



dr. mr. sc. Jasminka Salopek - Rabatić  
Klinička bolnica Dubrava - očni odjel

# LASERI U OFTALMOLOGIJI



dr. med. Zdeslav Vukas, Oftalmološka ordinacija  
Zagreb, Pantovčak 24, Tel.: 01/174 - 306

## POVIJEST LASERA

Epohalno otkriće 20. stoljeća - **LASER**. Primjena u tehnici, biologiji i medicini. Od prvih spoznaja o djelovanju sunčeve radijacije na oko (Sokrat), do primjene fenomena na mrežnicu (Maggiore). Centralni skotom nakon sunčeve opekline mrežnice opisuje Theophilus Bonetus (1520-1589), a eksperimentalno oštećenje iste izvodi Maggiore (1927) fokusiranim sunčevim svjetlom na očima predviđenim za enukleaciju. Histološku potvrdu nalazi u hiperemiji i edemu mrežnice. Istodobno Albert Einstein (1917) pokazuje kroz kvantnu mehaniku zračenja kako u termalnoj ravnoteži Planckov zakon zračenja crnoga tijela proizlazi iz međudjelovanja spontane emisije, stimulirane emisije i apsorpcije zračenja. Tako je rođena ideja o stimuliranoj emisiji zračenja. Budući da je u sustavu koji je u termičkoj ravnoteži vjerojatnost pojave stimulirane emisije zanemariva u odnosu na druga dva procesa interakcije zračenja, trebalo je proći daljnjih četrdesetak godina do ostvarenja zamisli, dakle, izmjena termalne ravnoteže nekog sustava i stvaranje inverzne populacije kojom se omogućava uspješno pojačanje zračenja procesom stimulirane emisije. Townes, Basov i Prohorov dobili su 1966. g. Nobelovu nagradu za fiziku kao priznanje za pionirske radove iz područja lasera. Tek 1960. g. Maiman izrađuje prvi impulsni rubinski laser koji emitira u vidljivu dijelu spektra. Naziva ga **LASER**, kao akronim engleskoga naziva *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, tj. pojačanje svjetlosti stimuliranom emisijom zračenja. Klinička iskustva sa svjetlosnom koagulacijom idu gotovo usporedno; Moran - Salas (1940-1950) i Meyer - Schwickerath, koji je 1956. g. rabio ksenonsku svjetiljku s visokim tlakom kao izvor fotokoagulacije. Međutim, nakon 1960. g. nedvojbeno se boljim pokazao rubinski laser (Zaret 1961, Cambelli Zweng 1962). Slijedi prvi plinski laser (Javan, Bennett, Herriott 1961), u kojemu je djelatni materijal smjesa helija i neona, uz pobuđivanje elektromagnetnim poljem visokofrekventne struje, a režim je rada kontinuirani. Iste se godine pojavljuju i poluprovodni laseri koji se pobuđuju izravno električnom strujom, a mogu raditi u impulsnom ili kontinuiranom modu. Godina 1963. je godina tekućih lasera (organometalni i helatni, a zatim organski i neorganski tekući laseri). S obzirom na djelatnu tvar postoji više od stotinu tipova lasera s raznim valnim dužinama zračenja u rasponu od 0,3 - 300 mikrometra. Rad svakog ovisan je o određenoj valnoj dužini, koja opet ovisi o vrsti djelatne materije. Otkriće tekućih lasera s organskim bojama omogućilo je kontinuirano namještanje valne dužine emisije (1966 - 1970). U našoj je zemlji prvi laser u oftalmologiji (Keelerov rubinski), a ujedno i prvi laser u medicini, nabavljen za Očnu kliniku Bolnice Sestra milosrdnica 1967. god. Prva iskustva u radu s laserom objavio je K. Čupak (Čupak i sur. 1976. godine)

## PRIMJENA OFTALMOLOŠKIH LASERA

Kirurška primjena lasera u medicini, posebice u oftalmologiji, bez sumnje je i njegova najčešća primjena, jer zamjenjuje osnovni kirurški instrument - skalpel. Njegova prednost pred kirurškim nožem je:

1. ne dodiruje biološko tkivo,
2. operacijsko polje je gotovo beskrvno,
3. operacijski postupak je sterilan,
4. intervencija je lokalizirana i vrlo precizna,
5. potpuni uvid u operacijsko polje, što je vrlo važno u anatomski uskim područjima,
6. cijeljenje je brzo i s minimalnim postoperacijskim ožiljkom,
7. s obzirom na reducirani edem, bitno je smanjena postoperacijska bol,
8. nema elektromagnetske interferencije s monitorskim uređajima i srčanim stimulatorom.

Od posebne je važnosti u mikrokirurgiji mogućnost precizne incizije uz minimalnu traumatizaciju tkiva, a zahvaljujući koagulacijskom učinku postiže se beskrvno operacijsko polje. Fotokoagulatori, argon i kripton laseri rabe svjetlosnu energiju koja apsorbira pigmentno tkivo. Pretvara je u toplinu i izaziva mikrokauterizaciju. Terapijsko djelovanje **ARGON LASERA** je veoma široko: primjena mu je kod dijabetične retinopatije za Argon laser fotokoagulaciju, zatim kod glaukoma / povišenog očnog tlaka/ za Argon laser trabeculoplastiku / u glaukoma otvorenog kuta/ i iridektomiju kod glaukoma zatvorenog kuta. U slučajevima tromboze ogranaka V.C.R. i drugim indikacijama, a po fluoresceinskoj angiografiji gdje postoji edem ili ekstravazacije na mrežnici. **HOLMIUM LASERI** ablacioniraju meka tkiva uz odličnu hemostatu pa im je primjena kirurška /operacija Pterigijuma ili endonazalno dakriocistorinostomije/. Za razliku od njih, foto-distrupatori, kao što je **Nd - Yag LASER**, djeluju netermalno kontroliranim razaranjem /mini eksplozijom/ neželjena tkiva, bez obzira na pigmentiranost. Tako je moguća mikrodisekcija intraokulnih struktura usmjerenjem laserske zrake kroz rožnicu, s točnim fokusiranjem na ciljnom tkivu. Ovaj optički skalpel ima svojstvo da transportira energiju kroz "zrak" bez žica ili cijevi, gotovo bez gubitka. Ovo mu načelo rada daje praktički bezgraničnu mogućnost primjene: Primjena mu je u kliničkom smislu gotovo obvezatna nakon operacije katarakte, odnosno sive mrežne oka, gdje se uspješno, bezbolno i ambulantno mogu riješiti gotovo sve komplikacije ove kirurgije i poboljšati vid. Godine 1983. Munnerlyn i Trockel surađuju oko pulsno YAG lasera i kliničkih aplikacija. Tako je kroz rasprave začel koncept generacijski najnovijeg **EXCIMER LASERA** za kornealne aplikacije, tj. ablacije. Sustav je bio preteča VISEXA, upotrebljavan na životinjskim modelima i pokazana je 1986. u Američkoj oftalmološkoj akademiji. Iste godine počinje



## IZ LIJEČNIČKE PRAKSE

istraživanje na primatima. Razvijen je nov postupak u kirurgiji rožnice preoblikovanjem središnje rožničke zone, tj. ablacijom tkiva gotovo ultravioletnim zračenjem. Cijeljenje rožnice je nakon ablacije bez ožiljaka i bez gubitka transparentije. Radi se o novom tipu lasera (1991), pulsni argon fluorid, 193 nm, visokoujednačene fluencije zrake oko 160 mJ/cm (danas i do 200) za lamelnu keratektomiju, odnosno ablacijsku tehniku za refrakcijsku kirurgiju, kao i za terapijsku namjenu. Sastoji se od lasera, programske podrške i optičkog sustava. To je ogroman kirurški potencijal i trenutno najviše istraživani laser s mnogo suprostavljenih mišljenja, kao uostalom i za sve laserske sustave do danas koji su već široko prihvaćeni u radu. Rabeći ovu vrstu lasera, može se pouzdano korigirati karkovidnost do sedam i više dioptrija, te asigmatizam do četiri dioptrijske vrijednosti. Automatska lamelarna keratektomija (ALK), odnosno "LAISK" (*laser in situ keratomileuzis*) tehnika, kombinacija je klasične mikrokirurške tehnike keratomileuze, odnosno skidanje površnog dijela rožnice Mikrokeratomom i po tome aplikacija Excimer lasera na ispod ležeću strumu rožnice. Ovakvo je moguće korigirati i visoke miopije više od sedam dioptrija vrlo uspješno. Osim toga je i oporavak brži. Što se tiče terapijske primjene Excimer lasera na rožnicu od posebne je važnosti, jer uspješno odgađa, odnosno prevenira potrebu za operacijom keratoplastike, tj. presađivanjem rožnice. Bez sumnje su sve refrakcijske tehnologije do danas imale svoje povijesne konflikte (naočale, kontaktne leće, IOL, excimer), pa će nesuglasja ostati i pridonijeti razvoju samoga lasera i njegovih najboljih tehnoloških rješenja.

### KLINIČKO VREDNOVANJE OFTALMOLOŠKIH LASERA

Ukratko, prvi fotokoagulator je bio rubinski laser. Radi se o pulsnom, čvrstom laseru od 694 nm, koji radi u crvenom dijelu vidljiva spektra s trajanjem pulsa 200 mikrometara i proizvodnjom nečega što danas samo nalikuje termalnom učinku, svakako ne u današnjem smislu koagulacije. Za argon laser 1968. je bila prijelomna godina u fotokoagulaciji, jer L. Esperance uvodi kontinuirano emitirajući argon čija je zraka rezultat promjene plina. Prvi put je bilo moguće proizvoditi plavo - zeleno svjetlo visoka intenziteta. Dvije su glavne valne dužine: plava od 488 nm i zelena od 514 nm. Obje su dobro apsorbirane u melaninu i hemoglobinu. Postignuta je izlazna snaga veća od 1 W i kvalitetno fokusiranje, te argon vrlo brzo postaje popularan među oftalmolozima. Godine 1981. Neodymium - YAG laser kao oftalmički fotodisruptor (Aron - Rosa), početno u pulsnoj verziji kao čvrsti laser s relativno visokom razinom djelatnosti, uvodi se u oftalmologiju i široko je prihvaćen u oftalmološkoj dnevnoj praksi. Primjena u oftalmologiji svakako se širi s pojavom kripton 1972. i DYE lasera 1981. Problem je niska djelatnost kripton 1972. u usporedbi s argonom te teškoće u transformaciji tekuće otopine boje u visokokvalitetnu optičku komponentu. To su još uvijek glavni problemi u proizvodnji ovakvih sustava. Porast važnosti primjene Nd - YAG lasera vezana je i za mogućnost kontinuiranog emitiranja zrake u oftalmološkoj aplikaciji (Frankhauser). Naime, razvijena je ciklofotokoagulacijska terapija, odnosno tehnika koja rabi penetracijski potencijal (dubinu) zrake termalnog moda u istoj valnoj dužini, i to zbog niske tkivne apsorpcije, što je inače neželjen učinak za

retinsku koagulaciju. No, idealan se pokazao za djelomično razaranje cilijarnog tijela *ab externo* kroz skleru. Izum diodnog lasera u medicini također je revolucionaran korak. Poput YAG-a, emisijski spektar mu je blizu infracrvenoga. Ima dostatnu penetracijsku dubinu (može se rabiti za *ab externo* ciklofotokoagulaciju), ali ga tržište ipak nije valoriziralo zbog fotokoagulacije. Valna dužina diodnog lasera kakva je sada, nije idealna za retinsku koagulaciju, no potražnja raste zbog endofotokoagulacije. Najnovije dostignuće je valna dužina od 532 nm, idealna za fotokoagulaciju retine, a to je tehnologija frekvencije dvostrukih kristala. L. Esperance eksperimentira s ovim laserima jako dugo (od 1971.), ali je nelinearni učinak posebnih kristala infracrvenoga zračenja s konverzijom u vidljivo svjetlo uobličilo tek nedavno. Zraka je slična onoj kod zelenoga argona. Dakle, to je "double YAG", koji ustvari radi kao argon u zelenom modu. Danas, 26 godina od uvođenja argon lasera u oftalmologiju, može se reći kako je to konačno zreo tehnički instrument. Početne teškoće s izlaznim energijama od 1 - 2 W danas su prevladane i gotovo udvostručene. Istodobno, značajno se smanjila dimenzija, te porasla indikacijska širina primjene. Transmisija laserske zrake ide posebno razvijenom visokoperformantnom fiberoptikom, ali nailaze i novija istraživanja vezana za sigurnost operatera, posebice u radu s plavi argonom. Novija su istraživanja dokazala oštećenje kolornoga vida u operatera, direktno proporcionalno s brojem sati provedenih na argon plavom laseru i dužinama primjene.

Što će nam još donijeti budućnost, osim *excimer* laserske kirurgije, to ćemo vidjeti, ali on je siguran dokaz kako je laser 30 godina od njegova uvođenja, tj. izuma još itekako živ i predstavlja izazov za oftalmološku kirurgiju u budućnosti.

