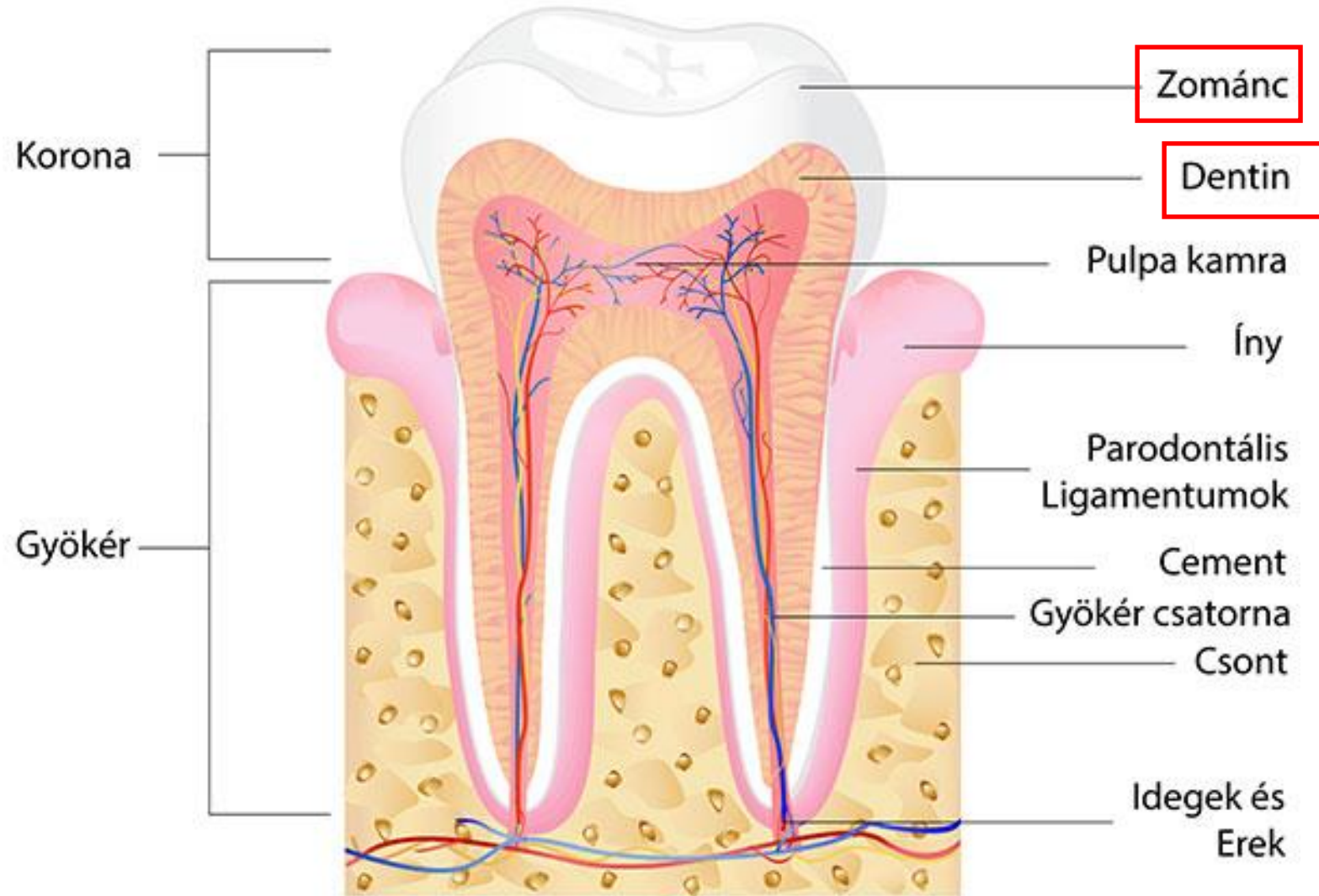


Biofizika a fogorvostudományban

Haluszka Dóra

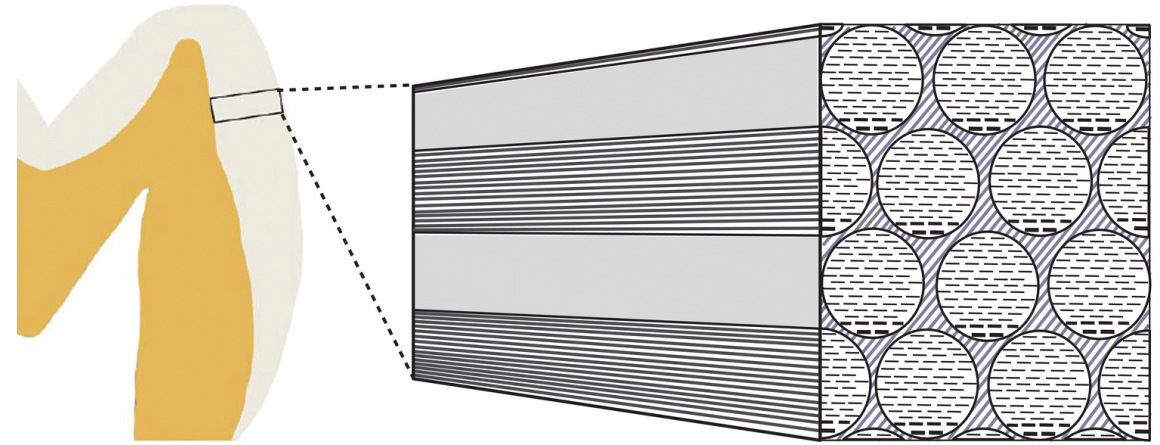
2025.02.27

Fog szerkezete



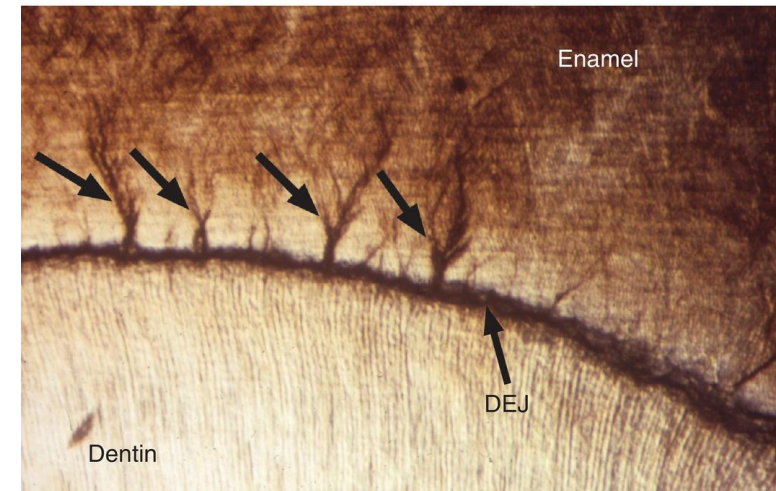
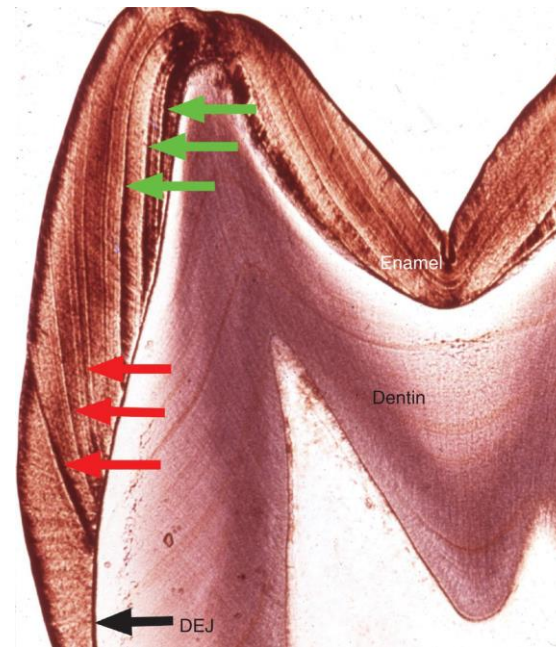
zománc szerkezete

- mineralizált, legkeményebb anyag
- áttetsző (dentin)
- hidroxiapatit 90%, fluoroapatit, karbonátok, szilikátok
- kollagént nem tartalmaz
- morfológia: ameloblaszt – zománcprizma (kristályköteg)
- kristálykötegek átlagosan 4 μm vastagok
- dentin felszínére merőlegesen, hullámos lefutásúak
- érett zománc – élő sejtek teljes hiánya
- acelluláris, avaszkuláris



Zománcprizmák és az interprizmatikus állomány

<https://pocketdentistry.com/4-enamel/#c4-fig-0001>

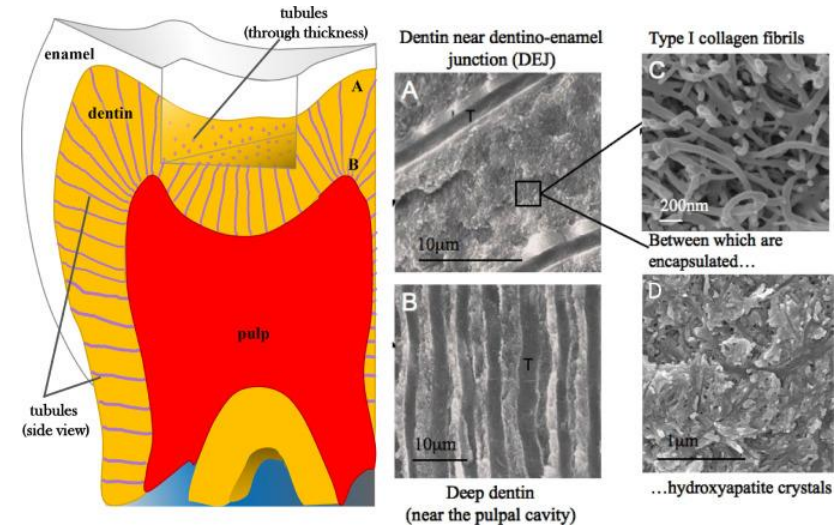


https://pocketdentistry.com/4-enamel/#R_c4-fig-0013

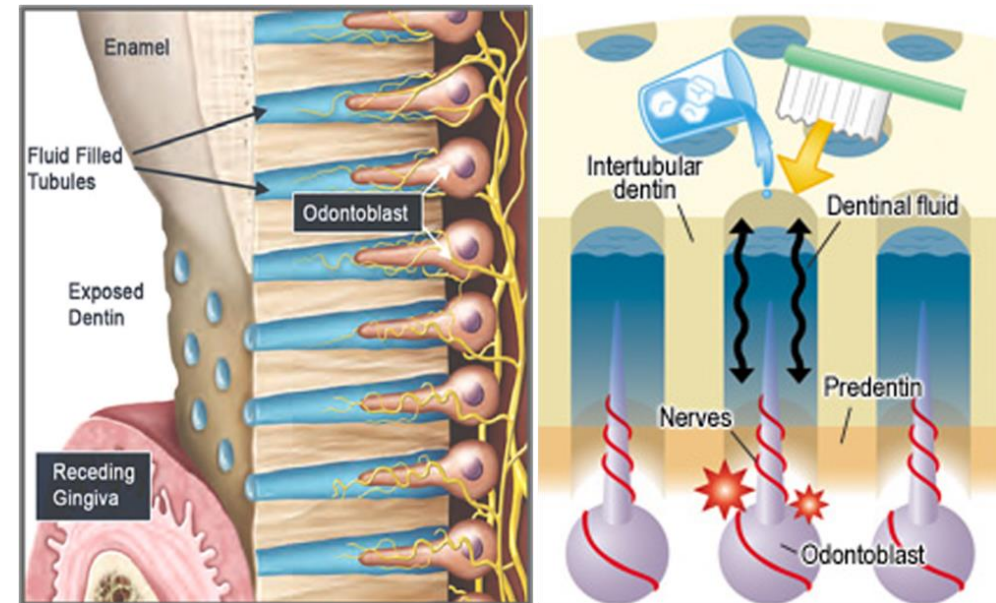
https://pocketdentistry.com/4-enamel/#R_c4-fig-0007

dentin szerkezete

- kemény szövet
- 70% ásványi anyag, 20% szerves anyag – kollagén, 10% víz
- nem tartalmaz sejteket
- 3-5 mm vastag
- fog színét adja
- formái: mantle-dentin, predentin, primer dentin, szekunder dentin, reparatív
- szerkezet: tubulusok, intertubuláris dentin, peritubuláris dentin
- fogszuvasodás könnyen roncsolja
- kis mértékben képes védekezni – dentincsatornáknakban dentin lerakódás

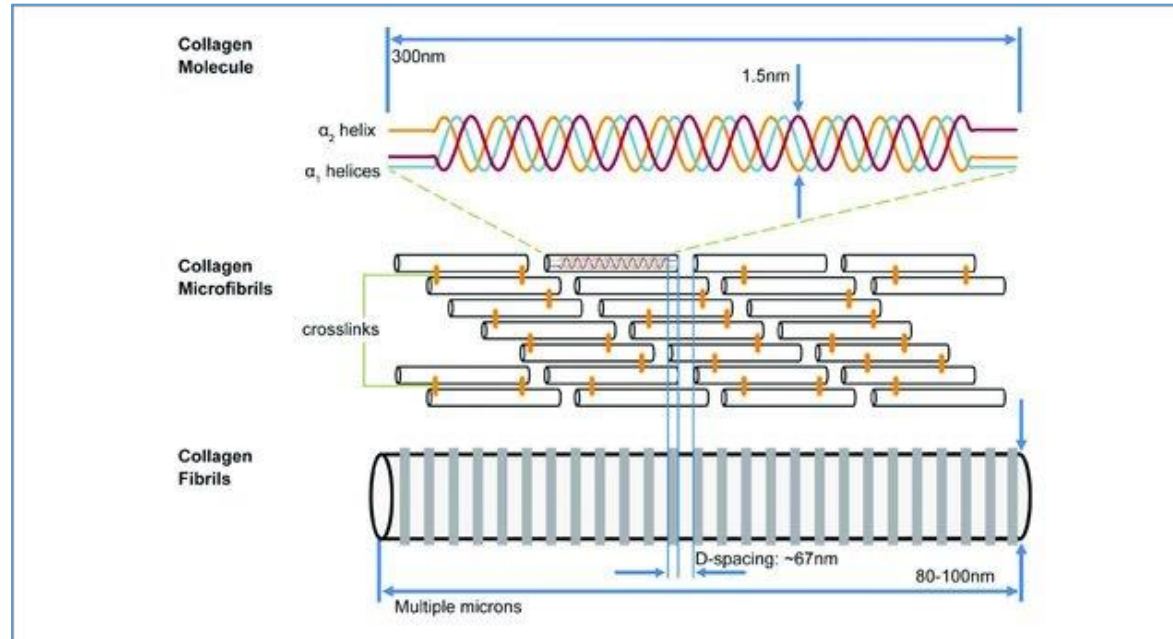


<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359646219305688>

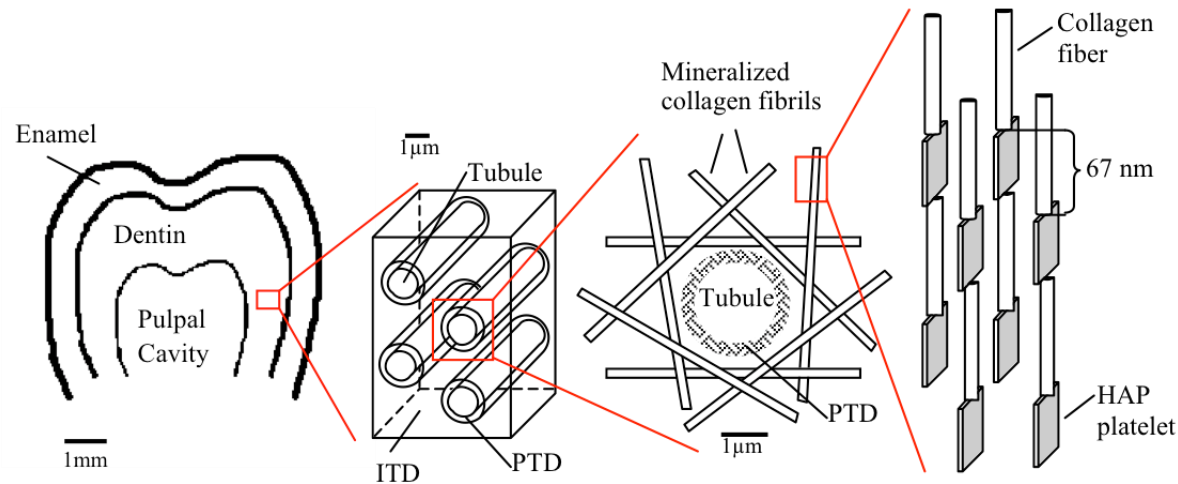


<https://www.dentin.co/new-blog/2017/6/9/dental-hypersensitivity-hydrodynamic-theory>

A kollagén hierarchikus felépítése

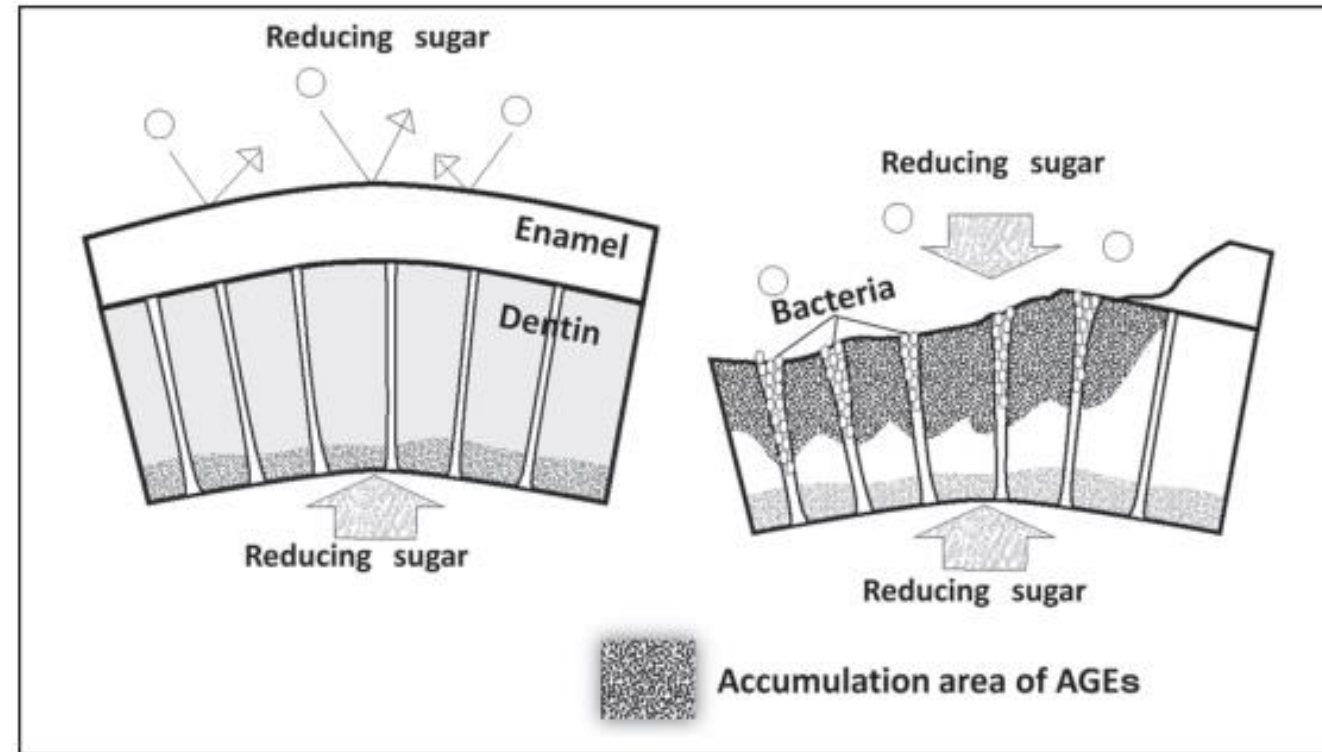
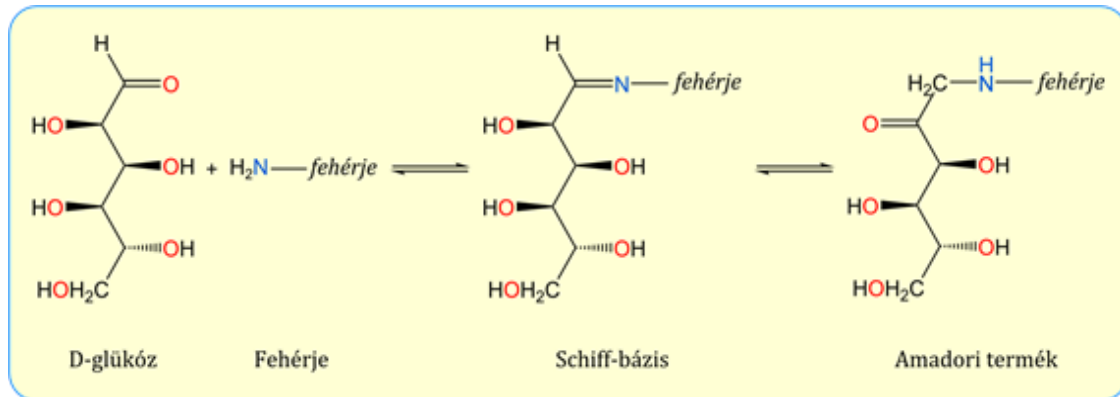
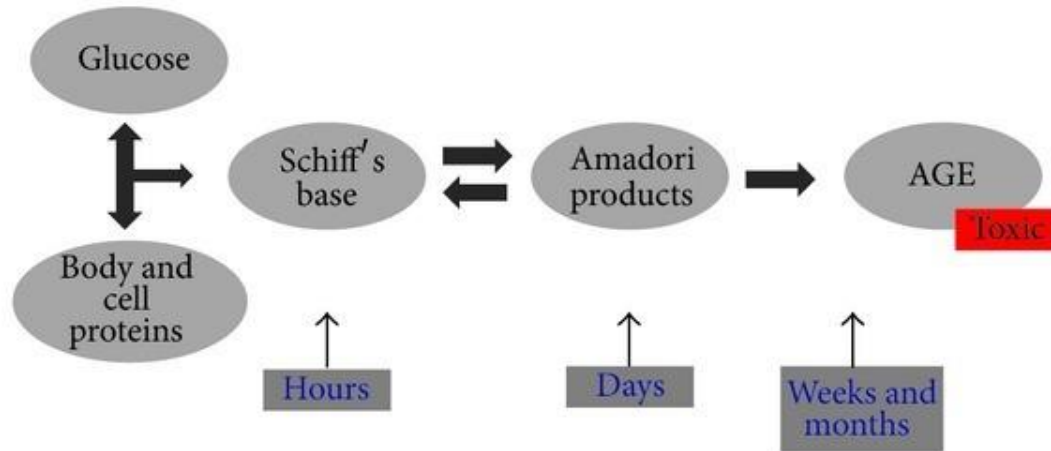


Nincs turnover!!!



<https://dunand.northwestern.edu/xray-dentin.shtml>

A kollagén nem-enzimatis glikációja

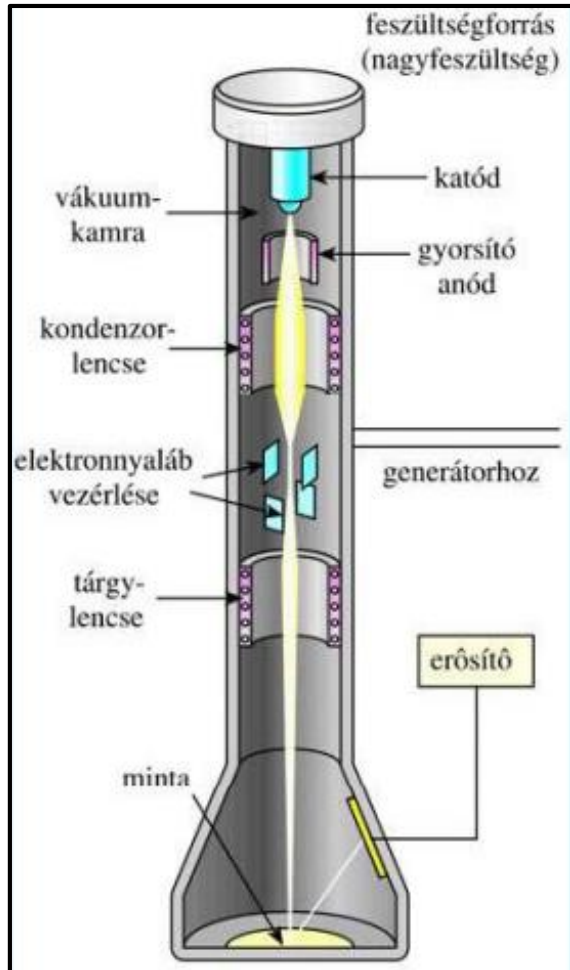


Matsuda Y, Miura J, Shimizu M, Aoki T, Kubo M, Fukushima S, Hashimoto M, Takeshige F, Araki T. Influence of Nonenzymatic Glycation in Dentinal Collagen on Dental Caries. J Dent Res. 2016 Dec;95(13):1528-1534.

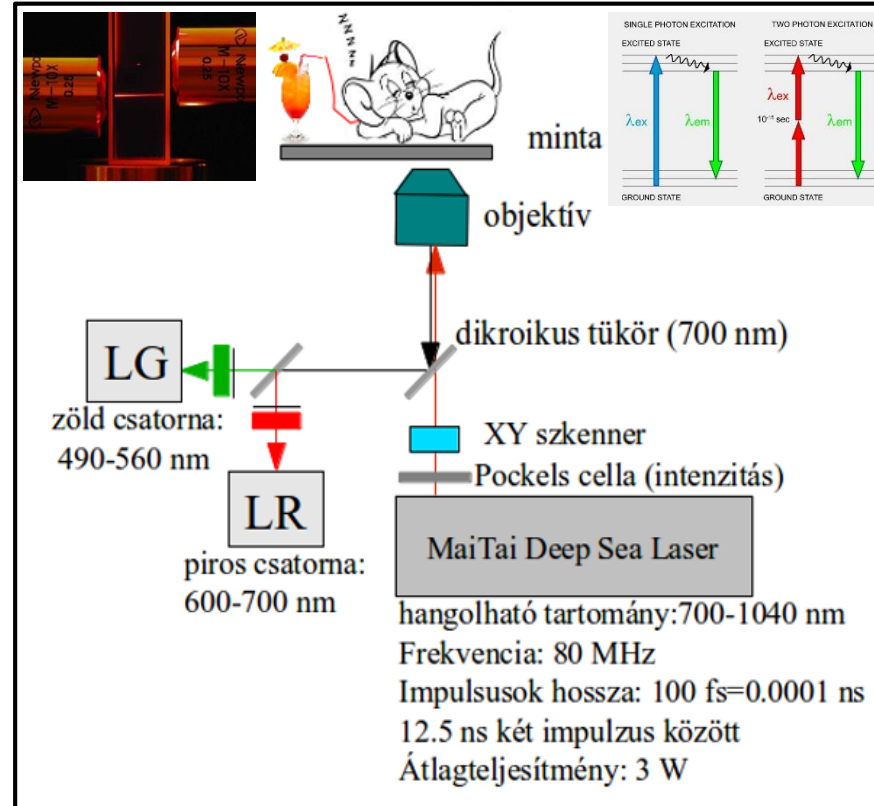
Vizsgálati módszerek

Milyen technikák lehetnek a segítségünkre egyes tudományos kérdések megválaszolásában?

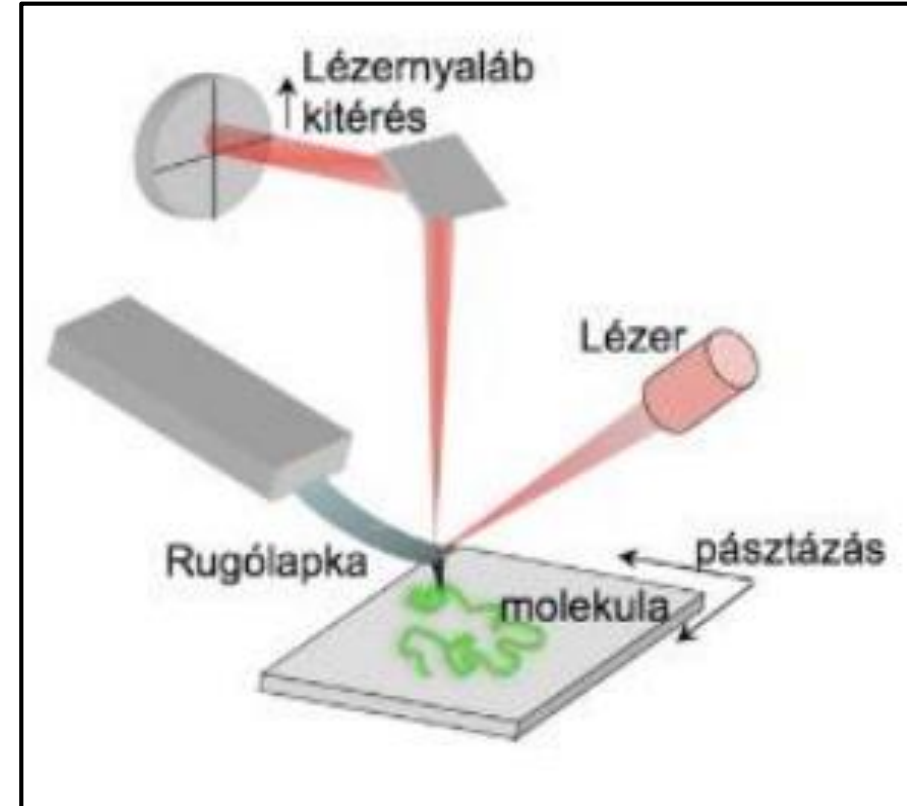
Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)



Kétfoton mikroszkópia



Atomi erő-mikroszkópia (AFM)



egyéb...

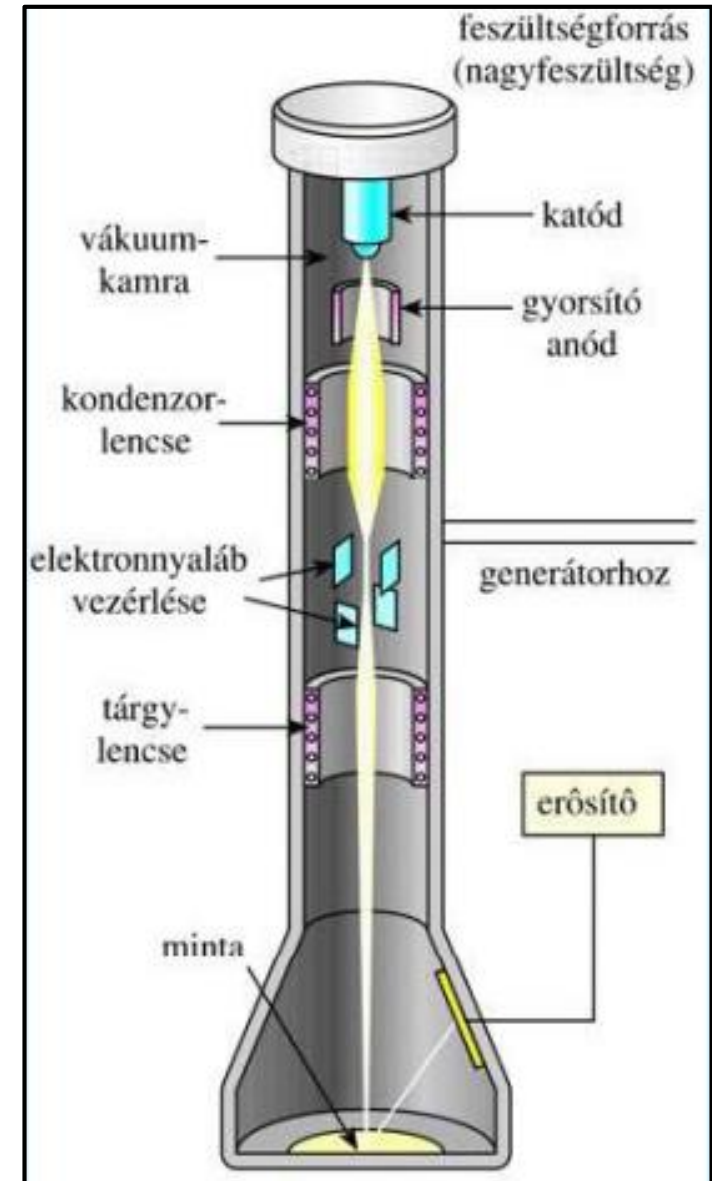
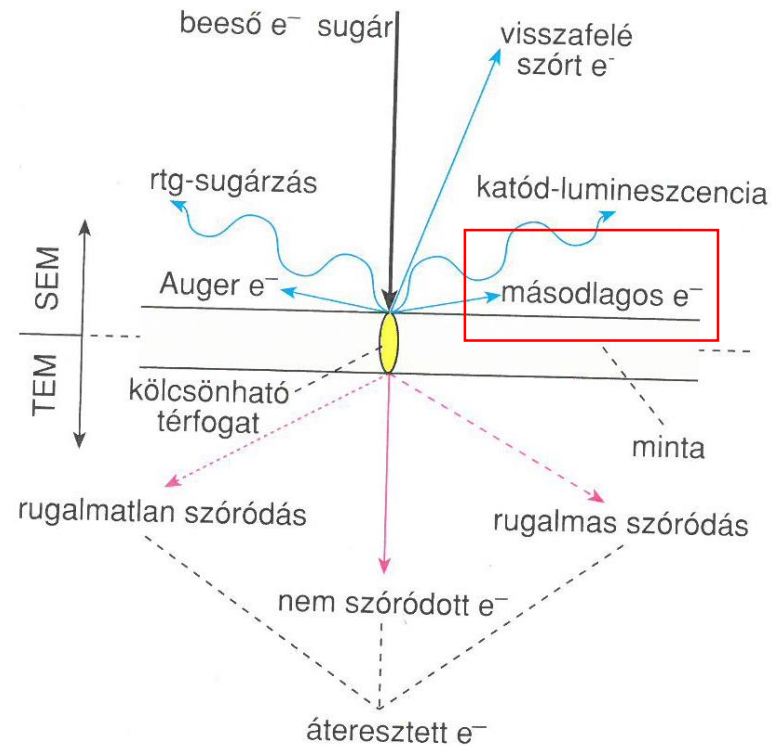
Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Mit vizsgálhatunk?

1. Felszíni struktúrák – plakk képződés
2. Fogzománc és dentin sérülései, kopása
3. Felületkezelési módszerek hatékonysága

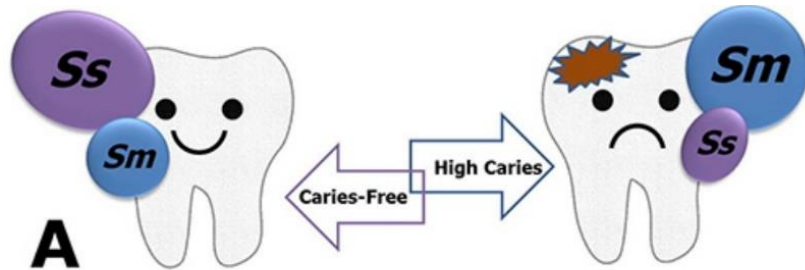
<https://www.mdpi.com/2073-4360/14/9/1643>

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$



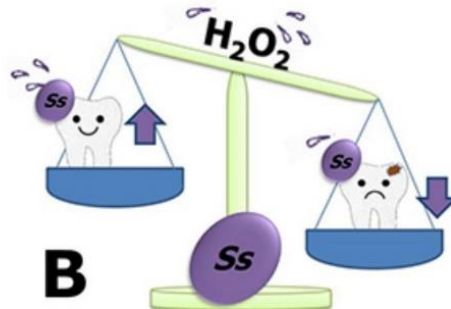
Dentális plakk képződése

1. Szerzett pellicula
2. Iniciális kolonizáció
3. Plakk érése



A. *Streptococcus sanguinis* (Ss) predominates over *Streptococcus mutans* (Sm) in caries-free adults. In high caries subjects, Sm appears to prevail over Ss in the oral biofilm.

B. Ss isolated from caries-free individuals showed higher H₂O₂ production than high caries adults.



Biofilm matrix

Glucans, capsules, PNAG, LTA
eDNA

Amyloids, adhesins, enzymes,
DNA binding proteins

Peptidoglycan fragments

S layers, adhesins

Lipids, LPS

Attachment of microbial cells

Biomechanical resistance

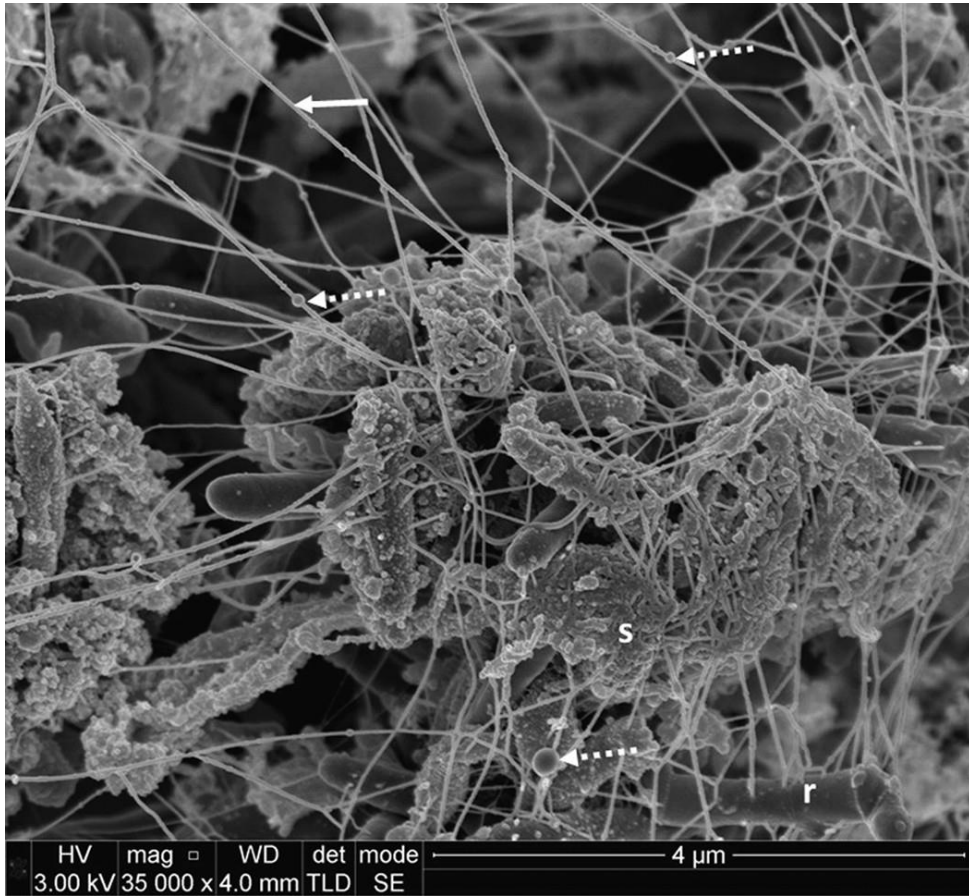
Restricts immune cell penetration

Quorum sensing

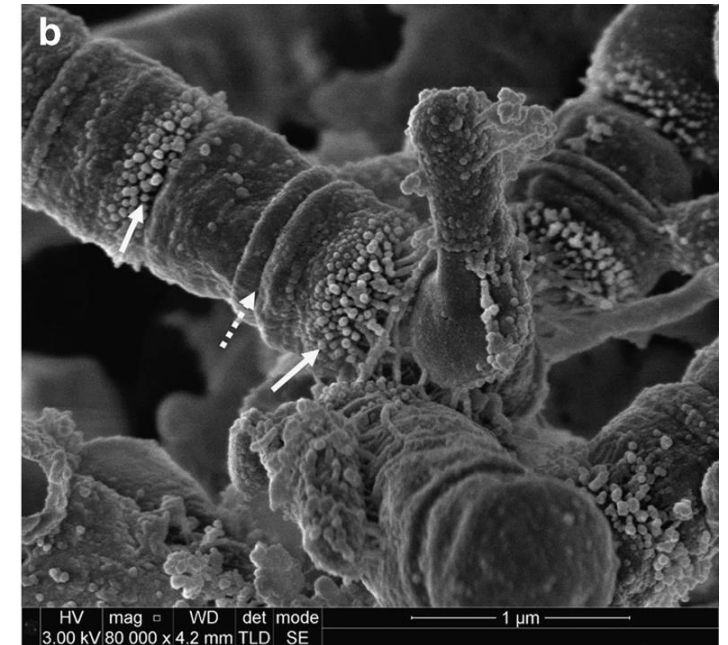
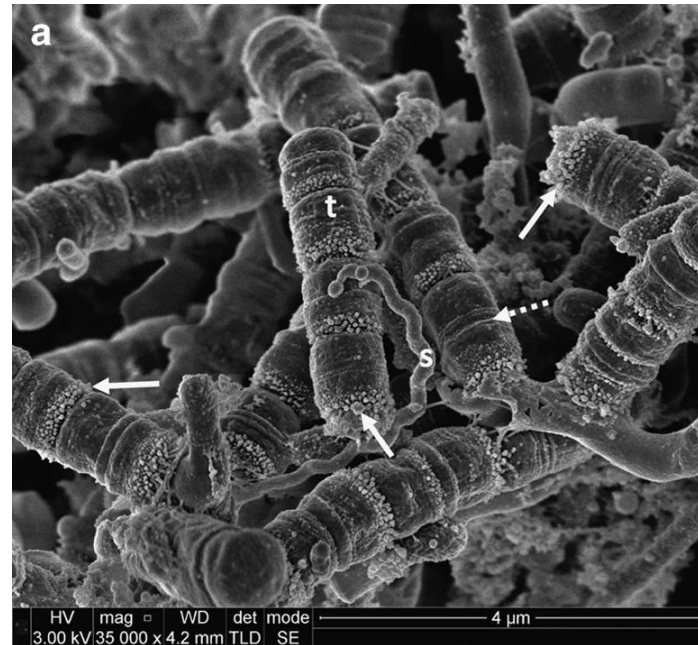
Protection, nutrient store

Gene pool

Dentális plakk ultrastruktúrája

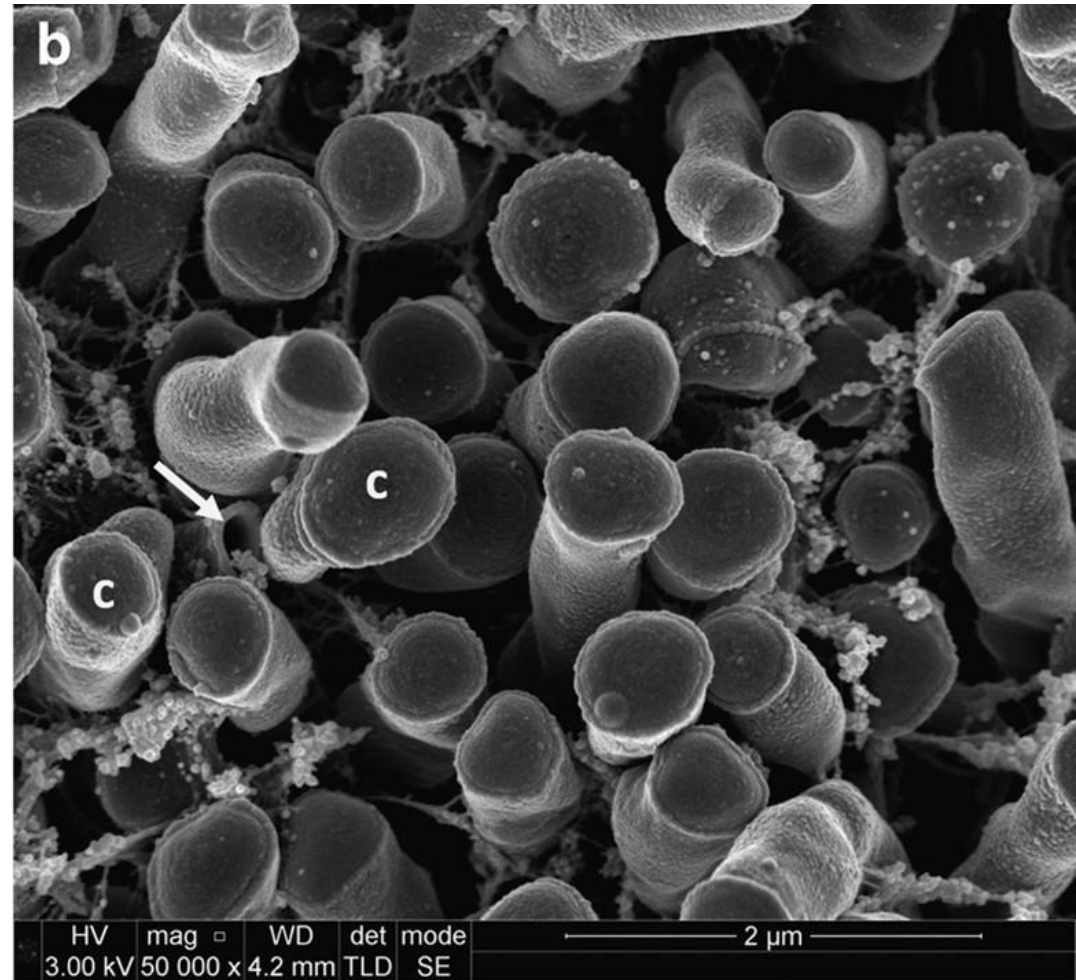
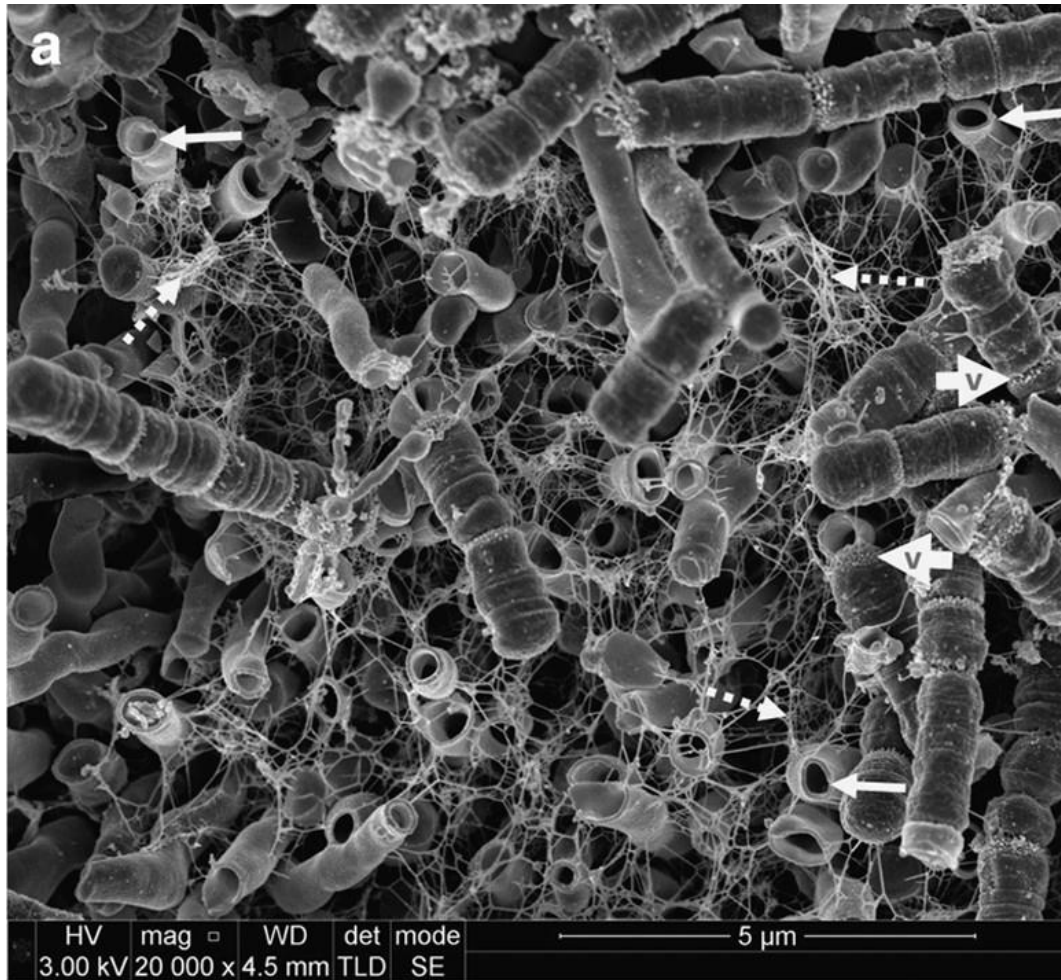


Extracelluláris mátrix szálak, pálcika alakú baktériumok



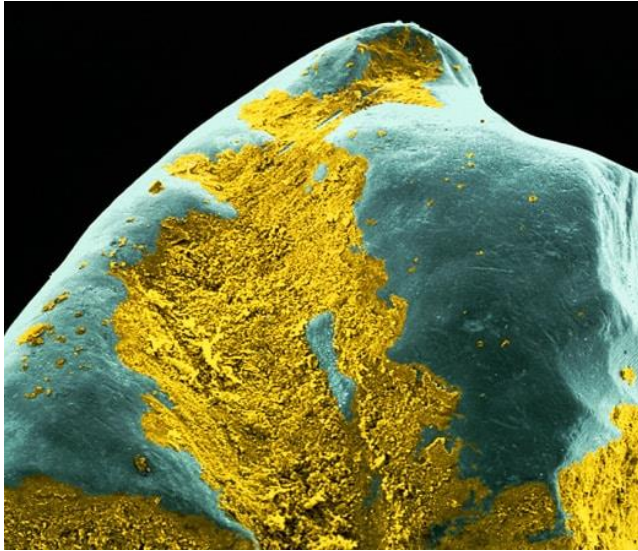
Megduzzadt pálcika alakú baktériumok: TM7 phylum (t), Spirochaeta baktérium (s), nyilak – membrán-asszociált vezikulák

Dentális plakk ultrastruktúrája II



Nyíl: Nyílt tubulusok, szaggatott nyíl: extracelluláris mátrix szállakkal körbeszőtt tubulusok, pálcika alakú mikroorganizmusok,
v: vezikulumok, c: sejtek

Dentális plakk ultrastruktúrája III

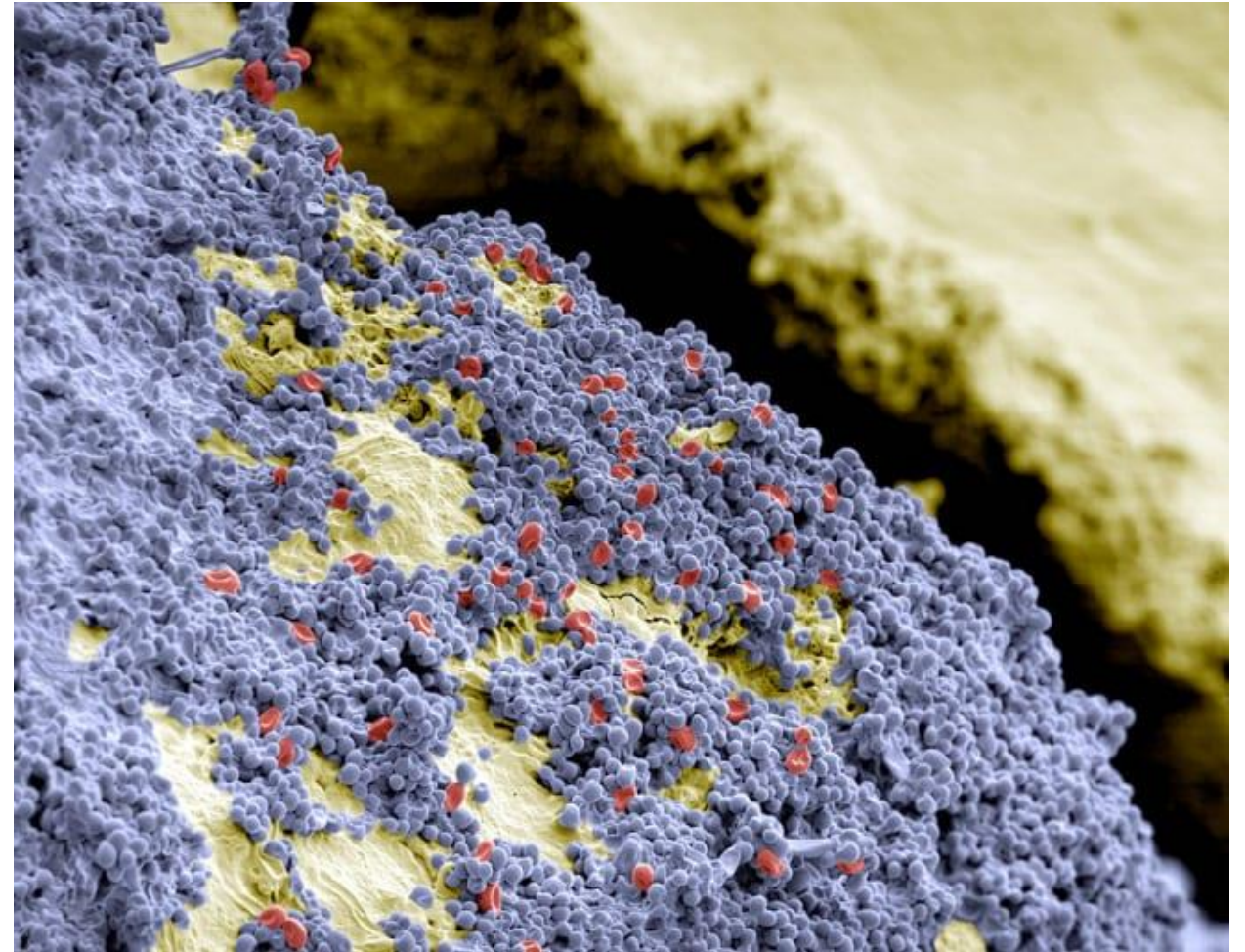


sárga: bakteriális plakk



dentális plakk, biofilm (400x)

kék: gömb alakú baktériumok kolóniája, piros: vvt



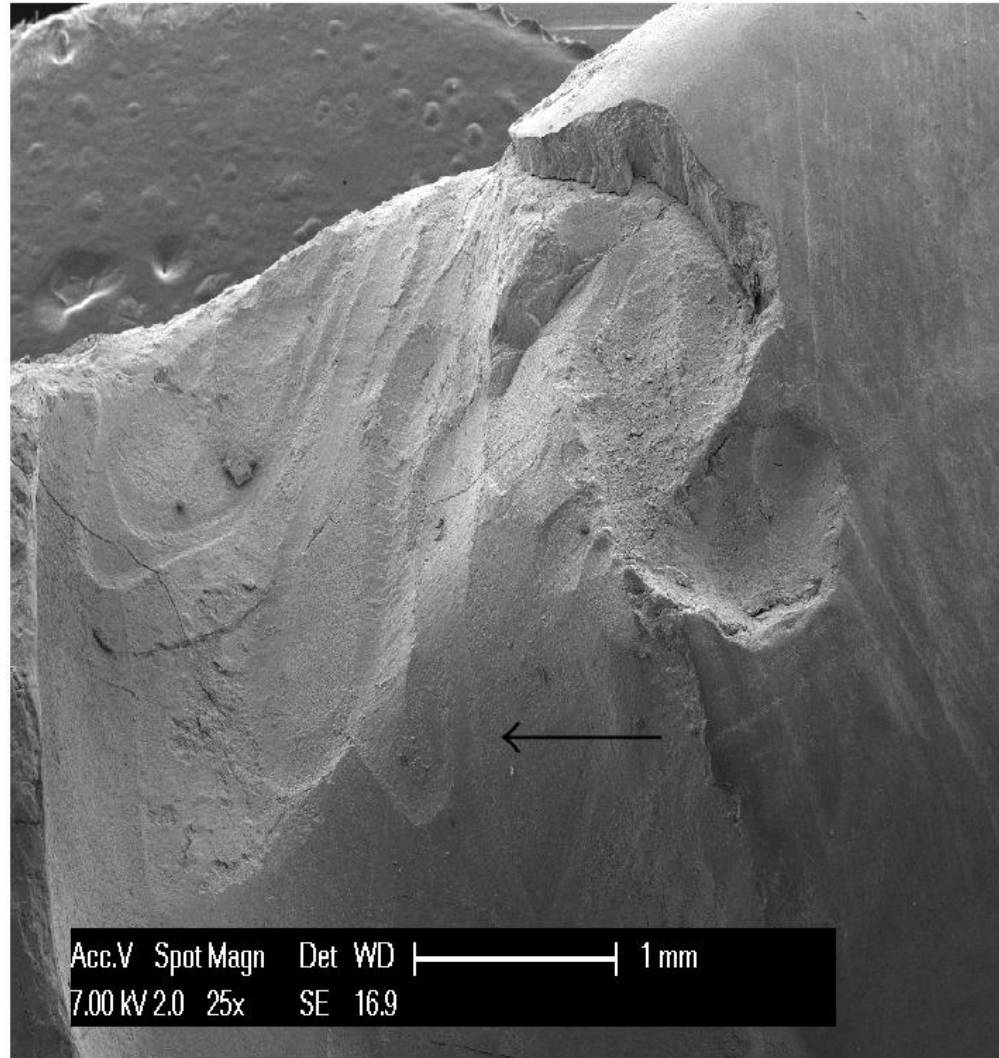
<https://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/howaboutthat/11067916/Plaque-attack-Close-up-images-of-teeth-reveal-what-lives-in-your-mouth.html>

A fogkopás fajtái

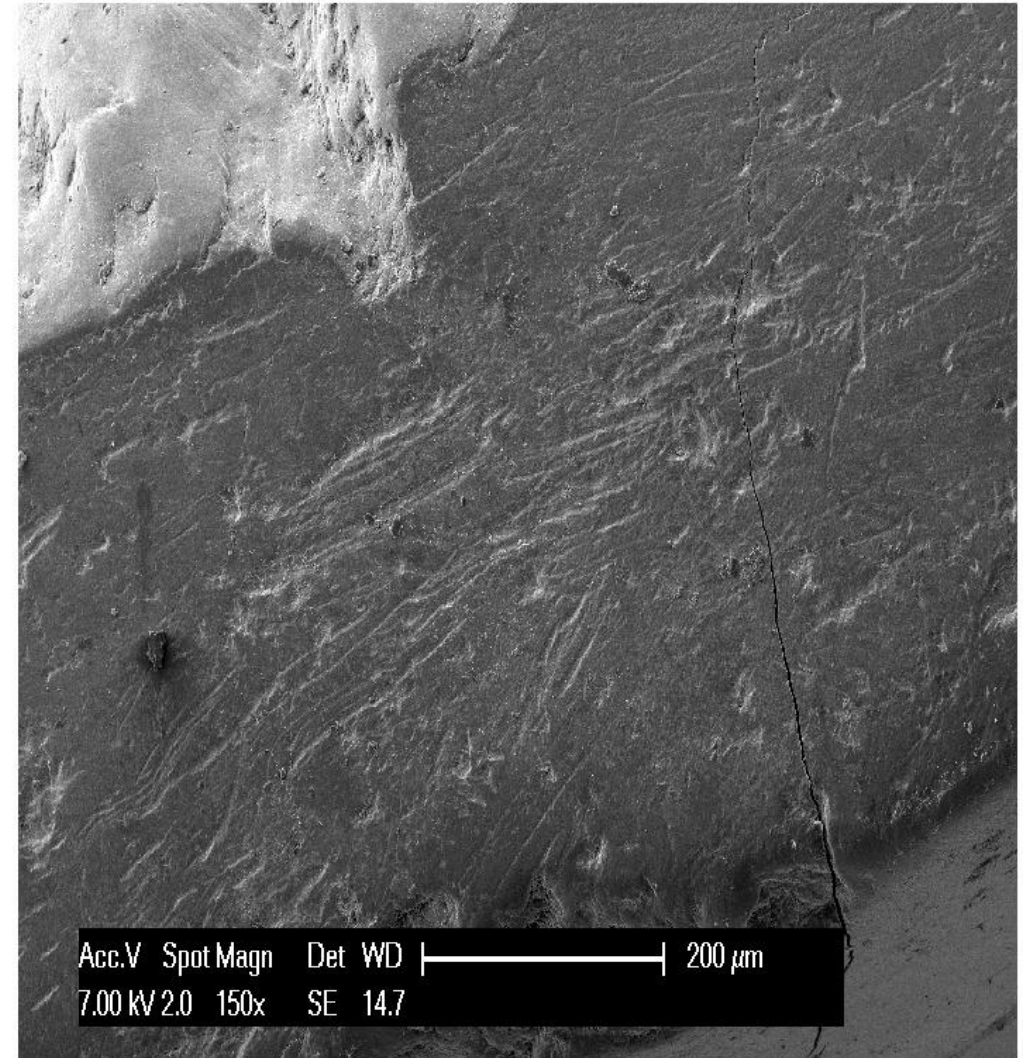
Nem fogszuvasodással összefüggő kopási folyamatok

- 1. Erózió:** fog keményszöveteinek nem bakteriális sav hatására történő oldódása, külső és belső forrásból: étel, reflux, bulímia
- 2. Abrázió:** külső hatásra történő fogzománc kopás: rossz technikájú fogmosás, fogpiszkáló, fogkrém, ételek (zöldségek)
- 3. Attríció:** fog a foggal, rendes rágás (idős korban), fogcsikorgatás, abnormális harapás
- 4. Abfrakció:** fognyaki részen keletkező foganyagvesztés, fog túlterhelése okozza

A fogzománc kopása

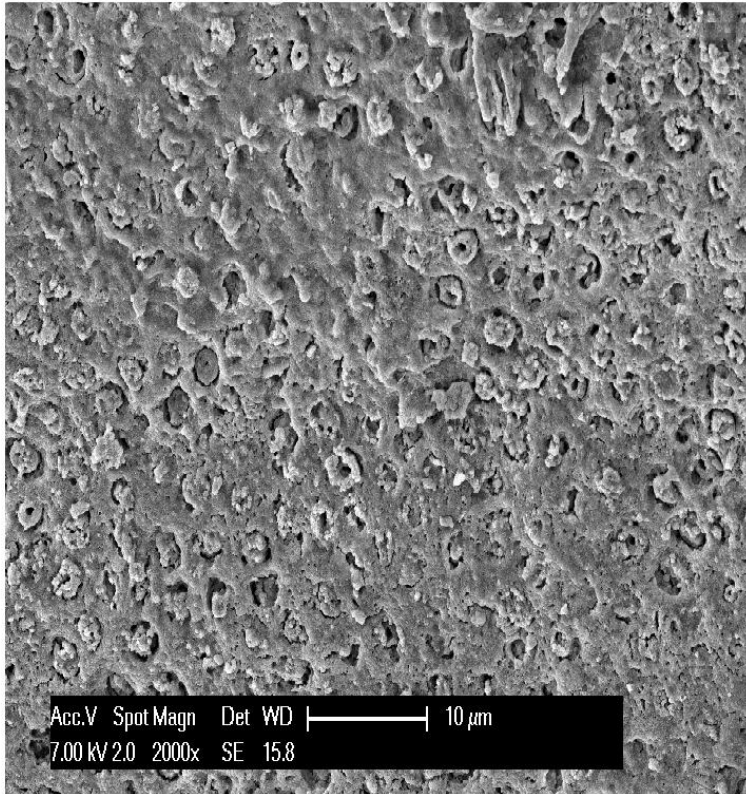


fogzománc abrakciója: üregek, átfedő, párhuzamos barázdák

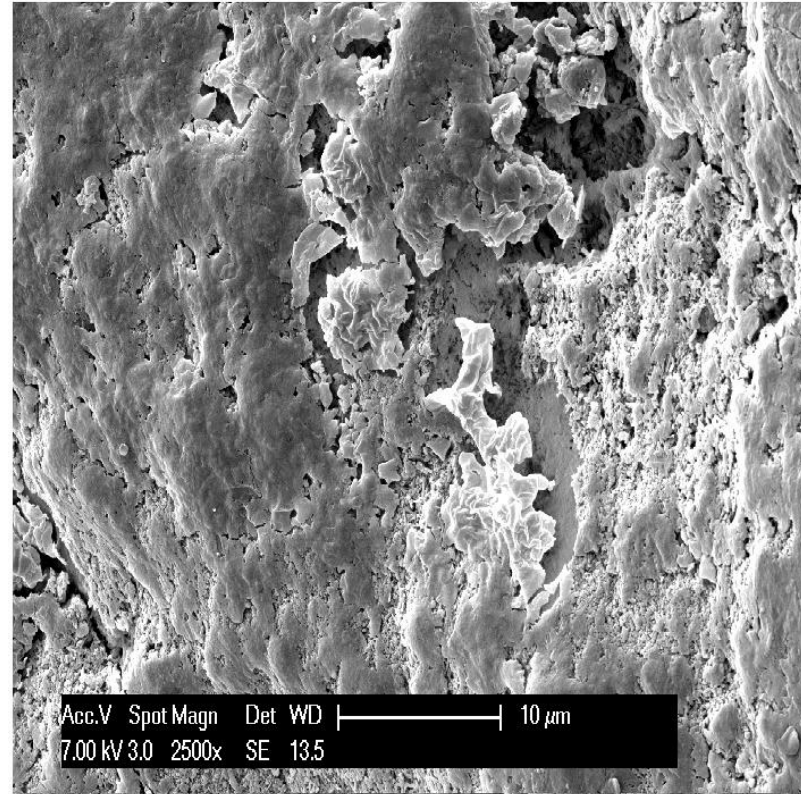


fogzománc attríciója: karcolások, csíkok, bordázottság

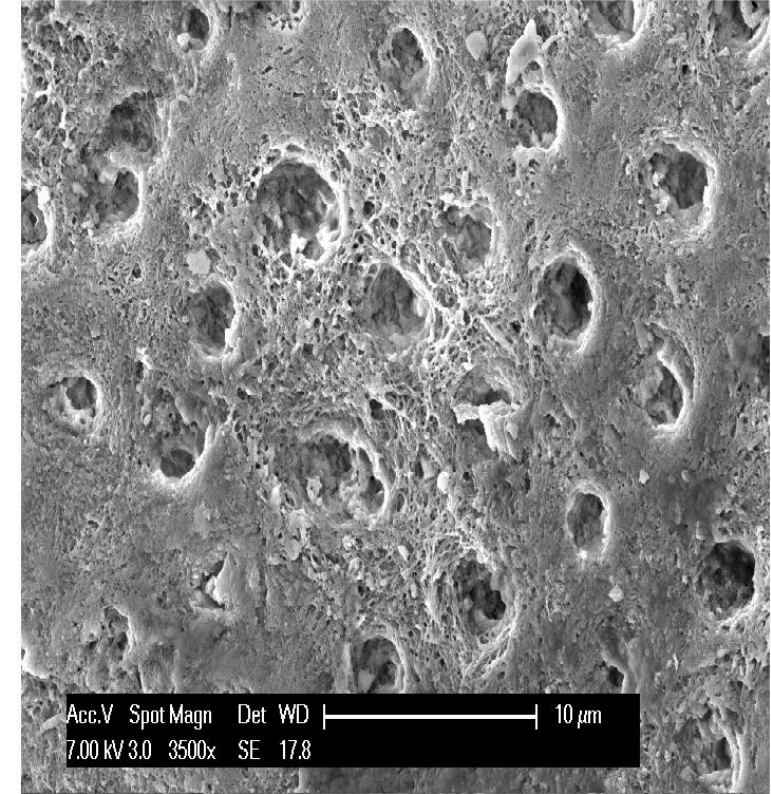
A dentin kopása



Dentin előrehaladott léziója



Kristály törmelékek a dentin felszínén



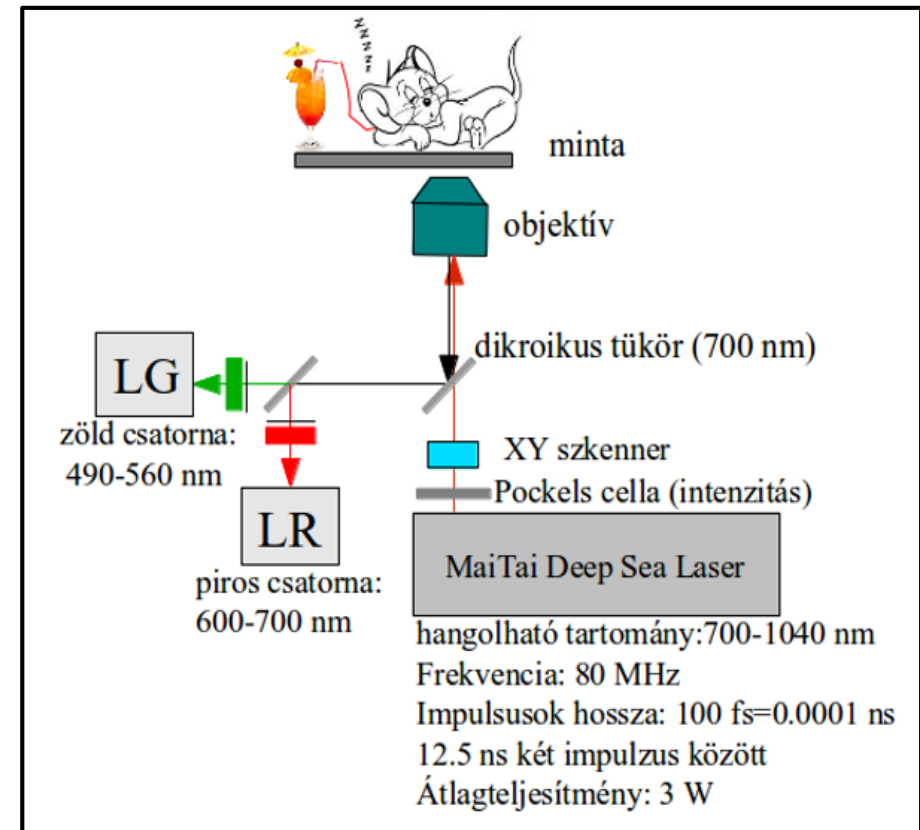
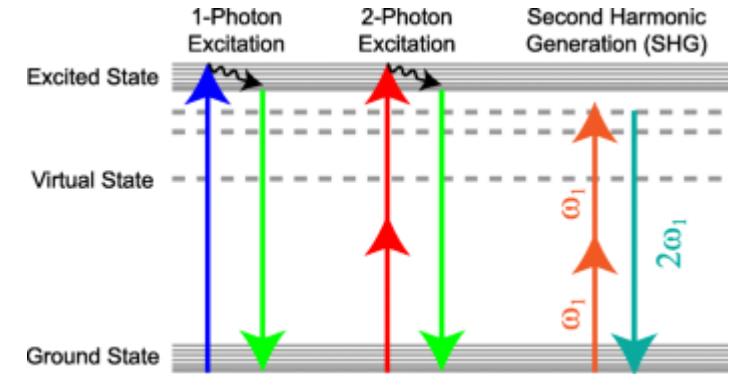
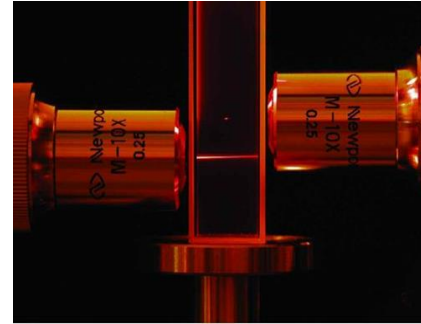
Erodált, demineralizált dentin felszín

Kétfoton mikroszkópia

Mit vizsgálhatunk?

1. Dentin organikus komponenseiből (pl. kollagén) származó autofluoreszcens, illetve másodharmonikus jelet (SHG) normál, és patológiás körülmények között (caries, diabetes)
2. Kollagén rostok szerkezete, orientációja, periodicitása

Az **SHG** egy olyan nemlineáris optikai folyamat, ami akkor jön létre, amikor két gerjesztő foton egy nagyfokú térbeli rendezettséget mutató nem centroszimmetrikus molekulával lép kölcsönhatásba. Ezt követően egy olyan foton jön létre, melynek energiája a két gerjesztő foton energiájának összege és így fele akkora a hullámhossza.

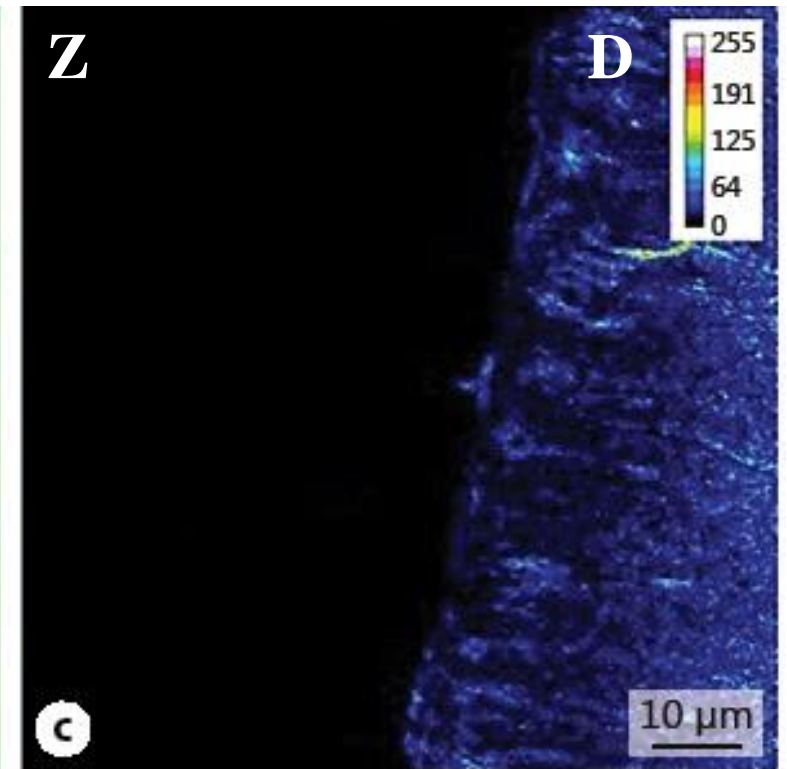
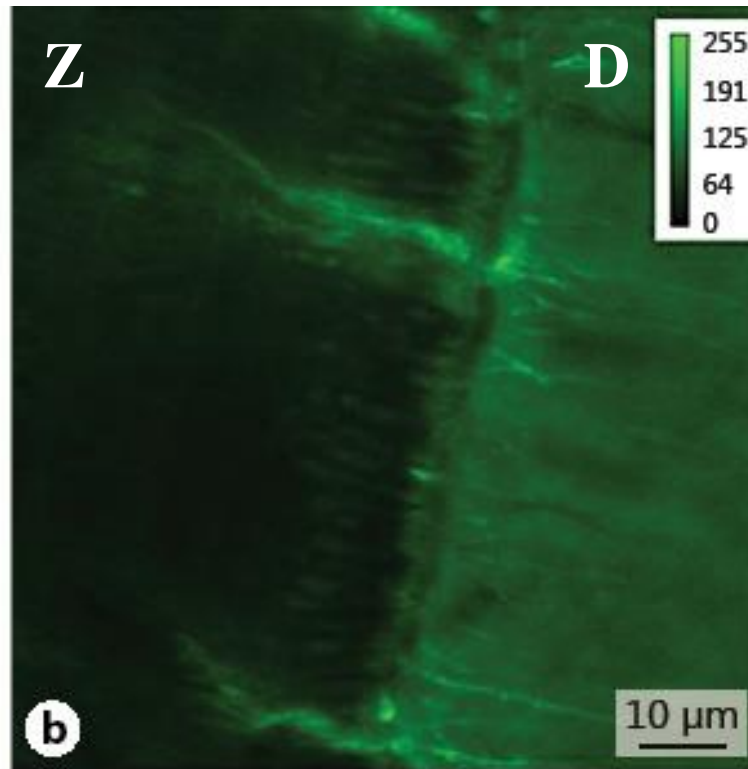
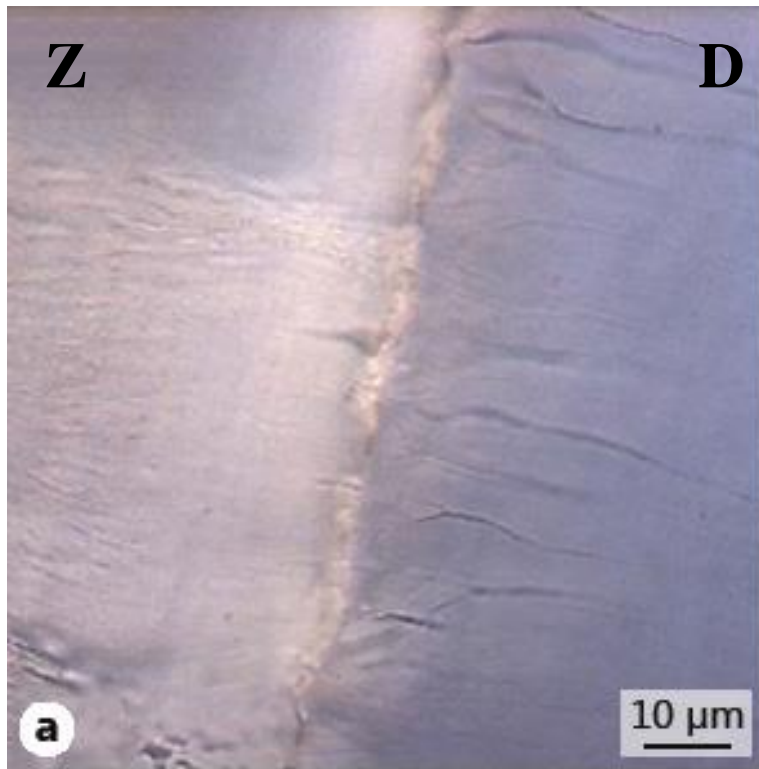


ép fog zománc-dentin junction

Fénymikroszkóp

2PEF

SHG

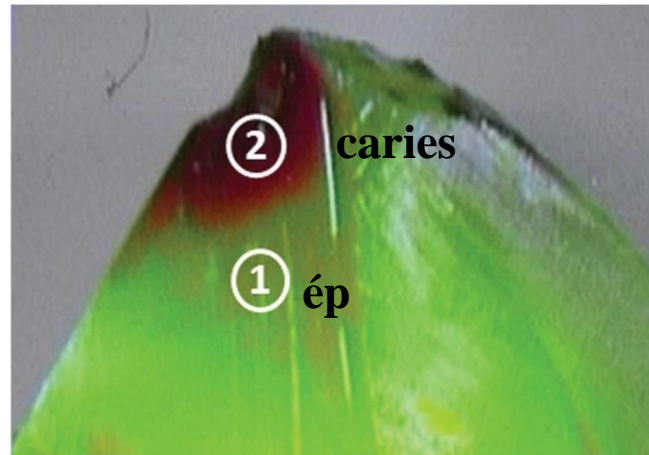
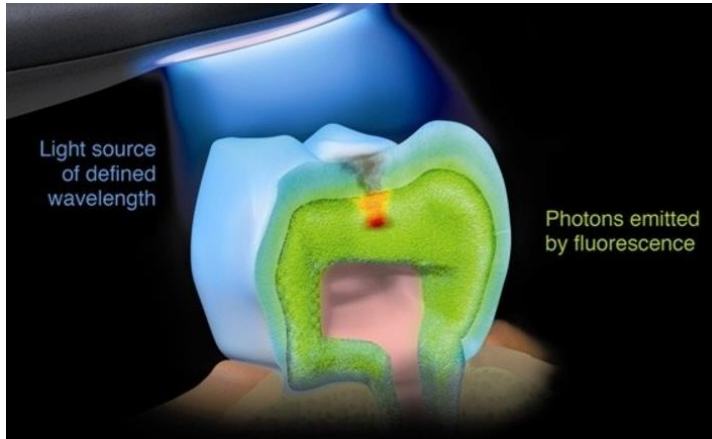


Autofluoreszcencia –
organikus komponensek
(Z + D)

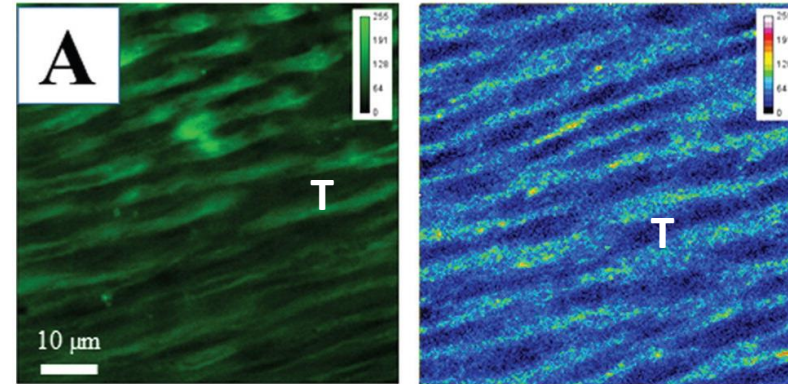
SHG jel csak a dentinben
– kollagén jelenléte

Autofluoreszcens (2PEF) és SHG jel arányainak változása szenzitív marker lehet a **caries** korai felismerésében

SoproLife kamera – 450 nm

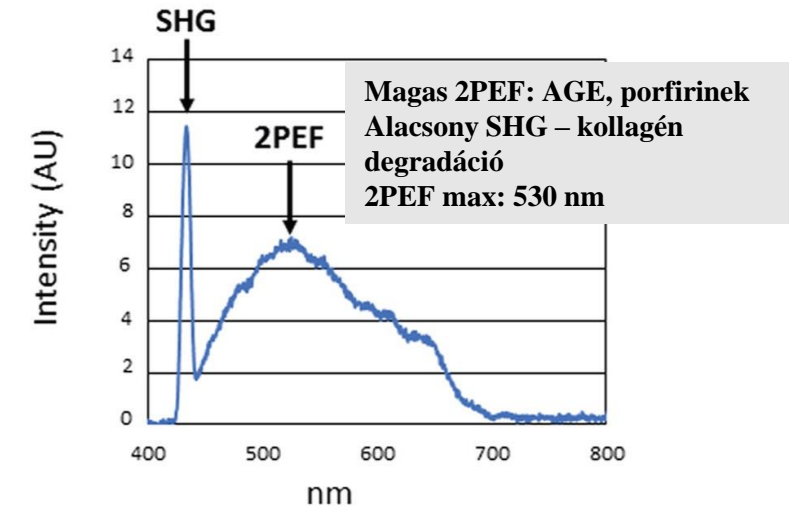
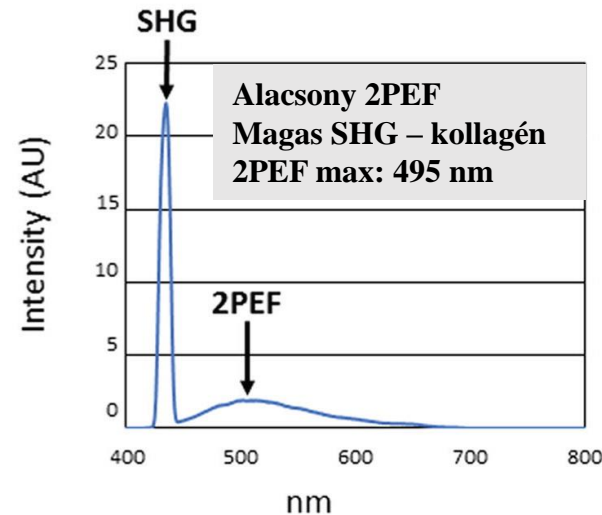
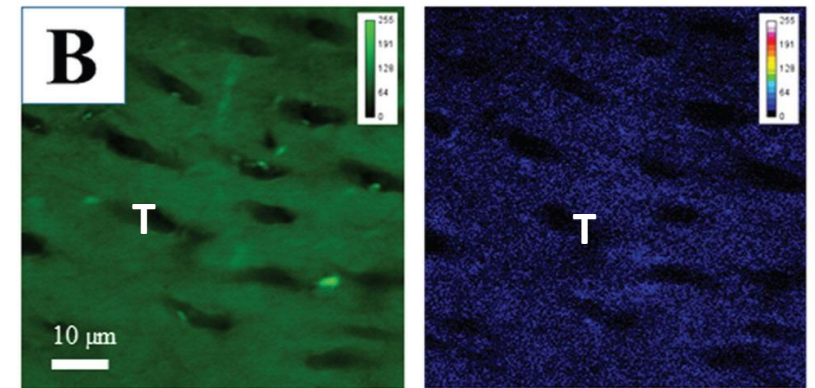


ép dentin

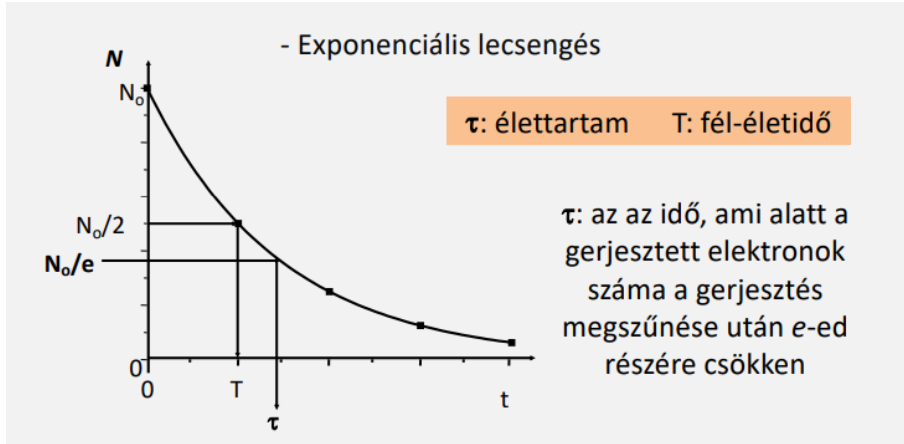


T: tubulus

caries dentin

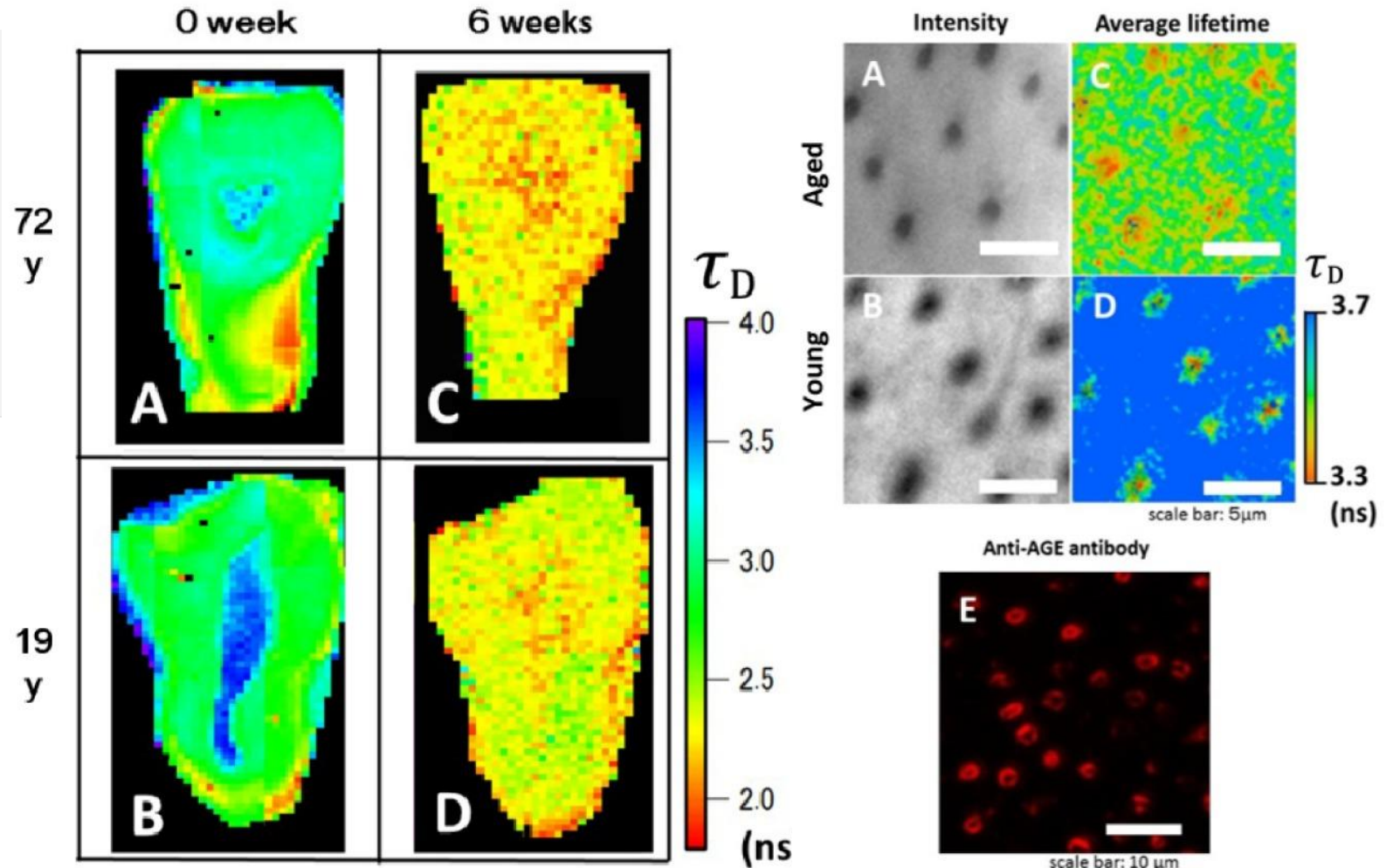


Öregedés/glikáció hatására csökken a dentin fluoreszcencia élettartama



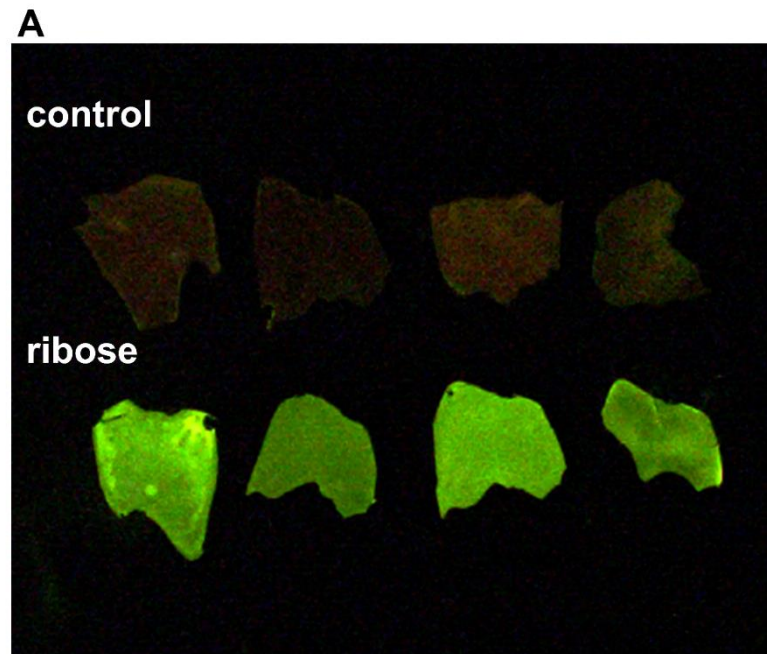
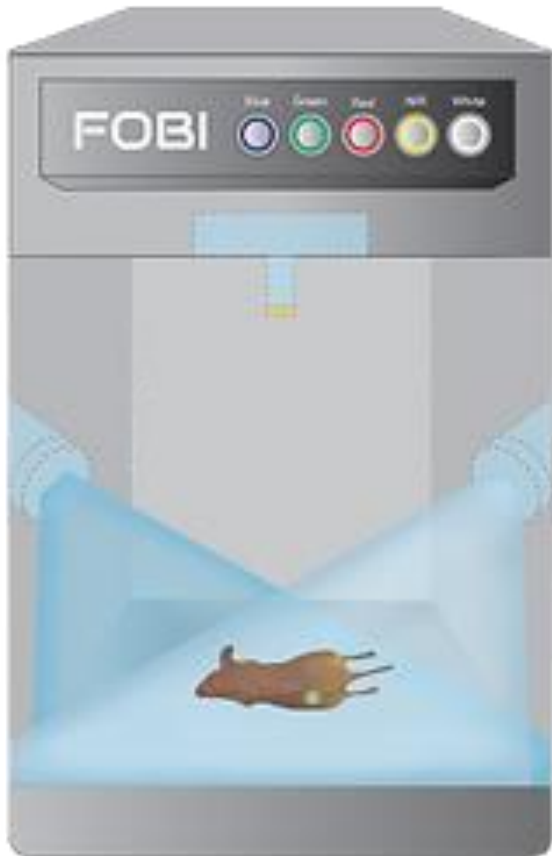
Normál esetben a kollagénben lévő aromás aminosavak hosszabb fluoreszcens élettidővel rendelkeznek. (0 week)

Glikáció hatására azonban a keletkezett fluoreszcens végtermék a pentozidin dominál rövidebb élettidővel (6 weeks)

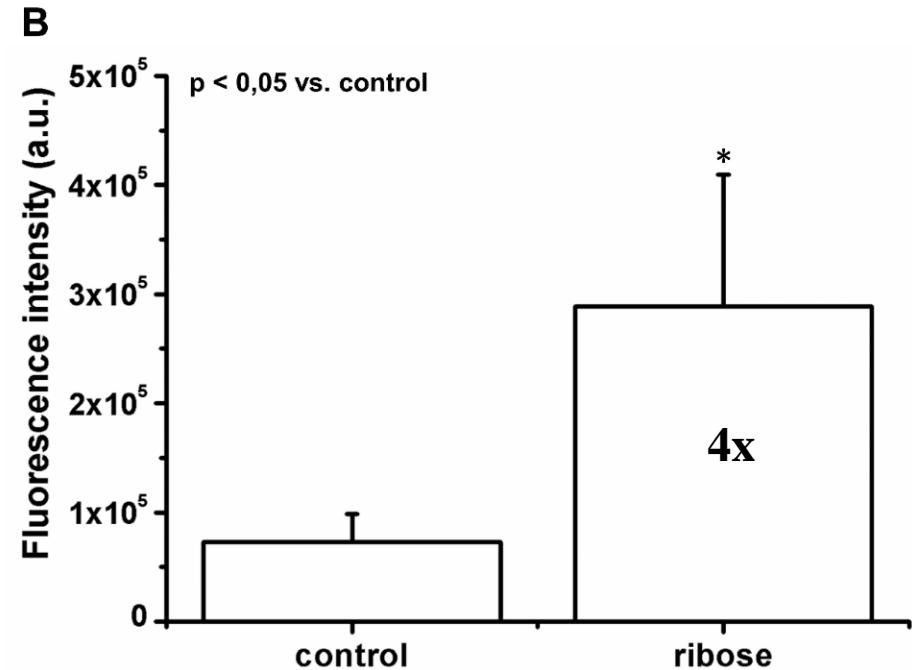


Dentin kollagén glikáció detektálása Fluorescence in Vivo Imaging (FOBI) készülékkel

dekalcinált fog metszetek inkubálása ribóz oldatban – cél: glikáció mértékének meghatározása



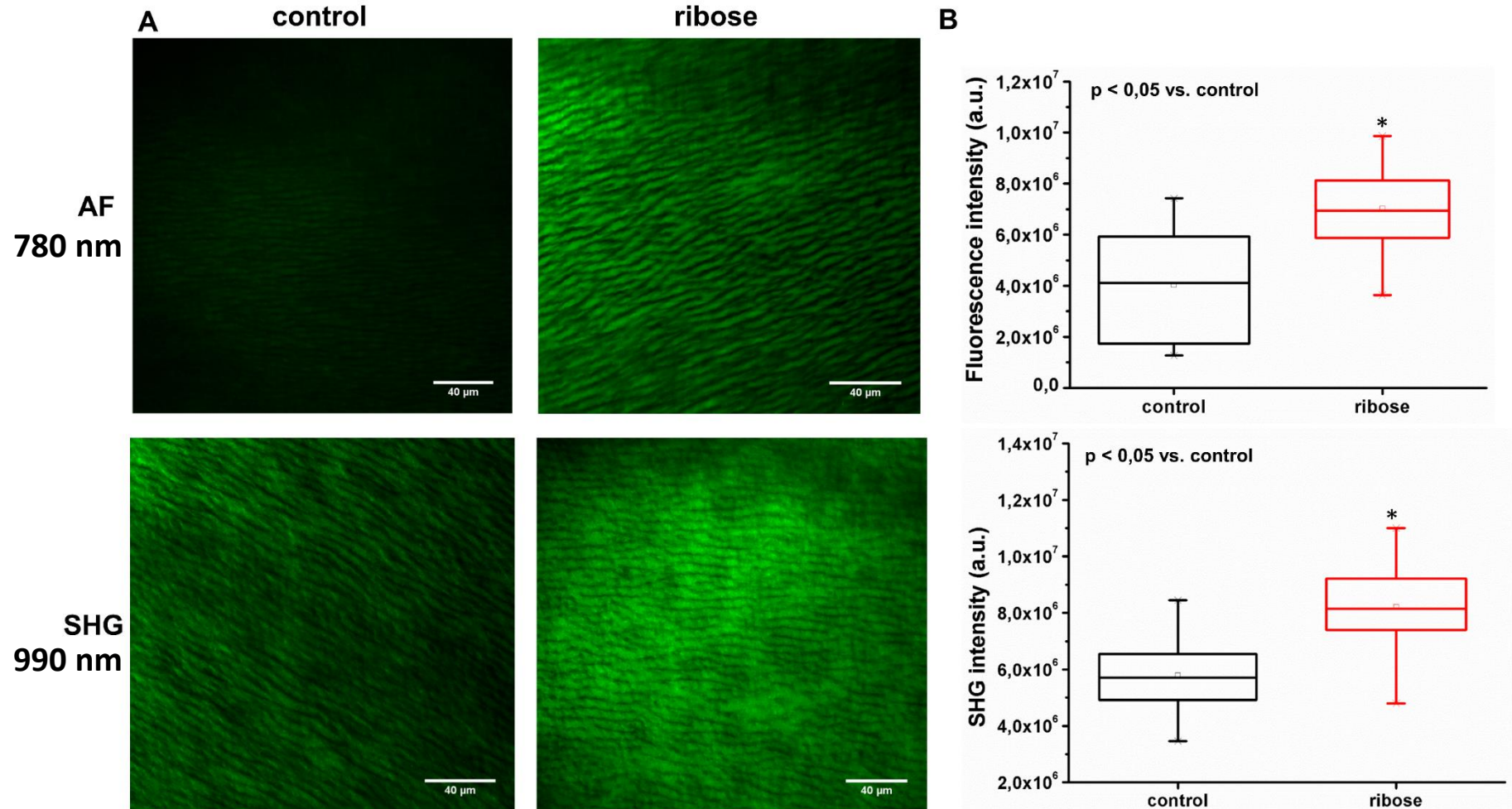
exc: 450 nm
em: 525 nm



Glikáció hatására az AF és SHG jel intenzitás is megnövekedett

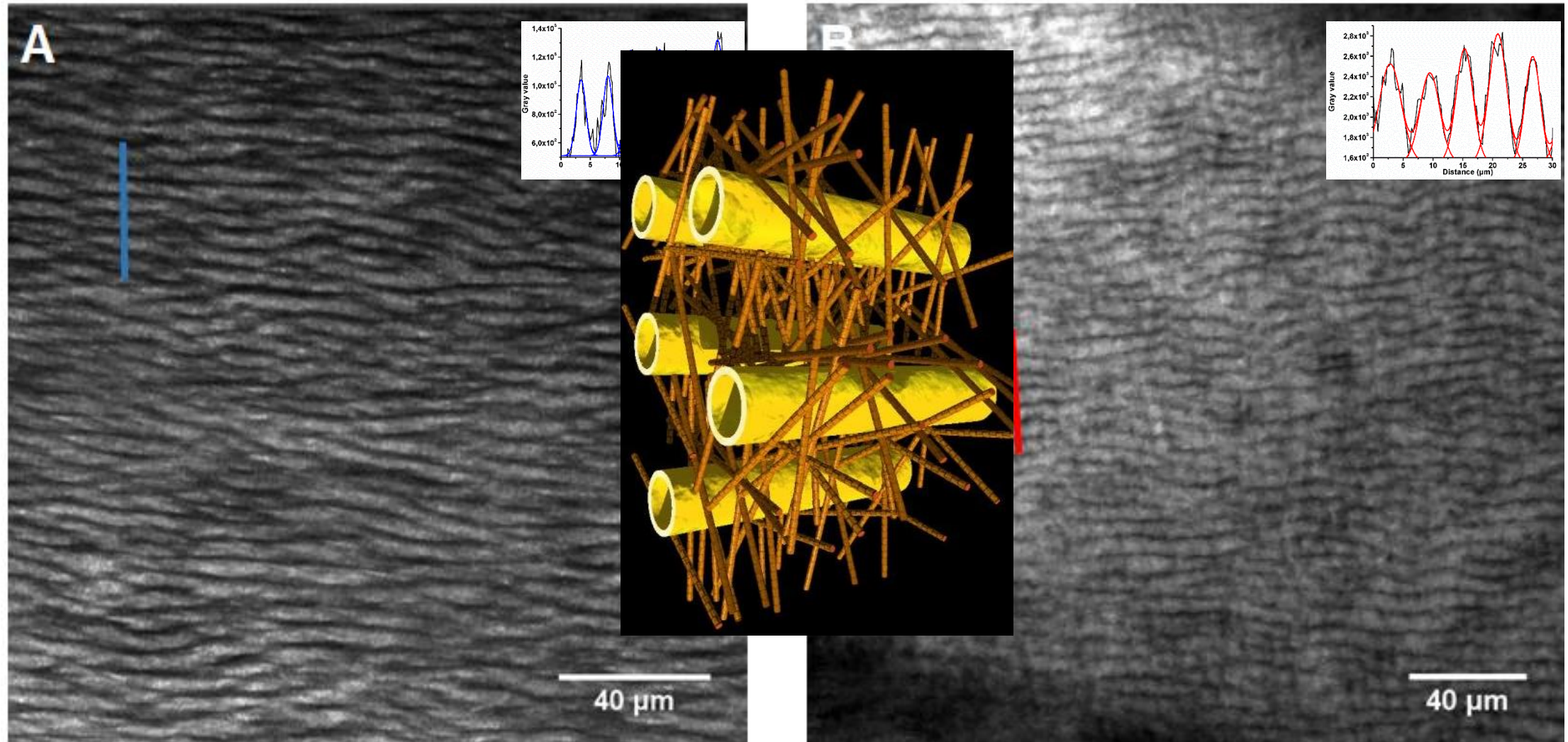
Lehetséges magyarázat:

- nincs enzimatiszus degradáció (vö. caries)
- a kollagén orientáció nem változott, a keletkezett glikált végtermék hozzájárulhat a SHG jel növekedéséhez



Glikáció hatására az intertubuláris kollagén rostok hossza megnőtt

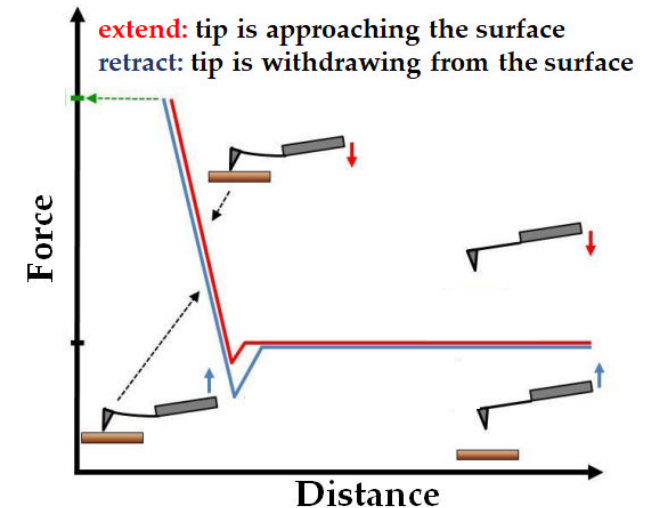
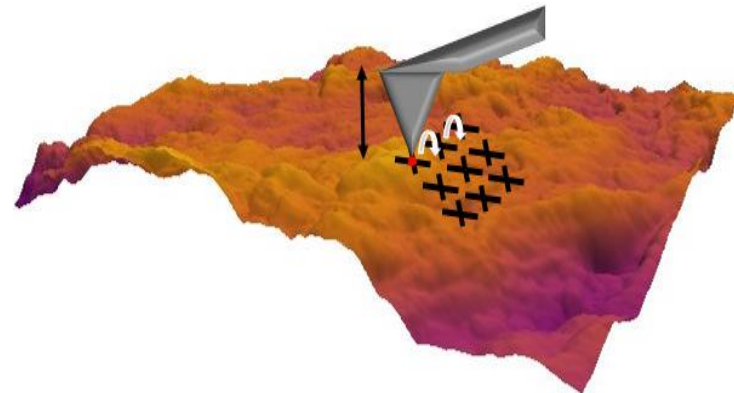
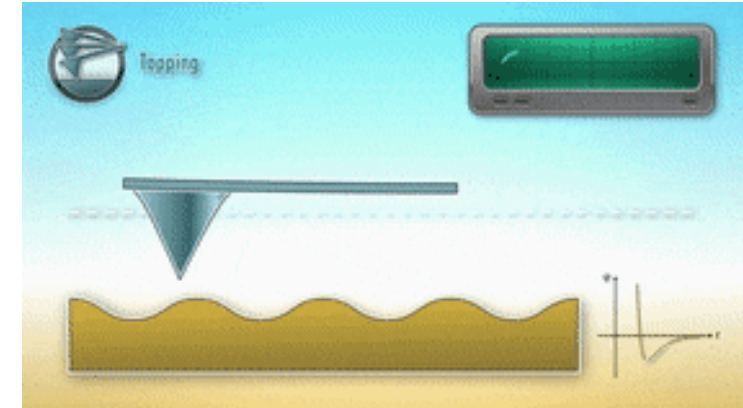
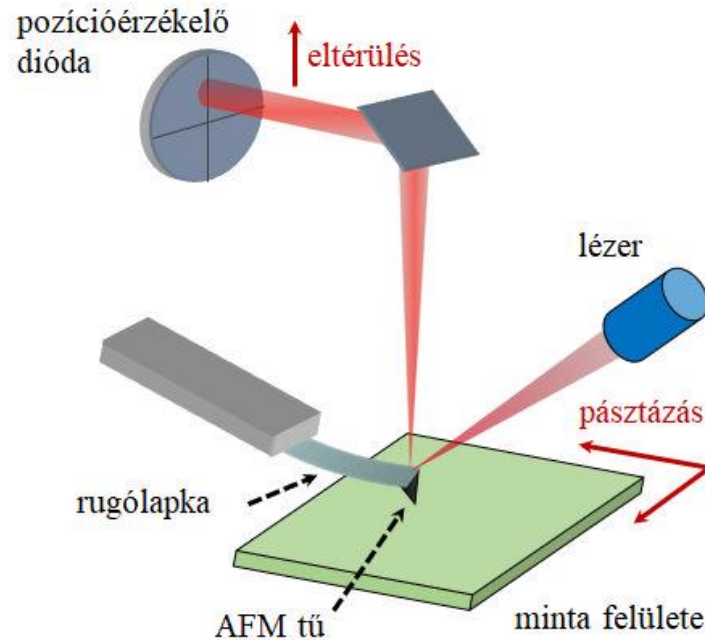
SHG képek alapján



Atomi erő-mikroszkópia (AFM)

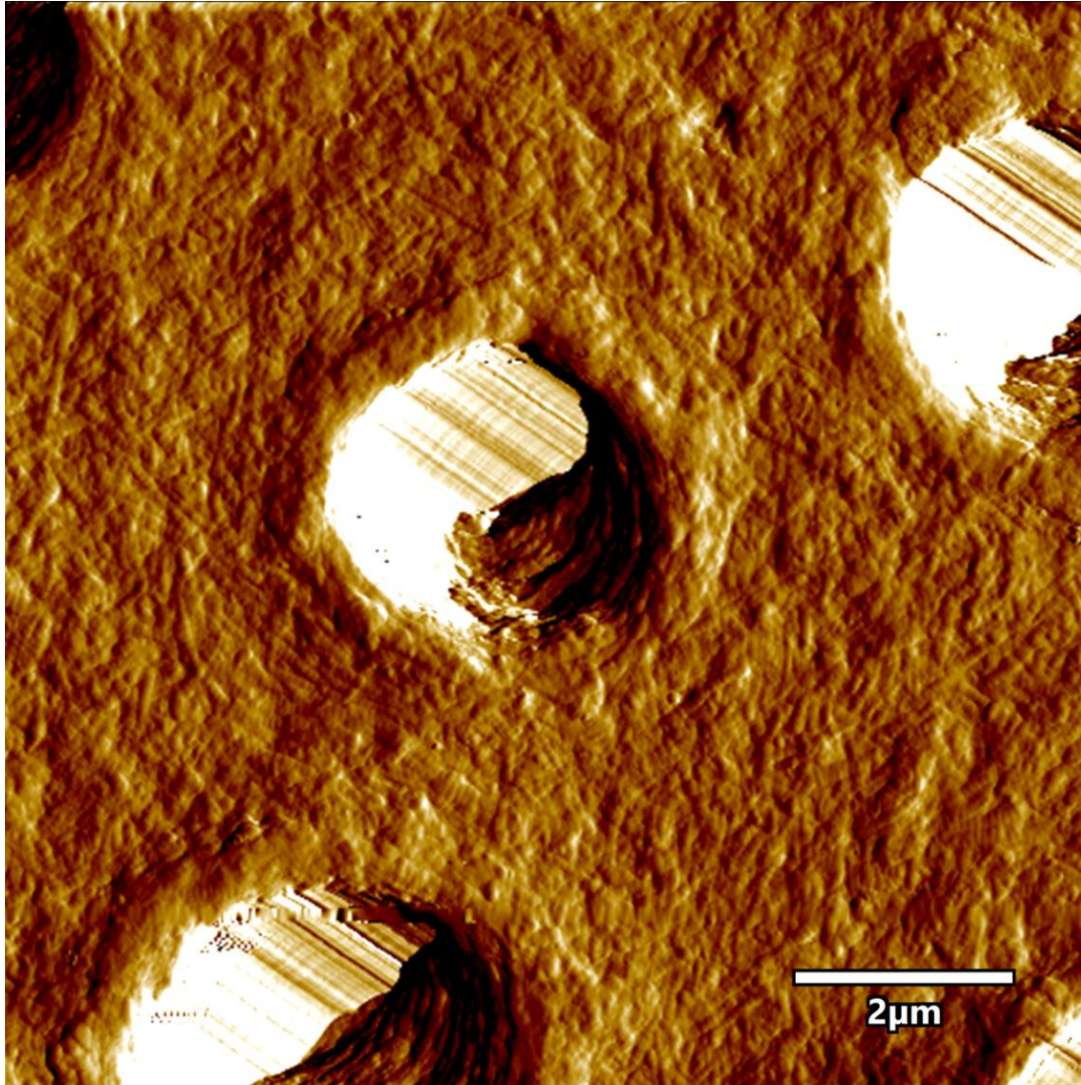
Mit vizsgálhatunk?

1. Topográfia: felszíni struktúrák, érdesség (pl. felületkezelések hatása)
2. Mechanika: dekalcinált dentin rugalmassági modulusa normál és patológiás körülménye között (pl. diabetes)

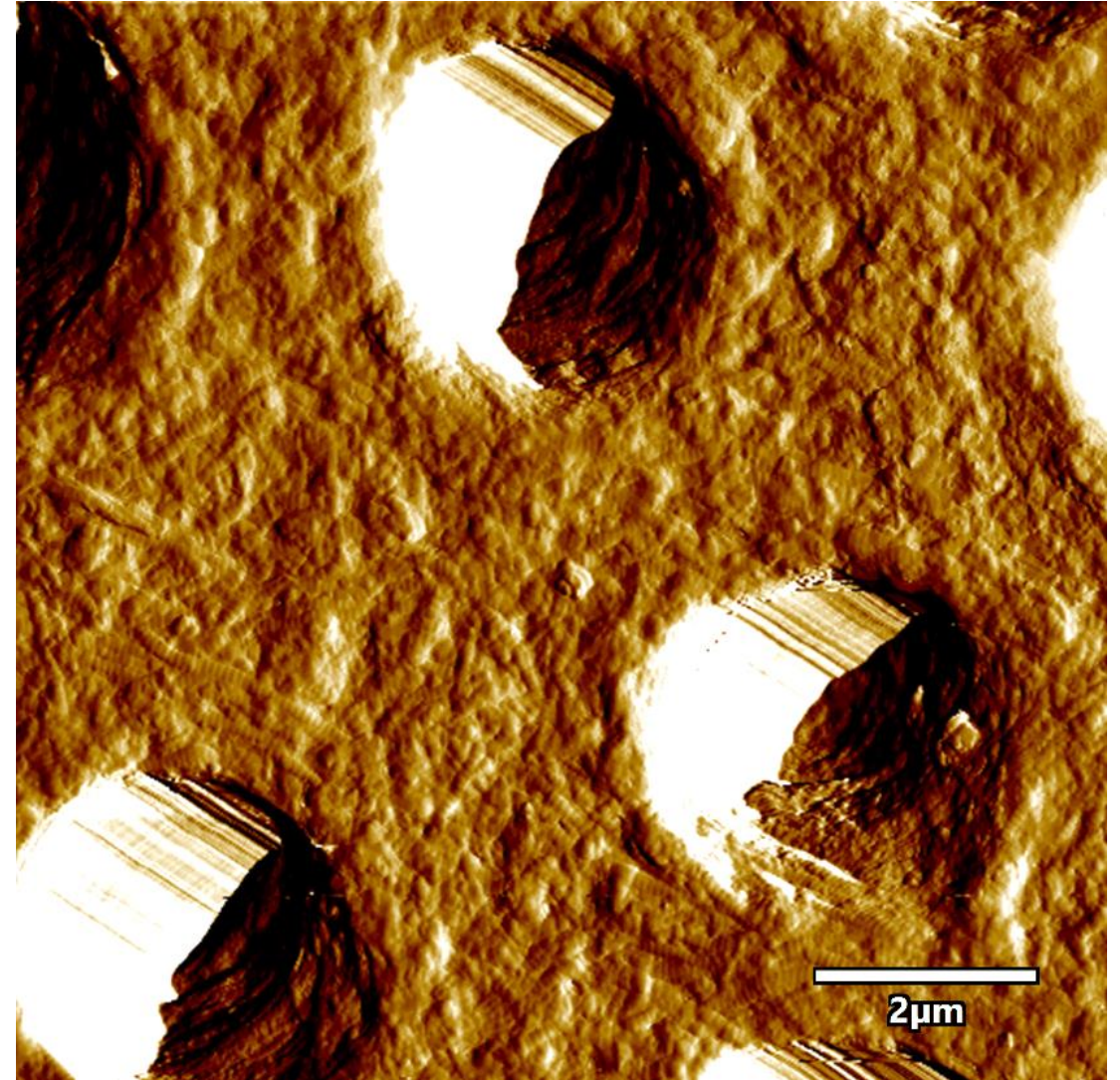


Glikáció hatására nő az intertubuláris dentin felszíni érdessége

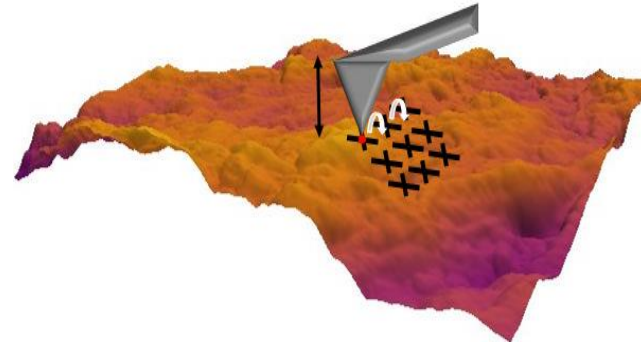
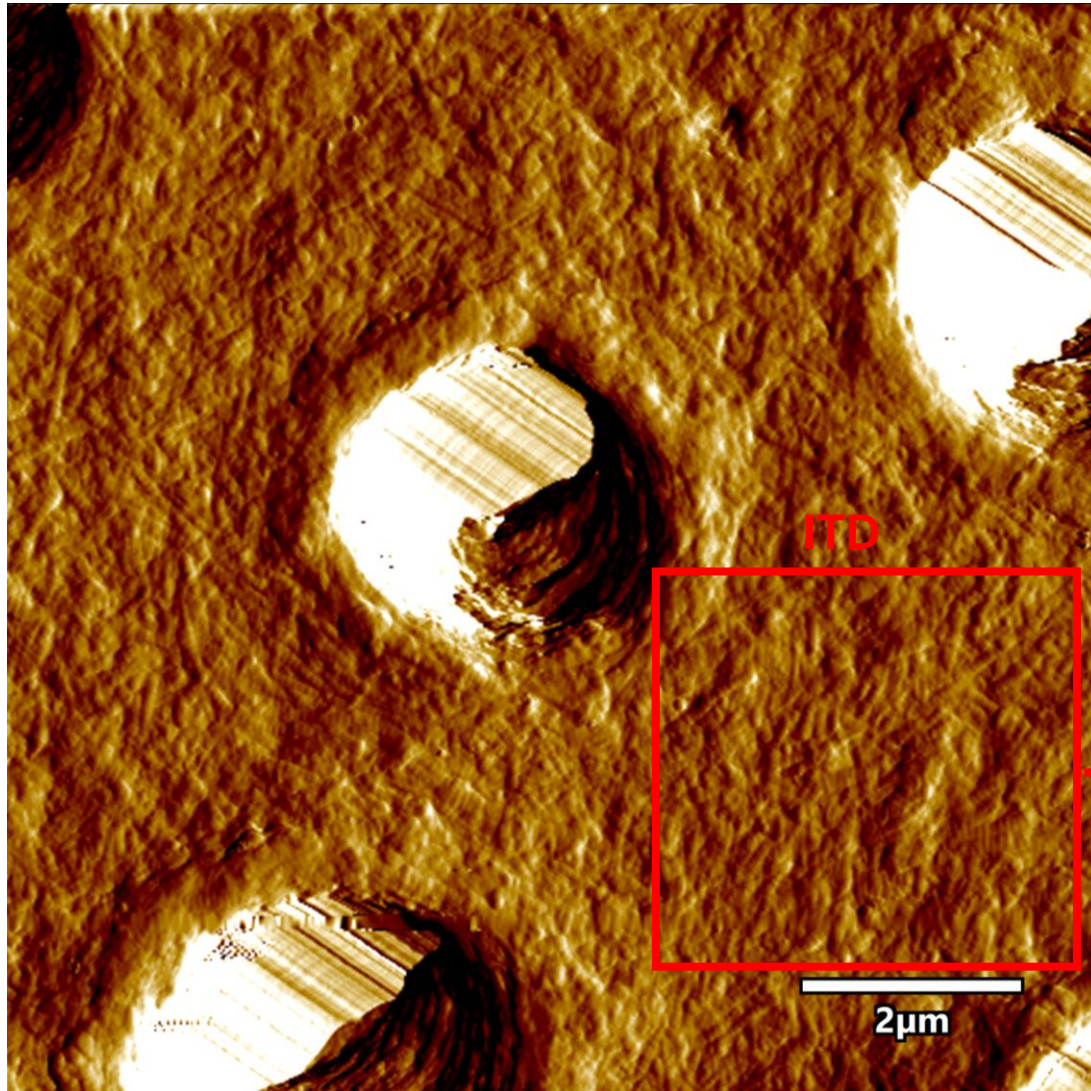
kontroll



ribóz

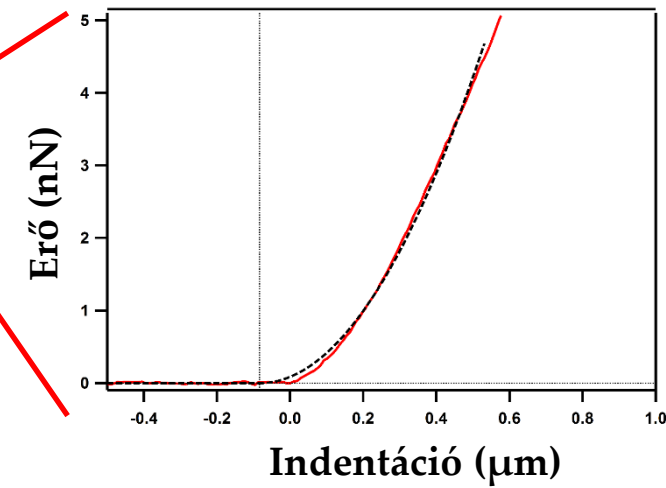
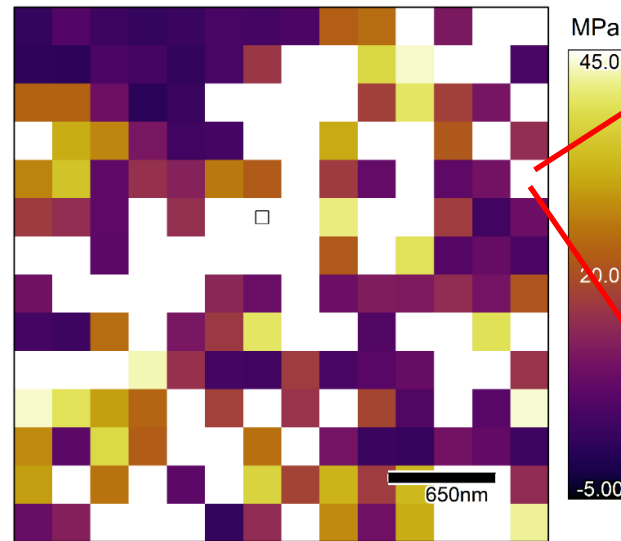


Erőgörbe – erőterkép felvétele AFM-mel



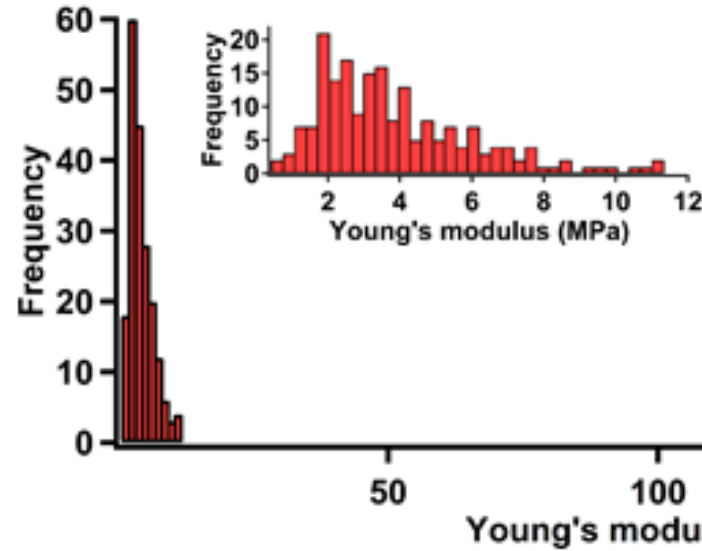
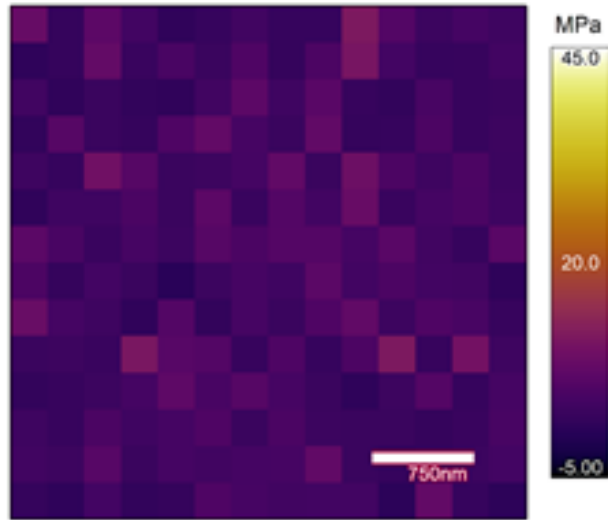
$$F = \frac{4}{3} E^* R^{1/2} d^{3/2}$$

E = eredő Young modulus
 R = AFM tű görbületi sugár
 d = benyomási mélység



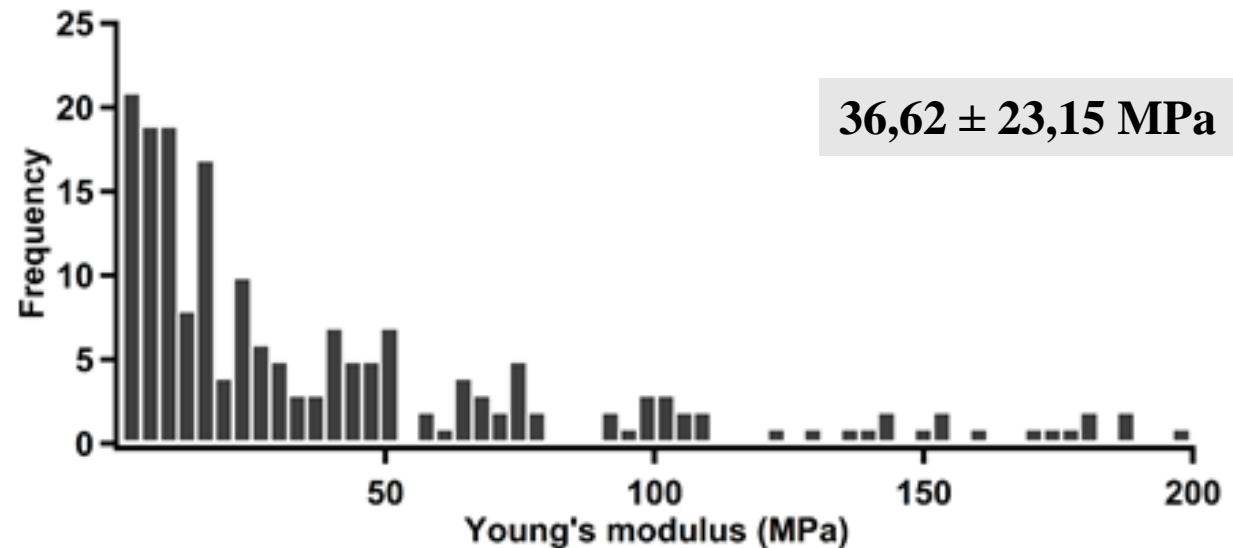
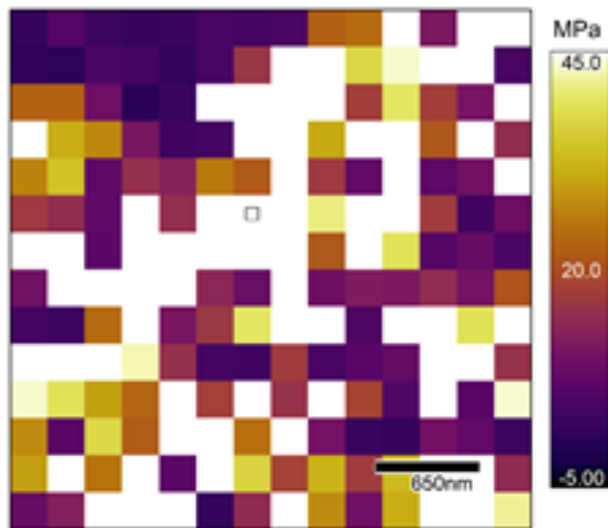
Glikáció hatására az intertubuláris dentin merevebbé válik

control



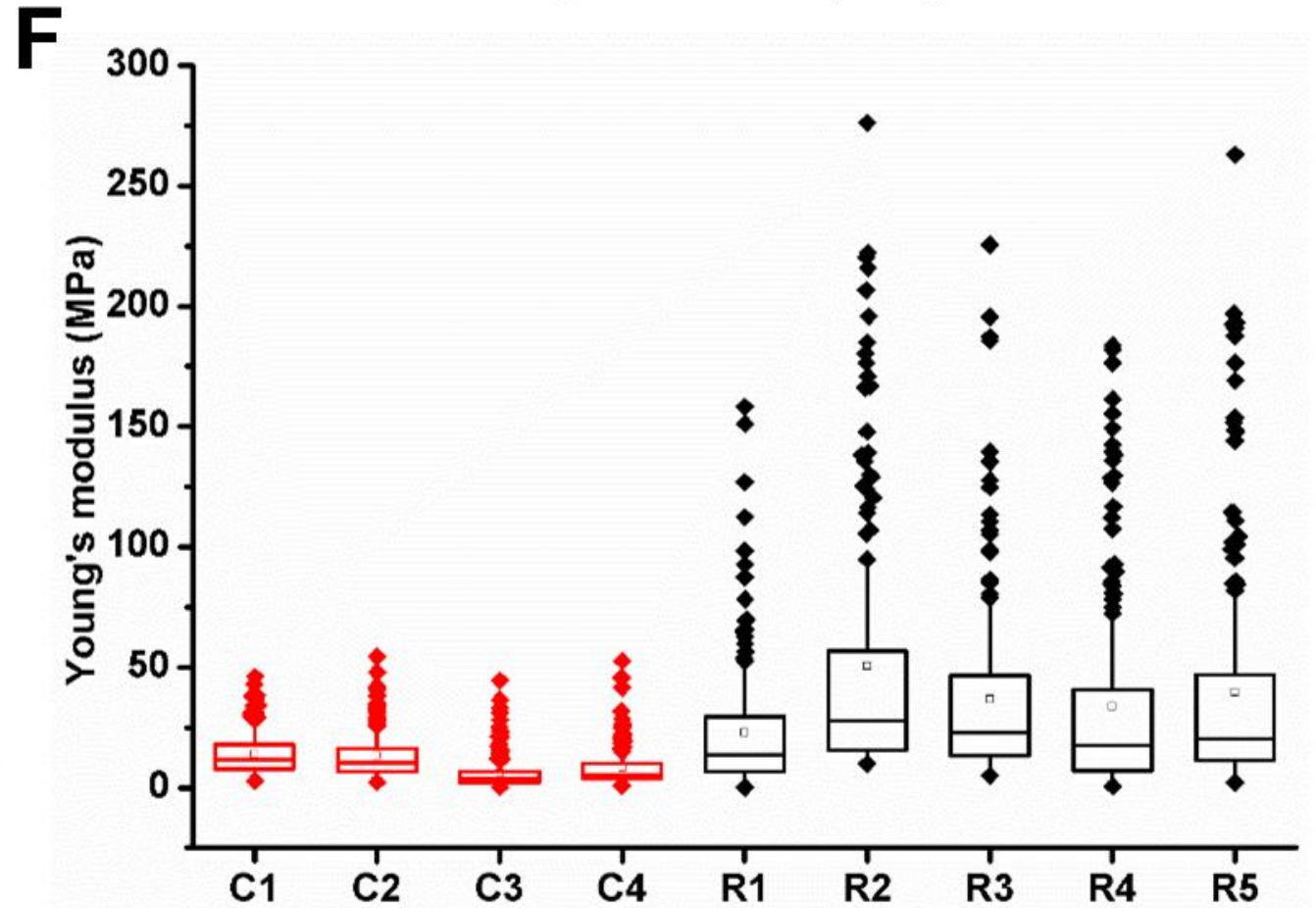
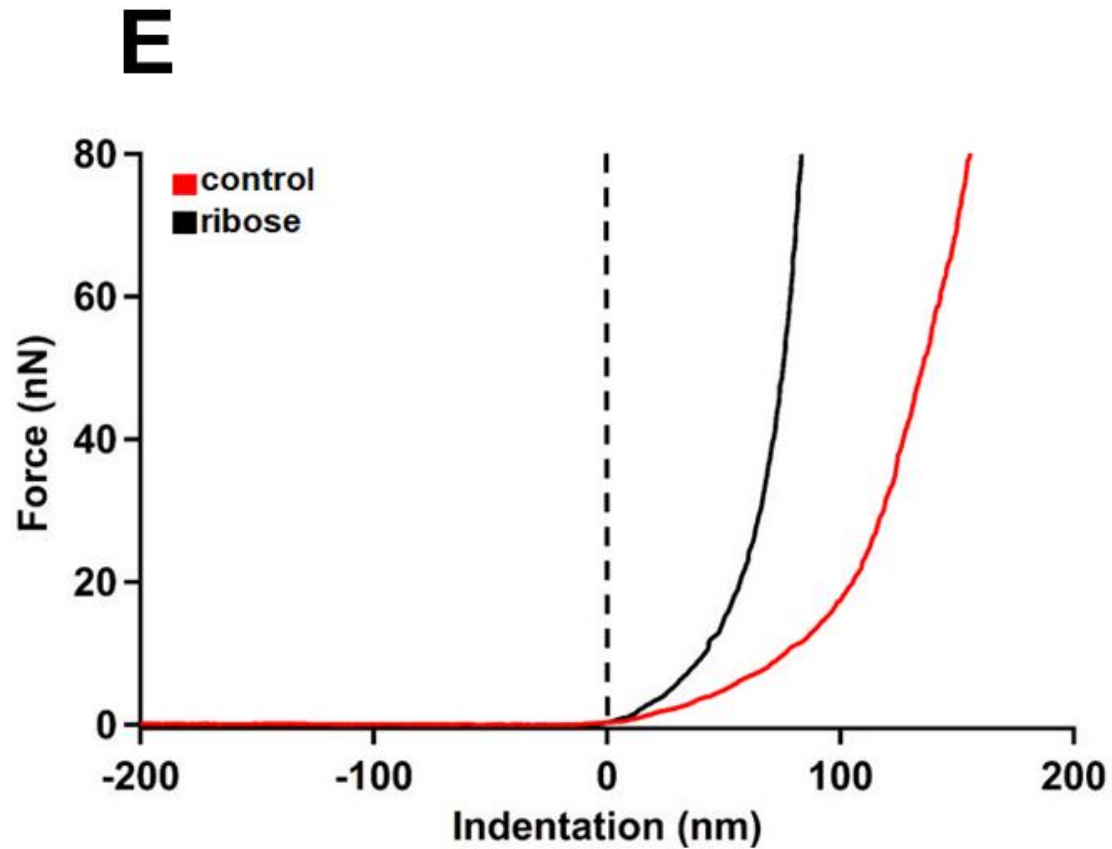
$10,6 \pm 4,71$ MPa

ribose

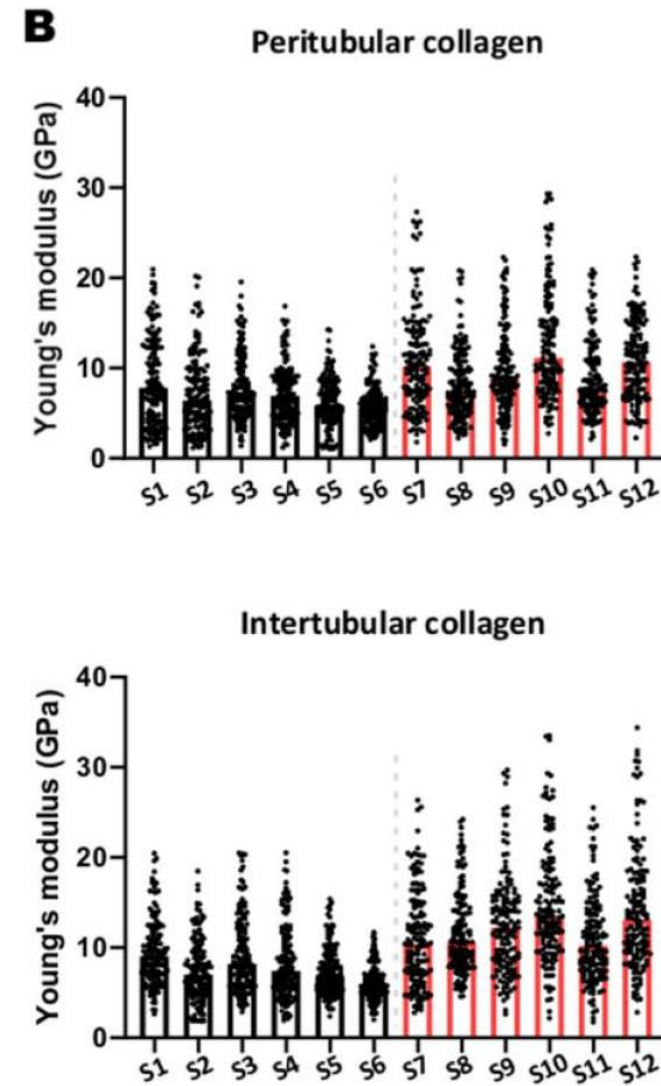
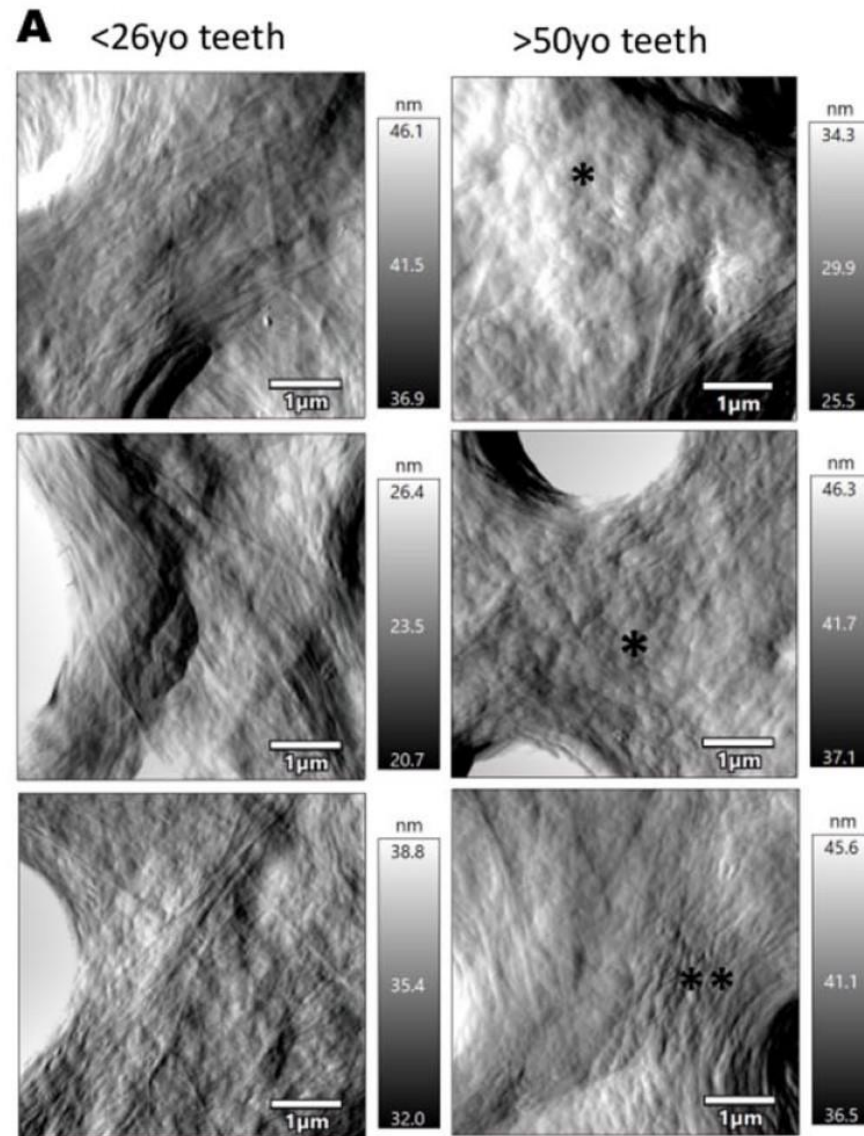


$36,62 \pm 23,15$ MPa

Glikáció hatására az intertubuláris dentin merevebbé válik



Fiatal vs. idős dentin AFM analízise



Felületkezelési eljárások hatása a fogzománc érdességére

