

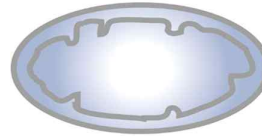
## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 13]

### 1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	세포 호흡, 세포 분획법, 흥분의 전도, 유전자 발현 조절, 유전자 치료
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

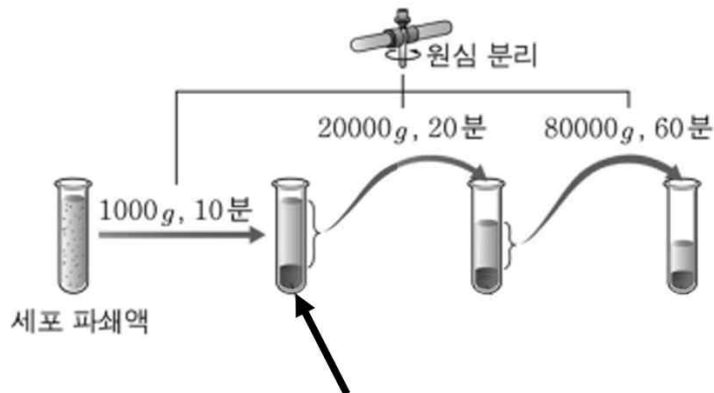
- (1) 정상인의 신경세포에 존재하는 미토콘드리아는 아래 왼쪽 그림과 같다. 이와 대조적으로 상염색체에 위치한 유전자 X의 돌연변이에 의해 생기는 유전병을 앓고 있는 환자 신경세포의 미토콘드리아는 오른쪽 그림과 같은 모양을 보인다.



정상 신경세포의 미토콘드리아      유전병 환자 신경세포의 미토콘드리아

이 유전병 환자 신경세포의 흥분 전도 효율이 정상 신경세포의 흥분전도 효율과 비교해 어떤 차이를 보일지 예측하고 근거를 설명하시오 (1점).

- (2) 과학자들은 유전자 X가 무엇인지 추적하는데 성공하였다. 유전자 X로부터 발현되는 단백질 X의 세포내 위치를 분석하기 위하여 정상 신경세포를 파쇄하여 아래와 같은 세포 분획실험을 수행하였다. 단백질 X는 화살표로 표시된 첫 번째 원심분리의 침전에서만 검출되었고 다른 분획물에는 발견되지 않았다.



단백질 X의 기능을 예측하고 근거를 설명하시오 (2점).

- 
- (3) 최근 생명공학의 발전으로 미토콘드리아를 순수 분리하여 원하는 세포 내부로 미세 주입하는 [미토콘드리아 이식기술]이 가능해졌다. 미토콘드리아 주입 기술을 활용하여 정상인의 미토콘드리아를 환자의 신경세포에 미세 주입함으로써 이 유전병을 치료하고자 한다.

미토콘드리아 미세 주입 후 6개월 후 유전병 치료 여부를 예측하고 그 이유를 설명하시오 (1점).

### 3. 출제 의도

- (1) 미토콘드리아의 모양과 기능의 중요성을 이해함.
- (2) 신경세포의 흥분 자극 전달의 기본개념을 평가함.
- (3) 세포분획의 기본 원리와 핵의 역할의 중요성을 종합적으로 평가함.
- (4) 진핵세포의 전사조절의 기본 개념을 평가함.
- (5) 생명과학 실험의 전개와 과학적 추론능력을 평가함.

#### 4. 출제 근거

##### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준	
(1)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절 생명과학 II. 세포 호흡과 광합성
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 03-01] 미토콘드리아와 엽록체의 구조와 기능을 이해하고, 두 세포 소기관을 비교하여 공통점과 차이점을 설명할 수 있다. [12생과 II 03-02] 세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II. 생명과학의 역사 생명과학 II. 유전자의 발현과 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 II 01-02] 생명과학 발달에 기여한 주요 발견들에 사용된 연구 방법들을 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 04-05] 원핵생물과 진핵생물의 전사 조절 과정을 비교하여 설명할 수 있다.
(3)	교육과정	생명과학 II. 생명과학의 역사
	성취기준·성취수준	[12생과 II 06-03] 단일클론항체, 유전자 치료, 줄기세포를 난치병 치료에 적용한 사례를 이해하고, 이러한 치료법의 전망에 대해 토의할 수 있다.

##### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	심규철 외	비상교육	2018	59-64
	생명과학 II	이준규 외	천재교육	2021	35-38 70-76 131-136
기타					

#### 5. 문항 해설

본 문항에서는 세포호흡 과정에서 만들어지는 에너지를 바탕으로 이루어지는 신호의 전도 과정과 진핵세포의 전사 조절 과정, 세포 분획법을 통한 세포 소기관의 연구 과정, 유전자 치료의 기본 원리를 이해하고 있는지를 묻고 있다.

---

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

(1) 정상 신경세포에 비교하여 환자의 신경세포의 흥분 전도 효율은 느려진다. 환자 신경세포의 정상 신경세포와 비교해 미토콘드리아의 내막 표면적 줄어들어 ATP 생산이 저하되며, 이로 인해 ATP 의존적인 Na이온-K이온 농도구배 형성과 조절에 문제가 발생하기 때문이다.

(2) 단백질X가 핵 분획에 위치하므로, 미토콘드리아에 직접 작용하는 단백질이 아니라 미토콘드리아 내막의 주름을 형성을 간접적으로 조절하는 전사인자를 포함한 핵 단백질일 것이다.

(3) 유전병 치료가 불가능하다. 그 이유는 주입한 정상 미토콘드리아가 환자의 세포 내부에서 증식 및 복제될 때 필요한 내막 형성 조절 단백질이 정상적으로 제공되지 않아 점차 환자 신경세포 미토콘드리아와 유사한 모양을 가질 것이기 때문이다.

## 8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

생명과학 과목 전반에 걸친 이해를 필요로 하는 문항으로 생명과학 I의 자극의 전달 단원에서 다루는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의한 휴지 전위의 형성 과정, 생명과학 II에서 다루고 있는 세포 분획법을 통한 세포 소기관의 연구 과정, 미토콘드리아의 내막에서 일어나는 산화적 인산화의 원리, 유전자 치료의 원리와 한계점을 이해하고 활용할 수 있는지 학생에게 질문하고 있다. 문제 상황을 해결하기 위하여 한 단원이나 지엽적인 내용에 치우친 단편적인 지식이 아니라 각 단원의 핵심적인 내용에 대한 이해를 바탕으로 융합적인 사고를 학생에게 요구하고 있고, 미토콘드리아 내막의 표면적 감소에 의한 산화적 인산화 효율 감소, 전사 인자와 유전자의 미발현 등 세포에서 정상적인 기능이 작동하지 않을 때 나타날 수 있는 상황을 제시하고 있기에 단답식 문제 풀이에 익숙한 학생이 처음 문제를 접하면 당황할 수도 있을 것이라 생각된다. 그러나 각각의 소문항은 질문이 명확하고 질문의 해결에 필요한 배경 지식도 수업 시간에 중점적으로 다루고 있는 내용들이기에 충실하게 고교 과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 문항이라 생각된다. 때문에 해당 문항은 선행 학습을 유발하지 않는다고 판단된다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

(1) 소문항은 미토콘드리아 내막의 주름진 구조인 크리스테는 세포 소기관의 특징에서 배우는 항목이고, 유전병으로 인해 미토콘드리아의 내막 주름 형성이 되지 않음을 문제에서 제시했기 때문에 미토콘드리아 내막에서 산화적 인산화가 일어남을 알고 있으므로 ATP 합성 효율이 낮아짐을 충분히 쉽게 유추할 수 있을 것으로 보인다. 또한, ATP가 적게 만들어지면 신경세포에서 흥분의 전도에서 신경세포 내부와 외부의 나트륨 이온과 칼륨 이온의 농도구배를 형성하기 위한 능동수송이 되지 않음을 유추할 수 있다.

(2) 소문항은 생물의 연구 방법 중에 원심분리기를 활용하여 세포소기관의 구조와 기능을 연구하는 방법인 세포분획법 자료를 활용하였고, 이는 생명과학 II의 세포의 특성에서 다루는 내용이므로 핵에서 단백질 산물이 확인됨을 유추할 수 있다. 하지만 단백질 산물이 미토콘드리아의 내막의 주름을 형성하는데 작용하기 위해서 직접 미토콘드리아로 이동한 것이 없다는 것은 핵 내의 다양한 유전자를 조절하여 미토콘드리아에 영향을 미침을 유추 해야한다. 생명과학II에서는 다루지 않지만 문제 조건을 확인해보면 진핵생물의 유전자 발현조절에서 유전자의 단백질 산물이 다른 유전자의 전사조절인자로 작용함을 학생들이 알고 있기 때문에 문제에 적용하여 유추한다면 추론이 불가능하진 않다고 생각한다.

(3) 소문항에서 미토콘드리아 이식기술은 생명과학II의 생명공학 단원에서 다루는 내용이 아니지만, 미토콘드리아를 세포 내에 주입하는 방법임을 문제에서 제시하여 알려주었고, 미토콘드리아를 주입하고 6개월 뒤에 정상적으로 미토콘드리아의 주름이 형성될 수 있을지를 추론하는 문제인데,

앞의 2번 문제와의 연계성이 있는 문제로 두 문제를 융합하여 사고하는지 묻는 문항이다. 이는 새로운 자연현상에 대해서 생명과학에 대한 이해와 지식을 바탕으로 합리적인 추론이 가능한지를 묻는 문항이라서 학생들에게 생소할 것으로 예상된다. 하지만 미토콘드리아가 이분법으로 분열하여 크리스테 구조를 형성하기 위해서 주름을 형성을 명령할 수 있는 단백질 전사인자가 정상이 아니기 때문에 점차 미토콘드리아의 내막의 주름이 제대로 형성되지 못할 수 있음을 추론할 수 있을 것으로 보인다.

생명과학 I과 생명과학 II를 충분히 학습한 학습자라면 모든 소문항에서 문제를 해결하기 위해서 유추할 수 있는 방법이 있기에 선행학습을 유발할 요인이 없다고 생각한다.

<b>&lt; 유사 기출 문제 &gt;</b>	
<b>유사문제</b>	<b>EBS 2022학년도 수능특강 생명과학 II 5강 3점 수능 테스트 1번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미토콘드리아와 엽록체의 구조를 바탕으로 전자 전달과 ATP 합성에 대한 개념을 평가하고 있음.</li> <li>• 미토콘드리아 내막 구조와 산화적 인산화, ATP의 합성을 연결지을 수 있어야 하기에 유사 기출 문제와 본 문항에서 질문하고자 하는 핵심 개념이 유사함.</li> </ul>
<b>유사문제</b>	<b>EBS 2022학년도 수능특강 생명과학 II 12강 2점 수능 테스트 4번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유전자 치료 과정과 결과에 대한 이해를 평가하고 있음.</li> <li>• 유전자 치료는 체세포에 대한 치료이기에 그 결과가 영속적일 수 없음을 이해하고 있는지 질문하고 있어 본 문항에서 평가하고자 하는 핵심 개념과 유사함.</li> </ul>

## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 14]

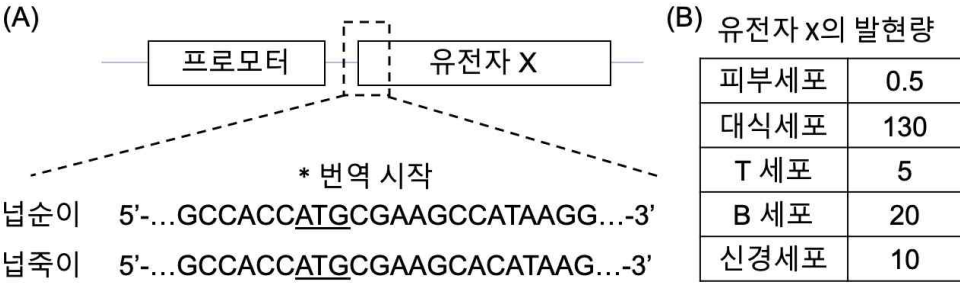
### 1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	특이적 방어작용, 단일 클론 항체
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

카이스트 생명과학과 학생인 넙죽이와 넙순이는 스트레스가 생쥐의 섭식 행동에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행했다. 그런데 넙죽이와 넙순이는 생쥐를 다루는데 서툴렀고, 이로 인해 생쥐들도 스트레스를 받아 넙죽이와 넙순이의 손가락을 물었다. 생쥐에 물린 직후 두 학생의 물린 손가락에서 피가 나고 빨강게 부어올랐다. 며칠 후 넙순이는 건강에 큰 문제없이 약간의 감기 증상을 겪고 회복했지만, 넙죽이는 물린 다음날부터 고열과 오한이 났고 호흡곤란 증상까지 생겨서 병원에 입원하여 2주의 집중치료를 받고 퇴원했다.

(1) 넙죽이와 넙순이를 진료한 카이스트 클리닉의 의사인 카이는 생쥐에 물린 넙죽이와 넙순이의 반응이 왜 다른지 연구를 하기로 마음먹고, 먼저 넙죽이와 넙순이의 혈액세포를 분리해서 유전자 염기서열 분석해 보았다. 그 결과 유전자 X에서 아래와 같은 염기서열의 차이를 발견했다 (그림 A). 또, 카이는 이전에 발표된 논문들을 조사하여 유전자 X의 세포별 발현 양상이 표 (B) 와 같다는 것도 알게 되었다. 이 결과들을 종합해 유전자 X가 만드는 단백질의 기능은 무엇인지 유추하고, 이에 근거해 넙순이와 넙죽이의 회복 양상이 다른 이유를 설명하시오. 이 문제의 유전자 X는 문제1에서 나오는 유전자 X와는 무관한 유전자임. (2점)



(2) 카이는 더 나아가 카이스트 전체 학생(약 1만명)의 혈액 샘플을 확보해 유전자 X의 염기 서열을 분석해 보았고, 2%의 학생(약 200명)의 샘플에서 넵죽이의 경우와 동일한 돌연변이를 발견했다. 카이는 넵죽이에게 나타난 심각한 증상이 이 200명의 학생에서도 생길 수 있다고 예상하여, 이들 학생들에게 적용할 항체 치료제를 별다른 증상을 보이지 않은 넵순이의 혈액을 이용해 미리 만들어놓기로 했다. 결국, 카이는 넵순이의 혈액에서 생쥐로부터 침입한 병원체에 대한 항체를 분리하는데 성공하였는데, 문제는 확보한 넵순이의 혈액으로는 200명에 치료에 필요한 충분한 항체를 얻을 수 없었다. 카이가 어떻게 하면 이 상황에서 충분한 치료용 항체를 확보할 수 있을지 방안을 제시해보시오. (1점)

### 3. 출제 의도

- 병원체에 대항하는 우리 몸의 비특이적, 특이적 방어기작을 이해하는지 평가하고자 함.
- 현대 생명 공학 기술로 세포 융합을 통한 단일클로 항체 제작 과정을 이해하고 있는지 평가하고자 함.

### 4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준	
(1)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어 작용과 비특이적 방어 작용을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 I 03-07] 백신의 작용 원리를 항원 항체 반응과 관련지어 이해하고, 백신으로 예방하기 힘든 질병을 조사하여 그 이유를 토의할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II. 생명 공학 기술과 인간 생활
	성취기준·성취수준	[12생과 II 06-02] 핵치환, 조직 배양, 세포 융합의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 06-03] 단일클론항체, 유전자 치료, 줄기세포를 난치병 치료에 적용한 사례를 이해하고, 이러한 치료법의 전망에 대해 토의할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	심규철 외	비상교육	2018	92-103
	생명과학 II	이준규 외	천재교육	2021	189-202
기타					



## 5. 문항 해설

본 문항에서는 인체의 방어 작용과 생명 공학 기술에 대해 다루고 있으며 내용적으로 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용의 관계 및 단일 클론 항체의 원리에 대하여 학생이 이해하고 이를 실제 문제 상황에 적용할 수 있는지를 묻고 있다.

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

(1) (A)의 그림을 보면 넙죽이의 유전자 X 염기서열을 보면 번역 시작 코돈 ATG 이후 추가 염기(A)의 삽입으로 인해 mRNA 번역 과정에서 아미노산 종류가 크게 변화하고, 종결 코돈의 위치가 변화하여 번역이 조기 종결될 것이다. 따라서 넙죽이의 세포에서는 유전자 X가 생성하는 단백질 X가 제대로 생성되지 못할 것이다.

(B)의 표에서 유전자 X의 발현양상을 살펴보면 면역세포 중 대식세포에서 강하게 발현되고 있는 것을 알 수 있다.

넙순이는 초기 국소 염증반응 이후 후천성 면역 반응이 잘 일어났기 때문에 세포독성 T 세포와 B 세포에서 나오는 항체의 작용을 병원체를 효과적으로 물리쳤지만, 넙죽이는 후천성 면역 반응이 제대로 일어나지 않아 병원체를 효과적으로 제거하지 못하고 과도한 선천성 면역 반응으로 인해 병원에 입원하여 집중치료가 필요하였을 것이다.

이를 종합하면, 유전자 X는 대식세포에서 주로 발현하여 후천성 면역반응을 일으키는 T 세포, B 세포에 항원을 제시하는 과정에 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

(2) 넙순이의 혈액에서 분리한 항체를 생성하는 B 림프구를 분리한 후 암세포와 세포 융합하여 반영구적으로 병원체를 치료할 수 있는 항체를 생산하는 잡종 세포를 제작한다. 만들어진 잡종세포를 분리 배양해서 병원체에 대항하는 단일클론 항체를 분리하여 대량의 치료제를 만든다.

## 8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항에 제시된 문제 상황을 해결하기 위해서는 생명과학 I 항상성과 몸의 조절 단원에서 다루어지는 특이적 방어 작용의 과정과 생명과학 II 생명 공학 기술과 인간 생활 단원의 단일 클론 항체의 원리에 대한 이해가 필요하다. 각각의 개념은 학교 현장에서 진행되는 수업 시간에 해당 단원의 핵심적인 개념으로 비중있게 다루어지는 내용이기 때문에 고등학교 생명과학 교육 과정을 이수하고 대입을 준비하는 학생이라면 인체의 방어 작용과 생명 공학 기술에 대한 이론적 내용을 바탕으로 무난하게 해결할 수 있는 문항이라고 생각된다. 그러나 실제 상황을 가정하여 구체적인 상황과 데이터를 제시하고 있어 현상에 대한 해석과 해결 방안의 고안을 필요로 하기에 이론적 배경지식뿐만 아니라 독해 능력, 데이터 해석 능력, 논리적 추론 능력 등 다양한 역량이 학생에게 요구되기에 이와 관련된 연습이 되어 있지 않다면 문제를 해결하는 데 있어 어려움을 겪을 수 있을 것이다. 하지만 교육 과정에서 다루고 있는 개념과 용어를 바탕으로 충분히 문제를 해결할 수 있기에, 본 문항은 선행학습을 유발하지 않는다고 판단된다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

(1)번 소문항은 생명과학I에서 학습하는 전사와 번역에 대한 자료와 생명과학 I에서 학습하는 인체의 방어 작용을 융합한 문항으로 두 단원의 융합이 학생들에게는 낯설 수 있지만, 생명과학을 충분히 학습했다면 크게 어려움이 없을 것으로 보인다. 염기의 삽입 또는 결실로 아미노산 서열이 크게 변화함을 수능과 EBS 문제로 많이 볼 수 있는 문제여서 쉽게 추론 할 수 있을 것으로 판단되고, 단백질 X의 세포별 발현 자료를 참고하면 대식세포에서 발현량이 많음을 보고 면역계와 관련됨을 유추할 수 있다. 또한, 대식세포는 선천성 면역에 관여하고, 넵순이와 넵죽이의 회복력을 파악하여 아팠던 넵죽이가 선천성 면역에서 후천성 면역으로의 연계가 되지 않음을 추론할 수 있다. 또한 (2)소문항에서 치료용 항체를 생성하기 위해서 생명과학II에서 학습하는 단일클론 항체를 쉽게 추론할 수 있다. 따라서 생명과학 I과 생명과학II를 종합적으로 심도있게 학습한 학생이라면 충분히 풀 수 있을 것으로 예상되어 선행학습을 유발한다고 볼 수 없다.

### < 유사 기출 문제 >

유사문제	EBS 2022학년도 수능특강 생명과학 I 7강 3점 수능 테스트 5번
근거	<ul style="list-style-type: none"><li>세균에 대한 방어 작용에서 대식 세포와 보조 T 림프구의 역할을 이해하고 있는지 평가하고 있음.</li><li>대식 세포가 걸핍되었을 때 나타나는 결과를 그래프로 제시하며 특이적 방어 작용에서 대식 세포의 역할을 질문하는 등 본 문항에서 요구하는 핵심 개념과 유사함.</li></ul>
유사문제	EBS 2022학년도 수능특강 생명과학 II 12강 2점 수능 테스트 9번
근거	<ul style="list-style-type: none"><li>단일 클론 항체의 생산 과정에 대한 이해를 평가하고 있음.</li><li>단일 클론 항체를 통해 대량의 항암제를 제작하는 과정에 관한 질문은 본 문항에서 치료제를 제작하는 질문과 유사함.</li></ul>

## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 15]

### 1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학2
	핵심개념 및 용어	유전자 발현(전사, 번역), 코돈, 안티코돈, mRNA, tRNA, 세포호흡, TCA회로
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

카이스트 학생 카이는 오랜 연구를 통해 장미 향기 합성에 관여하는 유전자A와 B를 찾았다. 유전자 A는 시트르산을 기질로 사용하여 향기를 합성하는 효소 정보를 담고 있다는 것도 발견했다. 카이는 장미 향기를 대량으로 생산하기 위해서 유전자 A와 B를 대장균에 넣어서 발현시켰다. 아래는 장미 향기를 합성하는 유전자 A와 B의 시작 부분이다.

A: 5' -ATGTTTACTGTGTTCAGAAGAATTATTAGCTATAACAATTAAGT-3'  
 B: 5' -ATGAAAAGGAAGGAGGACAGCACACTACGAGTAGTAGGGCC-3'  
 (밑줄 친 ATG는 개시코돈)

첨부된 <표>는 장미와 대장균에서 발현되고 있는 모든 tRNA의 종류와 양(상대량)을 보여준다.

- (1) 장미 유전자 A와 B의 mRNA를 대장균에서 과량 발현시켰더니, 단백질 B는 정상적으로 합성되었으나 단백질 A는 합성이 일어나지 않았다. 그 이유를 설명하고 이를 해결하기 위한 방법을 제시하시오. (1점)
  
- (2) 위 문제를 해결하여 단백질 A가 대장균에서 정상적으로 만들어지게 하는데 성공했다. 하지만 단백질 A의 발현이 높아져서 향기 물질이 많이 만들어질수록 대장균의 성장 속도가 줄어들었다. 그 이유를 설명하시오. 단, 향기 물질은 대장균의 생장에 영향을 주지 않는다. (2점)

코돈	아미노산	장미	대장균	코돈	아미노산	장미	대장균
AAA	라이신	3.23	3.33	GAA	글루탐산	3.62	3.56
AAC	아스파라진	1.86	3.92	GAC	아스파르트산	2.51	2.76
AAG	라이신	3.65	3.76	GAG	글루탐산	3.66	3.06
AAU	아스파라진	1.88	0.05	GAU	아스파르트산	2.79	2.98
ACA	트레오닌	1.5	1.46	GCA	알라닌	1.81	0.72
ACC	트레오닌	1.62	1.69	GCC	알라닌	2.54	4.52
ACG	트레오닌	0.58	0.67	GCG	알라닌	0.73	0.65
ACU	트레오닌	1.32	5.31	GCU	알라닌	2.11	2.09
AGA	아르지닌	1.42	1.39	GGA	글리신	1.97	2.01
AGC	세린	1.44	1.43	GGC	글리신	0.06	0.05
AGG	아르지닌	1.08	1.08	GGG	글리신	1.34	1.39
AGU	세린	1.13	1.04	GGU	글리신	1.26	1.32
AUA	아이소류신	0.88	0.9	GUA	발린	0.88	1.62
AUC	아이소류신	2.2	2.02	GUC	발린	1.43	1.83
AUG	메싸이오닌	2.22	2.21	GUG	발린	2.75	0.01
AUU	아이소류신	2.01	1.98	GUU	발린	1.41	1.23
CAA	글루타민	1.19	1.22	UAA	종결코돈	0	0
CAC	히스티딘	1.25	1.14	UAC	타이로신	1.6	1.59
CAG	글루타민	3.13	3.2	UAG	종결코돈	0	0
CAU	히스티딘	1.07	0.12	UAU	타이로신	1.48	1.43
CCA	프롤린	1.53	1.34	UCA	세린	1.04	1.02
CCC	프롤린	1.48	0.02	UCC	세린	1.37	1.29
CCG	프롤린	0.54	0.67	UCG	세린	0.4	0.37
CCU	프롤린	1.6	1.78	UCU	세린	1.38	1.39
CGA	아르지닌	0.76	0.75	UGA	종결코돈	0	0
CGC	아르지닌	0.83	0.82	UGC	시스테인	0.96	1.01
CGG	아르지닌	1.06	1.08	UGG	트립토판	0.97	1.03
CGU	아르지닌	0.51	0.48	UGU	시스테인	0.97	0.98
CUA	류신	0.74	0.8	UUA	류신	0.89	0.92
CUC	류신	1.7	1.34	UUC	페닐알라닌	1.93	1.01
CUG	류신	3.48	3.98	UUG	류신	1.46	1.23
CUU	류신	1.44	1.24	UUU	페닐알라닌	2.06	2.12

### 3. 출제 의도

- 유전 암호를 이해하고, 유전 암호표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.
- 전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현됨을 이해한다.
- 세포 호흡 과정을 이해한다.

## 4. 출제 근거

### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준	
(1)	교육과정	생명과학 II. 유전자의 발현과 조절
	성취기준· 성취수준	[12생과II 04-03]전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현됨을 이해하고, 모형을 이용하여 유전자 발현 과정을 설명할 수 있다. [12생과II 04-04]유전 암호를 이해하고, 유전 암호 표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II. 세포의 특성 생명과학 II. 세포 호흡과 광합성
	성취기준· 성취수준	[12생과II 02-06]효소의 작용을 활성화 에너지와 기질의 특이성을 중심으로 이해하고, 온도와 pH가 효소 작용에 영향을 미칠 수 있음을 실험을 통해 설명할 수 있다. [12생과II 03-02]세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다.

### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	심규철 외	비상교육	2018	56~60 73~81 122~131
	생명과학II	오현선 외	미래엔	2018	58~65 78~87 124~133

## 5. 문항 해설

본 문항은 전사와 번역의 개념을 알고, 유전자 재조합 시 장미의 유전자를 대장균에서 번역하는 과정에서 대장균에서 만들어지는 유전자 산물인 단백질 합성이 되지 않은 이유를 묻고 있다. 또한, 만들어진 단백질 산물이 효소이고, TCA 회로의 시작 물질인 시트르산을 기질로 사용하여 향기 물질을 만들어내는 효소임을 보고 대장균의 성장과 연계하여 현상을 예측할 수 있는지 묻는 문항이다.

---

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

- (1) 유전자A에는 대장균에서는 거의 존재하지 않는 tRNA와 연결된 코돈이 있다. GUG를 GUC로 바꾸어준다. 혹은 GUG tRNA를 대장균에 넣어준다. (1점)
- 유전자 A에 종결 코돈이 생기는데 이것을 정상적인 아미노산으로 치환
  - AAT rare codon을 이야기 하거나 GTG rare codon 둘 중에 하나만 이야기해도 정답
- (2) 유전자 A에 의해서 만들어지는 효소가 TCA회로에 시작 물질인 시트르산을 기질로 사용하고 있기 때문에 시트르산을 많이 사용할수록 TCA 회로를 통해서 만들어지는 에너지원이 줄어든다. (2점, 부분점수 없음)

## 8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항에서 중심으로 다루고 있는 내용인 유전자 발현은 생명과학 II에서 중심으로 다루는 내용으로, 유전암호표를 이용하여 유전암호를 단백질로 번역하는 과정은 모형을 이용하여 탐구활동에서도 수행하는 내용이다. 기존의 유전암호표와 다른 점이 tRNA의 양을 생명체 별로 구분하여 제시함을 인지하고, 해당 코돈과 상보적인 안티코돈을 갖는 tRNA의 양이 장미와 대장균에서 차이가 나는 것을 확인하여 자료를 분석하면 해결이 가능하다. 생명과학 II 교과 학습에 성실하게 참여한 학생이라면 자료제시 방법의 차이를 인지하여 문제를 풀어냈을 것으로 생각한다. 또한, 유전자 A의 발현 산물이 효소라는 사실과 효소의 역할, 기질로 시트르산을 사용함을 문제 내에서 제시하였다. 시트르산은 생명과학 II의 대단원에서 중심으로 다루는 TCA 회로에서 필요한 물질로, 시트르산의 생명현상에서의 중요성을 알고 있기 때문에 효소에 대한 개념과 시트르산의 역할을 안다면 종합적으로 추론할 수 있는 문제이므로 선행학습을 유발하지 않는다고 생각한다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

본 문항은 유전자의 발현 및 세포의 생명 활동에 대한 이해를 바탕으로 제시된 자료를 과학적으로 분석하고 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 문항 (1)은 대장균에서 단백질 A의 합성이 일어나지 않는 이유와 이에 대한 해결 방법을 묻고 있다. 문항 해결에 필요한 유전자 발현의 이해는 생명과학 II에서 중요하게 다루어지는 주제로서, 대학수학능력시험에서는 유전 정보 해독 및 DNA 염기서열의 돌연변이를 찾는 문제가 주로 출제되며 매우 복잡하고 난이도가 높다. 본 문항의 경우 유전 정보 해독은 간단하지만 더 나아가 두 생물의 tRNA 합성량에 대한 자료를 바탕으로 유전자 발현에서 차이가 나타나는 이유 및 그 해결 방법을 추론해야 하므로 수험생 입장에서 새롭게 느껴졌을 것이다. 문항 (2)에서는 문제의 핵심 조건을 정확히 이해하여 유전자 A의 발현이 높아질수록 TCA 회로의 기질인 시트르산의 소모가 많아져 생장이 억제된다는 결론을 제시해야 한다. 중요한 조건을 놓치지 않는 것이 필요하고, 유전자 발현과 세포 호흡 등 세포의 생명 활동에 대한 통합적 이해를 통해 해결해야 한다. 유전자 발현의 원리, 세포 호흡 과정 등 본 문항의 해결에 필요한 과학적 개념은 생명과학 II의 주요 학습 요소이고, 자료를 분석하여 과학적으로 문제를 해결하는 능력은 교육과정에서 목표로 하는 핵심 역량이다. 따라서 본 문항에서 선행학습 유발 요소는 없는 것으로 판단한다.

<b>&lt; 유사 기출 문제 &gt;</b>	
<b>유사문제</b>	<b>EBS 생명과학II 수능특강 3강 세포막과 효소 3점 테스트 10번, 4강 세포호흡과 발효 3점 테스트 5번, 7강 유전자의 발현3점 테스트 7번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기질의 농도가 낮아지면 반응 속도(단위 시간당 생성물의 생성량)가 낮아짐을 그래프를 통해 추론할 수 있다. 시트르산 회로는 생명활동을 위해 필요한 ATP를 만드는데 중요한 과정임을 알고 있다면, 시트르산을 기질로 하여 향기를 만드는 분자가 되기 때문에, 시트르산 회로에 기질이 부족하여 에너지 생산 효율이 낮아지고 생장이 더뎠음을 추론할 수 있다.</li> <li>• DNA로부터 mRNA를 합성하는 전사와, mRNA의 정보로 유전암호표를 이용하여 단백질을 만드는 번역과정에 대한 문제임. 기존의 문제유형과 다른 점인 tRNA의 양이 제시됨을 추론하여 생명체 간 상대량이 다름을 확인하여 종합적인 사고를 통해 문제를 해결할 수 있다.</li> </ul>



## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 16]

### 1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	통합과학, 생명과학, 생명과학II
	핵심개념 및 용어	개체군 간 상호작용, 포식과 피식, 자연선택, DNA 재조합, 세포소기관, 세포의 구조
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

생태계 구성 요소 사이의 상호관계 1:

식물과 초식곤충은 오랜 기간 서로에게 영향을 주며 진화했다. 식물이 독성 물질을 만들어서 초식곤충을 쫓아내면 그 곤충은 독성 물질을 해독하는 방향으로 진화가 일어났다. 예를 들어 카페인이라는 물질은 커피나무가 어린잎과 열매를 보호하기 위해서 만들어낸 독성 물질이다. 하지만 카페인을 만드는 커피나무는 카페인을 해독할 수 있는 곤충의 생존을 유리하게 하여 커피먹는 곤충 숫자가 증가한다. 그러면 다시 커피나무는 카페인을 해독하는 곤충을 쫓아내기 위한 다른 독성 물질을 만들어내는 방향으로 진화가 일어날 것이다.

생태계 구성 요소 사이의 상호관계 2:

우리나라에서 캐나다산 유채를 수입해서 키우기 시작했다. 하지만 얼마 지나지 않아 유채를 먹는 애벌레가 급격히 증가해 유채 밭에 큰 피해를 주었다. 이 애벌레는 캐나다에도 있지만 문제가 되지 않았다. 그 이유는 애벌레가 유채를 먹기 시작하면 도마뱀이 나타나서 애벌레를 제거해주기 때문이다. 도마뱀은 애벌레가 유채 잎을 먹기 시작하면 나오는 식물 향기 물질 X를 감지해서 애벌레의 위치를 파악해 먹어치운다. 이 도마뱀이 우리나라에는 살지 않는다.

(1) 식물이 독성물질을 만들어서 초식곤충을 쫓아내는(혹은 죽이는) 상호관계 1 전략보다 식물이 초식곤충을 먹는 천적(도마뱀)을 부르는 상호관계 2 전략이 식물의 생존에 더 유리하다면 어떤 이유 때문인지 설명하십시오. (2점)

(2) 애벌레가 유채 잎을 갉아 먹으면 식물 향기 물질 X가 잎 표피 세포에서 합성되어서 공기 중으로 방출된다는 것을 알았다. 하지만 식물 골지체에서 나온 분비 소낭이 세포막과 융합하지 못하면 물질 X가 합성되지 않는다. 물질 X가 잎 세포 어디에서 합성되는지 설명하십시오. (1점)

### 3. 출제 의도

- 변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 이해하고, 내성 세균의 출현을 학습한 내용을 바탕으로 다른 진화적 현상을 이해할 수 있다.
- 세포막을 통한 물질 출입 현상 이해하고 식물의 세포 구성을 이해한다.

### 4. 출제 근거

#### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준	
(1)	교육과정	통합과학. 생물 다양성과 유지 생명과학 I. 생태계와 상호작용
	성취기준· 성취수준	[10통과 07-02]변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 이해하고, 항생제나 살충제에 대한 내성 세균의 출현을 추론할 수 있다. [12생과II 05-02]개체군과 군집의 특성을 이해하고, 개체군과 군집 내의 상호 작용을 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II. 세포의 특성 생명과학 II. 생명 공학 기술과 인간 생활
	성취기준· 성취수준	[12생과II 02-04]세포 소기관들이 기능적으로 유기적인 관계를 이루고 있음을 이해하고, 이들 간의 관계성을 설명할 수 있다. [12생과II 02-05]세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해하고, 확산, 삼투, 능동 수송을 실험이나 모형을 통해 설명할 수 있다. [12생과II 06-01]DNA 재조합 기술의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

#### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	심규철 외	비상교육	2018	212~217
	생명과학 I	심규철 외	비상교육	2018	159~179
	생명과학 II	심규철 외	비상교육	2018	34~52
	생명과학 I	오현선 외	미래엔	2018	170~181
	생명과학 II	오현선 외	미래엔	2018	44~57

## 5. 문항 해설

식물과 초식곤충 사이의 상호작용의 관계에서 진화의 관점을 묻는 문항으로 식물의 유전적 변화로 초식곤충에게 독이되는 물질을 합성하는 1 전략과 식물의 유전적 변화로 초식곤충의 포식자를 부르는 2 전략 중에 식물의 생존에 더 유리한 생존 전략이 2 전략으로 제시하고 그에 대한 학생의 사고를 측정하는 문제이며, 물질의 합성과정에서 식물세포의 구조 중에서 세포 외 배출이 되지 않을 때 물질의 합성이 멈춘 것을 파악하여 물질의 합성 위치를 유추하는 문제이다.

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

## 7. 예시 답안

(1) 독성물질을 만들면 애벌레가 이를 해독하는 방향으로 진화가 진행이 된다. 하지만 도마뱀을 부르는 신호는 애벌레에게 직접적인 영향을 주지 않기 때문에 애벌레가 이를 회피하기 위해서는 훨씬 더 오랜 시간이 걸릴 것이다.

(2점, 부분점수 없음)

(2) 세포막과 세포벽 사이 혹은 세포벽. 분비 소낭은 단백질을 세포막 밖으로 수송을 하고 물질 합성은 효소를 필요로 한다. 즉 효소가 세포막 밖으로 분비가 되어야 물질이 합성이 되기 때문에 장소는 세포벽 혹은 세포막과 세포벽 사이일 것이다.

(1점)

## 8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항은 (1)번 소문항은 진화에 대한 이해와 (2)번 소문항은 막을 통한 물질의 이동 방식에 대해 유추하도록 문제를 출제하였다. 진화의 원리에서 자연선택을 학습하며, 곤충 개체군 내에 살충제의 저항성에 대한 유전적 다양성이 존재할 때, 살충제를 살포 시에 곤충 개체군의 유전자풀의 변화로 진화가 일어나는 사례를 학습한다. 이는 1번 사례와 유사한 사례이고, 2번 사례는 포식과 피식과 유사한 상황으로 초식 곤충의 포식자를 불러오는 사례의 경우는 개체군 내에 포식자에게 잡아먹히지 않는 유전자가 있지 않는 한은 초식 곤충이 포식자를 피해 생존하기 어려울 것임을 유추할 수 있다. (2)번 소문항의 경우 세포의 구조와 세포소기관, 세포막을 통한 물질의 이동 방식에 대해 학습한 경우, 골지체의 분비 소낭이 분비되지 않을 때 합성되지 않는다는 조건을 고려한다면, 세포 외 배출로 물질이 세포막에서 분비가 되어야 물질이 합성됨을 생각하고, 이를 통해 물질의 합성되는 장소를 유추할 수 있다. 두 소문항은 통합과학 및 생명과학, 생명과학II의 내용을 고루 알고 있어야 하며 종합적으로 고려하여 판단하기에 쉽지 않은 문제였지만, 변별을 위한 문제로 학습자들에게 선행학습을 유발하는 정도의 이해하기 어려운 내용은 아니라고 판단된다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

본 문항은 생물의 상호관계에 대한 자료를 분석하여 결론을 내리는 것뿐만 아니라 그 이유를 논리적으로 설명할 수 있는지, 주어진 단서를 통해 과학적으로 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 문항 (1)은 식물이 피식자를 회피하기 위한 전략의 두 가지 사례에 대해 진화와 관련지어 생존에서의 유불리를 비교하도록 묻고 있다. 문항의 해결을 위해 생물적 요인 사이의 상호관계를 이해하고 자연선택을 통한 진화 과정이 어떻게 작용하는지 설명할 수 있어야 한다. 이는 각각 생명과학 I 과 통합과학에서 잘 다루어지고 있는 내용이다. 통합과학의 항생제 내성 세균 출현 탐구활동에서 상호관계 1에 적용되는 진화의 메커니즘을 학습하므로, 수험생들은 어렵지 않게 상호관계 1의 진화는 자연선택의 압력이 크고 지속적으로 진행될 것임을 알 수 있었을 것이다. 반면 상호관계 2에서 식물은 자신이 아닌 다른 종을 활용하기 때문에 식물에게 적용되는 진화의 영향은 간접적이고 강도도 낮을 것임을 알 수 있어, 어렵지 않게 두 전략의 유불리를 비교할 수 있었을 것이다. 결론을 내리기는 쉽지만, 그 이유를 논리적으로 구조화하여 설명하는 것은 매우 어려웠을 것이므로 수험생에 따라 답변 수준 차이가 컸을 것으로 보인다. 문항 (2)는 골지체에서 나온 분비 소낭이 세포막과 융합되지 못할 경우 물질 X가 합성되지 않는다는 단서를 제대로 이해해야 해결할 수 있다. 물질 X가 분비되지 않는 것이 아니라 합성되지 않는다는 점을 놓치지 않는 것은 물론 분비 소낭을 통한 물질의 이동 과정과 식물 세포의 구조, 효소에 의한 물질 합성 등에 대한 이해가 필요하다. 문항 해결에 필요한 개념들은 생명과학II '세포의 특성' 단원에서 잘 다루어지고 있다. 하지만 이 개념들을 통합적으로 활용하여 필요한 단서를 놓치지 않고 문제를 해결해야 하므로 본 문항은 높은 수준의 과학적 사고력이 요구된다. 문항 (1)과 (2) 모두 생명과학 교육과정에서 다루는 핵심 내용 요소를 활용하여 해결할 수 있으므로, 본 문항은 선행학습을 유발하지 않는다고 판단한다.

<b>&lt; 유사 기출 문제 &gt;</b>	
<b>유사문제</b>	<b>2022학년도 대수능 생명과학II 14번</b> <b>EBS 생명과학II 수능특강 3강 세포막과 효소 2점 테스트 9번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유전자표의 변화 요인에서 자연선택에 대한 이해를 바탕으로 자료를 추론하여 문제를 해결할 수 있다.</li> <li>• 막을 통한 물질의 이동과정 중 세포 외 배출과정에 대한 이해를 바탕으로 문제를 해결할 수 있다.</li> </ul>

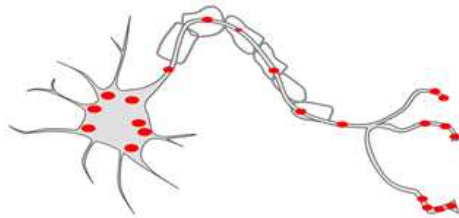
## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 17]

### 1. 일반정보

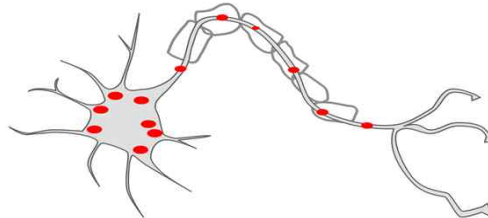
유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	흥분의 전도와 전달, 유전 정보 해독, 항상성
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

카이스트 대학원생 넙죽이는 신경세포 내 미토콘드리아의 분포를 조사해 보았고, 그 결과는 아래와 같다 (붉은색 점들이 미토콘드리아).



넙죽이는 유전자 X에 돌연변이가 발생할 경우, 아래와 같이 미토콘드리아의 위치가 변화한다는 점도 새롭게 발견하였다.

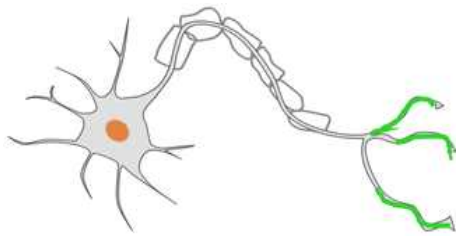


다음은 넙죽이가 유전자 X에 대해 추가로 연구해 알아낸 정보이다.

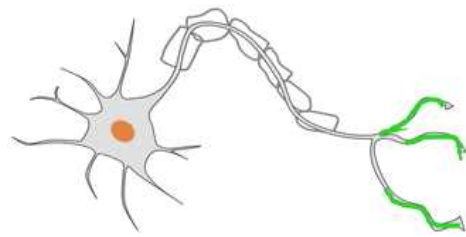
정상 유전자 X로부터 합성되는 단백질 X는 총 394개의 아미노산으로 구성되어 있다. 아래의 염기서열은 정상 유전자의 mRNA의 359번째부터 392번째에 해당한다.

359	392
정상형 5' -(...)-CAUCU <u>UCCCACGCGUGGACAGCCGCCU</u> CAAG-(...)-3'	
돌연변이형 5' -(...)-CAUCU <u>UCCCACGCGUAAUCG</u> GACAGCCGCCUU-(...)-3'	

넙죽이는 유전자 X로부터 생성되는 단백질 X의 위치를 녹색 형광물질로 표지하여 분석하였다. 정상 단백질 X는 왼쪽과 같은 분포를 보였고, 오른쪽에 있는 돌연변이 단백질 X의 신경 세포 내 분포도 정상과 비교해 크게 다르지 않았다.



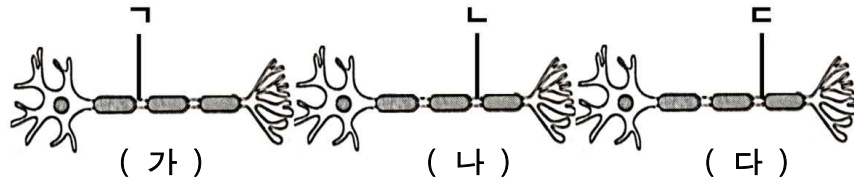
정상 단백질 X의 신경세포 내 분포



돌연변이 단백질 X의 신경세포 내 분포

(1) 위의 정보들을 바탕으로 단백질 X의 기능을 제시하고 돌연변이 단백질 X에 어떠한 기능적 장애가 발생하였는지 설명하시오 (1점).

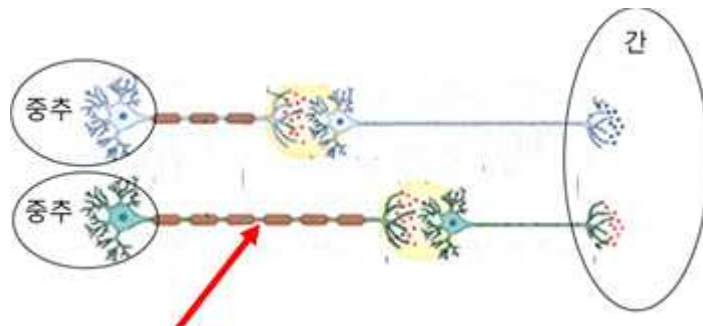
(2) 아래 그림은 시냅스로 연결된 뉴런 가-나-다를 나타낸 것이다. 정상 신경세포 들끼리 또는 유전자 X에 돌연변이가 발생한 신경세포들끼리 아래의 순서로 연결된 신경의 ㄱ 위치에서 역치 이상의 자극을 준 다음 ㄴ와 ㄷ 위치에서 시간 경과에 따라 형성되는 막전위를 측정해 값이 아래 표와 같다.



경과시간(ms)		1	2	3	4	5	6	7	8
막전위(mV)									
정상	ㄴ	-70	+35	-80	-70	-70	-70	-70	-70
	ㄷ	-70	-70	-70	-70	+35	-80	-70	-70
X변이	ㄴ	-70	-70	-70	+35	-80	-70	-70	-70
	ㄷ	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	+35

돌연변이 유전자 X가 신경세포의 흥분 전도 속도의 어떠한 변화를 유도하였는지 이유를 설명하시오 (1점).

(3) 아래 그림은 중추신경으로부터 간에 연결된 자율신경을 나타낸다.



화살표로 표시된 부분에 역치 이상의 자극을 주면 정상 생쥐와 유전자 X에 돌연변이를 가지는 생쥐의 혈당 조절에 어떠한 차이가 발생하는지 비교하고 이유를 설명하시오 (2점).

### 3. 출제 의도

- 뉴런의 구조와 기능에 대한 이해도를 평가하고자 함.
- 시냅스 소포로부터 신경 전달 물질이 분비되는 과정과 시냅스에서의 흥분 전달에 대한 이해도를 평가하고자 함.
- 미토콘드리아의 기능의 이해도를 평가하고자 함.
- 유전자 돌연변이 발생 및 단백질 번역과정의 이해도를 평가하고자 함.
- 부교감 신경의 특징과 혈당 항상성 조절의 이해도를 평가하고자 함.

### 4. 출제 근거

#### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준	
(1)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절 생명과학 II. 유전자의 발현과 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 04-03] 전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현됨을 이해하고, 모형을 이용하여 유전자 발현 과정을 설명할 수 있다. [12생과 II 04-04] 유전 암호를 이해하고, 유전 암호 표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
(3)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-03] 중추 신경계와 말초 신경계의 구조와 기능을 이해하고, 신경계와 관련된 질환을 조사하여 토의할 수 있다. [12생과 I 03-05] 신경계와 내분비계의 조절 작용을 통해 우리 몸의 항상성이 유지되는 과정을 설명할 수 있다.

#### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	이준규 외	천재교육	2019	59-63, 72-73, 89
	생명과학 II	심규철 외	비상교육	2019	124-129
기타	2023학년도 수능특강 생명과학 I	EBS 편집부	EBS	2022	66



## 5. 문항 해설

본 문항은 특정 단백질 유전자에 돌연변이가 발생한 신경세포(뉴런)를 정상 신경세포와 비교하여 해당 단백질의 기능을 분석할 수 있는지 묻고 있으며, 이 돌연변이가 흥분 전도 속도와 자율신경을 통한 혈당 조절에 미치는 영향을 추론할 수 있는지 평가하고 있다.

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점 기준을 작성함

## 7. 예시 답안

(1) 단백질 X의 기능: 단백질 X는 신경세포의 축삭돌기 말단에 존재하는 단백질로서 미토콘드리아를 축삭돌기 말단에 위치시키는 기능을 수행한다.

기능적 장애: 돌연변이 X는 유전자 중간에 4개의 염기서열이 삽입된 것이다. 따라서 합성된 단백질의 아미노산 서열은 번역 개시 후 상당히 많은 부분이 정상 단백질과 같지만, 삽입 돌연변이가 발생한 이후는 코돈(codon)이 변동되어 mRNA 번역이 조기 종결되거나 단백질 X의 아미노산 서열이 바뀔 수 있다. 이러한 구조적 변화가 발생한 돌연변이 단백질 X는 세포 내 위치는 정상이나 미토콘드리아를 축삭돌기 말단에 위치시키는 활성이 상실된 것으로 보인다.

(2) 흥분의 전도 속도는 유전자 X에 돌연변이가 발생한 신경세포에서 정상 신경세포에 비해 감소하며, 그 이유는 축삭돌기 말단에 미토콘드리아가 부족하므로 신경 전달 물질이 포함된 시냅스 소포의 생성 및 신경 전달 물질 분비에 필요한 에너지를 효율적으로 공급하지 못하기 때문이다.

(3) 신경절 이전 뉴런의 축삭이 긴 것으로 보아, 화살표로 자극한 자율신경은 부교감 신경에 해당한다. 간에 연결된 부교감 신경은 글리코젠 합성을 촉진하여 혈당을 낮춘다. 따라서 유전자 X의 장애로 흥분 전달이 느려지면 간에서 글리코젠 합성이 저하되어 혈당 저하 반응이 원활하게 이루어지지 못한다.

## 8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항은 돌연변이가 일어난 신경세포를 정상 신경세포와 비교하여 분석하고, 이를 바탕으로 흥분의 전도와 전달 및 신경계를 통한 항상성 조절에 대해 추론할 수 있는지 묻고 있다. 문항 (1)에서 단백질 X의 기능 및 돌연변이 단백질의 기능적 장애를 찾아내기 위해서는 신경세포(뉴런)의 구조 및 돌연변이가 번역에 미치는 영향에 대한 기초적 이해가 필요한데, 이는 각각 생명과학 I 과 생명과학 II에서 잘 다루고 있다. 문항 (2)에서 돌연변이 신경세포의 흥분 전도가 정상 세포보다 지연된 이유를 설명하기 위해서는 시냅스 소포의 생성 및 신경 전달 물질 분비 과정에 대한 이해가 필요하다. 생명과학 I에서 학습하는 시냅스 소포를 통한 신경 전달 물질을 생명과학 II에서 학습하는 세포 소기관의 유기적 관계 및 세포외 배출과 연결하여 이해하고, ATP가 소비되는 과정이므로 미토콘드리아 부족이 영향을 미친다는 점을 파악하여 통합적으로 사고하는 역량이 요구된다. 문항 (3)은 간에 연결된 부교감 신경이 자극될 때 혈당 조절은 정상 생쥐와 돌연변이 생쥐에서 어떤 차이가 나타나는지 묻고 있다. 자극이 주어진 신경이 부교감 신경이라는 것은 생명과학 I에서 신경계의 특징을 잘 다루고 있어 쉽게 알아낼 수 있다. 간에 연결된 부교감 신경이 자극될 때, 간에서의 글리코젠 합성이 증가하여 혈당량이 감소한다는 내용은 교과서와 EBS 수능특강 생명과학 I에 제시되어 있다. 문제에서 혈당 조절로 사고의 범위를 한정하여 묻고 있고 부교감 신경에 의한 조절이 혈당 감소를 일으킨다는 내용을 생명과학 I에서 학습하기 때문에, 간에 연결된 부교감 신경의 자극으로 글리코젠 합성에 따른 혈당 감소가 촉진된다는 것을 수험생들은 어렵지 않게 추론할 수 있었을 것이다. 따라서 문항 (1)~(3) 모두 교육과정을 성실하게 이수한 학생이라면 잘 해결할 수 있었을 것으로 보이며, 선행학습 유발 요소는 없는 것으로 판단한다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

전체적으로 생명과학 I의 항상성과 몸의 조절 단원과 생명과학 II의 유전자의 발현과 조절 단원에 대한 이론적 배경을 바탕으로 (1)번 문항은 단백질의 번역과 세포 내 단백질의 역할, (2)번 문항은 신경세포에서 미토콘드리아의 역할과 에너지 사용, (3)번 문항에서는 내분비계와 신경계에 의한 혈당량의 조절 과정을 이해하고 문제 상황에 적용할 수 있는지를 질문하고 있다. DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 비정상 단백질이 생성되는 유전자 돌연변이와 뉴런에서의 신호 전도와 전달 과정, 자율신경계와 내분비계를 통한 혈당량의 조절 과정에 대한 이해를 바탕으로 문항에서 제시하고 있는 그림과 표를 논리적으로 해석할 수 있는 역량이 학생에게 요구되고 있다. 문제 해결에 필요한 이론적 내용은 해당되는 각 단원의 핵심적인 개념으로써 학생들이 반복적으로 학습하는 내용이기에 수업 활동에 충실히 참여한 학생이라면 무난하게 해결 가능한 문항이라고 생각된다. 때문에, 본 문항에서 선행학습을 유발하는 요인은 없다고 생각된다.

<b>&lt; 유사 기출 문제 &gt;</b>	
<b>유사문제</b>	<b>2021학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가 생명과학 I 4번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시냅스 소포에서 신경 전달 물질이 방출되어 흥분이 전달되는 과정을 다루고 있음.</li> <li>• 축삭 말단에 분포하고 있는 시냅스 소포의 위치와 작용에 대해 다루고 있다는 점에서 유사함.</li> </ul>
<b>유사문제</b>	<b>2022학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가 생명과학 I 5번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혈중 포도당 농도 조절 과정에서 간에서의 포도당과 글리코젠 사이의 전환을 다루고 있음.</li> <li>• 간에서의 글리코젠 합성 촉진을 통해 혈당량이 감소되는 과정을 다루고 있다는 점에서 유사함.</li> </ul>

## [한국과학기술원(KAIST) 문항정보 18]

### 1. 일반정보

유형	□ 논술고사 ■ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	세포 분획법, 능동 수송, 세포 호흡
예상 소요 시간	10분	

### 2. 문항 및 제시문

적혈구는 우리 몸의 산소를 운반하는 중요한 역할을 하는 세포로 잘 알려져 있다. 적혈구가 제 기능을 하기 위해서는 세포의 삼투압이 정상적으로 유지가 되어야 한다. 적혈구 삼투압 유지에 필요한 무기질 이온의 농도를 알아보기 위해, 사람 혈액에서 적혈구와 백혈구를 분리하고, 이들 세포 내 이온 농도를 혈장과 비교를 하여 다음과 같은 값을 얻었다.

이온	적혈구	백혈구	혈장
Na <sup>+</sup>	10mM	10mM	140mM
K <sup>+</sup>	150mM	145mM	5mM

또한, 원심분리를 이용한 세포분획법을 활용해 적혈구와 백혈구를 구성하는 물질의 특성을 분석해 보았다.

#### <백혈구>

	분획 1	분획 2	분획 3	분획 4
산소 소비량	1	100	2	1
DNA양	100	20	1	0
지질양	60	70	0	100

#### <적혈구>

	분획 1	분획 2	분획 3	분획 4
산소 소비량	0	1	1	0
DNA양	1	0	0	1
지질양	1	0	0	100

1) 적혈구에서 Na<sup>+</sup>와 K<sup>+</sup>의 농도가 혈장과 다르게 나타난 이유를 설명하시오. (1점)

2) 적혈구와 백혈구에 다음의 약물을 처리하였을 때 이들 세포 각각에서  $\text{Na}^+$ 와  $\text{K}^+$  이온의 농도 변화를 설명하시오. (2점)

(1) 비소(Arsenic) - 해당과정 억제제

(2) 안티마이신-에이(Antimycin A) - 전자전달계 억제제

### 3. 출제 의도

- 세포막에 존재하는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프의 능동수송 작용을 통해 세포 안팎의 이온 농도 기울기를 유지하는 기작을 이해하고 있는지 평가하고자 함.
- 원심분리를 이용한 세포 분획법을 이해하고 그 결과를 해석하여 적혈구에는 핵과 세포소기관이 존재하지 않는다는 것을 유추할 수 있는지 평가하고자 함.
- 능동수송에는 세포내 ATP 에너지가 필요함을 이해하고 있고 세포소기관(미토콘드리아)이 없는 적혈구에서는 해당과정을 통해 ATP를 생성한다는 것을 유추할 수 있는지 평가하고자 함.

## 4. 출제 근거

### 가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준	
(1)	교육과정	생명과학 II. 세포의 특성
	성취기준· 성취수준	[12생과II02-05] 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해하고, 확산, 삼투, 능동 수송을 실험이나 모형을 통해 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II. 세포 호흡과 광합성
	성취기준· 성취수준	[12생과II03-02] 세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다.

### 나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	심규철 외	비상교육	2019	50-51, 73-79
	생명과학II	전상학 외	지학사	2019	50-51, 72-76
기타					

## 5. 문항 해설

본 문항은 능동 수송을 통해 적혈구와 혈장의 이온 농도가 다르게 유지되는 과정에 대해 설명할 수 있는지 묻고 있다. 또한 백혈구와 적혈구의 세포분획 자료를 분석하여 적혈구의 특성을 파악하고, 이에 바탕으로 세포 호흡 저해제가 적혈구와 백혈구에서 나타내는 효과를 추론할 수 있는지 평가하고 있다.

---

## 6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점 기준을 작성함

## 7. 예시 답안

(1) (1점) 적혈구의 세포막은  $\text{Na}^+$  이온과  $\text{K}^+$  이온이 통과할 수 없다. 적혈구의 세포막에 존재하는  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프가 세포 내의 **ATP 에너지를 사용하여** 3개의  $\text{Na}^+$  이온을 세포 밖으로 내보내고 동시에 2개의  $\text{K}^+$  이온을 세포 내로 들어오게 하는 **능동 수송**을 하고 있다. 이를 통해 적혈구 내에 세포 밖보다 낮은  $\text{Na}^+$  이온 농도와 세포 밖보다 높은  $\text{K}^+$  이온 농도를 형성하여 유지하고 있다.

(2) (2점) 적혈구가 조혈모세포로부터 만들어질 때 세포핵을 포함한 모든 세포소기관들이 사라진다. 이를 문제에서 설명해준 원심분리를 이용한 세포분획법의 결과에서 유추할 수 있다. 따라서 분화를 마친 적혈구에는 미토콘드리아가 존재하지 않아 해당과정을 통한 ATP 생성만 가능하다.

- 따라서 해당과정 억제제인 비소를 처리할 경우 적혈구 내의 ATP 생성이 안 되고  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프의 작동도 멈추게 되어 적혈구 내  $\text{Na}^+$  이온 농도는 올라가고  $\text{K}^+$  이온 농도는 낮아진다.
- 하지만 전자전달계 억제제인 안티마이신-에이를 처리할 경우 억제 대상인 전자전달계가 없기 때문에 해당 과정을 통한 ATP 생성에 문제가 없어  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프의 작동으로 인해 적혈구 내 이온 농도가 유지된다.
- 백혈구는 미토콘드리아가 존재하므로 비소뿐만 아니라 안티마이신-에이 처리에 의해 ATP 생성이 억제되어 백혈구 내  $\text{Na}^+$  이온 농도는 올라가고  $\text{K}^+$  이온 농도는 낮아진다.

## 8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항은 자료를 분석하여 적혈구와 백혈구의 특성을 파악하고, 제시된 조건에서의 변화를 추론하는 생명과학 탐구 역량을 평가하고 있다. 문항 (1)은 적혈구의 물질 농도가 혈장과 다르게 나타난 이유를 묻고 있다.  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프를 통한 능동 수송으로  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$ 의 농도가 세포 안팎에서 다르게 나타나는 과정은 생명과학 I, 생명과학 II에서 모두 다루어지고 있다. 특히 생명과학 II 교과서에서는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 의 작동을 통해  $\text{Na}^+$ 이 3개 유출되고  $\text{K}^+$ 이 2개 유입되는 과정을 그림으로 나타내고 있어, 교육과정을 성실하게 이수한 학생이라면 상세하게 답변이 가능할 것으로 보인다. 문항 (2)는 교과 지식을 바탕으로 주어진 자료를 논리적으로 해석하고, 제시된 상황에 대해 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 세포 분획 결과를 통해 핵과 미토콘드리아가 없는 적혈구의 특성을 알아내야 하고, 이를 바탕으로 적혈구는 백혈구와 달리 전자전달계 억제제가 영향을 미치지 않는다는 것을 추론해야 한다. 원심분리를 이용한 세포 분획법과 세포 호흡 과정은 생명과학 II에서 잘 다루어지고 있으며, 세포 호흡 저해제에 의한 작용 분석은 대학수학능력시험 및 모의평가에서 자주 출제된다. 본 문항의 경우 자료를 해석하고 과학적으로 추론하는 능력이 요구되지만, 교육과정을 성실하게 이수한 학생이라면 충분히 해결이 가능할 것으로 보인다. 따라서 문항 (1), (2)는 생명과학 교육과정에서 다루는 주요 개념과 원리를 바탕으로 출제되었으며 선행학습을 유발하지 않는다고 판단한다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

본 문항에서는 생명과학 II의 세포의 특성 단원과 사람의 물질대사 단원 내용을 중점적으로 다루고 있으며, 학생이 주어진 자료를 적절하게 분석하여 이론적 내용과 결부시킬 역량이 있는지 평가하고 있다. 소문항 (1)번은 적혈구와 백혈구 내외에서 나트륨 이온과 칼륨 이온의 농도 차이가 존재하는 데이터를 펌프를 통한 이온의 능동 수송과 연결 지어 설명할 수 있는지 질문하고 있고, 소문항 (2)번은 세포 분획법을 시행한 결과 데이터를 바탕으로 두 세포사이에서 나타나는 세포 소기관의 차이도 도출해내고, 제시된 물질대사 저해제의 효과를 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 문항에서 자료의 분석 능력과 이론적 개념의 적용 능력, 논리적 사고 능력을 종합적으로 요구하고 있으나, 문제 상황의 해결에 필요한 정보가 제시문에 모두 포함되어 있어 필수 개념이 아닌 내용에 대한 암기가 요구되지 않고 필수 개념도 모두 정규 교육 과정에서 다루고 있는 내용이기 때문에 선행학습이 없어도 무난하게 해결할 수 있는 문항이라고 여겨진다.



<b>&lt; 유사 기출 문제 &gt;</b>	
<b>유사문제</b>	<b>2017학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가 생명과학Ⅱ 7번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유사문제에서는 능동 수송의 사례로서 <math>\text{Na}^+ - \text{K}^+</math> 펌프를 통한 <math>\text{Na}^+</math>의 이동 방식을 다루고 있음.</li> <li><math>\text{Na}^+ - \text{K}^+</math> 펌프를 통한 능동 수송으로 세포 안과 밖의 농도가 불균등하게 유지된다는 내용을 알고 있는지 평가하는 점에서 유사함.</li> </ul>
<b>유사문제</b>	<b>2022학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가 생명과학Ⅱ 18번</b>
<b>근거</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유사문제에서는 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 <math>\text{H}^+</math>을 새어 나가게 하여 ATP 합성을 저해하는 물질의 작용에 대해 이해하고 있는지 평가하고 있음.</li> <li>세포 호흡을 저해하는 물질을 처리했을 때 세포 호흡 과정과 세포의 생명 활동이 어떻게 달라지는지 평가하는 점에서 유사함.</li> </ul>