



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně Sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Bakalářská práce

Využití terapeutického laseru v medicíně

Vypracoval: Jan Veselý
Vedoucí práce: Mgr. Zuzana Freitinger Skalická, Ph.D.

České Budějovice 2015

Abstrakt

Moderní diagnostika i terapie jsou v dnešní době velmi výrazně ovlivněny vývojem techniky. Nové objevy z oblasti fyziky, elektroniky a jiných oborů vedou k hledání jejich využití v oblasti medicíny. Výjimkou není ani laser, který patří k nejvýznamnějším technickým objevům druhé poloviny 20. století. Mnoho cílených výzkumů a řada pozorování prokazovala příznivý efekt laserového záření na živou tkáň. Potvrdila se také možnost jeho léčebného využití. Laseroterapie je v posledních letech stále ve větší oblibě. Lasery si našly své místo a uplatnění téměř ve všech oblastech medicíny, jak v léčbě, tak zároveň i ve výzkumu, a neustále se dále dynamicky rozvíjí.

Laserová terapie (LLLT) je odvětvím fototerapie, která využívá světla (laserový nebo nekoherentní monochromatický paprsek) k léčbě různých nemocí a představuje zesílení světla stimulovanou emisí záření. Tato metoda léčby vyniká především kvůli tomu, že nevede k žádným závažným vedlejším účinkům, a nezabere tolik času pro projevení účinnosti.

Laserová terapie je velmi vzdálená praktickému používání chirurgických laserů. Obsahuje vědecké využívání mnohých vlastností laserového paprsku, správné dávkování, využívá různých barev paprsku k docílení požadovaného účinku k léčbě konkrétní nemoci atd. Laser v chirurgii se využívá při činnostech, mezi které patří např. řezání chirurgickým skalpelem nebo svařování tkání. Možnosti laserové terapie však zasahují mnohem dál. V této terapii není laser pouhým nástrojem, ale on sám o sobě je medicínou. Výkon terapeutického laseru může být i tisíckrát menší a slabší než u laseru chirurgického.

Mnoho pacientů se stále domnívá, že laserová terapie spočívá ve využívání chirurgických laserů. To však není správné. Laserová terapie využívá nechirurgické lasery, které neřežou a nepálí.

Aplikace terapeutického laseru vyvolává požadovaný účinek v těle pacienta pomocí cesty buněčných změn ve všech buňkách, které jsou paprsku vystaveny. Vyvolává zvýšenou syntézu proteinů, imunokorekci, zvýšení tvorby ATP, zvýšení enzymatické aktivity a cirkulace, syntézu kolagenu. Lasery dále upravují metabolismus lipidů, normalizují krevní tlak, redukuje otoky a záněty, snižují bolest. Dále mají

protizánětlivý účinek, způsobují zvýšené buněčné dělení a zvyšují imunitu proti nemocem. Mají stimulační, rejuvenalizační a všeobecně hojící účinky, ale při upravení jejich dávkování působí inhibičně. Proto se dosahuje účinné léčby terapeutickým laserem, i když alopatický přístup označuje mnoho z nich jako nevyléčitelné.

Terapeutický laser má mnoho zastoupení a využití v různých medicínských oborech. V onkologii LLLT a fotodynamická terapie (PDT) přinesly revoluci léčby rakoviny v nejrůznějších případech (rakoviny jazyka, rtů, děložního čípku, penisu, hrtanu, průdušek, konečníku, atd.). Při PDT se fotosenzitivní látka zachycuje v nádorových buňkách a při ozáření této oblasti laserovým paprskem se vyvolá selektivní likvidace nádorových buněk bez poškození okolní zdravé tkáně.

V gynekologii má LLLT celou řadu zastoupení při ženských problémech (obtíže s ovulací, colpitis senile, adnexitida, dysfunkční krvácení dělohy aj.).

Laserová terapie se může také použít místo chirurgické operace u hemoroidů, píštělů, znamének, jizev, osteoartritidy, nehojících se ran a mnoha dalších. V kardiologii ovlivňuje krevní tlak, má antianginózní účinek, omezuje viskozitu krve, snižuje tvorbu plaku v cévách, působí na metabolismus lipidů a tím snižuje cholesterol. Laser zvyšuje kontraktilitu srdečního svalu, zvyšuje průtok krve zúženými artériemi, zlepšuje mikrocirkulaci. Dále má antioxidační účinek a tím snižuje potřebu kyslíku a zlepšuje bilanci krevního zásobení.

Při hojení ran lasery léčí nejrychleji tím, že zvyšují tvorbu kolagenu, mikrocirkulace a využívají svých stimulačních prvků. Ve většině případů se lze tedy vyhnout transplantaci kůže.

Další využití laseru je při léčbě onemocnění kůže (psoriáza, alopecie, jizvy, herpes, mateřská znaménka a další), léčba bolesti, využití lze nalézt také ve sportovním lékařství (bursitidy, pohmoždění, distorze). Dále se uplatňuje při léčbě pohybového ústrojí, jako u artróz, dny, ostruhy patní, problémy s páteří a klouby, bolesti krční páteře, nemožnost chůze a dalších potíží. Své zastoupení má také v neurologii (neuritidy, parézy, atd.) a také v kosmetologii kde pomáhá s vlasovým růstem, likviduje nechtěné chloupky, léčí akné, odstraňuje pigmentaci, mateřská znaménka a vitiligo.

Klíčová slova:

Laser, LLLT, fotodynamická terapie, biologické účinky

Abstract

Modern diagnostics and therapy is nowadays very strongly influenced by technological developments. New discoveries in physics, electronics and other fields lead to search for applications in the medical field. Laser is no exception. It is one of the most important technological discoveries of the late 20th century. A lot of targeted researches and multiple observations demonstrated beneficial effects of the laser radiation on living tissue. Laser was also confirmed to be used in medicine. Recently, laser therapy has been more and more popular. Lasers have found their place and application in almost all areas of medicine, both in treatment and also in research; it has been constantly developing dynamically.

Laser Therapy (LLLT) is a branch of phototherapy, which uses light (laser or non-coherent monochromatic beam) for treatment of various diseases. Laser means light amplification by stimulated emission of radiation. This method of treatment is special as it does not lead to serious side effects and treatment does not take so much time to show effectiveness.

Laser therapy is very far from practical use of surgical lasers. Laser Therapy (LLLT) is something different containing a lot of scientific utilization characteristics of the laser beam; it uses different colours of the beam to achieve the desired effect for treatment of a particular disease, the correct dosage etc. Surgery uses surgical properties of lasers. These include e.g. surgical knife cutting or tissue welding. Laser therapy possibilities, however, go much further. In this therapy laser is not a mere tool, but a medicine in itself. The power of the therapeutic laser power can be thousands of times smaller and weaker than the power of the surgical one.

Many patients still assume that laser therapy consists in the use of surgical lasers, which is, however, not correct. Laser therapy uses non-surgical lasers, which neither cut nor burn.

Application of therapeutic laser produces the desired effect in the patient's body by means of the way of cell changes in all cells that are exposed to the beam. It causes increased protein synthesis, immunocorrection, increased ATP production, increased enzymatic activity and circulation, and collagen synthesis. Lasers also

regulate lipid metabolism, normalize blood pressure, reduce swelling and inflammation, and reduce pain. Furthermore, lasers have an anti-inflammatory effect, they cause increased cell division and increase immunity against diseases. Lasers have stimulatory, and generally rejuvenating and generally healing effects, but when adjusting their dosage they are inhibitory. Thus, using the therapeutic laser brings effective treatment, even if allopathic approach calls many of them incurable.

Therapeutic laser is widely represented and used in various in medical fields. In oncology, LLLT and photodynamic therapy (PDT) has revolutionized the treatment of cancer in various cases (cancer of the tongue, lips, cervix, penis, larynx, bronchi, anus, etc.). In PDT, a photosensitive material is recorded in tumor cells, and irradiating to this area with the laser beam causes selective destruction of tumor cells with no harm brought to the surrounding healthy tissue.

In gynecology, LLLT represents a wide range of female problems (problems with ovulation, colpitis senile, adnexitis, dysfunctional uterine bleeding, etc.).

Laser therapy can also be used instead of surgery e.g. in hemorrhoids, fistulas, moles, scars, osteoarthritis, non-healing wounds, and many others. Laser therapy in cardiology affects blood pressure, has anti-anginal effects, it reduces blood viscosity as well as plaque formation, acts on lipid metabolism, thus reducing cholesterol. Laser increases contractility of the heart muscle, it increases the blood flow through the stenosed arteries, improves microcirculation. Furthermore, the antioxidant effect and thereby reduces the need for oxygen thus improving blood supply balance.

When healing the wounds, lasers heal the fastest by increasing the production of collagen, microcirculation and they use their stimulative elements. In most cases, we can avoid skin grafting.

Another is the use of laser in the treatment of skin diseases (psoriasis, alopecia, scars, herpes, birthmarks, etc.), pain, recovery can also be found in sports medicine (bursitis, contusions, sprains). Furthermore, this treatment is used in the treatment of the musculoskeletal system, as in arthritis, gout, heel spurs, problems with the spine and joints, neck pain, inability to walk and other problems. It is represented also in neurology (neuritis, paresis, etc.) and also in cosmetology where it helps with hair

growth, eliminates unwanted hair, acne treatment, pigmentation removal, moles and vitiligo.

Key words:

Laser, LLLT, photodynamic therapy, biological effect

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Jan Veselý

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí práce Mgr. Zuzaně Freitinger Skalické, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a rady, které mi pomohly při psaní bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všemu personálu rehabilitačních a dermatologických pracovišť, který se mi ochotně věnoval a vyšel vstříc.

Obsah

1 Současný stav.....	14
1. 1 Fyzikální princip laseru	14
1. 2 Vlastnosti laseru	14
1. 3 Laserové záření.....	14
1. 4 Složení laseru.....	15
1.4.1 Aktivní prostředí	15
1.4.2 Optický rezonátor.....	16
1.4.3 Zdroj záření	16
1.4.4 Laserová hlava	16
1.4.5 Laserový paprsek	17
1.4.6 Ostatní příslušenství.....	17
1. 5 Klasifikace laserů	17
1.5.1 Třída 1	18
1.5.2 Třída 1M	18
1.5.3 Třída 2	19
1.5.4 Třída 2M	19
1.5.5 Třída 3R	19
1.5.6 Třída 3B	20
1.5.7 Třída 4	20
1. 6 Biologické účinky.....	20
1.6.1 Vlnová délka	21
1.6.2 Výkon laseru	22
1.6.3 Hustota energie působící na ozářenou tkáň.....	22
1.6.4 Modulace aplikovaného záření	22
1.6.5 Frekvence jednotlivých aplikací	23
1. 7 Účinek terapeutického laseru na buněčné úrovni	23
1.7.1 Analgetický efekt	25
1.7.2 Protizánětlivý efekt	26

1.7.3	Stimulační efekt	27
1. 8	Fotodynamická terapie	28
1.8.1	Postup a princip metody.....	28
1.8.2	Výhody a nevýhody metody	29
1.8.3	Fotosenzibilizátory.....	30
1.8.4	Využití PDT	32
1. 9	Terapie bolesti neinvazivním laserem	33
1.9.1	Aplikace laseru v terapii bolesti.....	33
1. 10	Využití nízkovýkonného laseru v dermatologii	34
1.10.1	Kontraindikace	35
1. 11	Ozařování krve laserem	35
1.11.1	Mechanismus účinku laserového ozařování krve	35
1.11.2	Intravaskulární laserové ozařování	36
1.11.3	Transkutánní laserové ozařování	37
1.11.4	Intranazální laserové ozařování	37
1. 12	Použití LLLT před sportovním výkonem	38
1.12.1	Svalová zranění	39
2	Výzkumná otázka a metodika výzkumu.....	40
2. 1	Cíle práce.....	40
2. 2	Výzkumné otázky	40
2. 3	Metodika.....	40
3	Výsledky výzkumu	42
3. 1	Pacienti	42
3. 2	Personál	52
3. 3	Návštěvnost pacientů během 5 let	60
4	Diskuze	61
5	Závěr	66
6	Seznam použitých zdrojů	67
7	Přílohy.....	72

Seznam použitých zkratek

LLLT – (low level laser therapy) nízkovýkonný laser

ADP - Adenosindifosfát

ATP - Adenosintrifosfát

RF – retikulární formace

PAG – substantia grisea centralis

PDT- fotodynamická terapie

nm – nanometrů

mW – miliwatt

Úvod

Laser patří k nejvýznamnějším technickým objevům 2. poloviny 20. století. Laser (Light Amplification by STimulated Emission of Radiation) je zesílení světla pomocí stimulované emise záření. Stimulovanou emisi záření objevil v roce 1917 Albert Einstein při studiu energetického rozdělení částic při interakci záření. Prakticky byla však využita až v 50. letech k zesílení záření v oblasti mikrovln.

Laser pronikl do medicíny koncem roku 1961, kdy začaly první experimenty v oftalmologii a brzy i v dermatologii. Výrazný pokrok v neinvazivní terapii laserů nastal při objevení HeNe zdroje laserového paprsku a poté zejména koncem 80. let s rozvojem polovodičových zdrojů, které byly spolehlivé a umožňovaly nastavení libovolného výkonu a vlnové délky.

Neinvazivní laserová technika nám nabízí v době ošetření výrazný analgetický efekt, souběžně s ním protizánětlivý a stimulační účinek urychlující regenerační chod v postižených tkáních. V dnešní době se terapeutický laser využívá v mnohých lékařských oborech (dermatologie, rehabilitace, chirurgie, ortopedie, gynekologie, stomatologie,...). Kladem této léčebné metody je neinvazivnost laseru, jednoduchá aplikace, minimální množství negativních účinků.

V první části bakalářské práce popisují teoretické poznatky o laseru, jeho třídění, biologické účinky. Dále se zabývám účinkem terapeutického laseru na buněčné úrovni, fotodynamickou terapií, terapií bolesti a ozařování krve laserem.

V další části jsem pomocí dotazníků zjišťoval nejčastější diagnózy onemocnění pro využití terapeutických laserů v odvětví rehabilitace a dermatologie. Dotazoval jsem se pacientů, s jakými problémy tyto pracoviště navštěvují, u personálu jsem zjišťoval, jaká nejčastější onemocnění ošetřují. Dále jsem u personálu zjišťoval, s jakými přístroji pracuje a s jakým výkonem. Všechny poznatky jsem zaznamenal do příslušných grafů a tabulek.

1 Současný stav

1.1 Fyzikální princip laseru

Laser je odvozen z anglického *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, což v překladu znamená zesilování světla stimulovanou emisí záření. Laser je zdrojem elektromagnetického záření, které se vyskytuje nejčastěji ve viditelné, ultrafialové nebo infračervené oblasti spektra. Využívá se jevu stimulované emise záření pomocí aktivních částic, jako jsou atomy, molekuly, ionty a elektrony, které jsou buzeny vnějším zdrojem energie.

Laserové záření může mít různou vlnovou délku, která se odvíjí podle typu laseru od gama záření, přes rentgenové, ultrafialové a viditelné vlnové délky, až po mikrovlnné záření. Lasery, které emitují ve spektrální části oblasti gama se nazývají grasery, a v mikrovlnném spektru jsou to masery. Laserové záření vzniká pomocí konverze některého druhu energie (např. elektrické, chemické, optické). Podle typu laseru se také odlišuje účinnost přeměny.^[1]

1.2 Vlastnosti laseru

Laser je velmi hojně využíván pro svoje velmi významné vlastnosti. Tou nejzásadnější je koherentnost (uspořádanost) paprsku, který laser produkuje. To znamená, že laserové záření se šíří v úzkém paprsku tvořeném jednou vlnovou délkou a stejnou fází, což znamená, že vlnění jde současně vedle sebe a skoro vůbec se nerozbíhá. Dále je paprsek monochromatický (jednobarevný). Tento pojem vysvětluje, že záření obsahuje pouze jednu barvu podle použitého druhu aktivního prostředí, kde laserové záření vzniká. Paprsek má také malou divergenci. Další výhodná vlastnost je, že můžeme soustředit na velmi malou plochu obrovské množství energie. Tato vlastnost se využívá např. ve strojnictví a zdravotnictví.^[2]

1.3 Laserové záření

V aktivním prostředí laseru se vytvoří inverze populace nositelů náboje, což je nerovnovážné obsazení vyšších energetických elektronových hladin.

Z dostatečného množství elektronů je vnějším budícím excitačním polem vybuzeno do vyšších energetických stavů. Foton s vhodnou vlnovou délkou (energií), který je spontánně (samovolně) generovaný v aktivní oblasti nebo je dodán z vnějšku, interaguje s vybuzenými elektrony tím způsobem, že při přeskočích elektronů zpět na nižší energetické hladiny vzniká nový foton stejných parametrů (barva, směr, polarizace, fáze) jako foton stimulující. V laseru tudíž dochází k lavinovému vzniku identických fotonů, které jsou emitovány stejným směrem a s vysokou hustotou energie. Generace laserového záření je podobná řetězové reakci. Může vést k lavinovému efektu, být vysoce účinná a velmi rychlá. Vystupující svazek záření světla se nejen zesiluje, ale má také specifické vlastnosti. Záření je velmi monochromatické, polarizované, prostorově i časově koherentní, úzce směrové (minimální rozbíhavost) a má vysokou hustotu energie. Je emitováno spojitě nebo v impulzech. Výkon optických laserů se pohybuje v rozmezích od nW až PW (10^{-9} - 10^{15} W).^[1]

1.4 Složení laseru

Laser se skládá ze základních součástí, kterými jsou aktivní prostředí, optický rezonátor a zdroj budící energie, laserový paprsek a ostatní příslušenství.

1.4.1 Aktivní prostředí

Aktivním prostředím je látka, která obsahuje oddělené kvantové energetické hladiny elektronů. Na těchto energetických hladinách přeskakují elektrony z nižší energetické hladiny na vyšší, poté dále na metastabilní a zpět na nižší energetickou hladinu. Elektrony mohou na nižší energetickou hladinu přeskočit dvěma způsoby:

- stimulovanou emisí
- spontánní emisí

Typy aktivního prostředí:

- plynové – prostředí je tvořeno jedním nebo směsí plynů (CO_2 , He + Ne)
- pevnolátkové – prostředí je tvořeno pevnou látkou, která obsahuje příměsi krystalu, skla, atd.
- diodové – aktivní prostředí je tvořeno polovodičem s přechodem P–N
- kapalinové – prostředí je tvořeno roztoky různých organických barviv

1.4.2 Optický rezonátor

Rezonátor slouží u laseru k zesilování světla. Je tvořen dvěma k sobě rovnoběžnými zrcadly, které jsou zároveň kolmé na osu laseru. Jedno ze zrcadel je nepropustné a druhé je polopropustné.

Dielektrické zrcadlo se většinou používá jako nepropustné, případně můžeme použít také kvalitně leštěný kov (zlato). Při použití laserové diody nám poslouží rozhraní aktivního prostředí se vzduchem. Polopropustné zrcadlo udržuje fotony v aktivním prostředí a propouští je tehdy, než dosáhnout větší intenzity.

U některých laserů se dosahuje takové obrovské energie při jednom průchodu aktivním prostředím, že zde není rezonátor zapotřebí, a pracují tzv. „superradiačně“. Mezi tyto lasery patří měděný a dusíkatý laser. U laserových zesilovačů se rezonátor také nepoužívá. Je to aktivní prostředí, kterým pouze laserový paprsek prochází, zesiluje se a pokračuje dál bez nějakého odrazu.

Zrcadla mohou být rovinná, ale také zakřivená. U některých případů je výhodnější použít zrcadla konkávní (vydutá směrem dovnitř) a v jiných případech zase konvexní (vypuklé směrem ven). Stabilita záření v rezonátoru je určená a především závisí na poloměru zakřivení zrcadla a také na délce rezonátoru.^[1,4]

1.4.3 Zdroj záření

Zdroj záření slouží k dodání energie elektronům v aktivním prostředí, aby se mohly dostat z nižší energetické hladiny na vyšší energetickou hladinu. Zdrojem budící energie může být např. proud elektronů, výbojky, jiné lasery nebo chemická reakce.

1.4.4 Laserová hlava

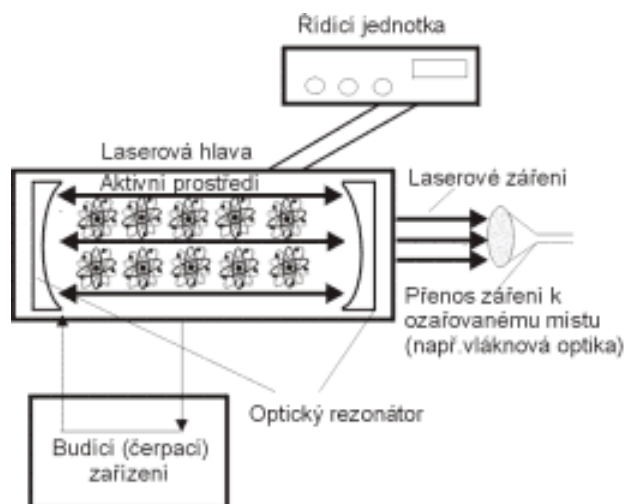
Základem laserového přístroje je laserová hlava, ve které je uložen optický rezonátor, v němž se nachází aktivní prostřední (kde vzniká stimulovaná emise záření), budící (čerpací) zařízení a řídicí jednotka.

1.4.5 Laserový paprsek

Laserový paprsek, který vychází z aktivního prostředí přes polopropustné zrcadlo, je koherentní a monochromatický. Jeho rychlost je totožná s rychlostí světla, tedy 300 000 km/s.

1.4.6 Ostatní příslušenství

Zde pouze zmíním několik ostatních součástí, které jsou součástí laseru, jako je například chladič laseru, který je důležitý při vysokých výkonech a slouží k ochlazení laseru a k ochraně probíhajícího procesu. Dalším příslušenstvím může být součást pro dodání energie aktivnímu prostředí, měřič výkonu, kalibrační přístroj či nelineární krystal měnící vlnovou délku.



Obrázek č. 1 - Schéma laseru^[3]

1.5 Klasifikace laserů

Lasery se rozdělují do několika tříd podle jejich fyzikálních vlastností. Třídy laserů se od sebe odlišují možným nebezpečným účinkem na oko, a dále spektrem opatření, které při práci s laserem je nutné dodržet. Maximální přípustná dávka ozáření (MPE) je úroveň laserového záření, kdy mu může být člověk vystaven za normálních podmínek ozáření a nezanechá na něm nepříznivé následky. Úroveň MPE odpovídá maximální úrovni záření, kterému může být vystaveno oko nebo pokožka bez okamžitého nebo pozdějšího poranění. Zde záleží na vlnové délce záření, délce impulsu

nebo době trvání záření a typu ozařované tkáně. Viditelné světlo a infračervené záření o vlnové délce 400 – 1400 nm jsou pro oko nejnebezpečnější, neboť prochází optickým systémem oka, čímž je zesilována intenzita a dochází k poškození sítnice. [5,7,9]



Obrázek č. 2 - značka laserového pracoviště^[8]

1.5.1 Třída 1

Během provozu neumožní přístup lidské obsluhy k záření, které přesahuje limit přípustné hodnoty emise první třídy pro vlnovou délku a dobu trvání ozařování. Tyto přístroje jsou bezpečné při používání i při dlouhodobém pozorování přímého svazku pomocí optických pomůcek. Pohled do svazku záření může způsobit oslnění. Jsou bezpečné a předvídatelné okolnostem. Dále sem patří vysokovýkonné lasery, které jsou zakrytovány, a eventuální nebezpečí záření není během používání přístupné, při otevření krytu se přístroj vypne.

1.5.2 Třída 1M

Tato skupina emituje záření ve vlnové délce od 302,5 do 4000 nm. Během provozu neumožní přístup lidské obsluhy k záření, které přesahuje limit přípustné hodnoty emise třídy 1 pro používanou vlnovou délku a dobu trvání vyzařovanou v místě, kde se úroveň záření dá měřit. Tyto lasery jsou bezpečné při používání i při dlouhodobém pozorování svazku nechráněnými očima. K poškození však může dojít při

sledování svazku pomocí dvou optických pomůcek (lupa, dalekohled) za určitých podmínek. Při pozorování svazku může dojít k oslnění.

1.5.3 Třída 2

Tyto lasery emitují záření ve spojitém režimu, při vlnové délce 400 – 700 nm, neumožní během provozu přístup lidské obsluhy k záření, které přesahuje limit přípustné hodnoty emise 2. třídy pro používanou vlnovou délku a dobu trvání ozařování. Pro chvilková ozáření je tento přístroj bezpečný, ale při úmyslném pohledu do svazku záření hrozí nebezpečí poškození. Ochranná reakce je zavření očí, odvrácení hlavy od svazku záření. Tyto reakce dostatečně ochrání zrak od nepříznivého působení laseru, pokud nepřetrvávají delší dobu než 0,25 s. Tato doba odpovídá, kdy člověk stihne reflexně mrknout, nebo odvrátit hlavu. Lidé jsou upozorňováni, aby se nedívali přímo do svazku. Dočasné ozáření může způsobit oslnění, zábleskovou slepotu nebo přetrvávající vjemy, což naruší vidění a může mít vliv na bezpečnost prováděné práce. Zařízení bývá vybaveno světelnou nebo akustickou signalizací chodu.

1.5.4 Třída 2M

Do této skupiny spadají lasery s vlnovou délkou od 400 do 700 nm. Během provozu není umožněn přístup lidské obsluhy k záření přesahující limit přípustné hodnoty emise druhé třídy pro použitelné vlnové délky a doby trvání vyzařování. Lasery jsou bezpečné pro oči pouze při krátkodobém ozáření bez použití optických pomůcek. K poškození zraku může dojít za určitých podmínek při použití jedné nebo dvou optických pomůcek. Chvilkové ozáření může způsobit dočasné oslnění, zábleskovou slepotu. Dále přetrvávající zrakové vjemy, které narušují dočasné vidění, čímž má negativní vliv na bezpečnost práce.

1.5.5 Třída 3R

Lasery emitující záření v rozsahu vlnové délky od 302,5 do 106 nm. Přímé sledování uvnitř svazku je potencionálně nebezpečné, ale je menší než u laserů 3B třídy. Přípustná mez záření (AEL) je pětinasobkem přípustné meze záření pro 2. třídu (viditelné svazky laseru) v oblasti vlnových délek od 400 do 700 nm a pětinasobkem

přípustné meze záření pro třídu 1 (pro neviditelné svazky) s ostatními vlnovými délkami. Výkon těchto laserů nepřekračuje 5 mW a pracuje v kontinuálním režimu. Jiné limitní hodnoty jsou používány pro pulsní režim. Riziko nebezpečí se zvyšuje s délkou ozařování a je nebezpečnější pro úmyslné ozáření zraku. Tato zařízení by se měla využívat pouze tam, kde je nepravděpodobný přímý pohled do svazku. Jinak jsou lasery této třídy považovány při opatrném používání za bezpečné. Chvilkové ozáření může způsobit stejné problémy jako u laserů 2. třídy.

1.5.6 Třída 3B

Lasery této třídy pracují v kontinuálním režimu na vlnové délce v rozsahu od 315 nm do daleké infračervené oblasti a jejich limitní hodnota výkonu je do 0,5 W. Pulsní lasery na vlnové délce 400 – 700 nm mají stanovenou hodnotu energie pulsu na 30 mJ. Při pohledu do svazku hrozí nebezpečí, a to i v náhodném krátkodobém ozáření. Sledování difuzních obrazů je bezpečné. Lasery této skupiny mohou poškozovat pokožku a představovat riziko zapálení hořlavých materiálů, když má svazek malý průměr nebo je zaostřen.

1.5.7 Třída 4

Do třídy 4 spadají ostatní lasery, které mají vyšší výkon nebo energii pulsu než lasery 3B třídy. Přímý paprsek tohoto záření způsobí silné poranění zraku s trvalým a vážným následkem. Lasery jsou schopné produkovat difuzní obrazy. Difuzní obrazy (reflexe) jsou nebezpečné při nedodržení minimální bezpečné vzdálenosti (Nominal Hazard Zone = jmenovitá nebezpečná zóna). Tyto lasery jsou schopny silně pořezat nebo popálit kůži. Dále při interakci s hořlavými materiály hrozí vznik požáru. Používání těchto laserů vyžaduje mimořádnou pozornost.

1.6 Biologické účinky

V současné době bylo zdokumentováno množství experimentů biologické účinnosti laseru na živou tkáň. Světelná energie je čerpána živými organismy dvěma způsoby – z fotosyntézy a z fototermogeneze. Důsledkem fotobiologické reakce je vznik absorpce světla s odpovídající vlnovou délkou. ^[3, 5]

Z fyzikálních parametrů lze ovlivnit reakci ozářené tkáně:

- vlnovou délkou
- výkonem aplikovaného materiálu
- hustotou energie
- modulací aplikovaného záření
- frekvencí jednotlivých aplikací

1.6.1 Vlnová délka

Míru absorpce laserového záření a interakce jednotlivých vrstev, kterými záření prochází, výrazně určuje vlnová délka.

Tři složky se významně podílejí na rozdílnosti absorpce při průchodu záření tkání, a to jsou voda, krev (reprezentována oxyhemoglobinem) a melanin (pouze v kůži). Procento absorpce energie světelného a infračerveného záření hemoglobinem a vodou je nejnižší u vlnových délek 630 – 900 nm a v tomto intervalu postupně klesá také míra absorpce. Interval se nazývá „laserové okno“ a pro úspěšnost neinvazivní laserové terapie hraje významnou roli. Odlišná míra absorpce světelné energie, která je závislá na její vlnové délce, je vysvětlována odlišnou reakcí s tkáňovými molekulami. Výrazná ztráta zářivé energie je důsledkem excitace elektronů tkáňové molekuly. Rotační a vibrační spektrum molekul je ovlivněno světlem o delších vlnových délkách. U absorpce světla hrají významnou roli i chromofory, porfýrinové deriváty, které absorbují světlo ve viditelné oblasti. [3, 5]

Tyto poznatky vedly několik let k teorii, že výběr laseru s vhodnou vlnovou délkou pro neinvazivní laseroterapii významně závisí na účelu, pro který bude využit. Pokud je třeba, aby byla energie záření absorbována v povrchových vrstvách kůže či sliznice, je vhodné použít laser o vlnové délce 630 – 750 nm, zatímco při ozáření hlubší vrstvy (postižení pohybového aparátu) jsou preferovány lasery o vlnových délkách až 830 – 904 nm.

Ovšem tento předpoklad, který je uváděný i v řadě monografií od renomovaných pracovníků, je zpochybnitelný. Dá se předpokládat, že průnik laseru

do hloubky 2 – 3 mm ozařované tkáně způsobí ztrátu fyzikálních vlastností, které laser charakterizují.

1.6.2 Výkon laseru

Pro výpočet hustoty energie ozáření i pro posouzení průchodnosti laseru tkání je znalost výkonu laseru nezbytná a nutná. Do terapeutických laserů řadíme přístroje, které mají výkon do 1000 mW. V současné době máme na trhu přístroje s maximálním výkonem polovodičové diody do 500 mW u infračerveného záření. U červeného světla a u HeNe laseru jsou výkony nižší.

Jsou vedeny stále široké debaty o potřebném výkonu laseru, avšak není známá žádná práce, která by objektivně hodnotila intracelulární změny v závislosti na výkonu laseru, pokud jde o rozdíly v řádově v desítkách miliwattů. S ohledem na míru snížení výkonu v závislosti na síle ozařované tkáně je vhodnější na ozařování povrchových vrstev – zvláště sliznic – používat lasery o nižších výkonech (do 40 mW), laser výkonnější použijeme naopak při potřebě ozáření tkáně v hloubce. ^[3, 5]

1.6.3 Hustota energie působící na ozářenou tkáň

Hustota energie je dána poměrem násobku doby ozařování (v sekundách) a výkonu laseru (ve wattech) k ozařované ploše (v cm^2). Pokud máme k dispozici málo výkonný laser, tím déle musíme ozařovat danou plochu, pokud chceme dosáhnout stejné hustoty energie. Značný rozptyl je dnes zaznamenáván v hodnotách doporučené hustoty energie (od řádově desetin J/cm^2 po 60 J/cm^2) a tedy rozdílné doby aplikace. Dosud není známa žádná taková práce, která by v časovém rozpětí zaznamenala odlišnou reakci tkáně na ozařování. ^[3, 5]

1.6.4 Modulace aplikovaného záření

Aplikace terapeutického laseru je možná kontinuálně nebo pulzně a u obou režimů modulovaně či nemodulovaně. V dnešní době se využívají u problematiky vhodné modulace aplikace laseru klasické frekvence dle E. Nogieara, které byly vytvořeny pouze pro laseroaurikuloakupunkturu s využitím ve stomatologii.

U mnoha prací bylo prokázáno, že pozitivní buněčná odpověď je silnější u nižších modulací laserového paprsku ($f < 1000 \text{ Hz}$). Pokud je však frekvence u modulovaného paprsku vyšší než 5000 Hz , dochází k inhibici růstu.

Pokud využijeme maximálních expozičních u pulzních laserů, mohou nastat specifické situace jako např. nelineární efekty s dvou a vícefotonovou absorpcí, ionizací a dalšími poruchami. U nízkovýkonných laserů se předpokládá fotochemická reakce na molekulární úrovni, která se projevuje ovlivněním metabolických procesů ve tkáních, tepelné účinky nejsou zřejmé.^[3, 5]

Tabulka 1. Frekvence modulace podle Nogiera

	Frekvence (Hz)
A	2,28
B	4,56
C	9,12
D	18,25
E	36,50
F	73,00
G	146,14
U	1,4

1.6.5 Frekvence jednotlivých aplikací

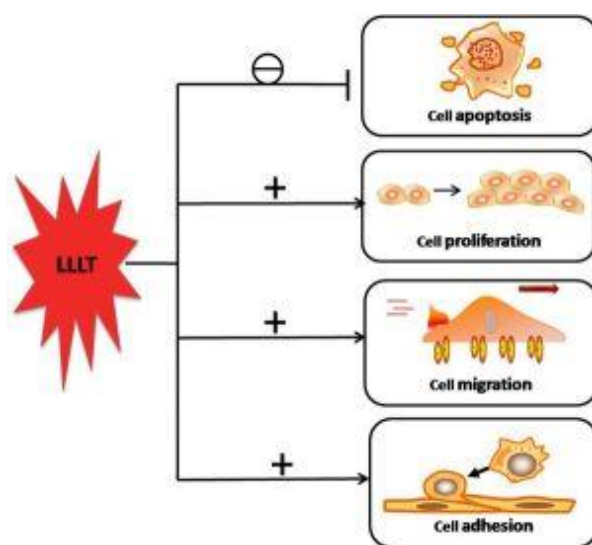
U akutních stavů se laser aplikuje minimálně jednou denně. U stavů chronických postačí aplikace 2x - 3x týdně. Počet aplikací v jednotlivých cyklech je v rozmezí od 5 do 20. Pokud je potřeba interval jednotlivých cyklů opakovat, pohybuje se mezi 4 – 12 týdny. Opakující se léčba 2x – 3x po 10 aplikacích s dvou až tříměsíčním intervalem se nazývá laseroterapie.^[3, 5]

1.7 Účinek terapeutického laseru na buněčné úrovni

Mechanismus biologických účinků u LLLT je ověřován in vitro i in vivo. Dnes jsou akceptovány stimulační, protizánětlivé a analgetické efekty terapeutického laseru.

U stimulačního efektu dochází k aktivaci enzymů dýchacího řetězce (flavin dehydrogenáza, cytochromoxidáza) v mitochondriích. Na oxidační reakci (přenos elektronu ze substrátů na kyslík) se účastní enzymy, jejichž výsledkem je tvorba ATP. Pokud dojde ke zvýšené koncentraci ATP, ADP a AMP při laserem vyvolaném stimulačním efektu, vede tento stav k replikaci mitochondriální DNA. Konečnou fází je urychlená epitelizace postižené tkáně a stimulace tvorby kolagenu.

Nízkovýkonový laser při protizánětlivém účinku aktivuje reparační procesy, kterými organismus reaguje na probíhající zánět. Dochází ke zvyšování chemotaktické aktivity buněk (lymfocyty, monocyty, fibroblasty a polymorfonukleární buňky), které se podílí na protizánětlivé reakci organismu.



Obrázek č. 3 - Mechanismus účinku terapeutického laseru^[6]

Při působení nízkovýkonového laseru je dalším důsledkem zvýšená mikrocirkulace v ozářeném organismu, k čemuž dochází díky zvýšenému tkáňovému metabolismu. Dochází k proliferaci fibroblastů a tvorbě kolagenových vláken, které se orientují paralelně a vytváří jizvu.

Jednou reakcí analgetického účinku je uvolnění endogenních opiátů. Ty se pak navazují na opiátové receptory nociceptivního systému. Na molekulární úrovni dochází k elektronovým přechodům, které jsou zapříčiněny absorpcí laserového záření.

Na vlnové délce působícího záření je závislý každý typ přechodu. Fotochemický jev je navozen při absorpci laserového záření v UV oblasti. Elektronů se dostávají ze základní hladiny do excitovaného stavu, při návratu zpět na základní hladinu dojde k přenosu energie na substrát. Fototermický jev je navozen u laserů vyzařujících v infračervené oblasti. Obvyklá energie infračervených fotonů nedostačuje k podnětu přechodů elektronů mezi hladinami. Dojde pouze ke stimulaci rotačně vibračních stavů molekul. Viditelné záření pak podmiňuje reakci fotochemickou i fototermickou.^[6]

1.7.1 Analgetický efekt

Periferní nervový systém se dá ovlivňovat laserem. Přímé působení laseru na nervová zakončení u spastických paraplegiků má stejnou účinnost jako elektrická stimulace. Dochází také ke snížení dráždivosti periferních nervů a to při aplikaci kůží.

Bolest je psychický stav nebo pocit, který je navozen nynějším nebo předešlým poškozením tkáně, ovšem pokud se nejedná o fantomovou bolest. Nocisenzory jsou buňky, které zaznamenávají vysokým prahem případné fyzikální nebo chemické podráždění. Vyskytují se ve všech tkáních, také tedy i v kůži a ve sliznici. Membránový potenciál mají normální. Když dojde k podráždění, dochází ke změně permeability senzorické membrány (otevření Na-kanálů) a v tomto důsledku ke vzniku depolarizačních iontových proudů. Výsledek depolarizace je senzorický nebo receptorový potenciál. Ten přechází v podráždění a jeho amplituda roste se silou impulzů v nociceptivních aferentních nervových vláknech. Obrazem podráždění je stimulace. Tomuto jevu se říká transdukce. V podrážděném místě můžeme pomocí aplikace laseru pozitivně ovlivnit vyvolanou desenzibilizaci. Nečinné neurony nejsou na laserové ozáření citlivé, ale spontánně aktivní neurony na ozáření reagují membránovou depolarizací. Právě na intenzitě záření je závislá rychlost membránové depolarizace, trvání latentní periody a pravděpodobnost tvorby výběžků.

Vlákna nervového periferního systému se středním a malým průměrem, která jsou minimálně myelinizována, dostanou získanou informaci do míchy pomocí nocisenzoru. Nociceptivní aferentní dráhy poté končí v zadních rozích míšních. V tomto místě jsou převzaty na vzestupný systém drah, které směřují bolestivé

informace do retikulární formace (RF), thalamu a kůry. Somatosenzorická kůra a asociační korové oblasti se podílí na vzniku vědomého bolestivého vnímání.

Uvolňování endogenních opiátů je zřejmě ovlivňováno laserem. Endogenní opiáty se váží na opiátové receptory nociceptivního systému a hlavně na PAG (substantia grisea centralis), který je jimi na mnoha místy obsazen a tak dochází k žádoucímu analgetickému efektu. Narůstá sekrece kyseliny 5-hydroxyindoloctové (degradační produkt serotoninu) močí po místním ozáření terapeutickým laserem, a to především u nemocných s chronickou bolestí. Můžeme předpokládat, že analgesie je navozena uvolněním serotoninu a endogenních opiátů. Navození laserové stimulace této hypoalgesie není naloxon-reversibilní.

Důsledkem zlepšené mikrocirkulace a zrychleného odtoku lymfy je lokální analgetický efekt, který je také podporován stimulací metabolismu sliznic. Při aplikaci terapeutického laseru dochází k nepřímé, nepatrné paralýze hladkého svalu (prekapilární sfinkter) prostřednictvím autokoidů, do kterých patří např. histamin. S dostatečně vysokým výkonem je paprsek schopen vyvolat tento efekt v poměrně velké oblasti.^[3]

1.7.2 Protizánětlivý efekt

Nízkovýkonový laser způsobí při cílené aplikaci přirozený proces, kterým organismus reaguje na probíhající zánět. Pokud vycházíme z tohoto předpokladu, není potřeba ozářit poškození po celé ploše, ale stačí pouze zářit na jeho okraj. Vlivem neinvazivního laseru jsou aktivovány veškeré buňky, které se podílí na protizánětlivé reakci organismu (fibroblasty, granulocyty, monocyty, polymorfonukleární buňky). Tím také dochází ke zvýšení chemotaktické aktivity buněk. Aktivované biochemické mediátory (histamin, cytokinin, serotonin, prostaglandin, kinin) podporují urychlenou reakci organismu. Tento efekt se výrazněji projevuje u zdravých osob, naopak u nemocných trpících s chronickými záněty méně. Protizánětlivý efekt terapeutického laseru je podpořen zvýšenou mikrocirkulací v ozářeném místě. Dále dochází ke zrychlenému lymfatickému odtoku v důsledku zůstávající dilatace lymfatických cév, které mají za následek rychlý ústup otoku. Minimálně 20 minut po skončení ozařování laserem zůstává zvýšený průtok krve postiženým místem. Příznivý vliv terapeutického

laseru souvisí s vasodilací a zlepšenou mikrocirkulací, která je výsledkem zvýšeného tkáňového metabolismu a zároveň podpořeného následnou úpravou hemostázy.

Zřetelný efekt je také při působení terapeutického laseru na mastocyty. Množství mastocytů se zmenšuje a dochází v nich k degranulaci s nastupující iniciací všech dějů daná uvolněním velkého množství histaminu. Dále je významný terapeutický efekt na zánětlivou symptomatologii (otok, zarudnutí a zvýšená teplota, bolest). Laser lze využít i u těžkých zánětů, neboť byla opakovaně prokázána stimulace fagocytózy.

Mikrofágy a neutrofilní leukocyty emitují světlo při fagocytóze ve vlnových délkách červených a infračervených. Oxidativní metabolismus fagocytů obsahuje reaktivní kyslík, který je účinný pro stimulaci membrány fagocytů a dokáže velmi narušovat mnohé mikroorganismy. Vážným aktérem těchto reaktivních kyslíkových složek je instabilita, která vede ke světelné emisi. Tento děj se nazývá chemoluminiscence.^[3,6]

1.7.3 Stimulační efekt

Energie fotonů je představována laserem, který má významný vliv na enzymatické reakce zvláště ve smyslu stimulace. Když dojde k ovlivnění enzymatických reakcí, dochází ke zvýšené syntéze ATP, kdežto spotřeba glukózy klesá. Zdrojem energie je makroergní fosfát, ten může buňka využívat k dalším biochemickým syntézám.

K přeměně ADP na ATP dochází na mitochondriích v rámci oxidativní fosforylace (dýchací řetězec). Zvláštní význam má zvýšení energetického potenciálu u buněk postižených patologickým procesem, kdy tyto buňky trpí nedostatkem energie. Obdobně na tom jsou buňky, které jsou ve fázi hojení. Mají vysokou spotřebu ATP, protože i tento reparační děj je spjatý s velkou spotřebou energie.

Laserem stimulované zdravé buňky, které nevyžadují produkci ATP, nepřeměňují nadbytek ATP na tepelnou energii, ale energie fotonů se převádí do formy světelné energie k jiným buňkám, které vykazují při tvorbě ATP energický deficit. Pokud laserovým zářením stimulujeme buněčné dýchání, některé metabolické reakce se urychlí. Dále záření zvyšuje imunologickou reakci a podporuje mitózu buněk. Paprsky laserů se účastní fibrinolytické aktivity. K dosažení požadovaného léčebného

cíle nemusíme ozařovat celou plochu rány, ale postačí stimulace pouze na okraj daného defektu. ^[6]

1.8 Fotodynamická terapie

Fotodynamická terapie (PDT) je další možnost léčby nádorového onemocnění. Jde o fotochemoterapii, která je součástí kombinace použití fotodynamicky aktivní látky (fotosenzitizátoru) a světla za přítomnosti kyslíku. Léčba nádorů je založena na principu celkového podání fotodynamicky aktivní látky s následným ozářením UVA nebo viditelným světlem. Fotosenzitizující látka se po určité době selektivně shromažďuje v nádoru, kde následně dojde k ozáření světlem o vhodné vlnové délce, která je shodná s absorpčním maximem fotosenzitizátoru. Po vstřebání světla dojde ve fotosenzitizátoru ke vzniku excitovaných stavů a k přesunu transformované energie na kyslík. Při vzniku singletového kyslíku, který je reaktivnější než základní molekulární stav, dochází k oxidaci membránových lipidů a proteinů, což se projevuje cytolýzou a tumorózní destrukcí. Dále excitovaná forma fotosenzitizátoru může reagovat přímo se substrátem za vzniku volných substrátových radikálů. Volné radikály, především pak radikály lipidických buněčných membrán, jsou příčinou zničení nádoru. Předpokladem je, že oba mechanismy mohou probíhat při PDT zároveň, ale jejich relativní podíl na zničení nádoru závisí na typu a konfrontaci fotosenzitizátoru, na koncentraci kyslíku v nádoru a na vazbě fotosenzitizátoru na substrát. Nekróza a současně apoptóza je výsledným terapeutickým efektem nádorových buněk. Nejčastěji se užívají deriváty hematoporfyrinů (HPD), které jsou podávány v dávce 2,5 – 5 mg/kg hmotnosti intravenózně. ^[14]

1.8.1 Postup a princip metody

Fotosenzibilizátor je světlocitlivá látka, která se aplikuje třemi způsoby. Prvním způsobem je aplikace pomocí mastí, které obsahují příslušnou látku. Další způsob je injekční aplikace buď intravenózně nebo intralezionálně (do místa novotvaru). Optimální hodnoty fotosenzibilizátoru se v postižených buňkách objevují v různých časech od 5 minut až po 72 hodin v závislosti na způsobu aplikace a druhu látky. V diagnostice se používá Woodova lampa (UV lampa), která zajišťuje

fluorescenci fotosenzibilizátoru zpravidla červené či růžové barvy. Tím je odhalena velikost, tvar a poloha nádoru. V závislosti na použité látce se při léčbě používá červené nebo blízké infračervené záření. Nejčastěji se využívají se laserové diody, které zajistí žádanou generaci světla. Laserové diody mají výborný světelný výkon a úzké spektrum světla bez nutnosti použití barevných filtrů. Lze je také napojit na optická vlákna, které můžeme poté použít ke katetrizaci nebo vpichu do postižené tkáně pro lepší osvětlení nádoru. Výkon osvětlení se obvykle pohybuje okolo 100 mW/cm^2 (někdy i 600 mW/cm^2) a doba osvětlení se pohybuje kolem minuty až několika desítek minut. Molekuly fotosenzibilizátoru absorbují fotony světla v tumoru a přechází do singletového excitovaného stavu, kde přežívají řádově 10^{-9} s . Z tohoto stavu poté přechází vnitřním přechodem do tripletního excitovaného stavu s podstatně delší dobou přežití (10^{-6} s). Tato doba umožní excitované formě fotosenzibilizátoru reagovat s molekulami v jejím okolí. Tripletní molekulou v základním stavu je kyslík, který je hojně zastoupen v každé buňce. Z molekuly fotosenzibilizátoru dojde k přenosu energie na molekulu kyslíku a výsledkem je singletní molekula fotosenzibilizátoru v základním stavu a singletní molekula kyslíku v excitovaném stavu. Tyto molekuly kyslíku jsou přibližně 1000krát reaktivnější než základní molekulární stav kyslíku. Singletový kyslík reaguje s buněčnými membránami při vzniku lipidperoxidového radikálu a následně nekrózy či apoptózy buněk. Poměr nekrotické a apoptické smrti buněk závisí na typu nádoru, ale nejvíce na koncentraci fotosenzibilizátoru a dávce ozáření. Nízké dávky fotosenzibilizátoru a záření způsobují apoptózu. Vyšší dávky naopak způsobují nekrózu, ale při každé aplikaci dochází k oběma typům smrti buněk. Fotodynamická terapie způsobuje kromě samotného poškození nádoru také zničení cévního systému, což vede k ischemické nekróze. ^[15]

1.8.2 Výhody a nevýhody metody

Velkou výhodou této terapie je skoro nulová toxicita používané látky, tudíž je možné v krátkém čase tuto metodu opakovat vícekrát. Další z výhod je poměrně přesná selekce nádorových buněk – metoda zničí pouze nádorové buňky a buňky v okolí zůstanou nedotčeny. Fotodynamická terapie se považuje za neinvazivní metodu a tudíž se do nich také řadí. Mezi další výhody patří vynikající kosmetický efekt (prakticky

nezanechává jizvy, proto je doporučována k léčbě nádorových ložisek v obličeji) a jde ošetřit více projevů současně (nosní křídla, ušní boltce). Tato léčebná metoda se dá kombinovat s dalšími terapeutickými postupy (kryoterapie, radioterapie). Po PDT se ošetřovaná plocha rychle zahojí a k recidivám dochází minimálně.

Naopak mezi nevýhody patří omezená možnost použití, protože používané světlo k aktivaci fotosenzibilizátoru pronikne nanejvýš do 1 cm tkáně, a proto lze metodu použít jen na povrchu těla nebo případně na dostupných částech orgánů pomocí endoskopů a katetrů. Metoda, při níž se optické vlákno s aktivizujícím světlem vpichuje přímo do tkáně, se zatím příliš nepoužívá. Nevýhodou při aplikaci nitrožilního fotosenzibilizátoru je několika hodinová (až 48 hodin) fotosenzitivita kůže po léčbě, kdy se pacient musí vyvarovat pobytu na slunci a vystavení se silnému světelnému záření. Patří sem také časová náročnost a vysoká cena metody. Metoda se nemůže použít v případě přecitlivělosti na složky obsažené ve fotosenzibilizátoru a u některého typu fotodermatózy v anamnéze. ^[15, 17]

1.8.3 Fotosenzibilizátory

Vhodná látka pro použití by měla být netoxická, stabilní a mít známou chemickou strukturu. Měla by se hromadit v nádorových buňkách a rychle se vyplavovat ze zdravých. Absorpce světla by měla být maximální, aby energie byla dostatečně velká (krátká vlnová délka) pro produkci singletového kyslíku, ale aby zároveň byla vlnová délka co největší (hloubka pronikavosti světla). Světlo, které splňuje předešlé podmínky, se nachází na rozhraní infračerveného a viditelného světla. Fotosenzibilizátor by ovšem neměl vstřebávat světlo na ostatních vlnových délkách, aby se co nejvíce omezila fotosenzitivita a případně možné poškození zdravé tkáně při intravenózní aplikaci látky. Vhodný fotosenzibilizátor by tedy měl splňovat tyto základní podmínky: schopnost absorbovat světelnou energii vhodné vlnové délky a transformovat ji na energii chemickou, měl by být minimálně toxický pro zdravé buňky, selektivně se vychytávat v patologické tkáni, aktivovat se vhodným a dostupným zdrojem záření, snadno proniknutelný do hloubky tkáně, schopný fluorescence a cenově obecně dostupný. ^[15, 17]

Generace prvních fotosenzibilizátorů představuje deriváty hematoporphyrinu v různé purifikaci. U první generace fotosenzibilizátorů je nevýhoda, že látky nejsou přesně definované a po i.v. aplikaci mohou vyvolat kožní fotosenzitivitu po interakci se slunečním zářením. Tyto látky v současné době můžeme najít pod firemními názvy jako Photofrin (USA), Photocarcinorin (Čína), Photosan (Německo). Jedním z derivátů hematoporphyrinu je TPPS₄, jehož chemická struktura je známá, ale původní varianta byla ve velkých koncentracích neurotoxická. V České republice byla vyvinuta netoxická speciálně purifikovaná obměna, která je schválená pro lokální použití.

Druhá generace fotosenzibilizátorů je ověřována a vyvíjena od roku 1991. Jejich výhodou oproti první generaci je nevýrazná kožní fotosenzitivita po léčbě. Řadíme sem chloriny (degradační produkty chlorofylu, které absorbují světlo o vlnových délkách 640 – 700 nm), 5-aminolevulová kyselinu (ALA), ftalocyaniny, které nevyvolávají kožní fotosenzitivitu a mají aktivační vlnové délky v dlouhovlnné oblasti viditelného světla (630 nm až 700 nm) s větší penetrací do kůže. Ve stádiu vývoje jsou pheoforbidy a pyropheoforbidy, které mají absorpční maximum při 665 nm a jsou izolovány z chlorofylu.^[3, 14, 15,]

Ftalocyanové deriváty jsou stejně jako chloriny aktivovány červeným světlem a jejich hlavní výhodou je minimální kožní fototoxicita. Ftalocyaniny jsou syntetické porfyriny, které vykazují nejvyšší absorpci v dlouhovlnné oblasti viditelného světla. Jsou chelovány hliníkem nebo zinkem a tyto diamagnetické kovy zvyšují fototoxicitu. Ftalocyaniny vstoupí do buňky endocytózou a jsou lokalizovány v lysozomech. Dále se také akumulují v mikrozomech a mitochondriích. Fotodynamická terapie má cytotoxický účinek na větší množství nádorových buněk, bez ohledu o jaký druh nádoru se jedná.

Několik hodin po PDT dochází k poškození buněčných membrán. Buňky se přestávají dělit a dochází k cytolýze. S plazmatickou membránou jsou zasaženy i membrány jádra, mitochondrií, lysozomů, Golgiho aparátu a endoplazmatického retikula. Při poškození mitochondrií dochází k inhibici elektron-transportních enzymů, inhibici oxidativní fosforylace a snížení hladiny ATP. Po PDT se zvyšuje transkripce a translace určitých genů, které souvisí s produkcí látek při tzv. oxidativním stresu. PDT

se také podílí na kontrole systému buněčného cyklu a dochází k apoptóze. Zastoupení apoptických a nekrotických buněk závisí na typu nádoru, ale především na koncentraci fotosenzibilizátoru a dávce ozáření. Nízká koncentrace fotosenzibilizátorů a zároveň nízká dávka ozáření vyvolá po PDT u 90% buněčné populace tumoru apoptózu. Vyšší dávky ozáření a vyšší koncentrace fotosenzibilizátoru vyvolají poškození buněčných membrán, při které dojde k následné nekróze. Prakticky tak dochází jak k apoptóze (v hlubších vrstvách, kde je dávka ozáření nižší) tak k nekróze nádorových buněk.^[14]

1.8.4 Využití PDT

Mezi nejvýznamnější uplatnění fotodynamické terapie patří léčba různých druhů tumorů, jak maligních tak i benigních. Většinou se zatím jedná o paliativní léčbu nebo doplňkovou léčbu léčby jiného druhu (většinou chirurgický zásah). Omezením fotodynamické terapie je průchod aktivizujícího světla a to nejvýše do 1 cm hloubky tkáně. I přes toto kritérium byla léčba úspěšně použita u nádoru žaludku, tlustého střeva, hlavy a krku, ústních a nosních dutin, hrtanu, jícnu, plic, močového měchýře, jater, prsu, genitálií i mozku. Ovšem léčba se používá nejčastěji u nejrůznějších kožních tumorů a lézí (aktinická keratóza, basaliom, T-lymfom). V kožním lékařství se využívá pro léčbu lupénky a bradavic. Dále pak v estetické medicíně k vyhlazení jizev po akné či vráskách, kde se aktivují fibroblasty k novotvorbě kolagenu. Metoda nachází využití také u léčby senilní degenerace makuly (AMD). Nadějnou aplikací je čištění kostní dřevě od leukemických buněk, pacientovi se odebere kostní dřevě a vyčistí se metodou fotodynamické terapie a jako autologní štěp se vrátí zpět pacientovi.^[15, 16]

V dermatologii je značně široký seznam využití PDT. Využívá se především k léčbě aktinických keratóz (dříve prekancerózy, dnes spinaliom in situ). Důležité uplatnění má u pacientů, kteří jsou po imunosuprimovaných transplantací orgánů, u nichž se zvyšuje možný výskyt nonmelanomových kožních nádorů (spinaliomy až 250x, bazaliomy 10x) oproti běžné populaci. PDT se používá k „field therapy“ (plošné ošetření více projevů najednou), která má i preventivní účinek, dochází k potlačení tvorby nových prekanceróz a karcinomů.



Obrázek č. 4 - Bazalion před PDT^[17]



Obrázek č. 5 - Bazalion po PDT^[17]

1. 9 Terapie bolesti neinvazivním laserem

Hlavní prioritou při léčbě bolestivých stavů terapeutickým laserem je správně indikovat vlnovou délku a dostatečný výkon, který ovlivňuje dávku vyzářené energie na cílovou strukturu, jež je často uložena v hloubi pod dalšími vrstvami tkání. Proto je potřeba mít dostatečné vzdělání jednotlivých subjektů, které podstupují terapii neinvazivním laserem.^[5]

1.9.1 Aplikace laseru v terapii bolesti

Důležitým faktorem je zvolit správnou sondu, která rozhoduje o vlnové délce a hloubce průniku paprsku do tkáně. Paprsky, které odpovídají vlnovou délkou červenému světlu, jsou absorbovány více jak z poloviny již po průniku do 2 - 3 mm tkáně. Jejich energie je tedy skoro celá vstřebána již ve velmi tenké tkáňové vrstvě. Přístroje o takovéto vlnové délce se používají k terapii kůže a sliznice. Kvůli tomu,

že vyzářená energie je zachycená již v několika mm silné vrstvě, lze využít přístroje o výkonu kolem 20 - 30 mW.

Přístroje, které pracují ve vlnové délce odpovídající infračervenému světlu, mají účinek asi od 5 do 7 cm. Za minimální výkon u těchto přístrojů se považuje 150 - 200 mW. Vysoký výkon můžeme kdykoli snížit buď softwarem u přístroje, nebo oddálením přístroje od povrchu ozařované části. Naopak však z nízkého výkonu vysoký nezískáme. U přístroje s nižším výkonem dosáhneme dostatečných vyzářených dávek energie pouze prodlužováním aplikačních časů. Tímto způsobem ale přijdeme o jednu z podstatných výhod neinvazivní terapie laserem proti jiným druhým fyzikální terapii. Nejčastější chybou terapie je špatná volba sondy, kdy zvolíme špatnou vlnovou délku a výkon. Neexistuje univerzální laser, kterým bychom mohli ošetřovat kožní léze a zároveň bolestivé stavy pohybového aparátu.^[5]

1. 10 Využití nízkovýkonného laseru v dermatologii

Mezi nízkovýkonné (biostimulační) lasery řadíme přístroje s výkonem do 500 mW. Dnes na trhu najdeme lasery s běžným výkonem a polovodičovou diodou do 300 mW u infračerveného světla, u červeného a u He-Ne trubic je výkon nižší. Při vyšším výkonu mizí stimulační odpověď buněk.

Míru absorpce a interakci s jednotlivými vrstvami tkáně výrazně určuje vlnová délka paprsku záření. Na průchodu paprsku tkání se výrazně podílejí tři složky: voda, hemoglobin a melanin. Při potřebě zachycení energie záření na povrchu je výhodné použít laser o vlnové délce 630 - 750 nm, naopak při hlubších vrstvách např. u postižení pohybového aparátu je preferovaná vlnová délka delší, 830 - 940 nm.

Polovodičový laser využívá diodu jako zdroj záření, která umožní miniaturizaci přístroje a velkou variabilitu ve smyslu vlnové délky a výkonu. He-Ne laser má kontinuální režim s vlnovou délkou 632 nm a většinou výkon od 5 do 100 mW.

Biostimulační lasery ovlivňují reparační proces u špatně hojící se rány. Záření ovlivňuje syntézu kolagenu, novotvorbu cév a podporuje epitelizaci, rovněž zvyšuje fagocytární aktivitu leukocytů a stimuluje činnost enzymů v ráně.

V dermatologii je nejčastěji využíván biostimulační laser na špatně hojící se rány, bércové vředy, jizvy, proleženiny, opary, modřiny, akné apod. U akutních stavů se

laser aplikuje aspoň 1x denně, naopak u chronických stavů stačí aplikace 2 - 3x týdně. Počet aplikací bývá 10 ve 2 až 3 cyklech. Při správném používání laseru by neměly být pozorovány žádné komplikace, zhoršení či poškození zdravotního stavu pacienta. Kromě přesně vymezených kontraindikací není znám žádný patologický účinek. Při aplikaci laseru se zrak musí chránit brýlemi.^[20]

1.10.1 Kontraindikace

Mezi kontraindikace patří maligní onemocnění, hypertyreóza, epilepsie, těhotenství a užívání fotosenzibilizujících látek.

1. 11 Ozařování krve laserem

Existuje 5 způsobů ozařování krve laserem:

- a) intravenózní (intravazální, intravaskulární nebo nitrožilní)
- b) transkutánní (povrchové, obvykle jde o aplikaci skrz povrch kůže bez penetrace pokožky)
- c) intranazální (nitronosní)
- d) sublinguální (podjazykové)
- e) extrakorporální (mimotělové) laserové ozařování krve

Existuje také intersticiální aplikace laserového světla pro ozařování tkání v hloubce těla, ale k laserovému ozařování krve se nepoužívá. Využívá se při ozařování jiných tkání na léčbu bolesti. Laserové ozařování intravaskulární je metodou invazivní jako i extrakorporální laserové ozařování krve. Při této metodě se krev vyvede mimo tělo, kde je následně ozařována laserovým světlem a poté vrácena zpět do organismu. Mezi neinvazivní metody patří pouze transkutánní, intranazální a sublinguální ozáření.^[19]

1.11.1 Mechanismus účinku laserového ozařování krve

Pomocí laserového ozařování krve se zvyšuje flexibilita erytrocytů. Dojde k přerušení vodíkových vazeb, které zadržují červené krvinky ve shlucích. Oddělením erytrocytů od sebe se zvětší jejich plocha povrchu, na kterou jsou schopny navázat molekuly kyslíku a dodávají je do místa spotřeby. Stejným mechanismem se zlepšuje

i jejich schopnost odnášet CO₂, což má kladný vliv na všechny vnitřní orgány a metabolismus. Mechanismus léčby je založený na fotochemických procesech, ke kterým dochází při ozařování krve laserem.

Podle teorie tělesných funkcí využívají polovodičové lasery laser ke stimulaci průtoku krve, nervového systému a meridiánově-kolaterálního systému metodou ozařování nosní dutiny nebo cévy laserem s vhodnými parametry, jako jsou vlnová délka, výkon (intenzita) a čas. Pozitivní účinky ozařování se projevují na všech systémech, reakcích a funkcích orgánů lidského těla jako celku.^[19]

Ozařováním krve bylo dosaženo následující: ovlivnění reologických vlastností krve a mikrocirkulace; účinky na imunitu a metabolismus; antioxidační, protizánětlivé, analgetické, spasmolytické, vazodilatační, antivirové, antibakteriální, antioxické, antirakovinné a antitumorové účinky; rozpouštění sraženin a imunokomplexů; nárůst fyzické síly a vytrvalosti; zlepšení paměti a kreativity; aktivace regeneračních a opravných procesů; stimulace DNA; zlepšování procesů v organismu po působení radiace; stimulace hematopoézy (krvetvorby); stabilizace hormonálního systému.

1.11.2 Intravaskulární laserové ozařování

Tato metoda představuje ozařování krve přímým vložením optického vlákna se světlem z laserového zdroje do žíly. Metoda je invazivní, a tudíž musí být zaváděna lékařem. Počet aplikací je omezený a používá se jen krátkodobě. Intravaskulární laserová metoda je velmi používanou léčebnou metodou v mnoha různých zemích (v Rusku již 30 let používanou) a je také oficiální léčebnou metodou uznávanou mnoha odborníky. V Moskvě byla tato metoda díky mimořádným úspěchům v kardiologii oceněna státní premií rady. Tato metoda se však musí aplikovat v medicínských institucích a zároveň být prováděna odborným personálem. Má omezený počet aplikací.



Obrázek č. 6 - Intravenózní ozařování krve^[19]

1.11.3 Transkutánní laserové ozařování

Jedná se o pronikání laserového světla do krve přes kůži. Kůže však vstřebává část záření melaninem, čímž dochází ke změně vlastností světla. A právě tyto vlastnosti laserového světla jsou tak důležité pro ozařování krve. Melanin představuje jakousi „bariéru“, proto musí dojít při tomto způsobu ozařování ke zvýšení intenzity laserového světla, která působí na povrch pokožky, jinak by nebylo dosaženo potřebného účinku na krev. Neoptimálnější oblast pro transkutánní laserové ozařování krve je vnitřní strana levého zápěstí ruky. Toto ozařování je možné pouze s výkonnějšími lasery pro dosažení požadovaného účinku na krev.



Obrázek č. 7 - Transkutánní laserové ozařování krve^[19]

1.11.4 Intranazální laserové ozařování

Tato metoda představuje ozařování krve přes nosní dutinu pomocí zavedeného nosního aplikátoru. Metoda je neinvazivní a může být používána dlouhodobě – každý

den – dokud nedojde k odstranění symptomů. Při odeznění příznaků se může dále používat jako prevence rozvoje nemoci. Tato metoda nemá žádný vliv na vlastnosti světla, které souvisí s obsahem melaninu v pokožce a tukových tkáních kůže. Krev se v nose ozařuje pomocí bohatě prokrvené sliznice v celé podlebeční oblasti a prozařuje se až na konec vrchní klenby ústní dutiny. Velmi malý výkon vyvolává pozitivní účinky a počet aplikací je neomezený. Fotonová infuze probíhá v prokrvené nosní sliznici obdobně jako při aplikaci sprejových přípravků proti alergiím. Podobná metoda je také sublinguální, kdy infuze fotonů probíhá v oblasti pod jazykem, jako v případě některých léků (nitroglycerin).



Obrázek č. 8 - Intranazální ozařování krve^[19]

1. 12 Použití LLLT před sportovním výkonem

V této studii (Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress) bylo pozorováno, jaký je vliv nízkovýkonného terapeutického laseru na sportovní výkon, stav svalů a oxidační stres u lidí. Ke studii bylo použito náhodně vybraných 22 netrénovaných mužských dobrovolníků. Součástí pokusu bylo použití dvojité zaslepeného placebo efektu. Byl použit laser s vlnovou délkou 810 nm, s výkonem 200 mW a ozařovanou energií v každém místě 30 J po dobu 30 s. Ozařovalo se 12 bodů na každé dolní končetině (6 bodů na musculus quadriceps femoris, 4 body na hamstringy, 2 body na musculus gastronemius), 5 minut před zahájením intenzivního testu, který probíhal na běžícím pásu až do vyčerpání. Analyzoval se sportovní výkon

($\text{VO}_2 \text{ max}$, čas do vyčerpání, aerobní a anaerobní práh), hladina oxidačního poškození lipidů a proteinů, aktivita antioxidantních enzymů, superoxid dismutáza (SOD), kataláza (CAT), markery svalů poškozených kreatinkináзой (CK) a laktát dehydrogenázy (LDH). Při srovnání s placebem aktivní LLLT výrazně zvýšil výkon ($\text{VO}_2 \text{ max}$ $p = 0,01$, čas do vyčerpání $p = 0,04$), nezměnily se aerobní a anaerobní prahy. Laserová terapie snížila po výkonu počet poškození lipidů ($p = 0,0001$) a proteinů ($p = 0,023$), stejně jako činnost enzymů SOD ($p = 0,0034$), CK ($p = 0,0001$) a LDH ($p = 0,0001$). Aplikace LLLT nebyla schopna modulovat CAT aktivitu. Použitím laserové terapie před sportovním výkonem zvyšuje sportovní výkon, snižuje námahový oxidační stres a poškození svalů. To naznačuje, že modulace redoxního systému by mohla souviset se zpožděnou únavou kosterního svalstva po použití LLLT. ^[18]

1.12.1 Svalová zranění

Použití LLLT je nedávno rozšířená oblast medicíny, která se nezabývá pouze jen hojením ran a zánětlivými ortopedickými problémy. Jedna z nových aplikačních oblastí je laserová terapie pro únavu svalů a svalového zranění. Vzhledem k tomu, že mitochondrie jsou hlavním fotoreceptorem, které jsou přítomné uvnitř buňky, a svalové buňky jsou mimořádně bohaté na mitochondrie, laserová terapie by měla být velmi prospěšná při svalovém zranění. Schopnost LLLT stimulovat kmenové buňky a progenitorové buňky znamená, že satelitní svalové buňky mohou dobře reagovat na laserovou terapii a pomoci s opravou svalu. Navíc schopnost laseru vede ke snížení zánětu a oxidačního stresu, což je také výhodné v případě únavy a zranění svalů. Tato léčebná metoda může prospět všem sportovcům, lidem s poškozenými svaly a pacientům s Duchenneovou muskulární dystofií. ^[29]

2 Výzkumná otázka a metodika výzkumu

2.1 Cíle práce

Analyzovat nejčastější diagnózy při využití terapeutického laseru v medicíně. Radiační ochrana pracovníků a pacientů při léčbě terapeutickým laserem. Analyzovat kompetence aplikujících pracovníků.

2.2 Výzkumné otázky

Jaké jsou nejčastější indikace pro léčbu terapeutickým laserem?

Jaké jsou nejčastější indikace pro rehabilitační léčbu terapeutickým laserem?

Stoupá počet klientů léčených terapeutickým laserem?

2.3 Metodika

V první části bakalářské práce bylo nutné provést sběr dat a informací z odborné literatury a webových stránek.

K provedení výzkumu ve druhé části bakalářské práce bylo nezbytně nutné získat potřebná data. Sběr těchto dat proběhl formou dotazníkového šetření na rehabilitačních a dermatologických pracovištích, a to v Českých Budějovicích na rehabilitačním oddělení nemocnice, na rehabilitačním oddělení v Medipontu. Dále poté na dermatologických pracovištích v Českých Budějovicích (Derma Medical Clinic a Institut lékařské kosmetiky), Centrum laserové chirurgie a kosmetiky Znojmo a v nemocnici v Třebíči (kožní oddělení).

Dotazník byl navržen pro 4 typy respondentů podle pracoviště (rehabilitační a dermatologické) a určen pro personál i pacienty. Dotazník pro personál v obou případech pracoviště obsahoval 10 otázek. 7 otázek bylo uzavřených a 3 otázky byly otevřené. Dotazník pro pacienty obsahoval 11 otázek, kde 8 z nich bylo uzavřených, a 3 otázky byly otevřené. Vzor dotazníku je uveden v příloze č. 1-4.

Na rehabilitačním oddělení v nemocnici v Českých Budějovicích bylo rozdáno celkem 20 dotazníků pro pacienty, z toho bylo 18 vyplněných a 2 dotazníky nebyly vráceny. Dále 15 dotazníků pro personál, ze kterých bylo vyplněno 12, 3 dotazníky byly vráceny nevyplněny.

Na rehabilitačním oddělení v Medipontu v Českých Budějovicích bylo rozdáno 20 dotazníků pro pacienty, ze kterých bylo vyplněno 12, 7 dotazníků bylo nevyplněných a 1 nebyl vrácen. Dále 15 dotazníků pro personál, ze kterých bylo vyplněných 6, devět dotazníků bylo nevyplněných.

Na dermatologickém pracovišti Derma Medical Clinic bylo rozdáno 10 dotazníků pro pacienty, vyplněných bylo 5, 4 byly nevyplněné a 1 nevrácen. Pro personál bylo rozdáno 5 dotazníků, 4 byly vyplněné a 1 nevyplněn.

Do Institutu lékařské kosmetiky bylo rozdáno 10 dotazníků pro pacienty, vyplněných bylo 7 z nich, 3 dotazníky byly nevyplněné.

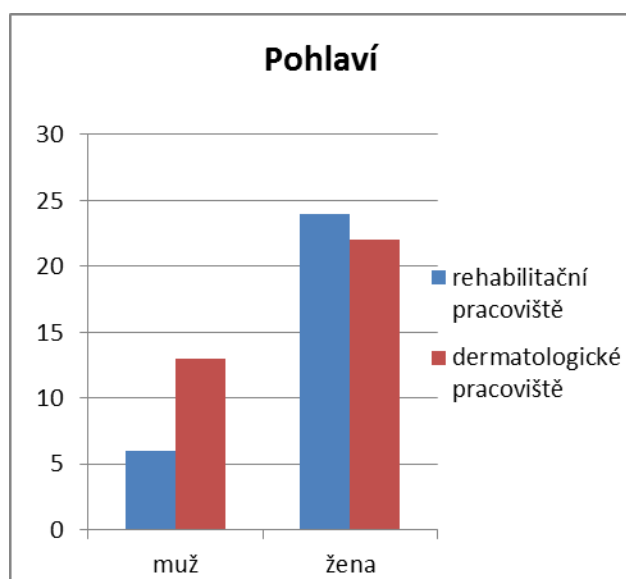
Na kožní oddělení v Třebíči bylo rozdáno 20 dotazníků pro pacienty, 15 z nich bylo vyplněno, 5 dotazníků nebylo vráceno. Pro personál bylo rozdáno 10 dotazníků, 6 bylo vyplněno a 4 nebyly vráceny.

V Centru laserové a chirurgické kosmetiky Znojmo bylo rozdáno 10 dotazníků pro pacienty, 8 jich bylo vyplněno, 2 dotazníky byly nevyplněné. Pro personál bylo rozdáno 10 dotazníků, 6 bylo vyplněných a 4 dotazníky byly nevyplněné.

3 Výsledky výzkumu

Tato kapitola zahrnuje graficky a tabulkově zpracovaná data, která byla získána z odevzdaných a řádně vyplněných dotazníků. Dotazníky byly rozděleny pacientům, kteří navštěvovali rehabilitační pracoviště, dále personálu, který na tomto pracovišti obsluhoval terapeutický laser.

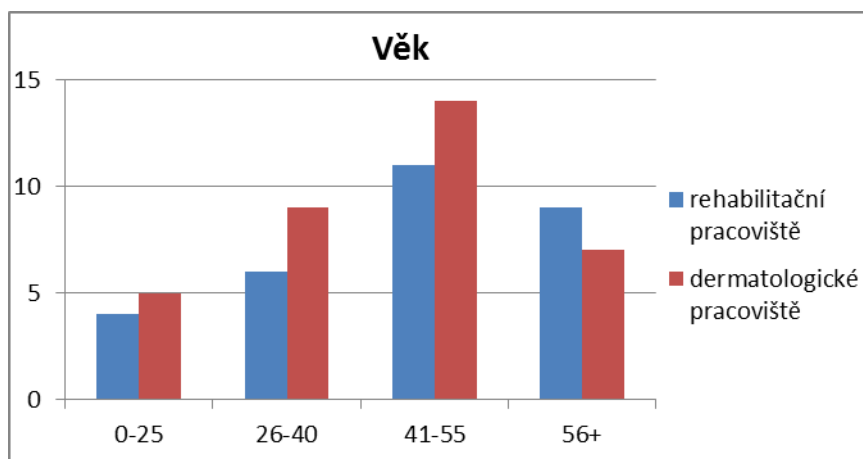
3.1 Pacienti



Graf 1: Pohlaví dotazovaných respondentů

Z celkového počtu 30 respondentů (100 %) se dotazníkového šetření zúčastnilo 6 mužů (20 %) a 24 žen (80 %).

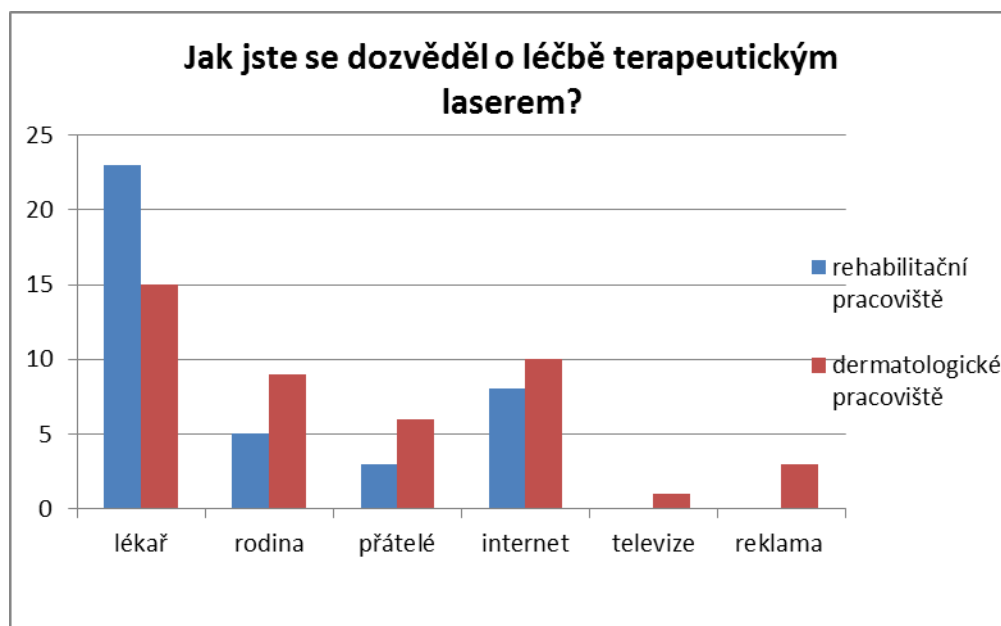
Z celkového počtu 35 dotazovaných na dermatologickém pracovišti (100 %) se výzkumu zúčastnilo 13 mužů (37,1 %) a 22 žen (62,9 %).



Graf 2: Věk dotazovaných respondentů

Z celkového počtu 30 respondentů (100 %) bylo největší zastoupení 11 respondentů (36, 7 %) ve věkové skupině 41 – 55 let. Věková kategorie nad 55 let měla zastoupení 9 respondenty (30 %). Kategorie 26 – 40 let byla zastoupena 6 respondenty (20 %). Nejmladší věková kategorie do 25 let byla zastoupena 4 respondenty (13,3 %).

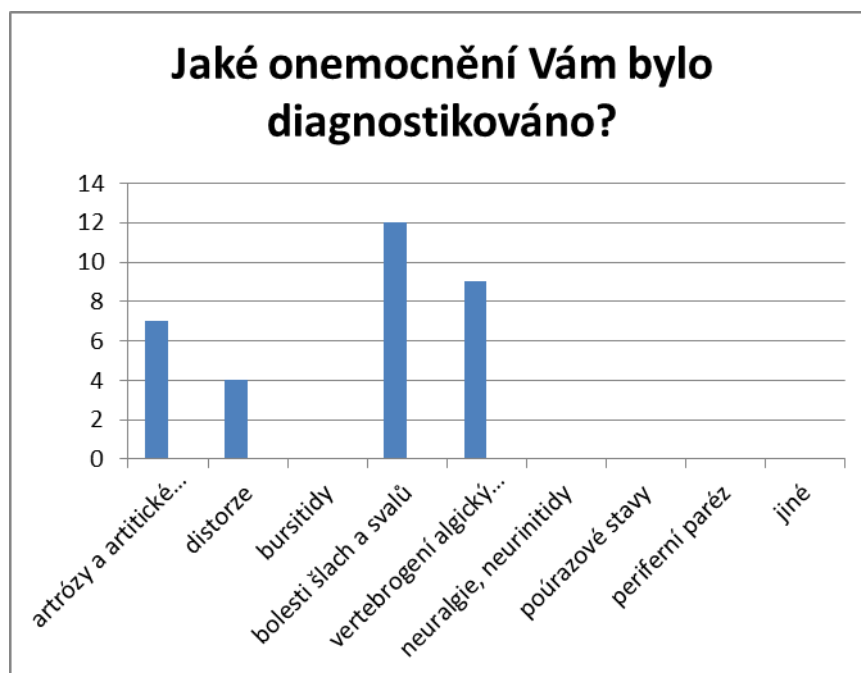
Celkový počet dotazovaných na dermatologickém pracovišti byl 35 respondentů (100 %). Největší zastoupení bylo ve věkové kategorii od 41 do 55 let, a to celkem 14 dotazovaných (40 %). Druhá nejpočetnější kategorie byla od 26 do 40 let, a to v zastoupení 9 respondentů (25,7 %). Ve věkové kategorii starší 56 let bylo 7 dotazovaných (20 %). V kategorii do 25 let bylo 5 zúčastněných (14,3 %).



Graf 3: Zdroje informací o léčbě

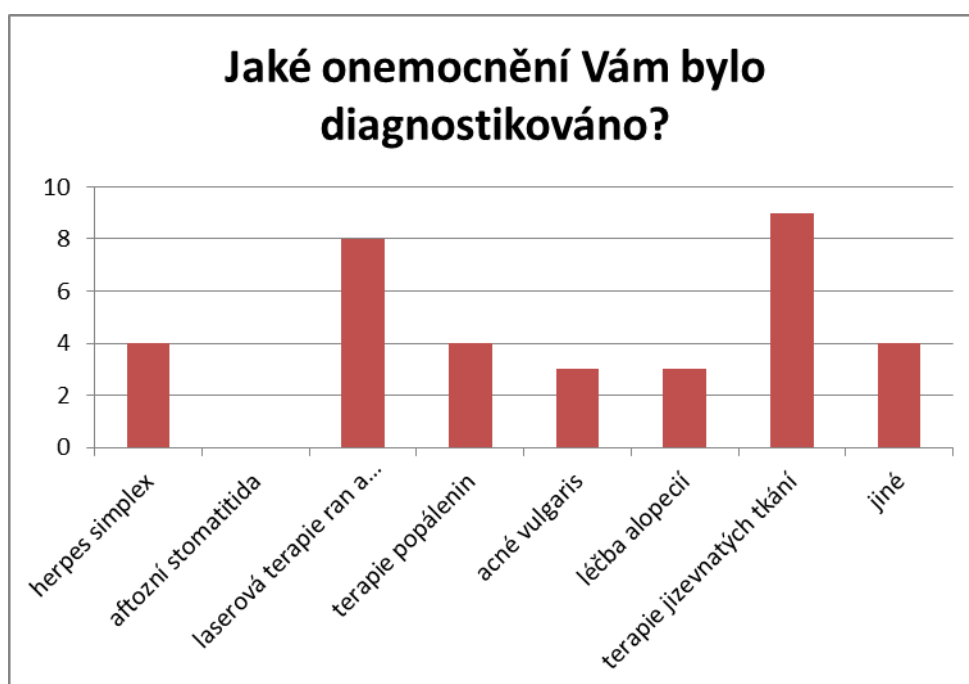
Z grafu č. 3 je patrné, že ze 30 dotazovaných (100 %) se o léčbě terapeutickým laserem dozvědělo od lékaře 23 respondentů (76,7 %). Další respondenti získávali zdroje informací pomocí internetu – 8 (26,7 %), rodiny – 5 (16,7 %) a přátel – 3 (10 %).

Z počtu 35 dotazovaných na dermatologickém pracovišti (100 %) se nejvíce o léčbě dozvěděli od lékaře, 15x (42,9 %). Další častým zdrojem byl internet – 10x (28,6 %). Rodina podala informace v 9 případech (25,7 %). Přátelé poradili 6 dotazovaným (17,1 %). Reklamu uvedli 3 dotazovaní (8,6 %) a televizi uvedl jeden dotazovaný (2,9 %).



Graf 4: Diagnóza onemocnění rehabilitační pracoviště

Ze 30 dotazovaných (100 %) trpělo nejvíce respondentů bolestí šlach a svalů – 12 (40 %). Další respondenti měli diagnostikovaný vertebrogení algický syndrom – 9 (30 %). Další problémy u respondentů se vyskytovaly v podobě artrózy a artritických postižení velkých kloubů – 7 (23,3 %) a distorzí – 4 (13,3 %).



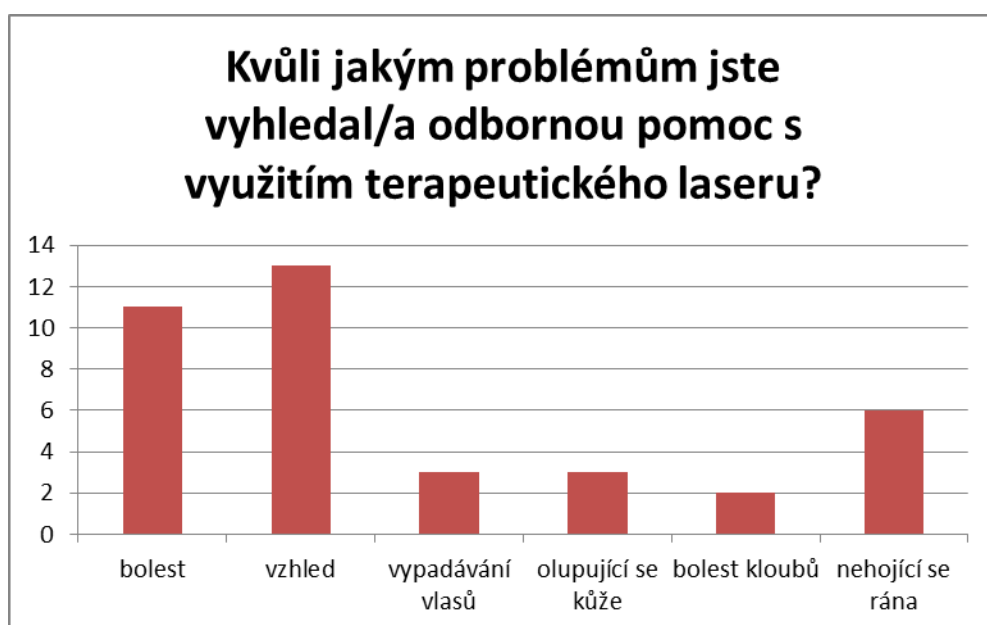
Graf 5: Diagnóza onemocnění dermatologického pracoviště

Z 35 dotazovaných (100 %) byla nejčastěji diagnostikována terapie jizevnatých tkání, a to v 9 případech (25,7 %). Další častou diagnózou byla terapie ran a vředů, 8x (22,9 %). Ve třech diagnózách byl stejný počet zastoupených, a to 4x (11,4 %) u herpes simplex, terapie popálenin a jiných. Acné vulgaris byla zastoupena 3x (8,6 %) a léčba alopecii taktéž.



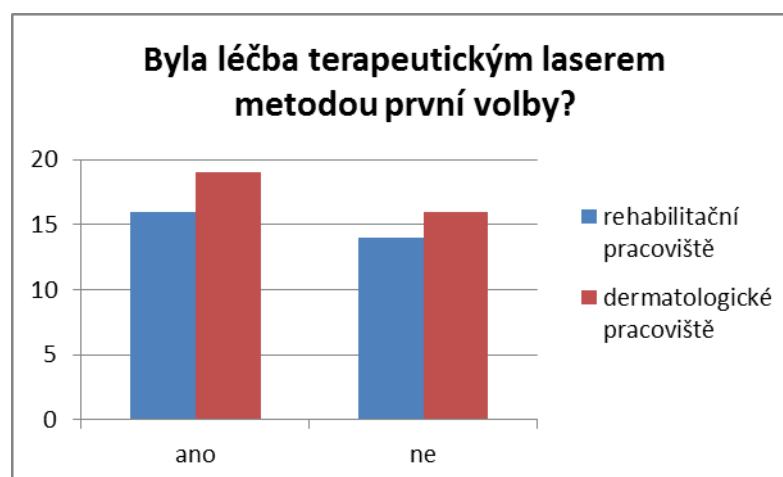
Graf 6: Indikace k léčbě rehabilitační pracoviště

Nejvíce se respondenti shodovali s odpovědí bolest, tuto možnost vypsalo 22 dotazovaných. Tato odpověď byla buď nespecifikovaná, nebo někteří uvedli přímo místo bolesti. Další odpovědi byli již v menším počtu shody, většinou podle každého jedince a jeho problému (přetížení šlach, tenisový loket, brnění ruky, distorze, problémy s kyčlí a úpony, snížená pohyblivost, ústřel do krční páteře). Dva respondenti tuto otázku nezodpověděli.



Graf 7: Indikace k léčbě dermatologické pracoviště

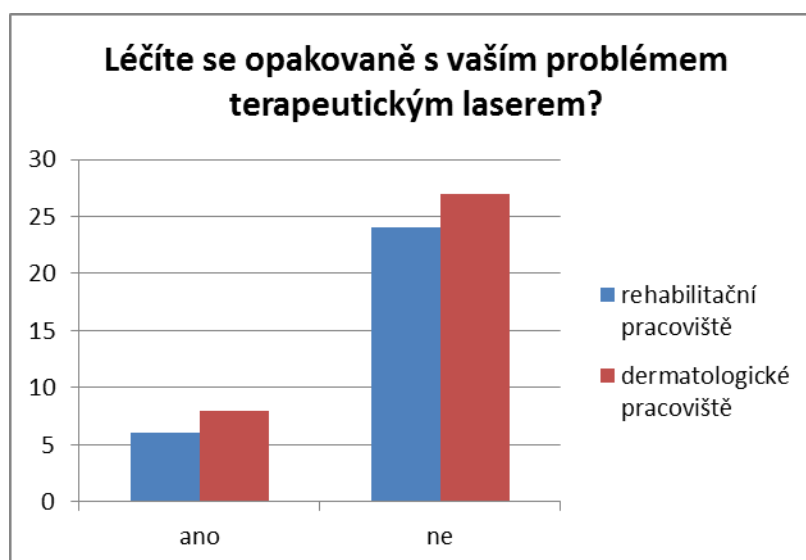
Nejčastější problém vyhledání odborné pomoci byl kvůli vzhledu – 13x (37,1 %). Dalším problémem byla bolest – 11x (31,4 %). Ostatní problémy byly 6x nehojící se rána (17,1 %), 3x vypadávání vlasů (8,6 %), 3x olupující se kůže (8,6 %) a ve dvou případech bolest kloubů (5,7 %).



Graf 8: Metoda první volby

Otázka byla zodpovězena všemi 30 respondenty (100 %). 16 dotazovaných (53,3 %) zvolilo terapeutický laser jako metodu první volby, u zbylých 14 respondentů (46,7 %) předcházela jiná metoda léčby.

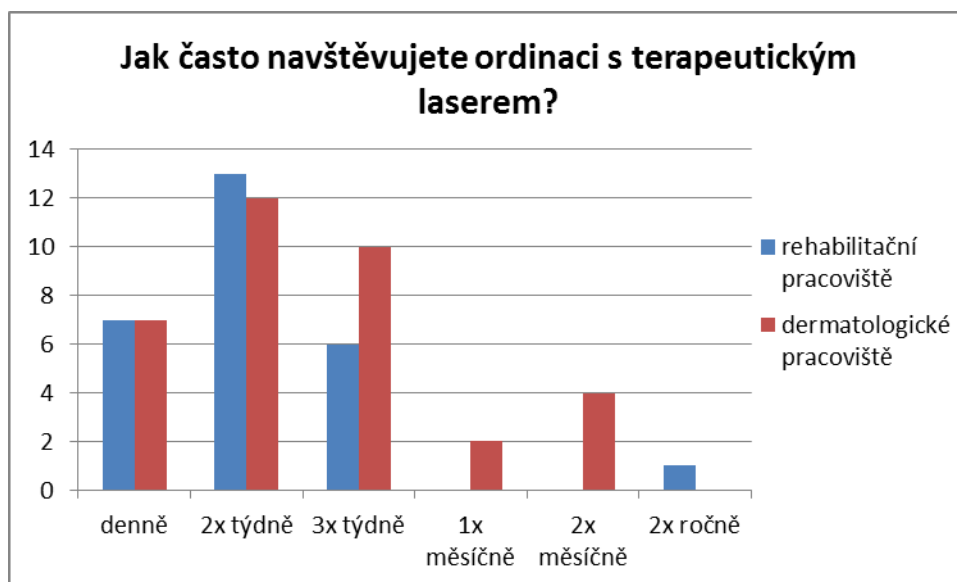
Ze 35 dotazovaných na dermatologickém pracovišti byla tato léčba volena jako metodou první volby u 19 z nich (54,3 %). U ostatních 16 respondentů (45,7 %) tohle metoda první volby nebyla.



Graf 9: Opakovaná léčba terapeutickým laserem

Ze 30 dotazovaných (100 %) se opakovaně laserem léčilo 6 respondentů (20 %). Zbylých 24 respondentů (80 %) víckrát tuto metodu léčby nevyužilo.

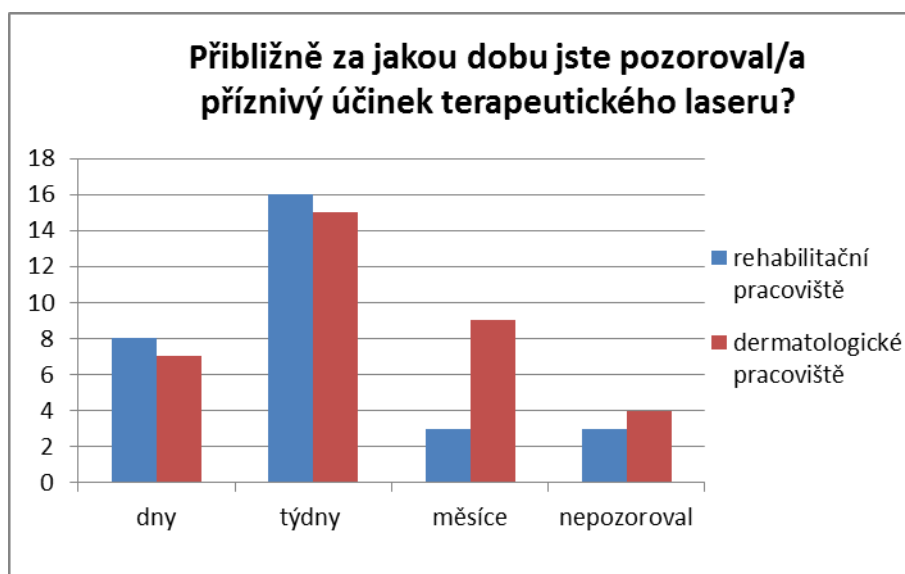
27 respondentů z dermatologického pracoviště (77,1 %) nevyužilo víckrát tuto metodu léčby. Ostatních 8 dotazovaných (22,9 %) se touto metodou léčilo vícekrát.



Graf 10: Návštěvnost ordinace

Z celkového počtu 30 respondentů zodpovědělo tuto otázku 27 z nich (90 %). Pravidelně navštěvuje 2x týdně ordinaci 13 dotazovaných (48,1 %). Denně navštěvuje ordinaci s LLLT 7 dotazovaných (25,9 %), 2x týdně do ordinace chodí 6 respondentů (22,2 %). Jeden dotazovaný zodpověděl, že navštěvuje ordinaci 2x ročně (3,7 %).

Nejvíce dotazovaní na dermatologickém pracovišti navštěvují ordinaci 2x do týdne a to ve 12 případech (34,3 %). Denně ordinaci navštěvuje 7 dotazovaných (20 %). 3x do týdne dojde na léčbu 10 respondentů (28,6 %). 4 respondenti chodí do ordinace 2x měsíčně (11,4 %) a dva dotazovaní navštíví ordinaci 1x do měsíce (5,7 %).



Graf 11: Příznivý účinek laseru

Z celkového počtu 30 respondentů (100 %) nejvíce pozorovali příznivý účinek za dobu několika týdnů, a to 16 z nich (53,3 %), 8 dotazovaných (26,7 %) pozorovalo příznivý účinek již po několika dnech léčby. 3 respondenti pozorovali příznivý účinek po dobu několika měsíců a 3 z dotazovaných po dobu léčby nepozorovali žádný příznivý účinek.

Nejvíce byl příznivý účinek na dermatologickém pracovišti pozorován u 15 respondentů během týdnů (42,9 %). Během měsíců pozorovalo zlepšení 9 dotazovaných (25,7 %). 7 respondentů pozorovalo zlepšení během několika dnů (20 %). 4 z dotazovaných příznivý účinek vůbec nepozorovali.



Graf 12: Negativní účinky

Ze 30 dotazovaných (100 %) negativní účinky nepozoruje 29 z nich (96,7 %). Jeden z dotazovaných (3,3 %) uvádí přetrvávající bolest.

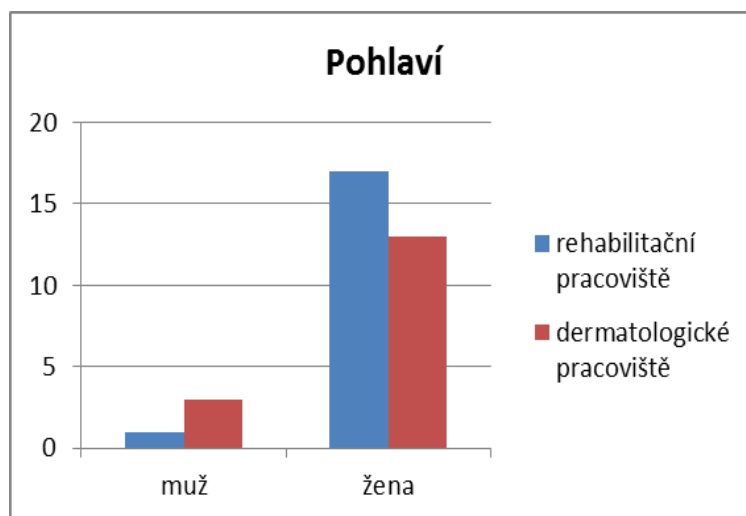
Ze 35 dotazovaných na dermatologickém pracovišti (100 %) všichni uvedli, že nepozorovali negativní účinek laseru.



Graf 13: Ochrana před laserem

Všichni dotazovaní respondenti – 30, resp. 35 (100 %) – zodpověděli, že při léčbě terapeutickým laserem jsou chráněni brýlemi.

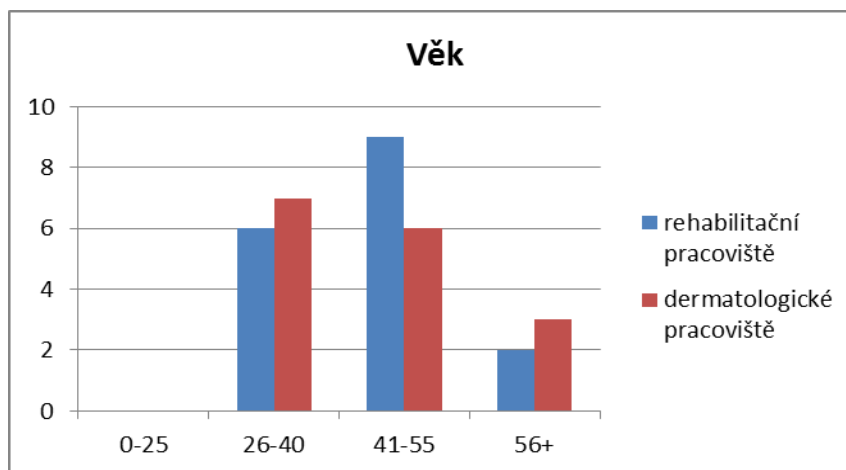
3.2 Personál



Graf 14: Pohlaví dotazovaných respondentů

Z celkového počtu 18 respondentů (100 %) se dotazníkového šetření zúčastnil 1 muž (5,6 %) a 17 žen (94,4 %).

Z celkového počtu 16 dotazovaných na dermatologickém pracovišti (100 %) na dotazník odpovědělo 13 žen (81,3 %) a 3 muži (18,7 %).



Graf 15: Věk dotazovaných respondentů

Z celkového počtu respondentů 18 (100 %) odpovědělo na tuto otázku 17 z nich (94,4 %). Nejpočetnější věkové zastoupení bylo ve skupině od 41- 44 let, a to

v počtu 9 (52,9 %). Věková skupina 26 - 40 byla zastoupena 6 respondenty (35,3 %). 2 dotazovaní byli starší 56 let (11,8 %).

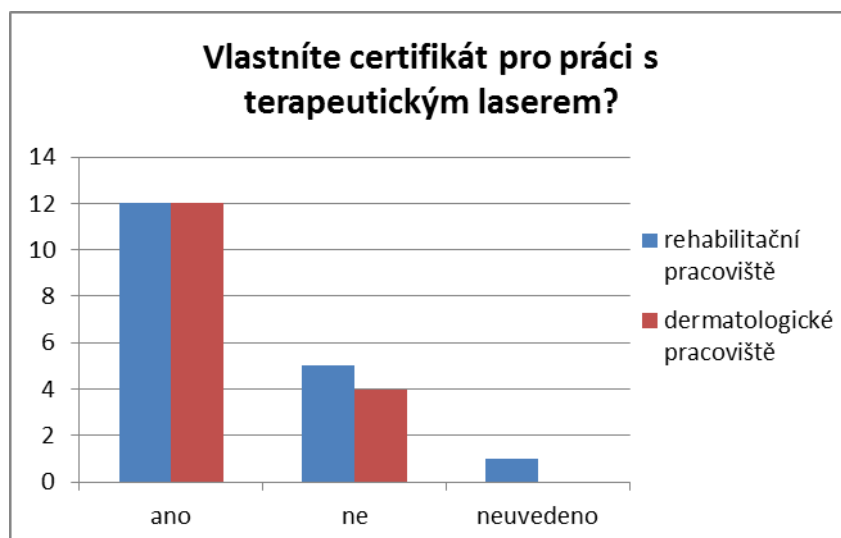
Z 16 dotazovaných na dermatologickém pracovišti byla nejvíce zastoupena věková kategorie od 26 do 40 let a to v počtu 7x (43,8 %). Věková kategorie od 41 do 55 let byla zastoupena 6 pracovníky (37,5 %). Kategorie starší 56 let byla obsazena 3 dotazovanými (18,8 %).



Graf 16: Dosažené vzdělání

Z celkového počtu 18 respondentů, odpovědělo na tuto otázku 17 z nich (94,4 %). Středoškolské vzdělání s maturitní zkouškou má 9 z dotazovaných (52,9 %). Do vyšší odborné školy chodili 4 pracovníci (23,5 %), stejně tak i na vysokou školu (23,5 %).

Nejvíce pracovníků na dermatologickém pracovišti má dosaženo středoškolské vzdělání s maturitou – 6 (37,5 %). Vyšší odborné vzdělání má 5 z dotazovaných (31,3 %), stejné zastoupení má i vysokoškolské vzdělání u pracovníků (31,3 %).



Graf 17: Vlastnění certifikátu

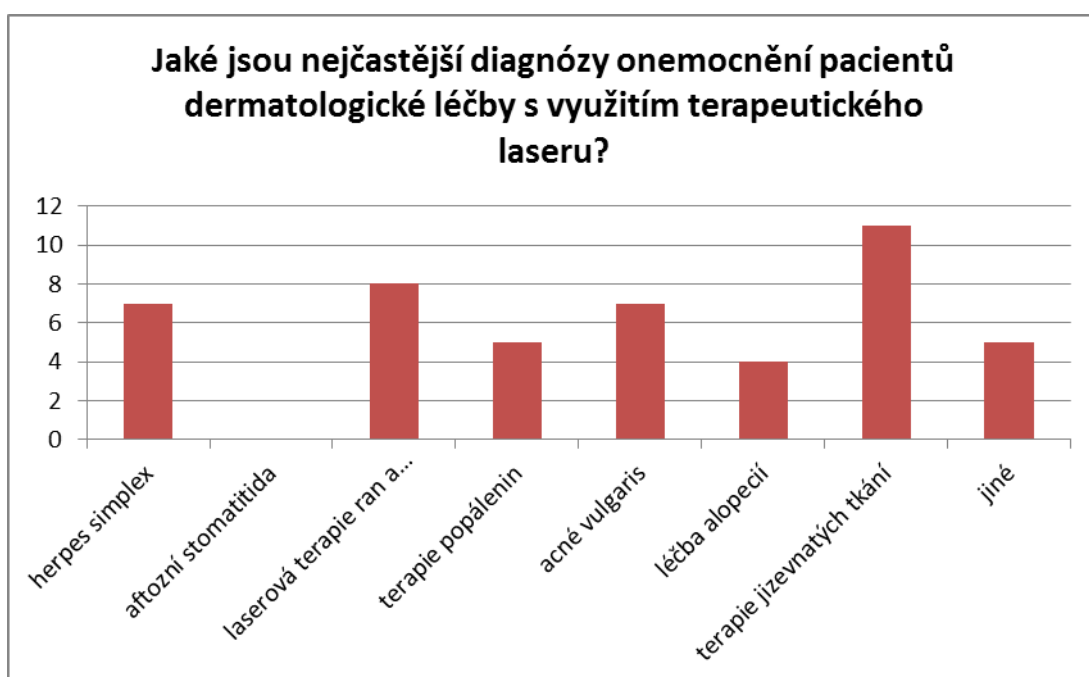
Z celkového počtu 18 dotazovaných tuto otázku zodpovědělo 17 z nich (94,4 %). Certifikát pro práci s terapeutickým laserem vlastní 12 z dotazovaných (70,6 %). 5 respondentů tento certifikát nemá (29,4 %).

Certifikát pro práci s laserem na dermatologickém pracovišti vlastní 12 dotazovaných (75 %), 4 z dotazovaných žádný certifikát nevlastní (25 %).



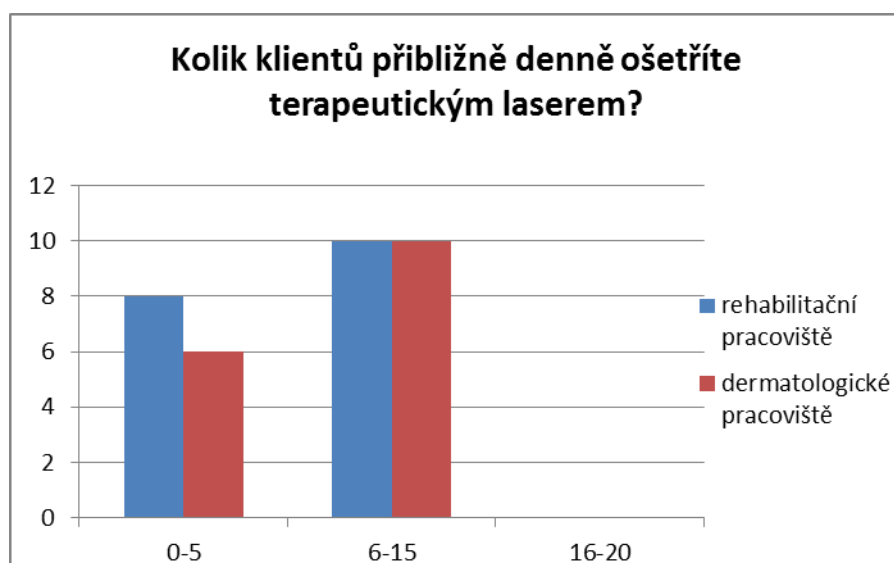
Graf 18: Nejčastější diagnózy rehabilitační léčby

Z celkového počtu 18 respondentů (100 %) byla nejčastěji diagnostikována bolest šlach a svalů 14x (77,8 %). Další častou diagnózou jsou bursitidy a poúrazové stavy ve stejném počtu po 11 (61,1 %). Distorze byla zastoupena v 10 případech (55,5 %). Vertebrogenní algický syndrom byl zastoupen v počtu 9 (50 %). V menších počtech poté byly zastoupeny artrózy – 6 (33,3 %), neuralgie, neurinitidy a periferní paréza 2x (11,1 %). Jiné diagnostiky pak v počtu 5 (27,8 %).



Graf 19: Nejčastější diagnózy dermatologické léčby

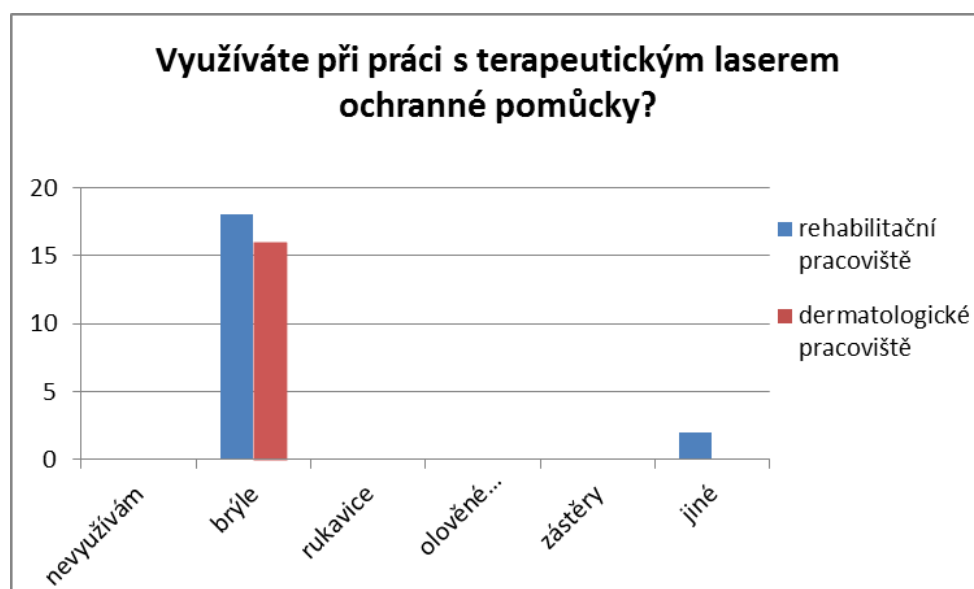
Mezi nejčastější diagnózy označili dotazovaní terapii jizevnatých tkání, a to 11x (68,8 %). Mezi další časté diagnózy patří laserová terapie ran a vředů, která byla zastoupena 8x (50 %), mezi další časté patří také herpes simplex 7x a acné vulgaris 7x (43,8 %). Terapie popálenin a jiné diagnózy byly zvoleny shodně 5x (31,3 %). Alopecie byla diagnostikována ve 4 případech (25 %).



Graf 20: Počet ošetřených klientů

Z celkového počtu 18 respondentů (100 %) ošetří 10 z nich terapeutickým laserem za den 6 - 15 klientů (55,6 %). Ostatních 8 pracovníků za den ozaří do 5 klientů (27,8 %).

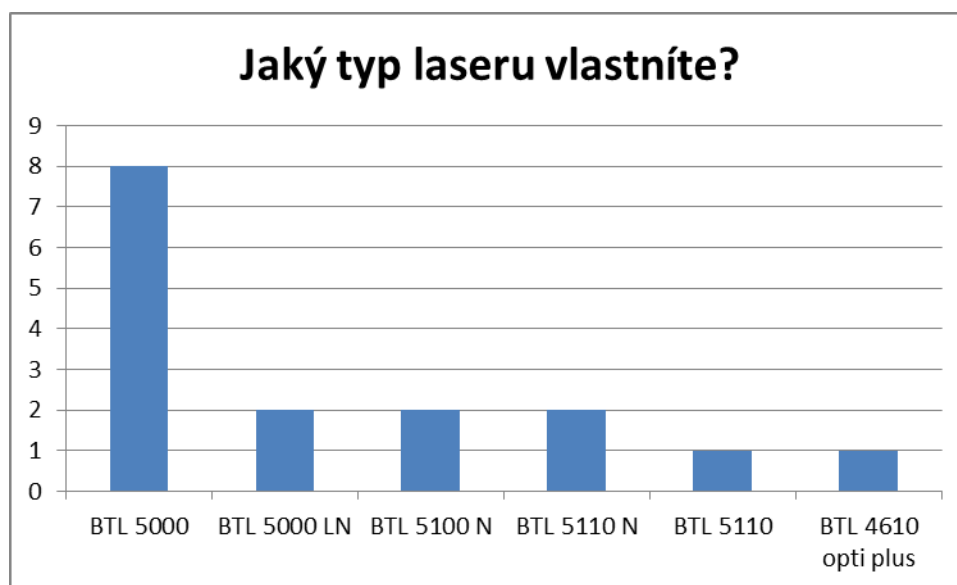
10 pracovníků na dermatologickém pracovišti (62,5 %) ošetří denně mezi 6 - 15 klienty. Zbýlých 6 pracovníků ošetří denně do 5 klientů (37,5 %).



Graf 21: Ochranné pomůcky

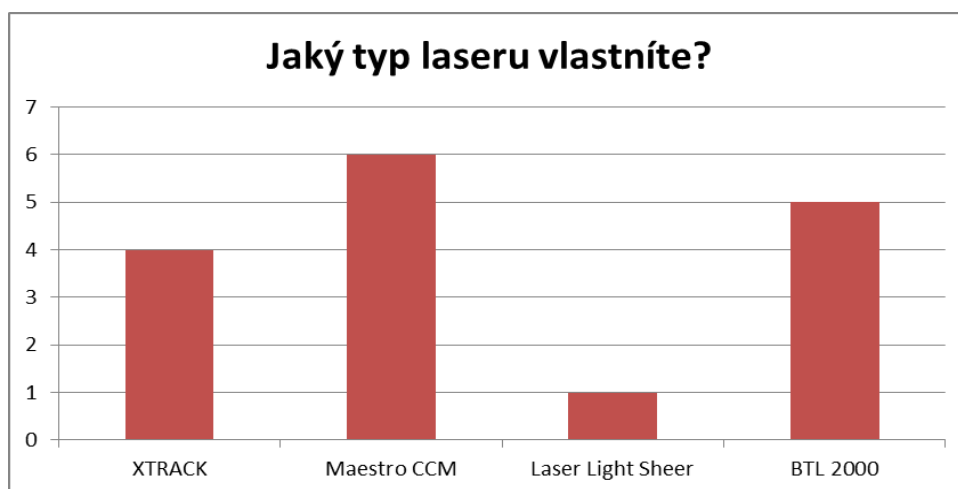
Z dotazovaných respondentů všech 18 používá při práci s laserem ochranné brýle (100 %). Další 2 dotazovaní uvedli, že používají i jiné ochranné pomůcky (5,6 %).

Všech 16 dotazovaných (100 %) využívá při práci s laserem ochranné brýle.



Graf 22: Typ laseru rehabilitační pracoviště

Z celkového počtu 18 dotazovaných (100 %) odpovědělo na tuto otázku 14 z nich (77,8 %). S laserem typu BTL 5000 o výkonu 180 mW pracuje 8 dotazovaných (57,1 %). Další laser BTL 5000 LN s výkonem do 500 mW využívají 2 pracovníci (14,3 %). Laser BTL 5100 N s výkonem do 500 mW využívají také 2 pracovníci (14,3%) stejně jako laser BTL 5110 s výkonem rovněž do 500 mW. Laser typu BTL 5110 o výkonu 1000 mW využívá jeden dotazovaný (7,1 %), stejně jako laser typu BTL 4610 opti puls s výkonem 400 mW.

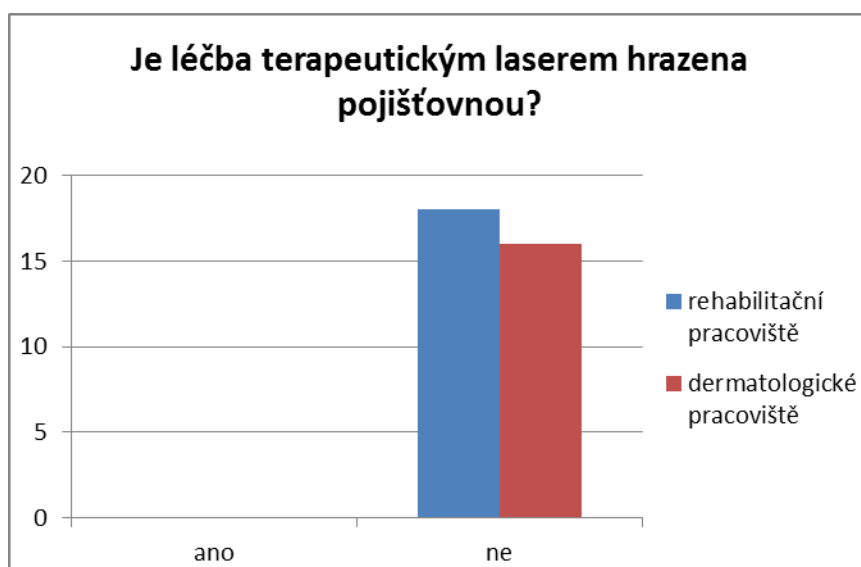


Graf 23: Typy laseru dermatologického pracoviště

Z celkového počtu 16 dotazovaných s přístrojem XTRACK o výkonu 5 mW pracuje 5 z nich (31,3 %). Přístroj Maestro o výkonu 70 - 1090 mW používá 6 respondentů (37,5 %). U laseru Light Sheer, který používá jeden dotazovaný (6,3 %), nebyl výkon zodpovězen. Laser BTL 2000 o výkonu 60 mW používá 5 dotazovaných (31,3 %).

Tabulka 2. Typ laseru a jeho výkon

Typ laseru	Výkon [mW]	Aplikátor sprcha [mW]
BTL 5000	180	
BTL 5000 LN	500	
BTL 5100 N	500	
BTL 5110 N	500	
BTL 5110	1000	
BTL 4610 Opti plus	400	4 x 50
Xtrack	5 mW	
Maestro CCM	70 - 1090 mW	
Laser Light Sheer	-	
BTL 2000	60 mW	



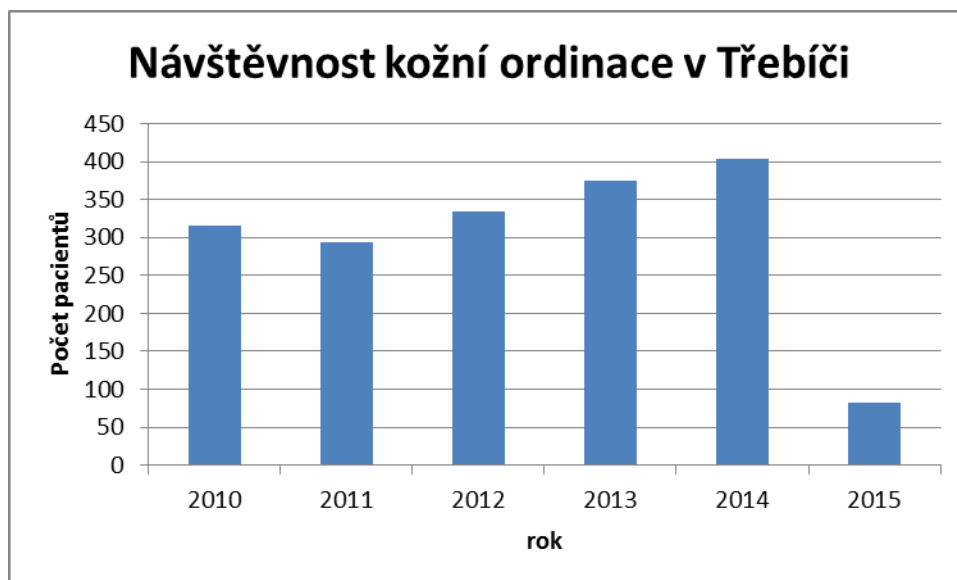
Graf 24: Úhrada pojišťovny

Všech 18 dotazovaných uvedlo (100 %), že léčba terapeutickým laserem není hrazena pojišťovnou, stejně jako všech 16 respondentů na dermatologickém pracovišti.

Všech 16 respondentů na dermatologickém pracovišti zodpovědělo, že léčba není hrazena pojišťovnou.

3. 3 Návštěvnost pacientů během 5 let

Data do výzkumu jsem získal na kožním oddělení v nemocnici v Třebíči.



Graf 25: Tendence návštěvnosti

Za rok 2010 navštívilo kožní ordinaci za účelem terapeutického ošetření laserem 315 klientů. V roce 2011 to bylo 294 klientů. Rok 2012 zaznamenal nárůst na 335 pacientů. O rok později byl počet pacientů 375. V roce 2014 navštívilo ordinaci 403 pacientů. Rok 2015 je uveden od 1. 1. do 30. 3. a v tomto termínu navštívilo ordinaci 82 pacientů.

4 Diskuze

Terapeutický laser je v dnešní době velmi využívanou léčebnou metodou, kterou používají jak specialisté na svých odborných pracovištích, tak i někteří praktičtí lékaři ve svých ordinacích. Uplatnění této léčebné metody je zastoupeno širokou škálou medicínských oborů. Můžeme ji najít na dermatologických pracovištích, na pracovištích rehabilitace, dále má také své uplatnění v gynekologii, chirurgii, kardiologii a také v onkologii v podobě fotodynamické terapie a dalších.

Ve výzkumu jsem se zaměřil na dvě cílová pracoviště, a to v podobě rehabilitačního a dermatologického. Na pracovištích jsem prováděl dotazníkové šetření, které bylo zaměřeno jak na pacienty, tak na personál těchto pracovišť. Celkem jsem navštívil 6 pracovišť, kde 4 pracoviště byly dermatologické a zbylé rehabilitační.

Z grafu č. 1 je jasně vidět, že převážná většina pacientů na obou pracovištích byla ženského pohlaví, což jsem nepředpokládal, neboť jsem čekal, že poměry zastoupení budou zhruba stejné. Zvláště na rehabilitačním pracovišti je vidět větší rozdíl mezi zastoupením mužů a žen.

Léčebnou metodu terapeutického laseru využívají všechny věkové kategorie. Při konzultaci s odborným personálem jsem se dozvěděl, že mezi klienty patří i děti od 2 let, což mě překvapilo, jedná se především o terapii jizev. V grafu č. 2 jsou znázorněny jednotlivé věkové skupiny, nejpočetnější je věková skupina od 41 - 55 let, a to na obou pracovištích.

Největší informovanost pacientů o léčbě terapeutickým laserem přichází ze strany samotného lékaře, tuto možnost na obou pracovištích zvolila velká většina respondentů. Na rehabilitačním pracovišti tomu bylo necelých 77 % dotazovaných. Dalším velkým počtem zdrojem informací byl zvolen internet, což je v dnešní době logické. Dále jako zdroj informací byla volena rodina a přátelé. Mezi méně volené zdroje informací pak patřila reklama a televize. Vše je zobrazeno v grafu č. 3.

Mezi nejčastějšími diagnózami na rehabilitačním oddělení dotazovaní uváděli bolest šlach a svalů – tuto možnost zvolilo 40 % dotazovaných. Mezi další časté diagnózy patřil rovněž vertebrogení algický syndrom, který definujeme jako bolest

v různých oblastech páteře s omezením pohyblivosti, s neurologickou symptomatikou nebo bez ní. Toto onemocnění bylo diagnostikováno u 9 dotazovaných. Další diagnózy byly stanoveny jako artrózy a artritické postižení velkých kloubů a distorze. Zastoupení jednotlivých diagnóz je zobrazeno v grafu č. 4. Dále bylo v dotazníku na výběr z těchto onemocnění: bursitidy, neuralgie a neurinitidy, poúrazové stavy, periferní parézy a jiné. Tyto možnosti však nezvolil nikdo z dotazovaných, ale personál pracoviště uváděl, že všechny tyto uvedené nemoci patří mezi časté diagnózy, jak uvádí také autor Procházka (2012).

Mezi nejčastější onemocnění na dermatologických pracovištích se zařadila terapie jizevnatých tkání, a to 9x. Po konzultaci na pracovištích mi všichni uvedli, že tento problém řeší nejčastěji a to v jakémkoliv věku. K dalším početným diagnózám patří terapie ran a vředů, která byla zastoupena 8 dotazovanými. Další diagnózy, jež byly vyplněny v dotazníku, jsou: herpes simplex, terapie popálenin, acne vulgaris, alopecie, psoriáza, m. peyrone. Grafické zobrazení v grafu č. 5.

Mezi problémy kvůli kterým vyhledávali pacienti léčbu terapeutickým laserem, patří v největším zastoupení bolest. Tuto nejčastější odpověď zvolilo 22 dotazovaných. Odpověď poté někteří dále specifikovali a jednalo se o různorodé druhy bolesti, a to bolesti krční, bederní páteře, zápěstí, dolní končetiny, kyčle, hlezna, zad, jizvy, šlachy, ramene, bolesti po operaci, svalů a hlavy. Dále byly uvedeny problémy s přetížením šlach, tenisový loket, brnění ruky, distorze, problémy s kyčlí a úpony, snížená pohyblivost, ústřel do krční páteře. Zde je vidět, že využití terapeutického laseru má velké využití na různé druhy bolesti a problémy (graf č. 6).

Na pracovištích dermatologie byl největším problémem pro vyhledání pomoci vřed a až za ním bolest (graf č. 7). Tyto dva problémy tvořily většinu odpovědí. Mezi další problémy patřily nehojící se rány, olupující se kůže a vypadávání vlasů.

Využití terapeutického laseru není vždy dominantní metodou a metodou první léčebné volby. Toto tvrzení vyplývá z grafu č. 8. Mezi metody, které předcházejí léčbě terapeutickým laserem, uváděli respondenti rehabilitačního oddělení především LTV (léčebný tělocvik), elektroléčbu a masáže. Dále využívali také magnetoterapii, vířivku, parafín, vodoléčbu, léčbu dd proudy, měkké techniky a kinezioterapii.

Na dermatologických pracovištích dotazovaní uváděli např. lokální léčbu (herpes), masáže (jizvy), TTC pasty (akné), kosmetické přípravky, masti, gely, léčbu v popáleninovém centru. Zde jsem byl poněkud zaskočen vysokým číslem, že lidé tuto metodu volili jako první volbu, neboť tato metoda nepatří mezi levné a není hrazená pojišťovnou. Ale zase na druhou stranu má vysokou pravděpodobnost vyléčení.

Z grafu č. 9 vyplývá, že léčba laserem nejspíše zabrala u většiny dotazovaných a tudíž se klienti nemuseli dostavovat k opakování léčby. Nebo je také možné, že léčba neúčinkovala a dotazovaní dále zvolili jinou metodu léčby, ale tuto možnost nepředpokládám. Jen málo z dotazovaných uvedlo, že chodí opakovaně na léčbu.

Návštěvnost ordinace s terapeutickým laserem se odvíjí podle diagnostikované nemoci. Jak uvádí autorka Kymplová (2000), 2x týdně by měli navštěvovat ordinaci pacienti s diagnózou alopecie, acne vulgaris, psoriáza, herpes simplex. Denně poté pacienti na terapie s ranou nebo vředem a jizvou. Nejvíce klientů dochází na léčbu terapeutickým laserem 2x týdně na obou pracovištích (graf č. 10), dále je vysoké zastoupení klientů z dermatologického pracoviště, kteří dochází na léčbu 3x za týden. Několik z dotazovaných také podstupuje léčbu denně. Ne však každý může denně nebo v určeném termínu docházet na léčbu.

Dá se říci, že laser má velmi příznivý účinek na léčbu. Toto tvrzení vyplývá z grafu č. 11. Dohromady z obou pracovišť 6 dotazovaných uvedlo, že žádný příznivý účinek nepozorovalo, což je velmi nízké číslo. Ostatní pozorovali nejvíce příznivý účinek v rámci týdnů. Další poté během několika dnů nebo měsíců.

Pouze 1 respondent uvedl, že pozoroval negativní účinky laseru (bolest). Ostatní neuvedli žádný nepříznivý účinek, tudíž se dá o metodě říct, že k žádným vedlejším účinkům nevede a proto je vhodná pro léčbu. Všichni z dotazovaných také zároveň uvedli, že při aplikaci terapeutického laseru byli chráněni ochrannými brýlemi. Tato ochrana je dostačující a není zapotřebí, aby byl pacient před zářením chráněn jiným způsobem.

Další dotazníkové šetření probíhalo s personálem, který používá k aplikaci terapeutický laser. Otázky byly konstruovány podobně jako v předchozím dotazníku. Tohoto šetření se zúčastnilo 18 pracovníků rehabilitačního pracoviště a 16 pracovníků

dermatologického pracoviště. Většinu personálu na obou pracovištích zastupují ženy a to celkem výrazně (graf č. 14). Zastoupení věkové kategorie personálu je poté zaznamenáno v grafu č. 15.

Pro zacházení s terapeutickým laserem není potřeba mít vysokoškolské vzdělání. Převážná většina respondentů má pouze středoškolské vzdělání zakončené maturitní zkouškou, a to na obou pracovištích (graf č. 16). Dále dotazovaní uváděli vzdělání vyšší odborné či vysokoškolské. Zde vypisovali dotazovaní svoje tituly jako Bc., Mgr., Ing., MUDr.

V další otázce, která se zabývala skutečností, zda ošetřující personál s terapeutickým laserem vlastní určitý certifikát, jsem byl překvapen, jelikož někteří dotazovaní uvedli, že žádný certifikát nemají. Po konzultaci s pracovníky jsem se ale dozvěděl, že certifikát nevlastní, ale prošli školením pro zacházení a obsluhu přístroje. Dále někteří uvedli přímo typ certifikátu č. 235/T-010/1999 na protilaserové brýle. Tyto výsledky jsou zpracovány v grafu č. 17.

Dotazovaní uváděli, že mezi nejčastější onemocnění na rehabilitačních pracovištích patří bolest šlach a svalů a to ve 14 případech. Další častou příčinou léčby terapeutickým laserem jsou poúrazové stavy a bursitidy. Dále se také ve větším počtu případů objevují distorze a vertebrogenní algický syndrom. V menších počtech diagnóz byly pak vedeny artrózy, neuralgie a periferní parézy (v obličeji). Mezi jiné uváděli dotazovaní např. jizvy a hematomy. Grafické zobrazení nejčastější diagnóz je v grafu č. 18.

Na dermatologických pracovištích mezi nejčastější diagnózy respondenti uváděli terapii jizevnatých tkání, mezi další časté patří terapie ran a vředů. Dalším častým problémem je acne vulgaris a herpes simplex. Mezi dalšími se vyskytovaly tyto diagnózy: terapie popálenin, psoriáza, alopecie. Na všech pracovištích mi personál sdělil, že nejčastěji mezi klienty patří právě ti, kteří se léčí s jizevnatou tkání nebo s terapií ran a vředů. Vše je zobrazeno v grafu č. 19.

Při otázce kolik průměrně personál ošetří za den pacientů, mne poněkud zaskočilo, že číslo nepřesáhlo 15 ošetření (graf č. 20). Očekával jsem, že o léčbu laserem bude větší zájem, ale jelikož léčba není hrazena pojišťovnou (graf č. 24), je

pochopitelné, že nemocní hledají jiný způsob léčby. Nejvíce personál uváděl, že ošetří denně mezi 6 - 15 klienty.

Při aplikaci terapeutického laseru používá personál jako ochranou pomůcku brýle. Tuto možnost zvolili všichni dotazovaní na obou pracovištích. Další také uvedli, že jako ochranou pomůckou je výstražná tabulka na dveřích + koule a zakrytí reflexní plochy. Sám jsem se přesvědčil, že na všech pracovištích, které jsem navštívil, byly na dveřích výstražné tabulky. Grafické zobrazení ochranných pomůcek v grafu č. 21.

V grafu č. 25 je zobrazena návštěvnost pacientů v kožní ordinaci v Třebíči. Data jsem získal od roku 2010, kdy toto pracoviště navštívilo 315 klientů. V roce 2011 počet klientů mírně klesl, a to na 294. Od roku 2012 počet klientů, kteří navštívili toto pracoviště, už jenom rostl. V roce 2012 to bylo 335 klientů, v roce 2013 375 klientů a v roce 2014 přesáhla návštěvnost klientů hranici 400, a to v počtu 412 klientů. Za letošní rok (od 1. 1. do 31. 3. 2015) navštívilo tuto ordinaci 82 klientů, tudíž se dá předpokládat, že i v letošním roce přesáhne hranici ošetření přes 400 pacientů. Dále jsem se dozvěděl, že návštěvnost klientů je dána ročním obdobím. V létě (červen – srpen) se tato léčba provádí nejméně ze všech ročních období.

Nepodařilo se mi bohužel získat data ohledně návštěvnosti jiných pracovišť, neboť si neuchovávaly záznamy z dřívějších let. Pouze po konzultaci mi bylo sděleno na pracovišti rehabilitace v Českých Budějovicích, že tendence od roku 2010 stoupala přibližně do roku 2012. Poté mírně klesala, ale nyní by měla opět vzrůstat. Domnívám se, že kdyby byla tato léčebná metoda hrazena pojišťovnou, klienti by projevíli mnohem větší zájem o tento způsob léčby.

5 Závěr

Bakalářská práce je zaměřena na využití terapeutického laseru v medicíně. Při jejím zpracování jsem byl překvapen, v kolika lékařských odvětvích se tato léčebná metoda používá a také při jakých problémech je nejvíce vyhledávána a využívána.

Mezi cíle mé práce patřila analýza nejčastější diagnózy při využití terapeutického laseru v medicíně, zabývání se radiační ochranou pracovníků a pacientů při léčbě terapeutickým laserem a také analýza kompetence aplikujících pracovníků.

V první části bakalářské práce jsem se zaměřil na teoretické poznatky o samotném laseru, kde jsem popsal jeho princip a vlastnosti. Dále jsem se zaměřil na složení laseru a uvedl jednotlivé zařazení tříd laserů. Zde jsem také zmínil biologický účinek, tj. účinek terapeutického laseru na buněčné úrovni. Zabýval jsem se také fotodynamickou terapií, terapií bolesti a využitím v dermatologické léčbě. Zahrnul jsem také kapitulu o ozařování krve a použití LLLT před sportovním výkonem.

Ve druhé části jsem se zabýval výzkumem, který jsem prováděl pomocí dotazníkového šetření na rehabilitačních a dermatologických pracovištích. Z vyhodnocených dotazníků rehabilitačních pracovišť jsem zjistil, že mezi nejčastější onemocnění, které se léčí terapeutickým laserem z pohledu pracovníku, patří bolest šlach a svalů (77,8 %). Dále jsou častým problémem poúrazové stavy a bursitidy (61,1 %). Z pohledu pacientů se nejvíce jedná o bolest šlach a svalů (40 %). U dermatologických pracovišť z pohledu pacientů tomu byla terapie jizevnatých tkání (25,7 %) a terapie ran a vředů (22,9 %). Z pohledu personálu to bylo stejné – terapie jizevnatých tkání (68,8 %) a terapie ran a vředů (50 %). Z dotazníkového šetření jsem zjistil i ochranu pacientů a personálu, všichni dotazovaní jsou při aplikaci chráněni brýlemi. Dále jsou vstupní dveře do místnosti s laserem vybaveny informační ochranou tabulkou a koulí na klice.

Tato bakalářská práce by mohla dále sloužit jako zdroj informací nebo pomocný materiál studentům.

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] NAVRÁTIL, Leoš. *Medicínská biofyzika*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005, 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- [2] Princip laseru. [online]. [cit. 2014-11-23]. Dostupné z: <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Svadlenkova/Princip%20laseru.pdf>
- [3] KUNA, Pavel a Leoš NAVRÁTIL. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Manus, 2005, 222 s. ISBN 80-865-7109-2.
- [4] Lasery: Součásti laserů. [online]. [cit. 2014-11-28]. Dostupné z: <http://lasery.wz.cz/soucasti.html>
- [5] Kolektiv, autorů. *Moderní fototerapie a laseroterapie*. Vyd. 1. Editor Leoš Navrátil. Praha: MANUS, 2000, 227 s., [22] s. obr. příl. ISBN 80-902-3183-7.
- [6] Radiobiologie: Biologické účinky. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/8-kapitola/82/823.html>
- [7] BOZPinfo: Ochrana zdraví při práci s laserem. [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/tema_tydne/BOZP_lasery110923.castdruha.html
- [8] Safety shop: Laserové pracoviště. [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.safetyshop.cz/data/products/200299.gif>
- [9] Laser ZCU: Specifikace laserových zařízení. [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://laser.zcu.cz/wiki/specifikace-laserovych-zarizeni>
- [10] ZEMAN, Marek. *Základy fyzikální terapie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2013, 105 s. ISBN 978-80-7394-403-2.
- [11] ROZMAN, Jiří. *Elektronické přístroje v lékařství*. 1. vyd. Praha: Academia, 2006, 406 s., 24 s. Česká matice technická, roč. 111, č. spisu 494. ISBN 8020013083.
- [12] CAPKO, Ján. *Základy fyziotrické léčby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1998, 394 s., obr. ISBN 8071693413.

- [13] VRBOVÁ, Miroslava. *Lasery a moderní optika - oborová encyklopedie*. 1. vyd. Praha: Prometheus, 1994, 474 s. ISBN 80-85849-56-9.
- [14] Fotodynamická terapie. KOLÁŘOVÁ, Hana. [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kra/externi/kra_7169/ch09.htm
- [15] Fotodynamická terapie. *Wikipedie* [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotodynamick%C3%A1_terapie
- [16] Radiobiologie. *Fotodynamická terapie - PDT* [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/8-kapitola/84.html>
- [17] Zdravotnická medicína: Moderní fototerapie v dermatologii. [online]. 2010 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/moderni-fototerapie-v-dermatologii-minimalizace-rizik-450832>
- [18] Laser in medicel science: Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. [online]. 2011 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10103-011-0955-5>
- [19] KOKOŠOVÁ, Martina a František KOKOŠ. *Bioquant polovodičová laserová terapie: Laserové ozařování krve a definice pojmů* [online]. Yalong Trade, s.r.o, 2014 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: http://www.sviticinos.cz/media/files/bioquant_kniha_a5_k1.pdf
- [20] Dermatologie pro praxi: Možnosti využití laserů v dermatologii. CHALOUPECKÁ, Jitka. [online]. 2008 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2008/02/13.pdf>
- [21] BEDŘICHOVÁ, Simona. *Léčba akné biostimulačním laserem* [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://www.medicom.cz/UserFiles/File/Lekarske/Clinical%20Report%205%20Bedrichova%20CZ.pdf>
- [22] *Biostimulační laser: Laser v dermatologii* [online]. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://kosmetika.webgarden.cz/rubriky/biostimulacni-laser/laser-v-dermatologii>

- [23] *Terapeutické lasery* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z:
http://www.btl.cz/download.php?FNAME=1181736699_l312.upl&ANAME=BTL-laser_CAT_CZ201.pdf
- [24] MEDICOM. *Prezentace léčby alopecie pomocí LLLT* [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z:
<http://www.medicom.cz/UserFiles/File/Lekarske/Clinical%20Report%208%20Melkova%20CZ.pdf>
- [25] LASER PARTNER. *Laserová terapie* [online]. [cit. 2015-03-14]. Dostupné z:
<http://www.kxlaser.cz/userfiles/file/t2/LASEROVA-TERAPIE-zcela-nove-reseni-pro-zdanlive-nevylecitelne-choroby.pdf>
- [26] PROCHÁZKA, Miroslav. *Některé klinické postřehy z dvacetileté praxe v laserové rehabilitaci* [online]. 2012 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z:
<http://www.rehabjarov.cz/?q=laser>
- [27] *Současné možnosti využití neinvazivních laserů* [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.zdrava-rodina.cz/med/med0301/med0321.html>
- [28] *Použití terapeutického laseru (LLLT) v léčbě onemocnění pohybového aparátu* [online]. [cit. 2015-03-27]. Dostupné z:
<http://www.sanquis.cz/index2.php?linkID=art489>
- [29] MEDLINE. *Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light* [online]. 2012 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3635110/>
- [30] ZDRAVOTNICTVÍ MEDICÍNA. *Neinvazivní lasery v medicíně* [online]. 2014 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/neinvazivni-lasery-v-medicine-476276>
- [31] JAVŮREK, Jan. *Fototerapie biolaserem: léčebná metoda budoucnosti*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1995, 201 s. ISBN 80-7169-046-5.

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Schéma laseru ^[3]	17
Obrázek č. 2 - značka laserového pracoviště ^[8]	18
Obrázek č. 3 - Mechanismus účinku terapeutického laseru ^[6]	24
Obrázek č. 4 - Bazalion před PDT ^[17]	33
Obrázek č. 5 - Bazalion po PDT ^[17]	33
Obrázek č. 6 - Intravenózní ozařování krve ^[19]	37
Obrázek č. 7 - Transkutánní laserové ozařování krve ^[19]	37
Obrázek č. 8 - Intranazální ozařování krve ^[19]	38

Seznam tabulek

Tabulka 1. Frekvence modulace podle Nogiera.....	23
Tabulka 2. Typ laseru a jeho výkon	58

Seznam grafů

Graf 1: Pohlaví dotazovaných respondentů	42
Graf 2: Věk dotazovaných respondentů.....	43
Graf 3: Zdroje informací o léčbě	44
Graf 4: Diagnóza onemocnění rehabilitační pracoviště.....	45
Graf 5: Diagnóza onemocnění dermatologického pracoviště.....	46
Graf 6: Indikace k léčbě rehabilitační pracoviště	46
Graf 7: Indikace k léčbě dermatologické pracoviště.....	47
Graf 8: Metoda první volby	48
Graf 9: Opakovaná léčba terapeutickým laserem	48
Graf 10: Návštěvnost ordinace.....	49
Graf 11: Příznivý účinek laseru	50
Graf 12: Negativní účinky	51
Graf 13: Ochrana před laserem	51
Graf 14: Pohlaví dotazovaných respondentů	52
Graf 15: Věk dotazovaných respondentů.....	52

Graf 16:	Dosažené vzdělání	53
Graf 17:	Vlastnění certifikátu	54
Graf 18:	Nejčastější diagnózy rehabilitační léčby	54
Graf 19:	Nejčastější diagnózy dermatologické léčby	55
Graf 20:	Počet ošetřených klientů	56
Graf 21:	Ochranné pomůcky	56
Graf 22:	Typ laseru rehabilitační pracoviště	57
Graf 23:	Typy laseru dermatologického pracoviště	58
Graf 24:	Úhrada pojišťovny	59
Graf 25:	Tendence návštěvnosti	60

Seznam příloh

Příloha 1.	– Dotazník pro personál	74
Příloha 2.	– Dotazník pro pacienty	77
Příloha 3.	Výstražná tabulka na dveřích pracoviště	78
Příloha 4.	Přístroj XTRACK	78
Příloha 5.	Přístroj BTL 5110	79
Příloha 6.	Léčba akné před a po použití laseru ^[21]	79

7 Přílohy

Vážený respondente,
jsem studentem Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kde studuji obor radiologický asistent. Tímto bych Vás rád požádal o vyplnění níže uvedeného dotazníku. Dotazník bude sloužit k získání informací do mé bakalářské práce s názvem Využití terapeutického laseru v medicíně. Dotazníky budou zpracovány naprosto anonymně. Účast na tomto výzkumu je zcela dobrovolná.

Děkuji Vám za spolupráci.

Jan Veselý

1. Pohlaví?

☐ muž

☐ žena

2. Kolik Vám je let?

3. Jaké je Vaše vzdělání?

☐ základní

☐ středoškolské zakončené výučním listem

☐ středoškolské zakončené maturitní zkouškou

☐ vyšší odborné

☐ vysokoškolské jaké

☐ Bc.

☐ Mgr.

☐ MUDr.

☐ jiné (uved'te)

4. Vlastníte certifikát pro práci s terapeutickým laserem?

☐ ano (jaký)

☐ ne

5. A) Jaké jsou nejčastější diagnózy onemocnění pacientů rehabilitační léčby s využitím terapeutického laseru?

☐ artrózy a artritické postižení velkých kloubů

☐ distorze

☐ bursitidy

☐ bolesti šlach a svalů

☐ vertebrogenní algický syndrom

☐ neuralgie, neurinitidy

☐ poúrazové stavy

☐ periferní paréz

☐ jiné (uved'te)

B) Jaké jsou nejčastější diagnózy onemocnění pacientů dermatologické léčby s využitím terapeutického laseru

☐ herpes simplex

☐ aftozní stomatitida

☐ laserová terapie ran a vředů

☐ terapie popálenin

☐ acné vulgaris

☐ léčba alopecií

☐ terapie jizevnatých tkání

☐ jiná (uved'te)

6. Kolik klientů přibližně denně ošetříte terapeutický laserem

☐ 0 - 5

☐ 6 - 15

☐ 16 - 20

☐ 21 – 30

☐ 30 a více

7. Využíváte při práci s terapeutickým laserem ochranné pomůcky?

☐ nevyužívám

☐ brýle

☐ rukavice

☐ olověné vesty

☐ zástěry

☐ jiné (uved'te)

8. Jaký typ laseru vlastníte?

9. Jaký je výkon vašeho laseru?

10. Je léčba terapeutickým laserem hrazena pojišťovnou?

☐ ano

☐ ne

Příloha 1. – Dotazník pro personál

Vážený respondente,
jsem studentem Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kde studuji obor radiologický asistent. Tímto bych Vás rád požádal o vyplnění níže uvedeného dotazníku. Dotazník bude sloužit k získání informací do mé bakalářské práce s názvem Využití terapeutického laseru v medicíně. Dotazníky budou zpracovány naprosto anonymně. Účast na tomto výzkumu je zcela dobrovolná.

Děkuji Vám za spolupráci.

Jan Veselý

1. Pohlaví?

☐ muž

☐ žena

2. Kolik Vám je let?

3. Jak jste se dozvěděl o léčbě terapeutickým laserem?

☐ lékař

☐ rodina

☐ přátelé

☐ internet

☐ televize

☐ reklama

☐ jinak (uveďte)

4. A) Jaké onemocnění Vám bylo diagnostikováno?

☐ herpes simplex

☐ aftozní stomatitida

☐ laserová terapie ran a vředů

- ☐ terapie popálenin
- ☐ acné vulgaris
- ☐ léčba alopecií
- ☐ terapie jizevnatých tkání
- ☐ jiné (uved'te)

B) Jaké onemocnění Vám bylo diagnostikováno?

- ☐ artrózy a artritické postižení velkých kloubů
- ☐ distorze
- ☐ bursitidy
- ☐ bolesti šlach a svalů
- ☐ vertebrogenní algický syndrom
- ☐ neuralgie, neurinitidy
- ☐ poúrazové stavy
- ☐ periferní paréz
- ☐ jiné (uved'te)

5. Kvůli jakým problémům jste vyhledal/a odbornou pomoc s využitím terapeutického laseru?

6. Byla léčba terapeutickým laserem metodou první volby?

- ☐ ano
- ☐ ne (jaké předcházely)

7. Léčíte se opakovaně s vaším problémem terapeutickým laserem?

- ☐ ano (po kolikáté)
- ☐ ne

8. Jak často navštěvujete ordinaci s terapeutickým laserem?

9. Přibližně za jakou dobu jste pozoroval/a příznivý účinek terapeutického laseru?

☐ dny

☐ týdny

☐ měsíce

10. Pozorujete nějaké negativní účinky terapeutického laseru?

☐ ne

☐ ano (jaké)

11. Jste nějak chráněn, při aplikaci terapeutického laseru?

☐ ne

☐ ano (jak)

Příloha 2. – Dotazník pro pacienty



Příloha 3. Výstražná tabulka na dveřích pracoviště



Příloha 4. Přístroj XTRACK



Příloha 5. Přístroj BTL 5110



Příloha 6. Léčba akné před a po použití laseru^[21]