

## 생물학

담당교수 : 김혁재

성명

수험 번호

※ 모든 문제의 정답은 2개입니다.

1. 다음 중 생명체를 구성하는 유기분자들에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① Glycocalyx는 Glycoprotein, proteoglycan, Glycolipid 등에 의해 세포막 바깥쪽에 형성된 당 층으로, 세포 표면을 보호하고, 주변 환경 물질의 인식과 부착, 세포 신호 전달 등에 관여하는 물질이다.
- ② Agarose는 한천질을 지닌 녹조류의 세포벽 성분으로, 가열해서 물에 녹인 후 서서히 식하면 나선 모양의 덩어리가 그물 구조를 형성하면서 굳어 아가로오스 겔을 형성하는데 주로 단백질을 분리하는 SDS-PAGE의 겔로 사용한다.
- ③ 심장 세포에서 많이 발견되는 인산지질인 플라스마로젠은 글리세롤의 1번 탄소에 지방산이 ether 결합을 형성하여 포스포리파아제에 대해 저항성을 갖는다.
- ④ 등전점(pI)은 물질의 알짜 전하가 0이 될 때의 pH로, pI값은 양전하 아미노산이 가장 작고, 음전하 아미노산이 가장 크다. 등전점 전기영동에서는 겔 안에서 형성된 pH 기울기에 따라 pH 1쪽에 (+) 전극, pH 14쪽에 (-) 전극을 걸어줘야 샘플 속 물질들을 자신의 pI에 따라 분리할 수 있다.
- ⑤ 단백질의 2차 구조 중  $\alpha$ -나선 구조는 n 잔기의 C=O와 n+4 잔기의 N-H 간에 수소결합을 형성하고 주로 오른 나선 구조를 갖는데, 나선 회전의 유연성을 확보하기 위해 프롤린과 글리신이 많이 존재한다.

2. 다음 중 효소에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 동종효소는 약간의 아미노산 서열 차이를 보이지만 기능적 동질성이 높아 공통 도메인들이 발견되는데, 진화 과정 중 exon shuffling, multigene family, alternative splicing 등에 의해 형성되었다.
- ② 페니실린은 진정 세균의 transpeptidase에 대한 비가역 억제제로 그람 음성균에만 효과적이므로 그람 양성균과 음성균 모두에 효과를 갖도록 R기를 변형한 항생제로 암피실린이 개발되었다.
- ③ 경쟁적 저해제는 효소의 기질 결합 부위에 기질 대신 결합하므로 ES 복합체 형성을 저해하여  $K_M$ 은 증가하지만  $k_{cat}$ 은 변화시키지 않으므로 기질의 농도를 증가시키면 저해 효과를 극복할 수 있다.
- ④ 비경쟁적 저해제는 효소 또는 ES 복합체의 기질 결합 부위 이외의 다른 자리에 결합하여  $K_M$ 은 증가시키고  $k_{cat}$ 은 감소시키므로 촉매효율이 감소한다.
- ⑤ 효소의 비가역 조절은 zymogen 상태의 폴리펩타이드 일부가 절단되면서 입체 구조가 활성형으로 변화되는 것으로, 보체, caspase, 혈액 응고 인자, 렉틴, 트립신, 키모트립신의 활성화가 이런 방식으로 일어난다.

3. 지질막이나 수송 단백질의 용량을 초과하는 거대 분자나 특수 신호에 의해 물질을 수송할 때는 소낭을 이용한다.

다음 중 여러 가지 거대 분자 수송 방식에 관한 설명으로 옳은 것은?

- ① 시냅토테그민이 있어 조절 분비되는 소낭은  $Ca^{2+}$  부재 시 시냅토테그민이 소낭의 시냅토프레빈이 수여자막과 융합하는 것을 방해하므로  $Ca^{2+}$  신호가 있을 때만 소낭의 막과 수여자막 사이에 융합이 일어난다.
- ② 파고시토시스는 고형의 큰 물질이 비특이적 수용체에 결합하면 미세섬유가 위축을 형성하고 클라트린 단백질을 이용하여 넓은 범위의 세포막 함입을 일으킨 후 디나민 단백질이 GTP를 에너지원으로 사용해 소낭을 세포막에서 떼어내면 식포가 형성된다.
- ③ 카베올레는 세포막의 움푹 패인 구조 내에 특이적 수용체들이 밀집된 구조로, 물질이 카베올레 내 수용체에 결합하면 클라트린을 이용하여 세포막 함입이 일어난다.
- ④ LDL 입자의 세포 내 흡수는 수용체 매개 엔도시토시스로 일어나며, 클라트린 단백질과 디나민이 관여하고, 초기 엔도솜의 막에는 P-type 펌프인 수소 이온 펌프가 존재한다.
- ⑤ 소낭이 형성되면 클라트린과 같은 코트 단백질들은 세포질로 회수되고, 소낭에 박힌 Rab 단백질이 키네신 또는 디네인 등의 운동 단백질과 결합해 세포골격을 따라 표적으로 이동한다.

4. 다음 중 진정 세균과 독소에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 그람 양성균은 펩티도글리칸층이 두껍고, 세포벽에 테이코산이 관찰되며, 그람 음성균은 얇은 펩티도글리칸층 바깥쪽으로 외막이 존재하는데 외막에 LPS가 관찰된다.
- ② 그람 양성균은 크리스탈바이올렛으로 염색하면 세포질이 염색되어 보라색으로 보인다. KI-I<sub>2</sub> 용액 처리 시 요오드가 크리스탈바이올렛과 결합하여 결정을 형성하고 이후 에탄올 또는 아세톤을 처리하면 세포벽이 탈수되어 그물 구조의 구멍을 수축시키는데 두꺼운 그람 양성균의 세포벽을 크리스탈바이올렛 결정이 빠져나오지 못한다.
- ③ *Escherichia coli*(대장균)는 그람 음성균이며 염기성 시약인 사프란인 처리 시 세포벽 대신 LPS층이 염색되어 붉은색으로 보인다. 그람 양성균과 달리 페니실린에 대한 감수성이 없다.
- ④ 외독소는 그람 양성균과 음성균 모두 합성하여 분비하는 열에 약한 친수성 단백질이다. 그 중 AB 독소는 B 부분이 표적 세포 수용체에 결합하여 엔도시토시스되면 분리된 A 부분이 특정 단백질을 ADP-ribosylation시켜 불활성화한다.
- ⑤ 내독소는 그람 음성균의 외막에서 떨어져나온 LPS 성분으로 열에 안정하다. Lipid A 부분이 독성을 나타내는데 대식세포가 섭취하면 IL-1을 방출하고 시상하부에서 PG가 방출되면 시상하부 설정점을 상승시켜 체온이 올라간다.

5. 다음 중 오탄당 인산 경로(PPP)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 오탄당으로부터 육탄당인 포도당을 합성하는 경로로서, 신생 합성 과정만으로 충분한 포도당을 세포들에 공급하기 어려울 때 보충 회로로 PPP가 활성화된다.
- ② 동물 세포의 세포질에서 5-인산 리보오스로부터 6-인산 글루코스를 합성하고, 미토콘드리아의 전자전달계에 필요한 NADH를 합성하는 경로이다.
- ③ PPP로부터 획득한 NADH는 시토크롬 P-450이나 글루타티온 등이 해독 과정을 할 때 필요한 물질이며, 또한 전구체 물질로부터 지방산이나 콜레스테롤 등을 합성하는 과정에 보조인자로 필요하다.
- ④ 산화적 PPP의 첫단계 효소인 6-인산 글루코스 디하이드로제네이스는 NADPH에 의해 음성 알로스테리 조절을 받는데, 세포질에 NADPH가 충분하면 6-인산 글루코스는 해당 과정을 진행하게 된다.
- ⑤ 6-인산 글루코스 디하이드로제네이스 결핍증 환자는 NADPH 합성이 감소하여 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 해독이 안되어 활성 산소가 적혈구 세포막을 파괴해 빈혈을 일으킨다. 그러나 말라리아 열원충은 산화적 스트레스에 민감하므로 말라리아 유행 지역에서는 이 환자들이 자연 선택을 받는다.

6. 다음 중 지방산의 β-산화와 케톤체 대사에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 케톤체는 간의 미토콘드리아 기질에서 합성된 후 혈액으로 배출되면 대사성 산증을 발생시키는 물질로 뇌, 심장, 골격근의 에너지원으로 사용되고 특히 심한 기아 시에는 뇌의 주요 에너지원이 되는데 아세톤, β-하이드록시부티르산, 아세토아세트산 등이 있다.
- ② 기아 시 간에서 신생합성을 활발히 진행하면 TCA 회로의 중간 물질은 신생합성에 동원되어 고갈되고, 간 자신의 에너지를 얻기 위해 지방산의 β-산화를 진행하면 아세틸-CoA가 축적되어 간에서 아세틸-CoA를 케톤체로 바꿔 혈액으로 방출하고 CoA를 회수하면 간이 지방산의 β-산화를 지속할 수 있다.
- ③ 동물 세포는 큰 지방산과 가지 친 지방산은 미토콘드리아에서 산화하고, 16C 이하의 지방산이 되면 퍼옥시좀에서 산화한다.
- ④ 미토콘드리아는 아세틸-CoA로 TCA 회로를 진행시켜 주로 ATP를 얻기 위해 β-산화를 하지만, 퍼옥시좀은 다른 물질을 합성하기 위한 전구체로 아세틸-CoA를 생성하기 위해 β-산화를 한다.
- ⑤ 지방산은 높은 에너지를 얻을 수 있고, 아세틸-CoA로 산화되면 TCA 회로로 유입되어 다른 지질 외에 탄수화물, 아미노산 등을 합성할 수 있다.

7. 다음 중 염색체 돌연변이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 유전자 중복 현상으로 같은 유전자수가 늘어나면 시간 경과에 따라 중복된 각 유전자들에 변이가 일어나면서 점차 새로운 기능을 얻어 다유전자군(multigene family)이 될 수 있다.
- ② 위치 효과(position effect)는 초파리의 X 염색체에 일어난 결실로 white 유전자가 중심질 부근으로 이동하면 세포에 따라 무작위로 white 유전자가 이질염색질로 응축되어 초파리의 눈 색깔이 모자이크 형태로 나타나는 현상이다.
- ③ 로버트슨 전좌는 두 개의 차단부 염색체 사이에 중심질 부근에서 비상호 전좌가 일어난 후 장완이 연결된 염색체는 남고 결실된 염색체는 소실되어 정상인에 비해 염색체 개수가 줄어드는 현상을 말한다.
- ④ 21번 염색체에는 APP(amyloid precursor protein) 유전자가 존재하는데 다운증후군 환자는 APP가 과량 발현되고 막 단백질인 APP가 절단되면 아밀로이드 덩어리를 형성할 수 있어 프리온성 질환인 알츠하이머를 유발할 수 있다.
- ⑤ 모자이크 생물은 둘 이상의 개체에서 나온 세포들이 융합하여 발생한 생물이고, 키메라 생물은 한 개의 수정란에서 초기 배아의 체세포 분열 중 염색체 비분리 현상이 일어나 유전적으로 다른 세포 군집들이 생기면서 발생한 생물을 말한다.

8. 다음 중 혈액형에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① cis-AB형은 갈락토오스 전달효소 유전자에 돌연변이가 일어나 GalNAc과 Gal를 구분하지 못하여 무작위로 당 첨가를 하는데, 혈액형이 I<sup>AB</sup>i인 남자와 O형인 여자 사이에서 혈액형이 AB형과 O형인 자식이 모두 나올 수 있다.
- ② 봄베이 표현형은 푸코오스 전달효소 유전자에 돌연변이가 일어나 푸코오스 첨가 반응이 일어나지 않는데, 갈락토오스 전달효소는 푸코오스가 없는 당은 기질로 인식하지 못해 GalNAc과 Gal를 첨가하지 않아 혈액형 검사 시 O형으로 나타나므로 어느 혈액형에 수혈해도 응집 반응이 나타나지 않는다.
- ③ Rh식 혈액형은 1번 염색체 단완의 RHD 유전자 좌위에 수십 가지 대립 유전자들이 존재하는 복대립 유전을 나타내는데, 적혈구 표면의 단백질 성분이 항원으로 작용하므로 모체 면역계에서 T 세포가 활성화되어 IgG가 분비된다.
- ④ ABO식 혈액형은 적혈구 표면의 당 구조가 항원으로 작용하므로 모체의 면역계에서 T 세포가 활성화되지 않아 IgM만 분비할 수 있는데, IgM은 오량체 구조로 태반을 통과하지 못하므로 태아를 공격할 수 없다.
- ⑤ 적아 세포증의 예방법으로 산모에게 투여하는 인공 항체인 로감은 태아의 Rh<sup>+</sup> 적혈구를 항원으로 인식하여 세포성 면역으로 파괴하는 모체의 세포독성 T 세포를 불활성화시키는 것이 목적이다.

9. 다음 중 원핵생물과 진핵생물의 전사 종결에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 원핵생물의 p-의존적 전사 종결에서는 p 인자가 mRNA의 rut 서열에 결합하여 RNA 합성효소를 쫓아가고, 전사 종결 부위에서 mRNA의 3' 말단이 stem-loop 구조를 형성하면 NusA 단백질이 RNA 합성효소의 전사 진행을 막는다.
- ② p 인자는 helicase 활성을 가지고 있으므로 RNA 합성효소를 따라잡으면 mRNA와 DNA 주형 가닥 사이 상보쌍을 벌려 mRNA를 분리해낸다.
- ③ 원핵생물의 p-비의존적 전사 종결에서는 전사 종결 부위에서 mRNA 3' 말단의 AU 염기들이 stem-loop 구조를 형성하면 NusA 단백질이 RNA 합성효소의 전사 진행을 막는다. stem-loop 구조 뒤로 이어진 6개의 우라실 염기들이 DNA 주형 가닥의 아데닌 염기들과 약한 상보쌍을 형성하므로 쉽게 분리된다.
- ④ 진핵생물은 전사 종결 부위에서 mRNA의 3' 말단에 AAUAAA 서열이 합성되면 endonuclease가 AAUAAA 서열을 인식하여 절단함으로써 mRNA가 분리된다.
- ⑤ 진핵생물에서는 폴리 A 합성효소가 RNA 합성효소 II의 CTD에 결합하여 절단된 mRNA의 3' 말단에 80~250개의 A 염기들을 주형 가닥 없이 연장하는데 폴리 A 꼬리의 길이가 길수록 번역량이 증가한다.

10. 다음 중 전이 인자에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 전이 인자는 한 세포의 염색체 내에서 다른 자리로 전위할 수 있는 유동적인 DNA 서열로, 항상 숙주 DNA에 삽입된 상태로 있으며, 트랜스포존과 레트로트랜스포존 두 종류가 있다. 원핵생물과 진핵생물 모두에서 관찰된다.
- ② 전위효소가 발현되면 전이 인자 양끝의 IR 서열을 인식하여 절단하고, 동시에 무작위로 표적 DNA 서열을 절단한 후 표적 DNA 서열 사이에 트랜스포존을 연결한다.
- ③ 트랜스포존 중 삽입서열은 중심에 전위효소(transposase) 유전자만 지니고 있으며, 양 끝에는 15~25 염기의 반복 서열인 LTR 서열이 있다.
- ④ DNA가 스스로 전위할 수 있는 트랜스포존과 달리, 레트로트랜스포존은 RNA 합성효소 II가 전사한 mRNA가 숙주 염색체에 무작위로 삽입된다.
- ⑤ Non-LTR 레트로트랜스포존에는 대표적으로 영장류의 Alu가 있고, 숙주 염색체에 삽입되어 있던 레트로바이러스가 빠져 나와 레트로트랜스포존으로 진화된 것으로 추측하고 있다.

11. 다음 중 진핵생물 DNA와 mRNA 구조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 고등 진핵생물일수록 반복 서열의 비율이 높는데, 단일 서열은 유전자 부위이고, 중간 반복 서열 중 연쇄 반복 서열은 텔로미어, rRNA, tRNA 암호화 부위이며, 산재 반복 서열은 레트로트랜스포존에서 나타나며, 고반복 서열은 중심절의 위성 DNA 서열들에서 관찰된다.
- ② 가위성(redundancy)은 한 유전자가 염색체 중복 현상으로 여러 개로 복제된 후 점차적으로 돌연변이가 일어나서 기능이 달라진 것으로, 위유전자(pseudogene)가 이에 해당한다.
- ③ 염색체에 연쇄 반복된 STR 서열이 존재하는데, 그러면 상동 염색체의 같은 위치가 아닌 곳에서 상동제조합이 일어나서 DNA 복제 시 가닥 미끄러짐 현상이 발생한다. 그 결과 개체마다 반복 횟수가 바뀌어 DNA 절편의 길이가 달라지는 RFLP 현상이 나타난다.
- ④ mRNA의 5' UTR에 위치제공 서열(zip code)가 존재하고, 진핵생물의 mRNA중 히스톤 mRNA는 유일하게 polyA-tail이 존재하지 않는다.
- ⑤ 히스톤의 리신기에 아세틸화가 일어나면 리신기의 양전하가 소실되어 히스톤과 인산의 결합력이 약해져 DNA가 느슨하게 풀리고, DNA에 메틸화가 일어나면 그 유전자 부위의 발현이 억제된다.

## 12. 다음 중 돌연변이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 억제 돌연변이는 돌연변이가 일어난 염기가 아닌 다른 염기에 돌연변이가 일어나 정상 기능으로 회복되는 복귀 돌연변이를 말한다.
- ② nonsense suppressor mutation은 어떤 유전자에 넌센스 돌연변이가 일어났을 때, tRNA의 안티코돈에 돌연변이가 일어나 종결코돈과 상보적으로 결합하여 아미노산을 삽입하면 폴리펩티드의 조기 종결을 막을 수 있는 경우이다.
- ③ 기무라의 중립설은 자연 선택에 의해 진화 과정에서 주로 비동의 돌연변이보다 동의 돌연변이가 축적되면서 점진적으로 변화해왔다는 주장으로, 염기 서열의 변화는 시간에 정비례하여 나타나는 경향이 있다.
- ④ 인트론의 GU 또는 AG 서열에 돌연변이가 일어나면 스플라이싱이 정상적으로 일어날 수 없는데 대표적인 질환으로 지중해성 빈혈은  $\beta$ -글로빈 유전자의 스플라이싱 자리 돌연변이로 정상  $\beta$ -글로빈 단백질을 합성할 수 없어 발생한다.
- ⑤ 돌연변이원 검출법인 에임스 테스트는 영양요구 균주가 정상 균주로 복귀 돌연변이가 일어나는 것을 통해 확인하는데, 간의 황변소포체에 있는 사이토크롬 P-450을 첨가한 실험군에서는 해독 작용을 통해 돌연변이 유발 의심 물질의 반응성을 감소시킨다.

## 13. 다음 중 체액 변화에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 출혈로 등장액이 배출되면 세포외액의 부피는 감소하지만 세포내액의 부피와 삼투물 농도는 변화가 없다.
- ② 탈수나 알코올 섭취 시에는 저장액이 배출되어 세포외액의 부피는 감소하지만 세포내액의 부피는 변화가 없고, 삼투물 농도는 증가한다.
- ③ 지나트륨 혈증은 맹물의 과다 섭취, 항이뇨호르몬의 과다 분비, 저알도스테론증 등의 상황에서 발생하는데, 세포내액의 부피가 증가하여 뇌압이 상승하면 구토, 두통, 경련, 혼수 등을 일으킬 수 있다.
- ④ 고장성 소금물 섭취 시에는 세포외액과 세포내액의 부피가 모두 증가하고, 삼투물 농도도 증가한다.
- ⑤ 고나트륨혈증은 지나친 탈수, 요붕증, 고알도스테론증 등의 상황에서 발생하며, 과도한 탈분극을 유발하여 경련이 일어나거나 근육의 마비가 일어난다.

## 14. 다음 중 세포 신호 전달계에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① caretaker gene이나 tumor suppressor gene의 돌연변이는 기능 획득 돌연변이에 해당하고, proto-oncogene의 돌연변이는 기능 상실 돌연변이에 해당한다.
- ② 코르티솔이나 에스트로겐 등의 리간드가 세포막을 단순확산으로 통과하여 세포질에 있는 동형 이합 수용체에 결합하면 핵으로 이동하여 역반복 서열로 이루어진 조절 서열에 결합하여 유전자의 전사를 조절한다.
- ③ 비타민 D<sub>3</sub>, 티록신, 레티노산 등의 리간드가 세포막을 단순확산으로 통과하여 세포질에 있는 공통 핵수용체 단량체와 특이 수용체의 이량체로 구성된 이형 이합 수용체에 결합하면 핵으로 이동하여 정반복 서열로 이루어진 조절 서열에 결합하여 유전자의 전사를 조절한다.
- ④ PDGF의 과량 분비, EGFR의 효소 도메인의 결실, HER2의 과량 발현, Myc의 과량 발현 등은 proto-oncogene의 GOF 돌연변이로 암을 유발할 수 있다.
- ⑤ Dominant-negative 돌연변이는 각 소단위체가 모두 정상 유전자의 산물로 구성되어 있어야 활성을 갖는 다단위 단백질의 경우에 해당하며, 돌연변이 유전자 산물이 하나라도 소단위체를 구성하면 전체 단백질의 활성이 없으므로 돌연변이 유전자가 정상 유전자에 대해 우성이 된다.

## 15. 다음 중 초파리의 발생 과정에서 앞뒤축 결정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① bicoid 단백질은 maternal gene인 caudal mRNA의 번역을 억제하고, nanos 단백질이 hunchback mRNA의 번역을 억제하여 hunchback 단백질과 bicoid 단백질은 배아의 앞쪽에 고농도로 존재하고, caudal 단백질과 nanos 단백질은 배아의 뒤쪽에 고농도로 존재한다.
- ② 농도 기울기를 형성한 모계 단백질들이 배아의 gap gene의 발현을 유도하면 배아를 적당한 폭으로 나누어주는 역할을 한다. 따라서 결실 돌연변이를 일으키면 몇 개의 연속된 체절이 사라진다.
- ③ 유전자의 발현 순서는 모계 유전자 → 쌍지배 유전자 → 간극 유전자 → 체절 극성 유전자 → 호메오틱 유전자 순이다.
- ④ 체절 극성 유전자는 여러 개의 줄무늬 형태로 발현되어 배아를 15개의 마디로 나누며, 결실 돌연변이가 일어나면 한 칸씩 건너뛰며 체절이 사라져 정상 배아의 절반의 체절을 갖게 된다.
- ⑤ 호메오틱 유전자는 각 체절의 정체성을 확립하는 유전자로, 여러 생물에서 유전자마다 약 180 염기의 공통된 호메오박스 DNA 서열이 관찰되는데, 이 서열은 helix-turn-helix 구조의 호메오 도메인으로 번역된다.

16. 다음 중 신경관 발생과 체절의 생성 및 분화에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 등쪽 중배엽에서 유래한 척삭이 외배엽 세포에 신호를 전달하면 E-카드헤린 대신 N-카드헤린을 발현하며 안쪽으로 함입되어 등글게 합쳐진 신경관을 형성한다. 또한 척추동물의 경우 외배엽과 신경관 사이에 신경제세포가 생성된다.
- ② 중배엽은 BMP의 차등적 발현에 의해 각각 척삭 중배엽, 중간 중배엽, 측엽 중배엽, 측판 중배엽 순서로 네 부위로 발달한다.
- ③ 측엽 중배엽은 몸의 앞쪽부터 차례로 틈이 생기면서 세포층이 떨어져 나와 체절을 형성하는데, 신경관의 바닥판에서 분비된 Shh가 체절의 배쪽 부분을 진피 근육 분절로 유도하여 일부는 등쪽 진피가 되고, 나머지는 골격근을 형성한다.
- ④ 중간 중배엽은 신장, 생식소, 부신 피질을 형성하고, 측판 중배엽은 내장 평활근, 심장, 배쪽 진피, 배외막 등을 형성하며, 척삭의 대부분은 세포 자살로 퇴화되고 남은 세포들이 디스크를 형성한다.
- ⑤ 신경관은 척삭의 Shh, 등쪽 외배엽의 TGF- $\beta$  신호에 의해 각각 바닥판과 지붕판으로 유도되고, 바닥판과 지붕판에서 각각 분비되는 Shh, TGF- $\beta$ 의 기울기를 따라 신경관의 배쪽은 감각신경이, 등쪽은 운동신경이 발달한다.

17. 다음 중 남성 생식계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 정소의 세르톨리 세포는 세정관 벽을 이루고 있는 세포들 사이에 밀착연접이 발달해서 BTB를 형성하고, 인히빈을 분비해 FSH 분비를 음성 피드백 조절한다. 또한 정자와 간극연접으로 연결되어 정자에 포도당을 젖산으로 전환해 양분으로 공급한다.
- ② 부정소는 정자가 약 20일 정도 머무는 장소로, 정자를 농축하고 정자가 운동성과 수정능력을 획득하게 되며, 식세포 역할을 하는 면역세포가 존재하고, 정액 성분의 대부분을 합성한다.
- ③ 정낭은 1개인데 과당을 분비하여 정자의 에너지원으로 사용하며, 알칼리성 물질을 분비하여 여성의 질 내 산성 환경을 중화시킨다.
- ④ 정낭에서 분비된 피브리노겐은 방출된 정액이 응고되어 여성의 질 벽에 달라붙게 하며, 전립선에서 분비된 피브리린 분해효소는 달라붙은 정액이 떨어져서 정자가 다시 운동할 수 있게 해준다.
- ⑤ 발기는 척수 반사로 일어나며, 부교감 신경이 활성화되어 방출된 아세틸콜린 신호를 받은 혈관 주변 내피세포가 NO를 방출해 소동맥을 이완시키면 혈액이 발기 조직으로 유입되고, 또한 부교감 신경이 요도 방울샘의 점액 분비를 촉진하여 윤활 작용을 한다.

18. 다음 중 기억 관련 메커니즘에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 단기 기억은 감각 신경 말단의 채널 수준의 변화로 신경전달 물질의 분비량이 달라지는 현상인데, 습관화는 계속적인 자극이 주어지면 감각 신경 말단의 전압 개폐성  $Ca^{2+}$  채널이 닫혀 신경전달 물질의 분비가 감소되는 현상이다.
- ② 민감화는 강한 자극을 가하면 감각 신경 주변의 촉진성 연합 뉴런에서 세로토닌을 분비하여 감각 신경 말단의 리간드 개폐성  $K^{+}$  채널을 열고 활동 전위가 더 오래 지속되므로 신경전달 물질의 분비가 증가한다.
- ③ 장기 기억은 절차 기억과 서술 기억으로 나뉘는데, 절차 기억은 의식이 개입되는 사람, 장소, 사건 등에 관한 기억으로 소뇌, 주 운동 피질, 체성 감각 피질, 시각 처리 영역 등이 관여한다.
- ④ 장기 기억은 반복적인 강한 자극에 의해 시냅스의 연결이 확장되는 것으로, 해마 내 시냅스 변화가 두드러지게 나타나는데 대뇌 피질에 일시적으로 저장된 새로운 장기 기억은 영구적 저장 공간인 해마로 옮겨져 시냅스 변화를 일으킨다.
- ⑤ LTP(장기 강화 작용)에서 글루탐산이 흥분성 신경전달 물질로 작용하여 AMPA 수용체 채널과 NMDA 수용체 채널을 열면 유입된  $Ca^{2+}$ 에 의해 초기 LTP가 개시되고, CA1 신경에서 NO가 생성되어 CA3 신경에 역행 신호를 전달하면 더 많은 글루탐산을 분비할 수 있도록 구조 변화가 일어난다.

19. 다음 중 자율 신경계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 무스카린 수용체는 부교감 신경의 표적 세포에서 발견되는 G-단백질 연결 수용체로, 소화관 평활근과 분비선에서는  $G_q$  신호 전달 경로가 활성화되어 근수축을 유도하고, 심장에서는  $G_i$  신호 전달 경로를 활성화하여  $K^{+}$  채널의 투과도가 증가하므로 심박동이 감소한다.
- ② 아드레날린 수용체는 교감 신경의 표적 세포에서 발견되는 G-단백질 연결 수용체로, 심장에서는  $\beta_1$  수용체에 연결된  $G_s$  신호 전달 경로를 활성화하여 심장 흥분이 촉진되고,  $\beta_2$  수용체에 노르에피네프린이 결합하면  $G_s$  신호 전달 경로가 활성화되어 기관지가 이완한다.
- ③ 교감 신경은 가슴, 허리 신경에 해당하고, 부교감 신경은 뇌간, 영치 신경에 해당하는데, 예외적으로 혈관에는 교감 신경만 연결되어 있으나 발기 관련 혈관에는 교감, 부교감 신경이 모두 연결되어 있고, 한선에는 아세틸콜린을 분비하는 교감 신경만 연결되어 있다.
- ④ 교감 신경이 흥분하면 동공이 확장하고, 부신 수질에서 카테콜아민의 분비가 증가하며, 세기관지가 수축하지만, 부교감 신경이 흥분하면 방광이 수축하고, 이자에서 소화효소 분비가 증가하며, 신장에서 레닌의 분비가 증가한다.
- ⑤ 체성 신경은 흥분성이지만, 자율 신경에는 흥분성과 억제성이 모두 존재하며, 자율 신경은 절전 신경은 유수 신경이고 절후 신경은 무수 신경이다. 또한 자율 신경은 축삭 말단 외에 축삭 염주에서도 신경전달 물질의 분비가 가능하다.

20. 다음 중 당뇨병에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 1형 당뇨병에서는 인슐린 결핍으로 세포 내 포도당 흡수가 되지 않아 이자  $\alpha$  세포에서 글루카곤의 분비가 증가하여 식욕 자극에도 불구하고 체중 감소가 나타난다.
- ② 원뇨의 삼투압이 증가하여 삼투성 이뇨로 탈수, 갈증이 나타나고, 혈액량이 감소하여 말초 순환 장애가 나타나며, 신장의 여과력 감소로 인한 신부전증이 발생한다. 또한 수정체 내에 소르비톨이 축적되면 높은 삼투압으로 세포 사멸이 일어나는 백내장이 발생한다.
- ③ 2형 당뇨병에서는 지나친 포도당 섭취로 표적 세포들의 인슐린 민감도가 감소하여 생기는데, 글루카곤에 의해 지방 분해가 촉진되어 방출된 과량의 지방산이 간에서 케톤체로 전환되어 대사성 산증이 나타난다.
- ④ 인슐린 결핍 시 근육 단백질의 분해가 촉진되면 골격근이 약화되어 성장이 감소하고, 혈중 아미노산의 농도가 증가하여 간에서 신생합성을 진행하면 고혈당은 더욱 악화된다.
- ⑤ 인슐린은 혈당 증가를 이자의  $\beta$  세포가 직접 인식하거나 시상하부가 인식하여 부교감 신경이 활성화되는 경우 또는 소화관 내 음식물로 인해 위의 G 세포에서 위장관 호르몬인 GIP가 분비되면 feedforward 조절로 분비된다.

21. 다음 중 아이코사노이드 계열 호르몬에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 20개의 탄소로 이루어진 지방산 유도체로 구조적으로 불안정하여 국부 호르몬으로 작용하는데, 다양한 조직에서  $\omega$ -6 계열의 cis-불포화 지방산인 아라키돈산이 세포막에서 유리되어 PG, TB, PC, LT 등으로 바뀌어 여러 가지 생리 작용들을 조절한다.
- ② COX 1에 의해 합성된 PG는 위장관 점막의 안정성을 유지하고, 자궁 수축에 관여하며, 혈소판에서 합성된 TB는 혈관을 수축시키며, 혈소판을 활성화하여 혈전을 생성한다.
- ③ 아스피린은 NSAID로 COX1과 COX2에 대한 비가역 저해제인데 염증세포에서 PG의 생성을 막아 소염, 해열, 진통의 효과를 보인다. 그러나 COX2를 저해하여 혈관 내피세포에서 PC이 합성되지 않아 혈전이 생성되는 부작용이 있다.
- ④ 타이레놀은 LOX 저해제로 백혈구의 LT 생성을 억제하여 세기관지의 강한 수축으로 호흡 곤란이 발생하는 anaphylactic shock이나 천식, 발작의 치료제로 사용된다.
- ⑤ 아스피린과 타이레놀은 COX1과 COX2를 저해하므로 소염, 해열, 진통 효과를 나타내지만 셀레코시브와 로페록시브는 COX3를 저해하므로 해열, 진통 효과만 나타낸다.

22. 다음 중 청각 수용기와 전정 기관에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 음정은 공명 현상에 의해 각 소리의 파장이 기저막의 특정 부위를 진동시켜 형성되는데 난원창에서 가까운 곳이 진동하면 높은 주파수, 먼 곳이 진동하면 낮은 주파수로 인식된다. 이때 기저막에서 정상파를 형성하는 부분의 진폭이 가장 크다.
- ② 달팽이관은 내림프로 채워져 있으며 외림프와 달리  $K^+$ 의 농도가 높아 유모세포의 섬모들이 덮개막에 닿아 구부러지는 방향에 따라 평소에도 열려 있는 기계적 개폐성  $K^+$  채널들이 더 많이 열리거나 닫히면서 활동 전위의 발생 빈도가 변화하게 된다.
- ③ 이석기관에는 유모세포의 섬모를 감싼 젤라틴층 위에 이석이 붙어 있는데 구형낭은 몸의 기울어짐이나 수평 가속력을 인식하고, 난형낭은 몸의 기울어짐이나 수직 가속력을 인식한다.
- ④ 반고리관은 내부에 내림프가 채워져 있어 유모세포가 내림프의 흐름에 따라 휘어지게 되며, 림프액의 관성에 따라 회전 자극을 인식하게 되는데, 우주에서는 중력이 없으므로 회전 감각을 인식할 수 없다.
- ⑤ 중이의 유스타키오관은 고막 안팎의 기압을 맞추기 위해 중이 공간과 인두를 연결하는 관이며, 와우는 전정기관과 함께 내이를 구성하는데 가운데는 내림프로 채워진 달팽이관이 있고, 위와 아래에는 외림프로 채워진 전정계와 고실계가 있다.

23. 다음 중 평활근에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 방추형의 단핵 세포로 근원섬유들이 나란히 배열되어 있지 않아 근절의 띠무늬가 관찰되지 않는다. 골격근에 비해 크기가 작으며 T 소관이 발달되어 있지 않고, 트로포미오신과 트로포닌이 관찰되지 않으며, Z disc 대신 치밀체가 있다.
- ② 다단위 평활근은 세포들 사이에 간극연접이 발달되어 있지 않아 자율 신경이 평활근 각각을 개별적으로 자극하여 수축시키며 모두 위상성 평활근에 해당한다.
- ③ 단일단위 평활근은 세포들 사이에 간극연접이 발달되어 있어 조율기 세포가 만든 활동 전위가 모든 세포들로 전달되어 동시에 수축이 가능하다. 모두 특별한 자극이 없어도 지속적으로 수축을 유지하는 긴장성 평활근에 해당한다.
- ④ 주로 소화기 평활근의 조율기 세포에서 발생하는 서파 전위는 전압 개폐성  $Ca^{2+}$  채널과 전압 개폐성  $K^+$  채널에 의해 규칙적으로 활동 전위가 발생한다.
- ⑤ 여러 가지 자극에 의해 세포막의 전압 개폐성, 인장 활성화, 리간드 개폐성  $Ca^{2+}$  채널이 열리면 세포질의  $Ca^{2+}$ 은 칼모둘린과 결합해 MLCK를 활성화하고 미오신 머리가 가는 필라멘트에 결합하여 근수축이 개시된다.

24. 다음 중 혈관과 관련된 설명으로 옳지 않은 것은?

- ①  $P_{O_2}$ 가 감소하거나,  $P_{CO_2}$ 나 대사 물질이 증가하면 혈관 내피 세포에서 NO가 생성되어 주변 소동맥 평활근을 이완시키고, 바소프레신이나 안지오텐신 II가 분비되면 혈관 내피세포에서 엔도텔린이 분비되어 소동맥 평활근을 수축시킨다.
- ② 교감 신경에서 분비된 노르에피네프린은  $\alpha_1$  수용체에 결합하여 내장 기관 소동맥을 수축시키고, 에피네프린은 주로  $\beta_2$  수용체에 결합하여 심장과 골격근 소동맥을 확장시킨다.
- ③ 혈압이 낮아지거나 조직의 교질 삼투압이 감소하거나 혈장 삼투압이 증가하면 조직액이 혈액으로 유입되는 양이 증가하여 혈액량이 증가하고 혈압이 상승하여 정맥 환류량이 증가한다.
- ④ 정상인은 수축기 혈압이 120mmHg, 이완기 혈압이 80mmHg인데, 심장 주기의 2/3가 수축기이고 1/3이 이완기이므로 평균 동맥 혈압은 약 93mmHg가 된다.
- ⑤ 림프관은 내피 세포들이 겹쳐 있어 바깥에서 압력이 가해질 때만 틈이 생겨 물질들이 림프관 속으로 유입될 수 있다. 따라서 백혈구, 혈장 단백질, 유미입자, 세균 등 크기가 큰 물질은 유입될 수 없고, 작은 지용성 분자들만 유입될 수 있다.

25. 다음 중 혈구에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 신장이 산소 부족을 인식하여 EPO를 분비하면 골수의 조혈 모세포에서 적혈구 분화가 촉진된다. 적혈모구(적혈구아세포)에서 헤모글로빈이 합성되고, 정상 적혈모구에서 핵이 응축되어 방출되며, 망상 적혈구에서는 리보솜이 없어져 헤모글로빈 합성을 할 수 없다.
- ② 비장에서 오래된 적혈구가 파괴되면 대식세포에 의해 헤모글로빈의 헴 구조가 빌리루빈으로 대사되는데 간에서 생성되는 담즙의 구성 성분이 되고, 소장에서 세균에 의해 산화되면 우로빌리노겐이 되는데, 이중 10~20%는 장간순환으로 재흡수되고 그 중 일부는 신장에서 우로빌린 형태로 바뀌어 오줌으로 배설된다.
- ③ 간에서 TPO를 분비하면 골수의 조혈 모세포에서 혈소판 분화가 촉진되어 거핵세포에서 세포 파편들이 떨어져 나와 혈소판이 생성된다. 혈소판은 TB를 분비하여 응집 반응을 일으키고, 주변 정상 내피세포는 PC를 분비하여 응집 반응이 일어나지 않게 조절한다.
- ④ 호중구, 호산구, 호염구는 단핵성 무과립구에 해당하며, 분포 비율은 호중구 > 호산구 > 호염구 순으로 존재한다. 반면 단핵구와 림프구는 다핵성 과립구에 해당하고, 이 중 NK 세포는 단핵구에서 유래하며 세포막 표면에 MHC I의 발현양이 감소한 세포를 인식하여 공격한다.
- ⑤ 염증 반응 시 모세혈관 내피세포의 셀렉틴과 호중구의 당이 결합하여 rolling이 일어난 후 내피세포의 인테그린과 호중구의 면역글로불린이 결합하여 부착이 일어나 상처 조직으로 침투한다.

26. 다음 중 T 세포의 성숙 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 골수에서 흉선으로 이동하면 이중음성 흉선 세포에서 체성 재조합, 접합부 다양성, 대립유전자 배제, 개별형 전환, 체성 과변이가 일어나 TCR 유전자가 재배열되어 이중양성 흉선 세포( $CD4^+8^+$ )가 된다.
- ② 흉선 피질 세포는 MHC+자기 항원을 제시하고 있는데 MHC I에 결합하는 세포는  $T_C$  세포(CD8만 남음)가 되고, MHC II에 결합하는 세포는  $T_H$  세포(CD4만 남음)가 되는 양성 선택이 일어나 단일양성 흉선 세포가 된다.
- ③ 흉선 수질의 APC는 MHC+자기 항원을 제시하고 있는데 MHC에 강하게 결합하는 세포들은 자기 항원을 인식하는 세포이므로 음성 선택으로 제거한다.
- ④ 혈액으로 방출된 미경험 T 세포는 온몸을 순환하다가 MHC+자기 항원을 제시하는 APC와 결합하면 B7-CD28 공동 자극으로 클론 무감작된다.
- ⑤ 2차 면역기관에 항원이 유입되면 APC가 MHC II+비자기 항원을 제시하고  $T_H$  세포가 결합하여  $T_H1$  세포로 분화되고, 또한 APC가 MHC I+비자기 항원을 제시하면  $T_C$  세포가 결합하고 동시에  $T_H1$  세포가 분비한 IL-2가  $T_C$  세포를 자극하여 활성화한다.

27. 다음 중 과민 반응에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 1형 과민 반응은 알레르기 항원에 의해 부적절하게 IgE가 분비되어 조직 손상을 일으키는 것으로, 항원에 재노출 시 조직에 상주하는 비만세포나 호염구의  $F_C$  수용체에 결합된 이량체 IgE에 항원이 결합하면 히스타민 등 여러 물질을 분비한다.
- ② 2형 과민 반응은 IgG나 IgM이 일으키는 반응으로, 적혈구 세포막 항원에 항체가 붙어 보체를 활성화하거나 ADCC로 표적세포를 파괴한다. 관련 질환으로 ABO식 혈액형 수혈 거부, 적아세포증, 페니실린에 의한 용혈성 빈혈 등이 있다.
- ③ 3형 과민 반응은 용해성 항원과 IgG가 면역 복합체를 형성하여 조직에 침착되면 보체를 활성화하고 염증 반응을 일으키는 것으로, 관련 질환으로 아토피성 피부염, 천식, 전신성 아나필락틱 쇼크 등이 있다.
- ④ 4형 과민 반응은 지연성 과민 면역 반응이라고도 하는데 항원에 노출된 후 며칠이 지나야 반응이 나타난다. 관련 질환으로 결핵, 조직 이식 거부 반응, 접촉성 피부염 등이 있으며, 투베르쿨린 반응은 결핵균 감염 유무를 검사하는 방법이다.
- ⑤ 5형 과민 반응은 IgG 또는 IgM에 의해 일어나는데 세포막 수용체에 자가 항체가 결합하여 리간드의 결합을 방해하거나 또는 리간드처럼 작용하여 세포 신호 전달계를 교란한다. 관련 질환으로는 류마티스성 관절염, 다발성 경화증, 중증 근무력증 등이 있다.

28. 다음 중 호흡계 관련 질환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 만성 폐쇄성 폐질환(COPD)은 폐 손상으로 기도 저항이 증가하여 호기 시 늑강 압력이 올라가 기도를 누르기 때문에 흡기보다 호기에 더 큰 어려움이 있다.
- ② 폐기종은 흡연이나 분진 등으로 인해 대식세포가 과도하게 활성화되어 염증을 일으키는 질환으로 폐포가 파괴되어 소수의 큰 폐포가 되어 기체 교환을 위한 표면적이 감소하고, 잦은 기도 흡착으로 호기가 어려워진다.
- ③ 천식은 알레르기 반응으로 히스타민이 분비되어 염증, 점액 분비, 기관지 협착을 일으켜 세기관지를 통과하는 공기의 흐름이 폐쇄되는 질환으로, COPD는 대식세포들이 관여하는 반면 천식은 비만세포가 관여하지만 둘 다 기관지 확장제를 사용하면 기도를 열 수 있다.
- ④ 폐부종에서는 폐포와 모세혈관 사이 확산 거리가 증가하며, 섬유성 폐질환은 폐렴, 결핵, 분진 등으로 인해 손상된 폐조직을 결합조직이 대체하면서 딱딱해진 폐포막과 폐신전성의 상실이 폐포 환기를 감소시킨다.
- ⑤ 임신 말기가 되면 태반 시계가 작동하여 모체의 부신 피질에서 코르티솔이 분비되어 제 II형 폐포 세포가 계면활성제인 레시틴을 분비하면 호기가 용이하도록 폐를 성숙시킨다. 신생아 호흡 장애 증후군은 미숙아의 경우 계면활성제를 충분히 합성하지 못한 채로 태어나기 때문에 폐를 수축하기 어려워 호흡 곤란이 발생하는 질환이다.

29. 다음 중 조직 이식의 관용에 대한 내용으로 옳은 것은?

- ① 각막이나 안구에는 혈관이나 림프관이 발달하지 않아서 면역 세포들의 접근이 어려우므로 적응 면역이 일어나지 않아 거부 반응이 일어나지 않고, 뇌, 정소, 자궁 등은 BBB, BTB, placenta barrier 등이 발달하여 면역 세포들의 접근이 차단된다.
- ② 면역 억제 약물 주입 시 거부 반응을 억제할 수 있는데, 코르티솔은 염증 반응을 억제하고, 사이클로스포린은 T 세포의 증식과 분화를 억제하며, 항-CD4 항체나 항-CD8 항체를 처리하면 T 세포의 클론 삭제를 유도한다.
- ③ 갓 태어난 생쥐에 동종 이형 세포를 주입하면 성체가 된 후에 다시 노출되었던 동종 이형 조직을 이식해도 거부 반응이 나타나지 않는다.
- ④ 자가 이식이나 일란성 쌍둥이 사이에서의 동계 이식의 경우에는 공여자와 수여자 유전자가 동일하여 거부 반응이 일어나지 않지만, 태반을 공유했던 이란성 쌍둥이 송아지의 경우 출생 후에 서로의 조직을 이식하면 거부 반응이 나타난다.
- ⑤ 수혈 시에는 ABO식 혈액형, Rh식 혈액형, MHC의 일치 여부를 모두 고려해야 한다.

30. 다음 중 청소율(renal clearance)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 일정 시간 동안 신장을 통과해 어떤 물질을 소변으로 완전히 배출하게 되는 혈장량을 의미하며, 물질의 소변 배설률(mg/min) / 물질의 혈장 내 농도(mg/mL)이다.
- ② 이눌린은 여과 후 재흡수와 분비가 거의 일어나지 않는 물질이므로 이눌린의 청소율은 사구체 여과율과 같다.
- ③ 물질의 소변 배설률 = 물질의 소변 내 농도 × 분당 소변 배설량으로 나타낼 수 있다.
- ④ 이눌린의 청소율로 구한 GFR로부터 신장의 정상 기능 여부를 알 수 있으며, 어떤 물질의 청소율이 이눌린의 청소율보다 크다면 그 물질은 여과 후 재흡수가 되는 물질이다.
- ⑤ 포도당의 청소율은 GFR보다 크고, PAH의 청소율은 이눌린의 청소율보다 작다.

\* 확인 사항

- 답안지의 해당란에 필요한 내용을 정확히 기입(표기)했는지 확인 하시오