

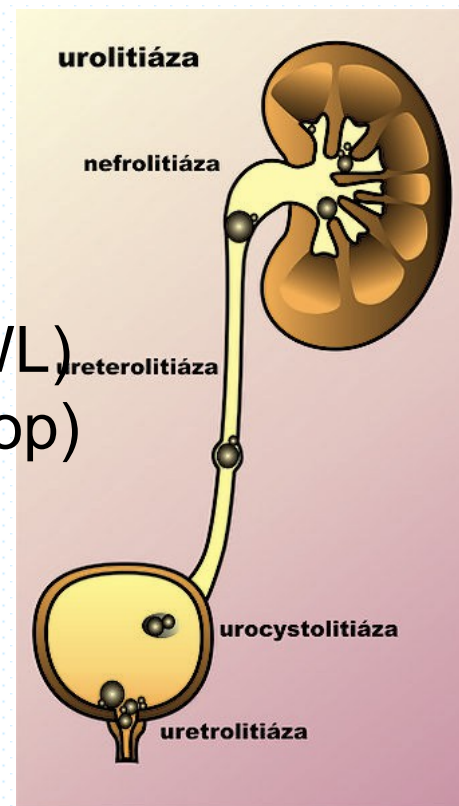
# EXTRAKORPORÁLNÍ A INTRAKORPORÁLNÍ LITOTRYPSE

Vladan Bernard  
Biofyzikální ústav LF MU  
rev. 2021

## Urolitiáza – tvorba konkrementů v močových cestách

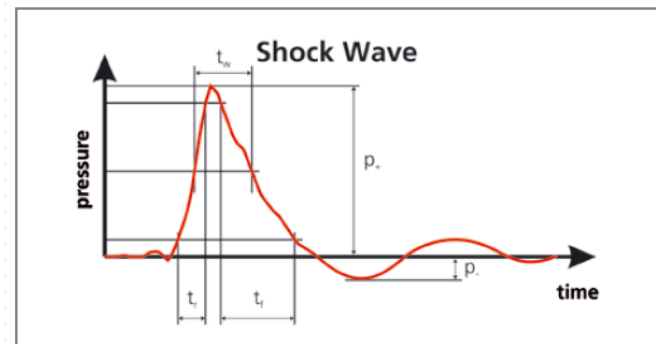
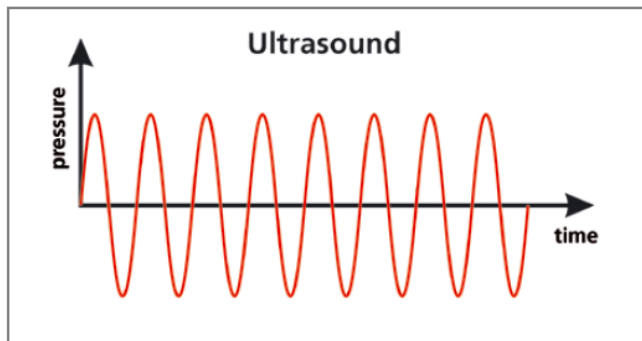
Léčba:

- **extrakorporální litotrypse ráz.vlnou (ESWL)**
  - mechanické odstranění (nefroskop, uteroskop)
- limitováno průměrem tubusu
- otevřená operatíva
  - **intrakorporální (endoskopická) litotrypse**  
(cystolitiáza, ureterolitiáza)



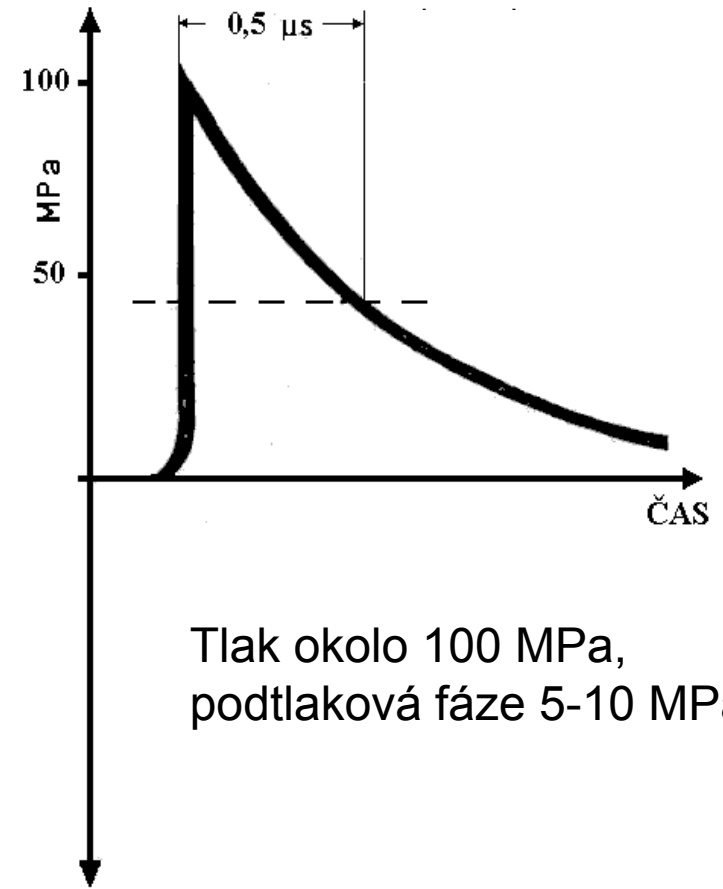
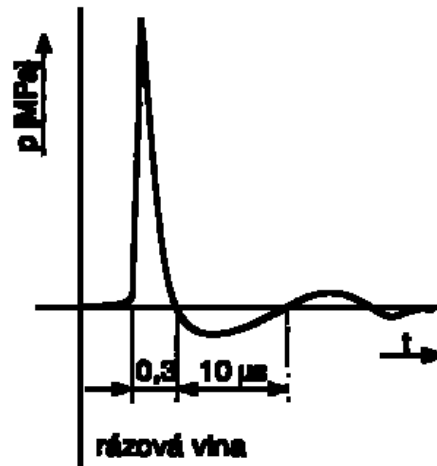
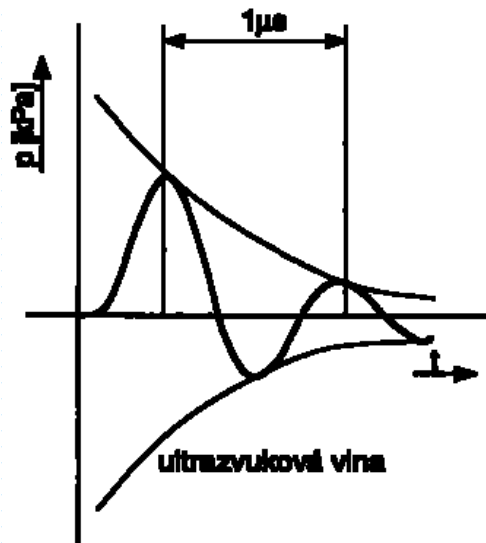
# Rázová vlna

- Narozdíl od zvukové vlny, která má charakter sinusoidy s periodickým střídáním pozitivní a negativní vlny o určité vlnové délce, má rázová vlna neharmonickou a nelineární tlakovou charakteristiku. Je aperiodická a její významnou vlastností je prudký nárůst tlaku ve velmi krátkém čase. V procesu rozmělnění konkrementů jsou takovéto rázové vlny (r.v.) aplikovány v sériích až tisíců po sobě jdoucích.



## Rázová vlna

- časový průběh rázové vlny



**Rázová vlna není ultrazvuk!!!**

# ESWL - Rázová vlna

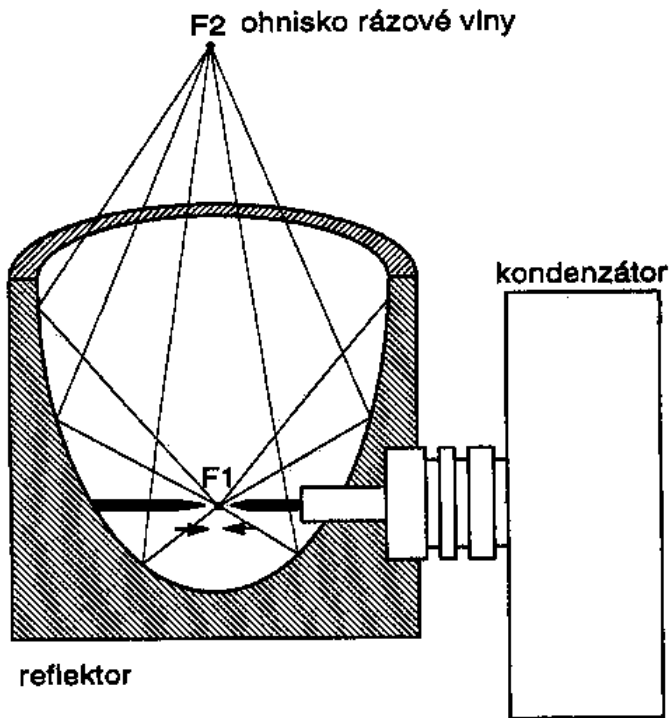
Rázovou vlnu lze vytvořit několika způsoby. Pro klinické použití je třeba, aby generátor umožnil opakované generování a fokusaci.

Používané systémy generování rázové vlny:

- elektrohydraulický generátor
- laser
- piezoelektrický generátor
- elektromagnetický generátor



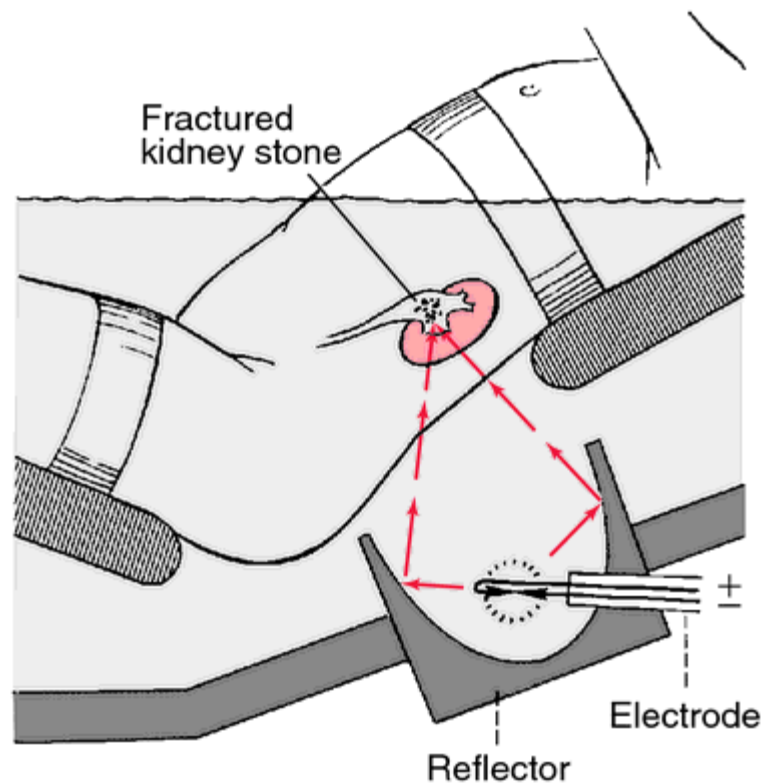
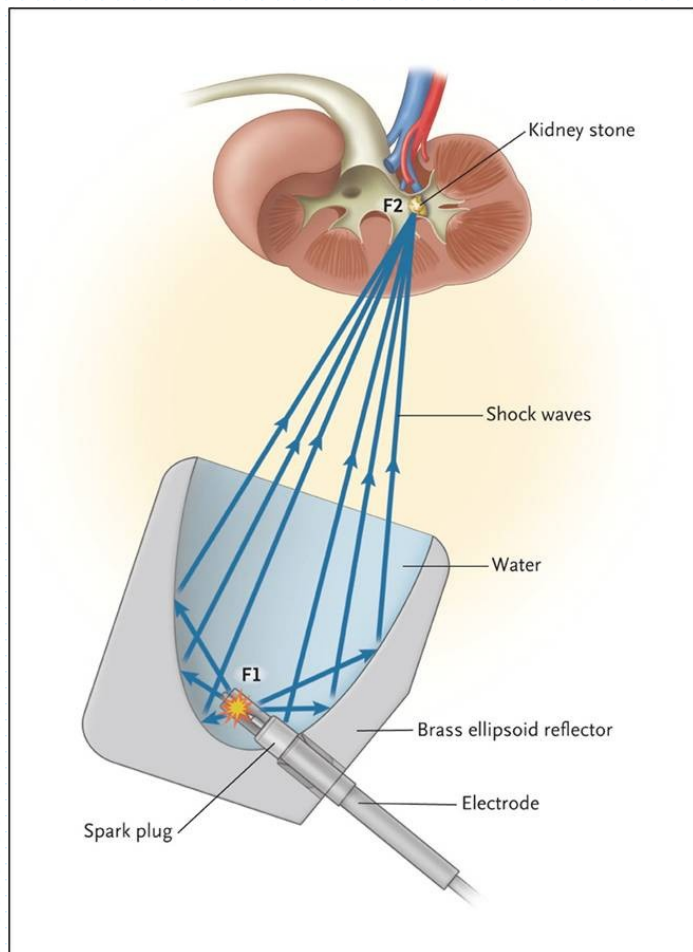
## Rázová vlna – ESWL elektrohydraulický generátor



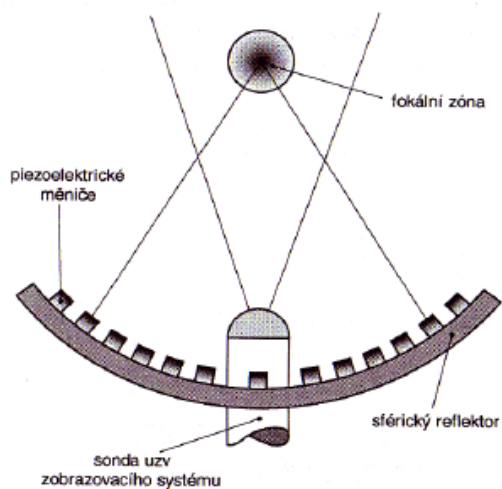
- elektrický výboj v odplynované vodě
- vzniklá plazma se prudce rozpne a smrští
- fokusace tvaru rotačního elipsoidu
- dosahuje tlaku až 200 MPa
- impuls šířky  $2 \mu s$
- ohnisko  $5 \times 20 \text{ mm}$
- pro konkrementy do velikosti 20 mm

# MUNI

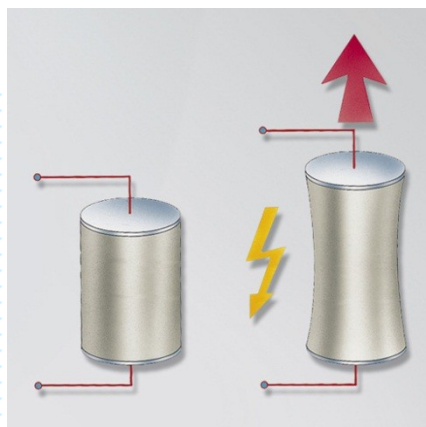
## jedna z možností přenosu rázové vlny – vodní lázeň



## Rázová vlna – ESWL piezoelektrický generátor



- stovky piezoelektrických měničů
- činnost synchronizována
- kulový vrchlík, fokusace
- dosahuje tlaku až 100 MPa
- impuls šířky  $2 \mu s$
- ohnisko  $4 \times 11 \text{ mm}$
- pro menší konkrementy
- volitelný tvar rázové vlny
- (i jiné systémy)

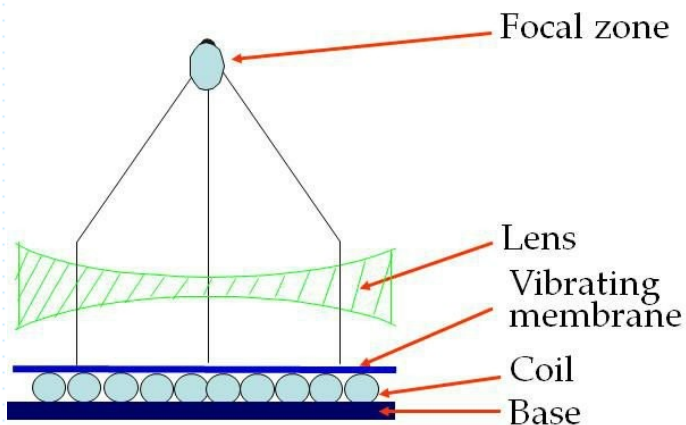


deformace piezoeel. elementu



## Rázová vlna – ESWL elektromagnetický generátor

Elektromagnetické buzení rázové vln



- rázová vlna generována pohybem membrány v proměnném elektromagnetickém poli cívky



WIKKON - Čína

dvojit možnost geometrie elektromagnetického pole

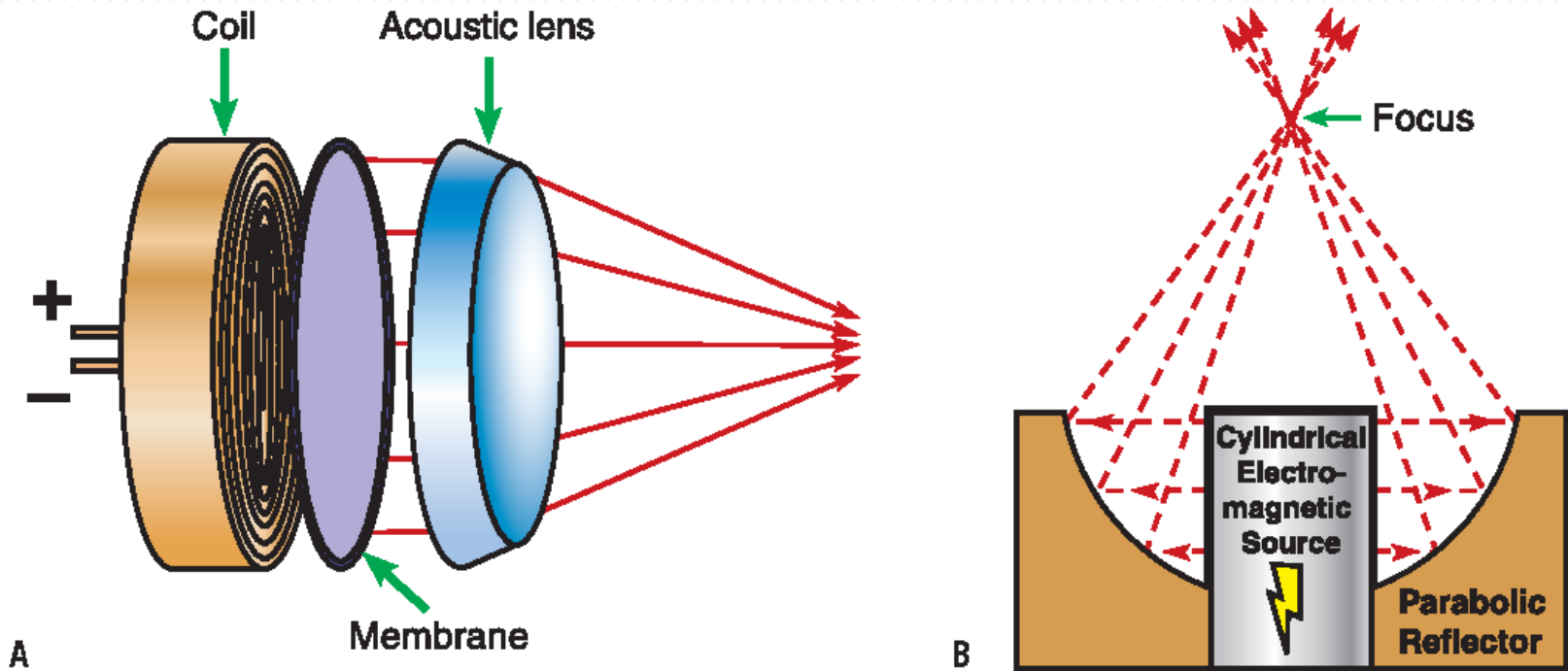
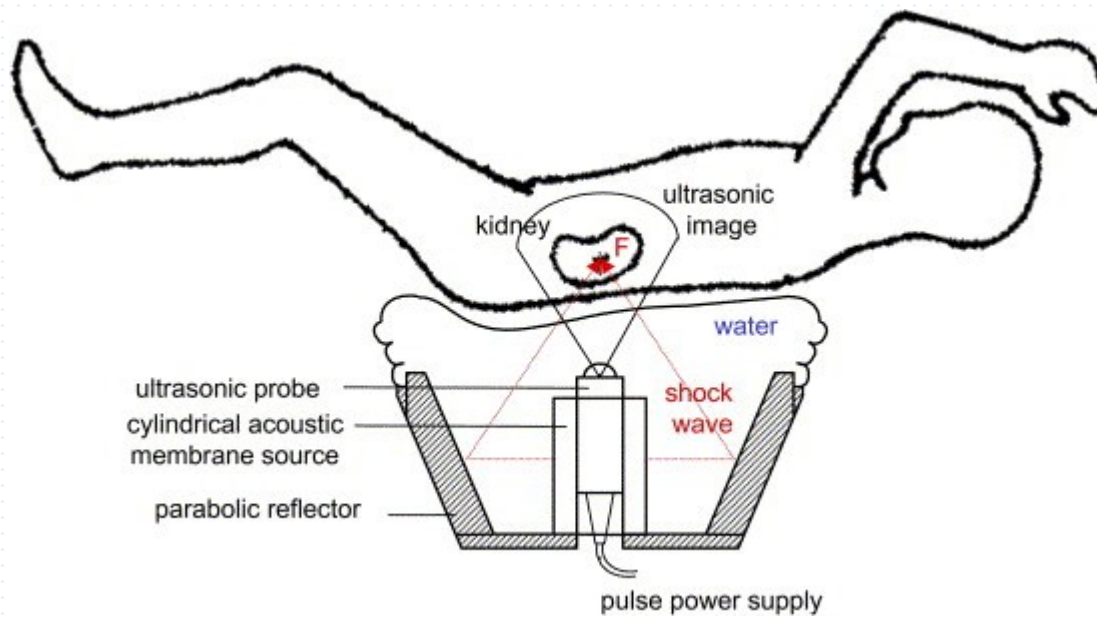


Figure 38-13 The two focusing mechanisms employed in electromagnetic lithotriptors. *A*, In a Siemens or Dornier

## pozice generátoru vs. pacient a kontrola umístění za pomoci UZ

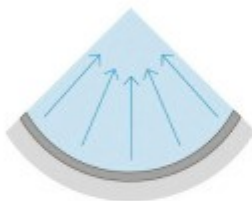


## rekapitulace

Electrohydraulic  
source



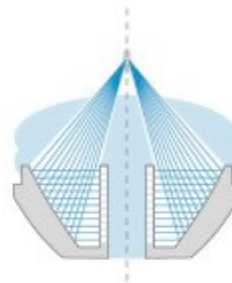
Piezoelectric  
source



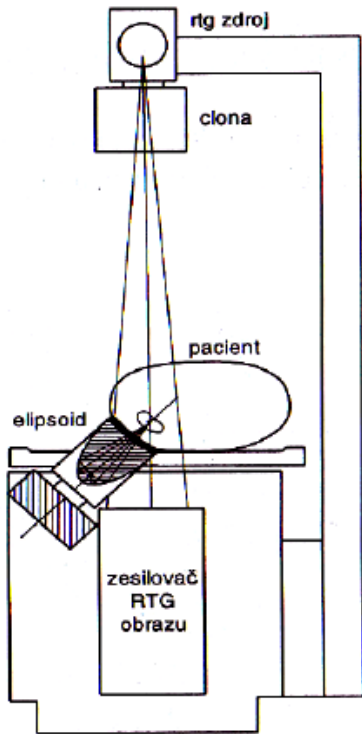
Electromagnetic  
source, flat coil



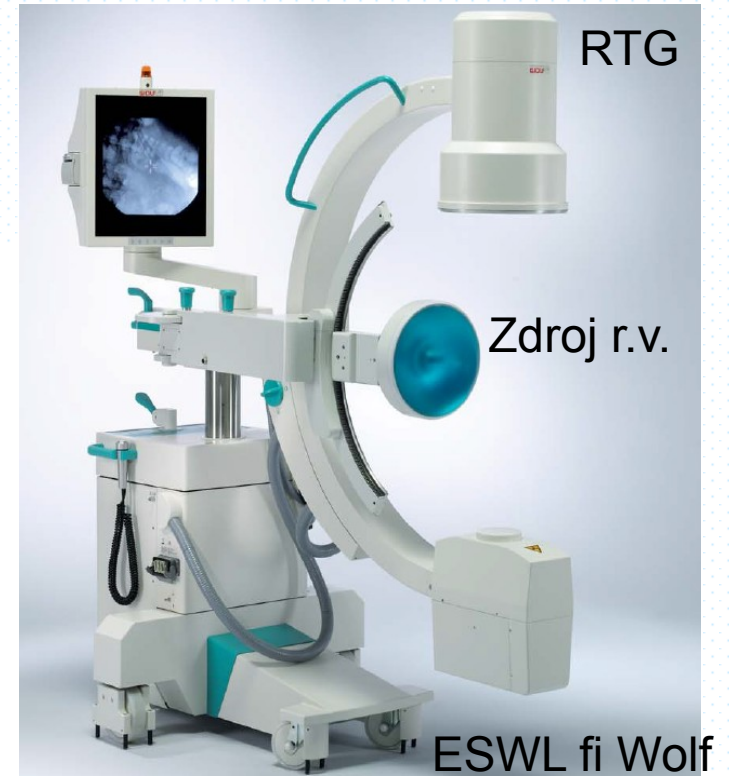
Electromagnetic  
source, cylindrical coil



## ESWL - Rázová vlna - fokusace



- konkrement je třeba lokalizovat
  - ▶ rentgenem – C-rameno
  - ▶ ultrazvukem
- ohnisko se zacílí do konkrementu
- synchronizace výbojů s EKG
- výkon trvá desítky minut
- není nutná anestezie
- někdy analgosedace
- **konkrement se „pouze“ fragmentuje**



# ESWL - Rázová vlna - kontraindikace

- **Kontraindikace**

- ▶ gravidita
- ▶ krvácivé choroby
- ▶ předpoklad spontánního odchodu
- ▶ nekontrastní konkrement
- ▶ je indikován radikální výkon

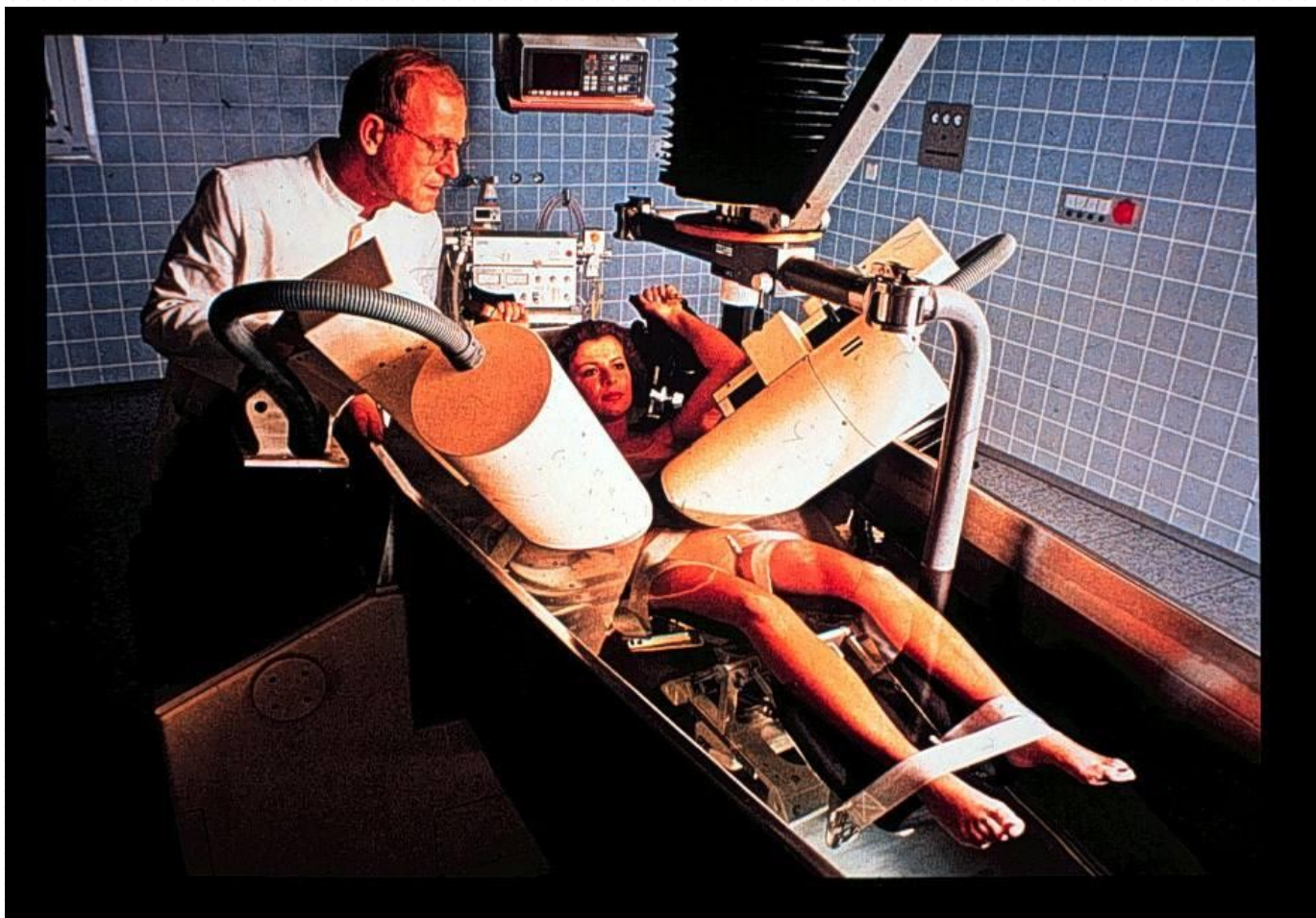
- **Komplikace**

- ▶ Steinstrasse – ucpání močovodu drtí
- ▶ poškození ledvin
- ▶ hematurie



MUNI

# Extrakorporální litotrypse - začátky



# Extrakorporální litotrypse - současnost



[www.uni-duesseldorf.de/.../Urologie/  
Klinik/lithotry.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/.../Urologie/Klinik/lithotry.htm).



# Extrakorporální litotrypse - použití

- **Urologie**
  - ▶ konkrementy v pánvičce
  - ▶ erektilní dysfunkce ( $\pm$ )
- **Gastroenterologie**
  - ▶ žlučnickové kameny, méně vhodné
- **Ortopedie**
  - ▶ destrukce kalcifikací
  - ▶ entezopatie a tendinitidy ( $\pm$ )
- **Fyziatrie**
  - ▶ vesměs pochybné biologicky i fyzikálně pochybné aplikace
  - ▶ doléčení poranění svalů, zlomenin a zánětů, bolesti kloubů a šlach,...
  - ▶ ale třeba i akupunktura rázovou vlnou (*sic*)

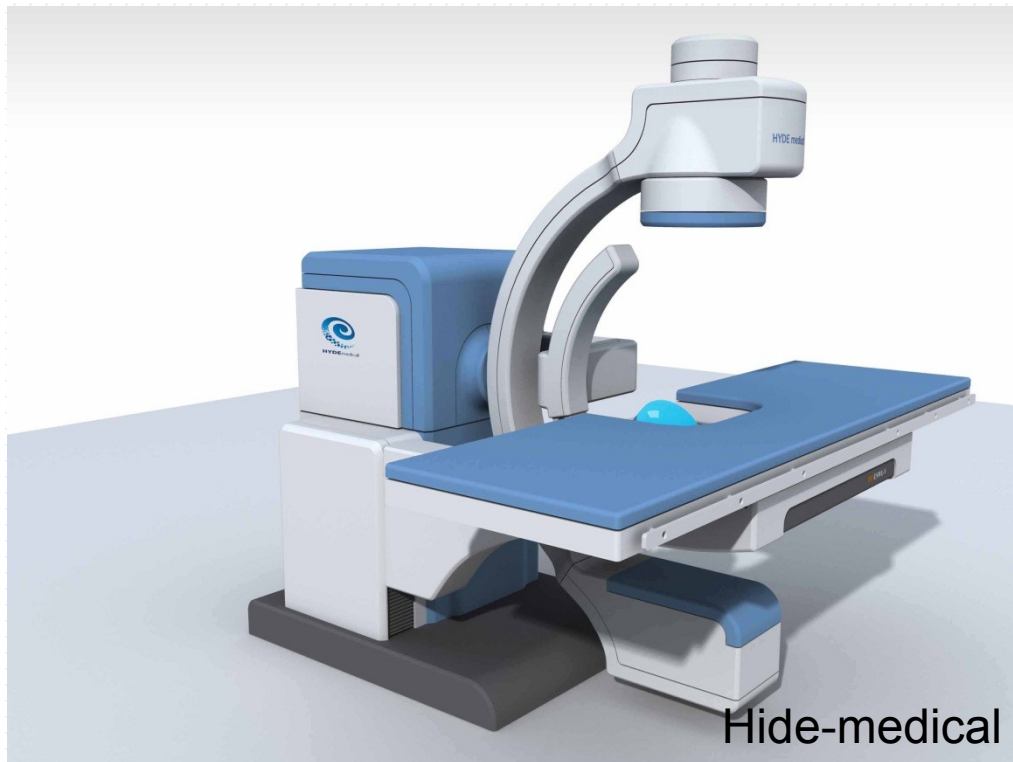
**ED1000**

Back to Spontaneity

Erectile Dysfunction  
Shock Wave Therapy  
(EDSWT)

fi Medicpec

# ESWL – současné přístroje



RTG  
UZ



# Intrakorporální litotrypse

- proces nitrotělní fragmentace konkrementů
- možná kombinace s endoskopickým odstraněním rozmělněných konkrementů

## Dělení:

- mechanická frakmentace
  - ultrasonografická / pneumatická / elektrokinetická
- rázová vlna
  - elektrohydraulická
- laserový paprsek

# Ultrasonografická intrakorporální litotrypse

- Fragmentace konkrementu vysokofrekvenčními vibracemi konce rigidní sondy
- Generování vibrací pomocí piezoelektrického generátoru (cca 20 kHz)
- Nevýhodou rigidní sonda a možnost výrazného ohřevu konce sondy při déle trvající dezintegraci

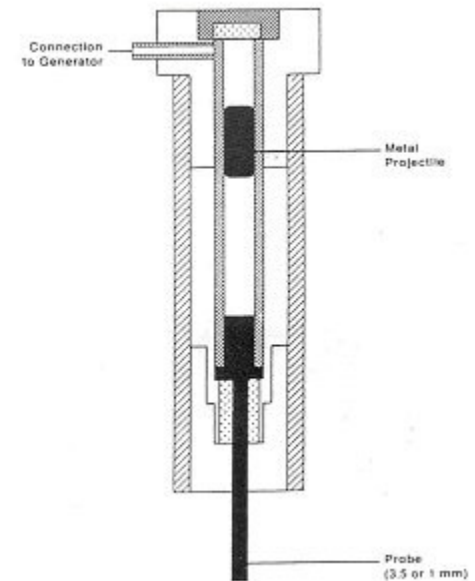


Olympus LUS-2 Ultrasonic Lithotripter

# Pneumatická a elektrokinetická litotrypse

## Pneumatická:

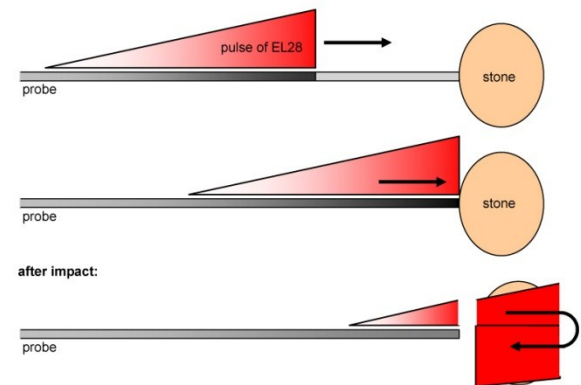
- obdoba pneumatické sbíječky
- fragmentace - náraz projektilu hnaného stlačeným vzduchem na kovovou sondu, která je v přímém kontaktu s konkrementem
- frekvence řádově Hz



# Pneumatická a elektrokinetická litotrypse

## Elektrokinetická:

- obdoba pneumatické sbíječky
- fragmentace - pohyb kovové sondy, která je v přímém kontaktu s konkrementem, kinetický impuls přenášený tuhou tyčí je generovaný elektromagnetickým polem

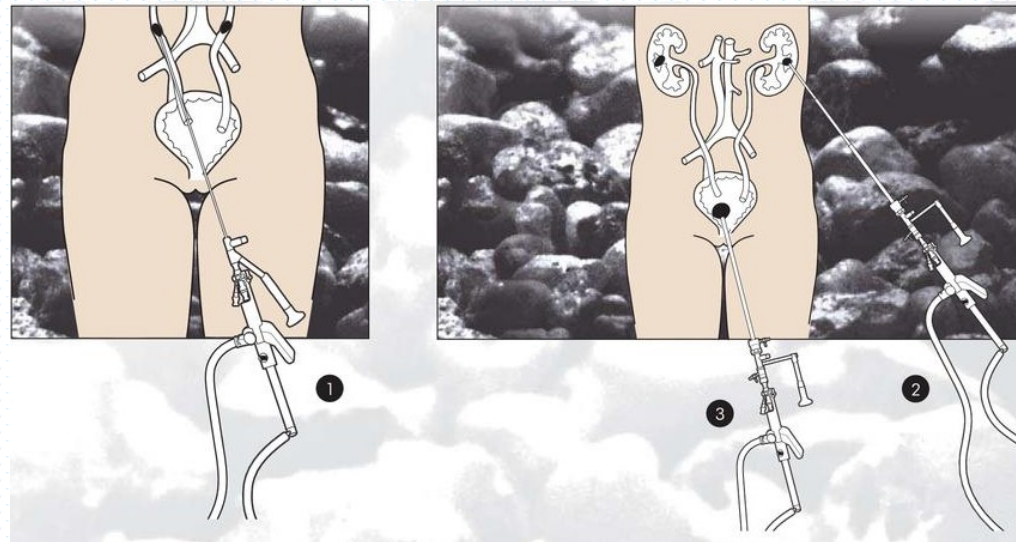


<http://www.walz-el.de/en>

# Pneumatická a elektrokinetická litotrypse

Nevýhody:

- rigidní charakter sondy
- u většiny přístrojů nemožnost odsávat drť konkrementů - nutnost dalšího mechanického odstranění úlomků konkrementů (existence i přístrojů s odsáváním)
- balistická podstata účinku vedoucí v některých případech k relokaci konkrementu



# Elektrohydraulická litotrypse

## Princip:

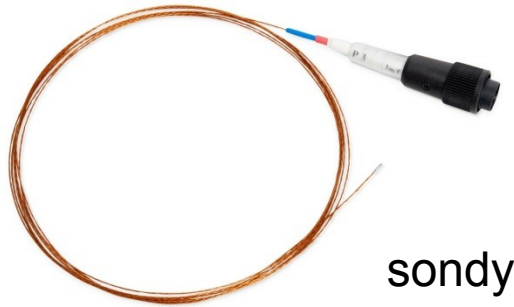
- r.v. šířící se ve vodním prostředí. R.v. je generována elektrickým výbojem na konci sondy
- sonda v blízkosti konkrementu bez nutnosti přímého dotyku
- existence kavitačních jevů

## Výhody a nevýhody:

- flexibilní sondy
- nižší účinnost u tvrdých konkrementů
- velké riziko poranění okolních struktur



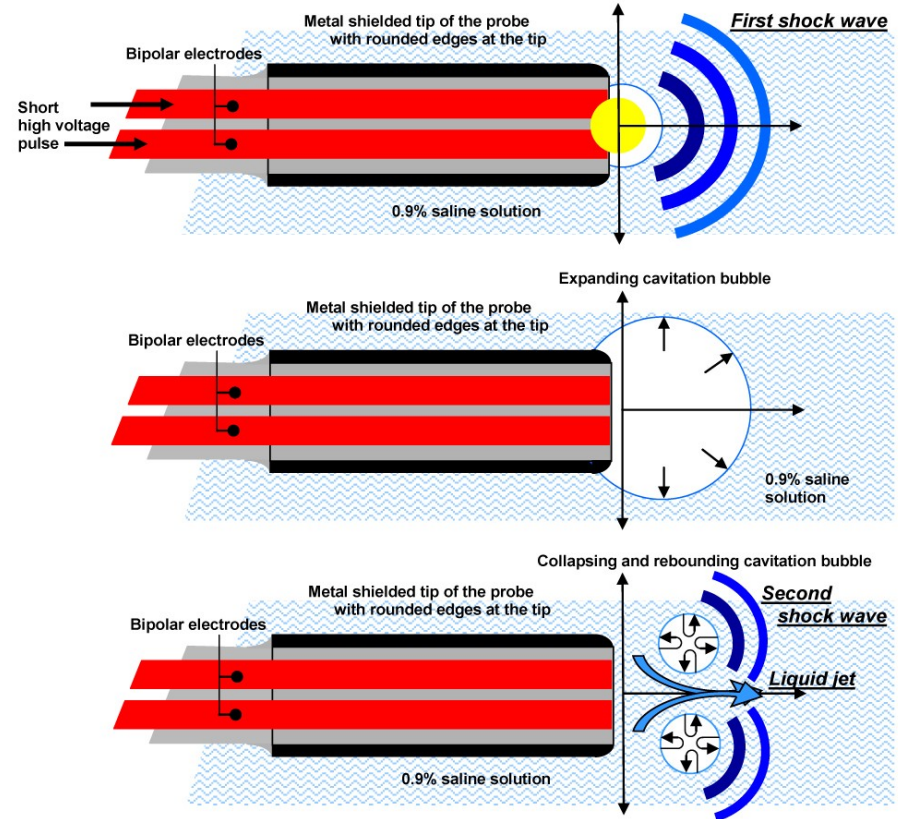
## Elektrohydraulická litotrypse



sondy



generování r.v. výbojem na konci sondy



# Laserová litotrypse

Princip:

## **fotoakustický a fotomechanický**

- energie laser. paprsku je absorbována konkrementem za vzniku plynné plazmy na jeho povrchu, která expanduje a tvoří r.v. fragmentující konkrement
- nevýhodou jsou větší úlomky konkrementu
- představiteli jsou např. Nd:YAG laser (Yttrium Aluminium Granát dopovaný Neodymem) 1064 nm, Q switched Alexandrite laser 755nm
- pulzní režim o trvání mikro či nano sekundy
- výhodou jsou flexibilní vlákna různých průměrů
- možnost poranění okolních tkání a personálu při neopatrné manipulaci

# Laserová litotrypse

Princip:

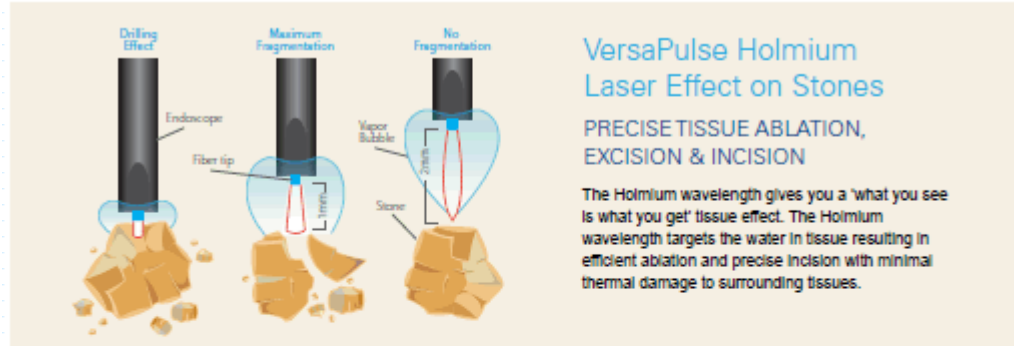
## **fototermický a fotochemický**

- energie laser. paprsku je absorbována konkrémentem, což vede ke zvýšení jeho teploty – následně dochází k jeho vaporizaci, tání a chemické změně konkrémentu
- představiteli jsou např. Ho:YAG laser, erbium:YAG laser 2790 nm
- pulzní režim o délce pulsů nad 100 mikrosekund
- výhodou jsou flexibilní vlákna různých průměrů
- možnost poranění okolních tkání a personálu při neopatrné manipulaci

# Laserová litotrypse

## VersaPulse P20 uses the new SlimLine SIS: The Intelligent Fiber

The fibers now available for the VersaPulse P20 offer integrated Smart Identification System (SIS) technology. This technology enables the system to detect which SIS fiber has been connected and automatically brings up last settings used. These reusable and single-use fibers are custom designed for the P20 and are perfectly suited for procedures such as tumors and stones.



## VersaPulse Holmium Laser Effect on Stones

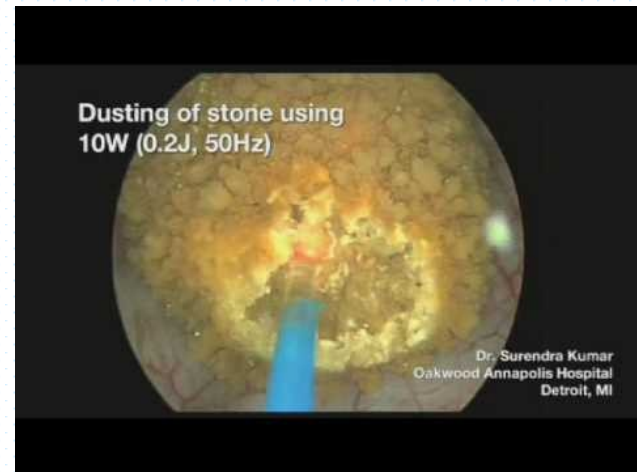
### PRECISE TISSUE ABLATION, EXCISION & INCISION

The Holmium wavelength gives you a 'what you see is what you get' tissue effect. The Holmium wavelength targets the water in tissue resulting in efficient ablation and precise incision with minimal thermal damage to surrounding tissues.

## ESWL vs. Holmium Stone Outcomes

	ESWL	Holmium
Number of treatments	2.5	1
Single treatment success	20-60%	90-100%
Result	Smaller stones	Stone free

Lumenis VersaPulse PowerSuite



Metoda	Princip účinku	Výhody	Nevýhody	Typické použití
<b>ultrasonografická litotrypse</b>	vysokofrekvenční vibrace generované na piezoelektrickém principu	možnost odsávání drti, minimální riziko poškození měkkých tkání	rigidní sondy, menší účinnost u nejtvrděších konkrementů	odlitková nefrolitiáza (měkké konkrementy), cystolitiáza
<b>pneumatická litotrypse</b>	princip „pneumatické sbíječky“	minimální riziko poškození měkkých tkání, účinná u tvrdých konkrementů	rigidní sondy bez možnosti odsávání, riziko dislokace konkrementu, hrubé fragmenty, které musí být odstraněny	odlitková nefrolitiáza (tvrdé konkrementy), cystolitiáza
<b>elektrohydraulická litotrypse</b>	rázová vlna generovaná elektrickým výbojem	nejnižší cena, vysoce flexibilní sondy	nejvyšší riziko poranění měkkých tkání, menší účinnost u tvrdých konkrementů, hrubé fragmenty	flexibilními přístroji řešená nefrolitiáza, cystolitiáza
<b>Ho:YAG-laser</b>	fotoakustický a fotomechanický efekt	vysoká efektivita flexibilní vlákna vaporizace konkrementu	nejvyšší cena, poškození měkkých tkání nebo endoskopů, jsou-li v kontaktu s koncem vlákna, riziko poranění personálu při nedodržení bezpečnostních opatření	ureterolitiáza, flexibilními přístroji řešená nefrolitiáza, malá cystolitiáza

**Tab.** Přehled a charakteristika jednotlivých metod endoskopické litotrypse.

- Pro „vstup“ pracovní části litotryptorů jsou nutné endoskopické přístroje (přednáška endoskopie)
- Zde limity v podobě průměru pracovního kanálu, rigidity litotryptoru
- Možnost odsávání malých úlomků pracovním kanálem endoskopů

## The Two-In-One LUS-2 Ultrasonic Lithotripter — Powerfully Disintegrates Calculi, Then Simultaneously Removes The Fragments

Ultrasonic lithotripsy is already highly-regarded for being minimally invasive, while disintegrating calculi and removing the fragments simultaneously. Yet by carefully re-examining every element of its conventional lithotripsy products, Olympus has developed new ways to improve efficiency. The result is the LUS-2 Ultrasonic Lithotripter. Improvements include an ergonomic and lightweight transducer to lessen hand fatigue, a more compact body to save space, and a wider array of probes to be prepared for any situation. The LUS-2 Ultrasonic Lithotripter from Olympus—Efficient ultrasonic lithotripsy for efficient medical professionals.

### Lightweight, Ergonomic, And Autoclavable Transducers

The LUS-2's transducer is not only lightweight and ergonomically designed to minimize hand fatigue, but also allows fast and low-cost autoclave sterilization that uses safe high pressure steam, instead of ethylene oxide gas or formaldehyde.



### Both Disintegration And Removal In A Single Compact Unit

The compact LUS-2 is capable of both disintegration of calculi and removal of the fragments, which simplifies your procedures, saves space, and makes the equipment easy to carry.

### Wide Array of Easy-To-Replace Probes

Six types of optional probes are available, and changing them is simple and easy. The 2.0 mm O.D. probe has been newly added, widening the selection and versatility even further.



### Several Easy-To-Adjust Ultrasonic Output And Suction Settings

The 3 ultrasonic lithotripsy output settings and 4 suction power settings are easy to select.

### Warning Indicator

Upon detecting a disconnection/damage of the probe or a transducer malfunction, a warning indicator on the front panel lights up and an alarm sounds.

### Recommended Combinations



Adapters for LUS-2 simplify the handling of LUS-2 and prevent the probe from getting kinked or damaged during the procedure.

MUNI

