

제 12회 137억년 우주의 진화 1강 노트

(박문호 박사님 강의를 요약 정리한 내용입니다)

새는 오줌을 누는가 똥을 누는가? 조류는 대변과 소변 그리고 정자 및 알까지 나오는 구멍이 하나이다.

그것을 총 배설강이라고 한다. 포유류를 제외한 모든 동물이 같다.

포유동물은 암컷은 구멍이 3개이고 수컷은 2개이다.

“물 세 말은 못 마셔도 막걸리 세 말은 마신다”는 말이 있다. 물은 우리 몸에서 어떻게 흡수되는가?

아직도 여기에 관한 논문이 나오고 있다. 반드시 필요한 지식인데도 이렇게 접근하기 어려운 구조로 되어 있다.

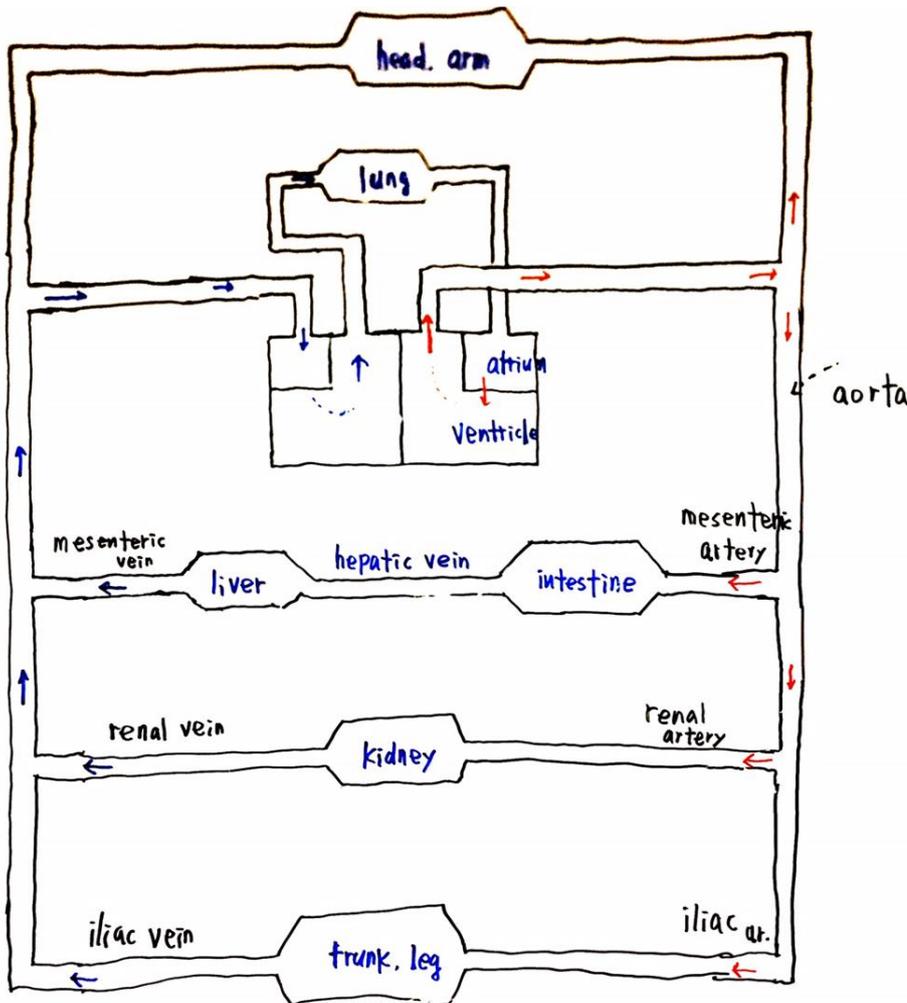
왜 이럴까? 범주화의 문제이다.

콩팥에서 오줌을 걸러낸다. 무엇을 걸러내는가?

과학자용 과학이 있고 일반인용 과학이 있다. 어려운 논리 문제를 풀고 새로운 factor를 발견하는 일은 과학자들이 한다. 일반인은 factor를 기반으로 과학적 세계관을 갖는 일이다.

올바른 과학적 세계관을 갖기 위해서는 factor를 알고 기억해야 한다.

첫 번째 프레임은 혈액 순환이다.



어류는 심방과 심실이 하나이다. 포유류는 심실과 심방이 좌, 우 2개씩 모두 4개이다.

이 프레임을 알아야 오줌을 이해할 수 있다.

좌 심실(ventricle)에서 출발하여 하 대동맥(aorta)에서 mesenteric artery(장관맥 동맥)를 통해 혈액이 창자로 간다. 창자에서 흡수한 영양물질(아미노산, 글루코스)을 싣고 간으로 가는 혈관이 hepatic portal vein(간 문맥)이다. 간 문맥 혈액은 영양 물질은 많고 산소는 적다. 간에서는 hepatic vein(간 정맥)을 통해 우심방(right atrium)으로 들어간다. 우 심실에서 pulmonary artery(폐동맥)를 통해 혈액이 폐로 들어 간다.

하 대동맥에서 renal artery(콩팥 동맥)를 통해 콩팥으로 간다. 그리고 iliac artery(장골 동맥)를 통해 몸통과 다리로 간다.

상 대동맥에서 carotid artery(경동맥)를 통해서 머리로, subclavian artery(쇄골하 동맥)를 통해 팔로 간다.

우리 몸의 모세혈관의 총 길이는 6만km이다. 우리 몸의 60조개 세포 중 평균 3개 당 하나씩 모세혈관과 만난다. 단, 연골조직에는 혈관이 없다. 그래서 연골세포는 한번 손상되면 재생되지 않는다.

혈류의 역할은 첫 째는 영양 물질을 운반하는 것이고, 두 번째는 산소를 운반하는 것이다.

인체의 모든 세포는 24시간 쉬지 않고 이산화탄소(CO₂)와 양성자(H⁺)를 만든다. 세포는 70%가 물로 되어 있다. 이산화탄소를 곧장 회수하지 않으면 물이 이산화탄소를 만나 탄산이 된다(H₂O+CO₂→H₂CO₃). 그러면 세포가 산성이 되어 살 수가 없다. 양성자(H⁺)는 그 자체가 산성이므로 즉시 제거해야 한다.

적혈구의 직경이 8μm이다. . 어른의 적혈구 숫자는 30조개이다. 인체 세포의 30% 이상이다. 우리 몸 세포의 3개 중 1개가 적혈구 세포이다.

모세혈관의 직경이 4μm이다. 직경 4μm의 모세혈관을 직경 8μm의 적혈구가 지나간다. 30조개 세포가 엄청난 회수로 접했다 폼다를 해야 한다. 그러려면 상상을 초월할 정도로 탄력 있게 만들어야 한다. 그 역할을 하는 물질이 콜라겐이다. 적혈구의 수명은 120일이다. 병이 걸리지 않는 것이 기적이다.

적혈구는 매초 3백만개가 죽어 나간다. 1초당 3백만개의 적혈구가 만들어 진다. 매일 3천억개의 적혈구가 만들어 진다. ($3 \times 10^6 \times 10^5 = 3 \times 10^{11}$). 100일동안 만들면 30조개이다.

적혈구 안에는 90%가 헤모글로빈 단백질이다.

헤모글로빈의 분자 크기는 64,500 달톤이다. 탄소, 수소, 산소 질소, 황, 철로 구성되어 있는데, 그 속에 황 원소 8개 철 원소 2개가 들어 있다. 적혈구 1개에 헤모글로빈이 2억 8천만개가 들어 있다.

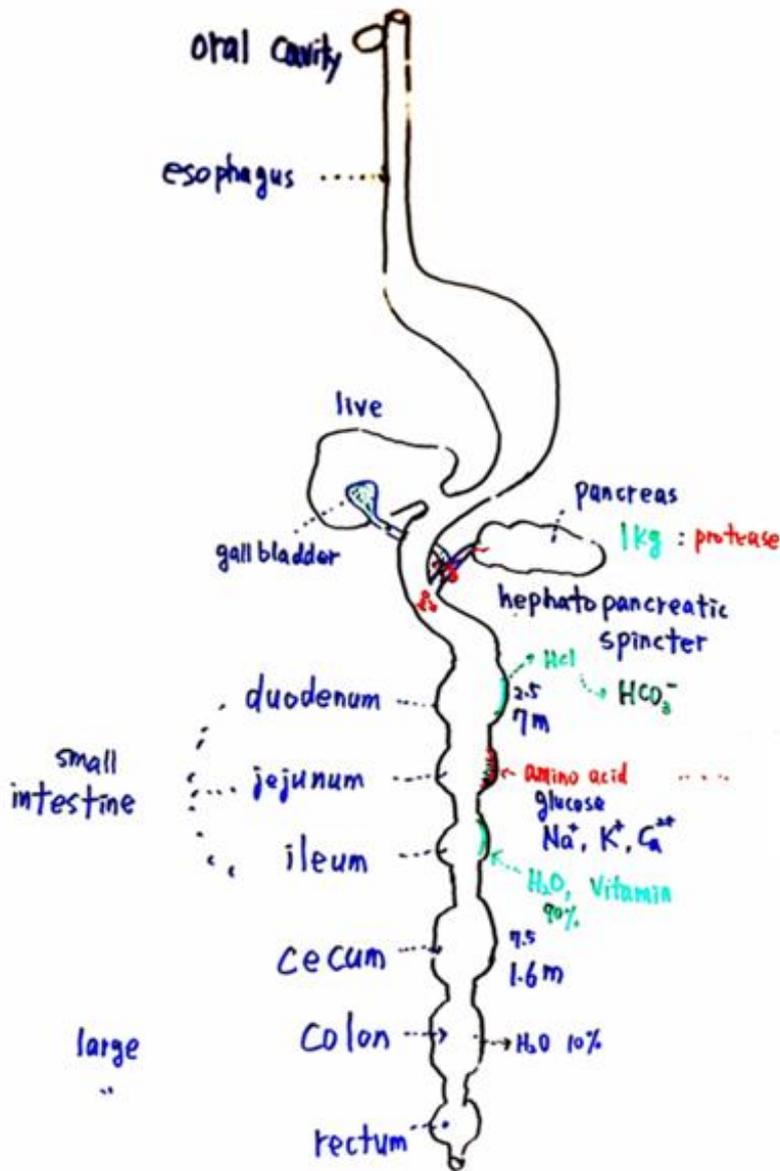
적혈구의 10% 정도가 파열된다. 적혈구가 파열되면 철이 빠져 나온다.

멍이 들면 푸르게 보이는 이유가 철이 빠져 나오기 때문이다.

적혈구가 파열 될 때 Heme이 파괴되면 빌리버딘이 나온다. 빌리버딘(biliverdin)이 간에서 빌리루빈(bilirubin)이 된다. 빌리루빈이 쓸개즙의 원료이다. 쓸개즙은 하루에 500ml 정도가 만들어 진다. 대변과 소변이 노란 색을 띠는 것은 빌리루빈 때문이다.

90%의 적혈구는 간, 지라, 골수에서 대식세포에 의해 분해해서 그 내용물을 회수한다.
 가장 중요한 철을 골수에 저장한다. 남자는 1g, 여자는 0.5g을 저장한다.
 그래서 여성은 본질적으로 빈혈에 약하다.

두 번째 프레임은 소화이다.



식도, 위, 소장, 대장을 그린다. 식도(Esophagus) 위에 구강(oral cavity)이 있다.

Life is tube. 생명의 본질은 관이다

위 아래에서 관이 불거져 간이 된다. 관이 가지를 내면 기관이 된다.

간에서 쓸개즙을 만들고 그것을 보관하는 주머니가 쓸개(gallbladder)이다. 쓸개와 췌장(pancreas)에서 나오는 관이 합쳐진다. 이 관을 조절하는 것이 hepatopancreatic sphincter(담췌관괄약근)이다. 췌장에서는 하루 1000ml의 즙을 만든다.

소장은 duodenum(십이지장), jejunum(공장), ileum(회장)으로 구성되어 있다.

소장의 직경은 2.5cm이고 길이는 7m이다.

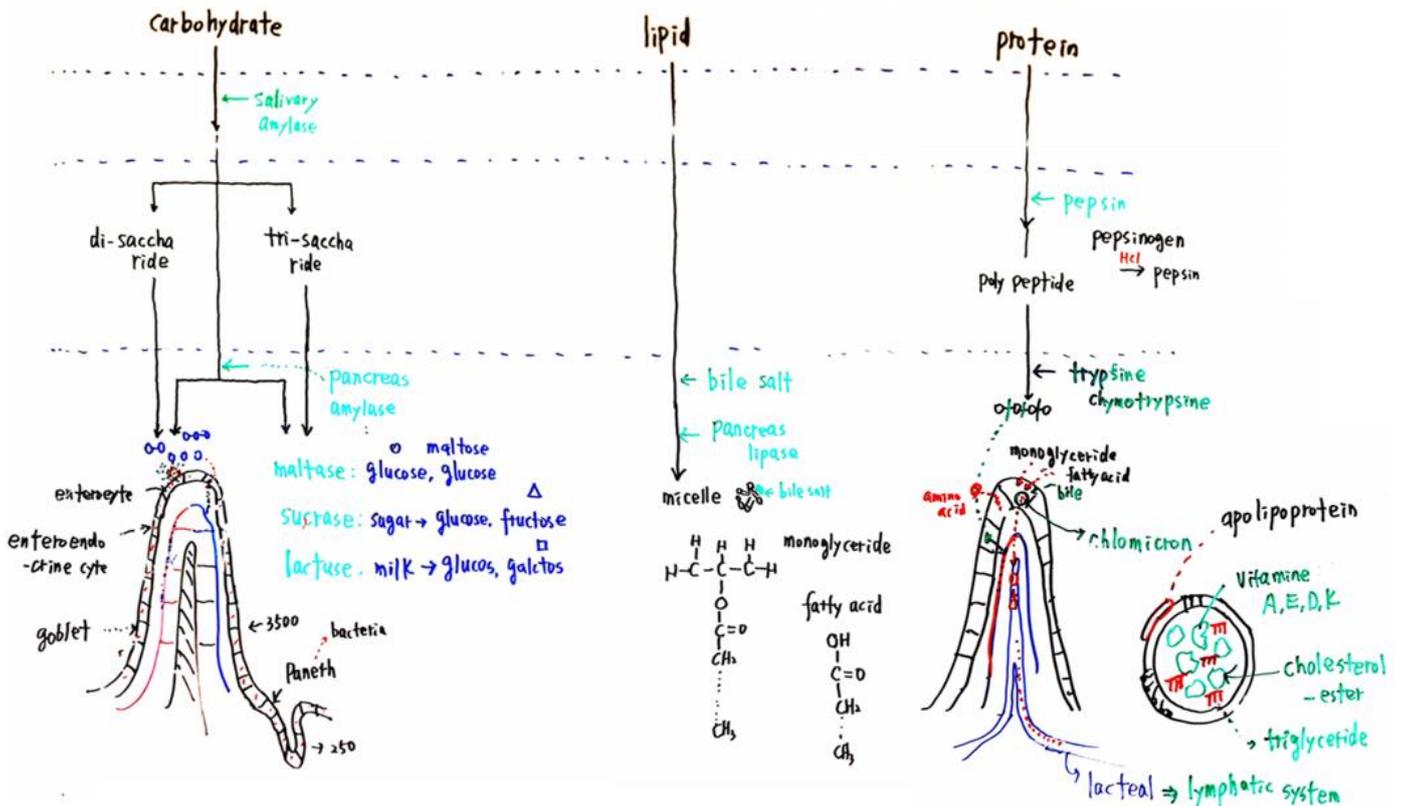
십이지장은 위에서 분비된 염산을 중화시키는 역할을 한다. 염산을 중화시키는 물질은 중 탄산염(HCO₃⁻)이다.

소화의 핵심 부위는 jejunum이다. 공장에서는 아미노산, 글루코스 그리고 무기염류(Na, K, Ca)가 흡수된다.

회장(ileum)에서는 전체 물의 90%와 비타민이 흡수 된다.

대장은 cecum(맹장), colon(결장), rectum(직장)으로 구성된다. 대장의 직경은 7.5cm이고 길이는 1.6m이다.

대장에서는 음식 찌꺼기를 박테리아들이 분해 하는 곳이다. 그리고 결장에서 물의 10%를 흡수한다.



먼저 탄수화물(carbohydrate) 소화 과정을 보자

입에서는 salivary amylase에 의해서 녹말 일부가 분해된다. 침은 보통 상태보다 탄수화물 분해 능력이 1억배 높다. 입을 거쳐 내려간 탄수화물이 위에서 2탄당(di-saccharide)과 3탄당(tri-saccharide)이 된다.

침에 의해 분해되지 못한 다당류는 췌장에서 분비된 pancreas amylase에 의해 소장에서 2탄당과 3탄당으로 분해된다.

소장에서 맥아당(maltose)은 maltase에 의거 glucose+glucose, 설탕(sucrose)은 sucrase에 의해 glucose+fructose, 우유 속에 있던 젖당(lactose)은 lactase에 glucose+ galactose로 분해된다.

소장의 공장(jejunum)에 용모가 있다. 소장에 있는 용모의 전체 표면적은 200m² 정도 된다.

용모 1개에 3500여 개 세포가 있다. 창자움(intestinal crypt)에는 250개의 세포가 있다.

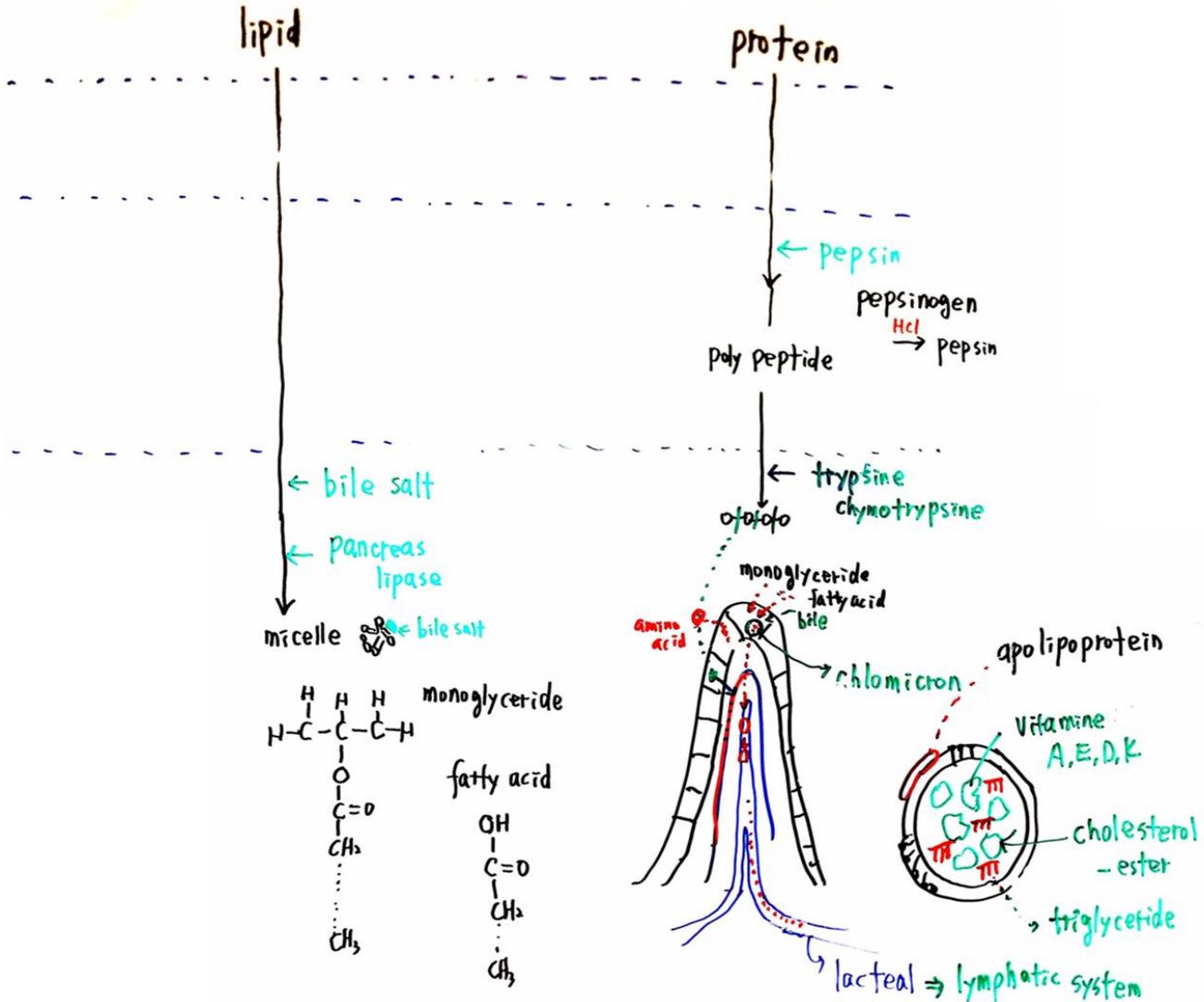
용모에는 enterocyte(소장세포), enteroendocrine cyte(소장내분비세포), goblet(술잔세포), Paneth 같은 세포가 있다. goblet세포는 점액을 만들어 분해된 글루코스 등을 붙잡아 둔다. Paneth 세포는 세균과 싸우는 항체를 만든다.

음식물 알레르기와 관련이 있다.

Enterocyte 세포는 소화효소를 분비하여 덩치 큰 영양 물질을 쪼개고, 소화하고 흡수하는 역할을 한다.

glucose, fructose, galactose는 채널을 따라 세포를 통해 간질 액으로 확산되어 들어 간다.

간질 액에서 드디어 모세 혈관으로 들어간다. 혈관을 통해서 인체 속 다른 기관으로 영양 물질을 수송하게 된다.



지질(lipid)은 입과 위에서는 처리되지 않는다.

십이지장에서 지질이 쓸개즙에 의해서 작은 단위로 분해된다. 쓸개즙은 하루에 500ml정도 분비된다.

이어서 췌장에서 나오는 lipase에 의해서 micelle 구조로 바뀐다.

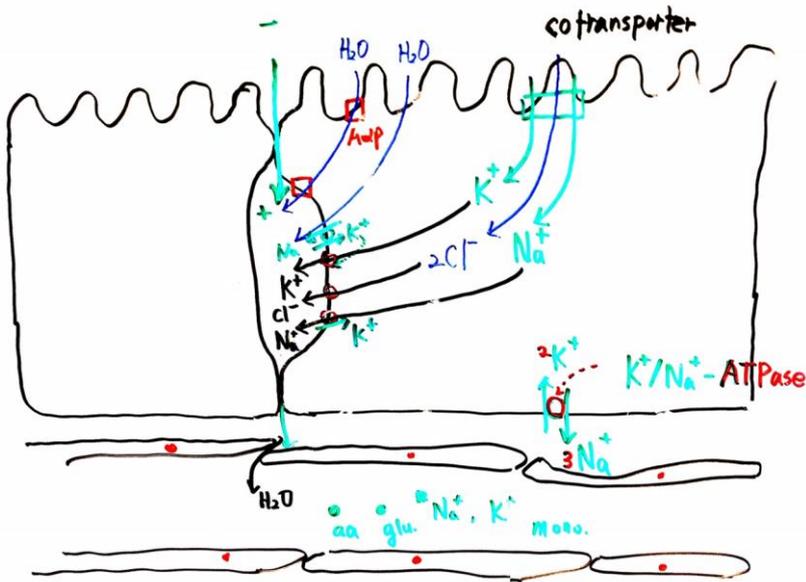
micelle구조에는 monoglyceride와 fatty acid가 bile salt와 함께 박혀 있다.

Monoglyceride와 fatty acid가 micelle구조에서 나와 epithelial cell로 확산되어 들어 간다.

Epithelial cell 속에서 chylomicron을 형성한다. 킬로미크론은 triglyceride와 지용성 비타민(A, E, D, K)그리고 에스터 형태의 콜레스테롤로 구성되어 있다. 그리고 apolipoprotein이 박혀 있다. 이 chylomicron은 너무 커서 모세혈관을 사용하지 못하고 lacteal(암죽관)이라는 림프 시스템(lymphatic system)을 이용하여 인체 기관으로 수송된다.

단백질(protein)은 1차적으로 위에서 pepsin에 의해 분해된다. Pepsinogen이 염산(HCL)에 노출되면 pepsin으로 바뀐다. 이어서 십이지장에서 췌장에서 나오는 trypsin과 chymotrypsin에 의해 분해된다. 여기서 polypeptide가 된다. 췌장에서 하루 1000ml의 췌장액이 나오는데 그 중 90%가 단백질 분해효소(protease)이다. Polypeptide가 enterocyte에서 나오는 단백질 분해 효소에 의해 아미노산으로 쪼개진다. 그 아미노산이 모세혈관을 타고 인체로 간다.

다음은 물이 어떻게 흡수되는지 보자
 용모 2개가 붙어 있다.



먼저 용모에 AQP(aquaporin) 채널이 있어 물이 lumen에서 세포 사이 간질 액으로 갈 수 있다.
 두 번째는 별도 채널 없이 그냥 통과한다.
 세 번째는 co-transporter 채널을 통과한다. co-transporter 채널을 통하여 K^+ , Na^+ , 그리고 2개의 Cl^- 이온이 들어온다. 들어온 이온들은 채널을 통하여 간질 액으로 들어 간다. 나트륨이 나가면 반대로 칼륨이 들어온다. 그리고 칼륨은 들어오고 나트륨은 내 보내는 채널도 있다.
 또한 K^+/Na^+ -ATPase 채널이 있다. 칼륨-나트륨 펌프라고 한다. 이 채널에서는 2개의 칼륨 이온이 들어오고 3개의 나트륨 이온이 나간다. 이때는 에너지(ATP)를 쓴다.

이렇게 되면 간질 액은 이온으로 가득 차서 고장 액이 된다. 특히 나트륨 이온이 많다.
 그러면 소장 lumen에 있던 물이 삼투압에 의해 간질 액 속으로 들어가게 된다.
 이것이 우리 몸에 물이 흡수되는 과정이다.

나트륨이 있는 곳으로 물이 모인다. 물이 필요하기 때문에 소금을 먹는다. 그래서 짠 것이 맛있게 느껴진다.
 간질 액으로 물이 들어 가면 그 물이 혈관 속으로 들어 간다. 피가 묽어지게 된다.
 우리가 하루에 마시는 1.5-2리터 물의 90%가 이 과정을 거쳐 흡수된다.
 모세 혈관 속에는 아미노산, 글루코스, 모노글리세라이드, 무기물질(나트륨, 칼륨), 그리고 물이 들어 있다.

모든 세포는 24시간 쉬지 않고 이산화탄소와 양성자를 만든다.

혈액은 이산화 탄소와 양성자를 회수한다.

양성자와 이산화탄소를 처리하는 곳이 콩팥과 허파이다. 모두 혈액을 매개로 이루어 진다.

나트륨을 조절함으로써 혈액의 PH 농도를 정확하게 맞추어야 한다. 이것이 콩팥이 하는 일이다.

간은 혈액 속의 글루코스의 양을 정확하게 맞추는 일을 한다.

몸에는 ECF(extra cellular fluid: 간질액)와 ICF(intracellular fluid)의 2종류 물이 있다. ECF가 1/3, ICF가 2/3이다.

ECF의 PH 농도는 7.35-7.45사이이다. 인체는 항상 CO2와 양성자를 배출하므로 PH가 산성화의 위험이 항상 내재한다. 인체는 PH의 조절 오차를 0.05이내에서 조절해야 한다. 벗어나면 죽는다.

오줌의 PH는 4.5-8 사이이다. 오줌을 통해서 인체의 PH농도를 조절하고 있다. 그래서 혈액은 40분마다 한번씩, 하루에 60회 콩팥을 순환한다. 나트륨 조절을 통해 혈액의 PH농도를 조절하기 위해서다.

개구리는 피부로 해결한다. 물고기는 암모니아를 바다에 그냥 뿌린다. 포유류는 요소로 바꾸어 배출한다.

조류는 요산으로 내 보낸다. 요산으로 내보내면 요소로 내보내는 것보다 물이 1/10로 줄어든다.

방광이 크면 새가 날 수가 없다. 조류가 똥과 오줌을 함께 배설하는 이유이다.

콩팥이 하루에 filtering하는 혈액의 양이 180리터이다. 핵심은 나트륨이다. 나트륨으로 오줌의 양을 조절한다.

소금이 들어 가야 물이 당긴다. 등산이나 마라톤을 할 때 오줌을 많이 누지 않는다. 땀을 많이 흘려서 그런 것이 아니다. 150g인 콩팥이 1.5kg인 브레인보다 에너지를 더 많이 사용한다. 콩팥은 전체 에너지의 1/4을 사용한다.

K⁺/Na⁺-ATPase에서 에너지를 사용한다.

마라톤이나 등산처럼 에너지를 많이 소비할 때는 콩팥으로 보내는 혈액의 양을 줄인다.

그래서 오줌의 양이 적어지는 것이다.

1. life is tube.

2. RBC

3. every cell → CO₂, H⁺
RBC → m.t.
m.t.

4. blood
ECF: 1/3 ICF: 2/3
→ PH 7.35 - 7.45 : PH: 0.05 \$
→ 3. CO₂, H⁺ → PH ↓

5. Urine ; PH 4.5 - 8 40 min

(2교시)

사구체 모세혈관에는 동맥만 있고 정맥은 없다.

콩팥을 이해하고 나면 비로소 간이 무엇인지 심장이 무엇인지가 보인다.

콩팥은 filtering을 할 때 일단 모든 것을 내 보낸 후 필요한 것을 다시 흡수하는 방식을 쓴다.

사이즈가 큰 적혈구와 음전기를 띠고 있는 글로불린은 나가지 못한다.

사구체에서는 물과 아미노산, 글루코스, 기타 무기질을 모두 내 보낸다.

그리고 근위세관에서 아미노산과 글루코스의 99%와 물의 85%를 즉시 회수한다.

그리고 나트륨과 칼륨은 교대로 회수한다. 결과적으로는 칼륨을 받아들이고 나트륨과 염소를 내 보낸다.

요소는 처음에는 내 보내는데 중간에 요소를 일부 활용하기도 한다.

매 40분마다 혈액 전체에 대하여 같은 과정을 반복한다.

들어가는 모세혈관과 나오는 모세혈관의 직경을 근육으로 조절함으로써 압력을 유지한다. 그러므로 별도의 에너지가 들지 않는다.

나머지 물 15%를 회수하는 일이 핵심이다. 15% 이지만 전체 양은 27리터나 된다.

물을 회수 못하는 콩팥 기능 이상이 요붕증이다. 요붕증에 걸리면 하루만에 죽는다.

정상인의 오줌량은 1.5리터이다.

뇌하수체에서 나트륨 농도를 감지하여 수분 회수 과정을 통제한다. 물을 회수하기 위해 AQP 채널을 사용한다.

AQP채널을 만들어 주는 호르몬이 ADH, 즉 바소프레신이다. 뇌하수체 후엽에서 나온다.

그리고 renin이라는 호르몬이 나온다. 레닌이 나오면 안지오텐신 2가 나오고, 안지오텐신 2에 의해 알도스테론이 나온다. 알도스테론과 바소프레신의 작용에 의해 나머지 수분을 흡수하고, 1.5리터 정도가 오줌으로 나오게 된다.

이 과정은 active transport이므로 에너지가 필요하다.

그래서 몸 전체 에너지의 1/4을 콩팥에서 사용한다.

진화적으로 사구체는 바다 물고기에는 없고 민물고기부터 시작된다.

물고기의 콩팥은 창자 길이만큼 길다. 성인의 콩팥은 10-13cm정도이며 무게는 150g이다.

인간 태아의 콩팥은 2-30 개 정도이다. 콩팥은 중배엽에서 진화되어 나온다. 중배엽은 근육, 신경, 뼈가 함께 나와 체절을 만든다. 그래서 체절마다 콩팥이 있다. 콩팥이 중배엽에서 나온다는 것이 중요하다.

태아에서는 콩팥이 위에서부터 pronephros, mesonephros, metanephros가 차례로 생긴다.

처음 생긴 Pronephros는 태 속에서 사라진다. 다음에 mesonephros가 10여개 생긴다. 태 속에서 오줌을 만든다.

Mesonephros는 태어날 때쯤 기능이 바뀌어 그 위치에 정자를 생산하는 고환이 들어선다.

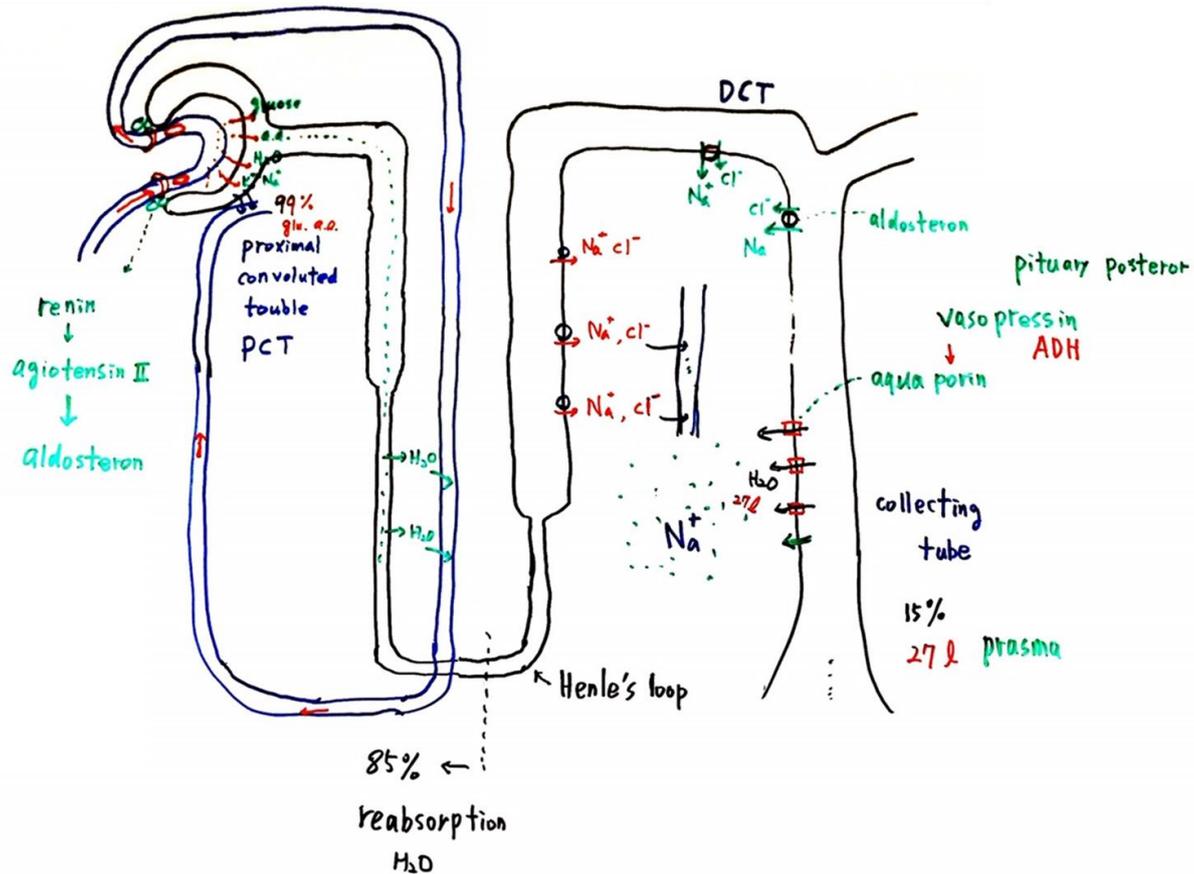
<From fish to philosopher>라는 책에 "콩팥에 대한 생리학은 생식기관과 오줌배설기관 간의 3억년에 걸친 전쟁 이야기이다."라는 대목이 나온다. 오줌이 지나가는 요관이 정자와 난자가 가는 길로 바뀌었다. 콩팥과 정자 난자

만드는 기관이 같이 형성되다가 콩팥은 위로 올라가고 난소와 고환은 밑으로 내려 갔다.

콩팥을 진화적으로 봐야 한다. 포유동물의 암컷은 관이 3개이고, 수컷은 2개이다. 어류부터 조류까지는 관이 1개이다.

생명을 둘러싸고 있는 간질 액이 마실 수 있는 물이 되어야 한다. PH를 정확하게 맞추는 매우 어려운 문제이다. 그것을 해결해야 하는 주체가 뇌하수체이다. 워낙 중요하므로 기관이므로 뇌하수체만을 보호하는 뼈가 sphenoid bone이다.

콩팥의 구조를 알아야 한다.



이런 구조(네프론)가 좌, 우 150만개씩 모두 300만개 정도가 있다. 모두 펼치면 한쪽 콩팥에 있는 관의 길이가 150km정도 된다. 들어가는 혈관과 나오는 혈관에 근육(myocyte)이 있어 혈관의 굵기를 조절한다.

혈압에 의해서 혈관 속에 있던 물과 영양분(글루코스, 아미노산) 그리고 무기질(칼륨, 나트륨)이 혈관 밖으로 filtering되어 나온다. 하루에 180리터가 filtering된다. 필터링 되어 나온 물질들은 보먼 주머니(Bowman's capsule)를 통해 근위세관으로 들어 간다. 근위 세관(PCT: proximal convoluted tubule)에서 아미노산과 글루코스는 99% 흡수된다. 그리고 헨리 루프(Henle loop)의 descending limb에서 물이 빠져 나와 혈관으로 흡수된다.

이렇게 복잡한 과정을 거치는 이유는 양성자 때문이다. 양성자가 세포 속에 많으면 세포 속 단백질에 변성이 생긴다. 그러므로 오래 둘 수가 없다. 양성자가 생기면 즉각 빼내 주어야 한다.

양성자를 빠른 시간에 조절하는 것은 먼저 호흡(허파)이 한다.

두 번째 조금 시간을 갖고 24시간 조절하는 것이 콩팥이다. 그래서 매 40분마다 필터링을 한다. 세포 입장에서는 양성자 문제 해결이 생명체가 짊어지고 있는 문제의 70-80%이다. 생명 현상은 PH 농도가 0.05 범위 내로 조정되는 환경 속에 세포가 사는 현상이다.

콩팥은 나트륨 이온으로 PH 농도를 조절한다. 헨리 루프의 thick ascending limb에서는 이온 채널이 있어 나트륨과 염소 이온을 배출하면 다시 혈관 속으로 흡수된다.

PCT에서 물의 85%를 회수한다. Collecting tube에서 나머지 15%의 물을 흡수한다.

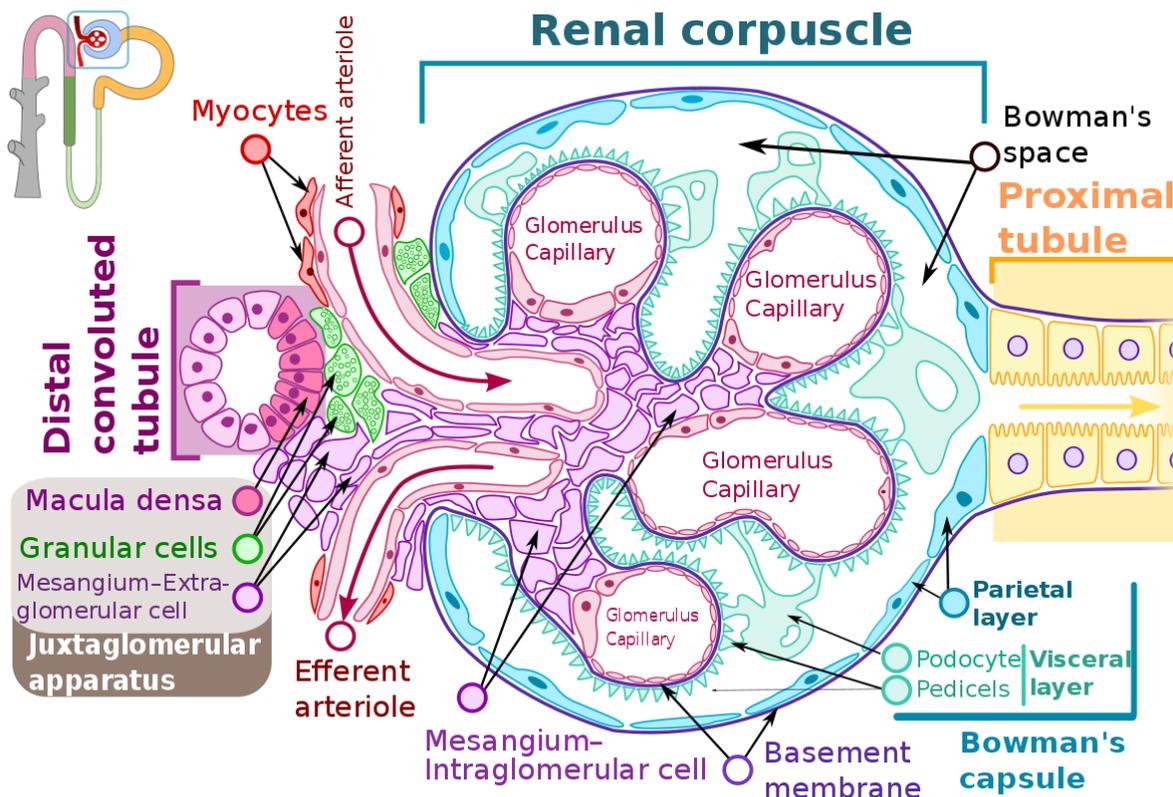
나트륨과 염소 이온이 많아지면 고장액이 되므로 collecting tube에 있는 물이 빠져 나온다.

그것도 모자라 aquaporin 채널을 통해 collecting tube에 있던 물을 내 보낸다.

Aquaporin은 뇌하수체 후엽에서 나오는 바소프레신 호르몬(ADH)에 의해서 만들어 진다.

사구체입구에 있는 세포들이 renin이라는 호르몬을 분비하면 renin에 의해 angiotensin 2가 활성화되고, aldosterone이 나온다. Aldosterone이 DCT에 박힌다. Aldosterone에 의해서 나트륨과 염소 이온이 밖으로 나온다. 포유동물에 와서 헨리 루프가 발달하였다. 그리고 헨리 루프에서 나오는 물을 혈관으로 바로 흡수하기 쉽게 하기 위하여 헨리 루프의 descending limb와 평행하게 직세 혈관이 진화하였다. 39:00

사구체(glomerulus)에서 일어나는 과정을 좀더 자세히 보자



DCT에 있는 macular densa 세포에서 renin 호르몬이 나온다. 그리고 혈관을 수축하는 myocyte 세포가 있다.

그리고 mesangium 세포들의 활동으로 모세혈관의 압력을 조절한다..

모세 혈관의 basement membrane(기저막)은 음 전기를 띠고 있기 때문에 마찬가지로 음 전기를 띤 혈장 속 알부민을 밀어 내어 빠져 나가지 못하게 한다. 이 기저막에 문제가 생기면 알부민이 빠져 나온다. 기저막은 콜라겐으

로 되어 있다.

혈장 속에 있던 물, 아미노산과 글루코스 그리고 무기질들은 족 세포(podocyte)의 발가락이 없는 부분을 통해 혈관에서 보먼공간(Bowman's space)으로 빠져 나간다. 혈관의 압력이 높아지면 더 많은 양이 빠져 나간다. 들어가고 나가는 혈관의 굵기를 실시간으로 조정한다. 근육을 조절하는 세포가 myocyte이다. 하루 동안 180리터가 빠져 나간다.

결론적으로 보먼 공간은 물과 영양물질 그리고 무기질로 가득 찬다.

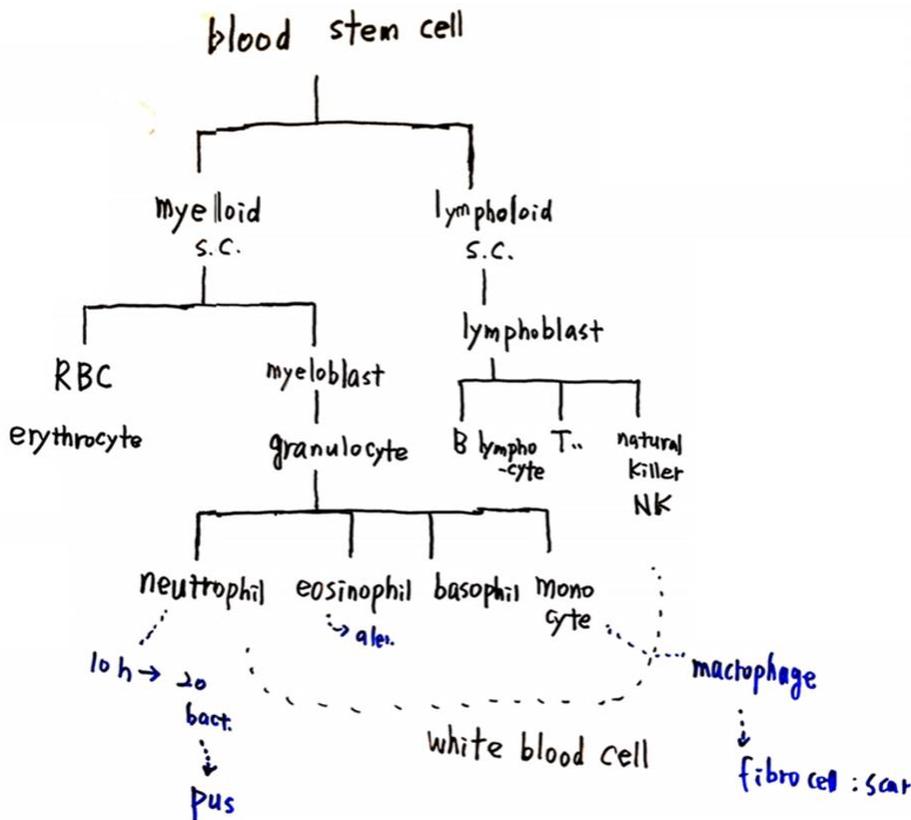
회수할 때는 근위세관(PCT)에 있는 용모들이 흡수한다. 소장에 있는 용모와 같은 역할을 한다.

여기서 영양 물질은 100%, 물은 85%를 회수 한다.

이 흡수한 영양물질들을 옆에 있는 모세혈관으로 다시 보내준다.

나머지 물 15%는 앞에서 설명한대로 collecting tube를 통해 회수 한다.

피가 뭔지 알아본다.



혈액은 blood stem cell에서 나온다. 2종류가 있다.

Myeloid stem cell과 lymphoid stem cell이 있다.

Myeloid stem cell에서 RBC(red blood cell) 즉 적혈구(erythrocyte)와 myeloblast가 나온다.

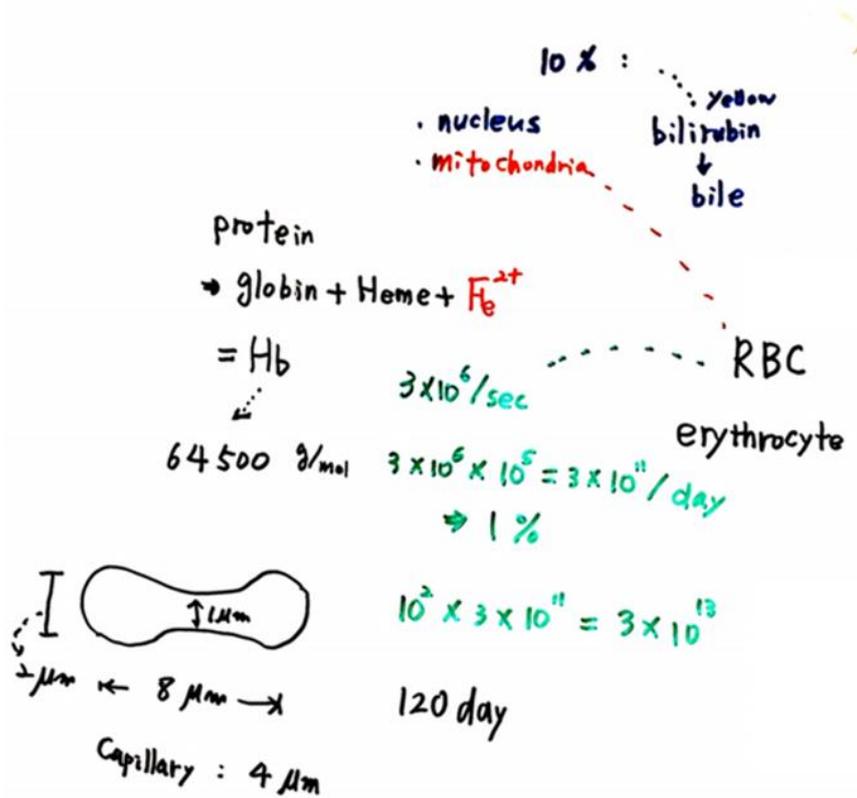
Myeloblast는 granulocyte(과립세포)가 되고 granulocyte에서 neutrophil, eosinophil, basophil, monocyte가 나온다.

Lymphoid는 lymphoblast가 되고 lymphoblast에서 B lymphocyte, T lymphocyte, 그리고 NK(natural killer)가 나온다.

여기서 적혈구를 제외한 전체 세포를 백혈구(white blood cell)이라고 한다.

Neutrophil의 평균 수명은 약 10시간이고, 평균 20마리의 박테리아를 죽인다.
 Neutrophil이 죽은 덩어리가 pus(고름)이다. Eosinophil은 알러지와 관련이 있다.

Monocyte가 모세혈관 밖으로 나왔을 때 부르는 이름이 대식세포(macrophage)이다. 대식세포가 병원균과 싸울 때 호출하는 세포가 fibro cell인데, fibro cell이 상처 부근에 그물을 친다. 그것이 상처의 흉터(Scar)가 된다.



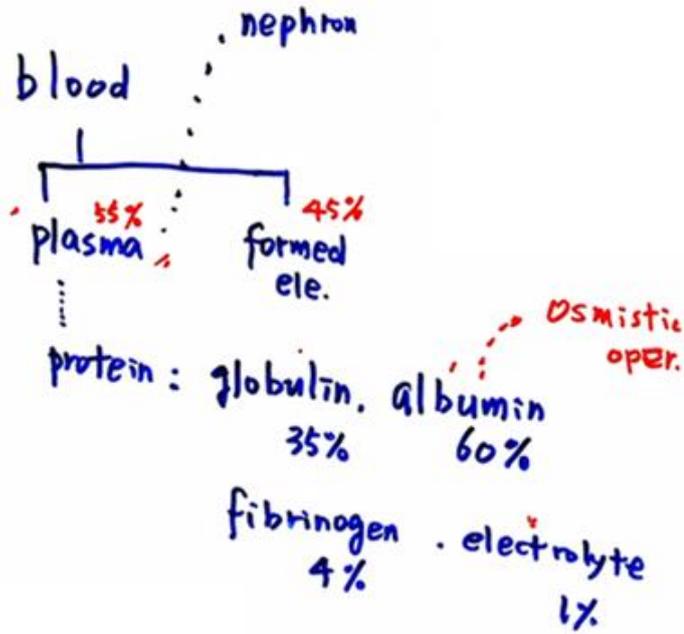
적혈구는 초당 3백만개가 새로 생성된다. 하루(약 10만 초)에 3천억개가 만들어 진다.
 적혈구의 수명이 120일이므로 우리 몸에 약 30조개의 적혈구가 있다.

적혈구에는 핵(nucleus)이 없다. 포유동물만 그렇다. 또한 미토콘드리아가 없다. 적혈구는 산소를 운반하기 때문에 산소를 소비하는 미토콘드리아가 있으면 안 된다. 그래서 인체 세포 중 유일하게 CO2를 만들지 않는다. 필요한 에너지는 혈장 속에 있는 글루코스를 해당작용을 통해 얻는다. 또한 적혈구는 산소를 운반하기 때문에 산소를 소비하는 미토콘드리아가 있으면 안 된다.

적혈구의 10%는 파열된다. 파열되면 bilirubin이 나오는데 이것 때문에 대변과 오줌의 색깔이 노랗다.
 적혈구 단백질 Hemoglobin(Hb)은 globin과 HEM 그리고 Fe²⁺로 구성되어 있다.
 헤모글로빈의 분자량은 64,500g/mol이다.

적혈구의 두께는 $2\mu\text{m}$, 가운데 두께가 $1\mu\text{m}$, 지름이 $8\mu\text{m}$ 이다. 그런데 모세혈관의 직경은 $4\mu\text{m}$ 이다.

적혈구는 초당 3백만개가 만들어 지는데, 고산지역이나, 부상으로 출혈이 심할 때, 그리고 더 많은 혈액이 필요할 때는 적혈구를 만드는 rate가 10배까지 바뀐다. 초당 3천만개까지 만들 수 있다.



혈액은 plasma(혈장) 55%와 formed element 45%로 구성되어 있다.

혈장 속에 있는 단백질은 globulin 35%, albumin 60%, fibrinogen 4%, electrolyte(전해질) 1%로 구성되어 있다.

Albumin은 삼투압 작용(osmotic operation)을 한다. Globulin은 면역작용을 하고 다른 물질의 이동 및 lipoprotein을 만드는 데에도 관여한다.

콩팥과 관련이 있는 것은 plasma이다. Plasma 내용물 중에서 단백질은 통과하지 못하고 전해질만 통과한다.

그리고 적혈구와 백혈구도 통과하지 못한다.

다음 시간에 계속해서 콩팥, 간, 그리고 허파 공부한다.

수고 하셨습니다.