

다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

골격근은 힘줄을 통해 뼈에 부착되어 있는 근육으로, 인체의 운동을 실행하는 기관이다. 우리가 물건을 들어 올리거나 달리기할 때 필요한 힘은 모두 골격근에서 만들어진다. 골격근은 수축 작용으로 힘을 만들어 내며 스스로 이완할 수 없다. 예를 들어 팔을 굽힐 때 이두근이 수축하면 쌍을 이루는 삼두근은 이완되고, 팔을 펼 때 삼두근이 수축하면 이두근은 이완된다. 그렇다면 골격근을 통해 운동이 실행되는 원리는 무엇일까?

골격근은 지레의 작용을 통해 힘을 전달한다. 지레는 무거운 물건을 움직이는 데에 쓰는 막대기이다. 여기서 막대기를 고정하는 곳을 받침점, 힘을 가하는 곳을 힘점, 지레를 통해 힘이 미치는 곳을 작용점이라고 한다. 인체에서는 뼈와 뼈가 맞닿아 연결되는 곳인 관절이 받침점, 뼈에 힘을 가하는 힘줄의 끝부분이 힘점, 힘이 미치는 곳이 작용점이 된다. 이러한 지레는 받침점, 힘점, 작용점의 위치에 따라 종류가 구분된다.

[A] 1종 지레는 ‘힘점-받침점-작용점’의 구조로 이루어져 있다. 목 근육이 수축하면 목 관절을 받침점으로 작용점인 턱끝이 위로 올라간다. 2종 지레는 ‘받침점-작용점-힘점’의 구조로 이루어져 있다. 종아리 근육이 수축하면 발가락 관절을 받침점으로 작용점인 발목이 올라간다. 3종 지레는 ‘받침점-힘점-작용점’의 구조로 이루어져 있다. 어깨와 팔꿈치 사이에 있는 이두근이 수축하면 팔꿈치 관절을 받침점으로 작용점인 손이 위쪽으로 움직인다.

골격근의 수축 작용은 골격근을 구성하는 근육 세포 내의 ㉠ 근육 원섬유를 통해 이루어진다. 근육 원섬유에는 굵기가 가는 액틴 필라멘트와 굵기가 굵은 마이오신 필라멘트가 일부 분씩 겹쳐 배열되어 있다. 근육 원섬유를 전자 현미경으로 관찰할 때, 액틴 필라멘트만 있어 밝게 보이는 구간을 명대, 마이오신 필라멘트가 있어 어둡게 보이는 구간을 암대라고 하며, 암대 중 마이오신 필라멘트만 있는 구간을 H대라고 한다. 그리고 액틴 필라멘트를 서로 이어 주는 선을 Z선이라 하는데, Z선과 Z선 사이를 ㉡ 근육 원섬유 마디라고 한다.

[B] 근육 원섬유 마디는 근육 수축의 기본 단위로, 다음과 같은 과정을 통해 수축한다. 먼저 마이오신 필라멘트에 있는 마이오신 머리는 에너지가 공급되면 액틴 필라멘트에 달라붙어 구름다리 구조를 형성한다. 그다음 마이오신 머리들이 고개를 돌리듯 회전하면서 양쪽 액틴 필라멘트가 서로 가까워지고 구름다리 구조는 분해된다. 이러한 과정이 여러 차례 반복되면서 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가는 방식으로 골격근이 수축한다. 이때 각 필라멘트 자체의 길이는 변화하지 않으며, 마이오신 머리가 액틴 필라멘트에 달라붙는 수가 많을수록 발생하는 힘이 더 커진다.

한편 골격근 수축에 필요한 에너지인 ATP는 여러 공급원으로부터 제공된다. 근육 세포에는 ATP와 크레아틴 인산이 소량

저장되어 있는데, 먼저 근육 세포에 저장된 ATP를 사용한 다음, 저장된 크레아틴 인산을 활용해 ATP를 생산하여 사용한다. 그리고 추가적으로 필요한 ATP는 호흡을 통해 얻은 산소로 포도당과 지방산을 분해하여 생산한다. ㉢ 이 과정에서 산소가 충분히 공급되지 않으면 ATP의 생산 효율이 급격히 낮아지며 체내에 젖산을 발생시키고 근육의 피로가 유발된다. 골격근의 활동이 끝난 후에는 ATP와 크레아틴 인산을 생산하여 근육 세포에 다시 저장하고 젖산을 분해하는 과정이 필요한데, 이 과정에서도 산소가 충분히 공급되어야 효율을 높일 수 있다. ㉣ 골격근의 수축에 필요한 에너지는 이러한 과정을 통해 생산되기 때문에 격한 운동을 할 때 숨을 가쁘게 쉬거나, 운동을 한 후에 숨을 몰아쉬는 현상이 일어나게 된다.

1. OX 확인 문제

다음 설명이 맞으면 O, 틀리면 x에 표시하십시오.

1. 골격근은 스스로 수축하거나 이완함으로써 힘을 (O / x)을 생성하는 기관이다.
2. 인체의 관절은 지레의 원리에서 막대기를 고정 (O / x)하는 받침점의 역할을 수행한다.
3. 근육 원섬유 마디에서 암대는 마이오신 필라멘트 (O / x)가 존재하는 어두운 구간을 의미한다.
4. 근육이 수축할 때 액틴 필라멘트와 마이오신 (O / x) 필라멘트 각각의 길이는 짧아진다.
5. 근육 세포는 저장된 ATP를 모두 소진한 후에야 (O / x) 크레아틴 인산을 활용하기 시작한다.
6. 운동 후 젖산을 분해하여 에너지를 재저장하는 (O / x) 과정에는 산소 공급이 필수적이지 않다.

2. 내용 일치/불일치

윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 팔을 굽히는 동작에서 이두근이 수축하면 그와 쌍을 이루는 삼두근은 이완 상태가 된다.
- ② 인체 지레 구조에서 힘점은 근육의 힘이 뼈에 전달되는 힘줄의 끝부분에 위치하게 된다.
- ③ 근육 원섬유 마디 내에서 H대는 마이오신 필라멘트만 존재하는 구간으로 암대에 속한다.
- ④ 근육 수축 시 발생하는 힘의 크기는 마이오신 머리와 액틴 필라멘트의 결합 수에 비례한다.
- ⑤ 산소가 부족한 상태에서 ATP를 생산하면 포도당 분해 효율이 높아져 젖산이 생성된다.

3. 문단 기능 파악

[A]와 [B]에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① [A]는 지레의 세 가지 유형을 인체 부위와 연결하여 구체적인 사례를 제시하고 있다.
- ② [B]는 근육 수축의 과정을 단계별로 나누어 설명하며 에너지 소모의 원인을 규명하고 있다.
- ③ [A]는 지레의 구성 요소 간 거리에 따른 힘의 효율성을 비교하여 핵심 원리를 도출하고 있다.
- ④ [B]는 필라멘트의 구조적 변화가 근육 마디의 길이에 미치는 영향을 인과적으로 서술하고 있다.
- ⑤ [A]와 [B]는 모두 근육이 수축할 때 발생하는 화학적 반응을 중심으로 논의를 전개하고 있다.

4. 개념 집중 분석

윗글을 통해 알 수 있는 ㉠의 특징으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠은 인접한 두 Z선 사이의 구간으로 정의되며 근육이 수축하는 실질적인 단위이다.
- ② ㉠ 내부에는 서로 다른 굵기를 가진 두 종류의 필라멘트가 부분적으로 중첩되어 있다.
- ③ ㉠이 수축하는 과정에서 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 쪽으로 이동하게 된다.
- ④ ㉠의 수축이 일어날 때 마이오신 머리는 액틴 필라멘트와 결합하여 구조물을 형성한다.
- ⑤ ㉠의 전체 길이가 줄어드는 것은 구성 성분인 각 필라멘트의 수축에 의한 결과이다.

5. [보기] 사례 적용

<보기>의 상황을 윗글의 지레 원리에 따라 분석한 내용으로 적절하지 않은 것은?

<보기>

A는 헬스장에서 무거운 덤벨을 들고 팔을 굽히는 운동을 하고 있다. B는 까치발을 들고 서서 종아리 근육에 힘을 주고 있다. C는 고개를 뒤로 젖혔다가 다시 천천히 앞으로 숙이며 목의 긴장을 풀고 있다. 이들은 모두 골격근의 수축을 통해 신체 부위를 움직이거나 고정하고 있다.

- ① A가 덤벨을 들고 팔을 굽힐 때, 팔꿈치 관절은 지레의 막대기를 고정하는 받침점이 되겠군.
- ② B가 까치발을 들 때, 발가락 관절이 받침점이 되고 발목 부위가 작용점이 되는 2종 지레가 작동하겠군.
- ③ C가 턱끝을 들어 올리는 동작을 할 때, 이는 힘점이 받침점과 작용점 사이에 위치하는 구조겠군.
- ④ A의 운동 방식은 [A]에서 설명한 3종 지레에 해당하며, 이 두근의 수축이 힘을 가하는 원동력이 되겠군.
- ⑤ B의 동작에서 종아리 근육이 뼈에 부착된 지점은 지레의 구성 요소 중 힘점에 해당하겠군.

6. 비교·대조

윗글의 '명대', '암대', 'H대'에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 명대는 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹쳐 있어 밝게 보이는 구간이다.
- ② 암대는 마이오신 필라멘트가 존재하는 구간으로 명대에 비해 어둡게 관찰된다.
- ③ H대는 암대 내에서 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 모두 존재하는 영역이다.
- ④ 근육이 수축하여 액틴 필라멘트가 안으로 미끄러져 들어오면 명대의 길이는 길어지겠군.
- ⑤ 근육 수축 시 마이오신 필라멘트의 길이가 짧아지므로 암대의 전체 범위도 줄어들겠군.

7. ㉠~㉣ 밑줄 설명

㉠와 ㉣에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠은 근육 세포 내에 저장된 크레아틴 인산이 고갈되었을 때만 발생하는 현상을 설명한다.
- ② ㉣은 운동 중과 운동 후에 산소 섭취량이 증가하는 이유를 에너지 대사 원리와 연결하여 제시한다.
- ③ ㉠은 산소 공급 부족이 포도당 분해를 중단시키고 지방산만을 에너지원으로 쓰게 함을 시사한다.
- ④ ㉣은 숨을 몰아쉬는 행위가 근육 세포에 저장된 ATP를 직접적으로 보충하는 과정임을 강조한다.
- ⑤ ㉠과 ㉣은 모두 격한 운동 시 근육의 피로를 방지하기 위해 ATP 사용을 억제해야 함을 역설한다.

8. 인과/조건 추론

윗글을 바탕으로 추론할 때, 근육 수축 시 발생하는 힘을 키우기 위한 조건으로 적절한 것은?

- ① 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트 각각의 길이를 늘려 중첩 부위를 넓혀야 하겠군.
- ② 마이오신 머리가 액틴 필라멘트와 결합하는 빈도나 수를 증대시켜야 하겠군.
- ③ 근육 세포 내의 크레아틴 인산 저장량을 줄여 ATP 생산 속도를 늦춰야 하겠군.
- ④ 산소 공급을 차단하여 젖산 발생량을 늘림으로써 근육의 긴장도를 높여야 하겠군.
- ⑤ 명대의 길이를 최대한 확보하여 필라멘트 간의 간격을 넓게 유지해야 하겠군.

9. [보기] 대립 관점

윗글의 필자가 <보기>의 '생물학자 X'에게 제기할 수 있는 반론으로 가장 적절한 것은?

<보기>

생물학자 X는 근육 수축이 단순히 필라멘트 사이의 미끄러짐이 아니라, 에너지 공급에 따라 필라멘트 단백질 자체의 분자 구조가 수축하며 길이가 짧아지는 현상이라고 주장한다. 그는 전자 현미경 관찰 결과에서 나타나는 마디 길이의 감소가 이를 증명한다고 보았다.

- ① 근육 마디의 길이가 줄어드는 것은 필라멘트 자체의 수축이 아니라 두 필라멘트의 중첩 정도가 변하기 때문이겠군.
- ② 필라멘트 단백질의 분자 구조가 변하더라도 ATP가 공급되지 않으면 근육은 이완 상태를 유지할 것이겠군.
- ③ 전자 현미경으로 관찰되는 명대와 암대의 경계는 필라멘트의 길이 변화를 측정하기에 부적절한 지표이겠군.
- ④ 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 들어가는 것은 단백질의 수축이 전제되어야만 가능한 현상이겠군.
- ⑤ 근육 수축 시 발생하는 힘의 크기는 필라멘트의 길이보다는 젖산의 분해 효율에 의해 결정되는 것이겠군.

10. 생략 전제/함축 추론

윗글의 내용을 바탕으로 할 때, <보기>의 빈칸에 들어갈 추론으로 가장 적절한 것은? <보기> 격렬한 단거리 달리기를 마친 선수가 결승선을 통과한 후에도 한동안 숨을 거칠게 몰아쉬는 이유는 () 때문이다.

- ① 소모된 ATP와 크레아틴 인산을 재합성하고 축적된 젖산을 처리하는 데 산소가 필요하기
- ② 달리기 중에 생성된 과도한 열을 식히기 위해 폐순환을 가속하여 체온을 조절해야 하기
- ③ 근육 세포에 저장되어 있던 포도당과 지방산의 농도를 운동 전 수준으로 낮추어야 하기
- ④ 수축했던 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트를 강제로 분리하여 이완 상태로 만들어야 하기
- ⑤ 운동 중에 사용하지 못했던 크레아틴 인산을 산소와 결합시켜 에너지원으로 전환해야 하기

11. 어휘의 문맥적 의미

문맥상 ㉠과 ㉡의 관계와 가장 유사한 것은?

- ① '나무'와 '숲': 개별 요소가 모여 전체를 이루는 집합 관계
- ② '자동차'와 '엔진': 전체 기계 장치와 그 구동을 담당하는 핵심 부품 관계
- ③ '문장'과 '단어': 의미를 전달하는 단위와 그 단위를 구성하는 최소 유의미 요소 관계
- ④ '대나무'와 '마디': 긴 원통형 구조물과 그 구조를 일정 간격으로 나누는 기본 단위 관계
- ⑤ '건물'과 '벽돌': 완성된 구조물과 그것을 쌓아 올리는 데 쓰이는 재료 관계

12. 전개 방식

윗글의 전개 방식에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 특정 기관의 기능을 설명하기 위해 물리적 원리와 미시적 구조, 에너지 대사 과정을 순차적으로 제시하고 있다.
- ② 근육 질환의 원인을 규명하기 위해 정상적인 근육 수축 과정과 이상 상태의 차이점을 대조하여 분석하고 있다.
- ③ 골격근의 진화 과정을 설명하기 위해 하등 생물과 인간의 근육 구조를 비교하며 공통된 원리를 도출하고 있다.
- ④ 운동 효율을 높이는 방법을 제안하기 위해 근육 강화 훈련의 종류와 그에 따른 생화학적 변화를 상술하고 있다.
- ⑤ 지레의 원리가 인체에 적용될 때 발생하는 한계를 지적하고 이를 극복하기 위한 근육의 보완 작용을 설명하고 있다.

13. 개념 비교 서술

윗글을 바탕으로 '액틴 필라멘트'와 '마이오신 필라멘트'의 차이점을 [조건]에 맞게 서술하시오.

[조건]

- 필라멘트의 굵기 차이를 포함할 것
- 근육 수축 시 '구름다리 구조'를 형성하는 주체를 명시할 것
- 2문장 이내로 작성할 것

14. 빈칸 완성

다음은 골격근의 에너지 공급 과정을 요약한 것이다. 빈칸 (가), (나)에 들어갈 적절한 용어를 쓰시오.

근육 세포는 에너지가 필요할 때 가장 먼저 (가)을/를 사용하고, 이후 저장된 (나)을/를 활용해 에너지를 재생산한다. 추가적인 에너지는 산소를 이용한 영양소 분해를 통해 얻는다.

15. 조건부 서술

윗글의 내용을 참고하여, 격한 운동 시 '젖산'이 발생하는 원인과 그 결과를 [조건]에 맞게 서술하시오.

[조건]

- 산소 공급 상태와 관련지어 서술할 것
- ATP 생산 효율 및 근육의 상태 변화를 포함할 것
- 한 문장으로 서술할 것

16. 논증 타당성·반례

윗글의 '활주설(미끄러져 들어가는 방식)'에 근거할 때, 근육이 수축하더라도 '암대'의 길이는 변하지 않는 이유를 서술하시오.

[조건]

- 암대의 정의(구성 요소)를 포함할 것
- 수축 시 필라멘트 자체의 길이 변화 여부를 언급할 것

1. OX 확인 문제 (OX)

- 1. X 첫째 문단에서 골격근은 스스로 이완할 수 없다고 명시되어 있다.
- 2. O 둘째 문단에서 관절이 받침점이 된다고 설명하고 있다.
- 3. O 넷째 문단에서 마이오신 필라멘트가 있어 어둡게 보이는 구간을 암대라고 정의한다.
- 4. X 다섯째 문단에서 각 필라멘트 자체의 길이는 변화하지 않는다고 명시되어 있다.
- 5. O 여섯째 문단에서 저장된 ATP를 사용한 다음 크레아틴 인산을 활용한다고 순서를 밝히고 있다.
- 6. X 여섯째 문단 마지막 부분에서 젖산 분해 과정에서도 산소가 충분히 공급되어야 효율을 높일 수 있다고 설명한다.

2. 내용 일치/불일치 (객관식) **인과역전**

정답: ⑤ 산소가 부족한 상태에서 ATP를 생산하면 포도당 분해 효율이 높아져 젖산이 생성된다.

여섯째 문단에서 산소가 충분히 공급되지 않으면 ATP의 생산 효율이 급격히 낮아진다고 하였으므로 효율이 높아진다는 설명은 틀린 것이다.

3. 문단 기능 파악 (객관식) **부분→전체**

정답: ① [A]는 지레의 세 가지 유형을 인체 부위와 연결하여 구체적인 사례를 제시하고 있다.

[A] 구간에서는 1종, 2종, 3종 지레의 구조를 설명하면서 각각 목, 종아리, 팔의 사례를 들어 설명하고 있다.

4. 개념 집중 분석 (객관식) **조건누락**

정답: ⑤ ㉠의 전체 길이가 줄어드는 것은 구성 성분인 각 필라멘트의 수축에 의한 결과이다.

다섯째 문단의 [B] 구간 마지막 부분에서 '각 필라멘트 자체의 길이는 변화하지 않으며'라고 명시되어 있으므로 필라멘트가 수축한다는 설명은 적절하지 않다.

5. [보기] 사례 적용 (객관식) **개념혼동**

정답: ③ C가 턱끝을 들어 올리는 동작을 할 때, 이는 힘점이 받침점과 작용점 사이에 위치하는 구조겠군.

셋째 문단에서 1종 지레(목)는 '힘점-받침점-작용점' 구조라고 설명한다. 힘점이 가운데에 있는 구조는 3종 지레('받침점-힘점-작용점')이므로 C의 사례에 대한 설명으로 적절하지 않다.

6. 비교·대조 (객관식) **유사어혼동**

정답: ② 암대는 마이오신 필라멘트가 존재하는 구간으로 명대에 비해 어렵게 관찰된다.

넷째 문단에서 마이오신 필라멘트가 있어 어둡게 보이는 구간을 암대라고 정의하고 있다.

7. ㉠~㉢ 밑줄 설명 (객관식) **선택지재구성**

정답: ② ㉢는 운동 중과 운동 후에 산소 섭취량이 증가하는 이유를 에너지 대사 원리와 연결하여 제시한다.

여섯째 문단에서 ATP 생산 및 젖산 분해에 산소가 필요함을 설명한 뒤, ㉢를 통해 이것이 숨을 가쁘게 쉬는 현상의 원인임을 밝히고 있다.

8. 인과/조건 추론 (객관식) **맥락이탈**

정답: ② 마이오신 머리가 액틴 필라멘트와 결합하는 빈도나 수를 증대시켜야 하겠군.

다섯째 문단 마지막 부분에서 '마이오신 머리가 액틴 필라멘트에 달라붙는 수가 많을수록 발생하는 힘이 더 커진다'고 명시되어 있다.

9. [보기] 대립 관점 (객관식) **개념혼동**

정답: ① 근육 마디의 길이가 줄어드는 것은 필라멘트 자체의 수축이 아니라 두 필라멘트의 중첩 정도가 변하기 때문이겠군.

윗글의 다섯째 문단에서는 '활주설(미끄러져 들어가는 방식)'을 설명하며 필라멘트 자체의 길이는 변하지 않는다고 강조하므로, 필라멘트가 수축한다는 X의 주장에 대해 중첩 정도의 변화(활주)를 근거로 반박할 수 있다.

10. 생략 전제/함축 추론 (객관식) **조건누락**

정답: ① 소모된 ATP와 크레아틴 인산을 재합성하고 축적된 젖산을 처리하는 데 산소가 필요하기

마지막 문단에서 활동이 끝난 후 ATP와 크레아틴 인산을 생산하여 재저장하고 젖산을 분해하는 과정에 산소가 충분히 공급되어야 효율이 높다고 설명하고 있다.

11. 어휘의 문맥적 의미 (객관식) **유사어혼동**

정답: ④ '대나무'와 '마디': 긴 원통형 구조물과 그 구조를 일정 간격으로 나누는 기본 단위 관계

지문에서 근육 원섬유는 근육 세포 내의 긴 가닥이며, ㉠(근육 원섬유 마디)은 Z선과 Z선 사이로 규정되는 그 섬유의 '기본 단위'라고 하였으므로 대나무와 그 마디의 관계가 가장 적절하다.

12. 전개 방식 (객관식) **부분→전체**

정답: ① 특정 기관의 기능을 설명하기 위해 물리적 원리와 미시적 구조, 에너지 대사 과정을 순차적으로 제시하고 있다.

지문은 골격근의 기능(1문단), 지레 원리(2-3문단), 미시적 구조 및 수축 원리(4-5문단), 에너지 ATP 대사(6문단) 순으로 체계적으로 설명하고 있다.

13. 개념 비교 서술 (서술형)

모범답안: 액틴 필라멘트는 굵기가 가늘고 마이오신 필라멘트는 굵기가 굵으며, 근육 수축 시 마이오신 필라멘트에 있는 마이오신 머리가 액틴 필라멘트에 달라붙어 구름다리 구조를 형성한다.

채점 기준 (총 5점)

- 두 필라멘트의 굵기 차이(가늘다/굵다)를 정확히 서술함 (2점)
- 마이오신 머리가 주체가 되어 액틴에 붙는다는 점을 명시함 (2점)
- 문장 완결성 및 조건 충족 (1점)

14. 빈칸 완성 (서술형)

모범답안: (가): ATP, (나): 크레아틴 인산

채점 기준 (총 4점)

- (가)에 ATP를 정확히 기재함 (2점)
- (나)에 크레아틴 인산을 정확히 기재함 (2점)

15. 조건부 서술 (서술형)

모범답안: 격한 운동 시 산소가 충분히 공급되지 않으면 ATP 생산 효율이 급격히 낮아지면서 체내에 젖산이 발생하고 이로 인해 근육의 피로가 유발된다.

채점 기준 (총 5점)

- 산소 공급 부족이라는 조건을 명시함 (2점)
- ATP 생산 효율 저하와 근육 피로 유발을 인과적으로 연결함 (2점)
- 한 문장으로 작성함 (1점)

16. 논증 타당성·반례 (서술형)

모범답안: 암대는 마이오신 필라멘트가 있는 구간인데, 근육 수축 시 액틴 필라멘트가 그 사이로 미끄러져 들어올 뿐 마이오신 필라멘트 자체의 길이는 변하지 않기 때문에 암대의 길이도 일정하게 유지된다.

채점 기준 (총 6점)

- 암대가 마이오신 필라멘트 구간임을 명시함 (2점)
- 필라멘트 자체의 길이는 변하지 않는다는 핵심 원리를 서술함 (2점)
- 두 사실을 논리적으로 연결하여 결론을 도출함 (2점)