



예방치위생학 및 실습

신한대학교 치위생학과: 윤미숙 교수

yoons@shinhan.ac.kr

03

치면세균막과 광질이탈

1. 치면세균막의 형성
2. 치면세균막의 종류
3. 치면세균막 내 미생물의 변화
4. 치면세균막을 형성하는 세포외 다당류
5. 치면세균막의 세균 부착기구
6. 치석
7. 법랑질의 구조와 우식병소

1. 치면세균막의 형성

1. 치면세균막의 형성과정을 설명할 수 있다. (A)
2. 치면세균막 내 미생물의 변화를 설명할 수 있다. (B)
3. 치면세균막내 세균의 대사산물을 설명할 수 있다. (A)
4. 치면세균막의 세균부착기구를 설명할 수 있다. (B)
5. 법랑질의 기원을 설명할 수 있다. (B)
6. 수산화인회석의 분자결정구조를 설명할 수 있다. (B)

- 치면세균막(dental plaque)이란? = 바이오필름(biofilm , 생체막)
 - 치아 표면에 붙어있는 세균으로 이루어진 막
 - 세균이 증식하기에 좋은 환경 (적당한 온도와 습도, 풍부한 당단백막)
- ① 깨끗이 닦은 치아를 건조시킨 후 타액에 담가두면, 얼마 후 얇은 막 형성
→ 획득피막(acquired pellicle)
- ② 획득피막 위 세균이 붙음 → 치면세균막(dental plaque)
- ③ 시간이 경과하여 칼슘과 인산이 붙어서 딱딱해짐 → 치석(dental calculus)

- 치면열구나 치경부 치면에서 자주 형성
- 치아우식병과 치주조직병을 유발하는 제 1원인 물질, 병원체요인이 작용을 하는 환경요인
- 교합면의 치면열구세균막 : 치아우식병이 지속적으로 발생하도록 하는 환경요인
치은열구의 치은열구세균막: 치주조직병이 지속적으로 발생하도록 하는 환경요인
- 타액의 자정작용으로는 제거 X $\rightarrow$ 칫솔질로 제거 (기본적인 치면세균막 관리)
- 치면세균막을 눈으로 관찰 하기 위해서는 착색제가 필요
- 치면세균막 내 구균 : 연쇄상 구균 그람양성
간균 : 액티노마이씨즈(미세쓰) 그람 음성: 방선균증을 일으킴(누공)
나선균: 성숙치면세균막 -그람양성-그람음성(혐기성)
구강환경 열악한 경우, 나선균이 보일 경우 치주질환높다

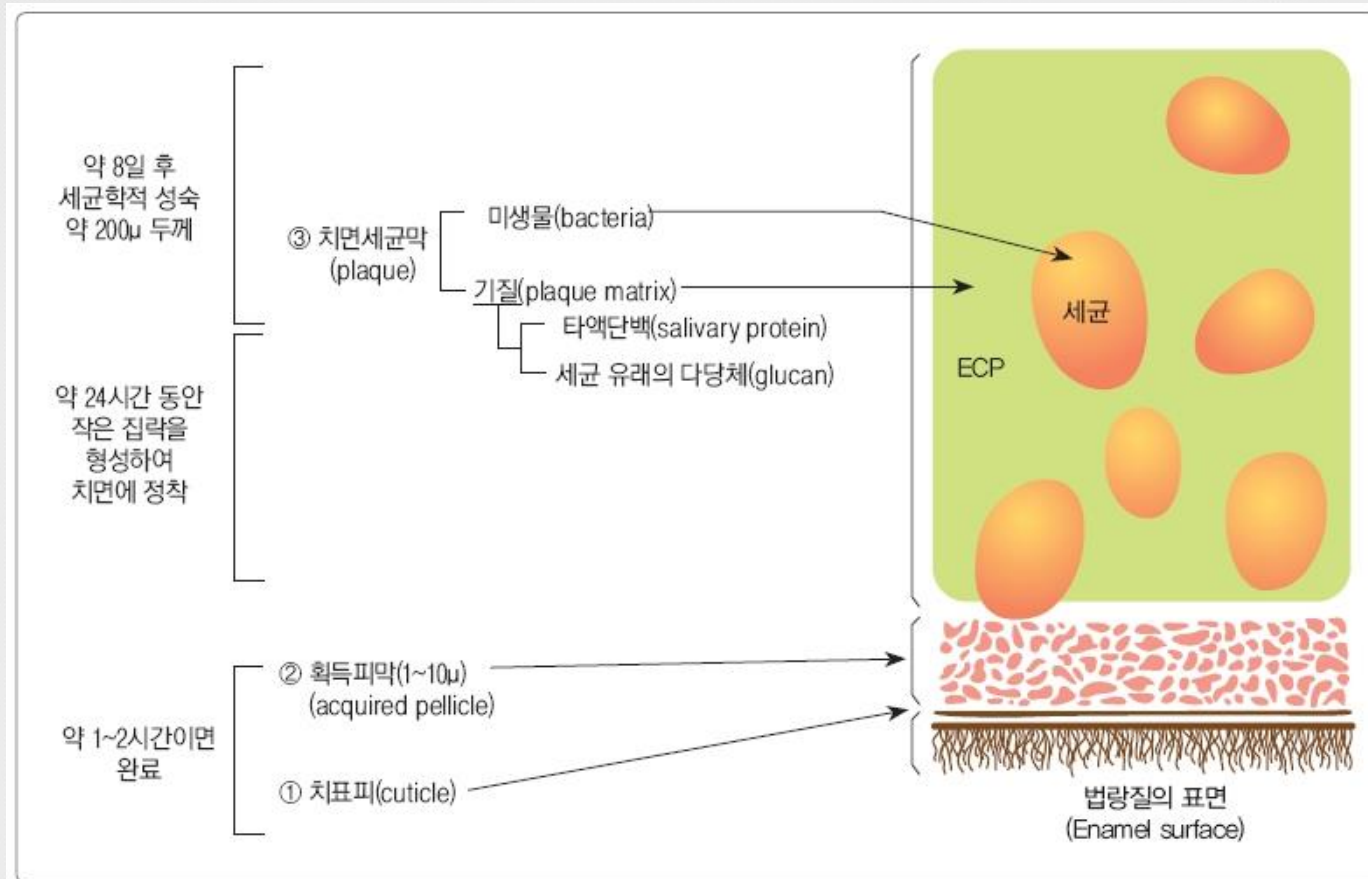


그림 3-1 치면세균막의 구조와 형성과정의 모식도

그림3-1 (고문사 , 예방치과학 제2판 , 55p)

1) 치은연상 치면세균막(supra-gingival plaque)

- 주로 치아의 치경부에 위치, 그 밖에 치면열구, 거친면, 불량 보철 물의 변연 등에 존재
- 획득피막에 특정 세균인 그람양성구균이 선택(S-뮤탄스가 통성혐기성)적으로 부착
- 세균막 형성 침착을 유도하는 인자: 치열 상태, 불량 수복물, 타액 성분, 음식물, 악습관, 전신질환 등

2) 치은연하 치면세균막(sub-gingival plaque)

- 통성혐기성과 혐기성이 주를 이룸 (산소포화도가 달라)
- 치은열구나 치주낭속에 존재 → 부착성 세균막, 비부착성 세균막으로 구분
- 일반적으로 성숙된 치은 연상 세균막으로부터 시작
- 혐기성, 그람음성 나선균이 나타나고 운동성이 있음

1) 제1단계 (획득피막)

- 타액으로부터 유래한 당분과 단백질이 결합하여 치면에 부착되어 형성된 얇은 막
- 세균 함유 X

2) 제2단계 (치면세균막의 형성)

- 획득피막에 다수의 미생물이 부착하는 단계이다.
- ❶ 24 시간이 경과, 초기에는 80 ~ 90 %가 연쇄상구균과 나이세리아, 노카르디아 등의 호기성 구균과 유산균 등의 간균이 차지

- ② 치면세균막의 두께가 증가함에 따라 용존 산소가 소비되고, 심층일수록 혐기성 환경으로 변화며, 며칠 후에는 자연히 세균총이 바뀌어서 혐기성의 (간균), 사상균 증식하여 세균총은 더욱 복잡해지는 동시에 급격히 그 두께가 증가된다.
- ③ 6 ~ 10 일 경과 후, 비브리오나 스피로헤타(나선균)가 나타나고, 그람음성 혐기균이 증가한다. 치아 표면에 세균의 집락화가 일어나고, 이 집락이 성장, 유합한다
- 세균들은 치면에 붙어서 증식하면서 대사산물로서 암모니아나 황화수소(구취) 등을 만들어 내고, 산을 생성 → 산의 수소이온농도가 pH 5.0 ~ 5.5 이하 → 광질이탈 → 치아 우식병
 - **뮤탄스 연쇄상구균(Streptococcus mutans)**: 치면세균막 내 세균 중에서도 (자당)당질을 분해하여 산을 생성시킴으로써 치아우식병을 유발하는 주 원인균

- 뮤탄스 연쇄상구균 → 자당을 이용하여 세포외 다당류 형성
- 글루칸이나 프럭탄과 같은 세균부착 가능하게 해줌-세균외 다당체를 형성하여 세균막을 형성
- 덱스트란, 프럭탄: 수용성, 세균의 에너지원. 부착도 가능하게 함
- 뮤 탄: 난용성, 끈적끈적한 밀집체를 형성→ 세균막을 치밀하게 만듦
세균이 잘 떨어져 나가지 않도록 하는 역할

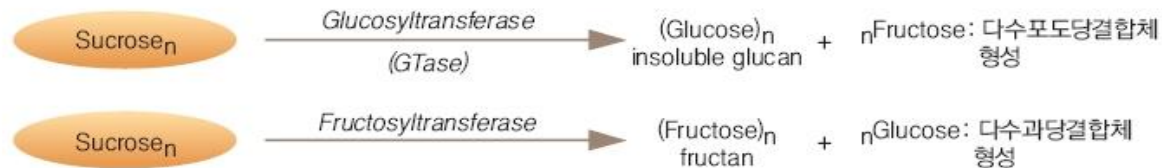
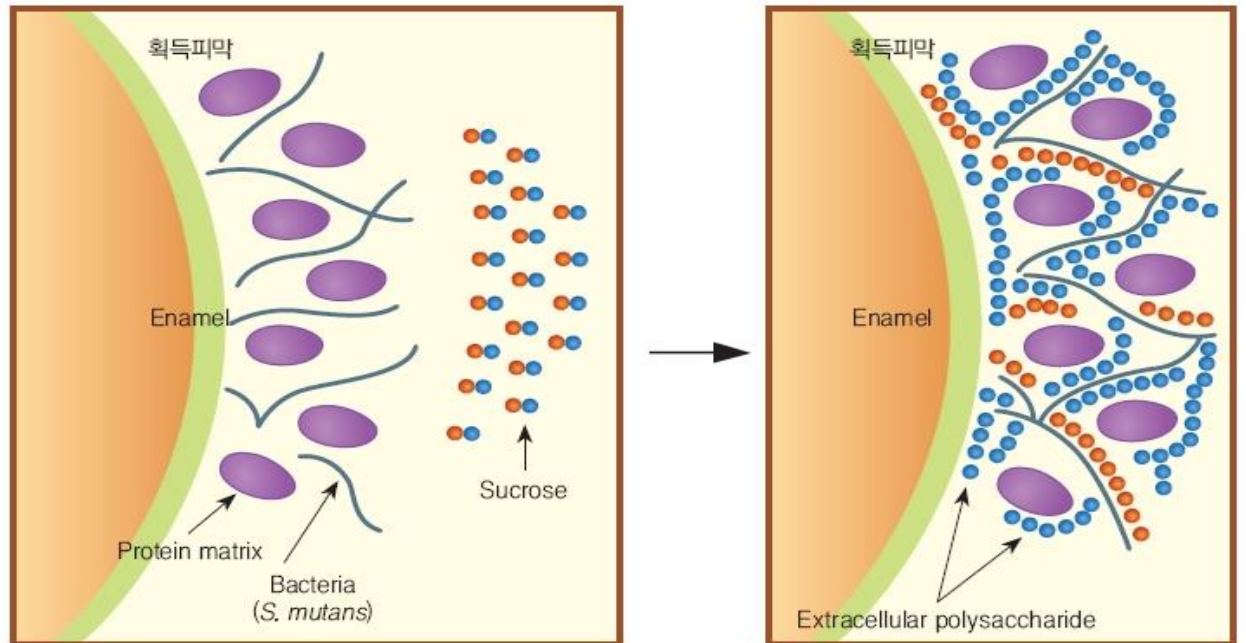


그림 3-2 치면세균막 내 세균에 의한 세포외 다당체 형성과 세균막 형성

글루칸(glucan ●)이나 프럭탄(fructan ●)과 같은 세균외 다당체(ECP)를 형성하여 세균막을 형성한다.

그림3-2(고문사 , 예방치과학 제2판 , 58p)

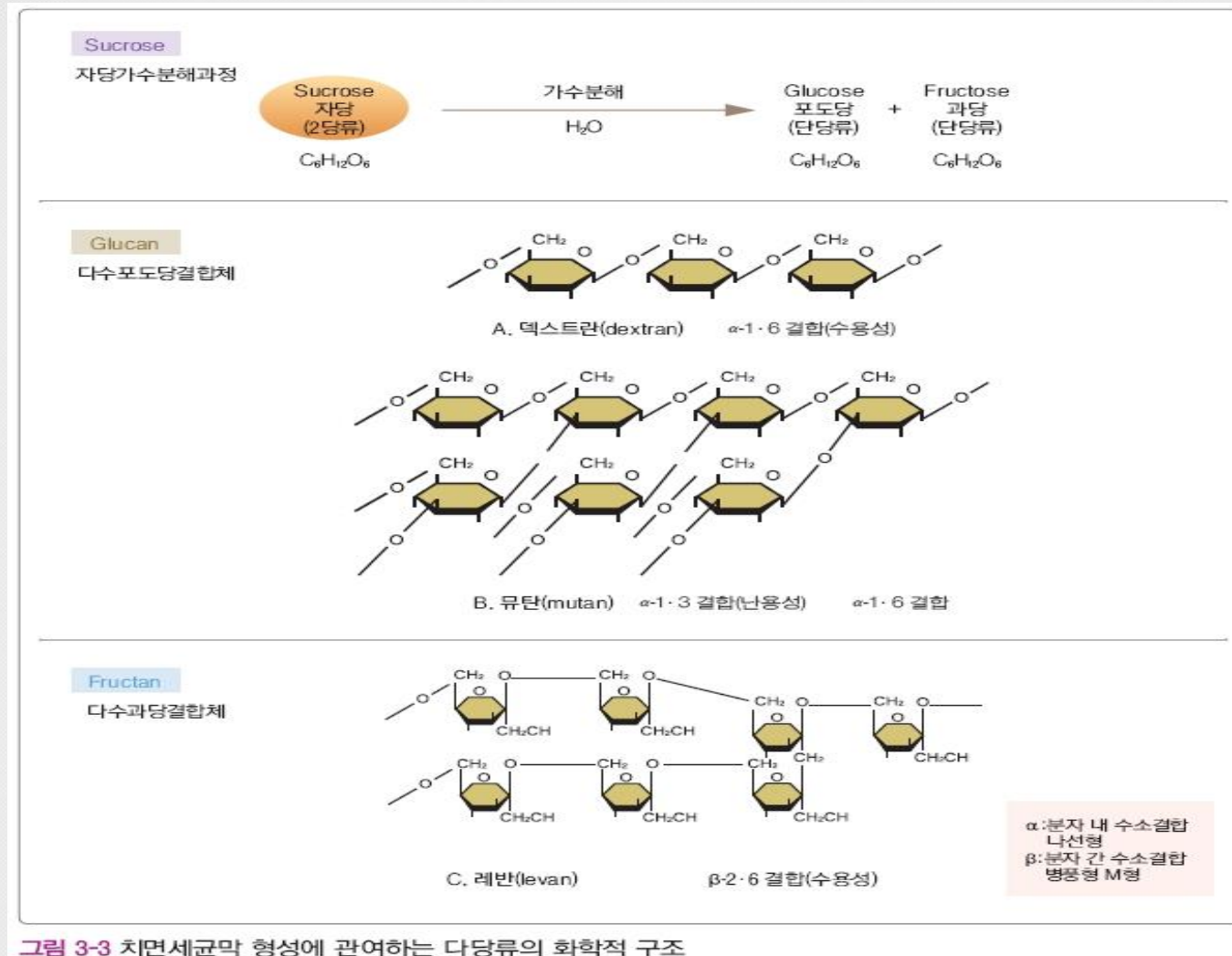


그림 3-3 치면세균막 형성에 관여하는 다당류의 화학적 구조

그림3-3 (고문사 , 예방치과학 제2판 , 59p)

1) 소수성 결합(hydrophobic bonding)

- 세균막을 형성하는 연쇄상구균의 소수성 성질은 세균의 세포벽과 결합된 GT - ase 등에 의해서 유발 → 소수체(hydrophobin)
- GT - ase 는 자당으로부터 만들어진 포도당을 세포외 다당류로 변환
- 치면세균막의 표면에 부착된 이 GT - ase 에는 소수성을 나타내는 부분이 있어서 치아 표면에 있는 당단백막의 소수체 부분에 대한 부착을 용이하게 한다.

2) 칼슘결합(calcium binding, calcium bridging)

- 칼슘에 의한 연결은 타액으로부터 유리된 칼슘 양이온이 음이온인 세균과 치면세균막의 표면에 다리를 놓아 주는 것
- 칼슘에 의한 연결은 치면세균막 형성의 초기에 주로 작용
 - 세균막이 형성되고 얼마 후 음식물이나 타액에서 유리되어 합성되는 EDTA와 같은 킬레이터에 의해 쉽게 파괴되기 때문

3) 세포외 다당류(extracellular polysaccharide; ECP)

- 치면세균막의 연쇄상구균은 GT - ase 를 이용하여 세포외 다당류를 합성하는데 glucan 이 대표적
- Glucan 은 포도당으로만 이루어진 중합체 다당류
→ 난용성, 끈적끈적한 성질을 가지고 획득피막에 수소결합으로 세균부착을 매개
- Glucan 중에서도 mutan 의 점액성이 강해서 세균 부착을 매개

4) 부착소(adhesion)

- 세균은 부착소 역할을 하는 세포표면 단백질을 스스로 분비→ 획득피막, 치면세균막에 부착
- 부착소는 렉틴과 비슷한 활성을 보여 당단백막의 당성분에 결합
- 부착소 분자는 획득피막에서 세균의 집락화를 촉진
- 세균의 표면에는 섬모 모양 (펍브리아)의 존재 → 부착의 기능, 부착소가 이온결합과 수소결합을 통해서 세균부착을 매개

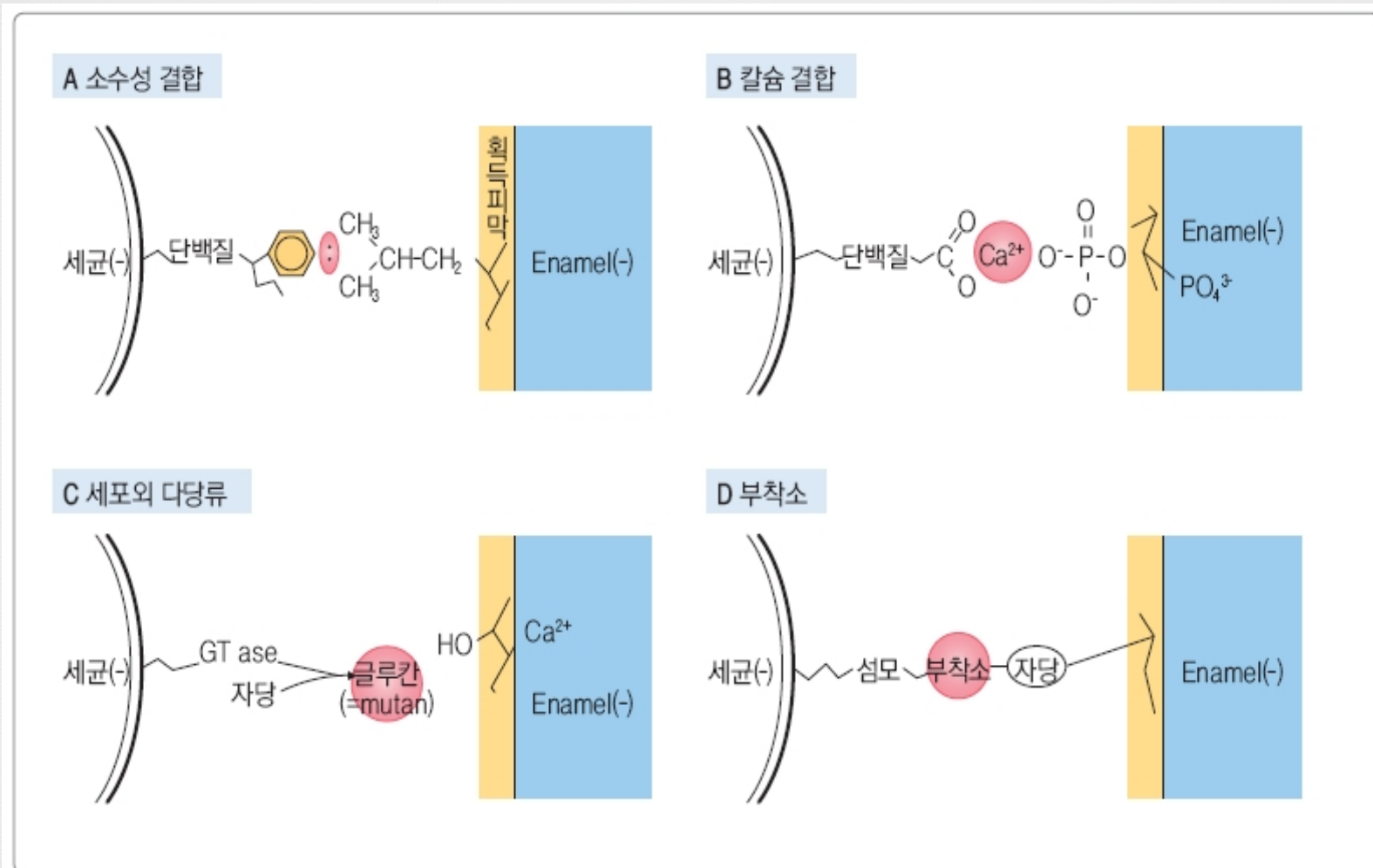


그림 3-4 치면세균막의 세균 부착기구

자료출처: Harris N. Primary Preventive Dentistry, 6th ed., 2004, p.29.

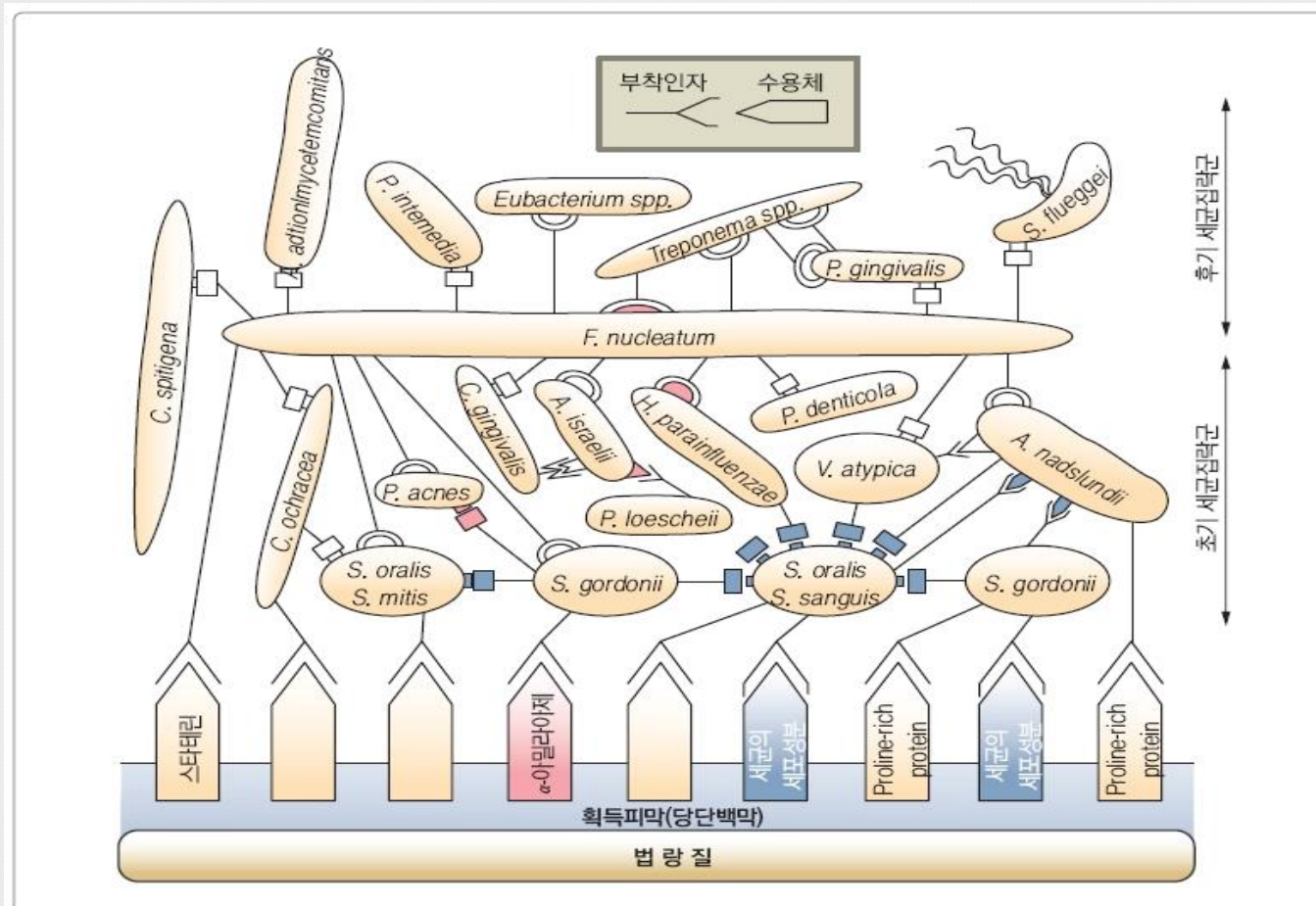


그림 3-5 사람의 치아 표면에 형성된 치면세균막에서 이루어지는 세균 간의 공통 응집

그림3-5 (고문사 , 예방치과학 제2판 , 61p)

- 치면세균막이 치면에 오래 부착 → 음식물과 타액 내 칼슘과 인산이 부착 → 석회화되면서 딱딱하게 굳기 시작하여 치석(dental calculus) 이 형성
- 치석은 염증성 치주질환의 진행에 있어서 중요한 원인

1) 종류

(1) 치은연상치석(supragingival calculus)

- 호발하는 부위: 하악 전치부의 설면, 상악 제 1 , 2 대구치의 협면으로 타액선의 개구부
- 색깔: 백색, 황백색
- 단단하지 않아 치면에서 쉽게 제거

(2) 치은연하치석(subgingival calculus)

- 전 치아에 분포되어 있으며 전반적이거나 국소적, 특히 인접면에 가장 심하게 침착
 - 색깔: 어두운 갈색, 암녹색
 - 치아표면에 단단히 부착되어 있어 제거가 쉽지 않다.
- 표3-1 치석의 부착 위치에 따른 분류

구분	치은연상치석(Supragingival calculus)	치은연하치석(Subgingival calculus)
진단	치면 건조 후 육안관찰	기구 및 방사선 이용
색깔	백 · 황색	흑 · 갈색
형성과정	타액	치은열구액
견고도	점토상	부싯돌 같이 단단함
분포	치은변연 따라 치경부에 위치 타액선 개구부에 심함	인접면, 설면의 치근에 위치 전 치아에 걸쳐 분포
난이도	제거가 쉬움	제거가 어려움

(고문사 , 예방치과학 제2판 , 63p)

2) 치석의 구성성분

- 75 %~ 85 %가 무기질이고 나머지는 유기질과 물
- 무기질의 주요 성분: 인산칼슘과 탄산칼슘, 그 외 Mg , Na , Cl , Fe 등
- 유기물의 구성성분: 세균, 백혈구, 탈락세포, 콜레스테롤, 지방산, 단백질 등
- 미생물: 사상균이 많으며 초기에는 구균과 간균이 발견

3) 치석의 형성

(1) 획득피막(pellicle) 형성

- 획득피막은 타액 성분인 점액성 당단백질로 구성
- 0.05 ~ 0.8 μ m 정도 두께인 무세포성 물질
- 치아를 깨끗이 닦은 후에도 수 분 이내에 다시 형성되기 시작

(2) 치면세균막(plaque) 성숙

- 미생물이 피막에 부착하기 시작하여 군락이 형성
- 초기에는 (그람 양성)구균, 간균(양성) 형태의 미생물로 구성, 5 일째 치면세균막은 대부분 사상균으로 구성
- 치석의 형성 초기에는 호기성인 연쇄상구균이 많이 발견되나, 구균은 점차 감소하고 혐기성인 간균과 방선균(그람음성 혐기성 간균)류가 증가

(3) 무기질화(mneralization) 현상

- 치면세균막이 형성된 후 약 4 ~ 8 시간 후에 무기질화가 시작
- 치은연상치석: 타액으로 부터 형성
치은연하치석: 치은열구액과 염증성 삼출물로 부터 형성

(4) 치석의 구성 성분

- 75 ~ 85 %의 무기물 성분과 15 ~ 25 %의 유기물 성분과 수분으로 구성
- 치은연상치석과 치은연하치석의 화학적 성분은 비슷
- 치석의 무기물은 2 / 3 정도가 주로 수산화인회석 결정체 형태

4) 임상적 중요성

- ① 치은연하치석은 세균에 의해 축적되고 세균덩어리는 치은염과 치주염을 진행시킨다.
- ② 치석은 거친면(다공성, 거침)에 세균의 축적을 가져오므로 치주낭 발달의 전구요소이다.

1) 법랑질의 기원과 법랑소주

- 외배엽에서 기원한 법랑기관에서 생긴 법랑모세포에 의해서 형성
- 법랑소주: 한 개의 법랑모세포가 이루는 한 개의 긴 구조물
- 법랑소주는 다른 법랑소주와 나란히 배열
- 한 개의 법랑소주의 머리의 직경은 약 6 ~ 8 마이크론(μm)

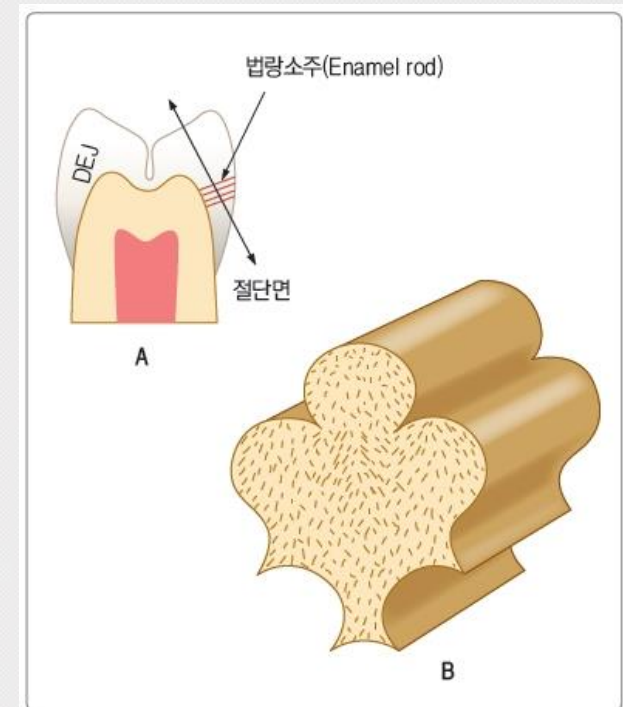


그림3-6 (고문사 , 예방치과학 제2판 , 65p)

그림 3-6 법랑소주의 구조
(A) 법랑소주 (B) 법랑소주의 절단면

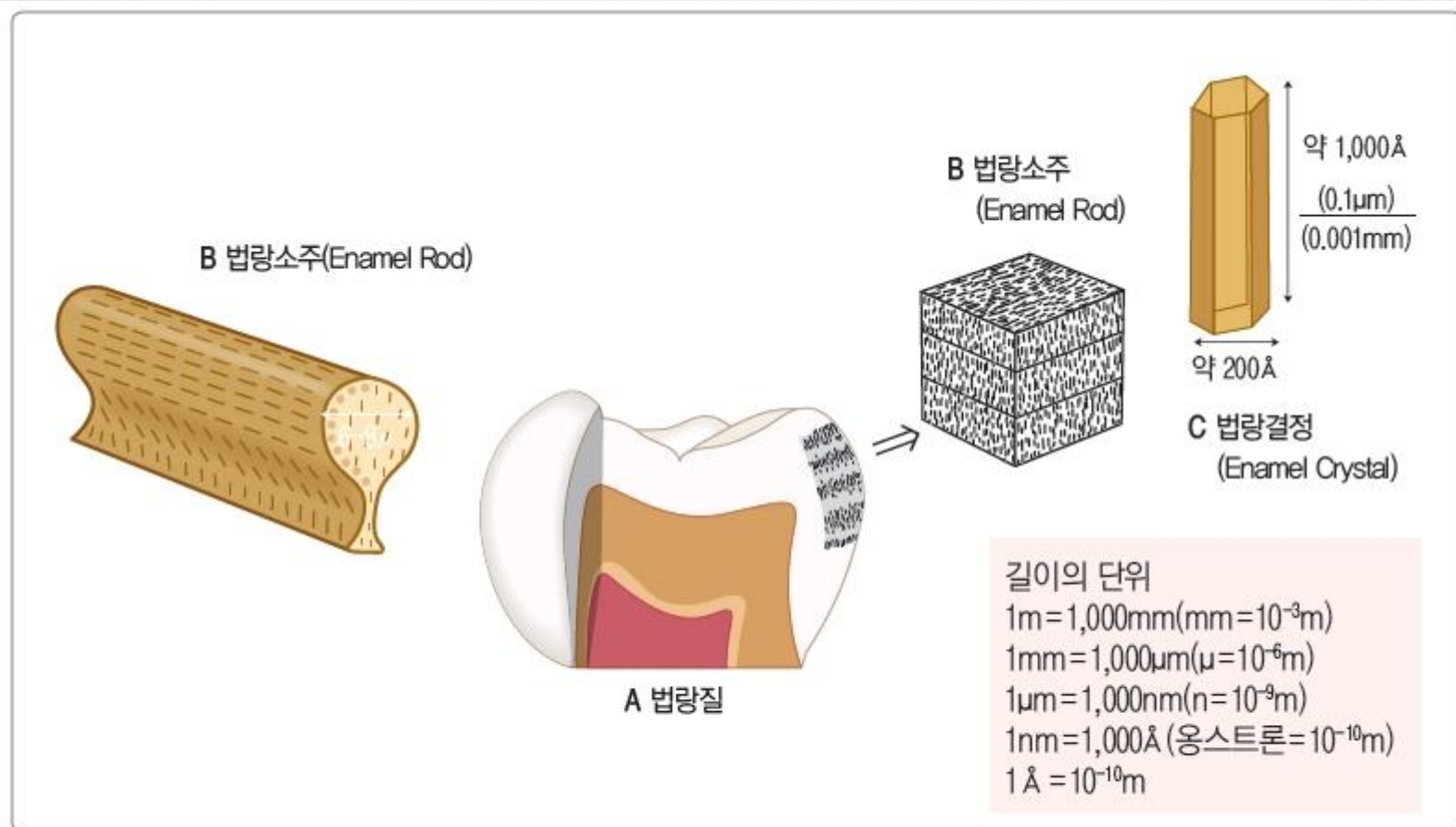


그림 3-7 수산화인회석의 결정구조

(A) 법랑질 (B) 법랑소주에 둘러싸인 수산화인회석 결정 (C) 법랑질의 수산화인회석 결정 크기

그림3-7 (고문사 , 예방치과학 제2판 , 65p)

- 치아발육기에 법랑모세포는 칼슘과 인산을 재료로 해서 6각 막대기 모양(수산화인회석)의 법랑결정을 만들고, 이 법랑결정을 재료로 해서 긴 기둥 모양의 법랑소주를 형성

● 법랑결정: 법랑소주를 구성

- 직경: 약 $200 \text{ \AA}$ (0.02 마이크로론)
- 한 개의 법랑소주는 수십만 개의 법랑결정으로 구성
- 법랑소주의 머리 부분에서는 대개 장축에 평행
- 산에 의해서 취약해진(PH 5.5이하) 법랑소주는 법랑결정이 파괴되면서 광질이탈 되는데, 법랑결정의 안쪽에서부터 광질이 이탈되어 결정이 파괴

2) 법랑질 내 초기우식병소

- ❶ 초기 탈회 법랑질의 표면층에는 타액으로부터 광질이 가장 많이 침착되기(칼슘이 포화) 때문에 더욱 단단하고 내산성도 강하다. 두께는 약 30 마이크론(μm)
 - ❷ 병소체층: 광질이탈로 생기는 층 $\rightarrow$ 광질이탈이 가장 심한 층, 가장 넓은 공간을 차지
 - ❸ 불투명층: 병소체층의 직하방으로 광질침착으로 생기는 층
 - ❹ 반투명층: 건전한 법랑질에 접한 최심층으로서 광질이탈로 생기는 층이다.
- 이러한 우식병소는 주로 법랑질에서 관찰

- 어느 정도의 광질이탈 현상이 있다고 해도 적극적인 불소 이용과 구강위생환경 개선이 이루어져서 치질의 재광질화가 가능해지면 법랑질은 거의 정상 상태로까지 회복
→ 초기우식병소가 있더라도 재광질화가 될 수 있도록 노력
- 우식병소가 커져서 치아의 형태가 파괴되어 구조물의 외형이 달라진 경우 재광질화에 의한 결손치아 회복은 기대하기 어려움

표 3-2 법랑질 내 우식병소의 4층(전자현미경)

표면층	타액으로부터 광질이 침착한다.	(+) surface zone
병소체층	광질이탈이 가장 심하다.	(-) body of the lesion
불투명층	광질침착이 생긴다.	(+) dark zone
반투명층	가장 깊은 곳에서 광질이탈이 시작되는 곳이다.	(-) translucent zone

(고문사 , 예방치과학 제2판 , 67p)

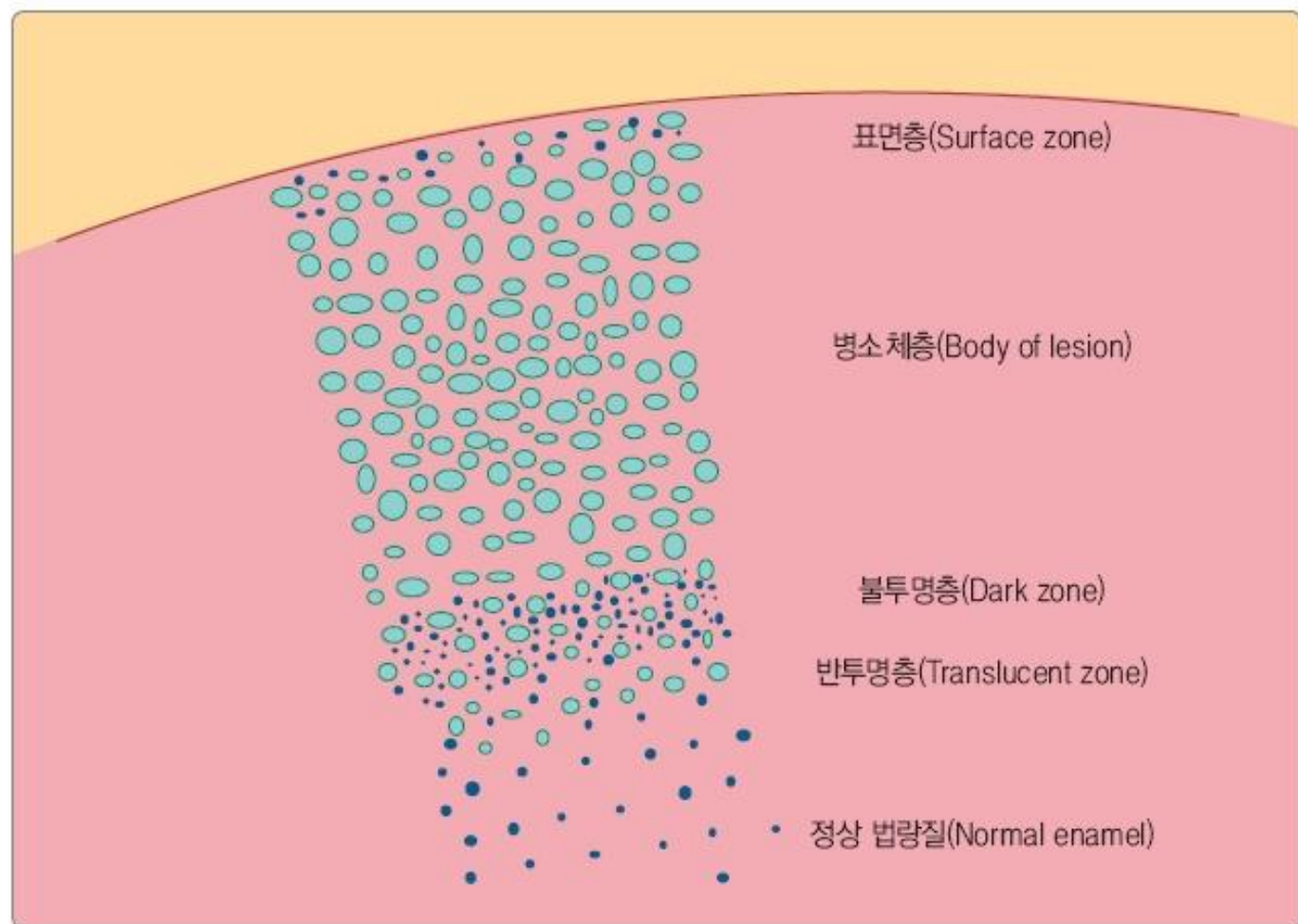


그림 3-9 초기우식병소의 공극(pore)의 크기 차이

(고문사 , 예방치과학 제2판 , 67p)

3) 수산화인회석의 분자결정구조

- 법랑질인회석 분자는 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 로서, 아파타이트 결정의 장축을 따라서 수산기(OH 기)가 기둥 혹은 사슬의 축 역할을 하고 있으며, 3개의 칼슘(Ca^{2+})이 삼각형을 이루면서 두 개의 삼각형이 위상을 달리해서 C 축에 장축으로 배열되어 있다.
- 6 개의 인산기(PO_4^{3-})는 이 사이에서 분자간 인력의 배열에 따라 위치되어 있기 때문에 수산화인회석의 구조에서는 OH 기의 역할이 중요하며, 탈회(광질이탈)될 경우 이 OH 기가 파괴되는 것이다.
- 불소에 의해서 OH 기가 F 원자로 치환되면 산에 의한 OH 기의 이탈이 잘 되지 않으므로 광질이탈이 발생하기 어렵다고 볼 수 있다
- 수돗물 불소농도조정사업을 할 경우 치면세균막 내의 불소는 타액 내 불소의 약 100 배에 가깝고, 이것이 치아의 내산성을 증가시키는 데 큰 역할을 한다.

- 탈회 법랑질 결정의 크기
 - 건전한 법랑질의 결정이 탈회가 되면 결정이 작아짐
 - 법랑질이 재광질화될 경우 탈회되기 이전보다도 더욱 단단한 법랑질이 된다

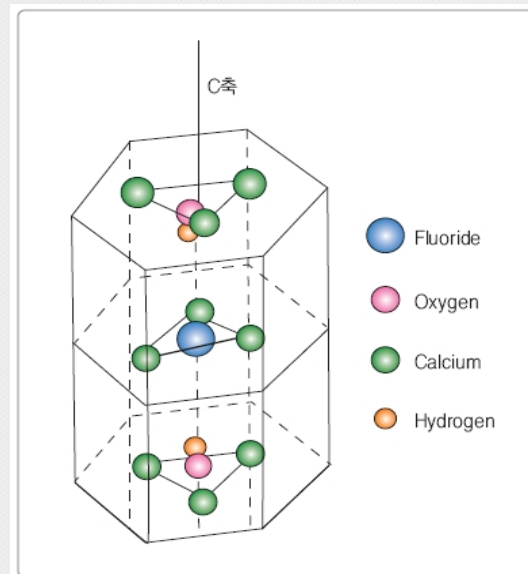


그림 3-11 하이드록시-아파타이트(Hydroxy-Apatite)

(고문사 , 예방치과학 제2판 , 68p)

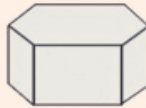
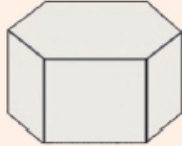
구분	초기 법랑질 우식병소의 법랑결정 크기	재광질화 후의 법랑결정 크기
표면층 (Surface zone)	40nm 	80nm 
병소체층 (Body of lesion)	10nm 	30nm 
불투명층 (Dark zone)	50nm 	100nm 
반투명층 (Translucent zone)	30nm 	30nm 
건전법랑질 (Sound enamel)	40nm 	40nm 

그림 3-13 법랑질 병소의 4가지 조직학적인 zone과 건전 법랑질에서의 상대적인 결정의 직경

(고문사 , 예방치과학 제2판 , 69p)

감사합니다.
