

‘사고 과정을 담은’ 여러 가지 유전 기출 모음집 해설지

- 경우에 따라서는 여러분의 풀이 또는 답지의 풀이가 더 우수할 수 있으나, 여러 가지 풀이를 보고 익히는 것, 그리고 제 풀이에서 문제 풀이 논리의 일부를 체화하는 것만으로도 도움이 되기에, 가능하면 꼼꼼히 살펴보고 많은 것을 배워 가셨으면 좋겠습니다.
- 만약 본인의 풀이가 더 괜찮은 것 같다고 생각되는 경우, 혹은 본인의 풀이도 괜찮은지 궁금한 경우 등은 제게 피드백을 부탁하면 꼼꼼히 해 드리겠습니다.
- 문제의 조건을 반드시 숙지한 후 해설을 보세요. 문제 조건을 정확히 숙지했다는 전제 하에 해설을 씁니다.

3. 단일 인자 유전 - ④ 일반 유전	1번	2번		
	5/8	L C		

3. 단일 인자 유전 - ⑥ 복대립 유전	1번	2번	3번	4번
	L C	L	ㄱ C	1/32
	5번	6번	7번	8번
	ㄱ	3/16	L C	1/16

3. 단일 인자 유전 - ⑦ 단일 인자 유전의 연관	1번	2번	3번	4번
	3/8	1/8	ㄱ C	3/4

4. 다인자 유전 - ④ 독립 다인자 유전	1번	2번	3번	4번
	ㄱ L C	L C	ㄱ	ㄱ L
	5번	6번	7번	8번
	ㄱ	1/8	L	ㄱ
	9번	10번		
	10	3/16		

4. 다인자 유전 - ⑤ 연관 다인자 유전	1번	2번		
	1/4	ㄱ L C		
	3번	4번	5번	6번
	ㄱ C	1/8	1/4	ㄱ

4. 다인자 유전 - ⑥ 단일 인자 유전과 다인자 유전의 연관	1번	2번	3번	4번
	ㄱ	1/4	ㄱ	1/4
	5번	6번		
	6	1/8		

3. 단일 인자 유전 - ④ 일반 유전

[Part 1]

1. 2020학년도 수능 12번 (답: 5/8)

① (가)~(다) 중 2가지 형질은 완전 우성 유전이고, 1가지 형질은 중간 유전이다. 완전 우성 유전이란 중간 유전이든, 임의의 교배 결과로 나타날 수 있는 자손의 표현형은 4가지가 될 수 없다. 따라서 ③에게서 나타날 수 있는 표현형이 8가지가 되려면, ③에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형, (나)의 표현형, (다)의 표현형이 모두 각각 2가지여야 한다.

② 그런데 ③의 부모가 Bb와 BB여서, (나)가 완전 우성 유전이라면 ③에게서 나타날 수 있는 (나)의 표현형이 1가지가 되므로, (나)가 중간 유전이다. 자동으로 (가)와 (다)는 완전 우성 유전이 된다.

③ ①의 표현형은 A_, Bb, D_이다. (가)에 대해서 ③의 표현형이 A_일 확률은 3/4이고, aa일 확률은 1/4이다. (나)에 대해서 ③의 표현형이 Bb일 확률은 1/2이고, Bb가 아닐 확률도 1/2이다. (다)에 대해서 ③의 표현형이 D_일 확률은 1/2이고, dd일 확률도 1/2이다. 따라서 ③가 ①과 적어도 2가지 형질에 대한 표현형이 같을 확률은, 3가지 형질에 대한 표현형이 모두 같을 확률인 $3/4 \times 1/2 \times 1/2$, (가)만 다를 확률인 $1/4 \times 1/2 \times 1/2$, (나)만 다를 확률인 $3/4 \times 1/2 \times 1/2$, (다)만 다를 확률인 $3/4 \times 1/2 \times 1/2$ 을 모두 더한 5/8이다.

[Part 2]

2. 2019학년도 6월 평가원 모의고사 19번 (답: L C)

① ①과 aabbDD를 교배하면 자손은 D/d에 대해 무조건 우성이다. 이때 흰색과 자주색이 1 : 1로 나왔다는 것은, 자손에서 A/a와 B/b 중 하나는 무조건 우성이고, 하나는 1/2 확률로 우성이 나온다는 것이다. 따라서 ①의 A/a와 B/b에 대한 유전자형은 AABb 또는 AaBB이다.

② ①과 aaBBdd를 교배하면 자손은 B/b에 대해 무조건 우성이다. 이때 흰색과 자주색이 3 : 1로 나왔다는 것은, 자손에서 A/a와 D/d 모두 1/2 확률로 우성이 나온다는 것이다. 따라서 ①의 A/a와 D/d에 대한 유전자형은 AaDd이다. 따라서 ①의 유전자형은 AaBBDD이다.

가. ①의 유전자형은 AaBBDD이다. (x)

나. ③은 ①(AaBBDD)과 aaBBdd를 교배해서 나올 수 있는 자손 중 표현형이 A_B_D_가 아닌 자손이기 때문에, 유전자형이 AaBBdd, aaBBDD, aaBBdd 중 하나이다. 따라서 이들로부터 나올 수 있는 생식 세포의 유전자형은 ABd, aBD, aBd의 3가지이다. (○)

다. ③은 ①(AaBBDD)과 aaBBdd를 교배해서 나올 수 있는 자손 중 표현형이 A_B_D_인 자손이기 때문에, 유전자형이 AaBBDD이다. AaBBDD와 aabbdd를 교배해서 중자 겹질 색이 자주색인 자손이 나올 확률은 1/4이다. (○)

3. 단일 인자 유전 - ⑥ 복대립 유전

[Part 1]

1. 2020학년도 6월 평가원 모의고사 15번 (답: L C)

① AD와 BD의 몸 색이 같으므로, $D > A$ 이고 $D > B$ 이다. 또한 BB의 표현형은 B인데 BE와 표현형이 달라야 하므로 $E > B$ 이고, BE의 표현형은 E가 되는데 AE와 표현형이 달라야 하므로 $A > E$ 이다. 이를 종합하면 몸 색 유전자의 우열 관계는 $D > A > E > B$ 이다.

② 갈색과 붉은색을 교배해서 붉은색 : 회색 : 갈색 = 2 : 1 : 1 이 나왔으므로 붉은색 > 갈색 > 회색 이다. 또한 회색과 검은색을 교배해서 붉은색이 나왔으므로 붉은색은 최우성이 아니다. 이를 종합하면 몸 색의 우열 관계는 검은색 > 붉은색 > 갈색 > 회색 이다. 즉 D는 검은색 몸 유전자, A는 붉은색 몸 유전자, E는 갈색 몸 유전자, B는 회색 몸 유전자이다.

가. ①(BB)의 표현형은 B이므로 몸 색은 회색이다. (x)

나. ㉠과 갈색인 개체를 교배해서 자손에 회색인 개체, 즉 BB가 나왔으므로 ㉠도 B를 가져야 한다. 따라서 ㉠의 유전자형은 AB이다. (○)

다. ㉠과 교배한 갈색인 개체는 B를 가지므로 유전자형이 EB이다. 따라서 ㉡는 AE일 확률이 1/2, AB일 확률이 1/2이다. ㉡가 AE일 때 자손이 붉은색 몸을 가질 확률은 $1/2 \times 1/2 \times 1/2$ 로 1/8이고, ㉡가 AB일 때 자손이 붉은색 몸을 가질 확률 역시 $1/2 \times 1/2 \times 1/2$ 로 1/8이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 더한 1/4이다. (○)

2. 2021년 3월 교육청 모의고사 17번 (답: L)

- ① BC(아버지)와 AB(어머니) 사이에서 나올 수 있는 자손은 BA, BB, CA, CBo이다. 이 중 3가지가 아버지와 표현형이 같아야 하므로, A, B, C 중에서 B가 가장 우성이다.
- ② AB와 AC 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형이 3가지라는 것은, 자손의 표현형으로 (가)의 가장 열성인 표현형이 나올 수 있다는 뜻이다. 가장 열성인 표현형은 동형 접합이므로, A, B, C 중에서 A가 가장 열성이다. 종합하면, (가)의 우열 관계는 $B > C > A$ 이다.

- ㄱ. (가)는 복대립 유전 형질이다. (x)
- ㄴ. B는 A에 대해 완전 우성이다. (○)
- ㄷ. AB(아버지)와 AC(어머니) 사이에서 표현형이 어머니와 같은 C인 자손이 나올 확률은 아버지가 A를 물려주고, 어머니가 C를 물려줄 확률과 같은 1/4이다. (x)

3. 2023년 3월 교육청 모의고사 13번 (답: ㄱㄷ)

- ① 대립 유전자 A, B, D의 3가지인데, 표현형이 4가지이므로, (가)는 우열 관계가 분명하지 않은 복대립 유전이다. 이때 AA와 AB의 표현형이 같으므로 $A > B$ 이고, AD와 DD의 표현형이 다르므로 $A > D$ 또는 $A = D$ 이다. 따라서 (가)의 우열 관계는 $A > B = D$ 또는 $A = D > B$ 이다.
- ② AB(아버지)와 BD(어머니) 사이에서 나올 수 있는 자손은 AB, AD, BB, BDo이다. 이 중 표현형이 아버지와 같은 A인 자손은 AB, AD, BB, BD 중 AB뿐이어야 하므로, AD의 표현형은 A가 아니라 AD이다. 따라서 (가)의 우열 관계는 $A = D > B$ 이다.
- ③ BD와 AD 사이에서 나올 수 있는 자손은 BA, BD, DA, DDo이다. 이들의 표현형은 순서대로 A, D, AD, D이므로, ②는 3이다.

- ㄱ. (가)는 복대립 유전 형질이다. (○)
- ㄴ. A는 D에 대해 완전 우성이 아니다. (x)
- ㄷ. ②는 3이다. (○)

4. 2024학년도 수능 13번 (답: 1/32)

- ① ③가 유전자형이 AAbbFF인 사람, 즉 (가)의 표현형이 우성, (나)의 표현형이 bb, (다)의 표현형이 F인 사람과 표현형이 같을 확률이 3/32이다. P가 Bb이고 P와 Q의 (나)의 표현형은 다른데 ②의 (나)의 표현형으로 bb가 가능하므로 Q는 bb이고, ②의 (나)의 표현형이 bb일 확률은 1/2이다.
- ② 3/32에서 1/2을 제외하고 남은 확률인 3/16은 $3/4 \times 1/4$ 로 분해되는데, ②의 (가)의 표현형이 우성일 확률이 1/4이 될 수는 없으므로(또는 ②의 (다)의 표현형이 F일 확률이 3/4이 될 수는 없으므로), ②의 (가)의 표현형이 우성일 확률이 3/4이고, ②의 (다)의 표현형이 F일 확률이 1/4이다. 따라서 Q의 (가)의 유전자형은 Aa이고, (다)의 유전자형은 DF 또는 EF이다.
- ③ P가 AaBb이고 Q가 Aabb이므로 ②가 P와 (가)의 표현형이 같을 확률은 3/4, (나)의 표현형이 같을 확률은 1/2이다. 따라서 ②의 (다)의 표현형이 P와 같은 D일 확률은 1/2이다. 만약 Q가 DF이면 ②의 (다)의 표현형이 D가 될 확률은 3/4이 되므로, Q는 EF이다.
- ④ P는 AaBbDF이고, Q는 AabbEF이다. 즉 ②의 유전자형이 aa일 확률은 1/4, bb일 확률은 1/2, DF일 확률은 1/4이다. 따라서 구하는 확률은 세 확률을 모두 곱한 1/32이다.

[Part 2]

5. 2020학년도 수능 13번 (답: ㄱ)

- ① 종자 껍질 색 유전자의 우열 관계는 $A > B = D > E$ 이다.
- ② 회색(BD)과 녹색의 교배에서 나온 자주색 개체는 EE가 아니므로, 자주색은 가장 열성인 표현형이 아니다.
- ③ ㉠의 표현형이 3종류이므로, 부모의 갈색은 이형 접합이어서, 갈색은 가장 열성인 표현형이 아니다. 따라서 녹색이 가장 열성인 표현형이다. 즉 (다)는 녹색이다.
- ④ 회색(BD)과 녹색(EE)의 교배에서 자주색과 황색이 나왔으므로, 표현형이 D이면 자주색이다. 즉 (나)는 자주색이다. 남은 갈색은 표현형이 A일 때의 종자 껍질 색이다. 즉 (가)는 갈색이다.

- ㄱ. (가)는 갈색이다. (○)
- ㄴ. ㉠은 BD와 EE를 교배한 결과 나오는 자손이므로 유전자형이 BB일 수 없다. (x)
- ㄷ. ㉠의 표현형은 3종류이므로, 부모는 모두 이형 접합이다. 또한 ㉠ 중에서 표현형이 회색, 즉 BD인 개체가 있으므로 부모의 유전자형은 BE와 AD이다. 따라서 ②의 개체는 1/2 확률로 AB, 1/2 확률로 AE이고, ③의 개체는 DE이므로 ②와 ③의 개체를 교배한 자손의 종자 껍질 색이 황색(B)일 확률은 ②가 AB일 때 $1/2 \times 1/2 \times 1/2$, ②가 AE일 때 0이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 더한 1/8이다. (x)

6. 2021학년도 9월 평가원 모의고사 11번 (답: 3/16)

① AA*BB*DE인 아버지와 AA*BB*FG인 어머니 사이에서 태어난 아이에게서 나타날 수 있는 표현형이 12가지이다. (가)는 완전 우성 유전이고, (나)는 중간 유전이므로 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 각각 2가지, 3가지이다. 따라서 이 아이에게서 나타날 수 있는 (다)의 표현형, 즉 DE와 FG 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형은 2가지이다.

② AABB*DF인 아버지와 AA*BBDE인 어머니 사이에서 태어난 아이의 표현형이 어머니와 같을 확률은 3/8이다. 어머니의 (가)의 표현형은 A_, (나)의 표현형은 BB이므로 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 어머니와 같을 확률은 각각 1, 1/2이다. 따라서 이 아이의 (다)의 표현형이 어머니와 같을 확률, 즉 DF와 DE 사이에서 표현형이 DE와 같은 자손이 태어날 확률은 3/4이다.

③ DF와 DE 사이에서 나올 수 있는 자손은 DD, DE, FD, FE이다. 이 중에서 3가지가 DE와 표현형이 같아야 하므로, DD, DE, FD의 표현형은 모두 D로 같다. 즉, $D > E$ 이고, $D > F$ 이다.

④ DE와 FG 사이에서 나올 수 있는 자손은 DF, DG, EF, EG이다. $D > F$ 이므로, DF의 표현형은 D이다. 만약 DG의 표현형이 G라면, 표현형이 E 또는 F인 EF가 존재하기에 조건을 만족하지 않는다. 따라서 $D > G$ 이고, DG의 표현형은 D가 된다. 남은 EF와 EG는 표현형이 D가 될 수 없어서, 서로 표현형이 같아야 하므로, $E > F$ 이고, $E > G$ 이다. 따라서 (다)의 우열 관계는 $D > E > F > G$ 또는 $D > E > G > F$ 이다.

⑤ ㉠(AA*BB*DE)의 (가)의 표현형은 A_, (나)의 표현형은 BB*, (다)의 표현형은 D이다. 따라서 AA*BB*DF인 아버지와 AA*BB*EG인 어머니 사이에서 태어난 아이의 (가)의 표현형이 ㉠과 같을 확률은 3/4, (나)의 표현형이 ㉠과 같을 확률은 1/2, (다)의 표현형이 ㉠과 같을 확률은 1/2이다. 따라서 구하는 확률은 세 확률을 모두 곱한 3/16이다.

7. 2021학년도 수능 13번 (답: L C)

① ㉠에서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 3가지이다. 그런데 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형과 (다)의 표현형은 모두 4가지일 수 없으므로, ㉠에서 나타날 수 있는 (가)와 (다) 각각의 표현형은 2가지이다. 또한 ㉠의 (나)의 표현형이 아버지와 같을 확률은 1/2이므로, ㉠의 (가)와 (다)의 표현형이 아버지와 같을 확률은 3/8이다.

② ㉡의 (가)의 표현형이 어머니와 같을 확률은 1/2, (나)의 표현형이 어머니와 같을 확률도 1/2이므로 (다)의 표현형이 어머니와 같을 확률은 1/4이다. 즉, DE와 DF 사이에서 나올 수 있는 자손인 DD, DF, ED, EF 중에 DF(어머니의 (다)에 대한 유전자형)와 표현형이 같은 것은 단 1가지이다. 이때 DD의 표현형은 D이므로 DF의 표현형은 D일 수 없다. 따라서 F는 D에 대해서 우성이고, DF의 표현형은 F이다. 이때 DF의 표현형이 F이므로 EF의 표현형은 F일 수 없다. 따라서 E는 F에 대해서 우성이다. 즉 (다)의 우열 관계는 $E > F > D$ 이다.

③ (다)의 우열 관계가 $E > F > D$ 이므로 ㉢의 (다)의 표현형이 아버지와 같은 F일 확률은 1/2이다. 그러면 ㉠의 (가)의 표현형이 아버지와 같을 확률은 3/4이 되어야 하므로, ㉠의 아버지와 어머니의 (가)에 대한 유전자형은 모두 AA*이다.

7. E가 D에 대해 완전 우성이다. (x)

L. ㉠의 부모의 (가)에 대한 유전자형이 모두 AA*이므로 ㉠이 가질 수 있는 (가)의 유전자형은 AA, AA*, A*A*의 3가지이다. (O)

C. ㉡이 아버지(AA*BBDE)와 표현형이 같을 확률은 (가)에서 1/2, (나)에서 1/2, (다)에서 1/2이므로 구하는 확률은 세 확률을 모두 곱한 1/8이다. (O)

8. 2023학년도 9월 평가원 모의고사 17번 (답: 1/16)

* E*는 e로, F*는 f로 표기함.

① ㉠의 우열 관계는 $A = B > D$, ㉡의 우열 관계는 $E = e$, ㉢의 우열 관계는 $F > f$ 이다. 이를 고려하면 ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가짓수인 12는 $4 \times 3 \times 1$ 또는 $3 \times 2 \times 2$ 로 분해된다.

② 12가 $4 \times 3 \times 1$ 로 분해된다면, ㉠의 부모 중 1명은 AD, Ee이고, 나머지 1명은 BD, Ee여야 한다. 하지만 I~IV 중 ㉠에서 AD, Ee인 사람이 없으므로, 12는 $3 \times 2 \times 2$ 로 분해되어야 한다.

③ 12가 $3 \times 2 \times 2$ 로 분해되므로 ㉠에게서 나타날 수 있는 ㉢의 표현형은 최대 2가지인데, II와 III은 모두 FF이므로 ㉠의 부모가 될 수 없다. 따라서 I과 IV가 ㉠의 부모이다.

④ I은 AB, EE, Ff이고, IV는 BD, Ee, ff이다. 따라서 ㉠의 ㉠의 표현형이 I과 같은 AB일 확률은 1/4, ㉡의 표현형이 I과 같은 EE일 확률은 1/2, ㉢의 표현형이 I과 같은 F_일 확률은 1/2이다. 즉 구하는 확률은 세 확률을 모두 곱한 1/16이다.

3. 단일 인자 유전 - ⑦ 단일 인자 유전의 연관

[Part 1]

1. 2018학년도 9월 평가원 모의고사 11번 (답: 3/8)

- ① 암컷과 수컷에서 유전자형에 따른 뿔의 유무를 나타낸 표를 관찰하면, B는 '뿔 있음' 유전자, B'는 '뿔 없음' 유전자이고, 수컷에서는 B가 B'에 대해서 우성, 암컷에서는 B'가 B에 대해서 우성이라는 것을 알 수 있다.
- ② ㉠은 뿔이 있는 암컷이므로 BB이다. 그런데 ㉠은 긴 꼬리 암컷이므로 부모 중 적어도 한 개체는 A와 B가 연관된 유전자를 갖는다. 즉 부모 중 적어도 한 개체는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{B'}$ 이다.
- ③ ㉡은 짧은 꼬리 수컷이므로 aa이다. 그런데 ㉡은 뿔이 있는 수컷이므로 부모 중 적어도 한 개체는 a와 B가 연관된 유전자를 갖는다. 즉 부모 중 적어도 한 개체는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{B}$ 이다. 따라서 부모 중 한 개체는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{B'}$ 이고, 나머지 한 개체는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{B}$ 이며, ㉠은 $\frac{A}{B}||\frac{a}{B}$ 이고, ㉡은 $\frac{a}{B}||\frac{a}{B'}$ 이다.
- ④ ㉠과 ㉡ 사이에서 긴 꼬리와 뿔을 가지는 수컷이 나올 확률은 수컷이 나올 확률 1/2에, ㉠이 자손에게 $\frac{A}{B}$ 를 물려줄 확률 1/2을 곱한 1/4이다. 한편, 긴 꼬리와 뿔을 가지는 암컷이 나올 확률은 암컷이 나올 확률 1/2에, ㉠이 자손에게 $\frac{A}{B}$ 를 물려줄 확률 1/2, ㉡이 자손에게 $\frac{a}{B}$ 를 물려줄 확률 1/2을 모두 곱한 1/8이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 더한 3/8이다.

2. 2024학년도 9월 평가원 모의고사 13번 (답: 1/8)

- ① A/a와 B/b가 독립이면 ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 4가지이므로, A/a와 B/b가 연관이다. ㉠의 유전자형으로 AABBFF가 가능하므로 P는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{B'}$, F이고, Q는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{B}$, F이다.
- ② ㉠의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 Q와 같은 확률은 P가 $\frac{A}{B}$ 를 ㉠에게 물려줄 확률과 같은 1/2이므로, ㉠의 (다)의 표현형이 Q와 같은 확률은 1/4이다. Q가 DF이거나 FF이면 ㉠의 (다)의 표현형이 Q와 같은 확률은 1/2 이상이 되므로 Q는 EF이다. 이때 P가 EF이면 ㉠의 (다)의 표현형이 Q와 같은 확률은 3/4이고, P가 FF이면 ㉠의 (다)의 표현형이 Q와 같은 확률은 1/2이므로 P는 DF이다.
- ③ ㉠의 (가)와 (나)의 표현형이 P와 같은 확률은 1/4이고, ㉠의 (다)의 표현형이 P와 같은 확률은 1/2이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 곱한 1/8이다.

[Part 2]

3. 2022학년도 수능 16번 (답: ㄱㄷ)

※ 해설의 편의를 위해, 아래 도수분포표에서 '㉠에서 ㉡~㉢ 중 n개의 표현형이 부모와 같을 때'를 [n]으로 표시하였다. 또한 '㉠의 ㉡~㉢의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 때'를 ○, 그 외의 경우를 ×로 표현하였다.

- ① ㉠의 우열 관계는 $A > a$ 또는 $A = a$ 이고, ㉡의 우열 관계는 $B > b$ 또는 $B = b$ 이다. 또한 DE와 EE의 표현형이 같고 DF와 FF의 표현형이 같으며 ㉢의 표현형은 4가지이므로 ㉢의 우열 관계는 $E = F > D$ 이다.
- ② P는 Aa이고, Q는 P와 ㉠의 표현형이 같으므로, ㉠의 우열 관계가 $A > a$ 이면 Q는 AA 또는 Aa이고, ㉠의 우열 관계가 $A = a$ 이면 Q는 Aa이다. 또한 P는 Bb이고, Q는 P와 ㉡의 표현형이 같으므로, ㉡의 우열 관계가 $B > b$ 이면 Q는 BB 또는 Bb이고, ㉡의 우열 관계가 $B = b$ 이면 Q는 Bb이다. 또한 P는 FD이고, Q는 P와 ㉢의 표현형이 같으므로, Q는 FF 또는 FD이다.

③ 만약 Q가 FF라면, ㉠의 ㉢의 표현형은 무조건 부모와 같다. 이 경우 ㉠의 ㉡과 ㉢의 표현형이 모두 부모와 다를 확률이 3/8이 되어야 한다. 3/8은 3/4과 1/2의 곱으로 표현되는데, 완전 우성 유전이든 중간 유전이든, 표현형이 부모와 모두 다를 확률이 3/4이 될 수는 없다. 따라서 Q는 FD이다.

④ 만약 $B > b$ 이고 Q가 BB라면, ㉠의 ㉢의 표현형은 무조건 부모와 같다. 이 경우 ㉠의 ㉡과 ㉢의 표현형이 모두 부모와 다를 확률이 3/8이 되어야 한다. 이는 ㉠과 ㉢의 유전자가 연관되어 있으므로 불가능하다.

⑤ $B > b$ 이고 Q 가 Bb 인 경우는 위의 ③~④ 과정처럼 머리로 간단히 해결할 수 없기 때문에, 도수분포표를 그려 보아야 한다. ㉠은 일단 무시하고 그려보자.

		형질	㉠	
		비율	3	1
형질	비율		[1]	[0]
㉠	1	[1](FF)	㉡	㉢
	1	[1](FD)	㉣	㉤
	1	[1](DF)	㉥	㉦
	1	[0](DD)	㉧	㉨

㉡~㉤는 ㉠을 빼고도 이미 [2]이므로 x 이다. 그런데 ㉠일 확률이 $6/16$ 이어야 하므로, ㉢는 ㉠이다. ㉣가 ㉠라는 것은 ㉤는 [1]이라는 의미이고, 이는 DD일 때 ㉡의 ㉠의 표현형이 부모와 다르다는 의미이므로, ㉤는 [0]이 되어서 x 이다. 즉 ㉠일 확률이 $6/16$ 이라면 ㉢~㉤는 모두 ㉠가 되어야 한다. 다시 말해 ㉢~㉤는 모두 [1]이 되어야 하므로, FF, FD, DF일 때 ㉡의 ㉠의 표현형은 모두 부모와 다르다. 그런데 부모의 ㉠의 표현형이 서로 같으므로, ㉠이 완전 우성 유전이든 중간 유전이든, DD, FF, FD, DF일 때 ㉡의 ㉠의 표현형이 모두 부모와 다를 수는 없어서 모순이다. 따라서 $B = b$ 이고, Q 는 Bb 이다.

⑥ ㉠을 무시하고 다시 한 번 도수분포표를 그려보자.

		형질	㉠	
		비율	1	1
형질	비율		[1]	[0]
㉠	1	[1](FF)	㉡	㉢
	1	[1](FD)	㉣	㉤
	1	[1](DF)	㉥	㉦
	1	[0](DD)	㉧	㉨

㉡~㉤는 ㉠을 빼고도 이미 [2]이므로 x 이다. 또한 DD일 때 ㉡의 ㉠의 표현형이 부모와 같으면 ㉣가 [2], ㉤가 [1]이고, 부모와 다르면 ㉣가 [1], ㉤가 [0]이므로 ㉣와 ㉤ 중 하나는 ㉠이고 하나는 x 이다. 즉 ㉠일 확률이 $3/8$ 이 되기 위해서, ㉢~㉤ 중 2개는 ㉠, 1개는 x 여야 한다. 다시 말해 ㉢~㉤ 중 2개는 [1], 1개는 [2]가 되어야 하므로, FF, FD, DF 중 ㉡의 ㉠의 표현형이 부모와 같은 것은 1개뿐이다. 부모의 ㉠의 표현형이 서로 같다는 것을 고려할 때, $A > a$ 인 경우에는 이러한 결과가 나올 수 없다. 따라서 $A = a$ 이고, Q 는 Aa 이다.

⑦ P 가 Aa 이므로, $A = a$ 이고 Q 가 Aa 인 경우에는 FF, FD, DF, DD 중 ㉡의 ㉠의 표현형이 부모와 같은 것은 2개이다. 그런데 FF, FD, DF 중 ㉡의 ㉠의 표현형이 부모와 같은 것은 1개뿐이므로, DD일 때 ㉡의 ㉠의 표현형이 부모와 같아야 한다. P 에서 A 와 D 가 연관되어 있으므로, Q 에서는 a 와 D 가 연관되어 있어야 한다. 따라서 Q 는 $\frac{A}{F}||\frac{a}{D}$, Bb 이다.

㉠. ㉠의 우열 관계는 $B = b$ 이므로, ㉠의 표현형은 BB 인 사람과 Bb 인 사람이 서로 다르다. (○)

㉡. Q 는 $\frac{A}{F}||\frac{a}{D}$, Bb 이므로, Q 에서 A, B, D 를 모두 갖는 정자는 형성될 수 없다. (x)

㉢. P 는 $\frac{A}{D}||\frac{a}{F}$, Bb 이고, Q 는 $\frac{A}{F}||\frac{a}{D}$, Bb 이므로, ㉢에게서 나타날 수 있는 ㉣과 ㉤의 표현형은 4가지이고, ㉠의 표현형은 3가지이다. 따라서 ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 12가지이다. (○)

4. 2023학년도 수능 9번 (답: 3/4)

① $3/16$ 은 $3/4$ 과 $1/4$ 의 곱으로 표현된다. 그런데 (라)는 완전 우성 유전이므로 ㉡의 (라)의 표현형이 부모와 같은 우성일 확률이 $1/4$ 이 될 수는 없다. 따라서 ㉡의 (라)의 표현형이 우성일 확률은 $3/4$ 이고, 부모는 모두 Ee 이다. 자동으로 ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성일 확률은 $1/4$ 이 된다.

② 부모는 모두 우성이므로 A, B, D 를 갖는다. 그런데 부모 중 A, B, D 가 연관된 염색체를 가지는 사람이 있다면 ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성일 확률은 최소 $1/2$ 이다. 따라서 부모는 모두 A, B, D 중 2개가 연관된 염색체를 갖는다. 나머지 1개의 유전자는 이 염색체의 상동 염색체에 있어야 한다.

③ 아버지가 A, B 가 연관된 염색체를 갖는다고 하자. 즉 아버지는 $(ABd)/(??D)$ 이다. 이때 어머니가 DD 라면 ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성일 확률은 최소 $1/2$ 이므로, 어머니는 $(??D)/(??d)$ 이다.

④ 아버지의 (ABd) 와 어머니의 $(??D)$ 가 만났을 때만 ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성이고, 나머지 경우에는 그렇지 않아야 한다. 어머니도 A 와 B 를 모두 가져야 하는데, 어머니가 (ABD) 를 가질 수는 없고, (ABd) 를 가지면 아버지의 $(??D)$ 와 만났을 때 ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성이 되므로 모순이다. 따라서 어머니는 Aa, Bb 이며, A 와 B 는 연관되어 있지 않다.

⑤ 어머니가 A, D 가 연관된 염색체를 갖는다고 하자. (아버지가 A, B 가 연관된 염색체를 갖는다고 설정한 후 A 와 B 를 구분하지 않았으므로, 위와 같이 설정해도 일반성을 잃지 않는다.) 즉 어머니는 $(AbD)/(aBd)$ 이다. 이때 어머니의 (AbD) , (aBd) 와 아버지의 $(??D)$ 가 만났을 때 ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성이 되지 않으려면, 아버지는 (abd) 를 가져야 한다. 즉 아버지는 $(ABd)/(abd)$ 이다.

⑥ 아버지는 $(ABd)/(abd)$, Ee 이고, 어머니는 $(AbD)/(aBd)$, Ee 이다. 전개해보면, ㉡의 (가)~(다)의 유전자형 중 이형 접합성인 유전자형이 2개일 확률이 $1/2$, 1개일 확률도 $1/2$ 이다. 또한 ㉡의 (라)의 유전자형이 이형 접합성일 확률이 $1/2$, 동형 접합성일 확률도 $1/2$ 이다. 따라서 ㉡의 (가)~(다)의 유전자형 중 이형 접합성인 유전자형이 1개이고 (라)의 유전자형이 동형 접합성일 때를 제외하면 모두 ㉡가 (가)~(라) 중 적어도 2가지 형질의 유전자형을 이형 접합성으로 가지므로, 구하는 확률은 1 에서 $1/2 \times 1/2$ 을 뺀 $3/4$ 이다.

※ 위의 ㉔ 과정을 도수분포표를 그려 해결할 수도 있다.
 ㉔의 (가)~(라)의 유전자형에서 이형 접합성인 유전자형이 n개일 때를 [n]이라 하자.

		형질	(라)	
		비율	1	1
형질	비율		[1]	[0]
(가)~(다)	1	[2]	㉔	㉕
	1	[1]	㉖	㉗

→ 문제에서 구하는 확률은 ㉔, ㉕, ㉖에 해당될 때의 확률이므로, 구하는 확률은 3/4이다.

4. 다인자 유전 - ④ 독립 다인자 유전

[Part 1]

1. 2020년 3월 교육청 모의고사 15번 (답: ㄱ ㄴ ㄷ)

① I(aabbDD)과 II 사이에서 AaBbDd가 태어날 수 있으면, II의 A/a에 대한 유전자형은 AA 또는 Aa, B/b에 대한 유전자형은 BB 또는 Bb, D/d에 대한 유전자형은 Dd 또는 dd여야 한다.

② II가 AA이면 자손이 Aa일 확률은 1이고, II가 Aa이면 자손이 Aa일 확률은 1/2이다. 같은 방법으로 B/b와 D/d에 대해서도 계산해보면, 자손이 AaBbDd일 확률이 1/8이 되기 위해서, II는 AaBbDd가 되어야만 한다.

ㄱ. I(aabbDD)의 표현형은 (2), II(AaBbDd)의 표현형은 (3)으로, I과 II의 피부색(표현형)은 서로 다르다. (○)

ㄴ. II(AaBbDd)에서 A, B, D가 모두 있는 생식 세포가 형성될 수 있다. (○)

ㄷ. Ioi aabbDD, II가 AaBbDd이므로, ㉔의 표현형(피부색)이 I과 같은 (2)일 확률은 $3C_1/2^3$, 즉 3/8이다. (○)

2. 2020년 4월 교육청 모의고사 10번 (답: ㄴ ㄷ)

① ㉔과 ㉕의 (나)에 대한 유전자형에서 이형 접합만 총 6개이므로, ㉔과 ㉕ 사이에서 태어난 아이의 (나)의 표현형이 ㉔(EeFfGg)과 같은 (3)일 확률은 $6C_3/2^6$, 즉 5/16이다. 따라서 이 아이의 (가)의 표현형이 ㉔과 같은 확률은 1/4이다.

② AB(㉔)와 BD(㉕) 사이에서 나올 수 있는 자손은 AB, AD, BB, BD이다. 이 중에서 단 1가지만이 AB와 표현형이 같아야 하므로, AD, BB, BD는 모두 AB와 표현형이 달라야 한다. AB는 표현형이 B인 BB와 표현형이 달라야 하므로 A > B 이고, AD는 표현형이 A인 AB와 표현형이 달라야 하므로 D > A 이다. 따라서 (가)의 우열 관계는 D > A > B 이다.

ㄱ. (가)에 대한 표현형은 ㉔(AB)이 A, ㉕(BD)이 D로, 서로 다르다. (x)

ㄴ. (가)와 (나)의 유전자는 모두 독립이므로,

㉔(ABEeFfGg)에서 생성될 수 있는 생식 세포의 유전자형은 16가지이다. (○)

ㄷ. AAEEFFGg인 아버지와 BDeeffgg인 어머니 사이에서 태어난 아이에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 A와 D의 2가지, (나)의 표현형은 부모의 (나)에 대한 유전자형에서 기본 부정형이 1|0, 1|0 이므로(=이형 접합이 총 2개이므로) 3가지이다. 따라서 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 6가지이다. (○)

3. 2021년 7월 교육청 모의고사 16번 (답: ㄱ)

① P와 Q는 모두 AaBb이므로, 즉 P와 Q의 ㉔에 대한 유전자형에서 기본 부정형이 1|0, 1|0, 1|0, 1|0 이므로(=이형 접합이 총 4개이므로), ㉔에게서 나타날 수 있는 ㉔의 표현형은 5가지이다. 따라서 ㉔에게서 나타날 수 있는 ㉕의 표현형은 4가지이다.

② ㉕에 대해서, P(EF)와 Q(EG) 사이에서 나올 수 있는 자손은 EE, EG, FE, FG인데, 이 4가지의 표현형이 모두 달라야 한다.

ㄱ. ㉔의 유전은 다인자 유전이다. (○)

ㄴ. EF와 FG의 표현형은 서로 다르다. (x)

ㄷ. ㉔의 ㉔의 표현형이 P(AaBb)와 같은 (2)일 확률은 $4C_2/2^4$, 즉 3/8이고, ㉕의 표현형이 P(EF)와 같은 확률은 1/4이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 곱한 3/32이다. (x)

4. 2022년 3월 교육청 모의고사 16번 (답: ㄱ)

- ① P는 Dd, E \ominus 이고 Q는 DD, \ominus ee이므로 \ominus 이 E든, \ominus 이 e든, 부모의 유전자형에서 기본 부정형은 1i0, 1i0(=이형 접합은 2개)이다.
- ② 부모의 기본 부정형만 고려하면 ③에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율은 (2) : (1) : (0) = 1 : 2 : 1 이다. 이때 ③의 표현형이 DdEe와 같은 (2)일 확률이 1/4가 되려면, 자손에게 반드시 전달되는 대문자 수가 0 또는 2 여야 한다. 그런데 Q에 DD(1i1)가 있으므로, 자손에게 반드시 전달되는 대문자 수는 2가 되어야 한다. 따라서 \ominus 이 E가 되어 P에서 EE(1i1)를 만들어주어야 한다.

ㄱ. (가)는 다인자 유전 형질이다. (○)

ㄴ. \ominus 은 E이다. (○)

ㄷ. 자손에게 반드시 전달되는 대문자 수가 2이므로, ③에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율은 (4) : (3) : (2) = 1 : 2 : 1 이다. 따라서 구하는 확률은 1/2이다 (${}_2C_1/2^2$ 로 구해도 된다), (x)

5. 2023년 4월 교육청 모의고사 16번 (답: ㄱ)

- ① ③에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형이 9 가지이므로, ③에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 3 가지, (나)의 표현형도 3가지이다. ③에게서 (가)의 표현형이 3가지 나타내려면, 즉 A, B, D가 모두 나타나려면, 부모는 각각 AD와 BD 중 하나여야 한다. 따라서 P는 II이고, Q는 III이다. 남은 R는 I, S는 IV이다.
- ② R는 I, S는 IV이므로, ⑥에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 2가지, (나)의 표현형은 4가지이다. 따라서 ⑥에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 8가지이다. 즉 \ominus 은 8이다.

ㄱ. (가)의 유전은 복대립 유전으로, 단일 인자 유전이다. (○)

ㄴ. \ominus 은 8이다. (x)

ㄷ. R(I)은 AB, EeFf이고, S(IV)는 DD, EeFf이다. 따라서 ⑥의 (가)의 표현형이 R(I)와 같은 A일 확률은 1/2, (나)의 표현형이 R(I)와 같은 (2)일 확률은 ${}_3C_1/2^3$, 즉 3/8이므로, 구하는 확률은 두 확률을 곱한 3/16이다. (x)

6. 2024학년도 6월 평가원 모의고사 19번 (답: 1/8)

- ① P는 AaBbDd인데, P와 Q의 (가)의 표현형은 서로 같으므로 Q의 (가)의 표현형은 (3)이다.
- ② ③에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 15 가지이므로, ③에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 5 가지이고, (나)의 표현형은 3가지이다.
- ③ ③에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형이 5가지이려면 P와 Q의 (가)의 유전자형에서 기본 부정형이 1i0, 1i0, 1i0 이어야 하는데(=이형 접합의 수가 4여야 하는데), P가 1i0, 1i0, 1i0 이므로 Q는 1i0 을 1개 갖는다. 이때 Q의 (가)의 표현형은 (3)이므로, Q는 1i1 과 이오도 각각 1개씩 갖는다. 또한 ③에게서 나타날 수 있는 (나)의 표현형이 3가지이려면, Q는 Ee여야 한다.
- ④ 유전자형이 AabbDdEe인 사람의 (가)의 표현형은 (2)이고, (나)의 표현형은 Ee이다. ②의 (가)의 표현형이 (2)일 확률은 ${}_4C_1/2^4$, 즉 1/4이고, (나)의 표현형이 Ee일 확률은 1/2이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 곱한 1/8이다.

[Part 2]

7. 2019년 7월 교육청 모의고사 11번 (답: ㄴ)

- ① \ominus , \oplus , Θ 은 1과 2가 모두 있으므로 2n(2)이다. 즉 \ominus 은 AABbddeei이고, \oplus 은 AaBbDdEE이며, Θ 은 AABBDDEe이다. 이때 \ominus (I의 2n(2))과 \oplus (III의 2n(2))의 (가)의 표현형이 (3)이므로 II와 IV에서도 (가)의 표현형은 (3)이다. 또한 Θ (V의 2n(2))이 Ee이므로 V의 부모는 각각 EE와 ee 중 하나이다.
- ② \ominus 과 Θ 은 핵상이 2n이면 (가)의 표현형이 (3)이 될 수 없다. 따라서 \ominus 과 Θ 의 핵상은 n이다. 이때 \ominus 은 2가 있으므로 n(2)이고, Θ 은 1이 있으므로 n(1)이다. 즉 \ominus 은 A"b"D"E"이고, Θ 은 AbDe이다.

③ I은 dd인데 V는 DD이므로 I이 아니라 II가 V의 부모이다. 이때 V가 BB여서 II는 B를 갖는데, \ominus (II의 n(2))이 A"b"D"E"이고, II의 (가)의 표현형은 (3)이며, V의 부모는 EE와 ee 중 하나이므로, II는 AaBbDdEE이다. 따라서 III과 IV 중 V의 부모는 ee여야 하므로, III이 아니라 IV가 V의 부모이다. 이때 V가 BB여서 IV는 B를 갖는데, Θ (IV의 n(1))이 AbDe이고, IV의 (가)의 표현형은 (3)이므로, IV는 AaBbDde이다.

ㄱ. II와 IV가 교배하여 V가 태어났다. (x)

ㄴ. II의 (가)와 (나)의 유전자형은 AaBbDdEE이다. (○)

ㄷ. \ominus 은 A"b"D"E"이고 Θ 은 AaBbDdEe이므로 \ominus , Θ 이 각각 갖는 b의 합은 3이다. 한편 \ominus 은 AABbddeei고 Θ 은 AbDe이므로 \ominus , Θ 이 각각 갖는 d의 합은 2이다. 따라서 구하는 분수 값은 2/3이다. (x)

8. 2020년 7월 교육청 모의고사 10번 (답: ㄱ)

- ① (가)는 e를 갖지 않으므로 E와 e에 대한 유전자형이 EE이다. (가)의 표현형은 (2)이므로, (가)는 aabbddEE이다.
- ② (나)는 e를 갖지 않으므로 E와 e에 대한 유전자형이 EE이다. 그런데 B와 b에 대한 유전자형도 동형 접합이므로, A와 a, D와 d에 대한 유전자형은 이형 접합이어야 한다. (나)의 표현형은 (4)이므로, (나)는 AabbDdEE이다.
- ③ (다)의 B와 b에 대한 유전자형이 동형 접합이므로, A와 a, D와 d, E와 e에 대한 유전자형은 이형 접합이어야 한다. (다)의 표현형은 (3)이므로, (다)의 유전자형은 AabbDdEe이다.
- ④ (라)는 표현형이 (7)인데, e를 가지므로 (라)는 AABBDEe이다.
- ⑤ (마)의 표현형은 (5)인데, 동형 접합은 3개이다. 그렇게 되려면 4개의 대립 유전자 쌍 중 1이 2개, 1이 1개, 이이 1개여야 한다.
- ⑥ (마)에서 11이 2개여야 하므로 이이 3개인 (가)는 (마)의 부모가 될 수 없다. 또한 (나)와 (다)는 bb인데 (라)는 BB이므로, (라)가 (마)의 부모이면 (마)는 Bb가 되어야 하는데, 이는 문제의 조건에 맞지 않으므로 (라)는 (마)의 부모가 될 수 없다. 따라서 (나)와 (다)가 (마)의 부모이다.

- ㄱ. (마)의 부모는 (나)와 (다)이다. (○)
- ㄴ. (가)에서 생성될 수 있는 생식 세포의 ㉠에 대한 유전자형은 abdE의 1가지이다. (x)
- ㄷ. (나)는 AabbDdEE이고, (다)는 AabbDdEe이다. 따라서 (마)의 표현형이 (나)와 같은 (4)가 될 확률은 ${}^5C_3/2^5$, 즉 5/16이다. (x)

9. 2022학년도 9월 평가원 모의고사 15번 (답: 10)

- ① ㉠의 표현형은 유전자형이 AABBDEE인 사람과 같을 수 있으므로, P와 Q 각각은 ㉠에게 A, B, D, E를 줄 수 있어야 한다. 따라서 P와 Q는 모두 A, B, D, E를 가진다. 이때 P와 Q의 (나)의 표현형은 서로 다르므로 P와 Q 중 한 명은 EE이고, 한 명은 Ee이다.
- ② ㉠의 (나)의 표현형이 P와 같을 확률은 P가 EE든, Ee든, 1/2이다. 따라서 ㉠의 (가)의 표현형이 P와 같을 확률은 3/8이다.

- ③ (가)의 특정 표현형이 3/8이 될 수 있는 부모의 기본 부정형은, 표현형의 비율이 1 : 3 : 3 : 1 인 1i0, 1i0, 1i0 과 표현형의 비율이 1 : 4 : 6 : 4 : 1 인 1i0, 1i0, 1i0, 1i0 이다. 이 중 1i0, 1i0, 1i0 에서는 확정형을 3개 추가해야 하는데, 이 경우 부모의 (가)의 표현형이 같을 수 없으므로, 부모의 기본 부정형은 1i0, 1i0, 1i0, 1i0 이다. 이때 P와 Q는 모두 A, B, D를 가지므로, 두 개의 확정형 1i1 을 추가해주어야 한다. P와 Q의 표현형이 같으므로, P와 Q는 모두 1i0, 1i0, 1i1 이다.
- ④ ㉠의 부모의 (가)에 대한 유전자형에서 기본 부정형은 1i0, 1i0, 1i0, 1i0 이므로 (=이형 접합은 총 4개이므로) ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 5가지, ㉠의 부모가 EE와 Ee이므로 ㉠에게서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 2가지이다. 따라서 ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 10가지이다.

10. 2023년 10월 교육청 모의고사 13번 (답: 3/16)

- ① (나)의 우열 관계는 $E = F > G$ 이다. P가 1i0, 1i0, 1i0 (=이형 접합이 3개)이므로, ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 최소 4가지이다. 그런데 ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형이 8가지가 될 수는 없으므로, ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 4가지이고, (나)의 표현형은 2가지이다. 이때 (가)의 표현형이 4가지가 되려면, P가 1i0, 1i0, 1i0 이므로, Q는 확정형 (=동형 접합)만 3개를 가져야 한다.
- ② ㉠가 유전자형이 AABBDDDEG인 사람, AABBDDDFG인 사람과 같은 표현형을 가질 확률이 각각 0보다 크다는 것은, ㉠의 (가)의 표현형은 (6)이 될 수 있고, ㉠의 (나)의 표현형은 E와 F가 모두 될 수 있다는 의미이다. ㉠의 (가)의 표현형이 (6)이 될 수 있는데 Q는 확정형만 가지므로, Q는 1i1, 1i1, 1i1 (=AABBDD)이다. 또한 ㉠의 (나)의 표현형이 E와 F가 모두 될 수 있는데, ㉠에게서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 2가지이므로, ㉠에게서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 E와 F뿐이다. 이때 P는 EF이므로, Q는 GG가 되어야 한다.
- ③ P는 AaBbDdEF이고, Q는 AABBDDGG이다. 따라서 ㉠가 유전자형이 AaBbDdFG인 사람과 표현형이 같을 확률은 ㉠의 (가)의 표현형이 (4)일 확률인 ${}^3C_1/2^3$, 즉 3/8과 ㉠의 (나)의 표현형이 F일 확률인 1/2을 곱한 3/16이다.

4. 다인자 유전 - ⑤ 연관 다인자 유전

[Part 1]

1. 2017학년도 수능 14번 (답: 1/4)

- ① (가)의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이다. EG와 EE의 표현형이 같고 FG와 FF의 표현형이 같으며 (나)의 표현형이 4가지이므로 (나)의 우열 관계는 $E = F > G$ 이다.
- ② ㉠의 부모가 모두 AaBbDdEF이므로, ㉠에서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 3가지이다. 따라서 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형도 3가지이다.
- ③ ㉠의 부모는 모두 AaBbDd이므로, 각각 2i0, 1i0 또는 1i1, 1i0이다. 그런데 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형이 3가지이려면, 부모의 기본 부정형이 2i0, 2i0 또는 1i0, 1i0이어야 하므로, 부모는 모두 1i1, 1i0이다.
- ④ ㉠의 부모가 모두 1i1, 1i0이므로 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형과 그 비율은 (4) : (3) : (2) = 1 : 2 : 1이다. 따라서 ㉠의 (가)의 표현형이 부모와 같은 (3)일 확률은 1/2, (나)의 표현형이 부모와 같은 EF일 확률은 1/2이므로, 구하는 확률은 두 확률을 곱한 1/4이다.

2. 2020년 10월 교육청 모의고사 16번 (답: ㉠㉡)

- ① III은 표현형이 (6)이므로 AABbDD이다. 따라서 I과 II는 모두 A, B, D를 갖는다. I은 표현형이 (3)이므로 AaBbDd이다.
- ② II에서 a, b, D를 모두 가지는 난자가 형성될 수 있으므로, II는 a와 b를 모두 가져야 한다. II는 표현형이 (4)이므로 AaBbDD이다. 이때 a와 b가 독립이라면 II에서 형성된 난자가 a, b, D를 모두 가질 확률은 1/4이 되므로 a와 b는 연관되어 있다. 즉, A와 a, B와 b는 9번 염색체에 있고, D와 d는 7번 염색체에 있다. 따라서 II는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{b}$, DD이고, III은 $\frac{A}{B}||\frac{A}{B}$, DD이며, III이 $\frac{A}{B}||\frac{A}{B}$ 이므로 I은 $\frac{A}{B}||\frac{a}{b}$, Dd이다.
- ㉠. III에서 A와 B는 모두 9번 염색체에 있다. (○)
- ㉡. I은 2i0, 1i0, II는 2i0, 1i1이다. 이를 통해 자손에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율을 구하면 (6) : (5) : (4) : (3) : (2) : (1) = 1 : 1 : 2 : 2 : 1 : 1이다. 따라서 ㉠은 6이다. (○)
- ㉢. 자손의 표현형이 (5)일 확률은 위의 계산 결과를 참고하면, 1/8이다. 따라서 ㉡은 1/8이다. (○)

[Part 2]

3. 2018학년도 수능 15번 (답: ㉠㉡)

- ① ㉠의 부모는 모두 AaBbDd이므로, 만약 ㉠의 연관/독립 상태가 3연관이면 ㉠의 부모는 3i0 또는 2i1이고, ㉠의 연관/독립 상태가 2연관 1독립이면 ㉠의 부모는 2i0, 1i0 또는 1i1, 1i0이며, ㉠의 연관/독립 상태가 3독립이면 ㉠의 부모는 모두 1i0, 1i0, 1i0이다. 이는 ㉡도 마찬가지이다.
- ② ㉠에게서 나타날 수 있는 ㉠의 표현형이 4가지이려면, ㉠의 부모는 3i0 과 2i1 이어야 한다. 다른 조합에서는 ㉠의 ㉠의 표현형이 4가지일 수 없다. 즉 ㉠의 연관/독립 상태는 3연관이다.
- ③ ㉠에게서 나타날 수 있는 ㉡의 표현형이 7가지이려면, ㉠의 부모는 모두 2i0, 1i0 이거나, 모두 1i0, 1i0, 1i0 이어야 한다. 이때 ㉠에서 eeffgg일 확률이 1/16이어야 하는데, ㉠의 부모가 모두 1i0, 1i0, 1i0 일 때 ㉠에서 eeffgg일 확률은 1/64이므로, ㉠의 부모는 모두 2i0, 1i0이다. 즉 ㉡의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이다.

- ㉠. ㉠의 부모 중 한 사람은 ㉠에 대해서 3i0 이므로, A, B, D가 연관된 염색체를 갖는다. (○)
- ㉡. ㉡의 연관/독립 상태가 2연관 1독립이므로, ㉡을 결정하는 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다. (x)
- ㉢. ㉠에 대해서 ㉠의 부모는 3i0 과 2i1 이므로, 자손에게서 나타날 수 있는 ㉠의 표현형과 그 비율은 (5) : (4) : (2) : (1) = 1 : 1 : 1 : 1이다. 또한 ㉡에 대해서 ㉠의 부모는 모두 2i0, 1i0 이므로, 자손에게서 나타날 수 있는 ㉡의 표현형과 그 비율은 (6) : (5) : (4) : (3) : (2) : (1) : (0) = 1 : 2 : 3 : 4 : 3 : 2 : 1이다. ㉠의 부모는 ㉠과 ㉡의 표현형이 모두 (3)이므로, 구하는 확률은 1과 3/4을 곱한 3/4이다. (○)

4. 2019년 10월 교육청 모의고사 17번 (답: 1/8)

① ㉠의 연관/독립 상태는 3연관 1독립이고, ㉡와 ㉢는 모두 AaBbDdEe이므로, ㉡와 ㉢ 각각은 3i0, 1i0 또는 2i1, 1i0 이다. 또한 ㉣의 유전자와 ㉤의 유전자는 연관되어 있고 ㉡와 ㉢는 모두 FfGg이므로, ㉡와 ㉢ 각각은 $\frac{F}{G}||\frac{f}{g}$ 또는 $\frac{F}{g}||\frac{f}{G}$ 이다.

② ㉡와 ㉢ 사이에서 태어난 아이에게서 나타날 수 있는 ㉠의 표현형은 아무리 많아도 9가지이므로, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉠~㉤의 표현형이 28가지이려면, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉠의 표현형은 7가지, ㉣, ㉤의 표현형은 4가지여야 한다. 그렇게 되려면 ㉡와 ㉢ 중 한 개체는 3i0, 1i0 이고, 나머지 한 개체는 2i1, 1i0 이며,

㉡와 ㉢ 중 한 개체는 $\frac{F}{G}||\frac{f}{g}$ 이고, 나머지 한 개체는 $\frac{F}{g}||\frac{f}{G}$ 여야만 한다.

③ ㉣과 ㉤이 모두 중간 유전자이므로, $\frac{F}{G}||\frac{f}{g}$ 와 $\frac{F}{g}||\frac{f}{G}$ 사이에서 나올 수 있는 자손은 모두 1가지 형질의 표현형만 ㉡(FfGg)와 같다. 따라서 ㉣에서 ㉠~㉤ 중 2가지 형질의 표현형이 ㉡(AaBbDdEeFfGg)와 같으려면, ㉣의 ㉠의 표현형이 ㉡와 같은 (4)여야 한다. ㉣의 부모가 각각 3i0, 1i0 과 2i1, 1i0 이므로, 도수분포표를 이용하면, ㉣의 표현형이 (4)일 확률은 1/8이라는 것을 알 수 있다. 따라서 구하는 확률은 1/8이다.

5. 2022학년도 6월 평가원 모의고사 14번 (답: 1/4)

① (가)의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이고, ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형은 5가지이므로, ㉡의 부모의 기본 부정형은 2i0, 1i0, 1i0 또는 1i0, 1i0, 1i0, 1i0 이다.

② ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형의 비율은 ㉡의 부모의 기본 부정형이 2i0, 1i0, 1i0 일 때 1 : 2 : 2 : 2 : 1 이고, 1i0, 1i0, 1i0, 1i0 일 때 1 : 4 : 6 : 4 : 1 이다. 2i0, 1i0, 1i0 의 경우 특정 표현형이 나올 확률이 3/8일 수 없으므로, 부모의 기본 부정형은 1i0, 1i0, 1i0, 1i0 이다.

③ ㉡의 유전자형이 AABbDD일 수 있으므로, P를 2i?, 1i? (7번 염색체, 9번 염색체 순)이라고 하면, Q는 1i?, 1i? 이다. 그런데 부모의 기본 부정형은 1i0, 1i0, 1i0, 1i0 이므로 P는 2i1, 1i0 이어야 하고, Q는 1i?, 1i0 이어야 한다. 이때 P와 Q의 표현형은 같으므로, Q는 1i2, 1i0 이 되어야 한다.

④ P와 Q는 각각 2i1, 1i0 과 1i2, 1i0 이다. 따라서 ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율은 (6) : (5) : (4) : (3) : (2) = 1 : 4 : 6 : 4 : 1 이다. 따라서 ㉡가 유전자형이 AaBbDd인 사람과 동일한 표현형을 가질 확률, 즉 ㉡의 표현형이 (3)일 확률은 1/4이다.

6. 2022년 4월 교육청 모의고사 13번 (답: ㄱ)

① (가)의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이고, ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 3가지이므로, ㉡의 부모의 기본 부정형은 2i0, 2i0 또는 1i0, 1i0 이다. 그런데 ㉡가 가질 수 있는 ㉠은 1, 3, 5 중 하나이므로 부모의 기본 부정형은 2i0, 2i0 이다.

② 부모의 기본 부정형만 고려하면 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 (4), (2), (0)이지만, ㉡가 가질 수 있는 ㉠은 1, 3, 5 중 하나이므로 부모에서 자손에게 확정적으로 전달되는 대문자 수는 1이다. 부모의 기본 부정형인 2i0, 2i0 은 모두 부모의 2연관 자리(7번 염색체)에 들어가고, 변형할 수 없다. 따라서 부모의 1독립 자리에 확정형 1i1 과 이0 이 하나씩 들어가야 하고, P는 d를 가지므로 1i1 이 Q에, 이0 이 P에 들어가야 한다. 즉 P는 2i0, 이0 이고, Q는 2i0, 1i1 이다.

ㄱ. (가)의 유전은 다인자 유전이다. (○)

ㄴ. P의 ㉠은 2, Q의 ㉠은 4이므로, 구하는 분수 값은 1/2이다. (x)

ㄷ. ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율은 (5) : (3) : (1) = 1 : 2 : 1 이므로, 구하는 확률은 1/2이다. (x)

4. 다인자 유전 - ㉡ 단일 인자 유전과 다인자 유전의 연관

[Part 1]

1. 2021학년도 6월 평가원 모의고사 14번 (답: ㄱ)

① P는 A(0)|a(1), 2i0 이고, Q는 A(1)|a(0), 1i1 이다. 이를 바탕으로 도수분포표를 그려 보면 다음과 같다.

		1	1
		(3)	(1)
1	AA(1)	AA(4)	AA(2)
1	Aa(2)	Aa(5)	Aa(3)
1	Aa(0)	Aa(3)	Aa(1)
1	aa(1)	aa(4)	aa(2)

② 따라서 P와 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 7가지이다.

2. 2021년 4월 교육청 모의고사 16번 (답: 1/4)

① P는 1i0, H(1)|H*(0) 이고, Q는 1i1, H(1)|H*(0) 이다. 이를 바탕으로 도수분포표를 그려 보면 다음과 같다.

		1	1
		(2)	(1)
1	HH(2)	HH(4)	HH(3)
2	HH*(1)	HH*(3)	HH*(2)
1	H*H*(0)	H*H*(2)	H*H*(1)

② ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형이 6가지이려면, 위 표의 HH(4), HH(3), HH*(3), HH*(2), H*H*(2), H*H*(1)의 표현형이 모두 달라야 한다. 즉, ㉣의 우열 관계는 H = H* 이다.

③ ㉡에서 ㉠과 ㉣의 표현형이 모두 Q와 같은 HH*(3)일 확률은 위 도수분포표를 참고하면, 1/4이다.

[Part 2]

3. 2018학년도 9월 평가원 모의고사 17번 (답: 7)

※ 해설의 편의를 위해, A/a와 B/b가 연관되어 있는 염색체를 1번 염색체, D/d와 E/e가 연관되어 있는 염색체를 2번 염색체라고 표현함.

- ① P는 A(0)|a(1), 2|0 이고, Q의 표현형은 P와 같은 Aa(3)이다.
- ② 부모의 2번 염색체 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형 가짓수를 x라고 하자. ②의 부모가 모두 Aa이므로, ②가 AA일 때와 aa일 때 ②에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x이고, ②가 Aa일 때 ②에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x~2x이다. 그런데 ②에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형이 최대 10가지이므로, 이를 만족하는 x는 3뿐이다. 즉 ②가 AA일 때와 aa일 때 ②에게서 나타날 수 있는 표현형은 3가지, ②가 Aa일 때 ②에게서 나타날 수 있는 표현형은 4가지이다.
- ③ x가 3이므로 부모의 2번 염색체의 기본 부정형은 2|0, 2|0 또는 1|0, 1|0 이다. 그런데 P의 2번 염색체는 2|0 이므로, Q의 2번 염색체도 2|0 이어야 한다.
- ④ Q의 표현형은 Aa(3)이므로, Q의 1번 염색체는 A(1)|a(0) 또는 A(0)|a(1) 이다. 그런데 P의 1번 염색체는 A(0)|a(1) 이므로, ②가 Aa일 때 ②에게서 나타날 수 있는 표현형이 4가지이려면 Q는 A(1)|a(0)이어야 한다.

- 7. (나)의 유전은 다인자 유전이다. (○)
- 나. Q는 A(1)|a(0) 이므로 A와 B, a와 b가 연관되었다. (x)
- 다. P는 A(0)|a(1), 2|0 이고 Q는 A(1)|a(0), 2|0 이므로 ②의 표현형은 부모와 같은 Aa(3)이 될 수 없다. 따라서 구하는 확률은 0이다. (x)

4. 2020학년도 9월 평가원 모의고사 14번 (답: 1/4)

- ① ②의 부모가 모두 Ee이므로, 만약 E/e가 독립이라면 ②에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 2의 배수여야 한다. 그런데 ②에게서 나타날 수 있는 표현형은 11가지이므로, E/e는 독립이 아니고, 한 쌍의 다인자 유전자와 연관되어 있어야 한다.
- ② D/d와 E/e가 연관되어 있다고 하자. ②는 aabbdee 일 수 있으므로, ②의 부모는 모두 Aa, Bb, $\frac{D}{E}||\frac{d}{e}$ 이다. 이를 바탕으로 A/a와 B/b를 묶어서 도수분포표를 그려보면 다음과 같다. 표현형이 부모와 같은 E_(3)인 지점은 ○, 그 외의 지점은 x로 표시하였다.

		1	4	6	4	1
		(4)	(3)	(2)	(1)	(0)
1	E_(2)	x	x	x	○	x
2	E_(1)	x	x	○	x	x
1	ee(0)	x	x	x	x	x

③ 따라서 문제에서 구하는 확률은 16/64, 즉 1/4이다.

5. 2021년 10월 교육청 모의고사 15번 (답: 6)

- ① ②의 부모가 모두 Ee이므로, 만약 E/e가 독립이라면 ②에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 3의 배수여야 한다. 그런데 ②에게서 나타날 수 있는 표현형은 4가지이므로, E/e는 독립이 아니고, A/a, B/b, D/d 중 적어도 한 쌍의 대립 유전자는 E/e와 연관되어 있어야 한다.
- ② 편의상 E/e와 다인자 유전을 하는 유전자가 연관되어 있는 염색체를 1번 염색체, 다인자 유전을 하는 유전자끼리만 연관되어 있는 염색체를 2번 염색체라고 하자. 이때 부모의 2번 염색체 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형 가짓수를 x라고 하자. ②의 부모가 모두 Ee이므로, 자손이 EE일 때와 ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x이고, 자손이 Ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x~2x이다. 그런데 자손에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형이 최대 4가지이므로, 이를 만족하는 x는 1뿐이다. 즉 자손이 EE일 때와 ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 1가지, 자손이 Ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 2가지이다.
- ③ x가 1이므로, 부모의 2번 염색체는 모두 확정형이다. 그런데 부모가 모두 AaBbDd이므로, A/a, B/b, D/d 중 적어도 두 쌍의 대립 유전자는 2번 염색체에 존재해야 한다. 정리하면, A/a, B/b, D/d 중 한 쌍의 대립 유전자는 E/e와 함께 1번 염색체에 존재하고, 나머지 두 쌍의 대립 유전자는 2번 염색체에 존재한다.
- ④ 부모가 모두 AaBbDd이므로, 부모의 2번 염색체는 1|1 이어야 한다. 그런데 ②가 AaBbDd이므로, D/d가 2번 염색체에 존재할 경우, 부모 중 한 명의 2번 염색체가 2|0 이 된다. 따라서 D/d는 1번 염색체에 존재하고, 나머지 2쌍의 대립 유전자인 A/a, B/b는 2번 염색체에 존재한다.
- ⑤ 부모가 모두 DdEe이므로, 부모 각각의 1번 염색체는 E(1)|e(0) 또는 E(0)|e(1) 이다. 자손이 Ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 2가지여야 하고, x는 1이므로, 부모 중 한 명은 E(1)|e(0) 이고, 나머지 한 명은 E(0)|e(1) 이다.
- ⑥ ②의 부모 중 한 명은 E(1)|e(0), 1|1 이고 나머지 한 명은 E(0)|e(1), 1|1 인데, ②가 AaBbDd이므로 ②는 E(1)|e(1), 1|1 이다. 한편, AabbDDEe인 남자는 E(1)|e(1), 1|0 이다. 따라서 이들 사이에서 태어날 수 있는 아이의 표현형은 EE일 때 2가지, Ee일 때 2가지, ee일 때 2가지로, 총 6가지이다.

6. 2022년 10월 교육청 모의고사 16번 (답: 1/8)

① FF와 FG의 표현형이 같으므로, F는 G에 대해 우성이다.

② ㉠과 ㉡에서 A/a와 B/b를 묶어서 (가)는 표현형 기준으로, (나)는 유전자형 기준으로 도수분포표를 그리면 다음과 같다.

		1	3	3	1
		(4)	(3)	(2)	(1)
1	GG(2)	GG(6)	GG(5)	GG(4)	GG(3)
1	FG(1)	FG(5)	FG(4)	FG(3)	FG(2)
1	EG(1)	EG(5)	EG(4)	EG(3)	EG(2)
1	EF(0)	EF(4)	EF(3)	EF(2)	EF(1)

※ 해설의 편의를 위해 표 내부(GG(6)~EF(1))를 채웠지만, 실전에서는 채우지 않아도 무방하다.

③ ㉠의 (가)의 표현형은 (3), (나)의 유전자형은 EG이다. 이때 전체 비율은 $32(=8 \times 4)$ 인데, 표의 EG(3)이 이미 3의 비율을 차지하므로, 표에서 EG(3)과 표현형이 같은 지점이 더 이상 존재하면 안 된다. 이를 만족하려면 EG와 GG의 표현형이 달라야 하므로, E는 G에 대해 우성이다. 또한 EG와 EF의 표현형도 달라야 하므로, F는 E에 대해 우성이다. 즉 (나)의 우열 관계는 $F > E > G$ 이다.

④ ㉡의 표현형은 F(4)이다. 위 표에서 F(4)의 표현형을 가지는 지점은 FG(4)와 EF(4)로 표시된 지점이다. 따라서 문제에서 구하는 확률은 $4/32$, 즉 $1/8$ 이다.