



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Efektivita brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov

Efficiency of brachyradiumtherapy at Jáchymov Medical Spa

Diplomová práce

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Studijní obor:

Autor diplomové práce: Bc. Tomáš Musil

Vedoucí diplomové práce: Prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr. h. c.

Kladno 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Musil** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **482881**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Aplikovaná fyzioterapie**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Efektivita brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov

Název diplomové práce anglicky:

Efficiency of brachyradiumtherapy at Jáchymov Medical Spa

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude posoudit přínos brachyradioterapie při artritických postiženích kyčelního kloubu, kolenního kloubu a u chronických bolestí páteře. Tyto indikace patří mezi nejčastější výše uvedené formy léčby, která je využívána, pokud ostatní léčebné metody nemají očekávaný efekt. Největší zkušenosti s touto terapií mají v současné době v Léčebných lázních Jáchymov. V teoretické části práce bude zpracována literární rešerše vycházející z domácí i zahraniční literatury. Na základě anamnestických údajů od nemocného, které budou získány formou dotazníku a k němu se vztajících údajů metodiky léčby, které poskytne radiologické pracoviště Léčebných lázní Jáchymov, bude vyhodnocena účinnost léčby ve vztahu ke zvoleným fyzikálním parametrům. Výsledky práce budou využity v rámci lázeňského pracoviště s cílem zkvalitnění lázeňské péče.

Seznam doporučené literatury:

- [1] NAVRÁTIL, Leoš, Fyzikální léčebné metody pro praxi, Praha: Grada Publishing, 2019, ISBN 978-80-271-0478-9
- [2] HAVRÁNKOVÁ, Renata, Klinická radiobiologie, Praha: Grada Publishing, 2020, ISBN 978-80-247-4098-0
- [3] Šinkorová, Z., Navrátil, L., Biomedicínská detekce ionizujícího záření, ed. 1., České vysoké učení technické v Praze, 2014, 80 s., ISBN 978-80-01-05626-4

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr. h. c.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Mgr. Ondřej Hecht, Léčebné lázně Jáchymov

Datum zadání diplomové práce: **15.02.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Efektivita brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 18.05.2023

.....
Bc. Tomáš Musil

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych moc rád poděkoval panu prof. MUDr. Leoši Navrátilovi, CSc., MBA, dr. h. c. za jeho trpělivost, odborné vedení, pomoc, věcné a konstruktivní připomínky a cenné rady při vypracování mé diplomové práce. Dále bych poděkoval Léčebným lázním Jáchymov a. s. za umožnění realizace výzkumné části práce. Poté moc děkuji pánům MUDr. Jindřichu Maršíkovi a Mgr. Ondřeji Hechtovi z Léčebných lázní Jáchymov a. s. za jejich vstřícnost, odborné rady a konzultace ohledně brachyradiumterapie.

ABSTRAKT

Má diplomová práce se zabývá efektivitou brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov. Cílem práce bylo zjištění, jaká je účinnost brachyradiumterapie na bolestivé stavy pacientů. Jednalo se o chronické bolesti při artróze kyčelního kloubu, kolenního kloubu a zad v bederní oblasti.

V teoretické části se zabývám ionizujícím zářením, bezpečností a ochranou před ním, dále nenádorovou radioterapií a brachyradiumterapií v Léčebných lázních Jáchymov. Poté jsou popsány vybrané diagnózy zahrnuté do výzkumu a poslední částí je legislativní úprava a státní orgány správy.

V metodické části se nachází informace o probandech, sběru dat, dotazníkovém šetření a používaných škálách bolesti. Dosažené výsledky pomocí dotazníkového šetření jsou prezentovány ve formě tabulek a grafů. Nacházejí se zde odpovědi z dotazníku od každého probanda a také statisticky zpracované souhrnné výsledky.

Z dosažených výsledků vyplývá, že po dvou měsících od aplikace brachyradiumterapie se snížila bolestivost a také se snížilo dávkování medikamentů na bolest u většiny pacientů. V diskusi jsou porovnány dosažené výsledky s jinými dostupnými studiiemi a poukázání zodpovědnosti rehabilitačního lékaře a radiologického asistenta.

Klíčová slova

Artróza kyčelního kloubu; artróza kolenního kloubu; brachyradiumterapie; chronická bolest zad; ionizující záření; Léčebné lázně Jáchymov; nenádorová radioterapie.

ABSTRACT

My diploma thesis solves the effectiveness of brachyradium therapy in the Jáchymov Spa. The aim of the work was to find out the effectiveness of brachyradium therapy on patients' painful conditions. These are chronic pains in arthrosis of the hip joint, knee joint and back pain in the lumbar part of the body.

In the theoretical part, my work deals with ionizing radiation, safety, and protection from it, as well as non-tumor radiotherapy and brachyradium therapy in the Jáchymov Spa. Subsequently, selected diagnoses included in the research are described. The last part discusses the legislative arrangement and public authorities.

The methodological part contains information about the subjects, data collection, questionnaire survey and pain scales used. The results achieved using the questionnaire survey are presented in the form of tables and graphs. There are answers from the questionnaire from each respondent as well as statistically processed summary results.

The obtained results indicate that after two months of brachyradium therapy, the pain level decreased, and the dosage of pain medication was also reduced in most patients. In the discussion, the achieved results are compared with other available studies and the responsibility of the rehabilitation doctor and radiology assistant is pointed out.

Keywords

Arthrosis of the hip joint;arthrosis of the knee joint; Brachyradiumtherapy; chronic back pain;ionizing radiation; Jáchymov medical spa;non-tumor radiotherapy.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíle práce a hypotézy	12
3	Přehled současného stavu.....	13
3.1.1	Ionizující záření	13
3.1.2	Zatížení lidského organismu zářením	16
3.1.3	Ovlivnění biologického organismu ionizujícím zářením.....	16
3.1.4	Veličiny popisující ionizující záření.....	18
3.1.5	Ochrana před gama zářením	19
3.2	Nenádorová radioterapie	23
3.2.1	Indikace k nenádorové radioterapii	24
3.2.2	Kontraindikace k nenádorové radioterapii	24
3.2.3	Zásady nenádorové radioterapie	25
3.2.4	Účinky nenádorové radioterapie	26
3.2.5	Dělení nenádorové radioterapie:	26
3.3	Brachyradiumterapie	27
3.3.1	Brachyradiumterapie v Jáchymovských lázních	28
3.3.2	Historie brachyradiumterapie v Jáchymovských lázních	29
3.3.3	Indikace a kontraindikace brachyradiumterapie	31
3.3.4	Vyšetření u rehabilitačního lékaře	33
3.3.5	Radioaktivní zářič	34
3.3.6	Aktivita a dávka gama záření dle nejčastějších indikací	34
3.3.7	Ozařovací protokol.....	35
3.3.8	Způsob aplikace.....	36

3.3.9	Popis pracoviště.....	39
3.3.10	Afterloading	42
3.4	Nejčastější indikace pro brachyradiumterapii	44
3.4.1	Osteoartróza.....	44
3.4.2	Chronická bolest zad	49
3.5	Legislativní úprava a orgány státní správy	51
4	Metodika.....	54
4.1	Probandi.....	54
4.2	Dotazníkové šetření.....	54
4.2.1	VAS škála bolesti	55
4.2.2	Numerická hodnotící škála.....	56
4.2.3	Obličejová škála.....	56
5	Výsledky	57
5.1	Výsledky jednotlivých pacientů.....	57
5.1.1	Pacient 1	57
5.1.2	Pacient 2.....	58
5.1.3	Pacient 3.....	59
5.1.4	Pacient 4.....	60
5.1.5	Pacient 5.....	61
5.1.6	Pacient 6.....	62
5.1.7	Pacient 7.....	63
5.1.8	Pacient 8.....	64
5.1.9	Pacient 9.....	65
5.1.10	Pacient 10	66

5.2	Intervenční skupina.....	67
5.3	Souhrnné výsledky.....	69
6	Diskuze	70
7	Závěr	80
8	Seznam použitých zkratk.....	82
9	Seznam použité literatury.....	86
10	Seznam použitých obrázků	97
11	Seznampoužitých tabulek.....	98
12	Seznam příloh.....	99
12.1	Příloha 1 (dotazník pro pacienty).....	99

1 ÚVOD

Již na začátku XX. století Julius Elster a Hans Geitel měření vod zjistili, že radioaktivní prameny v Jáchymově patří mezi nejvíce radioaktivní v Evropě. Ale předně se tyto prameny více používaly k léčbám inhalačním nebo ve formě koupelí, a až následně se radioaktivita začala využívat k léčení ve formě brachyradiumterapie. Na zkoumání účinků pro nenádorovou aplikaci se podíleli P. Curie, Dominici, Bergonié, V. Noorden, Klemperer, Kraus, Fata, Gudzent, Plesch, Zehner, Brill, Lazarus. [1 s. 226-230]

Metoda brachyradiumterapie je více známá především v souvislosti s léčbou nádorových onemocnění. Rovněž ji však lze využít i při řešení nenádorových chorob nebo jiných zdravotních komplikací. Tato forma léčby se v České republice aplikuje pouze v Léčebných lázních Jáchymov. Rozhodl jsem se svoji diplomovou práci zaměřit na brachyradiumterapii, aby se tato forma nenádorové radioterapie více zviditelnila široké veřejnosti a abych zjistil odpověď na otázku, jak moc je tato terapie prospěšná pro pacienty s chronickými obtížemi.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem diplomové práce je pečlivé zpracování literární rešerše na brachyradiumterapii, jak z domácích, tak i ze zahraničních zdrojů. Tyto získané informace budou prospěšné k lepšímu pochopení dané problematiky vzhledem ke speciální části práce. Dalším cílem je posouzení přínosu brachyradiumterapie při artrotických postiženích kyčelního kloubu, kolenního kloubu a chronických bolestí zad. Získané poznatky následně budou sloužit ke zkvalitnění lázeňské péče.

H1: Po dvou měsících od aplikace brachyradiumterapie se u všech pacientů snížila bolestivost.

H2: Pro všechny pacienty byla brachyradiumterapie přínosná.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1.1 Ionizující záření

„Ionizující záření je druh vysokoenergetického záření, které má dostatečnou energii na to, aby z atomu nebo molekuly odstranilo elektron (záporně nabitou částici), čímž dojde k ionizaci tohoto atomu či molekuly“. Ionizující záření může způsobovat chemické změny v buňkách a poškozovat DNA. Vznik ionizujícího záření je doprovodným jevem při jaderné přeměně nebo procesem, který se odehrává v elektronovém obalu atomu. Ke vzniku ionizace atomu je potřeba vysoká energie kvant ionizujícího záření, než je ionizační energie (potenciál) atomu, který je ozářený. Tato vysoká energie je potřebná pro odstranění elektronu z elektronového jádra atomu. Pokud se tento elektron nachází blízko jádra, tak má vysokou ionizační energii a je tím pádem potřeba mnohem větší energie, aby ho vyřadila. [2; 3 s. 199]

Do tohoto záření se zařazuje rentgenové, alfa, beta nebo gama záření. Dle charakteru se dělí na přímo ionizující (elektrony, částice alfa a beta) nebo nepřímo ionizující (fotony a neutrony). Zdroje ionizujícího záření mohou být přirozené, uměle připravené (radioaktivní izotop) nebo vzniklé v rentgence (lineární urychlovač). Přírodní radionuklidy mohou vznikat jadernou reakcí kosmického záření nebo přeměnovými řadami (nejznámější uran-radiová).

[3 s. 207-209]

Alfa záření tvoří jádra helia. Jádra prvků (příklad thorium, radium nebo uran) toto záření vyzařují. List papíru nebo tenká vrstva pokožky ho mohou úplně zastavit. Ale pokud se do lidského těla dostane vdechnutím nebo jídlem, může dojít k ozáření vnitřní tkáně a s biologickým poškozením. [3 s. 207]

Beta záření tvoří elektrony nebo pozitrony (kladný náboj) a provází přeměny radioaktivních prvků. Pro vznik beta záření se například používá radionuklid ^{90}Sr . Více proniká než alfa záření. Může pronikat vrstvou vody (1 až 2 cm), ale několik milimetrů hliníkového plechu ho zastaví. [3 s. 208]

Rentgenové záření můžeme charakterizovat jako ionizující elektromagnetické záření nebo proud fotonů s vysokou energií, které zahrnuje brzdné záření (nabitě částice brzdí v elektrických polích) a charakteristické záření (vysílá se během přechodu elektronu z obalu atomu do nižší energetické hladiny). Vzniká v elektronovém obalu při interakci hmoty s letícími elektrony. Zdroje rentgenového záření je betatron, rentgenka nebo hvězdy. [3 s. 209]

Gama záření se využívá k brachyradiumterapii. Toto záření je značené řeckým písmenem γ . Poprvé bylo popsáno v roce 1900 Paulem Ulrichem Villardem. Avšak až v roce 1914 Ernest Rutherford toto záření pojmenoval gama. Je to nehmotné elektromagnetické záření, jehož vlnová délka se pohybuje v rozmezí 10^{-11} až 10^{-13} m. Šíření gama záření většinou doprovází alfa a beta záření. Oproti beta záření je gama více pronikavější a nejvíce ho pohltí vrstva olova (1,016 cm olova pohltí až $\frac{1}{2}$ gama záření). Ale patří do nepřímo ionizujícího záření. Při interakci s prostředím uvolňuje nabitě částice, které způsobí ionizaci. Spektrální pásmo gama záření obsahuje rentgenové záření. [3 s. 208; 4 s. 218; 5]

V brachyterapii se pro vznik gama záření využívají především tyto radionuklidy ^{60}Co , ^{137}Cs a ^{226}Ra . Pro jáchymovské krabičky se využívá právě ^{226}Ra . V roce 1898 byl prvek radium poprvé popsán Marií Curie-Sklodowskou, jejím manžel Pierem a Gustavem Bémontem. V současné době se v Léčebných lázních Jáchymov používá pro brachyradiumterapii pouze tento radionuklid ^{226}Ra ve formě radiové soli. Radionuklid ^{226}Ra je nejčastějším izotopem radia.

Provází ho vysoká radioaktivita. Poločas rozpadu je 1 602 roků. Z tohoto izotopu může vznikat plyn ^{222}Rn . Vytvoří se rozpadem izotopu ^{226}Ra v uran-radiové rozpadové řadě. Radon bývá následně zdrojem záření alfa. Izotop ^{226}Ra vzniká při jaderné přeměně izotopu ^{230}Th . [6]

Tato rozpadová řada je jednou ze čtyř základních (Thoriová, Neptuniová, Uran-radiová a Uran-aktiniová). Popisuje, jaký je průběh jaderných přeměn u radioaktivních prvků. U těžkých jader se stává, že během radioaktivního rozpadu se postupně přemění na další a další dceřiná jádra, dokud nevznikne koncový produkt se stabilním atomovým jádrem. Tyto přeměny mohou být trojího typu, alfa, beta a gama. Prvním izotopem v Uran-radiové rozpadové řadě je ^{238}U a posledním je ^{206}Pb , který je již stabilním.

[6; 7 s. 14-15; 8]

Izotop	Poločas přeměny	Přeměna
^{238}U	$4,468 \times 10^9$ r	α
^{234}Th	24,10 d	β^-
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	1,17 min	β^-
^{234}U	$2,455 \times 10^5$ r	α
^{230}Th	$7,538 \times 10^4$ r	α
^{226}Ra	1600 r	α
^{222}Rn	3,8235 d	α
^{218}Po	3,10 min	α
^{214}Pb	26,8 min	β^-
^{214}Bi	19,9 min	β^-
^{214}Po	$164,3 \times 10^{-6}$ s	α
^{210}Tl	1,30 min	β^-
^{210}Pb	22,20 r	β^-
^{210}Bi	5,012 d	β^-
^{210}Po	138,376 d	α
^{206}Pb	stabilní	

Obrázek 1: prvky uran-radiové rozpadové řady [58]

3.1.2 Zatížení lidského organismu zářením

Radioaktivní záření působí na člověka každý den. Vnitřní ozáření je způsobováno potravou nebo vdechováním dceřiných produktů radionuklidů. Inhalace radonu a jeho produktů má největší podíl. Přesnou hodnotu efektivní dávky pro všechny obyvatele nelze stanovit, protože například výskyt radonu není na každém území stejný. Ale dávka z přírodního záření bývá vyšší než dávka z lékařského ozáření. [9]



Obrázek 2: radiační expozice na člověka [59]

3.1.3 Ovlivnění biologického organismu ionizujícím zářením

Z fyzikálního hlediska ionizující záření ovlivňuje biologický materiál stejně, jako při působení na nebiologický materiál. Po vzájemném kontaktu ionizujícího záření s atomy buněk organismu, předá část nebo celou energii právě těmto atomům. Po tomto předání energie dochází v biologickém organismu k řadě procesů jako reakce na ionizaci. Může se jednat o reakci funkční, genetickou, metabolickou nebo i dokonce smrtelnou. Existují čtyři stádia působení záření na biologický organismus. [10 s. 67]

První stádium je fyzikální. Tato fáze trvá pouze krátkou dobu, a to od 10^{-18} do 10^{-14} sekund. Dochází k absorbování energie, kterou předalo ionizující záření. Primární záření společně s vyraženými elektrony způsobí excitaci atomů a velké množství ionizace. Například pokud by se absorbovalo 1 Gy záření, tak se tím vyvolalo až 10^5 ionizací. Následující fáze je fyzikálně chemická. V tomto stádiu se tvoří, interakcí okolních molekul a vytvořených iontů, volné radikály a jiné prvky. Můžeme například jmenovat kyslík, vodík, peroxid vodíku anebo aniont hydroxilový. Další stadium je chemicko-biologické. Během této fáze dochází k napadání a poškozování struktury biomolekul volnými radikály, které vznikly v předešlém stádiu. Při průběhu chemických reakcí se část volných radikálů vyruší vzájemně například na molekulu vody. Pokud se zde nachází kyslík (O_2) a molekulární vodík (H_2), může vzniknout peroxid vodíku, jenž má toxický účinek pro buňku. Tyto toxické chemické produkty mohou buňku mnoha způsoby poškodit, a tak nastává biologická fáze. Po poškození biomolekul dochází k patofyziologickým změnám ve funkčnosti buňky. Může dojít přímo ke smrti buňky (nekróza) nebo k aktivaci buněčné reakce na ozáření. Podle rozsahu poškození buňky a reparaci DNA, může následovat úplné uzdravení, senescence, nádorová transformace nebo jiná opožděná smrt. Tyto možné následky ozáření mohou dále přecházet na úroveň tkáně, orgánu a následně celého organismu. Proto lze poté transformovat stádium biologické na stádium medicínské. Následky ozáření mohou být proječovány akutně nebo i pozdně (latence může být až desítky let). [10 s. 67]

Pro možnost přesného sledování se zavedly veličiny na popis ionizujícího záření, které proniklo do lidského organismu a na velikost „škod“, které toto záření mohlo na těle pacientů způsobit. [10 s. 67-69]

3.1.4 Veličiny popisující ionizující záření

Aktivita

Pro bezpečnou aplikaci nenádorové radioterapie je kladen důraz na správně zvolenou aktivitu radionuklidu. Důvodem je zabránit zbytečnému zatěžování lidského organismu radioaktivním zářením. Aktivita radionuklidu charakterizuje počet radioaktivních přeměn za jednotku času. Celková aktivita klesá exponenciálně s časem. Jednotkou je 1 Becquerel (Bq). Medicínsky používané radionuklidy mají aktivitu v řádech megaBecquerelů (MBq). Jeden Becquerel je jedna radioaktivní přeměna za 1 vteřinu. Čím větší bude hodnota aktivity, tím se přemění více jader za 1 sekundu, a tak bude záření dané látky intenzivnější. [4 s. 212]

Absorbovaná dávka

„Absorbovaná dávka D je podílem energie, kterou ionizující záření předá látce o určité hmotnosti.“ Jednotkou je 1 Gray (Gy). Jeden Gray představuje 1 Joule energie záření, které je absorbováno 1 kilogramem látky. U nenádorové radioterapie se používá nízké dávkování (low dose rate). Avšak odborná literatura uvádí, že dávkování distanční radioterapie pomocí rentgenového záření by nemělo překročit 6 Gy/hod. [11 s. 52-53]

Ekvivalentní dávka

Pomocí této veličiny se zjišťuje biologický účinek ionizujícího záření. Můžeme ji chápat jako absorbovanou dávku upravenou na účinnost daného záření pomocí radiačního váhového faktoru. Jednotka je Sievert (Sv). Jeden Sievert je absorbovaná dávka, která při ionizujícím záření spustí shodný biologický účinek. [3 s. 205]

Jelikož biologický účinek ionizujícího záření závisí i na jeho druhu, zavedl se pojem dávkový ekvivalent. Jednotkou je Sievert (Sv). Vypočítá se součinem absorbované dávky v určitém orgánu nebo tkáni s jakostním činitelem. Jakostní činitel pro gama záření je 1, ale například pro alfa částice je 20. [3 s. 205]

Efektivní dávka

Pomocí této veličiny se popisuje účinek určitého druhu ionizujícího záření na celé lidské tělo. „Je tedy součtem ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních či orgánech H_T vážených tkáňovým váhovým faktorem (koeficient relativní biologické účinnosti) W_T .“ Tkáňový váhový faktor červené kostní dřeně je 0,12 a například kůže je pouze 0,01. [3 s. 206]

Dávkový příkon

Dávkový příkon můžeme chápat jako přírůstek dávky ionizujícího záření za jednotku času. Jako jednotka se uvádí Gray za sekundu (Gy/s), ale spíše se vyjadřuje v Gray za hodinu (Gy/hod). [3 s. 205]

Dělení radioterapie dle dávkového příkonu radioaktivní látky:

- low dose rate (LDR)- nízké dávkování okolo 0,4 - 2 Gy/hod.;
- medium dose rate (MDR)- dávkování 2 – 12 Gy/hod.;
- high dose rate (HDR)- dávkování vyšší než 12 Gy/hod.;
- pulsed dose rate (PDR)- krátké pulsy LDR záření během hodiny. [12]

3.1.5 Ochrana před gama zářením

Gama záření patří do ionizujícího záření. Lidský organismus je vystavený ionizujícímu záření celý den, ale pouze v takové míře, která neohrožuje zdraví. Pokud se člověk nachází v blízkosti, kde se pracuje s ionizujícím zářením

s vyšším dávkovým příkonem (například nad 12 Gy za hodinu), je potřeba se před ním chránit. [13]

Před gama zářením se můžeme ochránit těmito způsoby:

Zkrácená doba

Zkrácení času se může provést například nacvičením daného úkonu, který pracovník vykonává. Tím by se mohl tento pracovní úkon zrychlit. [13]

Zvětšení vzdálenosti od zdroje záření

Daný pracovník by se měl držet od zdroje gama záření co nejdále, což mu umožňují ochranné pomůcky (manipulující tyče, pinzety a afterloading). [13]

Stínění

Stínění se zprostředkuje vložením zábrany mezi pracovníka a zdroj ionizujícího záření. Materiál, ze kterého je překážka vyrobena, se vybírá podle jeho hustoty a atomového čísla. Čím má daný materiál vyšší hustotu a atomové číslo, tím je obtížnější průchod gama záření. Polotloušťka materiálu vyjadřuje, jak moc je záření pohlcováno. Mezi tyto materiály můžeme zařadit speciální omítku, která obsahuje písek s barytem, dále také beton a speciální beton složený z magnetitu, oceli a barytu. V neposlední řadě je nutné jmenovat wolfram a olovo. Například z olova se vyrábějí speciální "cihly", ze kterých se staví olovnaté zdi. Například 6,096 cm betonu zredukuje intenzitu gama záření na 50 %, ale 1,016 cm olova zredukuje záření na 50 %. Tuto technologii pomocí olovnatých cihel využili na radiologickém pavilonu k odstínění radioaktivního záření. [13; 14 s. 384-389]

Pro sledování ozáření zaměstnanců, pracujících v blízkosti radioaktivního záření, se používají dozimetry. Dozimetr je zařízení, které se používá k měření dávek ionizujícího záření. V lékařství se pomocí něho měří hodnoty ozáření. Jedná se například o termoluminiscenční, filmové, termoluminiscenční nebo OSL (opticky stimulovaná luminiscence) dozimetry. V místech s vysokou úrovní gama záření se používají souběžně pasivní filmové a osobní elektronické dozimetry. Velkou výhodou elektronických a filmových dozimetrů je, že kromě snímání celkové hodnoty dávkového osobního ekvivalentu, lze zjistit také okamžitou hodnotu příkonu dávky záření. Na těchto elektronických dozimetrech je také možnost nastavení úrovně záření, po jejímž dosažení se spustí optický nebo akustický signál k upozornění. Toto souběžné používání dozimetrů se využívá právě na pracovišti brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov. [15, s. 169-178]

Mezi jeden z nejstarších typů používaných dozimetrů patří filmový. Vzhledem ke svým přednostem má uplatnění i v dnešní době. Jeho výhodou je například nízká cena filmu a také kazety, do které se právě ukládá. Pracuje na principu fotografického filmu, ale na rozdíl od běžného filmu do fotoaparátu obsahuje vyšší množství jodidu stříbra nebo bromidu a má tlustší emulzi. Po průchodu ionizujícího záření kazetou se na filmu spustí emulze, která vytvoří latentní obraz. Následně se optická hustota filmu hodnotí fotometricky. Osobní dozimetry se většinou nosí na tzv. referenčním místě. To je horní část hrudníku na levé straně. [15, s. 169-178]



Obrázek 3: osobní filmový dozimetr [60]

V posledních letech se hodně také rozvíjejí elektronické dozimetry s aktivními čidly záření. Ovšem bývají spíše jako doplňkové. Výhodné je, že dokážou podat informaci o okamžitém anebo celkovém příkonu dávkového ekvivalentu za dobu sledování. Pomocí světelného nebo akustického signálu, upozorňují na překročení nastavené míry ozáření. Důležitou vlastností je také možnost uložení výsledků ozáření za jednotlivé dny do paměti dozimetru. Elektronické dozimetry pracují na principu detektorů Gm (germanium) nebo polovodičových Si (křemík) detektorů. Díky nim může dozimetr detekovat fotony o různé energii. [15 s. 169-178]

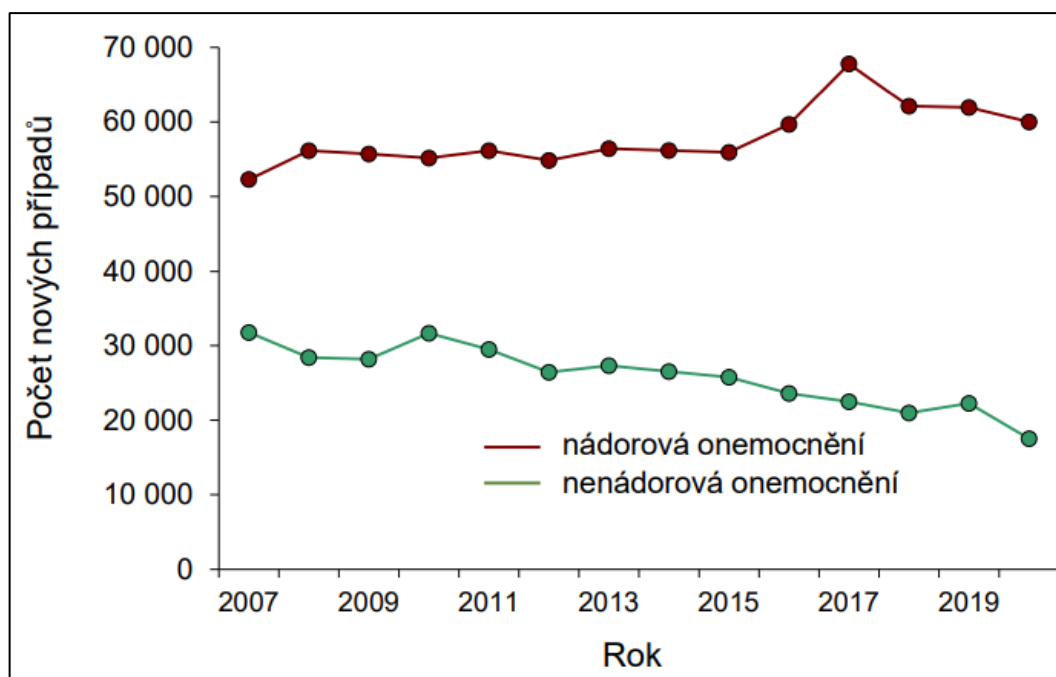


Obrázek 4: elektronický dozimetr [61]

3.2 Nenádorová radioterapie

Radioterapie se využívá především při léčení onkologických onemocnění. Ale lze ji také využít i u nenádorových nemocí. Národní radiační standart – radiační onkologie definuje nenádorovou radioterapii jako: „*Lékařské ozáření, které se provádí u nezhoubných onemocnění po vyčerpání všech ostatních standardních léčebných metod.*“ Cílem bývá snížení nebo odstranění obtíží, které vyvolá nezhoubné onemocnění. Nenádorová radioterapie se od nádorové liší celkovou dávkou záření. Používá se výrazně nižší dávka ionizujícího záření do menšího objemu tkáně. Jelikož je ionizující záření karcinogenní a může způsobit genetické změny, tak lze tuto terapii aplikovat, pokud jsou vhodné léčebné metody neúčinné. Při pečlivě uvážené indikaci a volbě dávky záření se tato terapie jeví jako bezpečná a také efektivní. [16 s. 278-281]

Dle Ústavu zdravotnických informací a statistiky České republiky (ÚZIS) se v roce 2020 podrobilo nenádorové terapii celkem 20 381 pacientů. Počet pacientů ozářených pomocí brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov bývá kolem 1 500 za kalendářní rok. Na grafu níže jsou zaznamenány změny počtů nových případů nádorových a nenádorových onemocnění v České republice v průběhu posledních roků. [16 s. 278-281]



Obrázek 5: graf incidence pacientů radioterapie [51 s. 9]

3.2.1 Indikace k nenádorové radioterapii

Dříve bylo indikací k nenádorové radioterapii méně, ale postupně se přidávají další a další indikační skupiny. Zde jsou sepsány nejčastější indikace:

- degenerativní nemoci pohybového aparátu;
- artróza velkých, ale i drobných kloubů;
- zánětlivé onemocnění pohybového aparátu (revmatoidní artritida);
- hypertrofické onemocnění (keloidní jizva, Morbus dupuytren);
- některé kožní zánětlivé afekce;
- entezopatie a epikondylitidy. [17 s. 172]

3.2.2 Kontraindikace k nenádorové radioterapii

Před předepsáním této léčby je nutné zvážit, zda tato forma léčení je pro daného pacienta vhodná. Proto byl vytvořen seznam zdravotních komplikací, které přímo nebo nepřímo vylučují použití nenádorové radioterapie.

Kontraindikace k brachyradiumterapii jsou uvedeny přímo v kapitole o brachyradiumterapii. [17 s. 172]

Mezi absolutní kontraindikace nenádorové radioterapie řadíme:

- změny kožního povrchu v ozařované oblasti (popáleniny, omrzliny, řezné rány, poleptání atd.);
- ozařování oblasti 2 měsíce po injekční aplikaci kortikoidů;
- těhotné ženy (možný vznik vývojových anomálií nebo nádorového onemocnění u plodu);
- ozáření oblasti pánve u žen ve fertilním věku;
- nejasné informace o předchozí radioterapii pacienta. [17 s. 172]

O vhodnosti aplikování nenádorové radioterapie mohou rozhodovat i nepřímé (relativní) kontraindikace. Do nich se řadí onemocnění jako například autoimunitní hemolytická anémie nebo polycythaemia vera.

[17 s. 172]

3.2.3 Zásady nenádorové radioterapie

Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky popisuje tyto zásady:

- aplikovat jednotlivou a celkovou dávku záření, která je nejmenší a zároveň nejefektivnější;
- zvažování indikací na ozařování velkých polí;
- využívání jednoduchých technik (přímá pole);
- orientace svazku radioaktivního záření mimo trup a radiosenzitivní orgány (oční čočka, gonády, štítná žláza) pacienta;
- v případě potřeby využít individuální úpravu ozařovaných polí;

- využívat ochranné prostředky například z olova (olověné krytí, límec nebo zástěru) hlavně při rentgenové terapii;
- věk pacientů by měl být vyšší než 40 let;
- při ozařování mladších pacientů je potřebné pečlivě zvážit rizika vedlejších účinků ionizujícího záření (karcinogeneze nebo chronické poškození);
- ozáření stejného cílového objemu maximálně ve třech sériích a s časovým odstupem. [18]

3.2.4 Účinky nenádorové radioterapie

Jak už bylo zmíněno, hlavním cílem indikování nenádorové radioterapie je úleva od obtíží daného pacienta, které nejsou způsobeny zhoubným onemocněním. Hlavními účinky terapie jsou analgetické, protizánětlivé a imunomodulační působení. Celkový efekt léčby pomocí nenádorové radioterapie se dostavuje se zpožděním až 6 týdnů po absolvování. Avšak tyto účinky mohou přetrvávat několik měsíců. [19]

3.2.5 Dělení nenádorové radioterapie:

- distanční radioterapie (rentgenová);
- kontaktní radioterapie (brachyradiumterapie). [19]

Distanční radioterapie

Distanční radioterapie je v praxi více známá pod názvem rentgenové terapie. Dle indikace od lékaře specialisty se lokálně ozařují daná místa. Pomocí lineárního urychlovače se aplikuje ionizující záření ve vzdálenosti 80-100 cm od pacienta. Během aplikace se může u některých pacientů objevit kožní reakce na ozařování, která nás informuje o toleranci daného pacienta. Pomocí změny vzdálenosti mezi kůží a zářičem, změny napětí nebo filtrace lze upravit

například kvalitu záření. Celou terapii je možné opakovat nejvíce ve třech sériích. Tento typ nenádorové radioterapie se předně využívá jako metoda volby, pokud ostatní metody léčby nemají požadovaný účinek, nejsou-li k dispozici nebo například tyto klasické techniky jsou u daného pacienta kontraindikovány. Hlavní zásada je, že rentgenové záření je mířené mimo reprodukční orgány a trup ošetřovaného. Možnou ochranou těchto neozařovaných částí těla pacienta mohou být pomůcky vyrobené z olova. Jsou to především pláště, pláty nebo listy vyrobené z přírodní olověné pryže. Ale již pomocí nových moderních přístrojů lze záření zaměřit pouze do problémového místa. [20 s. 13-17]

Dle ÚZIS, v roce 2020 absolvovalo distanční radioterapii 18 789 pacientů. Nejčastější diagnózou léčenou nenádorovou (distanční) terapií je patní ostruha. Mezi výhody této metody můžeme zahrnout nízké investiční náklady. [20 s. 17-18]

3.3 Brachyradiumterapie

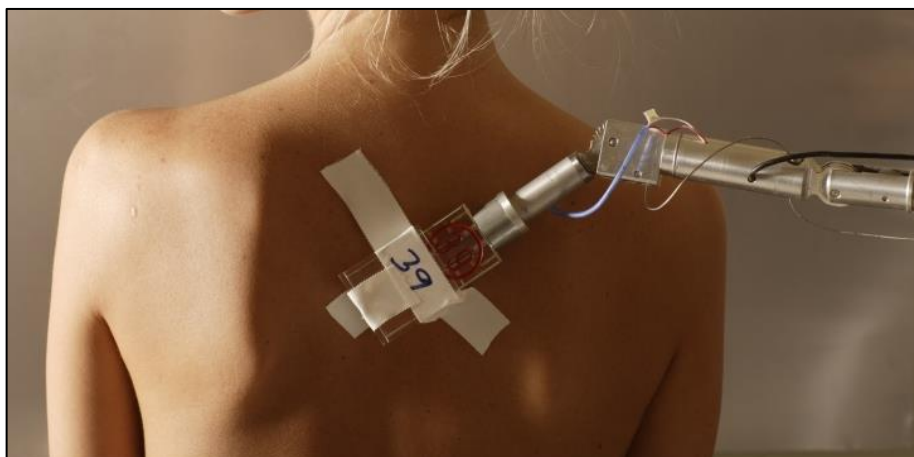
Brachyradiumterapie (BRT) je terapie, která se využívá k ozáření pacienta v kratších vzdálenostech. Slovo brachyterapie je odvozeno od řeckého slova brachys, což v překladu znamená krátký. Brachyradiumterapie patří do kategorie nenádorové radioterapie. Z toho vyplývá, že pomocí této techniky lze použít kontaktní radioterapii i při léčení nenádorových onemocněních. Krátkou vzdáleností lze v cílové tkáni dosáhnout vyšší dávky s minimálním zatěžováním okolí. Pomocí nízkých dávek gama záření (1-3 Gy) získáváme především analgetický účinek. [17 s. 173; 9 s. 135; 21]

Mechanismus všech působení je odvozován ze znalostí účinků při ozařování maligních onemocněních. U nenádorového ozařování s celkovou dávkou 5-10 Gy bývá popisován antiinflatorní. Tento účinek byl pozorován již s jednotlivou dávkou pod 0,5 Gy. Dochází ke snížení bolestivosti, k omezení zánětlivého procesu nebo případně ke zmenšení otoku. Je to z důvodu inhibice NO-syntázy v makrofázích a snížení adheze leukocytů k endoteliím. Toto způsobí pokles koncentrace proteolytických enzymů a následně se zmenší nekróza tkáně. Při nízké koncentraci oxidu dusnatého se omezí vazodilatace, vaskulární permeabilita a také bolestivost. Protizánětlivé a imunomoduační mechanismy pomáhají dosáhnout analgezie. Snížená exprese E selektinu vyvolá imunomodulaci. E selektin zodpovídá za vyšší sekreci faktoru Kappa B (vylučován pomocí endoteliálních buněk). Úkolem Kappa B je blokovat sekreci protizánětlivých cytokinů (TNF-alfa, IL-1). A právě kombinací těchto efektů lze vyvolat protizánětlivý účinek. Ovšem celkové radiobiologické zjištění účinku nízké dávky radioaktivního záření by mělo být předmětem dalších výzkumných prací. [17s. 173; 9 s. 135; 21]

3.3.1 Brachyradiumterapie v Jáchymovských lázních

V Léčebných lázních Jáchymov se při léčbě bolestivých stavů využívá brachyradiumterapie v unikátní formě tzv. jáchymovských krabiček. Tento typ léčby má více než stoletou tradici a je světovou raritou. Mimo Jáchymov se nikde jinde takto brachyradiumterapie na bolestivé stavy nepoužívá. Celá procedura je šetrná, dlouhotrvající a přesně zaměřena na konkrétní problematiku ošetřovaného pacienta. Výsledkem léčby by měla být mnohaměsíční úleva pro pacienta. Dle statistik z ÚZIS v roce 2020 podstoupilo léčbu pomocí brachyradiumterapie celkově 1 592 pacientů. Na obrázku níže lze vidět vkládání radioaktivního zářiče do nosného pouzdra na těle pacienta.

[17 s. 173; 6; 7]



Obrázek 6: brachyradiumterapie [62]

3.3.2 Historie brachyradiumterapie v Jáchymovských lázních

Nenádorová radioterapie se používá od prvního desetiletí minulého století díky objevu a popsání prvku radia ^{226}Ra Marií Curie-Sklodowskou a jejím manželem Pierem Curie. Ale na vzniku principu nenádorové radioterapie se podílelo i mnoho dalších vědců společně s lékaři, kteří se zabývali radioaktivitou a jejím využitím v lékařství. Při ozařování, onkologického pacienta, vyšší dávkou a aktivitou záření dochází k usmrcení nádorových buněk a k mírnění bolestivých stavů. Avšak při použití nižší dávky záření (1-3 Gy) dochází pouze k snižování bolesti. Celkově tato dávka záření dokáže i tlumit zánět. A tak se nízké gama záření začalo využívat i u pacientů s nenádorovými obtížemi. [24]

V roce 1911 se začalo v Léčebných lázních Jáchymov léčit pomocí kontaktní radioterapie. Ale v průběhu následujících 5 let, kdy se radioterapie více dostávala do povědomí, došlo k poměrně velkému omezení brachyradiumterapie. Bylo to z důvodu zjištění nežádoucích účinků radioaktivity na lidský organismus, vytvořením nových analgetických

medikamentů, ale také i kvůli probíhající I. světové válce. A tak se musela stanovit různá bezpečnostní opatření, jak pro ochranu pacientů, tak i samotného personálu. [24; 25]

Od roku 1921 se oddělení brachyradiumterapie nachází v novém Prozařovacím pavilonu (dnešní Radiologický pavilon). Původně nabízel celkově 8 nadstandardně vybavených pokojů pro pacienty. Stavba této budovy byla zahájena již v roce 1920 a dokončila se až v následujícím roce. V roce 1969 brachyradiumterapii znovu přestěhovali, tentokrát do Lázeňského ústavu Astoria do části Heiner. Bylo to z důvodu rekonstrukce Radiologického pavilonu. Po dokončení rekonstrukce v této budově probíhala radiologická terapie nebo zde byla biochemické laboratoř. Dosud poslední rekonstrukce v Radiologickém pavilonu proběhla v roce 2015. Znovu otevření proběhlo 8. ledna 2016. Od té doby se oddělení brachyradiumterapie nachází v 1. patře. Byly zde vybudovány nové komfortní pokoje, které splňují veškeré opatření k bezpečnému provedení terapie. Je zde 1 dvoulůžkový a 11 jednolůžkových pokojů. Rekonstrukce proběhla i v ordinacích lékařů nebo v zázemí pracovníků. Do nedávné doby se v 2. patře Radiologického pavilonu nacházela i rentgenová nenádorová radioterapie. [24; 25]

Radiologický pavilon se nachází v areálu Léčebných lázní Jáchymov v blízkosti hotelu Radium Palace. [24; 25]



Obrázek 7: Radiologický pavilon (vlastní zdroj)

3.3.3 Indikace a kontraindikace brachyradiumterapie

Indikační skupiny brachyradiumterapie jsou podobné se skupinami u rentgenové terapie. Příkladem mohou být dlouhodobé poúrazové bolesti na velkých kloubech nebo revmatické nemoci svalů, kloubů a šlach (revmatoidní artritida nebo Bechtěrevova nemoc). Tato terapie může i oddálit operační výkony (implantace totální endoprotézy kyčelního nebo kolenního kloubu). Také lze zvolit tuto terapii, pokud například vedlejší účinky jiných léků nedovolují pacientovi jejich užívání. Avšak přímo pro brachyradiumterapii se především upřednostňují tyto indikace:

- koxartróza;
- gonartróza;
- chronické bolesti zad (hlavně oblast bederní páteře). [17 s. 173]

Kontraindikace, které jsou uvedené v kapitole 3.2.2 (kontraindikace k nenádorové radioterapii), platí i pro brachyradiumterapii. Ale přímo pro tento typ nenádorové radioterapie platí ještě navíc následující kontraindikace:

- metakarpofalangeální kloub palce na dorzální straně ruky, (možnost přiblížení zářiče k očím pacienta);
- patní ostruha, (pro možnost rozšlápnutí krabičky s radioaktivním nosičem);
- pacienti 5 let po skončení nádorové radioterapie, (ozařování nádoru s vysokou dávkou záření=> například 50 Gy);
- do 2 měsíců po aplikování kortikoidů;
- implantát v aplikační dráze záření. [17 s. 172-173]

Aby pacient mohl tuto léčebnou proceduru využívat, musí být indikován od lékaře specialisty. Ošetřovaný musí také před aplikací podstoupit vyšetření krevního obrazu. Lékař sleduje především krevní elementy ošetřovaného a jejich případné odchylky od správných hodnot, (například červené krvinky, krevní destičky, hematokrit a především bílé krvinky). Národní radiologický standard – radiační onkologie uvádí, že věk pacientů u nenádorové radioterapie by měl být vyšší než 40 let. [22; 23]

Velikost dávky gama záření určí rehabilitační lékař Léčebných lázní Jáchymov. Při indikaci dávkování se lékaři rozhodují dle metodiky radiologického oddělení a s pomocí vlastních klinických zkušeností. Předepisování jednotlivých dávek pro pacienty se také může lišit například různou velikostí energie gama záření. Při určení velikosti dávky záření se musí také brát ohled na velikost bolestivého místa na těle. Na terapii lze docházet i ambulantně. Takže pacient nemusí mít přímo pobyt v lázeňském komplexu. [23]

3.3.4 Vyšetření u rehabilitačního lékaře

Aby mohli pacienti využít jáchymovské krabičky, musí nejprve podstoupit vyšetření lékaře. Tento lékař musí danému pacientovi vystavit poukaz na ošetření/vyšetření K. Všeobecná zdravotní pojišťovna České republiky ho definuje takto: „Poukaz na vyšetření/ošetření K je určen k vyžádání konziliárního vyšetření, vyšetření či ošetření specialistou a k doporučení převzetí do péče.“ Vystavit ho může například všeobecný praktický lékař, který odesílá pacienta k odbornému lékaři nebo jinému specialistovi. Platnost u tohoto typu poukazu není stanovena. Aktuální zdravotní stav pacienta, ale musí odpovídat dle vypsání poukazu. Po vypsání lékařem by ho měl pacient uplatnit v co nejbližší době. [29]

Následně se pacient objedná k rehabilitačnímu lékaři v Léčebných lázních Jáchymov. Na vyšetření u lékaře musí navíc donést krevní obraz, který může být maximálně půl roku starý. Během vyšetření lékař zhodnotí pacientův zdravotní stav a vyloučí možné kontraindikace, které by zabraňovaly danému pacientovi využít brachyradiumterapii. [26]

Pokud ošetřovaný vše splňuje, pak se pečlivě zvolí určité místo na těle (bolestivá oblast), na které je vhodné aplikovat nosné pouzdro s radioaktivním zářičem (toto místo zakreslí na těle pacienta). Poté lékař ještě musí pro daného pacienta určit dávku a radioaktivního záření. Tedy vybere radioaktivní zářič se správnou aktivitou. Následně lékař zaeviduje všechny údaje z vyšetření do počítačového programu jáchymovských lázní. Po objednání se pacient dostaví do radiologického pavilonu na aplikaci. [26]

3.3.5 Radioaktivní zářič

Tento zářič je složen z dvouplášťových tub. Počet tub je různý. Pohybuje se kolem 1 až 3 tub podle toho, jak velkou aktivitu má daný radioaktivní zářič mít. Na různé části těla se používají jiné radioaktivní zářiče podle své aktivity. Na povrchu je obal, který je vytvořen z plexiskla. Všechny zářiče jsou umístěné v odstíněném "trezoru", pro aplikaci se poté dopravují do aplikačního rotačního trezoru umístěného v odstíněném pokoji. A z trezoru se zářič zavede do krabičky tzv. manuálním nebo automatickým afterloadingem (viz dále). Krabička společně se zářičem je přiložena na pacienta po celou dobu terapie, která trvá celkem 6 hodin. [26]

Zdrojem slabšího gama záření, o dávce 1 až 3 Gy, může být například radionuklid ^{226}Ra . Aktivita radionuklidu ^{226}Ra se pro brachyradiumterapii pohybuje od 600 MBq do 1 100 MBq. Pro brachyradiumterapii je energie radioaktivního záření okolo 2,2 MeV. Do tuby se vkládá radium ve formě radiové soli. Celkově se v jedné jáchymovské krabičce nachází cca 10 mg radioaktivní látky. Tyto soli radia jsou v krabičkách zatavené pomocí pryskyřičné hmoty. Je to z důvodu odfiltrování možných nežádoucích záření alfa a beta. [17 s. 173-174; 9 s. 135; 25]

3.3.6 Aktivita a dávka gama záření dle nejčastějších indikací


Jak již bylo zmíněno, každý radioaktivní zářič obsahuje uvnitř různé množství soli rádia, a tak gama záření má různou velikost aktivity a dávky. Je to z důvodu aplikování jáchymovských krabiček na různé části těla. Dle metodiky radiologického pracoviště Léčebných lázní Jáchymov má konkrétní oblast na těle jinou aktivitu a dávku radioaktivního záření. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty podle nejčastěji aplikovaných míst na lidském těle, které byly zahrnuty do diplomové práce. [26]

Tabulka 1: aktivita a dávka gama záření (vlastní zdroj)

lokalizace na těle	ø aktivita [MBq]	ø do kůže [Gy]
bederní páteř	950	2,52
kyčelní kloub	1040	2,74
kolenní kloub	1050	2,75

3.3.7 Ozařovací protokol

Každý pacient, který podstupuje tento typ léčby, musí mít vytvořený vlastní ozařovací protokol, (zápis o ozařování radiem). Zde jsou uvedené přesné údaje o ozáření Jáchymovskými krabičkami. Na obrázku 8 lze vidět vzorový ozařovací protokol používaný na radiologickém pracovišti. [30]



Léčebné lázně Jáchymov, a.s.
T.G.Masaryka 415
362 51 Jáchymov

ZÁPIS O OZAŘOVÁNÍ RADIEM

Jméno: _____

Rodné číslo: _____

Číslo chorobopisu: _____

Evid. číslo: _____

Datum narození: _____

Léčen od _____ do _____

Datum	Lokalizace	Aplikátor	Ativita (MBQ)	Dp kůže (Gy)	OK (cm)	Exp. (hod)	Poznámka

Ošetřující lékař: MUDr. Naděžda Vašíčková

Indikující lékař: MUDr. Jindřich Maršik

Odborný garant: MUDr. Pavel Křištof

Obrázek 8: vzor ozařovacího protokolu (radiologické pracoviště Léčebných lázní Jáchymov)

Na ozařovacím protokolu se nejprve vyplňují základní informace o ošetřovaném, tj. jméno, rodné číslo a datum narození. Následně se uvedou informace, vázané k radiologickému oddělení jako je číslo chorobopisu,

evidenční číslo a doba léčby. Tabulka pod těmito údaji se vyplňuje až při samotné aplikaci brachyradiumterapie. V kolonce datum se napíše den aplikování. Lokalizace se vztahuje k umístění krabičky na tělo pacienta, (příklad levé koleno ventro mediáně). Do vedlejšího sloupce s názvem aplikátor se uvede evidenční číslo "destičky" (radioaktivní zářič). Dále se zapíše přesná aktivita daného radioaktivního zářiče v MBq. Dp kůže je dávka gama záření v Gy, která pronikne do kůže pacienta. OK značí vzdálenost jáchymovské krabičky od kůže v cm. Exp. (expozice) je doba aplikace brachyradiumterapie v hodinách.

3.3.8 Způsob aplikace

Celé terapie se provádí v radiologickém pavilonu. Tento pavilon disponuje vlastní radiologickou laboratoří, kde pracovníci kontrolují, zda se přesně dodržují nařízené postupy. Ať se jedná o bezpečnost zaměstnanců nebo měření množství radioaktivních látek na pracovišti. Mezi aplikačními místnostmi jsou olověné stěny. Během celé procedury musí pacienti přísně dodržovat všechny bezpečnostní opatření. Vše se aplikuje podle legislativních norem. [25; 22; 31]

Po dostavení do radiologického pavilonu předloží ošetřovaný zprávu od Rehabilitačního lékaře, kde jsou pokyny k ozáření. Popřípadě jsou tyto informace uvedeny v kartě pacienta společně s ozařovacím protokolem v interním počítačovém programu. Radiologický asistent, po zkontrolování údajů a pacientově totožnosti, vysvětlí průběh celé procedury a bezpečnostní opatření. Na obrázku 9 je přípravná, kde radiologický asistent upevňuje nosné pouzdro na tělo pacienta. [30]



Obrázek 9: příprava brachyradiumterapie (vlastní zdroj)

Poté upevní na zakreslené místo na těle pacienta krabičku bez radioaktivního zářiče pomocí leukoplasti (z textilní tkaniny), která je ve vzdálenosti 2 cm od těla kvůli možnému poškození kůže (radiodermatitida nebo mokvající vřídky). Pokud ošetřovaný uvede, že má alergii nebo citlivější pokožku, vymění se leukoplast za hypoalergenní (z porézní transparentní fólie). Poté se odebere do speciální místnosti, kde se nachází trezor s radioaktivními zářiči. Radiologický asistent se přesune do chráněné místnosti, kde pomocí afterloadingu vyndá z trezoru zářič a pomalu ho vloží do připravené krabičky na těle pacienta. Následně se ošetřovaný ihned přesune do připraveného a odstíněného pokoje, kde bude po celou dobu procedury (frakce), tj. 6 hodin. Ošetřovaný je tedy po celou dobu terapie izolovaný od ostatních pacientů. [17 s. 173-174; 9 s. 135; 25]



Obrázek 10: připravené krabičky k aplikaci (vlastní zdroj)

Po celou dobu brachyradiumterapie je radiologický asistent ve své pracovně a hlídá klidný průběh terapie a je připravený pokud by nastala nečekaná situace (příklad nevolnost pacienta). Před skončením terapie asistent upozorní pacienta, aby se přesunul do odstíněné místnosti s trezorem, kde mu opět pomocí afterloadingu odejme zářič a umístí ho zpět do trezoru. Následně se ještě odejme krabička, která se musí navíc vydesinfikovat pro své další použití. Posledním krokem je zkontrolování stabilizovaného stavu pacienta a zapsání potvrzení o provedení procedury. [30]

Výsledek celé aplikace může ošetřovaný pocítit se zpožděním 5 až 6 týdnů. A pokud vše proběhne v pořádku bez komplikací, tak analgetický účinek by měl být mnohaměsíční. Výhodou gama záření o aktivitě kolem 1 000 MBq je, že by nemělo hrozit, aby pacienta postihly nežádoucí účinky. Záření by mělo

působit pouze na oblast postiženého místa, kde je na těle pacienta umístěna jáchymovská krabička. Brachyradiumterapie je aplikována pouze na jednom místě na těle, ale občas se aplikuje i na 2 místa současně. Opakovat tento typ léčby je možné pouze jednou za rok. Tato doba je dána sečtením dávky na určité lokalitě těla za 10 let. Velikost dávky nesmí být vyšší než 12 Gy. Na obrázku 11 se nachází nosné pouzdro a radioaktivní zářič. [22; 31]



Obrázek 11: aplikace zářiče do krabičky [63]

3.3.9 Popis pracoviště

Pracoviště brachyradiumterapie je umístěno v radiologickém pavilonu v areálu Léčebných lázní Jáchymov. Celé patro s pokoji pro pacienty je odstíněno speciálními cihlami z olova. Je to z důvodu ochrany ostatních pacientů a pracovníků lázní. [30]



Obrázek 12: pokoj pro pacienty (vlastní zdroj)

Trezor s radioaktivními zářiči se nachází v jedné místnosti společně se speciálním “ramenem” na afterloading. Tento trezor je sestaven do kruhového tvaru a jako ochrana se zde rovněž použilo olovo. Uvnitř jsou umístěné zářiče v podobě “destiček” s radioaktivním materiálem. Na každé destičce je uvedeno evidenční číslo. Díky tomuto číslu vede radiologické pracoviště evidenci, jakou má určitá destička v sobě dávku gama záření (v Gy) a jakou má aktivitu (v MBq). [30]



Obrázek 13: trezor se zářiči (vlastní zdroj)

Aby mohl radiologický asistent ovládat “rameno” na umístování radioaktivního zářiče do krabičky, která je přiložena na pacientovi, odebere se do vedlejší místnosti, kde je ovládací deska. Celý tento afterloading funguje na principu magnetu. Na horní hraně radioaktivní destičky je připevněný magnetický štítek. Na konci afterloadingového ramene se zase nachází magnet, pomocí kterého lze odejmout daný radioaktivní zářič z trezoru. [30]



Obrázek 14: ovládání "ramene" (vlastní zdroj)

3.3.10 Afterloading

Afterloading znamená v překladu "následné nabití". Tato technika se používá proto, aby se předešlo nežádoucím účinkům z radioaktivního materiálu pro lékaře a ostatní pracovníky, kteří se nacházejí v blízkosti ionizujícího záření. Dříve radioaktivní zářič společně s nosným pouzdem aplikoval radiologický pracovník ručně. Jako ochranu před radioaktivním zářením používal olověnou vestu. A protože přitom musel postupovat rychle, tak se občas stávalo, že aplikátor byl umístěn nepřesně. Až do konce 60. let XX. století byly všechny brachyterapeutické zdroje s aplikátory aplikovány na pacienta ručně než Ulrich K. Henschke jako první referoval o afterloadingu. Jak rostly obavy z možných účinků radiace na personál, bylo vynaloženo stále větší úsilí na snížení radiačních dávek pro operátory, a tak byly vyvinuty techniky

dodatečné ochrany. Počátek rozvoje afterloadingových přístrojů se tedy datuje k roku 1961. Dálkové přístroje se začaly využívat až na přelomu XX. a XXI. století. [27 s. 12-15; 28 s. 13-19]

Afterloading spočívá v tom, že lékař pracuje s nosiči bez radioaktivního materiálu. Tento nosič pomalu zavede na konkrétní místo na těle daného pacienta a následně ještě může zkontrolovat přesnost umístění. Poté se teprve zavede zdroj radioaktivního záření v různých formách (kuličky, drátky). Často to provádí robotický přístroj (například elektrické kloubové rameno) řízený radiologickým pracovníkem z odstíněné místnosti. Z výhod můžeme jmenovat ochranu personálu, přesnější a afektivnější rozmístění zářičů nebo v případě komplikací rychlé odstranění zářiče z těla pacienta. Afterloading můžeme rozdělit na manuální a automatický. [28 s. 13-19]

Manuální afterloading

Manuální afterloading se především využívá u nenádorové brachyradiumterapie. Principem je aplikování nosného pouzdra na tělo pacienta, následně se pacient odebere do odstíněného pokoje, kde dojde k vložení radioaktivního zářiče do pouzdra. Pracovník přenese konkrétní zářič do nosného pouzdra pomocí vhodných manipulačních nástrojů. Toto lze samozřejmě provést pro ošetření s použitím zdrojů s nízkou aktivitou. A právě proto je možné použít manuální afterloading u brachyradiumterapie. Po uplynutí doby na ozařování se nejprve musí vyjmout zdroj záření a poté až nosné pouzdro. [28 s. 13-19]

Automatický afterloading

Do klinické praxe se tento typ afterloading dostal až po roce 1980. Automatický afterloading se používá hlavně u onkologických aplikací, ale je možné ho využít i u nenádorové aplikace. Oproti manuálnímu afterloadingu se liší v aplikaci zdroje záření. S vhodně stíněnými léčebnými místnostmi tato technika umožňuje ošetření s použitím zdrojů s vysokou aktivitou a dávkovým příkonem, jehož efektivní dávka může být i nad 12 Gy za hodinu. [28 s. 13-19]

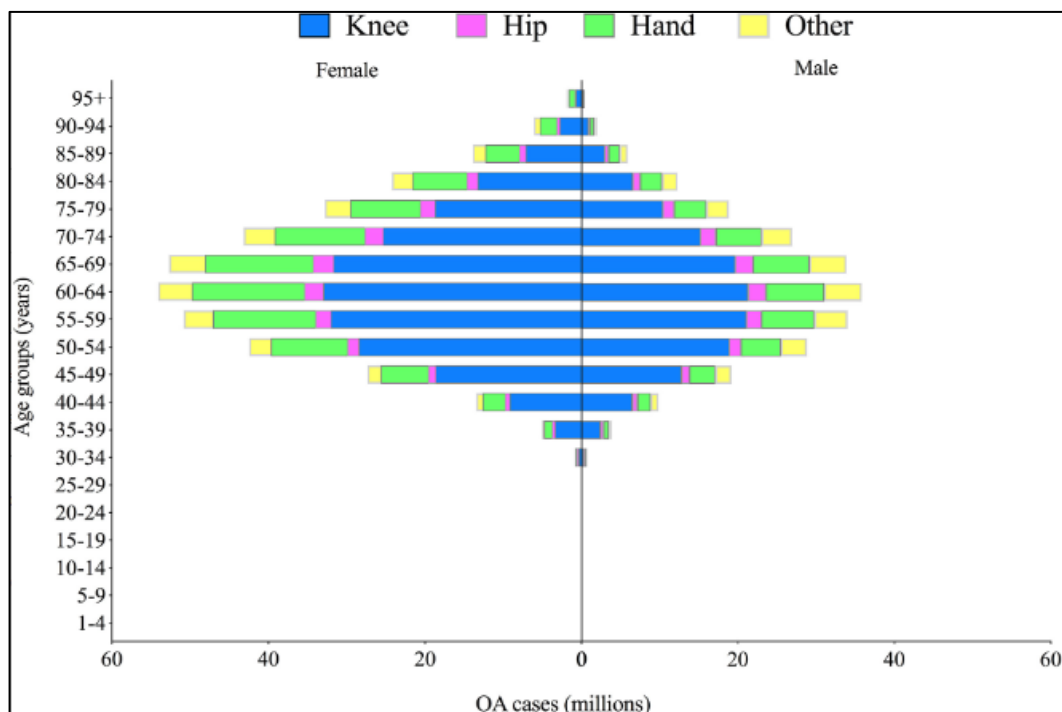
3.4 Nejčastější indikace pro brachyradiumterapii

3.4.1 Osteoartróza

„Osteoartróza je nezánnětlivé degenerativní kloubní onemocnění, charakterizované degradací kloubní chrupavky, subchondrální sklerózou, tvorbou osteofytů a změnami měkkých tkání, které zahrnují synoviální membránu, kloubní pouzdro, kloubní vazy i svaly.“ Osteoartróza představuje jedno z nejčastějších onemocnění pohybového aparátu. Následkem je pak funkční a strukturální postižení kloubu. Touto nemocí jsou ohroženi především lidé středního a staršího věku a více ženská populace. Největší incidence osteoartrózy bývá kolem 60 až 64 roku života. V České republice je incidence osteoartrózy u osob starších 65 let přibližně 40 %. Nejčastěji se vyskytuje v kyčelních a kolenních kloubech, ale může být i na kloubech ruky nebo páteři. [32 s. 127-129]

V počáteční fázi osteoartrózy dochází ke změknutí hyalinní chrupavky. Toto poškození chrupavky se také projeví změnou pružnosti (biochemické agregáty mají omezenou schopnost vázat vodu) a průhlednosti (stává se matnou). Chrupavka tak ztrácí svoji odolnost proti zátěži. V následné fázi degenerace dochází k fibrilaci a k ulceraci chrupavky. Subchondrální kost se začíná obnažovat. Poté mohou vznikat mikrofraktury této kosti společně s tvorbou

cyst a nastává deformace povrchu kloubu. Při hojení mikrofraktur se tvoří nová kost v subchondrální kosti. Synoviální tkáň je hypertrofována a na okrajích přerůstá kloubní plochu. Vznikají osteofyty v důsledku invaze nově tvořených cév do avaskulární chrupavky. Může také docházet ke změnám na měkkých tkáních (oslabení okolního svalstva), vyšší laxicita pouzdra a vazů kloubu, subchondrální skleróza a vznik zánětu na synoviální membráně. Tyto změny se obvykle vyvíjejí pomalu a časem se zhoršují. Projevy osteoartrózy jsou bolest, ztuhlost, krepitus, instabilita a také otok. V počátečním stádiu výskytu této nemoci má bolest charakter startovací (po více pohybech se sníží bolesti). Při větším namáhání kloubu se bolesti stupňují. V pokročilé fázi může artróza způsobit sníženou funkci až deformaci kloubu. Pro diagnostiku nemoci je hlavní rentgenové vyšetření. Díky tomu lze určit stupeň poškození. Během klinického vyšetření lékařem se mohou při palpaci zaznamenat drásoty. Na grafu ze studie z roku 2019 níže, je zobrazena prevalence osteoartrózy kolenního, kyčelního kloubu a ruky podle věkových kategorií. [32 s. 129]



Obrázek 15: graf globální prevalence artrózy z roku 2019, Knee- koleno, Hip- kyčel, Hand- ruka, Other- jiné, Female- ženy, Male- muži, Age group (years)- věkové skupiny (roky), OA cases (millions)- OA případy (miliony), [64]

Pokud osteoartróza postihne pouze jeden kloub, jedná se o monoartrózu. Avšak u pacientů se vyskytuje i polyartrotický syndrom. Jde o postižení více kloubů na těle pacienta (například kolenní společně s kyčelními klouby). Osteoartrózu můžeme ještě rozdělit na primární a sekundární. Rozdílem je, že u primární neznáme příčinu vzniku tohoto onemocnění. Sekundární má známou příčinu. Může se jednat o poruchu neurologického typu, (ischemická cévní mozková příhoda), porucha srážlivosti krve (hemofilie), poruchu metabolismu (hemochromatóza nebo dna), postižení endokrinního systému (hypotyreóza), traumatické a vývojové změny (dysplazie) nebo genetické predispozice jedince. [33 s. 310]

Rizikové faktory

Do rizikových faktorů, které zvyšují možnost pro vznik osteoartrózy, můžeme zahrnout především tyto:

- věk - riziko vzniku se zvyšuje s věkem;
- poranění a zvýšené namáhání – větší namáhání daného kloubu může vést k poranění a k vzniku artrózy;
- pohlaví - větší pravděpodobnost výskytu je u žen zejména po 50. roce života;
- obezita - nadváha klade větší zátěž na klouby, ale také může mít i metabolické účinky;
- genetická zátěž - lidé, kteří mají členy rodiny s osteoartrózou, mají větší pravděpodobnost, že se u nich vyvine také;
- rasa – některé asijské populace mají nižší riziko osteoartrózy. [32 s. 129]

Léčba

Léčbu osteoartrózy můžeme rozdělit na konzervativní, (nefarmakologická, farmakologická) a chirurgickou. Celková terapie je vždy dlouhodobá, komplexní, individuálně zaměřená a s aktivní účastí ošetřovaného. Začátek léčby je vždy edukační o režimových opatřeních. Jde především o redukci váhy (u obézních), stimulaci k některým aktivitám, (pravidelné cvičení, plavání nebo jízda na kole), nedoporučení určitých aktivit (těžká práce, nošení těžkých břemen nebo doskokové a silové sporty) a využívání opěrných pomůcek, (francouzské hole). Důležité je, aby pacient našel optimální zátěž bez bolesti (nepřetěžovat kloub). K nefarmakologické léčbě dále patří rehabilitace a fyzikální terapie (elektroterapie- TENS, kryoterapie). [34]

Do farmakologické léčby můžeme zahrnout léky obsahující paracetamol. U mírné až střední bolesti se doporučuje jako lék první volby. Systémově nebo lokálně ve formě gelů nebo mastí se také používají nesteroidní antirevmatika. Na silné bolesti bývají doporučovány opiody. Tento typ léků lze použít jako další krok pokud lokální nesteroidní antirevmatika a paracetamol nejsou účinné. Další možností je intraartikulární aplikace glukokortikoidů, ale efekt bývá většinou krátkodobý. Léky, které mají pomalý nástup účinku, jsou SYSADOA (symptomatic slow acting drugs in osteoarthritis). Tyto medikamenty působí hlavně v úrovni metabolismu chrupavky. Je důležité ale říci, že léky ani cvičení nezhojí nemocný kloub, ale pouze zmírňují příznaky. A v neposlední řadě je zde eventualita v podobě brachyradiumterapie. [34]

Poslední možností ovlivnění osteoartrózy je chirurgický zákrok v podobě artroskopie nebo náhrady kloubu. Artroskopickou operací se mohou například odejmout poškozené části menisků nebo vyčnívající osteofyty. A pokud

u ošetřovaného selže ostatní léčba, doporučuje se podstoupit náhradu poškozeného kloubu totální endoprotézou. [34]

Koxartróza a gonartróza

Koxartróza a gonartróza jsou typy osteoartrózy. „*Degenerativní osteoartróza kyčle neboli primární koxartróza je chronické, progresivní a pravděpodobně i multifaktoriální onemocnění, postihující klouby a okolní tkáně, které jsou poškozeny probíhajícími zánětlivými a degenerativními procesy,*“ takto zní definice koxartrózy. Může poškodit oba kyčelní klouby současně, což nastává pouze asi u 1/3 pacientů. Mezi nejčastěji postižené patří starší lidé, sportovci nebo osoby, které mají těžkou a fyzicky náročnou práci. Primární koxartróza se vyskytuje především u subjektů nad 60 let a představuje 40 % případů koxartrózy. Zatímco sekundární bývá často spojována s dysplazií kyčelního kloubu a to u mladších jedinců. U artrózy kyčelního kloubu jsou rizikové faktory hlavně morfologické abnormality společně s obezitou a traumaty nebo mikrotraumaty z kontaktních sportů. [32 s. 733-735; 35 s. 67]

V odborné literatuře se enartróza definuje následovně. „*Gonartróza (artróza kolenního kloubu) je nezánětlivé, degenerativní onemocnění kolenního kloubu s nadměrným opotřebením kloubních chrupavek, subchondrální sklerózou, osteofyty a přestavbou synovie.*“ A právě opotřebením chrupavkového materiálu, které souvisí s artrózou, snižuje stabilitu kolena a může i způsobit silnou bolest a omezení pohybu. Postižená může být femoropatelární nebo femorotibiální část na mediální a laterální straně. Toto postižení nebývá stejně rychlé. Varózní a valgózní postavení zvyšují tlak ve vnitřním nebo vnějším kompartmentu kolenního kloubu. V této přetížené části je rychlejší progresse degenerativních změn. [32 s. 847]

Hlavním příznakem u obou typů osteoartrózy je bolest. U koxartrózy jde o bolest zhoršující se během pohybu a je doprovázena kulháním. Obvykle je lokalizace bolesti v tříselech, ale může být i v hýždí. Abdukční a rotační pohyby bývají nejvíce omezeny. Ztuhlost spojená s bolestí je zodpovědná za postižení projevující se nepohodlím při chůzi a kulháním. Pacienti pociťují spíše ranní ztuhlost, která obvykle trvá do 30 minut. Vyšší stupeň koxartrózy se vyznačuje hlubokou bolestí, která se vyskytuje v klidu a v noci. U gonartrózy můžeme ještě pozorovat společně s bolestivostí i nestabilitu kloubu a výpotek synoviální tekutiny. V časných stádiích onemocnění postižení většinou pociťují jen slabou bolest při pohybu kolene, která zmizí po pár krocích. Při přetrvání gonartrózy může být chrupavka v určitém okamžiku rozpadlá, a tak se u některých pacientů vyskytne větší omezení pohybu a bolest. Tato bolest může delší dobu přetrvávat a nemusí přímo souviset s pohyblivostí kolenního kloubu. U každého pacienta se mohou příznaky osteoartrózy lišit. Někteří nemusí pociťovat žádnou bolest a mají pouze drobné pohybové omezení, naopak u některých osob jsou bolesti silné a omezující. U jiných pacientů se objeví příznaky, které po chvíli samy odezní. [32 s. 733-735; 35 s. 67; 36]

V mezinárodní klasifikaci nemocí je koxartróza označovaná kódem M16 a gonartróza zase kódem M17. Dle statistik se gonartróza vyskytuje v populaci více než koxartróza. Podle nedávných studií 10 % mužů a 15 % žen nad 60 let vykazuje známky artrózy kolenního kloubu. Například u věkové kategorie nad 70 let se tento podíl zvyšuje na 40 %. [32 s. 847-851; 36; 37]

3.4.2 Chronická bolest zad

„Bolest je nepříjemným senzoričným a emocionálním prožitkem spojeným se skutečným nebo potenciálním poškozením tkání.“ Tato definice bolesti byla vytvořena Mezinárodní společností pro studium bolesti (IASP). Během života

postihnou obtíže zad téměř 80 % lidí. Do chronické podoby se dostane asi u 10 % lidí. Bolest se stává chronickou, pokud pacienta trápí již 3 až 6 měsíců. Je pro pacienta zcela negativní, protože ho obtěžuje při normálním fungování v životě. Existuje mnoho různých typů obtíží páteře. Objevují se na určité části páteře člověka. Nejčastější výskyt je právě na bederní oblasti dále pak bolesti po operaci páteře. Nociceptivní (vznik na nociceptorech) a neuropatická bolest (vznik v průběhu nervových vláken) jsou základní typy z patofyziologického pohledu. [38 s. 1-5]

Lidé si často myslí, že za jejich chronické obtíže se zády může jedna příčina nebo zranění. Pravdou však je, že jednu příčinu obvykle nelze identifikovat, spíše existuje několik základních stavů, které mohou přispět k chronické bolestivosti. A mezi tyto základní stavy příčiny obtíží můžeme zařadit:

- špatné držení těla;
- obezita a nadváha;
- málo fyzické aktivity;
- sedavý životní styl;
- úraz;
- velký stres;
- jiné onemocnění. [39 s. 350-354]

Při léčbě chronické bolesti zad je potřeba si určit cíle. Hlavním cílem je úplné odstranění bolestivosti nebo snížení na snesitelnou intenzitu. Oproti akutní bolesti je léčba chronické bolesti více multifaktoriální. Základem léčby je farmakoterapie. Dle intenzity bolesti WHO (Světová zdravotnická organizace) vytvořilo třístupňový analgetický žebříček (od mírné po silnou bolest) na vhodné používání analgetik. U chronické se postupuje od nižších dávek k vyšším (step up). Lze použít neopioidní analgetika, opioidy se stropovým

efektem a také myorelaxancia. Další možnou léčbou mohou být intervenční techniky (obstříky kortikoidy). I psychoterapeutická intervence je součástí uceleného postupu. Doporučuje se také podstoupit individuální rehabilitační terapii. Klid naopak bývá u chronických obtíží kontraproduktivní. Na celkové strategii se podílejí RHB lékař, psycholog, psychiatr, neurolog, ortoped a algeziolog. Pokud tyto všechny techniky léčby nemají patřičný efekt, lze využít léčbu pomocí radioaktivního záření (brachyradiumterapii).

[39 s. 350-354]

3.5 Legislativní úprava a orgány státní správy

Při práci s radioaktivním materiálem během jakékoliv nenádorové radioterapie je potřebné plnit stanovená pravidla a nařízení. Zákony České republiky nebo radiologické standardy legislativně upravují veškerou činnost s radioaktivním materiálem na zdravotnických pracovištích. Všechny požadavky musí být bezpodmínečně splněny, aby se mohla nenádorová radioterapie aplikovat.

Mezi orgány státní správy zabývající se radiací lze zahrnout:

- Státní úřad pro jadernou bezpečnost;
- Státní ústav pro radiační ochranu, v. v. i.;
- Státní ústav jaderné chemické a biologické ochrany, v. v. i.. [40; 41; 42]

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) provádí v České republice kontrolní nebo licenční činnost v oblasti radiační ochrany. Státní ústav pro radiační ochranu, v. v. i. (SÚRO) se zabývá především výzkumnou činností v rámci ochrany před ionizujícím zářením. Organizace Státní ústav jaderné chemické a biologické ochrany, v. v. i. (SÚJCHBO) je zřízená SÚJB, aby

prováděla vývoj a výzkum v biologických a chemických odvětvích a radioaktivních látek. Zabezpečuje také podporu inspekčního a dozorového působení SÚJB v ochraně před radiací. [40; 41; 42]

Jelikož se brachyradiumterapie aplikuje v Léčebných lázních Jáchymov, podléhá zákonu č. 164/2001 Sb. (Lázeňský zákon). Atomový zákon č. 263/2016 Sb. pak obsahuje povinnosti držitele povolení, registranta a ohlašovatele v oblasti zajišťování radiační ochrany (§ 68). Důležitým dokumentem je rovněž vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje č. 422/2016 Sb.. Zde jsou uvedeny limity pro radiačního pracovníka (§ 4), kategorizace pracovišť (§ 19) nebo kontrolované (§ 46) a sledovací pásmo (§ 49). Dalším dokumentem je vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků č. 55/2011 Sb.. Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta č. 409/2016 Sb.. V tomto dokumentu je uveden druh a stupeň vzdělání pro činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany (§ 7). [43; 44; 45; 46; 47]

Stěžejním dokumentem je i Národní radiologický standard – radiační onkologie. Tento standart se nachází ve Věstníku Ministerstva Zdravotnictví České republiky č. 2/2016, kde přímo osmá kapitola pojednává o nenádorové radioterapii. Jsou zde uvedeny například personální požadavky a technické požadavky na pracoviště. Dále obsahuje kontraindikace k nenádorové radioterapii nebo požadavky v ozařovacím předpisu. [18]

Každé radioterapeutické pracoviště musí mít povinně vypracované své radiologické standarty, vnitřní havarijní plán a dále program zabezpečení jakosti. Všechny tyto dokumenty schvaluje Státní úřad pro jadernou bezpečnost a mohou rovněž vycházet z národních standardů. Podle platných doporučení

SÚJB musí být také vypracovaná metodika zkoušek provozní stálosti. Do této metodiky je zahrnuto stanovení absorbované dávky záření. Dle každého radiologického pracoviště se v pravidelných intervalech tento dokument doplňuje a upravuje. Dle SÚJB: *„Zdroje ionizujícího záření používané pro lékařské ozáření musí úspěšně projít zkouškami dlouhodobé stability a jejich parametry musí v tolerancích stanovených v metodikách zkoušek provozní stálosti.“* [48]

4 METODIKA

Výzkumná část mé diplomové práce byla uskutečněna v Léčebných lázních Jáchymov a. s. na oddělení brachyradiumterapie v radiologickém pavilonu. V praktické části diplomové práce jsem se zabýval přínosem brachyradiumterapie na bolestivost při artrotických postiženích kyčelního kloubu, kolenního kloubu a u chronických bolestí páteře (v bederní oblasti zad).

Výsledky mé práce jsou založeny na dotazníkovém šetření, které probíhalo na oddělení brachyradiumterapie od 1. září 2022 do 30. dubna 2023. Každý pacient obdržel stejný dotazník.

4.1 Probandi

Do výzkumu byli zahrnuti pacienti z Léčebných lázní Jáchymov, kteří měli léčebný pobyt v lázeňském komplexu nebo pouze do radiologického pavilonu na aplikaci brachyradiumterapie dojížděli, (ambulantní pacienti). Účast na mém výzkumu byla pro všechny probandy dobrovolná a zcela anonymní. Počet žen a mužů zahrnutý do výzkumu je zcela náhodný. Celkem se mého výzkumu zúčastnilo 10 probandů.

4.2 Dotazníkové šetření

Statistické šetření bylo prováděno na základě vytvořeného dotazníku, který se skládal celkem z 13 otázek. Tento dotazník byl rozdělen do dvou částí. První část obsahovala otázky na pohlaví, věk, (rozdělení do šesti věkových kategorií), onemocnění pacienta, na celkovou dobu léčení daných obtíží, na léky, (užívání a typ medikamentů), na předchozí terapii a její prospěšnost na obtíže pacienta, nebo škálu bolestivosti před absolvováním brachyradiumterapie. V druhé části

se nacházela škála bolesti po dvou měsících od aplikování jáchymovské krabičky. Otázky byly zaměřeny na celkový počet aplikací, na změnu medikace po aplikaci, na pocity a přínos léčby pro ošetřovaného.

Pacienti obdrželi tento dotazník před aplikací brachyradiumterapie. Vyplňovali pouze první stránku (8 otázek). Po dokončení aplikace obdrželi druhou část dotazníku, kterou si odnesli domů a následně po dvou měsících odpověděli na otázky 9 až 13, (jelikož nejvyšší účinek bývá po dvou měsících od poslední aplikace). Poté tento vyplněný dotazník odeslali zpět ke statistickému zpracování.

Zásadní otázka pro statistické zpracování výsledků byla o subjektivním hodnocení bolesti pacienta. Ve svém dotazníkovém šetření jsem použil kombinaci třech škál bolesti, které jsou detailněji popsány níže. Je to z důvodu zastoupení pacientů z různých věkových kategorií, aby škála bolesti byla pro všechny nemocné co nejvíc srozumitelná a snadná k pochopení při vyplňování.

4.2.1 VAS škála bolesti

Vizuální analogová škála (visual analogue scale - VAS) patří mezi nejčastější metody hodnocení bolesti. Byla vyvinuta ve Velké Británii v 60. letech XX. století. Autory jsou psychiatři Graham Spear, Michael Bond a Issy Pilowsky. Existuje mnoho různých modifikací této škály, ale nejvíce se používá horizontální úsečka s délkou 10 cm. Na levém okraji je stav bez bolesti a na pravém okraji se nachází stav nejvyšší bolest. Občas se doplňuje barevným označením. [49]

4.2.2 Numerická hodnotící škála

Numerickou hodnotící škálu (NRS) si můžeme představit jako číselnou úsečku. Na začátku úsečky, tedy vlevo, je hodnota bolesti nula, (bezbolestný stav). Na konci úsečky, tedy vpravo, je číslo bolesti deset (největší představitelná bolest). [49]

4.2.3 Obličejová škála

Obličejová škála bolesti, (faces pain scale – FPS) může být alternativou k číselné stupnici, která se vyjadřuje pomocí 7 obličejů s různými výrazy. Jsou seřazeny zleva (stav bez bolesti) doprava (stav největší bolesti) se změnou mimiky. Byla vytvořena v roce 1990 autory Reeves, Bieri, Champion et al. k hodnocení bolesti především u dětí. Ale v poslední době se využití rozšířilo pro pacienty se sníženým kognitivním deficitem. V roce 2001 Hicksová snížila počet obličejů škály na 6. První obličej má stupeň bolesti 0 a každý další obličej má dva stupně bolesti. Ve své práci jsem použil právě tuto zredukovanou škálu 6 obličejů. [49]

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky jednotlivých pacientů

V této kapitole jsou prezentovány odpovědi jednotlivých pacientů na otázky z dotazníkového šetření.

5.1.1 Pacient 1

1. Pohlaví	muž
2. Věková kategorie	31 – 45 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	artróza kolenního kloubu
4. Doba léčby onemocnění	5 let
5. Užívání léků	ano, Ibalgin
6. Podstoupení jiné terapie	ne
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	/
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	6
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	1
10. Celkový počet aplikací	poprvé
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	bez medikace

12. Pocity po 2 měsících **zlepšení**

13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže **ano**

5.1.2 Pacient 2

1. Pohlaví **muž**

2. Věková kategorie **66 – 80 let**

3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií **artróza kolenního kloubu**

4. Doba léčby onemocnění **25 let**

5. Užívání léků **ano, Biovisc, Oramellox, Cartinorm, Piasoledine**

6. Podstoupení jiné terapie **ano**

7. Pokud ano, pomohla tato terapie **jen dočasně**

8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací **6**

Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie

9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících **1**

10. Celkový počet aplikací **potřetí**

11. Pokud užíval léky, změna dávkování **snížilo**

12. Pocity po 2 měsících **zlepšení**

13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže **ano**

5.1.3 Pacient 3

1. Pohlaví **žena**

2. Věková kategorie **66 – 80 let**

3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií **artróza kyčelního kloubu**

4. Doba léčby onemocnění **od 55 roku života**

5. Užívání léků **ano, Alavis, Biofenac, infuze**

6. Podstoupení jiné terapie **ano**

7. Pokud ano, pomohla tato terapie **jen dočasně**

8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací **8**

Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie

9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících **0**

10. Celkový počet aplikací **poprvé**

11. Pokud užíval léky, změna dávkování **bez medikace**

12. Pocity po 2 měsících **zlepšení**

13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže **ano**

5.1.4 Pacient 4

1. Pohlaví	muž
2. Věková kategorie	66 – 80 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	artróza kyčelního kloubu
4. Doba léčby onemocnění	5 let
5. Užívání léků	ano, Ibalgin
6. Podstoupení jiné terapie	ano
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	ne
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	5
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	1
10. Celkový počet aplikací	potřetí
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	bez medikace
12. Pocity po 2 měsících	zlepšení
13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže	ne

5.1.5 Pacient 5

1. Pohlaví	muž
2. Věková kategorie	66 – 80 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	bolesti bederní páteře
4. Doba léčby onemocnění	10 let
5. Užívání léků	ano, Alavis, Voltaren
6. Podstoupení jiné terapie	ano
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	jen dočasně
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	7
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	1
10. Celkový počet aplikací	poprvé
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	bez medikace
12. Pocity po 2 měsících	zlepšení
13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže	ano

5.1.6 Pacient 6

1. Pohlaví	žena
2. Věková kategorie	56 – 65 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	bolesti bederní páteře (výhřez ploténky)
4. Doba léčby onemocnění	½ roku
5. Užívání léků	ano, Ibalgin
6. Podstoupení jiné terapie	ano
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	jen dočasně
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	6
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	2
10. Celkový počet aplikací	poprvé
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	bez medikace
12. Pocity po 2 měsících	zlepšení
13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže	ano

5.1.7 Pacient 7

1. Pohlaví	muž
2. Věková kategorie	66 – 80 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	artróza kolenního kloubu
4. Doba léčby onemocnění	½ roku
5. Užívání léků	ano, Ibalgin
6. Podstoupení jiné terapie	ano
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	ne
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	3
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	2
10. Celkový počet aplikací	poprvé
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	snížilo
12. Pocity po 2 měsících	zlepšení
13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže	ano

5.1.8 Pacient 8

1. Pohlaví	žena
2. Věková kategorie	66 – 80 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	artróza kolenního kloubu
4. Doba léčby onemocnění	7 let
5. Užívání léků	ne
6. Podstoupení jiné terapie	ano
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	ano
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	6
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	2
10. Celkový počet aplikací	potřetí
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	/
12. Pocity po 2 měsících	zlepšení
13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže	ano

5.1.9 Pacient 9

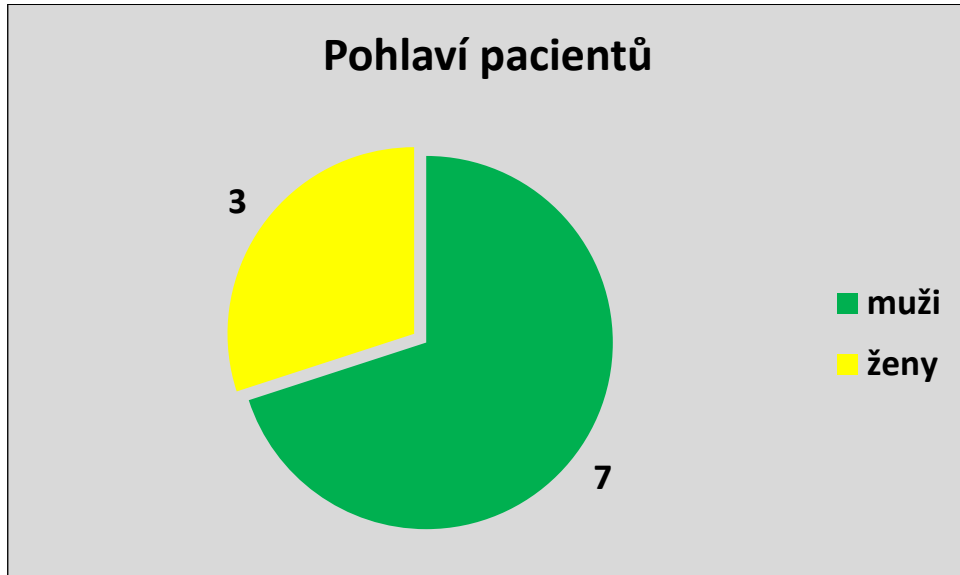
1. Pohlaví	muž
2. Věková kategorie	56 – 65 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	bolesti bederní páteře
4. Doba léčby onemocnění	2 roky
5. Užívání léků	ano, konopná mast
6. Podstoupení jiné terapie	ano
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	jen dočasně
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	7
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	2
10. Celkový počet aplikací	poprvé
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	bez medikace
12. Pocity po 2 měsících	zlepšení
13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže	ano

5.1.10 Pacient 10

1. Pohlaví	muž
2. Věková kategorie	56 – 65 let
3. Onemocnění léčené brachyradiumterapií	artróza kolenního kloubu
4. Doba léčby onemocnění	1 rok
5. Užívání léků	ano, Brufen a Voltaren
6. Podstoupení jiné terapie	ano
7. Pokud ano, pomohla tato terapie	ne
8. Velikost bolesti na VAS škále před aplikací	8
Otázky po 2 měsících od aplikace brachyradiumterapie	
9. Velikost bolesti na VAS škále po 2 měsících	3
10. Celkový počet aplikací	podruhé
11. Pokud užíval léky, změna dávkování	bez medikace
12. Pocity po 2 měsících	zlepšení
13. Přínos brachyradiumterapie na obtíže	ano

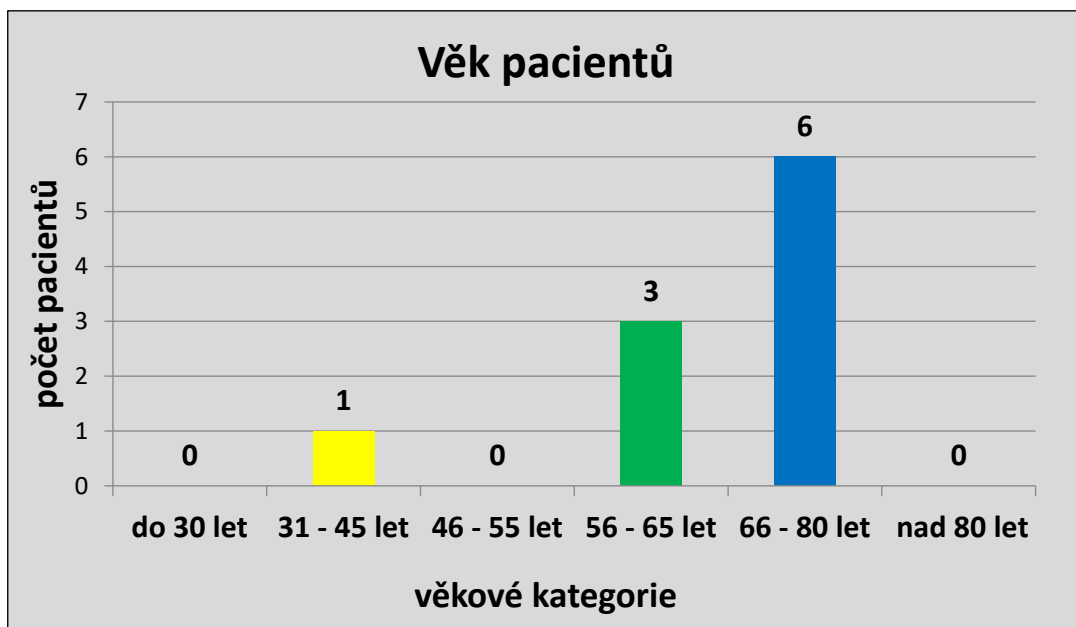
5.2 Intervenční skupina

- Pohlaví pacientů



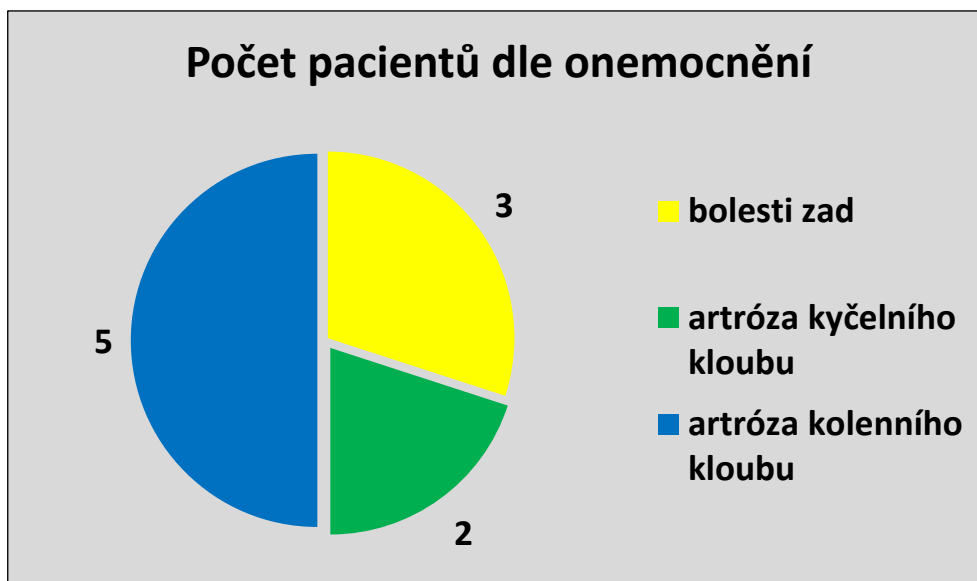
Obrázek 16: graf pohlaví pacientů (vlastní zdroj)

- Věkové kategorie pacientů



Obrázek 17: graf věkové kategorie pacientů (vlastní zdroj)

- Počet pacientů dle onemocnění



Obrázek 18: graf počet pacientů dle onemocnění (vlastní zdroj)

- Celkový počet aplikací brachyradiumterapie



Obrázek 19: graf celkový počet aplikací brachyradiumterapie (vlastní zdroj)

5.3 Souhrnné výsledky

Změny bolesti dle číselné škály a změny užívání medikamentů u jednotlivých probandů jsou přehledně zobrazeny v tabulce 2. Velikost bolesti a změny v užívání medikace byly hlavní parametry, které jsem sledoval v dotazníkovém šetření.

Tabulka 2: souhrnné výsledky (vlastní zdroj)

souhrnné výsledky dotazníkového šetření				
nemocný	bolest před	bolest po	snížení	medikace
1	6	1	- 5	bez medikace
2	5	1	- 4	bez medikace
3	6	1	- 5	snížená
4	8	0	- 8	bez medikace
5	7	1	- 6	bez medikace
6	6	2	- 4	bez medikace
7	8	4	- 4	snížená
8	6	2	- 4	
9	7	2	- 5	bez medikace
10	8	3	- 5	bez medikace

Pacient 8 v dotazníkovém šetření uvedl, že před aplikací brachyradiumterapie medikamenty neužíval. Všichni pacienti se shodli, že po dvou měsících od aplikace jáchymovské krabičky pocítují pouze zlepšení svého stavu. Žádný z pacientů neuvedl, že by ho postihly nějaké zdravotní komplikace po ozáření.

6 DISKUZE

Když se řekne nenádorová radioterapie, celá řada lidí si vybaví spíše distanční terapii pomocí rentgenového záření. Avšak existuje i kontaktní typ léčby, a to brachyradiumterapie. Ta oproti rentgenové terapii využívá slabší gamma záření. Brachyradiumterapie je světovou raritou označovanou jako „jáchymovské krabičky“. Pouze v Léčebných lázních Jáchymov se takto využívá radioaktivní záření na chronické bolesti ošetřovaných. Jedná se o více než sto let starou léčebnou proceduru, která již pomohla mnoha lidem od jejich obtíží. Je vyhledávaná především pro chronické bolesti zad, sakroiliakálního kloubu, drobných kloubů ruky a nohy a pro artrózy ramenního, kyčelního a kolenního kloubu.

Přestože má brachyradiumterapie velkou tradici v Léčebných lázních Jáchymov při léčbě nenádorových onemocnění, stále je v České republice, i v zahraničí používaná především pro léčení nádorových onemocnění. Brachyterapie může být aplikována v široké škále onkologických chorob, (gynekologická, urologická, rektální, kožní nebo prsní rakovina). Ač se jedná o starší metodu léčby, má stále určité výhody oproti jiným moderním technikám. Například S. J. Otter, A. J. Stewart a P. M. Devlin ve své práci o moderní brachyterapii z roku 2019 uvádějí, že brachyterapie umožňuje dodat vysokou dávku záření pouze do nádoru při zachování okolní normální tkáně, což často umožňuje eskalaci dávky, které by nebylo možné s jinými formami radioterapie, protože vysoká dávka cílí jen do místa, kde se nachází nádor a ne do okolních částí těla pacienta. Dle mého názoru podloženého pozorováním na podobném principu pracují právě i „jáchymovské krabičky“. Snaží se zaměřit dávku gama záření pouze na problémové místo, aby nejméně zatížili radioaktivitou pacienta. Proto lékaři v Léčebných lázních Jáchymov kladou velký důraz na to, aby daná krabička s radioaktivním zářičem byla přesně

umístěná na bolestivé místo na těle, a tento úsek vyznačují na pacientovi pro radiologického pracovníka. [50]

Každým rokem evidují Léčebné lázně Jáchymov zájem o brachyradiumterapii nejen z řad českých, ale i ze zahraničních klientů. Počet ozáření pomocí brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov bývá kolem 1 500 za 1 kalendářní rok. Dle statistik z roku 2019, radiologové provedli celkem 1 592 ozáření. Avšak v následujících letech vlivem onemocnění COVID-19 počty ošetřených klientů klesaly, což mělo výrazný dopad na moji výzkumnou část diplomové práce. Možnost oslovení pacientů byla značně omezena a dotazníkového šetření se tak zúčastnilo 10 probandů. [51]

Ve výzkumné části mé diplomové práce jsem se zaměřil na efektivitu léčby pomocí „jáchymovských krabiček“. Dle statistik radiologického pracoviště v Léčebných lázních Jáchymov jsem si vybral 3 nejčastěji ozařované onemocnění nebo obtíže ošetřovaných. V roce 2019 byla nejvíce indikovaná artróza kolenního kloubu. Druhou indikací byla artróza kyčelního kloubu a poté chronické obtíže zad. (především bederní oblasti páteře). A tento fakt se potvrdil i v mém výzkumu. Ze zúčastněných pacientů, měla nejvyšší zastoupení právě artróza kolenního kloubu. Počet ošetřených s touto nemocí bylo celkově 5 probandů. Následovala chronická bolest zad (3) a nejmenší počet účastníků měla artróza kyčelního kloubu (2). V České republice patří právě gonartróza mezi nejčastější důvod hospitalizace na ortopedických odděleních. V roce 2019 dle statistik ÚZIS se jednalo o 27 843 pacientů. A hned za gonartrózou se nachází v tabulkách koxartróza s počtem 26 475 ošetřovaných. Dohromady je to 54 381 pacientů hospitalizovaných s osteoartrózou. Zajímavé je, že na třetím místě jsou vnitřní poruchy kolenního kloubu s celkem 14 013 nemocnými. Pokud bychom to porovnali ještě s dorzalgií, tak je zde mnohem větší rozdíl. Hospitalizovaných s dorzalgií bylo pouze 3 195. Z toho vyplývá, že

gonartróza společně s koxartrózou patří mezi nejvíce zastoupené ortopedické nemoci v České republice. Hlavním příznakem, který spojuje koxartrózu, gonartrózu a dorzalgií je především bolest. A tak jsou vhodné pro léčbu brachyradiumterapií, protože primárním účinkem této terapie je právě snižování bolestivých stavů. [52]

Dalším zajímavým bodem z mého dotazníkového šetření je věk probandů. Pacienti nevyplňovali v dotazníku svůj věk, ale kroužkovali věkovou kategorii, do které patřili. Celkem bylo věkových kategorií 6. Jak již bylo zmíněno v teoretické části diplomové práce, k aplikaci „jáchymovských krabiček“ se doporučuje věk nad 40 let. Mého výzkumu se nezúčastnil žádný proband s věkem do 30 let. Ale ve věkové kategorii 31 až 45 let se 1 pacient vyskytl. 3 nemocní také označili svoji věkovou kategorii jako 56 až 65 let. Ale největší zastoupení měla věková kategorie 66 až 80 let. Celkově ji označilo 6 ošetřovaných. Tento fakt odpovídá statistickým údajům uvedeným v grafu 2 v kapitole 3.4.1 Osteoartróza. Tento graf uvádí, že nejvyšší zastoupení koxartrózy a gonartrózy je právě od 60. roku života. A v České republice je incidence osteoartrózy u osob starších 65 let přibližně 40 %. [52]

Epidemiologií osteoartrózy se také zabývali Allen et al. ve své studii z roku 2022. Uvádějí, že kolem 240 milionů jedinců na celém světě má symptomatickou osteoartrózu. Největší zastoupení by právě mělo být ve věku od 60 let a starších 10 % u mužů a 18 % u žen. Studie Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factors Study (GBD) zjistila, že celosvětová roční incidence symptomatických, radiograficky potvrzených osteoartróz kyčelního a kolenního kloubu od roku 1990 vzrostla až o 9,3 %. GBD využila dostupné zdroje dat o radiograficky zjištěných artrózách, a pokud údaje nebyly k dispozici pro zemi, hodnoty byly odhadnuty na základě podobných zemí a území s použitím charakteristik zemí relevantních pro onemocnění. Je

potřebné zamyslet se nad otázkou, z jakých důvodů je tak velký nárůst incidence od roku 1990. Dle mého názoru zde budou hrát velkou roli některé rizikové faktory a „dnešní doba“ například spojená s onemocněním COVID-19, kdy byly omezené určité aktivity a také se zvýšil počet sedavých činností, avšak na přesnou odpověď je nezbytné vytvoření dalších studií a analýz.[53]

Ve svém dotazníkovém šetření jsem pro pacienty měl otázky ohledně užívání různých farmakologických přípravků na bolestivé stavy. Především mě zajímalo, jestli je před aplikací brachyradiumterapie proband užíval nebo ne. Další otázka na medikaci byla i v druhé části mého dotazníku. Zde mě zajímalo, jestli se po dvou měsících od aplikace změnilo dávkování. Toto bylo druhé hlavní hodnotící kritérium po číselné škále bolesti. Vycházel jsem z toho, že pokud by brachyradiumterapie nesnížila pacientovi bolestivé stavy, mohlo by se tedy změnit například dávkování medikamentů. Ať už by se dávka pouze snížila nebo by ošetřovaný již léky vůbec nepotřeboval, tedy samozřejmě za předpokladu, že nemocný léky před využitím jáchymovských krabiček užíval. Po zpracování všech dosažených výsledků jsem došel k závěru, že u dvou pacientů došlo ke snížení dávkování léčiv, jeden pacient uvedl, že léky před aplikací již neužíval a zbylí ošetřovaní po dvou měsících od aplikace své léčiva už nepožívali vůbec.

Podle mého názoru není velkým překvapením, že většina pacientů, která se zapojila do mého dotazníkového šetření, užívala před aplikováním brachyradiumterapie různé farmakologické přípravky, (především analgetika). Jak jsem již zmínil v teoretické části diplomové práce, do konzervativní léčby artrózy kyčelního a kolenního kloubu a chronické bolesti zad je zahrnuta právě i farmakologická forma léčby. Zde je důležité si položit otázku. Proč se tak často používají na chronické potíže léky? V diplomové práci Závíslost na lécích z pohledu pacienta a zdravotnického personálu od Bc. Terezy Ortové se uvádí,

že u některých chronických bolestí je problémem špatně identifikovatelná příčina. A pokud nám pečlivé vyšetření nemocného nepomůže odhalit pravý původ obtíží, zdravotnictví jiné efektivní řešení nedokáže nabídnout. V některých speciálních případech lze však brát farmakologickou terapii jako lepší variantu než operační řešení problému. Při indikování například opioidních analgetik musí být lékaři obezřetní z důvodu možného vzniku závislosti na opiátech. Pacienti, kteří trpí chronickou bolestí, jsou jednou z nejhroženějších skupin na získání závislosti. Zajímavým údajem je, že počet nemocných potřebujících léčení chronické bolestivosti se pohybuje kolem 8 % z obyvatel České republiky. [54]

Příkladem diagnóz, u kterých je snaha oddálit operační výkon, jsou například artrózy kyčelního a kolenního kloubu. Podobně jako analgetickými léky se i pomocí brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov může oddálit operační výkon v podobě totální endoprotézy. Domnívám se, že i toto bude jeden z důvodů, proč se nejvíce aplikují jáchymovské krabičky právě na osteoartrózy kolenního kloubu. A jak jsem již zmínil v předešlých odstavcích, druhou nejčastější nemocí je osteoartróza kyčelního kloubu. Ze svých zkušeností z ortopedického oddělení, při setkání s pacienty po operacích totální endoprotézy, jsem zjistil, že se nemocní často nažili, co nejvíce oddálit tento operační zákrok. Mezi hlavní důvody udávali obavu z operace nebo narkózy a také z následné dlouhotrvající rekonvalescence. Ale právě stále zvyšující se bolesti a problémy s pohyblivostí je nakonec donutili podstoupit tento operační zákrok.

Do svého výzkumu jsem zařadil kromě artróz také chronickou bolest zad. Mého dotazníku se zúčastnili celkem 3 nemocní s chronickou bolestí zad. U všech těchto pacientů byly tyto bolesti specifikovány do oblasti bederní páteře. Pokud se u nemocných vyskytuje bolest zad, tak nejčastěji je její

umístění právě v bederní oblasti. To potvrzuje studie Ivana Uritse et al. z roku 2019, která uvádí, že bolest bederní části zad je obtížně léčitelná a každoročně postihuje až milion lidí. Například každoročně je prevalence bolesti dolní části zad v obecné dospělé populaci USA 10-30 %. A také studie J. S. Willa, D. C. Buryho aj. A. Millera z roku 2018 pojednávající o mechanické bolesti dolní části zad uvedli, že chronická bolest dolní části zad postihuje až 23 % populace na celém světě, přičemž se odhaduje, že 24 % až 80 % pacientů má recidivu již po jednom roce. Časté recidivy bývají velkým problémem pro většinu ošetřovaných. Během své praxe jsem se setkal s mnoha pacienty, kteří udávali opakovaně se vracející bolesti zad. Rehabilitace jim pomáhala, ale pouze na kratší časový interval. Na základě mého pozorování si myslím, že tyto recidivy mohou mít na pacienty negativní psychický vliv. [55]

Při svém výzkumu jsem se zaměřil i na některé možné nežádoucí účinky brachyterapie, kterými se zabývá studie o brachyradiumterapii z Léčebných lázní Jáchymov od autorů prof. MUDr. Leoše Navrátila, CSc., MBA, dr. h. c., prof. MUDr. Ivana Dylevského, DrSc. a doc. MUDr. Vlastislava Hlavatého, CSc. Jejich odborná studie vyšla ve Sborníku lékařském v roce 1996 pod názvem Naše zkušenosti s brachyterapií některých nenádorových onemocnění. Autoři zde do výzkumu zahrnuli koxartrózu, gonartrózu a spondyloartrózu. Hlavní náplní této studie bylo zvažování stupně poškození kůže na místě ozařování, (místo umístění radioaktivního zářiče na těle), po jednorázové dávce, bezprostředně po aplikaci, stejně jako po opakovaném ozařování v průběhu několika let. U sledovaných osob také prováděli vyšetření krevního obrazu před a po ozařování. Důvodem bylo zjištění, zda lokálně aplikované nízké gama záření (1,8 až 3,5 Gy) změní hodnoty krevních elementů (například erytrocyty, hemoglobin, hematokrit, leukocyty a trombocyty). Aktivita zdroje gama záření se pohybovala mezi 606 až 1 305 MBq. Dávka záření závisela na stupni závažnosti zdravotního postižení. [56]

Výsledkem jejich výzkumu je zjištění, že u pacientů sledovaných od roku 1980, (tato studie vyšla v roce 1996), nebyly makroskopické změny na kůži nikdy pozorovány, a to ani po opakovaných expozicích. Nikdy po aplikování nepozorovali radiační zátěž kůže, (erytém, svědění, bolesti nebo olupování kůže). Jejich získané výsledky tedy prokázaly, že brachyradiumterapie používaná v Léčebných lázních Jáchymov je bezpečná, nemá žádné nežádoucí účinky na pacienty, kteří jsou jí vystaveni a lze ji indikovat při odpovídajícím fyzikálním nálezu. [56]

Tyto výsledky studie mohou jenom potvrdit a podpořit. Žádný z mých pacientů v dotazníku neuvedl, že by měl nějaké nežádoucí účinky objevující se na pokožce, kde bylo umístěno nosné pouzdro s radioaktivním zářičem nebo nějaké jiné komplikace. Všichni dotazovaní pouze uvedli, že po aplikaci pocíují zlepšení. Takže i já mohu uvést, že brachyradiumterapie u oslovených pacientů neměla žádné nežádoucí účinky. Parametry radioaktivních zářičů byly shodné, ale oproti výše zmíněnému výzkumu byl ten můj krátkodobý pouze do dvou měsíců po aplikaci.

Jelikož se jedná o radioaktivní záření, které může ohrozit zdraví pacientů, je důležité vyslovit otázku: Kdo má zodpovědnost za celý průběh brachyradiumterapie? Odpovědi lze nalézt ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky. Zde se nachází konkrétní činnosti prováděné během nenádorové radioterapie a jejich odpovědnost. Myslím, že jako první základní činností pro aplikaci nenádorové terapie je schválení indikace a prověření možných kontraindikací, což souvisí s vyšetřením pacienta. Toto rozhodnutí musí být pečlivě uváženo, jelikož bezpečnost a ochrana pacienta je to nejdůležitější. A právě proto je na místě, aby vyšetření prováděl zkušený lékař se specializací v oboru radiační onkologie, jak uvádí Věstník. Další činností je poučení a informování pacienta o této metodě léčby. Pokud bych byl

pacient, který podstupuje brachyradiumterapii, určitě bych se tázal lékaře na různé informace, například ohledně účinnosti, bezpečnosti nebo i o průběhu aplikace. Všechny tyto sdělení by mi pomohly získat základ k úspěšné léčbě, a to je důvěra k lékaři a hlavně samotné terapii. A toto přesně bych chtěl od své diplomové práce, aby do ní mohl ošetřovaný pacient kdykoli nahlédnout a zjistit další informace, které by mu pomohly upevnit důvěru ke svému ošetřujícímu lékaři. Tento lékař, specialista, má zodpovědnost také za další neméně důležité činnosti. Jedná se o vystavení protokolu o ozáření, čili určení lokalizace umístění jáchymovské krabičky a předepsání celkové dávky a aktivity zářiče. [38]

Další činnosti již spojené s ozařováním má na starosti, tedy i zodpovědnost, radiologický asistent. Jelikož odpovídá za aplikaci, tak dle Věstníku by měl zkontrolovat i totožnost ošetřovaného. Domnívám se, že i když se to může zdát někomu podivné, mohlo by dojít k záměně pacientů, což by vedlo k negativnímu dopadu na jejich zdraví (použití nesprávného aplikátoru o jiné aktivitě a dávce). Radiolog je povinen poučit ošetřovaného, jelikož po aplikování radioaktivního zářiče a odchodu pacienta na odstíněný pokoj zodpovídá za jeho bezpečnost i za bezpečnost nezúčastněných osob v radiologickém pavilonu i v jeho okolí. [38]

Jelikož má pacient na sobě radioaktivní zářič, musí po celou dobu aplikace pobývat pouze v odstíněném pokoji. Existuje pouze jediná výjimka, a to je použití toalety. Avšak před odchodem na WC musí tuto situaci ošetřovaný oznámit radiologickému asistentovi přes telefon, který je umístěný v jeho pokoji. Ten je tak zodpovědný za zkontrolování a zajištění, aby se v dané lokalitě a momentu nenacházela žádná jiná osoba. Zde si myslím, že radiologický asistent musí být hodně obezřetný a mít 100% jistotu, aby mohl pacient odejít na WC. A v tento moment hrozí možná komplikace v podobě

uvolnění aplikátoru z krabičky nebo dokonce poškození. Takže po návratu ošetřovaného zpátky na pokoj se musí radiologický asistent ujistit, že nosné pouzdro společně s aplikátorem je bez poškození na původním místě. Telefon, který je umístěný v pokoji ošetřovaného, tam však není jen kvůli použití toalety. Je to vlastně jediné spojení z odstíněné místnosti pacienta k radiologickému asistentovi, pacient by ho mohl využít při možném vzniku nevolnosti. [30; 38]

Nelze tuto skutečnost brát na lehkou váhu nebo ji podceňovat, jelikož věk většiny ošetřovaných brachyradiumterapií bývá nad 65 let. Tento fakt také potvrdil i můj výzkum a jiné statistiky. Ve věkové kategorii 66 let až 80 let podstoupilo léčbu dle dotazníkového šetření 6 pacientů, čili nejvíce. A dle statistik, uvedených v předchozích odstavcích, je největší zastoupení symptomatické osteoartrózy od 60 let. Ovšem u této věkové kategorie je i vyšší pravděpodobnost možného kardiologického onemocnění. V časopisu Medical Tribune vyšel v roce 2022 článek o kardiovaskulární prevenci, kde profesor Dušek uvádí: *„Sedmdesát tři procent našich seniorů starších 65 let trpí alespoň jednou závažnější chronickou nemocí, z čehož kardiovaskulární problematika tvoří velký podíl. Do roku 2040 se tento podíl zvýší o 34 – 40 procent.“* Také je zde uvedeno, že od roku 2011 dochází k výraznému nárůstu prevalence kardiovaskulárních onemocnění. Ale samozřejmě se nejedná pouze o tento typ nemocí. Můžeme sem zařadit například diabetes melitus nebo plicní onemocnění (chronická obstrukční plicní nemoc, astma bronchiale). [57]

To by se mohlo zdát jako nenáročné, pokud by radiologický asistent měl pouze jednoho nemocného, ale jak jsem již psal, v kapitole 3.3.2 Historie brachyradiumterapie v Jáchymovských lázních, na oddělení brachyradiumterapie se nachází až 12 pokojů. Nicméně všechny pokoje nikdy nejsou v jeden den plně obsazeny, jelikož se průměrně objedná na jeden termín 6 pacientů. Avšak i s tímto počtem se domnívám, že to má pracovník náročné.

Pokud někdo nabyl dojmu, že veškerá práce radiologického asistenta v Léčebných lázních Jáchymov spočívá pouze v aplikování jáchymovské krabičky a radioaktivního zářiče na pacienta, není tomu tak. Radiologický pracovník je zodpovědný jak za bezpečnost, ochranu ošetřovaných, tak i za klidný chod oddělení brachyradiumterapie po celou dobu ozařování, což je 6 hodin. [30]

Abych celkově zhodnotil výsledky celé práce, musím říct, že splnily mé očekávání, které jsem měl před začátkem výzkumu. U všech probandů došlo po dvou měsících ke snížení jejich bolestí. Nejvyšší bolest, kterou pacienti udali na škále, byla číslo 8 a nejmenší hodnota byla číslo 3. Po dvou měsících od aplikace brachyradiumterapie však byla jako nejvyšší hodnota v dotazníku zapsána bolest číslo 4. Například u pacienta 4 došlo dokonce k úplnému vymizení bolestí. Takže hypotéza číslo 1 je potvrzena.

Ve druhé hypotéze jsem uvedl, že brachyradiumterapie byla pro všechny pacienty přínosná. Na přínos pro ošetřované jsem se ptal v poslední otázce dotazníku. Všichni oslovení pacienti označili, že brachyradiumterapie byla pro jejich obtíže přínosná. Kromě jednoho probanda (pacient 4), který odpověděl, že tato terapie nebyla pro jeho obtíže přínosná. Zajímalo mě, proč takto ošetřovaný zhodnotil svoji terapii, jelikož se jeho bolesti snížily z hodnoty 5 na hodnotu 1 a medikamenty po aplikaci již neužíval. Rovněž však do dotazníku zapsal, že už absolvuje brachyradiumterapii potřetí. Z toho jsem usoudil, že i předešlé aplikace mu pravděpodobně snížily bolestivost, avšak po určité době se tyto bolesti vrátily na původní hodnotu. Protože pokud by mu brachyradiumterapie v předešlých aplikacích nepomohla, tak by ji určitě znova neabsolvoval. Domnívám se tedy, že z tohoto důvodu byla pro něho terapie nepřínosná. Ale toto jsou samozřejmě pouze mé domněnky. Ale, pravděpodobně se už zdůvodnění samotného pacienta nedozvíme.

7 ZÁVĚR

Závěrem bych chtěl říci, že tento výzkum mi pomohl přiblížit a orientovat se v problematice brachyradiumterapie v nenádorové radioterapii. Například více než před rokem jsem ještě vůbec netušil, že lze takto využít nízké dávky gama záření na chronické bolesti pacientů. Pomocí dotazníkového šetření jsem došel k výsledkům, které splnily mé očekávání na celém začátku diplomové práce. Jelikož při osobní návštěvě Léčebných lázní Jáchymov jsem po rozhovorech s tamními pracovníky radiologického pavilonu a rehabilitačními lékaři, získal informace, že tato metoda léčby je úspěšná a přínosná. Pacienti bývají s účinky spokojeni, jelikož se bolestivost sníží, a tak navštěvují radiologické pracoviště znovu a znovu.

Hypotéza, že u všech probandů dojde po dvou měsících od aplikace ke snížení bolestivosti, se potvrdila. Další hypotéza, že brachyradiumterapie bude pro všechny pacienty přínosná, se naplnila pouze částečně. Jelikož pacient číslo 4 uvedl, že jáchymovské krabičky nebyly pro jeho obtíže přínosné. Souhrnné výsledky ukázaly, že po dvou měsících od aplikace došlo u všech pacientů ke snížení bolestí a také ke snížení dávek medikamentů nebo ošetřování byli bez medikace.

Tyto získané výsledky by měly sloužit ke zkvalitnění péče v Léčebných lázních Jáchymov, také pro rehabilitační lékaře nebo fyzioterapeuty k možnému indikování brachyradiumterapie svým pacientům, u kterých nedochází k požadovanému účinky na chronické bolesti pomocí klasických léčebných metod.

Pro další zkoumání této metody by bylo přínosné vytvořit dlouhodobý observační výzkum, který by se například zaměřil na sledování změny bolestí v delším časovém horizontu nebo i na jiné diagnózy léčené brachyradiumterapií.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AIHA	autoimunitní hemolytická anemie
Bq	Becquerel
BRT	brachyradiumterapie
Cm	centimetr
Co	kobalt
Cs	cesium
DNA	deoxyribonucleic acid (deoxyribonukleová kyselina)
Exp.	expozice
FPS	Faces pain scale (obličejová škála bolesti)
GBD	Global Burden of Diseases (Globální zátěž nemocí)
Gm	germanium
Gy	Gray
H	vodík
HDR	high dose rate (vysoký dávkový příkon)

IASP	International Association for the Study of Pain (Mezinárodní společnost pro studium bolesti)
KeV	kilo elektrovolt
LDR	low dose rate (nízký dávkový příkon)
M	metr
MDR	medium dose rate (střední dávkový příkon)
MeV	mega elektrovolt
Mg	miligram
NRS	Numeric rating scale (numerickou hodnotící škálu)
O	kyslík
OSL	opticky stimulovaná luminiscence
Pb	olovo
PDR	pulsed dose rate (pulzující dávkový příkon)
Ra	radium
RHB	rehabilitace
Rn	radon

SI	křemík
Sr	stroncium
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚJCHBO	Státní ústav jaderné chemické a biologické ochrany
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
Sv	Sievert
SYSADOA	Symptomatic slow acting drugs in osteoarthritis (symptomaticky pomalu působící léky při osteoartróze)
TENS	transkutánní elektrická nervová stimulace
Th	thorium
U	uran
USA	United States of America (Spojené státy americké)
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky
VAS	Visual analogue scale (vizuální analogová škála)

WHO World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

W_T koeficient relativní biologické účinnosti

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ING. KOBLIC, O., Dr. F. VANÝSEK a MUC. S. VAJDA. Radiová emance a její použití ve vnitřním lékařství a v balneologii. Praha: Mladá generace Lékařů při Ústřední Jednotě Čs. lékařů, 1924.

2. Ionizující záření | NZIP. NZIP – Národní zdravotnický informační portál [online]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/3236>

3. ROSINA, Jozef, Jana VRÁNOVÁ a Hana KOLÁŘOVÁ. Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory. 2., doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-2526-5.

4. ROSINA, Jozef. Základy lékařské biofyziky: pro studenty lékařských fakult. Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-2574-6.

5. Gama záření. Vítejte na webovém portálu věnovaném PET a SPECT [online]. Dostupné z: <http://pet-spect.fbmi.cvut.cz/spect/index.php/fyzikalni-zakony/gama-zareni.html>

6. PubChem [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004-. PubChem Compound Summary for CID 9877911, Radium-226; [cited 2022 July 17]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Radium-226>

7. BC. HORÁKOVÁ, Magdaléna. Nejvýznamnější radionuklidy při havárii jaderné elektrárny, zkušenosti z Černobylu. České Budějovice, 2007. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Prof. MUDr. Pavel Kuna, DrSc

8. Záření gama :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit.

12.07.2022]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/805-zareni-gama>

9. Jak působí záření [online]. Copyright © [cit. 06.05.2023]. Dostupné z:

https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/pusobzar_5.html

10. HAVRÁNKOVÁ, R. et al., Klinická radiobiologie, ed. 1., Grada Publisher, Praha, 2020, ISBN 978-80-247-4098-0

11. ŠLAMPA, Pavel a Jiří PETERA, c2007. Radiační onkologie. Praha: Galén.

ISBN 978-80-7262-469-0

12. VENDRICKÁ, Kateřina. Současné trendy brachyradioterapie [online]. Olomouc, 2018 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://theses.cz/id/bxap2u/bakalrska_prace.pdf. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Klementová Yvona, MUDr.

13. Ochrana před radiací - gama – Enpedie. [online]. Dostupné z: [http://enpedie.cz/wiki/Ochrana_p%C5%99ed_radiac%C3%AD - gama](http://enpedie.cz/wiki/Ochrana_p%C5%99ed_radiac%C3%AD_-_gama)

14. SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

15. KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.

16. CVEK, Jakub, Iveta HALFAROVÁ, Lukáš MOLENDÁ a Lukáš KNYBEL. Možnosti nenádorové zevní radioterapie. Onkologie [online]. 2020, 2020, 14(6), 278-281 [cit. 2022-09-30]. Dostupné z: doi:10.36290/xon.2020.093

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

18. Věstník MZ č. 2/2016. Soubor doporučení a návod pro tvorbu místních radiologických standardů na pracovištích výpočetní tomografie v České republice. In: Ministerstvo Zdravotnictví České republiky [online]. Praha, 1998 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11347/36103/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%202-2016.pdf>

19. MEDULOVÁ, Silvie. Nenádorová radioterapie a současné možnosti uplatnění RTG [online]. Olomouc, 2019 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/swws2u/30003824>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce MUDr. Vlastislav Šrámek, Ph.D., MBA.

20. BARTOŠOVÁ, Kateřina. Radioterapie nenádorových onemocnění. České Budějovice, 2021. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Mgr. Radka Dušková

21. Brachyradioterapie - ABZ.cz: slovník cizích slov. ABZ.cz: slovník cizích slov - online hledání [online]. Copyright © [cit. 13.12.2022]. Dostupné z: <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/brachyradioterapie>

22. Brachyterapie (brachyradioterapie) » Linkos.cz. Linkos: Česká onkologická společnost České lékařské společnosti J. E. Purkyně » Linkos.cz [online]. Copyright © 2022 ČOS ČLS JEP [cit. 12.07.2022]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/slovnicek/brachyterapie-brachyradioterapie/>

23. Úvod - SÚJB [online]. Copyright © [cit. 12.07.2022]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacniochrana/lekarske_ozareni/Navrh_Dop_SUJB_NNRT_def.pdf

24. Brachyradiumterapie | WellnessNoviny.cz. Wellness Noviny - on-line magazín ze světa wellness | WellnessNoviny.cz [online]. Copyright © Rain studio [cit. 13.12.2022]. Dostupné z: <http://www.wellnessnoviny.cz/clanek/brachyradiumterapie/>

25. Brachyradiumterapie unikátní léčba bolesti. Homepage [online]. Dostupné z: <https://www.axxoshotels.com/cs/brachyradiumterapie>

26. Osobní sdělení MUDr. Jindřich Maršík (rehabilitační oddělení Léčebné lázně Jáchymov)

27. YOSHIOKA, Yasuo, Jun ITAMI, Masahiko OGUCHI a Takashi NAKANO. Brachytherapy: Techniques and Evidences. Velká Británie: Springer, 2019. ISBN 978-9811304897.

28. HOSKIN, Peter a Catherine COYLE. Radiotherapy in Practice - Brachytherapy. 2. Velká Británie: Oxford University Press, 2011. ISBN 9780199600908.

29. Platnost poukazu na vyšetření a ošetření - VZP ČR. VZP ČR [online]. Copyright © 2023 VZP ČR, Všechna práva vyhrazena [cit. 10.04.2023]. Dostupné z: <https://www.vzp.cz/o-nas/tiskove-centrum/otazky-tydne/platnost-poukazu-na-vysetreni-a-osetreni>

30. Osobní sdělení Mgr. Ondřej Hecht (radiologické pracoviště Léčebné zně Jáchymov)

31. Brachyradiumterapie. První radonové lázně světa [online]. Copyright © Léčebné lázně Jáchymov a.s. Všechna práva vyhrazena. [cit. 15.07.2022]. Dostupné z: <https://www.laznejachymov.cz/brachyradiumterapie/>

32. DUNGL, Pavel. Ortopedie. 2. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8.
33. MAČÁK, Jirka a Jana MAČÁKOVÁ. Patologie. 3., doplněné a přepracované vydání. Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-3507-3.
34. PAVELKA, Karel, Doporučení České revmatologické společnosti pro léčbu osteoartrózy kolenních, kyčelních a ručních kloubů. Čes. Revmatol. [online]. 2012;20(3), s.138-157. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: https://www.revmatologickaspolecnost.cz/resources/dokumenty/Doporuceni_p_ro_lecbu_osteoartrózy.pdf.
35. ZINI, Raul, Piero VOLPI a Gian Nicola BISCOTTI. Groin Pain Syndrome: A Multidisciplinary Guide to Diagnosis and Treatment. Itálie: Springer, 2017. ISBN 978-3319416236.
36. Gonarthrosis - causes, symptoms, therapy, etc. | STIWELL. STIWELL Neurorehabilitation & Electrotherapy | STIWELL, MED-EL [online]. Copyright © 2022 MED [cit. 19.11.2022]. Dostupné z: [https://stiwell.medel.com/orthopaedics/gonarthrosis-\(knee-osteoarthritis\)](https://stiwell.medel.com/orthopaedics/gonarthrosis-(knee-osteoarthritis))
37. HSU H, Siwiec RM. Knee Osteoarthritis. 2022 Sep 4. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 29939661.
38. LUKÁŠ, Karel, Josef KAUTZNER a Jiří HOCH. Bolest na hrudi. Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-3099-3.

39. MUDR. LEJČKO, Jan. Možnosti intervenční léčby chronické bolesti zad. Neurologie pro praxi [online]. 2020, 2020, 21(5), 350-355 [cit. 2022-12-09]. Dostupné z: doi:10.36290/neu.2020.050

40. Historie, vývoj a SÚJB, jak jej možná neznáte - O SÚJB - Úvod - SÚJB. Úvod - SÚJB [online]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb>

41. Úvod | SURO. Úvod | SURO [online]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz>

42. Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i.. Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i. [online]. Copyright © SÚJCHBO, v.v.i [cit. 04.04.2023]. Dostupné z: <https://www.sujchbo.cz/>

43. Zákon č. 164/2001 Sb. Zákon o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon). In: Zákony pro lidi [online]. AION CS, 2010-2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-164?text=l%C3%A1zn%C4%9B>

44. Vyhláška č. 422/2016 Sb. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. In: Zákony pro lidi [online]. AION CS, 2010-2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422?text=radioterapie>

45. Vyhláška č. 55/2011 Sb. Vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. In: Zákony pro lidi [online]. AION CS, 2010-2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55?text=radioterapie>

46. Zákon č. 263/2016 Sb. Zákon atomový zákon. In: Zákony pro lidi [online]. AION CS, 2010-2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: [263/2016 Sb. Zákon atomový zákon \(zakonyprolidi.cz\)](https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263)

47. Vyhláška č. 409/2016 Sb. Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta. In: Zákony pro lidi [online]. AION CS, 2010-2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: [409/2016 Sb. Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní... \(zakonyprolidi.cz\)](https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-409)

48. MUDR. BÓNOVÁ, Oldřiška, MUDr. Jindřich MARŠÍK, MBA, MUDr. Helena SAFARIKOVÁ, MUDr. Jiří ULRYCH a MUDr. Vladimír VURM. Manuál lázeňské léčebně–rehabilitační péče: Metodika podávání balneoprocudur I. Karlovy Vary, 2021. Dostupné také z: https://www.ris3kvk.cz/assets/uploads/1627276816-15079147861379553666970217824.pdf?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter_082021&utm_content=manual_1

49. PROSTŘEDNÍKOVÁ, Bc. Pavlína. Subjektivně vnímaná obtížnost škál bolesti u seniorů [online]. Pardubice, 2020 [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/76093/ProstrednikovaP_Subjektivne_Vnimana_PM_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Pardubice- Fakulta zdravotnických studií. Vedoucí práce Doc. Petra Mandysová, MSN, Ph.D.

50. OTTER, S. J., STEWART, A. J., & DEVLIN, P. M. (2019). Modern Brachytherapy. *Hematology/oncology clinics of North America*, 33(6), 1011–1025. <https://doi.org/10.1016/j.hoc.2019.08.011>

51. Úvod - ÚZIS ČR [online]. Copyright ©W9 [cit. 02.03.2023]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/res/f/008389/nzis-rep-2021-k13-a033-radiacni-onkologie-klinicka-onkologie-2020.pdf>

52. ÚZIS, Č. R. Hospitalizovaní v nemocnicích ČR 2019. Praha: ÚZIS ČR, 2019. [cit. 2023-04-10]

53. GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators (2020). Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* (London, England), 396(10258), 1204–1222. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9)

54. BC. ORTOVÁ, Tereza. Závislost na lécích z pohledu pacienta a zdravotnického personálu. Olomouc, 2019. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce PhDr. Eva Maierová, Ph.D.

55. URITS, I., BURSHTAIN, A., SHARMA, M., TESLA, L., GOLD, P. A., ORHURHU, V., VISWANATH, O., JONES, M. R., SIDRANSKY, M. A., SPEKTOR, B., & KAYE, A. D. (2019). Low Back Pain, a Comprehensive Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Current pain and headache reports*, 23(3), 23. <https://doi.org/10.1007/s11916-019-0757-1>

56. MUDr. NAVRÁTIL, CSC., MBA, DR. H. C., Leoš, prof. MUDr. Ivan DYLEVSKÝ, DRSC. a doc. MUDr. Vlastislav HLAVATÝ, CSC. Naše zkušenosti s brachyterapií některých nenádorových onemocnění. *Sborník lékařský* [online]. Praha, 1996, 1996, 97(1), 103-113 [cit. 2023-04-10]. ISSN 0036-5327. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8711407/>

57. Kardiovaskulární prevence: Mejdán skončil, data jsou alarmující | MT. *MEDICAL TRIBUNE CZ* [online]. Copyright © 2023 Medical Tribune [cit. 16.04.2023]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/medicina/kardiovaskularni-prevence-mejdan-skoncil-data-jsou-alarmujici/>

58. Informační systém [online]. Copyright ©T1 [cit. 06.05.2023]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2006/G1021/um/Rozpadove_rady.pdf

59. Ionizující záření účinky a zdroje [online]. Česká republika: UNSCEAR, 2016 [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacniochrana/dokumenty/Radiation-InsidePart-Czech-Feb_2017-1.pdf

60. Filmový dozimetr | Faktum Design. [online]. Dostupné z: <http://www.faktumdesign.cz/portfolio/cz/filmovy-dozimetr>

61. DMC 3000, osobní elektronický dozimetr | RDsys. RDsys | Dovož radiačních a dozimetrických systémů [online]. Copyright © 2020 RDsys. [cit. 04.04.2023]. Dostupné z: <https://rdsys.cz/dmc-3000/>

62. Wellness Noviny - on-line magazín ze světa wellness | WellnessNoviny.cz [online]. Copyright © [cit. 04.04.2023]. Dostupné z: <http://www.wellnessnoviny.cz/image/932/brachyradiumterapie.jpg>

63..__detail title pro procedury ve meste brachyradiumterapie ____. [online]. Copyright © 2023 Sanatoriums.com [cit. 02.03.2023]. Dostupné z: <https://www.sanatoriums.com/cs/jachymov/procedury/brachyradiumterapie>

64. LONG, Huibin et al. Prevalence Trends of Site-Specific Osteoarthritis From 1990 to 2019: Findings From the Global Burden of Disease Study 2019. *Arthritis Rheumatol* [online]. 2022, 2022, 74(7), 1172-1183 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: doi:10.1002/art.42089

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: prvky uran-radiové rozpadové řady [58].....	15
Obrázek 2: radiační expozice na člověka [59]	16
Obrázek 3: osobní filmový dozimetr [60]	22
Obrázek 4: elektronický dozimetr [61].....	22
Obrázek 5: graf incidence pacientů radioterapie [51 s. 9]	24
Obrázek 6: brachyradiumterapie [62]	29
Obrázek 7: Radiologický pavilon (vlastní zdroj).....	31
Obrázek 8: vzor ozařovacího protokolu (radiologické pracoviště Léčebných lázní Jáchymov).....	35
Obrázek 9: příprava brachyradiumterapie (vlastní zdroj).....	37
Obrázek 10: připravené krabičky k aplikaci (vlastní zdroj).....	38
Obrázek 11: aplikace zářiče do krabičky [63].....	39
Obrázek 12: pokoj pro pacienty (vlastní zdroj).....	40
Obrázek 13: trezor se zářiči (vlastní zdroj)	41
Obrázek 14: ovládání "ramene" (vlastní zdroj)	42
Obrázek 15: graf globální prevalence artrózy z roku 2019, Knee- koleno, Hip- kyčel, Hand- ruka, Other- jiné, Female- ženy, Male- muži, Age group (years)- věkové skupiny (roky), OA cases (millions)- OA případy (miliony), [64].....	45
Obrázek 16: graf pohlaví pacientů (vlastní zdroj).....	67
Obrázek 17: graf věkové kategorie pacientů (vlastní zdroj)	67
Obrázek 18: graf počet pacientů dle onemocnění (vlastní zdroj).....	68
Obrázek 19: graf celkový počet aplikací brachyradiumterapie (vlastní zdroj)	68

11 SEZNAMPOUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: aktivita a dávka gama záření (vlastní zdroj).....	35
Tabulka 2: souhrnné výsledky (vlastní zdroj).....	69

12 SEZNAM PŘÍLOH

12.1 Příloha 1 (dotazník pro pacienty)

Dobrý den, jmenuji se Tomáš Musil a studuji obor Aplikovaná fyzioterapie na ČVUT FBMI v Kladně. Píši diplomovou práci na téma Efektivita brachyradiumterapie v Léčebných lázních Jáchymov a chtěl bych Vás poprosit o Váš čas na vyplnění tohoto dotazníku, který se týká přínosu této metody léčby na Vaše obtíže. Tento dotazník je zcela anonymní a poslouží mému výzkumu v diplomové práci. Většina odpovědí je zaškrtačací, a tak, prosím, vybranou odpověď zakroužkovat. U několika otázek je potřeba Vaši odpověď napsat vlastními slovy. Vážím si Vaší ochoty při vyplňování tohoto dotazníku a předem děkuji.

Dotazníkové šetření pro pacienty léčené brachyradiumterapií

1. Jaké je Vaše pohlaví? A) žena B) muž
2. Kolik je Vám let? A) do 30 let B) 31 – 45 let C) 46 – 55 let
D) 56 – 65 let E) 66 – 80 let F) nad 80 let
3. Jaké onemocnění léčíte brachyradiumterapií?
4. Jak dlouho se léčíte s těmito obtížemi?
5. Užíváte nějaké léky na Vaše obtíže, které léčíte brachyradiumterapií?
A) ano -> prosím vypište jaké
B) ne

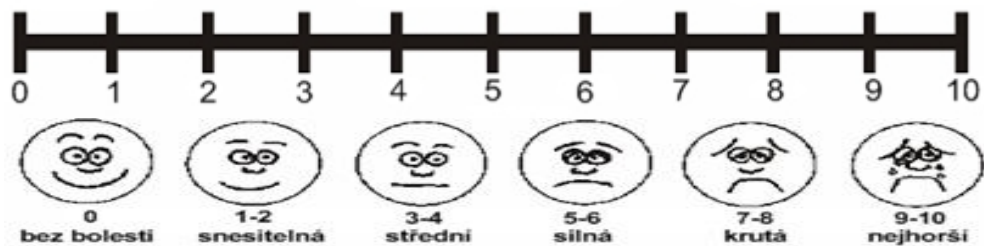
6. Podstupoval/a jste nějakou jinou terapii na Vaše obtíže před využitím brachyradiumterapie (př. fyzioterapie, elektroléčba, vodoléčba atd.)?

A) ano B) ne

7. Pokud ano, pomohla Vám tato terapie na Vaše obtíže?

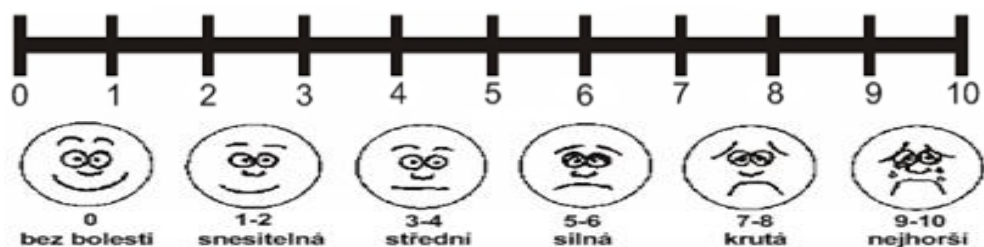
A) ano B) ne C) jen dočasně D) nebo jinak

8. Prosím o zakroužkování na této škále, jakou bolest jste měl/a **před** využitím brachyradiumterapie?



Na další otázky prosím odpovězte po 2 měsících od poslední aplikace

9. Prosím o zakroužkování na této škále, jakou bolest jste měl/a **po 2 měsících** po využití brachyradiumterapie?



10. Kolik aplikací brachyradiumterapie už jste absolvoval/a?

11. Pokud jste užíval/a léky, na tyto obtíže, jak se změnilo dávkování těchto léků?

A) snížilo B) zvýšilo C) je stejné D) již léky neužívám

12. Jaké pocity máte po 2 měsících od absolvování brachyradiumterapie?

A) stejné jako před aplikací brachyradiumterapie B) zlepšení C) zhoršení

D) jiné

13. Byla tato terapie přínosná pro Váš typ obtíží?

A) ano B) ne

Ještě jednou velice děkuji za Váš čas strávený při vyplňování mého dotazníku a přeji Vám vše dobré.

Pokud budete mít nějaký dotaz, zde přikládám svůj kontakt:
tom1588@seznam.cz

Bc. Tomáš Musil