

UNIVERZITA KARLOVA  
**3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**



**Sára Čechová**

**Ošetrovatelská péče  
u pacienta s míšní neuromodulací**

*Nursing care in a patient  
with a spinal cord neuromodulation*

*Bakalářská práce*

Praha, květen 2024

Autor práce: **Sára Čechová**

Studijní program: **Všeobecné ošetřovatelství**

Bakalářský studijní obor: **Všeobecné ošetřovatelství**

Vedoucí práce: **MUDr. Tomáš Moravec**

Pracoviště vedoucího práce: **Neurochirurgická a Neuroonkologická  
klinika 1. LF UK a ÚVN**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracoval/a samostatně a použil/a výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má závěrečná práce byla používána ke studijním účelům.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému Theses.cz a Turnitin za účelem soustavné kontroly podobnosti závěrečných prací.

V Praze dne 28. května 2024

.....

Sára Čechová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce MUDr. Tomáši Moravcovi za jeho svědomité, důkladné a profesionální vedení. Jeho odborné znalosti, osobní přístup a čas věnovaný této práci jsou neocenitelné.

Rovněž bych ráda poděkovala pacientům, se kterými jsem měla příležitost spolupracovat při tvorbě mé práce, a společnosti Medtronic za poskytnutí potřebných podkladů a informací.

Poděkování náleží též všem respondentům, z jejichž zkušeností a odbornosti jsem měla možnost čerpat.

# Obsah

ÚVOD.....	8
-----------	---

## A. ČÁST TEORETICKÁ

<b>1. ANATOMIE A FYZIOLOGIE NERVOVÉHO SYSTÉMU .....</b>	<b>11</b>
1.1. Stavba a struktura nervového systému .....	11
1.2. Centrální nervový systém .....	13
1.3. Periferní nervový systém.....	19
1.4. Patofyziologie bolesti .....	22
1.4.1. Vrátková teorie bolesti .....	24
<b>2. HISTORIE A VÝVOJ NEUROMODULACE .....</b>	<b>25</b>
<b>3. NEUROMODULACE .....</b>	<b>29</b>
3.1. Typy neuromodulační metody.....	29
3.1.1. Neurostimulační invazivní metoda.....	29
3.1.2. Neuromodulační neinvazivní metoda.....	31
3.1.3. Neuromodulační metoda dle místa stimulu.....	31
3.2. Technický popis.....	32

## B. ČÁST PRAKTICKÁ

<b>1. MÍŠNÍ NEUROMODULACE.....</b>	<b>35</b>
1.1. Výběr pacienta.....	35
1.2. Indikace k implantaci SCS .....	36
1.3. Ambulantní péče před implantací míšní neuromodulace .....	40
1.4. I. doba neuromodulace z pohledu lékařské péče .....	41
1.4.1. I. doba – Trial fáze .....	41
1.4.2. Nastavení neurostimulátoru.....	44
1.5. I. doba z pohledu ošetrovatelské péče .....	46
1.5.1. Příjem pacienta .....	46
1.5.2. Krátkodobá operační příprava .....	47
1.5.3. Bezprostřední operační příprava .....	49
1.5.4. Role neuromodulační sestry během operačního zákroku .....	49
1.5.5. Pooperační péče .....	50
1.6. II. doba z pohledu lékařské péče .....	54
1.7. II. doba z pohledu ošetrovatelské péče.....	55
1.7.1. Krátkodobá operační příprava .....	55
1.7.2. Bezprostřední operační příprava .....	56
1.7.3. Pooperační péče .....	56
1.8. Pooperační režim.....	58
1.9. Poimplantační komplikace .....	58
1.10. Ambulantní péče po implantaci.....	60

<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>65</b>
<b>SEZNAM OBRAZOVÝCH PŘÍLOH .....</b>	<b>67</b>
<b>OBRAZOVÉ PŘÍLOHY .....</b>	<b>68</b>

*Motto:*

*"Bolest není trest, ale výzva  
k nalezení řešení."*

*Hans Selye*

## Úvod

Téma mé bakalářské práce "Ošetrovatelská péče u pacienta s míšní neuromodulací" vychází z osobního pozorování nedostatečné informovanosti všeobecných sester, na neurochirurgickém oddělení, o pacientech s touto problematikou. Během svých souvislých praxí ve druhém semestru bakalářského studia jsem se s termínem neuromodulace setkala poprvé a zaujalo mě téma celkové péče o tyto specifické pacienty.

Všeobecné sestry na neurochirurgickém oddělení disponovaly pouze bazálními informacemi jak o léčebné proceduře, tak i o pacientech s míšní neuromodulací, které byly nezbytné k poskytnutí adekvátní ošetrovatelské péče. Nicméně detailnější informace o této problematice nebyly poskytnuty, ani blíže dostupné, a u všeobecných sester nebyl stimulován zájem dozvědět se o této léčebné metodě širší informace.

Naplnění mého zájmu mě tedy vedlo nejen k sekundárnímu hlubšímu studiu literatury, ale především bylo nezbytné obrátit se na ošetroující lékaře těchto pacientů s mnoha dotazy ohledně této léčebné metody.

Cílem mé práce je informovat všeobecné sestry nejen z neurochirurgického oddělení, ale i z jiných oborů, o procesu ošetrovatelské péče u těchto specifických pacientů.

Vzhledem k dynamické povaze zdravotnické péče je důležité, aby se sestry neustále vzdělávaly a rozvíjely své dovednosti v souladu s nejnovějšími poznatky a technologiemi. Tato bakalářská práce, jak skromně doufám, představuje krok vpřed v tomto směru a poskytne všeobecným sestřám cenné nástroje a znalosti pro úspěšné poskytování péče pacientům s míšní neuromodulací.

Teoretická část práce je věnována anatomii a fyziologii periferního a centrálního nervového systému a vrátkové teorii bolesti. Následně se práce zabývá definicí pojmu neuromodulace, jejímu účelu i cílové skupině. Z lékařského hlediska budou popsána kritéria pro výběr pacientů, kteří jsou vhodnými kandidáty pro implantaci neuromodulačního systému. Dále budou popsány jednotlivé fáze,



kterými pacienti prochází, tzn. od první návštěvy ambulance, přes přípravu na operační zákrok a hospitalizaci v nemocnici, až po následnou péči v rámci nemocniční péče v jednotlivých fázích: trial, druhé a follow-up fáze.

Část praktická se pak zaměřuje na ošetrovatelskou péči poskytovanou pacientům s míšní neuromodulací. Budou zde popsány, kroky a doporučení pro všeobecné sestry k péči o pacienty před implantací i během jednotlivých fází implantace.

Na základě získaných informací, analýzy i vlastních zkušeností o této problematice vznikla i edukační brožura, která je součástí této bakalářské práce. Věřím, že tato brožura bude užitečná nejen pro všeobecné sestry, ale i pro samotné pacienty, kteří podstupují či již podstoupili implantaci neuromodulátoru.

# **A. ČÁST TEORETICKÁ**

# 1. Anatomie a fyziologie nervového systému

Pro dosažení plného porozumění fungování implantovaného neurostimulátoru je nezbytné nejprve přehledně nastínit anatomii a fyziologii nervového systému.

Toto zahrnuje detailní pohled na stavbu a strukturu nervové buňky, význam a složení periferního a centrálního nervového systému, vrátkovou teorii a anatomii i fyziologii bolesti. Všechny tyto aspekty jsou ovlivňovány implantovaným neuromodulátorem, a proto jsou klíčové pro celkové pochopení jeho funkce.

## 1.1 Stavba a struktura nervového systému

Nervová soustava je tvořena dvěma druhy nervových buněk, a to neurony a neurogliemi. Neuron je funkční jednotka nervového systému vytvářející a komunikující s elektrochemickými signály. Neuroglie je naopak buňka zajišťující podpůrné metabolické a ochranné funkce.

Neuron je základní stavební a funkční jednotka nervového systému. Skládá se z těla (soma nebo také perikaryon), výběžků (aferentní dendrity a eferentní neurity též axony) a ze synaptických zakončení. Perikaryon se skládá z jádra, mitochondrií (vytváří energii buňce), z receptorů, iontových kanálů a Nisslovy substátu (nahromadění endoplasmatického retikula). Hlavní funkcí perikaryonu je vznik a šíření vzruchů po celém nervovém systému. Dendrity jsou výběžky, které vybíhají z perikaryonu. Jejich hlavní funkcí je přijímání vstupních informací od jiných buněk. Dendrity přijímají informace pomocí iontových kanálů pomocí chemicky řízených iontových kanálů (šíření vzruchů je dáno interakcí mezi iontem a jeho receptorem). Neurity neboli axony jsou výběžky vedoucí vzruchy od těla neuronu. Vzruchy jsou dle funkce vedeny aferentní cestou (→ dostředivě, informace jsou vedeny do centrálního nervového systému), eferentní (→ odstředivě, informace jsou vedeny z centrálního nervového systému např. do výkonného orgánu) a interneuronní cestou (→ propojení mezi jednotlivými neurony.) Neurity jsou delší než dendrity. Neurity jsou bohaté na napěťově řízené iontové kanály (kanály se otevírají a zavírají pouze se změnou elektrického

potenciálu na membráně). Axon se skládá z několika částí, kterými jsou terminální buton, myelinová pochva tvořená Schwannovou buňkou a Ranvierův zářez. Terminální buton představuje rozšířené zakončení axonu, přicházející do kontaktu s další nervovou buňkou. Spojení terminálního butonu a další nervové buňky se nazývá synapse. Myelinizovaná pochva pokrývá většinou celou délku axonu. Její hlavní význam je přenos vzruchů. Myelinová pochva je přerušována zářezy, zvanými Ranvierovy, umístěnými mezi jednotlivými úseky. Myelinová vlákna jsou produktem Schwanomových buněk.

Hlavní funkcí neuronu je excitabilita<sup>1</sup>. Lze si pod tím představit schopnost neuronů vytvářet elektrické vzruchy, které jsou poté šířeny podél axonů až do dalších buněk. Pro postupné šíření elektrických vzruchů je nutná přítomnost membrány neuronu obsahující iontové kanály. V neuronu mohou probíhat dva druhy potenciálu: klidový membránový potenciál a akční potenciál. Pod membránovým potenciálem si lze představit dvě strany biologické membrány s rozdílným elektrochemickým potenciálem. Klidový stav membrány je výsledkem rovnováhy vznikající na základě působení dvou sil, a to koncentračního a elektrického gradientu jednotlivých iontů. Tyto dva gradienty působí na ionty procházející přes membránu samovolně<sup>2</sup>, souhlasně nebo protichůdně.

Akční stav membrány, nazývaný akční potenciál, vzniká na základě podráždění membrány. Hlavním principem akčního potenciálu je podráždění a otevření iontových kanálů, pomocí nichž se změní propustnost membrány pro některé ionty, a to nejčastěji pro  $K^+$ , nejvíce však vzroste propustnost pro  $Na^+$ .

Akční potenciál má dvě na sebe navazující fáze: 1. Fáze depolarizace a 2. Fáze repolarizace. Během fáze depolarizace dochází k otevření  $Na^+$  kanálů a  $Na^+$  proudí do buňky. Následkem toho se stává vnitřek buňky pozitivním → transpolarizace.  $Na^+$  se následně uzavře a zůstává necitlivým, dokud se nedostaví další stimulace. Fázi repolarizace se rozumí otevření  $K^+$  kanálů. Ionty  $K^+$  neproudí

---

<sup>1</sup> Excitabilita → vlastnost buněk, která jim umožňuje reagovat na stimulaci rychlými změnami membránového potenciálu.

<sup>2</sup> Gradienty však samovolně působí pouze na ionty rozpustné v tucích nebo i molekuly, jež jsou slabě polarizované

do nitra buňky, jako tomu je u depolarizace, ale naopak z buňky ven → hyperpolarizace. Hlavní funkcí akčního stavu membrány je šíření signálů podél nervových vláken, urychlujících komunikaci mezi vzdálenými buňkami. (Myslivoček, 2009)

## 1.2 Centrální nervový systém

Do centrálního nervového systému spadá páteřní mícha, mozkový kmen, retikulární formace, mozeček, mezimozek, talamus, bazální ganglia a mozková kůra. Centrální nervový systém (CNS) je rozdělen na dva kompartmenty na šedou a bílou hmotu. Šedá hmota (substantia grisea) obsahuje neurony (nervová těla) a jejich výběžky. Je nazývána šedou hmotou z důvodu jejího zbarvení. Bílá hmota (substantia alba) obsahuje myelinizované axony, označující se rovněž jako nervové dráhy (tractus nervorum), jejichž hlavní funkcí je vedení nervových vzruchů od nervových buněk. Dle velkého množství myelinu na řezu, jehož barva je bílá, je nazývána substantia alba. Mezi jednotlivými vlákny nervových drah jsou uloženy gliové buňky a řídké sítě krevních kapilár. V mozku je uložena bílá hmota uvnitř a obklopena hmotou šedou. V míše je tomu naopak, bílá hmota je na povrchu a šedá uvnitř. (Naňka, 2019)

**Páteřní mícha (medulla spinalis)** je uložena v páteřním kanálu ve výši Cp<sub>1</sub> až Lp<sub>2</sub> (délka asi 40–50 cm) a je obalena míšními obaly (dura mater, arachnoidea a pia mater). Je rozdělena na míšní segmenty, vstupy zadních a výstupy předních míšních kořenů, tvořících 8 cervikálních, 12 thorakálních 5 lumbálních a 5 sakrálních segmentů (celkem 31). Míšní segment lze definovat, jako úsek sbíhajícího se 1 páru míšních nervů. Její hlavní funkce jsou reflexní a převodní. Samotná mícha obsahuje motorická a senzitivní vlákna, smíšená vlákna, a vegetativní vlákna. Mícha začíná v oblasti prvního krčního obratle (Cp<sub>1</sub> – atlas), kde začíná rovněž první krční nerv.

Začátek míchy je spojen s mozkovým kmenem. Konkrétně s prodlouženou míchou, jež je součástí mozkového kmene. Ukončení postupně se zužující míchy (conus medullaris) je mezi bederními obratli Lp<sub>2</sub> a Lp<sub>4</sub>. Vnitřní stavbu míchy lze

krásně rozdělit na šedou hmotu, připomínající písmeno H, popř. tvar motýla. Bílá hmota obklopuje šedou hmotu. Středem šedé hmoty je veden centrální kanálek, *canalis centralis*.

Hlavní funkcí centrálního kanálku je integrace všech zón šedé hmoty míšni. Zóny šedé hmoty míšni jsou dle jeho autora nazývány Rexedovy zóny. Celkem je popsáno 10 zón. Šedou hmotu míšni rozdělujeme na zóny I–VI. Jsou spojeny se senzoryckými funkcemi a uloženy v zadních rozích. Zóna VII, je uložena v postranních rozích a zabezpečuje autonomní funkce. V předních rozích je uložena zóna VIII-IX zabezpečující funkce motorické. Zóna X je uložena v centrálním kanálku.

Bílá hmota je tvořena pomocí myelinizovaných a nemyelinizovaných vláken neboli axonů, jejichž hlavní funkcí je přenos informací do vyššího oddílu CNS. Vlákná se mohou lišit tloušťkou a rychlostí vedení nervových vzruchů. Axony se dělí na vzestupné (*ascendentní*) a sestupné (*descendentní*). Vzestupné dráhy přivádí informaci z míchy do vyšších etáží CNS, sestupné dráhy převádí informace z mozkové kůry a mozkového kmene do míchy.

Pod pojmem míšni reflex je označována automatická, mimovolní odpověď na nervový podnět. Většina reflexů je vrozených. Míšni reflexy by nemohly pobíhat bez reflexního okruhu, objasňujícího šíření informací mezi pěti základními oddíly:

1. *Receptor* – je uložen ve svaly, kůži nebo šlachách. Převádí podnět na akční potenciál.
2. *Dostředivá* – *ascendentní* vlákna vedou informace senzitivně do zadního míšního segmentu
3. *Reflexní centrum* – míšni segment zpracovává přivedenou informaci
4. *Odstředivá* – *eferentní* vlákna vedou informaci motorickými drahami akčním potencionálem k efektoru
5. *Efektor* – výkonný orgán (kosterní sval, hladký a srdeční sval, myoepitelové buňky žláz)

Míšni reflexy dále dělíme na *proprioceptivní* a *exteroceptivní*. *Exteroceptivní* reflexy se řadí do skupiny obranných reakcí našeho organismu na

nepříznivé vlivy aktivující se podrážděním našich kožních receptorů teplem, tlakem, dotykem nebo bolestí. Proprioceptivní reflexy se nachází ve svalových vřeténkách a šlachových tělískách. Na obou místech působí napínací reflex. Jestliže dojde k napnutí svalu, dojde návazně na daném místě ke spuštění reflexního oblouku. (Druga, 2014)

**Mozkový kmen (truncus encephalicus)** navazuje na hřbetní míchu. Nachází se na kosti týlní v zadní jámě lební. Má nepostradatelnou funkci, obsahuje centra nezbytná pro správné fungování vitálních funkcí. Ze zadní strany na něho přiléhá mozeček spojený s mozkovým kmenem. Truncus encephalicus je tvořen z více částí: prodloužená mícha, Varolův most a střední mozek.

**Prodloužená mícha (Medulla oblongata)** navazuje na hřbetní míchu, a poté přechází ve Varolův most. Prodloužená mícha obsahuje jádra hlavových nervů. Je nepostradatelná, protože obsahuje též jádra retikulární formace zapojující se do řízení autonomních funkcí. Na tomto podkladu Medulla oblongata řídí činnost srdce, činnost cév, dýchání, trávení a podílí se též na řízení obranných reflexů. Všechny tyto činnosti jsou autonomní.

**Varolův most (Pons Varoli)** navazuje na prodlouženou míchu. Podílí se na nervové regulaci dýchání. Do podmíněných reflexů mostu náleží artikulační reflex. Do nepodmíněných reflexů se řadí rohovkový reflex a okulokardiální reflex.

**Střední mozek (mesencephalon)** se nachází mezi Varolovým mostem a mezimozkem. Navzájem je propojuje. Představuje poslední část mozkového kmene. Hlavní funkce středního mozku: účast na řízení motoriky, přepojování informací vedených zrakovou a sluchovou drahou. Mesencephalon je centrem nepodmíněných reflexů, především sluchových, pohybů hlavy, uší a těla, v případě působení zvukových stimulů na osobu. Skládá se z tectum a tegmentum.

**Retikulární formaci (formatio reticularis, RF)** si lze představit jako systém samostatných jader. Její rozprostření začíná od prodloužené míchy,

pokračuje do Varolova mostu, středního mozku, talamu a hypotalamu. Funkce RF je řízena nižšími i vyššími oddíly centrálního nervového systému. RF je nezbytná pro řízení životně důležitých funkcí (činnost srdce, cév, dýchání atd.), podílí se i na koordinaci. RF vede informace dvěma drahami: ascendentní a descendentní. Tyto dráhy vedou informace do nižších a vyšších center.

*Ascendentní aktivní systém retikulární formace*, je též nazýván retikulární aktivační systém (RAS), zajišťuje bdění. Po aktivaci RAS dochází k přerušení spánku, k probuzení a k bdělému stavu. Pokud je RAS chirurgicky nebo farmakologicky narušen, nemůže dojít k probuzení. RAS je uložen v mozkovém kmeni, odkud dále pokračuje přes talamus do mozkové kůry.

*Descendentní facilitační systém retikulární formace* se nachází v mozkovém kmeni a pokračuje do thalamu. Funkcí descendentní facilitační části je udržení vzpřímeného držení těla. Pokud je funkce descendentní facilitační části v převaze, dochází k ději zvanému decerebrační rigidita (zvýšení tonusu extenzorů). Tato část retikulární formace je aktivována, pokud na ni působí statokinetická čidla, vestibulární mozek, popř. mozková kůra. Informace mohou být vedeny i descendentním inhibičním systémem. Hlavní funkcí descendentního inhibičního systému je omezení úmyslných pohybů v případě utlumení míšních reflexů. Tento systém je aktivován po poslání podnětu z mozkové kůry, bazálních ganglií i spinálního mozečku.

**Mozeček (cerebellum)** se nachází v zadní jámě lebeční. Lze si ho představit jako jeden funkční celek. Koordinace pohybů je jedna z jeho hlavních funkcí. Specifický pohyb plynulý, přiměřený a cílený pohyb, mající přesně učený směr a délku trvání. Sjednocuje informace ze sluchové a zrakové oblastí, informace přicházející z motorických, statokinetických čidel, proprioreceptorů a exteroceptorů. Funkce mozečku se projevuje i při ovlivňování učení a paměti, zpracovává i motorické podněty reflexů.

Cerebellum se dělí dle vícero kritérií, např. dle morfologického členění, anatomické a vývojové charakteristiky a dle útvaru vývojových vztahů. Dle dělení útvaru



vývojových je rozčleněn na vestibulární cerebellum, spinální cerebellum a cerebrální cerebellum.

*Vestibulární cerebellum* vzniklo na podkladu vývoje vestibulární dráhy. V této části mozečku je uložena správná koordinace pohybů. Kromě toho přijímá informace ze zrakové oblasti, ovlivňuje automatické oční pohyby.

*Spinální mozeček* vznikl ze spinocerebellárních drah. Ovlivňuje vykonávání cílených pohybů pomocí komparativních, korekčních a prediktivních funkcí. Spinální mozek dostává informace o pohybech, které má člověk v úmyslu vykonat. Komparativní funkce tyto pohyby srovnají s bezprostředně vykonávaným pohybem, od něhož se odvíjí další cílený pohyb. Korekční funkce navazuje na komparativní funkci a pokud je po srovnání v navazujícím pohybu nějaký rozdíl, korekční funkce ho opraví. Prediktivní funkce je schopnost spinálního mozečku předpovídat a dopočítávat trajektorii, dokonce i rychlost a intenzitu cíleného pohybu.

*Cerebrální mozeček* se společně s mozkovou kůrou a bazálními ganglii podílí na motorickém učení (proces obsahující motorické stereotypy jakými např. jsou čtení, psaní, mluvení, chůze, atd...), na plánování a programování volných pohybů.

**Mezimozek (diencephalon)** je rozdělen na 5 částí: epithalamus, metathalamus, thalamus, subthalamus a hypothalamus. Je uložen mezi mozkovým kmenem a koncovým mozkem. Uvnitř mezimozku se nachází III. mozková komora. Z částí mezimozku je nejvíce znám thalamus.

*Thalamus* má nenahraditelnou funkci, bez které by nemohl fungovat centrální nervový systém přepojující veškeré informace z centrální nervové soustavy do specifických projekčních oblastí mezi jednotlivými oddíly CNS a do mozečku. Thalamem prochází Sylviovův kanálek, spojující III. a IV. mozkovou komoru. Protéká jím mozkomíšní mok. Samotný thalamus je tvořen seskupením jader.

Seskupení jader se dělí do 4 skupin:

1. *Jádra specifická* – váží svojí funkci ke smyslovým orgánům. Mají přímé propojení s projekčními oblastmi, kam zasílají dostředivé informace.
2. *Jádra nespecifická* – jádra nemají přímé propojení s dostředivými drahami, avšak vysílají informace do všech oblastí mozkové kůry. Informace o viscerální bolesti přichází do jader nespecifických, kde je tato informace zpracovávána. Mají význam pro obecné funkce bolesti.
3. *Motorická jádra* – přivádí informace z bazálních ganglií a mozečku, vedené do mozkové kůry, kde jsou regulovány motorické funkce.
4. *Asociační jádra* – k aktivaci těchto jader dochází z podnětu jader thalamu a hypothalamu. Po aktivaci jsou informace vedeny do mozkové kůry, limbického systému a do hypothalamu. Přijímají informace, především podněty ze sluchového, zrakového a kožního ústrojí.

*Hypothalamus* má životně důležitou funkci., Radíme ho mezi endokrinní žlázy (spadá do hypothalamo-hypofyzárního systému), reguluje mnoho činností uskutečňujících se v našem těle, např. tělesná teplota, příjem potravy a tekutin, sexuální chování, emoce, atd... Mezi hormony produkující hypothalamus náleží antidiuretický hormon, oxytocin a liberiny a statiny, ovlivňující sekreci hormonů adenohipofýzy.

**Bazální ganglia** vznikají z nahromaděných neuronů, tvořících šedou hmotu koncového mozku (telecephalon), zanořenou do bílé hmoty. Mezi funkce bazálních ganglií spadá řízení motorických funkcí (řídí úmyslné a neúmyslné pohyby), kognitivních funkcí (řídí paměť) a funkce limbického systému (ovlivňuje naše emoce a pocity). Bazální ganglia jsou navzájem všechna propojena. Též jsou propojena s dalšími strukturami, kam jsou vysílány informace, nebo naopak. Jedná se o propojení s premotorickou kůrou, motorickou kůrou, somatosenzorickou kůrou, limbickým systémem, thalamem, okcipitální a temporální kůrou a retikulární formací.

**Mozková kůra (cortex cerebri)** se řadí do největší části mozku, pokrývající mozkovou hemisféru a tvořící se z největšího nahromadění neuronů. Dělí se do 5. korových vrstev. 1., 2. a 3. korová vrstva přijímají informace z nespecifických talamických jader. 4. korová vrstva přijímá informace z talamokortikální specifické oblasti. 5. korová vrstva posílá informace do bazálních ganglií, mozkového kmene a páteřního kanálku. Do mozkové kůry přichází informace z talamických specifických jader nebo motorických specifických talamických jader. Mezi ně náleží analyzátory:

1. *Somestetické* – informace jsou do těchto analyzátorů přiváděny z ventrobazálního jádra thalamu (VB). Do VB jsou přiváděny informace z receptorů na dotyk, teplo, chlad a bolest.
2. *Zrakové* – tento analyzátor je uložen v okcipitální oblasti mozkové kůry.
3. *Sluchové* – tento analyzátor je uložen v temporálním laloku mozkové kůry.
4. *Vestibulární* – pokud dojde ke změně pohybu těla nebo hlavy v prostoru, dojde informace do vestibulárního analyzátoru.
5. *Čichové* – patří k nejstarším částem mozku a je součástí limbického systému. Hlavní funkcí analyzátoru je zpracování čichových informací.
6. *Chuťové* – zpracovává chuťové informace.
7. *Motorické* – analyzátor je lokalizován v kůře čelního laloku. Motorický analyzátor řídí motoriku našich pohybů. (Druga, 2014)

### **1.3 Periferní nervový systém**

Periferní nervový systém, dále jen „PNS“. PNS je označení pro mozkomíšní (cerebrospinalní) nervy a autonomní nervová vlákna. Jedná se o systém, představující části nervového systému. Není součástí mozku a míchy. Tento systém se skládá z nervových kořenů, nervového kmene a periferních nervů. Je nezastupitelným propojením mezi centrálním nervovým systémem a okolním světem. Nervy PNS se propojují téměř s každou částí našeho těla. Díky tomu PNS umožňuje CNS vést informace a následně vyvíjet činnosti uskutečňující se v našem těle. PNS dělíme na somatický nervový systém (SNS) a autonomní nervový systém (ANS). SNS ovlivňuje funkci kosterních svalů, které lze ovládat vůlí. Naopak, ANS

ovlivňuje funkce hladkého svalstva, srdečního svalu a žlázy, jejichž funkci nelze ovládat vůlí. (Naňka, 2019)

**Míšní nervy (nervi spinales)** vystupují z různých úseků míchy. Míšní nerv vystupuje z páteře v místě foramen intervertebrale, což je prostor mezi obratli, které jsou na sebe přiloženy. Z míchy celkem vystupuje 31 párů míšních nervů zvaných segmentů. Z míšního segmentu vystupují z přední a zadní strany kořeny. Přední kořeny vedou informace směrem ven z míchy, vedou informace eferentně. Zadní kořeny naopak vedou informace směrem do míchy, aferentně. Do míšních nervů jsou přiváděny informace z kožních receptorů, pohybového aparátu a orgánů. Míšní nervy vedou informace do hladké a srdeční svaloviny, příčně pruhované svaloviny a žláz. Přední větev míšního nervu je většinou mohutnější, zadní větev míšních nervů je nich většinou slabší a inervuje svaly a kůži zad. Míšní nervy obsahují 3 typy nervových vláken jejichž, pomoci vedou informace. Jedná se o vlákna motorická (inervují příčně pruhované svaly), vegetativní (inervují hladkou svalovinu cév a žláz tzv. sympatikus a parasympatikus) a senzitivní (inervuje oblasti kůže). Senzitivní vlákna přivádí informace do míchy, a to především vnímání tlaku, bolesti tepla a chladu a propriocepce.

**Hlavové nervy (nervis craniales)** párově vystupují přímo z mozku. Z mozkového kmene vystupuje 12 párů hlavových nervů. Výjimku tvoří I. a II. hlavový nerv, vystupující z telencephalu a diencephalu. Hlavové nervy se odlišují svým průběhem, inervovanými tkáněmi a typem vedení informací. Inervují hlavu a krk, výjimkou je X. hlavový nerv zasahující až do břišní dutiny. Hlavové nervy mohou vést pouze jeden typ vláken nebo jejich kombinace. Mezi typy nervových vláken lze zařadit: somatomotorické (umožňují hybnost), somatosenzitivní (vedou informace o citlivosti z kůže a mozku), visceromotorické (vedou informace k srdci, ke žlázám a k hladkým svalům), viscerosenzitivní (vedou informace z vnitřních orgánů do mozku) a smyslové (vedou informace o smyslech).

#### Hlavové nervy:

- I. *Nervus olfactorius* – čichový nerv, nerv je párový a vede smyslová – senzorická nervová vlákna
- II. *Nervus opticus* – zrakový nerv, párový nerv, senzorický nerv, z něhož vychází smyslové zrakové informace
- III. *Nervus oculomotorius* – okohybný nerv, párový nerv, je především tvořen příčně pruhovanou svalovinou okohybných svalů. Umožňuje pohyb očních koulí.
- IV. *Nervus trochlearis* – kladkový nerv, párový nerv vedoucí somatomotorická vlákna. Umožňuje pohyb oční koule směrem dolů a laterálně.
- V. *Nervus trigeminus* – trojklanný nerv, dle názvu lze odvodit, že se dělí na tři hlavní větve: *nervus ophthalmicus*, *nervus maxillaris* a *nervus mandibularis*. Trojklanný nerv vede senzitivní informace z obličejové části hlavy, ze sliznice úst a nosu, z dásní obou čelistí a tkání oka. Motoricky ovládá žvýkací svaly.
- VI. *Nervus abducens* – odtahovací nerv, párový nerv směřující do očnice, odkud vede somatomotorická vlákna, ovládající jeden okohybný sval. Tento sval pohybuje oční koulí směrem laterálně. Všechny ostatní svaly jsou však ovládány *nervus oculomotorius*.
- VII. *Nervus facialis* – lící nerv, mohutný nerv procházející až příušní žlázou, kde se rozděluje na menší větve. Inervuje mimické svaly, vede informace o citlivosti zevního zvukovodu, z ušního boltce a dalších tkání. Též vede informace o chuti.
- VIII. *Nervus vestibulocochlearis* – rovnovážný a sluchový nerv, má především senzorické funkce. Vede především sluchové informace a informace o poloze hlavy a rovnováze.
- IX. *Nervus glossopharyngeus* – jazykohltanový nerv, nerv obsahuje více typů nervových vláken. Inervuje svaly hltanu, je spoluzodpovědný za správný průběh polykání. Vede informace o citlivosti z vnitřní strany bubínku, a části hltanu. Vede též chuťové informace.
- X. *Nervus vagus* – bloudivý nerv, tzv. bloudí po celém těle. S porovnáním se všemi hlavovými nervy je jediný vedoucí až do trupu a břicha. Vlákna

nervus vagus inervují srdce, plicní bronchy, trávicí trubici, slinivku břišní, játra a ledviny. Vede senzitivně informace z útrobních orgánů.

- XI. *Nervus accessorius* – přídatný nerv, párový nerv somatomotorický. Dělí se na dvě větve. První větev inervuje příčně pruhované svaly krku. Druhá větev společně s nervus vagus inervuje svaly hrtanu.
- XII. *Nervus hypoglossus* – podjazykový nerv, vede somatomorická vlákna ovládající pohyb jazyka.

**Autonomní nervový systém** je řízen strukturami spadajícími do CNS. Nejpodstatnější funkcí pro ANS zastupuje hypothalamus. Hlavní funkcí ANS je udržení homeostázy tím, že reguluje základní životní funkce a aktivitu vnitřních orgánů. Dle funkčních účinků, kterými ANS působí na jednotlivé orgány se dělí: na sympatickou a parasympatickou část. Sympatická část uplatňuje svoji funkci na rychlou mobilizaci energetických zdrojů organismu (termín: fight or flight). Naopak, parasympatikus udržuje dlouhodobě organismus tím, že získává energii a ukládá ji (termín: rest and digest). (Druga, 2014)

## 1.4 Patofyziologie bolesti

Bolest lze definovat jako subjektivní nepříjemný pocit, zprostředkovaný aferentním nervovým systémem a mozkovou kůrou. Je nejčastěji pociťována při možném nebo aktuálním poškození tkáně. Bolest je také nejčastějším důvodem, proč člověk vyhledává pomoc lékaře. Dle vzniku a směru má čtyři profily:

1. *Senzoricko-diskriminační* – bolest postupuje od receptorů přes periferní vlákna až do míchy a odtud dále spinothalmickými a retikulotalamickými drahami do thalamu
2. *Afektivně-emoční* – v tomto případě je bolest vedena od receptorů do prodloužené míchy a odtud do hypothalamu a amygdaly
3. *Motorická* – komponenta jsou založena na stresové reakci (fight or flight)<sup>3</sup>. Bolest je součástí stresu, čímž jsou ovlivňovány i její projevy.

---

<sup>3</sup> Význam pojmu „boj nebo útěk“ a používá se při popisu komplexních změn v organismu, které se poměrně rychle objeví vlivem působení sympatiku během akutní stresové reakce. Důsledkem je

4. *Vegetativní* – navazuje na ANS. Během bolesti u člověka lze vypožorovat subjektivní příznaky (pocení, tachykardii, snížený TK, změny tonu gastrointestinálního traktu a bledost).

Bolest se, dle modulace, skládá ze dvou základních druhů, nociceptorové a neuropatické. Nociceptorová nebo též nocisenzorická/nociceptivní. Zahrnuje vznik bolesti (podrážděním nociceptorů) a její vedení přes nervová vlákna do mozku. V mozku je bolest zpracována v centrálním nervovém systému. Neuropatická dráha je vedena od nervových vláken, a poté je vedena stejnými drahami jako nociceptivní. Nezačíná tedy stejně jako nociceptivní na nocisenzorech, ale v primárních aferentních vláknech. Neuropatické bolesti lépe reagují na léčbu pomocí neurostimulačních metod a nociceptivní bolest naopak lépe odpovídá na léčbu aplikací léků do intraspínálního prostoru.

Bolest je vnímána podle tří hlavních typů receptorů:

1. *Volná nervová vlákna* – za normálních okolností se volná nervová vlákna neprojevují, tzv. jsou mlčící receptory (silent receptors). K jejich aktivaci dochází pouze bolestivým podrážděním.
2. *Vysokoprahové mechanoreceptory* – vnímají bolestivé nadprahové mechanické dráždění. Vnímají hmat, tah, tlak a vibrace.
3. *Polymodální receptory* – reagují na bolest při zvýšení nebo snížení teploty, pokud je překonáno prahové rozmezí chladových a tepelných receptorů.

Vedení bolesti do center, kde je bolest následně zpracována, je umožněno pomocí nervových vláken. Je vedena především slabě myelinizovaným vláknem A $\delta$ , nemyelinizovanými C vlákny a vlákny A $\alpha$ /A $\beta$ . Vlákna C vedou vzruchy rychlostí 0,5–3,5 m/s. Vlákna A vedou vzruchy rychlostí 5–14 m/s. Bolest je vedena do Rexedových zón zadními provazci míšními do zadních rohů míšních. Vlákna C a A $\delta$  si lze představit jako pomalá vlákna pro vedení bolestivé informace z míchy do thalamu a vyšších etáží mozku. Vlákna A $\alpha$ /A $\beta$  vedou vzruchy rychlostí 30–70 m/s,

---

lepší prokrvení svaloviny, zrychlení srdeční frekvence, rozšíření průdušek a další změny, které mají připravit daného jedince na boj, či na útěk (odtud název).

tudíž jsou považována za rychlá vlákna. Pokud jsou rychlá vlákna zaktivována, může být tlumena bolest.

Dle trvání se bolest dělí na:

1. *Akutní bolest* – trvá maximálně 3 měsíce. Vzniká na pokladu úrazu, operačním výkonem, chorobou. Bolest vymizí po zhojení poraněné tkáně. Většinou se neopakuje, může však přejít v bolest chronického rázu.
2. *Chronickou bolest* – trvá déle než 3–6 měsíců. Bolest chronická přetrvává i po odstranění vyvolávajícího podnětu nebo zhojení poraněné tkáně. Velmi zásadně ovlivňuje kvalitu života a vede k fyzickému a psychickému strádání. Může být způsobena chronickou nádorovou bolestí (cílem je odstranit nádorové buňky, a tím odstranit bolest) nebo chronickou nenádorovou bolestí (cílem terapie je odstranit bolest a stres). (Houdek, 2007)

#### **1.4.1 Vrátková teorie bolesti**

Vrátková teorie znázorňuje princip rozdílného vedení vzruchů za normálních okolností při bolesti. Lze konstatovat, že se jedná o samovolný proces tlumící bolest, ale ne dostatečně. Mezi hlavní aktéry této teorie náleží substantia gelatinosa Rolandi a transmisní buňky v Lisauerově traktu. Transmisní buňky Lisauerově traktu převádějí bolestivé vzruchy v míše z jedné poloviny na druhou. Vlákna C a A $\delta$  (pomalá vlákna) vedou bolest do míchy. Vlákna A $\alpha$ /A $\beta$  (rychlá vlákna) vedou dotek do míchy. V případě vedení vzruchu po rychlém vlákne (vlákno A $\alpha$ /A $\beta$ ), dojde k rozdělení vedené informace o bolesti a část informace jde do SG (substantia gelatinosa) a druhá část do T (centrální vedoucí dráhy). Pomocí této události se zmírní intenzita pocíťované bolesti. Současně je tlumeno i pomalé vlákno (vlákna C a A $\delta$ ). Můžeme tedy říci, že SG funguje jako brzda tlumící bolest a pokračující do vyšších center. Pokud by byla informace poslána pouze do T, byla by informace o pocíťované bolesti mnohem intenzivnější. (Melzack and Wall, 1965)

Díky pokroku vědy se však zjistilo, že Vrátková teorie není již platná. Samotní autoři, profesor Patrick Wall a profesor Ronald Melzack, tuto teorii vyvrátili. Tato teorie vysvětlila mechanismus účinku akupunktury. Vrátková teorie



měla zásadní zlom ve výzkumu bolesti a evokovala jeho velký rozmach. (Hakl, 2019)

## **2. Historie a vývoj neuromodulace**

Neuromodulační technika je velmi stará a nelze přesně stanovit datum první neuromodulace. Za první neuromodulaci jsou považovány doteky elektrických ryb na plošky nohou, aby byla snížena bolest hlavy, či bolesti způsobené revmatickými potížemi nebo dnou. V Indii přikládali lékaři elektrické ryby na čelo pacientů. Předpokládali, že tímto způsobem dokážou vyléčit epileptické stavy nebo dokonce i migrény. (Kumar and Rizvi, 2014) V 18.století se objevily první knihy, popisující využití elektřiny v medicíně. Zcela první byl Christian Kratzenstein. Využil uchovanou elektřinu v dřívě tzv. elektrickém kondenzátoru (vynalezeným Ewaldem von Kleistem v roce 1745) pro terapeutické účely v medicíně. Kratzenstein odstartoval využívání statické elektřiny k léčbě paralýzy, hemiplegie, epilepsie, ledvinných kamenů, bolesti zad, ischiasu, bolesti na srdci, především onemocnění nervového systému. (Kaiser, 1977)

Velmi významný vliv na rozvoj léčby elektřinou měla kniha vydaná anglickým lékařem Johnem Wesleyem „The Desideratum“, vydána v roce 1759. Kniha popisuje výhody a přednosti léčby elektřinou u mnoha nemocí. Samotný Wesley byl první, který v roce 1774 navrhl a použil neuromodulační léčbu pro srdeční bolesti (angina pectoris). V roce 1800 byla sestrojena první elektrochemická baterie, která fungovala na podkladu galvanického proudu (stejnoseměrný elektrický proud) a byla použita pro léčbu paralýzy a různých bolestí. (Stillings, 1975)

Guillaume Duchenne (je označován otcem elektroterapie) se stal nejvýznamnějším vědcem na poli elektroanalgezie. Duchenne začal využívat k léčbě bolesti zvlhčené kožní elektrody. Díky jeho nápadu využít zvlhčené kožní elektrody byla aplikace galvanického proudu méně bolestivá. Kolem roku 1849 jako první využil Duchenne aplikaci faradického proudu (hlavní účinek faradického

proudu je stimulace, tedy vzpružování ochablé činnosti tělesného ústrojí) pro léčbu, kterému dával přednost před aplikací galvanického proudu. Dle jeho mínění měl faradický proud lepší pozitivní elektrolytické a tepelné účinky.

Velkým zlomem pro vývoj elektroterapie byl objev elektromagnetické indukce. Elektrický generátor, určený ke stimulaci tkáně faradickým proudem byl vytvořen v roce 1848 Du Bois-Raymondem. Aplikace faradického proudu vedla i k přerušování nervového vedení a byla impulzem pro jeho použití pro kontrolu bolesti. Léčba elektřinou se stala v USA velmi populární.

Ke konci 19. století téměř každá ordinace měla svůj vlastní elektrický terapeutický přístroj. V ordinacích byl elektrický terapeutický přístroj především využíván k léčbě bolesti zubů, periferních nervů u amputačních operací a jiných menších operací. Přesto, že léčba elektrickým proudem byla tak rozšířena, stále nebylo jasné, zda se jedná o stimulaci nebo o oslabení vedení proudu v nervech. Mnohokrát bylo zkoumáno, jaké proudy působí a vedou ke vzniku bolesti nebo naopak, které proudy dokáží bolest přenášenou v nervech tlumit.

V 19. století byly objeveny analgetické účinky vysokofrekvenčního proudu. K tomuto objevu dospěl francouzský vědec Jacques Arsene d'Arsonval. Zjištění přispělo k vytvoření přístroje schopného měřit a zaznamenávat aplikaci elektrického proudu, především vysokofrekvenčního. Zjistil, že aplikace vysokofrekvenčního proudu tkáněmi je zcela bezpečná. Naopak tomu je při aplikaci nízkofrekvenčního proudu. Mohl by tkáně poškodit, pokud by byl aplikován do živých tkání. (Houdek, 2007)

V roce 1965 Wall a Sweet poprvé zkoušeli terapeutické efekty přímé stimulace periferního nervu, během které otestovali i vrátkovou teorii.

Nejdůležitějším bodem vývoje míšní neuromodulace byl rok 1967, v němž neurochirurg Norman Shealy vyzkoušel stimulaci míchy na podkladu vrátkové teorie. Norman Shealy zavedl elektrodu do oblasti subdurálního prostoru za pomoci laminektomie v místě Lp2–Lp3. Elektroda, zvaná katoda, navazovala na neuromodulátor, vytvořený Tomem Mortimorem. Anoda byla implantována ve

svalu (v dnešní době je již do epidurálního prostoru zaváděna společně katoda i anoda). Neuromodulace byla u pacienta úspěšná, bohužel pacient po několika dnech zemřel na následky nádorového onemocnění. (Shealy et al., 1967)

Podruhé byla tato verze neuromodulace provedena v roce 1967, tehdy však byl samotný systém sestrojen firmou Medtronic. Systém před implantací člověku byl nejdříve testován na zvířatech. Prvotním názvem pro elektrickou stimulaci míchy byl dorsal column electroanalgesia (DCEA). Později byl název změněn na dorsal column stimulation (DCS).

Místo katody se v roce 1973 začala do páteřního kanálku zavádět plochá elektroda. V roce 1976 poprvé vyzkoušel A. W. Cookem zavedenou elektrodu do epidurálního prostoru pro léčbu ischemických bolestí dolních končetin. Míšní neuromodulace se začala postupně více rozvíjet, docházelo ke zlepšování techniky, a to především po materiální stránce. Elektrody byly více přizpůsobovány, aby se operatérům lépe zaváděly. Vznikly implantované kožní generátory, poprvé programované neinvazivně transkutánně v roce 1976.

V průběhu let byla elektrická stimulace míchy dále zkoumána, především její funkčnost na tlumení bolesti. Během zkoumání její funkčnosti bylo zjištěno, že nepůsobí pouze na zadní provazce míšní, avšak má i účinek na další oblasti míchy. DCS název byl nahrazen názvem spinal cord stimulation (SCS). Tento název přetrvává až dodnes.

Elektrické stimulace míchy se postupně rozšiřovaly a byly vykonávány u vícero vhodných pacientů. Aplikace katody do subdurálního prostoru měla dobrý stimulační a analgetický efekt, katoda byla uložena v blízkosti cílových stimulačních míšních struktur. Přesto docházelo velmi často k výskytu komplikací, např.: únik mozkomíšního moku, komprese míchy a fibróza. Z důvodu častých komplikací se přestala katoda zavádět do subdurálního prostoru a začala se zavádět do prostoru epidurálního.

V 80. letech došlo k velkému úpadku rozvoje elektrické míšní neuromodulace. Primární příčinou bylo množství komplikací a neúspěchů, které vyplývaly z nedostatečné kvality materiálního vybavení, neodborného provádění

implantací a nevhodného výběru pacientů. V 90. letech za pomoci firem a výzkumníků se vrátila důležitost elektrické míšní stimulace a byla opětovně zařazena do léčby chronické bolesti.

Neuromodulační metody pro léčbu chronické bolesti byly v roce 1998 schváleny a podpořeny Evropským kongresem. Světová organizace WHO schválila tuto metodu a zařadila ji do analgetického žebříčku. Neuromodulační metoda se postupně rozšiřovala i v České republice v 70. letech pod vedením profesora Beneše z Ústřední vojenské nemocnice ve Střešovicích. Profesor Beneš a spol. pro přispění k rozvoji neuromodulační techniky popsali své vlastní zkušenosti z elektrostimulace zadních míšních provazců. Účinnost této metody prověřili u čtyř pacientů s maligním onemocněním, a to otevřenou neurochirurgickou cestou. Zákrok provedli pomocí laminektomie dvou obratlových oblouků, a poté postupně přikládali nejdříve na tvrdou plenu mozkovou, poté na pavoučnici v místě nejvíce pociťované bolesti elektrody různého tvaru. Bylo zjištěno, že největší a nejvhodnější poloha elektrody pro tlumení chronické bolesti, je elektroda zavedená v pavoučnici na místě nejvíce pociťované bolesti.

Zlomový byl však rok 1973, kdy neurochirurgové implantovali elektrodu na pavoučnici v oblasti Cp4–Cp5 společně se stimulátorem zadních míšních provazců umístěným do pravé podklíčkové jamky podkožně. Implantovaný neurostimulátor měl u pacientky velký úspěch a došlo u ní k účinné analgezií. Díky tomu nebylo u pacientky již nutné užívat opioidní léky. Léčba pomocí neuromodulačního analgetického systému se v České republice začala pravidelně provádět až v roce 2000. (Houdek, 2007)

V České republice bylo implantováno již přes 250 neurostimulátorů. Neuromodulační centra se nachází v Praze (Nemocnice na Homolce, FN Motol a ÚVN Střešovice), na Moravě (v Brně → FN u Sv. Anny a FN Bohunice) a ve FN Olomouc. Neuromodulační pracoviště v České republice jsou pod vedením neurochirurgů nebo anesteziologů.

### 3. Neuromodulace

Během procesu neuromodulace dochází k regulaci různých neuronů v lidském těle. Je to velice efektivní a moderní technika ovlivňující léčbu chronické bolesti, a to pomocí umělých zařízení, majících vliv na samotný nervový systém. Během neuromodulace dochází k stimulaci nervového systému elektřinou. Celá metoda je reverzibilní, pokud je tato metoda pro samotného pacienta nevyhovující, lze ji vyjmout. Neuromodulace je opakem farmakoterapie.

Farmakoterapie ovlivňuje receptory buněčných membrán. Opakem farmakoterapie je neuromodulace, která působí na dráhy bolesti.<sup>4</sup> Vzhledem k tomu, že neuromodulace ovlivňuje dráhy bolesti, léčí především bolest neuropatickou (bolest vznikající na podkladu léze dráhy bolesti na všech úrovních) a bolest ischemickou. Neuromodulační technika nevede k procesu úplného vymizení bolesti, nýbrž dochází k přerušení vedení informace o bolesti. Informace o bolesti pomocí toho mechanismu není zcela plně prožívána a je zastíňována vnímáním nového podnětu, kterým je neuromodulace. Pacient nepocítuje bolest, ale pro něj tzv. příjemné brnění, které zabraňuje vnímání chronické bolesti. Pocitování bolesti není zrušeno, nýbrž přerušeno. Obecným principem neuromodulační techniky jsou tři části: 1. tvorba informace, 2. interference informace a 3. modulace informace. Zda má stimulace pozitivní efekt na pacienta, záleží též na procesech v mozku. (Houdek, 2007)

#### 3.1 Typy neuromodulační metody

Neuromodulační léčebnou metodu lze rozdělit na invazivní a neinvazivní. Dále se také dělí i dle místa stimulu.

##### 3.1.1 Neurostimulační invazivní metoda

1. *PSFS* – periferní podkožní stimulace, *PSFS* vede k periferní a míšní blokádě. Během stimulace jsou aktivovány okruhy blokující vnímání bolesti na

---

<sup>4</sup> Viz kapitola 1.4 Patofyziologie bolesti

vyšších úrovních. PSFS má využití pro vícero našich částí těla, kde je u pacienta prožívána chronická bolest a má lokální účinek. Nejčastějším místem pro stimulaci je však lumbosakrální oblast a paraverbální spazmus bederní oblasti. Danou metodou je snižována chronicky pociťovaná bolest: sakroiliakální blokády, paravertebrálního spazmu, dolních zad, pooperačních bolestech páteře, neuropatická, posttraumatická, neuralgická a ischemické choroby srdeční.

2. *PNS* – periferní nervová stimulace, mechanismem účinku se podobá periferní podkožní stimulaci. Nemá však lokální účinek v místě stimulace nervových zakončení, jež PSFS má. PNS je implantována především pacientům, kteří pociťují chronické bolesti horních končetin. Periferní nervová stimulace je zaváděna velmi málo.
3. *SCS* – stimulace míšní
4. *ONS* – stimulace okcipitálního nervu, ONS je účinná k léčbě farmakorezistentních bolestí hlavy. Dle indikace stimulace okcipitálního nervu je zaváděna u pacienta s chronickou migrénou, syndromem nakupených bolestí hlavy, s bolestmi hlavy cervikogenního původu a s neuralgií okcipitálního nervu. Implantovaná okcipitální stimulace ovlivňuje přímo n. occipitalis. Před n. occipitalis je aferentními vlákny stimulován kořen C2, což ovlivňuje n. trigeminus tzv. trigeminocervikální komplex. Trigeminovaskulární komplex ovlivňuje bolest hlavy. (Rodrigo et al., 2017)
5. *MCS* – stimulace motorické mozkové kůry, modulace MCS je volena v případech deaferentační (jedná se o ztrátu aferentních spojů a vlivů) obličejové bolesti, popřípadě k léčbě fantomovy bolesti. Mezi nejčastější bolesti obličejové části, vedoucí k implantaci MCS jsou neuralgie trigeminu, léze vyskytující se v oblasti míšní nebo v mozku, léze periferního nervu a léze brachiálního plexu. Stimulace MCS je zřídka, pouze v případech nesnesitelné bolesti obličejové části, kdy není účinný jiný způsob léčby bolesti, implantována (Houdek, 2007)

### 3.1.2 Neuromodulační neinvazivní metoda

1. *TENS* – transkutánní elektrická stimulace – daná stimulace je shodná se stimulací okcipitálního nervu.
2. *rTMS* – repetitivní transkraniální magnetická stimulace – je podobná kortikální stimulaci (MCS) Nejvhodnějšími pacienty pro danou stimulaci jsou pacienti s neuralgií nervu trigeminu a atypickou obličejovou bolestí. (Fricová et al., 2013)
3. *Implantabilní infuzní pumpy* – pumpa může být zavedena do spinální oblasti, intrapinální, epidurálního prostoru a subarachnoidální prostoru. Implantabilní infuzní pumpa s kontrastním průtokem slouží především ke kontinuální aplikaci léků v tekutém stavu. Nejčastěji je aplikován Morfín, Hydromorfin, Sufentanil, Fentanyl, Petidit, Bupivakain, Ropivakain a Baklofen. Implantabilní infuzní pumpy nepatří přímo do neuromodulačních technik. Určitým způsobem však svými patofyziologickými vlastnostmi a indikačními skupinami patří mezi neuromodulační metody. (Houdek, 2007)

### 3.1.3 Neuromodulační metoda dle místa stimulu

1. Dolní končetiny
2. Oblast pánve a peritonea
3. Oblast sakroiliakálního skloubení (SI) a oblast dolní bederní páteře (LBP)
4. Oblast břišní stěny
5. Oblast hrudního koše
6. Ischemická choroba srdeční
7. Oblast plexu
8. Oblast ruky
9. Oblast krku
10. Horní část krční oblasti
11. Obličejová část

## 3.2 Technický popis

Samotný neuromodulační systém se skládá z implantabilního neurostimulátoru, různých typů elektrod, prodlužovacích kabelů, programátorů a dalších příslušenství. Během operačního zákroku je využíván neuromodulační set<sup>5</sup> obsahující: perkutánní nebo plošnou elektrodu, Tuohyho jehlu, drátový vodič elektrody, zařízení pro tunelizování podkoží, krytky, drobný šestihranný momentový šroubovák a dvojí typ prodlužovacích kabelů.

Implantabilní neurostimulátor<sup>6</sup> se skládá z baterie, pouzdra a elektrické části. Váží přibližně 42 g, objem má 22 cm<sup>3</sup> a měří 6,0 × 1,0 cm. U pouzdra implantabilního stimulátoru je nutné, aby byl vyroben z vysoce rezistentního materiálu ke korozi a rovněž byl kompatibilní s lidskou tkání. Nejčastěji se vyrábí z materiálu zvaný titán. Uvnitř implantovaného neurostimulátoru se nachází baterie, zajišťující jeho funkčnost uzavřeným stejnosměrným proudem. Životnost baterie je zcela individuální. U životnosti baterie je důležité brát v úvahu pacientovy potřeby. Každý pacient pociťuje jiné bolesti, od nich se odvíjí nastavení neurostimulátoru. U životnosti baterie záleží na počtu hodin denního používání a na intenzitě stimulace. Baterie neurostimulátorů má životnost přibližně 10 let. Jsou však i případy, kdy baterie měla delší životnost, a to více jak 15 let.

Pro míšní neuromodulaci jsou nejčastěji implantovány dva druhy elektrod. Elektroda perkutánní zvaná kulatá<sup>7</sup> elektroda a plošná zvaná plochá elektroda<sup>8</sup>. Základní rozdíl mezi elektrodami je velikost a způsob implantace elektrody. Kulatá elektroda je složena z 8 sériově zapojených kontaktů a je implantována v lokální anestezii Tuohyho jehlou punkcí do epidurálního prostoru. Plochá elektroda má pádlovitý tvar a je složena ze dvou až tří řad sériově zapojených kontaktů. Poskytuje lepší pokrytí míchy, ale je nutné ji implantovat chirurgicky. Elektrody společně s propojovacím kabelem mohou mít délku 28, 33,

---

<sup>5</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 1: Neuromodulační set

<sup>6</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č.2: Implantabilní neurostimulátor

<sup>7</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č.3: Perkutánní zvaná kulatá elektroda

<sup>8</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 4: Plošná zvaná plochá elektroda



45 a 56 cm.<sup>9</sup> Každá elektroda je vyrobena z platinové slitiny pokryté plastickým polymerem. Na konci perkutánní elektrody se vyskytují celkem čtyři platinoiridiové elektrody, zprostředkovávající šíření elektřiny. Jednotlivé platinoiridiové elektrody jsou označeny směrem od hrotu číslicemi od 0 do 3. Tyto číslice se nachází i v programátoru. U některých pacientů jsou zaváděny dvě elektrody, z toho důvodu má druhá elektroda číslice od 4 do 7, aby byly jednotlivé elektrody od sebe odlišeny.

Poslední velmi důležitou a nepostradatelnou součástí je lékařský programátor pro neuromodulační implantabilní zařízení. Využívá se i pro nastavení implantabilních infuzních pump. Součástí lékařského programátoru pro neuromodulační implantabilní zařízení je i patientský programátor, komunikující s implantovaným stimulátorem. Před propuštěním pacienta do domácí péče je pacient detailně seznámen s funkcionalitou a užíváním patientského programátoru, jenž je nadále nedílnou součástí pacientova běžného života. (Houdek, 2007)

---

<sup>9</sup> Operatéři nejčastěji volí délku 33 cm, jakožto ideální délku kabelu pro propoj s neuromodulátorem.

## **B. ČÁST PRAKTICKÁ**

## 1. Míšní neuromodulace

Z počátku byla míšní stimulace (SCS) označována jako stimulace zadních provazců. Důvody názvu stimulace zadních míšních provazců se odvíjely od přesvědčení, že je založen na vrátkové teorii. Dle dalších výzkumů bylo prokázáno, že vrátková teorie nedokáže vysvětlit všechny změny, ke kterým dochází po implantaci míšní neuromodulace.

Míšní stimulace stimuluje nervy samotné míchy. Tyto stimuly jsou v podobě malých elektrických výbojů vycházejících z epidurálního prostoru, kde jsou uloženy implantované elektrody. Hlavním účelem malých elektrických výbojů je zabránění přenosu bolesti do mozku. Dané výboje jsou velmi často popisovány samotnými pacienty jako brnění. Brnění může, ale také nemusí, být pacientům vždy příjemné. Pokud pacientům příjemné není, dochází ke zrušení. Cílem brnění je co nejvíce pokrýt oblast bolesti, kterou pacient prožívá. Kromě toho stimulace zlepšuje prokrvení v místních tkáních.

Primárním terapeutickým cílem implantace je dosažení minimálně 50% snížení intenzity subjektivně vnímané bolesti a redukce potřeby užívání analgetické medikace. Je však důležité zdůraznit, že úplná eliminace bolesti není hlavním cílem. Prioritou je zde spíše zlepšení funkčního stavu pacientů, zvýšení jejich produktivity a celkové zlepšení kvality jejich života. (Houdek, 2007)

### 1.1 Výběr pacienta

Vhodnost pacienta k využití této léčebné metody je pečlivě posuzována lékařským konsorciem. Pacienti musí podstoupit sérii diagnostických vyšetření, která potvrdí jejich vhodnost pro provedení daného zákroku. Primárně jsou selektováni pacienti, kteří projevili rezistenci vůči farmakologické léčbě bolesti. Druhou kategorií pacientů jsou jedinci, kteří byli v minulosti podrobeni opakovaným spondylochirurgickým operačním zákrokům. Ačkoliv tito pacienti mohli krátkodobě profitovat z chirurgických zákroků a zaznamenat dočasnou úlevu od bolesti, po určité době došlo k recidivě chronické bolesti a další chirurgický zásah nebyl považován za možný. (Rock et al., 2019)

## 1.2 Indikace k implantaci SCS

Indikace se dělí na dvě části, a to na implantaci dle místa stimulu a dle etiologie bolesti.

### 1. Dle místa stimulu

- Dolní končetiny
- Bolesti části bederní oblasti
- Pánev
- Oblast bolesti při ICHS
- Oblast horních končetin

### 2. Dle etiologie bolesti

- Failed back surgery syndrome (FBSS)
- Komplexní regionální bolestivý syndrom (KRBS)
- Stabilní angina pectoris → možnost jiného léčebného řešení a operační metody
- Ischemická Neuropatická bolest po traumatech či chirurgických zákrocích a méně často bolest z nádorových příčin
- Fantomova bolest
- Low back pain (bolest dolních zad) a chronické paravertebrální spasmy
- Neuralgická bolest
- choroba srdeční dolních končetin (ICHSDK)

**Failed back surgery syndrome (FBSS)** lze definovat jako dlouhodobě přetrvávající neuropatické bolesti v dolních končetinách. FBSS vzniká po jednom či více podstoupených operačních zákrocích bederní páteře, v základě anatomicky i technicky úspěšných. Nejvíce známou a uznávanou definicí FBSS je dle Burtona z roku 1981: „*FBSS je již chirurgicky neřešitelný stav po jedné či několika operacích v oblasti lumbální páteře, které byly indikovány k odstranění bolesti zad a dolních končetin či obou oblastí bez příznivého efektu.*“ (Houdek, 2007, str. 109)

Syndrom FBSS (Failed Back Surgery Syndrome) představuje komplexní stav, který může být způsoben různými faktory, které často spolu interagují a zhoršují stav pacienta.

Mezi hlavní příčiny FBSS patří:

1. *Nesprávně provedené chirurgické operace:* Chyby během chirurgického zákroku mohou zahrnovat špatné umístění implantátů, špatnou manipulaci s nervovými strukturami, nešetrné zacházení při zákroku či jiné technické nedostatky, které mohou vést k dalším problémům.
2. *Chybně zvolené operační pole:* Pokud není operace provedena na správném místě nebo není správně identifikována příčina bolesti, toto může vést k neúspěchu operace a následně k FBSS.
3. *Nesprávná předoperační diagnostika:* Nedostatečné nebo chybné diagnostické testy před operací mohou vést k nesprávnému rozhodnutí o vhodnosti operace, a tím k neuspokojivým výsledkům či dalšímu zhoršení stavu pacienta.
4. *Psychosociální problémy pacienta:* Psychologické faktory, jako je deprese, úzkost nebo sociální stres či sociální izolace, mohou ovlivnit vnímání bolesti a reakci pacienta na léčbu. Tyto faktory mohou také ovlivnit účinnost léčby FBSS.

FBSS často vede k nadměrnému užívání analgetik, což může být neúčinné a může vést k dalším komplikacím. (Sebaaly et al., 2018) Byť je tento stav obtížné léčit standardními metodami a méně invazivní postupy často nepřinášejí dostatečnou úlevu, ukázal se neuromodulační systém jako komplexní účinná metoda řízení chronické bolesti. Úspěch terapie však závisí na správném výběru pacientů a vhodném nastavení parametrů stimulace. (Houdek, 2007)

**Komplexní regionální bolestivý syndrom (KRBS)** spadá mezi samostatné přesně definované onemocnění a představuje různé bolestivé stavy. Hlavními příznaky KRBS jsou neuropatické a vaskulární bolesti rozsáhlých oblastí lidského těla. V pozdějších stádiích dochází k trofickým změnám a poruchám místního prokrvení. Změny u komplexního regionálního bolestivého syndromu jsou

nejčastěji lokalizovány na horních končetinách. Dané příznaky mohou být velmi často jedinými symptomy onemocnění. Bolesti se váží na určitou oblast lidského těla. Delším trváním poté směřují distálně od místa prvotního vzniku bolesti, např.: nejdříve je postižena jedna horní končetina, a poté dochází nejčastěji k distálním poruchám Th páteře nebo dokonce i dolních končetin, ale to až v pokročilejších stádiích KRBS. Chronické bolesti komplexního regionálního bolestivého syndromu mohou vyústit až k závažným poruchám pohybového aparátu. Ke KRBS dochází nejčastěji v návaznosti na úrazy.

KRBS je rozdělen na dva typy:

1. *typ reflexní sympatická dystrofie (RDS)* – syndrom objevující se po působení vyvolávajících poškozujících faktorech, někdy však příčina nemusí být známa. Prvotním příznakem je spontánní bolest. V průběhu onemocnění dochází také k projevům poruchy prokrvení, potivosti kůže v bolestivé oblasti a k edematózním změnám.
2. *typ kauzalgie* – vyznačuje se primárním poškozením periferního nervu. Objevuje se v návaznosti na poškození nervu nebo úrazu. Bolest může být pouze ohraničena na poškozenou část těla nebo může být rozšířena do okolních tkání. Přítomna je bolest spontánní nebo alodynie/hyperalgie.

Dále se KRBS dělí na stádia, definující stupeň onemocnění:

*Akutní fáze* → vzniká na základě snížené činnosti sympatiku. Tato fáze je reverzibilní, musí být správně ošetřena. Pokud dojde ke špatnému ošetření, dochází ke druhé fázi. Projevy jsou: zvýšené prokrvení, teplota, potivost a lesk kůže, urychlený růst chlupů a nehtů, místní edém, zarudnutí, snížený rozsah pohybu.

*Dystrofická fáze* → tato fáze je opakem akutní fáze, protože dochází naopak ke zvýšení činnosti sympatiku. Pokud je v této fázi vhodně zvolena farmakologická terapie a rehabilitační postup, lze dosáhnout komplexního zlepšení stavu pacienta. Nedojde-li k těmto opatřením, popřípadě ke špatnému zvolení terapie, dojde na tomto základu k atrofické fázi. Dystrofická fáze se projevuje: snížením prokrvení, sníženou teplotou kůže, zpomaleným růstem ochlupení, lomivosti nehtů, edémem, výraznějším omezením rozsahu pohybu.

*Atrofická fáze* → tato fáze je ireverzibilní. V této fázi již terapie nedokáže zlepšit funkčnost postižené končetiny. U atrofické fáze je zvolena symptomatická paliativní terapie. Během této terapie je kladen důraz na analgetickou terapii a invazivní techniky. Projevy jsou velmi bolestivé. Dochází k prohloubení tkáňových změn, jsou postiženy všechny tkáně končetiny. Končetina má těžkou invalidizující poruchu hybnosti.

**Ischemické bolesti typu anginy pectoris** lze též léčit implantací neuromodulační metody. Neuromodulační metoda je určena k léčbě těžké chronické nebo nenádorové bolesti, k níž se řadí též bolesti vznikající v závislosti na ischemii. Dle mnoha studií bylo prokázáno, že neuromodulační technika má dobrý vliv na ischemické bolesti. (Lanza et al., 2011) Implantovaný neurostimulátor zvyšuje prokrvení koronárním sinem. Na podkladu zvýšeného prokrvení dochází též ke zlepšení srdečního laktátového metabolismu, ke zvýšení nabídky kyslíku v srdci a též ke zkvalitnění činnosti levé srdeční komory. Mechanismus působení SCS u ischemických bolestí obsahuje tři základní složky působení:

1. Antiischemický efekt
2. Zvýšení prahu anginózních bolestí
3. Uvolnění různých endogenních neuromediátorů nebo neuromodulačních látek

Ischemické bolesti jsou projevem zúžení tepen na podkladu aterosklerózy, metabolické poruchy, angiopatie, artritidy, tepenných onemocnění nebo traumatickými poruchami. U ischemických chronických bolestí je první volbou v léčbě antikoagulační terapie a správná režimová opatření včetně dodržování dietního režimu. Akutní stavy ischemických onemocnění lze v dnešní době řešit vícero možnými postupy. K implantaci neuromodulátoru se přistupuje pouze v těch případech, kdy jsou vyčerpány veškeré jiné možnosti léčby u AP.

Periferní ischemické bolesti v dnešní době postihují mnohonásobně více osob než v dřívější době. Lze si to vysvětlit tím, že periferní cévní onemocnění jsou a budou chorobami moderního světa. Míšní neuromodulace má pozitivní účinek na snížení pocíťované chronické bolesti dolních končetin, sekundárně vede i ke

zvýšení prokrvení dolních končetin, zvýšení teploty chladných končetin, a dokonce vede i k postupnému zahojení malých kožních defektů. Výzkumem byla prokázána i zvýšená mikrocirkulace v oblasti palce, kotníku a zvýšení prokrvení pod nehtovým lůžkem. Po implantaci SCS u ischemické choroby dolních končetin je prokázána zlepšená kvalita života pacientů. SCS zachránila pacienty i před hrozící amputací postižené dolní končetiny. (Houdek, 2007)

### **1.3 Ambulantní péče před implantací míšní neuromodulace**

Pacienti, trpící chronickými bolestmi, navštěvují ambulance bolesti. Lékaři z neurochirurgické kliniky, popřípadě lékaři z anesteziologické kliniky, příchozí pacienty důkladně vyšetří a na základě jejich posouzení a diagnózy určí vhodné kandidáty pro implantaci míšní neuromodulace. K podstoupení implantace míšní neuromodulace nemohou být zvoleni všichni příchozí pacienti. Vybráni jsou pouze ti, u nichž jsou prokázány přetrvávající chronické bolesti a nelze je v dostatečné míře utlumit analgesicami.

Pacienti mohou podstoupit operační zákrok pouze v případě, absolvují-li před zákrokem všechna nutná předoperační vyšetření. Jedná se o vyšetření:

1. Vyšetření u praktického lékaře nebo u internisty – standardní vyšetření jako před každou operací<sup>10</sup>
2. Elektrofyziologické – invazivní kardiologické vyšetření elektrické srdeční aktivity
3. Magnetická rezonance
4. Imunologické
5. Psychologické – psycholog hraje podstatnou roli v uschopnění pacienta pro implantaci neuromodulace. Psychologická vyšetření mohou i pacienty s chronickou bolestí vyloučit z neuromodulační terapie. Jedná se o pacienty, u nichž je prokázána aktivní psychóza, nekontrolovatelné deprese, úzkosti či jiné poruchy nálad, aktivní sebevražedné nebo vražedné jednání,

---

<sup>10</sup> Specificky: nynější stav pacienta, anamnéza, fyzikální vyšetření, vyšetření fyziologických funkcí, odběr krve pro vyšetření biochemické, koagulační, krevní obraz a vyšetření moč chemický + sediment



problémy s nadužíváním alkoholu, léků či přímo drog, závažné poruchy spánku a závažné kognitivní deficity.

6. Psychiatrické – rozhodující slovo k indikaci pacienta k implantaci míšní neuromodulace má i psychiatrické vyšetření, které navazuje na vyšetření psychologické. Před operačním zákrokem musí být pacient vyšetřen, zda netrpí na psychiatrické onemocnění. Pokud by bylo diagnostikováno psychiatrické onemocnění, musel by být pacient z neuromodulačního programu vyřazen.

Pokud jsou všechna diagnostická vyšetření pacienta v pořádku a je-li získán jeho souhlas s podstoupením operačního zákroku, je třeba stanovit s operátorem vhodný časový rámec pro provedení implantace. (Houdek, 2007)

## **1.4 I. doba neuromodulace z pohledu lékařské péče**

Pacient přichází do nemocnice k hospitalizaci v den stanoveného příjmu. Nejdříve se dostaví do příjmové kanceláře, kde se mu věnují administrativní pracovníci a vyplňují s ním náležitou dokumentaci. Po nutné administrativní stránce je pacient doprovázen jedním z administrativních pracovníků na jemu příslušné oddělení, kde bude po dobu zhruba 10 dnů hospitalizován.<sup>11</sup> Na oddělení je přijat po lékařské stránce. Je přijímán ošetřujícím lékařem pro ten daný stanovený den. Odpovědnost za uschopnění pacienta k operačnímu výkonu je plně na neuromodulačním lékaři specialistovi.

Pacient musí být pečlivě informován o předoperačním období, průběhu operace a pooperačním období. Lékař by měl nechat dostatek času pro pacientovy dotazy a na závěr by měl být s pacientem podepsán informovaný souhlas.

### **1.4.1 I. doba – Trial fáze**

Během této fáze dochází k zavedení elektrody a k následnému testování efektu implantované elektrody. Elektroda je implantována k míše, k níž je upevněna a vyvedena na povrch těla, aby mohla být připojena k zevní stimulaci. Výběrem

---

<sup>11</sup> Doba hospitalizace je individuální. Záleží na průběhu operačního zákroku a nekomplikovaného pooperačního hojení rány.

implantované elektrody je určen i výběr odpovídající anestezie. Implantace ploché elektrody se vykonává v celkové anestezii<sup>12</sup>, na rozdíl od implantace elektrody kulaté, která je vykonávána v anestezii lokální.<sup>13</sup> Z lékařského hlediska je preferována implantace prováděná v lokální anestezii.

Během samotného chirurgického zákroku mají setry prostor pro aktivní interakci s pacienty, kteří poskytují lékařům nezbytnou zpětnou vazbu k pocíťovaným projevům, aktivitě i účinnosti aplikované elektrody. Následující Trial fáze trvá přibližně 5 dnů. Celková efektivita zavedené neurostimulace, je určena pacientovým subjektivně vnímaným efektem na intenzitu bolesti, což je rozhodujícím faktorem pro ponechání či extrakci elektrody.

V den operačního zákroku je pacient převezen ze standardního oddělení na operační sál na výzvu anesteziologických sester. Na sále si pacienta převezme anesteziologická sestra, sanitář, neuromodulační sestra, operatér, anesteziolog a perioperační sestry. Před aplikováním lokální anestezie nebo podáním celkové anestezie je třeba pacienta vhodně napolohovat. Během operačního zákroku pacient zaujímá polohu na břiše. Jakmile pacient zaujme správnou polohu, je předán do rukou anesteziologa, který mu aplikuje příslušnou anestezii dle zvolené implantované elektrody. Po dobu celého operačního zákroku je vědomí pacienta neustále kontrolováno anesteziologem a anesteziologickou sestrou. Po usnutí pacienta nebo po místní anestezii se pacientovi začíná plně věnovat operatér.

Celý operační zákrok probíhá za přísně aseptických podmínek, aby nedošlo k zanesení infekce do operačního pole. Nejdříve jsou záda pacienta rozsáhle dezinfikována a sterilně zarouškována dle výběru operačního pole. Během operace je využíván neuromodulační set.<sup>14</sup>

Implantace začíná zavedením Tuohylo jehly, která se zavádí pod RTG kontrolou paraspinálním vpichem do epidurálního míšního prostoru. Jehla je vedena pod úhlem 30–40°. Pokud by byl úhel veden výše jak 45°, hrozí nebezpečí

---

<sup>12</sup> Viz Obrazová příloha, obrázek č. 5: Operační řez, jenž je vytvořen operatérem pro zavedení elektrody do páteřního kanálku v I. době implantace ploché elektrody

<sup>13</sup> Viz Obrazová příloha, obrázek č. 6: Schéma zavedení perkutánní (kulaté) elektrody

<sup>14</sup> Neuromodulační set je popsán v kapitole 3.2 Technický popis

poškození samotné elektrody při její manipulaci v jehle. Při zavádění Tuohylo jehly do epidurálního míšního prostoru je možný výskyt komplikace, a to podráždění míšního kořene zaváděnou jehlou. Nejčastějšími projevy podráždění jsou bolesti a porucha smyslového vnímání odpovídajícího dermatomu. V některých případech může docházet až k výtoku likvoru z jehly, a to pokud došlo jehlou k punkci durálního vaku. Byla-li nedopatřením provedena punkce durálního vaku, musí dojít k vytažení jehly a její opětovné zavedení do segmentu výše nebo níže.

Je-li zavádění provedeno nekomplikovaně do epidurálního prostoru, je z Tuohylo jehly vytažen mandrén. Poté je ve dvou RTG projekcích zavedena elektroda společně s drátovým vodičem do správné lokalizace v epidurálním prostoru. Elektroda je vedena do epidurálního prostoru pod úhlem 18°. Správnost zavedení elektrody je ověřována RTG snímkem<sup>15,16</sup>.

V případech, kdy je bolest lokalizována na obě dolní končetiny, je jednoduchá elektroda zavedena přímo do fyziologické střední čáry míšní. Pokud je bolest lokalizována pouze na jednu z dolních končetin, musí být elektroda zavedena mírně paramediálně (asi 2 mm od střední čáry). U pacientů mohou být zavedeny i dvě elektrody současně. Jedna elektroda musí být zavedena přibližně 1,5 mm laterálním směrem od střední čáry a druhá elektroda musí být zavedena alespoň o jeden meziobratlový prostor níže než ta první. Pokud by byly elektrody implantovány těsně u sebe, hrozí poškození první implantované elektrody hrotem jehly, nebo hrozí riziko nedostatečné fixace obou elektrod vzhledem k nedostatečnému prostoru.

Jakmile operátor dosáhne plánované polohy elektrody nebo elektrod, musí být pevně zafixovány ke svému okolí, aby nedošlo k jejich posunutí či možnému vytažení. Po fixaci a po její finální kontrole propojí operátor elektrodu se zevním spojovacím kabelem, umožňujícím spojení implantované elektrody se zevním stimulátorem.<sup>17</sup> Ke konci operačního výkonu je operační pole zašito a řádně kryto.

---

<sup>15</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 7: RTG snímek již zavedené kulaté elektrody do epidurálního kanálku.

<sup>16</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 8: RTG snímek již zavedené ploché elektrody do epidurálního kanálku.

<sup>17</sup> Viz Obrazové přílohy, Obrázek č. 9: Zevní neurostimulátor

Během celé operace je nezbytná pomoc neuromodulační sestry podílející se na správném chodu operace.<sup>18</sup>

Pokud je operační zákrok vykonáván v lokální anestezii, je pacient po operačním zákroku převezen zpět na standardní oddělení pod dohledem všeobecné sestry a sanitáře. Pokud však operační zákrok byl vykonáván v celkové anestezii, měl by pacient po operačním zákroku strávit minimálně jednu hodinu na dospávacím pokoji, dokud nebude zcela při vědomí a bez obtíží ohrožujících ho na životě. Jakmile je pacientův stav stabilizován, může být převezen na standardní oddělení všeobecnou sestrou a sanitářem.

Po operačním zákroku měl mít pacient konzultaci s neuromodulačním lékařem informujícím pacienta, jak se bude postupovat dále v období I. doby. Pokud má nemocnice svoji vlastní neuromodulační sestru, stačí, když se bude plně věnovat pacientovi neuromodulační sestra a bude o všem informovat ošetřujícího lékaře.

Po implantaci elektrody nastává testovací období. V průběhu tohoto období zjišťujeme, zda je neuromodulace u pacienta účinná a dochází ke zmírnění obtíží a úlevě od chronických bolestí, nebo naopak nedochází k žádným změnám či jen minimálním změnám a silné chronické bolesti nadále přetrvávají. Neuromodulace je úspěšná, pokud vlivem stimulace dochází k ústupu bolesti, která je vyvolána parestézií. Cílem implantované neuromodulace je pokrýt celou bolestivou oblast. Jak již zde bylo uvedeno, testovací období trvá obvykle 5 dní, někdy však může být zkráceno na 3 dny, a to v případě, kdy se neuromodulační metoda jeví u pacienta plně funkční a není pochyb o její neúčinnosti. Poté se tedy může přistoupit k II. době neuromodulační. (Houdek, 2007)

## **1.4.2 Nastavení neurostimulátoru**

Nastavení implantované elektrody napojené na zevní neurostimulátor vykonává lékař, nebo neuromodulační sestra v průběhu operačního zákroku. Ve výjimečných případech je zevní neurostimulátor nastavován na oddělení, a to

---

<sup>18</sup> viz. kapitola 4.5 I. doba z pohledu ošetřovatelské péče

v případech, kdy pacient podstupuje operaci v celkové anestezii. K nastavení je nutné mít speciální neuromodulační programátor.<sup>19</sup> Nastavení u SCS neuromodulace probíhá perioperačně, kdy je iniciálním nastavením ověřeno správné uložení elektrody na cílovou část míchy. V případě nízkého efektu neuromodulace, nebo efektu v jiném dermatomu, je možná úprava polohy elektrody, a tím zlepšení efektu neuromodulace. V současnosti je programátor nejčastěji v podobě tabletu se speciálním softwarem a komunikátorem, umožňujícím propojení s neuromodulátorem.<sup>20</sup>

Během iniciálního nastavení je prvním krokem zadání informací o pacientovi a použitém typu elektrody. Následným krokem při nastavení neuromodulace je výběr pozičních kontaktů k nastavení terapie. Ta je závislá na typu elektrody a jejím uložení v epidurálním prostoru pacienta. Pokud je cílem stimulovat pravou i levou dolní končetinu, operatér může záměrně umístit polovinu elektrody excentricky, aby došlo k oboustrannému pokrytí dolních končetin. Po zvolení kontaktů, dle cílové oblasti a polohy elektrody je systém, aktivován a jsou nastaveny zbylé parametry definující stimulaci. Frekvence (Obrázek č. 10, sekce A) určuje v Hz množství jednotlivých pulzů za sekundu. Standardní nastavení na našem pracovišti u primoinplantované modulace je 50 Hz. Dále je nastavena šířka impulzu v mikrosekundách (Obrázek č. 10, sekce B). Posledním krokem je nastavení amplitudy. Amplituda určuje sílu impulzu (Obrázek č. 10, sekce C). Při primoinplantaci se pozvolně navyšuje amplituda v miliampérech, dokud pacient neucítí parestézii, která je pocíťována brněním v oblasti postižené bolesti.

Nastavení amplitudy je značně individuální a je ovlivněno polohou elektrody v páteřním kanálu a vnímavostí pacienta k modulaci. Po nalezení vhodného nastavení je externí neuromodulační systém odpojen a elektroda je v pacientovi fixována a napojena na prodlužovací kabel. Tento je vyveden mimotělně a napojen na externí neuromodulační systém. Toto připojení přes prodlužovací kabel je realizováno z důvodu minimalizace rizika infekce. Posledním krokem je propojení ENS s patientským ovladačem. Ten je značně zjednodušen.

---

<sup>19</sup> Neuromodulační programátor je popsán v kapitole 3.2 Technický popis

<sup>20</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 10: Programátor se speciálním softwarem, k nastavení neurostimulátoru.

Pacientský ovladač slouží k zapnutí a vypnutí terapie a poskytuje pouze minimální možnosti přenastavení. Lékař nebo neuromodulační sestra mohou nastavit programátorem funkce, jež bude pacient schopen ovládat na pacientském ovladači. Zpravidla je to pouze nastavení amplitudy.

V průběhu primoimplantace je možné nastavit v neuromodulačním programátoru více programů, mezi nimiž si může pacient vybírat, jaký bude vhodnější při prožívání určitého typu bolesti. Při nastavení jednotlivých programů je stěžejní správná komunikace s pacientem a jeho důkladná edukace.

Pacient by měl být detailně edukován o funkci pacientského ovladače.<sup>21</sup> Je nutné pacienta edukovat o tom, kde se ovladač zapíná, vypíná, jak se zapíná terapie a jak se přepíná mezi jednotlivými programy, jak se zvyšuje nebo snižuje intenzita, u níž je lékařem nebo neuromodulační sestrou předem určeno rozhraní.

## **1.5 I. doba z pohledu ošetřovatelské péče**

Při komunikaci s pacienty prožívající chronické bolesti je stěžejní vhodná komunikace. Všeobecné sestry by měly být trpělivé a empatické vůči těmto pacientům, potřebujícím specifický přístup. Ošetřovatelská péče o pacienta před implantací neurostimulátoru začíná při příjmu pacienta na oddělení.

### **1.5.1 Příjem pacienta**

Příjem pacienta je velmi důležitý a stěžejní okamžik, během něhož je pro všeobecné sestry nezbytné se dozvědět podstatné informace o pacientovi, s nimiž poté budou pracovat po celou dobu hospitalizace pacienta až po jeho propuštění do domácí péče. Během příjmu pacient odevzdává dokumenty spojené s jeho předchozími diagnostickými vyšetřeními, která absolvoval v přípravné fázi.<sup>22</sup> Všeobecná sestra by měla příslušnou dokumentaci zkontrolovat a předložit lékaři. Při příjmu všeobecná sestra zjišťuje aktuální úroveň prožívání chronické bolesti pacienta. Dané informace jsou v Trial fázi podstatné především pro srovnání úrovně

---

<sup>21</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 11: Pacientský ovladač

<sup>22</sup> Výčet jednotlivých vyšetření je specifikován v kapitole 4.3 Ambulantní péče před implantací míšňí neuromodulace

bolesti před a po implantaci. Sesterský záznam, sepsaný všeobecnou sestrou při příjmu, má obligátní body:

- intenzita bolesti
- zhodnocení bolesti pomocí vizuální škály bolesti
- projevy bolesti a její směřování, tzn. zda bolest někam vystřeluje např. do jedné nebo obou dolních končetin
- určení místa nejvyšší intenzity bolesti
- seznam analgetik, popřípadě opioidů užívaných pacientem, časové intervaly užívání, gramáž a množství

Tyto informace jsou klíčové pro všechny zdravotnické pracovníky, včetně všeobecných sester, neuromodulační sestry i lékaře. Neuromodulačnímu lékaři by měli být sděleny veškeré informace týkající se pacientova stavu a úrovně jeho chronické bolesti. Nicméně často se stává, že pacient neposkytne všechny relevantní informace, nebo dokonce poskytne rozdílné informace v rámci přijetí u všeobecné sestry než během ambulantního vyšetření lékařem. Během příjmu je důležité, aby všeobecná sestra s pacientem podepsala informovaný souhlas s hospitalizací. Po příjmu uvede všeobecná sestra pacienta na oddělení a vše vysvětlí včetně jeho chodu.

### **1.5.2 Krátkodobá operační příprava**

*„Období krátkodobé předoperační přípravy je omezeno na 24 hodin před samotným výkonem“.* (Bezdičková, 2010, str. 35) V průběhu příjmového dne musí všeobecná sestra provést u pacienta odběr krve pro vyšetření krevní skupiny.<sup>23</sup> Pacient je všeobecnou sestrou taktéž řádně poučen o postupu úkonů v den příjmu a průběhu operačního dne, na který je zákrok plánován.

---

<sup>23</sup> Odběr krve pro vyšetření krevní skupiny před jakýmkoliv operačním zákrokem nemusí být obligatorní pro každou nemocnici. V Ústřední vojenské nemocnici je však toto vyžadováno.

Dle obecných standardů dělíme krátkodobou operační přípravu na:

1. *Fyzická příprava*

- Výživa a tekutiny: minimálně 6-8 hodin před operačním zákrokem by měl pacient lačnit. Všeobecná sestra poučí pacienta o nutnosti od půlnoci perorálně nic nepřijímat. U kuřáků by měl být zdůrazněn od půlnoci zákaz kouření.
- Vylučování: pacient by měl být před operačním zákrokem řádně vyprázdněn. Pro lepší vyprázdnění, všeobecné sestry poučí pacienty o zavedení glycerinového čípku rektálně.
- Hygienická péče: v ranních hodinách je pacient šetrně probuzen všeobecnými sestrami z noční směny, aby mohla být u pacienta vykonána celková hygiena. Na základě zhodnocení soběstačnosti pacienta je mu poskytnuta pomoc všeobecné sestry nebo sanitáře. Po hygieně by se pacient již neměl ničím parfémovat ani krémovat. U žen je důležité zdůraznit, aby se po osobní hygieně nelíčily.
- Příprava operačního pole: den před samotným operačním zákrokem zkontrolují všeobecné sestry operační pole. Dle potřeby je operační pole „vyklipováno“.
- Spánek a odpočinek: večer před operačním zákrokem ordinuje lékař pacientům sedativa nebo hypnotika. Medikace je pacientům ordinována pro nerušený spánek, odpočinek a pro zvládnutí stresu před výkonem.
- Cennosti a protetické pomůcky: je zakázáno během operačního zákroku mít jakékoliv šperky a protetické pomůcky. I o tomto je pacient důsledně poučen všeobecnou sestrou.
- Prevence tromboembolické nemoci: prevence je uskutečněna přiložením bandáží na dolní končetiny nebo antiembolických punčoch

2. *Anesteziologická příprava*: v den příjmu pacient dochází do anesteziologické ambulance pro uschopnění k operačnímu zákroku. Trial fáze probíhá v lokální anestezii, tudíž pacient nemusí anesteziologickou přípravu podstupovat. Podstupuje ji pouze tehdy, je-li u pacienta doporučeno podstoupit Trial fázi v celkové anestezii.



3. *Psychická příprava:* Na psychické přípravě se nepodílí pouze všeobecné sestry, ale i lékaři. „*Cílem psychické přípravy je minimalizace strachu a stresu z operace.*“ (Bezdičková, 2010, str.36)

Pacient by měl být seznámen se svým pořadím na operační sál i se svým operátorem. U pacientů, přijatých pro implantaci neurostimulátoru, je zřejmé, kdo je jejich operátor, avšak je nezbytné, aby byl pacient řádně informován o všech aspektech zákroku. Zde je prostor pro pacientovy dotazy, bude-li mu/jí cokoli nejasné nebo naopak, bude-li třeba něco zopakovat. Sestra by měla být ochotně plně k dispozici.

### **1.5.3 Bezprostřední operační příprava**

Bezprostřední operační příprava je časový úsek těsně před operačním zákrokem.<sup>24</sup> Během této přípravy jsou přiloženy kompresní bandáže nebo antiembolické punčochy, je oblečen jednorázový empír na převoz pacienta. Součástí je i kontrola dokumentace pacienta a jeho totožnosti, kontrola chrupu, nepřítomnost šperků, vyprázdnění i vykonání speciálních požadavků neurochirurgů (zajištění žilního vstupu). V případě, že bude operován v místní anestezii, není nutná žádná premedikace.

Pokud je pacient vypsán v operačním programu jako první, začínají všeobecné sestry chystat pacienta na operační sál již v půl osmé. Zaujímá-li pacient v operačním programu jiné místo, čekají všeobecné sestry na výzvu anesteziologické sestry, k možné premedikaci a navezení pacienta na operační sál.

Jakmile je pacient řádně přichystán, je v doprovodu sanitáře odvezen na operační sál, kde si ho přebírají anesteziologické sestry a další členové operačního sálu.

### **1.5.4 Role neuromodulační sestry během operačního zákroku**

Kromě operátora zastává na operačním sále důležitou roli i neuromodulační sestra, která by měla být vždy přítomna během celého operačního zákroku. V

---

<sup>24</sup> Časový úsek v rozmezí jedné až dvou hodin před převezením pacienta na operační sál.

dnešní době je však jedním z problémů nedostatek specializovaných neuromodulačních sester. Z uvedeného důvodu stále není pravidlem, že tato sestra je během operace obligátně přítomna. Během operace by neuromodulační sestra měla především komunikovat s pacientem a být mu po celou dobu zákroku oporou. Neuromodulační sestra poutá pozornost pacienta, aby se nesoustředil na probíhající operační zákrok, a nepodléhal eventuální aktuální či psychosomatické bolesti. Sestra by měla zaujímat polohu u pacientovy hlavy pro lepší sledování stavu jeho vědomí, výrazy tváře a emocionální prožívání.

Po implantaci elektrody na náležité místo v epidurálním prostoru a fixaci elektrody k jejímu okolí je prodlužovacím kabelem elektroda připojena k zevnímu neurostimulátoru. Po dokončení této fáze operace přichází na řadu role neuromodulační sestry, která vyzkouší funkčnost neurostimulace. Během zkoušky a nastavení musí neuromodulační sestra komunikovat s pacientem, který jí sděluje, jak parestézii osobně vnímá. Během nastavení se hodnotí úroveň zmírnění bolesti, nebo naopak, její úplné zastínění. Úroveň pocíťované bolesti se hodnotí na vizuální analogové škále od 1 do 10, kde 1 je nejnižší možná hranice pocíťované bolesti a 10 je hranice nejvyšší. Důležitým faktorem je také subjektivní vnímání pacienta samotné neuromodulace, tedy příjemná → nepříjemná → nevyhovující.

Jakmile je neuromodulace otestována, dochází k zašití operační rány a anesteziologické sestry zavolají na oddělení, aby si pacienta svezli z operačního sálu zpět na oddělení. V případě, kdy by operační zákrok probíhal v celkové anestezii, byl by pacient svezen z operačního sálu na dospávací pokoj. Odtud by si ho všeobecné sestry přibližně za jednu hodinu převezly na příslušné oddělení.

### **1.5.5 Pooperační péče**

Po svezení pacienta z operačního sálu po místní anestezii je nutné k pacientovi přistupovat, jako by podstoupil zákrok v celkové anestezii. Ze strany všeobecných sester je třeba, aby pacient byl řádně po operaci pozorován a zamezilo se výskytu eventuálních pooperačních komplikací. V pooperační péči všeobecné sestry sledují:

1. *Fyziologické funkce:* po svezení pacienta je třeba překontrolovat fyziologické funkce: krevní tlak, pulz, SpO<sub>2</sub>, tělesnou teplotu, dech a vědomí.
2. *Bolest:* po operačním zákroku je zapotřebí tlumit bolesti spojené s operační ránou. Bolest operační rány se začíná projevovat po vymizení místní anestezie. Všeobecná sestra podává pacientovi analgetika dle VAS a ordinace lékaře intravenózně. Při výběru analgetik, jež budou aplikována pacientovi, je nutno brát v úvahu: alergie pacienta, zvyklosti oddělení a nemocnice, která analgetika jsou nejčastěji objednávana a podávána a dle hodnocení bolesti pacienta pomocí vizuální škály bolesti. Pacienti trpící chronickou bolestí jsou zvyklí užívat denně velké množství analgetik, slabých opioidů nebo přímo opioidů. Proto může být obtížné u nich zvolit vhodná analgetika pro utlumení pooperační bolesti. Již při příjmu je velmi důležité u těchto pacientů zjistit, jaká analgetika, opioidy jsou pacienti zvyklí užívat, v jakých denních dávkách a v jakém časovém rozmezí. Dle zjištěných informací při příjmu, jsou pacientovi analgetika podávána.
3. *Nauzeu a zvracení:* po příjezdu z operačního zákroku může začít pacient přijímat tekutiny. Po třech hodinách po skončení operačního zákroku lze přijímat potraviny perorálně.
4. *Vyprazdňování moče:* nejpozději do osmi hodin po operačním zákroku by se měl pacient vymočit. Pacienti po tomto zákroku mají tu výhodu, že mohou být po třech hodinách po operaci pod dohledem a vedením všeobecné sestry zvertikalizováni. S doprovodem si mohou dojít sami na toaletu.
5. *Operační rána:* po operačním zákroku je nutné kontrolovat operační ránu. Kontroluje se, zda neprosakuje. Pokud je na lepení zjevná sekrece, jsou všeobecné sestry povinny zaznamenat do patientské dokumentace míru sekretu a jeho povahu. V případě, že by byl sekret velký a krev by prosákla do okolí, je nutné operační ránu za aseptických podmínek převázat a informovat lékaře. Během převazu kontroluje všeobecná sestra stav operační rány, odkud rána krvácí, zda není v okolí rány hematoma a rána není otevřená. Pokud všeobecná sestra během převazu zaznamená jakékoli abnormality, je povinna vše nahlásit lékaři (nejlépe ošetřujícímu neuromodulačnímu lékaři), který ránu sám zkontroluje a posoudí její stav.

Pacient musí být všeobecnou sestrou řádně edukován o nutnosti přivolání pomoci druhé osoby i po zvertikalizování, aby se předešlo možnému pádu. Dle stanovených standardů by pacient po implantaci měl dodržovat klidový režim 10–12 hodin. Během tohoto časového rozmezí by měl ležet na lůžku s mírně podloženou hlavou. V případě změny polohy může vykonávat pouze klouzavé pohyby než válivé. Po dobu 6–8 týdnů po implantaci by se neměl ohýbat, napínat své tělo, zvedat těžké předměty a vykonávat prudké otáčivé pohyby.

I. doba má podstatný význam k rozhodnutí, zda bude možné přejít do II. doby neuromodulace, nebo naopak dojde k vynětí elektrody a zrušení míšní neuromodulace. Tato fáze tedy ještě není definitivní, je revidována a je plně reverzibilní v závislosti na vývoji Trial fáze.

Péče o pacienty v I. době se může lišit dle jednotlivých pracovišť. Dle zjištění, v některých nemocnicích jsou pacienti propouštěni do domácí péče a předáni do péče ambulantní neprodleně po zákroku. V Ústřední vojenské nemocnici v Praze jsou pacienti po celou dobu Trial fáze hospitalizováni. Hlavním důvodem hospitalizace, je anticipovat rizika vzniku infekce v místě operační rány. Reálným rizikem infekce, při propuštění do domácí hospitalizace, je možná neodborná manipulace s prodlužovacími kabely vycházejícími přímo z operační rány. V případech, kdy je pacient propuštěn do domácí hospitalizace, je nutno pacienta i jeho nejbližší řádně edukovat o převazech operační rány, nebo by mu měla být poskytnuta domácí péče.<sup>25</sup>

Během pěti dnů Trial fáze je pacient odkázán na péči všeobecných sester. V některých případech může být trvání I. doby zkráceno i jen na tři dny, během nichž je funkčnost neuromodulace zkoumána. Ke krácení Trial fáze může však dojít pouze za předpokladu, že testování u pacienta nesporně prokázalo snížení chronické bolesti pod polovinu jeho subjektivního vnímání.

---

<sup>25</sup> Domácí péče je službou, na níž má nárok každý občan České republiky, pakliže získá doporučení od svého lékaře a má zdravotní pojištění (viz. Zákon č. 48/1997 Sb., o veřejném zdravotním pojištění). Domácí hospitalizace je vhodná především pro pacienty v pooperačním nebo poúrazovém období. Zahrnuje pouze zdravotní úkony, které dle ordinace lékaře vykonává kvalifikovaná zdravotní sestra.

První pooperační den je pacient informován od všeobecných sester, jakým způsobem lze vykonávat osobní hygienu, aby nedošlo k poškození externího neuromodulátoru. Nejvhodnějším způsobem je vykonání hygieny u umyvadla a otírání kůže mycí houbou, aby externí neuromodulátor nepřišel do přímého kontaktu s vodou. Další možností je dočasné odpojení externího neuromodulátoru. Pacient může osobní hygienu provést ve sprše. Tato varianta může být náročnější z důvodu zpětného zapojení systému ve správné konfiguraci, jejichž označení by mělo být zaznamenáno během operačního zákroku.

Důležitou součástí Trial fáze je převaz operační rány a zevního neuromodulátoru.<sup>26</sup> U převazu platí veškerá pravidla, která jsou standartní u převazu pooperačních ran. První převaz operační rány je prováděn 1. pooperační den. Během převazu všeobecné sestry posoudí vzhled operační rány, zda není viditelný hematom, zarudnutí okolní tkáně či známky zánětu.<sup>27</sup> Operační rána by měla být opět překryta Curaporem a převazována každý následující den. Prodlužovací kabel je připevněn k tělu pacienta tak, aby bylo znemožněno jeho vytržení při běžných denních činnostech. Jakákoli změna vzhledu operační rány by měla být neodkladně nahlášena neuromodulačnímu lékaři.

V Trial fázi je velmi důležité rozlišit bolest akutní, vznikající v návaznosti na operační ránu, a bolest chronickou, jež by v případě správné funkce neuromodulace neměla být intenzivně pociťována. Ke správné identifikaci typu bolesti, je nezbytné pokládat pacientům správné otázky, typu:

- ❖ *Co Vás bolí? Kde to bolí?*
- ❖ *Dolní končetina, která Vás bolela, již nebolí?*
- ❖ *Dle hodnocení VAS, jak moc to bolí?*
- ❖ *Vystřeluje bolest do nějakých míst?*
- ❖ *Pociťujete bolest, či brnění v dolních končetinách?*
- ❖ *Bolí Vás to stejně jako před operací?*

---

<sup>26</sup> Viz Obrazové přílohy, Obrázek č. 12: Zevní neurostimulátor – během převazu pacienta

<sup>27</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 13: Operační rána a vyvedení prodlužovacího kabelu napojeného na elektrodu a z druhé strany na zevní neurostimulátor

## 1.6 II. doba z pohledu lékařské péče

K fázi implantace dochází pouze tehdy, pokud je Trial fáze u pacientů účinná. II. Fáze je vykonávána v celkové anestezii, nicméně je možno tento zákrok vykonávat i v anestezii lokální. Rozhodnutí volby anestezie je založeno na zvyklostech dané kliniky provádějící operační zákrok. Lokální anestezie nemusí však být pro pacienta zcela vhodná, zvláště dochází-li k připevnění samotného implantovaného generátoru do tělních dutin pacienta. Před samotným operačním zákrokem informuje lékař pacienta, o přesném operačním rozvrhu. Lékař poskytne i dostatek času a prostoru pro dotazy pacienta a závěrem pacient podepisuje informovaný souhlas s vykonáním operačního zákroku. Pouze pacient plně uschopněný anesteziologickým lékařem, může daný zákrok podstoupit.

Primárním krokem na operačním sále<sup>28</sup> je ověření si totožnosti pacienta. Totožnost pacienta kontroluje anesteziologická sestra společně s anesteziologickým lékařem. Po kladném ověření totožnosti, je u pacienta navozena celková anestezie. Navozením celkové anestezie počíná samotný operační zákrok.

Prvním krokem operátora je odpojení zevního kabelu i externího neurostimulátoru napojeného na elektrodu zavedenou v páteřním kanálku. Během operace nedochází k žádné manipulaci s již zavedenou elektrodou. Ta zůstává na stejném místě. Elektroda je během operace spojena s prodlužovacím kabelem připojeném na nově implantovaný generátor.

Závěrečným krokem operace je zvolení vhodného místa, kde bude generátor implantován. Ve volbě vhodného místa hraje velkou roli proporce člověka. Nejčastěji volenou lokací k implantaci je mezogastrium. Pro implantaci může být zvoleno i jiné místo, např.: podklíčková jamka, nadhýžd'ová oblast atd.<sup>29</sup> V určeném místě vytvoří operátor kožní řez přibližně 6 cm velký. V řezu

---

<sup>28</sup> Personální obsazení operačního sálu je shodné s obsazením z I. doby – Trial fáze, tedy neuromodulační lékař (operátor), anesteziologický lékař, anesteziologická sestra a perioperační sestry.

<sup>29</sup> Před započítím operačního zákroku dohodne operátor s pacientem předem zvolené místo implantace.

vypreparuje subkutánní kapsu, do níž je neurostimulátor zabudován. Neměl by být zaveden hlouběji do podkoží než 1,5–2 cm. V případě hlubšího zavedení, než je stanoveno, by mohlo dojít k narušení telemetrické komunikace a neurostimulace by nemusela plně reagovat na komunikaci s ovladačem. Jakmile je neurostimulátor vložen do subkutánní kapsy a zajištěn, aby nedošlo k jeho vynětí, je kožní řez postupně dle kožních vrstev zašit.<sup>30</sup>

Pacient je z anestezie probuzen před převezením na dospávací pokoj. Po probuzení by měl spontánně dýchat, mít zachovaný polykací a kašlací reflex a kardiovaskulární systém by měl pracovat správně. Pokud je jedna z těchto složek narušena, pacient je přeložen na KARIM<sup>31</sup>. Z dospávacího pokoje je převezen po jedné až dvou hodinách zpět na standardní oddělení.

Po ukončení operačního zákroku lékař nebo neuromodulační sestra nastaví ve spolupráci s pacientem patientský ovladač. Tento ovladač je určen pacientovi pro domácí regulaci průběhu terapie. Před jeho použitím je pacient pečlivě proškolen odborným zdravotnickým personálem. Nejčastěji třetí pooperační den je pacient propuštěn do domácí péče. Neuromodulační lékař, popř. neuromodulační sestra, pacienta před propuštěním poučí o dodržování klidového režimu, následné rehabilitační péči, o možných rizicích a komplikacích i o další ambulantní péči.

## **1.7 II. doba z pohledu ošetrovatelské péče**

Během fáze implantace je pacient připravován v souladu se standardními postupy před chirurgickým zákrokem. Tato fáze je iniciována pouze v případě, že trial fáze dosáhla úspěšných výsledků.

### **1.7.1 Krátkodobá operační příprava**

1. *Fyzická příprava:* viz. kapitola I. doba z pohledu ošetrovatelská péče; Krátkodobá operační příprava

---

<sup>30</sup> Viz Obrazové přílohy, obrázek č. 14: Schéma implantované elektrody s neurostimulátorem

<sup>31</sup> KARIM – Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny

2. *Anesteziologická příprava:* den před operačním zákrokem je pacient povinen podstoupit vyšetření u anesteziologického lékaře. Na neurochirurgickém pracovišti v Ústřední vojenské nemocnici v Praze je druhá fáze vykonávána v celkové anestezii. Na jiných pracovištích může být zákrok vykonáván i v anestezii lokální. Pokud je zákrok vykonáván v lokální anestezii, vyšetření anesteziologickým lékařem neprovádíme.
3. *Psychická příprava:* viz. kapitola 1.5.2 I. doba z pohledu ošetrovatelská péče; Krátkodobá operační příprava

### **1.7.2 Bezprostřední operační příprava**

Bezprostřední operační příprava je časový úsek bezprostředně před operačním zákrokem. Během této přípravy jsou přiloženy kompresní bandáže nebo antiembolické punčochy a je oblečen jednorázový empír na převoz pacienta. Součástí je i kontrola dokumentace pacienta a jeho totožnosti, kontrola chrupu, odložení šperků, vyprázdnění a vykonání speciálních požadavků neurochirurgů (např. zajištění žilního vstupu). Před převozem na operační sál je pacientovi podána premedikace dle anesteziologického lékaře a ordinace lékaře. Většinou je podán perorálně Neurol nebo injekce Morfinu intramuskulárně či subkutánně. Intravenózně je aplikován Cefazolin 2 g, jako prevence před vznikem možných pooperačních komplikací spojených s hojením operační rány. Po dokončení přípravy na oddělení je pacient sanitářem převezen na operační sál.

### **1.7.3 Pooperační péče**

Z dospávacího pokoje je pacient převezen zpět na oddělení v doprovodu všeobecné sestry a sanitáře, ve stabilizovaném stavu, při plném vědomí, orientovaný místem, časem i osobou, spolupracující a klidný. V pooperační péči všeobecné sestry sledují:

1. *Fyziologické funkce:* krevní tlak, pulz, SpO<sub>2</sub>, tělesnou teplotu, dech a vědomí.
2. *Bolest:* všeobecná sestra se dotazuje na nynější pociťované bolesti a jejich výskyt, charakter, intenzitu a lokaci. Informace takto zjištěné identifikují, zda se jedná o akutní bolesti spojené s operační ránou, nebo o bolest chronickou, kteráž byla hlavním ukazatelem vhodnosti pacienta k provedení



neuromodulační techniky. Bolesti jsou rozpoznávány i pomocí gest a mimiky pacienta. Před podáním analgetik by měly bolesti být zhodnoceny i pomocí vizuální analogové škály.

3. *Nauzeu a zvracení:* dvě hodiny po ukončení zákroku může pacient začít přijímat perorálně tekutiny. Tři hodiny po ukončení zákroku je možno přijímat i tuhou stravu.
4. *Vyprazdňování moče:* nejpozději do osmi hodin po operačním zákroku by se měl pacient samovolně vymočit. Výhodou tohoto zákroku je pro pacienty, i fakt, že již po třech hodinách po operaci jsou pod dohledem a vedením všeobecné sestry zvertikalizováni.
5. *Operační ránu:* všeobecná sestra kontroluje i stav operační rány, kde zhodnocuje i výtok sekretu z operační rány.

První pooperační den po hygieně pacienta je mu vykonán převaz operační rány. Při převazu všeobecná sestra kontroluje stav operační rány, zda je klidná, výtok sekretu a znatelné známky infekce. Při výskytu jedné z těchto změn je nutno informovat neuromodulačního lékaře a vše pečlivě zaznamenat v sesterské dokumentaci. Operační rána je během převazu, dle stanovených standardů, odezinfikována a překryta. Převaz je vykonáván každý den, v ranních hodinách po hygieně, do propuštění pacienta do domácí péče.

Po celou dobu hospitalizace dochází k přímé spolupráci pacienta s fyzioterapeutem. Pohyb pacienta před podstoupením implantace míšní neuromodulace byl, z důvodu pocíťované chronické bolesti, významně omezen ve výkonu každodenních obvyklých činností. Po fázi implantace je správná a kvalitní rehabilitační péče velmi důležitá. Tato by měla být pacientovi ideálně poskytnuta i po propuštění do domácí péče. Neuromodulační lékař doporučuje v propouštěcí zprávě následnou pooperační rehabilitaci. Rozhodnutí o udělení rehabilitačního programu je však plně v kompetenci praktického lékaře, u kterého má pacient povinnost se nahlásit do 3 pracovních dnů po propuštění z nemocnice.

Pokud se operační rána hojí per prima a vyskytují se pouze akutní pooperační bolesti, je pacient na základě doporučení neuromodulačního lékaře propuštěn do domácí péče. Při propuštění by měla být dosažena značná úroveň analgezie, kde pacientovy chronické bolesti by měly být redukovány na méně než polovinu úrovně před zahájením léčby, případně by měla být téměř eliminována.

Před propuštěním je nutná edukace od všeobecné sestry o vytažení stehů 10.-12. pooperační den, buď u svého praktického lékaře nebo se může dostavit do ambulance neurochirurgické kliniky. Po propuštění by měl pacient dodržovat pooperační klidový režim.

## **1.8 Pooperační režim**

Pacienti podstupující implantaci elektrody a neurostimulátoru by měli být neuromodulačním ošetřujícím personálem (ať již sestrami či lékaři) důkladně informováni o značné důležitosti dodržování klidového pooperačního režimu. Je kriticky důležité, aby se v prvních třech měsících po zákroku pacienti vyvarovali jakékoliv fyzické námahy, včetně prudkých pohybů a nadměrného zvedání horních končetin. Tímto se eliminuje případné posunutí elektrody, což by mohlo značně kompromitovat její funkčnost a podpořil se řádný srůst s okolními tkáněmi.

Vzhledem k prodlouženému období neaktivity u pacientů trpících chronickými bolestmi je rovněž nezbytné zajistit jim poskytnutí adekvátní rehabilitační péče. Cílem rehabilitace je postupné znovuzavedení fyzické zátěže, což umožňuje svalům adaptovat se a znovu získat sílu ve zdravém a kontrolovaném režimu.

## **1.9 Poimplantační komplikace**

Před propuštěním pacienta z nemocničního prostředí po implantaci je nezbytné zajistit, aby byl pacient řádně informován o možných komplikacích, které by po zákroku mohly vzniknout.

Mezi komplikace patří prohojení neurostimulátoru, které obvykle vzniká v důsledku infekce operační rány a často se projevuje výskytem hnisavé sekrece.

Abychom minimalizovali riziko této komplikace, je nezbytné pacienta řádně informovat o důležitosti toho, aby se vyhnul nadměrnému dotýkání se podkožně implantovaného neurostimulátoru, vyvíjení tlaku na něj, nošení příliš těsného oblečení a spánku na straně, kde je přístroj implantován. Prohojení neurostimulátoru může nastat, pokud přístroj vyvíjí tlak na kůži z opačné strany.

Další z možných komplikací je narušení kontaktů nebo elektrického spojení na základě pádu pacienta nebo špatným pohybem.

Jednou z typických komplikací po operaci je zalomení elektrody, její migrace nebo i migrace generátoru. Zalomení elektrody může nastat, pokud pacienti v pooperačním období nezachovávají klidový režim a vykonávají fyzicky náročné aktivity. K zalomení může dojít i v důsledku jakéhokoliv prudkého nebo pro elektrodu atypického pohybu. Migrace elektrody či generátoru je rovněž častým jevem a může nastat, pokud pacienti nedodržují doporučený klidový režim a věnují se intenzivním fyzickým činnostem. Během prvních tří měsíců po zákroku dochází k integraci/přirůstání elektrody a generátoru do okolních tkání, a jakákoli intenzivní fyzická aktivita může tento proces srůstu narušit a značně omezit.

Méně časté komplikace zahrnují rozpojení mezi generátorem a prodlužovacím kabelem, stejně jako lokální bolest v oblasti implantace systému. Tyto komplikace se objevují s nižší frekvencí než komplikace popsané výše.

Pokud jde o pozdní komplikace, znatelným faktorem je vybití baterie, jejíž průměrná životnost činí přibližně 10 let. Skutečná životnost baterie je však závislá na individuálních potřebách pacienta a na konkrétním nastavení neurostimulátoru. Zatímco u některých pacientů může baterie vydržet déle než 10 let, u jiných může dojít k jejímu vybití již před uplynutím této doby.

V případě výskytu kterékoliv ze zde uvedených komplikací je nezbytné, aby pacient okamžitě kontaktoval svého neuromodulačního lékaře a bezodkladně se dostavil na kontrolu do ambulance.

## **1.10 Ambulantní péče po implantaci**

První ambulantní kontrola pacientů po implantaci neuromodulátoru u specialisty (neuromodulační lékař či sestra) je standardně naplánována na jeden měsíc po chirurgickém zákroku. Pokud je funkčnost neurostimulátoru v souladu s očekáváními pacienta a nedochází k žádným komplikacím, další kontrolní návštěvy jsou organizovány dle individuálních potřeb pacienta nebo minimálně jednou ročně.

V případech, kdy je pacient objednan k neuromodulačnímu lékaři nebo neuromodulační sestře kvůli nedostatečné efektivitě stimulace, bývá příčinou nedostatečná intenzita stimulace. Po úpravě na vyšší intenzitu je obvykle funkce neuromodulace obnovena a efektivita zlepšena.

## **Závěr**

Bakalářská práce na téma "Ošetrovatelská péče u pacientů s míšní neuromodulací" přináší důležitý příspěvek k odbornému rozvoji všeobecných sester v oblasti neuromodulační techniky i v oblasti péče o pacienty u nichž je aplikována tato specifická léčebná metoda. Práce si klade za cíl nejen rozšířit povědomí o samotné neuromodulační technice, ale také seznámit sestry jak se samotným procesem aplikace této metody, tak i s důležitými aspekty odborného přístupu k pacientům, včetně případné specializované péče.

Z výzkumu a praxe vyplývá, že neuromodulace představuje perspektivní směr v léčbě různých chronických bolestivých stavů. Je zřejmé, že správné porozumění a aplikace této léčebné metody vyžaduje komplexní znalosti i odborný přístup ze strany lékařské i ošetrovatelské.

V průběhu práce bylo demonstrováno, že ošetrovatelská péče při aplikaci míšní neuromodulace vyžaduje pečlivý a celkový přístup. Pro ošetrovatelský personál je nutné pochopení principu neuromodulační techniky při péči o dané pacienty, aby jim byla poskytnuta náležitá péče.

Je třeba zdůraznit, že péče o pacienty s míšní neuromodulací vyžaduje komplexní multidisciplinární přístup. V poskytování péče těmto pacientům hrají všeobecné sestry klíčovou roli. Samotné všeobecné sestry jsou důležitým mezičlánkem mezi lékařem a pacientem. Po celou dobu hospitalizace poskytují pacientovi náležitou individuální péči a jsou vnímavé vůči jakýmkoliv změnám stavu pacienta, jenž by měly bezodkladně nahlásit neuromodulačnímu lékaři. Jejich schopnost porozumět a adaptovat péči na individuální potřeby každého pacienta je však podstatná pro úspěch léčby i pro psychosociální stav pacientů.

Výsledkem bakalářské práce je nejen zvýšení informovanosti sester o této terapeutické metodě, ale i vytvoření edukační brožury. Tato brožura slouží jako praktický nástroj pro všeobecné sestry, jenž je informuje o procesu neuromodulace a poukazuje na specifika péče o pacienty s implantovaným neuromodulačním zařízením.

Cílem brožury je nejen poskytnout všeobecným sestřám potřebné znalosti, ale také je motivovat k aktivnímu zapojení se do péče o tyto pacienty a k neustálému zdokonalování svých dovedností.

**Brožura se zaměřuje na několik oblastí:**

1. Úvod do neuromodulační léčby
2. Indikace léčby
3. Popis procesu neuromodulace
  - I. doba (Trial fáze)
  - II. doba (Fáze implantace)
4. Shrnutí specifík ošetrovatelské péče
5. Odpovědi na často kladené otázky

Bakalářská práce i vytvořená komplementární edukační brožura poskytují komplexní přehled o neuromodulaci jako terapeutické metodě a ošetrovatelské péči, která je s ní spojena. Identifikuje klíčové aspekty péče o pacienty s míšní neuromodulací a zdůrazňuje důležitost odborného přístupu.

Celkově lze konstatovat, že neuromodulace představuje důležitý pokrok v léčbě pacientů s chronickými bolestivými stavy a je zřejmé, že ošetrovatelská péče hraje klíčovou roli v procesu zajištění úspěšného výsledku této terapie.

Jsem přesvědčena, že je nezbytné, aby všeobecné sestry disponovaly dostatečnými informacemi, znalostmi a dovednostmi k poskytování odborné péče daným pacientům. Taktéž, na základě osobní zkušenosti, věřím, že jejich lepší informovanost a schopnost aplikovat specializovanou péči budou mít pozitivní dopad jak na celkový zdravotní stav, tak i na kvalitu života těchto pacientů. A v neposlední řadě povedou k posílení profesionálního sebevědomí všeobecných sester v oblasti specializovaného ošetrování.

Doufám, že tato práce k těmto cílům přispěje.

## Seznam použité literatury

### Česká literatura

BEZDIČKOVÁ, M. *Ošetrovatelství v chirurgii II.* Edtion ed. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3130-8.

DRUGA, M. G. R. *Základy anatomie* Edtion ed. Praha: Galén, 2014. ISBN 978-80-246-2802-8.

FRICOVÁ, J., M. KLÍROVÁ, V. MASOPUST, T. NOVÁK, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of chronic orofacial pain. *Physiol Res*, 2013, 62(Suppl 1), S125-134.

HAKL, M. *Léčba bolesti: současné přístupy k léčbě bolesti a bolestivých syndromů.* Edtion ed. Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-727-3.

HOUDEK, M. *Neuromodulace.* Edtion ed. Praha : : Grada, 2007. ISBN 978-80-247-0429-6.

MYSLIVEČEK, J. *Základy neurověd.* Edtion ed. Praha: Triton, 2009. ISBN 978-80-7387-088-1.

ONDŘEJ NAŇKA, M. E. *Přehled anatomie.* Edtion ed. Praha: Galén, 2019. ISBN 978-80-7492-450-7.

### Zahraniční literatura

KAISER, W. [Johann Gottlieb Krüger (1715-1759) and Christian Gottlieb Kratzenstein (1723-1795) as originators of modern electrotherapy]. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl*, 1977, 65(5), 539-554.

KUMAR, K. AND S. RIZVI Historical and present state of neuromodulation in chronic pain. *Curr Pain Headache Rep*, Jan 2014, 18(1), 387.

LANZA, G. A., R. GRIMALDI, S. GRECO, S. GHIO, et al. Spinal cord stimulation for the treatment of refractory angina pectoris: a multicenter randomized single-blind study (the SCS-ITA trial). *Pain*, Jan 2011, 152(1), 45-52.

MELZACK, R. AND P. D. WALL Pain mechanisms: a new theory. *Science*, Nov 19 1965, 150(3699), 971-979.

ROCK, A. K., H. TRUONG, Y. L. PARK AND J. G. PILITSIS Spinal Cord Stimulation. *Neurosurg Clin N Am*, Apr 2019, 30(2), 169-194.

RODRIGO, D., P. ACIN AND P. BERMEJO Occipital Nerve Stimulation for Refractory Chronic Migraine: Results of a Long-Term Prospective Study. *Pain Physician*, Jan-Feb 2017, 20(1), E151-e159.

SEBAALY, A., M. J. LAHOUD, M. RIZKALLAH, G. KREICHATI, et al. Etiology, Evaluation, and Treatment of Failed Back Surgery Syndrome. *Asian Spine J*, Jun 2018, 12(3), 574-585.

SHEALY, C. N., J. T. MORTIMER AND J. B. RESWICK Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg*, Jul-Aug 1967, 46(4), 489-491.

STILLINGS, D. A survey of the history of electrical stimulation for pain to 1900. *Med Instrum*, Nov-Dec 1975, 9(6), 255-259.

### **Ostatní**

Osobní sdělení: MORAVEC, T. Výběr pacienta, Ambulantní péče před implantací míšní neuromodulace, I. doba z pohledu lékařské péče, Nastavení neurostimulátoru, II. doba z pohledu lékařské péče. Praha, osobní rozhovor, 2024 (záznam rozhovoru u autora)

Osobní sdělení: ŠEDIVÁ, P. I. doba z pohledu ošetrovatelské péče, II. Doba z pohledu ošetrovatelské péče, Pooperační režim, Poimplantační komplikace, Ambulantní péče po implantaci. Praha, osobní rozhovor, 2024 (záznam rozhovoru u autora)

### **Zdroje obrazových příloh**

Obrázek č.6 dostupné z <https://drgeorgallas.com/treatments/neuromodulation-therapies>

Obrázek č. 14 dostupné z <https://apmwellness.com/procedures/spinal-cord-stimulator/>



## Seznam použitých zkratk

### A

ANS autonomní nervový systém

AP angina pectoris

### C

CNS centrální nervový systém

Cp krční páteř (vertebrae cervicales)

### D

DCEA dorsal column electroanalgesia

DCS dorsal column stimulation

### F

FBSS failed back surgery syndrom

### I

ICHS ischemická choroba srdeční

ICHSDK ischemická choroba dolních končetin

### K

KRBS komplexní regionální bolestivý syndrom

### L

Lp bederní páteř

### M

MCS stimulace motorické mozkové kůry

### O

ONS stimulace okcipitálního nervu

## **P**

PNS	periferní nervová stimulace
PNS	periferní nervový systém
PSFS	periferní podkožní stimulace

## **R**

RAS	retikulární aktivační systém
RDS	reflexní sympatická dystrofie
RF	retikulární formace
RTG	rentgen
rTMS	repetitivní transkraniální magnetická stimulace

## **S**

SCS	spinal cord stimulation/stimulace míšní
SNS	somatický nervový systém
SpO2	saturace krve kyslíkem

## **T**

TENS	transkutánní elektrická stimulace
TK	krevní tlak

## **V**

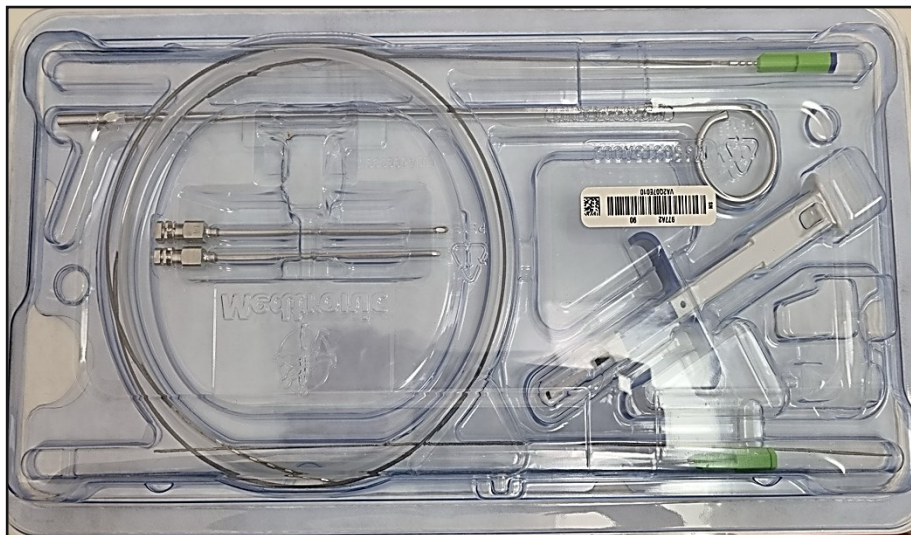
VB	ventrobazální jádra thalamu
----	-----------------------------

## Seznam obrazových příloh

- Obrázek č. 1: Neuromodulační set
- Obrázek č. 2: Implantabilní neurostimulátor
- Obrázek č. 3: Perkutánní zvaná kulatá elektroda
- Obrázek č. 4: Plošná zvaná plochá elektroda
- Obrázek č. 5: Operační řez, jenž je vytvořen operátorem pro zavedení elektrody do páteřního kanálku v I. době implantace ploché elektrody
- Obrázek č. 6: Schéma zavedení perkutánní (kulaté) elektrody
- Obrázek č. 7: RTG snímek již zavedené kulaté elektrody do epidurálního kanálku
- Obrázek č. 8: RTG snímek již zavedené ploché elektrody do epidurálního kanálku
- Obrázek č. 9: Zevní neurostimulátor
- Obrázek č. 10: Programátor se speciálním softwarem, k nastavení neurostimulátoru
- Obrázek č. 11: Pacientský ovladač
- Obrázek č. 12: Zevní neurostimulátor – během převazu pacienta
- Obrázek č. 13: Operační rána a vyvedení prodlužovacího kabelu napojeného na elektrodu a z druhé strany na zevní neurostimulátor
- Obrázek č. 14: Schéma implantované elektrody s neurostimulátorem
- Obrázek č. 15: Prohojení neurostimulátoru

## Obrazové přílohy

Obrázek č. 1: Neuromodulační set



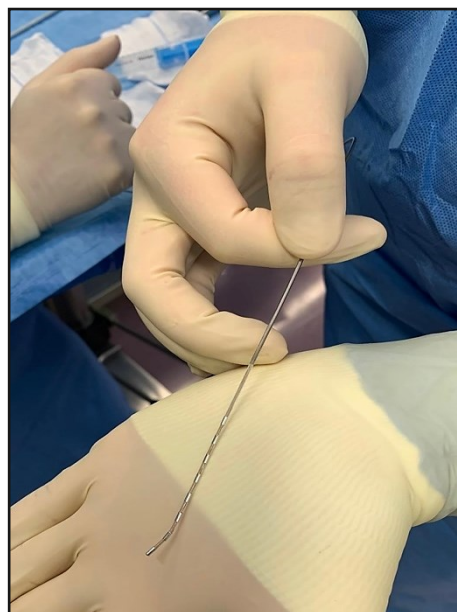
Zdroj: Binární data NCHKHB – se souhlasem nemocnice

Obrázek č. 2:  
Implantabilní neurostimulátor



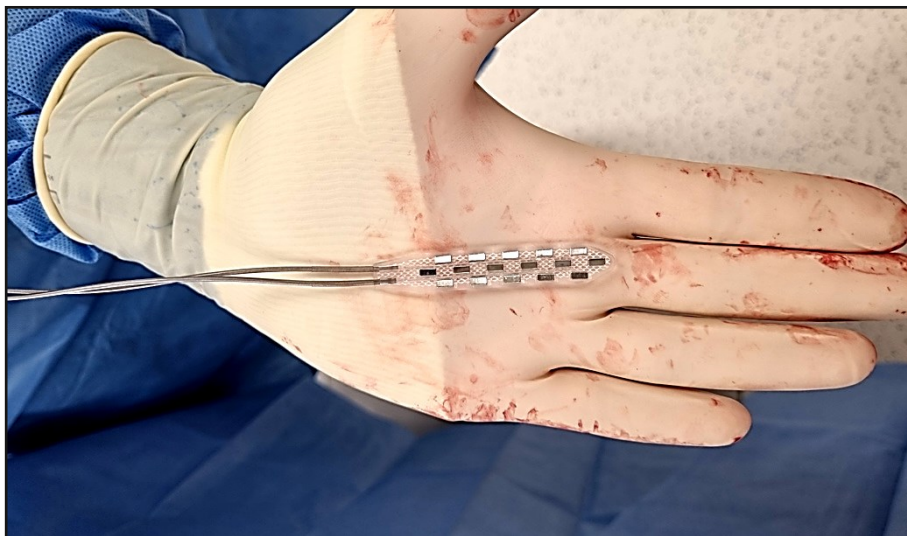
Zdroj: Binární data NCHKHB  
– se souhlasem nemocnice

Obrázek č. 3: Perkutánní  
zvaná kulatá elektroda



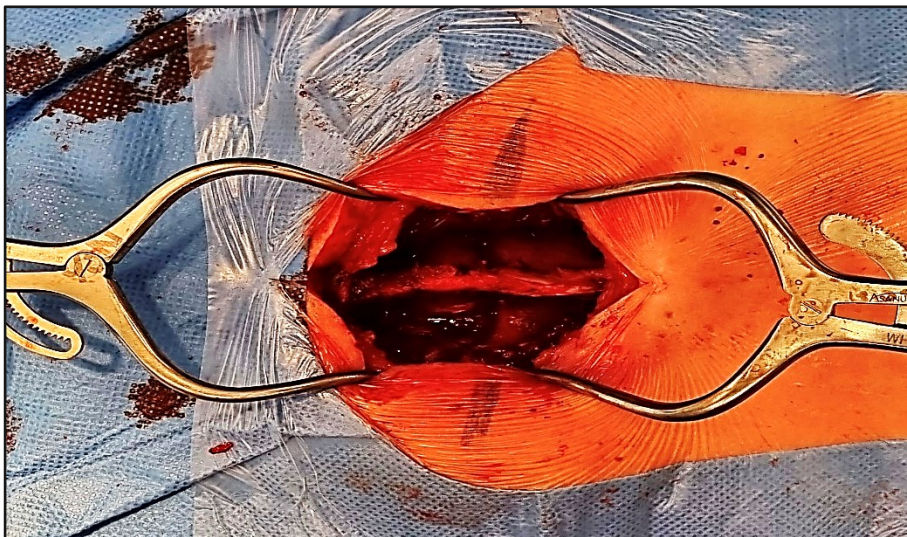
Zdroj: Binární data NCHKHB  
– se souhlasem nemocnice

**Obrázek č. 4: Plošná zvaná plochá elektroda**



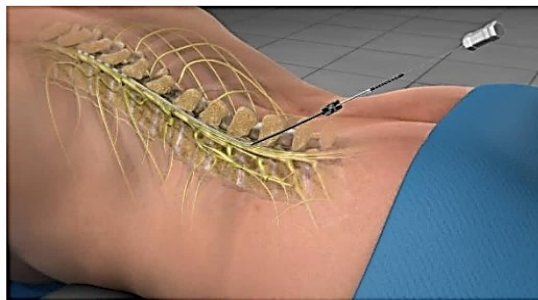
Zdroj: Binární data NCHKHB – se souhlasem nemocnice

**Obrázek č. 5: Operační řez, jenž je vytvořen operátérem pro zavedení elektrody do páteřního kanálku v I. době implantace ploché elektrody**



Zdroj: Binární data NCHKHB – se souhlasem nemocnice

**Obrázek č. 6: Schéma zavedení perkutánní (kulaté) elektrody**



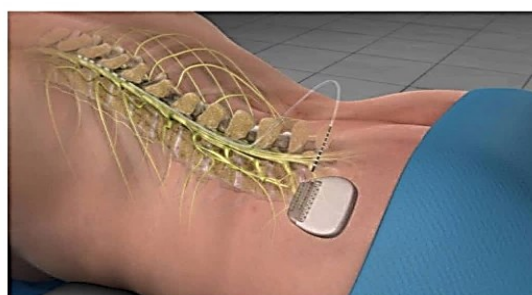
*Zavádění kulaté elektrody*



*Umístění kulaté elektrody v páteřním kanálku*



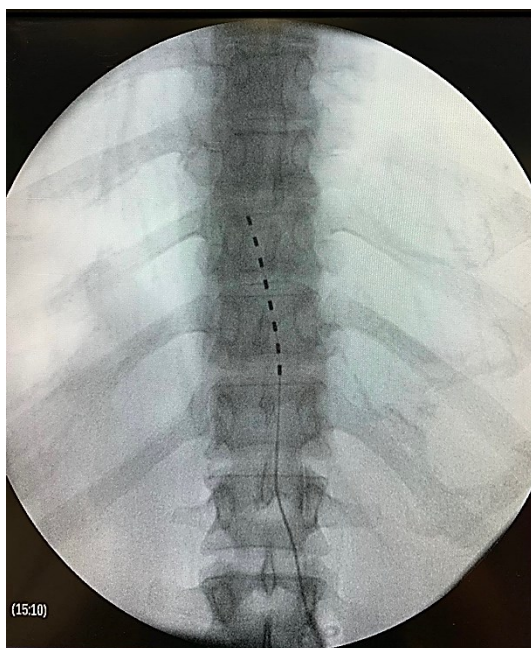
*Kulatá elektroda během aktivní neurostimulace*



*Schéma připojeného zařízení kulaté elektrody*

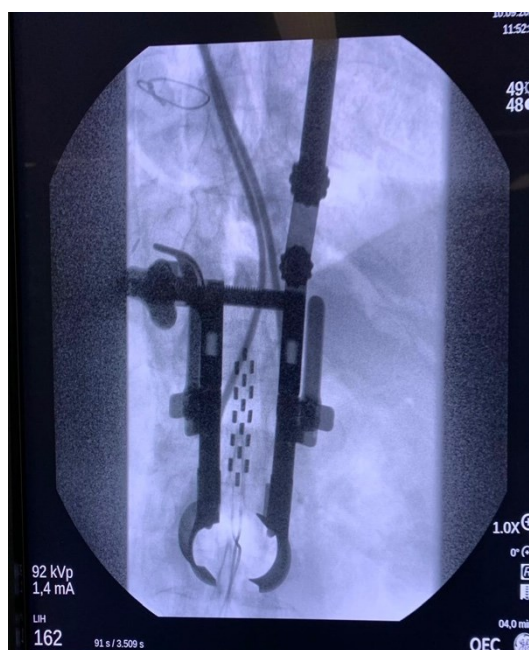
Zdroj: <https://drgeorgallas.com/treatments/neuromodulation-therapies>

**Obrázek č. 7: RTG snímek již zavedené kulaté elektrody do epidurálního kanálku**



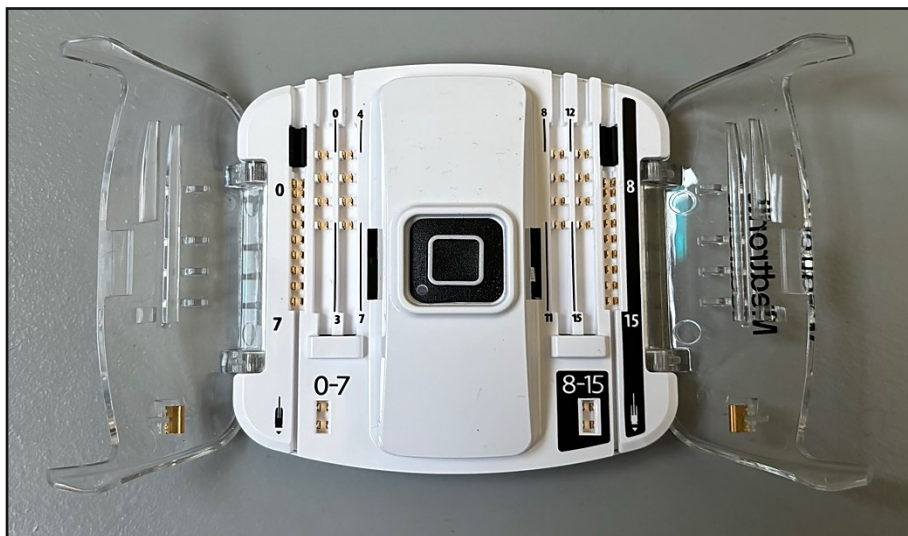
Zdroj: Archiv RTG oddělení  
– se souhlasem nemocnice

**Obrázek č. 8: RTG snímek již zavedené ploché elektrody do epidurálního kanálku**



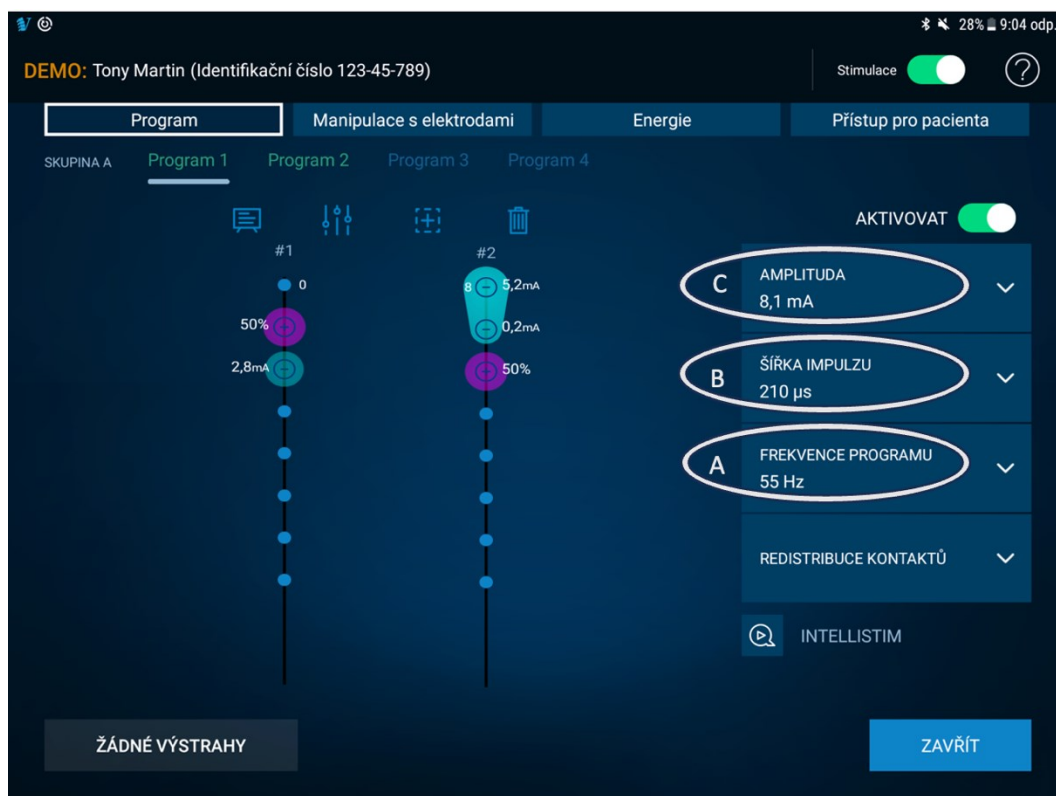
Zdroj: Archiv RTG oddělení  
– se souhlasem nemocnice

Obrázek č. 9: Zevní neurostimulátor



Zdroj: Binární data NCHKHB – se souhlasem nemocnice

Obrázek č. 10: Programátor se speciálním softwarem, k nastavení neurostimulátoru



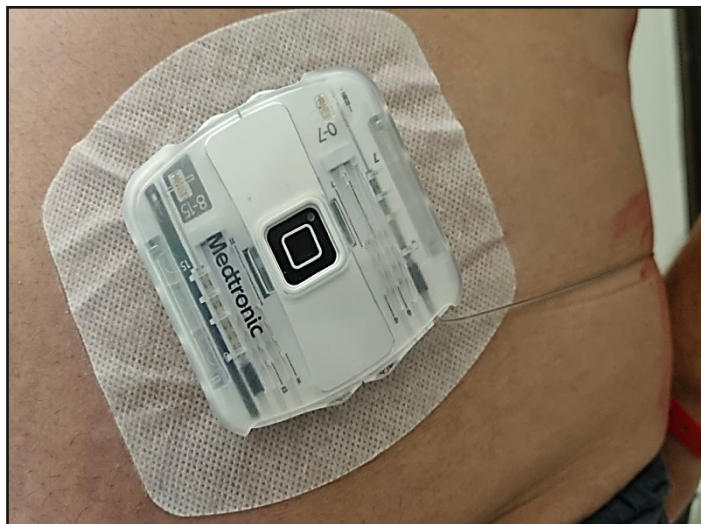
Zdroj: Binární data NCHKHB – se souhlasem nemocnice

**Obrázek č. 11: Pacientský ovladač**



Zdroj: Binární data NCHKHB  
– se souhlasem nemocnice

**Obrázek č. 12: Zevní neurostimulátor – během převazu pacienta**



Zdroj: Binární data NCHKHB  
– se souhlasem nemocnice

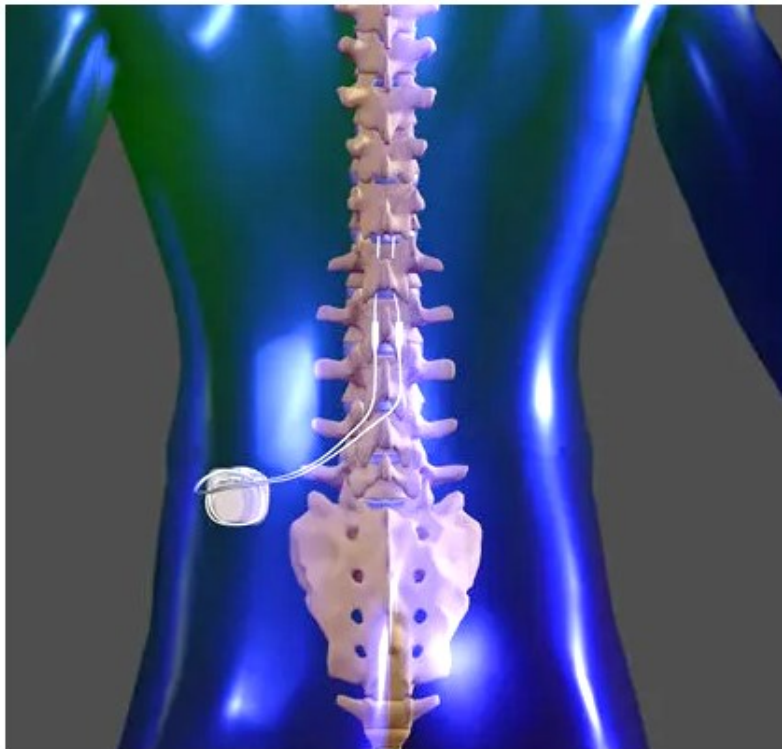
**Obrázek č. 13: Operační rána a vyvedení prodlužovacího kabelu napojeného na elektrodu a z druhé strany na zevní neurostimulátor**



Zdroj: Binární data NCHKHB – se souhlasem nemocnice



**Obrázek č. 14: Schéma implantované elektrody s neurostimulátorem**



Zdroj: <https://tdcs.com/blog/best-neuromodulation-for-pain/>

**Obrázek č. 15: Prohojení neurostimulátoru**



Zdroj: Binární data NCHKHB – se souhlasem nemocnice