

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**MOŽNOSTI TERAPIE PACIENTŮ S TREMOREM  
U PARKINSONOVY NEMOCI**

Bakalářská práce

Autor: Sára Vitovská

Studijní program: Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Dupalová, Ph. D.

Olomouc 2024



**Bibliografická identifikace****Jméno autora:** Sára Vitovská**Název práce:** Možnosti terapie pacientů s tremorem u Parkinsonovy nemoci**Vedoucí práce:** Mgr. Dagmar Dupalová, Ph. D.**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie**Rok obhajoby:** 2024**Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi terapie tremoru u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Tremor patří mezi nejčastější a značně omezující příznak Parkinsonovy nemoci. K diagnostice a terapii tremoru se využívá mnoho metod, z nichž nejvíce využívanou invazivní metodou je hluboká mozková stimulace. Z neinvazivních farmakologických terapií se nejvíce využívá dopaminergní léčba. Mezi nejčastěji využívané nefarmakologické terapie tremoru patří fyzioterapie a do popředí se dostává virtuální a rozšířená realita či alternativní metody. V teoretické části je popsána patofyziologie tremoru, metody vyšetření a terapie. V praktické části je představena kazuistika pacienta s Parkinsonovou nemocí a navržen krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán.

**Klíčová slova:**

Parkinsonova nemoc, tremor, vyšetření, invazivní terapie, neinvazivní terapie

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification****Author:** Sára Vitovská**Title:** Therapy options for patients with tremor in Parkinson's disease**Supervisor:** Mgr. Dagmar Dupalová, Ph. D.**Department:** Department of Physiotherapy**Year:** 2024**Abstract:**

This bachelor thesis deals with the possibilities of tremor therapy in patients with Parkinson's disease. Tremor is one of the most common and severely limiting symptoms of Parkinson's disease. Many methods are used to diagnose and treat tremor, the most widely used invasive method being deep brain stimulation. Of the non-invasive pharmacological therapies, dopaminergic therapy is the most widely used. Physiotherapy is among the most commonly used non-pharmacological therapies for tremor, and virtual and augmented reality or alternative methods are gaining prominence. In the theoretical part, the pathophysiology of tremor, methods of examination and therapy are described. In the practical part, a case study of a patient with Parkinson's disease is presented and a short- and long-term rehabilitation plan is proposed.

**Keywords:**

Parkinson's disease, tremor, diagnosis, invasive therapy, non-invasive therapy

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Dagmar Dupalové, Ph. D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 29. dubna 2024

.....

Děkuji své vedoucí práce, Mgr. Dagmar Dupalové, Ph. D., za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při psaní této bakalářské práce a za čas věnovaný konzultacím a korekturám. Dále děkuji pacientovi L. D. za ochotu a spolupráci při vyšetření. Děkuji své rodině a přátelům za podporu během celého studia i při psaní této bakalářské práce.

## SEZNAM ZKRATEK

ACT – akrální koaktivační terapie  
ADL – všední denní činnosti  
AR – rozšířená realita  
CBD – kanabidiol  
CBT – kognitivně-behaviorální terapie  
CMP – cévní mozková příhoda  
COMT – katechol-O-metyltransferáza  
CT – výpočetní tomografie  
CTC – cerebello-thalamo-kortikální okruh  
DAT – dopaminový přenašeč  
DBS – hluboká mozková stimulace  
DKK – dolní končetiny  
DNS – dynamická neuromuskulární stabilizace  
DRTT – dentato-rubrothalamická dráha  
EERD – extraezofageální refluxní choroba  
EMG – elektromyografie  
EMS – elektromyostimulace  
fMRI – funkční magnetická rezonance  
GPi – globus pallidus internus  
HK – horní končetina  
HKK – horní končetiny  
LC – locus coeruleus  
LHK – levá horní končetina  
Lp – bederní páteř  
LRAK – levý ramenní kloub  
MAO-B – monoaminoxidáza B  
MDS – Movement Disorder Society  
MRI – magnetická rezonance  
mUPDRS – motorická škála Unified Parkinson's Disease Rating Scale  
PDRP – PD-related metabolic pattern  
PDTP – PD tremor-related metabolic pattern  
PES – periferní elektrická stimulace

PHK – pravá horní končetina  
PN – Parkinsonova nemoc  
PRAK – pravý ramenní kloub  
PSA – zadní subthalamická oblast  
RM – repetition maximum  
RN – nucleus raphe  
ROM – rozsah pohybu  
RPE – míra vnímané námahy  
RRA – retrorubrální oblast  
SAG – skupina s falešnou akupunkturou  
SIPS – spina iliaca posterior superior  
SPECT – jednofotonová emisní počítačová tomografie  
STN – subthalamické jádro  
TAG – skupina s pravou akupunkturou  
TF max – maximální tepová frekvence  
THC – delta-9-tetrahydrokanabinol  
UPDRS – Unified Parkinson's Disease Rating Scale  
VAS – vertebrogenní algický syndrom  
VAS – vizuální analogová škála  
Vim – přední intermediální jádro thalamu  
Vo – jádro ventralis oralis  
WG – vyčkávací skupina  
Yapa-PBGA – Yapa Parkinson balance and gait aerobics  
ZI – zona incerta



## OBSAH

Obsah.....	10
1 Úvod.....	12
2 Cíle .....	14
3 Metodika.....	15
4 Výsledky .....	16
4.1 Parkinsonova nemoc.....	16
4.1.1 Patofyziologie Parkinsonovy nemoci.....	16
4.1.2 Patofyziologie tremoru u Parkinsonovy nemoci .....	16
4.2 Tremor.....	19
4.2.1 Klasifikace tremoru .....	19
4.2.2 Tremor u Parkinsonovy nemoci .....	20
4.3 Vyšetření tremoru .....	21
4.3.1 Dotazník MDS-UPDRS.....	21
4.3.2 Vyšetření tremoru pomocí psaní.....	24
4.3.3 SPECT.....	25
4.3.4 Akcelerometrie.....	27
4.3.5 Gyroskopie .....	27
4.3.6 Elektromyografie.....	28
4.3.7 Monitoring aktivity.....	29
4.3.8 Digitalizace měření třesu pomocí mobilních grafických tabletů .....	29
4.4 Invazivní terapie tremoru.....	30
4.4.1 Hluboká mozková stimulace .....	30
4.4.2 Radiofrekvenční ablace .....	31
4.4.3 Thalamotomie pomocí gama nože.....	32
4.4.4 Fokuzovaný ultrazvuk.....	32
4.5 Farmakologická terapie tremoru.....	32
4.5.1 Levodopa.....	33
4.5.2 Inhibitory MAO-B a COMT.....	33
4.5.3 Agonisté dopaminu .....	33
4.5.4 Anticholinergika .....	34

4.5.5	Amantadin .....	34
4.5.6	Botulotoxin A .....	34
4.5.7	Konopí.....	35
4.6	Nefarmakologická terapie tremoru.....	36
4.6.1	Ergoterapie .....	36
4.6.2	Psychoterapie .....	37
4.6.3	Fyzioterapie .....	38
4.6.4	Fyzikální terapie.....	43
4.6.5	Virtuální realita .....	45
4.6.6	Akupunktura .....	50
4.6.7	Tai Chi .....	52
4.6.8	Jóga .....	52
5	Kazuistika .....	53
5.1	Základní údaje pacienta .....	53
5.2	Anamnéza .....	53
5.3	Kineziologický rozbor .....	54
5.4	Neurologické vyšetření .....	55
5.5	Vyšetření stoje a chůze .....	58
5.6	Funkční vyšetření .....	58
5.7	Krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán .....	60
6	Diskuse.....	61
7	Závěry .....	68
8	Souhrn.....	69
9	Summary.....	70
10	Referenční seznam.....	71
11	Přílohy.....	77
11.1	Informovaný souhlas.....	77

# 1 ÚVOD

Parkinsonova nemoc je jedno z nejčastějších neurologických onemocnění na světě. Tremor je jeden ze tří nejčastějších symptomů této nemoci. Tato bakalářská práce se zabývá terapií tremoru u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Existuje mnoho druhů tremoru – mezi nejčastější typy třesu patří fyziologický, esenciální, ortostatický, dystonický, parkinsonský, cerebellární, Holmesův třes a dále myorytmie.

Fyziologický třes, který bývá ve frekvenci 8-12 Hertzů, zažije každý člověk, třes se může zhoršit při zvýšeném vyplavení katecholaminů, například při úzkostech, strachu nebo hněvu. Pokud ale třes omezuje funkční schopnost člověka, považuje se za třes patofyziologický. Takový tremor mohou způsobit endokrinní poruchy, nadměrný stres, léky, toxiny nebo neurologické onemocnění. Esenciální tremor je nejčastějším patofyziologickým třesem a je charakterizován frekvencí 4-12 Hz, může postihovat horní i dolní končetiny, hlavu, trup, čelist i hlas. Esenciální tremor pomalu progreduje. Bylo zjištěno, že u 50-70 % případů se třes zlepšuje při konzumaci alkoholu. Téměř u poloviny pacientů je současně přítomna mozečková dysfunkce, která se s progresí onemocnění zhoršuje, což vede k ataxii, dyssynergii a nestabilitě chůze. Farmakologická léčba (především beta-antagonisté a primidon) je základem léčby tohoto tremoru, ale je účinná při obnově funkční schopnosti jen asi u 50 % pacientů s esenciálním tremorem (Chandra, Hilliard, & Foote, 2022).

Ortostatický tremor je generalizovaný vysokofrekvenční (13-18 Hz) izolovaný syndrom třesu, který se objevuje při stání. Pacient má pocit nejistoty v dolních končetinách, má pak tendenci k pádu, případně si sedá, aby neupadl. Je třeba potvrdit frekvenci třesu, obvykle pomocí elektromyografie (EMG). Tento třes může být hmatný, ale není viditelný. DeOrchis et al. (2013) popisují slyšitelný rytmus nazývaný „helikoptérové znamení“, který lze zjistit auskultací svalů dolních končetin nebo jej můžeme slyšet při provádění povrchového EMG. Dystonickým třesem označujeme třes v části těla postižené dystonií. V současné době panuje všeobecná shoda, že třes může být základním prvkem dystonické kontrakce. Mezi běžné příklady patří třes cervikální dystonie (dystonický třes hlavy) a segmentální třesová dystonie postihující hlavu a horní končetiny. Dystonický třes může být zhoršen snahou o udržení určitých poloh. Dystonie se někdy může projevit pouze při náročných motorických nebo kognitivních úkolech. Etiologie dystonických třesových syndromů může být známá nebo idiopatická. Při postižení mozečku nebo cerebello-thalamické dráhy je typický intenzivní třes o frekvenci menší než 5 Hz. Jedná se o kinetický třes, který vzniká při cílených pohybech a zvýrazňuje se na začátku a konci cíleného pohybu. U tohoto třesu jsou projevy mozečkové ataxie zejména horních končetin, stoje a chůze,

může být přítomna i mozečková dysartrie. Holmesův tremor je syndrom klidového, posturálního a intenčního tremoru, který se nejčastěji objevuje na jedné horní končetině o nízké frekvenci (<5 Hz). Etiologií je často získaná léze v mozkovém kmeni v blízkosti nucleus ruber. Holmesův třes se obvykle vyskytuje s dalšími příznaky postižení hybnosti. Myorytmie je velmi vzácná porucha rytmických pohybů lebečních nebo končetinových svalů v klidu nebo při činnosti a je zde klasifikována jako třes. Frekvence je 1 až 4 Hz. Obvykle je způsobena patologií v mozkovém kmeni, mezimozku nebo mozečku a má diagnostikovatelnou etiologii, která může být léčitelná (Bhatia et al., 2018; Růžička & Holý, 2020).

Parkinsonský syndrom se dělí na dvě etiologie – primární parkinsonismus, kam patří Parkinsonova nemoc a její projevy, včetně tremoru, kterým se bakalářská práce zabývá v následujících kapitolách. Dále sekundární parkinsonismus, jehož nejčastější příčinou je užívání různých léků. Byla popsána především neuroleptika, která přímo ovlivňují dopaminergní přenos a blokátory kalciových kanálů, které vyvolávají parkinsonismus. Další častou příčinou sekundárního parkinsonismu jsou cévní léze (tj. vaskulární parkinsonismus) a může být také způsoben chronickou traumatickou encefalopatií. Kromě toho byly jako vzácné příčiny parkinsonismu popsány také mozkové nádory, léze způsobené infekčními (virová nebo bakteriální encefalitida) nebo imunologickými chorobami a také toxiny nebo drogami. Byl zaznamenán také parkinsonismus jako projev lézí roztroušené sklerózy nebo hypoxie mozku. Příčinou sekundárního parkinsonismu jsou jiné poruchy nigro-striatálního dopaminergního systému. Protože sekundární formy parkinsonismu vyžadují odlišný terapeutický postup, měly by být vždy zvažovány jako diferenciální diagnózy. Většina forem sekundárního parkinsonismu je méně citlivá na dopaminergní léčbu nebo dopaminergní léčba není po léčbě primární příčiny nutná (Höllerhage, 2019).

## 2 CÍLE

Hlavním cílem této bakalářské práce je na základě literární rešerše shrnout poznatky týkající se terapie tremoru u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Klíčová kapitola se zabývá nefarmakologickou terapií klidového tremoru. Mezi vedlejší cíle práce patří popis patofyziologie tremoru u PN, klasifikace a charakteristika tremoru, vyšetření, invazivní a farmakologická terapie tremoru.

Součástí práce je i kazuistika pacienta s Parkinsonovou nemocí. V kazuistice je popsán kineziologický rozbor a neurologické vyšetření pacienta. Část kazuistiky se zabývá návrhem krátkodobého a dlouhodobého rehabilitačního plánu.

### 3 METODIKA

Teoretická část bakalářské práce je rešerší odborné literatury. Tato literatura byla vyhledávána v květnu a červnu roku 2023 především pomocí online databáze PubMed, dále pomocí online databáze Google Scholar a v menší míře databáze EBSCO. Byla zadávána klíčová slova „physical therapy AND tremor“, „physical therapy AND parkinsons disease“, „tremor AND movement“, „physiotherapy AND tremor AND (parkinsons disease OR multiple sclerosis)“, „physical therapy AND tremor AND (parkinsons disease OR multiple sclerosis)“, „tremor AND (physical therapy OR physiotherapy)“, „parkinson's disease methods of treatment“, „cannabis and tremor“, „parkinsons disease AND rehabilitation“, „Parkinsonism AND Rehabilitation Therapy“, „Multimodal Rehabilitation therapy AND Parkinson's Disease“, „assessment of tremor“, „assessment of tremor AND Parkinson's Disease“. Z počátku vyhledávání byl využit filtr vyhledávaných let na období 2018–2023, tento filtr byl poté smazán a byly vyhledávány další články z dávnějších let. K rešerší odborné literatury bylo využito 57 článků.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Parkinsonova nemoc

Parkinsonova nemoc (PN) je pomalu progredující neurodegenerativní onemocnění, které je typické třemi symptomy – tremorem, rigiditou a bradykinezí. Pacienti s Parkinsonovou nemocí mají časté problémy s chůzí a s rovnováhou, dále nemoc provázejí i nemotorické symptomy. Mnohdy mívají pacienti s PN autonomní problémy, trpívají ortostatickou hypotenzí, zácpou nebo urologickými potížemi. Dále mohou mít problémy se spánkem a také spektrum neuropsychiatrických symptomů jako je demence nebo halucinace (Sveinbjornsdottir, 2016; Halli-Tierney, Luker, & Carroll, 2020).

Toto onemocnění postihuje převážně jedince ve vyšším věku. Je to druhé nejčastější neurodegenerativní onemocnění na světě. Ve Spojených státech amerických je každoročně diagnostikováno s PN přibližně 60 000 lidí. Parkinsonova nemoc je čtrnáctou nejčastější příčinou smrti, mnoho pacientů zemře na komplikace způsobené nemocí, které mohou zahrnovat problémy s polykáním, tichou aspirací, pneumonií až udušení (Sveinbjornsdottir, 2016; Halli-Tierney et al., 2020).

#### 4.1.1 Patofyziologie Parkinsonovy nemoci

Parkinsonova nemoc se vyznačuje úbytkem dopaminergních neuronů v bazálních gangliích, převážně v substantia nigra, a vznikem intraneuronální agregace  $\alpha$ -synukleinu ve formě kulovitých Lewyho tělísek a vřetenovitých Lewyho neuritů, které se vyvíjejí ve zranitelných neuronech. Tato patologie postupuje od mozkového kmene přes střední mozek, a nakonec se šíří do limbických a neokortikálních oblastí. Některé nemotorické příznaky, například změny čichu, nálady, spánku, se mohou objevit až 20 let před motorickými příznaky, což odráží patologii mozkového kmene, která předchází postižení substantia nigra. Klinická diagnóza PN se obvykle stanoví, když proces zasáhne substantia nigra a objeví se klasické motorické příznaky (Ellis et al., 2021; Halli-Tierney et al., 2020).

#### 4.1.2 Patofyziologie tremoru u Parkinsonovy nemoci

Patofyziologie tremoru je komplexní a stále není zcela pochopena. Předpokládá se, že počátek, závažnost a progresse tremoru je multifaktoriální a má jiný mechanismus než typický úbytek dopaminergních neuronů. Kamble & Pal (2018) popisují, že třes vzniká z mechanických, periferních nebo centrálních oscilací. Mechanické oscilace jsou způsobeny složitými pohyby, ke kterým dochází v systému šlach, svalů a kloubů. Periferní oscilace zahrnují dráhu od svalů do

míchy a od míchy do svalů. Mezi komponenty centrální oscilace patří spinální a supraspinální struktury, kam řadíme bazální ganglia, mozeček a mozkovou kůru. Avšak v poslední době byly stanoveny dva základní principy vzniku třesů. V první hypotéze se mluví o funkční hyperexcitabilitě a rytmické oscilaci neuronálních smyček bez strukturálních změn. Ve druhé hypotéze je řeč o strukturální změně s rysy neurodegenerace (Abusair, Elsekaily, & Bohlega, 2022).

Vznik tremoru je spojen s dysfunkcí dvou hlavních drah – bazální ganglia-cerebello-thalamická dráha a dráha dento-olivární. Globus pallidus internus bazálních ganglií posílá inhibitorní signály (takzvaně GABAergní signály) do přední části ventrolaterálního jádra thalamu (také známé jako ventrointermediální jádro) a dále se signály přepojují do motorické kůry. Zvýšená aktivita globus pallidus internus snižuje aktivitu mozkové kůry. Jádra mozečku (především tedy nucleus dentatus) posílají excitační signály (takzvaně glutaminergní signály) do zadní části ventrolaterálního jádra thalamu a dále do mozkové kůry. Mozečková aktivita facilituje aktivitu kůry mozkové. Bazální ganglia-cerebello-thalamická dráha je považována za dráhu, ve které vzniká tremor u pacientů nejen s PN, ale i s esenciálním, ortostatickým a Holmesovým tremorem (Kamble & Pal, 2018).

Druhá dráha, dráha dento-olivární, se skládá z nucleus ruber, nucleus olivaris inferior a nucleus dentatus. Společně tvoří takzvaný Guillain-Mollaretův trojúhelník. Nucleus dentatus je spojeno s kontralaterálním nucleus olivaris inferior pomocí GABAergních inibičních signálů, které následně vysílají excitační signály do Purkyňových buněk mozečku. Nucleus olivaris inferior přijímá signály z nucleus ruber. Nucleus olivaris inferior hraje zásadní roli ve vzniku třesu. Neurony v nucleus olivaris inferior jsou spojeny skulinovými spojeními (tzv. „gap junctions“) a mohou působit jako asynchronní neuronální síť. Fyziologicky neurony nucleus olivaris inferior vytvářejí pravidelné oscilační depolarizace pomocí vápníkových kanálů. Tyto oscilace slouží jako pacemaker při včasné zpracování, časové koordinaci a mozečkovém motorickém učení. Všechny tyto dráhy, Guillain-Mollaretova trojúhelníku, jsou vzájemně propojeny pomocí nucleus subthalamicus, které vytváří hlavní spojení v dráze tremoru. Pokud je léze na některé ze dvou zmiňovaných drah, způsobí to třes (Kamble & Pal, 2018).

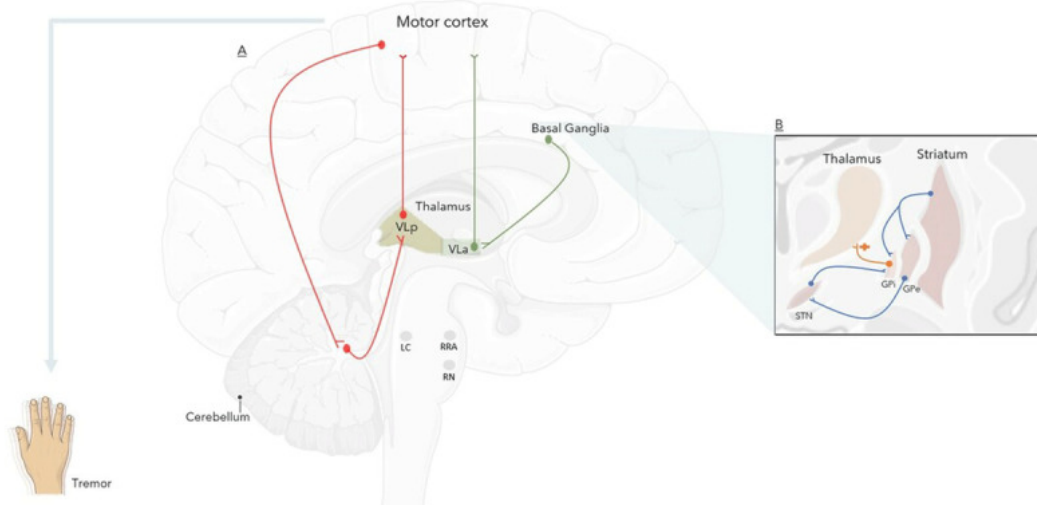
Takzvaný model stmívače a přepínače („the dimmer-switch model“) se skládá ze dvou oddělených, ale částečně se překrývajících drah – cerebello-thalamo-kortikální dráha a dráha bazálních ganglií spojená s mozkovou kůrou. Tyto dráhy způsobují změnu normálních centrálních nervových oscilací, a nakonec spouštějí třes. Bazální ganglia jsou hlavním místem, kde přechodná aktivace vytváří třes. V modelu dimmer-switch jsou bazální ganglia „přepínač/switch“. Striatum bazálních ganglií vytváří oscilační aktivitu a tím způsobí zvýšené



množství vysílaných inhibičních signálů do thalamu. Tento proces ovlivňuje mozkovou kůru, kde se obě dráhy spojují a kde dochází k aktivitě související s třesem. Toto spojení stimuluje cerebello-thalamo-kortikální dráhu, která mění amplitudu tremoru, čímž působí jako „stmívač/dimmer“. Bylo zjištěno, že u pacientů s PN s dominancí třesu se zvýšila funkční konektivita mezi bazálními ganglii a cerebello-thalamo-kortikálním okruhem ve srovnání s pacienty s PN bez třesu. Tento model vysvětluje, proč lze pomocí DBS v bazálních gangliích nebo v cerebello-thalamo-kortikálním okruhu léčit třes (Abusrair et al., 2022; Helmich, Toni, Deuschl, & Bloem, 2013).

Studie Abusraira et al. (2022) uvádí, že tyto okruhy byly zkoumány pomocí MRI s elektromyografií a bylo zjištěno, že aktivita mozku je časově vázána na nástup tremoru s vysokou amplitudou a je umístěna jak v bazálních gangliích, tak v cerebello-thalamo-kortikální dráze. Kromě toho byla maximální aktivita bazálních ganglií zjištěna na počátku třesu, což potvrzuje specifickou roli bazálních ganglií jako hlavní strukturu pro tvorbu třesu, zatímco následná aktivita, která souvisí s amplitudou třesu, byla lokalizována pouze do předního ventrolaterálního jádra thalamu, mozečku a motorické kůry, které souvisejí s cerebello-thalamo-kortikální dráhou. U pacientů s PN s dominancí tremoru byla také zjištěna zvýšená spjitost mezi oběma drahami ve srovnání s pacienty s PN bez tremoru, což podporuje roli tohoto modelu v patogenezi tremoru u PN.

Na obrázku můžeme také vidět hlavní jádra, která mají pravděpodobně velkou roli v patogenezi tremoru. Patří sem retrorubrální oblast (RRA), která vede ke snížení dopaminergních výběžků do subthalamické oblasti, bazálních ganglií a ventrolaterálního thalamu, dále snížené množství serotonergních výběžků kvůli degeneraci nucleus raphe (RN) a zvýšené množství noradrenergických výběžků z locus coeruleus (LC) (Abusrair et al., 2022).



Obrázek 1. Hlavní jádra patogeneze tremoru (Abusrair et al., 2022, p.3).

Studie prokázaly, že pacienti s PN, kteří trpí tremorem, mají vyšší neuronální ztrátu v retrorubrální oblasti středního mozku než pacienti s PN, kteří tremorem netrpí. Pacienti mají zvýšenou ztrátu buněk v substantia nigra pars compacta a locus coeruleus. Dysfunkce globus pallidus, která vede k vyčerpání dopaminu ve striatu, je způsobeno ztrátou dopaminergních neuronů v retrorubrální oblasti. Změny byly zjištěny i v serotonergním systému, a to v úbytku transportu serotoninu v thalamu. Tyto neurotransmiterní abnormality jsou předpokládány a spojovány se vznikem třesu (Kamble & Pal, 2018).

Dle Dirkxe & Bologny (2022) je třes u Parkinsonovy nemoci fenomenologicky heterogenní, tato skutečnost znázorňuje komplexitu jeho patologického mechanismu. Tremor progreduje svým vlastním tempem a jeho závažnost nekoreluje se závažností bradykineze nebo rigidity, ani s úbytkem dopaminu ve striatu. Tudíž může mít tremor různorodou odpověď na dopaminergní náhradu. To znamená, že tremor nemůže být interpretován jako výsledek dopaminergní denervace bazálních ganglií, ale že jsou zapojeny i jiná místa mozku a další neurotransmitery.

## **4.2 Tremor**

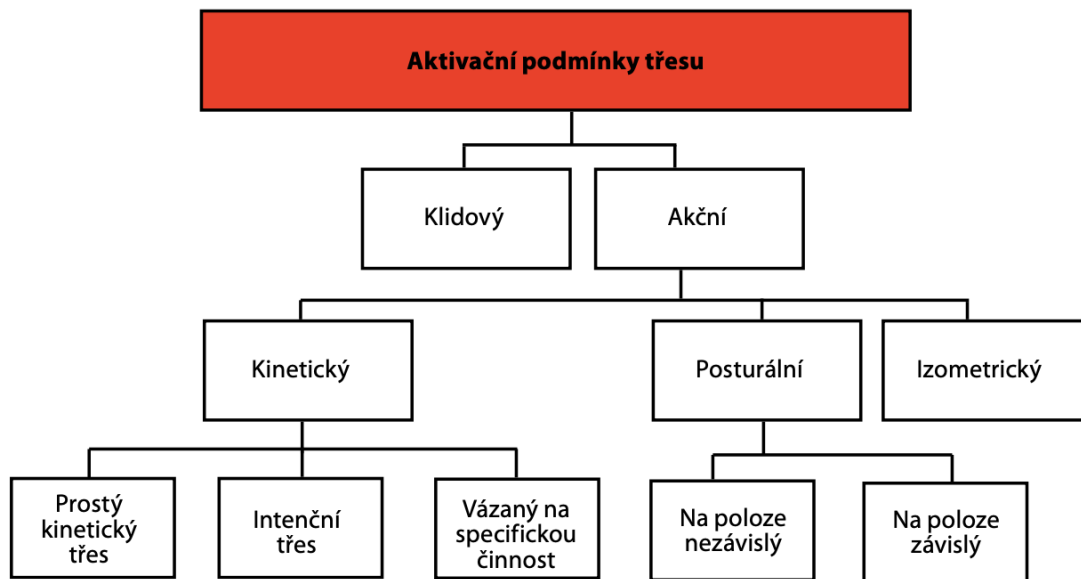
### **4.2.1 Klasifikace tremoru**

„Pro odlišení třesu od jiných abnormálních pohybů je podstatný současný nálezn všech tří charakteristických rysů – mimovolního vzniku, pravidelného rytmu a oscilačního rázu“ (Růžička & Holý, 2020).

Tremor klasifikujeme podle frekvence třesu. Frekvence třesu se dělí na tři druhy – nízká ( $f < 4$  Hz), střední ( $f = 4-7$  Hz) a vysoká ( $f > 7$  Hz). U Parkinsonovy nemoci je nejčastější frekvence mezi čtyřmi až šesti Hertz. Následující členění je dle části těla, která je postižena. Můžeme se setkat s tremorem hlavy, jazyka, dolní čelisti, hlasu, trupu a končetin (Kamble & Pal, 2018).

Klinická klasifikace tremoru začíná určením stavu, který tremor aktivuje. Nejzákladnější klasifikací je dělení na tremor klidový a akční. Klidový tremor se na těle objevuje na místech, která jsou relaxovaná, není přítomna kontrakce svalů a je vyloučena gravitace (např. když je paže opřena o opěrku židle). Typicky se třes zhoršuje při stresu, koncentraci nebo při chůzi. Třes se zmírňuje nebo úplně zmizí ve spánku nebo při úmyslném pohybu části těla, která je tremorem postižena. V raném období nemoci je třes často přerušovaný a také může být vyvolán stresem nebo úzkostmi. Počátek klidového tremoru bývá nejčastěji asymetricky na horních končetinách, vzácněji se od počátku nebo při delším trvání nemoci může tremor objevovat symetricky, ale s vyšší amplitudou na jedné straně. Dále jej můžeme vidět na obličeji (ve rtech nebo v dolní čelisti). Tento typ je typický právě pro Parkinsonovou nemoc (Chandra et al., 2022; Jankovic, 2008; Kamble & Pal, 2018; Růžička & Holý, 2020).

Akční tremor se dále rozlišuje na posturální, izometrický a kinetický. Posturální třes se objevuje, jestliže je postižená část těla specificky vystavena proti gravitaci (např. horní končetina je předpažena). Izometrický tremor se objevuje při izometrické kontrakci postižené části těla tremorem. Kinetický třes je spojen s cíleným volným pohybem postižené části těla tremorem, který se zdůrazňuje při jakémkoli pohybu (tzv. prostý kinetický tremor), dále při cílených pohybech (tzv. intenční třes) nebo při konkrétní činnosti (například při psaní) (Chandra et al., 2022; Kamble & Pal, 2018; Růžička & Holý, 2020).



Obrázek 2. Základní dělení tremorů (Růžička & Holý, 2020, p. 429).

#### 4.2.2 Tremor u Parkinsonovy nemoci

Společnost pro pohybové poruchy (Movement Disorders Society, MDS) nedávno definovala tremor jako mimovolní pohyb, který je rytmický a oscilační zároveň. Tremor je nejčastějším symptomem u pacientů s PN, uvádí se, že až 75 % všech pacientů trpí tremorem. Tento symptom často bývá i nejvíce problémový. U pacientů s PN je nejčastější klidový tremor, který se vyznačuje typickým „počítáním mincí“, ale mohou se objevit i jiné typy tremorů. Třes je z počátku asymetrický a objevuje se nejčastěji na akrálních částech horních končetin. Tremor u PN se projevuje buď jako flexe-extenze nebo pronace-supinace rukou a prstů, anebo oscilačními pohyby ruky a předloktí. Na noze má projevy jako flexe-extenze hlezen. Klidový třes běžně odezní při volném pohybu postižené části těla (např. při zvedání postižené ruky), ale v některých případech se může znovu objevit při polohování nebo při pohybu po určité prodlevě (průměrná latence opětovného vzniku klidového třesu při tonické aktivaci svalů je přibližně 9 sekund). Tento opětovně se objevující třes se pohybuje ve stejném frekvenčním pásmu jako klidový třes a nazývá se reemergentní tremor, což je zajímavý úkaz představující potlačení třesu

při volném pohybu (Abusrair et al., 2022; Chandra et al., 2022; Kamble & Pal, 2018; Pirker, Katzenschlager, Hallett, & Poewe, 2023).

U některých pacientů s PN můžeme pozorovat izolovaný posturální a kinetický tremor. Frekvence těchto třesů je mezi 5-10 Hz. Posturální tremor je častější u akinetické rigidní varianty Parkinsonovy nemoci. Někteří autoři tvrdí, že kinetický tremor u PN může být variantou esenciálního tremoru nebo zvýšeného fyziologického třesu. U pacientů s Parkinsonovou nemocí se objevuje tzv. mikrografie, která bývá spojená i s třesem. Pacienti s PN občas popisují a stěžují si na tzv. vnitřní tremor, který není viditelný (Chandra et al., 2022; Kamble & Pal, 2018; Růžička & Holý, 2020).

Chandra et al. (2022) poukazují, že existují čtyři subklasifikace třesu spojeného s Parkinsonovou nemocí: typ I je klidový třes o frekvenci 4-6 Hz, typ II je klidový třes kombinovaný s akčním třesem o stejné frekvenci se zvyšující se amplitudou ve stresových situacích, typ III je izolovaný akční třes, typ IV je smíšený klidový a akční třes, každý s různou frekvencí. Studie ukázaly, že mezi klidovým třesem a stupněm nigrostriální degenerace není žádná korelace. Kromě toho se klidový tremor občas vyskytuje na kontralaterální straně od většiny parkinsonských rysů jako je rigidita a bradykineze. Předpokládá se, že parkinsonský třes vzniká v důsledku odchylné oscilační aktivity v cerebello-thalamo-kortikálním okruhu.

Zatímco patofyziologický základ pro podtypy tremorů u PN zatím zůstává nejasný, Abusrair et al. (2022) popisují, že původ klidových a posturálních komponent třesu byl zjišťován pomocí neinvazivní transkraniální magnetické stimulace primární motorické kůry a mozečku. Přenastavení klidového a posturálního tremoru u PN se dá dosáhnout pomocí stimulace primární motorické kůry, zatímco stimulace mozečku umožní přenastavení pouze posturálního tremoru. Tato zjištění naznačují, že kortikální oblast ovlivňuje amplitudu a rytmus klidového i posturálního tremoru PN, modulace posturálního tremoru je spíše spojeno s mozečkem.

### **4.3 Vyšetření tremoru**

#### **4.3.1 Dotazník MDS-UPDRS**

Společnost pro pohybové poruchy (MDS) a Unifikovaná stupnice hodnocení Parkinsonovy nemoci (Unified Parkinson's Disease Rating Scale, UPDRS) společně hodnotí problémy PN, včetně tremoru. MDS-UPDRS je revizí UPDRS, která byla původně vyvinuta v 80. letech 20. století. Tato škála byla vyvinuta k hodnocení různých aspektů Parkinsonovy nemoci včetně nemotorických a motorických příznaků v aktivitách každodenního života a motorických komplikací. Zahrnuje hodnocení motoriky a charakterizuje rozsah a zátěž onemocnění. Škálu lze použít v klinickém prostředí i ve výzkumu.

MDS-UPDRS má čtyři části: část I (nemotorické příznaky z každodenního života), část II (motorické příznaky z každodenního života), část III (vyšetření motoriky) a část IV (motorické komplikace). Část II je navržena tak, aby se jednalo o dotazník, který si pacienti sami vyplní, ale zkoušející ji může zkontrolovat, aby byla zajištěna úplnost a jasnost. Část III obsahuje pokyny pro hodnotitele, které má dát nebo předvést pacientovi; vyplní ho hodnotitel. Část IV obsahuje pokyny pro hodnotitele a také pokyny, které je třeba přečíst pacientovi. Tremor se v dotazníku objevuje v části II a části III. V části II je na tremor pouze jedna otázka:

Měl/a jste během minulého týdne chvění nebo třes?

0: Normální: Vůbec ne. Nemám chvění ani třes.

1: Lehký: Objevuje se chvění nebo třes, ale nezpůsobuje problémy s žádnou činností.

2: Mírný: Chvění nebo třes způsobuje problémy jen u několika málo činností.

3: Střední: Chvění/třes způsobuje problémy s mnoha mými každodenními činnostmi.

4: Těžký: Chvění nebo třes způsobuje problémy s většinou nebo se všemi činnostmi.

V části III se tremor vyšetřuje následovně:

#### Posturální třes rukou

Do tohoto hodnocení je třeba zahrnout veškerý třes, včetně reemergentního klidového třesu, který je přítomen v této poloze. Hodnotí se každá ruka zvlášť. Pacient natáhne ruce před tělo s dlaněmi dolů, zápěstí by mělo být rovné a prsty pohodlně oddělené, aby se navzájem nedotýkaly. Pozorujeme tuto pozici po dobu 10 sekund. Stupeň se udává podle nejvyšší zaznamenané amplitudy.

0: Normální: Žádný třes.

1: Lehký: Třes je přítomen, ale má amplitudu menší než 1 cm.

2: Mírný: Amplituda třesu je nejméně 1, ale méně než 3 cm.

3: Střední: Amplituda třesu je nejméně 3, ale méně než 10 cm.

4: Silný: Třes má amplitudu alespoň 10 cm.

#### Kinetický třes rukou

Testuje se manévrem z prstu na nos. S paží začínající z natažené polohy pacient provede alespoň tři manévry z prstu na nos, přičemž každá ruka sáhne tak daleko, jak je to možné, aby se dotkla prstu vyšetřujícího. Manévr z prstu na nos by měl být prováděn dostatečně pomalu, aby nezakryl žádný třes, který by mohl nastat při velmi rychlých pohybech paží. Každá ruka se hodnotí zvlášť. Třes může být přítomen během pohybu nebo když třes dosáhne kteréhokoli cíle (nos nebo prst). Stupeň se udává podle nejvyšší zaznamenané amplitudy.

0: Normální: Žádný třes.

1: Lehký: Třes je přítomen, ale má amplitudu menší než 1 cm.

2: Mírný: Amplituda třesu je nejméně 1, ale méně než 3 cm.

3: Střední: Amplituda třesu je nejméně 3, ale méně než 10 cm.

4: Silný: Třes má amplitudu alespoň 10 cm.

#### Amplituda klidového tremoru

Tato a následující položka (stálost klidového tremoru) byly záměrně umístěny na konci zkoušky, aby hodnotitel mohl shromáždit pozorování klidového třesu, který se může objevit kdykoli během zkoušky, včetně tichého sezení, chůze a aktivit, kdy se některé části těla pohybují, ale jiné jsou v klidu. Zaznamenává se maximální amplituda, která se kdykoli objevila, jako konečné skóre. Hodnotí se pouze amplituda, nikoli trvání nebo přerušování třesu. V rámci tohoto hodnocení by měl pacient tiše sedět na židli s rukama položenýma na područkách židle (ne v klíně) a nohama pohodlně podepřenýma na podlaze po dobu 10 sekund bez dalších pokynů. Klidový třes se posuzuje samostatně pro všechny čtyři končetiny a také pro ret/čelist.

#### Hodnocení končetin

0: Normální: Žádný třes.

1: Lehké: < 1 cm v maximální amplitudě.

2: Mírné:  $\geq 1$  cm, ale < 3 cm v maximální amplitudě.

3: Střední:  $\geq 3$  cm, ale < 10 cm v maximální amplitudě.

4: Závažné:  $\geq 10$  cm v maximální amplitudě.

#### Hodnocení rtu/čelisti

0: Normální: Žádný třes.

1: Lehké: < 1 cm v maximální amplitudě.

2: Mírné:  $\geq 1$  cm, ale < 2 cm v maximální amplitudě.

3: Střední:  $\geq 2$  cm, ale < 3 cm v maximální amplitudě.

4: Závažné:  $\geq 3$  cm v maximální amplitudě.

#### Stálost klidového tremoru

Tato položka dostává jedno hodnocení pro všechny klidové třesy a zaměřuje se na stálost klidového třesu během vyšetřování, kdy jsou různé části těla v klidu. Hodnotí se účelně na konci zkoušky tak, aby se do hodnocení dalo sloučit několik minut informací.

0: Normální: Žádný třes.

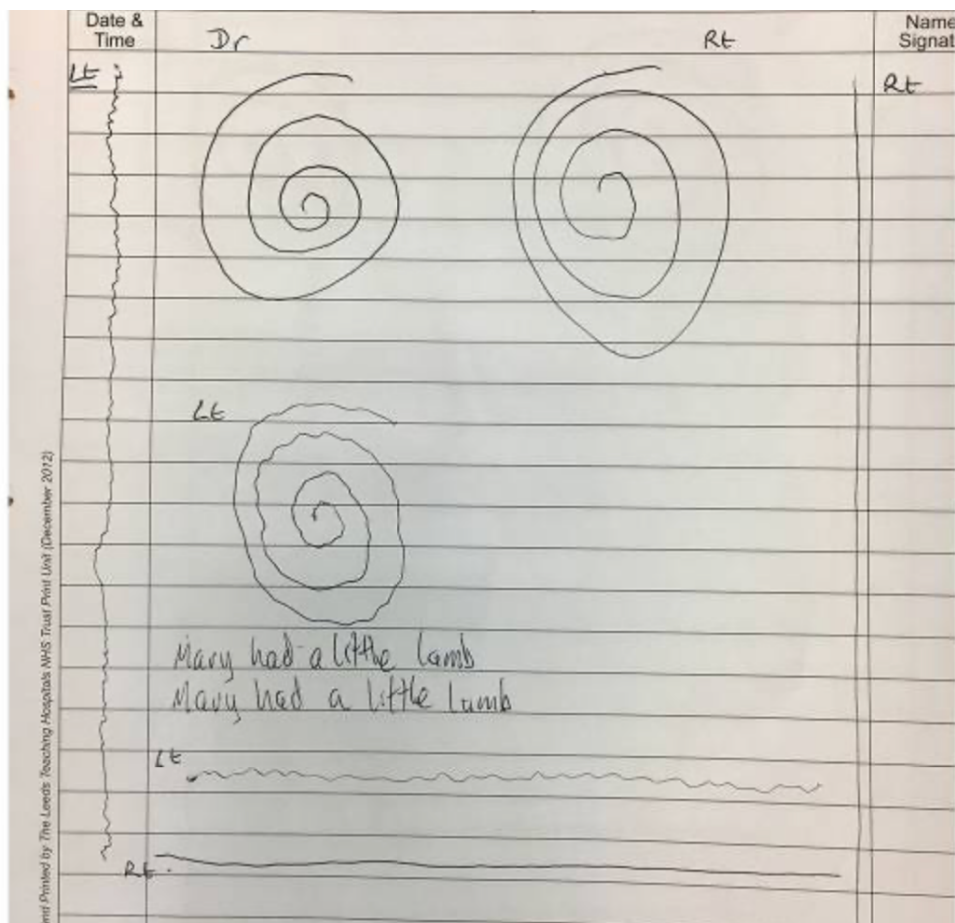
1: Lehký: Klidový třes je přítomen méně než 25 % celého vyšetřovacího období.

- 2: Mírný: Klidový třes je přítomen 26-50 % celého vyšetřovacího období.
- 3: Střední: Klidový třes je přítomen 51-75 % celého vyšetřovacího období.
- 4: Těžký: Třes v klidu je přítomen více než 75 % celého vyšetřovacího období.

#### **4.3.2 Vyšetření tremoru pomocí psaní**

Mezi vyšetření pomocí psaní můžeme využít tři úkoly – psaní jednoduché věty, kreslení vertikální a horizontální čáry a kreslení Archimédovy spirály. Jsou to užitečné metody pro sledování progresu poruchy třesu nebo pro hodnocení reakce na léčbu. Sériový záznam sleduje, jak se třes v průběhu času mění. Mohou existovat ukázky rukopisu z minulých let (deníky, dopisy), které zaznamenávají vznik a progresi tremoru při psaní. Při interpretaci longitudinálních záznamů shromažďovaných po mnoho let je důležité mít na paměti, že přirozenou historií většiny poruch třesu je postupné zvyšování amplitudy se snižováním frekvence (Alty, Cosgrove, Thorpe, & Kempster, 2017).

Neexistuje žádný správný nebo špatný způsob, ale začínáme tím, že pacienta požádáme, aby dominantní rukou napsal větu „Mary had a little lamb“. Provedení tohoto úkonu jednou často stačí, ale existují okolnosti, kdy se opakování vyplatí. Mikrografie u Parkinsonovy nemoci občas potřebuje delší psací úkol, aby se projevila. Poté vyšetřující osoba nakreslí Archimédovu spirálu a požádá pacienta, aby ji opsal, nejprve dominantní a poté nedominantní rukou. Kresba Archimédovy spirály zachycuje frekvenci, amplitudu a směr chvění, aniž by bylo nutné zohlednit stylistické rozdíly rukopisu. Protože vyžaduje jeden souvislý pohyb pera bez krátkých přestávek mezi psaním slov, spirála zdůrazňuje abnormální pohyby dystonie, hypokineze a tremoru. Nakonec pacient dostane pokyn, aby každou rukou nakreslil horizontální a vertikální čáry, které by měly být dlouhé alespoň 10 cm. Tato úloha doplňuje ostatní dvě, protože téměř všichni dospělí dokážou držet pero dostatečně dobře každou rukou, aby bylo možné provést validní srovnání pravé a levé ruky. Delší a rovnější tahy perem umožňují odhadnout frekvenci třesu a jsou poměrně citlivé na variabilitu třesu, která je často přítomna u funkčního třesu (Alty et al, 2017).



Obrázek 3. Vyšetření pomocí papíru a tužky (Alty et al, 2017, p. 461).

Alty et al. (2017) charakterizují psaní a kreslení pacientů s Parkinsonovou chorobou jako menší a pomalejší, s pevně semknutými písmeny a křivkami, často se u něj projevuje jednosměrný asymetrický třes. Pokud není nic vidět, může pomoci požádat pacienta, aby při provádění každého úkolu zvedl ruku z papíru. To má tendenci zesílit třes a jakékoli související držení těla. Každý stav třesu má charakteristický vzorec při psaní a kreslení. Často jsou tyto odchylky patrné při všech úkonech s papírem a tužkou, ale někdy se projeví pouze při jednom z nich. Variabilita mezi jednotlivými úlohami může být sama o sobě diagnosticky užitečná. Nejlepší je provést všechny tři úkony.

#### 4.3.3 SPECT

Pacienti s nově vzniklým třesem by měli podstoupit vyšetření mozku magnetickou rezonancí. Pokud je třes doprovázen dalšími příznaky parkinsonismu, měla by být magnetická rezonance zkontrolována kvůli změnám bílé hmoty spojeným s určitými projevy (např. poruchou chůze), které jsou snadno zaměnitelné za Parkinsonovu nemoc. Samotná klinická kritéria někdy k odlišení Parkinsonovy nemoci od esenciálního třesu nestačí. V takových případech lze k odlišení těchto stavů s vysokou specificitou a senzitivitou (97 % a 100 %) použít metody nukleární



medicíny (především zobrazení dopaminového přenašeče pomocí SPECT [jednofotonové emisní počítačové tomografie]) (Bötzel, Tronnier, & Gasser, 2014).

Zobrazení dopaminového přenašeče (DAT) pomocí jednofotonové emisní počítačové tomografie poskytuje objektivní nástroj pro hodnocení funkční integrity presynaptických striatálních dopaminergních neuronů. Takové zobrazení je cenné pro diferenciální diagnostiku parkinsonských poruch souvisejících se striatálním dopaminergním deficitem od nedegenerativních příčin parkinsonismu. Zobrazení dopaminového přenašeče lze použít k potvrzení nebo vyloučení diagnózy dopaminergního parkinsonismu v případech, kdy je diagnóza nejasná. Může také odhalit dopaminergní dysfunkci u presymptomatických osob s rizikem Parkinsonovy choroby, protože snížená vazba radioaktivního indikátoru (radiotraceru), který je součástí SPECT, k dopaminovému přenašeči ve striatu je přítomna již v prodromálním stadiu PN. Normální nálezy DAT SPECT vylučují presynaptickou striatální dopaminergní insuficienci. Klinické nálezy parkinsonismu u těchto pacientů tak mohou souviset s klinickými stavy, jako je esenciální tremor, léky indukovaný, psychogenní nebo vaskulární parkinsonismus. Abnormální nálezy DAT SPECT ukazují na řadu onemocnění, u nichž je společným patofyziologickým procesem presynaptická striatální dopaminergní insuficience, včetně Parkinsonovy nemoci, multisystémové atrofie, progresivní supranukleární obrny, kortikobazální degenerace a demence s Lewyho tělísky (Akdemir, Tokçaer, & Atay, 2021).

Akdemir et al. (2021) dále popisuje, že snižující se striatální vychytávání radioaktivního indikátoru je dán stavem krevního řečiště a zvyšující se aktivita pozadí v obrazech DAT SPECT je ukazatelem snížené hustoty dopaminu na presynaptické membráně. Striatální postižení se může vyskytovat jednostranně nebo oboustranně. U PN dochází k nejvýraznějšímu snížení vychytávání radiotraceru v dorzálním putamen kontralaterálně ke straně, kde jsou neurologické nálezy zřetelnější. S progresí onemocnění se stává zřejmější postižení předních putamen a následně nucleus caudatus. Vzhledem k tomu, že putamen bývá v časných stadiích PN postiženo závažněji (například u pacientů s nálezem hemiparkinsonismu), má striatum na snímcích DAT SPECT obvykle oválný nebo kruhový vzhled. Aktivita pozadí se zvyšuje spíše v důsledku progresu onemocnění a klesajícího vychytávání striatálního radioaktivního indikátoru. Zobrazení DAT SPECT má vysokou senzitivitu v časných stadiích PN a důležitou výhodou této metody je vysoká negativní prediktivní hodnota. Specifita zobrazení DAT SPECT pro časná stadium PN může být vyšší než klinické hodnocení.

#### **4.3.4 Akcelerometrie**

Vzhledem k tomu, že třes je zdánlivě sinusoidální pohyb, je možné jej kvantitativně analyzovat. Pro záznam aktivity třesu se pořizují akcelerometrické, gyroskopické či elektromyografické signály, které se digitalizují prostřednictvím analogově-digitální desky a následně se analyzují. Dvěma nejdůležitějšími charakteristikami třesu hodnocenými pomocí analýzy třesu jsou frekvence a amplituda. V závislosti na okolnostech záznamu lze spolehlivě vypočítat frekvence třesu s přesností na 0,1 Hz a amplitudy posunu třesu lze určit s přesností menší než 0,1 mm. Zatímco třes je obvykle popisován podle frekvence, pacienti obvykle příliš netrápí frekvence třesu, ale spíše amplituda třesu. Proto může být s ohledem na klinické postižení a terapeutický účinek důležitější amplituda a další charakteristiky průběhu. Amplitudu třesu lze přesně vyhodnotit pomocí akcelerometrů nebo gyroskopů (Hess & Pullman, 2012).

Pohyb těla má šest stupňů volnosti, které se skládají z trojrozměrné translace a rotace v prostoru. Většina částí těla rotuje kolem kloubu, takže pohyb (třes) je především rotační. Akcelerometrie měří translaci, ale akcelerometry detekují také rotaci, v závislosti na jejich umístění vzhledem k ose rotace (kloubu). Akcelerometrie se v kombinaci s EMG používá také k detekci patologických centrálních neurogenních oscilací, které jsou charakteristické pro esenciální, parkinsonský, ortostatický a dystonický třes. K odhadu amplitudy a frekvence třesu se často používá spektrální analýza záznamů z akcelerometru a k určení přítomnosti třesu se používají algoritmy, které rozlišují oscilace od ostatních pohybů. Měření získaná pomocí akcelerometrů mají dobrou objektivní platnost, pokud jsou vhodně namontovány a mají záznamové specifikace odpovídající danému třesu. Miniaturní akcelerometry lze připevnit na příslušné třesoucí se části těla, obvykle na končetiny a příležitostně na hlavu, krk nebo trup, a neruší volní ani mimovolní pohyby. Některé akcelerometry ale například nemusí mít dostatečnou citlivost pro měření fyziologického třesu nebo nemusí mít dostatečný rozsah pro zachycení závažného patologického třesu (Haubenberger et al., 2016, Hess & Pullman, 2012).

#### **4.3.5 Gyroskopie**

Haubenberger et al. (2016) poukazuje na gyroskopické snímače, které jsou svou velikostí srovnatelné s akcelerometry a poskytují lineární měření úhlové rychlosti části tělesa rotující v prostoru. Třiosé gyroskopy se často párují s třiosými akcelerometry v tzv. inerciálních měřicích jednotkách. Inerciální měřicí jednotky jsou široce dostupné a používají se v mnoha průmyslových a lékařských aplikacích, včetně analýzy pohybu člověka. Většina zařízení využívajících gyroskopy může data bezdrátově přenášet do počítače. Gyroskopie byla použita ke kvantifikaci parkinsonského třesu, esenciálního třesu a k identifikaci centrálního neurogenního třesu.

Gyroskopy zaznamenávají úhlovou rychlost nezávisle na poloze na rotující části těla a lze je použít k měření amplitudy, frekvence a výskytu třesu.

#### **4.3.6 Elektromyografie**

Třes lze neinvazivně vyšetřit pomocí povrchových elektrod, které detekují elektromyografickou aktivitu při kontrakci svalu. Taková vyšetření pomáhají dokumentovat frekvenci třesu, což může být užitečné při diferenciální diagnostice syndromů třesu. Míru pravidelnosti třesu lze spolehlivěji určit objektivní analýzou třesu (zejména EMG záznamem) než pouhým klinickým vyšetřením. Pravidelnost sice není vědecky ověřeným kritériem, nicméně může být užitečná pro rozlišení klasického syndromu třesu (u kterého jsou oscilace obecně pravidelné) od syndromu myoklonu nebo psychogenního syndromu (u kterého jsou často nepravidelné) (Bötzel et al., 2014).

Dle Kambla & Pala (2023) se analýza třesu pomocí elektromyografie (EMG) obvykle provádí umístěním povrchových elektrod na kůži nad svaly, které pravděpodobně způsobují abnormální pohyby. Frekvence, trvání a vzor EMG výbojů pomáhá charakterizovat povahu třesu a možnou diagnózu. Záznam by měl přednostně zahrnovat agonistické i antagonistické svaly a v případě komplexních pohybů také distální a proximální svaly. Aktivní elektroda je umístěna v oblasti bříška svalu a referenční elektroda je umístěna v oblasti šlachy svalu. V případě větších svalů mohou být obě elektrody umístěny na bříšku svalu oddělené od sebe alespoň 3 cm. Analyzuje se amplituda, rytmus, frekvence a trvání aktivity EMG signálů. Dle Haubenbergera et al. (2016) umožňují moderní povrchové EMG systémy vícekanálový záznam s bezdrátovým přenosem dat do počítače. Většina svalových elektrod má kabelové připojení k záznamovým nebo přenosovým jednotkám, což může být při některých činnostech omezující.

EMG výstup je rozdíl napětí mezi dvěma povrchovými elektrodami. Hess & Pullman (2012) uvádějí, že EMG neměří amplitudu třesu jako takovou, ale může poskytnout informace o náboru a synchronizaci motorických jednotek. Elektromyografie může také objasnit vztah mezi zapojenými svaly a třesovými pohyby a odhalit, zda antagonistické svaly (např. flexory a extenzory zápěstí) pracují současně nebo střídavě při vzniku třesu. EMG záznamy mohou trvat od několika sekund až po 24 hodin nebo déle. Rytmická synchronizace výbojů motorických jednotek je podmínkou patologického třesu, tudíž o objektivní platnosti EMG při detekci třesu není sporu (Haubenberger et al., 2016).

#### **4.3.7 Monitoring aktivity**

Aktigrafy jsou nositelné snímače pohybu, které se připevňují na zápěstí nebo jinou část těla a nepřetržitě zaznamenávají spontánní pohyb těla po dobu 24 hodin nebo déle. Moderní monitory aktivity jsou vybaveny tříosými akcelerometry, tříosými gyroskopy nebo obojím a mají dostatek vnitřní paměti pro nepřetržité ukládání nezpracovaných digitalizovaných dat o pohybu po dobu nejméně 24 hodin. V současné době je mnoho komerčně dostupných monitorů aktivity, ale většina z nich nebyla navržena pro analýzu třesu. Komerčně dostupným aktigrafem pro analýzu třesu je software Kinesia™, který je určen pro nemocné s Parkinsonovou nemocí. Software Kinesia™ používá počítačový algoritmus, který převádí záznamy ze snímačů na klinické hodnocení. Většina monitorů aktivity má velikost hodinek. Rozlišení třesu od jiných pohybů se provádí spektrální analýzou nebo jiným analytickým algoritmem, který identifikuje oscilace. Monitory aktivity lze použít k měření amplitudy, frekvence a výskytu třesu po delší časové období, během neomezené spontánní aktivity nebo během specifických činností. Validita závisí na možnosti namontovat zařízení na místo vhodné pro měření třesu. Například zařízení nošená na zápěstí mohou detekovat přítomnost třesu horní končetiny, ale poskytnou pouze hrubé měření amplitudy třesu, pokud je třes především rotací ruky kolem zápěstí. Kromě toho může být do snímače přenášén třes vznikající v sousedních částech těla (Haubenberger et al., 2016).

#### **4.3.8 Digitalizace měření třesu pomocí mobilních grafických tabletů**

Třes se může hodnotit při psaní a kreslení (např. Archimédovy spirály) a lze jej kvantifikovat pomocí digitalizačního tabletu připojeného k počítači. Moderní digitalizační tablety jsou přenosné a dodávají se ve velikostech, do kterých se vejde standardní kus psacího papíru. Na trhu je k dispozici několik komerčních grafických tabletů, ve studiích třesu se však nejčastěji používají tablety Wacom Intuos®. Jejich přesnost ( $\pm 0,25$  mm) a frekvence záznamu ( $\geq 100$  Hz) jsou dostatečné pro kvantifikaci třesu viditelného okem, ale ne všechny tablety mají tyto schopnosti. Údaje shromážděné pomocí digitalizačních tabletů vyžadují zpracování a analýzu, aby bylo možné získat požadované informace (např. měřítka amplitudy frekvence, nepravidelnosti atd.). Pro zpracování údajů o třesu získaných pomocí digitalizačních tabletů není k dispozici žádný komerčně dostupný software, ale v několika studiích byl použit bezplatný program VBTablet založený na systému Windows pro sběr, vizualizaci, ukládání a analýzu spirálových kreseb a je veřejně dostupný ke stažení. Většina per pro digitalizační tablety je bezdrátová a má hrot citlivý na tlak. Tlakový senzor je však nelineární a musí být kalibrován, tudíž tento senzor lze použít k detekci třesu, ale nebyl použit ke kvantifikaci třesu (Haubenberger et al., 2016).

Potenciální nejasnosti v analýze mohou vznikat z několika zdrojů. Instrukce pro psaní a kreslení se mohou lišit (např. směr kreslení spirály, kreslení podle šablony a bez šablony, předloktí podepřené či nepodepřené, počet otáček spirály, počet pokusů atd.). Nejasnosti v analýze mohou vznikat v situacích, kdy je třes velmi mírný nebo přerušovaný a nevytváří jednoznačný spektrální vrchol třesu. Nejasnosti vznikají také tehdy, když záznamy z tabletu obsahují přerušování v důsledku opuštění povrchu tabletu perem, což je častý jev u silného třesu. Navíc je třeba odlišit normální oscilace při psaní kurzívou od třesu, takže spirálové kresby mohou být preferovanou úlohou pro hodnocení třesu před úkoly psaní perem. Moderní tablety mají dostatečnou citlivost pro detekci patologického třesu, který je viditelný okem, ale nejsou schopny měřit fyziologický třes a velmi mírný patologický třes (Haubenberger et al., 2016).

#### **4.4 Invazivní terapie tremoru**

U skupiny pacientů s PN může být třes rezistentní na dopaminergní nebo jinou medikamentózní léčbu a tato skutečnost je důležitou indikací k chirurgické léčbě (Pirker et al., 2023).

##### **4.4.1 Hluboká mozková stimulace**

Hluboká mozková stimulace je funkční neurochirurgická technika, při níž se do určitého jádra v mozku implantuje trvalá elektroda se 4-8 kontakty se stereotaktickým plánováním cíle s potvrzením nebo bez potvrzení cílové oblasti mikroelektrodami u bdělého pacienta. Stimulátor se implantuje podkožně do podklíčkové oblasti a k elektrodě se připojí podkožně implantovaný vodič. V současné době se jedná o standard chirurgických zákroků pro vybrané případy lékově refrakterního tremoru a dystonie. DBS zahrnuje dodávání proudu nebo stimulace do odlišných intrakraniálních cílů prostřednictvím stereotaktické implantace elektrod. Jedná se o reverzibilní postup, jehož účinky lze měřit změnou nastavení stimulace. Parkinsonova nemoc se stala nejznámější indikací pro DBS, nicméně v posledních dvou desetiletích se DBS ukázala jako velmi účinná i u esenciálního tremoru a dystonie (Hopfner & Deuschl, 2020; Singh & Agrawal, 2020).

Je zajímavé, že studie Chandry et al. (2022) ukázala, že klidový třes lze stejně dobře potlačit pomocí DBS ve vnitřním globus pallidus (GPi) nebo v subthalamickém jádru (STN). Zdá se, že stimulace STN rychleji potlačuje klidový třes, ale stimulace GPi časem dosahuje stejně účinného potlačení klidového třesu a obě stimulace jsou poměrně účinné. Na druhou stranu ani STN, ani GPi DBS nejsou při potlačování akčního třesu tak účinné jako stimulace předního intermediálního jádra thalamu (Vim) nebo stimulace dentato-rubrothalamické dráhy (DRTT). Někteří pacienti s PN s neřešitelným akčním třesem navzdory STN nebo GPi DBS mohou být

účinně léčení přidáním „záchranné elektrody“ do Vim. Stimulace Vim je také velmi účinná při potlačování parkinsonského klidového třesu a u starších pacientů, jejichž hlavním problémem je třes a kteří mají minimální bradykinezi a rigiditu. U takovýchto pacientů může být stimulace Vim velmi účinnou první volbou oproti častěji používaným cílům – subthalamickému jádru a globus pallidus internus. Nejčastějším cílem DBS pro potlačení třesu je Vim. Dalšími strukturami, kterými je potlačován třes, jsou bazální ganglia, dentato-rubrothalamická dráha (DRTT), jádro ventralis oralis (Vo) thalamu, zadní subthalamická oblast (PSA) a zona incerta (ZI).

Mezi chirurgické komplikace patří riziko intrakraniálního krvácení a cévní mozkové příhody, které se u všech pacientů s DBS pohybuje v rozmezí 0-4 %. Byly také hlášeny komplikace související s hardwarem, jako je zlomení a vytažení implantátu, a to až ve 25 % případů, což obvykle vyžaduje reoperaci. Tyto komplikace byly častěji pozorovány u dystonie ve srovnání s PN, protože se zvyšuje riziko při abnormálních pohybech hlavy a krku. Výskyt infekce implantátu je různý a může se vyskytnout až v 10 % případů. Řešení obvykle zahrnuje explantaci, ačkoli byly hlášeny i případy, kdy byla infekce zvládnuta pouze pomocí antibiotik. Nežádoucí účinky stimulace souvisejí s elektrodou a okolními oblastmi, které se aktivují dodávaným proudem, a jsou tedy odlišné pro různé cíle. GPi je blízko capsula interna, což může způsobit motorické nežádoucí účinky, jako je dysartrie a abnormální chůze. To jsou skutečně dvě nejčastější komplikace pozorované při GPi-DBS. Optický trakt je také blízko a chirurg musí být opatrný, aby jej neúmyslně neporanil. Jádro Vim je extrémně malá struktura a na strukturální MRI ji nelze jasně zobrazit. Je obklopeno kritickými strukturami, jako je kortikospinální trakt a mediální lemniscus. Vim-DBS je spojena s komplikacemi souvisejícími s těmito strukturami, které zahrnují dysartrii, parestézii, ataxii a slabost končetin (Singh & Agrawal, 2020).

#### **4.4.2 Radiofrekvenční ablace**

Radiofrekvenční ablace je funkční neurochirurgická technika, která se provádí přes čelní otvor v lebce a vyžaduje průnik do mozku speciální elektrodou. Elektroda se vysokofrekvenčním proudem lokálně zahřeje na subablativní teplotu, aby vznikla „testovací léze“. Následně se použije vyšší teplota (nad 60 stupňů Celsia), což vede ke zničení všech buněk a vláken v oblasti a vytvoří se trvalá léze v požadovaném cíli. Poté se zahřívací elektroda odstraní. Hlava pacienta musí být pevně spojena s rámem kolem hlavy a zobrazení hlavy a rámu na CT nebo MRI umožňuje definovat cílové souřadnice, na které se poté pomocí vysoce přesných nástrojů umístí elektroda. Dočasně používané mikroelektrody umožňují lokalizovat nejlepší cíl na základě potlačení třesu u bdělých pacientů. Radiofrekvenční termoablace u PN se obvykle provádí cíleným zásahem do GPi, thalamu nebo STN. Ve většině případů je použití omezeno na jednu

stranu, protože bilaterální RF thalamotomie je obvykle spojena s vysokou mírou nežádoucích účinků, jako je dysfagie, dysartrie a vliv na kognici. Jednou z hlavních obav týkajících se tohoto zákroku je potenciální riziko intracerebrálního krvácení a následného neurologického deficitu (Abusrair et al., 2022; Hopfner & Deuschl, 2020; Singh & Agrawal, 2020).

#### **4.4.3 Thalamotomie pomocí gama nože**

Jedná se o radiochirurgický zákrok bez řezu, při kterém se aplikuje vysoká dávka záření na předem určené mozkové cíle a jeho účinnost byla prokázána v několika prospektivních studiích. Avšak variabilita velikosti vzniklé léze, nepředvídatelné účinky záření a zpoždění klinické odpovědi vedly k tomu, že thalamotomie gama nožem je vyhrazena pro pacienty, kteří jsou jinak nevhodní pro DBS. Nežádoucí účinky jsou obecně vzácné, byly však hlášeny závažné příhody, jako je krvácení do thalamu (Abusrair et al., 2022; Singh & Agrawal, 2020).

#### **4.4.4 Fokusovaný ultrazvuk**

Další nedávno zavedenou chirurgickou metodou je fokusovaný ultrazvuk řízený MRI, který využívá 1024 synchronizovaných ultrazvukových zářičů, které jsou zaměřeny do jednoho bodu. Hlava, opět pevně fixovaná ve stereotaktickém rámu, je umístěna přesně s cílovou oblastí do tohoto ohniska. Potvrzení cíle pomocí mikroelektrod není vzhledem k technice bez řezu možné, lze jej však nahradit zahřátím cílové oblasti na 48 °C, které reverzibilně inaktivuje tkáň, a tím lze klinicky otestovat účinek na třes před definitivním umístěním léze s vyšší teplotou. Při zvýšení teploty nad 50 °C dochází k denaturaci bílkovin a k nevratnému zničení buněk a vláken. Nejčastějším cílem bývá Vim thalamu. Ve srovnání s hlubokou mozkovou stimulací je fokusovaný ultrazvuk levnější. Nenastávají žádné komplikace související s hardwarem a žádná nutnost opakovaných návštěv pacienta kvůli programování. Parestézie, necitlivost, ataxie a poruchy rovnováhy přetrvávají po dobu 12 měsíců u 18 % pacientů; jejich závažnost je však většinou mírná. Krvácení a infekce se nevyskytly (Hopfner & Deuschl, 2020; Singh & Agrawal, 2020).

### **4.5 Farmakologická terapie tremoru**

Ellis et al. (2021) mluví o tom, že léčba Parkinsonovy nemoci je momentálně pouze symptomatická, jelikož žádná neuroprotektivní léčba není dostupná. Farmakologická léčba se zaměřuje na náhradu dopaminu a zmírnění motorických příznaků. Ke zmírnění některých nemotorických příznaků lze použít i další farmakologické intervence, nicméně léčba nemotorických příznaků je stále omezená a neuspokojivá vzhledem k omezenému počtu léků, které jsou schválené americkým Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv. Čím dál více přibývají

časné nemotorické a motorické poruchy, což zvyšuje potřebu účinných nefarmakologických intervencí v časně fázi onemocnění.

Neexistuje žádný lék, který by trvale zmírňoval klidový třes u PN. Dopaminergní léky mohou třes zmírnit, ale existuje významná část pacientů, u nichž třes nereaguje. Tato variabilní odpověď na levodopu a dopaminergní léky vedla k nové klasifikaci podtypů: tremor reagující na dopamin a tremor rezistentní na dopamin, přičemž podtyp tremoru reagujícího na dopamin má větší závažnost onemocnění a vyšší výskyt dyskineze (Frei & Truong, 2022).

#### **4.5.1 Levodopa**

Pirker et al. (2023) ve své studii zmiňuje, že levodopa je pro většinu pacientů neúčinnějším lékem a měla by být používána jako primární volba ke kontrole obtížného třesu. Vliv levodopy na třes je méně konzistentní, než vliv na bradykinezi a rigiditu, ačkoli poddávkování levodopy nebo nedodržování léčby jsou v klinické praxi důležitými příčinami špatné kontroly třesu. Pořadí, v jakém reagují příznaky parkinsonismu, se zdá být následující: nejprve akineze, pak rigidita a nakonec tremor. Je možné, že se třes objeví až po zlepšení rigidity, ale má tendenci reagovat na vyšší dávky levodopy.

Příznivý účinek levodopy na tremor u PN se vztahuje jak na klidový, tak na posturální tremor, ačkoli žádná ze studií neobjasnila, zda se u studovaného posturálního tremoru jedná o reemergentní tremor, nebo o posturální tremor s vyšší frekvencí. Podíl pacientů s PN s tremorem rezistentním nebo špatně reagujícím na levodopu a vztah dávky a odpovědi na tremor nebyly nikdy zkoumány. Navíc nebyl formálně studován vliv vyšších dávek levodopy nebo vyšších jednorázových dávek levodopy na špatně reagující třes (Pirker et al., 2023).

#### **4.5.2 Inhibitory MAO-B a COMT**

Post hoc analýza studií s rasagilinem naznačuje, že inhibitory MAO-B a inhibitor COMT entakapon přidané k levodopě mohou vést ke zlepšení třesu. To je v souladu se zjištěnou účinností doplňkové léčby inhibitory COMT i MAO-B při zlepšování motorických symptomů a také s klinickými zkušenostmi, které ukazují, že zvýšení dávky levodopy nebo doplňková léčba inhibitory enzymů může vést ke zlepšení dříve suboptimální kontroly třesu (Pirker et al., 2023).

#### **4.5.3 Agonisté dopaminu**

Účinek agonistů dopaminu na třes byl zkoumán ve dvou randomizovaných studiích zahrnujících pramipexol a pergolid. Celkově tyto studie potvrzují účinek perorálních agonistů dopaminu na třes při PN, pokud jsou užívány v monoterapii, i pokud jsou podávány jako doplněk



k levodopě. Vzhledem k tomu, že studie s agonisty dopaminu u pacientů s nedostatečně kontrolovaným třesem na levodopě neměly kontrolní část se zvýšenou dávkou levodopy, neumožňují závěry o případné vyšší účinnosti agonistů ve srovnání s levodopou. Taková zvýšená účinnost agonistů se ale zdá být nepravděpodobná vzhledem ke konzistentním důkazům ze srovnávacích randomizovaných studií, které ukazují slabší celkový účinek perorálních dopaminových agonistů na motorické symptomy ve srovnání s levodopou. Apomorfin je jediným antiparkinsonikem s účinkem na motorické symptomy, která je rovnocenná s levodopou (Pirker et al., 2023).

#### **4.5.4 Anticholinergika**

Anticholinergika byla prvními farmakologickými látkami vyvinutými pro léčbu PN. Konzistentně prokazují zlepšení parkinsonismu jak v monoterapii, tak jako doplněk k levodopě. Srovnávací studie s dopaminergními látkami v jedné dávce dokumentují silnější účinek na třes než na ostatní motorické symptomy. Velikost účinku anticholinergik na tremor však nepřevýšila účinek levodopy nebo apomorfinu a může být dokonce nižší. Klinická užitečnost anticholinergik u PN je omezena jejich špatnou snášenlivostí. Vzhledem k jejich perifernímu antimuskarinovému účinku jsou kontraindikována u glaukomu a tachykardie. Kromě toho byl popsán negativní vliv na chůzi a vysazení může vést ke zhoršení motorických příznaků. Tento nepříznivý profil nežádoucích účinků vyžaduje zdrženlivé používání anticholinergik u PN (Pirker et al., 2023).

#### **4.5.5 Amantadin**

V současné době se amantadin používá především k léčbě motorických komplikací, zejména dyskinezií. Systematické přehledy Společnosti pro pohybové poruchy a Parkinsonovu chorobu klasifikovaly amantadin pouze jako pravděpodobně účinný v symptomatické monoterapii nebo přídatné terapii stabilní PN. Dostupné důkazy ze starších klinických studií ukazují na slabý účinek na tremor, přičemž velikost účinku je výrazně nižší než u levodopy a anticholinergik. Nedávný nález významného zkrácení „off-time“ u amantadinu s řízeným uvolňováním však nejspíš zvyšuje pravděpodobnost, že tremor v „off-time“ reaguje na amantadin (Pirker et al., 2023).

#### **4.5.6 Botulotoxin A**

Botulotoxin A se příležitostně používá k léčbě zvýšeného slinění nebo dystonických příznaků u PN. Jeho účinek na parkinsonský třes horních končetin byl zkoumán v otevřených studiích a naznačují, že injekce botulotoxinem A mohou vést ke zlepšení invalidizujícího třesu

horních končetin u PN a že to může být spojeno s klinicky významným funkčním zlepšením. Léčba horních končetin s sebou nese riziko přechodné slabosti, kterou lze kontrolovat pomocí cílených injekčních technik a opatrného dávkování, zejména u extenzorů rukou a prstů. Tento typ léčby je časově náročný a vyžaduje vysokou úroveň odborných znalostí lékaře (Pirker et al., 2023).

#### **4.5.7 Konopí**

Konopí se v posledním desetiletí dostává stále větší pozornosti díky zprávám o prospěšnosti při různých onemocněních. Cannabis sativa je rostlina z čeledi Cannabaceae, která podle amerického Úřadu pro kontrolu potravin a léčiv obsahuje více než osmdesát biologicky aktivních chemických látek. Mezi nejznámější z těchto látek patří kanabidiol (CBD) a delta-9-tetrahydrokanabinol (THC). Konopí se může kouřit nebo vaporizovat, CBD se užívá ve formě kapslí nebo olejů. Ve studii Lotana et al. z roku 2014 se již po 30 minutách od vykouření konopí zlepšilo mUPDRS, včetně tremoru, rigidity a bradykineze. Dvanáct osob uvedlo výrazné zlepšení kvality spánku a 8 osob zaznamenalo mírnou úlevu. Pouze jeden pacient z dvaceti dvou popisoval závratě. Studie Frankela et al. (1990) naopak nezaznamenala u pěti pacientů s PN žádné zlepšení třesu krátce po vykouření 1 g marihuany.

V internetovém průzkumu nadace Michaela J. Foxe, který vyplnilo 454 pacientů s PN, dvě třetiny z nich někdy vyzkoušely konopí a jedna třetina pokračovala v užívání konopí k léčbě různých příznaků PN. V anonymní dotazníkové studii z České republiky někdy vyzkoušelo konopí, z 339 pacientů s PN, čtvrtina respondentů a téměř polovina z nich uvedla určitý přínos pro různé motorické příznaky, včetně hlavních rysů PN. Pozoruhodný v této studii byl pozdní nástup účinku konopí. Vzhledem k tomu, že většina pacientů uváděla, že ke zlepšení došlo přibližně 2 měsíce po prvním užití konopí, je velmi nepravděpodobné, že by to bylo možné přičíst placebo reakci. V menší studii rozhovorů se 47 pacienty v Izraeli většina z nich uvedla zlepšení po užití konopí, včetně snížení pádů, ztuhlosti a třesu, a také nemotorických příznaků včetně bolesti, nálady a kvality spánku. Navzdory těmto přínosům však více než polovina z nich uváděla nežádoucí účinky, které zahrnovaly zmatenost, úzkost, halucinace, amnézii, psychózu, závratě a nestabilitu a vedlejší účinky inhalace v podobě kašle a dušnosti (Deuel & Seeberger, 2020; Venderová, Růžička, Voříšek, & Višňovský, 2004).

Dle studie od de Faria et al. (2020) zmírnilo CBD úzkost a amplitudu třesu, což naznačuje, že CBD může být prospěšný u pacientů s PN s třesem souvisejícím s úzkostí. Podle publikovaného průzkumu Holdena et al. (2022) mezi pacienty pozorovalo podstatně více pacientů s PN zlepšení třesu při užívání tetrahydrokanabinolu (THC) nebo smíšených preparátů než při užívání CBD.

Důkazy o přímém antitremorózním účinku však chybí a rozsah dávek pro léčbu tremoru při PN není znám.

V rámci bezpečnosti a snášenlivosti konopí není čistý kanabidiol psychotropní a je obecně dobře snášen až do dávek 1500 mg/den. Otevřené studie uvádějí jen málo nežádoucích účinků, ačkoli pouze jedna dosavadní studie konkrétně hodnotila bezpečnost a snášenlivost. Tato publikovaná otevřená studie kanabidiolu od Leeheyho a kolegů (2020) zaznamenala různé nežádoucí účinky u všech 13 pacientů zařazených do studie. Příznaky byly obecně mírné, ale zahrnovaly průjem, somnolenci, únavu, přibývání na váze, závratě, bušení srdce, bolesti břicha a bolest hlavy, úbytek hmotnosti, nevolnost, nechutenství a zvýšenou chuť k jídlu. Některé nežádoucí účinky, které jsou zmíněné výše, závisí na způsobu požití biologicky aktivních chemických látek v konopí, nežádoucí účinky lze zmírnit požitím drogy, nikoli jejím vdechováním. Otevřené studie inhalační marihuany uvádějí běžné nežádoucí účinky, jako jsou závratě a ospalost, a dále komplikace spojené s kouřením, jako je kašel nebo nepříjemná chuť v ústech (Deuel & Seeberger, 2020).

## **4.6 Nefarmakologická terapie tremoru**

Jednoduchá režimová opatření mohou zmírnit projevy tremoru. Několik, převážně mladých pacientů, uvedlo zvýšení třesu po fyzické nebo svalové námaze. Je také známo, že relaxace a dostatečný spánek může příznaky třesu zlepšit. Tremor souvisí i s psychickým stavem pacienta, proto lze ke zlepšení příznaků třesu využít relaxační techniky, jako je progresivní svalová relaxace, která by mohla pomoci i na příznaky rigidity, pokud jí pacient trpí (Hopfner & Deuschl, 2020).

### **4.6.1 Ergoterapie**

Ergoterapie pomáhá pacientům v co největší míře zachovat obvyklou úroveň péče o sebe, práce a volnočasových aktivit, dále pak pomáhat při udržení pracovních a rodinných rolí, zlepšení přesunů a mobility, strategiích bezpečnosti prostředí, zlepšení rovnováhy a poskytuje kognitivní rehabilitaci. V pokročilých stádiích onemocnění může ergoterapeut pacientům s PN pomáhat při adaptaci na prostředí tím, že jim vytvoří nové aktivity a role. Ergoterapeut by měl posoudit, které úkony jsou pro pacienta obzvláště obtížné a zda jsou problémy výrazné zejména v oblasti končetin. Poté vypracuje individuální plán terapie. Ergoterapie poskytuje dovednosti, které mohou usnadnit fungování v každodenním životě jedinců s tremorem. Pro pacienty může být jednodušší používat elektrické zařízení nahrazující mechanické rukojeti, jako je například elektrický zubní kartáček. Jako další mohou používat zatížené pomůcky, například těžký hrnek,

zatížené pero. V rámci oblékání může pacient vyměnit oblečení s knoflíky za zipy, tkaničky do bot za elastické tkaničky nebo boty na suché zipy (Hopfner & Deuschl, 2020; Saluja, Goyal, & Dhamija, 2023).

Velmi užitečné jsou také přístroje se zabudovaným servomechanismem. Servomechanismus je zařízení, které ovládá, kontroluje a reguluje polohu a rychlost určité pomůcky. V rámci ergoterapie se využívají přístroje, lžice a vidličky, s tímto mechanismem. Na internetu jsou k dispozici přístroje od firmy GYENNO Bravo Twist s rozšířenou rukojetí a zabudovaným servomechanismem na konci přístroje. Mechanismus generuje antitřes třesoucí se pacientovy ruky a tím se třes eliminuje a umožňuje pacientovi s třesem se samostatně najíst. Tyto pomůcky mají nevýhodu vysoké ceny, jeden přístroj, který má vyměnitelné konce přístroje (může se vyměnit lžice za vidličku), stojí 7 000 Kč (Dupalová, osobní sdělení, 12. března, 2024).

#### **4.6.2 Psychoterapie**

Dle Hopfnerové & Deuschla (2020) bývá součástí tremoru také sociální handicap, související s poruchami nálady a úzkostmi. Třes samotný anebo spojený například s freezingem je často vnímán jako stigmatizující. U pacientů je vysoká prevalence rozpaků, které vedou k vyhýbání se sociálním kontaktům. Psychoterapie pomáhá u pacientů s tremorem zlepšit individuální pohodu a duševní zdraví. Do léčby by mělo být zapojeno sociální prostředí a pečující příbuzní. Psychoterapie zahrnuje různé typy psychologických terapií, z nichž nejrozšířenější je kognitivně-behaviorální terapie (CBT). Berardelli et al. (2015) popsali CBT jako psychotherapeutický přístup, který se zabývá dysfunkčními přesvědčeními a emocemi, maladaptivním chováním a kognitivními procesy prostřednictvím řady cíleně zaměřených, systematických postupů. CBT zdůrazňuje ústřední roli myšlenek, hodnocení a přesvědčení člověka při řízení pocitů a jednání. Vychází z předpokladu, že emoční reakce a chování závisí na kognitivním zpracování v konkrétní situaci. Cílem CBT je zavést změny ve vnitřním prožívání pacienta pomocí kognitivní a emoční restrukturalizace prostřednictvím myšlenek, přesvědčení, vzpomínek, pocitů a emocí. CBT se používá k léčbě řady primárních psychiatrických stavů, úspěšně se používá u různých zdravotních stavů s psychologickou složkou, včetně chronické nebo akutní bolesti, chronického únavového syndromu, premenstruačního syndromu, poruch spánku a neurologických onemocnění. Přestože mnoho pacientů s tremorem uvádí, že jim kognitivně-behaviorální terapie prospívá, je k dispozici pouze několik studií, které ukazují dopad této doprovodné léčby.

### 4.6.3 Fyzioterapie

Fyzioterapie je využívána jako doplňková terapie k farmakologické léčbě u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Dlouhodobé užívání dopaminergní léčby a progresse onemocnění je ale spojeno se snížením účinnosti a invalidizujícími dyskinezemi. Proto je zapotřebí komplexních a efektivních nefarmakologických intervencí, které zlepšují motorické i nemotorické příznaky u pacientů s PN. Bylo zjištěno, že různé rehabilitační strategie, jako je fyzioterapie, aerobní cvičení, silová/odporová cvičení, trénink na běžícím pásu, cueing, tanec a hudba, vodoléčba a bojová umění zlepšují motorické i nemotorické příznaky u pacientů s PN. Novější modalita, jako jsou zařízení založená na virtuální realitě, exergaming a nositelné senzory, mohou být zajímavými vyhlídkami do budoucna v rehabilitaci pacientů s PN a atypickými parkinsonskými syndromy (Saluja et al., 2023).

Kim et al. (2019) uvádí, že pacienti s Parkinsonovou nemocí mohou provádět aerobní cvičení i cvičení s odporem. Tento přehled je obecným doporučením pohybové aktivity pro pacienty s PN v mírném a středním stadiu onemocnění. Přínosy aerobního cvičení zahrnují snížení třesu a bradykineze, zlepšení rovnováhy, chůze a celkové zlepšení kvality života. Aerobní cvičení by se mělo provádět mezi 3 a 5 dny v týdnu a vhodné je začít se 3 dny v týdnu a postupem času zvýšit frekvenci cvičení až na 5 dní v týdnu. Délka cvičebních dávek se pohybuje mezi 20 a 30 minutami, přičemž se postupně zvyšuje až na 60 minut. Intenzita by měla být střední s cílovou hodnotou 13 na 20bodové stupnici Borgovy stupnice zátěže a rozsahem mezi 60 a 80 % maximální tepové frekvence. Cvičení může probíhat ve vodě formou plavání nebo hydrokinezioterapie, pacienti mohou jezdit na rotopedu, chodit nebo běhat na běžícím páse nebo chodit na procházky, které budou v určité intenzitě. Nejdříve by se měla zvyšovat doba trvání cvičení, poté frekvence cvičení a jako poslední by se měla zvyšovat intenzita cvičení podle snášenlivosti dané osoby.

Frekvence cvičení s odporem se pohybuje mezi 2 a 3 dny v týdnu a obecně by se mělo začínat 2 dny v týdnu a postupem času přecházet na 3 dny v týdnu. Cvičební série by se měly pohybovat mezi 1 a 3 sériemi po 8 až 12 opakováních, mezi 40–50 % 1-RM a až 60–80 % 1-RM. Repetition maximum, neboli 1-RM, je maximální množství zatížení, kterou jedinec dokáže překonat na jedno opakování daného cviku. Trénink by měl zahrnovat 8 až 10 cviků v jedné sérii zaměřených na hlavní/velké svalové skupiny, které jsou důležité pro každodenní fungování (např. chůze nebo chůze do schodů). Silové tréninky mohou pacienti provádět pomocí odporových gum, volných vah i posilovacích strojů. Mezi silovými tréninky by měl být den odpočinku, ale tréninky lze provádět ve stejný den jako trénink aerobního cvičení, v závislosti na snášenlivosti. Cvičební trénink by měl být prováděn v bezpečném prostředí, během medikace

nebo v „on“ stavu. Cvičení by dále mělo zahrnovat vizuální a sluchové signály, které podporují koordinaci pohybu. Kvůli bezpečnosti se doporučuje cvičební trénink pod dohledem. Ten je vhodný zejména pro osoby s vysokým rizikem pádů a problémy s rovnováhou. Osoby s pokročilejší PN by mohly provádět všechna cvičení vsedě (např. rotoped, posilovací stroje) nebo s využitím podpory tělesné hmotnosti při chůzi na běžeckém pásu (Kim et al., 2019).

Dle Kadkhodaie et al. (2020) je jedním z nejvíce opomíjených typů cvičení v rehabilitačním programu pro pacienty s PN odporový trénink. V kategoriích odporového tréninku se excentrické cvičení liší od koncentrického v rovině svalové, kdy se zapojuje méně motorických jednotek. Excentrické cvičení má před koncentrickým přednost také v tom, že vyvolává více svalových poškození, a tedy více svalových adaptací, vykonává více práce s menší spotřebou energie a je méně ovlivněno věkem. Vzhledem k tomu, že osoby s PN patří do střední až starší věkové kategorie, jeví se tedy excentrický trénink jako vhodný tréninkový program. Při porovnání čistě excentrického tréninku s tradičním odporovým tréninkem u starších dospělých došlo při excentrickém tréninku k většímu zlepšení síly a menší míře vnímané námahy (RPE).

Kadkhodaie et al. upravili režim čistě excentrického cvičení horní končetiny, aby zhodnotili jeho vliv na třes rukou při PN. Předpokládali, že tento protokol by mohl vyvolat adaptace centrálního nervového systému, které by následně snížily klidový třes rukou u osob s PN. Předchozí studie na zdravých dobrovolnících ukazují, že excentrické a koncentrické cvičení aktivují při fMRI různé senzomotorické sítě. Z tohoto důvodu se lze domnívat, že toto zlepšení klidového třesu u PN při excentrickém cvičení by mohlo být způsobeno specifickými aktivovanými motorickými drahami. Vzhledem k tomu, že intervence excentrickým cvičením vedla ke snížení průměrné amplitudy klidového tremoru, je patrné, že studie je potvrzením možných účinků neuroplasticity. Toto zlepšení třesu lze vysvětlit tím, že cvičení ovlivňuje centra zodpovědná za klidový třes, jako jsou bazální ganglia a thalamus.

Členové intervenční skupiny se účastnili mírného excentrického tréninku 3 dny v týdnu po dobu 6 týdnů, 35 až 45 minut na jedno sezení. Všechna cvičení byla prováděna za asistence vyškoleného ergoterapeuta pro obě horní končetiny v období medikace. Cílovými svalovými skupinami byly flexory lokte, flexory a extenzory zápěstí. V každém sezení účastníci trénovali každou svalovou skupinu po třech sériích po 10 opakováních excentrické kontrakce s 1–2 minutami odpočinku mezi sériemi. Používaly se zátěžové tréninkové míče o hmotnosti 0,5-3,0 kilogramů, které se upevnily na dlaň každého účastníka pomocí bandáže, aby se eliminovala potřeba ohýbání prstů. Pro flexory lokte byla na segment předloktí připevněna zátěžová manžeta o hmotnosti 0,5-2,5 kg. Koncentrické části všech cviků prováděl ergoterapeut, excentrické části pak účastník. Ergoterapeut zahájil trénink jedním sezením s 10-11 RPE

v Borgově stupnici, což odpovídá kvalitativně poměrně lehké zátěži a ve druhém nebo třetím sezení dosáhl cíle 12-14 RPE, které odpovídá kvalitativně poněkud těžké zátěži. Skóre RPE bylo hodnoceno v průběhu každého tréninku a těsně po něm. S postupujícími sezeními se používala vyšší hmotnost závaží, aby se udržela stejná úroveň intenzity a RPE při současném zvyšování svalové síly. Cílem této studie bylo zhodnotit vliv čistě excentrického tréninku svalů paže a předloktí na třes rukou při PN. Výsledky naznačují, že progresivní čistě excentrické cvičení horních končetin může zlepšit klidový třes ruky, ale nemá významný vliv na posturální třes (Kadkhodaie et al., 2020).

Meta-analýza Farashiho et al. z roku 2021 srovnávala několik studií o efektu cvičení na třes při Parkinsonově nemoci. Následující odstavec popisuje jednotlivé studie z této meta-analýzy. Palmer et al. (1986) srovnávali protahovací cviky jedné skupiny pacientů s tréninkem karate vsedě druhé skupiny pacientů (15minutové zahřívací cvičení, 35minutové cvičení karate a 10minutové zklidňující cvičení). Obě skupiny podstoupily intervenci po dobu dvanácti týdnů a Palmer et al. uvedli, že u obou skupin zaznamenali snížení klidového třesu. I cvičení vsedě tudíž může snížit tremor u jedinců s PN. Ve studii provedené Kingem et al. (2009) byla použita vibroakustická terapie v 5 jednodominutových sezeních. Po intervenci bylo pozorováno zlepšení motorických příznaků. Konkrétně se projevilo významné snížení rigidity a třesu, stejně jako významné zvýšení délky kroku a zlepšení rychlosti při Grooved Pegboard testu. Duncan et al. (2012) použili tango v jednogodinových sezeních dvakrát týdně po dobu 12 měsíců a prokázali, že se třes po intervenci snížil. Ridgel et al. (2012) prokázali pozitivní vliv aktivního cvičení na kole s asistencí na snížení klidového třesu horních končetin. Použili motorizované kolo a čtyřicetiminutovou vynucenou intervenci. Toto cvičení bylo jedinci s PN dobře snášeno bez nadměrné únavy a u většiny účastníků došlo ke zlepšení třesu a bradykineze ihned po jednom cyklistickém výkonu. Stuckenschneider et al. (2015) používali aktivní vynucené cvičení pomocí pohybového trenažéru MOTomed viva2 Parkinson jako doplněk ke standardní terapii. Tato intervence probíhala po dobu 12 týdnů (40 minut, třikrát týdně) a uvedli, že vynucené cvičení založené na zvýšené frekvenci kadence mělo pozitivní vliv na kinetický třes u pacientů s PN. Cikajlo et al. (2019) použili cvičení pick and place ve virtuální realitě (celkově 10 sezení, 3 týdny). Tyto studie ukázaly, že cvičení založená na aktivaci rukou jsou vhodnou strategií pro snížení klidového třesu u pacientů s PN. Výsledky ukázaly, že pohyb rukou a cvičení na kole byly účinné pro snížení amplitudy nebo frekvence třesu (Farashi, Kiani, & Bashirian, 2021).

V mnoha studiích se využívá takzvaného vynuceného cvičení. Jde o způsob aerobního cvičení, při němž je rychlost cvičení mechanicky zvýšena, aby se účastníkovi pomohlo dosáhnout a udržet rychlost cvičení, která je vyšší než jeho preferovaná dobrovolná rychlost cvičení. Nucené

cvičení je víc než pouhé pasivní zvyšování rychlosti cvičení. Vyžaduje, aby se účastníci aktivně zapojili do cvičení a jejich rychlost cvičení byla dále mechanicky zvyšována, aby bylo dosaženo ideální rychlosti cvičení. Nucené cvičení lze klinicky realizovat několika různými způsoby, z nichž nejčastější jsou například MOTOMed nebo Theracycle. Dále tandemová jízda na kole, která se obvykle provádí na stacionárním kole, přičemž trenér s tělesnou zdatností v přední části kola zajišťuje kadenci šlapání, aby zvýšil rychlost cvičení pro účastníka v zadní části kola. V neposlední řadě trénink na běžeckém pásu s podporou tělesné hmotnosti, při němž systém popruhů pomáhá udržovat tělesnou hmotnost jednotlivce a rychlost cvičení je mechanicky zvyšována běžeckým pásem. Studie ukázaly, že nucené cvičení přináší slibné výsledky, pokud jde o zlepšení motorických funkcí včetně některých kardinálních znaků PN, jako je klidový tremor (především horních končetin), bradykineze a rigidita, ale také má pozitivní vliv na kardiovaskulární výkonnost a svalovou vytrvalost. Studie také naznačují, že nucené cvičení může usnadnit změny v neurochemii, konektivitě a aktivitě centrální nervové soustavy, což může podpořit neuroplastické změny důležité pro zlepšení motorických a nemotorických příznaků PN prostřednictvím zvýšené stimulace periferních sensorických receptorů. Taková stimulace zvyšuje kortikální i subkortikální aktivitu u jedinců s PN a může přispět k neuroprotektivnímu účinku na degenerativní proces onemocnění (Miner, Aron, & DiSalvo, 2020).

Jedno z prvních zdokumentovaných pozorování účinků nuceného cvičení na jedince s PN se objevilo v roce 2003, kdy se Dr. Alberts účastnil týdenní jízdy na kole po lowě, která byla součástí snahy o podporu aktivního životního stylu jedinců s PN. Během této jízdy byl Dr. Alberts kapitánem tandemového kola, na jehož zadní části jela 48letá žena s PN. Pacientka uvedla, že po těchto dlouhých jízdách na kole došlo k výraznému zlepšení jejich motorických příznaků, zejména psaní rukou. Dr. Alberts uvádí, že jeho běžná kadence jízdy na kole (průměrně 85 otáček za minutu) převyšovala dobrovolnou frekvenci tréninkových jízd jeho partnerky přibližně o 40 %. Tato pozorování vedla ke zkouškám nuceného cvičení na lidech u osob s PN ve snaze pochopit, jak může tento způsob cvičení zlepšit jejich příznaky a celkovou motorickou funkci. V roce 2012 Ridgel a jeho kolegové publikovali studii popisující akutní účinky aktivní jízdy na kole na třes a bradykinezi. „Akutní účinky“ jsou v této práci definovány jako účinky bezprostředně po cvičení po vynuceném cvičebním zásahu. Akutní účinky nuceného cvičení byly porovnávány s účinky antiparkinsonik. Bylo zjištěno, že jednorázové cvičení na kole s aktivní asistencí (tj. 30 minut) při rychlosti 80-85 otáček za minutu zlepšilo tremor horních končetin a bradykinezi na úroveň srovnatelnou se stavem „on“ léků (Miner et al., 2020).

Většina studií zahrnovala 5-10minutové zahřátí při průměrné rychlosti šlapání 40-50 otáček za minutu, po kterém následovalo 30-40minutové nucené cvičení při rychlosti alespoň



o 30 % vyšší, než je preferovaná rychlost cvičení daného jedince, což ve všech studiích odpovídalo 80-90 otáčkám za minutu, po kterém následovalo 5-10minutové zklidnění při průměrném tempu 40-50 otáček za minutu. Jedním z klíčových prvků nuceného cvičení je zajištění aktivní účasti a zapojení jedinců do cvičební intervence. Aktivní účast a intenzita cvičení byla obvykle uváděna jako procento rezervy tepové frekvence nebo maximální tepové frekvence, ačkoli některé studie sledovaly také hodnocení vnímané námahy. Obecně panovala mezi jednotlivými studiemi shoda, že optimální intenzita tréninku by se měla pohybovat mezi 80 a 90 otáčkami za minutu při 60-80 % TF max. Bylo prokázáno, že cvičení mírné intenzity snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění, snižuje denní únavu a zlepšuje účinnost levodopy u osob s PN. Někteří se obávají, že cvičení vysoké intenzity navrhované pro jedince s PN může zvýšit riziko kardiovaskulární příhody a může přispět k nadměrné únavě. Jednou z výhod nuceného cvičení je, že aktivně asistovaná povaha tohoto způsobu cvičení umožňuje zvýšit rychlost jízdy bez zvýšení srdeční frekvence nad 80 % TF max při cvičení a bez zbytečné únavy. Ve většině studií se délka cvičebních programů pohybovala od 8 do 12 týdnů. Za zmínku stojí, že jedna studie uvedla, že nejvýznamnější účinky nuceného cvičení se projevují během prvních 5 týdnů intervence (Miner et al., 2020).

Mezi výhody tandemové jízdy dle Minera et al. (2020) patří časová variabilita kadence šlapání, která může poskytnout více aferentních informací vedených do mozku pro zlepšení motorického výkonu. Trenér na tandemovém kole může pacientovi poskytnout povzbuzení, sociální a emocionální podporu, což může zlepšit úsilí a dodržování cvičebního programu. Mezi nevýhody řadíme bezpečnost – pro pacienty s poruchou rovnováhy může být obtížné nasednout a sesednout z kola. Trenér musí být k dispozici pro jízdu na kole a řazení převodů. Investice do kola a stojanu jsou nákladné, ale méně než u MOTOmedu. Výhodou u MOTOmedu je snadný přístup ke kolu – pacient může sedět na židli před kolem a není třeba na něj nasedat a sesedat z něj. Je zvýšená bezpečnost, není nutný trenér a lze provádět i v domácím prostředí. Nevýhodou je cena, která se pohybuje od 20 000 korun výš. Nebyly zaznamenány žádné významné nežádoucí účinky. Při zvažování, zda využít tandemovou jízdu na kole oproti stacionárnímu kolu s motorovým posilovačem, neexistují žádné důkazy, které by podporovaly použití jednoho způsobu cvičení oproti druhému.

Míra amplitudy klidového tremoru u pacientů s Parkinsonovou nemocí souvisí i s posturálními polohami jedinců. Morrison, Reilly, Schussler, & Kerr (2023) ve své studii hodnotili vliv posturální polohy jedince (tj. sed a stoj) na třes pacienta s PN. Výsledky studie ukázaly, že u všech osob studie (tj. 22 účastníků, z toho 10 účastníků mělo Parkinsonovu nemoc) byl třes naměřený ve stoje větší než vsedě. Účastníci studie měli za úkol držet obě paže

rovnoběžně se zemí, rameno měli ohnuté do 90°, loket natažený, předloktí v pronaci a zápěstí v neutrální poloze. Ukazováček byl natažený, zbývající prsty a palec tvořily volnou pěst. Před sběrem dat byl každý jedinec instruován, aby zvedl ruce do určené polohy pro ukazování. Jakmile osoba zaujala tuto polohu a pohyb spojený s přechodem se zmírnil (obvykle 5 až 10 s), byl zahájen sběr údajů. Všechny osoby byly instruovány, aby se soustředily na své ukazováčky s cílem minimalizovat pohyb v tomto bodě. Třes byl hodnocen u každé osoby vsedě a vestoje. Při hodnocení třesu ve stoje se u všech jedinců zvýšila amplituda třesu a snížila pravidelnost třesu ve srovnání s třesem v sedě. Zvýšené posturální nároky spojené se stáním mohou být příčinou zaznamenaného zvýšení amplitudy třesu. Zajímavé je, že jediným ukazatelem, který nevykazoval žádné významné změny v průběhu pokusů u jednotlivce bez ohledu na stav, byla frekvence primárního vrcholu třesu. Tato zjištění společně ilustrují variabilní povahu třesu, ve stoji či sedu, z hlediska amplitudy nebo pravidelnosti třesu jak u zdravých starších osob, tak u osob s Parkinsonovou nemocí.

Je známo, že relaxační cvičení pomáhá pacientům s rigiditou. Následující studie se zabývala relaxačním cvičením u pacientů s třesem. Dvěma dospělým mužům ve věku 86 a 63 let s esenciálním třesem a třesem souvisejícím s Parkinsonovou chorobou byl poskytnut behaviorální relaxační trénink v poloze vleže a ve vzpřímeném sedu. Bylo zaznamenáno několik měření, včetně behaviorální relaxační škály (Behavioral Relaxation Scale – BRS), klinické a vlastní hodnocení závažnosti třesu, hodnocení postižení v činnostech denního života (ADL) a EMG svalů předloktí. Výsledky ukázaly zvýšení relaxačních schopností na BRS, snížení elektromyografické aktivity svalů a hodnocení třesu. Došlo také ke snížení amplitudy tremoru při ADL (psaní, jezení, pití, česání). Skóre BRS ve vzpřímené poloze se během tréninku vleže nezměnilo, ale během tréninku ve vzpřímené poloze se rychle zlepšilo. U druhého muže byla zjištěna dyskineze při relaxaci během základního tréninku, která se během tréninku výrazně snížila. Dvoutýdenní sledování ukázalo, že většinu zlepšení si oba muži udrželi. Statistická analýza údajů u každého muže ukázala významné změny. Tyto výsledky naznačují, že relaxace může být užitečná při léčbě idiopatických a patologických poruch třesu u starších dospělých (Chung, Poppen, & Lundervold, 1995).

#### **4.6.4 Fyzikální terapie**

Rukavice Tremor je speciálně navržený zdravotnický prostředek, který obsahuje modul pro detekci třesu a elektrickou stimulaci svalů (EMS) za účelem detekce a potlačení klidového třesu ruky. Skládá se ze tří hlavních součástí – z nastavitelné rukavice se zabudovanými inerciálními senzory a modulem EMS, z ovládacího boxu umístěného v koženém pouzdře, které

Ize nosit na individuálním opasku a chytrého telefonu s operačním systémem Android, na kterém je nainstalována softwarová aplikace zařízení. Rukavice Tremor je lehká, váží pouhých 250 g, takže je ideální pro analýzu třesu nebo při léčbě třesu. Studie tohoto prostředku probíhala v období od ledna 2016 do června 2016. Pacienti byli zařazeni ve dvojicích pomocí metody prostého náhodného výběru, přičemž jeden pacient byl náhodně zařazen do skupiny s rukavicemi proti třesu a druhý do skupiny s falešnými rukavicemi. V průběhu studie bylo do každé skupiny zařazeno celkem 15 účastníků. Rukavice byly nasazeny na ruku s větším třesem po dobu 30 minut na každém testovací sezení (Jitkriksadakul, Thanawattano, Anan, & Bhidayasiri, 2017).

Ve studii Jitkriksadakulové et al. (2017) byla prováděna elektrická stimulace svalů ruky prostřednictvím dvou samolepicích elektrod, které byly umístěny uvnitř rukavice nad svalem abductor pollicis brevis a musculi interossei dorsales I-II. Elektrickou energii dodávaly dvě lithium-iontové baterie, které byly uloženy v koženém pouzdře nošeném na opasku jednotlivce. U oboustranně postižených pacientů se rukavice nosila na ruce, která byla více postižena tremorem. Modul EMS lze provozovat v manuálním nebo automatickém programovém režimu. Manuální stimulaci ovládají přímo vyšetřovatelé, aby zjistili nejúčinnější stimulační protokol, zatímco automatická stimulace se provádí spontánně, pokud modul detekce třesu zjistí frekvenci pohybu v rozmezí 4-7 Hz. Po spuštění mikroovladač provede 10sekundovou elektrostimulaci příslušných svalů. Protokoly EMS a údaje o stimulaci se prostřednictvím připojení Bluetooth přenášejí do vnitřní paměti chytrého telefonu, odkud lze později exportovat jako soubory CSV do Microsoft Excel.

Intervence probíhaly v tiché místnosti, kde byli všichni pacienti vyzváni, aby si nasadili rukavici na ruku s největším třesem, pohodlně se posadili do křesla a položili uvolněné ruce na stůl před sebe, zavřeli oči a počítali pozpátku, aby podpořili nástup klidového třesu. Modul detekce třesu průběžně zaznamenával signály o změnách pohybu. Ukázalo se výrazné snížení třesu u pacientů ve skupině s rukavicí během stimulace s výsledným třímínutovým obdobím snížení třesu po ukončení EMS. U pacientů zařazeného do skupiny s falešnou rukavicí nebylo snížení třesu pozorováno. Kromě toho bylo významné snížení skóre třesu podle UPDRS zjištěno pouze ve skupině s rukavicemi Tremor. U pacientů v rámci skupiny s falešnými rukavicemi nedošlo ke zlepšení žádné položky skóre tremoru UPDRS ani parametrů tremoru. Na základě klinických rozhovorů mělo 36,7 % pacientů ve skupině s rukavicemi Tremor pocit, že EMS zlepšila jejich třes, zatímco žádný z pacientů ve skupině s falešnou rukavicí neuvedl stejnou zkušenost. Nicméně skóre bolesti z vizuální analogové škály (VAS) bylo významně vyšší ve skupině s rukavicemi proti třesu ve srovnání se skupinou s falešnou rukavicí. Průměrné skóre bolesti VAS

2,13 bodu se však považuje za skóre představující pouze mírnou bolest. Žádný subjekt z této studie nehlásil žádné závažné nežádoucí příhody, včetně znecitlivění, pocitu pálení nebo únavy v místech stimulace, v průběhu studie ani při jednoměsíční kontrolní návštěvě (Jitkrisadakul et al., 2017).

Studie potenciálně rozšířila dostupné terapeutické možnosti kontroly medikamentózně refrakterního parkinsonského třesu pomocí neinvazivní metody EMS. Systém, který Jitkrisadakul et al. vyvinuli, se ukázal být praktický, protože dokáže automaticky zachytit klidový třes, poskytnout objektivní parametry třesu a dodat EMS podle předem nastavených konfigurací. Zavedení rukavice Tremor, jak ukazuje tato studie, nabízí další možnou intervenci pro pacienty s PN s neovlivnitelným třesem, kteří jsou medikamentózně refrakterní nebo kteří nejsou ochotni podstoupit invazivnější chirurgické postupy, jako je DBS. Jsou zde důkazy o tom, že třes lze modulovat periferně pomocí elektrického proudového impulzu do zapojených svalů a bezpečně snížit závažnost třesu u pacientů s PN s medikamentózně refrakterním třesem, přestože tyto třesy vznikají centrálně (Jitkrisadakul et al., 2017).

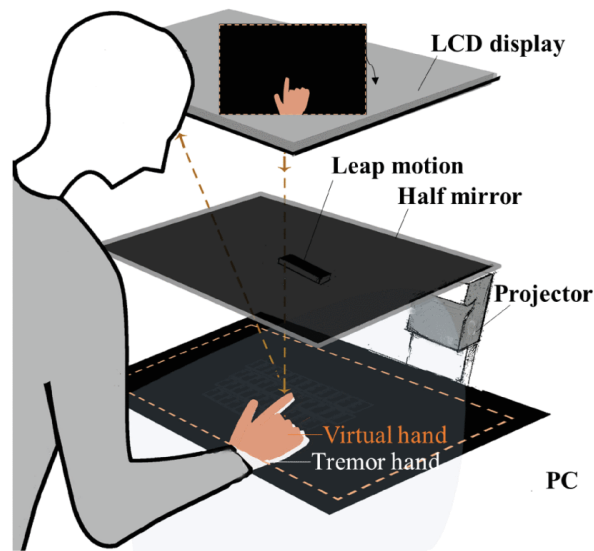
#### **4.6.5 Virtuální realita**

Technologie virtuální reality nebo rozšířené reality mohou překonat omezení rehabilitačních tréninkových metod založených na videu tím, že poskytují interaktivní vizuální zobrazení a personalizované vedení, čímž zvyšují zapojení a motivaci pacientů během rehabilitačního procesu. (Wang, Tan, Li, & Sun, 2023).

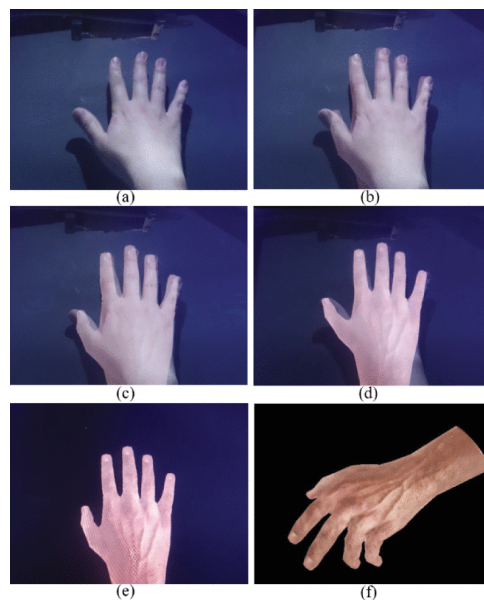
Burdea (2003) poukazuje na významné výhody virtuální reality při aplikaci rehabilitace u pacientů s různými onemocněními. Mezi tyto výhody patří motivace pacienta, přizpůsobivost a variabilita na základě výchozího stavu pacienta, transparentní ukládání dat, online vzdálený přístup k datům, snížení nákladů na léčbu. Problémy při využívání virtuální reality pro rehabilitaci se týkají nedostatečných počítačových dovedností terapeutů, chybějící podpůrné infrastruktury, zpočátku drahého vybavení, nedostatečné komunikační infrastruktury a obav o bezpečnost pacientů.

Rozšířenou realitou se rozumí kombinace digitálních informací z virtuálního světa s fyzickým prostředím reálného světa, která vytváří interaktivnější a pohlcující uživatelský zážitek. Wang et al. v roce 2017 provedli studii o použití technologie rozšířené reality, která pomáhá pacientům s tremorem psát na klávesnici jako běžní lidé. Tento výzkum popisuje optický see-through systém smíšené reality (spojení reálného a virtuálního světa za účelem vytvoření nových vizualizací, kde vedle sebe existují fyzické a digitální objekty), který snižuje třes rukou, takže jedinec může psát stabilně. Systém virtuálně stabilizuje třes rukou jedince tím, že opticky

překrývá třesoucí se ruku stabilizovanou virtuální rukou a vytváří tak realistický pocit psaní bez jakéhokoli třesu. Simulační experimenty prokázaly, že systém zlepšuje psaní na klávesnici třesoucí se rukou pacienta. Komplexním zkoumáním objektivních (čas a počet chyb) i subjektivních (pocit samostatnosti a významu) aspektů bylo zjištěno, že optimální je systém s poměrem intenzity virtuálního a reálného psaní 0,75 : 0,25 (viz obrázek 5. (d)) (Wang, Iwai, & Sato, 2017; Wang et al., 2023).



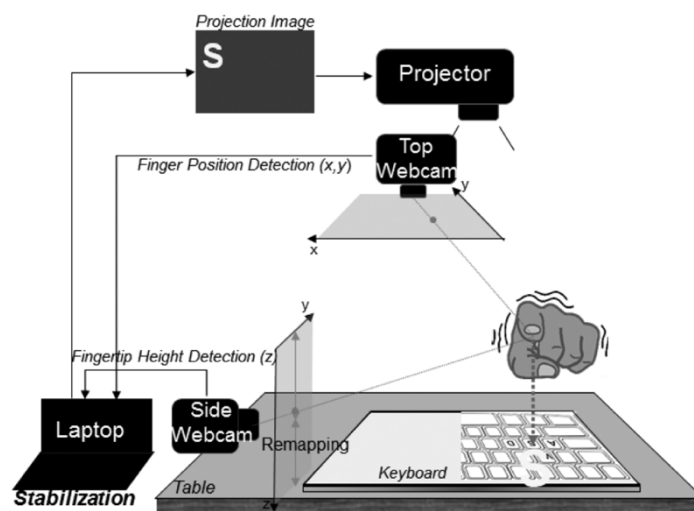
Obrázek 4. Optický see-through systém smíšené reality (Wang et al., 2017, p. 10702).



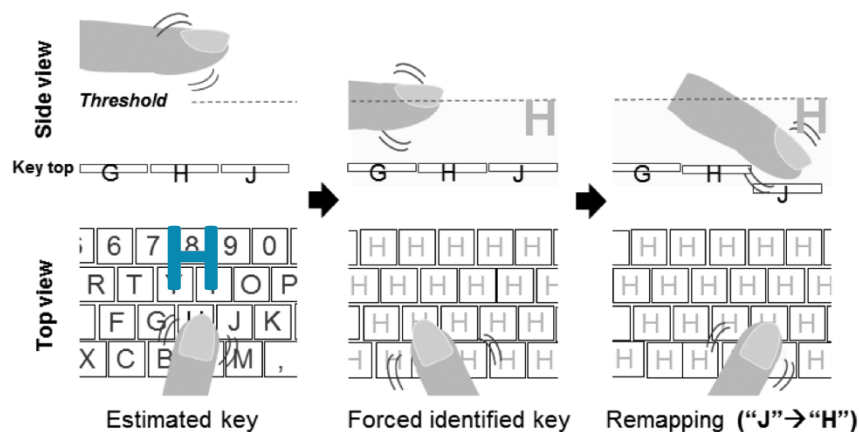
Obrázek 5. Překrytí třesoucí se ruky stabilizovanou virtuální rukou (Wang et al., 2017, p. 10702).

Roku 2016 navrhli Wang, Takemura, Iwai, & Sato asistenční systém pro psaní na klávesnici, který zahrnuje technologie stabilizace prstů a virtuálního přemapování klávesnice, které přispívají k odhadu požadované klávesy uživatele na základě mimovolného chvění prstu. Systém

zajišťuje správné zadání tlačítka v případě, že se prst skutečně dotkne nesprávného tlačítka klávesnice. V asistenčním systému jsou použity dvě kamery a projektor. Systém zpracovává informace o pozici prstu (ukazováku) ze dvou kamer, kdy každá kamera snímá klávesnici z jiného úhlu. Informace z kamer jdou do počítače, který provede virtuální stabilizaci konečků prstů. Dále systém vizualizuje odhadovaný výsledek, ještě před tím, než se uživatel dotkne tlačítka na klávesnici nebo se naváže na odhadovaný výsledek poté, co se uživatel dotkne tlačítka na klávesnici. Tuto vizualizaci systém provede pomocí projektoru nad klávesnicí, kdy na klávesnici zobrazí odhadované tlačítko (viz obrázek 7 (vlevo)). Systém spustí přemapování tlačítek, jakmile se chce prst dotknout klávesnice. Když špička prstu dosáhne prahové hodnoty přemapování tlačítek, systém zaznamená poslední odhadovaný výsledek a všechny fyzické klávesy prakticky přemapuje podle poslední odhadované klávesy. Jednotná bílá projekce osvětluje prostředí pro psaní a napovídá, že všechna fyzická tlačítka jsou přemapována odhadovanou klávesou (viz obrázek 7 (vpravo)). Z toho vyplývá, že i když se uživatel může dotknout nesprávných tlačítek, bude zadáno správné tlačítko. Výsledky tohoto experimentu ukázaly, že systém dokáže výrazně snížit chyby ve psaní, a tím i zkrátit čas při psaní a opravování.



Obrázek 6. Asistenční systém pro psaní na klávesnici (Wang et al., 2016, p. 228).



Obrázek 7. Přemapování tlačítek (Wang et al., 2016, p. 229).

Dále Wang et al. v roce 2018 zkoumali použití technologie rozšířené reality založené na projekci nazvané „Extended Hand“, tzv. „prodloužená ruka“, která by mohla pomáhat pacientům s tremorem přímo komunikovat s dálkově ovládanými domácími spotřebiči. Jedná se o technologii rozšířeného těla, která vizuálně prodlužuje délku ruky uživatele pomocí prostorové rozšířené reality. Navrhli metody stabilizace pohybů a gest, které by umožnily „prodlouženou ruku“ ovládat stabilně třesoucíma se rukama. Aby mohl uživatel technologii „prodloužené ruky“ používat, musí se soustavně dotýkat a pohybovat jednou rukou po obrazovce na dotykovém panelu. Zkoumali účinnost stabilizačních metod provedením řady experimentů s ukazováním a uchopováním. Potvrdilo se, že stabilizační metoda účinně umožňuje třesoucím se rukám stabilně ovládat gesta „extended hand“. Technologie byla demonstrována na různých aplikacích, například nastavení uživatele zabudované v pohovce zapnulo/vypnulo světlo v místnosti nebo ovládalo úklidového robota, aby uklidil určitou oblast na podlaze. Vzhledem k tomu, že technologie prakticky rozšiřuje dosah rukou a snižuje potřebu pohybů těla, má potenciál zlepšit aktivity osob, které mají pohybové poruchy těla (Wang, Matsukura, Iwai, & Sato, 2018; Wang et al., 2023).

Ve srovnání s virtuálními videi může rozšířená realita poskytovat intuitivnější a specifitější vedení a sledování rehabilitačního tréninku. Přidáním digitálních prvků k obrazu reality mohou pacienti lépe pochopit, simulovat a procvičovat dovednosti rehabilitačního tréninku, a tím zlepšit své rehabilitační výsledky. Kromě toho může technologie rozšířené reality poskytovat personalizovanější plány rehabilitačního tréninku a zpětnou vazbu, což může zvýšit zapojení a motivaci pacientů, a to vede k aktivnější účasti na rehabilitačním tréninku. Technologie rozšířené reality má proto velký potenciál stát se účinným pomocným nástrojem pro rehabilitační výcvik. Oculus Quest 2 od společnosti Meta jsou brýle virtuální reality, které umožňují volný pohyb bez omezení kabelů a jsou dostupné za přijatelnou cenu. Její funkce „passthrough“ může být rozvinuta do zařízení rozšířené reality. Kromě toho se ukázalo, že ruční ovladač Oculus Touch, který je vybaven infračervenými vysílači a inerciálními senzory, je přesný a spolehlivý při detekci pohybů rukou (Wang et al., 2023).



Obrázek 8. Oculus Quest 2 s ovladači na ruce Oculus Touch (<https://www.zbozi.cz/vyrobek/oculus-quest-2/>).

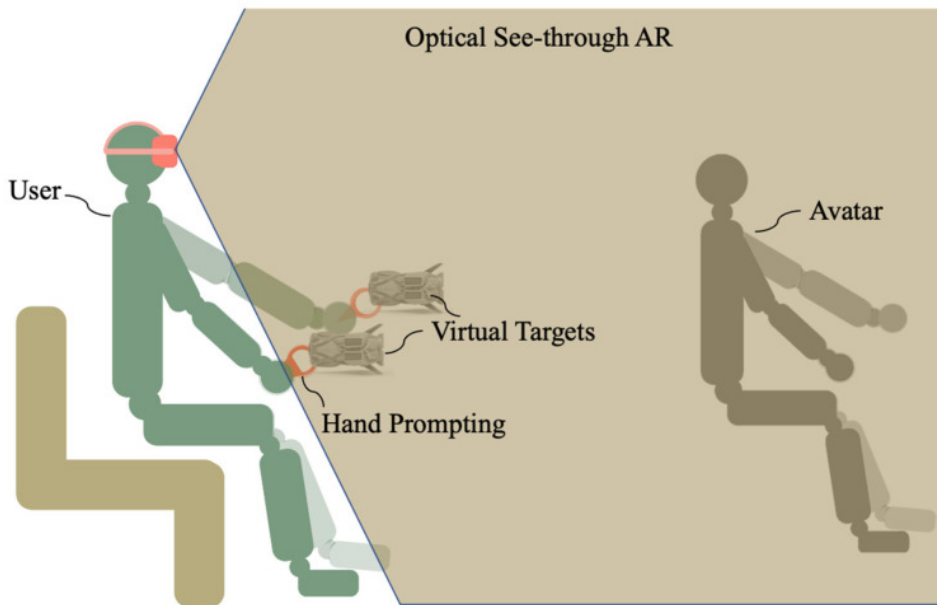


Obrázek 9. Funkce passthrough

([https://www.reddit.com/r/QuestPro/comments/11sfjdl/quest\\_pro\\_color\\_passthrough\\_is\\_next\\_level/?rdt=59412](https://www.reddit.com/r/QuestPro/comments/11sfjdl/quest_pro_color_passthrough_is_next_level/?rdt=59412)).

Vzhledem k tomu, že neexistuje specializovaný systém rozšířené reality pro rehabilitační trénink určený speciálně pro pacienty s tremorem, vyvinuli Wang et al. (2023) levný systém pro rehabilitační trénink s rozšířenou realitou pomocí Oculus Quest 2. Tento systém zlepšuje účinnost a zážitek z rehabilitačního tréninku, který mohou pacienti s třesem provádět doma, včetně individuální demonstrace, vedení postojů a sledování pokroku v tréninku. V této studii vytvořili individuální virtuální model pro rehabilitační trénink, kde mohou být jedinci s třesem vedeni k provádění přesných pohybů končetinami během cvičení. Údaje o skutečných pohybech končetin pacientů může systém rovněž zaznamenávat a analyzovat v reálném čase. Jak je znázorněno na obrázku níže, virtuální informace jsou zaznamenány ve fyzickém prostoru viditelném pro uživatele pomocí funkce „passthrough“. Oculus Touch byl použit ke sledování polohy ruky či celé postury během rehabilitačního tréninku. Výsledky ukázaly, že systém významně zlepšil kvalitu pohybu pacientů s tremorem a zároveň poskytl uvolněnější, pohodlnější, řízenější a kontrolovatelnější rehabilitační zážitek než video-rehabilitační metody.





Obrázek 10. Rehabilitace tremoru pomocí rozšířené reality s funkcí passthrough (Wang et al., 2023, p. 4).

Yapa Parkinson balance and gait aerobics, zkráceně Yapa-PBGA, je video-trénink obratnosti pro pacienty s tremorem, který navrhlo Národní centrum klinického výzkumu geriatrických poruch v nemocnici XiangYa v Číně, aby zlepšilo poruchy chůze, rovnováhy i obratnost horních končetin. Na obrázku je znázorněn rehabilitační model postury zahrnuté ve video-tréninku (Wang et al., 2023).



Obrázek 11. Rehabilitační model držení těla (Wang et al., 2023, p. 5).

#### 4.6.6 Akupunktura

Akupunktura je jedna z nejčastěji využívaných léčebných postupů komplementární medicíny. Je to metoda starověké čínské medicíny, při které se do kůže na přesně určených místech, takzvaných akupunkturních bodech, vpichují tenké jehličky, aby se vyrovnal tok energie

(čchi) v celém těle. Vychází z teorie, že celým tělem prochází mnoho různých meridiánů, které představují různé orgánové systémy a jsou těmito body propojeny. Stimulací akupunkturních bodů pomocí jehel, tlaku nebo tepla lze tedy léčit nebo vyléčit konkrétní onemocnění, která jsou způsobena dysfunkcí podél meridiánů. Ačkoli je akupunktura ve východní medicíně běžnou léčebnou metodou již tisíce let, zůstává kontroverzní kvůli nejednotným zprávám o její účinnosti. Přesto se v západní medicíně ujala jako doplňková terapie u nejrůznějších onemocnění, včetně Parkinsonovy nemoci. První otevřené studie akupunktury u pacientů s PN prokázaly bezpečnost a potenciální účinnost u motorických i nemotorických symptomů. Mnoho studií akupunktury používalo ke stanovení účinnosti měření motorické dysfunkce, včetně Unified Parkinson's Disease Rating Scale, motorické podškály (mUPDRS). Existuje více forem akupunktury, v roce 2005 byla provedena studie elektroakupunktury u pacientů s PN, přičemž se zjistily nesignifikantní tendence ke zlepšení v mnoha motorických i nemotorických ukazatelích. V další studii srovnávali pravidelnou akupunkturu s akupunkturou včelím jedem a zjistili, že akupunktura i akupunktura včelím jedem vedly k významnému zlepšení skóre mUPDRS oproti výchozímu stavu (Deuel & Seeberger, 2020; Suchowersky et al., 2006).

Studie Li et al. (2018) zjistila významné zlepšení v mUPDRS, konkrétně ve skóre třesu. Akupunkturní stimulací byl modulován mozeček, thalamus a motorická kůra, které jsou napojeny na cerebello-thalamo-kortikální okruh (CTC), aby se zmírnil třes při PN. Čtyřicet jedna pacientů s PN s třesem bylo náhodně zařazeno do skupiny s pravou akupunkturou (TAG), skupiny s falešnou akupunkturou (SAG) a vyčkávací skupiny (WG). Všechny osoby dostávaly konvenční léčbu levodopou po dobu 12 týdnů. Dvakrát týdně prováděl akupunkturu jeden zkušený akupunkturista. V TAG byly jehly zaváděny do hloubky 2,0-3,0 cm do zóny DU20, GB20 a zóny chorey a tremoru ke zmírnění tremoru podle tradiční čínské medicíny. Zóna DU20 se nachází na temeni. Zónu GB20 najdeme v oblasti krátkých extensorů hlavy a zóna chorey a tremoru se nachází na kůži hlavy nad přední částí precentrálního gyru, 1,5 cm před motorickou zónou. Metoda, při které dochází ke kroucení jehly byla prováděna každých 10 min v rámci 30minutové doby setrvání jehly. V SAG byly jehly zavedeny do hloubky 0,2 cm a 0,5 cm vedle zóny DU20, GB20 a do zóny chorey a tremoru, ale během doby setrvání jehly nebyla prováděna žádná manipulace s jehlou. U WG byla pravá akupunktura prováděna po dobu 12 týdnů, účinek akupunktury ale nebyl hodnocen. Efekt akupunktury se posuzoval po skončení 12týdenní intervence, při které TAG vykazoval významné zlepšení skóre UPDRS II a III, zatímco WG a SAG nikoli. V UPDRS III se skóre tremoru u TAG zjevně snížilo, zatímco u WG se výrazně zvýšilo, ale u SAG nedošlo k žádné velké změně. Prokázalo se, že akupunktura může zlepšit každodenní aktivity a motorické symptomy u pacientů s třesem bez placebo efektu přímým stimulačním

účinkem na okruh CTC. Třes byl jediným ze čtyř typických motorických symptomů PN, který se zlepšil. Několik zobrazovacích studií navíc naznačuje, že třes při PN je silně spojen s okruhem CTC, což může být důvodem, proč byl třes jediným motorickým příznakem, který se zlepšil.

#### **4.6.7 Tai Chi**

Tai Chi je tradiční čínská metoda, která se již po staletí praktikuje k dosažení fyzické a duševní pohody. Tato metoda kombinuje pohyb, držení těla, dýchání a meditaci s cílem posílit tok qi. Třes u PN může zhoršovat psychické vypětí pacienta a také stres. Pomocí Tai Chi pacient pracuje na svém těle i na své mysli a může docílit psychického odpočinku, který může zmírnit i motorické příznaky Parkinsonovy nemoci, včetně tremoru. Tai Chi se ukázalo jako bezpečná a proveditelná metoda pro pacienty s PN, je vynikající pro zlepšení rovnováhy, vytrvalosti a bylo také prokázáno, že snižuje riziko pádu. Důležité je, že největší randomizovaná, kontrolovaná studie vykazuje srovnatelné účinky na motorické symptomy jako program intenzivního odporového tréninku, takže je rozumné doporučit Tai Chi jako součást cvičebního programu při PN (Deuel & Seeberger, 2020).

#### **4.6.8 Jóga**

Mezi další nefarmakologickou terapii, pocházející z Asie, můžeme zařadit jógu. Jóga je indická meditační a spirituální praxe, která se v posledních letech vyvinula v oblíbené kondiční i relaxační cvičení. Zahrnuje řadu pohybů koordinovaných s dechem a meditací, zaměřených na spojení mysli a těla. Na základě těchto principů může jóga zlepšit motorické příznaky PN podobně jako běžné cvičební programy, ale navíc zlepšuje i nemotorické příznaky. V roce 2012 byla v USA provedena 12týdenní studie, ve které 13 pacientů cvičilo jógu dvakrát týdně 60 minut. Účastníci této studie uváděli zlepšení skóre mUPDRS oproti výchozímu stavu. Pacienti popisovali zmírnění třesu, větší uvolnění a zmírnění únavy. Dva pacienti snížili užívání léků. Tyto studie naznačují, že jóga je pravděpodobně stejně účinná jako jiné cvičební postupy, pokud jde o určité zlepšení motorických příznaků PN, ale ne nutně lepší při zlepšování nemotorických příznaků (Deuel & Seeberger, 2020).

## 5 KAZUISTIKA

Vyšetření proběhlo dvakrát, dne 21. 3. 2024 a dne 27. 3. 2024. Pacient byl seznámen s podmínkami a podepsal informovaný souhlas o zveřejnění zjištěných informací.

### 5.1 Základní údaje pacienta

Jméno: L. D.

Pohlaví: muž

Věk: 63 (r. 1960)

Lateralizace: pravák

Diagnóza: G20 – Parkinsonova nemoc

### 5.2 Anamnéza

#### Osobní anamnéza:

primární hyperaldosteronismus, hypercholesterolemie

hypertenze s perzistentní fibrilací (od 1990), flutter síní, opakovaný stav po radiofrekvenční ablaci (2006, 2006, 2007)

stav po fraktuře levého proximálního humeru (řešenou osteosyntézou) (říjen 2020) – nyní omezen ROM, rehabilitace nepomohla

VAS Lp (2020) – bolest při chůzi a při předklonu

recidivující kašel v posledních deseti letech (2022), akutní faryngitida (2022)

EERD (2022)

kolonoskopie (2023) - vnitřní hemoroidy, nalezena serátní léze, provedena endoskopická polypektomie

#### Rodinná anamnéza:

Otec i matka trpěli hypertenzí, otec prodělal CMP a zemřel v nemocnici na zápal plic.

#### Sociální anamnéza:

Žije s druhou manželkou v rodinném domě se schody.

První manželka zemřela, pacient popisoval toto období jako velmi stresující.

#### Pracovní anamnéza:

Pacient je v předčasném starobním důchodu z důvodu omezeného ROM LRAK po fraktuře. Dříve pracoval jako elektrikář.

**Pohybová anamnéza:**

Pacient chodí každý den na hodinové procházky s manželkou, pracuje kolem chaty, příležitostně jezdí na kole (v září 2023 ujel 30-40 km v závodě).

**Farmakologická anamnéza:**

Nakom, Oprymeia (antiparkinsonika), Cordarone (antiarytmikum), Agen, Zoxon (hypertenziva), Eliquis (antikoagulancium) Rosucard (cholesterol), Detralex (venotonikum), Erdomed (expektorancium), Lanzul, Kinito (antirefluxní léky)

**Alergologická anamnéza:**

-

**Abusus:**

Stopkuřák (1990), jedno pivo denně

**Nynější onemocnění:**

Pacient již před 20 lety pociťoval mírný občasný třes, ale nebral ho v potaz. Před pěti lety popisoval mírné zhoršení, občasný třes pacientovi znemožňoval vykonávat různé úkony v práci. Po velkém stresu z práce (2021) vnímal výrazné zhoršení třesu obou rukou. Obtíže byly především s jezením, pitím, přípravou jídla a čištěním zubů. Pacient trpí i tremorem hlavy, kterým trpí podobně dlouho jako tremorem rukou (od roku 2021).

Před 14 měsíci byla nasezena medikace Nakom a Oprymeia, po kterých se třes HKK zlepšil. Stále je ale tremor HKK horší při opakovaných pohybech (jezení, chystání jídla), při statických aktivitách (ve stoji a vsedě je tremor horší než vleže či při chůzi). Pokud je pacient končetinami zapřený o pohovku či židli, třes se ihned zmírní nebo úplně zmizí. Horší je třes pravé ruky. Jednorázové aktivity (odemykání dveří, zapínání knoflíků) pacient provádí bez obtíží. Mluvení je u pacienta subjektivně stejné. Tremorem DKK netrpí, rigidita, bradykineze, freezing či deprese u pacienta přítomné nejsou. Pacient se ve společnosti kvůli třesu rukou a hlavy necítí dobře, někdy do společnosti radši nejde, protože cítí rozpaky. Je nervózní, pokud má jíst či pít v restauraci. Řízení auta ani telefonování pacientovi nedělá žádné potíže. Před měsícem pociťoval vnitřní třes, nervozitu a neklid.

**5.3 Kineziologický rozbor****Zezadu**

Pacient má palpačně šikmou pánev, na pravé straně je SIPS a crista iliaca výš než na levé straně, pravá dolní končetina je zevně rotovaná, valgozita hlezen bilaterálně, varixy na obou stehnech,

levé rameno je výš než pravé rameno, levá lopatka je ve větší abdukci než pravá lopatka, pravá horní končetina je více rotovaná dovnitř a pravá taile je menší.

### **Z boku**

Pacient má chabé držení hlavy, protrakci obou ramen a zvýšenou lordózu bederní páteře.

### **Zepředu**

Pacient má výš levé rameno oproti pravému ramenu, pravá dolní končetina je zevně rotovaná.

### **Svalová síla**

Svalová síla PHK do flexe v loketním kloubu (musculus biceps brachii) byla dle svalového testu stupeň 5. Svalová síla LHK do flexe v loketním kloubu (musculus biceps brachii) byla dle svalového testu stupeň 4. Svalová síla stisku byla vyšetřena orientačně, pacient měl o 10 % silnější stisk pravé ruky.

### **Rozsah pohybu**

Aktivní rozsah pohybu do flexe i abdukce v PRAK byl 180 stupňů. Aktivní rozsah pohybu LRAK do flexe byl 120 stupňů, do abdukce byl 60 stupňů. Omezení rozsahu pohybu bylo pro bolest v LRAK. Pasivní rozsah pohybu LHK do flexe byl 150 stupňů, do abdukce byl 90 stupňů. Omezení bylo opět pro bolest.

## **5.4 Neurologické vyšetření**

Pacient je vigilní, spolupracující a orientován autopsychicky, allopsychicky i somatopsychicky.

### **Vyšetření hlavových nervů**

Řeč byla pomalejší a setřelá, ostatní vyšetření byla bez patologického nálezu.

### **Vyšetření mozečkových funkcí**

Zkouška taxe (prst – nos) prováděna při otevřených i zavřených očích pacienta a byla negativní, tremor se při zkoušce neobjevil. Zkouška podle Stewarta-Holmese, zkouška odrazu a zkouška pasivity byly negativní. Diadochokinéza byla bez patologie.

### **Vyšetření čítí a napínacích reflexů**

Bylo vyšetřeno taktilní čítí, které bylo bez patologie. Napínací reflexy byly vyšetřeny s pomocí Jendrassikova manévru. Na horní končetině byly reflexy bicipitové a tricipitové přítomny. Pronační a stylo radiální reflexy byly vymizelé. Na dolní končetině byly reflexy patelární přítomny, reflex Achillovy šlachy a medioplantární reflex byly vymizelé.

### Vyšetření paretických a spastických jevů

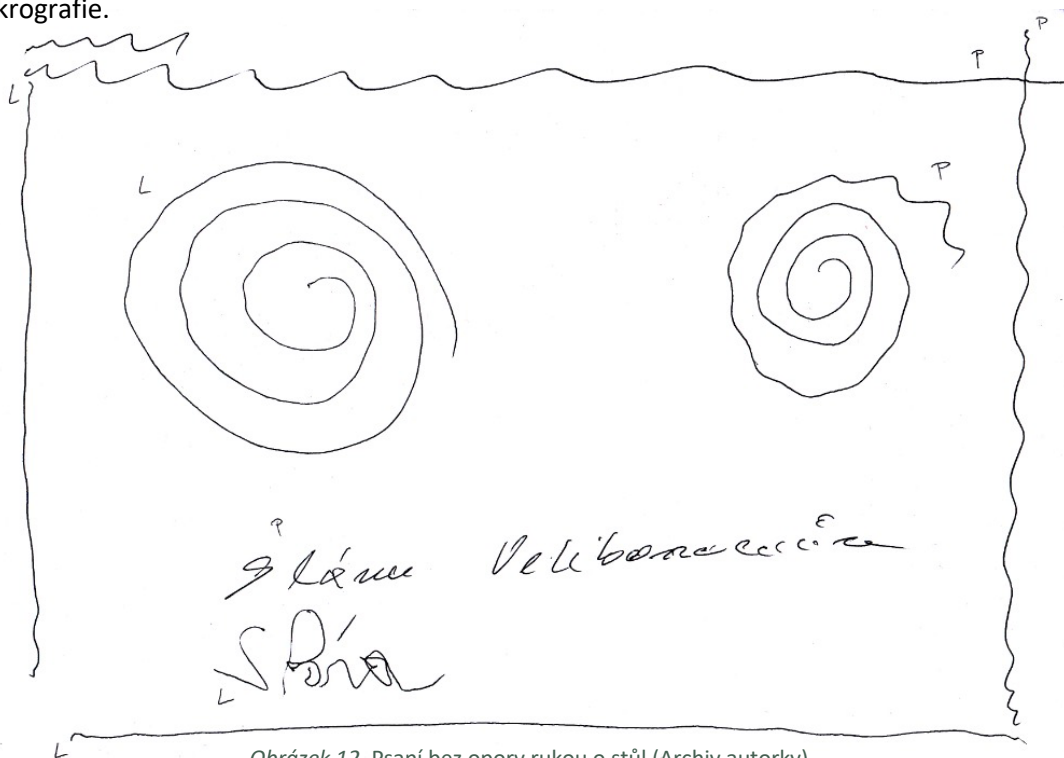
Paretické jevy na horních i dolních končetinách byly vyšetřovány Mingazziniho zkouškou. Tyto zkoušky byly negativní. Spastické jevy na horních končetinách byly vyšetřovány Justerovou zkouškou. Tato zkouška byla negativní. Na dolních končetinách byly spastické jevy vyšetřovány Babinskiho a Oppenheimovou zkouškou. Zkoušky byly také negativní.

### Vyšetření ERP

Při sakadovaných flexích v loketních kloubech nebyly šlachy dvojhlavých svalů pažních výrazné. Fenomén ozubeného kola se při extenzi v loketních kloubech neobjevil.

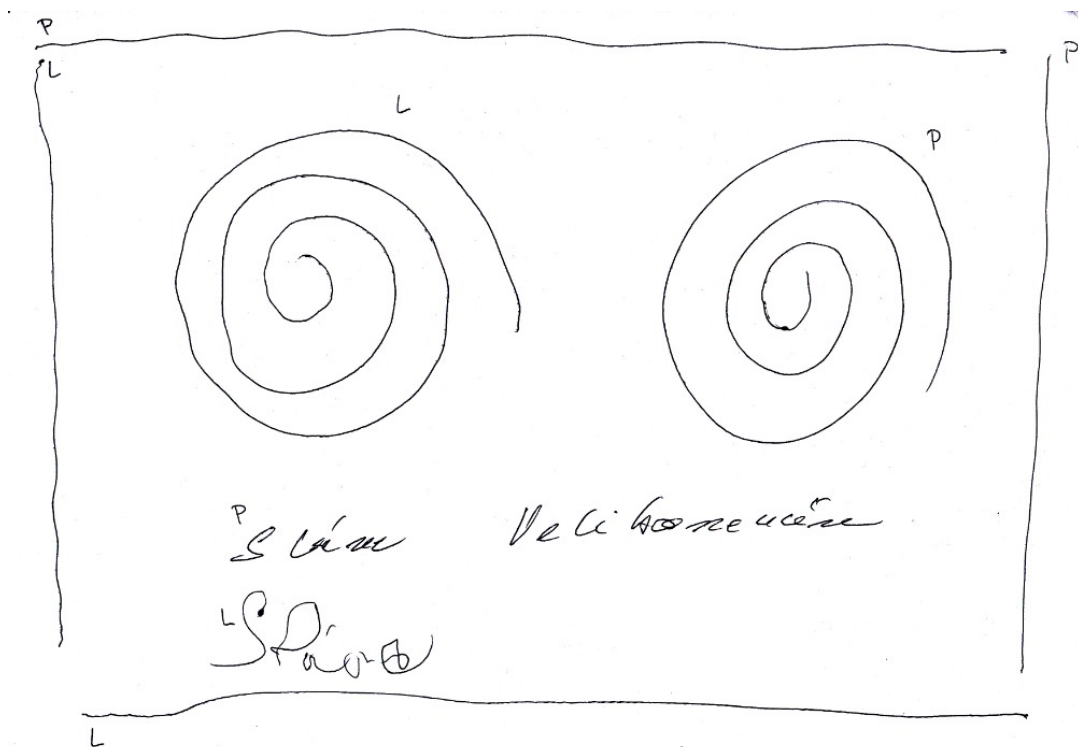
### Vyšetření tremoru

Pacient má tremor rukou a hlavy. Tremor hlavy je flekčního charakteru s klidovou amplitudou menší než 1 cm. U testování psaní se tremor hlavy zhoršil na amplitudu 1-5 cm. Klidový tremor rukou je velmi mírný. Má flekční charakter a nízkou amplitudu (do 1 cm). Při odebrání anamnézy, kineziologického rozboru i vyšetření horních končetin se třes vůbec nevyskytoval. Reemergentní tremor se nevyskytuje. Vyšetření pomocí psaní je zobrazeno na obrázcích číslo 12 a 13. Při psaní čar, spirál a věty na obrázku číslo 12 se pacient neměl zapírat do stolu, aby nezlepšoval třes. Můžeme pozorovat lepší vertikální a horizontální čáru psanou levou rukou, vertikální čára psaná pravou rukou má nejvíce odchylek. U spirál můžeme vidět určitý třes pravé ruky. Věta „Sláva Velikonocům“ byla psaná oběma rukama, pacient je pravák, proto je slovo „sláva“ psané levou rukou horší. U slova „Velikonocům“ můžeme vidět prvky mikrografie.



Obrázek 12. Psaní bez opory rukou o stůl (Archiv autorky).

U obrázku číslo 13 si pacient mohl pomoci, jakýmkoli způsobem, aby byl třes co nejmenší. Pacient si pomáhal zapřením do stolu a díky tomu dokázal čáry, spirály i větu napsat lépe než na obrázku číslo 12. Na tomto obrázku můžeme vidět pouze malé odchylky ve psaní. Při testu psaní čar, spirál a věty se pacientovi zhoršil tremor hlavy kvůli koncentraci na daný úkol.



Obrázek 13. Psaní s oporou rukou o stůl (Archiv autorky).

Funkční testy úchopu pacient provedl bez obtíží, pouze se zvýšil tremor hlavy a mírně se aktivoval tremor levé ruky. Rytmické klepání („ruka-noha, ruka-stůl“) provedl pacient bez obtíží. Rytmická aktivita klepání prsty o stůl („5-4-3-2“) byla bez obtíží, klepání prsty („2-3-4-5“) se zvýšeným třesem pravé ruky a zhoršení tremoru hlavy.

U testu manipulace s kolíčky na prádlo měl pacient za úkol uchopit celkově tři kolíčky a jednotlivě je připnout na okraj sešitu. Tento úkol měl provést dvakrát na každou ruku. Při testu nebyl přítomen tremor rukou ani hlavy, pouze při konečné fázi přiblížení ruky ke kolíčku se objevil mírný třes obou rukou (podobný intencnímu třesu). Při testu pacient popisoval bolest levého ramene, kterou kompenzoval mírnou lateroflexí a flexí trupu, elevací levého ramene. Při manipulaci s přiborem (vidlička a nůž) se objevoval pouze mírný tremor hlavy. Byl přítomen zvýšený třes pravé ruky při krájení zákusku i při pohybu sousta do úst (amplituda třesu pravé ruky byla do 5 cm), pacient si pomáhal snížit třes pomocí stisknutí vidličky palcem (tím se třes snížil na amplitudu do 1 cm). Při krájení zákusku levou rukou třes nebyl přítomen a při pohybu vidličky k ústům byla amplituda třesu levé ruky do 2 cm. Při pití vody ze sklenice třes nebyl přítomen, ale dle pacienta velmi záleží na situaci a společnosti, ve které se nachází. Pokud se



necítí komfortně nebo nechce, aby lidé kolem něj viděli jeho třesoucí se ruce při pití či jezení, třes se automaticky zhorší. Pití jednou rukou je dle slov pacienta velmi namáhavé a stresující, pomáhá si přidržení sklenice i druhou rukou, což tremor zmírní. Pacientův tremor rukou i hlavy se tudíž velmi odvíjí od psychického nastavení a stresového vypětí.

## **5.5 Vyšetření stoje a chůze**

### **Rombergova zkouška stoje**

Romberg I – stoj byl stabilní bez žádných titubací

Romberg II – stoj byl méně stabilní, vyskytovaly se mírné titubace

Romberg III – stoj byl nejméně stabilní, vyskytovaly se větší titubace bez úkroku pacienta

Stoj na levé dolní končetině byl s mírnými titubacemi, stoj na pravé dolní končetině byl s většími titubacemi. Při stoji na levé i pravé dolní končetině se zavřenýma očima se vyskytovaly velké titubace a pacient musel do pěti sekund ukročit do strany pro ztrátu rovnováhy.

Chůze byla stabilní, se souhyby horních končetin o standardně široké bázi a délce kroku. Při chůzi se zavřenýma očima byla chůze pomalejší, ale bez žádných jiných patologií. Tandemová chůze byla nejméně stabilní, pacient dělal často úkroky do strany pro udržení rovnováhy.

## **5.6 Funkční vyšetření**

### **Timed Up and Go Test**

Při tomto testu měl pacient za úkol vstát ze židle, jít rovně přibližně tři metry, obejít kužel, jít zpět k židli a sednout si. Test byl proveden v těchto modifikacích – v první modifikaci šel pacient volným tempem chůze, ve druhé modifikaci šel pacient rychlou chůzí, ve třetí modifikaci šel pacient se sklenicí vody v ruce (poprvé držel sklenici v pravé ruce, poté v levé ruce) a ve čtvrté modifikaci měl pacient za úkol odečítat od čísla 100 číslo 7. Volným tempem chůze pacient ušel za 9,53 s, rychlou chůzí ušel vzdálenost za 6,27 s, se sklenicí v pravé ruce ušel pacient trasu za 8,69 s, v levé ruce za 8,54 s. V této modifikaci pacient sklenici držel viditelně silně až křečovitě. Subjektivně pacient vypověděl, že horší pro něj bylo držet sklenici v levé ruce. Tremor rukou se ale neobjevil, nejspíš právě kvůli křečovitému držení sklenice. Čtvrtou modifikaci testování pacient ušel za 10,20 s. V této části se pacient téměř zastavil. U celého testování byla přítomnost tremoru hlavy, který se zhoršoval se zvyšující se náročností testu.

### Five Times Sit to Stand Test

Pacient dostal za úkol pětkrát vstát ze židle a sednout si na židli. Tento test pacient zvládl v čase 11,56 s. Při tomto testování se tremor neobjevil.

### Push and Pull Test & Push and Release Test

Tyto testy byly bez patologického nálezu. Pacient vždy vyrovnal rovnováhu zakročením dolní končetiny za sebe.

### Nine Hole Peg Test

Pacient měl za úkol co nejrychleji a nejpřesněji umístit devět kolíků do otvorů a následně je z otvorů umístit zpět do zásobníku. Test byl prováděn dvakrát na každou ruku. Pacient začínal se svou dominantní (pravou) rukou. První pokus provedl v čase 25,26 s bez tremoru ruky i hlavy. Druhý pokus provedl v čase 22,15 sekund s mírným tremorem hlavy. První pokus levé ruky pacient provedl v čase 28,25 s, při kterém byl mírný tremor levé ruky i hlavy, pacient kompenzoval bolesti levého ramene náklonem trupu. Při druhém pokusu levé ruky se čas zlepšil na 25,77 s, tremor hlavy nebyl přítomen, pouze mírný třes levé ruky a náklon trupu.

### Purdue Pegboard Test

	Pravá ruka	Levá ruka	Obě ruce	Kompletování
<b>1. pokus</b>	11 kolíků	10 kolíků	8 párů kolíků	27 součástek
<b>2. pokus</b>	12 kolíků	12 kolíků	9 párů kolíků	32 součástek
<b>3. pokus</b>	13 kolíků	11 kolíků	9 párů kolíků	33 součástek

Při pokusech pravou rukou se objektivně i subjektivně dle pocitů pacienta postupně zhoršoval tremor hlavy. Při pokusech levou rukou byl mírný tremor hlavy i levé ruky, která byla méně obratná než pravá ruka. Při úkolu umísťovat kolíky oběma rukama současně se nejsilnější třes hlavy objevil při prvním pokusu, při dalších dvou byl třes hlavy mírnější. Třes rukou se neobjevil. Při kompletování se tremor hlavy postupně zlepšoval, při třetím pokusu třes hlavy nebyl přítomen vůbec. Třes rukou se neobjevil ani při jednom z pokusů. Objektivně lze říct, že aktivity jednoruč byly pro pacienta u tohoto testování kvůli tremoru složitější než aktivity obouřuč. Během aktivity se třes zlepšoval, po aktivitě pacient subjektivně popisuje zhoršení třesu po každém pokusu. Po ukončení Purdue Pegboard testování měl pacient nejvyšší amplitudu třesu hlavy za celé vyšetření (amplituda 5 cm). Pacient se musel opřít o židli, aby třes zklidnil.

## **5.7 Krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán**

### **Krátkodobý rehabilitační plán**

Pacienta nejvíce omezuje třes rukou a hlavy. Proto by bylo vhodné naučit pacienta pohybové strategie ke zlepšení ADL. Ukázat pacientovi různé pohybové manévry rukou, které povedou ke zmírnění třesu v konkrétních aktivitách denního života. Provádět s pacientem odporovaný trénink svalů předloktí, konkrétně excentrického typu. Doporučit speciálních příbor, který vyrovnává třes rukou při jídle, případně příbor s širší rukojetí. Také vyzkoušet relaxační a dechové metody, které by mohly třes zmírnit. Provádět s pacientem aktivní vynucené cvičení pomocí MOTOmedu. Doporučit pacientovi kognitivně-behaviorální terapii, která by pomohla se zvládnutím a ovlivněním třesu v nepříjemných situacích. Dále pokračovat ve sportovních aktivitách, které pacient vykonával v minulosti.

### **Dlouhodobý rehabilitační plán**

Pokračovat v rozvíjení pohybových aktivit z krátkodobého rehabilitačního plánu. Pacienta žádné další symptomy Parkinsonovy nemoci netrápí. Proto by bylo dále vhodné se zaměřit na obtíže mimo PN. Pacient má omezený rozsah pohybu v levém ramenním kloubu, proto by byla vhodná snaha o zvýšení toho rozsahu a zmírnění bolestí při pohybech. Pacient prodělal recidivující kašel a trpí EERD, proto by se měla do dlouhodobého rehabilitačního plánu zařadit i respirační fyzioterapie. Především práce s bránicí, aktivace hlubokého stabilizačního systému a edukovat pacienta o režimových opatřeních, které mohou souviset s refluxní nemocí. Pacient má VAS bederní páteře. I zde můžeme aktivovat HSS, můžeme využít prvky ACT či DNS. Pokud se pacientovi začnou projevovat jiné příznaky PN, mohou se v budoucnu ovlivňovat i tyto příznaky.

## 6 DISKUSE

Terapie tremoru u PN může být invazivní a neinvazivní. Mezi nejvyužívanější invazivní metodou je hluboká mozková stimulace. Terapeutický mechanismus DBS není dobře znám. Umístění elektrod do struktur s nervovou oscilační aktivitou (tj. bazálních ganglií a cerebello-thalamo-kortikální dráhy) by mohlo narušit tuto oscilační aktivitu, a tím změnit tvorbu a/nebo amplitudu třesu. Několik zobrazovacích studií zkoumalo vzorce metabolických změn před a po umístění elektrod DBS. Pacienti s PN s dominancí třesu vykazují odlišný vzorec, metabolický vzorec související s třesem („PD tremor-related metabolic pattern, PDTP“), který koreluje se závažností třesu a je charakterizován zvýšenou aktivitou v nucleus dentatus mozečku a v primární motorické kůře. U tremor-nedominantní PN lze pozorovat vzorec s hypermetabolismem v pons Varoli, globus pallidus a thalamu („PD-related metabolic pattern, PDRP“), který koreluje se závažností dalších motorických symptomů. Zajímavé je, že DBS Vim může snížit pouze aktivitu PDTP, zatímco DBS STN a GPi může snížit jak aktivitu PDTP, tak PDRP. Tato zjištění vysvětlují, proč by tyto cíle měly zlepšit všechny motorické symptomy včetně třesu, zatímco Vim selektivně zlepšuje pouze třes. Ve srovnání s jinými cíli je Vim-DBS spojena s lepším zlepšením skóre tremoru podle UPDRS v „off“ stavu, což by umožnilo větší redukci medikace. Tento faktor by pravděpodobně upřednostňoval Vim před jinými cíli pro léčbu třesu při PN. Jak cíle STN, tak GPi mohou v prvních letech po implantaci elektrod poskytovat relativně srovnatelný, trvalý přínos (Abusrair et al., 2019).

Ve srovnání s STN DBS je k dispozici méně studií hodnotících účinnost GPi DBS u PN. Srovnávací studie však naznačují, že rozdíly v účincích získaných STN a GPi DBS jsou jen nepatrné, heterogenní a bez přesvědčivé výhody jednoho cíle vůči druhému. GPi DBS může být spojena s menším počtem vedlejších účinků, jako je snížená verbální fluence, dysfagie, poruchy chůze nebo psychiatrické příznaky. Někteří autoři uvádějí lepší antidyskinetické účinky GPi DBS než STN DBS. GPi DBS má však nižší potenciál snížit denní dávku levodopy a vyšší nároky na spotřebu baterie implantátu k dosažení příznivých výsledků. Několik publikací o STN DBS prokázalo trvalou účinnost po dobu více než deseti let, zatímco podobné dlouhodobé výsledky o účinnosti GPi DBS u PN dosud nebyly poskytnuty. Několik publikací totiž uvádí ztrátu účinnosti GPi DBS, kterou lze kompenzovat následnou STN DBS. GPi DBS však byla také představena jako úspěšná strategie pro zvládnutí neuspokojivých dlouhodobých výsledků STN DBS (Hartmann, Fliegen, Groiss, Wojtecki, & Schnitzler, 2019).

Volbou číslo jedna v neinvazivní terapii tremoru u Parkinsonovy nemoci je farmakoterapie. Fyzická aktivita, relaxace nebo alternativní metody mohou také zlepšit stav

pacientů s tremorem. Vzhledem k tomu, že studie Deaneové et al. (2002), na základě systematického přehledu Cochrane, uvádí, že neexistují žádné závěry týkající se přínosu jakékoli nelékařské léčby, začala se projevovat tendence objasnit účinnost cvičení pro osoby s PN. Ačkoli studií týkajících se různých způsobů léčby třesu, jako je hluboká mozková stimulace a léky, je obrovské množství, přesto jsou zatím k dispozici jen omezené důkazy týkající se cvičební intervence pro zlepšení třesu. Podle přehledu literatury Kadkhodaie et al. (2020) až do zahájení jejího výzkumu neexistovala žádná studie, která by zkoumala zlepšení třesu rukou v reakci na odporové cvičení, natož pak u čistě excentrického typu. V roce 2016 Bryant et al. nezjistili u osob s PN a esenciálním třesem žádné významné zlepšení velikosti písma v reakci na odporový trénink v domácím prostředí. Vysvětlili, že centrální mechanismy třesu, které ovlivňují psaní rukou u PN, nemusí být zlepšeny pomocí cvičení. Nesouhlas s takovými výsledky lze vysvětlit tím, že Kadkhodaie et al. zjistili pozitivní vliv cvičení na klidový třes, což není totéž, co třes při psaní rukou. Vzhledem k tomu, že starší jedinci (většina osob s PN) se většinou zdráhají absolvovat test s maximem jednoho opakování (1RM) kvůli obavám ze zvedání těžkých předmětů, Kadkhodaie et al. použili RPE Borgovy škály jako alternativu testu 1RM pro stanovení intenzity cvičení. V roce 2001 O'Connor et al. uvedli, že intenzita excentrického cvičení flexorů lokte úzce souvisí s RPE. Lazzarini et al. (2017) potvrdili, že RPE je vynikajícím prediktorem pro zátěž při excentrickém cvičení. Omezením studie Kadkhodaie et al. byla kolísavá povaha třesu, kterou nebylo možné dokonale vyhodnotit při několika málo pokusech. Pro budoucí studie navrhuji terapie s větší intenzitou, integrace cvičení s fMRI, aby bylo možné studovat změny motorických drah. Dále sledování délky trvání účinků a srovnání účinku excentrického tréninku na třes se standardními terapiemi. Přestože excentrický odporový trénink může být úspěšně prováděn doma, vzhledem k izolaci a poruchám nálady, které PN obvykle doprovázejí, se doporučuje spíše běžný terapeutický plán nebo hodiny v tělocvičně, které vedou k většímu sociálnímu zapojení.

Cílem studie Morrisona et al. (2023) bylo posoudit, zda zaujímání různých poloh těla (tj. vsedě nebo vestoje) má nějaký vliv na posturální třes u zdravých starších osob a osob s Parkinsonovou chorobou. Výsledky ukázaly, že zaujatá posturální poloha měnila třes u všech jedinců. Jedním z vysvětlení zvýšeného třesu zaznamenaného při stání ve srovnání se seděním je, že poloha ve stoje je ve srovnání se seděním dynamicky náročnější. Například při držení končetin ve stoje musí jedinec také udržovat rovnováhu a zajistit, aby jakýkoli pohyb související s posturálním kolísáním nebo jinými biologickými signály (tj. kardiorepirační mechanikou) neovlivňoval třesový pohyb natažených paží. Zatímco u mladších dospělých se nezdá, že by tyto úpravy měly negativní vliv na třes, starší osoby i jedinci s PN mají často problémy s kontrolou rovnováhy. Z toho vyplývá, že posturální nároky při stání v kombinaci se silovými a koordinačními

nároky při udržování paží v klidu proti gravitaci mohly způsobit zaznamenané změny třesu. V tomto ohledu lze na třes nahlížet jako na jev závislý na úkolu.

Podle metaanalýzy Farashiho et al. (2021) mělo cvičení pozitivní, statisticky významný vliv na snížení třesu u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Pacienti s PN mají mnoho problémů s vizuálními úkoly, jako je navigace. Cvičení, jako jsou pohyby rukou pro uchopení a zvednutí předmětu, zaměstnávají několik okruhů pro provedení takové vizuomotorické transformace. Nebylo proto překvapivé, že pohybové cvičení rukou pro uchopení a zvednutí předmětu vykazovalo pozitivní vliv na poruchy pohybu u pacientů s PN, pravděpodobně prostřednictvím ovlivnění thalamu a bazálních ganglií. Dále cyklistické nucené cvičení může vyvolat kortikální a subkortikální aktivaci, a tím zlepšit motorické funkce u pacientů s PN. Kromě pozitivních účinků cvičení na třes byly prokázány i pozitivní účinky cvičení na další příznaky PN. Palmer et al. (1986) uvádějí zlepšení schopnosti chůze, motorické koordinace a síly úchopu při činnostech vyžadujících jemnou motoriku rukou. Cvičení založená na pohybu rukou v kombinaci s kognitivní zátěží vykazovala pozitivní účinky na skóre UPDRS pro horní končetiny. Cvičení na kole s aktivní asistencí prokázalo zlepšení jak u tremoru, tak u bradykineze, zatímco výsledek studie Stuckenschneidera et al. (2015) ukázal, že po vynuceném cvičení se zvýšila i rychlost chůze a délka kroku. Kromě toho taneční cvičení, jako je tango, které zahrnovalo jak fyzické aktivity, tak kognitivní výzvy, prokázalo zlepšení nejen tremoru, ale i rovnováhy, chůze, bradykineze a také rigidity. Navzdory celkovému pozitivnímu účinku cvičení na snížení třesu u pacientů s PN, který byl získán touto metaanalýzou, byla heterogenita mezi studiemi s ohledem na design, délku trvání intervence a opatření poměrně vysoká. V této metaanalýze se porovnávalo celkem sedm studií, z nichž tři studie, Duncan et al. (2012), Cikajlo et al. (2019) a Kadkhodaie et al. (2020), byly randomizované kontrolní studie a čtyři studie, Palmer et al. (1986), King et al. (2009), Ridgel et al. (2012) a Stuckenschneider et al. (2015), byly studie případů („case-control“). Ve všech studiích se vyšetřoval klidový tremor, ve čtyřech studiích spolu s posturálním tremorem. V některých byl třes měřen pomocí akcelerometru či gyroskopu, ve studiích Kingové et al., Duncan et al. a Cikajla et al. pomocí dotazníku UPDRS. Nejkratší doba trvání intervence byla šest týdnů ve studii Kadkhodaie et al., Duncan et al. provedli 12měsíční intervenci, což byla nejdéle trvající intervence této metaanalýzy. Tato heterogenita napříč studiemi omezuje závěr pro navržení nejlepšího typu cvičení nebo optimální intervence pro strategii snížení třesu. Kromě toho byl podle systematického vyhledávání získán omezený počet vhodných studií s celkově malou velikostí vzorku populace. Větší velikost vzorku, která vyžaduje další výzkumy v budoucnu, může zvýšit porozumění způsobu, jakým cvičení ovlivňuje snížení třesu (Farashi et al., 2021).

Článek Minera et al. (2020) na vynucené cvičení u pacientů s Parkinsonovou nemocí popisuje studie s malým počtem pacientů a s různými metodologickými nedostatky, které mohou omezovat zobecnitelnost výsledků na všechny osoby s PN. V době psaní článku Minera et al. byly v literatuře o nuceném cvičení u jedinců s PN identifikovány pouze dvě zaslepené randomizované kontrolní studie. Z nichž jedna studie neprokázala žádné rozdíly v účinku mezi skupinou s nuceným cvičením a kontrolní skupinou, pokud jde o kvalitu života nebo motorické funkce stanovené pomocí skóre UPDRS-III. Druhá randomizovaná studie se nedostala k využitelným výsledkům. Důkazy jsou nejednoznačné, pokud jde o použití nuceného cvičení jako samostatné terapeutické intervence u osob s PN. Zařazení nuceného cvičení jako doplňkové léčby by však mohlo přinést významný přínos k tréninku specifických úkolů nebo tréninku chůze a rovnováhy u jedinců s PN. Mezi nejzajímavější přínosy nuceného cvičení patří dlouhodobější terapeutické účinky a zlepšení tremoru, rigidity a bradykineze, jakož i zlepšení pohybových schopností. Největší přínos z této intervence by pravděpodobně měli jedinci s těžším průběhem onemocnění nebo ti, u nichž dochází k výrazným motorickým výkyvům a jsou více ohroženi pády. Budoucí studie by měly zkoumat dopad nuceného cvičení na řeč, poruchy polykání a dysfagii, které významně ovlivňují kvalitu života jedinců s PN. Vzhledem k tomu, že důkazy naznačují, že nucené cvičení může mít pro jedince s Parkinsonovou nemocí potenciálně neuroprotektivní a neurorestorativní účinky, jsou zapotřebí dlouhodobější sledovací studie s většími vzorky, které by poskytly informace o schopnosti nuceného cvičení změnit trajektorii progresu onemocnění související s motorickými funkcemi u tohoto progresivního neurologického onemocnění.

Studie Jitkrisadakulové et al. (2017) prokázala účinnost rukavice Tremor při redukci parkinsonského třesu významnými korelacemi v klinických i objektivních měřeních třesu a prokázala, že větší redukce třesu lze dosáhnout při vyšší amplitudě pulzu a delší době stimulace. V současné době se zkoumá možnost vložení EMS buď do rukavice (jak je uvedeno ve studii), nebo do samolepicích elektrod. Bylo navrženo i další zařízení nazvané GyroGlove, které využívá mechanický gyroskop k okamžitému a proporcionálnímu tlumení třesu ruky člověka. Přesný mechanismus působení jediného gyroskopu při tlumení třesu však zůstává nejasný. Ani přesný mechanismus, kterým EMS potlačuje třes, není zcela objasněn. Uvažovalo se o lokálním působení na svaly, nervy nebo periferní reflexní smyčky, které aktivují svaly. Ačkoli je nepravděpodobné, že by periferní mechanismy samy generovaly třes, periferní vliv na třes se může odrážet na jejich schopnosti modulovat amplitudu a/nebo frekvenci třesu. Několik studií se pokusilo snížit třes pomocí modulace periferních mechanismů, včetně periferní nervové stimulace, zevně vynucených pohybů v kloubu a EMS. Z nich se jako slibná intervence u třesu ukázala EMS. Myšlenka stimulace periferního nervu jako cílené léčby centrálního třesu se datuje

do roku 1929, kdy Pollock et al. prokázali, že přerušení zadního kořene u pacienta s PN třes zcela nezrušilo, ale došlo ke změnám amplitudy a frekvence. Tyto údaje podpořily stávající hypotézu, že periferní reflexy hrají roli při vzniku a udržování třesu, a jak ukázaly výsledky Jitkriksadakulové et al., EMS snižuje amplitudu třesu bez změn frekvence, což podporuje možný lokální účinek EMS na snížení třesu spíše periferním mechanismem než jeho vzdáleným centrálním účinkem. Hlavní předností této studie je falešně kontrolovaný design studie, který nebyl v předchozích studiích zahrnujících EMS u pacientů s PN nikdy proveden. Kombinace využití objektivních parametrů třesu jako hlavních výsledků a použití falešné rukavice eliminovala možnost zkreslení na minimum. Ve studii se objevují i omezení, především nábor z jednoho centra a malý počet účastníků studie. Také bolest z EMS, kterou pociťují někteří účastníci, může odhalit dvojitě zaslepený design této studie. Účinnost byla omezena na klidový třes u pacientů s PN. Výsledky proto nelze zobecnit na jiné formy parkinsonského třesu, stejně jako na jiné syndromy třesu. V budoucích studiích bude užitečné porovnat účinnost EMS s perorálními léky na snížení třesu.

Existuje i periferní elektrická stimulace (PES), tedy aplikace elektrického proudu dodávaného transkutánními nebo perkutánními elektrodami za účelem aktivace eferentních nebo aferentních nervových drah. Nedávné studie ukázaly slibné důkazy o účinnosti PES při snižování esenciálního třesu a připravily půdu pro použití PES jako klinického řešení léčby třesu. Periferní elektrická stimulace se na klidový třes u Parkinsonovy nemoci aplikovala pouze v laboratorních podmínkách a v klinické rehabilitaci o něm prozatím nejsou žádné informace (Pascual-Vandunciel, Rajagopal, Pons, & Delp, 2022).

Wang et al. (2023) ve své studii poskytuje levný videorehabilitační program v systému rozšířené reality, který mohou pacienti používat doma. Tento program má však omezení v poskytování osobního vedení pacientů a nesleduje kvalitu pohybů během rehabilitace. Aby se tato omezení vyřešila a pomohla pacientům s třesem při domácí rehabilitaci, byl předveden levný systém rozšířené reality, který umožňuje vytvořit pohlcující rehabilitační zážitek. Za účelem vyhodnocení účinnosti navrhovaného systému AR byly provedeny experimenty, jejichž cílem bylo porovnat a analyzovat velikost pohybů těla jedinců s třesem ve videu a v prostředí AR. Ve většině rehabilitačních poloh vykazovali účastníci v prostředí rozšířené reality významně větší rozsah pohybu končetin, který se blížil úrovni demonstrátora, ve srovnání s videoprostředím. Vzhledem k omezenému počtu testovaných pacientů je však pro klinické prostředí stále nutná další optimalizace a diskuse. Nezbytné je také dlouhodobé sledování a hodnocení účinnosti systému.

Ačkoli mnoho pacientů s PN ve studii Deuela & Seebergera (2020) uvádí, že v určitém období svého onemocnění užívají konopí, chybí velké, randomizované, placebem kontrolované



studie. Dostupné údaje vykazují smíšené výsledky, což je pravděpodobně částečně způsobeno různorodými metodami podávání používanými v různých studiích a nedostatkem standardizovaných produktů. Konopí má také větší profil nežádoucích účinků, ačkoli některé nežádoucí účinky lze zmírnit požitím drogy, nikoli jejím vdechováním. Bez ohledu na to by pacienti měli být informováni o možných nežádoucích účincích konopných produktů, zejména s ohledem na stále snadnější možnost jejich získání. Design této studie je hlavním faktorem, který přispívá k variabilitě pozorované v těchto výsledcích. Studie s aktivní intervencí jsou náchylné k nedostatečnému zaslepení intervence účastníky, protože pacienti vědí, zda se účastní experimentální skupiny, či nikoli. Určitou část tohoto efektu lze zmírnit zaslepením hodnotitelů. Kromě toho mají tyto studie proměnlivé a někdy nedostatečné kontrolní skupiny. Při srovnání s výchozími ukazateli pacienti účastníci se doplňkové léčby často vykazují zlepšení oproti výchozímu stavu po intervenci, ale nedostatek srovnatelného přínosu oproti kontrolám naznačuje vysokou pravděpodobnost placebo efektu z účasti v klinických studiích. Tento jev je u PN dobře znám, protože očekávání, že obdrží intervenci, pravděpodobně vede u těchto pacientů k určitému zlepšení, které je nejlépe pozorovatelné ve studiích s akupunkturou kontrolovanou předstíranou léčbou. V tomto přehledu je obtížné přímo porovnat jednotlivé studie vzhledem k různorodému provádění intervencí. Například cvičební lekce jsou velmi variabilní kvůli rozdílům v instruktorech, akupunktura je často individualizovaný postup, který vychází z potřeb pacientů, a konopí může být použito v různých formách. Podobně jako v předchozích přehledech doplňkových terapií Parkinsonovy nemoci, Deuel & Seeberger nenavrhují, aby tyto doplňkové terapie nahradily tradiční terapie založené na důkazech. Současná literatura však naznačuje roli doplňkových terapií jako součásti mnohostranného přístupu k léčbě onemocnění a posiluje myšlenku, že cvičení jakéhokoli druhu může přinést krátkodobý prospěch na různé motorické i nemotorické symptomy. Větší studie s vhodnými kontrolními skupinami a přiměřeným zaslepením mohou jistě pomoci poskytnout více informací do této probíhající diskuse.

Ve studii Li et al. (2018) o vlivu akupunktury na tremor u PN bylo prokázáno, že propojení mozečku, thalamu a motorické kůry s okruhem CTC ovlivňuje funkční motorickou aktivitu pacientů. Několik zobrazovacích studií navíc naznačuje, že třes při PN je silně spojen s okruhem CTC, což může být důvodem, proč byl třes jediným zlepšovaným motorickým symptomem. Ačkoli tato studie možná poprvé objasnila, jak akupunktura ovlivňuje třes při PN, důkazy o kontrole třesu prostřednictvím okruhu CTC byly shromážděny pomocí hluboké mozkové stimulace a opakované transkraniální magnetické stimulace a několik zpráv naznačuje, že stimulační mechanismus DBS nebo transkraniální magnetické stimulace je potenciálně podobný

mechanismu akupunktury. Je třeba se zabývat i několika omezeními této studie. Zprvé se jednalo o studii s malým vzorkem a autoři nepokračovali v hodnocení klinických příznaků a fMRI po ukončení léčby. Za druhé, ze 41 randomizovaných pacientů bylo 6 vyřazeno (15 %), což může způsobit zkreslení závěrů.

Obecně lze říci, že studií s kvalitním designem je malé množství, heterogenita mezi studiiemi s ohledem na design, délku trvání intervence a opatření je vysoká. Mechanismus vzniku tremoru i jeho ovlivňování není zcela znám. Proto je důležité dbát na výběr kvalitních studií a experimentů, aby se předešlo možným nejasnostem ve výsledcích studií o terapii tremoru u Parkinsonovy nemoci.

## 7 ZÁVĚRY

Třes u Parkinsonovy nemoci nelze vyléčit, ale dá se zmírnit mnoha způsoby. Podstatné je zjistit, zda se jedná o tremor u PN nebo o třes jiné etiologie. Tremor se vyšetřuje mnoha způsoby, mezi nejčastější způsob vyšetření v klinické praxi patří standardizovaný dotazník MDS-UPDRS, ve kterém se hodnotí různé aspekty Parkinsonovy nemoci, včetně tremoru. Užitečnou metodou pro sledování progresu poruchy třesu nebo pro hodnocení reakce na léčbu je vyšetření třesu pomocí papíru a tužky. Používají se také zobrazovací metody jako jednofotonová emisní počítačová tomografie, pomocí které mohou být zobrazené presynaptické striatální dopaminergní neurony. Dále se využívá akcelerometrie, gyroskopie nebo elektromyografie.

Terapie třesu se dělí na invazivní a neinvazivní. Mezi invazivní terapii patří v první řadě hluboká mozková stimulace. Do invazivní terapie patří i radiofrekvenční ablace, thalamotomie gama nožem nebo fokusovaný ultrazvuk. Neinvazivní metodou terapie třesu je farmakologická terapie, ve které je na prvním místě terapie levodopou, poté anticholinergika, agonisté dopaminu nebo například amantadin. V terapii třesu je možné využít i aplikaci botulotoxinu A. Do alternativních možností farmakologické terapie spadá konopí, které ukázalo určité zlepšení tremoru u PN (de Faria et al., 2020).

Mezi fyzioterapeutické možnosti ovlivnění třesu patří aerobní cvičení a odporový trénink především excentrického rázu. Vynucené cvičení, nejčastěji na kole, je také forma cvičení, které pacientům pomáhá. Elektromyostimulace, konkrétně rukavice Tremor, detekuje třes a pomocí stimulace svalů potlačuje klidový třes. Mezi velmi častou a v budoucnu i pravděpodobně čím dál tím více využívanou formou terapie tremoru je rehabilitace pomocí virtuální reality. Ta umožňuje třesoucím se rukám stabilně ovládat buď klávesnici nebo takzvanou „extended hand“, pomocí které je mohou ovládat spotřebiče v domácnosti. Alternativní metody, jako je akupunktura, Tai Chi nebo jóga, pacientům s třesem také pomáhají. U těchto forem jde o uvědomění pohybu a svého těla, což souvisí i s mentálním nastavením daného člověka a je to pro pacienty také druh relaxace.

## 8 SOUHRN

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou tremoru u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Práce je rozdělena na dvě hlavní části – teoretickou část a praktickou část, jejíž součástí je kazuistika.

Úvod teoretické části se zabývá patofyziologií Parkinsonovy nemoci se zaměřením na patofyziologii tremoru u PN. Následuje klasifikace tremoru a možnosti jeho vyšetření pomocí dotazníků, zobrazovací metody SPECT a vyšetření pomocí akcelerometru, gyroskopu, EMG či digitálně. Další část práce se zabývá invazivními metodami terapie tremoru a farmakologickou terapií. Klíčovou kapitolou bakalářské práce je kapitola o nefarmakologických možnostech terapie tremoru, jejíž nejobsáhlejší část zahrnuje fyzioterapii.

Druhou částí bakalářské práce je kazuistika pacienta s tremorem. Je popsána anamnéza pacienta, kineziologický rozbor, neurologické vyšetření a navržen krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán.

## 9 SUMMARY

This bachelor thesis deals with the issue of tremor in patients with Parkinson's disease. The thesis is divided into two main parts - a theoretical part and a practical part, which includes a case study.

The introduction of the theoretical part deals with the pathophysiology of Parkinson's disease with a focus on the pathophysiology of tremor in PN. This is followed by the classification of tremor and the possibilities of its investigation using questionnaires, SPECT imaging and accelerometer, gyroscope, EMG or digital examination. The next part of the thesis deals with invasive methods of tremor therapy and pharmacological therapy. The key chapter of the bachelor thesis is the chapter on non-pharmacological options for tremor therapy, the most comprehensive part of which includes physiotherapy.

The second part of the bachelor thesis is a case report of a patient with tremor. The patient's history, kinesiological analysis, neurological examination and a short- and long-term rehabilitation plan are described.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

Abusrair, A. H., Elsekaily, W., & Bohlega, S. (2022). Tremor in Parkinson's Disease: From Pathophysiology to Advanced Therapies. *Tremor and other hyperkinetic movements (New York, N.Y.)*, 12, 29. <https://doi.org/10.5334/tohm.712>

Akdemir, Ü. Ö., Bora Tokçaer, A., & Atay, L. Ö. (2021). Dopamine transporter SPECT imaging in Parkinson's disease and parkinsonian disorders. *Turkish journal of medical sciences*, 51(2), 400–410. <https://doi.org/10.3906/sag-2008-253>

Alty, J., Cosgrove, J., Thorpe, D., & Kempster, P. (2017). How to use pen and paper tasks to aid tremor diagnosis in the clinic. *Practical neurology*, 17(6), 456–463. <https://doi.org/10.1136/practneurol-2017-001719>

Berardelli, I., Pasquini, M., Roselli, V., Biondi, M., Berardelli, A., & Fabbrini, G. (2015). Cognitive Behavioral Therapy in Movement Disorders: A Review. *Movement disorders clinical practice*, 2(2), 107–115. <https://doi.org/10.1002/mdc3.12160>

Bhatia, K. P., Bain, P., Bajaj, N., Elble, R. J., Hallett, M., Louis, E. D., Raethjen, J., Stamelou, M., Testa, C. M., Deuschl, G., & Tremor Task Force of the International Parkinson and Movement Disorder Society (2018). Consensus Statement on the classification of tremors. from the task force on tremor of the International Parkinson and Movement Disorder Society. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*, 33(1), 75–87. <https://doi.org/10.1002/mds.27121>

Bötzel, K., Tronnier, V., & Gasser, T. (2014). The differential diagnosis and treatment of tremor. *Deutsches Arzteblatt international*, 111(13), 225–236. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2014.0225>

Bryant, M. S., Workman, C. D., Jamal, F., Meng, H., & Jackson, G. R. (2018). Feasibility study: Effect of hand resistance exercise on handwriting in Parkinson's disease and essential tremor. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, 31(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2017.01.002>

Burdea G. C. (2003). Virtual rehabilitation--benefits and challenges. *Methods of information in medicine*, 42(5), 519–523.

Daisuke Iwai, Kai Wang, Kosuke Sato, & Noriko Takemura, (2016). A Typing Assist System Considering Involuntary Hand Tremor. *Transactions of the Virtual Reality Society of Japan*, 21(2), 227–233. [https://doi.org/10.18974/tvrsj.21.2\\_227](https://doi.org/10.18974/tvrsj.21.2_227)

Deane, K. H., Ellis-Hill, C., Jones, D., Whurr, R., Ben-Shlomo, Y., Playford, E. D., & Clarke, C. E. (2002). Systematic review of paramedical therapies for Parkinson's disease. *Movement*

*disorders : official journal of the Movement Disorder Society*, 17(5), 984–991.  
<https://doi.org/10.1002/mds.10197>

de Faria, S. M., de Morais Fabrício, D., Tumas, V., Castro, P. C., Ponti, M. A., Hallak, J. E., Zuardi, A. W., Crippa, J. A. S., & Chagas, M. H. N. (2020). Effects of acute cannabidiol administration on anxiety and tremors induced by a Simulated Public Speaking Test in patients with Parkinson's disease. *Journal of psychopharmacology (Oxford, England)*, 34(2), 189–196.  
<https://doi.org/10.1177/0269881119895536>

DeOrchis, V. S., Geyer, H. L., & Herskovitz, S. (2013). Teaching video neuroimages: orthostatic tremor: the helicopter sign. *Neurology*, 80(14), e161.  
<https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31828ab301>

Deuel, L. M., & Seeberger, L. C. (2020). Complementary Therapies in Parkinson Disease: a Review of Acupuncture, Tai Chi, Qi Gong, Yoga, and Cannabis. *Neurotherapeutics : the journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics*, 17(4), 1434–1455.  
<https://doi.org/10.1007/s13311-020-00900-y>

Dirkx, M. F., & Bologna, M. (2022). The pathophysiology of Parkinson's disease tremor. *Journal of the neurological sciences*, 435, 120196.  
<https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120196>

Ellis, T. D., Colón-Semenza, C., DeAngelis, T. R., Thomas, C. A., Hilaire, M. S., Earhart, G. M., & Dibble, L. E. (2021). Evidence for Early and Regular Physical Therapy and Exercise in Parkinson's Disease. *Seminars in neurology*, 41(2), 189–205. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1725133>

Farashi, S., Kiani, L., & Bashirian, S. (2021). Effect of Exercise on Parkinson's Disease Tremor: A Meta-analysis Study. *Tremor and other hyperkinetic movements (New York, N.Y.)*, 11, 15. <https://doi.org/10.5334/tohm.599>

Frankel JP, Hughes A, Lees AJ, Stern GM. Marijuana for parkinsonian tremor. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1990 May;53(5):436. doi: 10.1136/jnnp.53.5.436. PMID: 2351975; PMCID: PMC488064.

Frei, K., & Truong, D. D. (2022). Medications used to treat tremors. *Journal of the neurological sciences*, 435, 120194. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120194>

Goetz, C. G., Fahn, S., Martinez-Martin, P., Poewe, W., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Stern, M. B., Tilley, B. C., Dodel, R., Dubois, B., Holloway, R., Jankovic, J., Kulisevsky, J., Lang, A. E., Lees, A., Leurgans, S., LeWitt, P. A., Nyenhuis, D., Olanow, W., Rascol, O., Schrag, A., Teresi, J. A., van Hilten, J. J., LaPelle, N. (2021). *MDS UPDRS*. Milwaukee, WI: Movement disorders.

[https://www.movementdisorders.org/MDS-Files1/PDFs/Rating-Scales/MDS-UPDRS-Czech\\_Official\\_Translation\\_FINAL.pdf](https://www.movementdisorders.org/MDS-Files1/PDFs/Rating-Scales/MDS-UPDRS-Czech_Official_Translation_FINAL.pdf)

Halli-Tierney, A. D., Luker, J., & Carroll, D. G. (2020). Parkinson Disease. *American family physician, 102*(11), 679–691.

Hartmann, C. J., Fliegen, S., Groiss, S. J., Wojtecki, L., & Schnitzler, A. (2019). An update on best practice of deep brain stimulation in Parkinson's disease. *Therapeutic advances in neurological disorders, 12*, 1756286419838096. <https://doi.org/10.1177/1756286419838096>

Haubenberger, D., Abbruzzese, G., Bain, P. G., Bajaj, N., Benito-León, J., Bhatia, K. P., Deuschl, G., Forjaz, M. J., Hallett, M., Louis, E. D., Lyons, K. E., Mestre, T. A., Raethjen, J., Stamelou, M., Tan, E. K., Testa, C. M., & Elble, R. J. (2016). Transducer-based evaluation of tremor. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society, 31*(9), 1327–1336. <https://doi.org/10.1002/mds.26671>

Helmich, R. C., Toni, I., Deuschl, G., & Bloem, B. R. (2013). The pathophysiology of essential tremor and Parkinson's tremor. *Current neurology and neuroscience reports, 13*(9), 378. <https://doi.org/10.1007/s11910-013-0378-8>

Hess, C. W., & Pullman, S. L. (2012). Tremor: clinical phenomenology and assessment techniques. *Tremor and other hyperkinetic movements (New York, N.Y.), 2*, tre-02-65-365-1. <https://doi.org/10.7916/D8WM1C41>

Holden, S. K., Domen, C. H., Sillau, S., Liu, Y., & Leehey, M. A. (2022). Higher Risk, Higher Reward? Self-Reported Effects of Real-World Cannabis Use in Parkinson's Disease. *Movement disorders clinical practice, 9*(3), 340–350. <https://doi.org/10.1002/mdc3.13414>

Höllerhage M. (2019). Secondary parkinsonism due to drugs, vascular lesions, tumors, trauma, and other insults. *International review of neurobiology, 149*, 377–418. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.10.010>

Hopfner, F., & Deuschl, G. (2020). Managing Essential Tremor. *Neurotherapeutics : the journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics, 17*(4), 1603–1621. <https://doi.org/10.1007/s13311-020-00899-2>

Chandra, V., Hilliard, J. D., & Foote, K. D. (2022). Deep brain stimulation for the treatment of tremor. *Journal of the neurological sciences, 435*, 120190. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120190>

Chung, W., Poppen, R., & Lundervold, D. A. (1995). Behavioral relaxation training for tremor disorders in older adults. *Biofeedback and self-regulation, 20*(2), 123–135. <https://doi.org/10.1007/BF01720969>



Jankovic J. (2008). Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 79(4), 368–376. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2007.131045>

Jitkritisadaku, O., Thanawattano, C., Anan, C., & Bhidayasiri, R. (2017). Tremor's glove- an innovative electrical muscle stimulation therapy for intractable tremor in Parkinson's disease: A randomized sham-controlled trial. *Journal of the neurological sciences*, 381, 331–340. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2017.08.3246>

Kadkhodaie, M., Sharifnezhad, A., Ebadi, S., Marzban, S., Habibi, S. A., Ghaffari, A., & Forogh, B. (2020). Effect of eccentric-based rehabilitation on hand tremor intensity in Parkinson disease, *Neurological Sciences*, 41(3), 637–643. <https://doi.org/10.1007/s10072-019-04106-9>

Kamble, N., & Pal, P. K. (2023). Electrophysiology in Functional Movement Disorders: An Update. *Tremor and other hyperkinetic movements (New York, N.Y.)*, 13, 49. <https://doi.org/10.5334/tohm.793>

Kamble, N., & Pal, P. K. (2018). Tremor syndromes: A review. *Neurology India*, 66(Supplement), S36–S47. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.226440>

Kim, Y., Lai, B., Mehta, T., Thirumalai, M., Padalabalanarayanan, S., Rimmer, J. H., & Motl, R. W. (2019). Exercise Training Guidelines for Multiple Sclerosis, Stroke, and Parkinson Disease: Rapid Review and Synthesis. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 98(7), 613–621. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001174>

Leehey, M. A., Liu, Y., Hart, F., Epstein, C., Cook, M., Sillau, S., ... & Bainbridge, J. (2020). Safety and tolerability of cannabidiol in Parkinson disease: an open label, dose-escalation study. *Cannabis and cannabinoid research*, 5(4), 326-336.

Li, Z., Chen, J., Cheng, J., Huang, S., Hu, Y., Wu, Y., Li, G., Liu, B., Liu, X., Guo, W., Huang, S., Zhou, M., Chen, X., Xiao, Y., Chen, C., Chen, J., Luo, X., & Xu, P. (2018). Acupuncture Modulates the Cerebello-Thalamo-Cortical Circuit and Cognitive Brain Regions in Patients of Parkinson's Disease With Tremor. *Frontiers in aging neuroscience*, 10, 206. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00206>

Lotan I, Treves TA, Roditi Y, Djaldetti R. Cannabis (medical marijuana) treatment for motor and non-motor symptoms of Parkinson disease: an open-label observational study. *Clin Neuropharmacol*. 2014 Mar-Apr;37(2):41-4. doi: 10.1097/WNF.000000000000016. PMID: 24614667.

Miner, D. G., Aron, A., & DiSalvo, E. (2020). Therapeutic effects of forced exercise cycling in individuals with Parkinson's disease. *Journal of the neurological sciences*, 410, 116677. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.116677>

- Morrison, S., Reilly, N., Schussler, E., & Kerr, G. (2023). The effect of standing posture on amplitude and variability of postural tremor in Parkinson's disease. *Neuroscience letters*, 805, 137220. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2023.137220>
- O'Connor, P. J., Poudevigne, M. S., & Pasley, J. D. (2002). Perceived exertion responses to novel elbow flexor eccentric action in women and men. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(5), 862–868. <https://doi.org/10.1097/00005768-200205000-00021>
- Palmer, S. S., Mortimer, J. A., Webster, D. D., Bistevins, R., & Dickinson, G. L. (1986). Exercise therapy for Parkinson's disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 67(10), 741–745. [https://doi.org/10.1016/0003-9993\(86\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0003-9993(86)90007-9)
- Pascual-Valdunciel, A., Rajagopal, A., Pons, J. L., & Delp, S. (2022). Non-invasive electrical stimulation of peripheral nerves for the management of tremor. *Journal of the neurological sciences*, 435, 120195. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120195>
- Pirker, W., Katzenschlager, R., Hallett, M., & Poewe, W. (2023). Pharmacological Treatment of Tremor in Parkinson's Disease Revisited. *Journal of Parkinson's disease*, 13(2), 127–144. <https://doi.org/10.3233/JPD-225060>
- Pollock, L.J., & Davis, L. (1930). MUSCLE TONE IN PARKINSONIAN STATES. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 23, 303-319.
- Ridgel, A. L., Peacock, C. A., Fickes, E. J., & Kim, C. H. (2012). Active-assisted cycling improves tremor and bradykinesia in Parkinson's disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 93(11), 2049–2054. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.05.015>
- Row Lazzarini, B. S., Dropp, M. W., & Lloyd, W. (2017). Upper-Extremity Explosive Resistance Training With Older Adults Can Be Regulated Using the Rating of Perceived Exertion. *Journal of strength and conditioning research*, 31(3), 831–836. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001520>
- Růžička, E., & Hollý, P. (2020). Klinická klasifikace třesu. *Neurologie Pro Praxi*, 428–432.
- Saluja, A., Goyal, V., & Dhamija, R. K. (2023). Multi-Modal Rehabilitation Therapy in Parkinson's Disease and Related Disorders. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 26(Suppl 1), S15–S25. [https://doi.org/10.4103/aian.aian\\_164\\_22](https://doi.org/10.4103/aian.aian_164_22)
- Singh, M., & Agrawal, M. (2020). Deep Brain Stimulation for Tremor and Dystonia. *Neurology India*, 68(Supplement), S187–S195. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.302472>
- Stuckenschneider, T., Helmich, I., Raabe-Oetker, A., Froböse, I., & Feodoroff, B. (2015). Active assistive forced exercise provides long-term improvement to gait velocity and stride

length in patients bilaterally affected by Parkinson's disease. *Gait & posture*, 42(4), 485–490.  
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.08.001>

Suchowersky, O., Gronseth, G., Perlmutter, J., Reich, S., Zesiewicz, T., Weiner, W. J., & Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology (2006). Practice Parameter: neuroprotective strategies and alternative therapies for Parkinson disease (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, 66(7), 976–982.  
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000206363.57955.1b>

Sveinbjornsdottir S. (2016). The clinical symptoms of Parkinson's disease. *Journal of neurochemistry*, 139 Suppl 1, 318–324. <https://doi.org/10.1111/jnc.13691>

Venderová, K., Růžicka, E., Voríšek, V., & Visnovský, P. (2004). Survey on cannabis use in Parkinson's disease: subjective improvement of motor symptoms. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*, 19(9), 1102–1106.  
<https://doi.org/10.1002/mds.20111>

Wang, K., Iwai, D., & Sato, K. (2017). Supporting Trembling Hand Typing Using Optical See-Through Mixed Reality. *IEEE Access*, Access, IEEE, 5, 10700–10708.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2711058>

Wang, K., Matsukura, H., Iwai, D., & Sato, K. (2018). Stabilizing Graphically Extended Hand for Hand Tremors, *IEEE Access*, Access, IEEE, 6, 28838–28847.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2840101>

Wang, K., Tan, D., Li, Z., & Sun, Z. (2023). Supporting Tremor Rehabilitation Using Optical See-Through Augmented Reality Technology. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(8), 3924.  
<https://doi.org/10.3390/s23083924>

# 11 PŘÍLOHY

## 11.1 Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

**Název bakalářské práce:**

Možnosti terapie pacientů s tremorem u Parkinsonovy nemoci

Jméno:

Datum narození:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis autora práce:

Datum:

Datum: