

UNIVERZITA KARLOVA

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Eliška Kutinová

**Vliv senzomotorické intervence na vnímání těla a kvalitu pohybu u
muzikantů hrajících na smyčcové nástroje**

Diplomová práce

Praha 2021

Jméno a příjmení autora: **Bc. Eliška Kutinová**

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Klára Mišinová**

Oponent práce: **Mgr. Helena Voráčová**

Rok obhajoby diplomové práce: **2021**

Bibliografický záznam

KUTINOVÁ, Eliška, Vliv senzomotorické intervence na vnímání těla a kvalitu pohybu u muzikantů hrajících na smyčcové nástroje, Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. 2021, 74 s, přílohy, Vedoucí bakalářské práce Mgr. Klára Mišinová

Abstrakt

Hra na hudební nástroj je velmi krásné, avšak pohybově náročné řemeslo. Mnoho hudebníků trpí bolestmi pohybového systému, jejichž příčinou bývá mimo jiné rigidní neměnná postura a soustředěnost pouze na výkon na úkor pohodlí.

V teoretické části práce je pojednáváno o vlivu hudební produkce na pohybový aparát hudebníka a možnostech terapie zaměřené na zkvalitnění senzomotoriky a kinestezie.

Praktická část sledovala vliv terapie inspirované Feldenkraisovou metodou a Alexanderovou technikou na pohybový projev hudebníka během hry i mimo ni. Výzkum byl proveden u 19 profesionálních smyčcových hudebníků. Testování probandů se skládalo z měření inerciálními senzory, objektivního měření senzomotoriky a kinestezie a dotazníkového šetření. Parametr měřený inerciálními senzory byl ryv (udává plynulost pohybu). Z výsledků měření vyplývá, že i po jediné terapii se hladkost pohybu hrudníku statisticky významně zlepšila.

Klíčová slova

smyčcoví muzikanti, propiocepce, somatestezie, body image, inerciální senzory, ryv

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliografický záznam

KUTINOVA, Eliska, The influence of sensorimotor intervention on body perception and quality of movement in string musicians. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2021. 74 p, Appendixes, Supervizor Mgr. Klara Misinova

Abstract

Playing a musical instrument is a very beautiful, but very physically demanding craft. Many musicians suffer from musculoskeletal pain caused, among other things, by a rigid, unchanging posture and a focus on performance at the expense of comfort.

The theoretical part of the thesis deals with the influence of music production on the musculoskeletal system of the musician and the possibilities of therapy aimed at improving sensorimotor skills and kinesthesia.

The practical part followed the influence of therapy inspired by the Feldenkrais method and Alexander's technique on the movement of the musician during and outside the performance. The research was conducted on 19 professional string musicians. Testing of probands consisted of measurements with inertial sensors, objective measurements of sensorimotor skills and kinesthesia and a questionnaire survey. The parameter measured by the inertial sensors was a jerk (indicates the smoothness of the movement). The results of the measurements show that, even after a single therapy, the smoothness of the chest movement improved statistically significantly.

Keywords

string musicians, proprioception, somatesthesia, body image, inertial sensors, jerk metric

I agree the thesis paper to be lent with in the library service.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Kláry Mišinové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Praze dne 13.08. 2021

Bc. Eliška Kutinová

Poděkování autora

Ráda bych zde poděkovala všem, kteří se podíleli na této diplomové práci a bez jejichž pomoci by nemohla vzniknout. V první řadě bych ráda poděkovala své vedoucí Mgr. Kláře Mišínové za veškerou pomoc, dobré rady a podporu při psaní. Děkuji Ing. Igoru Bodlákovi z firmy Princip a.s. za zapůjčení akcelerometrů. Poděkování také patří všem probandům za jejich ochotu podílet se na mém výzkumu. A v neposlední řadě mockrát děkuji svému příteli a celé mé rodině za podporu, trpělivost a péči během let mého studia.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK.....	9
1 ÚVOD.....	10
2 TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1. Hudební problematika	11
2.2. Neurofyziologický podklad kinestezie, somatestezie, body image.....	14
2.3. Somatestezie a kinestezie	14
2.4. Vliv hudební produkce na hudebníka.....	16
2.5. Vyšetření kinestezie a somatestezie, body image.....	19
2.6. Možnosti pohybové terapie	24
Feldenkraisova metoda (FM)	25
Alexanderova technika (AT)	27
Jóga.....	28
Kinestetické cvičení v představě	28
2.7. Inerciální senzory	29
2.8. Ryv.....	30
3 CÍLE A HYPOTÉZY	31
3.1. Cíle.....	31
3.2. Hypotézy.....	31
4 METODIKA	33

4.1.	Charakteristika souboru	33
4.2.	Průběh měření	33
4.3.	Průběh terapie	34
4.4.	Statistické zpracování	35
5	VÝSLEDKY	37
5.1.	Výsledky dotazníkového šetření	37
5.2.	Výsledky objektivního měření	40
5.3.	Výsledky měření inerciálními senzory	41
5.4.	Vyhodnocení hypotéz	42
6	KAZUISTIKA	44
7	DISKUSE	46
	Diskuse k testování	46
	Diskuse k terapii	47
	Diskuse k dotazníkovému šetření	50
	Omezení	50
8	ZÁVĚR	52
9	REFERENČNÍ SEZNAM	53
10	SEZNAM PŘÍLOH	62
11	PŘÍLOHY	64

SEZNAM ZKRATEK

AMEDA	active movement extent discrimination apparatus
AT	Alexanderova technika
ATM	awereness through movements
CJPR	contralateral joint position reproduction
CNS	centrální nervový systém
FI	functiona integration
FM	Feldenkraisova metoda
fMRI	funkční magnetická rezonance (magnetic resonance imaging)
IJPR	ipsilateral joint position reproduction
IMU	inertial measurement unit
JPR	joint position reproduction
Např	například
Pc	personal computer
PRMDs	playing related musculoskeletal dysorders
s	sekunda
SD	směrodatná odchylka
TTDPM	threshold to detection of passive motion
WMS4	wearable motion sensor 4

1 ÚVOD

Hra na hudební nástroj je v knihách o metodice výuky popisována jako lehký, volný, přirozený pohyb vycházející z přirozené biomechaniky lidského těla. Navzdory tomu však nacházíme u mnoha hudebníků vysokou četnost výskytu obtíží spojených s hrou tzv. PRMDs (playing related muskuloskeletal disorders).

Hra se skládá z mnoha za sebou jdoucích velmi přesných a často rychlých pohybů. Prst muzikanta musí dopadnout na určité místo na strunu, pod správným úhlem, aby zazněl požadovaný tón. Tah smyčcem musí být vždy přesný, o přiměřené rychlosti, aby se rozezněl tón či tóny v očekávaném tempu a intenzitě. Tyto pohyby musí být zároveň vedeny značnou silou pro překonání odporu strun vůči smyčci a prstů vůči strunám. To vše působí jako protitlak hlavě v případě houslí či violy a proti trupu u violoncella a kontrabasu. Nejen tyto cyklicky se opakující pohyby o velké intenzitě mají svou zásluhu na vzniku akutních či chronických PRMDs (Kutinová, 2018).

Profesionální hudebníci začínají hrát již ve velmi mladém věku okolo 5-8 let. Vyvíjející se dětský organismus se přizpůsobuje asymetrickému postoji během hry, což mu umožňuje zaujmout pozici pro již vyvinuté jedince mnohdy nemožnou (např. postavení levé ruky u houslí), ale také může být zdrojem pohybových obtíží v budoucnu (Bejjani et al., 1996). Hudebníci jsou velmi orientovaní na výkon. Navzdory velkému nepohodlí či bolesti během hry jsou schopni, díky emoční excitaci během koncertu, podat velmi náročný výkon. Psychické vypětí je jedním z faktorů ovlivňujících výkon umělce v pozitivním i negativním slova smyslu (Aufegger et al. 2016). Hra na hudební nástroj je jednou z nejsložitějších lidských schopností. Tvorba hudby vyžaduje integraci smyslových a motorických informací v přesném sledu (Münste et al, 2002).

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Hudební problematika

2.1.1. Hudební medicína

Problematika nemoci z povolání u hudebníků byla poprvé popsána Bernardinem Ramazziniatdem v roce 1713 jako tzv. „nemoc živnostníků“, později známé jako „křeče hudebníka“ či takzvané „klavírní zhroucení“. Dnes je používán název syndrom nadužívání (overuse syndrome). V roce 1932 sepsal Singer knihu věnující se medicíně umělců (Art Medicine) a roku 1977 byla vydána kniha Music and the Brain: Studies in the Neurology of Music napsaná Critchleyem a Hensonem. V následujících letech začal zájem tento obor stoupat, vznikly tisíce dalších studií pojednávající o této problematice. Rostoucí zájem o toto odvětví medicíny potvrzuje i mnoho uskutečněných konferencí a instituce založené po celém světě např. v Austrálii, Velké Británii, Nizozemí (2005) či v Německu (Bejjani et al., 1996; Dommerholt, 2009). V České republice byla roku 2016 založena Česká společnost pro hudební fyziologii a medicínu hudebníků z.s., jež se snaží i na našem území propojovat hudební interprety a pedagogy s odborníky z medicínských oborů.

Výkony podávané hudebníky se mohou přiblížit výkonům sportovním. Avšak na každého profesionálního sportovce dohlíží tým trenérů, lékař, fyzioterapeut atd. U hudebníků tomu tak velmi často není. Po odchodu z konzervatoře či akademie múzických umění nad sebou mnohdy nemají nikoho, kdo by dohlédl na správnost jejich techniky či jim poradil, jak zvládnout velký nápor, fyzický i psychický. Často je problém objeven velmi pozdě z důvodu studu či pocitu profesionální nedostatečnosti. V této oblasti mnohdy chybí zdravotnická edukace o možných zraněních a jejich řešení (Chan & Ackermann, 2014; Dommerholt, 2009; Kok et al. 2016).

2.1.2. Studie popisující PRMDs

Přítomnost PRMDs a bolestí během hry u muzikantů je již tak častá, že je brána jako běžná součást tohoto povolání. Tyto obtíže mají však velký dopad na jednotlivce i na celý orchestr. A to jak v oblasti finanční, zdravotnické, tak sociální a zejména v kvalitě podávaného hudebního výkonu (Chan & Ackermann, 2014). Systematická studie Kok et. al (2016) porovnal výsledky z 21 článků popisujících 5424 hudebníků. Ojedinelé obtíže zaznamenalo 9-68 %, výskyt v posledních 12 měsících 41-93 % a prevalence celoživotních obtíží byla 62-93 %. Výskyt těchto obtíží je typický

podle zvoleného nástroje. V případě smyčcových nástrojů hovoříme o trupu a horních končetinách, u dechových nástrojů řešíme častěji oblast orofaciální (Chan & Ackermann, 2014).

Ioannou a Altenmüller (2015) ve své studii u 180 českých studentů Pražské státní konzervatoře potvrdili výskyt PRMD u 88,9 % z nich v průběhu studia. Z celkového počtu 180 studentů zastupovalo 44,4 % hráčů na smyčcové nástroje. Z těchto 80 studentů 87,5 % udává výskyt PRMD s nejčastějším zastoupením oblasti zad (81 %), zápěstí (54 %), páteř (50 %) a předloktí (44 %). Tyto poznatky korelují s výsledky bakalářské práce Kutinové (2018), která zkoumala dotazníkovým šetřením 28 profesionálních hráčů na smyčcové nástroje. Nejvyšší četnost muskuloskeletálních obtíží zde byla zaznamenána v oblasti krku (71 %), následně v oblasti horní (64 %) a dolní části zad (64 %) a v pravém zápěstí (61 %).

Největší rešeršní prací, shromažďující 125 článků s muzikantskou tematikou a hodnocením jejich obtíží, byla studie od Stanhope et al v roce 2019. Cílem této práce bylo zmapování nástrojů a postupů používaných při zpracování tohoto tématu. Jejich výsledky objevili značnou nekonzistenci výsledků, nespecifické postupy pro hudebníky a konkrétní skupiny nástrojů a nízké používání standardizovaných dotazníků (24 %). Byly však nalezeny příležitosti pro budoucí výzkum nástrojů pro sběr dat a analýzu a validizaci stávajících nástrojů zaměřených na hudební problematiku.

„Stále chybí studie analyzující prevalenci, rizikové faktory a účinnost prevence nebo léčby PRMDs u profesionálních hudebníků s využitím dnešních metodických požadavků. Pro vyhodnocení rozsahu asociací praxe a výkonnostní zátěže s PRMDs jsou zapotřebí dlouhodobé kohortové studie, které náležitě zohlední ovlivňující faktory. Pro vyhodnocení účinnosti specifických léčebných možností, pro konkrétní instrumentální skupiny jsou nezbytné prospektivní randomizované potvrzovací intervenční studie. Abychom se vyhnuli zkreslení při výběru účastníků studie, je třeba používat dobře definovaná diagnostická kritéria.“ (Rotter et al., 2020)

Takovéto obtíže nejsou však jen doménou profesionálních hráčů, ale i amatérských hudebních souborů. Studie Kok et al. (2018) prokázala roční výskyt u 67,8 % z 357 účastníků, při čemž 52,1 % byli hráči na smyčcové nástroje. Tato skupina popisovala roční prevalenci výskytu 74,2 %, s nejčastěji postiženou oblastí levého ramene (52,2 %).

2.1.3. Faktory podílející se na vzniku PRMDs

Jedním z primárních faktorů je ženské pohlaví (Kok et al., 2016). Smyčcoví hudebníci mají vyšší riziko výskytu PRMDs oproti dechovým hráčům, riziko vzniku bolesti zápěstí je 2,5krát vyšší u smyčcových hráčů (Rotter et al., 2020). Hypermobilita může mít výrazný vliv na pohybové obtíže či poranění při hře. Hypermobilní klouby mají nižší úroveň reflexních sil šlach, nižší senzitivu svalových vřetének a mechanoceptorů, což má za následek sníženou propioceptivní ostrost. Pro tyto klouby je snazší se dostat do extrémní pozice, aniž by došlo k reflexní úpravě tonu a je zde riziko poranění. V místě poranění má tkáň sníženou propiocepci z mechanoceptorů a pakliže není poranění adekvátně rehabilitováno, je zde riziko recidivy (Smitt & Bird, 2013). Nadměrná četnost a intenzita cvičení může být rozhodující pro vznik poranění. Jsou jimi ohroženi především studenti a hráči v elitních orchestrech (Brandfonbrener, 2003).

Psychické zatížení bývá mnohdy významným faktorem pro hru. Hudebník zažívá mnoho emocí jak během hraní, tak v období těsně před koncertem či konkurzem. Toto téma zpracovali a porovnali s virtuální simulací konkurzu Aufegger et al. 2016. Hodnotili subjektivní porovnání se skutečným vystoupením a obecný přínos pro nácvik živého koncertu s cílem snížení nervozity účinkujících.

2.1.4. Prevence vzniku PRMDs

Některé rizikové faktory spojené s PRMDs mohou být modifikovatelné a lze jim předejít opatřeními jako jsou: plánování soukromých cvičení, odpočinek a relativní odpočinek po zranění, základní výživa a hydratace, celková zdatnost, identifikace a řádné ošetření raných zranění. V současné době však chybí formální výchova ke zdraví a kondici během hudebního studia i na orchestrálním pracovišti (Chan & Ackermann, 2014). Za prevenci vzniku PRMDs se považuje i správný denní režim. V průběhu cvičení či zkoušky s orchestrem by měly být pauzy minimálně 5-10 minut každou hodinu. Nácvik velmi obtížných pasáží by měl být omezen na 2-3 minuty. Samozřejmostí by mělo být zahřátí a protažení svalů před a po výkonu. Nepříznivý účinek na pohybový aparát hudebníka mohou mít nízké teploty a nevhodné povětrnostní podmínky se kterými se setkávají např. při hraní v kostelech či při koncertech venku. Je nezbytné přizpůsobit oblečení těmto podmínkám. To je mnohdy obtížné, protože vrstvy oblečení (rukavice, bundy) mohou bránit

hře, a navíc je kladen důraz na estetický vzhled muzikanta, který může být tímto narušen (Butler & Norris, 2011).

2.2. Neurofyziologický podklad kinestezie, somatestezie, body image

Senzitivní systém těla přijímá a zpracovává informace působící na organismus z vnějšího i vnitřního prostředí. Tento systém zahrnuje: specifické receptory, propioceptory ve svalech i volná nervová zakončení. Jsou zde popisovány dva základní systémy. Spinothalamický systém zaznamenává povrchové čítí, obsahuje hlavně tenká myelinizovaná a nemyelinizovaná vlákna pro vnímání bolesti, chladu, tepla a do určité míry i dotyku a tlaku. Systém zadních provazců míšních tzv. lemniskální zpracovává hluboké čítí přes rychle vedoucí a silná myelinizovaná vlákna. Zajišťuje vnímání pohybcitu, polohocitu, vibračního čítí a hrubého kožního doteku. Tyto dráhy se sbíhají v thalamu a pokračují dále do senzitivní mozkové kůry do gyrus postcentralis a parietálního laloku. Jejich kolaterály vedou do mozečku, retikulární formace, k jádrům kmene a do limbického systému (Ambler, 2006; Hudák & Kachlík, 2013).

Významnou roli v řízení jemné motoriky má somatosenzorický systém, jenž z kožních receptorů a propioceptorů získává informace o poloze a pohybu kloubů a předmětech v kontaktu s tělem (oblečení, šperky). Koordinace těchto somatomotorických systémů umožňuje provádění rychlých a přesných pohybů. Hra na hudební nástroj je extrémně náročnou senzomotorickou činností integrující do sebe senzorní vstupy a motorické výstupy. Dále musí hudebník vizuálně kontrolovat notový zápis a převádět ho do pohybů, analyzovat sluchovou zpětnou vazbu a doladovat probíhající výkon (Hirano et al, 2020).

2.3. Somatestezie a kinestezie

Vnímání a rozpoznání vlastního tělesného schématu se nazývá **somatognozie**. Je složena ze souboru paměťových vzorců uložených zejména v parietálním laloku. Skládá se z mnoha smyslů-taktilního, zrakového, propioceptivního, interoceptivního a vestibulárního. Její vývoj, začínající prenatálně, je v souladu s vývojem motorických funkcí v zákonité časové posloupnosti. **Somatestezií** je popisováno vědomí vlastního těla a jeho vztahu k okolí (Lepšíková et al, 2013). **Stereognozie** je rozlišovací schopnost těla k určení polohy, pohybu a podmětů pomocí kožní a propioceptivní aferentace bez pomoci zraku (Kolář & Druga, 2009).

Kinestezie je vnímání pohybu a poloh všech tělesných segmentů (Rabischong, 2000). Hlavní receptory pro pohyb se nachází ve svalech – ve svalových vřeténkách. Kožní receptory mají také svůj podíl na kinestezii. Při pokusu s odstupňovaným natažením kůže ve směru pohybu svalů se současnou vibrační stimulací svalu byl popsán význam pocit pohybu v kloubu. I jen samotné natažení kůže způsobovalo iluzi pohybu. Tímto způsobem přispívá kůže ke kinestezii. Kožní stimulace může i naopak kinestetické vjemy snižovat při použití dlouhodobé stimulace vysokofrekvenčními vibracemi při nízké amplitudě nebo při algickém dráždění kůže či svalů v blízkosti daného kloubu (Proske, 2012).

Body image je souhrnný název pro senzitivní funkce jako jsou polohocit, pohybocit, diskriminační cití či stereognozie. Správné vnímání těchto modalit zajišťuje přesnou představu o vlastním tělesném schématu jedince (Kolář & Máček, 2015). Představa o vlastním těle, velikosti jeho segmentů, jejich síle a váze i rozsahu pohybu je využita při jakékoliv motorické akci např. uchopování předmětu, kdy jedinec musí mít představu o délce své paže, rychlosti pohybu či síle stisku při uchopení. Na tělesné sebepojetí má velký vliv psychické nastavení jedince, jak bylo prokázáno ve studiích zaměřující se zejména na psychická onemocnění např. mentální anorexie (Stacková & Kočí, 2019). Narušený obraz body image byl také zaznamenán u pacientů s chronickými bolestmi pohybového aparátu, nejčastěji s tzv. low back pain (LBP) (Berger et al, 2016).

Propriocepce je schopnost jedince integrovat smyslové signály z mechanoceptorů, čímž určí polohu tělesných segmentů a pohyby v trojrozměrném prostoru. Dále zaznamenává pocit napětí či síly, vnímání úsilí a rovnováhy. Tyto vjemy jsou někdy označovány za „šestý smysl“. Její kvalita je závislá jak na kvalitě proprioceptivních informací z periferie do CNS, tak na jejím zpracování a následné interpretaci do periferních motorických výstupů v uzavřené smyčce. Informace jsou získávány z různých mechanoceptorů, zejména však ze svalových vřetének. Správné zpracování proprioceptivních informací je důležité při učení nových pohybových vzorců a jejich následné automatizaci. Tento fakt je významný nejen pro každodenní pohyby či sportovní výkony, ale i pro hudební výkony (Han, 2016; Proske, 2012). Propriocepce by měla zajistit efektivnost pohybu díky snížení nadbytečného náboru motorických jednotek svalu. Tím zajistí ekonomičnost pohybu i estetické a technické požadavky na pohyb (Smitt & Bird, 2013). Studie Yasuda et al (2014) poukazuje na snížení kvality propriocepce při současném provádění náročného kognitivního úkolu.

To může mít velký význam pro hudební praxi, jako pro multisenzorickou činnost, kde hudebník integruje pohyby těla při hře se sledováním notového zápisu a zároveň pokynů dirigenta. Nezanedbatelný vliv zde má psychické vypětí a tréma (Aufegger et al. 2016).

2.4. Vliv hudební produkce na hudebníka

2.4.1. Vliv hry na CNS hudebníka

Hudební praxe má vliv jak na muzikantův pohybový aparát, tak na jeho nervovou soustavu. Již na počátku 20. století Auerbach prováděl výzkumy na mozcích zemřelých slavných hudebníků s nálezem zvětšené střední a zadní třetiny horního gyrus temporalis. Za pomoci moderních zobrazovacích metod (MRI) byly popsány rozdíly ve velikosti oblasti corpus callosum anterior, planum temporale, primární motorické kůry ruky a mozečku mezi hudebníky a kontrolní skupinou.

U dětí, které začaly s hrou na hudební nástroj před 7. rokem věku, byla zaznamenána větší oblast středního corpus callosum na rozdíl od hudebníků, kteří začali hrát v pozdějším věku. Protože velikost této oblasti je úměrná počtu axonů, které zde prochází, naznačuje studie, že tato skupina má lepší interakci mezi pravou a levou hemisférou umožňující lepší koordinaci bimanuálních pohybů. Taktéž senzomotorické učení je u hudebníků změněné. Při učení nového úkolu rychle zaktivují primární motorickou oblast, zatímco nehudebníci ne. V sekundární motorické oblasti hudebníků naopak dochází k menší aktivaci proti nehudebníkům, což činí pohyby muzikantů ekonomičtějšími (Jäncke et al 2000; Münte et al, 2002; Schlaug, 2015). Zvětšený objem byl zaznamenán i v oblasti primární motorické kůry v obou hemisférách, ale více v pravé, jelikož se při hře více zapojuje nedominantní končetina. A to zejména u smyčcových hráčů. Zvětšení planum temporale, primární a sekundární sluchové oblasti jsou další strukturální odlišnosti hudebníků od nehudebníků (Schlaug, 2015).

Hirano et al (2020) ve své studii prokázali, že rozsáhlý trénink opakovaných pohybů (hra na klavír) reorganizoval neuronální síť odpovědné za kožní reflexy, s cílem snížit produkci nechtěných motorických akcí. Toto umožnilo jemné ovládání obratných a rychlých pohybů prstů. Taktéž byl zaznamenán vliv hraní na rychlost senzomotorické integrace, jenž umožňuje rychleji zpracovat smyslové vstupy a rychleji upravit pohyby během hraní. Hudebníci, účastníci se této studie, měli oproti nehudebníkům zvýšenou inhibici proprioceptivních signálů na kortikospinální

excitabilitu, což může usnadnit plynulost pohybu či jeho účinnost bez nechtěných motorických akcí.

Hudebníci jsou kvůli nedostatku vizuální kontroly během hry absolutně závislí na somatosenzorické zpětné vazbě z mechanoreceptorů v kloubních pouzdrech, vazech, svalech atd. a auditivním feedbacku. Změny ve zprostředkování proprioceptivní zpětné vazby, kvůli rychlým repetitivním pohybům prstů a ruky a trvale asymetrické poloze, mohou vést k senzomotorickému konfliktu na kortikální úrovni. Tuto hypotézu testovali Daenen et al (2010) u houslistů v magisterském studiu s bolestmi PA bez jasně dané etiologie obtíží. Byl proveden experiment s vyvolaným senzomotorickým konfliktem, jenž měl za výsledek anomální sensorické vjemy (pocitová zvláštnosti, změna hmotnosti končetiny, teploty, ztráta jejího vnímání atd.), které nebyly zaznamenány u hudebníků bez obtíží s PA. Během testování bimanuální koordinace hlásili symptomatictí hudebníci více smyslových změn, ne však přímo bolest. Tyto změny jsou varovné signály CNS upozorňující na nesoulad mezi sensorickou zpětnou vazbou a eferentním motorickým záměrem na kortikální úrovni. Dlouhodobé trvání senzomotorického konfliktu může mít za následek nepohodlí během hry, bolesti, pohybová omezení či smyslové poruchy. Dysbalance mezi motorickým záměrem a senzitivní zpětnou vazbou může mít za následek abnormální kortikální plasticitu a spolu s nadměrným prováděním opakovaných rychlých pohybů vést ke svalové dystonii.

2.4.2. Vliv chronické bolesti na somatostezii

Hudebníci mnohdy hrají celé hodiny ve statické pozici bez možnosti její změny. Dochází k asymetrickému přetěžování určitých svalových skupin vedoucímu k chronickým bolestem (Ioannou & Altenmüller, 2015).

Dlouhodobé bolestivé dráždění vyvolává projevy periferní senzitivizace spojené s lokálním snížením prahu pro mechanicky indukovanou bolest a prosáknutím tkáně s následnými remodelačními změnami vazivové tkáně. Tyto změny mají přímý vliv na lokální i regionální změny propriocepce. Dále nacházíme neuroplastické a senzitivizační změny na mnoha úrovních nervového systému, od primárních aferentních neuronů až po kortex. V oblasti somatosenzorického kortexu byly u chronických bolestí zaznamenány reorganizace a rozšíření v místech, příslušejících k drážděné somatické oblasti na periférii. Taktéž dochází k reorganizaci na úrovni motorického kortexu, což snižuje odezvu na terapii (Lepšíková et al, 2013).

Lee at al. ve své studii z roku 2010 poukázali na souvislost mezi chronickou bolestí zad (low back pain – LBP) a sníženou senzitivitou pro vnímání změny polohy během testování proti kontrolní skupině. Jako senzitivnější vyšetření propriocepce se ukázalo určování prahu vnímání pohybu oproti testům s pasivní repozicí (pasivní umístění končetiny do určité polohy, vrácení do základní polohy a následné aktivní umístění do stejné polohy).

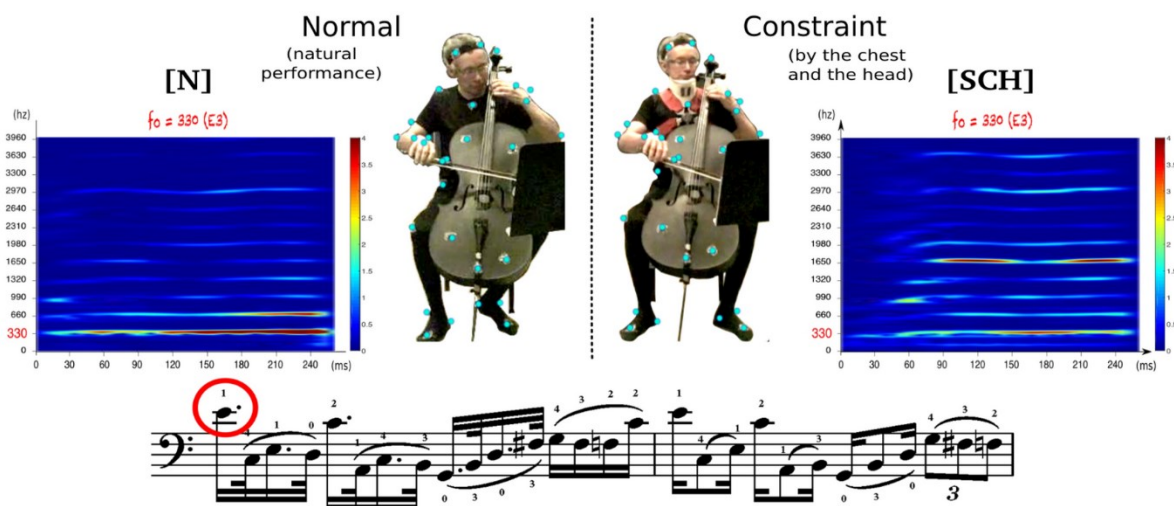
Vyvolaná svalová únava, buď obecným celotělovým zatížením, nebo místním specifickým svalovým zatížením, negativně ovlivňuje účinnost sensorických vstupů a motorického výstupu zapojeného do posturální kontroly (Paillard, 2012). Různé mechanismy kompenzace únavy a silového zatížení mají přímý vliv na posturální nastavení trupu v průběhu pohybu (Cantú et al., 2014).

Dlouhodobé přetěžování pohybového systému, vedoucí k bolestem, ovlivňuje zpracování termické a mechanické algie. Studie Steinmetz a Jull (2013) zaznamenala zvýšenou citlivost na termopozitivní a termonegativní algické dráždění v oblasti krku a na tlakové algické dráždění v oblasti musculus tibialis anterior u hudebníků (houslisté a violisté) s bolestmi v krční oblasti, oproti kontrolním skupinám skládajícím se z asymptomatických hudebníků a nehudebníků bez bolesti. Tato hypersenzitivita však neměla žádný vliv na motorickou výkonnost postižených muzikantů. Tato zjištění naznačují spojení bolestivých syndromů se změnou zpracování bolestivých podnětů v CNS.

2.4.3. Vliv volnosti pohybu na kvalitu hry

Vyrovnané posturální zajištění a stupně volnosti pohybu hrají roli ve kvalitě produkovaného tónu. Rozé et al (2020) ve své studii prokázali změnu kvality hry na violoncello (profesionální hudebníci) mezi dvěma posturálně odlišnými stavy: přirozený sed a posturálně omezený sed se znehybněným krkem a hrudníkem pomocí speciálního límce. Při hře s posturálním omezením trvale klesala kvalita u některých klíčových tónů v náročných pasážích. Byl zde předpoklad, že obtíže vychází zejména z omezení pohybů pravé paže, respektive plynulosti pohybu smyčce po strunách z důvodu znemožnění přirozené „gestikulace“ celého těla. Touto gestikulací byla myšlena přirozená nonverbální gesta, která jsou pozorovatelná i při běžné mluvě, a jejich omezením dochází k šíření napětí a stoupá námaha pro expresivní projev stejně jako pro hru na hudební nástroj. Pohyby hlavy vůči hrudníku a mírné flekční sklonění nad cellem byly shledány významnými pro plynulou kvalitní

hru. Fixace omezila i pohyb pravé horní končetiny a její ergonomickou pozici. Rameno se dostalo z přirozené zevní rotace, která poskytovala zajištění pronace předloktí, do vnitřní rotace, která vyvolala supinaci předloktí. Loket byl nucen se více flektovat, čímž zablokoval pohyb celé paže. I pohyby zápěstí byly omezeny ve své flekčně-extenční funkci. Všechny tyto faktory snížily rychlost prováděného pohybu, což mělo za následek méně kvalitní hudební projev.



Obrázek 1 Hudební pasáž a nota zkoumané pro tuto studii. Spektrogramy odpovídají příkladům akustického signálu noty E4 (první z této sekvence skóre) přehrávaného stejným violoncellistou s dobrou kvalitou zabarvení (kulaté) v normální situaci [N] a špatnou kvalitou Rozé et al (2020).

2.5. Vyšetření kinestezie a somatestezie, body image

2.5.1. Vyšetření propriocepce

Hodnocení propriocepce je významné, avšak náročné z hlediska výběru protokolů, jenž mají každý své výhody i omezení. Pro hodnocení čisté proprioceptivní funkce je nejvhodnější volba testu s pasivně indukovanými pohyby segmentu. Naproti tomu sensorická integrace je lépe hodnocena pomocí aktivních pohybů. Hodnocení ipsilaterální a kontralaterální končetiny může ukazovat na ostrost přenosu senzomotorických informací mezi hemisférami mozku (Elangovan et al, 2014).

2.5.2. Reprodukce polohy segmentu (JPR-Joint Position Reproduction)

U vyšetřování JPR se proband snaží bez zrakové kontroly znovu zaujmout cílovou polohu po předchozí demonstraci a následném uvedení do pozice neutrální. Může být použit přístup

ipsilaterální (IJPR) nebo dva kontralaterální (CJPR). Při testu IJPR je segment na několik sekund uveden do předem určené polohy buď pasivně vyšetřujícím nebo aktivně probandem. Poté je segment vrácen do původní polohy, opět pasivně či aktivně. Následně je proband vyzván, aby segment umístil do cílové polohy nebo stiskl tlačítko „stop“ v případě, že dosáhne polohy pasivně. Při testování jedné varianty CJPR je postup obdobný, ale vyšetřovaný dosahuje cílové polohy na kontralaterální končetině. V druhém případě vyšetření CJPR původní končetina zůstane v cílové poloze a proband zaujímá stejnou polohu končetinou kontralaterální. Tento test využívá proprioceptivní paměti (Han et al, 2016; Waddington et al, 2015; Yang et al 2020).

V klinické praxi je možné využít období tohoto testu s použitím milimetrového papíru, kde je zakreslený bod, kam má končetina směřovat při zaujetí výchozí polohy. Vyšetřující pasivně nastaví probandovi končetinu do určité polohy na několik sekund, poté vyšetřovaný končetinu vrátí do neutrální pozice. Následně je vyzván, aby aktivně zaujal cílovou pozici. Celý test se odehrává bez zrakové kontroly vyšetřovaného. Výslednou odchylku lze odečítat na milimetry přesně (Kolář & Lepšíková, 2009).



Obrázek 2 Vyšetření reprodukce polohy segmentu (archiv autora)

2.5.3. Hodnocení diskriminace v aktivním rozsahu (AMEDA – active movement extent discrimination apparatus)

Vyšetření je prováděno pomocí aktivních pohybů, kdy je proband předem seznámen s následujícím průběhem. Během testu bude celkem třikrát provedeno 5 poloh od nejmenší vzdálenosti po největší, celkově 15 pohybů. Následně je uskutečněno vyšetření, kdy je segment náhodně uveden do všech pěti pozic (každá 10krát), tedy celkem 50 pohybů. Po každém pohybu následuje návrat do výchozí pozice. Úkolem vyšetřovaného je poznat provedenou pozici a správně ji označit číslem 1-5. Pokus je opakován pouze jednou (Han et al, 2016; Waddington et al, 2015; Yang et al 2020).

Comparison of protocols used in TTDPM, JPR, and AMEDA proprioception tests.			
Variable	TTDPM	JPR	AMEDA
Movement type	Passive	Passive/active	Active
Movement velocity	Very slow	Slow/normal	Normal
Practice/familiarization trial number	Unfixed	Unfixed	Fixed, 15 trials
Testing trial number	3–5 correct answers	Usually 3–5, up to 10 trials	50
Movement difference between familiarization and testing	No	Depends on the types of movement used in target joint position establishment and reproduction	No
Proprioceptive information	Largely movement information	Depends on whether a physical stop is used during target joint position establishment	Both movement and position information
General vision	Blocked	Blocked	Available
Audio	Blocked	Available	Available
Posture	Usually lying or sitting	Usually lying or sitting	Standing
Constrain	Usually constrained	Usually constrained	No constrains
Weight-bearing	Usually none or partial weight-bearing	None, partial or normal weight-bearing	Normal weight-bearing
Attention requirement	Very high	High	Medium-high
Memory requirement	Very low	High	Low (recall)
Measurement	Difference between the start position and responded position	Error between the target position and performed position	AUC score
Unit	Degree	Degree	AUC score
Testing duration	Up to 6 h	Depends on the number of trials used	10 min

Abbreviations: TTDPM = threshold to detection of passive motion; JPR = joint position reproduction; AMEDA = active movement extent discrimination apparatus; AUC = area under the curve.

Tabulka 1 Srovnání protokolů používaných v testování propriocepce TTDPM, JPR a AMEDA (Han et al, 2016)

2.5.4. Prahová hodnota pro detekci pasivního pohybu (TTDPM – threshold to detection of passive motion)

Tato metoda určuje prahovou hodnotu pro detekování pohybu v kloubu při pasivním pohybu vykonaným strojem. Na tělo probanda (sedí nebo leží) je umístěn přístroj, který provádí izolovaný pohyb segmentu o určitý stupeň za jednotku času. Testovaný segment je připevněním izolován od ostatních segmentů. Proband má nasazená sluchátka, zakryté oči a segment je obalen vzduchovými polštářky, aby bylo zamezeno použití ostatních sensorických vstupů. Testovaný je požádán, aby stiskl tlačítko „stop“ v okamžiku, kdy ucítí pohyb a jeho směr, jenž pak popisuje vyšetřujícímu. Testování pokračuje, dokud není dosaženo 3-5 správných výsledků (Han et al, 2016; Waddington et al, 2015).

2.5.5. Vyšetření stereognozie

Vyšetření stereognozie je možné provést pomocí testovací soupravy dle Petrie. Souprava obsahuje dřevěný hranol o šířce 63 mm a dřevěný jehlan sloužící jako vyhodnocovací blok. Vyšetřovaný uchopí rukou bez zrakové kontroly na 30 sekund hranol a snaží se si zafixovat jeho šířku. Následně je vyzván, aby na jehlanu nahmatl rukou stejnou šíři jako měl hranol. Test je 3x opakován. Pro validní výsledek nesmí proband znát předchozí výsledky. Vyhodnocuje se odchylka

od 63 mm. Za normu je považován výsledek 57-69 mm, označován N (normal). Udání menšího rozměru ukazuje, že proband intenzitu vnímání podhodnocuje, označen R (reducer) a naopak udání většího rozměru značí nadhodnocování, označen A (augment) (Kolář & Lepšíková, 2009; Stackeová & Kočí, 2019).



Obrázek 3 Sada pro vyšetření dle Petrie (archiv autora)

2.5.6. Vyšetření body image

Vnímání vlastního těla je důležité pro běžný pohyb i pro motoricky složité úkony. Lze jej klinicky vyšetřit s pomocí běžného metru. Proband je požádán, aby bez zrakové kontroly ukázal vzdálenosti dlaní v horizontální či vertikální poloze určité tělesné rozměry: šířku ramen, hloubku hrudníku, šířku boků či velikost chodidla. Ukázaná distance se následně změří a porovná s reálným rozměrem tělesné části. (Lepšíková et al, 2013)



Obrázek 4 Vyšetření body image (archiv autora)

2.6. Možnosti pohybové terapie

Cvičení na rozvoj somatestézie se zaměřuje na plné vnímání pohybu, zvýšeného svalového napětí či zbytečné svalové aktivity. Neříká, jak dýchat či chodit, ale zaměřuje se na prožitek z pohybu. Cílem je zvýšit aferentaci do senzoričkových oblastí CNS a zlepšit diferencované pohyby (Kolář & Lepšíková, 2009). Při dnešním způsobu života se často pozornost upíná pouze na mentální aktivitu, ať už je to ve formě práce na počítači či soustředění se při hře na hudební nástroj, a vnímání těla a jeho projevů je upozaděno. Mnohdy je nevhodnost pozice či pohybu odhalena až ve stadiu bolestí, svalového hypertonu či omezení hybnosti. Těmto projevům však předchází mírnější varovné signály, jako jsou dyskomfort, snížená citlivost či koordinace. Tímto přístupem si lidé svá těla poškozují, ale přesto očekávají, že budou dále fungovat v plné kvalitě (Doidge, 2015; Kleinman & Buckoke, 2014).

„Mnoho hudebníků si neuvědomuje, že když hrají na svůj nástroj, ve skutečnosti používají dva nástroje. Jejich Já je primární nástroj a hudební nástroj je sekundární. Pokud má někdo někdy najít plné potěšení a pohodlí při hraní na svůj sekundární nástroj, musí jeho primární nástroj

pracovat způsobem, který to umožňuje.“ Ashok Klouda, violoncellistka (Kleinman & Buckoke, 2014)

Jedním z možných cvičení jsou nácvik izolované hybnosti v posturálně náročných situacích (Kolář & Lepšíková, 2009), metoda podle Feldenkraise, Frenkela či prvky z taj-či nebo jógy (Kolář, 2009).

„Typickým příkladem terapeutického konceptu, který lze využít ke zlepšení somatognostických funkcí, je Feldenkraiseova metoda. Jde o cvičení, které není náročné na svalovou sílu nebo rozsah pohybu. Provádí se ve stavu duševní relaxace a jejím hlavním obsahem je cílené zaměřování somatosenzorické pozornosti do jednotlivých tělesných lokalit a snaha o maximální uvědomění a procítění somatosenzorických informací, které odtud lze v dané chvíli získat.“ (Lepšíková et al, 2013)

Feldenkraisova metoda (FM)

Myšlenky Feldenkraisovy metody brilantně vystihnul ve své knize Doidge (2015) a následný text vychází z jeho knihy. Moshe Feldenkrais začal s pozorováním a učením se o pohybu na svém vlastním těle. Byla mu v tom nápomocná znalost bojových sportů, zejména juda. Nad souvislostmi v těle začal přemýšlet po svém zranění kolene, kdy se snažil o návrat jeho funkčnosti a rozsahu pohybu pomocí jemných pohybů a diferencovaného zapojování svalů. Rozvíjel své kinestetické uvědomění o pohybu a objevil nevýhodné ochranné pohybové návyky při emočně či fyzicky náročných situacích. Aby vyloučil funkci antigravitačních svalů, začal svá pozorování provádět vleže na zádech. V této poloze pozoroval působení pohybů o malých amplitudách na celé tělo, kde cítil, že i sebemenší pohnutí prstem si vyžaduje součinnost ostatních svalů. Vycházel z myšlenky, že každá část těla je zapsána v neurální mapě mozku. Na této mapě mají větší rozlohu a detailnější popis oblasti, které jsou používány často, a jejich funkce je diferencovaná. Pro optimální stimulaci CNS pohybem musí být pohyby prováděny velmi pomalu a opakovaně, jen tak je umožněna zásadnější změna.

Mozkové mapy se taktéž mohou slyšet do tzv. „mozkové pasti“, když jsou dva signály používány současně dlouhodobě. Například u muzikantů to může být užívání současně dvou prstů a je pak velmi obtížné rozdiferencovat pohyby těchto oblastí. Při urputném snažení může naopak dojít k prohloubení mozkové pasti s následkem zvaným fokální dystonie. Zvýšené úsilí vede

k automatickému a bezmyšlenkovitému pohybu, který přestane reagovat na proměnlivou situaci a reaguje rigidními pohybovými vzory.

Při každém použití mozku se aktivují 4 komponenty: myšlení, motorický pohyb, smyslové vnímání a cítění. Zdravý člověk nikdy neprožívá jedno bez ostatních tří. A právě kinestetický smysl byl pro Feldenkraise klíčový. Vědomý a koordinovaný pohyb byl základem pro jeho lekce „Pohybem k sebeuvědomění“ (ATM-Awareness Through Movement). Jeho myšlenky potvrdil Michael Merzenich studií na zvířatech, v jejichž mozcích docházelo k výrazným změnám, když daný úkol dělali vědomě, na rozdíl od těch, které ho dělali automaticky jen kvůli odměně.

Feldenkrais obdivoval pohyby batolat a jejich způsob objevování pohybu. Často dochází k nové pozici omylem, když se snaží dosáhnout na hračku a najednou jsou v nové, vyšší pozici. Následně opakují pohyby, dokud si nenajdou svůj optimální pohybový vzorec pro přesun do vytoužené pozice. A i proto ve své terapii volil pohyby známé z nejranějšího vývoje a snažil se svým žákům (jak nazýval pacienty) zprostředkovat prožitek z pohybu při stejných podmínkách, za jakých se ho mozek naučil poprvé.

Na začátku lekce žáci nejprve několik minut vleže na zádech procházeli své tělo a vnímali volnost či napětí a zejména dech, který bývá omezen právě v místě svalového napětí. Následovaly jemné pomalé pohyby, obvykle druhou stranou těla, než byla ta s obtížemi. Součástí bylo i jen představování si pohybu a sledování reakcí těla. Na konci lekce si žáci opět zmapovali své tělo a hledali tam předchozí napětí. V průběhu lekce došlo ke změně body image na straně, se kterou žáci pracovali. Cvičenou polovinu těla popisovali jako větší, delší a blíže k podložce. Nakonec na krátko přešli k práci na druhé polovině těla. Pozorovali, jak se umění ladně se pohybovat spontánně přenáší na bolestivou stranu. Při objevu nějakého pohybového omezení bylo žákům doporučeno problém jen pozorovat, nikoliv se ho snažit silou přetlačit, místo toho si hledat způsob pohybu, který bude pro dosažení cíle nejúčinnější a nejladnější, ve vztahu ke konkrétní osobě. Tyto lekce probíhaly skupinově pod verbálním vedením.

Druhým způsobem, jakým Feldenkrais pracoval s klienty byla tzv. Funkční integrace (FI-Functional Integration). Tyto terapie probíhaly naprosto nonverbálně. Pacient zaujal komfortní polohu s různými podloženími, aby byl zajištěn pocit pohodlí a bezpečí s minimálním napětím. Feldenkrais byl přesvědčen, že když se žák cítí komfortně a jeho svalové napětí je co nejmenší, je

mozek nejlépe dostupný pro učení. Následně si sedl vedle pacienta a začal palpačně komunikovat s jeho tělem, následoval jeho pohyby, nesnažil se nijak direktivně zasahovat ani nepoužíval zbytečně moc síly. Opět začínal pracovat s místem vzdáleným od problémové oblasti a začal s lehkými, pomalými pohyby. Tělo se začalo ponořovat do hluboké relaxace v dané oblasti, která se za nedlouho přenesla do celé poloviny těla, tedy i do bolestivé části. Takto postupně procházel všechny funkce těla. Nikdy neměl žádnou univerzální techniku pro každého, pracoval vždy přísně individuálně s daným člověkem v dané lekci.

Feldenkraisova metoda je využitelná pro širokou škálu zájemců, od závažných neurologických či spinálních obtíží pro vrcholové sportovce, tanečníky či hudebníky. Je vhodná lidem všech věkových kategorií.

Alexanderova technika (AT)

Tak jako mnozí jiní zakladatelé metod či přístupů vycházel i F. M. Alexander ze zkušeností a ze snahy vyřešit své vlastní obtíže. V jeho případě to byly hlasové obtíže objevující se pouze při hereckém výkonu nebo při recitaci. Po lékařském vyšetření, které neodhalilo žádnou patologii dospěl k názoru, že problém je funkční. Začal s pozorováním svého těla při recitaci, odbouráváním posturálních a pohybových zlovyků, pracoval s tělem jako s jedním celkem, s dechem i s psychickým vypětím. Nakonec se stal velmi uznávaným hercem známým nejen pro svůj zvučný hlas.

Své myšlenky zformuloval do několika zásad, které dnes známe pod pojmem Alexanderova technika.

Tyto zásady jsou:

- Použití ovlivňuje funkci (Use Affects Functioning)
- Psychofyzická jednota (Psychophysical Unity)
- Chybné smyslové vnímání (Faulty Sensory Perception)
- Uznání návyku (Recognition of Habit)
- Primární kontrola (Primary Control)
- Inhibice (Inhibition)
- Směr (Direction)

Alexanderova technika se stala již v 50. letech 20. století součástí výuky hudebníků na Royal College of Music. Výsledkem 20letého výzkumu je kniha z roku 2014 *The Alexander Technique for Musicians*, jejímiž autory jsou Judith Kleinman a Peter Buckoke. Tato technika pomáhá naučit se učit. Je založena na principech, pomáhající vytvořit koordinaci pohybů v běžném životě i při hudebním výkonu. Pomáhá rozvíjet způsob, jakým spolu tělo a mysl fungují, komunikují a spojují se při všech činnostech. Snaží se hudebníka vyvést z jeho rigidních zvyků, podpořit tím jeho flexibilitu při hudebním projevu a zlepšit jeho umělecké schopnosti (Kleinman & Buckoke, 2014).

Jóga

Tato technika je jednou z šesti klasických hinduistických myšlenkových směrů popsaná Patanjali. Filozofie a jógové učení je založeno na složitém duchovním, intelektuálním a morálním souboru učení a hlavních zásad. Cvičení jógy zahrnuje držení těla (ásany), ovládání dechu (pranayama) a meditaci (dhjána). Cílem je transcendence hmotného světa a hranic mysli. Dnes se jóga těší velké oblibě po celém světě. Nejčastěji praktikovaným druhem je Hatha, která je založená na střídání poloh a ásan a často kombinovaná s meditací. Poskytuje fyzické cvičení, duševní pohodu a relaxaci (Schlinger, 2006). Cvičení jógy je využíváno jako terapeutický nástroj pro mnoho bolestí fyzických i těch duševních. Zhu et al (2020) prováděli rešeršní šetření studií o účincích jógy na bolesti v bederní oblasti. Potvrdili významné snížení chronické bolesti.

Kinestetické cvičení v představě

Výhodným pro muzikanty může být nácvik hry v představě bez nástroje, popřípadě s notami. Tato technika má hned několik výhod. Urychluje proces učení náročných partů, protože si hudebník může představovat zvuk i pohyby jako správné, čímž se zkrátí čas učení a sníží se u fyzická únava vznikající během cvičení, potažmo vznik poranění. Nespornou výhodou je možnost trénování nezávisle na času a místě (Nelson, 1989). Tyto závěry potvrdil MUDr. Pavel Drbal na třetím sympoziu České společnosti pro hudební fyziologie a medicíny hudebníků v roce 2019. Zde prezentoval jako kazuistiku svou osobní zkušenost s touto technikou. Jako profesionální hráč na viola da gamba (předchůdce dnešního violoncella) byl nucen nacvičit si skladby pro nadcházející koncert bez přítomnosti svého nástroje. Jeho feedback byl nad očekávání velmi pozitivní.

2.7. Inerciální senzory

Přenosné inerciální senzory, jako jsou akcelerometry, gyroskopy a inerciální pohybové senzory (inertial measurement unit-IMU), jsou v současné době jednou z nejpoužívanějších technologií pro hodnocení pohybu a pohybových vzorců u zdravých i nemocných jedinců. Nejčastěji jsou využívány IMU, které v sobě integrují 3D akcelerometr, 3D gyroskop a 3D magnetometr. Studie se obvykle zaměřují na hodnocení stoje, sezení, chůze a chůze s kognitivním úkolem v laboratorních podmínkách nebo na běžné denní aktivity mimo laboratoř.

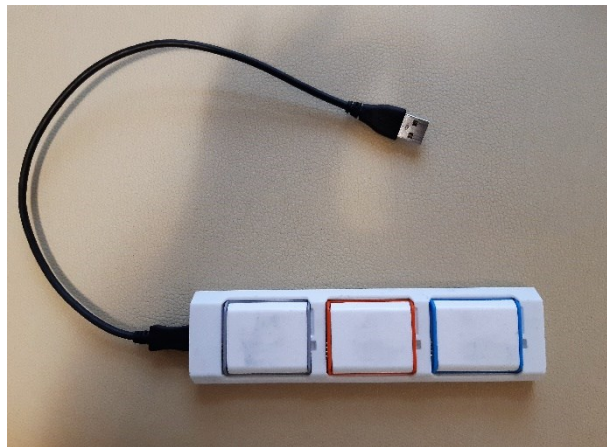
Senzory, umístěné na tělo probanda, zaznamenávají data a ihned je odesílají k vyhodnocení do zařízení s ním propojené – Pc nebo smartphonu (rovněž umístěný na tělo nebo v kapse probanda) nebo v sobě hromadí data, která jsou po stažení vyhodnocená v počítači. Dnes již mnoho smartphonů obsahuje zařízení schopné detekovat fyzickou aktivitu či energetický výdej. Smartphony jsou využívány při vývoji aplikací pro medicínské účely a výzkum jejich využití stále probíhá (Jung et al, 2020; Melendez-Calderon et al., 2021; Su et al, 2021). Höchsmann et al. (2020) ve své studii porovnávali záznamovou schopnost pěti nejpoužívanějších typů těchto senzorů. Všechny byly umístěné na těla 30 zdravých jedinců, kde kontinuálně zaznamenávaly pohyb během jejich denních aktivit po dobu tří dnů. Naměřená data ukazují, že žádný z nich nebyl naprosto přesný během měření v přirozeném prostředí. Naproti tomu Lai et al. (2020) zaznamenali přesné hodnoty u modelu Fitbit One, umístěného na pase probanda, v laboratorních podmínkách u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Porovnání bylo mezi záznamem chůze okolo kuželů s chůzí na běžeckém páse za současného manuálního počítání kroků examínátorem.

Nejčastěji jsou senzory umístěny na zápěstí, dolní část zad nebo do oblasti pasu. Jejich výhody spočívají ve velikosti, finanční dostupnosti, možnosti užití jednotlivě nebo více senzorů v jeden okamžik. Za nevýhodu lze považovat náročnost správného připevnění senzoru na segment a jeho odchýlení od původní zkalibrované polohy. Nesprávně orientovaný senzor zaznamenává nepřesná data (Yurtman & Barshan, 2017).

Sondy je možné využít jak pro diagnostiku poruchy, tak pro hodnocení průběhu a efektu terapie. Při vyhodnocování měření je nutné brát v potaz působení zevního prostředí na psychiku vyšetřovaného jako je přítomnost zdravotnického personálu (syndrom bílého pláště), vědomí

vyšetřovaného, že se jedná o test a jeho snahu dosáhnout co nejlepších výsledků ve srovnání s výsledky mimo test (Jung et al, 2020; Su et al, 2021).

Českým výrobkem zkonstruovaným firmou Princip a.s. ve spolupráci s Rehabilitační klinikou Albertov v Praze jsou senzory WMS4 (Wearable Motion Sensor) čtvrté generace. Využívá se jednoho či více senzorů, které se umístí na tělo probanda pomocí textilních pásek nebo přilepí např. tejpem (Princip a.s., 2011).



Obrázek 5 Inerciální senzory od firmy Princip a.s. (archiv autora)

2.8. Ryv

Měření tzv. ryvu (angl. jerk metric) navrhl Neville Hogan v roce 1984 jako parametr měření plynulosti pohybu. Ryv udává změnu zrychlení. Když je ryv roven nule, zrychlení je konstantní a pohyb plynulý. Jakmile se ryv zvyšuje, zrychlení není konstantní a pohyb se stává neplynulým až trhaným či se změnou směru (Mišinová, 2016). Ryv se užívá pro hodnocení kvality a kvantity pohybu, popisu motorického chování či efektu terapie na pohybový systém např. u neurologických nebo pohybových onemocnění (Melendez-Calderon, 2021; Zhang, 2019).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1. Cíle

Hlavním cílem teoretické části bylo popsat vliv hudební produkce na CNS a pohybový aparát hudebníka. Praktická část měla dva cíle. První posuzoval vliv terapie zaměřené na zkvalitnění senzomotoriky a kinestezie profesionálních hráčů na smyčcové nástroje pomocí inerciálních senzorů. Kvalita pohybu byla kvantifikována kvadratickým průměrem ryvu (parametrem plynulosti pohybu). Druhým cílem bylo vyhodnocení efektu terapie pomocí dotazníkového šetření a objektivního měření somatestezie a kinestezie. Dotazník byl zaměřen na subjektivní ohodnocení změny vnímání určitých tělesných segmentů před a po terapii. Somatestezie byla testována procentuální odchylkou odhadovaného a skutečného rozměru tělesného segmentu. Kinestezie byla hodnocena testem reprodukce polohy segmentu.

3.2. Hypotézy

Hypotézy se vztahují k populaci profesionálních hráčů na smyčcové nástroje v produktivním věku.

Hypotéza 1

H0 1: Plynulost pohybu hrudníku hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně neliší.

HA 1: Plynulost pohybu hrudníku hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně liší.

Hypotéza 2

H0 2: Plynulost pohybu pánve hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně neliší.

HA 2: Plynulost pohybu pánve hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně liší.

Hypotéza 3

H0 3: Přesnost určení rozměru hrudníku se před a po terapii signifikantně neliší.

HA 3: Přesnost určení rozměru hrudníku se před a po terapii signifikantně liší.

Hypotéza 3 bude testována ve vertikální a horizontální poloze dlaní.

Hypotéza 4

H0 4: Přesnost určení rozměru chodidla se před a po terapii signifikantně neliší.

HA 4: Přesnost určení rozměru chodidla se před a po terapii signifikantně liší.

Hypotéza 4 bude testována ve vertikální a horizontální poloze dlaní.

Hypotéza 5

H0 5: Přesnost reprodukce polohy horní končetiny se před a po terapii signifikantně neliší.

HA 5: Přesnost reprodukce polohy horní končetiny se před a po terapii signifikantně liší.

4 METODIKA

Pro praktickou část této práce byli osloveni hudebníci z libereckého divadla F.X. Šaldy a z několika pražských orchestrů. Před zahájením měření byli obesláni stručným informačním formulářem. Vybráni byli zejména orchestrální hráči, kteří během celého hudebního výkonu sedí a několik sólových, kteří obvykle stojí. Měření probíhalo v červnu a začátkem července roku 2021. Vzhledem k epidemiologické situaci spojené se SARS-CoV-2 byli hráči v této době již několik měsíců (cca 3 měsíce) opět v režimu aktivního zkoušení a koncertování, ačkoliv ne v plné výši tak jako před vypuknutím epidemie. Vhodné určení doby, kdy začít měření, je důležité vzhledem k sezonnímu zatížení orchestru. V září po divadelních prázdninách bude jejich pohybový aparát muzikantů v jiné kondici než o Vánocích, kdy jsou nejvíce rozehraní, nebo než v červnu, kdy mohou být po celé sezóně často velmi vyčerpaní.

4.1. Charakteristika souboru

Měření se účastnilo 19 smyčcových muzikantů, z čehož bylo 5 houslistů (26,3 %), 5 violistů (26,3 %), 5 violoncellistů (26,3 %) a 4 kontrabasisté (21,1 %). Počet mužů byl 12 (63 %) a počet žen 7 (37 %), s věkovým průměrem 42 let ± 11 . Průměr v odehraných letech byl 34 let ± 11 aktivního hraní a při běžném zatížení hráli v průměru 23 hodin ± 12 týdně včetně domácí přípravy. Tyto údaje o kvantitě hraní byly počítány mimo současnou epidemiologickou situaci spojenou se SARS-CoV-2.

4.2. Průběh měření

Na začátku schůzky byli probandi informováni o průběhu, významu a cíli terapie. Jako první proběhlo měření pohybovými senzory WMS4 od firmy Princip a.s.. Senzory byly přilepené tejpovací páskou na oblast 4. hrudního obratle a sacra. Hudebníci měli za úkol třikrát zahrát danou skladbu, speciálně vybranou pro jednotlivé nástroje se zapnutým metronomem nastaveným na frekvenci dle dané skladby. Pro housle byla vybrána skladba Eine kleine Nachtmusik od W.A. Mozarta (fr= 132) (Příloha 1), pro violu Kreutzerova první etuda ze souboru Etüden und studien (fr= 80) (Příloha 2), pro violoncello Bachova Suite no. 1 prélude (fr= 72) (Příloha 3), a pro kontrabas skladba Elephant ze sbírky Carnival of the Animals od C. Saint-Saens (fr= 112) (Příloha 4). Délka jednoho měření byla cca 1 minuta. Hudebníci měli dovoleno se před měřením lehce

rozehrát a danou skladbu si zahrát. Inerciálními senzory bylo z technických důvodů naměřeno 14 probandů z původních 19.

Následovalo vyplnění krátkého dotazníku. Jeho první část byla zaměřena na obecné informace o pracovní anamnéze, druhá část se dotazovala na četnost a výskyt bolestí pohybového aparátu. Poslední dvě části zjišťovaly vnímání těla během hry před terapií a po terapii. Na závěr dotazníku byl prostor určený pro osobní poznámky a subjektivní prožitky z terapie (Příloha 5).

Vyšetření před a po terapii se skládalo z:

- testu dle Petrie
- vyšetření body image
- test reprodukce polohy segmentu

Sada dle Petrie byla zakryta, aby byla znemožněna zraková kontrola a proband měl 30 s na ohmatání hranolu pravou rukou pro vytvoření si stopy do palpační paměti. Následně určil šířku hranolu na jehlanu, použitým jako referenční stupnici.

Test reprodukce pohybu segmentu byl prováděn ve stoje, kdy byla dominantní končetina probanda namířena na křížek uprostřed milimetrového papíru, při čemž měl proband po celou dobu zavřené oči. Následně proband svěsil paži a snažil se polohu zopakovat. Papír byl připevněn ve výšce očí vyšetřovaného.

Pro vyšetření body image byly zvoleny rozměry šířky ramen a délky chodidla. Proband měl za úkol s vyloučením zrakové kontroly ukázat šíři dané části těla nejprve vertikálně a následně horizontálně.

Všechny výše zmíněné testy byly provedeny třikrát. Proband byl o výsledcích informován až po skončení celého měření, aby se zamezilo zkreslení výsledků.

4.3. Průběh terapie

Pro počáteční vstup do terapie bylo vybráno kontaktní uvolnění hrudníku na lehátku vleže na zádech. Terapeutovy ruce ležely pod a nad hrudníkem probanda a následovaly dechové pohyby probandova hrudníku, čímž vznikl bohatý senzomotorický vjem. Tato oblast se stala klíčovou

oblastí pro řízení pohybů v následujících cvičeních. V poloze na zádech byla též provedena facilitace vzpěrné reakce dolní končetiny, jejíž pata spočívala mimo lehátko. Přes podložku byl nejprve veden tlak do končetiny směrem kraniálním a následně s náklony latero-laterálními. Vše probíhalo ve velmi pomalém tempu. Feldenkrais tuto techniku nazval „umělá podlaha“. Cvik byl zařazen pro zvýšení propriocepce z chodidel, jež je důležitá pro stabilitu při sedu s vykonáváním fyzicky náročné činnosti, jako je např. hra na hudební nástroj. Této opory mnohdy není možné plně využít z důvodu nošení vysokých podpatků u ženské části orchestru. Největší zpětnou vazbu udávali hráči na kontrabas, pro které je hra velmi posturálně náročná vzhledem k velikosti a váze nástroje. Nejčastěji popisovali zlepšení stability dolních končetin a lepší napojení na zemi.

V druhé části, probíhající vsedě, proběhlo specifické cvičení modifikované dle Feldenkraisovy metody, založené na nemechanicky se opakujících uvědomělých pohybech. Terapeut, bočně sedící vedle probanda na židli, umístil předozadně své dlaně na hrudník muzikanta a zadal mu, ať následuje pohyby, které s jeho tělem dělá. Základní 3 roviny – antero-posteriorní, latero-laterální a rotační, ve kterých byly pohyby prováděny, byly obohaceny ještě o směry diagonální, jakožto směry pro člověka nejpřirozenější a při hraní nejčastěji používané. Ačkoliv byl pohyb veden z hrudníku, u velké části probandů se pohyby přenášely až do oblasti pánve potažmo nohou a do oblasti hlavy. Na začátku terapie nebo v jejím průběhu většina probandů automaticky zavřela oči. U těch, kteří to udělali v průběhu terapie, byla znát větší volnost pohybu a souhyby hlavy po vyloučení zrakové kontroly. Cílem této terapie bylo ukázat tělu probanda pohybové možnosti, které jeho tělo má.

Následující cvičení probíhalo již s nástrojem. Proband dostal za úkol hrát libovolnou skladbu či jen stupnice a zároveň hýbat tělem v určité rovině, stejně jako při předchozím cvičení. Cílem toho cvičení bylo zvýšení povědomí těla o jeho pohybových možnostech během hraní na hudební nástroj bez externí stimulace. Poslední cvičení vycházelo z klasické práce se smyčcem, jaké se učí na základních uměleckých školách. Proband měl za úkol dělat pomalá cvičení se smyčcem a soustředit se na pocity z horní končetiny. Celá terapie trvala okolo 50 minut.

4.4. Statistické zpracování

Data byla zpracována pomocí programu MS Excel a knihovny scipy. stats v programovacím jazyku Python. Pro ověření normality rozložení byl využit Shapiro-Wilkův testu. Pro zjištění

statistické významnosti rozdílu mezi hodnotami před a po terapii byl proveden dvouvýběrový t–test. Hladina významnosti byla stanovena na 0,05 ($\alpha = 0,05$).

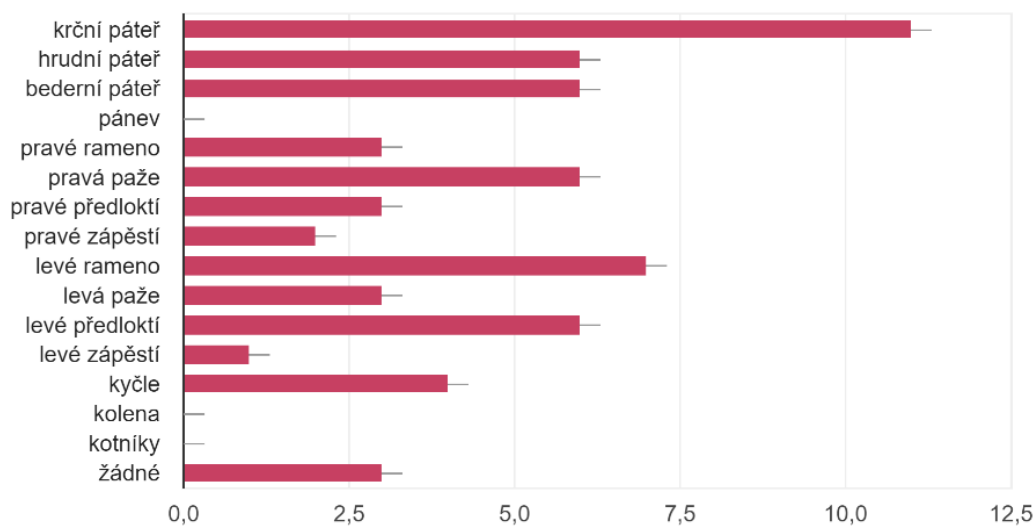
5 VÝSLEDKY

5.1. Výsledky dotazníkového šetření

Dle dotazníkového šetření udávalo pravidelné bolesti pohybového aparátu 63 % dotazovaných hudebníků. Nejčastější výskyt bolestí byl v oblasti krční páteře (57,9 %) a levého ramene (36,8 %). U 31,6 % dotazovaných byly popisovány obtíže hrudní a bederní páteře, pravé paže a levého předloktí (Graf 1).

Vyberte oblasti nejčastějšího výskytu bolestí během hry

19 odpovědí

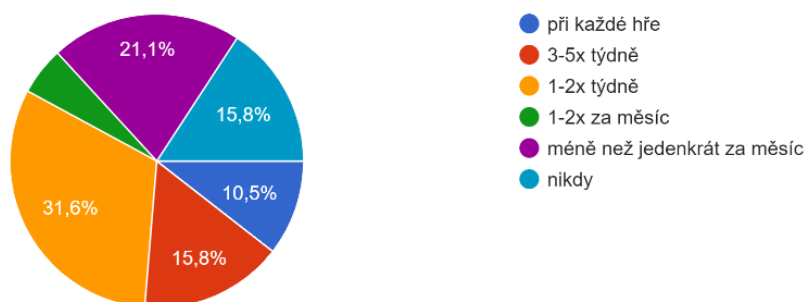


Graf 1 Oblasti nejčastějšího výskytu bolestí pohybového aparátu

Čestnost bolestí při každé hře udávalo 10,5 %, 3 - 5krát týdně 15,8 %, 1 - 2krát týdně 31,6 % hudebníků, méně než jedenkrát za měsíc 21,1 % a nepřítomnost pravidelných bolestí během hry popisovalo 15,8 % (Graf 2).

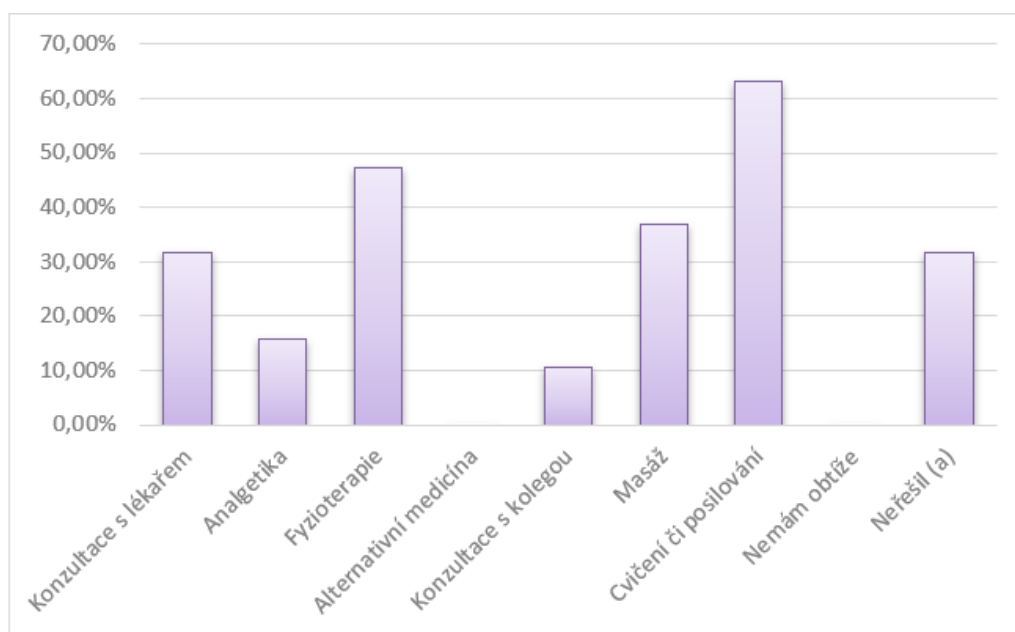
Jak je častý výskyt bolesti během hry?

19 odpovědí



Graf 2 Četnost výskytu bolestí při hře

Na dotaz, jak probandi řešili své pohybové obtíže, 63,2 % odpovědělo cvičením či posilováním, 47,4 % fyzioterapií, 36,8 % masáží a 31,6% problém konzultovalo s lékařem. Obtíže neřešilo nebo jimi netrpělo 31,6 % (Graf 3).



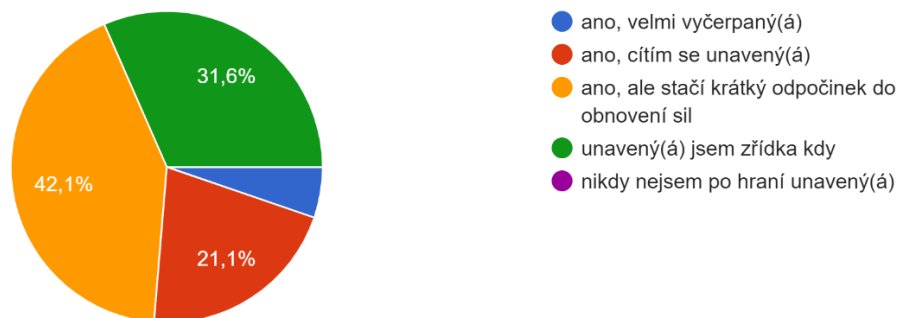
Graf 3 Způsoby řešení pohybových obtíží hudebníků

Poslední část dotazníku, jehož otázky se zaměřovaly na vnímání těla během hry, porovnávala údaje před a po terapii. První otázka se ptá na výskyt běžné únavy po hře v běžném

zatížení (Graf 4). Výrazným vyčerpáním po hře trpělo 5,3 % hráčů, běžnou únavou 21,1 %, únavou s obnovou sil po krátkém odpočinku 42,1 % a nízký výskyt únavy hlásil 31,6 % dotazovaných.

Cítíte se po hře unavený(á)?

19 odpovědí



Graf 4 Úroveň vyčerpání po hře na hudební nástroj

Pocity komfortu během hry byly popisovány 63,2 % dotazovaných jako zhoršující se v průběhu hraní, 31,6 % se cítí komfortně po celou dobu hry a 5,3 % cítilo obtíže krátce po začátku hry. Po terapii udávalo snižující se pocit komfortu 31,6 % probandů, komfortně se po celou dobu hry cítilo 63,2 % a 5,3 % hudebníků udávalo nástup obtíží krátce po zahájení hry.

5.1.1. Porovnání výsledků před a po terapii

Subjektivní vnímání jednotlivých částí těla je shrnut v následující tabulce (Tabulka 2). Změna vnímání těla byla zaznamenána na všech úrovních všech pozorovaných segmentů bez rozdílu nástroje.

	Vnímám velmi dobře	Vnímám trochu nebo jen občas	Nejsem schopen vnímat, mám obtíže	Nejsem schopen vnímat, nemám obtíže
Horní končetiny				
před	68 %	32 %	0 %	0 %
po	90 %	11 %	0 %	0 %
Dolní končetiny				
před	53 %	32 %	5 %	11 %
po	47 %	47 %	0 %	5 %
Pánev				
před	26 %	58 %	5 %	11 %
po	32 %	58 %	5 %	5 %

Tabulka 2 Vnímání jednotlivých segmentů před a po terapii

Hudebníci byli také tázáni na pocit symetrického držení těla při hře. U 26,3 % zněla odpověď ano, zatím co u 73,7 % byla odpověď ne. U této varianty byla možnost slovního komentáře proč tomu tak je, při čemž nejčastější odpověď byla, že není možné sedět symetricky a u toho hrát na nástroj.

V závěrečné fázi dotazníkového šetření měli hudebníci možnost vyjádření se k subjektivním pocitům z terapie. Nejčastěji udávali vyšší volnost a rozsah pohybu během hry, celkové uvolnění, lepší vnímání těla i lepší tón. U některých případů došlo k mobilizaci obratlů včetně fenoménu lupnutí. Všeobecně byla terapie hodnocena jako velmi příjemná a přínosná. Probandi popisovali pocity fyzické a psychické uvolněnosti.

5.2. Výsledky objektivního měření

Objektivní měření somatestezie a kinestezie bylo zaznamenáno v tabulce před a po terapii. Následně byla stanovena odchylka od reálné hodnoty a procentuálně vyjádřena v absolutní hodnotě. Průměrné výsledky a jejich směrodatné odchylky (SD) jsou zaznamenány v Tabulce 3. Změna tohoto údaje se ukázala jako statisticky nevýznamné. Z tohoto důvodu byly **zamítnuty hypotézy**

HA 3 (Přesnost určení rozměru hrudníku se před a po terapii signifikantně liší.) a **HA 4** (Přesnost určení rozměru chodidla se před a po terapii signifikantně liší.)

		před terapií	SD	po terapii	SD
HRUDNÍK	vertikálně	19	19	14	14
	horizontálně	21	17	18	14
PLOSKA	vertikálně	16	15	15	9
	horizontálně	15	12	14	10

Tabulka 3 Výsledky objektivního měření

Vyšetření dle Petrie a test reprodukce polohy segmentu neměly žádnou statistickou významnost. Testování dle Petrie bylo pro tuto skupinu málo senzitivní. Ke změně výsledků došlo pouze u 6 probandů (32 %), z toho se 4 (21 %) zlepšili a 2 (11 %) zhoršili. Tudíž byla **hypotéza HA 5** (Přesnost reprodukce polohy horní končetiny se před a po terapii signifikantně liší.) **zamítnuta**.

5.3. Výsledky měření inerciálními senzory

Jediné statisticky významné změny byly zaznamenány v oblasti hrudníku. Výrazně se zvýšila plynulost a kontrola pohybu hrudníku. Což může sloužit jako dobrý základ pro stabilizaci horní končetiny. Ryv hrudníku se snížil u 13 ze 14 probandů bez rozdílu nástroje v průměru o **22 % ± 11 %**. P-hodnota byla spočtena **p=0,001**. Hodnoty naměřené před i po terapii byly velmi konzistentní, což naznačuje velkou míru spolehlivosti tohoto měření. Průměrný rozdíl ryvu před a po terapii byl – 9 % se směrodatnou odchylkou ±8. Naměřené hodnoty ryvu hrudníku jsou uvedeny v Tabulce 4, která udává kvadratický průměr ryvu. **Platí tedy hypotéza HA 1** (Plynulost pohybu hrudníku hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně liší.) V oblasti měření ryvu pánve nedošlo ke statisticky významným změnám. Porovnání výsledků hrudníku a sacra je zobrazeno v Příloze 6. Proto byla **hypotéza HA 2 zamítnuta** (Plynulost pohybu pánve hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně liší.).

Ryv hrudník [10na3 m/s3]					Rozdíl		
	před terapií		po terapii				
	průměr	SD	průměr	SD	[10na3 m/s3]	[%]	
Proband 1	192	14	154	9	-38	-20	housle
Proband 2	240	19	200	30	-40	-21	
Proband 3	232	3	218	9	-14	-7	
Proband 4	195	15	171	6	-24	-13	
Proband 5	119	3	103	5	-16	-8	viola
Proband 6	116	6	94	5	-22	-11	
Proband 7	129	5	119	12	-10	-5	
Proband 8	143	6	117	6	-26	-14	violoncello
Proband 9	220	25	218	4	-2	-1	
Proband 10	165	11	142	6	-23	-12	
Proband 11	222	13	204	7	-18	-9	kontrabas
Proband 12	123	5	113	6	-10	-5	
Proband 13	112	17	131	4	19	10	
Proband 14	166	6	158	6	-8	-4	
průměr	170		153		-17	-9	
SD	47		43		15	8	

Tabulka 4 Výsledky měření ryvu hrudníku. Hodnoty ryvu byla vypočítána jako kvadratický průměr ryvu. Rozdíl byl vypočítán jako ryv po terapii minus ryv před terapií a následně uveden v procentech z hodnoty ryvu před terapií.

Během měření sondami byl zaznamenáván zvukový záznam hrané skladby. Byl poslouchán dvěma nezávislými profesionálními hudebníky, kteří se shodli na názoru, že po terapii je zvuk nástroje výrazně čistší a kvalitnější. I sami probandi popisovali, že vnímají zlepšení zvuku po terapii.

5.4. Vyhodnocení hypotéz

Na základě měření inerciálními senzory byla **zamítnuta hypotéza H0 1** (*Plynulost pohybu hrudníku hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii významně neliší.*) a **přijata hypotéza HA 1** (*Plynulost pohybu hrudníku hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii významně liší.*)

Na základě měření inerciálními senzory byla **přijata hypotéza H0 2** (*Plynulost pohybu pánve hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně neliší.*) a **zamítnuta hypotéza HA 2** (*Plynulost pohybu pánve hodnocená kvadratickým průměrem ryvu se při hře na smyčcový nástroj před a po terapii signifikantně liší.*)

Na základě objektivního měření byla **přijata hypotéza H0 3** (*Přesnost určení rozměru hrudníku se před a po terapii signifikantně neliší.*) a **zamítnuta hypotéza HA 3** (*Přesnost určení rozměru hrudníku se před a po terapii signifikantně liší.*)

Na základě objektivního měření byla **přijata hypotéza H0 4** (*Přesnost určení rozměru chodidla se před a po terapii signifikantně neliší.*) a **zamítnuta hypotéza HA 4** (*Přesnost určení rozměru chodidla se před a po terapii signifikantně liší.*)

Na základě objektivního měření byla **přijata hypotéza H0 5** (*Přesnost reprodukce polohy horní končetiny se před a po terapii signifikantně neliší.*) a **zamítnuta hypotéza HA 5** (*Přesnost reprodukce polohy horní končetiny se před a po terapii signifikantně liší.*)

6 KAZUISTIKA

Pacientka: X.Y.- violistka

Ročník: 1965

Tato pacientka byla ze vzorku vybrána pro své neobvyklé výsledky, které ukazují změnu somatestézie díky zvýšení mobility Thp s následkem dočasné poruchy kinestézie. Pacientka na svůj nástroj hraje 50 let při obvyklé frekvenci minimálně 20 hodin týdně. Pacientka je mnoho let kuřačka. V minulosti řešila dlouhodobé obtíže s bolestmi pohybového aparátu, zejména v oblasti zad, celé levé paže a kyčle. V anamnéze má též protruzi disku L5 do L strany, která byla však kompenzovaná při běžných denních aktivitách. Obtíže se zhoršují vždy při vyšší frekvenci hraní, zejména v období vánočních koncertů a na konci sezony. Všechny tyto obtíže zcela vymizely při zavření divadel z důvodu epidemiologické situace spojená se SARS-CoV-2. Opět se v mírné formě začaly vracet při návratu do běžného hraní.

V den terapie přicházela bez větších obtíží. Bylo provedeno testování a terapie viz výše. Během cvičení popisovala velmi konkrétní feedback. Při stimulaci pravé plosky „umělou podlahou“ udávala tlak a brnění v oblasti C7 a při stimulaci levé plosky nepříjemný tlak v bedrech do oblasti postižené protruzí disku. Během manuálního navádění hrudníku byla cítit značná zatuhlost hrudní páteře zejména v antero-posteriorní rovině, avšak v průběhu terapie strnulost ustupovala a došlo k mobilizaci hrudní páteře, dokonce se slyšitelným fenoménem lupnutí. V části, kdy bylo probandce zadáno hrát libovolnou skladbu nebo stupnice a u toho provádět pohyby v dané rovině nastala obtíž. I přes veškerou snahu se jí nepodařilo docílit koordinace mezi zadaným pohybovým úkolem a hrou, ačkoliv obvykle nemá problém s multitaskingem snad i díky její vrozené hyperaktivitě.

Celou tuto terapii pacientka vyhodnotila jako subjektivně příjemnou. Cítila výrazné snížení bolesti a strnulosti v oblasti hrudní a krční páteře při volném pohybu. Během hry cítila uvolnění, náznak nové možnosti přirozeně se hýbat a schopnost uvolňovat strnulost páteře. Tento efekt popisovala jako přetrvávající následující týden i přes značnou pracovní i rodinnou zátěž (nošení vnoučat).

Nicméně při objektivním testování senzomotoriky a kinestézie měla velmi nepřesné výsledky oproti testování před terapií. Zdůvodnila to tím, že se v prostoru fixovala blokádou v Thp,

která tam nyní nebyla, a proto naprosto ztratila orientaci a jistotu v prostoru. Efekt přetrval několik hodin, než se tělo adaptovalo na nové podmínky. Tento fakt může být významný pro načasování terapie, kterou není vhodné dělat poprvé před koncertem.

Ačkoliv objektivní měření bylo výrazně zhoršení, měření inerciálními sondami udávalo zlepšení stejně, jako u ostatních probandů.

Rozhodně by bylo vhodné provést sérii dalších terapií ideálně v rozmezí jednoho týdne a pacientku důkladně instruovat v autoterapii.

7 DISKUSE

Smyčcoví muzikanti jsou velmi specifickou skupinou nejen v rámci škály pacientů, ale i v rámci orchestru. Jejich držení nástroje je velmi asymetrické (spolu s příčnou flétnou) a pro vytvoření tónu musí překonat značný odpor smyčce vůči strunám a nástroje proti svému tělu. Všechny pohyby musí být velmi přesné a bezchybné, aby byl požadovaný výkon kvalitní. Tyto aspekty mohou vést k přetížením a poraněním souhrnně nazývané PRMDs. Problematika jejich výskytu je shrnuta v práci Kutinové (2018).

Diskuse k testování

Hladkost či plynulost pohybu je modalita související s nepřerušovaným či kontinuálním pohybem nezávisle jeho amplitudě a trvání. Střídavé zrychlování a zpomalování vytváří naopak pohyb přerušovaný. Plynulý pohyb je spojen s minimálním úsilím. Hladkost pohybu, obzvláště pomalého pohybu, může negativně ovlivňovat nepřiměřený hluk (Balasubramanian et al, 2015). Oba tyto faktory, jak minimální úsilí, tak intenzita hluku jsou významné v hudební oblasti. Při kombinaci hraní náročných skladeb a vysokého emočního vypětí je pro hudebníka velmi náročné uvolnit své tělo natolik, aby pohyb byl lehký a hladký. Mnohdy dochází k tomu, že dokáže uvolnit pouze horní končetiny pro hru a napětí se přemístí do jiné části těla, která je pak náchylná k poranění (Jacukowicz, 2015). Působení hluku je při hraní v orchestru velmi častým problémem. Může vést nejen ke zhoršení hudebního výkonu, ale také k tinnitu či trvalému poškození sluchu. (Pouryaghoub, 2017) V experimentální fázi práce bylo při měření sondami absolutní ticho, což simulovalo zkoušení v domácím prostředí, a byla možnost plného soustředění na hudební projev. Výsledku ukazují významné zlepšení plynulosti pohybu po terapii o 22 % ± 11 % s p-hodnotou p=0,001.

Plynulost pohybu hrudníku se po terapii snížila pouze u jednoho probanda (měřena hodnotou ryvu). Je možné si důvod této odchylky interpretovat jako kombinaci vysokého věku, celoživotního kuřáctví, což mělo za následek velmi rigidní hrudník, ale také faktu, že tento hudebník nemá klasické vzdělání, kterým je konzervatoř či AMU. Ostatní výsledky se shodně zlepšily nezávisle na nástroji. Naměřená data byla velmi konzistentní, a to jak před terapií, tak po terapii. Změna v naměřených datech je významná i z toho pohledu, že jediná terapie ovlivnila stereotypní pohyb hudebníků léty vžitý.

Diskuse k terapii

Terapie, specificky zaměřená na hudebníky byla sestavena tak, aby působila na všechny části těla i když na některé sekundárně. Ačkoliv byla terapie primárně vedena přes manuální kontakt na hrudníku, pohyby se přenášely do zbytku těla. Subjektivně bylo probandy v dotazníku popisováno zlepšení somatestezie jak v oblasti horních a dolních končetin tak i v oblasti pánve. Tuto oblast je možno považovat za klíčovou pro nastavení optimální postury. Sám Feldenkrais byl přesvědčen, že žádný správný pohyb není možné uskutečnit bez kontroly pánve a není možná optimální postura bez volnosti všech segmentů tvořících pánev (Lee, 2018).

Terapií zvanou „umělá podlaha“ se terapeut snaží poskytnout nervosvalovému systému informace o spojení chodidla se zbytkem těla a pocitem podpůrné funkce nohy přes její opěrné body. Feldenkrais předpokládal, že takováto stimulace může vyvolat proces učení opory v různých situacích a orientacích, které následně proband použije při stoji a chůzi, ačkoliv je stimulace prováděna vleže a tlak je mnohem nižší než při stoji. Verrel et al (2015) provedli studii zkoumající efekt této terapie pod fMRI. Terapii provedl praktik FM s 30letou praxí na levé dolní končetině probandů. Byly provedeny dva druhy terapie: globální, zaměřující se na opěrnou funkci dolní končetiny a lokální, zkoumající malé pohyby chodidla a kotníku v reakci na dotyk. Po intervenci bylo zaznamenáno významné zvýšení aktivity v klidovém stavu v senzomotorické oblasti a ve vyšších motorických oblastech mozku. Terapie zaměřená lokálně indukovala vyšší aktivitu v pravé primární motorické kůře, zatímco globální působení zvýšilo aktivitu levé sekundární motorické oblasti a cingulární oblasti. Klidová aktivita v oblasti zájmu vzrostla relativně k výchozím hodnotám po zásahu globálním, ale zejména po lokálním. Z výsledků studie vyplývá, že lokální intervence aktivuje oblasti mozku představující stimulovanou oblast, zatímco globální aktivuje více funkčních mozkových sítí účastnících se akce. Ačkoliv byla terapie minimalistická, účastníci popisovali pocit uvolnění končetiny, lepšího kontaktu s podlahou či větší stability levé nohy. Důležitost opory dolních končetin jako základu stability během hraní potvrzuje i Nelson ve své práci z roku 1989 zabývající se souvislostmi mezi Feldenkraisovou metodou a hudebníky.

Cílem terapie s trupem bylo ukázat pohybové možnosti, nalezení stupňů volnosti pro daného jedince a nedirektivně hudebníky vyvést z rigidní naučené postury. Zvolení direktivní metody by mohlo mít za následek zvýšení napětí v těle při snaze se soustředit na hru a na požadovaný úkon jako např. korigované držení těla. Toto napětí by snižovalo volnost při hře a mohlo by mít za

důsledek snížení kvality hudebního projevu. Což bylo znatelné při druhé části terapie, kdy měli hudebníci za úkol hrát libovolnou skladu či jen stupnice a u toho se volně, v přirozené amplitudě a rychlosti pohybovat v dané rovině. Mnohým tento úkol dělal velké obtíže. Navzdory tomu při následném volném hraní skladby, hudebníci automaticky využili znovu objevené pohybové možnosti a pohyb se stal plynulejším. Feldenkrais říká: „*Mnoho pohybových problémů a bolest, která je doprovází, je způsobeno naučeným návykem, ne nějakou abnormální strukturou.*“ (Doidge, 2015) I s těmi se však musí u hudebníků počítat vzhledem k velmi nízkému věku při začátku hraní na smyčcový hudební nástroj.

Největší omezení bylo při vedených pohybech palpačně zaznamenáno v antero-posteriorní rovině nezávisle na nástroji. Aktivní sportovci měli hrudník více mobilní než nespportovci. Rozdíl mezi jednotlivými nástroji nebyl palpačně zaznamenán.

Lee (2018) popisuje FM jako proces učení. Není zde důležitý cíl, ale cesta. Stejně tak je tomu při tvorbě hudby. Není zde možné se soustředit jen na výsledek. Takové snažení vede k nepřiměřenému napětí, nepohodlí a posturálním problémům. FM nabízí možnost lepšího držení těla, tónu, techniky, výdrže i mentální a emocionální změny. Podporuje individualitu jedince a jeho expresivitu během hry na nástroj i běžného pohybu.

Efekt Feldenkraisovy metody na symfonické hudebníky se středně až velmi intenzivními bolestmi pohybového aparátu zkoumali ve své pilotní studii Bellafore et al. (2012). Kde pokusnou skupinu tvořilo 9 hudebníků a kontrolní 8 hudebníků. Obě tyto skupiny byly nehomogenní v druhu nástrojů, frekvence hraní, věku i vztahu k pohybové aktivitě. Po 4 týdnech terapií s frekvencí dvakrát týdně byla zaznamenána nižší četnost výskytu bolestí bederní páteře a v oblasti končetin. Nejvýznamněji se však snížila bolest v oblasti krční páteře oproti kontrolní skupině, která dělala jakákoliv jiná běžná cvičení. Byla také měřena změna flexibility bederní páteře a svalová síla extenzoru trupu. Obě tyto hodnoty se zvýšily, avšak výsledky nejsou nijak statisticky významné. V kontrolní skupině byl naopak naměřen pokles o 5 % v obou měřených hodnotách. Závěry této studie potvrzují pozitivní vliv FM na muskuloskeletální aparát.

Nelson (1989) ve svém článku popisuje efekt a výhody FM a podkládá je kazuistikou. V roce 2006 Marcy Schlinger uveřejnila studii porovnávající FM, AT a jógy u múzických umění. Popisuje zde principy jednotlivých metod a jejich jednotlivé benefity. Poukazuje zde také na riziko

u jógy, kde není školení regulováno ani kontrolováno profesním sdružením na rozdíl od FM AT. Proto je zde větší riziko poranění, obzvláště v pozicích náročných na statickou výdrž nebo na hranici kloubního rozsahu. Tento rozsah je velmi individuální a při urputné snaze dosáhnout rychle stejné mobility jako lektor nebo kamarád na vedlejší jógamatce, může dojít k vážnému poranění. V rámci rešeršní práce jsem našla pouze 2 randomizované kontrolované studie na FM, 2 na AT a 71 na jógu, avšak žádná z nich nebyla zaměřena na hudebníky.

Problém, který se vyskytuje ve většině studií o Feldenkraisově metodě a o terapii aplikované na hudebnících, je malý nehomogenní vzorek probandů. Bylo by vhodné dělat studie na konkrétní nástroje nebo aspoň na jednotlivé sekce nástrojů. Výrazně jiné bude zatížení a postura u houslistů a u např. fagotistů. Mnohým studiím také chybí validní testování a zkoumání terapie. Velký počet prací popisuje výskyt a četnost obtíží, ovšem výzkumů efektů konkrétních terapií už je mnohem méně.

Alexanderova technika (AT) je tématem mnoha studií. Velkou rešerši studií provedl v roce 2021 Wolfgang Mastnak. Z jeho výzkumu vyplývá, že bohužel mnoho z nich není dostatečně validních, aby byly výsledky považovány za průkazné. Studie nesplňují standardy kontrolovaných randomizovaných studií, které jsou základ pro medicínu založenou na důkazech. Nicméně existují studie, v nichž je průkazný pozitivní efekt u bolestí v oblasti krku a zad, u chronických bolestí a zejména zlepšení stability u lidí trpících Parkinsonovou chorobou. Vzhledem k tomu, že výše zmíněnými bolestmi hudebníci často trpí, měla by pro ně mít metoda přínos. A nezanedbatelný vliv má adherence hudebníků k této metodě. Velkým rizikem je však možná interpretace AT, která říká, že by hudebník měl hodně relaxovat až se vyhýbat nadbytečnému pohybu. Takovéto závěry by mohly vést k hypoaktivitě a celkovému oslabení, což by u hudebníků, jejichž profese je velmi fyzicky náročná mohlo být z dlouhodobého hlediska kontraproduktivní. Další obavou je možný nekomplexní náhled lektorů, kteří nemusí mít zdravotnické vzdělání a nemusí vidět, které muskuloskeletální oblasti je třeba posílit a které naopak uvolnit (Mastnak, 2021). Tomuto riziku je možné předejít, když se hudebníci s dlouhodobými obtížemi budou svěřovat do péče fyzioterapeutů či lékařů, kteří budou i lektory této metody nebo budou s lektory spolupracovat v rámci multidisciplinárního týmu.

Diskuse k dotazníkovému šetření

Během dotazníkového šetření se jedna otázka zaměřila na subjektivní pocit symetrie sedu. Většina hudebníků udávala, že nesedí symetricky. Nejčastější důvody byly, že to vzhledem ke hře na nástroj není možné, ulevují si odklonem při hraní, ale především **nedostatek místa v orchestřišti**. Hudebníci popisovali, že se mnohdy musí během hraní odklonit, aby udělali místo pro smyk smyčce svému kolegovi. Při usazování na židle před samotným hraním se složitě snaží najít ideální pozici, aby si navzájem nepřekáželi, v čemž může pomoci i jen pár centimetrů prostoru navíc. Tento problém vzniká zejména proto, že v minulosti, kdy se divadla stavěla, neměly orchestry tolik členů. Symfonických hudebníků, hrajících na podiu, se tento problém obvykle netýká. V žádné z mnou přečtených studií nebyl zmíněn tento problém.

Omezení

Do studie byli přijati pouze profesionální hráči aktivně se věnující hře na svůj nástroj. Ovšem pro budoucí výzkumy by bylo možné akceptovat i studenty. Signifikantní rozdíly mezi výskytem PRMDs u profesionálních hráčů a studentů hudební akademie hledali Kok et al. (2016), ale nebyly nalezeny.

Aby bylo možné porovnání měření inerciálními senzory průběhu hry musela být zvolena jedna skladba pro každý nástroj zvlášť a musel být vždy puštěn metronom, aby všichni hudebníci hráli stejným tempem. Ačkoliv místy tempo nedodrželi, naměřené hodnoty před i po terapii byly velmi konzistentní.

Dotazník byl vytvořen vlastní z důvodu nenalezení dost senzitivního dotazníku na vnímání těla u zdravých lidí. Obecně je nedostatek standardizovaných dotazníků pro hudebníky. Vhodným dotazníkem pro mapování výskytu bolestí, jejich četnosti a rozsah omezení bolesti při hře a denním životě byla kombinace Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) a Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) použitá v pracích Kok et al. (2018) a Kutinovou (2018).

Chan a Ackermann (2014) ve své australské studii zkoumali, zda zkušení pozorovatelé z řad pedagogů a zdravotnických pracovníků byli schopni detekovat posturální změny u hudebníků po desetidenním intervenčním cvičebním programu pouze z fotografií – přední a boční projekce. V tomto pokusu zaznamenalo 97 % hudebníků znatelné zlepšení držení těla. Fotografie zcela

nevyovídaly o efektu terapie, jsou vhodné pouze pro odhalení hrubých odchylek. Pro zachycení jemnějších změn v technice by bylo vhodnější použít jiné metody, jako je např. videografie. Je vhodné pokračovat v dalším výzkumu s použitím 3D zobrazení pro podrobnější mapování pohybových a posturálních změn.

8 ZÁVĚR

V této práci byly shrnuty poznatky o vlivu hudební produkce na pohybový aparát a CNS hudebníka. Byly zde uvedené možnosti terapie zaměřené na zlepšení vnímání těla a několik způsobů vyšetření vnímání těla. Cílem práce bylo zjistit, zda terapie ovlivní způsob hry na hudební nástroj, ačkoliv jde o pohybový projev léty vžitý.

Terapie zaměřená na zkvalitnění senzomotoriky a kinestezie měla významný vliv na zvýšení plynulosti pohybu hrudníku při hře na nástroj u smyčcových muzikantů u 13 ze 14 probandů bez rozdílu nástroje. Objektívni měření senzomotoriky a kinestezie nepřineslo žádné statisticky významné výsledky.

Feldenkraisova metoda se zdá jako vhodná terapie pro tuto specifickou skupinu. Výsledky byly zaznamenatelné i po jediné terapii. Zařazení takového cvičení do školních osnov či jako možnost kompenzačního cvičení pro orchestrální hráče, by mohlo ovlivnit kvalitu podávaného výkonu našich umělců, která je ovšem i tak na velmi vysoké úrovni. Pro lepší zmapování vlivu terapie, by bylo vhodné udělat delší studii s pozorováním v dlouhodobém časovém horizontu a s kontrolní skupinou. Hlubšímu pochopení charakteru změny pohybového projevu by mohla přispět 3D video analýza hry na hudební nástroj.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- AMBLER, Zdeněk. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 6., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-726-2433-4.
- AUFEGGER, Lisa, Rosie PERKINS, David WASLEY a Aaron WILLIAMON. Musicians' perceptions and experiences of using simulation training to develop performance skills. *Psychology of Music* [online]. 2016, 45(3), 417-431 [cit. 2020-12-29]. DOI: <https://doi.org/10.1177/03057356166666940> Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/03057356166666940>
- BALASUBRAMANIAN, Sivakumar, Alejandro MELENDEZ-CALDERON, Agnes ROBY-BRAMI a Etienne BURDET. On the analysis of movement smoothness. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2015, 12(112), 1-11 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: doi:10.1186/10.1186/s12984-015-0090-9
- BEJJANI, Joseph Fadi, Glenn M. KAYE a Melody BENHAM. Musculoskeletal and Neuromuscular Conditions of Instrumental Musicians. *Arch Phys Med Rehabil* [online]. 1996, 77), 406-413 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(96\)90093-3/pdf](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(96)90093-3/pdf)
- BELLAFFIORE, Marianna, Caterina FORTE, Agnes VENTURELLA, Giovanni CARAMAZZA, Giuseppe BATTAGLIA, Andrea FORTE, Antonino BIANCO a Antonio PALMA. Influenza del metodo Feldenkrais sulla salute del rachide in musicisti orchestrali professionisti. *Studio pilota. Journal of sport sciences and law* [online]. 2012, 5(2), 1-15 [cit. 2021-8-1]. ISSN 1974-4331. Dostupné z: https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/73360/72093/30_Marianna
- BERGER, Mathilde, Alessandro FARNÉ, Karen REILLY a Emmanuelle CHALÉAT-VALAYER. Body image assessment in population with chronic low back pain and evolution after a functional restoration program. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 2016, 59(CO0109), e146 [cit. 2021-03-03]. ISSN 18770657. Dostupné z: doi:10.1016/j.rehab.2016.07.326

- BRANDFONBRENER, Alice G. Epidemiology and risk factors. TUBIANA, Raoul a Peter C AMADIO. Medical problems of the instrumentalist musicians [online]. London: CRC Press, 2003, str. 171-194 [cit. 2018-07-30]. ISBN 978-1-4822-1088-0. Dostupné z: <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781482210880>
- BUTLER, Katherine a Richard NORRIS. Assessment and treatment principles for the upper limb of instrumental musicians. SKIRVEN, Terry M., A. Lee OSTERMAN, Jane FEDORCZYK a Peter C. AMADIO. in *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity*. 6. přeprac. vyd. St Louis, Spojené státy: Elsevier - Health Sciences Division, 2011, s. 1855-1878. ISBN 0323056024. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/publication/292695397_Assessment_and_treatment_principles_for_the_upper_limb_of_instrumental_musicians
- CANTÚ, Hiram, Kim EMERY a Julie N. CÔTÉ. Effects of additional external weight on posture and movement adaptations to fatigue induced by a repetitive pointing task. *Human Movement Science* [online]. 2014, (35), 1-16 [cit. 2020-08-09]. DOI: 10.1016/j.humov.2014.02.003. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167945714000281>
- DAENEN, L., N. ROUSSEL, P. CRAS a J. NIJS. Sensorimotor incongruence triggers sensory disturbances in professional violinists: an experimental study. *Rheumatology* [online]. 2010, 49(7), 1281-1289 [cit. 2021-01-26]. ISSN 1462-0324. Dostupné z: doi:10.1093/rheumatology/keq067
- DOIDGE, Norman. Moshe Feldenkrais: Physicist, Black Belt, and Healer: Healing Serious Brain Problems Through Mental Awareness of Movement. in *The Brain's Way of Healing: Stories of Remarkable Recoveries and Discoveries*. New York: Penguin Groups, 2015, s. 160-197. ISBN 978-0-670-02550-3.
- DOMMERHOLT, Jan. Performing arts medicine – Instrumentalist musicians Part I – General considerations. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 2009, 13(4), 311-319 [cit. 2020-03-26]. DOI: 10.1016/j.jbmt.2009.02.003. ISSN 13608592. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S136085920900014X>

- DRBAL, Pavel 3. sympoziu České společnosti pro hudební fyziologie a medicíny hudebníků. 2019, (ústní přednáška- nahrazující nepřítomného přednášejícího)
- ELANGOVAN, Naveen, Amanda HERRMANN a Jürgen KONCZAK. Assessing Proprioceptive Function: Evaluating Joint Position Matching Methods Against Psychophysical Thresholds. *Physical Therapy* [online]. 2014, **94**(4), 553-561 [cit. 2021-03-07]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.2522/ptj.20130103
- HAN, Jia, Gordon WADDINGTON, Roger ADAMS, Judith ANSON a Yu LIU. Assessing proprioception: A critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science* [online]. 2016, **5**(1), 80-90 [cit. 2021-02-27]. ISSN 20952546. Dostupné z: doi:10.1016/j.jshs.2014.10.004
- HIRANO, Masato, Yudai KIMOTO a Shinichi FURUYA. Specialized Somatosensory–Motor Integration Functions in Musicians. *Cerebral Cortex* [online]. 2020, **30**(3), 1148-1158 [cit. 2020-12-30]. DOI: doi:https://doi.org/10.1093/cercor/bhz154. Dostupné z: <https://academic.oup.com/cercor/article/30/3/1148/5538029>
- HÖCHSMANN, Christoph, Raphael KNAIER, Denis INFANGER a Arno SCHMIDT-TRUCKSÄSS. Validity of smartphones and activity trackers to measure steps in a free-living setting over three consecutive days. *Physiological Measurement* [online]. 2020, **41**(1), 015001(9pp) [cit. 2021-03-17]. ISSN 1361-6579. Dostupné z: doi:10.1088/1361-6579/ab635f
- HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie*. Vyd. 2. Praha: Triton, 2013. ISBN 978-80-7387-712-5.
- CHAN, Clifton a Bronwen ACKERMANN. Evidence- informed physical therapy management of performance-related musculoskeletal disorders in musicians. *Frontiers in Psychology* [online]. 2014, **5**(706), 1-14 [cit. 2020-02-03]. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00706. ISSN 1664-1078. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.00706/abstract>
- IOANNOU, Christos a Eckart ALTENMÜLLER. Approaches to and Treatment Strategies for Playing-Related Pain Problems Among Czech Instrumental Music Students. *Med Probl Perform Art* [online]. 2015, **30**(3), 135-142 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: Science & Medicine. www.sciandmed.com/mppa

- JACUKOWICZ, Aleksandra. Psychosocial work aspects, stress and musculoskeletal pain among musicians. A systematic review in search of correlates and predictors of playing-related pain. *Work* [online]. 2016, 54(3), 657-668 [cit. 2021-8-11]. ISSN 10519815. Dostupné z: doi:10.3233/WOR-162323
- JÄNCKE, L, N.J SHAS a M PETERS. Cortical activations in primary and secondary motor areas for complex bimanual movements in professional pianists. *Cognitive Brain Research* [online]. 2000, 10(1-2), 177-183 [cit. 2021-01-08]. ISSN 0926-6410. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/S0926-6410(00)00028-8
- JUNG, Sylvain, Mona MICHAUD, Laurent OUDRE, Eric DORVEAUX, Louis GORINTIN, Nicolas VAYATIS a Damien RICARD. The Use of Inertial Measurement Units for the Study of Free Living Environment Activity Assessment: A Literature Review. *Sensors* [online]. 2020, 20(19), 5625 [cit. 2021-03-10]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s20195625
- KLEINMAN, Judith a Peter BUCKOKE. *The Alexander Technique for Musicians*. London: Bloomsbury Publishing, 2014. ISBN 9781408174586.
- KOK, Laura M., Bionka M. A. HUISSTEDE, Veronique M. A. VOORN, Jan W. SCHOONES a Rob G. H. H. NELISSEN. The occurrence of musculoskeletal complaints among professional musicians: a systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health* [online]. 2016, 89(3), 373-396 [cit. 2019-05-16]. DOI: 10.1007/s00420-015-1090-6. ISSN 0340-0131. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00420-015-1090-6>
- KOK, Laura M., Karlijn A. GROENEWEGEN, Bionka M. A. HUISSTEDE, Rob G. H. H. NELISSEN, A. Boni M. RIETVELD, Saskia HAITJEMA a Cliffton CHAN. The high prevalence of playing-related musculoskeletal disorders (PRMDs) and its associated factors in amateur musicians playing in student orchestras: A cross-sectional study. *PLOS ONE* [online]. 2018, 13(2), 1-12 [cit. 2020-03-23]. DOI: 10.1371/journal.pone.0191772. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0191772>
- KOLÁŘ, Pavel a Magdalena LEPSÍKOVÁ. Cvičení zaměřené na rozvoj somatostezie. In KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, s. 251. ISBN 978-80-7262-657-1.

- KOLÁŘ, Pavel a Magdalena LEPŠÍKOVÁ. Vyšetření motorických funkcí z pohledu korové plasticity. In KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, s. 91-93. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘ, Pavel a Miloš MÁČEK. *Základy klinické rehabilitace*. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-219-0.
- KOLÁŘ, Pavel a Rastislav DRUGA. Korové syndromy a jejich vyšetření. In KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, s. 89. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘ, Pavel. Senzorické funkce v neurorehabilitaci. In KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, s. 306. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KUTINOVÁ, Eliška, Myoskeletální poruchy v oblasti krku, zad a horních končetin u muzikantů hrajících na smyčcové nástroje. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. 2018, 86s, přílohy, Vedoucí bakalářské práce Doc. MUDr. Alena Kobesová, Ph.D.
- LAI, Byron, Jeffer E SASAKI, Brenda JENG, Katie L CEDERBERG, Marcas M BAMMAN a Robert W MOTL. Accuracy and Precision of Three Consumer-Grade Motion Sensors During Overground and Treadmill Walking in People With Parkinson Disease: Cross-Sectional Comparative Study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies* [online]. 2020, 7(1), e14059 [cit. 2021-03-17]. ISSN 2369-2529. Dostupné z: doi:10.2196/14059
- LEE, Angela S, N. Peter REEVES, Bohdanna T. ZAZULAK a Lawrence W. MYSLIWIEC. Comparison of Trunk Proprioception Between Patients With Low Back Pain and Healthy Controls. *Arch Phys Med Rehabil.* [online]. 2010 September, 91(9), 1327-1331 [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2010.06.004.
- LEE, Catherine. Musicians as Movers: Applying the Feldenkrais Method to Music Education. *Music Educators Journal* [online]. 2018, 104(4), 15-19 [cit. 2021-8-4]. ISSN 0027-4321. Dostupné z: doi:10.1177/0027432118766401
- LEPŠÍKOVÁ, Magdalena, Zdeněk ČECH a Pavel KOLÁŘ. Změny somatognozie v klinickém obraze chronických bolestivých poruch pohybového aparátu. *Medicína po promoci* [online].

- 2013, 14(2), 42-47 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/clanek/29842-zmeny-somatognozie-v-klinickem-obraze-chronicky-ch-bolestivych-poruch-pohyboveho-aparatu>
- MARCY, Marcy. Feldenkrais Method, Alexander Technique, and Yoga Body Awareness Therapy in the Performing Arts. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [online]. 2006, 17(4), 865–875 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmr.2006.07.00
- MASTNAK, Wolfgang. *Alexander Technique for Musicians A Critical Medical Perspective* [online]. 2021, 1-9 [cit. 2021-7-31]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.2.10321.66403
- MELLENDEZ-CALDERON, Alejandro, Camila SHIROTA a Sivakumar BALASUBRAMANIAN. Estimating Movement Smoothness From Inertial Measurement Units. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* [online]. 2021, 8(558771), 1-16 [cit. 2021-8-7]. ISSN 2296-4185. Dostupné z: doi:10.3389/fbioe.2020.558771
- MIŠINOVÁ, Klára. *Segmentální hodnocení stoje pomocí akcelerometrů*. Praha, 2016. Diplomová práce. Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Pospíšilová, Mariana.
- Münste, T. F., Altenmüller, E., & Jäncke, L. The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, [online]. (2002). 3(6), 473–478. [cit. 2020-12-30]. DOI:10.1038/nrn843
- NELSON, Samuel H. Playing with the Entire Self: The Feldenkrais Method and Musicians. *Seminars In Neurology* [online]. 1989, 9(2), 97-104 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2008-1041310>
- POURYAGHOUB, Gholamreza, Ramin MEHRDAD a Saeed POURHOSEIN. Noise-Induced hearing loss among professional musicians. *J Occup Health* [online]. 2017, 59(1), 33-37 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: doi:10.1539/joh.16-0217-OA
- PROSKE, Uwe a Simon C. GANDEVIA. The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews* [online].

2012, **92**(4), 1651-1697 [cit. 2021-02-16]. ISSN 0031-9333. Dostupné z: doi:10.1152/physrev.00048.2011

RABISCHONG, Pierre. Command and control of hand functions. in TUBIANA, Raul a Peter C. AMADIO. *Medical problems of the instrumentalist musicians* [online]. London: CRC Press, 2000, s. 91-120 [cit. 2021-02-05]. ISBN 978-1-4822-1088-0. Dostupné z: <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781482210880>

ROTTER, Gabriele, Katharina NOERES, Isabel FERNHOLZ, Stefan N. WILLICH, Alexander SCHMIDT a Anne BERGHÖFER. Musculoskeletal disorders and complaints in professional musicians: a systematic review of prevalence, risk factors, and clinical treatment effects. *International Archives of Occupational and Environmental Health* [online]. 2020, **93**(2), 149-187 [cit. 2020-03-26]. DOI: 10.1007/s00420-019-01467-8. ISSN 0340-0131. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00420-019-01467-8>

ROZÉ, Jocelyn, Mitsuko ARAMAKI, Richard KRONLAND-MARTINET a Sølvi YSTAD. Cellists' sound quality is shaped by their primary postural behavior. *Scientific Reports* [online]. 2020, 10(1), 13882 [cit. 2021-04-12]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-020-70705-8

SCHLAUG, Gottfried. Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity. ALTENMÜLLER, Eckart, Stanley FINGER a Francois BOLLER. *Music, Neurology, and Neuroscience: Evolution, the Musical Brain, Medical Conditions, and Therapies* [online]. London: Elsevier, 2015, 2015, s. 37-55 [cit. 2021-02-06]. *Progress in Brain Research*. ISBN 9780444635518. Dostupné z: doi:10.1016/bs.pbr.2014.11.020

SILVA, Flavio M., Jean-Michel BRISMÉE, Phillip S. SIZER, Troy L. HOOPER, Gary E. ROBINSON a Alex B. DIAMOND. Musicians injuries: Upper quarter motor control deficits in musicians with prolonged symptoms - A case-control study. *Musculoskeletal Science and Practice* [online]. 2018, 36, 54-60 [cit. 2020-03-26]. DOI: 10.1016/j.msksp.2018.04.006. ISSN 24687812. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468781218301486>

SMITT, M.S. a BIRD, H.A. Measuring and enhancing proprioception in musicians and dancers. *Clin Rheumatol* 32, 469–473 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10067-013-2193-7>

- STACKEOVÁ, D. a G. KOČÍ. Diskriminační čítí u adolescentních pacientek hospitalizovaných s mentální anorexií. *PSYCHOSOM* [online]. 2019, **17**(3-4), 237-264 [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.psychosom.cz/psychosom/vydani-3-4-2019/725-vyzkum-3-4-19>
- STANHOPE, Jessica, Dino PISANIELLO, Rebecca TOOHER a Philip WEINSTEIN. How do we assess musicians' musculoskeletal symptoms?: a review of outcomes and tools used. *Ind Health* [online]. 2019, Jul, **57**(4), 454–494 [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: doi:10.2486/indhealth.2018-0065
- STEINMETZ, Anke a Gwendolen A. JULL. Sensory and Sensorimotor Features in Violinists and Violists With Neck Pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2013, **94**(12), 2523-2528 [cit. 2021-01-23]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2013.04.019
- STEINMETZ, Anke, Wolfram SEIDEL a Burkhard MUCHE. Impairment of Postural Stabilization Systems in Musicians With Playing-Related Musculoskeletal Disorders. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* [online]. 2010, **33**(8), 603-611 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.1016/j.jmpt.2010.08.006. ISSN 01614754. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0161475410002046>
- SU, Dongning, Zhu LIU, Xin JIANG, et al. Simple Smartphone-Based Assessment of Gait Characteristics in Parkinson Disease: Validation Study. *JMIR mHealth and uHealth* [online]. 2021, **9**(2) [cit. 2021-03-10]. ISSN 2291-5222. Dostupné z: doi:10.2196/25451
- VERREL, Julius, Eilat ALMAGOR, Frank SCHUMANN, Ulman LINDENBERGER a Simone KÜHN. Changes in neural resting state activity in primary and higher-order motor areas induced by a short sensorimotor intervention based on the Feldenkrais method. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 2015, **9**(232), 1-11 [cit. 2021-8-4]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2015.00232
- WADDINGTON, G., R. ADAMS, J. HAN a J. WITCHALLS. Measurement of dynamic proprioception. A systematic review of the literature. *Physiotherapy* [online]. 2015, **101**(1), e1594-e1595 [cit. 2021-02-27]. ISSN 00319406. Dostupné z: doi:10.1016/j.physio.2015.03.1603

- YANG, Nan, Roger ADAMS, Gordon WADDINGTON a Jia HAN. Ipsilateral vs Contralateral Presentation of Familiarization Trials in a Lower-Limb Proprioception Test. *Journal of Motor Behavior* [online]. 2020, , 1-9 [cit. 2021-03-03]. ISSN 0022-2895. Dostupné z: doi:10.1080/00222895.2020.1777929
- YASUDA, Kazuhiro, Yuki SATO, Naoyuki IIMURA a Hiroyasu IWATA. Allocation of Attentional Resources toward a Secondary Cognitive Task Leads to Compromised Ankle Proprioceptive Performance in Healthy Young Adults. *Rehabilitation Research and Practice* [online]. 2014, **2014**, 1-7 [cit. 2021-7-21]. ISSN 2090-2867. Dostupné z: doi:10.1155/2014/170304
- YURTMAN, Aras a Billur BARSHAN. Activity Recognition Invariant to Sensor Orientation with Wearable Motion Sensors. *Sensors* [online]. 2017, 17(8), 1838 [cit. 2021-03-22]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s17081838
- ZHANG, Lichen, Mohsen Mutasem DIRANEYYA, JuHyeong RYU, Carl T. HAAS a Eihab M. ABDEL-RAHMAN. Jerk as an indicator of physical exertion and fatigue. *Automation in Construction* [online]. 2019, **104**, 120-128 [cit. 2021-8-7]. ISSN 09265805. Dostupné z: doi:10.1016/j.autcon.2019.04.016
- ZHU, Feilong, Ming ZHANG, Dan WANG, Qianqin HONG, Cheng ZENG, Wei CHEN a Lamberto MANZOLI. Yoga compared to non-exercise or physical therapy exercise on pain, disability, and quality of life for patients with chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLOS ONE* [online]. 2020, **15**(9), 1-21 [cit. 2021-8-6]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0238544

10 SEZNAM PŘÍLOH

Graf 1 Oblasti nejčastějšího výskytu bolestí pohybového aparátu

Graf 2 Četnost výskytu bolestí při hře

Graf 3 Způsoby řešení pohybových obtíží hudebníků

Graf 4 Úroveň vyčerpání po hře na hudební nástroj

Obrázek 1 Hudební pasáž a nota zkoumané pro tuto studii. Spektrogramy odpovídají příkladům akustického signálu noty E4 (první z této sekvence skóre) přehrávaného stejným violoncellistou s dobrou kvalitou zabarvení (kulaté) v normální situaci [N] a špatnou kvalitou Rozé et al (2020).

Obrázek 2 Vyšetření reprodukce polohy segmentu (archiv autora)

Obrázek 3 Sada pro vyšetření dle Petrie (archiv autora)

Obrázek 4 Vyšetření body image (archiv autora)

Obrázek 5 Inerciální senzory od firmy Princip a.s. (archiv autora)

Tabulka 1 Srovnání protokolů používaných v testování propriocepce TTDPM, JPR a AMEDA (Han et al, 2016)

Tabulka 2 Vnímání jednotlivých segmentů před a po terapii

Tabulka 3 Výsledky objektivního měření

Tabulka 4 Výsledky měření ryvu hrudníku. Hodnoty ryvu byla vypočítána jako kvadratický průměr ryvu. Rozdíl byl vypočítán jako ryv po terapii minus ryv před terapií a následně uveden v procentech z hodnoty ryvu před terapií.

Příloha 1 W. A. Mozart Eine kleine Nachtmusik

Příloha 2 R. Kreutzer, Etuda No. 1 ze souboru Etüden und studien

Příloha 3 J.S. Bach, Suite No 1, prélude

Příloha 4 C. Saint-Saens, skladba Elephant ze sbírky Carnival of the Animals

11 PŘÍLOHY

Mozart
Eine Kleine Nachtmusik, K. 525
Violin I

Allegro

7

13

19

26

32

37

42

47

52

Příloha 1 W. A. Mozart Eine kleine Nachtmusik

ETUDY A STUDIE

ETÜDEN UND STUDIEN

1. ž. a Str. 3. 5. v
2. *martelé e spiccato* 4. 10. ž., Str., Šp.
7. 9. 11.
12. 14. 16. 18.
13. ž., Šp. 15. 17. ž., Str., Šp. 19. ž., Str., Šp.
20. 21. 23.
22.
24. 25.

80 Allegro moderato R. Kreutzer
42 Etud (2)

28.

Příloha 2 R. Kreutzer, Etuda No. 1 ze souboru Etüden und studien

12

SUITE I.

Prélude.

The image shows a musical score for the Prelude of Suite No. 1 by J.S. Bach, BWV 29. The score is written in G major and 3/4 time. It consists of 12 staves of music, with a double bar line and repeat sign at the end of the 11th staff. The music features a complex rhythmic pattern of eighth and sixteenth notes, with various accidentals and phrasing marks.

B. W. XXVII. (1)

Příloha 3 J.S. Bach, Suite No 1, prélude

Double Bass: Saint-Saens: Carnival of the Animals (The Elephant)

Allegretto pomposo
2º Piano
C. BASSE SOLI

1

2

3

4

f

ff

Příloha 4 C. Saint-Saens, skladba Elephant ze sbírky Carnival of the Animals

Úvodní informace

*Povinné pole

Jméno Příjmení *

Vaše odpověď

Věk *

Vaše odpověď

Hudební nástroj, na který hrajete *

- Housle
- Viola
- Violoncello
- Kontrabas

Kolik let hrajete na svůj nástroj *

Vaše odpověď

Kolik hodin týdně na svůj nástroj běžně hrajete (mimo současnou epidemiologickou situaci) *

Vaše odpověď

Výskyt bolestí pohybového aparátu

Trpíte bolestmi pohybového aparátu během hry? *

- Ne
- Ano

Vyberte oblasti nejčastějšího výskytu bolestí během hry *

- krční páteř
- hrudní páteř
- bederní páteř
- pánev
- pravé rameno
- pravá paže
- pravé předloktí
- pravé zápěstí
- levé rameno
- levá paže
- levé předloktí
- levé zápěstí
- kyčle
- kolena
- kotníky
- žádné

Jak je častý výskyt bolestí během hry? *

- při každé hře
- 3-5x týdně
- 1-2x týdně
- 1-2x za měsíc
- méně než jedenkrát za měsíc
- nikdy

Jak jste řešil(a) obtíže s pohybovým aparátem? *

- konzultace s lékařem
- léky na bolest či na uvolnění svalů
- fyzioterapie
- alternativní medicína
- konzultace s kolegou
- masáž
- cvičení či posilování
- nemám žádné obtíže
- neřešil(a)

Vnímání těla- před terapií

Cítíte se po hře unavený(á)? *

- ano, velmi vyčerpaný(á)
- ano, cítím se unavený(á)
- ano, ale stačí krátký odpočinek do obnovení sil
- unavený(á) jsem zřídka kdy
- nikdy nejsem po hraní unavený(á)

Cítíte se během hry komfortně? *

- ano, po celou dobu
- zhoršuje se to v průběhu
- obtíže začnou krátce po začátku hry
- cítím obtíže ještě před začátkem hry

Myslíte si, že při hraní sedíte symetricky? *

- Ano
- Ne

Jestli ne, tak proč?

Vaše odpověď

Jak během hry vnímáte své horní končetiny? *

- vnímám je velmi dobře, přesně cítím každý pohyb, napětí či kontakt s okolím
- vnímám je trochu nebo jen občas
- během hry nejsem schopen(a) vnímat horní končetiny, obtíže cítím až po skončení hry
- během hry nejsem schopen(a) vnímat horní končetiny, po skončení hry, necítím žádné obtíže

Jak během hry vnímáte své dolní končetiny? *

- vnímám je velmi dobře, přesně cítím každý pohyb, napětí či kontakt s okolím
- vnímám je trochu nebo jen občas
- během hry nejsem schopen(a) vnímat dolní končetiny, obtíže cítím až po skončení hry
- během hry nejsem schopen(a) vnímat dolní končetiny, po skončení hry, necítím žádné obtíže

Jak během hry vnímáte spoji pánev? *

- vnímám ji velmi dobře, přesně cítím každý pohyb, napětí či kontakt s okolím
- vnímám ji trochu nebo jen občas
- během hry nejsem schopen(a) vnímat pánev, obtíže cítím až po skončení hry
- během hry nejsem schopen(a) vnímat pánev, po skončení hry, necítím žádné obtíže

Vnímání těla- po terapii

Cítíte se během hry komfortně? *

- ano, po celou dobu
- zhoršuje se to v průběhu
- obtíže začnou krátce po začátku hry
- cítím obtíže ještě před začátkem hry

Jak během hry vnímáte své horní končetiny? *

- vnímám je velmi dobře, přesně cítím každý pohyb, napětí či kontakt s okolím
- vnímám je trochu nebo jen občas
- během hry nejsem schopen(a) vnímat horní končetiny, obtíže cítím až po skončení hry
- během hry nejsem schopen(a) vnímat horní končetiny, po skončení hry, necítím žádné obtíže

Jak během hry vnímáte své dolní končetiny? *

- vnímám je velmi dobře, přesně cítím každý pohyb, napětí či kontakt s okolím
- vnímám je trochu nebo jen občas
- během hry nejsem schopen(a) vnímat dolní končetiny, obtíže cítím až po skončení hry
- během hry nejsem schopen(a) vnímat dolní končetiny, po skončení hry, necítím žádné obtíže

Jak během hry vnímáte spoji pánev? *

- vnímám ji velmi dobře, přesně cítím každý pohyb, napětí či kontakt s okolím
- vnímám ji trochu nebo jen občas
- během hry nejsem schopen(a) vnímat pánev, obtíže cítím až po skončení hry
- během hry nejsem schopen(a) vnímat pánev, po skončení hry, necítím žádné obtíže

Jaké změny na sobě cítíte po terapii?

Vaše odpověď

Příloha 5 Dotazník pro probandy (vlastní)

	Ryv hruďník [10na3 m/s3]				Rozdíl		Ryv sacrum [10na3 m/s3]				Rozdíl		
	průměr	SD	průměr	SD			průměr	SD	průměr	SD			
Proband 1	192	14	154	9	-38	-20	94	5	88	6	-6	-3	housle
Proband 2	240	19	200	30	-40	-21	114	12	110	19	-4	-2	
Proband 3	232	3	218	9	-14	-7	108	2	115	8	7	4	
Proband 4	195	15	171	6	-24	-13	79	7	70	12	-9	-5	
Proband 5	119	3	103	5	-16	-8	38	2	45	10	7	4	viola
Proband 6	116	6	94	5	-22	-11	80	26	92	36	12	6	
Proband 7	129	5	119	12	-10	-5	57	3	57	6	0	0	
Proband 8	143	6	117	6	-26	-14	48	23	46	12	-2	-1	violoncello
Proband 9	220	25	218	4	-2	-1	74	7	74	9	0	0	
Proband 10	165	11	142	6	-23	-12	78	8	73	12	-5	-3	
Proband 11	222	13	204	7	-18	-9	77	5	70	2	-7	-4	kontrabas
Proband 12	123	5	113	6	-10	-5	68	1	51	12	-17	-9	
Proband 13	112	17	131	4	19	10	51	8	71	6	20	10	
Proband 14	166	6	158	6	-8	-4	48	3	41	3	-7	-4	
průměr	170		153		-17	-9	72		72		-1	-1	
SD	47		43		15	8	23		23		10	5	

Příloha 6 Porovnání výsledků měření ryvu hruďníku a pánve. Hodnota ryvu byla vypočítána jako kvadratický průměr ryvu. Rozdíl byl vypočítán jako ryv po terapii minus ryv před terapií a následně uveden v procentech z hodnoty ryvu před terapií