서 보호하고 있다.

Cytotrophoblast와 Extraembryonic mesoderm 을 합해서 부르는 이름이 용모 막(chorionic membrane)이다. 그 안에 있는 공간은 chorionic cavity이다. 비어 있는 공간이다. 수정 후 6일째에 착상(implantation)이 시작 된다. 자궁 벽 세포는 maternal epithelial cell이다.

관련 용어를 정확하게 공략하고 나면 헛갈리지 않는다.

심벌과 이미지 베이스 기억을 함께해야 한다.



Blastocyst에서 시작한다. 세포가 20개 정도 밖에 안 된다. 수정 후 4일 쯤 정도에 생긴다.

ICM이 쥐의 경우에 12개 세포이다. Blastocyst는 ICM과 trophoblast로 구성된다.

계속해서 세포의 cleavage(난할)이 일어난다. Trophoblast는 cytotrophoblast와 syncytiotrophoblast(영양합체세포)로 2개 층으로 나누어 진다

ICM은 epiblast와 hypoblast로 나누어 진다. Hypoblast는 extraembryonic endoderm과 Yolk sac endoderm으로 변한다.

Epiblast는 amniotic ectoderm과 embryonic epiblast가 된다. Embryonic epiblast가 embryo(배아)가 된다.

Embryonic epiblast는 embryonic ectoderm과 primitive streak(원시선)이 된다.

Embryonic ectoderm에서 neural crest와 neural tube가 나온다.

Primitive streak에서 embryonic mesoderm이 나온다. 여기서 neural crest와 neural tube가 나온다.

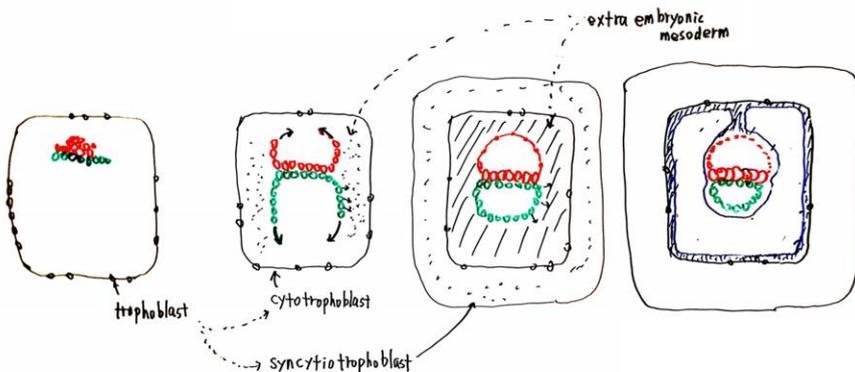
두 번째는 notochordal process가 나온다. 사실은 notochordal process가 출현해야 neural crest와 neural tube가 나올 수 있다. Notochord가 neural crest와 neural tube를 유도한다.

세 번째 embryonic endoderm이 출현한다.

마지막에 extra embryonic mesoderm이 출현한다.

이 표가 기본이다. 집중해서 훈련해야 한다. 이것을 조합하면 앞에 그린 그림이 나온다.

이것을 바탕으로 그림을 그려보자.



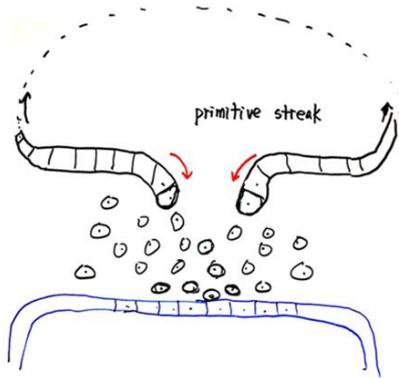
모든 시작은 blastocyst에서 시작한다, ICM이 2개 층으로 배열한다. Bilaminar embryonic disc라고 한다.

Trophoblast는 cytotrophoblast로 변한다.

Bilaminar embryonic disc의 두 층의 세포(epiblast, hypoblast)가 분열하여 밑으로는 난황 공간을 만들고 위로는 양막 공간을 만든다.

Cytotrophoblast도 바깥으로 syncytiotrophoblast를 만든다.

Epiblast와 hypoblast가 계속 분열하여 cytotrophoblast 안 쪽을 채우게 되는데 이 층이 extra embryonic mesoderm이 된다. Extra embryonic mesoderm 내부가 lining되면서 chorionic cavity(용모막 공간)가 된다.



Epiblast에 구멍(primitive pit)이 생기면서 원시선(primitive streak)이 만들어 진다.

여기에서 떨어진 세포들이 hypoblast 사이를 채운다. 이것이 mesoderm의 출현이다.

우리 몸의 대부분은 mesoderm에서 나온다. 몸의 체통을 만든다. 뼈, 근육, 혈관, 신경이 세트로 나온다.

인간의 마디(somite)는 42-44개 정도이다. 발생 중간 쯤에는 하루에 마디가 3개씩 생긴다. 마디별로 혈관, 신경, 근육, 뼈가 만들어 진다.

Notochordal process는 집 지을 때 대들보 올리는 것과 같다. 대들보를 올리고 나면 벽을 만들고, 창문을 만들고 벽지를 바르는 것은 자동적으로 이루어 진다.

Notochord가 척삭이고 나중에 척수가 된다. 지구 상에 거대한 척추 동물 문이 발생하는 순간이다.

Epiblast에서 떨어져 나온 세포들이 hypoblast세포들과 만나면 들어가 바뀌치기하고 그 자리를 대신 차지한다. 이것이 embryonic endoderm이 된다.

계속해서 분열한 세포들이 쌓이면서 관을 만든다. 이 관이 notochord이다.

노토코드 주위로 extra embryonic mesoderm이 생긴다.

노토코드는 계속해서 epiblast를 유도하여 neural groove를 만들고 neural groove가 neural tube가 된다.

발생을 통해서 척추동물이 무엇인지 보여주고 싶은 것이 이 강의의 목적이다.

발생학을 통해서 물고기부터 파충류, 조류, 포유류를 한꺼번에 이해할 수 있다.

그 과정을 통해서 인간이 무엇인지 이해할 수 있다.

콩팥을 알기 위해서도 몸 속의 공간(체강)을 알아야 한다. 그 공간 속에 간, 허파, 콩팥 등이 달랑달랑 붙어 있

다. 팔, 다리 없어도 살 수 있는데 척추나, 콩팥이 없으면 죽는다.

체축(Axial) 이나 부속지(appendix)이냐가 다르다.

체축은 문제가 생기면 죽는다. 발생을 보면 순환계, 호흡계가 다 보인다.

양수 공간은 무중력이다. 무 중력 상태는 힘이 상하 좌우로 균형을 이룬다. 태아가 양수 속에서 발생을 하기 때문에 좌우 상하 균등하게 성장이 가능하다.

양수의 밀도가 공기보다 100배 이상 높기 때문에, 태아는 양수 속 운동을 통해 골격과 근육과 인대를 강화 시킬 수 있다. 인간은 우주 무중력 상태를 10달간 경험하고 태어난다.

인간은 태아 시기를 통해 본래적으로 우주적 존재이다.

<태아의 세계>의 저자 미키 시게오는 "태초의 바다에서 싱글 셀이 했던 그 모습으로 다시 돌아가자"고 주장했다. 태고 바다의 리듬이 아직 우리 맥박 속에 그대로 있다. 태아를 통해서 우주적 본래의 모습인, 태고의 바다 속으로 돌아가야 한다. 물고기부터 3억년의 역사가 발생과정에 모두 있다.

(2교시)

· inside - outside : boundary

· diffuse. permeable

- homeostasis

· life is paradox

· pattern ⇒ temporal
spacial

1).inside- outside: boundary

세포의 경계가 생명에서는 막(membrane)으로 나타난다. 생명은 폐 곡면인데 그곳에 구멍(이온채널 등)이 있다. 그 구멍을 조절하지 못하면 죽는다. 막을 통해서 물질의 출입을 조절한다.

2).diffuse or permeable

세포는 주위에 있는 20여개 세포와 소통을 한다. 옆에 어떤 세포가 있는가하는 것이 운명을 결정한다.

사람의 행동을 결정하는 것도 끼리끼리 있는 사람들의 그룹이라고 한다.

Space-time relationship이다. 생명은 끊임 없이 상호작용을 한다.

발생은 공간 상 인접한 세포들의 상호작용이다.

3).homeostasis

항상성 개념은 再考의 필요가 있다고 느껴진다. 항상성은 고정되어 있는 것이 아니고 시간과 공간 상에서 항상 바뀐다. 태어나고 죽는 것은 항상성이 깨어지는 것이다. 항상성은 찰나적이다. 생명은 매순간 항상성이 깨어

지고 그것을 메꾸고 하는 것을 반복하는 것이다.

“누적된 신체 예산의 불균형”이 죽음이다.

4). Life is paradox

삶은 모순이다. 발생학자들은 죽을 때 까지 발생이 진행된다고 본다. 인간의 뼈가 206개로 고정되는 것은 30세가 다 되어서 이다. 브레인도 가장 늦게까지 발생한다. 공자는 40세는 不惑이고, 50세는 知天命이며, 60세를 耳順이라고 했다. 한사람의 안목과 정신 상태가 계속 바뀐다는 뜻이다. “철들자 죽는다”

발생학은 2-30대보다 50-60대에 공부하는 것이 좋을 것 같기도 하다.

우리가 저렇게 만들어 졌구나를 알면 저렇게 붕괴되겠구나를 알 수 있다.

.5). Pattern-→temporal, spacial variation

시간과 공간 상 세포 배열의 패턴이 변한다. 인간의 세포는 210여 종류이다. 해면은 60여 종이다.

포유동물은 세포 종류가 모두 200여 종이다. 사람과 침팬지의 세포는 별로 차이가 없다. 그런데 세포의 배열이 미세하게 다르다. 전전두엽에서 단백질 만드는 rate가 조금 다르다.

시간과 공간 상 세포 배열의 패턴이 미세하게 바뀐다. 바뀌는이유는 누군가 옆에 와서 자극했기 때문이다.

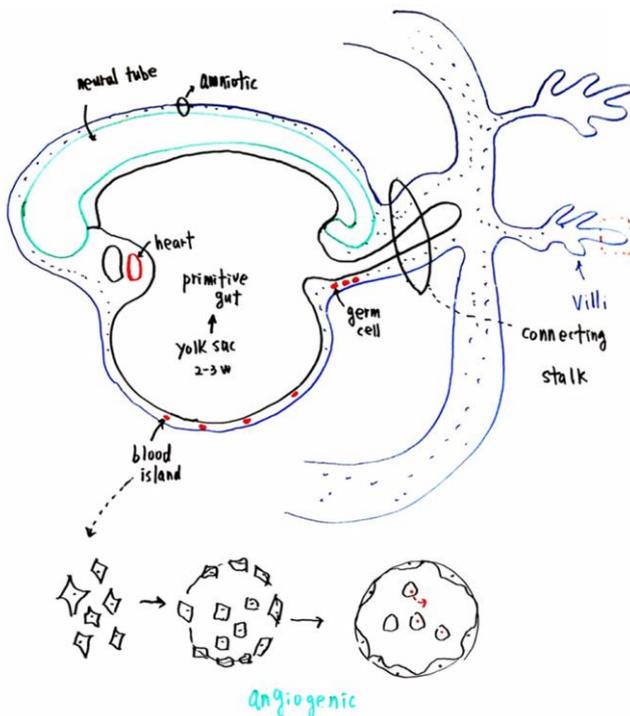
그것을 diffuse와 permeable이라고 한다.

노벨상 수상자와 세계적 작가를 대상으로 한 창의성 연구에서, 그분들이 창의적인 공통점을 추출하지 못했다고 한다. 결과는 “Right time, right place”였다고 한다. “바로 그 때 그 장소에 있었다”는 것이다.

캐빈디시 랩에 있었기에 노벨상을 받은 것이다. “줄 잘 서야 한다”

세포생물학도 같은 것이다. 그 옆에 세포가 있었다는 것이다. 옆에 붙어 있었기 때문에 서로 상호 작용을 한 것이다.

생명은 폐 곡선이다.



초록색 선은 태아(neural tube)를 자른 면이다. Neural tube를 amnion이 보호하고 있다.
 요막(allantois)이 꼬리처럼 뻗어 있다. 조류는 요막이 크다. 인간은 흔적기관으로 남는다.
 Oropharyngeal 막이 뚫려야 입이 열린다. 수정 후 1달 정도 지나면 심장이 생긴다.
 심장 앞에 있는 빈 공간이 pericardial cavity이다.
 난황(yolk sac)에는 배아를 위한 영양분이 들어 있다. 인간은 약 2-3주 정도 난황에서 영양분을 얻고 이후에는
 엄마로부터 탯줄을 통해 영양분을 얻는다. 난황 막이 후에 안으로 들어가 창자가 된다.
 그래서 원장(primitive gut)이라 한다. 창자의 기원이다. 창자는 노른자 막에서 온 것이다.
 노른자 영양분이 모두 흡수되고 난 뒤 빈 주머니가 창자가 된 것이다.

요막(allantois) 부근에 난자와 정자를 만드는 germ cell이 있다. 20년 후에 정자와 난자를 만들 세포가 태아 발생 때 만들어 지고 있다. 정자 난자를 만들 씨앗이 엄마 태 속에서 만들어져 이동해서 콩팥 옆으로 간다.

난황 막 바깥에 혈액을 만드는 줄기세포 같은 혈액 섬(blood island)가 보인다.

혈액과 혈관이 만들어 지는 과정이다. angiogenesis이다.

Blood island의 형태가 살짝 바뀌고, 이어 원형으로 배열한다. 일부 세포는 그 안에 있다.

원형을 이룬 세포들이 변하여 모세혈관 상피세포가 된다. 안에 있는 세포는 둥근 모양을 갖게 되고, 적혈구가 되는 세포에서는 핵이 바깥으로 나온다. 이것이 적혈구와 혈관의 생성이다. 난황 가까이서 시작한다.

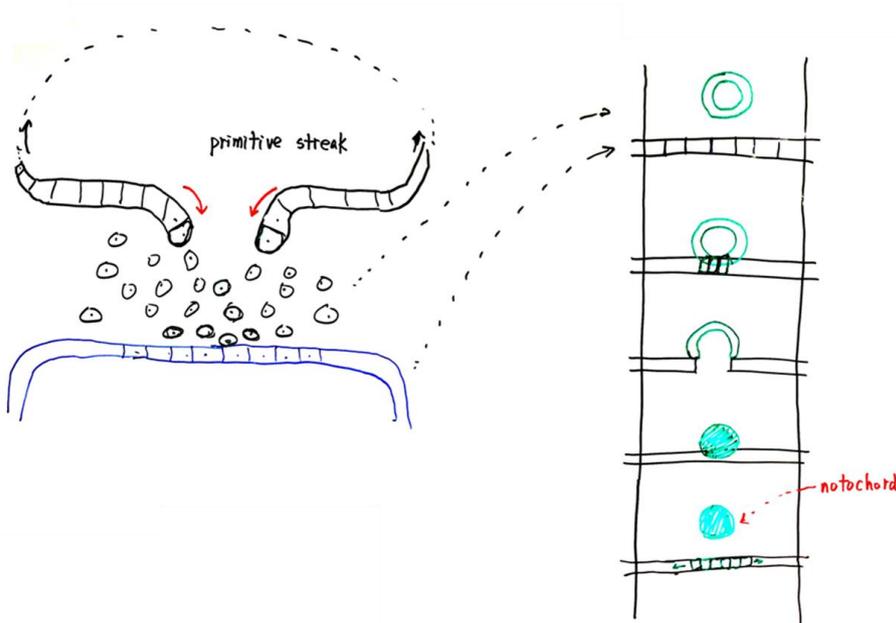
혈액은 궁극적으로 산소와 영양물질을 전달한다. 태아에게 필요한 영양물질은 난황에 있다.

조류를 보면 혈관이 노른자 주위를 그물처럼 둘러 싼다. 노른자를 녹여서 혈관을 통해서 보낸다.

그래서 난황 옆에서 시작하는 것이다.

Connecting stalk가 탯줄(umbilical cord)이 된다.

다음은 notochordal process이다.

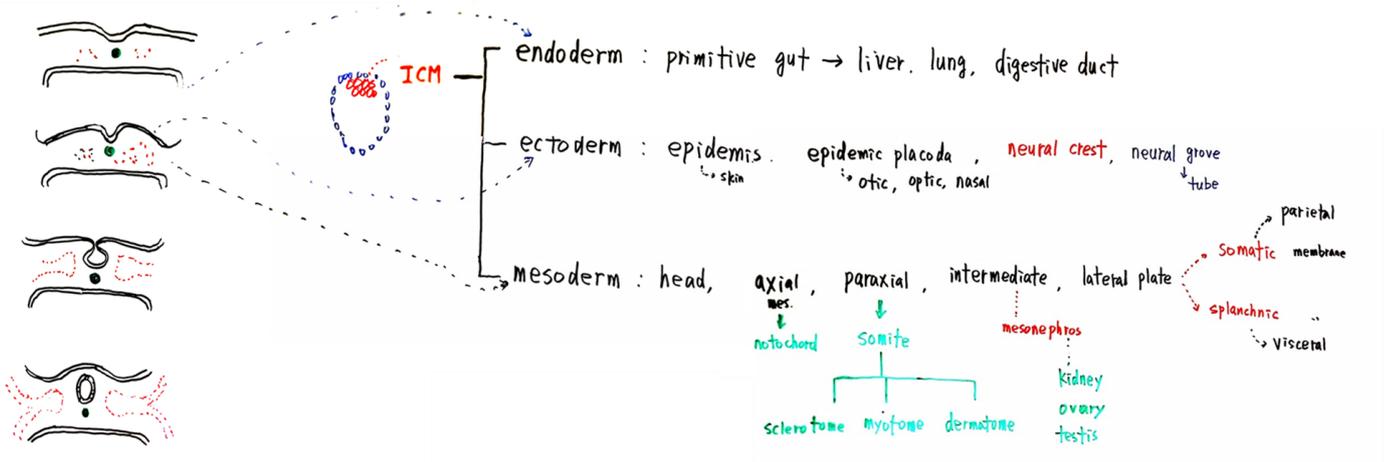


발생에서 모든 조직과 기관들은 epiblast에서 온 것이다. Epiblast에 구멍이 나서 세포들이 밑으로 떨어지면 그

떨어진 부분이 고랑으로 보인다. 그것을 primitive streak이라고 한다.

처음에는 세포들이 떨어져 관 모양이 된다. 관이 hypoblast와 접촉하면 관에 있던 세포들이 hypoblast에 있던 세포들을 대체한다. 다음에는 관이 아치 형태를 취한다. 그리고 관이 막대처럼 속이 차게 된다. 마지막으로 막대가 hypoblast 위로 뜨게 된다. 이것이 notochord이다. 이 때는 hypoblast 세포들은 이미 epiblast 세포로 바뀐 상태이다.

다음은 브레인이 만들어 지는 과정이다.



노토코드가 epiblast를 유도하여 당긴다. Neural groove가 만들어 지고 마지막에 neural tube가 생긴다.

이 과정에 mesoderm이 생긴다.

ICM에서 3가지로 분화가 된다.

먼저 endoderm이다. Endoderm에서 primitive gut(원장)이 나온다. 원장에서 liver, lung, digestive duct, pancreas 등이 나온다.

두 번째 ectoderm에서 epidermis(손톱 발톱, 머리카락, 유선 등), epidemic placode(otic, optic, nasal 등), neural crest, neural tube가 나온다.

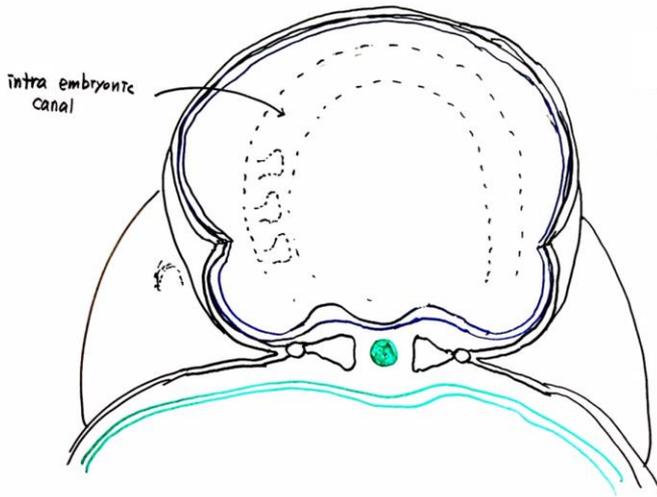
마지막은 mesoderm에서는 head, axial mesoderm, paraxial mesoderm, intermediate mesoderm, 그리고 lateral plate mesoderm이 생긴다.

axial mesoderm이 노토코드이다.

paraxial mesoderm이 somite가 된다. Somite는 뼈 분절(sclerotome), 피부 분절(dermatome), 근육 분절(myotome)이 있다. 이 3가지가 트리오로 항상 같이 다닌다. 그리고 여기에 신경이 들어간다. 인간에게는 somite가 42-44개 있다.

Intermediate mesoderm에서는 mesonephros가 나오고 여기서 콩팥(kidney), 난소(ovary), 고환(testis) 3가지가 파생되어 나온다.

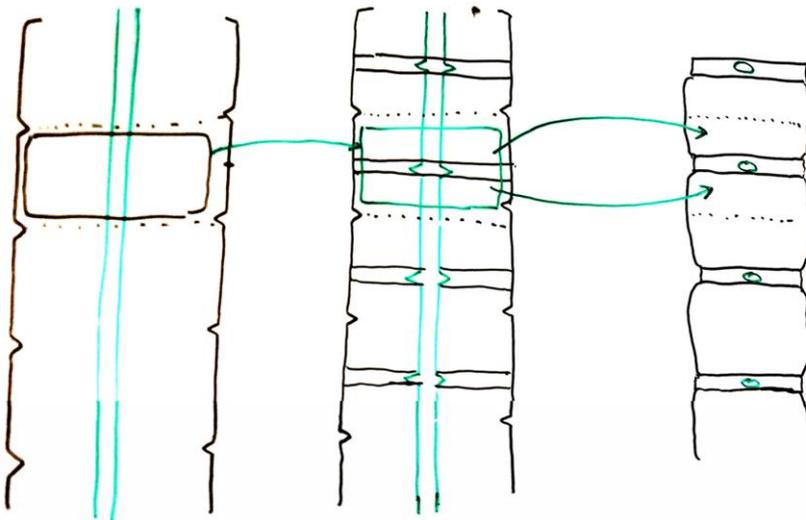
Lateral plate mesoderm에서는 somatic과 splanchnic이 나온다. somatic은 parietal이라고도 하는데 몸의 체강을 말하며, splanchnic은 내장(visceral) 순환계이다.



그림에서 초록색이 endoderm이고 파란색이 ectoderm 그리고 가운데가 mesoderm이다.

Mesoderm에는 axial mesoderm, paraxial mesoderm, intermediate mesoderm, 그리고 lateral plate mesoderm이 있다.

다음은 척추가 만들어 지는 과정이다.



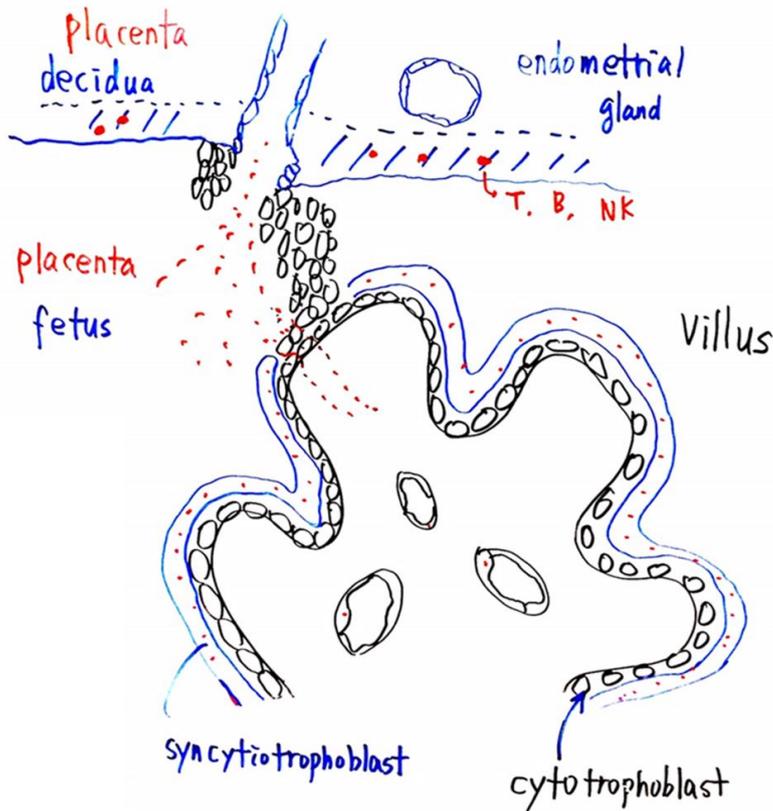
가운데에 노토코드가 있다. 노토코드를 중심으로 체절이 형성된다.

다음에는 체절의 가운데 부분에서 노토코드의 변형이 생긴다. Somite 분절은 그대로 있다.

세 번째는 노토코드가 변형이 생긴 부분이 척추 디스크가 된다. 척추 디스크를 중심으로 척추 마디가 생긴다.

하나의 척추 마디에는 출처가 서로 다른 somite 분절이 결합되어 있다.

다음은 villus 구조와 엄마의 태반과 태아의 연결 상태이다.

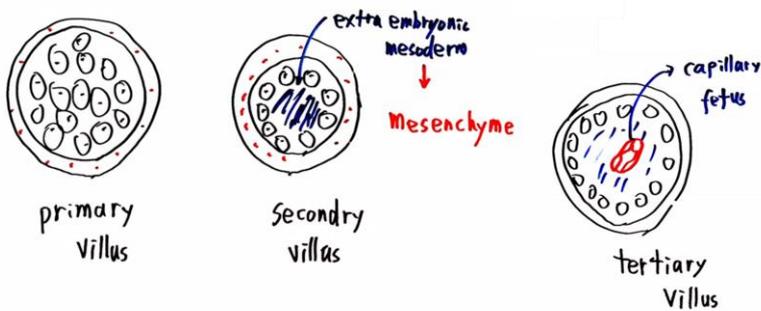


Cytotrophoblast 세포들이 분열하여 엄마 태반 세포 쪽으로 올라간다. 탈락막(decidua)에서 엄마의 혈관과 만난다.

decidua를 기준으로 엄마의 태반(placenta)과 태아의 태반(placenta fetus)이 구분된다.

엄마의 나선형 혈관(spiral artery)에서 스프레이처럼 피를 뿌린다. Cytotrophoblast 안에는 태아의 모세혈관들이 있다. 영양물질들이 cytotrophoblast 통하여 확산되어 들어 온다. Decidua에는 태아를 위한 면역 세포들(B, T, NK, macrophage)이 있다.

엄마의 자궁 속에는 endometrial gland가 있다.



villi 세포의 발달 과정이다.

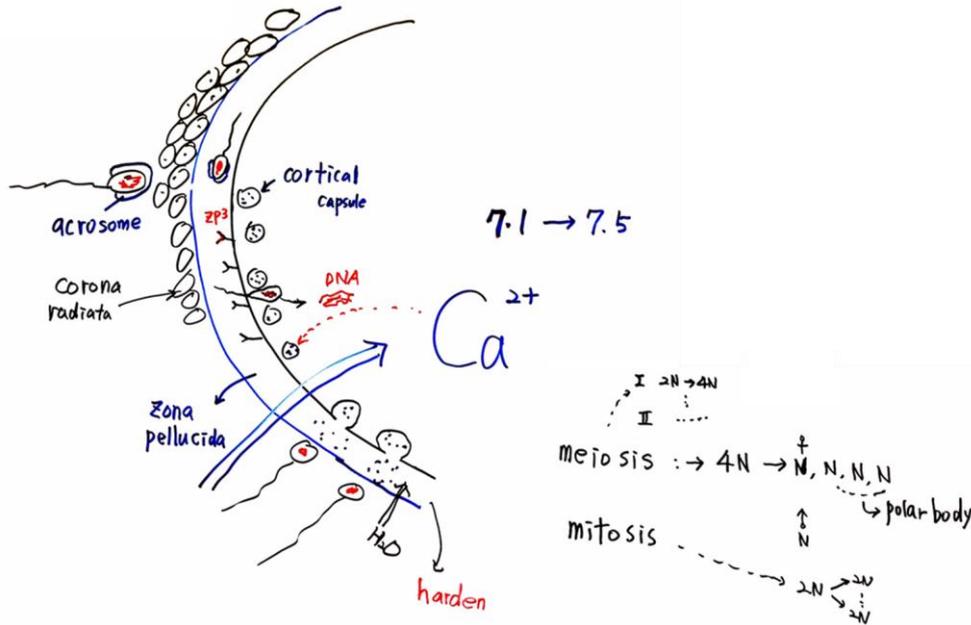
Primary villus는 맨 바깥 층이 syncytiotrophoblast층이다. 안에는 cytotrophoblast세포가 가득 들어 있다.

Secondary villus는 cytotrophoblast 안으로 extra embryonic mesoderm이 들어온다. 이것이 mesenchyme이다.

중배엽 특히 골수에서 나온 줄기세포의 일종이다.

Tertiary villus는 secondary villus 안에 태아의 모세혈관(capillary fetus)이 형성된다.

마지막은 정자와 난자의 수정 과정이다.



정자는 한번에 2-3억개가 사정된다.

최근 남성 정자의 숫자가 줄고 운동성이 약화되어 문제가 되고 있다.

난자는 투명대(zona pellucida)가 감싸고 있고, 투명대 속에도 난자 세포막에 리셉터들이 있다. 리셉터 단백질이 ZP1-ZP3까지 있다. 투명대 밖에도 난자를 보호하는 corona radiata 세포들이 둘러 싸고 있다.

정자가 corona radiata를 통과하여 투명대에 접촉하면 정자 머리에 있던 acrosome을 분비하여 투명대 벽을 뚫고 투명대 속으로 들어 간다. 투명대에서 난자의 막을 접촉하면 정자의 꼬리는 두고 머리만 들어가서 DNA를 내어 놓는다. 일단 정자가 난자 속으로 들어 가면 세포 바깥에 있던 Ca^{2+} 이온이 난자 속으로 들어가 순간적으로 난자 속 PH 농도가 7.1에서 7.5로 바뀐다. 또한 Ca^{2+} 의 trigger를 받아 난자 속에 있던 cortical capsule이 이동하여 투명대 속으로 화학 물질을 분비한다, 그러면 투명대 속으로 H₂O가 들어가고 복잡한 과정을 거쳐 투명대가 딱딱하게 되어 다른 정자들이 들어올 수 없게 된다. 복수 수정을 방지하기 위해 투명대의 성질을 바꾸는 것이다.

정자의 DNA가 들어 가면 난자에서 감수분열(meiosis)이 일어난다.

1단계 감수분열은 난자의 DNA가 2N에서 4N으로 바뀌고, 2단계 감수분열에서 4N이 N,N,N,N,으로 되고 3개의 N은 polar body가 되어 수정과정에 참여하지 않고 사라진다.

남은 하나의 N이 정자의 N과 합쳐서 2N이 된다. 2N에서 체세포분열(mitosis)을 통해 2개, 4개, 8개 ...로 분화한다.

생명은 세포 패턴의 시간적 공간적 변화이다. 옆에 있는 20여개의 세포와 소통한다.

중요한 것은 공간적 배치이다. 옆에 누가 있는냐가 중요하다. 물론 long range communication도 있다.

사람도 주변에 있는 10여명의 사람들과 긴밀히 소통하며 살고 있다.

발생은 오늘 배운 표 2개를 완전히 마스터해야 한다.

수고하셨습니다.