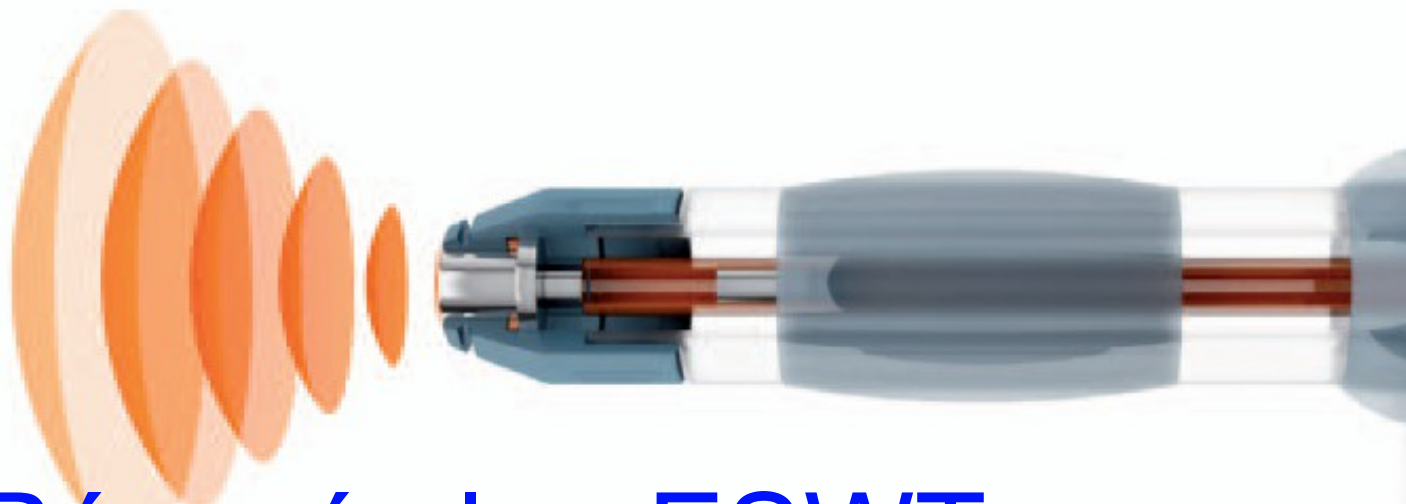


MUNI



Rázová vlna ESWT

- balistický (pneumatický) generátor

Vladan Bernard
Biofyzikální ústav Lf MU

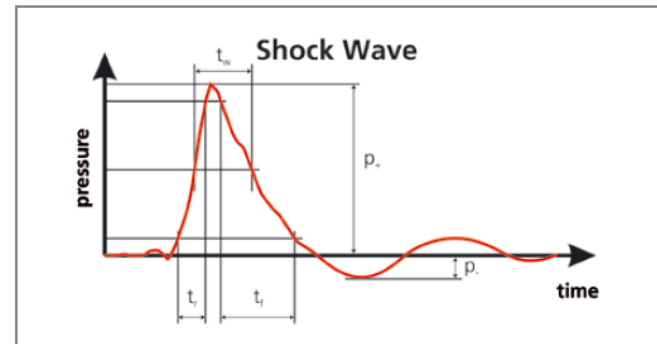
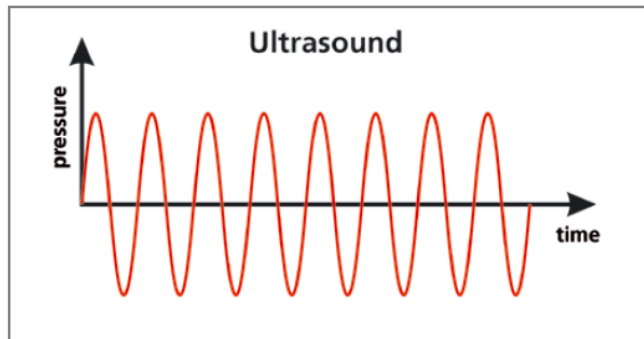
- **Co je to rázová vlna**

Rázová vlna je mechanická (akustická) vlna, přenášející velké množství energie (vs. ultrazvuk), podmíněná existencí hmotného prostředí, které se při jejím průchodu do jisté míry deformuje

Rázová vlna (fyz): Strmý nárůst (< 10 ns, až 100 MPa) a pokles tlaku v místě obálky vlnoploch (v 3D povrch kužele) vytvořených zdrojem který se pohybuje nadzvukovou rychlostí (rychleji než vlastní tlaková vlna - Machův kužel)

- **Rozdíl oproti ultrazvukové vlně (diagnostický či terapeutický uz. gen.)**

Rázová vlna se vyznačuje skokovou změnou tlaku, vysokou amplitudou pozitivního a nízkou amplitudou negativního tlaku a neperiodičností.



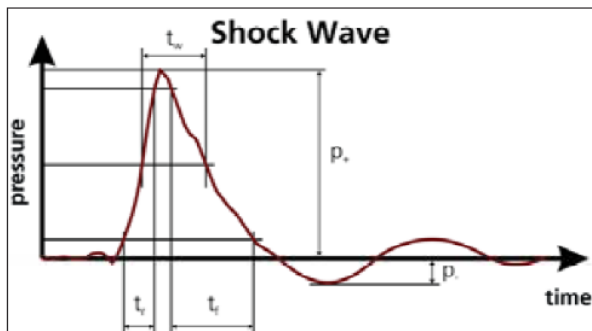
- **Využití rázových vln**

ESWL – extracorporeal shock wave lithotripsy - mimotělová litotripse rázovou vlnou

ESWT – extracorporeal shock wave therapy – léčba rázovou vlnou – fokusovaná radiální

Rázová vlna podrobněji

- Rázová vlna - shock wave SW - vývoj od ww2, první patent na elektrohydraulický generátor v USA, 70. léta první desintegrace žlučnickových kamenů in vitro



Charakteristická vysoká hodnota pozitivní výchylky tlaku až 150 MPa (stónásobek atm. tlaku) se strmým nástupem 10-120 ns, doba trvání pozitivní výchylky tlaku okolo 500 ns, následuje negativní tlak s hodnotou 5-10 MPa.

Schematické znázornění utváření strmého čela mechanické vlny v prostoru, způsobené nelinearitou šíření, kdy v místech s větším tlakem dochází k nárůstu rychlosti šíření a deformaci vlny

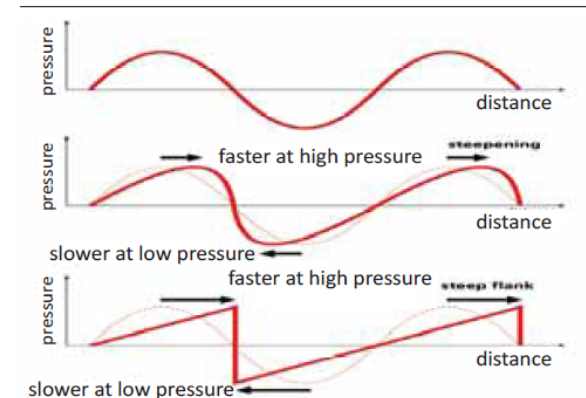
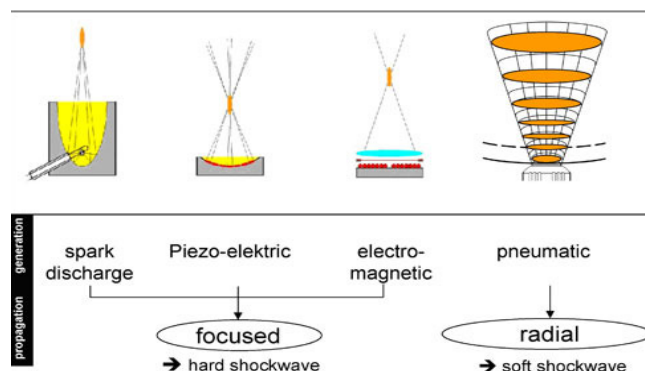


FIGURE 2. Schematic representation of the steepening of a wave front, due to non-linearity in the propagation medium; in order to form a SW front, the wave runs faster in zones with higher pressure and thereby it steepens (4)

ESWT komplexně

- **Fokusovaná rázová vlna** - větší hloubkový dosah, větší hodnota energetické hustoty (nad $0,4 \text{ mJ}\cdot\text{mm}^{-2}$), ohnisková fokusace s větším tlakem rázové vlny – oproti RSWT
 - vznik elektrohydraulický generátor
 - elektromagnetický generátor
 - piezoelektrický generátor
- **Radiální rázová vlna RSWT** - nižší průnik do tkáně cca 3-4 cm, hodnoty akustické hustoty do $0,3 \text{ mJ}\cdot\text{mm}^{-2}$, bez možnosti ohniskové fokusace
 - vznik balistické (pneumatické) generátory
 - **někdy považována spíše za tlakovou vlnu než rázovou vlnu**
 - její časový tlakový průběh více sinusoidní

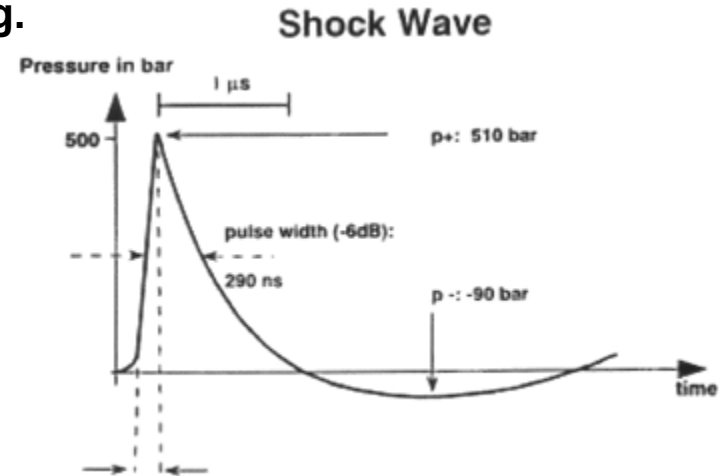


(pozn. dále v prezentaci u RSWT uváděna stále jako rázová vlna, s ohledem na fakt přesnější terminologie tlaková vlna)

Průběh rázové vlny ESWT – elektrohydraulický g.

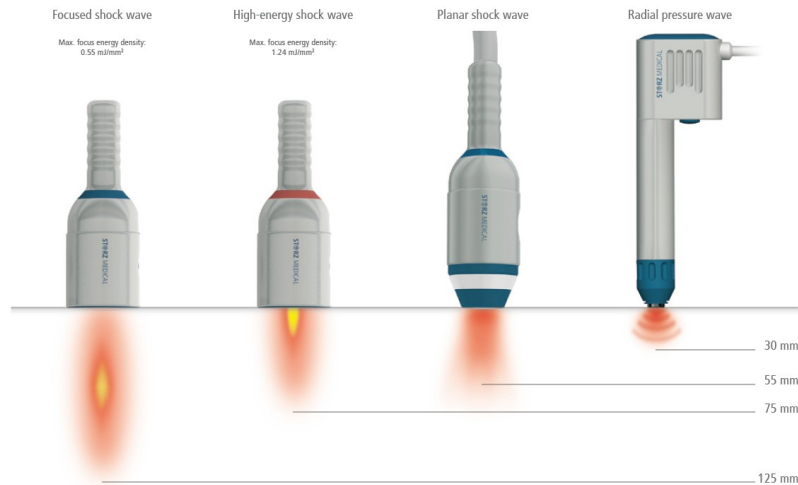
Hodnoty tlaku rázové vlny v čase

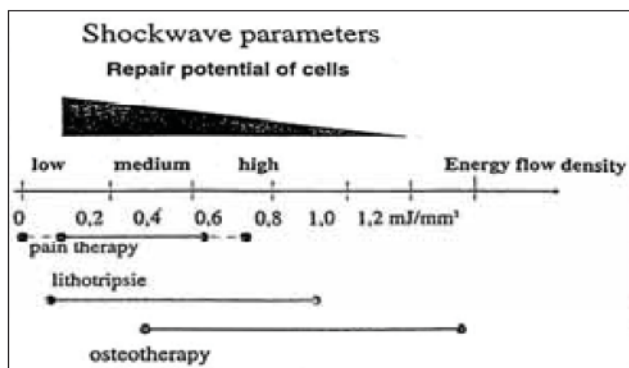
Obecně rázová vlna může být popsána jako jeden puls s širokým frekvenčním rozsahem (až do 20 MHz), s velkou tlakovou amplitudou (až 120 MPa) a krátkou dobou náběhu.



Dosah rázové vlny v prostoru s ohledem na budící zdroj

Comparison of penetration depths F-SW, HE-F-SW, P-SW, R-SW





Vztah mezi aplikovanou energetickou hustotou, obnovou tkáně a využitelnými účinky (*Rompe, Extrakorporale Stosswellentherapie*)

Rozdíly mezi fokusovanou, rovinou a radiální rázovou vlnou s ohledem na biologické účinky (*Onose, 2011*)

| | Shock waves (focused) | Shock waves (planar) | Pressure waves (radial) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Focus | yes | no | no |
| Rise time | typically 0.01 μ s | typically 0.01 μ s | typically 50 μ s |
| Compression pulse duration | approx. 0.3 μ s | approx. 0.3 μ s | approx. 200 – 2000 μ s |
| Positive peak pressure | 0-100 MPa | 0-3 MPa | 0.10 MPa |
| Energy flux density | 0-15 mJ/mm ² in the body | 0-14 mJ/mm ² at skin surface | 0-0.3 mJ/mm ² at skin surface |
| Therapeutic effect in body | 0-12 cm | 0-5.5 cm | 0-3 cm |

Balistický generátor

- součásti
- ovládací modul
 - aplikátor
 - kompresor



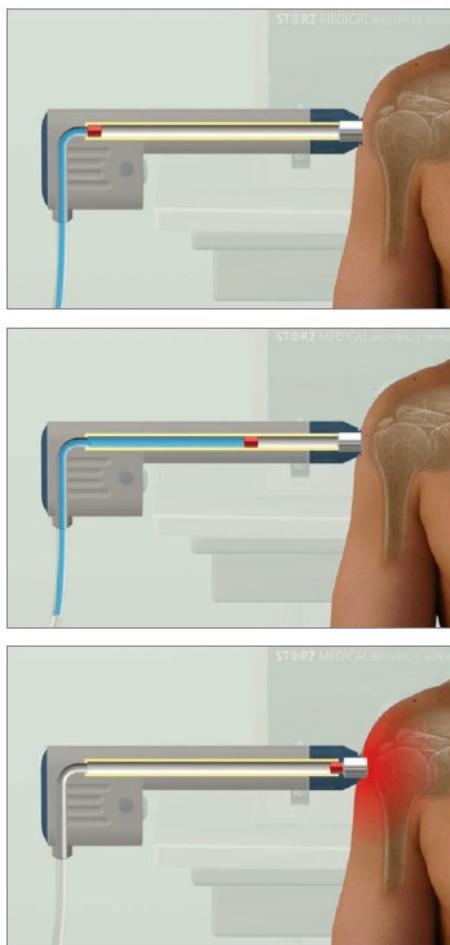
Kinetická energie projektilu urychleného tlakovým vzduchem je přenesena do nástavce na konci pistole – vznik rázové vlny



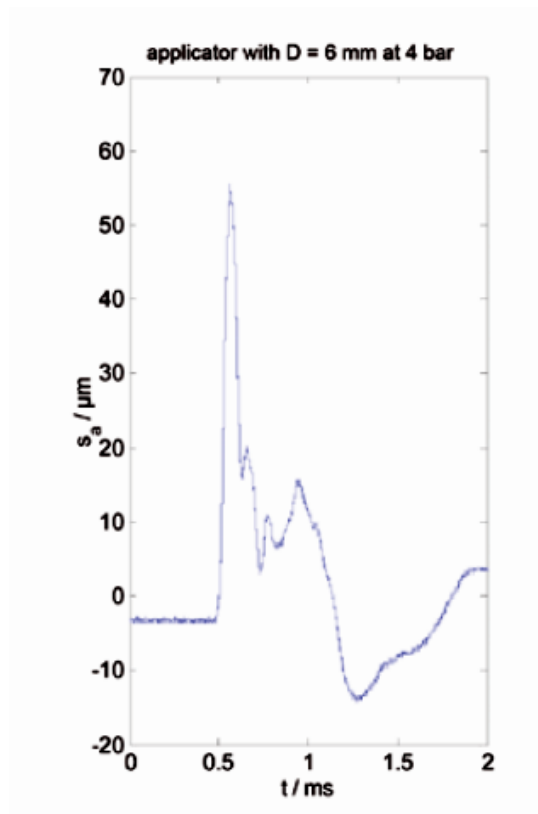
<http://www.8a.ru/print/26733.php>

Fyzikální podstata funkce balistického generátoru

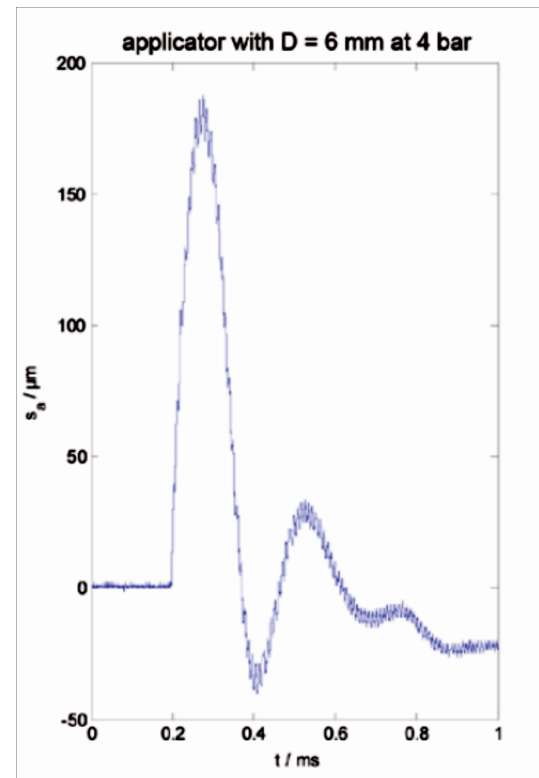
- Kinetická energie vlny vytvořená stlačeným vzduchem se přenáší pružným rázem do speciální hlavice (vysílače) na konci aplikátoru.
- Rázové vlny generované tímto mechanismem se šíří radiálně nebo soustředěným způsobem (podle druhu použitého vysílače).
- Hloubka působení závisí na druhu použitého vysílače a přednastavené energii (tlaku) a dosahuje hodnot v rozmezí 4 až 7 centimetrů.
- Šíření vzniklé tlakové vlny je závislé na hodnotě akustické impedance tkáně, přičemž vyšší absorpce se vyskytuje na akustických nehomogenitách (velkých rozdílech akustických impedancí rozhraní tkání).
- Nutnost aplikace kontaktního media, např. uz gelu, pro snížení ztrát při přechodu mezi hlavicí aplikátoru/tkání (akustický impedanční rozdíl) v případě běžného aplikátoru



Funkce balistického generátoru



výchylka konce hlavice aplikátoru ve vodném prostředí (simulace tkáně)- trvání tlakové vlny 0,5 ms (1000 krát delší oproti rázové vlně)



výchylka konce hlavice aplikátoru ve vzduchu

Fyzikální parametry běžně užívaných balistických generátorů

Frekvence 1-22 Hz

Vnitřní tlak $1-5 \cdot 10^5$ Pa

Energetická hustota v řádech $\text{mJ} \cdot \text{mm}^2$ (0,1 – 0,25 $\text{mJ} \cdot \text{mm}^2$)

Natavení počtu rázů v 100 až 1000

Aplikační nástavce v rozměrech několika mm až desítek mm

Průnik tkání až 7 cm (účinné cca 3,5 cm)

Rychlost projektilu přibližně $5-20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

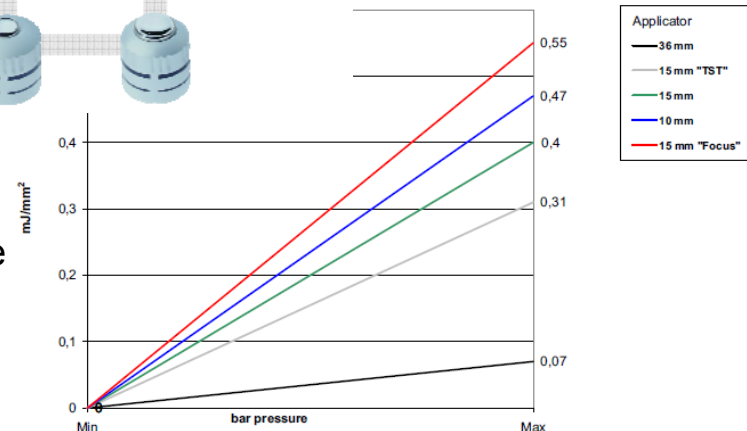
Kombinace s jinými terapeutickými přístroji - laser, magnetoterapie, uz



| Physical means | Label | 36 mm* | 15 mm Trigger* | 15 mm* | 10 mm* | 15 mm Focus* | Unit |
|---|------------------|--------|----------------|--------|--------|--------------|--------------------|
| Max positive pressure | P_{+}^{\max} | 7,6 | 12 | 16,1 | 19,9 | 19,2 | MPa |
| Max negative pressure | P_{-}^{\max} | -7,6 | -9,2 | -8,6 | -8,2 | -10,2 | MPa |
| Max. positive energy flux density | E_{D+}^{\max} | 0,07 | 0,31 | 0,4 | 0,47 | 0,55 | mJ/mm ² |
| Rise time | t_r | 2,97 | 3,4 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | μs |
| Half width positive peak | t_{τ} | 2,48 | 3,8 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | μs |
| -6dB focus x,y | $f_{x/y}^{-6dB}$ | 32,7 | 12,6 | 11,3 | 8,3 | 10,6 | mm |
| -6dB focus z | f_z^{-6dB} | 18,5 | 4,4 | 7,8 | 4,5 | 7,3 | mm |
| -6dB focus volume | V_{foc} | 1708 | 118 | 200 | 73 | 160 | mm ³ |
| 5 Mpa focus x,y | $f_{x/y}^{5MPa}$ | 10 | 7,4 | 8 | 4,9 | 8,3 | mm |
| 5 Mpa focus z | f_z^{5MPa} | 10,3 | 10,1 | 19,5 | 12,8 | 20,9 | mm |
| Positive pressure 5 mm x,y | $P_{+x,y}^{5mm}$ | 5,3 | 7,2 | 8,2 | - | 7,5 | Mpa |
| Positive pressure 5 mm z | P_{+z}^{5mm} | 6 | 6,9 | 10,3 | 8,6 | 11,7 | Mpa |
| Positive total energy | E_{+} | 34,2 | 18,2 | 23,7 | 10,2 | 26,8 | mJ/pulse |
| Positive total energy in the -6dB focus | E_{-6dB} | 32,0 | 13,5 | 15,9 | 10,2 | 19,1 | mJ/pulse |
| Maximum penetration depth | | 25 | 35 | 40 | 43 | 45 | mm |



Výrobce deklarované parametry RSWT přístroje Power+Handpiece, graf energetické hustoty závislé na ploše aplikátoru a pracovním tlaku přístroje



Deklarované léčebné účinky ESWT

- Analgetický účinek
- Zvýšení metabolismu
- Rozpuštění vápenatých usazenin ve vazivových buňkách
- Zvýšení produkce kolagenu
- Snížení svalového napětí
- Uvolnění „spoušťových bodů“



<http://www.ems-company.com/>

Literatura:

Shock wave application in medicine, a tool of modern operating theatre

An overview of basic physical principles, history and basic research

Michael Thiel Ph.D., Martina Nieswand, Ph.D., Michael Dörffel, Ph.D.

Extracorporeal Shock Wave Therapy – A new “wave” (also) in Physiatry?

Prof. Gelu Onose et al, Practica Medicala –VI, 1(21), 2011

*Wess OJ – Physics and technology of shock wave and pressure wave therapy – STORZ
Medical AG*

<http://www.shockwavetherapy.ca>

<http://www.ismst.com/start.htm>

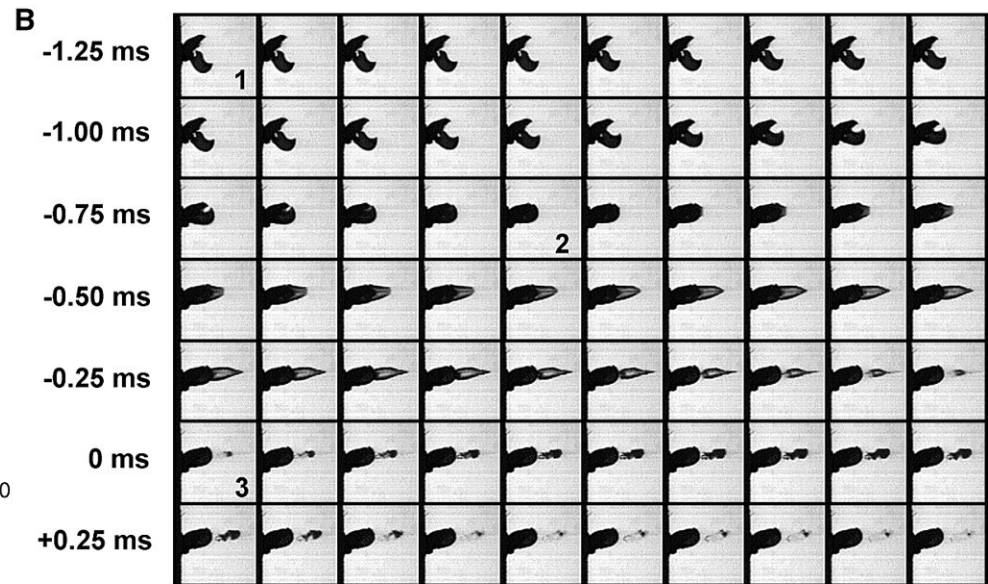
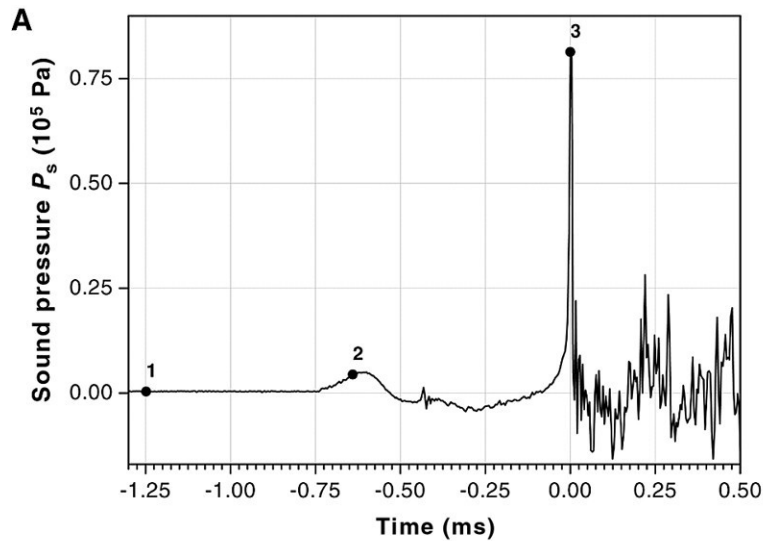


<http://www.btl.net.com/mf/shockwave-therapy/>

Kreveta *Alpheus bellulus*



K lovení kořisti používá „rázovou vlnu“ vytvořenou pomocí vlastního klepeta.



Děkuji Vám za pozornost

FINALLY→

THE SOOTHING EFFECT OF EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE THERAPY (ESWT) IN CONJUNCTION WITH THE SWISS DOLORCLAST® METHOD BECOMES NOTICEABLE IN JUST A FEW DAYS.

> ESWT is used successfully in professional sports and in orthopaedic practice. Its effectiveness has been demonstrated in a multitude of clinical studies.

PERHAPS YOU TOO WILL BEGIN TO ENJOY A QUALITY OF LIFE YOU THOUGHT YOU WOULD NEVER HAVE AGAIN – LIFE WITHOUT PAIN!



Manuál Swiss dolorclast® classic
<http://www.ems-company.com>