

2020년 고교교육 기여대학 지원사업

2021학년도
연세대학교 논술전형 모의논술
출제의도 및 해설
- 자연계열 (생명과학) -



연세대학교 입학처

2021학년도 연세대학교 논술전형 모의논술 문제,
출제의도 및 해설의 저작권은 연세대학교에 있습니다.

상업적인 사용을 금합니다.

2021학년도 연세대학교 논술전형 모의논술

자연계열 (생명과학) 문제

※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하시오.

[가] 1928년 영국의 그리피스는 유전물질의 정체를 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 실험에는 두 가지의 폐렴균이 사용되었는데, 하나는 병원성이 있는 S형이고 다른 하나는 병원성이 없는 R형이었다. 생쥐에게 이 세균들을 주사한 결과, 살아 있는 S형 균을 주입한 쥐는 폐렴이 발생하여 죽었다. 그런데 죽은 S형과 살아 있는 R형을 함께 주입했을 때에도 쥐가 폐렴으로 죽는 결과를 얻었다. 그리고 죽은 생쥐에서는 살아 있는 S형균이 발견되었다. 그리피스는 S형 균 내의 어떤 물질에 의해 R형을 S형으로 변화시키는 형질전환이 일어났을 것이라 추론했다.

[나] 세균을 침투하는 바이러스를 '박테리오파지'라고 한다. 허시와 체이스는 DNA와 단백질로만 이루어진 박테리오파지를 선택하여 세균 내에서 일어나는 증식을 관찰하였다. 이들은 이 박테리오파지 내의 어떤 물질이 세균으로 들어가 증식에 관여하는지를 살펴보고자 했다. 실험 결과, 박테리오파지의 DNA가 세균 안으로 들어가 있음을 알게 되었다. 이 결과를 통해 허시와 체이스는 새로운 박테리오파지 생성에 필요한 유전 정보가 DNA에 있음을 증명했다.

[다] 유전자 발현 과정에서 DNA에 저장된 염기 서열 정보는 RNA로 전달되고, RNA의 염기 서열 정보는 단백질 합성 과정에 사용된다. 따라서 세포 안에서 DNA의 유전 정보는 DNA→RNA→단백질의 순서로 전달되는데, 크릭은 이를 '중심원리'라고 하였다. 이 중심원리 개념은 일부 예외가 발견되었음에도 그 중요성이 인정되어, 지금까지도 생물학의 가장 중요한 원리로 널리 받아들여지고 있다. 진핵세포에서는 독특하게도 RNA가 전사된 이후 인트론이 제거되는 등 일련의 가공 과정을 거친다.

[라] 연속된 염기 3개로 이루어진 mRNA의 유전부호를 코돈이라고 한다. 코돈은 A, G, C, U의 4가지 염기 중 3개씩 조합하여 유전부호를 이룬 것이므로 64종류가 존재한다. 미국 국립보건원의 니런버그를 비롯한 여러 과학자들은 다양한 방법을 동원한 연구를 통해 코돈 64종류가 각각 어떤 아미노산을 지정하는지 밝혀내었다. 그리고 이를 통해 유전부호가 어떻게 해독되는지 알 수 있게 되었다.

		Second letter							
		U	C	A	G				
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu	UCA		UAA	Stop	UGA	Stop	A
	UUG		UCG		UAG	Stop	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Gin	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

[마] 진핵생물은 원핵생물에 비해 훨씬 큰 유전체를 가지지만, 일정한 길이의 DNA당 유전자 수는 적다(따라서 유전자 밀도는 낮음). 이는 진핵생물이 원핵생물보다 비암호화 부분이 훨씬 많기 때문이다. 즉, 진핵생물 유전체의 대부분은 비암호화 DNA 부분이다.

[문제 1] [가]와 [나]의 실험으로 과학자들은 DNA가 유전물질이라고 판단하였다. 왜 그런 판단을 하였는지 이 실험들의 의미를 논하시오. **[12점]**

[문제 2] [가] 실험에서 열처리한 S형 균과 함께 주사한 R형 균에서 어떤 일이 일어났는지를 제시문에 근거하여 논하시오. **[8점]**

[문제 3] A, G, U, C의 염기 4가지가 3개씩 조합하여 유전부호를 이룬다는 주장을 증명하기 위한 실험을 논하시오. **[8점]**

[문제 4] 낫 모양 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈 유전자의 염기 하나가 유전자 돌연변이로 바뀌고, 이로 인해 헤모글로빈 단백질의 구조가 변형된 결과 생기는 질병이다. 이처럼 만약 우리의 유전체에 염기 하나가 바뀐다면 이 경우처럼 중요한 단백질의 변화에 의한 질병이 생길 확률은 어느 정도라고 생각하는가? 답변의 근거를 논하시오. **[12점]**

2021학년도 연세대학교 논술전형 모의논술

자연계열 (생명과학) 출제의도 및 해설

• 출제의도 •

생명의 정보를 저장하는 물질로서 DNA를 발견하게 된 실험적 증거를 이해하고, 전사와 번역으로 이어지는 생명정보의 흐름을 이해하고 있는지를 평가하고자 한다. 유전암호를 이해하고 원핵생물과 진핵생물의 유전체의 차이를 이해하는지 여부도 평가한다.

• 제시문 분석 •

[가] 1928년 그리피스의 폐렴균 형질전환 실험은 유전물질의 정체를 파악할 수 있는 실마리가 되었다. 병원성의 S형 균을 열처리로 죽인 후 살아있는 비병원성 R형 균과 혼합하여 주입하면 병을 일으키고, 죽은 쥐에서 살아있는 병원성 S형 균이 발견되었다. 형질을 바꿀 수 있는 어떤 물질이 이동하여 일으킨 결과로서 형질의 전환을 유발하는 물질의 존재와 성질을 의심하도록 만드는 결과이다. 그리피스의 실험결과를 이어받아 에이버리는 이 물질이 DNA임을 일련의 실험으로 밝혔지만 [가]에서는 제시하지 않았다. 이는 제시문 [나]의 허시와 체이스의 실험결과와 제시문 [가]를 종합하여 그리피스의 형질전환 물질이 DNA임을 추론할 수 있는지 평가하기 위한 목적이다.

[나] DNA가 유전물질이라는 강력한 증거가 그리피스와 에이버리의 실험을 통해 제시되었음에도 여전히 유전물질로서 DNA의 역할이 의심을 받아왔다. 단백질과 DNA로만 구성되어 있는 박테리오파지를 이용하여 허시와 체이스는 단백질은 ^{35}S 로 표지하고 DNA는 ^{32}P 로 표지하여 대장균을 감염시킨 결과 ^{32}P 가 들어있는 박테리오파지가 만들어진 것을 확인하여 DNA가 대장균 안으로 들어간 것을 확인하였다. 허시와 체이스의 실험을 바탕으로 어떤 것이 유전물질인지에 대한 논란을 종결시킬 수 있게 됐다. 제시문 [나]는 [가]와 함께 그리피스의 형질전환 물질이 DNA이었음을 추론할 수 있도록 제시되었다.

[다] DNA에 포함되어 있는 유전정보가 전사과정을 거쳐 RNA로 전달되고 번역과정을 통해 단백질이 만들어진다는 것이 중심 원리이다. 유전자 발현에 대한 이해를 하기 위해서는 중심 원리의 이해가 필수적이다. 제시문 [다]는 제시문 [라]의 유전부호와 함께 유전암호가 단백질의

아미노산을 구성하는 원리를 추론할 수 있도록 제시되었다. 또한 진핵생물의 유전체 구조를 언급하여 원핵생물과의 차이를 염두에 두도록 하였는데 이는 [문제 4]의 답을 작성하는 데에 도움을 제공하기 위함이다.

[라] 1961년에 니런버그는 유라실(U)만으로 만들어진 RNA로부터 한 종류의 아미노산만이 포함된 폴리펩티드를 합성하였다. 이후 2종류 혹은 3종류의 다른 염기 조합을 이용하여 유전부호를 추론하였다. 제시문 [라]는 니런버그의 실험과 유사한 방법을 유추할 수 있는지와 이를 응용하여 3개의 염기가 하나의 아미노산을 정보화하는 방법을 유추할 수 있는지 평가하고자 제시되었다.

[마] 진핵생물이 원핵생물보다 유전자 밀도가 낮아 염기에 변화가 생겨도 단백질 수준에서 변화가 없을 수 있음을 몇 가지 점에서 추론할 수 있는지 알아보기 위해 제시되었다. DNA 염기에 발생하는 돌연변이의 결과와 유전부호에서 한 가지 아미노산을 정보화하는 코돈이 한개 이상이라는 특성을 이해하고 있어야 추론할 수 있다.

• 문제 해설 •

[문제 1] [가]와 [나]의 실험으로 과학자들은 DNA가 유전물질이라고 판단하였다. 왜 그런 판단을 하였는지 이 실험들의 의미를 논하시오. [12점]

<출제의도>

생명정보를 전달하는 물질로서 DNA가 발견된 실험결과의 의미를 이해하고 있는지 평가한다.

<채점기준>

그리피스의 실험은 세균의 형질(성질)을 바꿀 수 있는 물질의 정체를 확인할 수 있는 실마리를 제공하였다. 제시문에서는 그리피스의 실험을 확장시킨 에이버리의 실험은 제시하지 않았으므로 [가]의 실험만으로 DNA가 유전물질이라고 결론내릴 수 없다. [나]에 제시한 허시와 체이스의 실험을 통해서 생명정보의 전달 물질로서 DNA가 사용된다고 결론지을 수 있다. [나]를 이용하여 [가]에서 형질을 전환시킨 물질이 DNA임을 논리적으로 추론할 수 있으리에 따라 상, 중, 하로 평가한다.

<예시답안>

그리피스의 실험은 유전자(형)에 의해 생물의 특징(표현형)이 결정될 때 DNA가 유전자(형)을 형성한다는 것을 의미한다. 허시와 체이스의 실험은 자손 증식이 DNA 복제로 이루어진다는 의미로 DNA가 유전물질이라 판단하였을 것이다.

<검토교사 의견>

[문제 1]은 그리피스의 형질전환실험과 허시 체이스의 대장균과 박테리오파지 실험의 내용을 바탕으로 유전정보를 가진 본체로서 DNA가 발견된 실험결과의 의미를 이해하고 있는지를 평가하는 문제이다. 고등학교에서 배우는 유전자와 형질 발현 단원의 앞부분에 내용을 바탕으로 답안 작성이 가능한 문항이며 그리피스의 실험을 통해서는 S형 균의 DNA가 R형 균의 형질이 바뀌도록 했는지는 알 수 없지만 허시 체이스의 실험에서 새로운 박테리오파지가 생성됨이 DNA에 의해서임을 그리고 증식의 과정이 DNA 복제를 통해서 이루어짐을 연결해 설명해 낼 수 있다면 좋은 점수를 받을 수 있을 것이다. 문항의 출제 의도, 채점 기준, 예시답안은 모두 고등학교 교육과정을 준수하고 있으며, 관련 실험에 대해 잘 이해하고 복제와 중심 원리를 연결지어 생각할 수 있는 학생은 충분히 답안을 작성할 수 있을 것으로 보인다. 기본이 충실한 문항이라고 할 수 있으며 난이도는 '하'이다.

[문제 2] [가] 실험에서 열처리한 S형 균과 함께 주사한 R형 균에서 어떤 일이 일어났는지를 제시문에 근거하여 논하시오. [8점]

<출제의도>

형질전환 과정에 포함되는 과정으로 중심 원리에 의해 유전자가 발현되는 과정을 이해하는지 평가한다.

<채점기준>

세포의 형질발현은 유전정보의 흐름에 의한 것이므로 [가]에서 비병원성의 R형 균이 병원성의 S형 균으로 바뀐 이유가 R형 균이 흡수한 S형 균의 DNA로부터 RNA를 거쳐 독성을 나타내는 단백질의 합성으로 이어졌는지를 논리적으로 추론할 수 있는지 상,중,하로 평가한다.

<예시답안>

S형 균의 DNA(일부)가 R형 균에 들어갔고 이 DNA로부터 RNA가 만들어졌다. 만들어진 RNA를 사용하여 R형 균은 S형 균에서 독성을 나타내는 단백질을 합성하게 되었다.

<검토교사 의견>

[문제 2]는 그리피스의 형질전환실험에서 R형 균이 S형 균으로 형질 전환되는 과정을 유전정보의 중심 원리와 연결지어 이해하고 있는지를 평가하는 문제이다. 고등학교에서 배우는 유전자와 형질발현 단원의 앞부분에 내용을 바탕으로 답안 작성이 가능한 문항이며 S형 균과 R형 균의 차이가 DNA의 차이 즉, 유전자의 차이임을 이해하고 그 차이가 중심 원리에 의해 생성된 단백질의 차이로 연결되어 병원성 여부가 생긴 것임을 설명해 낼 수 있다면 좋은 점수를 받을 수 있을 것이다. 문항의 출제 의도, 채점 기준, 예시답안은 모두 고등학교 교육과정을 준수하고 있으며, 관련 실험에 대해 잘 이해하고 중심원리를 연결지어 생각할 수 있는 학생은 충분히 답안을 작성할 수 있을 것으로 보인다. 난이도는 '중' 정도이다.

[문제 3] A, G, U, C의 염기 4가지가 3개씩 조합하여 유전부호를 이룬다는 주장을 증명하기 위한 실험을 논하시오. [8점]

<출제의도>

'단백질을 암호화하는 유전 부호'라는 개념을 이해하고, 실험을 통한 과학적 접근을 추론할 수 있는지 평가한다.

<채점기준>

모든 아미노산을 정보화하기 위해서는 유전암호는 3개 이상의 염기로 구성되어야 함을 추론하고 이를 증명하기 위해 인공적으로 제작된 염기의 갯수를 3의 배수로 하여 하나씩(염기 3개씩) 늘려 만들어지는 아미노산의 종류와 갯수를 측정하면 됨을 추론할 수 있는지 상, 중, 하로 평가한다.

<예시답안>

특정 유전자 부위 DNA 조각 또는 이 유전자를 구성하는 염기를 3개씩 더하거나 제거한 DNA 조각을 각각 세균에 집어넣어 합성된 단백질의 아미노산 수를 비교한다. 그 결과 아미노산 수가 하나씩 증가하거나 감소했다면 위의 주장이 옳은 것이다. 또는 주입한 유전자의 염기 수를 알고 있다면 합성된 단백질의 아미노산 수와 비교할 수 있다. 그래서 아미노산 수가 유전자 염기 수의 1/3인지 판단한다. 만약 하나 또는 둘의 염기가 추가되었을 때 매우 엉뚱한 아미노산 서열이 출현할 수 있음을 언급하는 것도 답안에 설득력을 부가할 수 있을 것으로 판단된다.

<검토교사 의견>

[문제 3]은 mRNA에 있는 하나의 아미노산을 지정하는 유전부호인 코돈의 개념을 이해하고, 실험을 통해 과학적 접근을 추론할 수 있는지를 평가하는 문제이다. 교과서에 있는 유전부호에 대한 개념을 바탕으로 4종류의 뉴클레오타이드가 20여 종의 아미노산을 지정하기 위해서는 3개 이상의 염기로 구성되어야 함을 추론하고 이를 증명하기 위해 인공적으로 제작된 염기의 갯수를 3의 배수로 하여 하나씩(염기 3개씩) 늘려 만들어지는 아미노산의 종류와 갯수를 측정해 비교해보는 실험적 방법을 제시할 수 있다면 좋은 점수를 받을 수 있을 것이다. 니런버그의 실험에 대한 자세한 설명이 바뀐 교육과정에서 빠져 있지만 직접적으로 니런버그의 실험을 설명하는 문항이 아니라 염기 3개가 아미노산 하나를 지정한다는 것을 확인할 수 있는 실험적 방법을 추론해 제시하는 문항이므로 답안을 작성하는데 있어 문제가 되지 않을 것으로 보인다. 문항의 출제의도, 채점기준, 예시답안은 모두 고등학교 교육과정을 준수하고 있으며, 학생들의 답안은 다양하게 나올 가능성이 있지만 제시된 채점기준에 맞춰 채점이 이루어진다면 충분한 변별력을 가질 수 있다고 본다. 학생들이 실험적인 추론에 대해 일반적으로 어려워하는 점 등이 있어 난이도는 '중상' 정도이다.

[문제 4] 낮 모양 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈 유전자의 염기 하나가 유전자 돌연변이로 바뀌고, 이로 인해 헤모글로빈 단백질의 구조가 변형된 결과 생기는 질병이다. 이처럼 만약 우리의 유전체에 염기 하나가 바뀐다면 이 경우처럼 중요한 단백질의 변화에 의한 질병이 생길 확률은 어느 정도라고 생각하는가? 답변의 근거를 논하시오. [12점]

<출제의도>

유전 암호를 이해하고, 유전 암호 표를 사용하여 유전정보를 해독할 수 있는지 평가한다. 원핵생물과 진핵생물의 유전체의 차이를 이해하는지 여부도 평가한다.

<채점기준>

진핵생물의 유전체 구조는 원핵생물에 비해 밀도가 낮아 상대적으로 단백질을 암호화하는 부위에서 염기변화가 일어난 가능성이 작다는 것을 추론할 수 있는지 평가한다. 또한 대부분의 아미노산의 경우, 하나의 아미노산을 암호화하는 유전암호가 둘 이상 있다는 사실로부터 염기의 변화가 필수적으로 아미노산의 변화로 이어지지 않음을 이해하고 추론할 수 있는지를 상, 중, 하로 평가한다.

<예시답안>

우리는 진핵생물로 유전체가 크다. 그리고 유전자의 밀도가 낮다. 더구나 인트론은 잘려나간다. 그러므로 단백질을 합성하는 암호화 부위에서 염기의 변화가 생길 가능성은 매우 낮다. 만약 암호화 부위에서 염기가 바뀌더라도 코돈의 세 번째 염기가 바뀌면 아미노산은 바뀌지 않을 가능성이 꽤 크다. 그러므로 하나의 염기가 바뀌어 중요한 단백질에 변화가 생길 가능성을 매우 낮다고 할 수 있다.

<검토교사 의견>

[문제 4]는 진핵생물과 원핵생물의 유전체의 차이를 이해하고 유전 암호를 이해하고, 유전 암호 표를 사용하여 유전정보를 해독할 수 있는지 평가하는 문제이다. 낮 모양 적혈구 빈혈증에 대해서는 생명과학 I에도 소개가 되어 있고, 교과서에 진핵생물과 원핵생물의 유전체의 차이, 암호표를 바탕으로 유전정보가 어떻게 해독되는지에 대해서도 설명이 되어 있기 때문에 그 내용에 대해 충실히 수업을 들었다면 어려움이 없이 답안 작성이 가능한 문항으로 보인다. 여러 개의 코돈이 하나의 아미노산을 지정한다는 점과 코돈을 구성하는 세 개의 염기 중 첫 번째나 두 번째 염기 보다 세 번째 염기가 돌연변이에 의해 치환되더라도 단백질을 구성하는 전체 아미노산의 구성과 배열에 영향이 없을 수 있음을 바탕으로 염기 하나의 변화가 문제가 될 가능성이 낮음을 설명해 낸다면 좋은 점수를 받을 수 있을 것이다. 문항의 출제의도, 채점기준, 예시답안은 모두 고등학교 교육과정을 준수하고 있고, 난이도는 '중' 정도이다.