



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA



Klinika rehabilitačního lékařství FNKV

Anna Křížová

**Vyšetření esenciálního třesu pomocí
akcelerometru**

*The examination of essential tremor by using the
accelerometer*

Bakalářská práce

Praha, květen 2014

Autor práce: **Anna Křížová**

Bakalářský studijní obor: **Specializace ve zdravotnictví**

Studijní program: **Fyzioterapie**

Vedoucí práce: **PhDr. Kamila Řasová, PhD.**

Pracoviště vedoucího práce: **Klinika rehabilitačního lékařství FNKV**

Datum a rok obhajoby:

Abstrakt

Třes je rytmický oscilační pohyb části těla způsobený střídavými stahy svalových agonistů a antagonistů. Je to vůbec nejčastější extrapyramidový příznak, který se za určitých okolností může vyskytnout u každého zdravého jedince jako tzv. fyziologický tremor. Tato bakalářská práce se zabývá zpracováním poznatků o třesu a také se věnuje metodám vyšetřování třesu. Na konci práce je zahrnuté critical review, ve kterém jsou uvedeny studie z domácích i zahraničních zdrojů. Autoři se ve svých pracích zabývali zkoumáním různých metod vyšetření třesu. Z jejich výsledků, které jsou různorodé, nelze jednoznačně vyhodnotit, která metoda je pro vyšetření nejlepší. Zesiewicz ve své studii prokázal, že akcelerometr se ukázal jako citlivější v hodnocení parametrů třesu než klinické testy, naopak Bain došel k závěru, že je výhodnější a levnější používat k hodnocení klinické testy. Rybníčková svou praktickou část uzavřela shrnutím, že nelze říci, že by testování pomocí akcelerometru bylo výhodnější než klinické testy. Také Raethjen v závěru své práce uvedl, že měření třesu kriticky závisí na detailech podmínek nahrávání.

Abstract

Tremor is a rhythmic oscillatory movement of the body part caused by alternating contractions of agonists and antagonists. In general it is the most common extrapyramidal symptom, which under certain circumstances may occur in any healthy individual as the so-called physiological tremor. This thesis deals with the processing of knowledge about the tremor and also deals with methods of investigations of tremor. At the end, there is included critical review, in which there are listed studies of domestic and foreign sources. The authors dealt with studying the various methods of detecting tremor in their studies. From their results, which are diverse, it can not be clearly assess which method is the best for the examination. Zesiewicz demonstrated that the accelerometer proved to be more sensitive in the evaluation of tremor than clinical tests in his study, while Bain came to the conclusion that it is better and cheaper to use for the evaluation of clinical tests. Rybníčková concluded her practical part with summary that it can not be said that testing by using the accelerometer was better than clinical tests. In the epilogue also Raethjen stated that the measurement of tremor depends critically on the details of the recording conditions.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracovala samostatně a použila jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

V Praze dne

Anna Křížová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi pomáhali s mojí prací a to nejen vědecky, ale i morálně a psychicky.

Díky patří mé vedoucí práce, paní PhDr. Kamile Řasové, PhD., za její vedení a vstřícnost při konzultacích. Dále Mgr. Dominice Vavrové za konzultace a poskytnutí materiálů a literatury, bez které by nebylo možné tuto práci napsat.

Poděkovat bych také chtěla i své rodině za podporu a gramatickou kontrolu své práce, především v jejím závěru.

V neposlední řadě patří poděkování i mému příteli, Bc. Robertu Bahníkovi, za jeho morální, technickou podporu a za toleranci některých mých nálad, které mě při psaní této práce provázely.

Obsah

ÚVOD	1
CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	2
TEORETICKÁ ČÁST	3
1 TŘES	3
1.1 Etiologie	3
1.2 Patogeneze	4
1.3 Klasifikace třesu	6
1.3.1 Klinické a fenomenologické dělení	7
1.3.2 Syndromologické dělení	8
1.4 Vyšetření a diagnostika	19
1.5 Terapie třesu	19
2 METODY VYŠETŘENÍ TŘESU	23
2.1 Subjektivní klinická měření	23
2.1.1 Klinické hodnotící škály	23
2.1.2 Vyšetření kresbou spirály	25
2.2 Fyziologické metody	27
2.2.1 Elektromyografie	28
2.2.2 Akcelerometr	29
2.3 Critical review	34
ZÁVĚR	43
SOUHRN	44
SUMMARY	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	52
PŘÍLOHY	53

ÚVOD

Třes je porucha hybnosti, která může značně znepříjemňovat život. Tento pojem znali už v antickém Řecku, kde předpona TRE označovala současně strach a třes. Poprvé byl definován Galénem jako: Mimovolní střídavý pohyb končetinami nahoru a dolů. Projevuje se v klidu, nebo při pohybu a postihuje různé části těla. Vyskytuje se většinou u starších dospělých, ale postižení mladších jedinců není výjimkou. Zařazuje se společně s dystonií, choreou, myoklonem a dalšími poruchami mezi hyperkinézy, které se projevují nechtěnými, abnormálními a nekontrolovatelnými pohyby. Ale odlišuje se od nich svou rytmicitou a pravidelností. Tremor můžeme vidět pouhým okem, ale k vyšetření používáme různé testy a pomocné vyšetřovací metody jako je např. povrchová elektromyografie (EMG) či akcelerometrie.

Akcelerometrie je metoda, při které senzor umístěný na těle snímá zrychlení části těla v daném směru. Tato metoda umožňuje snímat pohyb a jeho vychýlení, čímž můžeme zjistit výskyt třesu, jeho amplitudu a frekvenci. Frekvence nám může v některých případech pomoci k určení typu třesu.

Moje bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. V první části popisují problematiku tremoru, zabývám se jeho vznikem, rozdělením. Popisují různá vyšetření, která se používají, a zmiňuji také léčbu zmírňující třes. Ve druhé části se zaměřuji na metody, které zaznamenávají třes. Blíže se věnuji měření pomocí akcelerometru.

CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zpracovat poznatky o třesu, o všech jeho druzích, kde se s ním můžeme setkat a jak může ovlivnit náš život. Druhá část této práce přibližuje některé metody zaznamenávání třesu a poskytuje přehled používaných metod na vyšetření třesu z domácích a zahraničních zdrojů, z kterých jsem se nejvíce zabývala akcelerometrií.

TEORETICKÁ ČÁST

1. TŘES

Třes, neboli tremor, je mimovolní rytmické kmitání části těla okolo společné osy. Obvykle je vytvářen střídavými kontrakcemi recipročně inervovaných agonistických a antagonistických svalů. Popisujeme u něj místo výskytu, frekvenci a podmínky jeho vyvolání. Tremor se běžně dělí podle okolností výskytu dané formy třesu: v klidu vyskytující se třes (klidový) nebo třes vyskytující se při volní činnosti (akční). Definice třesu se liší podle různých autorů. Nevšimalová (Nevšimalová et al., 2005) definuje třes jako: *„rytmický oscilační pohyb části těla působený střídavými stahy svalových agonistů a antagonistů.“*

„Tremor je vůbec nejčastější extrapyramidový příznak, který se za určitých okolností může vyskytnout u každého zdravého jedince jako tzv. fyziologický tremor. Třes může dále být příznakem různých neurologických onemocnění a chorobných stavů metabolického, toxického nebo jiného původu.“¹⁾

1.1 Etiologie

Příčiny třesu leží hluboko v mozkových částech, které ovládají pohyby svalstva. Třes se objevuje při vzniku problému na kterékoli této etáži v nervovém systému (obr. 1), od centrálního systému až po motorickou jednotku. Může se vyskytovat dědičně, vlivem genetických faktorů (např. esenciální třes), nebo získaně, uplatněním enviromentálních faktorů. Vyvolávat ho mohou i některé léky, otrava rtutí či selhání jater. Více faktorů zachycuje tabulka číslo 1 (uvedena v příloze).

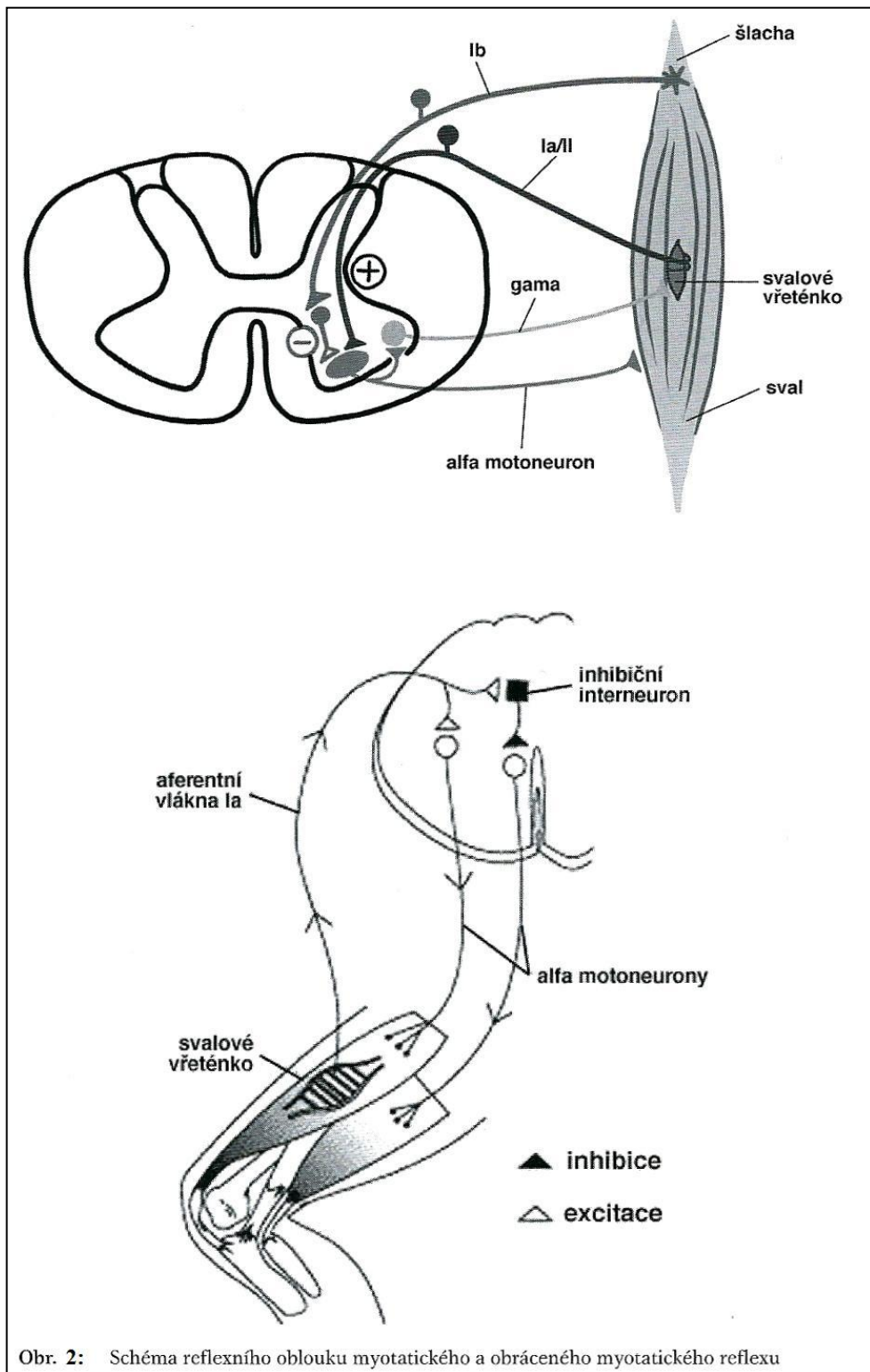
„Approximately one-half of the cases are due to a genetic mutation and the pattern of inheritance is most consistent with autosomal dominant transmission. No genes have been identified yet but genetic linkage has been established with several chromosomal regions.“²⁾

Cortex: plans, initiates and controls voluntary movement.
Basal ganglia: involved in fine-tuning and learning movement.
Thalamus: monitors movement as reported by the senses. Compares movement with the original instructions sent by the cortex and reports back to the cortex.
Cerebellum: fine-tuning and monitoring movement as reported by the senses.
Brainstem: conduit for information between the brain, the senses, and the muscles.
Spinal cord: conduit for information between the brain, the senses, and the muscles below the head.

Obrázek 1: **Etáže nervového systému podílející se na pohybu** (Převzato z knihy: Plumb, Bain. Essential Tremor: The Facts. Oxford, GBR. 2006)

1.2 Patogeneze

Třes je vytvářen činností oscilátorů periferních (mechanicko-reflexních) či centrálních. Mechanicko-reflexní oscilace jsou vyvolány reflexními smyčkami na periférii (obr. 2). Řadíme do nich: spinální smyčku (aférentace z vláken k míšním α -motoneuronům), transkortikální smyčku (aférentace z periferních sensorů do motorické kůry) a napínací reflexy. Zatímco centrální oscilace vznikají na kortikální úrovni. Hlavní neuronální řídicí okruhy v centrálním nervovém systému (CNS), které řídí volní a mimovolní pohyby jsou: spojení mezi motorickou kůrou a bazálními ganglii (BG), tractus cerebello-rubro-olivaris a spojení mezi mozečkem, talamickými jádry a motorickou kůrou (tractus cerebello-thalamo-corticalis a cortico-ponto-cerebellaris). Předpokládá se, že GABAergní projekce z Globus pallidus internus (GPi) snižuje aktivitu motorických jader v talamu s následnou aktivací excitační glutamatergní projekcí do premotorické a suplementární motorické arey, čímž usnadňuje pohyb. Aktivita GPi je řízena přímou a nepřímou cestou. Přímá cesta je monosynaptická, zatímco nepřímá vede přes Globus pallidus externus (GPe) a subthalamické jádro. Tyto dráhy mohou být narušeny zvýšenou dráždivostí recipročně inervovaných neuronů [5].

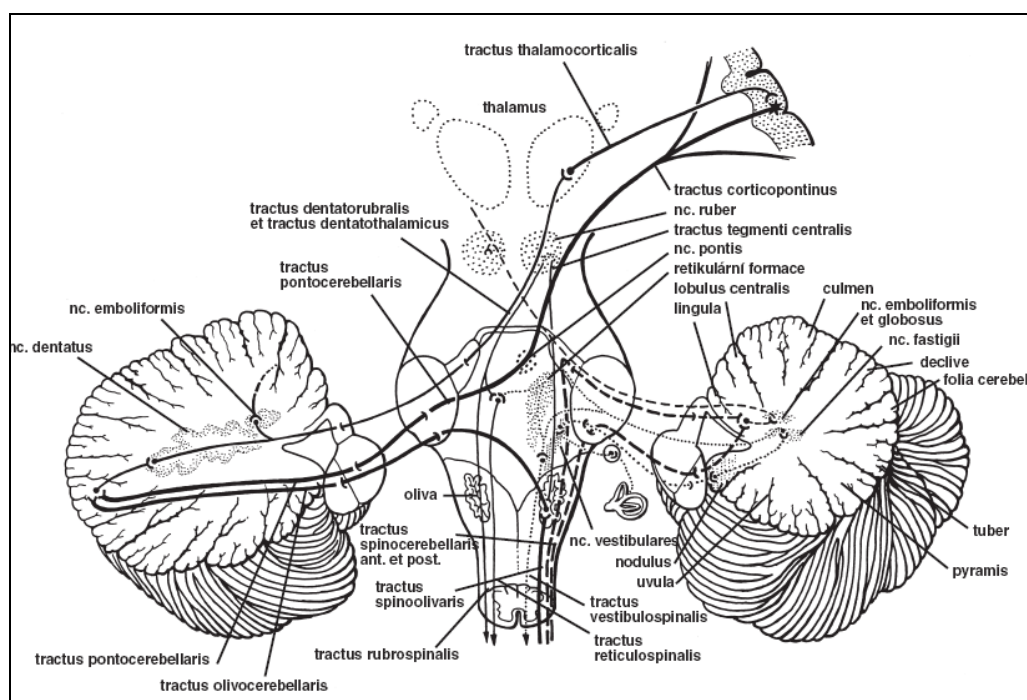


Obr. 2: Schéma reflexního oblouku myotatického a obráceného myotatického reflexu

Obrázek 2: **Myotaktický reflex** (Převzato z: Ambler et al., Klinická neurologie, Praha: TRITON 2008)

„Fyziologický význam mozkových oscilátorů není zcela jasný. Mohou se podílet na jemné regulaci svalového napětí v klidu i při pohybové aktivitě. Za chorobných okolností se poruší normální tlumivé mechanismy, zvýší se nestabilita oscilátoru a na příhodný podnět se nekontrolovaně rozvine jeho rytmická aktivita.“³⁾

Typickým centrálním oscilátorem bývají neurony inferiorní olivy či talamu, které vytvářejí kontinuální rytmickou aktivitu, projevující se výboji membránových potenciálů.



Obrázek 3. : **Anatomické schéma mozečku** (Převzato z knihy: Nevšimalová, Růžička, Tichý et al. Neurologie. Praha: Karolinum, 2005)

1.3 Klasifikace třesu

V použité literatuře dělí autoři tremor podle různých hledisek. Nevšimalová (Nevšimalová et al., 2005) rozděluje třes dle klinického hlediska. Na druhou stranu Sigvardt (Sigvardt et al., 2007) ve svém článku rozděluje třes podle hledisek: klinické neurologické znaky, při kterých se třes objevuje, dále rozdělení dle normálních a patologických podmínek či podmínek, ve kterých se třes vyskytuje a také podle frekvence třesu. Ulmanová (Ulmanová, 2005) ve své

dizertační práci rozděluje tremor na sémiologickou a syndromologickou a nosologickou klasifikaci. Do mé bakalářské práce jsem si vybrala klasifikaci podle Deuschla (Deuschl et al., 1998), který ve své práci nabízí návrh na klinickou klasifikaci třesu, která je založena na rozdílu mezi klidovým, posturálním, jednoduchým kinetickým a intenčním třesem.

1.3.1 Klinické a fenomenologické dělení

Nejčastěji je třes rozdělován podle klinické klasifikace na klidový a akční. Klidový třes se vyskytuje v klidové poloze, kde končetiny jsou uvolněné a nepůsobí proti nim gravitace. Jeho amplituda se zvyšuje při mentální aktivitě či rozrušení a naopak klesá, až vymizí při volných pohybech a při spánku. Patří mezi třesy s pomalou frekvencí 4-8 Hz. Je lokalizován především na ruce, kde má charakter “počítání mincí“. Také se vyskytuje v oblasti krčních svalů, rtů, jazyka a brady [22]. Klidový třes můžeme najít u onemocnění jako Parkinsonova choroba, Wilsonova nemoc či u parkinsonského syndromu a jednostranného rubrálního třesu.

Akční třes se na rozdíl od klidového objevuje během volní svalové aktivace, zahrnuje třes posturální (statický) vyskytující se při udržování těla, nebo jeho části ve statické poloze proti působení gravitace (příkladem mohou být natažené ruce před sebou v horizontále). Posturální třes, stejně jako klidový, vzniká při poruchách bazálních ganglií [22]. Je nejčastěji vidět při zvýšeném fyziologickém třesu, esenciálním třesu, třesu při neuropatii a při ortostatickém třesu. Akční třes dále zahrnuje třes kinetický, který se objevuje při jakémkoli volním pohybu a můžeme ho vidět u esenciálního třesu, dystonie a při zvýšeném fyziologickém třesu. Mezi jeho formy patří: *prostý kinetický třes* vznikající při necílených pohybech; *intenční třes*, který je variantou kinetického třesu, ale je charakteristický zvýšením amplitudy při dokončování pohybu k cíli (například v testu ukazovák-nos), má frekvenci okolo 10 Hz a je výrazem poruchy mozečku v důsledku selhání zpětnovazebních mechanismů; dále *izometrický třes* vznikající během izometrického stahu svalu (např. při držení tašky v ruce nebo při tlaku

proti pevné překážce) a „*task specific tremor*“ objevující se během specifických úkolů jako psaní rukou, hra na hudební nástroj aj.

Třes můžeme hodnotit i podle charakteristických rysů, které zmiňuje Sigvardt (Sigvardt et al., 2007) ve svém článku, jsou to:

lokalizace	postižená část těla, např: celá ruka, jazyk, měkké patro, noha, atd.
amplituda	dělí se na jemnou (výchyly do 1 cm, vyskytující se většinou u rychlé frekvence), střední (1-2 cm) a hrubou (nad 2 cm)
frekvence	podle počtu kmitů za jednotku času dělíme třes na frekvenci pomalou (do 4 Hz), střední (5-7 Hz) a rychlou (nad 7 Hz)
a další rysy jako: symetrie a asymetrie, evokující nebo potlačující faktory a přítomnost dalších neurologických příznaků	

1.3.2 Syndromologické dělení

Podle Deuschla (Deuschl et al., 1998) fenomenologické prvky tremoru mohou být kombinovány do některých specifických syndromů, které jsou základem pro další diagnostické a terapeutické postupy.

Fyziologický třes

Fyziologický třes se vyskytuje ve všech formách, ale nejčastěji jako posturální a kinetický třes s rozsahem frekvence 3-12 Hz. Můžeme ho najít u kohokoli. Fyziologický třes je způsobován aktivitou mechanických (reflexních) oscilátorů, avšak působení centrálních oscilátorů není vyloučeno. Vzniká při prochlazení, hladu, emocích, úzkosti, svalovém přetížení, stresu, únavě nebo působením kofeinu. [4]

Akcentovaný fyziologický třes

„Zvýšený fyziologický třes se liší od fyziologického větší amplitudou a výskytem převážně posturálního typu. Oba se vyskytují bez jiného neurologického onemocnění, které by způsobovalo třes.“⁴⁾

Zvýšený fyziologický tremor se nachází v rozmezí 8-12 Hz a vyskytuje se u metabolických (hyponatrémie, hypomagnezémie a hypokalcémie)

a endokrinních poruch (hypoglykémie, thyreotoxikóza, feochromocytom), u infekčních horečnatých onemocnění či může být projevem polékovým/toxickým. Je také abstinenčním příznakem u alkoholiků a jeho výskyt se zvyšuje s věkem. Léčba spočívá v odstranění příčiny zvýšeného třesu, pokud je však příčina nejasná, nebo když se ji nepodaří eliminovat, nasazuje se léčba beta-blokátory (např. Propranol).

Esenciální třes

„Termín tremore semplice essenziale (jednoduchý esenciální tremor), byl poprvé použit Burresim v Itálii v roce 1874 k popisu 18-letého muže s těžkým, izolovaným akčním třesem.“⁵⁾

Esenciální třes (ET) je typicky posturální nebo kinetický třes s frekvencí v rozsahu 4 - 12 Hz primárně postihující ruce, ale potenciálně také ovlivňující krk, hlavu, trup a nohy. ET je pomalu progresivní onemocnění, ve většině případů, se symetrickým třesem. Frekvence nepřímo souvisí s věkem, u starších pacientů obvykle frekvence třesu je na spodní hranici. Amplituda u kinetického třesu je obvykle větší než u posturálního. Věk nástupu ET je primárně po 50. roku, ale jsou i dřívější případy nástupu [4]. Tento typ třesu patří mezi nejčastější neurologická onemocnění s prevalencí udávanou 0,4 - 4% až 1,3 - 5% u osob starších 60 let, která významně narůstá ve vyšším věku. Odhady prevalence jsou zatíženy značnými nepřesnostmi, protože registry pacientů evidují pouze osoby s výrazněji vyjádřeným třesem nebo familiárním výskytem, které vyhledali lékařskou pomoc. Podíl těchto případů je však odhadován jen asi na 10-15% z celkového počtu postižených [17].

„Pozitivní rodinnou anamnézu ET lze nalézt u 30-80 % všech postižených pacientů, což naznačuje silný genetický přínos jeho etiologii. Vazebné analýzy, používající parametrické metody, identifikovaly několik údajných genetických lokusů na chromosomech 3q13, 2p24.1 a 6p23, s dalšími důkazy podporujícími genetickou heterogenitu.“⁶⁾

I když patofyziologie ET zůstává neznámá, bylo navrženo několik možností, kde by třes v centrálním nervovém systému mohl vznikat. Klinická

a zobrazovací data z výzkumů ukazují na zapojení mozečku do vzniku ET, třes je zprostředkováván pomocí neuronové smyčky zahrnující cerebello-thalamo-kortikální dráhy (mozeček, Pons, thalamus). Za centrální oscilátor se považuje jádro dolní olivy, které tvoří abnormální synchronizace. Ty se poté promítají do mozečku a do jeho motorických jader. V současné době zjištěné morfologické a biochemické změny podporují úlohu GABAergních a glutamatergních receptorů v patogenezi u ET [6]. U pacientů v pokročilém stadiu onemocnění se může objevit cerebelární hemisferální dysfunkce, která se manifestuje nejběžněji jako intenzivní třes. U těchto pacientů můžeme najít poruchy chůze, které se mohou zlepšit po příjmu alkoholu [5]. ET je také spojen s řadou nemotorických projevů jako: kognitivní deficit, demence, změny osobnosti, depresivní symptomy, případné mírné čichové dysfunkce, a sluchové postižení [5].

Diagnostická kritéria esenciálního tremoru	
(podle Baina et al 2000)	
<u>Hlavní kritéria</u>	
- oboustranný akční třes rukou a předloktí (nikoliv však klidový třes)	
- chybí jiné neurologické příznaky s výjimkou fenoménu ozubeného kola	
- může být vyjádřen izolovaný třes hlavy, ale bez známek dystonie	
<u>Podpůrná kritéria</u>	
- dlouhé trvání (déle než 3 roky)	
- pozitivní rodinná anamnéza	
- zlepšení po alkoholu	
<u>Vylučující a zpochybňující kritéria</u> → <u>pravděpodobná diferenciální diagnosa</u>	
- jednostranný třes, třes nohy, rigidita, bradykineza, klidový třes	Parkinsonova nemoc
- porucha chůze	Parkinsonova nemoc, mozečkový třes
- ložisková lokalizace třesu	fokální dystonie (dystonický třes)
- izolovaný třes hlavy s abnormálním držením	cervikální dystonie (dystonický třes)
- náhlý nebo rychlý vznik třesu	psychogenní třes, toxický třes
- předchozí léčba přípravky, které mohou vyvolat nebo zhoršit třes	polékový nebo toxický třes

Obrázek 4: **Diagnostická kritéria ET** (Převzato z: Ulmanová, Esenciální tremor jako modelové onemocnění pro analýzu třesu. Praha 2005)

Třes u Parkinsonovy choroby a parkinsonismu

„Parkinsonský syndrom (též hypokineticko-hypertonický nebo hypokineticko-rigidní syndrom) se vyznačuje hypokinézou (akinézou, bradykinézou), rigiditou, a navíc ve většině případů klidovým třesem a posturálními abnormalitami (poruchami držení těla, stoje a chůze).“⁷⁾

Tento druh třesu je druhý nejčastější po třesu esenciálním. Nejvíce je zde podíl třesu klidového, který se objevuje u 80 % pacientů s Parkinsonovou chorobou (PD), pitevně ověřenou [15]. PD postihuje lidi okolo 60. roku a její výskyt vzrůstá společně s věkem. Nejčastěji při tomto onemocnění vidíme klidový třes s frekvencí v rozsahu 4-7 Hz, se střední amplitudou a asymetrickým nástupem (postihuje nejdříve jen jednu končetinu). Typický parkinsonický třes vypadá jako „počítání mincí“ a jeho frekvence může být zvýšena při vykonávání kognitivních úkolů nebo při pohybu kontralaterální končetiny a během chůze. U části pacientů s PD se stává, že klidový třes je inhibován, když započnou pohyb. Až u 20% pacientů s PD se také vyskytuje posturální a kinetický třes [4]. Za vznik PD je odpovědné postižení nigrostriatálního dopaminergního přenosu nebo defekt na navazujících vnitřních spojích systému BG, avšak objevují se i hypotézy o přítomnosti dalších možných zdrojů. Tato nemoc je podmíněna degenerací pigmentových buněk pars compacta substantiae nigrae produkujících dopamin s jeho následným deficitem ve striatu. Intenzita třesu vzájemně souvisí se stupněm dopaminergní degenerace.

Třes u Roztroušené sklerózy

„Ve svých přednáškách v roce 1868 o sclérose en plaque disseminée, dnes známé pod označením roztroušená skleróza (RS), Jean-Martin Charcot ukazoval, že třes je jedním z běžných příznaků tohoto onemocnění. Dodával, že nikdo by si tento třes neměl plést s třesem u Parkinsonovy nemoci.“⁸⁾

Třes u osob s RS často postihuje horní končetiny, také bývá spojen s ataxií a může ovlivnit veškeré úlohy, které vyžadují účast práce rukou. Ataxie postihuje veškeré pohyby končetiny, nejvíce je patrná u pohybů vyžadujících zručnost, jako je například psaní, psaní na klávesnici, používání příboru, práce s počítačovou

myší či uchopení malých předmětů [8]. Nejčastější formou třesu u RS je třes posturální a intenční, ten se horší při snaze o cílenou pohybovou aktivitu, ale vymizí, když je končetina v klidu. Kromě horních končetin třes může postihnout také trup, hlavu, nohy a dokonce i svaly sloužící k řeči, což vede k charakteristické skandované řeči (Charcot, 1877) [9]. „*Tremor was associated with jerky movements of the arms in three patients. In every case, tremor was an action type (postural, kinetic or both). True rest tremor, as defined by Deuschl and colleagues (Deuschl et al., 1999), was not encountered. There were no examples of Holmes' („rubral“), primary orthostatic or task-specific tremors.*“⁹⁾

„*Třes má tendenci se objevovat, objeví-li se vůbec, několik let po prvním symptomu RS – typicky mezi 5. a 15. rokem, i když se může také vyvinout dříve nebo později. Třes se postupně stává zřetelným a rozvíjí se velice rychle. Někteří lidé mohou třes zaznamenávat během relapsů. Tak jako ostatní symptomy i třes se zmenší, když relaps přejde, třebaže jen vzácně zmizí úplně. Alternativně může vzniknout, když se RS u lidí vyvíjí z relabující-remitující RS v sekundárně progresivní RS, nebo při primárně progresivní RS.*“¹⁰⁾

Vznik ataxie, intenčního i posturálního třesu je považováno za důsledek poškození mozečku. Neuronální síť mozečku a jeho spojení s ostatními strukturami je velmi bohaté (zahrnuje spojení různých míst mozečku mezi sebou, spojení s míchou a s dalšími oblastmi mozku). Poškození kterékoliv části, většinou vytvořením demyelinizované plaky, se dříve nebo později projeví danými symptomy.

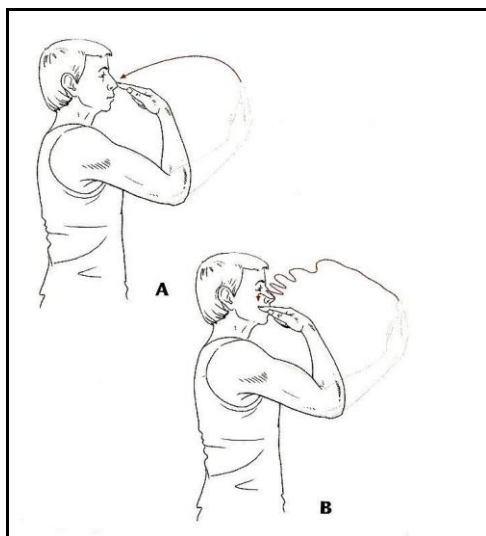
Lidé s RS třesem by se měli naučit vyhýbat impulsům, které zhoršují jejich třes jako je horko a stres. Z fyzikálních metod může pomoci naučení se vyrovnávat špatnou koordinaci, nošení vhodných pomůcek zpevňujících kloub a pro stabilnější chůzi dodání třetího nebo čtvrtého opěrného bodu (přidání hole nebo chodítka).

Mozečkový třes

Cerebelární neboli mozečkový třes je charakterizovaný nízkofrekvenčním intenčním třesem, většinou pod 5 Hz (2 - 4 Hz), a absencí klidového třesu.

Předpokládá se u něj porucha mozečku a jeho aferentních nebo eferentních drah. Etiologie zahrnuje roztroušenou sklerózu (RS), trauma či dědičné cerebelární degenerace. Aktivita související s třesem může být registrována v motorické, somatosensorické kůře a v nucleus interpositus (nucleus emboliformis a nucleus globosus). Léze v nucleus interpositus způsobuje nízkofrekvenční, intenční třes změnou funkce periferních somatosenzorických reflexních drah. Hlavní příčina je zřejmě způsobená dysfunkcí zpětnovazebné cerebelární kontroly (poruchou timingu a gradingu kontrakcí antagonistických svalů) v důsledku léze v cerebello-thalamo-cortikální dráhy na úrovni nucleus dentatus, cerebellotalamických vláken, nebo VIM jádra v thalamu, kam vede aference z mozečku. U mozečkových poruch také proto můžeme najít zvýšené dlouhotrvající reflexy.

Intenční třes narůstá na intenzitě, když končetina dosahuje svého cíle. Když se třes objeví pouze, až když končetina dosáhne cíle, je znám jako terminální třes. Cerebelární třes je klasicky vyvolán testem prst-nos (obr. 5) a pata-koleno. Je obvykle považován za symptomatický třes a mohou být přítomny také jiné příznaky mozečkové patologie jako: abnormální chůze, skandovaná řeč nebo oční pohyby, ataxie a dysmetrie. Cerebelární intenční třes má nepravidelnou frekvenci a amplitudu a oscilace jsou většinou kolmé ke směru pohybu. Velmi handicapující je častý vzrůst amplitudy během pohybu, někdy je třes tak intenzivní, že není možné vykonávat běžné denní činnosti, např. najezení. Léze uvnitř mozečkové hemisféry, či jádra vede k akčnímu třesu na stejnostranné polovině těla. Onemocnění v oblasti střední čáry mozečku může způsobit třes obou rukou, hlavy a trupu.



Obrázek 5: **Test prst-nos** (Převzato z knihy: Pavel Kolář et al. Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galen, 2009)

Polékový a toxický třes

„Polékový a toxický třes se může projevit všemi druhy třesu v závislosti na vyvolávající látce a individuální dispozici pacienta. Seznam léků a toxinů, které vyvolávají nebo zhoršují třes, roste každý rok. Nejběžnější prezentace třesu, vyvolaného drogami, je třes jako při zvýšeném fyziologickém třesu a posturálně-intenční třes, podobný esenciálnímu třesu. Drogy způsobující třes jsou sympatomimetika (bronchodilatancia), léky na kardiovaskulární aparát (amiodaron, blokátory kalciových kanálů), stabilizátory nálady (lithium), antiepileptika (valproát, topiramát), nebo antidepresiva (tricyklická antidepresiva a SSRI).“¹¹⁾

Klidový i ostatní druhy třesu mohou způsobovat také antidopaminergní léky jako neuroleptika, nebo prokinetické léky jako antiemetika (metoklopramid). Alkohol, známý v potlačení esenciálního a jiných forem třesu, může také vyvolat třes po vysazení při dlouhodobém užívání. „Abstinenční třes“ má vysokou amplitudu ve srovnání s pacienty s třesem navozeným úzkostí nebo stresem. Chronický alkoholismus způsobuje degeneraci mozečku, při které se může objevit intenční třes na dolních a horních končetinách s frekvencí 3 Hz. Kouření cigaret

a nikotinu je spojeno se vzrůstající amplitudou třesu u normálních jedinců. O kofeinu bylo zjištěno, že může vyvolat třes nebo zhoršit již existující třes.

„Caffeine tremoric effect was thought for a long time to result from its inhibition of phosphodiesterase, stimulation of catecholamine release and through its direct effect on muscle. In one survey, however, where doses of 150 and 450 mg/day of caffeine were given to subjects, no increase on tremor was shown if patients followed a normal diet. Only the association of caffeine and starving increased postural hand tremor. Measuring tremor with an accelerometer after 375 mg of caffeine did not increase physiologic, essential tremor or parkinsonian tremor at 1, 2, or 3 hours after intake.“¹²⁾

Chronická expozice těžkými kovy, jako je rtuť a olovo, způsobuje hlavně posturální třes a ataxii. Expozice manganem může zapříčinit typický klidový třes a parkinsonismus. Insekticidy a herbicidy, jako DDT, dioxin a metylbromid, jsou známé způsobováním třesu a jiných neurologických poruch. Toluén je rozpouštědlo, které při dlouhodobé expozici způsobuje posturální třes, navíc ještě poruchy zraku, nystagmus a pyramidové projevy.

Neuropatický třes

Tento typ třesu se vyskytuje u pacientů s periferní neuropatií, kteří nemají další neurologická onemocnění spojená s třesem. Hlavním patofyziologickým mechanismem bývá narušení mechanismu periferního reflexu v důsledku abnormálních smyslových vjemů a sekundárně může docházet k chybnému zpracování špatně načasovaného a zkresleného periferního vstupu mozečkem.

Neuropatický třes je nejčastěji vidět u demyelinizačních neuropatií periferního nervového systému jako Guillain-Barré syndrom nebo u chronické zánětlivé demyelinizační neuropatie, kde se vyskytuje obvykle posturální nebo kinetický třes ve frekvenci od 3 do 6 Hz, a může ovlivnit horní i dolní končetiny. Můžeme ho najít u imunitně zprostředkované demyelinizaci a u dědičných periferních neuropatií. Stejně tak byl třes popsán i u nemoci Charcot-Marie-Tooth, kde přítomnost třesu je známa jako Roussy-Levy syndrom a je v současné době

zařazena mezi dědičné motoricko-sensorické neuropatie (HMSN) typu 1. U HMSN 1 je třes přítomen v 40% a skládá se z posturálního třesu s klidovou složkou, ale bez jiných parkinsonických znaků [5]. Třes můžeme dále vidět u periferní neuropatie asociované s diabetem mellitus, urémií a u léčby amiodaronem.

Holmesův třes

„Gordon Holmes v roce 1904 zveřejnil sérii 9 případů s neobvyklou kombinací klidového, posturálního a kinetického třesu končetin a předložil návrh, že příčinou je léze nucleus ruber. Tento neobvyklý třes je známý také pod názvem rubrální tremor či midbrain tremor. Klíčovými rysy třesu jsou přítomnost klidového třesu a jeho zesílení při držení těla, a další zesílení při pohybu. Třes je obvykle doprovázen jinými neurologickými znaky. Mrtvice a trauma v oblasti středního mozku jsou nejčastější příčiny Holmesova třesu.“¹³⁾

Holmesův třes je definován jako třes pomalé frekvence (2 - 4 Hz) s kombinací klidového, posturálního a intenčního třesu. Je často jednostranný a nepravidelný, s hrubou amplitudou. Tento symptomatický třes vzniká na podkladě léze zahrnující dopaminergní nigrostriatální systém (klidový třes) a cerebello-thalamo-kortikální systém (intenční třes). K tomu může dojít na různých etážích těchto systémů. Typický je opožděný nástup v intervalu týdnů až let po vzniku léze, nejčastěji způsobené zraněním mozku, např. mrtvicí.

Ortostatický třes

Ortostatický třes se projevuje subjektivními pocity ztráty rovnováhy stoje, které polevují během chůze, vsedě nebo vleže. Je to syndrom charakterizovaný typickou vysokou frekvencí (13-18 Hz) posturálního třesu dolních končetin a trupu, kde je třes viditelný a i palpovatelný. Předpokládá se, že ortostatický třes je způsobován centrálním generátorem s oscilační aktivitou v oblasti mozkového kmene.

„Termín OT byl poprvé použit v roce 1984 a byl předtím označován jako „shaky leg syndrome“. V této poměrně neobvyklé, ale výrazné poruše, pacienti

nacházejí zvyšující se obtížnost stát v důsledku různých pocitů popsaných jako třes, nestabilita a bolest. Úkoly jako čekání ve frontě nebo mytí nádobí se stávají nepříjemné, obtížné a pacienti sami potřebují chodit na místě, neustále přesouvat svou váhu z jedné nohy na druhou, nebo opřít se o zeď, aby snížili jejich nepříjemné pocity, nepohodlí.“¹⁴⁾

Diagnóza je stanovena na základě elektromyografického vyšetření m. quadriceps femoris odhalujícím jemnou amplitudu třesu, velmi vysoké frekvence během stání. Auskultace mm. gastrocnemii může někdy odhalit charakteristický sotva slyšitelný hluk podobný vrtulníku. Charakteristickým rysem ortostatického třesu je jeho vysoká synchronizovanost a dynamičnost. Projevuje se jako samostatný syndrom, ale může být také asociovaný s různými druhy neurologických poruch, zahrnující ET, PD, cerebellární degeneraci, progresivní supranukleární obrny a pontinní léze.

Třes u dystonie

Dystonie je definována jako nedobrovolné, přetrvávající a často se opakující kontrakce antagonistických svalů, které způsobují abnormální držení těla, kroutivé pohyby, nebo obojí. Dystonický třes se obvykle objevuje jako akční (buď posturální nebo kinetický) třes na částech těla, která jsou postižena dystonií. Je to lokální třes s nepravidelnou amplitudou a frekvencí 4-9 Hz, který mizí při úplném klidu. Tento typ třesu je při diagnostice často zaměňován za ET nebo za třes u Parkinsonovy choroby, může připomínat i myoklonus, pokud jej doprovází trhavé pohyby. Přesná patofyziologie není zatím známa, ale zkoumá se souvislost s dysfunkcí bazálních ganglií. Třes asociovaný s dystonií je přítomen u dystonických pacientů jako posturální třes, který se objevuje v částech těla, která nejsou postižena dystonií.

Ostatní druhy třesu

Task-specific tremor je definovaný jako kinetický třes, který se převážně objevuje při plnění specifické činnosti. Můžeme ho dále rozdělit na třes vyvolaný specifickou činností a třes při zaujetí určité polohy. Jeho patofyziologie

je neznámá. Nejčastěji se vyskytuje primární písářský třes, ale třes se může objevit i při kreslení, jídle, či při hře na hudební nástroj. Primární písářský třes je definován jako obtíže při psaní způsobené třesem spuštěným aktivací pronačnicích svalů na předloktí. Tento třes má frekvenci mezi 5-7 Hz a je asymetrický.

Palatální tremor se označuje jako rytmické vertikální oscilace měkkého patra s frekvencí 1-3 Hz. Vyskytuje se v klidu a dělí se na dvě formy: esenciální palatální třes (EPT) a symptomatický palatální třes (SPT), které se odlišují svou patofyziologií a klinickými projevy. Při EPT pacienti popisují „praskání“ v uchu v důsledku třesu Eustachovy trubice (kontrakce m. tensor veli palatini) [5], zatímco u SPT se může vyskytnout kývavý, pendulující (pendular) nystagmus a v různé míře ataxie a dysartrie. SPT je způsoben lézí v oblasti mozečku (nucleus dentatus, nucleus ruber a jádro inferiorní olivy). Etiologie je převážně připisována cévnímu infarktu a to až v 70% [5].

Psychogenní tremor se může vyskytnout jako projev psychiatrického onemocnění či při simulování. Pro tento typ třesu je typický náhlý začátek/remise, neobvyklá klinická kombinace klidového, posturálního nebo intencního třesu, pokles amplitudy a změna frekvence při odvedení pozornosti, koaktivace antagonistických svalů při nástupu třesu, či absence třesu prstů. Psychogenní třes je obtížné diagnostikovat kvůli vztahu k pacientům s možnou psychogenní diagnózou. Pokud je však psychogenní třes v důsledku somatoformní poruchy diagnostikován, je léčený pomocí koordinované spolupráce mezi neurology a psychiatry.

Posttraumatický tremor je pozorován u některých pacientů s poraněním hlavy, je způsoben traumatickým poškozením v různých anatomických oblastech od mozkové kůry přes bazální ganglia, thalamus, střední mozek, mozeček až po periferní nervy. Avšak tato poškození nemusí být viditelná na CT nebo MR. Pokud poranění hlavy není tak velké, posttraumatický třes je obvykle přechodný a podobá se zvýšenému fyziologickému třesu nebo ET. U těžkých poranění hlavy má posttraumatický třes zpožděný nástup, od pár dní po měsíce po zranění.

Nejčastější formou třesu je kombinace kinetického a klidového, ale může se vyskytovat i Holmesův třes.

1.4 Vyšetření a diagnostika

V literatuře se uvádí, že při vyšetření pacienta se popisuje lokalizace třesu (postižená část těla), stranová asymetrie (vyvolávající nebo zvýrazňující okolnosti) a okolnosti výskytu třesu (v klidu, statické zátěži nebo při činnosti). Také se vyšetřuje frekvence, amplituda a reakce třesu na odvedení pozornosti. Nezapomíná se ani na rodinnou, osobní a farmakologickou anamnézu či užívání alkoholu. Farmakologické testy mohou být použity k upřesnění diagnózy, např. test dopaminergní odpovědivosti s levodopou či agonistou dopaminu, alkoholový test a jiné. Pro diagnostiku třesu se používá i různých vyšetřovacích metod, které jsou přiblíženy v druhé části této práce.

„V neurologickém vyšetření je třeba zjistit všechny další projevy a průvodní známky, které mohou rozhodujícím způsobem přispět k syndromologické klasifikaci třesu a k diagnóze vyvolávajícího onemocnění. V objektivním vyšetření pátráme po přídatných projevech – bradykinezi, rigiditě, změnách svalového tonu (dystonie, spasticita), poruchách držení těla a jeho částí (dystonie), po mozečkových příznacích (ataxie, hypermetrie), pyramidových příznacích, znamkách polyneuropatie, poruchách stoje a chůze, znamkách systémového onemocnění (např. tyreotoxikóza).“¹⁵⁾

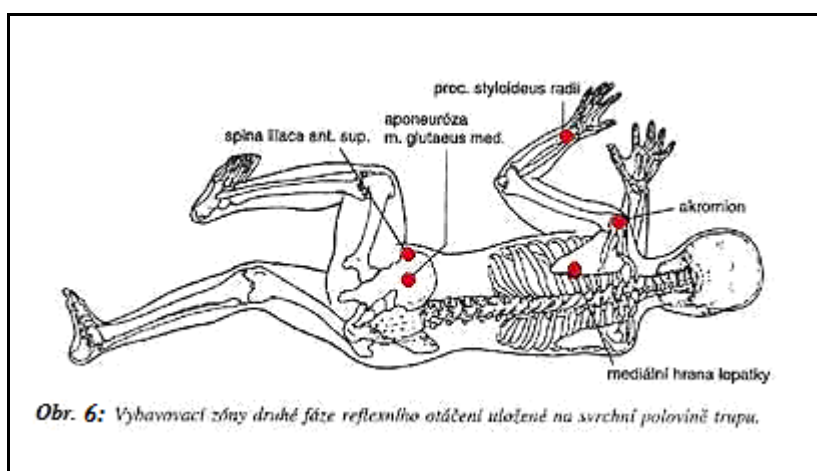
1.5 Terapie třesu

Louis (Louis et al., 2001) ve své studii popsal přehled farmakologické a chirurgické léčby třesu, v závěru zmínil několik klinických a vědeckých otázek, které nejsou formálně publikované v literatuře léčby ET. Také Ulmanová (Ulmanová, 2005) či Hedera (Hedera et al., 2013) se věnovali farmakologické a chirurgické intervenci. O konzervativní terapii se zmínila v knížce Řasová (Řasová, 2007) a autoři z Johns Hopkins Medicine, kteří napsali článek, ve kterém popisují jak konzervativní a farmakologickou, tak i chirurgickou léčbu.

Mezi novými trendy terapie třesu můžeme najít léčbu pomocí botulotoxinu, která se obvykle doporučuje pro osoby s těžkým třesem hlavy. Tento typ třesu většinou nezpůsobuje žádné zhoršení funkčních schopností, ale může způsobit izolaci pacienta od společnosti. Několik studií ukázalo, že injekce botulotoxinu může významně pomoci třesu hlavy a hlasu [23].

Konzervativní léčba

Albanese (Albanese et al., 2012) ve své knize zmiňuje, že závaží na zápěstí 1 až 2 libry těžké může zlepšit stabilitu ruky. Tématem konzervativní léčby se ve své knize zabývá i Řasová (Řasová, 2007). V rehabilitaci má pozitivní vliv na snížení třesu například polohování, používání závaží a ortéz na postižené končetiny, periferní chlazení či chlazení v chladicím systému (efekt chlazení redukuje amplitudu a zlepšuje některé funkční úkony, bohužel však jen dočasně). Dále se jeví jako užitečná práce v uzavřeném kinematickém svalovém řetězci (v opěrné funkci – např. opora loktů o stůl). Z technik, ovlivňující třes, se používají relaxační techniky jako Schultzův autogenní trénink, které se využívají především u ET. Relaxační techniky snižují míru třesu, který zhoršuje amplitudu třesu [24]. Z hlediska fyzioterapie lze použít různé metodiky dle individuálního přístupu k pacientovi. Mohou se využít terapeutické postupy založené na neurofyziologickém podkladě, např. Vojtova reflexní lokomoce, či cvičení dle konceptu Bobathových.



Obrázek 6: **Vojtova reflexní lokomoce - Reflexní otáčení** (Převzato z: <http://www.studioletna.cz/cv12.html>)

Farmakologická léčba

Pro konzervativní léčbu medikací se rozhoduje v době, kdy míra impairmentu či diskomfortu se zvýší natolik, že převáží vedlejší účinky léčby. Základními léky jsou beta blokátory, jako je propranolol (Inderal) a antiepileptické léky primidon (Mysoline).

- **Primidon** – patří mezi antiepileptika 1. generace a používá se často v léčbě ET. Někteří pacienti mohou zažít v počátečních fázích léčby přechodné pocity nestability, zmatenosti, závratě či nevolnost. Nežádoucím účinkem je sedace, která nemusí být moc vysoká, když se pomalu stupňuje dávka léků. Dále ospalost a únava. Mezi antiepileptika, která se užívají v léčbě třesu, také patří: topiramát, fenobarbital, gabapentin a pregabalin. Některá léčiva této skupiny mohou způsobit poruchy vývoje plodu, proto jsou zakázány v těhotenství.
- **Propranolol** - je neselektivní adrenergní beta-blokátor a je nejčastěji užívaným lékem při léčbě ET [5]. Beta-blokátory často snižují amplitudu třesu až o 50% v závislosti na dávce. Jsou velmi užitečné při léčbě mírného až středně závažného třesu, avšak jsou méně úspěšné při snižování třesu hlavy a hlasu. Propranolol by neměl být používán u pacientů s astmatem, rozedmou plic, městnavým srdečním selháním nebo srdečním blokem a s opatrností by měl být používán u pacientů s diabetem, kteří užívají inzulín. Mezi nežádoucí účinky beta-blokátorů patří: únava, zhoršení deprese, hypotenze a poruchy erekce. Dalšími adrenergními blokátory s menšími vedlejšími účinky jsou atenolol, nadolol, metoprolol a timolol.
- Ostatní léky - **Benzodiazepiny**, zejména klonazepam, se už dlouho používá v léčbě ET. Nežádoucími účinky této třídy léků jsou sedace, riziko závislosti, duševní zpomalení, a také zvyšují riziko pádů u starších osob. Anticholinergika, zahrnující trihexyfenidyl (Artane), benztropine (Cogentin), orfenadrin (Norflex), a ethopropazine (Parsidol) jsou pravděpodobně nejúčinnějšími perorálními léky pro léčbu dystonie. Těž jsou někdy používány k prevenci akutní dystonické reakce a k léčbě parkinsonického třesu. Tyto léky blokují uvolňování acetylcholinu na nervosvalové ploténce,

což vede k uvolnění svalů. Nežádoucí účinky této skupiny zahrnují: stimulaci CNS (psychózy a deliria), sucho v ústech, tachykardii, zácpu, retenci moči a nesnášenlivost tepla.

Chirurgická léčba

K chirurgické léčbě se přistupuje až v případě, kdy třes není dostatečně tlumen pomocí předchozích způsobů léčby. Z možností, které se nabízejí je vhodná stereotaktická thalamotomie či hluboká mozková stimulace (DBS). Cílem stereotaktické thalamotomie je nejčastěji nucleus ventralis medialis (Vim), které přijímá vlákna z mozečku a posílá informace eferentními vlákny do motorických oblastí mozkové kůry. Pokusy o kontrolu třesu na obou stranách těla pomocí této metody vedly ke zvýšenému riziku vzniku problémů řeči [23]. Na rozdíl od thalamotomie je DBS považována za bezpečnější variantu bilaterální léčby. Během operace se do mozku (přesněji do Vim) implantují elektrody, které jsou propojeny s neurostimulátorem pomocí spojovacího kabelu a stimulují mozek prostřednictvím vysokých frekvencí. Její hlavní výhodou je reverzibilita a kontrolovatelnost. To lékaři umožní, aby stimulator nastavil pro maximální užitek a malý počet vedlejších účinků.

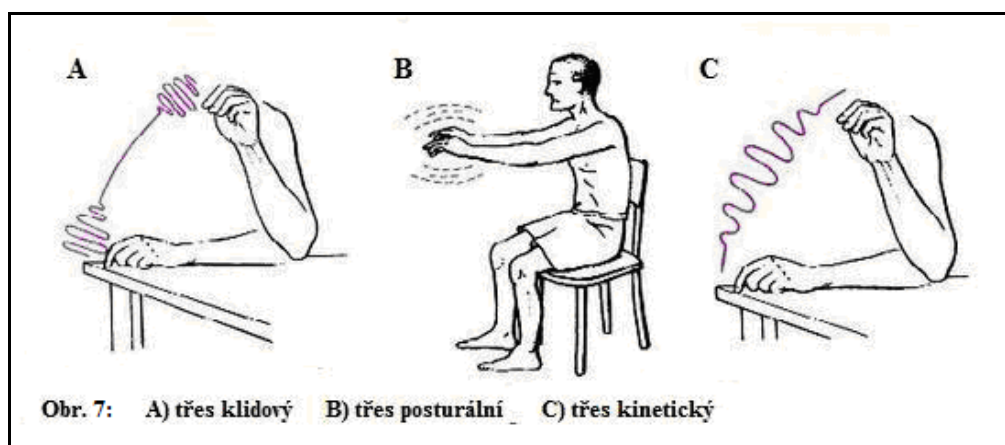
Kontraindikace operace zahrnují středně těžkou až těžkou demenci, aktivní užívání alkoholu a drog a závažné neléčené afektivní poruchy.

2 METODY HODNOCENÍ TŘESU

V této části bych chtěla porovnat některé metody hodnocení třesu a jejich kvalitu z různých výzkumných prací. Třes může být hodnocen objektivními fyziologickými metodami, subjektivními klinickými hodnotícími škálami, nebo jednoduchými testy, které posuzují vliv třesu na funkci horních končetin [21]. V této práci jsem se zaměřila na srovnání objektivních fyziologických metod a subjektivních klinických hodnotících škál.

2.1 Subjektivní klinická měření

Klinická vyšetření zůstávají i přes své nedostatky, jako je např. subjektivní odhad, klíčová. Nejdříve se provádí vyšetření pacientova tremoru pomocí aspekce a hledají se doprovodné nemoci pohybového ústrojí. Dále se přistupuje k testování třesu a je zaznamenána jeho lokalizace.



Obrázek 7: Vyšetření třesu aspekcí (převzato z: Ulmanová, Růžička, Diferenciální diagnóza třesu)

2.1.1 Klinické hodnotící škály

„Klinické škály se používají pro kvantifikaci stupně závažnosti choroby. Slouží k utřídění informace, přiřazením určitého čísla určitému stavu. Hodnotící škály jsou různé, například škála aktivity denního života obsahuje dotazník a je určena přímo pro pacienty, kteří si sami hodnotí každodenní činnost (oblékání, hygienu, atd.).“¹⁶⁾

Jako další příklad můžeme uvést hlavní hodnotící škálu při hodnocení třesu, kterou je škála Fahn–Tolosa- Marin. Škála hodnotí 10 položek, při kterých je hodnocen třes 5-ti stupňovou škálou (tab. 2). Mezi hodnocené položky patří: třes hlavy, tváře (včetně třesu mandibuly a třesu během úsměvu, zavřených očí, otevřených a sešpulených úst), dále třes jazyka, hlasu, horních a dolních končetin, atd..

Test item	Rating			
	1	2	3	4
Head	< 0,5 cm	0,5 to < 2,5 cm	2,5 to 5 cm	> 5 cm
Face Tongue	Barely visible	Noticeable	Obvious, present in most facial contractions	Gross, disfiguring tremor
Voice	Slight, during aaah or eee only	During aaah or eee and minimal in speech	Obvious tremor in speech	Some words difficult to understand
Upper limb	Barely visible	1 to < 3 cm	5 to < 10 cm	≥ 20 cm
Lower limb	Barely visible	Obvious but mild	< 5 cm	> 5 cm
Spirals	Barely visible	Obvious tremor	Portions of figure not recognizable	Figure not recognizable
Handwriting	Barely visible	Obvious tremor but legible	Some words illegible	Completely illegible
Dot approximation	Barely visible	1 to < 3 cm	5 to < 10 cm	> 20 cm
Standing	Barely visible	Obvious but mild	Moderate	Severe
For each test item, rating = 0 when there is no visible tremor				

tabulka 2: **Fahn–Tolosa- Marin škála** (převzato z Tremor Research Group: www.siumed.edu/neuro/pdfs/TETRAS%20v3_1.pdf)

Devíti-dirkový kolíkový test (9HPT) testuje motoriku horních končetin. Pacient má za úkol vkládat dřevěné kolíky do děr po určitou dobu. Škála, která se používá k zhodnocení neurologického nálezu u pacienta s RS, se jmenuje EDSS (Extended Disability Status Scale) a byla vytvořena Dr. Johnem Kurtzkem. Škála zahrnuje i postižení mozečku, hodnocení je od nuly, která znamená zcela normální nález bez poškození mozečku, do pětky, která znamená těžký třes a ataxii invalidizující člověka. (obr. 8)

0	normální nález (všechny FS = 0)
1,0	bez disability (jeden FS = 1, ostatní = 0)
1,5	bez disability (dva FS = 1, ostatní = 0)
2,0	minimální disability v jednom FS (jeden FS = 2, ostatní FS = 0 nebo 1)
2,5	minimální disability ve dvou FS (dva FS = 2, ostatní FS = 0 nebo 1)
3	střední disability v jednom FS (jeden FS = 3, ostatní FS = 0 nebo 1)
3,5	střední disability v jednom FS (jeden FS = 3), lehká disability v jednom nebo dvou (FS = 2), ostatní FS = 0–1
4	chůze bez opory a bez zastavení ≥ 500 m, obvykle jeden FS = 4, ostatní 0–1, nebo kombinace nižších stupňů, přesahující ale definici pro skóre 3,5
4,5	chůze bez opory a bez zastavení ≥ 300 m, obvykle jeden FS = 4 a kombinace nižších, přesahující definici pro skóre 4,0
5	chůze bez opory a bez zastavení ≥ 200 m, obvykle nejméně jeden FS = 5 nebo kombinace nižších, přesahující definici pro skóre 4,5
5,5	chůze bez opory a bez zastavení ≥ 100 m
6	jednostranná opora v chůzi, schopen ujit ≥ 100 m s nebo bez zastávky
6,5	oboustranná opora v chůzi, schopen ujit ≥ 20 m s nebo bez zastávky
7	neschopen ujit 5 m ani s pomocí, odkázaný na invalidní křeslo, s nímž je schopen se pohybovat sám a stejně jako zvládá transfer na něj a z něj
7,5	odkázaný na invalidní křeslo, potřebuje pomoc s transferem na křeslo a/nebo s ovládním křesla
8	odkázaný na lůžko nebo invalidní křeslo, většinu dne mimo lůžko, zvládá některé úkony sebeobsluhy a efektivně používá horní končetiny
8,5	odkázaný na lůžko po většinu dne, některé úkony sebeobsluhy zvládá stejně, jako efektivně používá horní končetiny
9	bezmocný pacient, schopen polykat i komunikovat
9,5	zcela bezmocný pacient, neschopen polykat ani komunikovat
10	smrt v důsledku RS

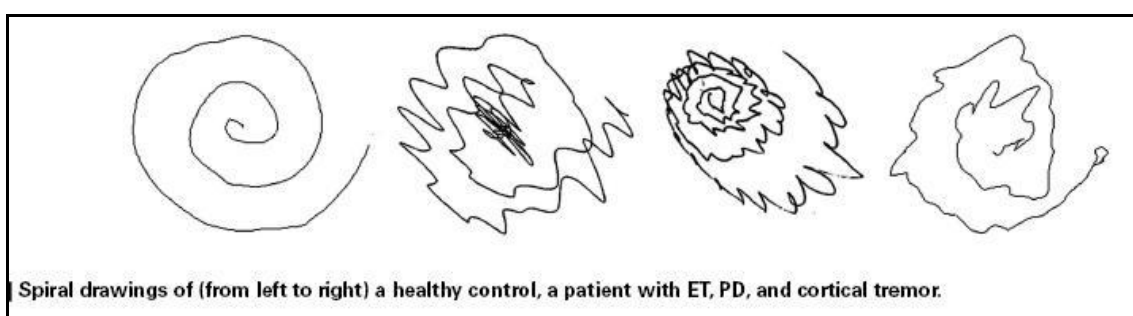
Obrázek 8: Kurtzkeho škála (převzato z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/>)

2.1.2 Vyšetření kresbou spirály

„Většina klinických škál zahrnuje úlohy testující psaní a kreslení, s nímž pacienti mívají obtíže již od časných stádií ET. Kresba spirály je nejpoužívanější metodou hodnocení ET, existují ale různé způsoby jejího provedení a jejich porovnání a standardizaci se zatím nevěnovalo dost pozornosti. Rozdílly se týkají jak techniky - podepřená nebo volná končetina, předtištěný vzor, volná kresba nebo ohraničení, tak škál používaných k vizuálnímu hodnocení.“¹⁷⁾

Kreslení standardních obrazců je výhodnější než písmo, a to jak pro srovnání nálezů u jednoho nemocného v časovém intervalu, tak i pro porovnání tíže třesu mezi různými pacienty (obr. 9). Kresbu spirály lze využít k posouzení progresu postižení a efektů léčby třesu [20].

Hodnocení spirál je ovlivněno subjektivním názorem posuzovatele, což se může odrazit ve výsledcích. Výsledky hodnotí většinou dva či více nezávislých hodnotitelů. Spolehlivost jejich shody byla ověřena již v předchozích studiích [32].



Obrázek 9: Kresba Archimedovy spirály u zdravého člověka, pacienta s ET, PD a kortikálním třesem (z leva doprava)

Nové metody umožňují digitalizaci kreslení Archimedovy spirály, dochází k tomu při kresbě spirály na speciálně upravený tablet (obr. 10). Tato metoda snímání třesu se nazývá digitální spirogram. Povrch tabletu je vysoce senzitivní na dotek speciálního pera. Pacient perem obkresluje předkreslený model spirály, čímž dochází k detekci třesu. Analýzou rozdílů způsobených třesem je možné zaznamenat intenzitu třesu. Tablet zaznamenává pozici pera vyzařující elektromagnetické pole, to excituje drátky v okolí, které jsou umístěny do mřížky pod psací plochou tabletu. Čím větší je počet drátků na plochu, tím větší rozlišení tablet má [20].



Obrázek 10: Grafický digitální tablet pro detekci třesu

„Hodnocení amplitudy a frekvence třesu grafickým digitálním tabletem může být sice méně přesné než při akcelerometrickém hodnocení, výhodou tabletu je ale záznam funkčního výsledku pohybu končetiny rušeného třesem, zatímco akcelerometr hodnotí pouze pohyb ve vyšetřovaném segmentu. Při použití standardních triaxiálních akcelerometrů umístěných na zápěstí je záznam také zkreslen působením gravitace. Nezanedbatelnou položkou je, v porovnání s akcererometry, i nižší finanční náročnost grafického digitálního tabletu, který může být připojen k běžnému počítači.“ ¹⁸⁾

Ve studiích s grafickými digitálními tablety jsou u ET nejčastěji hodnocenými parametry výchylka, rychlost, zrychlení, amplituda třesu a frekvence. Vzorkovací frekvence tabletů (200 odečtů/s) více než desetinásobně převyšuje nejvyšší frekvenci fyziologického i patologického tremoru a brání tedy vzniku chyby vzorkováním [33].

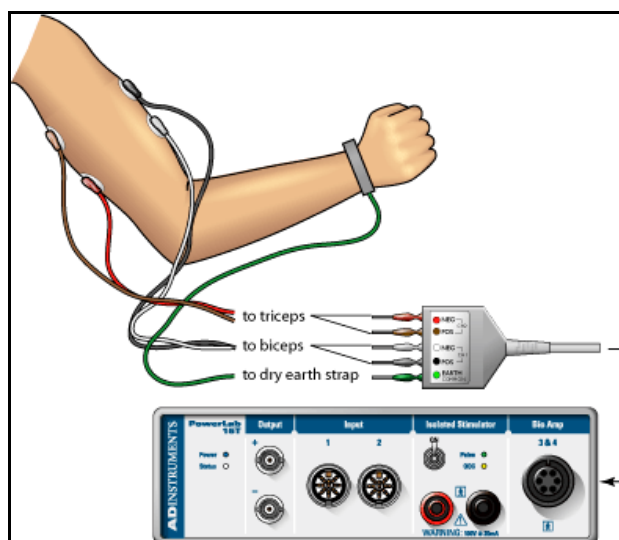
2.2 Fyziologické metody

Fyziologické metody využívají přístroje jako EEG, videokamera, EMG, goniometr, akcelerometr a další k diagnostice či zhodnocení výsledků terapie. Z elektrofyziologických metod lze pomocí polyelektromyografie analyzovat detailně tremor (tremorogram, lze použít i akcelerometru) [25].

2.2.1 Elektromyografie (EMG)

EMG je metoda, která se používá pro měření elektrické aktivity kosterních svalů a nervů, které sval inervují. Vstoupí-li do svalu vzruch, otevírají se sodíkové (Na^+) kanály, což vede ke zvýšení kladného náboje ve svalové buňce a postupnému rozvoji akčního potenciálu. Změny elektrického potenciálu se zaznamenávají prostřednictvím elektrody a dále jsou v procesoru zpracovány na výstupní EMG křivku [16]. Tyto změny se snímají jak v klidu, tak i při aktivaci svalu.

EMG poskytuje užitečné informace o činnosti svalů, které se podílejí na generaci třesu. EMG aktivita může být zaznamenána pomocí jehly a drátové elektrody, nebo pomocí povrchových elektrod ležících nad aktivními svaly (obr. 11). Elektrody povrchového EMG jsou umístěny přibližně 2 cm od svalu [21] a snímají součet potenciálů v okolí pod elektrodou. EMG může poskytnout informace o rychlosti nábory a synchronizace motorické jednotky. Dokáže také objasnit vztah mezi zapojenými svaly a tremorgenními pohyby. Odhaluje, zda antagonistické svaly (např. flexory a extensory zápěstí) pracují současně nebo produkují třes střídavě [26]. To pomáhá k rozlišení ET od třesu u PD (obr. 12 a 13, uvedeny v příloze), kde při ET svaly vykazují synchronní činnost a při PD je třes často způsoben střídavou kontrakcí agonistických a antagonistických svalů [14].



Obrázek 11: **Povrchová elektromyografie** (převzato z: www.biomechanika.cz)

2.2.2 Akcelerometr

„Akcelerometrie je nejčastěji využívaná instrumentální metoda k měření třesu, avšak akcelerometry jsou nákladná zařízení a jejich přínos v monitorování efektu léčby byl zpochybněn, neboť parametry měřené akcelerometrem nekorelují se stupněm pacientova omezení nebo postižení manuálních schopností.“¹⁹⁾

Akcelerometry jsou senzory snímající zrychlení, které je buď statické, nebo dynamické. Statickým zrychlením je myšleno zrychlení způsobené gravitací, které je třeba při měření pouze zrychlení dynamického odfiltrovat [20]. Akcelerometry využívají při svém fungování druhý Newtonův pohybový zákon, kde zrychlení se rovná podílu síly ke hmotnosti tělesa, která je známá. Nejčastěji používanou metodou v akcelerometrech je měření výchylky (x) setrvačné hmoty, která může být převedená právě na elektrický signál [20]. Tyto senzory jsou schopny měření podle jedné citlivé osy, proto se většinou používají tři snímače do jednoho zařízení, aby bylo možné měření v trojrozměrném prostoru. Nejčastější využití nachází v automobilovém průmyslu, například u airbagů, společně s gyroskopy (přístroje určené pro měření úhlové rychlosti) se používají v navigačních zařízeních a v seismologii.

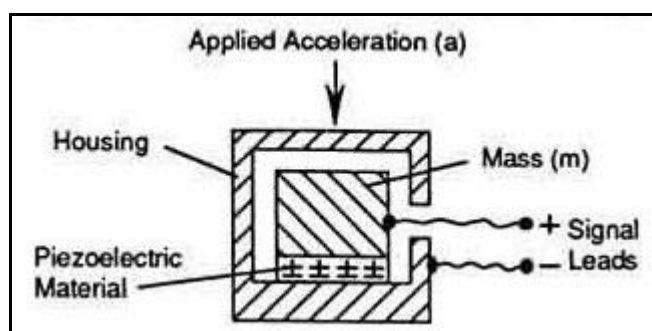
„Hlavní výhodou akcelerometrů je vysoká frekvence snímání. Naopak mezi nevýhody patří složitost oddělení dynamického zrychlení od statického, nemožnost určení výchozí polohy segmentu, efekt gravitačního zrychlení a nutnost identifikace rotačního stupně volnosti.“²⁰⁾

V dnešní pokročilé době se kladou čím dál tím větší požadavky na vzhled a funkci akcelerometrů, mezi hlavní patří: malá velikost, citlivost na zrychlení nižší než jedna setina ($< 0,01$) gravitačního zrychlení, velká šířka pásma, stabilní výstup přes celý rozsah provozních teplot, velká přesnost, lineární výstup, vysoká spolehlivost, nízká cena, snadná společná integrace senzoru a elektroniky na jednom čipu, senzor by měl být citlivý pouze na požadovanou složku zrychlení a pouzdro by mělo být netečné [27].

Druhy akcelerometrů

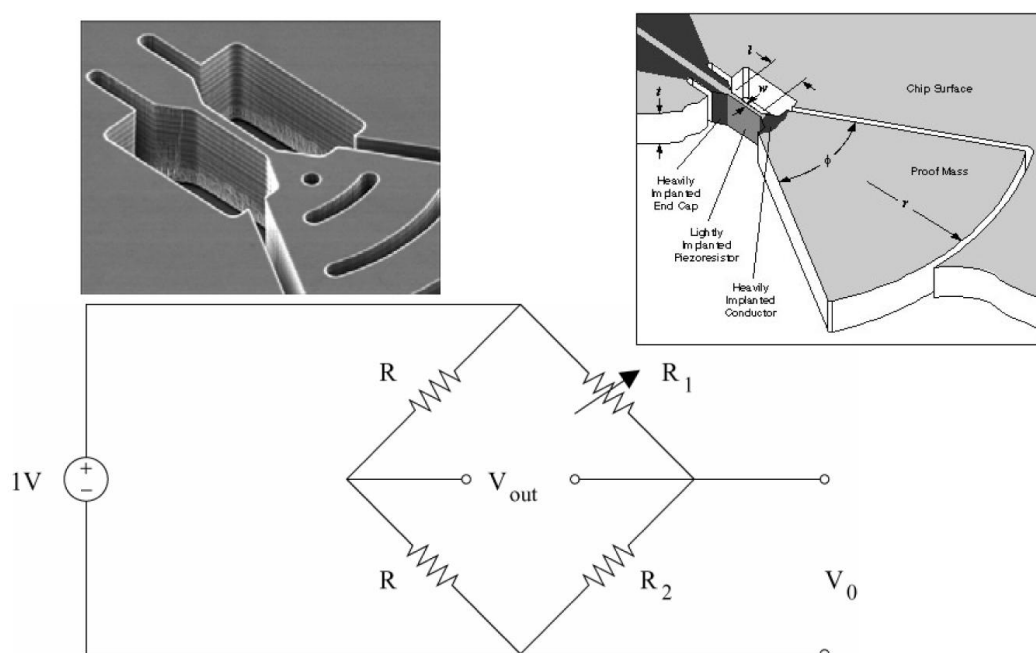
Akcelerometry se dělí na senzory se seismickou hmotou a s proměnnou kapacitou, u kterých se využívají technologie MEMS. Dále akcelerometry můžeme rozdělit podle počtu citlivých os, tedy na jednoosé, dvouosé a tříosé [28]. Mezi nejčastěji používané akcelerometry se řadí piezoelektrické a dále piezorezistivní a kapacitní.

Piezoelektrické akcelerometry (PE) využívají piezoelektrický krystal (přírodní nebo keramiku), který generuje náboj úměrný působící síle, která při zrychlení působí na každý objekt. Na protilehlých stranách tohoto snímače jsou umístěny kovové elektrody, a jestliže je snímač vystaven zrychlení a , generovaná síla F , působící na piezoelektrický element, způsobí vygenerování elektrického náboje na elektrodách, mezi kterými se objeví rozdíl napětí [20]. Měření náboje piezokrystalu probíhá buď přímo, pomocí externí elektroniky s vysokou vstupní impedancí, nebo častěji interně - vnitřní elektronika senzoru konvertuje náboj na napěťový výstup s nízkou impedancí. PE akcelerometry mají jednoduchou konstrukci, která umožňuje připojit senzor na jednoduchý vyhodnocovací obvod (obr. 14). Základem PE akcelerometrů jsou dvě části: piezoelektrický materiál (senzor měřící zrychlení) a seismická hmota, ta převádí hodnotu zrychlení na sílu dle Newtonova zákona ($F = m \cdot a$). PE akcelerometry nemohou být použity pro měření nižších frekvencí než 0,1 Hz (měření konstantního zrychlení) [28].



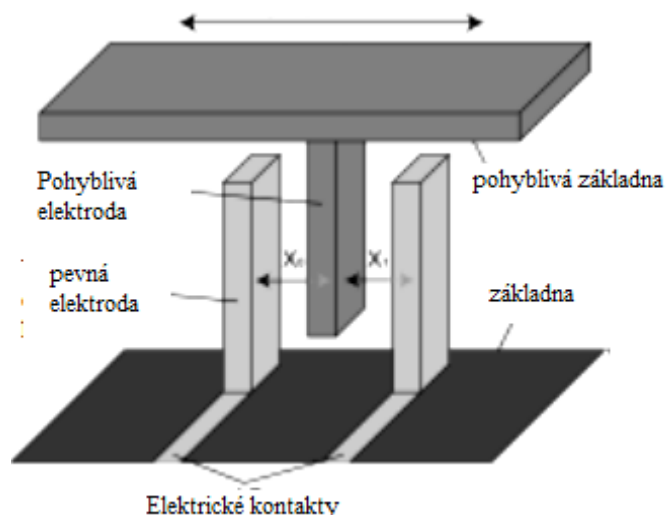
Obrázek 14: **Nejjednodušší blokové schéma principu piezoelektrických akcelerometrů** (převzato z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007011401>)

Piezorezistivní akcelerometry (PR), tyto senzory využívají piezorezistivní materiál (s mikrokřemíkovou strukturou) namísto piezoelektrického krystalu a jeho prostřednictvím převádí sílu vzniklou zrychlováním hmoty na změnu odporu. V integrovaných PR akcelerometrech se využívá síť vyleptaných měřicích piezorezistivních snímačů zapojených do Wheatstonova můstku (obr. 15). Měření odporu piezomateriálu probíhá prostřednictvím základního nebo polovičního Wheatstonova můstku. PR akcelerometry mají tu výhodu vůči piezoelektrickým, že mohou měřit i neměnné zrychlení, tj. od 0 Hz [27]. Pro PR akcelerometry je spodní hranice měřitelnosti blízká nule. Horní hranice pásma je určena první rezonanční frekvencí celé mechanické struktury, tlumením nosníku a nelinearitou. Pokud se měřená frekvence zrychlení přiblíží k rezonanční frekvenci akcelerometru, dochází k větší chybě měření. Při překročení rezonanční frekvence je akcelerometr nepoužitelný [29]. Jejich využití je nejčastěji v automobilovém průmyslu, vojenství a strojírenství.



Obrázek 15: **Provedení akcelerometru a zapojení piezorezistoru**
(převzato z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007012601>)

Akcelerometry s proměnnou kapacitou (VC), neboli kapacitní, jejich základem je deskový kondenzátor a elektroda, díky které dochází ke změně kapacit. Pohyblivá elektroda je umístěna na seismickou hmotu, která je zachycena na pružných úchytech. Vychýlením způsobeným zrychlením se pohyblivá elektroda pohybuje mezi pevnými elektrodami a tím se kapacita mezi deskami mění [20].



Obr. 16: **Diferenční kondenzátor** (Převzato z [15]).

Měření třesu pomocí akcelerometru

Měření třesu se provádí většinou na rukách, ale může se snímat i třes trupu a hlavy. Akcelerometr je umístěn na konec konzolového nosníku, který je následně připevněn k pohybujícímu se objektu, čímž je například ruka [29]. Při vyšetření třesu měříme posturální, intenční a klidový třes, každý ve své specifické poloze.

Pravidla pro měření akcelerometrem:

- akcelerometr je fixován na třetím prstu ruky a prsty se samy sebe nedotýkají,
- vyšetřované osoby by během měření (záznamu) neměly mluvit, žvýkat, žvýkačku či smát se, protože by mohlo dojít k ovlivnění signálu,
- měří se obě dvě končetiny,

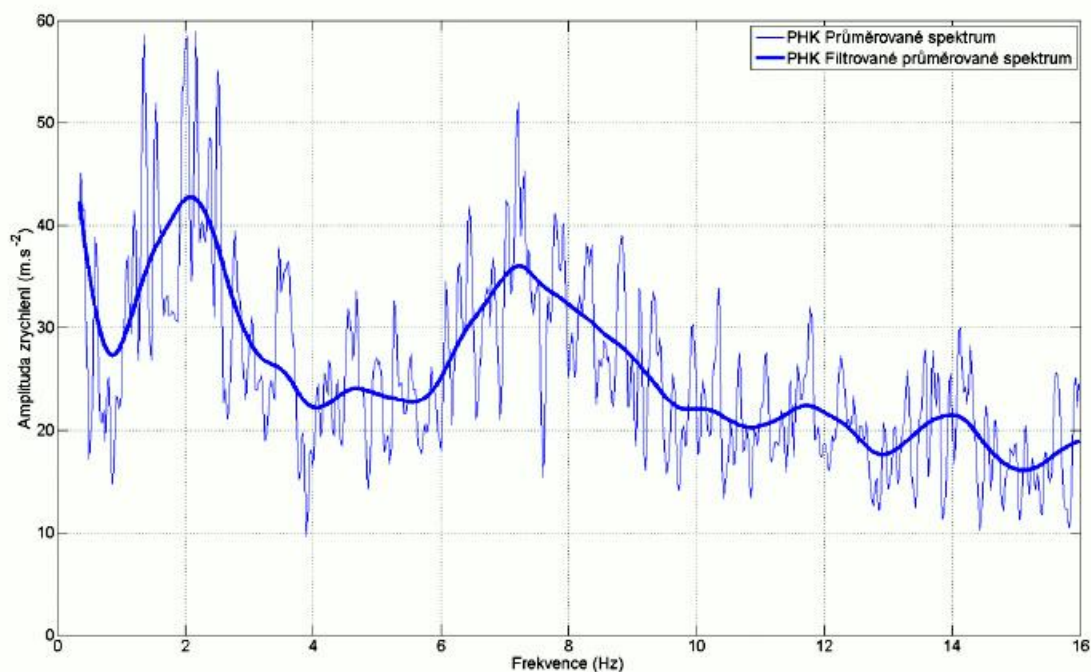
- měření probíhá při otevřených a zavřených očích

Klidový třes se měří na lůžku vleže v relaxovaném stavu po dobu jedné minuty. Posturální třes se měří ve stoje, bez opory, nebo v sedě s předpaženou paží. Testuje se každá paže zvlášť s otevřenýma a zavřenýma očima (dohromady 4 minuty). Intenční třes se měří ve stoje, nebo také v sedě a měří se při provádění testu prst-nos. S měřením intenčního třesu mohou mít vyšetřované osoby problém, kvůli načasování provádění pohybu (přibližně 6 sekund pro celý pohyb) [21].

Hodnocení třesu pomocí počítače

Kvantifikací třesu, tzn. jak moc se pacient třese, rozumíme amplitudu nežádoucího pohybu [30]. Zařízení pro měření třesu se skládá z akcelerometru snímajícího zrychlení ruky a z mikrokontroléru ukládajícího naměřená data, která následně posílá do počítače. V počítači jsou poté data vyhodnocena. Komunikace mezi akcelerometrem a počítačem probíhá většinou po sběrnici SPI (Serial Peripheral Interface), která se nastavuje pinem CS. Připojení k osobnímu počítači lze v současné době realizovat mnoha způsoby. Nejlepší variantou je však sběrnice USB. Komunikační protokol sběrnice USB s připojovaným zařízením je relativně složitý, proto se využívá ovladačů – speciálních součástek – jež tuto komunikaci zajišťují [31].

„Veškerá komunikace s počítačem probíhá zápisem a čtením z portu podle protokolu, který běží ve smyčce a neustále se opakuje. Pokud pošleme z počítače zařízení určitý znak, zařízení nám vrátí například identifikaci zařízení, nebo začne měřit data ve zvolené ose. Podle toho i poznáme, zda je zařízení aktivní a reaguje. Měření probíhá manuálně odesláním jednoho vzorku, nebo kontinuálně až do ukončení pomocí ukončovacího znaku.“²¹⁾



Obrázek 17: Ukázka spektra posturálního tremoru zdravé ženy (převzato z: Novotný P., Stanovení míry tremoru pomocí akcelerometrických senzorů, 2013)

2.3 Critical review

Ulmanová (Ulmanová, 2005) ve své dizertační práci ověřovala využitelnost škály pro hodnocení spirál jako diagnostického nástroje. Pro zachycení požadovaných údajů zvolila formu poštou rozeslaného dotazníku, který obsahoval i kresbu spirály a podpis pacienta. K hodnocení kreseb byla použita modifikace škály Baina a Findleyho, kde původní desetibodová škála byla zjednodušena rozdělením spirál do 6 kategorií podle stupně postižení třesem při kreslení. Spirály byly nezávisle na sobě posuzovány dvěma hodnotiteli. Ze 161 posuzovaných spirál se hodnotitelé shodli u 100 kreseb (62%). U zbývajících se hodnocení lišilo o jeden stupeň. V závěru Ulmanová vyhodnotila, že se kresba spirály jeví jako vhodná pomůcka pro hodnocení akčního třesu ruky, a že navržená škála umožňuje intraindividuální kvantifikaci

i interindividuální porovnání tíže třesu, avšak s vyšší přesností při posuzování stejným hodnotitelem. [17]

V diplomové práci **Novotného** (Novotný, 2013) byla rozebrána problematika měření tremoru pomocí akcelerometrických senzorů. K měření použil vlastnoručně navržené akcelerometrické zařízení. Jeho měření proběhlo v rámci studie fyzioterapie u pacientů s roztroušenou sklerózou ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady. Celkem změřil 7 pacientů s RS a 3 zdravé osoby. U každé osoby naměřil tři typy třesu: klidový, intenční a posturální, ale vyhodnocen byl jen posturální třes. Data byla podrobena spektrální analýze a porovnávání spekter pomocí korelačních koeficientů. Z výsledků zjistil, že střední hodnota amplitudy zrychlení tremoru je u pacientů s RS v průměru vyšší než u zdravých osob. V souhrnu své praktické části Novotný píše, že pouze pomocí akcelerometru nelze jednoznačně klasifikovat typ tremoru. Avšak akcelerometr může pomoci k určení patologického nebo fyziologického tremoru. [21]

Bain et al. (Bain et al., 1993) porovnali dopad esenciálního třesu na výkon ruky ze tří manuálních úkolů: kresba spirály, držení šálku plného vody a test sledování pomocí joysticku. Amplituda a frekvence třesu byly měřeny v průběhu zkoušky akcelerometricky. Výsledky jim ukázaly, že amplituda a frekvence ET se měnily s různými činnostmi a že amplituda třesu v průběhu plnění úkolů téměř v každém případě poklesla ve vztahu k držení těla. Ve své studii došli k závěru, že k jednoduchému, rychlému a vypovídajícímu hodnocení posturálního tremoru, který často mění své chování, je dostačující a dokonce výhodnější používat klinické testy. Oproti akcelerometrii tam není potřeba žádného přístrojového vybavení, měření je levnější a praktičtější. (Bain et al., 1993)

Zesiewicz (Zesiewicz et al., 2007) provedl studii s cílem vyhodnotit účinnost a snášenlivost zonisamidu (ZNS), jako antiepileptika, při léčbě ET. Vyšetřoval dvacet pacientů s ET, kteří byli rozřazeni do 2 skupin. Jedna skupina užívající zonisamid a druhá placebo. Pacienti byli hodnoceni akcelerometricky a podle Fahn-Tolosa-Marin (FTM) hodnotící škály na začátku testu, po 14 a po 28 dnech. Po ukončení studie nebylo zjištěno žádné významné zlepšení v celkovém

skóre FTM škály. Avšak amplituda třesu podle akcelerometrického vyšetření se výrazně zlepšila ve skupině ZNS, ve srovnání se skupinou užívající placebo. Zesiewicz došel k závěru, že se akcelerometr ukázal jako citlivější v hodnocení parametrů třesu a také, že se ukázal jako relevantní ukazatel četnosti tremoru. (Zesiewicz et al., 2007)

Rybníčková (Rybníčková, 2009) ve své studii zjišťovala, jak fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě ovlivní třes a funkci ruky u pacientů s RS. Pro hodnocení třesu, ataxie, dysdiadochokinézy, kvality svalové síly a spasticity použila klinické testy a vyšetření akcelerometrem. Zjišťovala také, zda údaje z akcelerometrie a výsledky klinických testů korelují. Ve studii sledovala 12 pacientů zařazených do dvouměsíční terapie (2x týdně), ve které využila prvků na neurofyziologickém podkladě. Na začátku byli pacienti neurologicky vyšetřeni, před a po terapii byly fyzioterapeutem provedeny klinické testy a provedeno vyšetření akcelerometrem. Rybníčková došla k závěru, že fyzioterapií na neurofyziologickém podkladě lze pozitivně ovlivnit třes a funkci ruky a že akcelerometrie jako metoda měření třesu a dalších parametrů kvality pohybu se ukázala jako nevhodná. V celkovém shrnutí uvedla: „Z výsledků korelací nelze uzavřít, že by testování pomocí akcelerometru bylo vhodnější než vyšetření třesu pomocí běžně užívané škály (síla korelace mezi klinickými testy a parametry naměřenými pomocí akcelerometru byla nízká).“ (Rybníčková, 2009)

Naopak **Gironell** (Gironell et al., 2004) se ve své studii zabýval diagnostickým potenciálem rutinní neurofyziologické analýzy třesu pro diagnostiku ET u pacientů se syndromem posturálního třesu. Do jeho studie bylo zahrnuto 300 docházejících ambulantních pacientů, kterým bylo provedeno vyšetření pomocí akcelerometru a povrchové elektromyografie mezi 1. a 4. týdnem po první klinické návštěvě. Závěrečná klinická diagnóza (střední doba sledování 53 měsíců) posturálního syndromu byla stanovena dvěma nezávislými neurology. Při hodnocení bylo použito šest neurofyziologických kritérií pro diagnózu ET, přičemž všechna kritéria musela být přítomna: (1) rytmické „bursty“ posturálního třesu v EMG; (2) frekvence třesu rovná či větší než 4 Hz; (3) absence klidového třesu, nebo pokud byl přítomen, tak aby jeho

frekvence byla o 1,5 Hz nižší než frekvence posturálního třesu; (4) absence latence třesu z klidové do posturální polohy; (5) změny dominantní frekvence „peaku“ menší nebo rovny 1 Hz po zkoušce se zatížením a (6) žádné změny v amplitudě po mentální koncentraci. Neurofyziologická kritéria ukázala citlivost 97,7% a specificitu 82,3 %. Gironell došel k závěru, že pro diagnostiku ET u pacientů s posturálním třesem měly rutinní neurofyziologické testy vysokou diagnostickou a prediktivní hodnotu, která odůvodňuje jejich používání v praxi. (Gironell et al., 2004)

Skupina autorů, mezi nimiž byl i **Raethjen** (Raethjen et al., 2004), se zabývala analýzou třesu mezi dvěma normálními skupinami. Jejich cílem bylo porovnat kvantitativní analýzy třesu používající téměř identické metody, aby oddělili robustní měření, která mohou být snadno použita diagnosticky, od těch která potřebují laboratorní specifické normalizace. Naměřili 184 zdravých dobrovolníků ve dvou různých speciálních centrech pohybových poruch v Německu. Hodnoty byly zaznamenávány pomocí ruční akcelerometrie a povrchové EMG z předloktí flexorů a extenzorů bez zatížení a následně s váhou 500 až 1000 g. Z výsledků zjistili, že rozdíly ve frekvenci a amplitudě ukazují, že měření kriticky závisí na detailech podmínek nahrávání a ty byly odlišné mezi oběma centry. Odhadovali, že musí být zaznamenáno nejméně 25 zdravých jedinců, aby se získaly normální hodnoty. Dále zjistili, že při zatížení se snížila frekvence třesu a také související EMG aktivita, které umožnily diferenciaci fyziologického od patologického třesu nízké amplitudy. (Raethjen et al., 2004)

Elble (Elble et al., 1996) se zabýval kvantifikací esenciálního třesu při psaní a kreslení. Ve své studii vyšetřil 87 pacientů, ve věkovém rozpětí 15-84 let, trpících esenciálním třesem. Ti při testování napsali dvě série kurzívního „e“ a „i“ na standardní list nalinkovaného papíru, který byl přidělán na digitalizační tablet. Čtyřicet pacientů také kreslilo Archimedovu spirálu. Posturální třes byl měřen triaxiálním akcelerometrem na hřbetu horizontálně extendované ruky. Digitalizační tablet byl dostatečně citlivý pro měření trvale viditelného třesu, avšak velmi závažný třes být zaznamenán nemohl, protože bránil pacientovi vedení kuličkového pera na tabletu. Z výsledků zjistil, že korelace mezi třesem

zápěstí a třesem při psaní byly $<0,60$ pro amplitudu a $<0,25$ pro frekvenci. Významné korelace také byly mezi věkem pacienta a frekvencí třesu a mezi amplitudou třesu a frekvencí u měření posturálního třesu, ale ne u psaní nebo kreslení. V celkovém shrnutí Elble napsal, že standardní digitalizační tablety jsou užitečné v kvantitativním posouzení třesu při psaní, avšak rysy v amplitudě a frekvenci třesu při držení těla, psaní a kreslení se mohou výrazně lišit. (Elble et al., 1996)

Spolek autorů **Miralles et al.** (Miralles et al., 2006) vyvinuli ve své práci novou kvantitativní analýzu kreslení spirály, která je schopna posoudit veškeré provádění spirály a to bez časového nebo prostorového omezení v získávání vzorků. Studie se zúčastnilo 31 pacientů s akčním třesem a 24 kontrolních subjektů. Všichni účastníci byli požádáni, aby vytvořili Archimedovu spirálu na tiskové šablony. Vzorky byly naskenovány a vyhodnoceny počítačovým programem, který rekonstruuje časový sled výkresu spirály. Po rekonstrukci byla spirála analyzována pomocí Fourierovy transformace. Výsledky daly najevo, že experimentální proměnné byly vyšší ve skupině pacientů s akčním třesem než u kontrol. Miralles uvádí, že Receiver Operating Characteristic (ROC) jako metoda klasifikování spirály je lepší než lidské hodnotitelé. (Miralles et al., 2006)

Haubenberger et al. (Haubenberger et al., 2011) se zabývali ověřením analýzy digitální spirály jako výsledného parametru pro klinická hodnocení u ET. Představili strategii pro kvantifikaci závažnosti třesu ze spirál nakreslených na digitalizačním tabletu. Ověřovali svou metodu oproti dobře zavedené metodě vizuálního hodnocení spirály. Porovnávali obě metody navzájem a také porovnávali jejich schopnost zachytit terapeutický účinek po požití ethanolu u ET. Devět „ethanol reagujících“ pacientů s esenciálním třesem nakreslilo dohromady 54 Archimedových spirál s použitím digitalizačního tabletu. Kreslili je před a v pěti po sobě následujících časových intervalech po podání ethanolu ve standardizované léčebné intervenci. Kvantitativní hodnocení závažnosti třesu byla vypočítána z rychlosti vrcholu amplitudy třesu po numerické derivaci a Fourierovy transformaci pen-tip pozice. Nakreslené spirály byly náhodně rozřazeny do skupin, a následně hodnoceny sedmi vyškolenými hodnotiteli,

pomocí Bain a Findleyovy (0 až 10) hodnotící stupnice. Počítačová skóre korelovala s vizuálním hodnocením ($P < 0,0001$). Korelace byla významná v každém intervalu kreslení před i po požití ethanolu ($P < 0,005$). Haubenberger uvedl, že kvantitativní hodnocení byla citlivější, při vyhodnocování účinků ethanolu ($P < 0,05$), než vizuální hodnocení. Pomocí standardizovaného léčebného přístupu Haubenberger prokázal, že spirografová analýza časových řad je platný a spolehlivý způsob dokumentace intenzity třesu a citlivější řešení pro hodnocení spirály v současné době. (Haubenberger et al., 2011)

Matsumoto et al. (Matsumoto et al., 1999) ve své studii testovali pacienty s ET pomocí tříosého akcelerometru. Mechanické zařízení měřilo trojrozměrnou polohu prstu během posturálního úkolu. Třicet pacientů bylo současně testováno se zařízením jednoosé akcelerometrie a pomocí klinického hodnocení. Osmnáct pacientů bylo testováno znovu o 16 dní později. Přístroj přesně zaznamenával trojrozměrné chování ET. Výsledky z přístroje zahrnovaly průměrné trojrozměrné rychlosti, střední tři-dimenzionální rozptyl, a sílu trojrozměrné akcelerace. Logaritmy těchto měření byly silně korelující se všemi klinickými hodnoceními, včetně vlastnoručně hodnoceným třesem u postižení. Z výsledků vyhodnotili, že výkon zařízení byl lepší než výkon na jednoosém akcelerometru, s největší pravděpodobností v důsledku trojrozměrné povahy měření. Skupina autorů došla k závěru, že esenciální třes může být platně a spolehlivě kvantifikován během posturálních úkolů pomocí záznamových zařízení nahrávajících pohyb ve třech dimenzích. (Matsumoto et al., 1999)

Louis a Pullman (Louis, Pullman, 2001) se domnívali, že ET se může odlišit od fyziologického a zvýšeného fyziologického třesu na základě klinického vyšetření nebo pomocí elektrofyziologických testů. V jejich práci porovnávali vzájemně tyto dvě metody a jejich cílem bylo potvrdit diagnostický souhlas mezi nimi. Pacienti a kontrolní vzorek prošli klinickým vyšetřením (rozhovor a nahrávané vyšetření) a elektrofyziologickým hodnocením (kvantitativní počítačová analýza třesu pomocí akcelerometrie a elektromyografie) ve stejný den. Diagnózy jim byly nezávisle přiřazeny pomocí klinického či elektrofyziologického kritéria. Shoda mezi diagnózami byla hodnocena pomocí

srovnávacích hodnocení a statistiky kappa. Třicet dva (59,3%) z 54 pacientů bylo klinicky diagnostikováno jako ET, ve srovnání s 35 (64,8%) z 54 při diagnostice založené na analýze třesu. Shoda mezi oběma způsoby diagnózy byl 94,4%. Autoři došli ve své práci k závěru, že shodou mezi klinickou a elektrofyziologickou diagnostikou lze dospět ke kvalitním diagnostickým závěrům. Také se domnívají, že elektrofyziologické zkoušky lze kvantifikovat jako potenciálně cenné subklinické měření. (Louis, Pullman, 2001)

Machowska-Majchrzak et al. (Machowska-Majchrzak et al., 2012) si stanovili ve své práci za cíl provést analýzu zaznamenaného třesu pomocí akcelerometrie a vybrat parametry, které jsou nejužitečnější pro diferenciaci typů třesu. Ve své studii vyšetřili 45 pacientů s parkinsonským třesem, 39 pacientů s ET a 35 pacientů s cerebelárním třesem. Kontrolní skupinu tvořilo 52 zdravých osob. Analýza obsahovala intenzitu třesu, frekvenci spektrálních „peaků“, střední frekvenci, směrodatnou odchylku střední frekvence a harmonický index. Byly porovnány parametry třesu mezi skupinami pacientů s patologickým třesem a kontrolní skupinou. Z výsledků skupina autorů zjistila, že intenzita třesu byla u pacientů s třesem významně vyšší než u kontrol. Podstatně nižší u pacientů s třesem byla maximální frekvence, střední frekvence a směrodatná odchylka střední frekvence ve srovnání s kontrolní skupinou. A nakonec harmonický index byl významně vyšší a asymetrický ve všech skupinách pacientů ve srovnání s kontrolní skupinou. Závěrem autoři shrnuli své výsledky tvrzením, že směrodatná odchylka střední frekvence a harmonický index jsou nejcennější proměnné v diferenciaci třesu a že posouzení souměrnosti parametrů třesu je užitečné při rozlišování různých typů patologického třesu. (Machowska-Majchrzak et al., 2012)

Zeuner et al. (Zeuner et al., 2003) ve své studii měřili akcelerometricky posturální třes na zápěstí u 29 pacientů, mezi kterými byli pacienti s psychogenním (6), esenciálním (11) a parkinsonským (12) třesem. Třes měřili na jedné ruce, zatímco druhá ruka buď odpočívala, nebo poklepávala k sluchovému stimulu ve frekvenci 3, 4 nebo 5 Hz. Z výsledků zjistili, že psychogenní třes ukázal větší změny ve frekvenci třesu a vyšší

intraindividuální variabilitu při poklepávání. Společně došli k závěru, že akcelerometrie může odlišit psychogenní od esenciálního a parkinsonského třesu. (Zeuner et al., 2003)

Wile, Ranawaya a Kiss (Wile et al., 2014) se snažili ve své studii zaznamenat a rozlišit třes pomocí čipových smart hodinek. Do své studie zařadili 41 pacientů. Nahrávky byly provedeny, s rukama v klidu a poté při jejich předpažení, pomocí inteligentních hodinek na převážně postižené straně (u všech pacientů). U 10 pacientů byly tyto nahrávky provedeny současně s analogovým akcelerometrem. „Peak“ frekvence třesu, „peak“ výkonu a výkon v prvních čtyřech harmonických složkách byl vypočítán a porovnán mezi dvěma zařízeními. Střední výkon v prvních čtyřech harmonických složkách byl vypočten a použit pro klasifikaci třesu parkinsonského nebo esenciálního. Z výsledků autorům vyšlo, že střední harmonický „peak“ výkonu byl vysoce citlivý a specifický pro odlišení posturálního třesu u Parkinsonovy choroby od esenciálního. Chytré hodinky a analogové přístroje měly téměř dokonalou shodu „peaku“ frekvence a proporcionální harmonické síly. Autoři shrnuli svou studii tvrzením, že inteligentní hodinky mohou poskytovat přesné a diagnosticky relevantní informace o posturálním třesu. Přenosnost a snadnost jejich použití může pomoci převést tyto metody do rutinního klinického používání. (Wile et al., 2014)

Accardo et al. (Accardo et al., 2010) si ve své práci dali za cíl prověřit charakteristiky třesu. Použili metody založené na akcelerometrickém a elektromyografickém měření a nedávno přijatý spirometrický test, založený na digitálním pořízení pohybů rukou kreslením Archimédovi spirály. Tento dokument představil nové kvantitativní kinematické parametry a jejich potenciál byl hodnocen u tří skupin pacientů (dvou s patologickým třesem a kontrolní skupiny). Každá skupina prošla sadou čtyř grafických testů (vodorovné řady, Archimédova spirála, trojúhelník a čtverec) a kinematické parametry byly vypočtené a zkoumané z nahrávek, aby bylo možné stanovit, který test a parametry jsou citlivější na rozdíly třesu a vhodné pro identifikaci patologií. Výsledky podpořily hypotézu autorů, že kinematická analýza může být užitečná

při studiích třesu a při použití vhodných testů je možné rozlišení mezi patologickými a zdravými jedinci. (Accardo et al., 2010)

Farkas (Farkas et al., 2006) ve své studii zkoumal asymetrii intenzity třesu, frekvenci a frekvenční disperzi parkinsonského a esenciálního třesu pomocí akcelerometrie. Zjistil, že intenzita třesu byla významně asymetrická, a to nejen u PT, ale i u ET, zatímco frekvence a frekvenční disperze byly symetrické u ET, ale asymetrické u PT. Nakonec Farkas došel k závěru, že parametry oboustranného vyšetření frekvence, související s třesem, mohou být použity pro diferenciaci mezi ET a PT, a poskytují další podrobnosti o centrální organizaci generátorů třesu. (Farkas et al., 2006)

ZÁVĚR

Cíl bakalářské práce byl naplněn, neboť došlo k popisu problematiky třesu a zvolených metod k jeho měření. Na základě svého vyhledávání jsem došla k závěru, že nelze plně posoudit, jestli je akcelerometrie lepší pro měření než ostatní metody zaznamenávání třesu.

SOUHRN

Třes ovlivňuje například nervozita, stres, tréma, hlad nebo rozčilení, ale třes nemusí být pouze fyziologické příčiny. Za tímto symptomem se mohou skrývat různá bezvýznamná, ale i závažná onemocnění nervové soustavy, která je nejlepší co nejdříve diagnostikovat. Třes je většinou způsoben špatnou informací v mozkové oblasti, která řídí pohyb svalstva a jeho příčiny mohou být velmi různé.

Svoji bakalářskou práci jsem zaměřila na problematiku třesu. Práce pojednává o vzniku, patogenezi, terapii a zejména klasifikaci tohoto nepříjemného symptomu. S pomocí literatury byly v této práci zpracovány také poznatky o metodách hodnocení třesu.

SUMMARY

Tremor is affected by, for example, nervousness, stress, stage fright, hungry or angry, but the causes of tremor may not be just physiological. This symptom can hide various not only insignificant but also severe diseases of the nervous system that are better diagnosed as soon as possible. Tremor is usually caused by poor information in the brain area that controls muscle movements and its causes may be very different.

In my bachelor thesis I focused on the problem of tremor. The work deals with the origin, pathogenesis, therapy, and in particular the classification of this unpleasant symptom. The findings of the evaluation methods of tremor were composed in this work with literature.

Seznam použité literatury

- 1) 3) NEVŠÍMALOVÁ S., RŮŽIČKA E., TICHÝ J., et al.: Neurologie, Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2005, ISBN 80-246-0502-3
- 2) WIKIPEDIA: Essential tremor. [on-line]. Wikipedia, The Free Encyclopedia. aktualizace: 28.4.2014 [cit. 9.9.2005], Dostupnost z: http://en.wikipedia.org/wiki/Essential_tremor
- 4) SIGVARDT K., RUBCHINSKY L. ET AL.: Tremor. [on-line]. Scholarpedia, 28.2.2013 [cit. 30.1.2007], Dostupnost z: <http://scholarpedia.org/article/Tremor>
- 5) 11-13) ALBANESE A., JANKOVIC J.: Hyperkinetic Movement Disorders : Differential Diagnosis and Treatment. Hoboken, NJ, USA. Wiley-Blackwell 2012, 408 s., ISBN: 978-1-4443-4615-2
- 6) HEDERA P., CIBULČÍK F., DAVIS T. L.: Pharmacotherapy of Essential Tremor. *Journal of Central Nervous System Disease* 2013;5 43–55 p.
- 7) AMBLER Z., BEDNAŘÍK J., RŮŽIČKA E. a kol.: Klinická neurologie, Praha: TRITON 2008, 976 s., ISBN: 978-80-7387-157-4
- 8) MURRAY J.: Ataxie a třes u RS: historické ohlédnutí, MS in focus, issue 13, 2002, str. 4–6; Přeložila: Klára Grammetbauerová (30.12.2009), Dostupnost z: <http://www.roska.eu/clanky/ataxie-a-tres-u-rs-historicke-ohljednuti.html>
- 9) S.H.ALUSI et al.: A study of tremor in multiple sclerosis, Oxford University Press 2001: Brain 124, 720-730 p.
- 10) KOCH M.: Zvládání třesu při RS, MS in focus, issue 13, 2002, str. 7–9; Přeložila: Jarmila Soldánová (30.8.2007), Dostupnost z: <http://www.roska.eu/clanky/zvladani-tresu-pri-rs.html>
- 14) CHRISTOPHER W. HESS, SETH L. PULLMAN: Tremor: Clinical Phenomenology and Assessment Techniques [online]. Clinical Motor Physiology

Laboratory, Department of Neurology, Columbia University Medical Center, NY, USA [cit. 28.6.2012]. Dostupnost z:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23439931>

15) ULMANOVÁ O., RŮŽIČKA E.: Diferenciální diagnóza třesu. [on-line].

Univerzita Karlova v Praze, 1. LF a VFN, Neurologická klinika, Centrum extrapyramidových onemocnění. 20.5.2003. [cit. 18.3.2014]. Dostupnost z:

<http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/diferencialni-diagnoza-tresu-154097>

16) KALICHOVÁ M.: Výzkumné metody v biomechanice. [online]. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity. [cit. 9.1.2012]. Dostupnost z:

<http://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/biomechanika/vyzkumne-metody-v-biomechanice>

17-19) ULMANOVÁ O.: Esenciální tremor jako modelové onemocnění pro analýzu třesu. Praha. Doktorská dizertační práce, Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, 2005

20) MIČÁNKOVÁ, V.: Tremometr. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013

21) NOVOTNÝ P.: Stanovení míry tremoru pomocí akcelerometrických senzorů. Praha. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, fakulta elektrotechnická, 2013

22) KOLÁŘ, PAVEL et al.: Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén, 2009, 1. vyd. s. 61, ISBN 978-807-2626-571

23) JOHNS HOPKINS MEDICINE: What is Essential Tremor? [on-line].

Baltimore. Johns Hopkins Medicine [cit. 12.4.2013]. Dostupnost z:

http://www.hopkinsmedicine.org/neurology_neurosurgery/specialty_areas/movement_disorders/conditions/essential_tremor.html

- 24) ŘASOVÁ K.: Fyzioterapie u neurologicky nemocných. Praha: CEROS, 2007, 1. vydání, s. 41, ISBN 978-80-239-9300-4
- 25) REKTOROVÁ I.: Současné možnosti diagnostiky a terapie Parkinsonovy nemoci. *Neurologia pre praxi* 2009; 10 (Supl. 2): 5–36
- 26) A.W. G. BUIJINK, M. F. CONTARINO, J. H.T. M. KOELMAN, J. D. SPEELMAN AND A. F. VAN ROOTSELAAR: How to tackle tremor – systematic review of the literature and diagnostic work-up [online]. Department of Neurology and Clinical Neurophysiology, Academic Medical Center, University of Amsterdam, Amsterdam, Netherlands. [cit. 23.10.2012]. Dostupnost z: <http://journal.frontiersin.org/Journal/10.3389/fneur.2012.00146/abstract>
- 27) VOJÁČEK A.: Principy akcelerometrů - 2. díl – Piezorezistivní [online]. Praha, HW server s.r.o., [cit. 26.1.2007]. Dostupnost z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007012601>
- 28) VOJÁČEK A.: Principy akcelerometrů - 1. díl – Piezoelektrické [online]. Praha, HW server s.r.o., [cit. 14.1.2007]. Dostupnost z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007011401>
- 29) LUKÁČ, P.: Inerciálne navigačné systémy na báze MEMS. Košice. Písomná práca k dizertačnej skúške. Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta. 2007
- 30) KOVÁŘ P.: Detekce a kompenzace třesu u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Praha. Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, fakulta elektrotechnická, 2012
- 31) HALAJ M., VDOLEČEK F., PALENČÁR R.: Maticové taktilní snímače. *Automa*, 2002, roč. 3, č. 11, Dostupnost z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28605

32) HOOPER J, TAYLOR R, PENTLAND B, WHITTLE I.R.: Rater reliability of Fahn's tremor rating scale in patients with multiple sclerosis. [on-line] Arch Phys Med Rehabil [cit. September 1998]. Dostupnost z:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9749687>

33) ELBLE R.J., SINHA R., HIGGINS C.: Quantification of tremor with a digitizing tablet [on-line]. J Neurosci Meth [cit. June 1990]. Dostupnost z:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2385136>

ACCARDO A., CHIAP A., MARINO S., LANZAFAME P., BRAMANTI P.: Kinematic analysis of tremor - biomed 2010. Biomed Sci Instrum. 2010;46:347-61.

BAIN P.G., MALLY J., GREYSTY M., FINDLEY L.J.: Assessing the impact of essential tremor on upper limb function. J Neurol. 1993 Nov;241(1):54-61.

BAIN PETER G.: The Management of Tremor. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2002; vol. 72 (Suppl I): p. i3-i9

BHAGWAN T. SHAHANI AND ROBERT R. YOUNG: Physiological and pharmacological aids in the differential diagnosis of tremor. [on-line]. Boston: Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 1976. [cit. 25.2.2014]. Dostupnost z: <http://jnnp.bmj.com/content/39/8/772.full.pdf+html>

DEUSCHL G, BAIN P, BRIN M.: Consensus Statement of the Movement Disorder Society on Tremor. *Mov Disord* 1998a; 13 (Suppl 3): S2-S23.

ELBLE R.J., BRILLIANT M., LEFFLER K., HIGGINS C.: Quantification of essential tremor in writing and drawing. *Mov Disord*. 1996 Jan;11(1):70-8.

FARKAS Z., CSILLIK A., SZIRMAI I., KAMONDI A.: Asymmetry of tremor intensity and frequency in Parkinson's disease and essential tremor. *Parkinsonism Relat Disord*. 2006 Jan;12(1):49-55. Epub 2005 Nov 3.

GIRONELL A., KULISEVSKY J., PASCUAL-SEDANO B., BARBANOJ M.: Routine neurophysiologic tremor analysis as a diagnostic tool for essential tremor: a prospective study. *J Clin Neurophysiol.* 2004 Nov-Dec;21(6):446-50

HAUBENBERGER D., KALOWITZ D., NAHAB F.B., TORO C., IPPOLITO D., LUCKENBAUGH D.A., WITTEVRONGEL L., HALLETT M.: Validation of digital spiral analysis as outcome parameter for clinical trials in essential tremor. *Mov Disord.* 2011 Sep;26(11):2073-80. Epub 2011 Jun 28.

LOUIS E.D., PULLMAN S.: Comparison of clinical vs. electrophysiological methods of diagnosing of essential tremor. *Mov Disord.* 2001 Jul;16(4):668-73.

MACHOWSKA-MAJCHRZAK A., PIERZCHAŁA K., PIETRASZEK S., ŁABUZ-ROSZAK B., BARTMAN W.: The usefulness of accelerometric registration with assessment of tremor parameters and their symmetry in differential diagnosis of parkinsonian, essential and cerebellar tremor. *Neurol Neurochir Pol.* 2012 Mar-Apr;46(2):145-56.

MATSUMOTO J.Y., DODICK D.W., STEVENS L.N., NEWMAN R.C., CASKEY P.E., FJERSTAD W.: Three-dimensional measurement of essential tremor. *Mov Disord.* 1999 Mar;14(2):288-94.

MIRALLES F., TARONGÍ S., ESPINO A.: Quantification of the drawing of an Archimedes spiral through the analysis of its digitized picture. *J Neurosci Methods.* 2006 Apr 15;152(1-2):18-31.

OPAVSKÝ, J.: Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2003. 45 str. ISBN 80-244-0625-X

RAETHJEN J., LAUK M., KÖSTER B., FIETZEK U., FRIEGE L., TIMMER J., LÜCKING C.H., DEUSCHL G.: Tremor analysis in two normal cohorts. *Clin Neurophysiol.* 2004 Sep;115(9):2151-6.

RYBNÍČKOVÁ, M.: Hodnocení vlivu fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě na tremor a kvalitu pohybu u Roztroušené sklerózy mozkomíšní pomocí vybraných klinických testů a akcelerometrie, Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, 1. Lékařská fakulta, 2009

SCHAPIRA, ANTHONY H. V. AGID, YVES HARTMANN, ANDREAS: Parkinsonian Disorders in Clinical Practice, Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell, 04/2009, ISBN: 978-1-4051-9601-7

WILE D.J., RANAWAYA R., KISS Z.H.: Smart watch accelerometry for analysis and diagnosis of tremor. J Neurosci Methods. 2014 Jun 15;230C:1-4.

WORLD HEALTH ORGANIZATION: Application of the International Classification of Diseases to Neurology (ICD-NA), Albany, NY, USA, World Health Organization, 1997, ISBN: 978-9-2415-4746-8

ZESIEWICZ T.A., WARD C.L., HAUSER R.A., SANCHEZ-RAMOS J., STAFFETTI J.F., SULLIVAN K.L.: A double-blind placebo-controlled trial of zonisamide (zonegran) in the treatment of essential tremor. Mov Disord. 2007 Jan 15;22(2):279-82.

ZEUNER K.E., SHOGE R.O., GOLDSTEIN S.R., DAMBROSIA J.M., HALLETT M.: Accelerometry to distinguish psychogenic from essential or parkinsonian tremor. Neurology. 2003 Aug 26;61(4):548-50.

Seznam obrázků a tabulek

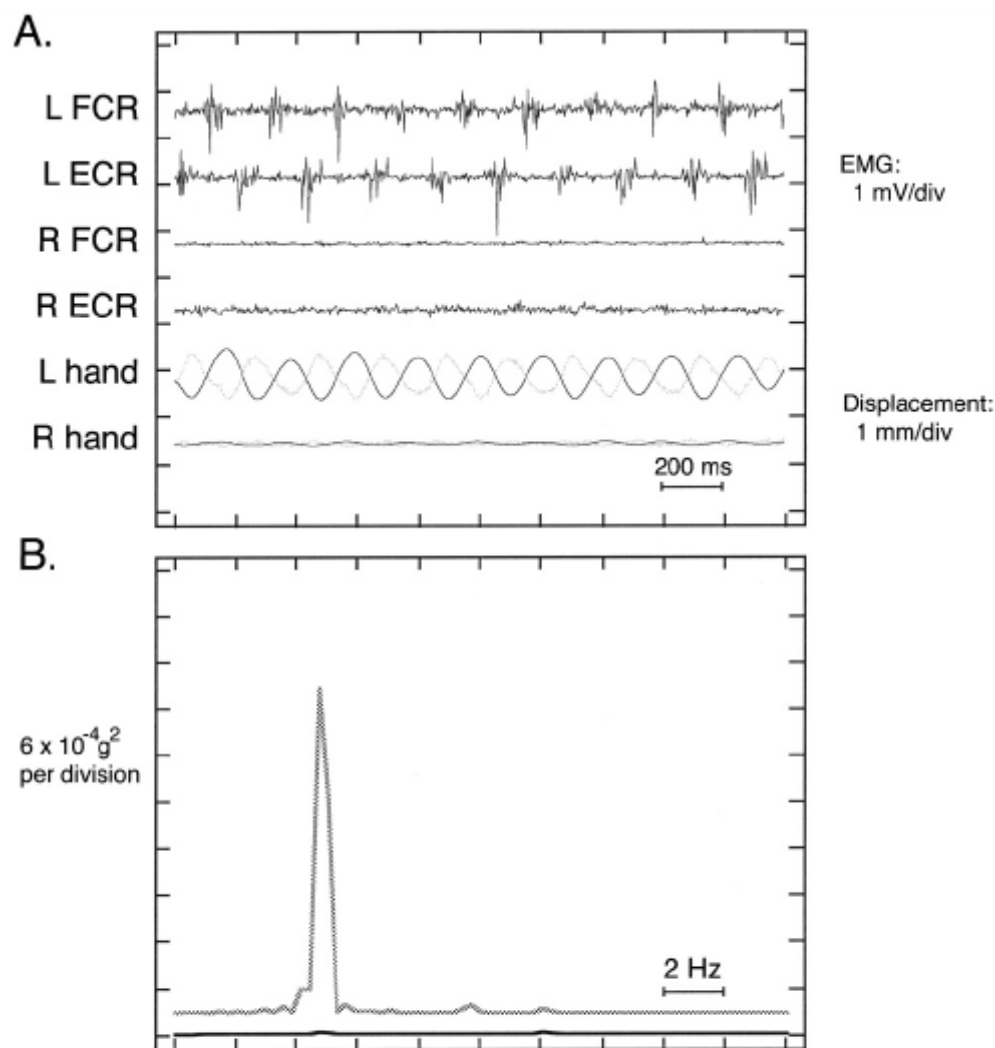
Obr. č. 1 Etáže nervového systému podílející se na pohybu	4
Obr. č. 2 Myotaktický reflex	5
Obr. č. 3 Anatomické schéma mozečku	6
Obr. č. 4 Diagnostická kritéria ET	10
Obr. č. 5 Test prst-nos	14
Obr. č. 6 Vojtova reflexní lokomoce – reflexní otáčení	20
Obr. č. 7 Vyšetření třesu aspekci	23
Obr. č. 8 Kurtzkeho škála	25
Obr. č. 9 Kresba A. spirály	26
Obr. č. 10 Grafický digitální tablet pro detekci třesu	27
Obr. č. 11 Povrchová EMG	28
Obr. č. 12 EMG profil a f. spektrum klid. třesu u PD	54
Obr. č. 13 EMG profil a f. spektrum post. třesu u ET	55
Obr. č. 14 Schéma principu piezoelektrických akcelerometrů	30
Obr. č. 15 Provedení akcelerometru a zapojení piezorezistoru	31
Obr. č. 16 Diferenční kondenzátor	32
Obr. č. 17: Ukázka spektra posturálního tremoru zdravé ženy	34
Tab. č. 1 Diferenciální diagnostika třesu	53
Tab. č. 2 Fahn-Tolosa-Marin škála	24

Přílohy

Příloha č. 1: Tabulka 1

I. Klidový tremor	A. Parkinsonova nemoc B. Jiné parkinsonské syndromy (méně běžné) C. Rubrální tremor (klidový < posturální < intenční) D. Wilsonova choroba E. Hepatocerebrální degenerace F. Esenciální tremor (těžký)	
II. Posturální a akční tremor	A. Fyziologický tremor	
	B. Zvýrazněný fyziologický tremor	1. Stres, únava, úzkost, emoce
		2. Endokrinní (Hyperthyreoidismus, Hypoglykémie, Feochromocytom, Steroidy- Cushingův syndrom)
		3. Farmaka (Kofein, Beta agonisté, Theophylin, Agonisté dopaminu, Amfetaminy, Lithium, Tricyklická anti-depresiva, Neuroleptika, Kyselina valproová)
		4. Toxiny (Ethanol, Otrava rtuť, Otrava olovem, Otrava arsenem)
	C. Esenciální tremor	
	D. Primární tremor při psaní	
	E. Spojený s jinými poruchami CNS	1. Parkinsonova nemoc
		2. Idiopatické/fokální dystonie
		3. Jiné akinetické/rigidní syndromy
F. Sdružený s periferní neuropatií	1. Syndrom Roussy-Lévy (m. Charcot-Marie-Tooth a tremor)	
	2. Jiné neuropatie	
G. Cerebellární tremor		
III. Intenční tremor: nemoc cerebellárního výstupu (n. dentatus/pedunculus cerebelli superior)	A. Cévní	
	B. Myelin (Roztroušená skleróza)	
	C. Metabolické (Hepatocelulární degenerace)	
	D. Zděděná neurometabolická porucha (Wilsonova choroba)	
	E. Úraz	
	F. Farmaka/ toxiny	1. Otrava rtuť
		2. Jiné
IV. Různé rytmické poruchy pohybů	A. Psychogenní	
	B. Rytmické pohyby u dystonie (dystonický tremor, myorhythmie)	
	C. Rytmický myoklonus	1. Myoklonus patra
		2. Branchiální myoklonus
		3. Spinální myoklonus
	D. Asterixis	
	E. Klonus	
	F. Epilepsia partialis continua	
	G. Hereditární třes brady	
	H. Spasmus nutans	
	I. Vertikální záškuby	
J. Nystagmus		

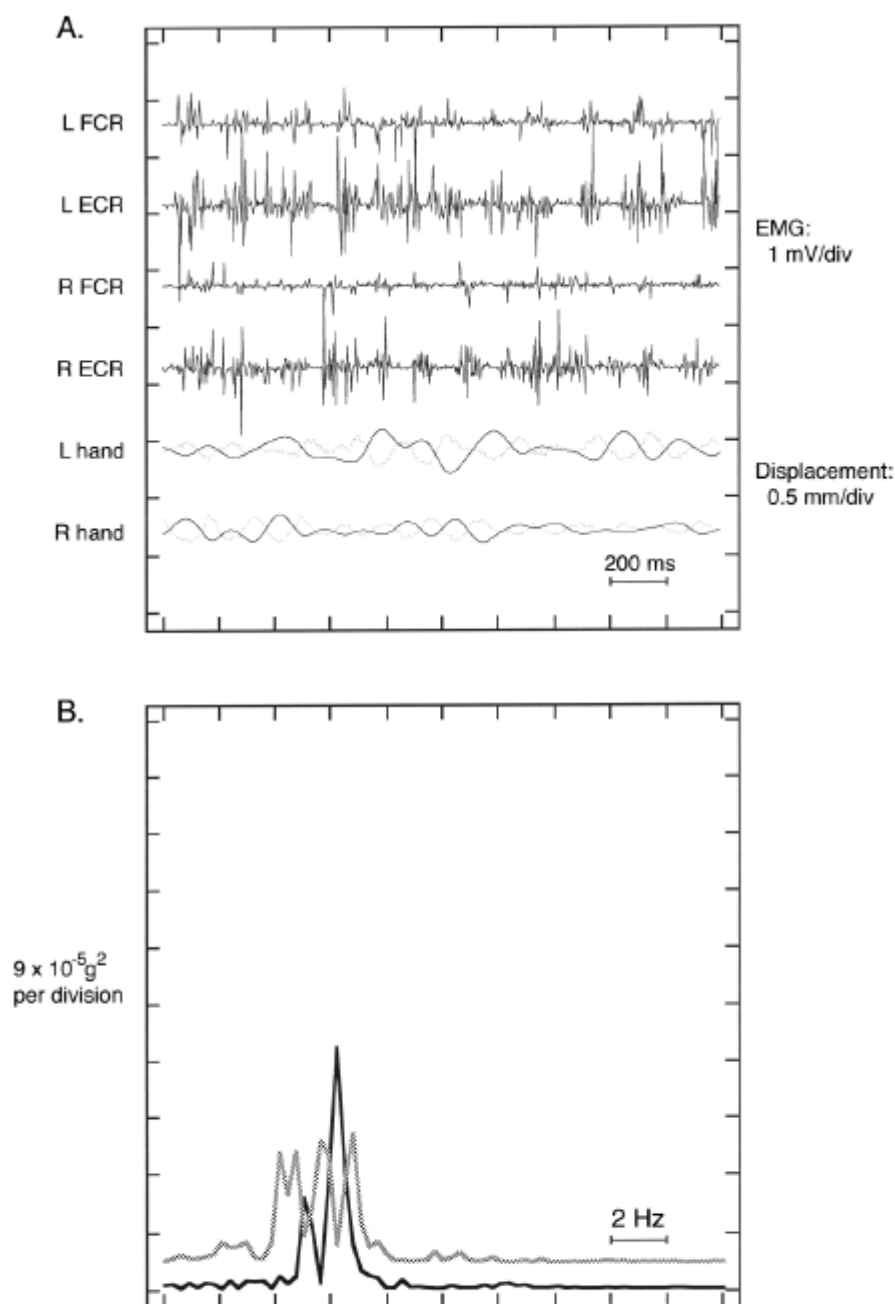
Příloha č. 2: Obrázek 12



Obr.12: Electromyography Profile, Movement Analysis, and Frequency Spectrum of Rest Tremor in a Patient with PD. (A) EMG profile. The first four traces represent surface EMG signal from forearm muscles; ECR, extensor carpi radialis; FCR, flexor carpi radialis. The bottom two traces reflect displacement (darker line) derived from accelerometry. Note the relatively sinusoidal tremor displacement in the symptomatic left hand. (B) Frequency spectrum of tremor displacement demonstrating a peak between 4 and 6 Hz in the symptomatic left (gray line) hand, with a trace peak present in the right (black line) hand.

Elektromyografický profil (A) a frekvenční spektrum (B) klidového třesu u pacienta s PD.

Příloha č. 3: Obrázek 13



Obr.13: Electromyography Profile, Movement Analysis, and Frequency Spectrum of Postural Tremor in a Patient with ET with Arms Extended. (A) EMG profile. The first four traces represent surface EMG signal from forearm muscles; ECR, extensor carpi radialis; FCR, flexor carpi radialis. The bottom two traces reflect displacement (darker line) derived from accelerometry (B) Frequency spectrum of tremor displacement demonstrating a broad peak between 4 and 8 Hz in both hands.

Elektromyografický profil (A) a frekvenční spektrum (B) posturálního třesu u pacienta s ET.