

UNIVERZITA KARLOVA

3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitačního lékařství

Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

Sarah Hahn

Role představy pohybu v motorickém učení a kvalitě provedení pohybu

*The role of motor imagery in motor learning and the
quality of movement performance*

Bakalářská práce

Praha, červen 2023

Autor práce: Sarah Hahn

Studijní program: Fyzioterapie

Bakalářský studijní obor: Specializace ve zdravotnictví

Vedoucí práce: doc. PhDr. Kamila Řasová, Ph.D.

Pracoviště vedoucího práce: Klinika rehabilitačního lékařství 3. LF UK
a FNKV v Praze

Předpokládaný termín obhajoby: červen 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací. Potvrzuji, že tištěná i elektronická verze ve Studijním informačním systému UK je totožná.

V Praze dne 23. 5. 2023

Sarah Hahn

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí práce doc. PhDr. Kamile Řasové, Ph.D. za podporu, trpělivost a vstřícnost. Předkládaná práce vznikla ve spolupráci s MUDr. Bc. Janou Mrzílkovou, Ph.D. z Ústavu anatomie 3. LF UK, které bych ráda poděkovala za pomoc při náboru dobrovolníků, zajištění senzorů Xsens Dot a organizačních náležitostech. Na technické podobě způsobu měření a zpracování získaných dat se podíleli pan doktor Ing. Petr Volf, Ph.D. z Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT a jeho studentka Bc. Barbora Bláhová. Poděkování patří také všem účastníkům studie za jejich čas a nadšení. Ráda bych také vyjádřila vděk Mgr. Markétě Pavlíkové za statistickou analýzu dat a poskytnutí veškerých materiálů, Bc. Evě Skácelíkové za konzultace a pomoc při interpretaci výsledků. V neposlední řadě děkuji svým rodičům, kamarádům a kolegům, kteří mě po celou dobu bezpodmínečně podporovali.

ABSTRAKT

Úvod: Již několik desetiletí se mluví o vlivu představivosti a emocí na naše tělo. Výsledky studií v oboru neurověd tyto předpoklady potvrzují. Je však zapotřebí prokázat jejich reálnou klinickou efektivitu v rehabilitaci, respektive fyzioterapii.

Cíl: Cílem studie je rozpoznat, jakou roli má představivost pohybu při nácvičku nových motorických vzorců. Snahou je zjistit, v jaké míře, a ve kterých parametrech nastane změna po 14denním cvičení, které využívá různých strategií motorického učení.

Metodika: Randomizované studie se dobrovolně účastnili studenti všeobecného lékařství 3. LF UK, kteří byli rozděleni do tří skupin. Pro studii byla vybrána první diagonála horní končetiny (1. D. HK) z metodiky Proprioceptivní muskulární facilitace (PNF). Dobrovolníci ve všech skupinách tuto diagonálu cvičili denně po dobu 14 dní se zvukovou nahrávkou. První skupina (sk. image) cvičila pouze v představě, druhá skupina (sk. moto) prováděla cviky fyzicky, třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden v představě a druhý týden fyzicky. V průběhu 3 dní před a po zahájení 14denního cvičebního cyklu absolvovali dobrovolníci vstupní a výstupní měření, které spočívalo v záznamu pohybu horní končetiny pomocí senzorů Xsens Dot. Byly hodnoceny parametry Recurrence rate (RR), HurstRS a TLPLa na lineární rychlost, vypočtené z komponent X, Y a Z. K analýze dat byl použit smíšený model lineární regrese.

Výsledky: Z analýzy pohybu 36 účastníků jsme vyhodnotili, že u dominantní končetiny došlo ke statisticky významné změně v čase ve všech parametrech (RR, Hurst RS, trajektorie) u skupiny mix a moto. U nedominantní ruky došlo k významné změně všech parametrů pouze u skupiny mix.

Závěr: Z výsledků měření je možno říci, že kombinované (sk. mix) a fyzické (sk. moto) cvičení má pro dominantní končetinu podobný efekt. Nejvhodnější způsob cvičení pro nedominantní končetinu je kombinované cvičení (sk. mix). Cvičením pouze v představě (sk. image) nebylo v této studii prokázáno statisticky významné zlepšení u žádné z končetin.

Klíčová slova: motorické učení, představa pohybu, dominantní končetina, nedominantní končetina, skupina mix, skupina moto, skupina image, proprioceptivní neuromuskulární facilitace

ABSTRACT

Introduction: The influence of imagination and emotions on our body has been talked about for several decades. The results of studies in the field of neuroscience confirm these assumptions. However, it is necessary to demonstrate their real clinical effectiveness in rehabilitation or physiotherapy.

Objective: The aim of the study is to find out what role the idea of movement plays in learning new motor patterns. The effort is to find out to what extent and in which parameters the change occurred after a 14-day exercise cycle in individual cases.

Methods: Medical students who were divided into three groups voluntarily participated in the randomized study. The 1st diagonal of the upper limb (1.D UL) from the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) method was selected for the study. Volunteers in all groups exercised daily for 14 days. The first group (group image) practiced only in their imagination. The second group (group moto) exercised physically with an audio recording for the same amount of time. The third group (group mix) practiced the first week using their imagination and the second week by physical exercise. During the three days of the cycle, before and after the start of the 14-day exercise program, the volunteers completed input and output measurements. These measurements consisted of recording the movement of the upper limb using Xsens Dot sensors. Recurrence rate (RR), HurstRS, and TLPLa parameters were evaluated for linear velocity, determined from the X, Y, and Z components. A mixed linear regression model was used to analyze the data.

Results: From the movement analysis of 36 participants, we evaluated that there was a statistically significant change over time in all parameters (RR, Hurst RS, trajectory) for the dominant limb in the mix and moto group. In the non-dominant hand, all parameters changed only in the group mix.

Conclusion: The measurement results indicate that combined (group mix) and physical (group moto) exercise has a similar effect for the dominant limb. The most suitable method of exercise for the non-dominant limb is combined exercise (group mix). Exercising only by using the imagination (group image) in this study did not show a statistically significant improvement in any of the limbs.

Key words: motor learning, movement image, dominant limb, non-dominant limb, group mix, group moto, group image, proprioceptive neuromuscular facilitation

OBSAH

1 ÚVOD.....	10
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	12
2.1. Funkce a stavba nervového systému.....	12
2.1.1 Typy buněk.....	12
2.1.2 Akční potenciál, synapse a neurotransmitery.....	13
2.2. Rozdělení nervového systému.....	14
2.3. Motorické řízení.....	15
2.3.1 Spinální úroveň.....	15
2.3.2 Subkortikální úroveň.....	16
2.3.3 Kortikální úroveň.....	17
2.4. Pohyb.....	17
2.5. Somatomotorika.....	18
2.5.1 Příprava úmyslného pohybu.....	18
2.5.2 Realizace úmyslného pohybu.....	19
2.6. Chování a učení.....	21
2.7. Motorické učení.....	21
2.7.1 Teorie motorického učení.....	22
2.7.2 Druhy motorického učení.....	25
2.7.3 Fáze motorického učení.....	25
2.7.4 Činitelé v motorickém učení.....	27
2.8. Paměť.....	30
2.8.1 Modely paměti.....	30
2.9. Pohybová paměť v motorickém učení.....	32
2.10. Metody na neurofyziologickém podkladu.....	32
2.11. Proprioceptivní neuromuskulární facilitace.....	33
2.12. Neuroplasticita.....	34
2.13. Motorická představa a aktivní pozorování.....	35
3 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY.....	38
4 PRAKTICKÁ ČÁST.....	39
4.1. Metodika.....	39
4.1.1 Design studie.....	39
4.1.2 Příprava a provedení výběru.....	39
4.1.3 Vstupní a vylučující kritéria.....	40

4.1.4	Vstupní a výstupní vyšetření.....	40
4.1.5	Cvičení.....	41
4.1.6	Použité nástroje a metody pro analýzu dat.....	43
4.2.	Výsledky.....	44
4.2.1	Charakteristika vybraného souboru.....	44
4.2.2	Měření senzory Xsens Dot.....	46
5	DISKUZE.....	65
5.1.	Teoretická část.....	65
5.2.	Praktická část.....	66
5.3.	Limity práce.....	71
6	ZÁVĚR.....	72
	REFERENČNÍ SEZNAM.....	73
	SEZNAM ZKRATEK.....	77
	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

1 ÚVOD

„Everything you can imagine is real.“ Pablo Picasso

Lidé věřili síle myšlenky a možnosti jejího zhmotnění již od nepaměti. Dlouhá staletí se jednalo pouze o spirituální téma. V současnosti má své významné místo v oboru neurověd i psychologie. Již několik desetiletí se mluví o vlivu představivosti a emocí na naše tělo a výsledky studií tyto předpoklady potvrzují. Ještě zhruba před 50 lety byl centrální nervový systém (CNS) považován za statickou strukturu, jejíž funkce je neměnná a neopravitelná. Empirické důkazy ve vztahu k obnově CNS spolu s rozvojem technologií v oblasti funkčních zobrazovacích technik byly hnací silou vědeckého výzkumu dynamického potenciálu CNS. Aplikace těchto metod v oboru medicíny a rehabilitace je velmi aktuální. Ukazuje se, že představa pohybu dokáže vyvolat podobnou neuronální aktivitu jako reálný pohyb.

Jak využít roli představy v motorickém učení a na jakém souboru aplikovat tuto metodu, aby byla přínosná? Jakým způsobem její účinnost měřit a statisticky vyhodnocovat? Odpovědi na tyto otázky jsou na základě empirických znalostí a výsledků výzkumů dodnes nejednoznačné. V experimentech i klinické praxi jsou nejčastěji zkoumané a využívané u lidí po traumatu a s neurologickým postižením. U zdravých jedinců jsou to na prvním místě sportovci. Je však zapotřebí prokázat jejich reálnou klinickou efektivitu v rehabilitaci, respektive fyzioterapii.

Když se mi dostala do ruky kniha od Joe Dispenzi „Rozvíjejte svůj mozek“, můj zájem o neurovědy a jejich možnou aplikaci v každodenním životě běžného člověka vzrostl a publikace se mi stala inspirací pro experimentování. Následná osobní zkušenost s člověkem, který překonal cévní mozkovou příhodu, přispěla k uvědomení si potenciálu této metody. Rehabilitovaný se díky přidanému aktivnímu sledování audiovizuální nahrávky diagonál horních končetin z metodiky PNF výrazně zlepšil v kvalitě provedení tohoto pohybu, na rozdíl od ostatních cvičení, které vykonával stejně často a intenzivně v rámci terapie a samotného domácího cvičení. Tyto dva faktory se staly inspirací pro mou bakalářskou práci a rozvinuly chuť experimentovat a bádát nad jejich možnou aplikací v rámci oboru fyzioterapie.

Snahou této práce je zjistit, jaký vliv má představa pohybu modifikované I. diagonály horní končetiny na její motorické učení a kvalitu provedení. Budeme se snažit

porovnat, jak se jednotlivé skupiny liší v čase a mezi sebou navzájem. Studie porovná tři skupiny. Všechny budou cvičit za pomoci zvukové nahrávky. Někteří v představě, další fyzicky a poslední kombinovaně.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Funkce a stavba nervového systému

Nervový systém je spleť sítí struktur skládající se z mozku, míchy a nervů. Společně koordinují a regulují všechny tělesné funkce. Mozek obsahuje především vodu a dva základní typy buněk: gliové buňky (neuroglie) a neurony (Dispenza, 2020).

2.1.1 Typy buněk

Gliové buňky tvoří nejpočetnější druh buněk v mozku. Název je řeckého původu a znamená lepidlo, což z větší části vystihuje jejich hlavní roli. Jde o podpůrnou funkci, strukturně i funkčně (Dispenza, 2020). Neuroglie lze rozdělit do čtyř skupin. Astrocyty obalující neuron a zajišťující metabolickou a mechanickou podporu. Oligodendrocyty, které obalují axony a tím tvoří myelinovou pochvu. Mikroglie, jež jsou imunitními buňkami nervového systému a buňky ependymu tvořící výstelku komor (Trojan, 2003).

Neurony tvoří nejcitlivější druh tkáně ze všech biologických systémů a v mnoha ohledech se považují za nejspecializovanější druh buněk. Komunikují spolu napřímo a tím se liší od ostatních tělesných systémů. Jejich úkolem je zpracování signálů a přenos informací dalším neuronům, čímž vyvolají reakci (činnost) v jiných částech mozku a těla. Neurony jsou nejvýznamnějšími a nejzákladnějšími buňkami, které tvoří mozek a nervový systém jako takový (Dispenza, 2020).

Celkový počet neuronů v CNS je zhruba kolem 100 miliard. V samotné mozkové kůře se nachází pouhých 17 miliard. Mozeček obsahuje přibližně polovinu z celkového počtu neuronů. Každý z nich vytvoří spojení s 200 – 1000 dalšími neurony. Společně tak vytváří obrovskou síť, jejíž přesné fungování se dodnes nepodařilo plně objasnit (Trojan, 2003).

Nervová buňka se od jiných liší díky své vnější struktuře. Skládá se ze třech částí - těla neuronu, dendritů a axonů. Neurony lze dělit na základě různých faktorů, jako jsou například: tvar, výskyt, směr působení atd. (Dispenza, 2020). Neurony rozlišujeme dle výskytu a přesného uspořádání výběžku (větvení dendritu) na několik typů. Multipolární (většina neuronů v mozku a míše), unipolární (primárně ve smyslových orgánech), bipolární (ve zrakové dráze) a pseudounipolární (buňky

spinálních ganglií). Z hlediska funkce lze neurony dělit na aferentní, které slouží k přijímání a eferentní k vysílání signálu (Trojan, 2003).

2.1.2 Akční potenciál, synapse a neurotransmitery

Komunikace mezi neurony začíná v cytoplazmatické membráně. Nervové buňky komunikují elektrickým signálem, který se tvoří díky přesunu iontu přes membránu (vznik změny membránového potenciálu). Konkrétně se jedná o kationty sodíku, jež je hlavním extracelulárním nositelem kladného náboje a draslíku (intracelulární nositel), který zastává svou roli uvnitř buňky. Hlavním nositelem záporného náboje vně buňky je chloridový aniont. Pokud je neuron v klidovém stavu, vnitřní povrch jeho cytoplasmatické membrány je záporně (-90 mV) nabitý vůči svému okolí. Neuron je aktivován (stimulován) proniknutím dalších iontů skrze jeho membránu a náboj se změní ze záporného na kladný (např. +30 mV). Buňka se excituje a dojde k rychlé výměně iontu. Akční potenciál neboli elektrický proud tímto způsobí kaskádu vln procházející buňkou zvanou nervový impulz, jež je dost silný, jeho intenzita neměnná a zastaví se, až dojde na konec axonu. Vytváří kolem sebe elektromagnetické pole, které je možné měřit EEG (Dispenza, 2020).

Každý nervový impulz je jiný, má svou specifickou frekvenci (velikost náboje) a jednotlivé neurotransmitery na ně reagují individuálně. Nervové impulzy mají zpočátku elektrickou povahu, která se na synapsi prostřednictvím neurotransmiteru mění v chemickou. Tyto chemické informace regulují další interakce, které následně podněcují vznik elektrického impulzu na sousedním neuronu. Jakmile dojde k přijetí dostatečného množství neurotransmiterů v postsynaptické membráně, neuron se mění z přijímače na odesílatele a nervový impulz se šíří dál. Pro uskutečnění této reakce je nutné dosáhnout určité prahové hodnoty (dostatečné množství vyplavených neurotransmiterů) pro vznik akčního potenciálu. Ne každá buňka předává svůj signál dál. Malé množství neurotransmiterů nedosáhne prahových hodnot a uplatňuje se tedy pravidlo “všechno, nebo nic” (Dispenza, 2020).

Existuje více druhů neurotransmiterů, které se vyskytují v různých koncentracích závisle na její funkci v dané oblasti. Hlavními neurotransmitery jsou acetylcholin, dopamin, GABA (kyselina gama-aminomáselná), glutamát, melatonin,

oxid dusnatý, serotonin a skupiny endorfinů. Serotonin a dopamin ovlivňují například nálady, které podbarvují naše prožitky.

Pro nás důležité je rozdělení dle jejich funkce na dvě základní skupiny: inhibiční (zpomalují a zastavují) a excitační (stimulují a aktivují) nervové přenosy. Hlavním excitačním neurotransmiterem v mozku je glutamát, který mění elektrický stav postsynaptické membrány a umožní vznik akčního potenciálu v sousedním neuronu. Hlavním inhibičním neurotransmiterem je GABA a její vazba na postsynaptické membráně snižuje pravděpodobnost vzniku akčního potenciálu. Má tedy důležitý ochranný charakter (Dispenza, 2020).

Na těle a dendritech každého neuronu se tvoří veliké množství jak excitačních, tak inhibičních synapsí. Aktivita neuronu zaleží na převažujícím druhu. V motorických a senzitivních drahách se většinou jedná o neurony s převahou excitační. V regulačních okruzích mozečku a bazálních gangliích se setkáváme více s inhibičními (Trojan, 2003). Neurony mají schopnost aktivace a deaktivace impulzu, informace mohou konvergovat elektrickou aktivitu do jedné speciální buňky, nebo ji divergovat do různých buněk ve všech směrech. Fungují jako neustále se měnící síť na základě vysoce rychlé a sofistikované výměny chemicko-elektrických informací (Dispenza, 2020).

2.2. Rozdělení nervového systému

Centrální nervový systém (CNS) se skládá z mozku a míchy, hlavních center, ve kterých probíhá korelace a integrace nervových informací.

Periferní nervový systém (PNS) je složený z hlavových a míšních nervů a přidružených ganglií. PNS tvoří spojnicí mezi CNS a strukturami umístěnými na periferii, ze kterých přijímá sensorické informace a do kterých vysílá řídicí impulsy.

Autonomní nervový systém je část nervového systému zodpovídající za inervaci mimovolných struktur jako jsou srdce, hladký sval a žlázy. Jeho složky se nacházejí jak v CNS, tak v PNS. Anatomicky a funkčně se ANS dělí na sympatikus a parasympatikus, které mají obecně antagonistické účinky na struktury, které inervují (Cano de la Cuerda a Collado Vázquez, 2012).

2.3. Motorické řízení

Motorické řízení je definováno jako schopnost regulace a výběru esenciálních mechanismů s cílem převedení pohybu. Definuje se taktéž jako systematický přenos nervových vzruchů z motorické kůry do jednotlivých motorických jednotek, které produkují koordinované svalové kontrakce (Cano de la Cuerda a Collado Vázquez, 2012). Řízení motoriky se odehrává ve třech základních úrovních a každá z nich má určitý stupeň autonomie. Jsou kraniokaudálně uspořádané a kooperují mezi sebou hierarchicky, paralelně a zkříženě, na základě jejich fylogenetického vývoje, kdy se samostatně pracující etáže dostaly pod kontrolu vyšších postupně se vyvíjejících částí CNS (Kralíček, 2002).

2.3.1 Spinální úroveň

První základní stupeň řízení se odehrává na spinální (míšni) úrovni, který je podřízen vyšším oddílům nervové soustavy. Řízení je reflexní a podílejí se něm alfa a gama-motoneurony, interneurony a vegetativní neurony. Projevem činnosti každého neuronu je vzruch. Alfa-motoneurony se nacházejí v předních rožích míšních a jejich vlákna končí na svalu, tedy efektoru. Vedení vzruchu je rychlé 60–110 m/s pro velké motoneurony, které inervují bílá svalová vlákna a 50–80 m/s pro malé motoneurony inervující červená svalová vlákna. Gama-motoneurony končí na svalovém vřeténku a mají vliv na mezisvalovou koordinaci (agonistů a antagonistů), kde moderují přesnost pohybu nastavením úrovně své excitability (vzrušení). Interneurony se nacházejí v šedé míšni hmotě a komunikují se subkortikální, kortikální a periferní oblastí. Jejich úkolem je ovládat a aktivovat motoneurony pomocí aktivační a inhibiční funkce. Neurony vegetativní mají na starost aktivaci přípravného systému zabezpečením řídicí logistiky (například vazodilatace v aktivním svalu).

Koordinace míšni motoriky funguje na základě čtyř principů. Na principu reciproční inervace, tedy zajištění opačného účinku inhibiční motoneuronů antagonistických svalů. Druhým principem je záporná zpětná vazba, kdy interneuron svou aktivací inhibuje vlastní motoneuron vyloučením inhibičního neurotransmiteru (omezení kontrakce svalů). Třetím principem je převaha vyšších etáží CNS dle hierarchie. Posledním principem je princip společné periferní dráhy uplatňován alfa-motoneurony na základě seskupení všech podnětu ke svalové kontrakci (Neuls, 2009).

2.3.2 Subkortikální úroveň

Fylogeneticky nejstarší řídicí struktury mozku se nacházejí na subkortikální úrovni. Jejich úkolem je především cílená mimovolná motorika, jako jsou například automatické pohyby hlavy a očí za podnětem, organizace pohybu, tedy programování, logistika, taktika a synchronizace. Dalším úkolem této úrovně je blokující efekt (např. nociceptivní – signál bolesti jako varování), které chrání před poškozením a vše související s obrannými reakcemi, pudy a emocemi.

Mozkový kmen se skládá z prodloužené míchy, Varolova mostu a středního mozku. Jeho motorická centra mají pod kontrolou řízení hrubé motoriky, vnímání bolesti, udržování bdělého stavu a částečně i svalového tonu. Společně se podílí na koordinaci somatického (například kašel, polykání a zvracení), autonomního a endokrinního systému.

Retikulární formace se nachází podél celého mozkového kmene a jako součástí gama systému se podílí na udržování svalového tonu. Obsahují centra regulující vegetativní funkce, jako jsou například dech, krevní tlak, srdeční činnost, trávení a vylučování hormonů. Má vliv na tok senzoryckých informací do vyšších center a formaci podmíněných reflexů. Dělí se na systém sestupný (descendentní) a vzestupný (ascendentní). Descendentní systém svou facilitační funkcí zesiluje míšní reflexy a zvyšuje svalové napětí antigravitačních svalů pro udržení postoje a polohy těla vůči tíhové síle. Inhibiční funkcí descendentního systému je tlumení míšních reflexů. Ascendentní systém má na starost udržování bdělého stavu a probuzení ze spánku.

Mozeček má pro řízení pohybu více funkcí s ohledem na jeho různě staré fylogenetické části. Jeho nejstarší část (archicerebellum) se podílí na zabezpečení vzpřímeného držení ve vertikální poloze těla (chůzi a stoji). Mladší část (paleocerebellum) porovnává zamýšlený pohyb s jeho reálným provedením a dokáže předpovědět jeho časový průběh. Nejmladší část mozečku (neocerebellum) společně s bazálními gangliemi a mozkovou kůrou plánuje a programuje volní pohyby. Významnou roli sehrává v motorickém učení.

Hlavní rolí bazálních ganglií je koordinovat reflexní pohybovou aktivitu úmyslnými pohyby a to tak, že prostřednictvím svých drah utlumují činnost neuronů nižších úrovní CNS, zejména míchy a retikulární formace. Modulují také signály z mozkové kůry na dráze k alfa-motoneuronům. Vysíláním svých časoprostorově

uspořádaných impulzů řídí motorická centra a tím moduluje vlastnosti pohybu, jako jsou směr, síla, rychlost apod.. Bazální ganglia mají podíl na plánování a nastavení cílených motorických pohybů, následně tím zajišťují uskutečnění plánu díky přenosu do motorických programů.

Mezimozek je tvořen thalamem, bodem kontroly a modulace senzitivních impulzů na cestě do mozkové kůry a hypothalamem, který je centrem endokrinní soustavy. V rámci řízení motoriky tedy sehrává roli v logistické přípravě pohybového systému (Neuls, 2009).

2.3.3 Kortikální úroveň

Nejvyšší úroveň řízení a integrace motoriky, autonomních a senzitivních funkcí se odehrává na kortikální úrovni. Jedním z hlavních úkolů mozkové kůry je zajistit koordinaci a integritu vědomí, řízení volní motoriky, tedy plánování a syntézu pohybů a aktivaci autonomní zpětné vazby se záměrem připravit jedince na zvýšenou potřebu látkové výměny v těle. Zahrnuje v sobě i limbický systém, který orientuje motorické chování na základě biologických pudů a umí ukládat motorické vzorce do paměti, které byly dosaženy učením a také vyhodnocováním vizuální a smyslové percepce. Je centrem emocí, motivace, vnímání a psychických funkcí, které se účastní na řízení pohybu (Králíček, 2002; Neuls, 2009).

2.4. Pohyb

Pohyb vzniká jako funkce třech podsystémů. Oporného a nosného systému, který se skládá z kostí, kloubů a vazů. Dalším systémem je efektorový neboli hybný, jenž je tvořen svaly. Třetím je řídicí a koordinační systém, tedy centrální a periferní nervstvo. Vlastnosti jednotlivých podsystémů (biologické, kineziologické a biomechanické) a fungování pohybového systému jako celku je podmíněno anatomickými a fyziologickými vlastnostmi tkání. Motorické systémy vytvářejí volné, reflexní a rytmické pohyby (Neuls, 2009). Volní pohyby se řídí psychofyziologickými principy, proto mají určité vlastnosti, které se nemění a jsou řízeny motorickými programy. Centrální motorický program je vzorec vzruchové aktivity tvořen v CNS neuronálním obvodem zvaným jako generátor vzorce pohybu (motor pattern generator) (Králíček, 2002).

2.5. Somatomotorika

Motorika je základní funkcí centrálního nervového systému (CNS) a jejím hlavním úkolem je řídit příčně pruhované svaly.

Prvním základním předpokladem je svalové napětí, což je stálá, jemná kontrakce kosterních svalů. Na tomto základu stojí dvě komponenty svalové činnosti, složka pohybová a postojová, které jsou od sebe neoddělitelné. Postojová neboli podpůrná motorika zabezpečuje udržení určité pozice těla nebo jeho části (např. zabezpečuje vzpřímené postavení těla proti působení gravitace). Pohybová cílená motorika se projevuje zaměřeným pohybem, který může být volního i mimovolního charakteru (Králíček, 2002).

Druhým základním předpokladem ke správné funkci je oboustranná výměna informací mezi řídicím ústrojím a řízeným objektem. Zpětnovazebné informace zabezpečuje senzorycký systém (čítí), který odesílá informace zpětně do řídicího centra, jestli řízený objekt příkaz přijal a splnil. (Holubářová a Pavlů, 2014).

Volní pohyby jsou prováděny úmyslně a opakováním se zlepšují díky mechanismům zpětné vazby a anticipačního působení, tj. jsou navrženy s využitím předchozích (anterográlních) zkušeností a signálů, které jsou vysílány do svalů. Kromě anterográlních informací se využívají i zpětnovazebné informace týkající se pohybu a umístění těla ve vztahu ke svému okolí (Cano de la Cuerda a Collado Vázquez, 2012).

Reflexní a rytmické pohyby patří do mimovolní motoriky. Jejím základním mechanismem je reflex, tedy automatická motorická odpověď na senzitivní podnět. Podkladem reflexu je reflexní oblouk, který tvoří pět částí: receptor, aferentní dráha, centrum, eferentní dráha a efektor (Králíček, 2002).

2.5.1 Příprava úmyslného pohyb

Přestože mechanismus přípravy úmyslného pohybu dosud nebyl odhalen a potvrzen, předpokládá se, že na vypracování senzorycké analýzy prostředí, tvorby plánu a následně programu pohybu zodpovídají následující korové oblasti.

Zadní parietální (asociační) oblast, lobulus parientalis superior a inferior obsahující Brodmannové oblasti 5a, 5b, 7a 39 a 40. Má schopnost výběru a zpracování aferentních senzoryckých podnětů ze somatosenzorycké a zrakové korové oblasti. Tyto

informace dále putují do prefrontální, premotorické a doplňkové motorické korové oblasti s cílem provedení úmyslného pohybu.

Prefrontální korová oblast se nachází před premotorickou kůrou na dorsolaterální straně frontálního laloku. Je předpokladem, že tato oblast přispívá ke tvorbě plánu pohybu. Přijímá informace z parietální kůry a bazálních ganglií přes nucleus ventralis anterior thalami, které pak následně odesílá do premotorické a doplňkové korové oblasti.

Doplňková motorická korová oblast, která se nachází na mediální ploše gyrus frontalis superior, odpovídá Brodmannově oblasti 8 a je somatotopicky uspořádaná. Hlavní informace přicházejí ze zadní parietální oblasti a bazálních ganglií přes nucleus ventralis anterior thalami. Její stimulace vyvolává komplexní bilaterální pohybové reakce a pravděpodobně uplatňuje při programování motorických vzorců úmyslného pohybu. Informace posílají dále do premotorické oblasti a ventromediálního seskupení míšních motoneuronů přes tractus corticospinalis ventralis. Její projekce směřují i do primární motorické kůry k neuronům laterálního kortikospinálního traktu za cílem řízení distálních svalů končetin. Dále ovlivňuje axiální a pletencové svaly pomocí axonů retikulospinálního traktu prostřednictvím neuronů ventromediálního descendentního systému kmenových drah (Králiček, 2002).

2.5.2 Realizace úmyslného pohybu

Pro řízení záměrných pohybů jsou klíčovými impulzy z páté vrstvy neuronů primární, sekundární a premotorické kůry, společně s kůrou temenního, spánkového a týlního laloku. Pyramidová dráha je jednoneuronovou dráhou vedoucí impulzy z kůry do jednotlivých segmentů míchy, kde končí v předních míšních rozích na alfa-motoneuronech anebo míšních interneuronech. Svá vlákna také vede a směřuje jak do motorických jader hlavových nervů, tak do jader okohybných. Její systém se podílí na rychlých, přesných a fázických pohybech.

Další dráhou vedoucí impulzy u mozkové kůry je dráha extrapyramidová, která má na starost pomalé, hrubé a tonické pohyby. Má významný podíl na řízení svalového tonu (napětí) a vzpřímeného postoje. V neposlední řadě ovlivňuje také pohyby hlavy a mimiku (Neuls, 2009). Výsledkem souhry těchto dvou motorických systémů společně

za účasti bazálních ganglií a mozečku je úmyslný a vědomý pohyb. Neoddělitelnou částí motorického řízení je i analýza dat ze statokinetického čidla a proprioceptorů.

Premotorická korová oblast leží bezprostředně před primární motorickou oblastí na okraji gyrus praecentralis a v zadní partii gyrus frontalis superior a medius. Odpovídá Brodmannově oblasti 6. Premotorická oblast přijímá velké množství vstupů z asociačních oblastí a z cerebella po přepojení v jádře thalamu (ncl. ventralis lateralis thalami). Pro formování úmyslného pohybu a tvorbu motorického plánu využívá aferentní signály ze suplementární a prefrontální motorické oblasti. Podílí se zejména na kontrole hrubých posturálních pohybů (pletencového a axiálního svalstva) prostřednictvím svých spojení bazálními gangliemi. Další neměnně důležitou funkcí je příprava a změna pohybů ve spolupráci s frontálním okohybným polem a Brodmannovou oblastí č.8. Zahajuje první fázi úmyslného pohybu stáčením očí, hlavy, trupu a končetin směrem k cíli pohybu. Eferentní signály z premotorické oblasti vedou do primární motorické oblasti, cerebella, bazálních ganglií, retikulární formace a nucleus ruber.

Primární motorická kůra se nachází v gyrus praecentralis a odpovídá Brodmannově oblasti 4. Je nejsilnější korovou oblastí zvanou také jako motorický a kinestetický analyzátor. Za účelem plnění této primární motorická kůra přijímá četná aferentní vlákna z různých oblastí, kortikálních a subkortikálních, včetně premotorické oblasti, sensorického kortexu, thalamu, mozečku a bazálních ganglií. Ve své páté vrstvě obsahuje pyramidové neurony zvané jako Betzovy buňky, jejichž axony jsou součástí kortikospinální dráhy. Jsou somatotopicky uspořádané na základě vztahu k jednotlivým článkům těla a svalovým skupinám, které ale nejsou rovnoměrně reprezentovány. Svaly a části těla vykonávající jemnější a přesnější pohyb zaujímají větší korové okrsky. Z toho vyplývá, že dokonalost pohybu úzce koreluje s počtem řídicích neuronů. Jádra řídicí specifické svalové jednotky jsou tvořeny seskupením neuronů. Jsou obklopeny dalšími skupinami, zvanými neurálními poli, které plní koordinační funkci. Dle Králíčka elementární okrsky v primárním motorickém kortexu nejsou ale reprezentovány jednotlivými svaly, nýbrž pohyby kloubu (Králíček, 2002).

2.6. Chování a učení

Chování definujeme jako vztah člověka k okolnímu prostředí. Rozmanité vzorce chování člověka jsou realizovány výkonnými mechanismy CNS. Dle jejich etiologie

(původu) se dělí na vrozené a získané. Vrozené vzorce chování jsou nezávislé na zkušenosti, mají pestrou škálu od jednoduchých (reflexy) až po složité, jakým je například instinkt. Jsou specificky a geneticky determinovány pro každý druh organismu. Získané formy chování jsou výsledkem procesů probíhající na úrovni CNS, paměti a učení, determinovaných na základě individuální zkušenosti.

Učení je vnitřní proces, jehož výsledkem je změna chování člověka ovlivněna vnějším faktorem. Základní dělení je na neasociativní a asociativní.

Nejjednodušší základní neasociativní formy učení jsou habituace a sensibilizace. Habituace nastává při opakovaném vystavování konkrétního typu sensorického stimulu. Habituace je útlum vnímání a zánik reakce na opakovaný neboli trvalý biologicky nevýznamný podnět. Tato selektivní schopnost umožňuje jedinci věnovat svou pozornost významnějším podnětům. Pokud se člověk poprvé potká s neznámým jevem, zareaguje a věnuje mu svou pozornost. Při pravidelně opakovaném působení podnětu reakce postupně slábne, až zanikne. Sensibilizace je reakce na nevýznamný podnět po předešlé zkušenosti, kdy byl vyvolán nociceptivní efekt. Způsobením bolesti je možné vyvolat deshabituační, tedy obnovení reakce na utlumený podnět (Králíček, 2002).

2.7. Motorické učení

Získávání nových pohybových dovedností, návyků a rozvíjení předpokladů k vykonávání složitější pohybové činnosti se nazývá motorické učení. V případě, že v procesu učení využíváme smyslové vjemy (vnímání), nazýváme ho senzomotorické. Pro usnadnění se bude v práci dále používat pouze pojem motorické učení.

Parametry, na základě kterých můžeme hodnotit motorickou dovednost (výsledek motorického učení), jsou: kvalita výsledků (počet chyb, přesnost pohybu apod.), míra únavy, rychlost a kvalita použité techniky provádění konkrétní dovednosti (pohybu). (Čáp, 1996).

2.7.1 Teorie motorického učení

Začátkem 70. let minulého století byly publikovány první teorie motorického učení, ze kterých se nejvýznamnějšími staly Adamsova teorie uzavřené smyčky (closed-loop theory) a Schmidtova teorie schématu (Adams, 1971 a Schmidt, 1975). Obě teorie předpokládají, že důsledkem motorického učení je tvorba zobecněných motorických

programů v mozku, které spočívají v načasování a sekvenování svalové aktivity pro specifický úkol neboli dovednosti (Shumway-Cook, 2017).

Jack Adams, výzkumník v oblasti tělesné výchovy, byl prvním člověkem, který se pokusil vytvořit pochopitelnou teorii o motorickém učení. Teorie uzavřené smyčky navrhuje, že sensorická informace přijata při pohybech během výkonu slouží k poskytnutí zpětné vazby nutné pro sestavení paměťové a percepční stopy. Paměťová stopa poté slouží k vedení následného specifického pohybu a zdokonalování dovednosti. Shoduje se v některých podobných principech s teorií aplikovanou Sherringtonem, který zdůrazňoval roli smyslových informací pro kontrolu pohybu. Adamsova teorie tvrdí, že prostřednictvím rozpoznávací paměti percepční paměť převezme kontrolu nad aktivitou a odhalí možné chyby při provádění. Korektivní schopnost percepční paměti se stává silnější s praxí, kdy znalost zpětné vazby (výsledků) pomáhá rozvíjet správné provádění pohybu. Proces učení může být tedy popsán jako postupné posílení korektivní schopnosti percepční paměti, jehož výsledkem je snížení nepřesností pohybu (Adams, 1971).

Richard Schmidt navrhl novou teorii učení, kterou nazval teorie schématu. Vznikla na základě nedostatků Adamsovy teorie, jež podstatně limitovala motorické učení. Tato teorie osvětluje procesy řízení otevřené smyčky a zobecnění konceptu motorického programu. Ačkoli koncept motorického programu byl považován za zásadní pro pochopení motorického řízení, zůstává stále otázkou, jakým způsobem je možné se motorické programy naučit. Stejně jako jiní výzkumníci před ním i Schmidt předpokládá, že motorické programy neobsahují specifické pohyby, ale obsahují obecná pravidla pro určitou skupinu pohybů (dovedností). Základem této teorie motorického učení je koncept „schématu“. Tento termín původně odkazoval na abstraktní ztvárnění jistého objektu, který je uložen v paměti na základě předešlé vícenásobné zkušenosti s objektem stejného charakteru. Například při pravidelném setkávání se se psem člověk postupně ukládá nabyté informace pod tzv. „abstraktní bytost“. Tato bytost pro něj má vlastnosti a obecné charakteristiky, které ve výsledku tvoří ucelený obraz „psa“ i přes různou velikost, barvu nebo tvar.

Objasnil, že pro řízení pohybu jsou důležitá dvě schémata. Iniciační schéma (motor recall schema) je obraz specifického pohybu včetně informací o tomto pohybu, vyvolaný na základě předešlé zkušenosti a také představy očekávaného výsledku. Následně se toto schéma promění na rozpoznávací (sensorial recognition schema), který

slouží jako reference pro smyslovou zpětnou vazbu. Motorické učení má dle teorie schématu tři fáze, ze kterých poslední fáze má dvě varianty. Viz 2.7.3 kapitola fáze motorického učení.

Podle Schmidta existují čtyři aspekty, které by mohly být uloženy v krátkodobé paměti po provedení pohybu:

1. podmínky počátečního pohybu, jako je poloha těla a vlastnosti manipulovaného předmětu
2. použité parametry motorického programu
3. výsledky pohybu, zpětná vazba (feedback)
4. smyslové následky pohybu, subjektivní pocit jedince

Tyto informace jsou v krátkodobé paměti uloženy dostatečně dlouho, aby je bylo možné rozdělit do dvou skupin: schéma motorické výstrahy (recall motor schema) a schéma smyslového rozpoznávání (sensorial recognition schema).

Schéma motorické výstrahy se používá k výběru specifické motorické odezvy. Schmidt ji popisuje následujícím způsobem. Pokaždé, když člověk dělá pohyb s ohledem na určitý cíl (cílený pohyb), používá určitý parametr, který mu poskytuje vstupní informace o přesnosti. Po opakovaných pohybech za použití různých parametrů jsou získány různé výsledky, které dále zpracovává nervový systém a tvoří mezi nimi vztah. Každý nový pohyb přidává nová data do vnitřního systému, který predefinuje standard. Ne po každém pohybu jsou zdroje informací ve varovném schématu zachovány, pouze pokud bylo vytvořeno generalizované schéma.

K vyhodnocení získané odpovědi se používá smyslové rozpoznávání. Následně se porovnají všechny senzorní informace, které pocházejí z daného pohybu. Cílem je posouzení účinnosti odezvy. Podle této teorie navíc učení spočívá v aktualizaci varovných a rozpoznávacích systémů s každým uskutečněným pohybem.

Jednou z předpovědí teorie schématu je tvrzení, že variabilita v praxi by měla zlepšit motorické učení. Schmidt tvrdí, že učení není ovlivněno jen trváním praxe, ale také její proměnlivostí (kvantita vs. kvalita). S nárůstem praxe se vlastnosti všeobecného motorického programu stanou efektivnějšími. Druhá předpověď říká, že konkrétní pohyb by mohl být proveden stejně pouze na základě zkušenosti z jiného předchozího pohybu (Schmidt, 1975).

Teorie schématu motorického učení je ekvivalentem teorie programování motorického řízení. Jádro obou teorií je zevšeobecnění motorického pohybu. Všeobecný motorický program (general motor program, GMP) se týká obsahu vlastností potřebných k tvorbě prostorových a časových vzorců a na jejich základě následný pohyb. (Cano de la Cuerda a Collado Vázquez, 2012).

Jedním z nedostatků a omezení této teorie je, že tvorba obecných motorických programů není doposud vysvětlena. Další otázka vyvstala z nekonzistentních výsledků ve studiích účinnosti variabilní praxe při učení se novým motorickým dovednostem, zejména u dospělých jedinců (Mastos et al., 2007)

Kart Newell vytvořil teorii motorického učení založenou na konceptu hledání strategií, která vychází z předpokladu ekologických teorií motorického řízení. V předchozích teoriích, které byly představeny Adamsem a Schmidtem, docházelo pozorováním v praxi k neustálé kumulativní změně chování v důsledku postupného posilování a zlepšování motorických programů. Na druhé straně Newell tvrdí, že motorické učení je proces, který zlepšuje souhru mezi percepcí (vnímání) a reakcí a to takovým způsobem, aby samotný úkol a okolní prostředí (vnější podmínky), ve kterém se učení odehrává, byly v souladu. Cílem hledání optimálních strategií motorického řízení je nejen najít správnou motorickou odpověď, ale také nalézt potřebné vjemové prvky. Newell zkoumá, jak by bylo možné navýšit pacientovu kapacitu pro motorické učení. Prvním způsobem je pacientovi pomoci pochopit povahu práce v percepčně-motorické oblasti. Druhou cestou je porozumění přirozené vyhledávací strategii používané pro průzkum prostoru (oblasti) za účelem případného poskytnutí dalších informací pro usnadnění hledání. Základním předpokladem této teorie je, že přenos motorických dovedností bude záviset na podobnosti mezi dvěma úkoly, při nichž jsou použity optimální percepčně-motorické strategie bez ohledu na použité svaly nebo objekty, kterými bylo manipulováno. Tato nová teorie motorického učení klade důraz na dynamickou průzkumnou percepčně-motorickou aktivitu s cílem vytvořit optimální strategie pro realizaci úkolu (Newell, 1991).

2.7.2 Druhy motorického učení

Dle Rychteckého existuje 5 způsobů motorického učení: imitační, instrukční, problémové, zpětnovazebné a ideomotorické. V reálné praxi se během učení a trénování motorických dovedností využívá jejich kombinace. Imitační cvičení je

nejpoužívanějším způsobem a tvoří základ motorického učení. „Cvič podle mě“ je založeno na předvedení ukázky a představa pohybu se vytváří přes zrakový vjem. Instrukční cvičení je založeno na slovních pokynech. Před samotným zahájením pohybu je nutno obsah instrukce analyzovat a zpracovat. Podmínkou k efektivnímu učení je alespoň částečně rozvinuté abstraktní myšlení a znalost terminů. Problémové učení vyžaduje od jedince samostatnost a tvořivost. Fyzickému provedení dovednosti předchází myšlenková analýza, formulace hypotéz a předpoklad výsledku. Experimentem, tedy převedením pohybu, je hypotéza přijata nebo zamítnuta. Zpětnovazební učení je založeno na zkoušení (pokus a omyl), kdy se informace o dovednosti jedinec dozví až po jeho absolvování. Zpětné informace se dělí dle původu na exteroceptivní (vnější) a propioceptivní (vnitřní), tedy vlastní pocit a vnímání pohybu na základě zraku, sluchu apod. Ideomotorické učení je založeno na teorií možnosti dráždění kinestetických buněk centrálně samotnou představou pohybu. Centrální dráždění může být evokováno externě zvukově (slovo, pojem), nebo interně, vlastním promýšlením a představou nácvičku konkrétní dovednosti (Rychtecký a Fialová, 2002).

2.7.3 Fáze motorického učení

Průběh učení a osvojování si nových dovedností je nelineární, dlouhodobý a časově neuzavřený proces (Dovalil, 2002). Dle novějších poznatků je tento průběh učení možné rozdělit na 3 fáze (Válková 2012). Cílem první je pohybová představa, kde se jedinec poprvé seznámí s pohybem (činností), způsobem provedení a podmínkami. První pokusy jsou nekoordinované, hrubé, neekonomické a chybné. Vnější projevem je generalizace (souhyby a zapojení i jiných svalů). Jedinec vykonává pohyb na základě ukázky nebo instrukce, využívá tedy multisenzorické prostředky. Díky schopnosti transferu (přenosu) dokáže využít k provedení pohybu své předchozí zkušenosti z jiných podobných již naučených dovedností. Na úrovni CNS dochází k iradiaci, tedy zapojení různých centrem v mozkové kůře. Přestože úroveň a kvalita pohybu je nízká, mentální výkon je vysoký.

Cílem druhé fáze je základní dovednost. Spočívá v nácvičku a v monotónním opakování za identických podmínek. Cvičení je vědomé. Důležitým vnějším činitelem v této fázi je motivace. Vnitřním prostředkem je propioceptivní a vestibulární zpětná

vazba. Vnější projevem je diferenciacie (zdokonalování) pohybu. Na úrovni CNS dochází ke koncentraci, tedy zapojení specifických oblastí pro daný pohyb. V této fázi je fyzický i mentální výkon středně náročný (Dovalil, 2002).

Třetí fáze má dle teorie schématu dvě varianty. Liší se pouze poměrem automatismu a plasticity. V první variantě je cílem precizní provedení techniky pohybu. Dle Válkové mluvíme o uzavřené dovednosti. Vnější projevem je automatizace, kdy dochází k opakování a prohlubování dovednosti za standardních podmínek. Procento plasticity roste jenom při významnější stimulaci (např. na soutěži). Na úrovni CNS dochází ke stereotypii. Druhá varianta třetí fáze je charakteristická pro anticipační činnosti, kde hlavní roli sehrávají rozhodovací procesy a z psychologického aspektu dochází k plasticitě. Základním rozdílem mezi variantami jsou podmínky, kterým je jedinec vystaven. Variabilní podmínky umožňují proces kontextualizace a dovednost se stává otevřenou. Na úrovni CNS dochází k flexibilitě (Dovalil, 2002 a Válková, 2012). Dle třístupňového modelu, který navrhnul Fitts a Posner, existují 3 hlavní fáze motorického učení: kognitivní, asociativní a autonomní (Magill et al., 2010; Abertethy et al., 2013).

První fáze je kognitivní, kdy se jedinec učí nové nebo obnovuje již naučené dovednosti (Schmidt a Wrisberg, 2008). Musí vědomě zhodnotit cíl (pohybový záměr) a podmínky neboli vlastnosti prostředí, ve kterém má být samotný úkon proveden anebo na které musí reagovat. Během této fáze učení jedinec zkouší různé strategie k dosažení cíle (pohybu). Je klíčové dělat chyby a vědět, jak je napravit, právě proto je nutné pohyb procvičovat pod externím dohledem a vedením. Ve druhé asociativní fázi, kdy jedinec již ovládá obecný pohybový vzorec nezbytný k provedení úkolu, dochází ke zlepšování a vyladění pohybu, snižuje se počet chyb a zároveň se zvyšuje schopnost reagovat na změny vlastností prostředí (variabilita vnějších faktorů). Prováděný pohyb je kvalitnější a snadnější, z mentálního i fyzického výkonu. Dochází k porozumění, jak jsou různé složky pohybu vzájemně propojeny a přechází z otázky „co dělat“ na „jak dělat“. Během třetí autonomní fáze se dovednost stává více automatickou, jedinec nemusí věnovat veškerou pozornost prováděnému pohybu, dokáže vnímat více okolní situaci a faktory ovlivňující danou chvíli a zároveň udržovat kontrolu nad celým úkonem. Hlavním cílem učení je schopnost uchovat si tuto motorickou dovednost (její vzorec) a aplikovat ji v potřebných situacích prostřednictvím automatizace (Magill et al., 2010).

Bernsteinův třístupňový model zdůrazňuje kvantifikaci stupňů volnosti, tedy počtu nezávislých pohybů potřebných k dokončení akce jako hlavní složku učení nové motorické dovednosti. Tento model učení zahrnuje 3 fáze. Během první si jedinec zjednoduší své pohyby snížením stupňů volnosti pohybu, rozdělením konkrétního úkonu na více částí. V pokročilejší fázi daná osoba postupně propojuje tyto samostatné části, což umožní pohyb již ve více artikulacích (kloubech). V konečné fázi se provádí pohyb koordinovaným způsobem s nejvyšším stupněm volnosti.

Gentileův model obsahuje dva stupně. První fáze zahrnuje schopnost pochopení účelu úkonu, vývoje pohybových strategií vhodných pro jeho realizaci a hodnocení (interpretaci) informací o prostředí, které jsou relevantní pro organizaci konkrétního úkonu. Ve druhé fázi je cílem fixace nebo diverzifikace, což zahrnuje jak rozvoj schopnosti přizpůsobit pohyb změnám úkolu a prostředí, tak schopnost vykonávat úkol důsledně a efektivně (Cano de la Cuerda et al., 2010).

2.7.4 Činitelé v motorickém učení

Dle Čápa jsou základními činiteli v motorickém učení motivace, schopnosti, cíl, stimulace, percepce a prezentace, zpevnování, retence a v neposlední řadě integrace nově naučené dovednosti (Čáp, 1993).

Při plnění úkonu, řešení a překonání problému jsou rozhodující faktory motivace a nasazení pacienta (Abertnethy et al., 2013). Motivace jako dynamický činitel, který pochází zevnitř, ale může být ovlivněn okolním prostředím v podobě popudů a pobídek. Aby na jedince působila pozitivně, je zapotřebí pohyb a odpočinek, pocit bezpečí, uznání a (sebe)realizace (Čáp, 1993). Faktory prospěšné pro nácvik nových dovedností jsou zvědomění chyb, analýza vedoucí k poznání, které složky pohybu by měly být během cvičení posíleny, poskytnutí možných řešení a povzbuzení k návrhu těch vlastních (Abertnethy et al., 2013). Schopnost je základním stavebním kamenem pro efektivitu učení. Dělí se na pohybovou, senzomotorickou, intelektovou a sociální. Mezi jednotlivci existují v učení značné rozdíly v samotném průběhu i ve výsledku. Významný úkol zde hrajou individuální rozdílnosti (variabilita). V motorickém učení mají na schopnost jedince vliv krátkodobě působící faktory - např. aktuální únava nebo naopak nabuzení, citové rozpoložení, dočasné onemocnění. Stablnějšími nebo trvale působícími činiteli mohou být dlouhodobý kognitivní deficit, neurologická či smyslová porucha. Obtíže v motorických úkonech mohou být způsobeny lehkou mozkovou

disfunkcí. Příkladem je porucha pozornosti, dále porucha mozečkových drah nebo další ze struktur, která má za úkol analyzovat pohyb (úkon), i v případě kdy není možná prokazatelnost standartním neurologickým vyšetřením. Důležitá je posturální kontrola, tedy držení těla v prostoru za účelem dosažení rovnováhy a orientace (Shumway Cook, 1995; Woollacott, 2000) a nepoškozená paměť (Čáp, 1993).

Klíčovým činitelem pro efektivitu v motorickém učení je znalost a chápání cíle, správné rozvržení (plán) a metoda k jeho dosažení. Pokud jde o vyhodnocení schopností, často vznikají chyby v posuzování kvality a předpokladů podle na základě prvního výsledku provedení dovednosti (pohybu, úkonu). Pro objektivní hodnocení dovednosti konkrétního člověka je zapotřebí nabídnout možnost opakování, kterým se vliv různých faktorů stane méně významným. Příkladem je tréma nebo emoční naladění.

Emoce a vůle jsou dva dynamické procesy, jejichž společným jmenovatelem je stimulace. Emoční složka hraje významnou roli v psychice jedince, jeho hodnocení (náhledu) okolí, situace a sebe samého. Dalším činitelem učení je správná představa pohybu (dovednosti). Prezentace, náhled a vnímání (percepce) dovednosti z více senzorických informací (zrak, sluch, dotek) přispívá k jeho efektivitě. Slovní pokyny pomáhají jedincům zaměřit jejich pozornost na konkrétní cíl a ovlivňují učební strategie, které použijí při provádění pohybu (Abertnethy et al., 2013; Umphred et al., 2006). Dalším důležitým faktorem je aktivní (vědomá) účast jedince při provádění úkolu.

Osvojování si nové dovednosti může být ovlivněno pravidelností cvičení a časovými úseky mezi nimi. Například delší pauza při nácviku může zapříčinit snížení výkonu v konkrétní aktivitě. Může tedy dojít k nutnosti opětovného získání neboli učení dovednosti za cílem dosažení původního výkonu.

Učení si vyžaduje čas a více opakování pro nácvik. Intenzita a frekvence podporují zpevnování, kterým se zvyšuje pravděpodobnost delší retence (udržení) naučené dovednosti. Pokud jde o charakteristiku a variabilitu tréninků, zadávané úkoly by měly zahrnovat opakování. V případech, kdy fyzická praxe není možná, někteří výzkumníci navrhuji mentální praxi jako účinný způsob stimulace učení (Magill a Anderson, 2010).

Faktory ovlivňující retenci naučené dovednosti jsou: druh pohybové činnosti, strategie nácviku, čas od doby nácviku a hloubka osvojení konkrétní dovednosti. V této

fázi lze dobře využít ideomotorický trénink (představa pohybu). V konečném důsledku je nejdůležitějším činitelem uplatnění nové dovednosti v praxi. Izolovaný pohyb, který není aplikován a používán v pestřejším kontextu, stejně jako velký rozsah nově nacvičovaných dovedností najednou, snižují možnost jejich integrace do funkčních pohybových celků (Čáp, 1993).

Zpětná vazba je termín pro informace získané jako odezvu na pohyb neboli podnět. Můžeme rozlišovat mezi vnitřní zpětnou vazbou, důsledkem pohybu (exteroceptivní a proprioceptivní dráhy), který umožňuje posturální přizpůsobení; a vnější zpětnou vazbou nebo veškerými informacemi poskytnutými externím zdrojem. Účelem zpětné vazby je podat pacientovi informaci o výsledku pohybu jako doplněk k vnitřní informaci. Existují dvě kategorie vnějších informací: porozumění výsledkům, tedy veškeré verbální informace o výsledku pohybu, což je zvláště důležité, když je snížena vnitřní zpětná vazba; a porozumění výkonu, které je spojeno s pohybovými vzory používanými při plnění úkolu a které poskytuje informace o kvalitě pohybu (Whipple, 1997; Flores, 2005). Vnější zpětná vazba je nezbytná, když je zdroj vnitřní zpětné vazby pacienta snížen nebo zkeslený, což je časté u pacientů s neurologickým postižením (citace). V rámci jakéhokoli procesu učení by subjekty měly obdržet určitý typ informací o svých chybách z vnitřního nebo vnějšího zdroje. Charakteristiky vnější zpětné vazby, které zvyšují kognitivní schopnosti pacienta jsou ty, které poskytují informace o pokroku předmětu v učení nebo činnosti a podporují tak motivaci. Dále informace o okolnostech a elementech, které tvoří akci, což umožňuje subjektu vytvořit si mentální model aktivity a interpretovat své možnosti (strategie) k dosažení cílů. Pokud jsou jednotlivci informováni, že splnili úkoly správně, získají posilu a povzbuzení. Zpětná vazba má okamžitý vliv na motivaci jednatelce, stejně jako na rozsah pozornosti a koncentraci na úkol.

Opakovaná zpětná vazba zaměřená na nápravu chyb může vytvořit závislost a odradit subjekt od experimentování a analýzy charakteristik svého jednání. Aby se předešlo závislosti, měla by být zpětná vazba poskytována pouze v případě potřeby v závislosti na složitosti úkolů a úrovni zkušeností jedince. Tento typ zesílení by se proto měl dávat sporadicky a ne při každém opakování.

Děti nevyužívají zpětnou vazbu stejným způsobem jako dospělí; ti těžší více z omezené zpětné vazby, zatímco děti vyžadují kontinuálnější, ale méně přesnou zpětnou vazbu. Snížená zpětná vazba zvyšuje kognitivní úsilí subjektu; když je zpětná

vazba skrytá, subjekt se bude muset zaměřit na vnitřní informace vytvořené činností, která byla provedena, a interpretovat je. Zvýšení kognitivního úsilí podporuje optimální změny u dospělých pacientů a maximalizuje motorické učení, ale u dětí to neplatí, vyžadují více cvičení se zpětnou vazbou, aby činnost dokončily přesněji a důsledněji. Poté by se zpětná vazba měla postupně snižovat, aby se stimulovalo kognitivní úsilí a motorické učení. Schopnost subjektu zpracovat informace a zaměřit se na vnitřní informace spojené s úkolem určí množství potřebného vnějšího posílení (Flores, 2005; Sullivan et al., 2008).

2.8. Paměť

Paměť je poznávací proces, schopnost uchovat a použít informace z předchozí zkušenosti. Jejím základním úkolem a zároveň fází je vstípení, uchování a vybavení. Je podmínkou učení a jiných kognitivních procesů (vnímání, představivosti apod.). Lze ji dělit mnohými způsoby. V další kapitole bude vysvětlena a rozdělena dle její vazby na modely paměti, její logiky a důkazy.

2.8.1 Modely paměti

Atkinson a Shiffrin rozdělili typy paměti podle předpokládané délky uchování paměťového záznamu na krátkodobou, dlouhodobou a sensorickou. Sensorická paměť je jakousi symbolickou vstupní halou (Atkinson a Shiffrin, 1968), kde se přijatá smyslová informace zdržuje po dobu několika milisekund, tedy po dobu analýzy příslušnými mozkovými okruhy, které z ní vyberou pouze část potřebnou (Králiček, 2004), jež má možnost proniknout do paměti krátkodobé. Jestli přijaté smyslové informace není daná dostatečná pozornost, dochází k její rozkladu (Atkinson a Shiffrin, 1968). Sensorická paměť se může dělit na obrazovou (ikonická paměť) a sluchovou (echoická paměť).

Krátkodobá paměť je schopnost mozku uchovat omezenou kvantitu informací pro krátký časový interval (několik minut, maximálně hodin). Příkladem je pamatování si nového cizího telefonního čísla. Na této úrovni dochází ke spolupráci s pracovní pamětí, která udržuje informace potřebné pro výkon aktuální činnosti. Krátkodobá paměť se vyznačuje tzv. pravidlem novosti. Jedinec si lehko vzpomene na informace, které jsou nejnovější. Další informace, která je nejlíp zapamatovatelná je počáteční, tedy

tzv. ohraničení zprávy její počátek a konec. Nejhůř si vzpomínáme na informace, které se nacházejí nebo dějí uprostřed. Informace může být nahrazena, nebo se opakovat a tak přejít do dlouhodobé paměti (Králiček, 2002).

Dlouhodobá paměť je zásobník informací uložených do paměťového seznamu, kde může docházet k její interferenci. Schopnost vybavení si informaci ze seznamu je individuální od několika dnů, měsíců až let (Atkinson a Shiffrin, 1968).

Larry Squire třídí typy paměti dle obsahu na vědomou explicitní a nevědomou implicitní paměť. Explicitní nebo také deklarativní paměť uchovává informace o faktech a událostech. Její vybavování závisí na několika mozkových strukturách, primárně se jedná o hipokampus, mediální temporální lalok a diencephalon. Všechny ostatní informace jako jsou dovednosti, návyky, asociační i neasociační učení a priming patří do druhého typu paměti nazývané také implicitní, procedurální, nevědomá nebo nedeklarativní (Squire, 2004).

Endel Tulving rozdělil explicitní (deklarativní) paměť na epizodickou a sémantickou. První ukládá informace o tom co se děje, tedy data o událostech a našich zkušenostech. Druhá, paměť sémantická která ukládá fakta. Měřením mozkové aktivity jedinců, zjistil, že osobní zkušenost, tedy informace, která byla prožita se zobrazuje odlišným způsobem ve srovnání s běžnými informacemi. Svými pokusy rozlišil taky paměť spojenou s činnostmi tzv. procedurální, díky pozorování aktivity mozečku (Tulvig, 1985).

2.9. Pohybová paměť v motorickém učení

Realizace pohybové dovednosti není možná bez učení, tedy bez paměti. Pohybová paměť jako každá jiná potřebuje pro zapamatování předchozí zkušenost. Paměť, představa a pohyb od sebe v motorickém učení přímo závisí. Rozlišujeme pojmy pohybová představa a představa o pohybu. První zmíněná je ideomotorickou představou, která je podložena proprioceptivním čítím a závislá na vlastní zkušenosti a prožitku pohybu. Jedinec si vybaví pohyb na základě předešlé zkušenosti. Ovšem představa o pohybu může být pouze zraková nebo sluchová bez předchozí zkušenosti neboli exekuce (Válková, 2012).

2.10. Metody na neurofyziologickém podkladu

V rehabilitaci nejčastěji využívané metody spočívají na základních předpokladech příčiny a povahy pohybu. Léčebné a terapeutické postupy tedy vycházejí z teoretického základu motorického řízení.

V posledních desetiletích vzrostl v rámci lékařství a rehabilitace zájem o teorie, které by mohly vysvětlit regulaci motorického ovládní a jejich možné aplikace. Tyto teorie jsou často založeny na neurofyziologickém podkladu, tedy CNS. Koncept motorického učení považovaný za soubor vnitřních procesů spojených s praxí a zkušenostmi, které vedou k poměrně trvalým změnám ve schopnosti vytvářet motorické aktivity prostřednictvím specifické dovednosti, neurovědy jenom potvrzují. Motorická kontrola i učení jsou považovány za klíčové aspekty pro zdravotní pracovníky v oblasti rehabilitace. V obecné rovině je účelem neurorehabilitace upevnit stávající dovednosti pacientů, získat všechny ztracené schopnosti a podporovat učení se novému. Na neurorehabilitaci a procesy motorického učení může mít významný vliv celá řada faktorů. Mezi ně patří slovní instrukce, charakteristika a variabilita tréninků, aktivní účast a motivace jedince, pozitivní a negativní přenos učení, kontrola držení těla, paměť a zpětná vazba. Všechny tyto faktory jsou klinicky použitelné a poskytují základ pro vznikající nebo zavedené směry výzkumu, které mají co do činění s rekvalifikací sensorických motorických funkcí nejen u neurologických pacientů (Levin a Demers, 2021).

2.11. Proprioceptivní neuromuskulární facilitace

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace je metodika založená na neurofyziologickém podkladu, při které je možné působit na motorické neurony předních míšních rohů prostřednictvím proprioceptorů (šlachových, svalových, kloubních receptorů). Je dílem doktora Hermana Kabata a fyzioterapeutek Margaret Knott a Dorothy Voss, které významně přispěly a rozvíjeli tuto metodiku dále (Pavlů, 2003).

Základním stavebním kamenem uvedené metodiky je provádění pohybových vzorů, diagonálního a spirálního typu, kterého výsledkem je dosažení vhodného svalového napětí, kontrakce svalů a tedy ideální plynulé zapojování motorických jednotek a následně celých svalů, díky jemuž je umožněno provádění optimálního

souvislého pohybu (Holubářová a Pavlů, 2007). Do pohybu jsou zahrnuty všechny tři složky, flexe a extenze, abdukce a addukce, rotace. Krása této metodiky tkví v posilování celého svalového řetězce, nejen pouze určitého svalu. Z hlediska motorického řízení, učení a tvorby nových pohybových vzorců je tím pádem efektivnější. Dochází k postupné kontrakci a zapojení motorických jednotek a svalů, čímž se optimalizuje svalové napětí v daném segmentu. Jak už vyplývá ze samotného názvu metodiky, je založena na interakci aktivity motoneuronů předních míšních rohů zabezpečenou dostředivým signálem z proprioceptorů (svalových, šlachových a kloubních pouzder) a odstředivých signálů z mozkových center, které reagují na příchozí impulzy ze zrakových, taktilních a sluchových receptorů. Facilitačními prvky je i samotná intenzita a tón hlasu terapeuta, který instruuje. K dosažení pozitivního a žádaného výsledku by měl působit motivačně, jasně a výstižně. Klíčové je i správné načasování. Neoddělitelnou součástí je zraková kontrola pohybu, která slouží jako zpětná vazba a zlepšuje kvalitu pohybu a motorického učení. (Holubářová a Pavlů, 2017; Bastlová, 2018). PNF metoda podporuje holistickou filozofii a vnímá člověka jako celek, kde dochází k interakci na všech úrovních. Využívá principy motorického řízení a učení, schopnosti adaptace a plasticitu nervového systému. V neposlední řadě k posílení učení pohybové dovednosti a tvorbě motorického vzorce využívá i vnější faktory, tedy změny poloh a prostředí, ve kterém je pohyb vykonáván (Bastlová, 2018).

2.12. Neuroplasticita

Ještě zhruba před 50 lety byl centrální nervový systém (CNS) považován za statickou strukturu, jejíž funkce je neměnná a neopravitelná. Podle této hypotézy může být poškození CNS řešeno pouze prostřednictvím kompenzačních strategií. Nicméně lékařům a výzkumným pracovníkům v této oblasti bylo těžké vysvětlit tak různorodé výsledky, jako je spontánní funkční obnova u hemiplegických pacientů (alespoň částečná) nebo motorickou funkci pozorovanou u pokusných zvířat s transverzální míšní lézí (Rossignol et al, 2006). Empirické důkazy ve vztahu k obnově CNS spolu s rozvojem technologií v oblasti funkčních zobrazovacích technik byly hnací silou vědeckého výzkumu dynamického potenciálu CNS. Výzkumy posledních 20 let potvrzují různorodou, ale omezenou schopnost regenerace CNS, která může být podpořena různými metodami neurorehabilitace.

Termín neuroplasticita definovala Světová zdravotnická organizace (WHO) v roce 1982 jako schopnost morfologické a funkční regenerace buněk nervového systému poté, co byly vystaveny patologickým vlivům životního prostředí nebo vývoje včetně traumatu a nemocí, umožňujícím adaptivní (nebo maladaptivní) reakci na funkční poptávku. Vývoj tohoto jevu má významný klinický význam pro pacienty po poškození nervového systému. Ve skutečnosti lze rozlišit mnoho forem neuroplasticity, které se vyskytují za různých podmínek, například při vývoji nebo učení.

V roce 1992 byly poprvé popsány zrcadlové neurony a někteří vědci považují jejich objev za jeden z nejvýznamnějších v oblasti neurověd. Zrcadlový neuron je struktura, u které dochází k aktivitě, v případě když jedinec vykonává určitou aktivitu anebo stejnou aktivitu pozoruje u druhé osoby, na videu nebo v zrcadle (Rizzolatti, 2004; Keysers 2010, 2011). Tyto neurony se vyskytují v různých částech mozku, ale jejich přesný mechanismus fungování není dosud vědcům jasný. Stali se klíčovými pro porozumění učení se novým dovednostem pomocí napodobování (imitace) (Theoret, 2002).

Nezávisle na uvedených nových poznatcích se po světě začaly provádět studie a experimenty, které zkoumají funkce a vliv takzvané motorické imaginace neboli představy pohybu na empirickém základě.

2.13. Motorická představa a aktivní pozorování

Motorická představa (MI) a aktivní pozorování (AO) jsou tradičně vnímány jako dvě samostatné techniky, které mohou být použity společně s fyzickou praxí (cvičením) ke zlepšení motorického učení a rehabilitace (Eaves et al., 2016).

Jejich nezávislé použití se do značné míry ukázalo jako efektivní a existují jasné důkazy, že tyto dva procesy mohou vyvolat podobnou aktivitu v motorickém systému při absenci motorických exekucí (motorického provedení pohybu) (Jeannerod, 2001, 2006). To může být důvod, proč mentální trénink s využitím představy pohybu vedl ke zlepšení motoriky (přezkum u sportovců: Feltz a Landers, 1983). Při reálném provedení pohybu jsou aktivovány podobné mozkové oblasti jako při vykonávání pohybu v představě. K aktivaci mozkových oblastí dochází i u lidí po amputaci končetiny (Schilder, 1935) nebo s plegií po kompletním poranění hrudní míchy (Decety a Boisson, 1990).

Motorická představa je typ mentální praxe zahrnující vnitřní vytváření vizuálních a kinestetických aspektů pohybu. Předpokladem je, že motorická představa slouží jako podpůrná technika fyzického cvičení ke zlepšení behaviorálních výsledků (Rozand et al., 2014; Di Rienzo et al., 2015; Ingram et al., 2016) nebo jako náhrada, pokud je pohyb omezen z důvodu neurologického poškození nebo poranění (Szameitat et al., 2012; Hoyek et al., 2014; Mateo et al., 2015).

Při aktivní pozorování a představě pohybu dochází k aktivaci oblasti mozkové kůry, které se značně překrývají jak mezi sebou navzájem, tak s oblastmi zapojenými do motorického řízení pohybu (Grèzes a Decety, 2001; Caspers et al., 2010; Héту et al., 2013). Je však důležité poznamenat, že zatímco většina důkazů prokazuje účinnost motorické představy a aktivního pozorování jako nezávislých technik, existují důkazy o opaku (Braun et al., 2013; Gatti et al., 2013; Sarasso et al., 2015). Dále je obtížné vyvodit jasné závěry ohledně jejich účinnosti na základě dosavadních studií, které porovnávaly možné výhody motorické představy a aktivního pozorování a to jak z hlediska motorických funkcí, tak nervových procesů (např. Porroet et al., 2007; Filimon et al., 2007, 2015; Szameitat et al., 2012; Gatti et al., 2013; Gonzalez – Rosa et al., 2015; Helm et al., 2015).

Macuga a Frey (2012) byli mezi prvními, kteří prokázali, že oblasti mozku zapojené při aktivním pozorování jsou z velké části podskupinou těch, které se aktivují při kombinaci motorické představy společně a aktivním pozorováním. Zároveň oblasti aktivovány kombinací těchto dvou technik jsou podskupinou těch, které se aktivovány při vykonávání pohybu zároveň s aktivním pozorováním.

Kombinací technik aktivního pozorování a motorické představy dochází k větší nervové aktivitě v kaudální části doplňkové motorické kůry (SMA), bazálních gangliích a cerebellu ve srovnání s aktivním pozorováním. Při porovnání aktivity kombinací technik a motorickou představou dochází ke zvýšení aktivity v bilaterálním cerebellu a precuneu (oblast kůry mezi lobulus paracentralis a sulcus parietooccipitalis). Při porovnání aktivity v oblasti doplňkové motorické kůry a levého gyru precentralis, byla vyšší u techniky motorické představy, než u aktivního pozorování. Jejich kombinace byla nejeфекtivnější. V jedné ze dvou dalších studií (Nedelko et al., 2012) se prokázala současným použitím obou technik, zvýšená nervová aktivita ve srovnání s pouhým aktivním pozorováním, v částech cerebella, dolním frontálním gyru, dolním parietálním

kortexu a u doplňkové motorické kůry. V druhé studii (Viliger et al., 2013) prokázali zvýšenou aktivitu ve ventrálním premotorickém kortexu a levé inzuly.

V rámci výzkumu využívajících vícekanálových elektroencefalografických záznamů (EEG) se prokázaly rozdíly v kortikální aktivitě mezi motorickou představou a aktivním pozorováním. Silnější ERD (event – related desynchronization) byla naměřena v primárních senzoryckých oblastech v rámci frekvenčních pásem théta, alfa a beta během kombinace aktivního pozorování a motorické představy ve srovnání se samotným aktivním pozorováním (Berends et al., 2013). Rozdíl byl také zjištěn i v nižších pásmech alfa a beta během kombinace obou technik se srovnání se samotnou motorickou představou (Neuper et al., 2009).

Soubor dalších studií, které porovnávaly efekty výše zmíněných technik a efekt jejich kombinace pomocí jednopulzní transkraniální magnetické stimulace (TMS) přes motorickou kůru přinesl dva zajímavé poznatky. Jednalo se o pestrou škálu úkonů jednoduchých a postupných pohybů prstů, úkolů hrubé a jemné motoriky, a koordinace. První z nich potvrdila, že kortikospinální excitabilita měřená prostřednictvím amplitud motoricky evokovaných signálů, během aktivního pozorování a motorické představy pohybu (gest) prováděných rukama, je značně vyšší než u kontrolní skupiny (Grosprêtre et al., 2016). Další studie, zjistila, že u kombinace technik dochází k vyššímu usnadnění této aktivity ve srovnání se samotným aktivním pozorováním (Ohno et al., 2011; Wright et al., 2014, 2016) a samotnou motorickou představou (Sakamoto et al., 2009; Tsukazaki et al., 2012; Mouthon et al., 2015).

3 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem studie je zjistit, jakou roli má imaginace pohybu při nácviku nových motorických vzorců. V jaké míře, a ve kterých parametrech, se budou skupiny využívající různých principů učení lišit.

H1: Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách.

H2: První skupina (sk. image), která cvičí pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičí fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu.

H3: Třetí skupina (sk. mix) cvičí první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

H0₁: Po 14denním cvičení nedojde ke zlepšení kvality provedení pohybu v žádné skupině.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1. Metodika

4.1.1 Design studie

Randomizované studie se účastnili studenti lékařské fakulty rozdělení do tří skupin. Jsou porovnány výsledky měření tři skupin dobrovolníků provádějících stejné cvičení s odlišným způsobem provedení. Dobrovolníci cvičili denně po dobu 14 dní ve stejný čas s pomocí zvukové nahrávky přes platformu Zoom. Účastníci studie museli striktně dodržet podmínky, jako jsou pravidelnost cvičení (denně) a počet opakování (deset diagonálních pohybů na každou HK). V průběhu 3 dní před a po zahájení dvoutýdenního cvičebního cyklu absolvovali vstupní a výstupní vyšetření, které pozůstávalo z měření délek horní končetiny, instruktáže a měření pohybů senzory Xsens Dot.

4.1.2 Příprava a provedení výběru

Studenti lékařské fakulty byli osobně pozváni na prezentaci naší studie v prostorách 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy (3. LF UK). Seznámili se s průběhem celé studie a vyplnili dotazník osobních údajů viz. příloha č. x. Jednalo se o základní anamnestické údaje jako je věk, pohlaví, výška, váha, BMI a zdravotní informace.

Dále probandi vyplnili krátkou verzi Edinburského dotazníku pro stanovení dominantní končetiny (příloha č.4). Tento dotazník je nejběžnější způsobem, jak posoudit dominanci horní končetiny v každodenních činnostech. Test obsahuje deset položek. U každé položky v případě absolutní preference dané horní končetiny (HK) udělíme dva body. Pokud jsme schopni používat pro danou činnost obě ruce stejnou mírou, udělíme každé HK jeden bod. Vzorec pro výpočet je $LQ = (\text{součet pravé ruky} - \text{součet levé ruky}) / (\text{součet pravé ruky} + \text{součet levé ruky}) * 100$. Stupnice hodnocení je $LQ < -40 =$ levá dominantní, $LQ > +40 =$ pravá dominantní, LQ mezi -40 a $+40 =$ bez výrazné stranové dominance.

Všem dobrovolníkům splňujícím vstupní kritéria byl před absolvováním vyšetření předložen Informovaný souhlas účastníka studie (příloha č.2).

4.1.3 Vstupní a vylučující kritéria

Vstupní kritéria pro zahrnutí do této studie:

- Dobrý zdravotný stav
- Věk od 18 do 23 let

Vylučující kritéria neumožňující účast ve studii:

- Faktory narušující kvalitu motoriky a mobility (např. nedávné zlomeniny a luxace, jejichž následkem je omezení pohybu nebo rozsah v kloubu na horní končetině)
- Snížené kognitivní funkce komplikující vyšetření a následné cvičení
- Znalost metodiky PNF (Proprioceptivní neuromuskulární facilitace)

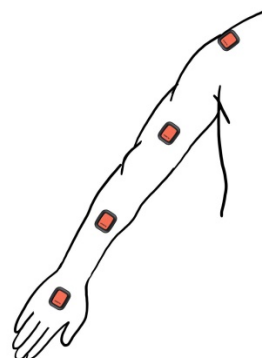
4.1.4 Vstupní a výstupní vyšetření

Vstupní vyšetření zahrnovalo, tři částí. Nejprve proběhlo měření délky dominantní horní končetiny, tedy délku celé horní končetiny (acromiom – daktylion), souhrnnou délku paže a předloktí (acromion – processus styloideu radii), délku paže (acromion – laterální epifýza humeru), délku předloktí (olecranon ulane – processus styloideus ulnae) a délku ruky (střed spojnice mezi processu styloidei radii et ulnae – daktylion) (Haladová a Nechvátalová, 2008).

Druhá část spočívala v instrukcích dobrovolníků pro správně prováděné cvičení. Byl jim teoreticky i prakticky představen pohyb/cvičení na obou horních končetinách (koncept proprioceptivní neuromuskulární facilitace, PNF: modifikovaná 1. diagonála PNF horních končetin, HKK). Poté si dobrovolníci za poslechu zvukové nahrávky vyzkoušeli dané cvičení a následně byla zkontrolována správnost pohybu na obou horních končetinách. Vždy se začalo dominantní končetinou. Zvuková nahrávka pro nácvik i měření se skládala z pěti opakování daného cvičení.

Třetí část představovala měření pohybu, při vstupním i výstupním vyšetření pomocí senzorů Xsens Dot. Na horní končetinu se umístily 4 senzory, konkrétně uprostřed dorzální strany akra HK, předloktí, paže a na acromion. Účastník během instruktáže i měření ležel na terapeutickém lehátku v poloze na zádech, obě ruce měl volně

položené podél těla palmární části akra HK směrem dolů. Přesné umístění senzorů bylo vypočteno na základě individuální délky končetiny.



Obrázek č. 1: umístění senzorů Xsens Dot (vlastní zdroj)

Vstupní vyšetření se skládalo z dvou měření a instruktáže s celkovým trváním přibližně 30 min. Výstupní vyšetření obsahovalo pouze cca 15 minutové měření Xsens Dot. Vstupní a výstupní vyšetření bylo prováděno vždy maximálně 3 dny před zahájením a 3 dny po skončení terapií. Obě vyšetření se odehrávala v prostorách Ústavu anatomie na 3. LF UK.

4.1.5 Cvičení

14denní cvičební cyklus probíhal každý den dle domluvy s účastníky v odpoledních a večerních hodinách online přes platformu Zoom. Vzhledem k vysokému počtu účastníků a časové náročnosti individuálních vyšetření se konal ve třech turnusech.

Na prvním online cvičení byli všichni účastníci (turnusu) náhodným způsobem rozdělení do třech skupin pomocí generátoru náhodných čísel. Čísla se generovala samostatně dle dominance ruky z důvodu jejich nerovnováhy (aby v každé skupině byl přibližně stejný počet praváků a leváků). Následně byl účastníkům představen průběh online cvičení.

Všichni účastníci cvičili za stejných podmínek bez ohledu na jejich rozdělení do skupin, ať už šlo o čas, polohu, délku nebo frekvenci cvičení. Výchozí poloha u měření i cvičení byla vleže na zádech na rovné podložce s nataženými dolními končetinami. Horní končetiny byly volně položeny podél těla s palmární částí akra otočenou směrem

do podložky. V případě potřeby mohla být hlava mírně podložena s cílem napřímění páteře s respektem k přirozenému fyziologickému zakřivení.

Samotné cvičení spočívalo v provádění modifikované 1. diagonály horní končetiny dle metodiky PNF (mod. 1. D. HK PNF). Modifikace tkvěla ve výchozím postavení horní končetiny. Z technických důvodů bylo provedení této úpravy nezbytné, abychom zabránili možným odchýlkám v měření pomocí senzorů Xsens Dot.

Pohyb modifikované 1. diagonály pro flekční vzorec tedy začíná akrem, kdy prsty a palec jsou v extenzi a zápěstí jde z neutrálního postavení do extenze. Předloktí je v neutrálním postavení s extendovaným, ne však uzamčeným loketním kloubem. Rameno a lopatka jsou v neutrálním postavení volně položené tak, aby nedocházelo k elevaci ramene a lopatka zůstala zacentrovaná. Účastník v dané poloze elevuje celou horní končetinu nad podložku za pomoci flexe v ramenním kloubu. Následně pokračuje pohyb dle originálního provedení 1. diagonály PNF. Prsty jdou do flexe a addukce radiálním směrem, palec do flexe s addukcí. Zápěstí vykonává flexi radiálním směrem, předloktí jde do supinace a loket zůstává natažený. Rameno vykonává flexi s addukcí a zevní rotací, lopatka jde do abdukce a dolním úhlem rotuje zevně. Acromion se pohybuje směrem anteriorní elevace (Holubářová a Pavlů).

U závěrečné polohy byl kladen důraz na absenci rotace a elevace trupu. Výchozí poloha pro extenční vzorec byla zachována dle metodiky PNF. Pohybové komponenty extenčního vzorce jsou následovné: prsty se extendují a jdou do ulnární abdukce. Palec je v extenzi a abdukci kolmo na dlaň. Zápěstí vykonává extenzi ulnárním směrem a předloktí jde do pronace. Loket zůstává natažený, rameno jde do extenze s abdukcí a vnitřní rotací. Lopatka je abdukována a její dolní úhel rotuje směrem dovnitř. Acromion se pohybuje ve směru posteriorní deprese. Závěrečná poloha pro modifikovanou verzi 1. diagonály extenčního vzorce je ale stejná jako výchozí poloha pro modifikovaný vzorec flekční. Prsty a palec jsou v extenzi, zápěstí a předloktí jsou v neutrálním postavení s extendovaným, ne však uzamčeným loketním kloubem. Rameno a lopatka jsou v neutrálním postavení volně položené tak, aby nedocházelo k elevaci ramene a lopatka byla zacentrovaná.

Účastníci při měření a cvičení poslouchali stejnou nahrávku s instrukcemi, které zněly následovně: „Dorzální flexe, zvednu horní končetinu, točím za malíkem dovnitř, zavírám dlaň, jdu nahoru, přicházím nahoru, palmární flexe, povolím, otevírám dlaň,

točím za malíkem ven, jdu dolů, přicházím dolů, pokládám horní končetinu, pokládám dlaň, povolím.“.

Pokyny ve zvukové nahrávce nebyly exaktní, nýbrž zjednodušené. Účastníkům měly sloužit pro vybavení si jednotlivých pohybů, které jim byly teoreticky i prakticky představeny u vstupního měření a taktéž jako vodítko pro udržení rytmu. Do pohybů a cviků participantů se v průběhu cvičebního cyklu ani u samotných měření nijak nezasahovalo.

Dobrovolníci nejdříve cvičili 10 diagonál na dominantní končetině. Toto cvičení trvalo zhruba 5 minut. Poté se posadili nebo postavili a bylo provedeno krátké dechové cvičení pro zlepšení koncentrace. Dechové cvičení se skládalo z deseti vědomých nádechů nosem a výdechů pusou. Následně proběhlo cvičení za stejných podmínek i u nedominantní končetiny. Účastníci nejdříve zaujali polohu vleže na zádech a poté provedli 10 diagonál v doprovodu zvukové nahrávky. Délka celého online cvičení zabrala 15 až 20 minut.

Skupiny se od sebe navzájem lišily pouze formou cvičení. První skupina (sk. image) v rámci 14denního cyklu cvičila pomocí imaginace, pohyb své horní končetiny si tedy pouze představovala. Všechna cvičení začínala výchozí polohou vleže na zádech (viz. výše) a při poslechu nahrávky představou vykonávaného pohybu svou horní dominantní končetinou. Poté participantů zaujali jednu z vertikálních poloh (sed/stoj), absolvovali dechová cvičení a opětovně si lehli do výchozí polohy vleže na zádech. Současně s poslechem nahrávky si představovali pohyb své nedominantní končetiny. Druhá skupina (sk. moto) cvičila celý 14denní cyklus standardně fyzickým prováděním pohybu. Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden 14denního cvičebního cyklu stejně jako první skupina (sk. image), tedy pohyb si pouze představovala. Druhý týden 14denního cvičebního cyklu cvičila jako druhá skupina (sk. moto), fyzicky prováděla cvičení modifikované 1. diagonály PNF.

4.1.6 Použité nástroje a metody pro analýzu dat

Data byla zapsána v programu Microsoft Excel, pro statistickou analýzu dat byl použit program R (R Core Team, 2021). Byly hodnoceny parametry Recurrence rate (RR), HurstRS a TLPLa na lineární rychlost, vypočtené z komponent X, Y a Z. Vzhledem k tomu že pro každého účastníka a okamžik měření máme 5 opakovaných měření, používáme pro testování změn mezi časovými okamžiky smíšený model

lineární regrese, s jednotlivou skupinou, okamžikem měření a jejich interakcí jako pevnými faktory a s identifikátorem testované osoby jako interceptem (Pavlíková, 2022).

Pro analýzu dat byly použity hodnoty průměru, směrodatné odchylky, mediánu, minimum a maximum. V práci je užitá hladina statistické významnosti 0,05.

4.2. Výsledky

4.2.1 Charakteristika vybraného souboru

V daném časovém rozmezí se v rámci tří turnusů do studie přihlásilo celkem 57 dobrovolníků, kteří vyplnili dotazníky a splnili vstupní kritéria naší studie. (Příloha č. X) Z osobních důvodů se ale 15 dobrovolníků rozhodlo odstoupit ještě před začátkem výzkumu.

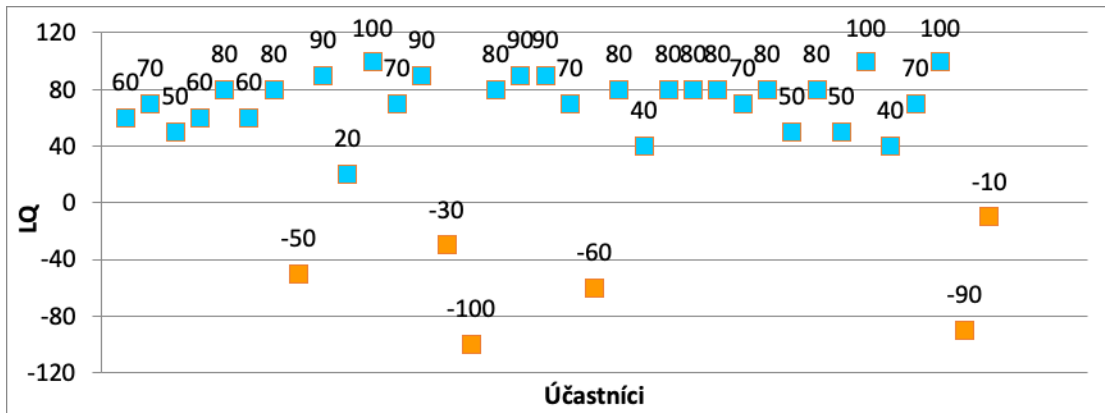
Vstupního vyšetření se tedy zúčastnilo 42 dobrovolníků, z toho 32 žen a 10 mužů. V průběhu 14denního cvičebního cyklu ze studie odstoupili dva dobrovolníci. Jedna účastnice onemocněla a nemohla cvičit online. Jeden dobrovolník ukončil svou účast z osobních důvodů. Z technických příčin (chyb v záznamech dat senzorů Xsens Dot) nebylo možné použít data 4 participantů. Do této studie je tedy zahrnuto 36 dobrovolníků, z toho 30 žen a 6 mužů.

Průměrný věk účastníků je $21,2 \pm 0,8$ let, průměrná výška a váha jsou $168,9 \pm 8,9$ cm a $62,7 \pm 10,4$ kg. BMI (Body Mass Index) celého souboru je v průměru $21,9 \pm 3$.

Ze zdravotního dotazníku bylo zjištěno, že 6 dobrovolníků během svého života utrpělo nějaké zranění na horní končetině (zlomeniny a luxace), jejich úraz ale nijak neovlivnil funkčnost horní končetiny (sval. sílu, rozsah v kloubu, čítí neboli trofiku). Žádný z účastníků netrpěl na diagnostikovanou kognitivní poruchu (např. poruchu pozornosti apod.). Ve studii se dle subjektivního hodnocení (vlastního určení dobrovolníka) účastnilo 30 dobrovolníků s pravou a 6 s levou dominantní horní končetinou.

Dle výsledků Edinburského dotazníku pro stanovení dominantní končetiny – krátké verze - jsme dospěli k následujícímu závěru: 27 účastníků studie dosáhlo $LQ > +40$, což znamená dominanci pravé končetiny, 4 účastníci získali $LQ < -40$, mají tedy

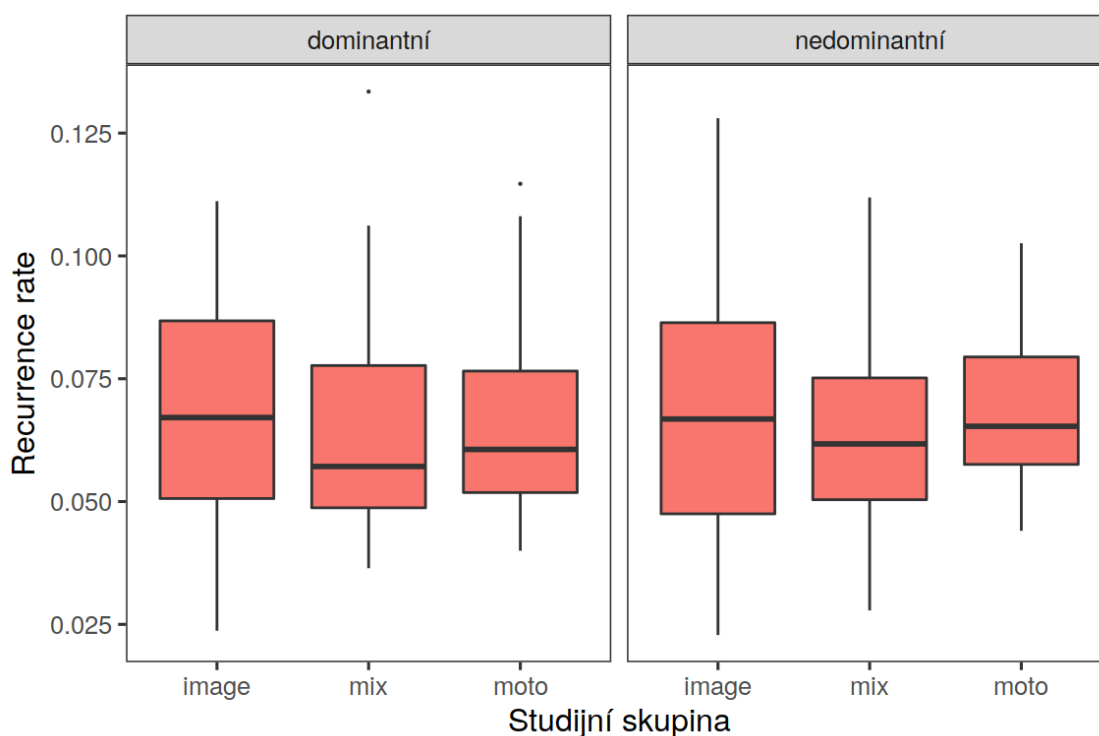
dominantní levou končetinu. Celkem 5 dobrovolníků s výsledkem LQ mezi -40 a +40 nemá žádnou stranovou dominanci, subjektivně se ale 3 z nich považují za praváky a 2 za leváky.



Graf č. 1: úroveň LQ jednotlivých účastníků

Průměrné délky horní končetiny všech dobrovolníků jsou následovné: $73,1 \pm 5$ cm pro délku celé horní končetiny (acromiom – daktylion), 55 ± 4 cm pro délku paže a předloktí (acromion – processus styloideu radii), $32 \pm 2,7$ cm pro délku paže (acromion – laterální epifyza humeru), $26,2 \pm 2$ cm pro délku předloktí (olecranon ulane – processus styloideus ulnae) a $19,3 \pm 1,9$ cm pro délku ruky (střed spojnice mezi processi styloidei radii et ulnae – daktylion).

4.2.2 Měření senzory Xsens Dot



Graf č. 2: Recurrence Rate – vstupní měření

Průměrná hodnota Recurrence Rate (RR) před 14denním cvičebním cyklem na dominantní končetině byla pro první skupinu (sk. image) $0,06769 \pm 0,02171$, pro druhou skupinu (sk. moto) $0,06608 \pm 0,01852$ a pro třetí skupinu (sk. mix) $0,06342 \pm 0,02045$. Průměrná hodnota Recurrence Rate (RR) před 14denním cvičebním cyklem na nedominantní končetině byla pro první skupinu (sk. image) $0,06914 \pm 0,02686$, pro druhou skupinu (sk. moto) $0,06860 \pm 0,01543$ a pro třetí skupinu (sk. mix) $0,06479 \pm 0,02026$.

Tabulka č. 1: Recurrence Rate, vstupní hodnoty

	Počet	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Min	Max
Image D	65	0,06769	0,02171	0,06710	0,02371	0,1111
Mix D	60	0,06342	0,02045	0,05714	0,03642	0,1335
Moto D	55	0,06608	0,01852	0,06061	0,03997	0,1147
Image ND	65	0,06914	0,02686	0,06680	0,02283	0,1280
Mix ND	60	0,06479	0,02026	0,06174	0,02784	0,1119
Moto ND	55	0,06860	0,01543	0,06531	0,04404	0,1026

D – dominantní, ND – nedominantní

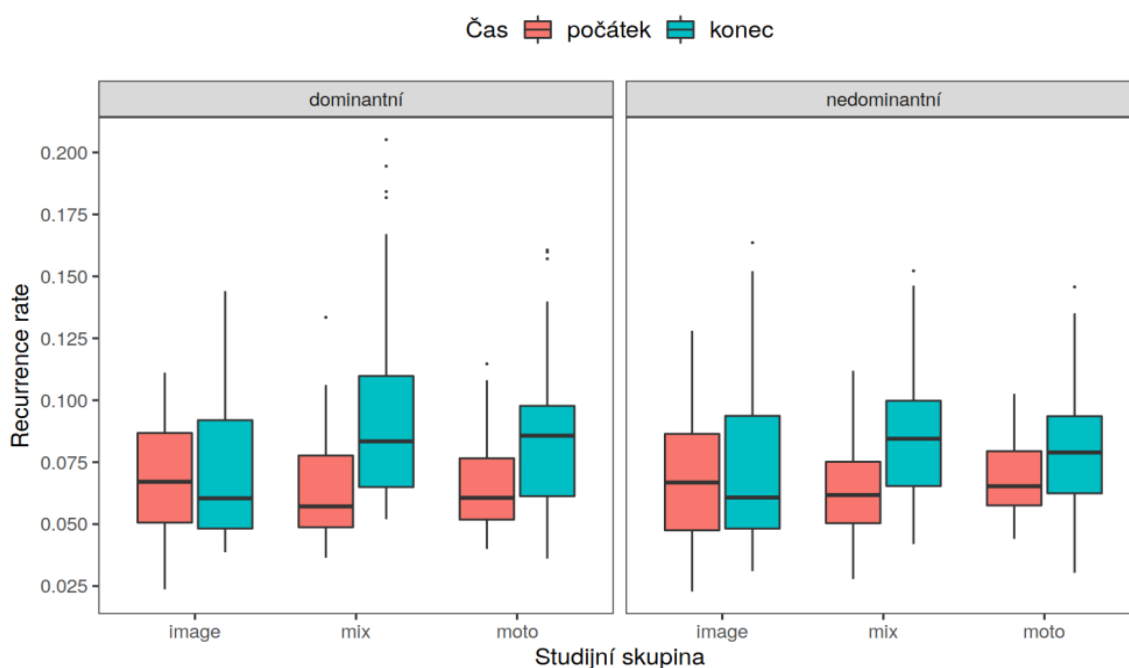
P – hodnota RR zjištěná pomocí smíšené lineární regrese mezi jednotlivými skupinami je 0,8534. Rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou je 0,0803. P – hodnota mezi interceptem a sk. mix je 0,5880 a mezi interceptem a sk. moto $p = 0,8944$. Vše je zobrazeno v tabulce č.2. Veškeré hodnoty jsou dle stanovené hladiny významnosti statisticky nevýznamné. Považujeme tedy randomizaci účastníků ve skupinách za úspěšnou. Oddělujeme hodnoty pro dominantní a nedominantní končetinu.

Tabulka č. 2: Recurrence Rate, porovnání vstupních hodnot

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	P–hodnota
Intercept	0,0675	0,0055	0,0000
Mix	-0,0043	0,0079	0,5880
Moto	-0,0011	0,0081	0,8944
Dominant	0,0018	0,0010	0,0803

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – průměrný rozdíl o kolik se liší jejich hodnota od interceptu, dominant – průměrný rozdíl mezi dominantní a nedominantní

Vstupní a výstupní měření Recurrence Rate



Graf č. 3: Recurrence Rate – vstupní a výstupní měření

Dominantní končetina

Průměrná hodnota RR u dominantní končetiny se po 14denním cvičebním cyklu pro skupinu image změnila z počátečních $0,0679 \pm 0,02171$ na výsledných $0,07183 \pm 0,02853$. U skupiny moto byla změna z $0,06608 \pm 0,01852$ na $0,08426 \pm 0,02932$. Pro skupinu mix hodnoty narostly z počátečních $0,06342 \pm 0,02045$ na $0,09375 \pm 0,03763$. Vše je zobrazeno v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Recurrence Rate – vstupní a výstupní hodnoty pro dominantní končetinu

Skupina	Počet	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Min	Max
Image S	65	0,06769	0,02171	0,06710	0,02371	0,1111
Image F	65	0,07183	0,02853	0,06041	0,03864	0,1441
Moto S	55	0,06608	0,01852	0,06061	0,03997	0,1147
Moto F	55	0,08426	0,02932	0,08569	0,03608	0,1606
Mix S	60	0,06342	0,02045	0,05714	0,03642	0,1335
Mix F	60	0,09375	0,03763	0,08340	0,05197	0,2052

S (start) – hodnoty vstupního měření; F (final) – hodnoty výstupního měření

P – hodnota změny v čase pro skupinu image (timeF) je 0,1668, tedy statisticky nevýznamná. Došlo ale k statisticky významnému zvýšení RR v čase u skupiny moto (moto:timeF) s hodnotou $p = 0,0000$ a skupiny mix (mix:timeF) s $p = 0,0016$ ve srovnání se skupinou image.

Hodnoty před cvičebním cyklem a po cvičebním cyklu se změnili pouze u dvou ze třech skupin, proto zamítáme hypotézu **H1**: Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách a přijímáme alternativní hypotézu **H0**: Po 14denním cvičení nedojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách. Ve skupině image nedošlo ke statisticky významné změně, a proto zamítáme hypotézu **H2**: První skupina (sk. image), která cvičí pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičí fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu. U skupiny mix a moto došlo k podobné statisticky významné změně a proto přijímáme **H3**: Třetí skupina (sk. mix) cvičí první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

Tabulka č. 4: Recurrence Rate, porovnání vstupních a výstupních hodnot ve skupině a mezi skupinami navzájem pro dominantní končetinu

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylna	P–hodnota
Intercept	0,0677	0,0063	0,0000
Mix	-0,0043	0,0091	0,6436
Moto	-0,0016	0,0093	0,8646
TimeF	0,0041	0,0030	0,1668
Mix:timeF	0,0262	0,0043	0,0000
Moto:timeF	0,0140	0,0044	0,0016

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, timeF – rozdíl průměrné hodnoty vstupního a výstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od interceptu, mix/moto:timeF – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od timeF.

Nedominantní končetina

Průměrná hodnota RR u nedominantní končetiny se po 14denním cvičebním cyklu pro skupinu image změnila z počátečních $0,06914 \pm 0,02686$ na výsledných $0,07430 \pm 0,03362$. U skupiny moto byla změna z $0,06860 \pm 0,01543$ na $0,08031 \pm 0,02594$. Pro skupiny mix hodnoty narostly z počátečních $0,06479 \pm 0,02026$ na $0,08667 \pm 0,02685$. Vše je zobrazeno v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5: Recurrence Rate – model vstupní a výstupní hodnoty pro nedominantní končetinu

Skupina	Počet	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Min	Max
Image S	65	0,06914	0,02686	0,06680	0,02283	0,1280
Image F	65	0,07430	0,03362	0,06074	0,03103	0,1636
Moto S	55	0,06860	0,01543	0,06531	0,04404	0,1026
Moto F	55	0,08031	0,02594	0,07893	0,03033	0,1457
Mix S	60	0,06479	0,02026	0,06174	0,02784	0,1119
Mix F	60	0,08667	0,02685	0,08447	0,04194	0,1522

S (start) – hodnoty vstupního měření; F (final) – hodnoty výstupního měření

P – hodnota změny v čase pro skupinu image (timeF) je 0,0833, je tedy statisticky nevýznamná. Došlo ale k statisticky významnému zvýšení RR v čase u skupiny mix (mix:timeF) s hodnotou $p = 0,0001$ v porovnání se skupinou image.

Hodnoty před cvičebním cyklem a po cvičebním cyklu se změnili pouze u jedné ze třech skupin, proto zamítáme hypotézu **H1**: Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách a přijímáme alternativní hypotézu **H0₁**: Po 14denním cvičení nedojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách. Na rozdíl od dominantní končetiny není rozdíl průměru výstupní hodnoty RR pro skupinu moto ($p = 0,1362$) ve srovnání se skupinou image (timeF) statisticky významný, proto zamítáme hypotézu **H2**: První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu. Skupina mix a moto nedosáhly srovnatelných výsledků, proto zamítáme hypotézu

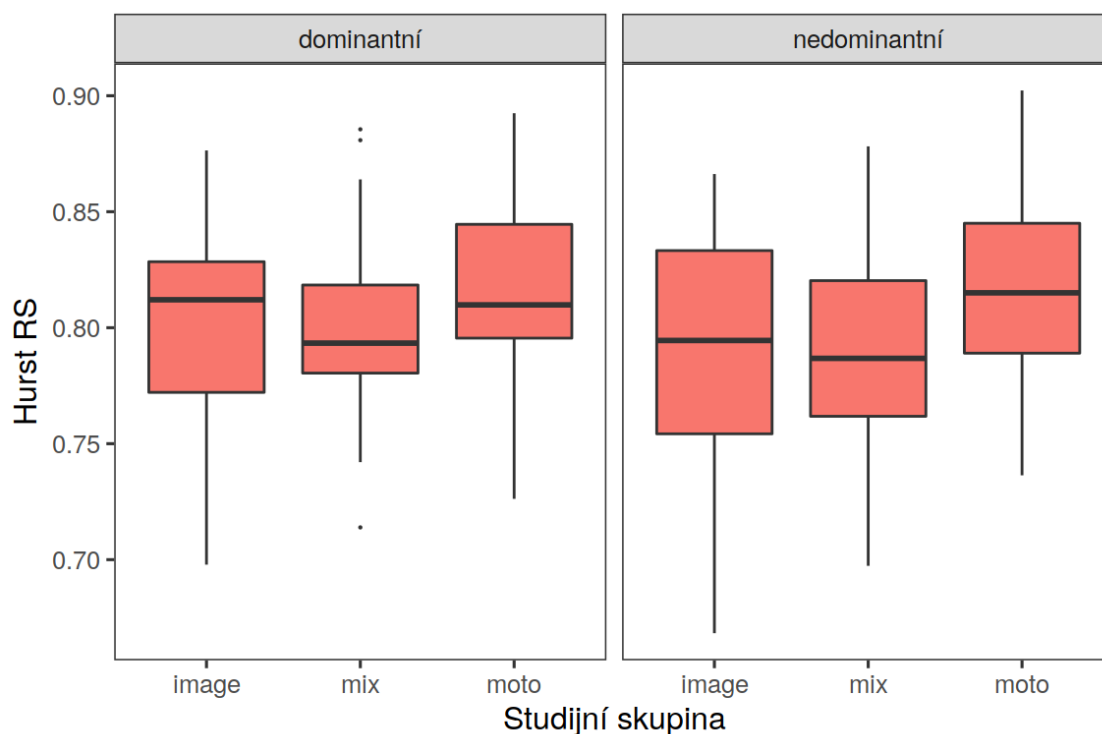
H3: Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

Tabulka č. 6: Recurrence Rate, porovnání vstupních a výstupních hodnot ve skupině a mezi skupinami navzájem pro nedominantní končetinu

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylna	P – hodnota
Intercept	0,0691	0,0059	0,0000
Mix	-0,0044	0,0086	0,6157
Moto	-0,0005	0,0088	0,9505
TimeF	0,0052	0,0030	0,0833
Mix:timeF	0,0167	0,0043	0,0001
Moto:timeF	0,0066	0,0044	0,1362

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, timeF – rozdíl průměrné hodnoty vstupního a výstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od interceptu, mix/moto:timeF – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od timeF.

Vstupní měření HurstRS



Graf č. 4: HurstRS, vstupní měření

Výsledné hodnoty HurstRS před 14denním cvičebním cyklem na dominantní končetině byla pro první skupinu (sk. image) $0,8002 \pm 0,03787$ pro druhou skupinu (sk. moto) $0,8168 \pm 0,03860$ a pro třetí skupinu (sk. mix) $0,7988 \pm 0,03545$. Průměrná hodnota HurstRS před 14denním cvičebním cyklem na nedominantní končetině byla pro první skupinu (sk. image) $0,7874 \pm 0,0527$, pro druhou skupinu (sk. moto) $0,8159 \pm 0,04216$ a pro třetí skupinu (sk. mix) $0,7907 \pm 0,04026$.

Tabulka č. 7: HurstRS, vstupní hodnoty

	Počet	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Min	Max
Image D	65	0,8002	0,03787	0,8120	0,6979	0,8764
Mix D	60	0,7988	0,03545	0,7934	0,7139	0,8855
Moto D	55	0,8168	0,03860	0,8098	0,7262	0,8925
Image ND	65	0,7874	0,05270	0,7945	0,6683	0,8663
Mix ND	60	0,7907	0,04026	0,7868	0,6973	0,8782
Moto ND	55	0,8159	0,04216	0,8150	0,7364	0,9023

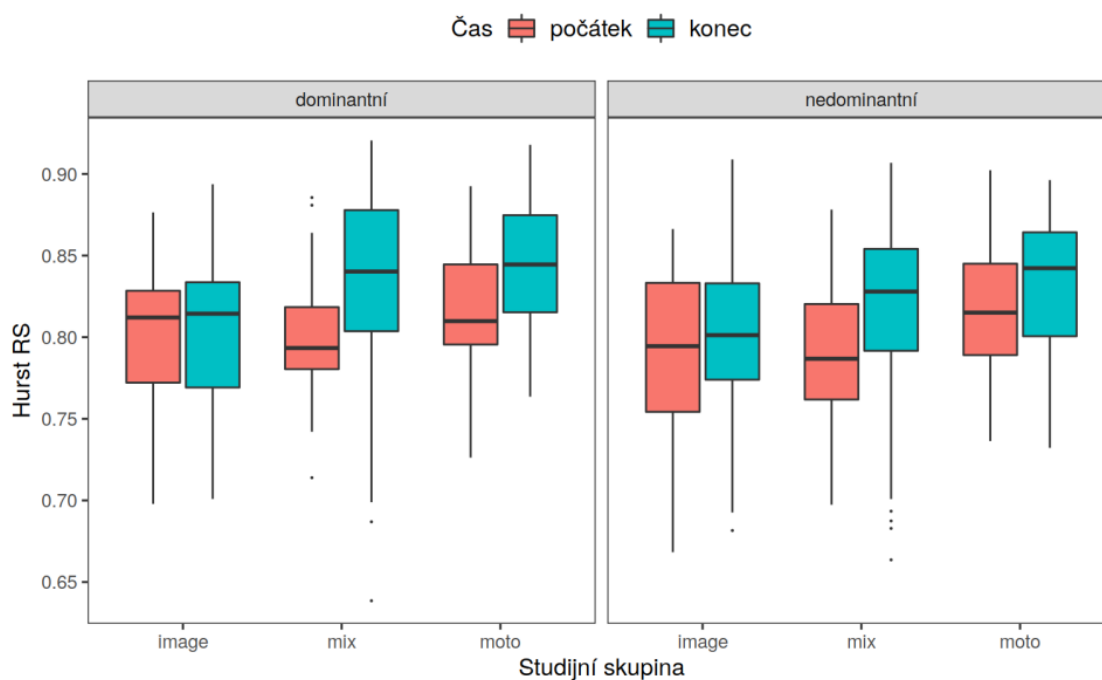
D – dominantní, ND – nedominantní

P – hodnota pro rozdíl mezi skupinami zjištěná pomocí smíšené lineární regrese je 0,2812. P – hodnota mezi interceptem a sk. mix je 0,9530 a pro rozdíl mezi interceptem a sk. moto je 0,1534. Statisticky významný vyšel rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou s hodnotou $p = 0,0009$, proto je důležité měřit a hodnotit tyto parametry pro každou z končetin odděleně. Vše je zobrazeno v tabulce č. 8. Ostatní hodnoty jsou dle stanovené hladiny významnosti statisticky nevýznamné. Hodnotíme tedy randomizaci účastníků ve skupinách jako úspěšnou.

Tabulka č. 8: HurstRS, porovnání vstupních hodnot

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	P–hodnota
Intercept	0,7976	0,0105	0,0000
Mix	0,0009	0,0151	0,9530
Moto	0,0226	0,0154	0,1534
Dominant	-0,0076	0,0023	0,0009

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – průměrný rozdíl o kolik se liší jejich hodnota od interceptu, dominant – průměrný rozdíl mezi dominantní a nedominantní



Graf č. 5: HurstRS – vstupní a výstupní měření

Dominantní končetina

Průměrná hodnota HurstRS u dominantní končetiny se po 14denním cvičebním cyklu pro skupinu image změnila z počátečních $0,8002 \pm 0,03787$ na výsledných $0,8052 \pm 0,04531$. U skupiny moto byla změna z $0,8168 \pm 0,03860$ na $0,8440 \pm 0,03839$. Pro skupiny mix hodnoty narostly z počátečních $0,7988 \pm 0,03545$ na $0,8293 \pm 0,05935$.

Tabulka č. 9: HurstRS, model vstupní a výstupní hodnoty pro dominantní končetinu

Skupina	Počet	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Min	Max
Image S	65	0,8002	0,03787	0,8120	0,6979	0,8764
Image F	65	0,8052	0,04531	0,8144	0,7009	0,8937
Moto S	55	0,8168	0,03860	0,8098	0,7262	0,8925
Moto F	55	0,8440	0,03839	0,8445	0,7636	0,9178
Mix S	60	0,7988	0,03545	0,7934	0,7139	0,8855
Mix F	60	0,8293	0,05935	0,8402	0,6385	0,9205

S (start) – hodnoty vstupního měření; F (final) – hodnoty výstupního měření

P – hodnota změny v čase pro skupinu image (timeF) je 0,3645, tedy statisticky nevýznamná. Došlo ale k statisticky významnému zvýšení RR v čase u skupiny mix (mix:timeF) s $p = 0,0012$ a u skupiny moto (moto:timeF) s hodnotou $p = 0,0059$ v porovnání se skupinou image.

Hodnoty před cvičebním cyklem a po cvičebním cyklu se změnili pouze u dvou ze třech skupin, proto zamítáme hypotézu **H1**: Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách a přijímáme alternativní hypotézu **H0**: Po 14denním cyklu cvičení nedojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách. Ve skupině image nedošlo ke statisticky významné změně, a proto zamítáme hypotézu **H2**: První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu. U skupiny mix a moto došlo k podobné statisticky významné změně a proto přijímáme **H3**: Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

Tabulka č. 10: HurstRS, porovnání vstupních a výstupních hodnot ve skupině a mezi skupinami navzájem pro dominantní končetinu

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	P – hodnota
Intercept	0,8002	0,0095	0,0000
Mix	-0,0015	0,0137	0,9142
Moto	0,0166	0,0141	0,2463
TimeF	0,0049	0,0054	0,3645
Mix:timeF	0,0256	0,0078	0,0012
Moto:timeF	0,0223	0,0080	0,0059

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, timeF – rozdíl průměrné hodnoty vstupního a výstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od interceptu, mix/moto:timeF – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od timeF.

Nedominantní končetina

Průměrná hodnota HurstRS u nedominantní končetiny se po 14denním cvičebním cyklu pro skupinu image změnila z počátečních $0,7874 \pm 0,05270$ na výsledných $0,8036 \pm 0,05071$. U skupiny moto byla změna z $0,8159 \pm 0,04216$ na $0,8323 \pm 0,03958$. Pro skupiny mix hodnoty narostly z počátečních $0,7907 \pm 0,04026$ na $0,8172 \pm 0,05439$.

Tabulka č. 11: HurstRS, porovnání vstupní a výstupní hodnoty pro nedominantní končetinu

Skupina	Počet	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Min	Max
Image S	65	0,7874	0,05270	0,7945	0,6683	0,8663
Image F	65	0,8036	0,05071	0,8012	0,6816	0,9089
Moto S	55	0,8159	0,04216	0,8150	0,7364	0,9023
Moto F	55	0,8323	0,03958	0,8423	0,7322	0,8962
Mix S	60	0,7907	0,04026	0,7868	0,6973	0,8782
Mix F	60	0,8172	0,05439	0,8279	0,6636	0,9068

S (start) – hodnoty vstupního měření; F (final) – hodnoty výstupního měření

P - hodnota pro výstupní měření sk. image je 0,0030. Hodnotíme ji jako statisticky významnou. Z pohledu modelu smíšené lineární regrese hodnota timeF – factor time znamená změnu v čase intercepta v tomto případě sk. image. Rozdíl výstupní hodnoty skupiny mix s $p = 0,1894$ a moto s $p = 0,9976$ se od timeF (výstupní hodnota intercepta, tedy sk. image) statisticky významně neliší. Došlo k statisticky významnému zvýšení HurstRS v čase (timeF – factor time) u všech skupin podobně s nevýznamnou interakcí mezi skupinami, proto přijímáme hypotézu **H1**: Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách a zároveň tedy přijímáme i **H2**: První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu, a hypotézu **H3**: Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se

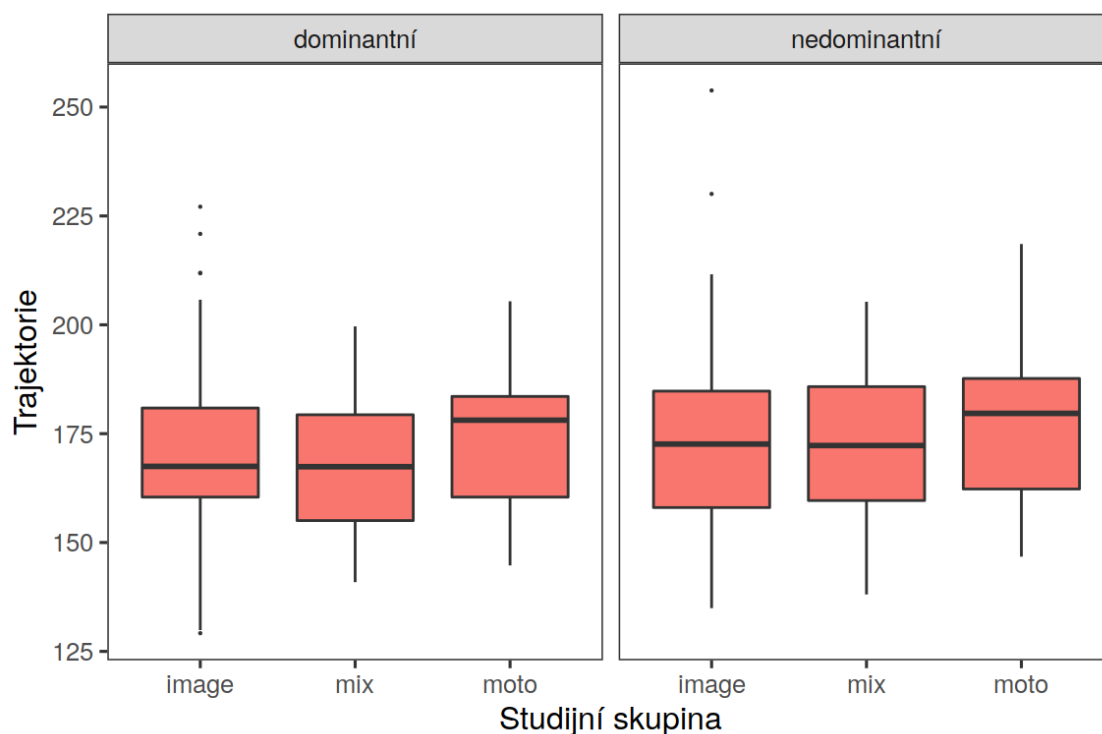
zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

Tabulka č. 12: HurstRS, porovnání vstupních a výstupních hodnot ve skupině a mezi skupinami navzájem pro nedominantní končetinu

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	P – hodnota
Intercept	0,7874	0,0110	0,0000
Mix	0,0033	0,0159	0,8372
Moto	0,0285	0,0162	0,0884
TimeF	0,0162	0,0054	0,0030
Mix:timeF	0,0103	0,0078	0,1894
Moto:timeF	0,0002	0,0080	0,9776

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, timeF – rozdíl průměrné hodnoty vstupního a výstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od interceptu, mix/moto:timeF – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od timeF.

Vstupní měření trajektorie



Graf č. 6: Trajektorie – vstupní měření

Průměrná hodnota trajektorie (TLPLa) před 14denním cvičebním cyklem na dominantní končetině byla pro první skupinu (sk. image) $168,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 21,53$ pro druhou skupinu (sk. moto) $174,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 16,56$ a pro třetí skupinu (sk. mix) $167,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 14,18$. Průměrná hodnota trajektorie (TLPLa) před 14denním cvičebním cyklem na nedominantní končetině byla pro první skupinu (sk. image) $173,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 21,77$, pro druhou skupinu (sk. moto) $176,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 16,9$ a pro třetí skupinu (sk. mix) $172,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 17,49$.

Tabulka č. 13: trajektorie, vstupní hodnoty

	Počet	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Min	Max
Image D	65	168,4	21,53	167,5	129,2	227,1
Mix D	60	167,3	14,18	167,4	140,9	199,6

Moto D	55	174,2	16,56	178,1	144,7	205,4
Image ND	65	173,3	21,77	172,6	134,9	253,8
Mix ND	60	172,5	17,49	172,3	138,1	205,3
Moto ND	55	176,1	16,90	179,7	146,8	218,6

D – dominantní, ND – nedominantní

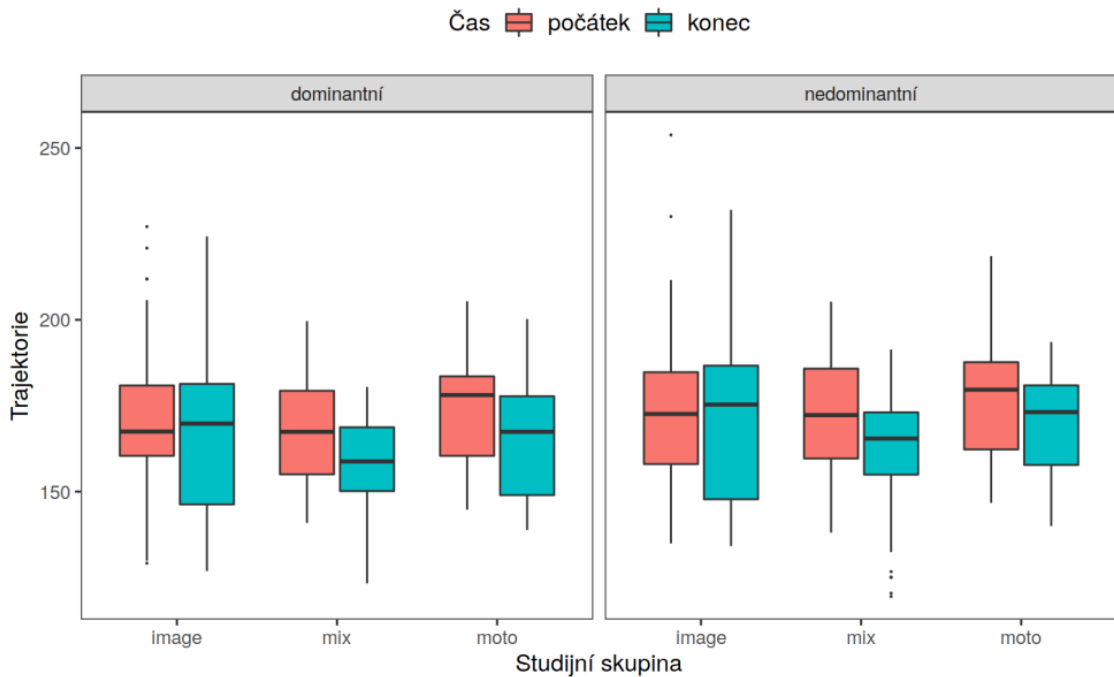
P – hodnota TLPLa zjištěná pomocí smíšené lineární regrese mezi jednotlivými účastníky ve skupině je 0,7379. P – hodnota mezi interceptem a sk. mix je 0,8901 a mezi interceptem a sk. moto $p = 0,5425$. Statisticky významný je rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou s hodnotou $p = 0,0000$, proto je důležité hodnotit naměřené parametry odděleně. Vše je zobrazeno v tabulce č. 14. Ostatní hodnoty jsou dle stanovené hladiny významnosti statisticky nevýznamné, proto hodnotíme, že randomizace účastníků ve skupinách byla úspěšná.

Tabulka č. 14: trajektorie, porovnání vstupních hodnot

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	P – hodnota
Intercept	168,7878	4,8031	0,0000
Mix	-0,9617	6,9040	0,8901
Moto	4,3477	7,0653	0,5425
Dominant	4,1149	0,8738	0,0000

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – průměrný rozdíl o kolik se liší jejich hodnota od interceptu, dominant – průměrný rozdíl mezi dominantní a nedominantní

Vstupní a výstupní měření trajektorie



Graf č. 7: trajektorie – vstupní a výstupní měření

Dominantní končetina

Průměrná hodnota trajektorie u dominantní končetiny se po 14denním cvičebním cyklu pro skupinu image změnila z počátečních $168,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 21,53$ na výsledných $166,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 23,42$. U skupiny moto byla změna z $174,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 16,56$ na $165,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 17,02$. Pro skupinu mix hodnoty klesly z počátečních $167,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 14,18$ na $156,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 13,94$.

Tabulka č. 15: TLPLa – trajektorie, model vstupní a výstupní hodnoty pro dominantní končetinu

Skupina	Počet	Průměrná	Směrodatná	Medián	Min	Max
		hodnota	odchylka			
		$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]
Image S	65	168,4	21,53	167,5	129,2	227,1
Image F	65	166,6	23,42	169,8	126,9	224,3
Moto S	55	174,2	16,56	178,1	144,7	205,4
Moto F	55	165,5	17,02	167,4	138,8	200,2
Mix S	60	167,3	14,18	167,4	140,9	199,6
Mix F	60	156,8	13,94	158,8	123,3	180,5

S (start) – hodnoty vstupního měření; F (final) – hodnoty výstupního měření

P – hodnota změny v čase pro skupinu image (timeF) je 0,3199, tedy statisticky nevýznamná. Došlo ale k statisticky významnému snížení trajektorie v čase u skupiny mix (mix:timeF) s $p = 0,0009$ a skupiny moto (moto:timeF) s hodnotou $p = 0,0089$ v porovnání se skupinou image.

Hodnoty před cvičebním cyklem a po cvičebním cyklu se změnili pouze u dvou ze třech skupin, proto zamítáme hypotézu **H1**: Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách a přijímáme alternativní hypotézu **H0**: Po 14denním cyklu cvičení nedojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách. Ve skupině image nedošlo ke statisticky významné změně, a proto zamítáme hypotézu **H2**: První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu. U skupiny mix a moto došlo k podobné statisticky významné změně a proto přijímáme **H3**: Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

Tabulka č. 16: TLPLa – trajektorie, srovnání vstupních a výstupních hodnot ve skupině a mezi skupinami navzájem pro dominantní končetinu

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	P – hodnota
	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	
Intercept	168,368	4,541	0,0000
Mix	-1,106	6,554	0,8670
Moto	5,878	6,708	0,3872
TimeF	-1,787	1,793	0,3199
Mix:timeF	-8,701	2,589	0,0009
Moto:timeF	-6,973	2,649	0,0089

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, timeF – rozdíl průměrné hodnoty vstupního a výstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od interceptu, mix/moto:timeF – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od timeF.

Nedominantní končetina

Průměrná hodnota trajektorie u nedominantní končetiny se po 14denním cvičebním cyklu pro skupinu image změnila z počátečních $173,3 m \cdot s^{-2} \pm 21,77$ na výsledných $170,6 m \cdot s^{-2} \pm 22,04$. U skupiny moto byla změna z $176,1 m \cdot s^{-2} \pm 16,90$ na $168,8 m \cdot s^{-2} \pm 15,29$. Pro skupinu mix hodnoty klesly z počátečních $172,5 m \cdot s^{-2} \pm 17,49$ na $162,6 m \cdot s^{-2} \pm 16,49$.

Tabulka č. 17: TLPLa – trajektorie, model vstupní a výstupní hodnoty pro nedominantní končetinu

Skupina	Počet	Průměrná	Směrodatná	Medián	Min	Max
		hodnota	odchylka			
		$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]
Image S	65	173,3	21,77	172,6	134,9	253,8
Image F	65	170,6	22,04	175,3	134,2	232,0
Moto S	55	176,1	16,90	179,7	146,8	218,6
Moto F	55	168,8	15,29	173,1	140,0	193,5
Mix S	60	172,5	17,49	172,3	138,1	205,3
Mix F	60	162,6	16,49	165,4	119,5	191,4

S (start) – hodnoty vstupního měření; F (final) – hodnoty výstupního měření

P – hodnota změny v čase pro skupinu image (timeF) je 0,142, je tedy statisticky nevýznamná. Došlo ale k statisticky významnému snížení trajektorie v čase u skupiny mix (mix:timeF) s hodnotou $p = 0,0088$ v porovnání se skupinou image. V porovnání s dominantní končetinou rozdíl průměru výstupní hodnoty trajektorie pro skupinu moto ($p = 0,0977$) ve srovnání se skupinou image (timeF) není statisticky významný.

Hodnoty před cvičebním cyklem a po cvičebním cyklu se změnili pouze u jedné ze třech skupin, proto zamítáme hypotézu **H1**: Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách a přijímáme alternativní hypotézu **H0**: Po 14denním cvičení nedojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách. Ve skupině image a moto nedošlo ke statisticky významné změně, a proto zamítáme hypotézu **H2**: První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu. U skupiny mix a moto nedošlo k podobné statisticky významné změně a proto zamítáme hypotézu **H3**: Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

Tabulka č. 18: TLPLa – trajektorie, srovnání vstupních a výstupních hodnot ve skupině a mezi skupinami navzájem pro nedominantní končetinu

	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	P – hodnota
	$\cdot s^{-2}$ [m]	$\cdot s^{-2}$ [m]	
Intercept	173,3222	4,592	0,0000
Mix	-0,8175	6,629	0,9026
Moto	2,8177	6,784	0,6806
TimeF	-2,7670	1,880	0,142
Mix:timeF	-7,1550	2,713	0,0088
Moto:timeF	-4,6119	2,776	0,0977

Intercept – průměrná hodnota vstupního měření účastníka sk. image, timeF – rozdíl průměrné hodnoty vstupního a výstupního měření účastníka sk. image, mix/moto – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od interceptu, mix/moto:timeF – rozdíl o kolik se liší jejich průměrná hodnota od timeF.

5 DISKUZE

5.1. Teoretická část

V teoretické části práce je uvedeno, že pro pochopení motorického učení je důležité brát v potaz jeho principy a faktory, na kterých jsou založeny všechny procesy učení. Jak se nové informace ukládají do paměti, aby se staly užitečnými. Učení je proces získávání nových informací a dovedností a je jednou z hlavních hnacích sil plasticity CNS. Stimuluje tvorbu nových synapsí a zejména posiluje a propojuje již existující spojení v celém mozku. Pro tento proces je nezbytný přechod (přepis) informací z krátkodobé (pracovní) paměti do té dlouhodobé. Teoretici dělí učení na dvě základní skupiny, implicitní a explicitní. Oba typy učení vedou k fyziologickým změnám v synapsích na všech úrovních (spinální, subkortikální a kortikální). Implicitní procedurální učení probíhá metodou pokusu a omylu na základě propioceptivní a exteroceptivní zpětné vazby. Důležitým faktorem je pozornost neboli vnímání během procesu učení. Důkazem či výsledkem procesního učení je zlepšení výkonu, pohybu, tedy dovednosti v čase. Nervové struktury zodpovědné a nezbytné pro implicitní učení jsou frontální a parietální mozková kůra, mozeček, amygdala a bazální ganglia. Explicitní učení je založeno na pozornosti a vědomém myšlení, řízeno mediální temporální kůrou, diencephalem a hippocampem. Motorické učení dosahuje vysoké efektivity, pokud se explicitní kombinuje s implicitním. Jakmile dojde k osvojení (automaticnosti) nového pohybu, dovednosti, sníží se potřeba pozornosti a stává se tak méně námahovou. Zpětná vazba má za cíl podporovat dosahování cílů, poskytovat informace o kvalitě prováděné akce a konsolidovat její výkonnost (pozitivní posilování, ať už verbální nebo neverbální, vede k většímu pokroku v učení než negativní posilování). Jelikož zpětná vazba může vytvářet závislost v procesu učení, terapeut ji musí být schopen poskytnout pouze v případě potřeby. Představa pohybu a pohybová představa můžou být dalšími podpůrnými faktory v rámci motorického učení. Předpokládá se, že představa aktivuje stejné oblasti a neuronální síť jako samotné provedení pohybu, zejména pokud byla dovednost již dříve procvičována. Dle studií tedy dochází k vyšší efektivitě učení nové dovednosti i k jejímu udržení. V praxi tedy lze využít tento efekt jak u sportu, tak v terapiích pacientů. Neméně důležitým faktorem ovlivňujícím učení je spánek, kdy dochází ke konsolidaci paměti. Kvalita spánku

významně ovlivňuje a chrání před fyzickou a neuronální únavou spojenou s učením a cvičením.

5.2. Praktická část

Cílem studie je zjistit, jakou roli má představa pohybu při nácvičku nových motorických pohybů. V jaké míře a ve kterých parametrech se budou skupiny využívající různých principů učení lišit.

Byly sledovány změny v parametrech Recurrence rate (RR), HurstRS a TLPLa na lineární rychlost, vypočtené z komponent X, Y a Z.

Vybraný soubor zahrnuje 36 dobrovolníků, kteří cvičili denně po dobu 14 dní pod mým vedením přes platformu Zoom. V rozsahu 1 až 3 dní před a 1 až 3 dní po zahájení 14denního cvičebního cyklu absolvovali vstupní a výstupní vyšetření. Dobrovolníci byli rozděleni do skupin randomizovaným způsobem pomocí generátoru náhodných čísel, separovaně dle dominantní končetiny. Myšlenkou bylo zachovat přibližně stejný počet leváků a praváků v každé ze skupin. Ve studii se dle subjektivního hodnocení (vlastního určení dobrovolníka) účastnilo 30 dobrovolníků s pravou a 6 s levou dominantní horní končetinou. Dle výsledků Edinburského dotazníku pro stanovení dominantní končetiny – krátké verze – jsme dospěli k následujícímu závěru: 27 účastníků studie dosáhlo $LQ > +40$, což znamená dominanci pravé končetiny, 4 účastníci získali $LQ < -40$, mají tedy dominantní levou končetinu. Celkem 5 dobrovolníků s výsledkem LQ mezi -40 a $+40$ nemá žádnou stranovou dominanci, subjektivně se ale 3 z nich považují za praváky a 2 za leváky.

Vědecké pochopení faktoru individuality ovlivňující proces učení zůstává i přes více než 100 let výzkumu omezené. Porozumění, jak je možné predikovat osobní potenciál v dovednostech jakéhokoli charakteru, ať už jde o pohybové, umělecké nebo jiné dovednosti, ve kterých motorická zručnost hraje významnou roli. Omezenost našeho chápání vyplývá z problému v metodologii měření těchto rozdílů v rámci individuality. Statistický přístup smíšené regresní lineární analýzy nám přináší několik výhod ve srovnání s tradiční analýzou ANOVA, která v současnosti stále dominuje ve výzkumu motorického učení (Lohse, Shem a Kowlowski, 2020).

Vzhledem k faktu, že pro každého testovaného účastníka máme pět opakovaných měření, používáme mezi časovými okamžiky smíšený model lineární regrese, se

studijní skupinkou, okamžikem měření, a jejich interakcí jako pevnými faktory a s identifikátorem testovaného účastníka jako náhodným interceptem. Intercept je v podstatě průměrná hodnota počátečních hodnot účastníka ze skupiny image. Člen timeF nám vyhodnocuje průměrnou změnu v čase pro skupinu image. Jestli se od sebe jednotlivé skupiny po 14denním cvičení statisticky významně liší, záleží na rozdílu koncové hodnoty (průměrná změna v čase) srovnávané skupiny proti koncové hodnotě skupiny image (timeF) (Pavlíková, 2022).

Dle výsledků vstupního měření zjišťujeme stav na počátku, zda se v parametrech (RR, HurstRS, TLPLa) skupiny neliší. Oddělujeme hodnoty dle dominance, případně dle strany (pravá/levá). Randomizace byla úspěšná a skupiny se u žádného z parametru významně neliší.

Při srovnání výsledku dle dominance a dle strany dochází k menším odchýlkám. Počáteční hodnoty v parametru RR se mezi skupinami neliší jak u dominantní, tak nedominantní. Podobně je to i v případě posuzování pravá/levá, kdy se výsledky mezi skupinami neliší, ale jejich hodnoty jsou celkově statisticky významně vyšší u levé ruky ($p = 0,0002$). U parametrů HurstRS a TLPLa se počáteční hodnoty také statisticky významně liší, jak u nedominantní ruky s hodnotou $p = 0,0009$ pro HurstRS a $p = 0,0000$ pro trajektorii, tak i u levé ruky s hodnotou $p = 0,0000$ u obou z parametrů. Zde je tedy důkazem, že regresní model umožňující “párové“ porovnávání slouží k odstínění těchto počátečních rozdílů.

Důvodem by mohla být většinová dominance pravé ruky účastníků (30), u které není pohyb tak chaotický a nepřesný jako u levé, jež z ohledu motorického řízení může být slabší nebo méně šikovná.

Studie se účastnili praváci i leváci, ovšem jejich počet je v nerovnováze. V práci interpretují výsledky měření dle dominance.

Třináct účastníků první skupiny (sk. image) cvičilo celý 14denní cyklus pouze v představě. Průměrná hodnota RR se u dominantní končetiny pro skupinu image změnila z počátečních $0,0679 \pm 0,02171$ na výsledných $0,07183 \pm 0,02853$. P – hodnota změny v čase pro skupinu image (timeF) je 0,1668. Průměrná hodnota HurstRS se zvýšila z počátečních $0,8002 \pm 0,03787$ na výsledných $0,8052 \pm 0,04531$. P – hodnota (timeF) je 0,3645. Průměrná hodnota trajektorie se snížila z počátečních $168,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 21,53$ na výsledných $166,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 23,42$. P – hodnota

(timeF) je 0,3199. Ve skupině image nedošlo ke statisticky významné změně v žádném z měřených parametrů. Zamítáme hypotézu **H2**: První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu.

Deset účastníků druhé skupiny (sk. moto) cvičilo celý 14denní cyklus fyzickým prováděním pohybu (modifikované 1. diagonály horní končetiny z metodiky PNF – mod. 1. D. HKK PNF). Průměrná hodnota RR u dominantní končetiny pro skupinu moto se zvedla z počátečních $0,06608 \pm 0,01852$ na $0,08426 \pm 0,02932$, s hodnotou $p = 0,0000$ (moto:timeF). Průměrná hodnota HurstRS se změnila z počátečních $0,8168 \pm 0,03860$ na $0,8440 \pm 0,03839$, s hodnotou $p = 0,0059$ (moto:timeF). Průměrná hodnota trajektorie se snížila z počátečních $174,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 16,56$ na $165,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 17,02$, s hodnotou $p = 0,0089$ (moto:timeF). U skupiny moto došlo ke statistickému významné změně v čase ve všech měřených parametrech.

Dvanáct účastníků třetí skupiny (sk. mix) cvičilo celý 14denní cyklus, 7 dní pouze v představě a následně 7 dní fyzickým prováděním pohybu (mod. 1. D. HKK PNF). Průměrná hodnota RR u dominantní končetiny pro skupinu mix narostla z počátečních $0,06342 \pm 0,02045$ na $0,09375 \pm 0,03763$. Došlo ke statisticky významnému zvýšení RR v čase (mix:timeF) s $p = 0,0016$. Průměrná hodnota HurstRS narostla z počátečních $0,7988 \pm 0,03545$ na $0,8293 \pm 0,05935$, $p = 0,0012$. Průměrná hodnota trajektorie klesla z počátečních $167,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 14,18$ na $156,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \pm 13,94$, s hodnotou $p = 0,0009$ (mix:timeF).

U skupin mix a moto došlo k podobné statisticky významné změně ve všech parametrech a proto přijímáme hypotézu **H3**: Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou. U skupiny image jako jediné, nedošlo k statisticky významnému zlepšení, proto zamítáme hypotézu **H2**: První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu.

V případě nedominantní končetiny výsledky měření dopadly následovně. V první skupině (sk. image) se průměrná hodnota RR u nedominantní končetiny po 14denním cvičebním cyklu změnila z počátečních $0,06914 \pm 0,02686$ na výsledných $0,07430 \pm 0,03362$. P – hodnota změny v čase (timeF) je 0,0833, tedy statisticky nevýznamná. Průměrná hodnota HurstRS se změnila z počátečních $0,7874 \pm 0,05270$ na výsledných $0,8036 \pm 0,05071$. Došlo ke statisticky významnému zvýšení HurstRS v čase (timeF – factor time) u všech skupin podobně s nevýznamnou interakcí mezi skupinami. Průměrná hodnota trajektorie klesla z počátečních $173,3 m \cdot s^{-2} \pm 21,77$ na výsledných $170,6 m \cdot s^{-2} \pm 22,04$. P – hodnota (timeF) změny v čase je 0,142, tedy statisticky nevýznamná.

Průměrná hodnota RR u nedominantní končetiny pro skupinu moto se změnila z $0,06860 \pm 0,01543$ na $0,08031 \pm 0,02594$. P – hodnota (moto:timeF) změny v čase pro skupinu moto je 0,1362, je tedy statisticky nevýznamná. Na rozdíl od dominantní končetiny není statisticky významná změna v čase v měřeném parametru (RR) pro tuto skupinu ($p = 0,1362$) ve srovnání se skupinou image (timeF). Průměrná hodnota HurstRS u nedominantní končetiny pro skupinu moto se změnila z $0,8159 \pm 0,04216$ na $0,8323 \pm 0,03958$. P – hodnota (moto:timeF) změny v čase pro skupinu moto ve srovnání se skupinou image (timeF) je 0,9776. Hodnota p je tedy statisticky nevýznamná, což potvrzuje nevýznamnou interakci mezi skupinami navzájem. Průměrná hodnota trajektorie klesla z počátečních $176,1 m \cdot s^{-2} \pm 16,90$ na $168,8 m \cdot s^{-2} \pm 15,29$. P – hodnota trajektorie (moto:timeF) je 0,0977. Ve srovnání se skupinou image (timeF) není tedy statisticky významná.

Průměrná hodnota RR u nedominantní končetiny pro skupinu mix se změnila z počátečních $0,06479 \pm 0,02026$ na $0,08667 \pm 0,02685$. Došlo ke statisticky významnému zvýšení RR v čase (mix:timeF) s hodnotou $p = 0,0001$ v porovnání se skupinou image (timeF). Průměrná hodnota HurtsRS narostla z počátečních $0,7907 \pm 0,04026$ na $0,8172 \pm 0,05439$. P – hodnota změny v čase pro skupinu mix ve srovnání se skupinou image (timeF) je 0,1894. Hodnota p je statisticky nevýznamná, což potvrzuje stejné zlepšení v čase pro všechny skupiny. Průměrná hodnota trajektorie klesla z počátečních $172,5 m \cdot s^{-2} \pm 17,49$ na $162,6 m \cdot s^{-2} \pm 16,49$. Došlo ke statisticky

významnému snížení trajektorie v čase (mix:timeF) s hodnotou $p = 0,0088$ v porovnání se skupinou image (timeF). Lze tedy tvrdit, že u nedominantní končetiny ve skupině mix jako u jediné došlo ke statisticky významnému zlepšení v čase ve všech parametrech.

Na základě výše uvedené interpretace výsledků pro nedominantní končetinu přijímáme všechny tři hypotézy, ale pouze po parametr Hurst RS. **H1:** Po 14denním cvičení dojde ke zlepšení kvality provedení pohybu ve všech skupinách. Zároveň tedy přijímáme i **H2:** První skupina (sk. image), která cvičila pouze v představě se zvukovou nahrávkou po dobu 14 dní, dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto), která cvičila fyzicky se zvukovou nahrávkou po stejnou dobu. Také hypotézu **H3:** Třetí skupina (sk. mix) cvičila první týden pomocí imaginace a druhý týden fyzicky se zvukovou nahrávkou. Po 14 dnech dosáhne srovnatelných výsledků jako druhá skupina (sk. moto) cvičící stejně dlouho fyzicky se zvukovou nahrávkou.

Na výsledcích lze také vidět zlepšení v čase ve všech parametrech a skupinách, i když na základě smíšené lineární regrese nejsou všechny zlepšení statisticky významné.

Nenašla jsme žádnou studii, kde by výzkumníci srovnávali vizuální a zvukovou nahrávku za účelem navození představivosti a vedení cvičení. Na základě výsledků této práce bych navrhovala prozkoumat a porovnat, jak se liší skupina, která cvičí za pomoci aktivního pozorování (video nahrávky nebo cvičení pomocí vizuální ukázky pohybu) a skupina, která si pohyb představuje pomocí zvukové nahrávky. Taktéž je důležité brát v potaz intenzitu (počet opakování) a délku cvičení (např. Týden, měsíc apod.). Dalším faktorem, který zrcadlí efektivitu učení, je udržení si dovednosti a zachování její kvality provedení po uplynutém čase (jak se kvalita pohybu mění po určité době). Posledním neméně důležitým faktorem je forma měření a interpretace dat. Většina výzkumů měří mozkovou aktivitu, která je bezpochyby důležitá pro pochopení motorického učení a je tedy základním stavebním kamenem. Následně by bylo zapotřebí teoretické předpoklady ověřit v praxi a interpretaci dat vyhodnotit jejich korelace.

5.3. Limity práce

Největším limitem této práce byla technická a časová náročnost měření, zpracování a interpretování dat. V dnešní době existuje relativně široká škála způsobů a prostředků pro měření pohybu. Víceméně každý způsob má i své negativní stránky, ať už jde

o velikost přístroje, cenu, kvalitu a přesnost měření, nedostupnost apod. Vzhledem k okolnostem, že výstupní data (měřených parametrů), jejich kvalita a přesnost se liší, dosud neexistuje dostatečný počet studií a výzkumů, na základě kterých bychom mohli stavět a následně výsledky porovnávat. Druhým limitem je stále neobjasněné téma motorického učení, tvorby motorických programů a jejich aplikaci v rehabilitaci. Neexistuje tedy návod nebo vzor, podle kterého bychom mohli sjednotit terapie či cvičení (jejich intenzitu, délku, počet opakování, typ cvičení apod.).

I přes velkou podporu všech zainteresovaných (již zmíněných v poděkování), jejich teoretické i praktické rady, konzultace, pomoc ve statistice a interpretaci dat, byla časová náročnost a provedení této studie pro mě jako studentku náročná. Vzhledem k výběru tématu, jehož aplikace v rehabilitaci je i přes pokročilou moderní dobu, rozvoj neurověd a technologií dosud v plenkách, bylo zapotřebí vymyslet kompletní plán studie na základě dosavadních teoreticko–praktických poznatků z obou odvětví. S ohledem na mé možnosti a kapacity jako studentky denního studia a následně plně zaměstnanou v oboru. V obou případech byla veškerá práce na studii včetně měření a vedení online cvičení prováděna ve volném čase. I přes náročnost celého projektu jsem měla možnost vyzkoušet si vedení malé studie se vším, co to obnáší, na téma, které jsem si sama vybrala a propojit tak mé dva nejoblíbenější světy. Fyzioterapii a neurovědu.

6 ZÁVĚR

Vědecké chápání individuálních rozdílů ovlivňujících učení zůstává i přes více než 100 let výzkumu omezené. Odhalení těchto faktorů by umožnilo chápání procesů učení se novým motorickým dovednostem. Porozumění individuality a variability v motorickém učení by poskytlo lepší pochopení potřeb každého jedince k dosažení co nejlepšího efektu učení a přispělo tak k rozvoji jeho potenciálu výběrem a aplikací správné metodiky a adekvátní intenzity.

V posledních dvou desetiletích mnoho výzkumů zdůraznilo možné výhody představivosti v motorickém učení. Představivost je facilitační technikou a může být prováděna několika způsoby. Dosud ale není jasno, který ze způsobů je nejefektivnější. Jak intenzivně a v jakých případech použít tuto techniku k dosažení pozitivního efektu, ať už jde o děti, sportovce, běžnou populaci nebo pacienty, zůstává i nadále nezodpovězenou otázkou. Na základě poznatků z důkladnějších výzkumů, kombinace různých technik přispívá ke zlepšení výsledku, o čemž svědčí i výstup této práce.

Skupina mix, tedy účastníci cvičící kombinovaně v představě a motorickým provedením pohybu, dosáhla celkově nejlepšího výsledku pro obě končetiny. Cvičením pouze v představě (sk. image) nebylo v této studii prokázáno statisticky významné zlepšení u žádné z končetin ve srovnání s ostatními skupinami.

REFERENČNÍ SEZNAM

- ABERNETHY, Bruce; KIPPERS, Vaughan; HANRAHAN, Stephanie J. *Biophysical foundations of human movement*. Human Kinetics, 2013.
- ADAMS, Jack A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*, 1971, 3.2: 111-150.
- ATKINSON, Richard C.; SHIFFRIN, Richard M. Human memory: A proposed system and its control processes. In: *Psychology of learning and motivation*. Academic press, 1968. p. 89-195.
- BASTLOVÁ, Petra. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace*. Univerzita Palackého v Olomouci, 2018.
- CANO DE LA CUERDA, Roberto; COLLADO VÁZQUEZ, Susana. *Neurorrehabilitación: métodos específicos de valoración y tratamiento*. Editorial Médica Panamericana, 2012.
- CANO-DE-LA-CUERDA, Roberto, et al. Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorrehabilitación. *Neurología*, 2015, 30.1: 32-41.
- CARRASCO, D. García; CANTALAPIEDRA, J. Aboitiz. Efectividad de la imaginación o práctica mental en la recuperación funcional tras el ictus: revisión sistemática. *Neurología*, 2016, 31.1: 43-52.
- ČÁP, Jan. *Psychologie výchovy a vyučování*. Karolinum, 1993.
- DISPENZA, Joe. *Evolve your brain: The science of changing your mind*. Health Communications, Inc., 2008.
- DOVALIL, Josef, et al. Výkon a trénink ve sportu [Performance and training in sport]. *Praha: Olympia*, 2002.
- EAVES, Daniel L., et al. Motor imagery during action observation: a brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Frontiers in neuroscience*, 2016, 10: 514.

- FLORES, A. Feedback and motor learning: influence of actions taken prior to the receipt of the knowledge of the results in the learning and retention of motor skills [doctoral thesis]. *Barcelona: Universitat de Barcelona*, 2005.
- FUJIWARA, Kengo, et al. A method for using video presentation to increase the vividness and activity of cortical regions during motor imagery tasks. *Neural Regeneration Research*, 2021, 16.12: 2431.
- GILLERNOVÁ, Ilona. *Slovník základních pojmů z psychologie*. Fortuna, 2000.
- HALADOVÁ, E.; NECHVÁTALOVÁ, L. *Vyšetřovací metody hybného systému*, 2. vyd. Brno, Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů, 2008. *Goniometrie-páteř*. ISBN 80-7013-393-7.
- HOLUBÁŘOVÁ, Jiřina; PAVLŮ, Dagmar. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace I. část*. Charles University in Prague, Karolinum Press, 2014.
- JEANNEROD, Marc. Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*, 1995, 33.11: 1419-1432.
- JEANNEROD, Marc. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain sciences*, 1994, 17.2: 187-202.
- JEANNEROD, Marc. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain sciences*, 1994, 17.2: 187-202.
- KEYSERS, Christian. *The empathic brain: How the discovery of mirror neurons changes our understanding of human nature*. Lulu. com, 2011.
- KEYSERS, Christian; GAZZOLA, Valeria. Social neuroscience: mirror neurons recorded in humans. *Current biology*, 2010, 20.8: R353-R354.
- KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. Karolinum, 2002.
- LANDERS, Daniel M. The effects of mental practice on motor skill learning and performance: A meta-analysis. *Journal of sport psychology*, 1983, 5.1.
- LEVIN, Mindy F.; DEMERS, Marika. Motor learning in neurological rehabilitation. *Disability and rehabilitation*, 2021, 43.24: 3445-3453.

- LOHSE, Keith R.; SHEN, Jincheng; KOZLOWSKI, Allan J. Modeling longitudinal outcomes: A contrast of two methods. *Journal of motor learning and development*, 2020, 8.1: 145-165.
- MAGILL, Richard; ANDERSON, David I. *Motor learning and control*. New York: McGraw-Hill Publishing, 2010.
- MASTOS, Mary, et al. Goal-directed training: linking theories of treatment to clinical practice for improved functional activities in daily life. *Clinical rehabilitation*, 2007, 21.1: 47-55.
- NEULS, Filip. *Nervové řízení motoriky* [online]. 01.10.2019 Copyright © DocPlayer.cz [cit. 23.05.2023]. Dostupné z <https://docplayer.cz/31612747-Nervove-rizeni-motoriky-zpracoval-filip-neuls-ph-d.html>
- NEWELL, Karl M. Motor skill acquisition. *Annual review of psychology*, 1991, 42.1: 213-237.
- PAVLÍKOVÁ, Markéta, statistička [ústní sdělení]. Praha, 2.7.2022.
- PAVLŮ, Dagmar. *Speciální fyzioterapeutické, koncepty a metody: Koncepty a metody spočívající převážně na neurofyziologické bázi. I*. Cerm, 2003.
- R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RIZZOLATTI, Giacomo; CRAIGHERO, Laila. The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 2004, 27.1: 169-192.
- ROSSIGNOL, Serge; DUBUC, Réjean; GOSSARD, Jean-Pierre. Dynamic sensorimotor interactions in locomotion. *Physiological reviews*, 2006, 86.1: 89-154.
- RYCHTECKÝ, A. Proces vzdělávání a výchovy v tělesné výchově-Senzomotorické učení. *Rychtecký, A., & Fialová, L.(2000). Didaktika školní tělesné výchovy,*
- SHUMWAY-COOK AWOOLLACOTT, M. H. *Motor control: translating research into clinical practice*. 2017.
- SHUMWAY-COOK, Anne; WOOLLACOTT, Marjorie H. Theory and practical applications. *Motor control*, 1995, 89-90.

- SHUMWAY-COOK, Anne; WOOLLACOTT, Marjorie H. *Motor control: translating research into clinical practice*. Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- SHUMWAY-COOK, Anne; WOOLLACOTT, Marjorie. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *Journals of Gerontology-Biological Sciences and Medical Sciences*, 2000, 55.1: M10.
- SCHMIDT, Richard A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review*, 1975, 82.4: 225.
- SCHMIDT, Richard A.; LEE, Timothy D. *Motor control and learning: a behavioral emphasis 4th edition*. Champaign, Ill, Human Kinetics, 2005.
- SCHMIDT, Richard A.; WRISBERG, Craig A. *Motor Learning and Performance: From Principles to Practice* (Champaign, IL. IL. Illinois: Human Kinetics Books, 1991.
- SCHMIDT, Richard A.; WRISBERG, Craig A. *Motor learning and performance: A situation-based learning approach*. Human kinetics, 2008.
- SCHMIDT, Richard; LEE, Tim. *Motor learning and performance 6th edition with web study guide-loose-leaf edition: From principles to application*. Human Kinetics Publishers, 2019.
- SQUIRE, Larry R. Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory*, 2004, 82.3: 171-177.
- SULLIVAN, Katherine J.; KANTAK, Shailesh S.; BURTNER, Patricia A. Motor learning in children: feedback effects on skill acquisition. *Physical therapy*, 2008, 88.6: 720-732.
- THÉORET, Hugo; PASCUAL-LEONE, Alvaro. Language acquisition: do as you hear. *Current Biology*, 2002, 12.21: R736-R737.
- TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Grada Publishing as, 2003.
- TULVING, Endel. How many memory systems are there?. *American psychologist*, 1985, 40.4: 385.
- UMPHRED, Darcy; CARLSON, Connie (ed.). *Neurorehabilitation for the physical therapist assistant*. Slack Incorporated, 2006.

VÁLKOVÁ, H. Psychologické aspekty pohybových aktivit, tělesné výchovy a sportu. *Retrieved*, 2012, 7: 2013.

WHIPPLE, R. H. Improving balance in older adults identifying the significant training stimuli. *Gait Disorders of Aging-Fall and Therapeutic Startegies*, 1997, 355-379.

FLORES, A. Feedback and motor learning: influence of actions taken prior to the receipt of the knowledge of the results in the learning and retention of motor skills [doctoral thesis]. *Barcelona: Universitat de Barcelona*, 2005.

SEZNAM ZKRATEK

1. D. HK – první diagonála horní končetiny

ANS – Autonomní nervový systém

AO – Action observation

TMS – Transkraniální magnetická stimulace

BMI – Body Mass Index – index tělesné hmotnosti

EEG – Elektroencefalografie

ERD - Event – related desynchronization

GABA – Kyselina gama-aminomáselná

HK – Horní končetina

HurstRS – Hurstův exponent

MI – Motor imagery

MPG – Motor pattern generator

mV – Milivolt

PNF – Proprioceptivní neuromuskulární facilitace

CNS – Centrální nervová soustava

PNS – Periferní nervový systém

RR – Recurrence Rate

SMA – Supplementary motor area

TLPLa – Trajektorie

WHO – World Health Organisation

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Souhlas Etické komise

Příloha 2: Informovaný souhlas účastníka studie

Příloha 3: Dotazník osobních údajů

Příloha 4: Edinburský dotazník pro stanovení dominantní končetiny

PŘÍLOHY

Příloha 1:

Sarah Hahn
studentka 3. LF UK
3. LF UK, Praha
Ruská 87
Praha 10, 100 00

V Praze 10. února 2022

Vedoucí práce:
Doc. PhDr. Kamila Řasová, Ph.D.

Věc: Souhlas Etické komise 3. lékařské fakulty UK se žádostí o provedení projektu „Role představy pohybu v motorickém učení a kvalitě provedení pohybu.“

Vážená paní kolegyně,
Etická komise 3. LF UK neshledává námitek proti provedení projektu „Role představy pohybu v motorickém učení a kvalitě provedení pohybu.“
Projekt bude proveden podle Protokolu studie a v souladu s Informovaným souhlasem pro účastníky, kterými budou studenti LF. Plánovaný počet účastníků je 45, 15 pro každou ze tří skupin.

Předloženy byly tyto dokumenty:

Průvodní dopis Etické komisi
Protokol projektu
Informace pro účastníky studie
Informovaný souhlas pro participanty – studenty LF

S mnoha pozdravy

UNIVERZITA KARLOVA
3. lékařská fakulta
Etická komise
Ruská 87, 100 00 Praha 10
IČO: 00214208
20220216208

Marek Vácha
Předseda Etické komise
Ústav etiky a humanitních studií
3. LF UK, Praha
Ruská 87
Praha 10
100 00

Příloha 2:

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Název a popis studie:

Role představy pohybu v motorickém učení a kvalitě provedení pohybu

Jméno účastníka studie:.....

Datum narození:.....

Účastník byl zařazen do studie pod číslem:.....

- 1) Já níže podepsaný (á), u nezletilých pacientů zákonný zástupce, souhlasím s účastí ve studii.
- 2) Byl (a) jsem podrobně informován (a) o účelu a postupech studie včetně toho, co se od mé účasti očekává. Vedoucí fyzioterapeut pověřený prováděním studie mne seznámil s očekávaným přínosem této výzkumné činnosti. Vzhledem k tomu, že studie je randomizovaná tzn. rozdělení účastníku dle náhodného výběru, beru na vědomí toto náhodné zařazení, které bude do 3 skupin. Všechny skupiny budou cvičit za stejných podmínek, podstoupí stejné vstupní a výstupní vyšetření. Jednotlivé skupiny se budou lišit druhem cvičení. Jedna bude cvičit jenom v představivosti, druhá bude cvičení provádět fyzickým vykonáváním pohybu a třetí bude týden cvičit jenom v představivosti a druhý týden bude pohyb provádět fyzicky.
- 3) Má účast ve studii je dobrovolná, mohu ji kdykoliv přerušit či odstoupit.
- 4) Zavazuji se, že během účasti ve studii budu dodržovat pravidelnou účast na online cvičeních a nezúčastním se žádného jiného kurzu, výuky nebo cvičení PNF (proprioceptivní neuromuskulární facilitace) metody.
- 5) Současně budu vedoucího fyzioterapeuta informovat o případných úrazech.
- 6) S pověřeným vedoucím fyzioterapeutem budu úzce spolupracovat a informovat ho o jakýchkoliv změnách zdravotního stavu.
- 7) Při zařazení do studie budou má osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Do mé zdravotní dokumentace budou moci na základě mého souhlasu nahlédnout za účelem ověření údajů zástupci nezávislých etických komisí. I v tomto případě bude zaručena ochrana důvěrnosti osobních dat. Při provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným výše uvedeným subjektům pouze jako anonymní data pod číselným kódem. Stejně tak pro výzkumné a vědecké účely budou osobní údaje poskytnuty pouze anonymně bez identifikačních údajů nebo s mým výslovným souhlasem.

- 8) Za mou účast ve studii mně nebude poskytnuta žádná odměna.
- 9) Porozuměl jsem tomu, že mé jméno nebude používáno v referátech o této studii. Za těchto okolností nebudu bránit zveřejnění výsledků této studie.
- 10) Převzal (a) jsem podepsaný stejnopis tohoto informovaného souhlasu.

Podpis účastníka:

.....

Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií.

.....

Datum:

Datum:

Příloha 3:

Dotazník pro studii - Role představy pohybu v motorickém učení a kvalitě provedení pohybu

Email:

Jméno a příjmení:

Uveďte vaši dominantní končetinu:

Uveďte vaše pohlaví:

Rok narození (např. 1997):

Výška (cm):

Váha (kg):

Trpíte nějakou diagnostikovanou kognitivní poruchou? (např. porucha pozornosti)

Utrpěli jste nějaké vážnější zranění na horní končetině (např. zlomenina, vykloubení)?

Umíte provést diagonálu z metody PNF (proprioceptivní neuromuskulární facilitace)?

Příloha 4:

Dotazník- Edinburský dotazník pro stanovení dominantní končetiny- krátká verze

Prosím, vyznačte do příslušného sloupce, kterou rukou byste raději prováděli daný úkol. V případě, že danou činnost dokážete provádět pouze jednou rukou, zaškrtněte "jenom" levá/pravá. Pokud používáte obě ruce stejnou mírou, zaškrtnete možnost "obojí". Některé úkoly vyžadují zapojení obou rukou. V určitých případech bude v závorce specifikována dominance ruky, pro kterou se daný úkol hodnotí. Prosím, zkuste odpovědět na všechny otázky. Prázdné pole nechejte pouze v případě, že jste danou činnosti nikdy před tím nedělali.

	jenom levá	jenom pravá	obojí
Psaní	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kreslení	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Házení	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nužky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kartáček na zuby	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuž (bez vidličky)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lžice	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Smeták (vrchní ruka)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Škrtní sirkou (sirka)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otevírání krabice (víko)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>