

UNIVERZITA KARLOVA

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK a FN Motol

Martina Tobková

**Efekt magnetoterapie a distanční terapie na
proces hojení kostní tkáně**

Bakalářská práce

Praha 2021

Autor práce: Martina Tobková

Vedoucí práce: Mgr. Júlia Demeková

Oponent práce: Mgr. Pavlína Nováková

Datum obhajoby: 2021

Bibliografický záznam

TOBKOVÁ, Martina. *Efekt magnetoterapie a distanční terapie na proces hojení kostní tkáně*. Praha, 2021, 61 s., přílohy. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Júlia Demeková.

Abstrakt

Ve své bakalářské práci se zabývám problematikou magnetoterapie a distanční elektroterapie ve vztahu k procesu hojení kostní tkáně. V přehledu teoretických poznatků jsou uvedeny základní informace o kostní tkáni, její stavbě, o frakturách, odlišnosti dětských a dospělých fraktur, jejich terapii a o procesu hojení kostní tkáně po fraktuře. Dále se věnuji oběma vybraným terapiím. Je popsán fyzikální princip, na kterém dané terapie fungují, jednotlivé účinky, mechanismy účinku, parametry a indikační skupiny terapií. Práce dále předkládá výsledky některých zahraničních výzkumů na dané téma.

V praktické části se zabývám potvrzením skutečného účinku uvedených fyzikálních terapií. Práce se zúčastnili 3 pacienti dětského věku, kteří absolvovali jednu z vybraných terapií, dále 10 pacientů z kontrolní skupiny, kteří žádnou terapii neabsolvovali. Porovnány jsou RTG snímky pořízené bezprostředně po úrazu s RTG snímky pořízenými s odstupem 4 a 6 týdnů. Stupeň kostního hojení je z RTG snímků vyhodnocen dle Hammerovy klasifikace.

Klíčová slova

hojení kostní tkáně, magnetoterapie, distanční elektroterapie, dětské zlomeniny předloktí, terapie dětských zlomenin

Bibliographic identification

TOBKOVÁ, Martina. *Effect of magnetotherapy and distant electrotherapy on the healing process of bony tissue*. Prague, 2021, 61 pages, appendixes. Bachelor thesis. Charles University, 2nd Faculty of medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine. Supervisor Júlia Demeková.

Abstract

In my bachelor thesis I deal with the topic of magnetotherapy and distance electrotherapy in relation to the process of bone healing. The overview of theoretical knowledge provides basic information about bone tissue, its structure, fractures, differences between pediatric and adult fractures, its therapy and the healing process of bone tissue with fracture. I also write about both given therapies. The physical principle on which the therapies work, its effects, mechanism of these effects, parameters and indication groups of the therapies are described. The work also presents the results of some foreign research on the topic.

In the practical part I deal with the confirmation of the true effect of both given physical therapies. The work involved 3 pediatric patients who received one of the therapies, as well as 10 patients from the control group who did not receive any therapy. X-rays taken immediately after the accident are compared with X-rays taken 4 and 6 weeks after the fracture. The healing phase is evaluated from X-rays according to Hammer's classification.

Keywords

bone healing, magnetotherapy, distance electrotherapy, pediatric forearm fractures, pediatric fracture therapy

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Júlie Demekové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 27. 4. 2021

.....

Martina Tobková

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat Mgr. Júlii Demekové za její odborné vedení a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat MUDr. Martinovi Vlachovi za odborné konzultace týkající se dětských zlomenin a za zprostředkování spolupráce s pacienty. Poté patří velké poděkování MUDr. Jiřímu Hlaváčkovi za vyhodnocení RTG snímků. Na závěr bych chtěla poděkovat také pacientům, kteří souhlasili s účastí v této práci.

OBSAH

ÚVOD	10
TEORETICKÁ ČÁST	11
1. KOSTNÍ TKÁŇ	11
1. 1 HISTOLOGIE.....	11
1. 2 FRAKTURA KOSTI	12
1. 2. 1 Dětské zlomeniny	13
1. 2. 2 Fraktura diafýzy kostí předloktí	14
1. 3 TERAPIE FRAKTUR PŘEDLOKTÍ U DĚTÍ	14
1. 4 PROCES HOJENÍ KOSTNÍ TKÁNĚ	16
1. 4. 1 Zánětlivá fáze	16
1. 4. 2 Reparační fáze	17
1. 4. 3 Remodelační fáze	17
2. BEZKONTAKTNÍ NÍZKOFREKVENČNÍ ELEKTROTHERAPIE	18
2. 1 VÝSLEDKY ZAHRANIČNÍCH VÝZKUMŮ O ÚČINCÍCH PEMF.....	19
2. 2 MAGNETOTERAPIE	22
2. 2. 1 FYZIKÁLNÍ PRINCIP.....	22
2. 2. 1. 1 Fyzikální veličiny magnetického pole.....	23
2. 2. 2 DRUHY MAGNETICKÝCH POLÍ	23
2. 2. 2. 1 Nízkoindukční magnetoterapie.....	23
2. 2. 2. 2 Vysokoindukční magnetoterapie	24
2. 2. 3 MECHANISMUS ÚČINKU NA MOLEKULÁRNÍ ÚROVNI	24
2. 2. 4 FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY MAGNETOTERAPIE.....	25
2. 2. 5 PARAMETRY	26
2. 2. 6 INDIKACE.....	26
2. 2. 7 KONTRAINDIKACE	27
2. 2. 8 VEDLEJŠÍ ÚČINKY	27
2. 3 DISTANČNÍ ELEKTROTHERAPIE.....	27
2. 3. 1 FYZIKÁLNÍ PRINCIP.....	27
2. 3. 2 DRUHY PROUDŮ U DISTANČNÍ ELEKTROTHERAPIE	28
2. 3. 2. 1 Bassetovy proudy	28
2. 3. 2. 2 Efluxní proudy	29
2. 3. 2. 3 Transkutánní elektroneurostimulace s různou frekvencí.....	29
2. 3. 2. 4 Středofrekvenční proud	29
2. 3. 3 APLIKACE	30
2. 3. 4 ÚČINKY.....	30
2. 4 ODLIŠNOSTI MAGNETOTERAPIE A DISTANČNÍ ELEKTROTHERAPIE.....	32
PRAKTICKÁ ČÁST	34
3. CÍLE A HYPOTÉZY	34
3. 1 CÍLE.....	34
3. 2 HYPOTÉZY.....	34
4. METODIKA	35
5. PACIENTI KONTROLNÍ SKUPINY	37
6. PACIENTI S DISTANČNÍ ELEKTROTHERAPIÍ	44
7. VÝSLEDKY, VYHODNOCENÍ CÍLŮ A HYPOTÉZ	47
7. 1 Výsledky.....	48
7. 2 Cíle práce.....	48
7. 3 Hypotézy	49
DISKUZE	50

ZÁVĚR	54
REFERENČNÍ SEZNAM	55
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM TABULEK.....	60
SEZNAM PŘÍLOH.....	61
PŘÍLOHY	62

SEZNAM ZKRATEK

AP	anterioposteriorní
BMPs-2, -5, -7	bone morphogenetic proteins 2, 5, 7
cAMP	cyklický adenosinmonofosfát
cGMP	cyklický guanosinmonofosfát
č.	číslo
DET	distanční elektroterapie
Dg.	diagnóza
disl.	dislocatio
elmg.	elektromagnetické
fr.	fraktura
gr.	grade
IGF	insuline-like growth factor
IL-1	interleukin 1
IL-6	interleukin 6
IR	infračervené
l. dx.	lateris dextri
l. sin.	lateris sinistri
např.	například
PEMF	pulzní elektromagnetické pole
RTG	rentgenové (snímky)
SF	sádrová fixace
TENS	transkutánní elektroneurostimulace
TGF- β	transforming growth factor β
Th.	terapie
TNF- α	tumor necrosis factor α
tzv.	takzvaný
Vit. D	vitamín D

ÚVOD

Zlomeniny jsou jedním z nejčastějších důvodů příchodu pacientů na oddělení urgentního příjmu či do ortopedické ambulance. Nejčastěji k nim dochází v důsledku různých pádů z výšky, sportovních aktivit či dopravních nehod. Téměř každý se během života se zlomeninou setkal, proto je logické se tímto tématem zabývat a snažit se co nejlépe prozkoumat jakými způsoby je možné zlomeniny léčit a jak tuto léčbu ještě co nejefektivněji podpořit. Jednou z metod, kterou se dá kostní hojení podpořit je fyzikální terapie, konkrétně magnetoterapie a distanční elektroterapie, která tvoří nedílnou součást fyzioterapie.

V této práci se zabýváme právě fyzikální terapií, která se řadí do bezkontaktní elektroterapie, tedy používá energii elektromagnetického pole k dosažení žádaných výsledků. Konkrétně se zabývá distanční elektroterapií a magnetoterapií, jejich účinky, mechanismem těchto účinků a také jednotlivými parametry pro dané indikační skupiny. Tyto dvě podobné metody mají velmi specifické účinky. Jako jeden z nich je uváděn pozitivní účinek na proces hojení kostní tkáně, kterého je u obou metod dosahováno odlišným způsobem. Je tedy na místě úvaha, která z daných metod je pro hojení kostních traumat účelnější a účinnější a je tedy vhodnější ji pacientům indikovat s cílem dosáhnout těch nejlepších výsledků. Na tuto otázku jsme se zaměřili právě v této práci.

Cílem práce je tedy shrnutí informací a výsledků zahraničních i českých studií na dané téma, jejich zhodnocení a porovnání s výsledky praktické části této bakalářské práce. V práci jsou porovnány stádia a kvalita hojení kostní tkáně u dětí s frakturou diafýzy obou předloketních kostí u kterých byla aplikována jedna z daných podpůrných metod fyzikální terapie. Kontrolní rentgenové snímky těchto dětí po aplikaci daných terapií jsou porovnány s kontrolními rentgenovými snímky dětí, které žádnou metodu fyzikální terapie neabsolvovaly, ale zlomenina jim byla pouze reponována a byla nasazena sádrová fixace. Praktická část by tedy měla odpovědět na otázku, zda je výrazný rozdíl v procesu hojení kostní tkáně exponované elektromagnetickému poli v porovnání s kostní tkáně, která byla pouze zafixována a imobilizována.

Dětsí pacienti byli do práce zvoleni z důvodu vyššího hojivého potenciálu kostní tkáně, u které předpokládáme, že budou dané změny vyvolané působením fyzikální terapie lépe viditelné a hodnotitelné.

TEORETICKÁ ČÁST

1. KOSTNÍ TKÁŇ

Kostní tkáň je tvrdá a pružná tkáň, která představuje vedle opěrného systému také metabolicky aktivní součást těla. Celkový zdravotní stav i choroby na ní mají vliv, protože je zapojena do látkových přeměn v organismu. Na kost tedy nelze nahlížet jako na něco trvalého, neměnného. Slouží jako zásobárna především vápníku, ale také hraje roli například v udržování homeostázy a pH organismu svou schopností pufrovat vodíkové ionty při acidóze organismu. Její základní vlastnosti – pružnost a tvrdost jsou dány samotným složením kostní hmoty. Tvrdost kosti je určena množstvím fosforečnanu vápenatého v kosti, který se v ní nachází ve formě hydroxyapatitu. Uspořádání mezibuněčné hmoty pak určuje pružnost dané kosti. Zásadní je pro stavbu a funkci kostí zátěž, která je na kost vyvíjena. Jejím vlivem dochází nepřetržitě k odbourávání a novotvorbě kostní tkáně. Vedle zátěže jsou tyto procesy ovlivňovány také metabolismem vápníku, jeho regulací (vit. D, parathormon) a dále pohlavními hormony, což hraje důležitou roli například při vzniku osteoporózy. (Vokurka, 2018)

1. 1 Histologie

Kostní tkáň je tvrdá pojivová tkáň plnící podpurnou a ochrannou funkci (Hudák, Kachlík, 2017). Tak jako ostatní pojiva, skládá se i kost z buněk a mezibuněčné hmoty. Mezibuněčná hmota kosti obsahuje vedle složky ústrojné též složku neústrojnou (minerální), která dodává kosti tvrdost a pevnost při zachování určité pružnosti. (Čihák, 2011)

Buňky, jejichž činností kost vzniká, se nazývají osteoblasty. Produkují základní hmotu kosti (matrix), kterou se obklopují a mění se tak v osteocyty. Osteocyty již nevytvářejí novou kostní hmotu, podílejí se ale na regulaci hladiny vápníku v těle. (Čihák, 2011)

Dále se v kostní tkáni nacházejí osteoklasty, které jsou zodpovědné za odbourávání kostní hmoty a osteoprogenitorové buňky (tzv. proteoblasty), což jsou mezenchymové kmenové buňky, jež jsou součástí okostice a nitrokostice. (Hudák, Kachlík, 2017)

Mezibuněčná hmota kosti se skládá z osseinu tvořeného kolagenními fibrilami a amorfní hmotou (složenou z proteoglykanů a strukturálních glykoproteinů). Do této složky se ukládá minerální složka – především hydroxyapatit, fosforečnan vápenatý a uhličitán vápenatý. (Čihák, 2011; Hudák, Kachlík, 2017)

Kostní tkáň můžeme z histologického hlediska rozdělit na dva druhy – vláknitá (fibrilární) kost a vrstevnatá (lamelární kost). Vláknitá kost se vyskytuje během vývoje nezralé kosti, obsahuje nepravidelně uspořádaná kolagenní vlákna. Vrstevnatá kost je uspořádána do plochých plášťových vrstev (lamel) nebo do válcových soustav kruhových koncentrických lamel (osteonů) tvořících Haversův systém. (Hudák, Kachlík, 2017)

Lamelární kost je složena z kompaktní (hutné) a spongiózní (trámčité) části. (Dylevský, 2009)

Hutná kostní tkáň tvoří povrchovou vrstvu pod okosticí kostí. Trámčitá kostní tkáň vytváří trabekulární systém v nitru kostí, nachází se v koncových částech dlouhých kostí a uvnitř krátkých kostí. Na povrchu kosti se nachází periost neboli okostice, která tvoří vazivový obal kosti. Okostice je bohatě nervově i cévně zásobená, zajišťuje růst kosti do šířky. (Hudák, Kachlík, 2017)

Periost se skládá ze tří vzájemně velmi těsně spojených vrstev. Povrchová vrstva je tvořená řídkým vazivem, střední vrstva je složena ze snopců převážně podélně probíhajících svazků kolagenních a elastických vláken, vnitřní vrstva je bohatá na osteoblasty, fibroblasty a cévní pleteně. (Dylevský, 2009)

1. 2 Fraktura kosti

Zlomenina je definována jako patologický stav porušení kontinuity kosti. Dle mechanismu úrazu vznikají různé typy zlomenin, které jsou děleny dle různých klasifikačních systémů. Jednou z nejčastěji používaných je tzv. AO klasifikace, která dělí fraktury dle poraněné kosti, segmentu poraněné kosti (proximální metafýza, diafýza, distální metafýza) a typu zlomeniny (jednoduchá a stabilní, částečně nestabilní nebo tříštivá). Dále je důležité zhodnotit zlomeniny dle stavu kožního krytu nad zlomeninou, zda je kožní kryt uzavřený nebo otevřený, tedy porušený. Poté je nahlíženo na charakter lomné linie (příčná, šikmá, spirální), zda jsou přítomny meziúlomky nebo zda se jedná o zlomeninu tříštivou. Dále se fraktury dělí podle toho, zda nezasahují či zasahují do blízkosti kloubu – juxtaartikulární zlomeniny. (Žvák, 2006)

Epidemiologie fraktur v různých skupinách se liší dle věku, pohlaví a rasy. Fraktury se objevují nejčastěji ve věku 5-14 let u dětí jako důsledek úrazů, konkrétně více u chlapců a poté v pozdějším věku po 65. roce života, kde jsou fraktury naopak častější u ženského pohlaví vlivem snížené kostní density. Z hlediska rasy jsou zlomeniny nejčastější u europoidní rasy, tedy u osob s původem ze severní Evropy. (Melton, 1999)

1. 2. 1 Dětské zlomeniny

Zlomeniny kostí v dětském věku se od těch dospělých liší v několika faktorech. Samotná kvalita tkání, které jsou vlivem fraktury poškozeny je v dětském věku odlišná. Dětské kosti mají oproti těm dospělým utvořený periostální rukávec, který výrazně přidává kostem na pevnosti. Pod silným periostem se nachází měkčí spongiózní kostní tkáň. Dále jsou dětské kosti náchylné k poškození odlišnými mechanismy než kosti dospělé. I samotný proces hojení poraněných tkání je rozdílný. Dá se říci, že čím mladší pacient s frakturou, tím lepší bude potenciál hojení a remodelace kostní tkáně. U dětských zlomenin tedy není nutné reponovat zlomené kosti do původního anatomického postavení před nasazením fixace. Vlivem odlišné stavby a mechaniky kostí se u pacientů dětského věku vyskytují specifické typy zlomenin. (Egol, 2015)

Greenstick fracture – neboli zlomenina typu vrbového proutku, jedná se o typ fraktury, u které dochází k poranění kosti a periostu pouze na jedné straně kosti, zatímco druhá strana zůstává neporušená. Jedná se o zlomeninu typickou pro dětský věk, vzniká z důvodu silného periostálního rukávce, který zpevňuje danou kost a zabraňuje tak vzniku kompletní fraktury s dislokací. (Atanelov, Bentley, 2021)

Bow fracture – neboli zlomenina z ohnutí, kost je ohnutá a deformovaná. Jedná se o typ zlomeniny, u kterého nejsou pozorovatelné makroskopické linie lomu nebo kortikální narušení kosti, jsou ale přítomny mikrofraktury po celé délce ohnutí a struktura kosti je narušena. Může se vyskytovat společně s torus frakturou. (Vorlat, De Boeck, 2003)

Torus fracture – jedná se o typ zlomeniny, kde opět není porušena kortikální kost na povrchu, ale dochází k nahrnutí kortikalis do valu na povrchu kosti bez pozorovatelné lomné linie. (Asokan, Kheir, 2021)

Fraktury s poraněním epifyzy kosti – fraktury u kterých dojde k narušení kosti také v oblasti růstové ploténky, což může narušit následný růst do délky. Klasifikace dle Saltera-Harrise. (Egol, 2015)

1. 2. 2 Fraktura diafýzy kostí předloktí

Kosti předloktí patří v dětském věku k nejčastěji lámaným kostem. V dospělosti převažuje tento typ zlomenin u mužského pohlaví. Nejčastěji vzniká v důsledku autonehod, vysokoenergetických úrazů, kontaktních sportů, a především dopadů z výšky. Vedle zlomenin tibie se jedná o místo, kde se v porovnání s ostatními kostmi velmi často vyskytují otevřené zlomeniny. Předloktí se chová jako jeden celek, pokud dojde ke zlomenině a ke zkratu jedné kosti předloktí, ve většině případů dojde ve výsledku k fraktuře i druhé předloketní kosti nebo k dislokaci v proximálním či distálním radioulnárním kloubu. Zlomeniny pouze jedné předloketní kosti jsou výjimkou (vznikají například přímým násilím vyvolaným na ulnu, která není příliš kryta měkkými tkáněmi). Ulna v předloktí představuje osu, okolo které radius rotuje při pronaci a supinaci předloktí. Prostor mezi ulnou a radiem je vyplněný mezikostní vazivovou membránou, která představuje výrazný faktor pro vzájemnou stabilitu obou předloketních kostí. (Egol, 2015)

U diafyzálních fraktur předloktí u dětí se dá rozlišovat několik typů, dle samotného typu zlomeniny. Pokud není vyloženě přítomna fraktura, může se jednat o plastickou zlomeninu či zlomeninu z ohnutí. Pokud dochází k ohnutí nebo nahrnutí kortikální kosti do valu na povrchu kosti, může jít o torus, kompresivní či tzv. buckle zlomeninu. Tyto zlomeniny jsou stabilní, fragmenty zlomené kosti od sebe nebyly odděleny. Pokud je fraktura přítomna jen na jedné straně kosti, zatímco druhá strana je neporušená, jde o inkompletní či greenstick zlomeninu. Pokud je porušená kortikální kost na obou stranách kosti, jedná se o kompletní zlomeninu, u které většinou dochází i k dislokacím a je nestabilní. (Rodríguez-Merchán, 2005)

1. 3 Terapie fraktur předloktí u dětí

Při léčbě dětských zlomenin předloktí je základním principem přesně srovnat (v ose a rotačně) proximální a distální fragmenty kosti a zafixovat je v této pozici, dokud se zlomenina nezhojí. U každé zlomeniny tedy musí být ohodnoceno postavení proximálního a distálního fragmentu, aby mohlo být následně určeno postavení, ve kterém bude předloktí (případně i paže) imobilizováno. I přes to se ale více autorů

domnívá, že imobilizované postavení předloktí (supinace, pronace nebo neutrální postavení) nehraje významnou roli při vzniku zaúhlení hojící se zlomeniny. Obecným principem tedy je imobilizace ve středním postavení, vždy ale záleží individuálně na konkrétní zlomenině a na lékaři, který ji ošetřuje. Na rozdíl od dospělých pacientů dochází u dětí ke kostnímu růstu a remodelaci kosti i po zahojení fraktury, to umožňuje odlišný přístup k jejich léčbě. Dětské zlomeniny se mnohem lépe hojí spontánně. Můžeme si tedy dovolit ponechat anatomicky nepříznivější postavení kostních fragmentů, které by u dospělých pacientů bylo indikováno ke krvavé repozici a osteosyntéze. U dětí záleží na věku daného pacienta (mladší pacienti mají obecně vyšší hojivý potenciál), zaúhlení mezi fragmenty, vzdálenost distálního a proximálního fragmentu, vzdálenost od růstové ploténky a vztah deformity k rovině pohybu v přílehlém kloubu. Platí, že u rotační deformity nedochází k remodelaci ani u dětí, musí být tedy reponovány do původního postavení. U konzervativních řešení je obvyklá délka hojení zlomenin 4–6 týdnů, záleží na rozsahu deformity a na hojivém potenciálu daného pacienta. (Rodríguez-Merchán, 2005)

Problémem, který může způsobovat prodloužené a komplikovanější hojení zlomeniny, je interpozitum měkkých tkání mezi kostními fragmenty kosti. Interpozitum je nejčastěji tvořeno svaly, šlachami či samotným periostem kosti. V některých případech musí dojít k jeho chirurgické extrakci. (Dungl, 2014)

Fraktury bez dislokace mohou být léčeny pouze nasazením fixace a imobilizací segmentů, dokud nezmizí bolestivost v dané oblasti. Greenstick zlomeniny je možné léčit pouze uzavřenou repozicí a imobilizací v sádrové fixaci. Pokud je zlomenina dislokovaná, je možné ji reponovat uzavřeně a nasadit vysokou sádrovou fixaci (zasahuje až nad loket). Dle věku dítěte, rozsahu a typu fraktury se rozhoduje, zda bude reponování zlomeniny probíhat pod vlivem sedace, v lokální či celkové anestezii. U výrazných osových a rotačních dislokací je nutná osteosyntéza. Metodou volby jsou nejčastěji Kirschnerovy dráty či Prevotovy pruty u mírnějších deformit, ke zhojení pak dochází nejčastěji během 4 týdnů. V případě nepříznivějších deformit se používají nitrodřeňové hřeby. Pokud žádná z těchto metod není možná, přistupuje se k fixaci dlahovou osteosyntézou a šrouby. (Rodríguez-Merchán, 2005)

1. 4 Proces hojení kostní tkáně

Hojení kostní tkáně se uplatňuje při hojení kostních zlomenin – fraktur. Zlomená kost je schopná úplného zahojení. Pro proces hojení je nejvýznamnější reakce lomných ploch kosti. V místě lomu vzniká z porušených kostních cév nejprve krevní výron (hematom). Další hojení kosti pak probíhá v několika etapách. (Dylevský, 2009)

Proces hojení kostní tkáně je sám o sobě vysoce složitý komplex biologických reakcí zahrnujících různé typy buněk. Tento komplex reakcí je regulován biologickými a chemickými signály. Hojení kostní tkáně se dělí na dva typy. Pokud dochází k hojení kostní tkáně u úlomků, které jsou komprimovány těsně u sebe a je zajištěna jejich stabilita, jedná se o primární hojení. K primárnímu hojení tak dochází například u fraktur ošetřených operační osteosyntézou. U většiny fraktur však dochází k sekundárnímu hojení. Tyto fraktury vyžadují terapii fixací, která umožňuje mikropohyby a mechanické deformace buněk, což usnadňuje reparaci zlomeniny. Sekundární hojení kostní tkáně zahrnuje zánětlivou fázi, fázi reparace a remodelace. (Daish, 2018)

Hojení kostní tkáně může být problematické v kterékoliv fázi hojení. V tkáni může dojít k přechodu zánětlivé fáze do chronického stádia, nebo může tkáň v regeneraci selhat úplně. Ve snaze maximálně usnadnit hojení, aby došlo k úplnému zhojení defektu, se používají biofyzikální agens, které je možné aplikovat v kterékoliv fázi. (Bellew, 2016)

1. 4. 1 Zánětlivá fáze

První fáze nastává ihned po vzniku fraktury. Jedná se o vznik hematomu v místě lomné linie, který vzniká jako důsledek krvácení z porušené kosti a okosticových cév, které se nacházejí v medulárním kanálu a pod periostem. Aktivuje se koagulační systém a dochází k uvolnění vazoaktivních a prozánětlivých mediátorů, například IL-1 (interleukin 1), IL-6 (interleukin 6), TNF- α (tumor necrosis faktor α). Tyto prozánětlivé mediátory mají chemotaktický efekt na zánětlivé buňky imunitního systému. Makrofágy fagocytují nekrotické oblasti v místě fraktury a facilitují reparační procesy uvolňováním signálních a růstových faktorů, například BMPs-2, 5, 7 (bone morphogenetic proteins 2, 5, 7) a IGF (insuline-like growth factor). Tyto růstové faktory jsou zodpovědné za migraci, nábor a proliferaci mezenchymálních kmenových buněk a jejich diferenciaci na angioblasty, chondroblasty, fibroblasty a osteoblasty. Dochází také k tvorbě primárního svalku, který redukuje nekontrolovatelnou pohyblivost úlomků v místě

lomné linie. Za normálních podmínek probíhá zánětlivá fáze rychle a trvá přibližně týden po vzniku fraktury. (Oryan, 2015)

1. 4. 2 Reparační fáze

Na molekulární úrovni tato fáze zahrnuje signální molekuly, které podporují proliferaci a diferenciaci mezenchymálních kmenových buněk na tkáň chrupavky, vaziva a kosti. (Daish, 2018)

Během této fáze dochází k organizaci hematomu a angiogenezi. Vzniká vaskularizovaný svalek z vazivové a chrupavčité tkáně, který je postupně mineralizován. (Oryan, 2015)

Po kalcifikaci chrupavky dochází k apoptóze jejích buněk, což zanechá volný prostor v mezibuněčné hmotě umožňující invazi cév, osteoklastů a osteoblastů a dochází k osteogenezi (Daish, 2018).

Vzniká kostěný svalek, který překlenuje lomnou linii kosti, jehož velikost musí být dostatečně velká, aby vykompenzovala relativně malou pevnost primitivní kostní tkáně. Tím je zajištěna stabilita lomné linie zlomené kosti. (Oryan, 2015)

Během reparační fáze je neaktivnější osteogeneze, trvá přibližně do 21. dne po vzniku fraktury, poté se buněčná proliferace zastavuje a dochází k remodelaci nově vzniklé kostní tkáně (Daish, 2018).

1. 4. 3 Remodelační fáze

Třetí fáze zahrnuje nahrazení primárního kostěného svalku mineralizovanou kostní tkání a její tvarování do jejího původního tvaru, velikosti a biomechanických schopností, a to procesem modelace a remodelace. Dochází k přeměně nepravidelného kostěného svalku na lamelární kost. Tento proces probíhá ještě dlouho po funkčním zahojení dané zlomeniny a sundání fixace. (Oryan, 2015)

2. BEZKONTAKTNÍ NÍZKOFREKVENČNÍ ELEKTROTHERAPIE

Distanční elektroterapie spolu s magnetoterapií se ve fyzikální terapii zařazují mezi bezkontaktní elektroterapeutické metody (do kterých dále patří vysokofrekvenční metody, které se využívají především pro jejich termické účinky). Nejvíce používaná pulsní nízkofrekvenční magnetoterapie funguje na principu interakce exponované tkáně s magnetickým polem, které vzniká v dané tkáni a v okolí aplikátoru. U distanční elektroterapie dochází uvnitř tkáně ke vzniku elektrického proudu, a to indukci elektromagnetického pole, které je vyvoláno aplikátorem nad exponovanou tkání. (Kolář, 2009)

V zahraničí se většina prací a výzkumů zabývá tzv. pulzním elektromagnetickým polem (PEMF, pulsed electromagnetic fields), nevnímají tedy odděleně magnetoterapii a distanční elektroterapii jako samostatné terapeutické metody. Přesto je ale u PEMF značná variabilita v použitých frekvencích, intenzitách, délce expozice i charakteru použitých pulzů. Většina prací se shoduje na pozitivním efektu magnetického pole na urychlení hojení kosti.

V posledním desetiletí představují pulzní elektromagnetická pole a jejich vliv na lidský organismus oblast velkého zkoumání. Obecně se již jedná o bezpečnou, neinvazivní metodu, která může usnadňovat kostní hojení. Nelson (2003) ve svém výzkumu uvádí, že časově proměnné elektrické pole v těle dokáže simulovat fyziologickou reakci kostních buněk na působení mechanických vnějších sil. Grace (1998) dále uvádí, že během in vitro a in vivo zvířecích studií byl zpozorován vliv PEMF na hojení kostní tkáně prostřednictvím ovlivnění napětově řízených iontových kanálů, zvyšováním hladiny buněčného kalcia, podporou angiogeneze, zvýšením osteoblastové diferenciaci a maturace. Dále dochází ke snížení bolesti vlivem regulace uvolňování zánětlivých cytokinů. I přes to však zůstává specifický mechanismus účinku PEMF na kostní hojení předmětem dalších výzkumných studií. Důležité jsou také použité parametry daného elektromagnetického pole, které přímo ovlivňují jeho účinek. (Peng, 2020)

PEMF se tedy v zahraniční literatuře objevuje jako použití non-termálních pulzních elektromagnetických polí za účelem podpory hojení povrchových ran a hojení kostní tkáně. Z dosavadních výzkumů vyplývá, že užití PEMF je pro jiné účely limitováno. Je tedy třeba dalších studií, aby mohlo být určeno, zda jsou PEMF bez tepelného účinku efektivní pro další klinické účely. (Bellew, 2016)

Ze současné literatury a studií vyplývá, že krátké, pravidelné expozice PEMF jsou z celé škály terapií s využitím elektromagnetického pole nejvýhodnější. Jedná se o časově proměnné pulzy, které se liší od dříve používaných statických magnetických polí. Jedná se o efektivní a jednoduchou terapeutickou metodu bez tepelného zatížení. PEMF mohou být využity jak lokálně, tak se systémovými účinky. Současná literatura uvádí, že PEMF jsou efektivní při úlevě od bolesti, při modulaci membránových potenciálů, ovlivňují pohyb kalciových iontů přes membránu, regulují hladiny endorfinů a dopaminu. Mají tedy pozitivní vliv na cirkulaci, funkci svalů, otoky, zánět, buněčný metabolismus a energetické hladiny v buňce, což vede ke zlepšenému hojení tkání. (Tiktinsky, 2010)

V české odborné literatuře se odlišuje magnetoterapie od distanční elektroterapie. Obě se ve fyzikální terapii řadí mezi bezkontaktní nízkofrekvenční elektroterapii. Jedná se o využití elektromagnetického pole s frekvencí přibližně 200 Hz. Složku elektrickou a magnetickou od sebe nelze v elektromagnetickém poli zcela oddělit, je ale možné jednu z nich potlačit. Pokud se potlačí magnetická složka, jedná se o distanční elektroterapii, pokud je potlačena elektrická složka, jedná se o pulzní nízkofrekvenční magnetoterapii. (Zeman, 2013)

Elektrická a magnetická komponenta elektromagnetického pole účinkují na tělo odlišně. Jakmile elektrické pole dosáhne povrchu těla, vyvine proud podélně cestou nejmenšího odporu. Magnetické pole naopak prostupuje do hloubky, přičemž hloubka penetrace záleží na technologii použité k vytvoření magnetického pole a jejich parametrech. (Markov, 2007)

2. 1 Výsledky zahraničních výzkumů o účincích PEMF

Původní výzkumy Bassetta z roku 1989 se zabývaly působením pulzního elektromagnetického pole na dlouhodobě problematické zlomeniny, u kterých nedocházelo spontánně k fyziologickému srůstu v linii kostního zlomu a ke kompletnímu zahojení, tzv. nonunion zlomeniny. Většina daných pacientů byla po jiných invazivních operačních řešeních dále indikována k amputaci. U těchto pacientů docházelo vlivem působení PEMF ke zlepšení procesu hojení kostní tkáně a tím k potvrzení jejich biologické účinnosti.

Roku 1998 probíhala klinická studie, ve které byly zkoumány účinky elektromagnetických polí na osteochondrální tkáň v patellofemorální oblasti u krys. Výsledkem bylo potvrzení zlepšené vaskulární reakce na poranění a potlačení

proliferace v abnormální fibrovaskulární či granulomatózní tkáň. Byla stimulována chondrogenese a formace kostní tkáně, docházelo k pokročilejší tvorbě kostních trabekul. Výsledkem bylo potvrzení, že elektromagnetická pole jsou užitečná k pokročilejšímu kostnímu hojení během jeho proliferační fáze. Pozdější účinky již byly proměnné a nemají jednoznačný účinek. (Grace, 1998)

V dalším výzkumu z roku 2004 byla pozorována efektivita neinvazivních pulzních elektromagnetických polí na stimulaci kostního růstu a formaci kostní tkáně u krys. PEMF bylo aplikováno na osteotomii diafýzy fibuly. Výsledkem tohoto výzkumu bylo potvrzení, že u fraktur exponovaných danému elektromagnetickému poli docházelo k výraznému zmenšení linie osteotomie, tudíž ke kvalitativně lepší regeneraci a reparaci kostní tkáně. U osteotomií, které nebyly vystaveny působení PEMF docházelo k redukci kostní tkáně distálně od provedené osteotomie. K tomuto jevu u exponovaných končetin nedocházelo. Všechny změny, které bylo možné pozorovat probíhaly během prvních 28 dní aplikace, poté již k žádným změnám a rozdílům nedocházelo. (Ibiwoye, 2004)

Podobný výzkum probíhal roku 2005, kdy byly opět zkoumány osteotomie fibuly u krys. Byla testována hypotéza, že PEMF podporuje zesílení a zrychlení hojení kostních traumat. K expozici docházelo 5 dní po operaci, vždy na 3 hodiny denně, každý den po dobu 5 týdnů. Prvních 9 dní byl proces hojení kostní tkáně srovnatelný mezi léčenou a neléčenou končetinou. V následujících dnech byly ale pozorovatelné výrazné změny v kvalitě procesu hojení. Docházelo k rychlejší tvorbě kostního svalku i v jeho velikosti. Docházelo tedy ke kvalitativnímu i kvantitativnímu zlepšení. (Midura, 2005)

Z přehledové studie z roku 2008 porovnávající 11 výzkumů využívajících pulzní elektromagnetické pole vychází naopak méně pozitivní výsledky. Z celkem 11 výzkumů potvrdil pozitivní účinek PEMF na kostní hojení pouze 1, a to v souvislosti se snížením bolesti. PEMF pole bylo v těchto výzkumech používáno na čerstvé zlomeniny, osteotomie, zlomeniny s opožděným hojením i na zlomeniny, u kterých proces hojení zcela selhal (tzv. nonunion zlomeniny). Tyto výsledky jsou dle autora dány z důvodu nejasných a nepřesně uvedených hodnot a parametrů použitých elektromagnetických polí. Autor se přiklání k názoru, že je třeba dalších výzkumů a studií, kde bude pečlivě uvedena metodika daného výzkumu se všemi potřebnými parametry, aby mohlo být jasně řečeno, zda má PEMF skutečně pozitivní vliv na proces hojení tkáně.

To je důležité především z důvodu finanční náročnosti a také otázce, zda neexistuje pro pacienty účinnější a lépe využitelná metoda. (Mollon, 2008)

Roku 2014 probíhal výzkum, ve kterém byly porovnány účinky PEMF s účinky pulzního ultrazvuku při terapii akutních zlomenin. Bylo prokázáno, že není výraznější rozdíl mezi účinky daných terapií. Bylo ale potvrzeno, že obě z daných terapií se významně uplatňují při kostním hojení a reparaci, ovšem pouze u akutních fraktur léčených konzervativně, u fraktur určených k operační léčbě nebyly tyto výsledky prokázány. Vlivem PEMF dochází k výraznému urychlení procesu kostního hojení. Konkrétně je možné touto stimulací docílit urychlení celého procesu hojení kostních fraktur o přibližně 27 dní. (Hannenman, 2014)

Z přehledové studie z roku 2020 vyplývá, že z vybraných 22 provedených výzkumných studií v posledních 40 letech potvrdilo 14 z nich účinek na proces hojení kostní tkáň. Ze studií vychází, že záleží i na faktorech daných léčenou kostí. Konkrétně hraje roli stáří fraktury, morfologie a typ zlomené kosti, ale také mechanismus úrazu dané fraktury. Dále z původních 22 vybraných studií 7 uvádí snížení bolestivosti vlivem terapie dle vizuální analogové škály bolesti. 5 z celkových 22 studií potvrdilo, že působením PEMF nedochází pouze ke zlepšení kvality kostního hojení, ale také k jeho urychlení. Dále 3 výzkumné studie potvrdili zvýšení kostní hustoty vlivem působení pulzního elektromagnetického pole v oblasti kostní zlomeniny. U kostní hustoty ovšem nebyly u jednotlivých výzkumných studií důsledně dodrženy parametry použitých metod (doba aplikace, lokalizace fraktury a doba, kdy byly dané hodnoty hojení kontrolovány), proto není možné určit, které faktory ovlivňují výsledný efekt na zvýšení kostní hustoty v oblasti fraktury. (Peng, 2020)

Co se týče využití PEMF u pacientů dětského věku a jejich specifík, byl zkoumán vliv na hojení tzv. ununited zlomenin. Nešlo tedy o čerstvé zlomeniny, ale spíše o paklouby. Z výzkumu i přesto vyplývá, že mladší pacienti se hojili mnohem lépe a rychleji než pacienti starší. Přestože záleží na mnoha faktorech, které hojení kostní tkáň ovlivňují, u dětí se obecně uvádí rychlejší metabolismus, větší remodelační schopnosti a větší plasticita vyvíjejícího se organismu. (Heckman, 1981)

Další výzkum prováděný také u pacientů dětského věku spolu s dospělými pacienty (14–89 let) s tibiální pseudoartrózou naopak nepotvrdil statisticky signifikantní rozdíl ($P \geq 0,05$) v hojení kostní tkáň exponované PEMF ve vztahu k věku a pohlaví pacienta, stejně tak ve vztahu k etiologii a lokalizaci fraktury a ani její předchozí léčby. (Cebrián, 2009)

2. 2 Magnetoterapie

2. 2. 1 Fyzikální princip

Tento typ terapie využívá sil magnetického pole, které se nachází v okolí pohybujících se elektricky nabitých částic. Tyto částice se musí pohybovat uspořádaně, jinak nedojde k jejich projevení se navenek. Z vnějšku působící magnetické síly ovlivňují pohyb nabitých částí v tkáni umístěné v tomto magnetickém poli. (Navrátil, 2019)

Magnetické pole vzniká jako důsledek průchodu elektrického proudu vodičem (nejčastěji se jedná o cívku) – elektromagnetická indukce (Zeman, 2013). Vlastnosti daného magnetického pole jsou dány vlastnostmi vyvolávajícího elektrického proudu (Poděbradský, 2009). Magnetické pole může být statické, vyvolané působením permanentních magnetů, kdy se směr ani velikost působících sil nemění. Dalším typem je magnetické pole časově proměnné, které může být buď střídavé, u kterého dochází k plynulým změnám parametrů daného pole nebo pulzní, kde dochází ke skokovým změnám hodnot (Navrátil, 2019).

Dle Markova (2015) magnetoterapie obsahuje minimálně sedm skupin elektromagnetických polí, které se používaly v různých zemích světa v posledních 50 letech.

- Statické/permanentní magnetické pole vyvolané permanentními magnety nebo průchodem stejnosměrného proudu cívkou
- Nízkofrekvenční sinusové vlny elektromagnetického pole s frekvencí 60 Hz (USA a Kanada) a 50 Hz (Evropa a Asie)
- Pulzní nízkofrekvenční elektromagnetické pole se specifickými vlnami a amplitudami
- Pulzní radiofrekvenční pole s využitím frekvencí 13,56 Hz, 27,12 Hz a 40,68 MHz
- Transkraniální magnetická/elektrická stimulace
- Milimetrové vlny s velmi vysokou frekvencí 30–100 GHz
- Ultrakrátké pulzy zkoumané v posledním desetiletí

2. 2. 1. 1 Fyzikální veličiny magnetického pole

- Intenzita magnetického pole – závisí přímou úměrou na protékajícím proudem a nepřímou úměrou na vzdálenosti od vodiče. (Poděbradský, 2009)
- Indukce magnetického pole – závisí na síle, kterou působí magnetické pole na vodič. Indukce magnetického pole může být vyjádřena v jednotce 1 Tesla (T) ze soustavy SI nebo v jednotce 1 Gauss (G) dle soustavy CGS. [1 mT = 10G] (Poděbradský, 2009)
- Magnetický gradient – udává prostorové rozložení magnetického pole, je dán rozdílem magnetické indukce mezi dvěma body v magnetickém poli. Jednotkou je $\text{mT}\cdot\text{cm}^{-1}$. (Poděbradský, 2009)

2. 2. 2 Druhy magnetických polí

Poděbradský (2009) rozděluje magnetická pole podle protékajícího proudu na statické (v průběhu času se nemění intenzita ani směr daného proudu), střídavé (jedná se o plynulé narůstání a klesání hodnot, střídání polarity) a pulzní (skokové změny hodnot veličin). Dle rozložení magnetického pole v prostoru pak na homogenní a nehomogenní.

Zeman (2013) i Navrátil (2019) rozlišují magnetické pole dle velikosti elektromagnetické indukce na nízkoindukční magnetoterapii a vysokoindukční magnetoterapii.

2. 2. 2. 1 Nízkoindukční magnetoterapie

„Nízkoindukční magnetoterapie využívá hodnoty elektromagnetické indukce v řádu desítek tisícin základní jednotky (nejčastěji 20 mT)“ (Zeman, 2013).

Magnetické pole je do těla přiváděno buď plošným (deskovým) aplikátorem pro lokální aplikaci nebo solenoidovým (kruhovým) aplikátorem. Výhodou solenoidových aplikátorů je zajištění homogenního magnetického pole. Mechanismy účinku nejsou dosud přesně objasněny, pravděpodobně dochází k ovlivnění receptorů a membránového potenciálu (primární účinek je tedy dán ovlivněním buněčné membrány), ovlivnění radikálových reakcí nebo cyklotronových jevů (ovlivnění výměny iontů mezi buňkou a okolím). (Zeman 2013)

2. 2. 2. 2 Vysokoindukční magnetoterapie

„Vysokoindukční magnetoterapie představuje zatím nejmodernější formu pulzní nízkofrekvenční magnetoterapie, která využívá díky speciálnímu aplikátoru indukce až 2 500 mT. Ta vyvolává v hloubce tkání vznik elektrických proudů se stejnou frekvencí, jakou má aplikované elektromagnetické pole, a tyto proudy jsou vnímány pacientem jako jemné chvění (při intenzitě prahově senzitivní), vibrace (při intenzitě nadprahově senzitivní), nebo dokonce mimovolní kontrakce svalů (při intenzitě prahově motorické až prahově senzitivní).“ (Zeman, 2013)

Způsob aplikace je podobný jako u distanční elektroterapie pomocí aplikátoru na otočném rameni. Doba aplikace je 5-10 minut vzhledem k vysoké intenzitě. Intenzita je nastavována obvykle v nadprahově senzitivní subjektivní intenzitě. (Zeman, 2013)

2. 2. 3 Mechanismus účinku na molekulární úrovni

„Účinky magnetického pole se předpokládají prostřednictvím elektromagnetické indukce, magnetomechanických jevů, elektronových interakcí a cyklotronových jevů - vše zatím v oblasti hypotéz. Zanedbatelný patrně není účinek na atomy železa, obsažené v hemoglobinu.“ (Poděbradský, 2009)

V experimentálním využití elektromagnetických polí in vitro na mesenchymální kmenové buňky kostní dřeně bylo dokázáno, že fyzikální stimul elektromagnetického pole spolu s biologickým prostředím (např. růstové faktory) může ovlivnit proliferaci a diferenciaci určitého typu buněk, přesný mechanismus tohoto děje ale není zcela znám. (Daish, 2018)

Markov (2015) předpokládá, že mechanismus účinku souvisí s ovlivněním napětí a proudu, který vzniká po poranění tkáně. Molekuly, které se účastní reparace tkání jsou elektricky nabitě, endogenní elektromagnetické pole tedy facilituje jejich migraci do oblasti poranění, čímž obnovuje normální elektrostatické a metabolické podmínky. To souvisí s konceptem tzv. injury current, které vzniká v místě jakéhokoliv poranění muskuloskeletálního systému. Jedná se o proudění molekul s elektrickým nábojem účastnících se procesu hojení v místě poranění. Injury current mezi poraněnou a zdravou tkání má velký význam pro reparační procesy. Vnější elektrické, magnetické a elektromagnetické pole je schopné proniknout hluboko do těla a jeví se tedy jako vhodný způsob terapie pro ovlivnění a kompenzaci injury current.

Pasek (2016) popisuje, že ionty se při působení vnějšího magnetického pole shromažďují v okolí buněčných membrán, důsledkem čehož dochází k polarizaci

membrány a změně difuze iontů mezi extracelulárním a intracelulárním prostorem. Důsledkem aplikace magnetického pole je tedy změna intracelulární koncentrace iontů sodíku, draslíku a dalších, což má významný vliv na intenzitu metabolických procesů uvnitř buňky a na rychlost vedení nervových vzruchů.

Další studie připisují účinky elektromagnetických polí jejich vlivu na mezibuněčné signální dráhy. Primární účinek je dán vlivem účinku těchto polí na buněčnou membránu a ovlivněním membránového potenciálu. Dochází k ovlivnění signálních drah změnou vazby iontů a transportu na buněčné membráně. Jako klíčový se v těchto změnách jeví Ca^{2+} . (Markov, 2015)

Pulzní elektromagnetické pole má také vliv na osteogenezi a chondrogenezi tím, že usnadňuje genovou expresi buněk těchto tkání, usnadňuje jejich proliferaci a diferenciaci a zvyšuje zásoby mezibuněčné kostní hmoty. Ve většině případů je míra osteogeneze určena mírou přírůstku ukazatelů spojených s TGF- β (transforming growth factor β). Tento mediátor chemotaticky stimuluje mezenchymální kmenové buňky a usnadňuje jejich proliferaci spolu s preosteoblasty, chondrocyty a osteoblasty. Dále vyvolává produkci extracelulárních proteinů, např. kolagenu, proteoglykanů, osteopontinu, osteonectinu a alkalické fosfatázy. (Daish, 2018)

Buňky se téměř vždy při dozrávání diferencují do specifické morfologie a funkce. Při patologické situaci může být buněčná proliferace utlumena (u chronických poranění), nebo zvýšena (neoplastický růst). Magnetické pole stimuluje fibroblasty, které v důsledku toho produkují zvýšené množství kolagenu a zvyšuje se koncentrace proteinů v mezibuněčné hmotě. Tím dochází ke změně v proliferační a migrační schopnosti epiteliálních buněk a buněk pojivové tkáně, které se účastní procesu hojení. Téměř všechny molekuly účastníci se procesu hojení a reparace (fibrinogen, leukocyty, trombocyty, cytokiny, růstové faktory, fibrin, fibroblasty, kolagen, elastin, keratinocyty, osteoblasty, volné radikály) vykazují změny v jejich funkci v exogenním magnetickém poli. Magnetické pole ovlivňuje vazokonstrikci a vazodilataci cév, fagocytózu, buněčnou proliferaci, tvorbu mezibuněčné komunikační dráhy, epitelizaci a tvorbu jizvy. (Markov, 2015)

2. 2. 4 Fyziologické účinky magnetoterapie

Fyziologické účinky magnetoterapie vyplývají z účinků na molekulární úrovni. Eflux Ca^{2+} způsobí uvolnění a otevření prekapilárních sfinkterů, čímž dochází ke zvýšené perfuzi dané oblasti. Díky zvýšené perfuzi dochází ke zlepšení trofiky tkání

a tím k myorelaxaci hypertonických svalů a snopců či myotonizaci hypotonických svalů a snopců. Díky účinku elektromagnetického pole na amorfní mezibuněčnou hmotu dochází ke změně reologických vlastností této hmoty a k hydrataci kyseliny hyaluronové, což výrazně omezuje tuhnutí měkkých tkání při pevné fixaci po zranění. Zvýšenou aktivací osteoklastů a osteoblastů je také dosaženo zrychleného hojení kostních traumat. (Poděbradský, 2009; Zeman, 2013)

Magnetické pole způsobuje zvýšenou sekreci endogenních opiátů ze skupiny beta-endorfinů, které jsou schopny tlumit bolest. Tento analgetický účinek magnetoterapie přetrvává nejen během aplikace magnetoterapie, ale může být pozorován až 4 týdny po jejím ukončení. Magnetoterapie tedy zlepšuje lokální prokrvení tkáně a dodávku kyslíku, potlačuje zánětlivé procesy, urychluje hojení a tvorbu granulační vazivové tkáně a redukuje bolest. (Pasek, 2016)

2. 2. 5 Parametry

Aby bylo dosaženo požadovaného účinku magnetoterapie, musí být přesně nastaveny parametry aplikovaného magnetického pole. Markov (2007) uvádí jako nejdůležitější parametry typ elektromagnetického pole, intenzitu, indukci, gradient a vektor daného pole, frekvenci a tvar pulzů, lokalizaci, dobu aplikace a hloubku průniku daného pole.

Parametry můžeme zvolit také podle toho, zda se jedná o akutní nebo chronické stavy, které chceme magnetoterapií ovlivňovat. Pro akutní stavy jsou určena magnetická pole o intenzitě 5-10 mT, pro chronické stavy pak pole o intenzitě 10-30 mT. Důležitým parametrem je tvar a strmost náběžné hrany impulzů. Doba aplikace je nejčastěji 20-45 minut, u paklobů až 90 minut. Počet procedur je 20 až 30 s frekvencí zpočátku denně, po 10 aplikacích pak třikrát týdně. (Poděbradský, 2009)

Nejčastěji aplikovaná magnetická pole při magnetoterapii v rámci fyzikální terapie mají vždy frekvenci do 100 Hz a indukci mezi 0,1 mT a 30 mT. Tato indukce je 2-3x větší, než jakou působí zemské magnetické pole, ta je přibližně 30-70 μ T. (Pasek, 2016)

2. 2. 6 Indikace

Magnetoterapie je indikována při poruchách osifikace, osteoporóze, degenerativních poruchách periferních kloubů, onemocnění s revmatoidním pozadím (revmatoidní artritida, ankylozující spondylitida), bolestech páteře. Dále se může použít

pro některá onemocnění zraťového a nervového systému, např. cévní mozková příhoda, roztroušená skleróza, neuralgie, paréza periferních nervů, léze periferních nervů a Parkinsonova choroba. Indikovaná je magnetoterapie také pro chronické infekce, proleženiny, diabetickou nohu a bérťové vředy. (Pasek, 2016)

2. 2. 7 Kontraindikace

Mezi absolutní kontraindikace magnetoterapie patří těhotenství, aktivní tuberkulóza a virózy, kardiostimulátor, myastenia gravis a akutní infekční onemocnění virového, bakteriálního i mykotického původu. (Zeman, 2013)

Mezi relativní kontraindikace patří hyperfunkce štítné žlázy či nadledvin, elektronické implantáty, krvácivé stavy včetně menstruace (zvýšené riziko intenzivního krvácení), dysfunkce hypotalamu a hypofýzy, malignity. Tyto indikace jsou relativní s ohledem na umístění aplikátoru. (Navrátil, 2019)

2. 2. 8 Vedlejší účinky

Mezi možné vedlejší účinky magnetoterapie patří zesílení projevů bolesti, závratě a kolaps, nadměrné pocení, svrbění, brnění a mravenčení, nestabilita krevního tlaku. Tyto projevy jsou obvykle velmi mírné a pouze přechodné. (Pasek, 2016)

Zeman (2013) dále popisuje zklidnění nebo usnutí během léčby, bolesti hlavy, nauzeu či průjem.

2. 3 Distanční elektroterapie

Stimulace elektrickým proudem se často využívá s cílem zrychlení procesu hojení poraněných tkání, urychluje jeho přirozený průběh. Proces hojení tkání po poranění je v lidském těle spojen se vznikem elektrického napětí, které je dáno lokalizací míst s negativním a pozitivním nábojem vedle sebe. Rozdíl mezi těmito elektrickými náboji poté umožňuje hojící proces, a to pohybem iontů, molekul a buněk do místa s opačnou polaritou a jejich odpuzováním z míst se stejnou polaritou. Aplikací vnějšího elektrického pole jsme tedy schopni modulovat, optimalizovat a zrychlovat tento proces. (Bellew, 2016)

2. 3. 1 Fyzikální princip

Průchodem elektrického proudu cívkou vzniká magnetické pole. Toto pole je časově proměnné v závislosti na časové proměnnosti elektrického proudu

procházejícího cívkou, který toto zevní magnetické pole generuje. Působením tohoto magnetického pole vzniká v lidském těle indukovaný elektrický proud. Tento proud vzniká v uzavřeném elektrickém obvodu tak, že změna vlastností vyvolávajícího magnetického pole indukuje v okolí smyčky s elektrickými náboji elektrické napětí. Dochází pak k průchodu elektrického proudu v elektrickém obvodu představovaném tkáněmi lidského těla. V těle pak dochází k pohybu nabitých částic, způsobenému působením sil vnějšího magnetického pole, které je časově proměnné. Vlastnosti daného indukovaného proudu procházejícího částí těla jsou závislé na směru změny vyvolávajícího magnetického pole. Rozlišujeme střídavý elektrický proud a pulzní elektrický proud, které můžeme v těle vyvolat. Pokud vzniká indukovaný elektrický proud z magnetického pole, u kterého dochází k harmonické (vyjádřené sinusovou či kosinusovou křivkou) změně v čase, vzniká harmonicky střídavý elektrický proud. Pokud dochází ke skokové změně magnetického pole v čase, vyvolá toto pole v těle pulzní průběh elektrického proudu. (Navrátil, 2019)

Samotná biologická účinnost vzniklého indukovaného elektrického proudu je pak dána proudovou hustotou, která představuje velikost elektrického náboje přenesenou přes jednotku plochy v A/m^2 . Prokazatelná a zjištělná biologická účinnost těchto proudů se projevuje již od řádu desetin až jednotek A/m^2 . Dále mohou být vyvolány percepční projevy při proudové hustotě kolem $10 A/m^2$ a motorické projevy v podobě svalových kontrakcí při proudové hustotě v řádu desítek až stovek A/m^2 . (Průcha, 2019)

2. 3. 2 Druhy proudů u distanční elektroterapie

U distanční elektroterapie závisí účinek na použité frekvenci indukovaného proudu. Specifická frekvence proudu je u distanční elektroterapie například u tzv. Bassetových proudů. Mohou se ale použít i proudy s nespécifickou frekvencí, které se typicky využívají při kontaktní elektroterapii, např. TENS (transkutánní elektroneurostimulace) či středofrekvenční proudy. (Zeman, 2013)

2. 3. 2. 1 Bassetovy proudy

Bassetovy proudy jsou pro distanční elektroterapii typické, využívají specifickou hodnotu frekvence indukčního proudu, díky které dosahují požadovaného účinku. Jedná se o pulzní, sinusové monofázické proudy s typickou frekvencí 72 Hz. Tyto proudy se využívají při úrazech či po operacích kostí, jelikož prokazatelně zvyšují influx

kalciových kationtů do buněk a také zvyšují citlivost osteoblastů na parathormon. Indikací k užití Basetových proudů jsou tedy např. zlomeniny, bércové vředy a dekubity, osteonekrózy, stavy po implantaci kostních štěpů, endoprotézy, ischemická choroba dolních končetin, léze periferních nervů, hojení poúrazových a pooperačních ran, vazoneurózy. (Poděbradský, 2009)

2. 3. 2. 2 Efluxní proudy

Podobně jako u Basetových proudů, efluxní proudy mají také specifickou frekvenci, konkrétně 16 nebo 48 Hz. Jedná se rovněž o pulzní, sinusové, monofázické proudy. Na rozdíl od Basetových proudů ale podporují eflux kalciových kationtů z buněk a tím podporují vazodilataci prekapilárních svěračů, také prokazatelně zvyšují novotvorbu kapilár. Největší využití je tedy u stavů spojených s lokální vazokonstrikcí, např. u funkčních svalových spazmů, Raynaudovy choroby, u chronických defektů kůže a podkoží. Frekvence 16 Hz je výhodnější u subakutních stavů, 48 Hz se používá u chronických stavů. (Poděbradský, 2009)

2. 3. 2. 3 Transkutánní elektroneurostimulace s různou frekvencí

TENS proudy se v distanční elektroterapii používají při léčbě algických stavů, při bolestivých spazmech či při funkčních poruchách pohybového systému i u systémových neurologických onemocněních. Používají se nízkofrekvenční TENS proudy s frekvencí 2 Hz, dále kontinuální TENS proudy s frekvencí 64 nebo 100 Hz. K ultraelektrostimulaci je možné využít frekvenci 182 Hz nebo TENS_{burst}. (Poděbradský, 2009)

2. 3. 2. 4 Středofrekvenční proud

Jedná se o nemodulovaný, symetricky bifázický proud o délce impulzu 100 μ s a frekvencí 2500 Hz. Nejčastěji je využíván u chronických degenerativních změn, nejčastěji u spondyloartrózy, gonartrózy či koxartrózy. Má totiž prokazatelné pozitivní účinky na aktivní transport iontů buněčnou membránou díky působení na Na⁺K⁺Ca²⁺ pumpu. U středofrekvenčních proudů je kontraindikováno použití nad kovovým materiálem z důvodu termického poškození okolních tkání. (Poděbradský, 2009)

2. 3. 3 Aplikace

Aplikátor elektromagnetického pole je přikládán těsně nad kůži pacienta. Proud v těle vzniká ve vodivých strukturách, které představují především kosterní svalstvo. Vznikající proud má stejnou frekvenci jako aplikované pole. Intenzita proudů u distanční elektroterapie je 10 - 20x menší oproti intenzitě u kontaktní elektroterapie. U kontaktní elektroterapie ale dochází ke ztrátám na kůži a při přechodu jednotlivými tkáněmi, proto je i u distanční elektroterapie intenzita dostačující pro dosažení požadovaného účinku. Tím, že je distanční elektroterapie bezkontaktní metodou, je možné ji aplikovat i přes oděv nebo sádku, čímž je skvěle využitelná především v traumatologii, již od stádia pasivní hyperémie. (Poděbradský, 2009)

Zjednodušeně se dá považovat magnetické pole u distanční elektroterapie pouze jako nosič, který umožňuje vznik indukovaného elektrického pole přímo v tkáni. U distanční elektroterapie je záměrně potlačena magnetická složka elektromagnetického pole, výsledné účinky distanční elektroterapie jsou proto dány pouze působením elektrické části tohoto pole na tkáň. (Zeman, 2013)

Aplikátory se mohou používat nejčastěji bezkontaktní, které se přikládají přímo na kůži či nad danou část těla přes oblečení či obvaz nebo sádku. Dále se používají bezkontaktní aplikátory s IR-A (infračerveným) zářičem pro paprsky typu A, jejichž využití je především při chronických změnách pohybového systému, kde je požadovaným účinkem i prohrátí hyperalgických zón. U tohoto způsobu aplikace jsou kontraindikovány akutní stavy a není možné ho aplikovat přes oblečení. Pro aplikaci s využitím interferenčních proudů se používá bezkontaktní aplikátor s dvěma cívkami a IR diodami. (Poděbradský, 2009)

2. 3. 4 Účinky

U distanční elektroterapie je zásadní působení na buněčné receptory, membránové transportní mechanismy, ovlivňování nervové dráždivosti a možnost vzniku akčního potenciálu. Vedle toho vzniká vlivem průtoku indukovaných proudů také teplo, tzv. Joulovo teplo, které ale není při frekvencích nižších 100 kHz dominantním účinkem. Tepelný účinek je významný při frekvencích vyšších než 100 kHz, kdy vzniká jako důsledek dielektrického ohřevu a také přímou absorpcí elektromagnetické energie. (Navrátil, 2019)

Mezi prokazatelné účinky distanční elektroterapie patří analgetický účinek, který je vysvětlován teorií apercepční nocicepce (Urban), kdy dochází ke zvýšené frekvenci impulzů nervových vláken bez percepce vyššími centry. Změnou transportu kalciových iontů na úrovni prekapilárních svěračů je vysvětlován vazodilatační účinek distanční elektroterapie. Se zlepšeným prokrvením a snížením bolestivosti je dále spojován také myorelaxační účinek. Mezi další účinky je zařazován účinek protizánětlivý, který je vysvětlován zvýšenou fagocytózou a enzymatickými pochody, během kterých dochází ke zvýšené tvorbě peroxidu vodíku, který působí antibakteriálně. Přímou aktivací osteoklastů a urychlením tvorby vaziva dochází i ke zlepšenému hojení měkkých tkání, které je vysvětlováno i enzymaticky, a to změnou poměru cAMP/cGMP (cyklický adenosinmonofosfát/cyklický guanosinmonofosfát). (Poděbradský, 2009)

Z výzkumu Průchy z roku 2019 vyplývá, že indukované proudy o proudové hustotě kolem 1 A/m^2 vznikající při aplikaci distanční elektroterapie představují prokazatelně účinnou metodu působící na buněčné úrovni, přestože je apercepční. Jejich pozorování vedou k hypotéze, že účinky distanční elektroterapie nejsou pouze reparační či apoptické, ale mohou v přítomnosti zánětu vést i k snížení účinnosti převodu nocicepčního podnětu, a to modulací výlevu neurotransmiterů, které jsou zodpovědné za přenos informací o bolesti z periferie do centrálního nervového systému. Dochází tím tedy k analgetickému účinku. Dále dospěli k závěru, že vlivem účinku distanční elektroterapie dochází k redukci nárůstu koncentrace kalcia v buňce vystavené zánětlivému působení. Lze tedy uvažovat o hypotéze, že pod vlivem působení indukovaných elektrických proudů si buňky postižené zánětem lépe zachovávají svoji funkčnost a schopnost reagovat na vnější podněty. Dochází také k prodloužení poklesu koncentrace Ca^{2+} uvnitř neuronů, které představují informační podněty pro buněčné odpovědi a reakce. V důsledku tohoto prodloužení může daná buňka aktivovat své reparační schopnosti po delší dobu s nižším rizikem jejího poškození či zničení.

Dále byl zkoumán vliv distanční elektroterapie na endoteliální buňky a stromální mezenchymální buňky. Endoteliální v buňky v lidském těle představují vysoce specializované epiteliální buňky, které vystylají srdce, tepny, žíly a lymfatické cévy a tvoří endotel. Jednotlivé endoteliální buňky jsou spojené tzv. tight junctions, které umožňují specifickým makromolekulám propustnost přes endoteliální vrstvy. Tyto buňky mají tedy logicky význam při angiogenezi, která je nutná při každém hojení tkání, při kompenzaci zánětu i degenerativních onemocnění. Vlivem působení distanční elektroterapie o parametrech identických Bassetovým proudům došlo ke zvýšení

metabolické aktivity exponovaných endotelitálních buněk (buňky myši i lidské). Vedle metabolické aktivity docházelo v experimentu také ke zlepšení viability daných buněk a rovněž ke zvětšení jejich celkového počtu vlivem jejich výraznějšího množení. (Průcha, 2019)

Vedle endoteliálních buněk byl zkoumán vliv distanční elektroterapie na stromální mezenchymální buňky, které jsou schopné svou diferenciací obnovovat poškozené tkáně. Dokáží se diferencovat ve velké množství buněčných typů (např. na chondrocyty, osteocyty, osteoblasty, myocyty apod.). Stromální mezenchymální buňky jsou tedy významné při všech procesech hojení tkání, při regeneraci a reparaci. Nejvýraznější je to při hojení tkání pohybového ústrojí, kůže a u buněk nervového systému. Výhodou je, že indukované elektrické proudy nemají tyto účinky pouze na vlastní buňky organismu, ale i na buňky do organismu iatrogeně vpravené. Z výzkumu vyplývá, že exponované stromální buňky prokazovaly významné zvýšenou schopnost migrace k poškozené oblasti, dále dochází ke zvýšení produkce matrix-metaloproteináz. Matrix-metaloproteinázy jsou enzymy, které mají rovněž signifikantní význam pro hojení tkání a jejich regeneraci. Účastní se buněčné proliferace, diferenciaci a remodelace mezibuněčné matrix, angiogeneze a buněčné migrace – tyto procesy představují důležité biologické děje významné pro tkáňové hojení. Pro tento požadovaný účinek bylo ovšem třeba exponovat buňky vyšším intenzitám elektrického pole s vyšší proudovou hustotou, která již neodpovídá intenzitám a proudové hustotě indukovaných elektrických proudů produkovaných přístrojem pro distanční elektroterapii. (Průcha, 2019)

2. 4 Odlišnosti magnetoterapie a distanční elektroterapie

Jak již bylo výše uvedeno, mezi hlavní rozdíly, které od sebe odlišují distanční elektroterapii a magnetoterapii patří samotná síla, která způsobuje daný účinek terapie, přestože oba typy terapie vznikají využitím elektromagnetického pole. V případě magnetoterapie se využívá účinků magnetického pole na tkáně lidského těla, kdy je potlačena složka elektrická. V případě distanční elektroterapie se využívá elektrická složka elektromagnetického pole, na jejímž podkladě vzniká v tkáních elektrický indukovaný proud. Přitom je potlačena magnetická složka vyvolávajícího elektromagnetického pole. (Zeman, 2013)

Magnetoterapie a distanční elektroterapie jsou často metodou volby na stejné nebo podobné diagnózy. Přesto se magnetoterapie častěji používá na degenerativní

a zánětlivá onemocnění pohybového aparátu s cílem zvýšení metabolismu, u fraktur se pak používá při zhoršeném hojení či při tvorbě pseudarthróz. Distanční elektroterapie se oproti magnetoterapii používá častěji při terapii akutních zlomenin, včetně těch tříštivých, a to již od nasazení sádrové fixace. Distanční elektroterapie se dále využívá pro stavy spojené se sníženým prokrvením tkání a se sníženou trofikou, například při ischemické chorobě dolních končetin, při diabetické makroangiopatii, bércových vředech či dekubitech, a to pro její vazodilatační účinek na úrovni prekapilárních sfinkterů. Magnetoterapie se pak užívá narušitel od distanční elektroterapie při sterilních i mikrobiálních zánětech pro její protizánětlivý účinek. Jednou z výhod distanční elektroterapie je, že nehrozí jakékoliv poškození ošetřujícího personálu či pacientů v blízkosti ošetřovaného pacienta, a to z důvodu velmi krátkého dosahu účinku. Dále je distanční elektroterapie vhodnější pro aplikaci nad kovovými implantáty, kdy nehrozí jejich uvolnění ani ohřev, na rozdíl od magnetoterapie. (Poděbradský, 2009)

PRAKTICKÁ ČÁST

3. CÍLE A HYPOTÉZY

3. 1 Cíle

Cílem této bakalářské práce je zjistit, zda je magnetoterapie a distanční elektroterapie skutečně účinnou a přínosnou metodou podporující kostní hojení fraktur. Dále je cílem porovnat účinnost magnetoterapie a distanční elektroterapie při aplikaci na fraktury diafýz předloketních kostí u dětí a tím zjistit, která z daných terapií je pro pacienty přínosnější. Ke zjištění těchto cílů jsme využili porovnání stádia hojení kostní tkáně u dětí po absolvování série jedné z uvedených terapií.

Cíle:

1. Přinést přehled zahraničních i českých výzkumů o magnetoterapii, distanční elektroterapii a PEMF a prezentovat stanoviska vybraných autorů o úspěšnosti daných terapií.
2. Porovnat účinek magnetoterapie a distanční elektroterapie při terapii fraktur diafýz ulny a radia u dětských pacientů v závislosti na úrovni a stádiu kostního hojení.

3. 2 Hypotézy

Hypotéza H1: po absolvování magnetoterapie bude kostní hojení v pokročilejším stádiu hojení než u pacientů, kteří magnetoterapii neabsolvovali.

Hypotéza H2: po absolvování distanční elektroterapie bude kostní hojení v pokročilejším stádiu hojení než u pacientů, kteří distanční elektroterapii neabsolvovali.

4. METODIKA

V praktické části jsou zpracovány kazuistiky 3 pacientů s frakturou diafýzy obou předloketních kostí, kteří absolvovali 9 aplikací distanční elektroterapie, dále pak kazuistiky 10 pacientů kontrolní skupiny. Byly vyhodnoceny parametry kostního hojení (kostní svalek, linie zlomu a celkové spojení a postavení fragmentů zlomené kosti) z RTG snímků pořízených ihned po úrazu v porovnání s RTG snímkami pořízenými přibližně 4. a 6. týden po úrazu, tedy v průběhu a po proběhlých terapiích. Součástí práce jsou na ukázkou RTG snímky u vybraných pacientů, v textu jsou uvedeny 2 snímky z AP projekce, a to v den vzniku úrazu a po 6. týdnech od úrazu. Snímky z boční projekce jsou uvedeny v příloze. Do práce byli vybráni pacienti dětského věku, kteří přišli na oddělení ortopedie či urgentního příjmu FN Motol a byla jim diagnostikována fraktura diafýzy obou předloketních kostí. Fraktury byly u pacientů zavřené, řešené pouze konzervativně, tudíž bez osteosyntézy či krvavé repozice. U pacientů byla po provedené repozici nasazená sádrová fixace. Pacienti byli odesláni na Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK a FN Motol z Kliniky dětské a dospělé ortopedie a traumatologie 2. LF UK a FN Motol.

1. Magnetoterapie – nízkofrekvenční pulsní

Typ: prodloužené typy impulzů se střídavou frekvencí (program M0023)

Intenzita: 8-15 mT, step 1 mT

Doba aplikace: 30 minut

Počet procedur: 9

Frekvence procedur: 3x týdně

Aplikátor: solenoid, průměr 60 cm

2. Distanční elektroterapie – Impulzní proudy (program Fractura)

Frekvence: 72 Hz

Impuls: 430 ms

Doba aplikace: 30 minut

Počet procedur: 9

Frekvence procedur: 3x týdně

Vyhodnocení RTG snímků probíhalo na Klinice zobrazovacích metod 2. LF UK a FN Motol. Rentgenové snímky pacientů byly vyhodnocovány dle Hammerovy klasifikace, viz. Obrázek 1. Tato klasifikace hodnotí zlomeniny dle 3 důležitých faktorů, z nichž každý má 5 stupňů. Prvním hodnoceným je tvorba svalku u dané zlomeniny. Hodnotí se, zda se svalek začal tvořit, zda je přítomné přemostování linie zlomu svalkem, zda kostní trámčina přesahuje linii zlomu a je přítomen masivní svalek, nebo zda se již jedná o homogenní kostní strukturu. Dále se hodnotí linie zlomu u dané fraktury. Zda je linie znatelná a výrazná, rozlišitelná, stěží rozeznatelná či již vyhlazená a nerozeznatelná. Jako třetí se hodnotí tzv. stage of union, tedy stádium procesu spojování kostních fragmentů dané fraktury a jejich vzájemné postavení vůči sobě. Uvádí se, zda již bylo propojení dosaženo a zlomenina může být považována za zhojenou, či zda je toto propojení ještě nejisté nebo nebylo vůbec dosaženo. Roli tedy hraje, v jaké pozici se vůči sobě kostní konce zlomeniny nacházejí, zda je přítomné zaúhlení či dislokace v místě fraktury a jak jsou oba konce kosti spojeny. Z toho také vyplývá, že ne všechny zlomeniny budou mít v den úrazu stádium 5 dle Hammera. U zlomenin, kde není dislokace nebo se jedná například o periostální zlomeninu jsou možné i jiné hodnoty. Z jednotlivých čísel se poté vyhodnotí průměrem konečný stupeň zhojení dané kosti. (Hammer, 1985)

Grade	Radiological assessment		
	Callus formation	Fracture line	Stage of union
1	Homogeneous bone structure	Obliterated	Achieved
2	Massive. Bone trabeculae crossing fracture line	Barely discernible	Achieved
3	Apparent. Bridging of fracture line	Discernible	Uncertain
4	Trace. No bridging of fracture line	Distinct	Not achieved
5	No callus formation	Distinct	Not achieved

Obrázek 1. Klasifikace kostního hojení dle RTG snímků podle Hammera (Hammer, 1985)

5. PACIENTI KONTROLNÍ SKUPINY

Pacient č. 1

B. L., muž, rok narození 2006, po pádu z kola

Dg.: fr. diaphysis ulnae et radii l. dx. cum dislocatio

Klinický obraz: defigurace v oblasti předloktí, nevýrazný otok, omezená hybnost pro bolestivost, prokrvení a cití periferie v normě

RTG: patrná volární dislokace

Th.: repozice v analgosedaci, SF (sádrová fixace)

Hammer:

- Den úrazu: **Hammer gr. (grade) 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 4. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** masivní svalek zejména radia, na ulně zřejmý, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení nejisté, patrná úhlová dislokace
- 7. týden po úrazu: **Hammer gr. 2** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, stěží rozeznatelná linie zlomu, spojení dosaženo

B.L.	Den úrazu	4. týden po úrazu	7. týden po úrazu
Callus formation	5	2	2
Fracture line	5	3	2
Stage of union	5	3	2
Hammer	5	3+	2

Tabulka 1. Pacient č. 1 (B. L.)

Pacient č. 2

P. T., muž, rok narození 2016, po pádu ze židle

Dg.: periostální fr. diaphysis ulnae l. dx., fr. diaphysis radii incompleta

Klinický obraz: mírný otok, defigurace, palpační citlivost, periferie v normě

RTG: po repozici mírné zaúhlení, vyhovující v toleranci vzhledem k věku

Th.: repozice v analgosedaci, SF

Hammer:

- Den úrazu: **Hammer gr. 5+** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 3. týden po úrazu: **Hammer gr. 3-** tvorba svalku je naznačená, přemostování linie zlomu nepřítomno, rozeznatelná linie zlomu, spojení dosaženo

- 5. týden po úrazu: **Hammer gr. 2** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje linii zlomu, stěží rozeznatelná linie zlomu, spojení dosaženo

P. T.	Den úrazu	3. týden po úrazu	5. týden po úrazu
Callus formation	5	4	2
Fracture line	5	3	2
Stage of union	4	3	2
Hammer	5+	3-	2

Tabulka 2. Pacient č. 2 (P. T.)

Pacient č. 3

B. K. žena, rok narození 2011, po pádu

Dg.: fr. diaphysis antebrachii l. sin.

Klinický obraz: deformita, otok, palpační bolestivost, pohyby limitované bolestí, periferie v normě

RTG: dislokovaná zlomenina, po repozici vyhovující postavení

Th.: repozice v analgosedaci a vysoká SF

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 4. týden po úrazu: **Hammer gr. 3** zřejmý svalek, přemostování linie zlomu, výrazná linie zlomu, spojení dosaženo
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje linii zlomu, linie zlomu je rozeznatelná, spojení doraženo

B. K.	Den úrazu	4. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	3	2
Fracture line	5	4	3
Stage of union	5	2	3
Hammer	5	3	3+

Tabulka 3. Pacient č. 3 (B. K.)

Pacient č. 4

S. A., žena, rok narození 2006, po pádu na trampolíně

Dg.: fr. diaphysis ulnae et radii l. sin.

Klinický obraz: bez hematomu a deformity, otok předloktí, hybnost citlivá, periferie v normě

RTG: angulace periferního fragmentu dorsálně

Th.: repozice v analgosedaci, vysoká SF

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo, na RTG patrná ještě zlomenina distální metafýzy s lehkou dorzální angulací periferního fragmentu a suspektní epifyzeolýzou s odlomením processus styloideus ulnae.
- 3. týden po úrazu: **Hammer gr. 4+** mírný náznak tvorby svalku, téměř nepřítomen, není přítomné přemostování linie zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení dosaženo u ulny, u radia nedosaženo, zde trvá lehká angulace dorzálně
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** zřejmý svalek, přemostování linie zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení dosaženo – svalky se prohojují v příznivém osovém postavení

S. A.	Den úrazu	3. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	4	3
Fracture line	5	3	3
Stage of union	5	4	2
Hammer	5	4+	3+

Tabulka 4. Pacient č. 4 (S. A.)



Obrázek 2. RTG snímek pac. č. 4, v den úrazu



Obrázek 3. RTG snímek pac. č. 4, 6. týden po úrazu

Pacient č. 5

L. J. muž, rok narození 2012, po pádu na trampolíně

Dg.: fr. diaphysis ulnae et radii l. dx. cum anguli

Klinický obraz: viditelná a hmatná defigurace a palpační bolestivost v oblasti distálního předloktí, otok, bez hematomu, kůže klidná, hybnost zápěstí a lokte bolestivá, cítí a hybnost periferie v normě

RTG: po repozici postavení zlepšeno, vzhledem k věku vyhovující

Th.: repozice a vysoká SF v korigovaném postavení, PHK v šátkovém závěsu

Hammer: špatně hodnotitelné snímky přes SF

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 3. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** zřejmý svalek, přemostování linie zlomu, rozeznatelná linie zlomu na ulně, na radiu téměř nerozeznatelná, spojení dosaženo
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 2** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje linii zlomu, stěží rozeznatelná linie zlomu, spojení dosaženo

L. J.	Den úrazu	3. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	3	2
Fracture line	5	3	2
Stage of union	5	2	2
Hammer	5	3+	2

Tabulka 5. Pacient č. 5 (L. J.)

Pacient č. 6

R. M., muž, rok narození 2016, po pádu

Dg.: fr. diaphysis antebračii l. sin. sine disl. (dislocatio)

Klinický obraz: palpační bolestivost, mírný otok, omezená pohyblivost pro bolest, periferie v normě

Th.: sádrová fixace

Hammer:

- Den úrazu: **Hammer gr. 3-** žádná tvorba svalku, linie zlomu stěží rozeznatelná, spojení nejisté
- 3. týden po úrazu: **Hammer gr. 1-** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, vyhlazená linie zlomu, spojení dosažené

- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 1** homogenní struktura kosti, vyhlazená linie zlomu, spojení dosažené, již prohojeno, v remodelaci

R. M.	Den úrazu	3. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	2	1
Fracture line	2	1	1
Stage of union	3	1	1
Hammer	3-	1-	1

Tabulka 6. Pacient č. 6 (R. M.)

Pacient č. 7

M. J., muž, rok narození 2014, po pádu doma

Dg.: fraktura diaphysis antebrachii l. sin. cum disl.

Klinický obraz: defigurace levého předloktí na přechodu střední a distální třetiny, palpačně bolestivé, bez krepitace, hybnost pro bolest a defiguraci téměř nemožná, mírný otok, bez hematomu, periferie v normě

RTG: dislokace, po repozici postavení vyhovující vzhledem k věku

Th.: repozice, sádrová fixace

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo, po repozici přetrvává nevýrazná osová dislokace
- 3. týden po úrazu: **Hammer gr. 3-** zřejmý svalek, přemostování linie zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení nedosaženo, stále patrná osová dislokace
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení nejisté, stále osová dislokace

M. J.	Den úrazu	3. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	3	2
Fracture line	5	3	3
Stage of union	5	4	3
Hammer	5	3-	3+

Tabulka 7. Pacient č. 7 (M. J.)



Obrázek 4. RTG snímek pac. č. 7, v den úrazu



Obrázek 5. RTG snímek pac. č. 7, 6. týden po úrazu

Pacient č. 8

P. M., muž, rok narození 2006, po pádu na schodech z kola

Dg.: fraktura diaphysis ulnae et radii l. sin. disl.

Klinický obraz: defigurace distálního předloktí, hybnost algická, otok, periferie prokrvená, senzomotoricky obtížně hodnotitelná

RTG: dorsální angulace a rotace distálních fragmentů, po repozici vyhovující postavení, fragmenty v zaklínění

Th.: repozice v analgosedaci, vysoká SF

Hammer:

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalek, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 4. týden po úrazu – **Hammer gr. 3**- masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení nejisté
- 6. týden po úrazu – **Hammer gr. 2** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, stěží rozeznatelná linie zlomu, spojení dosaženo

P. M.	Den úrazu	4. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	2	2
Fracture line	5	3	2
Stage of union	5	3	2
Hammer	5	3-	2

Tabulka 8. Pacient č. 8 (P. M.)

Pacient č. 9

F. V., muž, rok narození 2007, po pádu z trampolíny

Dg.: fractura diaphysis radii et ulnae l. sin. cum disl. minimae

Klinický obraz: pravé předloktí palpačně citlivé ve střední třetině, hybnost zápěstí a prstů bolestivá, ale lehce možná, pouze mírný otok, bez hematomu, bez viditelné defigurace, prokrvení a cití periferie v normě

Th.: mírná repozice/trakce a vysoká SF dlaha v neutrálním postavení

RTG: po repozici a zasádrování vyhovující postavení

Hammer:

- Den úrazu: **Hammer gr. 5+** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 4. týden po úrazu: **Hammer gr. 3-** zřejmá tvorba svalku, přemostování linie zlomu, výrazná linie zlomu, spojení nejisté
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení nejisté

F. V.	Den úrazu	4. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	3	2
Fracture line	5	4	3
Stage of union	4	3	3
Hammer	5+	3-	3+

Tabulka 9. Pacient č. 9 (F. V.)

Pacient č. 10

L. V., muž, rok narození 2008, po pádu

Dg.: fractura diaphysis ulnae et radii l. dx

Klinický obraz: palpační bolestivost, otok, omezení hybnosti pro bolest

Th.: uzavřená repozice v celkové anestezii na operačním sále, naložení vysoké SF

RTG.: postavení po naložení sádrové fixace vyhovující

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 3. týden po úrazu: **Hammer gr. 4-** zřejmá tvorba svalku, přemostování linie zlomu, linie zlomu výrazná, spojení nedosaženo
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu

L. V.	Den úrazu	3. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	3	2
Fracture line	5	4	3
Stage of union	5	4	3
Hammer	5	4-	3+

Tabulka 10. Pacient č. 10 (L.V.)

6. PACIENTI S DISTANČNÍ ELEKTROTHERAPIÍ

Pacient č. 11

S. N., žena, rok narození 2007, po pádu na trampolíně

Dg.: fr. diaphysis radii et ulnae l. sin. sin. disl.

Klinický obraz: levé předloktí s defigurací, periferie teplá a prokrvená, hybnost naznačí

Th.: zavřená repozice s nasazením SF dlahy

RTG: fragmenty v ulnární angulaci, fragmenty ulny jsou ve zkratu a v posunu ad laterus dorzálně, fragmenty radia v dorzální angulaci, po repozici vyhovující postavení

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 3 týdny po úrazu: **Hammer gr. 3** zřejmá tvorba svalku obou kostí, přemostování linie zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení nejisté, přetrvává osová dislokace, lomné linie jsou diferencované
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 3+** masivní konsolidovaný svalek, kostní trámčina přemostuje linii zlomu, rozeznatelná linie zlomu, spojení nejisté, osové postavení nezměněno

S. N.	Den úrazu	4. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	3	2
Fracture line	5	3	3
Stage of union	5	3	3
Hammer	5	3	3+

Tabulka 11. Pacient č. 11 (S. N.)



Obrázek 6. RTG snímek pac. č. 11., den úrazu



Obrázek 7. RTG snímek pac. č. 11, 6. týden po úrazu

Pacient č. 12

O. M., žena, rok narození 2009, poranění fotbalovým míčem

Dg.: fr. radii distalis l. sin. sine displ.

Klinický obraz: palpační citlivost v oblasti distálního radiu, hybnost bolestivá, pouze mírný otok, bez hematomu, prokrvení a cití periferie v normě

Th.: SF dlahy v korigovaném postavení

RTG: naznačená dorzální angulace, edém přilehlých měkkých tkání.

Hammer:

- Den úrazu: **Hammer gr. 4**- žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo, dorzální angulace periferního fragmentu
- 3. týden po úrazu: **Hammer gr. 2**- zřejmý svalek, přemostování linie zlomu, linie zlomu téměř vyhlazená, spojení dosaženo, postavení fragmentů vyhovující
- 4. týden po úrazu: **Hammer gr. 1** homogenní kostní struktura, linie zlomu vyhlazená, spojení dosaženo, kompletně zhojeno v dobrém postavení

O. M.	Den úrazu	3. týden po úrazu	4. týden po úrazu
Callus formation	5	3	1
Fracture line	4	1	1
Stage of union	4	1	1
Hammer	4-	2-	1

Tabulka 12. Pacient č. 12 (O. M.)



Obrázek 8. RTG snímek pac. č. 12, v den úrazu



Obrázek 9. RTG snímek pac. č. 12, 4. týden po úrazu

Pacient č. 13

B. D., muž, rok narození 2015, po pádu

Dg.: fr. diaphyseos radii et ulnae l. dx.

Klinický obraz: defigurace, algická hybnost, otok, periferie prokrvená bez senzomotorického deficitu

Th.: repozice v analgosedaci, SF dlaha

RTG: dislokovaná fraktura

Hammer:

- Den úrazu: **Hammer gr. 5** žádná tvorba svalku, výrazná linie zlomu, spojení nedosaženo
- 4. týden po úrazu: **Hammer gr. 2-** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, linie zlomu je znatelná, spojení dosaženo
- 6. týden po úrazu: **Hammer gr. 2** masivní svalek, kostní trámčina přestupuje přes linii zlomu, linie zlomu je téměř nerozeznatelná, spojení dosaženo

B. D.	Den úrazu	4. týden po úrazu	6. týden po úrazu
Callus formation	5	2	2
Fracture line	5	3	2
Stage of union	5	2	2
Hammer	5	2-	2

Tabulka 13. Pacient č. 13 (B. D.)



Obrázek 10. RTG snímek pac. č. 13, v den úrazu



Obrázek 11. RTG snímek pac. č. 13, 6. týden po úrazu

7. VÝSLEDKY, VYHODNOCENÍ CÍLŮ A HYPOTÉZ

7. 1 Výsledky

Z výše uvedených tabulek vyplývá následující:

1. Pacienti z kontrolní skupiny

- průměrné stádium kostního hojení v den úrazu je **dle Hammera gr. 5+**
- průměrné stádium kostního hojení 3.-4. týdny po úrazu je **dle Hammera gr. 3**
- průměrné stádium kostního hojení v 6. týdnu po úrazu je **dle Hammera gr. 2-**

2. Pacienti po absolvování DET (distanční elektroterapie)

- průměrné stádium kostního hojení v den úrazu je **dle Hammera gr. 5+**
- průměrné stádium kostního hojení 4. týden po úrazu je **dle Hammera gr. 2-**
- průměrné stádium kostního hojení v 6. týdnu po úrazu je **dle Hammera gr. 2+**

7. 2 Cíle práce

Jako cíle práce bylo stanoveno následující:

1. Přinést přehled zahraničních i českých výzkumů o magnetoterapii, distanční elektroterapii a PEMF a prezentovat stanoviska vybraných autorů o úspěšnosti daných terapií.
2. Porovnat účinek magnetoterapie a distanční elektroterapie při terapii fraktur diafýz ulny a radia u dětských pacientů v závislosti na úrovni a stádiu kostního hojení.

Práce přináší přehled několika výzkumů a přehledových studií. Z celkem 15 uvedených studií 14 z nich uvádí pozitivní účinky na proces hojení kostní tkáně. Jedna uvedená přehledová studie přináší negativní výsledky, z 11 vybraných výzkumů potvrzuje pozitivní vliv PEMF na proces hojení kostní tkáně pouze jedna (Mollon, 2008). Z přehledové studie z roku 2020 vychází také méně pozitivní výsledky, z vybraných 22 studií potvrzuje pozitivní účinky 14 z nich. (Peng, 2020)

Jelikož zahraniční studie nevnímají odděleně magnetoterapii či DET, neexistují žádné výzkumy, které by se zaměřovaly na porovnání těchto dvou (v ČR) specificky definovaných metod. Přesto se ale většina zahraničních výzkumů shoduje na faktu, že jednotlivé parametry PEMF se u jednotlivých studií liší a dosahují tím jiných

výsledků, tudíž potvrzují fakt, že různé hodnoty parametrů daných terapií mají různé účinky a je tedy vhodné je indikovat i různým pacientům. Je ale třeba se těmto rozdílům v parametrech a tím jednotlivým účinkům dále věnovat a experimentálně je potvrdit. (Bellew, 2016; Mollon, 2008)

V české literatuře je vnímán největší rozdíl v účincích magnetoterapie a DET především ve způsobu, jakým je těchto účinků dosaženo. Obě z terapií se používají pro analgetický, vazodilatační, trofotropní a myorelaxační účinky a pro zlepšené hojení měkkých tkání i kostní tkáně. DET je navíc používána i pro protizánětlivé účinky, magnetoterapie pak speciálně pro její disperzní a antiedematózní účinky. Z klinického hlediska je rozdílem to, že DET je častěji indikována na akutní zlomeniny, zatímco magnetoterapie je častěji používána u chronických stavů, jako je zpomalené hojení kostí, pakloubů či jiných degenerativních stavů. (Navrátil, 2019; Poděbradský, 2009; Zeman, 2013)

7. 3 Hypotézy

Hypotéza H1: po absolvování magnetoterapie bude kostní hojení v pokročilejším stádiu hojení než u pacientů, kteří magnetoterapii neabsolvovali.

Hypotéza H2: po absolvování distanční elektroterapie bude kostní hojení v pokročilejším stádiu hojení než u pacientů, kteří distanční elektroterapii neabsolvovali.

Hypotéza H1 nemůže být zodpovězena z důvodu neuskutečnění praktické části výzkumu o magnetoterapii z důvodu nízkého počtu probandů, kteří se do studie zapojili.

Hypotézu H2 bychom mohli u naší skupiny probandů potvrdit, stádium hojení kostní tkáně bylo u pacientů po distanční elektroterapii skutečně pokročilejší, nebyl ovšem dostatečný počet probandů, kteří by se výzkumu zúčastnili. Tento výsledek je tedy diskutabilní a nemůže být jednoznačně statisticky potvrzen.

DISKUZE

Ve své bakalářské práci jsem se snažila potvrdit pozitivní efekt magnetoterapie a distanční elektroterapie na proces hojení kostní tkáně, které jsou jakožto metody fyzikální terapie často indikovány pacientům s poruchami hybného systému, konkrétně i u zlomenin kostí.

Ve fyzioterapii se často setkáváme s fyzikální terapií jako s podpůrnou součástí léčby. Jejím hlavním cílem je pomoci konkrétnímu pacientovi dosáhnout žádoucích terapeutických účinků bez nežádoucích či vedlejších účinků dané léčby. To je možné pouze pokud jsou správně nastaveny parametry dané metody fyzikální terapie a také musí být daná metoda správně indikována. K tomu je zapotřebí mít dobrou znalost mechanismů jednotlivých metod, patofyziologických stavů, na které dané metody indikujeme a také zásady jejich aplikace. Bohužel není výjimkou neznalost těchto důležitých parametrů a mechanismů, v důsledku čehož může docházet k nevhodné indikaci terapie konkrétnímu pacientovi, nesprávnému nastavení parametrů terapie či k nefunkční aplikaci a použití dané metody. Ve výsledku tak může dojít k selhání terapie bez žádaného úspěchu a tím i k zavržení dané metody s pocitem, že není účinná.

Z toho důvodu dává smysl věnovat se jednotlivým metodám, zkoumat jejich reálné účinky při přesně určených parametrech a šířit tyto informace mezi co nejvíce fyzioterapeutů a lékařů, aby bylo zajištěno jejich efektivní využití v praxi.

Z teoretické části práce, která byla postavena jako rešerše zahraničních i českých výzkumů na toto téma vyplývá několik podstatných informací.

1. Hojení kostní tkáně je vysoce složitý komplexní proces, který probíhá v několika etapách, během kterých může dojít k narušení tohoto procesu a ke komplikovanému hojení fraktury kosti. (Bellew, 2016)
2. Mechanismus účinku daných metod fyzikální terapie je spojován s ovlivněním proliferace a diferenciací určitého typu buněk, které se účastní hojení tkání, dále s ovlivněním napětí a proudu, který vzniká v tkáních po poranění. Také se popisuje polarizace membrány a změna difuze iontů mezi extracelulárním a intracelulárním prostorem a ovlivnění mezibuněčných signálních drah. (Daish, 2018; Markov, 2015; Pasek, 2016)
3. Zvolené metody fyzikální terapie se běžně používají ve snaze maximálně urychlit hojení kostní tkáně, aby došlo k úplnému zhojení defektu. Je možné je aplikovat během kterékoliv fáze procesu kostního hojení. (Bellew, 2016)

4. V zahraničí není magnetoterapie a distanční elektroterapie vnímána odděleně. Obojí je popisováno jako pulzní elektromagnetické pole a jeho účinky se rozdělují dle jednotlivých parametrů daného pole. Je tedy popisována značná variabilita v použitých frekvencích, intenzitách, délce expozice i charakteru použitých impulzů. (Peng, 2020)
5. Na pozitivním vlivu magnetoterapie, distanční elektroterapie či PEMF se shodují následující autoři: Basset 1989, Grace 1998, Ibiwoye 2004, Midura 2005, Hannenman 2014, Poděbradský 2009, Zeman 2013, Markov 2015, Heckman 1981. Naopak studie Mollona (2008) upozorňuje na nepřesné a nejasné výsledky, z celkem 11 zahrnutých výzkumů byl potvrzen pozitivní účinek pouze v 1 z nich, a to pouze v souvislosti se snížením bolestivosti. Tyto výsledky jsou dle autora dány z důvodu nejasných a nepřesně uvedených hodnot a parametrů použitých elektromagnetických polí. Dle další přehledové studie Penga (2020), která zahrnovala 22 provedených výzkumů potvrdilo pozitivní účinek na proces hojení kostní tkáně pouze 14 z nich. Snížení bolestivosti vlivem působení PEMF dle vizuální analogové škály uvedlo 7 výzkumů, 5 uvádělo, že dochází nejen ke zlepšení ale i k urychlení procesu hojení kostní tkáně a 3 výzkumy uvádějí zvýšení kostní denzity vlivem působení PEMF na oblast zlomené kosti.
6. V posledních letech je tato oblast předmětem velkého zkoumání, stále ale nebyly dostatečně a spolehlivě prokázány a potvrzeny veškeré účinky. Chybí jednotný výzkum s jasně definovanými parametry. Je tedy potřeba dalších výzkumných studií, kde bude pečlivě uvedena metodika se všemi potřebnými parametry. (Bellew, 2016; Mollon, 2008)
7. V české literatuře se odlišuje magnetoterapie a distanční elektroterapie podle převažující působící složky. Obě z daných terapií jsou často indikovány pacientům s poruchami hybného systému, včetně fraktur kostí. (Zeman, 2013)
8. Přestože se obě terapeutické metody používají k podpoření terapie fraktur, nebylo dosud prokázáno, která z daných terapií je pro tuto indikaci vhodnější a dosahuje lepšího efektu. (Poděbradský, 2009; Zeman, 2013)

Praktická část byla založena jako vlastní výzkum, kdy byly porovnány stádia hojení kostní tkáně z RTG snímků u dětských pacientů se zlomeninou diafýzy obou kostí předloktí v porovnání s kontrolní skupinou. Z vyhodnocení snímků vyšly následující výsledky.

1. Dle Hammera bylo stádium hojení v den úrazu na stupni 5+ u pacientů z kontrolní skupiny, stejně jako u pacientů, kteří absolvovali distanční elektroterapii.
2. U pacientů po aplikaci DET bylo 4. týden po vzniku úrazu hojení na stupni 2-, zatímco u pacientů z kontrolní skupiny na stupni 3.
3. U pacientů po aplikaci DET bylo 6. týden po vzniku úrazu hojení na stupni 2+, zatímco u pacientů z kontrolní skupiny na stupni 2-.

Jak je zřejmé z uvedených výsledků, u pacientů po aplikaci distanční elektroterapie bylo průměrné stádium přibližně o půl stupně lepší než u pacientů z kontrolní skupiny, kteří žádnou terapii neabsolvovali. Vzhledem k nedostatečnému počtu probandů je diskutabilní, zda je lepší stádium hojení kostní tkáně dosažené vlivem působení distanční elektroterapie, či je to vlivem jiných vnějších a vnitřních faktorů. Jelikož nejsou rozdíly ve stupních dle Hammera tak markantní a vzhledem k velkým odlišnostem i mezi pacienty v jednotlivých skupinách se domnívám, že rozdílné stupně a stádia hojení kostní tkáně byla ovlivněna spíše individuálními rozdíly mezi pacienty, především věkem daného pacienta, vlivem dislokace, zaúhlení, vzájemného postavení kostních fragmentů dané zlomeniny, také přítomností interpozit v dané zlomenině a individuálním hojivým potenciálem.

Jsem si vědoma několika výrazných limitů praktické části této práce.

Vzhledem k současné situaci spojené s pandemií koronaviru bylo velmi obtížné sehnat dětské pacienty, kteří by se do studie zapojili. V porovnání s minulými roky docházelo kvůli omezení volného pohybu na území ČR k tomuto typu zlomeniny u menšího počtu dětí. U některých pacientů s touto zlomeninou naopak panoval strach z možné nákazy koronavirem v nemocnici, tudíž nechtěli po dobu 3 týdnů terapie 3x týdně v nemocničním prostředí absolvovat.

Terapie se účastnili tedy pouze 3 pacienti, kteří všichni absolvovali distanční elektroterapii, což nemůže být považováno za signifikantní vzorek a nemohly být ani porovnány dané metody fyzikální terapie mezi sebou.

Dále si uvědomujeme, že hodnocení dle RTG snímků je metoda, která je z části založená na subjektivním hodnocení lékaře, tudíž může docházet k jistým nepřesnostem v popisu kvůli rozdílnému individuálnímu vnímání. Snažili jsme se hodnocení co nejvíce objektivizovat použitím podrobnější klasifikace pro hojení kostní tkáně po zlomeninách. Určitě by se nabízely výhodnější vyšetřovací a zobrazovací metody, které ale nebyly pro účely této práce dostupné.

Hypotéza H1 tedy nemůže být zodpovězena, a to z důvodu nepříznivé situace spojené s pandemií koronaviru, která nám bohužel nedovolila zapojit do studie více probandů. Hypotézu H2 nemůžeme spolehlivě potvrdit, nepovažujeme výsledek na 3 probandech za průkazný.

Na závěr musím souhlasit s několika autory článků (Bellew, 2016; Grace, 1998; Mollon, 2008) kteří byli uvedeni v této práci, že se jedná o složitou a komplexní problematiku, která si zaslouží pozornost a větší prostor pro další výzkumné studie, které by potvrdily či vyvrátily její skutečné účinky a porovnaly jednotlivé metody mezi sebou, aby mohla být pacientům indikována ta nejvhodnější a nejúčinnější dostupná metoda.

ZÁVĚR

Zlomeniny jsou běžnou a častou součástí života, která může být z důvodu bolestivosti a imobilizace poraněné oblasti limitující. Je tedy logické, že se snažíme zlomeniny co nejrychleji a nejefektivněji léčit, aby docházelo k co nejmenšímu omezení běžných denních činností. Součástí terapie fraktur je podpůrná léčba magnetoterapií či distanční elektroterapií, na kterou jsme se v této práci zaměřili.

Z několika zahraničních výzkumů vyplývá, že se elektromagnetické pole běžně v medicíně používá a má v ní své místo. Více autorů se shoduje na pozitivních účincích ve vztahu k urychlení a usnadnění procesu hojení kostní tkáně, i přesto však chybí výzkumné studie, které by toto působení podrobně popsaly, včetně jednotlivých parametrů, které se mají používat k přesně daným indikačním skupinám. U dosud prováděných výzkumů většinou chybí ucelené a sjednocené parametry používaných metod, liší se pacienti a diagnostické skupiny, na které jsou tyto metody používány.

Naším výzkumem jsme se snažili prokázat účinnost magnetoterapie a distanční elektroterapie u dětských pacientů se zlomeninou diafýz obou kostí předloktí. U pacientů, kteří distanční elektroterapii absolvovali sice bylo hojení kostí po fraktuře mírně příznivější, nejsme ovšem schopni říct, zda to bylo vlivem dané terapie či jinými individuálními faktory, jelikož nebyl daný efekt zkoumán u dostatečného vzorku pacientů.

Přestože se nám nepodařilo účinnost vybraných fyzikálních terapií spolehlivě potvrdit, domnívám se, že práce přináší zajímavý přehled zahraničních i českých výzkumů, studií a informací na dané téma, poukazuje na nedostatečnost a nepřesnost některých údajů a znalostí o daném tématu a nabádá k dalšímu zkoumání.

REFERENČNÍ SEZNAM

ASOKAN, A., KHEIR, N., 2021. Pediatric Torus Buckle Fracture, [online]. Updated 2020. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing;
Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560634/>

ATANELOV, Z., BENTLEY, TP., 2021. Greenstick Fracture [online]. Updated 2020. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing;
Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513279/>

BELLEW, James W., Susan L. MICHLOVITZ a Thomas P. NOLAN. Michlovitz's Modalities for Therapeutic Intervention. 6th edition. Philadelphia: F. A. Davis Company, 2016. ISBN 9780803645639.

CEBRIÁN, Juan L., Pilar GALLEGO, Alberto FRANCÉS, Piedad SÁNCHEZ, Elena MANRIQUE, Fernando MARCO a Luis LÓPEZ-DURÁN. Comparative study of the use of electromagnetic fields in patients with pseudoarthrosis of tibia treated by intramedullary nailing. *International orthopaedics* [online]. 2009, (34(3)), 437-440 [cit. 2021-04-14]. PMID: 19462169.
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19462169/>

ČIHÁK, Radomír, 2011. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.

DAISH, C., R. BLANCHARD, K. FOX, P. PIVONKA a E. PIROGOVA, 2018. The Application of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFs) for Bone Fracture Repair: Past and Perspective Findings. *Annals of Biomedical Engineering* [online]. 46(4), 525-542 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.1007/s10439-018-1982-1. ISSN 0090-6964.
Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10439-018-1982-1>

DUNGL, Pavel. *Ortopedie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8.

DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3240-4.

EGOL, Kenneth A., Kenneth J. KOVAL a Joseph D. ZUCKERMAN. *Handbook of fractures*. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, c2015. ISBN 978-1-4511-9362-6.

GRACE KL, REVELL WJ, BROOKES M. The effects of pulsed electromagnetism on fresh fracture healing: osteochondral repair in the rat femoral groove. *Orthopedics* [online]. 1998, 21(3), 297-302 [cit. 2021-01-22]. PMID: 9547814.
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9547814/>

HAMMER, R. R., S. HAMMERBY a B. LINDHOLM. Accuracy of radiologic assesment of tibial shaft fracture union in humans. *Clinical Orthopaedics and Related Research* [online]. 1985, 233-238 [cit. 2021-04-01].
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4042484/>

HANNEMANN, P. F. W., E. H. H. MOMMERS, J. P. M. SCHOTS, P. R. G. BRINK a M. POEZE. The effects of low-intensity pulsed ultrasound and pulsed electromagnetic fields bone growth stimulation in acute fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [online]. 2014, 134(8), 1093-1106 [cit. 2021-01-22]. DOI: 10.1007/s00402-014-2014-8, ISSN 0936-8051.

Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00402-014-2014-8>

HECKMAN, JD, AJ INGRAM, RD LOYD, JV LUCK JR. a PW MAYER. Nonunion treatment with pulsed electromagnetic fields. *Clinical Orthopaedics and Related Research* [online]. 1981(161), 58-66 [cit. 2021-04-14]. 6975692. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6975692/>

HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK, 2017. *Memorix anatomie*. 4. vydání. Ilustroval Jan BALKO, ilustroval Šárka ZAVÁZALOVÁ. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-420-0.

IBIWOYE, Michael O., Kimerly A. POWELL, Mark D. GRABINER, Thomas E. PATTERSON, Yoshitada SAKAI, Maciej ZBOROWSKI, Alan WOLFMAN a Ronald J. MIDURA. Bone mass is preserved in a critical-sized osteotomy by low energy pulsed electromagnetic fields as quantitated by in vivo micro-computed tomography. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. 2004, 22(5), 1086-1093 [cit. 2021-01-22]. DOI: 10.1016/j.orthres.2003.12.017, ISSN 0736-0266.

Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736026604000105>

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

MARKOV, M., 2015. XXIst century magnetotherapy. *Electromagnetic Biology and Medicine* [online]. 34(3), 190-196 [cit. 2020-05-17].

DOI: 10.3109/15368378.2015.1077338. ISSN 1536-8378.

Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/15368378.2015.1077338>

MARKOV, Marko S., 2007. Magnetic Field Therapy: A Review. *Electromagnetic Biology and Medicine* [online]. 26(1), 1-23 [cit. 2020-05-17].

DOI: 10.1080/15368370600925342. ISSN 1536-8378.

Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15368370600925342>

MELTON, L. Joseph. Epidemiology of Fractures. *Osteoporosis in Men* [online]. Rochester, Minnesota: Elsevier, 1999, 1-13 [cit. 2021-03-02].

DOI: 10.1016/B978-012528640-4/50002-2 ISBN 9780125286404.

Dostupné z: <https://sci-hub.do/10.1016/b978-012528640-4/50002-2>

MIDURA, Ronald J., Michael O. IBIWOYE, Kimerly A. POWELL, et al. Pulsed electromagnetic field treatments enhance the healing of fibular osteotomies. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. 2005, 23(5), 1035-1046 [cit. 2021-01-22]. DOI: 10.1016/j.orthres.2005.03.015 ISSN 0736-0266.

Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736026605000884>

MOLLON, Brent, Vitor DA SILVA, Jason W BUSSE, Thomas A EINHORN a Mohit BHANDARI. Electrical Stimulation for Long-Bone Fracture-Healing: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American* Volume [online]. 2008, 90(11), 2322-2330 [cit. 2021-02-25]. DOI: 10.2106/JBJS.H.00111, ISSN 0021-9355.
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18978400/>

NAVRÁTIL, Leoš, ed. *Fyzikální léčebné metody pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-0478-9.

ORYAN, Ahmad, Somayeh MONAZZAH a Amin BIGHAM-SADEGH, 2015. Bone Injury and Fracture Healing Biology. *BIOMEDICAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES* [online]. 2015(281), 57-71 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.3967/bes2015.006. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25566863/>

PASEK, Jarosław, Tomasz PASEK, Karolina SIEROŃ-STOŃTNY, Grzegorz CIEŚLAR a Aleksander SIEROŃ, 2016. Electromagnetic fields in medicine – the state of art. *Electromagnetic Biology and Medicine* [online]. (35-2), 170-175 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.3109/15368378.2015.1048549. ISSN 1536-8378. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/15368378.2015.1048549>

PENG, Lihong, Chenying FU, Feng XIONG, Qing ZHANG, Zejun LIANG, Li CHEN, Chengqi HE a Quan WEI. Effectiveness of Pulsed Electromagnetic Fields on Bone Healing: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Bioelectromagnetics* [online]. 2020, 41(5), [cit. 2021-01-22]. DOI: 10.1002/bem.22271, ISSN 0197-8462.
Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bem.22271>

PODEBRADSKÝ, Jiří a Radana PODEBRADSKÁ, 2009. *Fyzikální terapie: manuál a algoritmy*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2899-5.

PRŮCHA, J., I. DYLEVSKÝ, L. NAVRÁTIL, et al. Přínosy základního, preklinického a klinického výzkumu k uplatnění indukovaných elektrických proudů v indikacích rehabilitační a fyzikální medicíny. *Rehabilitation* [online]. 2019, 26(4), 174-190 [cit. 2021-01 21]. ISSN 12112658.
Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?authtype=shib&custid=s1240919&direct=true&db=asn&AN=143171296&site=eds-live&scope=site&lang=cs>

RODRÍGUEZ-MERCHÁN, E. C. Pediatric Fractures of the Forearm. *Clinical Orthopaedics & Related Research* [online]. 2005, (vol. 432), 65-72 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0009-921X. DOI: 10.1097/01.blo.0000156480.76450.04
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15738805/>

TIKTINSKY, R., L. CHEN a P. NARAYAN. Electrotherapy: yesterday, today and tomorrow. *Haemophilia* [online]. 2010, 16, 126-131 [cit. 2020-11-12]. DOI: 10.1111/j.1365-2516.2010.02310.x, ISSN 13518216.
Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2516.2010.02310.x>

VOKURKA, Martin. Patofyziologie pro nelékařské směry. 4., upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-3563-7.

VORLAT, Peter, Hugo DE BOECK. Bowing Fractures of the Forearm in Children. *Clinical Orthopaedics & Related Research* [online]. 2003, (vol. 413), 233-237 [cit. 2021-04-03]. DOI: 10.1097/01.blo.0000072901.36018.25, ISSN 0009-921X. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12897614/>

ZEMAN, Marek, 2013. *Základy fyzikální terapie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-403-2.

ŽVÁK, Ivo. Traumatologie ve schématech a RTG obrazech. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1347-0.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Klasifikace kostního hojení dle RTG snímků podle Hammera.....	36
Obrázek 2. RTG snímek pac. č. 4, v den úrazu.....	39
Obrázek 3. RTG snímek pac. č. 4, 6. týden po úrazu.....	39
Obrázek 4. RTG snímek pac. č. 7, v den úrazu.....	42
Obrázek 5. RTG snímek pac. č. 7, 6. týden po úrazu.....	42
Obrázek 6. RTG snímek pac. č. 11, v den úrazu.....	45
Obrázek 7. RTG snímek pac. č. 11, 6. týden po úrazu.....	45
Obrázek 8. RTG snímek pac. č. 12, v den úrazu.....	46
Obrázek 9. RTG snímek pac. č. 12, 4. týden po úrazu.....	46
Obrázek 10. RTG snímek pac. č. 13, v den úrazu.....	47
Obrázek 11. RTG snímek pac. č. 13, 6. týden po úrazu.....	47
Obrázek 12. RTG snímek, den úrazu.....	64
Obrázek 13. RTG snímek, 3. týden po úrazu.....	64
Obrázek 14. RTG snímek, 6. týden po úrazu.....	64
Obrázek 15. RTG snímek, den úrazu.....	65
Obrázek 16. RTG snímek, 3. týden po úrazu.....	65
Obrázek 17. RTG snímek, 6. týden po úrazu.....	65
Obrázek 18. RTG snímek, den úrazu.....	66
Obrázek 19. RTG snímek, 3. týden po úrazu.....	66
Obrázek 20. RTG snímek, 6. týden po úrazu.....	66
Obrázek 21. RTG snímek, den úrazu.....	67
Obrázek 22. RTG snímek, 3. týden po úrazu.....	67
Obrázek 23. RTG snímek, 4. týden po úrazu.....	67
Obrázek 24. RTG snímek, den úrazu.....	68
Obrázek 25. RTG snímek, 4. týden po úrazu.....	68
Obrázek 26. RTG snímek, 6. týden po úrazu.....	68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Pacient č. 1 (B. L.).....	37
Tabulka 2. Pacient č. 2 (P. T.).....	38
Tabulka 3. Pacient č. 3 (B. K.).....	38
Tabulka 4. Pacient č. 4 (S. A.).....	39
Tabulka 5. Pacient č. 5 (L. J.).....	40
Tabulka 6. Pacient č. 6 (R. M.).....	41
Tabulka 7. Pacient č. 7 (M. J.).....	41
Tabulka 8. Pacient č. 8 (P. M.).....	43
Tabulka 9. Pacient č. 9 (F. V.).....	43
Tabulka 10. Pacient č. 10 (L. V.).....	44
Tabulka 11. Pacient č. 11 (S. N.).....	44
Tabulka 12. Pacient č. 12 (O. M.).....	46
Tabulka 13. Pacient č. 13 (B. D.).....	47

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Informovaný souhlas zákonného zástupce pacienta

Příloha č. 2 – Dopis pro rodiče

Příloha č. 3 – RTG snímky pac. č. 4, boční projekce

Příloha č. 4 – RTG snímky pac. č. 7, boční projekce

Příloha č. 5 – RTG snímky pac. č. 11, boční projekce

Příloha č. 6 – RTG snímky pac. č. 12, boční projekce

Příloha č. 7 – RTG snímky pac. č. 13, boční projekce

PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – Informovaný souhlas zákonného zástupce pacienta

Informovaný souhlas zákonného zástupce s účastí ve výzkumné studii

Název studie: Efekt magnetoterapie a distanční elektroterapie na proces hojení kostní tkáně

Podpisem tohoto Informovaného souhlasu potvrzují, že:

- Svobodně a bez výhrad souhlasím s účastí mé dcery/syna narozené/ho v této výzkumné studii.
- Souhlasím s tím, že Martina Tobková, studentka Fyzioterapie na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy smí použít informace získané při výzkumu do své bakalářské práce.
- Souhlasím se zveřejněním svých anonymizovaných anamnestických údajů a hodnot získaných během výzkumu.
- Souhlasím s aplikací magnetoterapie/distanční elektroterapie jakožto standardní metody používané jako součást léčby zlomenin na podporu hojení kostní tkáně.
- Povoluji poskytnutí záznamů souvisejících s touto studií v anonymizované podobě při zachování úplné ochrany mého soukromí těmto institucím: Univerzita Karlova, Fakultní nemocnice Motol.

V Praze dne

Podpis zákonného zástupce

Příloha č. 2 – Dopis pro rodiče

Vážení rodiče,

jmenuji se Martina Tobková a jsem studentkou 2. ročníku bakalářského studia Fyzioterapie na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy. Moc Vám děkuji za Váš zájem o spolupráci ve výzkumu k mé bakalářské práci, která se zabývá terapií dětských zlomenin předloktí využitím magnetoterapie a distanční elektroterapie. Tento výzkum provádíme proto, abychom porovnali dané terapie mezi sebou a zjistili, která z nich má lepší účinek a je tedy výhodnější pro pacienty. Věřím, že spolupráce na tomto výzkumu přinese benefity nejen pro mě, ale i pro Vás.

Vašemu dítěti bude předepsána jedna z výše zmíněných terapií, která má za cíl podpořit hojení kostní tkáně. Na danou terapii byste pravidelně docházeli do FN Motol na dospělou část Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství (hlavní budova, uzel D, -1 patro, elektroléčba). Celkový počet terapií bude 10, bylo by vhodné abyste na ní docházeli 3x týdně, podle vašich možností. Délka každé terapie je 30 minut. Po ukončení všech terapií budou porovnány RTG snímky pořízené po úrazu se snímky z RTG po proběhlé terapii a bude vyhodnocena míra změn, které během hojení kosti proběhnou.

Pokud se Vám výzkum líbí a souhlasíte s účastí, poprosím Vás, abyste kontaktovali Mgr. Demekovou (julia.demekova@fnmotol.cz) a potvrdili jí Váš zájem. Následně Vám bude zaslána informace o terapii, která pro Vás byla vybrána a na kterou se budete objednávat. Pro objednání se na konkrétní termíny zavoláte na elektroléčbu na tel. číslo 224 439 244.

Děkuji za Váš zájem, v případě jakýchkoliv dotazů se neváhejte obrátit na Mgr. Demekovou.

S pozdravem, Tobková Martina.

Příloha č. 3 – RTG snímky pac. č. 4, boční projekce



Obrázek 12. RTG snímek, den úrazu



Obrázek 13. RTG snímek, 3. týden po úrazu



Obrázek 14. RTG snímek, 6. týden po úrazu

Příloha č. 4 – RTG snímky pac. č. 7, boční projekce



Obrázek 15. RTG snímek, den úrazu



Obrázek 16. RTG snímek, 3. týden po úrazu



Obrázek 17. RTG snímek, 6. týden po úrazu

Příloha č. 5 – RTG snímky pac. č. 11, boční projekce



Obrázek 18. RTG snímek, den úrazu

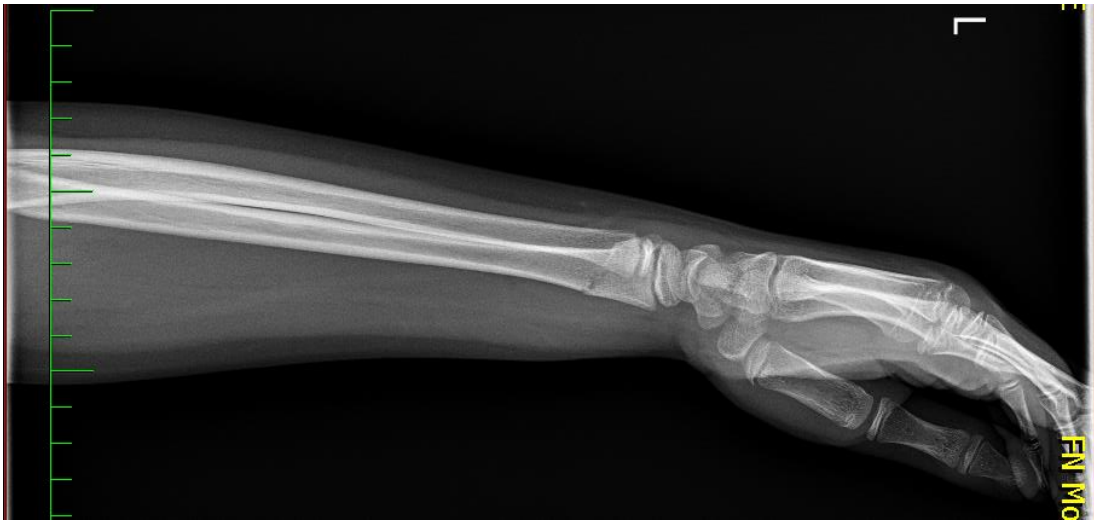


Obrázek 19. RTG snímek, 3. týden po úrazu



Obrázek 20. RTG snímek, 6. týden po úrazu

Příloha č. 6 – RTG snímky pac. č. 12, boční projekce



Obrázek 21. RTG snímek, den úrazu



Obrázek 22. RTG snímek, 3. týden po úrazu



Obrázek 23. RTG snímek, 4. týden po úrazu

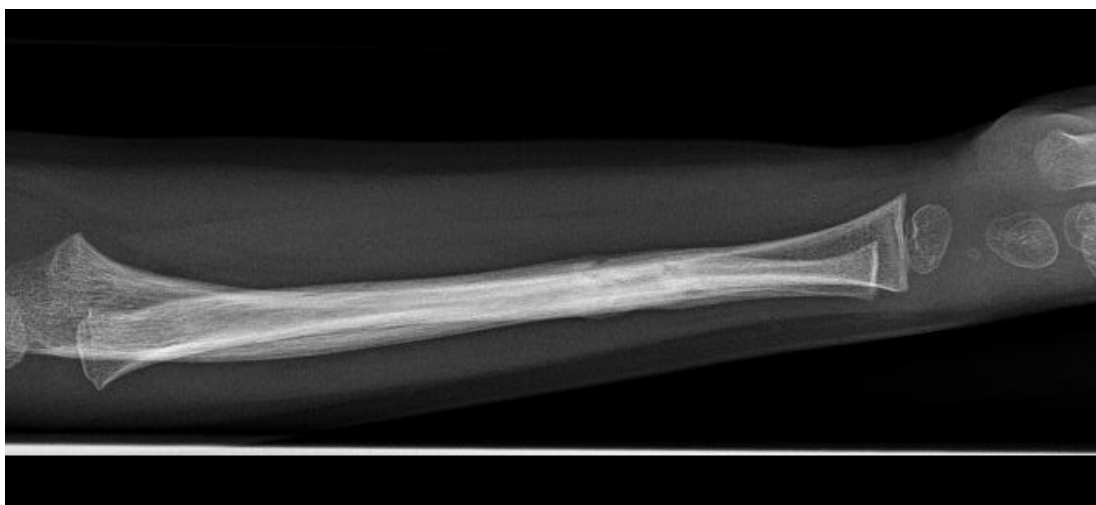
Příloha č. 7 – RTG snímky pac. č. 13, boční projekce



Obrázek 24. RTG snímek, den úrazu



Obrázek 25. RTG snímek, 4. týden po úrazu



Obrázek 26. RTG snímek, 6. týden po úrazu