

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**STATESTÉZIE A VOLNĚ KONTROLOVANÉ ZATĚŽOVÁNÍ
DOMINANTNÍ DOLNÍ KONČETINY U HYPERMOBILNÍCH JEDINCŮ**

Diplomová práce

Autor: Bc. Aneta Ruská

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Ivana Hanzlíková, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Bc. Aneta Ruská

Název práce: Statestézie a volně kontrolované zatěžování dominantní dolní končetiny u hypermobilních jedinců

Vedoucí práce: Mgr. Ivana Hanzlíková, Ph.D.

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Rok obhajoby: 2024

Abstrakt:

Zhoršená propriocepce je uváděna jako jeden ze symptomů doprovázejících hypermobilitu. Dle nové klasifikace se hypermobilní jedinci rozdělují na symptomaticky a asymptomaticky hypermobilní. Cílem této práce bylo zjistit, zda se statestézie a schopnost volně kontrolovaného zatížení dominantní dolní končetiny při statickém stoji liší mezi nehypermobilními a všemi hypermobilními jedinci a mezi asymptomatickými hypermobilními, symptomatickými hypermobilními a nehypermobilními jedinci. Studie se zúčastnilo 54 jedinců, z toho 42 žen a 12 mužů. U každého jedince byla otestována statestézie v pěti kloubech (ramenní, loketní, kyčelní, kolenní a hlezenní kloub) na jejich dominantní končetině pomocí ipsilateral joint position reproduction testu vyhodnoceného videoanalýzou. Současně byl jedinec testován ve schopnosti zatížit svou dolní končetinu na 25 %, 50 % a 75 % jeho tělesné hmotnosti. Skupina všech hypermobilních byla přesnější v určení zatížení na 50 % ($p=0,025$) a 75 % ($p=0,032$) oproti nehypermobilní skupině. Při zatížení na 25 % nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly ($p=0,686$) mezi skupinou hypermobilních a nehypermobilních jedinců. V žádném z testů nebyly nalezeny signifikantní rozdíly mezi skupinami asymptomaticky hypermobilních, symptomaticky hypermobilních a nehypermobilních jedinců. Výsledky ukazují, že hypermobilní jedinci jsou na základě výsledků schopni přesněji zatížit dolní končetinu ve srovnání s nehypermobilními. Mezi testovanými skupinami nebyly nalezeny rozdíly v úrovni statestézie v jednotlivých kloubech. Z tohoto důvodu není potřeba specifické terapeutické metody pro ovlivnění vědomého rozložení váhy a statestézie pro hypermobilní jedince.

Klíčová slova:

konstituční hypermobilita, asymptomatická hypermobilita, Beighton skóre, statestézie, vědomé rozložení váhy, propriocepce

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author: Bc. Aneta Ruská
Title: Sense of position and conscious distribution of weight on the dominant lower limb in hypermobile individuals

Supervisor: Mgr. Ivana Hanzlíková, Ph.D.
Department: Department of Physiotherapy
Year: 2024

Abstract:

Impaired proprioception is documented as one of the symptoms that accompany hypermobility. According to the new classification, hypermobile individuals are categorized into symptomatic and asymptomatic hypermobile groups. The aim of this study was to determine whether the position sense and the ability to consciously distribute the weight of the dominant lower limb are the same between non-hypermobile and hypermobile individuals, as well as between asymptomatic hypermobile, symptomatic hypermobile and non-hypermobile individuals. Fifty-four subjects, 42 females and 12 males, participated in the study. Everyone was tested for position sense at five joints (shoulder, elbow, hip, knee and ankle) on their dominant limb using an ipsilateral joint position reproduction test evaluated by video analysis. Simultaneously, the individuals were tested on the ability to load the lower limb at 25%, 50% and 75% of their body weight. The hypermobile group was more accurate in determining loading at 50% ($p=0.025$) and 75% ($p=0.032$) compared to the non-hypermobile group. At 25% loading, no statistically significant differences ($p=0.686$) were found between the hypermobile and non-hypermobile groups. No significant differences were found between the asymptomatic hypermobile, symptomatic hypermobile and non-hypermobile groups in any of the tests. Based on the results, hypermobile individuals were more accurate in loading the lower limb compared to non-hypermobile individuals. The level of the position sense in individual joints did not differ between the groups. Therefore, there is no need for specific therapeutic interventions to influence conscious weight distribution and position sense for hypermobile individuals.

Keywords:

constitutional hypermobility, asymptomatic hypermobility, Beighton score, position sense, weight distribution, proprioception

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Ivany Hanzlíkové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 1. března 2024

.....

Děkuji Mgr. Ivaně Hanzlíkové, Ph.D., za veškerý věnovaný čas a trpělivost při psaní této práce. Rovněž bych chtěla poděkovat všem účastníkům studie za jejich čas a ochotu. Bez jejich spolupráce by tato práce nebyla možná.

OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Přehled poznatků.....	10
2.1	Propriocepce.....	10
2.1.1	Receptory.....	11
2.1.2	Neurologické testy a vyšetření propriocepce.....	15
2.1.3	Poruchy a dysfunkce propriocepce.....	20
2.2	Hypermobilita.....	22
2.2.1	Dělení hypermobility.....	22
2.2.2	Nový návrh klasifikace hypermobility.....	22
2.2.3	Prevalence konstituční hypermobility.....	24
2.2.4	Etiopatogeneze konstituční hypermobility.....	24
2.2.5	Klinické projevy spojené s hypermobilitou.....	25
2.2.6	Dysfunkce proprioceptivní funkce u hypermobilních jedinců.....	27
2.2.7	Hypermobilita jako rizikový faktorem muskuloskeletálních potíží.....	28
2.3	Klinické vyšetření hypermobility.....	29
2.3.1	Beighton skóre.....	29
2.3.2	Pětibodový dotazník Hakima a Grahama.....	31
2.3.3	Kritéria pro hypermobilní Ehler-Danlos syndrom.....	31
3	Cíle a hypotézy.....	34
3.1	Hypotézy.....	34
4	Metodika.....	35
4.1	Výzkumný soubor.....	35
4.2	Informovanost účastníků výzkumu.....	35
4.3	Metody sběru dat.....	35
4.3.1	Vyšetření hypermobility.....	35
4.3.2	Testování vědomého rozložení hmotnosti při statickém stoji.....	36
4.3.3	Testování statestézie.....	36
4.4	Statistické zpracování dat.....	38
5	Výsledky.....	39

5.1	Charakteristika výzkumného souboru	39
5.2	Výsledky testování statestézie	42
5.3	Výsledky testování vědomého zatížení dolní končetiny	46
6	Diskuse	50
6.1	Diskuse k metodice	50
6.2	Diskuse k výsledkům	51
6.3	Limity práce	54
6.4	Doporučení pro další výzkum	55
7	Závěry	56
8	Souhrn	57
9	Summary	58
10	Referenční seznam	59
11	Seznam zkratk	74
12	Přílohy	75
12.1	Informovaný souhlas	75
12.2	Vyjádření etické komise	76
12.3	Nová kritéria pro Ehler-Danlos syndrom	77

1 ÚVOD

Hypermobilita popisuje zvýšený aktivní či pasivní rozsah pohybu v kloubu nad běžnou fyziologickou normu. Tento rozsah pohybu může být jak vrozený, tak i získaný. Ovlivněny mohou být klouby všechny, ale i jen jeden. Spíše, než využívání tohoto termínu jako diagnózu je vhodnější jej využívat jako deskriptor (Castori et al., 2017). Důvod, proč je důležité se zabývat hypermobilitou, spočívá v tom, že v klinické praxi ovlivňuje volbu a směr vhodné terapie pro pacienta. Prevalence hypermobility v dospělé populaci je udáván v rozsahu 2–57 % (Al-Rawi et al., 1985; Remvig et al., 2007; Reuter & Fichthorn, 2019; Russek & Errico, 2016) u dětí a dospívajících je to v rozmezí 9–36 % (Blajwajs et al., 2023; Gyldenkerne et al., 2007; Sobhani-Eraghi et al., 2020). Studie (Smith et al., 2013) uvádí, že s hypermobilitou je spojená i snížená propriocepce.

Propriocepce je zásadní pro vnímání vlastního těla, jeho polohy a pohybu v prostoru. Nedávné studie odhalily, že proprioceptivní informace jsou důležité i pro správné hojení zlomených kostí (Blecher et al., 2017). Důkazy taky naznačují, že propriocepce hraje roli při učení se specifickým motorickým dovednostem, jelikož správné zpracování proprioceptivních informací je nezbytné k automatizaci pohybu (Han et al., 2016). Oliver Sacks (2015) řekl, že propriocepce je vždy přítomna, nikdy se nevnucuje, ale tiše vede každý náš okamžik.

Jakého charakteru je deficit v proprioceptci u hypermobilních jedinců, není zřetelné. Vzhledem k využívání mnoha klasifikací při popisování hypermobility byla vytvořena nová klasifikace, která uvedla pořádek ve využívaných termínech (Castori et al., 2017). Vzniká tak zásadní otázka, liší se deficity propriocepce napříč skupinami nové klasifikace hypermobility?

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Propriocepce

Jako poprvé zmíněný byl tento vjem jako „šestý smysl“, sirem Charlesem Bellem v roce 1821, který navrhoval, že k vědomému vnímání těla přispívají receptory uložené ve svalech (Prochazka, 2021). Termín propriocepce, který se využívá dodnes, se poprvé objevil až v roce 1906, kdy jej Sherrington podrobněji popsal ve své práci (McGee, 2017). Sherrington v této práci rozlišil exteroceptory, jež zachytávají informace z okolí a interoceptory, které zaznamenávají informace z vnitřních podnětů. Příkladem exteroceptorů jsou kožní receptory, příkladem interoceptorů jsou chemoreceptory zaznamenávající změny chemických látek v krvi (McGee, 2017; Rokyta, 2015). V české literatuře se lze setkat i s termínem hluboké čítí jako synonymem propriocepce (Opavský, 2003).

Propriocepce obsahuje složky vnímání vibrací, polohy a pohybu těla v prostoru. Vědomé vnímání pohybu je známo jako kinestézie nebo pohybovit. Vnímání polohy těla v prostoru bez zrakové kontroly je v českém jazyce nacházeno pod názvem statestézie či polohovit. V anglické literatuře však nelze nalézt podobného překladu jako je tomu u kinestézie („kinesthesia“), ale je pouze možné se setkat s termínem „sense of position“ často je však tento vjem rovnou řazen pod kinestézii. Stejně je tomu tak pro vnímání odporu a síly. Lze se setkat i s termínem somatognózie, což má podobnou definici jako polohovit, ale soustředí se na rozpoznání vlastního těla vůči okolnímu prostoru, kdy statestézie se soustředí na nastavení a rozpoložení těla jako celku. Úzce spjatá funkce s propriopecí je stereognózie, která prolíná vnímání sebe sama a poznání okolí bez využití zraku (Kolář, 2009; Opavský, 2003; Prochazka, 2021). Pro vnímání vibračního čítí je využíván termín palestézie (v anglickém jazyce „vibration sense“ nebo „pallesthesia“) (Opavský, 2003).

Propriocepce je zásadní pro adekvátní koordinaci pohybu a vývoj jedince (Prochazka, 2021). Pro porozumění percepci propriocepce je nutné brát v potaz, že se nejedná pouze o zpracování určitých sensorických signálů, ale záleží i na kognitivní schopnost jedince. Proprioceptivní zpracování je výsledkem jak kvality přicházejících informací, ale i schopnostmi jejich zpracování. Percepce je dotvářena pamětí a učením. Existují argumenty, že pokud by propriocepce byla závislá čistě na aferentaci nebylo by ji možné trénovat (Han et al., 2016).

Propriocepce je brána v potaz i v rámci studií o centrálních generátorech lokomoce (central pattern generators, dále CPGs), což jsou centra lokalizovaná v míše, které ovládají repetitivní pohyby jako je chůze. Jsou vysoce zkoumána na zvířatech, avšak o existenci na lidech není dostatek přímých důkazů (Bellegarda & Ijspeert, 2022; Gottschall & Nichols, 2007; Prochazka, 2021; Prochazka & Yakovenko, 2007a, 2007b). Existují předpoklady, že pohyb generovaný CPGs je schopen adaptace na změněné vnější podmínky vlivem propriocepce (Markin et al., 2010).

Význam propiocepce v řízení pohybu je jednoznačný, ale co se stane, když jedinec ztratí tuto schopnost? Odpovědi na tuto otázku jsou případové studie, jež zaznamenaly tuto poruchu. V minulosti byla možnost setkat se s kompletní ztrátou propiocepce častější, zejména v případech, kdy k této situaci docházelo při tabes dorsalis, jakožto manifestace pokročilých stadií nákazou syfilis (Gonzalez et al., 2019; Tatu & Bogousslavsky, 2021). Nyní dochází ke kompletním ztrátám propiocepce vyskytují u jedinců po traumatu, ischemie nebo infekci mozku a míchy (Kaner et al., 2020). Jak vypadá jedinec s izolovanou ztrátou propiocepce? Sherrington ukázal, že při přerušení zadních provazců míšních u opic dochází k paréze navzdory intaktním motorickým drahám (Kaner et al., 2020; Mott & Sherrington, 1895). Zrak může fungovat jako náhrada sensorické vazby, ale má své limity. Tyto poznatky byly pozorovány u jedinců s jednostrannou ztrátou propiocepce. Koordinace a timing svalů při pohybu na postižené straně nejsou tak efektivní ani se zrakovou kontrolou jako na nepostižené straně. Po ztrátě propiocepce měli pacienti problém s udržením konstantní síly dokonce i s vizuální zpětnou vazbou (Jeannerod et al., 1984). Pacienti s kompletní ztrátou propioceptivního vstupu ze svých končetin kvůli sensorické neuropatii měli potíže s provedením vícekloubových pohybů (Sainburg et al., 1995). Sharp et al. (1994) ukázali, že propioceptivní ztráta, ke které dochází při lézi kdekoli podél propioceptivních drah, od periferních nervů po mozkovou kůru, může vést k pohybové poruše nazývané pseudochoreoatetóza. Tato porucha může být projevem selhání striata při správném integrování kortikálních motorických a sensorických vstupů. Stejně tak další studie poukazyvaly na důležitost sensorické zpětné vazby pro řízení pohybu. Kato & Izumiyama (2015) ve své studii prezentují případ jedince s poškozenou sensorikou vlivem centrální mozkové příhody v gyrus postcentralis. U tohoto jedince se poškození projevilo tzv. aferentní parézou, kdy došlo ke ztrátě motoriky pravé končetiny, a to bez poškození kortikospinální dráhy. Tato aferentní paréza byla následně zpochybněna, protože pacienti s deaferentními končetinami byli schopni provádět jednoduché motorické úkony i bez zrakového vstupu, a navíc byli schopni provádět po zotavení i přesné pohyby. Příležitosti ke studiu role propiocepce v pohybu a mechanismům, které jsou základem motorického učení v nepřítomnosti propiocepce, jsou u lidí omezené. Mechanismy adaptace pacientů na ztrátu propiocepce jsou obtížně interpretovatelné u pacientů s cévní mozkovou příhodou kvůli variabilitě postižených oblastí mozku a obtížnosti při hledání případů izolované ztráty propiocepce (Kaner et al., 2020).

2.1.1 Receptory

Proprioceptivní informace jsou zaznamenávány mechanoreceptory, u kterých se využívá název propioceptory. Tyto receptory jsou součástí kloubů, svalů, vazů a šlach (Kittnar, 2011). Proprioceptory poskytují informace jak o poloze, tak i pohybů částí těla, avšak nedokážou zaznamenat délku jednotlivých částí, tudíž ani jejich absolutní postavení v prostoru. Proto je nutný referenční bod

v podobě tělesného schématu, z kterého se proprioceptivní informace mohou odečítat. Rovněž je znalost tělesného schématu nutná pro identifikaci části těla při pohybu bez zrakové kontroly (Longo & Haggard, 2010). Informace z kožních mechanoreceptorů rozmístěných v kůži okolo kloubů pomáhají k zaznamenání pozice kloubu a jeho směru pohybu. Svalové vřetenko a Golgiho tělísko jsou hlavními zprostředkovateli vnímání pohybu a polohy těla v prostoru (Kittnar, 2011; Latash & Lestienne, 2006; Prochazka, 2021; Véle, 2006).

Svalové vřetenko

Informaci o změně délky svalu zajišťují svalová vřetenka, tvořena intrafuzálními vlákny. Tyto vlákna jsou na obou stranách napojena na vlákna svalová (extrafuzální). Jednotlivá intrafuzální vlákna jsou ovinutá sensorickými zakončeními, které informují o deformaci těchto vláken. V případě, kdy dojde ke změně délky svalu, tak změní svou délku i intrafuzální vlákna, tím se deformuje sensorické zakončení a vzniknou akční potenciály, které o změně délky informuje vyšší centra (Véle, 2006).

Intrafuzální vlákna dělíme dle řazení jader na jádra s vakovitým uskupením jader (nuclear bag fibers), a jádra, která jsou uspořádaná za sebou do řetězce (nuclear chain fibers). Oba typy intrafuzálních vláken jsou ve střední části omotána sensorickými vlákny. Toto sensorické zakončení se nazývá anulospinární či primární. Tyto zakončení zaznamenávají rychlost a změnu délky svalu tudíž přispívají jak ve vnímání kinestézie, tak i statestézie. Zakončení druhého typu je keříčkovité neboli sekundární, zaznamenává informace z konce vláken, které mají jádra seřazena do řetězce. Keříčkovité zakončení se zaměřuje spíše na informace o statické délce svalu tedy vnímání pouze statestézie (Proske & Gandevia, 2009; Rokyta, 2015). Dalším rozdílem mezi těmito dvěma typy zakončení je typ nervových vláken, které je tvoří. Anulospirální nervová zakončení jsou tvořena nervovými vlákny typu Ia, která jsou charakterizovaná svou nejvyšší rychlostí v lidském těle. Keříčkovité zakončení je z vláken typu II, což jsou vlákna vedoucí informace pomalu (Latash, 2020; Véle, 2006).

Pokud dojde k protažení vřetenka, je aktivován napínací reflex. Sensorické dráhy převedou informaci v míše na alfa motoneurony předních rohů míšních daného segmentu. Odkud je zahájena svalová kontrakce daného svalu, což zapříčiní uvolnění napětí na vřetenku. To, jak citlivá jsou vlákna na změnu, je ovlivněno jejich napětím. Když se vlákna více natáhnou, budou citlivější na změnu jejich protažení. Natažení svalového vřetenka je ovlivněno jejich kontraktlní částí, jež je uložena na obou koncích vláken. Zkrácení na obou koncích způsobí, tedy zvýší citlivost na změnu. Tato oblast je ovládána skrze gama motoneurony řízenými z retikulární formace (Proske & Gandevia, 2012; Véle, 2006).

Golgiho šlachová tělíska

Zaznamenávají informace o síle kontrakce svalu na jejím přechodu na šlachu. Fungují na podobném principu jako svalová vřetenka, avšak jejich citlivost není regulována vyššími centry. Práh pro podráždění je mnohem vyšší. Pokud dojde k podráždění, spouští se obrácený napínací reflex. Skrze

dva interneurony na daném míšním segmentu dojde k inhibici agonisty a facilitaci antagonisty. Tímto je sval a šlacha chráněna před nadměrným protažením (Véle, 2006).

Kloubní receptory

Mechanoreceptory v kloubním pouzdře byly v minulosti brány jako hlavní propioceptory zajišťující informace o úhlu v kloubu, což je důležitá složka v percepci vlastního těla. První z protiargumentů se vyskytl v 70. letech, kdy se zjistilo, že frekvence akčních potenciálů v aferentních zakončení se mění až v krajních pozicích kloubu. Jejich vysoká citlivost na změnu napětí (izometrickou aktivitou svalů) a zánětlivé procesy v kloubu rovněž nepodporovala původní myšlenku. Jakýkoliv zánětlivý proces postihující kloub by tak ovlivňoval propiocepci v kloubu, což nebylo pozorováno (Latash, 2020). V rozporu bylo i zachování kinestézie a statestézie u kloubů po totální náhradě. Ač je po náhradě propiocepce zachována není úplně nepoškozena. Pravděpodobnější role kloubních receptorů je v zabránění situacím, které mohou potenciálně zapříčinit poškození kloubu (Latash, 2020).

Vznik akčního potenciálu informující o protažení kloubního pouzdra vychází hlavně ze strany, která se při pohybu protahuje. Rozdíl potenciálů vycházející z kloubního pouzdra mezi stranou, která je protažená, a stranou, která je uvolněná určuje výsledný úhel v kloubu. Údaje o poloze jsou vnímány receptory s pomalou adaptací, tyto receptory jsou také označovány jako ruffiniformní tělíska. Údaje o pohybu zprostředkovávají receptory s rychlou adaptací, taktéž udávána jako paciniformní tělíska (Rokyta, 2015; Véle, 2006).

Kožní receptory

Hloubka receptorů reagující na různé podněty závisí na typu vnímané modality. Merkelovy disky registrují dotyk a lehký tlak. Nachází se na periférii epidermis, spolupracují s volnými nervovými zakončení okolo vlasových folikulů při podráždění vlasů či chlupů. Hluběji, a to v papilách škůry, se nacházejí rychle adaptabilní Meissnerova tělíska. V největším množství těchto mechanoreceptorů je na konečcích prstů. Ruffiniho tělíska lze nalézt hluboko ve škůře. Jsou nejvíce citlivá na změnu natažení kůže, a to obzvláště při pohybu. Vibrace jsou schopny zaznamenat Vater-Paciniho tělíska (Rokyta, 2015). Receptory adaptující se rychle na dotyk a tlak, informují o zahájení a ukončení dráždění na mechanoreceptoru. Pomalu adaptující se mechanoreceptory vnímají intenzitu tlaku. Frekvence vzniklých akčních potenciálů je závislá na síle dráždění. Přesnost určení místa dráždění je závislá na množství mechanoreceptorů v dané oblasti. Paměť a dřívější zkušenosti také hrají určitou roli, díky tomu lze vnímat dráždění skrze věci, jako jsou psací potřeby či příbor (Kittnar, 2011).

Vedení informací do centrální nervové soustavy

Zaznamenané informace jsou vedeny axonem z receptorů do spinálního ganglia, kde je uloženo tělo prvního neuronu. Informace jsou následně vedeny skrze zadní provazce míšni pomocí dvou svazků. Fasciculus gracillis přenáší informace povrchového i hlubokého cití z dolních končetin a spodní poloviny

trupu. Fasciculus cuneatus je určen pro obdobný přenos informací z horních končetin a horní poloviny trupu. Oba svazky se v prodloužené míše přepojí na druhý neuron, následně se zkříží a pokračují do talamu. V talamu dojde k poslednímu přepojení a to na 3. neuron, který posílá údaje do gyrus postcentralis, což je místem primární somatosenzorické kůry. Takto je vedena vědomá propriocepce. Nevědomá propriocepce je přenášena skrze spinocerebellární dráhy, které posílají část informací do mozečku, talamu a ostatních sensorických center (Hudák & Kachlík, 2015; Vega & Cobo, 2021).

Dílicí role jednotlivých proprioceptorů

Svalových vřetének je v těle okolo třiceti tisíc, podle studiích na zvířatech je tomu podobně u šlachových tělísek. Získané informace jsou doplněny o informace z receptorů z kloubů, vazů a fascií. Pro srovnání: počet receptorů s myelinizovanými vlákny vedoucích informace z kožních receptorů je mnohem vyšší než vláken vedoucích informace ze svalových vřetének. Pouze na jedné ruce je kolem sedmnácti tisíc kožních receptorů. I pouhé napnutí kůže při pohybu přispívá k jeho vědomému vnímání. Vnímání je i dotyk jednotlivých částí těla vůči sobě a vůči okolí (Prochazka, 2021). Přestože je kožních receptorů více a pomáhají k proprioceptivnímu vnímání, svalová vřeténka mají nepostradatelný význam (Allen, Ansems, & Proske, 2007; Proske & Gandevia, 2009, 2012). Jedna ze studií Allen et al. (2007) se zabývala změnou frekvenci výbojů akčních potenciálů ve svalovém vřeténku. V rámci studie byly svaly podrobeny excentrické kontrakci. Následně byly podrobeny testování, kde se zjistilo, že ve výsledcích docházelo k systematickým chybám. Vlivem excentrické kontrakce dochází k protažení svalových vřetének. Větší protažení generuje vyšší výboj akčního potenciálu ze svalových vřetének. To je mozkiem interpretováno tak, že sval je protaženější, než ve skutečnosti je. Tento výsledek poukazuje nejen na nezaměnitelnou funkci svalových vřetének při vnímání polohy a pohybu, ale i na vliv předešlé aktivity svalu na vnímání polohy (Allen et al., 2007; Proske & Gandevia, 2009; Walsh et al., 2006). Podobně i aplikací vibrací či elektrické stimulace lze zkreslit vnímání polohy v centrální nervové soustavě (CNS), tak aby vzniklý vjem odpovídal anatomicky nemožným kloubním úhlům (Capaday & Cooke, 1981; Craske, 1977; Gandevia, 1985; Proske & Gandevia, 2012).

Existují dva nevyřešené problémy týkající se vnímání statestézie pomocí svalových vřetének. Prvním je, že během běžného pohybu může docházet ke zkreslení informací vlivem změny délky šlachy. V tomto případě nastává rozdíl mezi skutečnou délkou svalu a vnímanou délkou svalu. Přívod akčních potenciálů ze svalových vřetének tudíž může být zkreslen vlivem změny délky šlachy svalu (Prochazka, 2021). Druhým problémem a otázkou je, jak mozek rozeznává mezi vlastní modulaci napětí svalových vřetének skrze gama motoneurony oproti dráždění vláken skrze vlastní protažení. Jakým způsobem dochází k extrakci informací o poloze a pohybu? Jsou předpoklady, že při regulaci napětí je kopie o změně odeslána do mozečku, kde je následně odečtena od přicházejícího vstupu z periferie (Proske & Gandevia, 2012; von Holst, 1954). Prochazka (2021) poukazuje, že tento systém nebude takto

přímočarý. Jiné předložené teorie (Capaday & Cooke, 1981) uvádějí, že informace o poloze a pohybu se dostávají do vědomí z antagonisty. Takhle by došlo k přehlížení aktivity gama motoneuronů při společné aktivaci alfa motoneuronů agonistů.

2.1.2 Neurologické testy a vyšetření propriocepce

Vyšetření reflexů

Výbavnost proprioceptivních (napínacích či myotatických) reflexů je nezbytnou součástí neurologického vyšetření, jež pomáhá v diagnóze neurologických onemocnění. Vyšetřující je při správném provedení a interpretaci schopen odlišit patologii horního a dolního motoneuronu. Pokud je reflex snížený či nevýbavný (hyporeflexie či areflexie), tak je pravděpodobně postižen dolní motoneuron. Poškození se v tomto případě týká motoneuronů předních rohů míšních, periferních nervů a jader hlavových nervů. Příklady příčin mohou být traumata, periferní demyelinizace či komprese. Hyperreflexie je přítomna při poruchách horního motoneuronu a je přítomna spolu se spasticitou. Důvodem je snížená inhibice alfa motoneuronů a zvýšená aktivita gama motoneuronů. Mezi etiologie těchto patologií patří onemocnění postihující mozek a míchu jako jsou centrální mozkové příhody, tumory, infekce či centrální demyelinizace (Kittnar, 2011; Rodriguez-Beato & De Jesus, 2023). Kvalita a kvantita testovaného reflexu vypovídá o celkovém stavu CNS. Odpověď je závislá na aferentaci, fázi dechu či emočnímu stavu jedince (Véle, 2006). Testování myotatických reflexů je jedním z prvků komplexního vyšetření a je vhodné jej doplnit dalšími testy nezbytné k diagnostice.

Vyšetření kinestézie

Testování vnímání pohybu je ideální testovat na akrech končetin. Vyšetřující by měl velice pomalu přesouvat danou část do jednoho směru, následně by tento směr měl být popsán vyšetřovaným. Doporučováno je udržovat úhlovou rychlost pohybu $3^\circ/s$. Je nutné vyšetřovat pacienta se zavřenýma očima. Ideální kontakt vyšetřujícího s vyšetřovaným je takový, aby vyšetřovaný nedokázal rozpoznat směr pohybu dle přiložení rukou terapeuta (Kolář, 2009; Véle, 2006). Opavský (2003) doporučuje, že při testování na akrech by měl být kontakt se všemi prsty a samotné testování by bylo zaměřeno pouze na jeden z nich. Díky tomuto způsobu je možné diferencovat testování hlubokého čítí s povrchovým. Obdobou tohoto testu je práh detekce pasivního pohybu, v cizojazyčné literatuře pod názvem „threshold to detection of passive motion“ (TTDPM). Při tomto testu je využíváno přístroje, u kterého je možnost přesného nastavení úhlové rychlosti. Krom zraku je omezen i sluch pomocí sluchátek. Při detekci pohybu je vyšetřovaný instruován zmáčknout tlačítko značící zastavení pokusu. Následně musí testovaný sdělit směr, který se daný segment pohyboval.

Pokud sdělený směr je špatný pokus se opakuje. Výsledek se zhodnotí z 3 až 5 měření (Han et al., 2016; Røijezon et al., 2015).

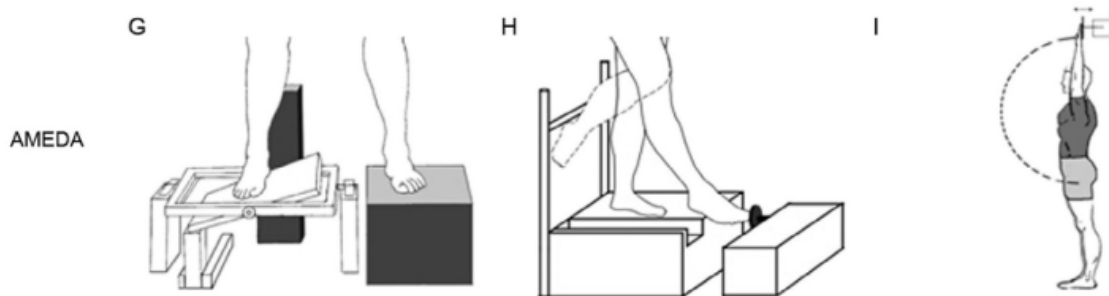
Vyšetření statestézie

Testuje schopnost pacienta identifikovat polohu těla v prostoru. Vyšetření probíhá tak, že terapeut nastaví pacientovi jednu končetinu nebo její segment do určité polohy a následně je pacient vyzván, aby tu stejnou polohu replikoval na druhostranné končetině. Aby byla vyšetřena pouze schopnost statestézie je nutné omezit zrakový vjem pacienta (Véle, 2006). V anglickém jazyce lze toto vyšetření najít jako „contralateral joint position reproduction“ (CJPR). Pro testování pouze jedné strany je využit „ipsilateral joint position reproduction“ test (IJPR). U tohoto typu vyšetření je nutné si zapamatovat pozici nastavenou vyšetřujícím poté co je daný segment do ní nastaven. Na počátku testování vyšetřující přesně instruuje pacienta o průběhu testování. Vyšetřovaný je informován, že během testování mu vyšetřující či přístroj nastaví danou část těla z výchozí pozice do cílové pozice, následně je testovaný požádán, aby si danou pozici zapamatoval a vrátil se do výchozí pozice. Posledním krokem je návrat do cílové pozice. Až si vyšetřovaný je jistý finální pozicí, informuje o tom vyšetřujícího. Vyšetřující následně porovná odchylku mezi cílovou pozicí nastavenou jím samým a vyšetřovaným. Pro ozřejmění lze využít goniometr. Během celého procesu je nutné mít zavřené oči nebo je možnost využít masky na oči (Han et al., 2016).

Společným faktorem předešlých testů byla pasivita testovaného v nastavení do cílové polohy a zabránění zrakové zpětné vazby. Tomuto se vyhýbá testování AMEDA, což je zkratka pro „active movement extent discrimination assessment“, kdy je hodnocena diskriminace aktivního pohybu. Pro tento typ testování je nutný speciální přístroj, který byl ze začátku určen pouze k zhodnocení proprioceptivní funkce při inverzi kotníku (Obrázek 1). V posledních letech byl sestaven pro další klouby a segmenty páteře. V rámci testování je vyšetřovaný seznámen s pěti předem definovaných pozic, do kterých je mu umožněn pohyb. Vyšetřovaný má tři pokusy si zapamatovat každou z pozic. V další fázi je vyšetřovanému uvolněna pozice přístrojem do jedné z pěti pozic. Po zaujmutí cílové pozice a návratu do výchozí je vyšetřovaný tázán jakou pozici právě zaujal. Každá pozice je prezentována desetkrát v náhodném pořadí. Celkově se tedy jedná o šedesát pět pokusů, kdy studie udává, že čas délky měření zabere deseti minut (Han et al., 2016; Waddington & Adams, 1999).

Obrázek 1

Testování dle protokolu AMEDA (Han et al., 2016)



Poznámka: G = přístroj k testování inverzi a everzi v kotníku, H = přizpůsobený přístroj na kolenní kloub, I = přizpůsobení pro ramenní kloub.

Jak již bylo zmíněno výše (kapitola 2.1.1. Receptory) předešlá aktivita svalu může ovlivňovat přesnost testování statestézie. Příčinou tohoto problému je tixotropie svalových vřetének, což je pasivní mechanická vlastnost svalu závislá na předchozí kontrakci a změně délky svalu. Zdrojem této vlastnosti je přítomnost dlouhou trvajících můstků mezi aktinem a myozinem v sarkomerách intrfuzálních a extrafuzálních svalových vláken. Přítomnost těchto můstků je podmíněna počátečním zvýšeným třením při protažení. Tření vyvolá zvýšené napětí, které klesá po kontrakci svalu. V následné relaxaci svalu dochází k vytvoření těchto můstků komponentou SREC (short-range elastic component), která zapříčinila počáteční tření. Pokud následně nastane zkrácení svalu, nedojde k úplnému rozpadu můstků. Výsledkem je neschopnost svalového vlákna se zkrátit na požadovanou délku, což vyústí v ochabnutí. Ochabnutí v tomto případě znamená, že vzdálenost mezi dvěma úpony je menší, než skutečná délka svalu (či svalového vlákna). V případě svalového vřeténka tak vlivem zkrácení vláken dochází k volnému omotání sensorickým vláknem, která ztrácí svou citlivost. Vytváření můstků je nejprominentnější při krátkých a středně dlouhých délkách svalů, kdy během protažení dochází k uvolnění těchto vazeb (Proske & Gandevia, 2012). Z tohoto důvodu je doporučena izometrická kontrakce při testování a to zejména po pasivním nastavení cílové pozice (Proske & Gandevia, 2012; Röijezon et al., 2015).

Orientaci těla v prostoru je jeden z aspektů propiocepce. Je možné ji testovat pomocí stoje se zavřenými očima o normální bázi a ve stoji spojném. Hodnocena je celková stabilita, míra titubací, aktivita šlach prstců a stranové odchylky v postuře (Véle, 2006). Rovněž schopnost vědomě zatížit dolní končetinu více či méně testuje nejen posturální funkce, ale i propiocepci. Testovat lze pomocí zkoušky dvou vah, kdy při pro jedince normálním nekorigovaném stoji by neměl být rozdíl mezi končetinami větší než 7–8 % jeho celkové hmotnosti (Opavský, 2015). Vědomé zatěžování dolních končetin se uplatňuje zejména po operacích, kdy je omezena plná zátěž na danou končetinu. Dle studie, která byla provedena mezi zdravotnickým personálem zjistili, že zpravidla docházelo k podhodnocování zatížení

při statickém stoji. V rámci této studie měli jedinci zatížit dolní končetinu na 20 a 50 %, avšak naprostá většina zdravých jedinců zatěžoval končetinu méně, než by měla. V rámci tréninku s pacienty je tak využívání tréninku zatížení jak při statickém stoji, tak i v pohybu (Thompson et al., 2018).

Vyšetření palestézie

Vnímání vibrací se vyšetřuje pomocí 128 Hz graduované ladičky, což je ladička, která má vyznačenou stupnici. Vyšetřující rozvibruje ladičku a přiloží ji na kostní výběžek vyšetřovaného. Mezi testována místa patří interfalangeální klouby prstů, maleoly či processus styloideus radii. V momentě, kdy vyšetřovaný přestane cítit vibrace informuje o tom vyšetřujícího. Hodnota, jež je v tu dobu na stupnici, je zaznamenána. Jako patologické se udávají hodnoty nižší než 3,5 z 8 (Kolář, 2009; Opavský, 2003). Lze hodnotit i za jak dlouhou dobu vyšetřovaný přestane vibrace vnímat. Je důležité porovnat s druhou stranou a opakovat jednotlivé pokusy (Véle, 2006). Nověji pro vyšetření palestézie se využívá i elektrický vibrometr, jež je citlivější při detekci rozdílů prahových hodnoty než ladička. Studie označují vibrometr jako zlatý standard měření palestézie (Marcuzzi et al., 2019; Peters et al., 2003).

Vyšetření stereognózie

Kolář (2009) udává, že poznat okolní prostředí je podmínkou záměrného pohybu. Tato schopnost vyžaduje neporušené povrchové a hluboké čítí. Fungující kognitivní složka je podmínkou. Při testování je vyšetřovanému dán do dlaně malý objekt běžné potřeby, jako je například pero, hřebek, klíč či kancelářská spona. Doporučuje se otestovat alespoň 5 různých předmětů. Vyšetřovaný musí poznat předmět podle hmatu, indicie získává na základě velikosti, hmotnosti, tvaru či materiálu (Bigley, 1990; Opavský, 2003).

Stereognózií lze testovat i pomocí Petrie testu. Součástí sady určenou pro tento test je hranol a kvádr, přičemž šířka kvádru je shodná se střední částí hranolu. Vyšetřovaný by tuto sadu neměl zahlédnout před ani během testování. V první fázi testování si musí vyšetřovaný zapamatovat šířku kvádru, kterou v další fázi musí určit na hranolu. Výsledek tak je buď přesný, nadhodnocen či podhodnocen (Kolář, 2009).

Vyšetření somatognózie

Otestovat, jak jedinec vnímá své tělo vůči okolí, lze tak, že jej požádáme, aby zavřel oči a pomocí svých rukou ukázal šířku nebo délku částí jeho těla. Příkladem testování je ukázání šířky ramen ve vertikální rovině či délky nohy v horizontální rovině. Pozice, v jakých měření má probíhat, nejsou definovány a vyskytují se napříč literaturou v různých formách. Ověření předvedené a skutečné vzdálenosti je porovnáváno pomocí krejčovského metru (Kolář, 2009).

Limity testování

Některé studie udávají, že testy jako jsou TTDPM, CJPR a IJPR nepřispívají k porozumění role propiocepce v běžném životě z důvodu, že testování je natolik rozdílné od běžného fungování (Han et al., 2016; Laszlo, 1992). Testování pomocí přístroje AMEDA se sice přibližuje běžným podmínkám, ale je nutné využívat drahého vybavení (Han et al., 2016). Mezi limitace těchto studií patří, že obsahují kognitivní složku a měří propiocepci indirektivně (Röijezon et al., 2015). Při volbě mezi jednotlivými testy je nutné brát v potaz poruchy, které by vyšetření mohly zkreslit. IJPR test není vhodný pro osoby, které by mohly mít problém s pamětí, zde by bylo vhodné využít právě CJPR. Na druhou stranu test CJPR je náročný na přenos informací mezi hemisférami, tudíž jedinci s asymetrickým poraněním mozku by byli znevýhodněni. Při testování CJPR také nelze přesně určit, zda je deficit v propiocepci referenční či testované končetiny, nebo v porušené motorice (Goble, 2010).

Dominance horní končetiny může hrát roli při testování. Dle studie Goble (2010) je schopnost replikace polohy přesnější na nedominantní končetině než na té dominantní. Schopnost replikace určitých poloh je vázána pouze na propioceptivní stimuly. Dominantní končetina zase exceluje v replikaci určitých poloh v závislosti na zraku. Rozdíl v těchto schopnostech může být vysvětleno jejich funkcí. Stejná studie Goble (2010) tvrdí, že dominantní končetina vyžaduje zrak pro jemnou manipulaci jako je třeba stříhání. Nedominantní je zase častěji držena mimo zrak a čerpá skrze taktilní a propioceptivní zpětnou vazbu.

Síla a rychlost nastavení segmentů do cílové pozice není standardizována. Pokud vyšetřovaný aktivně nastaví testovaný segment do cílové pozice, bude přesněji určovat pozici v kloubu, než kdyby segment byl nastaven pasivně. Svalová aktivita v tomto případě změní aferentaci získávanou svalovými vřeténky (Suprak et al., 2007). Rychlost, kterou vyšetřující nastavuje segment do cílové polohy, může zkreslit její vnímání. Pokud stráví nastavením více času, vnímání cíle se může jevit vzdálenější od výchozí pozice, než ve skutečnosti je (Goble, 2010). Taktéž výchozí pozice hraje roli v přesnosti vnímání polohy. Tato variabilita byla identifikována při vyšetřování statestézie v bederní páteři (Preuss, Grenier, & McGill 2003). Z důvodu vysokých nároků na pozornost a někdy vysokou komplexitu testování se těžko testují děti (Goble, 2010; Holst-Wolf, Yeh, & Konczak, 2016).

Schopnost správného určení polohy v kloubu může být ovlivněna svalovou únavou. Ač je provedení izometrické kontrakce při testování doporučováno, je nutné brát v potaz faktor svalové únavy, který může zvýšit šanci chyb v percepci. Aktivace svalu je tedy doporučována, ale nesmí sval unavit. Jak již bylo zmíněno výše, excentrická kontrakce zapříčinila nárůst chyb v měření. Podle nových předpokladů je hlavním faktorem nejen přílišné protažení svalových vřetének, ale i svalová únava (Proske, 2019).

2.1.3 Poruchy a dysfunkce propiocepce

V návaznosti na předchozí kapitulu, zaměřující se na vyšetření propiocepce, je na místě zmínit její poruchy a dysfunkce. Cílem této kapitoly není podrobný popis jednotlivých onemocnění, které určitým způsobem vyústí v porušenou schopnost percepce propioceptivních vjemů, ale uvést do přehledu této široké škály poruch. V návaznosti budou zmíněny i fyziologické stavy ovlivňující propiocepci (např. stárnutí), jež během ontogeneze proběhnou.

Propriocepce se nevěnuje pouze vnímání polohy a pohybu, ale tvoří ucelenou představu našeho tělesného schématu. V případě, kdy člověk ztratí tuto funkci je prvním příznakem ztráta sebe sama (Gallagher & Cole, 1995; Proske, 2019). Jednotlivé onemocnění a poruchy propiocepce mohou být roztřízeny následovně:

- 1) Vrozené, vývojové a získané poruchy centrální nervové soustavy. Příklady mohou být dětská mozková obrna, centrální koordinační porucha, cévní mozková příhoda, roztroušená skleróza, Parkinsonova choroba, amyotrofická laterální skleróza, attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) či poruchy autistického spektra (PAS) (Armitano-Lago et al., 2021; Goldlist et al., 2022; Kindgren et al., 2021; Kolář, 2009; Lefaivre & Almeida, 2015; Ribeiro et al., 2011). V případě PAS je propiocepce obzvláště důležitá. Jelikož jedinci s PAS mají problém s integrací zrakových vjemů do tvorby rovnovážných programů, tudíž spoléhají více na propioceptivní stimuly (Armitano-Lago et al., 2021; Morris et al., 2015).
- 2) Poruchy způsobené systémovým onemocněním. Zde hrají ústřední roli periferní neuropatie s prevalencí 2,4 %, s nárůstem až na 8 % u starší populace. Je způsobená širokou škálou příčin, včetně metabolických, systémových a toxických faktorů. Nejčastější metabolickou příčinou je diabetes mellitus, kdy diabetická polyneuropatie se objevuje až u poloviny jedinců. Mezi autoimunitní onemocnění způsobující neuropatie lze zmínit revmatoidní artritidu či Guillian-Barré syndrom (Hammi & Yeung, 2022; Hughes, 2002).
- 3) Poruchy spojené s poškozením a degenerací muskuloskeletálního systému, kde lze zařadit stavy, jako jsou dislokace kloubů, ruptury vazů a šlach či zlomeniny kostí. Dále pooperační stavy, jako jsou traumata či whiplash syndrom. V neposlední řadě lze uvést osteoartrózu (Hassan et al., 2001; Mendelsohn et al., 2004; Treleaven et al., 2016; Wada et al., 2002).

Změny propiocepce zapříčiněné stárnutím

S rostoucím věkem dochází ke změnám v architektuře svalu. Jsou předpoklady, že snížená poddajnost šlach a změny v délkách svalových vláken ovlivňují schopnost svalových vřetének informovat a reagovat na aktivní a pasivní protažení. Změny vlastnosti šlach stejně tak budou ovlivňovat Golgiho šlachová tělíska (Landelle et al., 2018; Verschueren et al., 2002). S věkem se mění

celková stavba svalových vřetének, kdy klesá počet intrafuzálních vláken, zvětšuje se tloušťka jejich pouzdra a u některých dochází k denervaci (Liu et al., 2005; Swash & Fox, 1972). Studie Kim et al. (2007) tvrdí, že snížená propiocepce je důsledkem zhoršené citlivosti primárních nervových zakončení svalových vřetének, která se s věkem přibližují svým vzhledem k sekundárním. Tyto studie byly prováděny na krysách a pouze poukázaly na možnost aplikací těchto výsledků do nadcházejících výzkumů, které by se zabývali změnami jejich funkcí (Proske & Gandevia, 2012). Zhoršená schopnost vnímání polohy byla v kontextu s věkem prokázána v kolenním a hlezenním kloubu (Madhavan & Shields, 2005; Petrella et al., 1997). Na horních končetinách zase v lokti a v kloubech prstů. Taktéž vnímání pohybu klesá v těch samých kloubech (Landelle et al., 2018; Proske & Gandevia, 2012). V kloubech prstů se vnímání změnilo jen při velmi pomalých pohybech. Aby se zjistilo, na jakém principu k těmto změnám dochází, byly použity vibrace pro rozhození vnímání proprioceptorů. Aplikace vibrací na šlachy musculus tibialis anterior vede ke změněné percepci vnímané polohy. Původní hypotéza, založená na základě dostupných neurofyzilogických a behaviorálních studií byla, že vnímání vibrací bude zhoršeno z důvodu degenerace funkce svalových vřetének spojenou s věkem. Výsledky vibračního experimentu však ukázaly, že vibrace mají větší účinek na vnímanou polohu u starších jedinců než u mladší populace. Tyto výsledky tak naznačují, že svalová vřeténka neztrácejí svou funkci, a že informace o poloze a pohybu jsou zpracovány podobně napříč věkem. Studie vyvolala otázku, co tedy ovlivňuje zhoršenou propiocepci u starších jedinců? Při testování bylo dolní končetinou pohybováno pasivně, tudíž informace ze šlachových tělísek byly minimální. Kloubní receptory zastávají informační funkci spíše z maximálních rozsahů pohybu. Bylo tedy navrženo, že role kožních receptorů ve vnímání polohy a pohybu je větší, než se předpokládalo. Větší efekt vibrací na starší populaci může poukazovat na to, že s věkem se mění integrace informací z různých receptorů. Starší populace je pravděpodobně více závislá na údajích přicházející ze svalových vřetének, než z kožních receptorů (Verschueren et al., 2002). Systematický přehled z roku 2017 potvrzuje, že s věkem dochází ke snížené schopnosti zhodnocení relevantních a irelevantních sensorických informací (de Dieuleveult et al., 2017). Důvodem, proč je zkoumána právě propiocepce u starší populace je asociace poruch propiocepce s vyšším rizikem pádu. Pády u lidí starších 65 let vedou nejen ke zranění, ztrátám nezávislosti, socioekonomickým problémům, ale i k úmrtím způsobeno následky pádu. Protože k pádům dochází většinou při pohybu je nutné evaluovat jak se jeho vnímání mění s věkem (Madhavan & Shields, 2005; Manchester et al., 1989; Verschueren et al., 2002).

2.2 Hypermobilita

Kloubní hypermobilita je termín, který definuje schopnost kloubu se pohybovat aktivně a/nebo pasivně nad fyziologické limity rozsahu pohybu (ROM) (Castori et al., 2017; Janda, 2001; Kolář, 2009). Hypermobilita však slouží spíše jako označení schopnosti kloubů než jako samostatná diagnóza. Může existovat buď izolovaně, ale i jako součást syndromů. Zvýšený ROM může být jak vrozený, tak i získaný. Ovlivněny mohou být klouby všechny, ale i jen jeden (Castori et al., 2017).

2.2.1 Dělení hypermobility

V rámci literatury je možné se setkat s mnoha termíny v dělení hypermobility. Nyní budou popsány ty základní.

- 1) Lokalizovaná hypermobilita nebo mono artikulární se objevuje jen u jednoho kloubu. Lokalizovaná forma může být zděděna nebo získána traumatem, onemocněním kloubů či souviset s tréninkem (Simmonds, 2022). Zvětšený rozsah v extenzi v kolenním kloubu je spojený s plaveckým tréninkem (Hahn et al., 1999), větší rozsah kyčlí s gymnastikou (Skopal et al., 2020) a rozsahy v kloubech prstů zase u flétnistů (Artigues-Cano & Bird, 2014). Výsledky poukazují na adaptaci, jež je specifická pro jednotlivé sporty či aktivity.
 - a. Kompenzační hypermobilita je termín využíván, kdy hypermobilita vznikla na základě omezení rozsahu pohybu (a to blokádou či fixací) v okolních kloubech (Kolář, 2009).
 - b. Patologická hypermobilita je další variantou získané hypermobility, kdy vlivem zranění či onemocněním daného kloubu či okolní tkáně vyústilo v lokálně zvětšený rozsah pohybu. Někdy je však využíváno termínu kloubní nestabilita (Kolář, 2009).
- 2) Konstituční neboli generalizovaná hypermobilita postihuje více kloubů, avšak oproti periferní hypermobilitě není lokalizována na určité části těla (Castori et al., 2017).
 - a. Konstituční hypermobilita se vyskytuje i u vybraných neurologických onemocnění. Kolář (2009) udává, že je to vlivem zvýšené pasivity a řadí sem hypermobilitu u dětské mozkové obrny, a to formy dyskinetické a mozečkové, Downova syndromu či následkem hypotonie u ADHD.

2.2.2 Nový návrh klasifikace hypermobility

V průběhu let bylo využíváno mnoho různých termínů a klasifikací pro hypermobilitu. Za problémem stála nejednotná etiologie a prolínání hypermobility s jinými onemocněními. Z tohoto důvodu byla navržena nová klasifikace, která vznikla jako reakce na absenci jednotného systému. Cílem bylo vytvoření nové klasifikace a tím dosažení jednotnosti ve využívaných termínech. V minulosti byl

často využívaný termín hypermobilitní syndrom, jež vysvětloval projevy v pohybovém aparátu spojené s hypermobilitou (Castori et al., 2017). Ač je tento termín stále využíván jako kód M35.7 Syndrom hypermobility v Mezinárodní klasifikaci nemocí v nové klasifikaci hypermobility byl zrušen (Castori et al., 2017; MKN-10, 2023). Hlavním důvodem pro zrušení bylo překrývání jednotlivých stavů. Těmito stavy byly Ehler-Danlos syndrom hypermobilitního typu (hEDS) a hypermobilitní syndrom. Tyto dvě poruchy byly původně rozpoznány různými sadami diagnostických kritérií. Problém nastával v celkové podobnosti těchto testovacích sad (Beighton et al., 2012; Grahame et al., 2000). Nová klasifikace rozděluje hypermobilitu do tří skupin:

1) Asymptomatická hypermobilita

Do této skupiny lze zařadit všechny jedince, u kterých se hypermobilita projevuje pouze nadměrným rozsahem v kloubu bez jakýchkoliv dalších symptomů pojících se s hypermobilitou. Zde lze zařadit jedince jak s vrozenou, tak i získanou hypermobilitou. Rovněž se zde řadí jedinci s lokalizovanou, periferní a konstituční hypermobilitou (Castori et al., 2017).

2) Hypermobilita spojená s již definovanými syndromy

Tato kategorie zahrnuje již zmíněný hEDS, avšak pro zařazení je nutno využít nová diagnostická kritéria. Dle nové diagnostiky je nutné, aby pacient měl pozitivní Beightonovo skóre (BS), pozitivní alespoň dvě ze tří kategorií (muskuloskeletální projevy, systémové projevy a historie v rodině) a v neposlední řadě musí být vyřazena jiná onemocnění (Malfait et al., 2017). Krom hEDS, zde patří diagnózy jako Marfanův syndrom, osteogenesis imperfecta a jiné vzácné onemocnění (Castori et al., 2017).

3) Symptomatická hypermobilita

Poslední skupina vznikla pro jedince, kteří nespádají do předchozích skupin. Vyplňuje tak mezeru mezi asymptomatickou hypermobilitou a hypermobilitou spojenou s definovanými syndromy. Patří zde jedinci, kteří nesplnili kritéria pro diagnostiku hEDS, ale trpí symptomy pojící se s hypermobilitou. Pokud je v odborné literatuře zmíněn termín *poruchy hypermobilitního spektra* je většinou myšlena tato skupina. Stejně jako je tomu u skupiny asymptomatické hypermobility jsou i zde jednotlivé podskupiny. Krom konstituční (G-HSD), periferní (P-HSD) a lokalizované (L-HSD) poruchy hypermobilitního spektra je zde i historická (H-HSD). Pro zjištění přítomnosti hypermobility v minulosti je využíván dotazník. I přes nepřítomnost hypermobility může v minulosti zjevná hypermobilita vysvětlovat současné problémy jež jsou s hypermobilitou spojeny. Historická hypermobilita se týká situace, kdy jedinec v minulosti získal dostatek bodů v BS pro zařazení do skupiny hypermobilitních, avšak nyní mu chybí do tohoto zařazení jeden bod. Tato původně neexistující skupina je zařazena v nové klasifikaci (Castori et al., 2017).

Je klinicky variabilní a etiologicky nevysvětlená. Hypermobilita se zde projevuje v různých vzorcích spolu s bolestí, při nepřítomnosti genetického syndromu (Morlino & Castori, 2023)

2.2.3 Prevalence konstituční hypermobility

Pokud se vezmou v potaz dostupné studie lze nalézt velký rozptyl v datech udávající prevalenci hypermobility. Výskyt hypermobility v dospělé populaci je udáván v rozsahu 2-57 % (Al-Rawi et al., 1985; Remvig et al., 2007; Reuter & Fichthorn, 2019; Russek & Errico, 2016). Hlavní faktor limitující diagnostiku je nejednotnost využívaných testů. Ač se v praxi nejčastěji využívá Beightonovo skóre není shoda na interpretaci výsledků, kdy množství bodů nutných pro vyhodnocení jedince jako hypermobilního se liší napříč studiemi (Bockhorn et al., 2021). Novější studie (Demmler et al., 2019) provedena na populaci ve Walesu zjistila, že na každých 500 jedinců, připadá 1 s hypermobilitou. V menších studiích na britské populaci byla hypermobilita nalezena u 30 % dospělé populace navštěvující primární lékařskou péči (Connelly et al., 2015) a u 37-39 % jedinců docházejících na kliniku zabývající se bolestí a specializované revmatologické pracoviště (To et al., 2017). U studentů v Číně byl výskyt hypermobility určen na 14,4 % u žen a 5,8 % u mužů (Zhong et al., 2021). V Singapuru u populace ve věku 15-39 let byla prevalence určena na 17 % (Seow et al., 1999). Rozdíl v zastoupení je napříč pohlaví, věkem a etnicitou. Častěji se objevuje u žen (Demmler et al., 2019; Gyldenkerne et al., 2007; Janda, 2001; Juul-Kristensen et al., 2017). Převaha žen napříč hypermobilními jedinci zůstává i s přibývajícím věkem (Seow et al., 1999).

Prevalence u dětí a dospívajících je udávána v rozmezí 9–36 % (Blajwajs et al., 2023; Gyldenkerne et al., 2007; Sobhani-Eraghi et al., 2020). Stejně jako je tomu u dospělé populace prevalence je častější u dívek než u chlapců. S přechodem do dospělosti se počet hypermobilních snižuje (El-Garf et al., 1998; Janda, 2001; Sobhani-Eraghi et al., 2020). V závislosti na etnicitě byl výskyt nejčastější u asijské populace, kdy převládá u obyvatelů Indie a Malajsie. Na pravé straně těla (obvykle dominantní strana) byly obvykle naměřeny větší ROM než na levé straně a to bez ohledu, zda jedinec byl či nebyl hypermobilní (Al-Rawi et al., 1985).

2.2.4 Etiopatogeneze konstituční hypermobility

Jedinec se může buď s hypermobilitou narodit nebo si ji v průběhu života vypěstovat protahováním a tréninkem (Grahame, 2003). Grahame (1999) tvrdí, že maximální ROM je určen nejen tvarem kloubů, ale i napětím a pevností vazů. Uvádí, že za hypermobilitou postihující více kloubů stojí ligamentózní laxicita. Ta je determinována geny, které kódují tvorbu kolagenu, elastinu, fibrilinu a tenascinu (Simmonds, 2022). Poruchy, jež vznikají abnormalitou v těchto genech se nazývají dědičné poruchy pojivové tkáně (HDCT) (Castori et al., 2017). HDCT se mohou vyskytovat od běžně

vyskytujících, například poruch hypermobilního spektra, až po vzácné recesivně dědičné poruchy (Volberding et al., 2022). Nejčastějších z těchto poruch je hEDS a Marfanův syndrom (Castori et al., 2017; Volberding et al., 2022). V současné době nejsou identifikované přesné geny způsobující hEDS, tudíž není k dispozici genetické testování. Pro diagnostiku tak slouží kombinace klinických nálezů, stanovení klinických kritérií a analýza rodinné anamnézy (Volberding et al., 2022).

Child (1986) navrhnul, že jedinec s hypermobilním syndromem (s konstituční hypermobilitou) má abnormální poměr kolagenních vláken typu I a III, kdy kolagen typu III se u hypermobilních jedinců vyskytuje ve vyšším poměru, než je obvyklé. Největší zastoupení v lidském těle je kolagenu typu I, který je součástí vazů, šlach, demineralizovaných kostí, kloubních pouzder a nervových zakončení. Je pevný v tahu a někdy se o něm mluví jako o nosném kolagenu (Dylevský, 2009). Na druhou stranu kolagen typu III je mnohem více protažitelný a jeho struktura vláken je vysoce neuspořádaná. Tento typ kolagenu se vyskytuje hlavně v orgánech, kůži a cévách (Simmonds & Keer, 2007). Nalezeny byly i mutace v genech kódující kolagen typu V, který se nachází spolu s kolagenem typu I a v placentě (Dylevský, 2009; Malfait, 2005). Kolagen typu V determinuje průměr fibril kolagenu typu I během fibrinogeneze. Menší množství kolagenu typu V vyústí ve sníženém počtu kolagenních fibril a celkovém obsahu kolagenu v dermis. Změna v tomto procesu potenciálně vede k tenčím, jemným a více neuspořádaným kolagenovým vláknům (Simmonds & Keer, 2007).

Rovněž se hypermobilita častěji vyskytuje u dětí s PAS a vývojovou poruchou koordinace. Jako vysvětlení tohoto jevu se uvádí asociace mezi společnými poruchami v CNS nebo porušenou propioceptivní kontrolou řízení pohybu (Romeo et al., 2022).

2.2.5 Klinické projevy spojené s hypermobilitou

Linie mezi jedinci s poruchami hypermobilního spektra a jedinci s hEDS je tak tenká, že symptomy nelze přiřadit pouze k jedné z nich. V řadě studií se tak projevy nerozlišují a jsou pojmenovány společně. Žádný symptom sám o sobě nerozhoduje o tom, zda jedinec patří do jedné či druhé skupiny. Proto je nutné provést komplexní analýzu všech projevů (Tabulka 1) a teprve poté lze v rámci komplexního kontextu jednotlivce zařadit do odpovídající skupiny (Castori et al., 2017; Simmonds, 2022; Simmonds & Keer, 2007; Tinkle, 2020).

Tabulka 1

Příznaky a symptomy spojené s konstituční symptomatickou a hypermobilním Ehler-Danlos syndromem upraveno dle Simmonds (2022)

Muskuloskeletální systém	Bolest kloubů; kloubní nestabilita (opakované subluxace a luxace) Skolióza, osteopenie Tenditidy, tendinózy, burzitidy, fascitidy, ruptury vazů a šlach Snížená svalová síla; reflexní změny ve svalech
Trávicí ústrojí	Žaludeční reflux, nevolnost, časná sytost po jídle, bolest břicha, neurální sevření v břiše, nadýmání, zácpa, syndrom dráždivého střeva, problémy s vyprazdňováním Prolaps rekta; abdominální kýla
Autonomní nervový systém	Dysautonomie Ortostatická intolerance – hypotenze ve stoji Syndrom posturální tachykardie (POTS) – tachykardie ve stoji, závratě, synkopy, mozková mlha, únava, bolesti hlavy, poruchy vidění, nesnášenlivost cvičení a tepla, retikulární exantém – skvrnité, purpurové zbarvení kůže Raynaudova choroba
Nervový systém	Proprioceptivní deficity, časté pády a nemotornost Periferní a centrální senzibilizace bolesti Bolesti hlavy, migrény Vývojové poruchy koordinace – špatné motorické plánování a koordinace; PAS; ADHD
Respirační a kardiovaskulární systém	Parestézie – související s nervovou kompresí a patologickou neurodynamikou Prolaps mitrální chlopně Varikózní žíly Příznaky podobné astmatu – ochablé dýchací cesty Snížená kardiorepirační zdatnost
Duševní zdraví	Úzkost; deprese; panické poruchy; poruchy paměti a kognice
Urogenitální ústrojí	Inkontinence; infekce močových cest Prolaps močového měchýře, pochvy, močové trubice
Imunitní systém	Dysmenorrhea; bolesti pánve; vulvodynie; bolest při pohlavním styku Syndrom aktivovaných makrofágů, vyrážky, kopřivka, citlivost na chemikálie a potraviny, nadměrná zánětlivá reakce, problémy s koncentrací, bolest hlavy, žaludeční dysfunkce, přetrvávající únava
Kožní projevy	Zvýšená protažitelnost kůže Pomalé a špatné hojení; častý vznik modřin
Multisystémové	Chronická únava

Bolest

Nejčastější projev, jež se vyskytuje spolu s hypermobilitou je bolest kloubů (Morlino & Castori, 2023). Bolest většinou začíná u kloubů s vyšší ligamentózní laxitou, nosných kloubů a kloubů s velkou volností pohybu (ramenní klouby) (Tinkle, 2020). Je řada studií, které potvrzují přítomnost muskuloskeletální bolesti u hypermobilních dětí (Abujam & Aggarwal, 2014; Akkaya et al., 2022; Fatoye et al., 2012; Morris et al., 2017). Ač mechanismus bolesti u hypermobilních jedinců není plně pochopen je předpokládáno, že je zapříčiněn strukturálními změnami v postižených kloubech, okolních tkání, sníženou propriocepcí, svalovou slabostí a kloubní nestabilitou. Projevující bolest není jednotná napříč všemi hypermobilními jedinci (Akkaya et al., 2022; Atwell et al., 2021; Castori et al., 2013). Spolu s bolestí kloubů se objevují i bolesti svalů a entezopatie (Castori et al., 2013). V raných fázích je jako zdroj bolesti udáváno mikrotrauma, způsobené opakujícími se pohyby a jiné poškození měkkých tkání (Malfait et al., 2021; Morlino & Castori, 2023). Současné teorie potvrzují že bolest a chronické

poškození měkkých tkání je zapříčiněno lokálním biomechanickým přetížením, kloubní laxicitou, nestabilitou a repetitivními mikrotraumaty (Atwell et al., 2021; Kumar & Lenert, 2017). Recidivující entezopatie a svalová bolest je vysvětlena zvýšeným stresem na tkáň způsobené abnormálním rozsahem pohybu (Castori et al., 2013).

Typ bolesti není jednotný napříč jedinci. Někteří jedinci udávají bolest více kloubů, jež se vyskytuje symetricky na obou stranách těla, jako je tomu u revmatoidní artritidy. Jiní mají bolesti jen v určitých kloubech. Bolest je většinou popisována jako tupá, konstantní nebo v intervalech. Na rozdíl od revmatoidní artritidy je velice vzácná ranní ztuhlost a bolest se většinou vyskytuje přes den (Kumar & Lenert, 2017).

Krom muskuloskeletální bolesti bylo zjištěno, že migréna je třikrát častější u žen s diagnózou hEDS či konstituční symptomatickou hypermobilitou, než u běžné populace. Výsledky studie ukázaly, že až tři čtvrtiny žen s hEDS/na hypermobilním spektru trpí migrénou s nebo bez aury (Bendik et al., 2011). Hypermobilita a poruchy pojivové tkáně byly spojeny s dysautonomií, intakraniální hypotenzí, bolestí hlavy v souvislosti s Chiariho malformací I. typu (Neilson & Martin, 2014), cervikogenní bolesti hlavy (Castori et al., 2013; Hall et al., 2008) a syndromem šíje – jazyk (Neck – tongue syndrome) (Sjaastad & Bakketeig, 2006).

V kohortě 114 pacientů s symptomatickou hypermobilitou, kteří navštěvovali rehabilitaci a revmatologii v egyptské nemocnici, byla zjištěna prevalence varixů dolních končetin 53 % a hemeroidů 45 % (El-Shahaly & El-Sherif, 1991; Remvig et al., 2007).

2.2.6 Dysfunkce proprioceptivní funkce u hypermobilních jedinců

Deficity v kloubní propriopecii jsou dokumentované u řady muskuloskeletálních onemocnění a zranění. Jako příklad lze uvést osteoartrózu či poranění menisků a vazů (Smith et al., 2013). Rovněž se vyskytuje i u jedinců s kloubní hypermobilitou. Tento deficit se vyskytuje jak u jedinců s Ehler-Danlos syndromem (Rombaut et al., 2010), tak i u jedinců se symptomatickou hypermobilitou (Hall et al., 1995; Sahin et al., 2008; Smith et al., 2013).

Teorií vysvětlující korelaci kloubní hypermobility a deficit propriocepce je řada. Všechny následující hypotézy bylo zkoumány u jedinců s hEDS. Jednou z hypotéz je poškození receptorů, ke kterému dochází při opakovaném vystavování kloubu nadměrnému rozsahu pohybu (Fatoye et al., 2012; Mallik et al., 1994; Rombaut et al., 2010). Další hypotézou je nedostatečná protažitelnost vazů a šlach při pohybu, což je způsobeno jejich zvýšenou laxností. Receptory, které reagují na protažení, nejsou dostatečně aktivovány k určení polohy v kloubu (Sacheti et al., 1997; Stanitski et al., 2000). Zvýšená laxita tkání by rovněž mohla ovlivňovat citlivost samotných svalových vřetének. Jeremiah & Alexander (2010) poznamenali, že zvýšená laxnost spojená s hypermobilitou může ovlivnit

fungování zpětné vazby svalových vřetének, což by vedlo ke změnám citlivosti na jejich protažení. Poslední a často opakující se hypotézou byl vliv bolesti na propriocepci (Felson et al., 2009; Hirata et al., 2011).

Ačkoliv byly u hypermobilních jedinců nalezeny deficity propriocepce, výsledky nebyly jednoznačné (Hall et al., 1995; Mallik et al., 1994; Sahin et al., 2008). Následující výsledky jsou z meta-analýzy z roku 2013 (Smith et al., 2013). Statisticky významné odchylky ve srovnání s nehypermobilní jedinci byly zaznamenány při testování kinestézie a statestézie na segmentech dolní končetiny. Avšak při testování segmentů horní končetiny nebyly tyto odchylky zaznamenány. Autoři nedokázali pro tento jev poskytnout jiné vysvětlení, než že se jednalo o malý soubor pacientů. Výsledky tak byly v rozporu s názory jiných autorů (Hall et al., 1995; Mallik et al., 1994; Sahin et al., 2008), kteří tvrdili, že deficity propriocepce jsou u hypermobilních jedinců globálně sníženy.

2.2.7 Hypermobilita jako rizikový faktorem muskuloskeletálních potíží

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2.4., hypermobilita je často spojována s muskuloskeletální bolestí. Studie Tobias et al. (2013) naznačuje, že hypermobilita u dospívajících zvyšuje riziko rozvoje bolesti kloubů v pozdějším věku. Zejména v případě ramenních, kolenních a hlezenních kloubů byla identifikována souvislost mezi hypermobilitou a výskytem bolesti. Riziko vzniku bolesti v kolenních kloubech bylo patrné především u hypermobilních jedinců, jež se potýkali s obezitou. Autoři stejné studie rovněž upozorňují na problematiku hledání korelace mezi hypermobilitou a bolestí. Všimli si, že se často stává, že veškerá muskuloskeletální bolest je při výzkumu dávána do jednoho pytle a není brán v potaz, zda bolestivý kloub je hypermobilní, pokud je dle BS jedinec označen jako hypermobilní.

Existuje řada výzkumů, jež se zabývá hypermobilitou a osteoartrózou. Pokud se však naváže na předešlou studii (Tobias et al., 2013), jež spojovala hypermobilitu a obezitu u dospívajících jako faktory přispívající k bolesti kolenních kloubů, lze oba tyto faktory považovat za relevantní při patogenezi osteoartrózy kolene. Obezita je dlouhodobě uznávaný rizikový faktor pro rozvoj osteoartrózy kolene (Blagojevic et al., 2010; Felson et al., 1997). Existují názory, že pokud se přidá zvýšená laxicita vazů zvyšuje se biomechanický stres na kloub. Tyto teorie jsou podpořeny testy provedenými na morčatech, kde se vyvinula předčasná osteoartróza v důsledku zvýšené laxnosti předního zkříženého vazů kolenního kloubu (Quasnicka et al., 2005). Tyto výsledky kontrastují se staršími průřezovými studiemi, které naznačovaly, že hypermobilita může chránit před osteoartrózou (Dolan et al., 2003). Tyto teorie byly podloženy skutečností, že osteoartróza má tendenci omezovat rozsah pohybu kloubu, což u hypermobilních jedinců nebylo pozorováno v takovém míře jako u nehypermobilních (Tobias et al., 2013).

Hypermobilita se projevuje jako rizikový faktor pro vznik zranění. Přítomnost hypermobility u zraněných jedinců rovněž ovlivňuje délku rekonvalescence a úspěšnost rehabilitace, což má za následek prodloužení doby návratu do hry (Collinge & Simmonds, 2009). Studie naznačují vyšší výskyt poranění vazů v hlezenním kloubu u hypermobilních sportovců ve srovnání s jejich nehypermobilními protějšky, a to tak, že hráči lakrosu měli až dvakrát větší pravděpodobnost tohoto zranění (Decoster et al., 1999). I když pozdější meta-analýza tento fakt nepotvrdila je třeba brát v úvahu limity této meta-analýzy, jako například nejednotné testování hypermobility (Söderman et al., 2001; Wolf et al., 2011). Nedávná biomechanická studie také poukázala na vyšší riziko kolapsu mediální klenby u hypermobilních hráček fotbalu. Tento kolaps často vedl k instabilitě hlezenního kloubu a zvýšenému výskytu zranění a biomechanickým změnám ve funkci musculus peroneus longus (Foss et al., 2009). U hypermobilních jedinců ve věku 12-15 let nebyla zjištěna vyšší prevalence kloubní dislokace či subluxace (Qvindesland & Jónsson, 1999; Seçkin et al., 2005). Existují i řady studií které prokazují vyšší incidence poranění předního zkříženého vazy (LCA) a multidirekcionální instabilitou glenohumerálního kloubu (Wolf et al., 2011). Udává se, že ženy s hyperextenzí v kolenním kloubu mají až pětkrát vyšší pravděpodobnost přetržení LCA, než kontrolní skupina. Nicméně strana, kde byla naměřena větší hyperextenze, nebyla nutně vždy ta, kde následně došlo ke zranění (Myer et al., 2008). Studie rovněž poukazují na vyšší výskyt dislokace patelly (Nomura et al., 2006; Remvig et al., 2007) a vývojové dysplazie kyčelního kloubu (Muldoon et al., 2016; Remvig et al., 2007; Santore et al., 2020) u hypermobilních jedinců. Existují protichůdné názory o existenci dysfunkce temporomandibulárního kloubu a hypermobility jako příčiny (Conti et al., 2000; Grochala et al., 2021; Nosouhian et al., 2015; Perrini et al., 1997).

Ženy starší 35 let, které se potýkají se sníženou svalovou silou svalstva pánevního dna a/nebo inkontinencí, mají vyšší riziko prolapsu pochvy a dělohy, pokud jsou hypermobilní (Norton et al., 1995). Rovněž byla zjištěna korelace mezi hypermobilitou metakarpofalangeálního kloubu V. prstu a pacienty operovanými pro prolaps rekta (Marshman et al., 1987), což bylo potvrzeno i v novějších studiích (Veit-Rubin et al., 2016).

2.3 Klinické vyšetření hypermobility

2.3.1 Beighton skóre

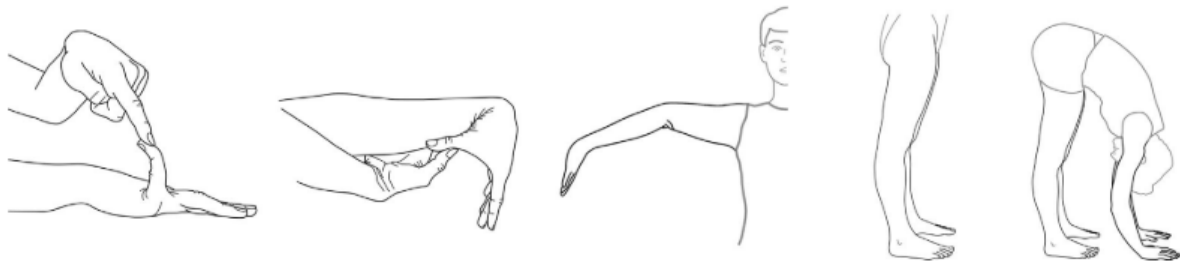
Vychází z testování dle Cartera a Wilkinsona, kteří potřebovali testovat kloubní laxicitu u jedinců s vrozenou dysplazií kyčle. Pro potřeby testování hypermobility u jedinců s Ehler-Danlos syndromem byla tato sada aktualizovaná (Beighton et al., 2012).

Testovací sada obsahuje 5 položek, kde jedinec může získat maximum devíti bodů (Obrázek 2). První čtyři položky se vyšetřují bilaterálně, tudíž za ně lze získat vždy 2 body. Jednotlivé testovací položky jsou následující:

1. Pasivní extenze V. prstu je větší než 90°
2. Pasivní přitažení I. prstu k předloktí
3. Pasivní extenze v loketním kloubu je větší než 10°
4. Pasivní extenze v kolenním kloubu je větší než 10°
5. Jedinec se dotkne dlaněmi země v předklonu s extendovanými kolenními klouby (Grahame et al., 2000)

Obrázek 2

Beightonova testovací sada (Malfait et al., 2017)



Jedinec je označen jako hypermobilní, když překročí určitou hranici bodů. Všeobecně bylo doporučeno používat hranici 5 bodů pro muže i ženy (Juul-Kristensen et al., 2017; Quatman et al., 2008). Neexistovala žádná univerzální shoda na diagnostické prahu, nejčastěji výzkumníci používali skóre 4 z 9 Beightonovy stupnice (Remvig et al., 2007; Simpson, 2006), ale objevující se i hranice 4 bodů pro muže a 5 bodů pro ženy (Ewertowska et al., 2020). V nové diagnostice pro h-EDS věk určuje minimální hranici. U dětí a dospívajících je hranice 6 bodů, od puberty do 50 let je pro muže a ženy hranice 5 bodů a nad 50 let stačí body 4 (Malfait et al., 2017). Důvodem pro nižší bodovou hranici u mužů a žen nad 50 let byla udávána ztráta mobility spojená s věkem (Juul-Kristensen et al., 2017). Objevují se studie, které zasílají návody pro samotestování BS (Naal et al., 2014). Systematický přehled zhodnotil inter-rater reliabilitu BS jako dostačující, pokud je využíván doporučený manuál pro testování. Nedostatky byly nalezeny pouze u validity BS a to hlavně z důvodu nedostatku kvalitních studií (Juul-Kristensen et al., 2017). Při použití pohlavně nespécifických mezních hodnot má BS nízkou senzitivitu a vysokou míru falešně pozitivních výsledků, a to až v 60 %. Tyto závěry vycházejí z rozsáhlé studie Singh et al. (2017) aplikované na Australské populaci, kdy byly navrženy hraniční hodnoty jak v závislosti na věku, tak i na pohlaví. Jednotlivé bodové hranice jsou uvedeny v Tabulce 2. V novější meta-analýze zabývající inter-rater and intra-rater reliabilitou BS byly vyhodnoceno, že v případě interrater reliability byly výsledky zásadní až téměř dokonalé. Ve všech studiích využívajících koeficient

vnitrotřídní korelace (ICC) byla inter-rater spolehlivost uvedena jako vynikající a u studií využívajících hodnoty kappa uváděné výsledky byly vyhodnoceny jako téměř dokonalé (Bockhorn et al., 2021).

Tabulka 2

Hraniční hodnoty pro Beightonovo skóre upraveno dle Singh et al. (2017)

Věk (roky)	Beighton skóre (body)	
	Ženy	Muži
3–7	6	5
8–39	5	4
40–59	4	2
60–69	3	1
≥ 70	2	1

2.3.2 Pětibodový dotazník Hakima a Grahama

Pětibodový dotazník (5PQ) se využívá jak pro zjištění, zda lze brát v potaz H-HSD (Castori et al., 2017) nebo jako doplněk v testování na hEDS (Malfait et al., 2017). Jak již bylo zmíněno výše (kapitola 2.2.3) jsou k diagnostice hEDS vydána nová kritéria, která mají pod svou první položkou pozitivitu BS. Pokud jedinci chybí jeden bod do hranice specifické pro jeho věkovou kategorii je možnost využít 5PQ jako doplněk k testování. V dotazníku musí být zodpovězeno alespoň na dvě otázky pozitivně aby splňovali kritéria v této sadě. Tato hranice je stejná i pokud se využívá dotazník samostatně (Hakim & Grahame, 2003; Malfait et al., 2017). Hakim a Grahame (2003) vytvořili celkově deset otázek, ale do finální podoby se dostali jen následující:

1. Můžete nyní (nebo jste mohli) položit celé dlaně na zem bez ohnutí kolen?
2. Můžete teď (nebo jste mohli) ohnout přitáhnout palec tak, aby se dotýkal předloktí?
3. Bavili jste někdy jako dítě své přátele svou ohebností nebo jste někdy dokázali dělat tzv. šňůru?
4. Vyklobili jste si někdy v dětství či v průběhu dospívání číšku nebo rameno více než jednou?
5. Myslíte si o sobě, že jste ohební?

2.3.3 Kritéria pro hypermobilní Ehler-Danlos syndrom

Je nutné zmínit i nová kritéria pro hEDS a to hlavně z důvodu někdy tenké linie mezi skupinami symptomatické konstituční hypermobility a hypermobility spojené se syndromy. Nová používaná kritéria navazují na dříve využívaná Brightonská kritéria, která sloužila k diagnostice hypermobilního syndromu (Beighton et al., 2012). S příchodem nové terminologie a abolicí diagnózy hypermobilní

syndrom vznikla i poptávka pro nové diagnostické normy. Ta byla uspokojena okamžitě. Nově definovaný dotazník pro diagnostiku hEDS má tři hlavní kritéria, která musí být splněna (Tabulka 3).

Tabulka 3

Nová diagnostická kritéria pro hypermobilní Ehler-Danlos syndrom – upraveno dle Malfait et al. (2017)

Kritérium 1: Hypermobilita

Vybrána jedna z následujících možností:

- BS \geq 6 pro děti a dospívající před pubertou
- BS \geq 5 pro jedince mladší 50 let
- BS \geq 4 pro jedince nad 50 let
- Pokud je BS o jeden bod pod hranicí pro danou věkovou skupinu, může být nahrazen pozitivitou 5PQ

Kritérium 2: Musí být přítomny dva nebo více z následujících symptomů (A, B nebo C)

Symptomy A (musí být přítomno alespoň pět)

- Neobvykle měkká nebo sametová kůže
- Mírná hyperextenzibilita kůže
- Nevysvětlitelné strie na zádech, tříselech, stehnech, prsou a/nebo bříse u adolescentů, mužů nebo předpubertálních dívek bez historie významného získání nebo ztráty tělesného tuku nebo hmotnosti
- Oboustranné piezogení papuly na patách
- Opakující se nebo vícečetné abdominální kýly
- Atrofické jizvy postihující nejméně dvě místa a bez vytváření atrofických jizev či jiných abnormálních jizev typických pro Ehler-Danlos syndrom
- Prolaps pánevního dna, konečníku a/nebo dělohy u dětí, mužů nebo žen, které ještě nerodily; a to bez historie morbidní obezity nebo jiné známé predispozice
- Stěsnání zubů a vysoké nebo úzké patro
- Arachnodaktylie, jak je definována alespoň jedním z následujících znaků:
 - i. pozitivní znak zápěstí (Walker sign) na obou stranách, kdy je pacient tázný uchopit zápěstí opačné ruky pomocí palce a malíčku; pokud se prsty překrývají je znak pozitivní
 - ii. pozitivní znak palce (Steinberg sign) na obou stranách, kdy palec při zavřeném dlani přesahuje přes okraj
- Poměr rozpětí paží k výšce těla je \geq 1,05
- Prolaps mitrální chlopně mírný nebo vyšší dle echokardiografických kritérií
- Rozšíření aortální kořene dle Z-skóre $> +2$

Symptom B

- Rodinná historie, kdy je přítomen hEDS alespoň u jednoho příbuzného prvního stupně (rodiče, sourozenci, děti)

Symptomy C (musí být přítomno alespoň jeden)

- Muskuloskeletální bolest přítomna alespoň 3 měsíce ve dvou nebo více končetinách
- Chronická, nespecifická bolest přítomna alespoň 3 měsíce
- Opakovaná dislokace kloubů, či nestabilita kloubu bez zjevné příčiny nebo historie traumatu

Kritérium 3:

Všechny následující požadavky musí být splněny:

- Absence neobvyklé křehkosti kůže, která by měla podnítit zvažování jiných typů Ehler-Danlos syndromu
- Vyloučení jiných dědičných a získaných poruch pojivové tkáně, včetně autoimunitních revmatologických stavů. U pacientů se získanou poruchou pojivové tkáně vyžaduje další diagnostika hEDS splnění obou znaků A i B kritéria 2.
- Vyloučení jiných onemocnění, které mohou být spojeny s kloubní hypermobilitou způsobenou hypotonií, laxicitou pojivové tkáně, neuromuskulárními poruchami, dědičnými poruchami pojivové tkáně či kosterní dysplazií (například osteogenesis imperfecta)

Poznámka: BS = Beightonovo skóre; 5PQ = pěti bodový dotazník; hEDS = hypermobilní Ehler-Danlos syndrom.

Kritika diagnostických kritérií

Nová kritéria si vyžádala řadu kritiky, a to hlavně z přílišné závislosti na hypermobilitě specifických kloubů a velké váhy rodinné historie hEDS v diagnostice. Problematické je i zařazení symptomů, které byly nalezeny jen na malém vzorku pacientů. S tímto problémem se potýká například

symptom oboustranných piezogených papulí na patách. Podklady pro zařazení do kritérií vychází z jedné studie testované na skupině 29 jedinců (Kahana et al., 1987; McGillis et al., 2020). Studie, jež porovnávala nová a starší kritéria pro diagnostiku hEDS narazila na fakt, že se objevovalo šest stejných symptomů napříč nově diagnostikovanými jedinci. Vznikaly argumenty, že kdyby byla diagnostická kritéria perfektně citlivá a specifická, bylo by očekáváno, že většina, ne-li všechny, charakteristické rysy nemoci se budou vyskytovat v podobném poměru napříč diagnostikovanými. Avšak hEDS postihuje více systémů, tudíž je důležité poukázat na to, že není důležitá specifická jednotlivých symptomů, ale závisí na kontextu symptomů a shlučích všech rysů. Jako hlavním problémem je uváděno opomenutí symptomu jako jsou gastrointestinální obtíže, které postihují až 90 % pacientů (McGillis et al., 2020). Na přelomu roku 2024 a 2025 bude vydána recenze odborné veřejnosti těchto kritérií. Součástí by měla být aktualizace stávajících kritérií. Cílem této studie je odpovědět na otázku, zda existuje významný rozdíl mezi hEDS a konstituční symptomatickou hypermobilitou (The Ehler Danlos Society, 2023).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem práce bylo zjistit, zda se statestézie a schopnost vědomého rozložení hmotnosti při statickém stojí liší mezi všemi hypermobilními a nehypermobilními jedinci a mezi skupinami asymptomatických hypermobilních, symptomatických hypermobilních a nehypermobilních jedinců

3.1 Hypotézy

Hypotéza bude zamítnuta, pokud více než polovina testů bude statisticky signifikantně odlišná.

H0₁

Statestézie je stejná u hypermobilních a nehypermobilních jedinců.

H0₂

Schopnost vědomého rozložení hmotnosti je stejná u hypermobilních a nehypermobilních jedinců.

H0₃

Statestézie je stejná napříč skupinami jedinců se symptomatickou hypermobilitou, asymptomatickou hypermobilitou a jedinci bez hypermobility.

H0₄

Schopnost vědomého rozložení hmotnosti je stejná napříč skupinami jedinců se symptomatickou hypermobilitou, asymptomatickou hypermobilitou a jedinci bez hypermobility.

4 METODIKA

Výzkum byl proveden formou průřezové studie a probíhal ve spolupráci s Mgr. Kristýnou Jančíkovou, která se zabývala somatognozií a stereognozií u hypermobilních jedinců.

4.1 Výzkumný soubor

Do studie bylo zařazeno 54 jedinců (42 žen a 12 mužů) ve věkovém rozmezí 20–50 let. Podmínky pro zařazení do studie byly absence úrazů a operací pohybového aparátu v posledních 6 měsících, těhotenství a kojení, poruchy čítí a motoriky, bolest či akutní onemocnění v době testování, systémové onemocnění (např.: roztroušená skleróza, onkologické onemocnění, dětská mozková obrna, cévní mozková příhoda, diabetes mellitus). Posledním exkluzivním kritériem byly diagnostikované syndromy související s hypermobilitou.

4.2 Informovanost účastníků výzkumu

Před začátkem měření byli všichni jedinci seznámeni s průběhem měření včetně způsobu s nakládáním s pořízeným videozáznamem. Každý účastník podepsal informovaný souhlas (Příloha 1). Výzkum byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého (Příloha 2).

4.3 Metody sběru dat

Na začátku měření byly zkontrolovány podmínky pro zařazení (nepřítomnost syndromu souvisejícího s hypermobilitou) do studie a doplněna osobní anamnéza. Krom pohlaví, věku, výšky a historie bolesti byla u jedinců zjišťována dominance horních a dolních končetin. Dominance se zjišťovala otázkami: kterou rukou píše a kterou dolní končetinou kopete do míče. Dále byla změřena hmotnost jedince pomocí váhy (Siguro Essentials SC210W). Měření se uskutečnilo během jednoho sezení a probíhalo ve spodním prádle. Testování probíhalo v tomto pořadí: vyšetření hypermobility, testování vědomého rozložení váhy a testování statestézie.

4.3.1 Vyšetření hypermobility

Hypermobilita byla vyšetřena pomocí validního a reliabilního Beighton skóre (BS, kapitola 2.3.1. Beighton skóre). Při vyšetření BS byl využit goniometr pro záznam rozsahu pohybu (ROM) v kolenních a loketních kloubech. Testování probíhalo v sedě na lehátku, krom zkoušky předklonu, která byla testována ve stoji.

Na základě BS byli jedinci rozděleni do jedné ze tří skupin: jedinci se symptomatickou hypermobilitou, asymptomatickou hypermobilitou a jedinci bez hypermobility. Kritéria pro rozřazení na hypermobilní a nehypermobilní jedince dle BS vycházely ze studie Singh et al. (2017). Pro ženy ve věku 20–39 let bylo nutné získat 5 bodů, pro kategorii 40–50 let body 4. U mužů ve věkové kategorii 20–40 let zase 4 body, pro kategorii 40–50 let body 2.

Následné rozřazení do skupin symptomatické a asymptomatické hypermobility ze studie Castori et al. (2017). Kritéria do zařazení do skupiny asymptomatické hypermobility bylo pozitivní BS pro dané pohlaví, věk a absence bolesti dvou či více kloubů jež trvá déle než 3 měsíce; do skupiny symptomatické hypermobility pozitivní BS skóre pro dané pohlaví, věk a bolesti dvou či více kloubů jež trvá déle než 3 měsíce, zbylí jedinci byli zařazení do skupiny nehypermobilních.

4.3.2 Testování vědomého rozložení hmotnosti při statickém stoji

Po zvážení hmotnosti byl jedince instruován, aby postavil dominantní nohu na váhu a druhou na pevnou podložku ve stejné výšce jako váha zaznamenávající hmotnost. Následně byl podán pokyn, aby postupně zatěžoval dominantní dolní končetinu na 25 %, 50 % a 75 % jeho hmotnosti. Jakmile proband řekl, že subjektivně dosáhl daného zatížení byla tato hodnota zaznamenána. Pacient nebyl o výsledcích informován a neměl možnost se dívat na obrazovku zobrazující výsledky.

V rámci vyhodnocení vědomého zatížení dolní končetiny byl vypočítán rozdíl mezi správným procentuálním zatížením končetiny (vypočtena procentuálně z celkové hmotnosti probanda) a hmotností na váze subjektivně určenou probandem v rámci testování.

4.3.3 Testování statestézie

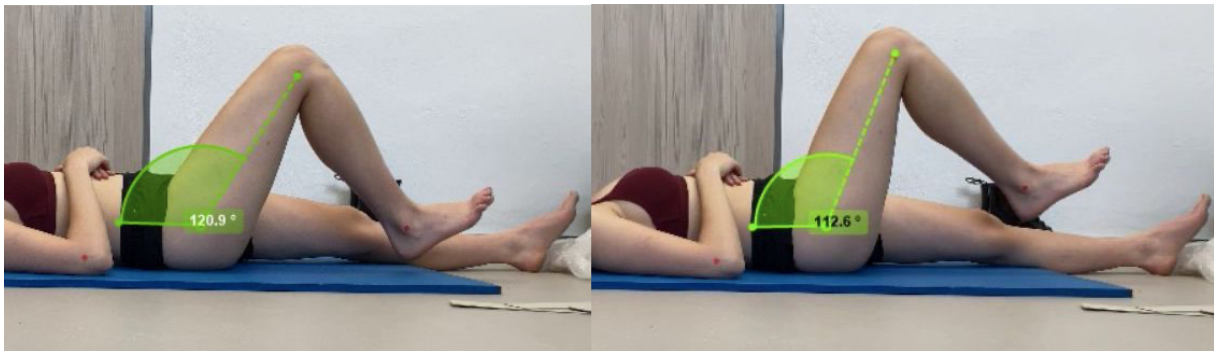
Při testování statestézie byla využita modifikace ipsilateral joint position reproduction testu (kapitola 2.1.2 Neurologické testy a vyšetření propriocepce) a byly testovány pouze dominantní končetiny probanda. Před samotným měřením byly na probanda nalepeny referenční body (o průměru 1 cm), které sloužily pro přesnější záznam rozsahu kloubu pomocí videozáznamu. Nalepeny byly na acromion, epicondylus lateralis humeri, processus styloideus radii, trochanter major, epicondylus lateralis femoris a malleolus lateralis. Jedinec ležel na zádech se zakrytými očima. Nejprve byla otestována horní končetina, kdy se pasivně nastavil ramenní kloub do 110° flexe, loketní kloub do 60° flexe s předloktím v supinaci. Následovalo testování dolní končetiny, kdy se pasivně nastavil kyčelní kloub do 120° flexe, kolenní kloub do 60° flexe a hlezenní kloub do 20° plantární flexe. Celý průběh měření byl nahráván na mobilní telefon (iPhone SE 2020), aby bylo možné později provést porovnání pozice kloubů nastavené vyšetřujícím a pozice zaujaté probandem samotným. Telefon byl umístěn na stativ, který stál 1,2 m od pacienta.

Jedinec byl instruován, aby si polohu nastavenou vyšetřujícím zapamatoval a následně položil končetinu na podložku (v této pozici musela končetina zůstat po dobu 3 sekund). Následně byl požádán, aby zaujal předchozí polohu, jež si měl zapamatovat. Jakmile si byl polohou jistý upozornil na to vyšetřujícího, jež zastavil nahrávání.

Analýza videa byla provedena pomocí softwaru Kinovea verze 0.9.5., kdy se pomocí předem nalepených referenční bodů změřil úhel v kloubech nastavený vyšetřujícím a následně samotným jedincem (Obrázek 3). Rozdíl mezi nastavenou polohou a polohou následně zaujatou probandem byl zaznamenán.

Obrázek 3

Měření rozsahu v kloubu v pozici nastavené vyšetřujícím (vlevo) a testovaným (vpravo) (archiv autorky)



4.4 Statistické zpracování dat

Normální rozložení dat bylo ověřeno pomocí Shapiro-Wilk testu a homogenita rozptylu pomocí Levenova testu. Byly také identifikovány outliers a provedena jejich analýza, jelikož neovlivňovaly výsledky, byly ponechány pro statistické zpracování. Průměr \pm standardní odchylka nebo medián (mezikvartilové rozpětí, IQR) byly vypočteny k popisu proměnných. Hodnota statistické významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,050$ pro všechny analýzy. Pro zpracování dat byl využit program Microsoft Excel® MS Office 365 a RStudio verze 2023.09.02.

Nepárový t-test se shodnou variancí nebo Mann-Whitney test byl využit pro porovnání všech hypermobilních (asymptomatických i symptomatických) a nehypermobilních jedinců. Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) s Tukey testem pro post-hoc analýzu nebo Kruskal-Wallis test s Benjamini & Hochberg testem pro post-hoc analýzu byl využit při porovnání nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a asymptomaticky hypermobilních skupin.

Rozdíl průměrů nebo Hodges–Lehmannův odhad rozdílů mediánu s 95% konfidenčními intervaly (CI) byl vypočítán k porovnání analyzovaných skupin. Velikost účinku (effect size, ES) s 95% CI byla určena podle Hedge's g testu pro normálně rozložená data a podle Wilcoxonova r testu pro nenormálně rozložená data. Limity pro interpretaci ES byly určeny následovně: nad 0,8 jako velký, 0,5–0,3 střední, 0,49–0,2 malý a pod 0,2 jako zanedbatelný efekt (Lakens, 2013).

5 VÝSLEDKY

5.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu se zúčastnilo 54 jedinců (42 žen a 12 mužů) ve věku 20–50 let, průměrný věk celého výzkumného souboru byl $27,6 \pm 9,1$ let. U ženy byla průměrná a směrodatná odchylka věku $26,5 \pm 8,5$ let, výška $168,7 \pm 6,3$ cm, hmotnosti $64,0 \pm 8,9$ kg a body mass indexu (BMI), $22,5 \pm 3,1$ kg/m². U mužů byly hodnoty následující $31,5 \pm 9,8$ let, $181 \pm 7,5$ cm, $90,2 \pm 13,6$ kg a $27,4 \pm 2,2$ kg/m². Z celého výzkumného souboru bylo 93 % (n=50) jedinců dominantní na pravou horní končetinu a 7 % (n=4) na levou. Dominantní dolní končetina byla u 91 % (49) pravá a u 9 % levá (5). Podrobná charakteristika jednotlivých skupin je uvedena v Tabulce 4. Nebyly nalezeny signifikantní rozdíly mezi demografickou charakteristikou skupin, kromě výsledků Beightonova skóre (BS). BS se signifikantně lišilo mezi hypermobilními a nehypermobilními jedinci ($p < 0,001$). Kruskal-Wallis test mezi analyzovanými podskupinami byl signifikantní ($p < 0,001$). Post-hoc analýza ukázala signifikantní rozdíl nehypermobilních a asymptoticky hypermobilními jedinci ($p < 0,001$), tak i mezi nehypermobilních a symptoticky hypermobilními ($p < 0,001$). Mezi symptotickými a asymptotickými hypermobilními jedinci nebyl na základě post hoc analýzy v BS signifikantní rozdíl ($p=0,92$).

Tabulka 4

Charakteristika výzkumného souboru

	Celkem	Nehypermobilní (n = 22)	Hypermobilní^a (n = 32)	Hypermobilní asymptotičtí^b (n = 15)	Hypermobilní symptotičtí^c (n = 17)
Věk	$27,6 \pm 9,1$	$26,6 \pm 8,0$	$28,3 \pm 9,0$	$26,9 \pm 9,0$	$29,6 \pm 10,8$
Výška (cm)	$171,5 \pm 8,4$	$172,0 \pm 9,4$	$181,0 \pm 7,5$	$172,0 \pm 9,2$	$170,0 \pm 6,1$
Hmotnost (kg)	$69,9 \pm 15,0$	$72,0 \pm 19,1$	$68,4 \pm 11,4$	$67,6 \pm 12,0$	$69,1 \pm 11,2$
BMI (kg/m ²)	$23,6 \pm 3,6$	$23,9 \pm 4,2$	$23,4 \pm 3,2$	$22,8 \pm 2,9$	$23,9 \pm 3,4$
Beighton skóre	5 (4)	2 (1,75) ^d	5,5 (2) ^d	6 (1) ^e	5 (2) ^e

Poznámka: hodnoty jsou uvedeny jako průměr \pm směrodatná odchylka a medián (mezikvartilové rozpětí); n = počet; BMI = body mass index.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017), dále jedinci bez symptomů udávaných v Castori et al. (2017)^b a jedinci s těmito symptomy^c;

^d signifikantní rozdíl mezi nehypermobilní a hypermobilní skupinou podle Mann-Whitney test ($p < 0,001$);

^e signifikantní rozdíl mezi nehypermobilní, hypermobilní asymptotickou a hypermobilní symptotickou skupinou na základě Kruskal-Wallis testu ($p < 0,001$).

Z 42 žen bylo 38 % (n=16) nehypermobilních, 29 % (n=12) asymptomaticky hypermobilních a 33 % (n=14) symptomaticky hypermobilních. U mužů bylo 50 % (n=6) nehypermobilních, 25 % (n=3) asymptomaticky hypermobilních a 25 % (n=3) symptomaticky hypermobilních. Medián a mezikvartilové rozpětí (IQR) Beightonova skóre všech jedinců vyšel na 4,28 (2,54) bodů v bodovém rozsahu 0–6 u mužů a 0–9 u žen. V rámci odebrané anamnézy čtyři nehypermobilní jedinci udávali bolesti pohybového aparátu trvající déle než 3 měsíce. U 50 % (n=2) se vyskytovaly bolesti v celé páteři, zejména po statické zátěži. U zbývajících 50 % (n=2) se jednalo o bolesti bederní páteře.

Ve skupině symptomaticky hypermobilních, kde trvání bolesti déle než 3 měsíce bylo jednou z podmínek pro zařazení do této skupiny, se bolesti vyskytovaly u všech jedinců (n=17). Z této skupiny si 47 % (n=8) jedinců stěžovalo na bolest při statické zátěži, jako je dlouhé stání nebo sezení a dalších 47 % (n=8) na bolesti po větší fyzické aktivitě. U zbývajících 6 % (n=1) nebyla bolest spojena s konkrétním druhem zátěže. Jedinci udávali bolest v následujících oblastech: 24 % (n=4) bolesti bederní páteře, 24 % (n=4) v oblasti sakroiliakálního skloubení, 24 % bolesti kolenních kloubů, 24 % (n=4) bolesti horních končetin, kdy se jednalo zejména o bolesti zápěstí a metakarpofalangeálních kloubů ruky. Dále 18 % (n=3) jedinců udávalo bolesti hlezenního kloubu, 12 % (n=2) celé páteře, 12 % (n=2) krční páteře, 6 % (n=1) hrudní páteře a 6 % (n=1) kyčelních kloubů. U 6 % (n=1) se také objevovaly problémy s gastroezofageálním refluxem.

Tabulka 5 ukazuje, jak byly pozitivní jednotlivé testy Beightonova skóre napříč výzkumným souborem. U nehypermobilních jedinců byla největší pozitivita v testu extenze loketního kloubu (n=15), u hypermobilních tomu bylo podobně. U všech skupin pak byl nejčastěji pozitivní test pasivní extenze V. prstu. V Tabulce 6 jsou uvedeny průměrné úhly v loketních a kolenních kloubech jednotlivých skupin, tak jak byly naměřeny v rámci testování BS pomocí goniometru. Tabulka 7 poté zaznamenává úhly v loketních a kolenních kloubech pouze u těch jedinců, kteří byli v rámci testu pozitivní.

Tabulka 5*Pozitivita jednotlivých testů Beightonova skóre u daných skupin*

	P palec	L palec	P malík	L malík	P LOK	L LOK	P KOK	L KOK	Předklon
	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)
N	1	3	4	4	12	15	2	0	5
A ^a	10	9	9	10	14	13	4	7	11
S ^b	11	11	10	12	16	16	6	8	8
Celkem	22	23	23	26	42	44	12	15	24

Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; A = asymptomatictí hypermobilní jedinci; S = symptomatictí hypermobilní jedinci; P = pravý; L = levý; LOK = loketní kloub; KOK = kolenní kloub; n = počet.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017) bez symptomů udávaných v Castori et al. (2017) a jedinci s těmito symptomy^b.

Tabulka 6

Průměr ± směrodatná odchylka velikosti úhlů hyperextenze loketních a kolenních kloubů naměřených goniometrem u jednotlivých skupin

	EXT P LOK (°)	EXT L LOK (°)	EXT P KOK (°)	EXT L KOK (°)
N (n=22)	6,8 ± 6,1	8,0 ± 5,7	1,1 ± 3,1	0,0 ± 1,5
A ^a (n=15)	12,3 ± 5,0	11,7 ± 6,2	4,0 ± 5,1	4,7 ± 5,2
S ^b (n=17)	11,5 ± 4,6	14,7 ± 6	4,1 ± 5,4	5,0 ± 5,6
Celkem (n=54)	9,8 ± 5,8	11,1 ± 6,5	2,9 ± 4,6	2,9 ± 4,8

Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; A = asymptomatictí hypermobilní jedinci; S = symptomatictí hypermobilní jedinci; EXT = extenze; P = pravý; L = levý; LOK = loketní kloub; KOK = kolenní kloub; n = počet.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017) bez symptomů udávaných v Castori et al. (2017) a jedinci s těmito symptomy^b.

Tabulka 7

Průměr ± směrodatná odchylka velikosti úhlů hyperextenze loketních a kolenních kloubů naměřených u jednotlivých skupin účastníků s pozitivitou daného testu

	EXT P LOK (°)	EXT L LOK (°)	EXT P KOK (°)	EXT L KOK (°)
N	(n=12) 11,7 ± 3,3	(n=15) 11,3 ± 3,0	(n=2) 10,0 ± 0,0	(n=0) 0,0 ± -
A ^a	(n=14) 13,2 ± 3,7	(n=13) 13,5 ± 4,3	(n=4) 11,3 ± 2,5	(n=7) 10,0 ± 0,0
S ^b	(n=16) 12,2 ± 3,6	(n=16) 15,6 ± 4,8	(n=6) 10,8 ± 2,0	(n=8) 10,6 ± 1,8
Celkem	(n=42) 12,4 ± 3,5	(n=44) 13,5 ± 4,4	(n=12) 10,8 ± 1,9	(n=15) 10,3 ± 1,3

Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; A = asymptomatictí hypermobilní jedinci; S = symptomatictí hypermobilní jedinci; EXT = extenze; P = pravý, L = levý; LOK = loketní kloub; KOK = kolenní kloub; n = počet.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017) bez symptomů udávaných v Castori et al. (2017) a jedinci s těmito symptomy^b.

5.2 Výsledky testování statestézie

Rozdíl v úhlech mezi původní a zaujatou polohou v kloubu byl vypočítán a následně statisticky zpracován. Pokud tedy jedinec zaujal stejnou polohu, do jaké byl kloub nastaven, hodnota by byla 0. Pokud by však svou polohu nadhodnotil (zaujal v kloubu větší úhel, než byl původně nastaven), rozdíl mezi původní a zaujatou polohou byl zaznamenán v záporných hodnotách. Pokud by svou polohu podhodnotil (zaujmul v kloubu menší úhel, než do kterého byl nastaven) byl rozdíl zaznamenán v kladných hodnotách.

Mezi skupinami hypermobilních a nehypermobilních nebyl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl (Tabulka 8), rozložení dat je znázorněno na Obrázku 4 pro horní končetinu a Obrázku 5 pro dolní končetinu. Na základě výsledků byla přijata hypotéza H0₁.

Při srovnání skupin nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a symptomaticky hypermobilních nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly (Tabulka 9). Rozložení dat je znázorněno na Obrázku 6 a Obrázku 7, a proto byla přijata hypotéza H0₃.

Tabulka 8

Porovnání skupin nehypermobilních a hypermobilních v testování statestézie na dominantní horní a dolní končetině

	Nehypermobilní (n=22)	Hypermobilní ^a (n=32)	Rozdíl průměrů [95% CI]	p-value ^b	Effect size [95% CI] ^c
RAK (°)	-2,59 ± 6,45	-3,24 ± 6,64	-0,65 [-4,30 až 3,00]	0,724	-0,10 [-0,63 až 0,44]
LOK (°)	-0,41 ± 7,92	-3,54 ± 8,54	-3,12 [-7,73 až 1,49]	0,178	-0,37 [-0,91 až 0,17]
KYČ (°)	3,85 ± 5,60	3,65 ± 4,84	-0,20 [-3,06 až 2,67]	0,891	-0,04 [-0,57 až 0,50]
KOK (°)	-0,64 ± 7,48	-1,52 ± 5,90	-0,88 [-4,54 až 2,78]	0,632	-0,13 [-0,67 až 0,40]
KOT (°)	4,97 ± 9,22	4,07 ± 7,06	-0,90 [-5,35 až 3,54]	0,685	-0,11 [-0,65 až 0,42]

Poznámka: RAK = ramenní kloub; LOK = loketní kloub; KYČ = kyčelní kloub; KOK = kolenní kloub; KOT = hlezenní kloub; n = počet.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017);

^b p-value na základě t-testu; ^c podle Hedge's g testu.

Tabulka 9

Porovnání skupin nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a symptomaticky hypermobilních jedinců v testování statestézie na dominantní horní a dolní končetině

	Nehypermobilní (n=22)	Hypermobilní asymptomatictí ^a (n=15)	Hypermobilní symptomatictí ^b (n=17)	F-value ^c	p-value ^c
RAK (°)	-2,59 ± 6,45	-2,47 ± 5,07	-3,92 ± 7,87	0,255	0,776
LOK (°)	-0,41 ± 7,92	-2,43 ± 4,98	-4,51 ± 10,8	1,164	0,320
KYČ (°)	3,85 ± 5,60	3,23 ± 4,47	4,02 ± 5,25	0,103	0,903
KOK (°)	-0,64 ± 7,48	-2,70 ± 6,45	-0,47 ± 5,33	0,572	0,568
KOT (°)	4,97 ± 9,22	2,87 ± 5,93	5,12 ± 7,95	0,395	0,675

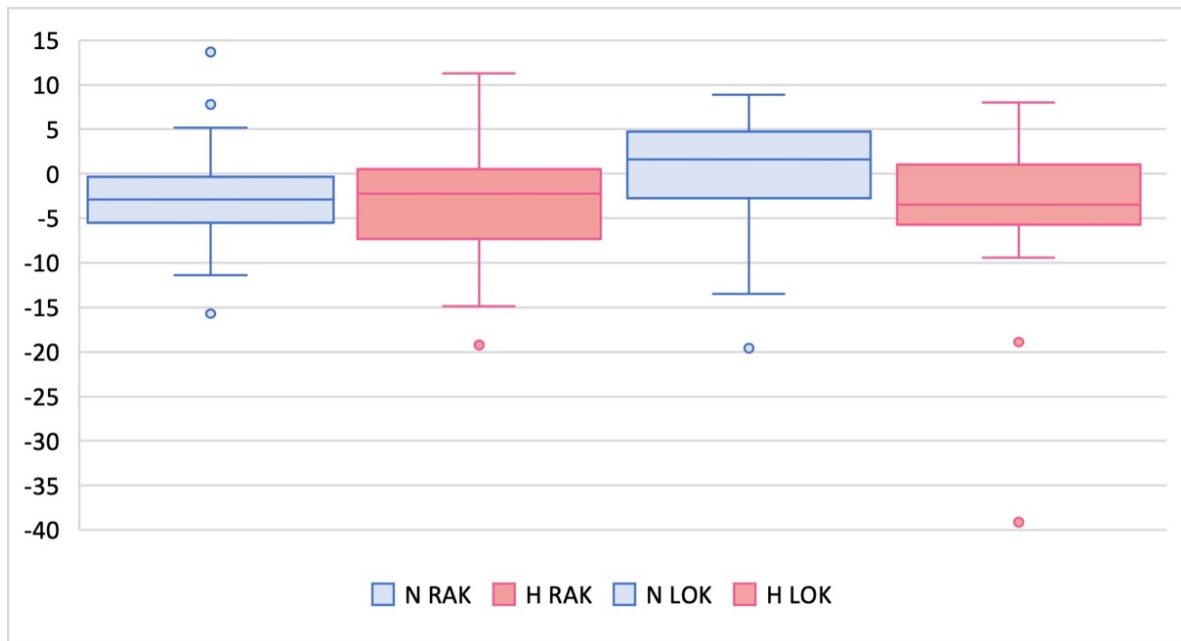
Poznámka: RAK = ramenní kloub; LOK = loketní kloub; KYČ = kyčelní kloub; KOK = kolenní kloub; KOT = hlezenní kloub; n = počet.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017) bez symptomů udávaných v Castori et al. (2017) a jedinci s těmito symptomy^b.

^c F-value_(2,53) a p-value na základě jednosměrné ANOVY.

Obrázek 4

Rozložení dat statestézie horní končetiny pro skupiny nehypermobilních a hypermobilních jedinců

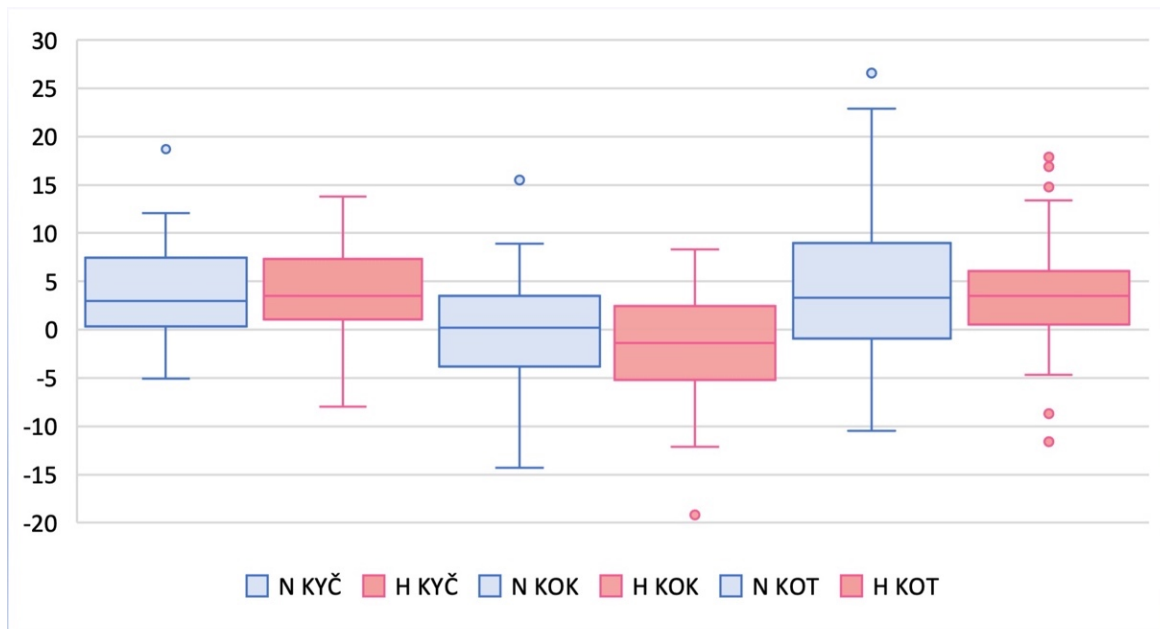


Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; H = hypermobilní jedinci; RAK = ramenní kloub; LOK = loketní kloub.

Vysvětlivky: ohraničená vertikální linka = maximální a minimální naměřené hodnoty; střední linie = medián; obdelník = mezikvartilové rozpětí; bod = outlier.

Obrázek 5

Rozložení dat statestézie dolní končetiny pro skupiny nehypermobilních a hypermobilních jedinců

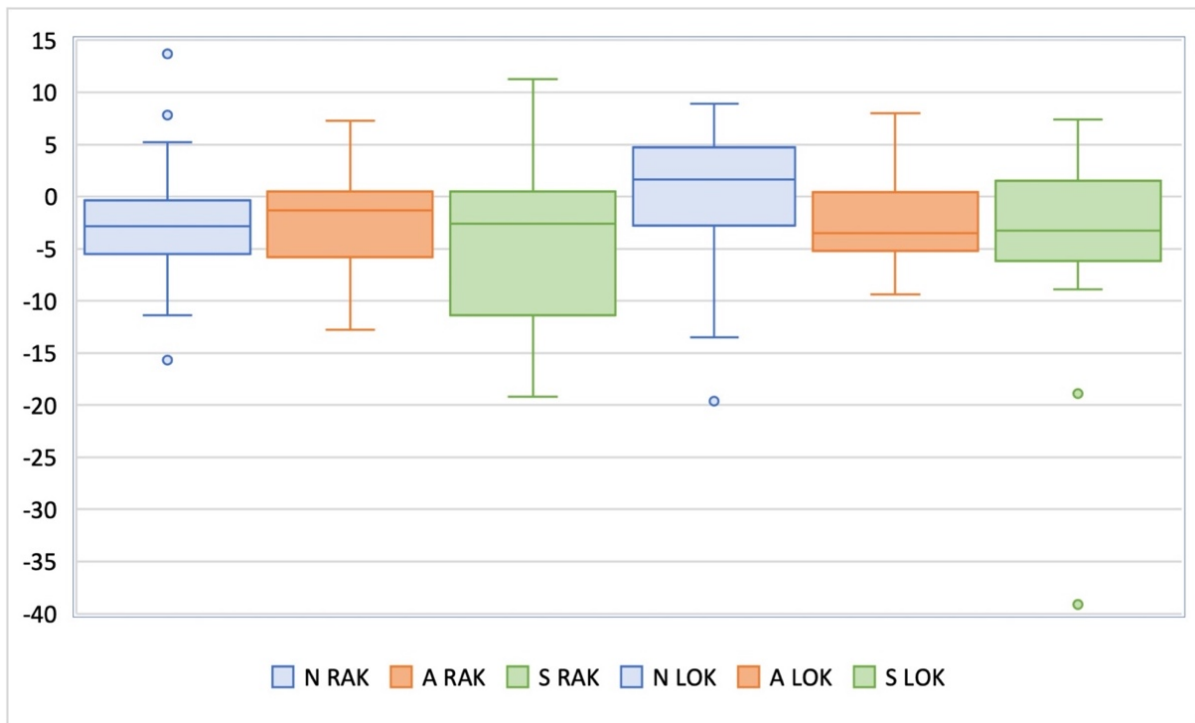


Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; H = hypermobilní jedinci; KYČ = kyčelní kloub; KOK = kolenní kloub; KOT = hlezenní kloub.

Vysvětlivky: ohraničená vertikální linka = maximální a minimální naměřené hodnoty; střední linie = medián; obdelník = mezikvartilové rozpětí; bod = outlier.

Obrázek 6

Rozložení dat statestézie horní končetiny pro skupiny nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a symptomaticky hypermobilních jedinců

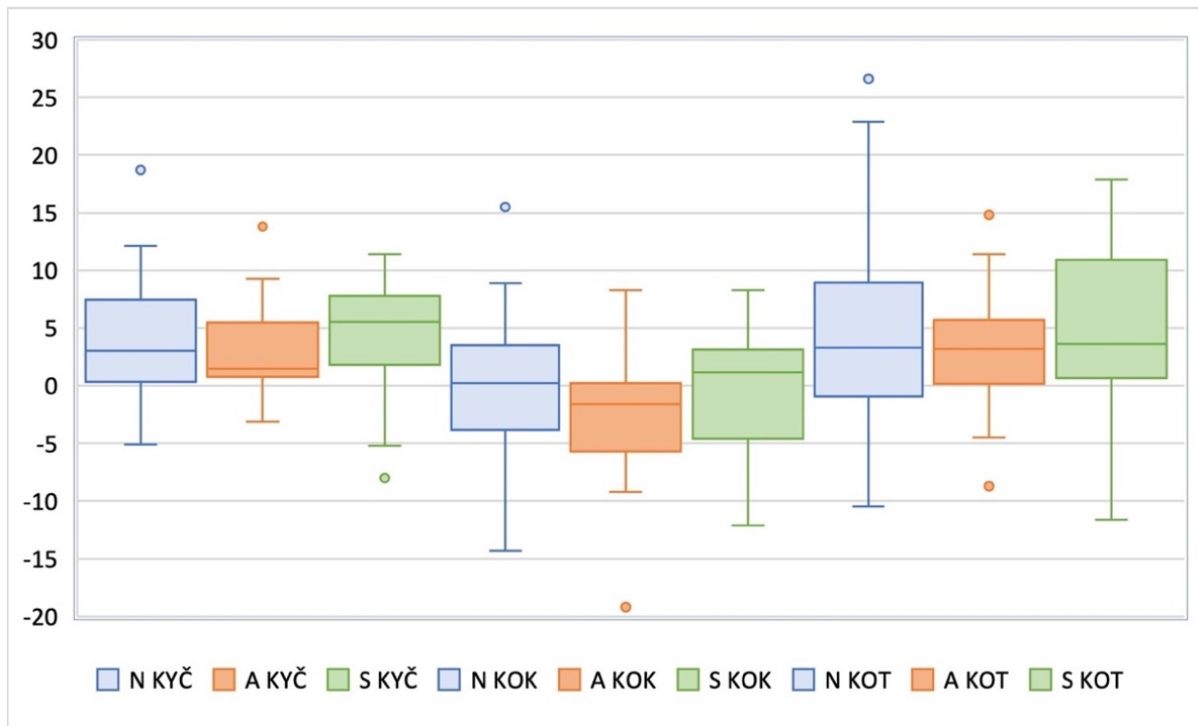


Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; A = asymptomaticky hypermobilní jedinci; S = symptomaticky hypermobilní jedinci; RAK = ramenní kloub; LOK = loketní kloub.

Vysvětlivky: ohraničená vertikální linka = maximální a minimální naměřené hodnoty; střední linie = medián; obdelník = mezikvartilové rozpětí; bod = outlier.

Obrázek 7

Rozložení dat statestézie dolní končetiny pro skupiny nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a symptomaticky hypermobilních jedinců



Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; A = asymptomaticky hypermobilní jedinci; S = symptomaticky hypermobilní jedinci; KYČ = kyčelní kloub; KOK = kolenní kloub; KOT = hlezenní kloub.

Vysvětlivky: ohraničená vertikální linka = maximální a minimální naměřené hodnoty; střední linie = medián; obdelník = mezikvartilové rozpětí; bod = outlier.

5.3 Výsledky testování vědomého zatížení dolní končetiny

Zpracován byl vždy rozdíl mezi správným zatížením a odhadovaným zatížením jedince. Pokud jedinec zaujal hmotnost přesně, hodnota byla 0. Pokud však svou hmotnost nadhodnotil (stál na dané končetině více kg, než bylo dané procento jeho tělesné hmotnosti), rozdíl mezi vypočítanou a zaujatou hmotností byl zaznamenán v záporných hodnotách. Pokud by svou hmotnost podhodnotil (stál na dané končetině méně kg, než bylo dané procento jeho tělesné hmotnosti) byl tento rozdíl zaznamenán v kladných hodnotách. Při porovnání výsledků (Tabulka 10) byl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinou nehypermobilních a hypermobilních jedinců při zatížení dolní končetiny na 50 % ($p=0,025$), efekt byl zhodnocen jako střední ($ES = 0,31$). Hypermobilní jedinci byli při stanovení zatížení na 50 % přesnější než skupina nehypermobilních. Medián skupiny hypermobilních byl $-0,53$ kg, zatímco u skupiny nehypermobilních byl $1,72$ kg. Statisticky významný rozdíl byl nalezen i u zatížení na 75 % ($p=0,032$) avšak effect size ukázal malý efekt ($ES = 0,29$). I při zatížení na 75 % byli hypermobilní jedinci přesnější než ti nehypermobilní. Medián skupiny hypermobilních byl $2,78$ kg, zatímco u skupiny

nehypermobilních byl 6,83 kg. Při zatížení na 25 % nebyla nalezena statisticky významná rozdílnost mezi hypermobilní a nehypermobilní skupinou ($p=0,686$). Jelikož více jak polovina testů byla statisticky rozdílná byla H_0 zamítnuta.

Při porovnání skupin nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a symptomaticky hypermobilních nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly (Tabulka 11), rozložení dat je znázorněno na Obrázku 8 a Obrázku 9. Na základě výsledků u byla přijata hypotéza H_0 .

Tabulka 10

Medián a mezikvartilový rozdíl skupin nehypermobilních a hypermobilních jedinců a jejich porovnání v testování vědomého zatížení dolní končetiny

Zatížení DK	Nehypermobilní (n=22)	Hypermobilní ^a (n=32)	Rozdíl mediánů ^b	p-value ^c	95% CI	Effect size [95% CI] ^d
25 % (kg)	-2,98 (8,48)	-2,84 (8,53)	-0,74	0,686	-3,28 až 2,02	0,06 [0,01 až 0,35]
50 % (kg)	1,72 (8,48)	-0,53 (8,53)	-2,75	0,025	-6,90 až -0,10	0,31 [0,03 až 0,55]
75 % (kg)	6,83 (8,48)	2,78 (8,53)	-4,5	0,032	-8,20 až -0,41	0,29 [0,03 až 0,54]

Vysvětlivky: DK = dolní končetina; CI = konfidenční interval.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017);

^b rozdíl v mediánu dle Hodges-Lehmannova odhadu; ^c p-value na základě Mann Whitney testu;

^d effect size na základě Wilcoxonova r.

Tabulka 11

Porovnání skupin nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a symptomaticky hypermobilních jedinců v testování vědomého zatížení dolní končetiny

Zatížení dolní končetiny	Nehypermobilní (n=22)	Hypermobilní asymptomatictí ^a (n=15)	Hypermobilní symptomatictí ^b (n=17)	χ^2 ^c	p-value ^c
25 % (kg)	-2,98 (8,48)	-2,93 (8,35)	-2,75 (8)	1,363	0,506
50 % (kg)	1,72 (8,48)	-0,15 (8,35)	-0,85 (8)	5,043	0,080
75 % (kg)	6,83 (8,48)	2,45 (8,35)	4,13 (8)	4,653	0,098

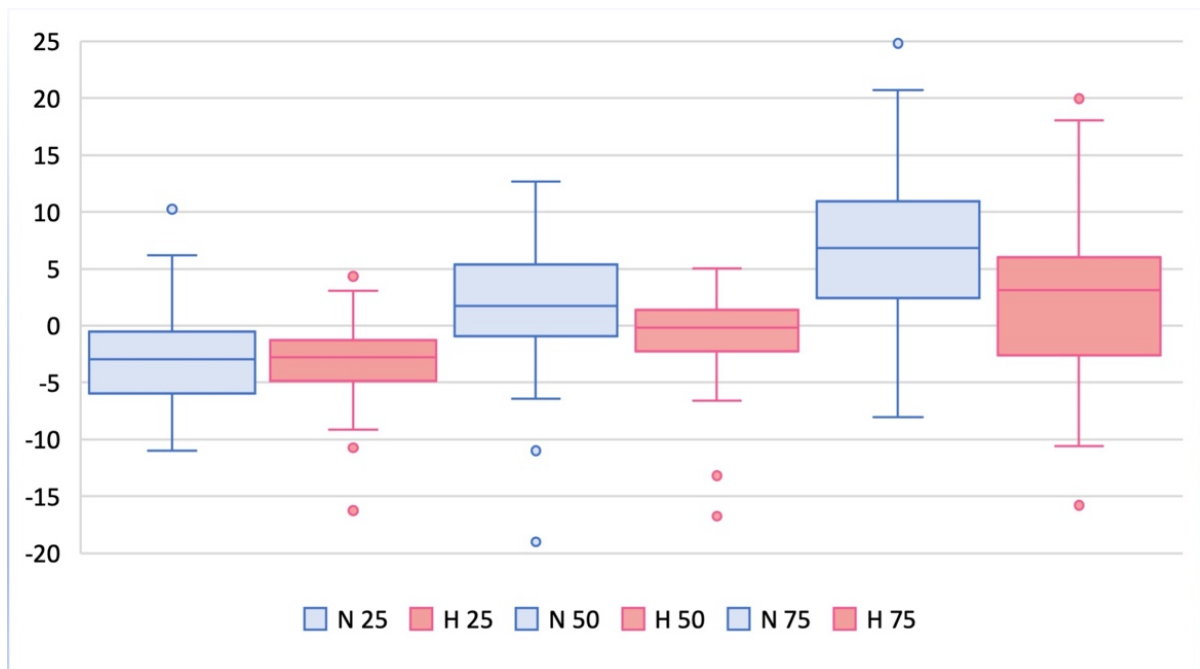
Poznámka: n = počet.

^a Hypermobilní jedinci přesahující prahové hodnoty Beightonova skóre, které uvádí Singh et al. (2017) bez symptomů udávaných v Castori et al. (2017) a jedinci s těmito symptomy^b

^c χ^2 a p-value na základě Kruskal-Wallis testu.

Obrázek 8

Rozložení dat vědomého zatížení dolní končetiny pro skupiny nehypermobilních a hypermobilních jedinců

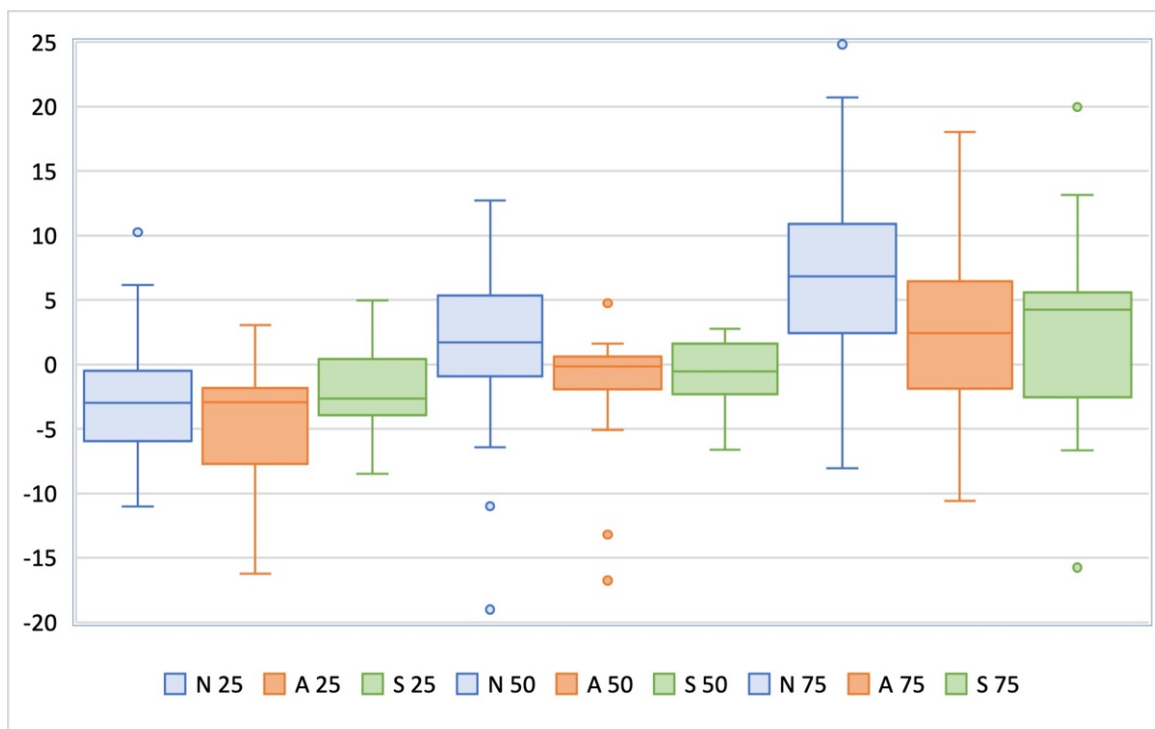


Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; A = asymptomatické hypermobilní jedinci; S = symptomatické hypermobilní jedinci; 25 = zatížení dolní končetiny na 25 % celkové hmotnosti, 50 = zatížení dolní končetiny na 50 % celkové hmotnosti, 75 = zatížení dolní končetiny na 75 % celkové hmotnosti.

Vysvětlivky: ohraničená vertikální linka = maximální a minimální naměřené hodnoty; střední linie = medián; obdelník = mezikvartilové rozpětí; bod = outlier.

Obrázek 9

Rozložení dat vědomého zatížení dolní končetiny pro skupiny nehypermobilních, asymptomaticky hypermobilních a symptomaticky hypermobilních jedinců



Poznámka: N = nehypermobilní jedinci; A = asymptomaticky hypermobilní jedinci; S = symptomaticky hypermobilní jedinci; 25 = zatížení dolní končetiny na 25 % celkové hmotnosti, 50 = zatížení dolní končetiny na 50 % celkové hmotnosti, 75 = zatížení dolní končetiny na 75 % celkové hmotnosti.

Vysvětlivky: ohraničená vertikální linka = maximální a minimální naměřené hodnoty; střední linie = medián; obdelník = mezikvartilové rozpětí; bod = outlier.

6 DISKUSE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda je statestézie a vědomé rozložení hmotnosti ovlivněna hypermobilitou. Krom srovnání hypermobilních a nehypermobilních jedinců se tato práce soustředila i na porovnání skupin asymptomaticky hypermobilních, symptomaticky hypermobilních a nehypermobilních jedinců.

6.1 Diskuse k metodice

K rozdělení na hypermobilní a nehypermobilní jedince sloužilo Beightonovo skóre (BS), pro které vycházely hraniční hodnoty ze studie Singh et al. (2017), kde byly pro rozřazení dány tyto kritéria: pro ženy ve věku 20–39 let bylo nutné získat 5 bodů, pro kategorii 40–50 let body 4, muži ve věkové kategorii 20–40 let 4 body, v kategorii 40–50 let body 2. Důvodem pro využití těchto hodnot, krom standardizovaných 4 bodů pro obě pohlaví byla jejich kritika vzhledem k tomu, že hranice 4 bodů je nízká zejména pro ženy ve věku 20–39 let. Pokud by byla využita, ženy by měly o 68,7 % větší pravděpodobnost být diagnostikovány jako hypermobilní (Singh et al., 2017). V této diplomové práci byli testováni jedinci od doby ukončeného růstu (20 let) až po dobu, kdy se začíná projevovat artróza (50 let). Studie Losina et al. (2013) naznačuje, že průměrný věk, kdy se artróza začíná projevovat, je 53,3 let. Důvodem proč první projevy artrózy jsou pro tuto studii omezující je, že se symptomatickou artrózou je spojovaná i horší propriocepce (Proske & Gandevia, 2012; van der Esch et al., 2007)

V této práci byla testovaná pouze dominantní končetina, tedy nebylo možné posoudit rozdíly mezi končetinami. Dominantní končetina byla zjištěna na základě otázky, kterou nohou by proband kopl do míče, tedy jednalo se o dominantní končetinu ve fázičných pohybech. Podle studie Goble (2010) je schopnost replikace polohy přesnější na nedominantní končetině určené ve statických pohybech. V této práci byla testovaná dominantní dolní končetina ve fázičných pohybech, avšak dominantní končetina ve statických pohybech je stejná dolní končetina. V rámci testování rozložení hmotnosti jsme tedy testovali nedominantní dolní končetinu ve statických pohybech, která by měla být podle studie Goble (2010) v propriocepti lepší.

Spojení testování vědomého rozložení hmotnosti a propriocepce se neobjevuje v zahraniční literatuře. Je otázkou, jak moc je toto testování validní. Většina studií, která využívá zkoušku dvou vah je zaměřena zejména na trénink odlehčení dolní končetiny po úrazu či operaci (Hustedt et al., 2012a, 2012b; Müßig et al., 2022). Je zajímavé, že právě testování pomocí dvou vah není častěji využíváno pro testování propriocepce, když řada studií (Jeong et al., 2019; Lin et al., 2009) doporučuje trénovat propriocepti při zatížení a na balančních plochách pro její zlepšení. Z tohoto důvodu by bylo vhodné schopnost vědomého zatížení objektivizovat a zjistit validitu a reliabilitu tohoto testu.

Testování statestézie pomocí IJPR (ipsilateral joint position reproduction) testu s 2D videoanalýzou pomocí softwaru Kinovea bylo vybráno z důvodu jednoduchosti testování a možnosti replikace s minimálními nároky na vybavení. V rámci testování nebyl jedincům omezován čas, který měli na zpětné zaujetí pozice, což se řídilo protokoly ze studie Han et al. (2016).

6.2 Diskuse k výsledkům

V odborné literatuře se setkáváme zejména se studiiemi, které se soustředí na hypermobilitu jako celek. Asymptomatická hypermobilita je zkoumána zejména ve sportovním odvětví, a to hlavně jako rizikový faktor vzniku zranění. Hanzlíková & Hébert-Losier (2021) zjistili, že asymptomatická hypermobilita není pravděpodobně biomechanickým rizikovým faktorem pro zranění ACL při doskoku. Hanzlíková et al. (2021) stejně tak prokázali, že asymptomatická hypermobilita není spojená s rizikovou biomechanikou pohybu pro vznik nekontaktního zranění ACL při rychlé změně směru. Jednou z mála dalších studií, které braly v potaz asymptomatickou a symptomatickou hypermobilitu je studie Schmid et al. (2013). Tato studie hodnotila elektromyografii (EMG) při chůzi. Zjistili, že hypermobilní ženy zřejmě mění svůj krokový cyklus, aby stabilizovaly kolenní kloub během stojné fáze. V rámci testování však nebyly nalezeny žádné významné rozdíly mezi asymptomaticky hypermobilní a symptomaticky hypermobilní skupinou. Výsledky však vysvětlovali tím, že chůze po rovině nemusela být dostatečně náročná, aby způsobila měřitelné změny, které by oddělily symptomatické a asymptomatické subjekty. Další studií je Engelbert et al. (2003), která pozorovala rozdíly mezi asymptomatickými a symptomatickými jedinci u dětí. Děti se symptomatickou generalizovanou hypermobilitou kloubů měly v rámci studie významně vyšší celkové rozsahy pohybu v kloubech, hyperextenzibilitu kůže a hraničně nízký diastolický krevní tlak ve srovnání se skupinou asymptomaticky hypermobilních dětí.

Jedna ze zkoumaných schopností v této práci byla schopnost vědomě rozložit hmotnost na dolní končetině. Byl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinou nehypermobilních a všech hypermobilních jedinců při zatížení dolní končetiny na 50 % ($p=0,025$), kdy efekt byl zhodnocen jako střední ($ES = 0,31$). Skupina hypermobilních jedinců byla při stanovení zatížení na 50 % hmotnosti přesnější než skupina nehypermobilních. Medián skupiny hypermobilních byl $-0,53$ kg, zatímco u skupiny nehypermobilních byl $1,72$ kg. Ač statistika poukazuje na rozdíl mezi skupinami nemusí skutečně naznačovat lepší propiocepci u hypermobilních jedinců. Pokud se srovnají průměry jednotlivých skupin zjistí se, že rozdíly v jednotlivých hodnotách se od sebe moc neodchylují, kdy průměr skupin nehypermobilních je $1,26 \pm 7,27$ kg (medián $1,72$ kg) a průměr skupiny hypermobilních $-1,35 \pm 4,10$ kg (medián $-0,53$ kg). Statistika ukazuje rozdíly mezi skupinami, ale pokud porovnáme, jak moc hodnoty byly vzdáleny od 0 (hodnoty, kdy odhadované zatížení by bylo přesné), tak zjistíme, že obě skupiny jsou svou vzdáleností od 0 skoro stejně. Tyto hodnoty nám tedy pouze ukazují, že skupina

hypermobilních má tendence nadhodnocovat svou hmotnost a skupina nehypermobilních zase podhodnocovat. Vzhledem k tomu, že data byla neparametricky rozložena, je vhodnější využívat medián pro srovnání skupin. Dle vypočteného mediánu lze tedy říct, že skupina hypermobilních byla přesnější v určení hmotnosti na 50 %. Statisticky významný rozdíl byl nalezen i u zatížení na 75 % ($p=0,032$) avšak effect size byl zhodnocen jako malý ($ES = 0,29$). Stejně jako u zatížení na 50 % můžeme i zde srovnat průměr skupin nehypermobilních $6,64 \pm 7,76$ kg (medián 6,82 kg) a hypermobilních $2,17 \pm 7,69$ kg (medián 2,78 kg). Ač jsou hodnoty vzdálenější od 0, než u zatížení na 50 % a to jak v průměrných hodnotách skupin, tak i v mediánech, tak byl effect size vyhodnocen jako malý. Proč by tomu takto mohlo být? Buďto kvůli skutečně malému efektu, nebo je to způsobené velkou variabilitou dat, která je u obou skupin poměrně vysoká (IQR: nehypermobilní 8,48, hypermobilní 8,53). Rozdíl je taktéž v tom, že u zatížení na 50 % jedna skupina podhodnocovala a druhá zase nadhodnocovala svou hmotnost, kdy při zatížení na 75 % obě skupiny svou hmotnost podhodnocovaly. Výsledky ukazují, že i při zatížení na 75 % byli hypermobilní jedinci přesnější než ti nehypermobilní. Při zatížení na 25 % nebyla nalezena statisticky významná rozdílnost ($p=0,686$) mezi skupinami hypermobilních a nehypermobilních jedinců. Při srovnání průměrů sice výsledky poukazují, že skupina nehypermobilních ($-2,41 \pm 4,97$ kg) byla přesnější, než skupina hypermobilních ($-4,43 \pm 6,67$ kg), ale vzhledem k neparametrickému rozložení dat je vhodnější srovnávat mediány, které poukazují na větší přesnost skupiny hypermobilních ($-2,84$ kg) oproti nehypermobilních (2,98 kg). Vzhledem k tomu, že dva ze tří sledovaných parametrů ukazují rozdíl mezi skupinami hypermobilních a nehypermobilních, byla odmítnuta H_0 .

Při porovnání výsledků skupin asymptoticky hypermobilních, symptomaticky hypermobilních a nehypermobilních nebyly nalezeny statisticky signifikantní rozdíly. Při testování zatížení na 50 % prokázala nejlepší schopnost určování hmotnosti skupina asymptoticky hypermobilních (medián: $-0,15$ kg) ve srovnání se skupinami symptomaticky hypermobilních ($-0,85$ kg) a nehypermobilních (1,72 kg). Při zatížení na 75 % zase určovala svou hmotnost nejlépe skupina asymptoticky hypermobilních (2,45 kg), a to i oproti skupinám symptomaticky hypermobilních (4,13 kg) a nehypermobilních (6,83 kg). V zatížení na 25 % hmotnosti sice testovala skupina symptomaticky hypermobilních nejlépe, avšak u tohoto testu byly rozdíly mezi skupinami nejmenší (nehypermobilní $-2,98$ kg; asymptoticky hypermobilní $-2,93$ kg; symptomaticky hypermobilní $-2,75$ kg). I když nebyl nalezen statisticky významný rozdíl, byla skupina asymptoticky hypermobilních ve dvou ze tří testování nejpřesnější v určení požadované hmotnosti. Pokud srovnáme výsledky pouze na základě mediánů, tak se ukáže, že u všech tří sledovaných hodnot nejhůře odhadovala zatížení dolní končetiny skupina nehypermobilních jedinců. Stejně jako to bylo u studie Schmid et al. (2013) by tyto výsledky mohly poukazovat na rozdíl mezi jednotlivými skupinami, který by se mohl projevit až u testování posturálně náročnějších situací. Vzhledem k nedostatku studií

zabývajícím se testem rozložení hmotnosti není jasné, co tento test přesně měří. Je tedy potřeba více studií, které by zhodnotili validitu tohoto testu.

Dle Opavského (2015) by v nekorigovaném stoji neměl být rozdíl mezi končetinami větší než 7–8 % celkové hmotnosti jedince. Pokud budeme hodnotit podle této hranice, že rozdíl mezi hodnotami by neměl být větší než 8 %, ukazuje se, že tuto hranici překročilo 15 jedinců při zatížení na 25 %, 12 jedinců při zatížení na 50 % a 32 jedinců při zatížení na 75 %.

Při testování statestézie nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi skupinami. Při srovnání průměrů skupin hypermobilních a nehypermobilních zjistíme, že nehypermobilní jedinci určovali polohu přesněji v ramenní, loketní a kolenní kloubu. V určení polohy v kyčelním a hlezenním kloubu byla přesnější skupina hypermobilních. V testování statestézie v kolenní kloubu byla skupina nehypermobilních ($-0,64^\circ$) lepší než skupina hypermobilních ($-1,52^\circ$). Naopak ve hlezenním kloubu byla skupina hypermobilních ($4,07^\circ$) lepší než skupina nehypermobilních ($4,97^\circ$). Lepší propriocepce v hlezenním kloubu než v kolenním může vysvětlit, proč hypermobilita není rizikem pro vznik zranění v hlezenním kloubu, ale je rizikem pro zranění v kolenní kloubu při sportu (Pacey et al., 2010).

Při porovnání skupin asymptoticky hypermobilních, symptoticky hypermobilních a nehypermobilních zjistíme, že rozdíly mezi skupinami byly minimální, a tedy statestézie mezi skupinami byla porovnatelná. Při srovnání hypermobilních skupin zjistíme, že ve čtyřech z pěti testovaných kloubů (ramenní, loketní, kyčelní a hlezenní kloub) byla nejlepší v určování pozice skupina asymptoticky hypermobilních.

Tyto výsledky se neshodují s výsledky studií (Hall et al., 1995; Sahin, Baskent, Cakmak, et al., 2008; Smith et al., 2013; Soper et al., 2015), které ukazují, že hypermobilní jedinci mají horší proprioepci. Je tedy důležité se zeptat, zda je opravdu proprioepce u hypermobilních jedinců zhoršená. Možným důvodem těchto výsledků může být nepřesné měření založené na videoanalýze. Toto měření, i když je klinicky využívané, není tak přesné jako 3D kinematografická analýza nebo speciální přístroje měřící statestézii a kinestézii. Tento nedostatek přesnosti měření může způsobit, že rozdíly mezi skupinami v řádu několika stupňů nebyly detekovány.

V rámci práce byla zkoumána proprioepce nejen při práci svalů s punktem fixem proximálně (testování statestézie pomocí IJPR), ale i s punktem fixem distálně a v zatížení (zkouška dvou vah). Zajímavé je, že právě při zatížení se začaly objevovat odchylky mezi skupinami. Je možné, že právě tyto podmínky jsou vhodné pro zjištění rozdílů v proprioepci mezi jednotlivými skupinami. Zároveň je nutné vzít v potaz, že proprioepce není jediným faktorem ovlivňující schopnost zatížit dolní končetinu. Stejně tak je otázkou, jak moc výpovědní hodnotu mají výsledky statestézie pomocí IJPR testu, který je prováděn s odlehčením dolní končetiny. Při zatížení dolní končetiny dostávají i kloubní receptory větší možnost se zapojit v oznamování o poloze a zatížení v kloubech. Podle studie Schmid et al. (2013),

kteřá navrhovala testovat jedince v posturálně náročnějších situacích, by bylo vhodné aplikovat stejné požadavky i zde. Testování v posturálně náročnějších situacích by mohlo odhalit případné odchylky mezi skupinami asymptomaticky a symptomaticky hypermobilních jedinců.

Výsledky poukazují, že hypermobilní jedinci by měli být schopni lépe kontrolovat rozložení hmotnosti. Avšak po přezkoumání zejména průměrů skupin ukazující zatížení na 50 %, kde jedna skupina své zatížení podhodnocovala a druhá nadhodnocovala, a rozdíl od nuly byl podobný, pravděpodobně nebudou výsledky této studie mít význam v klinické praxi. Dle této studie bychom tedy nemuseli v terapii trénovat více statestézií hypermobilních jedinců. Je však nutné brát v potaz limitace studie a je potřeba dalších studií, které by tyto výsledky potvrdily.

6.3 Limity práce

Jedním z limitů této práce bylo samotné rozdělení hypermobilních jedinců na asymptomaticky a symptomaticky hypermobilní, kdy není jasné, zda bolest ve dvou a více kloubech trvající více jak 3 měsíce je dostačujícím faktorem pro rozdělení. Při bolesti jednoho kloubu trvající déle než 3 měsíce byl jedinec zařazen do skupiny asymptomatické hypermobility i když projevoval symptomy. Absence příznaků v dalších kloubech před a v průběhu testování nevyklučuje jejich absenci v budoucnosti. Zároveň by bylo vhodné nějakým způsobem rozlišovat vzniklé bolesti od pouřazových stavů. Kromě toho bylo limitací poměrně nerovnoměrné zastoupení věkových kategorií, kdy v kategorii nad 30 let v celém výzkumném souboru bylo pouze 10 jedinců. Dále bylo ve výzkumném souboru více žen než mužů.

Samotným limitem testování vědomého rozložení hmotnosti je absence studii, které hodnotí, zda je tento test validní právě pro testování propriocepce. Dalším limitem tohoto testu bylo využití komerční váhy.

Mezi limity samotného testování statestézie, které by mohly ovlivňovat tyto výsledky, bylo potencionální nedodržení rychlosti nastavení segmentů do jednotlivých poloh mezi jednotlivými účastníky. Pokud stráví vyšetřující nastavením více času, vnímání cíle se může jevit vzdálenější od výchozí pozice, než ve skutečnosti je (Goble, 2010). Zároveň k nastavení jedinců do cílové polohy docházelo pasivně, kdy studie Suprak et al. (2007) tvrdí, že přesněji jedinci určují svou cílovou polohu, když si jí nastaví aktivně. Svalová aktivita v tomto případě změní aferentaci získávanou svalovými vřetenky oproti pasivnímu nastavení, kdy sval pracuje pouze izometricky dokud si jedinec nezapamatuje výchozí polohu. Progam Kinovea je považován jako spolehlivý a validní a někdy je dokonce označován jako zlatý standart (Fernández-González et al., 2020; Pueo et al., 2020; Puig-Diví et al., 2019). Při testování je však nutné, aby kamera byla nastavena v úhlu od 90° do 45° vzhledem k objektu, protože přesnost měření klesá se vzdalováním se od úhlu 90° (Puig-Diví et al., 2019).

Při měření v této studii byly tyto doporučené úhly zachovány, kdy pouze hlezenní kloub se blížil vzdálenosti od úhlu kamery 45°. Intra-rater reliabilita při vyhodnocování úhlu kloubu je $\pm 5^\circ$, což se rovněž dokáže považovat za limit (Fernández-González et al., 2020). Dle rozdílu mezi skupinami, které byly nepatrné je možné, že chyba v měření by vysvětlovala naměřené výsledky.

Krom samotných limitací testování mezi limity této práce patří testování provedené dvěma různými vyšetřovateli. I přes to, že došlo k nácviku testování, mohly nastat odchylky v prezentaci jednotlivých pokynů. Další limitace zahrnuje testování v různých podmínkách a denní době.

6.4 Doporučení pro další výzkum

Z této práce vyplývá hned několik doporučení pro další výzkum. Jedním je zjištění validity testování propiocepce pomocí zkoušky vědomého zatížení dolní končetiny. V návaznosti by rovněž bylo vhodné navrhnout studii, která by testovala jedince v posturálně náročnějších situacích jako například ve výpadu či ve vzporu klečmo, tak aby bylo možné odhalit případné odchylky mezi skupinami asymptomaticky a symptomaticky hypermobilních jedinců. Zároveň by bylo vhodné otestovat statestézii pomocí jiných testů jako je například CJPR (contralateral joint position reproduction) nebo AMEDA (active movement extent discrimination assessment) popsanych ve studii Han et al. (2016).

7 ZÁVĚRY

Cílem práce bylo zjistit, zda se statestézie a schopnost vědomého rozložení hmotnosti při statickém stoji liší mezi hypermobilními a nehypermobilními jedinci a mezi asymptomatickými hypermobilními, symptomatickými hypermobilními a nehypermobilními jedinci.

Výsledky ukazují, že úroveň vědomého zatížení dolní končetiny se liší mezi skupinami všech hypermobilních a nehypermobilních jedinců. Kdy skupina hypermobilních byla přesnější v určení zatížení na 50 % ($p=0,025$) a 75 % ($p=0,032$). Při zatížení na 25 % nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly ($p=0,686$). Mezi skupinami nehypermobilních, asymptomaticky a symptomaticky hypermobilních nebyly nalezeny ve vědomém zatížení dolní končetiny statisticky významné odchylky (u 25 % $p=0,506$; u 50 % $p=0,080$; u 75 % $p=0,098$). I když nebyly nalezeny statisticky významné odlišnosti mezi skupinami, skupina asymptomaticky hypermobilních zatěžovala dolní končetinu ve dvou ze tří testů nejpresněji. Nicméně existuje řada limitací, které by tyto výsledky vysvětlovaly. Jedním z faktorů je nenáročnost posturálních situací, kdy pouhý stoj nedokázal odhalit případné statisticky významné odchylky mezi skupinami asymptomaticky a symptomaticky hypermobilních.

Výsledky ukazují, že úroveň statestézie v jednotlivých kloubech se neliší mezi všemi hypermobilními a nehypermobilními jedince a ani mezi asymptomaticky hypermobilní a symptomaticky hypermobilní a nehypermobilní skupinou. Dle výsledků mají hypermobilní jedinci podobnou úroveň statestézie mezi sebou v porovnání s nehypermobilními jedinci.

Výsledky poukazují, že hypermobilní jedinci by tedy měli být schopni lépe kontrolovat rozložení hmotnosti. Avšak po přezkoumání velikosti a druhu důkazů výsledky nebudou mít význam v klinické praxi. Dle této studie bychom tedy nemuseli v terapii trénovat více statestézii hypermobilních jedinců. Je však nutné brát v potaz limitace studie a je potřeba dalších studií, které by tyto výsledky potvrdily.

8 SOUHRN

Tato práce se zabývala statestézií a vědomým rozložením hmotnosti na dolní končetině u hypermobilních jedinců. Zkoumala rozdíly mezi skupinami nehypermobilních a všech hypermobilních jedinců a mezi skupinami, asymptomaticky hypermobilních, symptomaticky hypermobilních a nehypermobilních jedinců.

Teoretická část je věnovaná propriocepci, jejím případným dysfunkcím a následně i testováním. Dále se věnuje samotné hypermobilitě. Jsou prezentovány jednotlivé dělení hypermobility vycházející z nové klasifikace, prevalence, etiopatogeneze, klinické projevy a rizikové faktory spojené s hypermobilitou. Samotná podkapitola je věnovaná klinickému testování hypermobility.

V praktické části je prezentován výzkum, kterého se účastnilo 54 jedinců (42 žen a 12 mužů) v průměrném věku $27,6 \pm 9,1$ let. Na základě Beightonova skóre a hraničních hodnot vycházející ze studie Singh et al. (2017) byly jedinci rozřazeni na nehypermobilní (22) a hypermobilní (32). Následné došlo k rozřazení do skupin symptomatické (17) a asymptomatické (15) hypermobility vycházející ze studie Castori et al. (2017). Pro testování statestézie byla využita varianta ipsilateral joint position reproduction testu, kdy vyšetřující nastavil jedince do požadované cílové pozice. Pro vyhodnocení testování byla využita videoanalýza pomocí programu Kinovea verze 0.9.5. Rozložení hmotnosti na 25 %, 50 % a 75 % hmotnosti jedince se testovalo za využití běžné váhy. Výsledky byly porovnány mezi jednotlivými skupinami.

Byly nalezeny statisticky signifikantní rozdíly mezi skupinou hypermobilních a nehypermobilních jedinců při testování zatížení na 50 % ($p=0,025$) a 75 % ($p=0,032$) hmotnosti jedince. Hypermobilní jedinci byli při stanovení zatížení přesnější než skupina nehypermobilních. Effect size u zatížení na 50 % byl vyhodnocen jako střední efekt ($ES = 0,31$) a u 75 % jako malý efekt ($ES = 0,29$). Při zatížení na 25 % nebyla nalezena statisticky významná rozdílnost ($p=0,686$). Nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly ve vědomém zatížení dolní končetiny napříč skupinami asymptomaticky hypermobilních, symptomaticky hypermobilních a nehypermobilních jedinců.

Výsledky testování statestézie neukázaly statisticky významné rozdíly napříč skupinami nehypermobilních a všech hypermobilních jedinců a mezi skupinami, asymptomaticky hypermobilních, symptomaticky hypermobilních a nehypermobilních jedinců.

V návaznosti na zjištěné výsledky by bylo vhodné navrhnout studii, která by testovala jedince v posturálně náročnějších situacích, tak aby bylo možné odhalit případné odchylky mezi skupinami asymptomaticky a symptomaticky hypermobilními jedinci. Zároveň i otestovat statestézií pomocí jiných testů než těch, které byly využity v této práci.

9 SUMMARY

This study investigated the sense of position and conscious weight distribution of the lower limb in hypermobile individuals. It examined differences between non-hypermobile and all hypermobile individuals, as well as between asymptomatic hypermobile, symptomatic hypermobile, and non-hypermobile individuals.

The theoretical part is devoted to proprioception, possible impairments and then its testing. It also discusses hypermobility itself. The different types of hypermobility based on the new criteria, prevalence, etiopathogenesis, clinical manifestations and risk factors associated with hypermobility are presented. The clinical testing of hypermobility is a subchapter.

In the practical part, the research consisting of 54 individuals (42 women and 12 men) with an average age of 27.6 ± 9.1 years, is presented. Based on the Beighton score and cutoff values based on the study of Singh et al. (2017), the individuals were split into non-hypermobile (22) or hypermobile (32) groups. Subsequently, they were divided into symptomatic (17), or asymptomatic (15) hypermobility groups based on the study of Castori et al. (2017). For assessing sense of position, an ipsilateral joint position reproduction test was employed, where the examiner set the individual into the target position. The study used program Kinovea version 0.9.5 for assessing the joint angles in video analysis. Weight distribution at 25%, 50%, and 75% of everyone's body weight was examined using a standard scale. The findings were compared across groups.

Statistically significant differences were found, between the group of hypermobile and non-hypermobile individuals during the 50 % load ($p=0.025$) and 75% load ($p=0.032$) relative to individual body weight. Hypermobile individuals demonstrated greater precision in load determination compared to the non-hypermobile group. The effect size for the 50 % load was assessed as a medium ($ES = 0.31$), while for the 75% load, it was considered a small ($ES = 0.29$). There was no statistically significant difference observed at the 25% load ($p=0.686$). There were no statistically significant differences in conscious loading of the lower limb across the asymptomatic hypermobile, symptomatic hypermobile, and non-hypermobile groups.

The results of the position sense testing showed no statistically significant differences across groups of non-hypermobile and hypermobile and between groups of asymptotically hypermobile, symptomatically hypermobile, and non-hypermobile individuals.

Considering these findings, it would be appropriate to propose a study that examines individuals in more challenging situations to uncover potential differences between asymptomatic and symptomatic hypermobile groups. Additionally, exploring the sense of position using tests other than those employed in this study could provide valuable insights.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Abujam, B., & Aggarwal, A. (2014). Hypermobility is related with musculoskeletal pain in Indian school-children. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 32(4), 610–613. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24983202>
- Akkaya, K. U., Burak, M., Erturan, S., Yildiz, R., Yildiz, A., & Elbasan, B. (2022). An investigation of body awareness, fatigue, physical fitness, and musculoskeletal problems in young adults with hypermobility spectrum disorder. *Musculoskeletal Science and Practice*, 62(2), 102642. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2022.102642>
- Al-Rawi, Z. S., Al-Aszawi, A. J., & Al-Chalabi, T. (1985). Joint mobility among university students in Iraq. *British Journal of Rheumatology*, 24(4), 326–331. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/24.4.326>
- Allen, T. J., Ansems, G. E., & Proske, U. (2007). Effects of muscle conditioning on position sense at the human forearm during loading or fatigue of elbow flexors and the role of the sense of effort. *Journal of Physiology*, 580(2), 423–434. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.125161>
- Armitano-Lago, C., Bennett, H. J., & Haegele, J. A. (2021). Lower limb proprioception and strength differences between adolescents with autism spectrum disorder and neurotypical controls. *Perceptual and Motor Skills*, 128(5), 2132–2147. <https://doi.org/10.1177/00315125211036418>
- Artigues-Cano, I., & Bird, H. A. (2014). Hypermobility and proprioception in the finger joints of flautists. *Journal of Clinical Rheumatology*, 20(4), 203–208. <https://doi.org/10.1097/RHU.000000000000109>
- Atwell, K., Michael, W., Dubey, J., James, S., Martonffy, A., Anderson, S., Rudin, N., & Schragger, S. (2021). Diagnosis and management of hypermobility spectrum disorders in primary care. *Journal of the American Board of Family Medicine*, 34(4), 838–848. <https://doi.org/10.3122/JABFM.2021.04.200374>
- Beighton, P., Grahame, R., & Bird, H. (2012). *Hypermobility of joints* (4th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-085-2>
- Bellegarda, G., & Ijspeert, A. (2022). CPG-RL: Learning central pattern generators for quadruped locomotion. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 7(4), 12547–12554. <https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3218167>
- Bendik, E. M., Tinkle, B. T., Al-Shuik, E., Levin, L., Martin, A., Thaler, R., Atzinger, C. L., Rueger, J., & Martin, V. T. (2011). Joint hypermobility syndrome: A common clinical disorder associated with migraine in women. *Cephalalgia: An International Journal of Headache*, 31(5), 603–613. <https://doi.org/10.1177/0333102410392606>
- Bigley, G. K. (1990). Sensation. In H. K. Walker, W. D. Hall, & J. W. Hurst (Eds.), *Clinical Methods: The*

- History, Physical, and Laboratory Examinations* (3rd ed., pp. 343–350). Butterworths.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1116506>
- Blagojevic, M., Jinks, C., Jeffery, A., & Jordan, K. P. (2010). Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*, *18*(1), 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2009.08.010>
- Blajwajs, L., Williams, J., Timmons, W., & Sproule, J. (2023). Hypermobility prevalence, measurements, and outcomes in childhood, adolescence, and emerging adulthood: A systematic review. *Rheumatology International*, *43*(8), 1423–1444. <https://doi.org/10.1007/s00296-023-05338-x>
- Blecher, R., Krief, S., Galili, T., Assaraf, E., Stern, T., Anekstein, Y., Agar, G., & Zelzer, E. (2017). The proprioceptive system regulates morphologic restoration of fractured bones. *Cell Reports*, *20*(8), 1775–1783. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2017.07.073>
- Bockhorn, L. N., Vera, A. M., Dong, D., Delgado, D. A., Varner, K. E., & Harris, J. D. (2021). Interrater and intrarater reliability of the Beighton Score: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *9*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1177/2325967120968099>
- Capaday, C., & Cooke, J. D. (1981). The effects of muscle vibration on the attainment of intended final position during voluntary human arm movements. *Experimental Brain Research*, *42*(2), 228–230. <https://doi.org/10.1007/BF00236912>
- Castori, M., Morlino, S., Celletti, C., Ghibellini, G., Bruschini, M., Grammatico, P., Blundo, C., & Camerota, F. (2013). Re-writing the natural history of pain and related symptoms in the joint hypermobility syndrome/Ehlers-Danlos syndrome, hypermobility type. *American Journal of Medical Genetics, Part A*, *161*(12), 2989–3004. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.36315>
- Castori, M., Tinkle, B., Levy, H., Grahame, R., Malfait, F., & Hakim, A. (2017). A framework for the classification of joint hypermobility and related conditions. *American Journal of Medical Genetics, Part C: Seminars in Medical Genetics*, *175C*(1), 148–157. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31539>
- Child, A. H. (1986). Joint hypermobility syndrome: inherited disorder of collagen synthesis. *The Journal of Rheumatology*, *13*(2), 239–243.
- Collinge, R., & Simmonds, J. V. (2009). Hypermobility, injury rate and rehabilitation in a professional football squad: a preliminary study. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, *10*(3), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2009.03.001>
- Connelly, E., Hakim, A., Davenport, S., & Simmonds, J. (2015). A study exploring the prevalence of Joint Hypermobility Syndrome in patients attending a Musculoskeletal Triage Clinic. *Physiotherapy Practice and Research*, *36*(1), 43–53. <https://doi.org/10.3233/PPR-140046>
- Conti, P. C., Miranda, J. E., & Araujo, C. R. (2000). Relationship between systemic joint laxity, TMJ hypertranslation, and intra-articular disorders. *Cranio: The Journal of Craniomandibular Practice*,

- 18(3), 192–197. <https://doi.org/10.1080/08869634.2000.11746132>
- Craske, B. (1977). Perception of impossible limb positions induced by tendon vibration. *Science (New York, N.Y.)*, 196(4285), 71–73. <https://doi.org/10.1126/science.841342>
- de Dieuleveult, A. L., Siemonsma, P. C., van Erp, J. B. F., & Brouwer, A. M. (2017). Effects of aging in multisensory integration: A systematic review. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00080>
- Decoster, L. C., Bernier, J. N., Lindsay, R. H., & Vailas, J. C. (1999). Generalized Joint Hypermobility and Its Relationship to Injury Patterns Among NCAA Lacrosse Players. *Journal of Athletic Training*, 34(2), 99–105.
- Demmler, J. C., Atkinson, M. D., Reinhold, E. J., Choy, E., Lyons, R. A., & Brophy, S. T. (2019). Diagnosed prevalence of Ehlers-Danlos syndrome and hypermobility spectrum disorder in Wales, UK: a national electronic cohort study and case-control comparison. *BMJ Open*, 9(11). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031365>
- Dolan, A. L., Hart, D. J., Doyle, D. V., Grahame, R., & Spector, T. D. (2003). The relationship of joint hypermobility, bone mineral density, and osteoarthritis in the general population: the Chingford Study. *Journal of Rheumatology*, 30(4), 799–803. <http://europepmc.org/abstract/MED/12672202>
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie (1.)*. Grada.
- El-Garf, A. K., Mahmoud, G. A., & Mahgoub, E. H. (1998). Hypermobility among Egyptian children: prevalence and features. *The Journal of Rheumatology*, 25(5), 1003–1005. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9598908>
- El-Shahaly, H. A., & El-Sherif, A. K. (1991). Is the benign joint hypermobility syndrome benign? *Clinical Rheumatology*, 10(3), 302–307. <https://doi.org/10.1007/BF02208695>
- Engelbert, R. H. H., Bank, R. A., Sakkars, R. J. B., Helders, P. J. M., Beemer, F. A., & Uiterwaal, C. S. P. M. (2003). Pediatric generalized joint hypermobility with and without musculoskeletal complaints: a localized or systemic disorder? *Pediatrics*, 111(3), e248-54. <https://doi.org/10.1542/peds.111.3.e248>
- Ewertowska, P., Trzaskoma, Z., Sitarski, D., Gromuł, B., Haponiuk, I., & Czaprowski, D. (2020). Muscle strength, muscle power and body composition in college-aged young women and men with Generalized Joint Hypermobility. *PLOS ONE*, 15(7), e0236266. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236266>
- Fatoye, F., Palmer, S., MacMillan, F., Rowe, P., & Van Der Linden, M. (2012). Pain intensity and quality of life perception in children with hypermobility syndrome. *Rheumatology International*, 32(5), 1277–1284. <https://doi.org/10.1007/s00296-010-1729-2>
- Felson, D. T., Gross, K. D., Nevitt, M. C., Yang, M., Lane, N. E., Torner, J. C., Lewis, C. E., & Hurley, M. V.

- (2009). The effects of impaired joint position sense on the development and progression of pain and structural damage in knee osteoarthritis. *Arthritis Care and Research*, *61*(8), 1070–1076.
- Felson, D. T., Zhang, Y., Hannan, M. T., Naimark, A., Weissman, B., Aliabadi, P., & Levy, D. (1997). Risk factors for incident radiographic knee osteoarthritis in the elderly: the Framingham Study. *Arthritis and Rheumatism*, *40*(4), 728–733. <https://doi.org/10.1002/art.1780400420>
- Fernández-González, P., Koutsou, A., Cuesta-Gómez, A., Carratalá-Tejada, M., Miangolarra-Page, J. C., & Molina-Rueda, F. (2020). Reliability of Kinovea® software and agreement with a three-dimensional motion system for gait analysis in healthy subjects. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *20*(11). <https://doi.org/10.3390/s20113154>
- Foss, K. D. B., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2009). Generalized joint laxity associated with increased medial foot loading in female athletes. *Journal of Athletic Training*, *44*(4), 356–362. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.4.356>
- Gallagher, S., & Cole, J. (1995). Body schema and body image in a deafferented subject. *Journal of Mind and Behavior*, *16*(4), 369–390.
- Gandevia, S. C. (1985). Illusory movements produced by electrical stimulation of low-threshold muscle afferents from the hand. *Brain*, *108*(4), 965–981. <https://doi.org/10.1093/brain/108.4.965>
- Goble, D. J. (2010). Proprioceptive acuity assessment via joint position matching: From basic science to general practice. *Physical Therapy*, *90*(8), 1176–1184. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090399>
- Goldlist, S., Wijeyaratnam, D. O., Edwards, T., Pilutti, L. A., & Cressman, E. K. (2022). Assessing proprioceptive acuity in people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal - Experimental, Translational and Clinical*, *8*(3), 205521732211117. <https://doi.org/10.1177/20552173221111761>
- Gonzalez, H., Koralnik, I. J., & Marra, C. M. (2019). Neurosyphilis. *Seminars in Neurology*, *39*(04), 448–455. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1688942>
- Gottschall, J. S., & Nichols, T. R. (2007). Head pitch affects muscle activity in the decerebrate cat hindlimb during walking. *Experimental Brain Research*, *182*(1), 131–135. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-1084-z>
- Grahame, R. (1999). Joint hypermobility and genetic collagen disorders: Are they related? *Archives of Disease in Childhood*, *80*(2), 188–191. <https://doi.org/10.1136/adc.80.2.188>
- Grahame, R. (2003). Hypermobility and hypermobility syndrome. In R. J. Keer & R. Grahame (Eds.), *Hypermobility syndrome — recognition and management for physiotherapists* (1st ed., pp. 1–14). Butterworth-Heinemann.
- Grahame, R., Bird, H. A., & Child, A. (2000). The revised (Brighton 1998) criteria for the diagnosis of benign joint hypermobility syndrome (BJHS). *Journal of Rheumatology*, *27*(7), 1777–1779.
- Grochala, J., Grochala, D., Kajor, M., Iwaniec, J., Loster, J. E., & Iwaniec, M. (2021). A novel method of

- temporomandibular joint hypermobility diagnosis based on signal analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(21). <https://doi.org/10.3390/jcm10215145>
- Gyldenkerne, B., Iversen, K., Roegind, H., Fastrup, D., Hall, K., & Remvig, L. (2007). Prevalence of general hypermobility in 12–13-year-old school children and impact of an intervention against injury and pain incidence. *Advances in Physiotherapy*, 9(1), 10–15. <https://doi.org/10.1080/14038190601103621>
- Hahn, T., Foldspang, A., Vestergaard, E., & Ingemann-Hansen, T. (1999). Active knee joint flexibility and sports activity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(2), 74–80. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00212.x>
- Hakim, A. J., & Grahame, R. (2003). A simple questionnaire to detect hypermobility: an adjunct to the assessment of patients with diffuse musculoskeletal pain. *International Journal of Clinical Practice*, 57(3), 163–166. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12723715>
- Hall, M. G., Ferrell, W. R., Sturrock, R. D., Hamblen, D. L., & Baxendale, R. H. (1995). The effect of the hypermobility syndrome on knee joint proprioception. *British Journal of Rheumatology*, 34(2), 121–125. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/34.2.121>
- Hall, T., Briffa, K., & Hopper, D. (2008). Clinical evaluation of cervicogenic headache: A clinical perspective. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 16(2), 73–80. <https://doi.org/10.1179/106698108790818422>
- Hammi, C., & Yeung, B. (2022). Neuropathy. In *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542220/>
- Han, J., Waddington, G., Adams, R., Anson, J., & Liu, Y. (2016). Assessing proprioception: A critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science*, 5(1), 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>
- Hanzlíková, I., & Hébert-Losier, K. (2021). Do asymptomatic generalised hypermobility and knee hyperextension influence jump landing biomechanics? *European Journal of Physiotherapy*, 23(6), 362–367. <https://doi.org/10.1080/21679169.2020.1769721>
- Hanzlíková, I., Richards, J., Athens, J., & Hébert-Losier, K. (2021). The influence of asymptomatic hypermobility on unanticipated cutting biomechanics. *Sports Health*, 13(6), 548–553. <https://doi.org/10.1177/1941738121999063>
- Hassan, B. S. (2001). Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 60(6), 612–618. <https://doi.org/10.1136/ard.60.6.612>
- Hirata, R. P., Ervilha, U. F., Arendt-Nielsen, L., & Graven-Nielsen, T. (2011). Experimental muscle pain challenges the postural stability during quiet stance and unexpected posture perturbation. *The Journal of Pain*, 12(8), 911–919. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2011.02.356>

- Holst-Wolf, J. M., Yeh, I. L., & Konczak, J. (2016). Development of proprioceptive acuity in typically developing children: Normative data on forearm position sense. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00436>
- Hudák, R., & Kachlík, D. (2015). *Memorix anatomie* (3.). Triton.
- Hughes, R. A. C. (2002). Peripheral neuropathy. *BMJ, 324*(7335), 466–469. <https://doi.org/10.1136/bmj.324.7335.466>
- Hustedt, J. W., Blizzard, D. J., Baumgaertner, M. R., Leslie, M. P., & Grauer, J. N. (2012a). Current advances in training orthopaedic patients to comply with partial weight-bearing instructions. *The Yale Journal of Biology and Medicine, 85*(1), 119–125. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22461750>
- Hustedt, J. W., Blizzard, D. J., Baumgaertner, M. R., Leslie, M. P., & Grauer, J. N. (2012b). Effect of age on partial weight-bearing training. *Orthopedics, 35*(7), e1061-7. <https://doi.org/10.3928/01477447-20120621-23>
- Janda, V. (2001). Hypermobilita. In *Doporučené postupy pro praktické lékaře*. Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně.
- Jeannerod, M., Michel, F., & Prablanc, C. (1984). The control of hand movements in a case of hemianaesthesia following a parietal lesion. *Brain, 107*(3), 899–920. <https://doi.org/10.1093/brain/107.3.899>
- Jeong, H. S., Lee, S.-C., Jee, H., Song, J. B., Chang, H. S., & Lee, S. Y. (2019). Proprioceptive training and outcomes of patients with knee osteoarthritis: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Athletic Training, 54*(4), 418–428. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-329-17>
- Jeremiah, H. M., & Alexander, C. M. (2010). Do hypermobile subjects without pain have alteration to the feedback mechanisms controlling the shoulder girdle? *Musculoskeletal Care, 8*(3), 157–163. <https://doi.org/10.1002/msc.178>
- Juul-Kristensen, B., Schmedling, K., Rombaut, L., Lund, H., & Engelbert, R. H. H. (2017). Measurement properties of clinical assessment methods for classifying generalized joint hypermobility: A systematic review. *American Journal of Medical Genetics, Part C: Seminars in Medical Genetics, 175*(1), 116–147. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31540>
- Kahana, M., Feinstein, A., Tabachnic, E., Schewach-Millet, M., & Engelberg, S. (1987). Painful piezogenic pedal papules in patients with Ehlers-Danlos syndrome. *Journal of the American Academy of Dermatology, 17*(2 Pt 1), 205–209. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(87\)70192-3](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(87)70192-3)
- Kaner, M. T., Hon, E., He, T., Patira, R., & Altschuler, E. L. (2020). Rehabilitation after complete hemisensory loss. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 99*(1), 86–90. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001306>
- Kato, H., & Izumiyama, M. (2015). Impaired motor control due to proprioceptive sensory loss in a

- patient with cerebral infarction localized to the postcentral gyrus. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 47(2), 187–190. <https://doi.org/10.2340/16501977-1900>
- Kim, G. H., Suzuki, S., & Kanda, K. (2007). Age-related physiological and morphological changes of muscle spindles in rats. *The Journal of Physiology*, 582(2), 525–538. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.130120>
- Kindgren, E., Perez, A. Q., & Knez, R. (2021). Prevalence of adhd and autism spectrum disorder in children with hypermobility spectrum disorders or hypermobile ehlers-danlos syndrome: A retrospective study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 17, 379–388. <https://doi.org/10.2147/NDT.S290494>
- Kittnar, O. (2011). *Lékařská kineziologie* (1.). Grada. <https://www.bookport.cz/e-kniha/lekarska-fyziologie-1368346/>
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi* (1.). Galén.
- Kumar, B., & Lenert, P. (2017). Joint hypermobility syndrome: Recognizing a commonly overlooked cause of chronic pain. *American Journal of Medicine*, 130(6), 640–647. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2017.02.013>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Landelle, C., El Ahmadi, A., & Kavounoudias, A. (2018). Age-related impairment of hand movement perception based on muscle proprioception and touch. *Neuroscience*, 381, 91–104. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.04.015>
- Laszlo, J. I. (1992). Motor control and learning: How far do the experimental tasks restrict our theoretical insight? In J. Summers (Ed.), *Approaches to the Study of Motor Control and Learning* (pp. 47–79). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61682-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61682-9)
- Latash, M. L. (2020). *Physics of biological action and perception* (1.). Academic Press.
- Latash, M. L., & Lestienne, F. (2006). *Motor control and learning*. Springer.
- Lefaivre, S. C., & Almeida, Q. J. (2015). Can sensory attention focused exercise facilitate the utilization of proprioception for improved balance control in PD? *Gait & Posture*, 41(2), 630–633. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.01.013>
- Lin, D.-H., Lin, C.-H. J., Lin, Y.-F., & Jan, M.-H. (2009). Efficacy of 2 non-weight-bearing interventions, proprioception training versus strength training, for patients with knee osteoarthritis: A randomized clinical trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(6), 450–457. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2923>
- Liu, J. X., Eriksson, P. O., Thornell, L. E., & Pedrosa-Domellöf, F. (2005). Fiber content and myosin heavy chain composition of muscle spindles in aged human biceps brachii. *Journal of Histochemistry*

- and *Cytochemistry*, 53(4), 445–454. <https://doi.org/10.1369/jhc.4A6257.2005>
- Longo, M. R., & Haggard, P. (2010). An implicit body representation underlying human position sense. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(26), 11727–11732. <https://doi.org/10.1073/pnas.1003483107>
- Losina, E., Weinstein, A. M., Reichmann, W. M., Burbine, S. A., Solomon, D. H., Daigle, M. E., Rome, B. N., Chen, S. P., Hunter, D. J., Suter, L. G., Jordan, J. M., & Katz, J. N. (2013). Lifetime risk and age at diagnosis of symptomatic knee osteoarthritis in the US. *Arthritis Care & Research*, 65(5), 703–711. <https://doi.org/10.1002/acr.21898>
- Madhavan, S., & Shields, R. K. (2005). Influence of age on dynamic position sense: Evidence using a sequential movement task. *Experimental Brain Research*, 164(1), 18–28. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-2208-3>
- Malfait, F. (2005). Total absence of the 2(I) chain of collagen type I causes a rare form of Ehlers-Danlos syndrome with hypermobility and propensity to cardiac valvular problems. *Journal of Medical Genetics*, 43(7), e36–e36. <https://doi.org/10.1136/jmg.2005.038224>
- Malfait, F., Colman, M., Vroman, R., De Wandele, I., Rombaut, L., Miller, R. E., Malfait, A.-M., & Syx, D. (2021). Pain in the Ehlers–Danlos syndromes: Mechanisms, models, and challenges. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, 187(4), 429–445. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31950>
- Malfait, F., Francomano, C., Byers, P., Belmont, J., Berglund, B., Black, J., Bloom, L., Bowen, J. M., Brady, A. F., Burrows, N. P., Castori, M., Cohen, H., Colombi, M., Demirdas, S., De Backer, J., De Paepe, A., Fournel-Gigleux, S., Frank, M., Ghali, N., ... Tinkle, B. (2017). The 2017 international classification of the Ehlers–Danlos syndromes. *American Journal of Medical Genetics, Part C: Seminars in Medical Genetics*, 175(1), 8–26. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31552>
- Mallik, A. K., Ferrell, W. R., McDonald, A. G., & Sturrock, R. D. (1994). Impaired proprioceptive acuity at the proximal interphalangeal joint in patients with the hypermobility syndrome. *British Journal of Rheumatology*, 33(7), 631–637. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/33.7.631>
- Manchester, D., Woollacott, M., Zederbauer-Hylton, N., & Marin, O. (1989). Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journals of Gerontology*, 44(4). <https://doi.org/10.1093/geronj/44.4.m118>
- Marcuzzi, A., Wainwright, A. C., Costa, D. S. J., & Wrigley, P. J. (2019). Vibration testing: Optimizing methods to improve reliability. *Muscle & Nerve*, 59(2), 229–235. <https://doi.org/10.1002/mus.26373>
- Markin, S. N., Klishko, A. N., Shevtsova, N. A., Lemay, M. A., Prilutsky, B. I., & Rybak, I. A. (2010). Afferent control of locomotor CPG: Insights from a simple neuromechanical model. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1198, 21–34. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05435.x>

- Marshman, D., Percy, J., Fielding, I., & Delbridge, L. (1987). Rectal prolapse: Relationship with joint mobility. *Australian and New Zealand Journal of Surgery*, 57(11), 827–829. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.1987.tb01274.x>
- McGee, S. (2017). *Evidence-based physical diagnosis* (4th ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.7326/acpjc-2001-135-3-a15>
- McGillis, L., Mittal, N., Santa Mina, D., So, J., Soowamber, M., Weinrib, A., Soever, L., Rozenberg, D., Liu, L., Tse, Y., Katz, J., Charames, G. S., Murphy, K., Vadas, P., Slepian, M. P., Walsh, S., Wilson, L., Adler, A., Franzese, A., ... Clarke, H. (2020). Utilization of the 2017 diagnostic criteria for hEDS by the Toronto GoodHope Ehlers–Danlos syndrome clinic: A retrospective review. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 182(3), 484–492. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.61459>
- Mendelsohn, M. E., Overend, T. J., & Petrella, R. J. (2004). Effect of rehabilitation on hip and knee proprioception in older adults after hip fracture. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(8), 624–632. <https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000133448.69652.B5>
- MKN-10. (2023). *No Title*. <https://mkn10.uzis.cz>
- Morlino, S., & Castori, M. (2023). Placing joint hypermobility in context: traits, disorders and syndromes. *British Medical Bulletin*, 103, 1–18. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldad013>
- Morris, S. L., Foster, C. J., Parsons, R., Falkmer, M., Falkmer, T., & Rosalie, S. M. (2015). Differences in the use of vision and proprioception for postural control in autism spectrum disorder. *Neuroscience*, 307, 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.08.040>
- Morris, S. L., O’Sullivan, P. B., Murray, K. J., Bear, N., Hands, B., & Smith, A. J. (2017). Hypermobility and musculoskeletal pain in adolescents. *Journal of Pediatrics*, 181, 213–221.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.09.060>
- Mott, F. W., & Sherrington, C. S. (1895). Experiments upon the influence of sensory nerves upon movement and nutrition of the limbs. Preliminary communication. *Proceedings of the Royal Society of London*, 57(340–346), 481–488. <https://doi.org/10.1098/rspl.1894.0179>
- Muldoon, M., Gosey, G., Healey, R., & Santore, R. (2016). Hypermobility a key factor in hip dysplasia: prospective evaluation of 266 patients. *Journal of Hip Preservation Surgery*, 3(suppl_1). <https://doi.org/10.1093/jhps/hnw030.034>
- Müßig, J. A., Brand, A., Kröger, I., Klöpfer-Krämer, I., & Augat, P. (2022). Effects of assistive insole feedback training on immediate and multi-day partial weight bearing retention during walking: A pilot study. *Gait & Posture*, 93, 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.01.014>
- Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2008). The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(6), 1073–1080. <https://doi.org/10.1177/0363546507313572>
- Neilson, D., & Martin, V. T. (2014). Joint hypermobility and headache: Understanding the glue that

- binds the two together - Part 1. *Headache*, 54(8), 1393–1402.
<https://doi.org/10.1111/head.12418>
- Nomura, E., Inoue, M., & Kobayashi, S. (2006). Generalized joint laxity and contralateral patellar hypermobility in unilateral recurrent patellar dislocators. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 22(8), 861–865. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.04.090>
- Norton, P. A., Baker, J. E., Sharp, H. C., & Warenski, J. C. (1995). Genitourinary prolapse and joint hypermobility in women. *Obstetrics & Gynecology*, 85(2), 225–228.
[https://doi.org/10.1016/0029-7844\(94\)00386-R](https://doi.org/10.1016/0029-7844(94)00386-R)
- Nosouhian, S., Haghghat, A., Mohammadi, I., Shadmehr, E., Davoudi, A., & Badrian, H. (2015). Temporomandibular joint hypermobility manifestation based on clinical observations. *Journal of International Oral Health*, 7(8), 1–4. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26464530>
- Opavský, J. (2003). *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty* (1.).
- Opavský, J. (2015). Algeziologické, neurologické a rehabilitační aspekty v diagnostice a terapii pacientů s chronickými nespecifickými bolestmi bederního úseku páteře. *Neurologie pro Praxi*, 16(5), 262–265.
- Pacey, V., Nicholson, L. L., Adams, R. D., Munn, J., & Munns, C. F. (2010). Generalized joint hypermobility and risk of lower limb joint injury during sport: A systematic review with meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 38(7), 1487–1497.
<https://doi.org/10.1177/0363546510364838>
- Perrini, F., Tallents, R. H., Katzberg, R. W., Ribeiro, R. F., Kyrkanides, S., & Moss, M. E. (1997). Generalized joint laxity and temporomandibular disorders. *Journal of Orofacial Pain*, 11(3), 215–221.
- Peters, E. W., Bienfait, H. M. E., De Visser, M., & De Haan, R. J. (2003). The reliability of assessment of vibration sense. *Acta Neurologica Scandinavica*, 107(4), 293–298.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0404.2003.01333.x>
- Petrella, R. J., Lattanzio, P. J., & Nelson, M. G. (1997). Effect of age and activity on knee joint proprioception. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 76(3), 235–241.
<https://doi.org/10.1097/00002060-199705000-00015>
- Preuss, R., Grenier, S., & McGill, S. (2003). The effect of test position on lumbar spine position sense. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(2), 73–78.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.2.73>
- Prochazka, A. (2021). Proprioception: clinical relevance and neurophysiology. *Current Opinion in Physiology*, 23, 100440. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2021.05.003>
- Prochazka, A., & Yakovenko, S. (2007a). Predictive and reactive tuning of the locomotor CPG. *Integrative and Comparative Biology*, 47(4), 474–481. <https://doi.org/10.1093/icb/icm065>

- Prochazka, A., & Yakovenko, S. (2007b). The neuromechanical tuning hypothesis. *Progress in Brain Research, 165*, 255–265. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)65016-4](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)65016-4)
- Proske, U. (2019). Exercise, fatigue and proprioception: a retrospective. *Experimental Brain Research, 237*(10), 2447–2459. <https://doi.org/10.1007/s00221-019-05634-8>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *Journal of Physiology, 587*(17), 4139–4146. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.175372>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: Their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological Reviews, 92*(4), 1651–1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- Pueo, B., Penichet-Tomas, A., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology & Behavior, 227*, 113144. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113144>
- Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., & Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PloS One, 14*(6), e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
- Quasnicka, H. L., Anderson-MacKenzie, J. M., Tarlton, J. F., Sims, T. J., Billingham, M. E. J., & Bailey, A. J. (2005). Cruciate ligament laxity and femoral intercondylar notch narrowing in early-stage knee osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism, 52*(10), 3100–3109. <https://doi.org/10.1002/art.21340>
- Quatman, C. E., Ford, K. R., Myer, G. D., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2008). The effects of gender and pubertal status on generalized joint laxity in young athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport, 11*(3), 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.05.005>
- Qvinesland, A., & Jónsson, H. (1999). Articular hypermobility in Icelandic 12-year-olds. *Rheumatology, 38*(10), 1014–1016. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/38.10.1014>
- Remvig, L., Jensen, D. V., & Ward, R. C. (2007). Epidemiology of general joint hypermobility and basis for the proposed criteria for benign joint hypermobility syndrome: Review of the literature. *Journal of Rheumatology, 34*(4), 804–809.
- Reuter, P. R., & Fichthorn, K. R. (2019). Prevalence of generalized joint hypermobility, musculoskeletal injuries, and chronic musculoskeletal pain among American university students. *PeerJ, 7*, e7625. <https://doi.org/10.7717/peerj.7625>
- Ribeiro, L., Mello e Souza, T., Bizarro, L., & Oliveira, A. (2011). Proprioceptive deficits in Parkinson's disease: From clinical data to animal experimentation. *Psychology & Neuroscience, 4*(2), 235–244. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2011.2.009>
- Rodriguez-Beato, F. Y., & De Jesus, O. (2024). Physiology: Deep tendon reflexes. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562238/>

- Röijezon, U., Clark, N. C., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation: Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Manual Therapy, 20*(3), 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.01.008>
- Rokyta, R. (2015). *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi* (1.). Grada. <https://www.bookport.cz/kniha/fyziologie-a-patologicka-fyziologie-2310/>
- Rombaut, L., De Paepe, A., Malfait, F., Cools, A., & Calders, P. (2010). Joint position sense and vibratory perception sense in patients with Ehlers-Danlos syndrome type III (hypermobility type). *Clinical Rheumatology, 29*(3), 289–295. <https://doi.org/10.1007/s10067-009-1320-y>
- Romeo, D. M., Venezia, I., De Biase, M., Ascione, F., Lala, M. R., Arcangeli, V., Mercuri, E., & Brogna, C. (2022). Developmental coordination disorder and joint hypermobility in childhood: A narrative review. *Children, 9*(7), 1–11. <https://doi.org/10.3390/children9071011>
- Russek, L. N., & Errico, D. M. (2016). Prevalence, injury rate and, symptom frequency in generalized joint laxity and joint hypermobility syndrome in a “healthy” college population. *Clinical Rheumatology, 35*(4), 1029–1039. <https://doi.org/10.1007/s10067-015-2951-9>
- Sacheti, A., Szemere, J., Bernstein, B., Tafas, T., Schechter, N., & Tsipouras, P. (1997). Chronic pain is a manifestation of the Ehlers-Danlos syndrome. *Journal of Pain and Symptom Management, 14*(2), 88–93. [https://doi.org/10.1016/S0885-3924\(97\)00007-9](https://doi.org/10.1016/S0885-3924(97)00007-9)
- Sacks, O. (2015). On the move: A life. In *On the move: A life*. Knopf/Random House.
- Sahin, N., Baskent, A., Cakmak, A., Salli, A., Ugurlu, H., & Berker, E. (2008). Evaluation of knee proprioception and effects of proprioception exercise in patients with benign joint hypermobility syndrome. *Rheumatology International, 28*(10), 995–1000. <https://doi.org/10.1007/s00296-008-0566-z>
- Sahin, N., Baskent, A., Ugurlu, H., & Berker, E. (2008). Isokinetic evaluation of knee extensor/flexor muscle strength in patients with hypermobility syndrome. *Rheumatology International, 28*(7), 643–648. <https://doi.org/10.1007/s00296-007-0493-4>
- Sainburg, R. L., Ghilardi, M. F., Poizner, H., & Ghez, C. (1995). Control of limb dynamics in normal subjects and patients without proprioception. *Journal of Neurophysiology, 73*(2), 820–835. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.73.2.820>
- Santore, R. F., Gosey, G. M., Muldoon, M. P., Long, A. A., & Healey, R. M. (2020). Hypermobility assessment in 1,004 adult patients presenting with hip pain. *Journal of Bone and Joint Surgery, 102*(Suppl 2), 27–33. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.00060>
- Schmid, S., Luder, G., Mueller Mebes, C., Stettler, M., Stutz, U., Ziswiler, H.-R., & Radlinger, L. (2013). Neuromechanical gait adaptations in women with joint hypermobility: An exploratory study. *Clinical Biomechanics, 28*(9–10), 1020–1025. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.09.010>
- Seçkin, Ü., Tur, B. S., Yılmaz, Ö., Yağcı, İ., Bodur, H., & Arasil, T. (2005). The prevalence of joint

- hypermobility among high school students. *Rheumatology International*, 25(4), 260–263.
<https://doi.org/10.1007/s00296-003-0434-9>
- Seow, C. C., Chow, P. K., & Khong, K. S. (1999). A study of joint mobility in a normal population. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 28(2), 231–236.
- Sharp, F. R., Rando, T. A., Greenberg, S. A., Brown, L., & Sagar, S. M. (1994). Pseudochoreoathetosis: Movements associated with loss of proprioception. *Archives of Neurology*, 51(11), 1103–1109.
<https://doi.org/10.1001/archneur.1994.00540230041010>
- Simmonds, J. V. (2022). Masterclass: Hypermobility and hypermobility related disorders. *Musculoskeletal Science and Practice*, 57(October 2021), 102465.
<https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102465>
- Simmonds, J. V., & Keer, R. J. (2007). Hypermobility and the hypermobility syndrome. *Manual Therapy*, 12(4), 298–309. <https://doi.org/10.1016/j.math.2007.05.001>
- Simpson, M. R. (2006). Benign joint hypermobility syndrome: Evaluation, diagnosis, and management. *Journal of the American Osteopathic Association*, 106(9), 531–536.
- Singh, H., McKay, M., Baldwin, J., Nicholson, L., Chan, C., Burns, J., & Hiller, C. E. (2017). Beighton scores and cut-offs across the lifespan: cross-sectional study of an Australian population. *Rheumatology*, 56(11), 1857–1864. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kex043>
- Sjaastad, O., & Bakketeig, L. (2006). Neck-tongue syndrome and related conditions. *Cephalalgia*, 26(3), 233–240. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2982.2006.00926.x>
- Skopal, L., Netto, K., Aisbett, B., Takla, A., & Castricum, T. (2020). The effect of a rhythmic gymnastics-based power-flexibility program on the lower limb flexibility and power of contemporary dancers. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(3), 343–364.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32566371>
- Smith, T. O., Jerman, E., Easton, V., Bacon, H., Armon, K., Poland, F., & Macgregor, A. J. (2013). Do people with benign joint hypermobility syndrome (BJHS) have reduced joint proprioception? A systematic review and meta-analysis. *Rheumatology International*, 33(11), 2709–2716.
<https://doi.org/10.1007/s00296-013-2790-4>
- Sobhani-Eraghi, A., Motalebi, M., Sarreshtehdari, S., Molazem-Sanandaji, B., & Hasanlu, Z. (2020). Prevalence of joint hypermobility in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Research in Medical Sciences*, 25(1), 104.
https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_983_19
- Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 9(5), 313–321.
<https://doi.org/10.1007/s001670100228>

- Soper, K., Simmonds, J. V, Kaz Kaz, H., & Ninis, N. (2015). The influence of joint hypermobility on functional movement control in an elite netball population: A preliminary cohort study. *Physical Therapy in Sport*, 16(2), 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.07.002>
- Stanitski, D. F., Nadjarian, R., Stanitski, C. L., Bawle, E., & Tsipouras, P. (2000). Orthopaedic manifestations of Ehlers-Danlos syndrome. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 376(376), 213–221. <https://doi.org/10.1097/00003086-200007000-00029>
- Suprak, D. N., Osternig, L. R., van Donkelaar, P., & Karduna, A. R. (2007). Shoulder joint position sense improves with external load. *Journal of Motor Behavior*, 39(6), 517–525. <https://doi.org/10.3200/JMBR.39.6.517-525>
- Swash, M., & Fox, K. (1972). The effect of age on human skeletal muscle. *Journal of the Neurological Sciences*, 16, 417–432.
- Tatu, L., & Bogousslavsky, J. (2021). Tabes dorsalis in the 19th century.: The golden age of progressive locomotor ataxia. *Revue Neurologique*, 177(4), 376–384. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2020.10.006>
- The Ehler Danlos Society. (2023). *Review of the 2017 International Criteria for hEDS and description of HSD*. <https://www.ehlers-danlos.com/review-of-the-2017-international-criteria-for-heds-and-description-of-hsd/>
- Thompson, S. G., Phillip, R. D., & Roberts, A. (2018). How do orthopaedic surgeons and rehabilitation professionals interpret and assess ‘toe touch’ weight bearing and ‘partial’ weight bearing status in the rehabilitation setting? *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000326. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2017-000326>
- Tinkle, B. T. (2020). Symptomatic joint hypermobility. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, 34(3), 101508. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2020.101508>
- To, M., Simmonds, J., & Alexander, C. (2017). Where do people with joint hypermobility syndrome present in secondary care? The prevalence in a general hospital and the challenges of classification. *Musculoskeletal Care*, 15(1), 3–9. <https://doi.org/10.1002/msc.1147>
- Tobias, J. H., Deere, K., Palmer, S., Clark, E. M., & Clinch, J. (2013). Joint hypermobility is a risk factor for musculoskeletal pain during adolescence: Findings of a prospective cohort study. *Arthritis and Rheumatism*, 65(4), 1107–1115. <https://doi.org/10.1002/art.37836>
- Treleaven, J., Peterson, G., Ludvigsson, M. L., Kammerlind, A. S., & Peolsson, A. (2016). Balance, dizziness and proprioception in patients with chronic whiplash associated disorders complaining of dizziness: A prospective randomized study comparing three exercise programs. *Manual Therapy*, 22, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.10.017>
- van der Esch, M., Steultjens, M., Harlaar, J., Knol, D., Lems, W., & Dekker, J. (2007). Joint proprioception, muscle strength, and functional ability in patients with osteoarthritis of the knee.

- Arthritis Care & Research*, 57(5), 787–793. <https://doi.org/10.1002/art.22779>
- Vega, J. A., & Cobo, J. (2021). Structural and biological basis for proprioception. In J. A. Vega & J. Cobo (Eds.), *Proprioception*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96787>
- Veit-Rubin, N., Cartwright, R., Singh, A. U., Digesu, G. A., Fernando, R., & Khullar, V. (2016). Association between joint hypermobility and pelvic organ prolapse in women: a systematic review and meta-analysis. *International Urogynecology Journal*, 27(10), 1469–1478. <https://doi.org/10.1007/s00192-015-2896-1>
- Véle, F. (2006). *Kineziologie přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy (2.)*. Triton.
- Verschueren, S. M. P., Brumagne, S., Swinnen, S. P., & Cordo, P. J. (2002). The effect of aging on dynamic position sense at the ankle. *Behavioural Brain Research*, 136(2), 593–603. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(02\)00224-3](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(02)00224-3)
- Volberding, P. A., Spicer, C. M., Cartaxo, T., & Wedge, R. A. (2022). *Selected heritable disorders of connective tissue and disability* (P. A. Volberding, C. M. Spicer, T. Cartaxo, & R. A. Wedge (eds.)). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26431>
- von Holst, E. (1954). Relations between the central nervous system and the peripheral organs. *The British Journal of Animal Behaviour*, 2(3), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0950-5601\(54\)80044-X](https://doi.org/10.1016/S0950-5601(54)80044-X)
- Wada, M., Kawahara, H., Shimada, S., Miyazaki, T., & Baba, H. (2002). Joint proprioception before and after total knee arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 403(403), 161–167. <https://doi.org/10.1097/00003086-200210000-00024>
- Waddington, G., & Adams, R. (1999). Discrimination of active plantarflexion and inversion movements after ankle injury. *Australian Journal of Physiotherapy*, 45(1), 7–13. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60335-4](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60335-4)
- Walsh, L. D., Allen, T. J., Gandevia, S. C., & Proske, U. (2006). Effect of eccentric exercise on position sense at the human forearm in different postures. *Journal of Applied Physiology*, 100(4), 1109–1116. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01303.2005>
- Wolf, J. M., Cameron, K. L., & Owens, B. D. (2011). Impact of joint laxity and hypermobility on the musculoskeletal system. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 19(8), 463–471. <https://doi.org/10.5435/00124635-201108000-00002>
- Zhong, G., Zeng, X., Xie, Y., Lai, J., Wu, J., Xu, H., Lin, C., Li, H., Cui, C., Ma, L., Li, L., Huang, W., & Zhang, Y. (2021). Prevalence and dynamic characteristics of generalized joint hypermobility in college students. *Gait & Posture*, 84, 254–259. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.12.002>

11 SEZNAM ZKRATEK

5PQ	pětibodový dotazník
ADHD	attention deficit hyperactivity disorder
AMEDA	active movement extent discrimination assessment
BS	Beightonovo skóre
CI	konfidenční interval
CJPR	contralateral joint position reproduction
CNS	centrální nervová soustava
CPGs	central pattern generators
EMG	elektromyografie
ES	effect size
G-HSD	konstituční porucha hypermobilního spektra
H-HSD	historická porucha hypermobilního spektra
HDCT	dědičné poruchy pojivové tkáně
hEDS	Ehler-Danlos syndrom hypermobilního typu
IQR	mezikvartilové rozpětí
IJPR	ipsilateral joint position reproduction
L-HSD	lokalizovaná porucha hypermobilního spektra
LCA	ligamentum cruciatum anterius
P-HSD	periferní porucha hypermobilního spektra
PAS	poruchy autistického spektra
ROM	rozsah pohybu
SREC	short-range elastic component
TTDPM	treshold to detection of pasive motion

12 PŘÍLOHY

12.1 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název studie: Statestézie a volně kontrolované zatěžování dominantní dolní končetiny u hypermobilních jedinců

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Souhlasím s pořizováním videozáznamu testování a jsem informován, že pokud budou záznamy prezentovány na veřejnosti můj obličej bude zakryt, a tedy nebudu identifikovatelný.
6. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis pověřeného touto studií:

Datum:

Datum:

12.2 Vyjádření etické komise



Fakulta
tělesné kultury

Genius loci

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 24.11.2021 byl projekt diplomové práce

autor: **Bc. Aneta Ruská**

s názvem **Statestézie a volně kontrolované zatěžování dominantní dolní končetiny u hypermobilních jedinců**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **19/2022**

dne: **1. 3. 2022**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

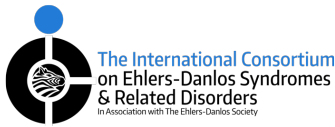
Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz

12.3 Nová kritéria pro Ehler-Danlos syndrom



Diagnostic Criteria for Hypermobile Ehlers-Danlos Syndrome (hEDS)

This diagnostic checklist is for doctors across all disciplines to be able to diagnose EDS



Patient name: _____ DOB: _____ DOV: _____ Evaluator: _____

The clinical diagnosis of hypermobile EDS needs the simultaneous presence of all criteria, **1 and 2 and 3**.

CRITERION 1 – Generalized Joint Hypermobility

One of the following selected:

- ≥ 6 pre-pubertal children and adolescents
- ≥ 5 pubertal men and women to age 50
- ≥ 4 men and women over the age of 50

Beighton Score: ____/9



If Beighton Score is one point below age- and sex-specific cut off, two or more of the following must also be selected to meet criterion:

- Can you now (or could you ever) place your hands flat on the floor without bending your knees?
- Can you now (or could you ever) bend your thumb to touch your forearm?
- As a child, did you amuse your friends by contorting your body into strange shapes or could you do the splits?
- As a child or teenager, did your shoulder or kneecap dislocate on more than one occasion?
- Do you consider yourself "double jointed"?

CRITERION 2 – Two or more of the following features (A, B, or C) must be present

Feature A (five must be present)

- Unusually soft or velvety skin
- Mild skin hyperextensibility
- Unexplained striae distensae or rubrae at the back, groins, thighs, breasts and/or abdomen in adolescents, men or pre-pubertal women without a history of significant gain or loss of body fat or weight
- Bilateral piezogenic papules of the heel
- Recurrent or multiple abdominal hernia(s)
- Atrophic scarring involving at least two sites and without the formation of truly papyraceous and/or hemosideric scars as seen in classical EDS
- Pelvic floor, rectal, and/or uterine prolapse in children, men or nulliparous women without a history of morbid obesity or other known predisposing medical condition
- Dental crowding and high or narrow palate
- Arachnodactyly, as defined in one or more of the following:
 - (i) positive wrist sign (Walker sign) on both sides, (ii) positive thumb sign (Steinberg sign) on both sides
- Arm span-to-height ratio ≥ 1.05
- Mitral valve prolapse (MVP) mild or greater based on strict echocardiographic criteria
- Aortic root dilatation with Z-score $> +2$

Feature A total: ____/12

Feature B

- Positive family history; one or more first-degree relatives independently meeting the current criteria for hEDS

Feature C (must have at least one)

- Musculoskeletal pain in two or more limbs, recurring daily for at least 3 months
- Chronic, widespread pain for ≥ 3 months
- Recurrent joint dislocations or frank joint instability, in the absence of trauma

CRITERION 3 – All of the following prerequisites MUST be met

1. Absence of unusual skin fragility, which should prompt consideration of other types of EDS
2. Exclusion of other heritable and acquired connective tissue disorders, including autoimmune rheumatologic conditions. In patients with an acquired CTD (e.g. Lupus, Rheumatoid Arthritis, etc.), additional diagnosis of hEDS requires meeting both Features A and B of Criterion 2. Feature C of Criterion 2 (chronic pain and/or instability) cannot be counted toward a diagnosis of hEDS in this situation.
3. Exclusion of alternative diagnoses that may also include joint hypermobility by means of hypotonia and/or connective tissue laxity. Alternative diagnoses and diagnostic categories include, but are not limited to, neuromuscular disorders (e.g. Bethlem myopathy), other hereditary disorders of the connective tissue (e.g. other types of EDS, Loeys-Dietz syndrome, Marfan syndrome), and skeletal dysplasias (e.g. osteogenesis imperfecta). Exclusion of these considerations may be based upon history, physical examination, and/or molecular genetic testing, as indicated.

Diagnosis: _____

v9