

1. 세포설

- ① 로버트 훅 : 세포 발견
- ② 레벤훅크 : 정자 관찰
- ③ 슈라이덴 : 식물 세포설 확립
- ④ 슈반 : 동물 세포설 확립
- ⑤ 피르호 : 세포 유래설

2. viroid

- ① ssRNA로 이루어진 감염성 입자
→ 바이러스의 1/1,000 크기
- ② 번역 정보 ×, 일부 라이보자임 활성 가짐
- ③ 수소결합 통해 2차 구조 형성
- ④ 숙주 세포(식물) 내에서 siRNA로 가공되어 숙주 유전자의 발현을 저해 → 작황 감소
- ⑤ 숙주의 RNA pol. II를 이용해 RNA로부터 RNA 복제

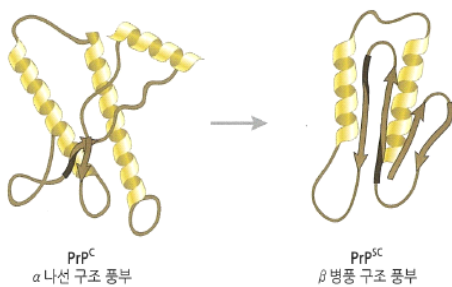
3. prion

① 발견

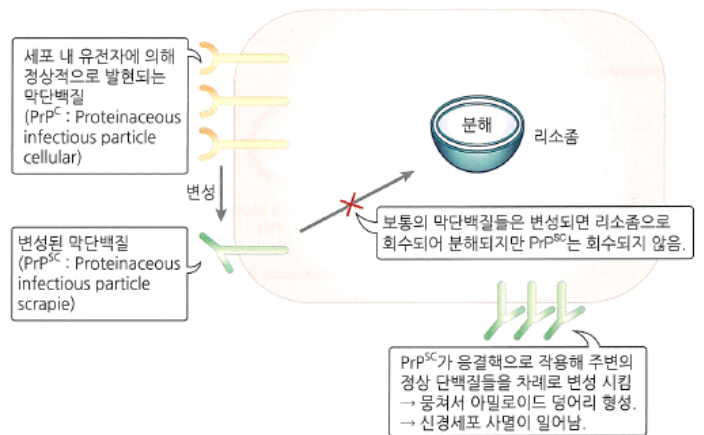
- 바이러스는 가열이나 방사선(자외선) 처리에 의해 쉽게 불활성화 되지만, 몇몇 질병의 원인 입자들은 오직 단백질 분해효소(Protease)에 의해서만 약한 불활성화가 일어남
- 프루시너(1982년)에 의해 단백질로만 이루어진 질병원이 정제됨

② 특징

- 정상 프리온(α 나선 풍부) → 비정상 프리온(β 병풍 풍부) : 3차 구조가 변성된 단백질
→ 끓여도 불활성화 되지 않고, 체내 소화 효소들에도 잘 분해되지 않음
→ 섭취 시 소장에서 트랜스시토시스(Transcytosis)로 흡수됨



- 신경 세포에서 자연적으로 발생(몇몇 생물은 특정 유전자의 돌연변이로 인해 단백질이 더 쉽게 변성되기도 함)하거나 섭취를 통해서 체내로 유입됨
→ 비정상 프리온이 응결핵 작용을 해서 다른 정상 프리온들을 변성시킴
→ 비정상 프리온들이 서로 뭉쳐 아밀로이드 덩어리를 형성해 세포 기능을 저해함
- 자기 단백질이 변성된 것이므로 숙주의 면역계가 항원으로 인식해 제거할 수 없음



③ 종류

- 다른 증후군, 스크레피, 알츠하이머병, 쿠루병, 크로이츠펠트-야콥병 등

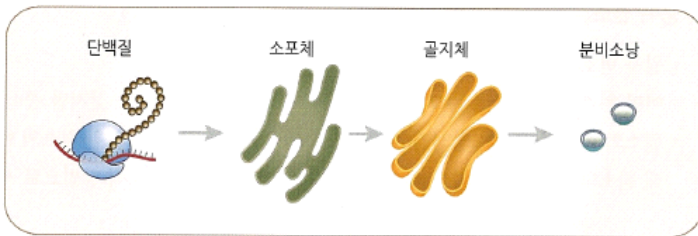
4. 물질의 이동 경로 추적 실험

(1) pulse-chase 실험

- 세포에 ^{35}S -Met을 잠시 투여해 단백질이 합성되도록 함
- ^{35}S -Met을 제거한 뒤 세포를 계속 배양하면서 일정 시간 간격으로 세포 소기관들을 획득
- 표지된 단백질이 시간 경과에 따라 어떤 소기관에서 관찰되는지 분석

(2) pulse-labelling 실험

- 세포에 ^{35}S -Met을 계속 투여한 채 단백질이 합성되도록 함
- 세포를 계속 배양하면서 일정 시간 간격으로 세포 소기관들을 획득
- 표지된 단백질이 시간 경과에 따라 어떤 소기관에서 관찰되는지 분석



세포 파쇄 후, 원심분리로 각 세포 소기관을 따로 획득

	세포질	골지체	분비소낭
펄스 추적 실험	*	*	*
펄스 라벨링 실험	*	*	*

5. 환원당 : 자신이 산화되며 다른 물질을 환원시키는 당

- (1) 환원당 : 모든 단당류 + 엷당, 젖당
- (2) 비환원당 : 모든 다당류 + 설탕

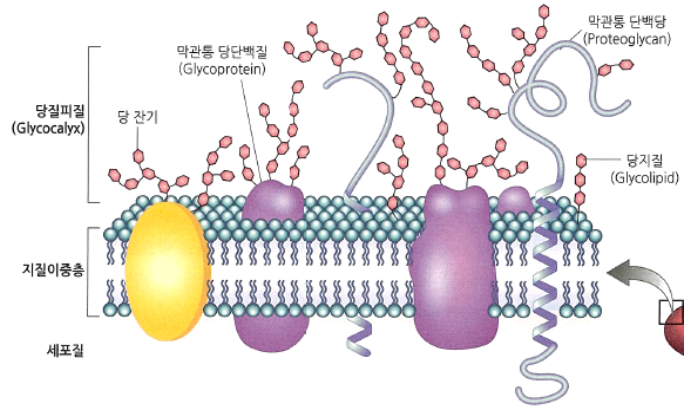
6. GAG

- * 하이알루론산(hyaluronic acid)
 - 투명하고 점성이 있는 다당류
 - 윤활 관절의 윤활액, 눈의 유리체 방수, 연골과 건의 성분
 - 박테리아가 결합 조직을 침투하거나 정자가 침체 반응으로 난자의 투명대막을 녹일 때, 하이알루로니다아제(Hyaluronidase)로 하이알루론산을 분해함

7. 추가 다당류

(1) glycocalyx

- 프로테오글리칸, 당단백질(Glycoprotein), 당지질(Glycolipid) 등에 의해 세포막 바깥쪽에 형성된 당의 층
- 세포 표면 보호, 주변 환경 물질의 인식과 부착, 세포 신호 전달 등에 관여
- 당의 음전하에 염이 결합해 물 분자를 끌어들이고
 - 세포 표면을 미끌미끌하게 해서 세포들끼리 달라붙지 않고, 좁은 틈 사이를 쉽게 비집고 빠져 나갈 수 있도록 도와줌



(2) peptidoglycan

- N-아세틸글루코사민과 N-아세틸뮤람산이 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 결합으로 이어진 구조
- 진정세균의 세포벽을 형성해서 저장액 환경에서 세포가 용해되는 것을 막아줌 (고세균의 경우, 슈도펩티도글리칸(Pseudopeptidoglycan)으로 세포벽을 형성)

(3) agarose

- 한천질을 지닌 홍조류의 세포벽 성분
- 가열해서 물에 녹인 후 서서히 식히면 약 $32 \sim 40^\circ\text{C}$ 에서 나선 모양의 덩어리가 그물 구조를 형성하면서 굳어 아가로오스 겔을 형성
 - 핵산을 분리하는 전기영동 실험에 사용

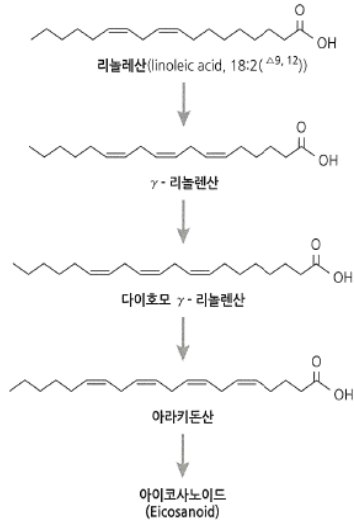
8. 필수 지방산 : cis-불포화

* ω -3 계열

- 혈중 중성 지방 농도, 심장 박동수, 혈압을 조절하고 심장병을 예방
- 인간의 뇌, 눈의 발달에 영향을 미침
- α -리놀렌산(Linolenic acid, $18:3(^{4,9,12,15})$), DPA(Docosapentaenoic acid, $22:5(^{4,7,10,13,16,19})$), DHA(Docosahexaenoic acid, $22:6(^{4,7,10,13,16,19})$) 등

• ω-6 계열

- 아이코사노이드 계열(프로스타글란딘, 트롬복산, 류코트리엔, 프로스타사이클린)의 여러 가지 국부 호르몬으로 전환되어 체내에서 다양한 생리적 조절을 함



9. 막지질의 분류

(1) 인산지질(인지질)

① 글리세로인산지질	<p>지방산</p> <p>지방산</p> <p>PO₄ 알코올</p>
② 스펡고지질 (예) 스펡고마이엘린	<p>지방산</p> <p>PO₄ 콜린</p>

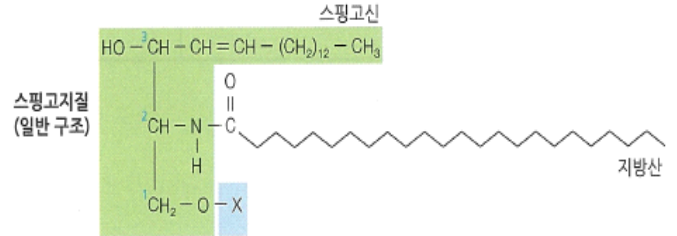
(2) 당지질 : 틸라코이드 내막의 70~80%(토양 : 인 부족)

① 스펡고지질	<p>지방산</p> <p>탄당</p>
② 갈락토지질(황지질)	<p>지방산</p> <p>지방산</p> <p>탄당 또는 이당 -SO₄</p>

(3) ether 지질 : 고세균

* 스펡고지질

• 스펡고신 + 긴 사슬의 지방산 한 개 + 극성 머리



(1) 인산지질 : 스펡코마이엘린 → 수초 막지질 주성분

(2) 당지질

ABO식 혈액형 (적혈구 표면의 당질피질층(Glycocalyx))	ganglioside
<p>O형</p> <p>A형</p> <p>B형</p>	<p>리소좀 분해효소인 헥사미니다이스 A(Hexosaminidase A) 결핍 시 축적되어 뇌 발달에 이상을 일으킴 : 테이-삭스 병</p>

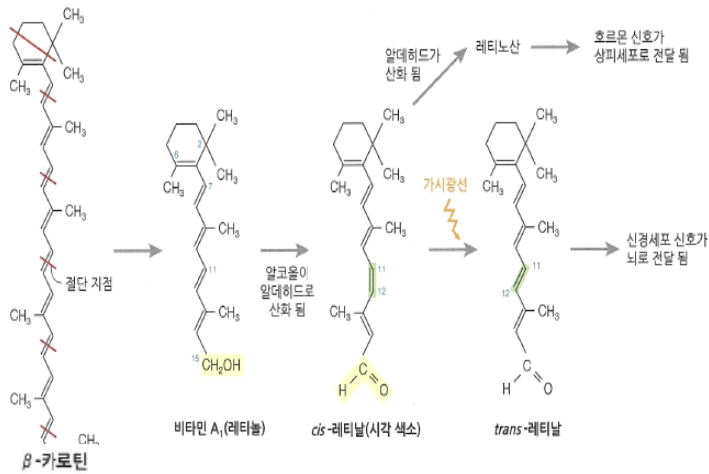
10. sterol

- 진핵생물
 - 동물 : 콜레스테롤(Cholesterol, 간에서 합성됨)
 - 식물 : 피토스테롤(Phytosterol : Campesterol, Sitosterol, Stigmasterol, Arenasterol)
 - 균류 : 에르고스테롤(Ergosterol)
- 원핵생물
 - 스테롤을 직접 합성하지 못함(*Mycoplasma* 등 소수의 세균은 주변 환경에서 획득해 세포막 안정성을 유지하는데 사용)
 - 일부 세균들은 스테롤 대신 호판노이드(Hopanoid)를 직접 합성해 사용함

11. 지용성 비타민

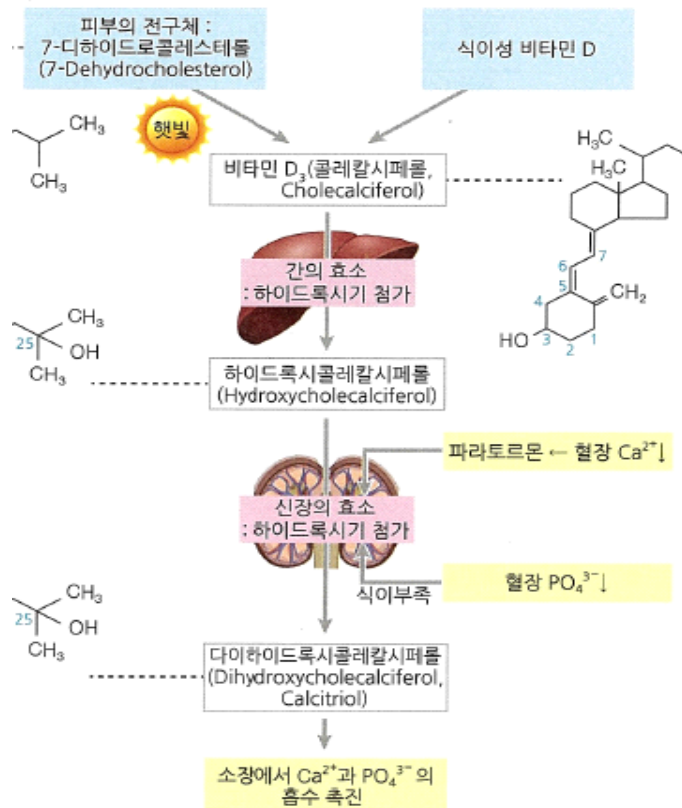
(1) Vit.A

- 시각 성립에 관여, 결핍 시 야맹증에 걸림



(2) Vit.D

- 콜레스테롤 유도체로 소장에서 Ca^{2+} , PO_4^{3-} 흡수에 관여, 결핍 시 구루병에 걸림
- 식이를 통해 또는 피부의 광화학 반응을 통해 얻어진 후, 간과 신장에서 차례로 활성화 과정을 거침

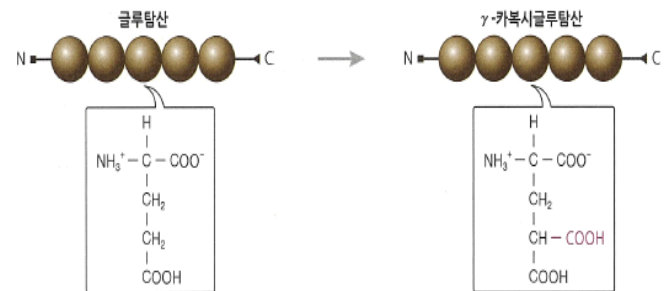


(3) Vit.E = 토코페롤

- 라디칼을 제거하여 세포 손상을 방지하는 항산화제 역할

(4) Vit.K

- 인자 VII, IX, X, 프로트롬빈 등의 혈액 응고 인자들 내 글루탐산을 γ-카복시 글루탐산으로 변형하는데 관여
- 식물 섭취를 통해서 또는 장내 기생 세균이 합성한 것을 얻음
 - 영아는 장내 세균이 적어 비타민 K 공급 부족으로 혈액 응고가 잘 안되기도 함

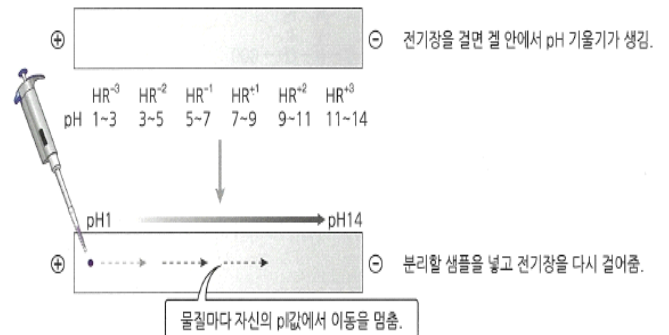


* 와파린(Warfarin)

- 비타민 K의 유사체로 항응고 기능

12. 등전점 전기영동 (IEF)

- 등전점(Isoelectric point, pI) : 물질의 알짜 전하가 0이 되는 pH 값
- 섞여 있는 물질들을 겔 상에서 pI 값에 따라 각각 분리하는 실험법



- pH 구배와 (+), (-) 전하 구배의 방향이 맞아야 함
- 분리하려는 물질들을 겔 상의 아무 곳에 올려놔도 상관 없음

13. chaperone

- 열충격(heat-shock) 시 세포 내 발현양이 증가하는 단백질로 처음 발견됨
- 직접 ATP를 소모하면서 다른 단백질들의 접합을 조절

(1) Hsp(heat-shock ptn)

열충격을 받아 풀린 단백질 } Hsp가 붙어 단백질 내 소수성 R기들이 잘못
완전히 접히기 전에 막을 통과하는 } 뭉쳐 덩어리를 형성하지 않도록 해 줌
폴리펩티드

(2) chaperonin

- 자발적으로 잘 접히지 못하는 단백질과 결합해 정상적인 구조로 접히도록 도와줌

(3) PDI

- 소포체 내에서 이황화 결합을 만들고 재배열해서 단백질이 정확한 구조로 접히도록 도와줌

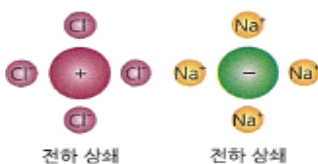
14. 단백질과 염

- 염용: 적당한 농도의 염은 물 분자의 분극화를 촉진해 단백질과 물 분자의 상호 작용을 높여 단백질이 물에 더 잘 녹게 함
- 염석: 지나치게 많은 양의 염은 물 분자를 감싸 단백질을 물 분자로부터 격리시켜 단백질이 변성되지 않은 온전한 상태로 침전될 수 있게 함
→ dehydration effect

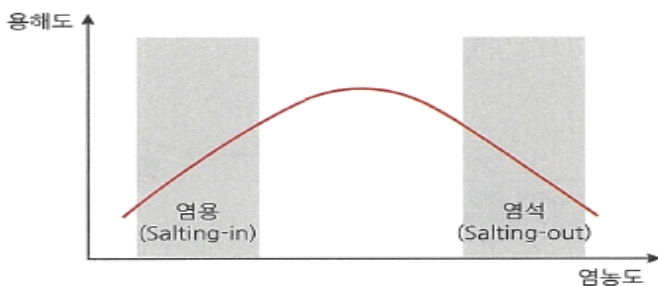
* 반대 이온 구름 효과

(Counter-ion cloud effect)

염석 현상을 설명하는 다른 이론. 염의 전하가 단백질 표면의 전하들을 상쇄시켜 물과 결합하지 못하고 침전되게 함



↓
물과 결합하지 못하고 침전 됨.



15. 추가 단백질

(1) collagen

- 1회전 당 3개의 아미노산 잔기를 갖는 원 나선 구조의 폴리펩티드 3개가 다시 오른 나선으로 초나선 구조를 이루며 꼬임
→ 강한 신장력을 가짐
- 아미노산 서열이 대개 Gly-X-Y로 반복됨(X: Pro, Y: hydroxy-Pro)
- 사람에게 필수적인 아미노산 함량이 낮아 영양 가치가 거의 없음, 젤라틴
- 연골, 손톱, 건 등의 구성 성분

(2) elastin

- 여러 조직들에서 원래대로 복원하는 신축성을 갖게 함
- 마판 증후군(Marfan's syndrome): 그물 구조 형성의 구성 성분 중 하나인 피브리린(Fibrillin) 단백질 결핍 시 나타남
팔, 다리가 길고 호리호리 하며, 연골 약화, 척추 측만증 등을 보임

- 콜라겐: 신장력 확보

- 엘라스틴: 신축력 확보

동맥 결합 조직: 콜라겐 + 엘라스틴 풍부
정맥 결합 조직: 콜라겐 풍부

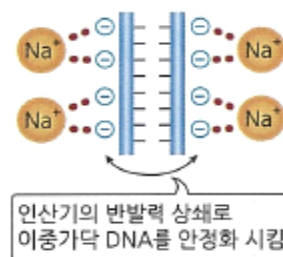
(3) fibronectin

- 세포막의 인테그린(Integrin)과 세포외기질(ECM)의 콜라겐, 프로테오글리칸 등 사이에 연결 구조를 형성하고 세포가 세포외기질 위를 이동할 수 있도록 도와줌
→ 혈소판이 상처 부위에 응집될 때 피브로넥틴의 도움으로 부착함

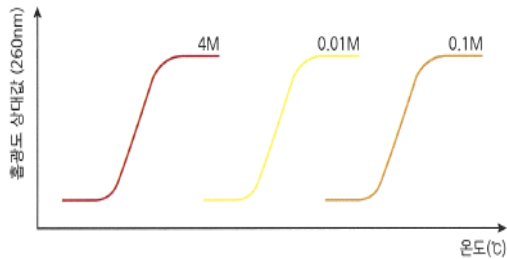
16. DNA와 염

(1) DNA 분자 내

- NaCl: 이중 가닥 DNA 내 인산의 음전하 사이 반발력을 줄여서 이중 가닥 DNA 구조를 더 안정화시킴 → T_m 값 증가

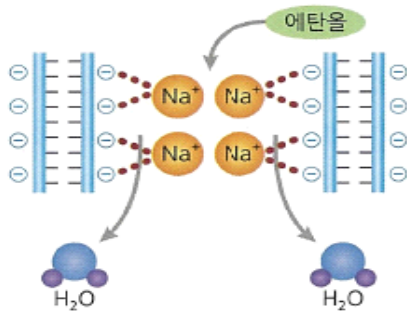


- Sodium Trifluoroacetate ($\text{CF}_3\text{COO}^-\text{Na}^+$)
 - 낮은 농도에서 DNA를 안정화 → T_m 값 증가
 - 높은 농도에서 염기 사이의 수소 결합 파괴 → T_m 값 감소



(2) DNA 분자들 사이

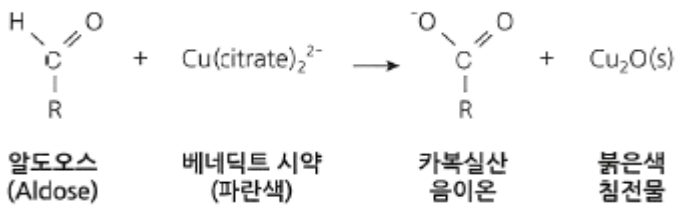
- 유기용매인 알코올을 넣으면, 알코올이 DNA의 음전하와 염의 결합을 강화시킴
→ NaClO 이 DNA 분자들 사이 인산의 반발력을 상쇄해, DNA들이 서로 뭉쳐 침전되게 함



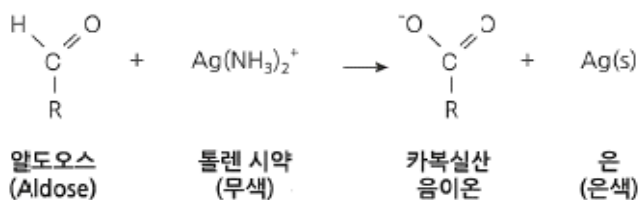
17. 물질 검출법

(1) 환원당 검출

- 베네딕트 반응(청록색 → 황적색)



- 은거울 반응(무색 → 은색)



(2) 녹말 검출

- 요오드-요오드화 칼륨 반응(오렌지색 또는 노란색 → 청남색)

(3) 지방 검출

- 수단III(붉은색 → 선홍색)

(4) 아미노산 검출

- 닌히드린 반응(아미노기 검출)

(5) 단백질 검출

- 뷰렛 반응(청록색 → 보라색)

- A_{280} 흡광 측정: 티로신, 트립토판이 주로 흡광을 하며, 페닐알라닌, 이황화 결합도 약간의 흡광을 함

- 브래드포드 에세이: 염색약인 쿠마씨 블루(Coomassie Blue)가 단백질에 비특이적으로 결합하면 595 nm에서 흡광을 갖는 성질을 이용해 단백질을 정량함

(6) DNA 검출

- 삽입물질(Intercalating agent): DNA 염기쌍 사이에 소수성 결합으로 끼어든 후 특정 파장의 빛을 쏘이면 흡광을 함

아크리딘오렌지(Acridine Orange),

브롬화 에티듐(Ethidium Bromide(EtBr)),

프로피디움 요오드화물(Propidium Iodide),

- 핵산의 음전하를 이용한 염색: 염기성 염색약이 DNA의 인산과 이온 결합
메틸렌블루, 아세트산카민, 헤마톡실린 등

- A_{260} 흡광도 측정: 퓨린, 피리미딘이 260 nm에서 흡광 하는 성질을 이용해 핵산의 양 확인 가능

18. 동종 효소(isozyme)

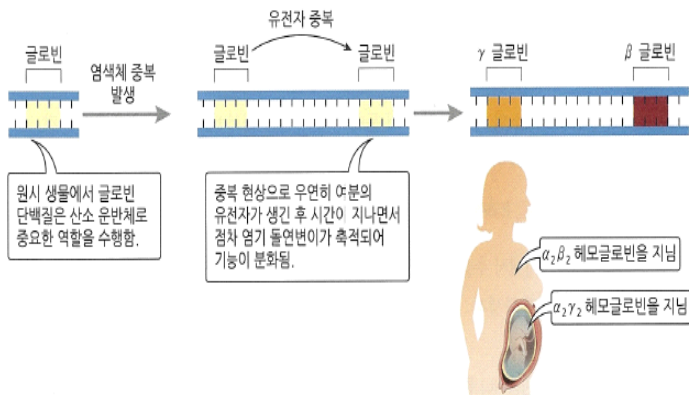
- 아미노산 서열은 서로 다르지만 같은 대사 과정에 관여하는 효소들
 - 동종 효소들 간에 기질 결합 부위 구조는 거의 유사
 - 기능적 동질성이 높아 공통의 도메인들이 관찰됨
 - 약간의 아미노산 서열 차이를 지녀 각 환경 조건에 맞게 효소들이 발현됨
 - 체내의 각 기관마다 pH, 염농도, 온도 등의 조건들이 다름
 - 발생 시기에 따라 다른 환경 조건이 조성됨
 - 상황에 따라 다른 방식의 조절을 받을 필요가 있음
- 고등 생물일수록 동종 효소의 비율이 높아짐

(1) exon shuffling

- 진화 과정 중 서로 다른 유전자의 일부 엑손 부위들을 복제하고 조합해서 이 엑손들로 이루어진 새로운 유전자가 만들어지는 현상
 - 새로 만들어진 유전자에서 번역된 단백질은 이전 유전자에서 번역된 단백질과 동일한 도메인을 지니게 됨

(2) multigene family

- 한 생물체 내에 유사한 단백질 정보를 지닌 유전자들의 그룹
 - 진화 과정 중 어떤 유전자가 염색체 중복 현상 등으로 여러 개로 복제된 후, 시간 경과에 따라 조금씩 돌연변이가 일어나 살짝 다른 단백질을 합성하는 유전자들로 각각 정착함



(3) alternative splicing

- 한 유전자가 전사되면서 다양한 조합으로 엑손이 연결되어 여러 가지 서로 다른 mRNA들이 생성됨
 - 각 mRNA로부터 번역된 단백질들은 대개 서로 유사한 기능을 함

19. RNA world

- 중심원리가 성립되기 이전에는 RNA가 유전 물질, 생체 촉매 등의 역할을 모두 수행했을 것으로 예상함

(i) 포름알데히드를 넣고 원시 대기 조건에 두면 리보오스는 생기지만 디옥시리보오스는 생기지 않음

(ii) 일반적으로 불안정한 구조에서 안정한 구조로 진화함(RNA → DNA)

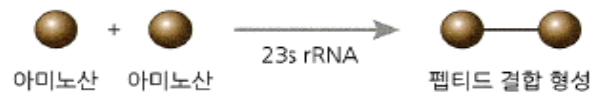
- 우라실 대신 티민 사용
- 외가닥에서 이중가닥으로 바뀜
- 리보오스 대신 디옥시리보오스 사용

(iii) RNA의 유전 정보 기능

- RNA를 유전 정보로 이용하는 RNA 바이러스들이 존재함
- RNA는 자가 복제 능력을 지니고 있음

(iv) 촉매 기능의 수행

- 리보솜은 단백질 합성의 핵심 기구이기 때문에 갑작스런 변이가 일어날 경우 생물체에 치명적일 수 있어서, 중요 기능 부위들이 여전히 rRNA로 남아 촉매 기능을 수행하고 있음



(v) 조절 기능의 수행(Riboswitch)

- RNA의 구조가 상황에 따라 바뀌면서 스스로 단백질 번역의 조절자 역할을 함

20. 알로스테리 조절 : Hb

(1) 산소 : co-operativity(협동성)

- 헤모글로빈은 네 개의 폴리펩티드($\alpha_2\beta_2$)로 이루어져 있으며, 네 개의 기질 결합 부위를 지님
- 기질 결합 부위는 헴(철 + 포르피린 링) 구조로 되어 있음
- 각 기질 결합 부위에 산소가 붙을 때마다 효소 구조가 바뀌면서 남은 결합 부위의 산소 결합력이 바뀜

(2) 2,3-BPG : neg.allostery

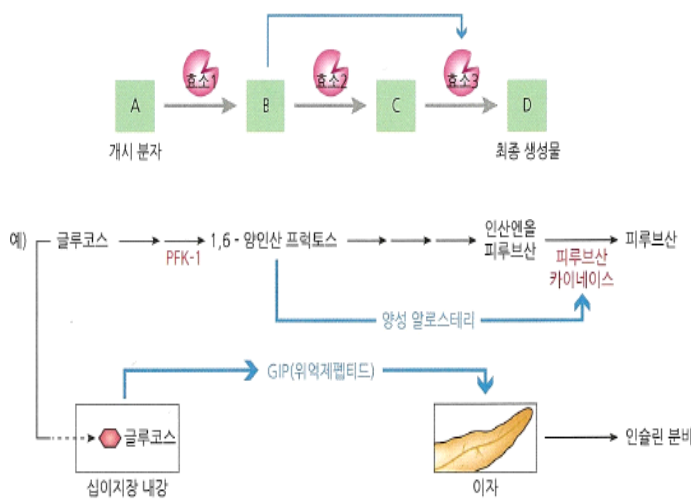
- 산소↓, 이산화탄소↑ 시 → 적혈구가 해당과정 중 부산물로 2,3-BPG를 생성함
- 2,3-BPG가 헤모글로빈의 알로스테리 자리에 결합 → 헤모글로빈의 산소 결합력이 약해짐 → 쉽게 산소가 해리되어 산소를 조직에 더 많이 공급하게 됨

(3) H^+ : neg.allostery

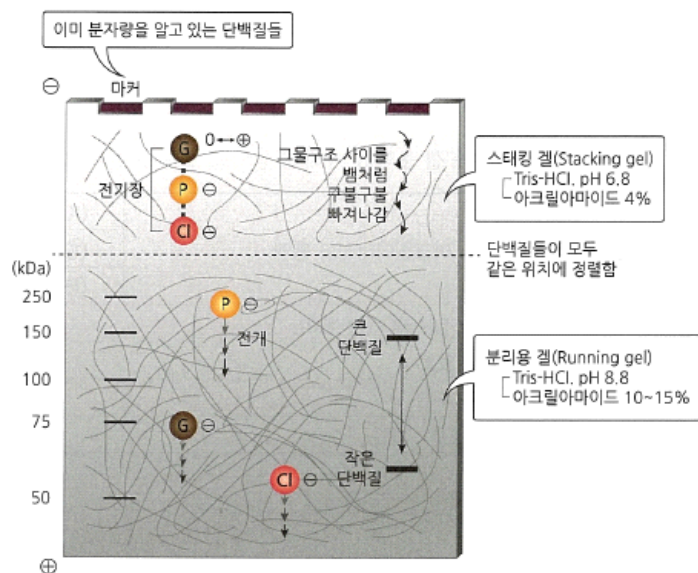
- 조직의 호흡 ↑, 대사 물질(젖산, 케톤체) ↑ 시 → 이산화탄소가 생겨 적혈구로 단순 확산됨 → 적혈구 내에서 H^+ 이 생겨 헤모글로빈 β-사슬의 알로스테리 자리에 결합 → 헤모글로빈의 산소 결합력이 약해짐 → 쉽게 산소가 해리되어 산소를 조직에 더 많이 공급하게 됨

21. feed-forward 조절

- 대사가 진행되면서 생긴 중간물질이 하위 단계의 효소를 미리 활성화해서 앞으로 일어날 생리적 변화에 대비하도록 조절하는 현상



22. SDS-PAGE



※ 브로모페놀 블루

단백질들은 전기영동 중 눈에 보이지 않기 때문에 이들의 이동을 확인할 목적으로 파란색 염색약인 브로모페놀 블루를 함께 전기영동해서 단백질들의 이동 정도를 간접적으로 확인함

스태킹 겔 : 각 단백질들이 겔 상에서 일렬로 정렬되게 함

분리용 겔 : 일렬로 정렬되었던 단백질들이 분자량에 따라 차례로 분리되게 함

(+) 길이가 짧은(분자량 작은) 단백질 → 길이가 긴(분자량 큰) 단백질 (-) 순서로 전개됨

23. 2D-electrophoresis(2차원 전기영동)

- 샘플 속의 단백질들을 분자량과 pI 값의 차이를 이용해 분리하는 실험법
- 많은 단백질들이 섞인 샘플은 한 가지 성질 차이만으로 각 단백질들을 모두 분리해내기 어렵기 때문에, 1차, 2차 전기영동을 연속적으로 수행해 두 가지 다른 성질로 단백질들을 분리함

1차 : 등전점 전기영동 → 2차 : SDS-PAGE

24. 아미노산 서열 분석법

(1) 생어 법

- 폴리펩티드의 N-말단에 공유 결합하는 FDNB를 처리
- 폴리펩티드에 6M HCl을 처리해 모두 아미노산 단위로 가수분해함
- 2D-크로마토그래피를 수행해 각 아미노산들을 분리한 뒤, FDNB-아미노산에 해당하는 물질이 무엇인지 확인함

(2) 에드만 분해법

- 폴리펩티드의 N-말단에 공유 결합하는 PITC 처리
- 공유 결합한 PITC가 N-말단 아미노산 한 개를 절단함
- N-말단 아미노산 한 개가 떨어져나가고 남은 폴리펩티드 절편을 분리함

생어법과 에드만 분해법을 번갈아 수행해 절편 내 아미노산 배열 순서를 확인함

25. 아쿠아포린

아쿠아포린(Aquaporin, 비개폐성 채널) : 애그리(1988년)

- 신장에서 여과된 원료 성분 중 물이 상당히 빠른 속도로 재흡수 됨
→ 물을 빠른 속도로 선택적으로 수송하는 막단백질을 확인
- 채널의 Asn⁷⁶, Asn¹⁹² 두 개의 잔기가 필터 역할을 해서 물 분자와 수소 결합을 함
- 물 분자들 사이에 H₃O⁺ 형태로 양성자 도약(proton hopping)이 일어나는 것을 막아서 물 분자만 선택적으로 수송함
- 체내 혈장 삼투압 ↑ → 시상하부의 삼투 수용기가 인식 → 바소프레신 분비 → 신장 네프론의 원위 세뇨관, 집합관에 신호 전달 → 세포의 정단면에 아쿠아포린이 발현됨 → 물 분자 재흡수

26. ATP-powered pump : 1차 능동수송

(1) P type pump

- ATP 가수 분해 시 떨어져 나온 P가 펌프에 붙어 단백질의 구조 변화를 일으켜서 물질이 이동함
- 동물 세포막의 Na⁺/K⁺ 펌프, 식물 세포막의 H⁺ 펌프, H⁺/K⁺ 펌프, Ca²⁺ 펌프 등

(2) F type pump

- H⁺이 농도 기울기에 따라 이동하는 힘에 의해 F₀가 회전하면, F₁ 내에 위치한 세 개의 α, β 소단위체들이 구조가 변하면서 ATP 합성을 함
- 미토콘드리아 내막, 엽록체의 틸라코이드 내막, 세균 세포막의 F₀F₁ 복합체들

(3) V type pump

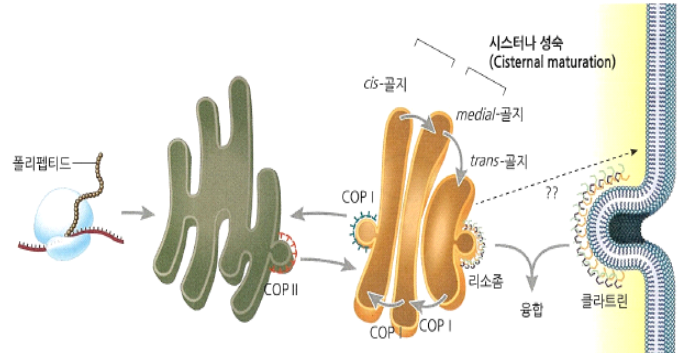
- F형 펌프와 구조가 거의 유사함
- 리소좀, 액포 등 소낭의 H⁺ 펌프들

(4) ABC(ATP-binding cassette) transporter

27. 세포 소기관 사이 물질 수송

- 세포 내 막성 소기관들은 소낭을 형성해 서로 물질들을 교환함

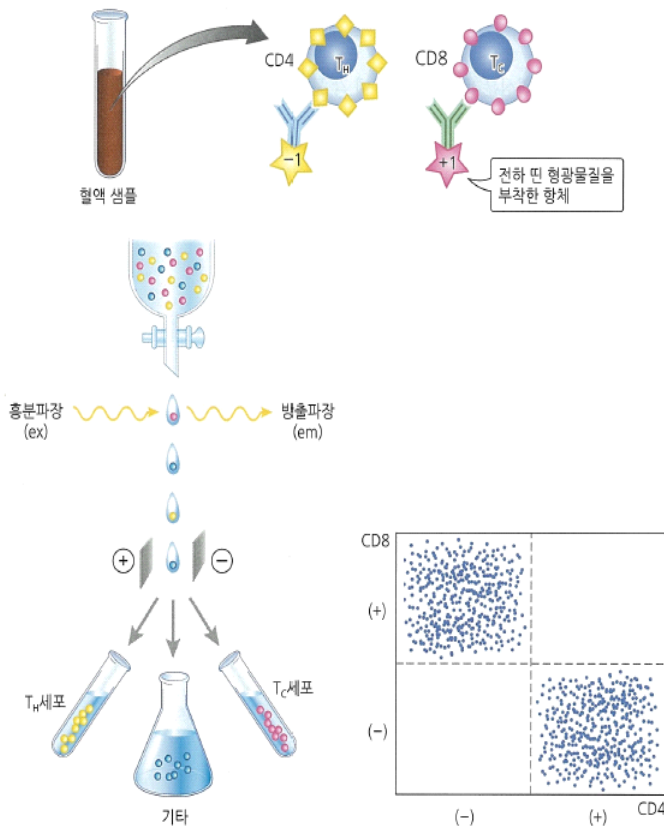
- COP II 코트 단백질 : 소포체 → cis-골지체
- COP I 코트 단백질 : trans-골지체 → medial-골지체 → cis-골지체 → 소포체
- 클라트린 : 1차 리소좀 형성, 엔도시토시스



- 클라트린과 달리 COP I, COP II가 막을 뚫 때에 는 디나민이 관여하지 않음
- 특이적 Rab 단백질들이 각각의 소낭에 박혀 있어서 특정 공여자막에서 특정 수여자막으로 정확한 수송을 매거함

28. 형광 유세포 분류기 (FACS)

- 형광 표지된 항체들을 붙여 다양한 세포들이 섞여 있는 샘플로부터 특정 세포들을 분류하고 각 세포수를 세는 장치
- 혈액 샘플을 가는 관에 주입한 뒤, 세포가 한 개씩 분리되어 관 속을 이동할 때 세포에 붙어 있는 형광 물질을 레이저로 분석함
 - 각각 형광을 지닌 세포수를 파악해 그래프를 그려줌
- 노즐에서 작은 물방울로 떨어지는 세포들에 강한 전극을 가해 세포에 붙인 항체에 따라 물방울이 휘게 해서 휘는 정도에 따라 각각 다른 튜브에 받음



29. 고세균

- 인지질(글리세롤 + 가지 친 지방산 : 에테르 결합)
- 인지질 이중층 또는 인지질 단일층 구조가 관찰됨
- 슈도펩티도글리칸
 - N-아세틸글루코사민 + N-아세틸탈로사미닌산 : $\beta(1 \rightarrow 3)$ 결합으로 연결
 - 선형의 다당류들 사이에 진정세균과 다른 아미노산들이 교차 결합을 형성
- 리소자임, 페니실린 등 진정세균 저해제들에 내성이 있음

30. toxin

(1) 외독소(exotoxin)

- 60~80℃에서 변성되는 열에 약한 친수성 단백질
- 보통 외독소 유전자를 지닌 플라스미드나 프로파지를 가진 세균들이 합성해 분비함
- ① AB 독소(세포 내 침투 독소)
 - A 부분 : 표적 세포 내에서 독성을 나타냄
 - B 부분 : 표적 세포 수용체와 결합함
 - 세균이 분비한 AB 독소의 B 부분이 표적 세포의 수용체에 결합해 엔도시토시스 됨
 - B 부분에서 분리된 A 부분이 세포 내 특정 단백질을 ADP-리보실화 해 활성을 없앴
 - 신경독소(Neurotoxin), 장독소(Enterotoxin), 세포독소(Cytotoxin) 등

② 막 파괴 독소(Membrane disrupting exotoxin)

- 표적 세포 세포막에 삽입해 구멍을 만들어서 세포질 성분이 새어 나오게 하거나 인 지질의 머리 부분을 제거해 세포를 불안정하게 만들

③ 세포 접촉 활성화 독소(Cell-surface active exotoxin)

(i) 슈퍼항원(Superantigen)

- 여러 T 세포 수용체들에 비특이적으로 결합하면, T 세포들이 많은 양의 사이토카인(Cytokine)들을 분비해 순환계의 쇼크를 일으킴

(ii) 내열성 장독소(Heat-stable enterotoxin)

- 일부 대장균에서 생산되며 100℃까지 가열해도 변성되지 않음
- 세포막 수용체에 결합 후 세포 내 신호 전달계를 교란해 설사 등을 일으킴

(2) 내독소(endotoxin)

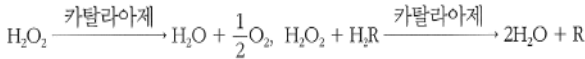
- 그람 음성균의 외막에서 떨어져 나온 LPS 성분으로 열에 안정함
- 지질(Lipid) A 부분이 독성을 나타냄
 - 열 발생, 혈액 응고, 쇼크, 설사, 염증, 장출혈 등을 일으킴
- 열 발생
 - 사람의 체내에 확산된 LPS를 대식 세포가 섭취하면서 IL-1을 방출
 - IL-1이 시상하부를 자극하면 프로스타글란딘이 방출됨
 - 프로스타글란딘에 의해 시상하부 설정점이 상승하면, 체온을 올리는 기작들이 촉진됨
- 혈액 응고
 - 하계만 인자를 활성화해 혈액 응고 유도
 - 투구게 파쇄액(Limulus amoebocyte lysate, LAL) 검사

31. 퍼옥시좀

- 아래의 반응을 하는 많은 효소들이 있어서 다양한 기능을 수행함



- 카탈라아제(Catalase)를 지님
 - 퍼옥시좀의 지방산 β -산화 시 H_2O_2 가 생김 $\rightarrow H_2O_2$ 를 해독
 - 메탄올, 에탄올, 포름산, 포름알데히드, 아질산, 페놀 등 다양한 독성 물질들을 해독

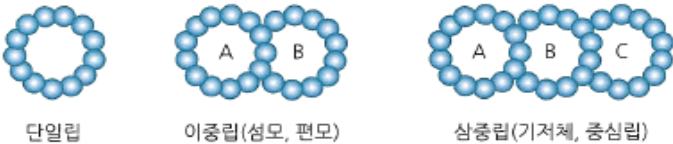


- 일부는 조면소포체에서 새로 생기고, 대부분은 기존에 있던 퍼옥시좀이 분열해서 생김
 - 자유 리보솜에서 합성된 단백질들이 직접 퍼옥시좀으로 들어가서 쓰임

젤웨거 증후군(Zellweger syndrome): 퍼옥시좀 합성 유전자 결핍으로 인해 긴 지방산, 가지친 지방산들이 대사되지 못하고 세포 내에 축적되어 뇌 발달에 이상이 생김.

32. 미세소관

- 기본 단위체: 자유 튜불린(α -튜불린 + β -튜불린의 이량체 구조)
 - \rightarrow 속이 빈 원통 모양으로 미세소관 중합체를 형성
- (+) 말단: β -튜불린 노출, (-) 말단: α -튜불린 노출



- 미세소관 (+), (-) 말단의 신장 속도가 다름
 - (+) 말단이 (-) 말단보다 신장이 일어나기 위한 임계 농도가 훨씬 낮음
- 37℃에서 미세소관 합성이 가장 잘 일어남

* 미세소관 합성 조건

- 자유 튜불린 농도 \uparrow
- GTP \uparrow
- 온도(37℃)

* 미세소관 저해제

- 콜히친, 노코다졸: 미세소관 합성 저해제, 자유 튜불린에 결합해 단위체의 농도를 낮춤
- 탁솔: 미세소관 분해 저해제, 미세소관에 결합해 자유 튜불린의 해리를 막음. 항암제로 사용

* 중심립(Centriole)

- 중심체 내에 존재(신경 세포에는 없음)
- (9+0)식 구조로 이루어진 짧은 미세소관 다발 두 개가 서로 90°로 놓여 있음
- 중심립을 복제해 섬모, 편모 형성의 중심부인 기저체(Basal body)를 만들

중심체: 세포 내에서 응결핵 역할 수행

MAP(Microtubule-associated protein): 미세소관 구조를 안정화하고, 다른 단백질들과 교차 형성을 도움

카타스트로핀(Catastrophin): ATP를 소모하면서 미세소관을 빠르게 분해함

* 동물세포

- 중심체 \rightarrow 미세소관 형성
- \rightarrow 성장체 \rightarrow 방추사 형성
- (중심립) \rightarrow 기저체 \rightarrow 섬모, 편모 형성

* 식물세포

- 세포질 피층 \rightarrow 미세소관 형성
- 극모(MGI) \rightarrow 방추사 형성

33. 미세섬유

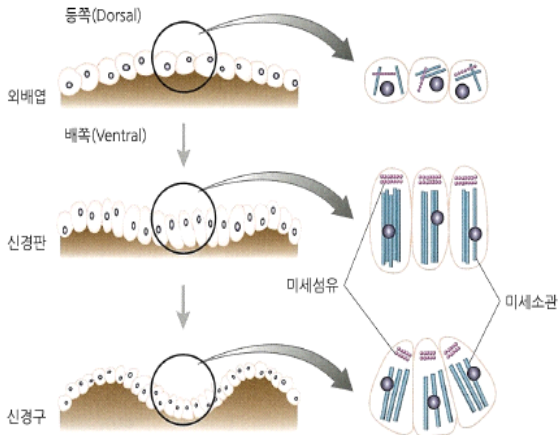
- 기본 단위체: G-액틴
 - \rightarrow 두 가닥이 나선형으로 꼬인 긴 막대 모양의 F-액틴 중합체 형성
- 미세섬유 (+), (-) 말단의 신장 속도가 다름
 - (+) 말단이 (-) 말단보다 신장이 일어나기 위한 임계 농도가 훨씬 낮음

* 미세섬유 저해제

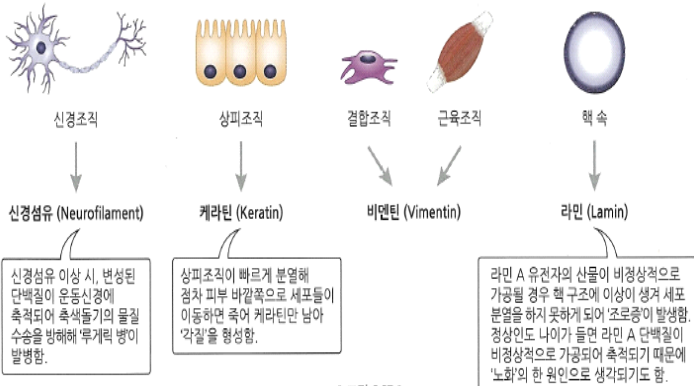
- 팔로이딘: 미세섬유 분해 저해제, 미세섬유에 결합해 G-액틴의 해리를 막음
- 사이토칼라신: 미세섬유의 (+) 말단에 결합하면 (+) 말단의 합성, 분해가 모두 일어나지 못함

* 신경관 발생

- 양서류 배아의 발생 중 척삭이 외배엽 세포층 일부에 유도 신호를 줌
- 신호를 받은 세포 내에서 미세소관이 재배열 되어 세포가 길어지고 미세섬유가 재배열 되어 정단면을 조여 세포들이 안쪽으로 함입됨
- 세포들이 안 쪽으로 떨어져 들어가 원통형의 신경관이 됨



34. 중간섬유의 종류



35. 세포벽

(1) 1차 세포벽

- 셀룰로오스 : 세포막에 박혀 있는 셀룰로오스 신테이스가 직접 합성하며 분비함
- 헤미셀룰로오스, 펙틴 : 골지체에서 합성한 뒤 엑소시토시스로 분비함

(2) 2차 세포벽

- 성장이 멈춘 세포의 세포막과 1차 세포벽 사이에 더 두껍고 단단한 2차 세포벽이 생김
- 펙틴 대신 리그닌, 슈베린, 큐틴 등의 물질들이 들어 있어 특수한 성질을 지님
- 리그닌(목질화) : 세포가 단단해져 압축력을 견딜 수 있음, 목관 세포, 후벽 세포 등
- 슈베린(코르크화) : 방수층 형성, 뿌리의 카스파리대, 줄기의 주피 등
- 큐틴(큐티클화) : 방수층 형성, 잎이나 줄기 표피의 큐티클층 등

* 세포벽 합성 순서

(밖) 중엽 → 1차벽 → 2차벽 (안)

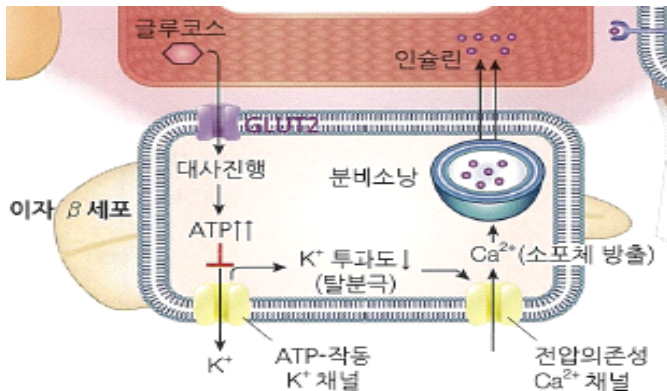
36. 포도당 이용

<혈당 증가 상황>

- 섭취한 음식물이 소장에 도달
- 소장 상피세포가 Na^+ 과 포도당을 공동수송으로 흡수한 뒤, GLUT의 촉진하로 포도당을 혈액으로 내보냄
- 혈당이 높아지면 포도당은 GLUT를 통해 이자 β 세포로 유입됨
- 헥소카이네이스 IV가 포도당을 글루코스-6-인산으로 바꿔 해당과정을 진행
- 세포질 내 ATP 농도가 증가하면, 세포막의 ATP-개폐성 K^+ 채널이 닫힘
- 세포막의 탈분극으로 전압-개폐성 Ca^{2+} 채널이 열림
- 세포질로 Ca^{2+} 이 들어오면 인슐린이 담긴 소낭은 내용물을 엑소시토시스 함

간세포 : 혈당이 높아지면 포도당은 막에 항상 박혀 있는 GLUT를 통해 세포질로 들어와 글리코겐으로 저장되거나 해당과정을 거쳐 중성 지방으로 바뀌어 저장됨

골격근과 지방세포 : 인슐린 신호를 받으면 GLUT4를 지닌 소낭이 막에 박혀, 포도당이 GLUT4를 통해 세포질로 들어옴



<혈당 감소 상황>

- 혈당이 낮아지거나 운동을 하면, 이자 α 세포는 글루카곤을, 부신수질은 에피네프린을 분비함
 - 위 호르몬들의 신호로 간세포는 글리코겐 분해와 신생합성으로 포도당을 만들어 GLUT를 통해 혈액으로 방출함
 - 골격근은 평소 GLUT4를 막에 발현하지 않아서 주로 뇌가 방출된 포도당을 이용함
- 단, 운동할 때에는 골격근의 세포질에 Ca^{2+} 이 증가해서 GLUT4가 발현되기 때문에 포도당 일부가 골격근으로 유입될 수 있음

	분포	특징
GLUT1	모든 세포	$K_m = 1 \sim 2 \text{ mM}$, 세포 호흡을 유지하기 위한 기본적인 포도당 수송에 관여
GLUT2	간, 이자 β -세포, 시상하부, 소장 상피세포 기저면	$K_m = 15 \sim 20 \text{ mM}$
GLUT3	신경, 태반, 경소	$K_m = 1 \text{ mM}$, 높은 친화력으로 포도당 농도가 낮을 때에도 수송 가능
GLUT4	근육(골격근, 심장근), 지방세포	$K_m = 5 \text{ mM}$, 인슐린 자극에 의해 발현

37. 해당 과정의 비가역 단계

(1) hexokinase

- 네 가지 동종 효소(Isozyme) 존재

1) 헥소카이네이스 I, II, III

- 골격근에서 발견됨
- 포도당 이외에 만노오스, 과당 등도 인산화 할 수 있음
- 산물인 6-인산 글루코스가 음성 알로스테리 조절을 함

2) 헥소카이네이스 IV(글루코카이네이스)

- 간에서 발견됨
- K_m 이 10 mM로 높아서 효소 활성이 혈중 포도당 농도의 영향을 받음
- 혈당 낮을 때 : 6-인산 프럭토스가 결합한 조절 단백질이 효소를 핵 속으로 운반해 격리시킴
- 혈당 높을 때 : 조절 단백질에서 떨어진 효소가 세포질로 나와 대사를 진행

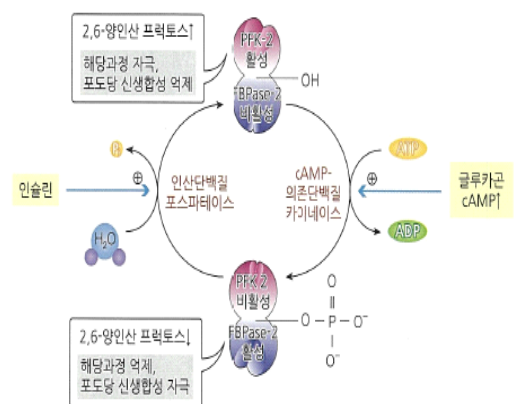
(2) PFK-1

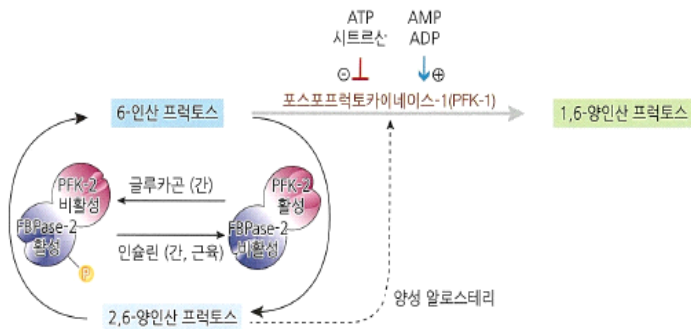
- 6-인산 글루코스는 해당과정, 글리코겐 합성, 오타당 인산 경로 등 여러 대사를 할 수 있음
- PFK-1은 다양한 물질들의 양성, 음성 알로스테리 조절을 받으며 대사를 해당과정으로 인도함
- 양성 알로스테리 물질 : AMP, ADP, 2,6-양인산 프럭토스
- 음성 알로스테리 물질 : ATP, 시트르산

* PFK-2/FBPase-2

- 한 단백질이 반대되는 두 가지 효소 활성 자리를 지님

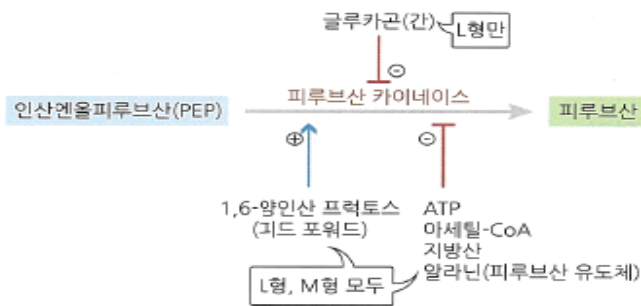
- 글루카곤 신호(혈당 낮을 때) → 세포질 내 cAMP 농도가 높아져 활성화된 cAMP-의존성 단백질 카이네이스가 인산화를 하면 FBPase-2 활성을 띰
- 인슐린 신호(혈당 높을 때) → 효소가 탈인산화 되어 PFK-2의 활성이 높아지면, 2,6-양인산 프럭토스를 합성해 PFK-1을 양성 알로스테리 조절함





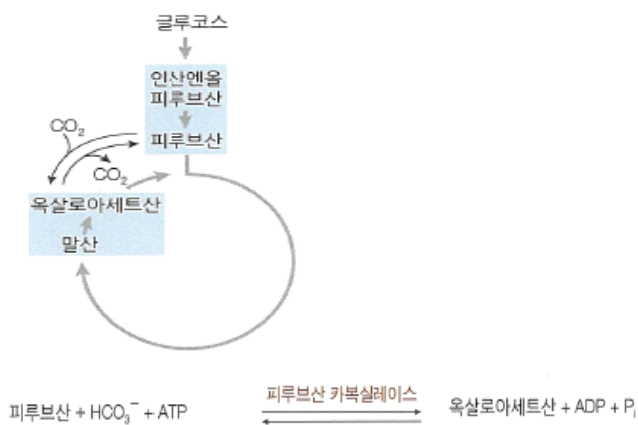
(3) pyruvate kinase

- 간은 L형, 골격근은 M형의 서로 다른 동종 효소들 존재



38. 보충 회로

- TCA 회로의 중간 물질들이 다른 물질들을 합성하기 위한 전구체로 많이 쓰여 고갈되면 미토콘드리아 내에 OAA가 부족해짐
- TCA 회로를 계속 진행하기 위해서는 OAA의 보충이 필요하기 때문에, PEP나 피루브산을 말산이나 OAA로 바꾸는 보충 회로를 진행함



* 비오틴(Biotin, 비타민 B7)

- 피루브산 카복실레이스의 촉매 반응 중 카복시기 전달 과정에 관여함

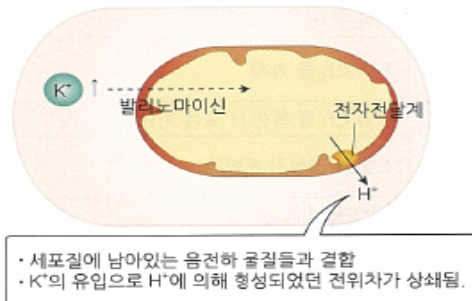
39. P/O ratio

- 전자 전달계를 거치는 전자 두 개 당 산화적 인산화로 생긴 ATP 수의 비율값
 - NADH에서 $\frac{1}{2}O_2$ 로 전달된 전자 두 개 당 10개의 H^+ 기울기가 생김
 - 숙신산에서 $\frac{1}{2}O_2$ 로 전달된 전자 두 개 당 6개의 H^+ 기울기가 생김

$$\begin{aligned} &\rightarrow F_1F_0 \text{ 복합체가 4개의 } H^+ \text{ 기울기를 이용해 한 개의 ATP를 만들} \\ &\left[\begin{aligned} &NADH : \frac{10}{4} = 2.5 \text{ ATP} \\ &FADH_2 : \frac{6}{4} = 1.5 \text{ ATP} \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

40. valinomycin

- 12개의 아미노산으로 구성된 항생제
- 내막 안팎의 K^+ 기울기를 파괴함



* uncoupler

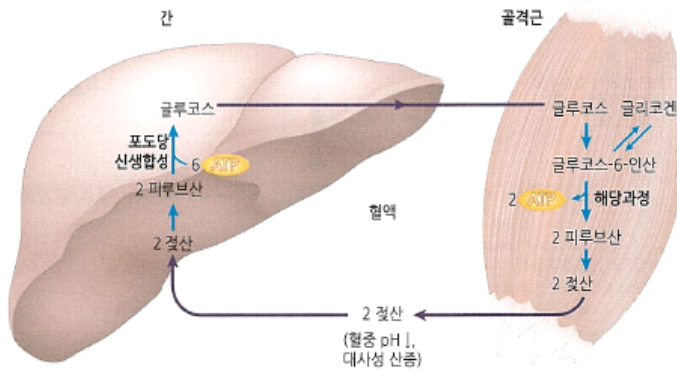
FCCP	소수성 양성자 운반체
DNP	
발리노마이신	K^+ 기울기 제거
써모제닌	갈색지방조직에서 미토콘드리아 내막에 H^+ 운반 통로를 형성

41. 젖산 발효

- 골격근: 격렬한 운동 시 호흡계와 순환계가 제공하는 양보다 더 많은 산소가 필요할 때 세포질에서 일어남
- 적혈구: 세포질만 있기 때문에 오직 해당과정으로 에너지를 얻음

* Cori cycle

- 격렬한 운동 중 골격근에 쌓인 젖산이 혈액으로 배출되면서 혈중 pH가 낮아지는 대사성 산증 발생
- 방출된 젖산은 간으로 회수되어 피루브산으로 바뀐 뒤 포도당 신생합성으로 다시 포도당이 됨



42. 포도당 신생합성의 비가역 단계

- (1) pyruvate → PEP
- (2) Fructose-1,6-BP → Fructose-6-P
- (3) G-6-P → Glu

* Glucose-6-phosphatase

- 간이나 신장에서만 발견됨
 - 뇌와 골격근은 글루코스-6-포스파테이스가 없어서 포도당 신생합성이 일어나지 못함
- 활면소포체 막에 박혀 있음
 - 대사 과정이 활면소포체 내강에서 일어남

43. 글리코젠의 합성과 분해

- 저장 : 간, 골격근의 세포질
- (1) 합성 : 인슐린 신호, E 물질 = UTP
- (2) 분해 : 에피네프린, 글루카곤 신호
 - 글리코젠의 비환원 말단에서 포도당을 떼어낼 때 무기 인산을 공격 화학종으로 사용하여 떼어내어 G-6-P를 생성(phosphorylase)하므로 근육에서 해당 과정을 통해 3ATP가 생성된다.
- <cf> hexokinase : ATP 소모

44. 오타당 인산 경로(PPP)

- NADPH 생성의 주된 경로
- 육탄당인 포도당으로 뉴클레오타이드의 재료인 오타당을 만들
- NADPH 획득
 - 여러 동화 과정에서 물질 환원 시 보조인자로 필요함
 - 시토크롬 P-450, 글루타티온(Glutathione) 등이 해독 과정을 할 때 필요함

① 산화적 PPP

- 동물세포의 세포질에서 포도당으로 5-인산 리보오스(핵산 합성에 필요)와 NADPH(동화, 해독에 필요)를 합성하는 경로

② 비산화적 PPP

- 세포질에 오타당이 풍부하면 산화적 PPP로 합성한 오타당을 해당과정으로 회수하는 경로

* 6-인산 글루코스 디하이드로제네이스 결핍증

- 이 효소가 결핍된 사람들은 적혈구를 비롯한 여러 세포들에서 NADPH 합성이 줄어들
 - H_2O_2 등의 해독이 안 됨
 - 활성 산소들이 단백질, DNA 등을 산화하고 적혈구 세포막을 파괴해 빈혈을 일으킴
- 말라리아 기생충(열원충, *Plasmodium falciparum*)은 산화적 스트레스에 매우 민감함
 - 기생충이 6-인산 글루코스 디하이드로제네이스가 결핍된 사람들에 감염할 경우, 적혈구에 생긴 활성 산소 때문에 죽게 됨
 - 이 사람들은 말라리아에 대한 저항성을 갖기 때문에, 말라리아 유행 지역에서 자연 선택을 받음

45. 퍼옥시좀의 β -산화

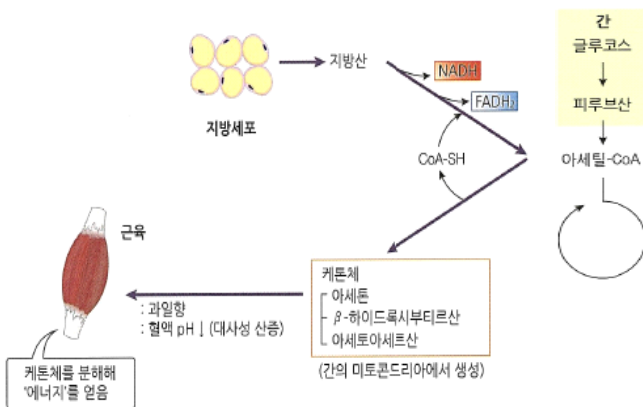
- 퍼옥시좀의 β -산화 과정 첫 단계에서 생긴 $FADH_2$ 가 전자를 O_2 에 전달해서 H_2O_2 가 생기면 카탈라아제가 H_2O_2 를 제거함
 - 미토콘드리아 : 주로 ATP를 얻기 위해 β -산화를 함(일부는 다른 물질 합성의 전구체로 사용)
 - 퍼옥시좀 : 다른 물질들을 합성하기 위한 전구체로 아세틸-CoA가 필요해서 β -산화를 함
 - 동물세포 : 긴 지방산과 가지 친 지방산을 퍼옥시좀에서 산화, 16C 이하의 지방산이 되면 미토콘드리아에서 산화함
 - 식물세포 : 퍼옥시좀만 지방산의 산화를 함

46. 케톤체

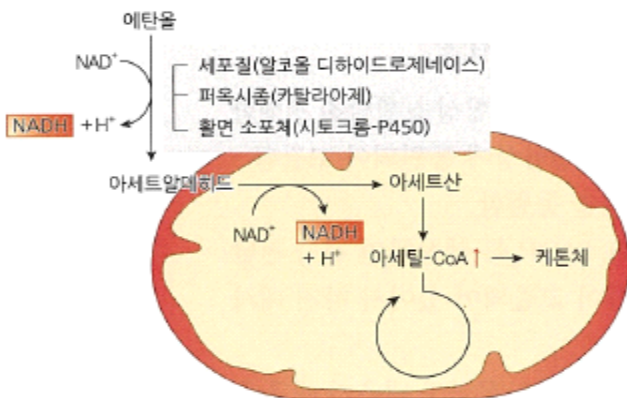
- 간의 미토콘드리아 기질에서 합성된 후 혈액으로 배출되면서 혈중 pH가 낮아지는 대사성 산증 발생
- 뇌, 심장, 골격근 등 여러 조직들의 에너지원으로 사용됨
- 심한 기아 시에는 뇌의 주요 에너지원도 됨

(1) 기아, 1형 당뇨

- 조직에 포도당 공급이 부족하면 간은 혈당을 높이기 위해 포도당 신생합성을 활발히 진행함
- 간세포 내에 해당과정, TCA 회로의 중간 물질들이 포도당 신생합성에 동원되어 고갈됨
- 간세포가 사용할 에너지를 얻기 위해 지방세포에서 지방산을 동원함
- 간세포의 미토콘드리아에서 지방산 β -산화해 해서 NADH, FADH₂를 생산하면 전자 전달 계로 ATP를 얻지만, 아세틸-CoA는 TCA 회로 중간 물질들이 고갈되어 있어서 마저 대사 되지 못하고 쌓임
- 아세틸-CoA가 쌓이면 CoA-SH를 회수할 수 없어서 결국 지방산 β -산화도 멈추기 때문에, 아세틸-CoA를 케톤체로 바꿔 혈액으로 방출하고 CoA-SH를 회수해서 간세포가 계속 지방산 β -산화로 에너지를 얻을 수 있게 됨



(2) 과량의 아세틸-CoA 축적



- 알코올이 아세트알데히드로 대사되면 두통, 메스꺼움, 갈증 등을 일으키기 때문에, 아세트알데히드를 제거하는데 필요한 NAD⁺를 많이 공급하기 위해 NADH를 산화하는 대사들이 촉진됨

→ 젖산이 축적되고 포도당 신생합성은 저해됨



대사성 산증(케톤체, 젖산 축적)
저혈당 쇼크

47. 지질 합성

(1) 지방산 합성

- 동물세포 : 16C 지방산까지 세포질에서 합성, 미토콘드리아나 활면 소포체에서 연장 및 불포화 진행
- 식물세포 : 16C 지방산까지 엽록체의 스트로마에서 합성, 스트로마나 활면 소포체에서 연장 및 불포화 진행

- 세포질 : PPP → NADPH 풍부
- 스트로마 : 명반응 산물 → NADPH 풍부

(2) 중성지방 합성

- 탄수화물 섭취 ↑ → 인슐린이 신호를 줘서 세포들이 포도당을 중성지방으로 전환하도록 촉진
- 포도당이 해당과정을 거쳐 아세틸-CoA가 된 후 지방산 합성을 하면서 NADPH를 활발히 사용함
- 부족한 NADPH를 얻기 위해 오탄당 인산 경로가 함께 촉진됨

(3) 콜레스테롤 합성

- 간세포가 아세틸-CoA를 전구체로 사용해서 세포질과 활면 소포체를 경유하는 복잡한 과정을 거쳐 합성함
- 조직에 콜레스테롤이 쌓이면 간에서 HMG-CoA 리덕테이스의 활성을 억제해 새로운 합성을 막고, 조직 세포들의 LDL 수용체 발현도 억제함
- HMG-CoA reductase : 활면소포체 막

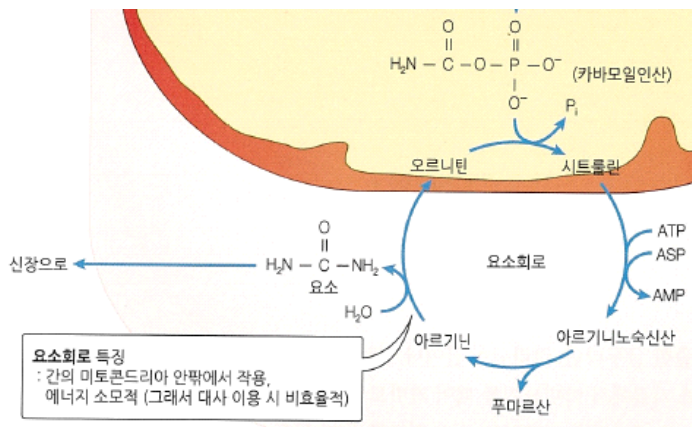
	동물 세포	식물 세포
지방산 β -산화		
- 긴, 가지 친 지방산	퍼옥시좀	퍼옥시좀
- 적당한 길이의 지방산(16C 이하)	미토콘드리아	퍼옥시좀
지방산 합성		
- 적당한 길이의 지방산(16C 이하)	세포질	스트로마
- 연장 및 불포화	미토콘드리아, 활면소포체	스트로마, 활면소포체
콜레스테롤		
- 초기 단계	세포질	
- 후기 단계	활면소포체	

48. 아미노산 대사

- 포도당 생성형(Gluconogenic) 아미노산: TCA 회로의 중간물질이나 피루브산으로 바뀌어 포도당 신생합성을 할 수 있는 아미노산들
- 케톤 생성형(ketogenic) 아미노산: 아세틸-CoA나 아세토아세트산으로 바뀌어 지방산, 케톤체만 합성할 수 있는 아미노산들

* 요소 회로

- 조식들이 배출한 글루타민, 알라닌이 간이나 일부 신장으로 이동함
- 미토콘드리아 기질에서 아미노기를 떼어 카바모일 인산을 합성함
- 미토콘드리아와 세포질을 경유하는 요소 회로를 돌려 무독성의 요소를 만들
- 요소는 혈액으로 방출된 후 신장으로 이동해 최종 소변으로 배출됨



49. 뉴클레오티드 대사

(1) 퓨린 대사

- 퓨린 합성
 - 신생 경로(*de-novo* pathway): 퓨린 구조를 직접 만들
 - 우회 경로(*Salvage* pathway): 전에 만들어 놔던 퓨린을 재활용 함
- 퓨린 분해
 - 퓨린 분해 시 사람을 비롯한 영장류는 요산이 생기지만, 다른 생물들은 더 대사를 진행하기도 함

- 통풍
 - 우회 경로의 HGPRT 효소가 결핍되거나 뉴클레오티드가 과도하게 분해되면, 과량의 요산이 생겨 잘 배출되지 못하고 관절에 쌓임
 - 대식세포가 요산 침착 부위에 물려들어 제거하는 과정에서 사이토카인들을 분비하면 염증이 생겨 통증을 일으킴
 - 알로푸리놀: 잔틴 옥시데이스의 기질 유사체로 통풍을 완화함

(2) 피리미딘 대사

- 피리미딘 합성:
 - 신생 경로(*de-novo* pathway): 피리미딘 구조를 직접 만들
 - 우회 경로(*Salvage* pathway): 전에 만들어 놔던 피리미딘을 재활용 함
- 피리미딘 분해
 - 요소로 분해하기 때문에 소변으로 잘 배출됨

(3) dTTP 합성

- 비타민 B₉, 비타민 B₁₂가 메틸기를 전달하는 과정에 필요함
- 메틸기 전달 반응이 잘 일어나지 않으면, 골수에서 적혈구 생성이 안 돼서 빈혈이 생김

