

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Katedra fyzioterapie

Vztah respirační mechaniky k dyskomfortu při déle  
trvající statické zátěži v sedě

Vedoucí diplomové práce: Zpracovala:  
Prof. Ing. Stanislav Otáhal, CSc. Martina Niezgodzka

Srpen 2006

## Souhrn

**Název práce:** Vztah respirační mechaniky k dyskomfortu při déle trvající zátěži v sedě.

**Cíle práce:** Popsat vztah mezi respirační mechanikou a dyskomfortem - její vliv na vznik a vývoj dyskomfortu; popsat možné způsoby ovlivnění dyskomfortu dechem.

**Metoda:** Přístupem je analýza dostupné literatury způsobem critical review, komparace jednotlivých autorů a následné hodnocení a hledání společných znaků. Práce je teoretickým podkladem pro další studie.

**Výsledky:** Práce přinesla užitečné informace k otázce vzájemných vztahů mezi respirační mechanikou, postavením páteře, a změnou hydrodynamiky mozkomíšního moku při práci v monotónní pozici, která po individuálně dlouhém časovém intervalu nutí jedince k zaujetí jiné polohy.

Studie přinesla cenný náhled na vzájemné souvislosti a poukazuje na další možné cesty k řešení problému dyskomfortu při monotónních činnostech, kdy dochází k motorické deprivaci.

Předpokládá se vytvoření textu, který by měl být podkladem pro další studium a pro včlenění do závěrečné grantové zprávy (MŠMT 701 „Vytváření neuroinformačních bází a vytěžování z nich“).

**Klíčová slova:** dyskomfort, sezení, mozkomíšní mok, dýchání, respirační mechanika, jóga.

## Summary

**Theme:** Relationship of respiratory mechanics to discomfort by longer lasting drain in sitting position.

**Goal:** To describe relationship between respiratory mechanics and discomfort – its influence on starting and evolution of discomfort; describe possible ways how to handle discomfort by breathing.

**Methods:** An analysis of available literature by means of 'critical review', comparing each author and sequential valuation and searching of similar signs. The whole work is a theoretical base for next studies.

**Results:** The work brought up useful information to the case of relations between respiratory mechanics, spine position and the change of hydrodynamics of cerebrospinal fluid by working in a monotone position, which after individual long time force a man to take another position.

The study brought up useful point of view on mutually chains of events and shows next possible ways to solve problems of discomfort by monotone drain, when it gets to motory deprivation.

We suggest accomplishing of text which should be a base for next studies and for segmentation into final grant report (MEYS 701 The creation of neuro-informatic databases and data-mining").

**Key words:** discomfort, sitting position, cerebrospinal fluid, breathing, respiratory mechanics, yoga.

Ráda bych poděkovala Prof. Ing. Stanislavu Otáhalovi, CSc., Ing. Zbyškovi Štěpánkovi, Mgr. Kateřině Erbenové, Mgr. Kaczmarské Agnieszke, MUDr. Pavlovi Kočanovi a Mgr. Čumpelíkovi za pomoc, spolupráci, podnětné konzultace a podporu při psaní této práce.

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



Martina Niezgodzka

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	7
1. Teoretická východiska	9
1.1. Cíle práce	9
1.2. Hypotézy	10
1.3. Metodologie	11
2. Co se myslí slovem „dyskomfort“?	12
2.1. Vznik dyskomfortu	16
2.2. Teoretický model	17
2.3. Faktory ovlivňující vznik dyskomfortu	19
2.3.1. Vliv statické zátěže na pohybový systém	19
2.3.2. Vliv monotonie	20
2.3.2.1. Subjektivní aspekty monotonie	21
2.3.2.2. Fyziologické aspekty monotonie	22
2.3.3. Vliv vibrací a hluku	23
2.3.4. Světelné podmínky a dyskomfort	24
2.3.5. Fyzická, psychická a smyslová zátěž	25
3. Základní vlastnosti a funkce mozkomíšního moku	29
4. Mozkomíšní mok z pohledu biomechaniky a jeho vztah k pohybům axiálního systému	31
4.1. Deformace kostěného páteřního kanálu	32
4.2. Deformace epidurálních prostor	32
4.3. Biomechanické vlastnosti míchy, kotvení a přenos deformací na nervovou tkáň	33
4.4. Deformace neurálních struktur při pohybu obecně	34
4.5. Deformace subarachnoidálního prostoru krční páteře v oblasti cerviko-kraníálním spojení	35
4.6. Mozkomíšní mok a jeho dynamika	36
4.7. Vztah mezi srdeční frekvencí a tlakem mozkomíšního moku	39
4.8. Vztah dynamiky mozkomíšního moku k respiračním pohybům.	43
4.9. Jiný pohled na vlastnosti a význam mozkomíšního moku	44
5. Několik pohledů na respirační mechaniku a její vztah k dyskomfortu	46
5.1. Vztah respiračních funkcí a axiálního systému	53
6. Návrh kompenzace dyskomfortu dechovými technikami	54
6.1. Princip a teoretické možnosti ovlivnění dyskomfortu přes změnu respirační mechaniky	55
6.2. Jak na to?	57
6.2.1. Pár zásad na úvod	57
6.3. Možnosti ovlivnění respirační mechaniky	59
6.4. Cvičení vycházející z jógy. V čem se bude lišit a proč?	60
6.4.1. Relaxační a aktivující dech	60
6.5. Dechová cvičení	61
6.5.1. Význam	61
6.5.2. Dělení dechu	61

6.5.3.	Účinek dechových pohybů na vnitřní orgány	62
6.5.4.	Nácvik	62
6.6.	Břišní dech – dolní typ	63
6.6.1.	Fyziologie	63
6.6.2.	Břišní dech – uvědomění	64
6.6.2.1.	Přední stěna břicha	64
6.6.2.2.	Boční stěna břišní	65
6.6.2.3.	Zadní stěna břišní	66
6.6.3.	Břišní dech – posílení	66
6.6.3.1.	Nízký zajíc (sapurnašāsana)	67
6.6.3.2.	Tygrí dech (vjagrah pranájama)	68
6.6.3.3.	Velbloud (uštrāsana)	69
6.6.3.4.	Zavřený můstek (khandarāsana)	70
6.7.	Hrudní dech – střední	71
6.7.1.	Fyziologie	71
6.7.2.	Hrudní dech – uvědomění	73
6.7.2.1.	Přední stěna hrudníku	73
6.7.2.2.	Hrudník z boku a zezadu	73
6.7.3.	Hrudní dech – posílení	75
6.7.3.1.	Sedící zajíc (purnašāsana)	75
6.7.3.2.	Ryba (matsjāsana)	75
6.8.	Podklíčkové dýchání-horní	77
6.8.1.	Fyziologie	77
6.8.2.	Podklíčkové dýchání – uvědomění	78
6.8.2.1.	Uvědomění vpředu (obr. 6.16.a vlevo)	78
6.8.2.2.	Uvědomění vzadu (obr. 6.16.b vpravo)	80
6.8.3.	Podklíčkové dýchání – posílení	80
6.8.3.1.	Keř (nikudžāsana)	80
6.8.3.2.	Zaujetí pozice seshora	80
6.8.3.3.	Zaujetí pozice zdola	81
6.9.	Spojení všech typů dechu (v plný jógový dech)	82
6.9.1.	Princip	82
6.9.2.	Varianty správné návaznosti	82
6.10.	Cviky na sladění správné návaznosti	84
6.11.	Nejčastější chyby při dýchání	84
6.11.1.	Výčet hlavních chyb	84
6.11.2.	Paradoxní dech	85
6.11.2.1.	Paradoxní dechové pohyby	85
6.11.2.2.	Vlastní paradoxní dech	86
6.11.2.3.	Varianty paradoxních typů dechu	87
7.	Diskuse	88
8.	Závěr	92
9.	Použita literatura	94

## I. Úvod

Při dýchání získáváme kyslík a zbavujeme se oxidu uhličitého. V procesu vnějšího dýchání probíhá tato výměna mezi krví a vzduchem (v plicních sklípcích), při vnitřním dýchání zase mezi krví a všemi buňkami těla.

Na dýchání bezprostředně závisí náš život. Velká část populace ale neumí využívat svůj dech optimálně. Souvisí to s nadměrným stresem, ve kterém velká část z nás žije. Vyjadřují to i mnohá úsloví: "To jsem si oddechl... Už konečně mohu klidně dýchat...".

Žijeme v době, kdy *Homo sapiens sapiens* mimo to, že je člověk rozumný, stává se i *Homo sedens*, čili člověk sedící. Sedíme doma, v práci, ve škole, v dopravních prostředcích. Převážná část populace prosedí denně daleko víc, než si to uvědomuje. Obecně je známo, že nynější tzv. sedavá populace trpí více muskuloskeletálními obtížemi než tomu bylo dříve. Dyskomfort ale není spojen jen se sezením, ale téměř vždy s monotónní zátěží při absenci pohybu v jakékoli poloze.

Dalo by se říci sezení jako sezení, poloha jako poloha. Přitom ale právě drobné rozdíly zde hrají významnou roli. Prvním z nich je způsob jakým sedíme. Při sezení v automobilu jsou dolní končetiny aktivní, účastní se řízení a nemohou být použity jako opora, jak je tomu při sezení na židli, kdy jsou celé chodidla opřena o podložku. Ta je proti automobilovým pedálům sklopená horizontálně, čímž se mění nastavení pohybového aparátu celého těla. Druhým rozdílem je, že při jízdě působí na tělo různé fyzikální faktory: odstředivá a dostředivá síla, akcelerace, decelerace, setrvačnost a vibrace. Kombinace těchto faktorů ještě více přispívá ke vzniku dyskomfortu. Neméně důležitá je rovněž monotonie činnosti. Jak se všechny tyto faktory projeví v chování člověka pociťujícího nepohodlí, závisí od vnímavosti daného jedince iritability jeho centrální nervové soustavy, a také od osobnostního typu (sangvinik, cholerik, melancholik nebo



flegmatik). Každý bude dyskomfort i monotonii vnímat a reagovat na ně podle svého temperamentu jiným způsobem.

V této práci bych ráda analyzovala jak se s dyskomfortem vyrovnávat a je-li možné mu předcházet, anebo oddálit jeho nástup. Základní otázkou je, jak dyskomfort vzniká a co ho ovlivňuje. Bylo popsáno mnoho faktorů, které jej vyvolávají. Méně je známo, jakou roli zde hraje dýchání, jeho intenzita, hloubka, a dechová frekvence. Jaký je vzájemný vztah mezi dýcháním a dyskomfortem, jak dyskomfort ovlivňuje dýchání a naopak, jak lze dýcháním ovlivnit vznik a průběh dyskomfortu. Na tyto otázky se v této studii pokusím nalézt odpověď.

## 1. Teoretická východiska

Pojem dyskomfort je v dnešní době jedno z běžně používaných slov. Neexistuje snad ale jediná ustálená a jasná definice tohoto pojmu. Nevíme o něm mnoho, ale snažíme se ho detekovat, hodnotit a zejména předcházet mu.

Ve své práci jsem vycházela z poznatků o fyziologii dýchání a jeho vzájemné interakci s kardiovaskulárním systémem.

Primárním východiskem byla myšlenka vycházející z kraniosakrální terapie. Tato terapie se zakládá na teorii, která tvrdí, že pulzace mozkomíšního moku je zcela nezávislá od dechové i kardiovaskulární frekvence a výrazně ovlivňuje řadu tělesných funkcí. Poruší-li se pulzující charakter mozkomíšního moku, dochází k poruše jiných funkcí. Uvedené se primárně projeví jako dyskomfort a následně jako porucha, bolest, nebo strukturální poškození Upledger [84]. Co je na této teorii pravdivé a co ne, jaký je vztah mezi dýcháním, hydrodynamikou mozkomíšního moku, vznikem a kvalitou dyskomfortu jsem se pokusila odhalit v této práci.

### 1.1 Cíle práce

Když různí lidé sedí pohodlně cítí se stejně? A mají pro to stejný důvod? Kdy se pohodlné sezení stává nepohodlným a jak jej může ovlivnit dýchání? Jak se projeví nepohodlí a potřeba změny polohy? Jak lze tento stav změnit? Snažou této práce je:

- uceleně zpracovat dostupné experimentální studie a zjistit, zda existuje odpověď na podobné otázky,

- shromáždit dostupné materiály a poukázat na možný vztah mezi dýcháním, hydrodynamikou mozkomíšního moku a vznikem dyskomfortu při sezení a dlouhodobé monotónní činnosti,

- najít argumenty pro vzájemný vztah mezi respirační mechanikou a po-

lohou těla při monotonii, která vyvolává pocit nepohodlí a nutí jedince k zaujetí jiné pozice,

-vysvětlit a podložit domněnku, že prostřednictvím dechu lze ovlivnit intenzitu a nástup nepříjemného pocitu, který nás nutí tento stav, čili dyskomfort změnit,

-podat návrh kompenzačních, preventivních cvičení a dechových technik, které dle dostupných informací a argumentů mohou oddálit nástup nebo snížit intenzitu dyskomfortu u běžné populace.

Jedná se o pilotní studii. Půjde tedy o náhled do problému, hledání souvislostí a metod vhodných k řešení daného problému. Je teoretickým podkladem pro další pozorování.

## **1.2. Hypotézy**

- 1) Problémem při popisu dyskomfortu a jeho definici je široká variabilita významu tohoto pojmu a multidisciplinární možnost použití tohoto výrazu. Jde o nesémantické vnímání stavu, ve kterém se člověk nachází když pociťuje pocit nepohodlí. Dalším problémem je mnohotvárnost a variabilita těchto pocitů, kterých nástup je závislý od mnoha vnitřních a zevních faktorů.
- 2) Držení těla a pozici v sedu částečně odpovědné za vznik dyskomfortu lze ovlivnit změnou respirační mechaniky.
- 3) Dyskomfort při sedu závisí na mnoha působících faktorech. Jedním z nich je respirační mechanika a dynamika, prostřednictvím kterých lze ovlivnit proudění krve a následně mimo dosud popsané změny i hydrodynamiku mozkomíšního moku.

### **1.3. Metodologie**

Mým přístupem je analýza komentované literatury, komparace získaných informací, pozorování na podkladě biomechaniky, ergonomie, fyziologie, neurologie a syntéza s cílem nastínění nových myšlenek. Tedy získání co nejvíce informací na téma dyskomfort, jeho vztah k dechu a hydrodynamice mozkomíšního moku, co se na toto téma publikovalo, jaké metody autoři použili a s jakými výsledky. Jedná se o pilotní studii dyskomfortu při sedu a současné monotónní činnosti v sedu (řízení automobilu, nebo práce operátorů) v rámci grantu MŠMT „Vytváření neuroinformačních bází a vytěžování poznatků z nich“ ve spolupráci s ČVUT, fakultou dopravní.

## **Analýza současných poznatků**

### **1. Co se myslí slovem „dyskomfort“?**

Jak lze dyskomfort definovat? Tato otázka není zatím jednoznačně zodpovězena. Někteří autoři dávají komfort a dyskomfort na jednu škálu jako dva protilehlé extrémy. Jiní mají za to, že komfort a dyskomfort jsou dva samostatné celky a tudíž komfort nerovná se nepřítomnost dyskomfortu a naopak. Dočkalová [14] ve své diplomové práci cituje Dhingra a Tewariho [13]: "Komfort lze tedy definovat jako příjemný soulad mezi fyziologickým, psychickým a fyzickým stavem jedince a okolním prostředím."

Weissová J. [88] cituje ve své diplomové práci De Looze [12] který uvádí, že komfort nebyl dosud jasně definován. Sám autor ho popisuje, ve třech bodech: 1. definice či popis pocitu komfortu stojí na subjektivních vlastnostech individua; 2. komfort je ovlivněn fyziologickými i psychologickými různostmi individuí; a 3. komfort je reakce na okolí.

Ravnik D. [65] cituje ve své dizertační práci Dhingra et al. [13], který tvrdí, že dyskomfort je primárně spojován a fyziologickými a biomechanickými faktory. Na druhou stranu tvrdí, že dyskomfort je vnitřní citlivý indikátor, který nás informuje o fyzickém souladu mezi vnitřním a zevním prostředím.

Výkladový slovník udává definici dyskomfortu, jako nepohodlí. Jelikož jde o výkladový slovník medicinských výrazů, popisuje, že dyskomfort se používá ve spojení žaludeční, resp. střevní a rozumí se jím nepřesně definované pocity plnosti, tíhy, tlaku a pod. Pro přiblížení a pochopení srovnává tento pojem s pojmem dyspepsie.

Elektronický výkladový slovník Thesaurus [98] definuje dyskomfort ve smyslu podstatného jména jako roztrpčení, dráždění, podráždění, zánět (med.) Jako synonyma uvádí bolest, obtíž, nepříjemnost, rušení, zlobení, újma, rozrušení, vyvedení z konceptu, nepokoj, neklid, distress, což dle slovníku [96]

lze přeložit jako krize, strach, rozrušení, bolest, nouze nesnáze. Ve smyslu

slovesa (z angl. to discomfort) uvádí tato synonyma: porazit (koho), zvítězit nad (kým), narušit, rozrušit (koho, co), překážet, vadit (komu, čemu).

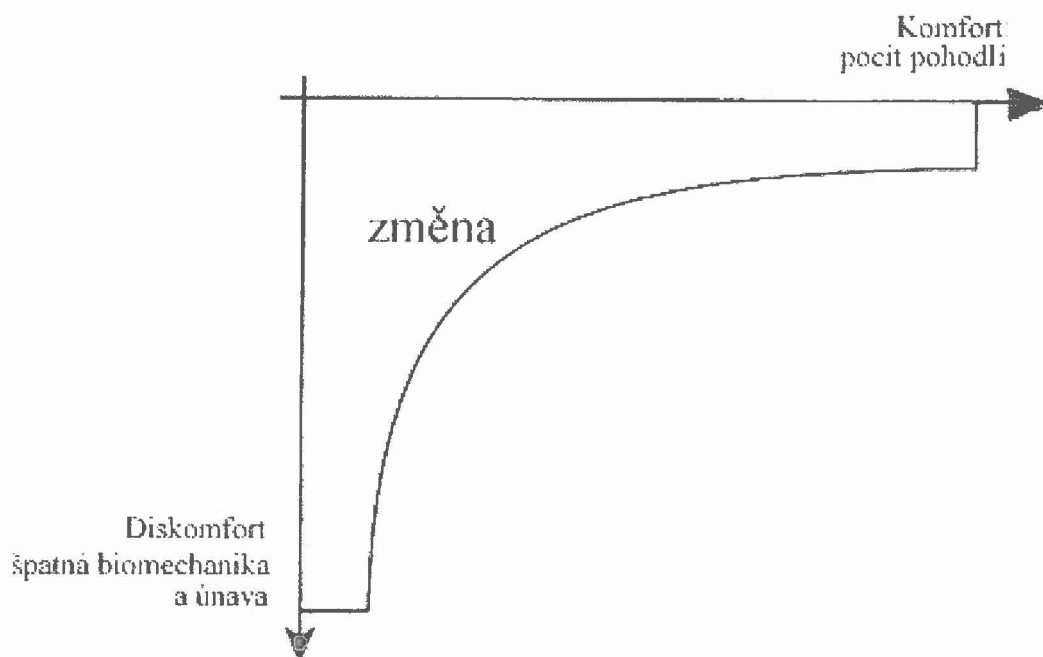
Další elektronický slovník [100] píše k dyskomfortu následující: zničení, rozrušení komfortu a pohodlí, stav napětí, a pociťování bolesti, synonymum nepohodlí, nepohodlný, nepříjemný pocit v určité části těla, dráždivost. Dále udává jako ekvivalent dyskomfortu obtíž, sklíčenost, trápení, soužení, nesnáz, neklid, rozladění, slabost, nepříjemnost. Jak je vidět, tento pojem má souvislost s fyzickým, psychickým nepohodlím, nebo zevním činitelem, který ho způsobuje.

Otáhal. S. et al. [60] definují dyskomfort jako pocit nepohodlí, lépe: pocit potřeby změny, který je možné považovat za komplexní tělesný pocit, podnět, který následně podněcuje, stimuluje subjekt ke změně stavu ve směru dosažení komfortního pocitu. Tento podnět je obvykle následně provázen procesy, které mohou být charakteru psychického a biologického. Předpokládáme, že biologická podstata těchto procesů bude enormně složitá. Současné teorie se spíše zabývají sociálně psychickým aspektem problému. Souvislost s biologickým základem problému je však více než zřejmá. Z pohledu studií může souviset s deficitním transportem tekutin v organismu, především pak s transportem mozkomíšního moku, který tvoří terminální část logistiky centrální nervové soustavy.

Pohybový aspekt dyskomfortu souvisí s „pohybovou deprivací“, která zřejmě vychází z hypokinetického i hyperkinetického zátěžového režimu. Pro moderní lidskou společnost právě tyto zátěžové extrémy jsou typické. Monotonní denní režim při vynucené pracovní poloze a extrémní sportovní (mnohdy ale jednostranná) zátěž jsou obecnými protipóly. Častější je monotonie hypokinetická, např. sedavý režim práce ve vynucené poloze (řízení motorového vozidla, operátorské činnosti, práce s počítačem, atd.). Předpokládá se, že dyskomfort se projevuje ve dvou úrovních: ve fázi podprahové nevědomé, neuvědomělé a nadprahové, uvědomělé, kdy endogenní podněty generované v organismu subjekt pociťuje již nepříjemně jako nutkání ke změně polohy, bolest, atd. Očekáváme, že v této fázi se dyskomfort může silně podílet na zhoršení psychomotorické výkonnosti a spolehlivosti. Dále lze předpokládat interferenci vedlejších

zátěžových vlivů, jako jsou vibrace, akustický šum, tepelná a světelná zátěž apod.

Floyd a Roberts [21] ve své koncepci oddělují 2 různé stavy: přítomnost komfortu a nepřítomnost komfortu, kde komfort je jednoduše definován jako nepřítomnost nepohodlí. I Zhang a kol. [90] považuje komfort a dyskomfort za nezávislé stavy. Uzavírá svou studii tím, že komfort a dyskomfort jsou založeny na rozdílných faktorech. Dyskomfort je spojen s biomechanickými pochody a faktory únavy. Pocity dyskomfortu spojuje s bolestí, únavou, ztuhlostí či podrážděností, naproti tomu komfort spojuje s relaxací a pocity „dobrého bytí“.



Obr. 1. Model dyskomfortu dle Zhang a kol. [92]

Dyskomfort má tedy dvě složky. A to nevědomou a vědomou. Nevědomá je ta, kdy nastávají v organismu biochemické změny, kdy nastupuje lehká porucha fyziologických dějů, ale ještě ji jedinec subjektivně nepocítuje. Dalším stadiem je prohloubení nefyziologických procesů, což vede ke změnám, které už jedince zatěžují a jsou vnímány jako nepříjemný pocit. Jde o přechod do vědomé složky. Zde nastává rozdíl ve vnímání intenzity tohoto pocitu v závislost na iritabilitě centrální nervové soustavy. Člověk se cítí nepříjemně a má potřebu poslouchat své tělo a činí opatření (protáhne se, zaujme jinou polohu, zhluboka se nadýchne, projde se a pod.) neučiní li tato opatření, pocity se zintenzivňují, patologický proces získá převahu nad fyziologickým a z nepříjemného pocitu se stává bolest.



## 2.1. Vznik dyskomfortu

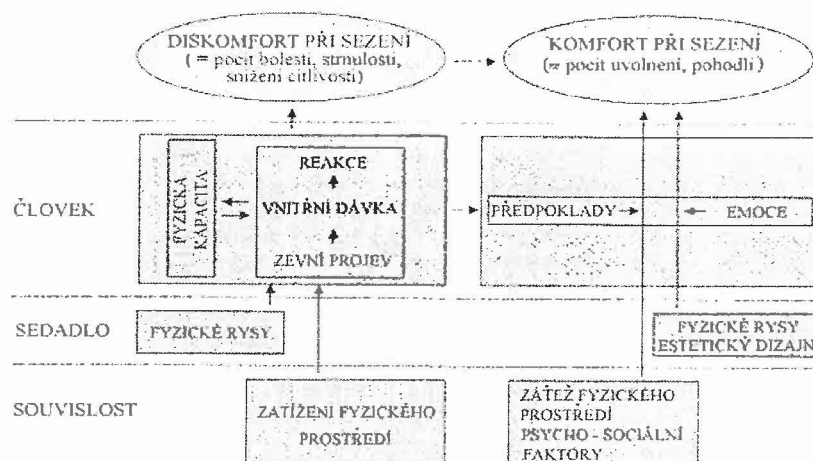
Jak popisuje Zhang a kol. [90], při statické zátěži dochází ke změnám ve vnitřním prostředí organismu. A protože dyskomfort je spojen s biomechanickými faktory jako jsou nastavení kloubů, stlačení tkání, svalové kontrakce a omezení krevní cirkulace, mohl by dyskomfort fungovat jako jakýsi indikátor míry zatížení a negativních změn v organismu. Se stejnou myšlenkou přichází i Straker [74]. Mechanická zátěž tkání a lokální chemické změny jsou příčinou poškození tkání a jejich patologických změn. Tento fakt vyjasňuje prospěšnost nepohodlí jako indikátoru negativních procesů v organismu.

Běžná kritéria komfortu, osvojená designéry sedadel, požadují nízké a uniformní tlakové distribuce, bez lokalit s výrazně vyššími oblastmi zatížení. Tato místa s vysokou tlakovou zátěží jsou nebezpečná v sedící poloze trvajících delší časový úsek. Mohou provokovat lokální kompresi tkáně s následným omezením cirkulace krve. Uniformita tlaků je tedy základní v prevenci bolesti svalů a měkkých tkání Grieco [33]. Podobně hovoří i Porter a kol. [64]. Ten upozorňuje na silné tlakové zatížení tkání okolo *tuber ischiadicus* při sezení. Dochází k redukci krevní cirkulace. A jestliže nedojde k přizpůsobení polohy těla, přicházejí symptomy bolesti a dyskomfortu.

Ebe a Griffin [17,18] zkoumají vliv statických (vlastnosti sedadla, jeho tuhost) a dynamických (vibrace) faktorů. Výsledky ukazují, že v dynamických podmínkách je dyskomfort ovlivněn statickými i dynamickými aspekty. Vliv těchto aspektů je závislý na míře vibrací. Jestliže je hodnota vibrací nízká, převažují statické aspekty, při vyšších hodnotách vibrací přebírají vedoucí postavení faktory dynamické.

## 1.2. Teoretický model

V následujících řádcích bude popsán teoretický model komfortu a dyskomfortu, který ve své práci představil De Looze [12] citovaný ve Weissová [88]. Autor vycházel ze studie Zhanga a kol. [90] z roku 1996. Tento model komfortu a dyskomfortu při sezení determinují faktory, které dělí komfort a dyskomfort na 3 úrovně. Na úroveň individua, úroveň sedící pozice (v tomto případě se jedná o kancelářskou židli) a úroveň okolního prostředí. Základem je myšlenka, že na vzniku komfortu a dyskomfortu participují různé faktory.



Obr. 2. De Looze [13] - Teoretický model dyskomfortu

Podle Zhanga [90] působením zevních faktorů dochází k interakci těchto faktorů s fyziologickými procesy jedince, což následně ovlivňuje vnitřní stav individua. Poté dochází v organizmu jedince ke spuštění kaskády mechanických, biomechanických a fyziologických odpovědí. Samotný dyskomfort je vnímán

syntézou informací z exteroceptorů, proprioceptorů, interoceptorů i nociceptorů. Vnitřní odpověď organismu je závislá na tzv. fyzické kapacitě individua. Mezi zevní faktory mající vliv na vznik dyskomfortu jsou přičítány charakteristika samotné židle a pracovního okolí, stejně jako pracovní činnost či výkon a v neposlední řadě i motivace k výkonu.

## 2.3. Faktory ovlivňující vznik dyskomfortu

### 2.3.1. Vliv statické zátěže na pohybový systém

Jak uvádí Dočkalová [14] National Institute of Occupational Safety and Health (USA) shrnul ve své zprávě výsledky výzkumu prokazující vztah mezi nuceným a nevhodným držením těla a muskuloskeletálními obtížemi Lueder [47]. K podobným závěrům došli ve svých studiích i další autoři Graf et al. [27]. Statické zatížení v sedu způsobuje dyskomfort a jedinci, kteří sedí ve stálé vynucené poloze trpí častěji chronickými obtížemi. (Graf et al, 1993,1995 [27]). Aaras et al. (1997) tvrdí, že nucené udržování dané polohy zvyšuje dyskomfort a zdravotní rizika. Viedeman (1990) zjistil, že sedavé zaměstnání je stejně jako fyzicky náročná práce spojeno s abnormalitami na páteři, s degenerací meziobratlových disků, osteoartrozou facetových kloubů a obratlů. S tímto tvrzením se shodují i další. Podle Graf et al. [27] mohou nucené polohy způsobit degenerativní změny v krční, hrudní i bederní oblasti páteře. Různí autoři Straker [74], Grandjean [28], (Kumar et al, 1994) se shodují s tvrzením, že dyskomfort je primárně spojen s fyziologickými a biomechanickými faktory. Kyfotické zakřivení páteře zvyšuje tlak na meziobratlový disk, napínají se *posteriorní ligamenta* a je omezeno zásobením nervů. To následně vede k pocitu dyskomfortu a bolestem v *dorzu*. Při dlouhodobém statickém sedu dochází k napětí ve svalích, nervech, cévách, ligamentech a kloubních pouzdrech, ke kompresi těchto tkání, lokálním chemickým změnám spojených s únavou svalů, místním chemickým změnám spojeným s omezením krevního průtoku a částečnou ischemií. Konečně dochází k narušení vedení nervem vyplývajícím z tlaku, a sekundárně k zánětu. Straker [74]. Statická vynucená poloha přerušuje tok krve v přímé úměrnosti se zátěží svalů. Grandjean [28]. Styčná plocha sedadla způsobuje deformaci měkkých tkání, což vede k omezenému toku krve a výživných látek, tudíž k pocitu nepohodlí (Kumar et al., 1994). Jak uvádí světová zdravotnická organizace (2003) je dlouhodobé sezení v jedné poloze doprovázeno dlouhotrvající statickou svalovou aktivitou, co může vést k přetížení a únavě těchto svalů. Statická zátěž způ-

sobuje nedostatečné krevní zásobením těchto svalů a celkově dochází ke ztrátě jejich funkční kapacity až k nekoordinaci pohybu.

### *2.3.2. Vliv monotonie*

Monotonie je definována jako psychický stav organismu navozený takovou vnější situací, pro níž je charakteristický výskyt stále stejných podnětů nebo jejich nedostatek. Monotonie může být způsobena i opakováním velmi krátkých pohybových úkonů. Následkem vzniká útlum, zhoršení pozornosti, přesycení jedince. Weissová [88]. Úroveň pozornosti každého lidského subjektu klesá s průběhem jeho expozice pracovní zátěží. Snižování úrovně pozornosti může nastat již poměrně brzo, obvykle asi po 45 až 60 minutách.

Pokles pozornosti lze hodnotit pomocí fyziologických parametrů: EEG, frekvence dechová, tepová frekvence srdce, pohyb očí, příp. očních víček. Tichý, Leso, Faber, Novák, [81] Monotonie je popisována jako jednotvárná, opakující se situace, pro kterou je charakteristický výskyt stále stejných podnětů nebo jejich nedostatek. Mezi tyto podněty patří jak podněty exogenní, tak podněty proprioceptivní. Obecně má tato situace za následek vznik útlumu, zhoršení pozornosti a zájmu o práci.

Podle McBain [53] lze situaci nazvat monotónní, když stimuly zůstávají neměnné nebo se mění předvídatelným způsobem. Wertheim [89] definuje situaci jako monotónní při malé různorodosti stimulů a jejich opakování, přičemž nízké množství těchto stimulů může vést k poklesu aktivity a pozornosti.

Gilbertová [24] rozlišuje monotónní operace a monotónní situace. Oba stavy mají odlišný mechanismus vzniku a i odezvy jsou různé. Podobnou koncepci monotonie uvádí i Cabon (cit. Thiffault, Bergeron, [80]). Ten rozlišuje monotónní práci a monotónní stav. Monotónní operace jsou uniformní, stále se opakující činnosti, jež vykazují malou variabilitu nebo počet proprioceptivních signálů. Tyto situace jsou charakterizovány opakovanými, stále stejnými pohybovými stereotypy. Monotónní situace jsou typické chudým počtem nebo variabilitou podnětů, resp. informací. Jejím extrémem je pak sensorická deprivace.

Tato situace se týká například řidičů na jednotvárném úseku cesty.

Reakce na monotónní činnost se liší jedinec od jedince. Hovoří se o individuální toleranci. Tato tolerance je do jisté míry závislá na osobnostním typu individua. Všeobecně platí, že introverti se s monotónními úkoly vyrovnávají lépe než extroverti, flegmatici lépe než cholericí.

#### 2.3.2.1. Subjektivní aspekty monotonie

Weissová (2005) popisuje monotonii jako psychologický fenomén, vyjadřující komplex pocitů při jednotvárné situaci. Nejlépe tyto pocity vystihují pojmy nasycení a přesycení. Dále je monotonie popisována pocity nudy, ospalosti, nezájmu, otupění, nesoustředění, apatie.

Při monotónních činnostech dochází ke snížení aktivity centrální nervové soustavy v důsledku nedostatečných podnětů zvnějšku, vlastní činnost je prováděna automaticky a je řízena podkorovými centry. Dříve či později nastupuje „náhradní aktivace CNS“, samovolně se objevují různé myšlenkové obsahy a člověk se oddává snění a úvahám. Gilbertová [24].

### 2.3.2.2. Fyziologické aspekty monotonie

Cabon (cit. Thiffault, Bergeron [80]) řadí k fyziologickým aspektům monotonie změny v autonomním nervovém systému. Poukazuje na vzrůst tonu parasymptiku při monotónních činnostech.

Podle literární rešerše Gilbertové [22] je z vegetativních funkcí ve vztahu k monotonii nejčastěji sledována tepová frekvence. Většina autorů poukazuje na pokles tepové frekvence a vzestup srdečních arytmií. Bartenwerfer soudí, že monotonie je charakterizována převahou parasymptiku a vyzdvihuje význam měření tepové frekvence jako kritéria monotonie. Ke stejným názorům došli i další autoři Gubser, Barmack, Perret, (cit. Gilbertová [22]).

Gilbertová [22] však svými měřeními pokles tepové frekvence nepotvrzuje. Sledovala tepovou frekvenci při monotónní činnosti (monotónní operace) v laboratorních podmínkách i při manuální činnosti v reálných situacích. Ani v jednom případě nedošlo ke snižování tepové frekvence při monotónních pracích. Zdánlivý rozpor vlastních měření s literárními zkušenostmi autorka vysvětluje nedostatečnou diferenciací v monotónních situacích a monotónních operacích. Velká část literárních podkladů vychází z analýzy monotónních situací, často navíc za laboratorních podmínek. Monotónní situace často navozují spánkové a útlumové jevy, pro které je charakteristické právě snižování tepové a také i dechové frekvence.

Z hlediska působení monotonie na CNS je pravděpodobně nejzávažnější ovlivnění pozornosti. Většina autorů konstatuje pokles pozornosti. Během monotónní situace dochází ke vzrůstu theta a alfa vln na EEG. Alfa vlny svědčí pro pokles pozornosti a theta vlny svědčí pro probíhající odpověď organismu na stresovou situaci. Thiffault, Bergeron [79].

### 2.3.3. Vliv vibrací a hluku

Je jednoznačně prokázáno, že expozice hluku vyvolává akutní zvýšení teploty frekvence a krevního tlaku. Expozice hluku způsobuje funkční poruchy v aktivaci centrálního nervového systému, vyvolávající vegetativní, hormonální nebo biochemické reakce a poruchy spánku; funkční poruchy motorických funkcí, jako je změna zrakového pole a poruchy koordinace pohybu vedoucí k vyšší úrazovosti; funkční poruchy emocionální rovnováhy [93].

Expozice celkovým vibracím ve spojení s vynucenou pracovní polohou se může projevit poškozením páteře; rozlišení účinků obou faktorů je však velmi obtížné. V případě expozice vibracím se vždy jedná o systémové účinky postihující celý organismus; zjednodušeně lze na člověka nahlížet jako na mechanickou soustavu vykazující řadu rezonančních oblastí (celkové vertikální vibrace 4 – 8 Hz, horizontální vibrace 1 – 2 Hz). Působení vibrací na rezonančních frekvencích je subjektivně nepříjemné a při vyšších intenzitách může být i nebezpečné (vyvolání velkých dynamických sil uvnitř organismu). Expozice intenzivním vibracím je spojena s nepříjemným subjektivním vjemem nepohody, s celkovou únavou organismu mající za následek snížení pozornosti, zpomalené a zhoršené vnímání, pokles motivace a snížení pracovní výkonnosti.

Expozice rázům (chápeme-li ráz jako prudké zatížení v krátkém časovém intervalu) vede k nadměrnému zatížení organismu. Schopnost individua odolat bez újmy tomuto zatížení limituje například konstrukci záchranného systému pilota v bojovém letadle. Po technické stránce by systém mohl být daleko efektivnější. Limitem jsou zde fyzické možnosti pilota, který je při katapultaci vystaven extrémnímu rázu. (podrobněji o fyzické zátěži viz. kapitola 2.3.5.)

Při hodnocení nepříznivého působení vibrací přenášených na člověka je rozhodující způsob přenosu, dominantní směr a frekvence vibrací. Pro posouzení směrových účinků vibrací byly stanoveny soustavy souřadnic lidského těla a ruky, ve kterých se provádí měření; zásadně se hodnotí jen translační vibrace.



#### *2.3.4. Světelné podmínky a dyskomfort*

Z fyziologie vidění plyne, že průměr zornice se pohybuje u mladého člověka v závislosti na osvětlení sítnice od 2 do 8 mm. Osvětlení sítnice se tak mění v poměru až 1:16, ale mění se také rozsah akomodace. Při daném nastavení akomodace je jen jedna vzdálenost pozorovaného předmětu od oka, při které je jeho obraz na sítnici ostrý. Viditelnost předmětu určuje zejména jeho velikost, jas, kontrast jasu předmětu oproti okolí a doba pozorování. Velikost předmětu je dána úhlem, jehož vrchol je ve středu oční čočky a jeho ramena procházejí okraji předmětu Gilbertová et. al. [23].

Kontrast mezi předmětem a jeho okolím mívá dvě složky: kontrast jasů a barevný kontrast.

Rozhodující pro velikost kontrastu jasů jsou koeficienty odrazivosti předmětu a jeho okolí. Osvětlení, které ještě postačuje pro čtení černého textu na bílém papíru, nestačí pro kontrolu šití černé látky černou nití. Příkladem uplatnění barevného kontrastu je barevné zvýraznění tlačítek hlavních spínačů zařízení. Viditelnost předmětu je ovlivňována i jasnem širšího pozadí. Optimální poměr jasů v místě zrkovného úkolu, v bezprostředním okolí úkolu a vzdáleném okolí je 10 : 4 : 3. Pro viditelnost třírozměrných detailů je důležitý směr světelného toku, protože určuje tvorbu stínů, které jsou nezbytné pro prostorovou orientaci (zejména při práci s malými předměty).

Oslnění je stav zraku, který ruší nebo zhoršuje až znemožňuje vidění ; podle závažnosti se označuje jako rušivé, omezující a oslepující. Rušivé oslnění narušuje pohodu , protože rozptyluje pozornost a znesnadňuje soustředění. Omezující oslnění ztěžuje rozeznávání podrobností a zhoršuje vidění. Oslepující oslnění znemožňuje vidění (někdy i delší dobu poté, co jeho příčina zanikla). Vnímavost k oslnění je ovšem značně individuální .

Zrková únava má příčiny v nedostatecích v osvětlení vedoucích k oslňování, v pracích spojených s přetěžováním akomodace (zejména u lidí s vadami zraku). Projevem zrkové únavy jsou pálení očí, pocit horka, bolest očí, defor-

mace zrakového vnímání (písmena v textu jsou rozmazána a obklopena barevnými třásněmi, v zorném poli se pohybují černé skvrny). Při velké únavě nastává dvojité vidění (diplopie). Zrakovou únavu provází bolesti hlavy, bolestivé stahy různých svalů v obličeji, zarudlé spojivky.

### *2.3.5. Fyzická, psychická a smyslová zátěž*

Vedle faktorů uvedených v předchozích kapitolách, mají vliv na vznik diskomfortu faktory, které souvisejí s vybaveností a s výkonovou kapacitou člověka např. s jeho tělesnou stavbou, s rozměry těla, končetin, s rozsahy pohybů, pohybovými stereotypy, se svalovou silou, s tělesnou zdatností, a to v závislosti na věku a pohlaví [100]. Tyto faktory jsou dány kapacitou smyslových orgánů (schopností vnímat a rozlišovat příslušné smyslové podněty) a kapacitou myšlenkových procesů a funkcí, jako je paměť, představivost, zátěžová tolerance, spolehlivost.

Obecně lze říci, že se jedná o faktory označované jako fyzická, psychická a senzorická (smyslová) pracovní zátěž

Při posuzování pracoviště z hlediska těchto faktorů je třeba se zaměřit zejména na:

- prostorové uspořádání a rozměry pracoviště a pracovního místa
- používané nástroje a nářadí
- pracovní polohy
- manipulaci s předměty a podmínky pro manipulaci
- umístění informačních panelů a ovládačů, vynakládané síly a frekvence použití
- celkovou fyzickou zátěž
- lokální svalovou zátěž
- režim práce a odpočinku
- psychickou a smyslovou zátěž (vnucené pracovní tempo, monotonie, časový tlak, zvýšené nároky na sociální integraci, možné ohrožení zdraví

jiných osob, zrakovou náročnost práce)

Rozměry a uspořádání pracoviště a pracovního místa by měly odpovídat tělesným rozměrům daného jedince. Pozornost je třeba věnovat např. výšce manipulační roviny, prostoru pro dolní končetiny, rozmístění ovládačů a informačních panelů a pomůcek s ohledem na vzdálenosti dosahu a frekvenci jejich používání, pracovním sedadlům, racionalizaci pracovních postupů, apod.

Opakovaně jsou zjišťovány souvislosti dyskomfortu s *pracovní polohou*. Nevhodné pracovní polohy mohou negativně ovlivnit nejen kosterně-svalový aparát, ale i dýchání a krevní oběh. Polohu při práci výrazně ovlivňuje charakter a druh vykonávané práce, rozměry a uspořádání pracovního místa. Uspořádání pracovního místa musí být řešeno tak, aby nedocházelo k zaujímání nevhodných pracovních poloh a následně ke vzniku dyskomfortu

*Pracovní pohyby* musí odpovídat přirozeným drahám a stereotypům (možnost vzájemného přizpůsobování amplitudy, síly, rychlosti a rytmu). Energetická náročnost pracovních pohybů je úměrná počtu a velikosti aktivovaných svalových skupin. Fyziologicky nejvhodnější je střídavé zapojování různých svalových skupin s možností změny pracovní polohy a s malým podílem statické práce. Směr pohybů horních končetin by měl odpovídat přirozeným pohybům, tj. převážně v obloukových dráhách. Přesnost pohybů je závislá na vzdálenosti od těla – čím mají být pohyby přesnější, tím blíže má být oblast, v níž jsou vykonávány. Při činnostech vyžadujících koordinaci obou končetin mají být pohyby rovnoměrně rozloženy na obě končetiny a jejich dráhy analogické.

*Fyzická pracovní zátěž* je pracovní zátěž pohybového, srdečně cévního a dýchacího systému s odrazem v látkové přeměně a termoregulaci. Nerovnováha konstituce a celkové svalové kapacity jedince a nároků na fyzickou zdatnost, která plyne z pracovních úkolů, může být zdrojem nadměrného přetěžování jeho pohybového aparátu se všemi důsledky na zdraví. Nepřiměřená fyzická náročnost pracovních úkonů vzniká z nejrůznějších příčin jako je např. jednostranné nadměrné přetěžování určitých svalových skupin končetin nebo trupu, ne-

přiměřená hmotnost břemen s nimiž se ručně manipuluje, fyziologicky nevhodné pracovní polohy, vynakládání velkých svalových sil, aj.

Z fyziologického hlediska se rozlišují dvě formy svalové práce - dynamická (střídavé zapojování svalových skupin a střídání napětí a uvolnění svalstva) a statická (dochází k izometrické kontrakci svalu, ve kterém se zvyšuje napětí).

Pro praktické účely zahrnujeme mezi práce převážně dynamické takové činnosti, při nichž svalová síla spojená se změnou délky svalu je vynakládána po dobu kratší než 3 sec. Práce převážně statické se vyznačují převažujícími činnostmi s izometrickým stahem delším než 3 sec. Oba jmenované typy práce se zásadně liší v dynamice prokrvení svalu. Práce dynamická je efektivnější, s pomalejším nástupem únavy a méně zatěžující než práce statická. V praxi téměř vždy jde o kombinaci obou typů práce, proto se obvykle mluví o práci převážně statické nebo převážně dynamické.

U dynamické práce je při posuzování fyzické zátěže třeba zásadně rozlišovat, zda práce je vykonávána velkými nebo malými svalovými skupinami.

*Psychickou zátěž* je možné definovat jako proces psychického zpracování a vyrovnání se s požadavky a vlivy životního a pracovního prostředí

Dle Gilbertová et. al. [23] lze rozlišit tři formy psychické zátěže:

senzorická (smyslová zátěž) – vyplývá z požadavků práce na činnost smyslových orgánů,

mentální zátěž – vyplývá z požadavků na zpracování informací kladoucí nároky na psychické procesy zejména pozornost, paměť, představivost, myšlení, rozhodování,

emoční zátěž – vyplývá ze situací a požadavků vyvolávajících afektivní odezvu.

Dlouhodobá psychická zátěž může vyústit v poruchy zdraví jako jsou některá psychosomatická onemocnění (např. ischemická choroba srdeční, vředová choroba, hypertenze) i poruchy v oblasti mentálního zdraví.

Byly identifikovány rizikové faktory práce, které jsou jednoznačně spojeny s výraznou psychickou pracovní zátěží. Lze mezi ně řadit zejména přetížení

a nevytížení, kombinace vysoké náročnosti práce s nízkou mírou vlastní kontroly nad svou prací, časový tlak, monotonie, vnucené pracovní tempo, konfliktní interpersonální vztahy na pracovišti, vysoká odpovědnost, směnová a trvalá noční práce, riziko ohrožení zdraví vlastního či jiných osob, vysoké nároky na sociální integraci, dlouhodobá sociální izolace.

Pozitivně naopak působí sociální podpora, vysoká volnost rozhodování, a to navzdory velké náročnosti práce a vysoká motivace k práci.

Při posuzování psychické náročnosti pracovních úkolů si je nutno všimnout :  
typu prováděných úkolů – počtu prováděných úkolů – možnosti variability polohy těla - řazení a různosti mentálních úkolů - volnosti vlastního rozhodování při práci - vazby na další osoby - motivace pracovníka v práci – důležitosti rychlého rozhodnutí – interpersonálních vztahů a jiných.

Jak již bylo uvedeno, vznik dyskomfortu souvisí s mnoha faktory, mezi které patří i poloha těla a zakřivení páteře. Páteř ale není pouze kostní struktura s vazy a chrupavkami, ale stejně jako každý orgán má svoje nervové a cévní zásobení. Probíhá v ní mícha, která je omývaná mozkomíšním mokem stejně jako mozek v lebce. Na rozdíl ale od lebky páteř je pohyblivá struktura, která pravděpodobně svojí polohou ovlivňuje i dynamiku mozkomíšního moku v níž protéká. Proto lze uvažovat i o vztahu dyskomfort-hydrodynamika mozkomíšního moku, jak popisují následující kapitoly.

### 3. Základní vlastnosti a funkce mozkomíšního moku

Jak popisuje Otáhal J. in: [77] klíčová funkce mozkomíšního moku je ochrana centrální nervové soustavy (tlumí efekt gravitace a změkčuje vliv účinku vibrací) Mozkomíšní mok taky nabízí alternativní cestu pro distribuci různých mediátorů, neuropeptidů, hormonů a iontů do cílových buněk v mozku a míše. Hraje také významnou roli v distribuci metabolických produktů nervové tkáně zrovna tak, jako při udržování jeho teplotní rovnováhy při vedení nadměrného horka.

Podle tradičního pohledu teče mozkomíšní mok pomalu a rovnoměrně z největšího zdroje (*plexus choroideus*) do místa největší resorbce v *arachnoidálních granulacích*. Změny v produkci jsou v nerovnováze se změnami v absorpci. Nicméně, data z magnetické rezonance (MRI) která měřila průtok, dokazují, že pomalý objem toku mozkomíšního moku existuje pouze uvnitř ventrikulárního systému (současně s pulzujícím tokem), ale není důkaz o takovém druhu proudění v intracraniálním, nebo spinálním subarachnoidálním prostoru, kde se tok jeví jako pulzující Greitz [31,32]. Pulzující povaha a charakter pohybu mozkomíšního moku je výsledkem pulzace související se srdeční činností v krevním objemu kraniální oblasti. Bergschneider, Bhadelia, Schrot [3,6,70]. Podle Monro-Kellieho doktríny, čistý přítok arteriální krve v průběhu systoly je kompenzován úměrným odtokem venózní krve a kaudálním výtlakem mozkomíšního moku, úměrným odtokem venózní krve (který je konstantní) a kaudálním výtlakem mozkomíšního moku. (pulzace jako i celkový objem intracraniálních obsahů musí zůstat konstantní) Schrot, Greitz, Bhadelia [6,31,70].

Je obecně přijímáno že přibližně 60 procent mozkomíšního moku formovaného zabírá místo v *choroidním plexu* (při ultrafiltraci krevní plazmy) a zbylých 40 procent je produkováno extrachoroidálně. Spád produkce mozkomíšního moku byl považován za téměř konstantní, kolem 500-550 ml za 24 hodin. Nicméně někteří autoři Bergschneider [3] dospívají k názoru, že toto číslo je pravděpodobně neúplné. Podle nových měřících metod (kvantitativní MRI zobrazovací metoda), by mohla být denní produkce rovnající se přibližně 650 ml a

nekonstantní, ale mění se v závislosti od denní doby a věku jedince. Absorbce mozkomíšního moku probíhá pravděpodobně nejen v *arachnoidálních granulacích* ale ve vícero místech napříč celým systémem Bergschneider, Bolzanovic-Sosic [3,5].

#### **4. Mozkomíšní mok z pohledu biomechaniky a jeho vztah k pohybům axiálního systému**

Znalost o fyzikálních vlastnostech (poddajnost, odpor) mozkomíšního moku a o jeho distribuci podélně systému je klíčová pro pochopení hydrodynamiky této tekutiny.

Jak popisuje Kaczmarová [45] Mozkomíšní mok hraje důležitou roli v ochraně centrální nervové soustavy, na distribuci živin, iontů a dalších látek do nervové tkáně. V páteřním kanále je popisován tok mozkomíšního moku, který je dvojího charakteru, pomalý tok odrážející děje produkce a vstřebávání a pulsační odrážející tlakové změny v intrakraniální dutině. Během fyziologických pohybů páteře dochází k změnám tvaru páteřního kanálu. Deformace kostěného páteřního kanálu během fyziologických pohybů páteře se přenáší na jeho obsah. Tyto deformace se specificky přenáší na každou jeho složku: epidurální prostor, durální vak, subarachnoidální prostory obsahující mozkomíšní mok, míchu, míšní kořeny a cévní zásobení míchy. Změna jednotlivých parametrů prostor obsahujících mozkomíšní mok může mít vliv na jeho dynamiku a tímto nepřímo ovlivňovat funkci centrálního nervového systému a následně i pohybový aparát, měkké tkáně. Může mít tudíž nemalý podíl na vzniku dyskomfortu při činnostech v sedavých polohách (které jsou často provázeny flekčním zakřivením páteře).



#### **4.1. Deformace kostěného páteřního kanálu**

Řada studií se zabývala deformacemi páteřního kanálu, jak ve statické poloze, tak při fyziologických pohybech a dále při různých patologických stavech. Nejvýraznější změny jsou přítomny při flexi a extenzi páteře. Osa pohybu pro flexi a extenzi je v disku nebo tělu obratle. Tímto během flexe páteře bude v strukturách ležících před osou docházet ke zkracování a budou vystaveny kompresivním (tlakovým) silám, kdežto v tkáních ležících za osou otáčení bude docházet k prodloužení a budou vystaveny hlavně tahovým silám. Celkově lze říci, že při flexi dochází k prodloužení páteřního kanálu a zvětšení jeho průřezu, kdežto v extenzi se děje opak Harrison, Chen [34,35,36,41] in Kaczmarska [45].

V tvarových charakteristikách páteřního kanálu během fyziologických pohybů má odraz specifická anatomie a kinematika horní krční páteře. Rotace v segmentu C1-C2 probíhá kolem vertikální osy v centru *processus odontoideus*. To znamená, že osa otáčení je umístěna excentricky ve vztahu k průřezu páteřního kanálu. Při otočení hlavy vlevo pravá laterální masa atlasu se posouvá anteriorně a mediálně, kdežto levá je rotována posteromedálně. A tímto dochází k zúžení kostěného páteřního kanálu. Tyto fyziologické pohyby mají vliv nejen na hydrodynamiku mozkomíšního moku prostřednictvím tvarových změn páteřního kanálu, ale i jak uvádím v kapitole 5. i na respirační mechaniku a pohyby bránice. (viz. dále)

#### **4.2. Deformace epidurálních prostor**

Lze říci, že obsah páteřního kanálu lze kvalitativně rozdělit na dvě odlišné struktury: durální vak se svým obsahem (mícha, nervové kořeny a mozkomíšní mok) a epidurální prostor, který vyplňují žilní pleteně a tukové vazivo. Dura mater (durální vak) je udržována roztažená díky tlaku a pulsacím mozkomíšního moku Rossiti [67]. Tento tlak v durálním vaku vyplněném mozkomíšním mokem je větší než tlak v epidurálním prostoru obsahujícím hlavně tukové vazivo a žilní pleteně Reesink [66]. Mezi durálním vakem a epidurálním prostorem existuje při

změně objemů reciproční vztah, tzn. s každou změnou objemu durálního vaku, který má větší tlak než epidurální prostor se mění objem epidurálních prostor a to v opačném smyslu.

Reciproční vztah jednotlivých složek páteřního kanálu je výrazný během axiální rotace, kdy dochází k zúžení kostěného páteřního kanálu na úrovni laterálních atlantoaxiálních kloubů jako důsledku střížného pohybu mezi *atlasem* a *axis*. Reesink et al. [66] provedli MRI studii rotace krční páteře v C1-C2 zároveň s angiografií epidurálních žilních plexů (IVVP – internal venous vertebral plexuses) horní krční páteře. Porovnání MRI záznamů ve střední poloze a maximální rotaci ukázalo, že maximální rotace laterální masy atlasu způsobuje pouze minimální kompresi durálního vaku, kdežto větší deformaci vykazuje epidurální prostor. Durální vak, který je tekutinou vyplněnou trubicí, není stlačován během rotace hlavy.

#### **4.3. Biomechanické vlastnosti míchy, kotvení a přenos deformací na nervovou tkáň**

Při studiu biomechanických vlastností nervové tkáně ve vztahu k pohybům páteře je vhodné zmínit se o pojmu *pons-cord traktu*. Pojem pons-cord traktu poprvé použil Breig v roce 1960 pro označení kontinuálního traktu tkáně zahrnujícího mesencephalon, pons, medullu oblongatu a páteřní míchu (In: Rossiti [67]). Díky kotvení dury k páteřnímu kanálu a dále míchy k durálnímu vaku jsou změny tvaru kanálu vzniklé postavením páteře přenášeny na struktury CNS.

Komponenty CNS a periferních nervů jsou v určitém napětí i v neutrálním postavení. Pokud je dura natahována při zvětšující se délce páteřního kanálu, napětí se přenáší na míchu skrze kotvící ligamenta (*ligamenta denticulata*). Velikost průřezové plochy míchy v závislosti na změnách délky je popisována jako *Poissonův efekt*: se zvětšením délky se průřezová plocha zmenšuje a při zmenšení délky se průřezová plocha zvětšuje, kdy celkový objem zůstává stejný. Tímto, jakákoli změna v postavení, která ústí v prodloužení kanálu (flexe, late-

roflexe, distrakce kolem y-osy) zvýší napětí a deformaci přítomné v míše. Tento fenomén následují všechny komponenty pons-cord traktu, včetně nervových buněk a rozložitého vaskulárního systému.

#### **4.4. Deformace neurálních struktur při pohybu obecně.**

Souhrnně lze říci, že extenze (obzvláště Cp a Lp) vede k relaxaci struktur centrální nervové soustavy. Flexe jakékoli části páteře může vyvolat axiální napětí a tím podélný tah v celé míše a v nervových kořenech. Flexe v jednotlivých segmentech zatíží míchu podobným způsobem, může dojít k zmenšení průřezu míchy a změně parametrů páteřního kanálu Harrison [36].

#### **4.5. Deformace subarachnoidálního prostoru krční páteře v oblasti cerviko-kraniálního spojení**

Při pohybu páteře mícha se může v rámci durálního vaku pohybovat. Což pro oblast cerviko kraniálního spojení bylo prokázáno pomocí MRI, že úhlový pohyb C0-C2 koreluje se zakřivením (úhlem) spojení prodloužené míchy a míchy. Ve flexi docházelo zároveň k oplošťování mozkového kmene vůči *klivu* s postupným snižováním až vymizením subarachnoidálního prostoru na ventrální straně míchy a zmenšováním *prepontinní cisterny* Dorsounian [15]. Muhle et al. [57] došli k závěrům, že během flexe a extenze dochází taky ke změnám parametrů subarachnoidálních prostor cervikální páteře. Při flexi docházelo k zúžení ventrálního a rozšíření dorzálního subarachnoidálního prostoru (SAP) zmenšení průměru míchy. Při extenzi bylo pozorováno zvětšení ventrálního subarachnoidálního prostoru a dorzální byl zmenšen a taky došlo k zvětšení průměru míchy. K podobným výsledkům dospěli Duerinckx et al. [16], kdy v MRI studii Cp. během flexe a extenze ukázali, že dochází k zúžení průměru páteřního kanálu anteriorních a posteriorních subarachnoidálních prostorů jak ve flexi, tak v extenzi. Tento fenomén byl patrný nejvíce v segmentech C4-C7.

Deformace subarachnoidálního prostoru jistě budou souviset s přemísťováním mozkomíšního moku v rámci celého durálního vaku, nejen

v antero-posteriorní dimenzi, ale taky v kraniokaudálním směru; kdy celkový objem musí být zachován, protože mozkomíšní mok je považován za nestlačitelný.

Pro zhodnocení toku mozkomíšního moku je dle názoru Kaczmarškové [45] vzájemné prostorové uspořádání subarachnoidálních prostor, to znamená durálního vaku a míchy, spolu s nervovými kořeny a kotvením *ligamenta. denticulata*. Ve statické poloze je přítomno excentrické uspořádání míchy v rámci durálního vaku v závislosti na segmentální úrovni a které odráží postavení páteře. Loth et al. [46] v hydrodynamickém modelu proudění poukázal na to, že uspořádání durálního vaku má vliv na rozložení rychlostí pulsačního toku.

Vzájemné uspořádání struktur durálního vaku se může měnit. Mícha se v rámci durálního vaku může pohybovat a tímto bude jistě docházet k změnám parametrů jednotlivých subarachnoidálních prostor. Nabízí se otázka, zda při pohybech míchy, kdy dochází k relativním změnám parametrů subarachnoidálního prostoru, bude docházet k změnám toku mozkomíšního moku. Pro zhodnocení tohoto je nutno mít dále na paměti, že páteřní kanál je 3D strukturou a jeho vnitřní uspořádání, které tvoří kořeny, lig. denticulata, síť arachnoidálních vláken, mohou v určitém smyslu tok ovlivnit. Na toto poukázal i Loth et al. [46] jako na faktory, které mohou ovlivnit pulsační tok mozkomíšního moku.

Dalším jevem, na který bych chtěla poukázat je, že při pohybu páteře dochází ke změnám vnitřního napětí v rámci Poissonova efektu, kdy deformace jsou přítomny ve všech složkách pons-cord traktu. Resp. délkové variace vedou jak ke změně mikrostruktury míšní tkáně, tak k deformaci vaskulárních komponent. V důsledku toho při zvýšeném napětí může být sníženo pronikání mozkomíšního moku do tkáně skrze perivaskulární prostory míšních cév. Anebo z jiného úhlu pohledu: fyziologický pohyb páteře, se střídáním napětí a relaxace/uvolnění, podporuje difúzi mozkomíšního moku do míšní tkáně.

Z uvedeného lze říct, že veškerý pohyb páteře má vliv na všechny struk-

tury podílející se na jeho funkci. Nejvýrazněji lze tento jev pozorovat v oblasti horní krční páteře, kde tato změna zakřivení ovlivňuje jak subarachnoidální prostory, nervovou tkáň i epidurální prostory. Následně dochází ke změně hydrodynamiky mozkomíšního moku, čímž lze předpokládat participaci na vzniku dyskomfortu.

#### **4.6. Mozkomíšní mok a jeho dynamika**

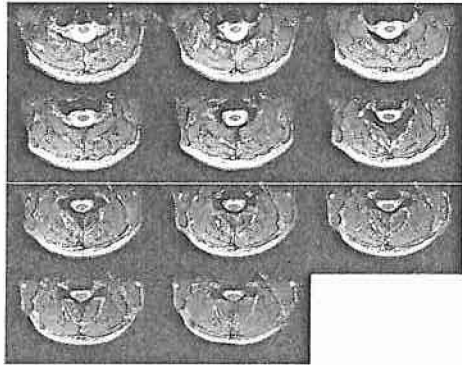
Ochrana centrálního nervového systému (CNS) je tvořena lebkou, páteří, meningeálními obaly a mozkomíšním mokem. Dynamika toku mozkomíšního moku jak uvádím v předchozích kapitolách je důležitým faktorem pro správnou funkci centrální nervové soustavy. Změny této dynamiky mohou být jak příčinou tak důsledkem dyskomfortu a v další fázi při nesprávné fyziologické funkci i patologických stavů. Mozkomíšní mok se nachází v subarachnoidálních prostorách kraniální a spinální dutiny. Kranio-cervikální přechod se nachází mezi těmito dvěma kompartmenty s naprosto odlišnými mechanickými vlastnostmi. Patologické funkce páteřního kanálu v této oblasti jsou v těsném spojení s dynamikou mozkomíšního moku a jsou spojeny se stavy jako syringomyelie, hydrocephalus, Arnold-Chiariho malformace typu I a jiné Bateman, Chang [1,40].

Pulsační vlna mozkomíšního moku se šíří také páteřním kanálem. Amplitudy a rychlosti pulsací se distálním směrem postupně snižují Henry-Feugeas Urayama Takizawa et.al., Enzmann [19,38,78,85]. Tok mozkomíšního moku v páteřním kanále je ovlivňován několika faktory. Hlavní jsou hydrodynamický odpor a poddajnost. Hodnota hydrodynamického odporu je výrazně ovlivňována tvarem prostor kterými protéká. Poddajnost je určována mechanickými vlastnostmi měkkých tkání páteřního kanálu. Tímto tok mozkomíšního moku v oblasti cerviko-kraniálního spojení je ovlivňován odporem a poddajností následujícího kompartmentu (páteřního kanálu/subarachnoidální prostor v oblasti cerviko-kraniálního spojení a krční páteře).

Série MRI řezů je zobrazena na obrázku 4.1 a výsledný model na obráz-

ku 4.2 Na průřezu s maximální plochou krční subarachnoidální prostor je signifikantně prostornější v jeho posteriorní části ( $2,918\text{cm}^2 \pm 0,3$ ;  $P < 0,001$ ) v porovnání s jeho anteriorní částí. Nicméně na průřezu s minimální plochou plochy pro posteriorní a anteriorní část subarachnoidálního prostoru jsou bez větších rozdílů (anteriorní část  $1,255\text{cm}^2 \pm 0,265$ ; posteriorní část  $1,153\text{cm}^2 \pm 0,272$ ;  $P = 0,99$ ). Plocha SAS se kaudálně zmenšuje, nicméně se ukazuje, že toto je důsledek redukce posteriorní části subarachnoidálního prostoru (viz obrázek 4.3).

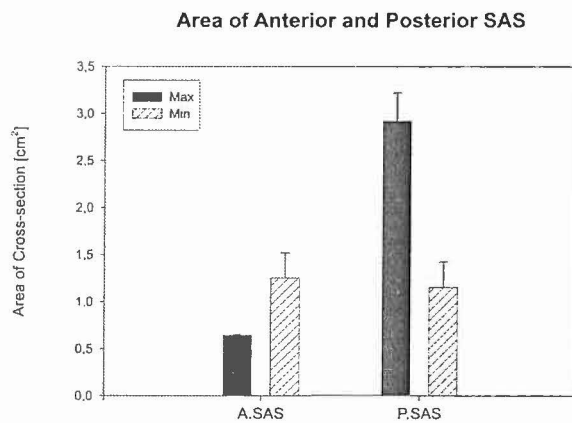
Kaudální výtlak mozkomíšního moku je možný díky vyšší poddajnosti spinální oblasti v porovnání ke kraniální oblasti v průběhu systoly (vzájemný vztah mezi srdeční frekvencí a hydrodynamikou mozkomíšního moku uvádím v následující kapitole). Mechanické vlastnosti spinálního kanálu hrají důležitou roli v dynamice mozkomíšního moku ve spinálním subarachnoidálním prostoru. Martis at al. [52] poukázali na to, že spinální vak který funguje jako rezervoár mozkomíšního moku snadno mění svoji kapacitu v závislosti na tlakovém gradientu formovaném mezi tímto mokem a *spinálním epidurálním plexem*. Skutečně, *spinální epidurální plexus* je propojený se systémovými žilami a proto změny obou tlaků (jak intraabdominálního tak intrathorakálního) přímo ovlivňují jeho tlak a objem. Oba tyto tlaky lze modulovat, měnit, nebo jen lehce ovlivňovat respirací. Poddajnost spinální *dura mater* (tvrdá plena) je zanedbatelná v porovnání k poddajnosti páteřních žil. Proto tedy změny v objemu a/nebo tlaku žil značně ovlivňují celkovou poddajnost spinálního kanálu. Otáhal J. et. al. In: [77]



**Obr.4.1:** Série MRI řezů



**Obr. 4.2:** Následná rekonstrukce subarachnoidálního prostoru



**Obr. 4.3:** Plocha anteriorních a posteriorních subarachnoidálního prostoru v místech s největší a nejmenší plochou

#### **4.7. Vztah mezi srdeční frekvencí a dynamickými změnami toku mozkomíšního moku**

Otáhal S. et al. [93] popisuje, že tlak mozkomíšního moku osciluje synchronně se srdeční frekvencí, která je pod úrovní fyziologickou a to přibližně: 10mmHg (1,3kPa). Tyto srdci podobné oscilace jsou vyšší v oblasti lebky (v intrakraniu) a to až o 5mmHg a pozvolna ubývají podél spinálního kanálu. Intervaly mezi komorovým QRS komplexem a vrcholem kmitání mozkomíšního moku teda pozvolna stoupají podle kraniokaudální osy [38]. Simulace tlakových výchylek v jednotlivých částech kraniospinálního systému jsou znázorněny v modelu na obr. 4.5a. Největší amplituda tlakových odchylek vázána na srdce je v úseku L3 a klesá sestupně k úseku L6. Vrchol tlakových změn v úseku L3 nejdřív následuje QRS komplex. Pro maxima v L4, L5, a L6 je charakteristická narůstající latence. V průběhu diastoly srdce klesají tlaky na svojí výchozí úroveň. Diastolický tlak je vyšší v nižších částech, protože poddajnost podél kranio-kaudální osy stoupá. To umožňuje zpětný tok mozkomíšního moku z kaudálních částí do lebeční dutiny v průběhu systoly.

Během srdečního cyklu dochází k pohybu mozkomíšního moku na základě Monro-Kelie tvrzení, kdy objem složek intrakraniálního obsahu musí zůstat stejný. Byl popsán extraventrikulární tok - pohyb mozkomíšního moku v mozkových a spinálních subarachnoidálních prostorech a intraventrikulární - tok v komorovém systému. Dřívější pozorování pohybů mozkomíšního moku ukázaly, že dochází spíše k pohybu extraventrikulárního moku jako faktoru zodpovědného za pulsační kraniospinální tok, nežli pohybu v komorovém systému, který je v malých hodnotách Kaczmarová [45]

**Intraventrikulární tok mozkomíšního moku** je primárně následkem centripetálního pohybu hemisfér během systoly. Expanze artérií je zodpovědná, za kompresi frontální části ventrikulárního systému v časné části systoly. Expanze mozku vyvíjí celkovou větší kompresi a vytlačení mozkomíšního moku



z laterálních a 3. komory. Na začátku systoly může být patrný retrográdní tok v aquaduktu a zároveň anterográdní ve foramen Monro, protože toková vlna se v oblasti zadní jámy lební objevuje nepatrně dříve než v oblastech zásobených a. carotis interna. Následně krev dosáhne frontálních laloků, což způsobí píšťový pohyb celého mozku. Ve střední části systoly tok jak v aquaduktu, tak ve foramen Magendi jsou anterográdní. Na konci systoly se tok ve foramen Magendi obrací. Během diastoly jsou oba toky retrográdní Bergsneider [3].

### **Extraventriculární tok**

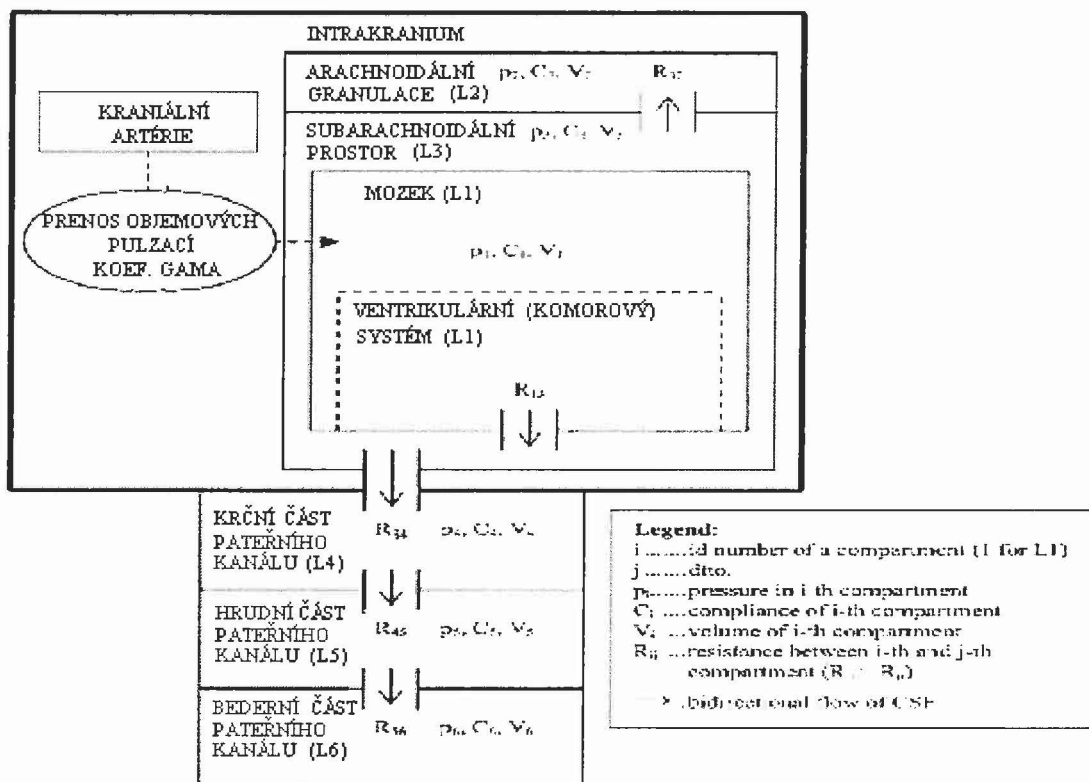
Intrakraniálně se mozkomíšní mok také pohybuje v závislosti na cyklickém toku krve. Z důvodu různé délky cév krev dosáhne různých částí mozku v různém čase. Toto je nazýváno intrakraniální „objemovou vlnou“ („volume wave“), kdy expanze artérií se objevuje nejdříve ve frontálním laloku a dále postupně ve více posteriorních částech cerebrálních hemisfér Greitz [31]; Bergsneider [3]

Vypuzení mozkomíšního moku a krve, vyvolané zvýšeným intrakraniálním tlakem, je následováno současným zvýšením krčního toku mozkomíšního moku. Pokud není možné okamžité vypuzení mozkomíšního moku z lebky, kraniální dutina se chová v tomto případě jako by byla uzavřeným prostorem. Dovnitř se nemůže dostat žádné, nebo pouze jen minimální množství krve, což vede k znatelnému snížení toku v arteriích báze lební.

Tok MMM v průběhu kardiálního cyklu je startován rychlým přesunem nitrolebního mozkomíšního moku do krčního subarachnoidálního prostoru. Následuje pak další pomalý diastolický zpětný tok do nitrolebního subarachnoidálního prostoru. Rychlost toku klesá podle kraniokaudální osy a v distálním konci durálního vaku je tok téměř nedetekovatelný. Enzmann [19].

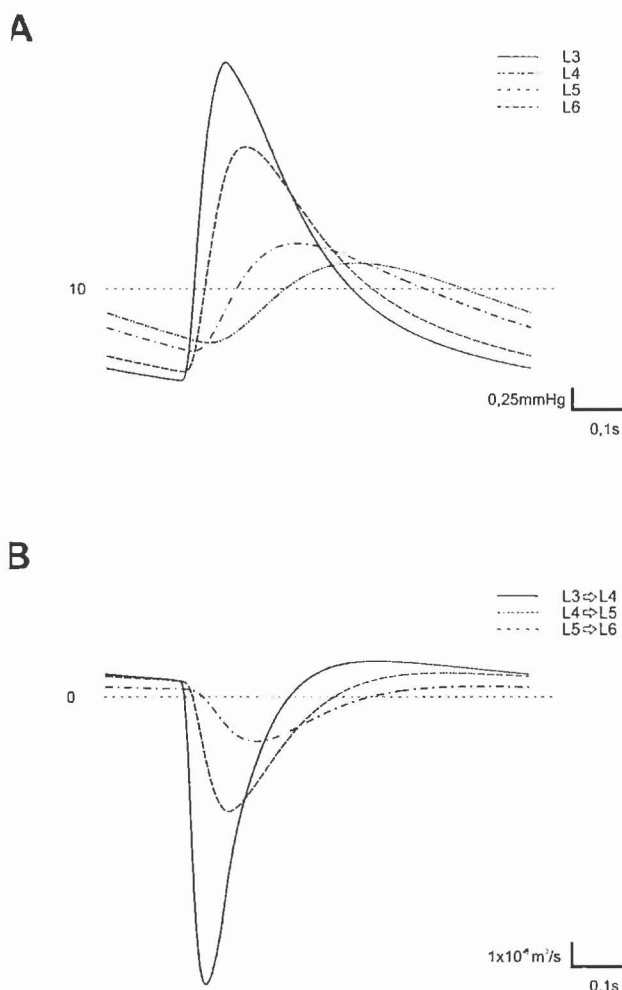
**Legenda k obrázku 4.4.** – 6ti dílný model transportu mozkomíšního moku. Šipka ukazuje obousměrný tlak a odpor závislého toku mozkomíšního moku. Přerušovaná šipka ukazuje převod tlaku/objemu. Názvy dílů jsou uvedeny v závorkách. Díly jsou od sebe izolovány tenkou černou čarou. Tlustá černá čára značí hranici intrakrania. Obdél-

ník uvnitř dílu označený přerušovanou čarou značí specifickou část dílu.



Obr. 4.4. dle Otáhal J. et. al.

**Obrázek 4.4.** Model pozůstává ze šesti součástí reprezentujících hlavní části kraniospinálního systému. Každá část má své vlastní fyzikální vlastnosti, které popisují jejich chování. Tlakový přenos z kraniálních arterií do mozkových částí slouží jako zdroj pulzací. Objemové pulzace intrakraniálních arterií jsou přinášeny do části L1 která reprezentuje mozek a ventrikulární systém (mozkové komory). Část L1 přímo komunikuje s intrakraniálním subarachnoidálním prostorem (část L3). Úsek L3 přímo komunikuje s částí L2 a L4. Úsek L2 reprezentuje arachnoidální granule a proto zde probíhá většina resorbce mozkomíšního moku. Části L4, L5 a L6 reprezentuje krční, hrudní a bederní oblast páteřního kanálu. Každý úsek má své vlastní fyzikální vlastnosti, prostřednictvím kterých jsou zcela fyzikálně popsány. Tyto vlastnosti: tlak, poddajnost, reziduální objem a F/R konstanta (tvorba/resorbce mozkomíšního moku). Předpokládáme, že newtonová kapalina (nestlačitelná, se stálou teplotou) cirkuluje v elastickém prostoru kraniospinálního systému. Základní fyzikálně-mechanické zákony musí být v modelu dodržovány. Jsou to zákon o zachování hmoty a energie (pohybové).



Obr. 4.5. dle Otáhal J. et. al.

**Obrázek 4.5.** – Křivky tlaku a proudu v a mezi konkrétními oddíly předpokládanými našim modelem. **(A)** Křivky tlaku na úrovních L4-L6. Vyšší díly ukazují větší amplitudy pulzace tlaku. Po R-vlně tlak dramaticky stoupá a pak graduálně klesá. Diastolický tlak je v zadních dílech vyšší kvůli větší poddajnosti podél craniokaudální osy. To v průběhu diastoly dovoluje opětovný přítok mozkomíšního moku z kaudálních dílů spět do kranialní dutiny.

**(B)** Křivky tlaku na úrovních L4-L6. Tok mozkomíšního moku v průběhu srdečního cyklu začíná rychlým systolickým přemístněním intrakraniálního mozkomíšního moku do krčních subarachnoidálních prostorů sledovaný opětovným pomalým diastolickým tokem do intrakraniálních subarachnoidálních prostorů. Rychlost toku se snižuje podél craniokaudální osy a v distálním konci durálního vačku je tok téměř nedetekovatelný.

#### **4.8. Vztah dynamiky mozkomíšního moku k respiračním pohybům.**

Analýzou pulsačních pohybů mozkomíšního moku ve vztahu k závislosti na respiračních pohybech se zabývali Schroth a Klose [70]. Bylo nalezeno, že pulsace mozkomíšního moku vztahující se k srdečnímu cyklu jsou rytmicky modulovány během respirace. Hluboký nádech vedl k okamžitému zvýšení kaudálního toku mozkomíšního moku v krčném páteřním kanále, kdežto v aquaduktu bylo viditelné zpoždění okolo dvou srdečních cyklů, než došlo k zvýšení toku z třetí do čtvrté komory. Toto bylo patrné také během zívnutí a bylo následováno znatelným zvýšením toku krve ve vena jugularis interna.

#### 4.9. Jiný pohled na dynamiku a význam mozkomíšního moku

Mozkomíšní mok je dle Upledgera [83] součástí tzv. kraniosakrální soustavy (CSS), která je dále tvořená třívrstevným membránovým systémem (meningeální systém), likvorem a strukturami uvnitř membránového systému, které řídí přívod a odvod likvoru (plexus choroideus zabezpečující přítok a arachnoida zajišťující odtok mozkomíšního moku). Jak dále uvádí Upledger, kraniosakrální soustava má silný účinek na celé tělo a všechny jeho funkce hlavně proto, že je úzce spjat s mozkem a míchou, stejně tak jako s hypotalamem a hypofýzou. Poněvadž mozek a mícha více či méně kontrolují náš celkový nervový systém, je jasné, že kraniosakrální soustava má silný vliv na hypotalamus a hypofýzu, působí na funkci endokrinního systému a hormonů, které tento systém vylučuje.

Ačkoliv obrazné předvědecké myšlení u většiny „alternativní“ zdravotní péče může vzácně vést k nenadálým pohledům, objevům, mnoho z těchto technik bylo testováno a selhalo.

V laboratoři v Scientific Review of Alternative Medicine in: Hartman [37] byla pozorována a následně popsána manipulační technika dle Upledgera (kraniosakrální terapie/ kranialní osteopatie), která je používána mnohými fyzioterapeuty, ergoterapeuty, osteopaty a dalšími. Na základě těchto pozorování bylo vyvozeno několik závěrů:

1). „ Primární respirační mechanismus“ jak ho popsal Sutherland je neplatný. Ten tvrdil, že pulzace kraniosakrálního systému je zcela nezávislá od dechové a srdeční frekvence a má rytmus o frekvenci 10 cyklů za minutu [83]. Problematikou ne/závislosti pulzace mozkomíšního moku na dechové a srdeční frekvenci se ve své studii zabýval Štěpánik et al. [77], který popisuje právě vzájemnou souvislost mezi pulzací mozkomíšního moku a mezi dechovou a srdeční frekvencí. Přičemž poukazuje na to, že pulzace mozkomíšního moku je znázorněná křivkou v široko-frekvenčním pásmu a z hlediska frekvenční analýzy zde dominují dvě frekvenční složky. První tvoří srdeční frekvence a druhou de-

chová frekvence.

2) „Kraniální“ rytmus nemůže být generován díky organické pohyblivosti mozku, protože neurony gliové buňky neobsahují vlákna aktinu a myosinu, které by byly schopny takový pohyb vyprodukovat. Další hypotézy zahrnující, vysvětlující původ tohoto rytmu zůstávají plně spekulativní. Melsen, Madeline, Okamoto, Sahni, [49,54,58,68].

3) Upledgerův "pressurestat" model [84]. Pohyb mezi os sphenoidalis a occipitalis na jejich bázích je od pozdního adolescentního věku nemožný, protože se stávají jednou robustní kostí. Melsen, Madeline, Okamoto, Sahni, [49,54,58,68]. Pohyb mezi komponentami lebeční klenby je u většiny dospělých taky nemožný, protože koronální a sagitální sutury většinou začínají ossifikovat mezi 25 a 30 rokem života, *sutura lambdoidea* jen o něco později. Cohen, Perizonius, Verhuls [7,62,86]. „Interexaminer reliability“ je téměř nulová, mnoho publikovaných koeficientů je negativních, a většina „skoupých“ vysvětlení pro sebraná data je, že terapeuti se domnívají v kraniální rytmus. Konečně, pokud údajné kraniální a intrakraniální pohyby jsou skutečné, jsou přenášeny na skalp a jsou přesně vyhodnoceny terapeuti, neexistuje žádný důvod proto se domnívat, že parametry těchto pohybů by měly být vztahovány ke zdraví a není vědecky podloženo, že jejich provádění je ku prospěchu pacientova zdraví.

Podobně v 1997, autoři zprávy připravené pro The Insurance Corporation of British Columbia došli k závěru, že „z dostupných materiálů nelze vyzorovat žádné dostačující funkční pozadí a empirickou evidenci efektivity kraniosakrální terapie“ Opper [59]. V 1998 National Council Against Health Fraud (národní sdružení proti zdravotním podvodům) vyvodilo, že „kraniosakrální terapie je spíše otázkou víry, než vědou“ [9]. V 1999, nezávislí recenzenti „nalezli nedostatečnou evidenci pro podporu“, Green [29] nebo „pro doporučení kraniosakrální terapie pacientům, terapeutům nebo dalším platičům pro jakékoli klinické podmínky. Green [30].

## 5. Několik pohledů na respirační mechaniku a její vztah k dyskomfortu

Obsah této kapitoly by mohl být velice konfliktní s biomechanickým a neurologickým přístupem. Je to proto, že fyzioterapeutický přístup se často opírá o pozorování mnohdy bez potřebné analýzy dějů. Např. pojem "správné držení těla" je značně diskutabilní. Správný posed je brzy nepříjemný a člověk hledá pohovění navzdory všem poučkám. Každý člověk je individuální osobnost a zrovna tak má i individuální antropometrické a anatomické parametry, mnohdy i fixované a kompenzované „nesprávné“ stereotypy, tudíž i potřeby.

Podle doktora Davida Shanahoffa-Khalsy ze Salkova ústavu pro biologická studia v San Diegu in: Johari [42] je „nos nástrojem změny aktivity mozkové kůry. Vzduch vstupující do těla pravou nosní dírkou ochlazuje pravou mozkovou hemisféru, čili aktivizuje levou hemisféru. Vzduch vstupující levou nosní dírkou působí opačně. Každá z nosních dírek, pracuje-li nezávisle, ovlivňuje chemické procesy v těle jiným způsobem. Pracují-li obě nosní dírky současně, tělesná chemie se pozmění tak, že je naladěná spíš k meditacím a duševní činnosti, než ke světským činnostem. Dýchání pravou nosní dírkou, jejíž charakter je vyhřívací, zvyšuje vylučování kyselých sekretů, zatímco dýchání levou nosní dírkou, jež je svým charakterem ochlazovací, zvyšuje zásaditou sekreci. Jak pravá, tak i levá nosní dírka jsou propojeny s opačnými póly mozkových hemisfér a s čichovým lalokem mozku. Protože je střídání dechu mezi nosními dírkami řízeno protichůdnými příkazy ze sympatického a parasympatického nervstva, je možné, že centrem lidských duševních pochodů a chování je hypotalamus. Nos je s hypotalamem bezprostředně propojen přes čichový lalok. Jednou z funkcí hypotalamu je regulace tělesné teploty, která má vliv na mentální pochody, mozkem interpretované jako emotivní stavy. Spolu s některými dalšími částmi mozku je hypotalamus součástí limbického systému, což je mozkový podsystém ovládající naše emoce a motivaci. Jak uvádí Johari [42] Zrychlení dechové frekvence je provázeno zrychlením proudění krve a ostatních tělních tekutin. Toto

zrychlení ihned stimuluje neuromotorickou aktivitu, takže tělo zužitkovává více energie. V takovém případě musí organismus transformovat na energii více kyslíku a glukózy v procesu nitrobuněčného dýchání.

Při studiu materiálů k napsání této práce jsem se (doposud) nedopracovala k vědeckým důkazům, které by tato tvrzení podpořily, tudíž bych zde zaujala kritický pohled. Na jednu stranu akceptuji tato tvrzení, ale současně zde vidím možnosti dalšího výzkumu.

Dechová mechanika, jak popisuje Čumpelík [11], je součástí každého pohybu a nerespektování jejich zákonitostí, které probíhá nevědomky, vede ke vzniku dyskomfortu. Tyto změny respirační mechaniky může při větším zatížení a delším trvání přejít i do poruch funkce a později i struktury. Při všech poruchách držení těla by se proto mělo uvažovat o participaci dechové mechaniky na udržení pozice a tím i držení těla.

Jak vyplývá z části 2. této práce, bránice je jeden z hlavních svalů účastnících se mimo jiné i dechové mechaniky Čihák [10]. Z anatomie je zřejmé, že pohyb bránice na levé straně je menší, díky levostranné pozici srdce.

Skládal [72] prokázal v r. 1976 radiologicky vztah mezi funkcí bránice a držení těla. Jestliže vyjdeme ze Skládalova pozorování, že dechové pohyby mají vliv na držení těla, naskytá se otázka zda je možno získané vadné držení těla, které se stává zdrojem nocicepce a způsobuje dyskomfort při delší statické zátěži, ovlivnit změnou dechových pohybů.

Zkušenosti poukazují na to, že držení těla (často vzniklé jako následek pracovního zatížení) má vliv na stále častěji se vyskytující bolesti zad. Změny držení těla mají za následek změnu dechového vzoru. V letech 2004-2005 byla v Olomoucké fakultní nemocnici Mgr. Čumpelíkem a Doc. Vélem pod vedením MUDr. A. Krobota provedena studie pomocí magnetické rezonance, která byla uskutečněna zatím v jediné možné vyšetřovací poloze v leže na zádech [11]. Byla vyšetřena jedna osoba bez klinických obtíží, dlouhodobě praktikující dechová cvičení.

Během vyšetření se tělo snímalo postupně ze tří pohledů



A – sagitálního pohledu z pravé strany

B – sagitálního pohledu z levé strany

C – frontálního pohledu zepředu

Postupně bylo provedeno sedm měření. Jednotlivá měření se lišila ve změně postavení hlavy, nohou a aktivaci břišních svalů. Poloha byla vždy aktivně zaujata před začátkem měření a držena po celou dobu. Studie osvětluje reakci bránice na změnu držení těla tak, jak ji lze vidět na záznamu magnetické rezonance.

Tady bych si dovolila poznamenat, že nukleární magnetická rezonance je statická metoda a pohyb, resp. časovou stránku je možné pouze dopočítat ze série opakovaných exposic a potom s jistou pravděpodobností mezifáze určit. Tudíž to co se děje mezi jednou a druhou exposicí se odhaduje. Současně bych podotkla, že měření na jednom probandovi nelze zobecňovat, protože tak jak již bylo popsáno, každý člověk je individuální. V poslední řadě mám námitku proti poloze, ve které bylo měření provedeno, a sice leh na zádech. Protože, jak ze studie vyplývá, pouze pozice hlavy nebo nohou má vliv na respirační mechaniku a pohyb bránice. Tak jaký vliv má potom poloha těla? Podle mého názoru jde však o studii, která je zajímavá. Její výsledky jsou velice podnětné a tvoří základ pro rozpracování detailnějších studií.

Studie poukazuje na to, že dech má výraznou souvislost s polohou axiálního systému. Změnou postavení krční páteře do napřímení, flexe a extenze se měnila ne jenom amplituda a frekvence pohybu bránice, ale i směr vyklenutí bránice. Tyto změny lze stručně popsat následovně:

**a/ výchozí poloha** - leh na zádech bez volní svalové aktivity

Sagitální řez:

Bránice je při výdechu klenutá. Při nádechu se klenutí oploští hlavně v její lumbální části a dochází k mírnému vyklenutí břicha pod pupkem.

Frontální řez:

Bránice se při nádechu i výdechu pohybuje jako membrána. Tvar zaoblení pravé a levé strany se z tohoto pohledu při nádechu nemění. Levá strana bránice se při výdechu zastaví dříve než pravá. Bránice naléhá na srdce a zanořuje se do něj při výdechu.

**b/ elevace sternu** - změna nastavení hrudníku. Vtažením břišní stěny k páteři se hrudník dostane do nádechového postavení a v něm zůstává po celou dobu měření

Sagitální řez:

Kranio-kaudální pohyb bránice má proti jiným pozorovaným polohám menší amplitudu i změna v zaoblení při nádechu je menší. Kranio-kaudální posun nastává pravděpodobně změnou předozadního pohybu sternu. Sternum se při nádechu pohybuje ventrálně.

Frontální řez:

Bránice nedosedá tolik na srdce jako v poloze 1C. Tvar zaoblení pravé a levé části bránice se při nádechu ani při výdechu nemění. Dochází k malému kranio-kaudálnímu posunu, který je pravděpodobně způsoben primárně pohybem hrudníku.

**c/ napřímení páteře** - osoba si izometrickým svalovým napětím v chodidlech aktivně modeluje klenbu nohy (tzv. Trojbodá opora nohy) a tu použije jako oporu pro napřímení páteře. Při napřímení páteře dojde k zmenšení zakřivení trupu v sagitální rovině, hlava a krční páteř jsou v neutrálním postavení

Sagitální řez:

Při nádechu se bránice mírně posune kaudálně. Břišní stěna při nádechu ani při výdechu nemění v celé délce svůj tvar, takže můžeme předpokládat, že nit-

robříšní tlak se při nádechu i výdechu téměř nemění. Bránice zachovává zaoblený tvar i když je patrné, že má tendenci stlačit břišní dutinu kaudálně.

Frontální řez:

Při výdechu je mezi srdcem a bránicí patrná mezera. Pravá a levá kopule jsou klenuté, vrchol pravé kopule je výše než vrchol levé. Při nádechu nedochází k obvyklému membránovému pohybu bránice. Kaudální pohyb bránice při nádechu je omezen a dochází k oploštění tvaru pravé a levé kopule a zároveň k pohybu hrudníku do strany.

**d/ hlava v anteflexi** - změna polohy hlavy. Aktivací hlubokých flexorů krku je pohyb proveden převážně v hlavových kloubech. Krční páteř leží na podložce.

Sagitální řez:

Při nádechu se posunul vrchol zakřivení bránice ke sternu, lumbální část se více oploštila a posunula se kaudálně. V důsledku toho se vyklenuje podbříšek, část nad pupkem se relativně neměnná.

Frontální řez:

Při výdechu jsou obě klenby bránice plošší než u předešlých poloh. Při nádechu je zvětšený kaudální pohyb bránice, mezera mezi bránicí a srdcem je větší.

**e/ hlava v retroflexi** - změna polohy hlavy. Aktivací krátkých extenzorů šíje se hlava posune do retroflexe. Pohyb proveden převážně v hlavových kloubech ne v celé krční páteři.

Sagitální řez:

Při výdechu je bránice klenutá i v lumbální části. Při nádechu dochází k větší aktivaci sternální části bránice a dochází k elevaci sternu.

Frontální řez:

Při výdechu je bránice v úrovni srdce, oblouky obou částí bránice jsou klenuté. Při nádechu dochází k mírnému kaudálnímu posunu bránice, nedochází k oploštění oblouků bránice. Z uvedeného lze usuzovat, že sed s převahou krátkých extenzorů krku, který je typický pro „uvolněný posed“ s flekčním dr-

žením trupu je důsledkem nedostatečné práce bránice v respiračním cyklu, tudíž lze podle dosavadních zjištění předpokládat zvýšené riziko nástupu dyskomfortu při sezení v této pozici.

Dále bylo prokázáno, že při změně tlaku v oblasti planty (tzv. trojbodá opora nohy) dochází k výraznému pohybu bránice kranio-kaudálním směrem, přičemž hrudník téměř stojí. Ze strany je pohyb výrazně viditelný právě v uvedeném směru s výraznější amplitudou dorzální části než ventrální. A právě tady bych viděla velký prostor pro hlubší studii pro možnost využití získaných poznatků jako možnosti ovlivnění dechu při sezení s podepřenými dolními končetinami např. v kanceláři, nebo u řidičů, kteří právě prostřednictvím opoře o chodidlo ovládají pedály.

Skládal [72] prokázal v r. 1976 radiologicky vztah mezi funkcí bránice a držením těla. Jestliže vyjdeme ze Skládalova pozorování, že dechové pohyby mají vliv na držení těla, naskytá se otázka zda je možno získané vadné držení těla, které se stává zdrojem páteřních bolestí, ovlivnit léčebně změnou dechových pohybů.

Z klinického hlediska mám za to, že na účinek cvičení má nemalý vliv funkce bránice.

Vztah mezi dechem a posturou je obojstranný. Ovlivní-li se dechem postavení páteře a držení těla, lze i držením těla ovlivnit respirační mechaniku. Strnad [73]

Jak jsem již uvedla v části 4.6. pozice páteře ovlivňuje i dynamiku mozkomíšního moku změnou průřezu spinálního kanálu Ravník [65]

Z výše uvedeného vyplývá, že jelikož postavení bránice a změna respirační mechaniky ovlivní vzájemnou pozici pohybových segmentů a následně i hydrodynamiku mozkomíšního moku je evidentní, jak již bylo popsáno v části 2., že má vliv i na vznik, rychlost nástupu a intenzitu dyskomfortu.

V praxi to znamená, že běžný člověk, jehož respirační mechanika není ideální a současně pracuje v monotónním sedu, se po různě dlouhé době posadí do pozice, která vede k neekonomickému postavení segmentů. Následně

dojde k nefyziologickému zakřivení páteře, změnám proprio, exterocepce, ischemii, přetížení a také ke změně hydrodynamiky mozkomíšního moku. To má za následek změnu logistiky živin, nervového a cévního zásobení zvýšení tlaku a přetížení jednotlivých segmentů. Člověk pociťuje potřebu změny pozice-dyskomfort.

## 5.1 Vztah respiračních funkcí a axiálního systému

Stabilita morfofunkčního systému je podporována stabilizačními a symetrizujícími činiteli. Tímto způsobem se v dýchacím systému uplatňuje především gravitace. Clarke (1968).

Jako desymetrizující činitelé působí naopak účinky dlouhodobé asymetrické zátěže, dyskoordinace v lokomoci a svalové dysbalance různého původu, dysfunkce kardiorespiračního systému.

Problematikou intraabdominálního tlaku a jeho působením na páteř se zabývala řada autorů jako například: Konno a Mead [44], Hodges, Gandevia a Richardson [39] a to v souvislosti s kontrakcí svalů přední stěny břišní u vybraných dýchacích manévrů.

Z patofyziologických stavů je pozornost věnována nejvíce restriktivním poruchám a mechanismů jejich etiopatogeneze. Gioretti et al. [25] pozorovali u osob postižených syndromem rovných zad a pectus excavatum snížení statických a dynamických plicních objemů až na 32-40 % normy.

Conti et al. [8] podrobně sledovali souvislost poklesu respirační compliance (poddajnosti) a zvýšeného respiračního odporu u kyfoskoliotických pacientů s Cobbovým úhlem nad 90 %.

Souvislost mezi deformací, resp. sníženou hybností hrudníku, a respirační dysfunkcí popsali Toh et al. [82]. Tento syndrom rigidní páteře je charakterizován omezením flexe páteře a následné omezení hybnosti hrudníku způsobuje závažnou konstriktivní respirační dysfunkci vedoucí až k hypoxemii a hyperkapnií.

Vztahy skoliózy a plicních funkcí sledovali mimo jiné i Merta, Feitová a Janíček [56].

Výše uvedené příklady poukazují na souvislost mezi tvarovými charakteristikami a kvalitou respirace.

## 6. Návrh kompenzace dyskomfortu dechovými technikami

Na dýchání bezprostředně závisí náš život. Většina z těch, kteří s dechem cílevědomě nepracují, ho však neumí využívat zrovna optimálně. Souvisí to s přebytečným napětím, ve kterém velká část z nás žije. Vyjadřují to i mnohá úsloví: "To jsem si oddechl... Už konečně můžu klidně dýchat...".

Zkušenosti s dechovými cviky u jogínů ukázaly, že dechová cvičení mají značný vliv na nervovou soustavu a zejména na její nejvyšší řídicí úroveň tj. na psychické procesy, které se promítají do pohybového chování. Proto lze pomocí dechu ovlivnit jak psychiku, tak motoriku a naopak. Véle [87]. Jak již bylo uvedeno, vznik dyskomfortu má úzký vztah k osobnosti člověka, pracovní poloze a má různé psychické a motorické projevy.

Tato část práce je zaměřená na dechové pohyby a jejich vliv na konfiguraci , hrudníku a zakřivení páteře, rovněž tak na vliv dechových pohybů na dráždivost nervové soustavy, která výrazně ovlivňuje rychlost a intenzitu nástupu dyskomfortu. Proto lze také předpokládat, že dyskomfort bude ovlivnitelný pomocí dechových technik.

Jejich cílem není podat kompletní přehled dechových cvičení, ale odseparovat nejúčinnější techniky použitelné v běžných podmínkách u běžné laické veřejnosti s co největším efektem na prevenci a eliminaci dyskomfortu (operátoři, řidiči z povolání atd.)

## **6.1. Princip a teoretické možnosti ovlivnění dyskomfortu přes změnu respirační mechaniky.**

Sedne-li si člověk a má v této poloze setrvat delší dobu, snaží se zaujmout pohodlnou polohu. Pozorujeme-li běžného staticky zatěžovaného jedince ve snaze sednout si pohodlně, vidíme, že po kratší, nebo delší době sedí ve flekční pozici s předsunem hlavy kdy dochází k extenzi v hlavových kloubech a přetěžování krátkých extenzorů šíje, v hrudní oblasti dochází k hyperkifóze páteře bez lordotického zakřivení lumbální oblasti. Tato uvolněná pozice je pro jedince subjektivně pohodlná, komfortní. Je ale toto posazení fyziologické a proč se stává po určité době nepohodlné, dyskomfortní?

Ve své úvaze vycházím z práce Casadiové [], která píše, že tato pozice je ve své podstatě nefyziologická, neekonomická a to jak z důvodu logistiky, tak z důvodu přetížení jednotlivých oblastí. Flekční postavení trupu v sedě přetěžuje tlakem ventrální plochy obratlových disků a intervertebrálních kloubů s následní poruchou propriocepce. Dále komprimuje vnitřní orgány, kde dochází k ischemickým změnám. Veškerá komprese pak snižuje vnímání o poloze segmentu a jednotlivých tělesných částí. Toto vše je pak zdrojem nociceptivního dráždění. Dále pak dochází k mechanickému přetížení a v extrémních případech může nastat až strukturální porucha. To je taky důvod, proč se tato poloha stává po čase nepohodlná a nutí člověka ke změnám pozice

Při nádechu je facilitována extenze a při výdechu flexe trupu. Véle [87]. To má taky za následek při delším monotónním sedu flekční postavení, protože díky monotonii se hrudník dostává do výdechového postavení, dech je mělký a povrchný. Důležité je tedy změnit tuto vzájemnou koordinaci a docílit opačného efektu, čili při nádechu facilitovat flexi a inhibovat extenzi a při výdechu opačně. Následně dojde ke změně pohybového programu a pro člověka bude přirozené a pohodlně sedět v extenční pozici. Jde o aktivující způsob dechu na osový orgán (viz. dále), který se dostane do vyvážené pozice a vyloučí se tak přetěžo-



vání a nociceptivní dráždění, zvýší se vnímání propriocepce a tím se vylepší celkové postavení těla, zamezí a se vzniku dyskomfortu. Naučíme-li člověka dýchat podle uvedeného vzoru, nemělo by pak docházet k tomu, že se např. v práci u počítače zhroutí. Tím se prodlouží čas efektivity pracovního výkonu, zvýší spokojenost jedince i celkový komfort.

Cílem následujících řádků bude tedy popsat postup, jakým by bylo možné změnit tento stereotyp. Nutností je naučit jedince sedět v extenční pozici tak, aby pro něj byla přirozená a komfortní. Lze toho docílit změnou respirační mechaniky se současnou změnou pohybů páteře.

## 6.2. Jak na to?

### 6.2.1. Pár zásad na úvod.

V zásadě si musíme uvědomit, že na změnu dosavadního stereotypu dechu nestačí pouze občas si vyzkoušet, že umíme aktivovat některou skupinu dýchacích svalů. K tomu je nevyhnutné tyto svaly trvale zaktivizovat, aby se toto dýchání stalo naprostou přirozeností. Polášek [63].

Jelikož pohyb a proces řízení pohybu je nesémantický (pocity z kloubů, vnitřních orgánů se špatně popisují, ale nutí člověka ke změně stavu, polohy, čili jsou zdrojem dyskomfortu.), je důležité vnímat funkci svalů, chceme-li je řídit. Přičemž nesmíme opomenout, že emoce jsou základem pohybu a jsou zásadní pro prožitek pohybu. Jde o jakousi řeč těla, které musíme naučit rozumět stejně, jako se dítě učí rozumět mateřskému jazyku, nebo dospělý člověk cizímu jazyku.

Úkolem je vlastně transformace vnímání s cílem vnímat pohyb a polohu, abychom rozpoznali jejich poruchy. K tomu je důležitá intenzita soustředění, která musí být v přiměřené. Příliš intenzivní soustředění učiní pohyb extrémním, příliš malá intenzita jej neudělá dostatečně kvalitním. Je potřeba najít rovnováhu, jakousi „angažovanou samozřejmost“. Véle [73].

Cviky provádíme v dostatečně teplé místnosti, dobře větrané a v netísňovém oděvu, na pevné podložce, nalačno, nebo nejméně jednu hodinu po jídle

Dalším pravidlem je zásada dýchat nosem, který nám vzduch připravuje nejlíp pro vnik do plic. Odfiltruje nečistoty a patřičně přizpůsobí i teplotu vzduchu pronikajícího do plic.

Dýchat pomalu! To je další pravidlo, které je nutno mít na paměti. To ale znamená, že dech se musí prohloubit. V opačném případě by docházelo k postupné hypoxii. Toto prohloubení dosáhneme jak kvalitním nádechem, tak úplným vyprázdnění plic při výdechu. Proto dalším důležitým krokem je dokona-

le vydechovat. Zpočátku dýcháme vlastním rytmem. Později prodlužujeme dechové fáze a nakonec po každém nádechu i výdechu zařadíme jednu apnoickou pauzu.

Cviky opakujeme 3-5x několikrát denně před jídlem, neumožňují-li to pracovní podmínky, tak cvičíme 4-6x každý cvik ráno a večer jako součást „pohybové hygieny“

Úkolem je naučit se pohyb cítit, řídit, koordinovat a následně i ovlivňovat.

Dynamický dech vždy provádíme ve stejném rytmu, jakým plyne náš dech. Na dýchání klidným tempem přímo závisí pozitivní zážitek ze cvičení. Do rychlosti plynutí dechu nezasahujeme a rychlost pohybu ve cviku se dechu přizpůsobuje. Po dosažení plynulého dechu totiž si uvědomíme, že daným cvikem vládneme - na příslušné úrovni. Cvičení se tak stává příjemné, přestože současně bude někdy i namáhavé.

Podotýkám, že ve své práci neprezentuji jógu a její techniky jako celek. Využívám pouze některých prvků jógových technik, protože jóga je transformace myšlení, vnímání. Je to životní styl, pro jehož popis zde není prostor. Více o této problematice lze dohledat v diplomové práci Siswartonová [71].

### 6.3. Možnosti ovlivnění respirační mechaniky

Aktivaci dechu lze docílit tlakem na segment (exteroceptivní stimulace), nebo polohou těla (proprioceptivní stimulace). Tyto mechanismy využívá právě jóga a cvičební postupy ní vycházející

Dalším krokem je využití gest a poloh rukou (takzvané *mudry*), které mají vliv na dech a respirační mechaniku. Poloha rukou tzv. „očko“ přiložené do třísla oboustranně, kdy palec a ukazovák tvoří kruh a prostředník, prsteník a malíček jsou napjaté, stimulují dolní dýchací sektor. Podobná poloha, ale s prostředníkem, prsteníkem a malíkem v pěst stimuluje střední dýchací segmenty a ruce v pěst, s palcem do dlaně vtlačené do oblasti třísla stimuluje horní oddíly. Přiložíme-li ruce v této poloze do oblasti podžebří dlaňovou stranou nahoru, dochází k stimulaci všech dechových oddílů. Véle [73]. Dochází tak k úpravě signalizace v CNS a tím ke změně signálů pro jednotlivé úseky plic. Tak lze rozdýchat každou část bránice a plic nezávisle od zbývajících částí.

Jak popisují v úvodu 5. kapitoly, lze účinek respirace na organismus ovlivnit i prostřednictvím dýchání levou, nebo pravou nosní dírkou. Harish Johari [42]

## 6.4. Cvičení vycházející z jógy. V čem se bude lišit a proč?

### 6.4.1. Relaxační a aktivující dech

Návrh těchto cviků sice vychází z jógy, ale není to jógové cvičení. Jde o úpravu cviků pro potřebu dyskomfortem zatíženého pracujícího jedince.

Relaxačnímu způsobu dechu odpovídá nádech vždy, když nám pozice pomáhá v rozpínání hrudníku a břicha, a výdech, když poloha těla napomáhá ke stlačení objemu plic. Bude tomu většinou odpovídat nádech v záklonu, návratu z předklonu nebo z rotace a výdech při pohybu opačným směrem. Cvičení bude mít spíše zklidňující účinek. Proto dochází při monotónní k útlumu a flekčnímu držení. Tento typ dechu se často využívá právě v jogových cvičeních. U těchto se s extenzí páteře extenduje i cervikální úsek páteře, protože tento způsob dle jógy faciliteje prodlouženou míchu. Jelikož dnešní populace trpí spíše přetížením krátkých extenzorů krční páteře a prodloužená mícha je facilitována někdy až nadměru (vertigo, vomitus u blokády z přetížení), je potřebné pro účely preventivního cvičení poupravit postavení krční páteře vůči trupu (viz. dále)

Pro potřeby předcházení dyskomfortu budeme používat aktivující typ dechu, u kterého dýcháme opačným způsobem, než u předchozího dechu. Nadechovat budeme tehdy, pokud nám pozice pomáhá ve stlačení hrudníku a břicha, a vydechovat, pokud poloha těla napomáhá k rozpínání plic. Nadechovat budeme vždy, když se předkláníme, navracíme ze záklonu nebo jdeme do rotace a vydechovat budeme při návratu zpět. Výsledkem je zintenzivnění posilovacího účinku cviku na extenční držení trupu.

Dalším rozdílem proti józe bude postavení krční páteře vůči trupu při extenčních pozicích. Krční úsek nebude držen v extenzi, ale v napřímení (snaha zasunout bradu proti krční páteři a vytahovat se do dálky v ose), aby se předcházelo posílení už i tak přetížených krátkých extenzorů krční páteře a došlo

k posílení často oslabených hlubokých flexorů krku.

## **6.5. Dechová cvičení**

### **6.5.1. Význam**

Účelem těchto cvičení je upravit dechovou mechaniku a tím udržovat optimální vliv dýchacích pohybů na svalstvo zejména u lidí se sedavým způsobem zaměstnání. Prohloubení dechu je potřeba spojit s aktivací svalů trupu, které se na dýchání podílí.

V této části práce se budou popsány techniky, prostřednictvím kterých lze ovlivnit přes dech činnost jednotlivých orgánů, orgánových soustav, osového orgánu i tkání. V tomto výběru jsou jen základní hathajógové techniky, které nejsou moc náročné a jsou zvládnutelné i v domácím prostředí a lze je použít jako autoterapii, prevenci a zařadit je do denního režimu.

Plný jógový dech je typ dýchání, při němž využíváme veškerou vitální kapacitu plic. Vlastně nejde o to naučit se "novému" typu dýchání, ale spíš o to rozpomenout si, jak jsme dýchali než v nás stres tento typ dechu postupně potlačil. Mahešvaránda [51].

### **6.5.2. Dělení dechu**

Abychom při nácviku dokázali posílit potřebné dechové svaly je účinnější uvědomit si v plném jógovém dechu nejdříve jeho tři složky, tyto procvičit zvlášť a pak je zase spojit. Je to dýchání: břišní (60% celkové účinnosti dýchání), hrudní (30%) a podklíčkové (10%). [96].

Uváděný procentuální poměr platí pro většinu činností během dne. Při různých typech cviků nebo při některých změnách organismu se tyto poměry výrazně mění.

### **6.5.3. Účinek dechových pohybů na vnitřní orgány**

1) Venózní oběh: Při nádechu se plní dolní vény, horní se vyprazdňují. Při výdechu se dolní vény vyprázdňují a horní se plní. (Intenzivní výdech vyprazdňuje dolní žíly – pozor na tromby v dolních končetinách)

2) Srdce: Nádech zvětšuje jeho objem, stoupá tepová frekvence. Výdech má opačný efekt.

3) Mízní oběh: Rytmičné dechové pohyby podporují oběh jako čerpadlo

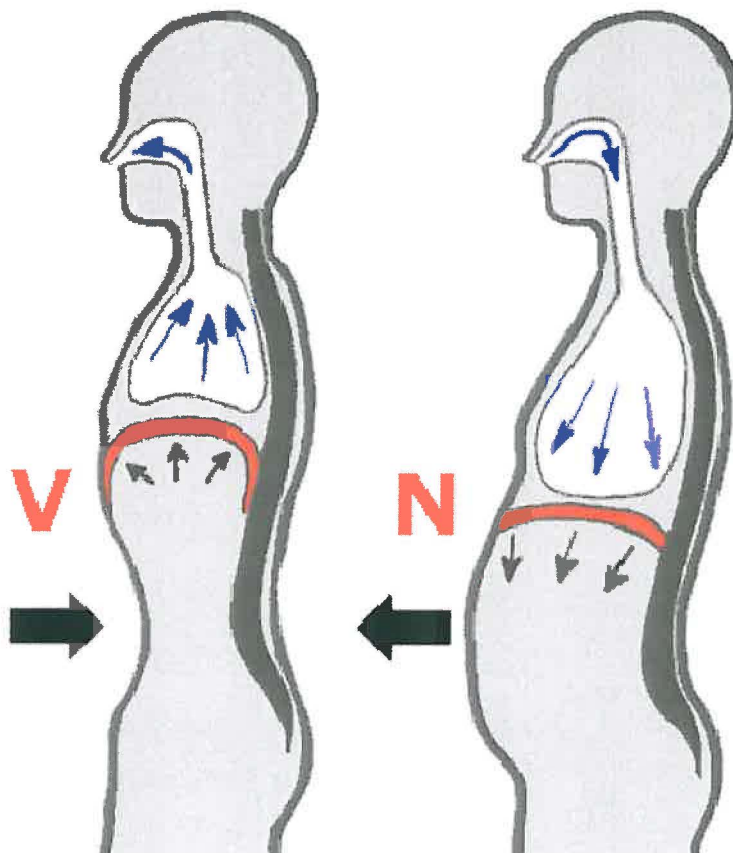
4) Orgány dutiny břišní: Respirační mechanika podporuje peristaltiku, urychluje vyprazdňování žlučového a pankreatu, vylučování sekretu nadledvinek a tudíž má i vliv na endokrinní systém. Mahešvaránda [50].

### **6.5.4. Nácvik**

Nácvik plného jógového dechu NENÍ hyperventilace (dýchání nadměrné, užívá se např. v holotropním dýchání). Proto není zakázán nikomu, kdo se léčí na epilepsii. Je však potřeba dbát na to, že vždy při prohloubení dechu si současně dovolíme jeho zpomalení. Ve vodorovném směru budeme rozlišovat přední, zadní, pravou a levou část plic, teda čtyři (4) kvadranty a to při každém z uvedených tří typů dechu. Polášek [63]. Nácvik je vhodné provádět na začátku v leže na zádech s přiloženýma rukama na oblast, kterou chceme prodýchat. Ruce jsou při tom volně, měkce spočívající na trupu. Pásky, podprsenky a jiné části oděvu je nejlepší odstranit, nebo alespoň uvolnit. Cvičíme pomalu, se zavřenýma očima. V další fázi je možné přejít do jógového sedu se zkříženými dolními končetinami.

## 6.6. Břišní dech – dolní typ

### 6.6.1. Fyziologie



Obr. 6.1

Tento typ dýchání většinou lépe používají muži. U žen je jeho podíl často nižší s ohledem na to, že během těhotenství je tento typ dechu postupně až zcela vyřazen. Břišní dýchání využívá hlavní dýchací sval - bránici a podporuje výměnu dýchacích plynů ve spodní části plic (brániční dýchání).

Při výdechu bránice relaxuje a stahuje se svalstvo břišní stěny (podílí se i její zadní část - oblast beder). Při nádechu je tomu naopak. Vzhledem k výraznému pohybu břišní stěny při tomto typu dechu, hovoříme někdy také o dýchání do břicha. Nejde přirozeně o výměnu dýchacích plynů v břiše, ale o vnímání změny tlakových poměrů v této oblasti - viz obrázek 6.1.



Břišní dýchání je důležité pro správnou funkci zažívacích i pohlavních orgánů, je významné pro dobrý žilní návrat z dolních končetin a stabilizaci trupu.

Při jeho nedostatečnosti se rozvíjí sklon zácpě, špatnému trávení, k hemeroidům, pocitu nedostatku energie. Může se spolupodílet na některých poruchách plodnosti a v neposlední řadě vede k bolestem zad (resp. bederní oblasti)

Nesmí se intenzivně procvičovat při akutních onemocnění v břišní dutině. Není vhodné procvičovat je naplno při menses. Těhotné ženy jej musí postupně omezit, při vyšším stupni těhotenství je již zcela vyloučeno.

## **6.6.2. Břišní dech – uvědomění**

### **6.6.2.1. Přední stěna břicha**



Obr. 6.2

V leže na zádech s pokrčenýma nohama máme bedra přitisknutá k podložce. Palcová hrana horní ruky je v úrovni dolního okraje hrudní kosti, v případě dolní ruky zase v úrovni pupku. V této pozici pomalu a zhluboka dýcháme a snažíme se procítit maximum pohybu pod spodní rukou. Pro zintenzivnění výdechu je možné na jeho konci ještě vypudit zbytek vzduchu zatlačením dlaně do břicha. Horní ruka kontroluje, zda se nám daří vyloučit dýchání do hrudníku.

### 6.6.2.2. Boční stěna břišní



1. Obr. 6.3

V leže na zádech s pokrčenýma nohama dáme ruce vbok. Prsty směřují vpřed, palce vzad, hranou mezi palcem a ukazovákem vnímáme rozpínání břicha do stran. Snažíme se, aby toto rozpínání bylo na obou stranách maximální. Dále si uvědomíme, zda je hloubka dechu stejná na obou stranách. Pokud je některá strana slabší, povzbudíme ji a snažíme se v intenzitě dosáhnout symetrie. Opět si můžeme stiskem rukou pomoci k intenzivnějšímu výdechu.

### 6.6.2.3. Zadní stěna břšní



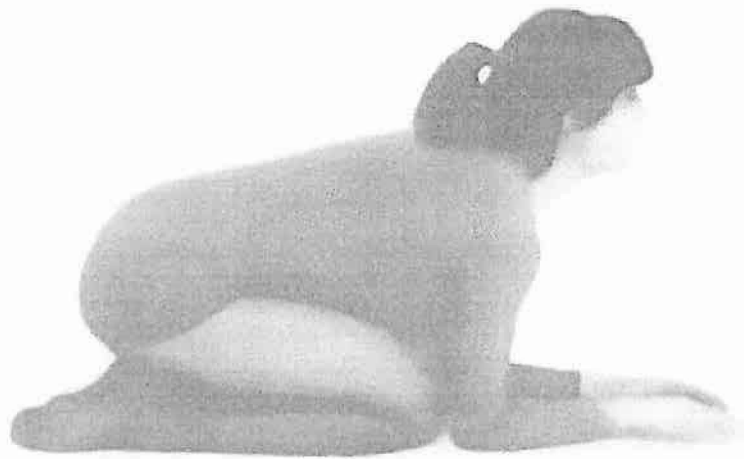
Obr. 6.4

Posadíme se na paty, čelo sklopíme k zemi. Dlaně jsou položené v oblasti beder tak, že hrana mezi palcem a ukazovákem je těsně nad hranou kyčelní kosti. Vnímáme hluboké dýchání a popřípadě dorovnáme do pocitu symetrie. Kdo tuhle pozici nezvládne, nemusí dosedat až na paty a může si podložit hýždě a čelo např. dekou.

### 6.6.3. Břšní dech – posílení

Uvedený výčet cviků samozřejmě není úplný, protože rozsah této práce to neumožňuje. Na tomto místě neuvádím např. nic o mudrách (více viz. kapitola 6.3.). Cílem není poskytnout učebnici jógy, ale pomoc pro začátečníky a ukázkou několika cviků, pro ty, co chtějí udělat něco pro své zdraví.

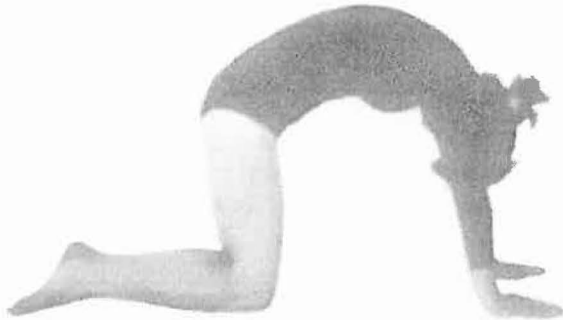
### 6.6.3.1. Nízký zajíc (sapurnašaśasána)



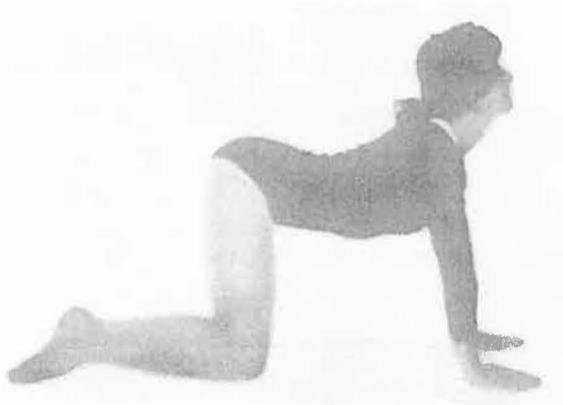
Obr. 6.5

V sedu na patách opřeme obě předloktí o zem tak, že se dotýkají kolenou. Pohled směřuje vpřed, pokud byste měli pocit nepříjemného napětí v krční páteři, můžete se dívat kolmo k zemi [96]. Prociťujeme dech v bederní oblasti, snažíme se jej zesílit symetricky na obou stranách. Jak popisuje Véle a Strnad [73], postavení hlavy má být v ose trupu a plynule dokončuje křivku páteře. Krční páteř je napřímená, vytahuje se v ose a brada je tlačena proti krční páteři za jejího současné autotrakce. Dýcháme „do břicha“ a uvědomujeme si tlak na stehna při každém nádechu a zakulacení bederní oblasti.

### 6.6.3.2. Tygří dech (vjagrah pranájama)



Obr. 6.6.a



Obr. 6.6.b

Tygří dech (*vjagrah pranájama*) posiluje všechny části dechu. Ekvivalentní název pro toto cvičení je také kočka (*máďžarí*). V podporu klečmo zhluboka dýcháme do všech dostupných částí plic. Ve výdechu se vydatně prohne (nejvíce to budeme pociťovat v hrudní páteři). V nádechu se vydatně vyhrbíme (opět s maximem v hrudní páteři).

### 6.6.3.3. velbloud (uštrásána)



Obr. 6.7.a



Obr. 6.7.b

Začínáme z nádechu a sedu na patách, hlava je volně svěšená, ruce máme vbok. S výdechem se zvedáme do záklonu v kleku na patách. Ruce, které máme vbok pomáhají protlačit boky vpřed.

Pro preventivní a terapeutické účely volíme pozici hlavy a krční páteře jak jsem uvedla již v předchozí části: v extenční pozici v ose trupu a plynule dokončuje křivku páteře. Krční páteř je napřímená, vytahuje se v ose a brada je tlačena proti krční páteři za jejího současné autotrakce.

#### 6.6.3.4. Zavřený můstek (khandarásána)



Obr. 6.8.a

Ve výchozí pozici, která představuje nádech, začínáme z lehu na zádech s pokrčenýma nohama, chodidla máme na podložce u sebe. Uchopíme rukama dolní končetiny za kotníky. S výdechem zvedáme boky co nejvýše a procítíme hlavně břišní složku dechu.

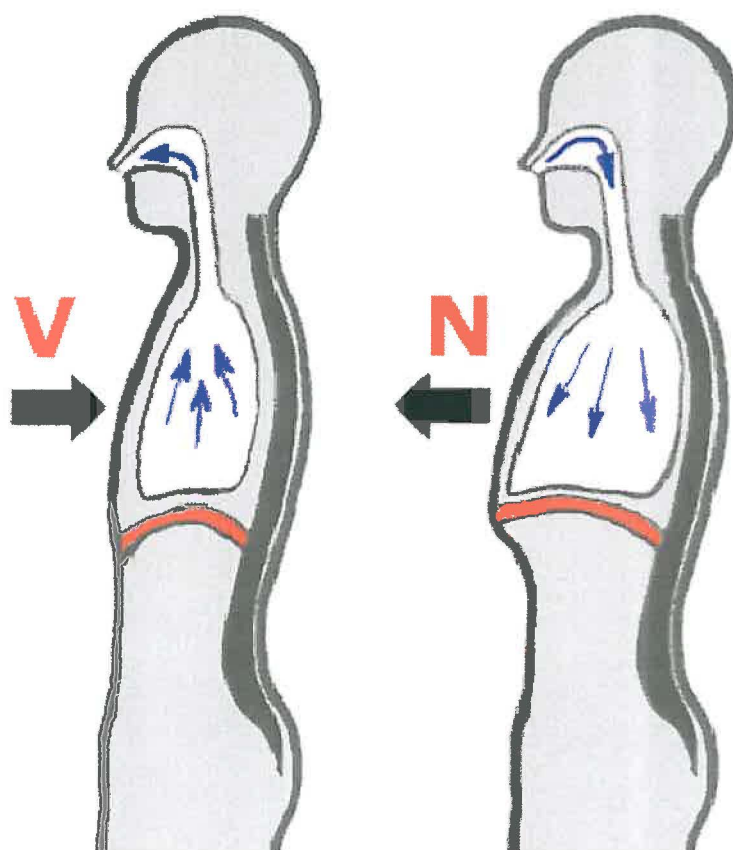


Obr. 6.8.b

Pokud nezvládáte základní variantu je možno začínat s chodidly v mírném rozkročení.

## 6.7. Hrudní dech – střední

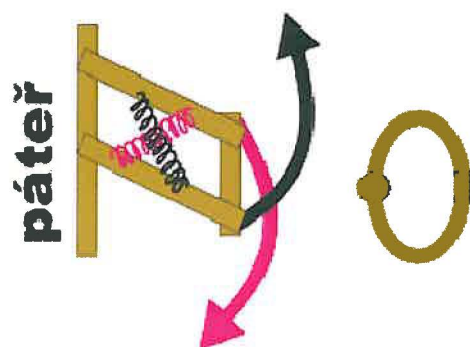
### 6.7.1. Fyziologie



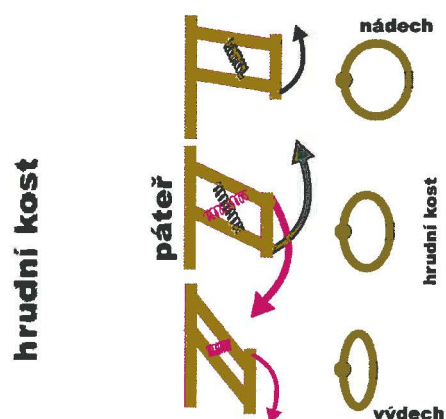
Obr. 6.9

U hrudní složky plného jógového dechu pochází hlavní část aktivity z činnosti mezižebních svalů (velmi málo se podílí i svaly pletence horní končetiny). Tento typ dechu podporuje výměnu dýchacích plynů ve střední části plic. Při nádechu aktivně pracují a dochází ke zvedání hrudního koše a částečně i k jeho rozpínání do všech stran. Výdech je v případě uvolněného dýchání zabezpečen elasticitou hrudníku a probíhá již pasivně. Při usilovném dýchání se ale opět uplatňují mezižební svaly (svalové snopce protikladně orientované k těm, které působily v nádechu).





Obr. 6.10a (dle Čiháka)



Obr. 6.10.b

Mechanika pohybu žebíř. Znázorňuje ji uvedené schéma na obr. 6.10. Zevní mezižeberní svaly se podílí na nádechu, zatímco vnitřní mezižeberní svaly se napomáhají výdechu. Na obr.č 6.10.a vlevo je hrudník ze strany, vpravo v příčném řezu. Obr. č 6.10.b znázorňuje mechaniku dechu podrobněji.

Vliv na krevní oběh se uskutečňuje střídáním podtlaku a přetlaku v dutině hrudního koše. (Platí pro hluboké dýchání - tedy plný jógový dech, nejvíce pak pro hrudní dech.) Návrat krve zpět žilami do srdce je podporován nádechem (podtlakovou fází dýchání). Výdech (přetlaková fáze) pak napomáhá srdci k vypuzení krve při jeho stahu dále do krevního oběhu.

Hluboké dýchání se nemá intenzivně procvičovat při zlomeninách žebíř (v takové situaci mohou pomoci *mudry* – různé polohy rukou regulující jednotlivé respirační segmenty-viz. kapitola 6.3.). Při srdečních a plicních onemocněních je naopak přínosné, nejsou však vhodné delší zádrže po nádechu.

## 6.7.2. Hrudní dech – uvědomění

### 6.7.2.1. Přední stěna hrudníku



Obr.6.11

Vleže na zádech s pokrčenýma nohama máme bederní oblast přitlačenou k podložce. Palcová hrana horní ruky je v úrovni dolního okraje hrudní kosti, v případě dolní ruky zase v úrovni pupku. V této pozici pomalu a zhluboka dýcháme a snažíme se procítit maximum pohybu pod horní rukou. Dolní ruka kontroluje, zda se nám daří vyloučit dýchání do břicha.

### 6.7.2.2. Hrudník z boku a zezadu



Obr. 6.12.a



Obr. 6.12.b

Zboku (obr. 6.12.a). V libovolném sedu se vzpřímenou páteří (lze cvičit také např. vleže) dáme ruce vbok a posuneme je vzhůru směrem do podpaží až na hrudní koš. Palec směřuje vzad, ostatní prsty vpřed, hranou mezi palcem a ukazovákem vnímáme rozpínání hrudníku do stran. Podpoříme aktivním pohybem hrudníku rozpínání na obou stranách do maxima a zkusíme vnímat symetrii (ev. se jí podporou slabší strany snažíme pomoci). Opět můžeme stiskem rukou zesílit výdech.

Zezadu (obr. 6.12.b). Cvičení je obdobné jako předchozí, ruce ve stejné výši, ale všechny prsty směřují vzad, kde se také snažíme vnímat dech. Stejným způsobem jako u předchozího provedení si zkusíme uvědomovat symetrii. K ní si tentokrát ve výdechu nepomáháme stlačením rukama, stačí soustředění.

### 6.7.3. Hrudní dech – posílení

#### 6.7.3.1. Sedící zajíc (purnašašāsana)

V sedu na patách položíme dlaně na podložku těsně před kolena. Pohled svírá 45 stupňů s frontální rovinou těla, horní končetiny jsou natažené. Při nádechu pomůžeme jeho zesílení intenzivním zatlačením dlaní do podložky. Výdech zase můžeme posílit přitisknutím paží směrem k tělu (jako by do připažení, ale dlaně přitom nezvedáme z podložky).



Obr. 6.13

#### 6.7.3.2. Ryba (matsjāsana)



Obr. 6.14

Začínáme ze sedu s nataženými dolními končetinami. Položíme dlaně na

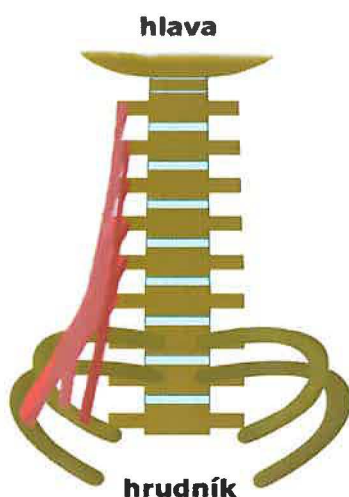
zem, prsty směřují vpřed a prsty rukou si lehce přisedneme. Nakloníme trup vzad a opřeme se o jedno i druhé předloktí. Prohneme se v hrudní páteři a v této poloze zhluboka dýcháme. Krční páteř je napřímená, vytahuje se v ose a brada je tlačena proti krční páteři za jejího současné autotrakce.

Na vrcholu každého nádechu se pokusíme lehce snížit prohnutí v hrudní páteři a prohloubit dech, ve výdechu napětí zvýší a dochází k následnému prohloubení extenze, vše aniž pozici podstatněji měníme. Při ukončení pozice klesneme na podložku do lehu. Z pozice ryby se nikdy nevracíme zpět přímo do sedu.

## 6.8. Podklíčkové dýchání-horní

### 6.8.1. Fyziologie

Obr. 6.15



Podklíčkovým dýcháním dochází k výměně vzduchu v horní části plic - v plicních hrotech. Z hlediska zapojení svalů a mechaniky pohybu se tento typ dýchání neliší podstatně od dechu hrudního. Dýchání se opět děje činností mezižeberních svalů. Podílejí tu ale i šikmé svaly krku (musculi skaleni - na obrázku 6.15. vlevo)

Tyto svaly umí dechově netrénovaný člověk zapojit nejspíše jen v případě akutní dechové tísně (astmatický záchvat, dušení apod.). Od horního hrudního dechu tento typ odlišujeme taky proto, že tato část dechu vyžaduje i vyšší úsilí, než jaké si žádá horní hrudní dech, protože zapojená žebra jsou nejkratší a tím i relativně obtížněji pohyblivá.

Účinky: Podklíčkové dýchání provzdušňuje plicní hroty, které většina lidí vůbec nepoužívá. Jenže plíce jsou orgány řádně fungující jen při dostatečné výměně dýchacích plynů ve všech jejich částech. A pokud někde trpí nedostatkem provzdušnění, vážne samočištění plic a obranyschopnost imunitních buněk v plicních sklípcích. Dostatečné dýchání do plicních hrotů tedy působí proti zánětům v této oblasti a je prevencí například astmatu, nebo bronchopneumonie.

Reflexním působením zase dýchání do plicních hrotů ovlivňuje zejména dostatečné prokrvení hlavy, hydrodynamiku mozkomíšního moku a celkovou svěžest, kterou v této oblasti pociťujeme. Takto brání také zánětům čelních dutin.

Potřeba omezovat podklíčkové dýchání by mohla připadat v úvahu snad při závažnějších úrazech v této oblasti, při převaze inspiračního postavení hrudníku u anxiózních stavů a depresích, kdy dochází právě k hornímu typu dýchání a přetěžování krčních svalů, co se bohužel dnes stává běžným jevem v současné populaci. Proto bych doporučovala učit se tento typ dýchání procítit a uvědomit si ho. A to jak kvůli využití při cvičení, kdy je dýchání ovlivněno vůli, tak pro možnost omezit ho ve stresových situacích, naučit se ho řídit a pracovat s ním.

### 6.8.2. Podklíčkové dýchání – uvědomění



Obr. 6.16.a



Obr. 6.16.b

#### 6.8.2.1. Uvědomění vpředu (obr. 6.16.a vlevo)

V libovolném sedu si položíme dlaně na hrudník tak, že se důkladně dotýkáme oblasti pod klíčními kostmi a částečně i samotných klíčních kostí. V této pozici se nám mohou prsty případně i trochu křížit. Vnímáme dýchání pod dlaněmi a prsty - zajímá nás především složka dechu při níž se podklíčková oblast zvedá vůči klíčním kostem, nikoli jen zvedání hrudníku jako celku.

### **6.8.2.2. Uvědomění vzadu (obr. 6.16.b vpravo)**

Další pozicí v níž budeme vnímat podklíčkové dýchání bude leh na bříše, hlava se opírá o čelo. Jediné napětí v těle je na přední straně krku (abychom si nemačkali nos), napomůžeme tím i lepšímu uvolnění šíje (reciproční inhibice). Dech vnímáme v zadní oblasti plicních hrotů (nad horními póly lopatek).

Vnímání do zadní oblasti plicních hrotů je nejjemnější složkou plného jógového dechu.

### **6.8.3. Podklíčkové dýchání – posílení**

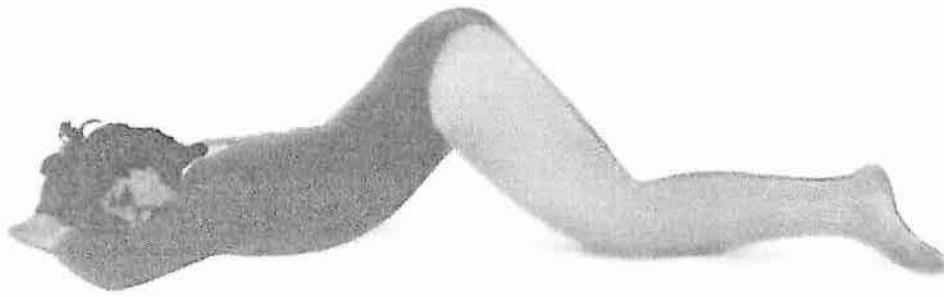
#### **6.8.3.1 Keř (nikudžásána)**

**Pozor!** Jedná se o pozici trochu náročnější na krční páteř. Pokud si nejste jisti jejím stavem, cvičte opatrně. Vždy pozici střídáme na obě strany (měníme tvář, která je na zemi).

#### **6.8.3.2. Zaujetí pozice seshora**

V kleku na všech čtyřech položíme předloktí na podložku tak, že tvoří pomyslný trojúhelník (lokty do stran a obě dlaně poblíž sebe). Položíme pravou tvář mezi dlaně a klesneme taky hrudníkem a oběma podklíčkovými oblastmi až na podložku. Pokud by pozice byla příliš náročná, můžeme klesnout boky trochu níž. (Obr. 6.17)





Obr. 6.17

### **6.8.3.3. Zaujetí pozice zdola**

Vleže na břicho, hlavu na jedné tváři, posuneme dlaně po podložce ze stran k hlavě, předloktí zůstává taky na podložce. V této pozici pomalu lezeme kolena po podložce směrem k hlavě a tím se nám zvedá zadek do výšky. Horní část hrudníku a tvář přitom stále tiskneme k zemi. Jdeme tak vysoko, aby to zvládla naše krční páteř a abychom se podklíčkovou oblastí neodlepili od podložky. Pokud byste se necítili dobře v bederní páteři, zkuste v konečné pozici trochu podsadit pánev a případně ji trochu snížit.

U tohto cviku dochází k asymetrickému prodýchání plic. V pozici rotace hlavy vlevo (leh na pravé tváři) dochází k prodýchání pravé strany plic a obráceně, což lze využít terapeuticky např. U skolióz, nebo plicních onemocnění.

## 6.9. Spojení všech typů dechu (v plný jógový dech)

### 6.9.1. Princip

Spojujeme dýchání břišní, hrudní i podklíčkové. Může se stát, že nám některá pozice výrazně omezí některý typ dechu (např. svíčka vyřazuje dýchání hrudní a podklíčkové, rotační pozice zase mění míru dechu v pravé a levé části plic apod.). Vždy však dýcháme tak, abychom využili veškerý aktuálně dosažitelný objem plic.

### 6.9.2. Varianty správné návaznosti

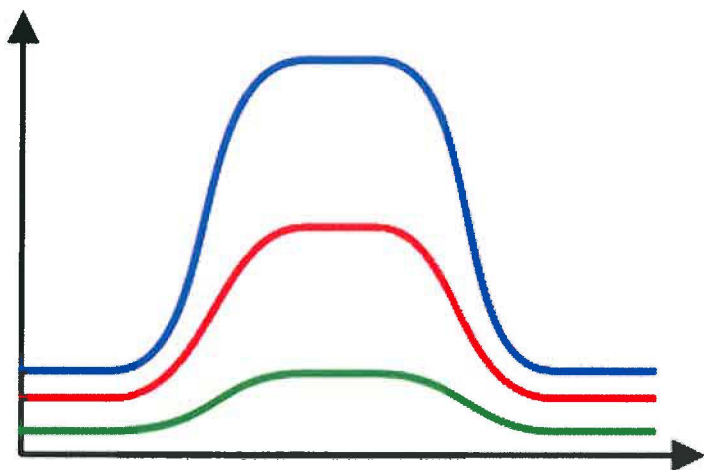
Synchronizace jednotlivých složek dechu je do jisté míry individuální. Existuje větší množství správných variant jejich návaznosti. Žádná ze správných možností však nikdy nepopírá základní pravidlo - dýchat efektivně. Některé příklady správné návaznosti jsou znázorněny na grafech.

**vodorovně:** čas

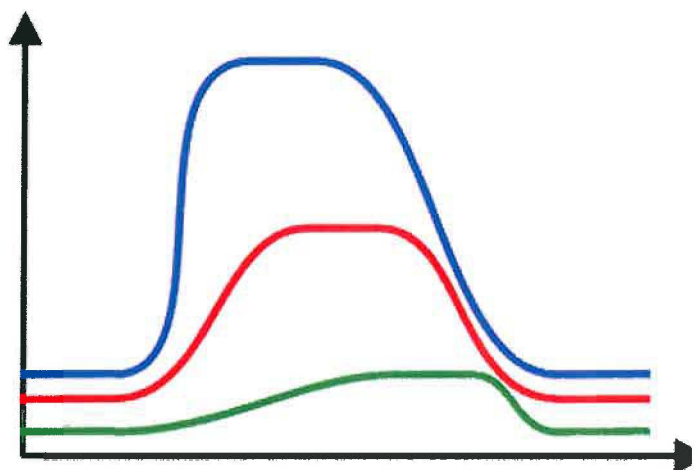
**svisle:** množství vzduchu v dané části plic v %

**složky dechu:** břišní/ hrudní / podklíčková

Současný nádech i výdech ve všech partiích plic, maximum nastává současně.



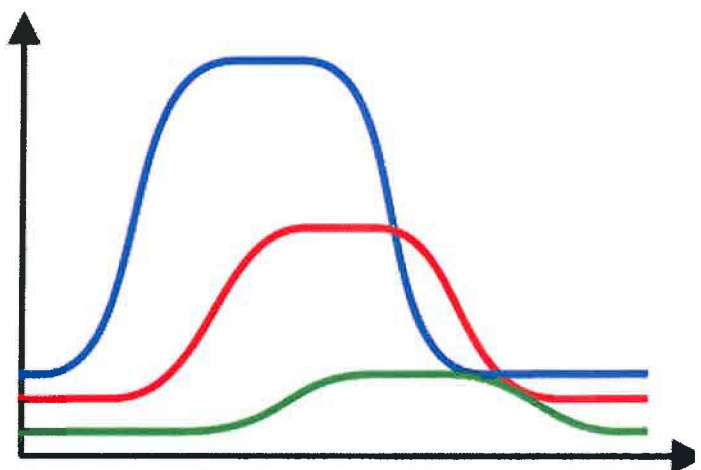
Současný nádech i výdech ve všech partiích plic, maxima však dosahují postupně – břišní - modrá / hrudní - červená / podklíčková - zelená složka.



Uplatňuje se stejné pořadí - nádechu i výdechu břicho - modrá / hrudník - červená / plicní hroty zelená.

Nejčastěji asi vypadá způsob zapojení jednotlivých složek dechu jako na obrázku vpravo nahoře.

Ve všech případech pak platí, že množství vzduchu získané dýcháním (obsahy ploch pod křivkami) je součtem jeho jednotlivých složek.



Obr. 6.18. a, b, c

## 6.10. Cviky na sladění správné návaznosti

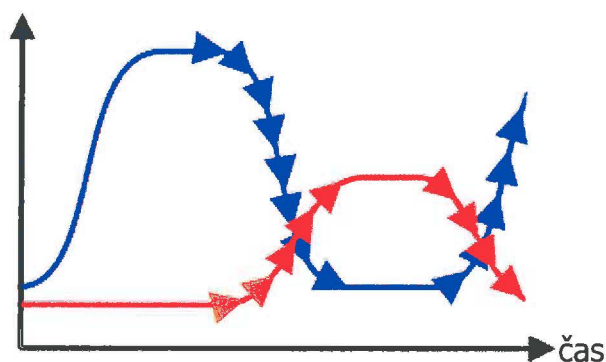
Pro posílení plného jógového dechu a ke sladění správné návaznosti jednotlivých typů dechu je vhodná většina cviků z předcházejících kapitol (nejlépe dynamické varianty) nácviku plného jógového dechu.

Dále jsou výhodná cvičení s pohybem horních končetin, v sedu i ve stoje. Z připažení při výdechu, přecházíme do upažení a vzpažení s nádechem. Protože cvičení vycházející z jógy používá plný jógový dech, napomáhají tak přirozeně všechny ásány k jeho procvičení. V některých cvičeních bude však jeho procvičování již náročnější.

## 6.11. Nejčastější chyby při dýchání

### 6.11.1. Výčet hlavních chyb

- není využíváno plně všech složek dechu (břišní/ hrudní / podklíčková), nejčastěji to bývá omezením dýchání v zadních částech plic (dýchání "v zádech")
- nedostatečné dýchání obou stran plic
- chyby v návaznosti: různé varianty paradoxního dýchání



Obr. 6.19

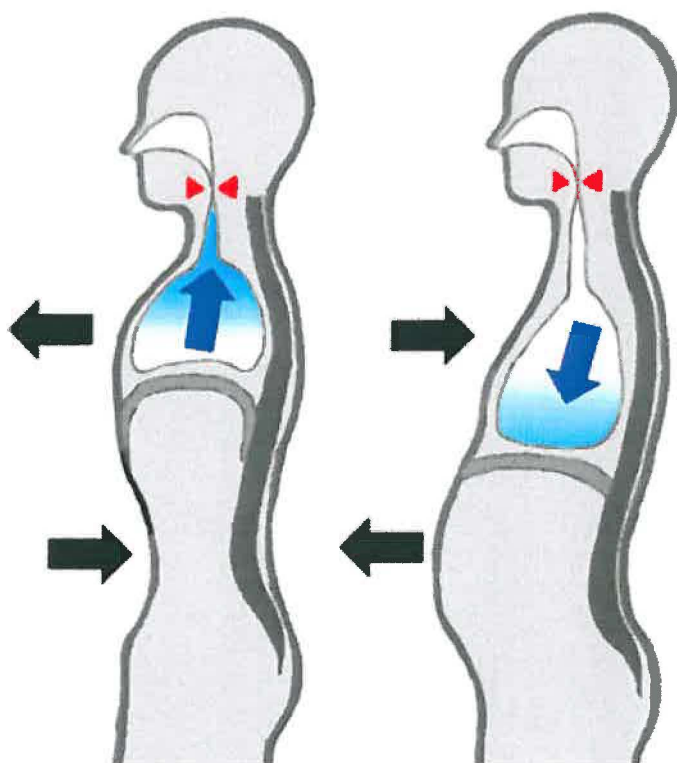
Graf na obr. 6.19 ilustruje špatnou návaznost u paradoxního typu dýchání. V místech označených šipkami působí výdech v jedné části plic a nádech v jiné části plic proti sobě. Výsledný dechový objem se rovná rozdílu ploch pod křivkami.

vodorovně: čas

svisle: množství vzduchu v dané části plic v %

## 6.11.2. Paradoxní dech

### 6.11.2.1. Paradoxní dechové pohyby



Obr. 6.20

Představme si, že v zádrži dechu (na obrázku červeně) se budeme snažit vykonávat střídavě intenzivní nádech do břicha a do hrudníku. K žádnému dý-

chání samozřejmě nedojde, přestože dechové pohyby budou usilovné. Z uvedeného příkladu lze poznat následující efekt:

- míchání vzduchu uvnitř plic
- intenzivní tlakové změny
- svalová námaha

#### **6.11.2.2. Vlastní paradoxní dech**

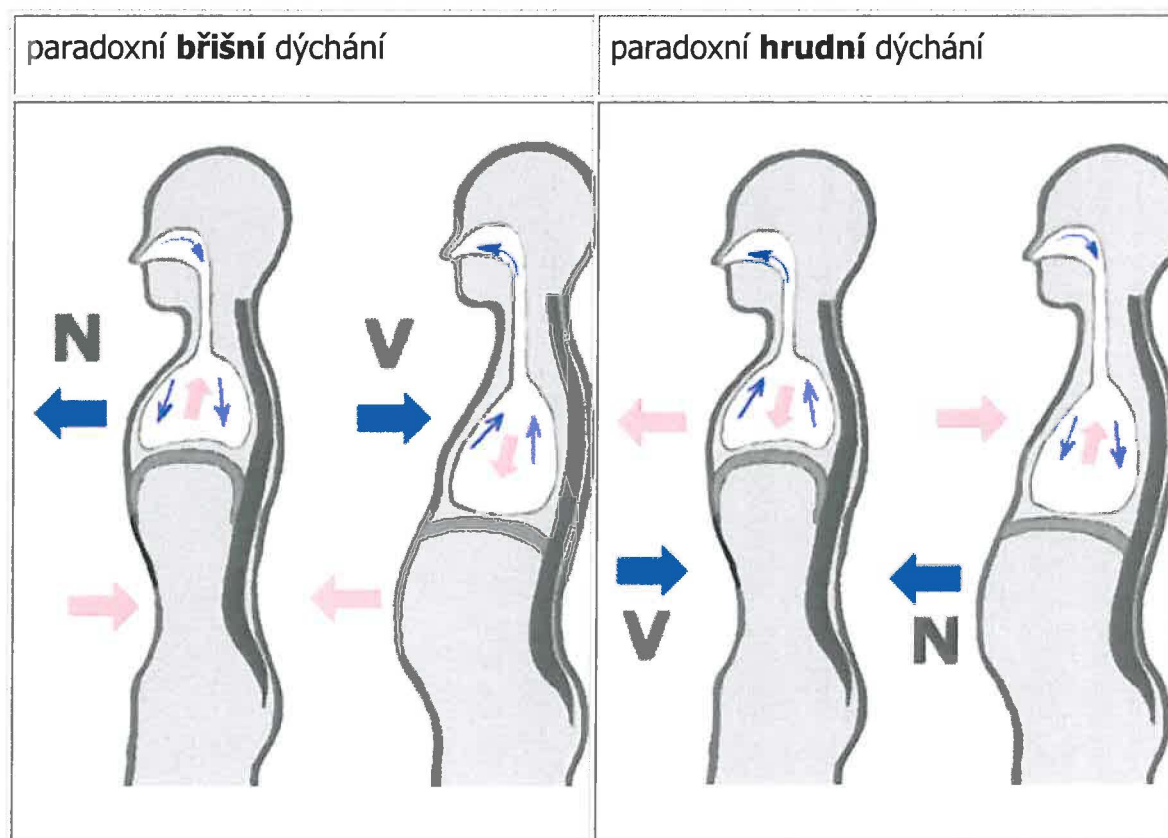
Je to zcela špatný způsob dýchání. U těch, kteří nepraktikují dechová cvičení bohužel často rozšířený a to přesto, že je zřetelně namáhavější než správně synchronizovaný dech. Předchozí vysvětlení paradoxních dechových pohybů tu bylo jen pro lepší názornost toho, co následuje. Při tomto typu dechu působí jednotlivé složky dechu podobně proti sobě (zřetelné též na grafu – obr. 6.19). Teď už se ale jedná o dýchání - nikoli o zádrž dechu.

Ten, kdo takhle neefektivně dýchá, ovládá (alespoň do jisté míry správně) obvykle pouze jednu z hlavních složek dechu (břišní nebo hrudní). Složka dechu, kterou nezvládá - paradoxní složka - pak kvůli špatné synchronizaci svůj dechový objem odečítá. Jediným štěstím je pak pouze to, že pro špatné provedení bývá tento dechový objem nízký.

Ale při vyšší zátěži objem složky paradoxní může narůstat více než u složky, kterou dotyčný zvládá - slabší má totiž větší rezervy. V zátěži se proto u takto postižených jedinců dokonce může snížit dechová kapacita. Zrychluje se totiž zpětné přečerpávání z jedné části do druhé na úkor výměny vzduchu s okolím.

### 6.11.2.3. Varianty paradoxních typů dechu

správná složka dechu (na obrázku modrá)/ paradoxní složka dechu (růžová)



6br. 6.21

Paradoxní varianta podklíčkového dechu se z důvodů uvedených v části fyziologie v praxi nevyskytuje. Pro trénink správného rozlišování je možné si ji zacvičit.

## 7. Diskuse

Cílem práce bylo popsat vztah mezi respirační mechanikou a pocitem potřeby změny pozice při monotónní činnosti v sedu - její vliv na vznik a vývoj dyskomfortu v této pozici; popsat možné způsoby ovlivnění dyskomfortu dechem.

Z předchozího přehledu literatury bych ráda zdůraznila následující jevy, které současně potvrzují stanovené hypotézy.

Problémem při popisu dyskomfortu a jeho definici je široká variabilita významu tohoto pojmu a multidisciplinární možnost použití tohoto výrazu. Jde o nesémantické vnímání stavu, ve kterém se člověk nachází když pociťuje pocit nepohodlí. Dalším problémem je mnohotvárnost a variabilita těchto pocitů, kterých nástup je závislý od mnoha vnitřních a zevních faktorů.

Držení těla v sedu částečně odpovědné za vznik dyskomfortu lze ovlivnit změnou respirační mechaniky

Dyskomfort při sezení závisí na mnoha působících faktorech. Jedním z nich je respirační mechanika, prostřednictvím které lze ovlivnit proudění krve a následně mimo dosud popsané změny i hydrodynamiku mozkomíšního moku.

Martis at al. [52] poukázali na to, že spinální vak který funguje jako rezervoár mozkomíšního moku snadno mění svoji kapacitu v závislosti na tlakovém gradientu formovaném mezi tímto mokem a *spinálním epidurálním plexem*. Skutečně, *spinální epidurální plexus* je propojený se systémovými žilami a proto změny obou tlaků (jak intraabdominálního tak intrathorakálního) přímo ovlivňují jeho tlak a objem. Oba tyto tlaky lze modulovat, měnit, nebo jen lehce ovlivňovat respirací. To potvrzuje, že existuje vzájemný vztah mezi hydrodynamikou mozkomíšního moku a respirací. Jak je popisováno v kapitole 4.8.

V rozporu s předešlými výsledky stojí teorie Sutherlanda [83], který tvrdí, že pulsace kraniosakrálního systému (třívrstevný membránový systém (meningeální systém), likvorem a strukturami uvnitř membránového systému, které



řídí přívod a odvod likvoru (plexus choroideus zabezpečující přítok a arachnoidea zajišťující odtok mozkomíšního moku) je zcela nezávislá od dechové a srdeční frekvence a má rytmus o frekvenci 10 cyklů za minutu. Problematikou nezávislosti pulsace mozkomíšního moku na dechové a srdeční frekvenci se ve své studii zabývali Štěpánik et al. [77], Kaczmarská [45] a Otáhal S., [93] kteří popisují právě vzájemnou souvislost mezi pulsací mozkomíšního moku a mezi dechovou a srdeční frekvencí, (Víc v kap. 4.8) přičemž poukazují na to, že pulsace mozkomíšního moku je znázorněná křivkou v široko-frekvenčním pásmu a z hlediska frekvenční analýzy zde dominují dvě frekvenční složky. První tvoří srdeční frekvence a druhou dechová frekvence.

„Kraniální“ rytmus jak ho popisuje kraniosakrální osteopatie nemůže být generován díky organické pohyblivosti mozku, protože neurony a gliové buňky neobsahují vlákna aktinu a myosinu, které by byly schopny takový pohyb vyprodukovat. Další hypotézy zahrnující, vysvětlující původ tohoto rytmu zůstávají plně spekulativní. Melsen, Madeline, Okamoto, Sahni, [49,54,58,68].

Upledgerův "pressurestat" model (model neustálého jemného pohybu lebečních kostí) prezentující, že tento jemný pohyb musí být přítomen, aby se lebeční kosti přizpůsobily stálým změnám tlaku mozkomíšního moku, který je přítomen uvnitř polouzavřeného hydraulického systému ohraničeného membránami [84] je zcela v rozporu se Monro-Kellieho Doktrinou, která tvrdí, že celkový objem intrakraniálního obsahu musí zůstat neměnný (konstantní). Pohyb mezi *os sphenoidalis* a *occipitalis* na jejich bázích je od pozdního adolescentního věku nemožný, protože se stávají jednou robustní kostí, co potvrzují práce Melsena, Madeline, Okamota a Sahni [49,54,58,68]. Pohyb mezi komponentami lebeční klenby je u většiny dospělých taky nemožný, protože koronální a sagitální sutury většinou začínají ossifikovat mezi 25 a 30 rokem života, *sutura lambdoidea* jen o něco později. Cohen, Perizonius, Verhuls [7,62,86]. Podobně v 1997, autoři zprávy připravené pro The Insurance Corporation of British Columbia došli k závěru, že „z dostupných materiálů nelze vypozařovat žádné dostačující funkční pozadí a empirickou evidenci efektivity kraniosakrální terapie“

Podle doktora Davida Shanahoffa-Khalsy ze Salkova ústavu pro biologická studia v San Diegu in: Johari [42] je „nos nástrojem změny aktivity mozkové kůry. Vzduch vstupující do těla pravou nosní dírkou ochlazuje pravou mozkovou hemisféru, čili aktivizuje levou hemisféru. Vzduch vstupující levou nosní dírkou působí opačně. Každá z nosních dírek, pracuje-li nezávisle, ovlivňuje chemické procesy v těle jiným způsobem. Pracují-li obě nosní dírkou současně, tělesná chemie se pozmění tak, že je naladěná spíše k meditacím a duševní činnosti, než ke světským činnostem. Protože je střídání dechu mezi nosními dírkami řízeno protichůdnými příkazy ze sympatického a parasympatického nervstva, je možné, že centrem lidských duševních pochodů a chování je hypotalamus. Nos je s hypotalamem bezprostředně propojen přes čichový lalok. Jednou z funkcí hypotalamu je regulace tělesné teploty, která má vliv na mentální pochody, mozkem interpretované jako emotivní stavy. Spolu s některými dalšími částmi mozku je hypotalamus součástí limbického systému, což je mozkový podsystem ovládající naše emoce a motivaci. Jak uvádí Johari [42] Zrychlení dechové frekvence je provázeno zrychlením proudění krve a ostatních tělních tekutin. Toto zrychlení ihned stimuluje neuromotorickou aktivitu, takže tělo zužitkovává více energie. V takovém případě musí organismus transformovat na energii více kyslíku a glukózy v procesu nitrobuněčného dýchání.

Při studiu materiálů k napsání této práce jsem se (doposud) nedopracovala k vědeckým důkazům, které by tyto tvrzení podpořili, tudíž bych zde zaujala kritický pohled na jednu stranu akceptující tyto tvrzení ale současně bych takto viděla prostor k dalšímu výzkumu.

Studie Čumpelíka pomocí magnetické rezonance, která byla provedena zatím v jediné možné vyšetřovací poloze v leže na zádech potvrzuje hypotézu, že existuje vzájemný vztah mezi pohybem bránice a polohou, ve které se člověk nachází a dokazuje, že bránice může zapínat své přední nebo zadní svalové snopce individuálně podle potřeby posturální funkce, jako je tomu např. při změně postavení hlavy. Zdá se, že dechový mechanismus podléhá adaptačním vlivům obdobně jako držení těla. Z hlediska výměny plynů se na spirometric-

kých parametrech tolik neprojeví typ dýchání což potvrzují běžná spirometrická měření. Z hlediska držení těla a jeho stabilizace se však ukazuje nutnost sladit program mechaniky dýchání s programem řízení držení těla. Z uvedeného experimentu taky vyplývá že je možno změnou postavení jednotlivých částí těla ovlivnit dýchací pohyby bránice i trupu to nás vede k předpokladu, že i dýchacími pohyby lze ovlivnit postavení v jednotlivých částech těla - posturu. Další otázkou je zda je možno docílit trvalou změnu dechových pohybů tak aby se promítla do změny konfigurace těla a ovlivnila trvale držení těla. O opačný fenomén se pokusil Alexander [102], který jako herec měl potíže s dechem při recitaci delších monologů. Jemu se podařilo právě změnou držení těla dosáhnout zlepšení dechové mechaniky.

Tady bych si dovolila poznamenat, že nukleární magnetická rezonance je statická metoda a pohyb, resp. časovou stránku je možné pouze dopočítat ze série opakovaných exposic a potom s jistou pravděpodobností mezifáze určit. Tudíž to co se děje mezi jednou a druhou exposicí se odhaduje. Současně bych podotkla, že měření na jednom probandovi nelze zobecňovat, protože tak jak již bylo popsáno, každý člověk je individuální. V poslední řadě bych namítala na polohu ve které bylo měření provedeno a sice leh na zádech. Protože jak ze studie plyne pouze pozice hlavy nebo nohou má vliv na respirační mechaniku a pohyb bránice, tak jaký vliv má potom poloha těla? Každopádně jde o studii, která stojí za úvahu. Myslím si, že tyto výsledky mají nemalý význam, protože jsou velice podnětné a tvoří významný základ pro rozpracování detailnějších studií.

## 8. Závěr

Při řešení otázky, která se týká proudění mozkomíšního moku, respirační mechaniky, vzniku dyskomfortu a jejich vzájemných vztahů jsem využila autorových poznatků a experimentů. Tato literatura byla zpracována jako komentovaná literární rešerše a v diskusi byly potvrzeny stanovené hypotézy. Výsledky a diskuse jsou uvedeny v kapitole 7.

V kapitole 4. bylo poukázáno na vliv pohybů páteře na proudění mozkomíšního moku a pronikání do nervové tkáně. Pohyb mozkomíšního moku v rámci kraniospinálního systému je dějem komplexním a je odrazem více faktorů. Je ovlivňován mimo jiné přenosem pulsací v rámci srdečního cyklu, respirací, poddajností durálního vaku a průchodností subarachnoidálního prostoru. Každá ze složek páteřního kanálu má odlišné mechanické vlastnosti a při pohybech páteře se deformuje specifickým způsobem. Při pohybech v cervikokraniálním úseku dochází k změně konfigurace v rámci durálního vaku a k deformaci neurální tkáně. A právě toto je východiskem pro změněnu prostorových podmínek toku mozkomíšního moku.

Souhrnně lze říci, že extenze (obzvláště  $C_p$  a  $L_p$ ) vede k relaxaci struktur CNS. Posturální flexe jakékoli části páteře může vyvolat axiální napětí a tím podélný tah v celé míše a v nervových kořenech. Flexe v jednotlivých segmentech zatíží míchu podobným způsobem, může dojít k zmenšení průřezu míchy a změně parametrů páteřního kanálu.

Jak je známo z fyziologie, je při nádechu facilitována extenze a při výdechu flexe trupu. To má taky za následek při delším monotónním sedu flekční postavení, protože díky monotonii se hrudník dostává do výdechového postavení, dech je mělký a povrchný. Důležité je tedy změnit tuto vzájemnou koordinaci a docílit opačného efektu, čili při nádechu facilitovat flexi a inhibovat extenzi a při výdechu opačně. Následně dojde ke změně pohybového programu a pro

člověka bude přirozené a pohodlně sedět v extenční pozici. Jde o aktivující způsob dechu na osový orgán, který se dostane do vyvážené pozice a vyloučí se tak přetěžování a nociceptivní dráždění, zvýší se vnímání propriocepce a tím se vylepší celkové postavení těla, zamezí a se vzniku dyskomfortu. Naučíme-li člověka dýchat podle uvedeného vzoru, nemělo by pak docházet k tomu, že se např. v práci u počítače „zhroutí“ na židličku ve snaze sednout si pohodlně. Tím se prodlouží čas efektivity pracovního výkonu, zvýší spokojenost jedince i celkový komfort.

Nutností je naučit jedince sedět v extenční pozici tak, aby pro něj byla přirozená a komfortní. Lze toho docílit změnou respirační mechaniky se současnou změnou pohybů páteře, kdy bude změněná i hydrodynamika mozkomíšního moku, nervové i cévní zásobení organismu.

Z výše uvedeného vyplývá, že jelikož postavení bránice a změna respirační mechaniky ovlivní vzájemnou pozici pohybových segmentů a následně i hydrodynamiku mozkomíšního moku lze se domnívat, jak již bylo popsáno v části 2., že má vliv i na vznik, rychlost nástupu a intenzitu dyskomfortu.

Dále lze usuzovat, že sed s převahou krátkých extenzorů krku, který je typický pro „uvolněný posed“ s flekčním držením trupu je důsledkem nedostatečné práce bránice v respiračním cyklu, tudíž lze podle dosavadních zjištění předpokládat zvýšené riziko nástupu dyskomfortu při sezení v této pozici.

Domnívám se proto, že je možno právě uvědomělým opakováním dechových pohybů dosáhnout potřebné priority takového programu respirační mechaniky, který se promítne do držení těla a tím může sloužit k prevenci vzniku dyskomfortu při dlouhotrvajícím sedu. Toho lze využít i k předcházení vzniku funkčních poruch u lidí vystavených vlivům současného životního stylu, který omezuje variabilní lokomoční pohyb a nahrazuje ho držením nebo stereotypními pohyby, které mají nepříznivý dopad na osový orgán.

## 9. Literatura

- 1) BATEMAN, G.: *The role of altered impedance in the pathophysiology of normal pressure hydrocephalus, Alzheimer's disease and syringomyelia.* Med Hypotheses, 2004, 63(6), 980-5
- 2) BERGMARK, A.: *Stability of the lumbar spine; A study in mechanical engineering.* Acta Orthopaedica Scandinavia 230(20) 24, 1989.
- 3) BERGSNEIDER, M.: *Evolving concepts of cerebrospinal fluid physiology.* Neurosurgery Clinics of North America 2001, 36: (4) 631-638.
- 4) BOGDUK, N.: *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum 3<sup>d</sup> Edition.* London, Churchill Livingstone, 1999 (104) 105. 30.
- 5) BOLZANOVIC-SOSIC, R., MOLLANJI, R., JOHNSTON, MG.: *Spinal and cranial contributions to total cerebrospinal fluid transport.* Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2001, 281(3): 909-916
- 6) BHADELIA, R., BODAN, A., WOLPERT, S.: *Analysis of Cerebrospinal Fluid Flow Waveforms with Gated Phase-Contrast MR Velocity Measurements.* American Journal of Neuroradiology 1995, (16): 389-400.
- 7) COHEN, MM Jr.: *Sutural biology and the correlates of craniosynostosis.* Am J Med Genet. 1993, (47): 581–616. Medline
- 8) CONTI, G. et al.: *Respiratory system mechanics in the early phase of acute respiratory failure due to severe kyphoscoliosis.* Intensive Care Med. 23, 1997, s. 539-544.
- 9) *Cranial Manipulative Therapy: Information for Prudent Consumers From the National Council Against Health Fraud Inc.* Loma Linda, Calif: National Council Against Health Fraud Inc, 1998.
- 10) ČIHÁK, R.: *Anatomie I.* Praha, Avicenum 1987
- 11) ČUMPELÍK, J.: *Vztah mezi dechovými pohyby a držáním těla,* rukopis 2005.
- 12) DE LOOZE, MP., KUIJT-EVERS, LF., VAN DIEEN, J.: *Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures.* Ergonomics,

2003, 46(10): 985-97

- 13) DHINGRA, H. S., TEWARI, V. K., SINGH, S.: *Discomfort, Pressure Distribution and Safety in Operator's Seat – A Critical Review*. CIGR Journal of Scientific Research and Development, 2003. vol. V.
- 14) DOČKALOVÁ, A.: *Primární dyskomfort při řízení automobilu, problém identifikace a ocenění*. diplomová práce, 2005.
- 15) DORSOUNIAN, L., ALFONSO, JM, IBA-ZIZEN, MT, et al.: *Dynamics of the junction between the medulla and cervical spinal cord: an in vivo study in the sagittal plane by magnetic resonance imaging*. Surgical and Radiological Anatomy, 1989, vol. 11, no. 4, s. 313-22.
- 16) DUERINCKX, AJ, YU, WD, EL-SADEN, S et al.: *MR imaging of cervical spine motion with HASTE*. Magnetic resonance imaging, 1999, vol. 17, no. 3, s. 371-381.
- 17) EBE, K., GRIFFIN, M.J.: *Qualitative models of seat discomfort including static and dynamic factors*. Ergonomics, 2000, 43(6):771-790
- 18) EBE, K., GRIFFIN, M.J.: *Factor affecting static seat cushion comfort*. Ergonomics, 2001, 44 (10):901-921.
- 19) ENZMANN, DR, PELC, NJ.: *Normal Flow Patterns of Intracranial and Spinal Cerebrospinal Fluid Defined with Phase-Contrast Cine MR Imaging(1991)*. Radiology, 178, s. 467-474.
- 20) ERBENOVÁ, K.: *Detekce dyskomfortu a jeho vliv na řízení automobilu*. diplomová práce, 2005.
- 21) FLOYD, W. F., ROBERTS, D. F.: *Anatomical and physiological principles in chair and able design*. Ergonomics, 1958, (2):1-16.
- 22) GILBERTOVÁ, S.: *Některé fyziologické a psychologické projevy monotonie*. Pracovní lékařství 1974, (7):263-267.
- 23) GILBERTOVÁ, S., ŠVÁBOVÁ, K., JEŘÁBEK, J.: *Vertebrogenní algické syndromy u řidičů autobusů městské hromadné dopravy*. Pracovní lékařství, 1997, 49 (3):130-135.
- 24) GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O.: *Ergonomie, optimalizace lidské činnosti*.

Praha, Grada, 2002.

- 25) GIORETTI, C. et al.: *La sindrome da schiena dritta ed il pectus excavatum: problemi diagnostici in medicina dello sport*. Med. D. Sport. 38, s. 381-392, 1985.
- 26) GITANANDA, S.: (1971). *The correction of breathing difficulties by yoga pranayama*. The all India yoga chikitsa seminar, Quilon, Kerala. Satya press 1971.
- 27) GRAF, M., GUGGENBUHL, U. AND KRUEGER, H.: *Investigations on the effects of seat shape and slope on posture, comfort and back muscle activity*. International J Industrial Ergonomics, 1993, 12 (1-2), 91-10.
- 28) GRANDJEAN, E.: *Ergonomics in computerized offices*. London: Taylor and Francis, 1987. 96-156
- 29) GREEN, C., MARTIN, CW., BASSETT, K., KAZANJIAN, A.: *A systematic review of craniosacral therapy: biological plausibility, assessment reliability and clinical effectiveness*. Complement Ther Med. 1999, (7): 201–207. Medline
- 30) GREEN, C., MARTIN, CW., BASSETT, K., KAZANJIAN, A.: *A Systematic Review and Critical Appraisal of the Scientific Evidence on Craniosacral Therapy*. Vancouver, British Columbia, Canada: British Columbia Office of Health Technology Assessment; 1999.
- 31) GREITZ D.: *Cerebrospinal Fluid Circulation and Associated Intracranial Dynamics –A Radiologic Investigation Using MR Imaging and Radionuclide Cisternography*. Acta Radiologica Suppl., 1993, (34): 1-23.
- 32) GREITZ, D., HANERZ, J., RAHN, T., BOLANDER, H., ERICSSON, A.: *MR imaging of cerebrospinal fluid dynamics in health and disease. On the vascular pathogenesis of communicating hydrocephalus and benign intracranial hypertension*. Acta Radiologica 1994, 35 (3): 204-11.
- 33) GRIECO, A.: *Sitting posture: an old problem and a new one*. Ergonomics 1986, 29 (3): 345-362
- 34) HARRISON, DE, CAILLIET, R., HARRISON, DD, et al: *A review of biome-*



- chanics of central nervous system – part I: spinal canal deformations resulting from changes in posture.* Journal of manipulative and physiological therapeutics, May 1999, vol. 22, no. 4, s. 227-234.
- 35) HARRISON, DE, CAILLIET, R., HARRISON, DD, et al: *A review of biomechanics of central nervous system – part II: spinal cord strains from postural loads.* Journal manipulative and physiological therapeutics, June 1999b, vol. 22, no. 5, s. 322-332.
- 36) HARRISON, DE, CAILLIET, R., HARRISON, DD et al.: *A review of biomechanics of central nervous system – part III: spinal cord stresses from postural loads and their neurologic effects.* Journal of manipulative and physiological therapeutics, July/August 1999c, vol. 22, no. 6, s. 399
- 37) HARTMAN, SE, NORTON, JM.: *Interexaminer reliability and cranial osteopathy.* Scientific Review of Alternative Medicine. 2002, 6: 23–40
- 38) HENGY-FEUGEAS, MC, IDY-PERETTI, I, BALEDENT, O.: *Origin of subarachnoid cerebrospinal fluid pulsations: a phase-contrast MR analysis.* Magn Reson Imaging, 2000, 18(4), s. 387-95
- 39) HODGES, P. W. ET AL.: *Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers.* J. Appl. Physiol. 83 (3), s. 753-760, 1997
- 40) CHANG HS, NAKAGAWA H.: *Hypothesis on the pathophysiology of syringomyelia based on simulation of cerebrospinal fluid dynamics (2003).* Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 74: (3) 344-7.
- 41) CHEN, IH, VASAVADA, A., PANJABI, MM.: *Kinematics of the cervical spinal canal: changes with sagittal plane loads.* Journal of spinal disorders, 1993, vol.7, no. 2, s. 93-101
- 42) JOHARI, H.: *Základní kniha o dýchání,* Olomouc: Votobia, 1997, s. 8-24.
- 43) JÓGOVÁ CVIČENÍ. *Zborník referátov Komisie jogy pri Českej rehabilitačnej spoločnosti,* Karviná 1982.
- 44) KONNO, K., MEAD, J.: *Measurement of separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing.* J. Appl. Physiol. 22, s. 407-422,

1967.

- 45) KACZMARSKÁ, A.: *Proudění mozkomíšního moku ve vztahu k pohybu v kraniocervikálním spojení*, diplomová práce, 2004.
- 46) LOTH, F., YARDIMCI, MA, ALPERIN, N.: *Hydrodynamic Modeling of Cerebrospinal Fluid Motion Within the Spinal Cavity*. Journal of Biomechanical Engineering, 2001, vol. 123, s. 71-79
- 47) LUEDER, R.: *Ergonomics of seated movement. A review of scientific literature*
- 48) LUTTMANN, A., JÄGER, M., GRIEFAHN, B.: *Preventing Musculoskeletal Disorders in the Workplace*. World Health Organization, 2003. ISBN 924 15 9053X
- 49) MADELINE, LA, ELSTER, AD.: *Suture closure in the human chondrocranium: CT assessment*. Radiology. 1995;196:747–756. Medline
- 50) MAHĚŠVARÁNDA, S., P.: *Systém jóga v dennom živote*, Martin: Osveta , 2006. ISBN: 8096908200
- 51) MAHĚŠVARÁNDA, S., P.: *Joga proti bolestem v zádech*, Olomouc, Votobia, 2003. ISBN: 8090320031
- 52) MARTINS, AN, WILLEY, JK, MYERS, PW.: *Dynamics of the cerebrospinal fluid and the spinal dura mater*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1972; 35(4): 468-73
- 53) McBAIN, W.: *Arousal, monotony, and accident in line driving*. J. Appl. Psychol., 1970. (54): 509-519.
- 54) MELSEN, B.: *Time and mode of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on human autopsy material*. Acta Anat. 1972;83:112–118
- 55) MEAD, J., MILIC-EMIL, J.: *Theory and methodology of respiratory mechanics*. In: Handbook of Physiology, Fenn, O.W., Rahn, H. Washington, 1964.
- 56) MERTA, Z., FEITOVÁ, S., JANÍČEK, P.: *Skolióza a plicní funkce*. In: *Indikace, interpretace a přínos vyšetření ve funkčních laboratořích*. Abstrakta IX. Sjezdu Československé společnosti fyziologie a patologie dýchání, Pec pod Sněžkou., 25-27. 4. 1985, s. 205.

- 57) MUHLE, C., WISKIRCHEN, J., WEINERT, D et al.: *Biomechanical aspects of the subarachnoid space and cervical cord in healthy individuals examined with kinematic magnetic resonance imaging*. Spine, 1998, vol. 23, no. 5, s. 556-567.
- 58) OKAMOTO, K, ITO, J, TOKIGUTCHI, S, FURUSAVA, T.: *High-resolution CT findings in the development of spheno-occipital synchondrosis*. Am J Neuroradiol. 1996, (17): 117–120. Medline
- 59) OPPEL, L., BEYERSTEIN, BL., MATHIAS, R., et al.: *Craniosacral Therapy: A Review of the Scientific Evidence*. Report prepared by the Alternative Therapy Evaluation Committee for The Insurance Corporation of British Columbia; 1997.
- 60) OTÁHAL, S., KACZMARSKÁ, A., ŠTĚPÁN, V., ŠTĚPÁNIK, Z., ERBENOVÁ, K.: *Bio,wchanika, biofluidika a alternativní biomateriálové náhrady*, Paha, FTVS UK s podporou České společnosti pro biomechaniku a GAČR, 2006.
- 61) PALÁT, M.: *Dýchacia gymnastika*. Martin, Osveta 1976.
- 62) PERIZONIUS, WRK.: *Closing and non-closing sutures in 256 crania of known age and sex from Amsterdam (A.D. 1883-1908)*. J Hum Evol. 1984, (13): 201–216.
- 63) POLÁŠEK M.: Zdravie a joga. In: *Zdravie XXXIX*, č. 1-12, Bratislava, 1983
- 64) PORTER, J.M., GYI D.E., TAIT, H.A.: *Interface pressure data and the prediction of driver discomfort in roal trials*. Applied Ergonomics, 2003.,(34): 207-214.
- 65) RAVNIK, D.: *The influence of mechanical vibrations on shape and functional stability of hhhead-neck komplex*, dizertační práce, 2004.
- 66) REESINK, EM, WILMINK, JT, KINGMA, H et al.: *The internal vertebral venous plexus prevents compression of the dural sac durig atlanto-axial rotation*. Neuroradiology, 2001, vol. 43, s. 851-858
- 67) ROSSITI, S.: *Biomechanics of the Pons-Cord tract and its Enveloping Structures: an Overview*. Acta Neurochir (Wien) 1993, vol. 124, s. 144-152.
- 68) SAHNI, D, JIT, I, NEELAM, SURI, S.: *Time of fusion of the basisphenoid*

- with the basilar part of the occipital bone in northwest Indian subjects. Forensic Sci Int. 1998, 98:41–45. Medline*
- 69) SHARKANDEVANANDA, S.: *The digestive system*. Monghyr, Bihar School of yoga 1979.
- 70) SCHROT, G., KLOSE, U.: *Cerebrospinal fluid flow I.-III*. *Neuroradiology* 1992, 35(1): 1-24. 23/32
- 71) SISWARTONOVÁ, L.: *Joga a ajurveda*, diplomová práce, 2006.
- 72) SKLÁDAL, J.: *Bránice člověka ve světle normální a klinické fyziologie*. Praha, studie ČSAV, Akademia č. 14, 1976
- 73) STRNAD J., VÉLE F.: přednáška 22.2.2006 FTVS UK, Praha
- 74) STRAKER, L.M.: *Body Discomfort Assessment Tools*. Str.1239-1252 *The Occupational Ergonomics Handbook*. CRC Pr I Llc, 1998, s.1239-1252, ISBN 0849326419
- 75) ŠÁRA, R., SMUTNÝ, J., ČUMPELÍK, V., VEVERKOVÁ, J.: (2001) *Evaluation of breathing dynamic*. Scientific paper. CMP FEL ČVUT č. CTU-CMP-2001-23, 2001. ISSN 1213-2365.
- 76) ŠEDIVÝ, J.: *Jóga očima lékaře*. Olomouc, TJ jóga Olomouc 1979 (interná publikácia)
- 77) ŠTĚPÁNIK, Z., OTÁHAL, S., OTÁHAL J., OTÁHAL, M., BROŽ, Z., MARŠÍK, F., *Influence of Respiration on Cerebrospinal Fluid Biomechanics*. Praha, FTVS UK, Fakultní Nemocnice Královské Vinohrady, Akademie Vied ČR; 2005
- 78) TAKIZAVA, H, GABRA-SANDERS, T, MILLER, J.D.: *Spectral analysis of the CSF pulse wave at different locations in the craniospinal axis (1986)*. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*, 49(10), pp. 1135-41.
- 79) THIFFAULT, P., BERGERON, J.: *Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study*. *Accident Analysis and Prevention*, 2003, (35): 381-391.
- 80) THIFFAULT, P., BERGERON, J.: *Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study*. *Accident Analysis and Prevention*, 2001, (27): 147-156.

- 81) TICHÝ, T., LESO, M., FABER, J., NOVÁK, M.: *Detekce snižování bdělosti lidského činitele*. Výzkumná zpráva č. LSS – 73/2000
- 82) TOH, Z. et al.: *Rigid spine syndrome associated with marked hypoxemia and hypercapnia*. Nippin Kyobu Shikkan Gakkai Zasshi. 34, 1996, s. 605-609.
- 83) UPLEDGER J. E.: *Ty a tvůj skrytý lékař*, Praha, Modrý klíč, 2000, s. 26, 29.
- 84) UPLEDGER, J.E., VREDEVOGD, JD.: *Craniosacral Therapy*. Chicago, Ill: Eastland Press; 1983:11–12
- 85) URAYAMA, K.: *Origin of lumbar cerebrospinal fluid pulse wave (1994)*. Spine, 19(4), pp. 441-5.
- 86) VERHULST, J., ONGHENA, P.: *Cranial suture closing in Homo sapiens: evidence for circaseptennian periodicity*. Ann Hum Biol. 1997; (24): 141–156. Medline
- 87) VÉLE, F.: *Dýchání a jeho vliv na různé funkce organismu*, in: Jóga v minulosti a přítomnosti, sborník přednášek mazioborové konference
- 88) WEISOVÁ, J.: *Senzomotorická monotonie a její odraz ve vnímání dyskomfortu*. diplomová práce; 2005
- 89) WERTHEIM, A.H.: *Explaining highway hypnosis: experimental evidence for role of eyes movements*. Accident Analysis and Prevention, 1978, (10): 111-129.
- 90) ZHANG, L., HELANDER, M. G., DRURY, C. G.: *Identifying factors of comfort and discomfort in sitting*. Human Factors 1996, (38): 377-389.
- 91) ZHANG, L., HELANDER, M. G.: *Field studies of comfort and discomfort in sitting*. Ergonomics, 1997. 40 (9): 895-915.

### **Internetové zdroje**

- 92) [www.biofluids.net](http://www.biofluids.net)
- 93) [www.biomech.ftvs.cuni.cz](http://www.biomech.ftvs.cuni.cz)
- 94) [www.bozpinfo.cz](http://www.bozpinfo.cz)
- 95) [www.yoga.sk](http://www.yoga.sk)
- 96) [www.cvicime.cz](http://www.cvicime.cz)
- 97) [www.slovník.cz](http://www.slovník.cz)
- 98) [www.thesaurus.reference.com](http://www.thesaurus.reference.com)
- 99) [www.dict.org](http://www.dict.org)
- 100) [www.maxdorf.cz](http://www.maxdorf.cz)
- 101) [www.zdravcentra.cz](http://www.zdravcentra.cz)
- 102) [www.weissinstitute.com](http://www.weissinstitute.com)