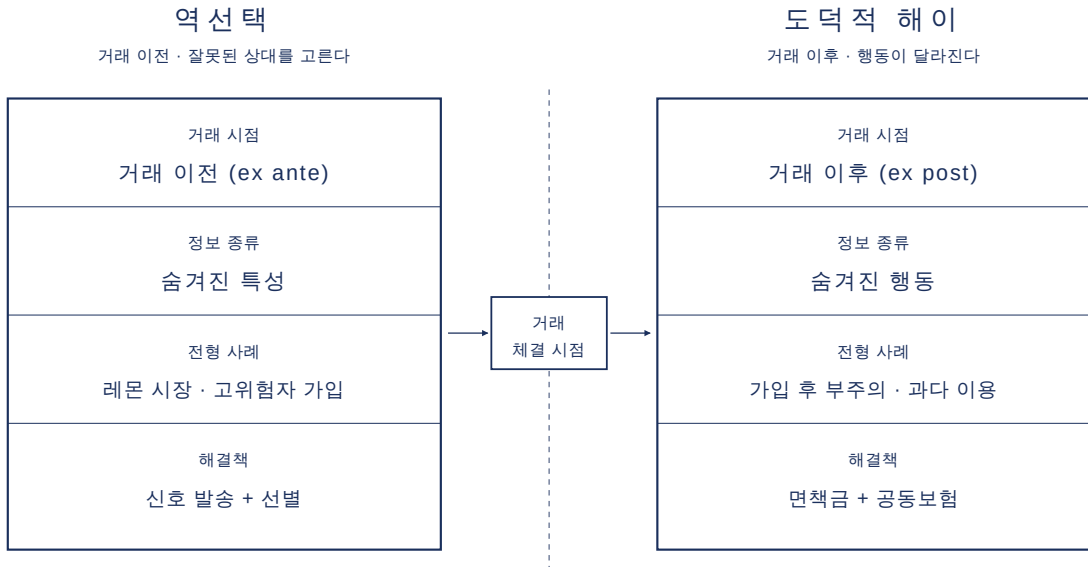


사회·문화 19강



정보 비대칭이 만드는 두 가지 시장 실패

정보 비대칭과 역선택·도덕적 해이

거래 시점이 가르는 두 가지 시장 실패

출처	2027 수능특강 독서 p.114	영역	사회·문화 / 미시경제학
주제	정보 비대칭, 역선택, 도덕적 해이, 신호·선별	연계	2017학년도 수능 직접 출제



중고차와 보험 시장은 왜 자꾸 망가질까.

01

정보가 한쪽에 쏠릴 때

정보 비대칭과 레몬 시장의 메커니즘

중고차 시장에 가 보면 좋은 차와 결함 많은 차가 섞여 있다. 그런데 사고 보면 결함 많은 차일 확률이 높다. 보험에 들 때도 비슷한 일이 일어난다. 건강한 사람은 굳이 들지 않고, 위험한 사람만 든다. 게다가 가입한 뒤에는 부주의해진다. 왜 이런 일이 되풀이될까. 거래하는 두 사람이 가진 정보의 양이 다르기 때문이다. 이것이 **정보 비대칭**(information asymmetry)이며, 그 결과 일어나는 두 가지 현상이 역선택과 도덕적 해이다.

§ 01 정보 비대칭과 시장 실패 시장 실패의 한 원인

전통 경제학의 완전경쟁시장 모형은 모든 거래 당사자가 거래에 필요한 정보를 똑같이 가진다고 가정한다. 그러나 현실에서는 거래의 한쪽이 다른 쪽보다 더 많은 정보를 가지는 일이 흔하다. 중고차 판매자는 자기 차의 진짜 상태를 알지만 구매자는 모른다. 의사는 환자의 병에 관해 환자보다 더 많이 안다. 이렇게 정보가 한쪽으로 쏠리는 상태가 정보 비대칭이다. 정보 비대칭은 자원이 효율적으로 배분되는 것을 막아 **시장 실패**(market failure)를 일으킨다. 경제학이 꼽는 시장 실패의 네 가지 원인 가운데 하나가 정보 비대칭이며, 나머지 셋은 불완전 경쟁, 공공재, 외부효과다.

완전 정보 시장

모두가 같은 정보를 본다

전통 경제학이 전제하는 이상적 시장

두 거래자가 차의 상태, 환자의 병, 가입자의 위험을 똑같이 안다. 이런 시장에서는 가격이 사물의 진짜 값을 그대로 반영하고, 거래가 효율적으로 이루어진다.

비대칭 정보 시장

한쪽만 더 안다

현실에서 흔히 마주치는 상황

한쪽이 더 많은 정보를 쥐면 다른 쪽은 평균 정보로 판단할 수밖에 없다. 이 차이가 잘못된 상대 선택과 잘못된 행동을 부르고, 시장이 효율을 잃게 만든다.

§ 02 애컬로프의 레몬 시장 모형 시장 붕괴의 메커니즘

미국 경제학자 조지 애컬로프(George Akerlof)는 1970년 논문 *레몬 시장*(The Market for Lemons)에서 정보 비대칭이 어떻게 시장을 무너뜨리는지를 처음으로 분명히 보여 줬다. 레몬은 미국 속어로 결함 많은 중고차를 가리킨다. 판매자는 자기 차의 진짜 상태를 알지만 구매자는 모른다. 구매자는 결함 가능성을 감안해 **평균 가격만** 내려 한다. 그러면 좋은 차의 주인은 그 가격이 너무 낮다고 느껴 시장에서 빠진다. 시장에는 품질 낮은 레몬만 남고, 가격은 더 떨어지며, 좋은 차는 더 사라진다. 이 메커니즘이 시장 붕괴의 전형이며, 정보 비대칭이 만든 잘못된 상대 선택, 곧 역선택의 대표 사례다.

레몬 시장 붕괴의 흐름

단계	내용	결과
1단계	판매자만 차의 진짜 상태를 안다	정보 비대칭 발생
2단계	구매자는 평균 가격만 내려 한다	좋은 차에 낮은 값
3단계	좋은 차 주인이 시장을 떠난다	레몬만 남는다
4단계	평균 품질이 더 떨어진다	가격이 더 내려간다
5단계	좋은 차가 더 빠진다	시장 붕괴

같은 흐름이 보험 시장에서도 그대로 나타난다. 가입자의 진짜 위험을 보험사가 모르면, 평균 위험에 맞춘 보험료에 건강한 사람이 떠난다. 떠나면 가입자 평균 위험은 더 올라가고, 보험료는 더 오른다. 이 악순환이 레몬 시장의 구조와 같으며, 단원의 핵심 두 개념인 역선택과 도덕적 해이가 이 흐름의 서로 다른 단계에서 작동한다.

02

거래 시점이 가르는 두 문제

역선택과 도덕적 해이의 본질

§ 03 역선택 — 거래 이전의 문제 숨겨진 특성

역선택(adverse selection)은 거래가 체결되기 전(사전적, ex ante) 단계에서 일어난다. 정보가 적은 쪽이 상대방의 관찰할 수 없는 특성, 곧 **숨겨진 특성**을 알지 못해 결국 질 낮은 거래 상대만 시장에 남게 되는 현상이다. 보험 시장에서 이 현상이 잘 보인다. 건강이 나쁜 사람은 자신이 의료비를 많이 쓸 것을 알기에 건강보험에 들 유인이 크다. 반대로 건강한 사람은 보험료가 비싸다고 느껴 가입을 꺼린다. 그러면 보험사 가입자 풀이 고위험군으로 치우치고, 보험사는 손해를 막으려 보험료를 올린다. 보험료가 오르면 건강한 사람은 더 가입하지 않고, 가입자 풀은 더 위험해진다. 이렇게 악순환이 일어나며, 잘못된 상대를 고르게 되는 것이 역선택의 본질이다.

§ 04 도덕적 해이 — 거래 이후의 문제 숨겨진 행동

도덕적 해이(moral hazard)는 거래가 체결된 후(사후적, ex post) 단계에서 일어난다. 충분히 감시받지 못하는 당사자가 거래를 맺은 뒤 자신의 이익을 위해 부정직하거나 바람직하지 않은 행동을 하는 경향이다. 여기서 문제가 되는 것은 상대방의 **숨겨진 행동**이다. 다시 보험 시장을 보자. 자동차보험에 든 운전자는 사고가 나도 보험사가 처리해 준다는 생각에 더 부주의하게 운전할 수 있다. 화재보험 가입자가 화재 예방에 신경을 덜 쓰거나, 의료보험 가입자가 의료 서비스를 과다하게 이용하는 것도 같은 일이다. 가입 자체에는 문제가 없었지만, 가입 이후에 행동이 달라지는 것이 도덕적 해이의 본질이다. 같은 보험 시장에서 두 현상이 함께 일어난다. 고위험자가 더 많이 가입하는 것은 역선택, 가입 후 부주의해지는 것은 도덕적 해이다. 본질이 다른 두 문제가 한 시장에서 동시에 시장을 망가뜨린다.

역선택과 도덕적 해이 한눈에 비교

기준	역선택	도덕적 해이
시점	거래 이전 (사전적)	거래 이후 (사후적)
정보 종류	숨겨진 특성	숨겨진 행동
본질	잘못된 상대를 고른다	가입 후 행동이 달라진다
보험 사례	고위험자가 더 많이 가입	가입 후 부주의해진다
해결책	신호 발송 + 선별	면책금 + 공동보험

시점, 정보 종류, 본질, 해결책이 모두 같린다. 한 시장에서 두 현상이 함께 보이더라도, 어느 단계의 무엇이 어긋났는지를 구분해야 진짜 문제를 짚을 수 있다.

보험 시장의 두 문제

가입 전과 가입 후

한 시장에 두 문제가 함께 작동한다

가입 전에는 고위험자가 더 많이 가입해 역선택이 일어나고, 가입 후에는 부주의·과다 이용으로 도덕적 해이가 일어난다. 같은 보험 시장이지만 시점이 다른 두 문제다.

노동시장의 두 문제

채용 전과 채용 후

같은 구조의 정보 비대칭이 펼쳐진다

채용 전에는 구직자의 능력을 회사가 모르는 정보 비대칭이 역선택을 부른다. 채용 후에는 직원이 노력을 회피하는 도덕적 해이가 일어날 수 있다. 두 시장이 같은 구조를 보인다.

03

해결책과 평가원 잣대

2001 노벨상 이론과 2017 수능 출제

§ 05 해결 방안과 평가원 출제

노벨상 이론

역선택과 도덕적 해이는 본질이 다르므로 해결책도 다르다. 역선택에는 두 장치가 있다. 마이클 스펜스의 **신호 발송**(signaling)은 정보가 많은 쪽이 자기 정보를 상대에게 알리는 행위로, 구직자의 학력·자격증이 사례다. 조지프 스티글리츠의 **선별**(screening)은 정보가 적은 쪽이 상대의 사적 정보를 끌어내는 장치로, 보험사 계약 메뉴와 은행 신용 심사가 사례다. 도덕적 해이는 가입자가 자기 행동에 책임지도록 만들어 줄인다. 면책금(deductible)과 공동보험(coinsurance)이 대표 장치다. 애컬로프·스펜스·스티글리츠는 2001년 노벨경제학상을 공동 수상했고, 평가원은 2017학년도 수능에서 본 단원과 거의 같은 구조의 보험 시장 지문을 직접 출제했다.

본 단원 핵심 명제

2001 노벨경제학상 정보 비대칭 이론

정보 비대칭은 시장에 두 가지 실패를 만든다. 거래 이전의 역선택, 거래 이후의 도덕적 해이다.

보험 시장에서 두 문제는 같은 흐름의 다른 단계로 나타난다. **정보 비대칭 → 가입 단계의 역선택 → 가입 후 도덕적 해이 → 시장 비효율**. 함정 단골은 두 가지다. 도덕적 해이가 거래 이전에 일어난다는 진술, 그리고 신호 발송과 선별의 주체를 바꾼 진술(정보 우위자가 선별, 정보 열위자가 신호 발송)이다.

핵심 다섯 줄 요약

- 01 **정보 비대칭**
거래 한쪽이 더 많은 정보를 가지면 시장 실패가 일어난다.
- 02 **레몬 시장**
애컬로프 1970, 평균 가격 → 좋은 차 이탈 → 시장 붕괴.
- 03 **역선택**
거래 이전, 숨겨진 특성, 잘못된 상대를 고른다.
- 04 **도덕적 해이**
거래 이후, 숨겨진 행동, 가입 후 행동이 달라진다.
- 05 **해결책**
신호 발송·선별(역선택) / 면책금·공동보험(도덕적 해이).

수능 대비 공부 전략 네 가지 길

<p>01 시점 차이를 외우자 역선택은 거래 이전(사전적), 도덕적 해이는 거래 이후(사후적). 보기 사례가 어느 단계에 놓이는지 먼저 판별한다.</p>	<p>02 정보 종류 차이를 외우자 역선택은 상대가 어떤 사람인지(특성), 도덕적 해이는 상대가 어떻게 행동할지(행동). 두 정보 종류가 핵심이다.</p>	<p>03 신호 발송 대 선별 주체 신호 발송은 정보 우위자(구직자·판매자), 선별은 정보 열위자(보험사·은행)가 쓴다. 주체를 바꾸면 함정이다.</p>	<p>04 2017 수능 기출 풀기 2017학년도 수능 보험 시장 지문이 본 단원과 거의 같은 구조다. 본문 학습 뒤 반드시 풀어 보자.</p>
--	---	--	---

함께 볼 단원

보험 시장
2017 수능

본 단원의 보험 시장 정보 비대칭이 2017학년도 수능에 직접 출제됐다.

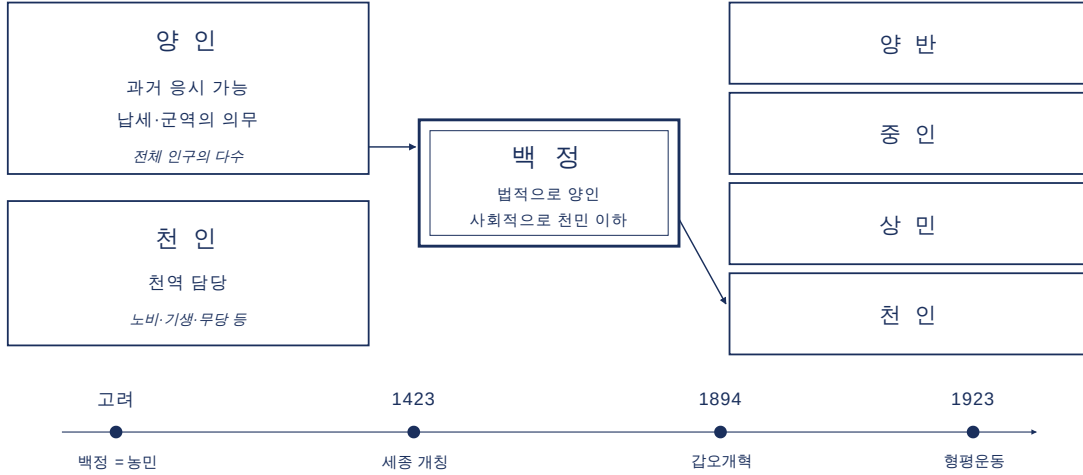
사회·문화 20강

법적 신분

경국대전의 양천제

사회적 신분

실제 사회의 네 층위



법적 신분과 사회적 신분의 깊은 괴리

조선 시대 신분 제도와 백정

양천제·사회적 4층위·형평운동의 흐름

출처	2027 수능특강 독서 p.38	영역	사회·문화 / 역사·역사사회학
주제	양천제, 백정, 갑오개혁, 형평운동	연계	2024학년도 9월 모평 직접 출제



평등이 헌법에 적히기 130년 전, 신분은 무엇을 결정했을까.

01

신분이 한 사람의 길을 정하던 시대

양천제와 사회적 네 층위

오늘날 대한민국 헌법 제11조는 모든 국민은 법 앞에 평등하다고 선언한다. 그러나 불과 130여 년 전 조선 시대에는 태어날 때부터 신분이 정해져 있었다. 그 신분은 한 사람의 직업, 거주지, 혼인은 물론 입을 수 있는 옷의 종류까지 결정했다. 그 가운데 가장 극심한 차별을 받은 집단이 백정이다. 본 단원은 조선의 법적 신분 체계인 양천제, 법과 사회의 괴리, 백정의 이중 지위, 그리고 1894년 갑오개혁 이후 1923년 형평운동까지를 한 흐름으로 짚는다.

§ 01 양천제와 사회적 신분의 괴리 법과 사회의 거리

조선 왕조의 기본 법전인 **경국대전**은 신분을 양인과 천인 둘로 나눴다. 이것이 **양천제**다. 양인은 과거에 응시할 수 있었지만 납세와 군역의 의무를 졌고, 천인은 개인이나 국가에 속해 천역을 담당했다. 그런데 법전의 양천제와 실제 사회의 신분 질서 사이에는 큰 거리가 있었다. 본래 관료 집단을 뜻하던 양반이 16세기 이후 군역 면제 같은 세습적 특혜를 누리는 신분으로 굳어졌다. 그 결과 양인은 사회적으로 양반·중인·상민으로 다시 나뉘었다. 법적으로는 양인과 천인의 이분법이었지만, 실제로는 **양반·중인·상민·천인의 네 층위**가 사회를 움직였다. 이 괴리아말로 조선 신분 질서의 가장 깊은 모순이다.

법적 신분 (양천제)

두 신분의 이분법

경국대전이 규정한 권리와 의무의 틀

양인은 과거 응시 자격을 가지되 납세와 군역의 의무를 졌고, 천인은 천역을 담당했다. 법은 사람을 둘로만 나눴다.

사회적 신분 (네 층위)

실제 작동한 질서

양반·중인·상민·천인의 위계

16세기 이후 양반이 세습 특권 집단으로 굳어지며, 양인이 양반·중인·상민으로 분화했다. 법은 둘이라 했어도 사회는 넷으로 움직였다.

§ 02 백정 — 한 단어의 긴 역사 명칭의 변천

백정(白丁)이라는 말의 역사는 복잡하다. 본래 고려 시대 백정은 일반 농민을 뜻했다. 한자로 풀면 아무 관직이 없는 사람이라는 뜻이다. 그런데 고려 시대에는 양수척·화척·재인이라 불리는 집단이 따로 있었다. 유목민 출신으로 떠돌아다니며 도살업, 유기 제조와 판매, 사냥을 생업으로 삼은 사람들이다. 1423년(세종 5년) 조선 정부는 이들을 정착시키고 일반 백성과 같이 대하겠다는 취지로 재인과 화척을 백정으로 개칭했다. 그러나 명칭만 바뀌었을 뿐 차별은 사라지지 않았고, 오히려 백정이라는 말 자체가 도살업에 종사하는 천민을 가리키는 말로 의미가 변해 갔다.

백정이라는 말의 의미 변천

시기	가리키는 집단	사회적 위치
고려 시대	일반 농민(관직 없는 평민)	평범한 양인
고려~조선 초	양수척·화척·재인(유목민 출신)	차별받는 떠돌이 집단
1423 세종 개칭	양수척·화척·재인을 백정으로	명칭 변화, 차별 지속
조선 중·후기	도살업에 종사하는 천민	천민 이하 대우

명칭은 한 번 바뀌었지만, 그 단어가 가리키는 사람들의 사회적 위치는 그대로 머물러 있었다. 평민을 뜻하던 백정이라는 말이 도살업 천민을 뜻하는 말로 굳어지는 흐름은, 명칭 변경이 차별 해소로 곧장 이어지지 않는다는 한국 사회사의 한 단면을 보여 준다.

02

차별의 모습과 두 번의 풀림

생활 전반의 차별·갑오개혁·형평운동

§ 03 백정에 대한 차별의 모습

제도와 문화의 결합

조선 시대 백정은 법적으로 천민은 아니었다. 그러나 실질적으로는 천민 이하의 대우를 받았다. 차별은 생활 전반에 촘촘히 퍼져 있었다. 호적에 별도로 표기되어 일반 양인과 구별되었고, 의복도 엄격히 규제되어 명주·비단옷이나 갓·망건·가족신이 금지되었다. 거주지도 제한되어 일반 마을 안에 살 수 없는 경우가 많았고, 양인이나 양반과의 혼인은 사실상 불가능해 백정끼리만 통혼하는 관행이 굳어졌다. 백정은 양인에게 먼저 인사하고 존댓말을 써야 했으며, 양인의 어린아이에게도 도련님이나 애기씨라는 호칭을 써야 했다. 가장 근본적인 문제는 직업의 세습이었다. 백정의 자녀는 다시 백정이 되었고, 능력이 뛰어나도 과거에 응시하거나 다른 직업으로 옮길 길이 막혀 있었다. 도살업이 유교 사회에서 생명을 죽이는 직업으로 천시된 까닭에, 백정 차별은 제도와 문화가 결합된 깊은 모순이었다.

생활 전반에 퍼진 차별

영역	구체적 모습
호적·의복	별도 호적 표기, 명주·비단·갓·망건·가족신 금지, 패랭이만 가능
거주	일반 마을 안 거주 제한
혼인	양인·양반과 통혼 금지, 백정끼리만 통혼
호칭	양인의 어린아이에게도 존댓말과 도련님·애기씨 호칭
직업 세습	자녀도 백정, 과거 응시와 직업 전환의 길이 막힘

§ 04 갑오개혁과 형평운동

법의 풀림과 사회의 풀림

1894년 갑오개혁으로 법적 신분제가 폐지되었다. 노비제가 공식 철폐되고 신분에 따른 차별을 금지하는 조치가 내려졌다. 그러나 법적 신분제의 폐지가 곧 사회적 차별의 소멸을 뜻하지는 않았다. 백정에 대한 사회적 멸시와 배제는 일제강점기까지 30년 가까이 이어졌다. 1923년 4월 경남 진주에서 강상호·신현수(양반 출신 사회운동가)와 장지필·이학찬(백정 출신 지식인) 등이 **형평사**를 창립했다. 형평이란 저울이 평형을 이루듯 모든 사람을 동등하게 대하라는 뜻이다. 형평사의 설립 목표는 세 가지였다. 계급 타파, 모욕적 칭호 폐지, 교육 장려가 그것이다. 형평사는 창립 후 1년 만에 전국 각 도에 지사와 분사가 세워질 만큼 빠르게 퍼졌고, 1935년까지 13년 동안 활동했다. 법의 풀림과 사회의 풀림 사이 30년의 거리가, 한 시대의 차별이 얼마나 깊었는지를 보여 준다.

1894 갑오개혁

법의 풀림

노비제 철폐, 법적 신분제 폐지

신분에 따른 차별을 금지하는 조치가 내려졌다. 그러나 사회 깊은 곳의 멸시와 배제는 풀리지 않은 채 일제강점기까지 그대로 이어졌다.

1923 형평운동

사회의 풀림

진주 형평사 창립, 13년간 활동

계급 타파, 모욕적 칭호 폐지, 교육 장려를 목표로 삼았다. 피차별 집단 스스로가 권리를 주장한 근대적 사회 운동이라는 역사적 의의가 크다.

03

평가원 출제와 학습 잣대

2024 9월 모평과 네 가지 길

§ 05 평가원 출제와 본 단원의 위치

출제 흐름

평가원은 2024학년도 9월 모의평가에서 조선 시대 신분 제도를 (가)(나) 복합 지문으로 다뤘다. (가) 지문은 경국대전 체제의 양천제와 조선 후기의 노비 속량·유학 직역 증가를 다뤘다. (나) 지문은 유형원의 반계수록과 정약용의 경세유표에 나타난 도덕적 능력주의 기반 개혁론을 다뤘다. 12번부터 16번까지 다섯 문항이 출제되었다. 본 단원의 백정 자체는 이 기출에 직접 등장하지 않지만, 양천제와 천민 계층의 세부 구조라는 같은 맥락에 놓이며, 추가 출제 가능성이 매우 높다.

본 단원 핵심 명제

조선 신분제와 백정의 모순

법적 신분과 사회적 신분이 갈라진 곳에서 백정의 모순적 지위가 만들어졌다. 1894년 법은 풀렸으나, 사회는 1923년에야 풀리기 시작했다.

본 단원의 핵심 흐름은 다음과 같다. **양천제(법적 이분법) → 양반·중인·상민·천인(사회적 4층위) → 백정의 이중 지위 → 1894 갑오개혁(법의 풀림) → 1923 형평운동(사회의 풀림)**. 함정 단골은 두 가지다. 첫째, 백정이 법적으로 천민이었다는 진술이다. 둘째, 갑오개혁이 사회적 차별까지 곧바로 없앴다는 진술이다.

핵심 다섯 줄 요약

01

양천제

경국대전의 법적 신분 — 양인(과거·의무)과 천인(천역)의 이분법.

02

사회적 4층위

양반·중인·상민·천인이 실제 사회 질서로 작동했다.

03

백정의 이중 지위

법적으로 양인이나 사회적으로 천민 이하 대우를 받았다.

04

명칭 변천

고려 백정은 농민, 1423년 양수척·화척을 백정으로 개칭, 도살업 천민으로 의미 변화.

05

법과 사회의 풀림

1894 갑오개혁이 법을, 1923 형평운동이 사회를 풀기 시작했다.

수능 대비 공부 전략 네 가지 길

01

법과 사회의 구분

양천제(법적)와 양반·중인·상민·천인(사회적)을 구분하자. 두 구조의 괴리가 단원의 가장 큰 시험 포인트다.

02

백정 명칭 변천

고려 백정(농민) → 1423 양수척·화척 개칭 → 도살업 천민으로 의미 변화. 명칭이 차별 해소로 이어지지 않았다는 점이 핵심이다.

03

30년의 시간차 외우기

법적 해방(1894)과 사회적 차별 철폐 운동(1923) 사이 30년이 의미하는 바를 외워 두자.

04

2024 9월 모평 풀기

양천제·노비 속량·유형원·정약용을 다룬 5문항을 풀면, 동일 맥락의 백정 단원 출제에 대비할 수 있다.

함께 볼 단원

양천제

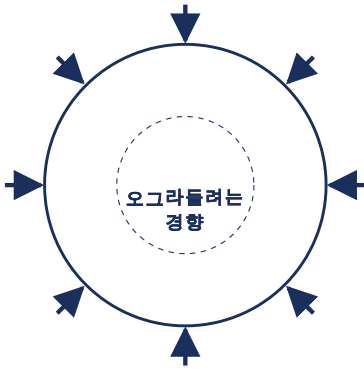
2024 9월 모평

양천제·노비 속량·유형원·정약용 개혁론을 다룬 평가원 직접 출제 기출이다.

과학·기술 3강

활성제 없는 폐포

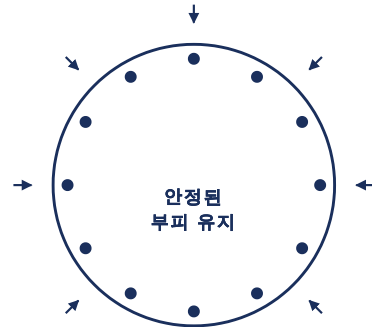
표면 장력이 강하게 작용



허탈 위험이 높다

활성제가 있는 폐포

표면 장력이 약해진다



허탈을 막아 준다

작은 폐포가 쭈그러지지 않는 이유

폐포와 폐표면활성제

표면 장력에 맞서 폐포를 지키는 화합물

출처 | 2027 수능특강 독서 p.31

영역 | 과학·기술 / 호흡 생리학

주제 | 표면 장력, 라플라스 법칙, 계면 활성제

연계 | 생명과학 호흡계 단위 연계



왜 어떤 폐포는 쉽게 쭈그러지고, 어떤 폐포는 끄떡없을까.

01

폐포의 구조와 표면 장력

폐는 어떻게 생겼고 왜 오그라들지 않는가

숨을 들이쉴 때 공기는 폐의 깊숙한 곳까지 들어간다. 폐의 끝자락에는 포도송이의 포도알처럼 자그마한 주머니들이 뿔뿔이 모여 있는데, 이것이 **폐포(肺胞)**다. 폐포 한 알의 지름은 0.2mm에 불과하지만, 두 폐 속 폐포를 모두 펼치면 테니스 코트 한 면만큼 넓다. 우리가 마신 산소는 이 광활한 표면을 통해 핏줄로 옮겨 간다.

§ 01 폐포의 두 세포와 신전성 폐포 구조

폐포의 벽은 두 종류의 세포로 이루어진다. **I형 폐포 세포**는 얇은 막처럼 펼쳐져 폐포 표면의 대부분을 덮으며, 산소와 이산화탄소가 드나드는 통로 역할을 한다. **II형 폐포 세포**는 작고 둥글지만 매우 중요한 일을 맡는다. 폐포가 쭈그러지지 않도록 막아 주는 화학 물질을 분비한다. 폐포는 풍선처럼 탄성을 지녀 숨을 들이쉴 때 부풀고 내쉴 때 다시 줄어든다. 이렇게 늘어났다 복원되는 성질을 **신전성(伸展性)**이라 한다. 신전성이 클수록 적은 힘으로도 원활하게 숨을 쉴 수 있다.

I형

가스 교환의 통로
폐포 표면의 대부분을 덮는 얇은 막

두께가 매우 얇아 산소와 이산화탄소가 막을 건너 양쪽 방향으로 빠르게 드나든다. 폐포 표면의 90% 이상을 차지하며, 가스 교환이라는 폐의 본업을 직접 담당한다.

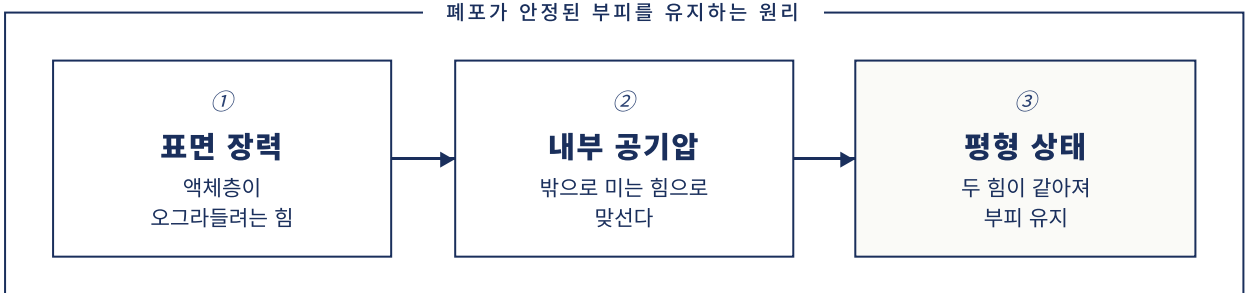
II형

계면활성제 분비 공장
작고 둥글지만 결정적 역할

면적은 작지만 폐포 표면 장력을 낮추는 계면활성제(界面活性劑)를 만들어 분비한다. 작은 폐포가 쭈그러지지 않게 막는 핵심 세포로, 미숙아의 경우 이 세포가 미성숙하면 호흡 곤란이 일어난다.

§ 02 폐포 표면의 표면 장력과 평형 표면 장력

폐포 안쪽 표면은 얇은 액체층으로 덮여 있다. 그런데 액체 표면에는 늘 표면이 가능한 한 작아지려는 힘이 작용한다. 액체 분자들이 서로 강하게 끌어당기는 응집력 때문이다. 이 힘을 **표면 장력**이라 한다. 빗물이 잎사귀에 둥글둥글 맺히는 것, 컵에 물을 가득 따라도 살짝 부풀어 오르며 흘러넘치지 않는 것 모두 같은 이유다. 폐포 표면에도 표면 장력이 작용하므로 폐포는 늘 오그라들려는 경향을 보이며, 이 때문에 폐의 신전성도 다소 줄어든다. 그런데도 폐포가 쭈그러지지 않고 숨을 쉴 수 있는 까닭은, 폐포 안쪽 공기가 바깥쪽으로 미는 압력이 오그라들려는 힘과 평형을 이루기 때문이다.



02

라플라스 법칙과 계면활성제

작은 폐포가 살아남는 두 가지 비밀

§ 03 라플라스 법칙, 작은 폐포일수록 위험하다 라플라스 법칙

폐포의 안정된 부피를 위해 필요한 내부 공기압은 어떻게 결정될까. 이를 설명하는 식이 **라플라스 법칙(Laplace)**이다. 법칙에 따르면 필요한 공기압 P는 표면 장력 T에 정비례하고, 폐포의 반지름 r에 반비례한다. 식으로 쓰면 $P = 2T/r$ 이다. 이 식이 알려 주는 핵심은 단순하다. 표면 장력이 커질수록 더 높은 공기압이 필요하고, 폐포가 작을수록 역시 더 높은 공기압이 필요하다는 것이다. 풍선을 떠올려 보면 직관적이다. 작은 풍선을 처음 부풀리는 한 모금이 가장 힘들고, 크게 부풀고 나면 그 다음부터는 한결 수월하다. 폐포도 마찬가지로, 작을수록 더 큰 공기압이 받쳐 줘야 형태를 유지할 수 있다. 그래서 작은 폐포일수록 쉽게 **허탈(虛脫)**될 위험에 놓인다. 허탈이란 폐포가 정상적으로 부풀어 있지 못하고 바람 빠진 풍선처럼 쭈그러든 상태를 말한다.

§ 04 계면활성제, 표면 장력을 다스리는 분자 계면활성제

작은 폐포가 모두 쭈그러진다면 우리는 숨을 쉴 수 없다. 그러나 실제 폐포에서는 작은 폐포라도 허탈이 잘 일어나지 않는다. II형 폐포 세포가 분비하는 **계면활성제**가 폐포 표면에서 표면 장력을 낮춰 주기 때문이다. 계면활성제 분자는 물 분자들이 서로 끌어당기는 인력을 방해해 액체층의 표면 장력을 약화시킨다. 특히 흥미로운 점은 폐포가 작을수록 계면활성제의 농도가 더 높아진다는 사실이다. 좁은 면적에 분자가 뽁뽁이 모이면 표면 장력은 그만큼 더 크게 줄어든다. 라플라스 법칙으로 작은 폐포에 가해지던 강한 압박이, 계면활성제 농도가 높아짐으로써 정확히 상쇄되는 셈이다. 반대로 계면활성제가 부족하면 작은 폐포의 허탈이 촉진되어 호흡 기능이 떨어진다.

계면활성제가 충분할 때와 부족할 때

항목	계면활성제 충분	계면활성제 부족
폐포 표면 장력	크게 약해진다	그대로 강하다
작은 폐포의 농도	더 높아져 효과 ↑	전혀 보충되지 않음
작은 폐포의 운명	안정된 부피 유지	쉽게 허탈된다
폐의 신전성	정상적으로 유지	줄어든다
호흡에 드는 힘	적은 힘으로 충분	호흡 곤란이 온다

라플라스 법칙은 폐포에만 적용되지 않는다. 비누 거품 두 개가 맞붙으면 작은 거품의 공기가 큰 거품 쪽으로 옮겨 가는 것, 가는 혈관일수록 더 큰 압력이 작용하는 것도 같은 법칙을 따른다. 곡면을 가진 모든 액체에 공통으로 통하는 보편적 원리다.

03

임상 응용과 출제 연결

미숙아의 호흡곤란증후군과 인공 계면활성제

§ 05 미숙아 호흡곤란증후군과 치료

임상 응용

태아는 임신 후기에 II형 폐포 세포가 발달하면서 계면활성제를 충분히 만들기 시작한다. 너무 일찍 태어난 **미숙아** (未熟兒)는 II형 세포가 미성숙해 계면활성제 분비가 부족하다. 결과적으로 작은 폐포들이 줄줄이 허탈되어 산소를 받아들이는 표면이 좁아지고 호흡 곤란이 일어난다. 이를 호흡곤란증후군이라 한다. 치료법은 두 가지다. 인공호흡 장치로 산소와 공기를 평소보다 높은 압력으로 폐에 공급해 작은 폐포가 퍼지도록 돕거나, 인공 계면활성제를 폐 안으로 직접 투여한다. 둘 다 II형 폐포 세포가 자연스럽게 발달할 때까지 호흡 기능을 보조하는 역할을 한다.

평가원 기출 인용

2027 수능특강 3강

작은 폐포라 하더라도 허탈은 쉽게 일어나지 않는다. 폐포를 이루고 있는 II형 폐포 세포가 계면활성제를 분비하여 물 분자 사이의 인력을 방해하기 때문이다. 특히 폐포가 작아질수록 계면활성제의 농도가 더 높아져 표면 장력은 더 많이 줄어든다.

이 문장은 단원의 인과 사슬을 묶는다. **작은 폐포 → 라플라스 법칙으로 허탈 위험 ↑ → II형 세포의 계면활성제 분비 → 표면 장력 ↓ → 허탈 방지**. 평가원은 이 사슬의 어느 한 단계를 뒤집거나 빠뜨린 선택지로 함정을 만든다. "계면활성제가 표면 장력을 키운다" 같은 정반대 진술이 대표적이다.

핵심 다섯 줄 요약

01 폐포의 두 세포

I형은 가스 교환의 통로, II형은 계면활성제를 만든다.

02 표면 장력

액체 표면이 줄어들려는 힘. 폐포를 오그라들게 만든다.

03 라플라스 법칙

필요 공기압은 표면 장력에 정비례, 반지름에 반비례한다.

04 계면활성제

II형 세포가 분비해 표면 장력을 낮추며, 작은 폐포일수록 농도가 높다.

05 호흡곤란증후군

미숙아의 계면활성제 부족 시 발생. 인공 활성제 투여로 치료한다.

수능 대비 공부 전략 네 가지 포인트

01 두 힘의 평형

표면 장력은 안쪽으로, 공기압은 바깥쪽으로. 두 힘이 같아질 때 폐포가 안정 부피를 유지함을 한 호흡에 외운다.

02 식 $P=2T/r$ 암기

T가 커지면 P도 커지고, r이 작아져도 P가 커진다. 두 변수의 방향을 함께 묶어 기억한다.

03 농도 트릭

작은 폐포일수록 계면활성제 농도가 더 높아져 표면 장력이 더 많이 줄어드는 점이 반복 출제된다.

04 임상 보기 적용

미숙아 호흡곤란증후군 <보기> 가 자주 나온다. 인공 계면활성제의 작용 경로를 본문에서 표시해 둔다.

함께 볼 단원

혈관과 혈압 가는 혈관의 압력

라플라스 법칙은 혈관에도 그대로 적용된다. 가는 혈관일수록 더 큰 압력이 작용하며, 모세혈관과 동맥의 구조 차이를 설명하는 핵심 원리다.