

Lézerek az orvostudományban

Dr. Hopp Béla

tanszékvezető egyetemi tanár

SZTE TTIK Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató

2018. március 15.

Szeged

A lézersugár hatása az élő szövetre

Függ:

1) az alkalmazott lézersugár paramétereitől (hullámhossz, teljesítmény, impulzus idő, stb.) és

2) a kezelt szövet jellemzőitől (abszorpciós együttható az adott hullámhosszon, víztartalom, hővezetési tulajdonságok, stb.).

2+1) Mindezek mellett a létrejövő szöveti hatást befolyásolja még a hűtés, folyadékáramoltatás, elszívás, stb.

Főbb hatástani csoportok

A besugárzott mintában elnyelődött fényenergia a közeg anyagában változásokat hoz létre. Az irodalomban négy fő hatástani csoportot különböztetnek meg attól függően, hogy az adott anyag adott lézertípussal való besugárzása során milyen folyamatok indukálódnak:

fotokémiai, fototermális, lézer ablációs és fotodisztrupciós hatások.

1. Fotokémiai, fotobiológiai hatások

Egyes anyagok lézeres besugárzása során megfelelő feltételek teljesülése esetén a fotonok képesek kémiai struktúrákban változásokat előidézni.

A lézerfotonok energiája elegendően nagy ahhoz, hogy alkalmas legyen kémiai kötések módosítására, sőt azok felszakítására is a besugárzott mintában.

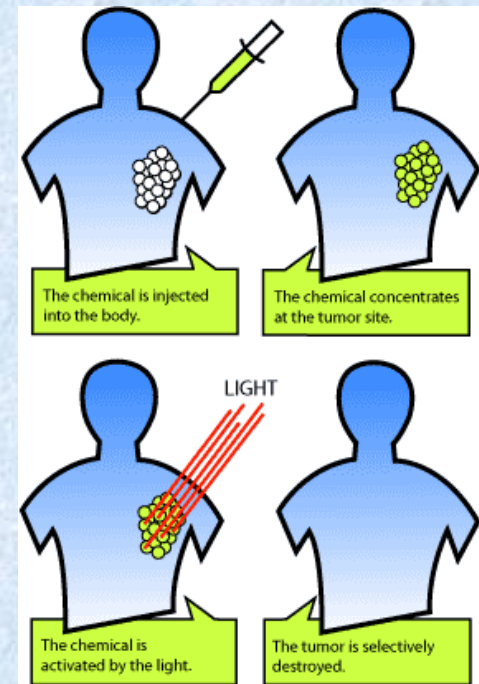
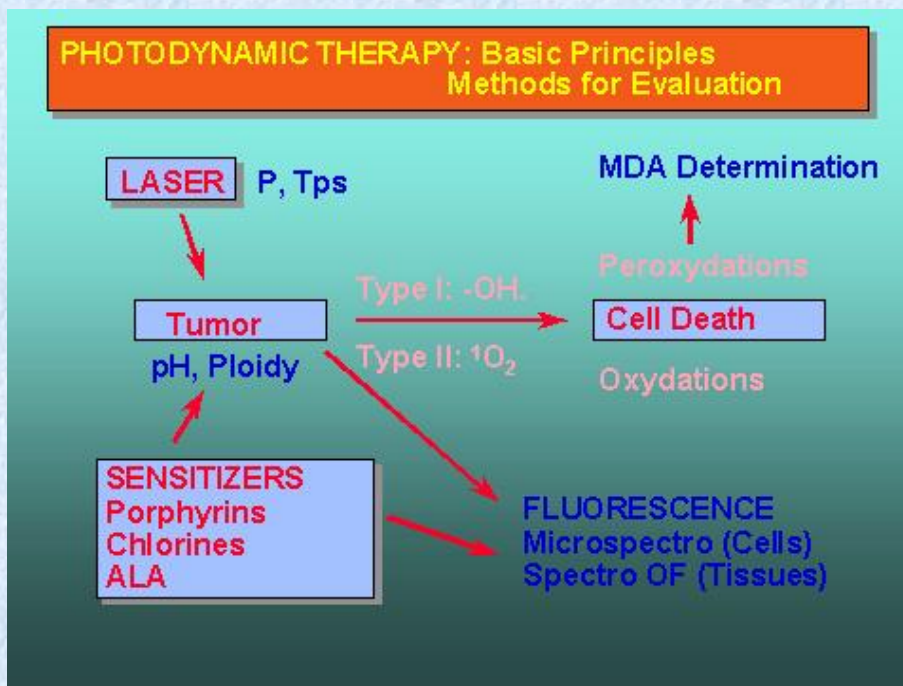
$$E = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda},$$

tehát minél kisebb az alkalmazott lézer hullámhossza, annál nagyobb egy fotonjának energiája.

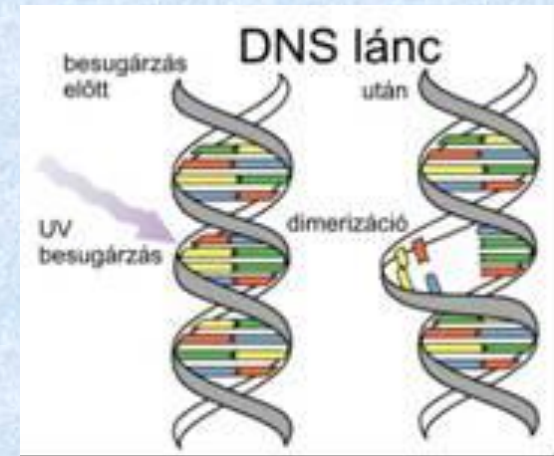
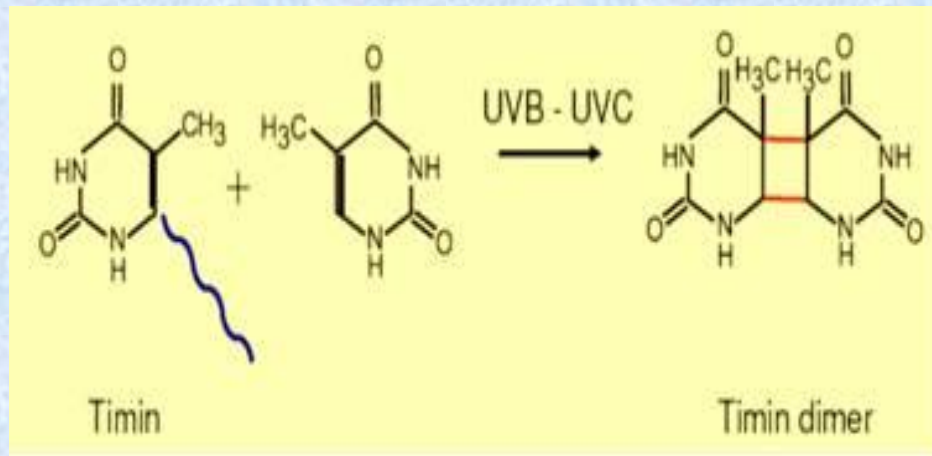
A direkt fotokémiai reakciókat az alábbiak szerint szokás tovább csoportosítani: **fotodisszociáció** akkor következik be, ha a fotonok energiája elegendően nagy az elsőrendű kémiai kötések felszakításához. Előidézésére általában nagy energiájú UV-lézereket alkalmaznak.

A fotodinamikus terápia

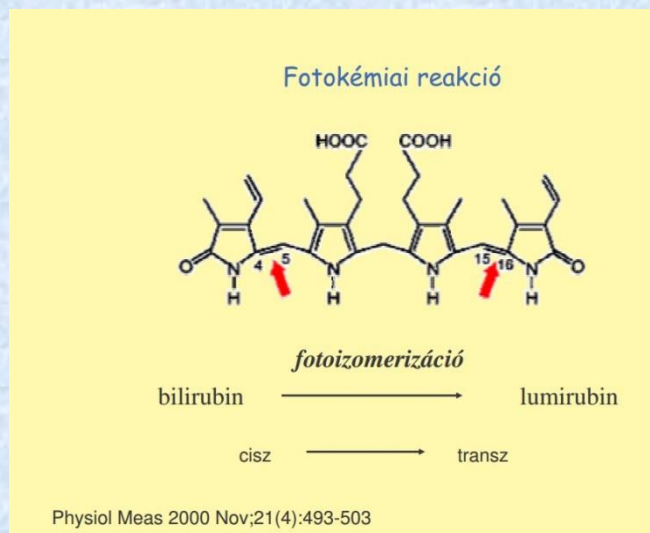
A megvilágítás hatására beinduló reakció nascens oxigén keletkezéséhez vezet, amely a szelektíven fényérzékenyítő anyagot tartalmazó rákos sejtekben szöveti bomlást eredményez.



Fotokompozíció akkor következik be, amikor a beérkező, általában UV foton energiájának révén elősegíti két különálló molekula összekapcsolódását. A következő ábra erre mutat be egy példát, ahol timin dimer kialakulása látható (DNS roncsolódás) az UV fény hatására.



Fotoizomerizáció esetén az elnyelt foton olyan változást hoz létre, melynek következményeképpen az abszorbeáló molekulával izomer molekula jön létre (molekulageometriai változások). Ez utóbbit használják ki pl. csecsemőkori sárgaság fényterápiás kezelésére. A bőr felszíni rétegében található erekben a fény hatására fotoizomerizáció játszódik le, a bilirubin molekula vízoldékony lumirubin izomerjévé alakul át.



Biostimuláció

A részletes vizsgálatok kimutatták, hogy a szövetek, vagy azokon belül a sejtek által elnyelt fotonok hatással vannak a sejtek energetikai viszonyára, a sejtek anyagcseréjére, a köztük lezajló információátadásra. Befolyásolják, serkenthetik a különböző enzimek, fotoaktív molekulák működését.

Az eredmények a következők lehetnek: a krónikus sebek gyorsított gyógyulása, fájdalomcsillapítás és idegi sérülés gyógyulása.



2. Fototermális hatások

Ebben az esetben az elnyelt lézereenergia nagy része a biológiai minta, szövet hőmérsékletének növelésére fordítódik. Attól függően, hogy mennyire melegszik fel az adott szövet a besugárzás hatására, más és más biológiai válaszreakciókat tapasztalhatunk. Ennek megfelelően az alábbi termális hatások következhetnek be:

a, **Fototermolízis**: amennyiben a besugárzás során a minta hőmérséklete nem haladja meg a 45 °C-ot. Ebben az esetben enzimindukció, sejtmembránváltozások, ödéma (sejtek közötti folyadékfelhalmozódás a szövetekben) kialakulása figyelhető meg.

b, **Fotohipertermia**: 45-60 °C-ra való felmelegedés esetén a membránok súlyos károsodása, roncsolódása, kifejezett ödéma figyelhető meg.

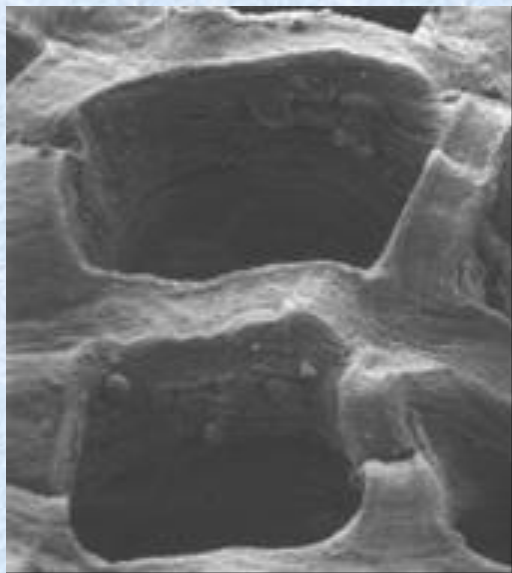
c, **Fotokoalugáció:** 60-100 °C közötti hőmérséklet-tartományban a kollagéndenaturálódás (a fehérjék eredeti tulajdonságainak elvesztése) és a membránok teljes pusztulása tapasztalható.

d, **Fotokarbonizáció:** 150 °C-on a besugárzott szövet a víztartalom elpárologtatása közben elszenesedik.

e, **Fotovaporizáció:** 300 °C-on következik be, a lézerrel kezelt szövetek elpárolognak, helyükön vágás alakul ki.

3. Lézeres abláció

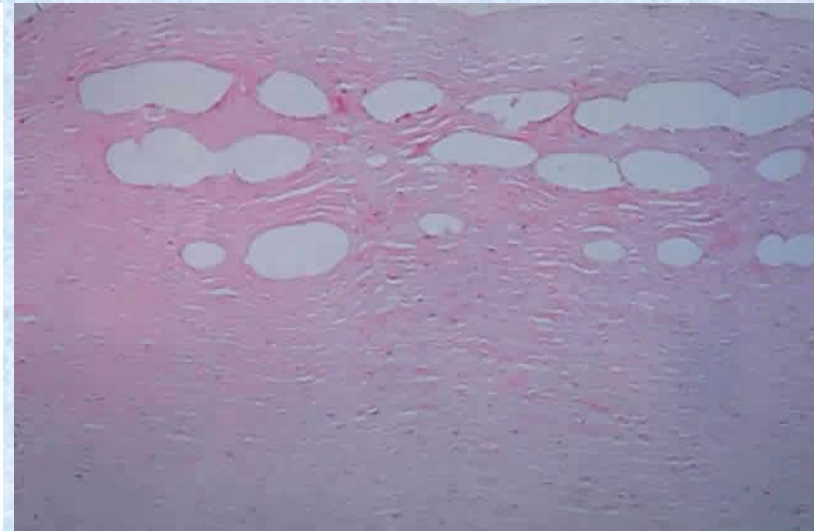
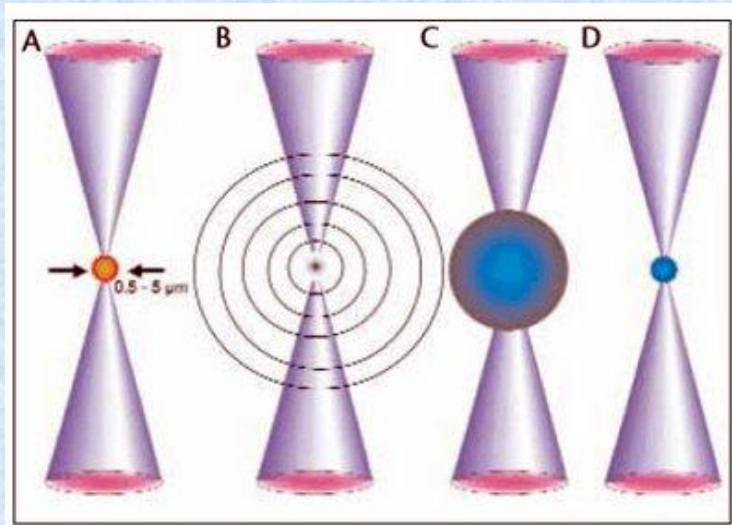
Nagyteljesítményű impulzslézert alkalmazva megfigyelték, hogy nyalábját egy szövetre fókuszálva, a besugárzás hatására a felületre merőlegesen plazmaállapotú anyagfelhő lép ki. Ezt a jelenséget ablációnak nevezzük, s bizonyos mértékig keveréke az előző két hatásfajtának, mivel benne megtalálhatók termális és fotokémiai reakciók is.



Szaruhártyába ArF excimer lézerrel ablált gödör pásztázó elektronmikroszkópos képe

4. Fotodisztrupciós hatások

A fotodisztrupciós hatás eléréséhez a lézernyalábot egy nagyon kicsiny térfogatba fókuszálják össze, ahol ennek következtében mikrorobbanás jön létre, mely lökéshullámot kelt a mintában. A hullámfrontban uralkodó óriási nyomás hatására komoly roncsolódás alakul ki az anyagban.



A lézerek orvosi, biológiai alkalmazásának főbb területei

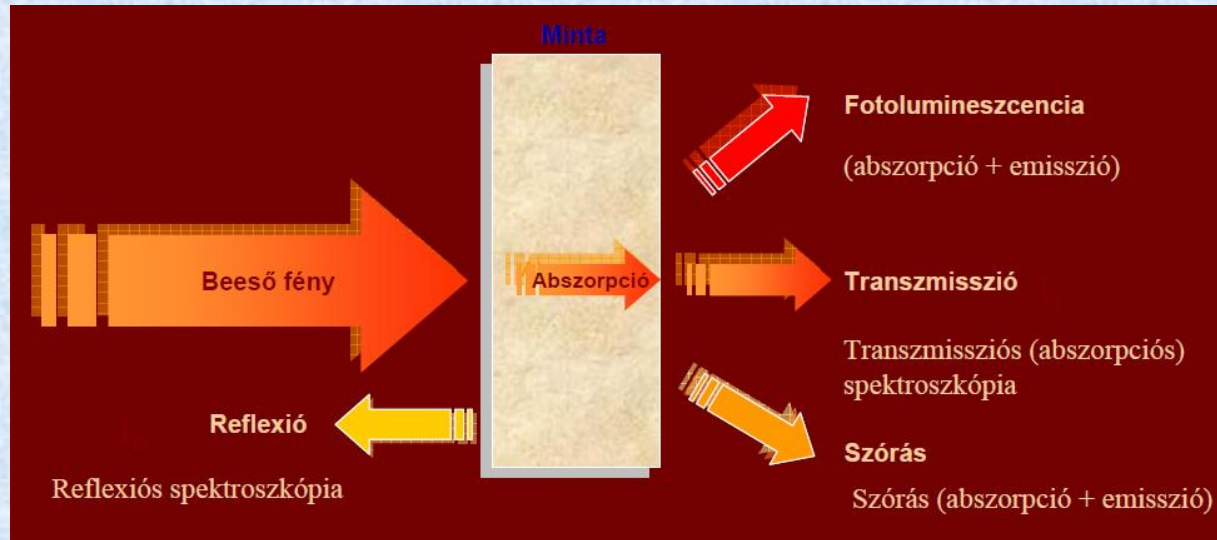
1. Diagnosztika

Egy beteg meggyógyításának első, s az egyik legfontosabb eleme annak felderítése, megállapítása, mi is az a betegség, amelyben szenved, amely a tüneteit okozza. Magától értetődik, hogy a hatékony kezeléshez elengedhetetlenül szükséges egy helyes, minden részletre kiterjedő diagnózis.

Ma már lézereket alkalmaznak diagnosztikai célokra is. Több esetben ugyan még csak laborkörülmények között, de azért már sok olyan módszer is van, melyeket a gyakorlati gyógyításba is bevetettek.

Lézerspektroszkópia

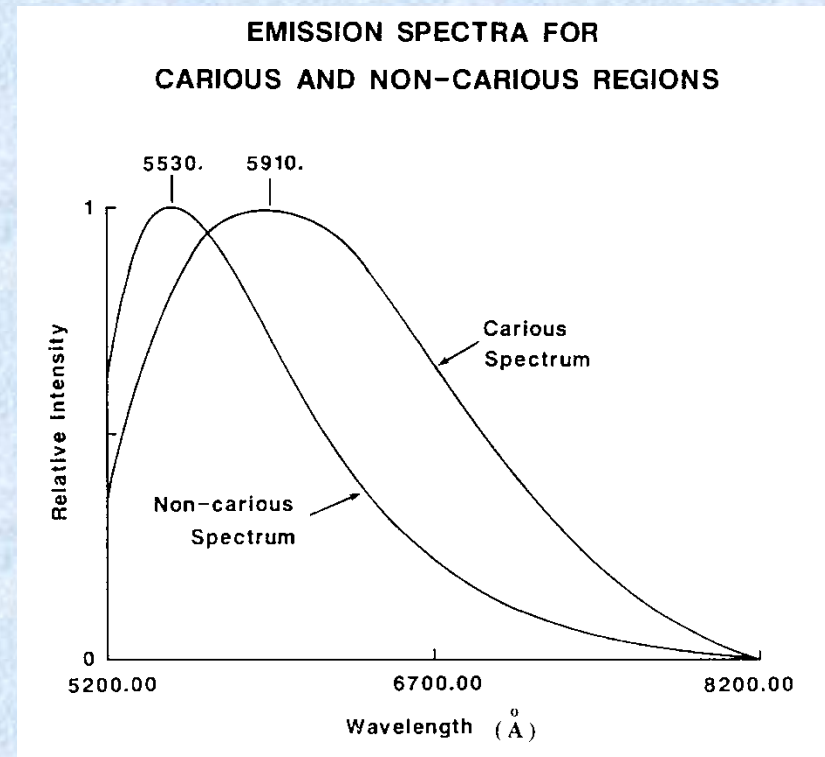
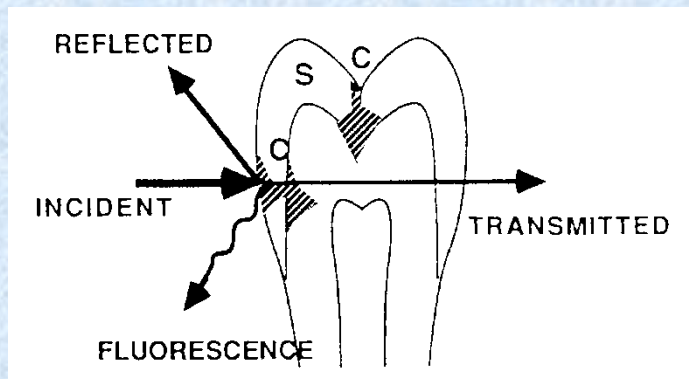
A klinikai diagnosztikában elterjedt lézeres eljárások közül az egyik legjelentősebb a lézeres spektroszkópia. Ennek során a releváns biológiai minták optikai tulajdonságainak megváltozását, fénykibocsátását, fényelnyelését és fényszórását vizsgálja a hullámhossz függvényében.

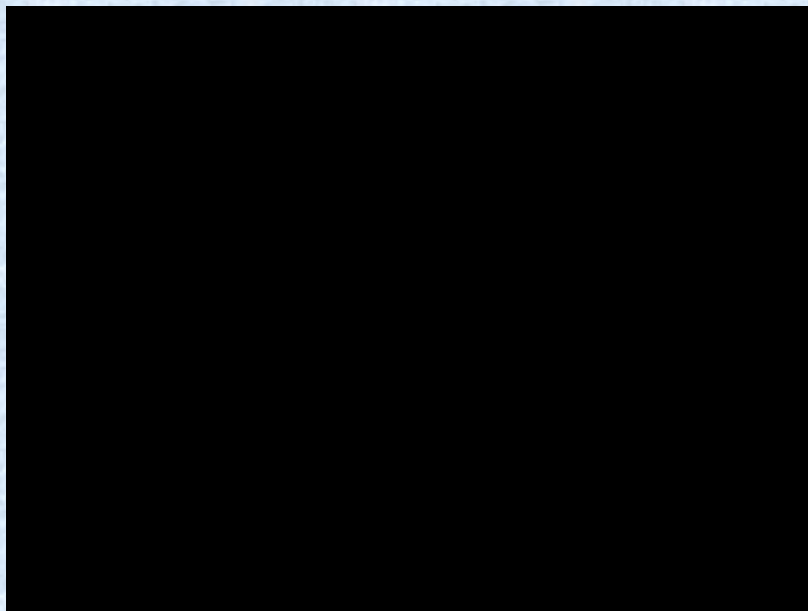
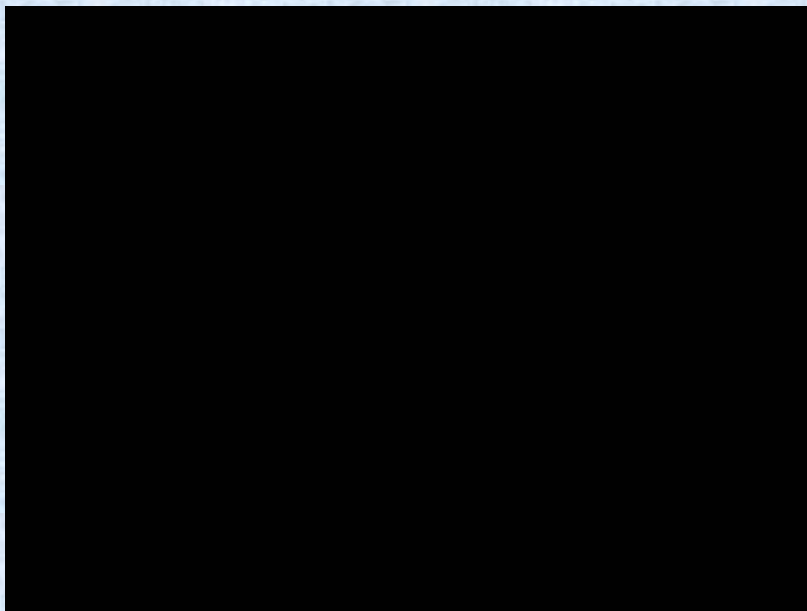


Lézer-indukált fluoreszcencia spektroszkópia

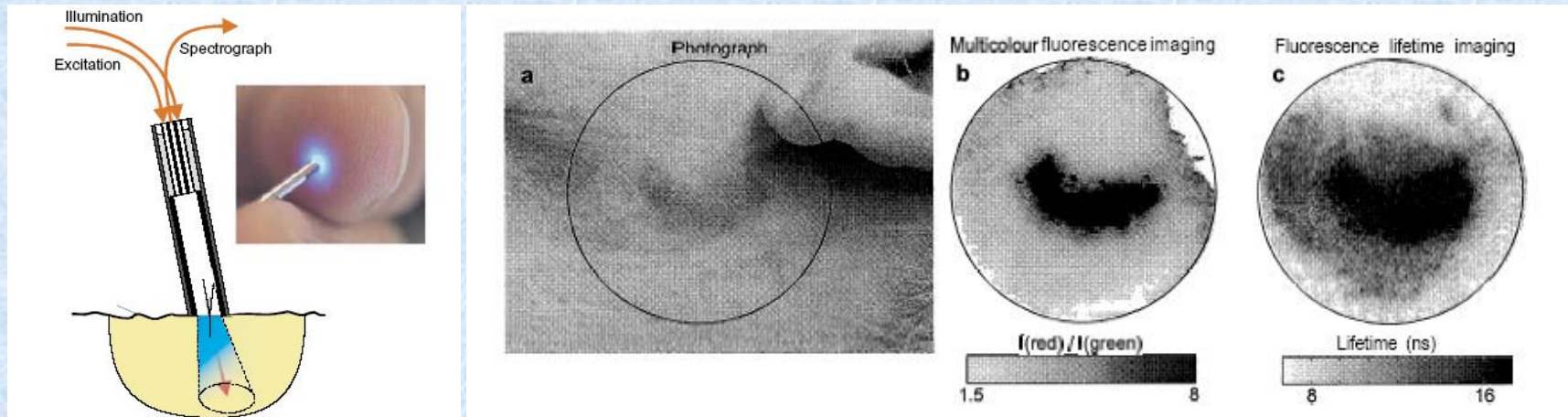
A felvett fluoreszcencia spektrumból vissza lehet következtetni a vizsgált minta összetételére, diagnosztikai szempontból pedig akár a megvilágított szövet „egészségi” állapotára is. Egyik legfőbb előnye, hogy roncsolásmentes, így az élő tudományok egyik jelentős in-situ vizsgálati módszerévé vált.

Szuvas terület meghatározása

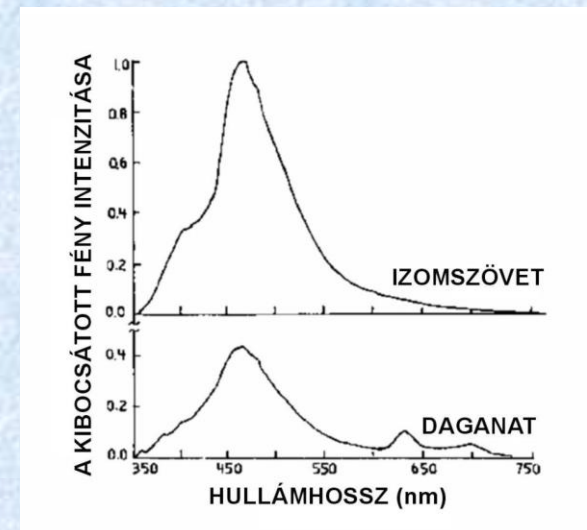
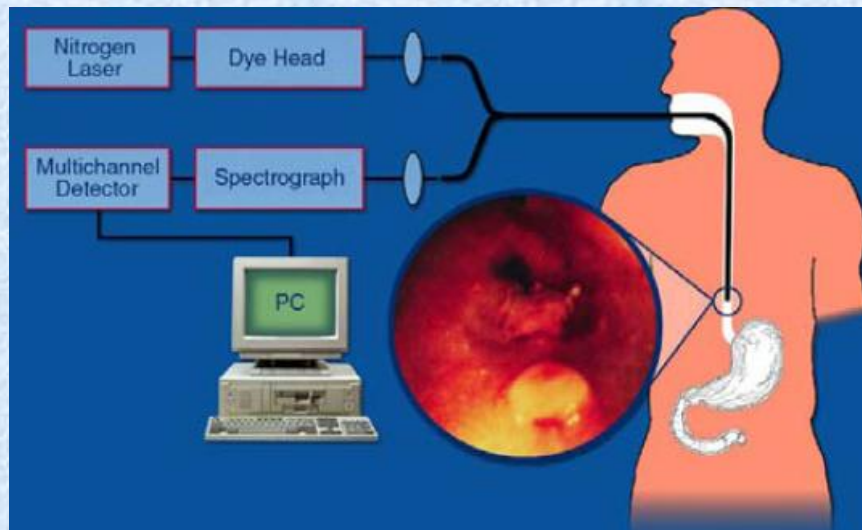




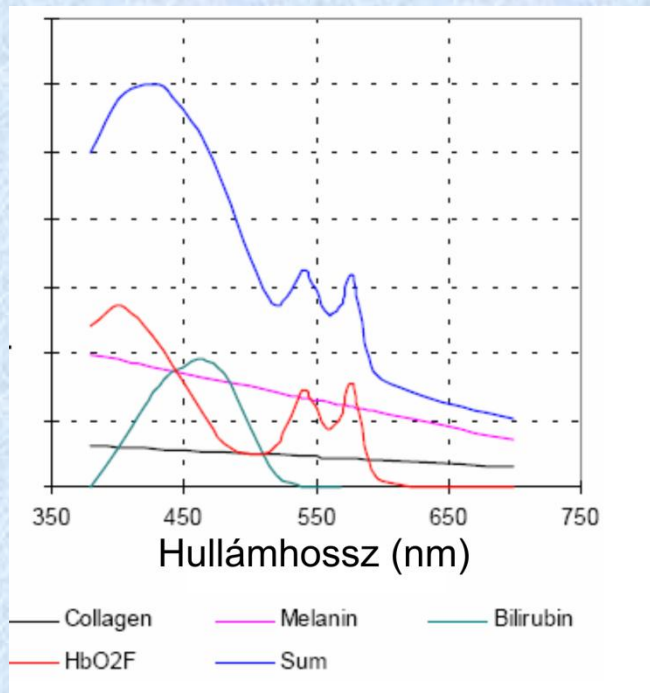
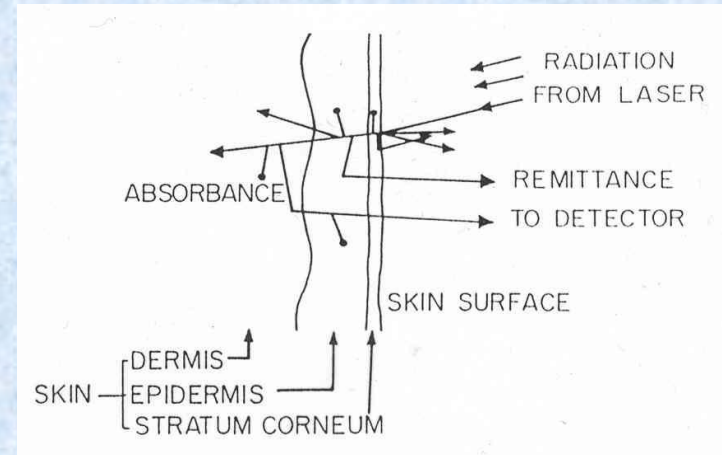
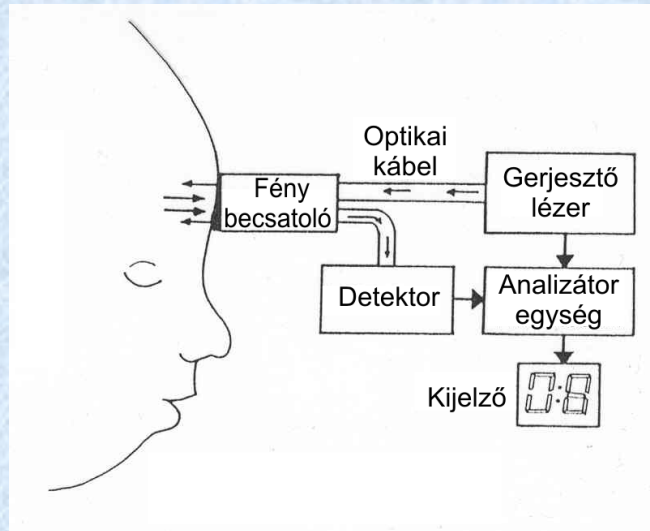
Bőrrák detektálása, az érintett terület behatárolása



Testen belüli daganatok felkutatása

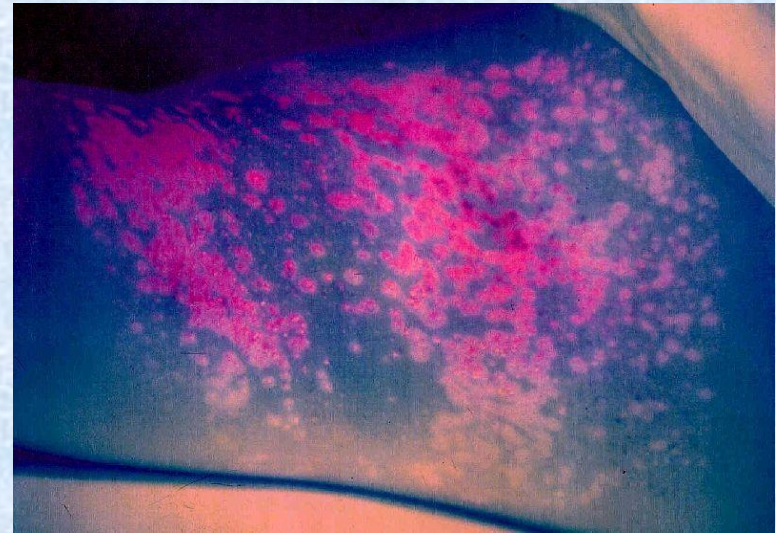


A csecsemőkori sárgaság diagnosztizálása

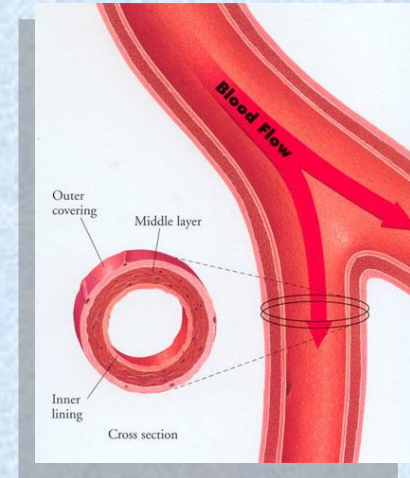
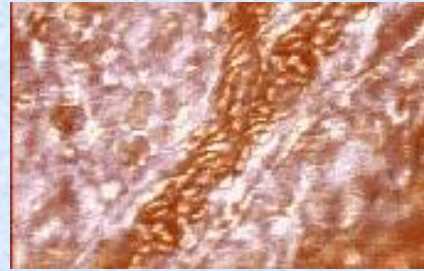
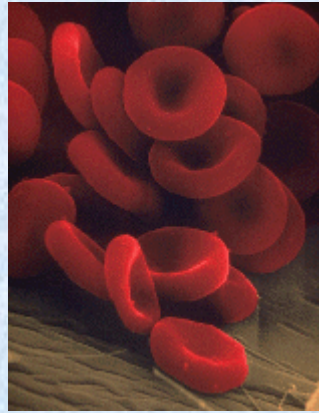


Fotodinamikus diagnosztika

Az intravénásan beadott fényérzékenyítő anyag szelektíven dúsul a tumorszövetben, miközben az ép struktúrák a felvett anyagot néhány óra alatt kiürítik magukból. Ha a festett területet megfelelő hullámhosszúságú lézerefénnyel megvilágítjuk, a tumorszövet fotofluoreszcens effektus következtében világítani fog, láthatóvá, kimutathatóvá válik.



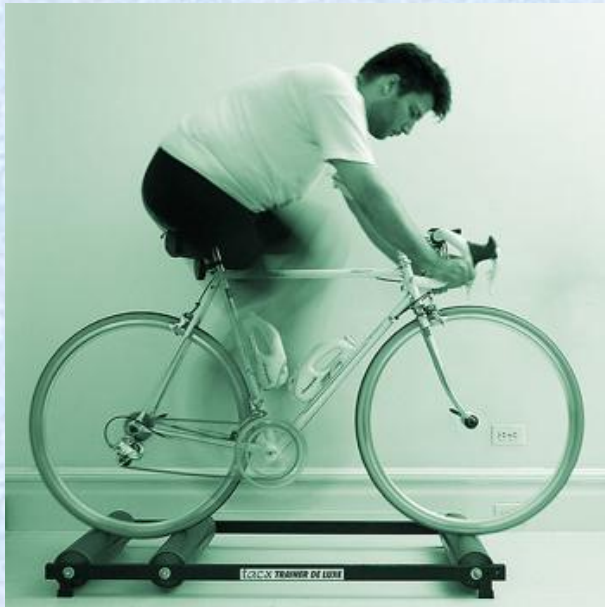
Lézeres véráramlásmérés

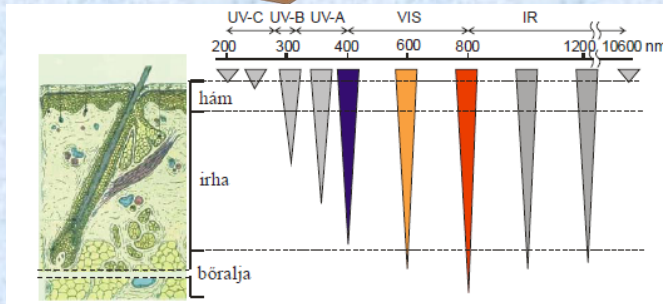
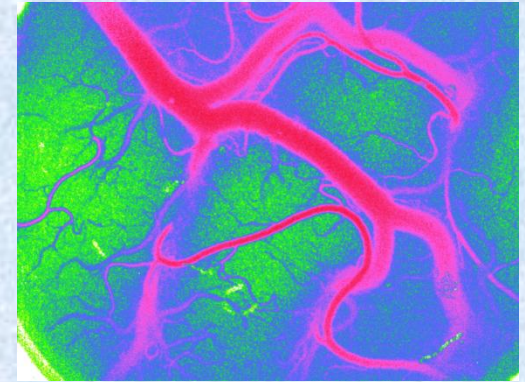
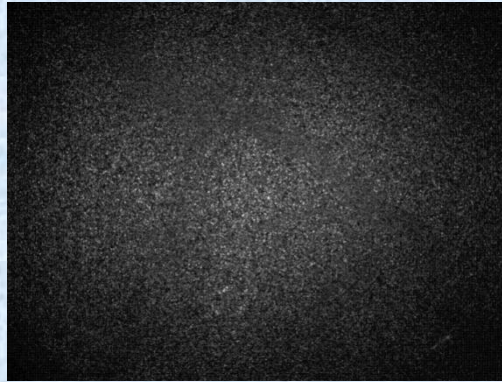
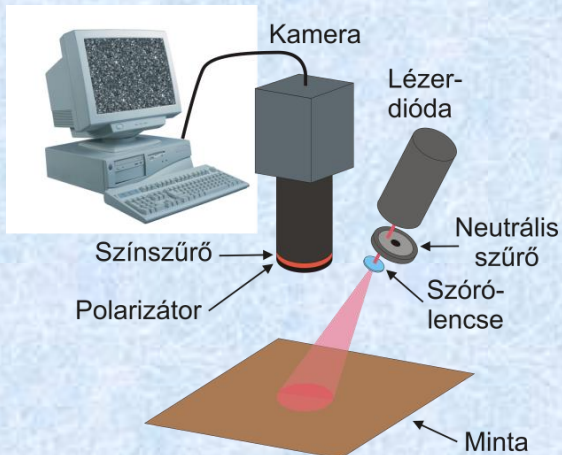


Főbb alkalmazási területei:

- Tumor keresés és kontrol
- Agyi sérülések, agyvérzés koponyán belüli vizsgálata
- Érbetegségek diagnosztizálása
- Gasztroenterologia
- Cukorbetegség
- Dermatologia
- Szervátültetés

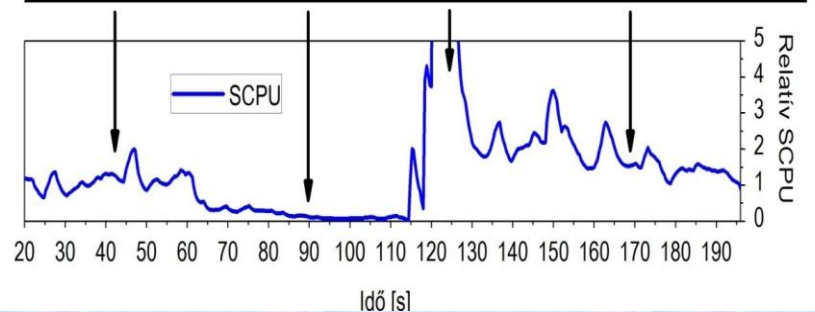
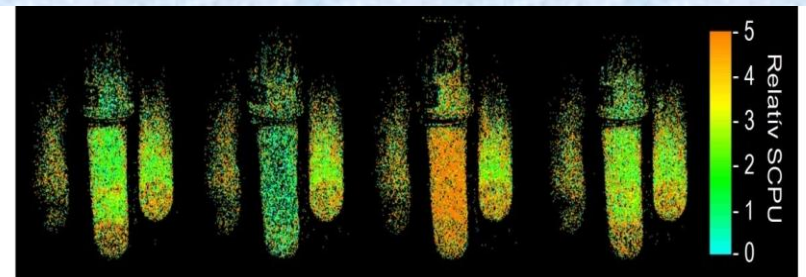
Lézeres szórás interferenciás véráramlásmérés





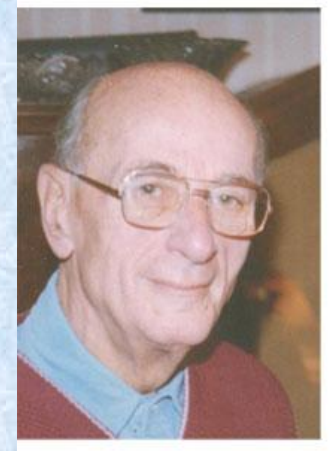
Malac agyfelszínéről készített szórási interferencia-kép és az alapján számított kontrasztterkép.

Az ujj vérellátásának változása a vérnyomásmérő mandzsettájának felfújása és leengedése hatására.

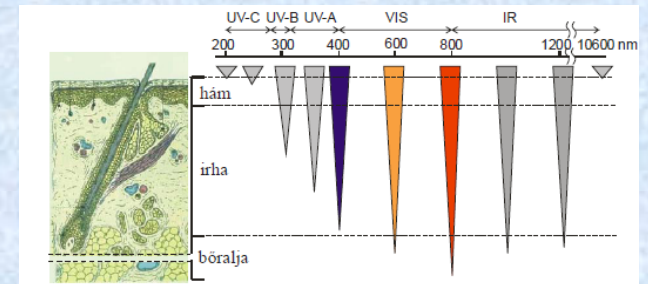


2. Szoftlézer-terápia; biostimuláció

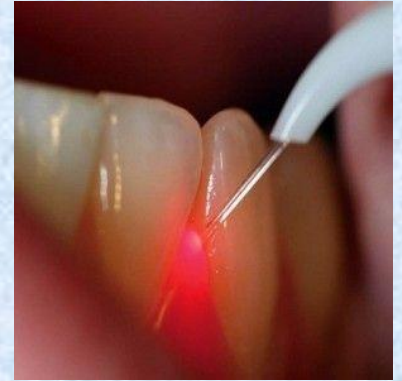
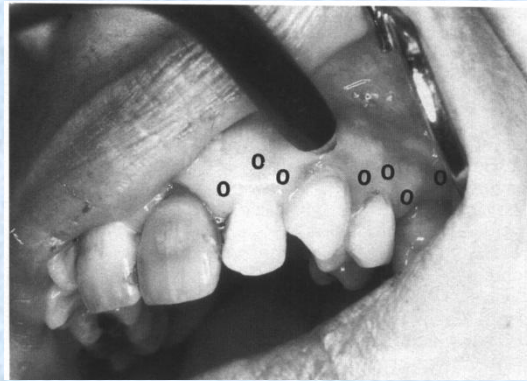
1966. Mester Endre:
biostimuláció (depilált egér
szőr-növekedése)



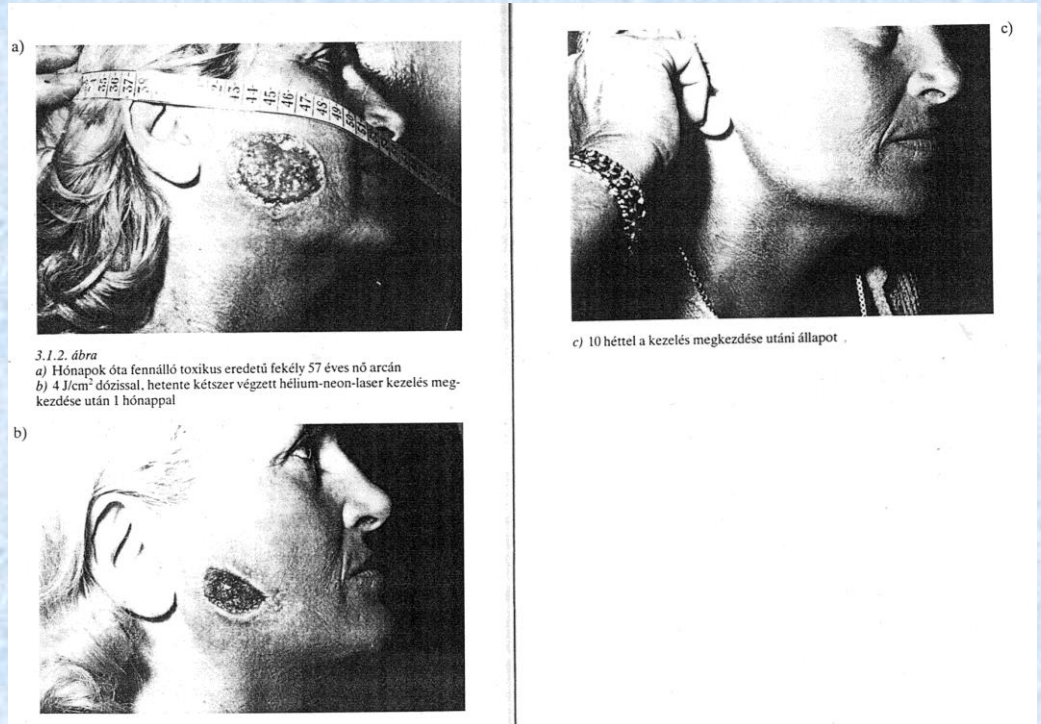
A kis teljesítményű lézerek sebgyógyulást serkentő, fájdalomcsillapító, gyulladáscsökkentő hatást fejtenek ki. A károsodott sejtanyagcsere egy vagy több szintjén a lézeres besugárzás hatására javulás következik be. A lézeres kezelés ilyen típusú hatását a vitaminokéhoz hasonlítják. A lézer hatására a fibroblasztok regenerációs képessége megnő, a sejtosztódás aktívabb lesz. Stimulálja a sejtregenerációt, érzékelődést. Fokozza az immunrendszer aktivitását.



Fogíny-gyulladás lézeres kezelése



Nehezen
gyógyuló
fekélyek és
hámhiánnal járó
sebek kezelése



Pikkelysömör lézeres kezelése

Főbb típusai:

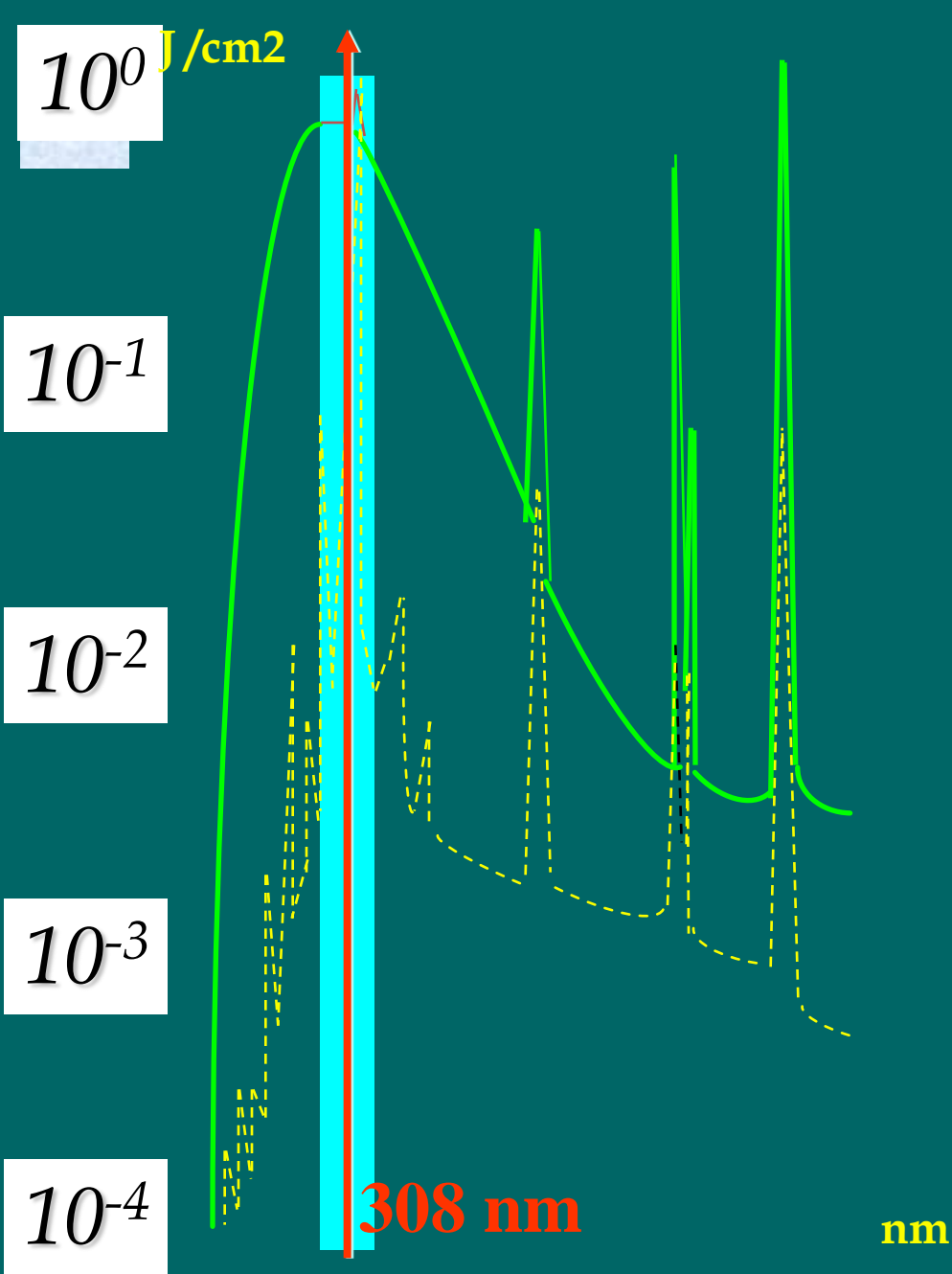
- hajás fejbőrre, törzsre, fülkagylóra terjedő
- egész testen szétszórt
- tenyérre, talpra terjedő
- hajlatokban meghúzódó
- körömre terjedő
- szövődményes



Kezelése:

- helyi: a pikkelyek eltávolítása (fürdő+dörzsölés, szaruoldó kenőcs)
- belső: sejtosztódást gátló szerek adása
- külső: megvilágítás

Pikkelysömör kezelése: a beteg bőrfelületet speciális lámpával világítják meg. Bizonyos hullámhosszúságú fénysugarak ártanak, azaz gyulladást, rákot okozhatnak. Ezek elkerülésére monokromatikus UV lézer sugárzást (XeCl excimer lézert, $\lambda=308$ nm) alkalmaznak fényforrásként.



A kezelések során alkalmazott különböző fényforrások spektruma

- Philips TL1
- - - Philips TL0
- 308 nm laser
- Antipszoriátikus sáv



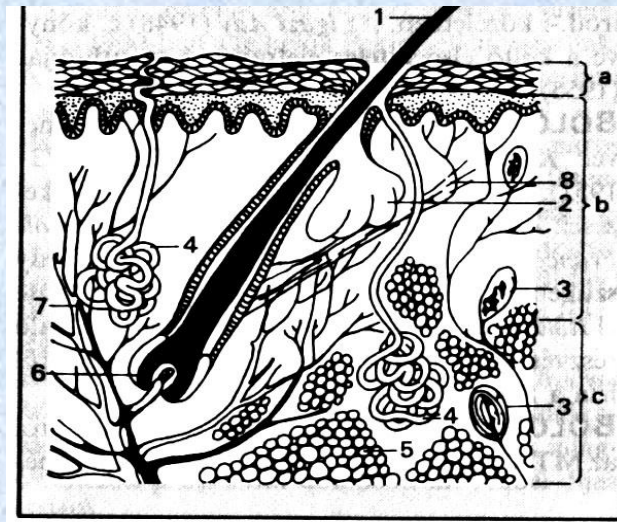
Kezelés előtt



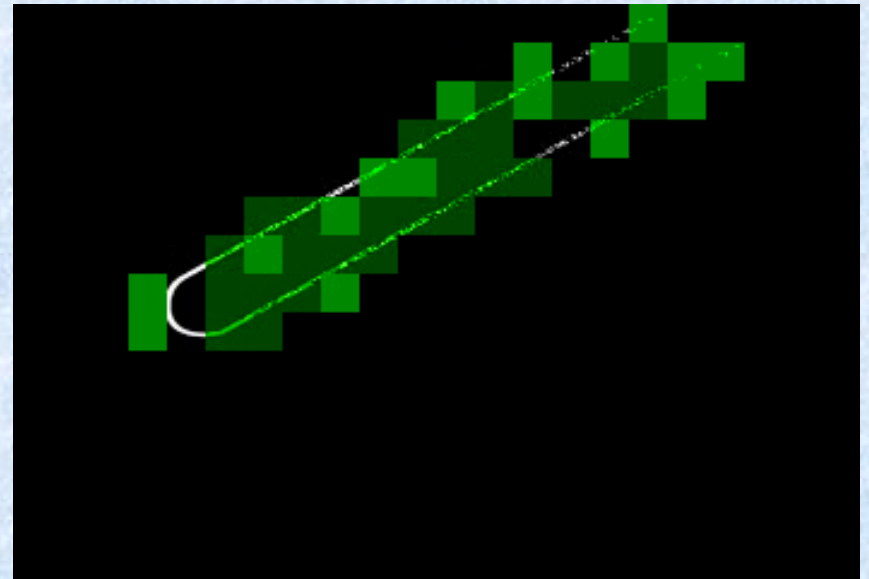
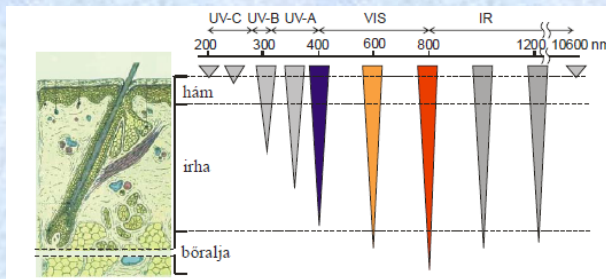
XeCl excimer lézeres
kezelés után

Tartós epilálás rubin lézerrel

A lézerfény a bőrben nem abszorbeálódik csak a sötét szőrtüszők festékanyagában. A megvilágítás hatására 1-2 hét elteltével kipotyognak a kezelés idején aktív szőrszálak.



Az emberi bőr keresztmetszete: 1. szőrszál; 2. faggyúmirigy; 3. idegvégkészülék; 4. verejtékmirigy; 5. zsírsejtek; 6. hajhagyma; 7. ér; 8. izom.
a) felhám, b) irha, c) bőr alatti kötőszövet

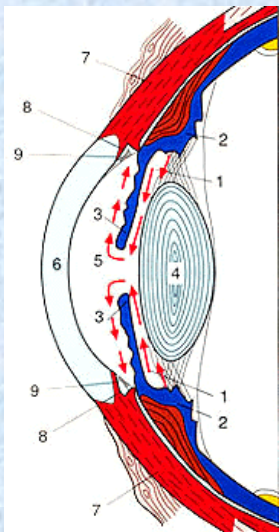


3. Lézersebészet

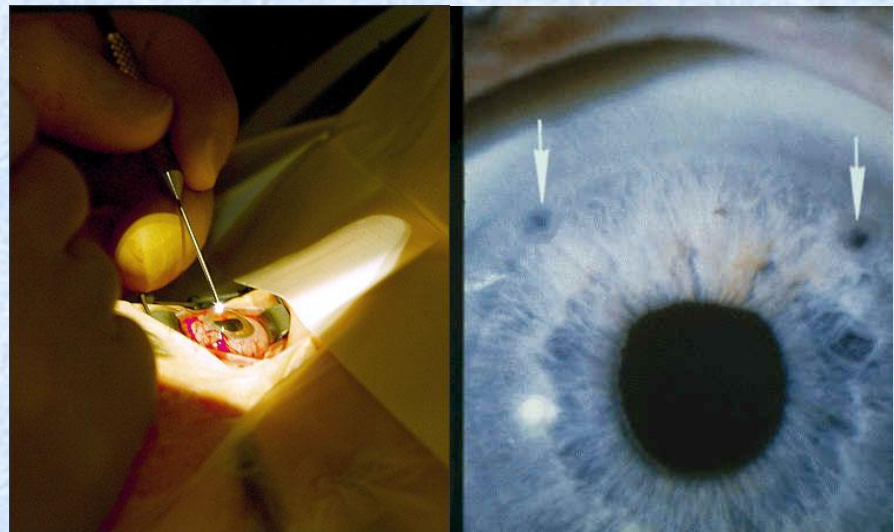
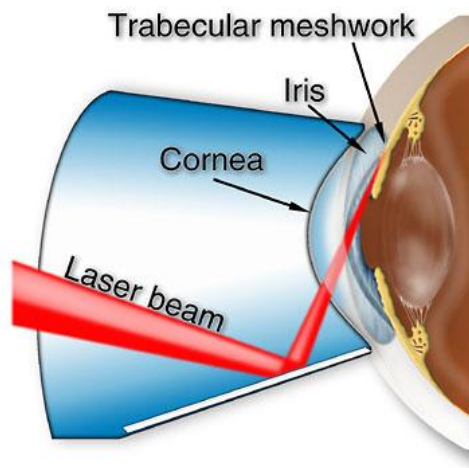
A klasszikus sebészeti lézerek alkalmazása során a cél az élő szövetekben irreverzibilis változások létrehozása.

Szemészet

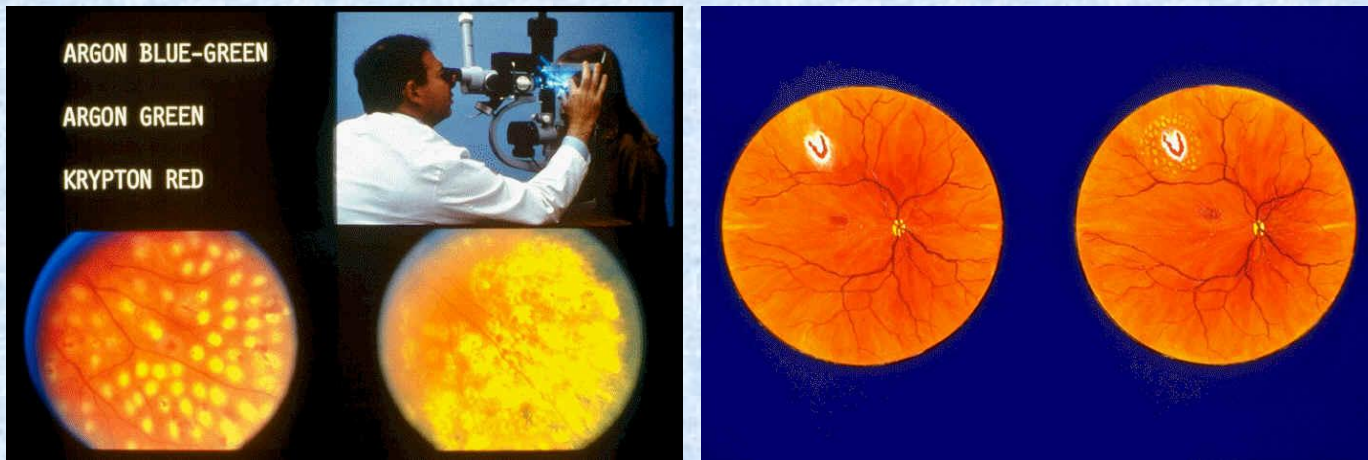
Zöldhályog gyógyítása lézeres besugárzással



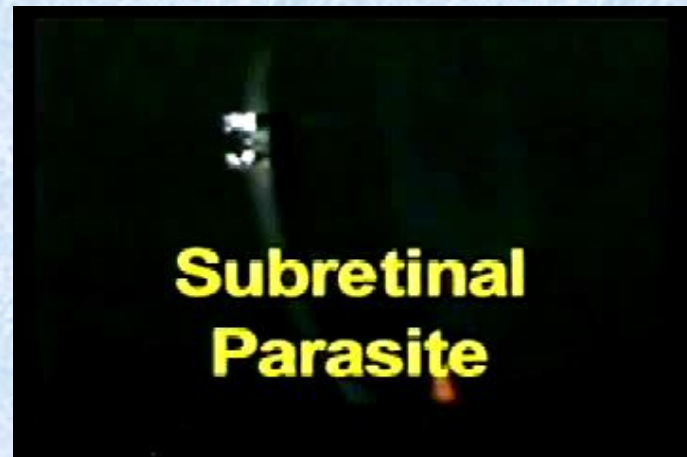
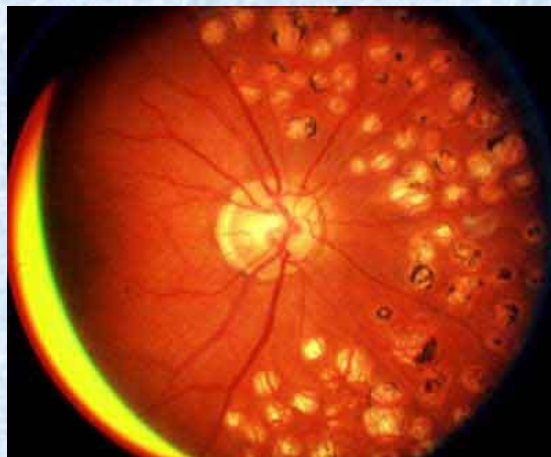
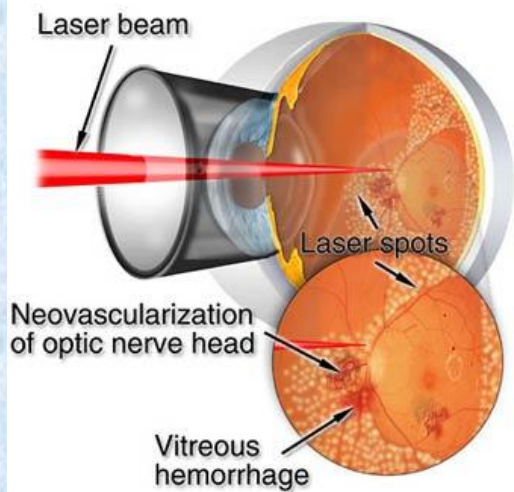
Argon Laser Trabeculoplasty (ALT)



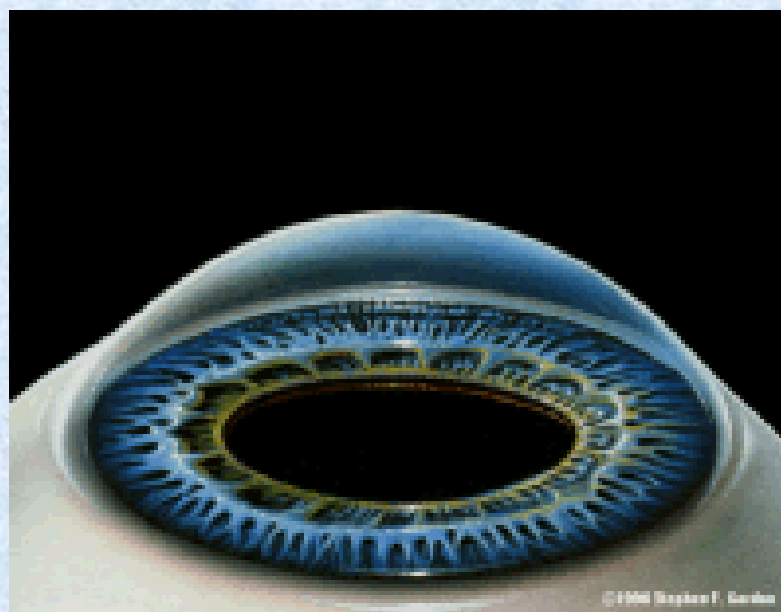
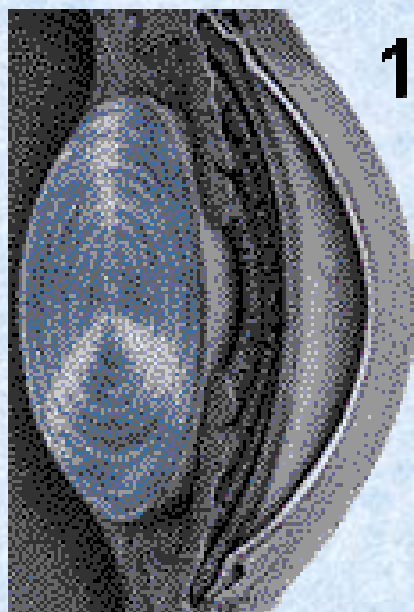
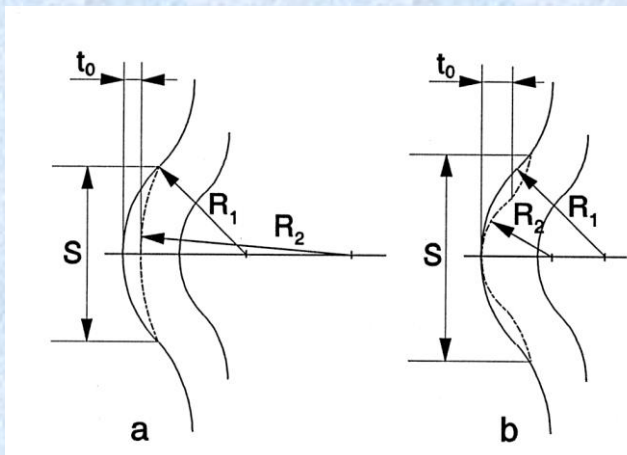
Lézeres beavatkozások a retinán



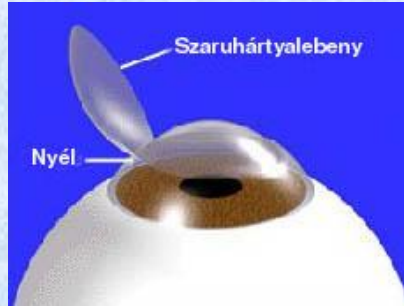
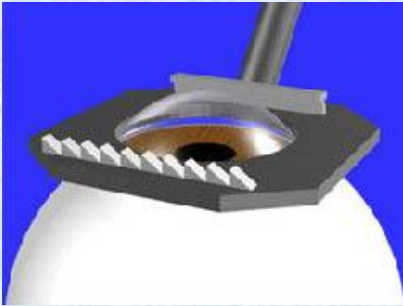
Laser Treatment of Proliferative Diabetic Retinopathy



Szaruhártya-korrekciós műtétek

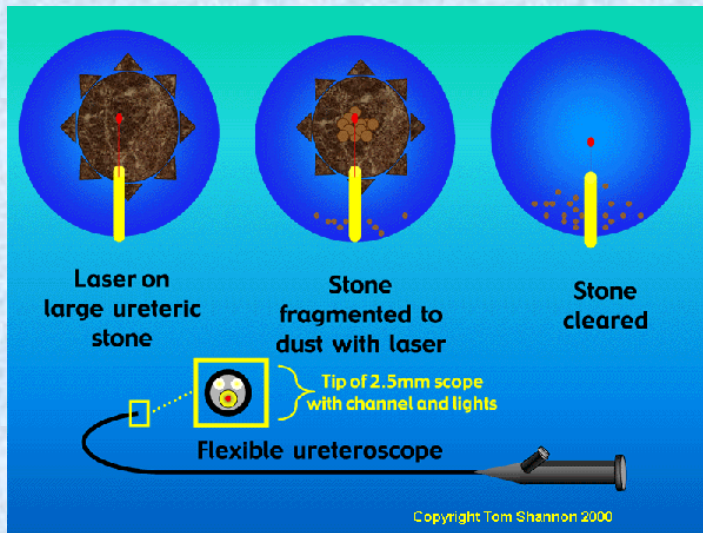


LASIK

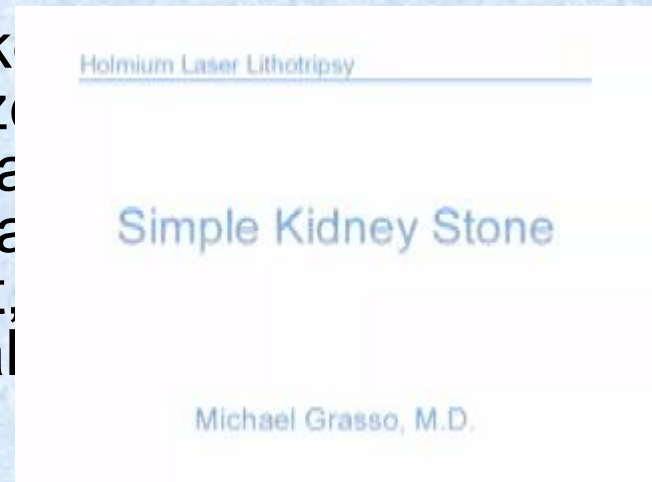


Urológia

Urológiai kövek lézeres aprítása



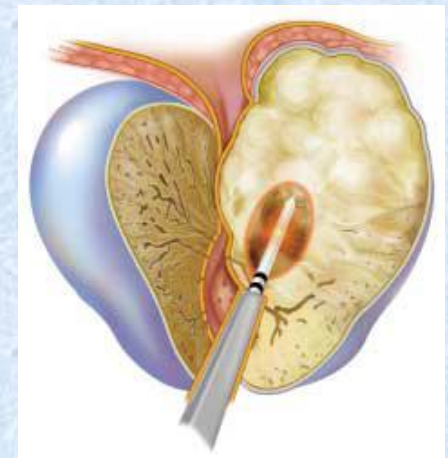
Vesekő
bevezetése
munka-
bejuttatás
szálat,
zúzzák



ópot
A
szül
tikai
okra
ják.

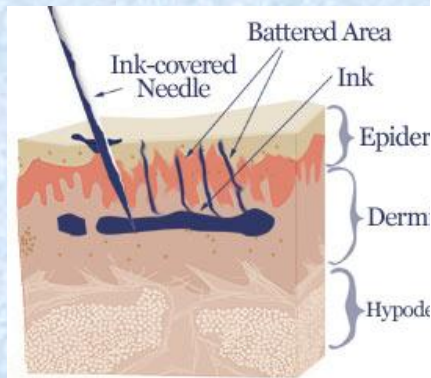
Lézeres prosztata műtétek:

a legnagyobbodott prosztatába beleszúrják a lézerszálat, s 3-4 percig végzik a besugárzást. A nagyobbodást okozó szövetek koagulálódnak, elhalnak, felszívódnak.



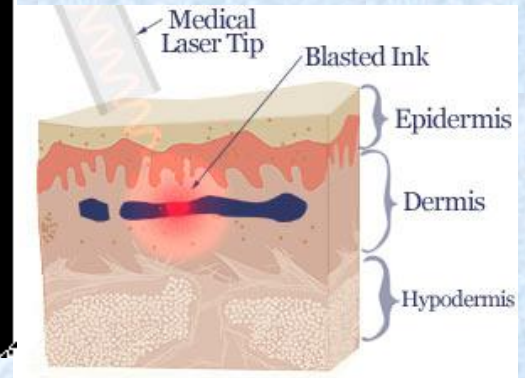
BŐRGYÓGYÁSZAT ÉS KOZMETOLÓGIA

-Tetoválás eltávolítása rubin lézerrel: a lézerfény elnyelődik a tetováló festékekben \Rightarrow a bennük lévő kettős kötéseket felbontja \Rightarrow a festék elszíntelenedik és ilyen formában a fehérvérsejtek számára is hozzáférhetővé válnak, amelyek tovább bontják őket.



**Dr. TATTOFF
Laser Tattoo Removal**

**Featuring the
Medlite C6 Laser**

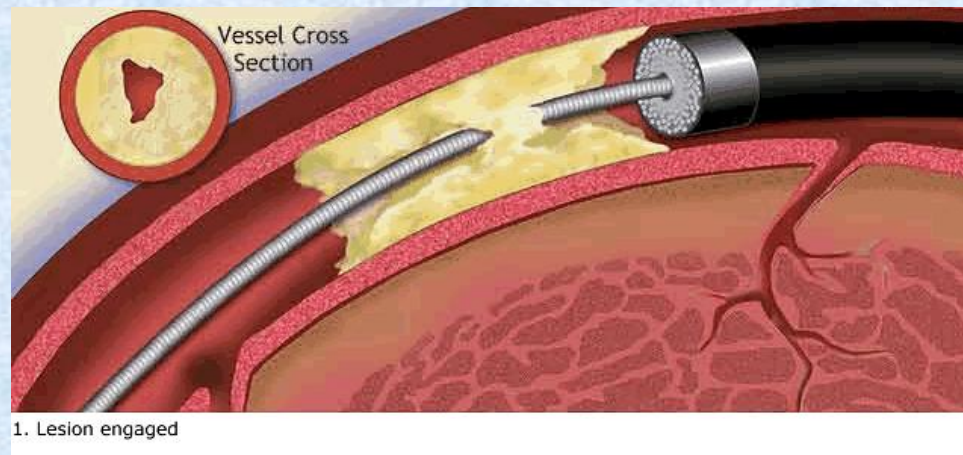
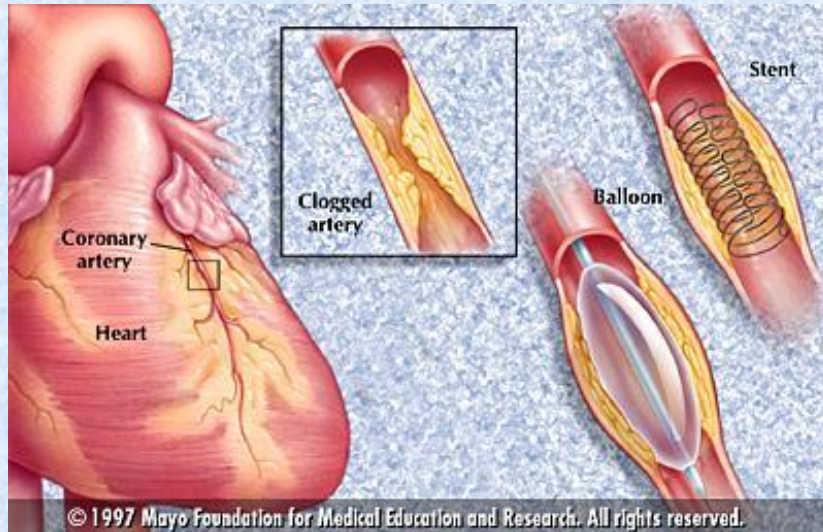


LÉZERES BŐRFIATALÍTÁS

Lefókuszált lézernyalábbal végigszkennelik, elpárologtatják az előregedett bőrterületek legfelső rétegeit, miközben a bőr mélyebb rétegei sértetlenek maradnak. 8-10 nap alatt fiatal, új réteg alakul ki, a finom ráncok elsimulnak.

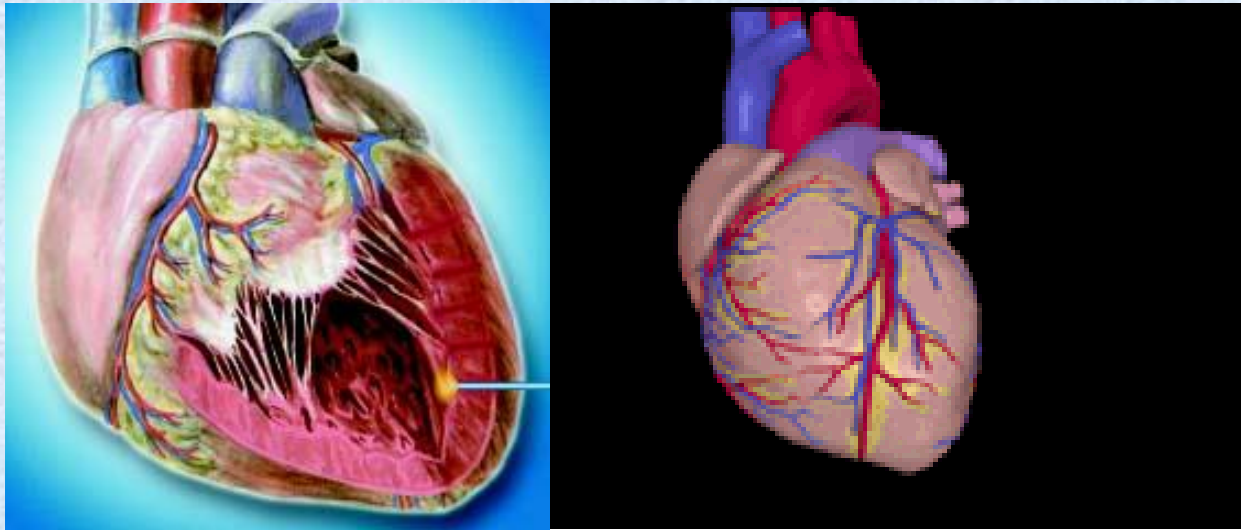


Lézeres szívsebészet

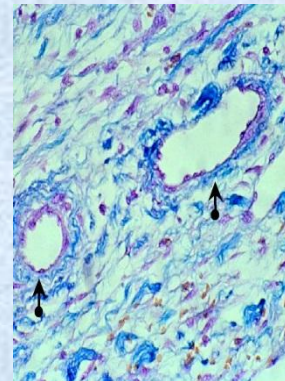
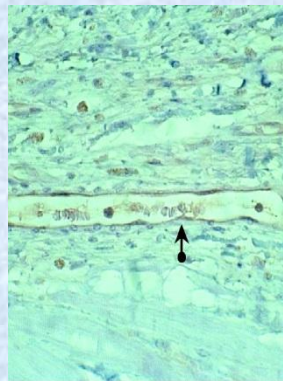
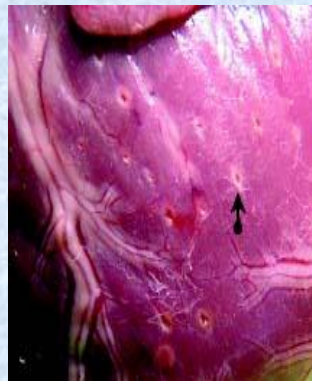


TRANSMYOCARDIALIS REVASCULARISATIO (TMR)

a szívizom újjáerezése. A szívizomtáji fájdalom oka gyakran az, hogy a szívizom vérellátása nem kielégítő. Ennek egyik igen új, hatékony gyógyítása a lézeres TMR:



1. A bordák közötti kis bemetszésen bejuttatják a lézerkészülék kézidarabját a szívizom felületéig. 2. 20-40 db 1 mm átmérőjű lyukat vágnak a szívizomba. 3. A szívizom felületén a lyukak begyógyulnak, de a szívüreg felől átjárhatók maradnak.



**Köszönöm szépen a
figyelmet!**