

[34~36] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

중세부터 르네상스 시대에 이르기까지 생리학 분야의 절대적 권위는 2세기 경 그리스 의학을 집대성한 갈레노스에게 있었다. 갈레노스에 따르면, 정맥피는 간에서 생성되어 정맥을 타고 온몸으로 영양분을 전달하면서 소모된다. 정맥피 중 일부는 심실 벽인 격막의 구멍을 통과하여 우심실에서 좌심실로 이동한 후, 거기에서 공기의 통로인 폐정맥을 통해 폐에서 유입된 공기와 만나 동맥피가 된다. 그 다음에 동맥피는 동맥을 타고 온몸으로 퍼져 생기를 전해 주면서 소모된다. 이 이론은 피의 전달 경로에 대한 근본적인 오류를 포함하고 있었으나, 갈레노스의 포괄적인 생리학 체계의 일부로서 권위 있게 받아들여졌다. 중세를 거치면서 인체 해부가 가능했지만, 그러한 오류들은 고대의 권위를 추종하는 학문 풍토 때문에 시정되지 않았다.

16세기에 이르러 베살리우스는 해부를 통해 격막에 구멍이 없으며, 폐정맥이 공기가 아닌 피의 통로라는 사실을 발견했다. 그 후 심장에서 나간 피가 폐를 통과한 후 다시 심장으로 돌아오는 폐순환이 발견되자 갈레노스의 피의 소모 이론은 도전에 직면했다. 그러나 당시의 의학자들은 갈레노스의 이론에 얽매어 있었으므로 격막 구멍이 없다는 사실로 인해 생긴 문제, 즉 우심실에서 좌심실로 피가 옮겨 갈 수 없는 문제를 폐순환으로 설명할 수 있다고 생각하였다.

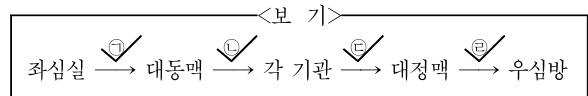
이러한 판도를 바꾼 사람은 하비였다. 그는 생리학에 근대적인 정량적 방법을 도입했다. 그는 심장의 용적을 측정하여 심장이 밀어내는 피의 양을 추정했다. 그 결과, 심장에서 나가는 동맥피의 양은 섭취되는 음식물의 양보다 훨씬 많았다. 먹은 음식물보다 더 많은 양의 피가 만들어질 수 없으므로 하비는 피가 순환되어야 한다고 생각했다. 그는 이 가설을 검증하기 위해 실험을 했다. 하비는 끈으로 자신의 팔을 묶어 동맥과 정맥을 함께 압박하였다. 피의 흐름이 멈추자 피가 통하지 않는 손은 차가워졌다. 동맥을 차단했던 끈을 약간 늦추어 동맥피만 흐르게 해 주자 손은 이내 생기를 회복했고, 잠시 후 여전히 끈에 압박되어 있던 정맥의 말단 쪽 혈관이 부풀어 올랐다. 끈을 마저 풀어 주자 부풀어 올랐던 정맥은 이내 가라앉았다. 이로써 동맥으로 나갔던 피가 손을 돌아 정맥으로 돌아온다는 것이 확실해졌다.

이 실험을 근거로 하비는 1628년에 ‘좌심실 → 대동맥 → 각 기관 → 대정맥 → 우심방 → 우심실 → 폐동맥 → 폐 → 폐정맥 → 좌심방 → 좌심실’로 이어지는 피의 순환 경로를 제시했다. 반대자들은 해부를 통해 동맥과 정맥의 말단을 연결하는 통로를 찾을 수 없음을 지적하였다. 얼마 후, 말피기가 새로 발명된 현미경으로 모세혈관을 발견하면서 **피의 순환 이론**은 널리 받아들여졌다. 그리고 폐와 그 밖의 기관들을 피가 따로 순환해야 하는 이유를 포함하여 다양한 인체 기능을 설명하는 새로운 생리학의 구축이 시작되었다.

34. 위 글로 보아 ‘피의 순환 이론’의 성립이나 수용에 기여하지 않은 것은?

- ① 새로운 생리학의 구축 ② 과학적 발견들과의 부합
- ③ 정량적 사고방식의 채택 ④ 새로운 관찰 도구의 도입
- ⑤ 실험적 방법의 적극적 활용

35. <보기>는 ‘하비’가 제시한 피의 순환 경로의 일부이다. ‘하비’가 끈 실험에서 차단했던 위치를 바르게 지적한 것은? [1점]



- ① ㉠, ㉡ ② ㉠, ㉢ ③ ㉡, ㉣
- ④ ㉡, ㉤ ⑤ ㉢, ㉤

36. <보기>의 관점에 따라 위 글의 사례를 해석한다고 할 때, 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

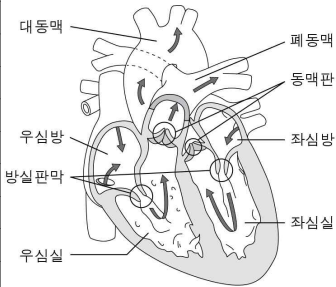
성공적인 과학 이론은 ‘패러다임’이 되어 후속하는 과학 활동에 지대한 영향을 미친다. 과학자들은 패러다임에서 연구의 방법, 연구 주제 등을 발견한다. 이러한 ‘정상 과학’ 활동에서 때때로 기존의 패러다임과 조화를 이룰 수 없는 과학적 발견인 ‘변칙 사례’들이 나타나기도 한다. 이러한 변칙 사례들이 패러다임을 당장에 ‘무효화’하지는 않는다. 하지만 변칙 사례가 누적되면서 위기가 도래한다. 이때 새로운 과학 이론이 등장하여 기존의 패러다임과 경쟁을 벌인다. 그러다가 어떤 이유로 새로운 이론이 과학자들에게 받아들여지면서 새로운 패러다임이 되는데, 이것이 ‘과학 혁명’이다.

- ① 갈레노스의 이론은 오랫동안 널리 받아들여진 이론이므로 ‘패러다임’이었겠군.
- ② 갈레노스에 대한 강력한 추종이 있었던 중세의 생리학은 ‘정상 과학’이었겠군.
- ③ 폐정맥에서 피가 발견된 것은 갈레노스의 이론과 합치되지 않으므로 ‘변칙 사례’에 속하겠군.
- ④ 폐순환의 발견은 경험적으로 충분히 입증되지 못하였기 때문에 갈레노스의 이론을 ‘무효화’하지 못했겠군.
- ⑤ 하비의 순환 이론이 갈레노스의 이론을 대신하여 수용된 것이 ‘과학 혁명’이었겠군.

◆ 17년 11월 고1 25~28번

[25 ~ 28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

일반적으로 의사들은 청진기를 통해 들리는 심장음*으로 환자의 상태를 점검한다. 심장은 우리 몸에 혈액을 안정적으로 순환시키는 기관으로 펌프와 같은 작용을 하는데, 매우 짧은 시간에 수축과 이완을 반복한다. 이러한 심장의 주기적인 리듬을 ‘심장 박동’이라고 하며 이 과정에서 심장음이 발생하는 것이다. 그렇다면 심장 박동은 구체적으로 어떤 과정을 거쳐 일어나며, 심장음은 왜 발생하는 것일까?



→ : 혈액의 흐름
[그림]

이 공급증을 해결하기 위해서는 우선 ① 심장의 구조와 혈액의 순환 과정을 살펴볼 필요가 있다. 심장은 [그림]과 같이 우심방과 우심실, 좌심방과 좌심실로 구성되어 있다. 각 심방과 심실 사이에는 방실판막이 있고, 우심실과 폐동맥 사이, 좌심실과 대동맥 사이에는 동맥판막이 있다. 여기서 판막은 혈액을 한 방향으로만 흐르게 하는 역할을 한다는 점에서 마치 한쪽으로는 열리는 출입문에 비유될 수 있다. 방실판막은 심방에서 심실로만 열리는데, 심방의 압력이 심실의 압력보다 높을 경우에만 열린다. 동맥판막 역시 압력의 차이로 인해 심실에서 동맥으로만 열린다. 그리고 혈액의 순환 과정은 다음과 같다. 혈액은 몸 전체의 세포와 조직에 산소를 공급하고 이로부터 이산화탄소를 받은 후 우심방, 우심실을 거쳐 폐동맥을 통해 폐로 이동된다. 이후 폐에서 산소를 공급받은 혈액은 좌심방으로 되돌아와 좌심실을 거쳐 대동맥을 통해 몸 전체로 나가게 된다. 이 과정에서 우심실과 좌심실은 동시에 수축됨으로써 같은 양의 혈액을 펌프질하여 몸 전체로 내보내는데, 혈액을 펌프질하는 것보다 몸 전체로 보낼 때 더 강한 힘이 필요하므로 좌심실 벽이 우심실 벽보다 더 두껍다.

① 심장의 박동은 심실 확장기, 등용적 심실 수축기, 심실 수축기를 포함하는 수축 단계와 등용적 심실 이완기, 심실 채우기를 포함하는 이완 단계를 반복적으로 거친다. 이 과정은 약 0.8초를 주기로 하여 좌심방과 좌심실, 우심방과 우심실에서 동시에 일어난다. 먼저 동방결절*에서 발생한 전기 신호가 심방의 근육으로 전달되면 심방이 수축된다. 이로 인해 심방의 압력이 심실의 압력보다 조금 높아지므로 심방에서 심실로 혈액이 흘러 심실의 크기가 지속적으로 커지는데 이를 심실 확장기라고 한다. 이 시기에는 심방을 수축시킨 전기 신호가 방실판막과 심방 벽을 진동시켜 ‘제4심장음’이 발생한다. 그리고 동방결절에서 발생한 그 전기 신호가 방실판막을 통해 심실 전체로까지 전달되면 심실이 수축되기 시작한다. 이로 인해 심실의 압력이 증가하여 심방의 압력보다 높아지므로 방실판막이 닫힌다. 그런데 심실의 압력은 동맥의 압력보다 여전히 낮기 때문에 동맥판막은 닫혀 있다. 따라서 수축으로 인한 심실의 압력 증가가 일정 수준에 이르기 전까지는 4개의 판막은 모두 닫혀 있다. 이는 혈액의 이동이 순간적으로 중지된 상태이므로 심실의 크기는 일정하게 유지되는데 이를 등용적 심실 수축기라고 한다. 이 시기에는 방실판막이 닫힐 때 길고 둔한 소리가 발생하는데 이를 ‘제1심장음’이라고 한다. 수축 단계의 마지막 과정인 심실 수축

기는, 계속 증가해 온 심실의 압력이 동맥의 압력보다 높아지게 되어 동맥판막이 열리고 혈액이 심실에서 몸 전체로 펌프질로 빠져나가는 시기를 말한다. 이 시기에는 심실의 압력이 심방의 압력보다 높기 때문에 방실판막은 여전히 닫혀 있고, 혈액은 심실 밖으로 빠져나갔으므로 심실의 크기는 이전 시기보다 작아진다.

전기 신호로 인한 수축 단계가 끝나고 심실이 이완되면 심실의 압력이 동맥의 압력보다 낮아져 동맥판막이 닫히게 된다. 그런데 심실의 압력은 심방의 압력보다 여전히 높으므로 방실판막은 열리지 않는다. 따라서 이완으로 인한 심실의 압력 감소가 일정 수준에 이르기 전까지는 4개의 판막이 모두 닫혀 있다. 이 상태에서는 등용적 심실 수축기처럼 심실의 크기가 일정하게 유지되는데 이를 등용적 심실 이완기라고 한다. 이 시기에는 동맥판막이 닫힐 때 ‘제1심장음’보다 짧고 예리한 소리가 발생하는데 이를 ‘제2심장음’이라고 한다. 이후 심실이 이완되면서 계속 감소해 온 심실의 압력이 심방의 압력보다도 낮아지면 방실판막이 열려 심실로 혈액이 조금씩 들어오는데 이를 심실 채우기라고 한다. 이때 방실판막이 열리면서 ‘제3심장음’이 발생한다.

이처럼 심장의 박동은 심장의 수축과 이완에 따른 압력 또는 크기의 변화와 밀접한 관련이 있으며 시기별로 일정한 심장음을 발생시킨다는 특성이 있다. ‘제1심장음’과 ‘제2심장음’은 일반적으로 의사들이 청진기를 통해 분명하게 들을 수 있다. ‘제3심장음’은 그 소리가 약해서 소아나 청소년들에게서만 들리며, ‘제4심장음’은 음정이 낮고 짧아 드물게 들린다. 만약 판막이나 혈관 등에 이상이 생길 경우 정상적인 심장음 이외의 소리가 발생하고 이를 통해 질병이 감지될 수 있는 것이다.

- * 심장음: 심장 기능에 의해 생기는 음.
- * 동방결절: 전기 신호를 생성하여 심장을 수축시킴으로써 심장 박동의 리듬을 결정하는 심장의 한 부분.
- * 방실판막: 특수 심장 근육의 하나로 동방결절에서 진행된 흥분을 심실 근육 쪽으로 전달하는 기능을 가진 심장의 한 부분.

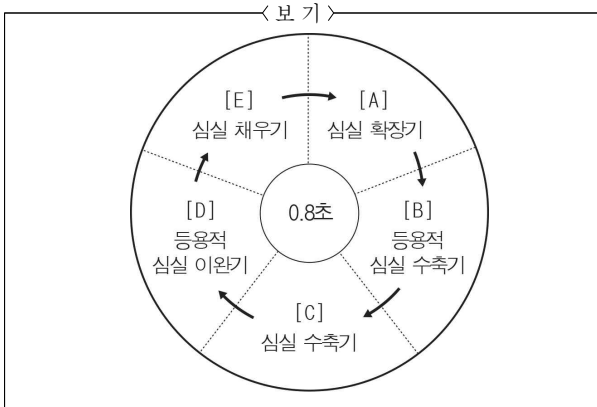
25. 밑글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 우심실 벽이 좌심실 벽보다 더 두껍다.
- ② 판막은 혈액을 한 방향으로만 흐르게 한다.
- ③ ‘제3심장음’은 소아나 청소년들에게서만 들린다.
- ④ 심장은 우리 몸에 혈액을 안정적으로 순환시키는 기관이다.
- ⑤ 판막이나 혈관에 이상이 생기면 정상적인 심장음 이외의 소리가 발생한다.

26. ㉠을 중심으로 밑글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 심장의 혈액을 심실 밖으로 내보낼 때에는 심실과 동맥 사이의 동맥판막이 열린다.
- ② 심장의 우심방에 들어온 혈액을 다시 몸 전체로 내보낼 때에는 판막 4개를 거쳐야 한다.
- ③ 심장의 각 심실로 들어온 혈액을 심장 밖으로 내보낼 때에는 심장의 방실판막은 닫혀 있다.
- ④ 심장의 각 심방으로 들어온 혈액을 심실로 내보낼 때에는 심방에서 심실 방향으로 판막이 열려야 한다.
- ⑤ 심장의 혈액을 좌심실에서 내보내기 시작할 때에는 우심실에서 내보내기 시작할 때와 달리 동맥판막이 열린다.

[27 ~ 28] <보기>는 ㉠의 과정을 도식화한 것이다. 윗글과 <보기>를 참고하여 27번과 28번의 두 물음에 답하시오.



27. 윗글을 바탕으로 [A]~[E]에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

- ① [A]에서 [B]로 되면서, 혈액의 이동이 순간적으로 중지되어 심실의 크기가 일정하게 유지된다.
- ② [B]에서 [C]로 되면서, 심실 속 혈액량은 줄어들며 심실의 크기는 작아진다.
- ③ [C]에서 [D]로 되면서, 심실은 이완하며 청진기로 들을 수 있는 '제2심장음'이 발생한다.
- ④ [D]에서 [E]로 되면서, 심실은 이완되어 심실 속의 혈액량이 줄어든다.
- ⑤ [E]에서 [A]로 되면서, 전기 신호로 인해 심방이 수축되고 '제4심장음'이 발생한다.

28. 윗글을 읽은 학생이 [B]와 [D]에 대해 <보기>와 같이 반응했다고 할 때, ㉠~㉣에 들어갈 말로 적절한 것은?

< 보 기 >

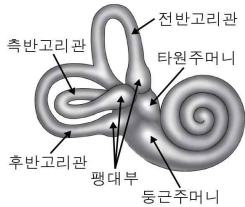
"이 글을 읽고 심방, 심실, 동맥을 압력이 높은 순서대로 나열했을 때, [B]와 [D]에서 그 순서가 동일하다는 점을 발견했어. 즉 압력이 가장 높은 것은 (㉠)이고, 그 다음 높은 것은 (㉡)이며, 가장 낮은 것은 (㉢)이라는 사실을 알게 되었어."

- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---|----|----|----|
| ① | 심방 | 심실 | 동맥 |
| ② | 심방 | 동맥 | 심실 |
| ③ | 심실 | 심방 | 동맥 |
| ④ | 동맥 | 심실 | 심방 |
| ⑤ | 동맥 | 심방 | 심실 |

◆ 14년 11월 고2 B형 28~30번

[28~30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 뇌는 여러 가지 감각기관을 통해 들어온 정보를 종합하여 몸의 평형 상태 여부를 판단한다. 이 과정에서 특히 귀의 평형기관을 통해 뇌에서 감지되는, 머리의 위치와 운동의 방향에 대한 정보들이 중요한 역할을 한다.



<그림1>



<그림2>

귀의 평형기관은 <그림1>과 같이 세 개의 반고리관과 타원주머니, 둥근주머니 등으로 구성되어 있다. 세 개의 반고리관은 머리의 움직임과 관련된 회전 가속을, 타원주머니는 수평 방향의 가속을, 둥근주머니는 수직 방향의 가속을 감지한다. 또한 <그림2>에서처럼 반고리관 내부는 림프액으로 채워져 있고 반고리관 끝에 있는 ① 팽대부 속에는 털세포가 있는데 털세포의 밑부분은 1차 감각뉴런*에 인접해 있고, 털세포의 섬모들은 젤라틴 성분으로 이루어진 팽대정에 묻혀 있다.

반고리관 중 전반고리관은 고개를 끄덕일 때 머리가 위아래로 움직이는 것을, 측반고리관은 머리를 가로저을 때처럼 머리가 좌우로 움직이는 것을 감지한다. 또한 후반고리관은 귀를 어깨 쪽으로 기울일 때 머리가 움직이는 것을 감지한다. 이때 반고리관마다 감지하는 움직임의 종류가 다른 이유는 각 반고리관이 머리의 안쪽을 중심으로 서로 다른 방향으로 교차되어 있어, 반고리관들의 각도와 그에 따른 림프액의 움직임이 다르기 때문이다. 가령 제자리에서 한 방향으로 돌면 측반고리관 속 림프액의 움직임이 가장 크며, 회전을 하다가 갑자기 멈추더라도 림프액의 움직임은 잠시 동안 지속된다. 이때 섬모들도 림프액과 동일한 방향으로 휘어지게 되며, 이러한 섬모들의 움직임은 뇌로 송출하는 전기적 신호를 변화시킨다.

그렇다면 이와 같은 섬모들의 움직임과 뇌가 인식하는 전기신호의 변화와는 어떤 관련이 있을까? 하나의 털세포에는 길이가 가장 긴 운동섬모와 길이가 짧은 여러 개의 부동섬모들이 있는데, 각 섬모들은 일종의 스프링과 같은 ‘단백질 다리’로 연결되어 있다.

머리의 움직임이 없을 때 섬모의 이온 채널*은 약 10%정도 열려 있는데 이를 ‘분극’ 상태라고 한다. 이때 일정량의 신경전달물질이 1차 감각뉴런에 전달되어 일정한 간격의 전기신호를 뇌로 송출하고 우리 뇌는 이것을 평형 상태로 인지한다. 그러나 머리를 움직여 림프액이 이동하면 운동섬모와 부동섬모들이 운동섬모의 방향으로 휘어지고, ‘단백질 다리’가 팽팽해지면 이온 채널이 10% 이상 열리게 되는데 이러한 상태를 ‘탈분극’이라고 한다. 반면 운동섬모의 반대 방향으로 휘어지면 ‘단백질 다리’가 느슨해지면 이온 채널이 닫히게 되고 이러한 상태를 ‘과분극’이라고 한다.

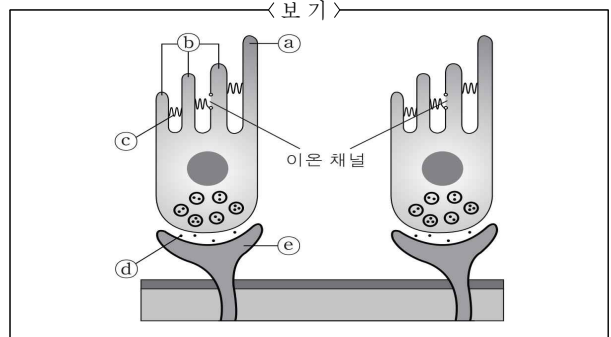
이처럼 탈분극이 발생하면 1차 감각뉴런으로 분비되는 신경전달물질의 양은 늘어나고, 과분극이 발생하면 줄어들게 된다. 그리고 신경전달물질의 양에 비례하여 뇌로 전달되는 전기신호의 발생 빈도도 달라지게 된다. 이와 같은 과정을 통해 뇌는 우리 몸의 평형 상태 여부를 판단하게 되는 것이다.

* 1차 감각뉴런: 감각기관에서 일어난 자극을 최초로 전달받아 척수와 같은 중추신경계로 전달하는 뉴런이다.
* 이온 채널: 이온이 이동하는 통로.

28. 윗글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

- ① 평형 상태의 판단 과정
- 다양한 감각기관을 중심으로
- ② 인체 평형기관의 종류
- 섬모들의 위치를 중심으로
- ③ 뇌의 운동 정보 인식 방법
- 1차 감각뉴런의 구성 물질을 중심으로
- ④ 운동과 평형에 대한 정의
- 직진 가속과 회전 가속을 중심으로
- ⑤ 몸의 평형 상태를 감지하는 원리
- 귀의 평형기관을 중심으로

29. <보기>는 ①을 도식화한 것이다. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ①의 방향으로 ②가 휘어지면 털세포는 탈분극 상태가 될 것이다.
- ② ①과 ②의 움직임이 일어나면 ③에서 송출되는 전기신호의 발생 빈도는 변하게 될 것이다.
- ③ ③가 느슨해지면 털세포의 이온 채널이 닫히게 되어 ④가 분출되는 양은 줄어들 것이다.
- ④ ③에서 송출되는 전기신호의 발생 빈도가 증가하게 되면 ⑤는 팽팽해질 것이다.
- ⑤ 이온 채널이 10%정도 열려 ⑤에 전달되는 ④의 양이 일정하다면 뇌는 신체를 평형 상태로 인지하게 될 것이다.

30. <보기>는 윗글을 읽은 학생이 보인 반응이다. ④에 들어갈 말로 가장 적절한 것은?

< 보 기 >
회전의자에 앉아 어지러울 정도로 돌다가 갑자기 멈추게 되면, 잠시 동안은 계속 돌고 있는 것처럼 느껴지게 된다. 이런 현상을 발생시키는 주된 이유는 (④) 때문이라고 할 수 있다. (단, 머리 자체의 움직임은 없으며, 의자의 회전 이외의 다른 작용은 없음.)

- ① 측반고리관의 림프액이 계속 움직이기
- ② 전반고리관의 림프액이 계속 움직이기
- ③ 측반고리관의 림프액이 움직임을 멈추었기
- ④ 전반고리관의 림프액이 움직임을 멈추었기
- ⑤ 측반고리관과 전반고리관의 림프액이 모두 움직임을 멈추었기

【32-35】 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가) 모든 동물에게 공통되는 생명의 특징은 무엇일까? 대표적으로 숨을 쉰다는 사실을 들 수 있다. 숨 쉬기는 동물의 각 기관이 제 기능을 발휘하는 데 없어서는 안 되는 활동이다. 숨을 쉬지 못하면 산소가 세포로 전달되지 못해 세포가 활동하는 데 필요한 에너지를 생산할 수 없게 된다. 이렇게 되면 생명체는 더 이상 생명을 유지할 수 없다. 이처럼 생명 활동에 중요한 호흡은 과학적 개념으로 볼 때 산소를 들이마시고 이산화탄소를 내보내는 것을 의미한다.

(나) 호흡을 통해 폐로 들어온 산소는 폐포에서 적혈구 속의 헤모글로빈과 결합되어 신체의 각 조직세포로 운반된 후 분리된다. 헤모글로빈은 산소를 각 조직세포로 실어 나르는 수송차이다. 헤모글로빈은 철을 포함하고 있는 단백질로 붉은색을 띤다. 헤모글로빈 1분자는 최대로 산소 4분자까지 결합한다. 이처럼 헤모글로빈과 산소가 결합하는 것을 포화반응이라고 하며, 그 결합물을 산소헤모글로빈이라고 한다. 반면에 각 조직세포로 이동한 산소헤모글로빈에서 산소가 분리되는 것을 해리반응이라고 한다.

(다) ①포화반응은 산소가 많고 이산화탄소가 적은 환경에서 잘 일어난다. 또한 포화반응은 혈액의 pH(수소이온농도지수)가 높을수록 잘 일어난다. 혈액의 pH가 이산화탄소의 농도가 낮아질수록 높아지기 때문이다. 그래서 혈액의 이산화탄소 농도가 정상치보다 증가하게 되면 포화반응이 일어나는 비율도 줄어들게 된다. 간혹 숨을 헐떡이는 경험을 하게 되는데, 이는 체내의 이산화탄소를 체외로 배출해 포화반응 비율을 정상적인 수준으로 높이기 위한 것이다. 온도도 포화반응에 영향을 미친다. 온도가 낮을수록 포화반응이 잘 일어난다. 해리반응은 포화반응과 반대로, 산소가 적고 이산화탄소가 많으며 pH가 낮고 온도가 높을 때 잘 일어난다.

(라) 산소가 세포로 전달되면 그 안에서 발전소 역할을 하는 미토콘드리아가 산소를 이용하여 포도당과 같은 영양분을 분해해 세포 활동에 필요한 에너지를 생산한다. 이 과정에서 이산화탄소가 발생한다. 이렇게 발생한 이산화탄소는 먼저 혈액 내 적혈구로 들어가서 녹아 탄산이 되었다가 수소양이온과 탄산음이온으로 분리된다. 분리된 탄산음이온은 적혈구를 빠져나와 혈장에 용해되어 폐로 운반된다. 폐에서는 탄산음이온이 다시 적혈구로 들어가 이산화탄소가 된다. 이는 탄산이 녹아 있는 사이타와 물라에서 이산화탄소가 발생하는 것과 유사하다. 이와 같은 과정을 거친 이산화탄소는 폐에서 체외로 배출된다.

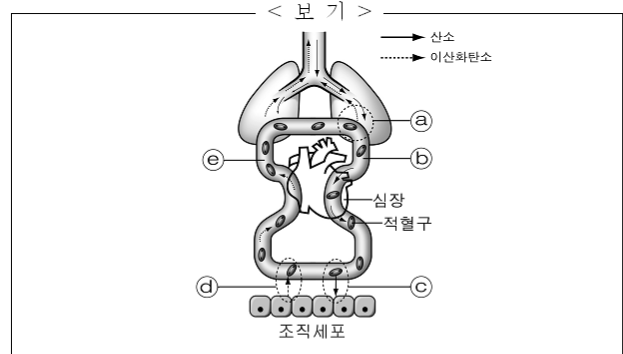
(마) 숨을 쉬지 못하면 체내로 산소가 유입되지 않고 체외로 이산화탄소가 배출되지 않게 된다. 그렇게 되면 체내에서는 혈액의 이산화탄소 농도가 높아져 이를 제거하고 산소를 공급받기 위한 호흡 충동이 나타나게 된다. 이는 호흡을 통해 체내의 산소와 이산화탄소 농도를 정상적인 수준으로 되돌리기 위한 것이다. 이러한 조절 기능은 생명을 유지하는 데 필수적이다. 이와 같은 사실은 산소를 ㉠들이마시고 이산화탄소를 내보내는 일이 생명 유지에 얼마나 중요한 것인지 말해 준다.

32 (가)~(마)에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① (가) : 문답 형식을 통해 화제를 제시하고 그 과학적 의미를 언급하고 있다.

- ② (나) : 헤모글로빈의 역할을 제시한 후 그와 관련 있는 용어를 소개하고 있다.
 ③ (다) : 포화반응과 해리반응의 결과를 여러 측면에서 분석적으로 설명하고 있다.
 ④ (라) : 이산화탄소가 발생되어 배출되는 과정을 순차적으로 서술하고 있다.
 ⑤ (마) : 숨을 쉬지 못할 때 나타나는 현상을 들어 호흡의 중요성을 강조하고 있다.

33 <보기>는 호흡 과정을 나타낸 것이다. 위 글에 비추어 볼 때 ㉠~㉤에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉠에서는 적혈구에 들어 있는 이산화탄소가 산소와 교환된다.
 ㉡의 적혈구에 있는 헤모글로빈 1분자에는 최대 산소 4분자가 결합되어 있다.
 ㉢의 과정에서 적혈구로부터 산소가 분리되면 혈액의 pH가 높아지게 된다.
 ㉣의 과정에서 이산화탄소가 적혈구로 들어가면 녹아서 탄산으로 변하게 된다.
 ㉤에 들어 있는 혈장에는 탄산음이온이 용해되어 있다.

34 <보기>에 제시된 ㉠~㉤의 상황에서 ㉠이 일어나는 비율의 변화를 바르게 정리한 것은?

㉠. 물속으로 잠수해 들어가 한동안 숨을 참고 있을 때
 ㉡. 실내에 있다가 추운 실외로 나가 찬바람을 쐬며 차가운 공기를 들이마셨을 때
 ㉢. 숨이 가쁠 정도로 격한 운동을 했을 때

	㉠	㉡	㉢
①	증가	증가	감소
②	증가	감소	증가
③	감소	증가	증가
④	감소	감소	증가
⑤	감소	증가	감소

35 ㉣의 의미로 사용되는 것은?

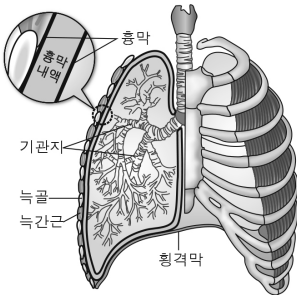
- ① 흡입(吸入) ② 흡수(吸水) ③ 흡착(吸着)
 ④ 투입(投入) ⑤ 주입(注入)

◆ 18년 4월 고3 32~36번

[32 ~ 36] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

인간이 생명을 유지하고 활동하기 위해서는 세포에 산소를 공급하고 물질대사 결과 발생한 이산화 탄소를 체외로 배출하는 과정이 필수적인데, 이 과정을 호흡이라 한다. 이때 공기가 체외에서 폐로 이동하는 것을 흡기, 폐에서 체외로 이동하는 것을 호기라 한다. 그런데 이와 같은 공기의 흐름은 폐와 대기의 압력 차이와 밀접한 관련이 있다.

이를 이해하기 위해서는 우선 공기의 이동과 관련된 호흡계의 구성 요소를 살펴볼 필요가 있다. 코와 입을 통해 유입된 공기는 기관과 기관지를 거쳐 최종적으로 폐포로 들어간다. 기관과 기관지를 거친 공기는 체온만큼 따뜻해지고 수증기가 첨가되어 습윤한 상태가 되며, 이물질이 걸러진 상태가 된다. 이로 인해 공기가 폐포를 손상시키지 않는다. 폐포는 폐 속 기관지 맨 끝에 포도송이처럼 붙어 있는 공기주머니로 기체 교환이 일어나는 장소이다.



[그림]

기관지와 폐포 등으로 구성된 폐는, [그림]에서처럼 흉막강에 둘러싸인 상태로 흉곽 내에 위치한다. 흉곽은 늑골을 비롯한 뼈와 늑간근 등의 근육으로 이루어져 있는데, 폐를 보호하는 역할을 하며 횡격막에 의해 복부와 완전히 분리된다. 또한 흉막강은 얇은 세포층인 두 개의 흉막으로 완전히 닫힌 주머니 형태를 이루고 있는데, 흉막과 흉막 사이는 흉막 내액으로 채워져 있다. 이때 안쪽 흉막은 폐에 붙어 있고, 바깥쪽 흉막은 흉곽벽에 붙어 있기 때문에, 흉막 내액은 결국 폐와 흉곽벽이 서로 분리되지 않

게 하는 역할을 한다. 비유하자면 물에 의해 붙어 있는 두 장의 얇은 유리판이 물의 응집력 때문에 쉽게 분리되지 않는 것과 동일한 원리이다.

그렇다면 호흡 과정에서 공기의 흐름이 발생하는 원리는 무엇일까? 이는 용기의 부피 증가는 기체의 압력을 감소시키는 반면 용기의 부피 감소는 기체의 압력을 증가시킨다는 보일의 법칙과 관련되어 있다. 폐포 안의 기체 압력을 폐포압이라고 하고 체외의 공기 압력을 대기압이라고 하는데, 일반적으로 공기는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르기 때문에 폐포압이 대기압보다 작거나 클 때 공기는 폐로 들어오거나 나가게 된다. 다시 말해 흡기와 호기 동안 폐의 부피는 변화하고, 이 변화는 보일의 법칙에 따라 폐포압을 변화시켜 폐 안팎으로 공기 흐름을 일으키는 것이다.

한편 폐의 부피 변화에는 탄성 반동과 경폐압, 흉막 내압 등이 작용한다. 먼저 폐의 탄성 반동과 경폐압은 서로 반대 방향으로 작용한다. 탄성 반동이란 변형을 주고 있는 힘에 반발하여 원래 형태로 돌아가려는 힘인데 폐는 마치 풍선처럼 줄어들려고 하는 성질인 탄성 반동을 가지고 있다. 흡기가 끝나고 호기가 시작되는 시점에서는 폐포압이 대기압과 같으므로 공기의 이동이 없다. 그런데 이때에도 폐는 항상 공기로 차 있으므로 폐를 확장시키려는 경폐압도 함께 작용한다. 이때 폐의 탄성 반동과 경폐압은 크기는 같지만 방향이 반대이므로 공기의 흐름이 없는 상태에서 폐는 일정한 부피를 유지하게 된다. 여기서 경폐압은 폐포압에서 흉막 내압을 뺀 것이다. 따라서 흉막 내압이 변화하면 경폐압도 변화하게 되는데, 이로 인해 폐의 탄성 반동과 경폐압과의 차이가 발생하여 폐의 부피가 변화되는 것이다.


흉막 내압은 흉막강 속 흉막 내액의 압력을 말하는데 항상 '아대기압'의 범위에서 변화한다. 바깥쪽 흉막에 밀착된 흉곽벽은, 대기압이 인체에 미치는 힘의 반대 방향인 몸 바깥쪽으로 향하려는 성질이 있는데 이를 흉곽벽의 탄성 반동이라고 한다. 따라서 흉곽벽의 탄성 반동은 안쪽 흉막에 밀착된 폐의 탄성 반동과는 서로 반대 방향으로 작용하는 셈이다. 그 결과 폐와 흉곽벽은 서로 살짝 떨어진 상태가 되어 흉막 내압은 아대기압인 상태를 유지하는 것이다. 이때 근육의 움직임 등에 의해 흉막강의 부피가 변화하면 흉막 내압이 변화하게 되는 것이다.

이와 같은 내용을 바탕으로 흡기와 호기의 과정을 살펴보면 다음과 같다. 흡기는 횡격막이 수축되어 아래로 내려가고 늑간근의 움직임으로 인해 늑골이 위쪽과 바깥쪽으로 이동하면서 흉곽이 확장되는 것으로부터 시작된다. 이에 따라 흉곽벽은 폐 표면으로부터 조금 더 멀어지게 되어 흉막강의 부피가 늘어나 흉막 내압은 공기의 흐름이 없을 때보다 조금 더 낮아지게 된다. 이 때문에 경폐압이 증가하고 이 힘이 폐의 탄성 반동보다 커져 폐는 더욱 확장하게 되는 것이다. 그 결과 폐포압은 대기압에 비해 감소하므로 압력의 차이로 인해 공기가 폐포로 들어오게 되며, 폐의 부피가 커질수록 폐로 유입되는 공기의 총량은 계속 증가하게 되는 것이다. 그런데 폐포는 늘어나는 데에 한계가 있고 외부와 연결되어 있기 때문에, 감소하던 폐포압은 흡기의 약 중간 지점에서 최저치에 도달했다가 다시 증가하기 시작한다. 그 후 폐포압은 대기압과 같아지므로 흡기 끝에는 공기 흐름이 없고 폐의 부피는 최대가 된다. 호기는 흡기와 순서는 동일한데, 횡격막의 변화와 늑골의 이동 방향은 반대여서 흉곽의 축소가 진행되면서 시작된다. 이후 흉막 내압, 경폐압 등의 변화로 인해 폐의 부피가 변화되고 이로 인해 공기는 폐포로부터 기도를 거쳐 대기로 빠져 나가게 되는 것이다.

*아대기압: 대기압 아래의 기압.

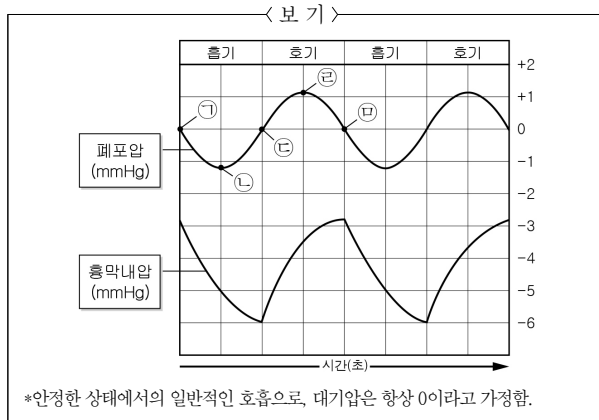
32. 윗글을 바탕으로 해결할 수 없는 질문은?

- ① 호흡 과정에서 폐의 부피 변화는 어떠한가?
- ② 호흡의 정의와 호흡계의 구성 요소는 무엇인가?
- ③ 호흡 시 발생하는 공기 흐름의 원리는 무엇인가?
- ④ 호흡에 관련된 근육들의 내부 구조는 어떠한가?
- ⑤ 호흡과 관련된 압력의 종류와 특징은 무엇인가?

33. 와 관련된 내용을 이해한 것으로 적절하지 않은 것은?

- ① 폐는 두 개의 흉막 중 안쪽 흉막과 붙어 있다.
- ② 폐는 흉곽 내에 위치하며 흉막강에 둘러싸여 있다.
- ③ 폐포에서 교환된 이산화 탄소는 기관지를 거쳐 이동한다.
- ④ 폐는 뼈와 늑간근에 의해 복부와 완전히 분리되어 보호된다.
- ⑤ 폐포로 들어오는 과정에서 체외 공기는 체온만큼 따뜻해진다.

※ <보기>는 흡기와 호기에서의 폐포압과 흉막 내압을 그래프로 나타낸 것이다. 윗글과 <보기>를 바탕으로 34번과 35번 물음에 답하십시오.



34. ㉠ ~ ㉥에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

- ① ㉠은 공기 흐름이 없는 지점으로, ㉢에서보다 흉막 내압은 높으며 흉막강의 부피는 작은 지점이다.
- ② ㉢은 흉곽이 확장되고 있는 지점으로, ㉤에서보다 흉막 내압은 높으며 폐로 유입된 공기의 전체량은 적은 지점이다.
- ③ ㉤은 폐의 부피가 가장 커진 지점으로, ㉤에서보다 흉막 내압은 낮으며 흉막강의 부피는 작은 지점이다.
- ④ ㉤은 흉곽이 축소되고 있는 지점으로, ㉢에서보다 흉막 내압은 높으며 흉막강의 부피는 작은 지점이다.
- ⑤ ㉤은 폐에서 체외로 공기가 이동하고 있는 지점으로, ㉤에서보다 흉막 내압은 낮으며 폐의 부피는 큰 지점이다.

35. ㉢에서 ㉤로 호흡이 진행될 때 일어나는 현상으로 적절한 것은?

- ① 횡격막은 이완되어 아래로 움직이고, 늑골은 위쪽과 안쪽으로 움직인다.
- ② 횡격막은 이완되어 위로 움직이고, 늑골은 아래쪽과 안쪽으로 움직인다.
- ③ 횡격막은 수축되어 아래로 움직이고, 늑골은 위쪽과 바깥쪽으로 움직인다.
- ④ 횡격막은 수축되어 아래로 움직이고, 늑골은 아래쪽과 안쪽으로 움직인다.
- ⑤ 횡격막은 수축되어 위로 움직이고, 늑골은 아래쪽과 바깥쪽으로 움직인다.

36. 윗글을 참고할 때 <보기>의 ㉡, ㉢에 들어갈 말로 적절한 것은?

[사례]

A 씨는 외상으로 인해 흉막강에 지속적으로 외부 공기가 유입되어 흉막 내압이 변화하다가, 현재는 외부에서 흉막강으로의 공기 이동이 없는 상태에까지 이르러 치료가 필요하다.

*단, 폐의 손상 없이 흉곽벽이 찢린 경우로 한정함.

[학생의 반응]

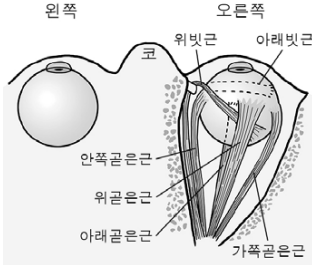
현재 A 씨는 흉막 내압이 (㉡)과 같아졌고 폐는 외상이 생기기 전보다 쪼그라들었겠군. 이를 치료하기 위해서는 상처 난 부위를 막고 흉막강 속 공기를 제거하여 (㉢)을 증가시키면 될 것 같아.

- | | | |
|---|-------|------|
| | ㉡ | ㉢ |
| ① | 대기압 | 경폐압 |
| ② | 대기압 | 아대기압 |
| ③ | 탄성 반동 | 아대기압 |
| ④ | 탄성 반동 | 경폐압 |
| ⑤ | 경폐압 | 대기압 |

[27 ~ 30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리는 가만히 앉아 있는 상태에서 옆의 사물을 훑듯 쳐다보기도 하고, 흔들리는 차 안에서 책을 읽기도 한다. 그런데 만약 눈의 안구가 움직이지 않는다면 사물을 ㉠ 선명하게 볼 수 없다. 왜냐하면 몸이나 머리의 움직임이 없는 상태에서 눈동자만을 움직여 일정 범위 내의 사물을 바라보거나, 움직임이 있는 상태에서 ㉡ 고정되어 있는 사물을 계속 바라볼 때 안구가 움직여야만 물체의 이미지가 망막의 중심오목*에 안정되게 머물러 있기 때문이다. 이때 안구의 움직임을 ‘안구 운동’이라고 한다.

안구 운동을 이해하기 위해서는 눈돌림근육의 수축과 이완에 대해 이해해야 한다. [그림]에서처럼 머리를 똑바로 하고 정면을 주시하는 경우 눈돌림근육 6개가 1개의 안구를 동일한 힘으로 잡아당기고 있다. 그런데, 머리나 몸의 움직임이 없는 상태에서 눈만 위로 치켜뜨게 되면 위곧은근이 수축되고 이에 ㉢ 상응하여 수축된 정도만큼 아래곧은근은 이완된다. 또한 머리나 몸의 움직임이 없는 상태에서 한쪽으로 눈을 흘겨 볼 때, 흘기는 방향과 같은 쪽 눈의 가쪽곧은근이 수축되고 그 수축된 정도만큼 그 눈의 안쪽곧은근은 이완된다.



[그림]

한편 몸이나 머리가 움직이는 상태에서 어떤 사물을 바라볼 때, 머리나 몸이 움직이는 방향과 반대로 안구가 움직이는데 이를 ‘전정안반사’라고 한다. 예를 들어 정면에 거울이 있다고 하자. 거울에 비친 얼굴을 ㉣ 응시하면서 고개를 위로 살짝 들어도 우리는 자신의 얼굴을 선명하게 볼 수 있다. 왜냐하면 고개를 든 각도만큼 안구가 아래쪽으로 움직이는 전정안반사가 일어나기 때문이다. 이 경우에도 눈돌림근육의 수축과 이완은 발생하는데, 고개를 위로 들면 전정안반사에 의해 두 눈의 안구의 아래곧은근이 수축되고 수축된 만큼 위곧은근은 이완되는 것이다. 거울을 바라보며 고개를 살짝 옆으로 돌리면, 고개를 돌리는 방향과 같은 쪽의 눈은 안쪽곧은근이 수축되고 반대쪽 눈은 가쪽곧은근이 수축된다.

그렇다면 전정안반사는 어떤 과정을 거쳐 발생하게 되는 것일까? 먼저 우리 몸의 전정기관*에서 머리나 몸의 움직임을 감지한다. 우리 몸이나 머리가 중력과 나란한 수직 방향이나 지면과 나란한 수평 방향으로 움직이면 귓속의 둥근주머니는 수직 방향, 타원주머니는 수평 방향으로의 움직임을 ㉤ 감지한다. 또한 귓속 수평반고리관은 머리를 가로저을 때 발생하는 회전 운동을, 전반고리관과 후반고리관은 고개를 끄덕일 때 발생하는 회전 운동을 감지한다. 이후 운동이 감지된 전정기관에서는 신호가 생성되는데, 생성된 신호는 눈돌림근육을 지배하는 신경에 전달된다. [그림]에서 위곧은근은 도르래신경, 가쪽곧은근은 갓돌림신경, 나머지 근육은 눈돌림신경의 지배를 받는데, 흥분 신호는 신경을 통해 눈돌림근육을 수축하게 만들고, 억제 신호는 눈돌림근육을 이완하게 만들면서 안구가 움직이게 된다.

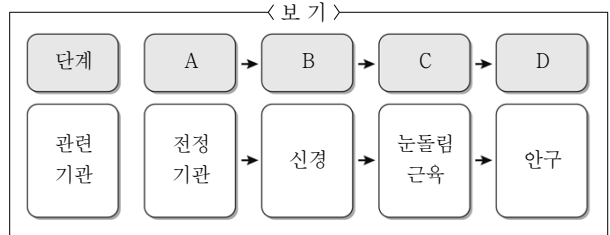
* 중심오목: 망막의 가운데에 있는 누르스름한 반점의 한 부분.

* 전정기관: 속귀에서 평형감각을 담당하는 기관.

27. 뒷글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 전정안반사는 안구 운동 중 하나이다.
- ② 사람의 한쪽 눈에는 6개의 눈돌림근육이 있다.
- ③ 사람이 움직이며 고정된 사물을 바라볼 때 전정안반사가 나타난다.
- ④ 타원주머니는 수평 방향으로 움직이는 머리의 움직임을 감지한다.
- ⑤ 수평반고리관과 전반고리관이 감지하는 머리의 운동 방향은 동일하다.

28. <보기>는 ‘전정안반사’의 과정을 도식화한 것이다. 이에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① A 단계에서 흥분 신호가 생성된다면, C 단계에서는 눈돌림근육 중 일부가 수축되겠군.
- ② 몸이나 머리가 수직 방향으로 움직인다면, A 단계에서 신호를 발생시키는 전정기관은 둥근주머니이겠군.
- ③ 머리를 위아래로 끄덕인다면, A 단계에서 흥분 신호와 억제 신호가 생성되어 B 단계의 신경에 전달되겠군.
- ④ 머리를 아래로 숙이면, C 단계에서 아래곧은근이 수축하여 D 단계에서 물체의 상이 망막의 중심오목에 맺힐 수 있겠군.
- ⑤ C 단계에서 위곧은근이 작용하여 D 단계의 안구 운동이 발생했다면, 도르래신경이 전정기관으로부터 신호를 전달받았겠군.

29. 뒷글을 바탕으로 <보기>의 ㉠~㉤에 들어갈 말로 적절한 것은?

< 보 기 >

그림과 같이 의자에 앉은 상태에서 정면의 눈높이에 있는 작은 공을 계속 보면서 머리를 화살표가 가리키는 수평 방향으로 약간 회전하였을 때, 오른쪽 눈에서는 (㉠)이 수축을 하고, (㉡)이 이완을 하며, 왼쪽 눈에서는 (㉢)이 수축을 하고 (㉣)이 이완한다.

(단, 오른쪽과 왼쪽의 기준은 의자에 앉은 사람을 기준으로 한다.)

- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ |
|---|-------|-------|-------|-------|
| ① | 가쪽곧은근 | 안쪽곧은근 | 가쪽곧은근 | 안쪽곧은근 |
| ② | 가쪽곧은근 | 안쪽곧은근 | 안쪽곧은근 | 가쪽곧은근 |
| ③ | 안쪽곧은근 | 가쪽곧은근 | 가쪽곧은근 | 안쪽곧은근 |
| ④ | 안쪽곧은근 | 가쪽곧은근 | 안쪽곧은근 | 가쪽곧은근 |
| ⑤ | 가쪽곧은근 | 가쪽곧은근 | 안쪽곧은근 | 안쪽곧은근 |

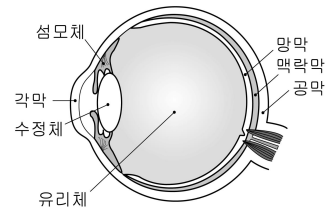
30. ㉠~㉤의 사전적 의미로 바르지 않은 것은?

- ① ㉠: 산뜻하고 뚜렷하여 다른 것과 혼동되지 아니하게
- ② ㉡: 한곳에 꼭 붙어 있거나 붙어 있게 되어
- ③ ㉢: 서로 응하거나 어울리어
- ④ ㉣: 눈길을 모아 한 곳을 똑바로 바라보면서
- ⑤ ㉤: 어떤 기회나 정세를 알아차린다

[38 ~ 42] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

시각기관인 눈은 시각을 감지하는 데에 관여하는 안구, 안구를 움직이는 근육이나 안구를 보호하는 눈꺼풀과 같은 부속 기관으로 이루어져 있다. 이 중 안구는 두개골의 오목한 부위인 안와에 들어있는 공 모양의 구조물이다.

<그림>의 안구를 보면, 안구벽은 세 층으로 되어 있다. 바깥층은 공막인데, 검은자위 부분에서 투명하게 변형되어 ㉠ 각막을 이룬다. 각막은 빛을 통과시켜 망막에 상을 맺게 해준다. 중간층은 ㉡ 맥락막, 섬모체 등으로 구성된다. 맥



<그림>

락막에는 안구의 각 부분에 영양분을 공급하는 혈관 중 다수가 밀집해 있어 빛의 통과를 막아, 빛이 공막으로 분산되지 않도록 하여 상이 잘 맺히도록 한다. 섬모체는 수정체와 가느다란 실로 연결되어 있어, 수정체가 물체의 원근에 따라 초점을 조절하는 것을 돕는다. 안쪽층은 빛을 감지하는 ㉢ 망막이다. 안구벽 안쪽에는 유리체가 넓은 부위를 차지하고 있고, 유리체의 앞쪽에는 수정체가 자리 잡고 있다.

그런데 이러한 안구는 단단하지 않다. 단단하지 않은 물체가 기압에 저항해 원래의 모양을 유지하기란 쉽지 않다. 내부 기압이 외부 기압보다 낮으면 물체는 찌그러지며, 반대의 경우에는 부풀어 오를 수 있다. 빛을 수용하고 상을 맺게 하는 눈의 특성상, 약간의 모양 변화로도 빛의 방향이 ㉣ 틀어져 초점이 달라지기 때문에 정확한 안구 형태를 유지하는 것은 매우 중요하다.

이를 일차적으로 담당하는 것은 유리체이다. 안구 내부에서 가장 많은 면적을 채우고 있는 유리체는 투명한 젤 형태의 물질이다. 유리체는 안구 내압을 적정하게 유지함으로써 맥락막에 대하여 망막을 지지해 주고, 안구벽의 붕괴를 방지함으로써 안구의 형태를 유지하는 역할을 한다. 하지만 눈은 단순한 구조가 아니기에, 이것만으로는 안구 전체뿐 아니라 안구를 구성하는 각 부분을 정확한 형태로 유지하기 어렵다.

이 경우 가장 문제가 되는 것이 각막과 수정체 사이의 ‘안방’이라는 공간이다. 만약 이 공간이 비어 있다면 외부에서 누르는 기압과 이에 대응하기 위해 유리체가 밀어내는 압력 때문에 각막과 수정체는 서로 달라붙거나 찌그러질 가능성이 높다. 그러면 수정체가 원활하게 움직이기가 어려워진다. 따라서 눈은 수정체와 각막 사이의 공간에 채워진 ㉤ 방수로 적절한 내부 압력을 유지한다.

‘방에 든 물’을 뜻하는 방수(房水)는 투명한 약알칼리성 액체로, 눈물과는 구별된다. 방수는 안방에 들어차 각막의 형태를 유지하고, 혈관 분포가 없어 투명한 구조인 각막이나 수정체에 영양분을 공급하고 노폐물을 배출하는 역할을 한다. 단순히 공간을 채우는 것만이 아니라 영양분을 공급한다는 것은 방수가 순환되는 물이라는 전제를 포함한다. 섬모체에서 만들어진 방수는 안방을 채우고 섬유주라는 조직을 통해 배출된 후 슬렘관으로 흡수되어 심장으로 들어가 혈액에 합류된다.

눈의 구조와 시력 유지를 위해 꼭 필요한 방수는 적정량이 제대로 흘러야 한다. 제 역할을 다한 방수는 흘러나가야 하는데, 섬유주의 구조 변화나 슬렘관에 이상이 생기는 등의 이유로 이

과정이 원활하지 않으면 문제가 발생한다. 방수의 배출 여부와 관계없이 섬모체는 계속 방수를 만들어내기 때문에 결국 과도한 방수로 안압이 높아진다. 그 결과 안구의 모든 조직에 압력이 가해져 문제가 생기는데, 그중 특히 약한 조직인 시신경이 먼저 심하게 손상을 받게 된다.

38. 빛굴에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 각막은 공막과 달리 투명하다.
- ② 수정체는 빛이 통과할 수 있는 구조이다.
- ③ 유리체는 맥락막에 대하여 망막을 지지해 준다.
- ④ 섬모체는 수정체와 연결되어 물체의 원근을 감지한다.
- ⑤ 방수는 슬렘관을 거쳐 심장으로 들어가 혈액에 합쳐진다.

39. 빛굴을 참고할 때, <보기>의 ㉠~㉤에 들어갈 말로 적절한 것은?

— < 보 기 > —

안방이 비어 있다면, 외부에서 누르는 기압에 대응하기 위해 유리체가 (㉠)는 압력 때문에 안방이 찌그러질 가능성이 높다. 따라서 방수가 이 공간을 채우는데, 만약 방수의 공급량에 비해 배출량이 (㉡)지게 되면 안압이 (㉢)하여 시신경이 손상된다.

- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---|-----|----|----|
| ① | 떨어내 | 적어 | 상승 |
| ② | 떨어내 | 적어 | 하강 |
| ③ | 떨어내 | 많아 | 상승 |
| ④ | 당기 | 많아 | 하강 |
| ⑤ | 당기 | 많아 | 상승 |

40. ㉠~㉤에 대한 이해로 적절한 것은?

- ① ㉠에는 영양분을 공급하는 혈관이 다수 밀집되어 있다.
- ② ㉡은 수정체가 초점을 조절하는 것을 돕는다.
- ③ ㉠과 ㉢은 안구를 보호하는 데 필요한 부속 기관이다.
- ④ ㉢은 빛의 분산을 막아 ㉡에서 상을 맺는 것을 돕는다.
- ⑤ ㉡을 통과한 빛이 ㉠에서 감지된다.

41. 빛굴의 [방수]와 <보기>의 [눈물]을 비교한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

— < 보 기 > —

[눈물]은 빛눈꺼풀 안쪽의 누선에서 분비된다. 눈을 깜박일 때마다 눈물은 안구 표면 전체를 적시는데, 특히 각막을 고르게 덮어준다. 이때 눈물은 각막에 습기를 지속적으로 공급하고, 안구의 운동을 원활하게 한다. 또한 먼지나 병균을 씻어내어 안구를 청결하게 유지한다. 제 역할을 다한 눈물은 안쪽 눈구석에 있는 누점을 통해 누관을 타고 콧속으로 배출된다. 정상적인 눈물은 분비와 배출의 비율이 일정 수준으로 유지되어야 한다.

- ① 방수는 섬유주를 통해, 눈물은 누점을 통해 배출된다.
- ② 방수는 각막에 영양분을, 눈물은 각막에 습기를 공급한다.
- ③ 방수는 안구의 형태를 유지하는 데, 눈물은 안구의 청결 상태를 유지하는 데 기여한다.
- ④ 방수와 눈물은 모두 적절한 양이 유지되어야 정상적인 상태라고 볼 수 있다.
- ⑤ 방수와 눈물은 모두 안구 표면을 적셔 안구가 원활하게 움직일 수 있도록 한다.

42. ㉠와 문맥적 의미가 가장 유사한 것은?

- ① 날아가던 공이 오른쪽으로 틀어졌다.
- ② 늦잠을 자는 바람에 계획이 틀어졌다.
- ③ 햇볕에 오래 두었더니 목재가 틀어졌다.
- ④ 마음이 틀어져서 아무 말도 하지 않았다.
- ⑤ 초등학교 때부터 사귀던 친구와 틀어졌다.

[10~12] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

개체의 생존을 위해서는 움직이는 물체의 시각 정보를 효율적으로 처리하는 것이 중요하다. 예를 들어 숲 속을 걸을 때 특별한 주의를 기울이지 않았음에도 복잡한 형태의 나무들 사이에서 작은 동물의 움직임을 재빨리 알아챌 수 있다. 나무는 움직이지 않으므로 시간차를 두고 획득한 두 이미지의 차이를 통해 그 움직임을 간단히 알아챌 수 있을 것 같지만, 실제로는 가만히 한 곳을 응시하더라도 안구가 끊임없이 움직이고 있어 망막에 맺히는 이미지 전체가 시간에 따라 변하므로 더 정교한 정보 처리가 필요하다. 최근 미세전극이 일정한 간격으로 촘촘히 배열된 마이크로칩을 이용하여 망막에서 발생하는 전기적 신호를 실시간으로 관찰할 수 있게 되면서 이러한 고차원 시각 정보 처리가 뇌에서 전적으로 이루어지는 것이 아니라 망막에서 시작된다는 증거들이 발견되었다.

망막은 어떻게 전체 이미지가 흔들리는 속에서 작은 동물의 움직임에 대한 정보를 골라내는 것일까? 망막에는 빛에 반응하는 광수용체세포와 일정한 영역에 분포한 여러 광수용체세포에 연결되어 최종 신호를 출력하는 신경절세포가 존재한다. 신경절세포 가운데 특정 종류는 각 세포가 감지하는 부분이 이미지 전체의 이동 경로와 같은 경로를 따라 움직일 때는 전기적 신호를 발생하지 않고 다른 경로를 따라 움직일 때만 신호를 발생한다. 안구의 움직임에 의한 상의 떨림은 망막 위에서 전체 이미지가 같은 방향으로 움직이는 변화를 만드는데, 작은 동물의 상은 이와는 이동 경로가 다르므로 그 부분에 분포한 특정 종류의 신경절세포만이 신호를 발생하게 되어 작은 움직임도 잘 볼 수 있게 된다.

망막의 또 다른 신호 처리의 예로 움직이는 테니스공을 치는 경우를 생각해 보자. 충분한 밝기의 빛이 도달하더라도 망막에서 시각 정보가 처리되는 데 수십 분의 1 초가 걸린다. 강하게 친 테니스공은 이 시간 동안 약 2m를 이동할 수 있어서 라켓을 벗어 나기에 충분한데도 어떻게 그 공을 정확히 쳐 낼 수 있을까?

이를 알아보기 위해 연구자들은 ① 마이크로칩 위에 올려진 도롱뇽의 망막에 막대 모양의 상을 맺히게 하고 상의 밝기와 이동 속도 등을 변화시켜가며 망막에서 발생하는 신호를 측정하였다. 폭이 0.13mm인 막대 모양의 상을 1/60 초 동안만 맺히게 한 후에 상 아래에 위치한 하나의 신경절세포에서 출력되는 신호를 측정한 실험의 경우, 광수용체에서 전기 신호가 발생하고 여러 신경세포를 거치는 과정에서 시간 지연이 일어나므로, 상이 맺힌 순간부터 약 1/20 초 후에 신경절세포에서 신호가 발생하기 시작하여 약 1/20 초 동안 지속되었다. 상을 일정한 속도로 움직이며 상의 이동 경로에 위치한 여러 신경절세포에서 발생하는 신호를 측정한 실험의 경우, 실제 상이 도달한 위치보다 더 앞에 위치한 신경절세포에서 신호가 발생하기 시작하여 상의 앞쪽 경계와 같은 위치 혹은 이보다 앞선 위치에서 신호가 최대가 되었다.

개별 신경절세포의 시간 지연에도 불구하고 상의 앞쪽 경계에서 최대가 되는 모양의 신호를 만들기 위해서는 특별한 기제가 필요하다. 첫째는 신경절세포 반응의 시간 의존성이다. 즉, 밝기가 변화한 직후 신경절세포의 출력 신호가 최대가 되고 이후 점차 작아진다. 둘째, 신경절세포 신호증폭률의 동적 조절이다. 즉, 물체가 이동할 때 신경절세포는 물체의 이동 방향으로 가장 먼저 자극되는 광수용체의 신호를 크게 증폭하여 받아들이고 곧바로 증폭률을 떨어뜨려 신호의 세기를 줄여버린다. 상의 이동 경로에

물체와 주변의 밝기 차이가 작거나 속력이 너무 커서 증폭률의 변화가 물체의 이동 속력에 맞추어 재빨리 이루어지지 못하면, 이러한 기제가 잘 작동하지 못하여 시간 지연에 대한 보상이 잘 이루어지지 않는다. 어두울수록, 그리고 테니스공이 빠르게 움직일수록 정확하게 맞히기 어려운 이유도 이와 관련이 있다.

- ① 신경절세포는 광수용체에서 발생한 전기적 신호를 원래 세기대로 출력한다.
- ② 한곳을 가만히 응시할 때는 망막에 형성된 이미지의 떨림이 발생하지 않는다.
- ③ 정지한 물체의 상에 대해 전기적 신호를 출력하지 않는 신경절 세포가 존재한다.
- ④ 마이크로칩은 망막에 도달한 빛을 전기적 신호로 변환시켜 관찰 가능하게 만든다.
- ⑤ 빛의 밝기가 일정할 때 하나의 신경절세포에서 발생하는 신호의 세기는 일정하다.

[30~32] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 몸 안에서 가장 큰 장기는 간으로, 커다란 크기만큼 하는 일이 많아서 ‘인체의 화학 공장’이라고 한다. 우선 우리가 음식을 섭취하게 되면 위나 장에서 영양소를 흡수하게 되는데, 여기서 흡수된 여러 영양소는 대부분 혈액을 통해 간으로 이동한다. 간은 그 영양소들을 몸에서 요구하는 다른 영양소로 만들거나, 우리 몸을 위해 저장하기도 한다. 이런 것들이 가능한 이유는 간의 구조와 혈액의 공급 방식 때문이다.

간은 육각형 기둥 모양의 **간소엽**이라는 작은 공장들로 이루어져 있고 그 내부는 간의 주요 기능을 수행하는 간세포로 채워져 있다. 간소엽의 중심부에는 중심 정맥이 놓여 있어 간을 거친 혈액을 간정맥으로 보내 심장으로 흐르게 한다. 그리고 육각형 기둥의 각 모서리에는 간문맥, 간동맥, 담관이 지나가고 있는데, 간문맥과 간동맥은 혈액이 다른 장기에서 간으로 유입되는 관이고, 담관은 담즙이 간에서 배출되는 관이다.

인체의 거의 모든 장기의 혈액 순환은 혈액이 동맥으로 들어와 모세혈관을 거치면서 산소와 영양소의 교환이 이루어진 다음에 정맥을 통해 나가는 방식이다. 그러나 간의 혈액 순환은 예외적으로 혈액이 간동맥과 간문맥이라는 2개의 혈관을 통해서 들어와 미세혈관을 지나 중심 정맥으로 흘러 나간다. 이 과정을 자세히 살펴보면 동맥인 ‘간동맥’을 통해서 들어오는 혈액은 산소를 운반하고, 소장과 간을 연결하는 혈관인 ‘간문맥’을 통해서 들어오는 혈액은 위나 장에서 흡수된 영양소를 간으로 이동시킨다. 이 두 혈관들은 간소엽 내부에서 점차 가늘어져 ‘시누소이드’라는 미세혈관으로 합쳐지는데, 시누소이드는 발이랑처럼 길게 배열되어 있는 간세포들 사이에 위치해 있다. 시누소이드를 흐르는 혈액은 대사 활동에 필요한 산소와 영양소를 간세포에 공급하고, 간세포의 대사 활동의 결과물인 대사산물과 이산화탄소 같은 노폐물 등을 흡수하는데 이러한 과정을 ‘물질 교환’이라 한다. 이렇게 시누소이드를 거친 혈액은 중심 정맥으로 유입된 후, 다시 간정맥으로 합쳐져 심장으로 ㉠ 들어가는 것이다.

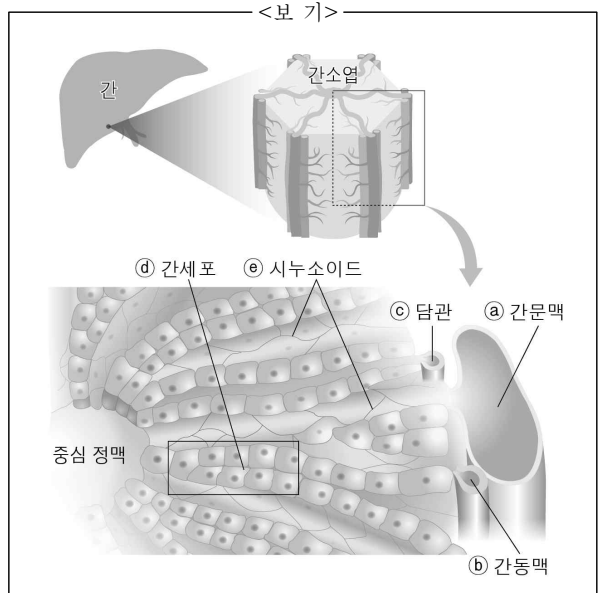
이러한 혈액 순환을 통해서 간에서는 단백질 합성이 일어난다. 식사를 통해 몸으로 들어온 단백질은 위나 장에서 아미노산의 형태로 분해되어 혈액과 함께 간으로 이동된다. 간세포는 시누소이드를 통해 공급된 아미노산을 분해하여 혈액 응고에 관여하는 새로운 단백질을 합성한다. 이때 아미노산이 분해되는 과정에서 유독 물질인 암모니아가 생성되는데, 간은 이것을 요소로 변화시켜 콩팥으로 보내어 몸 밖으로 배출하게 한다. 또한 간은 비타민 A를 저장하기도 하고, 지방의 소화를 촉진시키는 담즙을 생산하여 담관을 통해 쓸개로 보내기도 한다.

그러나 간의 일부 기능은 간세포만으로 감당할 수 없어서 간은 다른 세포의 도움을 받아야 한다. 간세포와 시누소이드 사이에 존재하는 세포들 중 쿠퍼세포는 몸 안으로 들어온 바이러스를 면역 체계에 노출시켜 몸이 면역 작용을 할 수 있도록 유도한다. 이처럼 간은 1분마다 1.4L의 혈액을 여과하면서 복잡하고 중요한 기능을 담당하여 우리 몸이 건강을 유지할 수 있도록 하고 있는 것이다.

30. 윗글에서 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 쿠퍼세포는 몸이 면역 작용을 할 수 있도록 돕는다.
- ② 간은 우리 몸에 필요한 영양소를 만들거나 저장한다.
- ③ 간에서 나온 혈액은 간정맥을 통해 심장으로 흐른다.
- ④ 간으로 이동된 요소는 간동맥에 의해 몸 밖으로 배출된다.
- ⑤ 간은 다른 장기와 달리 2개의 혈관으로 혈액을 공급받는다.

31. <보기>는 **간소엽**의 일부를 확대한 그림이다. 윗글을 바탕으로 ㉠~㉢를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① 장에서 흡수된 영양소는 ㉠을 통해서 간으로 들어오는군.
- ② 간에서 만들어진 담즙은 ㉢를 통해 쓸개로 보내지는군.
- ③ ㉠은 ㉢에서 산소와 영양소를 공급받아 대사 활동을 하는군.
- ④ ㉢에서 만들어진 노폐물은 중심 정맥으로 보내지는군.
- ⑤ ㉢은 ㉠과 ㉡가 간소엽 내부에서 점차 가늘어져 합쳐진 것이군.

32. ㉠의 문맥적 의미와 가장 유사한 것은?

- ① 그는 방으로 들어간 버렸다.
- ② 통신티로 들어간 돈이 너무 많다.
- ③ 고생을 많이 했는지 눈이 썩 들어갔다.
- ④ 다음 주부터 본격적인 선거전으로 들어간다.
- ⑤ 동생은 올해 여덟 살이 되어 초등학교에 들어갔다.

◆ 17년 6월 고1 28~32번

[28~32] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

인체는 70%가 수분이다. 수분은 인체의 세포를 유지하고 세포가 일을 하면서 생성하는 여러 가지 노폐물을 배출하는데 관여한다. 인체의 세포는 일종의 화력 발전소이다. 연기가 나지 않을 뿐이지 들어오는 음식을 잘 분해하고 연소시켜서 에너지를 만든다. 몸은 이 에너지를 이용하여 축구도 하고 달리기도 한다. 이때 여러 가지 노폐물이 발생하는데, 이 노폐물들을 인체 밖으로 내보내야 한다. 그래야만 몸이 늘 일정한 상태, 즉 항상성을 유지하게 된다. 노폐물을 몸 밖으로 내보내는 역할은 주로 신장이 한다.

㉠ 신장의 주 역할은 노폐물을 걸러내어 오줌으로 내보내는 것이다. 이 일이 진행되는 곳은 네프론이라는 장치인데, 신장 하나에 100만 개 정도가 있다. 네프론은 사구체, 보먼주머니, 세뇨관으로 이루어지는데 이곳에서 노폐물이 여과되고 필요한 영양분, 즉 포도당, 수분 등이 재흡수되기도 한다. 포도당은 100% 재흡수되는데, 당이 재흡수되지 않고 소변에 섞여 나오면 당뇨병을 의심해 볼 수 있다. 몸 안의 수분량에 따라 수분을 재흡수하는 양이 결정되므로 몸 안의 수분이 적으면 배출하는 수분의 양을 줄인다. 이 때문에 소변이 노랗게 되는데 이것은 몸의 수분이 적다는 신호이다.

노폐물은 혈액의 압력 차이에 의해 모세혈관 덩어리인 사구체를 통해 보먼주머니에 모이고 이것이 세뇨관을 거쳐 방광에 모아져 오줌으로 배설된다. 물론 분자량이 큰 세포나 단백질 등은 그대로 혈액 속에 남아 있다. 이때 노폐물뿐만 아니라 인체에 필요한 무기염류, 아미노산, 물 등도 혈액의 압력에 의해 보먼주머니로 나온다. 보먼주머니에 모인 물질 중 필요한 것은 세뇨관에서 다시 모세혈관 속으로 재흡수된다. 이와 같이 신장은 신체 내의 노폐물을 몸 밖으로 내보내는 여과와 필요한 것은 계속 사용할 수 있게 하는 재흡수의 기능으로 우리 몸을 항상 일정 상태로 유지한다. 이러한 중요한 역할을 하는 신장에 이상이 생기면 우리 몸은 중대 위기에 봉착한다.

신장 기능에 이상이 생기면 인체에 여러 가지 문제가 생긴다. 우선 노폐물이 걸러지지 않고 농도가 높아짐으로써 세포가 제대로 작용을 하지 못하게 되고, 얼굴이 붓는 증상에서부터 신장이 제 기능을 못하는 신부전증의 단계에까지 이른다. 이러한 경우 생명이 위협해진다. 물론 신장 이식 등의 방법도 있지만, 기증자가 나타나지 않으면 인공 신장에 의지해야 한다. 신부전 환자는 한 번에 4~5시간은 소요되는 피로운 혈액 투석을 일주일에서 너번씩 해야 한다.

사실 ㉠ 인공 신장은 정확한 말이 아니다. 인공 신장이라면 신장을 대신하여 몸 안에 장착하여 계속 쓸 수 있어야 하는데, 여기서 말하는 인공 신장이란 일종의 혈액 투석기이다. 즉 체외에서 신장의 기능인 노폐물의 여과 기능을 대신하는 수단이다.

인공 신장에서는 노폐물인 요소 등을 제거해야 하는데 요소가 제거되는 근본 원리는 물질의 농도 차이이다. 물이 담긴 컵에 잉크 한 방울을 떨어뜨렸을 때, 잉크가 ㉡ 퍼져 나가는 것은 컵 속의 잉크 농도를 균일하게 하려는 성질 때문이다. 노폐물인 요소도 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. 인공 신장에서도 같은 원리로 노폐물이 제거된다. 즉 반투막을 사이에 두고 한쪽에는 노폐물이 있는 혈액을 통과시키고 다른 한쪽에는 노폐물이 없는 투석액을 통과시키면 노폐물은 농도 차이에 의해 농도가 높은 혈액에서 낮은 투석액으로 이동한다.

물론 혈액 속의 세포들과 분자량이 큰 단백질 등은 반투막을 통과하지 못하므로 다시 몸속으로 들어간다. 또한 무기염류, 포도당 등이 빠져나가지 않게 하려면, 반투막을 중심으로 양쪽이 같은 농도가 되도록 하면 된다.

실제 병원에서 쓰이는 혈액 투석기는 가는 여과관이 여러 개 모여 있는 구조의 중공사막*을 사용한다. 가는 여과관이 수백 개 다발로 있기 때문에 빠른 속도로 투석을 진행할 수 있다. 혈액이 흐르는 방향과 투석액이 흐르는 방향이 같으면 처음에는 노폐물 농도 차이가 있어서 노폐물이 이동하지만 농도가 비슷해지면 노폐물의 이동이 줄어든다. 따라서 혈액과 투석액이 서로 반대 방향으로 흐르도록 해 노폐물의 농도 차이가 일정하게 유지되도록 한다.

* 중공사막: 사람의 혈액을 걸러주는 인공신장 투석기의 필터.

28. 밑글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 혈액의 구성 물질을 소개하고, 각각의 기능이 무엇인지 설명하고 있다.
- ② 인공 신장의 구조와 원리를 제시하고, 인공 신장의 발전 과정을 설명하고 있다.
- ③ 신장 기능의 이상에 따른 결과를 제시하고, 다른 장기에 미치는 영향을 살피고 있다.
- ④ 인체의 노폐물 여과 과정을 설명하고, 인공 신장의 혈액 여과 원리를 제시하고 있다.
- ⑤ 신장을 이식하는 방법과 의학적인 한계를 설명하고, 이에 대한 대안을 제시하고 있다.

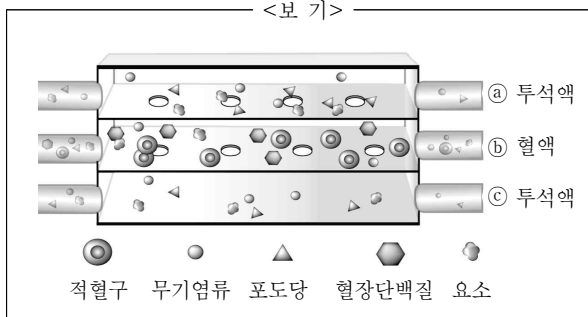
29. 밑글을 통해 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 소변에 당이 섞여 배출되면 소변 색이 노랗게 된다.
- ② 신장은 무기염류, 아미노산 등을 노폐물과 함께 몸 밖으로 배출한다.
- ③ 인체에 필요한 단백질은 사구체에서 여과된 후 모세혈관으로 재흡수된다.
- ④ 걸러진 노폐물은 세뇨관을 통해 보먼주머니에 모아져 오줌으로 배설된다.
- ⑤ 세포가 생성하는 여러 가지 노폐물을 제거해야 인체의 항상성을 유지할 수 있다.

30. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 적절한 것은? [3점]

- ① ㉠과 ㉡ 모두 인체의 수분을 늘리는 기능이 있다.
- ② ㉠과 ㉡ 모두 여과한 물질을 다시 흡수하는 기능이 있다.
- ③ ㉠과 ㉡ 모두 혈액 속의 요소 성분을 제거하는 기능을 한다.
- ④ ㉠은 농도의 차이로, ㉡은 압력의 차이로 노폐물을 걸러 낸다.
- ⑤ ㉠의 기능에 이상이 생겼을 때, ㉡을 환자의 체내에 이식한다.

31. 윗글을 바탕으로 <보기>의 '혈액 투석기'를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉠와 ㉡의 요소 농도는 ㉢보다 높다.
 ② ㉠와 ㉢, ㉢와 ㉡ 사이의 막은 반투막이다.
 ③ ㉠, ㉢, ㉡의 무기염류, 포도당 농도는 같다.
 ④ ㉠와 ㉡는 ㉢와 반대 방향으로 흐른다.
 ⑤ ㉠와 ㉢, ㉢와 ㉡ 사이에서 세포와 단백질은 이동하지 않는다.
32. 밑줄 친 단어 중 ㉢과 문맥적 의미가 가장 유사한 것은?
- ① 꽃향기가 방 안에 퍼져 있다.
 ② 라면이 퍼져서 탕탕 불었다.
 ③ 사람들은 목적지에 도착하자 퍼졌다.
 ④ 강의 하류에는 삼각주가 넓게 퍼져 있다.
 ⑤ 그의 자손들은 전국에 널리 퍼지게 되었다.

◆ 18년 3월 고3 21~24번

[21 ~ 24] 다음을 읽고 물음에 답하시오.

혈액을 통해 운반된 노폐물이나 독소는 주로 콩팥의 사구체를 통해 일차적으로 여과된다. 사구체는 모세 혈관이 뭉쳐진 덩어리로, 보먼주머니에 담겨 있다. 사구체는 들세동맥에서 ㉠ 유입되는 혈액 중 혈구나 대부분의 단백질은 여과시키지 않고 날세동맥으로 흘러보내며, 물·요소·나트륨·포도당 등과 같이 작은 물질들은 사구체막을 통과시켜 보먼주머니를 통해 세뇨관으로 나가게 한다. 이 과정을 '사구체 여과'라고 한다.

사구체 여과가 발생하기 위해서는 사구체로 들어온 혈액을 사구체막 바깥쪽으로 밀어 주는 힘이 필요한데, 이 힘은 주로 들세동맥과 날세동맥의 직경 차이에서 비롯된다. 사구체로 혈액이 들어가는 들세동맥의 직경보다 사구체로부터 혈액이 나오는 날세동맥의 직경이 작다. 이에 따라 사구체로 유입되는 혈류량보다 나가는 혈류량이 적기 때문에 자연히 사구체의 모세 혈관에는 다른 신체 기관의 모세 혈관보다 높은 혈압이 ㉡ 발생하고, 이 혈압으로 인해 사구체의 모세 혈관에서 사구체 여과가 이루어진다. ㉢ 사구체의 혈압은 동맥의 혈압에 따라 변화가 일어날 수 있지만 생명 유지를 위해 일정하게 유지된다.

사구체막은 사구체 여과가 발생하기 위해 적절한 구조를 갖추고 있다. 사구체막은 모세 혈관 벽과 기저막, 보먼주머니 내층으로 이루어진다. 모세 혈관 벽은 편평한 내피세포 한 층으로 이루어져 있다. 이 내피세포들에는 구멍이 있으며 내피세포들 사이에도 구멍이 있다. 이 때문에 사구체의 모세 혈관은 다른 신체 기관의 모세 혈관에 비해 동일한 혈압으로도 100배 정도 높은 투과성을 보인다. 기저막은 내피세포와 보먼주머니 내층 사이의 비세포성 젤라틴 층으로, 콜라겐과 당단백질로 구성된다. 콜라겐은 구조적 강도를 높이고, 당단백질은 내피세포의 구멍을 통과할 수 있는 알부민과 같이 작은 단백질들의 여과를 ㉣ 억제한다. 이는 알부민을 비롯한 작은 단백질들이 음전하를 띠는데 당단백질 역시 음전하를 띠기 때문에 가능한 것이다. 보먼주머니 내층은 문어처럼 생긴 발세포로 이루어지는데, 각각의 발세포에서는 돌기가 나와 기저막을 감싸고 있다. 돌기 사이의 좁은 틈을 따라 여과액이 빠져나오면 보먼주머니 내강에 ㉤ 도달하게 된다.

한편 사구체막을 사이에 두고 사구체 여과를 억제하는 압력이 발생한다. 혈액 속 대부분의 단백질들은 여과되지 않기 때문에 사구체의 모세 혈관 내에는 존재하고 보먼주머니 내강에는 거의 존재하지 않는다. 따라서 보먼주머니 내강보다 사구체의 모세 혈관의 단백질 농도가 높다. 그 결과 보먼주머니 내강의 물이 사구체의 모세 혈관 쪽으로 이동하려는 삼투압이 발생하게 된다. 이

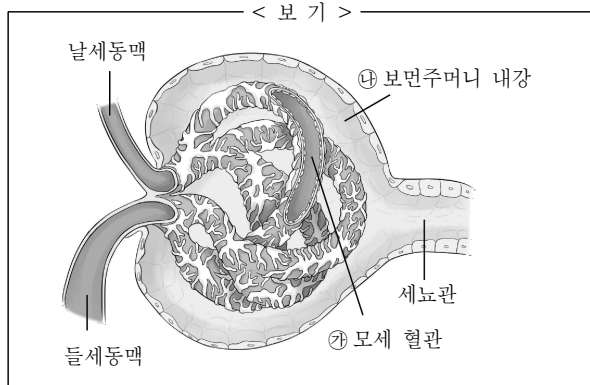
를 ‘혈장 교질 삼투압’이라고 한다. 그리고 보먼주머니 내강에 도달한 여과액에 의해 ‘보먼주머니 수압’이 발생한다. 이 압력은 보먼주머니 쪽에서 사구체의 모세 혈관 쪽으로 작용하기 때문에 여과를 방해한다. 결과적으로 여과를 발생시키는 압력과 억제하는 압력의 차이가 ‘실제 여과압’이 된다.

질환이 있지 않은 정상 상태에서는 혈장 교질 삼투압과 보먼주머니 수압이 크게 변하지 않는다. 그러나 사구체의 혈압은 동맥의 혈압에 따라 증가하거나 감소할 수 있다. 이 같은 변동은 생명 유지에 ㉔ 적합하지 않기 때문에 자가 조절 기능에 의해 관리된다. 즉 콩팥은 심장의 수축에 의해 발생하는 혈압에 변동이 생기더라도 제한된 범위 내에서 사구체로 유입되는 혈류량을 일정하게 유지한다. 자가 조절은 주로 들세동맥의 직경을 조절함으로써 가능하다.

21. 윗글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 알부민과 같이 작은 단백질들은 기저막의 당단백질과 상반된 전하를 띠기 때문에 사구체 여과가 억제될 수 있다.
- ② 기저막을 감싸고 있는 보먼주머니 내층의 발세포 돌기 사이로 여과액이 빠져나온다.
- ③ 질병이 생길 경우 혈장 교질 삼투압과 보먼주머니 수압이 크게 변할 수 있다.
- ④ 기저막은 비세포성 젤라틴 층으로 콜라겐과 당단백질로 구성되어 있다.
- ⑤ 사구체 여과를 통해 물이나 포도당이 세뇨관으로 빠져나갈 수 있다.

22. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ㉕에 있는 내피세포 층의 구멍들을 통해 노폐물이나 독소가 빠져나갈 수 있다.
- ② ㉗의 혈압이 콩팥의 자가 조절 기능의 훼손으로 감소하면 ‘실제 여과압’이 감소할 수 있다.
- ③ ㉔에 도달하는 여과액이 감소하면 ‘실제 여과압’이 증가할 수 있다.
- ④ ㉔에 도달한 여과액에 의해 발생한 수압은 ㉗의 혈압과 반대 방향으로 작용할 수 있다.
- ⑤ ㉗과 ㉔의 단백질 농도 차이가 감소하면 ‘실제 여과압’이 감소할 수 있다.

23. ㉙의 이유로 가장 적절한 것은?

- ① 들세동맥의 혈액 속도가 날세동맥을 통해 사구체 밖으로 나가는 혈액 속도보다 빠르기 때문에
- ② 들세동맥의 직경이 조절되어 사구체로 유입되는 혈류량이 일정하게 유지되기 때문에
- ③ 사구체의 모세 혈관 벽이 편평한 내피세포 한 층으로 이루어져 있기 때문에
- ④ 사구체의 모든 모세 혈관을 통해 사구체 여과가 발생할 수 있기 때문에
- ⑤ 혈장 교질 삼투압과 보먼주머니 수압이 일정하게 유지되기 때문에

24. ㉚ ~ ㉜의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉚: 액체나 기체 따위가 어떤 곳으로 흘러들.
- ② ㉛: 어떤 일이나 사물이 생겨남.
- ③ ㉜: 조건을 붙여 내용을 제한함.
- ④ ㉜: 목적인 곳이나 수준에 다다름.
- ⑤ ㉜: 일이나 조건 따위에 꼭 알맞음.

[35~37] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

일반적으로 포유동물의 정소(精巢)는 초기 발생 단계에서 난소와 동일한 부위인 복부 내 등 쪽에서 형성된 후, 차츰 아래쪽으로 이동하여 복부 밖에 있는 정낭(精囊)으로 들어오게 된다. 정소의 온도는 체온보다 낮는데, 이는 열에 약한 생식 세포를 체온으로부터 보호함으로써 정자를 생산하는 데 알맞은 환경을 조성하기 위함이다. 한편 다른 체내 기관들처럼 정소도 정상적인 기능을 하기 위해서는 혈액을 지속적으로 공급받아야 하는데, 이렇게 혈액을 공급받다 보면 혈액이 지닌 열까지도 정소로 운반되기 때문에 정소의 온도가 상승하여 체온과 같아지게 될 것이다. 그렇다면 정소는 어떠한 방법으로 자신의 온도를 체온보다 낮게 유지할 수 있는가?

1998년에 발표된 역류 열전달(逆流熱傳達) 이론은 정소 온도의 항상성을 유지하기 위한 방법을 설명해 준다. 정소 정맥에는 정낭 동맥을 감싸고 있는 망사 구조 부분이 있는데, 역류 열전달 이론에서는 이 망사 구조가 핵심적인 역할을 한다. 열은 높은 온도의 물체에서 낮은 온도의 물체로 전도되는 성질을 갖고 있는

데, 열이 전도될 때 단위 시간당 이동하는 열의 양은 접촉하는 표면적에 비례한다. 정낭 동맥을 감싸고 있는 망사 구조는 혈관의 표면적을 넓혀서 효율적으로 열을 전달한다. 그러므로 정소에서 나온 정소 정맥의 혈액이 체내에서 들어오는 혈액으로부터 열을 흡수함으로써 정낭 동맥의 혈액 온도를 떨어뜨리고 이렇게 하여 차가워진 정소 동맥 혈액에 의해 정소 온도가 체온보다 낮은 상태로 유지된다는 것이 이 이론의 핵심이다. 이 이론은 여러 동물 실험을 통해 지지되었는데, 정소가 정낭 속에 있는 양(羊)을 대상으로 한 연구는 정낭 동맥에서 ㉠ 39°C였던 혈액 온도가 정소 동맥에서는 ㉡ 34°C로 낮아졌다가, 정소를 통과한 후 정소 정맥에서는 ㉢ 33°C가 되고 정낭 정맥에서는 ㉣ 38.6°C로 다시 높아짐을 보여 주었다.

역류 열전달 이론은 정소로 유입되는 혈액의 온도를 체온보다 낮춤으로써 정소의 온도를 체온보다 낮게 유지하는 방법은 제시하였으나 어떻게 정소 온도를 체온보다 낮추는지는 설명하지 못하였다. 이에 대한 설명은 2007년에 발표된 스칸단 연구진의 가설에서 찾을 수 있다. 스칸단 연구진은 정낭이 열을 발산하기에 적합한 구조로 이루어져 있고 일반적으로 세포 분열 과정에서 열이 많이 발생한다는 사실에 착안하여 정소에서 발생한 많은 열이 정낭 표면을 통해 방출됨으로써 정소 온도가 체온보다 낮아진다고 하였다. 번식력을 갖춘 동물의 정소는 지속적인 세포 분열을 통해 매일 수억 개의 정자를 생산하므로 많은 열이 발생할 것인데, 정소의 온도가 높아지면 생산되는 정자의 수가 감소하고 심한 경우 정소가 손상될 것이 예상된다. 실제로 복부 밖에 정소가 있는 동물이 기온이 매우 높은 환경에 노출되었을 경우에는 일시적으로 배출 정자 수가 감소하며 반대의 경우에는 일시적으로

배출 정자 수가 증가하는 것을 볼 수 있다.

이 가설은 정소 내 온도가 상승하거나 더운 기온에 노출되면 정낭의 피부 표면적이 커지고 정낭 근육에 의해 정소가 몸에서 멀어지게 되며, 정소의 온도가 하강하거나 낮은 기온에 노출되면 정낭 피부 표면적이 작아지고 정낭 근육에 의해 정소가 몸에 가까워진다는 사실과 부합한다. 이와 같은 기제에 따라 정소에서 발생한 열이 정낭으로 전도되고 이 열이 체외로 방출되면 정소의 온도가 내려가면서 정낭의 표면 온도가 올라갈 것이라고 스칸단 연구진은 주장한다. 또한 이 가설은 동물의 정소 위치와 번식 사이의 관계를 보여 주는 연구 결과를 통해 힘을 얻는다. 예를 들어 박쥐의 정소는 평상시에는 복부 내에 존재하다가 짝짓기를 하는 계절이 되면 정낭으로 내려온다. 동면 포유동물의 경우 번식을 하지 않는 동면 기간 동안 정자 생산이 감소하는데 이때에는 정소가 정낭에서 복부로 이동하고 동면이 끝나면 다시 정낭으로 내려온다.

역류 열전달 이론은 정소의 온도를 체온보다 낮게 유지시키는 열역학적 기제를 제시하였으며, 스칸단 연구진의 가설은 정소에서 발생하는 열을 정낭을 통해 발산함으로써 정소의 온도를 체온보다 낮추는 기제를 제시해 주었다. 이런 점에서 볼 때, 역류 열전달 이론과 스칸단 연구진의 가설은 어떻게 정소가 정자를 생산하는 데 최적인 온도로 유지될 수 있는지를 설득력 있게 설명해 준다.

35. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 정낭 근육은 정낭 내에서 정소의 움직임에 관여한다.
- ② 정소의 온도는 생산되는 정자의 수와 밀접한 관련이 있다.
- ③ 열의 전도는 정소 온도의 항상성 유지에 핵심적인 역할을 한다.
- ④ 역류 열전달 이론은 정소로 혈액이 지속적으로 공급되는 기제를 설명한다.
- ⑤ 스칸단 연구진의 가설에 따르면 정소의 온도 조절에 가장 중요한 역할을 하는 것은 정낭이다.

36. ㉠~㉣에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠은 양의 체온과 비슷할 것이다.
- ② ㉠에서 ㉡으로의 변화는 정소 정맥이 정낭 동맥의 열을 흡수했기 때문이다.
- ③ ㉠에서 ㉡으로의 변화와 ㉢에서 ㉣로의 변화는 망사 구조의 기능 때문이다.
- ④ ㉡에서 ㉢으로의 변화는 역류 열전달 이론에 의해 설명된다.
- ⑤ ㉢에서 ㉣로의 변화는 정소 정맥이 정낭 동맥의 열을 흡수했기 때문이다.

37. 스칸단 연구진이 제안한 가설을 입증하기 위한 실험으로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

- ㄱ. 동면 포유동물의 동면 중과 동면 후의 정낭 표면 온도를 비교한다.
- ㄴ. 번식력을 갖춘 양과 그렇지 못한 새끼 양의 정낭 표면 온도를 비교한다.
- ㄷ. 박쥐의 짹짹기 계절 동안과 짹짹기 계절 후의 정낭 표면 온도를 비교한다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ