

# Využití laserů v medicíně

Laserový paprsek se v medicíně využívá v rámci tzv. fototerapie k mnoha zákrokům, mezi které se řadí například korekce vad zraku či vyhlazování mikrojizev. První takovéto zákroky byly uskutečněny v 70. letech 20. století, širší pole působnosti laseru v medicíně však předznamenal až nástup třetího milénia.

**Stručný popis principu fungování laseru:** Laser je přístroj emitující koherentní elektromagnetické vlnění, což je záření, jehož paprsky mají shodnou fázi, směr šíření i vlnovou délku. Název pochází z anglické abreviace **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Foton je elementární částice zprostředkující elektromagnetickou interakci. Má určitou energii. Usměrněný proud mnoha fotonů (laser) může přenášet velká množství energie, kterou je možné využít v některých medicínských postupech, nejčastěji přeměnou na energii tepelnou.

## Obory využívající laseru

Mezi obory medicíny využívající laser k léčebným postupům se řadí např. **neurologie, chirurgie, plastická chirurgie**, ale také **dermatologie, urologie, gynekologie** či **stomatologie**.

## Rozdělení laserů používaných v medicíně

Medicínské laserové přístroje se dělí podle výkonu. Čím je výkon vyšší, tím víc energie paprsky transportují. Podle výkonu se tedy odvíjí jejich praktické využití. Každá lékařská disciplína vyžaduje pro své účely přesnou charakteristiku použití laseru, protože pro každý typ tkáně je vhodná jiná vlnová délka laseru. Delší vlnová délka proniká hlouběji do tkáně, ale nepůsobí tak silně. Kratší vlnové délky se hodí například pro stomatologii, delší nacházejí využití v rehabilitaci. Dále bude také záležet na absorpci laserového paprsku prostředím, kterým prochází, zda je absorbován vodou nebo hemoglobinem. Základní dělení laserů podle výkonu:

1. **Neinvazivní** – neboli terapeutické. Jejich výkon nepřevyšuje 500mW.<sup>[1]</sup>
2. **Invazivní** – tedy chirurgické. Výkon těchto přístrojů je větší než 1W.<sup>[1]</sup>

## Výhody použití laseru

V medicíně se laser jako prostředek léčebných metod rozšířil kvůli několika specifickým vlastnostem.

1. **Sterilita** – při použití laserového skalpelu nedojde ke kontaktu tkáně s cizím tělesem, na kterém by mohly být různé zdroje infekce, jako např. bakterie.
2. **Přesnost** – laserový skalpel má účinnou plochu podstatně užší než běžný ocelový skalpel, není však méně efektivní. Naopak, řez je velmi tenký a jen nezbytně dlouhý, hojení je tedy rychlejší a celý proces je vůči organismu šetrnější.
3. **Možnost vaporizace tkání** – laserem je možno tkáň zahřát na velmi vysokou hodnotu a odstranit ji takto z těla.

## Efekt kontaktu laseru s tkání

Při použití laseru v medicíně nezáleží pouze na vlnové délce, nastaveném výkonu a následně přístrojem produkované energii, ale i na dalších charakteristikách jeho práce, jakožto frekvenci jednotlivých vysílaných impulsů a vlastní charakteristice těchto impulsů. A to konkrétně jak dlouho bude daný impuls trvat, jakou energii bude mít a jak bude energie během tohoto impulsu časově rozložena. Tímto nastavením lze dosáhnout různých efektů laseru. Např. evaporizace tkáně oproti hemostáze, trypse konkrementu na velké úlomky oproti trypsi na malé částice neboli dustingy.

- **Fotokoagulace:** ničení tkání dopadajícím zářením. Mezi nejvýznamnější aplikace se řadí operace retinopatií.
- **Vaporizace:** odstranění tkáně odpařením.
- **Ablativní fotodekompozice:** absorpce záření vedoucí k tvorbě molekulárních fragmentů, které jsou vysokou teplotou převedeny do plynné fáze (nutné chlazení tkáně před i po zákroku).
- **Fototermální efekt:** pomocí této interakce laseru se tkání lze docílit zastavení krvácení některých struktur, například peptických vředů – efekt se hojně využívá při endoskopických intervencích.
- **Fotochemická interakce:** jde o změnu chemické struktury tkáně po ozáření, které dodá aktivační energii pro tento proces.
- **Roztržení tkáně:** postup, který v zasažené tkáni laserem navodí prudké zvýšení teploty až na 1250 °C, a tedy i zvýšení tlaku, jehož následkem je roztržení a devastace tkáně.<sup>[1]</sup>

## Použití laseru v chirurgii

Rozvoj technologie laseru v posledních desetiletích umožnil vytvoření nové oblasti medicíny – laserové chirurgie. Z fyzikálního hlediska funguje chirurgický laser buďto na principu odpařování kapalin z měkkých tkání nebo na rozbíjení molekulárních vazeb látek v tkáni obsažených.

## Přehled používaných laserů

- **CO<sub>2</sub> laser** – Laser tohoto typu není příliš pronikavý a zasahuje jen asi 0,1mm hluboko do tkáně. Tohoto však lze využít při řadě intervencí, jako například u onychokryptózy (zarůstání nehtů), onychogripózy (drápkovité zakřivení nehtů) nebo onychomykózy (mykotické onemocnění nehtových lůžek).
- **Nd YAG laser (neodymový)** – Laser zasahuje díky své vlnové délce 1064 nm do neviditelné infračervené části spektra. Zdrojem laseru je neodymium v yttrium-aluminium-garnetovém krystalu a excitaci zajišťuje kryptonová lampy. Pro praktické použití musí být jeho emise spojena s rubínovým vodícím paprskem. Tento laser je oproti CO<sub>2</sub> laseru o mnoho pronikavější. Je jedním z nejrozšířenějších laserů u gastroenterologických operací (používaný např. k zástavě krvácení). Používá se též k odstranění šedého zákalu nebo k redukci nitroočního tlaku.
- **Nd YAG laser s KTP krystalem** (označovaný častěji jako **KTP laser** nebo **GreenLight laser**) – zdrojem záření je též neodymový laser, paprsek však prochází kalium-titanyl-fosfátovým krystalem (KTiOPO<sub>4</sub>), který jej zbarví do zelena. Ke změně barevného spektra dochází vlivem zmenšení vlnové délky na polovinu, tj. z 1064 nm na 532 nm. A my paprsek reálně vidíme. Není absorbován vodou, nýbrž červenými elementy, tj. hemoglobinem v červených krvinkách. Což limituje jeho penetraci až na 0,8 mm. Díky malé hloubce působení se vytváří edém v tkáni omezeně, stejně tak odlučování nekrotické tkáně je minimální. [2]
- **Argonový laser** – efektivní například při léčbě diabetické retinopatie. Dnes je zákrok prováděn rovněž ambulantně.
- **Barvivový laser** – cílený paprsek způsobuje rozbíjení žlučkových kamenů.
- **Excimerový laser** – používaný pro zprůchodnění cév a díky své přesnosti také v léčbě myopie.



Laserový skalpel Sharplan 40C

## Použití laseru v dermatologii

Obzvlášť v dermatologii nachází laser široké využití, především pro léčbu špatně hojících se ran, jizev, proleženin, oparů, cévních lézí, pigmentových skvrn, vyhlazování kožního povrchu, léčbě akné, odstraňování nežádoucího ochlupení a biostimulaci buněk. Na rozdíl od chirurgie se v dermatologii mnohem častěji používá laser s nízkým výkonem, kterým se dosahuje biostimulace buněk tkáně a tak také rychlé, efektivní a mnohem komfortnější léčby vrozených malformací, které dříve měly jen velmi omezené možnosti léčby.

Soubor:Depilacion laser.jpeg  
Permanentní odstraňování ochlupení pomocí laseru.

Princip fungování laseru při odstraňování chloupků a akné je termodestrukce. V prvním případě se laser cíleně zaměřuje na buňky s obsahem melaninu a zákrok je třeba několikrát opakovat, aby se zničily i buňky, které byly předtím v brzkém stadiu vývoje. Při léčbě akné se používá tzv. modré světlo, které ničí přímo bakterie způsobující toto zánětlivé kožní onemocnění.

S ohledem na přesně určené kontraindikace při správném užití laseru v dermatologii nehrozí žádné vedlejší efekty této léčby. Při aplikaci biostimulačního záření je však nutno dbát na ochranu zraku speciálními brýlemi.

## Použití laseru v oftalmologii

Laserové techniky se vůbec poprvé uplatnily právě v oftalmologii. V současné době je velmi pokročilým zařízením tzv. **femtosekundový laser** (jeho záření trvá v řádu femtosekund - fs). Tento pulsní laser je schopen vytvářet rastrové tvary v oční tkáni sumací svých plasmatických mikrovýbuchů. Používají se pro korekci některých zrakových vad a asistují při operaci šedého zákalu.



Femtosekundový laser VisuMax

- **Argonový laser** – dříve hojně používaný, dnes pro oční použití zastaralý.
- **KTP laser neboli GreenLight laser** je Nd: YAG laser obsahující KTP krystal, který upravuje jeho vlnovou délku na 532 nm - hojně používaný pro termokoagulační oční léčbu (komplikace diabetu, zelený zákal).
- **Diodové lasery** - používají se k léčbě některých typů věkem podmíněné makulární degenerace (fotodynamická léčba) a tepelné léčbě (prohřívání, pálení) zeleného zákalu a některých chorob sítnice.
- **Nd-YAG laser vytvářející plasmatickou jiskru** - plasmatická jiskra (mikrovýbuch) se používá hlavně k vytváření otvorů v nitroočních tkáních bez nutnosti oko otevřít nebo k rozbíjení některých nitroočních struktur. S jeho pomocí se léčí např. druhotný oční zákal (může vzniknout po operaci šedého zákalu) nebo oči s tendencí k záchvatu glaukomu.
- **Excimerové lasery** – korekce zrakových vad, tedy myopie, hypermetropie nebo astigmatismu. Tento typ laseru skýtá výhodu ve velké přesnosti odpařené plochy. Jev se označuje jako APD – ablativní fotodekompozice

(viz výše). Tímto způsobem excimer laser přetváří rohovkovou tkáň tak, aby se původní zraková vada minimalizovala.

## Použití laseru v urologii

Poprvé bylo použití laseru v urologii popsáno v polovině 70. let 20. století. V dnešní době se již hojně laser využívá v rámci operační léčby onemocnění, nejčastěji při řešení benigní hyperplasie prostaty nebo urolitiázy. Laserové postupy jsou alternativním řešením k více invazivním metodám léčby a nesou mnoho výhod, ať již perioperačních, tak i postoperačních. Např. zkracují dobu hospitalizace a umožňují kratší dobu katetrizace močového měchýře. Přináší stabilnější výsledky a menší počet operací.



Urolog provádějící vaporizaci prostaty pomocí GreenLight laseru

- **Nd: YAG laser** o vlnové délce 1064 nm byl prvním využívaným laserem v urologii, avšak v dnešní době se v praxi moc často nevyskytuje. Paprsek proniká tkání do hloubky 4 až 18 mm. Při teplotách 60 až 100°C dochází k denaturaci bílkovin a tvoří se v tkáni koagulační nekrózy. Pokud je překročena teplota 100°C odpařuje se voda a uhlovodíky, v tkáních vlivem této termoablace vzniká dutina. Proto je využíván k desobstrukčním transuretrálním operacím prostaty (benigní hyperplasie prostaty nebo karcinomu prostaty), dále laserovým ablacím nádorů a discizím striktur močových cest, tzn. rozříznutí zúžených míst.<sup>[3]</sup>
- **KTP laser** neboli **GreenLight laser** o vlnové délce 532 nm se využívá k PVP – Photo-Selective Vaporisation of the Prostate. Jedná se o miniinvazivní výkon prováděný endoskopicky. Dochází při něm k termoablaci benigní hyperplazie prostaty a vaporizaci prokrvených tkání. Výhodou této metody je např. minimální krvácivost při výkonu, krátká doba postoperační katetrizace měchýře, rychlá postoperační rehabilitace do normálního života a menší pravděpodobnost postoperační erektilní dysfunkce. Je alternativní metodou k TURP, tj. transuretrální resekce prostaty.<sup>[3]</sup>
- **Holmium: YAG laser** je jedním z nejpoužívanějších laserů v urologii. Jedná se o pulsní laser o vlnové délce 2140 nm využívající vzácného holmia v YAG krystalu. Excitace paprsku probíhá přes xenonovou lampu. Jeho penetrace je velmi malá, okolo 0,4 mm. Ta zajišťuje bezpečnou povrchovou vaporizaci tkáně bez hluboké koagulační nekrózy. Využívá se při:
  1. **HoLEP (Holmium Laser Enucleation of the Prostate)**, tj. operační endoskopická metoda léčby benigní hyperplazie prostaty. Tato metoda přináší mnoho výhod – menší riziko perioperačního krvácení, jistější hemostázu, kratší dobu postoperačního zavedení močového katetru, minimální riziko erektilní dysfunkce a lze ji provést i u více rizikových pacientů s menším rizikem než u jiných metod. Dále na rozdíl od ostatních endoskopických metod pro léčbu benigní hyperplazie prostaty je možné řešit i pacienty s velkým objemem prostaty. U nich je alternativní metodou k TURP i TVPE, tj. transvesikální prostatektomie.
  2. **Desintegrace konkrementů močových cest**, u které je Holmium: YAG laser nejvíce používán. Jedná se o endoskopické operace horních i dolních močových cest. Konkrétně např. konkrementů kalichopánvičkového systému ledviny při flexibilní ureterorenoskopii. Při níž je výhodou ohebnost laserového vlákna a lze ho tím pádem použít u flexibilních přístrojů. Využívá se jako alternativní metoda litotrypsy u PEK, tj. perkutánní extrakce konkrementu. Dále je preferovanou metodou trypse konkrementu močovodu při URS, tj. ureterorenoskopie. Pokud se nachází konkrement v močovém měchýři, využívá se cystolitotrypsie, při které dochází k desintegraci konkrementu na malé úlomky nebo na ještě mnohem menší, pak se jedná o dusting. Na základě velikosti vzniklých částic jsou buďto instrumentálně odstraněny anebo odcházejí samy spontánně močovými cestami jako drť z konkrementu.
  3. **Evaporizace tkáně**, které se využívá např. při alternativním odstranění uroteliálních tumorů močovodu a kalichopánvičkového systému ledviny, kde není možné provést radikální operaci nebo k protnutí striktury močovodu či přechodu ledvinové pánvičky v močovod uretru.<sup>[3]</sup>
- **Thulium laser** – jeho paprsek má vlnovou délku 2000 nm a je absorbován vodou a to dvakrát více než u Holmium laseru. Využívá se při ThuLEP, tj. Thulium laser enucleation of the prostate.<sup>[3]</sup>
- **LBO laser** (Lithium triborate laser) vychází z KTP laseru a i jeho vlnová délka je stejná, konkrétně 532 nm. Avšak liší se přenosem energie, který je rychlejší a účinnější. Tkáň penetruje do hloubky 3 mm. Významným nedostatkem jsou jeho nízké hemostatické účinky oproti KTP laseru.<sup>[3]</sup>

KAWACIUK, Ivan. *Urologie*. první vydání. Galén, 2009. 530 s. s. 63, 387, 388. ISBN 978-80-7262-626-7.

## Použití laseru v gynekologii

Nejčastěji se laser v gynekologii užívá pro urychlení zacelování ran a léčby jizev, opět biostimulaci tkání a také k likvidaci strií. Každá sliznice je na působení laseru citlivější než např. kůže, proto se volí záření s delší vlnovou délkou.

## Použití laseru v revmatologii

Především díky svému protizánětlivému účinku se používá laser v revmatologii při léčbě artróz a dalších onemocnění. Tato léčba je vždy kombinována s léky.

# Použití laseru ve stomatologii

Silný laser se nyní začíná využívat místo zubních vrtaček, výhodou je opět menší bolestivost po zákroku. Širší využití ale nachází laser ve stomatologii při léčení zánětlivých onemocnění, paradontózy, zvyšování odolnosti skloviny, léčbě přecitlivělosti zubů a proti demineralizaci zubů. <sup>[4]</sup>

## Odkazy

### Související články

- Laser
- Laser (biofyzika)
- Oftalmologie
- Refrakční vady

### Externí odkazy

- Excimérový laser na [www.videni.cz](http://www.videni.cz) (<http://www.videni.cz/operace-oci/clanky/38-excimer-laser%7C>)
- O laserové medicíně na [www.cpzp.cz](http://www.cpzp.cz) (<https://www.cpzp.cz/clanek/1605-0-Laserova-medicina.html>)
- Laser a jeho různé typy <https://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>

### Reference

1. NAVRÁTIL, L. a J. ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 2. vydání. Praha : Grada, 2005. Kapitola 5.5 Fototerapie. s. 266. ISBN 978-80-247-1152-2.
2. BACHMANN, A. a R. RUSZAT. *The KTP-(greenlight-) laser--principles and experiences*. [online]. [cit. 2013-7-11]. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17365672>>
3. Dołowy Ł, Krajewski W, Dembowski J, Zdrojowy R, Kołodziej A. The role of lasers in modern urology. Cent European J Urol. 2015; 68: 175-182 [online]. [cit. 2019-26-11]. <<https://dx.doi.org/10.5173%2Fceju.2015.537>>
4. Medicom, a.s.: *Aplikace terapeutických laserů v jednotlivých oborech* [online]. [cit. 2013-25-11]. <<http://www.medicom.cz/medical/cz/mthobory.htm>>

### Použitá literatura

- NAVRÁTIL, L. a J. ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 2. vydání. Praha : Grada, 2005. ISBN 978-80-247-1152-2.