

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu



Katedra sportovní motoriky

Komparace rovnovážných schopností
sportovních gymnastek a kontrolní skupiny

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce:

PaedDr. Hana Nováková

Zpracovala:

Hana Malotinová

Praha srpen 2007

Název práce: Komparace rovnovážných schopností sportovních gymnastek a kontrolní skupiny

Abstrakt: Předmětem diplomové práce byla otázka, zda existuje rozdíl v rovnovážných schopnostech mezi dívkami, které se věnují sportovní gymnastice a kontrolními probandkami. Srovnání rovnováhy jsme provedli u dívek mladšího školního věku. Abychom dokonale porozuměli pojmu rovnováha, upřesnili si její postavení v procesu motorického učení a mohli pracovat s naměřenými daty, museli jsme nejprve načerpat teoretických základů z kineziologie, fyziologie a anatomie náležitých orgánů a systémů.

Cíle práce: Naším cílem bylo zjistit rozdílnost rovnovážných schopností u gymnastek a kontrolních probandek a vytvořit teoretický souhrn poznatků o rovnováze.

Metoda: Jako metodu výzkumu jsme použili interskupinové porovnání naměřených stabilometrických parametrů, získaných dynamografickou metodou, které byly podrobeny základní matematicko - statistické analýze.

Výsledky: Výsledky potvrdily rozdíly rovnovážných schopností mezi gymnastkami a kontrolními probandkami.

Klíčová slova: rovnovážné (rovnováhové) schopnosti, postura, stabilometrie, sportovní gymnastika dívek, fyziologie systémů a anatomie orgánů zajišťující rovnovážnou schopnost

Title: Comparison of balance abilities of gymnasts and members of an attest group

Abstract: This thesis deals with a question whether there is a difference between balance abilities of girls who attend themselves to gymnastics and those who do not. The girls compared were of 7 to 9 years of age. To thoroughly understand the term balance and to specify its place in the process of motoric learning, while using the measures gained from the two groups of girls, it was necessary to first gain a theoretical background from kinesiology, physiology and anatomy of relevant organs and systems.

Aims: The aim of this work is to find out differences in balance abilities of girl gymnasts and an attest group of non-gymnasts, and to create a summary of theoretical knowledge of balance.

Method: The method used was an inter-group comparison of stabilometric parametres gained by dynamografics. The measures thus gained were statistically analysed.

Results: The results acknowledged differences in balance abilities of girl gymnasts and an attest group of non-gymnasts.

Key words: Balance abilities, posture, stabilometrics, girl gymnastics, physiology of systems and anatomy of organs supporting balance.

Upřímné poděkování patří paní PaedDr. Haně Novákové za odborné vedení práce, trpělivé konzultace a praktické rady i připomínky. Oceňuji možnost využití laboratoře sportovní motoriky na FTVS. Děkuji za spolupráci při výzkumu trenérkám Monice Pinkavové, Svatavě Churavé a jejich svěřenkyním, stejně tak pedagogům Mgr. Jiřímu Urbánkovi, Mgr. Janě Kindlové a jejich žákám. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a rodině Devereux za neocenitelnou všestrannou podporu. Bez spolupráce výše jmenovaných by tato práce nikdy nevznikla.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a použila jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

Hana Malotínová

Hana Malotínová

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení: Číslo obč. průkazu: Datum vypůjčení: Poznámka:

OBSAH:

I. Úvod	10
II. Teoretická část.....	11
1. Sportovní gymnastika z hlediska rovnováhy.....	11
2. Motorické schopnosti.....	12
2.1. Rovnováhová schopnost.....	13
3. Kineziologie.....	14
3.1. Základní pojmy.....	14
3.2. Vliv motoriky na průběh životních pochodů.....	15
3.3. Posturální funkce.....	15
3.4. Posturální ontogeneze.....	17
3.5. Vzpřímené držení těla.....	18
3.6. Stabilita a její udržování.....	19
3.7. Axiální systém.....	24
3.8. Pánev a její význam pro posturální funkce.....	28
3.9. Dolní končetiny a jejich význam pro posturální funkce.....	29
4. Biomechanika.....	30
4.1. Definice základních pojmů.....	30
4.2. Stabilita z hlediska biomechaniky.....	31
5. Anatomie, fyziologie.....	32
5.1. Motorická jednotka.....	32
5.2. Sval příčně pruhované svaloviny.....	33
5.3. Receptory.....	35
5.3.1. Vestibulární receptory.....	35
5.3.2. Proprioceptory	35
5.3.3. Exteroreceptory	38
5.4. Vestibulární ústrojí.....	39
5.5. Řízení motoriky.....	44
5.5.1. Mícha.....	45
5.5.2. Mozkový kmen.....	47
5.5.3. Mozeček	49
5.5.4. Talamus.....	50
5.5.5. Velký mozek.....	51
III. Cíl a úkoly praktické části diplomové práce, hypotéza.....	53
6. Cíl a úkoly diplomové práce.....	53
7. Hypotéza.....	53
IV. Praktická část.....	54
8. Materiál a metodika.....	54
8.1. Charakteristika sledovaných skupin.....	54
8.1.1. Gymnastická skupina.....	54
8.1.2. Kontrolní skupina.....	55
8.2. Stabilometrie.....	56
8.2.1. Definice základních pojmů.....	56
8.2.2. Použitá aparatura v experimentu.....	57

8.2.3.	Zpracovávání naměřených dat z Kistler desky	57
8.2.4.	Obecný popis grafů z výsledného protokolu	58
8.2.5.	Standardizace podmínek	60
9.	Vlastní experiment.....	61
9.1.	Organizace experimentu.....	61
9.2.	Charakteristika měřených pozic.....	62
9.2.1.	Přirozený postoj – otevřené oči (PP – OO).....	62
9.2.2.	Přirozený postoj – zavřené oči (PP – ZO).....	63
9.2.3.	Stoj, zanožit pravou / levou, upažit (ARABESKA).....	63
9.2.4.	Stoj ve výponu (VÝPON).....	63
9.2.5.	Dřep.....	64
9.3.	Podmínky pro posturografický záznam.....	64
9.4.	Statistické zpracování výsledků.....	64
10.	Výsledky	65
10.1.	Porovnání mezi skupinami SG a KS v jednotlivých testech.....	65
10.1.1.	Přirozený postoj – otevřené oči (PP – OO).....	66
10.1.2.	Přirozený postoj – zavřené oči (PP – ZO).....	68
10.1.3.	Stoj, zanožit pravou / levou, upažit (ARABESKA).....	70
10.1.4.	Stoj ve výponu (VÝPON).....	72
10.1.5.	Dřep.....	74
10.1.6.	Shrnutí výsledků rozdílů mezi SG a KS.....	76
10.2.	Individuální hodnocení pro základní test PP-OO.....	77
10.3.	Souhrn výsledků.....	78
11.	Diskuze.....	79
12.	Závěr.....	81
V.	Seznam použité literatury.....	83
VI.	Seznam použitých zkratk.....	85
VII.	Přílohy.....	86
12.	Příloha 1 - dotazník pro SG.....	87
13.	Příloha 2 – dotazník pro KS.....	89
14.	Příloha 3 - zvací dopis do základních škol.....	91
15.	Příloha 4 - ukázkový protokol.....	93

I. ÚVOD

Na sport se nesmí pohlížet jako na svět lámání rekordů, kde je hlavním a jediným cílem dosáhnout nejlepších výsledků za každou cenu, sport by neměl být businessem a bojištěm farmaceutických společností vyvíjejících doping. Filozofie a psychologie sportu by měla zaujímat širokou škálu výhod a přínosů pro člověka.

Sportovní činnost by měla být zaměřena na kultivaci biologického potenciálu člověka, na rozvoj schopností vnímat polohy a pohyby těla, produkovat a koordinovat pohyb těla a jeho částí. V procesu pohybového učení by měl být nadřazen přístup „učit cvičit“ než „učit cvikům“ (Křištofič, 2003).

Termín gymnastika pochází z řečtiny. V době svého vzniku byl obsah tohoto pojmu viděn jako způsob „péče o tělo“. Tak to viděl i Platón, který říkal, že lékař nastupuje až tam, kde gymnastika již nestačí (Křištofič, 2004). Sport by se měl využívat jako faktor kladně ovlivňující zdraví. Proto jsme se v této diplomové práci zabývali otázkou, která by mohla jednou vyústit i ve využití sportovního tréninku ke zkvalitnění zdravotní stránky člověka.

Tato práce je součástí výzkumného záměru 0021620864 „Aktivní životní styl v biosociálním kontextu“.

II. TEORETICKÁ ČÁST

1. Sportovní gymnastika z hlediska rovnováhy

Rovnovážná, neboli balanční cvičení jsou neodmyslitelnou složkou sportovní gymnastiky. Principem balančních technik je zmenšení plochy opory a v důsledku toho navození stavu „balancování“, což lze vnímat jako koordinované zapojování svalových smyček, abychom nemaximální silou dosáhli cílených poloh nebo setrvali v relativní labilní poloze. Balancování podporuje rozvoj statických i dynamických rovnovážných schopností, které se posléze prolínají s obratností, tedy s koordinační složkou pohybu. Cvičení zdokonalující rovnováhu lze také vnímat jako specifické posilování s vlastní hmotností těla nebo s hmotností částí těla, které je charakteristické pro gymnastické aktivity a neméně potřebné pro všechny sporty. Dalším projevem balančních cvičení je výrazný rozvoj polohocitu a pohybecitu, tudíž senzoričkových funkcí. Zachování stability (rovnováhy) vychází z návyku racionálního způsobu držení těla, které odpovídá biomechanickým principům. Cvičení probíhá jak ve statickém režimu (vyvažování polohy), ve vedeném režimu (pomalý řízený pohyb), tak i v dynamickém režimu (rychlý pohyb je zastaven v labilní poloze) (Křištofič, 2004).

Každou polohu či pohyb lze považovat v důsledku gravitace za jistou míru balancování. Permanentní boj s gravitací jde mimo naši mysl, je ve spojitosti s posturálním reflexem (viz níže) a zajišťuje nám adaptaci na pohyb v gravitačním poli.

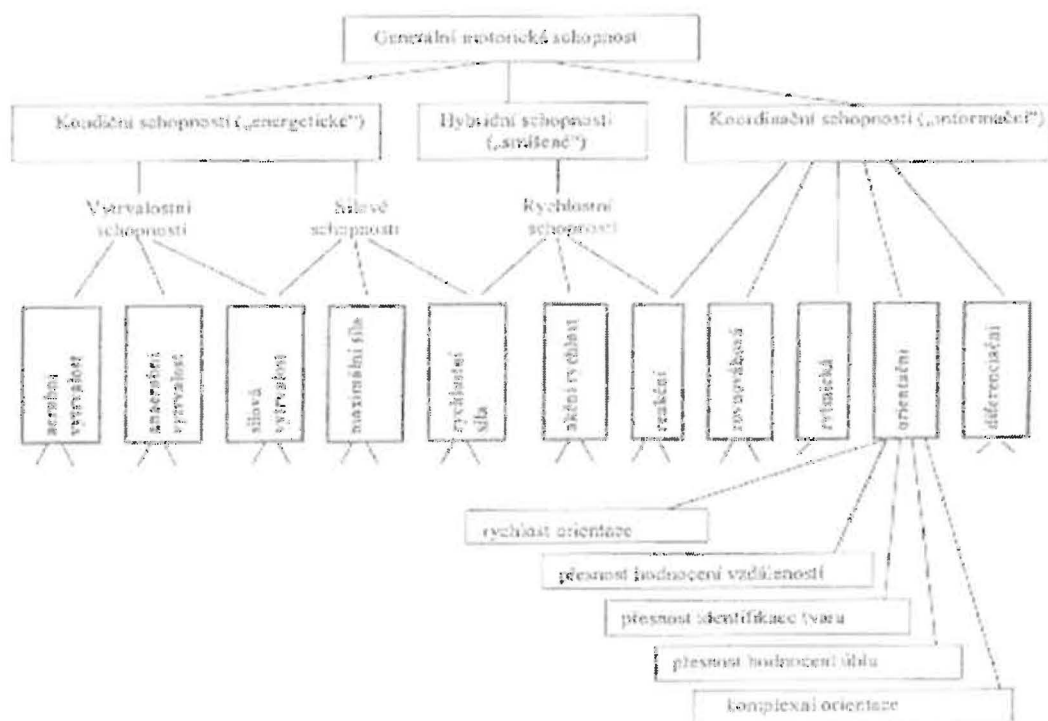
Ve sportovní gymnastice nalézáme vysoce náročné statické polohy, které mají svou jistou dynamiku, kdy musíme koordinovaně zapojovat jednotlivé svaly tak, abychom danou polohu vybalancovali a udrželi.

Koordinační schopnosti umožňují gymnastovi efektivně realizovat pohybový potenciál a úroveň kondičních schopností vytváří předpoklad pro racionální využití koordinačních schopností. Formou rovnovážných cvičení se současně rozvíjí pohybové schopnosti z obou strukturálních skupin. U balančních technik působí proměnlivá síla, která nám umožňuje setrvat v nestabilní poloze, nejedná se tedy o izometrické posilování (Křištofič, 2000).

2. Motorické schopnosti

Gymnastická motorika je pro současného člověka obtížná, ale zároveň potřebná. Význam tělesných, potažmo gymnastických cvičení pro udržení psychického i fyzického zdraví je v procesu vývoje lidstva stále větší (Křištofič, 2003).

Sportovní gymnastika stejně tak jako všechny ostatní gymnastické sporty sebou přináší vysoké požadavky na koordinační složku motorických schopností, nelze však nikdy opomenout součinnost a vzájemnou propojenost dalších složek (silová, rychlostní, vytrvalostní, pohyblivostní). Mezi koordinační schopnosti dále řadíme schopnosti reakční, rovnovážové, rytmické, orientační a diferenciatní. Hierarchické uspořádání motorických schopností vidíme na obr. 1. (Měkota, 2000).



Obr. 1 Hierarchické uspořádání motorických schopností

2.1. Rovnováhová schopnost

Rovnováhová schopnost je ve vzájemných vztazích téměř se všemi ostatními koordinačními schopnostmi, je s nimi propojena a může být pokládána za *jádro pohybové koordinace*.

Rovnováhová schopnost zabezpečuje udržení celého těla, event. i vnějšího objektu, ve stavu rovnováhy. Rovnováha je stav tělesa nebo systému, při němž neprobíhají žádné z vnějšku pozorovatelné změny. Výslednice působících sil je rovna nule. Jedná se tedy o vyvažování, vyrovnávání pozitivních a negativních odchylek. Rovnováha se udržuje jejím permanentním obnovováním, i v prostém klidovém postoji lidské tělo okem nepozorovatelně kolísá. Předním záměrem rovnováhové schopnosti je tedy zachování rovnovážného stavu při napjatých poměrech a měnlivých podmínkách prostředí. Dobrou rovnováhovou schopnost má jedinec, který vnímá již malé výkyvy, zavčas a rychle je koriguje změnou svalového tonu příslušných svalových skupin či vyrovnávacími pohyby různých částí těla. Rovnováhové schopnosti členíme na statickou a dynamickou rovnováhovou podschopnost a balancování předmětu (Měkota, Novosad, 2005).

Ve sportovní gymnastice existuje řada prvků, při jejichž provádění se musí uplatnit statická rovnováhová podschopnost. Rozsah náročnosti sahá od základního stoje na prostných, přes váhu únožmo na kladině, až ke stoji na ruce či na jedné ruce.

Udržování rovnovážné polohy těla v gravitačním poli vyžaduje perfektní souhru fungování centrálních i periferních součástí nervového systému a pohybového aparátu. Permanentní kontrola má převážně reflexní charakter, ale účast vědomí je nezanedbatelná. Udržování a obnovování rovnováhy je komplexní děj, který vyžaduje složitou spolupráci sensorického, řídicího a motorického systému.

3. KINEZIOLOGIE

3.1. Základní pojmy

- ♦ Attituda – je postoj, nebo-li aktivní záměrně motivované zaujetí polohy, je to postura orientovaná směrem k příštímu pohybu.
- ♦ Pohybová statika – je pojem vyjadřující udržování zaujaté polohy těla v daných podmínkách.
- ♦ Pohybový program - je soubor pohybových vzorů, vytvářejících spolu určitý komplexní sekvenční funkční celek (chůze, běh, šplh, plavání...). Pohybové programy jsou posturální i pohybové. Vznikají opakovaným zpracováváním aference (učením).
- ♦ Pohybový vzor – pattern, stereotyp - znamená ustálený sled několika pohybových fází nebo i pohybových celků, který se během pohybové činnosti stereotypně opakuje.
- ♦ Postura - je aktivní udržování určité polohy.
- ♦ Posturální systém – je systém, který se snaží udržet těžiště těla nad opornou bazí.
- ♦ Svalový tonus – je klinický pojem označující základní klidové napětí svalu, které je závislé jednak na jeho elasticitě, jednak na prahu excitability motoneuronů. Toto napětí je nastavováno činností CNS drahami gama (viz níže) v závislosti na excitabilitě retikulární formace a na anticipované potřebě pohybu.
- ♦ Tonický pohyb - se používá pro pohyb velmi pomalý nebo pro udržení dané polohy. Tonický pomalý pohyb je zpětnovazebně řízený. Opakem je pohyb fázický.
- ♦ Motivace - je proces, který pohybové chování vyvolává a směřuje ho k určitému cíli, určuje intenzitu pohybové činnosti a její charakter. Motivací aktivujeme

„emoční mozek“, jehož činnost je podle Pribrama potřebná k vytváření paměťových engramů (Véle, 1995).

3.2. Vliv motoriky na průběh životních pochodů

Podle zásady, že funkce má formativní vliv na orgán, dochází k ovlivnění struktury podle intenzity pohybové činnosti.

Při zvýšeném pohybovém úsilí dochází ke zlepšení výkonnosti systému (trénink). Nastává funkční hypertrofie a zvýšení elasticity vaziva i ligament, vzniká přestavba trámčiny skeletu, který se stává pevnějším, zlepšuje se koordinace a kvalita řídicí funkce CNS, prohlubuje se úroveň metabolismu a funkčních kapacit tělesných systémů. Celkově se tento stav projevuje zvýšením odolnosti proti zevním vlivům a vznikem pozitivních psychických změn.

Nedostatkem pohybu vzniká pohybová deprivace a s tím spojené strukturální změny. Celkově se tento stav projeví zhoršením přizpůsobivosti vlivům zevního prostředí a vznikem negativních psychických změn.

Přetížením pohybového aparátu dochází k poškození systému se snížením výkonnosti a k poruchám funkce (Véle, 1995).

3.3. Posturální funkce

Posturou označujeme zaujatou polohu těla i jeho částí v klidu (před pohybem a po jeho ukončení). Tento název vyjadřuje sice něco statického, jako je stálá neměnicí se poloha těla v prostoru, zároveň ale obsahuje v sobě nutně i dynamiku t.j. proces udržování polohy těla vůči měnícím se podmínkám okolí. Proto hodnotíme posturální funkci jako průběžný, dynamicky probíhající aktivní proces.

Postura vždy pohyb předchází a posturální systém se snaží posturu udržet, a proto brání její změně aktivací tonických svalů. Při pohybu ale dochází k inhibici posturálního systému fázickým svalovým systémem, který provádí pohyb, takže se proti udržování polohy pohyb prosazuje. Po skončení pohybu opět převažuje funkce posturální, udržující novou dosaženou polohu.

Posturální systém, i když inhibován, participuje i na řízení pohybu tím, že se snaží udržovat plynulý pohyb t.j. brání velkým výchylkám a sakádám v jejich průběhu. Posturální systém se aktivuje jinak při náhlé změně okolního prostředí, na kterou musí reagovat bezprostředně a jinak při přípravě a anticipaci pohybu, na kterou reaguje uváženě.

Posturální funkce je realizována především axiálním systémem, který pracuje diferencovaně i v klidu a to jak ve stavu pohovu, tak i ve stavu pohotovosti. Při anticipaci pohybu zvyšuje úroveň své činnosti, protože začíná nastavovat excitabilitu jednotlivých sektorů soustavy na vyšší úroveň, aby mohlo dojít k přípravě výchozí polohy, t. j. ke změně postury indiferentní na posturu orientovanou (postoj), která se začíná již řídit zamýšleným směrem pohybu. Posturální funkce pohyb nejen předchází, ale i provází a zakončuje.

Posturální systém je stále aktivní jako celek a mezi jednotlivými jeho složkami existují určitá konstantní funkční spojení. Vstupní signál vyvolá odezvu vždy v celé soustavě, ale programově různě diferencovanou. Touto konstantní celkovou reakcí, vzájemně programem spojených svalových skupin tvořících funkční řetězce, se podařilo v klinickém obrazu dokázat Jandovi (1982), který popsal tyto vztahy jako zkřížené syndromy a syndrom vrstvý při poruchách funkcí, které jsou podkladem „vadného držení“.

Celková úroveň posturální aktivity, která je dána mírou excitability posturálního systému, závisí na stupni lability dané polohy. Největší aktivita je v labilní poloze vzpřímeného držení, kdy je těžiště těla vysoko nad opornou bází (Véle, 1995).

Posturální funkce je ovlivňována i funkcí vnitřních orgánů, psychikou, fyzickým stavem nebo denními biorytmy atd.

Psychika má výrazný vliv na držení těla a významně ovlivňuje i proces volby vhodného programu k udržení či obnovení posturální stability, hranici přechodu mezi

různými strategiemi či využitím řízeného pádu. Tento vliv se projevuje jak vědomě tak i podvědomě. Opakovaně bylo prokázáno, že při stožení na vyvýšené plošině probandí podvědomě “utuzují” kontrolu stability, zároveň se také výrazně projevuje anticipační strategie. Tzn určitá míra soustředění stabilitu zlepšuje, nadměrná psychická tenze je ale v tomto případě kontraproduktivní (Vařeka, 2002).

3.4. Posturální ontogeneze

Kontakt s gravitací v okamžiku porodu vyvolá v pohybové soustavě proces, kterému říkáme posturální ontogeneze. Tento proces je sice geneticky zakódován, ale je nutno ho zevní stimulací adresovat, aby se mohl realizovat. Proces posturální ontogeneze je odstartován porodem a postupuje podle určitého časového schématu od horizontální postury indiferentní k horizontální postuře orientované (spojené s vnímáním okolí) a přes horizontální lokomoci k postuře vertikální až k lokomoci ve vertikále, t. j. bipedální lokomoci.

U člověka začíná vertikalizace a bipedální lokomoce ve vertikální poloze teprve kolem jednoho roku a je definitivně ukončena až ve třetím roce života (Véle 1995).

Z hlediska vývojové kinezologie lze rozdělit kosterní svalstvo na dva funkčně rozdílné systémy. Z pohledu jejich časového řazení do držení těla, t.j. v jejich posturální integraci rozeznáváme svaly fázické a tonické. Svaly se do držení těla zapojují automaticky, neučíme se je tedy zapojovat s účastí mozkové kůry. Svaly fázické, které inklinují k oslabení, jsou ve své posturální funkci (z pohledu zajišťování držení) z fylogenetického i ontogenetického hlediska mladší než svaly tonické, které mají tendenci ke kontraktům. Fázický svalový systém je svou posturální funkcí také vázán na vývojově mladší morfologii skeletu, kterou zároveň podmiňuje ve vývoji.

Současná teorie, která vytváří základ pro vysvětlení vzniku svalových dysbalancí, hovoří také o dvou svalových systémech s protikladnými vlastnostmi. Jedinou z rozhodujících vlastností svalů je jejich antigravitační funkce. Jedna rozděluje tyto

systemy na posturální - tonický a fázický, s tím že tonické svaly, které mají tendenci ke zkrácení, plní především činnost posturální. Od toho také nazývá tyto svaly posturální. Vzniká však otázka, kterou polohu lze z fyziologického hlediska, tedy od které polohy lze očekávat hlavní formativní vliv, od které polohy lze odvodit jejich posturální, vlastní antigravitační funkci. Janda hypoteticky považuje za nejzákladnější polohu člověka stoj na jedné končetině, jako derivát nejtypičtějšího lidského pohybového projevu, tj. chůze. Vychází z toho, že 85% krokového cyklu stojíme na jedné noze. Svaly, které se podílejí na udržení vzpřímeného stoje v dané fázi kroku, tj. ve stoji na jedné noze, považuje za svaly posturální v pravém slova smyslu (Kolář, P.).

3.5. Vzpřímené držení těla

Podle Véleho (1995) je udržování vzpřímeného držení proces vyžadující souhru svalů, které se na něm podílejí. Jejich činnost řídí CNS, který musí zajišťovat nejen stabilitu zaujaté polohy při práci rukou, ale musí dokonce stabilizovat i průběh změny držení a tuto situaci i krátkodobě předvídat. V nouzi musí být možno vyvinout rychle i značnou sílu, aby nedošlo při náhlé změně polohy k porušení rovnováhy, přetížení nebo k pádu.

Při vzpřímeném držení vzniká převaha extenze nad flexí tj. zvýšený nárok na svaly extendující páteř, kyčelní a kolenní kloub pro udržení a stabilizaci vertikální polohy labilní pohybové soustavy.

Vzpřímené držení klade vyšší nároky nejen na aktivitu svalovou, ale i na koordinační funkci řídicího NS, který musí dokonale vyvažovat stálý vliv gravitace. Pro mechanickou labilitu vzpřímeného držení je nutné pro udržení vertikální stability, nejen programové vybavení pro vzpřímené držení, ale i průběžná korektura polohy. Posturální funkce, která zajišťuje vzpřímené držení probíhá subkortikálně v podvědomí a vnímáme ji pouze jako pocit posturální jistoty.

Ve stoji se uplatňují hydrostatické mechanismy, ztěžující hlavně žilní návrat krve z dolní části těla, kde je nutná rytmická svalová činnost s významem pomocného čerpadla.

Dýchání ve vzpřímené poloze vyžaduje vyšší nárok na respirační muskulaturu, protože dochází k pohybu hrudníku ve vertikálním směru, což je náročnější nežli pohyb v horizontále.

Methényová (1952) píše doslovně: “Nelze definovat jednotný postoj pro všechna individua. Každé inividuum musí brát své tělo takové jaké je a musí se snažit ho používat co nejlépe“.

Pro každého jednotlivce platí, že nejlepší postoj je takový, při kterém jsou jednotlivé sektory posturálního systému harmonicky vyváženy a potřebují nejmenší svalovou práci pro udržení nejlepší stability. Jak a do jaké míry tohoto stavu každý dosahuje je jeho osobní záležitostí. Cílem všech zůstává snaha o co nejmenší energetickou náročnost.

Hellebrandtová (1944) již v roce 1940 dokázala, že udržování vertikální polohy je dynamický proces, spojený s určitým kolísáním aktivity, které je pravděpodobně nutné, protože jestliže se toto jemné kolísání odstraní, může to vést až ke kolapsu.

Tělo je složeno z celé řady segmentů, které mají určité prostorové uspořádání (konfiguraci) jejich vzájemné polohy. Toto uspořádání segmentů má být vyvážené a harmonické. Vyvážení a harmonie jsou pojmy spíše estetickými nežli morfologickými. Přitom pojem harmonie a vyváženosti postavení tělesných segmentů tvoří základní předpoklady správné funkce posturálního systému, bez vyšších energetických nároků a bez lokálních přetížení. Hlavní zásadou vzpřímeného držení je jeho ekonomika při flexibilní stabilitě (Véle, 1995).

3.6. Stabilita a její udržování

Ve stavu rovnováhy jsou všechny síly působící na těleso vyrovnány, těleso je v klidu. V poli zemské tíže působí na těleso vždy gravitace, která musí být vyrovnána reakcí, danou tlakem působícím na opornou bázi.

Pojem rovnováhy je možno aplikovat nejen na těleso jako celek, ale i na jeho segmenty. V živém organismu se pojem rovnováhy týká i stavu, kdy je udržovaná určitá poloha segmentů svalovou činností. Dá se mluvit potom o dynamické rovnováze.

Termínem stabilita označujeme míru úsilí potřebného k porušení rovnováhy ležícího (podepřeného) tělesa v gravitačním poli.

Poloha tělesa je stabilní tehdy, jestliže těžiště je blízko oporné báze, jejíž plocha je veliká a hmotnost tělesa je značná. Tento stav je typický pro člověka u polohy vleže. Stav nestabilní je takový, ve kterém stačí malé úsilí k porušení rovnováhy. Těžiště leží vysoko nad opornou bází, jejíž plocha je malá. Tento stav u člověka je typický pro polohu ve stoje.

Z výše uvedeného vyplývá, že výška těžiště, hmotnost tělesa, velikost oporné baze a průmět těžiště do podpůrné plochy prokazatelně ovlivňují stabilitu stoje i chůze.

Schopnost udržovat rovnováhu v podmínkách nestability patří k základním pohybovým dovednostem. Tato dovednost se vytváří většinou podvědomě, ale lze ji zdokonalit i vědomým učením, tréninkem (Véle, 1995).

Faktory ovlivňující stabilitu

Tab.1 Faktory ovlivňující stabilitu

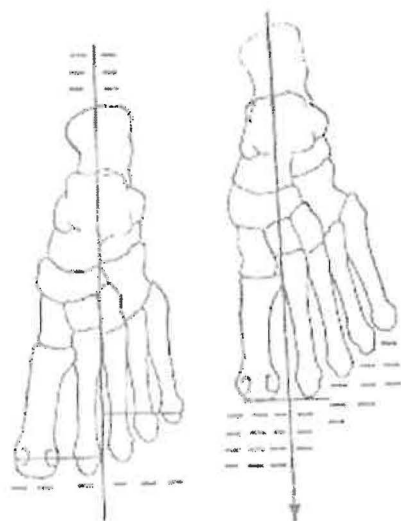
Fyzikální:	Neurofyziologické:
<ul style="list-style-type: none"> ◆ oporná plocha ◆ hmotnost ◆ poloha těžiště ◆ charakter kontaktu těla s opornou plochou ◆ postavení a vlastnosti hybných segmentů 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ psychické procesy ◆ vlivy vnitřního prostředí ◆ nastavující excitabilitu ◆ spouštěcí pohybové programy ◆ zpětnovazebné

Oporná plocha

Stabilita je přímo úměrná velikosti oporné plochy a jejím vlastnostem jako je adhezivita.

Zátěž této plochy při symetrickém stoji je podle Nortona (1952) rozložena takto: Z celkově 24 dílů, je každá noha zatížena 12 díly a z toho připadá na patu 6 dílů na metatarzy druhého až čtvrtého prstce po 1 dílu a na metatarz palce 2 díly (viz obr. 2). Při nerovné ploše se zátěž přizpůsobuje vlastnostem oporné plochy. Stabilita se zvyšuje tím, že rozšiřujeme opornou plochu báze ve směru působení zevní síly.

Obr. 2 Zátěž nohy ve stoji na obou (vlevo) a na jedné noze (vpravo).



Hmotnost a těžiště

Osoby vyšší hmotnosti mají větší stabilitu na základě zákona o setrvačnosti. Osoby většího vzrůstu mají těžiště umístěno výše a proto je jejich stabilita o něco menší nežli stabilita osob nižšího vzrůstu. Stabilita je nepřímo úměrná výšce těžiště.

Při stabilizaci hraje velkou roli průmět těžiště, který má spadat do středu oporné plochy pro dosažení maximální stability stoje. Při pohybu průmětu těžiště směrem k hranicím oporné plochy stabilita klesá.

Postavení hybných segmentů

Segmentované těleso je staticky stabilní tehdy, jestliže těžnice prochází středy jednotlivých segmentů. Jestliže jeden segment vybočuje jedním směrem je nutno toto vybočení kompenzovat vybočením jiného segmentu na druhou stranu. Na páteři je tomu tak ve stoji – kurvatury páteře.

Psychické

Empiricky je známo, že postura souvisí s psychickými stavy. Při depresivním ladění psychiky je obecná tendence spíše k flekčnímu držení, při stavech spíše elastičného charakteru je tendence k excentrickému držení těla. Podobně se uplatňují i vlivy vnitřního prostředí – chorobné stavy

Zpětnovazebné

Zpětnovazebné procesy udržují ev. mění průběžně posturu na základě údajů proprioceptivní signalizace. Toto průběžné řízení polohy je ve shodě s celkovým motorickým programem individua (Véle, 1995).

Řízení polohy a pohybu

Význam propriocepce a exterocepce

K průběžnému udržování a stabilizaci výchozí polohy slouží jak informace z vestibulárního orgánu, tak proprioceptivních čidel ve svalech, šlachách, kloubních pouzdrech a ligamentech. Signalizace z vnitřního prostředí systému poskytuje informace o změnách postavení hlavy a jednotlivých tělesných segmentů. Pomocí zpětné vazby (feed

back) se daná poloha udržuje podle určitého předem zvoleného programu. Obzvláště důležitý význam tu má propriocepce z okohybných svalů a krajiny horní C páteře (z oblasti okcipitu, atlasu a axisu).

Důležitá je ale i aferentace optická či akustická, která má časově jiný rozměr. Umožňuje totiž anticipaci vhodného držení a příslušného stabilizačního mechanismu postupem dopředné vazby (feed forward) podle informací přicházejících ze zevního prostředí exteroceptory, které umožňují krátkodobé předvídání (predikci) situace a tím včasnou předvolbu vhodného posturálního programu.

Vliv nocicepce a interocepce

Při tvorbě i realizaci jak polohových, tak i pohybových programů hraje důležitou roli aference, která je vytváří, spouští i řídí.

Programové řízení

K udržení stabilizace určité polohy je zapotřebí mít vytvořeny určité základní vzory (pattern), které se programově organizují. Na tento polohový program navazuje již určitý cílený pohybový program, který slouží k realizaci pohybového záměru. Vytvářejí se tak dva programy: jeden pro udržení polohy a druhý pro změnu polohy. Oba tyto programy (polohový i pohybový) se vytvářejí učením a opakováním.

K učení nebo programování je nutná paměťová fixace jednotlivých programových celků, která vyžaduje podle Pribrama (1971) motivaci, tj. aktivaci emočního mozku (limbického systému). Tyto naučené polohové i pohybové programy jsou vybudovány na určitém geneticky fixovaném základu, který pravděpodobně souvisí s fylogenezí (Véle, 1995).

Stabilizace základní polohy - stoj

Stabilizační mechanismus vzpřímeného stoje spočívá na oporné stabilizační funkci dolních končetin a stabilizační schopnosti páteře. Z toho důvodu je stabilizace do stran z hlediska končetin snažší nežli stabilizace ve směru předozadním. Proti pádu ve směru předozadním jsme obranými reflexními mechanismy lépe chráněni nežli proti pádu do strany. Ke stabilizační schopnosti dolních končetin přispívá i fakt, že jsme schopni v určité poloze „uzamknout“ jak kolenní kloubu, tak i kyčelní.

Stabilizování polohy páteře je dáno interakcí mezi pevnými segmenty a jejich pružným spojením, které umožňuje jak určitou pevnou oporu páteře, tak současně i její určitou flexibilitu při pohybu. Stabilizace je realizována dynamickou činností páteřních svalů (Véle, 1995).

3.7. Axiální systém

Podle ontogenetického vývoje začneme nejstarší axiální motoriku, kterou každý pohyb musí začínat.

Axiální systém (páteř, trup, hlava) zůstává pohybovou bází a zvláště u člověka jsou na něj kladeny značné nároky, vzhledem k vzpřímenému držení ve stoji a v lokomoci.

Axiální systém představuje část pohybové soustavy soustředěnou kolem páteře sloužící k udržování vzpřímeného držení trupu. Posturální systém zahrnuje jak systém axiální, tak i oblast pánve a dolních končetin, které se podílejí i na lokomoci.

Statická stabilita axiálního systému

Je dána flexibilním, ale rezistentním spojením segmentů. Na tomto spojení se podílí tři stabilizační pilíře, tvořící jeden pevný a ohebný sloup páteře. Přední pilíř tohoto sloupu

tvoří těla obratlů, proložený meziobratlovými ploténkami, která jsou pevně svázána silnými longitudinálními ligamenty. Postranní dva pilíře jsou tvořeny artikulacemi kloubních výběžků a oba jsou zpevňovány systémem krátkých ligament, kloubními pouzdry a jejich zpevňujícími ligamenty. Statická strukturní stabilita se označuje za stabilitu vnitřní. Tato statická stabilita musí být doplněna ještě dynamickou funkční stabilitou, která se označuje jako stabilita vnější.

Dynamická stabilita páteře je zajišťována silou svalů a pružností vaziva.

Vliv aferentní signalizace na axiální systém

Senzorická aference má velký vliv na průběh a řízení motoriky. Významně se uplatňuje její vliv na posturální motoriku. Význam sensorické aference vystihuje výstižně pojem senzomotorika, kdy pojem sensoria je dáván na prvé místo, aby se zdůraznil význam vstupní sensorické informace na vznik a průběh pohybu. Proprioceptivní aference řídí přímo zpětnovazebním způsobem průběh pohybu a participuje na servomechanismech nastavujících hranice rozsahu pohybu.

Dochází-li k inkongurenci sensorické aference z oblasti hlavy (optická, akustická, vestibulární) s propriocepcí z oblasti horní části páteře vzniká posturální labilita, která se projevuje pocitem posturální nejistoty v prostoru až závratí.

Funkční dominance horní krční páteře

Některé školy pokládají naopak za funkčně nejvýznamnější úsek posturální motoriky oblast pánevní, jako tzv. „centrálu pohybu těla“ (např. Bess Mensendieck 1927). Orientují se přitom empirickými pozorováními dobře vnímatelných korekčních posturálních mechanismů, které slouží k udržování stability vzpřímeného držení. Jemné iniciální neviditelné korekční mechanismy probíhají v drobných svalech nohy, ale hrubější viditelné mechanismy posturální korekce probíhají již v oblasti dolních končetin a pánve.

Jejich startovací podněty však přicházejí z akrálně vzniklých informací z nohy, z okohybných svalů, které iniciují rotaci hlavy při sledovacích pohybech a z Cpáteře.

Mc Couch (1951) dokázal v experimentu na zvířatech, že inervace kloubů horních tří C obratlů se výrazně podílí na řízení posturální reflexní reakce při změně polohy hlavy podobným způsobem jako vestibulární aparát ve vnitřím uchu.

Změna polohy hlavy začíná v oblasti mezi atlasem a okcipitem, tedy v horních úseku Cpáteře. Distální segmenty páteře se postupně připojují. Oční bulby za sebou táhnou hlavu a hlava za sebou táhne Cpáteř odshora postupně dolů. Přitom se současně vyrovnávají vznikající změny v těžišti těla nejprve akcí vnitřních svalů nohy a později již svalů lýtkových, dále i stehenních až pánevních.

Horní Cpáteř (proprioceptory z klubních pouzder a krátkých šíjových svalů) tak postupně aktivuje pohybový žetězec, který je v činnosti při sledování azimutálně se pohybujícího objektu. Horní Cpáteř startuje pohyb dalších segmentů a končetin. Hlavní příčinou funkce tohoto pohybového řetězce je proprioceptivní aference z okohybných svalů, z vestibulárního ústrojí a aference z horních kloubů, která při tom vzniká a která řídí další postup. Horní Cpáteř má topický i funkční vztah k důležitým strukturám v zadní jámě lebny, které mají vliv na udržování rovnováhy a pohybové koordinace.

Funkce horní Cpáteře má přímý vztah k poruchám stability a k řídicím mechanismům vzpřímeného stoje (propriocepce z horních tří kloubů). Proto se této části páteře přisuzuje vedoucí úloha v řízení posturální motoriky.

Horní Cpáteř má tedy znančný význam pro posturální funkce, který je dán proprioceptivní aferencí z horních tří obratlů a šíjových svalů. Má dominantní postavení v řízení axiální motoriky. Již Magnus poukázal na šíjové reflexy symetrické (homologní pohyb končetin v sagitální rovině při pohybu hlavy do předkolnu nebo záklonu) a asymetrické (při pohybu hlavy v rovině horizontální – rotaci), kdy vzniká asymetrické postavení šermíře.

Význam páteře v posturální funkcích

Z mechanického hlediska se jedná o složitý kinematický řetězec o proměně tuhosti a značném stupni volnosti.

Řízení posturální funkce je sice iniciováno z postavení očních blbů, z polohy hlavy dané postavením horní Cpáteře, ale i distální sektory páteře se podílejí na procesu řízení. Při korektivních mechanizmech postury se zdá, že postup bývá spíše opačný, že proces probíhá z distálního konce směrem proximálním. Korekce distálními svaly je pozorovatelná na akrech dolních končetin jako „hra šlach“.

Páteř reaguje na posturální změny podstatně dříve nežli dochází k desekvilibraci, i když nám tato skutečnost při běžném pozorování uniká. Zato iniciální činnost není patrná proto, že je prováděna hlubokými svalovými vrstvami, které regulují intersegmentální postavení obratlů. Lze dokonce říci, že činností těchto svalů se uvádí změna polohy páteře, takže minimální posturální reakce probíhají na páteři ještě dříve nežli korekční pohyby krátkých svalů nohy. Změna polohy obratlů nastává již při pouhé představě, tedy již při jeho plánování.

Posturální funkce axiální muskulatury je velmi citlivým ukazatelem jak psychiky, tak i stavu energetických zásob systémů. U stavu psychické rozlady nebo fyzického vyčerpání dochází k držení páteře, které vyžaduje minimum energie, tj. k držení „v závěsu do ligamentózního aparátu“, který je potom přetěžován. Určitou roli hraje i návyk držení těla.

Páteř jako celek je zavzata do posturálních funkcí, které jsou řízeny posturálním programem, který vzniká při posturální ontogenezi jedince, kde je již preformován a individuálně se upravuje podle vlivu zevního prostředí. Posturální programy jsou modulovány i vnitřním prostředím a stavem psychiky, takže v postuře osového orgánu se zrcadlí i zdraví jedince a jeho psychický stav (Véle, 1995).

3.8. Páneve a její význam pro posturální funkce

Páneve je některými školami (Mesendieck) pokládána za centrálu posturálních funkcí, protože její postavení ovládá základní držení nejen trupu, ale i postavení dolních končetin.

Páneve představuje opornou bázi axiálního systému. Tato báze je pevná v poloze v sedě, ale dynamicky proměnná ve vzpřímeném stoji. Na postavení pánve závisí postavení páteře a tvar jejího zakřivení. Na postavení pánve působí svaly spojující pánev s dolními končetinami, s páteří a s hrudníkem a přes fascie až svaly ramenního pletence. Proto lze z postavení pánve soudit na funkce jak svalů osového systému, tak i svalů dolních končetin. Její postavení je výsledkem vyvážené nebo nevyvážené aktivity uvedených svalů. Postavení pánve je výsledek činnosti určitých svalů a nikoliv primární příčinou vadného držení axiálního systému.

Posilování oslabených svalů je rovněž málo účinné, protože i posílený sval, který není do programu zapojen, nemůže se uplatnit v koordinaci řízení postury. Při vadném postavení pánve je třeba vytvořit nový posturální program (Véle, 1995).

3.9. Dolní končetiny a jejich posturální funkce

Podle Véleho (1995) oblast dolních končetin přenáší gravitační zátěž těla přes kyčelní kloub na kolenní a odtud přes oblast kotíku až na oblast chodidla, které tvoří vlastní kontakt se zemí. Reaktivní síla působící při kontaktu nohy se zemí není konstantní, ale kolísá podle toho, jak se těžiště pohybuje. Velikost změny zátěže závisí na rychlosti s jakou se pohyb děje.

V posturální funkci působí dolní končetiny jako dynamická oporná báze a současně jako aktivní systém, který udržuje a koriguje vzpřímené držení, ale i jako systém čidel posturálních změn, které se projevují změnou rozložení tlaku na chodidlech.

Hlavní funkce nohy je udržet kontakt s podložkou. K tomuto účelu je zapotřebí schopnosti adaptace na tvar terénu takovým způsobem, aby byl zajištěn pevný a bezpečný kontakt s terénem, který by zajistil stabilitu nohy jako opory těla vůči gravitaci.

Čidla umístěná na planta pedis i uvnitř nohy vnímají lokální rozložení tlaku a konfiguraci segmentů. Velmi lehké korekce vzpřímeného stoje probíhají pravděpodobně činností ve vnitřních svalech nohy, protože aktivitu bércevého svalstva ve výváženém vzpřímeném stoji aspekci nepozorujeme. Při zhoršené posturální stabilitě pozorujeme na noze nepravidelné pohyby působené aktivitou vnějších svalů nohy, která je patrná jako „hra šlach“ měnící konfiguraci nohy podle potřeb regulace postury.

EMG studie ukázaly, že krátké svaly nohy se neaktivují ve stoji, ale při odvíjení nohy. To by svědčilo o tom, že při statické zátěži je klenba nohy držena ligamentózně a při dynamické zátěži se připojí činnost svalová (Véle, 1995).

4. BIOMECHANIKA

(Rakušanová, 2004)

4.1. Definice základních pojmů

Udržení vzpřímeného stoje v gravitačním poli, je schopnost posturálního systému udržovat centrum tělesné hmotnosti (COM centr of mass, těžiště) nad opornou bází (BS, base of support) (Horak, 1987), (Vařeka, 2002).

Při stoji na jedné končetině BS odpovídá AS (opěrná plocha, Area of Support), při stoji rozkročném se BS zvětšuje při nezměněném AS, při vzporu ležmo je rozdíl maximální.

COM (Centre of Mass, těžiště) je hypotetický „hmotný bod“, do kterého je soustředěna hmotnost celého těla v globálním vztažném systému. COM lze stanovit pomocí experimentálních, grafických nebo matematických metod, jako průměr COM všech segmentů. COM bývá zaměňováno za COG (Centre of Gravity), v případě sledování pohybu pouze v horizontální rovině tato záměna není zásadní chybou.

COG je průmět společného těžiště do roviny opěrné baze (BS).

COP (Centre of Pressure) je působiště vektoru reakční síly podložky. Jeho polohu lze vypočítat z hodnot reakční síly naměřených v rozích silové („stabilometrické“) plošiny např. typu Kistler.

COP je shodné s COG pouze v případě dokonale tuhého tělesa. Tím lidské tělo tvořené řadou segmentů rozhodně není. Těsný vztah parametrů amplitudy a frekvence COP a COG (tedy i COM) byl však opakovaně prokázán (Rach, C., Starkes, J., 1994). Poloha COP je ovlivněna nejen polohou těžiště, ale také např. aktivitou svalstva bérců. Vždy je ale tato svalová aktivita řízena činností CNS tak, aby těžnice procházela opěrnou bází (BS) a COG zůstávalo v BS (Vařeka, 2002).

Výsledkem měření na Kistler desce je také graf ukazující trajektorii či plochu opsanou COP během dané doby. Podle Véleho (Véle, 1995) je variabilita křivky úměrná stabilizační schopnosti posturálního systému. Čím hůře vyšetřovaný udržuje stabilitu, tím větší budou posuny COP a tím i jednotlivé parametry měření (Tropp, Odnerick, 1998). Nejcitlivějším parametrem při posturálním kolísání se podle Cornwalla a Murrela (1991) zdá být lineární vzdálenost (trajektorie), kterou COP urazilo za daný čas.

4.2. Stabilita z hlediska biomechaniky

Udržování vzpřímeného stoje je neustálý pohyb těžiště v gravitační vertikále. Meze stability chápeme jako hranice báze opory a jsou definovány maximálním možným výkyvem těžiště. Závisí na poloze chodidel, charakteru podložky (led, ornice, tvrdá podložka). Ve statické poloze se COG musí vždy nacházet v opěrné bazi. (Vařeka, 2002)

Pfeiffer popisuje rovnovážné reakce, které se snaží, aby se těžiště neustále udržovalo nad základnou (BS), jakmile se ale COG jednou ocitne mimo BS, tak již není z hlediska biomechaniky možné, aby se vrátilo zpět jen působením vnitřních sil (tedy svalové síly subjektu). V této situaci je možné pouze změnit BS přemístěním AC (plocha kontaktu) tak, aby se těžiště opět ocitlo nad BS a COG v ní.

Udržet posturu bez pohybu není možné, je nutné neustálé korigování a vyrovnávání výchylek těžiště k překonání destabilizujícího vlivu gravitace a jiných vnějších vlivů. Pro udržení rovnováhy se tělo spontánně kývá zepředu dozadu a do stran. Tělo ztratí rovnováhu, když se kyv vychýlí za mez stability. Hlavním systémem pro udržení těžiště ve stoji je posturální systém.

Stabilita člověka v dané rovnovážné poloze závisí na tzv. úhlu stability, neboli na výšce těžiště a velikosti postavy (<http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk>) (Rakušanová, 2004).

5. ANATOMIE, FYZIOLOGIE

Lidské tělo je nepředstavitelně složitý celek, který se skládá z mnoha systémů, subsystémů, dalších a dalších jejich částí. Cesta k základním strukturám či jednotkám je dlouhá. Všechny systémy se vzájemně ovlivňují, doplňují a přesně koordinovaně spolupracují.

Ať už se jedná o vykonání pohybu nebo udržení polohy musí se do takového procesu zapojit účast celé pohybové soustavy, která se skládá z různých struktur:

- ♦ Podpůrná struktura – je strukturální opornou bazí soustavy a tvoří ji skelet s klouby a ligamenty
- ♦ Výkonná struktura provádí pohybovou aktivitu a tvoří ji kosterní svalstvo
- ♦ Zásobovací struktura – infrastruktura- zajišťuje zásobení energií potřebnou pro provoz systému a odvoz zplodin. Tvoří ji vnitřní orgány a cévy. Funkce infrastruktury se označuje jako logistika a je řízena CNS
- ♦ Řídící struktura spouští, řídí a koordinuje činnost svalů a udržuje jejich funkceschopnost. Řídí činnost celého organismu. Tvoří ji nervový systém (NS) (Véle, 1995)

V následující části DP je popsána anatomie a fyziologie vybraných součástí neuromotorického systému, „úzce“ souvisejících se zajištěním posturálních a rovnovážných funkcí.

5.1. Motorická jednotka

Motorická jednotka (dále MJ) je základním funkčním i strukturálním prvkem motoriky. Je to komplex složený z motoneuronu v míše nebo v mozkovém kmeni a

svalovými vlákny inervovanými jeho axonem. Tvoří nejperifernější část motorického systému. Velikost MJ je od několika svalových vláken v nitroočních svalech až k 500-1000 vláken v zádočných svalech. Tělo motoneuronu je umístěno v předním rohu šedé míšní hmoty, kde svými dendridy souvisí s míšní interneuronovou sítí a přichází zde do přímého styku s drahami, kterými přicházejí signály jak z centra, tak i z periferie. Tyto signály končí na facilitační nebo inhibičních synapsích motoneuronu, kde při překročení prahu dráždivosti vzniká vzruch šířící se neuritem ke skupině svalových vláken reagujících synchronním záškubem, který se sám na základě chemických reakcí po krátké době uvolní. MJ pracuje na zákoně „vše nebo nic“. Tzn. motoneuron může zaujímat jen dva stavy, buď stav klidu nebo podráždění.

Vzruch vzniklý v motoneuronu spouští záškub svalových vláken MJ. Dochází přitom k postupnému přenosu podráždění z neuritu přes jeho štěpení na motorické ploténky, které je dále přenáší pomocí endoplazmatického retikula na svalová vlákna. Tato vlákna reagují na příchod vzruchu záškubem podle známého „zašupovacího mechanismu“.

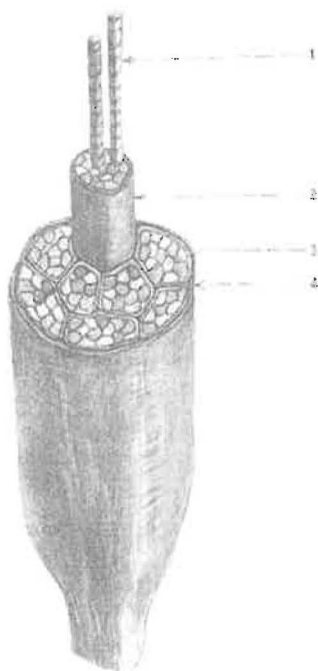
Vedle uvedeného funkčního vztahu mezi motoneuronem a svalovými vlákny MJ, který se odehrává na povrchu buněčných membrán, existuje i úzký strukturální vztah mezi nervem a svačem, který probíhá uvnitř nervových a svalových buněk. Jedná se o trofickou funkci MJ (Véle, 1997).

5.2. Sval příčně pruhované svaloviny, kosterní sval

Svalová vlákna příčně pruhovaná jsou základní aktivní složkou svalu. Jejich délka a tloušťka kolísá v jednotlivých svalech i individuálně. Vazivo je druhou složkou svalu, spojuje a obaluje svalová vlákna, obaluje celý sval a vytváří též úpony svalu ke kosti (šlachy). Pomocná zařízení svalová a svalové cévy a nervy patří ke svalu jakožto orgánu.

Jednotlivá svalová vlákna jsou spojena minimálním množstvím vaziva, takže sarkolema sousedních vláken se vzájemně nedotýká. Určitý počet (10 – 100) vláken je již nejen spojen, ale i obklopen zřetelnou vrstvičkou vaziva a vytváří primární snopeček

svalový, z kterých jsou vytvořeny malé svaly. U větších svalů jsou primární snopečky spojeny, takže vznikají sekundární snopce. Ty jsou opět obaleny vrstvou vaziva. Sekundární snopce mohou být dále sdruženy, takže vzniknou snopce vyšších řádů. Celý povrch svalu je pak kryt souvislou vazivovou vrstvou, fascií.



Obr. 3 Stavba svalových snopců (schéma)

- 1 vlákno svalové
- 2 snopec svalu
- 3 perimysium internum
- 4 perimysium externum (vytvářející fascii svalu)

Sval jako součást hybného systému (Véle, 1997)

V celkovém pojetí reprezentuje sval složitý motorický systém, jehož dráždivost může být předem nastavována a závisí na změně délky svalu. Sval nepracje vždy jako jeden celek, ale jednotlivé části svalu mohou pracovat zcela samostatně. Zrovna tak sval nikdy nepracuje pouze jako jeden celek, ale pracuje ve svalových smyčkách.

5.3. Receptory

Vstupním článkem sensorických drah jsou receptory, čivé, čidlové nebo-li smyslové buňky. Klasifikujeme je podle struktury, lokalizace a působení podnětů, podle druhu adekvátního podnětu nebo klinicky.

Receptory zachycují s vysokou citlivostí specifické podněty. Transformují jejich energii transdukčním mechanismem na energii organismu vlastní (chemické procesy), což vede ke změně propustnosti membrány iontovými kanály a tedy i polarizaci receptorové membrány (receptorový potenciál-RP). RP je děj relativně pomalý (oproti akčnímu potenciálu nervového vlákna), odstupňovaný podle intenzity podnětu.

5.3.1. Vestibulární receptory

Čidla jsou lokalizována v horní části blanitého labyrintu, v oblastech vestibulu a polokruhových kanálků, kde je situováno pět vlastních čivých elementů rovnovážného ústrojí: utrikulus a sakulus se statickými makulami a tři polokruhové kanálky s kristami v jejich ampulární části.

Podrobný výklad celého vestibulárního systému je uveden níže.

5.3.2. Proprioceptory

Podle Véleho (1995) aferenci ze svalových receptorů označujeme jako propriocepci, kterou si přímo neuvědomujeme, protože její informace nemá sémantický obsah, a proto ji nelze dobře vnímat ani slovy popsat.

Rozlišujeme tři kvality propriocepce:

1. polohový smysl (statesteezii) informuje o vzájemné poloze částí těla a postavení kloubů.
2. pohybový smysl (kinestezie) kóduje jejich pohyb a rozsah a rychlost pohybu v kloubech.

3. Silový smysl umožní odhad svalové síly a odporu během konaného pohybu.

Tyto funkce zajišťují v periférii hlavně proprioreceptory: svalová vřetenka, modulující spinální motoriku zprávami o délce svalových vláken, Golgiho šlachová tělíska o jejich napětí a dále z části mechanoreceptory v kůži nad klouby a v pojivku kolem kloubů a nepatrně i kloubní receptory.

Proprioceptivní systémy svalu vytváří vzájemné vazby mezi jednotlivými okolními i vzdálenými svaly. Tato iradiace aktivity je závislá na stavu interneuronové sítě, která může být excitována nebo inhibována jak z periferie, tak z centra, a podle toho jsou vzdálené účinky zdůrazňovány nebo tlumeny.

Svalová vřetenka

Svalové vřetenko je hlavní proprioceptivní orgán svalu. Morfologicky rozeznáváme u vřetenka dva typy – nuclear bag a nuclear chain. Vřetenka jsou uložena podélně v ose svalu, a tudíž reagují na protažení svalu. Informují CNS jak o rychlých – fázických změnách délky svalu při pohybu, tak i o změnách dlouhodobých – tonických při udržování určité polohy. Naopak při zkrácení svalu dráždivost svalových vřetelek klesá.

Svalové vřetenko má dva kontraktilní póly, které jsou odděleny uprostřed receptorem reagujícím na změny napětí ve svaly, které provázejí změnu jeho délky. Kontraktilní póly vřetenka složené z intrafuzálních kontraktilních vláken jsou inervovány motorickými vlákny nastavovacího systému gama, řízeného z retikulární formace. Tato intrafuzální svalová vlákna vytváří tah působící na středový receptor a tím ho dráždí ke vzniku vzruchů. Tato vzruchová aktivita ze středového orgánu vřetenka vstupuje zadním kořenem do interneuronové míšní sítě a ascendentně postupuje dále jednak do retikulární formace, jednak přímo do mozečkových jader. Kromě toho existuje přímá kolaterála k alfa-motoneuronům, která je drahou monosynaptického reflexu, což znamená, že vzruchy přiváděné z vřetelek působí facilitačně přímo na alfa-motoneuron vlastního svalu.

Svalové vřetenko tedy sleduje délku svého svalu, protože vazivově souvisí s kontraktilními extrafuzálními vlákny a stimuluje se jejich protahováním. Takto vzniklá aktivita ve středovém orgánu vřetenka přejde kolaterálou přímo k motoneuronu a ovlivní

(sníží) práh jeho dráždivosti, ev. může vést až ke vzniku monosynaptického reflexu, jestliže úroveň excitability je dostatečně vysoká.

Interneuronovou sítí se vzruchy šíří i k neuronům antagonisty, jehož funkci inhibuje (reciproční inervace). Komisurálními drahami proniká aktivita i do druhé strany míchy, kde druhostranného agonistu inhibuje a jeho antagonistu facilituje (zkřížený extenzorový reflex). Dále postupuje aktivita do retikulární formace a mozečku, odkud je jemně doregulována úroveň excitability motoneuronů a tím je řízena pohybová koordinace.

Vřeténko podává informace nejen o statických, ale i o dynamických parametrech funkce, tj. o změně délky svalu a o rychlosti, s jakou se délka svalu mění (Véle, 1997).

Gama-systém

Intrafuzální vlákna svalových vřetének mají svou vlastní motorickou inervaci, zprostředkovanou gama-motoneurony. Tato inervace se uplatňuje dvojím způsobem: jednak umožňuje při kontrakci svalu současné zkracování svalových vřetének, a tím zachování jejich dráždivosti při nové výchozí délce svalu, jednak vyvolává kontrakci svalu na podněty přímo z gama-motoneuronů. Uvedený gama-systém se proto významně uplatňuje při řízení tonu antigravitačních svalů a při posturálních reflexech. Systém je řízen z retikulární formace, především facilitační oblastí. (Trojan, 1994)

Golgiho šlachová tělíska

Podobným proprioceptivním orgánem, jako je vřeténko ve svalu, je i proprioceptivní orgán šlachový. Golgiho šlachová tělíska jsou umístěna ve šlachách v blízkosti začátku svalů. Aferentní nervová vlákna vycházejí z prostoru mezi svazečky kolagenních šlachových vláken souvisejících asi s 10 extrafuzálními svalovými vlákny. Reagují při napětí svalového úponu při natažení svalu i při izometrické či izotonické kontrakci statickým typem odpovědi. Adaptují se pomalu a chrání sval před přepětím. Tento receptor je rovněž aktivován protažením šlachy, ale napětí na šlaše musí být podstatně vyšší, než je nutné k podráždění svalového vřeténka. Jeho práh je vyšší a nelze ho dopředu měnit jako u vřeténka. Golgiho tělísko vlastní sval inhibuje a jeho antagonistu

facilituje. Druhostranného agonistu facilituje a jeho antagonistu inhibuje. Informace ze šlachových tělísek tedy působí útlum motoneuronů svého svalu, a tím chrání sval před přetížením.

Kloubní receptory

V kloubech a jejich přídatném aparátu existují 4 typy receptorů, mají též vliv na funkci svalu. Reagují na změny napětí v kloubním pouzdra, které vznikají napínáním pouzdra na konvexní straně kloubu a řasením pouzdra konkávně. Na natažené straně je četnost výbojů vysoká pro iritaci, na zřasené nízká. Tyto receptory signalizují průběžnou i okamžitou polohu kloubních segmentů z rozdílů frekvence výbojů na protilehlých stranách.

Jiné kloubní receptory, typu on-off, s rychlou adaptací reagují jen na začátku a konci pohybu. Dalším typem jsou volná nervová zakončení, která přenášejí bolest. Nyní se soudí, že kloubní citlivost je hlavně zprostředkována svalovými proprioceptory, a ne receptory kloubními, které reagují hlavně v extrémních polohách kloubů, neboť poloha i pohyb kloubu jsou percipovány i při jeho náhradě endoprotézou.

Všechny proprioceptivní údaje svalových, šlachových nebo kloubních receptorů jsou součástí zpětnovazebních informací (feed-back) o průběžném stavu pohybového segmentu, které jsou nutné pro řízení průběhu koordinovaného pohybu. Současně ale slouží i k přednastavení dráždivosti (feed-forward) (Véle, 1997).

5.3.3. Exteroceptory

Podnětem k vybavení exteroceptivních reflexů je dráždění dotykových a bolestivých čidel v kůži. Taktilní podněty (např. na chodidle) zvyšují reflexně napětí extenzorů. Tyto extenzorové reflexy tvoří základ postojových reakcí. Bolestivé podněty reflexně aktivují flexory (odtažení, únik), a proto jsou takto vyvolané flexorové reflexy označovány také jako obranné reflexy (Trojan, 1994).

5.4. Vestibulární ústrojí

Ucho, receptorový orgán pro sluch i rovnováhu, se skládá ze tří hlavních částí: zevní ucho, střední ucho a vnitřní ucho. Zevní a střední ucho se podílí pouze na přenosu zvuku, zatímco vnitřní ucho je zapojeno jak do zpracování sluchových počitků, tak do řízení rovnováhy.

Rovnovážné ústrojí je součástí vnitřního ucha, slouží k detekci úhlového a lineárního zrychlení hlavy, a tím k udržování rovnováhy v závislosti na její poloze a k relativní stabilizaci obrázku na sítnici. Reflexně řídí kompenzační pohyby končetin a očí k tomuto účelu. Vestibulární systém reguluje též svalový tonus, zvláště extenzorů. (Trojan, 1994)

Vnitřní ucho (tab. 1), se nachází mezi tlustými ochrannými stěnami skalní části spánkové kosti. Střední ucho je složeno ze dvou hlavních částí: kostěného a blanitého labyrintu.

Kostěný labyrint tvoří dutina ve skalní kosti skládající se ze systému zakřivených kanálků, které mají tři části. Směrem od zevního a zadního k přednímu a vnitřnímu tvoří tyto části 1 - polokruhové kanálky, 2 - vestibulum a 3 - cochlea (kostěný hlemýžď).

Blanitý labyrint tvoří propojenou soustavu váčků a kanálků s membránózní stěnou, které jsou volně uloženy v kostěném labyrintu a více méně kopírují jeho tvar. Hlavní části blanitého labyrintu tvoří: 1 - blanité polokruhové chodbičky, po jedné uvnitř každého kostěného polokruhového kanálku, 2 - vejčitý a kulovitý váček (utrikulus a sakulus), nacházející se ve vestibulu, 3 - blanitý hlemýžď uvnitř kostěného hlemýžďe.

Blanitý labyrint je vyplněn čirou tekutinou, nazývanou endolymfa, zevně od blanitého labyrintu je kostěný labyrint vyplněn perilymfou. Perilymfa a endolymfa se nikde nemísí. Zatímco endolymfa je uzavřená uvnitř, perilymfa se mísí s mozkomíšním mokem, který vyplňuje subarachnoidální prostor.

Tab.1 Vnitřní ucho

Kostěný labyrint	Blanitý labyrint	Funkce
Polokruhové kanálky	Blanité polokruhové chodbičky	Rovnováha: úhlové zrychlení hlavy
Vestibulum	Utriculus a sacculus	Rovnováha: statická rovnováha a lineární zrychlení hlavy
Kostěný hlemýžď (cochlea)	Blanitý hlemýžď	Sluch

Utrikulus a sakulus (vestibulum)

Utrikulus, vejčitý váček, a sakulus, kulovitý váček jsou uloženy v perilymfě. Utrikulus je spojen s blanitými polokruhovými chodbičkami, zatímco sakulus s blanitým hlemýžďem.

Uvnitř urikulu a sakulu nacházíme políčko nazývané statická skvrna - makula, jež je sídlem smyslového epitelu. Makuly (obr. 4) obsahují receptorové buňky, které detekují základní aspekty rovnováhy.



Obr. 4 Makula s vláskovými buňkami a otolitickou membránou

Tato stránka vestibulárního systému se nazývá statická rovnováha. Receptorové buňky navíc zaznamenávají také změny rychlosti a směru přímočarého pohybu hlavy, což je lineární zrychlení, ale nezaznamenávají rotační pohyby.

Každou makulu tvoří shluk epitelíí obsahující cylindrické podpůrné buňky a roztroušené receptorové buňky, nazývané vláskové buňky. Vláskové buňky se synapticky napojují na smyslová vlákna vestibulárního nervu, který tvoří část VIII. hlavového nervu. Každá vlásková buňka obsahuje spoustu stereocilií, dlouhých mikroklků a jedno kinocilium, pravý vlásek, vystupující z jejího vrcholu. Konečky těchto tuhých vlásků jsou zapuštěny do otolitické membrány, která je obklopuje. Otolitickou membránu tvoří rosolovitá ploténka, která obsahuje těžké krystaly uhličitanu vápenatého zvané otolity.

Makulární čidla reagují na působení gravitace, resp. na gravitační zrychlení. Makula utrikulu je v uchu orientována horizontálně, pokud člověk udržuje hlavu nakloněnou těžší otolitická membrána se sesune směrem dolů, čímž ohýbá receptorové cilie a předává tak signál vestibulárnímu nervu, který informuje vyšší nervová centra o náklonu hlavy. Makula kulovitého váčku naproti tomu je v uchu umístěna vertikálně a její těžší otolity táhnou za vlásky směrem dolů pokaždé, když je hlava zpříma.

Makula utrikulu tedy reaguje na pohyby dopředu, dozadu a ke stranám, makula sakulu na pohyb nahoru a dolů.

Kontrola lineárního pohybu do všech stran je registrována opět na podobném principu. Kdykoli je naše tělo uvedeno do přímočarého pohybu, těžší otolitická membrána za tímto pohybem zaostává, a tak ohne cilie.

Vše probíhá v závislosti na směrové citlivosti, cilie se ohnout a vláskové buňky se tak podráždí – depolarizační RP nebo utlumí – hyperpolarizační RP. To je spojeno s urychlením nebo zpomalením frekvence AP v n. vestibularis. Jejich adaptace je velmi pomalá. Pro výsledný pohyb otolitové membrány je rozhodující její setrvačnost, určená měrnou hmotností, která je dvakrát větší než u endolymfy.

Čidla fungují jako multidimenzionální akcelerometr a polohoměr.

(Marieb, Mallat 2002, Trojan 1994)

Plokruhové kanálky

Polokruhové kanálky kostěného labyrintu se nacházejí vzadu a zevně od vestibula, každý z těchto kanálků ve skutečnosti zabírá asi dvě třetiny kruhu. Všechny kanálky mají

na jednom konci rozšíření, které se nazývá ampula. Každý kanálek je orientován do jedné ze tří rovin prostoru. Přední a zadní polokruhové kanálky leží ve vertikálních rovinách a jsou na sebe navzájem kolmé, zatímco boční polokruhový kanálek je orientován téměř horizontálně. Ve všech kanálcích je uložena blanitá plokruhová chodbička, která má výduť nazvanou membránová ampula umístěnou do odpovídající kostěné ampuly. Ampuly mají hřebenovité výčnělky zvané statické krysty, které obsahují receptorové buňky snímající rotační zrychlení. Každá statická krysta má na svém povrchu epitel, která obsahuje obdobně jako u makuly podpůrné buňky a receptorové vláskové buňky s opět vyčnívajícími ciliemi. Vlázky těchto buněk vybíhají do vysoké, rosolovité hmoty, která se nazývá kupula, obr. 5. Spodní části vláskových buněk jsou synapticky spojeny s vlákny vestibulárního nervu (Marieb, Mallat 2002).



Obr.5 Cupula uvedená do pohybu setrvačností endolymfy

Vláskové buňky kanálků reagují fázicky excitací či inhibicí při rotačních pohybech na úhlové zrychlení. Na začátku pohybu se endolymfa díky své setrvačnosti opožďuje za pohybem stěn kanálku, suně se proti směru otáčení a tlačí na kupulu, jež se prohne. Tím se ohnou i stereocilie. Jejich vláskové buňky se podráždí, počet AP ve vláknech n. vestibularis vzrůstá. Při dalším otáčení se za několik sekund pohybuje endolymfa stejně rychle a stejným směrem jako stěny kanálku. To je dáno její viskozitou. Její tlak na kupulu, mající stejnou měrnou hmotnost i setrvačnost jako endolymfa, ustane. Vlastní

elasticitou kupuly se její prohnutí vyrovná a počet AP klesá. Po zástavě otáčení endolymfa proudí na druhou stranu než na začátku a vše se děje opačně. Kinetické čidlo registruje počátek a konec rotace, akceleraci a deceleraci jako dvousměrný úhlový akcelerometr. (Trojan, 1994)

Zapojení vestibulárního aparátu do řízení motoriky

Rovnovážné ústrojí je jediné ze smyslových orgánů, z něhož jde většina informací do nižších mozkových center, která jsou primárně centry reflexů, spíše než do mozkové kůry. Tato skutečnost odráží fakt, že naše odpověď na ztrátu rovnováhy, jako je klopýtnutí, musí být rychlá a reflexní. (Anatomie lidského těla).

Osmý hlavový nerv tvoří aferentní dráhy od vestibulárních a kochleárních receptorů blanitého labyrintu, které začínají již ve vláskových buňkách. Tyto buňky jsou specifické, pseudosmyslové, jsou to elementární senzory měniče signálů labyrintu. Vlastní signály z vestibulárního labyrintu jsou pak vedeny bipolárními neurony ke čtyřem párovým vestibulárním jádrům, která jsou hlavními mozkovými centry zpracovávající informace o rovnováze. Tato oblast již patří k centrální části rovnovážného ústrojí.

Od této mediální nukleární oblasti pak odstupují vzestupné a sestupné dráhy do dalších anatomických struktur, které se podílejí na udržování rovnováhy. K těmto drahám patří:

- dráha okulovestibulárního reflexu (nystagmického)
- vestibulocerebellární dráhy
- vestibulospinální dráhy
- vestibulokortikální dráhy,
- vestibulární část VIII. nervu
- cerebellovestibulární spojení
- cervik vestibulární spojení
- kortik vestibulární spojení
- spojení k diencefalu
- spojení k ostatním kranialním nervům

spojení s kontraleterálními homonymními vestibulárními jádry

Toto jsou základní anatomická spojení, existují však mnohá další.

Mozek člověka se skládá z mozkového kmene, velkého a malého mozku. Vestibulární systém je zastoupen ve všech těchto částech. Na různých úrovních probíhají neustále multisenzorické interakce. Při tom hrají zásadní roli informace od vlastního vestibulárního endoorgánu, dále od systému proprioceptivního a očního.

Informace pocházející z labyrintů modulovaných vestibulárními jádry jsou poté zpracovávány v malém mozečku, aby tak byla modifikována opěrná i cílová motorika a pohybové programy. Určité dráhy z nucleus vestibularis probíhají směrem k horní hrudní míše. Od ní jsou svaly krku, horních končetin a horní části trupu reflektoricky kontrolovány vestibulárním aparátem.

Stavbu a funkci mozkových rovnovážných struktur nelze zatím přesně definovat. Je však jisté, že komplikovaný systém nervových a gliových buněk je extrémě citlivý na nedostatek kyslíku a jiných látek či ovlivnění toxickými látkami. (Otoneurologie)

5.5. Řízení motoriky

Činnost kosterního svalstva je vždy řízena jako jediný funkční celek. Jednotlivé pohybové projevy sice můžeme zjednodušeně rozdělit do kategorií s odpovídající anatomickou a funkční organizací, ale zároveň si musíme být vědomi toho, že zejména u člověka se na řízení motoriky podílejí prakticky všechny oddíly CNS, počínaje páteří a konče mozkovou kůrou. (Trojan, 1994)

Z hlediska řízení můžeme motoriku rozdělit na mimovolní a volní. K mimovolní motorice se především vztahují struktury: motorická jednotka, statokinetické čidlo, mícha, mozkový kmen (retikulární formace), mozeček (spinální, vestibulární). Pro volní motoriku jsou význačné: bazální ganglia, talamus, mozeček (kortikální), mozková kůra (Trojan 1994, Bartůňová 2006).

5.5.1. Mícha, medulla spinalis

Základem veškeré hybnosti je svalový tonus, zajišťovaný činností páteřní míchy. Na něm je vybudován systém postojových a vzpřimovacích reflexů. Svalový tonus je řízen propioceptivními míšními reflexy, exteroceptivními míšními reflexy, retikulární formací.

Všechny nervové vlivy, které způsobují svalovou kontrakci, se uplatňují ve své konečné podobě prostřednictvím motoneuronů z jader hlavových nervů nebo z páteřní míchy.

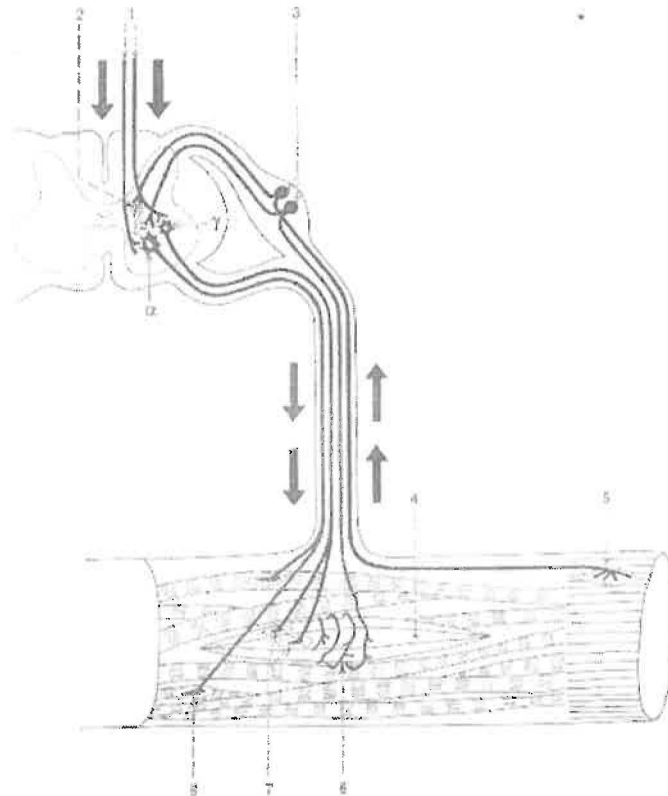
Na velké motoneurony jednoho míšního segmentu se sbíhá velké množství informací jak z propioceptorů, tak z jiných míšních segmentů a vyšších oddílů CNS. Na povrchu každého motoneuronu je průměrně 5500 synapsí. Podněty mají excitační a inhibiční charakter. Všechny tyto vlivy konvergují na úrovni spinální míchy a určují činnost motoneuronů, které jsou konečnou společnou dráhou mnoha řídicích somatických soustav (Trojan, 1994).

Reflexní oblouk

Každý reflexní oblouk se skládá z pěti částí:

- ♦ receptor – kožní aferentace, smyslové orgány, svalová vřeténka, šlachová tělíčka... v závislosti na somatosenzorickém vstupu se odehrávají různé typy reflexů.
- ♦ dostředivá dráha – tvořena aferentními nerovými vlákny receptorů.
- ♦ centrum – počet neuronů je s výjimkou monosynaptických napínacích reflexů vždy vyšší než jeden. Excitační a inhibiční dráhy k těmto neuronům jsou podstatou plasticity reflexů.
- ♦ odstředivá dráha – u motorických reflexů jsou to axony motoneuronů.
- ♦ efektor – u motorických reflexů je výkoným orgánem kosterní sval

Nejjednodušším příkladem úplného motorického reflexního oblouku je monosynaptický propioceptivní reflex (obr. 6)



Obr. 6 Schéma funkce svalového vřeténka a šlachového tělíska

- 1 sestupné dráhy ovládající míšní motoneurony
- 2 vmezežené neurony s inhibiční funkcí
- 3 buňkysensitivních vláken ve spinálním gangliu
- 4 svalové vřeténko s intrafusálními svalovými vlákny
- 5 šlachové vřeténko, odkud vedou citlivá vlákna informaci o napětí šlachy přes inhibiční interneuron
- 6 sensitivní nervy vedoucí informaci ze svalového vřeténka
- 7 motorická nervová zakončení gamamotoneuronů na intrafusálních vláknech
- 8 motorická zakončení gamamotoneuronu na extrafusálních vláknech

5.5.2. Mozkový kmen

Prodloužená mícha, Varolův most a střední mozek představují mozkový kmen.

Prodloužená mícha je pokračováním páteřní míchy, její součástí jsou pyramidy, ve kterých se kříží pyramidové dráhy. Zadní část prodloužené míchy má dvě vyvýšeniny, ve kterých probíhají zadní provazce. Důležitou částí je komplex zde umístěných vestibulárních jader.

Čtyři párová **vestibulární jádra** (jádro Bechtěrevovo, Dietersovo, Schwalbeho a Rollerovo) leží na spodině čtvrté mozkové komory. V těchto jádrech jsou lokalizovány převodní systémy, které spojují vestibulární informace s extrapyramidovým motorickým systémem, a podstatně tak slouží ke vzpřímenému držení těla (Hahn, 2004).

Ve středním mozku jsou pro motoriku důležitá centra (nc. ruber, substantia nigra) funkčně se spojující s bazálními ganglii a jádra III. a IV. hlavového nervu inervující okohybné svaly.

Další hybné centrum mozkového kmene je **retikulární formace** (dále **RF**), která tvoří velmi důležitý integrační funkční systém v řízení motoriky. RF jsou shluky nervových buněk (šedá hmota) mezi nervovými vlákny v mozkovém kmeni, hypothalamu a thalamu. RF má mnoho vztahů jak k vyšším oblastem mozku, včetně mozkové kůry, tak i k činnostem spinální míchy. Podle toho se dělí na tzv. vzestupný a sestupný systém RF.

Sestupný systém RF ovlivňuje v míše jak činnost alfa-neuronů, tak i gama-neuronů, účastní se tedy jak řízení úmyslných, tak i neúmyslných pohybů. Funkčně se sestupný systém RF dělí na dvě oblasti: na facilitační a inhibiční.

Facilitační oblast je aktivována ze statokinetického čidla, vestibulárního mozečku, kolaterál specifických sensorických drah a mozkové kůry.

Facilitační oblast zvyšuje dráždivost míšních center somatických reflexů. Facilitačně působí především na reflexní tonus antigravitačních svalů, zatímco tonus flexorů většinou tlumí. Facilitační účinek RF se uplatňuje prostřednictvím interneuronů. Jeho vlivem se zvyšuje dráždivost motorických neuronů a aktivuje se jejich počet. Facilitační oblast má velký význam pro udržení vzpřímeného postojení a plohy těla vůbec.

Inhibiční oblast je aktivována spinálním mozečkem, bazálními ganglii, mozkovou kůrou. Tato oblast RF tlumí míšňní reflexy, a to především tonus extenzorů. Má tlumivý vliv i na úmyslné pohyby. (Trojan, 1994)

Obě oblasti zajišťují souhru činnosti posturálních svalů.

Postojové reflexy

Základem reflexní motoriky je posturální aktivita, jejímž rozhodujícím prvkem je kontrakce antigravitačního svalstva. Výchozí svalový tonus je udržován na určité úrovni především proprioreceptivními spinálními reflexy, gama systémem a RF. Posturální reflexy se dělí na:

- ♦ lokální - např. jedné končetiny, kdy dráždění taktilních receptorů na plosce nohy a současně proprioreceptorů v mm. interossei při opření nohy o podložku zvyšuje reflexně tonus svalů téže dolní končetiny tak, že se stává pevnou oporou, která snadno unese váhu celého těla
- ♦ segmentální – zkřížený extenzorový reflex, základ chůze
- ♦ celkové – např. pro udržení vzpřímeného postoje v klidu, ale i pro udržení polohy při prostorově složitých činnostech

Vzpřimovací reflexy

Představují vyšší koordinaci statických reakcí, se kterými mají shodnou aferentaci. Základní význam pro jejich řízení má činnost RF, zvláště v oblasti středního mozku, informace ze statokinetického čidla o přesné poloze a pohybech hlavy v prostoru. Regulujícím podnětem je stálý směr působení gravitace. Informace z taktilních exteroceptorů vzbuzuje tzv. tělové vzpřimovací reflexy. Působí na tonus šíjového svalstva i na tonus svalstva trupu a končetin. Podkorové regulační systémy nemohou samy o sobě zajistit u člověka vzpřímenou plohu. K jejímu dokonalému řízení je nezbytně nutná také činnost mozkové kůry (Trojan, 1994).

5.5.3. Mozeček, malý mozek, cerebellum

Mozeček je dalším důležitým integračním a koordinačním centrem mimovolní i volní hybnosti, má tedy vztah ke všem základním somatickým funkcím: k řízení svalového tonu, k reflexům postojovým i k úmyslným pohybům. Mozeček je možno rozdělit podle vývojových stupňů (tab. 2) na archicerebellum – vestibulární část, paleocerebellum – spinální a neocerebellum – kortikální. Přitom všechny tři části mozečku tvoří jednotný funkční celek, který koordinuje pohyb vzhledem k vnějšímu časoprostoru. Avšak optimalizaci hybných reflexů polohy zajišťuje především vestibulární a spinální část mozečku, jedná se tedy o mimovolní motoriku.

Vestibulární mozeček je nutný k udržování vzpřímené polohy těla. Integruje informace ze statokinetického čidla se signály z proprioreceptorů a z mozkové kůry. Společně s retikulárním systémem zajišťuje vzpřimovací reflexy. Jeho poškození vede k těžkým poruchám rovnováhy.

Spinální mozeček analyzuje především informace z proprioreceptorů, tj. pohyby svalů a svalový tonus. Má proto úzký vztah k řízení svalového napětí. Řídí rovnováhu mezi podrážděním a útlumem na úrovni proprioreceptivních reflexů. Působí tlumivě, zvláště na antigraavitacní svaly. Spinální mozeček aktivuje inhibiční sestupný systém RF. Tento vliv je stejnostranný (Trojan, 1994).

Malý mozek má tedy mnoho důležitých funkcí při kontrole vzpřímené pozice, normálního tonu svalů, skeletu a udržování tělesné rovnováhy. Moduluje inervační aktivitu jednotlivých pohybů a jejich průběh, kontroluje a optimalizuje opěrnou motoriku, „přepočítává“ prostřednictvím kybernetických spojů společný účinek opěrné a cílové motoriky a slouží rovněž k jemnému nastavení rychlé cílové motoriky. Mikroskopický obraz malého mozku ukazuje jeho vrstevnitou stavbu. Dosahuje u dospělého člověka díky četným záhybům plochy 1000 – 1600cm². V mediálních řezech komponuje jeho stěstavení do tří částí: stratum moleculare, stratum granulosum a stratum ganglionare-Purkyňovy b.

V integraci a koordinaci malého mozku s ostatními smyslovými orgány a motorickými centry jsou zúčastněny nejen vestibulární orgány a malý mozek, ale i bazální

ganglia, talamus a ostatní subkortikální centra, jejichž spojení pomocí aferentních drah teprve umožňje provedení cílených pohybů. Cílová motorika se naopak musí na úrovni kmene mozkového úzce spojovat s opěrnou motorikou, protože každý cílený pohyb je zajištěn jenom za předpokladu nového nastavení opětné motoriky (Hahn, 2004).

Tab.2 Přehled tří struktur mozečku

Vestibulární mozeček	Archicerebellum	Mimovolní motorika	Postoj, rovnováha	Tr. vestibulocerebellaris	Polokruhové kanálky, utrikulus, sakulus
Spinální mozeček	Palleocerebellum	Mimovolní motorika	Svalový tonus	Tr. spinocerebellaris	Proprioreceptory
Kortikální mozeček	Neocerebellum	Volní motorika	Koordinace		

5.5.4. Talamus

Talamus je složitá diencefalická (mezimozková) struktura, jejíž hlavní funkcí je integrace většiny signálů z periferie, proto se také nazývá „brána vědomí“. Několik talamických jader má velmi těsný vztah k motorickým funkcím. Jejich stimulace jen ojediněle vyvolá pohyb, ale výrazně mění mimovolní motorickou aktivitu.

Nejdůležitějším motorickým jádrem je nucleus ventralis lateralis (VL). Spojuje mozeček a bazální ganglia s motorickou kůrou. Úkolem je propojení vnímání a pohybů (Trojan, 1994).

5.5.5. Velký mozek, telencefalon

Bazální ganglia (dále **BG**) jsou objemné podkorové útvary s neobyčejně pestrou enzymovou a mediátorovou výbavou. BG se podílejí jednak na řízení motoriky, jednak na kognitivních funkcích. Dostávají vstupní informace nejen z rozsáhlých kortikálních oblastí (motorických, somatosenzitivních i asociačních), ale i z talamu a z mozkové kůry.

Obecným rysem činnosti BG je jejich tlumivý vliv na motoriku, zajišťují pružnost a vláčnost pohybu, účastní se vytváření pomalých a ustálených pohybových programů. BG upravují výstupní informace z motorického kortexu, a to z velké míry dříve než dospěje k motoneuronům předních rohů míšních, tj. ke konečné společné dráze.

(Trojan, Bartůňková)

Mozková kůra

Veškerá svalová činnost závisí na konečné výstupní informaci, která se formuje v alfa-motoneuronech předních rohů míšních a v motorických buňkách hlavových nervů. Definitivní podoba této informace je však výsledkem součinnosti celého hybného systému, počínaje funkcí mozkové kůry. V ní vznikají cílené, volní, úmyslené pohyby, které jsou řízené komplexní činností nervové soustavy. Však elektrofyziologická sledování prokázala, že vzruchová aktivita se před započítím pohybu objevuje nejdříve v limbickém systému, pak v BG a teprve nakonec v kortexu.

Informace o všech biologických i společenských změnách prostředí je analyzována mozkovou kůrou za přímé účasti podkoří, především RF. Každá okamžitá informace je současně porovnána s informacemi předchozími, které jsou uloženy v paměti. Na základě této nesmírně dynamické a pohotové analýzy, vzájemného porovnávání a hodnocení se vytváří výstupní motorická informace. Ta je vysílána jednak přímo drahou kortikospinální (pyramidovou), jednak nepřímo (mimo pyramidy), po přepojení v podkorvých strukturách, do páteřní míchy.

Kortikospinální systém představuje přímé jednoneuronové spojení mezi mozkovou kůrou a páteřní míchou. Většina nervových vláken pyramidové dráhy začíná v V. mozkové

vrstvě. Pro řízení pohybů mají největší význam signály vedené neurity Becových pyramidových buněk z gyrus precentralis, v této primární motorické oblasti před hlavní mozkovou rýhou začíná 30% neuritů. 20% vláken vychází z premotorické oblasti frontálního laloku, 25% vláken začíná v gyrus postcentralis a zbytek v temenním, týlním a spánkovém laloku.

Extrakortikospinální systém vede signály z kůry k BG, k talamu, k motorickým jádrům středního mozku, k mostu a k RF. Teprve po přepojení a upravení na subkortikální úrovni se dostává tato informace do spinální míchy. Zjednodušeně lze říci, že pohyby řízené mimopyramidovým systémem jsou hrubé, pomalé a tonické a že tento systém zajišťuje také složité pohyby, které mají vztah k udržování vzpřímeného stoje.

Důležitou součástí jsou BG a mozeček, jejichž činnost souvisí s funkcemi kortikospinálními. Jak mozeček, tak BG dostávají informace z různých korových oblastí, s nimiž jsou spjaty systémy zpětných vazeb. Současně analyzují i informace ze svalů (z proprioreceptorů) a z čidla statokinetického. Jejich činnost je nutná pro souhru mezi úmyslnými pohyby, vzpřimovacími reflexy a postojovými a proprioceptivními reakcemi (Trojan, 1994).

III. CÍLE A ÚKOLY PRAKTICKÉ ČÁSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE

6. Cíle a úkoly diplomové práce

Naším cílem bylo nalézt rozdíl v rovnovážných schopnostech mezi dívkami z gymnastické skupiny a skupiny kontrolní. Pomocí experimentu jsme ověřovali přínos sportovní gymnastiky pro podvědomou koordinaci posturálních reakcí, které úzce souvisí s rovnovážnými reakcemi.

Úkoly:

Rešerše literatury

Vytvoření testovací baterie pozic

Koordinace experimentu (oslovení gymnastických oddílů a základních škol, presentace projektu, dohoda o „půjčení“ probandů k měření)

Realizace experimentu (1. a 2. měření stabilometrických a somatických parametrů)

Statistické zpracování naměřených dat

Vytvoření výsledků (porovnání dat mezi experimentální skupinou SG a kontrolní skupinou KS)

7. Hypotéza

Jestliže trénink sportovní gymnastiky v mladším školním věku zvyšuje úroveň rovnovážných schopností, tak budou stabilometrické parametry významně lepší u gymnastické skupiny než u skupiny kontrolní.

IV. PRAKTICKÁ ČÁST

8. Materiál a metodika

8.1. Charakteristika sledovaných skupin

Základním kritériem pro výběr probandek byl ročník narození, pohlaví a ochota spolupráce z jejich strany, souhlas rodičů, učitelů a trenérů. Probandky netrpěly žádnou motorickou poruchou, jak z hlediska řízení, tak z hlediska výkonu. Nebyl nám znám žádný závažný patologický stav testovaných. Preferovaným ročníkem byl rok narození 1998, ale z důvodů nedostatku subjektů byl výběr rozšířen i na ročníky narození 1997 a 1999. Experimentu se účastnily pouze dívky.

Sledovaná skupina byla rozdělena do dvou základních skupin, interskupinový experiment byl hlavní náplní této DP. Jednalo se o experimentální skupinu vytvořenou z dívek, které se nejméně dva roky aktivně věnovaly sportovní gymnastice – gymnastická skupina (SG), a o druhou skupinu – kontrolní (KS), která byla získána na základě oslovení základních škol.

8.1.1. Gymnastická skupina (SG)

Experimentální skupina se skládá z jedenácti dívek, v tab. 1 je uvedena somatická charakteristika – hmotnost, výška, věk a informace o tréninku. Dívky splňovaly následující podmínky:

- ročník narození 1997, 98, 99
- trénink SG nejméně 2 roky
- trénovaly nejméně 7,5 hod/týden
- nikdy neměly zranění dolních končetin

Tab.1 Základní somatická charakteristika SG

dívka č.	značka	kalend.věk	hmotnost	výška	trénink		oddíl SG
		[roky]	[kg]	[cm]	[hod/ 1týd]	[roky]	
1	BLA	9.7	36.5	138.1	10.0	4.5	AC Sparta Praha
2	CAL	9.8	29.3	131.4	10.0	4.5	AC Sparta Praha
3	JIN	7.6	26.9	127.7	7.5	3.5	TJ Slovan Praha
4	LUP	7.1	17.2	113.4	7.5	2.5	TJ Slovan Praha
5	PLA	7.4	22.4	125.1	7.5	2.0	TJ Slovan Praha
6	PUR	8.6	27.1	133.0	7.5	3.5	TJ Slovan Praha
7	SIN	8.6	27.2	128.7	7.5	3.5	TJ Slovan Praha
8	STA	9.5	32.6	142.4	10	4.5	AC Sparta Praha
9	STE	7.7	23.4	121.7	9.0	3.0	TJ Slovan Praha
10	VOH	8.9	27.5	129.0	10.0	2.0	AC Sparta Praha
11	VLC	8.3	23.2	121.4	6.5	2.5	TJ Sokol Dejvice
M		8.47	26.66	128.35	8.45	3.27	
SD		0.90	4.96	7.69	1.29	0.91	
V%		10.7	18.6	6.0	15.2	27.9	

8.1.2. Kontrolní skupina (KS)

Kontrolní skupina se skládá z osmi dívek, v tab. 2 je uvedena somatická charakteristika – hmotnost, výška, věk. Dívky splňovaly tyto požadavky:

- ročník narození 1997, 98, 99
- závodně nesportují (především nedělají gymnastické sporty)
- nikdy neměly zranění dolních končetin

Tab. 2 Základní somatická charakteristika KS

dívka č.	Značka	kalend. věk	hmotnost	výška	ZŠ Petřiny
		[roky]	[kg]	[cm]	
1	BOU	8.8	24.9	119.2	Sever
2	CHR	8.7	30.4	138.8	Sever
3	DER	7.7	24.9	129.3	Sever
4	JAV	9.0	23.8	128.2	Sever
5	KUR	9.9	37.7	144.5	Jih
6	KUS	9.1	33.7	147.5	Jih
7	NOV	9.5	30.9	144.9	Jih
8	ZUR	8.3	27.5	135.1	Sever
M		8.88	29.23	135.94	
SD		0.64	4.55	9.22	
V%		7.19	15.58	6.78	

8.2. Stabilometrie

Posrutografie se zabývá studiem a měřením posturální stability spontánních a aplikovaně stimulovaných pohybů těla objektu ve stojící pozici – v tom případě mluvíme o **stabilometrii**.

Stabilometrie patří mezi významné funkční vyšetřovací metody. Typické oblasti její aplikace jsou: neurologie, rehabilitace, pracovní lékařství, bezpečnost a hygiena, ve sportu a sportovním lékařství, v protialkoholových a protidrogových léčebnách. (Valová, Chalupová)

8.2.1. Definice základních pojmů

(International Society of Posturography, 1983)

Platformová stabilometrie měří výchylky těla ve vzpřímeném stoji pomocí stabilometru. Předpokladem je, že stabilometr představuje platforma snímající sílu, která na ní působí.

Stabilogram (symbol Sbg.) je graf znázorňující výchylky těla jako funkci v čase. V tomto znázornění je časové rozmezí uvedeno horizontálně a výchylky těla v anteriorním směru a doprava jsou zaznamenávány na kladnou vertikální osu.

Statokineziogram (symbol Skg.) je graf, který znázorňuje pohyby těla ve stoji jako výchylky těla v horizontální rovině, např. posuny centra tlaku těla na opornou plošinu. V tomto podání by se měly výchylky v pravolevém směru zaznamenávat na horizontální x osu, přičemž výchylka vpravo ve směru kladném, výchylky v předozadním směru by měly být zaznamenávány na vertikální y osu, výchylka vpřed odpovídá kladnému směru.

Pozn: Tyto definice však přesně neodpovídají názvům zažitým a používaným ve všech laboratořích. Posturografie stále není přesně definovaný předmět (co laboratoř, to jiný přístup k této problematice a tím i různé technické vybavení). (Valová, Chalupová, nepublikováno)

8.2.2. Použitá aparatura v experimentu

(Böswart J., nepublikováno)

Komponenty použité pro měření stability v laboratoři FTVS sportovní motoriky:

Aparatura Kistler – Deska libovolného typu. Nutné však zadat vzdálenost snímačů.

Elektronika osazena alespoň 4 nábojovými zesilovači

Počítač typu IBM (alespoň 286, EGA, DOS 3.3)

Tiskárna typu Epson 9 jehel

Analogo digitální karta převodníku PCL 8012 PG

Blok programů pro sběr a zpracování dat

Základním předpokladem použité aparatury je měřicí plošina – dynamometrická deska vyráběná firmou Kistler, která pracuje na principu piezoelektrických (křemíkových) krystalů. Změny tlaku vyvíjeného na plošinu jsou těmito krystaly snímány a přes zesilovač odesílány do počítače. Ten pomocí příslušného softwaru zpracovává a poskytuje potřebné informace ve formě výstupních dat, kterými lze hodnotit plochu a dráhu opsané křivky vektory korekčních podnětů. Tzn. boční a předozadní výchylky COP (sdLL, sdAP), boční a předozadní rychlost vyrovnávání těchto vychylek (vLL, vAP) a velikost celkové plochy stabilogramu (As).

8.2.3. Zpracovávání naměřených dat z Kistler desky

(Böswart J., nepublikováno)

Celé měření a zpracování je z hlediska ovládní segmentováno do jednotlivých kroků volaných z menu. Tato segmentace pak umožňuje libovolnou posloupnost práce při měření a zpracování. Měřením je míněna funkce sběru dat, označení dat a uložení dat. Zpracováním pak vyvolání měřených dat, numerické zpracování, tj. dopočet všech

parametrů, uložení zpracovaných údajů, doplnění nebo změna původního označení, zobrazení zpracovaných dat, tisk a export dat.

Vlastní výpočet z naměřených dat je získán prostřednictvím programu měření xy využívaného k pozorování dynamických jevů, kde vstupními analogovými signály jsou souřadnice x a y .

Zpracování dat probíhá vždy pouze na úrovni jednotlivého měření – pokusu. Každému měření je pak přiřazen soubor standardních parametrů. Výsledky jednotlivých měření se vzájemně nevyhodnocují – nesrovnávají v rámci tohoto programu. Vyhodnocení všech naměřených souborů se provádí v externím bloku programů Excel. Možnost selekce dat a jejich přenosu bývala jednou z funkcí menu. Dnes je použitý programátorský jazyk poněkud zastaralý, proto musí být data mechanicky přepisována do programu Excel, který dále pracuje s parametry, ne s průběhy.

8.2.4. Obecný popis grafů z výsledného protokolu

(Böswart J., nepublikováno)

Příklad jednoho z protokolů je k nahlédnutí v příloze č.1.

První zobrazený graf (I.) znázorňuje závislost výchylky na čase pro x -osu; označovanou též jako osa pravolevá. Kladné hodnoty znamenají výchylku v pravém směru, naopak záporné hodnoty znamenají výchylku ve směru levém. Nulová osa je průměrnou hodnotou ze všech vzorků. Vnitřní čerchovaně přerušované přímky jsou ve vzdálenosti jedné směrodatné odchylky. Vnější čárkovaně přerušované přímky pak znázorňují okamžité maximum, respektive minimum výchylek. Svislá osa je osou dráhy. Její měřítko je automaticky přepínáno v pevně zvolených krocích v řadě 10, 20, 50, 100 atd.

Druhý graf (II.) představuje závislost výchylky na čase pro y -osu; označovanou též jako osa předozadní. Platí zde totéž co pro osu x . Měřítka svislé osy je totožné pro předozadní a pravolevé výchylky. Při optickém srovnávání záznamů je nutné dávat pozor na velikost měřítka svislé osy.

Třetí graf (III.) je znázornění průmětu pohybujícího se COP (centrum tlaku) do půdorysu. Graf přebírá měřítko předcházejících grafů. Typ přerušovaných čar odpovídá grafům I. a II.

Čtvrtý graf (IV.) zachycuje četnost výskytu COP v půdorysu. Půdorys si lze představit jako kruh rozdělený na 36 totožných výsečí po 10° . Hledaný modul vektoru je dán počátkem, tj. středem os a koncovým bodem, tj. pozicí COP. Moduly vektorů se sumují v dané výseči. Výsledných 36 vektorů je normováno přes počet všech vzorků. Spojnice koncových bodů normovaných vektorů vykreslí tento graf. Měřítko os je vždy dvojnásobné proti předcházejícím grafům.

Pátý a šestý graf (V., VI.) je spektrální analýza v bočním a předozadním směru. Vodorovná frekvenční osa je logaritmická. Svislá osa nenesení informaci, amplituda je normována do optimální velikosti vzhledem k zobrazení. Stejnoseměrná složka není zobrazena. Horní a dolní mezní frekvence je závislá na době záznamu. Výpočet je prováděn matematickým postupem pro 2 na entou soudělným souborem motýlkovou operací. Pátý a šestý graf nejsou pro tuto DP podstatné.

Poslední zobrazenou informací je tabulka dopočítaných parametrů. Z ní jsou pro hodnocení této DP důležité údaje: čas, boční směrodatná odchylka výchylek sdLL [mm], předozadní směrodatná odchylka výchylek sdAP [mm], poměr těchto výchylek AP/LL (podíl hodnot jednotlivých os y/x, nebo-li číselně: AP směr dominuje >1 , LL směr dominuje <1), rychlost vyrovnání výchylek nebo-li dráha průmětu těžiště za sec boční vLL [mm/s] a předozadní vAP [mm/s], velikost plochy stabilogramu A_s [mm²] – graf IV.

V našem testu byl užit časový interval 30 sekund, což je dle japonského výzkumného centra nejčastěji používaná varianta (ve 37%). (International Society of Posturography, 1983)

8.2.5. Standardizace podmínek

(International Society of Posturography, 1983)

Protože měření stability subjektu může být ovlivněno okolnostmi, za kterých je test provozován, zde jsou následná doporučení:

a/ vyšetřovaný by si měl sundat obuv a stát na stabilometru s patami u sebe, v úhlu 30 stupňů mezi vnitřní stranou chodidel,

b/ žádný zdroj zvuku by neměl poskytovat informace pro prostorovou orientaci v místnosti, která se používá pro posturografii, hladina hluku v místnosti by měla být pod 40 decibelů,

c/ místnost by měla být dostatečně velká, aby zabránila prostorové akustické orientaci, minimální rozloha 3 krát 4 metry, stabilometr by měl být umístěn 1 metr ode zdi,

d/ během záznamu s otevřenýma očima, by se měl vyšetřovaný zaměřit na kruh v průměru 5 cm, ve vzdálenosti 3 m přímo před ním,

e/ pro záznam vizuální prostorové aktivity, by mělo periferní zorné pole poskytovat informace na svislé ose, místnost by měla mít normální osvětlení, min. 40 luxů,

f/ během záznamu s očima zavřenýma by mělo v místnosti svítit ztlumené světlo asi 20 luxů, aby mohl vyšetřovatel pozorovat vyšetřovanou osobu při pokusu.

9. VLASTNÍ EXPERIMENT

9.1. Organizace experimentu

Na spolupráci při experimentu se podílely dva gymnastické kluby AC Sparta Praha, TJ Slovan Praha, a dvě základní školy ZŠ Petřiny-jih, ZŠ Petřiny-sever.

Zkontaktování gymnastických klubů bylo zprostředkované přes trenérky M. Pinkavovou a S. Churavou, které přivedly své svěřenkyně na Fakultu tělesné výchovy a sportu, José Martího 31, Praha 6, kde se nachází laboratoř sportovní motoriky.

Kontrolní skupinu jsem sháněli s obtížemi, neboť souhlas s experimentem museli potvrdit ředitelé školy, třídní učitelé a především rodiče probandek.

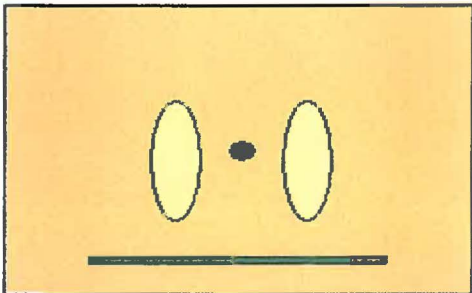
Měření jsme tedy provedli ve dvou termínech, první termín, 8. 1. 2007, byl pro gymnastickou skupinu a druhý, 20. 3. 2007, pro kontrolní skupinu. Obě dvě měření proběhla za stejných podmínek.

Před začátkem měření jsme rozdali dotazníky (viz příloha č. 2 a 3) čekajícím probandkám. Hlavním cílem nebyl dotazníkový průzkum, neboť odpovědi osmi letých dívek byly poněkud zavádějící, ale zadání úkolu, který pomohl udržet klidové podmínky pro měření. K dotazníkům bylo přesto přihlédnuto, především v otázce volného času a zájmů pro hodnocení výsledků experimentu.

Probandkám jsme změřili základní antropometrické údaje (hmotnost a tělesnou výšku), poté se přistoupilo k jednotlivým testům stabilometrie. Každá probandka byla přesně instruována o průběhu testování. Jednotlivé polohy byly vysvětleny a názorně předvedeny pro každou probandku zvlášť těsně před každým testem. Jednotlivé dívky provedly všech pět testů najednou.

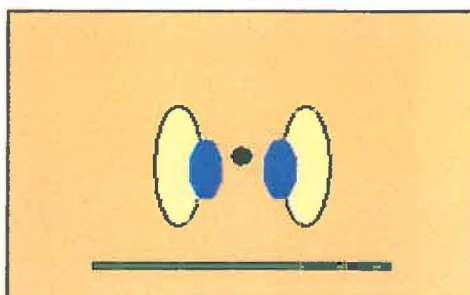
9.2. Charakteristika měřených pozic

Všech pět pozic jsme vybrali záměrně kvůli jejich jednoduchosti, zvládnutelnosti pro obě skupiny, a současně značné potřebnosti pro aktivity denního života (ADL). Zároveň byla zřetelná spojitost mezi polohami a specifickými gymnastickými prvky. Proto jsme terminologicky nerozlišovali rovnovážné schopnosti a dovednosti, ale označili jsme je společně jako schopnosti. Pět následujících testů, pozic, jsme rozdělili dále na testy všeobecné (PP-OO, PP-ZO) a specifické (arabeska, výpon, dřep).

<p>Schematický náčrt Kistler desky:</p> <p>Černá – střed desky</p> <p>Žlutá – předpokládané místo chodidel</p> <p>Zelená – zadní hrany pat nesměly tuto čáru přesáhnout</p> <p>Modrá – předpokládaná styčná plocha chodidel testovaných probandek</p>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

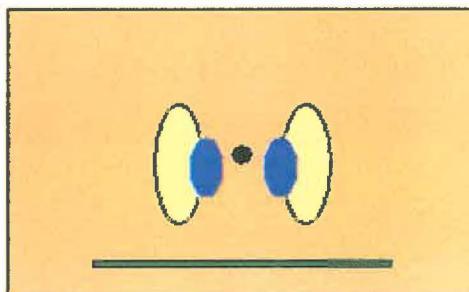
9.2.1. Přirozený postoj – otevřené oči (PP – OO)

Stoj, širší stojné baze je přirozená (cca chodidla v šíři pánve), paže visí volně podél těla, oči fixují stanovený bod ve výšce očí v mediální rovině na stěně.



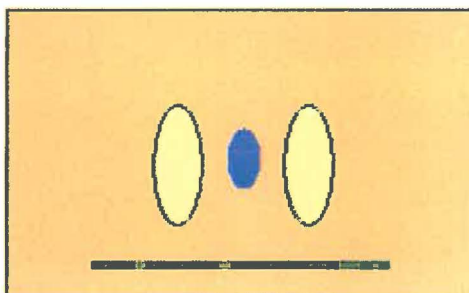
9.2.2. Přirozený postoj – zavřené oči (PP – ZO)

Stoj, širší báze je přirozená, paže volně visí podél těla, oči zavřené.



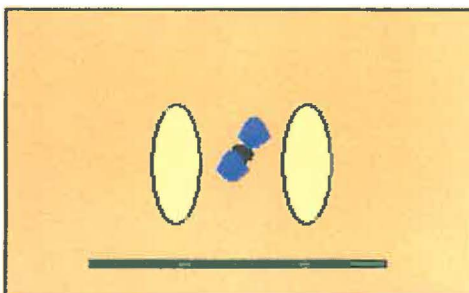
9.2.3. Stoj, zanožit pravou / levou, upažit (ARABESKA)

Testovaná si vybere preferovanou stojnou DK, druhá DK zanožit (= bez doteku podložky, v jakékoli výšce), upažit, oči fixují stanovený bod ve výšce očí v mediální rovině na stěně.



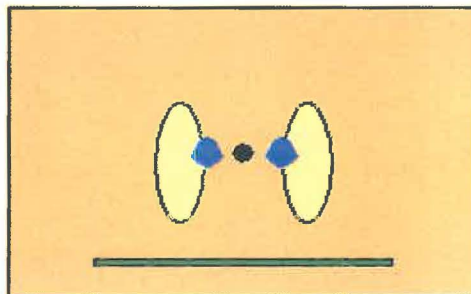
9.2.4. Stoj ve výponu (VÝPON)

Výpon, úzká báze, špičky chodidel těsně za sebou, tzv. „kladinový stoj“, připažit, oči fixují stanovený bod ve výšce očí v mediální rovině na stěně.



9.2.5. Dřep

Dřep, přirozená šíře baze, ruce v bok, vzpřímený trup, oči fixují stanovený bod ve výšce očí v mediální rovině na stěně. V této poloze je výrazně sníženo těžiště těla.



9.3. Podmínky pro posturografický záznam

Podmínkami vyšetření byly naprostý klid, ticho a normální osvětlení místnosti. Testovaná nesměla být rušena žádnými optickými ani akustickými podněty. Ve všech testech s otevřenými očima byla vyžadována fixace určeného bodu pohledem. Bod o průměru 2cm byl umístěn ve výšce očí v mediální rovině na stěně ve vzdálenosti cca 1,5m. Měření bylo prováděno ve všech polohách bez obuvi. Při značném vychýlení se z pozice, dotyku nohou či rukou o podložku, následoval okamžitý návrat do dané pozice.

9.4. Statistické zpracování výsledků

U jednotlivých skupin a jejich naměřených parametrů jsme pomocí programu Excel vypočítali základní matematicko - statistické charakteristiky, a to aritmetický průměr (M), směrodatná odchylka (SD) a variační koeficient (V%). Výsledky ve stabilometrických parametrech mezi skupinami jsou hodnoceny pomocí dvouvýběrového t-testu (Zvárová, 1998). Hranice významnosti je určena $p = 0,05$.

10. VÝSLEDKY

10.1. Porovnání mezi skupinami SG a KS v jednotlivých testech

Pro snadnější orientaci a lepší přehlednost bylo v této části DP interskupinové srovnání provedeno zvláště pro každou měřenou pozici. V tabulkách jsou uvedeny naměřené stabilometrické hodnoty, první tabulka z dvojice je vždy pro skupinu SG, druhá pro kontrolní skupinu. Dále následuje grafické znázornění, kde je pro skupinu SG použito světlé barvy a ke kontrolní skupině je přiřazena barva tmavší.

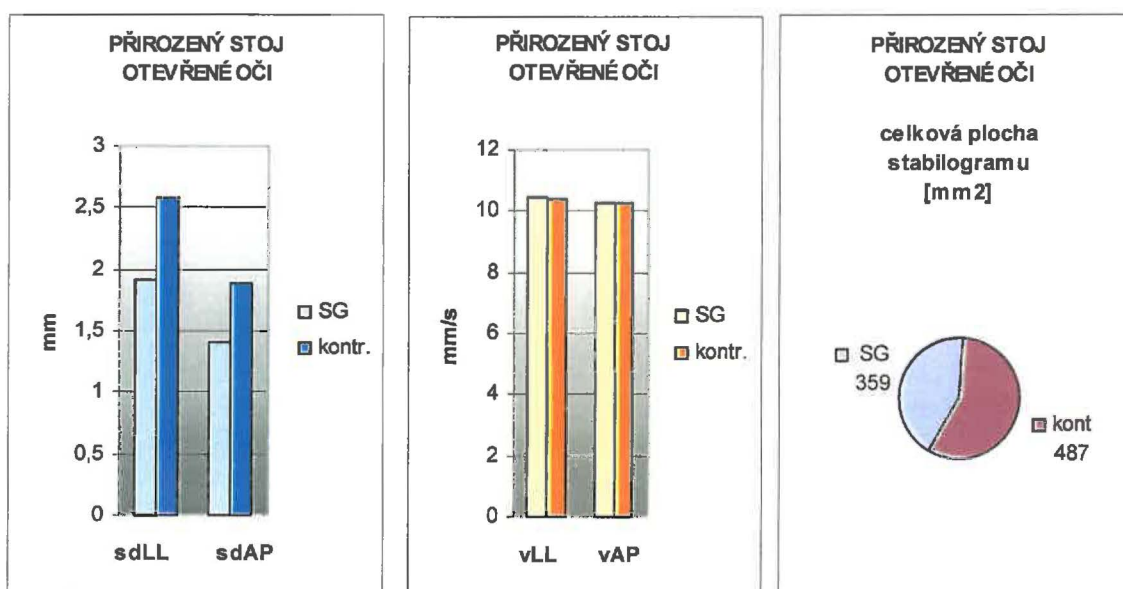
Statistická významnost pro jednotlivé parametry je uvedena níže v tabulce t – testů, tab. č. 13.

10.1.1. Přírozený postoj –otevřené oči, Tab. 3, 4, Graf 1, 2, 3

Průměrné hodnoty bočních (sdLL) i předozadních (sdAP) výchylek COP jsou u SG skupiny proti KS statisticky významně ($p = 0.039$ a 0.023 , tab. č. 13) nižší, obě rychlosti vyrovnávání výchylek COP naopak vyšší a plocha stabilogramu je významně ($p = 0,008$, tab. č. 13) menší. V každé skupině jsou pouze dvě probandky (PLA,VOH z SG a DRE, KUS z SK), u nichž je dominance předozadní výchylky COP – boční vyrovnávání výchylky COP převažuje v obou skupinách.

Hypotéza se pro tento test potvrdila ve třech parametrech (boční výchylka sdLL, předozadní výchylka sdAP a plocha stabilogramu A_s) (tab.13).

Graf č.1, 2, 3 Průměrné hodnoty parametrů stability SG a KS v testu PP-OO



Tab. 3 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability SG v testu PP-OO

SG: PŘIROZENÝ POSTOJ – OTEVŘENÉ OČI (PP-OO)							
dívka č.	značka	sd LL	Sd AP	AP/LL	v LL	v AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BLA	1.53	1.03	0.67	10.0	9.9	271
2	CAL	1.86	0.95	0.51	10.6	9.8	297
3	JIN	2.29	2.16	0.94	10.3	11.4	476
4	LUP	2.52	0.99	0.39	9.9	10.2	387
5	PLA	1.15	1.81	1.57	10.8	10.1	316
6	PUR	1.66	1.49	0.90	10.1	11.6	334
7	SIN	3.01	1.7	0.57	10.8	9.9	501
8	STA	1.69	1.36	0.80	10.7	9.5	322
9	STE	2.35	1.51	0.64	10.8	9.9	419
10	VOH	1.08	1.33	1.23	10.6	10.9	268
11	VLC	1.95	1.23	0.63	10.4	10.1	358
M		1.92	1.41		10.45	10.30	359.00
SD		0.56	0.36		0.32	0.66	75.05
V%		29.2	25.2		3.1	6.4	20.9

Tab. 4 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability KS v testu PP-OO

Kontr. sk.: PŘIROZENÝ POSTOJ – OTEVŘENÉ OČI (PP-OO)							
dívka č.	Značka	sd LL	sd AP	AP/LL	v LL	V AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BOU	2.12	0.93	0.44	10.1	9.9	324
2	CHR	1.71	1.43	0.83	10.0	10.5	328
3	DRE	1.87	2.37	1.27	11.5	10.3	467
4	JAV	3.50	1.91	0.54	10.9	10.8	611
5	KUR	2.43	2.20	0.91	10.3	10.2	478
6	KUS	1.92	2.76	1.43	10.3	10.6	504
7	NOV	2.61	1.81	0.69	9.6	9.9	466
8	ZUR	4.53	1.63	0.36	10.5	10.1	717
M		2.59	1.88		10.40	10.29	486.88
SD		0.91	0.54		0.55	0.31	123.15
V%		35.1	28.5		5.2	3.0	25.3

10.1.2. Přirozený postoj – zavřené oči, Tab. 5, 6, Graf 4, 5, 6

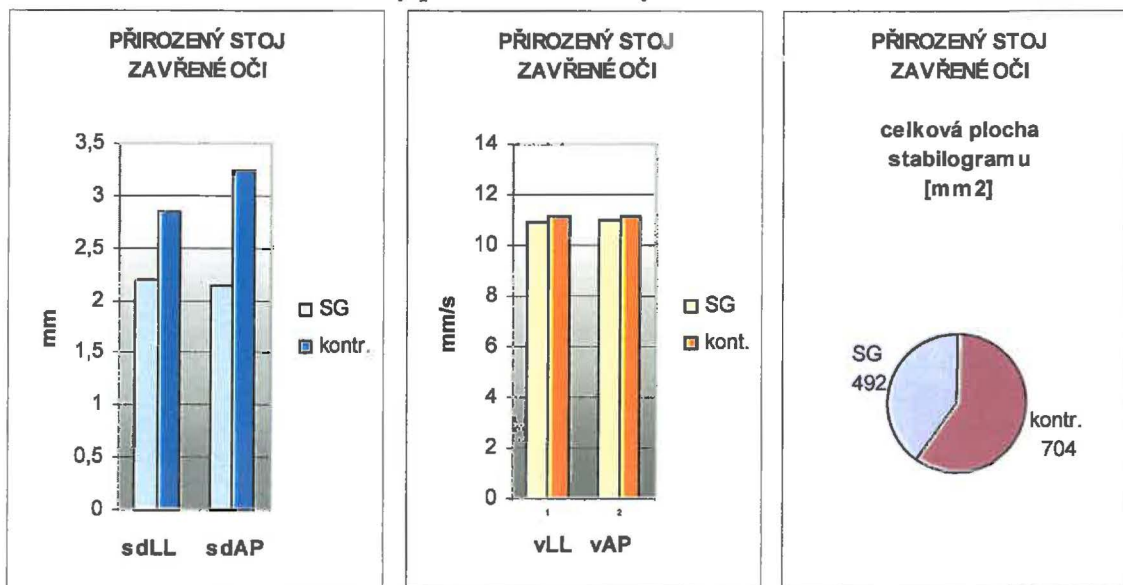
Průměrné hodnoty bočních i předozadních výchylek COP jsou u SG proti KS nižší (statisticky významný je tento rozdíl jen pro sdAP, $p = 0,003$, tab. č. 13). Obě průměrné rychlosti vyrovnávání výchylek COP jsou u SG statisticky nevýznamně nižší než u KS. Plocha stabilogramu (A_s) je u SG významně ($p = 0,009$, tab. č. 13) menší, než u kontrolní skupiny. Zásadní dominance bočních či předozadních výchylek COP není mezi skupinami shledána.

Z hlediska jednotlivců význačně převažuje u VOH z SG předozadní dominance, dále převažuje předozadní dominance i u BLA, LUP z SG, BOU, DRE, KUS z KS. U VLC z SG převažuje dominance boční.

VLC z SG má vysokou hodnotu sdLL (4,28 mm, tab. 5), i když v pozici PP-OO je její hodnota sdLL průměrná (tab. 3). KUR z KS má vysokou hodnotu A_s (1038 mm², tab. 6).

Hypotéza se pro tento test potvrdila ve dvou parametrech (předozadní výchylka sdAP a plocha stabilogramu A_s) (tab.13).

Graf č.4, 5, 6. Průměrné hodnoty parametrů stability SG a KS v testu PP-ZO



Tab. 5 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability SG v testu PP-ZO

SG: PŘIROZENÝ POSTOJ – ZAVŘENÉ OČI (PP-ZO)							
dívka č.	značka	sd LL	sd AP	AP/LL	v LL	v AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BLA	1.25	2.06	1.65	9.7	10.7	350
2	CAL	1.00	1.23	1.22	9.9	10.4	211
3	JIN	1.84	2.56	1.39	11.1	12.0	514
4	LUP	1.28	1.92	1.50	10.2	10.4	329
5	PLA	2.15	1.12	0.53	10.8	10.4	357
6	PUR	2.08	1.84	0.88	11.2	11.1	458
7	SIN	3.50	2.44	0.70	11.6	11.7	691
8	STA	1.82	2.31	1.27	11.0	11.9	455
9	STE	3.19	2.29	0.72	11.5	10.6	592
10	VOH	1.68	3.84	2.28	11.4	11.8	705
11	VLC	4.28	1.93	0.45	11.3	10.4	752
<hr/>							
M		2.19	2.14		10.89	11.03	492.18
SD		0.99	0.69		0.64	0.64	167.74
V%		45.2	32.3		5.9	5.8	34.1

Tab. 6 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability KS v testu PP-ZO

Kontr. sk.: PŘIROZENÝ POSTOJ – ZAVŘENÉ OČI (PP-ZO)							
dívka č.	značka	sd LL	sd AP	AP/LL	v LL	v AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BOU	2.07	3.30	1.60	11.1	13.2	658
2	CHR	3.08	3.54	1.15	11.9	11.4	803
3	DRE	1.71	2.96	1.73	11.9	10.6	564
4	JAV	3.87	3.60	0.95	10.3	11.4	824
5	KUR	4.04	4.70	1.16	12.4	11.1	1038
6	KUS	1.85	3.20	1.73	10.4	11.1	563
7	NOV	3.32	2.71	0.82	10.4	10.5	677
8	ZUR	2.86	1.92	0.67	11.1	9.8	505
<hr/>							
M		2.85	3.24		11.19	11.14	704.00
SD		0.84	0.75		0.75	0.93	164.96
V%		29.5	23.1		6.8	8.3	23.4

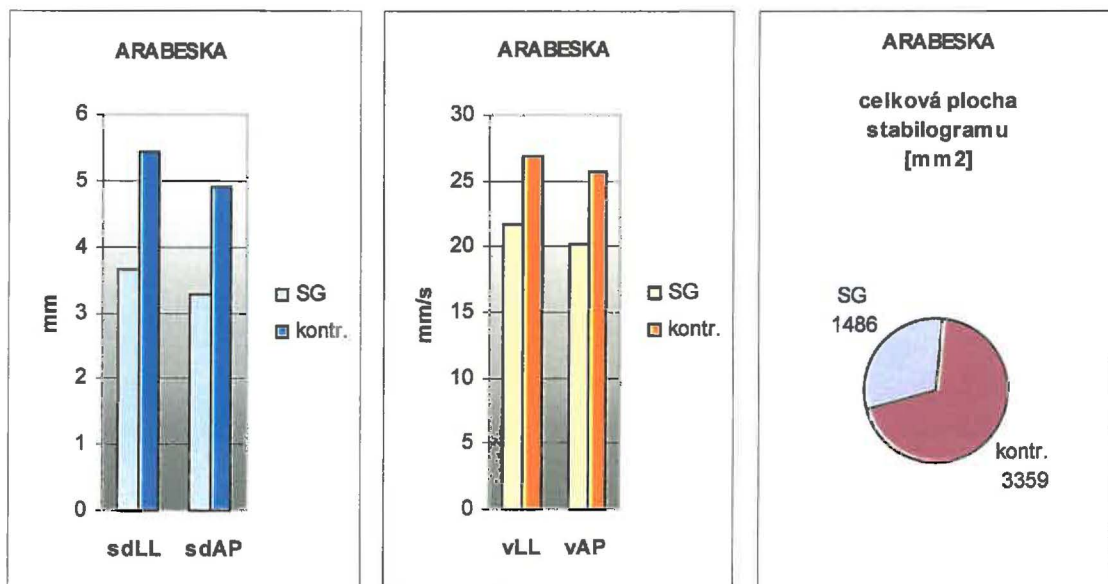
10.1.3. Arabeska, Tab. 7, 8, Graf 7, 8, 9

Průměrné hodnoty jsou ve všech parametrech (obě výchylky COP (pro sdLL je $p = 0.015$ a pro sdAP je $p = 0.029$, tab. 13), rychlosti vyrovnávání obou výchylek COP (pro vLL je $p = 0.022$ a pro vAP je $p = 0.035$, tab. 13), plocha stabilogramu ($p = 0,015$, tab. 13)) statisticky významně nižší u SG než u KS. V obou skupinách převažuje vyrovnávání výchylek v bočním směru.

PUR z SG má nízkou hodnotu A_s (839 mm², tab. 7). KUS z KS má nejvyšší hodnoty ze všech měřených probandek, kromě parametru vLL (tab. 8).

Hypotéza se pro tento test potvrdila ve všech parametrech (boční výchylka sdLL, předozadní výchylka sdAP, rychlosti vyrovnání výchylek vAP, vLL a plocha stabilogramu A_s).

Graf č.7, 8, 9 Průměrné hodnoty parametrů stability SG a KS v testu ARABESKA



Tab. 7 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability SG pro test ARABESKA

SG: STOJ ZANOŽIT LEVOU/PRAVOU(ARABESKA), UPAŽIT							
dívka č.	značka	sd LL	Sd AP	AP/LL	v LL	V AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BLA	4.54	3.33	0.73	25.0	20.4	1829
2	CAL	2.06	4.33	2.10	17.5	18.3	1206
4	LUP	2.56	3.26	1.27	20.3	17.9	1140
5	PLA	2.81	4.45	1.58	19.3	23.8	1508
6	PUR	3.25	2.44	0.75	15.8	14.6	839
7	SIN	4.22	3.14	0.74	27.5	22.3	1843
8	STA	4.37	3.06	0.70	28.1	26.8	1988
9	STE	5.40	3.47	0.64	23.4	21.1	1989
10	VOH	3.57	2.78	0.78	21.7	19.1	1313
11	VLC	3.98	2.54	0.64	18.0	18.0	1204
M							
		3.68	3.28		21.66	20.23	1485.90
SD							
		0.97	0.64		4.03	3.29	384.29
V%							
		26.4	19.5		18.6	16.3	25.9

Tab. 8 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability KS pro test ARABESKA

Kontr. sk.: STOJ ZANOŽIT LEVOU/PRAVOU(ARABESKA), UPAŽIT							
dívka č.	značka	sd LL	sd AP	AP/LL	v LL	v AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BOU	3.46	2.98	0.86	20.3	19.5	1400
2	CHR	4.87	4.23	0.87	32.8	29.0	2783
3	DRE	4.93	5.50	1.11	30.0	37.3	3775
4	JAV	6.91	6.78	0.99	30.9	22.8	4194
5	KUR	5.52	3.96	0.72	29.8	24.0	2785
6	KUS	9.68	9.88	1.02	28.1	36.1	8877
7	NOV	3.88	2.78	0.72	15.6	14.3	1026
8	ZUR	4.16	3.19	0.77	27.7	22.1	2035
M							
		5.43	4.91		26.90	25.64	3359.38
SD							
		1.89	2.27		5.50	7.47	2318.77
V%							
		34.9	46.2		20.4	29.1	69.1

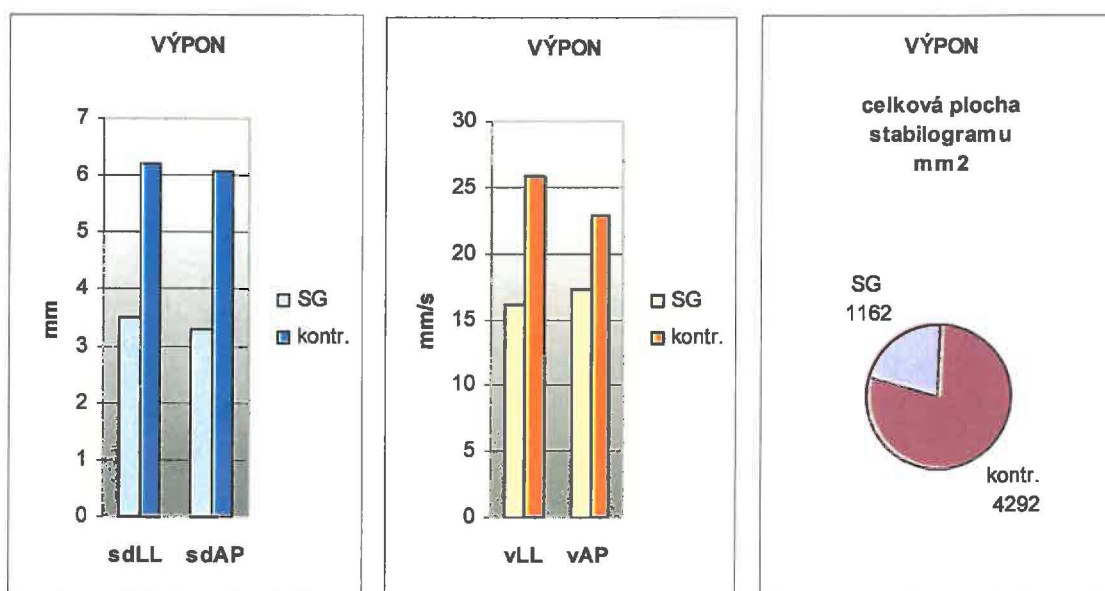
10.1.4. Výpon, Tab. 9,10, Graf 10, 11, 12

Průměrné hodnoty bočních (sdLL) i předozadních (sdAP) výchylek COP jsou u SG skupiny statisticky významně ($p = 0.014$ a 0.035 , tab. č. 13) nižší než u KS. Rychlosti vyrovnávání obou výchylek (vLL, vAP) COP jsou u SG skupiny nižší, statistická významnost je jen u vAP ($p = 0,049$, tab. č. 13), ale vLL je téměř na hranici významnosti ($t = 0,052$). Plocha stabilogramu (As) je u SG skupiny nevýznamně menší. V obou skupinách jsou výchylky COP vyrovnávány jak v předozadním tak i v bočním směru téměř stejně.

NOV z KS má všechny hodnoty všech měřených parametrů výrazně nejvyšší ze všech testovaných (tab. 10).

Hypotéza se pro tento test potvrdila ve třech parametrech (boční výchylka sdLL, předozadní výchylka sdAP, rychlost vyrovnání předozadních výchylek vLL).

Graf č.10, 11, 12 Průměrné hodnoty parametrů stability SG a KS v testu VÝPON



Tab. 9 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability SG pro test VÝPON

SG: STOJ VE VÝPONU (VÝPON)							
dívka č.	značka	sd LL	sd AP	AP/LL	v LL	v AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BLA	3.01	2.51	0.83	14.0	15.7	842
2	CAL	3.20	3.19	1.00	13.5	15.0	975
3	JIN	3.61	3.57	0.99	19.2	24.9	1551
4	LUP	3.04	3.38	1.11	14.0	15.3	934
5	PLA	3.73	3.21	0.86	21.3	14.4	1342
6	PUR	2.95	4.67	1.58	12.7	14.5	1042
7	SIN	3.14	3.88	1.24	16.2	17.8	1215
8	STA	3.33	2.52	0.76	21.3	18.6	1191
9	STE	3.68	2.89	0.78	16.5	16.5	1045
10	VOH	4.16	3.96	0.95	15.2	23.9	1650
11	VLC	4.76	2.39	0.50	13.6	12.9	993
M							
		3.51	3.29		16.14	17.23	1161.82
SD							
		0.53	0.67		2.99	3.71	247.08
V%							
		15.2	20.4		18.5	21.5	21.3

Tab. 10 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability KS pro test VÝPON

Kontr. Sk.: STOJ VE VÝPONU (VÝPON)							
dívka č.	značka	sd LL	sd AP	AP/LL	v LL	v AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BOU	2.91	2.38	0.82	15.0	14.6	787
2	CHR	4.87	4.78	0.98	21.9	20.1	2037
3	DRE	6.47	5.85	0.90	24.8	28.1	3766
4	JAV	4.33	3.66	0.84	18.9	17.9	1565
5	KUR	5.33	4.09	0.77	20.4	18.5	1879
6	KUS	7.37	5.92	0.80	19.4	18.7	2631
7	NOV	14.77	17.5	1.18	71.0	44.8	20260
8	ZUR	3.74	4.46	1.19	15.2	20	1411
M							
		6.22	6.08		25.83	22.84	4292.00
SD							
		3.50	4.45		17.34	9.04	6092.43
V%							
		56.2	73.2		67.2	39.6	142.0

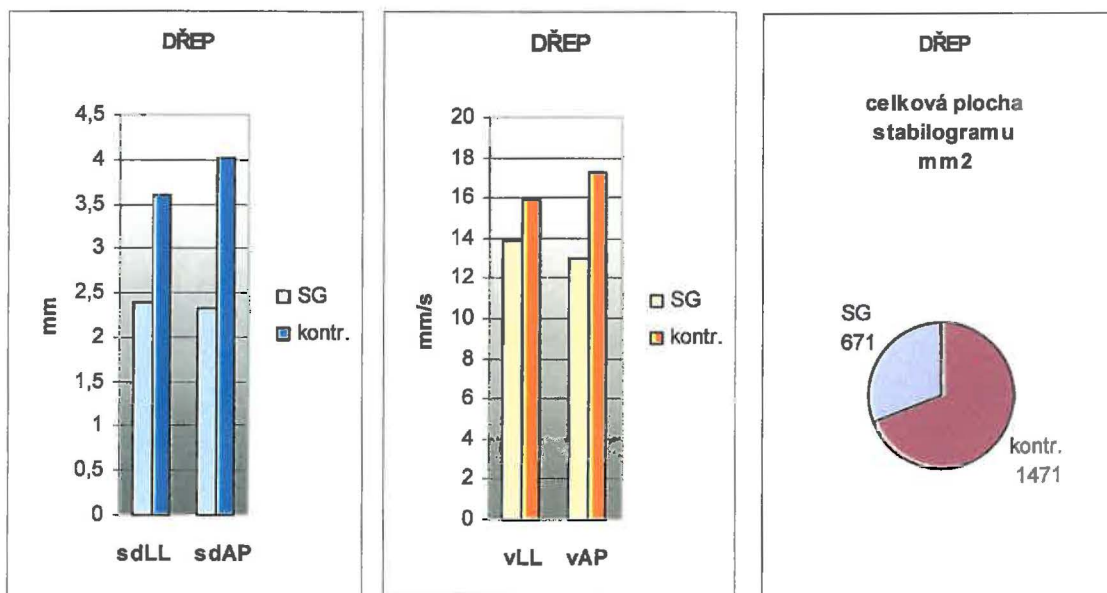
10.1.5. Dřep Tab. 11, 12, Graf 13, 14, 15

Průměrné hodnoty jsou ve stabilometrických parametrech (obě výchylky COP ($p = 0.036$ a 0.029 , tab. č. 13), rychlost vyrovnávání předozadní výchylky COP ($p = 0,013$, tab. č. 13), plocha stabilogramu ($p = 0,032$, tab. č. 13)) kromě rychlosti vyrovnání bočních výchylek statisticky významně nižší u SG skupiny proti kontrolní. U SG převažuje vyrovnávání výchylek v bočním směru, u KS ve směru předozadním.

ZUR a DRE z KS mají všechny hodnoty značně vysoké (tab. 12)

Hypotéza se pro tento test potvrdila ve čtyřech parametrech (boční výchylka sdLL, předozadní výchylka sdAP, rychlosti vyrovnání výchylek vAP, vLL a plocha stabilogramu As).

Graf č.13, 14, 15 Průměrné hodnoty parametrů stability SG a KS v testu DŘEP



Tab. 11 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability SG pro test DŘEP

SG: DŘEP							
dívka č.	Značka	sd LL	Sd AP	AP/LL	v LL	V AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BLA	2.12	2.79	1.31	13.9	12.2	707
2	CAL	2.31	1.84	0.80	12.2	11.7	496
3	JIN	2.56	3.39	1.32	18.5	18.7	1195
4	LUP	2.14	1.98	0.93	11.7	11.5	499
5	PLA	2.68	1.80	0.68	13.5	15.2	670
6	PUR	2.06	2.97	1.45	12.4	11.2	612
7	SIN	3.66	1.99	0.54	14.6	13.2	803
8	STA	1.78	2.67	1.49	12.5	13.0	592
9	STE	2.11	2.01	0.95	12.1	11.7	494
10	VOH	2.73	2.11	0.77	16.4	13.0	736
11	VLC	2.18	2.04	0.94	14.7	11.9	576
M		2.39	2.33		13.86	13.03	670.91
SD		0.48	0.51		2.00	2.09	192.54
V%		20.3	21.9		14.4	16.1	28.7

Tab. 12 Individuální a průměrné hodnoty parametrů stability KS pro test DŘEP

Kontr. Sk.: DŘEP							
dívka č.	Značka	sd LL	sd AP	AP/LL	v LL	v AP	As
		[mm]	[mm]	(poměr)	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
1	BOU	1.49	1.87	1.25	11.5	14.5	445
2	CHR	2.74	2.46	0.90	13.1	14.6	743
3	DRE	4.98	6.47	1.30	24.4	22.8	3181
4	JAV	2.03	2.44	1.20	12.6	16.9	662
5	KUR	2.89	4.84	1.67	14.0	16.4	1179
6	KUS	2.96	2.60	0.88	15.1	14.3	828
7	NOV	3.91	2.02	0.52	11.1	11.3	752
8	ZUR	7.87	9.36	1.19	25.7	27.2	3975
M		3.61	4.01		15.94	17.25	1470.63
SD		1.90	2.52		5.40	4.86	1247.34
V%		52.6	62.9		33.9	28.2	84.8

10.1.6. Shrnutí výsledků rozdílů mezi SG a KS

Následující tabulka č. 13 je přehledem statistické významnosti, která byla spočítána metodou t-testu pro jednotlivé testované pozice mezi skupinou SG a kontrolní sk. Hranici významnosti jsme určili $p = 0,05$, což je doplněk koeficientu spolehlivosti při 95%. Zeleně označená pole jsou statisticky významná, tzn. výsledná hodnota pro jednotlivý t-test byla menší než hranice významnosti.

V měřených parametrech (sdLL, sdAP, vLL, vAP, As) ve všech pozicích byly průměrné hodnoty gymnastické skupiny vždy nižší, kromě vLL v PP-OO, ať už se statistickou významností - častěji - nebo bez ní. Statisticky významné nebyly jen vLL, vAP v pozici PP-OO, sdLL, vLL a vAP v pozici PP-ZO, vLL v pozici dřep. V pozici výpon vLL a As dosáhly téměř k hranici významnosti.

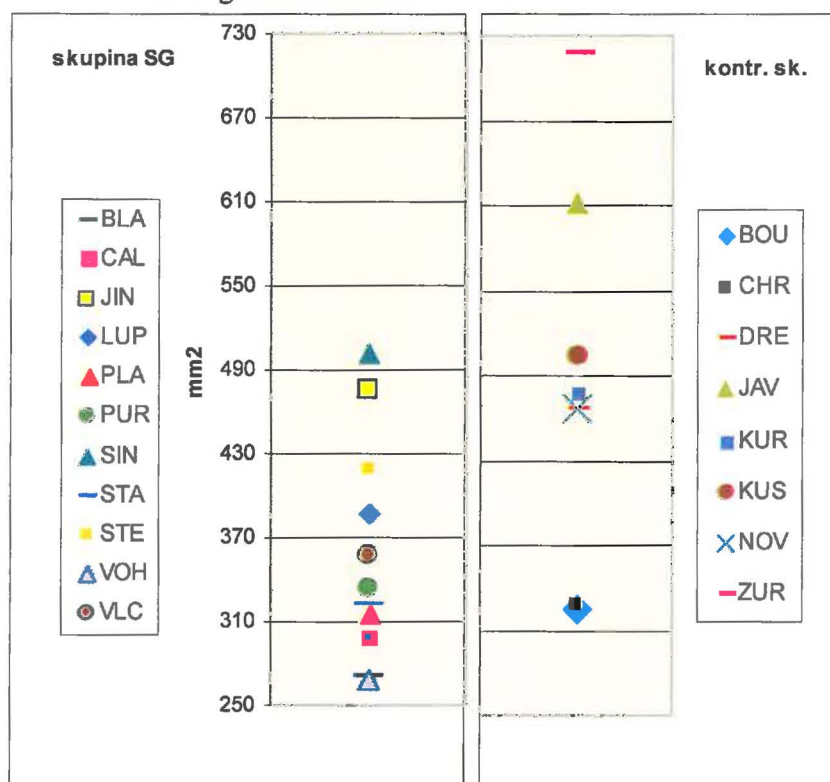
Tab. 13 Porovnání rozdílů v stabilometrických parametrech mezi SG a KS ve všech pozicích (dvouvýběrový t-test)

	sd LL	sd AP	v LL	v AP	As
	[mm]	[mm]	[mm/s]	[mm/s]	[mm ²]
PP-OO	0.039	0.023	0.400	0.481	0.008
PP-ZO	0.083	0.003	0,197	0,388	0.009
ARABESKA	0.015	0.029	0.022	0.035	0.015
VÝPON	0.014	0.035	0.052	0.049	0.063
DŘEP	0.036	0.029	0.142	0.013	0.032

12.2. Individuální hodnocení pro základní test PP-OO

Následující bodový graf 16 zobrazuje srovnání velikosti ploch stabilogramu (A_s) dvou skupin v nejzákladnější pozici PP-OO. Každá probandka má přiřazenou svou barevnou značku (viz legenda). Značky dívek z gymnastické skupiny jsou soustředěny v dolní polovině grafu, což značí menší plochy stabilogramu než v kontrolní skupině. Však i v kontrolní skupině byla dvě děvčata (BOU a CHR), která vykázala hodnoty podobné průměrným hodnotám skupině SG. Naopak probandka ZUR z KS dosáhla dvakrát větší plochy stabilogramu než je průměrná hodnota A_s v SG.

Graf 16. Velikost stabilogramu PP-OO



Dále jsem sledovali vzdálené hodnoty průměru v KS tam, kde došlo k nechtěnému dotyku podložky. Jednalo se o pozice arabeska tab. 8 (KUS, JAV, DRE, CHR), dřep tab. 12 (DRE, ZUR).

V pozici výpon tab. 10 dosáhla probandka NOV z KS extrémě vysokých hodnot $sdLL = 14.77\text{mm}$, $sdAP = 17.50\text{mm}$, $vLL = 71.0\text{mm/s}$, $vAP = 44.8\text{mm/s}$, $As = 20\ 260\ \text{mm}^2$.

V hodnotách AP/LL se vymyká hodnota 2.1, u CAL z SG v pozici arabeska jednoznačně převládly výchylyk předozadní tab. 7. VLC z SG měla naopak výraznou dominanci vyrovnávání výchylek v bočním směru v pozici PP – ZO, AP/LL je 0.45 tab. 5.

Plocha stabilogramu ($As = 839\ \text{mm}^2$) probandky PUR z SG v poloze arabeska představuje velmi nízkou hodnotu ve srovnání s ostatními dívkami tab. 7.

10.3. Souhrn výsledků

V tomto experimentu jsme se především soustředili na porovnání rozdílů průměrných stabilometrických parametrů ($sdLL$, $sdAP$, vLL , vAP , As) mezi dvěma skupinami.

Ve všech testech a ve všech měřených stabilometrických parametrech byly průměrné hodnoty pro SG nižší než u KS, s výjimkou základní polohy PP-OO v parametru vLL , kde se jednalo nepatrný rozdíl (graf č.2).

Ve všeobecných testech se obecně jednalo o menší rozdílné hodnoty mezi SG a KS (grafy č. 1-6). Specifické testy ukázaly významnější výsledky (grafy č. 7-15).

Boční výchylyk COP byly v průměru menší u gymnastické skupiny ve všech měřených polohách než u kontrolní skupiny. Ve všech testech kromě PP-ZO se jednalo o rozdíly statisticky významné.

Stejně tak i předozadní výchylyk COP byly v průměru menší u SG než u KS. Zde dokonce platila statistická významnost pro všechny testy bez výjimky.

Rychlosti vyrovnání obou výchylek COP byly nižší u skupiny SG ve třech testech – arabeska, výpon, dřep se statistickou významností jen pro výchylku předozadní. V testu PP-OO byly výsledky téměř stejné a v testu PP-ZO jsme naměřili velice podobné hodnoty, což znamená statisticky nevýznamné.

Všechny celkové plochy stabilogramů jsou menší v případě gymnastické skupiny než kontrolní. Hranice významnosti byla přesažena jen v testu výpon, tzn. ostatní testy jsou významné.

Ačkoli by se pro skupinu SG dala předpokládat preference vyrovnávání výchylek v předozadním směru z důvodů specifických potřeb gymnastického náradí, především kladiny, obecně jsme neobjevili závažnou převahu vyrovnávání výchylek v žádném směru.

11. DISKUZE

Graficky jsme znázornili naměřené parametry A_s pro základní pozici PP-OO (graf 16). Na tomto bodovém grafu jsou zřetelně vidět průměrně nižší hodnoty A_s v gymnastické skupině. V kontrolní skupině byly však dvě dívky (BOU, CHR), jejichž hodnoty A_s by náležely lépe ke skupině SG.

Nejpřístupnější vysvětlení jsme našli v dotaznících, obě dívky odpověděly, na otázku "Jaké jsou tvoje koníčky?", podobně, na prvním místě zmínily sport jako svou zálibu. BOU uvádí balet, CHR aerobik.

V kontrolní skupině se nejednou vyskytly nežádoucí dotyky podložky v testu arabeska a dřep, důvodem byla pravděpodobně náročnější úroveň těchto pozic, s kterými neměla děvčata z KS tolik motorických zkušeností jako probandky ze skupiny SG. Stále se však jednalo o jednoduché pozice běžně se vyskytující i v denních činnostech nesportovce.

Je tedy možné, že rozdíl v rovnovážných dovednostech mezi skupinami SG a KS, lepší rovnováha u SG, byl vyvolán tréninkem, ale ne tréninkem sportovní gymnastiky v pravém slova smyslu, pouze předčasným, urychleným, intenzivnějším seznámením

gymnastek s konkrétními motorickými dovednostmi jako je balancování v polohách specifických testů. Otázkou zůstává, zda přichází v úvahu vyrovnání rozdílů v budoucnosti, zda by s postupem věku probandky z KS také zlepšily své výsledné hodnoty v stabilometrických parametrech aniž by záměrně “trénovaly” testované pozice.

Dále jsme si nemohli být jisti, nakolik vstoupily do experimentu genetické dispozice, přirozený talent dívek z SG. Jejich rovnovážné schopnosti mohly být lepší již v období před jakýmkoli tréninkem sportovní gymnastiky, vezmeme-li v úvahu, že člověk dělá, co jej baví a baví ho to, co mu jde.

Dalším faktorem, který byl v této práci zmíněn jen okrajově, ale přitom mohl značně ovlivnit výsledky měření, je psychická stránka jedince. Dívky ze skupiny SG mají závodní zkušenosti, tedy nebyl pro ně experiment jediným vystupováním ve stresově náročnějších podmínkách, předvádění svých motorických dovedností by mělo být jejich zábavou. Roli pravděpodobně sehrála i motivace, kdy “závodní duše” gymnastek na sebe nedala zapomenout, narozdíl od dívek z KS, které se nechaly “jen změřit”.

Konkrétně poloha arabeska se jevila jako nejsložitější test. Předpokladem bylo, že dívky z obou skupin tuto polohu zvládnou bez přerušení celých 30s, neboť jsme tak usuzovali na základě teoretických poznatků. Janda považuje stoj na jedné noze za nejzákladnější polohu člověka, která představuje 85% krokového cyklu člověka. Véle (1997) je stejného názoru: schopnost stabilního stoje na jedné noze by měla být přítomna od třetího roku pohybového vývoje, protože je nutnou podmínkou stabilní bipedální lokomoce.

Přesto se jedné probandce (JIN) z SG nepodařilo dokončit celý test arabeska. Ukončila toto měření dotykem po 25s a okamžitě se nevrátila do požadované polohy, proto jsme si s přihlédnutím k teoretickým poznatkům a faktu, že je arabeska jedním ze základních prvků gymnastického tréninku, dovolili JIN ze skupiny SG pro tento test vyřadit.

12. ZÁVĚR

Výsledky veškerého stabilometrického měření u zdravých subjektů ukazují rozsáhlé interindividuální rozdíly (International Society of Posturography, 1983). Proto nemohou být definovány žádné přesné hranice hodnot, které by svědčily o patologických či fyziologických rovnovážných reakcích.

Stějně tak i v našem experimentu nejsme schopni určit výborné, dobré či jen dostačující stabilizační schopnosti posturálního systému jednotlivých probandek ani celých skupin. Můžeme jen zhodnotit difference mezi skupinami či dívkami. Stále ale narážíme na problém individuality, a tím tedy na srovnávání nesrovnatelného.

Proto bylo naším prvotním záměrem vytvořit dvě skupiny co nejvíce homogenní. Bohužel jsme nedosáhli všech svých prvotních předpokladů. Očekávali jsem početnější soubory (nejméně 12 a 12dívek) a museli jsme zahrnout do kontrolní skupiny i probandky (BOU, CHR), které v dotazníku uvádějí gymnastický sport jako svou zálibu. Dokonce se do KS, i přes jasné stanovení podmínek, přihlásila probandka věnující se sportovní gymnastice, která tedy byla dodatečně přeřazena do skupiny SG.

Z těchto důvodů byly výsledky pravděpodobně těmito faktory ovlivněny, i přesto ale průměry ukázaly na lepší rovnovážné schopnosti skupiny SG téměř ve všech ohledech.

Organizace experimentu byla poněkud náročná. Největší úskalí představovalo získání probandek pro kontrolní skupinu a jejich doprava do laboratoře sportovní motoriky. Dále se teprve zde, v LSM, při provádění měření a současném vyplňování dotazníků, zjistilo nerespektování instrukcí zvacích letáků. Zpětně bychom mohli namítnout, že dotazníky mohly být vyplněny předem a podle nich se měl vytvořit výběr kontrolní skupiny. Ale dotazníky měly dvojí funkci, kromě podání informací zajišťovali klid v laboratoři. Navíc nikdo nepředpokládal, že rodiče odsouhlasí měření dcery, která nesplňuje požadavky.

Postojů, které jsme vybrali pro měření, bylo původně šest, ale počítač z neobjasněných důvodů poslední pozici nezaznamenal. Jednalo se o stoj velice úzké base – “kladinový stoj”. Tato pozice byla jednoduchou formou polohy výponu.

Poloha výpon představovala pozici paží v připázení. Pro příští měření bychom doporučili v poloze výpon vzpažit, což by bylo vhodnější jak z hlediska gymnastického tak z hlediska ADL, i když by se jednalo o vytvoření pozice značně náročnější. Bylo by tedy pak nutné znovu rozvážit možnosti kontrolní skupiny. Na druhou stranu se nám již v tomto experimentu ukázalo, že specifické testy (arabeska, výpon, dřep) mají mnohem blíže k odhalení rozdílů v rovnovážných dovednostech než testy všeobecné (PP-OO, PP-ZO).

Přesto jsme shledali použitou baterii testů jako dostačující a vhodně použitou pro zkoumanou věkovou kategorii i řešený úkol a mohli bychom ji doporučit pro použití do dalších experimentů.

Tyto experimenty by mohly přinést další poznatky jak v oblasti sportovní, tak i zdravotní, jak pro tréninkové metody či výběr talentů, tak pro postupy terapeutické a rehabilitační.

Výzkum v této diplomové práci prokázal rozdíl rovnovážných dovedností mezi dívkami trénujícími sportovní gymnastiku a mezi kontrolní skupinou. Bylo by tedy možné se dále zabývat například aplikací gymnastických cvičení, tréninkových metod a použití gymnastického náradí pro zdravotní diagnózy s poruchou či zhoršenou rovnováhou určitého typu.

V. SEZNAM POUŽITÉ LITERETURY

- BARTŮŇKOVÁ, S.: *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*, Karolinum 2006
- ČIHÁK, R.: *Anatomie, část I*. Praha, Avicenum 1987
- HÁJEK, J.: *Antropomotorik*. Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy v Praze 2001
- HAHN, A.: *Otoneurologie, Diagnostika a léčba závratí*, str 17 – 25, Grada 2004
- JANDA, V. a kol.: *Svalové funkční testy*. Praha, Grada 2004, s. 279
- KRYL, L.: *Použití posturografie ke sledování výkonnosti vrcholových střelců*. Habilitační práce, Praha, 2. Lékařská fakulta UK 1979
- KRIŠTOFIČ, J. A KOLEKTIV AUTORŮ: *Gymnastika*. Praha : Karolínium. 2003
- KRIŠTOFIČ, J.: *Gymnastika pro zdravotní a kondiční účely*. ISV nakladatelství, Praha 2000
- KRIŠTOFIČ, J.: *Gymnastická příprava sportovce*. Praha, Grada 2004
- KAPTEYN, T., BLES, W., NJIOKIKTIEN, CH., KODDE, L., MASSEN, C., MOL, J.: *Standardization in platform stabilometry being a part of posturography*. Paris, SPEI 1983
- LATASH, M., L.: *Neurophysiological basis of movement, Preprogrammed corrections of vertical posture*, str. 102 - 105, Human Kinetics 1998
- LEWIT, K.: *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně, 4.vydání*. J.A.BarthVerlag Heidelberg, Leibzig, ve spolupráci s Českou lékařskou společností J.E.Purkyně, Praha 1996
- MARIEB, E. N., MALLAT, J.: *Anatomie lidského těla*. CP Books, a.s. Brno 2002
- MĚKOTA, K., NOVOSAD, J.: *Motorické schopnosti*. Olomouc, Univerzita Palackého 2005
- NEVŠÍMALOVÁ, S., RŮŽIČKA, E., TICHÝ, J. a kol.: *Neurologie*, str. 21-25, Karolinum, Galén 2002
- NOVÁKOVÁ, H.: *Problematika hodnocení parametrů stability získaných z Kistler desky*, předneseno dne 22.-23. června 2000 na konferenci "Kineziologie 2000" na FTVS UK.

- RAKUŠANOVÁ, L.: *DP – Vliv jízdy na koni na dynamiku posturálních reakcí*. Praha FTVS, 2004
- TROJAN, S. a kol.: *Lékařská fyziologie*. Praha, Grada, Avenicum 1994
- TROPP, H., EKSTRAND, J., GILLQUIST, J.: *Stabilometry in functional instability of the ankle and its value of predicting injury*. Med Sci Sports 16, 1984
- VAŘEKA, I.: *Posturální stabilita 1. část – terminologie a biomechanické principy*. Rehabilitace a fyzikální lékařství, č.4,2002
- VÉLE, F.: *Kineziologie posturálního systému*. Praha 1995
- VÉLE, F.: *Kineziologie pro klinickou praxi*. Grada 1997
- ZVÁROVÁ, J.: *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. Praha, Karolinum 1998
- KOLÁŘ, P. UK 2.LF Systematizace sv. dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie
Valová Dagmar, Chalupová Monika, nepublikováno
Böswart, J., Stabilometrie, nepublikováno

VI. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADL	activities of day living
AP	předozaďní (anterioposterior) směr
AP	akční potenciál
AP/LL	poměr, určuje dominanci směru
As[mm*mm]	velikost plochy stabilogramu
AS	area of support, opěrná plocha
BS	base of support, oporná baze
COG	centre of gravity, průmět těžiště do roviny opěrné baze
COM	centre of mass, těžiště
COP	centre of pressure, působiště vektoru reakční síly podložky
Cpáteř	krční páteř
LL	boční (laterolateral, pravolevý) směr
M	aritmetický průměr
n.	nervus
p	hranice významnosti
PP-OO	přirozený postoj, otevřené oči
PP-OZ	přirozený postoj, zavřené oči
RF	retikulární formace
RP	receptorový potenciál
SD	směrodatná odchylka
Sbg	stabilogram
sdLL[mm]	boční výchylky COP
sdAP[mm]	předozaďní výchylky COP
SG	sportovní gymnastika
vAP[mm*s-1]	předozaďní rychlost vyrovnávání výchylek
vLL[mm*s-1]	boční rychlost vyrovnávání výchylek
V%	variační koeficient

VII. PŘÍLOHY

12. Příloha 1

DOTAZNÍK PRO SG

- ☺ Tvé jméno:
 - ☺ Ročník narození:
 - ☺ Do které školy a třídy chodíš?
 - ☺ Jaké jsou tvoje koníčky (co tě baví, další jiné sporty, kroužky, umění...)?

 - ☺ Proč chodíš na gymnastiku?

 - ☺ Napiš čísla k jednotlivým nářadím od nejoblíbenějšího (1) po nejmíň oblíbené (4).
přeskok bradla kladina prostná

 - ☺ Napiš 5 prvků, které máš ráda, a 5 prvků, které jsou pro tebe neoblíbené.
OBLÍBENÉ NEOBLÍBENÉ.....
.....
.....

 - ☺ Máš ráda závody? Chtěla bys závodit častěji?
 - ☺ Jaké jsou pro tebe 3 nejoblíbenější předměty ve škole?
 - ☺ Baví tě tělesná výchova? Co tě baví v TV nejvíce?
 - ☺ Máte ve škole v hodině TV gymnastiku?
 - ☺ Výška matky ...cm Výška otce ...cm
 - ☺ Které sporty rodiče provozují (i dříve)?
 - ☺ Zranění, které jsi prodělala, hl. DKK.
-
- ☺ Jméno trenéra (trenérů):
 - ☺ Jméno vašeho oddílu:
 - ☺ Kolik let trénuješ sportovní gymnastiku?
 - ☺ Kolik hodin týdně trénuješ SG? Kolikrát týdně?
 - ☺ Jakým způsobem jsi se dostala k SG?
 - ☺ Jakou jsi měla známku na kladině? Troje poslední závody?
 - ☺ Kolik hodin strávíš tréninkem na kladině (+ jiná rovnovážná cvičení)? Rozvíjíte rovnovážné dovednosti speciálními cvičeními, jakými?

PLAŤILOVA

výška otec
výška matky
jake' sporty dělají rodiče (i dříve)

NATÁLKA DOTAZNÍK

máma - Pilates, jóga, běh, všechny sporty

táta - běh, běh na lyžích, kolo

☺ Tvé jméno:

☺ Ročník narození: 1999

☺ Do které školy a třídy chodíš?

~~UMNĚLECKÁ~~ UMNĚLECKÁ

☺ Jaké jsou tvoje koníčky (co tě baví, další jiné sporty, kroužky, umění...)?

~~FLETA~~ FLETA

☺ Proč chodíš na gymnastiku?

~~BAVI MNE TO~~ BAVI MNE TO

☺ Napiš čísla k jednotlivým nářadím od nejoblíbenějšího (1) po nejméně oblíbené (4).
přeskok 1. bradla 2. kladina 3. prostná 4.

☺ Napiš 5 prvků, které máš ráda, a 5 prvků, které jsou pro tebe neoblíbené.

OBLÍBENÉ
toč vzad
domalý přemet vzad
rozdát
kotva 1 bez rukou na kladině
korničání na bradlech

NEOBLÍBENÉ

☺ Máš ráda závody? Chtěla bys závodit častěji?

ANO, NE

☺ Jaké jsou pro tebe 3 nejoblíbenější předměty ve škole? MATEMATIKA, TĚLOVÍK, VÝTVARNA VÝCHOVA

☺ Baví tě tělesná výchova? Co tě baví v TV nejvíce? ^{gym}Skákat na trampolině

☺ Máte ve škole v hodině TV gymnastiku?

ne

☺ Jméno trenéra (trenérů): Šárka Kuhnová, Svatava Churavá

☺ Jméno vašeho oddílu: Slovan Praha

☺ Kolik let trénuješ sportovní gymnastiku? ~~2~~ 2 roky

☺ Kolik hodin týdně trénuješ SG? 4,5 hodiny

☺ Jakým způsobem jsi se dostala k SG? chtěla dělat gymnastiku sama, tak jsme našli oddíl

☺ Jakou jsi měla známku na kladině? Troje poslední závody?

B 4,9 A+B 11,9
7,55 19,55

☺ Kolik hodin strávíš tréninkem na kladině (+ jiná rovnovážná cvičení)? Rozvíjíte rovnovážné dovednosti speciálními cvičeními, jakými?

kl. hodiny tyče

dále výšky a výtrže na zemi i na kladině

13. Příloha 2

DOTAZNÍK II

- ☺ Tvé jméno:
- ☺ Datum narození:
- ☺ Do které školy a třídy chodíš?
- ☺ Jaké jsou tvoje koníčky (co tě baví, kroužky, umění, sport...)?

- ☺ Jaké jsou pro tebe 3 nejoblíbenější předměty ve škole?

- ☺ Baví tě tělesná výchova? Co tě baví v TV nejvíce?

- ☺ Máte ve škole v hodině TV gymnastiku?

- ☺ Které sporty rodiče provozují (i dříve)?

- ☺ Zranění, které jsi prodělala, hl. dolních končetin (zlomenina, podvrtnutí...). Kdy se to stalo?

DOTAZNÍK

- ☺ Tvé jméno: *Evonika Kuváčová*
- ☺ Datum narození: *1997 18. dubna*
- ☺ Do které školy a třídy chodíš? *základní škola, pětiletá je*
- ☺ Jaké jsou tvoje koníčky (co tě baví, kroužky, umění, sport...)? *3. A sport, počítač, běh*
ne, chodit, ne
- ☺ Jaké jsou pro tebe 3 nejoblíbenější předměty ve škole? *M, W, TV*
- ☺ Baví tě tělesná výchova? Co tě baví v TV nejvíce? *ANO hry v vybíje*
- ☺ Máte ve škole v hodině TV gymnastiku? *NE*
- ☺ Které sporty rodiče provozují (i dříve)? *plavání, tenis*
- ☺ Zranění, které jsi prodělala, hl. dolních končetin (zlomenina, podvrtnutí...). Kdy se to stalo? *plavání*
zlomenina

14. Příloha 3

Milí rodiče,

jsem studentka FTVS Univerzity Karlovy, provádím výzkum statických rovnovážných schopností pro diplomovou práci. Vlastní měření netrvá déle než 10min, dívka stojí na speciální desce, která snímá pohyb jejího těžiště těla. Postoje jsou jednoduché jedná se o přirozený stoj, stoj se zavřenýma očima, stoj na jedné noze, dřep a výpon. Přístroj a počítač jsou nepřenositelné, proto je nutné provést měření přímo na Fakultě TV a sportu, José Martího 31, Praha 6 – Veleslavín. Na fakultu bych si odvedla celou skupinu dívek (cca 10) a po měření je opět přivedla do školy. Jednalo by se celkem o 3 dopolední hodiny 20.3. 2007.

Nyní sháním dobrovolnice pro měření, které jsou narozeny v roce 1998, 1997 a 1999, závodně nesportují (především nedělají gymnastické sporty, tancování, krasobruslení...) a mají chuť se zúčastnit pro ně nenáročného experimentu.

Mé jméno je Hana Malotinová, dotazy ráda zodpovím na: malotinka@seznam.cz
popřípadě naléhavé dotazy na 777 084492.

Souhlasím, aby se má dcera.....datum
narození..... zúčastnila stabilometrie (měření rovnováhy) na FTVS.

podpis rodičů.....

Milí rodiče,

jsem studentka FTVS Univerzity Karlovy, provádím výzkum statických rovnovážných schopností pro diplomovou práci. Vlastní měření netrvá déle než 10min, dívka stojí na speciální desce, která snímá pohyb jejího těžiště těla. Postoje jsou jednoduché jedná se o přirozený stoj, stoj se zavřenýma očima, stoj na jedné noze, dřep a výpon. Přístroj a počítač jsou nepřenositelné, proto je nutné provést měření přímo na Fakultě TV a sportu, Josefa Martího 31, Praha 6 – Veleslavín. Na fakultu bych si odvedla celou skupinu dívek (cca 10) a po měření je opět přivedla do školy. Jednalo by se celkem o 3 dopolední hodiny 19.3. nebo 20.3. 2007.

Nyní sháním dobrovolnice pro měření, které jsou narozeny v roce 1998, 1997 a 1999, závodně nesportují (především nedělají gymnastické sporty, tancování, krasobruslení...) a mají chuť se zúčastnit pro ně nenáročného experimentu.

Mé jméno je Hana Malotinová, dotazy ráda zodpovím na: malotinka@seznam.cz
popřípadě naléhavé dotazy na 777 084492.

se souhlasím
Souhlasím, aby se má dcera *Michela Baráková* datum narození *1. 7. 1998*
zúčastnila stabilometrie (měření rovnováhy) na FTVS dne *20. 3. dopoledne*

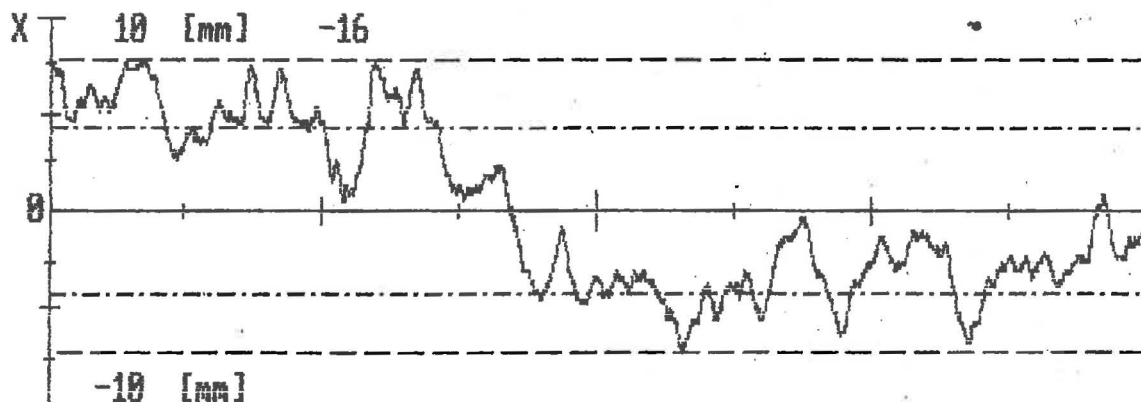
podpis rodičů..... *Baráková*

*** STABILOGRAFIE ***

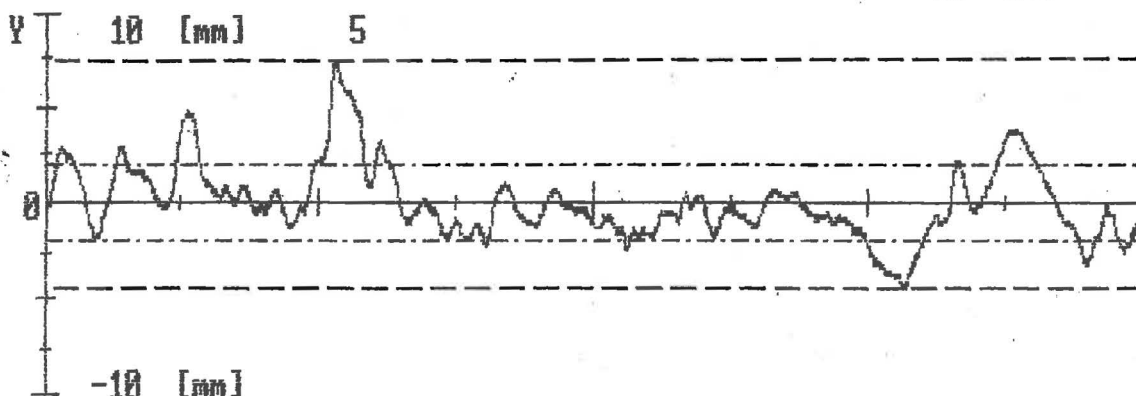
jmeno :
 narozen :
 vyska :
 vaha :

mereno : 03-20-2007
 adresa : C:\STABILIT\DATA\KONTROL\vlc2

*** AMPLITUDOVA CHARAKTERISTIKA ***



t = 30 [s]



*** SOUHRN PARAMETRU ***

DOBA TRVANI TESTU : 30 [s]

MAXIMALNI VYCHYLKY :

	BOCNI	PREDOZADNI
LEVA :	-7.4 [mm]	7.5 [mm]
PRAVA :	7.8 [mm]	-4.5 [mm]

POMER MAXIMALNICH VYCHYLEK (PZ / LP) : .78

SMERODATNA ODCHYLKA VYCHYLKY :

	BOCNI	PREDOZADNI	POMER (PZ / LP)
	4.28 [mm]	1.93 [mm]	.451

DRAHA TEZISTE :

	BOCNI	PREDOZADNI	CELKOVA	POMER (PZ / LP)
CELKEM:	340 [mm]	314 [mm]	552 [mm]	.92
ZA sec:	11.3 [mm]	10.4 [mm]	18.4 [mm]	.92

VELIKOST PLOCH :

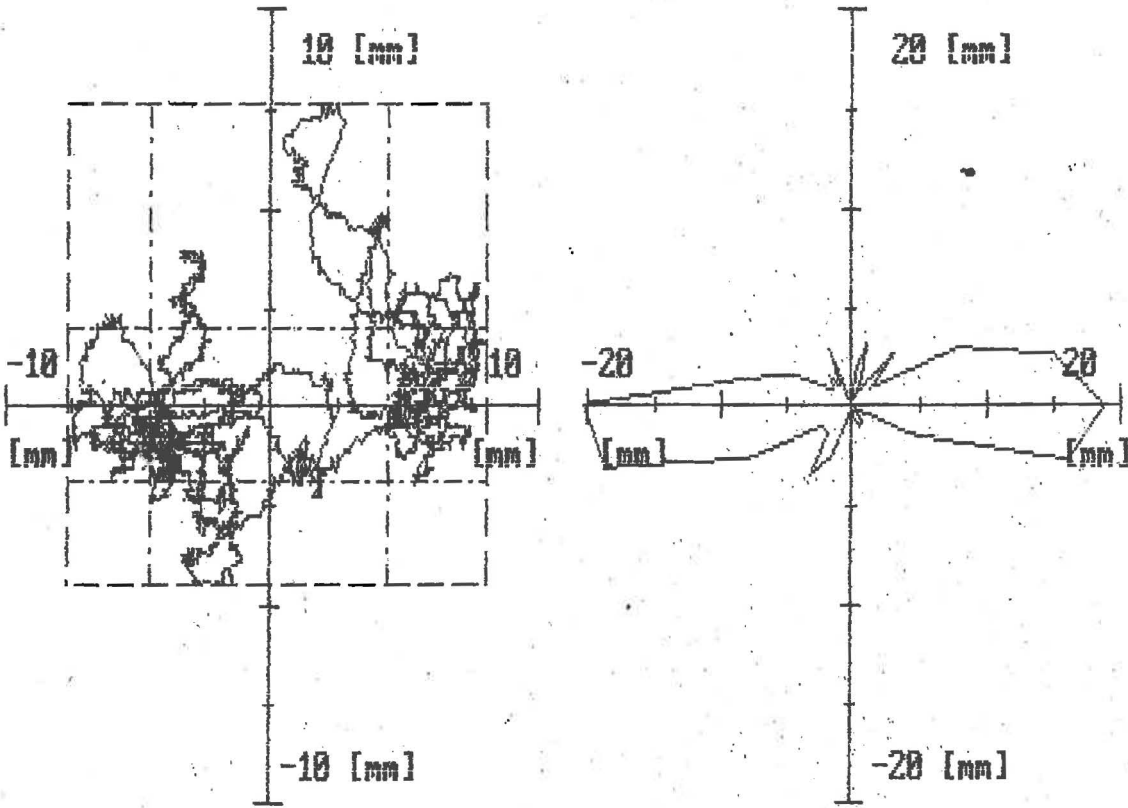
	STABILOGRAMU	STREDNI	MAXIMALNI	SD ODCHYLKY
CELKEM:	752 [mm ²]	119.8 [mm ²]	182 [mm ²]	33 [mm ²]
ZA sec:	25 [mm ²]			

DOMINANTNI FREKVENCE

	BOCNI	PREDOZADNI
	.03 (Hz)	.17 (Hz)

***** Z P R A C O V A L A : S V C F T V S U K *****

* TRAJEKTORIE V PUDORYSU * * CETNOST V PUDORYSU *



*** FREKVENCNI CHARAKTERISTIKA ***

