

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Praha 2009

Markéta Kořínková

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**



**Pilotní studie využití stabilometrické plošiny Nintendo Wii
v rehabilitaci
Srovnání statických stabilometrických plošin**

*The Pilot Study of Using the Stabilometric Board Nintendo Wii in Physiotherapy
The Comparison of Static Stabilometric Boards*

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce:
Mgr. Jindřiška Hálková

Autor:
Markéta Kořínková

Praha 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala (pod vedením vedoucí bakalářské práce Mgr. Jindřišky Hálkové) samostatně a uvedla jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Praze dne

.....

Markéta Kořínková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Jindřišce Hálkové za odborné vedení mé bakalářské práce. MUDr. Marii Tiché za odborné rady týkající se používání jednotlivých přístrojů a umožnění vlastního provedení výzkumné práce. Dále děkuji Ing. Aleně Dohnalové za pomoc při zpracování statistických údajů a všem vyšetřovaným osobám za ochotu a trpělivost.

ABSTRAKT

KOŘÍNKOVÁ, Markéta. *Pilotní studie využití stabilometrické plošiny Nintendo Wii v rehabilitaci. Srovnání statických stabilometrických plošin*. Praha: 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, 2009, 58 s. Bakalářská práce.

Předkládaná bakalářská práce se zabývá tématem srovnání stabilometrických plošin používaných v rámci rehabilitace. Konkrétně se jedná o Posturograf STP-03, Nintendo Wii a Footscan. Práce je cíleně zaměřena především na nejnovější z přístrojů, plošinu Nintendo Wii, její možný přínos a budoucí využití v rehabilitační praxi. Kritéria pro srovnání jsou dána zejména plošinou Posturograf STP-03, jejími výstupy a možnostmi.

Práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. První z nich nastiňuje tematiku posturální stability a mechanismy jejího udržování, zabývá se problematikou použití sledovaných plošin, technickou a programovou stránkou.

K vlastnímu měření byla vybrána skupina 15 osob ve věku 21 až 30 let. Ve většině případů se jednalo o studenty/studentky 3. ročníku fyzioterapie na 1. lékařské fakultě UK a tomu odpovídá i složení skupiny (3 muži, 12 žen). Porovnávány jsou jak výsledky vlastního měření, tak i metodika měření na jednotlivých přístrojích a způsob zpracování dat.

Dané výzkumné šetření potvrzuje předem stanovenou hypotézu. Vyšetření prostřednictvím Nintendo Wii ukázalo nedostatky týkající se oblasti vyhodnocení sledovaných parametrů, zpracování a ukládání dat.

V oblasti vyšetření nelze v této podobě plošinu Nintendo Wii zatím použít. Po odstranění nedostatků a celkovém vyladění systému bych však s budoucím zavedením Nintendo Wii do klinické praxe souhlasila.

Klíčová slova: Footscan, Nintendo Wii, Posturograf STP-03, posturografie, stabilita

ABSTRACT

KOŘÍNKOVÁ, Markéta. *The Pilot Study of Using the Stabilometric Board in Physiotherapy. The Comparison of Static Stabilometric Boards*. Prague: 1. Faculty of Medicine, Charles University, 2009, 58 pp. Bachelor Degree Thesis.

The presented thesis deals with the comparison of some stabilometric boards that are used in the physiotherapy. To be more specific, they are: *Posturograf STP-03*, *Nintendo Wii*, *Footscan*. The thesis is mainly focused on the newest type of the board *Nintendo Wii*, its possible benefits and its future usage in the physiotherapy. The criteria of the comparison are given chiefly by the board *Posturograf STP-03*, by its output data and its possibilities.

The thesis has two parts: the theoretical and the practical. The first one outlines the issue of the postural stability and the mechanisms of its maintaining; it deals with the issue of using the observed boards, the technique and the aspects of its software.

For the measuring process itself, there was a group of 15 people in the age between 21 and 30. In the majority of the cases, they were students of the 3rd year of physiotherapy at the First Faculty of Medicine of Prague's Charles University. Therefore, the structure of the group is not surprising: 3 men and 12 women. Compared were the process of measuring as well as the methodics of particular type's measurement and the way of processing the data.

The presented research confirms the hypothesis. The research by the *Nintendo Wii* has show the deficiencies in the field of the monitored parameters evaluating the processing and the data stacking.

For the present, the board *Nintendo Wii* cannot be used in the field of patients' examination. If the deficiencies are corrected and the system is improved, I would agree with the usage of the *Nintendo Wii* in the clinical practice.

Key words: *Footscan*, *Nintendo Wii*, *Posturograf STP-03*, Posturography, Stability

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	9
3. HYPOTÉZY	9
4. TEORETICKÁ ČÁST	10
4.1 Posturální stabilita	10
4.1.1 Mechanismy zajišťující posturální stabilitu.....	10
4.1.2 Dělení stability	12
4.1.3 Faktory ovlivňující stabilitu.....	12
4.2 Posturografie.....	15
4.2.1 Dělení posturografie.....	16
4.2.2 Základní pojmy	17
4.2.3 Popis použitého přístroje.....	20
4.2.4 Záznam měření.....	21
4.3 Footscan.....	23
4.3.1 Popis přístroje	23
4.4 Statická stabilometrická plošina Nintendo Wii (Wii Balance Board).....	24
4.4.1 Popis přístroje	24
4.5 Dynamická stabilometrická plošina.....	25
4.5.1 Popis přístroje	25
4.5.2 ZigBee akcelerometry	26
5. PRAKTICKÁ ČÁST	27
5.1 Metodologie.....	27
5.1.1 Metodologie měření	27
5.1.2 Metodologie zpracování dat.....	27
5.1.3 Výpočet parametrů.....	29
5.1.4 Zpracování grafů a tabulek	31
5.2 Výsledky měření.....	32
5.2.1 Ukázka parametrů u vyšetřované osoby č. 9	32
5.2.2 Srovnání sledovaných parametrů u jednotlivých plošin	37
5.2.3 Základní statistická charakteristika.....	42
5.2.4 Srovnání přístrojů.....	46
6. DISKUSE	47

6.1 Výhody/nevýhody sledovaných plošin.....	47
6.2 Závěry měření.....	49
6.3 Doporučení	51
7. ZÁVĚR.....	53
8. POUŽITÁ LITERATURA.....	54
SEZNAM ZKRATEK	57
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM GRAFŮ	58
SEZNAM TABULEK.....	58
PŘÍLOHY	59

1. ÚVOD

Posturografie je moderní vyšetřovací metoda používaná k vyšetření posturální stability stoje. K jejímu rozšíření do klinické praxe přispěl především rozvoj osobních počítačů, jež usnadnily zpracování výsledných hodnot. V rehabilitaci využíváme posturografii nejen v rámci diagnostiky poruch rovnováhy, ale také terapie založené na optické zpětné vazbě (biofeedback). Biofeedback umožňuje postupné zlepšení stability pacienta, práci s těžištěm těla, a tím rovnoměrnější zatížení plosek nohy.

V současné době se nabízí další možnosti měření posturální stability. Jednou z nich je statická stabilometrická plošina, používaná v rámci herní konzole Nintendo Wii.

Mým záměrem je nastínit v teoretické části problematiku používání přístroje Posturograf STP-03, Nintendo Wii a Footscan. U všech zmíněných plošin se jedná o neinvazivní vyšetření, jež je pro vyšetřovanou osobu nenáročné a nezatěžující. Zaměřím se na jejich technickou stránku, metodiku měření a zpracování dat.

V rámci výzkumného šetření porovnáme výsledky vyšetření naměřené na výše zmíněných plošinách. Podstatná je pro nás jejich přesnost a podobnost. Zajímavou možností hodnocení je také porovnání vlivu zrakové kontroly a velikosti opěrné báze na vývoj stability.

Vyšetření pomocí přístroje Footscan je zvoleno z důvodu získání dalšího množství dat, jež nám pomohou snadněji se orientovat v naměřených hodnotách a v případě neshodných výsledků rozhodnout, které z nich jsou přesnější.

Na základě zjištěných údajů můžeme vyvodit výhody i nevýhody jednotlivých plošin. Zaměřit se na to, v čem je daná plošina oproti předchozí přínosnější, či co u ní naopak postrádáme.

2. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem práce je srovnání přístrojů používaných k vyšetření posturální stability, tedy plošiny Posturograf STP-03, Nintendo Wii, Footscan. Zaměříme se především na nejnovější z přístrojů, plošinu Nintendo Wii, její možný přínos a budoucí využití v rámci rehabilitační praxe. Kritéria pro srovnání budou dána zejména plošinou Posturograf STP-03, jejími výstupy a možnostmi. Budeme srovnávat jak výsledky vlastního měření, tak i metodiku měření na jednotlivých přístrojích a způsob zpracování dat.

Zamyslíme se také nad tím, zda by bylo možné v budoucnu rozšířit stabilometrické plošiny používané v rehabilitaci o Nintendo Wii.

3. HYPOTÉZY

Předpokládám, že výsledky vyšetření u jednotlivých plošin budou podobné. V případě Nintendo Wii očekávám drobné nedostatky týkající se oblasti obsluhy, zpracování či ukládání dat, jež bude potřeba před zavedením do praxe odstranit a vyladit.

4. TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Posturální stabilita

„Posturální stabilita je schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nezamýšlenému nebo neřízenému pádu“ (Vařeka, 2002, s. 116).

4.1.1 Mechanismy zajišťující posturální stabilitu

System zajišťující vzpřímené držení má 3 hlavní složky – senzoricou, řídicí, výkonnou. Senzorická složka zahrnuje především propiocepci, zrak a vestibulární systém. Řídicí funkci zajišťuje CNS a výkonnou složku představuje pohybový systém. Oslabení nebo výpadek funkce jedné části se nemusí projevit hned, ale až při zvýšené zátěži, kdy dojde k dekompenzaci (Vařeka, 2002, s. 115–116).

Udržení stability vertikální polohy je tedy složitý dynamický proces vyžadující součinnost subkortikálních struktur včetně cerebella. Tato činnost je řízena propioceptivní aferencí z periferie pohybového systému, z vestibulárního aparátu a aferencí optomotorickou, dále pak exteroceptivními kožními signály a interoceptivními signály z vnitřních orgánů (Janura, 2007, s. 86).

Biomechanickým předpokladem vzpřímeného držení je kontinuální dynamicko-elastická fixace kloubů svalovou činností a koaktivací agonistů a antagonistů. Podle výchozího postavení se pak aktivují programy zabezpečující posturu a rovnováhu těla (Javůrek, 1986, s. 46–47).

Ve vzpřímeném držení vzniká převaha extenze nad flexí, tedy zvýšený nárok na svaly extendující páteř, kyčelní a kolenní kloub pro udržení stability a vertikální polohy. Kromě aktivity svalové klade ale vyšší nároky i na koordinační funkci řídicího CNS, který musí dokonale vyvažovat stálý vliv gravitace. Pro mechanickou labilitu vzpřímeného držení je nutné nejen programové vybavení, ale průběžná korektura polohy. Posturální funkce, která zajišťuje vzpřímené držení, probíhá subkortikálně v podvědomí, vnímáme ji jen jako pocit jistoty. Naopak při nedokonalé stabilizaci vnímáme pocit posturální nejistoty, závratě a mohou se objevit i vegetativní reakce (Véle, Čumpelík, Pavlů, 2001, s. 73).

Vertikální poloha je z mechanických důvodů méně stabilní než poloha horizontální. Zvláštním typem statické polohy je bipedální stoj kladoucí vyšší nároky než např. lokomoce.

Je to dáno anatomií a biomechanikou lidského těla, jež spočívá ve stoji na malé opěrné bázi a jeho těžiště je vysoce uloženo. Bývá přirovnáváno k obrácenému kyvadlu (Janura, 2007, s. 86; Vařeka 2002, s. 115).

Cílem komponent, podílejících se na řízení vzpřímeného stoje, je především držení trupu ve vertikální poloze, stabilizace hlavy v prostoru a kontrola pohybu Center of Gravity (Amblard et al., 1990, s. 169).

Během udržování posturální stability se uplatňuje statická a dynamická strategie. Během statické strategie se snaží řídicí systém pomocí rovnovážných reakcí udržet stabilitu v rámci nezměněné plochy kontaktu (viz s. 17–18). Pokud není dostatečná strategie statická, dochází k aktivaci dynamické strategie a následnému přemístění plochy kontaktu např. úkrokem. V poslední fázi dochází k uplatnění programu řízeného pádu, k němu patří pohyby horních končetin ve směru pádu, jež mají zmírnit dopad. Naproti tomu se pohyby horních končetin orientované na opačnou stranu, než je vychylováno těžiště, snaží udržet těžiště těla v opěrné bázi. Řadíme je tedy mezi strategii statickou (Vařeka, 2002, s. 123).

Statické strategie udržení stability využívají především „hlezenní“ a „kyčelní“ mechanismus. „Hlezenní“ mechanismus zahrnuje dorzální a plantární flexory kloubu hlezenního, je používán při klidném stoji a malých výchylnkách. Pokud dále narůstá rušivý vliv či nemohou být zapojeny svaly hlezna, dojde k aktivaci „kyčelního“ mechanismu, tedy adduktorů a abduktorů kyčelního kloubu. Ten může zareagovat flexí v kyčelním kloubu a posunovat tak těžiště těla dorsálně (dozadu), či extenzí v kyčelním kloubu, při které se pohybuje těžiště těla ventrálně (dopředu). Za zmínku stojí také svaly podílející se na everzi a inverzi hlezna, kromě tandemového stoje je však jejich vliv na udržení rovnováhy zanedbatelný (Winter, 1995, s. 198).

Při stoji snožném se uplatňuje „hlezenní“ mechanismus především v anterioposteriorním (předozadním) směru, zatímco „kyčelní“ ve směru laterolaterálním (pravolevým). Tandemový stoj je oproti tomu udržován „kyčelní“ strategií ve směru anterioposteriorním a „hlezenní“ strategií ve směru laterolaterálním.

Anatomicky daná volnost pohybu dolních končetin je do stran podstatně více omezená, což zapříčiňuje, že stranová stabilita je lepší nežli předozadní (Vařeka, 2002, s. 124).

Při vzrůstající nestabilitě dochází nejprve k rozšíření opěrné báze plantární flexí prstců. Později se objeví hra šlach, ukazující na aktivaci lýtkových svalů. Poté se aktivují svaly stehna, trupu a horních končetin (abdukce paží) (Véle, 2006, s. 112).

4.1.2 Dělení stability

Podle Panjabiho rozeznáváme dva typy stability, vnitřní (segmentovou) a vnější (celkovou). Přičemž lze předpokládat, že stabilita vnitřní (stabilita osového orgánu) je základem stability vnější (celkové). Stabilita osového orgánu je bází, z které vychází i účelově řízený pohyb (Véle, Čumpelík, Pavlů, 2001, s. 103).

Na vnitřní stabilizaci se podílí krátké hluboké svaly páteře, dýchací svaly (zejména bránice) a m. transversus abdominis. Vnitřní stabilita musí být sektorově proměnlivá (pružná), tedy aby určité sektory byly schopny stabilizovat svoji polohu, zatímco jiné ji mohly účelově měnit. K tomu je nutné zachovat i volnou pohyblivost páteřních segmentů. Pružná stabilita osového orgánu umožní pocit jistoty v pohybovém chování a má i příznivý vliv na psychiku. Proces zachování pružné stability osového orgánu je tedy základním požadavkem pro posturální funkci a pohybovou jistotu (tamtéž, s. 104).

Vnější stabilizace navazuje na stabilizaci vnitřní. Probíhá v sektorech páteře přesahujících oblast centrální zóny a projevuje se zřetelnými odchylkami od střední zóny (flexe / extenze / lateroflexe trupu). Stabilizace zahrnující větší úseky či celý osový orgán je náročnější než stabilizace segmentová. Proto se na ni podílí delší a silnější svaly působící přes několik segmentů a spojující jednotlivé páteřní sektory a končetiny k osovému orgánu. Tyto svaly se aktivují, jestliže poloha těla není ve středním vyrovnaném postavení (Véle, 2006, s. 110–111).

4.1.3 Faktory ovlivňující stabilitu

Faktory ovlivňující stabilitu rozdělujeme na faktory fyzikální a neurofyziologické.

Fyzikální faktory:

a) Opěrná báze (oporná)

Opěrná báze má tvar lichoběžníku, kde boční strany tvoří laterální hrany nohou, přední delší část spojnice hlaviček metatarsů a zadní kratší část spojnice pat (Véle, 1995, s. 76). Osy nohou se uchylují od střední čáry 15–20 stupňů laterálně (Véle, 2006, s. 184).

Velikost opěrné báze je přímo úměrná stabilitě. Stabilitu můžeme zvýšit rozšířením opěrné plochy ve směru působení zevní síly. Při pohledu na pacienta tedy můžeme usuzovat, jakými mechanismy a jak obtížně stabilitu udržuje.

Opěrnou bázi hodnotíme jako normální, pokud jsou paty vzdáleny od sebe asi o stopu chodidla a špičky svírají úhel 30° (tamtéž, s. 184).

b) Hmotnost a poloha těžiště

Pro udržení stability stoje je důležité, aby průmět těžiště spadal do středu opěrné plochy. Pokud se průmět těžiště přiblíží k okrajům opěrné plochy, její udržení se stává náročnější (Véle, 1995, s. 77). Snížením těžiště a rozšířením opěrné báze se stabilita zvětšuje (Janura, 2007, s. 85).

Stabilita stoje je větší u osob s vyšší hmotností a nižší postavou. U osob s vyšší hmotností je na základě zákona setrvačnosti stabilita větší. Oproti tomu osoby vyššího věku, jež mají těžiště umístěno výše, udržují stabilitu hůře (Véle, 1995, s. 77).

c) Charakter kontaktu těla s opěrnou plochou

K zajištění dobré stability musí noha přilnout k terénu tak, aby byl zajištěn přenos zátěže na podložku přes nožní klouby. Velké nerovnosti terénu mohou vést k přetížení nohy a námaze jejích kloubních pouzder a ligament (tamtéž, s. 77).

d) Postavení a vlastnosti hybných segmentů

Lidské tělo je složené z jednotlivých segmentů a jako takové je staticky stabilní, jestliže těžnice prochází středy jednotlivých segmentů. Pokud některý segment vybočuje jedním směrem, je nutno ho kompenzovat vybočením jiného segmentu na opačnou stranu. Poloha jednotlivých segmentů ovlivňuje tvar a držení těla. Harmonicky vyrovnané segmenty těla umožní rovnoměrné rozložení zátěže a předchází tak mikrotraumatizaci lokálním přetížením (tamtéž, s. 77).

Faktory neurofyziologické:

a) Psychické vlivy a vlivy vnitřního prostředí

Psychika hraje velmi důležitou roli v držení těla i procesu volby vhodného programu k udržení či obnovení posturální stability, hranici přechodu mezi různými strategiemi a využití řízeného pádu. Vliv psychiky se projevuje vědomě i podvědomě. Určitá míra soustředění stabilitu zvyšuje (Vařeka, 2002, s. 126). Oproti tomu strach vede k nadměrnému svalovému napětí a poruše koordinace. Při depresivním ladění psychiky máme tendenci spíše k flekčnímu držení a naopak při stavech elastičného charakteru k extenčnímu držení těla. Podobně se projevují i vlivy vnitřního prostředí (chorobné stavy) (Véle, 1995, s. 78).

b) Programy nastavující excitabilitu

Faktory nastavující excitabilitu souvisí se stavem připravenosti nebo stavem odpočinku na základě současného stavu organismu a vnějšího prostředí (Véle, 1995, s. 78).

c) Spouštějící pohybové programy

Tyto procesy jsou závislé na výchozí poloze a dění ve vnějším prostředí, jež určí výběr a okamžik spuštění pohybového programu (tamtéž, s. 78).

d) Zpětnovazebné programy

Zpětnovazebné procesy průběžně řídí posturu na základě proprioceptivní a exteroceptivní signalizace.

Proprioceptivní orgány, poskytující informace o postavení jednotlivých segmentů, zahrnují receptory ve svalech, šlachách, kloubních pouzdrech a ligamentech. Jsou součástí zpětnovazebných procesů, jimiž se daná poloha udržuje podle předem zvoleného programu.

Velmi důležitá je aference optická a akustická. Telereceptory umožňují krátkodobé předvídání situace, a tím včasnou předvolbu vhodného posturálního programu (Véle, 1995, s. 78).

4.2 Posturografie

Posturografie je moderní laboratorní vyšetřovací metoda používaná k měření posturální stability spontánních pohybů těla (Grohlichová et al., 2000, s. 152). V řadě lékařských oborů slouží jako klinická metoda kvantifikace nestability při různých poruchách, následkem zranění, nemocí apod. (Nováková, Tichý, Ťupa, 2001, s. 65). Poskytuje nám cenná data zejména při vyšetření stability ve stoji, umožňuje objektivizovat nálezy a využít získané poznatky ke zlepšení koordinace v rámci rehabilitačních cvičení (Velická, Slováčková, Tošnerová, 2000, s. 57).

Posturografie analyzuje odchylky lidského těžiště. Umožňuje zachytit stupeň celkové funkčnosti i každé části, která se podílí na udržování vzpřímené polohy těla (Argo, 2008). Tato technika umožňuje určit správnou kombinaci výcviku svalové aktivity, koordinace, odlehčení, zátěže a sledovat všechny obdržené hodnoty v čase u jednoho jedince, mezi jedinci a porovnávat se standarty (Tošnerová, Hvězdová, Miláček, 2004, s. 121).

Posturografie je metodou známou již od 50. let 20. stol., ovšem její rozvoj v klinické praxi umožnilo až rozšíření osobních počítačů, jež usnadnily zpracování výsledných hodnot (Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993, s. 190). V dnešní době je využívána v několika oblastech, kromě rehabilitace je aplikována v neurologii, v pracovním lékařství, ve sportu, v protialkoholních i protidrogových střediscích (Valová, Chalupová, Tlapáková, 1996, s. 87). Mezi její hlavní výhody patří neinvazivnost, poměrně krátká doba vyšetření a možnost objektivního sledování vývoje pacienta (Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993, s. 190).

V rehabilitaci je posturografie využívána nejen v diagnostice, ale také při terapeutickému cvičení. Zde se pracuje s metodou využívající optickou zpětnou vazbu (biofeedback) (Valová, Chalupová, Tlapáková, 1996, s. 87). Biofeedback je samostatnou oblastí v rámci posturografie. Principem této metody je vznik elektronické zpětné vazby pomáhající ovlivnit funkce organismu. Biologickou složku metody tvoří aktivní přístup jedince, jenž se snaží ovlivnit přístrojem zaznamenanou funkci. Hodnota zaznamenaná přístrojem je demonstrována pacientovi. Dochází tak k zpětnovazebné kontrole pohybu průmětu těžiště na monitoru, který pacient sleduje. Úkolem pacienta je následně změnit znázorněné hodnoty (Votava, 1983, s. 168).

Podle Hamanna a Krausena (1990, s. 298) závisí úspěch tréninku pomocí biofeedbacku především na pacientově vnímavosti k zrakové a vestibulární interakci.

4.2.1 Dělení posturografie

4.2.1.1 Statická

Cílem statické posturografie je změřit parametry Rhombergova stoje I, II (s otevřenými očima při zúžené bázi), III (s uzavřenými očima při zúžené bázi), případně ještě stoj na jedné dolní končetině. Během vyšetření se pacient postaví na měřicí tenzometrickou desku, zaujme výchozí polohu a snaží se po 20 sekund udržet klidný vzpřímený stoj. Následně dochází k rekonstrukci pohybu průmětu pacientova těžiště na monitoru (Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993, s. 190). Vyšetřující sleduje titubace, jejich rychlost a velikost plochy, kterou pacient vytvoří svým těžištěm.

K vyšetření slouží čtvercová plošina se senzory v rozích. Rozdíly tenze v jednotlivých rozích jsou hodnoceny v krátkých časových intervalech (20 ms) jako vektory v osmi základních směrech. Součet velikostí těchto vektorů za 1 sec je definován jako dráha (Way) v cm. Dále hodnotíme plochu (Area) v cm^2 a Rhombergův kvocient. Důležité je porovnání laterální a anterioposterioní složky vektoru, které udávají směr výchylek těla. Složka vektoru promítající se na osu x je popisována jako laterolaterální výchylka (L), složka vektoru orientovaná ve směru osy y jako anterioposterioní výchylka (AP) (tamtéž, s. 190).

4.2.1.2 Dynamická

Dynamická posturografie byla vyvinuta k zvýšení senzitivity testu (Baloh et al, 2008, s. 649). Principem této metody je zaznamenávání pohybu COP, jeho zrychlení, velikost dráhy a plochy, kterou vytvoří vyšetřovaný svým pohybem v definovaném čase (Hahn, 2004 in Procházková, 2008, s. 10).

Základem této metody je zpětná vazba – biofeedback. Během tohoto testu se pacient snaží bodem představujícím jeho těžiště zasáhnout předem stanovené body na ploše monitoru. Rehabilitační vzory (postupy) si uživatel definuje podle svých požadavků, jejich počet není omezen. Zadané cílové body je možné opakovat až 999 x (Caretta, 2008).

4.2.2 Základní pojmy

4.2.2.1 Posturální stabilita, rovnováha a balance, postura, atituda

Posturální stabilita je schopnost zajistit vzpřímené držení těla, reagovat na změny zevních a vnitřní sil a zabránit tak nezamýšlenému či neřízenému pádu (Vařeka, 2002, s. 116).

Stabilita je nejčastěji hodnocena parametry celkové dráhy těžiště těla, rychlostí vyrovnávání výchylek a celkovou plochou stabilogramu (viz dále). Naopak hodnocení rozsahu výkyvu těžiště je velmi problematické vzhledem k jeho značné variabilitě (Nováková, Tichý, Ťupa, 2001, s. 67).

Jako rovnováha (balance) se označuje soubor statických i dynamických strategií k zajištění posturální stability (zahrnují neustálé přizpůsobování svalové aktivity a polohy kloubů funkčním požadavkům k udržení těla nad opěrnou bází) (Janura, 2007, s. 86).

Posturu definujeme jako držení segmentů těla proti působení zevních sil (nejvíce tíhové síly). Toto držení je řízené z CNS podle určitého programu a realizované anatomicky definovaným pohybovým systémem při respektování biomechanických principů. K provedení optimálního pohybu je důležité zaujmout nejdříve optimální posturu. Ta je základní podmínkou jakéhokoliv cíleného pohybu, tedy nejen stoje, ale i sedu, chůze a dalších způsobů aktivní lokomoce (Vařeka, 2002, s. 116).

Atituda je nastavení postury tak, aby bylo možné provést plánovaný pohyb (tamtéž, s. 116).

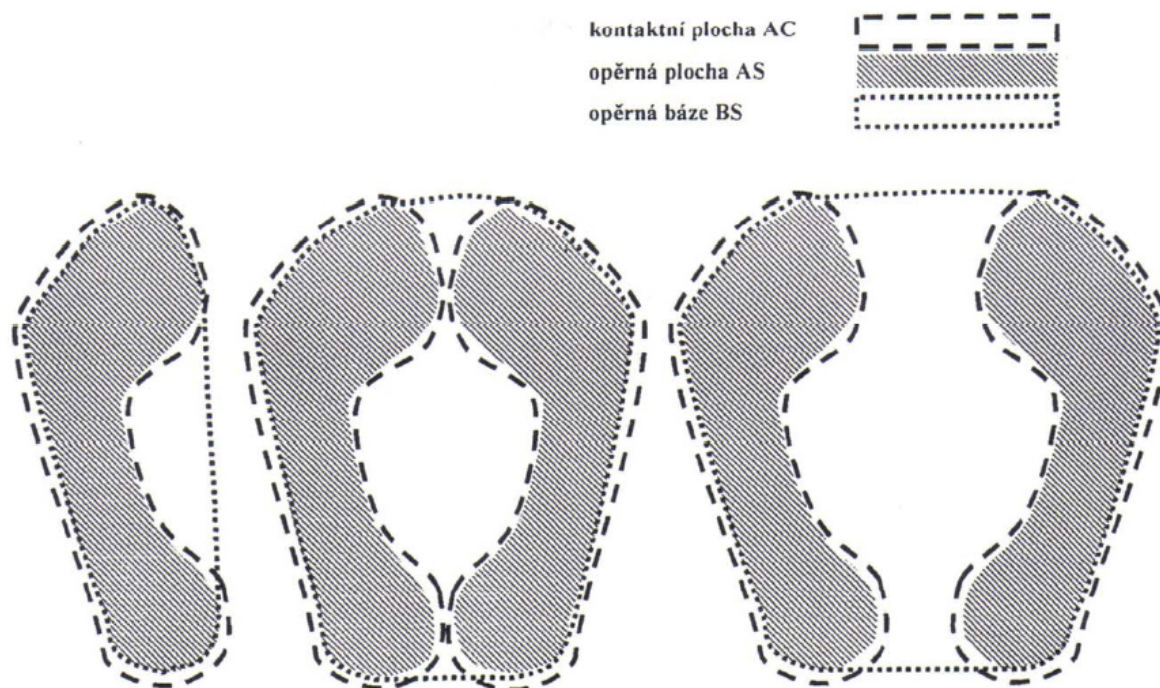
4.2.2.2 Opěrná plocha (Area of Support, AS), Opěrná báze (Base of Support, BS), Kontaktní plocha (area of Contact, AC)

Opěrná plocha je část podložky v kontaktu s lidským tělem (Vařeka, 1999, s. 84). Jedná se pouze o část plochy v kontaktu, jež je aktuálně využita k vytvoření opěrné báze, neboť celou plochu kontaktu nelze použít k aktivní opoře a kontrole posturální stability (Vařeka, 2002, s. 116).

Opěrná báze vznikne spojením krajních bodů opěrné plochy (Janura, 2007, s. 84). Je to tedy celá plocha ohraničená nejvzdálenějšími hranicemi kontaktní plochy. Báze má tvar lichoběžníku, kde zadní stranu tvoří spojnice pat, boční strany laterální hrany nohou a přední stranu spojnice hlaviček metatarzů. Osy nohou se uchylují od střední čáry 15–20 stupňů laterálně. Přibližně do středu této opěrné báze se promítá těžiště těla. Opěrnou bází hodnotíme jako normální, pokud jsou paty vzdáleny od sebe asi o stopu chodidla a špičky

svírají úhel 30°. Čím širší BS zaujímá vyšetřovaný, tím obtížněji udržuje stoj (Véle, 2006, s. 184).

Obr. 1 Vztah mezi opěrnou plochou a opěrnou bází



Zdroj: Vařeka, 2002, s. 117

Podmínkou stability ve statické poloze je neustálý průmět těžiště do BS, nemusí se však nacházet v AS. Jinými slovy se do BS musí promítat vektor tíhové síly, avšak nemusí směřovat do AS (Vařeka, 1999, s. 84). Při dynamické činnosti jakou je např. lokomoce, může těžnice směřovat mimo cyklicky se měnící BS. Např. při dvouoporové fázi chůze se může celkové Centre of Pressure (viz dále) nacházet mimo BS. Výslednice vnějších sil může tedy v určitých fázích lokomoce směřovat mimo BS, ale BS musí být cíleně zajištěna tak, aby do ní výslednice vnějších sil vzápětí opět směřovala (Vařeka, 2002, s. 120–121).

Míra lability je dána velikostí práce, nutné k překročení těžnice hranice opěrné báze (Dvořák et al., 2000, s. 103).

4.2.2.3 Centre of Mass (COM), Centre of Gravity (COG), Centre of Pressure (COP)

Centre of Mass (těžiště)

Centre of Mass je hypotetický „hmotný bod“, v němž je shromážděna hmotnost celého těla v globálním vztažném systému. Vertikální projekce COM na podložku je nazývána Centre of Gravity (Winter, 1995, s. 194).

Centre of Gravity

Centre of Gravity je průmět společného těžiště těla do roviny opěrné báze. Má tedy význam pouze ve vztahu k BS. Ve statické poloze se vždy nachází v opěrné bázi (Vařeka, 2002, s. 117). V běžných situacích bývají výchylky COG menší než změny COP (Grohlichová et al., 2000, s. 152).

Centre of Pressure

Centre of Pressure je působiště vektoru reakční síly podložky. Jeho polohu vypočítáme dvojím způsobem, jednak z hodnot reakční síly naměřených v rozích silové (stabilometrické) plošiny, nebo jako vážený průměr všech tlaků snímaných senzory přímo z opěrné plochy. COP tedy představuje vážený průměr všech tlaků působících na podložku v kontaktu s povrchem (Vařeka, 2002, s. 117).

Jestliže spočívají obě chodidla na podložce, leží čistý COP někde mezi těmito chodidly v závislosti na relativní váze nesené každým z nich (Winter, 1995, s. 194). Polohu COP ovlivňuje nejen umístění těžiště, ale i adaptační mechanismy zejména v kotnících a kyčlích (Grohlichová et al., 2000, s. 152). Jako příklad můžeme uvést zvýšenou aktivitu plantárních flexorů posunující COP dopředu či invertorů nohy vychylující COP laterálně. Vždy je ovšem tato svalová aktivita řízena CNS tak, aby se COG nacházelo v BS (Vařeka, 2002, s. 118).

Křivka pohybu COP je přímo úměrná stabilizační schopnosti posturálního systému. Čím hůře vyšetřovaný rovnováhu udržuje, tím větší bude amplitudový rozkmit průmětu COP (Grohlichová et al., 2000, s. 152)

Podle Vařeky (2002, s. 118) odráží změny polohy COP v klidném stoji neustálou řídicí činnost CNS. U zdravých jedinců dosahují maximální volní výchylky COP 80 % předozadní délky i laterální šířky plochy kontaktu.

Při měření dvěma silovými plošinami můžeme stanovit COP pro každou nohu zvlášť a sledovat jejich vzájemné vztahy, při použití jedné plošiny stanovíme pouze celkové COP_{NET} (tamtéž, s. 127).

4.2.2.4 Way (dráha), Area (plocha), Rombergův kvocient, Anterioposteriorní (AP) a Laterolaterální (L) výchylka

Jako Way je označován součet velikostí vektorů v osmi základních směrech za 1 sec. Jednotkou dráhy je cm (Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993, s. 190).

Podle Lejska (1998) je Area vyjádřením celkové plochy, kterou opíše těžiště těla za celou dobu měření. Jednotkou této veličiny je cm^2 (Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993, s. 190).

Rombergův kvocient vypovídá o vizuální stabilizaci stoje. Vypočítá se jako poměr hodnot dráhy a plochy při otevřených očích ku dráze a ploše při očích zavřených (tamtéž, s. 190).

Rombergův kvocient v normálním rozsahu hodnot má vrchol nad 0,5 v obou kategoriích (dráha, plocha). Pokles poměru pod 0,5 je výrazem periferního typu nejistoty, pokles pod 0,3 pak ukazuje na propioceptivní poruchu. Centrální postižení zvyšuje Rombergův kvocient nad průměrné hodnoty až nad 0,9. Významným faktorem je také vzájemné porovnání obou typů poměrů, přičemž pro periferní typ poruchy je závazné, že Rombergův poměr dráhy je větší než Rombergův poměr plochy (Lejska, 1998).

Nález zvýšené balance je u pacientů s poruchou rovnováhy samozřejmostí. Na druhé straně ani nález normální velikosti balance nemůže vyloučit periferní typ poruchy, protože tato je kryta centrálními kompenzačními mechanismy (Norré in Lejska, 1998).

Anterioposteriorní výchylka je změna Centra of Pressure ve směru osy y .

Laterolaterální výchylka udává změnu polohy COP v horizontálním směru, tedy ve směru osy x .

U normálního jedince mírně převažuje rozptyl v předozadním směru nad směrem pravo-levým, tento poměr nepřesahuje 10 %. Výsledkem je následně symetrická růžice vektorů, kde nejdelším vektorem je vektor AP (Lejska, 1998).

4.2.3 Popis použitého přístroje

V rámci této bakalářské práce jsem pracovala s počítačovým posturografem STP 03. Přístroj je vyráběn i vyvinut v České republice. Umožňuje zobrazit pohyby těžiště na monitoru v reálném čase. Jeho využití je široké, spočívá především v diagnostice, např. v ORL, klinické neurologii, v léčbě v klinické medicíně či rehabilitaci. Dále v aktivním tréninku při léčení a rehabilitaci rovnovážných poruch a v koordinačních testech (Caretta, 2008).

Tento přístroj se skládá ze snímací tlakové plošiny tvaru čtverce o rozměrech 420x420x65 mm a počítače, jež je schopen údaje převádět na měřené hodnoty (viz příloha A, obr. 4). Hmotnost plošiny je 17,5 kg a její možné zatížení je 15 až 150 kg (Caretta, 2008).

Senzory umístěné v rozích snímací plošiny umožňují zachycení rozdílů tenze a jejich další hodnocení (Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993, s. 190). Výstupní analogový signál je zpracován přes A/D převodník. Plošina je od počítače galvanicky oddělena pomocí optického členu v kabelu, komunikace mezi počítačem a senzory je pak umožněna řídicím procesorem (Caretta, 2008; Bendová, 2005 in Procházková 2008).

Během provádění motorických úkonů zaznamenává plošina síly působící mezi subjektem a jejím povrchem. Měří přesun tlaku chodidla na podložku a na druhé straně rovněž proti – sílu plošiny samotné. V praxi umožňuje vypočítat COP, z něhož je možné vyvodit aktuální těžiště těla (Argo, 2008).

Doba měření je volitelná, může trvat až 120 sekund. Po skončení měření se vypočítá automaticky průměrná hodnota polohy těžiště a vůči tomuto bodu se vystředí naměřená trajektorie (Caretta, 2008).

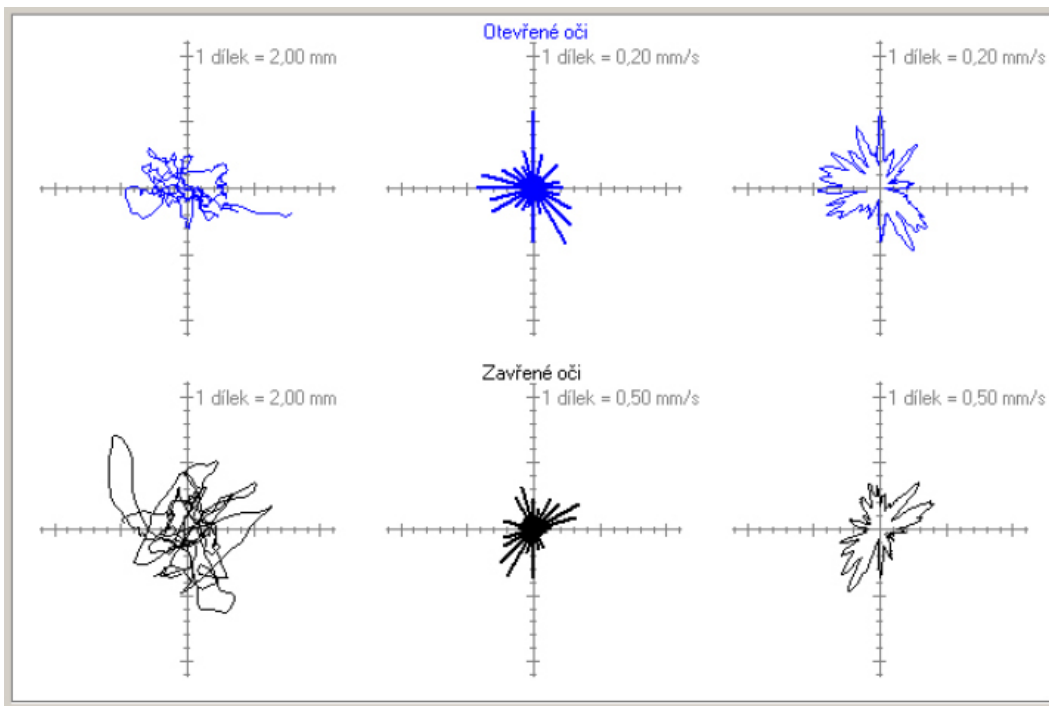
Údaje o pacientovi a uskutečněných měřeních se automaticky ukládají do databázi formátu Paradox. Získané údaje můžeme vyhodnotit metodami SQL dotazů (tamtéž, 2008).

4.2.4 Záznam měření

Výsledkem záznamu měření je statokinesiogram (viz obr. 2) či stabilogram (viz obr. 3). Statokinesiogram vyjadřuje pohyb COP v horizontální rovině (Argo, 2008). Výchylky těla v laterálním směru jsou zaznamenávány na horizontální ose x , ve směru vertikální osy y je orientovaná anteroposteriorní výchylka (Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993, s. 72).

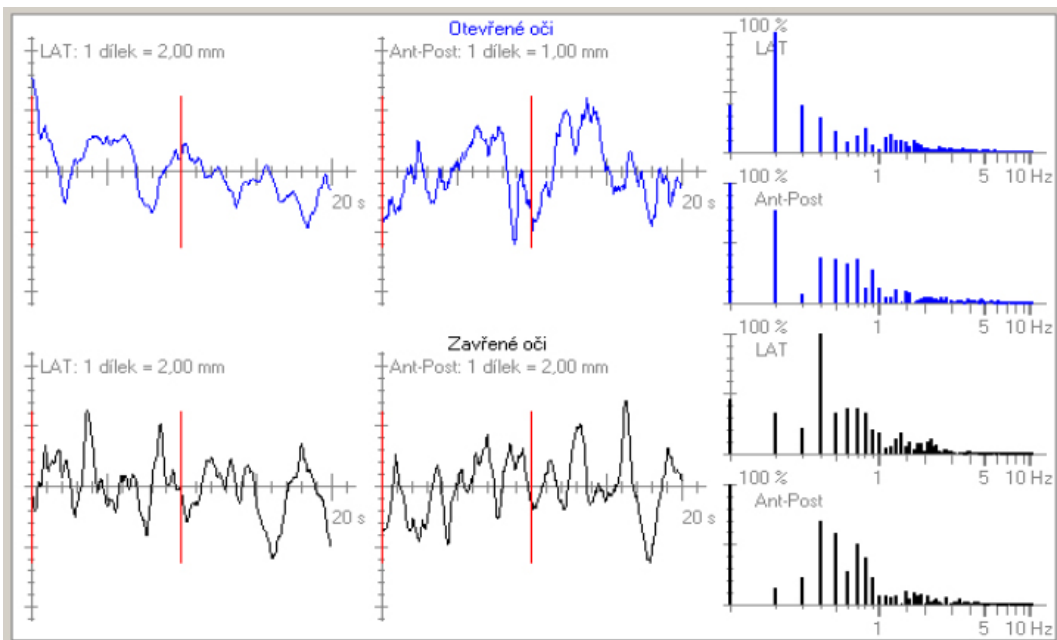
Stabilogram vyjadřuje výchylky těla ve stojící poloze v jednom směru (laterálním/anteroposteriorním) zaznamenané jako funkce času (Valová, Chalupová, Tlapáková, 1996, s. 28).

Obr. 2 Statokinesiogramy



Zdroj: Caretta, 2008

Obr. 3 Stabilogramy



Zdroj: Caretta, 2008

4.3 Footscan

System Footscan® od firmy RSscan International slouží k analýze rozložení tlaku chodidel na podložku při stožení, chůzi i běhu (Prchal, 2006 in Procházková, 2008, s. 26).

4.3.1 Popis přístroje

Tento přístroj se skládá ze snímací tlakové plošiny (viz příloha A, obr. 5) a obslužného analytického softwaru (Prchal, 2006 in Procházková, 2008, s. 26). V rámci mé bakalářské práce jsem pracovala s plošinou o délce 2 m.

Deska obsahuje 4 snímače tlaku na cm^2 plochy, tedy v případě dvoumetrové desky se jedná o 16384 senzorů (RSscan International, 2009). Snímače jsou pokryty gelem na bázi polymeru. Celá deska funguje na fyzikálním principu piezoelektrického jevu, kdy dochází ke změně napětí jako reakci na mechanické zatížení (Prchal, 2006 in Procházková, 2008, s. 26).

Footscan umožňuje měření a analýzu statického i dynamického zatížení v rozmezí $0,7 \text{ N/cm}^2$ do 155 N/cm^2 . Je tedy stejně přesný při vyšetření malých dětí i seniorů (RSscan International, 2009).

System poskytuje možnost nastavení doby trvání testu stability od 2 do 1000 sekund i zpoždění mezi prvním kontaktem s deskou a začátkem záznamu dat (Preditest, 2006). Před samotným měřením je ovšem třeba zadat kromě základních údajů o pacientovi i jeho hmotnost. Po ukončení měření vyšetření stoje zobrazí software parametry jako těžiště těla během celkové doby měření, celkovou dráhu, její minimum, maximum a rozdíl na ose x , y . Výsledkem je rovněž záznam dynamického tlaku pod chodidly během celkové doby měření (tamtéž). Zatížení jednotlivých částí chodidla je vyjádřeno procentuálně a graficky barevnou škálou odpovídající danému tlaku (viz příloha A, obr. 6).

Při analýze chůze či běhu získáme data o průběhu chůze a centra tlaku (COP) i zobrazení dynamických tlaků během pohybu. System automaticky rozlišuje pravou a levou dolní končetinu (Preditest, 2006).

Pomocí tohoto přístroje můžeme také trénovat rovnováhu a opakovaním sledovat pacientovi pokroky. V tomto případě se pacient pokouší sledovat svým těžištěm nakreslenou dráhu. Během kreslení dráhy si můžeme určit dobu, rychlost a obtížnost (tamtéž).

4.4 Statická stabilometrická plošina Nintendo Wii (Wii Balance Board)

Třetím přístrojem, se kterým jsem v rámci výzkumu pracovala, byla statická plošina Nintendo Wii. Jedná se o komerční přístroj, jež je prodáván jako příslušenství k herní konzoli Nintendo Wii Fit (Mužík et al, 2008, s 13–14).

Podložka Wii Balance Board je unikátní herní příslušenství nabízející velké možnosti využití, ať již v oblasti zábavy, či v rámci tréninkového programu (cvičení na držení těla a rovnováhy, posilování, jóga, apod.). Například cvičební program zaměřený na rovnováhu obsahuje sadu her, jako chůze po laně, skoky na lyžích či lyžařský slalom, jež umožňují její trénink a zlepšení držení těla (Wii Fit, 2008, s. 14). Program poskytuje vyšetřovanému informace ohledně jeho rovnováhy a radí, jak ji zlepšit (Nintendo, 2008).

4.4.1 Popis přístroje

Jedná se o bezdrátové zařízení určené k umístění na podlahu před televizní obrazovku, k němuž je připojena herní konzole Nintendo Wii (viz příloha A, obr. 4). Z bezpečnostních důvodů a zabránění poškození snímačů by měla být podložka položena na rovném, pevném, neklouzajícím povrchu. Podložka je napájena tužkovými bateriemi (Wii Fit, 2008, s. 14). Její možné maximální zatížení je 150 kg, přičemž podle dostupných informací vydrží tlak až 300 kg (Wiičko, 2009).

Plocha celého zařízení je vybavena tlakovými senzory, které registrují pohyb vyšetřovaného a přenášejí ho na obrazovku. Propojení plošiny a počítače je umožněno prostřednictvím Bluetooth zařízení. Wii Balance Board je schopna následně určit těžiště těla, zatížení končetin, váhu a schopnost udržet rovnováhu. Dále může na základě těchto hodnot vypočítat index tělesné hmotnosti BMI (Wii Fit, 2008, s. 14).

4.5 Dynamická stabilometrická plošina

Dynamická stabilometrická plošina nebyla dosud v rehabilitaci používána. V této práci jsme se původně chtěly zaměřit na její možný přínos v diagnostice v rámci rehabilitační praxe a na možnosti budoucího využití. Z technických a časových důvodů ovšem nebylo možné ji zprovoznit, a tak se tedy omezíme pouze na její popis. Vlastní téma týkající se dynamické stabilometrické desky by mohlo být námětem některé další práce.

4.5.1 Popis přístroje

Tento přístroj se skládá z plošiny tvaru obdélníku a počítače. Veličiny jsou měřeny plošinou a následně poté pomocí wifi posílány do počítače.

Modul pro řízení stabilometrické plošiny plní dvě základní funkce. Jednou z nich je řízení náklonu plošiny a druhou snímání zatížení 4 tenzometrů umístěných v rozích pohyblivé desky. Senzory uvnitř dynamické stabilometrické plošiny tedy umožňují zachycení rozdílů tenze v jednotlivých rozích a následné vyvození pohybu těžiště jak při statické tak dynamické činnosti (Mužík et al, 2008, s. 9).

Rozsah úhlu náklonu plošiny je ± 20 stupňů. Požadovaná hodnota naklonění plošiny je generována modulem pro řízení polohy plošiny, následně je předána hlavní aplikaci a nakonec modulu pro řízení náklonu plošiny. Vlastní řízení polohy je prováděno časovačem (Timer). Perioda odesílání dat je nastavitelná (tamtéž, s. 9–10).

Sama plošina neobsahuje mechanismus pro nastavování pozice, aplikace tedy obsahuje implementovaný PD regulátor. Požadovaná cílová pozice počítaná na základě požadovaného časového průběhu je porovnávána s pozicí snímanou potenciometrem. Rozdíl mezi těmito dvěma pozicemi slouží k výpočtu kroku minimalizujícímu odchylky (tamtéž, s. 10).

Doba pohybu plošiny je nastavitelná v ovládacím programu a je možné ji případně ukončit dříve stisknutím tlačítka Konec (tamtéž, s. 10).

Do PC jsou posílány hodnoty zatížení jednotlivých tenzometrů, hodnota okamžitého náklonu a stav koncových bezpečnostních spínačů. Měření se zaznamenává do grafu. Výsledný graf zobrazuje průběh zatížení plošiny pacientem. Současně jsou měřené veličiny ukládány do formátů souborů pro další zpracování (.CSV, .D, .EDF, .BDF, .GDF) (tamtéž, s. 10–11).

4.5.2 ZigBee akcelometry

K systému dynamické stabilometrické plošiny mohou být ještě připojeny miniaturní ZSTAR3 akcelometry firmy Freescale semiconductors (Mužík et al, 2008, s. 13). Ty by mohly případně přinést další množství dat použitelných ke kvantifikaci stavu pacienta a úspěšnosti rehabilitace.

V medicíně se akcelometry využívají k monitorování pohybové aktivity většinou lokomočního charakteru v prostoru. Výsledky práce Žujové a Vařeky (2003, s. 109–111) ukazují, že jsou tyto přístroje schopné zaznamenat výchylky těla při chůzi na místě i rozdíly mezi stabilní a nestabilní plošinou (např. posturomed). Pomocí akcelometrů (v práci Žujové a Vařeky použit akcelometr TricTrac-R3D) je možné monitorovat posturální náročnost vybraných situací bez lokomočního charakteru. Sami autoři uvažují o dalším výzkumu zaměřeném na přesnější detekci změn polohy těžiště těla pomocí akcelometrů.

Principem funkce akcelometrů je snímání zrychlení prostřednictvím vestavěného piezoelektrického krystalu. Piezoelektrický krystal je schopen převádět pohybové zrychlení na frekvenci elektrických impulzů prostřednictvím vlastní mechanické deformace (tamtéž, s. 109).

ZSTAR moduly s akcelometry obsahují 3 osé akcelometry a procesor, miniaturní knoflíkovou lithiovou baterii a komunikační rozhraní ZigBee (viz příloha A, obr. 5). Akcelometry se připevní na část těla, jejichž výchylky chceme sledovat. Komunikace s akcelometry probíhá pomocí rozhraní USB. Tyto moduly samy nepošílají informace o snímané hodnotě, ale odesílají je na vyžádání (z důvodu úspory energie) (Mužík et al., 2008, s. 13–14).

5. PRAKTICKÁ ČÁST

5.1 Metodologie

5.1.1 Metodologie měření

K měření jsme vybraly skupinu 15 osob ve věku 21 až 30 let. Ve většině případů se jednalo o studenty/studentky 3. ročníku fyzioterapie na 1. lékařské fakultě UK a tomu odpovídá i složení skupiny. Tuto skupinu tvořili tři muži a dvanáct žen bez neurologických či jiných objektivních nálezů, omezujících je v běžných denních činnostech. Těmto osobám nebylo diagnostikováno poškození pohybového aparátu, netrpí bolestmi a nejsou tedy z tohoto hlediska ani léčeny.

Vyšetření probíhalo ve stejný den v klidné místnosti tak, aby byl omezen rušivý vliv zevních podnětů a zajištěny shodné podmínky pro všechna měření. Před samotným měřením jsem instruovala vyšetřované osoby o průběhu vyšetření a následně je změřila na plošině Posturograf STP-03, poté Nintendo Wii a nakonec Footscan.

Na začátku každého měření zaujala vyšetřovaná osoba výchozí polohu, tedy vzpřímený stoj naboso s chodidly vzdálenými na šířku pánve a horními končetinami podél těla (stoj I). V rámci této polohy se snaží vyšetřovaná osoba očima fixovat bod před sebou tak, aby její pohled směřoval vodorovně. Chodidla jsou umístěna rovnoběžně na vyznačených místech měřicí plošiny (netýká se Footscanu). Během měření trvajících 20 sekund v případě Posturografu STP-03, Nintendo Wii a 10 sekund v případě Footscanu se snaží vyšetřovaná osoba udržet vzpřímený stoj. Kromě stoje I jsem vyšetřovala všechny varianty stoje podle Romberga.

Vyšetřované varianty stoje:

Stoj I – normální stoj se zrakovou kontrolou

Stoj IZO – normální stoj bez zrakové kontroly

Stoj II – stoj o úzké bázi se zrakovou kontrolou

Stoj III – stoj o úzké bázi bez zrakové kontroly

5.1.2 Metodologie zpracování dat

Na základě dat naměřených plošinami jsem hodnotila dráhu, plochu, anterioposteriorní výchylku, laterolaterální výchylku, Rombergův kvocient dráhy a plochy.

Další možností, poskytující plošiny Nintendo Wii a Footscan, je hodnocení procentuálního zatížení dolních končetin při stožení. Vzhledem k nedostatečné možnosti objektivního srovnání naměřených dat jsem se ovšem touto tematikou podrobněji nezabývala a pouze ji zde zmiňuji (viz níže).

Přístroji naměřené hodnoty, použité následně pro výpočet porovnávaných parametrů a tvorbu grafů, jsou uvedeny v příloze B.

a) Posturograf STP-O3

Při měření plošinou posturograf jsou výše zmíněné parametry generovány automaticky a ukládány do databáze formátu Paradox. Tato databáze je přehledně členěna do několika tabulek (textových souborů), v nich jsou zaznamenány údaje o pacientovi, diagnostika i terapie. Identifikace v rámci databáze je zprostředkována prostřednictvím rodného čísla, případně dne měření. V mém případě jsem pracovala s tabulkami *data* a *měření*. Složka *data* obsahuje údaje o poloze těžiště těla vyjádřené pomocí souřadnic na ose x a y . Jeho hodnota je zaznamenána během měření 499x. Do složky měření se zaznamenávají již zpracované parametry: Way, Area, Rombergův kvocient Way a Arey, poměr anterioposteriorních a laterolaterální výchylek.

Počítačem zpracované statokinesiogramy, stabilogramy, anterioposteriorní a laterolaterální výchylky jsou přístupné pouze v rámci softwaru, který vyhodnocuje naměřená data, a tedy do tabulky měření (databáze) se neukládají.

Celou databázi jsem exportovala nejprve do poznámkového bloku a následně do programu excel. Dále jsem z ní vybrala příslušnou skupinu osob a doplnila případně žádané parametry. Z důvodu měření v čase jsou sledované parametry vyjádřeny přístrojem v cm/s a cm^2/s . V rámci sjednocení dat jsem tedy tyto údaje vynásobila 20, a tím odstranila časovou komponentu.

b) Nintendo Wii

Plošina zaznamenává okamžitou polohu těžiště těla. Systém je naprogramován tak, aby se získané hodnoty ukládaly do samostatných souborů. U Nintendo Wii získáme údaje o maximální, minimální výchylce těla, procentuálním zatížení plosek nohy a grafické znázornění pohybu těžiště. Tyto parametry se zobrazují pouze během měření, nejsou následně nikde zálohovány pro další zpracování.

Jediné hodnoty, se kterými jsem disponovala po skončení měření, byly hodnoty udávající polohu těžiště na ose x a y . Z nich jsem podle jednoduchých vzorců dopočítala potřebné parametry. V případě vyjádření dráhy jsem se obrátila na firmu vyrábějící

Posturograf STP-03 (Caretta s. r. o.), jež mi požadovaný vzorec poskytl. Jeho přesné znění je uvedeno níže.

c) Footscan

System Footscan umožňuje oproti předchozím přístrojům vyšetření chůze. Ze sledovaných parametrů vyhodnocuje software pouze údaj o dráze trajektorie těžiště. Tento parametr je generován automaticky, data použitá k jeho výpočtu nejsou ukládána do žádného souboru. Na základě chybějících dat nebylo možné porovnávat ostatní parametry, omezíme se tedy u tohoto přístroje pouze na hodnocení celkové dráhy.

Dále můžeme prostřednictvím tohoto přístroje sledovat průběh zatížení dolních končetin při stoji během celého měření. Zaznamenané hodnoty jsou vyjádřeny procentuálně a graficky. Stejně jako v předchozím případě můžeme s těmito záznamy pracovat pouze v rámci daného softwaru.

5.1.3 Výpočet parametrů

a) Way

Parametr Way se vypočítá jako délka trajektorie v cm, kterou opíše těžiště těla za celou dobu měření.

Vzorec pro výpočet:

$$\text{Way} = \sum_{i=1..n} (\text{ODMOCNINA}(\text{POWER}((y_{i+1}-y_i);2)+\text{POWER}((x_{i+1}-x_i);2)))$$

b) Area

Area udává celkovou plochu, kterou opíše těžiště těla za dobu měření. Jednotkou tohoto parametru je cm^2 .

Vzorec pro výpočet:

Následující vzorec nám poskytl firma Caretta s. r. o.

```
for i:=1 to pocVzor-1 do begin
  a:=a+(abs(((AMdta[kr,2,i+1]-ys)*(AMdta[kr,1,i]-xs))
  -((AMdta[kr,2,i]-ys)*(AMdta[kr,1,i+1]-xs)))/2);
end;
a:=a/(100*tm.krokMereni[kr].doba); //prevod na cm2 za sekundu
```

Zdroj: Caretta

V našem případě jsme pracovaly v programu excel, vzorec uvedený výše jsme upravily do následující podoby:

$$\text{Area} = \sum_{i=1..n} (\text{ABS}(((y_{i+1}-y_s)*(x_i-x_s))-((y_i-y_s)*(x_{i+1}-x_s)))/2)$$

c) Romberg Way

Rombergův kvocient pro dráhu vyjadřuje poměr dráhy při otevřených a zavřených očích.

Vzorec pro výpočet:

$$\text{Way I / Way IZO}$$

d) Romberg Area

Rombergův kvocient pro plochu vyjadřuje poměr plochy při otevřených a zavřených očích.

Vzorec pro výpočet:

$$\text{Area I / Area II}$$

e) AP – Anteriposteriorní výchylka

Anteriposteriorní výchylka je změna těžiště těla ve směru osy y .

Vzorec pro výpočet:

$$\sum_{i=1..n} (\text{ABS}(y_i - y_{i+1}))$$

f) L – Laterolaterální výchylka

Laterolaterální výchylka udává změnu polohy těžiště těla v horizontálním směru, tedy ve směru osy x .

Vzorec pro výpočet:

$$\sum_{i=1..n} (\text{ABS}(x_i - x_{i+1}))$$

g) APL – Poměr anteriposteriorní a laterolaterální výchylky

Vzorec pro výpočet:

$$\text{AP/L}$$

5.1.4 Zpracování grafů a tabulek

a) Ukázka parametrů u vyšetřované osoby č. 9

K ukázce parametrů byla náhodně vybrána jedna vyšetřovaná osoba. Na jejím případě ukážeme vývoj vyšetření u jednotlivých parametrů a podobnost naměřených hodnoty u obou přístrojů.

b) Srovnání sledovaných parametrů u jednotlivých přístrojů

V této kapitole se nachází 7 grafů, zpracovaných podle sledovaných parametrů a vyšetřených variant stoje. Grafy obsahují střední hodnoty naměřené u 15 vyšetřovaných osob. Funkce medián byla zvolena z důvodu odstranění případných výchylek, jež by mohly celkové hodnocení zkreslit, a tedy větší přesnosti než v případě průměru.

c) Základní statistika

Při zpracování statistických údajů jsem se obrátila na Ing. Alenu Dohnalovou pracující jako vědecký pracovník na Fyziologickém ústavu Univerzity Karlovy.

Pro testování mezi přístroji byl použit Wilcoxonův test. Jedná se o neparametrický test pro dva závislé výběry.

5.2 Výsledky měření

5.2.1 Ukázka parametrů u vyšetřované osoby č. 9

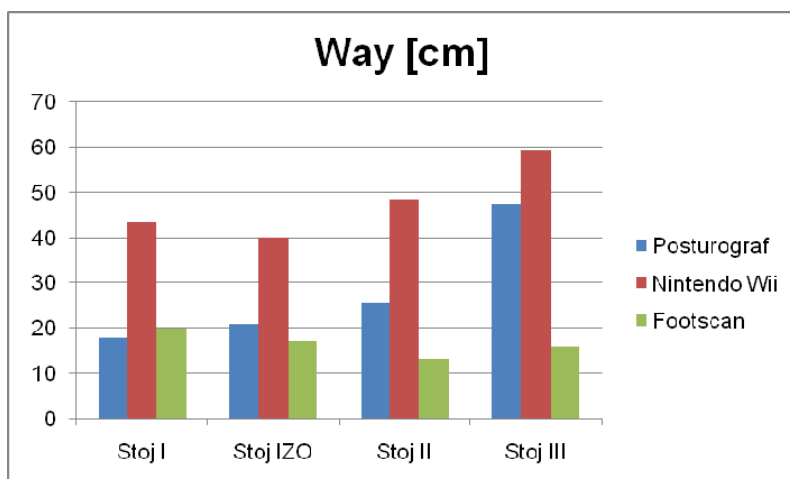
Následující grafy ukazují průběh měření u osoby č. 9, jedná se o ženu ve věku 23 let. Pro každý parametr je vypracován zvláštní graf. V něm se zaměřujeme na porovnání jednotlivých přístrojů, podobnost naměřených hodnot, vliv zrakové kontroly a velikosti opěrné báze na posturální stabilitu. Cílem je také určit velikost nerovnováhy a její směrovou převahu. Podklady pro zpracování grafů naleznete výše a v příloze B.

Graf 1 ukazuje hodnoty Way u vybrané vyšetřované osoby. Porovnává zde měření pomocí jednotlivých přístrojů v čase 20 sekund.

Z výsledků je zřejmé, že nejvíce podobné jsou hodnoty naměřené plošinou Posturograf STP-03 a Footscan, zatímco u plošiny Nintendo Wii jsou velmi odlišné. To se však netýká stoje III o široké bázi se zavřenými očima, kde se naopak přibližují hodnoty posturografu a Nintendo Wii.

U stoje I, IZO a II jsou hodnoty naměřené posturografem a Footscanem řádově stejné, Nintendo Wii ukazuje hodnoty dvojnásobně vyšší. V případě posledního měření (stojе III) jsou výsledky u Footscanu nižší o 66,25 % než u posturografu a o 73,01 % než u Nintendo Wii, u posturografu je pak Way o 20,04 % nižší oproti přístroji Nintendo Wii.

Graf 1 Parametr Way u vyšetřované osoby č. 9

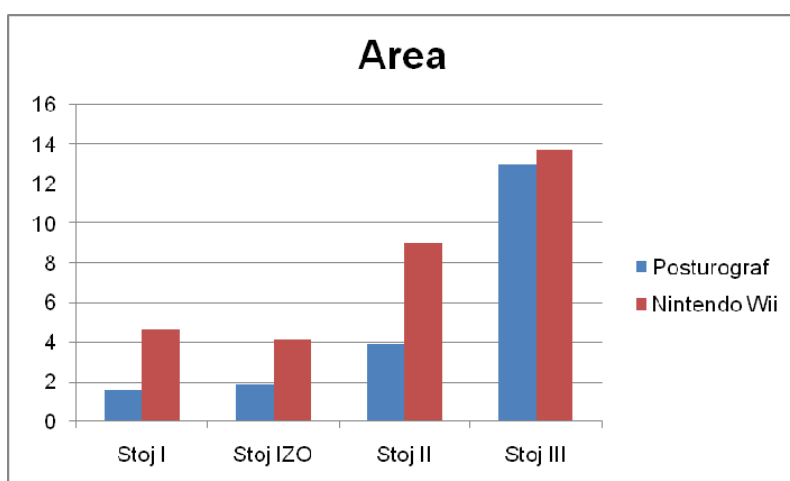


V následujícím grafu porovnáváme již pouze hodnoty naměřené na posturografu a Nintendo Wii. Parametr Area u Footscanu nebylo možné z důvodu nedostatečného množství údajů dále sledovat.

Podobné závěry jako v případě Way pozorujeme u parametru Area. Porovnávané hodnoty jsou zde až trojnásobně vyšší u prvních třech vyšetření. U měření stoje III se podobně jako u stoje III u Way porovnávané hodnoty přibližují. Jejich rozdíl činí pouze 5 %.

Z výsledků můžeme vyvodit stabilitu vyšetřované osoby během jednotlivých fází měření a vliv zrakové kontroly na její udržování. Při měření stoje o široké bázi na Nintendo Wii byla vyšetřovaná více stabilní při zavřených než otevřených očích, při stoji o úzké bázi se však stabilita při vyřazení zraku zhoršila. Vyloučení zrakové kontroly v případě vyšetření na posturografu způsobilo zvýšení rozsahu a frekvence výchylek Centra of Pressure, a tím i zvětšení celkové dráhy. Tento jev je výrazný u stoje o široké bázi, kde činí zkoršení o 232,36 %.

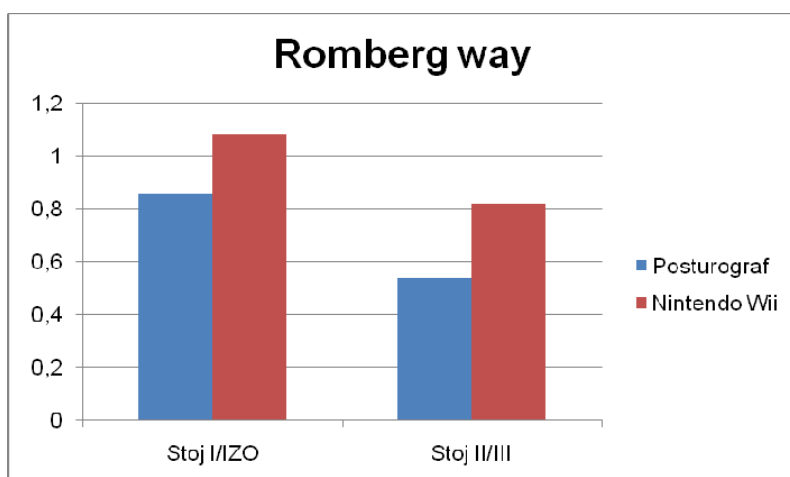
Graf 2 Parametr Area u vyšetřované osoby č. 9



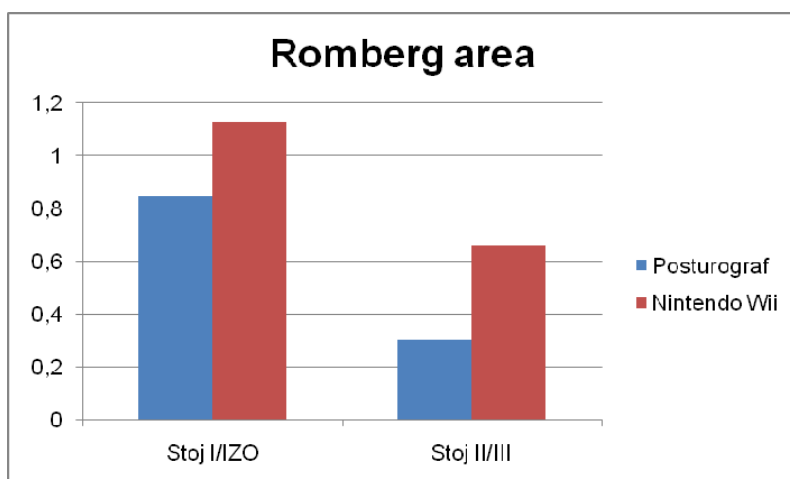
Rombergův kvocient pomáhá při vyšetření přístrojem posturograf odlišit periferní a centrální typ poruchy. V tomto případě se poměr dráhy s hodnotami 0,857078 a 0,536407 i poměr plochy s hodnotami 0,846386 a 0,300882 nachází v normě uváděné Lejskem (1998).

U Nintendo Wii nebyly dosud podobné výzkumy prováděny. Z grafů vidíme, že ve všech poměrech jsou naměřené hodnoty vyšší než v případě posturografu. Kdybychom měli tuto plošinu srovnat s kritérii stanovenými pro plošinu posturografickou, ukazovaly by hodnoty naměřené během stoje o široké bázi u obou parametrů (1,082079; 1,126131) na centrální typ nejistoty. Hodnoty naměřené při stoji o úzké bázi (0,818062; 0,658083) by danou normu splnily.

Graf 3 Rombergův kvocient Way u vyšetřované osoby č. 9



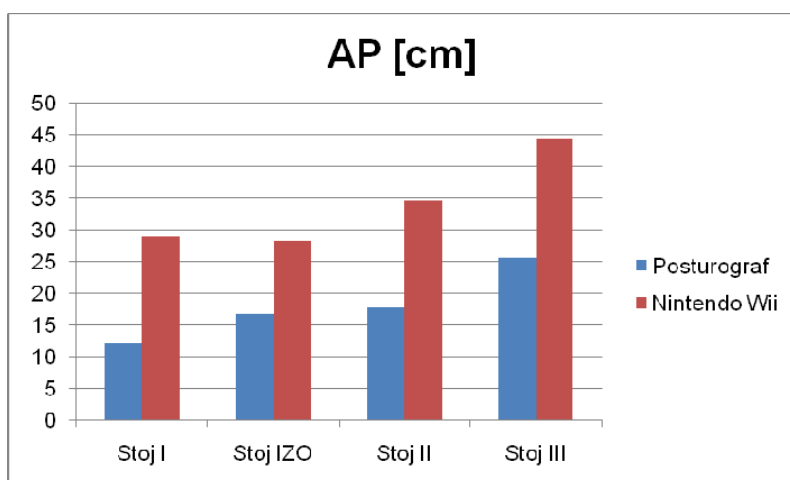
Graf 4 Rombergův kvocient Arey u vyšetřované osoby č. 9



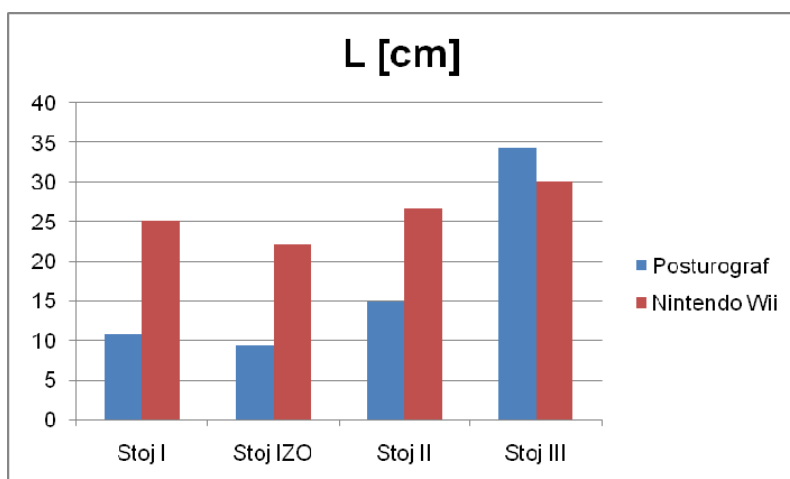
Anterioposteriorní výchylky vypovídají o pohybu Centra of Pressure ve směru osy y . Podle osy x určujeme výkyvy COP v laterálním směru. Z následujících dvou grafů (5, 6) je zřejmé, že se COP vyšetřovaného u Nintendo Wii pohybovalo více ve směru osy x než y . U druhé plošiny nelze převažující směr výchylek jasně určit. Zatímco u stoje III převažují výchylky COP v laterolaterálním směru, ostatní sledované parametry ukazují vyšší hodnoty anterioposteriorní výchylky.

Jako v ostatních případech i zde jsou nižší hodnoty naměřeny plošinou Posturograf STP-03. Pouze u parametru APL jsou vyšší hodnoty znázorněny modře, tedy naměřeny posturografickou plošinou. U předcházejících parametrů udávala tyto výsledky plošina Nintendo Wii.

Graf 5 Anterioposteriorní výchylky u vyšetřované osoby č. 9



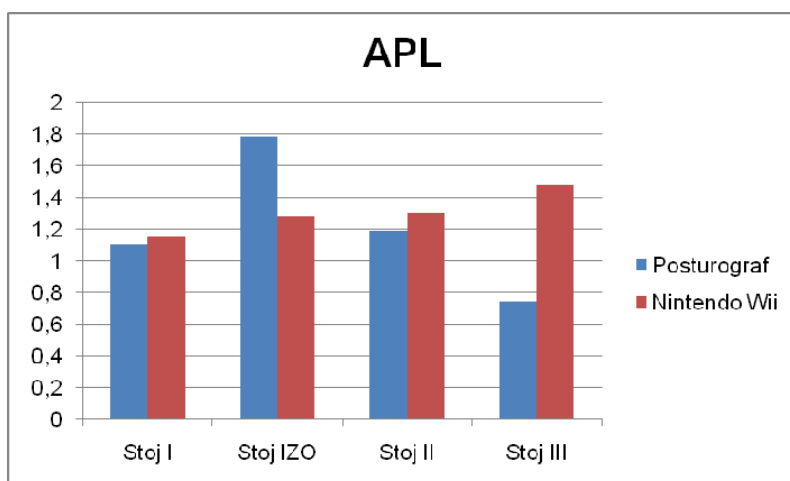
Graf 6 Laterolaterální výchylky u vyšetřované osoby č. 9



Na grafu 7 je zajímavá především oblast stoje IZO, tedy stoje o široké bázi se zavřenými očima, kde se naměřené hodnoty výrazně liší. Zatímco v tomto případě jsou u posturografu 1,39x větší, u ostatních vyšetření převažují hodnoty naměřené Nintendem Wii, u stoje I 1,04x, u stoje II 1,09x, u stoje III 1,99x. Naměřená data si tedy z hlediska mechanismu udržování stability u vyšetřované osoby vzájemně neodpovídají. Jednotlivé sloupce se setkávají v případě stoje I a II, u stoje IZO a III se značně rozcházejí. Zatímco se vyšetřovaná osoba např. u přístroje Nintendo Wii při stoje II zhoršila oproti předchozímu měření, u Posturografu STP-03 došlo k zlepšení.

Podle Lejska by neměl rozdíl rozptylu AP ku L převýšit 10 %. V našem případě tento požadavek daná měření nesplňují. Posturograf STP-03 s hodnotami rozdílu u stoje I 10,37 % a u stoje II 19,31 % kritérium nepatrně přesáhl.

Graf 7 Poměr anterioposteriorních/laterolaterálních výchylek u vyšetřované osoby č. 9



5.2.2 Srovnání sledovaných parametrů u jednotlivých plošin

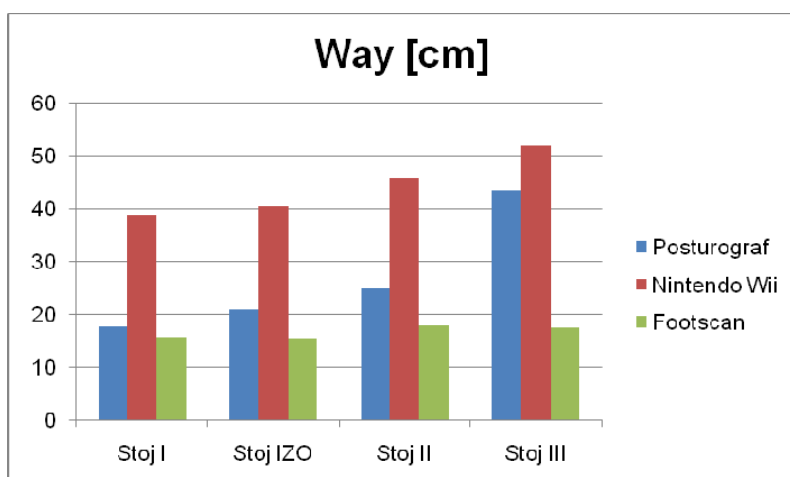
Tato kapitola je zaměřena na porovnání jednotlivých přístrojů – Posturografu STP-03, Nintendo Wii, Footscanu. Nachází se zde 7 grafů, zpracovaných podle sledovaných parametrů a vyšetřených variant stoje, v nichž najdeme střední hodnoty jednotlivých přístrojů pro 15 vyšetřených osob. Cílem této kapitoly je porovnat výsledky naměřené na jednotlivých plošinách a zjistit, v čem se shodují, případně odlišují.

Následující graf obsahuje srovnání parametru Way u všech tří přístrojů. Jako v předchozí kapitole i zde jsou naměřené hodnoty plošinou Posturograf STP-03 a Footscan zhruba stejné (kromě stoje III), v prvním sloupci se liší pouze o 12,65 %. Naopak přístroj Nintendo Wii ukazuje hodnoty zcela odlišné.

U stoje I jsou naměřené hodnoty o 120,39 % vyšší než u posturografu a o 148,25 % u Nintendo Wii, u stoje IZO je rozdíl 94,47 % a 163,87 %, u stoje II pak 83,66 % a 157,18 %. Vidíme tedy, že se hodnoty posturografické plošiny a plošiny Nintendo Wii postupně přibližují, kdežto hodnoty u Footscanu se od obou přístrojů vzdalují. V posledním sloupci, ukazujícím průběh vyšetření u stoje III, je rozdíl mezi posturografem a Nintendem Wii jen 19,39 %. Oproti tomu se hodnoty naměřené plošinou Posturograf STP-03 a Footscan vzdálily z 12,65 % na 198,51 % (o 185,86 %).

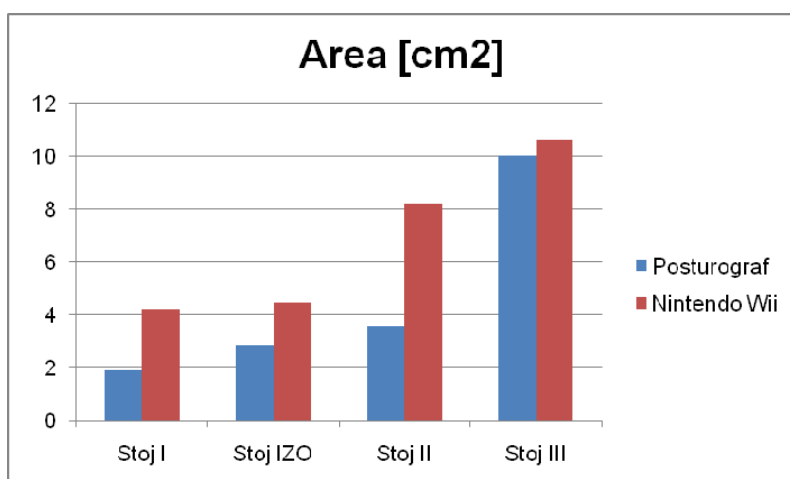
Přístroje Posturograf STP-03 a Nintendo Wii zaznamenávají během jednotlivých fází měření stejnou posloupnost řady, která znázorňuje postupně zvyšující se instabilitu. Neboli při vyloučení zrakové kontroly dochází k zhoršení stability, zvětšení výchylek COP a celkové hodnoty Way. Plošina Footscan generuje během jednotlivých fází měření hodnoty podobné. U vyšetřovaných osob nedocházelo k výrazné změně stability při vyřazení zrakové kontroly ani při zúžení opěrné báze. Celková Way, opsaná těžištěm těla při úzké bázi a zavřených očích, je delší pouze o 1,8 cm než Way naměřená při široké bázi a otevřených očích.

Graf 8 Srovnání parametru Way u plošiny Posturograf STP-03, Nintendo Wii a Footscan



Z výsledků měření zpracovaných do grafu 9 vidíme lineárně stoupající hodnoty u všech variant stoje i obou přístrojů. V případě posturografu byl tento nárůst 1,5–2,8x, u Nintendo Wii menší, 1,06–2,24x. Jako u předcházejících výsledků vyšetření i v grafu 9 došlo k vysokému nárůstu hodnot při zúžení BS a zavření očí (posturograf). Rozdíl mezi plošinami činí u stoje I 122,86 %, stoje IZO 56,83 %, stoje II 129,65 %, stoje III 6,25 %.

Graf 9 Srovnání parametru Area u porovnávaných plošin

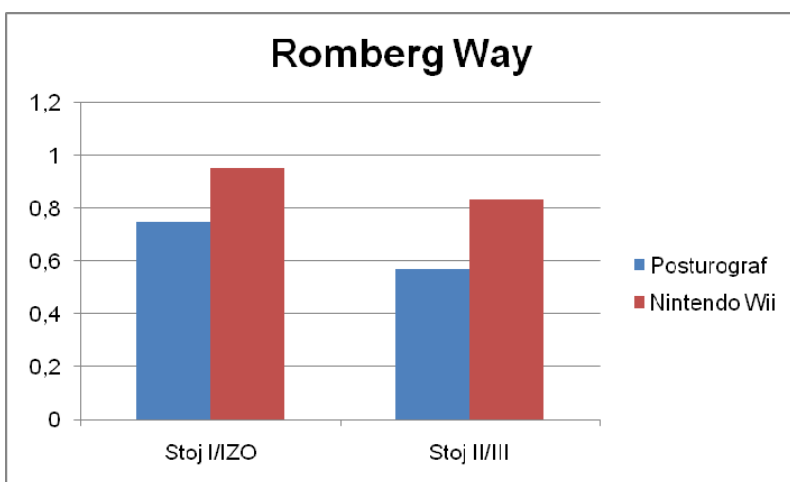


Rombergův kvocient jako poměr předcházejících měření nepřináší nové údaje, můžeme z něj ale vyvodit další přínosné informace. Jak již bylo řečeno, usuzujeme podle něj na typ poruchy, centrální nebo periferní. Do kritéria stanoveného Lejskem se vejdou obě následující měření, kde se hodnoty pohybují od 0,300882 do 0,759909. To se týká i plošiny

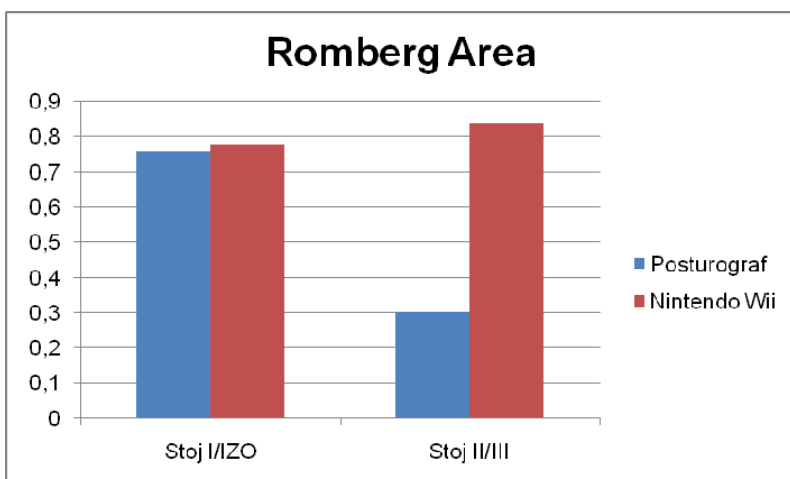
Nintendo Wii, pro kterou nejsou tyto normy primárně určeny. Zde jsou výsledky vyšší, v rozmezí 0,780444–0,953019.

Oba přístroje ukazují vyšší hodnoty Rombergova kvocientu Way u široké báze oproti úzké. I u Rombergova kvocientu Area se plošiny shodují, zde jsou vyšší hodnoty naměřeny u úzké báze než u široké. Procentuální rozdíl mezi Posturografem STP-03 a Nintendem Wii není u parametru Way vysoký, poměry se liší o 27,48 % v případě stoje I/IZO a o 46,34 % u stoje II/III. U parametru Area nalézáme dva kontrasty. Na jedné straně je rozdíl měření při široké BS nepatrný, pouze 2,70 %. Na straně druhé nalézáme u úzké báze rozdíl 179,41 %.

Graf 10 Srovnání Rombergova kvocientu Way u porovnávaných plošin



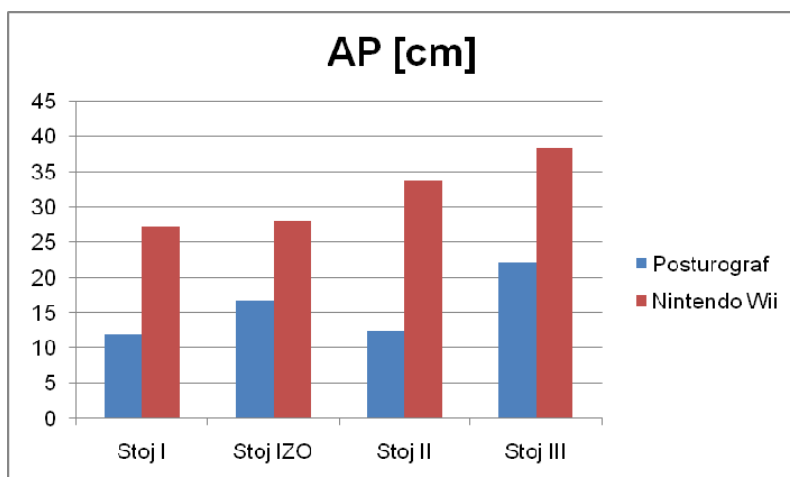
Graf 11 Srovnání Rombergova kvocientu Area u porovnávaných plošin



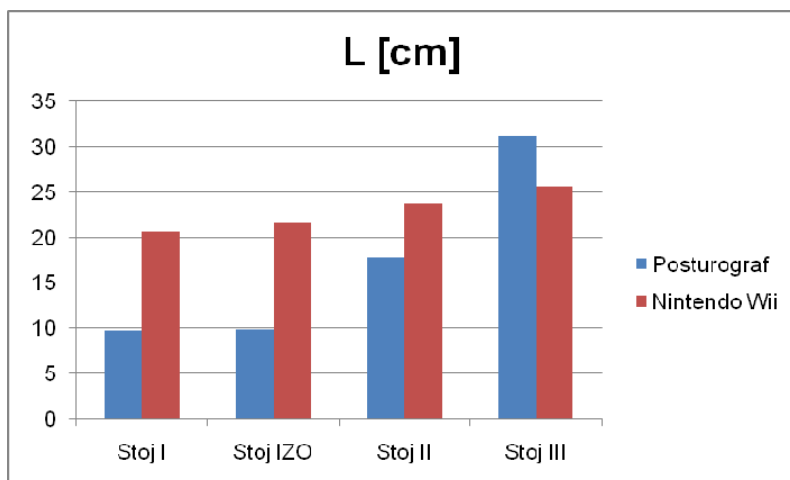
Anterioposteriorní a laterolaterální výchylky COP i jejich poměr jsou uvedeny v grafu 12 – 14. U Nintendo Wii ovlivňuje jednoznačně zraková kontrola a šířka BS statickou

stabilitu. AP i L během vyšetření pozvolna narůstají. Posturograf ukazuje také postupně se zvyšující AP i L. Ovšem střední hodnoty AP jsou nižší u stoje II než IZO. Shrneme-li grafy 12–14, probíhal pohyb COP převážně ve směru anterioposteriorním.

Graf 12 Srovnání anterioposteriorních výchylek u porovnávaných plošin



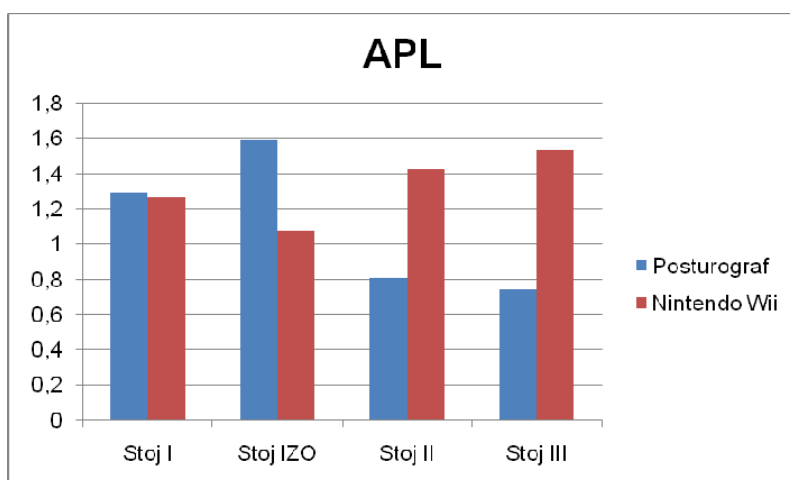
Graf 13 Srovnání laterolaterálních výchylek u porovnávaných plošin



Na následujícím grafu vidíme u obou plošin rozdílnou posloupnost naměřených dat. Při měření stoje o široké bázi převyšují hodnoty Posturografu STP-03 Nintendo Wii o 2,59 % a 48,52 %. U úzké báze ukazují výsledky opačné závěry. Zde převyšují hodnoty Nintendo Wii Posturograf STP-03 o 43,53 % a 51,65 %.

Tak jako v grafu 7, ani zde nesplňují oba přístroje v žádné variantě stoje podle Romberga rozmezí 10 %. Výsledkem pak není symetrická růžice vektorů.

Graf 14 Srovnání anterioposteriorních/laterolaterálních výchylek u porovnávaných plošin



5.2.3 Základní statistická charakteristika

Tabulka 1 je vypracována pro základní statistické srovnání parametru Way u přístroje Posturograf (P), Nintendo Wii (N) a Footscan (F) (sloupec 2–4). Obsahuje průměrné hodnoty Way naměřené pro všechny varianty stoje (I, IZO, II, III) u 15 vyšetřovaných osob, výsledek neparametrického Wilcoxonova testu a vztah mezi jednotlivými hodnotami. Wilcoxonův test je rozdělen na poměr F x P (sloupec 4a) a F x N (sloupec 5, 6).

V případě parametru Way zjišťujeme, že se jeho naměřené hodnoty statisticky významně liší mezi přístrojem F x P i mezi přístrojem F x N. Výjimkou je však oblast stoje I u plošiny Posturograf STP-03 a Footscan, kde se statisticky významné odlišnosti nepodařilo prokázat ($p=0,865$).

Tabulka 1 Parametr Way

Param.	N	průměr	směrodat. odchylka	Wilcoxonův test			Vztah hodnot u stroje N (Nintendo Wii) a P (Posturograf)		
				Mezi	Z	p	F < P(N)	F > P(N)	F = P(N)
(1)	(2)	(3)	(4)	(4a)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
PWay1o	15	17,267	1,901	F x P	-0,17	0,865	8	7	0
NWay1o	15	41,484	14,867	F x N	-3,41	0,001***	15	0	0
FWay1o	15	17,520	4,316						
PWay1z	15	24,700	8,858	F x P	-2,90	0,004**	13	2	0
NWay1z	15	40,975	5,993	F x N	-3,41	0,001***	15	0	0
FWay1z	15	16,240	4,411						
PWay2o	15	24,482	4,304	F x P	-2,56	0,011*	14	1	0
NWay2o	15	44,757	6,372	F x N	-2,56	0,011*	14	1	0
FWay2o	15	22,147	18,759						
PWay2z	15	44,693	13,052	F x P	-3,41	0,001***	15	0	0
NWay2z	15	54,829	11,086	F x N	-3,41	0,001***	15	0	0
FWay2z	15	18,947	5,030						

Vysvětlivky: P (na začátku jména parametru) – Posturograf

N (na začátku jména parametru) – Nintendo Wii

F (na začátku jména parametru) – Footscan

RW – Romberg Way

RA – Romberg Area

1 (za názvem parametru) – hodnota parametru při široké bázi

2 (za názvem parametru) – hodnota parametru při úzké bázi

o (za číslem báze) – otevřené oči

z (za číslem báze) – zavřené oči

Z – hodnota testovacího kritéria

P – pravděpodobnost s jakou zamítáme nulovou hypotézu

pokud $p < 0,001$ je hladina významnosti 0,001 ***

$p < 0,01$ je hladina významnosti 0,01 **
 $p < 0,05$ je hladina významnosti 0,05 *

Tabulka 2 obsahuje základní statistickou charakteristiku sledovaných parametrů (sloupec 2–4) pro stoj o široké bázi při otevřených i zavřených očích (stoj I, IZO) u přístroje Posturograf a Nintendo Wii. Dále zde najdeme výsledky neparametrického Wilcoxonova testu pro všechny uvedené parametry (sloupec 5, 6) a vztah hodnot mezi oběma přístroji, tedy počet hodnot větších, menších a sobě rovných (sloupec 7–9).

Z tabulky vyplývá, že se pro parametr Romberg Area při široké bázi a poměr APL při otevřených očích nepodařilo statisticky významnou odlišnost prokázat. Hodnoty většiny ostatních sledovaných parametrů naměřené přístrojem Nintendo Wii jsou statisticky významně vyšší na hladině významnosti 0,001 (resp. 0,01 či 0,05). Parametr APL je u přístroje Nintendo Wii statisticky významně nižší na hladině významnosti 0,01 než u přístroje posturograf pouze pro oči zavřené.

Tabulka 2 Ostatní parametry pro stoj I, IZO

Param.	N	Průměr	směrodat. odchylka	Wilcoxonův test		Vztah hodnot u stroje N (Nintendo Wii) a P (Posturograf)		
				Z	P	N < P	N > P	N = P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
PWay1o	15	17,267	1,901	-3,41	0,001***	0	15	0
NWay1o	15	41,484	14,867					
PArea1o	15	1,931	0,546	-3,41	0,001***	0	15	0
NArea1o	15	6,726	9,839					
PRW1	15	0,780	0,256	-2,16	0,031*	4	11	0
NRW1	15	1,026	0,398					
PRA1	15	0,753	0,417	-1,19	0,233	5	10	0
NRA1	15	1,416	1,857					
PLL1o	15	9,324	1,249	-3,41	0,001***	0	15	0
NLL1o	15	23,367	10,044					
PAP1o	15	12,321	2,034	-3,41	0,001***	0	15	0
NAP1o	15	28,647	8,908					
PAPL1o	15	1,347	0,308	-0,45	0,650	8	7	0
NAPL1o	15	1,262	0,152					
PWay1z	15	24,700	8,858	-3,41	0,001***	0	15	0
NWay1z	15	40,975	5,993					
PArea1z	15	3,467	1,999	-2,39	0,017*	3	12	0
NArea1z	15	5,787	3,777					
PLL1z	15	11,738	4,186	-3,41	0,001***	0	15	0
NLL1z	15	24,511	5,920					
PAP1z	15	19,034	7,500	-2,78	0,005**	3	12	0
NAP1z	15	24,511	3,176					
PAPL1z	15	1,651	0,419	-2,61	0,009**	12	3	0
NAPL1z	15	1,143	0,245					

Vysvětlivky: P (na začátku jména parametru) – Posturograf

N (na začátku jména parametru) – Nintendo Wii

RW – Romberg Way

RA – Romberg Area

l (za názvem parametru) – hodnota parametru při široké bázi

o (za číslem báze) – otevřené oči

z (za číslem báze) – zavřené oči

Z – hodnota testovacího kritéria

P – pravděpodobnost s jakou zamítáme nulovou hypotézu

pokud $p < 0,001$ je hladina významnosti 0,001 ***

$p < 0,01$ je hladina významnosti 0,01 **

$p < 0,05$ je hladina významnosti 0,05 *

Tabulka 3 vyjadřuje základní statistickou charakteristiku sledovaných parametrů podobně jako tabulka 1 s tím rozdílem, že se jedná o stoj o úzké bázi (II, III).

Hodnoty většiny sledovaných parametrů zjištěné u přístroje Nintendo Wii jsou statisticky významně vyšší na hladině významnosti 0,001, resp. 0,01 než u přístroje posturograf (kromě Arey a laterolaterálních vychylek při zavřených očích, jež se statisticky významně neliší).

Tabulka 3 Ostatní parametry pro stoj II, III

Param.	N	Průměr	směrodat. odchylka	Wilcoxonův test		Vztah hodnot u stroje N (Nintendo Wii) a P (Posturograf)		
				Z	P	N < P	N > P	N = P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
PWay2o	15	24,482	4,304	-3,41	0,001***	0	15	0
NWay2o	15	44,757	6,373					
PArea2o	15	3,921	1,357	-3,36	0,001***	1	14	0
NArea2o	15	8,034	2,033					
PRW2	15	0,575	0,147	-3,29	0,001***	1	14	0
NRW2	15	0,834	0,148					
PRA2	15	0,395	0,210	-3,35	0,001***	1	14	0
NRA2	15	0,829	0,350					
PLL2o	15	17,243	3,521	-2,90	0,004**	2	13	0
NLL2o	15	23,451	3,994					
PAP2o	15	13,615	2,792	-3,41	0,001***	0	15	0
NAP2o	15	32,623	4,555					
PAPL2o	15	0,805	0,167	-3,41	0,001***	0	15	0
NAPL2o	15	1,403	0,149					
PWay2z	15	44,693	13,052	-3,35	0,001***	1	14	0
NWay2z	15	54,829	11,086					
PArea2z	15	11,613	4,989	-0,11	0,910	6	9	0
NArea2z	15	11,003	3,796					
PLL2z	15	32,701	9,229	-2,56	0,011*	12	3	0
NLL2z	15	27,734	6,511					
PAP2z	15	23,654	8,442	-3,41	0,001***	0	15	0
NAP2z	15	41,057	8,327					
PAPL2z	15	0,726	0,151	-3,41	0,001***	0	15	0
NAPL2z	15	1,500	0,170					

Vysvětlivky: P (na začátku jména parametru) – Posturograf

N (na začátku jména parametru) – Nintendo Wii

RW – Romberg Way

RA – Romberg Area

2 (za názvem parametru) – hodnota parametru při úzké bázi

o (za číslem báze) – otevřené oči

z (za číslem báze) – zavřené oči

Z – hodnota testovacího kritéria

P – pravděpodobnost s jakou zamítáme nulovou hypotézu

pokud $p < 0,001$ je hladina významnosti 0,001 ***

$p < 0,01$ je hladina významnosti 0,01 **

$p < 0,05$ je hladina významnosti 0,05 *

5.2.4 Srovnání přístrojů

Následující tabulka shrnuje všechny údaje o použitých plošinách, jež se nám podařilo během této práce nashromáždit.

Tabulka 4 Srovnání jednotlivých přístrojů

	Posturograf	Nintendo Wii	Footscan
Rozměry (v mm)	420x420x65 mm	500x300x50	2000x400
Max. zatížení (kg)	150	150	
Hmotnost (kg)	17,5 kg		
Cena (Kč)	88.000	2.599 (pouze plošina)	
Počet senzorů	4	4	16384
Propojení plošiny a počítače	kabel	Bluetooth	kabel
Doba měření	20 sec	20 sec	10 sec
Funkce	vyšetření a terapie (stoje)	vyšetření a terapie (stoje)	vyšetření stoje a chůze
Vyhodnocené parametry	Way, Area, Romberg Way, Romberg Area, AP, L, APL	procentuální zatížení DKK, AP, L	Way, min./max. AP a L výchylka, procentuální zatížení DKK
Ukládané parametry do databáze	Way, Area, Romberg Way, Romberg Area, AP, L	poloha těžiště na x a y souřadnicích	špatně interpretovatelné
Export dat	prostřednictvím SQL dotazů nebo nutné exportovat celou databázi	ukládání do samostatných složek	složité a neintuitivní

6. DISKUSE

Během vypracování této práce jsme se setkaly s odlišnou interpretací některých námi sledovaných parametrů v cizojazyčné literatuře. Například Baloh et al. (1998, s. 649) či Fujita et al. (2007, s. 68) uvádí ve své práci Rombergův kvocient (Way i Arey) jako poměr očí zavřených ku otevřeným, zatímco v této práci je vyhodnocen jako poměr očí otevřených ku zavřeným. Vyvozované závěry si navzájem odpovídají. Přesto bych doporučila z hlediska publikace v zahraničních zdrojích danou terminologii sjednotit.

6.1 Výhody/nevýhody sledovaných plošin

V této bakalářské práci jsme se zaměřily na vyšetření posturální stability u vybrané skupiny osob. Přístroj Posturograf STP-03 ovšem nabízí i funkce zaměřené na terapii. V rámci biofeedbacku se snaží pacient udržet těžiště těla uprostřed terče či zasáhnout předem stanovené body. Nejlepší způsob zacházení s daty shledávám u Posturografu STP-03. Zde jsou sledované parametry generovány automaticky. Není potřeba dalších výpočtů či úprav. Jedinou nevýhodou je ukládání naměřených hodnot do databáze, kterou musíme v případě neznalosti použití SQL dotazů exportovat celou.

Plošina Nintendo Wii může být využívána v diagnostice a terapii. Terapie může probíhat prostřednictvím počítačových her, zaměřených na zlepšení posturální stability. Jedná se o zábavnou formu cvičení s množstvím variací. Podle zvoleného programu může být úkolem pacienta např. dopravit kuličku do předem stanoveného místa na pohyblivé desce, aniž by došlo k jejímu pádu z desky či uplynutí časového limitu. Pacient ovládá pohyb desky prostřednictvím přenosu váhy a změny polohy těžiště těla. U nejistých pacientů není limitace časem příliš vhodná, proto by se samozřejmě prodloužila či úplně zrušila. Mezi další programy patří lyžařský slalom, chůze po laně apod. Herní konzole Nintendo Wii byla vytvořena k využití u zdravých osob, a proto klade vyšší nároky na schopnosti pacienta. Použití této plošiny bych indikovala u pacientů s lehčím postižením (např. po zraněních pohybového aparátu), či jako další variantu tréninku u pacientů, u nichž měla posturografie kladný efekt.

Plošina Nintendo Wii má oproti téměř čtvercovému Posturografu STP-03 tvar obdelníku s kratší boční stranou. Tvar podložky není z hlediska měření tak důležitý jako spíše její rozměry, ty jsou podle mého názoru nedostatečné. Malé rozměry plošiny se mohou stát

limitujícím faktorem především pro pacienty s větším rozměrem chodidla, pro něž může být plošina krátká.

Plošina je spojena s počítačem prostřednictvím bezdrátové technologie Bluetooth, která umožňuje její přemístění na různá místa. K tomu přispívá i nízká hmotnost plošiny. Můžeme ji používat v rámci více pracovišť a v případě potřeby ji i dopravit přímo za pacientem. Drobným nedostatkem, jež je potřeba ještě upravit, je vypadávání spojení v situaci delšího nepoužívání počítače.

Obsluha plošiny je velmi jednoduchá, stačí zadat jméno vyšetřované osoby, rodné číslo a zmáčknout tlačítko start. Po zaznamenání základní údajů ovšem nesmíme zapomenout označit danou osobu, v jiném případě dojde k ukládání naměřených hodnot do první položky.

Prostřednictvím tohoto přístroje získáváme údaje o maximální, minimální výchylce těla, procentuálním zatížení plosek nohy a grafické znázornění pohybu těžiště. Všechny zpracované hodnoty sledujeme v průběhu měření. Velký počet snímaných hodnot (2000) zvyšuje přesnost výsledných parametrů.

Jedinou ukládanou položkou je poloha COP vyjádřená na ose x a y . Ostatní parametry musíme dopočítat, což je zejména časově náročné. Nicméně oceňuji způsob ukládání naměřených hodnot, jež se nacházejí v samostatných souborech označených rodným číslem vyšetřované osoby. Tento systém je velmi přehledný a orientace v něm snadná.

Plošina Footscan umožňuje oproti předchozím dvěma přístrojům vyšetření nejen stoje ale i chůze. Můžeme tedy sledovat zatížení dolních končetin vyjádřené procentuálně i graficky a v případě chůze odval dolních končetin během jednotlivých fází kroku. V grafickém zpracování je rozlišen stupeň tlaku škálou barvy, od modré po červenou, jež se v průběhu měření mění se změnou zatížení. Procentuální vyjádření je rozděleno do čtyř kvadrantů, zachycujících přední a zadní část plosky nohy u obou dolních končetin.

Při terapii můžeme využít také biofeedback, při kterém se pacient snaží změnit zatížení plosek nohy.

Tato plošina je bezbariérová a k počítači připojena prostřednictvím kabelů. Nachází se v úrovni podložky, což zvyšuje pacientovu bezpečnost během měření. Vyšetřovaná osoba nemusí překonávat žádné překážky ani stát na přesně vyhraněném místě, vyšetření se tím stává jednodušší a pohodlnější. Měření na přístroji Footscan, jež je tvořen nejvyšším počtem senzorů z použitých plošin, by mělo být také nejpřesnější. Sensory jsou rozmístěny o hustotě 4 snímačů tlaku na cm^2 .

Z námi sledovaných parametrů vyhodnocuje software celkovou Way a maximální/minimální výchylku ve směru anterioposteriorním/laterolaterálním. Údaj o okamžité poloze COP je i s grafickým a procentuálním znázorněním zatížení plosek nohy zpracováván 999x. Jejich hodnoty můžeme sledovat v kterékoliv části měření trvajících 10 sekund a tedy i porovnávat při vyšetření vývoj stability pacienta.

Velkou nevýhodu tohoto přístroje bych spatřovala v ukládání nebo spíše neukládání naměřených dat. Přístroj automaticky generuje výše zmíněné parametry, se kterými můžeme následně pracovat. Hodnoty použité pro jejich výpočet jsou ukládány do souboru, jež je špatně interpretovatelný a pro naše účely nepoužitelný. Při vyšetření pacienta nám musí tedy stačit údaje nabídnuté přístrojem. V našem případě jsme mohli u tohoto přístroje porovnávat pouze parametr Way. Myslím si, že by bylo vhodné poradit se s výrobcem, zda by nebylo možné tento nedostatek odstranit.

6.2 Závěry měření

Z porovnávaných přístrojů udává podobné naměřené hodnoty Posturograf STP-03 a Footscan. Nintendo Wii zaznamenává hodnoty daleko vyšší. Pouze při vyšetření stoje III (úzká báze se zavřenýma očima) se u parametru Way přibližují hodnoty naměřené plošinou Posturograf STP-03 a Nintendo Wii. Příčinu této změny nejsme schopny jasně definovat, proto by bylo vhodné v rámci dalšího výzkumu naměřit pacienty např. s centrální hemiparézou a zjistit, zda u nich budou tyto rozdíly stejně markantní. Stejně výsledky ukazuje měření jedné osoby i celkové střední hodnoty všech vyšetřovaných.

Vyšší údaje zaznamenané plošinou Nintendo Wii by mohly být dány větším počtem snímaných hodnot. Ty jsou oproti posturografu čtyřnásobně vyšší. V takovém případě by se ovšem měly podobat spíše přístroje Nintendo Wii a Footscan, kde by došlo ke kompenzaci frekvence snímání hodnot a počtu senzorů. Nic takového zpracované grafy neukazují.

Jako pravděpodobnější příčina rozdílných výsledků se nabízí problematika kalibrace. Plošiny Posturograf STP-03 a Footscan jako přístroje používané ve zdravotnictví procházejí pravidelnou kontrolou a kalibrací a ukazují tedy podobné výsledky. Nintendo Wii jako komerční výrobek touto kalibrací zatím neprošel.

Další poznatek, který bych zde chtěla zmínit, je možnost ne zcela přesného měření. Zpozorovaly jsme rozdíl v procentuálním zatížení úseků plošiny bez zátěže, tedy v situaci kdy na plošinu vyšetřovaná osoba nestála. V takovém případě by mělo být zatížení rovnoměrné a výchylka COP nulová. Podle techniků, pracujících na společném pracovišti

biomedicínského inženýrství FBMI a 1. LF, je tato odchylka způsobena nedostatečným zatížením plošiny, přesnost vlastního vyšetření by neměla být narušena.

Ze základního statistického srovnání parametru Way zjišťujeme statisticky významnou odlišnost mezi jednotlivými přístroji. Výjimkou je oblast stoje II, kde se výrazné odlišnosti mezi Posturografem STP-03 a Footscanem nepodařilo prokázat.

Většina ostatních parametrů zpracovaných plošinou Nintendo Wii vykazuje hodnoty statisticky významně vyšší na hladině významnosti 0,001 (resp. 0,01) než plošina posturograf. Naměřené hodnoty se tedy u jednotlivých plošin výrazně liší.

Pro parametr Romberg Area a poměr anterioposteriorních a laterolaterálních výchylek u stoje o široké bázi se statisticky významnou odlišnost nepodařilo prokázat. Jedná se o poměrové hodnoty, což nám ukazuje, že i když jsou u jednotlivých parametrů výsledky odlišné, poměrově jsou hodnoty naměřené na přístrojích Posturograf STP-03 a Nintendo Wii statisticky podobné. Zároveň nám toto zjištění naznačuje, že by po kalibraci přístroje Nintendo Wii mohly být naměřené hodnoty vhodné pro účely rehabilitace, a navíc, díky kratším intervalům snímkování, by mohly být naměřené hodnoty ještě přesnější než u Posturografu STP-03. Hodnoty těchto poměrových parametrů by mohly být použity již nyní, např. jako kontrolní hodnoty k hodnotám naměřeným na Posturografu STP-03.

Z výsledků měření můžeme vyvodit vývoj stability vyšetřované osoby během jednotlivých fází měření a vliv zrakové kontroly i šířky opěrné báze na její udržování. Grafy 8–9, obsahující střední hodnoty 15 naměřených osob, udávají postupné zhoršení stability při vyšetření na všech třech plošinách. K zvýšení výchylek COP dochází vlivem zúžení BS i vyloučením zrakové kontroly. V literatuře je uváděno průměrné zhoršení stability při zavřených očích o 50 % (Valová, Chalupová, Tlapáková, 1996, s. 27). Tomu odpovídají naše výsledky u široké báze. U plošiny Footscan sledujeme při zavření očí nepatrné zlepšení. Souhrnně však můžeme říci, že u „zdravých jedinců“ hraje zraková kontrola velmi důležitou roli. Při jejím vyřazení či zúžení BS dojde k výchylce COP, následně pak k aktivaci statické či dynamické strategie vedoucí k udržení posturální stability a zabránění tak pádu.

Taktéž kritérium stanovené Lejskem pro Rombergův kvocient a plošinu Posturograf STP-03 naměřené hodnoty splňují. To se týká i Nintendo Wii, i když pro něj nejsou tyto normy primárně určeny. Zde jsou naměřené hodnoty jako v předchozích případech oproti posturografu vyšší, v případě stoje III jsou naměřené hodnoty těsně nad hranicí. Vzhledem k námi zjištěným výsledkům bych chtěla tyto normy pro plošinu Posturograf STP-03 potvrdit.

Dle Lejska se vyskytují i normy pro převažující směr výchylek. Toto kritérium mi nepřišlo příliš pochopitelné a snadno interpretovatelné. Poznamenala bych ráda, že v našem měření převažovaly výchylky ve směru anterioposteriorním. Lepší stranová stabilita je dána samotnou anatomií lidského těla, kde je volnost pohybu dolních končetin do stran podstatně omezená.

Do kritéria maximálního 10% rozdílu mezi AP a L se však žádné výsledky nevešly.

6.3 Doporučení

Nintendo Wii je uživatelsky nenáročný přístroj. Mezi jeho hlavní přednosti patří především možnost přenosu na různá místa, nenáročnost na prostor, variabilita, vysoká frekvence snímkování a nízká pořizovací cena.

Velké nedostatky shledávám v oblasti zpracování a ukládání dat. Bylo by potřebné zajistit ukládání všech naměřených dat, konkrétně procentuálního zatížení plosek nohy. Porovnávané parametry by měly být generovány automaticky, jejich absence zvyšuje časovou náročnost vyšetření a především vyšetřujícího zbytečně zatěžuje.

Nintendo Wii umožňuje po dohodě s programátorem nadefinovat jednoduché softwarové prostředí jako u Posturografu STP-03, v němž je omezena grafická stránka i celková náročnost, a tím terapii zjednodušit. Na druhé straně představuje podle zvoleného programu také náročnější způsob zlepšení posturální stability stoje, složitější prostředí požaduje hlubší koncentraci a podle typu programu i aktivaci více svalových skupin. Např. lyžařský slalom vyžaduje větší aktivaci hlubokého stabilizačního systému než prostá terapie na posturografu.

S ohledem na zmiňované výhody a nevýhody je zřejmé, že každý z přístrojů bude vhodný k použití v rámci různých situací i typů poruch. Výběr přístroje je samozřejmě individuální v závislosti na schopnostech pacienta, jeho zdravotní i psychické kondici. U nejistých neurologických pacientů bych zvolila Posturograf STP-03, působí stabilněji, a tak i snižuje případné obavy pacienta z možného pádu. Přičemž lepší pacienti, reagující pozitivně na předchozí terapii, mohou absolvovat trénink stability na Nintendo Wii. Dále bych použila Posturograf STP-03 u starších pacientů, jež mají větší problémy s udržením rovnováhy, a osob s většími rozměry chodidla. Pacienti s velikostí chodidla nad cca 43 (viz příloha A, obr. 7) by se na plošinu nemuseli pohodlně vejít, což by následně mohlo způsobit nepřesnosti v měření či zafixování špatných pohybových stereotypů.

Jako prvotní přístrojovou terapii bych zařadila Nintendo Wii u lehčích poranění pohybového aparátu. U nichž tato plošina umožní pokročilejší trénink posturální stability, zlepšení nervosvalové koordinace, svalové síly i automatizaci pohybových stereotypů.

Vyšetření stoje můžeme obohatit o hodnoty naměřené na plošině Footscan. Ta nám navíc nabízí možnost sledování průběhu zatížení DKK a především analýzu chůze.

V současné době splňuje nejlépe nároky kladené na použití v rámci rehabilitace Posturograf STP-03. Po odstranění nedostatků bych budoucí využití Nintendo Wii v praxi doporučila, zvláště pak jeho možnou kombinaci s plošinou Posturograf STP-03. Oba dva přístroje mají své místo v rámci rehabilitace posturálního systému. Představují plnohodnotnou možnost vyšetření pacienta, diagnostiky poruch s následnou možností terapie. U Nintendo Wii je však zapotřebí provést celkovou technickou kontrolu a kalibraci plošiny.

Samotnému zavedení plošiny Nintendo Wii do praxe by měla také předcházet široká studie, zaměřená na využití plošiny u vybrané skupiny pacientů. Daná skupina by měla být dostatečně velká a sourodá. Studie by mohla také zahrnovat vliv věku, pohlaví. Další nabízející se možnosti výzkumu u zdravé populace je sledování vlivu dominantní horní končetiny a odrazové dolní končetiny na posturální stabilitu (rozložení zátěže a pohyb COP).

Dalším přístrojem, jehož zavedení do praxe by mohlo být přínosné, je dynamická stabilometrická plošina a její kombinace se Zigbee akcelometry. Jak již je patrné z názvu, přináší tato plošina do přístrojového vyšetření osob další rozměr. Zatímco všechny zmíněné plošiny umožňují statické vyšetření stoje, dynamická stabilometrická plošina umožňuje vyšetření posturální stability na základě náklonu plošiny. Díky tomu můžeme prostřednictvím této plošiny při vyšetření diagnostikovat poruchy, jež nebyly při klidném stoji zřetelné.

7. ZÁVĚR

Výzkumné šetření potvrzuje předem stanovenou hypotézu. Vyšetření prostřednictvím plošiny Nintendo Wii ukázalo nedostatky týkající se oblasti vyhodnocení sledovaných parametrů, zpracování a ukládání dat.

V současné době splňuje nejlépe nároky kladené na použití v rámci rehabilitace Posturograf STP-03. Nezavrhovala bych však ani budoucí využití Nintendo Wii.

Největší potenciál tohoto přístroje spatřuji v jeho variabilitě, kdy je možné po domluvě s programátory, vytvořit software podle svých představ a požadavků. Tento systém umožní lépe přizpůsobit terapii tak, aby pacientovi vyhovovala a abychom dosáhli co nejlepších výsledků.

V oblasti vyšetření nelze v této podobě plošinu Nintendo Wii zatím použít. Po případných úpravách a odstranění výše zmíněných nedostatků by se mohla stát plnohodnotnou variantou k vyšetření na Posturografu STP-03. Tomu nasvědčuje i statistické srovnání s Posturografem STP-03. Ačkoli se hodnoty naměřené na obou přístrojích ve většině případů lišily, parametr Romberg Area a poměr anterioposteriorních a laterolaterálních výchylek u stoje o široké bázi (tedy poměrové parametry) se statisticky významně nelišily. To nasvědčuje tomu, že přístroj Nintendo Wii by mohl být pro účely rehabilitace použitelný. Je však nezbytné provést celkovou technickou kontrolu a kalibraci.

8. POUŽITÁ LITERATURA

Monografie

1. JANURA, M. *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007, s. 84. ISBN: 80-244-0644-6
2. JAVŮREK, J. *Vybrané kapitoly z klinické kineziologie*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1986, s. 264.
3. MUŽÍK, J. et al. *Software pro rehabilitaci pacientů se závrativými stavy*. Praha: ČVUT, 2008, s. 24.
4. PFEIFFER, J., VOTAVA, J. *Rehabilitace s využitím techniky*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1983, s. 320. ISBN: 73 521-08-28
5. VÉLE, F. *Kineziologie. Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. vyd. Praha: Triton, 2006, s. 375. ISBN: 80-7254-837-9
6. VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1995, s. 85. ISBN: 80-7184-100-5

Závěrečné práce

1. PROCHÁZKOVÁ, L. *Posturografie a biofeedback. Využití u hemiparetických pacientů*. Praha: Univerzita Karlova. 1. lékařská fakulta. 2008. 63 s. Vedoucí diplomové práce Mgr. Zdeněk Guřan.

Stati v odborných časopisech

1. BALOH, R. et al. Static and Dynamic Posturography in Patients With Vestibular and Cerebellar Lesions. *Archives of Neurology* [on-line], 1998, vol. 55, s. 649-654 [cit. 7. 11. 2008]. Dostupné na: <<http://archneur.ama-assn.org/cgi/reprint/55/5/649.pdf>>
2. DVOŘÁK, R. et al. Standardizace metodiky klinického vyšetření stoje na dvou vahách. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2000, č. 3, s. 102-105. ISSN: 1211-2658
3. GROHLICHOVÁ, J. et al. Některé rovnovážné kontroly vzpřímeného stoje fixací krční páteře- posturografická studie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2000, č. 4, s. 102-105 ISSN: 1211-2658

4. FUJITA, et. al. Postural stabilizing effect of alfacalcidol and active absorbable algal calcium (AAA Ca) compared with calcium carbonate assessed by computerized posturography . *Journal of Bone and Mineral Metabolism* [on-line], 2007, vol. 25, no. 1, s. 68-73. ISSN: 1435-5604. Dostupné z:
<<http://www.springerlink.com/content/b325578n7k553678/>>
5. NOVÁKOVÁ, H., TICHÝ, M., ŤUPA, F. Problematika využití posturografie v kineziologii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2001, č. 2, s. 65-69. ISSN: 1211-2658
6. TOŠNEROVÁ, V., HVĚZDOVÁ, J., MILÁČEK, Z. Výsledky vyšetření na stabilografické plošině na rehabilitační klinice FN v Hradci Králové. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2004, č. 3, s. 118-121. ISSN: 1211-2658
7. VALOVÁ, D., CHALUPOVÁ, M., TLAPÁKOVÁ, E. Stabilometrie a její využití na FTVS UK. *Lékař a technika*, 1996, č. 27, s. 86-89. ISSN: 0301-5491
8. VAŘEKA, I. Posturální stabilita (I. část)- Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2002, č. 4, s. 115-121. ISSN: 1211-2658
9. VAŘEKA, I. Posturální stabilita (II. část)- Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2002, č. 4, s. 122-129. ISSN: 1211-2658
10. VÉLE, F., ČUPELÍK, J., PAVLŮ, D. Úvaha nad problémem stability ve fyzioterapii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2001, č. 3, s. 103-105. ISSN: 1211-2658
11. VELICKÁ, E., SLOVÁČKOVÁ, L., TOŠNEROVÁ, V. Centrální mozkové poruchy a stabilografická plošina. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2000, č. 2, s. 57-59. ISSN: 1211-2658
12. VYŠATA, O., PŘEROVSKÝ, K., VRŠECKÁ, M. Počítačová posturografie v klinické praxi. *Praktický lékař*, 1993, č. 5, s. 72-74. ISSN: 0032-6739
13. WINTER. Balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 1995, vol. 3, s. 193-214. ISSN: 0966-6362
14. ŽUJOVÁ, E., VAŘEKA, I. Hodnocení posturální stability akcelometrem TriTrac-R3D. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2003, č. 3, s. 109-111. ISSN: 1211-2658

Stati ve sbornících

1. AMBLARD, C., et al. From posture to gait: which sensory input for which function? In: *Disorders of Posture and Gait: Xth International Symposium of the Society for Postural and Gait Research*. New York: Thieme, 1990, s. 168-176. ISBN: 3-13-756001-2
2. HAMANN, K.-F., KRAUSEN, CH. Clinical application of posturography: Body tracking and biofeedback training. In: *Disorders of Posture and Gait: Xth International Symposium of the Society for Postural and Gait Research*. New York: Thieme, 1990, s. 295-298. ISBN: 3-13-756001-2

Internetové zdroje

1. *Argo, force platform for static posturography* [on-line]. Itálie: RGM [cit. 2. 11. 2008]. Dostupné z: <[http://www.rgmmd.com/versione_inglese/pdf/ARGO%20Description%20\(En\).pdf](http://www.rgmmd.com/versione_inglese/pdf/ARGO%20Description%20(En).pdf)>
2. LEJSKA, M. *Komplexní řešení závrativých stavů funkčními metodami* [on-line]. Brno: AUDIO-Fon centr s.r.o., 1998 [cit. 22. 2. 2009]. Dostupné z: <<http://www.caretta.cz/software/posturograph/teorie.asp?str=200511262212040>>
3. *Nintendo Wii – příslušenství* [on-line] [cit. 16. 2. 2009]. Dostupné z: <<http://www.wiicko.cz/nintendo-wii-prislusenstvi.aspx>>
4. *WiiFit – All About Balance* [cit. 20. 2. 2009]. Dostupné z: <http://www.nintendo.com/wiifit/launch/?ref=http://www.nintendo.com/wii#/what_is_wii_fit/experience>
5. *Počítačový POSTUROGRAPH STP-03* [on-line]. Praha: Caretta [cit. 10. 12. 2008], Dostupné z: <<http://www.caretta.cz/software/posturograph/posturol.pdf>>
6. *Preditest – měření rovnováhy* [on-line] [cit. 19. 2. 2009]. Dostupné z: <<http://www.preditest.cz/index.php?zobraz=rsscan02>>
7. *RSscan International – Amount of sensors* [on-line]. Belgie [cit. 19. 2. 2009]. Dostupné z: <<http://www.rsscan.com/>>
8. *Wii Fit – Pro lepší kondici* [on-line]. Praha [cit. 16. 2. 2009]. Dostupné z: <http://www.wiifit.cz/pro_prirucka/pro_prirucka.php>

SEZNAM ZKRATEK

AC	Area of Contact
AP	anterioposteriorní výchylka
AS	Area of Support
BS	Base of Support
COG	Center of Gravity
COM	Center of Mass
COP	Center of Pressure
DKK	dolní končetiny
L	laterolaterální výchylka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vztah mezi opěrnou plochou a opěrnou bází	18
Obr. 2 Statokinesiogramy	22
Obr. 3 Stabilogramy	22

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Parametr Way u vyšetřované osoby č. 9	32
Graf 2 Parametr Area u vyšetřované osoby č. 9	33
Graf 3 Rombergův kvocient Way u vyšetřované osoby č. 9	34
Graf 4 Rombergův kvocient Arey u vyšetřované osoby č. 9	34
Graf 5 Anterioposteriorní výchylky u vyšetřované osoby č. 9	35
Graf 6 Laterolaterální výchylky u vyšetřované osoby č. 9	35
Graf 7 Poměr anterioposteriorních/laterolaterálních výchylek u vyšetřované osoby č. 9	36
Graf 8 Srovnání parametru Way u plošiny Posturograf STP-03, Nintendo Wii a Footscan	38
Graf 9 Srovnání parametru Area u porovnávaných plošin	38
Graf 10 Srovnání Rombergova kvocientu Way u porovnávaných plošin	39
Graf 11 Srovnání Rombergova kvocientu Area u porovnávaných plošin	39
Graf 12 Srovnání anterioposteriorních výchylek u porovnávaných plošin	40
Graf 13 Srovnání laterolaterálních výchylek u porovnávaných plošin	40
Graf 14 Srovnání anterioposteriorních/laterolaterálních výchylek u porovnávaných plošin	41

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Parametr Way	42
Tabulka 2 Ostatní parametry pro stoj I, IZO	43
Tabulka 3 Ostatní parametry pro stoj II, III	45
Tabulka 4 Srovnání porovnávaných plošin	46

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Ukázka přístrojů

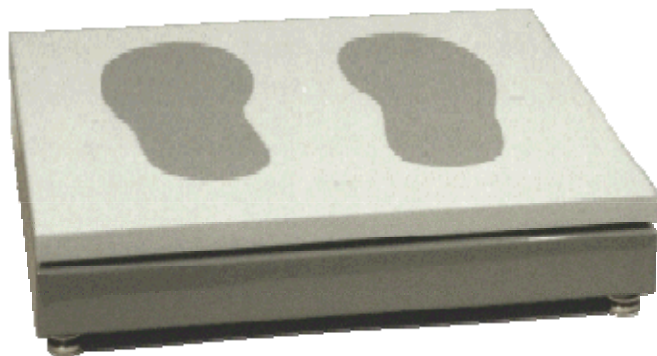
Příloha B Výhody/nevýhody porovnávaných plošin

Příloha C Naměřené hodnoty

Příloha D Fotografická dokumentace

Příloha A Ukázka přístrojů

Obr. 4 Posturograf STP-03



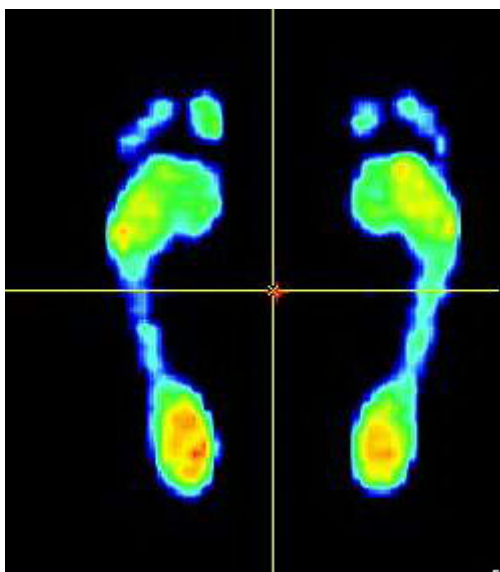
Zdroj: Caretta, 2008

Obr. 5 Footscan®



Zdroj: Preditest, 2009

Obr. 6 Footscan – grafické znázornění rozložení zatížení plosek nohy

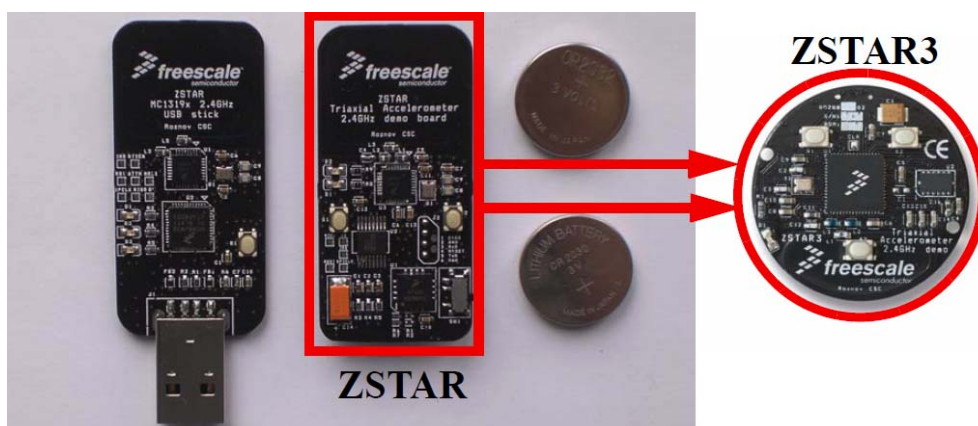


Obr. 7 Nintendo Wii



Zdroj: Mužík et al., 2008, s. 21

Obr. 8 ZigBee akcelometry



Zdroj: Mužik et al., 2008, s. 13

Příloha B Výhody/nevýhody porovnávaných plošin

Tabulka 5 Výhody sledovaných plošin

Posturograf STP-03	Nintendo Wii	Footscan
Terapie – nenáročná	Terapie – vhodná pro i zdatnější pacienty	vyšetření chůze
automatické generování sledovaných parametrů	mobilní (bezdrátové připojení)	zabudovaný (bez překážek)
ukládání všech dat	vysoká frekvence snímkování	velký počet senzorů
stabilogramy a statokinesiogramy	ukládání dat do samostatných souborů	měření na celém povrchu plošiny
	jednoduché ovládání	procentuální a grafické znázornění zatížení DKK
	nízká pořizovací cena	

Tabulka 6 Nevýhody sledovaných plošin

Posturograf STP-03	Nintendo Wii	Footscan
výběr dat – nutno exportovat celou databázi (či umět pracovat s SQL dotazy)	malé rozměry	ukládání dat – Way, procentuální zatížení DKK
	vypadávání spojení	absence podkladů potřebných k zjištění ostatních parametrů
	nezpracování parametrů – nutno vše dopočítat	nutno zadávat hmotnost pacienta
	neukládání procentuálního zatížení plosky nohy – nelze použít	

Příloha C Naměřené hodnoty

Tabulka 7 naměřené hodnoty

Číslo	Přístroj	Měření	Way	Area	Romberg Way	Romberg Area	L	AP	APL
1	Posturograf	Stoj I	15,24	1,90	0,45	0,37	8,72	9,91	1,14
		Stoj IZO	33,65	5,18			16,49	25,44	1,54
		Stoj II	23,63	3,13	0,49	0,21	17,60	11,76	0,67
		Stoj III	47,96	15,20			34,21	26,29	0,77
	Nintendo Wii	Stoj I	91,23	41,41	2,39	7,72	57,27	57,40	1,00
		Stoj IZO	38,20	5,37			23,09	24,84	1,08
		Stoj II	45,78	8,56	0,88	0,84	23,68	33,81	1,43
		Stoj III	51,94	10,18			25,65	39,96	1,56
	Footscan	Stoj I	15,60						
		Stoj IZO	13,20						
		Stoj II	16,20						
		Stoj III	27,60						
2	Posturograf	Stoj I	13,94	1,36	1,09	1,56	7,69	10,01	1,30
		Stoj IZO	12,75	0,87			6,58	9,46	1,44
		Stoj II	24,92	3,57	0,79	0,68	19,22	12,40	0,65
		Stoj III	31,66	5,26			23,83	15,77	0,66
	Nintendo Wii	Stoj I	33,54	2,32	0,99	0,78	17,51	24,41	1,39
		Stoj IZO	33,88	2,97			18,29	24,21	1,32
		Stoj II	40,44	8,21	0,97	1,12	20,35	30,22	1,49
		Stoj III	41,56	7,31			20,48	31,44	1,54
	Footscan	Stoj I	20,00						
		Stoj IZO	14,60						
		Stoj II	23,80						
		Stoj III	18,00						
3	Posturograf	Stoj I	18,43	2,49	1,00	1,23	8,41	14,22	1,69
		Stoj IZO	18,43	2,02			9,40	13,76	1,46
		Stoj II	24,70	3,03	0,62	0,15	18,66	11,96	0,64
		Stoj III	39,95	20,12			31,09	19,20	0,62
	Nintendo Wii	Stoj I	47,10	11,03	1,13	2,32	26,23	33,01	1,26
		Stoj IZO	41,72	4,76			21,42	31,08	1,45
		Stoj II	48,20	9,40	0,85	0,72	24,12	36,11	1,50
		Stoj III	56,42	13,11			26,56	43,65	1,64
	Footscan	Stoj I	15,00						
		Stoj IZO	12,60						
		Stoj II	17,20						
		Stoj III	15,40						

4	Posturograf	Stoj I	16,26	1,40	0,62	0,29	8,86	11,47	1,30
		Stoj IZO	26,33	4,84			16,42	16,55	1,01
		Stoj II	21,29	3,16	0,57	0,32	14,67	12,27	0,84
		Stoj III	37,37	9,92			26,22	21,00	0,80
	Nintendo Wii	Stoj I	29,58	2,52	0,86	0,58	16,50	20,69	1,25
		Stoj IZO	34,59	4,34			21,12	22,30	1,06
		Stoj II	36,95	7,66	0,79	0,64	20,01	26,63	1,33
		Stoj III	46,52	11,91			22,94	35,26	1,54
	Footscan	Stoj I	13,20						
		Stoj IZO	14,40						
		Stoj II	14,00						
		Stoj III	15,00						
5	Posturograf	Stoj I	21,23	1,91	0,60	0,37	8,98	17,05	1,90
		Stoj IZO	35,53	5,14			16,12	27,80	1,72
		Stoj II	25,99	2,88	0,52	0,30	17,78	15,06	0,85
		Stoj III	49,78	9,68			33,76	28,51	0,84
	Nintendo Wii	Stoj I	43,79	5,04	0,83	0,73	27,63	27,26	0,99
		Stoj IZO	53,03	6,88			37,08	29,19	0,79
		Stoj II	48,27	7,86	0,72	0,74	27,00	33,64	1,25
		Stoj III	67,15	10,65			34,74	49,74	1,43
	Footscan	Stoj I	29,80						
		Stoj IZO	18,60						
		Stoj II	18,80						
		Stoj III	18,00						
6	Posturograf	Stoj I	20,13	2,32	0,68	0,44	10,91	14,68	1,35
		Stoj IZO	29,71	5,30			17,53	20,44	1,17
		Stoj II	30,13	6,39	0,67	0,51	22,72	15,75	0,69
		Stoj III	45,11	12,58			33,56	22,96	0,68
	Nintendo Wii	Stoj I	35,38	3,46	1,00	1,20	19,08	25,23	1,32
		Stoj IZO	35,42	2,89			20,76	23,61	1,14
		Stoj II	40,49	5,61	0,70	0,50	20,19	30,36	1,50
		Stoj III	57,71	11,11			28,45	43,90	1,54
	Footscan	Stoj I	18,40						
		Stoj IZO	17,40						
		Stoj II	21,20						
		Stoj III	17,40						

7	Posturograf	Stoj I	15,96	1,41	0,56	0,47	6,60	13,06	1,98
		Stoj IZO	28,52	2,98			10,75	24,06	2,24
		Stoj II	18,20	2,02	0,44	0,28	12,39	10,60	0,86
		Stoj III	41,42	7,31			29,46	23,07	0,78
	Nintendo Wii	Stoj I	31,55	5,17	0,92	1,16	17,83	21,78	1,22
		Stoj IZO	34,21	4,46			21,24	21,95	1,03
		Stoj II	43,66	8,65	0,88	0,85	24,30	30,17	1,24
		Stoj III	49,42	10,16			22,81	38,32	1,68
	Footscan	Stoj I	14,80						
		Stoj IZO	13,40						
		Stoj II	18,00						
		Stoj III	15,60						
8	Posturograf	Stoj I	17,83	1,52	0,43	0,20	8,57	13,60	1,59
		Stoj IZO	41,91	7,70			15,95	35,56	2,23
		Stoj II	25,93	4,38	0,30	0,19	18,06	14,56	0,81
		Stoj III	87,77	22,76			62,48	49,73	0,80
	Nintendo Wii	Stoj I	44,29	4,22	0,86	0,59	24,42	31,34	1,28
		Stoj IZO	51,77	7,13			34,58	31,07	0,90
		Stoj II	48,10	5,68	0,55	0,29	24,64	35,60	1,44
		Stoj III	87,16	19,27			44,93	65,66	1,46
	Footscan	Stoj I	15,60						
		Stoj IZO	16,40						
		Stoj II	17,80						
		Stoj III	28,60						
9	Posturograf	Stoj I	17,83	1,53	0,86	0,85	10,84	11,96	1,10
		Stoj IZO	20,81	1,80			9,38	16,75	1,79
		Stoj II	25,43	3,92	0,54	0,30	14,83	17,70	1,19
		Stoj III	47,41	13,03			34,37	25,51	0,74
	Nintendo Wii	Stoj I	43,42	4,63	1,08	1,13	25,16	28,99	1,15
		Stoj IZO	40,13	4,11			22,07	28,28	1,28
		Stoj II	48,50	9,01	0,82	0,66	26,57	34,68	1,31
		Stoj III	59,29	13,69			30,14	44,56	1,48
	Footscan	Stoj I	20,00						
		Stoj IZO	17,00						
		Stoj II	13,00						
		Stoj III	16,00						

10	Posturograf	Stoj I	18,06	2,15	1,01	1,04	10,01	13,07	1,31
		Stoj IZO	17,87	2,06			9,80	12,56	1,28
		Stoj II	21,05	2,16	0,48	0,25	16,74	9,00	0,54
		Stoj III	43,50	8,65			36,62	16,61	0,45
	Nintendo Wii	Stoj I	41,91	3,33	1,11	1,20	20,62	31,98	1,55
		Stoj IZO	37,76	2,77			19,01	28,20	1,48
		Stoj II	51,84	9,63	1,06	1,00	23,75	40,57	1,71
		Stoj III	48,95	9,59			23,03	38,24	1,66
	Footscan	Stoj I	13,80						
		Stoj IZO	12,80						
		Stoj II	18,60						
		Stoj III	12,20						
11	Posturograf	Stoj I	18,16	3,23	0,91	1,14	11,20	11,52	1,03
		Stoj IZO	20,03	2,84			8,69	15,82	1,82
		Stoj II	32,67	4,94	0,81	0,44	24,19	17,03	0,70
		Stoj III	40,37	11,18			29,72	21,81	0,73
	Nintendo Wii	Stoj I	29,46	3,33	0,68	0,21	16,24	20,50	1,26
		Stoj IZO	43,16	16,25			29,40	24,57	0,84
		Stoj II	33,27	7,07	0,78	1,23	17,64	24,11	1,37
		Stoj III	42,92	5,75			21,97	31,75	1,45
	Footscan	Stoj I	14,20						
		Stoj IZO	15,40						
		Stoj II	17,00						
		Stoj III	15,40						
12	Posturograf	Stoj I	15,71	1,30	1,25	1,10	9,66	10,36	1,07
		Stoj IZO	12,59	1,19			6,86	8,96	1,31
		Stoj II	21,25	4,88	0,65	0,66	15,13	12,04	0,80
		Stoj III	32,77	7,44			22,09	19,28	0,87
	Nintendo Wii	Stoj I	38,73	2,09	0,95	0,59	19,80	28,45	1,44
		Stoj IZO	40,64	3,53			21,63	29,20	1,35
		Stoj II	57,64	11,34	1,13	1,53	33,09	39,36	1,19
		Stoj III	51,23	7,40			25,50	38,44	1,51
	Footscan	Stoj I	17,60						
		Stoj IZO	18,40						
		Stoj II	18,00						
		Stoj III	20,80						

13	Posturograf	Stoj I	17,03	2,44	0,50	0,44	9,73	11,87	1,22
		Stoj IZO	33,90	5,61			16,54	26,44	1,60
		Stoj II	28,42	6,37	0,64	0,64	18,36	17,23	0,94
		Stoj III	44,44	10,02			34,12	22,15	0,65
	Nintendo Wii	Stoj I	37,47	4,40	0,78	0,38	22,04	24,87	1,13
		Stoj IZO	47,98	11,68			32,18	28,05	0,87
		Stoj II	47,03	11,14	0,83	0,97	26,63	32,61	1,22
		Stoj III	56,40	11,45			32,32	38,32	1,19
	Footscan	Stoj I	18,60						
		Stoj IZO	30,40						
		Stoj II	89,20						
		Stoj III	24,80						
14	Posturograf	Stoj I	17,57	2,21	1,00	1,05	9,74	12,37	1,27
		Stoj IZO	17,57	2,10			8,25	13,62	1,65
		Stoj II	26,93	4,89	0,74	0,80	17,83	16,41	0,92
		Stoj III	36,57	6,09			31,11	14,05	0,45
	Nintendo Wii	Stoj I	41,21	5,50	1,00	2,33	22,02	29,88	1,36
		Stoj IZO	41,26	2,36			20,41	31,05	1,52
		Stoj II	44,54	6,81	0,88	1,11	21,35	34,04	1,59
		Stoj III	50,58	6,17			23,00	39,73	1,73
	Footscan	Stoj I	14,20						
		Stoj IZO	13,00						
		Stoj II	13,60						
		Stoj III	15,40						
15	Posturograf	Stoj I	15,62	1,80	0,75	0,76	9,96	9,66	0,97
		Stoj IZO	20,90	2,37			7,30	18,30	2,51
		Stoj II	16,68	3,08	0,38	0,21	10,47	10,44	1,00
		Stoj III	44,30	14,97			27,86	28,85	1,04
	Nintendo Wii	Stoj I	33,60	2,44	0,82	0,33	18,16	23,92	1,32
		Stoj IZO	40,88	7,29			25,39	26,37	1,04
		Stoj II	36,65	3,88	0,66	0,22	18,45	27,43	1,49
		Stoj III	55,19	17,29			33,49	36,88	1,10
	Footscan	Stoj I	22,00						
		Stoj IZO	16,00						
		Stoj II	15,80						
		Stoj III	24,00						

Průměr	Posturograf	Stoj I	17,27	1,93	0,78	0,75	9,32	12,32	1,35
		Stoj IZO	24,70	3,47			11,74	19,03	1,65
		Stoj II	24,48	3,92	0,57	0,39	17,24	13,61	0,81
		Stoj III	44,69	11,61			32,70	23,65	0,73
	Nintendo Wii	Stoj I	41,48	6,73	1,03	1,42	23,37	28,65	1,26
		Stoj IZO	40,98	5,79			24,51	26,93	1,14
		Stoj II	44,76	8,03	0,83	0,83	23,45	32,62	1,40
		Stoj III	54,83	11,00			27,73	41,06	1,50
	Footscan	Stoj I	17,52						
		Stoj IZO	16,24						
		Stoj II	22,15						
		Stoj III	18,95						
Medián	Posturograf	Stoj I	17,57	1,90	0,75	0,76	9,66	11,96	1,30
		Stoj IZO	20,90	2,84			9,80	16,75	1,60
		Stoj II	24,92	3,57	0,57	0,30	17,78	12,40	0,81
		Stoj III	43,50	10,02			31,11	22,15	0,74
	Nintendo Wii	Stoj I	38,73	4,22	0,95	0,78	20,62	27,26	1,26
		Stoj IZO	40,64	4,46			21,63	28,05	1,08
		Stoj II	45,78	8,21	0,83	0,84	23,75	33,64	1,43
		Stoj III	51,94	10,65			25,65	38,44	1,54
	Footscan	Stoj I	15,60						
		Stoj IZO	15,40						
		Stoj II	17,80						
		Stoj III	17,40						

Příloha D Fotografická dokumentace

Obr. 9 Měření na Posturografu STP-03



Obr. 10 Měření na Nintendo Wii



Obr. 11 Měření na Footscanu

