

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu



Diplomová práce

Význam syndromu hypermobility a koordinace pohybu u baletek ve věku 12-18 let.

Vedoucí práce:

PhDr. Jitka Čemusová, Ph.D.

Zpracovala:

Bc. Daniela Benediktová

Praha, 2010

Souhrn:

Název diplomové práce: Význam syndromu hypermobility a koordinace pohybu u baletek ve věku 12-18 let.

Title: Importance of hypermobility syndrome and motor control in ballet dancers at the age of 12 – 18 th

Problematika: Hypermobilní syndrom je z hlediska tanečních pedagogů viděn a chápán jako skvělá dispozice předurčující k úspěšné taneční kariéře. Otázkou zůstává do jaké míry se dá hypermobilní syndrom považovat za výhodu a v čem jsou konstitučně hypermobilní jedinci znevýhodněni oproti ostatním jedincům. Hypermobilní syndrom je nutné chápat jako fenomén ovlivňující tělo jako celek (nejen kloubní mobilitu) a mající důsledky na funkci a později i strukturu kloubů, pokud jsou od raného dětství systematicky přetěžovány.

Cíl práce: Podat ucelený náhled na problematiku hypermobilního syndromu u tanečniců baletu. Na základě dostupných informací porovnat a zhodnotit výhody a nevýhody hypermobilního syndromu vzhledem k propriocepci a řízení koordinace pohybu u baletek ve věku 12-18 let, popsat možné důsledky na organismus tanečnice.

Metoda řešení: Rešeršní zpracování získaných informací z dostupných zdrojů, poznatků z odborných kurzů v České republice a v zahraničí - monografie od roku 1966 a periodika od roku 1972.

Klíčová slova: hypermobilita, hypermobilní syndrom, balet

Key words: hypermobility, hypermobility syndrome, ballet.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně a uvedla všechny literární prameny v práci použité a náležitě jsem je citovala.

V Praze dne

Podpis:

Ráda bych touto cestou poděkovala své konzultantce PhDr. Jitce Čemusové, Ph.D. za odborné vedení a podnětné informace k mé práci. Dále pak panu Ing. Antonínu Schneiderovi, řediteli Tanečního centra Praha, za možnost pracovat se studenty taneční konzervatoře.

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení: Číslo občanského Datum vypůjčení: Poznámka:
průkazu:

Obsah:

1 Úvod.....	8
2 Cíle diplomové práce a hypotézy.....	10
2.1 Vymezení problému.....	10
2.2 Cíle práce.....	11
2.3 Úkoly práce.....	11
2.4 Hypotézy.....	11
3 Metodika práce.....	12
3.1 Metoda řešení.....	12
3.2 Rozsah platnosti.....	12
3.3 Předpokládaný průběh akcí.....	13
4 Anatomicko- biomechanické aspekty hypermobilního syndromu.....	14
4.1 Anatomicko- biomechanické vlastnosti pojivových tkání.....	14
4.1.1 Anatomicko-biomechanické vlastnosti vaziva.....	14
4.1.2 Biomechanika vazů (ligament).....	15
4.1.3 Anatomicko-biomechanické vlastnosti šlach (tendon).....	16
4.1.4 Anatomicko-biomechanické vlastnosti chrupavky.....	17
4.1.5 Anatomicko-biomechanické vlastnosti kosti.....	18
4.1.6 Anatomicko-biomechanické vlastnosti svalu.....	20
4.2 Řízení pohybu – neurologická složka.....	20
4.2.1 Proces řízení pohybu.....	20
4.2.2 Hierarchie řízení pohybu – motorický nervový systém.....	21
4.2.3 Složky posturální kontroly.....	23
4.3 Propriocepce.....	25
4.3.1 Svalové vřeténko.....	26
4.3.2 Golgiho šlachové tělísko.....	27
4.3.3 Kloubní receptory.....	28
4.3.4 Kožní receptory.....	28
5 Hypermobilita.....	30
6 Hypermobilní syndrom.....	32
6.1 Definice.....	32
6.2 Klinické projevy hypermobilního syndromu.....	32
6.2.1 Artikulární projevy hypermobilního syndromu.....	33
6.2.2 Extra-artikulární projevy hypermobilního syndromu.....	36
6.2.3 Vliv menstruačního cyklu a užívání orálních kontraceptiv na HMS.....	37
6.3 Diferenciální diagnostika hypermobilního syndromu.....	39
6.4 Diagnostika hypermobility a hypermobilního syndromu.....	41
6.4.1 Diagnostické postupy u hypermobility.....	41
6.4.2 Diagnostická kritéria hodnotící HMS.....	43
6.4.3 Revidovaná diagnostická kritéria (Brighton, 1998) pro HMS.....	45
6.5 Epidemiologie.....	47
6.6 Etiopatogeneze.....	47
7 Hypermobilní syndrom u baletek.....	49
7.1 Výskyt hypermobilního syndromu u baletek.....	49

7.2 Nároky kladené na tanečnicka baletu	51
7.2.1 Fyzické předpoklady	51
7.2.2 Flexibilita	52
7.2.3 Posturální stabilita a stabilizace	55
7.2.4 Rovnováha – posturální stabilita.....	55
7.3 Hypermobilní syndrom a porucha propiocepce	56
7.4 Hypermobilní syndrom a kloubní instabilita – vzájemná interakce.	60
7.5 Kloubní instabilita a poruchy propiocepce.....	61
7.6 Nejčastější zranění u tanečnicků baletu a jejich souvislost s HMS	64
7.6.1 Úrazy na dolní končetině a plosce nohy	65
7.6.2 Osteoarthritis	68
8 Případová studie.....	69
8.1 Charakteristika výzkumu	69
8.2 Charakteristika použitých metod	70
8.2.1 Popis skupiny	70
8.2.2 Popis místa měření.....	71
8.2.3 Popis techniky měření a použitých instrumentů	71
8.2.4 Baterie testů na hodnocení stability a řízení koordinace pohybu	71
8.2.5 Design výzkumu a analýza dat	73
8.2.6 Výsledky	73
8.2.7 Závěr případové studie.....	79
9 Výsledky	81
10 Diskuse.....	82
11 Závěr	84
12 Seznam použitých zkratk	85
13 Seznam literatury	87

1 Úvod

Hypermobilní syndrom je v populaci častou a také velmi často praktickými lékaři nepodchycenou poruchou vazivové tkáně, mající v klinickém obrazu mimo jiné patologicky zvětšený kloubní rozsah.

Jedinci s hypermobilním syndromem mají větší sklony ke zraněním a přetížení (McCormack, 2004).

Jak píše Lewit (2003), hypermobilní syndrom souvisí zpravidla se zmenšenou stabilizací, svalovou slabostí, dochází lehce k přetěžování, instabilitě a tím i k bolesti. Dále často souvisí s pohybovou inkoordinací a neschopností utvářet kvalitní pohybové stereotypy.

Mluvíme-li tedy o hypermobilním syndromu jako o poruše zapříčiňující postiženému jedinci určité potíže pohybového aparátu, které v mnohých případech velkou měrou zasahují do běžných denních činností, pak musíme hypermobilní syndrom u sportovců, zde myšleno baletek ve věku 12 – 18 let - a ty mezi sportovce bezesporu patří, brát jako problém dvojnásob, jelikož každý výkonnostní sportovec je vystaven velkému přetěžování ve smyslu fyzické námahy. Téměř každý výkonnostní sport vede dříve či později k přetěžování určité části těla, nebo celého organismu.

Na tanečnický baletu jsou kladeny vysoké nároky. Nejen, že musí být fyzicky velmi zdatní, ale navíc je nutná výborná svalová kontrola k tomu, aby byli schopni zaujímat a provádět různé pozice a pohyby, často anatomicky téměř nemožné (Klemp, 1984).

Balet je pohybová aktivita vyžadující od tanečnicka velký rozsah kloubní pohyblivosti. Tzv. hypermobilní je tedy takřka každý tanečník baletu. Na jedné straně jsou jedinci, u kterých se zvětšeného kloubního rozsahu dosáhlo až tvrdým baletním tréninkem. U nich pak hovoříme o získané hypermobilitě, která je omezena pouze na určité části (klouby) těla. A na druhé straně jsou, dle tanečních pedagogů, tzv. disponovaní jedinci, kteří mají hypermobilní syndrom neboli konstituční hypermobilitu, která způsobuje zvýšený rozsah kloubní mobility bez tréninkové intervence, která není omezena pouze na některé klouby.

Ze své klinické praxe v oboru fyzioterapie na taneční konzervatoři vím, že taneční pedagogové téměř ve většině případů nerozlišují jedince s hypermobilním syndromem a ostatní studenty, tedy alespoň co se přístupu ve výuce týče. Tréninkové postupy u baletek s HMS by dle mého názoru měly však být vedle jejich „nehpermobilních“ kolegů poněkud odlišné. Hypermobilní syndrom u baletek je nutné brát v úvahu se všemi jeho anatomicko-biomechanickými a patogenetickými aspekty a následně tak k němu přistupovat i z hlediska taneční praxe.

2 Cíle diplomové práce a hypotézy

2.1 Vymezení problému

Tanečník klasického baletu je kombinací umělce a výkonnostního sportovce. Skvělá rovnováha a koordinace jsou pro tanečnický balet velmi důležité a posturální stabilita vyžaduje adekvátní propriocepci z kloubů. Narušená propriocepce byla označena jako příčina funkční instability (Leanderson, 1996).

Schopnost vnímat polohu a pohyb sousedících segmentů těla – jednoho segmentu vůči druhému – je dobře známý fenomén, který Sherrington označil jako propriocepci (Hall, 1995), (Mallik, 1994). Proprioceptivní zpětná vazba je zprostředkována centrálním nervovým systémem jako vjem o pohybu a poloze těla a končetin. U jedinců s hypermobilním syndromem se propriocepce zdá být narušena. Porucha proprioceptivního vnímání může vést k biomechanicky nesprávnému nastavení segmentů končetin, vedoucí k hyperflekčnímu či hypereextenčnímu postavení kloubu (Ferrell, 1995). Abnormální biomechanika kloubu způsobená zvýšenou kloubní laxitou vede k opakované nadměrné zátěži kloubů, která způsobuje další poškození receptorů (Fatoye, 2008).

Jedinci trpící HMS (hypermobilní syndrom, syndrom hypermobility) mají vyšší incidenci lézí měkkých tkání a existuje silná klinická zkušenost, že hypermobilní syndrom může predisponovat jedince k předčasnému vzniku osteoartrózy zejména v nosných kloubech (Ferrell, 1995).

Naprostá většina tanečních pedagogů a laické veřejnosti považuje hypermobilní syndrom u baletek za výhodu, která predisponuje tyto jedince k úspěšné baletní kariéře a usnadňuje jim kariérní postup, aniž by tušili, že za pojmem hypermobilní syndrom se však skrývá víc než jen zvětšený rozsah kloubní pohyblivosti.

Vzhledem ke své stávající klinické praxi fyzioterapeutky a k tomu, že v české literatuře neexistuje ucelený zdroj informací, který by shrnoval poznatky odborníků, jsem se rozhodla - pod dohledem vedoucího diplomové práce - problematiku hypermobilního syndromu u balet sjednotit a zpracovat.

2.2 Cíle práce

Cílem této rešeršní studie je získat co nejvíce možných dostupných informací týkajících se problematiky hypermobilního syndromu zejména u baletek ve věku 12 – 18 let – etiologii, patogenezi, symptomatologii, prevalenci, incidenci, diagnostická kritéria, prognózu funkčních a strukturálních změn na podkladě baletního tréninku. Vzájemně porovnávat názory odborníků na danou problematiku. Zhodnotit, v čem je hypermobilní syndrom výhodný a nevýhodný z hlediska baletu se zaměřením na proriocepci a potažmo tedy kvalitu řízení pohybu a stabilizaci polohy ve srovnání s se zdravými jedinci.

2.3 Úkoly práce

1. Shromáždit co do počtu nejvíce informací k problematice hypermobilního syndromu s nejširším záběrem informačních zdrojů českých i zahraničních.
2. Získané informace průběžně třídit do kategorií (epidemiologie, etiologie, patogenez, diagnostika atd.)
3. Pokud možno podat retrospektivní pohled - zjistit stav poznání problematiky v minulosti a dnes (dostupná literatura k tomuto tématu - monografie od r. 1966, periodika od r. 1972).
4. Vzájemně porovnávat náhled jednotlivých odborníků, jak se liší v názorech.
5. Shrnout zjištěné informace, zhodnotit v čem je pro baletky hypermobilní syndrom výhodný a nevýhodný, jaké mohou být důsledky tanečního tréninku pro organismus s hypermobilním syndromem.

2.4 Hypotézy

1. Předpokládám poměrně shodné názory autorů na etiologii, patogenezi, klinické příznaky a důsledky hypermobilního syndromu.

2. Předpokládám zvýšený výskyt poruch propriocepce a změny řízení pohybu ve smyslu jeho zpomalení u baletek s hypermobilním syndromem ve věku 12 – 18 let a tedy i jeho nevýhody, ve srovnání se zdravými jedinci.

3 Metodika práce

3.1 Metoda řešení

Rešeršní zpracování získaných informací z dostupných zdrojů, poznatků z odborných kurzů v České republice. Informační zdroje: oborové bibliografie, referátové časopisy, online a offline databáze, katalogy knihoven, web sites, učebnice, příručky, významné monografie, periodika (tituly odborných časopisů, webových elektronických konferencí, věstníků, zpravodajů, bulletinů, ročenek), výzkumné a vývojové zprávy, diplomové, rigorózní a disertační práce, elektronické dokumenty (CD-ROM, online dokumenty přístupné prostřednictvím internetu). Získané informace budu třídit dle jednotlivých témat, času (monografie od r. 1966, periodika od r. 1972), jazyků.

3.2 Rozsah platnosti

Tato práce je rešeršní a opírá se o poznatky a výsledky výzkumu jiných autorů. Zpracování bude probíhat během roku 2009 a 2010. Všechny skutečnosti budou konzultovány s vedoucí diplomové práce.

Podstatou výzkumného plánu je shromáždění co největšího množství dostupných informací týkajících se uvedené problematiky, jejich strukturalizace, zestručnění a především pak zhodnocení toho, v čem je hypermobilní syndrom výhodný a nevýhodný z hlediska baletu se zaměřením na propriocepci a potažmo tedy kvalitu řízení pohybu a stabilizaci polohy ve srovnání s se zdravými jedinci.

Rozsah studie je vymezen na populaci tanečniců baletu ve věku 12 – 18 let s hypermobilním syndromem.

Omezením shledávám jazykovou bariéru, zdroje informací jsem schopna hledat pouze v jazyce anglickém, německém a samozřejmě českém a slovenském.

3.3 Předpokládaný průběh akcí

Při zpracovávání diplomové práce budu postupovat v následujících krocích:

1. Sběr dat a informací týkajících se daného problému, případně v průběhu výzkumu dohledávat další zdroje k danému tématu.
2. Zpracování teoretické části práce, která bude obsahovat anatomicko-biomechanické aspekty hypermobilního syndromu.
3. Třídění získaných dat podle obsahu (epidemiologie, etiologie, patogeneze, diagnostika, atd.)
4. Shodná data a informace od různých autorů sloučit, zároveň přesně a řádně citovat všechny zdroje a autory.
5. Závěrem informovat čtenáře o výsledku výzkumu a stanovit, které informace se objevili nejčastěji, v čem se autoři nejčastěji shodují.
6. Přidat vlastní kritický náhled v závěrečné diskusi.

HLAVNÍ ČÁST

4 Anatomicko- biomechanické aspekty hypermobilního syndromu

4.1 Anatomicko- biomechanické vlastnosti pojivových tkání

Z funkčního hlediska nejsou pojiva zdaleka jen tkáněmi mechanické opory těla. Pojiva zabezpečují látkovou výměnu v organismu, představují jeho energetickou rezervu a poskytují i regenerační potenciál buněk pro jiné než pojivové tkáně. Základním morfologickým znakem všech pojivových tkání je přítomnost mezibuněčné hmoty, kterou produkují především metabolicky aktivní buňky pojiv. Především vlastnosti této hmoty určují biologické i mechanické vlastnosti jednotlivých typů pojiv (Watkins, 1999), (Dylevský, 2000).

Pojiva se skládají z pojivových buněk (fibroblastů, chondroblastů, osteoblastů) a mezibuněčné amorfní hmoty. Mezibuněčná hmota má dvě stavební složky: beztvárovou, amorfní substanci a vláknitou, fibrilární komponentu. Kombinací a poměrným zastoupením jednotlivých stavebních komponent vznikají specializované typy pojiv: vazivo, chrupavka, kost (Watkins, 1999), (Dylevský, 2000).

4.1.1 Anatomicko-biomechanické vlastnosti vaziva

Vazivo je první pojivo, které se za vývoje vytváří. Skládá se z buněk a z mezibuněčné hmoty, která obsahuje měnlivé množství fibril.

Druhy vaziva se od sebe navzájem liší poměrem množstvím buněk, mezibuněčné hmoty a fibril.

Mezenchym je nejprimitivnější forma vaziva. *Vazivo rosolovité* je rovněž tkání embryonální a je nejbližší mezenchymu. *Vazivo kolagenní* je nejrozšířenější druh vaziva. Převažují v něm kolagenní vlákna. Podle uspořádání se rozlišuje: a) vazivo řídké a b) tuhé vazivo (fibrózní).

Řídké vazivo vyplňuje prostory mezi orgány a má významné funkce při výživě a látkové přeměně ostatních tkání. Tuhé vazivo kolagenní má převahu tlustých

kolagenních fibril, vyskytuje se jako vazivo tuhé neuspořádané a uspořádané. Tuhé vazivo uspořádané vytváří vazy, ligamenta, fascie, atd. Zvláštní typ uspořádání tuhého kolagenního vaziva představuje šlacha – tendo.

Kolagenů rozeznáváme 5 typů, kdy nejčastějším typem je typ I, který tvoří silná mechanicky pevná vlákna (základ šlach, kostí), typ II má tenčí vlákna, která lze nalézt v hmotě kloubních a elastických chrupavek. Typy III a IV představují velmi tenká vlákna, která tvoří součást cévní stěny, vazivo svalů a nervů. Typ V je obsažen v placentě (Watkins, 1999), (Nigg, 2007), (Němec, 2009).

Vazivo elastické je tuhé vazivo s převahou elastických fibril. Při zátěži se jeho vlákna protahují, po zrušení zátěže se znovu vrací do původního tvaru a délky (Čihák, 2001).

Dle Véleho (2006) má rozdělení vaziva na vazivo elastické a kolagenní význam pouze kvalitativní. V klinické praxi se obě struktura rozlišit nedají. Setkáváme se pouze s vazivem jako strukturou, která má určité elastické vlastnosti, podobně jako sval.

Sval svoje vlastnosti dokáže měnit rychle, vazivo je mění daleko pomaleji. Svalová vlákna jsou primárními zdroji energie a vazivo ve svalu je svojí pružností sekundárním zdrojem energie. Vazivo pomáhá vyhlazovat jednotlivé rázy záškubů. Vazivo zpevňuje sval a současně vymezuje rozsah jeho pohyblivosti. Pružnost vaziva se udržuje jeho rytmickým protahováním (Véle, 2006).

4.1.2 Biomechanika vazů (ligament)

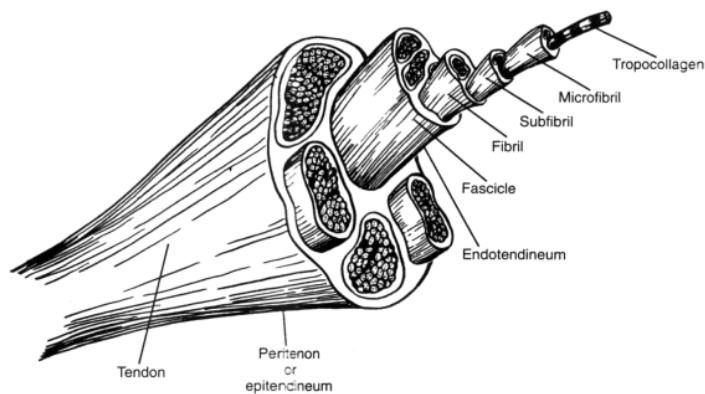
Pojem ligamentum pochází z latinského slova *ligare*, což znamená „spoutat“. Ligamenta se stávají z elastinových a kolagenních vláken a spojují napříč kloubem kosti jednu s druhou, usměrňují pohyb kloubu a vymezují pohyb (limitní polohy) a pravděpodobně působí v kloubu jako čidla deformace. Vlákenný kolagen je hlavním proteinem přítomným v ligamentech, který je orientován mezi úpony a je schopen přenášet tahové síly.

Zdravý vaz vypadá jako obyčejné bílé seskupení homogenní fibrózní tkáně, ve skutečnosti je však vysoce komplexní a dynamický. Skládá se z několika buněk široké

kolagenní matrix. Základní stavební buňkou jsou fibroblasty, které v ligamentech nejsou homogenní, vyskytují se v různé velikosti, tvaru, orientaci a také počtu. Fibroblasty jsou zodpovědné za syntézu a degradaci ligamentózní matrix v závislosti na podmínkách. Matrix tvoří - obrazně řečeno- tělo ligament. Skládá se z vody, kolagenu, proteoglykanů, fibronektinu, elastinu, actinu a dalších glykoproteinů.

Kolagen tvoří cca 70-80% suché hmotnosti ligament. Kolageny jsou proteiny v lidském těle nejvíce zastoupení a tvoří až 1/3 všech proteinů. Kolagenní vlákna stejně jako ligamenta se liší především svojí délkou, která jak se předpokládá ovlivňuje sílu ligamentozního materiálu (Valenta, 1996), (Nigg, 2007).

Vazy jsou pevnější na tah než svaly. Za svalové únavy nebo při obrnách přebírají vazy částečně funkci svalů jako stabilizátory kloubu. Přestože jsou velmi odolné na tah, dlouhodobé přetěžování a nadměrné napětí je uvolňuje, takže dochází k poškození kloubu. Při prodloužení vazů (chronickým poškozením, nebo úrazem) vznikají patologické pohyby a polohy v kloubech a pocit nepevnosti (Janda, 1966).



Obrázek 1: Zobrazení přechodu šlacha – sval (HMSA, 2009).

4.1.3 Anatomicko-biomechanické vlastnosti šlach (tendon)

Šlacha je fibrózní tkáň připojující sval ke kosti. Šlachy se vyskytují v mnoha různých rozměrech a tvarech v závislosti na morfologických, fyzikálních a mechanických charakteristikách svalu a kosti, které vzájemně spojují. Obvykle se šlacha skládá z externí šlacha, která se typicky označuje jako „šlacha“ (lat. tendon), a vnitřní

šlachy, která se označuje jako aponeuróza (lat. Aponeurosis). Externí šlacha připojuje sval na kost, aponeuróza poskytuje spojovací místo pro svalová vlákna.

Šlacha se skládá primárně z kolagenních vláken, kolagen představuje 70-80% suché váhy šlachy. Ve šlachách, v blízkosti myotendinózního spoje, se nachází Golgiho šlachová tělíska. Golgiho šlachová tělíska jsou speciální proprioceptory sensomotorického systému, které se účastní řízení motoriky.

Každé šlachové tělísko je připojeno k tendinóznímu fasciklu, který je spojen s cca 10 svalovými vlákny a vysílají silnými myelinizovanými aferentními vlákny signály do spinální míchy. Aferentní Golgiho šlachová tělíska jsou spojena s intermediálními neurony ve spinální míše a inhibují alpha motonurony svalů korespondujících při izometrické svalové kontrakci (Valenta, 1996), (Nigg, 2007).

4.1.4 Anatomicko-biomechanické vlastnosti chrupavky

Kloubní chrupavka je tenká vrstva fibrózní pojivové tkáně pokrývající povrch artikulující kosti v synoviálním kloubu. Skládá se z buněk - chondrocytů (2-15%) a intercelulární matrix (85 – 98%) s 65-80% zastoupením vody (Watkins, 1999).(Dylevský, 2000).

Podle procentuálního zastoupení matrix a chondrocytů rozeznáváme základní druhy chrupavky. Chrupavka *hyalinní* je nejrozšířenějším druhem chrupavčité tkáně v lidském těle (klouby, nos, skelet průdušnic, žebra). Dalším druhem je chrupavka *elastická* a nachází se např. v ušním boltci a tvoří Eustachovu trubici. Posledním druhem je chrupavka *vazivová*, která tvoří např. meziobratlové disky se silnými kolagenními vlákny. Mechanické vlastnosti kloubní chrupavky jsou dány především uspořádáním vláken a tekutiny mezibuněčné hmoty. Vlákna kolagenu a elastinu vytvářejí pórovitou substanci prostoupenou tekutinou tvořící. Obecně můžeme říci, že chrupavka je tkáň anizotropní a nehomogenní, pro kterou je fyziologické zatěžování v tlaku.

Kloubní chrupavka je viskoelastický materiál, který ve spojení se synoviální tekutinou dovoluje pohyb v kloubu bez tření ploch. Základní funkce kloubní chrupavky zahrnují: přenos síly mezi klouby, rozložení kloubní síly s minimální stresovým

zatížením, poskytování hladkého povrchu pro pohyb kloubních ploch.(Watkins, 1999), (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

Kromě přenášení tlakového zatížení v kloubním spojení kostí a tlumení rázových zatížení má důležitou funkci pro snižování koeficientu tření mezi styčnými plochami kostí stýkajících se v kloubním spojení. Při pohybu v kloubu dochází k valení, obvykle v kombinaci s kluzným pohybem. Při klouzání je ve styku stále stejná oblast jednoho tělesa v průběhu vzájemného pohybu po povrchu tělesa druhého. Důležité je si uvědomit, že velikost třecí síly nezáleží na velikosti styčných ploch, pouze na velikosti síly přitlačné a koeficientu tření. Chrupavka spolu se synoviální tekutinou výrazně snižuje koeficient tření mezi kloubními plochami které jsou vzájemném styku (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

Při zatížení v tlaku, vytékáním tekutiny z pórovité matrice, mění chrupavka svůj objem. V první fázi zatížení se uplatňují výrazné viskózní vlastnosti, následně dochází k vlastnímu zatížení vláknité matrice. Vzhledem ke značným visko-elastickým vlastnostem sledujeme u chrupavky zpevnění a zvýšení tuhosti při aplikaci rychlé zátěže (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

4.1.5 Anatomicko-biomechanické vlastnosti kosti

Kost je bílá, tvrdá pojivová tkáň, specializovaná na podpůrnou a ochranou funkci. Tak jako ostatní pojiva se i kost skládá z buněk a mezibuněčné hmoty (Dylevský, 2000), Čihák, 2001)..

Kost není v pravém slova smyslu tkáň, ale orgán (či komplexní biomateriál), který z mechanického hlediska vykazuje různé mechanické vlastnosti podle své struktury, lokality, směru zatížení, zátěžové historii atd. Je pro ni typická strukturální nehomogenita a anizotropie. Terminologicky se proto musí rozlišit vlastní kostní tkáň tvořená buňkami a mezibuněčnou hmotou s minerály, a kost jako orgán tvořený ze spongiózní a kompaktní kostní tkáně, vaziva ale i cévního zásobení a inervace (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

Kostní buňky produkují mezibuněčnou hmotu jednak amorfni a dále vláknitou. (Podrobněji stavba viz anatomie). Biomechanické vlastnosti kostní tkáně jsou v první řadě dány kolagenovou maticí a minerály. Kolagenní vlákna odolávají tahu, ale pro jiné způsoby zatížení jsou poddajná. Minerální látky především kalcium ve formě hydroxyapatytu dodávají kosti tvrdost a křehkost. Proto je demineralizovaná kost měkká a poddajná. Deproteinizovaná kost je naopak tvrdá, křehká a snese jen nízké zatížení v tahu (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

Základními typy kosti jsou spongiozní kost a kompaktní kost, které se od sebe výrazně odlišují jak strukturou, tak mechanickými vlastnostmi. Reálné kostní útvary vykazují vždy kombinaci obou typu kostní tkáně.

Přestavba kostní tkáně je řízena zpětnou vazbou a neustále dochází k remodelaci kosti. Platí zákon minima-maxima, který říká, že struktura kosti je vybudována s minimálním množstvím materiálu při maximální pevnosti v daném směru. Dále platí hypotéza adaptace, podle které adaptace funkčních orgánů a tedy i kostí, probíhá podle praxe, která nastane. Pokud posuzujeme celkové mechanické vlastnosti kosti (jako orgánu) musíme znát kromě vlastních mechanických vlastností kostní tkáně také geometrické uspořádání vnější zátěže a tvaru kosti - především průřez (tvar, plocha, šířka stěny aj.).

Vzhledem k principu remodelace kostní tkáně závislém na mechanickém působení je kostní tkáň nehomogenní a anizotropní. Závislost mechanických vlastností na směru, kterým působí vnější zatížení, je značná. Při zatížení v podélném směru kosti, může být mez pevnosti až 10 krát vyšší než ve směru radiálním a tangenciálním. Navíc ještě záleží na způsobu zatížení. Řádově můžeme říci, že v tlaku je pevnost kosti nejvyšší, o třetinu nižší v tahu a jen třetinová ve smyku. Dále, vzhledem k viskoelastickým vlastnostem kostní tkáně závisí mechanické vlastnosti kosti na rychlosti deformace. S rychlostí deformace stoupá mez pevnosti, elastický modul a naopak klesá maximální dovolená deformace a absorbuje se větší množství energie (Otáhal, 2009).

Vzhledem k neustálé remodelaci kostní tkáně na základě mechanické zpětné vazby jsou její mechanické vlastnosti dány historií zatěžování. To znamená, že pokud je

orgán imobilizován, snižuje se výrazně jeho pevnost a poddajnost a naopak opakovaným zatěžováním s dostatečnou intenzitou je možné předcházet poruchám remodelace (např. osteoporóza) a s tím spojeným zvýšeným rizikem zlomenin v důsledku snížení mechanické pevnosti. S věkem se mechanické vlastnosti mění ve smyslu zvyšování pevnosti a snižování maximální deformace. Celkově je kost starší osoby schopna absorbovat menší množství deformační energie v porovnání s mladým jedincem (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

4.1.6 Anatomicko-biomechanické vlastnosti svalu

Sval je funkční- aktivní- složkou a výkonným orgánem pohybového systému. Příčně pruhovaný kosterní sval se pomocí šlachy upíná ke kosti. V místě úponu svalu se generuje pohyb. Svaly jsou jedinými efektory, které má organismus k dispozici. Kosterní sval je soubor příčně pruhovaných svalových vláken spojených vazivem. Sval tvoří tři složky: příčně pruhovaná svalová vlákna, vazivo a logistické komponenty (cévy a nervy) (Shumway-Cook, 1995), (Dylevský, 2001).

Aktivní sval se vyznačuje vyšší tuhostí než sval pasivní (bez nervosvalové stimulace). Tuhost svalu narůstá se stupněm excitace. Nárůst síly, kterou je sval schopen přenášet aktivní kontrakcí, je závislý na míře aktuálního protažení svalu. Schopnost svalu působit aktivní sílu pro přenášení břemene totiž závisí na míře zasunutí aktomyozinového komplexu, tedy na délce sarkomery (Otáhal, 2009).

4.2 Řízení pohybu – neurologická složka

4.2.1 Proces řízení pohybu

Řízení pohybu lze popsat jako účelové organizování aktivity pohybové soustavy k dosažení zamýšleného cíle. Pohybový projev člověka je nejen vysoce organizovaná funkce, ať už zajišťuje vzpřímenou polohu, nebo umožňuje změnu místa, ale je i úzce spjat s psychickou činností (grimasy, řeč, písmo, gestikulace). Pohyb vnějších orgánů pohybové soustavy slouží účelovému pohybu pro udržení polohy těla a jeho pohybu v zevním prostředí. Je buď reflexní odpovědí na působení zevního podnětu, nebo vzniká

volním rozhodováním myslí a slouží k opatřování potravy, reprodukci a udržování života (Trojan, 2003), (Véle, 2006).

Řízení volního pohybu ovládá centrální nervová soustava (CNS). Fylogenetický vývoj vedl postupně k diferencování motoriky vyžadující vývoj stále složitějších řídicích úrovní, které lze u člověka dle Véleho (2006) hierarchicky rozlišit na čtyři základní úrovně:

1. autonomní úroveň řídicí základní biologické funkce,
2. spinální úroveň pro základní ovládání svalů – zdrojů fyzikální síly,
3. subkortikální úroveň pro posturální a lokomoční motoriku,
4. kortikální úroveň pro účelovou ideomotorickou motoriku.

4.2.2 Hierarchie řízení pohybu – motorický nervový systém

Motorický nervový systém tvoří všechny nervové struktury, jejichž dominantní úlohou je zajistit opěrnou motoriku (držení a polohu těla) a cílenou motoriku (pohyb). Motorické struktury jsou sice hierarchicky uspořádané, ale vzájemně kooperují. Nejsou také izolované od ostatních "systémů" nervstva, především od senzitivních systémů. Činnost kosterního svalstva je vždy řízena jako funkční celek. Pojem "motorický nervový systém" je z hlediska komplexní funkce nervové soustavy, didaktické schéma, které umožňuje orientaci v jinak nepřehledném terénu (Trojan, 2003), (Otáhal, 2009).

Základem veškeré hybnosti je svalový tonus, zajišťovaný činností páteřní míchy. Na něm je vybudován systém postojových a vzpřimovacích reflexů (motorický systém polohy, opěrná motorika), při jehož řízení se účastní retikulární formace, statokinetické čidlo a mozeček (spinální a vestibulární). Motorický systém polohy je pak základem složité soustavy úmyslných pohybů (motorický systém pohybu, cílená motorika), řízené činností mozkové kůry, bazálních ganglií a korového mozečku. Přitom všechny nervové vlivy, které způsobují svalovou kontrakci se uplatňují ve své konečné podobě prostřednictvím motoneuronů z jader hlavových nervů nebo z páteřní míchy (Trojan, 2003), (Véle, 2006).

Motorické jednotky (MU). Je základním funkčním i strukturálním prvkem motoriky. Tvoří je míšní nebo kmenové motoneurony a svalová vlákna inervovaná jejich axony. V míše je spojen motoneuron svými dendrity s míšní neurální sítí a dostává se tak do styku s drahami, kterými přicházejí do sítě signály jak z centra, tak i z periferie a ovlivňují jeho dráždivost. Při překročení prahu dráždivosti motoneuronu vzniká signál šířící se neuritem ke skupině svalových vláken, reagujících na něj synchronním záškubem, který se po krátké době sám uvolní. MU jsou periferní částí motorického systému navozujícího svalovou kontrakci (Enoka, 1994), (Véle, 2006), (Otáhal, 2009).

Přední míšní rohy (mícha). Šedá hmota předních rohů obsahuje kromě motoneuronů i interneurony, které jsou součástí řady reflexních oblouků tvořících zásobu pohybových a postojových programů.

Motorická centra mozku kmene. Jde o části retikulární formace (RF), vestibulární jádra, motorická jádra hlavových nervů, substantia nigra, ncl. ruber a oliva inferior. Tato centra zajišťují kontrolu opěrné motoriky, koordinaci opěrné a cílené motoriky a regulaci svalového napětí.

Retikulární formace je řídicí centrum, kde se shromažďují všechny aferentní senzorické signály ze smyslových receptorů. Vycházejí odtud dráhy nastavující v míše úroveň excitability motoneuronů, v mozkovém kmeni úroveň logistiky, v limbickém systému intenzitu emoce provázející smyslové vjemy a v neokortexu nastavuje úroveň bdělosti a racionální kontroly pohybu. Retikulární formace připravuje pod vlivem senzorických aferencí podmínky pro pohyb.

Mozkový kmen zabezpečuje předpoklady pro funkci složitějších pohybových vzorů, které zajišťují určitou pohybovou autonomii, ale nemohou být úspěšně používány bez korové kontroly, která jim dodává přesnosti a orientaci na cíl.

Mozeček. Vývojově starší část mozečku řídí opěrnou motoriku a koordinují opěrnou a cílenou motoriku. Spoluúčastní se i kontroly očních pohybů. Vývojově

mladší partie řídí cílené (naučené) pohyby. Tento složitý orgán vytváří paralelní obousměrné spojení kůry mozku s mozečkem a ppohybovými orgány a přichází do něj aferentní sensorické signály. Předpokládá se o něm, že rozhoduje o správném časovém sledu při zapojování jednotlivých svalů (timing) v průběhu pohybu.

Motorická centra thalamu. Jde především o ncl. ventralis lateralis propojující mozeček, bazální ganglia a motorickou kůru. Smyslem tohoto propojení je koordinace vnímání a pohybové aktivity. Tyto struktury participují na senzomotorických vztazích při koordinaci jak posturálně lokomočních, tak i jemné pohybové mechaniky.

Bazální ganglia. Striatum, pallidum a substantia nigra se svými spoji zabezpečují vypracování pohybových programů - vzorce pro řízení směn, rychlosti a síly pohybu. Tato podkorová jádra jsou schopna vytvářet jednoduché pohybové programy, nastavují svalový tonus, ovlivňují posturální funkci, vybírají potřebné programy uložené v mozkové kůře.

Motorická kůra hemisfér. Kůra gyrius praecentralis (primární motorická kůra) a tzv. premotorická kůra čelního laloku (sekundární motorická kůra) je východištěm pyramidové dráhy. Hlavní funkcí této kůry je programování a plánování cílených pohybů a řízení jemných pohybů. Kortikální úroveň je nadřazeným orgánem řízení volní ideokinetické motoriky realizující pohybovým aparátem představu pohybu vytvořenou v mysli. Informace o záměru účelového pohybu se promítá do celé pohybové soustavy a ovlivňuje držení těla i pohybové chování (Shumway-Cook, 1995) (Trojan, 2003), (Véle, 2006), (Otáhal, 2009).

4.2.3 Složky posturální kontroly

Auditivní složka řízení pohybu

Sluch je smysl tradičně klasifikovaný jako součást exteroceptivního vnímání. Sluch má silnou exteroceptivní roli, informuje nás o pohybech v našem okolí. Ale stejně jako zrak nám hodně říká o našich vlastních pohybech (Schmidt, 2005).

Vizuální složka řízení pohybu

Nedílnou součástí systému řízení motoriky je jeho vizuální složka – zrak. Motorickou kontrolu poskytuje několika různými způsoby. Pomáhá nám identifikovat objekty v prostoru a rozlišovat jejich pohyb. Pokud zrak sehrává tuto roli, je brán jako exteroceptivní vjem. Zrak však také poskytuje informaci, kde se naše tělo v prostoru nachází, o pohybu našeho těla a vztahu jednotlivých segmentů vůči sobě. Pokud zrak sehrává tuto roli a informuje nás o našem vlastním těle, je brán jako propioceptivní vjem (Shumway-Cook, 1995), (Schmidt, 2005).

Vestibulární složka řízení pohybu

Vestibulární aparát uložený ve vnitřním uchu obsahuje senzory poskytující tělu informace o pohybech hlavy. Velmi důležitý aspekt pro pohyby hlavou z hlediska motorické kontroly je orientace vzhledem ke gravitaci, tj. jestli je hlava nahoře, nebo dole, nakloněná, atd. Takovou informaci zprostředkují otolity uložené ve vnitřním uchu. Pokud se hlava „točí“, poskytují informaci o rychlosti a směru pohybu. Další částí vestibulárního aparátu, který poskytuje tělu informaci o poloze a pohybech hlavy jsou semicirkulární kanálky. Všechny tyto vestibulární struktury obsahují hustou tekutinu, která se pohybuje právě při změně polohy hlavy. Pohyb tekutiny rozpohybuje drobné vlásky, které vysílají informace o pohybu hlavy do centrálního nervového systému. Tyto struktury jsou tedy velmi důležité z hlediska řízení rovnováhy i pro pohyb samotný, pro který každý jedinec potřebuje informace o síle a akceleraci vyvíjenou na hlavu (Shumway-Cook, 1995), (Schmidt, 2005).

Sensomotorický systém

Sensomotorický systém, jakožto subkomponenta celkového systému řízení motoriky, je extrémně komplexní. Termín sensomotorický systém popisuje sjednocení senzoričké, motorické a centrální úrovně a zpracování informací na jednotlivých úrovních, které jsou zahrnuté při udržování homeostázy v kloubu během pohybů částí těla a těla jako celku (funkční kloubní stabilita). Pro vznik funkční kloubní stability

musí jednotlivé komponenty fungovat flexibilně a adaptabilně kvůli různorodým podmínkám, které se liší od jednotlivce a požadavků na ně. Proces udržování funkční kloubní stability je uskutečňován dokonalou souhrou mezi dynamickými a statickými složkami. Vazy, kloubní pouzdra, chrupavka, tření a kongruence styčných ploch tvoří statickou komponentu. Dynamická komponenta je tvořena dopřednou a zpětnou neuromotorickou kontrolou přes kosterní svalstvo přecházející přes daný kloub. Efektivita dynamických komponent tvoří biomechanické a fyzikální charakteristiky kloubu. Mezi tyto charakteristiky patří rozsah pohybu v kloubu, svalová síla a odolnost.

Sensomotorický systém zahrnuje všechny aferentní, eferentní a centrální složky a programové komponenty podílející se na vytváření funkční kloubní stability. Přestože se tohoto procesu rovněž účastní vizuální a vestibulární podněty, periferní mechanoreceptory jsou z klinického hlediska považovány za nejdůležitější (Shumway-Cook, 1995), (Lephart, 2000), (Reimann, 2002).

4.3 Propriocepce

Pojem propriocepce byl poprvé použit Sherringtonem r. 1960 jako schopnost rozpoznat polohu a pohyb v segmentech končetin. Tento termín zahrnoval všechny smysly kromě vnímání bolesti a teploty, pocházející ze svalů a okolních struktur.

Motorická kontrola je plastický proces, který je podroben neustálým kontrolám a proměnám založeným na integraci a analýze smyslových vjemů, eferentních motorických povelů a výsledných pohybů. Proprioceptivní informace zprostředkované kloubními a svalovými receptory hrají v tomto procesu nezastupitelnou roli. Základem uskutečnění všech motorických úkonů jsou jednotlivé jevy, často velmi přesné, které jsou zaměřené na přípravu, udržování a obnovení stability jak celého těla (posturální stabilita) tak jeho segmentů (kloubní stabilita). Receptory jsou umístěny v samotném svalu, a jeho šlaše i okolních kloubních pouzdrech. Lze k nim funkčně připočítat i receptory informující o směru gravitace a také receptory informující o rozložení tlaku na kontaktních plochách s podložkou umístěnou v jiných orgánech (Reimann, 2002), (Véle, 2006).

Propriocepci lze rozdělit do dvou kategorií: vnímání polohy (statické pozice) a vnímání pohybu (kinestézie nebo dynamická propriocepce). Za tyto vjemy jsou primárně odpovědné kloubní a svalové mechanoreceptory. Mechanoreceptory umístěné ve svalově-šlachovém systému zahrnují svalová vřetenka a Golgiho šlachová tělíska. Oba tyto receptory poskytují CNS neustálou zpětnou vazbu o momentálním stavu každého svalu (Lephart, 2000), (Reimann, 2002).

4.3.1 Svalové vřetenko

Svalová vřetenka jsou několik milimetrů velké útvary, uložené při přechodu šlachy do svalu. Jemným vazivovým pouzdrům bývají oddělena od okolního vaziva svalu.

Vřetenko se skládá z 6 - 8 jemných svalových vláken, která jsou dlouhá 2 - 10 mm. Svalovým vláknům vřetenka se říká intrafuzální. Vlákna kosterního svalu jsou vlákny extrafuzálními - oba typy svalových vláken jsou uspořádány paralelně. Na zevním obvodu intrafuzálních vláken jsou typické motorické ploténky gama motoneuronů. Intrafuzální vlákna tedy mají samostatnou motorickou inervaci. Ve vřetencích začínají i dva typy aferentních, senzitivních nervových vláken. Tato vlákna spirálovitě obtácejí intrafuzální svalová vlákna vřetenka, a jdou jako aferentní vlákna míšního nervu do páteřního kanálu, a zadními míšními kořeny vstupují do míchy. Těla (prikarya) těchto neuronů jsou uloženy ve spinálních gangliích. V míše jsou tato vlákna zapojena buď přímo na alfa motoneurony předních rohů (monosynaptické spojení), nebo se na motoneurony antagonistických svalů zapojují prostřednictvím vsunutých interneuronů (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

Vřetenka jsou drážděna při protažení svalu. Tím, že intrafuzální vlákna vřetenka probíhají paralelně s ostatními svalovými vlákny, jsou natahována současně s prodloužením svalu, a proud vzruchů zpětnovazebně dráždí alfa motoneurony vyvolávající svalovou kontrakci. Vřetenka jsou drážděna i váhou končetin a tahem antagonistických svalů. Přes alfa motoneurony vřetenka zajišťují kontakt kloubních ploch a postavení kloubu. Vřetenka ale přímo neregistrují svalovou kontrakci.

Vřeténko je jakýsi komparátor, který srovnává napětí intrafuzálních vláken a vláken svalu. Gama inervace intrafuzálních vláken navozuje jejich kontrakci a určuje tak předpětí - nastavení vřeténka na určité napětí.

Svalová vřeténka jsou svým zapojením autoregulačním systémem, jehož gama oblouk nastavuje citlivost receptoru. Toto nastavení významně ovlivňuje (přes interneurony) RF mozkového kmene. Celému systému této zpětnovazebné inervace říkáme gama smyčka (Nigg, 2007), (Otáhal, 2009).

4.3.2 Golgiho šlachové tělísko

Golgiho šlachové tělísko (GTO) funguje na podobné principu jako svalové vřeténko. Je to vřetenovitý útvar uložený ve šlachových úponech a spojuje 15 – 20 svalových vláken. Receptor se aktivuje protažením šlachy. Jeho práh dráždivosti je vyšší a nelze ho dopředu měnit jako u vřeténka. Aferentní informace z tělíška je přenášena nervovým systémem Ib aferentními fibrilami. Aktivita tohoto receptoru se šíří podobnými cestami jako aktivita svalového vřeténka. Na rozdíl od svalových vřetének nemají eferentní spoje. Šlachová tělíška jsou citlivá na změny napětí (tahu), které vycházejí ze svalového protažení nebo kontrakce svalu. GTO reaguje na sílu 2 až 25 g. Šlachové tělísko funguje na principu disynaptického inhibičního reflexu, který inhibuje vlastní sval a facilituje funkci antagonisty. Působí tedy proti funkci svalového vřeténka, ale může se uplatnit inhibičně tehdy, přesáhne-li napětí na šlaše určitou mez, a proto působí jako pojistka nedovolující překročit stanovenou mez svalové aktivace, která by mohla systém poškodit. Původně se vědci domnívali, že GTO bylo původně aktivní pouze při vysokém zatížení v tahu. Předpokládali tedy, že GTO chrání sval před poraněním. Současné studie však ukazují, že tyto tělíška monitorují napětí neustále a jsou velmi citlivé již při malé změně napětí, na které pak sval reaguje svalovou kontrakcí.

Oba receptory tvoří automatický ochranný míšní servomechanismus regulující svalové napětí/ svalovou tuhost. Tuhost svalu můžeme definovat jako síla/jednotková délka svalu, tj. to co GTO a svalová vřeténka recipročně kontrolují: síla (GTO)/ jednotková délka svalu (svalové vřeténko) (Shumway-Cook, 1995), (Véle, 2006).

4.3.3 Kloubní receptory

Tato čidla rovněž ovlivňují funkci svalů. Reagují na změny napětí v kloubním pouzdru, které vzniká napínáním pouzdra na konvexní straně kloubu a jeho řasení na konkávní straně. Kloubní receptory podávají informace goniometrické a akcelerometrické o pohybu v kloubu (Véle, 2006).

Všechny proprioceptivní údaje svalových, šlachových nebo kloubních receptorů jsou součástí zpětnovazebních informací (feedback) a průběžném stavu pohybového segmentu, které jsou nutné pro řízení pohybu. Současně ale slouží i k přednastavení dráždivosti (feedforward) (Shumway-Cook, 1995), (Véle, 2006).

Uvědomování si celého svalového napětí, polohy končetin, trupu, změnu polohy a rychlost této změny nám umožňuje tzv. hluboký svalový smysl. Je to složitý a nepřesně definovatelný vjem, který zajišťuje souhra svalových vřetének, šlachových tělísek, receptorů kloubních pouzder, vazů atd. Tohoto komplexního vjemu se účastní i zrak, sluch, orgány rovnováhy atd. Klíčový je zřejmě zpětnovazebný mechanismus řízení svalové kontrakce gama smyčkou (Shumway-Cook, 1995), (Otáhal, 2009).

4.3.4 Kožní receptory

Existuje také několik typů kožních receptorů, které jsou součástí složitějšího senzomotorického systému. Rozdělit je můžeme do několika skupin: (a) mechanoreceptory, které reagují na mechanické podněty a mezi které řadíme Paciniho korpuskální tělíska Meissnerova korpuskální tělíska, Merkelovi disky, volná nervová zakončení a Ruffiniho zakončení; (b) termoreceptory, které reagují na změnu teploty a (c) nociceptory, které reagují na bolestivé podněty.

Korpuskální tělíska jsou lamelovité útvary vnímající vibrace a tlakové změny, ne však stálý tlak. Předpokládá se, že lamelová tělíska rozlišují vnější tlak v kloubu a zvyšující se nitrokloubní tlak. Paciniho tělíska jsou zodpovědná za vnímání vibrací, Meissnerova tělíska zase vnímají tlak, jemný dotek a pomalé vibrace. Jsou rovněž zodpovědná za rozlišení struktury a pohybu drženého objektu (Shumway-Cook, 1995), (Schmidt, 2005).

Volná nervová zakončení 40% z nich tvoří non-nociceptivní tlakové receptory a receptory reagující na stah, 40% jsou mechanické, chemické a tepelné receptory, 20% tvoří non-nociceptivní teplotní analyzátoři. Většina mechanických volných nervových zakončení v kloubech jsou stimulovány pouze extrémním pohybem v kloubu a pravděpodobně nejsou signifikantním zdrojem proprioceptivního vnímání (Shumway-Cook, 1995), (Schmidt, 2005).

Ruffiniho zakončení jsou receptory facilitující přenos kapsulárního napětí na kloubní receptory. Jsou citlivé na změnu statického i dynamického napětí ve všech směrech pohybu bez ohledu na rovinu uložení struktury, ve které se nacházejí. Ruffiniho zakončení se zapojují nejvíce při extrémních pohybech v kloubu. Receptory uložené v kůži detekují hloubkový dotyk, tlak a hmotnost statického, nebo pohybujícího se předmětu v dlani, nebo umístěného kdekoli na těle (Shumway-Cook, 1995), (Schmidt, 2005).

Merkelovi disky reagují na tlakovou stimulaci a pomáhají určovat tvar předmětu svíraného v dlani (Shumway-Cook, 1995), (Schmidt, 2005).

Hypermobilní syndrom, jak bude uvedeno a více rozebráno níže v textu, je definován jako dědičná porucha pojivové tkáně, jejíž patogeneze je dána geneticky a spočívá především v poruše tvorby kolagenu, který je jedním ze základních stavebních prvků pojivové tkáně, v níž se nachází právě receptory určené k proprioceptivnímu vnímání. Ty vytvářejí zpětnovazebnou reakci v hierarchii řízení pohybu a jeho koordinaci. Souvislost hypermobilního syndromu s proprioceptivním vnímáním (a jeho poruch) lze vidět právě v odlišné kvalitě pojivové tkáně.

5 Hypermobilita

Existence pohybu v kloubu je základním požadavkem mobility (Ondrašík, 1987).

Jak uvádí Watkins (1999) a Rychlíková (2002), pohyb a rozsah pohybu v kloubu jsou závislé na:

- a) na anatomickém tvaru kloubu,
- b) na poměru, v jakém se dotýkají hlavice a jamka kloubní (Čím více hlavice zapadá do kloubní jamky, tím je rozsah pohybu omezenější.),
- c) na napětí vazů v okolí kloubu
- d) na napětí a volnosti kloubního pouzdra (Pokud je kloubní pouzdro pevný, tak výrazně omezuje pohyb v kloubu.),
- e) na svalech, které umožňují a omezují pohyb.

Pod pojmem hypermobilita rozumíme zvětšený rozsah kloubní pohyblivosti nad určitou normu. Hypermobilita není v pravém slova smyslu chorobným stavem, ale klinickým popisem určité kvality vaziva. Kvalita vaziva ovlivňuje biomechanickou stabilitu myoskeletálního (zvláště kloubního) systému, výrazně se podílí na ochraně kloubu proti přetížení a tím nepřímo ovlivňuje rozvoj bolestivých stavů hybné soustavy v pozdějším věku (Janda, 2001). Hypermobilita v širším slova smyslu nepředstavuje jednu nosologickou jednotku, nýbrž můžeme rozeznávat několik typů.

Existuje několik typů hypermobility a jednotlivé dělení se u autorů trochu liší. V podstatě však vyjadřují stejný patofyziologický fenomén podobnými definicemi. Nejčastěji užívané dělení známé u nás je dělení dle Jandy:

1. Místní patologická hypermobilita určitého pohybového úseku, v důsledku které dochází ke kvantitativním a kvalitativním změnám pohybu. Vzniká nejčastěji po úrazech, a nebo jako kompenzační jev při funkčních omezeních např. sousedního pohybového segmentu. Místní hypermobilita může na vnímavém terénu vzniknout

v průběhu tréninku, např. vrcholového sportu. (Hassan, 1993). Hovoříme zde tedy o tzv. získané hypermobilitě.

2. Hypermobilita (zvýšená pasivita) jako příznak při některých neurologických onemocněních, typicky např. při zánikových mozečkových lézích, u periferních paréz, nebo při poruchách aference jakékoliv lokalizace nebo etiologie. Patří sem však i hypotonie v rámci syndromu malé mozkové dysfunkce (Janda, 2001).

3. Na přechodu mezi ke konstitucionální hypermobilitě jsou některé klinicky patologické stavy, jako **Marfanův syndrom** nebo **Ehlers Danlos syndrom** (Janda, 2001).

4. Konstitucionální hypermobilita – má z hlediska funkčních poruch hybné soustavy největší význam a je nejčastější. Je charakterizována zvětšením kloubního rozsahu nad běžnou normu, spolu s celkovou lehkou svalovou hypotonií a vcelku nízkou svalovou silou. Její etiologie je nejasná, předpokládá se však insuficience mezenchymu (Janda, 2001).

Další známé dělení, vyskytující se v odborné literatuře je dělení dle Sachseho, kterého ve svých publikacích cituje Lewit (2003) a Janda (2004). Ten hypermobilitu dělí následovně:

A) **Lokální patologická hypermobilita**, která může být primární, nebo sekundární (nejčastěji kompenzační, v sousedství blokád), což je nejcharakterističtější pro páteř.

B) **Patologická generalizovaná hypermobilita**, která se vyskytuje nejčastěji u kongenitálních neurologických onemocněních.

C) **Konstituční hypermobilita** je charakterizována postižením celého těla, i když nemusí být ve všech segmentech ve stejném stupni a nemusí být přísně symetrická.

Obecně bývá pohyblivost větší v dětství a s věkem ubývá. Bývá častější u žen než u mužů (Lewit, 2003), (Janda 2004).

6 Hypermobilní syndrom

6.1 Definice

Mezinárodní klasifikace nemocí 10. revize (MKN 10) uvádí syndrom hypermobility (neboli hypermobilní syndrom) v kapitole XIII. Svalové a kosterní soustavy a pojivové tkáně – systémová onemocnění pojivové tkáně (M30 – M36) a definuje ho jako familiární ochablost vazů. Najdeme ho zde pod označením M 35.7.

Výraz „ hypermobilní syndrom“ (HMS) poprvé použil Kirk a spol. (1967) pro stavu, při kterých nadměrná kloubní pohyblivost je jediným vysvětlením zpravidla velmi různorodých obtíží ze strany pohybového aparátu (Hajzok, 1986), (Graham, 2001), (Russek 2009).

Hypermobilní syndrom je definován jako dominantně dědičná porucha pojivové tkáně popisovaná jako „generalizovaná kloubní hypermobilita“ s/bez sublucací či dislokací kloubů a s výskytem revmatických symptomů bez prokazatelných (klinických a laboratorních) nálezů některého ze systémových revmatických onemocnění (Russek, 2000), (Child 1986), (Mishra, 1996).

Dle klinických studií se hypermobilní syndrom častěji vyskytuje u žen a větší procento výskytu bylo zaznamenáno u jedinců asijského původu než u jiných etnických skupin (Grahame, 2009), (Child, 1986).

6.2 Klinické projevy hypermobilního syndromu

Hypermobilní syndrom je komplexní porucha, která působí obtíže jak praktickému lékaři v diagnostice a léčbě, tak samotnému pacientovi (Gurly-Green, 2001). Hypermobilní syndrom má dle zkušeností pacientů široké spektrum závažnosti symptomů, krom toho bývají symptomy proměnlivé u samotného pacienta např. v průběhu dne či týdne.

6.2.1 Artikulární projevy hypermobilního syndromu

Bolest kloubů a svalů

Bolest kloubů je nejčastější symptom, se kterým pacienti přicházejí. Bolest má různé stupně a může být často až neúnosná (Gurly-Green, 2001), (Grahame, 2001). Bolest může být omezena na jeden – monoartralgie, či více kloubů – polyartralgie, bývají často přechodného rázu a chronického charakteru. Faktorem vyvolávajícím bolest je především větší tělesná zátěž, meteorologické vlivy, případně různé hormonální poruchy (Ondrašík, 1987).

Patogenetický mechanismus bolesti není zcela objasněn, avšak předpokládá se, že bolest pravděpodobně vzniká napínáním kloubního pouzdra. Dochází tak k hyperstimulaci nervových zakončení, které jsou málo podepřeny chabými kolagenními vlákny (Child, 1986).

Léze měkkých tkání

Hypermobilní syndrom je komplex akutních, opakujících se, difúzních lézí měkkých tkání traumatického původu, opakujících se kloubních subluxací a/nebo dislokací, obvykle se objevující v dětství nebo pubertě a pokračující v dospělosti (Grahame, 2001).

Úponové bolesti a léze vznikají především z přetížení. Běžně se vyskytují případy laterální a mediální epikondylitidy, „zmrzlé rameno“, tendinitida m.suprastinatus a m.biceps brachii. Ve spojení s hypermobilním syndromem se mohou objevit také neuropatie, např. syndrom karpálního tunelu u jedinců s hypermobilním zápěstím (Beighton, 1983), (Russek, 1999).

Chondromalácie pately

Termín chondromalácie pately je výraz, který představil König a Aleman na poč. 20. století. Vyjadřuje bolest česky, která je vnímána při zátěži kolenního kloubu ve flexi. Beighton (1999) uvádí, že genu recurvatum (hyperextenze v kolenním kloubu),

keré je velmi často přítomno v klinickém obrazu hypermobilního syndromu, je důležitým patogenetickým faktorem při vzniku chondromalácie pately.

Al-Rawi (1997) zkoumal ve své studii souvislost mezi hypermobilním syndromem a zvýšeným výskytem chondromalácie pately. 115 jedinců s chondromalácií pately porovnával se skupinou 110 zdravých jedinců. Všichni jedinci byli vyšetřeni radiograficky a následně ohodnoceni, zda mají hypermobilní syndrom, na základě Carter and Wilkinson skóre. Výsledky studie ukázaly, že ve skupině s chondromalácií pately bylo signifikantně více hypermobilních jedinců ($P < 0,01$).

Chronická polyarthritis a monoartikulární arthritis

Z hlediska revmatologické praxe je chronická artritida běžným projevem hypermobility a může způsobovat jisté diagnostické obtíže. Typicky se objevuje otok měkkých tkání a kloubní výpotek. Toto se může být opakující se, nebo přetrvávající bez průkazu zánětlivého kloubního onemocnění. Přítomnost přetrvávajícího výpotku v kolenním kloubu může vést ke vzniku Bakerovy cysty ve fossa poplitea. Tito pacienti jsou pak mylně diagnostikováni jako případ revmatoidní artritidy (Beighton, 1999).

U dětí se hypermobilní syndrom manifestuje bolestí kloubů přibližně po desátém roce věku. Nejvíce postižené klouby jsou kolenní kloub, prsty, zápěstí, kyčelní klouby, loketní klouby a hlezenní kloub. Hypermobilní syndrom u dětí se může prezentovat jako juvenilní epizodická artritida, definovaná jako nespecifická, krátce trvající artritida nebo jako artralgie bez přítomnosti revmatologických faktorů s normálním laboratorním nálezem (Beighton, 1999), (Arroyo, 1988), (Forléo, 1993).

Dislokace a subluxe kloubů

Kloubní instabilita, která je způsobená zvýšenou kloubní laxitou, může vést k opakovaným dislokacím kloubu. Nejčastěji se s tímto můžeme setkat u pately a ramenního kloubu (Beighton, 1999), (Russek 2009).

Předčasná osteoarthritis

Klinické studie ukazují, že hypermobilní syndrom může důležitým být predisponujícím faktorem ke vzniku předčasné osteoartrity, nejčastěji v nosných kloubech. Nutné je zde ovšem brát v úvahu rovněž vliv důležitých faktorů jako jsou věk a vrozená dysplázie kloubů (Beighton, 1999), (Child 1986).

Komplikace na páteři

Páteř, zejména dolní krční a dolní bederní oblast, bývá v pozdějším věku nejčastěji degenerativními chorobami postiženou oblastí. Tento proces je manifestován kombinací osteoartrózy facetových kloubů a změnami intervertebrálních disků. Interspinální ligamenta zde zajišťují důležitou zpětnou sílu a prevenci nadměrných pohybů, které mohou způsobit poškození obratlů, meziobratlových disků nebo facetových kloubů (Beighton, 1999).

Insuficience vaziva, jeho nadměrná laxita nezabraňuje tedy dostatečnou silou nadměrným pohybům v páteři a přispívá tak k dřívějšímu poškození příslušných struktur a k rychlejšímu vzniku degenerativních procesů.

Habitus

Hypermobilní syndrom je také často označován za „frustní formu“ vrozené poruchy pojivové tkáně jako je Marfanův syndrom, Ehlers Danlos syndrom a osteogenesis imperfecta (Beighton, 1999), (Hrnčíř, 2001), (Hassan, 1993).

Jako marfanoidní označujeme vzhled vysokých a štíhlých osob s hypermobilním syndromem, arachnodaktylií, kdy rozpětí paží ku výšce je > 1.03 (Oliver, 2005), (Grahame, 2000).

6.2.2 Extra-artikulární projevy hypermobilního syndromu

Nadměrnou pohyblivost v kloubu ve světle současných vědeckých poznatků podmiňují abnormality ve struktuře kolagenu. Není proto překvapením, že se v literatuře krom zpráv o artrologických projevech objevily i zprávy o některých orgánových projevech při artikulární hypermobilitě (Hassan, 1993).

Popišme tedy některé z mimokloubních projevů, postihující jedince s hypermobilním syndromem.

Kůže

Kůže u hypermobilního syndromu je nezdědka tenká, s měkkou strukturou, hyperelastická (viz. Obr. 2) a mohou se na ní objevovat strie (viz. Obr. 3) a lehce se na ní utváří modřiny. Byl popsán typický vzhled obličeje, na němž jsou patrné velké, široce rozložené oči, výrazné vrásky a pokleslá spodní víčka. Rovněž se může vyskytnout myopie a strabismus (Beighton, 1999), (Ondrašík, 1987), (Grahame, 1990).



Obrázek 2: Hyperelastická kůže.



Obrázek 3: Strie u jedince s HMS.

Prolaps mitrální chlopně

Prolaps mitrální chlopně během systoly byl pozorován u jedinců trpících dědičnými poruchami pojivové tkáně jako jsou Marfanův syndrom, Ehlers Danlos syndrom a osteogenesis imperfecta. Prolaps mitrální chlopně se dle odborníků vyskytuje kvůli defektnímu kolagenu v mitrální chlopni, což vede roztažení chlopně a chordální elongaci (Beighton, 1999).

Prolaps mitrální chlopně se u jedinců s hypermobilním syndromem vyskytuje třikrát častěji než u ostatních pacientů a prezentuje se u více než jedné třetiny jedinců trpících hypermobilním syndromem (Grahame, 1990), (Russek, 2009).

Viscerální komplikace

Vnitřní orgány mohou být postiženy jako důsledek nedostatečné podpory struktur jako jsou přední břišní stěna, jejíž insuficience může zapříčinit břišní hernie. Dále pánevní dno, kde se může objevit rektální prolaps nebo prolaps dělohy a nebo slabá parietální pleura, která může mít za následek spontánní pneumotorax (Grahame, 1990), (Russek, 2009).

6.2.3 Vliv menstruačního cyklu a užívání orálních kontraceptiv na HMS

Na vliv menstruačního cyklu a užívání orálních kontraceptiv na kloubní laxitu panují různé a nejednotné názory. Tato problematika dosud nebyla patřičně prozkoumána.

Studie Martineau a kol. (2004) zkoumala 127 sportovkyň – rozděleny byly do skupin podle toho, zda užívají dlouhodobě orální kontraceptiva či nikoliv, byly podrobeny vyšetření anteriorní translace tibie pomocí speciálního přístroje artrometru KT-1000. Výsledky ukázaly, že skupina žen užívající orální kontraceptiva vykazovala signifikantně nižší laxitu vaziva, tedy menší anteriorní translaci tibie v porovnání s kontrolní skupinou.

Hansen a spol. (2008) došli k podobným závěrům. Jejich studie, založená na vyšetření frakční syntézy kolagenu, zkoumala dvě skupiny žen. Jedna skupina byly ženy pravidelně užívající orální kontraceptivum na bázi estradiolu, druhá skupina zahrnovala

ženy bez hormonální antikoncepce, které však byly testovány ve folikulární fázi menstruačního cyklu. Obě skupiny prováděli hodinové cvičení na jednu dolní končetinu, druhý den byla změřena frakční syntéza kolagenu ve šlachách a svalech, biopsie z patelární šlachy a m. vastus lateralis. Výsledky ukázaly, orální kontraceptivum má inhibiční efekt na syntézu kolagenu ve šlaše a svalu (tedy v pojivových tkáních), což v důsledku může zapříčinit zvýšenou kloubní laxitu.

Hicks-Littleova studie z roku 2007 si kladla za cíl zjistit vliv různých fází menstruačního cyklu a vliv užívání orálních kontraceptiv na laxitu kolenního kloubu. K testování použili stejný design jako studie Martineua, tedy měření translačního posunu tibie pomocí artrometru KT-1000. Měření bylo provedeno 1. den (folikulární fáze) menstruačního cyklu, 13. den (ovulace) a 23. den (luteální fáze) periody. Testováno bylo 53 atletek (28 užívalo orální kontraceptiva, 25 bez kontraceptiv). Výsledky této studie ukázaly: 1. vliv menstruačního cyklu na kloubní laxitu; 2. zvýšený anteriorní posun tibie je signifikantní během ovulační a luteální fáze menstruačního cyklu; 3. skupina užívající orální kontraceptiva vykazovala zvýšenou kloubní laxitu oproti kontrolní skupině.

Beynon a spol. (2005) zkoumal pouze vliv jednotlivých fází na kloubní laxitu v kolenním kloubu, nikoli tedy vliv orálních kontraceptiv. Kromě translace v kolenním kloubu vyšetřoval ještě hlezenní kloub a porovnával mezi sebou obě pohlaví. Opet byl využit měřicí přístroj artrometr KT-1000 a byl měřen anteriorní posun tibie a talární tilt. Z výsledků této studie vyplynulo, že ženy mají větší laxitu kolenních i hlezenních kloubů než muži, během menstruačního cyklu nezaznamenali žádný rozdíl v kloubní laxitě u žen, nebyla tedy potvrzena hypotéza změny laxity na podkladě fluktuace progesteronu a estradiolu během jednotlivých fází normálního menstruačního cyklu u žen.

6.3 Diferenciální diagnostika hypermobilního syndromu

Vzhledem k tomu, že zvýšený rozsah kloubní pohyblivosti je symptom, vyskytující v klinickém obraze se u mnoha chorob, je nutné je diferenciálně diagnosticky odlišit.

Diferenciální diagnóza hypermobilního syndromu patří nepochybně do rukou revmatologa. Je třeba laboratorně vyloučit počínající zánětlivé artropatie, tedy revmatoidní artritidu, u dětí juvenilní idiopatickou artritidu. Jako další je třeba diferencovat mezi jednotlivými typy dědičných onemocnění vaziva (Votavová, 2009), (Poul, 1989).

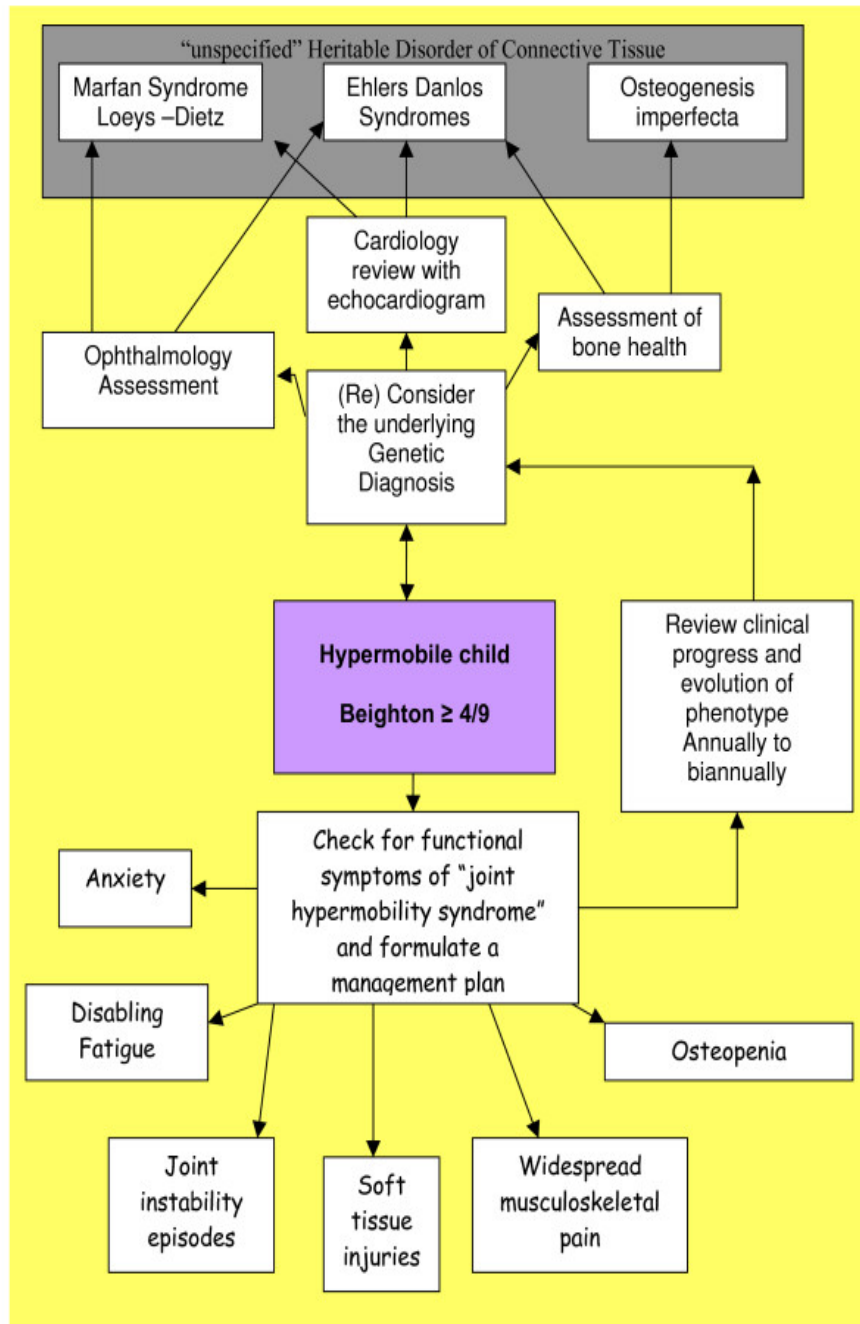
Pro pacienty s bolestivými a oteklými klouby je nezbytné vyloučit zánětlivé, infekční a autoimunitní onemocnění. Laboratorní vyšetření by mělo zahrnovat komplexní rozbor krevních buněk, sedimentaci, revmatoidní faktory, hladinu sérových komplementů (C_3 , C_4 , CH_{50}) a sérových imunoglobulinů (IgG, IgM, IgA) (Simpson, 2006), (Russek, 1999).

Přítomnost hyperelastické kůže, kýly, abnormalit na čočce a abnormálních tělesných proporcí jsou symptomy provázející Marfanův syndrom (Russek, 1999), (Simpson, 2006).

Ehlers-Danlos syndrom je spojen se zvýšenou elasticitou kůže, snadnou tvorbou podkožních hematomů, žilními varixy v dětském věku (Votavová, 2009).

U osteogenesis imperfecta je typický malý vzrůst, modré zbarvení sklér, snadný vývoj patologických fraktur, zejména obratlových těl, patrně v důsledku osteoporózy (Votavová, 2009), (Simpson, 2006).

Zvýšený rozsah pohybu v kloubu může dále doprovázet systémový lupus erythematosus, poliomyelitis, tabes dorsalis, myotonia congenita a další neurologické choroby, které je rovněž nutné vyloučit (Russek, 1999).



Obrázek 4: Schéma diagnostického postupu při diferenciální diagnóze onemocnění pojivových tkání u dětí s hypermobilními klouby (Tofts, 2009).

6.4 Diagnostika hypermobility a hypermobilního syndromu

6.4.1 Diagnostické postupy u hypermobility

K ohodnocení hypermobility, ať už místní, nebo generalizované se v klinické praxi využívá celá řada zkoušek. V zásadě jde o to, aby jednotlivé testy postihli jednotlivé segmenty těla a aby bylo možné odlišit horní a dolní polovinu těla. Stejně jako u dělení hypermobility, i zde se jednotlivý autoři testů liší ve zkouškách i jejich hodnocení. V ordinacích českých lékařů a fyzioterapeutů a také u odborníků v Evropě patří mezi nejnámější a nejčastěji využívané testy k ohodnocení hypermobility dle Jandy a Sachseho. Provedení jednotlivých testů se u autorů v zásadě neliší, avšak jejich skórování je odlišné.

Janda využívá ve svém vyšetřovacím systému následující zkoušky (Janda, 1996):

1. *Zkouška rotace hlavy* – normální rozsah pohybu je až 80° ke každé straně, při hypermobilitě je rotace možná často až přes 90° a pasivně lze rozsah ještě zvýšit.
2. *Zkouška šály* – obejmutí šijě paží. Normálně dosahuje loket téměř k vertikální ose těla a prsty dosáhnou až k trnům krčních obratlů, při hypermobilitě se rozsah ještě zvětší, měří se vzdálenost, o kterou prsty přesáhnou osu těla.
3. *Zkouška zapažených paží* – vyšetřovaný se snaží dotknout rukama, které jsou zapažené. Podle stupně hypermobility je vyšetřovaný schopen překrýt prsty nebo celé dlaně.
4. *Zkouška založených paží* – založení paží překřížením v zátylí. Normálně lze snadno dosáhnout špičkami prstů k akromion lopatky druhé strany. Při hypermobilitě lze dlaní překrýt část nebo i celou lopatku.

5. *Zkouška sepjatých loktů* – vyšetřovaný sepne lokty v maximální flexi a postupně je napíná bez oddálení předloktí. Při normálním rozsahu pohybu je možné dojít do 110° mezi předloktím a kostí pažní. Při hypermobilitě se tento úhel zvětšuje.

6. *Zkouška sepjatých rukou* – přitisknutí dlaní k sobě, provedení extenze v zápěstí zvedáním loktů. Normálně lze dosáhnout téměř 90° úhlu mezi zápěstím a předloktím, větší úhel je známkou hypermobility.

7. *Zkouška sepjatých prstů* – pokračování předchozí zkoušky.

8. *Zkouška předklonu* – mluvíme o tzv. Thomayerově zkoušce. Vyšetřovaný provede plný předklon trupu, hodnotí se vzdálenost prstů od podložky (pozitivní zk.), nebo naopak při hypermobilitě o kolik cm překrývají prsty nebo dlaně podložku (negativní zk.).

9. *Zkouška úklonu* – normálně kolmice spuštěná z axily prochází intergluteální rýhou, při hypermobilitě se úklon zvětší a kolmice se dostává až na kontralaterální stranu.

10. *Zkouška posazení na paty* – vyšetřovaný se v kleče posadí na paty. Normálně se má dostat hýžděmi pod myšlenou spojnicí mezi oběma patami. Při hypermobilitě se dokáže vyšetřovaný dostat hýžděmi až na podložku (Janda, 1996).

Lewit (2003) uvádí k těmto testům ještě další zkoušky dle Sachseho. Některé zkoušky dle Sachseho se schodují s těmi, které uvádí Janda, avšak Sachse používá jiné hodnocení, kterým skóruje ve třech stupních: A – hypomobilní až normální rozsah pohybu; B – lehce hypermobilní; C – výrazná hypermobilita.

1. *Vyšetření rozsahu retroflexe trupu* (bederní páteř) – záklon trupu v leže na břicho s oporou o lokty, měří se úhel v loketních kloubech; A – 0-60° , B – 60 – 90° , C – nad 90°.

2. *Vyšetření rozsahu rotace trupu - okolo podélné osy těla, A – 0-60°, B – 60 – 80°, C – nad 80°.*
3. *Vyšetření rozsahu extenze metakarpofalangeálních kloubů – rozsah pasivní dorzální flexe; A – 0- 45°, B 45 – 60°, C – nad 60°.*
4. *Vyšetření rozsahu abdukce ve skapulohumerálním kloubu s fixací lopatky shora – pasivní vyšetření; A – do 90°, B - 90 – 110°, C – nad 110°.*
5. *Vyšetření extenze v kolenním kloubu – A – do 180°, B - 180 – 190°, C – nad 190°.*
6. *Vyšetření rozsahu vnitřní a vnější rotace v kyčli - A – do 90°, B - 90 – 120°, C – nad 120° (Lewit, 2003).*

Zkoušky hypermobility dle Jandy a Sachseho jsou postaveny tak, aby ve svém sledu byly schopny identifikovat hypermobilitu v různých částech těla. Nejsou však uceleným systémem, který by v sobě zahrnoval vyšetření mimokloubních projevů, které jsou při diagnostikování hypermobilního syndromu důležitým klinickým ukazatelem.

6.4.2 Diagnostická kritéria hodnotící HMS

Neexistuje žádný univerzální test k vyšetření hypermobility, a protože kloubní mobilita je stupňovitý jev, nemá žádný přesný výchozí bod (Klemp, 1997).

Za klinickými studii a dlouholetým výzkumem diagnostiky hypermobilního syndromu stojí snaha o vytvoření jednoduchého, klinicky použitelného, reprodukovatelného a uceleného skórovacího systému, jehož hlavním úkolem je přesnost a maximálně objektivnost.

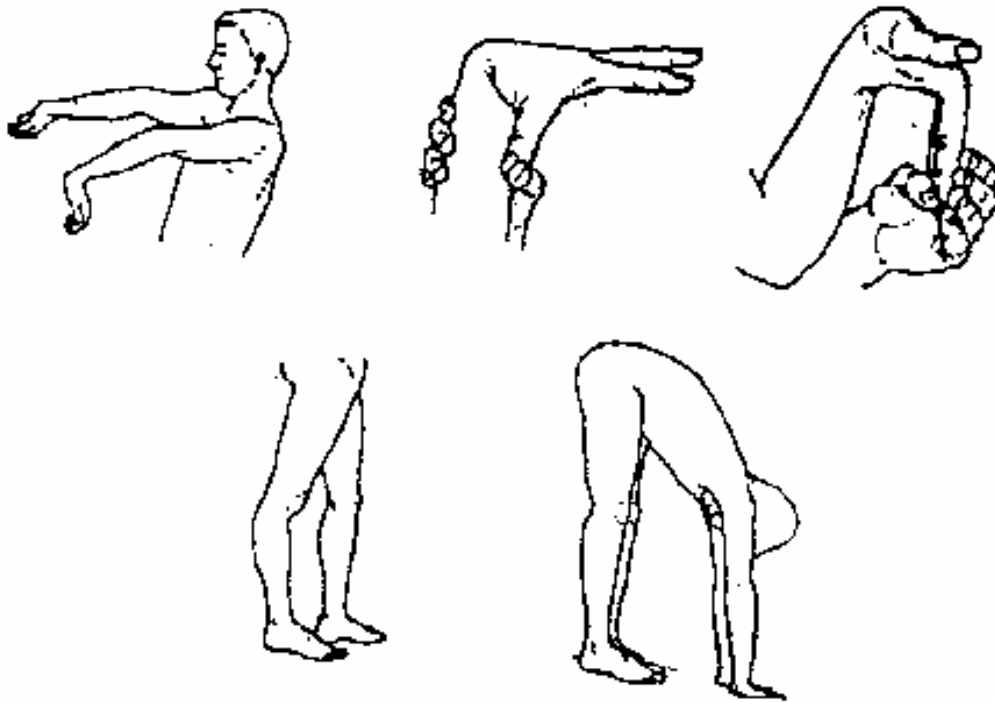
První skórovací systém byl představen Carterem a Wilkinsonem (1964), kdy se ve své studii zabývali vrozenou dislokací kyčelního kloubu. Definovali generalizovanou kloubní laxitu, která odpovídala třem pozitivním výsledkům níže uvedeného testu.

1. Schopnost pasivního přitažení palce k předloktí.
2. Schopnost pasivní hyperextenze prstů do pozice kolmé na předloktí.
3. Schopnost propnutí lokte o více jak 10° .
4. Schopnost propnutí kolene o více jak 10° .
5. Schopnost zvýšeného rozsahu pasivní dorzální flexe v kotníku a everze chodidla (Beighton, 1999).

Metoda, která se zdá být dnes nejpoužívanější byla odvozena Beightonem, Salomonem a Soskolnem (1973) (Bulena, 1992).

Beightonův devíti bodový skórovací systém používá pět základních (převážně pasivních) manévrů. Pozitivita (resp. přítomnost) jednotlivých diagnostických manévrů je číselně vyjádřena a celkové skóre se může pohybovat od 0 do 9 (vyšší skóre znamená vyšší uvolněnost). Používají se následující manévry:

1. Pasivní dorziflexe malíčku ruky přes 90° (bod za každou ruku tedy maximum 2 body)
2. Pasivní apozice palce k volární straně předloktí (bod za každou ruku, maximum 2 body)
3. Hyperextenze loketních kloubů nad 10° (bod pro každou stranu, maximum 2 body)
4. Hyperextenze kolenních kloubů nad 10° (bod za každou stranu, maximum 2 body)
5. Předklon trupu s plně extendovanými kolenními klouby tak, že dlaně jsou přiloženy k podlaze (jeden bod) (Trnavský, 2001).



Obrázek 5: Beightonův skórovací systém (Bravo, 2009)

6.4.3 Revidovaná diagnostická kritéria (Brighton, 1998) pro HMS

Provizorní soubor kritérií pro diagnostiku hypermobilního syndromu byla představena Britské společnosti pro revmatologii - speciální zájmové skupině pro hypermobilitu - v Londýně v září roku 1991. Soubor zahrnoval dobře sestavený Beightonův 9-ti bodový skórovací systém, mimo to však obsahoval také ostatní klinické symptomy a mimokloubní rysy. Další rok na dalším setkání zájmové skupiny byla prezentována data získaná při studii za použití výše zmíněných kritérií.

Nakonec, při setkání zájmové skupiny v Brightonu v roce 1998 byla kritéria zrevidována ve světle současných poznatků a byla shledána jako dostatečně specifická a citlivá při hodnocení a diagnostice hypermobilního syndromu. Vedle 9ti bodové skórovací stupnice dle Beightona bylo ustanoveno 9 minoritních (vedlejších) kritérií. S těmito podmínkami byla v témže roce ustanovena „revidovaná brightonská diagnostická kritéria pro hypermobilní syndrom“ (Grahame, 2000).

Hlavní kritéria

1. Beightonovo skóre 4 z 9 či více
2. Bolesti čtyř či více kloubů trvající déle než 3 měsíce

Vedlejší kritéria

1. Beightonovo skóre 1, 2 nebo 3 z 9
2. Bolesti (≥ 3 měsíce) v 1 – 3 kloubech, spondylóza, spondylolýza/spondylolistéza
3. Dislokace/subluxace ve více než jednom kloubu, nebo v jednom kloubu více než 1x
4. Revmatismus měkkých tkání ≥ 3 léze (např. epikondylitidy, tendosynovitida, bursitida)
5. Marfanoidní habitus: (vysoký, štíhlý, poměr rozpětí paží/výška > 1.03 , arachnodaktylie).
6. Abnormální pokožka: strie, tenká pokožka, nadměrná protažitelnost kůže,
7. Oční příznaky: pokleslá víčka nebo myopie
8. Varikózní žíly, kýla nebo prolaps dělohy či rekta (Grahame, 2000), (Simpson, 2006), (Juul-Kristensen, 2007).

Benigní hypermobilní syndrom je diagnostikován v případě výskytu dvou hlavních kritérii, nebo jednoho hlavního a dvou vedlejších kritérií, nebo čtyř vedlejších kritérií (Grahame, 2000), (Oliver, 2005).

Přestože je Beightonův skórovací systém prakticky nejrozšířenější a nejpoužívanější škála hodnotící a určující stupeň hypermobilního syndromu, konstatuje Remvig a kol. (2007) ve své studii o hodnověrnosti, opakovatelnosti a validitě diagnostických testů týkajících se hypermobilního syndromu, že dosud nebyla uskutečněna žádná studie, která by ohodnotila jeho opakovatelnost. Dále uvádí, že validita tohoto skóre nemůže být objektivně srovnávána s jinými, jelikož neexistuje žádný jednoznačný a jasně daný tzv. „zlatý“ standard, který by mohl být spolehlivě měřen.

Testování a diagnostická kritéria hypermobilního syndromu se řeší již řadu let. Protože neexistují žádné uznávané a univerzální diagnostické standardy, stává se diagnostické hodnocení hypermobilního syndromu problémem (Remvig, 2007).

6.5 Epidemiologie

Jakmile byla vypracována diagnostická kritéria pro hypermobilní syndrom, byla uskutečněna řada epidemiologických studií týkajících se výskytu hypermobilního syndromu. Ukázalo se že v populaci západní Evropy se syndrom vyskytuje asi u 10 % všech jedinců a u Afričanů a arabské populace se vyskytuje až v 25% (Trnavský, 2001), (Votavová, 2009). Russek (1999) uvádí, že výskyt hypermobilního syndromu je u Asiátů vyšší než u africké populace.

Co se týče výskytu hypermobilního syndromu u věkových skupin, obecně největší volnost v kloubech je přítomna v dětství, později ji ubývá během dospívání a nejvíce pak ve zralém věku. Ženy mají větší rozsah kloubní než muži (Trnavský, 2001). Dle Jandy (2003) je výskyt u žen až 40% oproti mužům.

6.6 Etiopatogeneze

Z hlediska patologie ve skupině syndromů s klinickými podobnostmi vždy existovala potřeba nalézt „jednotný koncept“ a „základní příčinu“ dané poruchy. Stejně tak tomu je i s hypermobilním syndromem (Beighton, 1999).

Hypermobilní syndrom je označován za dominantně dědičnou, pohlavím ovlivněnou poruchu (Malfait, 2009). Někteří autoři jí označují jako „frustní“ formu hlavních dědičných poruch pojiva, tj. Marfanův syndrom, Ehlers Danlos syndrom a osteogenesis imperfecta (Hrnčář, 2001), (Russek 1999), (Beighton, 1999).

Dodnes zůstává však genetická podstata hypermobilního syndromu do značné míry neznámá. Studie dědičných poruch pojivové tkáně jako je Marfanův syndrom, Ehlers-Danlos syndrom a osteogenesis imperfecta, mohou dát důležitý náhled na mechanismus způsobující kloubní hypermobilitu, jelikož kloubní hypermobilita patří mezi hlavní symptomy všech těchto syndromů, i když se vyskytuje v různých stupních. Základní hmota pojivových tkání se skládá z vláknitého kolagenu, fibrilinu, elastinu a

proteoglykanů. Dohromady tvoří tyto struktury hmotu s jedinečnými mechanickými vlastnostmi (Malfait, 2009).

Přestože výsledky některých studií genetického výzkumu ve snaze identifikovat gen zodpovědný za tuto poruchu nebyly příliš úspěšné, zdá se, že se jedná o abnormalitu vznikající z poruch kolagenu typu I (Russek, 1999).

Kolagen typu I je nejčastěji se vyskytující druh kolagenu v lidském těle. Díky jeho velké tažné síle je kolagen typu I hojně zastoupen v pojivových tkáních jako jsou šlachy, vazy, kloubní pouzdra, kůže, demineralizovaná kost a volná nervová zakončení. Kolagen typu II je primárně zastoupen v hyalinní chrupavce. Kolagen typu III je zastoupen ve stejných tkáních jako kolagen typ I, ale obvykle v menším množství. Kolagen typu III je tenčí a elasticitější v porovnání s kolagenem I a vyskytuje se ve relativně větším množství (oproti kolagenu I) v roztažitelných pojivových tkáních jako jsou plíce, vaskulární systém a kůže.

U pacientů s hypermobilním syndromem je poměr mezi kolagenem typu III a III+I zvýšený. Normálně je tento poměr 18% (typ III) : 21% (typ I+III), zatímco u jedinců s hypermobilním syndromem činí 28% (typ III) : 46% (typ I+III). Kožní biopsie pod elektronovým mikroskopem ukázaly, že jedinci s hypermobilním syndromem ve srovnání se stejnou věkovou skupinou osob bez hypermobilního syndromu vykazovali snížený počet silných kolagenních vláken a zvýšený výskyt tenkých dezorganizovaných vláken (Russek, 1999), (Child 1986), (Beighton, 1999).

V souhrnu, tažná síla kolagenu v podpůrných pojivových tkáních okolo kloubu a kloubního pouzdra je determinována různými faktory. Ty zahrnují chemickou strukturu kolagenních vláken, krom toho také rozsah v jakém se objevuje síťování mezi sousedními chemickými řetězci (které s věkem houstne), dále spiralizace, průměr a tuhost kolagenních vláken. Defekt tvorby kolagenu by mohl vznikat z nedostatku enzymů a kromě různých variant Ehlers Danlos syndromu, byly objeveny jak poruchy v tvorbě kolagenu, tak v jeho přeměně. Většina těchto změn se zdá být geneticky podmíněná ačkoliv celkové množství kolagenu a strukturální uspořádání je možná modifikováno jako odpověď na působení vnějších sil (Beighton, 1999).

7 Hypermobilní syndrom u baletek

7.1 Výskyt hypermobilního syndromu u baletek

Studií, které by se zabývaly výskytem hypermobilního syndromu u tanečniců baletu není mnoho.

První studie, která se dotkla problematiky hypermobilního syndromu u baletek pochází z roku 1972 a jejími autory jsou Grahame a Jenkins. Cílem jejich studie bylo prokázat, zda hypermobilní syndrom hraje pozitivní roli při výběru budoucích tanečniců baletu. Vycházeli z poznatků, že páteř, kyčelní klouby a hlezenní kloub jsou u nastávajících baletek testovány vždy a pokud by byla objevena zvýšená pohyblivost i u ostatních kloubů, byla by to známka hypermobilního syndromu. Proto bylo otestováno 53 studentů z Royal Ballet School v Londýně. Proběhlo vyšetření na základě Beigtonova skórovacího systému, kromě toho byl však ještě otestován pasivní rozsah pohybu v metakarpofalangeálním kloubu pátého prstu. Dále byla odebrána rodinná anamnéza pro zjištění možnosti hereditárního výskytu. Jako kontrolní byla zvolena skupina zdravotních sester. Z výsledků studie vyplývá, že tanečnici mají vyšší incidenci hypermobilního syndromu než kontrolní skupina. Hypermobilita se neomezovala pouze na výskyt u „trénovaných“ kloubů. 13% otázaných tanečniců udávali výskyt hypermobility u blízkých příbuzných (Grahame, 1972).

Následující studie pochází z roku 1984 a jejím autorem je P. Klemp. V této studii byl zkoumán výskyt hypermobilního syndromu u studentů baletní školy v Cape Town. Dalším objektem zájmu bylo zjistit genetický vliv a možnost ovlivnění rozsahu pohybu tréninkem, incidence úrazů a výskyt prolapsu mitrální chlopně u hypermobilních tanečniců. Skupina testovaných jedinců se stávala ze 377 studentů baletu (žen i mužů). U všech těchto jedinců byl zaznamenán věk, pohlaví, léta strávená baletním tréninkem, anamnéza úrazů, rodinná anamnéza ve smyslu výskytu hypermobility. Kromě toho byl měřen rozsah pohybu v kloubu na základě Beigtonova skórovacího systému a byl změřen poměr mezi délkou horní a dolní poloviny těla. Hypermobilita byla zjištěna u 36 tanečniců (Beigtonovo skóre 4 a více), jejich věk se pohyboval v rozmezí 5 – 37 let, z 99% to byly ženy, jejich doba tréninku se pohybovala

od 1 do 31 let. Sledování výskytu prolapsu mitrální chlopně v souvislosti s výskytem hypermobility v tomto případě neukázalo signifikantní rozdíly. V podstatě u žádného hypermobilního jedince nebyl tento defekt zaznamenán. Počet probandů v této studii byl však příliš malý na to, aby mohl přispět ke konstatování, že zvýšený výskyt prolapsu mitrální chlopně je v souvislosti s hypermobilním syndromem (Klemp, 1984).

V roce 2004 uskutečnili McCormack a kol. studii, ve které si kladli za úkol ozřejmit výskyt hypermobility a hypermobilního syndromu u tanečníků baletu a chtěli zjistit, jestli má hypermobilní syndrom vliv na taneční kariéru. Otestovali celkem 149 studentů baletní konzervatoře a 71 profesionálních tanečníků v porovnání s kontrolní skupinou 36 studentů běžné střední školy a 31 dospělých pracujících jedinců, u nichž byla vyloučena jakákoli taneční či muzikální zkušenost. Byla provedena následující měření a testy: antropometrické údaje, měření dle Beightonova skórovacího systému a další klinické rysy ukazující na hypermobilní syndrom (např. protažitelnost kůže), rovněž se ptali na historii úrazů jednotlivce. Výsledky ukazovaly na zvýšený výskyt hypermobilního syndromu u tanečníků obou pohlaví v porovnání s kontrolní skupinou. Procento pravděpodobnosti výskytu hypermobility bylo 11.0 z 149 testovaných tanečníků studentů i profesionálů. Výskyt hypermobilního syndromu byl nižší u obou skupin, avšak vyšší u studentů. Procento pravděpodobnosti výskytu u studentů baletu na základě zjištěných dat činilo 3.9 a u profesionálů 1.7. Bolest kloubů se vyskytovala běžně u tanečníků a byla zaznamenána častěji u mužů než u žen. U žen byla bolest udávána častěji v souvislosti s dalšími symptomy ukazujícími na hypermobilní syndrom (McCormack, 2004).

Asi nejnovější studií zabývající se výskytem hypermobilního syndromu u baletek je ta, kterou v r. 2007 publikoval Rodney Grahame. Ten do své studie zahrnul baletní tanečnice a rovněž muzikanty, kteří byli jinak rutinně vyšetřováni na klinice muskuloskeletální medicíny v letech 2000-2003. Probandi byli testováni podle 9-ti bodové skórovací stupnice dle Beightona a rovněž byly brány v potaz nejčastěji se vyskytující extraartikulární symptomy. Výsledky odhalily zvýšený výskyt hypermobilního syndromu jak mezi tanečnicemi, tak i mezi hudebníky. Hypermobilní

syndrom byl diagnostikován u 56 (tj. 76%) z 80 tanečnicků baletu a u 54 (tj. 40%) z 134 muzikantů (Grahame, 2007).

7.2 Nároky kladené na tanečníka baletu

7.2.1 Fyzické předpoklady

Proto, aby mohla být taneční technika prováděna čistě, správně a ve „zdravých“ mezích, je nutné, aby k tomu měl taneční určitě fyzické predispozice. Některé z těchto predispozic se dají rozvinout díky intenzivnímu a správně vedenému tréninku v raném dětství. Jiné závisí na genetickém potenciálu tanečníka, který se nedá ovlivnit (Simmel, 2009).

Přijímací řízení na taneční konzervatoře s výukou klasického baletu v Čechách se stávají krom teoretických znalostí rovněž z talentových zkoušek, tzv. praktických, které ve své koncepci zahrnují ohodnocení právě fyzických předpokladů. Tři pražské taneční konzervatoře na svých webových stránkách a propagačních materiálech uvádí, že hodnotí položky, které pro přehlednost uvádím v tabulce č. 1.

Název školy	Požadavky talentových zkoušek
Státní taneční konzervatoř Praha	<ul style="list-style-type: none"> - vnější scénické předpoklady (vhodné tělesné proporce, stavba těla – jevištní taneční zjev) - fyzické předpoklady pro tanec – vytočení a rozsah pohybu v kyčelních kloubech, délka Achillovy šlachy, stavba chodila, dispozice pro skok, pohyblivost páteře, celková pružnost a rytmus) - zjištění základních pohybových dovedností, pohybové koordinace, tanečnosti
Taneční centrum Praha	<ul style="list-style-type: none"> - dispozice kloubních spojení, vzájemné vztahy mezi kloubních spojení - rozvoj svalového aparátu

	<ul style="list-style-type: none"> - somatotyp: astenický – atletický - pohybová koordinace - rytmické cítění - současný rozvoj kloubních dispozic a svalového aparátu
První soukromá taneční konzervatoř	<ul style="list-style-type: none"> - jevištní zjev - fyzické dispozice: tvar chodidla, volnost kyčelních kloubů, pružnost páteře, dispozice pro skok - tanečnost a koordinace - muzikálnost, rytmičnost

Tabulka 1: Hodnocení fyzických předpokladů u jednotlivých taneční konzervatoří.

Balet je formou pohybové aktivity, která klade velké nároky na organizmus tanečníka. V podstatě můžeme říci, že tanečník je „hybrid“ atleta a umělce. Balet v sobě skrývá nepřeborné množství poloh a pozic, které musí tanečník umět zvládat zaujmout a různě přecházet z jedné do druhé. Mnohdy vypadají tyto pozice až anatomicky neproveditelné.

Na osmiletou taneční konzervatoř nastupují studenti ve věku 11 - 12ti let. Postup v baletním tréninku jde krok po kroku a je hierarchický. Mladí tanečníci začínají trénovat v měkkých tanečních botách, tzv. piškotech a teprve po zvládnutí základních dovedností přechází na trénink na „špičkách“ (tanečních botách s dřevěnou špičkou). Ten už je koordinačně a stabilizačně daleko náročnější, neboť při stožení a pohybu na špičkách dochází ke změně těžiště těla a zvyšují se tak nároky i na svalovou práci.

7.2.2 Flexibilita

Slovo flexibilita může být definováno různými způsoby v závislosti kontextu, v kterém je používán. V medicíně, tělovýchově a sportu je nejjednodušší definice flexibility ta, že je to rozsah pohybu, který je možný provést v kloubu či skupině kloubů.

Termíny jako je flexibilita, hypermobilita, kloubní laxita a kloubní instabilita nejsou synonyma. Flexibilita, jak bylo již řečeno, se běžně užívá k vyjádření rozsahu pohyb. Kloubní laxita se vztahuje ke stabilitě kloubu. Zvýšená kloubní laxita může být výsledek chronických zranění nebo může mít původ v dědičnosti či vrozenosti, jako např. U Ehlers Danlos syndromu. Kloubní porucha a dysfunkce pramenící ze ztráty kloubní stability je vykládána jako kloubní instabilita. Termíny kloubní hypermobilita a kloubní instabilita jsou často používány se stejným významem, protože neexistuje žádná standardizovaná definice těchto termínů (Simmel, 2009), (Alter, 2004).

Balet vyžaduje, díky své náročnosti na pozice a polohy, kloubní hybnost nad hranici normy.

Kyčelní klouby

Tanečníci baletu potřebují velký rozsah pohybu v kyčelních kloubech. Zejména pak externí rotace, jelikož tanečníci nejčastěji zaujímají polohu, která se označuje jako „tur-out“. Z té vychází prakticky všechny pohyby dolních končetin v baletu. Zevní rotace je limitována rotací v kyčelním kloubu a rotací bérce. Stejně jako všechny pohyby je i turn-out limitován různými faktory: kostěnými strukturami kyčelního kloubu, četnými ligamenty v okolí kloubu a svaly, které pohyby ovlivňují (Simmel, 2009), (Ahonen, 2009).



Obrázek 6: Flexibilita kyčelního kloubu při pozici tzv. arabesky.

Kolenní kloub – hyperextenze kolenních kloubů

Tzv. „plně propnutá kolena“, neboli kolenní kloub v hyperextenzi bývají jedním z faktorů hrající roli při výběru jedince pro balet, jelikož je považován za esteticky korektní. Hyperextenční kolenní kloub je často známkou hypermobilního syndromu.

Chodidlo – nožní klenba

Linie dolní končetiny a zejména nožní klenby je dalším důležitým estetickým faktorem. Pro dosažení dokonalého klasického baletního oblouku klenby nožní je nutná dokonalá mobilita všech drobných kloubů nohy. Jedině maximální pohyblivost může zajistit, že se hlavičky metatarzů, talus a holenní a lýtková kost dostanou do jedné linie v pozici „relevé“ (tedy na špičkách) (Simmel, 2009), (Ahonen, 2009).

Páteř

Tanečníci potřebují zvýšenou pohyblivost páteře, která je základnou pro řadu pohybů. Následující podmínky jsou nezbytně nutné a důležité, aby tanečnickova páteř dobře fungovala: fyziologické zakřivení bederní páteře, vyvážená poloha pánve (ani antevertze, ani retrovertze), dobrá pohyblivost v jednotlivých segmentech páteře, aktivní hluboké břišní svaly a hluboké šijové svaly (Simmel, 2009), (Ahonen, 2009).



Obrázek 7: Retroflexe trupu u tanečnice baletu.



Obrázek 8: Anteflexe trupu u tanečnice baletu.

7.2.3 Posturální stabilita a stabilizace

Taneční pedagogové a laická veřejnost užívá spíše pojem stabilita. U živého lidského těla, jak píše Véle (2006), se však užívá pojem aktivní stabilizace polohy těla na pevné podložce, nebo udržení dané konfigurace pohyblivých částí. Dokonalé stabilizování polohy je v baletu velmi důležité a také je velmi ztížené podmínkami, které kladou baletní špičky. Náročné choreografie mnohdy obsahují dlouhé sekvence skoků a změnu pozic, a proto je nezbytně nutné pro tanečníka umět dobře stabilizovat.

Jak již bylo vysvětleno v kapitole o řízení pohybu, je stabilizace aktivní proces zprostředkovaný nervovou soustavou.

Informace ze svalů, šlach a kloubů osového orgánu mají zpětnovazební povahu a jsou podkladem pro řízení jak stabilizace polohy, tak i korekce pohybu. Jestliže se

informace z jednotlivých receptorů liší, stávají se zdrojem pohybové nejistoty (Véle, 2006).

Balet vždy inklinoval k tomu, že pro něj byli vybíráni hypermobilní jedinci, což se s čím dál tím víc náročnějšími choreografiemi extremizuje. Základem pasivní (strukturální) kloubní stability je kvalita kolagenní hmoty jedince. Tato tkáň formuje pasivní struktury jako jsou ligamenta, kloubní pouzdra, fascie, šlachy. Ti jedinci, kteří mají méně stálou kolagenní matrix vykazují větší stupeň kloubní volnosti a inklinují k hypermobilitě a v mnoha případech ke kloubní instabilitě. Pasivní kloubní struktury jako jsou ligamenta a kloubní pouzdra zajišťují stabilitu pouze na konci rozsahu pohybu, kdy jsou napnutá a zatížená. Když se kloub nachází ve své střední poloze, zajišťují tyto struktury pouze malou podporu a stabilitu. Tato střední poloha je závislá na aktivitě svalového systému díky úponům šlach a fascií (Phillips, 2005).

7.2.4 Rovnováha – posturální stabilita

Rovnováha je jeden z nejdůležitějších faktorů všech pohybových strategií prováděných v uzavřeném pohybovém řetězci. Získání účelných a ekonomických pohybových strategií je nezbytné pro sportovce pro jejich výkon.

Kontrola rovnováhy

Systém posturální kontroly pracuje jako kontrolní dráha mezi zdroji senzorických podnětů, centrální nervové soustavy (CNS) a muskuloskeletálním systémem. Aferentní informace, které přicházejí do systému posturální kontroly obsahují informace z visu, vestibulárního a somatosenzorického aparátu.

Vliv CNS na udržení vzpřímeného držení těla by se dal rozdělit do dvou částí. První část, smyslové řízení (organizace), které zahrnuje ty procesy, které určují načasování, směr a rozsah posturálních vlivů založených na přijímání a vyhodnocování aferentních informací. Druhá komponenta, svalová koordinace, popisuje vytváření a vykonávání korektivních motorických odpovědí s ohledem na časový sled a distribuci

stahové aktivity ve svalech po těle. Neefektivní uspořádání a špatná koordinace může vyústit v nerovnováhu (Lephart, 2000), (Reimann, 2002).

Termíny somatosenzitivita, propiocepce, kinestézie a posturální rovnováha se často používají tak, že vyjadřují podobné pojmy. Somatosenzitivita, více globální pojem, se používá k vyjádření periferních aferentních mechanismů náležících k systému posturální kontroly. Propriocepce je nejlépe definována jako speciální forma smyslového vnímání, která zahrnuje vnímání pohybu v kloubu (kinestézie) a vnímání polohy kloubu.

Orgány somatosenzorického systému rozlišují vnímání doteku, tlaku a vibrací. Vnímání polohy, úhlové rychlosti a tahu, které určuje relativní polohy a rozsahy pohybu různých částí těla, se přičítá funkci propioceptorů.

7.3 Hypermobilní syndrom a porucha propiocepce

Schopnost člověka rozpoznat pohyb a polohu končetin je již dlouho známý fenomén. Sherrington použil termín propiocepce jako uvědomování si poloh jednotlivých částí těla. Další termín používaný v tomto poli se nazývá kinestézie (vnímání pohybu) a vyjadřuje již více specifický pojem.

Jak již bylo řečeno, hypermobilní syndrom je dědičná porucha pojivových tkání, charakterizovaná zvýšeným rozsahem kloubní hybnosti, postihující více kloubů najednou, a bolestmi pohybového aparátu bez výskytu a prokazatelnosti zánětlivého systémového kloubního onemocnění jako např. revmatoidní artritida. Genetický defekt způsobující tuto poruchu však není dosud zcela objasněn a proto se diagnostika zakládá na klinických symptomech a znacích (Mallik, 1994), (Hall, 1995), (Ferrel, 2004).

Předmětem studií zkoumající neurofyziologické abnormality u hypermobilního syndromu se, kromě zvýšeného rozsahu pohybu v kloubech, stala právě kloubní propiocepce. Hypotézy těchto studií byly postaveny na základě výsledků předchozích studií, které zkoumaly propiocepci u kloubů postižených revmatoidní artritidou. Základním předpokladem studií poruch propiocepce u jedinců s hypermobilním předpokladem byla tedy fakt, že revmatoidní artritida ovlivňuje propiocepci

v postižených kloubech a jelikož je hypermobilní syndrom řazen mezi poruchy pojivových tkání, vyvstala otázka, zda i hypermobilní syndrom způsobuje poruchy propriocepce a zda je porucha propriocepce způsobená poškozením kloubu z nadměrného pohybu a nebo zda-li je příčinou možného poškození kloubu (Mallik, 1994), (Hall, 1995), (Ferrel, 2004)

Mallik a spol. v roce 1994 uskutečnili studii, jež se zaměřovala na poruchy propriocepce u jedinců s hypermobilním syndromem v interfalangeálním kloubu druhého prstu ruky. Do studie bylo zahrnuto 12 žen ve věku 19 – 51 let. Všechny splňovaly kritéria pro generalizovanou hypermobility dle Beightona (při získání 4 a více bodů na škále). Další 12 zdravých žen bylo vybráno jako kontrolní skupina, věkově byly vybrány tak, aby co nejvíce odpovídaly hypermobilním probandům. Měření bylo prováděno na distálním interphalangeálním kloubu prsteníčku pravé ruky, který byl přes detekční kabel připojen k počítači. Proximální kloub byl fixován dlahou v měřicím přístroji. Pro vyloučení zrakové kontroly byla přes ruku probanda umístěna deska s plastickým ukazováčkem, který se rovněž pohyboval. Měření probíhalo ve třech různých úhlech (120, 140, 160°), které byly dosahovány z výchozí střední pozice 135° flexe v proximálním kloubu, kloubem bylo pohybováno rychlostí 2°/min., což je rychlost pod prahem vnímání pohybu v kloubu. V každé ze tří pozic jednotlivci měli za úkol uvést plastovou repliku ukazováčku do stejné pozice, do které byl uveden jejich ukazováček přístrojem. Pokud si pak byli jistí správnou pozicí, zmáčkli příslušný knoflík, který do počítače zaznamenal rozdíl mezi pozicí ukazováku a dlahy. Rozdíl mezi cílovým úhlem a stínovým (tedy úhlem dlahy) znázorňoval odpovídající „chybu“ a byl zaznamenán jako aktuální chyba (ve stupních). Má svojí velikost i směr (pozitivní do flexe, negativní do extenze).

Ve výsledcích se porovnávalo množství chyb udělaných do flexe a extenze a zároveň porovnání výsledků mezi hypermobilními subjekty a kontrolní skupinou. Porovnání výsledků mezi jedinci v jednotlivých skupinách nevykazuje signifikantní rozdíl, avšak výrazný rozdíl byl zaznamenán mezi kontrolní skupinou a chybami naměřenými u jedinců s hypermobilním syndromem. Tato skupina udělala velký počet chyb v obou směrech jak ve flekčním, tak extenčním, v porovnání s kontrolní skupinou

zdravých probandů. Porovnání modulových histogramů obou skupin potvrzuje, že hypermobilní skupina byla méně úspěšná při hodnocení pozic proximálního interphalangeálního kloubu prstu než kontrolní skupina. Také snížená schopnost hypermobilních probandů detekovat změny v poloze kloubu byla indikována nižším koleračním koeficientem (mezi skutečnými a stínovými úhly). Pro hypermobilní skupinu činil korelační koeficient $r = 0.670$ a pro kontrolní skupinu to bylo $r = 0,872$. Dále byly vyhodnoceny chyby zvláště v jednotlivých úhlech. V souhrnu, výsledky nevykázaly žádnou systematickou jednostrannost v provádění chyb v určitém směru v porovnání kontrolní a hypermobilní skupiny. Avšak detailní analýza výsledků chyb v jednotlivých úhlech vykazuje určitou tendenci. Při pohybu kloubu do 120° z výchozí pozice činili hypermobilní jedinci extenční chyby, při maximálně extenční pozici 160° bylo nejvíce flekčních chyb. To poukazuje na fakt, že v obou výše zmíněných pozicích (a následných chybách) měli hypermobilní probandi tendenci vnímat dosaženou pozici blíže střední pozici (ze které původně pohyb vycházel) (Mallik, 1994).

Dalším pokusem o objasnění funkce proprioceptorů u jedinců s hypermobilním syndromem se stala studie provedená Hallem a spol. (1995). Byla sestavena skupina 10 probandů průměrného věku 30.3 let, s již diagnostikovaným hypermobilním syndromem dle Beightonova skóre s výsledkem vyšším než 4. Kontrolní skupina se stávala z mužů a žen průměrného věku 29.7 let. Tentokrát byl předmětem zkoumání kolenní kloub a propriocepce v něm. Práh vnímání pohybu v kolenním kloubu byl hodnocen pomocí speciálně vyvinuté soupravy na měření. Testovaná dolní končetina byla podložena proximálně od kolenního kloubu, hlezenní kloub a noha byly imobilizovány pomocí speciální vzduchové dlahy. Rychlost a směr ohýbání byl kontrolován pomocí softwaru PC. Na dlahu byly připevněny speciální kladky, které jí pohybovaly do flexe či extenze konstantní úhlovou rychlostí $0.4^\circ/\text{s}$.

Byly otestovány dvě výchozí pozice: 5° a 30° flexe v kolenním kloubu, pro každý úhel bylo naměřeno pět pokus pohybu do flexe a extenze. Probandi byli zainstruováni, aby zastavili motor pomocí ovládní ve chvíli, kdy zaznamenali začátek pohybu a jeho směr. Dle výsledků vykazovala hypermobilní skupina abnormální rozložení pohybů v obou směrech při výchozí pozici 5° ve smyslu detekce flexe či

extenze z této výchozí polohy. Nebyla prokázána žádná signifikantní tendence pro flekční či extenční chyby při detekci směru pohybu u hypermobilních jedinců. V porovnání se zdravou skupinou byl nástup detekce začátku pohybu delší u hypermobilní skupiny, navíc nezávisle na výchozím úhlu 5° nebo 30°. Zvýšená propioceptivní aktivita byla aktivita zaznamenána u kontrolní skupiny zdravých jedinců ($P < 0.001$), avšak u hypermobilní skupiny tomu tak nebylo ($P = 0.596$), což stejně jako v předchozí studii dokazuje, že jedinci s hypermobilním syndromem mají horší propioceptivní zpětnou vazbu než zdravá populace (Hall, 1995).

Zatím jedinou studii zabývající se poruchami propiocepce u dětí s hypermobilním syndromem se zabýval Fatoye (2009). V podstatě se tedy jedná o pilotní studii v tomto směru. Do jisté míry se opírá o poznatky předchozích studií praktikovaných na dospělých jedincích.

Fatoyeova studie se zaměřovala na propioceptivní vnímání z kolenních kloubů. Testovanou skupinou bylo celkem 66 dětí ve věku 8 – 15 let, z čehož 37 bylo zdravých jedinců a 29 s diagnostikovaným hypermobilním syndromem (na základě diagnostických kritérií dle Beightona, skóre ≥ 6). Cílem této studie bylo porovnat polohocit, pohybcit a svalové napětí hypermobilních dětí s kontrolní zdravou skupinou. Pro testování byla použit speciálně vyvinutá měřicí přístroj, který fungoval na stejném principu, jak již bylo popsáno v předchozí studii, s tím rozdílem, že výchozí poloha byla sed nikoliv leh na boku. Audiovizuální kontrola byla vyloučena zakrytím zraku a sluchátky na uších. Výchozí pozice v kolenním kloubu pro měření polohocitu činila 60° flexe. Následně byla končetina ohýbána do extenze za konstantní úhlové rychlosti 0.38°/s. Testovaný jedinec měl za úkol zmáčknout knoflík ve chvíli, kdy ucítil rozpoznal začátek pohybu.

Pohybcit byl testován ve výchozí pozici 90° v kolenním kloubu, poté byla končetina uvedena pasivně (přístrojem) do flexe 25° a pak 10° konstantní úhlovou rychlostí 2.2°/s, po třech cvičných pokusech, kdy končetina byla v dosaženém úhlu držena po dobu 10s a pak opět uvedena do výchozí polohy, měli testovaní za úkol zastavit motorem vedenou dlahu, když měli pocit, že končetina dosáhla správného úhlu.

Z rozdílu mezi „správnou“ a pacientem dosaženou pozicí byla poté vypočítána absolutní úhlová odchylka.

Pro měření svalového napětí flexorů a extensorů kolenního kloubu při maximální izometrické kontrakci byl použit digitální myometr. Výchozí pozice probanda byla stejná jako u prvních dvou měření, s kolenním kloubem v 90° flexi. Při měření napětí extensorů kolenního kloubu probandi byli požádáni, aby napínali dolní končetinu, při měření napětí flexorů, aby flektovali kolenní kloub. Svalové napětí bylo přepočítáno na Newton metry (Nm), následně pak byl normalizován k tělesné hmotnosti (Nm/kg).

Výsledky studie propioceptivního deficitu (polohocitu a pohybecitu) u dětí s hypermobilním syndromem se shodují s těmi, kterých dosáhla Mallik a spol. u dospělých jedinců. Hypermobilní skupin měla vyšší medián absolutních úhlových odchylek ($P < 0.001$). Mediánové hodnoty u svalového napětí extezorů a flexorů byly vyšší u zdravých dětí a tyto rozdíly byly rovněž signifikantní ($P < 0.001$) (Fatoye, 2009).

7.4 Hypermobilní syndrom a kloubní instabilita – vzájemná interakce.

Konstituční generalizovaná hypermobilita souvisí zpravidla se zmenšenou stabilitou. Poněvadž hypermobilita s laxními ligamenty jde obvykle ruku v ruce se svalovou slabostí, dochází lehce k přetěžování, instabilitě a tím i bolesti (Lewit, 2003), (Levangie, 2001).

Kloubní instabilitu můžeme rozdělit na instabilitu mechanickou a funkční. Mechanickou instabilitu lze zachytit objektivními měřicími metodami, klinickým vyšetřením, nebo radiograficky jako „pohyb za jeho fyziologickou mez“. Funkční instabilita byla popsána Freemanem (1965) jako subjektivní pocit pacienta „vypadnutí“ kloubu, tzv. „giving away“ fenomén. Tento fenomén je těžko popsateľný, ale v podstatě vyjadřuje mnohočetné distorzní epizody ve chvíli, kdy je na kloub vystaven pouze malému nebo dokonce žádnému vnějšímu podnětu (Boyle, 1998), (Lee, 2006).

Existují rozdílné názory na vztah mezi mechanickou a funkční instabilitou. Některé studie poukazují na vztah mechanické instability a propioceptivních změn

ústících v tzv. funkční instabilitu, zatímco jiné zastávají názor, že pacienti stěžující si na funkční instabilitu, disponují při fyzikálním a/nebo radiografickém vyšetření nálezem mechanické instability. Pokud je v kloubu přítomná mechanická instabilita, objevují se zpravidla změny propriocepce, které mají za následek negativní změnu obranných mechanismů kloubu ve smyslu prevence dalšího zranění (Boyle, 1998), (Hertel, 2000), (Lee, 2006).

7.5 Kloubní instabilita a poruchy propriocepce

Vzájemnou spojitostí mezi chronickými distorzními poraněními hlezenního kloubu a funkční instabilitou se v rámci svých studií zabývalo již několik autorů. Většina z nich došla k podobným výsledkům a potvrzení hypotéz, že kloubní instabilita provázející chronická distorzní poranění kloubu s sebou přináší proprioceptivní deficit spojený s poruchami kinestezie, polohocitu a poruchy posturální kontroly.

Lee (2006) ve své studii testoval skupinu 16ti osob, z nichž 8 trpělo unilaterální funkční instabilitou hlezenního kloubu, 8 dalších tvořilo kontrolní skupinu bez chronického poranění hlezna. Pomocí izokinetického dynamometru byla testováno proprioceptivní vnímání jednotlivců u aktivního a pasivního pohybu a dále pomocí Kistlerovy desky byla zkoumána schopnost posturální kontroly při stoji. Výsledky ukázaly sníženou schopnost vnímání pohybu z kloubu u jedinců s funkční kloubní instabilitou než u zdravé kontrolní skupiny a rovněž u měření posturální kontroly vykazovala instabilní skupina horší výsledky.

Hiller a spol. (2004) zkoumal skupinu 21 tanečniců baletu (ženy). Deset z nich bez funkční instability hlezenního kloubu, 6 z nich trpělo instabilitou unilaterálně a 5 bilaterálně. Sledována byla sensomotorická kontrola, která byla měřena jako velikost stranových oscilací hlezna za použití speciálního přístroje 3SPACE Fastrank během stoji na jedné končetině (baseline oscillation - kolísání základny) ve dvou pozicích plosky nohy: stoj na celé plosce a na tzv. demi-point (pološpička). Při obou pozicích byl měřen čas návratu oscilace základny do normálu po jejím vychýlení plosky nohy do inverze (při stoji na plné plosce vychýlení do inverze činilo 15° a při demi-point do 7,5°). Výsledky ukázaly, že výchylky základny při stoji na plné plosce nohy byly u

obou skupin téměř totožné, naproti tomu naměřené hodnoty v pozici demi-piont byly signifikantně vyšší u jedinců s funkční instabilitou ($4,0 \pm 2,3$ mm) než u kontrolní skupiny ($2,5 \pm 0,5$ mm). Čas návratu z vychýlení do stabilní pozice ve stoji na plné plosce nohy byl signifikantně delší ($P < 0,05$) u skupiny s funkční instabilitou ($2,2 \pm 0,4$ s) než u kontrolní ($1,8 \pm 0,5$ s). Tyto poznatky poukazují porušenou sensomotorickou kontrolu u jedinců s chronicky nestabilními hlezenními klouby.

Lentell a spol. (1995) zahrnul do své studie kromě poruch propiocepce způsobených kloubní instabilitou ještě další možné aspekty s tímto jevem spojené a to otázku souvislosti snížené svalové síly a zvýšené laxity ligament. Cílem jeho studie bylo dokázat přítomnost propioceptivního deficitu, snížené svalové síly a zvýšení laxity ligament u funkční instability hlezenního kloubu. Do studie bylo zahrnuto 42 subjektů splňujících podmínky funkční instability. Po důkladném odebrání anamnézy a fyzikálním vyšetření následovaly tři druhy měření. Měření byla provedena na obou hlezenních kloubech jednotlivců a byly vzájemně porovnávány stabilní a nestabilní strany.

Pohybocit byl testován za použití speciálně vyvinutého přístroje s pohyblivou platformou, kde za vyloučení zrakové a sluchové kontroly byla měřena detekce pohybu u jednotlivých probandů. Dalším krokem bylo měření svalového napětí, při provádění inverzních a everzních pohybů v obou hlezenních kloubech, za pomoci přístroje Cybex II a izokinetického dynamometru. Poslední metodou tohoto výzkumu bylo radiografické znázornění hlezenních kloubu nejprve v klasické předozadní projekci ve střední poloze, ze které pak byl hlezenní kloub pasivně uveden do inverzně-supinačního postavení až do vyčerpání pohybu (tj. subjektivně probandem vnímaná jako nebolestivá a komfortně akceptovatelná poloha). Analýza dat ukázala vyšší průměrné hodnoty pro detekci pasivního pohybu a větší talární posun u hlezenních kloubů s instabilitou v porovnání se zdravými, naproti tomu u svalového napětí nebyly zaznamenány žádné viditelné rozdíly mezi zdravou a instabilní stranou. 48% testovaných vykazovalo klinicky poškození alespoň jedné kategorie ze tří testovaných jevů.

Boyleova a Negusova studie z roku 1998 se zabývala změnami polohocitu u chronického distorzního poranění hlezenního kloubu. Ve skupině testovaných osob bylo

67 zdravých jedinců bez předchozího traumatu v oblasti hlezna a 25 osob s chronickými distorzními poraněními hlezenních kloubů. Polohocit byl testován speciálním chodidlovým goniometrem, do něhož byla umístěna ploska nohy ve 42° plantární flexe. Z této pozice měl proband za úkol dosáhnout předem určené pozice. Byla testována schopnost jedince co nejpřesněji dosáhnout této určené polohy. Polohy byly určeny takto: 30, 60 a 90% z maximálního rozsahu pohybu inverze v hlezenním kloubu z výchozí polohy 42° plantární flexe. Inverzní pohyb byl do třech různých poloh prováděn nejprve pasivně a proband měl za úkol říci stop ve chvíli, kdy se mu dosažená poloha zdála správná. V druhém případě pak proband sám aktivním pohybem došel do požadované pozice. Z analýzy naměřených dat se došlo k závěru, že obě skupiny vykazovaly signifikantně horší schopnost detekce správné polohy při aktivním pohybu. Chronicky instabilní hlezenní klouby pak vykazovaly signifikantně nižší schopnost detekce polohy při pasivním pohybu oproti oproti zdravé kontrolní skupině, což poukazuje na poruchu propriocepce jdoucí ruku v ruce s chronickými distorzními poraněními hlezenních kloubů a potažmo jejich funkční instabilitě.

Negativní výsledky v testování poruch propriocepce u chronické funkční instability zaznamenal ve své studii Hubbard a kol. (2002). Šestnáct osob (8 žen a 8 mužů) s jednostrannou funkční instabilitou hlezenních kloubů bylo testováno za pomoci speciálně vyvinutého zařízení na detekci prahové hodnoty začátku pasivního pohybu – inverze a everze v hlezenním kloubu. Krom porovnání hodnot naměřených v instabilním a nezraněném kotníku, byly změřeny další tři různé podmínky ve třech různých typech speciálních dlah a tapingu hlezenního kloubu. Výsledky analýzy dat neukázaly signifikantní rozdíl mezi zdravým a nestabilním kotníkem, naproti tomu ve všech třech případech, kdy byla aplikovaná dlaha nebo taping hlezna, byla naměřena snížená schopnost detekce pasivního pohybu oproti zdravému hleznu i oproti hodnotám naměřených v instabilním kloubu.

7.6 Nejčastější zranění u tanečnicků baletu a jejich souvislost s HMS

Balet patří mezi fyzické aktivity, kladoucí na tanečníka obrovské nároky na fyzickou kondici. Bez nadsázky lze tanečníka baletu přirovnat k vrcholovému atletovi.

Stejně jako jakýkoliv jiný sport, i balet skýtá ve své podstatě nebezpečí v podobě úrazů. Je nutné brát v potaz vnější i vnitřní faktory, které mohou ovlivnit výskyt úrazů, průběh zranění i jeho následnou léčbu.

Mezi vnější faktory ovlivňující incidenci jednotlivých úrazů patří např. kvalita tréninkového povrchu, kvalita taneční obuvi, prašnost tréninkového prostředí, náročnost jednotlivých choreografií, délka tréninku, atd. Vnitřních faktorů je rovněž celá řada. Obecně je můžeme nazvat anatomicko-biomechanickými dispozicemi a celkovou fyzickou kondicí. Všechny tyto faktory mají vliv vedle možných zranění, také na délku taneční kariéry, jelikož tanečník je ve své profesi odkázán na své vlastní tělo jakožto pracovní nástroj.

Tanečníci s hypermobilním syndromem tedy podle všeho představují rizikovou skupinu z hlediska incidence některých úrazů. Přestože v literatuře existuje jen málo zmínek o interakci hypermobilního syndromu a incidence úrazů, zdá se být logické, že poruchy proprioceptivního vnímání a kloubní instabilita jdoucí ruku v ruce s hypermobilním syndromem tvoří úrodnou půdu pro vznik možných zranění.

Nejvíce namáhanou oblastí tanečnickova těla jsou dolní končetiny a plosky nohou. Nejenom, že nosí celou váhu těla, ale jsou vystavovány velké zátěži zejména při skocích. Dalším negativním aspektem ovlivňujícím funkci a postavení plosky nohy je baletní obuv. Tanečníci začínají trénink v měkkých a flexibilních tzv. piškotech až do věku cca 12 let, kdy v klasickém baletu přichází na řadu tanec v tzv. špičkách (point shoes). Při tanci na špičkách dochází k plné plantární flexi plosky nohy a váha je přenesena na palec. Podporu váhy těla na špičkách tvoří hlezenní kloub a první a druhý metatarz a články prvního a druhého prstu. Plantární tlak na palce při stožení na špičkách kolísá mezi 0.14 a 0.58 Mpa (Kadel, 2006), (Kennedy, 2007).

Literární zdroje udávají, že přes 1/3 všech úrazů v baletu se týká dolní končetiny a plosky nohy. Např. studie Kellyho (1994) udává procentuální zastoupení úrazů na dolní končetině 65 – 80% z celkového počtu úrazů v baletu, 10-17% patří obtížím s páteří a 5-15 % náleží poruchám horní končetiny a ramenního pletence. Kadelova studie udává tato čísla: 34-62 % všech úrazů tvoří úrazy na dolní končetině plosce nohy. Incidence úrazů na dolní končetině je vyšší u žen v porovnání s muži, pravděpodobně

kvůli extrémních pozicích plosky nohy při tanci na špičkách v tzv. point shoes (Bowling, 1989), (Kelly, 1994), (Bauman, 1996), (Kadel, 2006).

7.6.1 Úrazy na dolní končetině a plosce nohy

Pozn. Následující výčet jednotlivých poranění byl vybrán pro možnou souvislost incidence s výskytem hypermobilního syndromu. Nezahrnuje všechny úrazy zmíněné v literárních análech, jelikož toto není předmětem zpracování této diplomové práce.

Kolenní kloub (hyperextenze)

Zranění a obtíže kolenního kloubu zahrnují 14 – 20% všech zranění v baletu. Jedním z mechanismů, způsobujících obtíže v oblasti kolenního kloubu je jeho hyperextenze. Hyperextenční postavení kolenních kloubů vede k napínání kloubního pouzdra a okolních vazů, což způsobuje jejich posteriorní vymknutí. Hyperextenze je v baletu esteticky žádoucí, avšak často způsobuje bolest v zadní části kolenního kloubu především „en pointé“ (tedy na špičkách, kdy ploska nohy svírá s fibulou 180°) (Bowling, 1989), (Kelly, 1994).

Hyperextenze kolenních kloubů bývá způsobena a spojována s následujícími problémy:

- svalová dysbalance ve skupině stehenních svalů, kde m.quadriceps femoris přebírá aktivitu nad oslabenými hamstringy
- možnost výskytu dislokace či subluxace patel, zapříčiněné slabým m. quadriceps femoris nebo generalizovanou hypermobilitou
- nadměrná zátěž vyvíjená na bérec může vyústit až v únavovou zlomeninu tibie (Harkness, 2010).

Hall (1995) ve své studii zkoumal poruchy propriocepce v kolenním kloubu u jedinců s hypermobilním syndromem, jak již bylo zmíněno výše. Z jeho a dalších studií (Barrack, 1984) tedy vyplývá fakt, že jedinci s hypermobilním syndromem mají snížený práh detekce polohy v kloubu. Hyperextenzi je za normálních okolností zabráněno zadní částí kloubního pouzdra, kolaterálními ligamenty a zadním zkříženým vazem.

Hypermobilní syndrom způsobuje zvýšenou laxitu těchto struktur a dochází pak k hyperextenzi, kterou si hypermobilní jedinec prakticky neuvědomuje. Hyperextenční postavení kolenního kloubu z biomechanického hlediska přináší kloubu nevhodné podmínky pro jeho zatížení. Přidá-li se k tomuto faktu ještě nadměrná fyzická zátěž, naskýtá se nám tak úrodná půda pro vznik mikrotraumat a následně pak urychlený vývoj degenerativních změn (Hall, 1994), (Harkness, 2010).

Distorze hlezenního kloubu

Distorze hlezenních kloubů patří k jedněm z nejčastějších úrazů ve sportu vůbec. Ani balet v tomto ohledu není žádnou výjimkou. Nejčastější příčinou tohoto úrazu jsou chybné doskoky a špatná technika odvíjení plosky po laterální hraně při výstupu na demi-point (pološpička). V obou případech je noha v plantární flexi. Při typické distorzi hlezenního kloubu dochází k poškození laterálních struktur kloubu, tj. talofibulárních a calcaneofibulárních ligament (Kelly, 1994), (Bauman, 1996), (Kadel, 2006), (Kennedy, 2007).

V klinické praxi se rozlišují tři základní stupně distorze hlezenního kloubu:

1. Stupeň: částečné natržení vazy, nejčastěji ATFL (lig. tibiofibulare anterius). Jedná se o stabilní zranění, vyžadující RICE (rest, ice, compression, elevation). Pohyb je dovolen s lehkou kompresivní bandáží. Tanečníci mohou začít lehce trénovat s ortézou za 48 hodin. Následná terapie se zaměřuje na kloubní rozsah, po 4-5ti dnech začíná trénink bez ortézy a přidává se trénink propriocepce, stability a posilování peroneálních svalů.

2. Stupeň: kompletní poškození ATFL, občas bývá poškozeno i CFL (lig. calcaneofibulare), je přítomen pozitivní zásuvkový příznak, ale negativní talární tilt. Léčbou je imobilizace pomocí dlahy na dobu 6ti týdnů.

3. Stupeň: nestabilní zranění. Obě ligamenta ATFL a CFL jsou poškozena, zásuvkový příznak i talární tilt jsou pozitivní. Léčbou obvykle bývá imobilizace na 4 měsíce. Následná rehabilitační péče by měla být zaměřena na obnovení funkčně stabilního kloubu (Bauman, 1996), (Kennedy, 2007).

Opakované akutní distorzní poranění hlezenního kloubu vedou k chronickému stavu spojeného s funkční instabilitou kloubu se všemi jejími důsledky, které jsou v literatuře popsány jako proprioceptivní deficit, narušená kinestezie a poruchy polohocitu (Lentel, 1995), (Hertel, 2000), (Konradsen, 2002), (Hiller, 2004), (Lee, 2006).

Hallux valgus

Hallux valgus je kloubní deformita často viděná ve spojitosti s klasickým baletem. Jedná se o valgózní deformitu palce spojenou s poklesem příčné klenby nožní. Etiologie vady je multifaktoriální. Na vzniku vady se podílí dědičnost, nošení nevhodné obuvi, hypermobilita kloubní, varózní postavení I. MTT, délka I. MTT, změna orientace skloubení mezi I. meta-tarzem a os cuneiforme mediale (Stretanski, 2002), (Mc Bryde, 2007), (Popelka, 2008).

U tanečnicků baletu zasahuje do možné patogeneze také technika tance, která pokud není optimální, může vznik této deformity podpořit. Jak již bylo řečeno, tanečnick se při tréninku pohybuje většinou na demi-point, v případě tanci na point-shoes na point pozici a zatížení kloubu palce a metatarzálních kůstek tak značně vzrůstá.

Několik studií udává do souvislosti hypermobilitu kloubní jako predisponující faktor pro vznik deformity hallux valgus. Tímto se ve své práci zabývali např. Meyerson (2000) a Faber (1999). Vliv hypermobility zmiňuje rovněž Popelka (2008).

7.6.2 Osteoarthritis

Osteoarthritis (OA) je charakterizována rozvlákněním kloubní chrupavky, jejím ztenčením, erozemi, provázené proliferativním procesem, novotvorbou a remodelací kosti na okrajových plochách, sklerotizací kloubních ploch s následnou reakcí subchondrální kosti, vazů, kloubního pouzdra a periartikulárního svalstva. Sekundárně přistupují v různé míře zánětlivé změny. To vše vede k deformacím struktury kloubů. Z etiopatogenetického hlediska byla do nedávné doby OA považována za důsledek stárnutí, degenerace a opotřebení chrupavky. Poznatky posledních let prokazují, že spíše jde o aktivní proces zahrnující změny destruktivní a regenerační povahy. Osteoartrózu

rozdělujeme na primární a sekundární. Primární OA má neznámou etiologii. U sekundární OA jsou kloubní změny důsledkem známých vnějších nebo vnitřních příčin, jako je trauma (zejm. intraartikulární, mikrotraumatizace), kongenitální a vývojové vady (vrozená dysplazie kloubu, Perthesova nemoc), metabolické nemoci, endokrinní choroby (akromegalie, thyreopatie, diabetes mellitus), mechanické faktory (změny osového postavení kostí, nestejná délka končetin, hypermobilita), krvácení do kloubu (hemofilie), zánětlivá onemocnění kloubní (např. revmatoidní artritida) (Horčíčka, 2004).

Tím, zda má baletní trénink a taneční kariéra vliv na vznik a vývoj osteoartrózy se zabýval Van Dijk (1995) a Tietz (1998). Obě studie porovnávaly skupinu tanečnicků baletu s kontrolní skupinou. V obou případech byla, po důkladném odebrání anamnestických dat, využita radiografická metoda znázorňující degenerativní osteoartrótické změny v kyčelních, kolenních, hlezenních a metatarzofalangeálních kloubech. Analýza dat ukázala, že skupina tanečnicků měla vyšší prevalenci ve výskytu osteoartrózy, avšak nebyla dokázána přímá souvislost s hypermobilitou.

8 Případová studie

8.1 Charakteristika výzkumu

Hypermobilní syndrom je vrozená porucha s bohatou klinickou symptomatologií, postihující pojivové tkáně. Do klinického obrazu řadíme zejména nadměrný kloubní rozsah s polyartikulární manifestací a rovněž četnými mimokloubními projevy (např. hyperelastická kůže, postižení cévního aparátu, marfanoidní habitus). Hypermobilní syndrom je považován za výhodnou dispozici u tanečnicků baletu právě díky zvýšené kloubní pohyblivosti, která je u tohoto druhu pohybové aktivity žádoucí. Zvýšený

kloubní rozsah se dá považovat za jediný výhodný aspekt. Komplexní porucha, jakou hypermobilní syndrom bezpochyby je, však v sobě skýtá více problémů, které mohou tanečnický s hypermobilním syndromem v jejich činnosti spíše znevýhodňovat.

Studie ukazují, že hypermobilní syndrom s sebou přináší určitý stupeň poruchy propiocepce a propioceptivní zpětné vazby (Hall, 1995), (Mallik, 1994), (Fatoye, 2009). Jak známo, propiocepce a propioceptivní zpětná vazba je nedílnou součástí řízení pohybu a tak i porucha propioceptivního vnímání by měla mít za následek poruchu řízení pohybu. Teoreticky se nemusí jednat o na první pohled viditelnou poruchu, avšak drobné nuance mohou mít z dlouhodobého hlediska vliv na funkci a později i strukturu kloubů, osově postavení končetin a používání motorických programů. Jelikož tanečníci baletu s hypermobilním syndromem mají ve srovnání s běžnou populací trpící touto poruchou daleko větší fyzickou zátěž, hrozí tak vyšší riziko poškození a opotřebování kloubních struktur a incidence úrazů.

Vycházím z poznatků, že systém řízení koordinace pohybu a posturální stability je velice komplexní. Zahrnuje složku auditivní, vizuální, vestibulární a senzomotorickou. Pokud dojde k vyřazení nebo oslabení jedné části vnímání, musí se ostatní složky zapojit větší měrou. Jsou-li nevyřazené složky vnímání (např. narušená propiocepce u hypermobilního syndromu), projeví se to zhoršením schopnosti řízení koordinace.

Za cíl této případové studie si kladu dokázat příčinnou souvislost mezi benigním hypermobilním syndromem a poruchou řízení pohybu ve smyslu jeho zpomalení. Vybranou skupinu baletek s diagnostikovaný benigním hypermobilním syndromem budu porovnávat se zdravou kontrolní skupinou baletek.

8.2 Charakteristika použitých metod

8.2.1 Popis skupiny

Testovaná skupina skýtala celkem 6 studentů baletu soukromé taneční konzervatoře Taneční centrum Praha průměrného věku $15 \pm 1,61$. Tři probandi měli diagnostikovaný benigní hypermobilní syndrom na základě revidovaných diagnostických kritérií z Brightonu 1998, tj. výskyt dvou hlavních kritérií:

- (1) Beightonovo skóre 4 z 9 či více
- (2) bolesti čtyř či více kloubů trvající déle než 3 měsíce

nebo jednoho hlavního a dvou vedlejších kritérií nebo čtyř vedlejších kritérií:

- (1) Beightonovo skóre 1, 2 nebo 3 z 9
- (2) bolesti (≥ 3 měsíce) v 1 – 3 kloubech
- (3) spondylóza, spondylolýza/spondylolisthéza
- (4) dislokace/subluxace ve více než jednom kloubu, nebo v jednom kloubu více než 1x; 5. revmatismus měkkých tkání ≥ 3 léze (např. epikondylitidy, tendosynovitida, bursitida)
- (5) marfanoidní habitus: (vysoký, štíhlý, poměr rozpětí paží/výška > 1.03 , arachnodaktylie)
- (6) abnormální pokožka: strie, tenká pokožka, nadměrná protažitelnost kůže
- (7) oční příznaky: pokleslá víčka nebo myopie
- (8) varikózní žíly, kýla nebo prolaps dělohy či rekta.

V kontrolní skupině byli 3 zdraví jedinci z řad studentů taneční konzervatoře. U všech testovaných subjektů byla anamnesticky vyloučena neurologická či vestibulární dysfunkce, u kontrolní skupiny dále pak akutní obtíže pohybového aparátu či zranění a akutní či chronické distorze hlezenního kloubu na testované (dominantní) dolní končetině.

8.2.2 Popis místa měření

Měření byla prováděna v tělocvičně (podlaha z PVC) Tanečního centra Praha dne 17.2.2010. Teplota vzduchu v místnosti byla 23°C. Probandi byli testováni naboso, oblečení byli do stejných přiléhavých taneční trikotů.

8.2.3 Popis techniky měření a použitých instrumentů

Pro testování byla použita speciální balanční plocha B.O.S.U. ® (viz obr.č. 9)

BOSU je zkratka pro ‘both sides up = obě strany nahoru’, tzn. pomůcka se může požívat oběma stranami nahoru – (jak plochou, tak kulatou). Pomůcka se skládá z pevné plastové podložky a vrchní gumové nafukovací části. Pevná plocha pomůcky má 63,5 cm v průměru, kopule byla nafouknuta do výšky 22cm. V této studii byla pomůcka použita pevnou stranou dolů, na kopulovité části testování jedinci prováděli stoj na jedné dolní končetině.

Pro měření časového intervalu byly použity stopky zn. Timex, měření bylo prováděno s přesností na dvě desetinná místa.

8.2.4 Baterie testů na hodnocení stability a řízení koordinace pohybu

Pro testování stability a schopnosti řízení koordinace pohybu byly použity modifikované testy převzaté ze studie D. Crottse (1996). Ty ve své původní verzi obsahovaly šest posturálně různě náročných poloh, stupňované od nejjednodušší k nejtěžší (1. stoj na zemi na 1 končetině, oči otevřené až po 6. stoj na měkké podložce na jedné končetině, oči zavřené).

Testované subjekty měly za úkol udržet stoj na jedné noze v následujících podmínkách:

- 1) stoj na pevné podložce, oči otevřené (viz obrázek č.7)
- 2) stoj na pevné podložce oči zavřené
- 3) stoj na balanční ploše - BOSU, oči otevřené (viz obrázek č. 8)
- 4) stoj na balanční podložce – BOSU, oči zavřené.



**Obrázek 9: Stoj na pevné podložce
1 DK**



Obrázek 10: Stoj na 1 DK na BOSU

Jednalo se tedy o čtyři posturálně odlišně náročné podmínky a při dvou z nich došlo k vyloučení zrakové kontroly, aby byla vyřazena vizuální složka řízení motoriky.

Pro každou z uvedených testovaných podmínek bylo vymezeno pět pokusů. Každý pokus trval 30 vteřin, cílem bylo vydržet v dané poloze a určených balančních podmínkách maximum z daných 30ti vteřin. Po každém pokusu následovala 30ti vteřinová pauza (ve vzpřímeném stoji). Probandi byli testováni na bosu, při stoji měli paže volně podél těla.

Kritéria pro ukončení jednotlivých pokusů byly: 1. dotyk druhé dolní končetiny s podložkou, nebo opření zvednuté dolní končetiny o stojnou nohu, 2. otevření očí při pokusech, kdy měly být zavřené, 3. snaha dotknout se vyšetřujícího pro udržení rovnováhy nebo nadměrné pohyby rukama ve snaze vybalancovat stoj, 4. vychýlení těla z osy trupu.

8.2.5 Design výzkumu a analýza dat

Pro každou z testovaných podmínek bylo vymezeno 5 pokusů s 30ti sekundovým intervalem. Každý jedinec absolvoval všech deset pokusů za sebou. Pokud testovaný jedinec vydržel v pozici 30 vteřin, byla mu do výsledků zaznamenána hodnota 30s, pokud byl pokus přerušen pro některé z výše uvedených kritérií, započítán

byl čas naměřený ve chvíli ukončení pokusu. Po 30s pauze následoval další pokus. Nejprve byl otestován stoj na jedné noze na zemi s otevřenýma a poté zavřenýma očima, pak následovalo testování ve stoji na jedné dolní končetině na BOSU s otevřenýma očima a pak s vyloučením zrakové kontroly.

8.2.6 Výsledky

Výchozí hodnoty naměřené při jednotlivých pokusech u hypermobilní skupiny jsou zaznamenány v tabulce č.2, pro kontrolní skupinu pak v tabulce č. 3.

Tabulka č. 4 a 5 obsahuje procentuální vyjádření úspěšnosti při jednotlivých pokusech u jednotlivých probandů. Maximální možná hodnota u jednoho pokusu dosahovala 30s tudíž jí byla přiřazena hodnota 100%.

HYPERMOBILNÍ SKUPINA					
Proband č. 1	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	30	17,29	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	21,12	30	30	30	20,5
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	24,29	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	3,1	4,8	3,77	2,61	3,03
Proband č. 2	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	10,14	30	24,29	15,16	9,73
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	20,14	19,4	22,98	9,87	13,7
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	25,78	30	30	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	1,8	2,51	3,21	1,99	2,15
Proband č. 3	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	8,32	30	30	2,87	4,33
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	14,68	19,56	30	6,09
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	30	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	2,18	1,96	1,54	2,73	3,53

Tabulka 2: Výchozí hodnoty měření hypermobilní skupina (HS)

KONTROLNI SKUPINA					
Proband č. 1	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	25,78	30	30	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	30	11,29	30
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	30	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus	
6,22	6,89	7,32	6,01	5,99	
Proband č. 2	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	25,87	23,11	29,66	19,98	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	23,91	30	30
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	30	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus	
7,14	6,53	3,1	7,88	5,15	
Proband č. 3	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	16,5	20,71	30	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	29,13	30	21,1	30	20,47
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	30	30	30	30	30
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus	
3,78	8,15	7,22	6,59	5,88	

Tabulka 3: Výchozí hodnoty měření kontrolní skupiny (KS)

HYPERMOBILNÍ SKUPINA					
Proband č. 1	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	100	57,63	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	70,4	100	100	100	68,33
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	80,97	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus	
10,33	16	12,57	8,7	10,1	
Proband č. 2	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	33,8	100	80,97	50,53	32,43
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	67,13	64,67	76,6	32,9	45,67
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	85,93	100	100	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus	
6	8,37	10,7	6,63	7,17	
Proband č. 3	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	27,73	100	100	9,57	14,43
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	48,93	65,2	100	20,3
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	100	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus	
7,27	6,53	5,13	9,1	11,77	

Tabulka 4: Procentuální vyjádření úspěšnosti jednotlivých pokusů HS

KONTROLNI SKUPINA					
Proband č. 1	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	85,93	100	100	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	100	37,63	100
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	100	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	20,73	22,97	24,4	20,03	19,97
Proband č. 2	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	86,23	77,03	98,87	66,6	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	79,7	100	100
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	100	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	23,8	21,77	10,33	26,27	17,17
Proband č. 3	Stoj na 1 Dk zem - zavřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	55	69,03	100	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči otevřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	97,1	100	70,33	100	68,23
	Stoj na 1 Dk zem – otevřené oči				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	100	100	100	100	100
	Stoj na 1 DK BOSU - oči zavřené				
	1.pokus	2.pokus	3.pokus	4.pokus	5.pokus
	12,6	27,17	24,07	21,97	19,6

Tabulka 5: Procentuální vyjádření úspěšnosti jednotlivých pokusů KS

Tabulka č. 6 obsahuje průměrné časy dosažené v jednotlivých podmínkách a jejich porovnání mezi oběma skupinami, tabulka č. 7 pak hodnoty odchylek průměrných časů jednotlivých skupin v daných posturálních podmínkách. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo při nejméně posturálně náročné podmínce stoje na 1 DK s otevřenými očima, skupina hypermobilních jedinců dosáhla průměrného času $29,34 \pm 1,32$ s v porovnání s kontrolní skupinou, která dosáhla průměrného času 30 ± 0 s. Ve všech podmínkách byla úspěšnější kontrolní skupina. Nejmenších hodnot dosáhla hypermobilní i kontrolní skupina při stoji na BOSU s vyloučením zrakové kontroly. V posturální podmínce stoj na BOSU oči otevřené byly průměrné naměřené časy v obou skupinách nepatrně lepší než při stoji na 1 DK na BOSU s otevřenými očima. U HS hodnoty dosahovaly v průměru $20,14 \pm 8,47$ s ve stoji na 1DK se zavřenými očima a u KS to bylo $26,77 \pm 3,75$ s.

V tabulce č. 8 jsou uvedeny hodnoty znázorňující procentuální vyjádření absolutních průměrných časů jednotlivých skupin ve všech čtyřech posturálních podmínkách.

Graf č.1 znázorňuje porovnání dosažených průměrných časů u jednotlivých skupin ve všech posturálních podmínkách.

Komparace absolutních hodnot v průměru		
	<i>Průměrné hodnoty [sec]</i>	
Metodika	HS	KS
Stoj zem otevřené oči	29,34	30
Stoj zem zavřené oči	20,14	26,77
Stoj BOSU otevřené oči	21,2	27,06
Stoj BOSU zavřené oči	2,73	6,26

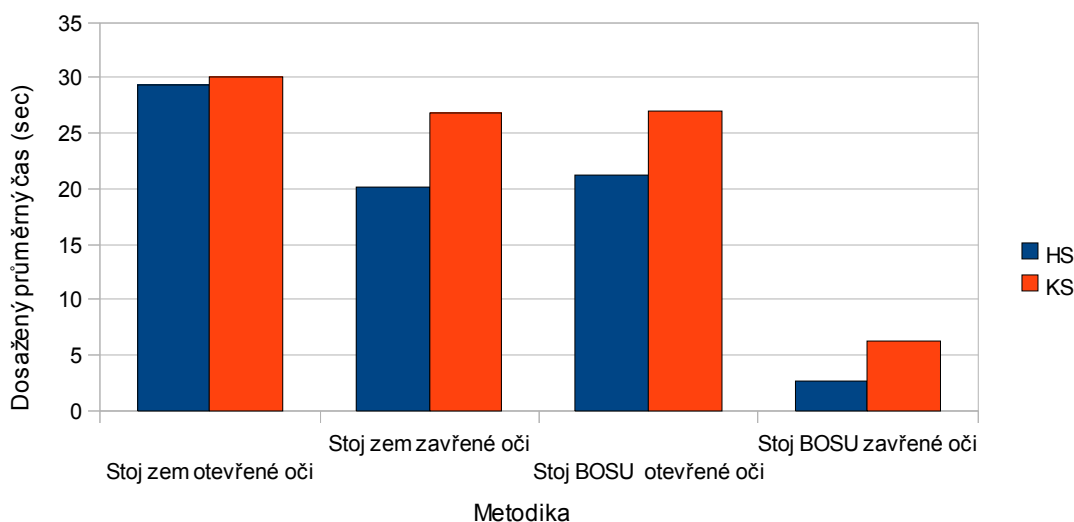
Tabulka 6: Porovnání průměrných časů dosažených v jednotlivých podmínkách u HS a KS.

Komparace průměrných hodnot absolutních odchylek		
	<i>Průměrná odchylka</i>	
Metodika	HS	KS
Stoj zem otevřené oči	1,32	0
Stoj zem zavřené oči	8,47	3,75
Stoj BOSU otevřené oči	6,15	4,77
Stoj BOSU zavřené oči	0,65	1,23

Tabulka 7: Absolutní hodnoty odchylek průměrných časů v jednotlivých podmínkách u HS a KS.

Srovnání skupin a metodiky v procentním vyjádření		
	Průměr v %	
Metodika	HS	KS
Stoj zem otevřené oči	97,79	100
Stoj zem zavřené oči	67,14	89,25
Stoj BOSU otevřené oči	70,68	90,2
Stoj BOSU zavřené oči	9,09	20,86

Tabulka 8: Porovnání dosažených průměrných hodnot jednotlivých skupin v procentuálním vyjádření.



Graf 1: Znárodnění dosažených průměrných časů v jednotlivých posturálně náročných podmínkách mezi jednotlivými skupinami.

8.2.7 Závěr případové studie

Z naměřených hodnot a výsledků vyplývá, že úspěšnost v jednotlivých podmínkách klesala úměrně jejich náročnosti a to v obou skupinách. Nejnáročnější podmínkou z hlediska úspěšnosti byl stoj na 1 DK na BOSU se zavřenými očima, kdy obě skupiny dosahovaly nejnižších časových hodnot. Hypermobilní skupina vykazovala ve všech podmínkách nižší dosahované časy než skupina kontrolní.

Výsledky případové studie, ve které byla zkoumána skupina studentů baletu s hypermobilním syndromem a porovnávána s kontrolní skupinou zdravých baletních tanečnicků a kterou přikládám jako praktické doplnění k teoretickému zpracování problematiky hypermobilního syndromu u baletek a jeho vlivu na poruchy řízení koordinace pohybu, mají pouze informativní charakter. Nelze je s jistotou považovat za relevantní a validní a to zejména vzhledem k malému počtu zúčastněných probandů a nepříliš objektivní metodě hodnocení jednotlivých balančních testů. Mohou však posloužit jako určitý nástin toho, jakou tendenci by mohly mít výsledky a jakým směrem by se mohl (praktický) výzkum v této oblasti ubírat.

9 Výsledky

Cílem předložené práce bylo rešeršní zpracování a podání uceleného přehledu informací, týkajících se problematiky hypermobilního syndromu u baletek ve věku 12-18 let a jeho vlivu na koordinaci pohybu.

Na začátku této teoretické práce jsem vyslovila hypotézy, týkající se tohoto tématu, ke kterým se nyní mohu objektivně vyjádřit:

1. Patofyziologie hypermobilního syndromu není doposud zcela objasněna. Přestože v literatuře panují vesměs shodné názory na původ HMS v genetice, dodnes zůstává právě genetická podstata hypermobilního syndromu do značné míry neznámá. Klinické příznaky hypermobilního syndromu mají širokou škálu, kterou je nutné brát v úvahu především z hlediska diferenciální diagnostiky, jež dodnes zůstává problémem hlavně v oblasti dispenzární péče praktických lékařů, jimiž je HMS opomíjen.
2. Poruchy propiocepce jsou dle dostupných zdrojů literatury jasným průvodním problémem hypermobilního syndromu. Jelikož je propioceptivní vnímání nedílnou součástí systému řízení koordinace pohybu, je jeho poruchou ovlivněna i zpětnovazební reakce a eference. Tato skutečnost pak znevýhodňuje postižené jedince ve smyslu kvality řízení pohybu a jeho správného vykonávání v porovnání se zdravou populací. Důsledkem toho je pak zvýšená incidence úrazů a degenerativních změn na pohybovém aparátu.
3. V případové studii bylo ozřejmeno tvrzení o poruchách propiocepce a koordinace pohybu u jedinců s HMS ve smyslu jeho zpomalení. Probandi s HMS dosahovali nižších časových hodnot při plnění balančních testů než kontrolní skupina baletek bez HMS.

10 Diskuse

Cílem této diplomové práce bylo shromáždění dat z odborných publikací a snaha o podání uceleného přehledu problematiky hypermobilního syndromu a koordinace pohybu, a to především u baletek ve věku 12-18 let. Vzhledem k tomu, že téma hypermobilního syndromu je dle mého názoru neustále lékaři mírně podceňováno, není ani dostatek odborné literatury na toto téma.

Hypermobilní syndrom, který je odborníky definován jako dominantně dědičná porucha pojivové tkáně (Russek, 2000), (Mishra, 1996) je z hlediska svého výskytu častý u tanečníků baletu, jelikož působí jakožto predisponující faktor k této pohybové aktivitě, při které je nadměrný rozsah kloubní pohyblivosti vyžadován (Graham 1972), (Klemp, 1984), (Grahame, 2007). Jeho diagnostika a odlišení od získané hypermobility však obvykle zůstává opomíjeno, což pramení především z neznalosti termínu, patofyziologických mechanismů a do jisté míry i neucelenosti diagnostických postupů tohoto onemocnění. Odborná literatura popisuje původ této abnormality v genetice a to především v porušené tvorbě kolagenu, přestože výsledky studií nejsou nikterak jednoznačné (Russek, 1999), (Child, 1986).

Existuje celá řada diagnostických zkoušek ozřejmujících kloubní hypermobilitu, avšak ucelený systém, který by se dal považovat za standard, stále chybí. Nejpoužívanější skórovací škálou hodnotící HMS se zdá být Beightonův systém, jež krom kloubních aspektů bere v potaz rovněž mimokloubní projevy hypermobilního syndromu (Remvig, 2007), (Grahame, 2000), (Simpson, 2006), (Juil-Kristensen, 2007).

Klinický obraz hypermobilního syndromu se skládá z celé řady symptomů. Krom kloubních aspektů, mezi něž patří nadměrný rozsah pohybu v kloubu, chronické dislokace či subluxace a polyartikulární bolestivost, je nutné počítat a zahrnovat sem také mimokloubní projevy, jež hypermobilní syndrom provázejí a do jisté míry ho odlišují od hypermobility místní neboli získané. V oblasti mimokloubních projevů hypermobilního syndromu se v literatuře hovoří zejména o komplikacích kožních (tj. hyperelastická kůže, striae, apod.), viscerálních komplikacích (prolaps mitrální chlopně, orgánové postižení) a marfanoidním habitu (Beighton, 1999), (Hrnčíř, 2001), (Hassan, 1993), (Oliver, 2005), (Graham, 2000).

Spojitost poruchy propioceptivního vnímání, koordinaci pohybu a hypermobilního syndromu vidíme především při anatomicko-biomechanickém pohledu, kde dáváme do interakce poruchu tvorby kolagenu a odlišnou kvalitu pojivové tkáně, v které se nachází proprioceptory, jež v hierarchii řízení pohybu zajišťují zpětnovazebnou reakci koordinace pohybu.

Kvalita řízení pohybu a schopnost jeho koordinace je důležitá pro každého jedince, zejména pak pro ty, kteří jsou každodenně vystavováni zvýšené fyzické zátěži. Tanečnický balet považujeme za kombinaci umělců a vrcholových sportovců, jejichž pohybový aparát je denně nadměru zatěžován náročným tanečním tréninkem. Jejich nároky na kvalitu řízení pohybu a schopnost koordinace jsou tedy několikanásobně vyšší než u běžné populace (Simmel, 2009), (Alter, 2004).

Pokud tedy tanečník, vystavován extrémní zátěži a polohám při tréninku, nedisponuje dostatečně kvalitním pohybovým řízením a pohybovou koordinací, existuje u něj zvýšené riziko vzniku úrazů a daleko rychlejší a častější výskyt degenerativních změn na pohybovém aparátu.

Literatura udává, že hypermobilní syndrom spojený s poruchami propiocepce a potažmo kloubní instabilitou, se podílí na zvýšené incidenci distorzních poranění hlezenního kloubu, vzniku hallux valgus a osteoartrotických změn (Harkness, 2010), (Kelly 1994), (Bauman, 1996), (Kadel 2006).

O vzájemné souvislosti mezi kloubní instabilitou a hypermobilním syndromem hovoří Lewit (2003) a Levangie (2001). Spojitost mezi kloubní instabilitou a poruchami propiocepce zkoumalo ve svých studiích řada autorů (Boyle, 1998), (Lentell, 1995), (Hiller, 2004), (Lee 2006), přičemž výsledky hovořily jasně. Kloubní instabilita jde ruku v ruce s poruchami propioceptivního vnímání, které může mít poté za následek zhoršení koordinace pohybu.

Několik autorů se dokonce shoduje v tom, že balet může být pro jedince s hypermobilním syndromem i přínosný, pokud ovšem bude jeho výuka a tréninkové metody respektovat určité zásady (McCormack, 2004), (Graham, 2000), (Klemp, 1984).

11 Závěr

Za cíl této diplomové práce jsem si kladla rešeršně zpracovat téma hypermobilního syndromu u baletek ve věku 12-18 let a jeho souvislost s poruchami propriocepce a koordinací pohybu. V průběhu jejího zpracování jsem shromáždila dostupné informace týkající se problematiky hypermobilního syndromu s nejširším záběrem informačních zdrojů českých i zahraničních. Následně jsem zjištěné informace shrnula, vzájemně porovnála názory odborníků na danou problematiku a zhodnotila, v čem je hypermobilní syndrom výhodný a nevýhodný z hlediska baletu se zaměřením na propriocepci a potažmo tedy kvalitu řízení pohybu a stabilizaci polohy ve srovnání se zdravými jedinci.

V úvodní části práce jsem uvedla anatomicko-biomechanické podklady týkající se problematiky hypermobilního syndromu. Rovněž je zde zmínka o řízení pohybu a jeho koordinaci.

V hlavní části jsem se snažila rozpracovat tematiku hypermobilního syndromu obecně – etiopatogenezi, epidemiologii, klinické projevy, diagnostiku, diferenciální diagnostiku – a pohled jednotlivých autorů a studií. Dále jsem se zda, pak již konkrétně, zabývala pohledem různých autorů a výsledky jejich studií v oblasti hypermobilního syndromu u baletek a jeho vlivu na propriocepci a na koordinaci pohybu.

V závěru práce jsem uvedla případovou studii, kterou jsem zpracovala při své fyzioterapeutické praxi na soukromé taneční konzervatoři v Praze. Design výzkumu a výsledky práce jsou uvedeny v kapitole č.8 pod názvem Případová studie.

Při vyhledávání a zpracovávání literárních zdrojů mne poněkud překvapilo, že k dané problematice neexistuje příliš mnoho pramenů ze současnosti. Hypermobilní syndrom se zdá být tématem spíše dob minulých a konkrétně v oblasti tanečnicků baletu, kde je hypermobilní syndrom jakožto fenomén považován laiky za výhodu, není příliš předmětem zájmu. Dle mého názoru by se této problematice rozhodně více pozornosti věnovat mohlo, jelikož důsledky, které může mít přetěžování jedinců s hypermobilním syndromem, nejsou zanedbatelné a velkou měrou mohou ovlivnit stav pohybového aparátu a následně kvalitu života.

12 Seznam použitých zkratek

atd. - a tak dále

ATFL – ligamentum tibiofibulare anterius

BOSU - „both sides up“, „obě strany nahoru“

cca – přibližně, asi

CFL – ligamentum calcaneofibulare

CNS – centrální nervová soustava

č. - číslo

DK – dolní končetina

GTO – Golgiho šlachové tělísko

HK – horní končetina

HMS – hypermobilní syndrom

HS – hypermobilní skupina

kol. - kolektiv

KS – kontrolní skupina

lat. - latinsky

lig. - ligamentum

m. - musculus

Mpa – megapascal

MU – motor unit, motorická jednotka

MTT – metetarz

ncl. - nukleus, jádro

OA – osteoartróza

obr. - obrázek

r. - rok

RF-retikulární formace

s. - strana

sec – sekunda

spol. - spolek

tab. - tabulka

tj. - to jest

tzn. - to znamená

tzv. - tak zvaný

zk. - zkouška

zn. - značka

13 Seznam literatury

- (1)AL-RAWI, Z., NESSAN, AH. Joint hypermobility in patients with chondromalacia patellae. *British Journal of Rheumatology*, Vol. 36, 1997, s.1324 – 1327. ISSN 0263 -7103.
- (2)ALTER, J.M. *Science of Flexibility*. Champaign: Human Kinetics, 2004. 355 s. ISBN 0-7360-4898-7.
- (3)ARROYO, IL., BREWER, EJ.,GAINNINI, EH. Arthritis/ arthralgia and hypermobility of the joints in schoolchildren. *Journal of Rheumatology*, 15, 1988, s. 978 – 980. ISSN 0315-162X .
- (4)BARRACK, R.L., SKINNER, H.B., COOK, S.D. Proprioception of the knee joint. Paradoxical effect of training. *American Journal of Physical Medicine*, 63, 1984, s. 175-181. ISSN 0002-9491.
- (5)BAUM, J., LARSSON, LG. Hypermobility syndrome – new diagnostic criteria. *Journal of Rheumatology*, 27, 2000, s. 1585 – 6. ISSN 0315-162X .
- (6)BAUMAN, P.A, GALLAGHER, S.P., HAMILTON, W.G. Common foot, ankle and knee problems in professional dancers. *Orthopaedics and Physical Therapy*, 5; 4, 1996, s. 497-513.
- (7)BEIGHTON, P., GRAHAME, R., BIRD, H. *Hypermobility of joints*. Berlin Heidelberg: Springer – Verlag, 1999. 182 s. ISBN 1-85233-142-9.
- (8)BEYNNON, BD., BERNSTEIN, IM., BELISLE, A. The effect of Estradiol and Progesteron on knee and ankle joint laxity. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.33, No. 9, 2005, s. 1298 – 1304. ISSN 0363-5465.
- (9)BIRD, HA. Special interest group for hypermobility. *British Journal of Rheum.*, 32, 1993, s. 81. ISSN 0263 -7103.
- (10)BOWLING A. Injuries to the dancers: prevalence, treatment, and perceptions of causes. *British Medicine Journal*, Vol. 298, 1989. s. 731-734.
- (11)BOYLE,J., NEGUS, V. Joint position sense in recurrently sprained ankle. *Australian Physiotherapy*, Vol.44, No. 3, 1998, s. 159 – 163.
- (12)BULBENA, A., DURO, JC., PORTA, M. et. al. Clinical assessment of hypermobility of joints: assembling criteria. *Journal of Rheumatology*, 19, 1992, s. 115 – 22. ISSN 0315-162X .

- (13) CROTTS, D., THOMPSON, B., NAHOM, M., RYAN, S., NEWTON, R.A. Balance abilities of professional dancers on selected balance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 23, No. 1, January 1996, s. 12-17.
- (14) ČIHÁK, R. *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing, 2001. ISBN 80-7169-970-5
- (15) DYLEVSKÝ, I., DRUGA, R., MRÁZKOVÁ, O. *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-7169-681-1.
- (16) ENOKA, R.M. *Neuromechanical basis of kinesiology*. Champaign: Human Kinetics, 1994, 466s. ISBN 0-87322-665-8.
- (17) ENOKA, R.M. *Neuromechanics of Human Movement*. 4. vydání, USA: Human Kinetics, 2008, 548 s., ISBN 978-0-7360-6679-2.
- (18) FABER, FW. a kol. Mobility of the first tarsometatarsal joint in relation to hallux valgus deformity: anatomical and biomechanical aspects. *Foot Ankle Int.*, 1999 Vol. 20, No. 10, s. 651-6. [Abstract].
- (19) FAIRBANK, J., PYNSENT, PB., PHILLIPS H. Quantitative measurements of joint mobility on adolescents. *Ann. Rheum. Dis.*, 43, 1984, s. 288 – 94. ISSN 0003-4967.
- (20) FATOYE, A., PALMER, S., MACMILLAN, F., ROWE, P., VAN DER LINDEN, M. Proprioception and muscle torque deficits in children with hypermobility syndrome. *Rheumatology*, 48, 2009, s. 152-7. ISSN 1462-0324.
- (21) FERRELL, WR., TENNANT, N., BAXENDALE, RH., KUSEL, M., STURROCK, RD. Musculoskeletal reflex function in the joint hypermobility syndrome. *Arthritis & Rheumatism*, 57, 2007, s. 1329- 1333. ISSN 0004 – 3591.
- (22) FERRELL, WR., TENNANT, N., STURROCK, RD. Amelioration of the symptoms by enhancement of proprioception in patients with joint hypermobility syndrome. *Arthritis & Rheumatism*, 50, 2004, s. 3323-3327. ISSN 0004 – 3591.
- (23) FORLÉO, L.H., HILÁRIO, E.J. Articular hypermobility in school children in Sao Paulo, *Journal of Rheumatology*, 20, 1993, s. 917-8. ISSN 0315-162X.
- (24) GEDALIA, A., BREWER, EJ. JR. Joint hypermobility in pediatric practice. *Journal of Rheumatology*, 20, 1993, s. 371-4. ISSN 0315-162X .
- (25) GRAHAME, R., BIRD, HA., CHILD, A. et al. The Revised (Brighton 1998) Criteria for the Diagnosis of Benign Joint Hypermobility Syndrome (BJHS). *Journal of Rheumatology*, 27, 2000, s. 1777 – 9. ISSN 0315-162X .

- (26) GRAHAME, R., JENKINS, M. Joint hypermobility – asset or liability? A study of joint mobility in ballet dancers. *Ann. Rheum. Dis.*, 31, 1972, s. 109-111. ISSN 0003-4967.
- (27) GRAHAME, R. Joint hypermobility and genetic collagen disorders. Are they related? *Arch. Dis. Child.*, 80, 1999, s. 188 – 91. ISSN 0003-9888.
- (28) GRAHAME, R. The hypermobility syndrome. *Ann. Rheum. Dis.*, 49, 1990, s. 190 – 200. ISSN 0003-4967.
- (29) GRAHAME, R. Time to take hypermobility seriously (in adults and children). *Rheumatology (Oxford)*, 40, 2001, s. 485 – 7. ISSN 1462-0324.
- (30) GURLEY-GREEN, S. Living with the hypermobility syndrome. *Rheumatology (Oxford)*, 40, 2001, s. 487 – 9. ISSN 1462-0324.
- (31) HAJZOK, O. Hypermobilný syndrom. *Praktický lékař*, 66, 1986, s. 215- 19. ISSN 0032-6739.
- (32) HAKIM, A., GRAHAME, R. Joint hypermobility. *Clinical Rheumatology*, 17, 2003, 6, s. 989 – 1004. ISSN 0770-3198
- (33) HALL, MG., FERRELL, WR., STURROCK, RD., HAMBLIN, DL., BAXENDALE, RH. The effect of the hypermobility syndrome on the knee joint proprioception. *British Journal of Rheumatology*, 34, 1995, s. 121-125. ISSN 0263 -7103.
- (34) HANSEN, M., MILLER, B., HOLM, L. Effect of administration of oral contraceptives in vivo on collagen synthesis in tendon and muscle connective tissue in young women. *Journal of Applied Physiology*, 9, 2008. ISSN 8750-7587. [Abstract].
- (35) HASSAN, O., TAUCHMANNOVÁ, H. Kl'bová hypermobilita a jej klinické prejavy. *Reumatológia*, 7, 1993, s. 196 – 202. ISSN 0034-6233.
- (36) HERTEL J. Functional Instability following ankle sprain. *Journal of sports medicine*, Vol. 29, No. 5, 2000, s. 361 – 371. ISSN 0022-4707.
- (37) HILLER, E.C., REFSHAUGE, K.M. Sensorimotor control is impaired in dancers with functional ankle instability. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.32, No.1, 2004, s.216-223. ISSN 0363-5465.
- (38) HOGERVORST, T., BRAND, A. Mechanoreceptors in joint function, current concept review. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 80 A, No.9, 1998, s.1365-1378.

- (39)HRNČÍŘ, Z. Hypermobilní syndrom v roce 01. *Čes. Revmtologie*, 9, 2001, 4, s. 176. ISSN 1210-7905.
- (40)HRYSOMALLIS, C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Journal of Sports Medicine*, 37 (6), 2007, s.547-556. ISSN 0022-4707.
- (41)HUDSSON, N., FITZCHARLES, MA., COHEN, M., STARR, MR., ESDAILE, JM. The association of soft-tissue rheumatism and hypermobility. *Rheumatology*, 37, 1998, s. 382-386 ISSN 0315-162X.[ABSTRACT].
- (42)CHILD., AH. Joint hypermobility syndrom: inhereted disorder of collagen synthesis. *Journal of Rheumatology*, 13, 1986, s. 239-43. ISSN 0315-162X.
- (43)JAFFE, M., TIROSH, E., COHEN, A., TAUB, Y. Joint mobility and motor development. *Arch. Dis. Child.*, 63, 1988, s. 158 – 161. ISSN 0003-9888.
- (44)JANDA, V., POLÁKOVÁ, Z., VÉLE, F. *Funkce hybného systému*. Praha:SZN, 1966. 237 s.
- (45)JANDA, V. *Svalové funkční testy*. Praha: Grada, 2004. 325 s. ISBN 80-247-0722-5.
- (46)JANDA, V. Hypermobilita. Doporučené postupy pro praktické lékaře. (<http://www.cls.cz/dp>), ČLS JEP, 2001
- (47)JEROSCH, J., PRYMKA, M. Propioception and joint stability. *Knee surgery, Sports traumatology, Arthroscopy*, Vol. 4, 1996, s.171-179. ISSN 0942-2056.
- (48)JUUL-KRISTENSEN, B., ROGIND, H., JENSEN., V., REMVIG, L. Inter.examiner reproducibility of tests and criteria for generalized joint hypermobility and benign joint hypermobility syndrome. *Rheumatology*, 46, 2007, s. 1835- 1841. ISSN 0315-162X.
- (49)KADEL, J.N. Foot and ankle injuries in Dance. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 17, 2006,s. 813-826.
- (50)KENNEDY, J.G., HODGKINS, CH.W., HAMILTON, W.G. Foot and ankle injuries in dancers. *International SportMed Journal*, vol.8, No.3, 2007, s.141-165.
- (51)KELLY, R.M. Injury in Ballet: A Review of Relevant Topics for the Physical Therapist. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 19, No. 2, 1994.

- (52)KLEMP, P. Hypermobility. *Ann. Rheum. Dis.*, 56, 1997, s. 573 – 75. ISSN 0003-4967.
- (53)KLEMP, P. The Hypermobility syndrome. *Ann. Rheum. Dis.*, 50, 1991, s. 201. ISSN 0003-4967.
- (54)KLEMP, P., STEVENS J., ISAAC, S. A hypermobility study in ballet dancers. *Journal of Rheumatology*, 11, 1984, s.692-696. ISSN 0315-162X.
- (55)LEANDERSON, J., ERIKSSON, E., NILSSON, CH., WYKMAN, A. Proprioception in classical ballet dancers. *The American Journal of Sports Medicine*, 24, 1996, s. 370 – 373. ISSN 0363-5465.
- (56)LEE,A.J.Y., LIN, W., HUANG,C.H. Impaired proprioception and poor static postural control in subjects with functional ankle instability of the ankle. *Journal Excerc. Sci. Fit.*, Vol.4., No.2, 2006, s 117-125.
- (57)LENTEL, G., BAAS., B., LOPEZ, D., McGUIRE, L., SARRELS M., SNYDER, P. The Contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 21, No. 4, 1995, s. 206 – 215.
- (58)LEPHART, L., FU, F. *Proprioception and Neuromuscular control in joint stability*. Champaign: Human Kinetics, 2000, 439 s. ISBN 0-66011-864-4.
- (59)LEVANGIE, PK., NORKIN, CC. *Joint structure and function, a comprehensive analysis*. Philadelphia: F.A. Davis Company, 2001, 495 s. ISBN 0-8036-0710-5.
- (60)LEWIT, K. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. 5. vydání. Praha: Sdělovací technika spol. s r.o., 2003. 411 s. ISBN 80-86645-04-5.
- (61)LEWOKONIA, RM. The biology and clinical consequences of articular hypermobility. *Journal of Rheumatology*, 20, 1993, s. 220 – 2. ISSN 0315-162X
- (62)MALLIK, A.K., FERRELL, W.R., McDONALD, A.G., STARROCK, RD. Impaired proprioception acuity at the proximal interphalangeal joint with the hypermobility syndrome. *British Journal of Rheumatology*, 33, 1994, s. 631-637. ISSN 0263 -7103.
- (63)MARTINEAU, PA., AL-JASSIR, F., LENCZNER, E., BURMAN ML. Effect of oral contraceptive pill on ligamentous laxity. *Clinical Journal of Sport Medicine*, Vol. 15, No. 5, 2004, s. 281-6. ISSN 1050-642X.

- (64)McBRYDE, A.M., RODRIGUEZ,R., DUGAS, J. Dance Injuries. *Sports Medicine Update*, 2007, s. 2 – 6.
- (65)MISHRA, MB., RYAN, P., ATKONSON, P.et al. Extraarticular features of benign joint hypermobility syndrome. *Rheumatology*, 35, 1996, S.861-66. ISSN 0315-162X.
- (66)MYERSON, MS., BADEKAS,A. Hypermobility of the first ray. *Foot Ankle Clin.*, Vol. 5, No. 3, 2000, s. 469-84. [Abstrakt].
- (67)MURRAY, KJ., WOO, P. Benign joint hypermobility in childhood. *Rheumatology (Oxford)*, 40, 2001, s. 489 – 91. ISSN 1462-0324.
- (68)NIGG, B.M., HERZOG, W. *Biomechanics of musculoskeletal system*. Canada: Wiley, 2007, 672 s., ISBN 13978-0-470-01767-8.
- (69)ONDRAŠÍK, M., RYBÁR, I., BOŠMANSKÝ, Š. Klinický význam kloubní hypermobility. *Reumatológia*, 1, 1987, 4, s. 203 – 9. ISSN 0034-6233.
- (70)POUL, J., FAIT, M. Frekvence výskytu generalizované ligamentozní laxicity v dětské populaci. *Rheumatologia*, 3, 1989, 2, s.89-92. ISSN 1462-0324.
- (71)REIMANN, B.L., LEPHART, M. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37, 2002, s. 71 – 79. ISSN 1062-6050.
- (72)REIMANN, B.L., LEPHART, M. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37, 2002, s. 80 – 84. ISSN 1062-6050.
- (73)REMVIG, L., JENSEN, D.V., WARD, R.C. Are diagnostic criteria for general joint hypermobility and benign joint hypermobility syndrome based on reproducibility and valid tests? A review of the literature. *Journal of Rheumatology*. 34, 4, 2007, s. 798 – 803. ISSN 0315-162X.
- (74)RYCHLÍKOVÁ, E. *Funkční poruchy kloubů končetin*. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0237-1.
- (75)RUSSEK, LN. Examination and Treatment of a Patient With Hypermobility Syndrom. *Physical Therapy*, 80, 2000, s. 386 – 99. ISSN 0031-9023.
- (76)RUSSEK, LN. Hypermobility syndrome. *Physical Therapy*, 79, 1999, s. 591 – 99. ISSN 0031-9023.

- (77)SCHMIDT, RA., LEE, TD. *Motor Control and Learning: A behavioral Emphasis*. USA: Human Kinetics, 2005, 536 s. ISBN 0-7360-4258-X.
- (78)SHUMWAY-COOK, A. *Motor control, theory and practical applications*. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 1995, 475 s. ISBN 0 683 – 07757-0.
- (79)SIMPSON, M.R. Benign Joint Hypermobility Syndrome: Evaluation, Diagnosis, and Management. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 106, 2006, s. 531 – 536. ISSN 0098-6151.
- (80)SYNEK, M. et al. *Jak psát diplomové a jiné písemné práce*. Praha : VŠE, 1999. 64 s. ISBN 80-7079-131-4.
- (81)STRETANSKI, M.F., WEBER G.J. Medical and rehabilitation Issues in Classical Ballet. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 81, No. 3, 2002, s. 383 – 391. ISSN 0894-9115.
- (82)TEITZ, C., KILCOYNE, R. Premature osteoarthritis in professional dancers. *Clinical Journal of Sports Medicine*, Vol. 8, No.4, 1998 ISSN 1050-642X. [Abstract].
- (83)THULLIER, F., MOUFTI, H. Multi-joint coordination in ballet dancers. *Neuroscience letters*, 369, 2004, s. 80-84. ISSN 0304-3940.
- (84)TIROSH, E., JAFFE, M., MARMUR, R. et al. Prognosis of motor development and joint hypermobility. *Arch. Dis. Child.*, 66, 1991, s. 931 – 3. ISSN 0003-9888.
- (85)TOFTS, J.L., ELLIOT, J.E., MUNNS, C., PACEY, V., SILLENCE, D.O. The Differential diagnosis of children with joint hypermobility: a review of the literature. *Pediatric Rheumatology*, 7, 2009, s. 1-10. ISSN 1546-0096
- (86)TRNAVSKÝ, K. Hypermobilní syndrom. *Praktický lékař*, 81, 2001, 12, s. 711 – 712. ISSN 0032-6739.
- (87)TROJAN, S. A KOL. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha: Grada Publishing, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
- (88)VAN DIJK, CN., LIM, LS., POORTMAN, A., SRUBBE, EH., MARTIN, RK. Degenerative joint disease in female ballet dancers. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 23, No.3, 1995, ISSN 0363-5465. [Abstract].
- (89)VALENTA, J., KONVIČKOVÁ, S. *Biomechanika člověka – Svalově kosterní systém* 1. díl. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997, 175 s. ISBN 80-01-01565-3.

(90)VÉLE, F. *Kineziologie*. 2. vydání. Praha: Triton, 2006. 375 s. ISBN 80- 7254-837-9.

(91)WATKINS, J. *Structures and function of the musculoskeletal system*. USA: Human Kinetics, 1999. ISBN 0-88011-686-2.

Websites:

(1)BRAVO, J.F. Diagnostic criteria for joint hypermobility syndrome. [online], [cit. 2009-07-08]. Dostupné na WWW: [uhttp://www.reumatologia-dr-bravo.cl/para%20medicos/crit%20y%20diag/DIAGCRITJHS.htm](http://www.reumatologia-dr-bravo.cl/para%20medicos/crit%20y%20diag/DIAGCRITJHS.htm)

(2)DEIGHAN, M.A. Flexibility in dance. *Journal of dance medicine and science*, 2005. [online], [cit. 2009-08-12]. Dostupné na WWW: [uhttp://findarticles.com/p/articles/mi_6827/is_1_9/ai_n28320804/?tag=content:coll](http://findarticles.com/p/articles/mi_6827/is_1_9/ai_n28320804/?tag=content:coll)

(3)GRAHAME, R. Joint hypermobility is liability for performing artists. [online], [cit. 2009-06-02]. Dostupné na WWW: [uhttp://www.rcm.ac.uk/cache/fl0003618.pdf](http://www.rcm.ac.uk/cache/fl0003618.pdf)

(4)HARKNESS CENTRE FOR DANCE INJURIES Common dance injuries. [online], [cit. 2010-02-22]. Dostupné na WWW: <http://www.med.nyu.edu/hjd/harkness/patients/injuries/knee.html>

(5)HMSA: The Hypermobility Syndrome Association. Beighton score. [online], [cit. 2009-07-02]. Dostupné na WWW: <http://www.hypermobility.org/beighton.php>

(6)HORČIČKA, V. Osteoartróza. *Interní medicína pro praxi*, 5, 2004, [online], [cit. 2010-03-02]. Dostupné na WWW: www.internimedcina.cz

(7)KLEMP, P., LEARMONTH, I.D. Hypermobility and injuries in professional ballet dancers. [online], [cit. 2009-06-02], Dostupné na WWW: [uhttp://bjssportmed.com/cgi/content/18/3/143](http://bjssportmed.com/cgi/content/18/3/143)

(8)MALFAIT, F., HAKIM, A.J., GRAHAME, R., DA PAEPE, A. The genetic basis of the joint hypermobility syndromes. [online], [cit. 2009-06-02], Dostupné na WWW: [uhttp://rheumatology.oxfordjournals.org/cgi/content/full/45/5/502](http://rheumatology.oxfordjournals.org/cgi/content/full/45/5/502)

(9)McCORMACK, M., BRIGGS, J., HAKIM, A., GRAHAME R. Joint laxity and the benign hypermobility syndrome in student and professional ballet dancers. *Journal of rheumatology*, 2004, s. 173-178. [online], [cit. 2009-06-02]. Dostupné na WWW: <http://www.jrheum.org/content/31/1/173>

http://findarticles.com/p/articles/mi_6827/is_3_11/ai_n31119861/pg_12/?tag=content:coll

- (10) Mezinárodní klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů 10. revize - MKN 10. [online], [cit. 2010-01-03]. Dostupné na WWW: <http://www.uzis.cz/cz/mkn/M30-M36.html>
- (11) NĚMEC, V., BOČKAYOVÁ, E. *Nadměrná kloubní volnost (hypermobilní syndrom)*. [online], [cit. 2009-07-02]. Dostupné na WWW: <http://www.vodrsport.cz/revma/index.php?page=info&co=hybnost>
- (12) OTÁHAL, S. a spol. *Mechanické vlastnosti tkání a orgánů pohybového aparátu*. [online], [cit. 2009-06-02]. Dostupné na WWW: <http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/biomechanika/mechan6.htm>
- (13) OLIVER, J. *Hypermobility*. 2005. [online], [cit. 2009-06-08]. Dostupné na WWW: <http://www.arc.org.uk/arthinfo/medpubs/6527/6527.asp>
- (14) PHILLIPS, C. Stability in dance training. *Journal of dance medicine and science*, 2005. [online], [cit. 2009-08-12]. Dostupné na WWW: http://findarticles.com/p/articles/mi_6827/is_1_9/ai_n28320806/?tag=content:coll
- (15) POPELKA, S., VAVŘÍK, P., HROMÁDKA, R., SOSNA, A. Naše zkušenosti s operací podle Lapiduse u pacientů s allux valgus. *Acta Chirurgiae orthopaedicae et traumatologia Českoslovacca*. [online], [cit. 2010-01-03]. Dostupné na WWW: <http://www.achot.cz/detail.php?stat=194>
- (16) STEINBERG, N., HERSHKOVITZ, I. *Range of movement in female dancers and nondancers aged 8 to 16 years*. [online], [cit. 2009-06-02]. Dostupné na WWW: <http://ajs.sagepub.com/content/34/5/814>
- (17) SIMMEL, L. *Dance medicine - The Dancer's workplace*. [online], [cit. 2009-06-08]. Dostupné na WWW: <http://www.unfallkasse.de/res.php?id=10165>
- (18) VOTAVOVÁ, M. *Syndrom hypermobilní*. [online], [cit. 2009-06-02]. Dostupné na WWW: http://www.medicabaze.cz/index.php?sec=term_detail&categId=28&cname=Revmatologie&termId=404&tname=Syndrom+hypermobiln%C3%AD&h=empty#jump
- (19) www.bosufitness.cz

