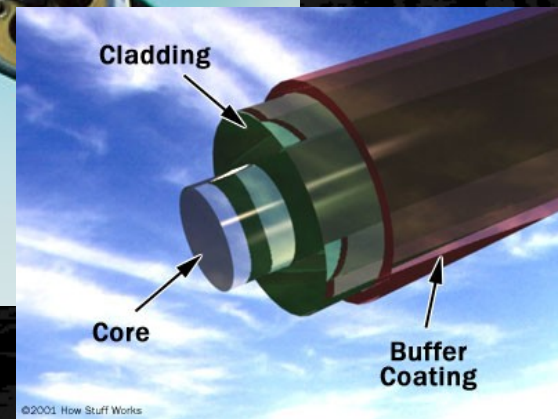
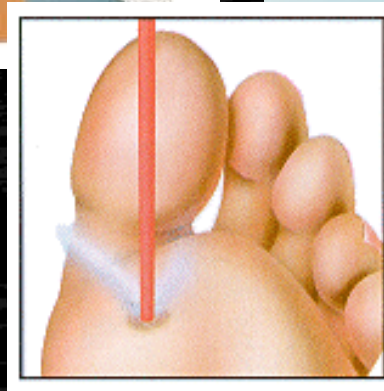
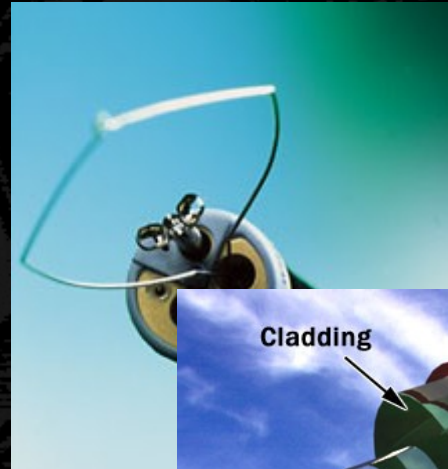


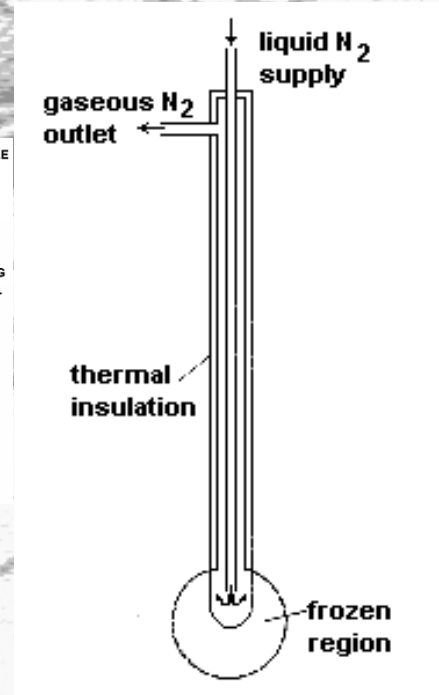
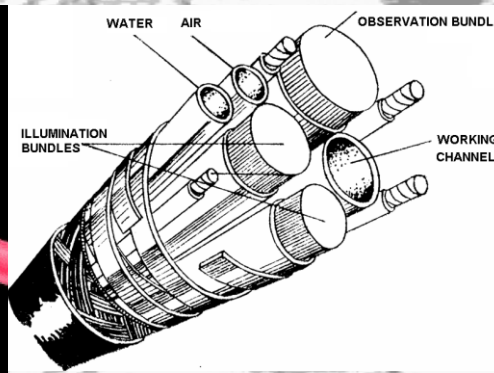
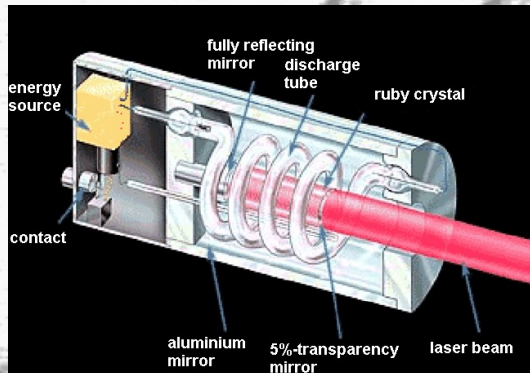
# Přednášky z lékařské biofyziky

Biofyzikální ústav Lékařské fakulty  
Masarykovy univerzity, Brno



# Přednášky z lékařské biofyziky

Biofyzikální ústav Lékařské fakulty  
Masarykovy univerzity, Brno



## Endoskopy, zařízení pro chirurgické odstraňování tkání a litotripty

# Obsah přednášky

Tato přednáška se zabývá následujícími biomedicínskými zařízeními:

- Endoskopy
- Lasery
- Elektrochirurgickými přístroji
- Ultrazvukovými chirurgickými přístroji
- Kryochirurgickými zařízeními
- „Vodním skalpelem“
- Litotripty

# Endoskopie



- **Endoskopy** jsou přístroje pro vizuální vyšetřování tělesných dutin. Jsou založeny na odrazu a lomu světla.
- Do těla jsou zaváděny buď přirozenými tělesnými otvory (dutinou nosní, hrtanem, hltanem, dýchacími cestami, močovou trubicí, pochvou, konečníkem) nebo chirurgickým řezem (do břišní dutiny, hrudníku, kloubů, mozku).
- Endoskopy můžeme rozdělovat podle tří hledisek: složitosti, způsobu osvětlení a způsobu pozorování.
- Podle složitosti rozlišujeme:
  - Endoskopická zrcadla
  - Endoskopy s pevnými tubusy
  - Fibroskopy a videoendoskopy
  - Endoskopické kapsle
- Endoskopy se také používají pro drobné chirurgické výkony, protože mohou být také vybaveny malými chirurgickými nástroji.

# Způsob osvětlení a pozorování

- Osvětlení může být:
  - **Vnitřní:** zdroj světla je součástí zařízení
  - **Vnější:** vyšetřovaná dutina je osvětlena vnějším zdrojem (typicky endoskopická zrcadla).
- U endoskopů s vnitřním osvětlením může být zdroj světla přímo v tělesné dutině (*distální osvětlení*) nebo mimo ni (světlo je do ní zaváděno optickým systémem, *proximální osvětlení*).
- Pozorování dutiny může být:
  - **Přímé**“ lékař používá své vlastní oči i za pomoci nějakého optického systému.
  - **Nepřímé**, jestliže je obraz snímán digitální videokamerou a pozorován na monitoru.

# Endoskopická zrcadla



- **Laryngoskop.** Zrcadlo připomínající lžici používané pro pozorování nosohltanu a zadní části dutiny nosní.
- **Otoskop.** Nálevkovitý endoskop vkládaný do vnějšího zvukovodu pro vyšetření jeho distální části a ušního bubínku.
- **Rinoskop.** Nástroj ve tvaru kleští s vnitřními konkávními odrážejícími plochami – pro vyšetřování přední části nosní dutiny.
- **Oční zrcátko.** Ploché nebo konkávní zrcadlo s otvorem uprostřed. Slouží pro vybavení tzv. červeného reflexu – odrazu světla od sítnice.
- Sítnice je vyšetřována přímou oftalmoskopií – **oftalmoskop** je malý průhledový endoskop se zdrojem světla a korekcí refrakční vady lékaře.
- **Vaginální zrcadla** (kolposkop, speculum). Nástroj ve tvaru kleští s vnitřními konkávními odrážejícími plochami – pro vyšetřování pochvy a děložního čípku.

# Endoskopická zrcadla



rinoskop

laryngoskop



MediDesign Frank Geisler

**Magnifying glass viewing lens** slides left or right for quick instrumentation.

**Insufflator port** creates closed system for pneumatic otoscopy to assess middle ear disorders. Apply positive and negative air pressure to view tympanic membrane. Flush-mounted for durability.

**Fiber optics** transmit light through a 360-degree bundle of optical fibers for accurate, shadow-free exams. The fiber optics extend to the tip of the instrument for more light output, less glare and easier cleaning.

**Our Halogen HPX lamp system** is the newest innovation in lighting technology today. The lamp uses a high pressure mixture of halogen and xenon gases to provide 30% more light output than before.

**Choice of specula:** Reusable and disposable KleenSpec® specula or comfortable SofSpec® specula for a snug fit and optimal seal.

**Lightweight, durable material:** High impact ABS construction is more resilient, offers unmatched durability.

**Throat illuminator** provides light in a handy built-in penlight.

## otoskop

# Endoskopická zrcadla



Vaginální zrcadla



oftalmoskop



# Endoskopy s pevným tubusem



- Pevné kovové trubice s optickým systémem a zabudovaným světelným zdrojem (proximálním nebo distálním). Nevýhody: poměrně velké ztráty světla a tuhost trubice.

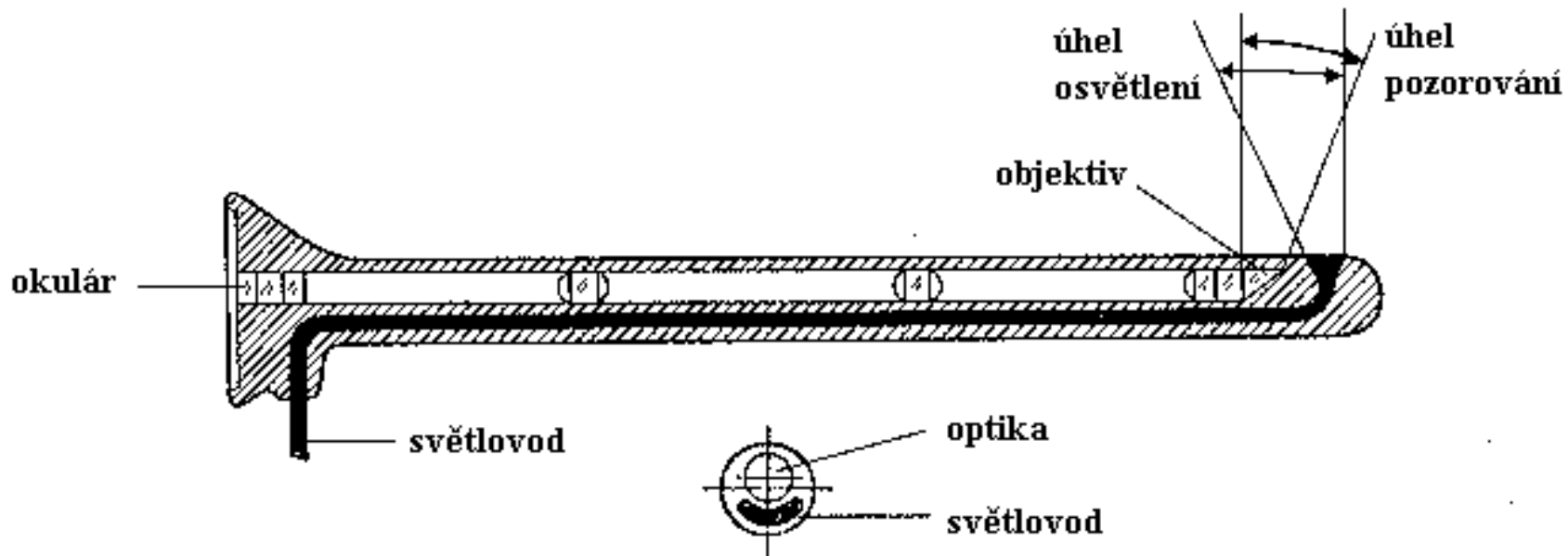
- **Cystoskop** – močový měchýř
- **Rektoskop** – rektum a sigmoideum

- Endoskopy zaváděné chirurgicky:

- **Laparoskop** – dutina břišní.
- **Artroskop** – klouby (zejména kolenní).

Podle Wikipedie zkonstruoval první endoskop s pevným tubusem - gastroskop sloužící k vyšetření žaludku - slavný lékař Adolph Kussmaul v roce 1868. Traduje se že prvním vyšetřeným pacientem byl cirkusový polykač mečů.

# Endoskopy s pevným tubusem



# Endoskopy s pevným tubusem



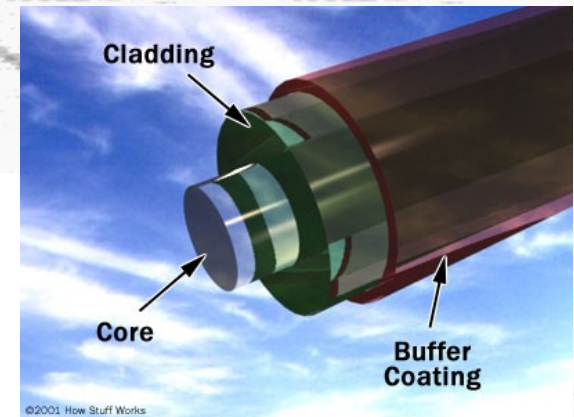
rektoskop



cystoskop

# Fibroskopy

- průdušnice a průdušky (bronchoskopie)
- sliznice jícnu (ezofagoskopie)
- sliznice žaludku a dvanáctníku (gastroduodenoskopie)
- tlusté střevo (kolonoskopie)



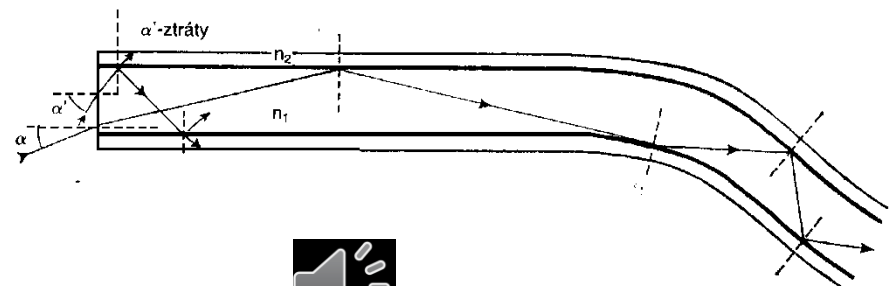
## Vláknová optika, úplný odraz, mezní úhel.

Nejmenší světelné ztráty jsou typické pro dvouvrstevná optická vlákna vyrobená ze skla nebo plastu. Jádru má vyšší index lomu ( $n_1$ ) než obal ( $n_2$ ). Úplný odraz nastává, když  $\sin \alpha < (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ . Vlákna tvoří svazky sloužící pro osvětlení a přenos obrazu.

Ve svazku přenášejícím obraz jsou vlákna uspořádána stejně na vstupu i výstupu svazku.

Ztráty světelného signálu:

0,001 - 0,005 dB na 1 m délky.

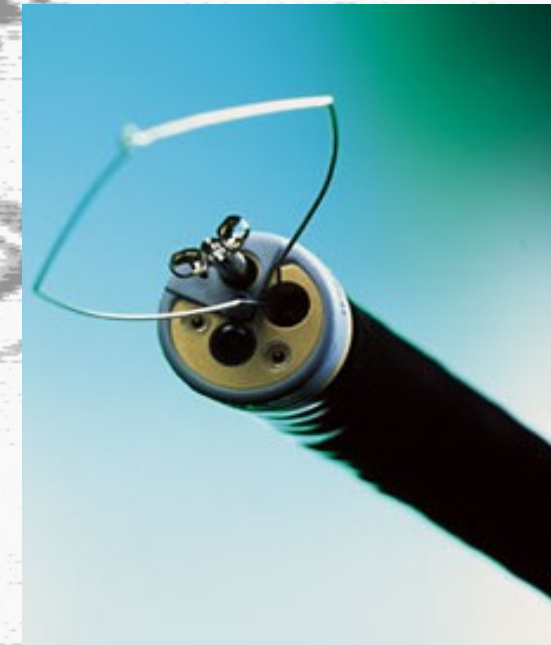
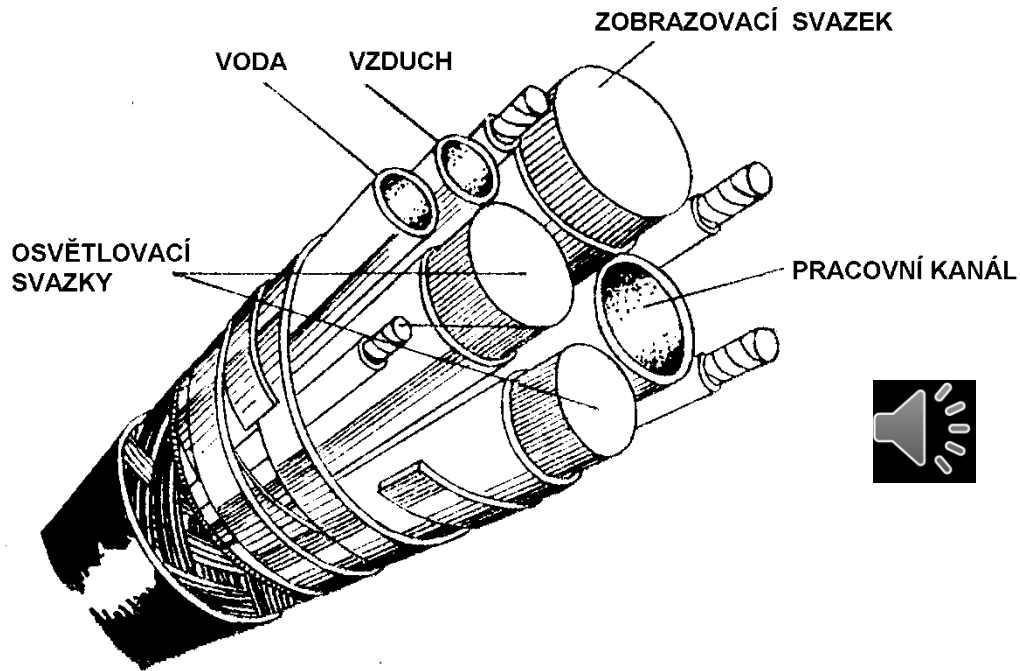


# Fibroskopy



- Fibroskopy umožňují odebírat vzorky tkání a provádět drobné chirurgické výkony. Jsou ohebné, takže s nimi lze vyšetřovat i části těla nepřístupné pro endoskopy s pevnými tubusy. Délka 130 - 140 cm.
- V ohebném kabelu endoskopu se nacházejí:
  - 3 svazky optických vláken (2 pro osvětlení, 1 pro přenos obrazu),
  - trubice pro vodu a/nebo vzduch,
  - kanál pro zavádění chirurgických nástrojů a
  - ovládací táhla umožňující pohyb distálního konce endoskopu s **objektivem**, jenž poskytuje ostrý obraz ze vzdálenosti 3 - 100 mm.
- Proximální konec endoskopu je vybaven **okulárem** zabudovaným do tuhé části endoskopu. Zde se nachází ovládací zařízení pro manipulaci s distálním koncem endoskopu.
- Součástí zařízení je též výkonný zdroj světla, vzduchový kompresor, vodní čerpadlo a vývěva.

# Fibroskopy

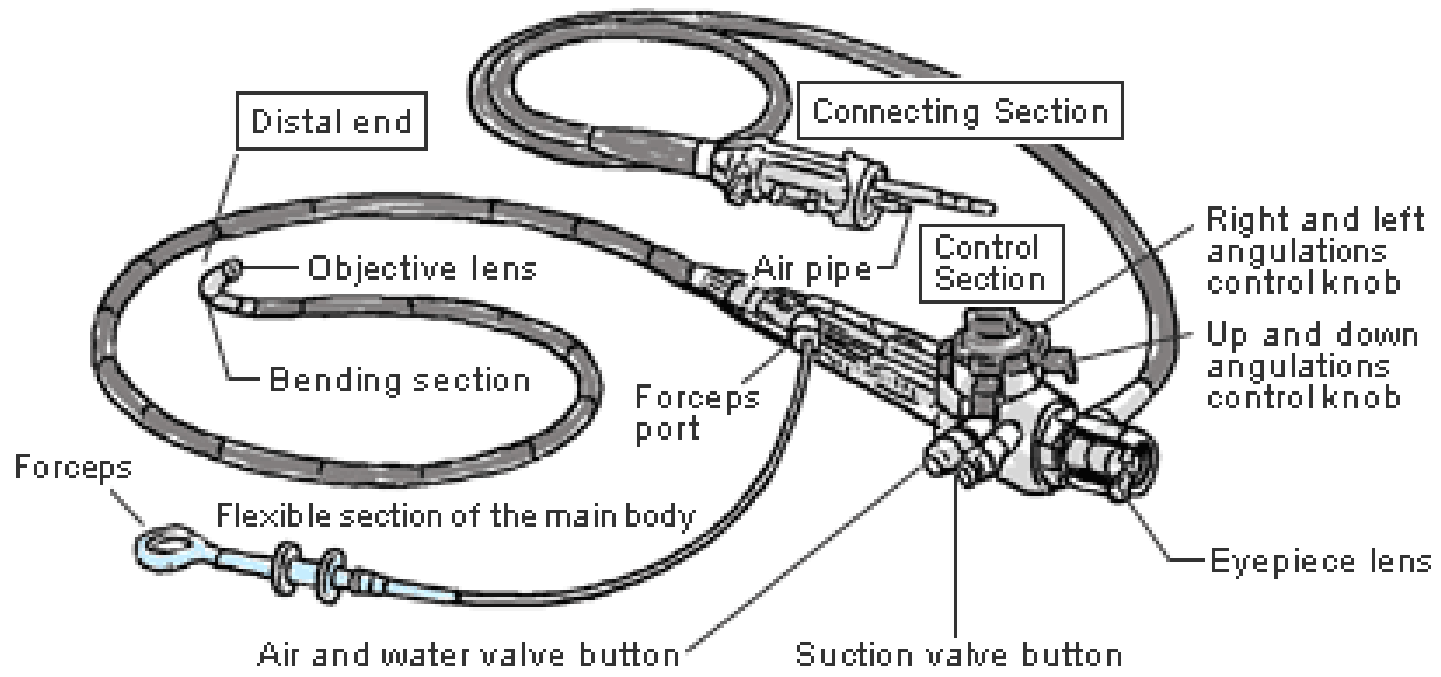


Čelo kolonoskopu

[www.endoscopy.ru/diler/pentaxvideo.html](http://www.endoscopy.ru/diler/pentaxvideo.html)



# Fibroskopy



# Videoendoskop

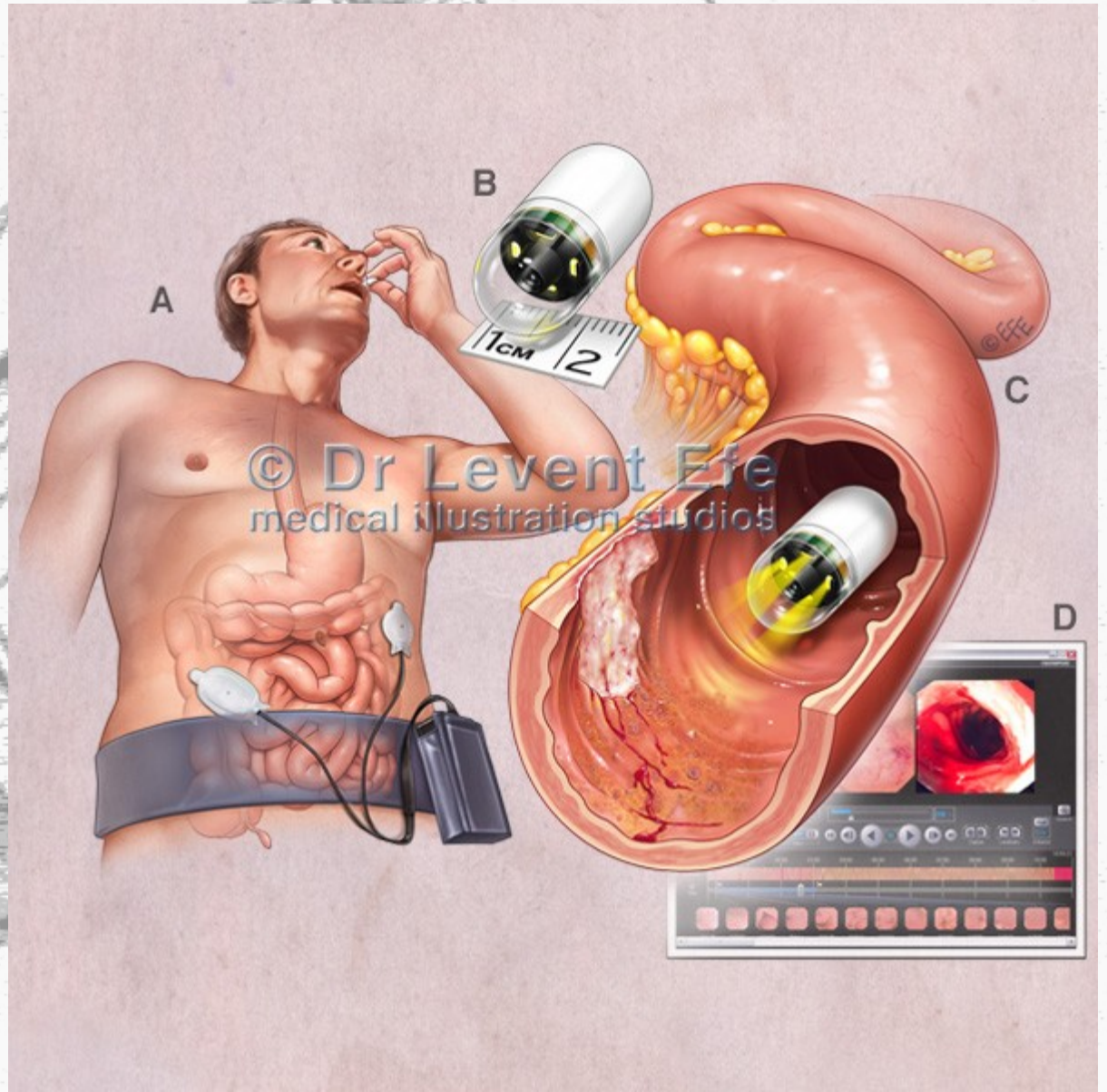


**Videoendoskopie** – moderní endoskopy s videokamerami. Obraz je pozorován na monitoru nebo obrazovce PC.

<http://www.bethesda.de/kliniken/medizinische-klinik-ii---gastroenterologie/endoskopien-spiegelungen/index.php>



# Endoskopická kapsle

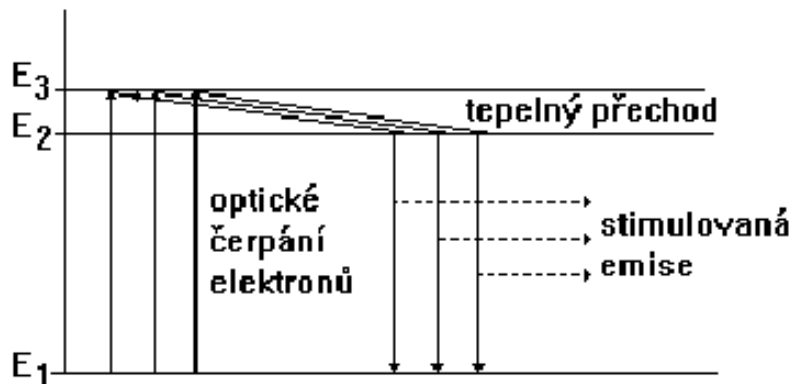


# Laser

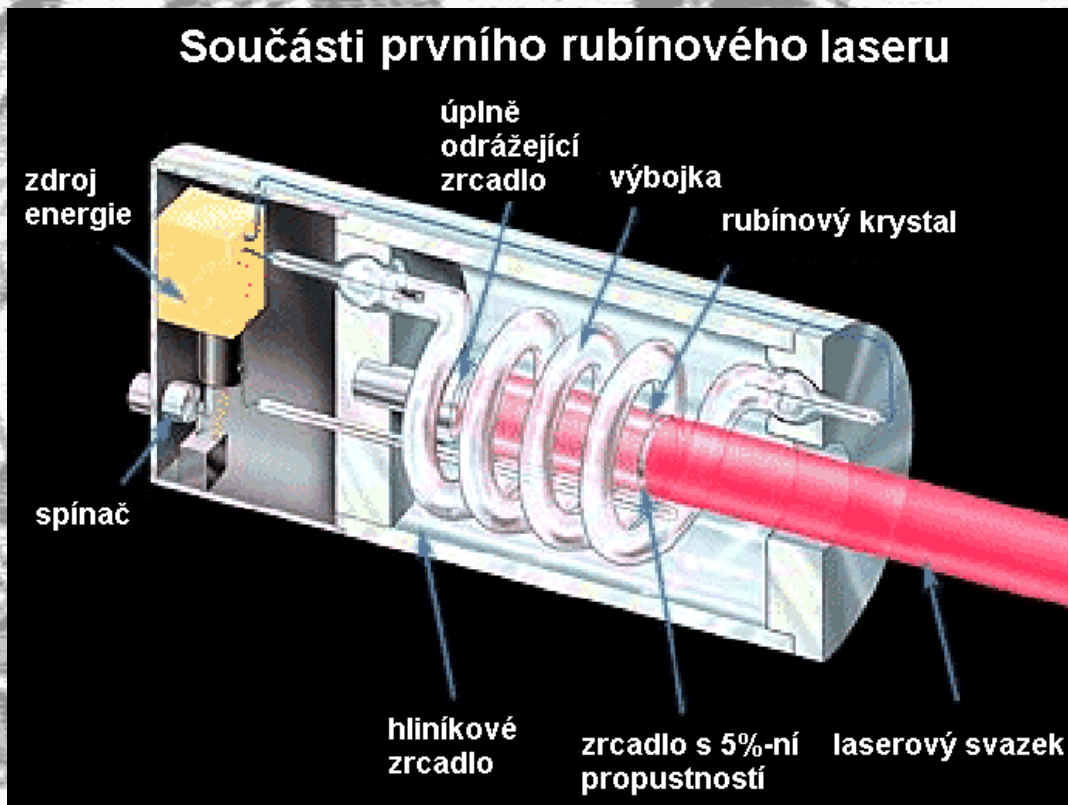


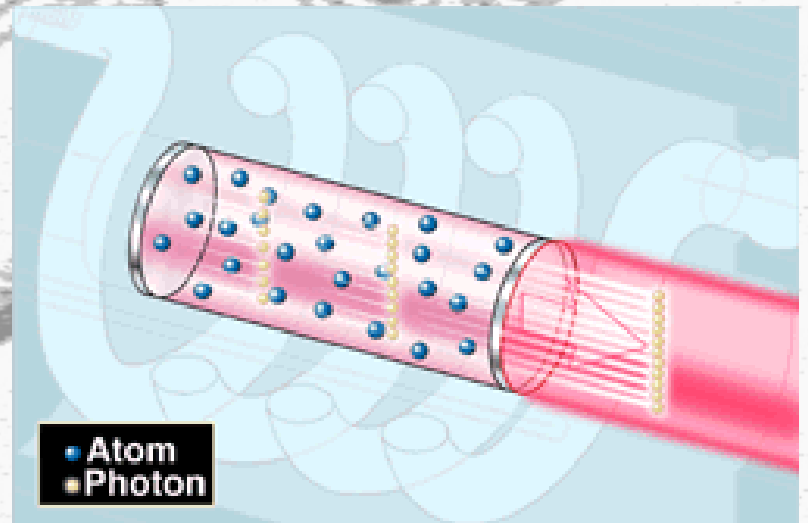
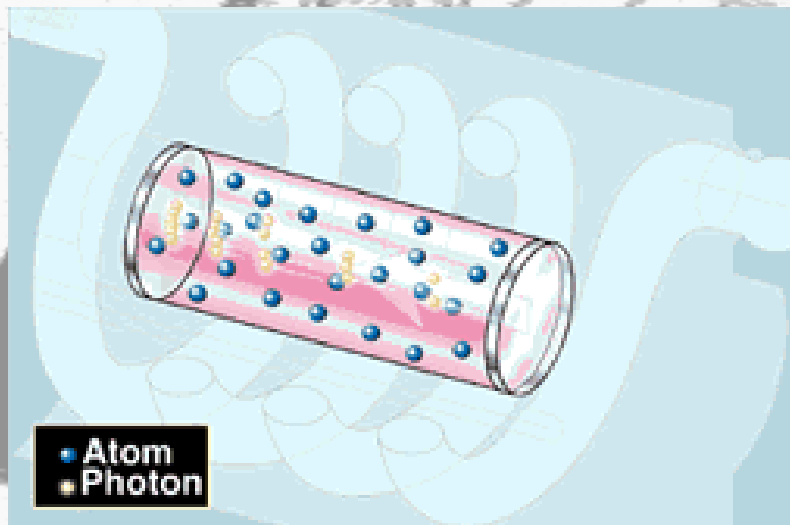
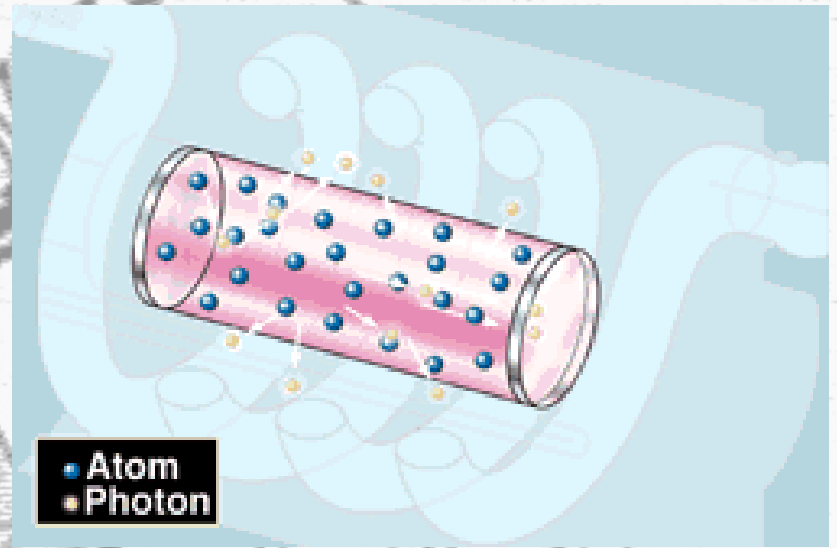
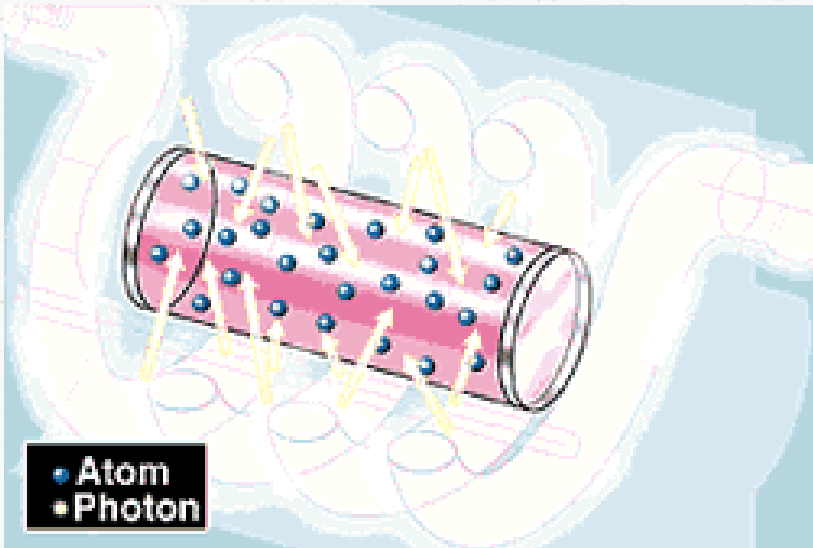
- **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** – zesílení světla stimulovanou emisí záření. První rubínový laser zkonstruován T.H. Maimannem v r. 1960.
- Hlavní části laseru:
  - **Aktivní prostředí**
  - **Optický rezonátor**
  - **Zdroj excitační energie**
- Princip laseru: střídající se excitace a deexcitace.
  - Elektrony v atomech aktivního prostředí jsou **excitovány** (přivedeny do vyššího energetického stavu) zdrojem excitační energie („optické čerpání“).
  - Po **deexcitaci** budícím fotonem vznikají nové fotony o téže energii a proces se opakuje – nastává zesílení.
  - U takzvaných tříhladinových laserů je třetí energetická hladina široká, takže pro optické čerpání není nutno používat monochromatické (tj. monoenergetické) světlo. Protože rozdíl mezi druhou a třetí energetickou hladinou je malý, přeskok elektronů na druhou energetickou hladinu je spontánní („tepelný“) – elektrony čekají na této hladině na budící foton.

# Tříhladinový laser



## Součásti prvního rubínového laseru





# Lasery



- **Pevné I.** (kompaktní, polovodičové): rubínový laser (694,3 nm), neodymový (1,06  $\mu\text{m}$ ),
- **Polovodičové I.** – založeny na principu elektroluminiscence.
- **Kapalinové I.** Jako aktivní prostředí se používá roztok organického barviva. Výhoda: lze je naladit na různé vlnové délky (od blízké oblasti IR přes VIS po UV).
- **Plynové I.** Důležité pro lékařství. Helium-neonový laser (1,06  $\mu\text{m}$ ) a iontové lasery (argonový a kryptonový).  $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ -laser atd.
- **Plazmové I.** Aktivním prostředím je plazma, např. plně ionizovaný uhlík – vyzařují měkké rentgenové záření.
- Lasery mohou pracovat ve dvou režimech: **spojitě a pulzně**
- Výkony laserů sahají od  $10^{-3}$  po  $10^4$  W. Nízkovýkonové lasery (soft-lasery) se používají hlavně ve fyzikální terapii. Lasery s vysokým výkonem se používají jako chirurgické nástroje (laserový skalpel).

# Účinky laserového záření



- Laserové světlo je **monochromatické** a **koherentní**. To umožňuje soustředit laserový paprsek na malou plochu a dosáhnout výkonové hustoty, která umožňuje použít tento chirurgický nástroj i v **mikrochirurgii**. Laserový paprsek může být zaměřován pomocí zrcadel, čoček nebo optických vláken. Fotony se absorbují v povrchové vrstvě tkání.
- **Tepelné účinky** závisejí na výkonové hustotě světla a jeho vlnové délce. Využívají se hlavně v chirurgii a mikrochirurgii. **Netepelné účinky** jsou typické pro soft-lasery, málo závisejí na vlnové délce – jsou založené na molekulárních účincích (uvádí se působení na enzymy dýchacího řetězce, zvyšování replikace mitochondriální DNA, zvyšování enzymové aktivity). Dochází též k ovlivňování membránových potenciálů, patrně prostřednictvím změn propustnosti membrán pro ionty  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  a  $\text{Ca}^{++}$ .
- Laserové světlo má též **fotodynamické účinky** – chemické změny neaktivních látek ozářených laserovým světlem určité vlnové délky mohou vést k tvorbě biologicky aktivních (cytotoxických) sloučenin.



# Lasertová terapie – bezpečnost



- **V neinvazivní fototerapii se používají výkony pod 500 mW. Lasery se dělí do tříd:**
  - II (výkon do 1 mW),
  - IIIa (výkon do 5 mW)
  - IIIb (výkon do 500 mW).
- **Chirurgie: Výkonové lasery třídy IV**
- **Bezpečnost:**
  - Nálepky na laserech musí označovat třídu,
  - Od třídy IIIb též varování před poškozením očí fokusovaným paprskem
  - Zdravotnický personál stejně jako pacienti musí mít brýle, které absorbují laserové světlo dané vlnové délky.



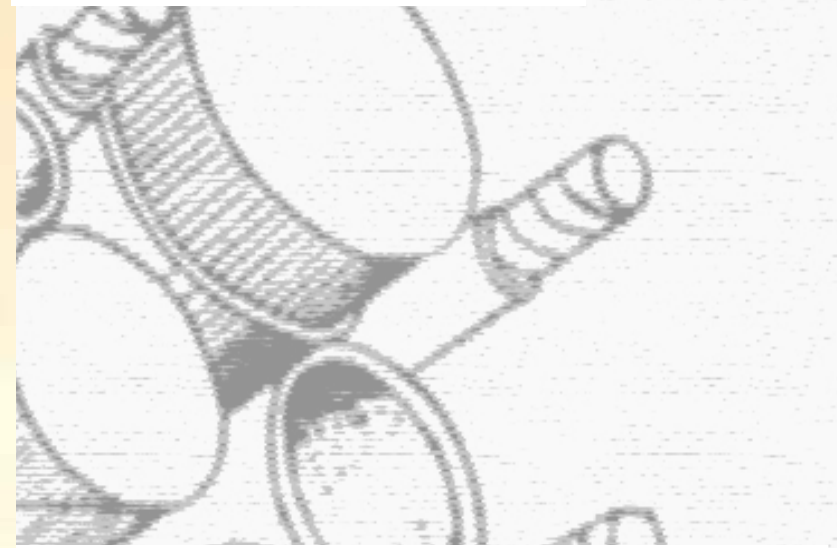
# Terapie pomocí soft-laserů



- Povrchové aplikace – krátké vlnové délky, hlubší aplikace – dlouhé vlnové délky (blízká IR oblast).
- *laserová pera* jsou jednoduchá zařízení založená na laserových diodách, napájená bateriemi, s konstantním nastavením výkonu.
- **Malé lasery** (kapesní) s výměnnými hlavicemi, mohou pracovat s různými frekvencemi impulsů.
- **Stolní lasery** – uživatelský komfort, četné funkce a aplikace.



Laserové pero




Stolní soft-laser



# Terapie pomocí soft-laserů

- udávané účinky:

- **Analgetický:** zvyšování parciálního tlaku  $O_2$ , zvýšení klidového potenciálu → snížení excitability.
- **Protizánětlivý:** měl by být způsoben aktivací monocytů a makrofágů, zvýšenou fagocytózou, zvýšenou proliferací lymfocytů.
- **Biostimulační:** uvádí se šená syntéza kolagenu, lepší krevní zásobení, rychlejší regenerace některých tkání.
- Oblasti použití: laryngologie, zubní lékařství, ortopedie a gynekologie. *Jen zřídka se laser užívá pro monoterapii.*
- Názor biofyziků: většinou jde o **placebový** účinek, specifické působení soft-laserů je z vědeckého hlediska málo průkazné.



Chirurgická laserová  
jednotka

# Aplikace laserů s vysokým výkonem



## Všeobecná chirurgie:

Laser může být použit jako skalpel s bezkontaktním řezem. Krevní cévy jsou koagulovány, takže řez málo krvácí. Rychlost řezu závisí na intenzitě (výkonové hustotě) a na vlastnostech tkáně. Nejčastěji používané lasery jsou infračervené, zejména CO<sub>2</sub> laser (10,6 μm) nebo Nd:YAG laser (1,064 μm).

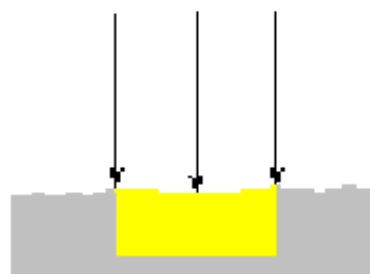
## Oftalmologie:

Vedle svého využití v mnoha optických vyšetřovacích přístrojích, jsou lasery používány zejména pro **fotokoagulaci sítnice** a tzv. **fotoablaci rohovky** za účelem odstranění refrakčních vad.

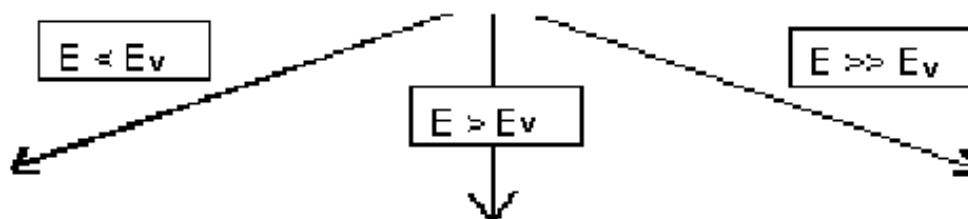
Lasery používané pro **fotokoagulaci** jsou především Nd:YAG se zeleným světlem 532 nm a nastavitelným výkonem do 1,5 W.

Pro odstraňování refrakčních vad rohovky – **fotoablaci** – se používají excimerové (*excited dimers*) ArF nebo KrF lasery. Emitují UV záření o vlnové délce 193 nm. Způsobují fotochemickou ablací makromolekul kolagenu v rohovce (každý impuls odstraňuje vrstvu tkáně o tloušťce 0,1 – 0,5 μm). Cílem je změnit zakřivení rohovky a tím i její lámavost, což vede ke zlepšení vidění pacienta.

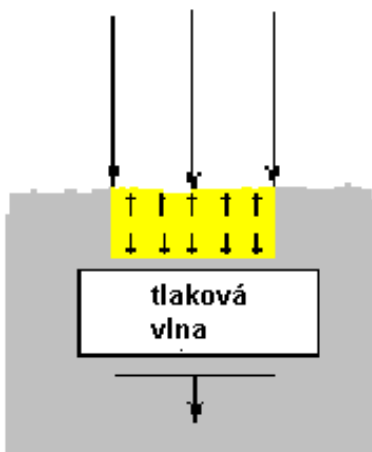
laserový svazek



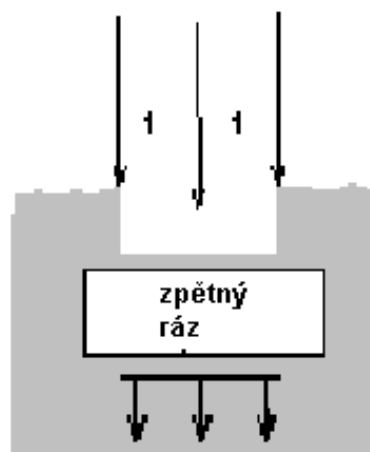
absorpce



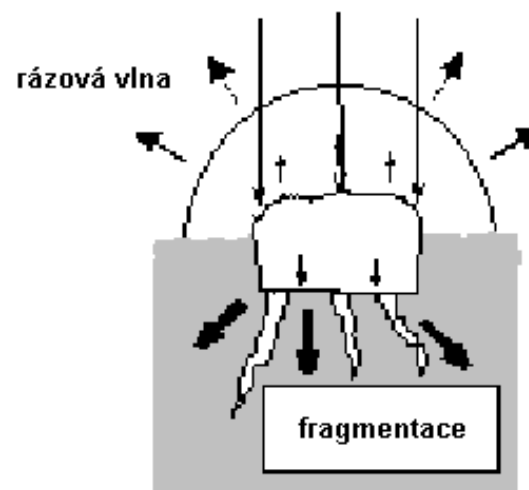
thermoelastické působení



rychlé odpaření



vytvoření plazmy



# Aplikace laserů s vysokým výkonem



- V **zubním lékařství** se používají neodymové a erbiové YAG lasery. Nd:YAG laser (1,064  $\mu\text{m}$ ) se používá v ústní chirurgii a endodoncii. Er:YAG laser (2,940  $\mu\text{m}$ ) je využíván pro přesnou preparaci zubní skloviny a dentinu.
- V **dermatologii** se používá rubínový laser (690 nm) nebo jiné typy laserů včetně Nd:YAG a alexandritového (nastavitelný od 720 do 830 nm, světlo je dobře pohlcováno melaninem v kůži). Hlavní aplikaci představuje fotokoagulace varikózních žil, odstraňování bradavic, tetování a vrásek i depilace.

# Aplikace laseru

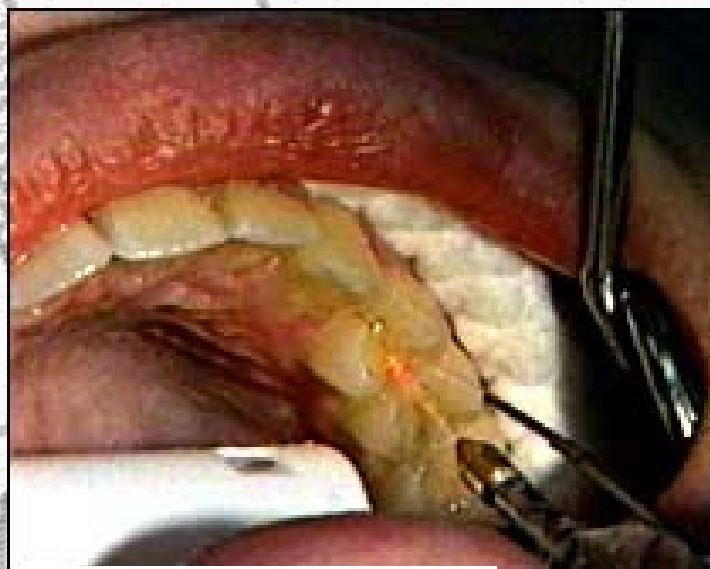


BEFORE



AFTER

Odstraňování  
vrásek



Odstraňování  
zubního kazu



Odstraňování  
bradavic

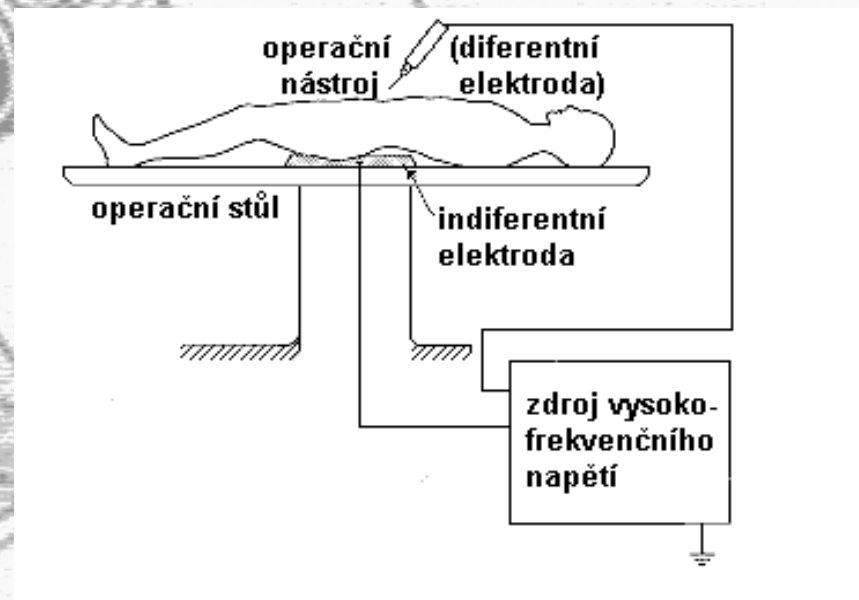
# Elektrochirurgie



- U těchto metod se využívá **tepelných účinků** vysokofrekvenčních elektrických proudů. Elektrody s hrotem nebo ostrým břitem (elektrokautery) umožňují dosahovat vysokých hustot proudu.
- Tepelné účinky jsou tak velké, že dochází k vypařování vody v buňkách, což vyvolává jejich destrukci. Vysoké teploty vyvolávají koagulaci tkání a krve, takže nedochází ke krvácení. Pracovní frekvence elektrochirurgických zařízení je přibližně 3 MHz, výkon je nastavitelný až do 500 W a liší se podle účelu chirurgické intervence (50 W se používá v oční chirurgii a stomatochirurgii, vyšší výkony v hrudní či abdominální chirurgii a v traumatologii).
- Elektrochirurgická zařízení jsou vybavena elektrodami pro **elektrokoagulaci**, které slouží k zástavě krvácí v důsledku koagulace krevních bílkovin.



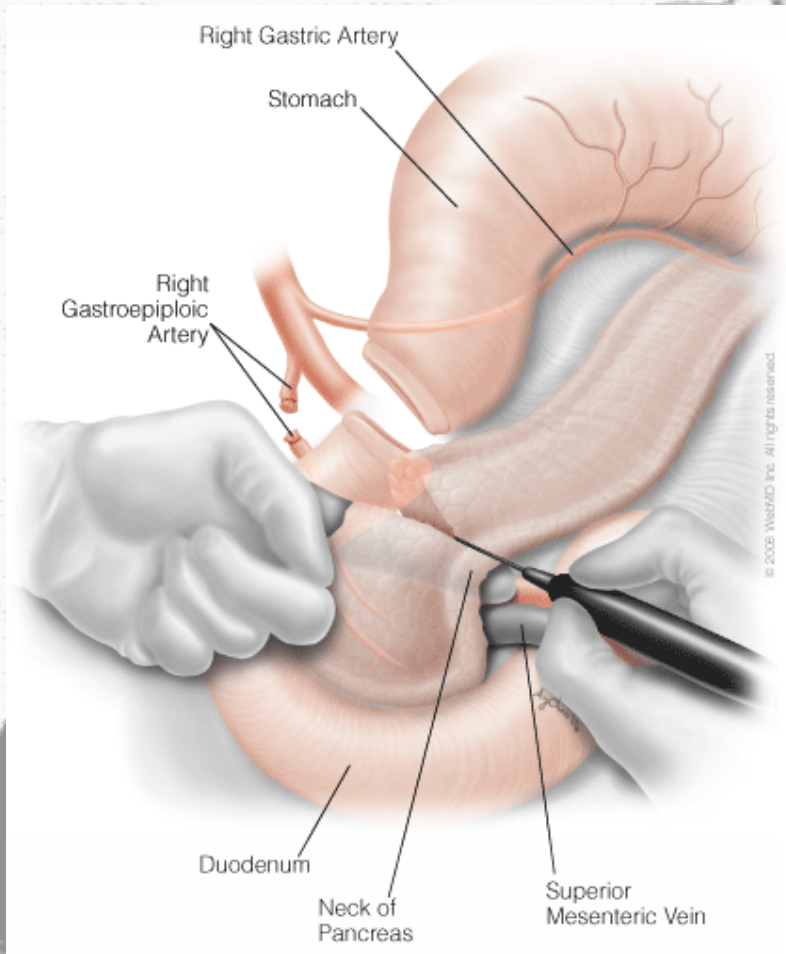
# Elektrochirurgie



Elektrochirurgická jednotka

Hrotová elektroda pro odstraňování kožních defektů

# Elektrochirurgie



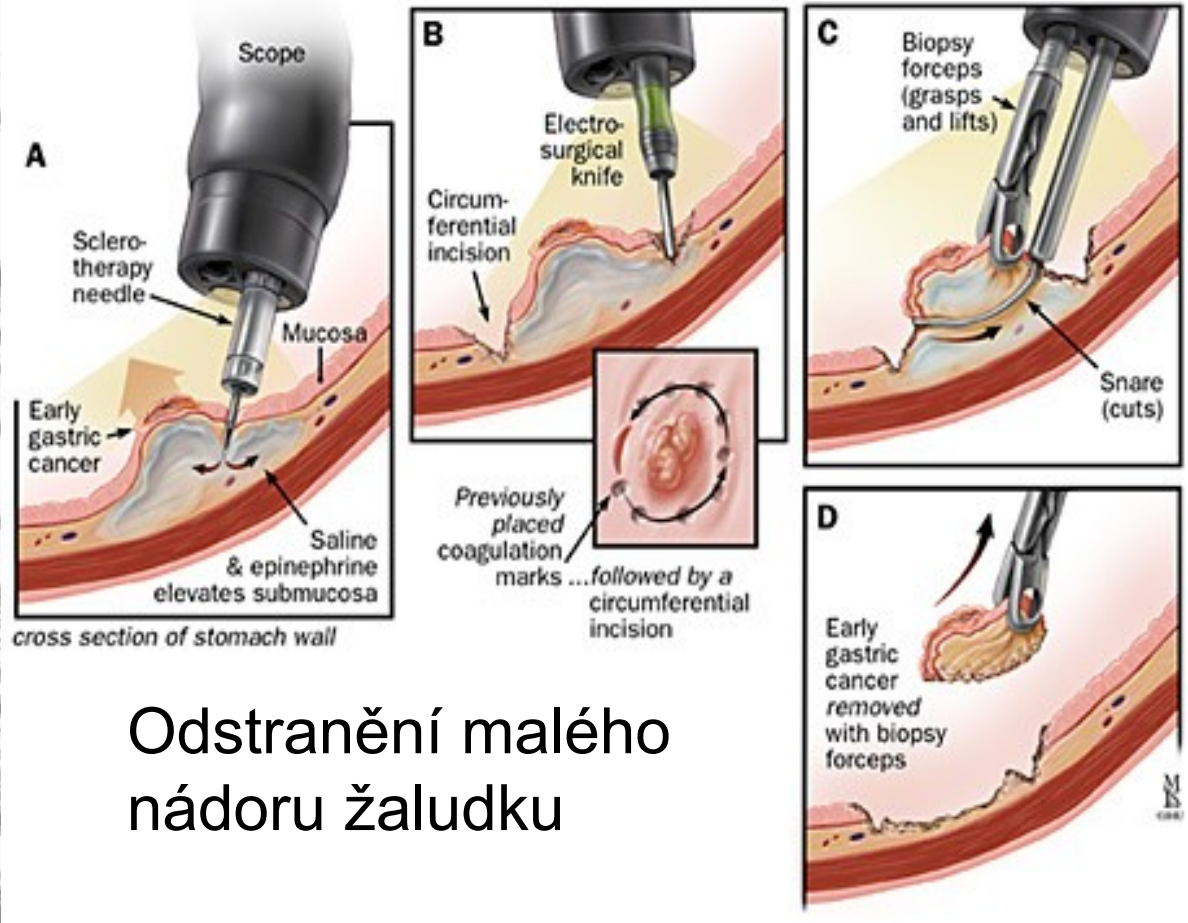
**Tzv. Whippleův postup.  
Přetěť krku pankreatu  
pomocí elektrokauteru.**



# Endoskopická elektrochirurgie



Odstranění tzv.  
polypu ze střevní  
sliznice



Odstranění malého  
národu žaludku

# Ultrazvukové nástroje



- Ultrazvuk o vysoké intenzitě ( $50-1000 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) může být v chirurgii použit pro selektivní rozrušování tkání.
- 1. **Fokusovaný ultrazvuk o vysoké frekvenci (1-3 MHz)** pro selektivní rozrušování struktur měkkých tkání. Tato zařízení jsou klinicky testována pro odstraňování nádorů prsu.
- 2. **Nízkofrekvenční ultrazvuk (20 - 50 kHz)** je relativně běžně využíván v chirurgii. Ultrazvuk vytvářený piezoelektrickými nebo magnetostrikčními generátory je emitován do tkáně pomocí speciálních vlnodů schopných zesílit amplitudu ultrazvukových kmitů až desetinásobně. Ocelový nástroj s ostřím nebo měnitelný hrot je připevněn ke konci vlnovodu. Hrotový nástroj může být dutý, což umožňuje odsávat (aspirovat) rozrušenou tkáň.

# Ultrazvukové nástroje

**Aspirátor.** Akustický vibrátor se vlivem akustických kmitů zkracuje a prodlužuje. Amplituda pohybu hrotu je přibližně 200  $\mu\text{m}$ . Hrot se pohybuje s velkou rychlostí i zrychlením, což spolu s kavitací způsobuje rozrušování přiléhající tkáně.



*CUSA (Cavitation Ultrasonic Surgical Aspirator).* Modifikovaná sonda s protaženým kanálem vibrujícího hrotu pro laparoskopickou chirurgii.

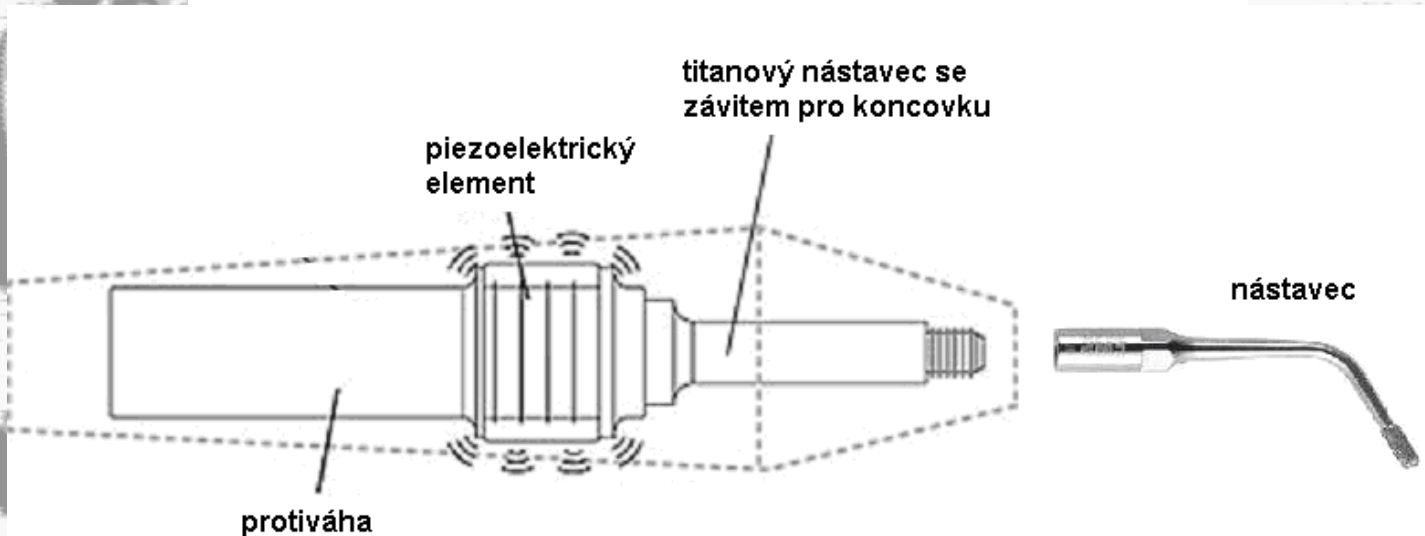
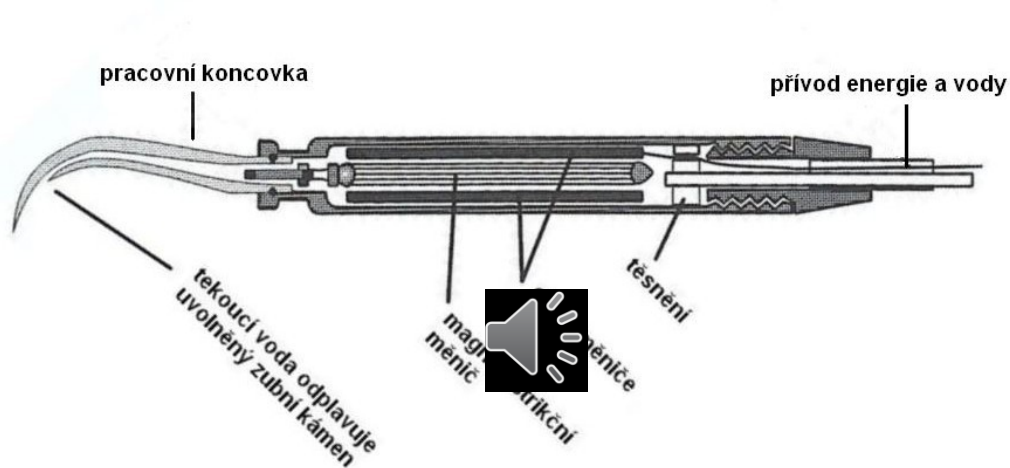


# Ultrazvukové nástroje v zubním lékařství

- Hlavní aplikační oblast: odstraňování zubního kamene. **Ultrazvukové nástroje pro odstraňování zubního kamene** jsou rychlé a účinné. Tvoří je dvě hlavní části: zdroj elektrických kmitů potřebných pro buzení magnetostrikčního nebo piezoelektrického měniče – zdroje ultrazvuku - a vlastní nástroj s měničem pracujícím s frekvencí kolem 40 kHz. K měniči jsou připojeny různě tvarované pracovní koncovky. Některá zařízení jsou vybavena vodním sprejem (oplachování a chlazení).
- Mechanismus ultrazvukového odstraňování zubního kamene:
  - **Přímý účinek ultrazvukových kmitů koncovky na usazeniny**
  - **Ultrazvuková kavitace**
  - **Ultrazvukové mikroproudění**

# Ultrazvukové nástroje v zubním lékařství

Schématické znázornění UZ odstraňovače zubního kamene  
(nahore s magnetostrikčním, dole s piezoelektrickým měničem)





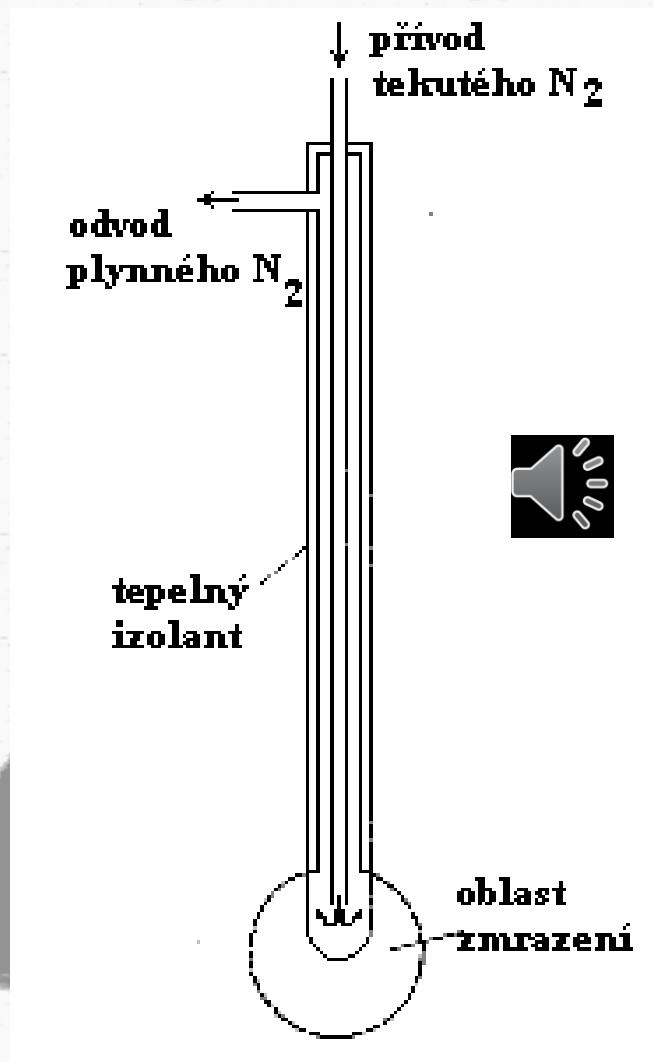
# Ultrazvukové nástroje v zubním lékařství

- Poněkud jednodušší a levnější alternativou ultrazvukových nástrojů pro odstraňování zubního kamene je **odstraňovač zvukový**. Kmitů o frekvenci slyšitelného zvuku se získávají mechanicky pomocí nevyvážené vzduchové turbíny.
- Dalšími nástroji využívajícími ultrazvukových kmitů jsou **endodontické nástroje pro rozšiřování kořenových kanálků**. Na rozdíl od rotačních kořenových nástrojů kmitají podélně s frekvencí 30 - 50 kHz. Mají podobu buď tenké ocelové spirálky nebo jsou mírně kónické a pokryté drobnými diamanty. Hlavním účinným mechanismem je mechanická abraze stěn kořenového kanálku zesílená ultrazvukovou kavitací.

# Kryochirurgie

- Teploty od  $-25\text{ °C}$  do  $-190\text{ °C}$  vytvářejí ledové krystalky uvnitř buněk i v mezibuněčném prostoru. K lýze buněk dochází při tání ledu.
- Výhodou je omezení destrukce tkáně pouze na zmrzlou oblast a šetření blízké zdravé tkáně. Zmrazování má anestetický účinek, takže tyto zákroky jsou jen málo bolestivé. Rána prakticky nekrvácí. Zmražená tkáň se někdy přichytí k nástroji, což lze využít k její extrakci (kryoextrakce oční čočky při operaci zákalu). Aplikace nacházíme v oční chirurgii, urologii, onkologii, gynekologii a plastické chirurgii.
- Kryochirurgická zařízení používají pro dosažení nízkých teplot kapalný dusík ( $-196\text{ °C}$ ) nebo jiné plyny. Vlastní kryochirurgický nástroj – **kryokauter** – má mrazicí část na distálním konci. Tato část je měnitelná a má různý tvar podle druhu zákroku. Pro kontrolu teploty se používají digitální teploměry.

# Kryochirurgie



Kryochirurgické vybavení pro práci s oxidem dusným (N<sub>2</sub>O) a oxidem uhličitým (CO<sub>2</sub>)

# Kryochirurgie (tekutým dusíkem)



**CRY-AC<sup>®</sup>**  
16 oz/ 500 ml  
capacity

**CRY-AC<sup>®</sup>-3**  
10 oz/ 300 ml  
capacity

- Slender, fingertip trigger for maximum control and ease of viewing – also rotates easily for left-hand users.
- Streamlined relief valve maintains a constant operating pressure to ensure consistent and accurate freezing.
- Patented Safety Autovent maximizes safety by allowing internal pressure to gradually vent as the cap is unscrewed.
- Durable Delrin collar insulates the user's hand.
- Stainless steel and brass construction for long life
- Sturdy Delrin base for extra stability

*All parts fully autoclavable for easy and complete sterilization*

# Vodní paprsek jako chirurgický nástroj

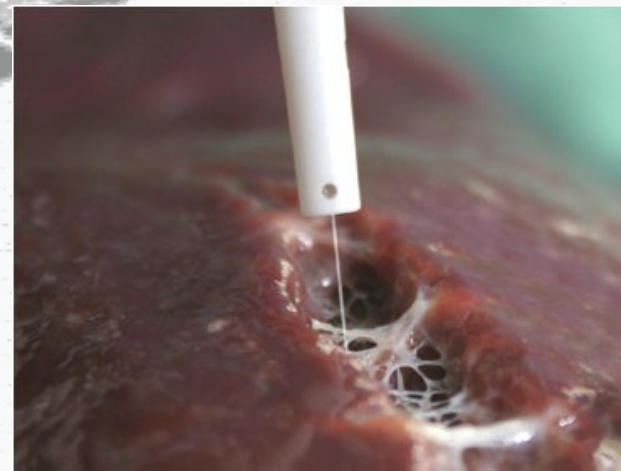
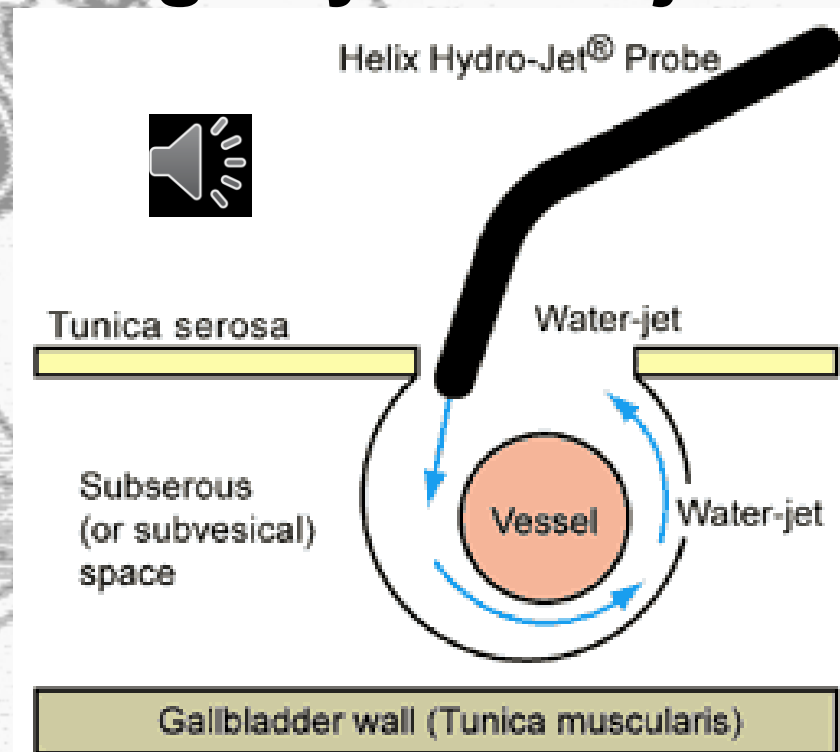
Zařízení se skládá z tlakového čerpadla, vysokotlaké trubice a pracovní části produkující na konci vodní paprsek o průměru 0,1 mm.

Obvykle se využívají tlaky v rozsahu od 1,5 do 5,0 MPa.

Řezné plochy jsou hladké.

Paprsek je tvořen sterilním izotonickým roztokem, někdy s přidanými léčivy pro omezení krvácení a proti infekci.

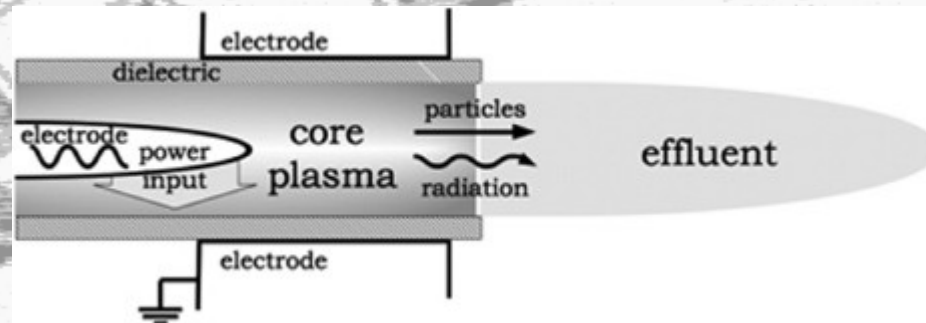
Uvádí se, že řez je výborně kontrolovatelný, což je významné zejména při chirurgii mozku a parenchymatózních orgánů, jako jsou játra nebo slezina.



# Plazmový skalpel



Proud plynu  
odnáší  
rozžhavenou  
plasmu od  
hrotové  
elektrody



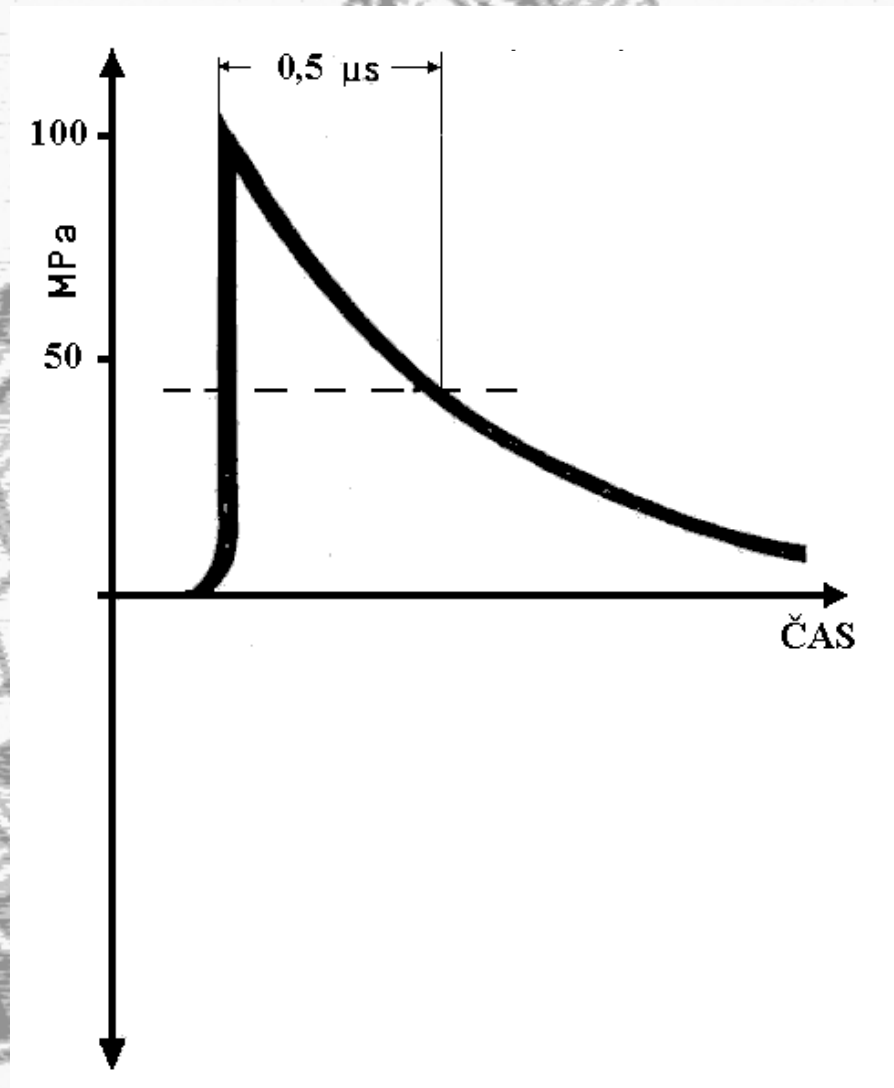
# Litotripse



- Počátkem osmdesátých let byla zavedena do klinické praxe **mimotělová litotripse rázovými vlnami** (*extracorporeal shock-wave lithotripsy*, ESWL). K rozrušování kaménků (dnes téměř výhradně jen ledvinových) dochází účinkem mnohočetných **rázových vln** – silných impulsů akustického tlaku. Drť odchází z těla přirozenými vývodnými cestami. Jde o jednu z tzv. minimálně invazivních metod.
- Na akustických rozhraních nastává v důsledku rozdílu akustických impedancí rychlý nástup tlakového gradientu. Jestliže tlaková síla překoná mechanický odpor kamene, dochází k jeho postupné fragmentaci. K tomu jsou nutné tlaky kolem  $10^8$  Pa. Je nutno aplikovat 50 až 4000, v průměru 1000, rázových vln (synchronně s tepovou frekvencí).
- Hlavní části litotriptoru: zdroj rázových vln, fokusující zařízení, vazebné prostředí, zařízení pro přesné zaměření kamene (ultrasonograf nebo rtg přístroj).

# Litotripse

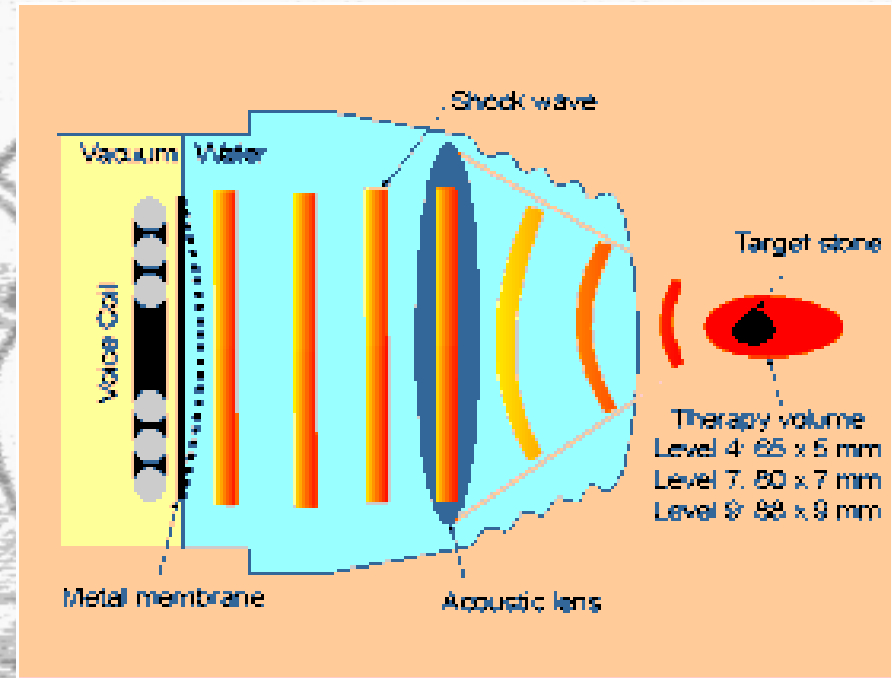
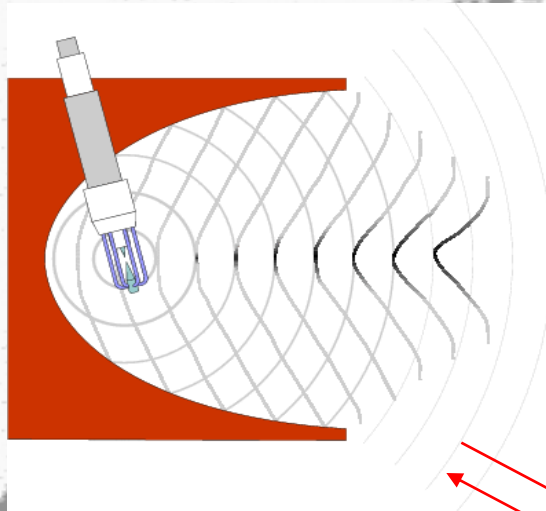
časový průběh rázové vlny



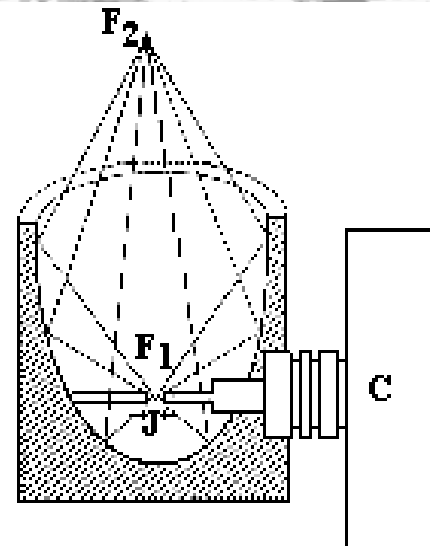


# Litotripse

generování rázových vln a jejich fokusace

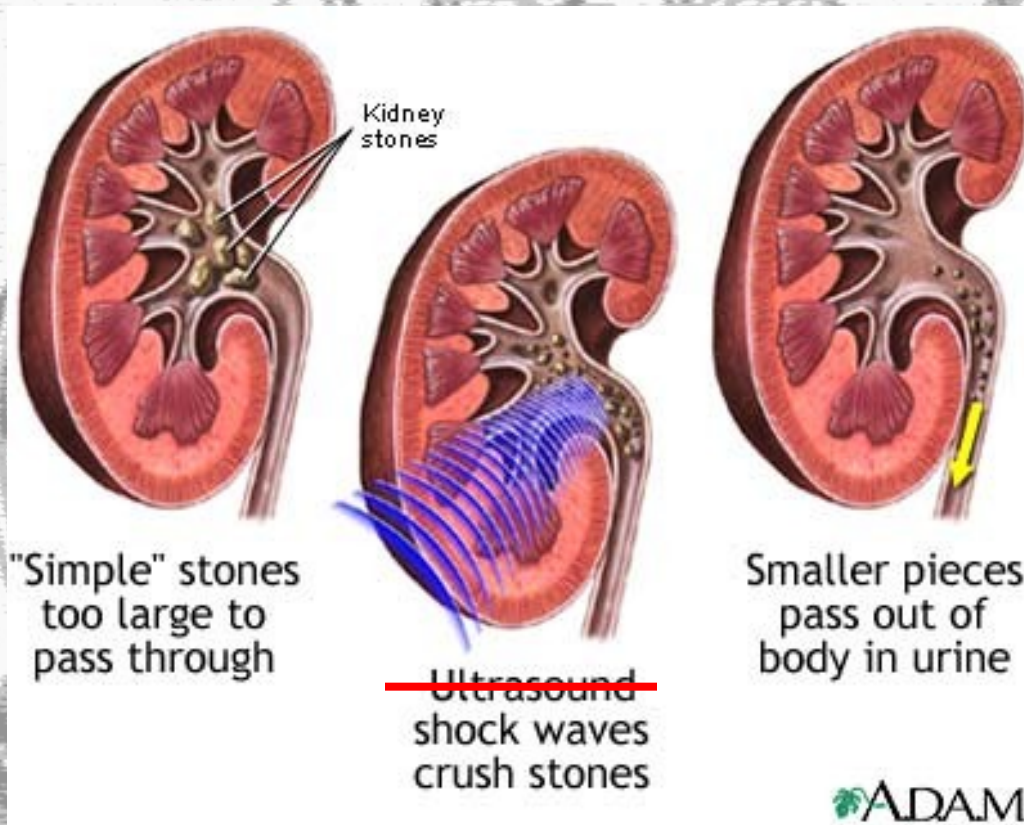


Elipsoidní kovová zrcadla. Rázové vlny vznikají v jednom ohnisku a odrážejí se do druhého ohniska.

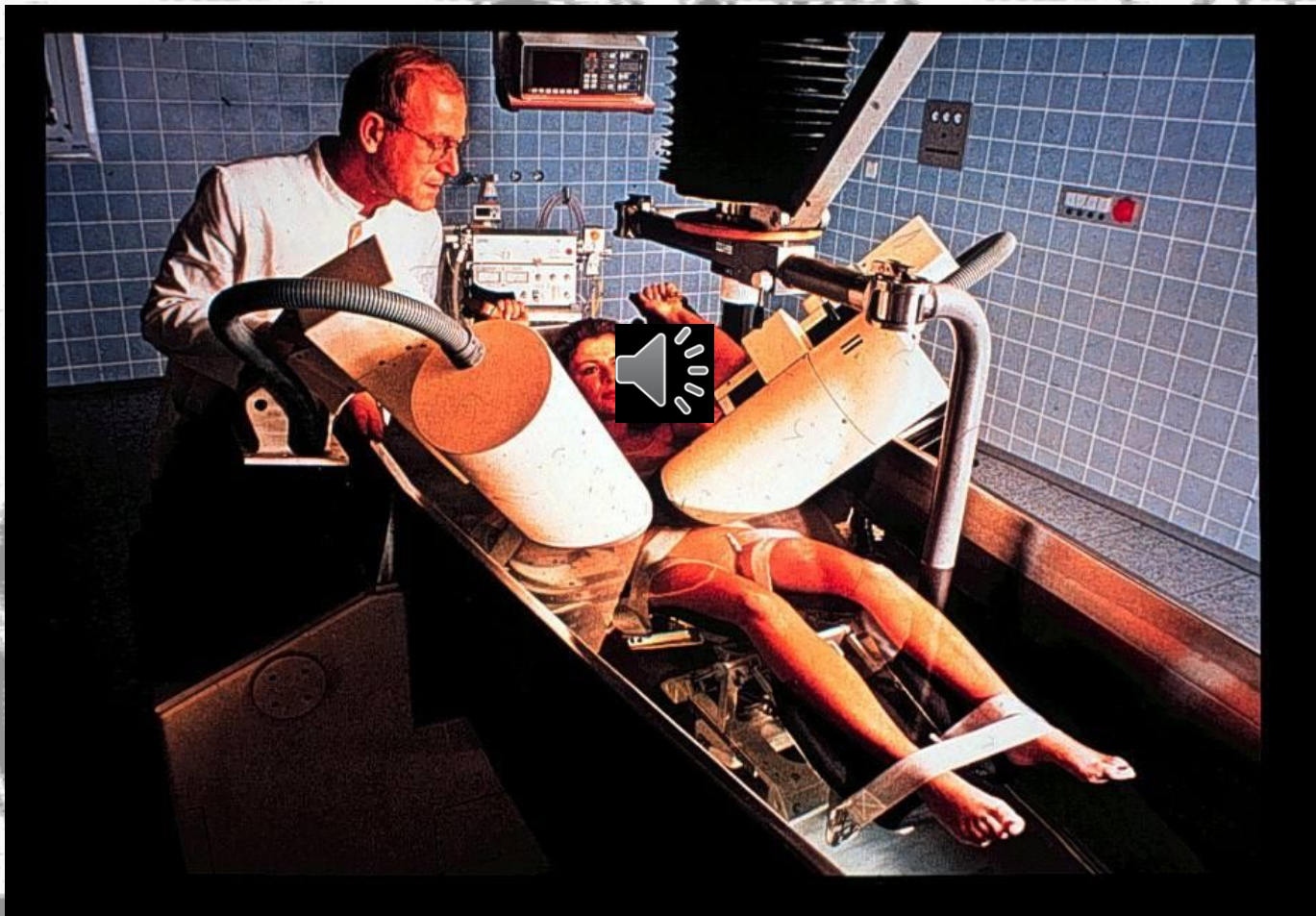


# Litotripse

## Destrukce ledvinového kamene



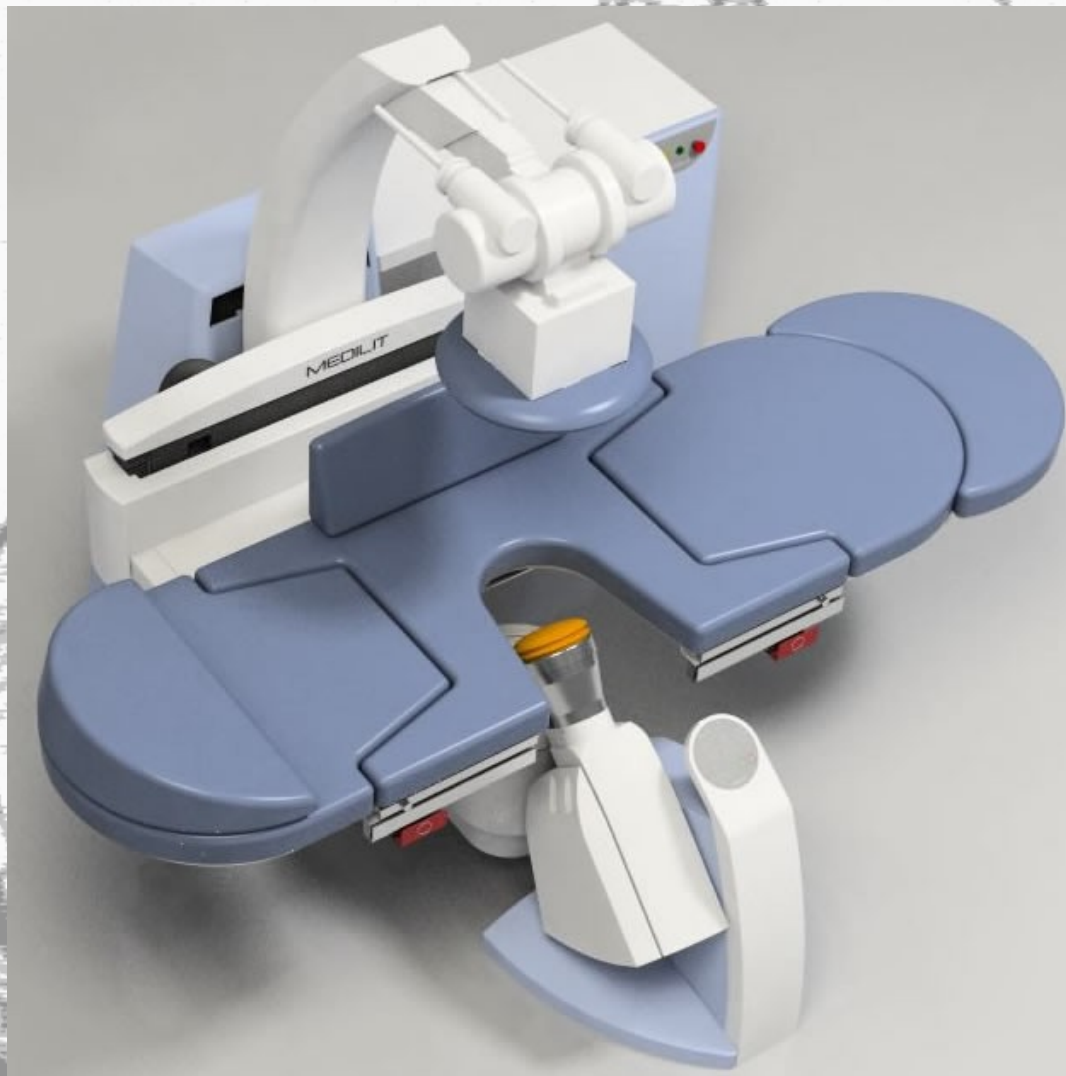
# Litotripse (začátky – Mnichov - Německo)



# Litotripse - litotriptor v klinické praxi

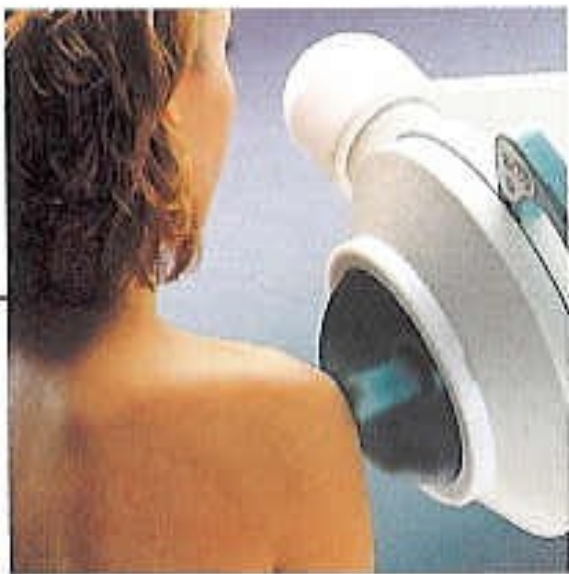


# Litotripse – český litotriptor MEDILIT M8



# Léčba rázovými

**vlnami** (ESWT – extracorporeal shock-wave therapy)



Léčba kalcifikací v rameni,  
rozbíjení ostruhy kosti patní  
[www.physio-chelsea.co.uk/  
shockwave.htm](http://www.physio-chelsea.co.uk/shockwave.htm).

Rázové vlny o energii 1,2 až 40 mJ mají v ohnisku hustotu energie 0,14 až 1,8 mJ/mm<sup>2</sup>. Tato energie postačuje pro proniknutí rázových vln do hloubky max. 60 mm. Frekvenci lze měnit od 1 do 4 Hz. Tlak v ohnisku dosahuje 10x až 100x nižších hodnot než při ESWL.



Autor:

**Vojtěch Mornstein**

Obsahová spolupráce:

**Carmel J. Caruana**

Grafika:

**Lucie Mornsteinová**

Poslední revize a  
ozvučení:

březen **2020**