

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Kateřina Horáková**

**Retrogradní studie efektu terapie rázovou  
vlnou u funkčních poruch  
muskuloskeletálního systému**

*Diplomová práce*

Praha 2013

Autor práce: **Kateřina Horáková**

Vedoucí práce: **Mgr. Lucie Oplová**

Oponent práce:

Datum obhajoby: **2013**

Hodnocení:

## Bibliografický záznam

HORÁKOVÁ, Kateřina. *Retrogradní studie efektu terapie rázovou vlnou u funkčních poruch muskuloskeletálního systému*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2013. 66 s. Vedoucí diplomové práce Mgr. Lucie Oplová.

## Abstrakt

Diplomová práce hodnotí efektivitu terapie rázovou vlnou u funkčních poruch muskuloskeletálního systému. Zatímco fyzikální principy, historie a generátory rázové vlny jsou dobře známy, tak na mechanismus účinku léčby jsou rozdílné názory. Teoretická část práce popisuje účinky rázové vlny na jednotlivé tkáně, na diferenciaci buněk, ale i na analgetický efekt terapie. Shrnuje indikace, nežádoucí účinky a kontraindikace terapie rázovou vlnou.

Ve výzkumné části se práce zabývá efektivitou terapie rázovou vlnou na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole u různých muskuloskeletálních onemocnění. Vyhodnocuje vztah mezi účinností terapie rázovou vlnou a dobou trvání obtíží před počátkem terapie a posuzuje, zda počet aplikací rázové vlny může ovlivnit výsledek terapie.

Studie je kontrolována kontrolní skupinou 22 pacientů. Celková efektivita terapie rázovou vlnou je  $p = 1,12 \cdot 10^{-10}$ . Efektivita terapie rázovou vlnou u pacientů s onemocněním patní ostruha je  $p = 0,00176$ . Efektivita terapie rázovou vlnou u pacientů s onemocněním syndromu bolestivého ramene je  $p = 0,00002247$ . Efektivita terapie rázovou vlnou u pacientů s onemocněním laterální epikondylitidy je  $p = 0,00058056$ . Korelační koeficient vztahu účinností terapie rázovou vlnou a dobou trvání obtíží před počátkem terapie je  $r^2 = 0,6767725$ . Statistická analýza nejvyššího účinku celkového počtu procedur je vyjádřena korelačním koeficientem  $r^2 = 0,9081185$ .

Rázová vlna je nová neinvazivní terapeutická metoda s vysokou účinností, relativním komfortem a bezpečností, jenž má velký potenciál ovlivnit řadu chirurgických ortopedických a estetických onemocnění bez operačních rizik.

## Book description

HORÁKOVÁ, Kateřina. *Retrograde study of the effect of the shock wave therapy for the functional disorders of the musculoskeletal system*. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2013. 66 s. The Bachelor Thesis Work Supervisor Mgr. Lucie Oplová.

## Abstract

This thesis assesses the effectiveness of shock wave therapy for dysfunctional disorders of the musculoskeletal system. While we are well aware of the physical principles and history of shock wave generators, opinion differs on the treatment effectiveness mechanisms. The theoretical part of this work explains the effects of shock waves on various types of tissue, the differentiation of the cells, and the analgetic effect of therapy. It summarizes the indications, side effects and contraindications of shock wave therapy.

The research part of this thesis deals with the effectiveness of shock wave therapy at the Department of Rehabilitation and Sports Medicine at the Motol University Hospital, which specialises in various musculoskeletal disorders. This thesis evaluates the correlation between the effectiveness of shock wave therapy and length of time the patient has experienced difficulties before undergoing treatment. This thesis also reviews whether the number of treatment applications has the capability to influence the outcome of therapy.

The study is controlled by a control group of 22 patients. The total effectiveness of shock wave therapy is  $p = 1,12 \cdot 10^{-10}$ . The shock wave therapy effectiveness of patients with heel spur is  $p = 0,00176$ . The shock wave therapy effectiveness of patients with painful shoulder syndrome is  $p = 0,00002247$ . The shock wave therapy effectiveness of patients with lateral epicondylitis is  $p = 0,00058056$ . Correlation coefficient between the effectiveness of shock wave therapy and length of time the patient has experienced difficulties before undergoing treatment is  $r^2 = 0,6767725$ . Statistical analysis of the effect of the highest total number of procedures is expressed by the correlation coefficient  $r^2 = 0,9081185$ .

The shock wave therapy is a new non-invasive therapeutic method with high effectiveness, convenience and safety. The shock wave therapy has the potential to influence many surgical, orthopedic and aesthetic disorders without the surgical risks.

## **Klíčová slova**

mimotělní rázová vlna, muskuloskeletální onemocnění, fyzikální principy, historie, mechanismus účinku, efektivita terapie

## **Keywords**

extracorporeal shock wave therapy, musculoskeletal disorders, physical principles, history, mechanism of effect, the effectiveness of therapy

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracovala samostatně a použila jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato bakalářská práce byla umístěna v Ústřední knihovně UK a používána ke studijním účelům.

V Praze dne 17.dubna 2013

Kateřina Horáková

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní asistentce Mgr. Lucii Oplové za její cenné rady a návrhy při vedení a zpracování diplomové práce.

# OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>POUŽITÉ ZKRATKY</b> .....	<b>10</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PŘEHLED POZNATKŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 Fyzikální principy rázové vlny.....	12
1.2 Historie rázové vlny.....	14
1.3 Generátory rázové vlny.....	17
1.3.1 Generátory radiální rázové vlny ( <i>r-SWT</i> ).....	17
1.3.2 Generátory fokusované rázové vlny.....	17
1.4 Účinky léčby ESWT.....	19
1.4.1 Mechanické účinky ESWT - porušení kalciových depozit.....	20
1.4.2 Biologické účinky ESWT.....	20
1.5 Kontraindikace léčby ESWT.....	24
1.5.1 Absolutní:.....	24
1.5.2 Relativní:.....	24
1.6 Nežádoucí účinky léčby.....	25
1.6.1 Vzácné nežádoucí účinky léčby.....	25
1.6.2 Méně časté nežádoucí účinky léčby.....	25
1.6.3 Časté nežádoucí účinky léčby.....	25
1.7 Indikace léčby ESWT.....	26
<b>2 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>28</b>
<b>3 METODIKA</b> .....	<b>30</b>
3.1 Soubor probandů.....	30
3.2 Kontrolní skupina.....	30
3.3 Sledované znaky.....	30
3.3.1 Efektivita terapie.....	30
3.3.2 Efektivita terapie kontrolní skupiny.....	31
3.3.3 Délka obtíží před počátkem terapie.....	31
3.3.4 Parametry terapie.....	31
3.4 Sběr dat.....	31
3.5 Statistická analýza.....	32
<b>4 VÝSLEDKY</b> .....	<b>33</b>
4.1 Ošetření pacienti v letech 2008-2012.....	33
4.1.1 Ošetřené diagnózy v letech 2008-2012.....	33
4.2 Satistická analýza efektivity terapie.....	35
4.2.1 Celková efektivita terapie – hypotéza 1.....	35
4.2.2 Efektivita terapie patní ostruhy – hypotéza 2.....	37
4.2.3 Efektivita terapie sy. bolestivého ramene – hypotéza 3.....	37
4.2.4 Efektivita terapie laterální epikondylitidy – hypotéza 4.....	38
4.3 Délka obtíží před počátkem terapie – hypotéza 5.....	38
4.4 Parametry terapie.....	40
4.4.1 Celkový počet procedur – hypotéza 6.....	40
4.4.2 Počet rázů.....	43
4.4.3 Používané frekvence.....	44
4.4.4 Používané tlaky.....	44
<b>5 DISKUZE</b> .....	<b>45</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>58</b>





## Použité zkratky

ATF3	Activating transcription factor 3 - aktivační transkripční faktor 3
AŠ	Achillova šlacha
CB sy	Cerviko-brachiální syndrom
CGRP	Calcitonin gene related peptide - peptid související s kalcitonin genem
Col I, III	I, III Collagens - I, III kolageny
EFD	Energy flux density- hustota toku energie
e NOS	Endothelial nitric oxide synthase - endoteliální syntáza oxidu dusnatého
ESWL	Extracorporeal shock wave litotripse - mimotělní rázová litotrypse
ESWT	Extracorporeal shock wave therapy- terapie mimotělní rázovou vlnou
GAP43	Growth-associated phosphoprotein 43 - růstový asociovaný fosfoprotein 43
HIFU	High Intensity Focused Ultrasound - vysoko intenzivní fokusovaný ultrazvuk
HMS	Hastrings - souhrnné označení pro musculus biceps femoris, musculus semitendinosus a musculus semimembranosus
ISMST	International Society for Medical Shockwave Therapy - Mezinárodní lékařská společnost terapie rázovou vlnou
LF UK	Lékařská fakulta Univerzity Karlovy
m.	Musculus
m. QF	Musculus quadriceps femoris
m.RF	Musculus rectus femoris
MSC	Mesenchymal stem cells - mezenchymální kmenové buňky
PCNA	Proliferating Cell Nuclear Antigen - nukleární antigen proliferujících buněk
SCX	including scleraxis
sy.	Syndrom
sy. LSp	Syndrom lumbosakrální
TEP	Totální endoprotéza
Tn-C	Tenascin-C
TNM	Tenomodulin
VAS	Vizuální analogová škála
VEGF	Vascular endothelial growth factor- vaskulární endoteliální růstový faktor

## Úvod

Léčba rázovou vlnou má relativně krátkou historii. První experimenty s účinky rázové vlny v medicíně se objevují v 50. letech minulého století v USA, ale až v roce 1980 byl touto metodou v Německu léčen první pacient s ledvinovými kameny. Léčba muskuloskeletálních poruch rázovou vlnou na sebe nenechala dlouho čekat a v roce 1988 byl léčen první pacient s kostním pákloubem (Doležal, 2011).

V posledních několika letech byl vývoj terapie extrakorporální rázovou vlnou velmi rychlý a úspěšný. Dnes se využívá k léčbě celé řady muskuloskeletálních onemocnění a u některých ortopedických poruch jako je plantární fasciitida, laterální epikondylitida či kalcifikující tendinitida ramene je terapie rázovou vlnou metodou první volby (Wang, 2012). O fyzikálních principech rázové vlny, o jejích generátorech a o historických milnících vedoucích až k jejímu standardnímu používání při léčbě pohybového aparátu máme dostatek informací. Mnohem méně víme o mechanismu účinku a efektivitě terapie rázovou vlnou. Tato práce proto mimo jiné popisuje vliv rázové vlny na jednotlivé tkáně a možný mechanismus jejího účinku.

Hlavním cílem práce je zhodnotit efektivitu terapie rázovou vlnou (na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole) jako celku, dále zhodnocení úspěšnosti terapie pro konkrétní onemocnění a porovnání se závěry jiných autorů. Práce rovněž zjišťuje, zda na účinnost terapie rázovou vlnou má vliv doba trvání obtíží před začátkem terapie a zda parametry léčby mohou nějak zásadně ovlivnit výsledek terapie.

# 1 PŘEHLED POZNATKŮ

## 1.1 Fyzikální principy rázové vlny

Rázová vlna (ESWT extracorporeal shock wave therapy- terapie mimotělní rázovou vlnou) je z fyzikálního hlediska akustická vlna, která vzniká při pohybu objektu v hmotném prostředí, kterým může být kapalina nebo vzduch. Tímto pohybem dochází k lokální kompresi (zhuštění) a současnému zředění molekul prostředí. Při pohybu jedním směrem se na čele objektu vytváří zóna komprese s pozitivní tlakovou charakteristikou a za ní zóna molekulárního zředění s podtlakem. Tak vzniká akustická vlna, která se šíří rychlostí závislou na vlastnostech hmotného prostředí. V přírodě se setkáváme s tlakovou vlnou, která má vlastnosti rázové vlny, například při úderech blesků. Pro akustickou vlnu a její šíření je tedy nezbytnou podmínkou hmotné prostředí (Fógel, 2010).

Průchod akustické vlny je charakterizován střídáním kompresní a podtlakové (tažní) vlny. Klasická akustická vlna má pravidelný, sinusoidální tvar křivky a známou vlnovou délku, danou její frekvencí, tedy rychlostí, jakou se střídá fáze komprese s fází podtlaku a je lineární (každý bod sinusoidální křivky se pohybuje stejnou rychlostí). Ne každá akustická vlna je ovšem vlnou rázovou. Akustická vlna, která vzniká vlivem vysoce energetického impulsu, ztrácí svoji linearitu (mění se tvar křivky), šíří se médiem vysokou rychlostí a po dosažení specifické vzdálenosti, která je určena vlastnostmi prostředí, se konečně transformuje na rázovou vlnu. Tuto vzdálenost fyzikálně definuje veličina šoková vzdálenost. Ta je závislá na řadě fyzikálních veličin jak vlny, tak okolního prostředí. V běžném životě není většina zvukových vln schopna dosáhnout šokové vzdálenosti, protože zanikají dřív, než jí dosáhnou. Veličina, která určuje denzitu a akustickou rychlost konkrétního prostředí, je akustická impedance. Když akustická vlna narazí na prostředí s odlišnou impedancí, část vlny se vrací zpět do původního média (odražená vlna) a část vlny pokračuje v novém prostředí (progresivní vlna) (Fógel, 2010).

Přechod mezi prostředími voda - tkáň - orgán je velmi účinný, bez signifikantní redukce tlakové amplitudy rázové vlny. V případě prostředí voda - konkrément činí ztráta energie asi 5-25 %, na rozhraní prostředí voda - kost představuje asi 50-60 % ztrátu energie. Prakticky k úplné ztrátě energie (99,9 %) však dochází na rozhraní voda - vzduch.

Coupling (přenos ESWT od jejího zdroje do ohniska) musí tedy probíhat v prostředí s minimálními rozdíly v akustické impedanci (Fógel, 2010).

Nedělka (2009) popisuje rázovou vlnu jako akustický pulz trvající cca 1 mikrosekundu, jehož průběh v čase je dvoufázový, s vysokou amplitudou tlaku v rozmezí 35 - 120 MPa.

První, pozitivní, fáze průběhu rázové vlny se vyznačuje velmi krátkým trváním (cca 10 ns), peak hodnoty tlaku dosahuje až 120 MPa, poté amplituda křivky nejprve strmě, následně pozvolněji klesá a dosahuje záporných hodnot s minimem až -10 MPa (negativní fáze průběhu rázové vlny označovaná také jako tensile wave). Negativní fáze rázové vlny je spojena s charakteristickým fyzikálním fenoménem, tzv. kavitací (Nedělka et al., 2009; Mouzopoulos et al., 2007).

Kavitace vzniká náhlou expanzí dříve stlačeného prostoru, trvá krátce (100 ms) a v důsledku výrazného poklesu tlaku v místě průchodu rázové vlny dochází k pohybu a expanzi bublin plynu v prostoru (Nedělka et al., 2009; Mouzopoulos et al., 2007).

Následný kolaps kavitační „bubliny“, který je možno registrovat ultrasonograficky vytváří novou, lokální sférickou rázovou vlnu. Tato druhotná rázová vlna rovněž předává svou energii cílové tkáni a má velký význam v mechanismu působení rázové vlny na rozhraní prostředí s rozdílnou hustotou. Kavitační efekt se využívá u litotripse a léčbě kalcifikací (Nedělka et al., 2009; Mouzopoulos et al., 2007).

Energii předanou prostřednictvím rázové vlny do vzdáleného bodu v těle pacienta označuje parametr hustota toku energie (EFD - energy flux density). EFD je klíčová pro biofyzikální interakce rázové vlny a cílové tkáně (Nedělka et al., 2009; Mouzopoulos et al., 2007).

Hodnota EFD rozděluje ESWT na nízkoenergetickou s EFD až 0,08 mJ/mm<sup>2</sup> středněenergetickou s EFD mezi 0,09 a 0,28 mJ/mm<sup>2</sup> a vysokoenergetickou s FED do 0,6 mJ/mm<sup>2</sup>. Zatímco nízkoenergetická rázová vlna je dobře tolerovaná, středně energetická znamená pro pacienta určité nepohodlí a vysokoenergetická pak vyžaduje při aplikaci místní nebo regionální anestezii. Efektivita těchto typů terapie se výrazněji neliší (Nedělka et al., 2009; Mouzopoulos et al., 2007).

Kromě energie nabízejí moderní přístroje široké možnosti nastavení dalších parametrů – počtu aplikovaných rázů, frekvence a v případě radiálních generátorů rázové

vlny možnost regulace výstupního tlaku kompresoru (Nedělka et al., 2009; Mouzopoulos et al., 2007).

## 1.2 Historie rázové vlny

První historické záznamy o účincích rázové vlny pocházejí z období 2. světové války, kdy při pitvách utonulých vojáků, kteří ztroskotali na moři, byla pozorována četná poškození plic, zřejmě vlivem explozí bomb pod vodou. Objevení rázové vlny a její biologické využití se připisuje americkému vědci dr. Frankovi Rieberovi, který si v roce 1951 nechal patentovat objev elektrohydraulického generátoru rázové vlny, který využil v léčbě mozkových tumorů opic. Objev téměř upadl v zapomenutí. Až v roce 1966 technik v německé firmě Dornier se při provádění testů s projektily omylem dotkl kovové plotny, na kterou právě narazil projektil. Technik ucítil značně bolestivý vjem v prstech, který byl přisuzován silnému výboji statické elektřiny, ten však nebyl měřením prokázán. Byla však prokázána přítomnost rázové vlny (Fógel, 2010).

Další výzkum a první experimenty na laboratorních zvířatech v letech 1968 - 1971 přinesly řadu nových zjištění. Bylo prokázáno, že některé tkáně jsou na působení rázové vlny citlivější než jiné. Například plicní tkáň byla při vysokoenergetické aplikaci rázové vlny poškozena více nežli podkožní vazivo. Byl rovněž prokázán destruktivní efekt rázové vlny na ledvinné a biliární konkrementy, což vedlo k dalšímu studiu těchto vztahů. Spolupráce firmy Dornier s mnichovským týmem urologů pod vedením prof. Chaussyho vyústila do vývoje prvního klinicky použitelného prototypu litotryptoru Dornier HM1 (Human Machine 1, Dornier MedTech Europe GmbH, Germering, Německo). První pacient s nefrolitiázou podstoupil 7. února 1980 historicky první litotrypsi na tomto přístroji. Po úspěchu prof. Chaussy se spolupracovníky publikovali své první sdělení o úspěchu nové metody v časopisu Lancet. Rok na to přichází verze přístroje HM2 a konečně v roce 1983 verze HM3, který se stal na dlouhé roky zlatým standardem, se kterým se později ve studiích ostatní přístroje srovnávají. Dornier HM3 zahájil první generaci litotryptorů. V roce 1985 bylo hlášeno přes 50 000 úspěšných ESWL a v roce 1990 podstoupilo ESWL již 2 000 000 pacientů a bylo instalováno 450 přístrojů Dornier

HM3 celosvětově. V České republice byla první ESWL provedena 13. dubna 1987 na Urologické klinice Všeobecné fakultní nemocnice a 1. LF UK v Praze (Fógel, 2010).

Použití rázové vlny v léčbě pohybového ústrojí bylo v literatuře poprvé zaznamenáno v roce 1988 u pacientů s pakloubou. V počátku 90. let 20. století byla léčba rázovou vlnou experimentálně využita také u řady dalších ortopedických onemocnění, například u patních ostruh, kalcifikující tendinitidy ramene, plantární fasciitidy či aseptických kostních nekrot. V Německu došlo k velké oblibě metody a představení prvního generátoru rázové vlny pro ortopedické využití ESWT na sebe nenechalo dlouho čekat. V roce 1993 byl představen systém HMT Ossatron s výkyvným ramenem generátoru pro snazší umístění nad oblast aplikace. V porovnání se současnými přístroji byly jeho rozměry gigantické obrázek 1. V průběhu devadesátých let došlo k rozšíření metody i do okolních zemí a v roce 1996 byla založena organizace International Society for Medical Shockwave Therapy (ISMST). Během posledních několika let došlo ke značnému zdokonalení a miniaturizaci přístrojové základny pro terapii ESWT i prohloubení znalostí o interakci ESWT s okolní tkání. V České republice jsou pacienti léčeni rázovou vlnou od roku 2004. První přístroj byl zakoupen na Klinikou rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole. Jednalo se o přístroj Swiss DolorClast, vyrobený firmou Electro Medical Systems. Je třeba zmínit i historický přínos českých autorů ve vývoji nového druhu generátoru rázové vlny a jeho prozatím experimentálního využití v léčbě zhoubných nádorů (Nedělka et al., 2009).



**Obrázek 1 První generátor ESWT v ortopedii, systém HMT Ossatron (Převzato z <http://www.youtube.com/watch?v=igrHLPIEJcc>)**

Možnost pokusit se zvýšit nežádoucí působení rázových vln na měkké nevzdušné tkáně pro destrukci nádorových tkání v onkologii vysokointenzivním fokusovaným ultrazvukem (High Intensity Focused Ultrasound, HIFU) je studována již od počátku 90. let. HIFU vytváří v ohnisku vysoké intenzity akustické energie a jejich destruktivní působení je dáno především zvýšením teploty tkáně v ohnisku. U rázové vlny jde o kombinovaný účinek kavitací a tepelného působení. Na Ústavu fyziky plazmatu Akademie věd České republiky byl vyvinut generátor, který rázovou vlnu vytváří mnohakanálovým výbojem na speciální elektrodě (Beneš, 2004).

Tento princip je zcela nový a umožňuje v jistém rozsahu měnit charakteristiky rázové vlny i generaci dvou po sobě následujících vln. Změna je především ve zvýšení podtlaku s cílem zvýšit hustotu kavitací. Na tomto zdroji byl sledován účinek na suspenzi erytrocytů a lymfocytů, kdy došlo již po 100 rázových vlnách v ohnisku k téměř úplné destrukci buněk. Podobně při expozici tkání parenchymatózních docházelo k makroskopicky patrné destrukci ohnisku i v experimentu in vivo (Beneš, 2004).

V klinické praxi se dnes používá několik typů generátorů rázových vln, které se liší maximální hodnotou tlaku, poměrem tlaku a podtlaku a prostorovým rozložením rázové vlny. Všechny typy generátorů rázových vln využívají elektrickou energii, kterou mění na tlakovou akustickou vlnu. V současné době existuje několik typů generátorů lišících se technickým provedením a fyzikálními vlastnostmi vzniklé rázové vlny a terapeutickou hloubkou průniku do tkání (Nedělka et al., 2009; Stewart, 2012).

Aktuální klinické studie ukazují, že stimulační účinky a terapeutické mechanismy jsou velmi podobné, bez ohledu na fyzikální rozdíly a aplikační oblasti (na povrchu a do hloubky). Přesto se ukazuje, že generátory radiální rázové vlny je vhodnější použít pro ošetření povrchových kloubních či myofasciálních bolestivých syndromů a naopak generátory fokusované rázové vlny pro terapii hlubokých místních bodů bolesti, chronických tendinitid či hlubších triggerpointů (Nedělka et al., 2009; Stewart, 2012).



## 1.3 Generátory rázové vlny

### 1.3.1 Generátory radiální rázové vlny (r-SWT)

Generátory radiální rázové vlny jsou v ČR nejrozšířenější a jsou dostupné na několika desítkách pracovišť. Jsou v nabídce například v přístrojích české provenience BTL řady 5000SWT či švýcarské Storz Masterpuls a EMS Dolorclast. Rázová vlna je zde generována pneumaticky, kdy v aplikátoru rychlým opakovaným pneumatickým pulzem je vystřelován projektil, který naráží na vysílač. Na jeho povrchu se vytváří rázová vlna, která se pomocí aplikátoru cíleně přenáší do hlubokých tkáňových struktur. Pro léčbu pohybového ústrojí pomocí radiální rázové vlny jsou užívány přístroje pracující s výstupními tlaky cca 5 barů, které vytvářejí radiální akustickou tlakovou vlnu nízkou až středně energetickou s energií cca 0,02 - 0,35 mJ/mm<sup>2</sup> pronikající do hloubky tkáně cca 35 mm. energii radiální rázové vlny nelze koncentrovat do jednoho ložiska, jako je tomu u fokusovaných generátorů (Nedělka et al., 2009).

### 1.3.2 Generátory fokusované rázové vlny

Pro léčbu pohybového ústrojí pomocí fokusované rázové vlny jsou užívány přístroje pracující s různou energií, pronikající do hloubky větší než 35 mm. Rázová vlna je pomocí čoček koncentrována do ohniska v léčené struktuře. Různými čočkami (nástavci) lze následně modelovat velikost ohniska (Nedělka et al., 2009).

Fokusované rázové vlny mohou být generovány s elektrohydraulickým, piezoelektrickým či elektromagnetickým generátorem.

#### *Elektrohydraulický generátor*

Nejstarším typem generátorů rázových vln v klinické praxi je elektrohydraulický generátor, vyvinutý německou firmou Dornier počátkem 80. let. Rázová vlna zde vzniká při elektrickém výboji vybitím energie kondenzátoru ve vodě mezi dvěma hroty elektrod. V okolí jiskry dochází k přehřátí kapaliny. Prudká expanze, připomínající malou explozi, se šíří všemi směry jako kulová tlaková vlna, přičemž amplituda tlaku s narůstající vzdáleností klesá. Je nutné tuto energii zpětně koncentrovat, čehož je dosaženo parabolickým reflektorem, který centruje tlak do sekundárního ohniska. Rozměry ohniska

závisí na rozměrech fokusačního elipsoidu (reflektoru). Větší elipsoid soustředí rázovou vlnu do menšího sekundárního ohniska s vyššími tlaky (McClure, 2003; Nedělka et al., 2009).

Ačkoli je stále používán, má jiskrový zdroj řadu stinných stránek. Pozice jiskry je špatně kontrolovatelná, fokusace rázové vlny je kriticky závislá na poloze jiskry ve zdroji. Odklonění jiskry o několik milimetrů (například špatnou kalibraci hrotů elektrod) vede k významnému zhoršení fokusace, prodloužení a rozšíření fokální zóny. Proto jsou elektrody u těchto přístrojů často vyměňovány z důvodu opotřebení. Dalšími nevýhodami jsou vysoká hladina hluku a nevyužitelnost části rázové vlny z důvodu nezaostření (McClure, 2003; Nedělka et al., 2009).

#### *Piezoelektrický generátor*

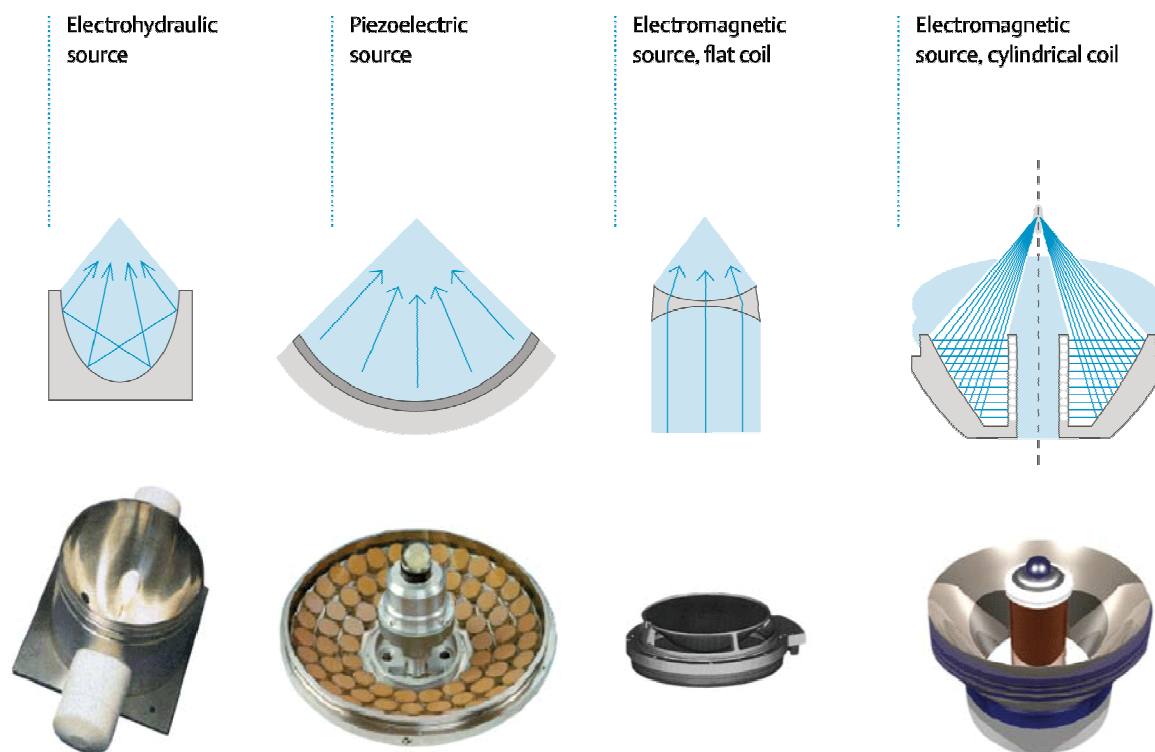
Další typ generátorů rázových vln vznikl o několik let později (1985). Rázová vlna zde vzniká po synchronním kmitu několika stovek piezoelektrických prvků rozmístěných na ploše sférického talíře (část plochy kulového vrchlíku), který umožňuje koncentraci rázových vln do ohniska. Výhodou piezoelektrického generátoru je malé ohnisko, ale i možnost pracovat s vyšší frekvencí. Nevýhodou piezoelektrického generátoru jsou nižší tlaky rázových vln (Mouzopoulos, 2007; Nedělka et al., 2009).

#### *Elektromagnetický generátor*

Princip elektromagnetického generátoru spočívá v kmitu tenké kovové membrány přiléhající k ploché cívice - podobně jako u reproduktoru. Kmitem kovové membrány po průchodu proudového impulsu v cívce vzniká rovinná akustická vlna, která se šíří vodou a je fokusována akustickým systémem čoček do ohniska. Na rozdíl od hydraulického zdroje se nejprve vytváří rovinná akustická vlna s dlouhým trváním a teprve ta se stává na své dráze vlnou rázovou. Nevýhodou těchto generátorů, zejména starších typů, je menší rázová vlna. Další nevýhodou je velmi dlouhé ohnisko oproti hydraulickému generátoru a prohloubená negativní část rázové vlny, která zvýrazní vedlejší účinky (kavitaci) a může vést k traumatizaci okolních tkání (McClure, 2003; Nedělka et al., 2009).

*Ostatní generátory rázové vlny*

Různými modifikacemi zdroje vznikly další generátory rázových vln. Nejpokročilejší uspořádání je uspořádání cylindrické, které využívá odrazu od parabolického reflektoru, který fokusuje rázovou vlnu do ohniska. Výhodou tohoto zdroje je to, že poskytuje přesně regulovatelné rázové vlny na všech energetických hladinách (Nedělka et al., 2009; Stewart, 2012).



Obrázek 2 Generátory ESWT (Převzato z <http://eswt.net/focused-shock-waves>)

## 1.4 Účinky léčby ESWT

Mechanismus účinků ESWT byl za 20 let klinické praxe velmi podrobně studován. A zatímco rozpadu ledvinových kamenů terapií ESWT již dobře rozumíme, tak pokud jde o léčbu ESWT u muskuloskeletálních poruch existuje více teorií. Rázová vlna vyvolá tkáňový rozpadat na mikroskopické úrovni a způsobí intersticiální a extracelulární reakce vedoucí k regeneraci tkání. Úleva od bolesti je přičítána uvolněním enzymů, které ovlivňují nociceptory, podobně jako působení transkutánní elektrické neurostimulace

(TENS), studie ukazují, že důležitější roli zde hraje sama neovaskularizace (Wang et al. 2012; Weil et al., 2002).

Účinky ESWT lze dělit na fyzikální, kdy dojde k porušení kalciových depozit, a biologické s metabolickým, cytoproliferativním a analgetickým účinkem.

#### **1.4.1 Mechanické účinky ESWT - porušení kalciových depozit**

Rázová vlna se skládá z krátké pozitivní fáze charakterizované nárůstem tlaku a poté mnohem delší fáze jeho poklesu - tzv. tensile wave. Klíčovou roli pak hrají molekuly plynu v tkáni. Bublina plynu velikosti 1 mm je při šíření pozitivní fáze vlny komprimována až na 0,5  $\mu\text{m}$ , při poklesu tlaku však dochází k výraznému nárůstu energie uvnitř bubliny, ta rozpínáním expanduje, vytváří kavitaci a generuje druhotnou rázovou vlnu. Již během 80. let bylo experimentálně prokázáno, že stejně jako u ledvinných kamenů i u kalcifikací se uplatňují obě fáze rázové vlny a vedou k poškození integrity povrchu a navození resorpce kalciových depozit. V současnosti je však od této teorie spíše odklon a resorpce depozit v delším časovém úseku je nejspíše dána neovaskularizací, obdobně jako u kostního hojení (Nedělka et al., 2009).

#### **1.4.2 Biologické účinky ESWT**

##### *Kostní metabolismus*

Wang et al. (2012) ve svém článku Rázová vlna u muskuloskeletálních poruch shrnuje studie na zvířatech zkoumající účinky terapie rázové vlny na hojení zlomenin a poškození kloubní chrupavky. Píše že Haupt et al. v experimentálním modelu na potkanech, potvrzuje pozitivní vliv léčby rázovou vlnou na hojení zlomenin, že Johannes et al. dokazuje zlepšení kostního spojení po terapii rázovou vlnou u psů, Wang prokazuje na psech zesílenou tvorbu svalku u akutních zlomenin po terapii rázové vlny a že její účinek se zdá být závislý na čase. Forriol et al., však došel k závěru, že léčba rázovou vlnou může oddálit hojení kostí. Wang vysvětluje konfliktní výsledky odlišnými druhy zvířat a různým dávkováním rázové vlny. Wang prokázal, že vysokoenergetická rázová vlna vytváří výrazně vyšší kostní denzitu, kvalitnější svalek, vyšší obsah vápníku a lepší pevnost kostí než v kontrolní skupině po zlomeninách femuru u králíků. Účinky léčbou nízkoenergetickou

rázovou vlnou byly méně signifikantní. Z toho vyplývá, že účinek rázové terapie na kostní hmotu a pevnost kostí je závislý na dávce a čase (Wang et al., 2012).

Rázová vlna taktéž ovlivňuje buňky kostní dřeni v růstu a diferenciaci, podporuje kostní regeneraci (Wang et al., 2012).

### *Neovaskularizace*

Mezi hlavní biologické účinky RV patří neovaskularizace. Wang et al. (2012) prokázal na zvířatech, že rázová vlna zlepšuje neovaskularizaci s tvorbou nových kapilár jak ve svalu, tak ve šlaše a jejich vzájemném spojení. Rovněž dochází k uvolnění angiogenetického růstového a proliferujícího faktoru, včetně *e* NOS, VEGF, a PCNA. A to tak že *e* NOS a VEGF začali stoupat již za jeden týden po aplikaci rázové vlny a jejich hladina zůstala vysoká po dobu 8 týdnů, poté klesla na výchozí hodnotu 12-tého týdne. Hladina PCNA a neovaskularizace začala stoupat také již v 1. týdnu a trvala po dobu 12 týdnů a déle pokračovala.

Nově vzniklé cévy změni kvalitu prokrvení v dané oblasti a to zapříčiní pozitivní reakci v tkáni. Podpora angiogeneze je pravděpodobně podkladem pro některé ostatní pozitivní účinky ESWT (Wang et al., 2012).

Rompe et al. (1998) prokázal závislost účinku terapie rázovou vlnou na dávce energie, zdá se, že pro léčbu šlach je vhodná energie vyšší než  $0,28 \text{ mJ/mm}^2$ . Studie rovněž prokázala, že vyšší energie rázové vlny ( $0,60 \text{ mJ/mm}^2$ ), statisticky významně zvýší neovaskularizaci, ale také potencionálně způsobí větší tkáňovou reakci a tak zvýší pravděpodobnost možného poškození šlachy.

### *Vliv ESWT na šlachu*

Chronická tendinopatie je častý syndrom manifestující se zvýšenou bolestí a citlivostí v důsledku mukózní a chondroidní degenerace, formování plump tenocytů, zmnožení fibroblastických a myofibroblastických buňek a nepřítomností zánětlivých buněk. Některé studie uvádějí, že u chronické bolestivé tendinopatie je zvýšený výskyt novotvorby nevaskulární substance P - u nervových vláken a naopak snížený výskyt

cévních sympatických nervových vláken. Takto změněná smyslová inervace sympatiku může hrát roli v patogenezi tendinopatie (Wang et al., 2012).

Leone et al. (2012) prokázala na preparátech *in vitro*, že ESWT zlepšuje funkci traumatizované šlachy jak ve smyslu proliferace, tak migrace, což pravděpodobně přispívá k hojení šlachy *in vivo*.

Leone et al. (2012) hodnotil tempo růstu a analyzoval distribuci fází buněčného cyklu jak u traumatizovaných, tak nepoškozených šlach před a po aplikaci ESWT. Statistická analýza ukázala, že zatímco před ošetřením ESWT není významný rozdíl v mitotických schpnostech buněčných kultur, tak po ošetření ESWT v dávce 0,14 mJ/mm<sup>2</sup> (1000 impulsy) došlo k významnému poklesu exprese 2 genových markerů Col I a SCX. U ostatních genových markerů (Col III, TNM a Tn-C) nebyl zaznamenán žádný rozdíl. Dále byla sledována proliferační aktivita tenocytů a je zajímavé, že proliferační aktivita explantovaných tenocytů byla 1,75 násobně vyšší po terapii rázovou vlnou u poškozených šlach než u zdravých. Scratch test hodnotící migraci buněk jasně prokázal zvýšenou buněčnou motilitu po aplikaci ESWT a to ve srovnání s neošetřeným kontrolním vzorkem ( $p < 0,05$ ) a byla více patrná v traumatizovaných šlachách proti zdravým poměr migrační aktivity = 1,3,  $p < 0,05$ .

#### *Vliv ESWT na sval*

Studie na zvířatech ukazují, že svalová tkáň reaguje na aplikaci ESWT především nárůstem funkčních kapilár, který je doprovázen přechodnou mírnou zánětlivou reakcí. Potkanům byly aplikovány dvě různé dávky ESWT - 500 a 1000 rázů s energií 0,08 mJ / mm<sup>2</sup> a frekvencí 4 Hz, výsledky byly porovnány s placebem. Po aplikaci ESWT na rozdíl od placebo došlo k trvalému nárůstu funkčních kapilár, mírnému nárůstu leukocytů a edoteliární výstelky, byl uvolněn angiogenetický růstový a proliferující faktor (Calcagni et al., 2011). Krowowicz et al. (2011) uvádí, že po terapii ESWT dojde za 3, 7 a 21 dnů ke snížení zánětlivých procesů ve svalu a že léčba má pozitivní účinek pouze v tom případě, že je aplikována opakovaně. Studie byla provedena na m. cremaster u 34 potkanů. Zvířata byla rozdělena do 4 skupin a byla jim aplikováno 500 rázů ESWT . 1. skupina (n = 10) byla bez terapie, u 2. skupiny (n = 8) byla sledována reakce

m. cremaster po 3 dnech od aplikace ESWT, 3. skupina (n = 8) 7 dní po aplikaci a 4. skupina (n = 8) 21 dní po aplikaci.

### *Analgetický efekt terapie ESWT*

Van Der Worp et al. zmiňuje několik studií které vysvětlují možný analgetický efekt terapie ESWT. Jedna z možností účinku snížení bolesti po aplikaci ESWT může být analgetická hyperstimulace kterou uvádí Melzack R. et al. (1979). Teorie hyperstimulační analgezie předpokládá zpětnovazebnou stimulaci mozkového kmene, smyčky zahrnují serotoninergní aktivaci zadních rohů míšních, která působí sestupně inhibičně na přenos signálů bolesti. Klinická úleva od bolesti po aplikaci rázové vlny může být také způsobena sníženou produkcí calcitonin gene-related proteinu (CGRP) v dorzálních míšních gangliích nebo prostou inhibicí či denervací příslušných receptorů bolesti po aplikaci ESWT.

Rompe et al. (1998), Maier et al. (2003) a Hausdorf et al. (2008) ve svých studiích na zvířatech popisují analgetický vliv substance P na přenos signálů bolesti v nervovém systému po ošetření ESWT, Takahashi et al. (2003) vysvětluje útlum bolesti snížením calcitonin gene related peptidu (CGRP) v dorzálních míšních gangliích myši a Hausdorf et al. (2008) přikládá analgetický efekt neurovaskulárnímu klíčení. Worp nezapomněl ani zmínit studii Haake et al. (2002), která nezjistila žádný vliv ESWT na substanci P a CGRP.

Nedělka et al. (2009) uvádí studii, kterou publikoval Murata (2006), jež prokazuje vyřazení či specifický útlum aktivity nemyelinizovaných senzitivních nervových vláken při aplikaci ESWT na končetinu experimentálního zvířete. V buňkách zadních rohů míšních je pozorován dlouhotrvající nárůst koncentrace proteinu ATF3 (activation transcription factor 3) a GAP43 (growth-associated phosphoprotein43). Nález vysvětluje jako iniciální poškození periferního nervového vlákna s následnou dlouhodobou desenzitizací.

### *Diferenciace buněk po aplikaci ESWT*

Růst a regenerace tkáně jsou závislé na dodávce nově diferencovaných buněk, jejich zdrojem jsou nediferencované buňky se schopností se množit a diferencovat. Takovoto

buňky se nazývají buňky kmenové nebo progenitorové. Hlavním zdrojem kmenových buněk u dospělého organismu je kostní dřeň, která obsahuje hematopoetické a mezenchymální kmenové buňky (MSC). Progenitorové buňky lze nalézt téměř ve všech orgánech a zde mohou být aktivovány různými podněty. Jedním z těchto podnětů může být právě mechanický podnět v podobě ESWT. Takto vyvolaný mechanický podnět způsobí aktivaci pohybu buněk, mechanickou stabilizaci a dá signál pro jejich množení (Suhr et al., 2010).

## 1.5 Kontraindikace léčby ESWT

Terapie rázovou vlnou musí být nejen léčebná, ale především bezpečná, proto byla stanovena skupina onemocnění či symptomů, při kterých by ESWT neměla být aplikována. Kontraindikace rázové vlny lze rozdělit na absolutní a relativní.

### 1.5.1 Absolutní:

- Warfarinizace a vrozené či získané koagulopatie (hemofilie, von Willebrandova choroba, jaterní selhání s poruchou koagulace)
- Trombóza
- Těhotenství (aplikace v oblasti břicha a beder)
- Aplikace v oblasti růstových zón u dětí
- Polyneuropatie při diabetu (Nedělka et al., 2009; Doležal, 2011)

### 1.5.2 Relativní:

- Antiagregační léčba (ASA)
- Kožní defekty a hnisavá ložiska v cílové oblasti
- Tuberkulóza
- Maligní nádorová onemocnění



- Horečka
- Příznaky akutního infektu
- Oblasti nad varikózně změněnými žilními pleteněmi
- Oblast nad průběhem nervu
- Lokální aplikace steroidů 6 týdnů před aplikací ESWT
- Aplikace v oblasti vzdušných tkání (plíce, sinusy)

(Nedělka et al., 2009; Doležal, 2011)

## 1.6 Nežádoucí účinky léčby

### 1.6.1 Vzácné nežádoucí účinky léčby

V samotných počátcích využití ESWT k léčbě pohybového ústrojí docházelo k závažným, mnohdy život ohrožujícím komplikacím (pneumothorax, barotrauma plic či krvácení do pleurální dutiny). Důvodem byla vysoká energie aplikace (nad 0,6 mJ/mm<sup>2</sup>), nesprávně nastavená vzdálenost ohniska v těle pacienta, nevhodný směr aplikace a použití generátorů vykazujících nadměrnou kavitaci (Nedělka et al., 2009).

### 1.6.2 Méně časté nežádoucí účinky léčby

Spontánní ruptury šlach byly v literatuře rovněž opakovaně zmíněny, většinou k nim došlo po předchozí aplikaci steroidů či při použití nadměrné energie. Poškození šlachy, peritenonea či fibrinoidní nekróza úponu nebyly při EFD = 0,6 mJ/mm<sup>2</sup> a nižší experimentálně prokázány. Přesto u aplikace v oblasti Achillovy šlachy volíme energii pulzu max. 0,36 mJ/mm<sup>2</sup> (Nedělka et al., 2009).

### 1.6.3 Časté nežádoucí účinky léčby

Častými nežádoucími účinky léčby jsou lokální otok měkkých tkání, kožní eroze, přechodné zarudnutí kůže, petechie a hematomy v místě aplikace. Tyto komplikace jsou mírné, přechodné, většinou vymizí do 24 hodin po aplikaci ESWT, a jsou přímo úměrné

aplikované energii. Relativně často dochází během aplikace ke zhoršení lokální bolesti, na které je vhodné pacienta připravit. Compliance pacienta můžeme zlepšit užitím nízké energie (0,1 - 0,15 mJ/mm<sup>2</sup>) s postupným navýšením dávky v průběhu prvního sezení. Aplikace lokálních anestetik v místě zákroku se vzhledem k prokázanému útlumu terapeutické odezvy nepoužívá, při nadměrně bolestivé aplikaci pak volíme výhradně anestezii svodnou (Nedělka, 2009; Mouzopoulos, 2007).

## 1.7 Indikace léčby ESWT

Norma indikací schválená valnou hromadou ISMST 5. 6. 2008.

### **Chronické entezopatie:**

- Plantární fasciitida a symptomatická patní ostruha
- Tendinopatie Achillovy šlachy
- Radiální epikondylitida (tenisový loket)
- Tendinopatie ramene s případnými kalcifikacemi
- Patelární tendinopatie (skokanské koleno)
- Trochanterická bursitida (Greater trochanteric pain syndrome)

### **Porucha hojení kostí:**

- Opožděné hojení kosti
- Zlomeniny z přetížení
- Počáteční fáze avaskulární kostní nekrózy
- Počáteční fáze osteochondrózy po ukončení růstu

**Urologie:**

- Litotrypse – extrakorporální a endokorporální

**Empiricky testované klinické využití:**

- Ulnární epikondylitida (oštěpařský loket)
- Adduktorový syndrom
- Syndrom pes anserinus
- Tendinopatie peroneálních šlach
- Myofasciální bolestivý syndrom (s vyloučenou fibromyalgií)
- Poranění bez diskontinuity
- Porucha hojení ran
- Popáleniny
- Kameny ve slinné žláze

**Experimentálně otestované využití:**

- Spasticita
- Osteochondróza před ukončením růstu
- Morbus Osgood Schlatter
- Induratio penis plastica
- Ischemie myokardu (extrakorporální, endokorporální)
- Léze periferního nervu
- Nebakteriální prostatitis
- Onemocnění paradontu
- Osteoartróza

(Auersperg et al., 2008)

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je retrogradně zhodnotit efektivitu terapie rázovou vlnou u muskuloskeletálních poruch pohybového aparátu u ambulantních pacientů na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole v letech 2008 - 2012. Dále stanovit kolik pacientů bylo ošetřeno v jednotlivých letech 2008 - 2012, jaké onemocnění pohybového aparátu je přivedlo k terapii a zda léčba rázovou vlnou byla účinná. Také chci vyhodnotit vztah mezi účinností terapie rázovou vlnou a délkou obtíží před počátkem terapie a posoudit, zda parametry terapie mohou nějak zásadně ovlivnit výsledek terapie.

### Hypotézy:

Stanovili jsme následující hypotézy, které byly testovány na hladině statistické významnosti  $p \leq 0,05$ :

#### *Hypotéza 1*

$H_0$ : Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt.

$H_1$ : Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt.

#### *Hypotéza 2*

$H_0$ : Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt u patní ostruhy.

$H_1$ : Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u patní ostruhy.

#### *Hypotéza 3*

$H_0$ : Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt u sy. bolestivého ramene.

$H_1$ : Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u sy. bolestivého ramene.

*Hypotéza 4*

H<sub>0</sub>: Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt u laterální epikondylitidy.

H<sub>1</sub>: Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u laterální epikondylitidy.

*Hypotéza 5*

H<sub>0</sub>: Na účinnost terapie rázovou vlnou nemá vliv doba trvání obtíží před začátkem terapie.

H<sub>1</sub>: Účinnost terapie rázovou vlnou je tím menší, čím delší je doba trvání obtíží před začátkem terapie.

*Hypotéza 6*

H<sub>0</sub>: Nejčastěji používaný počet procedur nemá největší terapeutický účinek.

H<sub>1</sub>: Nejčastěji používaný počet procedur má největší terapeutický účinek.

## **3 METODIKA**

### **3.1 Soubor probandů**

Data probandů byla získána z kompletního (byly využity všechny neskartované záznamy) ambulantního archivu pacientů ošetřovaných pouze rázovou vlnou Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole. Probandé neudělili souhlas se zařazením do studie, ale všichni souhlasili s umožněním nahlížení do zdravotnické dokumentace studenty. Pro diplomovou práci byla využita pouze data probandů, kteří absolvovali pouze terapii rázovou vlnou. Žádná jiná vstupní kritéria nebyla použita. Pacienti byli ošetřeni ESWT na přístroji Swiss DolorClast, vyrobeném firmou Electro Medical Systems.

### **3.2 Kontrolní skupina**

Studie je kontrolována kontrolní skupinou 22 pacientů. Data probandů zařazených do kontrolní skupiny byly získány z archivu rehabilitační ambulance MUDr. Zuzana Šírová a Rehabilitace Budějovická. Probandé neudělili souhlas se zařazením do studie, ale všichni souhlasili s umožněním nahlížení do zdravotnické dokumentace studenty. Pro zařazení do souboru probandů musela být splněna následující kritéria: pacient trpěl některou z diagnóz (patní ostruha, syndrom bolestivého ramene, laterální epikondylitida), čekal na fyzioterapeutické ošetření 5 týdnů bez použití jakékoli formy terapie, úpravy obuvi – vložky či jinou formu fyzikální terapie a určení velikosti bolesti na základě vizuální analogové škály (VAS) na počátku a na konci 5 týdenního čekání na terapii.

### **3.3 Sledované znaky**

#### **3.3.1 Efektivita terapie**

Při sledování efektivity terapie rázovou vlnou jsem sledovala počet ošetřovaných pacientů v letech 2008-2012 na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní

nemocnice v Motole a zhodnotila jsem výslednou efektivitu ošetřených diagnóz. Pouze u necelých 2/3 pacientů byla popsána hodnota bolesti podle vizuální analogové škály a u 16 pacientů chybělo jakékoli zhodnocení terapie, proto jsem efektivitu terapie označila termíny: *zlepšení, ani zlepšení ani zhoršení, zhoršení a nehodnotitelé*.

### 3.3.2 Efektivita terapie kontrolní skupiny

Probandé kontrolní skupiny stanovili při vstupním vyšetření rehabilitačním lékařem a po 5 týdnech čekání na terapii velikost bolesti podle VAS. Na základě získaných údajů jsem zhodnotila efekt neterapeutického období na charakter bolesti, které jsem ohodnotila termíny: *zlepšení, ani zlepšení ani zhoršení, zhoršení a nehodnotitelé*.

### 3.3.3 Délka obtíží před počátkem terapie

Dále jsem sledovala délku obtíží před počátkem terapie rázovou vlnou a výsledný efekt léčby. Probandy jsem si rozdělila do 4 skupin: *0-3 měsíce; 4-6 měsíců; 7-12 měsíců; více než 12 měsíců* a u každé skupiny jsem zaznamenala výsledky terapie termíny: *zlepšení, ani zlepšení ani zhoršení, zhoršení a nehodnotitelé*.

### 3.3.4 Parametry terapie

Posledním sledovaným znakem byly parametry terapie. U probandů jsem zaznamenávala *celkový počet procedur* vztažený k výsledku terapie a hodnocený termíny *zlepšení, ani zlepšení ani zhoršení, zhoršení a nehodnotitelé*.

Dalšími parametry byly počet rázů, používané frekvence a používané tlaky. Hodnocením těchto parametrů jsem se pro velký rozptyl dat nezabývala.

## 3.4 Sběr dat

Ke sběru dat byl využit archiv: Fakultní nemocnice v Motole, ambulantní archiv pacientů ošetřených pouze rázovou vlnou kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství.

A pro kontrolní skupinu probíhal sběr dat rovněž z archívu: MUDr. Zuzana Šírová a Rehabilitace Budějovická, ambulantní archiv od 01.01.2013 do 06.04.2013.

### 3.5 Statistická analýza

Pro statistickou analýzu efektivity terapie jsme použili Fisherův přesný test (1922; 1954). Tento test vyhodnocuje intenzitu závislosti dvou náhodných veličin (počítá přímo p-hodnotu) a používá se tehdy, pokud není k dispozici dostatečný počet dat (např. pokud je počet v některé zkoumané skupině menší než deset). Test porovnává výsledky *Léčené* a *Neléčené* (kontrolní) skupiny.

Pro statistickou analýzu vztahu mezi účinností terapie rázovou vlnou a dobou trvání obtíží před začátkem a pro statistickou analýzu nejvyššího účinku celkového počtu procedur jsme použili metodu lineární regrese.



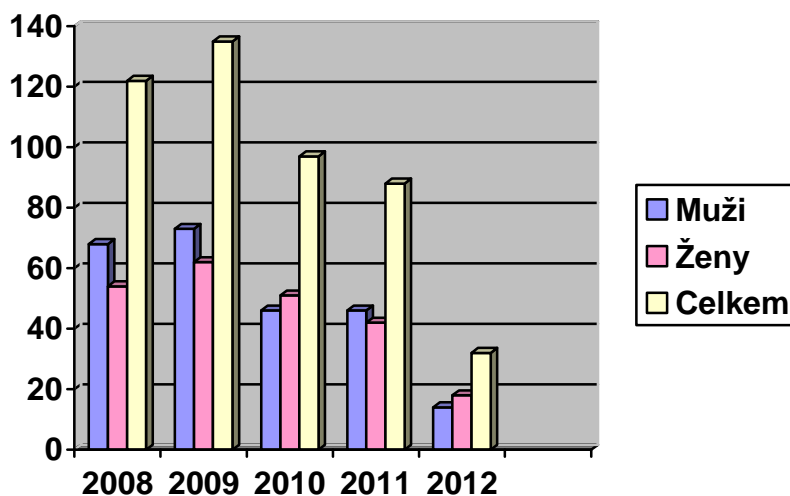
## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Ošetření pacienti v letech 2008-2012

Celkem bylo ESWT ošetřeno 475 pacientů, z toho 227 žen a 248 mužů viz tabulka 1 a obrázek 3. Nejvíce pacientů bylo ošetřeno v roce 2009 a to 135, poté následovaly roky 2008 s 122 pacienty, rok 2010 s 97 pacienty, rok 2011 s 88 pacienty a v roce 2012 bylo ošetřeno pouze 33 pacientů.

	2008	2009	2010	2011	2012
Muži	68	73	46	46	14
Ženy	54	62	51	42	18
<b>Celkem</b>	<b>122</b>	<b>135</b>	<b>97</b>	<b>88</b>	<b>32</b>

Tabulka 1 Ošetření pacienti na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství v letech 2008-2012



Obrázek 3 Ošetření pacienti na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství v letech 2008-2012

#### 4.1.1 Ošetřené diagnózy v letech 2008-2012

Pacienti byli léčeni rázovou vlnou pro poruchy muskuloskeletálního systému především na horních a dolních končetinách viz tabulka 2. Rázová vlna byla aplikována nejčastěji pacientům s diagnózou patní ostruha (207 probandů), poté následovali diagnózy

syndrom (sy.) bolestivého ramene (80 probandů) a laterální epikondylitida (78 probandů), ostatní diagnózy měly relativně menší výskyt.

	muži	ženy	celkem
CB sy	1	2	3
Kontuze ramenního kloubu	1	0	1
Artróza ramenního kloubu	0	1	1
Sy. bolestivého ramene	46	34	80
Fraktura humeru	3	2	5
Epikondilalgie laterální	49	29	78
Epikondilalgie laterální i mediální	3	1	4
Epikondilalgie mediální	15	4	19
Bolest loketního kloubu	1		1
Úponová bolest m. biceps brachii	1	0	1
Sy. karpálního tunelu	1		1
Sy. LSp	3	2	5
Bolest sedacího hrbolu	3		3
Sy. bolestivého třísla	7		7
Entezopatie kyčelního kloubu	1	3	4
Coxartróza	1		1
Trochanterická burzitida		1	1
Tenditida pelvitrochanterická	2	3	5
Sy. bolestivého stehna	1		1
Parciální ruptura m. RF/ HMS	1	1	2
Femoropatelární poruchy	4		4
Entezopatie QF	2		2
Kalcifikace m. QF po TEP	1		1
Kalcifikace m. QF potraumatická	1		1
Kontraktura stehenního svalu	2		2
Gonartróza	1	2	3
Bolesti kolene	2	1	3
Entezopatické bolesti fibuli	1		1
Kontuze kotníku		1	1
Bolesti lýtky	1		1
Tenditida AŠ	7	6	13
Entezopatie tibialis posterior		1	1
Bolest paty (entezopatie)	7	1	8
Plochá noha		1	1
Entezopatie os naviculare		2	2
Bolest plantární aponeurozy	1		1
Patní ostruha	77	129	206
<b>CELKEM</b>	<b>247</b>	<b>227</b>	<b>474</b>

**Tabulka 2 Seznam diagnóz ošetřených pacientů na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství v letech 2008-2012**

## 4.2 Statistická analýza efektivity terapie

### 4.2.1 Celková efektivita terapie – hypotéza 1

Pro celkovou efektivitu terapie jsme si stanovili následující hypotézy :

$H_0$ : Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt.

$H_1$ : Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt.

Při sledování efektivity terapie rázovou vlnou jsem sledovala výslednou efektivitu podle ošetřených diagnóz. Výsledné zhodnocení terapie bylo označeno termíny *zlepšení, ani zlepšení ani zhoršení, zhoršení a nehodnotitelné* viz tabulka 3, 4 a 5. ESWT byla aplikována 474 pacientům a pozitivní efekt terapie byl u 325 probandů (68,57%).

	zlepšeno	ani zlepšeno/ani zhoršeno	zhoršeno	nehodnotitelné
CB sy			1	2
Kontuze ramenního kloubu	1			
Artróza ramenního kloubu	1			
Sy. bolestivého ramene	60	15	2	3
Fraktura humeru	4	1		
Epikondilalgie laterální	53	18	6	1
Epikondilalgie laterální i mediální	2	2		
Epikondilalgie mediální	7	9	2	1
Bolest loketního kloubu	1			
Úponová bolest m. biceps brachii				1
Karpální tunel	1			
<b>CELKEM</b>	<b>130</b>	<b>45</b>	<b>11</b>	<b>8</b>

Tabulka 3 Efekt terapie RV - horní končetina

	zlepšeno	ani zlepšeno/ani zhoršeno	zhoršeno	nehodnotitelné
Sy LSp	1	4		
Bolest sedacího hrbolu	1			2
Sy. bolestivého třísla	4	1		2
Entezopatie kyčelního kloubu	3		1	
Coxartróza	1			
Trochanterická burzitida	1			
Tenditida pelvitrochanterická	3	2		
Sy. bolestivého stehna				1
Parciální ruptura m. RF/HMS	1			1
Femoropatelární poruchy	4			
Entezopatie QF	2			
Kalcifikace m. QF po TEP	1			

Kalcifikace m. QF potraumatická	1			
Kontraktura stehenního svalu	1	1		
Gonartróza	1	1		1
Bolesti kolene	3			
Entezopatická bolesti fibuli	1			
Kontuze kotníku				1
Bolesti lýtka		1		
Tenditida AŠ	11	2		
Entezopatie tibialis posterior				1
Bolest paty (entezopatie)	3	4		1
Plochá noha	1			
Entezopatie os naviculare		2		
Bolest plantární aponeurozy	1			
Patní ostruha	150	42	8	6
<b>CELKEM</b>	<b>195</b>	<b>60</b>	<b>9</b>	<b>16</b>

Tabulka 4 Efekt terapie RV - dolní končetina

	celkem	zlepšeno	ani zlepšení ani zhoršení	zhoršeno	nehodnotitelné
Celkem	22	1	13	8	
Patní ostruha	7	1	3	3	
Sy. ramenního kloubu	8		5	3	
Epikondylalgie laterální	7		5	2	

Tabulka 5 Efekt neterapeutického 5 týdeního čekání na terapii u kontrolní skupiny

Pro statistickou analýzu celkové efektivity terapie jsme použili Fisherův přesný test (1922; 1954). Test porovnává výsledky *Léčené* a *Neléčené* (kontrolní) skupiny. V první fázi jsme nejprve zredukovali počet skupin probandů. Zachovali jsme skupinu s výsledným účinkem terapie *zlepšeno*, skupiny s výsledným efektem *ani zlepšeno/ani zhoršeno* a *zhoršeno* jsme sloučili do jedné (*nezlepšeno*), skupinu *nehodnotitelné* jsme z dalšího uvažování vyloučili. Z výsledných dat jsme vytvořili kontingenční tabulku viz tabulka 6.

Fisherův přesný test pak určil pravděpodobnost, že není rozdíl mezi léčenou a neléčenou skupinou,  $p = 1,12 \cdot 10^{-10}$ . Můžeme tedy zamítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní: „*Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt.*“

	Léčená skupina	Neléčená kontrolní skupina
Zlepšeno	325	1
Nezlepšeno	125	21

Tabulka 6 Kontingenční tabulka pro výpočet procentuálního vyjádření výsledku terapie

#### 4.2.2 Efektivita terapie patní ostruhy – hypotéza 2

$H_0$ : Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt u patní ostruhy.

$H_1$ : Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u patní ostruhy

Rázová vlna byla aplikována nejčastěji pacientům s diagnózou patní ostruha (207 probandů, viz tabulka 2) terapii jako úspěšnou hodnotilo 150 probandů (72,81%).

Pro statistickou analýzu efektivity terapie u onemocnění patní ostruhy, sy. bolestivého ramene a laterální epikondylitida jsme použili stejnou metodu testování, tedy Fisherův přesný test .

Fisherův přesný test určil pravděpodobnost závislosti mezi léčenou a neléčenou skupinou  $p = 0,00176$ , čímž můžeme vyvrátit nulovou hypotézu a přijmout alternativní hypotézu: „*Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u patní ostruhy.*“

#### 4.2.3 Efektivita terapie sy. bolestivého ramene – hypotéza 3

$H_0$ : Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt u sy. bolestivého ramene.

$H_1$ : Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u sy. bolestivého ramene.

U probandů s diagnózou sy. bolestivého ramene byla terapie rázovou vlnou aplikována v 80 případech, viz tabulka 2. A pozitivní terapeutický účinek byl sledován u 60 pacientů (75%).

V tomto případě byla Fisherovým přesným testem vypočtena pravděpodobnost závislosti mezi léčenou a neléčenou skupinou  $p = 0,00002247$ . Nulovou hypotézu tedy zamítneme a můžeme přijmout alternativní hypotézu: „*Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u sy. bolestivého ramene.*“

#### 4.2.4 Efektivita terapie laterální epikondylitidy – hypotéza 4

$H_0$ : Terapie rázovou vlnou nemá žádný terapeutický efekt u laterální epikondylitidy.

$H_1$ : Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u laterální epikondylitidy.

U probandů s diagnózou laterální epikondylitidy byla terapie rázovou vlnou aplikována v 78 případech, viz tabulka 2. Pozitivní léčebný efekt nahlásilo 53 pacientů (67,95%).

V tomto případě byla Fisherovým přesným testem vypočtena pravděpodobnost závislosti mezi léčenou a neléčenou skupinou  $p = 0,00058056$ . Zamítáme nulovou hypotézu a přijímáme hypotézu alternativní: „*Terapie rázovou vlnou má pozitivní terapeutický efekt u laterální epikondylitidy.*“

#### 4.3 Délka obtíží před počátkem terapie – hypotéza 5

$H_0$ : Na účinnost terapie rázovou vlnou nemá vliv doba trvání obtíží před začátkem terapie.

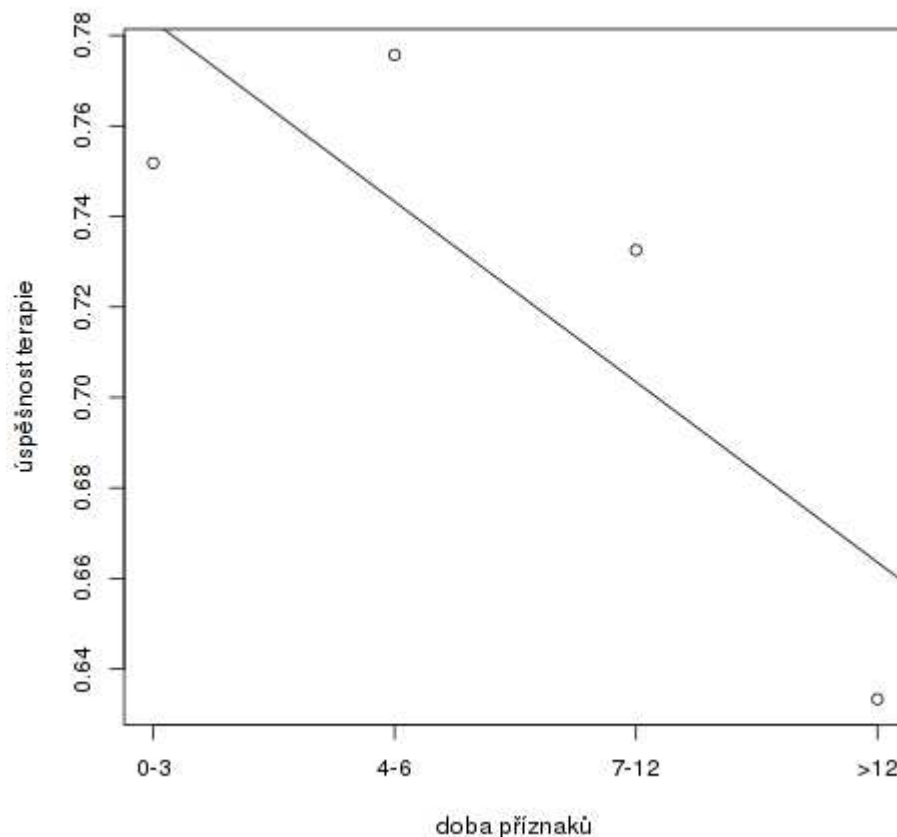
$H_1$ : Účinnost terapie rázovou vlnou je tím menší, čím delší je doba trvání obtíží před začátkem terapie.

Na základě znalostí o neuroplasticitě víme, že při dlouhodobých změnách pohybových stereotypů vyvolaných primárním onemocněním dojde ke změně korové mapy proti normálu. To je důvod proč předpokládáme, že účinnost terapie rázovou vlnou je tím menší, čím delší je doba trvání obtíží před začátkem terapie. Dobu trvání obtíží před začátkem terapie jsme si rozdělily na období *0 – 3 měsíce; 4 – 6 měsíců; 7 – 12 měsíců a déle než 12 měsíců* viz tabulka 6. Vycházeli jsme z definice chronické bolesti, která zní: Syndrom chronické nenádorové bolesti se vyznačuje stížností na bolest tělesnou nebo útrobní trvajících déle než 3–6 měsíců. (van Vlieta, Heneghan, 2005; Doležal et al., 2008, s. 3).

Doba příznaků	Zlepšení	Ani zlepšení ani zhoršení	Zhoršení	Nehodnotitelné	Celkem pacientů
0-3 měsíce	104	26	8	7	131
4-6 měsíců	82	21	3	5	121
7-12 měsíců	63	20	3	7	97
více než 12měsíců	76	38	6	5	125

Tabulka 6 Doba příznaků před zahájením terapie ESWT

Pro statistickou analýzu vztahu mezi účinností terapie rázovou vlnou a dobou trvání obtíží před začátkem jsme použili metodu lineární regrese. Nejprve jsme procentuálně vyjádřili zlepšené výsledky terapie vztahované k celkovému počtu hodnotitelných výsledků terapie (*zlepšení, ani zlepšení/ani zhoršení, zhoršení*) pro jednotlivé délky obtíží před počátkem terapie a vypočtená data jsme zobrazili v grafu obrázek 4.



Obrázek 4 Graf pro výpočet metody nejmenších čtverců, kdy na ose Y je procentuální úspěšnost terapie a na ose X je doba příznaků

Metoda lineární regrese pak aproximuje data lineární funkcí (přímku) ve tvaru:

$$y = ax + b,$$

Vzorec 1

kde parametry  $a$  (*směrnice*) a  $b$  (*posunutí*) se spočítají metodou nejmenších čtverců tak, aby suma čtverců vzdáleností bodů od přímky byla minimální. Vypočtené koeficienty mají hodnotu  $a = -0.03986$  a  $b = 0.82301$ , přičemž a výsledná přímka byla vynesena do grafu Obrázek 4. K určení variance mezi daty a přímkou jsme vypočetli korelační koeficient, který má hodnotu  $r^2 = 0,6767725$ . To znamená, že lineární závislost mezi dobou příznaků a úspěšností terapie lze vyzorovat, i když není příliš silná.

## 4.4 Parametry terapie

### 4.4.1 Celkový počet procedur – hypotéza 6

Hypotéza  $H_0$ : Nejvíce používané parametry terapie (počet procedur) nemají největší terapeutický účinek.

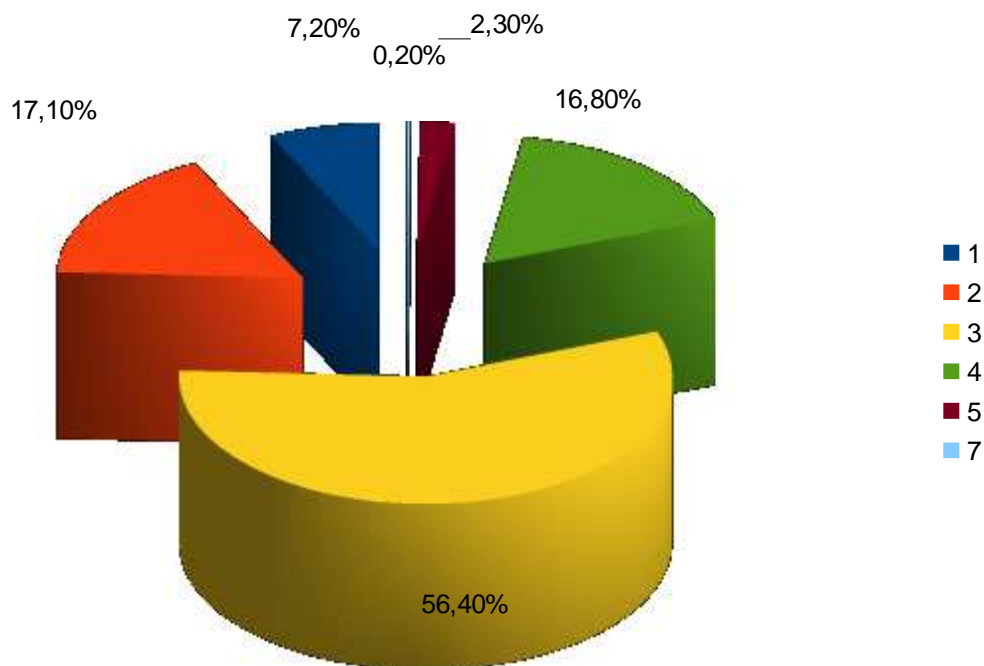
Hypotéza  $H_1$ : Nejvíce používané parametry terapie (počet procedur) mají největší terapeutický účinek.

Mnohé studie prokázaly, že klinický výsledek léčby ESWT závisí na množství celkové aplikované energie, počtu léčebných sezení, radiologických/morfologických rysech depozitu, a míře rozpadu. Pacienti ošetření na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole absolvovali od 1 do 7 terapií rázové vlny v týdenních intervalech. Největší skupina pacientů 267 (56,40%) byla ošetřena ESWT ve třech sezeních, z této skupiny nahlásilo pozitivní efekt terapie 201 probandů. Pacientům, u kterých nedošlo po 3 terapiích ke zlepšení, byla indikována další léčba rázovou vlnou, tito lidé pak absolvovali 4, 5, nebo 7 terapií viz tabulka 7, 8 a 9; obrázek 5.



Počet procedur celkem	Celkový počet pacientů	Podíl v procentech
1	34	7,20%
2	81	17,10%
3	267	56,40%
4	80	16,80%
5	11	2,30%
7	1	0,20%

Tabulka 7 Celkový počet procedur - podíl pacientů v procentech



Obrázek 5 Celkový počet terapií - podíl pacientů v procentech

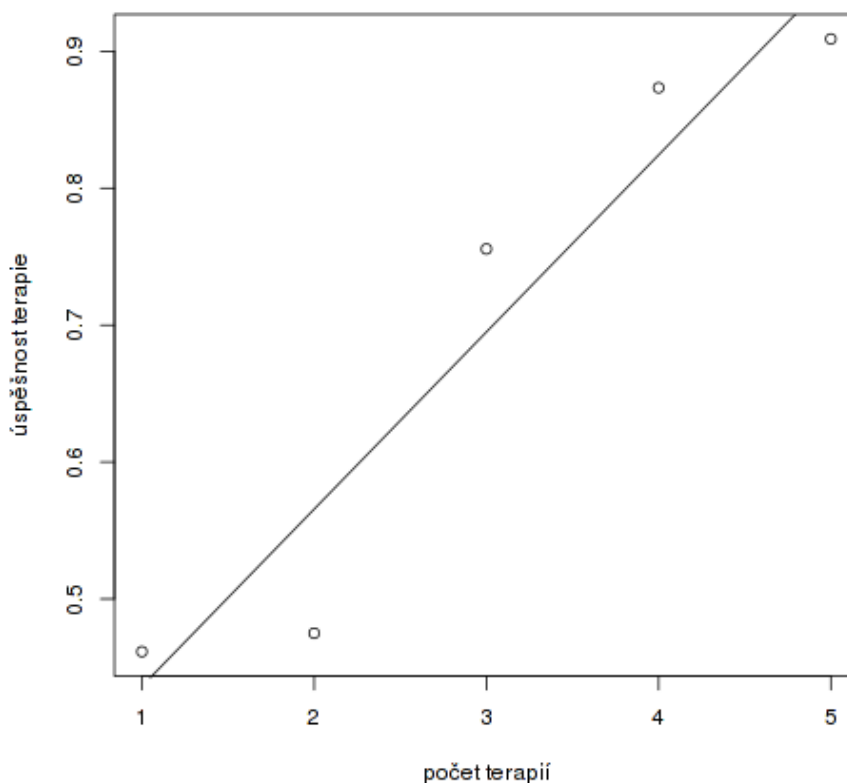
Počet procedur celkem	Zlepšení	Ani zlepšení ani zhoršení	Zhoršení	Nehodnotitelné	Celkem pacientů
1	6	4	3	21	34
2	38	36	6	1	81
3	201	56	9	1	267
4	69	9	1	1	80
5	10		1		11
7	1				1

Tabulka 8 Celkový počet procedur (absolutní čísla)

Počet procedur celkem	Zlepšení	Ani zlepšení ani zhoršení	Zhoršení	Nehodnotitelné
1	17,64	11,76	8,82	61,76
2	46,91	44,44	7,4	1,23
3	75,28	20,97	3,37	0,37
4	86,25	11,25	1,25	1,25
5	90,9	0	9,09	0
7	100	0	0	0

Tabulka 9 Procentuální vyjádření výsledku terapie vztahované k celkovému počtu procedur

Rovněž pro statistickou analýzu nejvyššího účinku parametru procedury – celkového počtu procedur jsme použili metodu lineární regrese. Opět jsme procentuálně vyjádřili zlepšené výsledky terapie vtaženému k celkovému počtu hodnotitelných výsledků terapie (zlepšení, ani zlepšení/ani zhoršení, zhoršení) pro jednotlivé počty procedur, které probandi absolvovali a data vynesli do grafu obrázek 6.



**Obrázek 6** Graf pro výpočet metody nejmenších čtverců, kdy na ose Y je procentuální úspěšnost terapie a na ose X je počet terapií

Metodou nejmenších čtverců jsme pak našli koeficienty  $a = 0,1294$ ;  $b = 0,3069$  a přímkou jsme rovněž nakreslili do grafu viz obrázek 6. Již pouhým okem je zřejmé, že lineární závislost mezi počtem terapií (samozřejmě pro počet terapií v rozsahu  $\langle 1,5 \rangle$ ) je o dost větší než v předchozím případě, o čemž svědčí i vypočtený korelační koeficient, který má hodnotu  $r^2 = 0,9081185$ .

#### 4.4.2 Počet rázů

Počet rázů je vždy individuální, rázová vlna je aplikována do celé funkční oblasti a tudíž závisí na velikosti ošetřované plochy, pohybuje se od 100 do 5000 rázů na jednu terapii.

#### 4.4.3 Používané frekvence

Dle zvyklostí Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole je doporučována frekvence na ošetření měkkých tkání 4; 8; 12 Hz zatímco frekvence 3; 5; 7 Hz je spíše směřována pro ošetření v oblasti okostice. Rázová vlna byla nejčastěji aplikována o frekvenci 4; 8; 12 Hz (z 92,78%). Ostatní frekvence byly zastoupeny jen velmi malým počtem probandů. Vzhledem k velkému množství používaných frekvencí je u velkého množství frekvencí malý počet probandů, nemůžeme tedy hodnotit úspěšnost terapie pro jednotlivé používané frekvence.

#### 4.4.4 Používané tlaky

Tlak je dán individuálně podle tělesné konstituce probanda, hloubky ošetřované tkáně a subjektivního vnímání probanda. Vzhledem k velkému množství používaných tlaků je u velkého množství tlaků malý počet probandů, nemůžeme tedy hodnotit úspěšnost terapie pro jednotlivé používané tlaky, stejně tak neznáme tělesnou konstituci jednotlivých probandů. Nejčastější tlak pro aplikaci ESWT byl zvolen mezi 2 a 2,1 barů (47,89% aplikací).

## 5 DISKUZE

O fyzikálních principech rázové vlny toho víme výrazně více než o mechanismech působení rázových vln na muskuloskeletální onemocnění.

Mechanismus účinku rázové vlny má několik teorií. Wang et al. (2005) předpokládá, že terapie rázovou vlnou odstraní vápenné usazeniny pomocí molekulární absorpce spojené se zvýšenou neovaskularizací a zlepšením cirkulace v přechodu šlachy v kost a tak způsobí lepší hojení tkání. Ludwig et al. (2001) předpokládá, že pacientům s nekrózou femorální hlavice, úlevu od bolesti a zlepšení Harris hip score jeden rok po terapii rázovou vlnou, způsobilo zlepšení krevního oběhu. Takahashi et al. (2003) v preklinické studii na krysím modelu potvrzuje, že po aplikaci ESWT je zvýšená neovaskularizace na úrovni spojení šlacha - kost, rovněž dochází ke zvýšení angiogenetických markerů. Tento účinek se objevil 8 týdnů po terapii rázovou vlnou a přetrvával po dobu 12 týdnů po aplikaci.

Přestože někteří autoři upřednostňují teorii přímého mechanického rozpadu, jiní autoři mluví spíše o vlivu dlouhodobé hyperstimulační analgezie. Jedním z těch, kteří nepodporují teorii rozpadání kalciových depozit je Haake et al. (2002), protože ve své studii nenašel významný rozdíl mezi terapií ESWT přesně zaměřenou na vápenatou usazeninu a tou která dostávala ESWT na tuberculum majus. Perlick et al. (2003) předpokládal, že resorpce kalcifikujících depozit se vyvolá pomocí běžného buněčného mechanismu a ne přes přímou fyzickou dezintegraci, což potvrzuje rentgenologickými snímky.

Mouzopoulus et al. (2007) nabízí vysvětlení v nedostatečném přenosu energie, který může být dán velkým rozdílem v impedanci kalciových depozit a okolní tkáně. Mají-li vápenaté usazeniny vysoký podíl hydroxiapatitu, což je velmi pevná struktura, potřebujeme pak jejich dezintegraci a následnému zkapalnění podstatně vyšší energii, než kdyby tkáně měly podobnou hustotu.

Skutečnost, že pozitivní klinické výsledky nejsou nevyhnutelně v kombinaci s radiologicky evidentní resorpcí kalcifikujících depozit zdůrazňuje skutečnost, že rázové vlny jsou dobře schopny vyvolat analgezi. Tento analgetický efekt popisuje i Daecke et al. (2002), který zaznamenal snížení bolesti a celkové zlepšení funkce u významného počtu pacientů ošetřených rázovou vlnou bez zjevného rozpadu vápenatých usazenin. Tento efekt byl však jen dočasný, po 6 měsících se pacientům obtíže vrátily.

Mouzopoulus et al. (2007) cituje několik teorií na jakém principu by analgetický efekt ESWT mohl fungovat. Teorie hyperstimulační analgezie předpokládá zpětnovazebnou stimulaci mozkového kmene, smyčky zahrnují serotoninergní aktivaci zadních rohů míšních, která působí sestupně inhibičně na přenos signálů bolesti. Klinická úleva od bolesti po aplikaci rázové vlny může být také způsobena sníženou produkcí calcitonin gene-related proteinu (CGRP) v dorzálních míšních gangliích nebo prostou inhibicí či denervací příslušných receptorů bolesti po aplikaci ESWT.

Van Der Worp et al. zmiňuje další studie o principu analgetického efektu ESWT, například studii Hausdorf et al. (2008), která popisuje analgetický vliv substance P na přenosu signálů bolesti v nervovém systému po ošetření ESWT, Haake et al. (2002) však nezjistily žádný vliv ESWT na substanci P a CGRP. Wang (2012) přikládá analgetický efekt neurovaskulárnímu klíčení, které zlepší prokrvení tkání zahájí opravy chronicky zanícených tkání a následnou regeneraci.

Najdou se ale i negativní pohledy na terapii rázovou vlnou, podle Poděbradského, Poděbradské (2009) je to zbytečně razantní terapeutická metoda, která je nedostatečně teoreticky podložená.

Z výsledků vyplývá že efektivita terapie sledované v letech 2008 - 2012 na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole je  $p = 1,12 \cdot 10^{-10}$ . Výhodou této retrogradní studie je velký počet probandů (474), možnost dlouhého časového sběru dat a nemožnost sugestivního ovlivnění pacientů. Nevýhodou je nedostatečnost některých údajů. Pouze u necelých 2/3 pacientů byla popsána hodnota bolesti podle vizuální analogové škály a u 16 pacientů chybělo jakékoli zhodnocení terapie, proto jsem zhodnotila efektivitu terapie ESWT termíny zlepšení, ani zlepšení ani zhoršení, zhoršení a nehodnotitelné.

Studie je kontrolovaná kontrolní skupinou 22 pacientů, kteří byly ponecháni bez terapie po dobu 5 týdnů, pacientům bylo doporučeno, aby opravdu nepoužili žádnou formu terapie. Pětileté období bez terapie bylo zvoleno z hlediska toho, že naprostá většina 473 z celkového počtu 474 pacientů byla ošetřena v 1-5 terapiích a vzhledem k tomu, že většina autorů doporučuje pouze 3 terapie s týdenní frekvencí. Víme, že skupina 22 probandů je příliš malý vzorek pro porovnávání výsledků terapie, je tedy nutné provést studii, ve které kontrolní vzorek pacientů bude stejně rozsáhlý jako léčená skupina.

Sestavení takovéto studie může být ovšem velmi komplikované možná až neetické, protože je pro kontrolní skupinu nutné nechat probandy bez jakékoli terapie.

Nejčastěji ošetřovanou diagnózou byla patní ostruha 206 pacientů (43%), z toho bylo ošetřeno 129 žen a 77 mužů. Zlepšeno bylo 150 probandů (72,81%). To se shoduje i se studií kterou uvedl Moretti et al. (2006). Studie sledovala 54 atletů-běžců léčených pro plantární fasciitidu spojenou s patní ostruhou. Pacienti byli léčeni nízkenergetickou extracorporální rázovou vlnou ve čtyřech sezeních s frekvencí jednou týdně. Kontroly probíhaly za 45 dní, 6 a 24 měsíců po poslední aplikaci. Klinické výsledky byly vynikající v 59% případech, dobré ve 12%, uspokojivé u 21% a výrazně neuspokojivé 8%. Podle rentgenologického vyšetření před a po terapii nebyl u pacientů zaznamenán signifikantní rozdíl v patní ostruze, nicméně ultrazvukové vyšetření po 24 měsících ukázalo vymizení známek zánětu v 61% případů, což koreluje s klinickými výsledky.

Další nevýhodou zpětného sledování efektivity terapie je nemožnost zhodnocení další doprovodné léčby. U všech pacientů bylo uvedeno, že byli seznámeni s rehabilitačním programem. Rehabilitační program byl zaměřen na uvolnění, protažení, strečink, nácvik centrovaného postavení a stabilizaci. Rompe et al. (2007, 2008a, 2008b) vypracoval zajímavý cyklus studií hodnotící terapii ESWT a kompenzační cvičení. První z trilogie randomizovaných kontrolních studií porovnává tři léčebné strategie tendinopatie Achillovy šlachy (střední části- midsubstance). Sedmdesát pět pacientů s více než 6 měsíců trvajícím chronickým onemocněním, kteří absolvovali jednu z řízených více než 3 měsíčních neúspěšných terapií (peritendinální lokální injekce, nesteroidní protizánětlivé léky, rehabilitace) rozdělil do 3 skupin. 1. skupina cvičila podle specifického cvičebního programu nazvaného excentrické zatížení. Pacienti cvičili podobu 12 týdnů, přičemž po dobu 6 týdnů byla sledována správnost cvičení. 2. skupina byla léčena nízkenergetickou rázovou vlnou. Léčba se konala ve 3 sezeních v týdenních intervalech. Při každé terapii bylo použito 2000 impulsů s tlakem 3 bar (to odpovídá energetické indukci 0,1 mJ/mm<sup>2</sup>) s léčbou frekvencí 8 impulsů/sec, bez lokální anestezie. 3. skupina byla ponechána bez terapie (Wait-and-see strategie), pacientům bylo doporučeno, aby opravdu nepoužili žádnou formu terapie, úpravu obuvi či jinou formu fyzikální terapie. Po 4 měsících od zahájení studie bylo zjištěno, že terapie rázovou vlnou a excentrické cvičení má srovnatelné pozitivní výsledky a tudíž je lze doporučit jako léčebnou proceduru, na rozdíl od Wait-and-see strategie, která se ukázala zcela neúčinnou (Rompe et al. 2007).

Rompe et al. (2008a) na základě výsledků své předešlé studie hodnotí efektivitu léčby chronické tendinopatie Achillovy šlasy, tentokrát její inzertní části. Cílem studie bylo ověření a porovnání účinnosti excentrického zatížení (specifický cvičební program) a opakované léčby nízkenergetickou rázovou vlnou. Padesát pacientů, majících více než 6 měsíců tendinopatii inzertní porce Achillovy šlasy, kteří absolvovali některou z uvedených terapií (lokální injekci anestetika nebo kortikosteroidy, nesteroidní protizánětlivé léky, nebo fyzioterapii) déle než 3 měsíce bez léčebného efektu, byli rozděleni do 2 skupin. Primární sledování pacientů bylo po čtyřech měsících a poslední kontroly proběhly jeden rok po dokončení počáteční léčby. U všech měřených výsledků, skupina, která obdržela léčbu rázovou vlnou vykazovala výrazně příznivější výsledky než skupina léčená excentrickým zatížením ( $p = 0,002$  až  $p = 0,04$ ).

Rompe et al. (2008b) jde dál a na základě výsledků svých předešlých studií s tendinopatií Achillovy šlasy testuje, zda kombinovaný přístup excentrického zatížení (specifický cvičební program) a opakované léčby nízkenergetickou rázovou vlnou by mohl vést k ještě lepším výsledkům, než samostatná léčba nízkenergetickou rázovou vlnou. Šedesát osm pacientů, majících více než 6 měsíců tendinopatii střední porce Achillovy šlasy, kteří absolvovali některou z uvedených terapií (lokální peritendinální injekce, nesteroidní protizánětlivé léky, nebo fyzioterapii) déle než 3 měsíce bez léčebného efektu, byli rozděleni do 2 skupin. 1. skupina byla léčena pouze nízkenergetickou rázovou vlnou, zatímco 2. skupina měla kombinovaný přístup. Výsledky byly zaznamenány po 4 měsících a po 1 roce od zahájení studie. Přestože došlo ke zlepšení u obou léčených skupin, všechna měření výsledků vykazují významně lepší hodnoty u kombinovaného přístupu léčby a to v obou sledovaných časech beze změny.

Rasmussen (2008) vypracovává randomizovanou, dvojitě zaslepenou studii, jejíž cílem je porovnání fyzioterapeutického cvičebního programu s ESWT na jedné straně a na straně druhé fyzioterapeutický cvičební program s placebem u chronické tendinopatie Achillovy šlasy. 48 pacientů bylo rozděleno do 2 skupin, do aktivní ESWT nebo sham ESWT (placebo). Pacienti byli léčeni po dobu 4 týdnů, a spolu s aktivní nebo sham rázovou vlnou absolvovali fyzioterapeutický program, který se skládal z protahovacích cviků a excentrického zatížení. Výsledky byly vyhodnoceny po 4, 8 a 12 týdnech. Přestože došlo ke zlepšení v obou skupinách tak výraznější pozitivní efekt byl v aktivně ESWT léčené skupině a toto pozitivum se ještě zvýraznilo v 8 a 12 týdnu po ošetření.



Zatím co u tendinopatie Achillovy šlachy zhodnotil Rompe et al. (2008a) ESWT jako efektivnější než excentrické zatížení, tak u trochanterické bursitidy vykázal domácí cvičební program lepší výsledky. Rompe et al. (2009) hodnotil dvě stě dvacet devět pacientů s trochanterickou bursitidou a jejich reakci na tři možnosti léčby. První skupina cvičila podle domácího vzdělávacího programu zaměřeného na uvědomění si pohybu, uvolnění a posílení svalů hýždí a stehna, 2. skupina měla jednorázovou místní injekční aplikaci kortikosteroidů (25 mg prednisolonu) a třetí skupina byla léčena nízkenergetickou radiální rázovou vlnou. Léčba se konala ve 3 sezeních v týdenních intervalech. Při každé terapii bylo použito 2000 impulsů s tlakem 3 bar (to odpovídá energetické indukci  $0,1 \text{ mJ/mm}^2$ ) s léčbou frekvencí 8 pulsů/sec, bez lokální anestezie. Výsledky byly zaznamenány na začátku a po 1, 4, a 15 měsících. Po prvním měsíci od začátku terapie byla úspěšnost léčby na straně kortikosteroidů (úspěšnost 75%), zatímco domácí program pouhých (7%) a léčba rázovou vlnou (13%). Ale po 4 měsících léčba rázovou vlnou vedla k výrazně lepším výsledkům (68% zlepšení), kortikosteroidy (51%) a domácí program (41%). Patnáct měsíců od začátku léčby byl stanoven jako nejúspěšnější domácí cvičební program (80% zlepšení), léčba rázovou vlnou (74%) a kortikosteroidy (48%).

Rozdílné závěry v úspěšnosti terapie rázovou vlnou a fyzioterapeutického cvičebního programu nalézám v samotném hodnocení odlišných diagnózách (tendinopatie Achillovy šlachy x trochanterická bursitida) a tím pádem i v samotných cvičebních programech.

Druhou nejčastěji ošetřovanou diagnózou byl syndrom bolestivého ramene, 80 pacientů, z toho 46 mužů a 34 žen. Pozitivní terapeutický účinek byl sledován u 60 pacientů (75%). Je třeba zmínit, že bolesti v oblasti ramenního kloubu mohou mít různé příčiny, ale jejich obraz může být stejný. Sedláčková (2013) rozděluje podle etiologie syndrom na poruchy svalstva rotátorové manžety, zánětlivé nebo degenerativní 65%, z 11% se podílí kapsulitida – zánět kloubních obalů, 10% tvoří akromioklavikulární patologie, která zahrnuje primární poruchy akromioklavikulárního kloubu a jimi způsobené sekundární změny, 5% bolestí mají původ v krční páteři – vertebrogenní obtíže při funkčních nebo organických změnách a 9% bolestí je z jiné příčiny.

Cacchio et al. (2006) vypracoval jednoduchou slepou, randomizovanou, kontrolovanou studii na radiální shock-wave terapii za účelem vyhodnocení efektivity ESWT u kalcifikující tendinitidy ramene. Devadesát pacientů s radiologicky ověřenou

kalcifikující tendinopatií ramene bylo náhodně rozděleni do léčené (n = 45), nebo kontrolní skupina (n = 45), která byla ošetřena neléčebnou dávkou ESWT. Bolest, úroveň funkčnosti a radiografické změny v kalcifikaci byly hodnoceny před a po ošetření ESWT a následně za 6 měsíců. Výsledky naznačují, že léčená skupina vykazuje zlepšení ve všech parametrech analyzovaných po léčbě. Kalcifikace zcela zmizely v 86,6% a částečně v 13,4% pacientů ve skupině léčené. V kontrolní skupině k celkovému vymizení kalcifikace nedošlo, pouze k částečnému a to u 8,8% osob.

Poslední diagnózou, o které bych se chtěla zmínit, je laterální epikondylitida. Onemocnění bylo zastoupeno v 78 případech a to 49 mužů a 29 žen. Pozitivní léčebný efekt nahlásilo 53 pacientů (67,95%), 18 pacientů nevysledovalo žádný terapeutický efekt a 6 pacientů si stěžovalo na zhoršení svých obtíží, jeden pacient se nevyjádřil k terapii. Laterální epikondylitida, vzhledem k vysoké úspěšnosti léčby, byla jako jedna z prvních diagnóz schválených pro léčbu ESWT.

Ozuturan et. al. (2010) vypracoval studii jejímž cílem bylo zhodnotit krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé účinky kortikosteroidních injekcí, injekcí autologní krve a léčby mimotělní rázovou vlnou při léčbě laterální epikondylitidy. Šedesát pacientů s laterální epikondylitidou náhodně rozdělil do 3 skupin: 1. skupina obdržela injekce kortikosteroidů, 2. skupina injekce autologní krve a 3. skupina mimotělní rázovou vlnu. Pro hodnocení byli pacienti vyšetřeni Thomsen provokativním testem pro horní končetinu, a maximal grip strength. Za 4, 12, 26, a 52 týdnů byly porovnány výsledky jednotlivých terapií. Zatímco kortikosteroidní injekce měly výrazně lepší výsledky po 4 týdnech. Míra úspěšnosti ve 3 skupinách byla 1. skupina 90%, 2. skupina 16,6%, a 3. skupina 42,1%. Tak u 52 týdne se poměry úspěšnosti jednotlivých terapií zcela obrátily 1. skupina po aplikaci injekcí kortikosteroidů měla pouze 50% úspěšnost, 2. skupina s injekcemi autologní krve 83,3% úspěšnost a 3. skupina po léčbě mimotělní rázovou vlnou 89,9% úspěšnost. Výsledky studie napovídají, že terapie kortikosteroidními injekcemi má sice zpočátku výrazně lepší výsledky, ale z dlouhodobého hlediska je terapie rázovou vlnou podstatně účinnější.

Na základě znalostí o neuroplasticitě, která byla prokázána u řady muskuloskeletálních onemocnění, víme, že při onemocnění pohybového aparátu dojde ke změně korové mapy proti normálu. Tyto změny jsou relativně rychlé Hayashi et al. (2002) tvrdí, že k dramatické změně mapy dojde už při 100 opakováních. Při dlouhodobých změnách pohybových stereotypů vyvolaných primárním onemocněním dojde

k anatomickým změnám v synaptické organizaci nervového systému. To je důvod proč jsme předpokládaly, že účinnost terapie rázovou vlnou je tím menší, čím delší je doba trvání obtíží před začátkem terapie. K určení závislosti mezi daty jsem vypočetla korelační koeficient, který má hodnotu  $r^2 = 0,6767725$ . To znamená, že lineární závislost mezi dobou příznaků a úspěšností terapie lze vyzorovat, i když není příliš silná. (van Vlieta, Heneghan, 2005; Hayashi et al. 2002)

Mnohé studie prokázaly (Peterse et al., 2004; Rompe et al., 1998), že klinický výsledek léčby ESWT závisí na množství celkové aplikované energie, počtu léčebných sezení, radiologických/morfologických rysech depozitu, a míře rozpadu. Pacienti ošetření na klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole absolvovali od 1 do 7 terapií rázové vlny v týdenních intervalech. Největší skupina pacientů 267 (56,40%) byla ošetřena ESWT ve třech sezeních, z této skupiny nahlásilo pozitivní efekt terapie 75,28% probandů. Pacienti, u kterých nedošlo po 3 terapiích ke zlepšení, bylo indikováno další ošetření rázovou vlnou, tito lidé pak absolvovali 4, 5, nebo 7 terapií. S každou další návštěvou se zlepšuje efektivnost terapie. Největší zlepšení je patrné při celkové počtu sedmi terapií, ovšem vzhledem k velmi malému počtu probandů (1 proband), nelze tento výsledek uvažovat. Na základě statistiky, kdy vypočtený korelační koeficient má hodnotu  $r^2 = 0,9081185$  a výsledků zobrazených v tabulce 9; obrázek 6, lze vyslovit předpoklad, že s vyšším celkovým počtem procedur stoupá účinnost terapie. Pro nízký počet probandů (11) vynecháme z uvažování i celkový počet pěti procedur. Jako neúspěšnější se poté jeví celkový počet čtyř procedur ( 86,25% zlepšení), nejméně úspěšná terapie je v případě jedné procedury ( 17,64% zlepšení), i když v tomto případě se na výsledku podílí také velké procento nehodnotitelných výsledků. Bohužel nevíme, proč pacienti, kteří absolvovali 1 nebo 2 procedury rázovou vlnou bez léčebného efektu, v terapii dále nepokračovali. Krokowicz at al. (2011) uvádí, že léčba pomocí ESWT má účinek pouze pokud je aplikována opakovaně. Spolu se znalostmi získanými z této studie a mojí diplomové práce bych doporučovala, aby minimální počet aplikací byl 3, a aby nebyla terapie ukončená po jedné nebo dvou aplikacích.

Rázová vlna byla nejčastěji aplikována o frekvenci 4; 8; 12 Hz (z 92,78%). Dle zvyklostí kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole je doporučována frekvence na ošetření měkkých tkání 4; 8; 12 Hz zatímco frekvence 3; 5; 7 Hz je spíše směřována pro ošetření v oblasti okostice. Bohužel pro tento konsensus jsem

nenášla doporučení v literatuře. Cacchio et al. (2006) využívá u kalcifikující tendinitidy ramene frekvence 4, 5 a 10 Hz a Rompe et. al. (2007) u tendinopatie Achillovy šlasy 8 Hz. Vzhledem k tomu, že v daných studiích nebyl rozdíl v efektivitě terapie ESWT u rozdílných frekvencí, lze usuzovat, že aplikace různých frekvencí nebude mít zásadní vliv na účinnost terapie.

Nejčastější tlak pro aplikaci ESWT byl zvolen mezi 2 a 2,1 barů (47,89% aplikací). Tlak je dán individuálně podle tělesné konstituce probanda, hloubky ošetřované tkáně a subjektivního vnímání pacienta. Stejně individuální je i počet rázů, který závisí na velikosti ošetřované plochy, při terapii jsou ošetřeny jak svaly tak šlasy včetně vápenatých usazenin, a pohybuje se od 100 do 5000 rázů na jednu aplikaci. Nicméně řada autorů upřednostňuje jednotnou dávku 2000 rázů na jedno ošetření rázovou vlnou - Moretti et al. (2006) při léčbě plantární fasciitidy, Haake et al. (2001) u léčby kalcifikující tendinitidy či Ozuturan et. al. (2010) při terapii laterální epikondylitidy. Rozdíl je dán způsobem aplikace zatímco u jednotné dávky 2000 rázů, je ošetřen pouze jeden bod, tak u individuálního počtu rázů je léčena celá funkční oblast.

Peterse et al. (2004) tvrdí, že množství dodané energie ovlivňuje klinické výsledky a odstranění depozitu. Lepší klinické výsledky, včetně úlevy od bolesti a depozitní resorpce, jsou spojeny s vysokou energetickou úrovní aplikace. Dokládá to prospektivní kontrolovanou, dvojitě slepou a randomizovanou studii, ve které vyšetřoval klinický výsledek a radiologické rysy vápenatých depozit, vzhledem k účinnosti různých energetických úrovní ESWT u kalcifikující tendinitidy ramene. Ve studii rozdělili 90 pacientů s přetrvávající bolestí ramene déle než 6 měsíců do tří skupin, první byla aplikována ESWT s energetickou hladinou 0,15 mJ/mm<sup>2</sup>, druhá skupina měla aplikovanou ESWT s energetickou hladinou 0,44 mJ/mm<sup>2</sup> a třetí skupině byla aplikována energie pod úrovní terapeutické dávky. Pacienti měli velikost vápenatých usazenin v rozmezí 1 až 3 cm v průměru. Léčba byla poskytnuta v 6-týdenních intervalech do doby vymizení příznaků. Pacienti, kteří obdrželi nízkou hladinu energie zažili menší bolest při ošetření, ale absolvovali asi čtyřikrát více aplikací, než došlo k vymizení příznaků, ve srovnání s pacienty, kteří obdrželi vysokou energetickou hladinu ( $p < 0,001$ ). Po 6-ti měsíčním dalším sledování pacientů léčených nízkou hladinou energie měly zbytkovou kalcifikaci a opakování bolesti 87% probandů, ale u pacientů léčených vysokou hladinou energie nebyla reziduální kalcifikace nebo opakování bolesti přítomna. 3 pacienti (8%) ošetření

neterapeutickou dávkou informovali o intermitentním mírném zmírnění bolesti, ale ne do té míry, že by bylo možné snížit nebo odstranit bolest protizánětlivými léky, a 26 z nich (92%) nemělo úlevu vůbec. Kromě toho, u žádného z pacientů léčených placebo terapií nedošlo k transformaci nebo úplnému vyřešení vápenatých depozit.

Schofer (2009) ale uvedl prospektivní, kontrolovanou, randomizovanou studii, která neprokázala žádný statisticky významný rozdíl mezi nízkoenergetickou a vysokoenergetickou ESWT. Studie byla provedena za účelem porovnat účinek vysokoenergetické a nízkoenergetické rázové vlny při léčbě rotátorové manžety. Čtyřicet pacientů bylo rozděleno do 2 skupin. Pacienti v intervenční skupině obdrželi 6000 impulsů s vysokou energií (EFD + 0,78 mJ/mm<sup>2</sup>) ve 3 sezeních v lokální anestezii. Pacienti v kontrolní skupině obdrželi 6000 pulsů nízkoenergetické ESWT (EFD + 0,33 mJ/mm<sup>2</sup>) také v lokální anestezii. Pacienti byli sledováni 12 týdnů a jeden rok po léčbě rázovou vlnou. Zvýšená funkce a snížení bolesti byly nalezeny v obou skupinách ( $p < 0,001$ ). Ačkoli zlepšení Constant skóre bylo vyšší v high-energie v porovnání se skupinou s nízkou energetickou skupinu, statistické analýzy neukázaly, žádný významný rozdíl mezi skupinami ve vztahu ke všem sledovaným parametrům (Constant skóre, bolest a subjektivní zlepšení) po 12 týdnech léčby a jeden rok sledování.

Na první pohled došel Peterse et al. (2004) a Schofer (2009) k rozdílným závěrům. Ale při bližším zkoumání zjistíme, že Peterse et al. (2004) zkoumá energetické hladiny ESWT 0,15 mJ/mm<sup>2</sup> a 0,44 mJ/mm<sup>2</sup>, přičemž energetickou hladinu 0,44 mJ/mm<sup>2</sup> shledává úspěšnější, zatímco Schofer (2009) se zabývá energetickými hladinami 0,33 mJ/mm<sup>2</sup> a 0,78 mJ/mm<sup>2</sup>, které mají stejný účinek. Vyplývá z toho tedy, že vyšší energetické hladiny ESWT 0,33 mJ/mm<sup>2</sup> - 0,78 mJ/mm<sup>2</sup>, budou účinnější než nižší energetické hladiny 0,15 mJ/mm<sup>2</sup>.

Gerdesmeyer (2008) ve své dvojité slepé, randomizované studii porovnává efekt terapie ESWT s placebem. Studie probíhala na 245 pacientech, majících více než 6 měsíců plantární fascitidu, kteří absolvovali nejméně 2 nefarmakologické a 2 farmakologické neúspěšné, byli rozděleni do 2 skupin. První skupina byla léčena ESWT a 2. skupina byla léčena sham ESWT, přičemž ani pacienti ani terapeuté nevěděli, kteří pacienti jsou zařazeni do aktivně léčené skupiny. Podmínkou pro zařazení do studie byl souhlas s 6 týdenní přípravnou fází, jejíž cílem bylo odeznění jakéhokoli jiného analgetického účinku. Terapie probíhala ve 3 návštěvách po 14 dnech a léčená skupina absolvovala 2000

impulsů s hustotou energie toku  $0,16 \text{ mJ/mm}^2$  a frekvencí 8 Hz. Výsledky byly stanoveny za 12 týdnů a za 12 měsíců. Úspěšnost terapie rázovou vlnou ve 12 týdnech je 61,0% ve srovnání s placebo skupinou jen 42,2% ( $p = 0,0020$ ). Tato převaha byla ještě výraznější po 12 měsících.

Mají-li technické parametry provedení rázové vlny tak zásadní vliv na její účinnost, je tomu tak i v porovnání tangenciální a kolmé aplikaci? Tornese et al. (2008) tvrdí na základě své studie že ne. Autor porovnává kolmou (perpendicular) a tangenciální technikou terapie mimotělní rázovou vlnou u pacientů s diagnózou patní ostruha. Čtyřicet pět pacientů s anamnézou nejméně šest měsíců bolesti paty rozdělil do dvou skupin. Skupina A ( $n = 22$ ) byla ošetřena ESWT perpendiculárně, u skupiny B ( $n = 23$ ) byla použita tangenciální technika. Obě skupiny měly 3 sezení s odstupem 1 týdně. Subjektivní a objektivní údaje byly shromážděny pomocí Mayo klinického skórovacího systému za 2 a 8 měsíců po terapii a ve výsledném hodnocení nebyl zaznamenán žádný rozdíl mezi oběma použitými ESWT. Nicméně tangenciální technika byla lépe snášena, vzhledem k vyvolané bolesti, a proto by umožnila vyšší energii terapeutické dávky.

Jeden z často zmiňovaných nežádoucích účinků je bolest, je opravdu nutné aby si pacienti plně uvědomovali léčbu? Rompe et al. (2005) tvrdí, že ano, dokazuje to ve své studii na osmdesáti šesti pacientech s chronickou plantární fasciitidou. Pacienti byli náhodně rozděleni do skupin dostávajících buď nízkooenergetickou ESWT bez lokální anestezie ( $n = 45$ ), nebo s lokální anestézií ( $n = 41$ ). Terapie probíhala jednou týdně po dobu 3 týdnů, pacienti obdrželi 3 x 2000 pulsy, o celkové energii  $0,09 \text{ mJ/mm}^2$ . Pacienti měli hodnotit bolest číselnou stupnicí 0-10 bodů. Po absolvování terapie nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi oběma skupinami, ale po 3 měsících, průměrná skóre bolesti ve skupině bez lokální anestezie bylo  $2,2 \pm 2,0$  bodů zatímco pacienti ve druhé skupině s lokální anestézií hlásili  $4,1 \pm 1,5$  bodů. Průměrný rozdíl mezi skupinami byl 1,9 bodů (95% CI: [01/01-07/02 bodů],  $p < 0,001$ ). Z toho vyplývá, že aplikace lokální anestezie před léčbou nízkooenergetickou ESWT snižuje účinnost rázové vlny.

Rompe et al. (2005) prokázal, že biofeedback zlepšuje efektivitu léčby ESWT, nicméně Sabeti-Aschraf et al. (2005) na základě své prospektivní, randomizované, jednoduše zaslepená studie navrhuje léčbu ESWT po určení lokalizace navigačním systémem, pokud je k dispozici. Autoři rozdělili 50 pacientů s kalcifikující tendinitidou, trpících přetrvávající bolestí ramene po dobu delší než 6 měsíců, do dvou skupin. První skupina

měla zaměřena kalciová depozita 3 - dimenzionálně, pomocí počítače navigace, 2. skupina měla lokalizovanou oblast aplikace na základě klinických a rentgenologických výsledků spolu s lokalizací přes feedback pacienta (palpační lokalizace bodu maximální citlivosti). Pacientům byly aplikovány celkem tři terapie s konstantní nízkou energií (1000 impulsů a 0,08 mJ/mm<sup>2</sup>) v týdenních intervalech v obou skupinách. Výsledky studie odhalily statisticky významné zlepšení v skupině s navigačním zaměřením. V této skupině mělo 15 pacientů vynikající výsledky, ve srovnání s 5 pacienty ve skupině se zpětnou vazbou ( $p < 0,001$ ). Dobré výsledky byly zaznamenány u 3 pacientů s navigací a 9 u pacientů se zpětnou vazbou ( $p = 0,041$ ). V navigační skupině došlo k 6 vymizením a 9 změnám vápenatých usazenin, ve srovnání s 1 zmizením a 12 změnám ve feedback skupině.

Radwan et. al. (2007) porovnává chirurgickou léčbu chronického tenisového lokte s vysokoenergetickou ESWT u padesáti šesti pacientů, kteří měli bolesti lokte více než šest měsíců. V randomizované studii rozdělil pacienty na dvě skupiny. Skupina 1 (n = 29) byla ošetřena fyzikální léčbou 1500 rázů 18 kV (0,22 mJ/mm<sup>2</sup>) po lokální anestezii, skupina 2 (n = 27) byla léčena perkutánní tenotomií na extensor communis. Obě skupiny byly hodnoceny za 3, 6, 12 týdnů a 12 měsíců po ošetření. Míra úspěšnosti (podle Roles and Maudsley score) ve skupině léčené ESWT byla 65,5%, zatímco skupina léčená tenotomií ukázala 74,1% úspěšnost. Výsledky naznačují, že ESWT je léčba užitečná a může snížit potřebu chirurgické léčby.

Haake et al. (2001) porovnává skutečné náklady na ESWT a chirurgický zákrok u pacientů s onemocněním ramenního kloubu. 60 pacientů s kalcifikující nebo nekalcifikující tendinitidou musculus supraspinatus bylo prospektivně v nerandomizované rozděleno do 2 skupin. Indikace pro ESWT nebo OP dostali analogicky. Podmínkou pro zařazení do studie bylo, že pacienti byli léčeni nejméně 6 týdnů bez léčebného efektu. Operovaní pacienti museli mít 12 týdnů po operaci stanoven klinický úspěch terapie. Pacienti léčení ESWT absolvovaly 2 návštěvy v týdenním rozestupu, v případě kalcifikující tendinitidy, a léčbu 2000 impulzy s hustotou toku energie ES 0,35 mJ/mm<sup>2</sup>, nebo 3 návštěvy v týdenní periodě, v případě tendinitidy musculus supraspinatus, a léčbu 2000 impulzy s hustotou toku energie ES 0,08-0,14 mJ/mm<sup>2</sup> bez místního znecitlivění. Celkové finanční náklady byly stanoveny do 12 týdnů po terapii. Náklady na terapii ESWT se pohybovaly od 2700 eur do 4300 eur za pacienta, zatímco chirurgická léčba stála od 13400 eur 23450 eur, tedy přibližně 5-7 krát více. Přibližně 65% nákladů za pacienta je

způsobeno ztrátou produktivity na pracovišti. Větší trauma způsobené operativním zákrokem vede k delší rekonvalescenci pacientů a tím odpovídajícím způsobem vyšší socioekonomické zátěži.

Studie prokázaly, že účinnost této metody je udržována mnoho let. Pacienti, kteří absolvovali léčbu ESWT, při níž došlo ke kompletnímu rozpuštění vápenatých usazenin, mají dobré klinické výsledky bez opakování kalciových depozit minimálně 3 roky.

Wang et al. (2003) stanovil účinnost léčby rázovou vlnou u kalcifikující tendinitidy ramene na základě prospektivní, kontrolované, klinické studie na 2 až 3 roky. Třicet pacientů (31 případů), léčených rázovou vlnou s 1000 impulsy a 14 kV, bylo sledováno po dobu 24 a 30 měsíců. Celkové výsledky studie jsou: v 60,6% výborný efekt terapie, 30,3% dobrý efekt, 3,0% slušný a 6,1% chudý ( $p < 0,001$ ). Příznak recidivy byl u 6,5% pacientů. Úplná resorpce vápníkových depozit byla v 57,6% pacientů, částečné u 15,1%, a v nezměněné podobě 27,3% ( $p < 0,001$ ). Fragmentace depozit byla vidět v 16,7% pacientů. Doba potřebná pro vyloučení vápenatých depozit je v rozmezí od 2 týdnů do 3 měsíců. Žádný z pacientů ošetřených ESWT, při níž došlo ke kompletnímu rozpuštění vápenatých usazenin, neměl opakovaný výskyt vápenatých depozit po dobu dvou let od aplikace terapie RV.

Tato studie je retrográdní má mnoho výhod, především velký počet probandů (474), možnost dlouhého časového sběru dat a nemožnost sugestivního ovlivnění pacientů, má ale i své limity. První myšlenkou bylo nejenom zhodnotit efektivitu terapie ESWT u funkčních poruch muskuloskeletálního systému, ale i porovnat její efektivitu u různých onemocnění pohybového aparátu. Porovnání výsledků terapie by bylo však nerelevantní, jelikož pouze u tří onemocnění byl adekvátní vzorek probandů. Rovněž by bylo výhodnější kdybychom znaly u všech pacientů hodnotu bolesti podle vizuální analogové škály, nebo alespoň jakékoli zhodnocení terapie ESWT u všech pacientů. Probandé z ambulantního archivu pacientů ošetřovaných pouze rázovou vlnou Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole byli seznámeni s rehabilitačním programem. Jistě by bylo zajímavé zhodnotit, zda by efektivita terapie rázovou vlnou byla úspěšnější, kdybychom použili stejný model jako Rompe et al. (2008b), který nechal jednu skupinu pacientů spolu s aplikací ESWT cvičit podobu 12 týdnů, přičemž 6 týdnů bylo sledováno provedení cviků. Víme, že tangenciální a kolmá aplikace nemá na účinnost terapie rázovou vlnou zásadní vliv. Nicméně tangenciální technika byla lépe snášena, vzhledem k vyvolané



bolesti, a proto by umožnila vyšší energii terapeutické dávky Tornese et al. (2008). Na základě této zkušenosti by bylo rovněž zajímavé sledovat, zda bodová aplikace, kterou provádí většina autorů studií (Peterse et al., 2004; Rompe et al., 2007; Sabeti-Aschraf et al., 2005) je stejně účinná jako aplikace do celé funkční oblasti, kterou provádí na Klinice rehabilitace. Posledním limitem, o kterém bych se chtěla zmínit, je kontrolní skupina. Studie je ověřená kontrolní skupinou 22 pacientů a to je příliš malý vzorek pro porovnání výsledků terapie. Je tedy nutné provést studii, ve které kontrolní vzorek pacientů bude stejně rozsáhlý jako léčená skupina. Sestavení takovéto studie může být eticky velmi komplikované, vzhledem k tomu, že je pro kontrolní skupinu nutné nechat probandy bez jakékoli terapie.

## ZÁVĚR

Rázovou vlnu využíváme k léčbě funkčních poruch muskuloskeletálního systému více než deset let, přesto však přesný mechanismus terapie rázovou vlnou zůstává neznámý. Z experimentů na zvířatech víme, že ESWT vyvolává kaskádu biologických odpovědí a řadu molekulárních změn, včetně neovaskularizace a up-regulace angiogenetického růstového a proloferujícího faktoru, které vedou ke zlepšení krevního zásobení a regeneraci tkání.

Tato studie hodnotila efektivitu terapie rázovou vlnou na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Motole v letech 2008 – 2012. Studie byla ověřena kontrolní skupinou 22 pacientů, kteří byli ponecháni bez terapie. Celkem bylo ošetřeno 474 ambulantních pacientů kteří absolvovali pouze rázovou vlnu. Nejvíce pacientů bylo ošetřeno v roce 2009 a to 135 probandů. Celková efektivita terapie rázovou vlnou byla  $p = 1,12 \cdot 10^{-10}$ . Pozitivní efekt terapie shledalo 325 probandů (68,57%). Efektivita terapie rázovou vlnou u pacientů s onemocněním patní ostruha byla  $p = 0,00176$ . Terapii jako úspěšnou hodnotilo 150 probandů (72,81%). Efektivita terapie rázovou vlnou u pacientů s onemocněním syndromu bolestivého ramene byla  $p = 0,00002247$ . Výsledek terapie jako pozitivní uvedlo 60 pacientů (75%). Efektivita terapie rázovou vlnou u pacientů s onemocněním laterální epikondylitidy byla  $p = 0,00058056$ . A pozitivní léčebný efekt nahlásilo 53 pacientů (67,95%). Studie dále hodnotila vztah mezi účinností terapie rázovou vlnou a dobou trvání obtíží před počátkem terapie. Korelační koeficient tohoto vztahu byl  $r^2 = 0,6767725$ . To znamená, že lineární závislost mezi dobou příznaků a úspěšností terapie lze vyzorovat, i když není příliš silná. Naproti tomu lineární závislost mezi počtem terapií nejvyššího účinku a celkového počtu procedur je o dost větší než v předchozím případě, o čemž svědčí i vypočtený korelační koeficient, který má hodnotu  $r^2 = 0,9081185$ . Z výsledků zobrazených v tabulce 9; obrázek 6, lze vyslovit předpoklad, že s vyšším celkovým počtem procedur stoupá účinnost terapie.

Rázová vlna je nová šetrná časově nenáročná léčebná metoda, která nezatěžuje pacienta. Má vysokou účinnost při nepatrných vedlejších účincích. Podstatně zkracuje dobu léčení a pozitivní terapeutický efekt je dlouhodobí až trvalý. To jsou důvody proč má ESWT značný potenciál nahradit řadu chirurgických ortopedických a estetických operačních intervencí bez rizik souvisejících s operačním výkonem. Ale i přesto by měla

být rázová vlna spíše doplňující metoda fyzikální terapie, než jediná terapeutická intervence.

## POUŽITÁ LITERATURA

- BENEŠ, J. Fyzika rázových vln v medicíně. , *Zdraví E15, Příloha: Lékařské listy, Mladá fronta, Zdravotnické noviny* [online]. 2004, č. 15, publikováno 8.4.2004 [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/fyzika-razovych-vln-v-medicine-160300>. ISSN 1212-4184.
- CACCHIO, A. et al. Effectiveness of Radial Shock-Wave Therapy for Calcific Tendinitis of the Shoulder: Single-Blind, Randomized Clinical Study, *Physicol Therapy* . [online]. 2006, vol. 86, no 5, s. 672-682, [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.razovka.cz/index.php?klinikke-studie>. ISSN 1538-6724 (Electronic).
- CALCAGNI, M. et al. Microvascular Response to Shock Wave Application in Striated Skin Muscle, *Journal of Surgical Research* [online]. 2011, vol.171, no. 1, s. 347-354 [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022480409013353>. , ISSN 0022-4804.
- DAECKE, W. et al. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in tendinosis calcarea of the rotator cuff. Long-term results and efficacy. *Der Orthopäde*. [online]. 2002, vol. 31, no. 7, s. 645-51 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12219662>. ISSN 1433-0431 (Electronic)
- DOLEŽAL, T. Léčba rázovou vlnou a biostimulačním laserem *Practicus* [online]. 2011, č. 8, s. 15-18 [cit. 2013-03-29]. Dostupný z WWW: <http://web.practicus.eu/sites/cz/Stranky/Archiv.aspx>. ISSN 1213-8711.
- DOLEŽAL, T. et al. *BOLEST: Doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře*. Praha: Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře Společnost všeobecného lékařství, novelizace 2008. s. 24, ISBN 978-80-86998-23-7
- FAKULTNÍ NEMOCNICE V MOTOLE. *Ambulantní archiv pacientů ošetřovaných pouze rázovou vlnou kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství*. rozsah 2008-2012.
- FISHER, R., A. On the interpretation of  $\chi^2$  from contingency tables, and the calculation of P. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1922, vol. 85, no. 1, s. 87–94. doi:10.2307/2340521. JSTOR 2340521.

- FISHER, R., A. *Statistical Methods for Research Workers*. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1954. 356 s. ISBN 0-05-002170-2.
- FÓGEL, K. Fyzikální základy extrakorporální litotrypse. *Česká urologie* [online]. 2010, roč. 14 č. 2, s. 73-80 [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW: <http://www.czechurol.cz/detail.php?stat=383>. ISSN 1211-8729.
- GERDESMEYER, L. et al. Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy Is Safe and Effective in the Treatment of Chronic Recalcitrant Plantar Fasciitis Results of a Confirmatory Randomized Placebo-Controlled Multicenter Study *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2008, vol. X, no. X, s. 1-10 published on October 1, 2008, [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.razovka.cz/index.php?klinikke-studie>. ISSN 1552-3365 (Electronic).
- HAAKE, M., DEIKE, B., THON, A., SCHMITT, J. Exact focusing of extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinopathy *Clinical orthopaedics and related research*, [online]. 2002, vol. 397, s. 323-331. [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11953624>. ISSN 1528-1132 (Electronic)
- HAAKE, M., RAUTMANN, M., WIRTH, T. Assessment of the treatment costs of extracorporeal shock wave therapy versus surgical treatment for shoulder diseases *International journal of technology assessment in health care* [online]. 2001; vol. 17, no. 4, s. 612-617 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11758305>. ISSN 1471-6348 (Electronic).
- HAYASHI, S. et al. Transcranial magnetic stimulation study of plastic changes of human motor cortex after repetitive simple muscle contractions *Perceptual and motor skills* [online]. 2002, vol. 95, no. 3, Pt 1, s. 699-705. [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12509162>. ISSN 0031-5125.
- KROKOWICZ, L. et al. Long-Term Follow up of the Effects of Extracorporeal Shockwave Therapy (ESWT) on Microcirculation in a Denervated Muscle Flap. *Polski przeglad chirurgiczny* [online]. 2011, vol. 83, no. 6, s. 325-33 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22166549>. ISSN 0032-373X.
- LEONE, L. et al. Extracorporeal Shock Wave Treatment (ESWT) Improves In Vitro Functional Activities of Ruptured Human Tendon-Derived Tenocytes. *PLOS ONE* [online]. 2012, vol. 7, no. 11 [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW:

- <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0049759>.  
ISSN-1932-6203(Electronic).
- LUDWIG, J. et al. High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults  
*Clinical orthopaedics and related research* [online]. 2001, vol. 387, s. 119-126 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11400872>.  
ISSN 1528-1132 (Electronic).
- MCCLURE, S. et al. Extracorporeal shock wave therapy: Theory and equipment, *Clinical Techniques in Equine Practice: Elsevier Science* [online]. 2003, vol. 2, no. 4, s. 348–357 [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1534751604000137>. ISSN: 1534-7516.
- MORETTI, B. et al. Extracorporeal shock wave therapy in runners with a symptomatic heel spur. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. [online]. 2006, vol. 14, no. 10, s. 1029-1032 [cit. 2013-03-7].  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16362358>. ISSN 1433-7347 (Electronic)
- MOUZOPOULOS, G. et al. Extracorporeal shock wave treatment for shoulder calcific tendonitis: a systematic review *Skeletal radiology* [online]. 2007, vol. 36, no. 9, s. 803-811 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17415561>. ISSN 1432-2161 (Electronic)
- MUDR. ZUZANA ŠÍROVÁ. *Rehabilitace Budějovická: ambulantní archiv*. rozsah 01.01.2013 - 06.04.2013
- NEDĚLKA, T., et al. Léčba rázovou vlnou u onemocnění pohybového ústrojí.  
*Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2009, roč. 16, č. 4, s. 139-149. ISSN 1211-2658.
- Ossatron Training [online]. 2007 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:  
<http://www.youtube.com/watch?v=igrHLPIEJcc>
- OZTURAN, K.,E. et al. Autologous Blood and Corticosteroid Injection and Extracorporeal Shock Wave Therapy in the Treatment of Lateral Epicondylitis Orthopedics [online]. 2010, vol. 33, no. 2, s. 84-89, ISSN 1938-2367 (Electronic) [cit. 2013-03-7]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20192142>. ISSN 1938-2367 (Electronic).
- PERLICK, L. et al. Efficacy of extracorporeal shock-wave treatment for calcific tendinitis of the shoulder: experimental and clinical results *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association* [online]. 2003, vol. 8,

- no. 6, s. 777-783 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14648264>. ISSN 1436-2023 (Electronic)
- PETERS, J. Extracorporeal shock wave therapy in calcific tendinitis of the shoulder  
*Skeletal radiology* [online]. 2004, vol. 33, no. 12, s. 712–718 [cit. 2013-03-7].  
Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15480643> .ISSN 1432-2161 (Electronic).
- PODĚBRADSKÝ, J., PODĚBRADSKÁ, R. *Fyzikální terapie: Manuál a algoritmy*.  
Praha : Grada, 2009. 200 s. ISBN 978-80-247-2899-5
- RADWAN, Y., A. et al. Resistant tennis elbow: shock-wave therapy versus percutaneous tenotomy *International orthopaedics* [online]. 2007, vol. 32, no. 5, s. 671-677 [cit. 2013-03-7] Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17551726>. ISSN 1432-5195 (Electronic).
- RASMUSSEN, S. et al. Shockwave therapy for chronic Achilles tendinopathy A double-blind, randomized clinical trial of efficacy *Acta Orthopaedica* [online]. 2008, vol. 79, no. 2, s. 249–256 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:  
<http://www.razovka.cz/index.php?klinikke-studie>. ISSN 1745-3682 (Electronic).
- ROMPE, J.,D. FURIA, J., MAFFULLI, N. Eccentric Loading Compared with Shock Wave Treatment for Chronic Insertional Achilles Tendinopathy A Randomized, Controlled Trial *The Journal of Bone and Joint Surgery* [online]. 2008a, vol. 90, s. 52-61 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:  
<http://www.razovka.cz/index.php?klinikke-studie>. ISSN1535-1386 (Electronic).
- ROMPE, J.,D. FURIA, J., MAFFULLI, N. Eccentric Loading Versus Eccentric Loading Plus Shock-Wave Treatment for Midportion Achilles Tendinopathy A Randomized Controlled Trial, *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2008b, vol. XX, no. X, s. 1- 8, published on December 15, 2008 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.razovka.cz/index.php?klinikke-studie>. ISSN 1552-3365 (Electronic).
- ROMPE, J.,D., KIRKPATRICK, C.,J., KÜLLMER, K., SCHWITALLE, M., KRISCHEK, O. Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achilles: A sonographic and histological study *The Journal of bone and joint surgery. British volume* [online]. 1998, vol. 80, no. 3, s. 546-552 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9619954> . ISSN 2044-5377 (Electronic).

ROMPE, J.,D., MEURER, A., NAFE, B., HOFMANN, A., GERDESMEYER, L.

Repetitive low-energy shock wave application without local anesthesia is more efficient than repetitive low-energy shock wave application with local anesthesia in the treatment of chronic plantar fasciitis *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* [online]. 2005, vol. 23, no. 4, s. 931-941 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16023010>. ISSN 1554-527X (Electronic).

ROMPE, J.D., NAFE, B. FURIA, J., P. Eccentric Loading, Shock-Wave Treatment, or a Wait-and-See Policy for Tendinopathy of the Main Body of Tendo achilles *The American Journal of Sports Medicině* [online]. 2007, vol. 35, no. 374, s. 374- 383, published online January 23, 2007 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:

<http://www.razovka.cz/index.php?klinikke-studie>. ISSN 1552-3365 (Electronic).

ROMPE, J.,D., NEIL, A. SEGAL, N.,A., CACCHIO, A., et. al. Home Training, Local Corticosteroid Injection, or Radial Shock Wave Therapy for Greater Trochanter Pain Syndrome. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2009, vol. X, no. X, s. 1-10, published on May 13, 2009, [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:

<http://www.razovka.cz/index.php?klinikke-studie>. ISSN 1552-3365 (Electronic).

SABETI-ASCHRAF M. et al. Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of calcific tendinitis of the rotator cuff *American Journal of Sports Medicine* [online]. 2005, vol. 33, no. 9, s. 1365–1368 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:

<http://ajs.sagepub.com/content/33/9/1365.short>. ISSN 1552-3365

SEDLÁČKOVÁ, M. Syndrom bolestivého ramene, *Česká revmatologická společnost* [online]. 2013 [cit. 2013-20-03]. Dostupné z: <http://www.revmatologicka-spolecnost.cz/syndrom-bolestiveho-ramene>.

SCHOFER, M.,D. et al. High- versus low-energy extracorporeal shock wave therapy of rotator cuff tendinopathy: a prospective, randomised, controlled study *Acta orthopaedica Belgova* [online]. 2009, vol. 75, no 4, s. 452-458

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19774810>. ISSN 0001-6462.

STEWART, J. Extracorporeal shock wave therapy, FOCUS-IT, your specialit for shockwave therapy & innovative technologies [online]. 2012 [cit. 2013-01-15] Dostupné z: <http://eswt.net/>.

SUHR, F., W. BLOCH. Mechanotransduction – Mediators, Sensors, and Effects on Tissues and Stem Cells. *International Society for Musculoskeletal*



- Shockwave Treatment - ISMST: Newsletter* [online]. 2013, vol. 6, no. 1, s. 24-28 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z: [http://www.ismst.com/pdf/ISMST\\_Newsletter\\_2010-06\\_No6.pdf](http://www.ismst.com/pdf/ISMST_Newsletter_2010-06_No6.pdf).
- TAKAHASHI, N. et al. Application of shock waves to rat skin decreases calcitonin gene-related peptide immunoreactivity in dorsal root ganglion neurons, *Autonomic neuroscience : basic & clinical* [online]. 2003, vol. 30, no. 107(2), s. 81-84 [cit. 2013-03-07]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12963418>. ISSN 1872-7484 (Electronic)
- TORNESE, D. et al. Comparison of two extracorporeal shock wave therapy techniques for the treatment of painful subcalcaneal spur. A randomized controlled study Clinical rehabilitation [online]. 2008, vol. 22, no. 9, s. 780-787 [cit. 2013-03-07]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18728131>, ISSN 1477-0873 (Electronic).
- VAN DER WORP, H. et al. ESWT for tendinopathy: technology and clinical implications, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy (in press), Chapter 6* [online]. s. 99, 111 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:IBAwUWvF\\_uoJ:dissertations.ub.rug.nl/FILES/faculties/medicine/2012/h.van.der.worp/06\\_c6.pdf+&hl=cs&gl=cz&pid=bl&srcid=ADGEESgZVZbOSrKL4sIVeGSnqvqYNHfHqsf0Td5w\\_IRjTE7Li4BqU6jSUpkPwkuN6WQNBiAuVYLH1ekvZcyhyIVL75U3vb8gJzPmxIQRqx9An1Kxfk0CvYaTHMmo001gOiqYuzyxqKNb&sig=AHIEtbQRcgEnLpxDBJKiI1BEAX957LYW4g](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:IBAwUWvF_uoJ:dissertations.ub.rug.nl/FILES/faculties/medicine/2012/h.van.der.worp/06_c6.pdf+&hl=cs&gl=cz&pid=bl&srcid=ADGEESgZVZbOSrKL4sIVeGSnqvqYNHfHqsf0Td5w_IRjTE7Li4BqU6jSUpkPwkuN6WQNBiAuVYLH1ekvZcyhyIVL75U3vb8gJzPmxIQRqx9An1Kxfk0CvYaTHMmo001gOiqYuzyxqKNb&sig=AHIEtbQRcgEnLpxDBJKiI1BEAX957LYW4g)
- VAN VLIETA, P., M., HENEGHAN, N., R. Motor control and the management of musculoskeletal dysfunction *Manual therapy: Elsevier* [online]. 2006, vol. 11, s. 208-213 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16781184>. ISSN 1532-2769 (Electronic).
- WANG, C. J. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* [online]. 2012, vol. 7, no. 11 [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3342893/>. ISSN:1749-799X (Electronic).
- WANG, C.J., WANG, F.,S., YANG, K.,D., WENG, L.,H., SUN, Y.,C., YANG, Y.,J. The effect of shock wave treatment at the tendon-bone interface-an histomorphological and biomechanical study in rabbits, *Orthopaedic Research Society* [online]. 2005,

vol. 23, no. 2, s. 274-280 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15734237>. ISSN 1554-527X (Electronic)

WANG CJ, YANG KD, WANG FS, CHEN HH, WANG JW. Shock wave therapy for calcific tendinitis of the shoulder: a prospective clinical study with two-year follow-up *Am J Sports Med* [online]. 2003, vol. 31, no. 3, s. 425–430 [cit. 2013-03-7]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12750138>. ISSN 1552-3365 (Electronic).

WEIL, L. S. Jr et al. Extracorporeal Shock Wave Therapy for the Treatment of Chronic Plantar Fasciitis: Indications, Protocol, Intermediate Results, and a Comparison of Results to Fasciotomy. *The journal of foot & ankle surgery* [online]. 2002, vol. 41, no. 3, s. 66-72 [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW: <http://eswt.net/radial-vs-focused> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12075904>. , ISSN 1067-2516.