



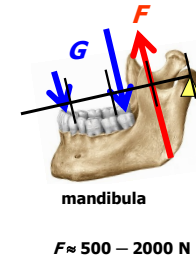
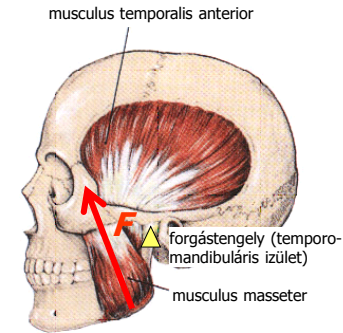
Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

Biomechanika 2. Az implantológia biomechanikája



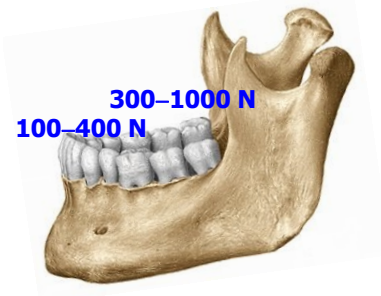
1

A mandibula mint emelő – a rágóerők kialakulása



2

A rágóerők nagysága



Ezek alapvetően nyomóerők, de felléphetnek hajlító, nyíró, csavaró erők is.

(Guinness: humán - 4000 N)

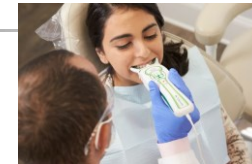


3

A rágóerők mérése

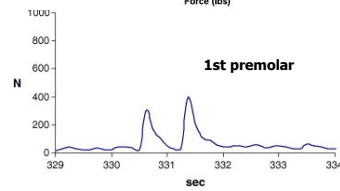
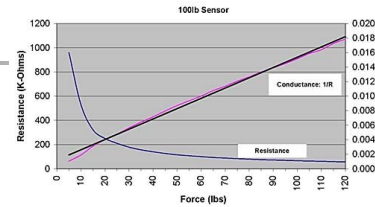
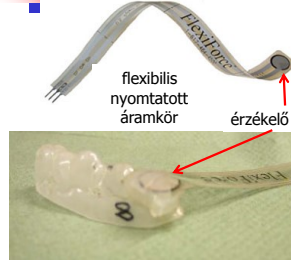
Erő → elektromos jel átalakítás:

1. deformációs szenzor
2. piezoelektromos szenzor
3. nyomás szenzor



4

Egy konkrét mérés:



Fontos tanulság:
a rágóerők nagyok, de rövid ideig tartanak!!!

5

Erő → nyomás: nyomásértékek rágásnál

Függ az erőn kívül a kontakt-felületek nagyságától is:

$$p = \frac{F}{A}$$

Két példa:

harapás:



$$= \frac{400 \text{ N}}{10 \text{ mm}^2} = \frac{400 \text{ N}}{10^{-5} \text{ m}^2} = 40 \text{ MPa}$$

rágás:

$$= \frac{1000 \text{ N}}{1 \text{ cm}^2} = \frac{1000 \text{ N}}{10^{-4} \text{ m}^2} = 10 \text{ MPa}$$

< 400 MPa
(= zománc nyomószilárdsága)

➡ Lásd köv. előadást!

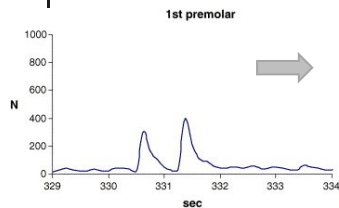
Egy extrém példa:



$$= \frac{400 \text{ N}}{1 \text{ mm}^2} = \frac{400 \text{ N}}{10^{-6} \text{ m}^2} = 400 \text{ MPa} !!$$

6

A rágóerők hatása a csontszövetre



rágóerők: $F = 100\text{--}1000 \text{ N}$
 $t \leq 1 \text{ s}$

Tapasztalat: ha a rágóerő tartósan hatna, akkor

3–5 másodperc ➡ fájdalom

≈ óra ➡ szöveti károsodás

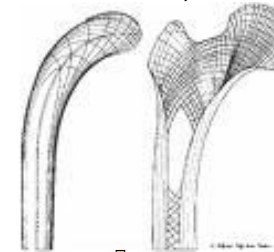
7–14 nap ➡ a fog kilazulása

!

7

Csontátépülés (remodeling)

Wolff-törvény 1870



nyomófeszültség ➡ leépülés

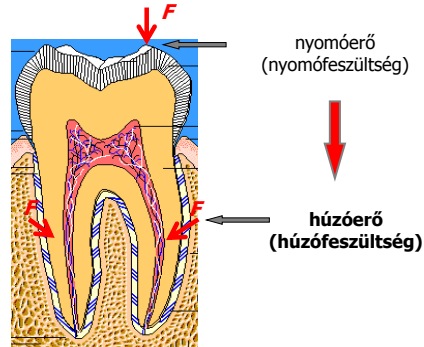
húzófeszültség ➡ felépülés

mechanikai terhelés szerepe

8

A rágóerők és rágónyomás átvitele a csontra

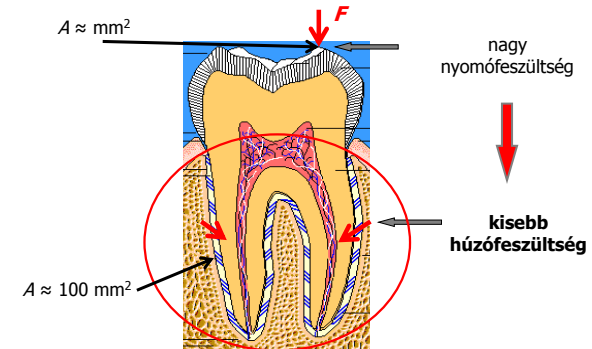
1. A fog a kollagén rostokon (PDL) függ!



9

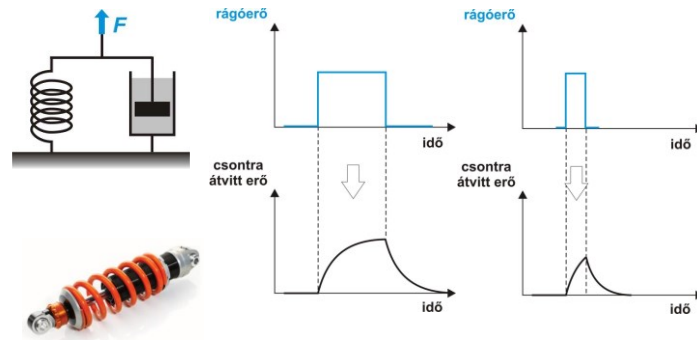
A rágóerők és rágónyomás átvitele a csontra

2. A rostrendszer (gyökér) felülete nagy!



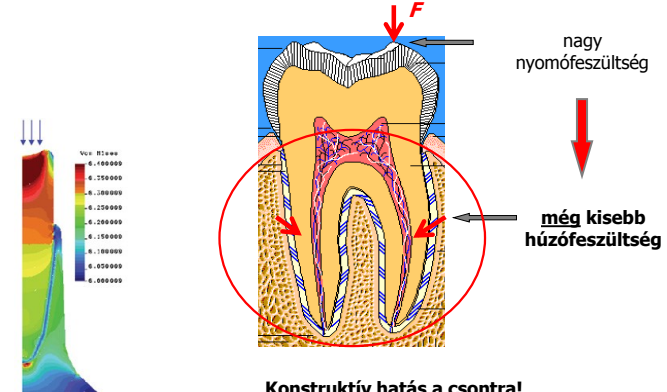
10

Erő csillapítás viszkoelasztikus anyaggal



A rágóerők és rágónyomás átvitele a csontra

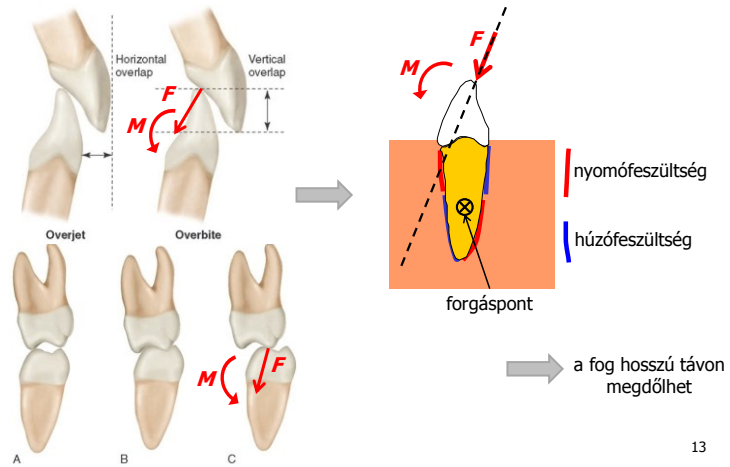
3. A periodontális ligamentum (PDL) viszkoelasztikus!



Konstruktív hatás a csontra!

12

Rágóerők forgatónyomatéka



13

Csavarimplantátumok

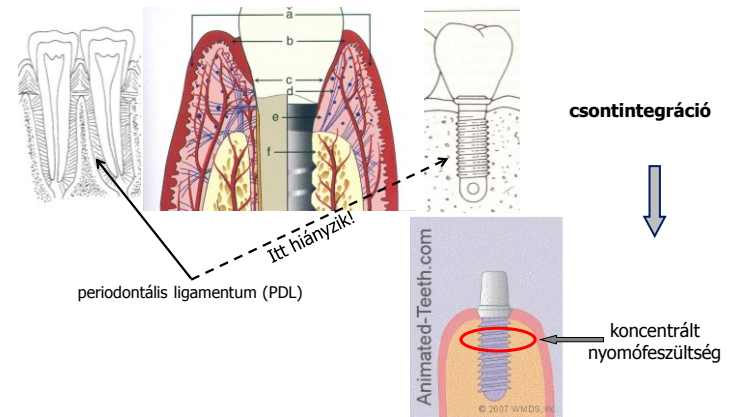


15

Az implantációs fogpótlások készítésének biomechanikai alapelvei

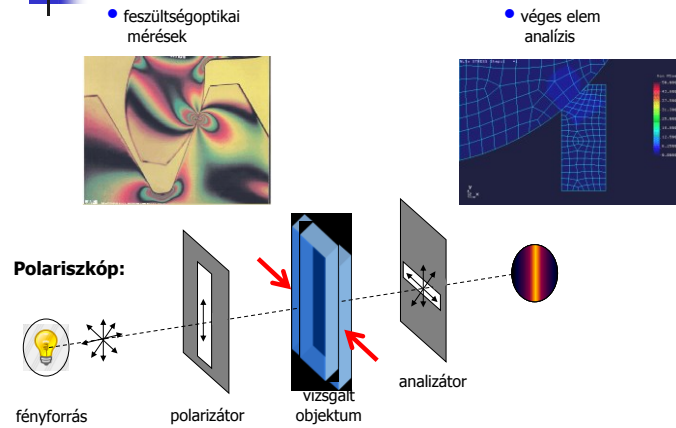
- optimális teherelosztás
- feszültségmentes illeszkedés
- horizontális erők csökkentése
- forgatónyomaték csökkentése
- erőtörő hatás

Implantátum erőátvitel - fog vs. implantátum



16

Fizikai vizsgálati módszerek feszültségeloszlásra

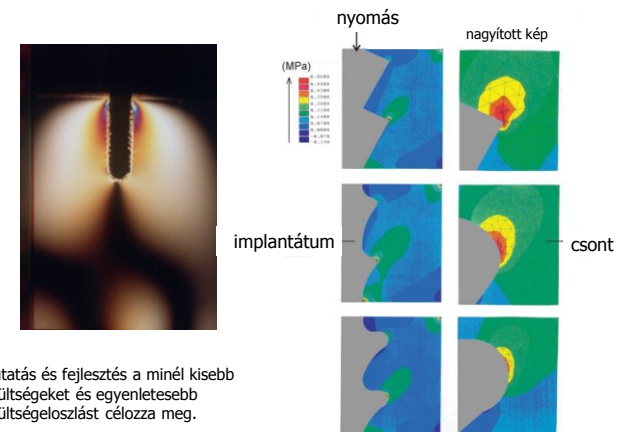


17

Feszültségeloszlás implantátumoknál

Feszültségoptika:

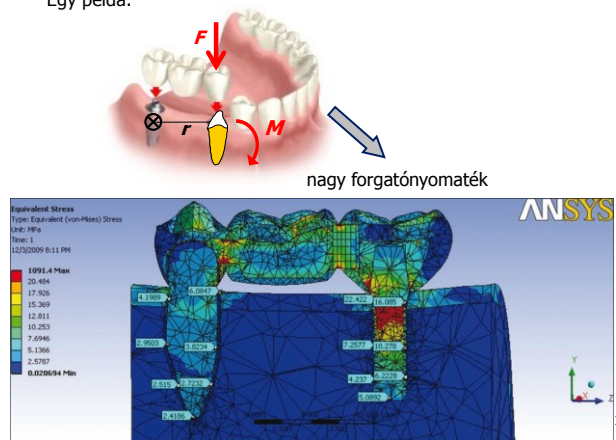
Véges elem analízis:



18

Egy másik probléma: a forgatónyomaték

Egy példa:



19

Forgatónyomaték csökkentése

Forgatónyomaték >> fokozott feszültségek az implantátum körül
- meghatározásához ismerni kell(ene) a ható **erőket**+ **forgástengelyt**

Forgástengelye helyzete

- Az implantátum nyaki és középső harmadának határához közel, vagy
- az implantátum más részén, vagy
- az implantátumon kívül, a csontszövet területén (?)

A forgástengely tényleges helyzetét meghatározza

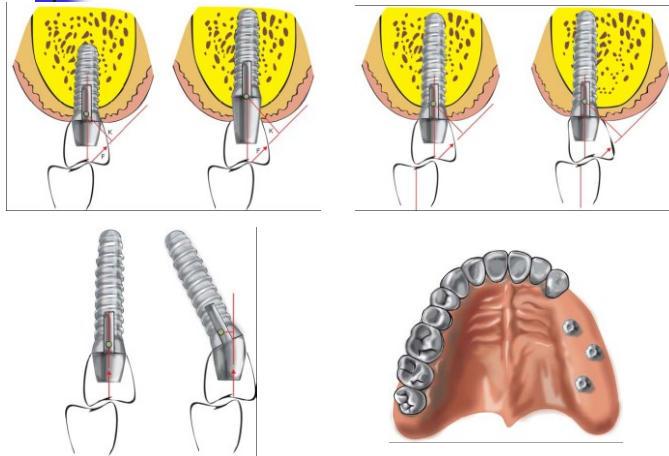
- a befogadó csont anatómiája, minősége, a kortikális és szivacsos állomány aránya
- a fogpótlás

Fellépő erők

- Nagyságuk közvetítőlegesen mérhető, megoszlásuk a pillérek között és irányuk csak feltételezhető

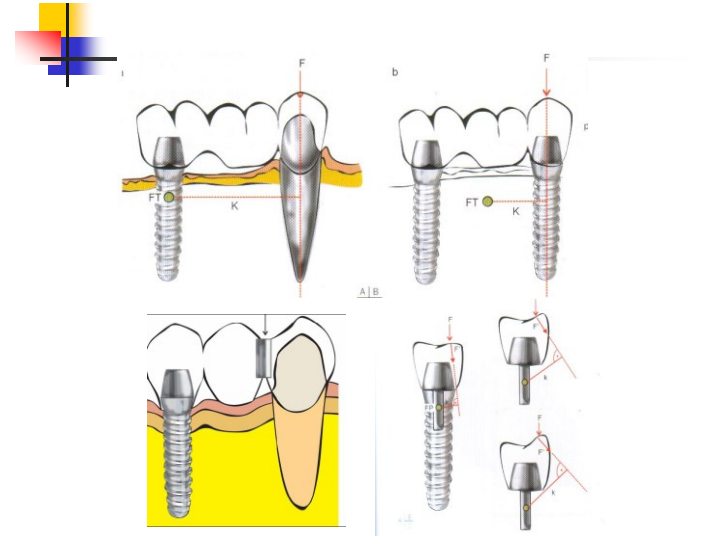
>> **Bizonytalansági tényező – elmélet – valóság ?**

Lehetőségek a forgatónyomaték csökkentésére



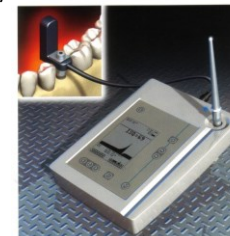
Implantátumok stabilitásának vizsgálata

- Radiológiai eljárás
- Manuális vizsgálat
- Műszeres vizsgálat:
 - Rezonancia Frekvencia Analízis
 - Periotest módszer



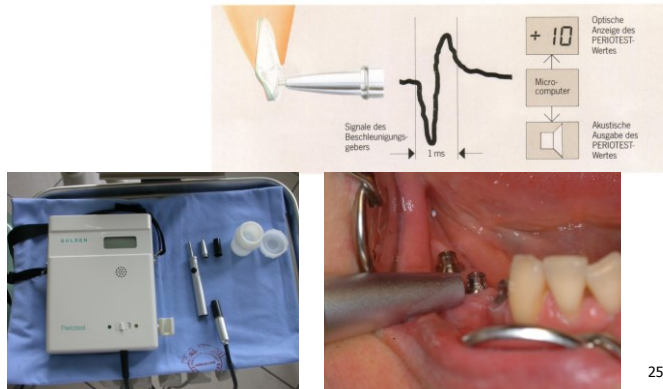
• Rezonanciafrekvencia analízis (RFA)

- Ostell®** mérőkészülék)
- Transzdúcer segítségével rezgésátvitel implantátumra, a kölcsönhatás alapján a stabilitást **mérőszám** jellemzi
 - Eredmény: ISQ mérőszám -
Implant Stability Quotient -
Implantátum Stabilitási Hányados
(relatív egységben)



• Periotest

A mérőfejből kicsiny fémrúd a vizsgálandó tárgy felszínének ütközik, a visszaverődés paraméterei alapján a stabilitást **mérőszám** jellemzi.



25

Implantátumok anyaga

fémek

- titán (Ti)



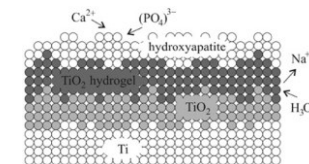
- titánötvözetek (pl. Ti-6Al-4V)
- kobaltötvözetek (Co-Cr-Mo)

kerámiák

- alumínium-oxid
- cirkon (cirkónium-dioxid)
- HAP
- bioüvegek



kerámia bevonatú fémek



26

Titán

A **titán** előnyös tulajdonságai:

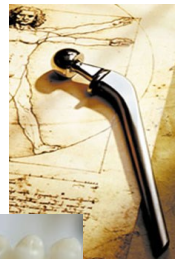
- kis sűrűség ($4,5 \text{ g/cm}^3$)
- erős
- kevésbé merev (viszonylag kicsi Young-modulus)
- viszonylag kicsi elektromos és hővezető képesség
- biokompatibilis
- korrózióálló
- nem ferromágneses → MRT-vizsgálatban nem probléma

anyag	σ_{max} (MPa)
csont	100
szénszáll erősítésű epoxid (61%)	≈ 1700
acél	500
titán	430
alumíniumoxid	250
PMMA	≈ 50

anyag	E (GPa)
csont	10-15
alumíniumoxid	350-410
acél	220
titán	110
PMMA	2,4-3,8

anyag	σ (S/m)
ezüst	$6,8 \cdot 10^7$
arany	$4,3 \cdot 10^7$
platina	$0,94 \cdot 10^7$
titán	$0,24 \cdot 10^7$

anyag	λ (W/(m·K))
ezüst	420
titán	22
üveg	1



27