

Interakcija lasera s tkivom



Primjena u medicini

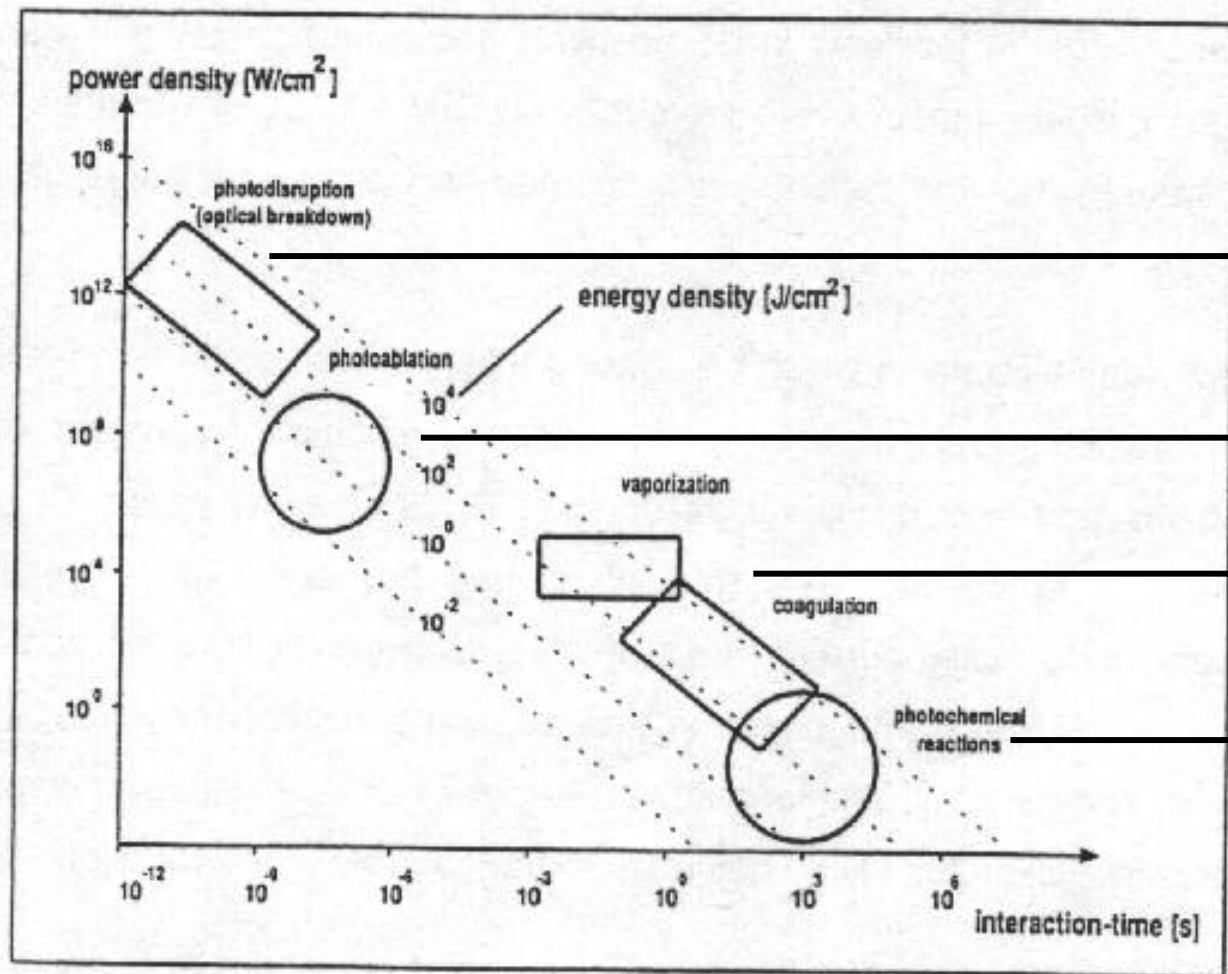
Za odrediti moguće interakcije moramo znati:

- Optička svojstva tkiva (koeficijente refleksije, apsorpcije i raspršenja)
- Toplinska svojstva tkiva (specifični toplinski kapacitet, toplinsku vodljivost)
- Svojstva laserskog snopa (valnu duljinu, vrijeme obasjavanja, energiju, širinu snopa, gustoću energije, gustoću snage)

Vrste interakcija su:

- Fotokemijske interakcije
- Toplinske interakcije
- Fotoablacija
- Mehaničke interakcije
 - Ablacija inducirana plazmom
 - Fotokidanje (kavitacija)

Za sve ove interakcije gustoća energije je $1 \text{ J/cm}^2 - 1000 \text{ J/cm}^2$, a gustoće snage idu u rasponu od 10^{15} redova veličina, dakle **duljina trajanja osvjetljavanja** razlikuje i kontrolira sve ove procese.



Trajanje osvjetljavanja je uglavnom identično s vremenom interakcije.

Fotokemijske interakcije

- Kemijske interakcije inducirane svjetlošću.
- Dešavaju se kod vrlo niskih gustoća snage (1 W/cm^2), ali dugog osvjetljavanja (10 min) s valnim duljinama iz vidljivog područja (dye laseri 630 nm).
- Specijalni kromofori sposobni da izazovu reakcije inducirane svjetlošću ubrizgaju se u tijelo i nakon osvjetljavanja laserom rezonantne frekvencije prelaze kroz niz kemijskih reakcija koje na kraju rezultiraju izrazito citotoksičnim reaktantima koji izazivaju oksidaciju osnovnih dijelova stanice.

Fotodinamička terapija

- Foto osjetljivi lijek se injektira u venu i proširi se po mekim tkivima osim mozgu. On je neaktivan dok nije osvjetljen. Akumulira se naročito u tumorskim stanicama i kad ga obasjamo laserom valne duljine koja odgovara piku apsorpcije lijeka on prelazi u pobuđeno stanje i relaksacijom u osnovno prenosi energiju na susjedne kisike koji prelaze u jako reaktivno singletno stanje te oksidiraju sve dijelove tkiva s kojima dođu u kontakt.
- Primjena:
 - onkologija-tretiranje tumora dušnika i jednjaka
 - dermatologija-kožni karcinomi
 - neurokirurgija, oftalmologija, ginekologija
 - Mogu se tretirati i viralne lezije (HPV, herpes) i psorijaza

Toplinske interakcije

- Lasersko zračenje ima toplinski učinak ako je gustoća snage $> 10 \text{ W/cm}^2$ i primjenjuje se ili pulsno ili kontinuirano
 - Primarno zagrijavanje
 - Prenošenje topline
 - Reakcija tkiva

Mehanizam interakcije

- Na mikroskopskom nivou toplinski efekti imaju ishodište u apsorpciji koja se dešava na vibracijsko-rotacijskim vrpama molekula.
 - Apсорpcija: $A + h\nu \rightarrow A^*$
 - Relaksacija: $A^* + M(E_{kin}) \rightarrow A + M(E_{kin} + \Delta E_{kin})$
- Apсорpcija fotona prebacuje molekulu u pobuđeno stanje te se ona relaksira neelastičnim sudarima s okolinom ali istodobno povećava kinetičku energiju okoline pa zato raste temperatura.
- Voda jako apсорbira na 3 μm , pa se zato koriste Er:YAG(2,94 μm), Er:YLF (2,8 μm)

Primarno zagrijavanje

- Izvor je pretvaranjem laserske svjetlosti u toplinu.
- Koliki postotak snopa će ući u tkivo zavisi o refleksivnosti tkiva, a o raspršenju zavisi kako će se širiti kroz tkivo.
- Za $\lambda >$ vidljive svjetlosti refleksivnost je niska, apsorpcija je mala pa snop prodire dosta duboko.
- Većina organskih molekula jako apsorbira u UV području pa je tu prodiranje malo.

Prenošenje topline

- Toplina se prenosi uglavnom kondukcijom, a prenosi konvekcijom i radijacijom su zanemarivi.
- Na tok topline utječe koeficijent toplinske vodljivosti tkiva, a o tom parametru i o duljini trajanja izloženosti zavisi i dubina prodiranja.
- Za 1 s toplina će u vodu prodrijeti do 0,7 cm dubine.

Reakcija tkiva

- Krajnji rezultat toplinskog djelovanja je denaturacija tkiva.
- Toplinsko djelovanje opisujemo zavisno o temperaturi i duljini trajanja zagrijavanja.
 - Hipertermija
 - Koagulacija
 - Isparavanje
 - Karbonizacija
 - Taljanje

Hipertermija

- Umjereni porast temperature 42°C – 50°C
 - Konformacijske promjene molekula
 - Pucanje kemijskih veza
 - Promjene u membrani
- Ako traje desetak minuta uzrokuje nekrozu

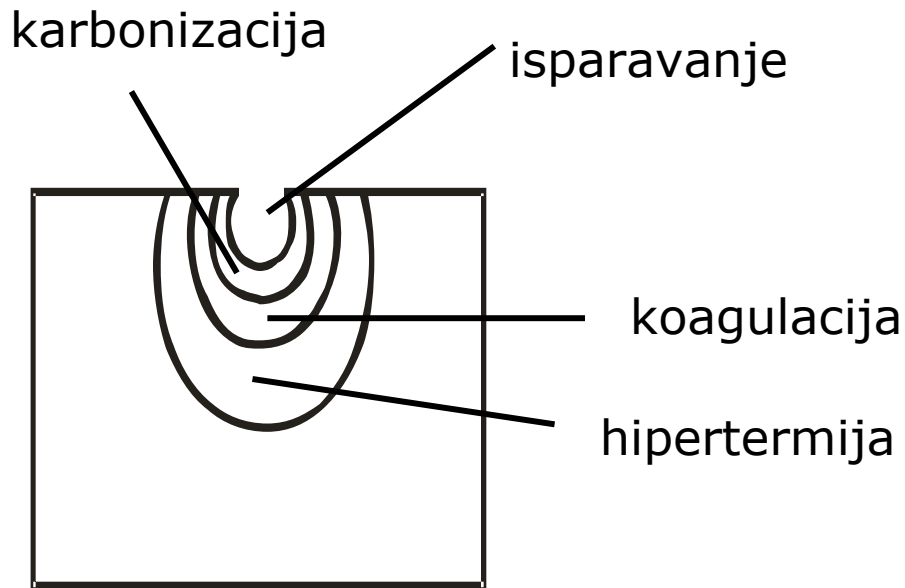
Koagulacija

- Temperature od 50°C – 100°C
 - > 50°C smanjuje se aktivnost enzima s čime i prijenos energije
 - > 60°C denaturiraju se proteini i kolagen i to vodi na koagulaciju
 - > 80°C znatno se povećava permeabilnost membrane pa je narušena kemijska ravnoteža
- Nastaje nekroza ali ne i trenutna destrukcija tkiva
- Laseri: Nd:YAG, diodni laseri

Isparavanje, karbonizacija i taljenje

- Temperature $> 100^{\circ}\text{C}$ uzrokuju trenutni nestanak tkiva za 1/10 s
 - Ako je zona isparavanja velika može se uništiti tumor, a ako je uska isparavanje služi za rezanje. Koriste se CO_2 laseri.
- $T > 150^{\circ}\text{C}$ zagrijava se okolno tkivo i javlja se dim
- $T > 300^{\circ}\text{C}$ tale se površinski slojevi

Sumirjmo



Laseri:

CO₂, Nd:YAG, Er:YAG,
Argon ion, diodni

Trajanje pulsa:

1 μ s – 1 min

Gustoća snage:

10 – 10⁶ W/cm²

Primjena:

kožni angiomi,
kondilomi, tumori

Fotoablacija

- Nastaje zbog disocijacije na malim λ (190 – 300 nm); pucaju molekularne veze i komponente tkiva ispare
 - Pobuđenje: $AB + h\nu \rightarrow (AB)^*$
 - Disocijacija: $(AB)^* \rightarrow A + B + E_{kin}$
- Djelovanje je površinsko (nekoliko μm)
- Gustoće snage $10^7 - 10^{10} \text{ W/cm}^2$
- Laseri: excimer; najčešće ArF(193 nm)
- Trajanje pulsa: 10 – 100 ns
- Koristi se za tkiva koja ne krvare npr. u oftalmologiji za skidanje dioptrije

Mehaničke interakcije

- Stvaranje plazme – velikom snagom na maloj površini ioniziraju se atomi tvari i stvara plazma. Na granici ionizirane površine postoji velika razlika tlaka što uzrokuje udarne valove, a širenje udarnih valova uzrokuje destrukciju tkiva.
 - Laseri: Nd:YAG, Ti:Sapphire
 - Trajanje pulsa 100 fs – 500 ps
 - Gustoće snage 10^{11} – 10^{13} W/cm²
 - Koristi se u oftalmologiji za razbijanje membrana koje nastanu nakon implantacije leća, za refraktivnu kirurgiju, za karijese....

Mehaničke interakcije

- Kavitacija- ako se u mekom tkivu zbog mehaničkog i toplinskog djelovanja ne javlja eksplozivno isparavanje nego se stvara mjehur plina koji implodira
- Laserski snop je fokusiran u unutrašnjost tkiva i tkivo se mehanički razbija
 - Laseri: čvrstostanjski laseri; Nd:YAG, Nd:YLF
 - Trajanje pulsa 100 fs – 100 ns
 - Gustoća snage 10^{11} – 10^{16} W/cm²
 - Primjena: kapsulotomija leća, litotripsija mokraćnih kamenaca