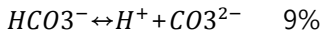
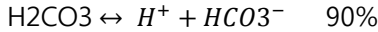
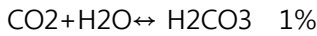


제12회 137억년 우주의 진화 4강 노트

(박문호 박사님 강의를 요약 정리한 내용입니다.)

<전 시간 Review>

광합성도 CO₂와 H₂O 였고, 호흡에도 CO₂와 H₂O이다.



지구과학에서 이 공식이 나오지 않는 곳이 없는데, 인체에서도 이 공식이 나온다.

히말라야 산맥이 풍화되고, 지구 온난화에 나오는 공식이 사람 속 허파에서도 그대로 적용된다.

다른 곳에서 찾지 말고, 이 속에 모두 있다.

호흡은 PH농도를 짧은 시간에 조절하고, 콩팥은 조금 더 긴 시간으로 조절한다.

HCO₃⁻와 CO₃²⁻가 많으면 알칼리 성이 되고, H⁺가 많으면 산성이 된다.

CO₂는 공기보다 물속에서 20배 이상 저장된다. 바다는 거대한 CO₂ 저장 창고이다.

HCO₃⁻은 대륙 전체에서도 중요하고, 인체에서도 산, 알칼리 중화물질로 중요하다.

CO₃²⁻가 바다 속에서 Ca²⁺ 을 만나면 석회암(CaCO₃)이가 된다. 대륙을 만든다.

척추 동물의 뼈에도 Ca²⁺가 많다. 척추동물은 Ca²⁺의 이동하는 저장고이다.

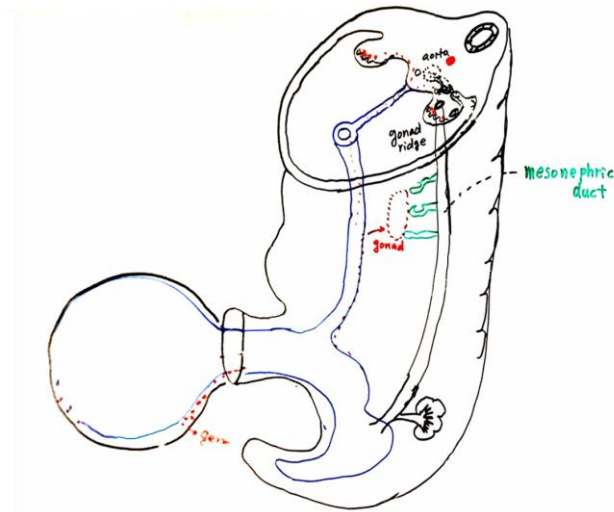
달걀이 부화하는 것을 보면 요막(allantois)이 달걀 속 공기 주머니에 가 있다. 산소를 흡수하고 이산화탄소를 배출하기 위해서 이다.

태아 때에도 호흡은 한다. 초기 2-3주 사이에는 배아의 크기가 2mm보다 작아서, 혈관이 없어도 산소를 확산을 통해서 받아들 일 수 있다. 배아의 크기는 4주차에 2mm, 7주에 2cm 정도 이다.

지구 상에 지름이 2cm가 넘는 지렁이는 없다. 2cm가 넘으면 산소가 피부 확산을 통해 조직에까지 도달할 수가 없기 때문이다. 4주차에 심장이 생기기 시작한다.

조류나 파충류는 난황을 녹여서 양분을 모세혈관을 통해 공급한다. 배아 및 태아도 미토콘드리아를 통해 호흡을 한다. CO₂와 양성자(H⁺)가 나온다. 호흡을 통해 제거해 주어야 한다.

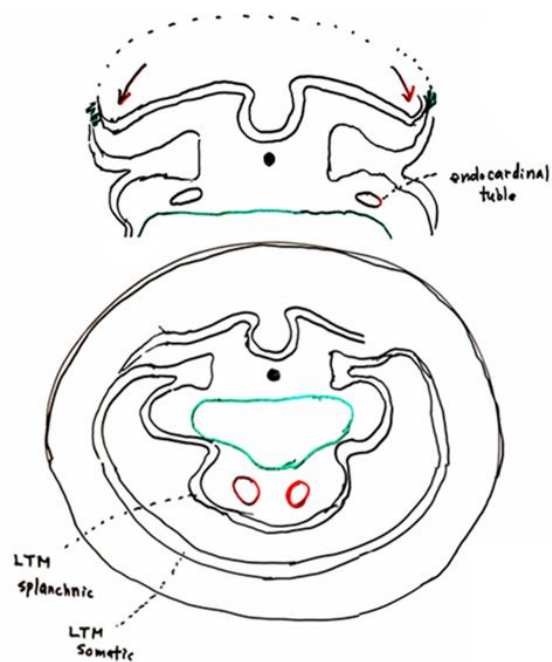
난황의 영양분을 모두 소모하고 나면 난황이 줄어들어 안으로 들어가 창자가 된다. Allantois가 요도가 되고, vitelline이 탯줄이 된다. Cloaca는 항문이 된다.



Somite 가 체절이다. 사람의 체절은 42-44에서, 성년이 되면 38개 정도로 정착된다.
 발생에서 기본 unit를 찾으면 나머지는 그것을 중첩하면 된다. 그 unit가 체절이다.

수정 후 분할이 일어나 하루가 지나면 2개가 되고 4일이면 16개가 된다. 32개가 되는 때에 ICM(inner cell mass)와 trophoblast로 나누어 진다. 이 상태를 blastocyst라 한다. 이후 전 시간에 공부한대로 분열이 계속된다. 발생은 이미지 능력을 훈련하는 최고의 도구이다.

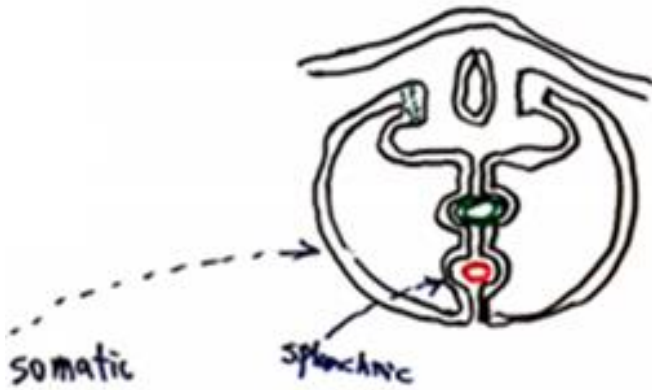
심장이 만들어 지는 과정이다.



먼저 extraembryonic mesoderm이 amniotic ectoderm 과 만난다. 이어 lateral plate somatic mesoderm 이 extraembryonic mesoderm 과 만난다. lateral plate somatic mesoderm이 extraembryonic mesoderm과 붙어 있던 amniotic ectoderm을 잡아 당긴다. Paraxial mesoderm 아래에 심장 원기(endocardial tube)가 보인다.

Amnion이 크게 되면서 전체 태아를 감싸게 된다. Amnion이 계속 커지면서 lateral plate somatic mesoderm과 lateral plate splanchnic mesoderm이 같은 layer끼리 서로 붙게 된다. Somatic mesoderm과 splanchnic mesoderm 사이 공간인 intraembryonic coelom이 [pericardial cavity](#), [pleural cavity](#), [peritoneal cavity](#) 가 된다. 심장과, 허파, 내장이 위치하게 될 공간이 되는 것이다.

난황은 줄어들어(초록선) foregut이 되고 endocardial tube는 아래로 이동해 있다.



그 다음 과정은 neural groove는 neural tube로 바뀌고, 그 아래로 창자(녹색)와 심장(붉은 색)이 위치한다. Lateral plate splanchnic mesoderm이 창자와 심장을 감싸고 lateral plate splanchnic mesoderm은 바깥 쪽을 감싼다.

· pericardial cavity
→ heart

· Pleural .. → lung

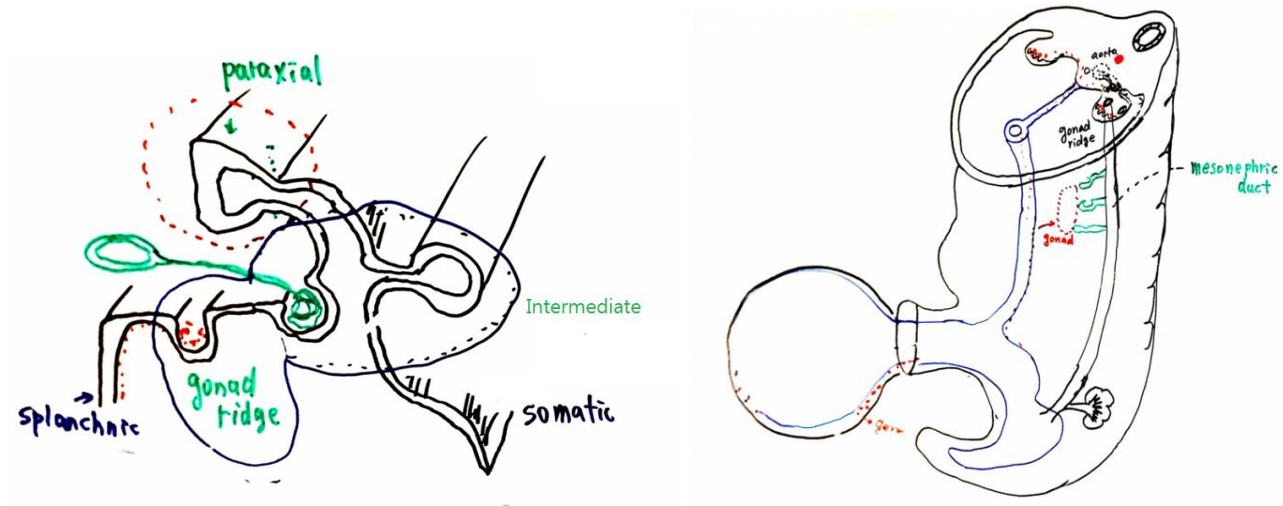
· peritoneal .. → gut



녹색 점이 notochord이고, 오른쪽으로 paraxial, intermediate, lateral plate mesoderm이다.

Lateral plate mesoderm의 위쪽이 somatic이고 아래 쪽이 splanchnic이다. Lateral plate mesoderm에 있는 빈 공간이 심장, 허파, 창자가 들어갈 공간을 만들어 준다. 이 공간이 [pericardial cavity](#), [pleural cavity](#), [peritoneal cavity](#)가 된다. 심장, 폐, 창자가 들어가는 공간이 된다.

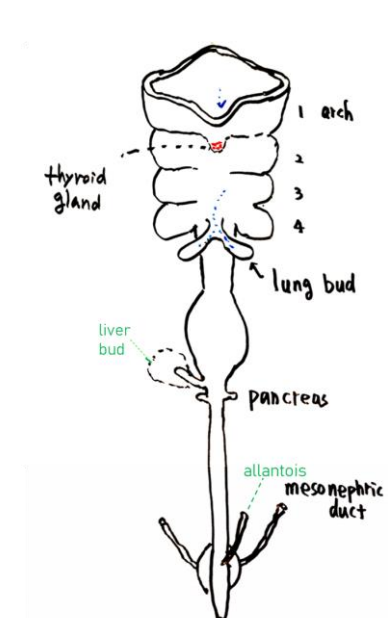
지난 시간에 이어 콩팥이 만들어지는 과정을 다시 보자 (01:05)(반드시 동영상을 참고하시기 바랍니다.)



Lateral plate mesoderm의 변형이 놀랍다. 대동맥에서 사구체로 연결되어 있다. Mesonephric duct가 있고 사구체가 몸 체절마다 모두 있다. 이곳에 gonad ridge가 와서 붙는다. 난황 막에 있던 생식 세포 씨앗이 난황 막을 타고 올라 가서 gonad 에 가서 붙는다. Mesonephric duct는 lateral plate mesoderm의 변형이다. 우리의 콩팥인 Metanephros가 나중에 발생하여 붙는다.

임신 34개월 정도 지나면 양수가 약 1000ml정도 된다. 태아가 양수를 하루에 1리터를 마신다. 모든 양수를 다 마신다고 보면 된다. 오줌을 하루에 1.2리터를 본다. 태아의 시간당 양수의 흐름이 500ml라고 한다. 물고기가 물 속에서 물을 삼키고 있는 것과 같다. 허파 속으로 하루 340ml가 들어가고, 브레인으로도 25ml가 들어 간다.

다음은 창자가 만들어 지는 과정이다.(01:18)



제일 위에 있는 것이 목구멍이다

다음이 아가미 궁이다. 1번부터 4번까지 표시하였다.

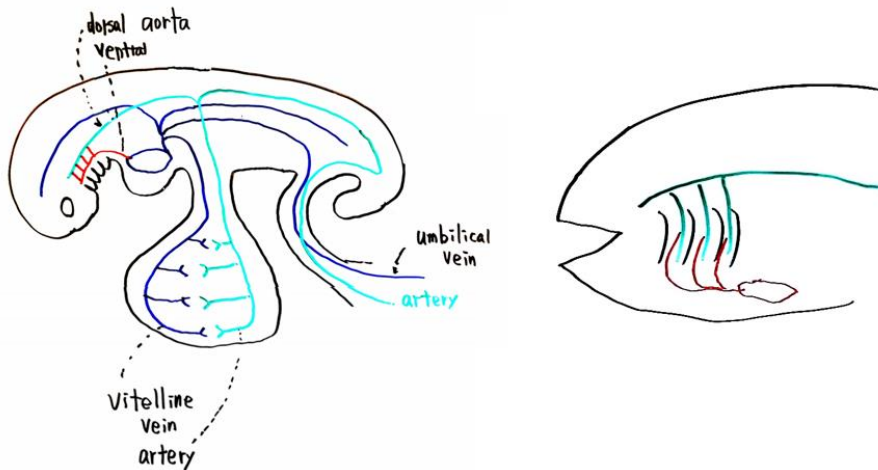
아가미 1궁에서 아래턱(mandible)과 위 턱(maxilla)이 발생한다. 그리고 망치 뼈(malleus)와 모루 뼈(incus)도 1궁에 속한다. 1-2번 사이 가운데 있는 것이 갑상선(thyroid)이다.

2궁에서 목안에 있는 hyoid가 발생한다. Hyoid에 근육이 8개나 붙어 있다.

3궁에서 cricoid와 thyroid가 나온다.

4궁 아래에 허파 싹(lung bud)가 나온다. 허파 뒤로 식도가 내려 간다. 공기와 음식물이 따로 간다. 식도 밑에 위장이 있고, 그 밑에 간과 쓸개가 나온다. 그리고 dorsal과 ventral pancreas가 생긴다. 그리고 대장과 직장을 거쳐 항문이 나온다. 소화관과 다른 루트에서 온 mesonephric duct와 allantois가 요도와 연결된다.

다음은 태아에서 혈관이 연결되는 모습이다.



난황에 있는 영양물질을 녹여 실은 vitelline vein이 심장으로 들어 간다.

배꼽과 연결된 umbilical vein도 심장으로 간다. 태아 때 혈관은 창자만큼 크다.

Dorsal과 ventral aorta가 인두 궁 부근에서 만난다.

물고기를 보면 바로 이해가 된다. 물고기의 혈관 모습이 태아 때 그대로 있다.

진화론을 빼면 생물학은 붕괴된다.

에델만은 “무생물인 바위에서부터 인간의 상상까지 진화론 하나로 가능하다. 다른 도구가 필요 없다”라고 했다.

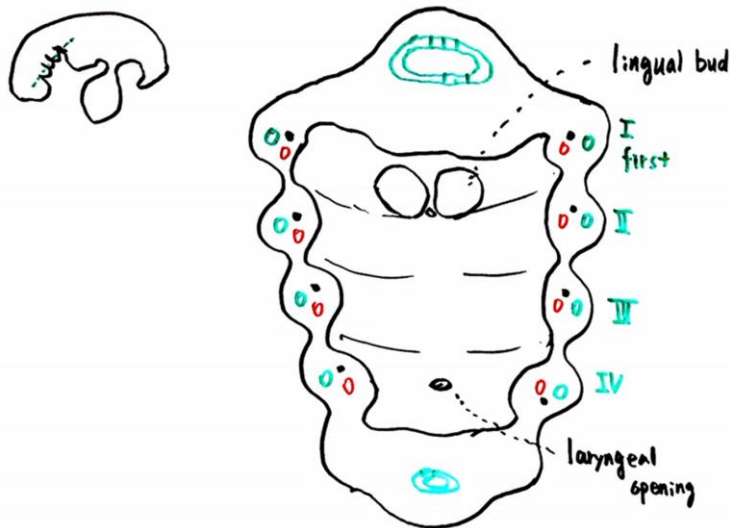
진화론은 현대 생물학을 베이스로하는 자연과학의 가장 중요한 도그마이다.

생명 현상을 만드는 가장 중요한 원리(principle)가 무엇인가.

모듈을 만들고 그 모듈을 순서에 맞게 연결하는 것이다.

초기로 갈수록 모든 모듈은 대칭의 원리에 지배를 받는다.

그래서 박자세의 기억의 법칙이 대칭화, 모듈화, 순서화가 되었다. 10년전부터 생물학을 강의하면서 직관적으로 느낀 것이다. 체질이 모듈이고 모듈이 순서에 따라 연결되는 것이다.

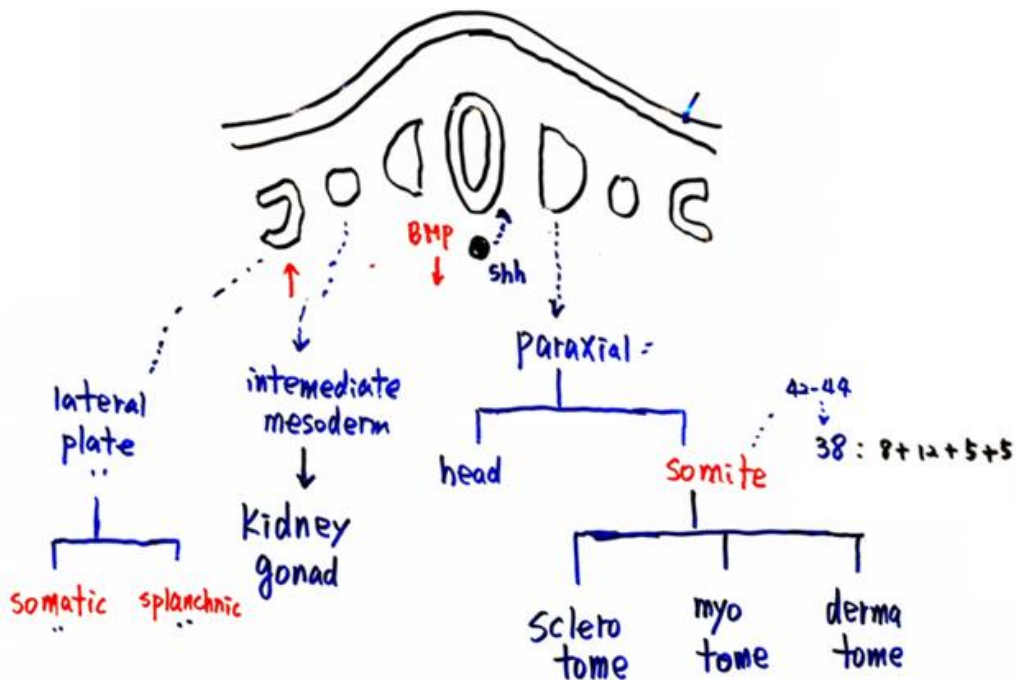


태아의 아가미 궁 부위를 자른 단면이다. 가운데 녹색 타원은 neural tube이다.

1 궁 가운데 있는 것이 혀 싹(lingual bud)이다. 혀도 태아 때 좌, 우에서 생겨서 가운데로 와서 붙는다.

4궁에 laryngeal orifice가 있다. 각 각의 궁에 연골, 혈관, 신경이 set로 온다. 그리고 근육도 온다.

먼저 연골이 와서 몸 부위에 따라 경골로 바뀐다



발생학을 정리하고 넘어 가자.

Neural tube, notochord, paraxial, intermediate, lateral plate mesoderm이 가운데에서부터 순서대로 있다.

Paraxial mesoderm에서 head와 somite가 만들어 진다.

척추동물의 기본 단위가 somite이다. 그 속에 혈관, 근육, 연골, 신경 모두가 set로 있다.

지렁이부터 시작된 체절이다. 지렁이는 잘라도 체절 하나로도 산다. 각 체절이 독립채산제이기 때문이다.

이나스는 "척추동물은 동전을 쌓아 놓은 것 같다"고 말했다. 동전 하나 하나가 somite이다.

Somite mesoderm에서는 3가지를 공급해 준다. Sclerotome, myotome 그리고 dermatome이다.

Somite가 중요한 이유는 somite가 형성되면 일군의 7가지 cell들을 공급해 준다.

- fibroblast
- chondrocyte → osteocyte
- myocyte → smooth M.
skeletal M.
- neuro cell
- endothelial cell
- pericyte
- adipocyte

1)fibroblast: 콜라겐을 분비하여 기초 공사를 해 준다.

2)chondrocyte: 뼈를 형성하게 해 준다. 이어서 osteocyte가 나온다.

3)myocyte: 움직일 수 있게 근육 세포를 보낸다. 내장에서는 smooth muscle이 되고, 골격에서는 skeletal muscle 이 된다.

4)neuro cell

5)endothelial cell: 혈관을 만들게 한다.

6)pericyte: 울타리를 치게 한다.

7)adipocyte: 충격으로부터 보호 한다.

이것이 모든 동물 설계의 기본 unit이다. 체절에는 이 세트가 항상 공급된다.

Intermediate mesoderm에서는 콩팥(kidney)과 생식기관(gonad)이 나온다.

Intermediate mesoderm까지는 체절 성격이 따라 온다. 즉 체절마다 기관이 생긴다.

콩팥이 발생 초기에 수십 개가 생기는 이유이다. 칠성장어나 먹장어처럼 초기 척추동물들에서는 pronephros가 동작하고 있다. 인간에서는 pronephros는 태아 때 사라지고 mesonephros도 생식기관이 차지하여, 최종적으로는 metanephros가 콩팥이 된다.

원래 발생 원리에 따르면 콩팥은 매 체절마다 있어야 하는데 이것을 한곳에 모아 집중 시켰다.

콩팥 전체 nephron 구조의 길이가 150km에 이른다.

Lateral plate mesoderm에는 somatic mesoderm과 splanchnic mesoderm이 나온다.

Intermediate mesoderm까지는 체절 성격이 따라 온다. 그러나 lateral plate mesoderm 은 membrane 성격이므로 체절과는 관계가 없다. 전체를 덮는다.

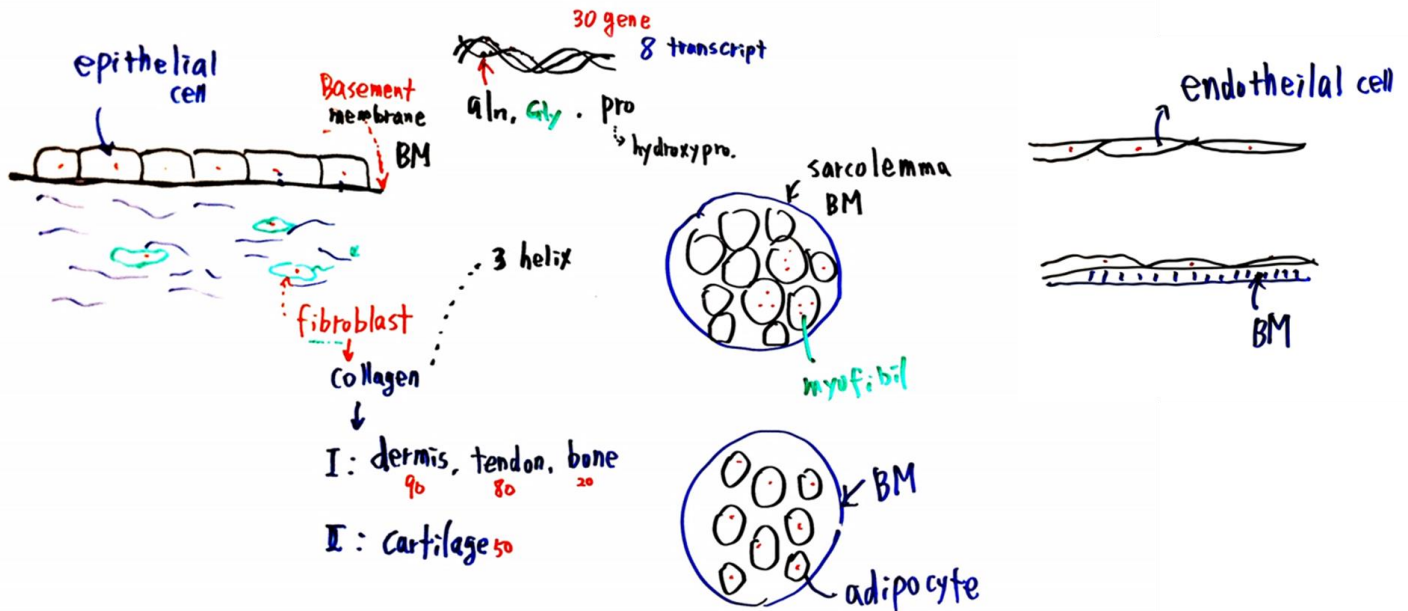
Paraxial mesoderm에서는 axial somite 에 대한 뼈와 근육, 신경, 혈관을 제공하는 반면,

lateral plate somatic mesoderm에서는 appendicular somite 가 만들어 진다. 즉 팔 다리의 뼈와 관절 그리고 인대 등이 만들어 진다.

Lateral plate splanchnic mesoderm에서는 소화기관과 호흡기관의 벽과 내장 막 그리고 심장 및 혈관이 만들어 진다.

BMP(bone morphology protein) 농도에 의해서 결정된다. Paraxial 이 제일 낮고, intermediate 가 중간이며, lateral plate mesoderm 이 제일 높다. Notochord 가 neural tube 를 유도할 때는 shh(sonic hedgehog)의 작용에 의한다.

그러면 각각의 세포들은 3 차원 공간에서 어떤 식으로 배열되어 있는가



여기에서 중요한 역할을 하는 것이 BM(basement membrane) 세포이다. 세포가 놓일 자리가 먼저 만들어 진다. 멍석을 깔아 주어야 한다. 멍석을 깔아주는 역할을 콜라겐이 한다.

먼저 sheet 형태의 세포가 있다. Epithelial cell 과 BM(basement membrane)으로 구성 된다. BM에는 콜라겐이 많은데 fibroblast 세포가 물질을 분비하여 콜라겐이 만들어 진다.

인체에 콜라겐이 30 여 종이 있다. 콜라겐은 단백질로서 3 중나선(3 helix) 형태이며, 알라닌(Alanine), 글리신(Glycine), 프롤린(Proline), Hydroxyproline 등의 아미노산이 주 성분이다. 콜라겐 단백질 형성에는 유전자가 30 여개 관여 되며 전사조절인자도 8 가지나 관여한다.

콜라겐 Type I 는 진피(dermis), 힘줄(tendon), 뼈(bone)를 형성하는데, 콜라겐이 dermis 에는 90%, tendon 에는 80% 그리고 bone 에는 20%의 콜라겐이 들어있다.

콜라겐 TypeII는 연골(cartilage)을 형성하며 50%의 콜라겐이 들어 있다.

근육세포는 myofibril 세포를 근육 BM 세포인 sarcolemma 세포가 감싸고 있다.

지방 세포는 adipocyte 를 BM 이 감싸고 있다.

혈관 세포는 endothelial 세포를 BM 세포가 감싸고 있다.

다음 용어들은 뼈를 공부하기 위한 관문이다. 익숙해 져야 한다.

Cori coid	arytenoid
Co ra coid	arachnoid
osteoid	sphenoid
	Coronoid
Pterygoid	
styloid	thyroid
myeloid	sinusoid
ethmoid	mastoid
	hyoid

--oid 는 "-모양의" 이란 뜻을 나타내는 접미어이다.

cricoid(고리 모양의, 환상연골),

coracoid(오たく골, 오웬돌기), 어류와 파충류는 coracoid 가 scapula 와 붙어 있다. 조류와 포유류에서 분리되어 흔적으로 남아 있다. 어깨 뼈가 자유롭게 되었다. 분리 됨으로써 새가 하늘을 날 수 있게 해 주었다.

osteoid(뼈 모양의)

pterygoid(날개 모양의, 익상돌기)

styloid(첨필 모양의, 줄기 모양의, 막대 모양의)

myeloid(골수의, 골수모양의)

ethmoid(벌집 뼈 모양의, 사골의)

arytenoid(모뿔연골, 피열 연골)

arachnoid(거미집 모양의, 거미막)

sphenoid(뿔기 꼴의, 설상골, 나비뼈)

coronoid(까마귀 부리 모양의, 갈고랑이 모양의)

thyroid(갑상선)

sinusoid(사인곡선, 동굴모양, 동양혈관)

mastoid(젖꼭지 모양의, 유양돌기, 흉쇄유돌근)

hyoid(설골, 설골의)

02:24

2 교시

인간 어른의 뼈는 206 개이다. Axial skeleton 이 80 개, appendicular skeleton 이 126 개 이다.

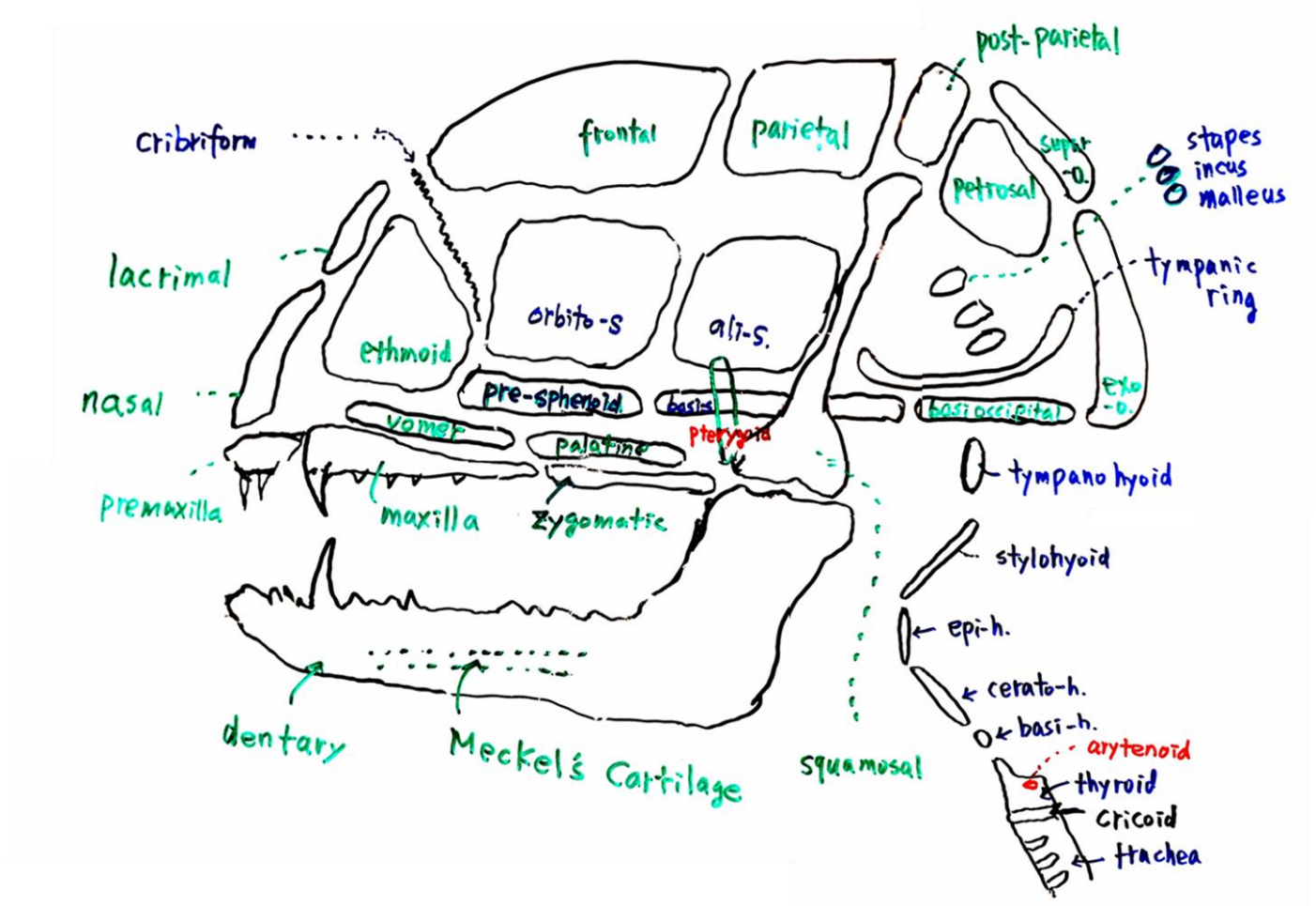
손에 해당하는 뼈가 32 개씩 64 개, 발도 64 개이다. 한 쪽 손에 32 개의 뼈가 있다. 운동의 자유도가 그 만큼 많다는 이야기이다. 동계 올림픽은 전 인류의 균형감각 컨테스트 장이다. 종이 장 같은 얇은 스케이트 날 위에 60kg 의 몸무게를 싣고 하는 그 모든 곡예를 생각해 봐야 한다.

뼈를 모르면 인간의 동작을 알 수 없다.

목적은 가진 인간의 행동을 이해하기 위해서 뼈를 공부해야 한다.

얼굴 뼈가 14 개 두개골 뼈가 8 개 있다. 뼈를 알아야 인간 행동을 분석할 수가 있다.

공부를 하려면 공부에 대한 욕망이 출현해야 한다. 모든 욕망은 기억에서 온다.



파충류부터 호모 사피엔스까지 3 억년에 걸친 두뇌 뼈의 prototype 이다. (동영상을 참고하시기 바랍니다)

맹수의 송곳 니는 항상 안쪽으로 향해 있다. 창자 쪽으로 끌어 넣기 위해서이다.

치골(dentary) 위에 squamosal(인골)이 있다. 위턱 뼈(maxilla)를 송곳니를 맞추어 그린다.

광대 뼈(zygomatic)가 maxilla 뒤에 아치 형태로 있다.

아래 턱을 당기는 가장 강한 근육인 측두근(temporalis)은 광대 뼈가 아니라 coronoid process 에 붙는다.

광대 뼈 위에 입천장 뼈(palatine)가 있다. Palatine 에 연골 구조(연구개)가 있기 때문에 젓을 빨면서도 숨이

막히지 않는다. 입 속에 음식이 있어도 숨을 쉴 수가 있다.

Palatine 앞에 보습 골(vomer)이 있다. Maxilla 앞에 pre-maxilla 가 있다.

pre-maxilla 위에 코뼈(nasal)가 있다. 코 뼈 위에 눈물 뼈(lacrimal)가 있다.

코 뼈와 눈물 뼈 뒤에 사골 뼈(ethmoid)가 있다.

Ethmoid 뒤에 presphenoid 가 있고 그 뒤에 basisphenoid 가 있다.

Basisphenoid 뒤에 basioccipital 이 있다. Presphenoid 위에 orbitosphenoid 가 있다. 눈동자 뒤에 있는 뼈이다.

Orbitosphenoid 뒤에 alisphenoid 가 있다. Ala 는 날개라는 뜻이다. Sphenoid 가 4 개나 된다.

Basioccipital 위에 귀를 감싸고 있는 tympanic ring 이 있다.

그리고 3 개의 이소골 즉 등자 뼈(stapes), 모루 뼈(incus), 망치 뼈(malleus)가 있다.

이소골 위에 바위 뼈인 petrosal 이 있다. Basioccipital 오른 쪽에 exo occipital 이 있고 그 위에 supraoccipital 이 있다.

ethmoid 와 orbitosphenoid 사이에 벌집 판인 cribriform 이 있다. Cribriform 은 후각과 연결되어 있다. 냄새를 맞도록 뼈에 구멍이 난 구조를 trabecular 라고 한다. Trabecular 는 작은 기둥을 의미한다.

Cribriform 오른 쪽 위로 frontal 이 있다.

Frontal 뒤로 parietal 이 오고 parietal 뒤에 post parietal 이 온다. Pterygoid 는 basisphenoid 부근에 있다.

hyoid 는 5 개가 있다.

제일 먼저 tympanohyoid, 다음은 붓 돌기 뼈인 stylohyoid, 세 번째는 epihyoid, 네 번째는 ceratohyoid, 마지막이 basihyoid 이다.

Basihyoid 밑에 thyroid, cricoid, trachea 가 연결되어 있다.

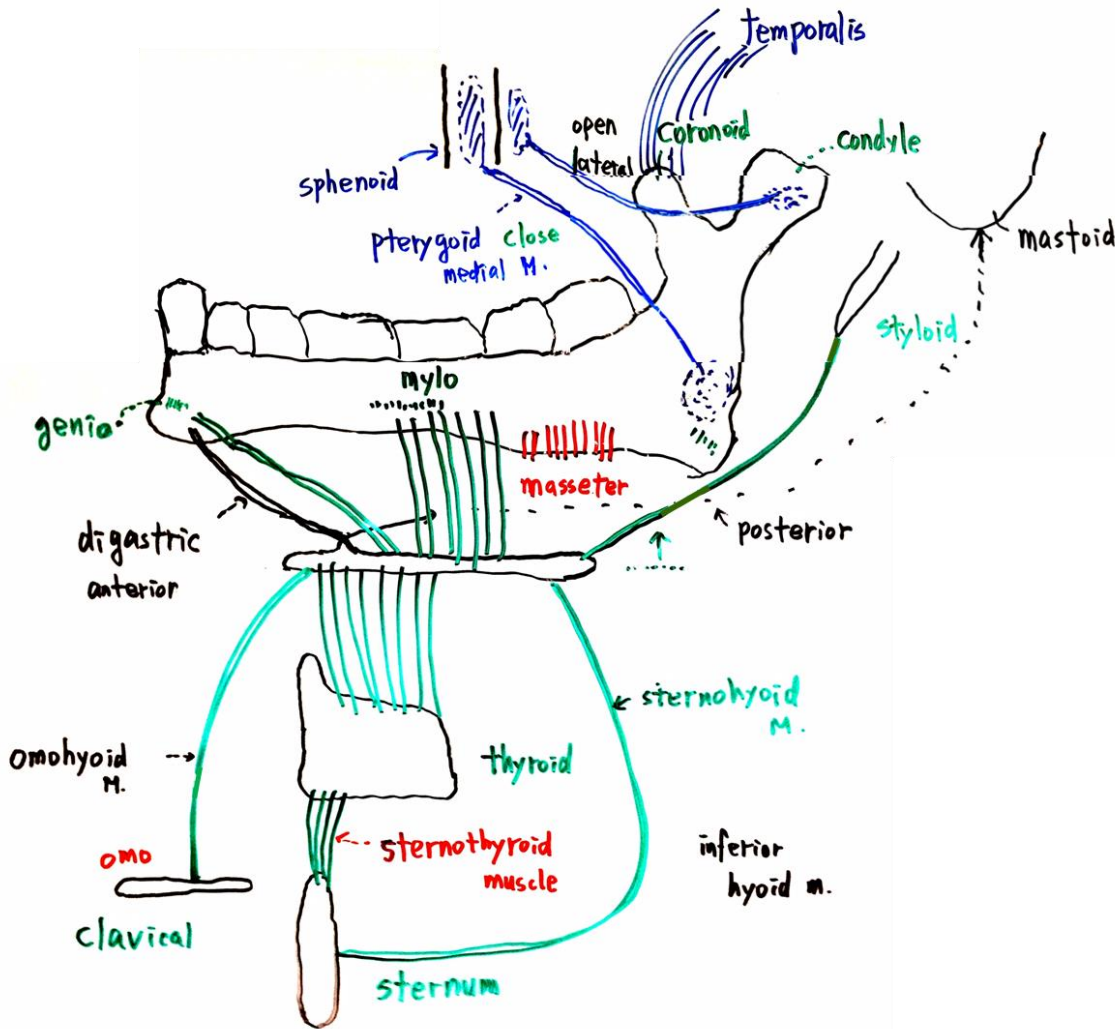
아래 턱 속에 Meckel's cartilage 가 있다.

그리고 arytenoid 는 vocal fold 가 붙은 뼈이다. 방패 연골 안에 있다. Arytenoid 는 연골인데 근육이 6 개가 붙어 있다. 지나 가는 공기를 vocal fold 를 통해 초당 200 회 자른다. 음소를 초당 200 개까지 만들 수 있다는 말이다.

그리고 발음은 낼 숨에서만 만들 수 있다. 나가는 공기만을 성대가 자를 수 있다. 숨을 들이쉴 때는 발음을 할 수 없다.

5000m 고산지대에서는 베테랑 산악인도 p 발음과 b 발음을 구분하지 못한다. 파킨슨병 환자도 p 와 b 를 구분해서 발음하지 못하고 들어도 구분 못한다. 고산지대에서는 산소 농도가 낮기 때문이고, 한 사람은 병리적인 문제이다. P 와 b 는 VOT(Voice onset time)가 25msec 차이가 난다. 산소 농도가 떨어지면 정상인도 p 와 b 발음을 못하고 들어도 구분하지 못한다.

발음이 진화되기 이전에 정교한 근육운동의 진화가 선행되어야 한다.



아래 턱 앞 부분을 genio 라고 한다. 치아를 의미하는 라틴어이다. Mandible 의 뒤 쪽 튀어 오른 부분을 coronoid 라고 하고 맞은 편을 condyle 이라 한다.

mandible 밑에 hyoid 가 있고, hyoid 밑에 갑상선(thyroid)이 있다. Thyroid 밑에 가슴 뼈(sternum)가 있고 sternum 앞 쪽에 쇄골(clavicle)이 있다. Hyoid 에 8 개의 근육이 연결되어 있다. 이 근육들에 의해 음식을 삼키고 말을 할 수 있다.

Superior hyoid muscle 에는 아래 턱 앞 부분인 genio 와 hyoid 를 연결하는 geniohyoid muscle 이 있다.

다음은 anterior digastric muscle 있고 posterior digastric muscle 이 있다. Posterior digastric muscle 은 hyoid 와 mastoid 를 연결한다. 세 번째는 아래턱 중간 부분과 hyoid 를 연결하는 mylohyoid muscle 이 있다.

네 번째는 styloid 와 hyoid 를 연결하는 stylohyoid muscle 이 있다.

Inferior hyoid muscle 에는 먼저 thyroid 와 hyoid 를 다중으로 연결하는 thyrohyoid muscle 이 있다. 다음은 sternum 과 thyroid 를 연결하는 sternothyroid muscle 이 있고, 세 번째는 sternum 과 hyoid 를 연결하는 sternohyoid muscle 이 있다.

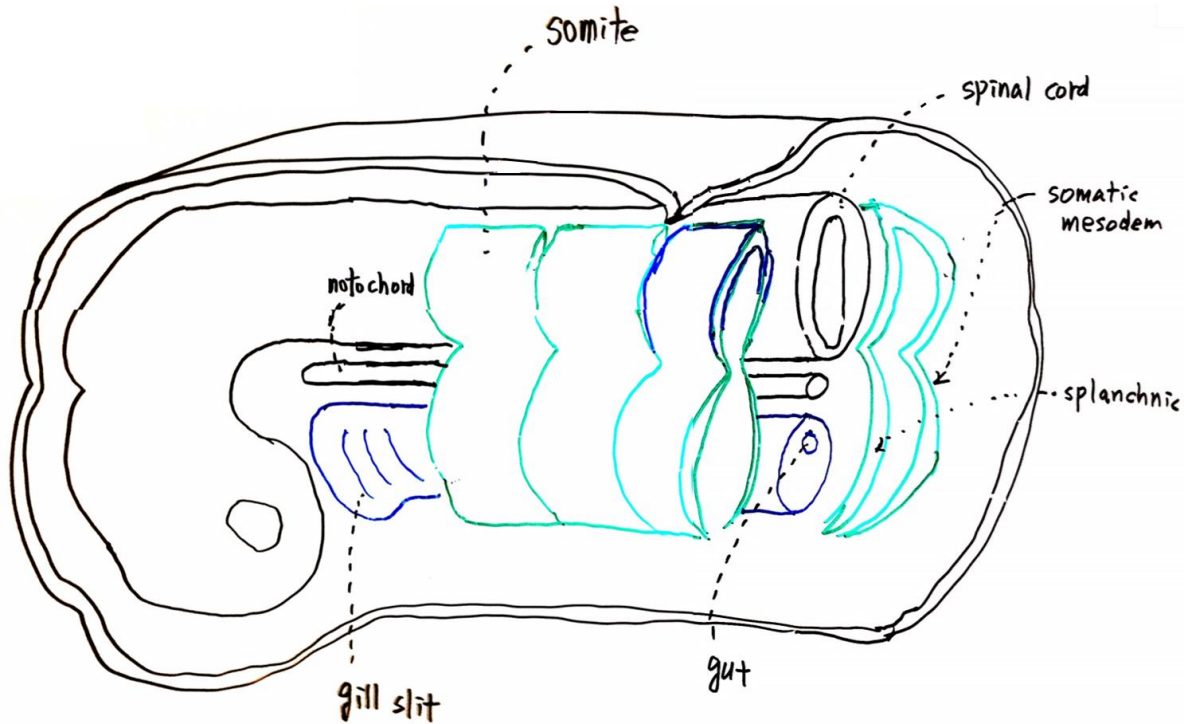
마지막으로 clavicle 과 hyoid 를 연결하는 omohyoid muscle 이 있다.

추가로 음식을 씹는 교근(masseter muscle)인 측두근(Temporalis muscle)은 superior temporal line 과 coronoid process 를 연결한다.

sphenoid 사이 공간에서 시작하여 아래턱과 연결하는 근육을 medial pterygoid muscle 이라고 한다. 이 근육이 동작해야 입을 다물 수가(close mouth) 있다. Lateral pterygoid muscle 은 입을 벌릴 때(open mouth)사용한다.

01:27

발생에서 체절을 잘 보여주는 그림이다.



왼 쪽이 머리 쪽이고 오른 쪽이 꼬리 쪽이다.

spinal cord 가 있고 spinal cord 좌 우로 somite 가 둘러 싼다. Paraxial, intermediate, lateral plate mesoderm 이 배쪽으로 나오면서 둘러 싼다. Spinal cord 밑에 notochord 가 있다. notochord 아래에 아가미 궁이 위치한다. 아가미 궁 에서부터 꼬리 쪽으로 붙어 있는 것이 창자(gut)이다. 이것이 우리 인간이다. 인간은 아가미를 갖고 있는 종이다. 물고기에서부터 인간까지 설명하는 그림이다. Somite 가 이처럼 중요하다. 인간은 38 개의 somite 를 갖고 있다.

공부에 대한 욕망이 생겨야 한다.

알고 싶은 내용에 대한 이미지를 만들어 내야 한다. 모자라면 자료를 찾게 되고 계속 공부하게 된다. 수고하셨습니다.