

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

Hana Zemlerová

MOŽNOSTI VYŠETŘENÍ BALANČNÍCH SCHOPNOSTÍ V DĚTSKÉM VĚKU

Bakalářská práce

Praha, 2010

Jméno a příjmení autora: Hana Zemlerová

Název práce: Možnosti vyšetření balančních schopností v dětském věku

Pracoviště: Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství UK 2. LF

Vedoucí práce: PaedDr. Irena Zouňková

Rok obhajoby práce: 2010

Abstrakt:

Cílem práce bylo shromáždit poznatky o vyšetřovacích polohách, úkonech a testech cílených na rovnovážné funkce. Na začátku práce se hovoří všeobecně o rovnovážných funkcích a o jejich vývoji v rámci dětského věku. Ve speciální části se práce zaměřuje na vyšetřovací metody použitelné v dětském věku. Z klinických vyšetřovacích metod práce pojednává o statických, dynamických i o testovacích bateriích. U statických vyšetření se práce věnuje polohám vycházejícím ze vzpřímeného stoje. Dynamická vyšetření jsou zaměřena zejména na modifikovanou chůzi. Dále se práce zabývá objektivizujícím přístrojovým vyšetřením balančních funkcí. Práce je založena na rešeršním sběru informací.

Klíčová slova: vyšetření, rovnováha, dětský věk

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Author`s first name and surname: Hana Zemlerova

Title of the Bachelor thesis: Options of balance examination in children

Department: Department of rehabilitation and sports medicine, Charles university in Prague, 2nd Faculty of Medicine

Supervisor: PaedDr. Irena Zounkova

The year of presentation: 2010

Abstract:

The aim of the work was gather to information about investigative positions, operations and tests focused on the equilibrium function. At the beginning the work speaks generally about balance function and their development in childhood. In a special part of my work focuses on investigative methods to be used in children. From clinical examination methods work deals with static, dynamic testing as well as batteries of tests. For static tests, the work turns on positions from an upright standing position. Dynamic tests are focused primarily on a modified walking. Then the paper deals with instrumentation objective balance function testing. Finally, this thesis work is based on the retrieval of data collection.

Keywords: examination, balance, childhood

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením PaedDr. Ireny Zouňkové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Praze dne 15. 4. 2010


.....

Poděkování autora:

Děkuji vedoucí práce PaedDr. Ireně Zounkové za cenné rady a podněty ke zpracování bakalářské práce. Dále děkuji rodičům dětí, které jsem měla možnost vyšetřovat.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	2
3. OBECNÁ ČÁST – NEUROFYZIOLOGIE	3
3.1 Neurofyziologie mozečku	3
3.1.1 Anatomické poznámky	3
3.1.2 Funkční rozdělení mozečku	4
3.1.3 Nervové okruhy mozečku	4
3.1.4 Funkce mozečku při řízení motoriky	5
3.1.5 Mozeček a pohybové učení	6
3.2 Neurofyziologie vestibulárního systému	7
3.2.1 Anatomické poznámky	7
3.2.2 Funkční rozdělení vestibulárního aparátu	7
3.2.3 Receptory vestibulárního aparátu	8
3.2.4 Semicirkulární kanálky	8
3.2.5 Otolitový orgán	9
3.2.6 Centrální integrace vestibulárního signálu	9
3.3 Neurofyziologická podstata propriocepce	13
3.3.1 Svalové receptory	13
3.3.2 Kloubní receptory	15
4. SPECIÁLNÍ ČÁST – VYŠETŘENÍ BALANČNÍCH SCHOPNOSTÍ	16
4.1 Rovnovážné funkce	16
4.1.1 Statická a dynamická rovnováha	17
4.1.2 Terminologie užívaná v souvislosti s rovnováhou	18
4.2 Vývoj rovnovážných schopností	20
4.2.1 Vývoj a integrace senzorických vstupů	21
4.3 Vyšetření rovnovážných schopností	23
4.3.1 Anamnéza	24

4.3.2	Aspekce.....	24
4.3.3	Kineziologický rozbor a antropometrie	24
4.3.4	Statické vyšetření rovnovážných funkcí	24
4.3.5	Dynamická vyšetření	30
4.3.6	Vyšetření zaměřená na vestibulární aparát	33
4.3.7	Vyšetření nystagmu	35
4.3.8	Cílené vyšetření mozečkových funkcí.....	37
4.3.9	Testovací baterie.....	38
4.3.10	Testovací jednotky využívající přístrojů.....	44
4.3.11	Přístroje využitelné k vyšetření rovnováhy.....	46
5.	PRAKTICKÁ ČÁST.....	51
5.1	Metoda.....	51
5.1.1	Probandi	51
5.1.2	Použitá vyšetření	51
5.2	Kazuistiky	53
5.2.1	Probandka 1.....	53
5.2.2	Probandka 2.....	53
5.2.3	Probandka 3.....	53
5.2.4	Proband 4	54
5.2.5	Probandka 5.....	54
5.2.6	Proband 6	55
5.2.7	Proband 7	55
5.3	Výsledky	56
6.	DISKUZE.....	58
7.	ZÁVĚR.....	63
8.	REFERENČNÍ SEZNAM	64

SEZNAM ZKRATEK

AC - Area of Contact = kontaktní plocha

ADHD - Attention Deficit Hyperactivity Disorders = hyperaktivita s poruchou pozornosti

AL – Area of Load = úložná plocha

AS – Area of Support = opěrná plocha

BOT – Bruininks – Oseretsky test

BS – Base of Support = opěrná báze

CNS – centrální nervová soustava

COG – Centre of Gravity

COM – Centre of Mass = těžiště

COP – Centre of Pressure

EMG – elektromyografie

IQ – inteligenční kvocient

LED – light emitted diod

LOS – Limits of stability

P-CTSIB – Pediatric clinical test of sensory integration for balance

PST – Postural Stress Test

SOT – Sensory Organization Test

SpA – sportovní anamnéza

VOR – vestibulookulární reflex

1. ÚVOD

Pro svoji bakalářskou práci jsem zvolila téma o možnostech vyšetření balančních schopností v dětském věku.

Problematika rovnovážných funkcí je spjata s veškerým pohybovým projevem člověka. Bez schopnosti udržet rovnováhu by nebyl možný téměř žádný účelný pohyb a zároveň pohybem jsou balanční schopnosti uskutečňovány.

Vyšetření by mělo předcházet každé cílené a individuální terapii, protože napomáhá jejímu správnému zvolení. Zachycení eventuální poruchy rovnovážných funkcí již v dětském věku přináší nesporné výhody ve vyšší efektivitě pohybové terapie.

2. CÍL PRÁCE

Tato bakalářská práce si bere za cíl rešeršní formou shromáždit, co nejvíce dostupných informací o vyšetřovacích polohách, úkonech a testech cílených na balanční schopnosti. Do práce budou zahrnuta jednak vyšetření klinická i přístrojová a zároveň i vyšetření statická i dynamická. Následně budou shromážděné klinické vyšetřovací metody otestovány v praxi na zdravých dětech.

gino
konvulant

Tato práce se zaměří na vyšetření použitelná v konkrétním rozmezí dětského věku od 18 měsíců do 18 let.

3. OBECNÁ ČÁST – NEUROFYZIOLOGIE

Neurofyziologická část se z řídicích struktur podílejících se na rovnováze věnuje hlavně mozečku a jeho zapojení v rámci komplexního řízení motoriky. Následně je pojednáno o systémech, které participují na balančních funkcích svým senzoricím vstupem. Jedná se zejména o vestibulární aparát, propiocepci a vizuální systém.

3.1 Neurofyziologie mozečku

3.1.1 Anatomické poznámky

Mozeček vyplňuje zadní jámu lební. Dorsálně sedí nad prodlouženou míchou a pontem a vytváří strop čtvrté mozkové komory. S mozkovým kmenem a jeho prostřednictvím s ostatní nervovou soustavou komunikuje pomocí tří párů pedunkulů neboli stvolů, které laterálně lemují čtvrtou mozkovou komoru.

Povrch mozečku souvisle pokrývá šedá hmota - mozečková kůra, pod ní se rozprostírá bílá hmota, která na sagitálním řezu vytváří typickou kresbu mozečkového stromu vytvořeného vybíhajícími tenkými lamelami do šedé hmoty. V hloubce bílé hmoty jsou zanořeny čtyři páry mozečkových jader: ncl. dentatus, ncl. emboliformis, ncl. globosus, ncl. fastigii, z nichž vystupují veškeré eferentní dráhy z mozečku.

Dráhy mozečku

Do mozečku jsou přiváděny signály z velké řady jader a šedé hmoty centrální nervové soustavy (CNS). Nad odvodnými drahami převažují v poměru 40:1, což svědčí o obrovském koordinačním a integračním zapojení mozečku do pohybových aktivit od hrubé motoriky po nejjemnější.

Všechny axony aferentních drah přicházejí buď mechovými, nebo šplhavými vlákny například z vestibula, z různých oblastí míchy, z oliv, z tecta nebo z mozkové kůry s připojením v pontu. Eferentní dráhy probíhají ve dvou etážích: z mozečkové kůry do mozečkových jader a z nich do řady jader mozkového kmene a do thalamu. (Čihák, 2004; Lesný et al., 1980)

3.1.2 Funkční rozdělení mozečku

Mozeček je z funkčního hlediska rozdělen na tři díly (ale poněkud jinak než anatomicky):

- Vestibulocerebellum (lubus flocculonodularis) – tvořené nodulem ve vermis a flokuly obou hemisfér. Jedná se o část fylogeneticky nejstarší, která má souvislost s vestibulárním aparátem a přímo se podílí na řízení rovnováhy.
- Spinocerebellum – tvořené zbytkem vermis a přilehlými středními částmi hemisfér. Spinocerebellum je oblastí, kam přichází proprioceptivní a exteroceptivní signály z celého těla a také kopie „motorického plánu“ mozkové kůry. Vermis se projikuje přes mozkový kmen do řízení motoriky axiálního a proximálního svalstva. Z hemisfér je taktéž prostřednictvím mozkového kmene řízeno distální svalstvo končetin.
- Neocerebellum – tvořené laterálními částmi mozečkových hemisfér. Z fylogenetického hlediska hovoříme o nejmladší části mozečku, která u lidí dosáhla největšího rozvoje. Integruje a porovnává informace s mozkovou kůrou a společně plánují, koordinují a programují pohyby. (Ganong, 1999)

3.1.3 Nervové okruhy mozečku

Kůra mozečku je rozdělena do tří vrstev: molekulární, gangliózní a granulózní, a v nich je obsaženo pouze 5 typů neuronů: Purkyňovy buňky, hvězdicové, košičkové, granulózní a buňky Golgiho.

Purkyňovy buňky patří mezi největší v těle. Mají masivní dendritické větvení prostupující celou zevní molekulární vrstvou. Z jejich těla, uloženého na zevním okraji gangliózní vrstvy, vychází jediný spoj mozečkové kůry a mozečkových jader.

Granulózní vrstva obsahuje těla stejnojmenných buněk, jejichž axony se v molekulární vrstvě větví ve tvaru písmene T a dál putují do velké vzdálenosti. Tato tzv. paralelní vlákna inervují bohatý dendritický strom Purkyňových buněk, který je téměř plochý a k paralelním vláknům stojí kolmo. Při mikroskopickém pohledu shora na mozečkovou kůru dohromady tvoří pravidelné mřížoví.

Další tři typy buněk jsou svým charakterem inhibiční interneurony. Košičkové i hvězdicové buňky jsou uloženy v molekulární vrstvě. Přijímají excitační signály z paralelních vláken a svými axony se inhibičně projikují k tělům Purkyňových buněk. Poslední Golgiho buňky s těly umístěnými v granulózní vrstvě vysílají své dendrity do molekulární vrstvy, kde

přijímají vzruchy z paralelních vláken. Dále jsou ovlivněny kolaterálami mechových vláken (viz dále) a Purkyňových buněk přicházejících na jejich těla. Axony Golgiho buněk se inhibičně spojují s granulárními buňkami.

Do mozečkové kůry vstupují pouze dva typy excitačních vláken – šplhavá a mechová. Šplhavá pocházejí z dolních jader olivy a ovíjejí se přímo kolem dendritů Purkyňových buněk, svým přímým vlivem na tyto neurony mají vliv na pohybovou paměť. Mechová vlákna končí na dendritech granulárních buněk a společně s výše popsaným inhibičním spojením z Golgiho buněk vytváří mozečkový glomerulus.

Zdá se, že celé mozečkové zapojení se zabývá výhradně modulací a časováním excitačního výstupu z hlubokých mozečkových jader do mozkového kmene a thalamu. (Ganong, 1999; Trojan, 2003)

3.1.4 Funkce mozečku při řízení motoriky

1, Příprava i počátek realizace složitějšího pohybu probíhá v mozkové kůře, o všem je současně informována kůra mozečku. Čili v kortexu i v kůře mozečku je schéma celého složitějšího pohybu.

2, Výsledný pohyb je uskutečňován činností motorických drah podle připraveného schématu (uloženého jak v mozkové kůře, tak v kůře mozečku). Jedná se především o signál procházející kortikospinální dráhou, který je ještě před svým spuštěním upravován okruhem bazálních ganglií a také velmi významně kmenovými motorickými drahami – rubrospinalní, tectospinalní a retikulospinalní, do kterých vysílá zpracované informace právě mozeček.

3, V průběhu realizace každého složitějšího pohybu se do mozečku dostávají veškeré zpětnovazební proprioceptivní a exteroceptivní informace z pohybujících se částí těla. Současně se signály z telereceptorů a mozkové kůry neustále porovnávají s dříve vytvořeným schématem pohybu. Díky tomu může být neustále regulován průběh pohybu z prostorového i časového hlediska. Mozeček podle potřeby vysílá signály jádrům mozkového kmene či mozkové kůře o nutnosti excitace či inhibice konkrétních svalových skupin, a tím celého pohybu.

Mozeček trvale ovlivňuje směr, cíl a způsob pohybu.

4, Kontrola svalového tonu

Možnost mozečku ovlivnit svalový tonus a tím držení těla má velký význam pro udržení rovnovážné postury. Mozeček se podílí na řízení rovnováhy jak za statických podmínek – prostřednictvím působení přes jádra mozkového kmene na antigravitační svalstvo, tak za dynamických podmínek ve spolupráci s vestibulárním aparátem – taktéž přes jádra mozkového kmene působí na axiální, proximální i distální svaly.

Souhrnně řečeno mediální a paramediální zóna mozečkové kůry se uplatňuje při řízení svalového tonusu, držení těla a tím na kontrole rovnováhy.

Z laterálních částí mozečkové kůry je ovlivňována složitá cílená motorika. Obě mozečkové oblasti však samozřejmě spolupracují. (Čihák, 2004; Ganong, 1999; Trojan, 2003)

3.1.5 Mozeček a pohybové učení

Mozeček se podílí na naučeném vyhlazení pohybu, které usnadňuje koordinaci, pokud je pohyb konán znovu a znovu. Základem tohoto učení je pravděpodobně vstup přes jádra oliv. Přitom nemá význam, že každá Purkyňova buňka má vstupy od 250 000 po 1 000 000 mechových vláken, ale má pouze jedno šplhavé vlákno z dolní olivy a toto vlákno na ní vytváří 2 000 – 3 000 synapsí. Aktivace šplhavých vláken vyvolá velké a komplexní výboje Purkyňových buněk; ty vyvolají dlouhodobou změnu charakteristik vstupu přes mechová vlákna do této Purkyňovy buňky. Aktivita šplhavých vláken stoupá při učení novému pohybu a selektivní poškození olivárního komplexu potlačí schopnost učit se, dlouhodobě uhlazovat a zpřesňovat pohyby (Ganong, 1999).

3.2 Neurofyzologie vestibulárního systému

3.2.1 Anatomické poznámky

Vestibulární aparát tvoří součást vnitřního ucha, které je uloženo v kostěném labyrintu uvnitř spánkové kosti, konkrétně v její nejtvrděší oblasti – v pyramidě skalní kosti. Skládá se ze dvou morfologicky i funkčně odlišných částí. Z vestibula, ve kterém jsou uloženy dva blanité váčky – ovoidní sacculus a sférický utriculus. Na vestibulum dorsálně navazují tři semicirkulární kanálky, orientované ve třech navzájem kolmých rovinách uspořádaných podél osy pyramidy, nikoliv podle základních rovin těla. Každý z kanálků má rozšířenou část – ampulu, kde jsou nakupeny receptory.

V kostěném labyrintu se v perilymfě vznáší rozměrově podstatně menší labyrint blanitý vyplněný endolymfou. Blanitý labyrint je k periostu dutiny nepravidelně upevněn vazivovými poutky. (Čihák, 2004)

3.2.2 Funkční rozdělení vestibulárního aparátu

Z hlediska funkce lze vestibulární rovnovážný systém dělit na tři části:

- Senzorickou, receptorovou – receptory vnitřního ucha (semicirkulární kanálky, utrikulus a sakulus), zrakové receptory (tyčinky a čípky), proprioceptory.
- Motorickou, efektorovou – zevní okulomotorický systém (okohybné svaly), pohybový systém (ostatní příčně pruhované svaly).
- Řídící, koordinační – vestibulární jádra, retikulární formace mozkového kmene, mozeček, oblast motorické kůry, bazální ganglia.

Všechny výše zmíněné části se různým způsobem podílí na plnění základních funkcí vestibulárního aparátu. Těmi jsou zejména schopnosti:

- Stabilizovat sledovaný cíl za statických i dynamických podmínek fixací jeho obrazu na nejoptimálnějším místě sítnice, do macula lutea – do žluté skvrny umístěné ve fovea centralis – do místa nejostřejšího vidění.
- Udržovat vzpřímený postoj za statických i dynamických podmínek.
- Orientovat se v gravitačním poli.

Aby byl vestibulární rovnovážný systém dokonale funkční, je nezbytná nejen bezchybná činnost jednotlivých jeho částí, ale také jejich dokonalá spolupráce. (Vrabec et al., 2002)

3.2.3 Receptory vestibulárního aparátu

Receptory vestibulárního aparátu respektive celého blanitého labyrintu vnitřního ucha jsou cilie vláskových buněk převádějící mechanickou energii nitroušní tekutiny na elektrickou energii akčních potenciálů.

Cilie umístěné na vrcholu vláskových buněk jsou dvojího druhu. Jediné kinocilium a mnoho stereocilií. Při pohybu stereocilií směrem ke kinociliu dochází k depolarizaci buňky. Naopak při pohybu opačným směrem dochází k hyperpolarizaci. Citlivost vláskové buňky je značně vysoká a k dosažení prahu dráždivosti stačí vychýlení stereocilií o $0,004^\circ$ (pro představu posun kupuly o 1 mm odpovídá úhlu deflektce o $3 - 6^\circ$). Změna polarizace membrány závisí i na úhlu vyklonění stereocilií vzhledem ke kinociliu, v ose stereocilie a kinocilie je změna největší, naopak ve směru kolmém na osu je změna nulová (tento vztah lze vyjádřit matematicky jako \cos velikosti úhlu vyklonění stereocilie od osy s kinociliu). (Čihák, 2004; Ganong, 1999; Vrabec et al., 2002)

3.2.4 Semicirkulární kanálky

Díky vzájemnému uspořádání semicirkulárních kanálků ve třech navzájem kolmých rovinách jejich vláskové buňky reagují na úhlové zrychlení ve všech směrech, čili mohou informovat o všech rotačních pohybech hlavy. Maximálně jsou stimulovány receptory v kanálku, jehož poloha se nejvíce blíží k rovině otáčení. Intenzita úměrně klesá s matematickou funkcí \cos úhlu mezi rovinou rotace hlavy a rovinou kanálku (pokud je mezi těmito rovinami pravý úhel, receptory nejsou stimulovány). Při rotačním pohybu hlavy setrvačná síla endolymfy ohýbá cilie vláskových buněk proti směru rotace. Po dosažení konstantní rychlosti otáčení se cilie vrátí do rovnovážného stavu a při následném zpomalování dojde k jejich pohybu na stranu opačnou. Směr pohybu endolymfy tedy zvyšuje nebo snižuje frekvenci výbojů vestibulárního nervu. Semicirkulární kanálky jsou v obou skalních kostech uspořádány zrcadlově podle mediální roviny, tudíž při rotaci hlavy se v jedné z nich stereocilie pohybují ke kinociliu a iniciuje se akční potenciál, kdežto v druhé probíhá reakce přesně opačně. (Čihák, 2004; Ganong, 1999; Vrabec et al., 2002)

3.2.5 Otolitový orgán

Informuje o poloze hlavy vzhledem k zemské gravitaci a o lineárním zrychlení. Na rozdíl od semicirkulárních kanálků jsou cilie v utrikulu a sakulu zabořeny do mukopolysacharidového gelu tvořícího otolitovou membránu, který má podstatně vyšší hustotu než okolo přítomná endolymfa. Díky tomu makuly utrikulů a sakulů reagují již na velmi malý lineární posun otolitového komplexu. Prahová hodnota je $0,15\mu\text{m}$. Utrikulus a sakulus jsou i dokonalým gravitačním čidlem díky jejich morfologicky opačné polarizaci podél strioly v rámci jedné makuly. Ohnutí cilií podél osy strioly způsobí na jedné straně depolarizaci a na druhé hyperpolarizaci vláskových buněk. K obsáhnutí všech směrů lineárního pohybu a působení gravitace ve všech polohách hlavy je makula sakulu postavena vertikálně a utrikulární horizontálně. V obou skalních kostech je utrikulus a sakulus uspořádán zrcadlově podobně jako semicirkulární kanálky, což je nesmírně důležité pro interakci periferního signálu v CNS.

Otolitový orgán a semicirkulární kanálky vysílají do CNS informace o poloze hlavy a o charakteru její případné změny v gravitačním poli. (Čihák, 2004; Ganong, 1999; Vrabcet al., 2002)

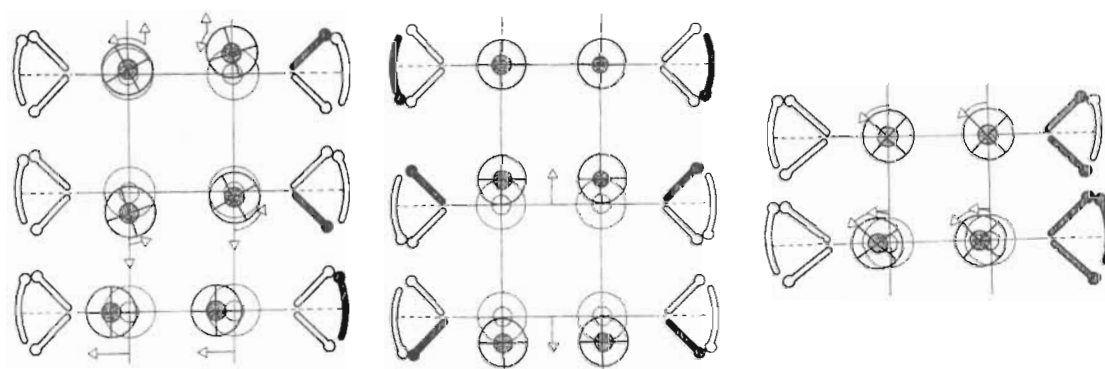
3.2.6 Centrální integrace vestibulárního signálu

Centrální vestibulární neurony jsou buď jednou synapsí, polysynapticky nebo kolaterálami propojeny s oklumotorickými nervy a s mnoha etážemi míchy. Směřují i do retikulární formace a do mnoha oblastí kůry mozkové či do mozečku. (Čihák, 2004; Ganong, 1999; Vrabcet al., 2002)

Vestibulookulární systém

Hlavní funkcí vestibulookulárního systému je stabilizovat sledovaný obraz na sítnici do fovea centralis během pohybu hlavy, což umožňuje pomalá složka vestibulookulárního reflexu (VOR), kdežto rychlá složka reflexu znovu fixuje pohled na sledovaný obraz. VOR patří mezi velmi dobře prostudované reflexy.

VOR je tvořen obloukem tří neuronů: periferním vestibulárním, centrálním vestibulárním a okulomotoneuronem. Iniciuje pomalý pohyb očního bulbu v rovině shodné s rotací, směřující ale opačným směrem, který kompenzuje otočení hlavy. Stimulace každé dvojice kanálků vyvolá kontrakci jiných okoohybných svalů. Při reálných pohybech hlavy však dochází zpravidla ke stimulaci více než jedné dvojice kanálků.



Obrázek 1: Pohyby očních bulbů při stimulaci označených kanálků. (Vrabec et al., 2002, s. 39-41)

Obdobný reflex lze pozorovat i u otolitového systému. K jeho zapojení do funkce dochází při potřebě stabilizovat pozorovaný objekt při lineárním pohybu hlavy, respektive tedy celého těla, nebo při změnách vzdálenosti pozorovatele od pozorovaného cíle. Reflexní dráha mezi otolitovým systémem a okoohybným aparátem je propojena polysynapticky a je podstatně složitější než VOR semicirkulárních kanálků. (Ganong, 1999; Vrabec et al., 2002)

Vestibulospinální systém

Tvoří ho rozsáhlý komplex reflexních oblouků, které ovládají aktivitu kosterního svalstva tak, aby byla udržena požadovaná poloha těla a všech jeho částí vzhledem ke gravitačnímu poli. Poloha vektoru gravitační síly (vždy začíná v těžišti, které je však specifické pro každou pozici těla) je v mozku analyzována pomocí makul otolitového systému a současně polohou hlavy. Vestibulární receptory nejsou schopny odlišit změněnou pozici hlavy od změněné polohy celého těla, k tomuto rozlišování jsou využívány informace z vizuálních vjemů a z proprioceptorů krčního svalstva.

Vestibulospinální systém se velmi silně podílí na detekci pozice těžiště a jeho průmětu do opěrné báze. Signály jsou v CNS integrovány s ostatními sensorickými vstupy participujícími na

rovnovážných funkcích. Následně se zpracovávají k výběru potřebné balanční strategie. (Ganong, 1999; Vrabcet al., 2002)

Vestibulokolický reflex

Náhlý rotační pohyb těla, při zachované volné pohyblivosti hlavy, způsobuje tendenci k udržení její původní pozice v prostoru, což je zapříčiněno jednak signalizací z vestibulárních receptorů, ale i setrvačnými silami a tíhou hlavy. Pohyb hlavy probíhá kontralaterálně ke směru náhlé rotace v rovině stimulovaného kanálku. (Ganong, 1999; Vrabcet al., 2002)

Tonické reflexy

Tonické reflexy odpovídají za nastavení optimálního tonu různých skupin kosterního svalstva, a tím ovlivňují udržení stabilní postury v gravitačním poli. Pokud dojde k vychýlení vektoru tíhové síly těla z opěrné báze, vede to buď ke kompenzační rovnovážné reakci, nebo k pádu. Podle lokalizace sensorického receptoru lze dělit tonické reflexy na krční a labyrintové.

Krční tonické reflexy se zapojují do funkce za situace, kdy hlava zůstává stabilní, čili se nemění její pozice vzhledem ke gravitačnímu vektoru, a dochází pouze k pohybu těla. Tudíž se změní vzájemné postavení hlavy a zbytku těla v prostoru a dochází k signalizaci z krčních proprioceptorů, kdežto výboje z makul jsou nulové. Reflex se uplatní například při naklonění povrchu, na kterém se dotyčný nachází. Ipsilaterální končetiny (po naklonění výš) se flektují, kontralaterální extendují. Tyto reflexy ovládají mnoho různých svalových skupin a mohou tedy kompenzovat všechny typy vychýlení stojného povrchu.

Labyrintové tonické reflexy se uplatňují naopak, když se změní postavení hlavy. Při prudkých výchylkách se uplatní receptory semicirkulárních kanálků, při pomalých otolitový systém. Například při sklonění hlavy i těla shodně vzhledem ke gravitačnímu vektoru se aktivují příslušné svalové skupiny, akorát podle opačného pravidla než u krčního reflexu – na straně sklonění extenzory na druhé flexory.

Oba popsané reflexy mají protichůdný motorický efekt a při jejich paralelním působení se jejich účinek eliminuje. Například stoj na rovné podložce se současným nakloněním hlavy nevyvolá tonickou motorickou odpověď.

Úplně jinou reakci ale vyprovokují dynamické změny vedoucí k makulární signalizaci. Například při náhlém trhnutí podložky, na které sledovaná osoba stojí, do strany – translační pohyb, vede k motorické odpovědi extenze končetiny ve směru pohybu a flexi druhé končetiny. V této situaci stimulace utrikulu vyvolá podobnou odpověď jako krční tonický reflex. Lze tedy vyčíst, že labyrintový tonický reflex využívá odlišnou strategii v dynamických a v statických situacích. (Ganong, 1999; Vrabc et al., 2002)

Koordinace pohybu očí a hlavy

Pokud je pozorován pohyblivý cíl a vzdálí se od střední čáry pohledu o více než 20°, dochází k současnému koordinovanému pohybu hlavy a očních bulbů – ke změně směru pohledu, což je směr vizuálních os. Vše se děje díky dvěma odlišným pohybům probíhajícím současně. První, rychlý, vyhledávací, sakadický, upravující pohled na daný cíl, jenž řídí vestibulookulární reflex. Druhý, zároveň probíhající korekční pohyb hlavy, který je vzhledem k její hmotnosti a anatomické konfiguraci pomalejší než úprava směru pohledu. Požadovaným výsledkem korekce je opětovné střední postavení bulbů, v němž jsou všechny elastické struktury oko-hybného aparátu optimálně a rovnoměrně napjaty.

Koordinace může být narušena, což je nejčastěji způsobeno nedostatečnou reaktivitou VOR. Pro optimální nastavení bulbů vůči hlavě je pak nutné vykonávat korekční sakadické vyhledávací pohyby, což je subjektivně vnímáno jako přechodné rozostření obrazu po prudším pohybu hlavou. Při úplném vyřazení vestibulárního aparátu jsou pohyby hlavy a očí koordinovány jinými mechanismy (nejčastěji cervikookulárním reflexem), které jsou však pomalejší a méně přesné. (Ganong, 1999; Vrabc et al., 2002)

3.3 Neurofyziologická podstata propriocepce

V rovnovážných funkcích hrají významnou roli receptory, které podávají centrální nervové soustavě informace o skutečném současném stavu pohybové soustavy. Jsou umístěny přímo ve svalu, v jeho šlaše a v kloubních pouzdrech. Funkčně k nim patří i exteroceptory umístěné nad klouby a na povrchu těla, který je součástí kontaktní plochy (AC viz kapitola 4.1.2). Čítí nad klouby odpovídá na deformaci kůže při pohybu v kloubu, a tím pomáhá odečíst polohu jednotlivých segmentů. Exteroceptory umístěné v kontaktní ploše odpovídají na rozložení tlaku. (Ganong, 1999; Véle, 2006)

3.3.1 Svalové receptory

Informace ze svalových receptorů nemá sémantický obsah a její aferenci si přímo neuvědomujeme. V integraci s ostatními propriocepčními signály však podává informace o poloze jednotlivých tělesných segmentů, participuje na somatognostické funkci (Véle, 2006).

Svalové vřeténko

Svalová vřeténka se skládají zhruba z deseti intrafuzálních svalových vláken, která jsou paralelně připojena k vazivu běžných extrafuzálních vláken tvořící kontrakční složku svalu. Intrafuzální vlákna se protahují v závislosti na protažení celého svalu. Intafuzální vlákna jsou dvojího typu: vlákna s jaderným vakem a s jaderným řetězcem. Oba typy mají kontraktilní složku umístěnou ve svých pólových oblastech, do nichž přichází eferentní vzruchy z míchy. Naopak ekvatoriální část každého vlákna je inervována senzitivně, i senzitivní signály ze svalového vřeténka se přepojují v míše. Aferenty a eferenty svalového vřeténka tvoří tzv. γ -kličku.

Gama systém

Senzitivní zakončení na svalovém vřeténku je dvojího typu. Senzitivní neurony inervující vlákna s jaderným vakem jsou rychlá dynamická a reagují na rychlost protahování svalu. Naopak inervace vláken s jaderným řetězcem je pomalejší a reaguje na statickou míru protažení svalu. Motorická inervace přichází do vřetének prostřednictvím γ -motoneuronů, které tvoří 30% eferentů v předních rozích míšních. γ -motoneureny směřují ke kontraktilním pólům itrafuzálních

vláken. Aferentní a eferentní neurony svalových vřetének jsou mezi sebou v míše propojeny prostřednictvím jednoho vloženého interneuronu.

Funkce svalových vřetének

Svalové vřeténko generuje receptorový potenciál, pokud jsou jeho senzitivní nervová zakončení deformována. K deformacím dochází při protahování svalu, kdy jsou analogicky protahována i intrafuzální vlákna. Frekvence akčních potenciálů v senzitivních aferentech je úměrná stupni protažení svalu. V míše jsou axony senzitivních neuronů vřetének monosynapticky spojena s α -motoneurony téhož svalu. Rychlé pasivní protažení svalu způsobí jeho reflexní stah – monosynaptický napínací reflex. Když se sval stáhne, aferenty ve svalových vřeténcích přestávají generovat akční potenciály, protože intrafuzální vlákna zůstala na původní délce.

Dráždění γ -eferentů nevyvolává pozorovatelný svalový stah, ale nastavuje citlivost vřetének. Při stahování svalu si díky tomu svalová vřeténka udržují optimální délku, a tak senzitivně regulují výboje motoneuronů během pohybu. Motoneurony γ -systému jsou pod neustálou kontrolou sestupných drah z řady oblastí mozku například z mozečku, vestibulárního aparátu a z motorické kůry prostřednictvím kolaterál pyramidové dráhy. Vyšší centrální řízení ovlivňuje γ -systém inhibičně. Tím je řízena dráždivost motoneuronů čili motorická pohotovost svalu, citlivost pro napínací reflexy a svalový tonus. (Ganong, 1999; Véle, 2006)

Golgiho šlachové tělísko

Šlachové tělísko má protichůdný fyziologický efekt k vřeténkům. Způsobuje relaxaci jako odpověď na silné natažení, tato reakce se nazývá inverzní napínací reflex neboli autogenní inhibice. Senzitivní neurony inervující tělíška patří mezi rychlá vlákna a v míše způsobují prostřednictvím vloženého interneuronu inhibici α -motoneuronu téhož svalu.

Šlachová tělíška jsou zapojena se svalem v sérii, tudíž jsou stimulována jak pasivním protažením, tak aktivní svalovou kontrakcí. Golgiho orgány mají vysoký práh dráždivosti, takže při pasivním protahování dochází jen k minimálnímu podráždění. Spuštění relaxačního reflexu způsobí jen silná aktivní kontrakce s protažení šlachy. Běžné pohyby vedou k pravidelným výbojům z Golgiho šlachových tělísek. Slouží tedy jako přenašeče ve zpětnovazebním okruhu, který reguluje svalovou sílu analogicky, jako svalová vřeténka regulují délku svalu (Ganong, 1999; Véle, 2006).

3.3.2 Kloubní receptory

Kloubní receptory reagují na změny napětí v kloubním pouzdru vznikající deformováním kloubního pouzdra. Na jeho konvexní straně je aktivita receptorů zvýšená a řasením na jeho konkávní straně je naopak aktivita snížena. Každé kloubní pouzdro obsahuje dynamické a statické receptory. Rychle se adaptující dynamické receptory podávají akcelerometrické informace o pohybu v kloubu. Statické slouží jako tělesný goniometr a díky pomalé adaptaci informují o poloze v kloubu (Véle, 2006).

Informace generované ve svalových vřeténkách, v Golgiho šlachových tělískách, v kloubních receptorech a v exteroceptorech vztažených ke kloubům a kontaktním plochám vstupují do vzestupných drah. V zádních provazcích míšních a v anterolaterálním systému putují do CNS, hlavně do mozečku a přes thalamus do sensorické motorické kůry. Takovýto propiocepční aferentní set podává neustále informace o poloze těžiště a o nastavení jednotlivých tělesných segmentů a porovnává je s informacemi z ostatních sensorických drah, zejména z vestibulárního a zrakového aparátu (Ganong, 1999; Véle, 2006).

Véle (2006, str. 42) uvádí: „Všechny propioceptivní údaje svalových, šlachových nebo kloubních receptorů jsou součástí zpětnovazebních informací (feedback) o průběžném stavu pohybového segmentu, které jsou nutné pro řízení průběhu pohybu. Ale současně slouží i k přednastavení dráždivosti (feedforward).“

4. SPECIÁLNÍ ČÁST – VYŠETŘENÍ BALANČNÍCH SCHOPNOSTÍ

4.1 Rovnovážné funkce

Posturální kontrola se skládá ze tří hlavních komponent: kineziologické zahrnující kontrolu nad rozsahem a silou pohybu, senzorycké detekující změny postavení těžiště vůči opěrné bázi, a poslední pohybová je přesně načasovaná reakce motorického systému pro udržení stabilní pozice. Jejich nedostatečnou funkci a etiologii poruchy, se snaží fyzioterapeuti, rehabilitační lékaři a další odborníci při vyšetření odhalit. (Broadstone, 1993)

Udržování posturální stability vyžaduje aktivní senzorycko-motorický kontrolní systém. Bezchybná balanční funkce je úzce spjata s kompletním aferentním setem a s jeho integrací v centrální nervové soustavě. Aferentní informace z proprioceptorů, z vizuálního a vestibulárního systému stejně jako kognitivní funkce jsou integrovány a vyhodnoceny k vytvoření motorické zodpovědnosti za udržení těla v jeho limitech stability. Z centrální nervové soustavy proudí adekvátní signály k efektorům – svalům, které se zapojují ve své synergistické funkci. (Hatzitaki et al., 2002; Steindl et al., 2006)

Posturální stabilita je schopnost udržet nebo kontrolovat těžiště těla v relaci opěrné báze s cílem zabránit pádu provedením požadovaných pohybů různými tělesnými segmenty. Rovnováha je proces, kterým je posturální stabilita udržována.

Schopnost zachovat stabilní posturu například v sedu či stojí je všeobecně označována jako statická rovnováha. Kontrola postury během pohybu za účelem dosažení určitého cíle je označována jako dynamická rovnováha. Oba typy rovnováhy se ve všech motorických dovednostech prolínají a jsou jejich nepostradatelnou a mnohdy „neviditelnou“ součástí. Děti s mnoha typy pohybových deficitů sahajících od ADHD syndromu, přes lehké pohybové postižení například centrální koordinační poruchou, po těžké formy dětské mozkové obrny vykazují dysfunkce v posturální kontrole od neohrabanosti a častějších pádů během každodenních pohybových situací po nemožnost udržení nezávislého samostatného stoje či dokonce sedu. (Westcott et al., 1997)

Lidské tělo je ve vzpřímeném držení v bipedálním stoji ze své biomechanické podstaty velmi nestabilní systém tvořený množstvím segmentů s odpovídajícím počtem stupňů volnosti, s malou plochou základny a s relativně vysoko uloženým těžištěm.

Jak již bylo řečeno systém vzpřímeného držení má tři hlavní složky: senzoricou, řídicí a výkonnou. Senzorická, dostředivá složka je tvořena třemi hlavními systémy: čítím, zejména propriocepčním, ale uplatňuje se i exterocepce, zrakovou kontrolou a vestibulárním aparátem. Řídicí a regulační funkce je zajišťována CNS, zejména motorickou kůrou, bazálními ganglii, mozečkem, mozkovým kmenem a míchou. Axony motorických nervů propojují řídicí systém s výkonným, kde hrají zásadní úlohu kosterní svaly, v nichž se smyčka uzavírá, protože se zároveň uplatňují v senzoricke, propriocepční oblasti. (Vařeka, 2002a)

Shrnutě řečeno je posturální stabilita schopnost zajistit vzpřímené držení těla a udržet ho i při změnách vnějších i vnitřních podmínek tak, aby nedošlo k nezamýšlenému nebo neřízenému pádu.

Rovnováha a balance jsou pojmy označující soubor statický a dynamických strategií zajišťujících posturální stabilitu. Patří k nim i tzv. vzpřimovací reflexy, které se objevují ve Vojtově výkladu vývojové kineziologie. V kontextu posturální stability se jedná o natolik komplexní jev, že označení reflex je poněkud zavádějící. (Trojan et al., 1990; Vařeka, 2002a; Véle, 1995)

4.1.1 Statická a dynamická rovnováha

Centrální nervová soustava používá k udržení rovnováhy dvě odlišné strategie, jejichž výběr závisí na tom, jestli je rovnovážná situace statická nebo dynamická.

Například udržování statické rovnováhy je kontrolováno senzoricou zpětnou vazbou – feedback – na podstatě uzavřené řídicí nervové smyčky, která umožňuje prostřednictvím svalů pohybovat s centre of pressure a s centre of gravity (COG) (vysvětleno níže v kapitole 4.1.2) ve vzájemné korelaci. Tato strategie působením vnitřních sil udržuje COG v opěrné bázi (BS). Jakmile se COG dostane mimo opěrnou bázi, není již možno zabránit pádu navrácením COG do opěrné báze, ale musí se uplatnit staticko-dynamická strategie rozšířením či změnou opěrné báze.

Naopak v situaci, kde převládá dynamická rovnováha, se uplatňuje dopředná kontrola – feed forward, řízená otevřenými nervovými smyčkami. U této strategie jsou výchylky průmětu těžiště mimo opěrnou bázi předvídaný a následně je zahájena anticipační posturální regulace, která je složena z rychlých pohybů sloužících k přesunutí opěrné báze tak, aby průmět těžiště směřoval právě do ní. (Hatzitaki et al., 2002)

Otevřené a uzavřené řídicí smyčky

Rovnovážné programy kontroly a řízení posturální stability využívají principu otevřených a uzavřených nervových smyček – open loop a closed loop. Open loop řídí pohyby velkého rozsahu a rychlosti, které jsou zkorigovány až po jejich dokončení. Closed loop řídí naopak pohyby menšího rozsahu a rychlosti, korigovaná již při jejich provádění, což umožňuje efektivnější využití sensorických vstupů. (Vařeka, 2002b)

Rozložení zátěže na ploše

K řízení rovnováhy velkou měrou přispívají i tlakové receptory umístěné na povrchu těla, kde se stýká s plochou kontaktu podložky. Tyto receptory detekují rozložení tlaku v kontaktní ploše, jsou tedy schopny určit polohu center of pressure (COP) ve vztahu k opěrné bázi a k center of gravity (viz kapitola 4.1.2). (Vařeka, 2002a; Véle, 2006)

4.1.2 Terminologie užívaná v souvislosti s rovnováhou

Pojem posturální stabilita (postural stability), který úzce souvisí s problematikou zajištění vzpřímeného držení u člověka, se potýká s jistou neurčitostí a terminologickou nejasností. Část těchto problémů vyplývá z představ řady odborníků o možnostech přímého měření pohybu těžiště pomocí tenzometrických plošin. K pochopení podstaty posturální stability slouží výzkum jejího vývoje v dětském věku.

Postura = aktivní nastavení segmentů těla proti působení všech vnějších sil, z nichž v pohledu rovnováhy je nejpodstatnější tíhová síla. Postura je součástí každé polohy živého těla a její zaujetí a udržení hraje rozhodující roli ve všech motorických programech. Sherrington vyslovil v roce 1906 myšlenku: „Postura provází pohyb jako stín.“ („The posture follows movement like a shadow.“), k výroku se v roce 1925 připojil i Magnus a řada dalších autorů. Problém tohoto tvrzení je jeho nejednoznačnost, každý autor ho chápe a vykládá jinak. Podle Vařeky (2002b): „Postura je nejen na začátku a konci jakéhokoli cíleného pohybu, ale je také jeho součástí a základní podmínkou.“

Atituda = postura nastavená, tak aby bylo možno vykonat naplánovaný pohyb. Z toho vyplývá, že postura tvoří základní podmínku pohybu, ale nikoliv naopak.

Plocha kontaktu = Area of Contact (AC) = plocha kontaktu podložky s povrchem těla, myšleno i přes oděv atd. Jedná se o celou plochu, kde se člověk dotýká podložky.

Opěrná plocha = Area of Support (AS) = ta část plochy kontaktu (AC), která je aktuálně využita k vytvoření opěrné báze (BS).

Opěrná báze = Base of Support (BS) = je oblast ohraničená nejvzdálenějšími okraji opěrné plochy (AS), i všech jejích jednotlivých částí. Například při stožení na jedné dolní končetině se BS = AS, stejně tak při bipedálním stožení spojném (spojném). Oproti tomu při bipedálním stožení rozkročném se BS podstatně rozšiřuje, ale AS zůstává nezměněno. Největší rozdíl AS a BS je pravděpodobně v kliku (ve vzporu ležmo). Opěrná báze leží vždy kolmo k vektoru výslednice všech vnějších sil, čili nemusí nutně ležet horizontálně.

Úložná plocha = Area of Load (AL) = plocha kontaktu podložky s povrchem těla v případech, kdy není aktivně zaujímana postura, čímž nedochází ani k vytvoření BS. Fyziologicky k tomu dochází u novorozence, v patologickém stavu například v hlubokém bezvědomí.

Těžiště = Centre of Mass = COM = myšlený hmotný bod, do kterého je soustředěna veškerá hmotnost těla. Těžiště u člověka je působištěm tíhové síly při zaujetí postury. Přesná poloha těžiště lze stanovit pomocí řady metod (experimentem, graficky, výpočtem atd.).

Centre of Gravity = COG = horizontální průmět sil působících z těžiště, zejména tíhové síly, do roviny opěrné báze. COG má smysl definovat pouze při aktivním kontaktu povrchu těla s podložkou, čili pokud je vytvořena opěrná báze. Tuto podmínku nesplňují rychlé lokomoční pohyby například letová fáze běhu.

Centre of Pressure = COP = působiště vektoru reakční síly podložky ze všech AS. Lze ho vypočítat z údajů naměřených pomocí silové plošiny. Pokud je k dispozici pouze jedna silová plošina, dostaneme pouze polohu COPnet, což je působiště výslednic všech reakčních sil podložky ze všech AS. COP je shodné s COG pouze v případě dokonale tuhého tělesa, kterým lidské tělo tvořené množstvím segmentů v žádném případě není. Poloha COP je kromě pohybů těžiště značně ovlivněna například i aktivitou svalů, zejména bérce a plosky. (Vařeka, 2002a)

4.2 Vývoj rovnovážných schopností

Problematika psychomotorického vývoje v prvních 12 až 18 měsících postnatálního období je velmi rozsáhlá a pro budoucí pohybový projev jedince velmi podstatná. Podílí se na ní i rozvoj rovnovážných a balančních funkcí, ale protože následující text věnovaný vyšetření rovnovážných schopností není na toto věkové období zaměřen, nebude se mu věnovat ani následující kapitola o vývoji. Stručně shrnuto, dítě je na konci tohoto věkového období schopno bipedální lokomoce v sagitální rovině, ale pohyb svého těžiště ještě nedovede plně kontrolovat, proto chůze připomíná „dohánění vlastního těžiště“. (Vařeka, 2002b)

Děti starší 18 měsíců zapojují podle elektromyografie (EMG) ve stoji stejné svaly jako dospělí, ale kontrakce mají větší amplitudu a trvání, pohyby jsou přestřelené (Vařeka, 2002b). Z tohoto faktu se odvíjí i charakter nevyzrálé chůze dítěte do tří let: nestejná délka kroku, zvýrazněná flexe v kolením i v kyčelním kloubu během švihové fáze, došlap na celou plošku na počátku stojné fáze, omezené sklápění a rotace pánve a faktory týkající se nevyzrálých rovnovážných schopností – šířka opěrné báze je větší než latero-laterální rozměr pánve a horní končetiny jsou drženy v abdukci ve frontální rovině a teprve postupně se dostávají do nižšího postavení, jejich reciproční pohyb nastává až 5 měsíců po zahájení samostatné chůze, ale i poté se ještě objevují abdukční pohyby velkého rozsahu. Na konci 3. roku dítě dosáhne letové fáze kroku a je schopno běhu (Kolář et al., 2009).

Mezi 4. a 6. rokem života je dokončena myelinizace pyramidových drah a postupně se vyvíjejí všechny motorické korové funkce. Na konci tohoto období dozrávají pro rovnováhu velmi podstatné mozečkové funkce, což vede ke zkvalitnění dynamické koordinace a k rozvoji komplexní motoriky se segmentálním pohybem končetin. Dále dochází k vyzrávání percepce a integrace senzoričkových informací (Kolář et al., 2009). Na začátku tohoto věkového období používají děti pro provedení stejného pohybu podstatně více svalů než po 6. roce života (Vařeka, 2002b). Zvýšené energetické nároky oproti dospělým na vykonávání lokomočních pohybů, zejména chůze, zůstávají až do 12 let věku (Kolář et al., 2009)

Děti pod šest let věku v posturálně náročných situacích, kde je zapotřebí uplatnit rovnovážné reakce, mechanicky blokují šíji a trup, čímž se snižuje efektivita zraku a vestibula a děti jsou pak nuceny spoléhat především na propiocepci. Význam této strategie, která sice neumožňuje plně reagovat na změny zevních sil detekovatelné zrakem a vestibulem, je v omezení velkého množství informací, které stejně ještě nevyzrálá centrální nervová soustava není schopna plně integrovat. Omezením stupňů volnosti neboli snížením počtu segmentů, jejichž

vzájemné postavení je potřeba koordinovat, se zredukuje množství sensorických informací přicházejících do řídicího systému, a tím je dosaženo lepší kontroly pohybu.

U dětí do šesti let věku převažuje v řízení rovnovážných reakcích strategie otevřených nervových smyček. Kontrola zpětnou vazbou ještě není plně vyvrálá, proto jsou nuceny využít předprogramované motoricko-rovnovážné reakce, které ale nejsou přesně přizpůsobeny dané situaci. Mezi 9 a 11 lety se poměr řízení prostřednictvím otevřených a uzavřených smyček vyrovná dospělým. (Vařeka, 2002b)

Mezi 6 a 10 lety dozrají všechny řídicí funkce motoriky, tedy i rovnovážných schopností, téměř na úroveň dospělého jedince. Vývoj rovnováhy po tomto období závisí už jen na míře integrace sensorických vstupů.

4.2.1 Vývoj a integrace sensorických vstupů

V dospělosti jsou všechny sensorické vstupy podílející se na udržování rovnováhy velmi dobře zorganizovány. U dětí je již těsně po narození plně vyvinuta jejich anatomická struktura, ale do funkce se zapojují až později postupně, sekvenčně, s rozdílnou progresí v různých věkových obdobích až do dospělosti. Před dozráním kompletní funkce sensorických systémů se uplatňují automatické, reflexní pohybové stereotypy.

Na integraci a vývoj sensorické aference, která participuje na balančních funkcích v dětském věku, byla provedena celá řada výzkumů s velmi rozdílnými výsledky. U většiny výzkumů byl použit Senzory organization test – SOT (viz kapitola 4.3.10) nebo jeho specifické modifikace. Všechny výzkumy byly prováděny standardizovanými vyšetřovacími metodami a samozřejmě objektivizovány přístrojovým vyšetřením. Míra integrace a vývoje jednotlivých sensorických vstupů může být zjišťována dvěma způsoby:

- Pomocí signifikantního snížení výchylek COG respektive COP v relaci konkrétního věkového rozdílu.
- Poměrem dvou rozdílných sensorických podmínek vztaženým k zdravé dospělé populaci.

Výše zmíněnými postupy bylo zjištěno, že somatosenzorická funkce se dostává na úroveň dospělého jedince ve věku 3 až 4 let.

Vliv vizuální kontroly se podstatně zvětšuje v období od 10 do 11 let \pm 1 rok a dospělé úrovně dosáhne v 16 letech věku.

Vestibulární aparát prochází během svého vývoje dvěma spurty, mezi 4 a 5 lety \pm 1 rok a mezi 14 a 15 \pm 1 rok. V integraci labyrintu do rovnovážné funkce dochází k největšímu vývoji během dětského věku. (Cumberworth et al., 2007; Steindl et al., 2006)

4.3 Vyšetření rovnovážných schopností

Vyšetření rovnovážných schopností v dětském věku má nepostradatelnou roli, protože právě tyto schopnosti jsou součástí veškeré motorické aktivity člověka a jejich postižení se promítá do celého motorického projevu jedince. Odhalení příčiny nedostatečnosti statické nebo dynamické posturální kontroly má přímý vliv na vhodné zvolení pohybové léčby.

Tři hlavní důvody k vyšetření pacienta jsou:

- Diferenciálně diagnostický. Stanovuje diagnózu a určuje jemné individuální rozdíly od typických projevů pohybové poruchy. Používá se jak pro stanovení předběžné diagnózy, tak pro určení dalších konkrétnějších a senzitivnějších vyšetření, zkoumající poruchu více do hloubky s ohledem na vytvoření individuální pohybové terapie.
- Prognostický. Využívá se pro klasifikaci budoucího životního statusu pacientů.
- Hodnotící zvolenou terapii. Určuje změny v průběhu času a efektivitu dosud zvolené terapie. (Westcott et al., 1997)

Vařeka (2002) říká: „Systém vzpřímeného držení má stejně jako celý motorický systém velké kompenzační a substituční možnosti. Oslabení či výpadek jedné jeho části se nemusí projevit hned, ale např. až při zvýšené zátěži, kdy dojde k dekompenzaci. To je jeden z důvodů proč bývá vyšetřování v klidném stoji zpochybňováno jako validní pro stanovení kvality posturální stability a případnou kvantifikaci poruchy.“

Každé vyšetřovací metoda, kterou lze považovat za objektivní by měla být standardizovaná čili reliabilní a validní, senzitivní a specifická. Standardizace testů je složitý metodologicko-statistický proces nezbytný pro správné a bezchybné užívání testů ve výzkumu i v praxi (Kolář et al., 2009).

Níže uvedené klinické vyšetřovací pozice a úkony byly použity v rozličných studiích, které byly objektivizovány přístrojovým a statisticky významným testováním.

Klinická vyšetření rovnováhy

4.3.1 Anamnéza

Anamnéza je nedílnou součástí každého vyšetření. V dětském věku je diagnostickému rozhovoru většinou přítomen rodič nebo u malých dětí jsou anamnestické údaje zjišťovány přímo od zákonných zástupců. S rozvojem objektivních diagnostických metod se anamnéza dostává do pozadí, ale u funkčních poruch pohybového aparátu stejně jako u řady neurologických i dalších dysfunkcí má stále nezastupitelnou roli. V souvislosti s rovnovážnými funkcemi je vhodné se ptát na všechny souvislosti spojené s pády s jejich četností, okolnostmi atd., se situacemi, ve kterých se objevuje posturální nejistota, či vertigo. (Kolář et al, 2009; Véle, 2006)

4.3.2 Aspekce

Aspekce neboli inspekce je jedním ze základních prostředků klinického vyšetření. Jedná se o vyšetření pohledem. Pohledové hodnocení pacienta je potřeba provádět už před samotným vyšetřením, aby bylo možno rozlišit přirozené a usilovné chování pacienta. Zvláště u dětí je mnohdy spontánní pohybový projev cennější než konkrétní vyšetření. (Kolář et al., 2009; Véle, 2006)

4.3.3 Kineziologický rozbor a antropometrie

Velikost a postavení jednotlivých tělesných segmentů vůči sobě má velký vliv na umístění těžiště při různých polohách. Kineziologické a antropometrické poměry jedince mají podstatný význam při jeho balančních schopnostech, a tudíž mohou určitou měrou ovlivnit i vyšetření rovnovážných funkcí. (Kolář et al., 2009; Vařeka, 2002a; Vařeka, 2002b)

4.3.4 Statické vyšetření rovnovážných funkcí

Neurofyziologickou podstatou statického vyšetřování rovnováhy je v dané vyšetřovací pozici udržet průmět těžiště – center of gravity (COG) - v opěrné bázi, pokud možno v jejím středu a s minimálními výchylkami. Pro pacienta to znamená zachovat během testu vyšetřovací polohu co nejklidnější, s minimálními titubacemi. Těžiště je v lidském těle umístěno poměrně

vysoko, a tudíž tyto vzpřímené pozice jsou relativně labilní. Proto dochází k pohybům těžiště i v relativně stabilních polohách, výchylky jsou ale natolik minimální, že nejsou okem pozorovatelné. Zkušený vyšetřující je schopen rozlišit titubace od 5°, menší výchylka lze pak změřit pouze přístrojově (viz posturografie kapitola 4.3.12). (Riley, Clark, 2003)

Statické vyšetřovací polohy

1. Přirozený volný bipedální stoj

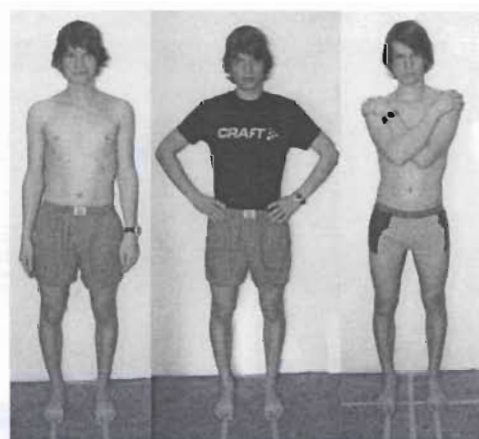
Vyšetřovaný se postaví na obě dolní končetiny přirozeně s nevynucenou polohou akce, horní končetiny nechá volně podél těla a směr pohledu cílí rovně před sebe do dálky. Přirozený stoj je téměř vždy asymetrický, na jedné končetině je větší tíhová zátěž než na druhé, rozdíl zpravidla nepřevyšuje 10 – 15%. Zatížení dolních končetin se sice střídá v čase, ale většinou dominantní končetina v nesení váhy těla převyšuje. (Tsai et al., 2008)



Obrázek 1: Přirozený volný bipedální stoj. (Autorský obrázek)

2. Bipedální stoj

Testovaný stojí v předepsané poloze s kotníky na šířku ramen, druhý metatarz a na něj navazující prst a střed paty leží v sagitální ose a obě dolní končetiny jsou nastaveny vůči sobě rovnoběžně. Pro snadnější kontrolu takového postavení lze využít různých kolmých linií umístěných na podložce. Směr pohledu je stejný jako ve stoji 1, stejně tak držení horních končetin, které mohou být variabilně zkříženy na hrudníku s dlaněmi položenými na kontralaterálních ramenech (Hsu et al., 2009) nebo případně složeny v bok (dlaněmi opřeny laterálně o crista iliaca). (Geldhof et al., 2006; Nolan et al. 2005)



Obrázek 2: Bipedální stoj se třemi polohami horních končetin. (Autorský obrázek)

3. Bipedální stoj o zúžené bázi

Vyšetřovaný zaujme stejné postavení jako ve stoji 2, s jediným rozdílem. Mediální hrana plosky a oba mediální kotníky jsou umístěny těsně vedle sebe (stoj snožný). (Geldhof et al., 2006)

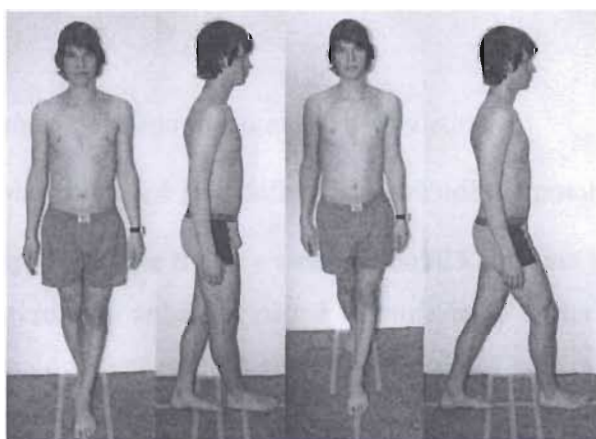


Obrázek 3: Bipedální stoj o zúžené bázi. (Autorský obrázek)

4. Bipedální stoj o změněné bázi

Pozice vycházející z tandem walking testu (viz níže)

Pacient nastaví dolní končetiny tak, že se špička jedné nohy dotýká paty druhé a zároveň obě leží na jedné ose procházející druhými metatarzy a středy obou pat. Opět lze využít linie umístěné na podložce. Pozice se testuje bilaterálně. Variantou bipedálního stoje o změněné bázi může být stoj výkročný s ploskami oddělenými od sebe – špička se nedotýká paty druhé nohy, ale je mezi nimi na ose různě velká mezera. Tato vyšetřovací poloha akcentuje statickou rovnováhu v latero–laterálním směru. (Cambier et al., 2001)



Obrázek 4: Bipedální stoj o změněné bázi. Postupně s polohou dolních končetin těsně u sebe pohled zepředu a z boku a s polohou dolních končetin od sebe také pohled zepředu a z boku. (Autorský obrázek)

Stoj rozkročný

Pacient se postaví na linii procházející frontální rovinou s dolními končetinami od sebe podstatně víc než na šířku pánve. Plosky jsou opět zarovnaný vůči sobě vodorovně podle os procházejících patami a druhými metatarzi. Tato vyšetřovací poloha zdůrazňuje statickou rovnováhu v antero-posteriorním směru. (Cambier et al., 2001; Vařeka, 2002b)



Obrázek 5: Stoj rozkročný. (Autorský obrázek)

5. Stoj na dominantní/nedominantní dolní končetině.

Pro stoj na jedné dolní končetině jsou definovány dvě odlišné polohy:

a) Poloha „čápa“ – storke figure – nestojná dolní končetina je flektována do pravého úhlu v kyčli i v koleni, akrum je volně. Případně existuje ještě druhá varianta polohy čápa s nestojnou dolní končetinou opřenou patou o koleno stojné dolní končetiny. Pro směr pohledu a horní končetiny se nic nemění a jsou stejně jako v pozici 2. (Hatzitaki et al., 2002; Sylvestr, Krnáčová, 2004; Tsai et al., 2008; Vařeka, 2002b)

b) Poloha „plameňáka“ – flamingo figure – nestojná dolní končetina je přitažena stejnostrannou horní končetinou za nárt k hýždím (Sylvestr, Krnáčová, 2004).



Obrázek 6: Stoj na jedné dominantní dolní končetině. Postupně poloha čápa, první i druhá varianta, poloha plameňáka. (Autorský obrázek)

Změna aferentního vstupu

Všechny výše uvedené polohy lze testovat i se změněným, omezeným či úplným vyřazením některých sensorických složek statické rovnováhy.

1. Změna povrchového a hlubokého cití

Pacient stojí na ploše z měkkého materiálu (například Airex, molitan atd.), která je méně stabilní než rovný tvrdý povrch. Vyšetření lze eventuelně provádět i na balančních úsečích nebo dalších balančních pomůckách. Důležitost propiocepčních a exterocepčních signálů pro udržení stabilní pozice se na takovéto podložce zvyšuje. Nedostatečnost cití se zřetelně projeví nemožností pacienta zachovat danou vyšetřovací polohu stabilní. Vyšetření je cílené na vstupy z vizuálního a vestibulárního aparátu. (Hsu et al., 2009; Geldhof et al., 2006; Sylvestr, Krnáčová, 2004)

2. Vyřazení vizuální kontroly

Pacient provádí všechny vyšetřovací polohy se zavřenýma očima, případně s páskou přes oči, nebo s brýlemi, které různým způsobem omezují vidění (rozostřující, zatmavené atd.). Přestože je vidění vyšetřovaného omezeno či úplně vyloučeno, jeho směr pohledu by měl pomyslně stále směřovat rovně, dopředu, do dálky. Vyřazení vizuální kontroly akcentuje ostatní mechanismy participující na stabilitě ve vertikále, hlavně vestibulární aparát a propiocepční a exterocepční cití. (Geldhof et al., 2006; Hsu et al., 2009; Sylvestr, Krnáčová, 2004; Tsai et al., 2008)

3. Pohled na pohybující se cíl

Vyšetřovaný cílí pohled na předmět, který se nečekaně prudce vychýlí. Rychlý pohyb předmětu, na který je zaměřena vizuální pozornost zaměstnává vestibulární aparát. Zároveň je ale na chvíli z percepce vyřazena i vizuální kontrola. Nedostatečnost vestibulárního aparátu a špatná adaptace vizuálního systému způsobí narušení stability vyšetřované polohy. U tohoto vyšetření je důležité pacienta upozornit, aby pečlivě sledoval daný cíl, ale naopak ho nevarovat, že se sledovaný objekt bude pohybovat. Vyšetření zvýrazňuje nároky na propiocepci a vizuální systém. (Steindl et al., 2006; Westcott et al., 1997)

Omezení či změnění vstupních modalit uplatňujících se při řízení rovnováhy lze mezi sebou kombinovat. Změna povrchového a hlubokého cití lze spojit s vyřazením vizuální kontroly (1 a 2), což akcentuje nároky zejména na vestibulární aparát a tak test ozřejmí hlavně jeho

deficit. Dále lze sloučit změnu čítí s pohledem na pohybující se cíl (1 a 3), což zesílí požadavky taktéž na vestibulární aparát a na adaptaci vizuální kontroly.

Hodnocení statického vyšetření

Kvalitativní hodnocení se provádí aspekci. Pozorujeme charakter a velikost titubací, zvýšený svalový tonus nebo eventuelní „hru šlach“, případné souhyby jednotlivých tělesných segmentů a jejich vzájemné nastavení, které vypovídá o kvalitě ko-kontrakčního svalového zapojení.

Aby mohly být výše uvedené statické polohy hodnoceny jako úspěšně splněné, nesmí se pacient odchýlit od zadané výchozí pozice. To znamená, že nesmí hýbat horními končetinami nebo horní polovinou těla, ukročit ani jednou dolní končetinou nebo se nestojnou dolní končetinou dotknout podložky. U každé vyšetřovací polohy se měří čas, po který je dítě schopno udržet výchozí testovací pozici. Na každý vyšetřovací úkon má pacient zpravidla jeden zkušební pokus a následně několik vyšetřovacích pokusů (od 2 po 5).

Při bipedálních polohách je potřeba, aby pacient zatěžoval obě dolní končetiny rovnoměrně, což lehce ověříme i v běžné praxi pomocí dvou dekadických vah. (Cambier et al., 2001; Geldhof et al., 2006; Hatzitaki et al., 2002; Hsu et al., 2009; Sylvestr, Krnáčová, 2004; Tsai et al., 2008, Vařeka, 2002b)

4.3.5 Dynamická vyšetření

Dynamické vyšetření probíhá během motorického projevu pacienta. Pohyb může být prováděn na místě pouze jedním nebo několika tělesnými segmenty nebo se může jednat o pohyb lokomoční z místa na místo. Podstatou vyšetření je dostat pacienta do motorické situace, kde exkurze COG přesáhnou opěrnou bázi a kde je následně pozorovatelný charakter rovnovážné dynamické reakce. (Hatzitaki et al., 2002)

Dynamická vyšetření rovnováhy vycházející ze stoje na jedné dolní končetině

1. Flexe – extenze

Pacient stojí na jedné dolní končetině a druhou volnou dolní končetinou provádí střídavě izolovanou flexi a extenzi v kyčelním kloubu v plném rozsahu pohybu. Koleno a kotník je v neutrálním postavení. Horní končetiny jsou umístěny v bok, dlaněmi opřeny laterálně o crista iliaca. Pohyb vyšetřovaný provádí co nejrychleji, jak zvládne po dobu minimálně 5 sekund. Flexe a extenze způsobuje výchylky těžiště v antero – posteriorním směru, takže test je zaměřen na udržení staticko-dynamické rovnováhy v sagitální rovině. (Hatzitaki et al., 2002)

2. Abdukce – addukce

Postavení pacienta je stejné jako v testu flexe – extenze, akorát nestojnou dolní končetinou je v kyčelním kloubu prováděna střídavě abdukce a addukce, která je příčinou odchylek těžiště v latero–laterálním směru, z čehož vyplývá, že test provokuje udržení staticko-dynamické rovnováhy ve frontální rovině. (Hatzitaki et al., 2002)

3. Poskoky na jedné dolní končetině na místě

Startovací poloha vychází ze stoje na dominantní/nedominantní dolní končetině – z pozice „čápa“ – volná dolní končetina má pravý úhel v kyčli i v koleni a akrum je v neutrálním postavení. Horní končetiny jsou umístěny buď volně podél těla, nebo v bok. Na povel pacient začne provádět poskoky na místě buď konkrétní počet (mezi 10 až 20), nebo určitý čas (zpravidla do 30s). Pacient hledí před sebe do dálky, popřípadě pro zcitlivění testu má oči zavřené, a snaží se všechny výskoky cílit do jednoho odrazového bodu.

Test je hodnocen primárně zvládne - nezvládne zadaný počet či dobu poskoků. Sekundárně pokud zvládl, se měří odchylka od prvního výskoku, tento bod musí být předem označen na podložce. (Cambier et al., 2001; Hatzitaki et al., 2002; Hsu et al., 2009; Sylvestr, Krnáčová, 2004; Tsai et al., 2008, Vařeka, 2002b)

4. Poskoky z místa na místo

Poskoky z místa na místo lze testovat buď v předozadním, nebo latero-laterálním směru, a tak vyšetření zacílit konkrétněji na dynamickou rovnováhu v sagitální nebo ve frontální rovině. Vyšetření probíhá obdobně jako poskoky na místě, výchozí poloha je úplně stejná, vyšetření je opět omezeno počtem skoků nebo časem, a i tady má pacient za úkol se co nejméně odchýlit od místa prvního výskoku. Test se hodnotí analogicky primárně, jestli pacient zvládne – nezvládne, a pokud zvládne, změří se odchylka od prvního výskoku.

Jestliže pacient není schopen provést test s poskoky na jedné dolní končetině, lze vyšetření usnadnit skoky snožmo (dolní končetiny jsou těsně u sebe). (Cambier et al., 2001; Hatzitaki et al., 2002; Hsu et al., 2009; Livesey et al., 2007; Ruiz et al., 2003; Sylvestr, Krnáčová, 2004; Tsai et al., 2008, Vařeka, 2002b)

Dynamická vyšetření rovnováhy pomocí modifikované chůze

Před vyšetřením chůze zaměřené na udržení dynamické rovnováhy je velmi vhodné vyšetřit přirozenou chůzi. S jejím hodnocením je dobré začít už při příchodu pacienta do cvičebny, kdy je ještě jeho chůzový projev úplně přirozený a automatický.

Důležité je sledovat nejen celkový dojem z chůze, ale zaměřit se i na její jednotlivé složky. Jako je například: pokládání a odvíjení plosky od podložky, pravidelnost a rytmus krokového cyklu, stranovou symetrii a délku kroku, chování nožní klenby, charakter pohybu v kloubech dolních končetin atd. (Mallau et al., 2007)

Pro rovnováhu mají velký význam zejména následující faktory: šířka opěrné báze během stojné fáze, souhyby pánve, horních končetin respektive i celé horní poloviny těla a charakter a velikost výkyvů těžiště – center of mass - které je u stojícího pacienta zhruba v oblasti obratle S1 – S2 a pohybuje se v závislosti na přenášení váhy na stojnou nohu. Pro lepší odečtení pohybů těžiště je dobré ho na těle pacienta zvýraznit například barevným označovačem.

1. Chůze po čáře

Pacient několikrát po sobě přejde po rovné čáře přes vyšetřovací místnost. Při chůzi se dívá dopředu před sebe do dálky a snaží se jít co nejrychleji, jak je schopen. Hodnotíme, jestli je vůbec úkol schopen zvládnout, když ano, posuzujeme rychlost chůze (lze objektivizovat počtem

ujitých metrů za určitý čas), přesnost došlapů – odchýlení od linie v centimetrech, výchylky těžiště nebo případné vyrovnávací pohyby horních končetin či trupu (Mallau et al., 2007). Pro ztížení a tudíž k zcitlivění tohoto testu lze využít:

chůzi pozpátku, po špičkách, po patách, chůzi s vloženou otočkou nebo se zavřenýma očima či se současným prováděním rotačních pohybů hlavy.

2. Tandem walking test (tandemová, provazochodecká chůze)

Vyšetřování probíhá obdobně jako u chůze po čáře, jen s tím rozdílem, že při tandem walking testu klade pacient nohy na čáru systémem pata špička. Hodnocení a modifikace jsou stejné jako u testu chůze po čáře. (Cambier et al., 2001; Mallau et al., 2007)

3. Chůze po kladině

Vyšetřovací postup, modifikace i hodnocení je stejný jako u předchozích dvou testů. Po dokončení chůze se pacient ještě na několik sekund předvede bipedální stoj o zúžené bázi (viz stoj 3) se zavřenýma očima (Sylvestr, Krnáčová, 2004). Hodnotíme schopnost výdrže a výchylky těžiště. (Mallau et al., 2007)

4.3.6 Vyšetření zaměřená na vestibulární aparát

Statická vyšetření

1. Rombergův stoj

Zkouška dle Romberga spočívá ve statickém vyšetření bipedálního stoje o zúžené bázi, stoje snožného. Při jednostranném postižení vestibulárního aparátu jsou pozorovatelné titubace nebo tendence k pádu ve směru porušené strany. Pro ověření lze využít rotací hlavy o 90° na obě strany, při kterých se pacient vychyluje dopředu nebo dozadu ve směru nefunkčního labyrintu. Pro zcitlivění ještě existuje tzv. Rombergův stoj II, který se provádí s vyloučením zrakové kontroly. (Vrabec et al., 2006; Vařeka 2002b)

2. Hautantova zkouška

Jedná se o zkoušku deviace horních končetin. Provádí se ve vzpřímeném sedu, případně stojí, horní končetiny jsou předpaženy a prsty nataženy. Pro lepší odečtení výsledku testu může být extendován jen ukazováček. Vizuální kontrola je vyřazena zavřením očí. Sledovaným parametrem je vychýlení horních končetin respektive ukazováčků ke straně nefunkčního vestibulárního aparátu, přičemž abdukující horní končetina se odchyluje více. (Vrabec et al., 2006)

Dynamická vyšetření

1. Unterbergerova zkouška = Fukuda stepping test

Vrabec et. al definují Unterbergerovu zkoušku takto: Pacient stojí na místě, má zavřené oči a na pokyn pochoduje na místě. Zkoušku lze ztížit předpažením paží. Je vhodné odvrátit pozornost pacienta např. počítáním kroků nebo jednoduchým matematickým výpočtem. Provedení zkoušky trvá jednu minutu nebo pacient provede alespoň 60 „kroků“. Při vyloučení zrakové kontroly si pacient přestane pamatovat prostorové souvislosti po zhruba 30 sekundách. Pokud v místnosti není zvukový maják je odkázán na udržování stability pouze s pomocí informací získaných vestibulárním analyzátozem a prostřednictvím proprioceptorů. Jejich zhoršená funkce nebo porucha koordinace jejich činnosti vede ke stáčení pacienta kolem jeho osy anebo k pohybu, měnícímu výchozí postavení. Úhel stočení těla a vzdálenost je možno orientačně hodnotit. Za normu je považován úhel do 45 stupňů a vzdálenost do 0,5 metru od výchozího postavení (Vrabec et al., 2006).

2. Barányho ukazovací (zaměřovací) test

Je dynamickou modifikací Hautantovi zkoušky. Pacient opět zaujímá vzpřímenou polohu vsedě, či ve stojí. Se zavřenýma očima předpažuje z upažení do horizontály a zpátky několikrát za sebou, zpravidla 20krát. Sleduje se horizontální výchylka od kontrolního bodu, vztah obou končetin a případně i vertikální pokles. Jako u statického vyšetření se končetiny budou uchylovat ke straně postiženého labyrintu s větší výchylkou abdukující paže. Vzhledem k dynamickému provedení je test citlivější než statická forma a může být pozitivní i při negativní Hautantově zkoušce. (Vrabec et al., 2006)

3. Modifikovaný Barányho test

Pacient se desetkrát otočí kolem své osy o 360° a hned poté přejde po čáře 6 metrů. Pro splnění testu se nesmí ani v jednom kroku odchýlit od linie. Po dokončení chůze se sleduje nystagmická odpověď. Podstata působení Barányho testu je ve stimulaci polokruhovitých kanálků a je obdobná jako u kalorických zkoušek. (Sylvestr, Krnáčová, 2004)

4.3.7 Vyšetření nystagmu

Problematika nystagmu je velmi rozsáhlá, a proto v následující kapitole bude uveden pouze její přehled.

Nystagmus = sekvence očních pohybů, kmitavého charakteru. Pohyby probíhají střídavě k opačným stranám s žádným nebo minimálním časovým intervalem mezi změnou směru. Jedná se o projev vestibulookulárního reflexu, fyziologicky je pozorovatelný pouze při provokovaném dráždění labyrintů.

Nystagmus je výsledkem snahy organismu fixovat sledovaný obraz na sítnici. Skládá se ze dvou složek. Pomalá bije ve směru postiženého labyrintu a rychlá jde opačným směrem a navrácí sledovaný obraz do ideálního místa sítnice. Směr nystagmu ale označujeme podle jeho rychlé složky. (Vrabec et al., 2006)

Nystagmus představuje klinický fenomén, který lze jednoduše vyšetřit a získat tak informace významné pro topickou lokalizaci problému. Nystagmus je většinou spojován s postižením labyrintu, ale může provázet řadu dalších centrálních poruch, nejčastěji mozkového kmene nebo mozečku. Zpravidla je ale nystagmus provázen dysfunkcí rovnovážných reakcí. Existuje však velká variabilita nystagmů a jejich klinická interpretace bývá často složitá. (Černý, Jeřábek, 2007)

U nystagmu se sleduje směr a charakter pohybu v prostorových rovinách, poměr rychlostí jednotlivých složek, frekvence, amplituda a intenzita vzhledem k postavení hlavy. (Černý, Jeřábek, 2007; Vrabec et al., 2006)

Nystagmus je pojmenován podle jeho rychlé složky. K dalším důležitým parametrům patří ovlivnění nystagmu aktivní fixací pohledu, změnou směru pohledu, vliv polohové stimulace a pohybů hlavy. Častým subjektivním příznakem nystagmu mohou být poruchy vidění například

oscilopsie projevující se kmitáním zorného pole v rytmu nystagmu nebo diplopie, dvojité vidění. (Černý, Jeřábek, 2007)

Některé příklady konkrétních vyšetření - vyšetření spontánní a provokované okulomotoriky

Frenzelovy brýle

Frenzelovy brýle jsou pomůcka, která při vyšetření nystagmu eliminuje zrakovou fixaci, a tak dojde ke zvýšení intenzity vestibulárního nystagmu. Brýle se skládají ze silných spojek (+18 – 20 dioptrií) a vnitřního osvětlení. Využívají se pro citlivější vyšetření všech druhů nystagmu. (Černý, Jeřábek, 2007)

Pohledový nystagmus

Zahajuje se fixací bodu umístěného na optické ose oka při přímém horizontálním pohledu, tzv. primární pohled, a vzdáleného 50 centimetrů. Pokračuje se vyšetřením pohledu do osmi směrů dle Heringa (horizontální, vertikální a diagonální). V každé poloze se sledují všechny hodnotitelné složky nystagmu. Nystagmus objevující se v primární pohledové poloze je vždy patologický, naopak při abdukci pohledu větší než 30° se může objevit fyziologický nystagmus tzv. fixační. V tomto případě se nejedná o reflexní pohyb ale o volní refixační pohyb se snahou stabilizace obrazu na sítnici, směr pohledu se totiž tahem okulomotorických svalů a vazivového aparátu stáčí k primárnímu postavení. Pokud je nystagmus pozorovatelný při deviaci pohledu menší než 30°, dříve než okraj duhovky dosáhne vnitřního koutku oka, jedná se obvykle o centrální lézi v oblasti pontu nebo mozečku. (Černý, Jeřábek, 2007; Lesný et al., 1980; Vrabc et al., 2006)

Polohový nystagmus

Při polohových testech hrají roli tři složky:

- Kinetická – vliv rychlosti pohybu při změně polohy hlavy.
- Krční – vliv změny polohy hlavy vůči trupu.
- Prostorová – vliv změny polohy hlavy v prostoru.

V první fázi se vyšetřují všechny tři složky současně, při převádění hlavy do maximální flexe, extenze, lateroflexe a rotace. Pokud se v nějaké z nich objeví významná nystagmická

odpověď, je nutné vyšetřit každou složku zvlášť. Nejznámějším polohovým testem je zkouška dle Dix-Hallpike odhalující benigní paroxysmální polohové vertigo, které se však u dětí téměř nevyskytuje. (Černý, Jeřábek, 2007; Lesný et al., 1980; Vrabcet et al., 2006)

Torzní nystagmus

Vyšetřuje tzv. cervikální nystagmus, který slouží k posouzení vertebrogenního podílu na vyvolaném nystagmu. Provádí se rotací těla o 60° s fixovanou hlavou. Pozitivní nález svědčí o lokalizaci postižení v krční páteři. (Černý, Jeřábek, 2007; Vrabcet et al., 2006)

Hodnocení vyšetření u centrální X periferní vestibulární léze

U centrální léze se objevuje dysrytmický nystagmus demonstrováný v různých směrech. Dále se manifestuje poruchou rovnovážných reakcí při chůzi. Statická a dynamická vyšetření nemají u centrální léze vypovídající hodnotu. Naopak u periferní léze se výsledky všech statických a dynamických testů uchylují ke straně slabšího labyrintu a k pomalé složce nystagmu, který je v případě periferní léze pravidelný zpravidla horizontální nebo rotační. (Černý, Jeřábek, 2007; Kolář et al., 2009)

4.3.8 Cílené vyšetření mozečkových funkcí

Protože mozeček participuje na balančních funkcích, bude v následující kapitole stručně zmíněno o některých vyšetřeních mozečkových funkcí.

1. Vyšetření ataxie a hypermetrie. Trupová ataxie se projeví ve výše uvedených statických i dynamických testech širokou bází a tendencí k pádu ve všech směrech (narozdíl od vestibulárních poruch, kde přetahuje k dysbalanci pouze jedna strana). Ataxie končetin lze vyšetřit souhrou ukazovák – nos a pata – bécet se zavřenýma očima. K mozečkovým symptomům u těchto zkoušek patří intenční tremor.
2. Vyšetření adiachokinezy. Dítě není schopno provádět repetitivní alternující pohyby. Vyšetřuje se na pohybu jazyka ze strany na stranu nebo na střídavé supinaci a pronaci předloktí s lokty flektovanými u těla. (Kolář et al., 2009; Lesný et al., 1980)

4.3.9 Testovací baterie

Testovací baterie motorických funkcí pro dětský věk zahrnují více položek například z oblasti manuální zručnosti, koordinace, síly atd. Mezi nimi je pamatováno i na vyšetření balančních schopností.

Movement ABC test = Movement assessment battery for children test

=Vyšetřovací baterie pohybových testů pro děti (Livesey et al., 2007; Ruiz et al., 2003)

Pohybový ABC test byl vytvořen v roce 1992 Hendersonem a Sugdenem pro děti školního věku od 4 do 12 + let. Vyšetření má dvě části:

- dotazník, který vyplňuje fyzioterapeut, učitel, trenér, sestra nebo poučený rodič
- test motorických schopností, který slouží k cílenému vyšetření každodenních motorických schopností.

ABC test je standardizován v řadě zemí Evropské unie (Švédska, Nizozemí, Španělska, atd.) i celého světa (Austrálie, Japonska, USA, atd.). Slouží pro odhalení dětí s centrální koordinační poruchou (developmental co-ordination disorder – DCD), ale lze ho použít k vyšetření i jiných motorických poruch.

Celkem 32 položek testu je rozděleno do čtyř skupin po osmi bodech podle věku dětí. První skupina s označením Age Band 1 je určena pro děti od 4 do 6 let, další nazvaná analogicky Age Band 2 je pro děti od 7 do 8 let, následující Age Band 3 pro 9 až 10 – ti leté děti a poslední Age Band 4 pro jedenáctileté a starší. Všechny čtyři sety si jsou ve své struktuře podobné a testují podobné motorické dovednosti, jednotlivé body jsou přizpůsobeny věku dětí. Každá skupina zahrnuje první tři body na manuální zručnost, další dva body vyžadují po dětech dovednosti s balónem (chytání a házení zrnkového pytlíčku nebo malého míčku) a poslední tři položky jsou zaměřeny na testování statické a dynamické rovnováhy.

Každá testovací jednotka je hodnocena od 0 do 5 bodů. Celkové skóre pacienta může být od 0 do 40 bodů, což je následně převedeno do percentilové stupnice, která ukáže motorické schopnosti dítěte v porovnání s vrstevníky například mezi jednotlivými státy, regiony atd. lépe než absolutní hodnoty. Za hranici mezi normou a odchylkou od motoricky zdravé populace je většinou považovaný patnáctý percentil. Na každý jednotlivý úkol je dítěti dán jeden zkušební

pokus a pak různý počet bodovaných pokusů (počet se řídí oficiálním manuálem dle konkrétní testovací položky), ze kterých se započítává ten nejlepší.

K Movement ABC testu lze zakoupit normovanou sadu pomůcek pro testování, ve které je obsažen i podrobný manuál s podrobným popisem jednotlivých testovacích postupů.

Statické a dynamické balanční schopnosti

První věková kategorie (Age Band 1) – 4 až 6 let

Stoj na jedné dolní končetině (faktor statické rovnováhy) – testuje se jak dlouho je dítě schopné stát na dominantní i nedominantní dolní končetině. Měří se čas nejlepšího pokusu zvlášť pro obě dolní končetiny v sekundách.

Přeskakování přes překážku (faktor dynamické rovnováhy) – dítě přeskakuje snožmo (výchozí i konečné postavení dolních končetin by mělo být mediálními hranami plosek těsně u sebe) přes volnou gumu umístěnou do výše jeho kolen. Hodnotí se počet potřebných pokusů na tři úspěšné.

Chůze po špičkách po čáře (faktor dynamické rovnováhy) – dítě má za úkol přejít co nejdál po linii se zvednutými patami nad podložku. Hodnotíme počet po sobě jdoucích kroků bez dotyku paty nebo odchýlení od předem dané linie.

Druhá věková kategorie (Age Band 2) – 7 až 8 let

Balanční pozice čápa (faktor statické rovnováhy) – pacient stojí na jedné dolní končetině a současně volná dolní končetina je opřena patou o koleno stejné dolní končetiny. Vyšetřovaný udržuje testovací pozici jak dlouho je schopen – měří se čas výdrže v sekundách.

Poskoky ve čtvercích (faktor dynamické rovnováhy) – dítě má za úkol skákat snožmo ze čtverce do čtverce. Počítají se všechny úspěšné pokusy.

Tandemová chůze (faktor dynamické rovnováhy) – vyšetřovaný přechází čtyři a půl metru dlouhou linii systémem pata – špička. Měří se počet bezchybných kroků, počet kroků neodchýlených od čáry.

Třetí věková kategorie (Age Band 3) – 9 až 10 let

Stoj na jedné dolní končetině na balanční desce (faktor staticko-dynamické rovnováhy) – pacient se snaží udržet rovnováhu na v pozici na jedné dolní končetině na nestabilním povrchu,

na normované balanční desce. Měří se čas výdrže, po kterou je vyšetřovaný schopen udržet se na v opoře pouze o jednu dolní končetinu v sekundách.

Poskoky na jedné dolní končetině ze čtverce do čtverce (faktor dynamické rovnováhy) – pacient má za úkol udělat pět skoků ze čtverce do čtverce pouze na jedné dolní končetině. Hodnotí se celkový počet pokusů potřebný na pět přesných skoků.

Balancování s míčem (faktor dynamické rovnováhy) – pacient musí projít kolem překážek umístěných na zemi 2,7 metrů od sebe a současně udržet míč na rovné desce. Měří se počet kroků, dokud je vyšetřovaný schopen udržet míč tak, aby z desky nespádl. (Livesey et al., 2007; Ruiz et al., 2003)

Bruininks – Oseretsky test of Motor Proficiency (BOT) (Duger et al., 1999)

= Bruininks – Oseretsky test motorických dovedností

Bruininks – Oseretsky test je široce použitelná standardizovaná testovací baterie určená pro vyšetření hrubé i jemné motoriky, s cílem odhalit pohybové dysfunkce u dětí. Doktor Robert Bruininks upravil v roce 1972 v USA původní Oseretského test motorických dovedností. Přepřpracovaná verze reflektuje řadu výhod po obsahová, strukturální i technicky kvalitativní stránce. Testovací baterie je individuálně podaná a je schopná ohodnotit motorické funkce u dětí ve věku od čtyř a půl do čtrnácti a půl let a starší (uváděno i do jednadvaceti). Kompletní baterie je rozdělena na 46 vyšetřovacích položek v osmi kategoriích zaměřených na různé aspekty pohybové funkce. Jednotlivé položky jsou poutavě sestavené a cíleně orientované na konkrétní motorickou dovednost. Zkrácená verze obsahuje 14 bodů poskytující stručný přehled motorických dovedností.

BOT poskytuje dvě odlišné hodnotící škály, které usnadňují výklad výsledků testu. Ulehčuje tím komunikaci s ostatními odborníky a s rodiči vyšetřovaného dítěte. Stupňovité skóre kde je bodový průměr 15 a směrodatná odchylka 5, intervaly spolehlivosti, věkové ekvivalenty a popisné třídy se používají k ohodnocení jednotlivých kategorií motorických dovedností. Standardní skóre s bodovým průměrem 50 a směrodatnou odchylkou 10, intervaly spolehlivosti, percentilové řady a popisné třídy se použijí k hodnocení celku a zkrácené verze testu.

Do BOT jsou zařazeny testovací kategorie na přesnost jemné motoriky, integraci jemné motoriky, manuální zručnost, oboustrannou koordinaci, rychlost a pohyblivost, koordinaci horních končetin a sílu.

Kategorie rovnováha v BOT

Stoj o široké bázi na čáře – druhé metatarzy a paty obou dolních končetin leží na jedné ose, na čáře, přičemž nohy jsou na linii umístěné odděleně od sebe. Tento bod se testuje s otevřenými i zavřenými očima.

Chůze po čáře – chůze dopředu po linii, plosky pacient klade tak, aby střed paty a druhý metatarz byl v ose s předloženou čarou.

Stoj na jedné dolní končetině – pozice plosky je obdobná jako u předchozích dvou úkolů, opět pacient umístí druhý metatarz a patu na osu. I tento bod se vyšetřuje s otevřenými i zavřenými očima.

Tandemová chůze – chůze dopředu po čáře systémem pata špička.

Stoj na jedné dolní končetině na balanční kladině – systém stoje je shodný jako u pozice na jedné dolní končetině na čáře. Opět se vyšetřuje s otevřenými i zavřenými očima.

Tandemový stoj na balanční kladině - pozice je obdobná jako u prvního rovnovážného úkolu, stoj o široké bázi na čáře, akorát zadní noha se špičkou dotýká přední nohy. (Duger et al., 1999)

Motor Skills Inventory (MSI) = seznam motorických dovedností

Soubor motorických dovedností byl upraven z původního formátu z programu tělesných dovedností a slouží k neformálnímu screeningu pohybových funkcí u dětí školního věku (od 6 do 15 let). Testované dovednosti jsou rozděleny do pěti kategorií: obratnost, lokomoce, tělesná zdatnost, pohyb s předměty a jemná motorika. Každá kategorie obsahuje několik jednotlivých úkolů, které jsou ještě podle obtížnosti rozděleny na tři obtížnostní úrovně: začátečnickou, funkční a vyspělou.

Úkoly zaměřené na balanční schopnosti

Pohybová (dynamická) rovnováha – V začátečnické úrovni je chůze po čáře dlouhé deset stop, ruce musí zůstat po celou dobu úkolu v bok a každý krok musí směřovat na čáru. Pro funkční a vyspělou úroveň se testuje tandemová chůze, kde u funkční musí být minimálně polovina kroků z desetistopé vzdálenosti ve vzoru pata špička a všechny musí směřovat na čáru, u vyspělé musí být všechny ve vzoru pata špička. Všechny úrovně se hodnotí jednoduše: zvládne – nezvládne.

Statická rovnováha – Ve všech úrovních se vyšetřuje stoj na preferované dolní končetině s nohou umístěnou na linii a s horními končetinami uloženými v bok. Začátečníci musí vydržet minimálně 5 sekund, bez dotyku volné dolní končetiny podložky nebo pohybu stojné nohy. Pro funkční úroveň je minimální výdrž 10 sekund a u vyžralé taktéž 10 sekund, akorát se zavřenýma očima.

Pediatric clinical test of sensory interaction for balance (P – CTSIB)

= Pediatrický klinický test senzoričkého vlivu na rovnováhu

Pediatrický klinický test senzoričkého vlivu na rovnováhu byl do současné podoby využitelné v běžné klinické praxi vypracován Horakem a Shumway – Cookem v roce 1986. P – CTSIB využívá neadekvátní somatosenzoričké a vizuální aferentní informace použitím dvou pomůcek: podložky z pěny o vysoké denzitě a visual conflict dome = kupule s horizontálními a vertikálními liniemi uvnitř, která se umístí na hlavu vyšetřovaného a zabraňuje tak vizuální orientaci v prostoru. Prostřednictvím cílené manipulace se senzoričkým vstupem lze díky P – CTSIB změřit podíl vizuálního systému, vestibulárního systému a somatosenzoričkého čítí na udržování stabilního stoji. Vyšetření se provádí v bipedální stoji s horními končetinami v bok a pohledem nasměrovaným dopředu před sebe do dálky. Skládá se ze šesti pozic s odlišnými senzoričkými podmínkami:

1. Bipedální stoj s otevřenýma očima na rovné pevné podložce.
2. Bipedální stoj se zavřenýma očima na rovné pevné podložce.
3. Bipedální stoj s visual conflict dome na rovné pevné podložce.
4. Bipedální stoj s otevřenýma očima na pěnové podložce.
5. Bipedální stoj se zavřenýma očima na pěnové podložce.
6. Bipedální stoj s visual conflict dome na pěnové podložce.

Kritéria k bodovému hodnocení každé testovací položky jsou následující:

0 = dítě není schopno zaujmout pozici.

1 = dítě vydrží ve výchozí poloze 3 a méně sekund.

2 = dítě vydrží ve výchozí poloze 4 – 10 sekund.

3 = dítě vydrží ve výchozí poloze 11 – 29 sek nebo 30 sek a více s titubacemi většími než 15°.

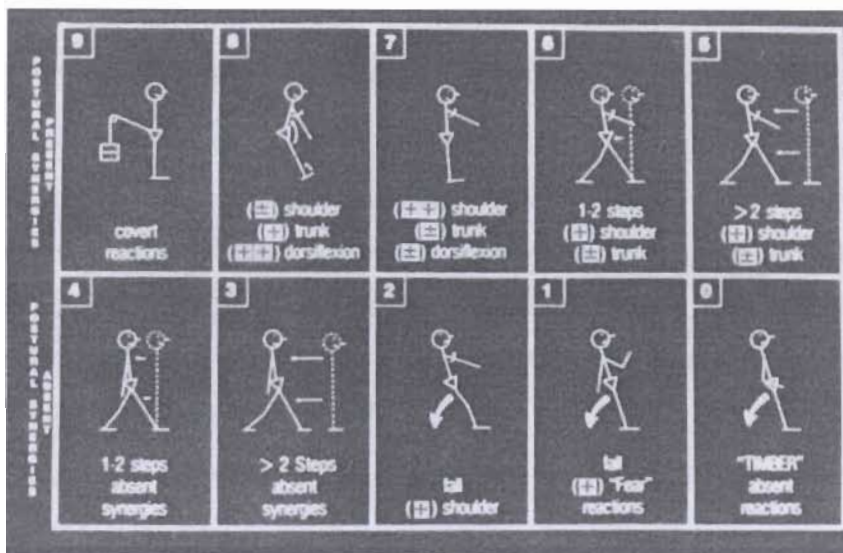
4 = dítě vydrží ve výchozí pozici 30 sekund a více s výchyly 5° - 14°.

5 = dítě vydrží ve výchozí poloze 30 sekund a více s titubacemi menšími než 5°.

(Palisano, 2004)

Postural Stress Test (PST) = postojový napětový test

Jedná se o bezpečný semi-quantitativní test měřící balanční dovednost při destabilizujícím posteriorním tahu, který byl poprvé uveden Wolfsonem v roce 1986. Pacient je vystaven nečekanému horizontálnímu posteriornímu tahu za trup prostřednictvím kladkového systému, díky němuž je možno pomocí závaží přesně dávkovat tahovou sílu v procentech tělesné hmotnosti pacienta (nejčastěji se používá 1,5%, 3% a 4%). Tah vychýlí těžiště těla dorsálně a vyšetřující sleduje balanční reakce pacienta, kterých je definováno devět. Osmi body je ohodnocena nejefektivnější reakce - flexe v ramenním kloubu, flexe trupu (hlavně v kyčelním kloubu) a dorsiflexe v hleznu, a za 0 bodů pád bez obranné reakce (viz obrázek xy). Vyšetření je používáno zejména u pacientů s rizikem pádu. (Chandler et al., 1990)



Obrázek 7: Devět hodnocených reakcí na PST

0 – pád bez obranné reakce, jako „fošna“, 1 – pád s obrannou reakcí, 2 – pád s flexí v ramenních kloubech, 3 – úkroky dozadu, více jak 2 kroky, bez synergií, 4 – úkroky dozadu, 1 – 2 kroky, bez synergií, 5 – více jak dva kroky dozadu, flexe v ramenních kloubech a v trupu, 6 – 1 až 2 kroky dozadu, flexe v ramenních kloubech a v trupu, 7 – flexe v ramenou, trupu a dorsiflexe, 8 – dorsiflexe, flexe trupu a ramenou, 9 – nečekané zahájení testu (Chandler et al., 1990)

Tilt-board test = Test na naklápěcí desce

Vyšetření se provádí na plošině nestabilní v jednom směru, na válcové úseči, která je postavena svoji podélnou osou kolmo ke stěně. Na stěně je umístěn úhломěr, jeho spodní rovná hrana je ve stejné výšce jako horní plocha úseče. Ze dvou rohů úseče, které jsou umístěny blíže ke stěně, vychází ukazovátka mířící v klidové poloze na úhломěr do 0°.

K testování na naklápěcí desce lze aplikovat všechny pozice používané pro statické vyšetření rovnováhy, jediná podmínka je postavení pacienta tak, aby průmět jeho těžiště dopadal na podélnou osu válcové úseče. Nejčastěji se využívá pozice bipedálního stoje, případně se zúženou bází či zavřenými očima. Po zaujetí výchozí stabilní polohy vyšetřující vychýlí desku kolem podélné osy na jedné straně úhlovou rychlostí 15° za sekundu, což lze jednoduše změřit pomocí metronomu. Testují se obě strany, přičemž na každou má pacient pět pokusů. (Broadstone et al., 1993)

4.3.10 Testovací jednotky využívající přístrojů

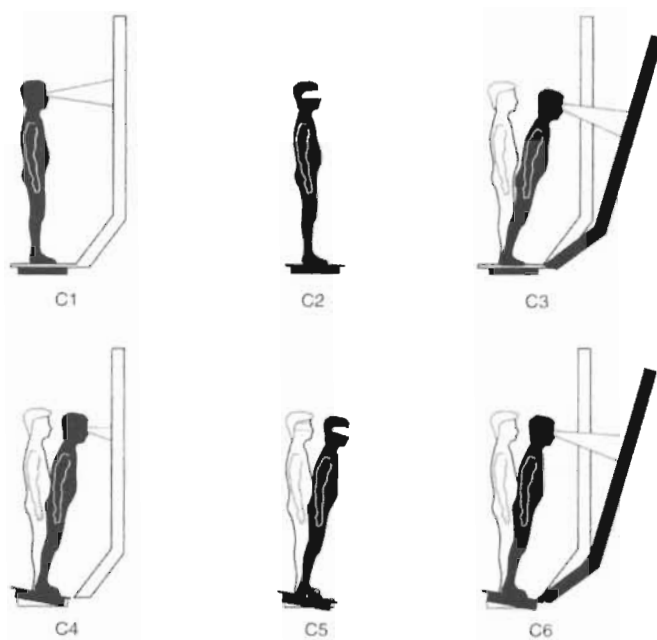
SOT = Sensory Organization Test = test sensorického uspořádání

SOT zkoumá vliv rozdílných sensorických vstupů na posturální stabilitu. K tomu je využíváno šesti různých sensorických podmínek, jejichž náročnost se postupně zvyšuje. U zdravých jedinců se titubace zvětšují postupně. Pořadí jednotlivých úkolů by mělo být neměnné. Každá podmínka se testuje v bipedálním stoji po dobu 20 sekund. Test je přístrojově zajištěn pohyblivou tenzometrickou plošinou, která se může sklápět podél frontální osy a optickým okolím, které může rotovat v sagitální rovině.

Jednotlivé testovací podmínky a jejich pořadí

- 1: oči otevřené, okolí fixní, podložka fixní. Testuje: vše, slouží jako kontrolní.
- 2: oči zavřené, okolí nerozhoduje, podložka fixní. Testuje: propiocepci a vestibulární aparát.
- 3: oči otevřené, okolí pohyblivé, podložka fixní. Testuje: propiocepci a visuální aparát.
- 4: oči otevřené, okolí fixní, podložka pohyblivá. Testuje: vestibulární a visuální aparát.
- 5: oči zavřené, okolí nerozhoduje, podložka pohyblivá. Testuje: vestibulární aparát.
- 6: oči otevřené, okolí pohyblivé, podložka pohyblivá. Testuje: vestibulární aparát.

Výsledky jednotlivé testovací podmínky lze hodnotit mezi sebou v poměru, a tak vyšetření zacílit na konkrétní senzory vstup. (Riley,Clarck, 2003; Steindl et al., 2006; Westcott et al., 1997)



Obrázek 8: Senzorické podmínky SOT. (Steindl et al., 2006)

The LOS test = Test for the limits of stability = test limitů stability

Test vyšetřuje schopnost dětí dobrovolně vychýlit těžiště a COG do maximálně možné krajní polohy, kde ještě nedochází ke ztrátě rovnováhy a k rozšíření opěrné báze.

Testování probíhá na tenzometrické plošině s připojeným monitorem, na kterém je možné sledovat pohyby vlastního COP. Děti mají za úkol dynamicky pohybovat se svým COP, které se na obrazovce objevuje jako kurzor, k osmi cílovým bodům které jsou pravidelně uspořádány na koncentrické elipse v úhlových odstupech 45°. Začíná se v anteriorním směru, kam se pacient snaží přiblížit kurzor (své těžiště) co nejbližší k cílovému bodu, který stejně jako kurzor vyznačen na obrazovce. Po osmi sekundách cílový bod zmizí, přemístí své těžiště ke středu opěrné báze a na obrazovce se objeví další cílový bod vzdálen o -45° od předchozího (po směru hodinových ručiček).

Děti jsou zainstruovány, že by se měli úkol plnit, co nejrychleji jak je možné, bez přemístění dolních končetin, bez flexe trupu a pohybu horních končetin. Na tenzometrické plošině jsou měřeny velikosti exkurzí těžiště respektive COP do jednotlivých směrů, velikosti výchylek COP při jeho konečné maximální exkurzi a trajektorie COP během vyšetření. (Geldhof et al., 2006)

4.3.11 Přístroje využitelné k vyšetření rovnováhy

Přístrojovými metodami lze objektivizovat vyšetření rovnovážných funkcí. Klinické vyšetření je totiž vždy zatíženo subjektivním hodnocením fyzioterapeuta nebo jiného odborníka, přesto zůstává stěžejní při použití v běžné praxi a mělo by náročnějšímu přístrojovému vyšetření předcházet.

Přístrojové vyšetření může mít své místo i v běžné rehabilitační praxi, ale kvůli své vysoké nákladnosti je využíváno spíše k výzkumným pracím, které však mohou objasnit dosud neznámé souvislosti v rovnovážných funkcích a značně tak usnadnit nebo zpřesnit vyšetřovací i terapeutické postupy právě v běžné praxi.

Kinetické metody

Jedná se o metody zaměřené na popis sil působících během vyšetření (Kolář et al., 2009).

- Posturografie = stabilometrie = stabilografie

Tato metoda má celou řadu názvů, ale ani jeden není zcela přesný a určující, protože se nejedná o měření postury či stability. Termíny jsou však už zavedené a z všeobecného hlediska vyjadřují, o co se ve vyšetření jedná. Podstata fungování posturografie je ale jiná. Přístroj umožňuje měřit změnu polohy COP, a to frekvenci výchylky, její rychlost, amplitudu v anterioposteriorním a mediolaterálním směru, délku trajektorie, kterou COP během vyšetření urazí a konfidenční elipsu, což je plocha zahrnující 90 – 95% z celkové plochy, kde se COP během vyšetření pohybovalo.

Z technického hlediska se používají dva rozdílné principy:

Silové plošiny – tenzometrické plošiny

Silové plošiny mají v rozích umístěny silové snímače – piezoelektrické tenzometry, které jsou schopny registrovat reakční sílu podložky. Zaznamenávají všechny složky reakční síly, ve všech třech rovinách x, y i z v Newtonech, i jejich momenty sil v Newtonech na metr. Rozklad reakčních sil v trojrozměrném souřadném systému, se skládá z hlavní vertikální síly působící proti tíhové síle a z horizontálních složek, které jsou způsobeny reakcí proti působení svalových sil při pohybu s těžištěm. Z naměřených hodnot přístroj vypočítává center of pressure (COP). Z jedné plošiny je možné analyzovat pouze COPnet, pokud je potřeba získat COP pro každou kontaktní plochu zvlášť je nutné použít příslušný počet plošin. Silové plošiny se vyrábí například typu Kistler, AMTI, NeuroCom nebo Bertec. Systém NeuroCom je určen pro klinickou praxi, protože je vybaven softwarem, který umí srovnávat vyšetřovaného jedince s normativními hodnotami zdravé populace.

Desky měřící kontaktní tlakové síly

Jedná se o modernější způsob měření pohybu COP. Využívá se tlakově senzitivních ploch tzv. kobereců, v nichž se po celé ploše nachází velké množství tlakových snímačů. Jde například o systémy Emed, Chatecx balance system či Footscan. Nejlepší z nich dosahují hustoty čtyř snímačů na cm^2 (rok 2001). Tyto desky umožňují podrobně analyzovat rozložení tlaků v každé

opěrné ploše (AS). Další výhodou je i přímé změření COP ve vztažné soustavě pacientova těla, ne prostřednictvím vztažné soustavy desky.

K vyšetření na stabilografických deskách lze použít všechny pozice určené k testování statické rovnováhy (viz výše). Nejčastěji se však využívá bipedální stoj a bipedální stoj o zúžené bázi. Pokud je k dispozici silová deska o větších rozměrech lze na nich testovat pohyby těžiště i v dynamických vyšetřovacích situacích. Pro zcitlivění lze vyšetření provádět se změněným aferentním vstupem – na pěnové podložce, se zavřenýma očima nebo s pohybem okolního prostředí.

Posturografie se rozlišuje na statickou a dynamickou. Při dynamické se buď pohybuje pacient při provádění některého typu dynamického testu, nebo se pohybuje stojná podložka. Pohyb podložky může být buď translační v horizontální rovině antero-posteriorním či latero-laterálním směrem nebo sklopný podle horizontální osy. Výchyly COP jsou pak měřeny buď během pohybu, nebo po něm po zaujetí výchozí polohy.

Nejedná se o diagnostickou metodu, ale slouží k objektivizaci balančního deficitu. Důležité místo má v monitorování efektivity zvolené léčby. (Baloh et al., 1998; Vařeka, 2002b; Kolář et al., 2009)

Kinematické metody

Slouží k popisu polohy těla a jeho jednotlivých segmentů v čase a v prostoru.

- Akcelerometr

Akcelerometr se zpravidla používá k hodnocení pohybové aktivity lokomočního charakteru a akcelerometrické vyšetření probíhá většinou v řádu dní. Lze ho ale využít i pro vyšetření posturální náročnosti jednotlivých úkonů v krátkodobějším měřítku, minimálně však jedna minuta (nejmenší časová jednotka kterou akcelerometr zpracovává). Při klasickém vyšetření se akcelerometr umísťuje na kotník nebo zápěstí pacienta, při vyšetření rovnovážných funkcí je vhodné ho upevnit proximálněji například na spinu iliacu anterior superior (SIAS).

Akcelerometr pracuje na principu snímání pohybového zrychlení například u modelu TriTrac prostřednictvím deformace vestavěného piezoelektrického krystalu. Počítač převádí deformace krystalu na výchylky ve všech třech na sebe kolmých rovinách v milimetrech.

Vyšetření lze pak převést do formy grafu. Jiný typ akcelerometru, Actiwatch, snímá pohybové zrychlení ve všech směrech, ale nejcitlivější je na směr paralelní s tím, kde probíhá největší rozsah pohybu.

Akcelerometr je přístroj vhodný zejména pro objektivizaci dynamických metod vyšetřování rovnováhy. (Nyberg et al., 2009; Žujová, Vařeka, 2003)

- Digitální videozáznam – 3D kinematická analýza

3D kinematická analýza umožňuje mimo jiné změřit pohyby těžiště v prostoru a následně i jeho průmět do opěrné báze – COG. Jedná se o metodu velmi náročnou na vybavení, na příslušný hardware a software.(19) Na tělo pacienta je umístěno větší množství reflexních markerů (zpravidla kolem deseti), jejichž trajektorie je následně zpracovávána. Markery mohou být dvojího typu: pasivní přijímající infračervené paprsky z kamer nebo aktivní, které signály samy vysílají. Markery se umísťují na vyčnívající místa na povrchu těla a podle toho jaký druh pohybu je kamerami snímán. Kinematická analýza je nejvhodnější pro objektivizování vyšetření vycházejících z chůze.

Pasivní značky snímají kamerami vysílané infračervené paprsky z diod, které jsou koncentricky uspořádány kolem optické osy přístroje. Používá se dvě až osm videokamer, které natáčejí objekt z různých směrů, přičemž při použití čtyř přístrojů je přesnost určení pozice reflexního markeru na 1,5 centimetru ve všech třech rovinách.

Aktivní značky vyzařují LED diodové světlo a každá se svou vlastní emisní frekvencí. Díky tomu jsou markery mezi sebou nezaměnitelné a jasně identifikovatelné. Výhodou metody oproti pasivním markerům je možnost snímání z většího prostoru.

Vedle aktivních a pasivních značek existuje ještě bezmarkerová metoda využívající speciálních výpočetních algoritmů, které dovedou zpracovávat optický vstup (computer vision). (Kolář et al., 2009; Mallau et al., 2007; Svoboda, Janura, 2010)

Elektromyografické metody

Detekují svalovou aktivitu spojenou s pohybem. (Kolář et al., 2009)

- EMG = elektromyografie

Principem EMG je snímání elektrických projevů svalové tkáně. Existují dva typy EMG: povrchová, s elektrodami umístěnými na povrchu těla nad svalem, pokud jsou elektrody umístěny přímo ve svaly, jedná se o tzv. detekční EMG, nejčastěji jehlovou (ale jsou i jiné metody snímání signálu).

V rehabilitaci se používá zejména povrchová EMG, která dokáže detekovat elektrické signály z více svalových vláken a tak podávat celistvou informaci o svaly nebo svalové skupině, nad kterou je nalepena. Signál je upraven a převeden na monitor ve formě oscilující linie.

Pro potřeby vyšetřování rovnovážných, ale i jiných dynamických funkcí, lze s výhodou použít EMG s telemetrickým přenosem signálu. Matematicky lze z EMG vypracovat frekvenční a amplitudovou analýzu. Při vyšetření rovnováhy se elektromyografická analýza uplatní jako indikátor svalové koordinace, využívající zejména frekvenční analýzu, a svalové síly, využívající zejména amplitudovou analýzu. (Do, Raymond, 2008; Kolář et al., 2009)

Pro objektivizaci vyšetření vestibulárního aparátu se používá také řada přístrojů, které budou ale pouze vyjmenovány: elektronystagmografie, magnetic scleral search coil, oftalmoskopie, kalorické testy, rotační testy, test subjektivní kolmice.

5. PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část práce se zabývá konkrétními dětmi, u kterých byly vyšetřeny rovnovážné schopnosti podle výše uvedených klinických testů a podle některých částí testovacích baterií zaměřených na balanční schopnosti.

Konkrétnímu rovnovážnému vyšetření předcházelo odebrání anamnézy a kineziologický rozbor, které jsou zpracovány v kazuistikách probandů.

5.1 Metoda

5.1.1 Probandi

Vyšetření rovnovážných schopností bylo provedeno u sedmi dětí ve věku od 3 do 18 let (2 roky a 11 měsíců, 4 roky a 6 měsíců, 4 roky a 10 měsíců, 6 let, 8 let a 1 měsíc, 8 let a 7 měsíců a 17 let a 10 měsíců). Všichni probandi jsou zdravými zástupci běžné populace, bez subjektivních ani objektivních poruch rovnováhy. Jedná se o děti normálního IQ, navštěvující běžná výchovná respektive vzdělávací zařízení, všechny jsou normokinetické s běžným nebo nadprůměrným množstvím pohybové aktivity během obvyklého dne. Všechny děti žijí v úplných a dobře zaopatřených rodinách. Vyšetření probíhala pro děti v domácím známém prostředí během března. Všem vyšetřením byli přítomni rodiče a vyšetřující znal probandy už před testováním.

5.1.2 Použitá vyšetření

U všech probandů byly vyšetřovány schopnosti statické i dynamické rovnováhy. Byla použita pouze klinická vyšetření použitelná s minimálním množstvím pomůcek. Staticko-rovnovážné testovací pozice a dynamicko-rovnovážné úkoly byly zvoleny s individuálním ohledem k probandově věku a motivaci u každého dítěte v trochu jiné skladbě.

Seznam použitých statických vyšetření

1. Přirozený volný bipedální stoj
2. Bipedální stoj. V bispinální vzdálenosti byly na stojnou podložku nalepeny rovnoběžně v sagitální ose kontrolní linie, pro menší děti podle stejných pravidel obdélníková okénka.

3. Bipedální stoj o zúžené bázi. Byl testován se všemi třemi pozicemi horních končetin: volně podél těla, zkřížené na hrudníku s dlaněmi na ramenou, v bok opřeny o spina iliaca anterior superior.
4. Bipedální stoj o změněné bázi. Opět byly použity pomocné linie v sagitální a frontální ose nalepené na podložce. Byly otestovány všechny tři varianty změněné báze: stoj systémem pata špička, stoj výkročný, stoj rozkročný. Pozice byly vyšetřeny se všemi třemi polohami horních končetin.
5. Stoj na dominantní/nedominantní dolní končetině. Opět se uplatnila pomocná sagitální linie na podložce. Probandi předvedli obě varianty vyšetření, polohu čápa i plameňáka. Některé statické pozice byly zkoumány i se zavřenýma očima a na měkké molitanové podložce.

U všech se měřila doba výdrže v sekundách. Maximálně 20 sekund.

Seznam použitých dynamických vyšetření

1. Flexe – extenze. Děti prováděly flexi a extenzi izolovaně v kyčelním kloubu pod dobu 5 sekund. Test byl hodnocen formou zvládl – nezvládl.
2. Abdukce – addukce. Provedení i hodnocení bylo analogické jako u předchozího testu
3. Poskoky z místa na místo v antero-posteriorním směru - snožmo. Děti prováděly poskoky mezi dvěma předem označenými body, které byly vzdáleny 50 centimetrů. Po 10 jednotlivých skocích bylo provedeno měření odchylky v centimetrech od počátečního bodu.
4. Chůze po čáře. Děti chodily po čáře dlouhé 4 metry. Hodnocen byl počet bezchybných kroků a úkol byl kompletně splněn při přejití celé čáry.
5. Tandemová chůze. Provedení i hodnocení bylo obdobné jako u předchozího úkolu.
6. Unterbergova zkouška. Děti provedly 60 kroků na místě se zavřenýma očima, poté byla změřena vzdálenost od výchozího bodu v centimetrech a odchylka v úhlech.

5.2 Kazuistiky

5.2.1 Probandka: M. H. * 13. 4. 2007, ♀

RA: Neurologicky a motoricky nevýznamná, bez rovnovážných deficitů.

OA: Porod spontánní, záhlavím, v termínu. Porodní hmotnost: 3005 gramů. Porodní délka: 48 centimetrů. Apgar skóre: 9, 10, 10. Poporodní adaptace dobrá. Kyčle bez patologického nálezu.

Operace: 0, hospitalizace: 0, úrazy: 0.

Psychomotorický vývoj: 6 měsíců – otočení ze zad na břicho, 10 měsíců – lezení, 14 měsíců – chůze.

SpA: Dítě s normální pohybovou aktivitou úměrnou svému věku.

Kineziologický rozbor: normostenické dítě – 93 centimetrů, 15,5 kilogramů, páteř s fyziologickými křivkami, kolena v hyperextenzi.

5.2.2 Probandka: A. V. * 30. 9. 2005, ♀

RA: Neurologicky a motoricky nevýznamná, bez rovnovážných deficitů.

OA: Porod sectio Ceasarae, v termínu. Porodní hmotnost: 3100 gramů. Porodní délka: 49 centimetrů. Apgar skóre: 8, 9, 10. Poporodní adaptace dobrá. Kyčle bez patologického nálezu.

Operace: 0, hospitalizace: 0, úrazy: 0.

Psychomotorický vývoj: 7 měsíců – otočení ze zad na břicho, 9 měsíců – lezení, 13 měsíců – chůze.

SpA: Dítě s normální pohybovou aktivitou úměrnou svému věku. Umí lyžovat, plavat, jezdit na kole.

Kineziologický rozbor: normostenické dítě – 108 centimetrů, 18 kilogramů. Bez odchylek od fyziologického držení.

5.2.3 Probandka: B. P. * 19. 5. 2005, ♀

RA: Matka – patologický sklon stříšky acetabula. Jinak neurologicky a motoricky nevýznamná, bez rovnovážných deficitů.

OA: Porod spontánní, záhlavím, v termínu. Porodní hmotnost: 3550 gramů. Porodní délka: 49 centimetrů. Apgar skóre: 9, 9, 10. Poporodní adaptace dobrá. Kyčle bez patologického nálezu.

Psychomotorický vývoj: Od narození do 1 roku nohy v equinózním postavení, řešeno

konzervativně, doporučena rehabilitace Vojtovou reflexní lokomocí, moc necvičili. 9 měsíců – otáčení ze zad na břicho, nelezla pouze plazení, 15 měsíců – chůze, poté nohy bez deficitu.

Operace: 0, hospitalizace: 0, úrazy: 0

SpA: Dítě s normální pohybovou aktivitou úměrnou svému věku – pravidelně chodí 2krát týdně na gymnastiku. Umí lyžovat, plavat, jezdit na kole.

Kineziologický rozbor: normostenické dítě – 112 centimetrů, 19,5 kilogramů. Pánev v anteverzi, bederní hyperlordóza, kotníky valgózní postavení snížená nožní klenba.

5.2.4 Proband: Š. B. * 13. 3. 2004, ♂

RA: Neurologicky a motoricky nevýznamná, bez rovnovážných deficitů.

OA: Porod spontánní, záhlavím, v termínu. Porodní hmotnost: 3 750 gramů. Porodní délka: 50 centimetrů. Apgar skóre: 9, 10, 10. Poporodní adaptace v normě, novorozenecká žloutenka.

Kyčle bez patologického nálezu.

Operace: 0, hospitalizace: 0, úrazy: 0

Psychomotorický vývoj: 6, 5 měsíců - otočení ze zad na břicho, 10 měsíců – lezení, 15 měsíců - chůze.

SpA: Pravidelně rekreačně sportuje, umí jezdit na kole, lyžovat na sjezdových i běžeckých lyžích, plavat, bruslit atd.

Kineziologický rozbor: normostenické dítě – 119 centimetrů, 21 kilogramů. Mírná reklinace hlavy, vnitřní rotace v ramenou, hyperlordóza.

5.2.5 Probandka: K. P. * 24. 2. 2002

RA: Matka – patologický sklon stříšky acetabula. Jinak neurologicky a motoricky nevýznamná, bez rovnovážných deficitů.

OA: Porod spontánní, záhlavím, v termínu. Porodní hmotnost: 3950 gramů. Porodní délka: 51 centimetrů. Apgar skóre: 8, 8, 9. Poporodní adaptace dobrá. Kyčle bez patologického nálezu.

Psychomotorický vývoj: 7 měsíců – otáčení ze zad na břicho, 11 měsíců – lezení, 12 měsíců – chůze, poté nohy bez deficitu.

Operace: pupeční kýly (3/2005), hospitalizace: 0, úrazy: 0

SpA: Dítě s normální pohybovou aktivitou úměrnou svému věku – pravidelně chodí 2krát týdně na gymnastiku. Umí lyžovat, plavat, jezdit na kole.

Kineziologický rozbor: normostenické dítě – 132 centimetrů, 28 kilogramů. Hyperlordóza, pánev v antevertzi, kolena hyperextenze, snížená nožní klenba.

5.2.6 Proband: P. B. * 6. 10. 2001, ♂

RA: Neurologicky a motoricky nevýznamná, bez rovnovážných deficitů.

OA: Porod spontánní, záhlavím, v termínu. Porodní hmotnost: 3 250 gramů. Porodní délka: 50 centimetrů. Apgar skóre: 9, 9, 10. Poporodní adaptace v normě, zvýšený bilirubin, zvýšený hematokrit. Kyčle bez patologického nálezu.

Operace: tonsilektomie (10/2009), hospitalizace: 0, úrazy: zlomenina levé klavikuly (8/2009)

Psychomotorický vývoj: 7, 5 měsíců - otočení ze zad na břicho, 12 měsíců – lezení, 18 měsíců - chůze. Doporučena rehabilitace – Vojtova reflexní lokomoce, necvičili.

Opakované záněty horních cest dýchacích

SpA: Pravidelně rekreačně sportuje, umí jezdit na kole, lyžovat na sjezdových i běžeckých lyžích, plavat, bruslit atd.

Kineziologický rozbor: normostenické dítě – 138 centimetrů, 30 kilogramů. Předsunutě držení hlavy, remana v protrakci a vnitřní rotaci, zvětšená hrudní kyfóza, horní typ dýchání – největší exkurze hrudníku v kraniálním a ventrálním směru, pánev v antevertzi, zevní rotace v kyčelních kloubech.

5.2.7 Proband: V. Z. * 11. 6. 1992, ♂

RA: Neurologicky a motoricky nevýznamná, bez rovnovážných deficitů.

OA: Porod spontánní, záhlavím, v termínu. Porodní hmotnost: 3 300 gramů. Porodní délka: 53 centimetrů. Apgar skóre: 9, 10, 10. Poporodní adaptace v normě. Kyčle bez patologického nálezu.

Operace: hospitalizace: gastroenterologické oddělení FN Motol (4-6/1995), úrazy: 0.

Psychomotorický vývoj: 6 měsíců - otočení ze zad na břicho, 9 měsíců – lezení, 11 měsíců - chůze.

SpA: Pravidelně sportuje. Dvakrát týdně tréninky orientačního běhu. Leze po skalách a umělých horolezeckých stěnách. Umí jezdit na kole, na snowboardu, lyžovat na sjezdových i běžeckých lyžích, plavat, bruslit atd.

Kineziologický rozbor: normostenické dítě - 179 centimetrů, 68 kilogramů. Předsunutě držení hlavy, ramena v protrakci, hyperkyfóza, scapulae alatae, antevertze pánve.

5.3 Výsledky

Statické vyšetření

	2.	3.	4.			5.	
			A	B	C	D	E
M. H.	20 s	20 s	6 s	3 s	20 s	4 s	-
A. V.	20 s	20 s	8 s	7 s	20 s	8 s	7 s
B. P.	20 s	20 s	11 s	8 s	20 s	20 s	18 s
Š. B.	20 s	20 s	18 s	15 s	20 s	15 s	14 s
K. P.	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s
P. B.	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	18 s
V. Z.	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s

Tabulka 1: Výsledky statického vyšetření v polohách 2, 3, 4, 5 podle seznamu použitých statických vyšetření, kde poloha A = pata špička jsou těsně u sebe, B = pata a špička nejsou těsně u sebe, C = stoj rozkročný, D = poloha čápa, E = poloha plameňáka. (Autorská tabulka)

Statické vyšetření na molitanové podložce

	2.	3.	4.			5.	
			a	b	c	d	e
M. H.	20 s	15 s	3 s	-	-	-	-
A. V.	20 s	18 s	5 s	-	-	3 s	2 s
B. P.	20 s	20 s	9 s	-	-	8 s	8 s
Š. B.	20 s	20 s	14 s	-	-	7 s	5 s
K. P.	20 s	20 s	18 s	-	-	15 s	12 s
P. B.	20 s	20 s	17 s	-	-	13 s	12 s
V. Z.	20 s	20 s	20 s	-	-	20 s	20 s

Tabulka 2: Výsledky statického vyšetření na molitanové podložce v polohách 2, 3, 4, 5 podle seznamu použitých statických vyšetření, kde poloha A = pata špička jsou těsně u sebe, B = pata a špička nejsou těsně u sebe, C = stoj rozkročný, D = poloha čápa, E = poloha plameňáka. (Autorská tabulka)

Statické vyšetření s vyloučením zrakové kontroly

	2.	3.	4.			5.	
			a	b	c	d	e
M. H.	20 s	16 s	3 s	-	-	-	-
A. V.	20 s	17 s	6 s	-	-	6 s	5 s
B. P.	20 s	20 s	8 s	-	-	10 s	8 s
Š. B.	20 s	19 s	10 s	-	-	8 s	8 s
K. P.	20 s	20 s	18 s	-	-	20 s	20 s
P. B.	20 s	20 s	16 s	-	-	18 s	17 s
V. Z.	20 s	20 s	20 s	-	-	20 s	20 s

Tabulka 3: Výsledky statického vyšetření se zavřenými očima v polohách 2, 3, 4, 5 podle seznamu použitých statických vyšetření, kde poloha A = pata špička jsou těsně u sebe, B = pata a špička nejsou těsně u sebe, C = stoj rozkročný, D = poloha čápa, E = poloha plameňáka. (Autorská tabulka)

Dynamická vyšetření

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
M. H.	NE	NE	33 cm	3	3	-
A. V.	NE	ANO	27 cm	5	4	-
B. P.	ANO	ANO	20 cm	6	6	44 cm, 40°
Š. B.	ANO	ANO	22 cm	6	5	58 cm, 45°
K. P.	ANO	ANO	12 cm	ANO	ANO	12 cm, 30°
P. B.	ANO	ANO	15 cm	ANO	10	20 cm, 25°
V. Z.	ANO	ANO	9 cm	ANO	ANO	14 cm, 20°

Tabulka 4: Výsledky dynamických vyšetření 1, 2, 3, 4, 5, 6 podle seznamu použitých dynamických vyšetření. (Autorská tabulka)

6. DISKUZE

Vyšetřením balančních schopností nelze získat žádnou konkrétní diagnózu, je schopno přinést pouze charakter a míru poškození rovnovážných funkcí. Rovnovážné funkce participují na veškerém motorickém projevu jedince. Jejich vyšetření má za cíl určit, jestli motorický deficit způsobuje porucha rovnováhy. Dále má možnost oddiferencovat jejich konkrétní poruchu. V klinické praxi slouží testování balančních schopností zejména k určení, ve které oblasti jejich funkce má dané dítě největší problémy. Dysfunkce se může objevit ve všech třech složkách rovnovážných funkcí. Účelové testování jednotlivých složek v rámci komplexního vyšetření rovnováhy má pozitivní dopad na stanovení individuální a specifické terapie balančních schopností, což je celkovým záměrem celého vyšetření.

Velká většina klinických vyšetření shromážděných ke zpracovávanému tématu z dostupné literatury vychází z polohy vzpřímeného stoje. Literatura byla vyhledána podle hesel: rovnováha/balance, vyšetření, děti/dětský věk v rešeršním oddělení Národní lékařské knihovny a v PubMedu. Majorita nalezených článků a studií testuje rovnovážné schopnosti u zdravých dětí nebo u dětí s lehčím motorickým postižením typu centrální koordinační poruchy (doplnit citace), s méně závažnými ortopedickými vadami jako je vnitřní rotace kyčlí (Mallau et al., 2007) nebo s ADHD syndromem.

KDO? Mohou proto pro statická vyšetření využívat balančně relativně náročný bipedální stoj jako výchozí pozice. Dále si mohou pro zcitlivění testování dovolit výchozí polohu ještě ztížit omezením či úplným vyřazením některého sensorického vstupu nebo adekvátním upravením opěrné báze. U dynamického vyšetření úkoly navazují opět na vzpřímený stoj nebo korelují s různými modifikacemi chůze, což od probandů vyžaduje dosažení samostatné chůze bez pomůcek.

Pacientům schopným zaujímat jen nižší posturální pozice se věnuje například Kasai (2005) ve své práci o leg reposition testu (test repozice dolní končetiny), který se provádí vleže na zádech. Cizojazyčné články, zmiňující balanční vyšetření u dětí s výraznějším motorickým postižením jako je například dětská mozková obrna, píší většinou o testování prostřednictvím Gross motor function measure (GMFM) (Shewell, 2008; Shumway-Cook, 2003). V GMFM je zahrnuto i vyšetření rovnováhy, ale věnuje se i jiným oblastem hrubé motoriky.

Články, z kterých bylo při zpracování textu vycházeno, sice pojednávají o pozicích a úkolech vhodných pro vyšetřování balančních schopností ve statických i dynamických

podmínkách. Je v nich i poměrně podrobně popsán vyšetřovací postup. Protože však naprostá většina provedených testů byla objektivizována na základě přístrojových metod, studie už nenabízí žádné konkrétní klinické hodnotící škály. Kvantifikace výsledků se omezuje pouze na to, za jakých podmínek je daná vyšetřovací pozice či úkol úspěšně splněn a kdy je už naopak hodnocen jako neúspěšný. Z hlediska kvalitativního je v člancích popsáno jakých parametrů si má vyšetřující při testování všimnout, ale opět chybí přesná stupnice, podle které by bylo možno určit míru postižení.

U statických vyšetřovacích poloh se texty neshodují v tom, jak dlouho má být testovaná pozice držena. Nejčastěji je uváděno 30 sekund (Geldhof et al., 2006; Tsai et al., 2009), ale Hsu et al. (2008) hovoří o 40 sekundách a Nolan et al. (2005) dokonce o minutě.

U hodnocení jednotlivých vyšetřovacích pozic není v literatuře uvedena ani konkrétní spojitost s věkem pacientů. Problém s vytvořením konkrétní stupnice spočívá v neúplnosti a nejednoznačnosti poznatků o vývoji rovnováhy. Ontogenetický vývoj struktur řídících balanční funkce je zmapován relativně dobře. Není však dán do souvislosti s vývojem integrace sensorických informací do rovnovážné funkce.

Výsledky studií, které byly prováděny na vývoj integrace sensorických vstupů participujících na rovnovážné funkci, se v některých ohledech podstatně liší. Například na základě provedených výzkumů bylo zjištěno, že somatosenzorická funkce v zapojení do řízení rovnováhy dozraje ve 3 až 4 letech (Cumberworth et al., 2007; Hyrabayashi, Iwasaki in Steindl et al., 2006; Steindl et al., 2006). Proti tomu stojí tvrzení, že tato funkce dozrává až mezi 9 a 11 rokem života. Studie s tímto výsledkem byly prováděny zhruba o 10 let dříve než ty předchozí (Aust in Steindl et al., 2006; Riach and Hays in Steindl et al., 2006). Názory se různí i v otázce kompletního vyžrání sensorického vstupu v korelaci s rovnováhou na úroveň dospělého. Ve starších studiích je mezník určen do věku mezi 7 a 10 let (Forsberg, Nashner in Steindl et al., 2006; Shumway-Cook, Wollacott in Steindl et al., 2006). Výzkumy mladšího data uvádějí, že k úplnému dokončení vývoje sensorické integrace v rámci rovnováhy dochází až po 15. roce života dítěte (Hyrabayashi, Iwasaki in Steindl et al., 2006; Cherng et al. in Steindl et al., 2006; Peterka, Black in Steindl et al., 2006; Steindl et al., 2006).

Všechny výše zmiňované vyšetřovací metody by mohly být použity i u dospělých pacientů, nezaměřují se tedy cíleně pouze na dětský věk. Tento fakt ale logicky koreluje s tím, že se dítě s přibývajícím věkem v úrovni svých rovnovážných funkcí snaží přiblížit dospělému.

Tato progrese probíhá nelineárně a je založena na postupném vývoji všech struktur, které participují na balančních funkcích.

Vyšetření v dětském věku má svá specifika, která se týkají zejména přístupu k dětským pacientům. V následujícím odstavci zmíním své vlastní zkušenosti získané při vyšetřování sedmi probandů pro praktickou část. Čím jsou děti mladší tím je potřeba častěji měnit jednotlivé body vyšetření, tedy nepostupovat chronologicky, ale prostrídávat například úkony ze statického a dynamického vyšetření. Nejmladší děti se přestanou na vyšetření soustředit zhruba po deseti minutách, v tu chvíli je lepší testování na chvíli přerušit. Pokud vyšetření dítě nebaví nelze získat směrodatný výsledek, protože se nesnaží provádět úkony, jak nejlépe by mohlo. Důležitá je při práci s dětským pacientem motivace, například formou hraček, barev, odměn. Dobrá motivace v dětském věku může být porovnávání se s vrstevníkem či sourozencem. Pro praktickou část jsem dvakrát měla možnost vyšetřovat sourozence současně a pokud mohli plnit úkony spolu jejich snaha byla mnohem větší. Vhodné je si na vyšetření dítěte vyhradit víc času než na obdobné u dospělého. Tím lze dítěti dát prostor pro spontánní hru a motoriku, která velmi často vychází z balančních úkolů zadaných v rámci vyšetření. Na takto potencovaném spontánním projevu můžeme dobře pozorovat rovnovážné funkce v běžných aktivitách. Informace získané touto neformální cestou sice nelze nijak objektivizovat, ale pro celkový pohled na rovnovážný deficit mohou být velmi užitečné.

Mezinárodní testovací baterie mají výhodu, že jsou vyšetřovacími pomůckami klinickými a přesto jsou standardizované. Jejich hodnotící škály jsou však dostupné pouze v příslušných testových manuálech, které lze zakoupit.

Při udržování statické rovnováhy nemusí vždy platit, že čím menší jsou titubace čili výchylky COG a COP, tím lepší rovnovážné schopnosti a naopak. Při hodnocení vyšetření je potřeba sledovat charakter, rychlost, pravidelnost výchylek. Dále je důležité pozorovat pacienta komplexně nejenom z hlediska titubací. Zvýšenou pozornost je vhodné věnovat pohybům v jednotlivých tělních segmentech, protože například zablokování některých z nich může vést k omezení výchylek, ale v takovém případě se nejedná o pozitivní ukazatel. Vařeka (2002b) uvádí, že po amputacích dolních končetin dochází ke zmenšení titubací, naopak u nevidomých jsou fyziologicky výchylky větší. V žádném z těchto případů se nejedná o známku zhoršené respektive zlepšené rovnovážné funkce.

Na udržování rovnováhy má velmi podstatný vliv psychika pacienta. Projevuje se hlavně ve volbě různých rovnovážných strategií, zejména ovlivňuje hranici přechodu mezi nimi.

Například je prokázáno, že na vyvýšené plošině pacienti kontrolují pohyby těžiště více, tudíž výchylky COP jsou menší než na rovné zemi (Adkin, 2000). Určitá míra psychické tenze rovnovážné schopnosti zlepšuje, ale nadměrné napětí způsobuje pravý opak. Z vlastní zkušenosti vím, že u vyšetřování dětí velmi záleží i na denní době. Vyšetřování ve večerních hodinách může negativně ovlivnit výsledky.

Komentář k praktické části

Vzhledem k nevelkému počtu vyšetřených probandů nemohou být výsledky pokládány za signifikantní. Malá směrodatnost výsledků je dána i nerovnoměrným rozvrstvením probandů ve věkové škále. V kombinaci se shromážděnými teoretickými poznatky je ale možné dojít ke konkrétním závěrům.

Z výsledků statického vyšetření lze vysledovat:

- Časy výdrže se s věkem progresivně prodlužují. Statické rovnovážné funkce se zlepšují se zvyšujícím se věkem. V 18 letech už je člověk schopný udržet všechny testované pozice po dobu minimálně 20 sekund.
- U vyšetřovacích poloh s omezeným senzoricím vstupem jsou všeobecně lepší výsledky u pozic se zavřenýma očima než na molitanové podložce. Při vyřazení vizuální kontroly je stabilita lepší než při vyřazení propiocepce a exterocepce. Z toho lze usoudit, že v dětském věku se propiocepce a exterocepce podílí na balančních funkcích více než vizuální kontrola.
- Paradoxně při stožení o změněné bázi byla naměřena delší výdrž u polohy dolních končetin s dotykem paty a špičky než u polohy s mezerou mezi patou a špičkou. Delší výdrž byla totiž u polohy s menší opěrnou bází a s výše položeným těžištěm. Vařeka (2002b) to vysvětluje tím, že zlepšením rovnováhy v antero-posteriorním směru se člověk destabilizuje v latero-laterálním směru. Funguje to i obráceně ve stožení rozkročeném.

Klinická vyšetření, která nejsou v praktické části uvedena, byla na probandech také testována. Ale konkrétní poloha nebo úkon nebyl vyšetřen na všech dětech, takže nemělo smysl ho zahrnovat do výsledků. Nebylo možné vyšetřit kompletně všechny testovací polohy a úkony u všech dětí, protože pro děti, by byla doba vyšetření příliš dlouhá. Probandy, které jsem já měla možnost vyšetřit, nejvíce zaujala dynamická vyšetření založená na poskocích a modifikované

chůzi po čáře. Nyní uvedu pár poznatků z mých pozorování. Nejmladší probandka zvládla maximálně dva skoky na jedné noze, kdežto čtyř a půl leté dítě již předvede i šest výskoků na jedné noze, ale nedovede je ještě cílit do jednoho výchozího bodu. Děti ve věku 7 a 8 let již perfektně zvládly chůzi po čáře i s vloženými doplňujícími modifikacemi, například otočkou, dřepem, výskokem, matematickým počtem. U téměř osmnáctiletého probanda bylo možno bez problémů otestovat všechna vyšetření v kuse. Ve všech ukázal výborné výsledky.

Při porovnávání numerických výsledků vyšetření je zřejmé, že kvalitativní hodnocení titubací a komplexního chování tělesných segmentů aspekci má v klinické praxi velký význam. Kdyby byly dostupné hodnotící škály pro klinické vyšetření, přispělo by to alespoň k částečné objektivizaci testů.

7. ZÁVĚR

V bakalářské práci o možnostech vyšetření balančních schopností v dětském věku je shrnuta neurofyziologická podstata a rozpracován: základní princip udržování rovnováhy, vývoj rovnovážných funkcí v dětském věku. Z vyšetření lze uvést klinické statické s polohami vycházejícími z bipedálního stoje, přes stoj o změněné bázi až po stoj na jedné dolní končetině. Všechny statické polohy je možné testovat i s různě změněným sensorickým vstupem. Dále dynamické klinické testy vychází buď ze stoje na jedné dolní končetině, nebo z chůze. Do první skupiny patří vyšetření flexe – extenze, abdukce – addukce a různé druhy poskoků. Mezi lokomoční se řadí různým způsobem modifikovaná chůze, která se zaměřuje zejména na chůzi po čáře. Chůzi po čáře lze dále obměňovat, nejdůležitější variací je Tandem walking test neboli chůze systémem pata špička. Další testy lze i v dětském věku cílit na vestibulární aparát a na vyšetření nystagmus. K vyšetření rovnovážných funkcí se mohou využít části různých testovacích baterií. Testy na balanční schopnosti obsahuje například Movement ABC test, Bruininks – Oseretsky test, Motor skills inventory nebo Postural stress test a další. K posledním možnostem testování patří přístrojová vyšetření. K objektivizaci rovnovážných vyšetření lze použít posturografii, 3-D kinematickou analýzu, akcelerometr a elektromyografii.

8. REFERENČNÍ SEZNAM

- ADKIN, A. L. et al. Postural control is scaled to level of postural threat. *Gait posture*. 2000, vol. 8, no. 12, s. 87-93. ISSN 0966-6362
- BALOH, Robert W., et al. Static and Dynamic Posturography in Patients With Vestibular and Cerebellar Lesions. *Archives of Neurology*. 1998, vol. 55, no. 5, s. 649-654. ISSN 0003-9942
- BROADSTONE, Jennifer B.; DEITZ, Jean C.; WESTCOTT, Sarah L. Test – Retest Reliability of Two Tiltboard Test in Children. *Physical Therapy*. 1993, vol. 73, no. 9, s. 618-625. ISSN 0031-9023
- CAMBIER, Dirk, et al. Reference data for 4 - and 5 – year – old - children on the Balance Master : Values and clinical feasibility. *European Journal of Pediatrics*. 2001, vol. 160, no. 5, s. 317. ISSN 0340-6199
- CUMBERWORTH, V. L., et al. The maturation of balance in children. *The Journal of Laryngology & Otology*. 2007, vol. 121, no. 5, s. 449-454. ISSN 0022-2151
- ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. Praha : Grada Publishing, 2004. 692 s. ISBN 80-247-1132-X
- ČERNÝ, Rudolf; JEŘÁBEK, Jaroslav. Analýza a diferenciální diagnostika nystagmu v klinické praxi. *Neurologie pro praxi*. 2007, roč. 8, č. 6, s. 340-343. ISSN 1213-1814
- DO, Manh-Cuong, CHONG, Raymond Kwong-Yew. Balance recovery from a forward fall : Developmental aspects of sensorimotor organization and the role of supraspinal control. *Neuroscience Letters*. 2008, vol. 442, no. 3, s. 300-304. ISSN 0304-3940
- DUGER, Tulin et al. The Assessment of Bruininks – Oseretsky Test of Motor Proficiency in Children. *Pediatric Rehabilitation*. 1999, vol. 3, no. 3, s. 125-131. ISSN 1363-8491
- GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. Jinočany : H&H, 1999. 681 s. ISBN 80-85787-36-9
- GELDHOF, Elisabeth, et al. Static and dynamic standing balance: test - retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children. *European Journal of Pediatrics*. 2006, vol. 165, no. 11, s. 779-786. ISSN 0340-6199
- HATZITAKI, V., et al. Perceptual-motor contributions to static and dynamic balance control in children. *Journal of Motor Behavior*. 2002, vol. 34, no. 2, s. 161-170. ISSN 0022-2895
- HSU, Ying-Shuo, KUAN, Chen-Chieh, YOUNG, Yi-Ho. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2009, vol. 73, no. 5, s. 737-740. ISSN 0165-5876
- CHANDLER, Julie M.; DUNCAN, Pamela W.; STUDENSKI, Stephanie A. Balance Performance on the Postural Stress Test : Comparison of Young Adults, Healthy Elderly, and Fallers. *Physical Therapy*. 1990, vol. 70, no. 7, s. 410-415. ISSN 0031-9023

- JACOBSON, Gary P.; NEWMAN, Craig W.; KARTUSH, Jack M. *Handbook of balance function testing*. Delmar : Singular Publishing Group, 1997. 392 s. ISBN 1-56593-907-7
- KASAI, Yuichi, et al. Assessment of Gait and Balance in Patients with Spinal Diseases Using the Leg Reposition Test. *Orthopedics*. 2005, vol. 28, no. 8, s. 790.
- KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha : Galén, 2009. 713 s. ISBN 978-80-7262-657-1
- LESNÝ, Ivan et al. *Dětská neurologie*. Praha : Avicenum, 1980. 400 s.
- LIVESLEY, D.; COLEMAN, R.; PIEK, J. Performance on the Movement Assessment Battery for Children by Australian 3- to 5-year-old children. *Child: care, health and development*. 2007, vol. 33, no. 6, s. 713-719. ISSN 0305-1862
- MALLAU, Sophie, et al. Locomotor Skills and Balance Strategies in Children with Internal Rotations of the Lower Limbs. *Journal of Orthopaedic Research*. 2007, vol. 26, no. 1, s. 117-125. ISSN 0736-0266
- NOLAN, Lee, GRIGORENKO, Anatoli, THORSTENSSON, Alf. Balance control : Sex and age differences in 9 - to 16 - years - olds. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2005, vol. 47, no. 7, s. 449-454. ISSN 0012-1622
- NYBERG, G., EKELUND, U., MARCUS, C. Physical activity in children measured by accelerometry : stability over time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2009, vol. 19, no. 1, s. 30-35. ISSN 0905-7188
- PALISANO, Robert J. *Movement sciences : Transfer of Knowledge into Pediatric Therapy Practice*. NY : The Haworth Press, 2004. 194 s. ISBN 0-7890-2561-2.
- RILEY, Michael A.; CLARCK, Sean. Recurrence analysis of human postural sway during the sensory organization test. *Neuroscience letters*. 2003, vol. 342, no. 1, s. 45-48. ISSN 0304-3940
- RUIZ, Miguel Luis et al. The Assessment of Motor Coordination in Children with the Movement ABC test: A Comparative Study among Japan, USA and Spain. *International Journal of Applied Sport Sciences*. 2003, vol. 15, no. 1, s. 22-35. ISSN 1598-2939
- SHEVELL, Michael I., et al. Stability of motor impairment in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2008, vol. 50, no. 3, s. 211. ISSN 0012-1622
- SHUMWAY-COOK, Anne, et al. Effect of balance training on recovery of stability in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2003, vol. 45, no. 9, s. 591-602.

- SVOBODA, Z.; JANURA, M. Využití 3D kinematické analýzy chůze pro potřeby rehabilitace – systém Vicon MX. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2010, roč. 17, č. 1, s. 26-31. ISSN 1211-2658
- STEINDL, R., et al. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2006, vol. 48, no. 6, s. 477-482. ISSN 0012-1622
- SYLVESTR, Miroslav; KRNÁČOVÁ, Mária. Hodnotenie úrovne rovnováhových schopností u 10 až 14 ročných športovcov (športové gymnastky a futbalisti). In PERIČ, Tomáš; SUCHÝ, Jiří (ed.). *Identifikace pohybových talentů : Sborník z mezinárodní konference*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2004. s. 35 - 41. ISBN 80-86317-30-7
- TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing, 2003. 722 s. ISBN 80-247-0512-5
- TROJAN, Stanislav; DRUGA, Rastislav; PFEIFFER, Jan. *Centrální mechanismy řízení motoriky*. Praha, Avicenum, 1991. 255 s. ISBN 80-201-0054-7
- TSAI, Chia-Liang, WU, Sheng K., HUANG, Chi-Huang. Static balance in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*. 2008, vol. 27, no. 1, s. 142-153. ISSN 0167-9457
- VĚŘEKA, I. Posturální stabilita (I. část) : Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002a, roč. 9, č. 4, s. 151-121. ISSN 1211-2658
- VĚŘEKA, I. Posturální stabilita (II. část) : Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002b, roč. 9, č. 4, s. 151-121. ISSN 1211-2658
- VĚLE, František. *Kineziologie : Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha: Triton, 2006. 375 s. ISBN 80-7254-837-9
- VĚLE, František. Pohyb a vědy o pohybu (II. část). *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 1995, roč. 2, č. 1, s. 19-24. ISSN 1211-2658
- VRABEC, Pavel, et al. *Rovnovážný systém I: obecná část*. Praha: Triton, 2002. 99 s. ISBN 80-7254-307-5
- WESTCOTT, Sarah L., LOWES, Linda Pax, RICHARDSON, Pamela K. Evaluation of postural stability in children : Current theories and assessment tools. *Physical Therapy*. 1997, vol. 77, no. 6, s. 629-645. ISSN 0031-9023
- ŽUJOVÁ, E.; VĚŘEKA, I. Hodnocení posturální stability akcelerometrem TriTrac-R3D. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2003, roč. 10, č. 3, s. 109-111. ISSN 1211-2658