1 판매량

1 만족도

1 평가도

KOREA EDUCATIONAL BRAND AWARDS 대한민국 교육브랜드 대상 2022

수능 기출 문제 은행

Xistory stands for extra intensive story for an entrance examination for a university.

2024 수능 대비

Xi story

대한민국 No.1 수능기출 문제집

자이스토리

생명과학 I

- 최신 7개년 수능, 모평, 학평 기출문제 수록
- 쉽고 자세한 개념 정리 + 깨알 개념 체크 문제
- 1등급, 2등급 킬러 문제 특강 + 단계별 해설
- 최신 연도별 모의고사 10회 제공
- 문제 분석, 선택지 분석, 주의, 함정, 꿀팁, 입체 첨삭 해설
- 단원별 핵심 문제 + 중요 문제 동영상 강의 QR코드
- [특별부록] 수험장 극비 노트

강남구청 인터넷 수능방송 강의교재

수경출판사



송 의 현

연세대 의예과 2022년 입학

안산 동산고 졸

Xi story Honors

[대상 수상]

“기출 문제 분석 시 문제에 이름을 붙여가며 출제 논리를 내 것으로 만들기 위해 노력했어!”

■ 2단계로 나눠 기출 문제 풀이를 하자!

저는 기출 문제를 풀 때 총 2회에 걸쳐서 풀었습니다. 첫 번째 풀이는 시간을 재고 풀었습니다. 연도별 모의고사를 30분을 잡고 풀어도 좋고, 주제별로 시간을 정해서 풀어도 괜찮습니다. 주제별 시간은 근수축 문제, 신경 전도 문제, 세포 분열 문제 각각 3분, 사람의 유전, 유전병 문제 각각 5분 이런식으로 시간을 정해서 풉니다.

첫 번째 풀이가 끝나면 바로 두 번째 풀이를 시작합니다. 첫 번째 풀이에서 시간에 쫓기며 풀었던 내 풀이와 내가 천천히 풀었을 때의 풀이를 비교하고, 시간이 얼마가 걸리든 자신이 아는 모든 지식을 쏟아부어서 풀어냅니다. 또한, ㅋㅌ문제의 모든 변수들을 찾는 데에 집중합니다. 그 다음 기출 해설의 풀이법과 저의 두 가지 풀이법을 비교합니다. 저는 기출 해설로 자이스토리 해설을 이용했는데 자이스토리 해설은 시중의 그 어떤 문제집보다도 자세하며, 다층적이어서 풀이법을 비교하기 좋았습니다.

저처럼 2단계에 걸쳐 기출 문제 풀이를 반복한다면 여러분들도 성적 상승에 직면할 수 있을 것입니다.

■ 문제의 논리를 내 것으로 만드는 연습을 하자!

저는 기출 문제를 푸는 것으로 끝나지 않고, 문제에 이름을 붙여가며 문제를 분석했습니다. 예를 들어 흥분의 전도 단원의 문제를 분석할 때 분석한 내용 위에 ‘1. 거리 + 막전위 ➞ 속도 도출’, ‘2. 간격 + 속도 ➞ 시간차 도출’ 이런 식으로 문제에 이름을 붙여가며 출제 논리를 기억하기 쉽도록 했습니다. 출제된 논리를 제 것으로 만든 후 시험에 출제되지 않은 논리가 무엇이 있을지 생각했습니다.

이처럼 문제에 대한 많은 고민을 하다 보면 자신만의 스킬도 생겨나게 되고, 신유형에 직면했을 때 당황하지 않고 풀 수 있는 아주 강력한 힘이 생겨납니다.

여러분들도 저처럼 기출 문제에서 더 이상 뽑아낼 것이 없을 때까지 분석할 수 있어야 합니다. 이러한 과정은 생각보다 어렵지 않으며, 여러분들도 충분히 하실 수 있습니다.

■ 처음엔 어려워도 쉽게 포기하지 말고 이겨내자!

저는 고2 때까지는 가정 형편 때문에 학원을 못 다녀서 선행학습을 제대로 하지도 못했습니다. 또한 머리가 좋은 편이 아니기에 어려운 개념을 처음 배울 때 너무나도 힘들었고, 수능 시험을 포기할까도 생각했었습니다.

어려운 개념이 도저히 머리에 들어오지 않았으며, 그걸 자유자재로 선보이는 같은 반 친구들을 보며 자괴감에 빠져들었었습니다. 학교가 끝나고 부모님께 전화를 하여 ‘정말 못하겠다. 오늘 머리의 한계를 느꼈다. 이과는 아닌 것 같다.’라며 전과 의사를 밝혔었습니다.

그러나 부모님께서 구구단을 생각해보라고, 처음에는 7단도 엄청 어려웠으나 지금은 1단부터 9단까지 쓰지 않고 머리로만으로도 다 할 수 있지 않느냐고, 인생의 무엇이든 처음엔 어렵고 이해가 안된다면 암기로라도 익숙해지면 괜찮아질 것이라고 하셨습니다. 그 말씀을 듣고, 어려운 개념도 구구단처럼 외워버리자고 하여 일주일동안 A4 용지에 개념을 계속 쓰고 또 써서 결국 외웠습니다.

그 결과 저는 올해 수능 전 과목에서 세 개 틀리고 연세대학교 의예과에 진학하게 되었습니다. 여러분들도 힘이 드는 순간에 절대 포기하지 말고 부딪혀가며 꼭 원하는 결과를 얻어내시길 바랍니다.

■ 수능 이틀 전 최고의 컨디션을 만들자!

수능을 위해서 교과목 공부를 열심히 하는 것도 좋지만 컨디션 준비가 매우 중요하다고 생각합니다. 저 역시 첫 번째 수능에선 그 중요성을 잘 알지 못했기에 생각지도 못하게 수능 영어 시간에 화장실에 가게 되었습니다. 그 결과 평소보다 10점이나 하락하여 원하는 점수를 받지 못했습니다. 여러분들도 컨디션 난조로 인해 평소보다 실력 발휘를 못하고 수능장에서 돌아오는 일이 없기를 간절히 바라겠습니다!



가계도 분석 문제가
생명과학 Ⅰ 1등급을 좌우합니다.

생명과학 Ⅰ 은 개념을 확실히 공부하면
점수가 오르는 과목입니다.
그래서 많은 학생이 선택하지만 모두가 1등급을 받지는 못합니다.
그 이유는 바로 가계도 문제, 1등급 킬러 문항 때문입니다.

자이스토리는 가계도 문제를 접근하는 방법과
단계별로 문제 해결 과정을 알려주어
학생들이 문제를 빠르게 접근하고 쉽게 해결할 수 있도록 했습니다.

또한, 2등급 킬러 문제도
문제 분석과 정답을 찾을 수 있는 핵심 key를 알려주고
풀이 과정과 순서를 단계별로 설명했습니다.

자이스토리 입체 첨삭 해설 시스템은 문제를 정확하게 분석하여 구현한
문제 + 자료 분석, 정답의 원리와 오답의 근거를
알기 쉽고 보기 쉽게 제공합니다.
그래서 모든 문제를 완벽히 이해하면서 공부할 수 있습니다.

또한 [수험장 극비 노트]는 자주 출제되는 핵심 내용을
그림, 도표 등으로 구성하여 오래도록 기억할 수 있습니다.

자이스토리와 함께 한다면,
이 책의 마지막 페이지를 넘길 때쯤
여러분은 이미 수능 1등급에 도달해 있을 것입니다.

- 대한민국 No.1 수능 문제집 자이스토리 -

내신+수능 1등급 완성 학습 계획표 [31일]

Day	문항 번호	틀린 문제 / 헷갈리는 문제 번호 적기	날짜	복습 날짜
1	A 1~37		월 일	월 일
2	B 1~36		월 일	월 일
3	C 1~42		월 일	월 일
4	D 1~42		월 일	월 일
5	43~52		월 일	월 일
6	E 1~20		월 일	월 일
7	21~40		월 일	월 일
8	F 1~28		월 일	월 일
9	29~50		월 일	월 일
10	G 1~40		월 일	월 일
11	41~62		월 일	월 일
12	H 1~43		월 일	월 일
13	I 1~38		월 일	월 일
14	39~64		월 일	월 일
15	J 1~32		월 일	월 일
16	33~68		월 일	월 일
17	K 1~40		월 일	월 일
18	41~70		월 일	월 일
19	L 1~21		월 일	월 일
20	22~42		월 일	월 일
21	43~72		월 일	월 일
22	M 1~30		월 일	월 일
23	31~51		월 일	월 일
24	N 1~28		월 일	월 일
25	O 1~32		월 일	월 일
26	33~70		월 일	월 일
27	P 1~45		월 일	월 일
28	Q 1~16		월 일	월 일
29	모의고사 1~3회		월 일	월 일
30	모의고사 4~7회		월 일	월 일
31	모의고사 8~10회		월 일	월 일



• 나는 _____ 대학교 _____ 학과 _____ 학번이 된다.

• **磨斧作針** (마부작침) – 도끼를 갈아 바늘을 만든다. (아무리 어려운 일이라도 끈기 있게 노력하면 이룰 수 있음을 비유하는 말)

집필진 · 감수진 선생님들



자이스토리는 수능 준비를 가장 효과적으로 할 수 있도록
수능, 모의평가, 학력평가 기출문제를 개념별, 유형별, 난이도별로
수록하였으며, 명강의로 소문난 학교·학원 선생님들께서
명쾌한 해설을 입체 첨삭으로 집필하셨습니다.

[집필진]

권태현 서울 영락고등학교
나광석 서울 오금고등학교
박정환 서울 오산고등학교
신한나 서울 상문고등학교
이은경 고양 고양일고등학교
이주연 서울 잠실여자고등학교
이재훈 서울 대일외국어고등학교
장상풍 서울 대치에듀
최지윤 서울 구로중학교
현원석 서울 마포고등학교

중요·핵심 문제 동영상 강의
자이스토리 유튜브 채널

[감수진]

강현주 수원 망포고등학교
강홍우 진주 MIT플러스과학
곽숙정 부산 동아고등학교
구병모 서울 선정고등학교
권선희 경주 더과학
기서희 대구 업앤탑수학과학학원
김덕하 창원 마산무학여자고등학교
김민재 서울 고구마학원
김민정 서울 풍문고등학교
김상준 청주 한국교원대학교부설고등학교
김상호 성남 마이픽학원
김서연 용인 청덕고등학교
김수경 성남 한솔고등학교
김승경 서울 하이필학원
김정대 서울 고구마학원
김종욱 부산 오름수학과학학원
김진수 울산 수단과학원
김태용 서울 카이사르과학학원
김태운 구리 수택고등학교
김태윤 서울 탱크과학학원
김한나 서울 영일고등학교
김현숙 광주 수완국과사전문학원
김현오 의정부 일산학원
김형민 창원 창원고등학교
김효선 사천 인아카데미학원
나미애 서울 사이언스랩과학학원
문 명 고양 문명의 STEM학원
박민규 대구 송원학원
박민수 부산 해운대하이탑학원
박성진 서울 맑음과학
박성환 대전 재수제일학원
박윤정 대구 박윤정 수학과학학원
박인향 서울 늘푸른과학원
박진영 부산 JYP과학
방병석 청주 여자고등학교
변경훈 화성 동탄플레이사이언스
배우미 평택 비전고등학교
백범휘 인천 대신학원
서민섭 전주 신흥고등학교
송동제 대구 나인쌤수학과학학원
송영훈 서울 뉴런과학
송희원 광주 살레시오고등학교
신성열 대구 케이원수학과학학원
신승재 서울 신쌤과학실
신윤호 서울 메가스터디학원
신이나 전주 오늘도신이나학원
신효일 울산 교당학원
선유민 전주 유진 아카데미과학학원
안은겸 부산 ESK엄순근 과학전문학원
양희석 광주 서강고등학교
유동훈 서울 은광여자고등학교
유승호 광주 인성고등학교
윤석희 전주 윤씨네과학마을
이다은 청주 세광고등학교
이문주 성남 동광고등학교
이민경 부산 신도고등학교
이민서 의정부 멘토학원
이승주 고양 문명의 STEM학원
이연석 성남 수내사이언스카이학원
이장원 화성 비봉고등학교
이정명 화성 나루고등학교
이정인 고양 정인과학
이창목 파주 한민고등학교
이해진 고양 SP과학학원
이현영 평택 평택고등학교
임수빈 구리 구리여자고등학교
임정배 구미 페르마학원
장미화 의정부 정석교육학원
장찬국 울산 교당학원
전소영 서울 광영고등학교
정극일 화성 화성고등학교
정병철 천안 월봉고등학교
정치송 울산 동지수학과학전문학원
정 철 서울 미래탐구동작학원
정찬우 대전 가온누리
조명진 구미 쪼아과학학원
조소영 부산 패스아카데미
조현지 서울 생명과학컨설턴트
지혜인 의정부 삼광학원
차재열 용인 사이언스카이
채이영 울산 대성학원
최유진 대구 두드림수학과학
최철수 서울 중산고등학교
최희정 광명 충현고등학교
홍범화 용인 강남하이퍼기숙학원
홍진언 울산 동은학원
홍해인 서울 은광여자고등학교

차 례

Ⅰ 생명 과학의 이해

A 생물의 특성과 생명 과학의 탐구 방법 12
1 생물의 특성
2 바이러스
깨알 개념 체크 13
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 14
3 생명 과학의 특성과 탐구 방법
깨알 개념 체크 18
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 19

Ⅱ 사람의 물질대사

B 생명 활동과 에너지 26
1 세포의 생명 활동
2 에너지의 전환과 이용
깨알 개념 체크 28
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 29

C 물질대사와 건강 38
1 기관계와 에너지 대사
2 기관계의 통합적 작용
깨알 개념 체크 39
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 40
3 대사성 질환과 에너지 균형
깨알 개념 체크 50
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 51

Ⅲ 항상성과 몸의 조절

D 자극의 전달 [1등급 킬러] 54
1 뉴런의 구조와 종류
2 흥분의 발생과 전도
3 흥분의 전달
깨알 개념 체크 57
1등급 킬러 문제 특강 58
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 59
1등급 킬러 문제 73

E 근수축 운동 [2등급 킬러] 78
깨알 개념 체크 79
2등급 킬러 문제 특강 80
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 81
2등급 킬러 문제 91

F 신경계 93
1 중추 신경계
2 말초 신경계
깨알 개념 체크 95
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 96

G 항상성 유지 109
1 호르몬과 항상성
2 혈당량 유지
3 체온 유지
4 삼투압 유지
깨알 개념 체크 111
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 112
동아리 소개 / 연세대 연세 국궁부 128

Ⅳ 방어 작용

H 질병과 병원체 130
깨알 개념 체크 131
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 132

I 우리 몸의 방어 작용 [2등급 킬러] 143
1 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용
2 혈액형
깨알 개념 체크 145
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 146
2등급 킬러 문제 165
동아리 소개 / 고려대 KUAAA 166

Ⅴ 유전

J 염색체와 세포 주기 [2등급 킬러] 168
1 염색체
2 핵형과 핵상
3 세포 주기
깨알 개념 체크 170
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 171
2등급 킬러 문제 187

K 세포 분열 [2등급 킬러] 189
1 체세포 분열
2 감수 분열
깨알 개념 체크 191
2등급 킬러 문제 특강 192
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 193
2등급 킬러 문제 207

L 사람의 유전 [1등급 킬러] 213
1 상염색체 유전
2 성염색체 유전
3 단일 인자 유전과 다인자 유전
깨알 개념 체크 216
1등급 킬러 문제 특강 217
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 218
1등급 킬러 문제 235

M 유전병 [1등급 킬러] 250
1 염색체 이상에 의한 유전병
2 유전자 이상에 의한 유전병
깨알 개념 체크 252
1등급 킬러 문제 특강 253
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 254
1등급 킬러 문제 265
동아리 소개/성균관대 JDA 276

VI 생태계와 상호 작용

N 생태계의 구성과 기능 278
깨알 개념 체크 279
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 280

O 개체군과 군집 287
1 개체군
깨알 개념 체크 288
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 289
2 군집
3 군집의 천이
4 군집 내 개체군의 상호 작용
깨알 개념 체크 292
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 293

P 에너지와 물질의 순환 309
1 에너지 흐름
2 물질의 생산과 소비
3 물질 순환
깨알 개념 체크 311
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 312

Q 생물의 다양성과 보존 324
깨알 개념 체크 325
개념별 기출 문제 [2점, 3점] 326
동아리 소개/이화여대 플레이걸스 330

새교육과정 최신 연도별 모의고사 10회

01회 2022 실시 3월 학력평가 332
02회 2022 실시 4월 학력평가 336
03회 2022 대비 6월 모의평가 340
04회 2023 대비 6월 모의평가 344
05회 2022 실시 7월 학력평가 348
06회 2022 대비 9월 모의평가 352
07회 2023 대비 9월 모의평가 356
08회 2022 실시 10월 학력평가 360
09회 2022 대비 대학수학능력시험 364
10회 2023 대비 대학수학능력시험 368

빠른 정답 찾기 375

QR코드 수록
단원별 핵심 문제 동영상 강의

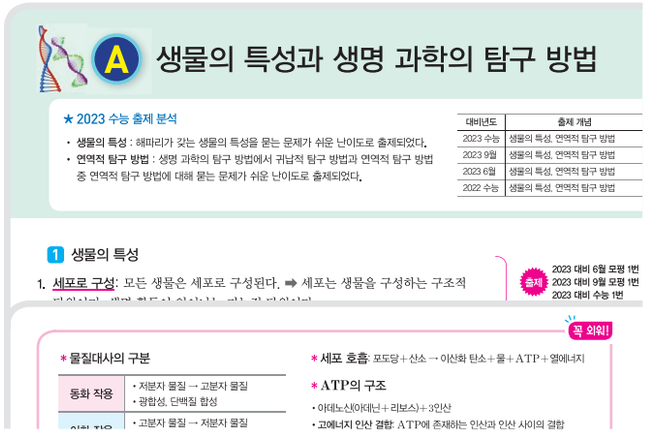


개념 총정리 + 단계별 난이도 기출 문제로 수능 1등급 완성

1 최신 수능 출제 경향 분석 + 개념 총정리

교과서 순서에 따라 개념을 총정리하고, 수능 출제 경향을 분석했습니다. 수능과 6월, 9월 모평에서 나온 문제가 어떻게 출제되었는지 구체적으로 알려줍니다.

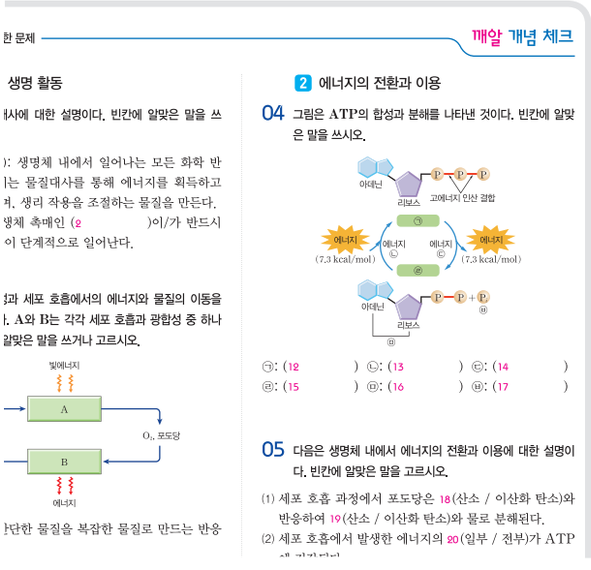
- **출제 경향 분석:** 2023 대비 수능 출제 분석
- 출제 2023 대비 수능, 6, 9월 모평 문제를 분석하여 최신 출제 경향 제시
- **심화 및 보충 자료:** 용어 및 확장 개념 등을 보충 설명
- **꼭 외워!:** 각 단원에서 반드시 암기할 내용 총정리



2 깨알 개념 체크 문제 – 다양한 형태의 문제로 구성

개념을 바탕으로 한 다양한 형태의 문제로 개념을 확인하고 체크할 수 있습니다. 개념을 정확히 이해하고 암기하는 데 가장 효과적인 학습 방법입니다.

- **깨알 개념 체크 문제 정답 및 해설 수록**

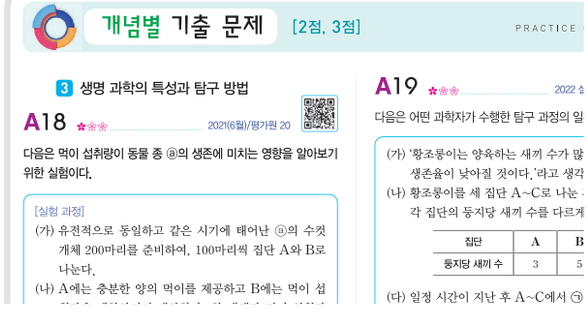


3 개념별 기출 문제 [2점, 3점]

개념 순서와 단계별 난이도로 문제를 배치하여 효율적인 개념 적용 훈련과 기출 문제 풀이를 할 수 있습니다.

- **소주제별 배열 :** 개념을 구체적으로 적용시킬 수 있도록 주제를 세분화해서 문항 배열
- **난이도:** ❀❀❀ – 상, ❀❀❀ – 중, ❀❀❀ – 하
- **출처표시:** 수능 · 평가원(모평): 대비연도, 교육청(학평): 실시연도
  예) 2022/수능 20: 2021년 11월에 실시한 수능
  2022(6월)/평가원 20: 2021년 6월에 실시한 모의평가
  2021(3월)/교육청 20: 2021년 3월에 실시한 학력평가
  2022 실시 3월 학평 20 : 2022년 3월에 실시한 학력평가
  2023 대비 9월 모평 20 : 2022년 9월에 실시한 모의평가

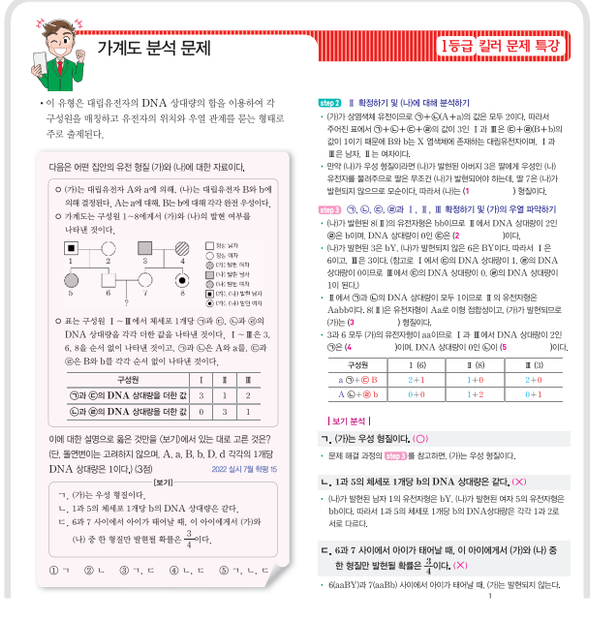
QR코드: 단원별 핵심 문제 동영상 강의



4 1등급, 2등급 킬러 문제 특강

킬러 문제의 유형, 문제를 푸는 핵심 KEY, 유형 대비법, 문제 풀이 순서를 자세히 설명했습니다.

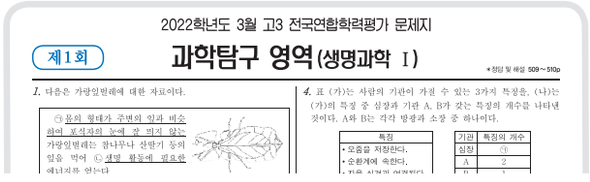
- **빈칸 채우기:** 특강을 읽으면서 간단한 빈칸 문제를 통해 풀이 방법을 함께 익힐 수 있습니다.



5 최신 연도별 모의고사 10회 수록

실전 대비를 위해 실제 모의고사 원본을 그대로 수록했습니다.

- 2022년 실시 7회: 전문항
- 2021년 실시 3회: 수능, 6월과 9월 모평

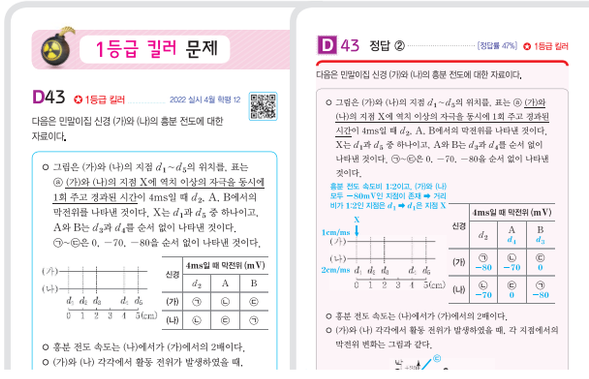

2022학년도 3월 고3 전국연합학력평가 문제지

제 1 회 **과학탐구 영역(생명과학 Ⅰ)**

6 1등급 · 2등급 킬러 문제와 특별 해설

고난도 문제가 출제되는 단원은 따로 1등급 킬러, 2등급 킬러로 분리해 수록했습니다.

- ✪ 1등급 킬러 : 정답률이 40% 이하인 1등급을 가르는 최고난도의 문제
- ✪ 2등급 킬러 : 정답률이 40~55% 정도의 1, 2등급으로 도약하기 위한 고난도의 문제


1등급 킬러 문제

D43 ✪ 1등급 킬러 2022 실시 4월 학평 12

D43 정답 ② [정답률 47%] ✪ 1등급 킬러

7 [별책 부록] 수험장 극비 노트



1 꼭 출제되는 중요 개념 16개 선정

2 문제 풀이 꿀팁

3 기출(자료+선택지)로 개념 체크 문제

8 입체 첨삭 해설!

문제+자료 분석 제시된 자료를 자세하게 분석해 줍니다.

출제 개념 문제의 핵심 주제를 제시합니다.

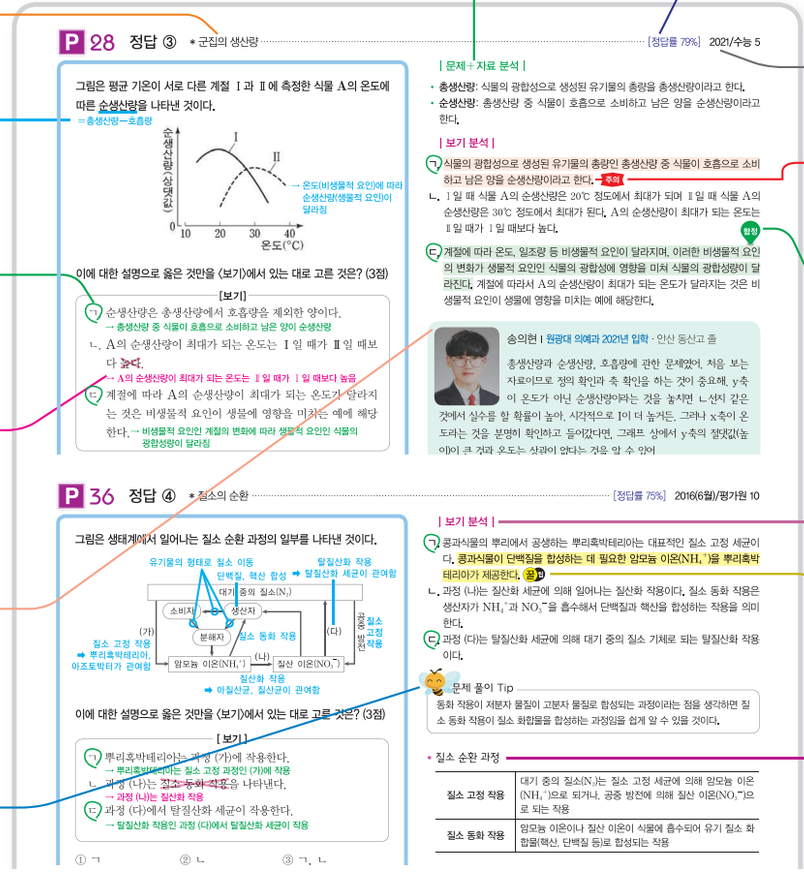
자료 설명 정답을 찾을 수 있는 중요 힌트를 알려줍니다.

정답 첨삭 해설 정확한 정답을 확인할 수 있도록 선택지를 꼼꼼하게 분석했습니다.

오답 첨삭 해설 정답이 아닌 이유를 한눈에 확인할 수 있도록 키워드 중심으로 알려줍니다.

수험장 생생 체험 선배들이 수험장에서 직접 사용하는 문제 풀이법을 알려줍니다.

문제 풀이 Tip 빠르게 풀이할 수 있도록 문제 푸는 법을 알려줍니다.


P 28 정답 ③ * 군집의 생산량 [정답률 79%] 2021/수능 5

P 36 정답 ④ * 질소의 순환 [정답률 75%] 2016(6월)/평가원 10

정답률 교육청 자료, 기타 기관 공지 자료와 내부 검토 과정을 거쳐 제시됩니다.

출처 출제된 기관과 시기를 알려줍니다.

주의 풀이 과정에서 주어진 조건을 빼먹거나 잘못 이용할 가능성이 있을 때, 적절한 주의를 주어서 올바른 풀이로 나아갈 수 있도록 한 코너입니다.

함정 개념을 정확히 이해하지 못한다면 반드시 빠지게 되어 있는 함정을 체크해주고 해결할 수 있는 방법을 제시하였습니다.

보기 분석 보기별로 정답과 오답인 이유를 자세하고 알기 쉽게 분석합니다.

꿀팁 꼭 암기해야 할 사항을 알려줍니다.

수능 핵강 문제와 관련된 핵심 개념을 정리하여 수록하였습니다.

유전병

1등급 킬러 단원

★ 2023 수능 출제 분석

- **염색체 비분리** : 가족 구성원의 대립유전자의 유무와 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 통해 염색체 비분리가 일어난 시기와 가족 구성원의 유전자형을 추론하는 문제가 어려운 난이도로 출제되었다.

대비년도	출제 개념	난이도
2023 수능	염색체 비분리	✲✲✲
2023 9월	염색체 구조 이상과 염색체 비분리	✲✲✲
2023 6월	유전자 이상에 의한 유전병	✲✲✲
2022 수능	염색체 구조 이상과 염색체 비분리	✲✲✲

1 염색체 이상에 의한 유전병

1. 염색체 돌연변이[1]

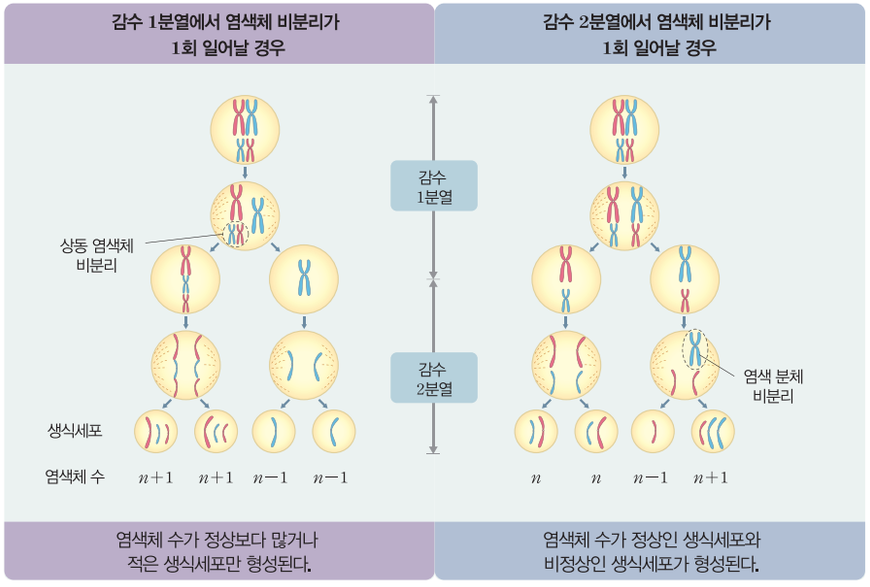
(1) 염색체 구조 이상과 염색체 수 이상으로 구분된다.

(2) 형질 발현에 영향을 주어 부모에게 없던 이상 형질이 자손에게 나타난다.

2. 염색체 수 이상

(1) **원인**: 감수 분열 과정에서 일어나는 염색체 비분리에[2] 의해 나타난다.

(2) 염색체 수가 정상보다 많거나 적은 생식세포가 형성될 수 있다.



출제 2023 대비 9월 모평 18번
2023 대비 수능 17번

★ 9월 모평에는 가족 구성원의 세포에 들어있는 DNA 상대량을 통해 염색체 비분리가 일어난 시기를 파악하는 문제가 출제되었다.

(3) 염색체 수 이상에[3] 의한 유전병의 예

구분		염색체 구성	특징
상염색체 수 이상	다운 증후군	$2n+1$ $=45+XY(XX)$	• 21번 염색체를 3개 가진다. • 정신 지체, 머리가 작고 눈 사이가 멀다.
	에드워드 증후군	$2n+1$ $=45+XY(XX)$	• 18번 염색체를 3개 가진다. • 지적 장애, 심장 등 여러 장기 기형이 있다.
성염색체 수 이상	터너 증후군	$2n-1=44+X$	• 성염색체가 X 염색체 1개뿐이다. • 외관상 여자이나 난소의 발달이 불완전하다.
	클라인펠터 증후군	$2n+1=44+XXY$	• 성염색체로 X 염색체 2개와 Y 염색체 1개를 가진다. • 외관상 남자이나 정소의 발달이 불완전하다.

1 돌연변이
DNA 복제 과정 등에서 우연히 발생하는데 그 결과 새로운 대립유전자가 만들어져 집단의 유전적 다양성을 증가시키기도 한다.

2 염색체 비분리
세포 분열 과정에서 염색체가 제대로 분리되지 않는 현상

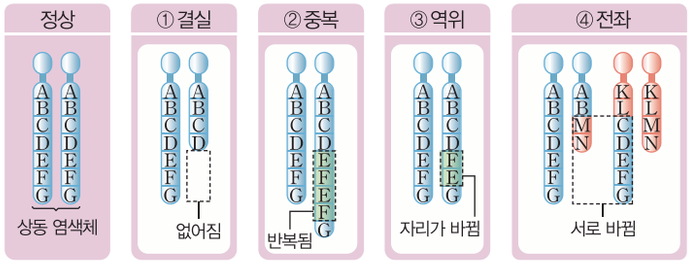
3 염색체 수 이상 돌연변이의 종류
- **이수성 돌연변이**: 일부 염색체가 분리되지 않아 $2n\pm1$, $2n\pm2$와 같은 염색체 수를 가지는 돌연변이이다. 감수 1분열, 감수 2분열 중 염색체 비분리가 일어나는 시기에 따라 염색체 구성이 달라진다.
- **배수성 돌연변이**: 모든 염색체가 분리되지 않고 하나의 딸세포로 이동하여 $3n$, $4n$과 같은 염색체 수를 가지는 돌연변이이다. 주로 식물에서 일어나며, 인위적으로 돌연변이를 일으켜 육종에 사용하기도 한다.
  예 씨 없는 수박($3n$), 통밀($4n$, $6n$ 등)

3. 염색체 구조 이상

(1) **원인**: 다양한 원인으로 염색체의 일부가 끊어진 후 재배열되거나 다른 염색체로 전달되어 염색체의 수는 정상이지만 부분적인 구조 변화가 생긴다.

(2) **염색체 구조 이상 돌연변이의 종류**

① **결실**: 염색체 일부가 떨어져 없어진다.
② **중복**: 염색체 일부가 염색 분체나 상동 염색체에 연결되어 반복된다.
③ **역위**: 염색체 일부가 떨어진 다음 원래 염색체에 반대 방향으로 연결된다.
④ **전좌**: 염색체 일부가 떨어져 상동 염색체가 아닌 다른 염색체에 연결된다.



▲ 염색체 구조 이상 돌연변이의 종류

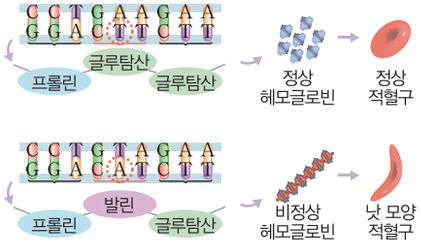
(3) **염색체 구조 이상에 의한 유전병의 예**

고양이 울음 증후군	5번 염색체의 일부가 결실되어 안면 기형, 지적 장애를 보이는 것과 더불어 고양이 울음소리와 비슷한 소리를 내는 증상을 보이고 대개 유아기에 사망한다.
만성 골수성 백혈병	조혈 모세포에서 9번 염색체와 22번 염색체 사이에 전좌가 일어나 백혈구가 비정상적으로 과도하게 증식한다.

2 유전자 이상에 의한 유전병

1. **원인**: DNA 복제 과정에서 자연적으로 생기거나 방사선 노출, 발암 물질 등으로 인해 DNA 염기 서열이 변해 나타난다.
2. 유전자 돌연변이에 의한 유전병은 대개 열성 형질이지만 우성 형질인 것도 있다.
3. 유전자 돌연변이는 핵형 분석으로 확인하기 어렵다.
4. **유전자 돌연변이에 의한 유전병의 예**[4]: 낫 모양 적혈구 빈혈증, 페닐케톤뇨증, 알비노증, 낭성 섬유증, 헌팅턴 무도병

낫 모양 적혈구 빈혈증
헤모글로빈을 만드는 유전자에 이상이 생겨 비정상 헤모글로빈이 합성되며 적혈구가 낫 모양으로 변하는 유전자 이상 유전병



▲ 낫 모양 적혈구 빈혈증이 나타나는 과정

출제 2023 대비 6월 모평 19번
2023 대비 9월 모평 18번

★ 6월 모평에는 부모의 생식세포 형성 과정에서 대립유전자가 치환되는 문제가 출제되었다. 9월 모평에는 가족 구성원의 세포에 들어있는 DNA 상대량을 통해 전좌가 일어난 유전자를 추론하는 문제가 출제되었다.

4 유전자 돌연변이에 의한 유전병의 예

낫 모양 적혈구 빈혈증	헤모글로빈을 만드는 유전자에 이상이 생겨 비정상 헤모글로빈이 합성되며 적혈구가 낫 모양으로 변한다. 상염색체 열성 유전된다.
페닐케톤뇨증	페닐알라닌을 타이로신으로 전환시키는 효소 유전자에 이상이 생겨 페닐알라닌이 체내에 축적되어 중추 신경계를 손상시킨다. 상염색체 열성 유전된다.
알비노증	멜라닌 합성 효소를 만드는 유전자에 이상이 생겨 피부, 홍채 등에 멜라닌 색소가 결핍되어 자외선에 대한 방어 능력이 떨어진다. 상염색체 열성 유전된다.
낭성 섬유증	상피 세포의 세포막에서 물질 수송을 담당하는 단백질을 만드는 유전자에 이상이 생겨 과도한 점액질로 기관지의 기능이 떨어진다. 상염색체 열성 유전된다.
헌팅턴 무도병	중년 이후에 신경계가 퇴화되어 몸의 움직임을 통제할 수 없다. 상염색체 우성 유전된다.

22 DAY

꼭 외워!

*** 유전병**

염색체 수 이상	다운 증후군(21번 염색체 3개), 에드워드 증후군(18번 염색체 3개) 클라인펠터 증후군(44+XXY), 터너 증후군(44+X)	염색체 구조 이상	종류: 결실, 중복, 역위, 전좌
		유전자 이상	원인: DNA 염기 서열이 변함

1 염색체 유전에 의한 유전병

01 다음은 염색체 돌연변이에 대한 설명이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰시오.

(1) 염색체의 구조나 염색체 (1)에 이상이 생긴 돌연변이이다.
(2) 염색체나 유전자가 손상되어 부모에게 없던 형질이 자손에서 갑자기 나타나는 현상으로 유전병의 원인이 되는 것을 (2)(이)라 한다.
(3) 부모가 (3)을/를 형성하는 과정에서 염색체가 손상되는 경우 자손의 염색체에 이상이 생기게 된다.

02 표는 염색체 수 이상으로 생기는 유전병을 나타낸 것이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰시오.

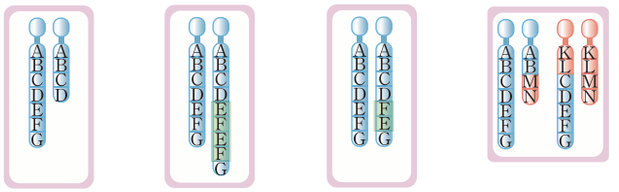
유전병	염색체 구성	특징
다운 증후군	$2n+1$ $=45+XY(XX)$	• (4)을/를 3개 가진다. • 지적 장애, 눈 사이가 멀다.
(5)	$2n+1$ $=45+XY(XX)$	• 18번 염색체를 3개 가진다. • 지적 장애, 심장 등 여러 장기 기형이 있다.
터너 증후군	$2n-1=$ (6)	• 성염색체가 X 염색체 1개뿐이다. • 외관상 여자이나 난소의 발달이 불완전하다.
(7)	$2n+1=$ $44+XXY$	• 성염색체로 X 염색체 (8)개와 Y 염색체 (9)개를 가진다. • 외관상 남자이나 정소의 발달이 불완전하다.

03 염색체 비분리에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 <u>않은</u> 것은 ×표 하시오.

(1) 감수 2분열에서의 염색체 비분리는 염색 분체가 비분리되는 경우이다. 10 (○, ×)
(2) 감수 1분열에서 비분리가 일어날 경우 염색체 수가 정상인 생식 세포가 형성된다. 11 (○, ×)
(3) 정자 형성 과정에서 성염색체 비분리가 1회 일어났을 때, 성염색체가 XY인 정자는 감수 2분열에서 성염색체 비분리가 일어나 형성된 것이다. 12 (○, ×)

04 다음 그림에 해당하는 염색체 구조 이상을 빈칸에 쓰시오.

(13) (14) (15) (16)



05 다음은 염색체 구조 이상과 그에 의해 나타나는 유전병에 대한 설명이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰거나 고르시오.

(1) 다양한 원인으로 염색체의 일부가 재배열되거나 다른 염색체로 전달되어 염색체의 17 (수 / 구조)는 정상이지만 부분적인 18 (수 / 구조) 변화가 생기는 돌연변이이다.
(2) 염색체 구조 이상으로 생기는 유전병

(19)	5번 염색체의 일부가 (20)되어 안면 기형, 지적 장애 증상과 더불어 고양이 울음소리와 비슷한 소리를 내고 대개 유아기에 사망하는 유전병
만성 골수성 백혈병	조혈 모세포에서 9번 염색체와 22번 염색체 사이에 (21)이/가 일어나 백혈구가 비정상적으로 과도하게 증식하는 유전병

2 유전자 이상에 의한 유전병

06 다음은 유전자 돌연변이에 대한 설명이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰시오.

(1) 유전자를 구성하는 (22) 염기 서열에 이상이 생겨 정상과 다른 형질을 발현하는 돌연변이이다.
(2) 유전자 돌연변이는 염색체의 수나 구조는 정상이므로 (23)(으)로 확인하기 어렵다.
(3) β 사슬을 만드는 유전자의 염기 하나가 바뀌어 6번 아미노산이 글루탐산에서 발린으로 바뀌면 (24)이/가 유발된다.

정답

1 수 2 돌연변이 3 생식세포 4 21번 염색체 5 에드워드 증후군 6 $44+X$ 7 클라인펠터 증후군 8 2 9 1 10 ○ 11 ×(정상인 생식 세포가 형성되는 경우는 감수 2분열) 12 ×(감수 1분열에서 비분리가 일어남) 13 결실 14 중복 15 역위 16 전좌 17 수 18 구조 19 고양이 울음 증후군 20 결실 21 전좌 22 DNA 23 핵형 분석 24 낫 모양 적혈구 빈혈증



유전자 돌연변이 문제

• 이 유형은 돌연변이가 일어난 대립유전자를 묻는 형태로 주로 출제된다.

다음은 어떤 가족의 ABO식 혈액형과 유전 형질 (가), (나)에 대한 자료이다.

- ㅇ (가)는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. H는 h에 대해, T는 t에 대해 각각 완전 우성이다.
- ㅇ (가)의 유전자와 (나)의 유전자 중 하나는 ABO식 혈액형 유전자와 같은 염색체에 있고, 나머지 하나는 X 염색체에 있다.
- ㅇ 표는 구성원의 성별, ABO식 혈액형과 (가), (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.

구분	성별	혈액형	(가)	(나)
아버지	남	A형	×	×
어머니	여	B형	×	○
자녀 1	남	AB형	○	×
자녀 2	여	B형	○	×
자녀 3	여	A형	×	○

(○ : 발현됨, × : 발현 안 됨)

- ㅇ 아버지와 어머니 중 한 명의 생식세포 형성 과정에서 대립유전자 ㉠이 대립유전자 ㉡으로 바뀌는 돌연변이가 1회 일어나 ㉡을 갖는 생식세포가 형성되었다. 이 생식세포가 정상 생식세포와 수정되어 자녀 1이 태어났다. ㉠과 ㉡은 (가)와 (나) 중 한 가지 형질을 결정하는 서로 다른 대립유전자이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

2023 대비 6월 모평 19

[보기]

ㄱ. (나)는 열성 형질이다.
ㄴ. ㉠은 H이다.
ㄷ. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이의 혈액형이 O형이면서 (가)와 (나)가 모두 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{8}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

✪ 이 문제는 자녀 1에서 (가)가 발현되는 것을 통해 유전자 돌연변이가 일어난 유전자를 파악하는 것이 이 문제 풀이의 핵심 KEY이다.

| 문제 해결 과정 |

step 1 (가)에 대해 분석하기

- (가)가 발현되지 않은 부모로부터 (가)가 발현된 자녀 2가 태어났으므로 (가)는 (1) 형질이다. ➡ H 정상>h (가)
- 만약 (가)가 X 염색체 유전이라면 자녀 2의 유전자형은 X^hX^h이므로 아버지의 유전자형은 X^hY로 (가)가 발현되어야 하는데, 아버지는 (가)가 발현되지 않는다. 따라서 (가)는 상염색체 유전이며, (가)의 유전자는 ABO식 혈액형 유전자와 같은 상염색체에 있다.

step 2 (나)에 대해 분석하기

- (가)가 상염색체 유전이므로 (나)는 X 염색체 유전이다.
- (나)가 발현되지 않은 아버지로부터 (나)가 발현된 자녀 3(딸)이 태어났으므로 자녀 3의 (나)의 유전자형은 이형 접합성이고, (나)는 (2) 형질이다.
  ➡ T (나)>t 정상
- 이로부터 파악되는 (나)의 유전자형은 아버지가 X^tY, 어머니가 X^TX^t, 자녀 2가 X^tX^t, 자녀 3이 X^TX^t이다.

step 3 가족 구성원의 ABO식 혈액형의 유전자형 및 ㉠과 ㉡ 파악하기

- A형인 아버지와 B형인 어머니 사이에 A형과 B형인 자녀가 태어났으므로 유전자형은 아버지가 AO, 어머니가 BO, 자녀 1이 AB, 자녀 2가 BO, 자녀 3이 AO이다.
- 자녀 1의 ABO식 혈액형 유전자형은 AB이므로 아버지로부터 AH, 어머니로부터 Bh를 물려받아서 자녀 1의 (가)와 ABO식 혈액형의 유전자 구성은 AH/Bh이다. 이 경우 (가)의 유전자형이 Hh이므로 열성 형질인 (가)가 발현되지 않아야 하는데 자녀 1은 (가)가 발현되므로 모순이다.
- 따라서 아버지의 정자 형성 과정에서 대립유전자 (3)(㉠)가 대립유전자 (4)(㉡)으로 바뀌는 돌연변이가 일어나서 자녀 1의 유전자 구성이 Ah/Bh가 되었다.

| 보기 분석 |

ㄱ. (나)는 열성 형질이다. (×)

- (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. (나)가 발현되지 않은 아버지로부터 (나)가 발현된 자녀 3(딸)이 태어났으므로 자녀 3의 (나)의 유전자형은 이형 접합성이고, (나)는 우성 형질이다.

ㄴ. ㉠은 H이다. (○)

- 아버지로부터 H, 어머니로부터 h를 물려받아야 할 자녀 1에서 열성 형질인 (가)가 발현되었으므로 아버지의 정자 형성 과정에서 대립유전자 H가 h로 바뀌는 돌연변이가 일어났다. 따라서 ㉠은 H, ㉡은 h이다.

ㄷ. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이의 혈액형이 O형이면서 (가)와 (나)가 모두 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{8}$이다. (○)

- 아버지(AH/Oh, X^tY)와 어머니(Bh/OH, X^TX^t) 사이에서 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이의 혈액형이 O형이면서 (가)가 발현되지 않을 확률(Oh/OH)은 (5)이며, (나)가 발현되지 않을 확률(X^tX^t, X^tY)은 $\frac{1}{2}$이다.
- 따라서 구하고자 하는 확률은 $\frac{1}{4}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{8}$이다.

∴ 정답은 ⑤ ㄴ, ㄷ이다.

☑ 이 유형을 대비하기 위해서는 가족 구성원의 대립유전자 구성과 표현형을 통해 어떤 대립유전자에서 돌연변이가 일어났는지 추론하는 연습을 해야 한다.

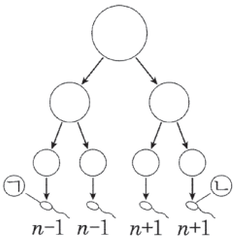
[정답] 1 열성 2 우성 3 H 4 h 5 $\frac{1}{4}$

22 DAY

1 염색체 유전에 의한 유전병

M01 ❀❀❀ 2020(3월)/교육청 12

그림은 어떤 사람에서 정자가 형성되는 과정과 각 정자의 핵상을 나타낸 것이다. 감수 1분열에서 성염색체의 비분리가 1회 일어났다.



이에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.) (3점)

[보기]

ㄱ. ㉠에 X염색체가 있다.
ㄴ. ㉡에 22개의 상염색체가 있다.
ㄷ. ㉡과 정상 난자가 수정되어 태어난 아이에게서 터너 증후군이 나타난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

M02 ❀❀❀ 2018(3월)/교육청 13

다음은 영희네 가족의 어떤 유전병에 대한 자료이다.

- 이 유전병은 정상 대립유전자 A와 유전병 대립유전자 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- 아버지와 어머니는 각각 A와 a 중 한 가지만 가진다.
- 표는 영희네 가족 구성원의 유전병 유무를 나타낸 것이다.

구분	아버지	어머니	오빠	영희	남동생
유전병	×	○	○	×	×

(○: 있음, ×: 없음)

- 감수 분열 시 ㉠염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 정자가 정상 난자와 수정되어 남동생이 태어났으며, 남동생의 성염색체는 XXY이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 다른 돌연변이는 고려하지 않는다.) (3점)

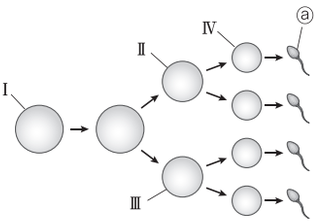
[보기]

ㄱ. 이 유전병 유전자는 상염색체에 있다.
ㄴ. 오빠와 남동생의 체세포 1개당 a의 상대량은 같다.
ㄷ. ㉠은 감수 2분열에서 일어났다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

M03 ✪ 2등급 킬러 2019(9월)/평가원 9

사람의 유전 형질 (가)는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정되며, (가)를 결정하는 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 존재한다. 그림은 어떤 사람의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣에 들어 있는 세포 1개당 대립유전자 H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. 이 정자 형성 과정에서 21번 염색체의 비분리가 1회 일어났고, ㉠~㉣은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
㉠	2
㉡	3
㉢	3
㉣	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

[보기]

ㄱ. ㉣은 Ⅱ이다.
ㄴ. 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.
ㄷ. 정자 ⓐ와 정상 난자가 수정되어 태어난 아이는 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

M04 ✪ 2등급 킬러 2018(4월)/교육청 17

다음은 철수네 가족의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 A와 A*에 의해, (나)는 대립유전자 B와 B*에 의해 결정되며, 각 대립유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.
- 표는 철수네 가족 구성원에서 (가)와 (나)의 발현 여부와 체세포 1개당 A*와 B*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. 구성원 ㉠~㉢은 아버지, 어머니, 누나를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원	유전 형질		DNA 상대량	
	(가)	(나)	A*	B*
㉠	×	○	1	1
㉡	○	×	2	0
㉢	○	○	1	1
형	○	×	1	0
철수	×	○	1	2

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)

- 감수 분열 시 염색체 비분리가 1회 일어난 정자 ⓐ와 정상 난자가 수정되어 철수가 태어났다. 철수의 체세포 1개당 염색체 수는 47개이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차와 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이는 고려하지 않으며, A, A*, B, B* 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.) (3점)

[보기]

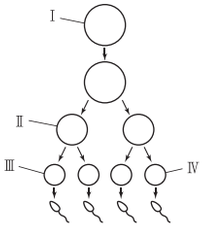
ㄱ. (나)의 유전자는 상염색체에 있다.
ㄴ. 누나는 어머니에게서 A*와 B를 물려받았다.
ㄷ. ⓐ가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

M05 ✪ 2등급 킬러 2017(10월)/교육청 11

다음은 유전자형이 AaBbDd인 어떤 동물의 감수 분열에 대한 자료이다.

- A와 a, B와 b, D와 d는 각각 세 형질에 대한 대립유전자이며, 이 중 두 형질에 대한 유전자는 같은 염색체에 있다.
- 그림은 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉣의 세포 1개당 대립유전자 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.



세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
㉠	1	?	ⓐ	ⓑ	1	1
㉡	0	2	2	?	?	0
㉢	1	ⓒ	1	1	?	1
㉣	?	?	ⓓ	2	2	?

- 감수 1분열과 2분열에서 염색체 비분리가 각각 1회씩 일어났으며, ㉠~㉣은 각각 Ⅰ~Ⅳ 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 같고, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (3점)

[보기]

ㄱ. ㉡은 Ⅱ이다.
ㄴ. ⓐ+ⓑ=ⓒ+ⓓ이다.
ㄷ. Ⅰ에서 A와 b가 같은 염색체에 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

22 DAY

❖ 정답 및 해설 385~388p

M31 ✪ 1등급 킬러 2023 대비 수능 17

다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- 표는 이 가족 구성원의 체세포에서 대립유전자 ⓐ~ⓓ의 유무와 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 나타낸 것이다. ⓐ~ⓓ는 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉤은 0, 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	대립유전자				대문자로 표시되는 대립유전자의 수
	ⓐ	ⓑ	ⓒ	ⓓ	
아버지	○	○	×	○	㉠
어머니	○	○	○	○	㉡
자녀 1	?	×	×	○	㉢
자녀 2	○	○	?	×	㉣
자녀 3	○	?	○	×	㉤

(○: 있음, ×: 없음)

- 아버지의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 정자 P가 형성되었다. P와 정상 난자가 수정되어 자녀 3이 태어났다.
- 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (3점)

[보기]

ㄱ. 아버지는 t를 갖는다.
ㄴ. ⓐ는 ⓒ와 대립유전자이다.
ㄷ. 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

M32 ✪ 1등급 킬러 2022 실시 10월 학평 18

다음은 어떤 가족의 ABO식 혈액형과 적록 색맹에 대한 자료이다.

- 표는 구성원의 성별과 각각의 혈청을 자녀 1의 적혈구와 혼합했을 때 응집 여부를 나타낸 것이다. ⓐ와 ⓑ는 각각 '응집됨'과 '응집 안 됨' 중 하나이다.

구성원	성별	응집 여부
아버지	남	ⓐ
어머니	여	ⓐ
자녀 1	남	응집 안 됨
자녀 2	여	ⓑ
자녀 3	여	ⓑ

- 아버지, 어머니, 자녀 2, 자녀 3의 ABO식 혈액형은 서로 다르고, 자녀 1의 ABO식 혈액형은 A형이다.
- 구성원의 핵형은 모두 정상이다.
- 구성원 중 자녀 2만 적록 색맹이 나타난다.
- 자녀 2는 정자 Ⅰ과 난자 Ⅱ가 수정되어 태어났고, 자녀 3은 정자 Ⅲ과 난자 Ⅳ가 수정되어 태어났다. Ⅰ ~ Ⅳ가 형성될 때 각각 염색체 비분리가 1회 일어났다.
- 세포 1개당 염색체 수는 Ⅰ과 Ⅲ이 같다.

이에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형 이외의 혈액형은 고려하지 않으며, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.) (3점)

[보기]

ㄱ. 세포 1개당 X 염색체 수는 Ⅲ이 Ⅰ보다 크다.
ㄴ. 아버지의 ABO식 혈액형은 A형이다.
ㄷ. Ⅳ가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

❖ 정답 및 해설 404 ~ 407p

M33 ✪ 1등급 킬러 2022 실시 4월 학평 19

다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 상염색체에 있는 한 쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다.
- D는 E, F에 대해, E는 F에 대해 각각 완전 우성이다.
- 표는 이 가족 구성원의 (가)의 3가지 표현형 ⓐ~ⓒ와 체세포 1개당 ㉠~㉢의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠, ㉡, ㉢은 D, E, F를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원		아버지	어머니	자녀 1	자녀 2	자녀 3
표현형		ⓐ	ⓑ	ⓐ	ⓑ	ⓒ
DNA 상대량	㉠	1	1	0	2	2
	㉡	1	0	?	0	?
	㉢	0	?	1	?	0

- 정상 난자와 생식세포 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 정자 P가 수정되어 자녀 ㉮가 태어났다. ㉮는 자녀 1~3 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D, E, F 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) (3점)

[보기]

ㄱ. ㉡은 D이다.
ㄴ. 자녀 2에서 체세포 1개당 ㉢의 DNA 상대량은 0이다.
ㄷ. P가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

M34 ✪ 1등급 킬러 2023 대비 6월 모평 19

다음은 어떤 가족의 ABO식 혈액형과 유전 형질 (가), (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. H는 h에 대해, T는 t에 대해 각각 완전 우성이다.
- (가)의 유전자와 (나)의 유전자 중 하나는 ABO식 혈액형 유전자와 같은 염색체에 있고, 나머지 하나는 X 염색체에 있다.
- 표는 구성원의 성별, ABO식 혈액형과 (가), (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.

구분	성별	혈액형	(가)	(나)
아버지	남	A형	×	×
어머니	여	B형	×	○
자녀 1	남	AB형	○	×
자녀 2	여	B형	○	×
자녀 3	여	A형	×	○

(○ : 발현됨, × : 발현 안 됨)

- 아버지와 어머니 중 한 명의 생식세포 형성 과정에서 대립유전자 ㉠이 대립유전자 ㉡으로 바뀌는 돌연변이가 1회 일어나 ㉡을 갖는 생식세포가 형성되었다. 이 생식세포가 정상 생식세포와 수정되어 자녀 1이 태어났다. ㉠과 ㉡은 (가)와 (나) 중 한 가지 형질을 결정하는 서로 다른 대립유전자이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[보기]

ㄱ. (나)는 열성 형질이다.
ㄴ. ㉠은 H이다.
ㄷ. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이의 혈액형이 O형이면서 (가)와 (나)가 모두 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{8}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

새교육과정

최신 연도별 모의고사 10회

01회 2022 실시 3월 학력평가

02회 2022 실시 4월 학력평가

03회 2022 대비 6월 모의평가

04회 2023 대비 6월 모의평가

05회 2022 실시 7월 학력평가

06회 2022 대비 9월 모의평가

07회 2023 대비 9월 모의평가

08회 2022 실시 10월 학력평가

09회 2022 대비 대학수학능력시험

10회 2023 대비 대학수학능력시험



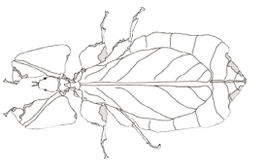
제 1 회

과학탐구 영역(생명과학 Ⅰ)

＊정답 및 해설 509～510p

1. 다음은 가랑잎벌레에 대한 자료이다.

㉠ 몸의 형태가 주변의 잎과 비슷하여 포식자의 눈에 잘 띄지 않는 가랑잎벌레는 참나무나 산딸기 등의 잎을 먹어 ㉡ 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는다.

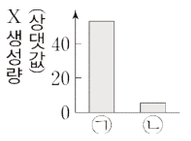


㉠과 ㉡에 나타난 생물의 특성으로 가장 적절한 것은?

	㉠	㉡
①	적응과 진화	발생과 생장
②	적응과 진화	물질대사
③	물질대사	적응과 진화
④	항상성	적응과 진화
⑤	항상성	물질대사

2. 다음은 어떤 과학자가 수행한 탐구이다.

(가) 아스피린은 사람의 세포에서 통증을 유발하는 물질 X의 생성을 억제할 것으로 생각하였다.
(나) 사람에서 얻은 세포를 집단 ㉠과 ㉡으로 나눈 후 둘 중 하나에 아스피린 처리를 하였다.
(다) ㉠과 ㉡에서 단위 시간당 X의 생성량을 측정한 결과는 그림과 같았다.
(라) 아스피린은 X의 생성을 억제한다는 결론을 내렸다.



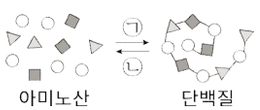
이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 아스피린 처리의 여부 이외의 조건은 같다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. 대조 실험이 수행되었다.
ㄴ. 아스피린 처리의 여부는 종속변인이다.
ㄷ. 아스피린 처리를 한 집단은 ㉠이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

3. 그림은 사람에서 일어나는 물질대사 과정 ㉠과 ㉡을 나타낸 것이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. ㉠에서 동화 작용이 일어난다.
ㄴ. ㉡에서 에너지가 방출된다.
ㄷ. ㉡에 효소가 관여한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

4. 표 (가)는 사람의 기관이 가질 수 있는 3가지 특징을, (나)는 (가)의 특징 중 심장과 기관 A, B가 갖는 특징의 개수를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 방광과 소장 중 하나이다.

특징
• 오줌을 저장한다.
• 순환계에 속한다.
• 자율 신경과 연결된다.

(가)

기관	특징의 개수
심장	㉠
A	2
B	1

(나)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

< 보 기 >

ㄱ. ㉠은 1이다.
ㄴ. A는 방광이다.
ㄷ. B에서 아미노산이 흡수된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

5. 표는 사람에게서 발병하는 3가지 질병의 특징을 나타낸 것이다.

질병	특징
결핵	치료에 항생제가 사용된다.
페닐케톤뇨증	(가)
후천성 면역 결핍증(AIDS)	(나)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 결핵은 세균성 질병이다.
ㄴ. '유전병이다.'는 (가)에 해당한다.
ㄷ. '병원체는 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)이다.'는 (나)에 해당한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

6. 그림은 서로 다른 종인 동물 A($2n=8$)와 B($2n=6$)의 세포 (가)~(다) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. A와 B의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

ㄱ. (가)는 A의 세포이다.
ㄴ. A와 B는 모두 암컷이다.
ㄷ. (나)의 상염색체 수와 (다)의 염색체 수는 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

다시는 틀리지 않게 해 주는 입체 첨삭 해설!

문제+자료 분석
제시된 자료를 자세하게 분석해 줍니다.

출제 개념
문제의 핵심 주제를 제시합니다.

자료 설명
정답을 찾을 수 있는 중요 힌트를 알려 줍니다.

정답 첨삭 해설
정확한 정답을 확인할 수 있도록 선택지를 꼼꼼하게 분석했습니다.

오답 첨삭 해설
정답이 아닌 이유를 한눈에 확인할 수 있도록 키워드 중심으로 알려줍니다.

수험장 생생 체험
선배들이 수험장에서 직접 사용하는 문제 풀이법을 알려줍니다.

문제 풀이 Tip
빠르게 풀이할 수 있도록 문제 푸는 법을 알려줍니다.

정답률
교육청 자료, 기타 기관 공지 자료와 내부 검토 과정을 거쳐 제시됩니다.

출처
출제된 기관과 시기를 알려 줍니다.

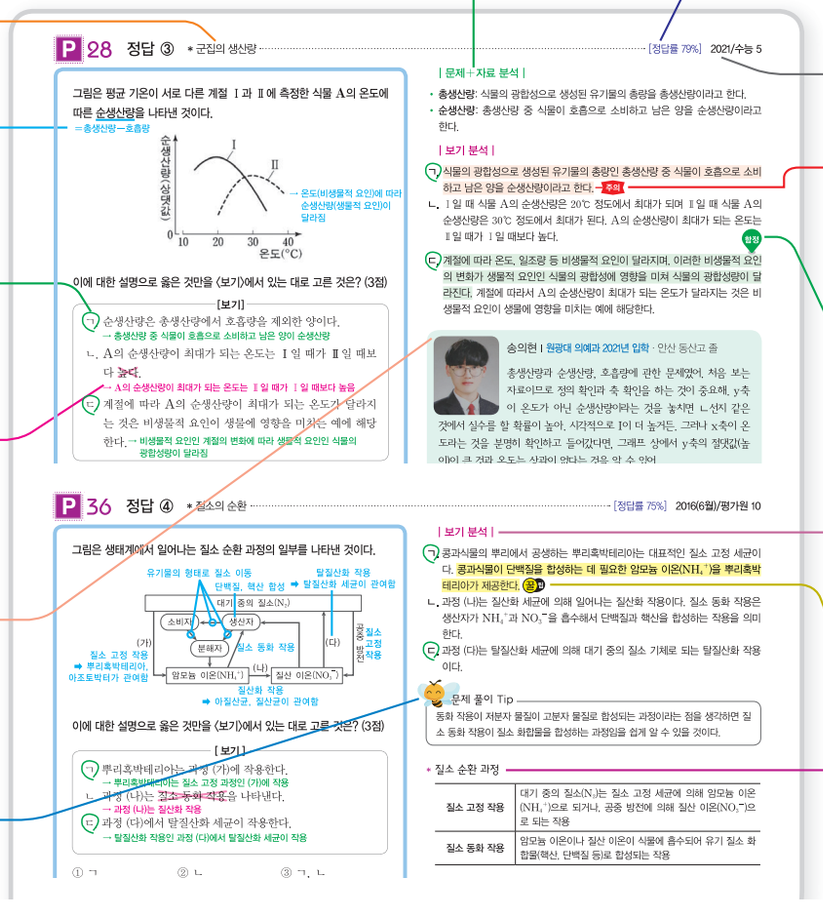
주의
풀이 과정에서 주어진 조건을 빼먹거나 잘못 이용할 가능성이 있을 때, 적절한 주의를 주어서 올바른 풀이로 나아갈 수 있도록 한 코너입니다.

함정
개념을 정확히 이해하지 못한다면 반드시 빠지게 되어 있는 함정을 체크해주고 해결할 수 있는 방법을 제시하였습니다.

보기 분석
보기별로 정답과 오답인 이유를 자세하고 알기 쉽게 분석합니다.

꿀팁
꼭 암기해야 할 부분을 알려줍니다.

수능 핵강
문제와 관련된 핵심 개념을 정리하여 수록하였습니다.



P 28 정답 ③ * 군집의 생산량 [정답률 79%] 2021/수능 5

그림은 평균 기온이 서로 다른 계절 Ⅰ과 Ⅱ에 측정한 식물 A의 온도에 따른 순생산량을 나타낸 것이다.
=총생산량−호흡량

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (3점)

〔보기〕
ㄱ. 순생산량은 총생산량에서 호흡량을 제외한 양이다.
→ 총생산량 중 식물이 호흡으로 소비하고 남은 양이 순생산량
ㄴ. A의 순생산량이 최대가 되는 온도는 Ⅰ일 때가 Ⅱ일 때보다 높다.
→ A의 순생산량이 최대가 되는 온도는 Ⅱ일 때가 Ⅰ일 때보다 높음
ㄷ. 계절에 따라 A의 순생산량이 최대가 되는 온도가 달라지는 것은 비생물적 요인이 생물에 영향을 미치는 예에 해당한다. → 비생물적 요인인 계절의 변화에 따라 생물적 요인인 식물의 광합성량이 달라짐

| 문제+자료 분석 |
• 총생산량: 식물의 광합성으로 생성된 유기물의 총량을 총생산량이라고 한다.
• 순생산량: 총생산량 중 식물이 호흡으로 소비하고 남은 양을 순생산량이라고 한다.

| 보기 분석 |
ㄱ. 식물의 광합성으로 생성된 유기물의 총량인 총생산량 중 식물이 호흡으로 소비하고 남은 양을 순생산량이라고 한다. → 주의
ㄴ. Ⅰ일 때 식물 A의 순생산량은 20℃ 정도에서 최대가 되며 Ⅱ일 때 식물 A의 순생산량은 30℃ 정도에서 최대가 된다. A의 순생산량이 최대가 되는 온도는 Ⅱ일 때가 Ⅰ일 때보다 높다. 함정
ㄷ. 계절에 따라 온도, 일조량 등 비생물적 요인이 달라지며, 이러한 비생물적 요인의 변화가 생물적 요인인 식물의 광합성에 영향을 미쳐 식물의 광합성량이 달라진다. 계절에 따라서 A의 순생산량이 최대가 되는 온도가 달라지는 것은 비생물적 요인이 생물에 영향을 미치는 예에 해당한다.

송의현 | 원광대 의예과 2021년 입학 · 안산 동산고 졸
총생산량과 순생산량, 호흡량에 관한 문제였어. 처음 보는 자료이므로 정의 확인과 축 확인을 하는 것이 중요해. y축이 온도가 아닌 순생산량이라는 것을 놓치면 ㄴ선지 같은 것에서 실수를 할 확률이 높아. 시각적으로 I이 더 높거든. 그러나 x축이 온도라는 것을 분명히 확인하고 들어갔다면, 그래프 상에서 y축의 절댓값(높이)이 큰 것과 온도는 상관이 없다는 것을 알 수 있어.

P 36 정답 ④ * 질소의 순환 [정답률 75%] 2016(6월)/평가원 10

그림은 생태계에서 일어나는 질소 순환 과정의 일부를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (3점)

〔보기〕
ㄱ. 뿌리혹박테리아는 과정 (가)에 작용한다.
→ 뿌리혹박테리아는 질소 고정 과정인 (가)에 작용
ㄴ. 과정 (나)는 질소 동화 작용을 나타낸다.
→ 과정 (나)는 질산화 작용
ㄷ. 과정 (다)에서 탈질산화 세균이 작용한다.
→ 탈질산화 작용인 과정 (다)에서 탈질산화 세균이 작용

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ

| 보기 분석 |
ㄱ. 콩과식물의 뿌리에서 공생하는 뿌리혹박테리아는 대표적인 질소 고정 세균이다. 콩과식물이 단백질을 합성하는 데 필요한 암모늄 이온(NH_4^+)을 뿌리혹박테리아가 제공한다. 정답
ㄴ. 과정 (나)는 질산화 세균에 의해 일어나는 질산화 작용이다. 질소 동화 작용은 생산자가 NH_4^+과 NO_3^-을 흡수해서 단백질과 핵산을 합성하는 작용을 의미한다.
ㄷ. 과정 (다)는 탈질산화 세균에 의해 대기 중의 질소 기체로 되는 탈질산화 작용이다.

문제 풀이 Tip
동화 작용이 저분자 물질이 고분자 물질로 합성되는 과정이라는 점을 생각하면 질소 동화 작용이 질소 화합물을 합성하는 과정임을 쉽게 알 수 있을 것이다.

* 질소 순환 과정

질소 고정 작용	대기 중의 질소(N_2)는 질소 고정 세균에 의해 암모늄 이온(NH_4^+)으로 되거나, 공중 방전에 의해 질산 이온(NO_3^-)으로 되는 작용
질소 동화 작용	암모늄 이온이나 질산 이온이 식물에 흡수되어 유기 질소 화합물(핵산, 단백질 등)로 합성되는 작용

★1등급 킬러 · 2등급 킬러 문제 특별 해설

2등급 킬러
정답률 40~55% 정도인 문제로 1등급으로 도약하기 위해 반드시 도전해야 하는 고난도의 문제입니다.

문제 분석
킬러 문제에서 묻고자 하는 내용이 무엇인지 확실히 알도록 제시해줍니다.

핵심 KEY
킬러 문제 풀이를 본격적으로 시작하기 전에 정답으로 가는 단서의 내용이 무엇인지 구체적으로 알려줍니다.

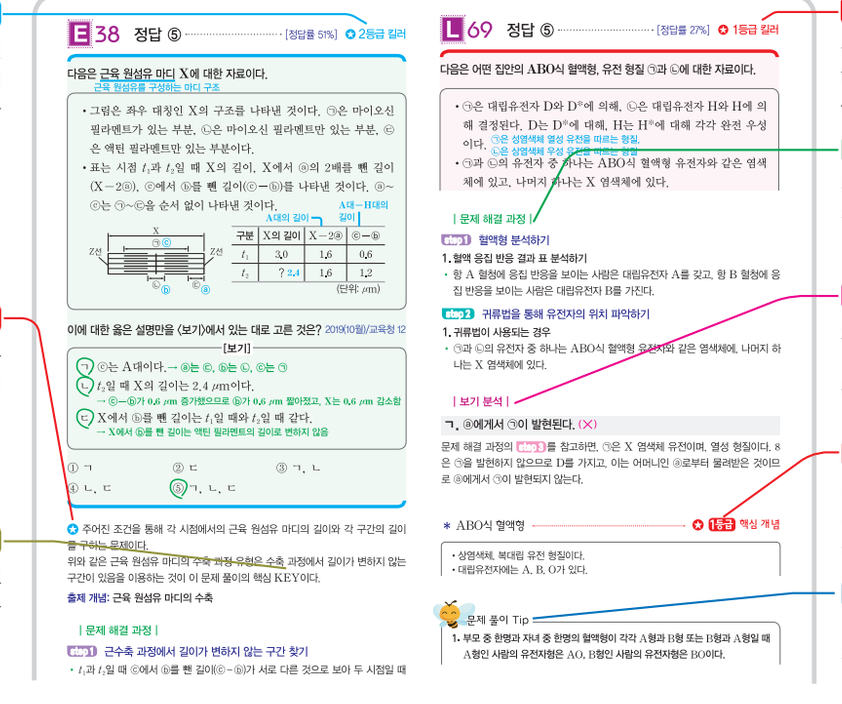
1등급 킬러
정답률 40% 이하인 문제로 1등급을 가르는 최고난도의 문제입니다.

문제 해결 과정
문제 해결 과정을 알려주어 유형 풀이법이 저절로 익혀지게 합니다.

보기 분석
오답과 정답인 이유를 기본 개념부터 자세하게 설명해 줍니다.

1등급 핵심 개념
해당 문제를 풀 때 꼭 알아야 하는 개념을 자세히 설명해 줍니다.

문제 풀이 Tip
쉽게 풀이할 수 있도록 문제 푸는 법을 알려줍니다.



E 38 정답 ⑤ [정답률 51%] 2등급 킬러

다음은 근육 원섬유 마디 X에 대한 자료이다.
근육 원섬유를 구성하는 마디 구조

• 그림은 좌우 대칭인 X의 구조를 나타낸 것이다. ㉠은 마이오신 필라멘트가 있는 부분, ㉡은 마이오신 필라멘트만 있는 부분, ㉢은 액틴 필라멘트만 있는 부분이다.
• 표는 시점 t_1과 t_2일 때 X의 길이, X에서 ⓐ의 2배를 뺀 길이(X−2ⓐ), ㉢에서 ⓑ를 뺀 길이(㉢−ⓑ)를 나타낸 것이다. ⓐ~ⓒ는 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다.

A대 − H대의 길이 | A대의 길이

구분	X의 길이	X−2ⓐ	㉢−ⓑ
t_1	3.0	1.6	0.6
t_2	? 2.4	1.6	1.2

(단위: μm)

이에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? 2019(10월)/교육청 12

〔보기〕
ㄱ. ㉢는 A대이다. → ⓐ는 ㉢, ⓑ는 ㉡, ⓒ는 ㉠
ㄴ. t_2일 때 X의 길이는 2.4 μm이다.
→ ㉢−ⓑ가 0.6 μm 증가했으므로 ⓑ가 0.6 μm 짧아졌고, X는 0.6 μm 감소함
ㄷ. X에서 ⓑ를 뺀 길이는 t_1일 때와 t_2일 때 같다.
→ X에서 ⓑ를 뺀 길이는 액틴 필라멘트의 길이로 변하지 않음

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

✪ 주어진 조건을 통해 각 시점에서의 근육 원섬유 마디의 길이와 각 구간의 길이를 구하는 문제이다.
위와 같은 근육 원섬유 마디의 수축 과정 유형은 수축 과정에서 길이가 변하지 않는 구간이 있음을 이용하는 것이 이 문제 풀이의 핵심 KEY이다.

출제 개념: 근육 원섬유 마디의 수축

| 문제 해결 과정 |
step 1 근수축 과정에서 길이가 변하지 않는 구간 찾기
• t_1과 t_2일 때 ㉡에서 ⓑ를 뺀 길이(㉡−ⓑ)가 서로 다른 것으로 보아 두 시점일 때

L 69 정답 ⑤ [정답률 27%] 1등급 킬러

다음은 어떤 집안의 ABO식 혈액형, 유전 형질 ㉠과 ㉡에 대한 자료이다.

• ㉠은 대립유전자 D와 D^a에 의해, ㉡은 대립유전자 H와 H^a에 의해 결정된다. D는 D^a에 대해, H는 H^a에 대해 각각 완전 우성이다. ㉠은 상염색체 열성 유전을 따르는 형질, ㉡은 상염색체 우성 유전을 따르는 형질
• ㉠과 ㉡의 유전자 중 하나는 ABO식 혈액형 유전자와 같은 염색체에 있고, 나머지 하나는 X 염색체에 있다.

| 문제 해결 과정 |
step 1 혈액형 분석하기
1. 혈액 응집 반응 결과 표 분석하기
• 항 A 혈청에 응집 반응을 보이는 사람은 대립유전자 A를 갖고, 항 B 혈청에 응집 반응을 보이는 사람은 대립유전자 B를 가진다.
step 2 귀류법을 통해 유전자의 위치 파악하기
1. 귀류법이 사용되는 경우
• ㉠과 ㉡의 유전자 중 하나는 ABO식 혈액형 유전자와 같은 염색체에, 나머지 하나는 X 염색체에 있다.

| 보기 분석 |
ㄱ. ⓐ에게서 ㉠이 발현된다. (×)
문제 해결 과정의 step 3를 참고하면, ㉠은 X 염색체 유전이며, 열성 형질이다. 8은 ㉠을 발현하지 않으므로 D를 가지고, 이는 어머니인 ⓐ로부터 물려받은 것이므로 ⓐ에게서 ㉠이 발현되지 않는다.

* ABO식 혈액형 1등급 핵심 개념
• 상염색체, 복대립 유전 형질이다.
• 대립유전자에는 A, B, O가 있다.

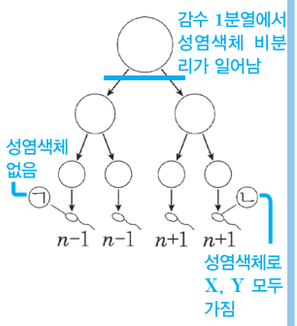
문제 풀이 Tip
1. 부모 중 한명과 자녀 중 한명의 혈액형이 각각 A형과 B형 또는 B형과 A형일 때 A형인 사람의 유전자형은 AO, B형인 사람의 유전자형은 BO이다.

문제편 p. 254~275

M 01 정답 ② * 염색체 비분리 [정답률 70%] 2020(3월)/교육청 12

그림은 어떤 사람에서 정자가 형성되는 과정과 각 정자의 핵상을 나타낸 것이다. 감수 1분열에서 성염색체의 비분리가 1회 일어났다.

이에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.) (3점)



[보기]

ㄱ. ㉠에 X염색체가 있다.
→ ㉠은 상염색체 22개, 성염색체 0개 존재

ㄴ. ㉡에 22개의 상염색체가 있다.
→ ㉡은 상염색체 22개, 성염색체 2개 존재

ㄷ. ㉡과 정상 난자가 수정되어 태어난 아이에게서 터너 증후군이 나타난다. → ㉡은 XY를 갖고, 정상 난자는 X를 가짐

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

| 문제+자료 분석 |

- 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 형성된 ㉠과 ㉡에서 ㉠은 핵상이 $n-1$이므로 성염색체를 갖지 않는다.
- ㉡은 핵상이 $n+1$이므로 성염색체를 2개 가진다.

| 보기 분석 |

ㄱ. 남자에서 정상 정자가 형성되면 정자는 성염색체로 X 또는 Y를 1개 갖는다. 그러나 감수 1분열 과정에서 성염색체 비분리가 일어나 형성된 정자는 성염색체를 갖지 않거나 성염색체로 X, Y를 모두 갖는다.
㉠은 핵상이 $n-1$이므로 정상 생식세포보다 염색체가 1개 적고, 성염색체를 갖지 않는다.

ㄴ. ㉡은 핵상이 $n+1$이므로 정상보다 성염색체가 1개 더 많고, 성염색체로 X와 Y를 모두 갖는다.

ㄷ. 터너 증후군 환자의 염색체 구성은 $2n-1=44+X$이므로 성염색체로 X를 1개만 갖는다.
성염색체로 X와 Y를 모두 갖는 ㉡과 성염색체로 X를 갖는 정상 난자가 수정되어 태어난 아이는 성염색체 구성이 XXY이고, 이 아이는 클라인펠터 증후군을 나타낸다.

* 염색체 비분리 시기에 따른 딸세포의 염색체 구성

감수 1분열에서 염색체 비분리	형성되는 모든 생식세포의 염색체 수는 정상보다 많거나 적다.
감수 2분열에서 염색체 비분리	염색체 수가 정상인 생식세포와 정상보다 많거나 적은 생식세포가 형성된다.

M 02 정답 ② * 염색체 비분리 [정답률 57%] 2018(3월)/교육청 13

다음은 영희네 가족의 어떤 유전병에 대한 자료이다.

아버지와 어머니가 각각 A와 a 중 한 가지만 가지는데, 자녀의 성별에 따라 형질이 다름 → X 염색체 유전

- 이 유전병은 정상 대립유전자 A와 유전병 대립유전자 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- 아버지와 어머니는 각각 A와 a 중 한 가지만 가진다.
- 표는 영희네 가족 구성원의 유전병 유무를 나타낸 것이다.

구분	아버지 (X^AY)	어머니 (X^aX^a)	오빠 (X^aY)	영희 (X^AX^a)	남동생 (X^AX^aY)
유전병	×	○	○	×	×

(○: 있음, ×: 없음)

- 감수 분열 시 ㉠염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 정자가 정상 난자와 수정되어 남동생이 태어났으며, 남동생의 성염색체는 XXY이다.

유전병에 대해 정상이면서 XXY이므로 X^AX^aY

이에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 다른 돌연변이는 고려하지 않는다.) (3점)

[보기]

ㄱ. 이 유전병 유전자는 상염색체에 있다.
→ 유전병 유전자는 X 염색체에 위치

ㄴ. 오빠와 남동생의 체세포 1개당 a의 상대량은 같다.
→ 오빠는 X^aY, 남동생은 X^AX^aY로 체세포 1개당 a의 상대량이 같음

ㄷ. ㉠은 감수 2분열에서 일어났다.
→ 남동생이 아버지에게 X^AY를 받았으므로 ㉠은 감수 1분열에서 일어남

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

| 문제+자료 분석 |

- 아버지와 어머니가 각각 한 종류의 유전자만 가지고 있는데, 오빠와 영희의 유전병에 대한 형질이 다르게 나타났다. 이 정보를 통해 유전병 유전자는 X 염색체 위에 있으며, 아버지의 형질인 정상 형질이 유전병에 대해 우성이라는 것을 파악해야 한다.
- 남동생은 XXY인 클라인펠터 증후군인데, 유전병이 발현되지 않은 것은 아버지의 감수 1분열에서 비분리가 일어나 유전병에 대한 정상 유전자 A를 받은 것으로 판단할 수 있다.
- 남동생은 어머니에게서 유전병 유전자 a를 받았으나 유전병 유전자 a가 정상에 대해 열성이기 때문에 아버지에게서 받은 정상 유전자 A가 발현된 것이다.
- 비분리가 일어나지 않으면 아버지의 X 염색체는 아들에게 전해질 수 없는데, 감수 1분열의 비분리로 인해 X와 Y 염색체가 모두 아들에게 전달된 것이다.

| 보기 분석 |

ㄱ. 유전병 유전자가 상염색체에 있다면 형질이 서로 다른 아버지와 어머니가 각각 A와 a 중 하나의 유전자만 가질 때 자손의 형질은 모두 같아야 한다.
하지만 아들과 딸의 형질이 다른 것은 유전병 유전자가 X 염색체에 위치하기 때문이다. 또한 딸에게서 나타난 아버지의 형질이 우성임을 알 수 있다.

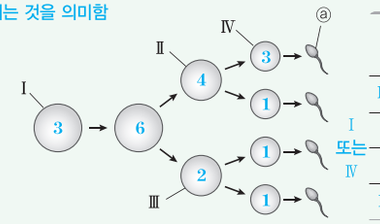
ㄴ. 오빠는 어머니에게서 a가 있는 X 염색체를 받고, 아버지에게서 Y 염색체를 받았다. 또한 남동생은 어머니에게서 a가 있는 X 염색체를 받고, 아버지에게서 A가 있는 X 염색체와 Y 염색체를 받았다. 따라서 오빠와 남동생의 체세포 1개당 a의 상대량은 같다.

ㄷ. ㉠에 의해 형성된 정자에 X 염색체와 Y 염색체가 모두 들어 있다.
X 염색체와 Y 염색체는 생식세포 분열 과정에서 상동 염색체처럼 행동하는데, 이들 염색체가 나누어지지 않았다는 것은 감수 1분열에서 비분리가 일어났음을 의미한다.

M 03 정답 ③ [정답률 49%] ✪ 2등급 킬러

사람의 유전 형질 (가)는 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정되며, (가)를 결정하는 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 존재한다. 그림은 어떤 사람의 G_1기 세포 Ⅰ로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠~㉤에 들어 있는 세포 1개당 대립유전자 H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. 이 정자 형성 과정에서 21번 염색체의 비분리가 1회 일어났고, ㉠~㉤은 Ⅰ~Ⅳ를 순서 없이 나타낸 것이다.

Hh에서 H가 감수 2분열에서 비분리되었다고 가정하면 Ⅳ에서 HHRt 또는 HHrT가 되는 것을 의미함



Ⅰ 또는 Ⅳ

세포	H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값
Ⅲ㉠	2
㉡	3
㉢	3
Ⅱ㉤	?4

이에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) 2019(9월)/평가원 9

[보기]

ㄱ. ㉤은 Ⅱ이다. → ㉠은 Ⅲ이고, ㉤은 Ⅱ

ㄴ. 염색체 비분리는 ~~감수 1분열에서~~ 일어났다.
→ 21번 염색체의 비분리는 Ⅱ가 Ⅳ되는 감수 2분열

ㄷ. 정자 ⓐ와 정상 난자가 수정되어 태어난 아이는 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.
→ ⓐ가 정상 난자와 수정되면 21번 염색체가 3개인 다운 증후군

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

✪ 주어진 조건을 추론하여 Ⅰ~Ⅳ와 ㉠~㉤을 매칭 시키는 문제이다.
위와 같은 유형은 감수 1분열 중기 세포의 DNA 상대량 값은 모두 짝수인 것을 이용해 DNA 상대량의 합도 짝수인 것을 파악하는 것이 이 문제 풀이의 핵심 KEY이다.

출제 개념: 세포 분열, 염색체의 비분리

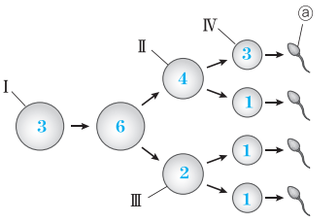
| 문제 해결 과정 |

step 1 Ⅰ~Ⅳ와 ㉠~㉤ 매칭 시키기

- G_1기인 Ⅰ로부터 DNA의 복제를 거쳐 감수 분열이 일어난다.
- Ⅱ와 Ⅲ은 감수 1분열이 완료되고 감수 2분열이 시작되기 전의 세포이므로 염색분체가 분리되기 전이다.
- 따라서 Ⅱ와 Ⅲ의 H, R, T의 DNA 상대량을 더한 값은 반드시 짝수이어야 하므로 Ⅱ와 Ⅲ은 각각 ㉠와 ㉤ 중 하나이며, 나머지 Ⅰ과 Ⅳ은 각각 ㉡과 ㉢ 중 하나이다.
- Ⅱ가 분열되어 Ⅳ가 만들어지므로 Ⅱ의 H, R, T의 DNA 상대량의 합은 Ⅳ의 H, R, T의 DNA 상대량의 합인 3보다 커야한다. 따라서 ㉠은 Ⅲ, ㉤은 Ⅱ이다.

step 2 ㉤의 H, R, T의 DNA 상대량의 합 파악하기

- Ⅰ에서 H, R, T의 DNA 상대량의 합이 3이고 Ⅰ에서 DNA 복제가 일어난 Ⅰ의 오른쪽 세포의 H, R, T의 DNA 상대량의 합이 6이므로 Ⅲ의 H, R, T의 DNA 상대량의 합인 2를 빼면 Ⅱ의 H, R, T의 DNA 상대량의 합은 4가 된다.
- 각 세포의 DNA 상대량을 나타내면 아래 그림과 같다.



step 3 염색체의 비분리가 일어난 시기 파악하기

1. 감수 1분열에서 염색체의 비분리가 일어난 경우

- 감수 1분열에서 염색체의 비분리가 일어나면 상동 염색체의 비분리가 일어난다.
- 이때 상동 염색체 쌍은 유전자 구성이 일치하지 않을 수 있으므로, 감수 1분열에서 염색체가 정상적으로 분리되어도 대립유전자의 DNA 상대량의 합은 다를 수 있다.

2. 감수 2분열에서 염색체의 비분리가 일어난 경우

- 감수 2분열에서 염색 분체가 정상적으로 분리된다면 2개의 딸세포는 유전적 구성이 일치하므로 대립유전자의 DNA 상대량의 합은 같아야 한다.
- Ⅱ에서 Ⅳ가 될 때 정상적으로 염색 분체가 분리되면 H, R, T의 DNA 상대량의 합이 2가 되어야 하는데, 3이 된 것을 통해 감수 2분열 비분리에 의해 Ⅳ는 21번 염색체를 2개 가짐을 알 수 있다.

| 보기 분석 |

ㄱ. ㉤은 Ⅱ이다. (○)

문제 해결 과정의 step 1을 참고하면, Ⅱ의 H, R, T의 DNA 상대량의 합은 Ⅳ의 H, R, T의 DNA 상대량의 합인 3보다 커야한다. 따라서 ㉤은 Ⅱ이다.

ㄴ. 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다. (×)

문제 해결 과정의 step 3을 참고하면, Ⅱ에서 Ⅳ가 될 때 염색체가 정상적으로 분리되면 Ⅳ의 DNA 상대량이 2가 되어야한다. 하지만 DNA 상대량이 3이므로 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

ㄷ. 정자 ⓐ와 정상 난자가 수정되어 태어난 아이는 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다. (○)

정자 ⓐ는 21번 염색체를 2개 가지므로 정자 ⓐ가 정상 난자와 수정되어 태어나는 아이는 21번 염색체 3개를 가지는 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.

✪ **정답은 ③ ㄱ, ㄷ이다.**



문제 풀이 Tip

감수 2분열에서 염색체의 비분리가 일어난 경우

두 딸세포의 대립유전자의 DNA 상대량의 합이 같지 않다.

* 염색체 수 이상에 의한 유전병의 예 ✪ 2등급 핵심 개념

다운 증후군	• 21번 염색체가 3개이다. • 정신 지체, 머리가 작고 눈 사이가 멀다. • 핵상이 $2n+1=45+XY(XX)$이다.
터너 증후군	• 성염색체가 X이다. • 핵상이 $2n-1=44+X$이다. • 외관상 여자이나 난소의 발달이 불완전하다.
클라인펠터 증후군	• 성염색체가 XXY이다. • 핵상이 $2n+1=44+XXY$ • 외관상 남자이나 정소의 발달이 불완전하다.

M 04 정답 ④ ····· [정답률 40%] ✪ 2등급 킬러

다음은 철수네 가족의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 A와 A*에 의해, (나)는 대립유전자 B와 B*에 의해 결정되며, 각 대립유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.
- 표는 철수네 가족 구성원에서 (가)와 (나)의 발현 여부와 체세포 1개당 A*와 B*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. 구성원 ㉠~㉢은 아버지, 어머니, 누나를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원	유전 형질		DNA 상대량	
	(가)	(나)	A✪	B✪
㉠ 어머니	×	○	1	1
㉡ 누나	○	×	2	0
㉢ 아버지	○	○	1	1
형	○	×	1	0
철수	×	○	1	2

발현 안 됨 / A>A* 정상 (가) / B*>B (나) 정상

A*의 DNA 상대량이 같은데 형질이 다름 (○: 발현됨, ×: 발현 안 됨) — X 염색체 유전이며 ㉠은 女, ㉢은 男

- 감수 분열 시 염색체 비분리가 1회 일어난 정자 ⓐ와 정상 난자가 수정되어 철수가 태어났다. 철수의 체세포 1개당 염색체 수는 47개이다. $X^AX^{A^*}Y$로 성염색체 비분리

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차와 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이는 고려하지 않으며, A, A*, B, B* 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.) (3점) 2018(4월)/교육청 17

[보기]

ㄱ. (나)의 유전자는 상염색체에 있다. → (나)의 유전자는 상염색체에 있음

ㄴ. 누나는 어머니에게서 A*와 B를 물려받았다. → 누나는 어머니에게서 A*와 B를 물려받음

ㄷ. ⓐ가 형성될 때 염색체 비분리는 ~~감수 2분열~~에서 일어났다. → 아버지에게서 XY를 모두 받으므로 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어남

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

✪ 주어진 조건을 추론하여 (가), (나)의 유전자가 존재하는 염색체와 (가), (나)의 우열 관계를 파악하는 문제이다.
위와 같은 유형은 표에서 ㉠과 ㉢의 A*의 DNA 상대량이 1로 같지만 표현형이 다른 것을 통해 (가)의 유전자가 X 염색체에 존재하는 유전자임을 파악하는 것이 이 문제 풀이의 핵심 KEY이다.

출제 개념: 사람의 유전, 염색체의 비분리

| 문제 해결 과정 |

step 1 (가)에 대해 분석하기

- ㉡의 유전자형이 A*A*이고 (가)가 발현되므로 A*는 (가) 발현 유전자이고, A는 정상 유전자이다.
- 어떤 대립유전자에 대한 DNA 상대량 값이 같은데도 표현형이 다른 경우 그 유전자는 X 염색체에 존재한다.
  ⇨ 구성원 ㉠과 ㉢ 모두 A*에 대한 DNA 상대량이 1로 같은데 ㉠은 (가)가 발현되지 않고 ㉢은 (가)가 발현되므로 (가)는 X 염색체 유전이다.
- 또한 A*가 1개인데 (가)가 발현된 ㉢은 남자인 아버지이다. ㉡이 어머니라면 ㉠과 같은 딸이 태어날 수 없으므로 ㉠이 어머니, ㉡이 누나이다.
- 어머니는 (가)에 대한 유전자형이 이형 접합성인데 (가)에 대해 정상인 것으로 보아 (가)는 열성 형질이다.

step 2 (나)에 대해 분석하기

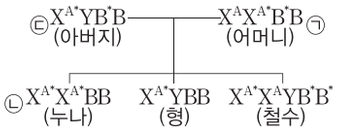
- 부모인 ㉠과 ㉢에서 모두 (나)가 발현되는데 (나)가 발현되지 않는 자식이 태어나므로 (나)는 정상에 대해 우성이다.
- 누나(㉡)는 (나)에 대한 유전자형이 BB이므로 B를 부모에게서 각각 받아야한다. 따라서 아버지의 (나)에 대한 유전자형은 BB*이며, (나)는 상염색체에 존재하는 유전자이다.

step 3 염색체의 비분리가 일어난 시기 파악하기

- 감수 분열 시 염색체 비분리가 1회 일어난 정자 ⓐ와 정상 난자가 수정되어 철수가 태어났다고 했다.
- 남자인 철수는 A*의 DNA 상대량이 1인데 (가)가 발현되지 않는다. 따라서 철수는 X^A를 가져야 하며, X^A를 어머니로부터 물려 받았음을 알 수 있다.
- 철수가 태어날 때 비분리는 정자 형성 과정에서 1회 일어났다고 했으므로 철수는 아버지에게서 $X^{A^*}Y$를 받았음을 알 수 있다.
- 따라서 철수는 성염색체로 $X^AX^{A^*}Y$를 가지며, 클라인펠터 증후군을 나타낸다.

step 4 구성원들의 (가), (나)에 대한 유전자형 나타내기

위의 내용을 토대로 가족 구성원의 유전자형을 나타내면 다음과 같다.



| 보기 분석 |

ㄱ. (나)의 유전자는 상염색체에 있다. (○)

- 문제 해결 과정 step 2를 참고하면, 누나의 (나)의 대한 유전자형이 BB이므로 아버지에게서 B를 받아야한다.
- DNA 상대량 표에서 아버지는 B* 유전자도 가지므로 아버지의 (나) 유전자형은 BB*이다. 따라서 (나)의 유전자는 상염색체 있다.

ㄴ. 누나는 어머니에게서 A*와 B를 물려받았다. (○)

문제 해결 과정 step 4를 참고하면, 누나는 어머니에게서 A*와 B를 물려받았다.

ㄷ. ⓐ가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다. (✕)

철수는 아버지에게서 $X^{A^*}Y$를 받았으므로 아버지에게서 XY를 받기 위해선 감수 1분열에서 비분리가 일어나야 한다.

✪ **정답은 ④ ㄱ, ㄴ이다.**



문제 풀이 Tip

1. **감수 1분열에서 염색체의 비분리가 일어난 경우**
   생식세포가 상동 염색체를 쌍으로 갖는다.
2. **감수 2분열에서 염색체의 비분리가 일어난 경우**
   생식세포가 상동 염색체 중 하나의 염색체를 복제된 형태로 2개 갖는다.

* 염색체 수 이상에 의한 유전병의 예 ····· ✪ 2등급 핵심 개념

다운 증후군	• 21번 염색체가 3개이다. • 정신 지체, 머리가 작고 눈 사이가 멀다. • 핵상이 $2n+1=45+XY(XX)$이다.
터너 증후군	• 성염색체가 X이다. • 핵상이 $2n-1=44+X$이다. • 외관상 여자이나 난소의 발달이 불완전하다.
클라인펠터 증후군	• 성염색체가 XXY이다. • 핵상이 $2n+1=44+XXY$ • 외관상 남자이나 정소의 발달이 불완전하다.

M 31 정답 ④ [정답률 28%] ✪ 1등급 킬러

다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다. 2023 대비 수능 17

- (가)는 서로 다른 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- 표는 이 가족 구성원의 체세포에서 대립유전자 ⓐ~ⓓ의 유무와 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 나타낸 것이다. ⓐ~ⓓ는 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉤은 0, 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	대립유전자 ⓐ 소	ⓑ 대	ⓒ 대	ⓓ 소	대문자로 표시되는 대립유전자의 수
아버지	○	○	×	○	㉠ 1
어머니	○	○	○	○	㉡ 2
자녀 1	?○	×	×	○	㉢ 0
자녀 2	○	○	?○	×	㉣ 3
자녀 3	○	?○	○	×	㉤ 4

(○: 있음, ×: 없음)

- 아버지의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 정자 P가 형성되었다. P와 정상 난자가 수정되어 자녀 3이 태어났다.
  ➡ P 형성 시 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어남
- 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) (3점)

[보기]

ㄱ. 아버지는 t를 갖는다.
아버지는 소문자 ⓐ와 ⓓ를 모두 가지므로 h와 t를 모두 갖음

ㄴ. ⓐ는 ⓒ와 대립유전자이다.
ⓐ와 ⓒ가 대립유전자이고, ⓑ와 ⓓ가 대립유전자임

ㄷ. 염색체 비분리는 ~~감수 1분열~~에서 일어났다.
염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어남

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

✪ 주어진 조건을 통해 대립유전자 쌍을 매칭하고, 가족 구성원의 유전자형을 추론하는 문제이다. 아버지가 동형 접합성으로 갖는 유전자는 자녀 모두 갖는다는 것을 파악하고, ⓐ를 대문자로 가정하였을 때 모순점이 나타나는 것을 파악하는 것이 이 문제 풀이의 핵심 KEY이다.

출제 개념: 다인자 유전

| 문제 해결 과정 |

step 1 ㉡ 확정하기 및 대립유전자 쌍 매칭하기

- 어머니는 대립유전자 ⓐ~ⓓ가 모두 있으므로 유전자형은 HhTt이며, 대문자로 표시되는 대립유전자의 수 ㉡은 2이다.
- 아버지는 ⓒ를 제외한 나머지 ⓐ, ⓑ, ⓓ가 있으므로 2쌍의 대립유전자 중 하나는 동형 접합성이며, 다른 한 쌍은 이형 접합성이다. 또한 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 1 또는 3이다.
- 아버지가 동형 접합성으로 갖는 유전자는 자녀 1과 2가 모두 가져야하므로 동형 접합성인 유전자의 유무는 아버지, 자녀 1, 자녀 2가 모두 '○'가 되어야 한다. 주의 이를 만족하는 것은 ⓐ이므로 아버지는 동형 접합성으로 ⓐⓐ를 갖고, 이형 접합성으로 ⓑⓓ를 갖는다.
- 이를 통해 ⓐ와 ⓒ가 서로 대립유전자이고, ⓑ와 ⓓ가 서로 대립유전자임을 알 수 있다.

step 2 가족 구성원의 유전자형을 파악하여 ㉠, ㉢, ㉣, ㉤ 확정하기

- 가족 구성원의 유전자형은 아버지가 ⓐⓐⓑⓓ, 자녀 1이 ⓐⓐⓓⓓ, 자녀 2가 ⓐ_ⓑⓑ이다.
- 만약 ⓐ가 대문자라면 가족 구성원은 모두 ⓐ를 가지므로 대문자를 적어도 1개 가진다. 이 경우 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 0인 구성원이 없으므로 모순이다. 따라서 ⓐ는 소문자로 확정된다.
- 위에서 아버지의 유전자형은 ⓐⓐⓑⓓ이고 대문자 수는 1 또는 3이라고 하였으므로 아버지의 대문자 수는 1(㉠)이다.
- 자녀 1의 유전자형은 ⓐⓐⓓⓓ이므로 대문자 수가 0 또는 2인데 어머니의 대문자 수가 2이므로 자녀 1의 대문자 수는 0(㉢)이다. 또한 ⓓ는 소문자, ⓑ는 대문자임을 알 수 있다.
- 자녀 2의 유전자형은 ⓐ_ⓑⓑ이므로 대문자 수는 3(㉣)이고, 유전자형은 ⓐⓒⓑⓑ이다. 나머지 자녀 3의 대문자 수는 4(㉤)이다.

step 3 정자 P 형성 과정에서 염색체 비분리 시기 파악하기

- 자녀 3의 대문자 수는 4(㉤)이므로 정상 난자로부터 대문자 ⓑ와 ⓒ를 받고, 정자 P로부터 ⓐ와 ⓑⓑ를 받은 것이다.
- 따라서 정자 P의 형성 과정에서 감수 2분열에서 비분리가 일어나 대문자 ⓑ를 2개 갖는 정자가 형성된 것이며, 자녀 3의 유전자형은 ⓐⓒⓑⓑⓑ이다.

| 보기 분석 |

ㄱ. 아버지는 t를 갖는다. (○)

- 문제 해결 과정의 step 2를 참고하면, 아버지의 유전자형은 ⓐⓐⓑⓓ이므로 소문자 ⓐ와 ⓓ를 모두 가진다. 즉 h와 t를 모두 갖는다.

ㄴ. ⓐ는 ⓒ와 대립유전자이다. (○)

- 문제 해결 과정의 step 1을 참고하면, ⓐ와 ⓒ가 서로 대립유전자이고, ⓑ와 ⓓ가 서로 대립유전자이다.

ㄷ. 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다. (×)

- 문제 해결 과정의 step 3를 참고하면, 자녀 3의 대문자 수는 4(㉤)이므로 정상 난자로부터 대문자 ⓑ와 ⓒ를 받고, 정자 P로부터 ⓐ와 ⓑⓑ를 받은 것이다. 따라서 정자 P의 형성 과정에서 감수 2분열에서 비분리가 일어나 대문자 ⓑ를 2개 갖는 정자가 형성된 것이다.

✪ 정답은 ④ ㄱ, ㄴ이다.



김보겸 2023 수능 응시 · 광주서석고 졸

체세포니까 핵상이 $2n$이고, 어머니가 ⓐ, ⓑ, ⓒ, ⓓ를 모두 가지니 어머니의 유전자형은 HhTt야. 따라서 ㉡은 2야. ㉤이 0이면 ⓑ, ⓓ 모두 대문자로 표시된 대립유전자인데, 그렇게 하면 ㉢이 2가 되어 ㉡과 같은 수를 나타내니 문제 조건에 안 맞네. 같은 방법으로 ㉣이 0이면 ⓒ, ⓓ가 대문자로 표시된 대립유전자이고, 마찬가지로 ㉢이 2가 되어 문제 조건에 안 맞게 돼. 그렇다고 ⓐ~ⓓ 중에 3개를 갖는 아버지가 대문자로 표시된 대립유전자를 1개도 안 가질 수는 없으니 ㉠도 0이 아니라서 남은 경우인 ㉢이 0이야.

M 32 정답 ③ ····· [정답률 38%] ✪ 1등급 킬러

다음은 어떤 가족의 ABO식 혈액형과 적록 색맹에 대한 자료이다.

○ 표는 구성원의 성별과 각각의 혈청을 자녀 1의 적혈구와 혼합했을 때 응집 여부를 나타낸 것이다. ⓐ와 ⓑ는 각각 '응집됨'과 '응집 안 됨' 중 하나이다.

구성원	성별	응집 여부
아버지 AB형	남	ⓐ ×
어머니 A형	여	ⓐ ×
자녀 1	남	응집 안 됨
자녀 2 B형	여	ⓑ ○
자녀 3 O형	여	ⓑ ○

○ 아버지, 어머니, 자녀 2, 자녀 3의 ABO식 혈액형은 서로 다르고, 자녀 1의 ABO식 혈액형은 A형이다.

○ 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

○ 구성원 중 자녀 2만 적록 색맹이 나타난다.
➡ 자녀 2는 아버지로부터 성염색체를 받지 못함

○ 자녀 2는 정자 Ⅰ과 난자 Ⅱ가 수정되어 태어났고, 자녀 3은 정자 Ⅲ과 난자 Ⅳ가 수정되어 태어났다. Ⅰ ~ Ⅳ가 형성될 때 각각 염색체 비분리가 1회 일어났다.

○ 세포 1개당 염색체 수는 Ⅰ과 Ⅲ이 같다.
➡ 정자 Ⅰ과 Ⅲ의 염색체 수는 22, 난자 Ⅱ와 Ⅳ의 염색체 수는 24

이에 대한 옳은 설명만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형 이외의 혈액형은 고려하지 않으며, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.) (3점) 2022 실시 10월 학평 18

[보기]

ㄱ. 세포 1개당 X 염색체 수는 Ⅲ이 Ⅰ보다 크다.
세포 1개당 X 염색체 수는 Ⅲ이 1, Ⅰ이 0

ㄴ. 아버지의 ABO식 혈액형은 A형이다.
아버지의 ABO식 혈액형은 AB형

ㄷ. Ⅳ가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.
Ⅳ가 형성될 때 감수 2분열에서 염색 분체의 비분리가 일어남

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

✪ 주어진 조건을 바탕으로 가족 구성원의 혈액형을 파악한 후 각각의 정자와 난자에서 어떤 염색체 비분리가 일어났는지 추론하는 문제이다. 부모의 혈청과 A형의 적혈구를 혼합했을 때의 응집 반응이 동일하면서 부모와 자녀의 ABO식 혈액형이 서로 다르려면 부모가 각각 AB형과 A형 중 하나임을 파악하는 것이 이 문제 풀이의 핵심 KEY이다.

출제 개념: 염색체 비분리

| 문제 해결 과정 |

step 1 Ⅰ과 Ⅱ의 염색체 비분리 파악하기

- 구성원 중 자녀 2(딸)만 적록 색맹이 나타난 것은 정상인 아버지로부터 성염색체를 받지 못한 것이다.
- 구성원의 핵형은 모두 정상이므로 자녀 2는 보인자인 어머니로부터 적록 색맹 유전자가 있는 염색체를 2개 받은 것을 알 수 있다.
- 정자 Ⅰ은 X 염색체가 없어 22개의 염색체를 가지고, 난자 Ⅱ는 X 염색체를 2개 가지므로 24개의 염색체를 가진다.

step 2 가족 구성원의 혈액형 파악하기

- A형의 적혈구와 혼합했을 때 응집하는 경우는 B형, O형이고 응집하지 않는 경우는 A형, AB형이다.
- A형의 적혈구와 부모의 혈청을 혼합했을 때의 응집 여부가 동일한데 부모의 혈액형 조합이 B형과 O형인 경우 A형인 자녀 1이 태어날 수 없다. 따라서 부모의 혈액형 조합은 A형, AB형이고 ⓐ는 '응집 안 됨'이다.
- ⓑ는 '응집됨'이므로 자녀 2, 3의 혈액형 조합은 B형, O형이다.

step 3 혈액형에 대한 염색체의 비분리 파악하기

- A형과 AB형의 부모 사이에서 O형인 자녀가 태어난 것은 염색체 비분리가 일어나 AB형으로부터 염색체를 받지 않고 A형으로부터 O 유전자가 있는 염색체를 2개 받은 것이다.
- 세포 1개당 염색체 수는 Ⅰ과 Ⅲ이 같으므로 정자 Ⅲ은 22개, 난자 Ⅳ는 24개의 염색체를 가진다.
- 정자 Ⅲ을 형성할 때 ABO식 혈액형에 대한 유전자가 존재하는 상염색체가 들어가지 않은 것이므로 아버지가 AB형이며, 어머니는 A형이다.
- 핵형이 정상인 O형 자녀가 태어나려면 난자 Ⅳ가 형성될 때 감수 2분열에서 염색 분체의 비분리가 일어나 O 유전자를 가지는 상염색체가 2개 들어가야 한다.

| 보기 분석 |

ㄱ. 세포 1개당 X 염색체 수는 Ⅲ이 Ⅰ보다 크다. (○)

- 문제 해결 과정의 step 1과 step 3를 참고하면, Ⅲ은 상염색체의 비분리가 일어났고 Ⅰ은 성염색체의 비분리가 일어났다.
- Ⅰ은 X 염색체를 가지지 않으며 Ⅲ은 정상적으로 X 염색체를 1개 가져 딸인 자녀 3이 태어났다. 따라서 세포 1개당 X 염색체 수는 Ⅲ이 1, Ⅰ이 0이므로 Ⅲ이 Ⅰ보다 크다.

ㄴ. 아버지의 ABO식 혈액형은 A형이다. (×)

- 문제 해결 과정의 step 3를 참고하면, A형과 AB형의 부모 사이에서 O형인 자녀가 태어난 것은 염색체 비분리가 일어나 AB형으로부터 염색체를 받지 않고 A형으로부터 O 유전자가 있는 염색체를 2개 받은 것이다.
- 세포 1개당 염색체 수는 Ⅰ과 Ⅲ이 같으므로 정자 Ⅲ은 22개, 난자 Ⅳ는 24개의 염색체를 가진다.
- 정자 Ⅲ을 형성할 때 ABO식 혈액형에 대한 유전자가 존재하는 상염색체가 들어가지 않은 것이므로 아버지가 AB형이며, 어머니는 A형이다.

ㄷ. Ⅳ가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다. (○)

- 문제 해결 과정의 step 3를 참고하면, Ⅳ가 형성될 때 감수 2분열에서 염색 분체의 비분리가 일어나 Ⅳ는 동일한 유전자를 가지는 상염색체를 2개 가진다.

✪ 정답은 ③ ㄱ, ㄷ이다.



문제 풀이 Tip

1. **같은 번호의 염색체에서 비분리가 일어나 22개의 염색체를 가지는 정자와 24개의 염색체를 가지는 난자가 수정되면 핵형이 정상인 자녀가 태어난다.**
염색체 비분리가 1회 일어난 정자와 난자가 수정되어 태어난 자녀의 핵형이 정상이라면 정자와 난자 중 하나의 염색체 수는 정상보다 적고 다른 하나의 염색체 수는 정상보다 많다.
2. **돌연변이가 일어나지 않았다면 적록 색맹인 여자의 아버지와 아들은 반드시 적록 색맹이다.**
딸이 적록 색맹인데 아버지가 정상인 경우 염색체 비분리가 일어나 아버지로부터 X 염색체를 받지 않은 것이다.

M 33 정답 ① ····· [정답률 24%] ✪ 1등급 킬러

다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- ㅇ (가)는 상염색체에 있는 한 쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다.
- ㅇ D는 E, F에 대해, E는 F에 대해 각각 완전 우성이다.
  ➡ D > E > F, 유전자형은 6가지, 표현형은 3가지
  ➡ 표현형이 같은 유전자형끼리 묶으면 DD, DE, DF / EE, EF / FF
- ㅇ 표는 이 가족 구성원의 (가)의 3가지 표현형 ⓐ~ⓒ와 체세포 1개당 ㉠~㉢의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠, ㉡, ㉢은 D, E, F를 순서 없이 나타낸 것이다.
  아버지와 어머니의 유전자형은 이형 접합성이면서 표현형이 서로 다름
  ⓒ의 표현형은 [F]로 확정됨

구성원		아버지	어머니	자녀 1	자녀 2	자녀 3
표현형 유전자형		ⓐ DF	ⓑ EF	ⓐ DE	ⓑ EFF	ⓒ FF
DNA 상대량	㉠ F	1	1	0	2	2
	㉡ D	1	0	?1	0	?0
	㉢ E	0	?1	1	?1	0

- ㅇ 정상 난자와 생식세포 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 정자 P가 수정되어 자녀 ㉮가 태어났다. ㉮는 자녀 1~3 중 하나이다. ➡ 자녀 ㉮는 자녀 2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D, E, F 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) (3점) 2022 실시 4월 학평 19

[보기]

ㄱ. ㉡은 D이다.
㉠은 F, ㉡은 D, ㉢은 E

ㄴ. 자녀 2에서 체세포 1개당 ㉢의 DNA 상대량은 0이다.
자녀 2에서 ㉢의 DNA 상대량은 1

ㄷ. P가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.
P가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어남

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

✪ 주어진 조건을 추론하여 염색체 비분리가 일어난 정자로부터 태어난 자녀 ㉮를 찾고 가족 구성원의 유전자형을 파악하는 문제이다.
자녀 2와 자녀 3 모두 ㉠의 DNA 상대량이 2인데 자녀 2의 표현형이 ⓑ, 자녀 3의 표현형이 ⓒ로 서로 다른 것을 통해 자녀 2와 3 중에 자녀 ㉮가 있다는 것을 파악하는 것이 이 문제 풀이의 핵심 KEY이다.

출제 개념: 염색체 비분리, 복대립 유전

| 문제 해결 과정 |

step 1 자녀 ㉮ 추론하기

- 자녀 2와 3은 ㉠의 DNA 상대량이 2로 동일한데 표현형이 ⓑ와 ⓒ로 서로 다르므로 둘 중 하나가 돌연변이로 태어난 ㉮이다.

step 2 ㉠~㉢과 D, E, F 매칭하기

- D는 E, F에 대해, E는 F에 대해 완전 우성이므로 표현형이 같은 유전자형끼리 묶으면 DD, DE, DF / EE, EF / FF이다.
- 아버지, 어머니의 체세포에는 돌연변이가 없으므로 아버지의 유전자형은 ㉠㉡이고, 어머니의 유전자형은 ㉠㉢이다.
- 아버지, 어머니의 유전자형이 이형 접합성이며, 표현형이 각각 ⓐ와 ⓑ로 서로 다르므로 ⓒ의 표현형은 [F]이다. 표현형 [F]는 유전자 F만 가지며, 표현형이 ⓒ인 자녀 3이 가지는 ㉠은 F이다.
- 아버지의 유전자형은 ㉠㉡이고 정상적으로 태어난 자녀 1의 유전자형은 ㉡㉢인데 모두 표현형이 ⓐ인 것을 통해 ㉡이 ㉠, ㉢에 대해 완전 우성인 것을 알 수 있다.
- 따라서 ㉡은 D이며, 나머지 ㉢은 E이다.
- 정리하면 ㉡(D) > ㉢(E) > ㉠(F)이며, 표현형은 ⓐ는 [D], ⓑ는 [E], ⓒ는 [F]이다.

step 3 자녀 ㉮ 확정하기

- 자녀 2는 F의 DNA 상대량이 2인데 표현형이 ⓑ(E)이므로 염색체 비분리에 의해 ㉢(E)이 존재하는 염색체를 1개 더 가지고 있다.
- 자녀 2의 유전자형은 ㉠㉠㉢이고, ㉮는 자녀 2이다.

| 보기 분석 |

ㄱ. ㉡은 D이다. (○)

- 문제 해결 과정의 step 2를 참고하면, ㉠은 F, ㉡은 D, ㉢은 E이다.

ㄴ. 자녀 2에서 체세포 1개당 ㉢의 DNA 상대량은 0이다. (×)

- 문제 해결 과정의 step 3을 참고하면, 자녀 2의 유전자형은 ㉠㉠㉢이다. 따라서 자녀 2에서 체세포 1개당 ㉢의 DNA 상대량은 1이다.

ㄷ. P가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다. (×)

- 아버지의 유전자형은 DF이고, 자녀 2의 유전자형은 EFF이다.
- 아버지의 정자 형성 과정에서 대립유전자 F를 가진 염색 분체가 비분리되어 자녀 2에게 FF를 물려준다. 따라서 P가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

✪ 정답은 ① ㄱ이다.



문제 풀이 Tip

우열이 분명한 3개의 대립유전자에 의해 결정되는 복대립 유전에서 표현형이 서로 다른 3명 중 2명이 모두 이형 접합성일 경우 나머지 1명은 가장 열성인 대립유전자를 동형 접합성으로 가진다.

3개의 대립유전자 D, E, F의 우열이 D > E > F일 때, DD, DE, DF의 표현형이 같고, EE, EF의 표현형이 같고, FF는 유일한 표현형을 보인다. 이형 접합성으로 대립유전자를 가지는 사람의 유전자형은 DE, DF, EF 중 하나이며, 이형 접합성을 가진 두 구성원들과 다른 표현형을 가지는 구성원의 유전자형은 FF일 수밖에 없다.

* 염색체 수 이상 ····· ✪ 1등급 핵심 개념

구분	감수 1분열에서 비분리	감수 2분열에서 비분리
핵상	$n-1$, $n-1$, $n+1$, $n+1$	n, n, $n-1$, $n+1$
특징	상동 염색체가 비분리되며, 염색체 수가 정상보다 많거나 적은 생식세포만 형성된다.	염색 분체가 분리되며, 염색체 수가 정상인 생식세포와 비정상인 생식세포가 형성된다.

1회 연도별 모의고사 2022 실시 3월 학력평가

1회 01 정답 ② * 생물의 특성 ····· [정답률 94%]

| 선택지 분석 | A 13 해설 참조

② 가랑잎벌레의 몸 형태가 주변의 잎과 비슷하여 포식자의 눈에 잘 띄지 않는 것(㉠)은 적응과 진화의 예이고, 가랑잎벌레가 먹은 먹이로부터 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 것(㉡)은 물질대사의 예이다.

1회 02 정답 ① * 연역적 탐구 방법 ····· [정답률 79%]

| 보기 분석 | A 20 해설 참조

ㄱ. 대조군을 실험군과 비교하는 대조 실험이 수행되었다.
ㄴ. 종속변인은 단위 시간당 물질 X의 생성량이고, 조작 변인이 아스피린 처리 여부이다.
ㄷ. 아스피린 처리를 한 집단은 ㉠에 비해 X의 생성량이 적은 ㉡이다.

1회 03 정답 ⑤ * 물질대사 ····· [정답률 88%]

| 보기 분석 | B 07 해설 참조

ㄱ. ㉠은 단백질을 구성하는 기본 단위인 아미노산 사이에 펩타이드 결합이 형성됨으로써 단백질이 합성되는 과정이므로 동화 작용이 일어난다.
ㄴ. ㉡에서 에너지가 방출되는 발열 반응이 일어난다.
ㄷ. ㉠(동화 작용)과 ㉡(이화 작용)을 포함하는 모든 물질대사 과정에 효소가 관여하여 반응을 촉매한다.

1회 04 정답 ④ * 기관계의 통합적 작용 ····· [정답률 72%]

| 보기 분석 | C 11 해설 참조

ㄱ. (가)의 특징 3가지 중 심장이 갖는 특징은 '순환계에 속한다.'와 '자율 신경과 연결된다.'이다. 따라서 ㉠은 2이다.
ㄴ. A는 방광이고, B는 소장이다.
ㄷ. 단백질이 분해되어 생성된 아미노산은 B(소장)의 융털 돌기의 모세혈관으로 흡수된다.

1회 05 정답 ⑤ * 질병의 구분 ····· [정답률 73%]

| 보기 분석 | H 30 해설 참조

ㄱ. 결핵은 세균성 질병이다.
ㄴ. '유전병이다.'는 페닐케톤뇨증의 특징인 (가)에 해당한다.
ㄷ. '병원체는 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)이다.'는 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 특징인 (나)에 해당한다.

1회 06 정답 ③ * 핵형 분석 ····· [정답률 68%]

| 보기 분석 | J 09 해설 참조

ㄱ. (가)와 (다)는 각각 핵상과 염색체 수가 $n=4$인 세포이므로 모두 체세포의 핵상과 염색체 수가 $2n=8$인 A의 감수 분열 과정에서 형성된 세포이다.
ㄴ. A의 세포인 (가)와 (다)에 각각 X 염색체와 Y 염색체가 있으므로 A는 성염색체가 XY인 수컷이다. 핵상이 $2n$인 B의 세포 (나)에 있는 각각의 상동 염색체 쌍은 서로 크기와 모양이 같으므로 B는 성염색체가 XX인 암컷이다.
ㄷ. 세포의 핵상과 염색체 수, 상염색체의 수와 성염색체 조합을 함께 표현하면 (나)가 $2n=6=4+XX$이고, (다)가 $n=4=3+Y$이다. 따라서 (나)의 상염색체 수와 (다)의 염색체 수는 모두 4로 서로 같다.

1회 07 정답 ① * 말초 신경계 ····· [정답률 58%]

| 보기 분석 | F 27 해설 참조

ㄱ. 눈에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 중간뇌(㉡)에 있으며, 팔의 골격근에 연결된 체성 신경의 신경 세포체는 척수(㉠)에 있다. 따라서 ㉠은 척수, ㉡은 중간뇌이다.
ㄴ. ⓐ는 중추 신경계와 반응 기관 사이에서 하나의 뉴런이 명령을 전달하며, 신경절이 없으므로 체성 신경에 속한다.
ㄷ. 부교감 신경을 구성하는 신경절 이전 뉴런과 신경절 이후 뉴런(ⓑ)의 축삭 돌기 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

1회 08 정답 ⑤ * 체세포 분열 ····· [정답률 65%]

| 보기 분석 | K 11 해설 참조

ㄱ. (가)는 체세포 분열에서 분열기(M기)의 후기의 세포이다. 따라서 감수 분열 과정에서 관찰되지 않는다.
ㄴ. ㉠은 막대 모양으로 응축된 염색체이며, 염색체의 구조를 형성하는 기본 구조인 뉴클레오솜이 ㉠의 구조를 형성하고 있으므로 ㉠에 뉴클레오솜이 있다.
ㄷ. 상동 염색체의 동일한 부위에 한 형질을 결정하는 대립유전자가 있으므로 ㉡에 A가 있다.

1회 09 정답 ④ * 특이적 방어 작용 ····· [정답률 65%]

| 보기 분석 | I 44 해설 참조

ㄱ. B 림프구는 골수(Bone marrow)에서 성숙하고, T 림프구는 가슴샘(Thymus gland)에서 성숙한다. 꿀팁
ㄴ. X의 2차 침입으로 ㉠이 ㉡으로 분화한다고 하였으므로 ㉠은 기억 세포이고, ㉡은 형질 세포이다.
ㄷ. X에 대한 체액성 면역 반응에서 X에 대한 항체가 X와 결합하는 (나)가 일어난다.

1회 10 정답 ② * 혈당량 조절 ····· [정답률 67%]

| 보기 분석 | G 25 해설 참조

ㄱ. A는 글리코젠, B는 포도당이다.
ㄴ. ㉡(인슐린)은 간에서 포도당이 글리코젠으로 전환되는 과정을 촉진하고, 조직 세포로의 포도당 흡수 과정을 촉진함으로써 혈당량을 감소시키는 호르몬이다.
ㄷ. 혈중 포도당 농도가 증가하면 이자의 β 세포로부터 인슐린(㉡)의 분비가 증가한다. 이로 인해 혈당량 감소를 일으키는 과정 Ⅱ가 촉진된다.

1회 11 정답 ④ * 흥분의 전도 ····· [정답률 64%]

| 보기 분석 | D 20 해설 참조

ㄱ. A의 d_2에서 ㉠이 3ms(Ⅱ)일 때의 막전위가 +30mV, ㉠이 4ms(Ⅰ)일 때의 막전위가 −80mV, ㉠이 5ms(Ⅲ)일 때의 막전위가 −70mV이다.
ㄴ. d_1으로부터 d_2까지의 거리는 2 cm이고, A의 d_1으로부터 d_2까지 흥분이 전도되는데 1ms가 걸리므로 A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이다. 흥분 전도 속도는 A가 B의 2배이므로 B의 흥분 전도 속도는 1 cm/ms이다.
ㄷ. ㉠이 5ms일 때 B의 d_3에 흥분이 도달한 후 막전위 변화 시간은 5−4=1ms이므로 B의 d_3에서의 막전위는 탈분극 과정에서의 −60mV이다.

1 판매량

1 만족도

1 평가도

수능 기출 문제 은행

Xistory stands for extra intensive story for an entrance examination for a university.

2024 수능 대비

Xi story

수능 1등급 비법 몽땅 수록

수험장 극비 노트

대한민국 No.1 수능기출 문제집

자이스토리

생명과학 Ⅰ

- 중요 내용을 그림, 표, 첨삭 설명으로 쉽게 이해하고 암기
- 문제를 빠르게 푸는 문제 풀이 꿀팁 제공
- 기출(자료 + 선택지)로 개념 체크 문제
- 1등급, 2등급 킬러 개념 완벽 총정리

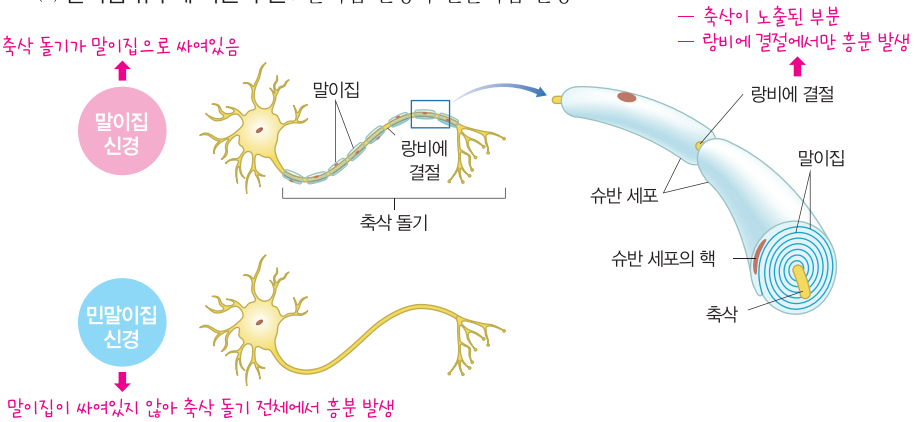
수경출판사

03 자극의 전달

✪ 1등급 킬러

1. 뉴런의 구조

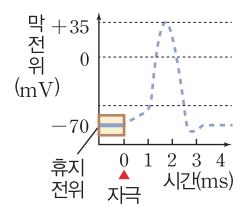
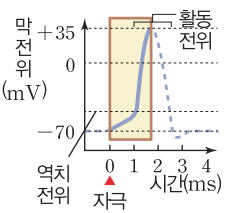
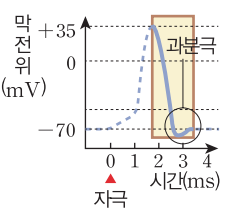
(1) 말이집 유무에 따른 구분: 말이집 신경과 민말이집 신경



(2) 기능에 따른 구분: 구심성 뉴런, 연합 뉴런, 원심성 뉴런

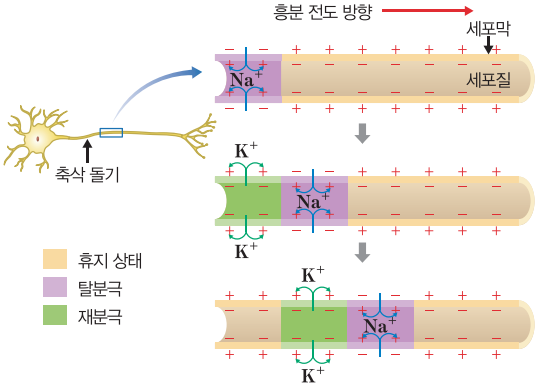
구심성 뉴런	감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경의 연합 뉴런으로 전달한다.
연합 뉴런	구심성 뉴런에서 온 자극 정보를 통합하여 원심성 뉴런으로 반응 명령을 내린다.
원심성 뉴런	중추 신경에서 판단하여 내린 명령을 근육과 같은 반응기로 전달한다.

2. 흥분의 발생 과정

구분	분극 →	탈분극 →	재분극
막투과도	Na^+ 통로와 K^+ 통로가 닫혀 있다.	뉴런이 자극을 받으면 Na^+ 통로가 열린다.	Na^+ 통로가 닫히고 K^+ 통로가 열린다.
이온의 이동	Na^+-K^+ 펌프는 Na^+을 세포 밖으로, K^+을 세포 안으로 능동 수송한다.	Na^+이 Na^+ 통로를 통해 세포 안으로 확산된다.	K^+이 K^+ 통로를 통해 세포 밖으로 확산된다.
막전위	휴지 전위 (−70mV)	약 +35mV까지 상승	휴지 전위로 돌아간다.
			

3. 흥분의 전도

(1) **흥분 전도 과정**: 뉴런의 세포막 한 부위에서 활동 전위가 발생하면 이웃한 부위에서 탈분극이 일어나 활동 전위가 연속적으로 발생함으로써 흥분이 전도된다.



자극을 받으면 신경 세포의 한 부위에 Na^+이 유입되어 탈분극이 일어난다.

↓

Na^+이 옆으로 확산하여 탈분극이 일어나게 하고, 탈분극이 일어났던 부위는 K^+이 유출되어 재분극된다.

↓

활동 전위가 축삭 돌기를 따라 연속으로 발생하여 흥분이 전도된다.

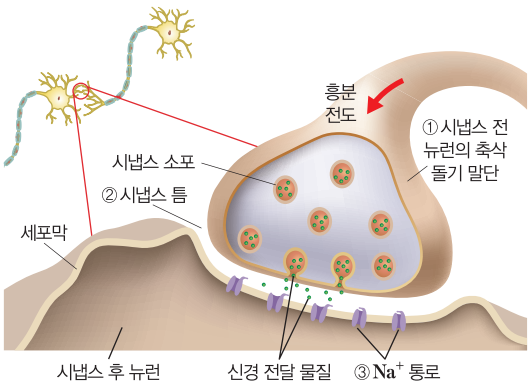
(2) **흥분 전도 방향**: 뉴런 내에서 흥분은 신경 세포체에서 축삭 돌기 말단 방향으로 전도된다.

(3) **흥분 전도 속도**

① 말이집 신경이 민말이집 신경보다 흥분 전도 속도가 빠르다. — 말이집 신경은 도약 전도가 일어남

② 흥분 전도 속도는 $\frac{\text{해당지점까지의 거리}}{\text{전도시간}}$를 이용하여 각 지점까지의 전도 시간을 구할 수 있다.

4. 흥분의 전달 — 흥분 전도는 양방향, 흥분 전달은 한쪽 방향



① 시냅스 전 뉴런의 흥분이 축삭 돌기 말단에 전도되어 활동 전위가 발생하면 시냅스 소포가 세포막과 융합한다.

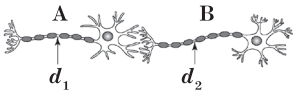
② 시냅스 소포에 있던 신경 전달 물질이 시냅스 틈으로 분비된다.

③ 신경 전달 물질이 확산되어 인접한 시냅스 후 뉴런의 가지 돌기 또는 신경 세포체에 있는 수용체에 결합하고 Na^+ 통로를 열리게 한다. 이 열린 Na^+ 통로를 통해 Na^+이 유입되면서 세포막이 탈분극되어 시냅스 후 뉴런의 축삭 돌기에서 활동 전위가 발생한다.

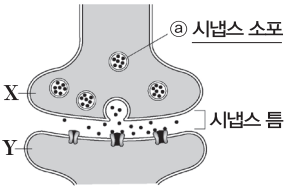
★문제 풀이 꿀팁

활동 전위가 발생할 때 탈분극 과정에서 Na^+ 농도가 세포 안쪽과 바깥쪽 중 어디에서 더 높은지 묻는 문제에 주의한다. Na^+이 세포막 안으로 확산되므로 세포 안쪽 농도가 더 높아진다고 생각하기 쉽지만, 확산은 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 일어나므로 세포 안쪽의 Na^+ 농도는 세포 바깥쪽보다 높아질 수 없다.

05 그림 (가)는 시냅스로 연결된 두 뉴런 A와 B를, (나)는 A와 B 사이의 시냅스에서 일어나는 흥분 전달 과정을 나타낸 것이다. X와 Y는 A의 가지 돌기와 B의 축삭 돌기 말단을 순서 없이 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 틀린 것은 ×표 하시오. 〈2021(6월)/평가원 4〉



(가)



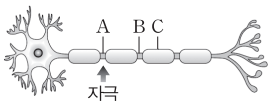
(나)

① ⓐ에 신경 전달 물질이 들어있다. (○, ×)

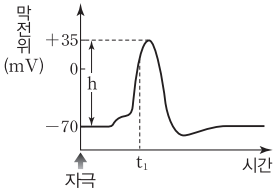
② X는 B의 축삭 돌기 말단이다. (○, ×)

③ 지점 d_1에 역치 이상의 자극을 주면 지점 d_2에서 활동 전위가 발생한다. (○, ×)

06 그림 (가)는 어떤 신경세포의 축삭돌기에서 지점 A~C를, (나)는 (가)의 지점 A에 자극을 준 후 지점 B와 C 중 한 지점에서의 막전위 변화를 나타낸 것이다. 빈칸에 알맞은 말을 고르시오. 〈2014(4월)/교육청 7〉



(가)



(나)

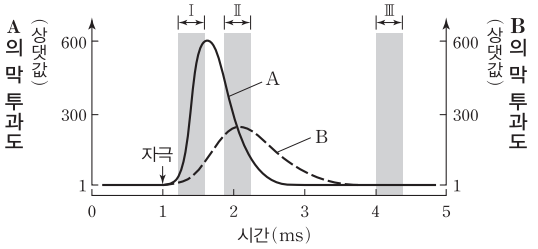
① (나)는 지점 (B / C)에서의 막전위 변화이다.

② (나)에서 t_1일 때 (탈분극 / 재분극)이 일어나고 있다.

③ 이 자극보다 세기가 큰 자극을 주면 h 값은 (커진다 / 작아진다 / 변함없다).

07 그림은 어떤 뉴런에 역치 이상의 자극을 주었을 때, 이 뉴런 세포막에서의 이온 A와 B의 막 투과도를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 Na^+과 K^+ 중 하나이다. 이 자료에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 틀린 것은 ×표 하시오.

〈2019(9월)/평가원 15 변형〉

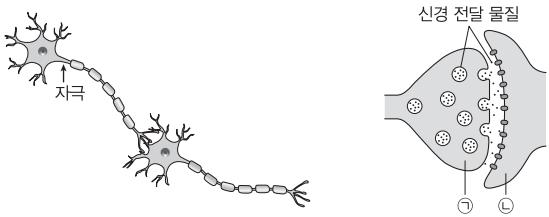


① 구간 Ⅰ에서 A가 세포 안으로 확산된다. (○, ×)

② 구간 Ⅱ에서 이온 통로를 통한 B의 이동에 ATP가 사용된다. (○, ×)

③ 구간 Ⅲ에서 세포 안의 A 농도 유지에 ATP가 사용된다. (○, ×)

08 그림 (가)는 시냅스로 연결된 두 뉴런의 한 지점에 역치 이상의 자극을 준 것을, (나)는 (가)의 시냅스에서 흥분이 전달되는 과정을 나타낸 것이다. 이 자료에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 틀린 것은 ×표 하시오. 〈2015(4월)/교육청 15〉



(가) (나)

① (가)의 시냅스 전 뉴런과 시냅스 후 뉴런은 모두 말이집 신경이다. (○, ×)

② 그림과 같이 (가)의 시냅스 전 뉴런에 역치 이상의 자극을 주면 시냅스 후 뉴런에 흥분이 전달되지 않는다. (○, ×)

③ ㉠에서 분비되는 물질은 ㉡의 막전위를 변화시킨다. (○, ×)