

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace

**Eva Prokúpková**

**Motorické a percepční učení – souhrn  
poznatků, vývoj, možnosti testování  
a aplikace do praxe fyzioterapeuta,  
kazuistika**

*Bakalářská práce*

Praha 2009

Autor práce: **Eva Prokúpková**

Vedoucí práce: **Mgr. Bronislav Schreier**

Oponent práce:

Datum obhajoby: 2009

Hodnocení:

## **Bibliografická identifikace**

Jméno a příjmení autora: Eva Prokúpková

Název diplomové práce: Motorické a percepční učení – souhrn poznatků, vývoj, možnosti testování a aplikace do praxe fyzioterapeuta, kazuistika

Pracoviště: Klinika rehabilitace

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Bronislav Schreier

Rok obhajoby diplomové práce: 2009

## **Anotace**

Bakalářská rešeršní práce „Motorické a percepční učení – souhrn poznatků, vývoj, možnosti testování a aplikace do praxe fyzioterapeuta, kazuistika“ podává ucelený přehled o problematice motorického učení. Uvádí základní poznatky o učení a paměti. Práce se stručně zabývá vývojem motorického učení od kojeneckého věku do stáří, dále vlivy působícími na motorické učení, možnostmi testování a v neposlední řadě možnostmi využití poznatků ve fyzioterapeutické praxi. Součástí práce je také kazuistika ukazující praktické provedení testování motorického učení.

## **Klíčová slova**

motorické učení, ideomotorika, zpětná vazba, percepční učení, paměť

## **Bibliographic card**

Author's first name and surname: Eva Prokúpková.

Title of the master thesis: Motor and Perceptual Learning – a summary of knowledge, development, possibility of testing and application in a physiotherapist's practice, a case report

Department: Department of physiotherapy

Supervisor: Bronislav Schreier, MA.

The year of presentation: 2009

## **Annotation**

The Bachelor's thesis titled "Motor and Perceptual Learning – a summary of knowledge, development, possibility of testing and application in a physiotherapist's practice, a case report" gives a comprehensive overview of the problems of motor learning and presents the basic knowledge of learning and memory. The work briefly deals with the development of motor learning from infants to old age, the influences affecting motor learning, options of testing, and last but not least, the use of this knowledge in physiotherapy practice. An integral part of this work is a case report showing the practical testing of motor learning.

## **Keywords**

motor learning, motor imagery, feedback, perceptual learning, memory

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracovala samostatně a použila jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato bakalářská práce byla umístěna v Ústřední knihovně UK a používána ke studijním účelům.

V Praze dne 13. dubna 2009

Eva Prokúpková

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Bronislavu Schreierovi za cenné rady a návrhy při vedení a zpracování bakalářské práce a dále RNDr. Aleši Stuchlíkovi PhD. za poskytnutí materiálu k tvorbě práce a Pavlu Procházkovi za pomoc s grafickou úpravou.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2 SOUHRN POZNATKŮ</b> .....	<b>9</b>
2.1 ZÁKLADNÍ POZNATKY O UČENÍ A PAMĚTI .....	9
2.1.1 Učení .....	9
2.1.1.1 Neasociativní učení .....	9
2.1.1.2 Asociativní učení .....	9
2.1.2 Paměť .....	10
2.1.2.1 Rozdělení paměti dle doby trvání .....	10
2.1.2.2 Další možnosti dělení paměti .....	12
2.1.2.3 Paměťový proces .....	14
2.2 PERCEPČNÍ UČENÍ .....	14
2.3 MOTORICKÉ UČENÍ .....	17
2.3.1 Průběh motorického učení .....	18
2.3.2 Vlivy působící na motorické učení .....	19
2.3.2.1 Bolesti zad .....	19
2.3.2.2 Poškození struktur mozku .....	20
2.3.2.3 Zaměření pozornosti a slovní instrukce .....	24
2.3.2.4 Ovlivnění dalším učním .....	26
2.3.2.5 Plán cvičení .....	26
2.3.2.6 Aktivní a pasivní pohyby .....	27
2.3.2.7 Zpětná vazba .....	27
2.3.3 Vývoj motorického učení .....	28
2.3.4 Testování .....	31
2.3.4.1 Měření reakční doby (SRTT) .....	31
2.3.4.2 Dynamické vyvažování .....	32
2.3.4.3 Úloha souvislého sledování pohybu .....	33
2.3.4.5 Zrcadlový záznam .....	35
2.3.4.6 Žonglování .....	36
2.3.4.7 Sensory organization test (Smyslový organizační test) .....	36
2.3.4.8 Přepínání .....	37
2.3.4.9 Pronásledování virtuálních cílů .....	38
2.3.4.10 Posturo-locomotion-manual test .....	39
2.3.5 Aplikace do praxe .....	40
2.3.5.1 Ideomotorika .....	40
2.3.5.2 Trénink zručnosti ruky zaměřený na mírnou hemiparézu .....	44
2.3.5.3 Pohybová terapie s vnuceným omezením .....	45
2.3.5.4 Neuromuskulární stimulace spouštěná EMG .....	46
2.3.5.5 Interaktivní robotická terapie .....	46
2.3.5.6 Rehabilitace založená na virtuální realitě .....	47
2.3.5.7 Aktivní spoluúčast pacienta na terapii .....	48
2.3.5.8 Cvičení ve dvojici .....	49
2.3.5.9 Návik chůze pomocí biofeedbacku .....	51
<b>3 CÍL</b> .....	<b>52</b>
<b>4 KAZUISTIKA</b> .....	<b>53</b>
4.1 POPIS TESTOVÁNÍ .....	53
4.2 POPIS SKUPINY .....	54
4.3 POPIS VÝSLEDKŮ .....	59
<b>5 DISKUSE</b> .....	<b>63</b>
5.1 REŠERŠNÍ ČÁST .....	63
5.2 KAZUISTIKA .....	68
<b>6 ZÁVĚRY</b> .....	<b>70</b>
<b>7 SOUHRN</b> .....	<b>71</b>
<b>8 SUMMARY</b> .....	<b>72</b>
<b>9 REFERENČNÍ SEZNAM</b> .....	<b>73</b>
<b>10 PŘÍLOHY</b> .....	<b>78</b>

# 1 ÚVOD

Problematika motorického a percepčního učení je velmi rozsáhlá. Při jejím studiu je nutné vycházet z toho, že jak motorické, tak i percepční učení provází člověka ve všech etapách jeho života, od narození až do pozdního stáří. V závislosti na rostoucím věku se mění předpoklady jedince k získávání nových poznatků a dovedností a to se projevuje i na motorickém a percepčním učení. Tím tato problematika zasahuje i do oblasti psychologie. Vliv na motorické a percepční učení má i stav mozku, což ukazuje na spojení s neurofyziologií.

Využití motorického a percepčního učení v průběhu ontogenetického vývoje člověka sahá od získání běžných dovedností přes získávání speciálních dovedností, např. ve sportu, v uměleckých oborech nebo v řemeslných oborech vyžadujících manuální dovednosti na straně jedné až po opětovné získávání dovedností částečně či úplně ztracených v důsledku úrazu nebo nemoci. Právě posledně uvedené využití motorického a percepčního učení může mít značný význam ve fyzioterapii a ergoterapii a je důvodem, proč jsem se na tuto oblast zaměřila.



## **2 SOUHRN POZNATKŮ**

### **2.1 Základní poznatky o učení a paměti**

#### **2.1.1 Učení**

Učení řadíme do získaných forem chování. Je to centrální nervový proces, který způsobuje změnu chování jedince pod vlivem zevního světa. „Učení je získávání schopnosti nového chování prostřednictvím zvláštního cvičení“ (Sillamy, 2001, 225). Atkinsonová (2003) rozlišuje učení na habituaci, klasické podmiňování, operantní podmiňování a komplexní učení. Králíček (2002) rozlišuje základní typy učení: neasociativní a asociativní.

##### **2.1.1.1 Neasociativní učení**

Základem tohoto typu učení je jeden podnět. Neasociativní učení rozdělujeme na habituaci a senzitivizaci (Králíček, 2002).

Habituace je nejjednodušší forma učení. Díky ní jsme schopni ignorovat biologicky nevýznamné podněty a soustředit tak svoji pozornost pro významnější jevy. Při opakovaném podnětu naše reakce slábne až úplně vymizí (Králíček, 2002).

Naopak podnět při senzitivizaci vyvolává stále větší odpověď, pokud je spojen s příjemným nebo nepříjemným podnětem (Ganong, 2005).

##### **2.1.1.2 Asociativní učení**

Při tomto typu učení se ukládají do paměti vztahy podnětů mezi sebou. Asociativní učení rozdělujeme na klasické a instrumentální podmiňování a priming.

Klasické podmiňování je proces učení, při němž dochází k asociaci původně neutrálního podnětu s dalším podnětem na základě opakovaného spojování obou podnětů (Atkinson, 2003). Tento způsob učení popsal Ivan Petrovič Pavlov během pokusů se psy. Při klasickém podmiňování je spojen indiferentní podnět s podnětem, který vyvolává nepodmíněnou reflexní reakci. Po nějaké době se indiferentní podnět stane vyvolavatelem reflexní reakce. U primátů a u lidí lze aplikovat indiferentní podnět

až po nepodmíněném podnětu. I v tomto případě vznikne vazba. Tento proces nazýváme zpětným podmiňováním. Po nějaké době, kdy není indiferentní podnět dále spojován s podnětem vyvolávajícím nepodmíněnou reakci, dojde k vyhasnutí podmíněného reflexu a na indiferentní podnět již není reagováno.

Instrumentální neboli operantní podmiňování popsal Edward Thorndik. Podle Atkinsonové (2003) při něm dochází k naučení určitých reakcí, protože tyto reakce účinkují či působí na okolí. Organismus se sám chová tak, aby v prostředí navodil nějaké změny. Podstatou operantního podmiňování je učení, že určité chování vede k dosažení určitého cíle. Králíček (2002) říká, že instrumentální podmiňování se od klasického podmiňování liší tím, že nepodmíněný podnět je spojován nikoli s aplikací jiného indiferentního podnětu, ale se vzorcem určitého chování. I u tohoto typu podmiňování dochází k vyhasínání. Pokud tomu chceme zabránit, musíme tuto reakci posilovat.

Priming je podnícení. Jde o zcela nevědomý proces, jehož podstata spočívá ve zlepšené schopnosti poznat slova nebo předměty poté, co jsme se s nimi již v minulosti setkali. Týká se všech signálů z okolního prostředí, které jsme schopni vnímat (Ganong, 2005 a Hort, Rusina et al., 2007).

## **2.1.2 Paměť**

Paměť je schopnost ukládání, uchovávání a vybavování informace v centrálním nervovém systému (Ganong, 2005, a Hort a Rusina et al., 2007). Dle Králíčka (2002) je paměť schopnost centrální nervové soustavy ukládat informace o předchozích zkušenostech.

### **2.1.2.1 Rozdělení paměti dle doby trvání**

Paměť podle doby trvání dělíme na krátkodobou a dlouhodobou (Ganong, 2005). Vajnerová (n.d.) rozděluje paměť na okamžitou, krátkodobou, střednědobou, dlouhodobou a pracovní. Krátkodobá paměť je přechodná, uchovává informaci dokud není zapomenuta nebo uložena do stabilnější dlouhodobé paměti. Kognitivní psychologové krátkodobou paměť dělí na paměť okamžitou a na paměť pracovní (Hort, Rusina et al., 2007). Dle Králíčka (2002) rozdělujeme paměť na senzorickou,

krátkodobou a dlouhodobou. V příloze 1 jsou uvedena schémata paměti z hlediska doby trvání.

### ***Okamžitá paměť***

Vajnerová (n.d.) do okamžité paměti řadí paměť echoickou a ikonickou. Podle Horta, Rusiny et al. (2007) zahrnuje tento druh paměti takové množství informací, které je člověk schopen udržet ve svém vědomí bez aktivního učení. Tato oblast bývá postižena u pacientů s poruchou pozornosti, s lézemi horního frontálního neokortexu, které postihnou Brodmannovu areu 8 a 9. Položky v této paměti jsou zapomenuty, jakmile je pozornost jedince zaměřena na jiné téma nebo objekt.

### ***Krátkodobá paměť***

Jde o schopnost přechodně si zapamatovat určité množství informací po dobu několika minut, maximálně několika hodin (Králíček, 2002). Hort, Rusina et al. (2007) říkají, že tato paměť zahrnuje schopnost vnímat a vybavovat si specifické informace, jako jsou slova nebo události, s odstupem minut nebo hodin. Přesná časová hranice mezi pamětí dlouhodobou a krátkodobou neexistuje.

### ***Dlouhodobá paměť***

Uchovává stopy po léta, někdy po celý život. Paměťové stopy v období krátkodobé paměti mohou být narušeny úrazem nebo různými látkami, kdežto dlouhodobé paměťové stopy jsou velmi odolné. Předpokládá se, že trvalé paměťové stopy jsou uloženy v různých neokortikálních oblastech. Zřejmě různé složky vzpomínek – vizuální, čichové, sluchové atd. – jsou umístěny v příslušných korových oblastech a jednotlivé složky jsou nějakým způsobem svázány dohromady tak, že při vzpomínání jsou společně přivedeny do vědomí. Podstatou paměťové stopy jsou dlouhodobé změny v příslušných synaptických spojeních (Ganong, 2005). Dlouhodobá paměť je zachována i při poškození mediální temporální krajiny a může být vybavena bez účasti hippocampu (Hort, Rusina et al., 2007).

### ***Pracovní paměť***

„Pracovní paměť udržuje po velmi krátkou dobu informace, na jejichž základě plánujeme nějakou činnost. Příkladem je pohled to telefonního seznamu, kdy si

telefonní číslo pamatujeme na dobu nezbytnou pro volbu tohoto čísla. Pracovní paměť se skládá z centrální exekutivy lokalizované v prefrontální kůře a dvou cvičných systémů – slovního pro uchovávání slovní paměti a zrakově-prostorového pro uchovávání zrakových a prostorových charakteristik předmětů. Exekutiva pak směřuje informace do těchto dvou systémů“ (Ganong 2005, 273, 276).

Podle Horta, Rusiny et al. (2007) je pracovní paměť součástí krátkodobé paměti a jedná se o provozní paměť, která má kapacitu a trvání na rozhraní krátkodobé a dlouhodobé paměti. Informace uložená v pracovní paměti má jenom přechodnou hodnotu a po určité době nevyužití této informace zaniká. Pracovní paměť je vázaná na prefrontální kůru.

### ***Senzorická paměť***

Jedná se o schopnost mozku podržet si smyslovou informaci v příslušné senzorické oblasti po dobu několika stovek milisekund. Během této doby příslušné mozkové okruhy informaci „proberou“ a vyberou z ní důležité údaje, které jsou poté předány do krátkodobého paměťového registru (Králíček, 2002).

### **2.1.2.2 Další možnosti dělení paměti**

Delays rozděluje tři úrovně paměti: senzomotorickou, která se týká vjemů a pohybů, autistickou a sociální, která je charakterizována logickou řečí (in Sillamy, 2001). Paměť můžeme také rozdělit na deklarativní nebo explicitní a nedeklarativní neboli implicitní (Vajnerová, n.d., Hort, Rusina et al., 2007). Sillamy (2001) říká, že existuje tolik druhů paměti, kolik je smyslových orgánů.

### ***Deklarativní paměť***

Vlastní deklarativní paměť je to, co si dovedeme vědomě vybavit, na co si můžeme vědomě vzpomenout a dovedeme to popsat (proto se rovněž označuje jako paměť explicitní). Má složku sémantickou (paměť na znalosti a fakta) a epizodickou (zapamatování si událostí a příběhů). Je závislá na funkci hippocampu (Hort, Rusina et al., 2007). Je fylogeneticky mladá, v ontogenezi se objevuje ve 2. roce života (Hort, Rusina et al., 2007; Vajnerová n.d.). Uložení může vzniknout jednorázově (Vajnerová, n.d.) a může být v abstraktní formě (Hort, Rusina et al., 2007).

### *Nedeklarativní paměť*

Tato paměť uchovává informace typu „vědět jak“. Ke svému ukládání a vybavování nepotřebuje hippocampus. Řadíme sem motorickou paměť, senzitivaci, habituaci, percepční a emoční paměť, učení návykům, priming, percepční a kognitivní dovednosti (Hort, Rusina et al., 2007). Tato paměť uchovává motorickou zručnost, percepční schémata a podobně. Vzniká opakovaným učením a informace je uložena uvnitř jednoho systému. Na rozdíl od deklarativní paměti je uložena informace vždy konkrétní (Hort, Rusina et al., 2007; Vajnerová, n.d.). Vajnerová (n.d.) nedeklarativní paměť rozděluje na asociativní, do které řadí podmiňování a priming, a na neasociativní, do které řadí habituaci, senzitivaci a imprinting. Rozdíly mezi deklarativní a nedeklarativní pamětí ukazuje tabulka v příloze 2.

Percepční paměť je schopnost lépe rozlišovat jednoduché vjemy. Postupně dochází ke kvalitnějšímu rozlišování některých vlastností; trénink dokáže navodit změnu v oblasti sensorické kůry, která přijímá informace z okolí jako první. Opakování a zkušenost vedou k postupné změně struktury nervové tkáně (Hort, Rusina et al., 2007).

Pro podmiňování strachu a jiných emocí je důležitá amygdala, po jejím odstranění dochází k porušení reakce strachu a schopnosti vyjadřovat emoce spjaté se strachem. Emoční paměť je nedeklarativní. Naučené pocity libého a nelibého jsou uplatňované nezávisle na deklarativních vědomých paměťových vzpomínkách. Amygdalární a hippocampální paměťové systémy mohou pracovat nezávisle nebo mohou spolupracovat. Lidé si lépe vybavují emočně vypjaté situace (ať pozitivně, nebo negativně) než situace emočně neutrální (Hort, Rusina et al., 2007).

Motorická paměť je nedeklarativní a zcela nezávislá na hippocampu. Motorickým dovednostem se můžeme učit, aniž bychom věděli, co se učíme. Tato schopnost byla popsána na sekvenčním učení. Pokusné osoby mačkaly tlačítka podle umístění zřetelného signálu na obrazovce. Trénováním se pokusné osoby naučily takovou sekvenci pohybů, díky které mohly co nejrychleji ovládat tlačítka. Stejně rychlosti dosahovali probandi zdraví i trpící amnézií. Během tohoto učení se zvyšuje aktivita v sensorickomotorické kůře, nucleus caudatus a putamen. Při opakování motorické činnosti se zvětšuje oblast motorické kůry zapojená do úkolu. Tréninkem tedy patrně dochází k rozšíření aktivity na další neurony v motorické kůře. Neuronální okruhy pozornosti a vědomí jsou aktivní v časných fázích motorického učení a méně

se zapojují v jeho pozdějších fázích. Na začátku učení se aktivuje prefrontální kůra a spolu s ní parietální kůra a mozeček. Činnost těchto struktur zajišťuje, že správně provedené pohyby jsou pospojovány, a že se tohoto procesu účastní pozornost i pracovní paměť. Po skončení tréninku dojde v těchto oblastech k poklesu aktivity, ale aktivita stoupne v motorické a suplementární motorické oblasti, které spolu se striatem uchovávají paměťovou stopu pro pohyb v dlouhodobé paměti (Hort, Rusina et al., 2007).

### **2.1.2.3 Paměťový proces**

Paměťový proces má tři fáze: vytvoření paměťové stopy, konsolidaci paměťové stopy a vybavení informace (Králíček, 2002).

Vytvoření paměťové stopy v krátkodobé paměti patrně spočívá v synaptické plasticitě. Jedná se o schopnost existujících chemických synapsí měnit úroveň svého informačního přenosu v závislosti na stupni předchozí neuronální aktivity. Tyto plastické změny jsou vyvolávány činnostmi druhých poslů (Králíček, 2002).

Konsolidace je přechod z krátkodobé paměti do dlouhodobé. Může trvat deset minut i více než hodinu. Vyžaduje časté opakování dané informace. Tento mechanismus je zranitelný a může být narušen např. poruchou vědomí. Schopnost převádět informaci z krátkodobé paměti do dlouhodobé je závislá na hippocampu (Králíček, 2002).

Vybavení informace je různě rychlé a je závislé na frekvenci používání a době, která uplynula od uložení. (Králíček, 2002).

## **2.2 Percepční učení**

Percepce je specifická mentální funkce určená k rozeznávání a interpretaci aferentních podnětů. Jedná se o dostředivou dráhu (zpětnou vazbu) reflexních oblouků psychomotorické aktivity a její porucha vede k inkoordinaci a později inhibici dané aktivity. Existuje jako informace zprostředkovaná zrakem, sluchem a čichem, a dále jako informace povrchové, propiocepční a z vestibulárního aparátu. Dalším systémem je i chuť a řadíme sem i patologické percepční vjemy: halucinace, fantomové pocity, iluze a snové zážitky. Aferentní informace a jejich zpracování jsou základním předpokladem všech facilitačních metod využívaných v rehabilitaci (Trojan, Druga,

Pfeiffer, Votava, 2005). Percepční práh je intenzita, které musí podnět dosáhnout, aby byl vnímán nebo aby vyvolal reakci organismu (Sillamy, 2001).

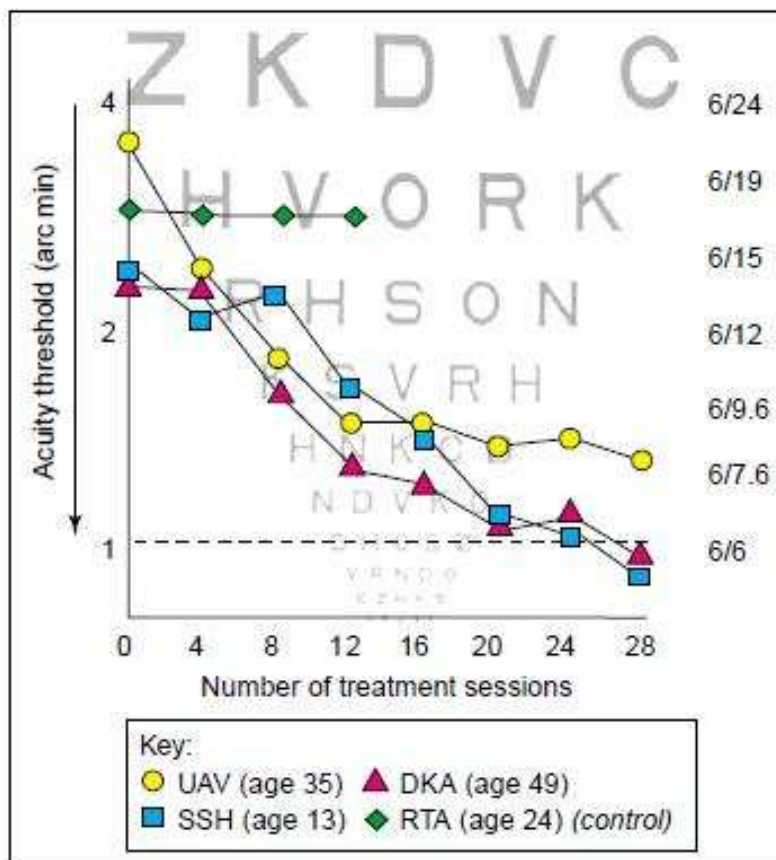
Percepční učení je definováno jako změna výkonu, obvykle zlepšení, jako výsledek tréninku. Zlepšení má sklon přetrvávat týdny a měsíce, na rozdíl od senzitivace, habituace a primingu, které jsou více pomíjivé. Zlepšení dosažené díky percepčnímu učení více generalizuje u komplexních úloh než u jednoduchých. Percepční učení je často velmi specifické kvůli přesnému vymezení trénovaného úkolu a nevede k získání poznatků, které lze jednoduše sdělit; jedná se tedy o procedurální nebo implicitní typ učení. Percepční učení zlepšuje výkonnost v mnoha úkolech, od orientačního rozlišování až po identifikaci tváří. Míra zlepšení, dosažená díky percepčnímu učení, ukazuje zapojení vývojově starší sensorické mozkové kůry. Významným aspektem percepčního učení zkoumaným v psychofyziologických experimentech je jedinečnost zlepšení orientace selektivních mechanismů na podnět a jejich zlepšení jako výsledek tréninku (Fahle, 2005).

Mnoho způsobů percepčního učení mění kortikální spoje trénováním řešení percepčních úkolů, na rozdíl od epizodické a sémantické paměti, která se patrně ukládá v oblastech, které se přímo nepodílejí na analýze smyslových signálů. Teorie obrácené hierarchie předpokládá, že učení začíná ve vyšších oblastech mozkové kůry (kde je obecné) a pokud je to potřeba, pokračuje směrem k nižším oblastem (kde je specifické). Teorie časného výběru je obdobná jako teorie pozornosti a říká, že výběr by měl být co nejdříve, aby oddělil signál od šumu. Generalizace je v centru použitelného učení v obou teoriích a patrně se vztahuje k silnému vztahu mezi nižšími a vyššími vrstvami kůry. Lehčí úkoly nemusí zahrnovat včasné zpracování na nižších úrovních a tím se zlepšuje generalizace. Percepční a motorické učení jsou si podobné a mohou se vztahovat ke změnám v doladění neuronálních funkcí. Profesionální hudebníci rychleji reagují při úkolech vyžadujících hmatovou koaktivaci než nehudebníci, což naznačuje vyšší plasticitu mozku u trénovaných osob (Fahle, 2005).

Percepční učení se objevuje na různých úrovních zpracování a s různou rychlostí. Časné fáze zpracovávání jsou více specifické kvůli nízké úrovni funkce, která lépe odpovídá neuronálnímu základu na nižší kortikální úrovni. Výsledky ukazují zapojení sensorické kůry v percepčním učení a ukazují na důležitost zpětnovazebných spojení z vyšších k nižším stupňům zpracování. Neuronální korelace percepčního učení je nejlepší zjišťovat pomocí elektrofyziologických studií. Trénink některých úkolů je

konkrétní, zatímco jiných je všeobecný. Percepční učení je specifické pro některé dosud nezkoumané nebo zřídka zkoumané parametry podnětů jako je rychlost a směr pohybu (Fahle, 2005).

Rozlišování jasu se může zlepšovat díky tréninku a zobecňuje se přes orientaci. Toto zjištění je překvapující vzhledem k tomu, že lidé by měli být přetrénovaní k rozeznávání kontrastu díky každodennímu životu, zejména v nízkém osvětlení. Zlepšení pozorování tvaru založené na tréninku rozeznávání jasu a kontrastu vede k odhalení tvaru díky temporálním strukturám, zatímco naopak ne (trénink rozeznávání tvaru nevede ke zlepšení schopnosti rozeznávat jas a kontrast). Pacienti s tupozrakostí jednoznačně těžší z percepčního učení. Tréninkem se zlepšuje jejich vnímání kontrastu a výrazně zvyšuje ostrost vidění (Obrázek 1) (Fahle, 2005).



**Obrázek 1 – Zlepšení ostrosti vidění percepčním učením (Fahle, 2005)**

Hraní akčních video nebo počítačových her lze rozdělit na zrakové hledání a další úkoly. Lidé se při nich učí vyhledávat specifické rysy i globální strategii vyhledávání. Zrakový trénink pomocí čtení textů patrně změní způsob, jakým lidé vnímají tištěná slova. Trénink související se čtením zlepšuje vnímání slov, ale nikoli



„neslov“ (slova, která nedávají v daném jazyce smysl). Velikost zrakového rozpětí čteného textu (oblast, kde mozek ještě vnímá text jako text) roste díky tréninku, spolu s maximální rychlostí čtení. Tyto výsledky podněcují k využívání percepčního učení při zrakové rehabilitaci. Zevšeobecnění výsledků ukazuje, že rozdílné úkoly zaměstnávají částečně identické neuronální mechanismy (Fahle, 2005).

Rychlé zlepšení díky tréninku se neprojevuje jen na zrakových, ale také na sluchových úkolech, jako je například rozeznávání výšky tónu. Zlepšení nastává obvykle díky percepčnímu učení a procedurální učení má na tomto zlepšení jen malý podíl. Podobně jako u zrakového systému je šum eliminován na nižších úrovních, proto ztráta zpětné vazby (k hlemýždi), zhoršuje sluchovou percepci v prostředí, ve kterém je hodně šumů (Fahle, 2005).

Důkazy pocházející z experimentálních studií ukazují, že pro konsolidaci zlepšení, kterého bylo dosaženo percepčním učením, je nutný spánek nebo klidové bdění, obojí např. usnadňuje učení se rozeznávání tónů. Spánek upevňuje zlepšení v mluveném jazyce a automaticitu při rozeznávání tónů (Fahle, 2005).

Stále rostoucí objem dat a počet nových poznatků o percepčním učení umožňuje vytváření stále lepších modelů percepčního učení, což zahrnuje i jeho specifickou a generalizaci. Důležité rysy těchto modelů jsou zpětnovazebná připojení, která zahrnují vnitřní a vnější šumy a zhodnocení změny vnitřních vzorů percepčního učení. K dosažení optimálního výkonu musí být nepodstatné signály a šumy v průběhu zpracování co nejdříve odstraněny (Fahle, 2005).

## **2.3 Motorické učení**

Motorické učení je proces, který vede, díky zkušenosti a praxi, k relativně stálým změnám v motorických schopnostech. (Jessop, Horowicz, Dibble, 2006) Jedná se o vypracování nového motorického stereotypu, tj. nové stereotypní součinnosti různých svalových skupin. U člověka může jako příklad sloužit učení jízdy na kole nebo na lyžích. Ještě složitější naučenou souhru drobných svalových skupin představuje řeč a písmo (Králíček, 2002). Učení se dovednostem je odvozené od postupného zvyšování rychlosti a/nebo zkušeností s visuomotorickými, percepčními nebo kognitivními úkoly (Brosseau, Potvin, Rouleau, 2007). Zlepšení dovedností, které je výsledkem

motorického tréninku, souvisí s plasticitou CNS (Lotze, Braun, Birbaumer, Anders, Cohen, 2003).

Motorické učení nemusí být přesně definováno, aby mohlo být studováno. Místo toho je vhodnější o něm uvažovat jako o neurčité kategorii, která zahrnuje získávání dovedností, pohybovou adaptaci a rozhodování, což jsou schopnosti potřebné pro vybrání správného pohybu ve správném okamžiku (Krakauer, 2006).

Mnoho terapeutů používá principů motorického učení intuitivně, jako výsledků svých osobních klinických zkušeností, a nemá v těchto principech žádné teoretické znalosti (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Jedna z hlavních součástí provedení dovednostní činnosti je předvídání budoucích událostí. Pohyby mají být plánovány s ohledem na zevní síly a možné ovlivnění. Tato schopnost se vyvíjí pomalu z více rozumově založené pohybové kontroly, pokud je příchozí informace integrována do probíhající činnosti (Daum, Huber, Krist, 2006).

Tradičně se uvádí pět zdrojů souvisejících s reakcí na vstupní informaci rozlišovaných v souvislosti s motorickým učením: 1) propioceptivní informace, 2) taktilní informace, 3) vestibulární informace, 4) zraková informace a 5) v menší míře také sluchová stimulace. Všech těchto pět zdrojů se přímo vztahuje ke skutečnému provedení pohybu. (Mulder, 2007).

Kvalitní vnímání těla u jedince znamená zároveň i dobré motorické učení a dobrou schopnost ovlivňovat stereotypy a předcházet tak chronickým problémům (Počtová, 2008). Bolest ovlivňuje znázornění pohybu v centrální nervové soustavě (Mulder, 2007) a kromě toho mění motorické programy a vytváří náhradní, antalgické (Véle, 2006).

### **2.3.1 Průběh motorického učení**

Proces motorického učení se člení na tři (Choutka, Dovalil, 1991) nebo na čtyři fáze (Dovalil, 2002).

Dovalil (2002) člení motorické učení na fáze hrubé koordinace, jemné koordinace, stabilizace a variabilní tvořivosti. Ve fázi hrubé koordinace se vytvářejí základy budoucí dovednosti, probíhá seznámení s úkolem praktickými pokusy, které

bývají nepřesné, nedokonalé a pohybově neefektivní. V této fázi je ještě nedokonalá koordinace, průběh pohybu je nedokonalý a s mnoha chybami. Tato fáze je shodná s fází nácviku, tak jak ji popisují Choutka a Dovalil (1991). V druhé fázi se pohybová dovednost upevňuje a automatizuje. Zlepšuje se koordinace, pohyb se stává účinnějším (Dovalil, 2002). Tato fáze je shodná s fází zdokonalování. Pohyb je zvládnut jako celek i jako část, ale jedinec není schopen jej využít ve složitějších podmínkách (Choutka, Dovalil, 1991). Následuje fáze stabilizace, ve které se stabilizuje technika v základním provedení pohybu i jeho různých variantách. Vnímání pohybů je komplexní, koordinace je na vysoké úrovni (Dovalil, 2002). Poslední je fáze variabilní tvořivosti (Dovalil, 2002), kterou Choutka a Dovalil (1991) přiřazují do fáze stabilizace. V této fázi je provedení diferencované, přizpůsobuje se aktuálním podmínkám (Choutka, Dovalil, 1991). Jedinec je schopen propojovat dovednosti a vytvářet originální pohybové programy (Dovalil, 2002).

## **2.3.2 Vlivy působící na motorické učení**

### **2.3.2.1 Bolesti zad**

Nespecifické chronické bolesti zad mají smyslovou, emocionální a kognitivní složku. Chronické bolesti zad lze považovat za určitou naučenou formu bolestivého chování. To, jakým způsobem se změní naše držení těla a pohyby ve stresových situacích, po úraze nebo po pádu, podvědomě omezuje naše pohyby. Omezením pohybu začíná začarovaný kruh, kdy zvýšené svalové napětí vede ke změně pohybového stereotypu a k návyku nepřesných pohybů (Schön-Ohlsson, Willén, Johnels, 2005).

Jakmile je pacient schopen rozpoznat, jak se jeho pohybové stereotypy odlišují od dalších možných pohybových stereotypů, lze předpokládat, že se posílí jeho kinestetická schopnost řídit a koordinovat své pohyby správným způsobem. Lepší pohybová strategie je subjektivně rozpoznávána kinestetickými pocity větší volnosti při dýchání a při pohybu. Hodnocení schopnosti pacientů s chronickými bolestmi bederní páteře provádět dynamické aktivity je obtížné, kvůli nedostatku vhodných měření (Schön-Ohlsson, Willén, Johnels, 2005). Dynamickou aktivitou v tomto případě myslíme složitější pohybové vzorce, jako je například plavání nebo běh.

Studie Schön-Ohlssona, Willéna a Johnelse (2005) ukazuje, že schopnost dynamických pohybů pacientů s chronickými bolestmi bederní páteře se výrazně

zlepšuje po senzomotorické terapii a toto zlepšení přetrvává minimálně jeden rok od ukončení terapie. To znamená, že pacienti s chronickými bolestmi bederní páteře jsou schopni se naučit, zapamatovat si a využívat výhodnější pohybové chování. Senzomotorická terapie působí na neúčelné pohybové návyky a zlepšuje dynamické pohybové schopnosti. Po terapii se výrazně zlepšuje výkon těchto pacientů tak, že mezi nimi a zdravými jedinci nejsou v dynamickém pohybu žádné významné rozdíly.

### **2.3.2.2 Poškození struktur mozku**

Některé typy fokálních mozkových poranění nemusí úplně omezit schopnost (znovu)učení motorických dovedností (Jessop, Horowicz, Dibble, 2006).

#### ***Roztroušená skleróza mozkomíšní***

U pacientů s roztroušenou sklerózou mozkomíšní je motorické učení poškozené v těch úkolech, které vyžadují komplexnější integraci zrakových a senzomotorických informací. Pokud však úloha toto propojení nevyžaduje, vykazují tito pacienti stejné motorické učení jako zdraví jedinci (Leocani, Comi, Annovazzi, Rovaris, Rossi, Cursi, Comola, Martinelli, Comi, 2007).

#### ***Poškození cerebella***

Poškození cerebella ztěžuje učení se motorickým dovednostem. Při testu měření reakční doby (SRTT) pacienti s poškozeným cerebellem byli schopni zopakovat opakované sekvence tlačítek, ale opakování této sekvence si nejsou vědomi. Nedostatečné učení se při testu měření reakční doby (pomalá reakce a malá přesnost) u lidí s poškozeným cerebellem vedou k domněnce, že je cerebellum důležité pro implicitní motorické učení. Pacienti s poškozeným mozečkem vykazují podobné deficity a navzdory delšímu procvičování (prodloužení doby nácviku oproti zdravým jedincům nebo kontrolní skupině v průběhu experimentu) při testu měření reakční doby nikdy nedosahují automatizace naučených pohybů (Boyd, Windstein, 2004).

#### ***Parkinsonismus a Huntingtonova choroba***

Je nejasné, do jaké míry Parkinsonova choroba ovlivňuje motorické učení. Cerebellum je tradičně považováno za primární strukturu zapojenou do motorického

učení, na rozdíl od bazálních ganglií (postižených Parkinsonovou chorobou), přestože stále více důkazů ukazuje na to, že hrají v motorickém učení důležitou roli. Existují důkazy, že nové nebo rané fáze motorického učení a učení se motorickým dovednostem, při kterém je nutné adaptovat se na měnící se senzomotorické informace jsou Parkinsonovou nemocí významně ovlivněny (Jessop, Horowicz, Dibble, 2006).

I když některé studie prokazují, že motorické učení není Parkinsonovou nemocí ovlivněné (Jessop, Horowicz, Dibble, 2006), Brosseau, Potvin a Rouleau (2007) uvádějí, že výkony pacientů s Parkinsonovou nemocí se při zrcadlovém záznamu nezlepšují tak jako u kontrolní skupiny zdravých jedinců. Tyto výsledky naznačují, že bazální ganglia přispívají k automatizaci a uchování motorických sekvencí.

Některé studie zjistily relativní nedostatky v rychlosti pohybu u pacientů s Parkinsonovou chorobou v porovnání se zdravými jedinci, což je způsobené bradykinesou. Pacienti s Parkinsonovou nemocí vykazují motorické učení s trvalým zlepšováním rychlosti. Skutečnost, že se pacienti s Parkinsonovou nemocí při stejném úkolu stále zlepšují, zatímco zdraví jedinci po určité době stagnují, vede k myšlence, že jedinci s Parkinsonovou nemocí mají větší možnosti zlepšování se než zdraví starší jedinci (Jessop, Horowicz, Dibble, 2006).

### ***Cévní mozková příhoda***

Cévní mozkovou příhodu můžeme definovat jako akutně vzniklé klinické fokální nebo globální příznaky poruchy funkce mozku trvající déle než dvacet čtyři hodin bez jiné zjevné než vaskulární příčiny. Může vzniknout z akutní ischemie mozkové tkáně nebo jako následek mozkové hemoragie. Pacienti po cévní mozkové příhodě často trpí tzv. neglect syndromem. Neuvědomují si změny polohy, dotyku a pohybů poloviny těla (nejčastěji levé); v nejtěžších případech opomíjejí celou polovinu prostoru (Seidl, Obenberger, 2004).

Alternativní výukové strategie se opírají o implicitní učení. Implicitní učení je po cévní mozkové příhodě zachováno; může být sníženo u osob se středně těžkým iktem, ale je zachováno u osob s lehkou cévní mozkovou příhodou. Dospělí v subakutní fázi po střední cévní mozkové příhodě jsou schopni se naučit motorický úkol implicitním učením stejně dobře jako pacienti s lehkou cévní mozkovou příhodou a kontrolní skupina zdravých jedinců. (Pohl, McDowd, Filion, Richard, Stiers, 2005).

Implicitní učení nám umožňuje naučit se, jak provádět daný pohyb, aniž bychom byli schopni naučenou dovednost přesně popsat; zatímco explicitní učení vede k získání schopnosti naučené vědomě vybavit a popsat. Motorické dovednosti se ukládají do implicitní paměti (Hort, Rusina et al., 2007 a Vajnerová, n.d.), proto explicitní postup může být škodlivý pro pacienty s cévní mozkovou příhodou a naopak implicitní postupy tréninku mohou být vhodnou alternativou pro rehabilitaci těchto pacientů. Jednoznačné instrukce v průběhu terapie mohou zasahovat do motorického učení pacientů po cévní mozkové příhodě a negativně ji ovlivňovat, protože vedou k explicitnímu učení (Pohl, McDowd, Fillion, Richard, Stiers, 2005). V současné době není jisté, jestli mají pacienti s hemiparézou specifický deficit motorického učení. Existuje mnoho typů motorického učení, které mohou být odlišně ovlivněny v závislosti na místě léze. Může být těžké prokázat abnormality motorického učení u pacientů, jejichž výkon je již v základu poškozen (Krakauer, 2006).

Pro pacienty po cévní mozkové příhodě jsou nutné dobře definované, efektivní a účinné rehabilitační postupy. Pokud chceme maximalizovat přínosy léčby, musíme znát a využívat zásady motorického učení (Jonsdottir, Cattaneo, Regola, Crippa, Recalcati, Rabuffetti, Ferrarin, Casiraghi, 2007).

Po cévní mozkové příhodě se lidé často pokoušejí vědomě kontrolovat svoji pohybovou činnost, na rozdíl od zdravých lidí, kteří pro rutinní pohyby vědomou kontrolu téměř nepoužívají. Strategie učení, omezující hromadění explicitních znalostí, může obejít pokusy vědomé kontroly pohybové činnosti a zlepšit tak výkon. Nynější rehabilitační postupy, které jsou založené na tradičních teoriích motorického učení, obvykle zahrnují souběžné konání motorického a kognitivního úkolu. Proto pacienti často dostávají mnoho komplexních a jednoznačných instrukcí jak plnit úkoly a jsou povzbuzováni k hodnocení výsledků výkonu. Velké množství jednoznačných informací a instrukcí, které terapeut pacientovi poskytuje, může být pro pacienty matoucí. Tito pacienti mají často kognitivní deficit, který ovlivňuje paměť a pozornost a je spojen se snížením rychlosti zpracování informací. Proto mnoho lidí s cévní mozkovou příhodou shledává poměrně obtížným souběžné provádění motorických a kognitivních úkolů, jako je například chůze a naslouchání terapeutovým pokynům. Strategie učení nebo znovunaučení, které minimalizují souběžné kognitivní úkoly, jsou tedy výhodné pro rehabilitaci osob s cévní mozkovou příhodou (Orrell, Eves, Masters, 2006).

Pacienti po cévní mozkové příhodě vykazují sníženou schopnost provádět přímočaré pohyby proti gravitaci a také získanou dovednost rychleji ztrácejí. Autoři řady studií dospěli k závěru, že pacienti nemají deficit učení sám o sobě, ale problém může být ve slabosti a pomalém rozvíjení síly, což souvisí s dosažením požadované kontroly. Nevhodné kompenzační strategie mohou omezit zotavování po cévní mozkové příhodě. Ve snaze pochopit změny v mozku, které se objevují v reakci na léčbu, je nutné vnímat je jako důsledek kompenzačních mechanismů, nikoli jako důkaz pro probíhající reorganizaci mozku (Krakauer, 2006).

Rehabilitace zahájená pět dní po ložiskové ischemii mozku je mnohem efektivnější, než když je zahájená až po jednom měsíci. Tento rozdíl koreluje se stoupajícím stupněm dendritické komplexity a větvení v nepoškozené motorické kůře. Podobný efekt byl prokázán u pacientů po cévní mozkové příhodě s největšími zisky rehabilitace prováděné prvních šest měsíců od jejího vzniku (Krakauer, 2006).

### ***Alzheimerova choroba***

Studie prokazují, že pacienti s Alzheimerovou chorobou jsou schopni se naučit nové motorické dovednosti, pokud použijeme implicitní metody učení (van Halteren-van Tilborg, Scherder, Hulstijn, 2007).

Pacienti s mírnou Alzheimerovou chorobou jsou schopni získat nové motorické, percepční i kognitivní dovednosti. Je třeba poznamenat, že ve většině studií, které tyto schopnosti prokazovaly, byli pacienti, neschopní provést zadaný úkol, ze studie vyloučení. Avšak neschopnost provést úkol nemusí nutně souviset s problémy učení. Neschopnost lze přičíst jiným důvodům, jako je například složitost pokynů nebo složitost úkolu. Tyto faktory se mohou odlišovat pro různé typy úkolů, což může vysvětlit poznatek, že schopnost dokončit jeden úkol a zlepšit se v něm automaticky neznamená zlepšení v jiném úkolu. Alzheimerova choroba má vliv na zhoršení motorických schopností, nikoli na motorické učení samo o sobě (van Halteren-van Tilborg, Scherder, Hulstijn, 2007). Na druhou stranu pacienti s Alzheimerovou chorobou nejsou schopni dokončit zrcadlové kopírování v časovém limitu (Brosseau, Potvin, Rouleau, 2007).

Nejčastějšími výchozími body rehabilitačních programů zaměřených na učení motorických dovedností u lidí s neporušenými kognitivními schopnostmi jsou explicitní nebo deklarativní učební metody. Pacienti s demencí více těžší z procedurálních nebo

implicitních učebních metod – pacienti s Alzheimerovou nemocí jsou schopni se lépe naučit valčík nebo telefonovat, pokud jsou použity implicitní metody. Při implicitním učení se jedinec naučí dovednosti bez jejich uvědomování si, často jejich pouhým opakováním. Tyto dovednosti pak mohou být z implicitní paměti nevědomky obnoveny (oživeny) (van Halteren-van Tilborg, Scherder, Hulstijn, 2007).

Ve (znovu)učení se motorických dovedností je pro pacienta s Alzheimerovou chorobou důležité časté a důsledné procvičování. Také bychom se měli vyhnout vedení terapie pomocí duálních úkolů (souběžných motorických a kognitivních úkolů). Pacienti s Alzheimerovou chorobou obtížně generalizují motorické dovednosti naučené v průběhu lekce, proto je výhodnější učit je v prostředí, které se přibližuje tomu, ve kterém budou tyto dovednosti využívat a s nástroji co nejvíce podobnými těm, které pacienti využívají při ADL. Pacienti s Alzheimerovou chorobou jsou závislí na zrakové zpětné vazbě v průběhu učení i při samotném provádění činnosti (van Halteren-van Tilborg, Scherder, Hulstijn, 2007).

### **2.3.2.3 Zaměření pozornosti a slovní instrukce**

Jednoznačné instrukce mohou být na překážku motorickému učení dospělých pacientů po cévní mozkové příhodě. Alternativní výukové strategie jsou založeny na implicitním učení, při kterém není pacientovi sdělen přesný cíl úkolu. Pacient může, ale nemusí přesně vědět, co se naučil (Pohl, McDowd, Filion, Richards, Stiers, 2006).

Zaměření pozornosti na pohyby vlastního těla může mít nepříznivý dopad na výkonnost i v dobře zvládnutých dovednostech. Instrukce, které zaměřují pozornost jedince na pohyby jeho vlastního těla, vedou k poklesu výkonu. Nevědomé strategie, ve kterých jsou jedinci instruováni, aby prováděli pohyb, aniž by se vědomě soustředili na pohybový vzorec, vedou k větší výkonnosti než vědomé strategie, při kterých se jedinci soustředí přímo na prováděný pohyb (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Instrukce dané terapeutem mohou zjednodušit prováděný úkol. Je lepší dávat instrukce, které navedou jedince, na co se má soustředit, než popisovat dovednost nebo dávat zpětnou vazbu v průběhu provádění pohybu (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Testování vlivu pozornosti a instrukcí na motorické učení bylo prováděno na lyžařském simulátoru. Porovnání mezi účastníky, kteří dostali instrukce o správném pohybu a těmi, kteří tyto instrukce neobdrželi, dopadlo překvapivě: instruovaní pacienti



dosáhli horších výsledků. Existují důkazy, že informace, které zaměřují pozornost na vlastní pohyb, mohou narušit jeho automatické provádění a snížit tak efekt učení se novým dovednostem. Při zkoumání vlivu pozornosti na motorické učení byli probandi rozděleni do dvou skupin. První skupina dostala za úkol soustředit se na své dolní končetiny a pokusit se přenést váhu na pravou dolní končetinu v okamžiku, kdy se podložka pohybuje doprava, a obráceně. Druhá skupina měla za úkol soustředit se na kolečka podložky, umístěná přímo pod chodidly; pokud se deska pohybovala vpravo, měli za úkol zatlačit na pravá kolečka, a obráceně. Druhá skupina prováděla pohyb mnohem efektivněji. Instrukce, které zaměřují pozornost na výsledky pohybu, se jeví jako mnohem účinnější, než ty, které zaměřují pozornost na pohyb sám (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Učení motorických dovedností může být vylepšeno, pokud se pozornost jedince zaměří na důsledek jeho pohybu. Přesné důvody, proč zevně zaměřená pozornost zlepšuje motorické učení, nejsou známy. Snaha vědomě kontrolovat pohyb může překážet automatickému procesu motorické kontroly, který pohyb normálně reguluje. Vědomé zaměření pozornosti na kontrolu pohybu patrně omezuje pohybový systém a znehodnocuje přirozené pohyby, což má za následek zhoršení činnosti. Zaměření na účinky pohybu vede k aktivitě nevědomé kontroly, což vede k efektivnější činnosti a učení (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Používání metronomu nebo hudby v průběhu učení chůze může být výhodné pro pacienty s neurologickými nebo muskuloskeletálními obtížemi. Pacienti se často pohybují pomalým asymetrickým vzorem a často mají příliš dlouhou fázi dvojí opory. Pokud pacienta požádáme, aby se pohyboval do rytmu, je pacient povzbuzován zevními vlivy, aby upravit svůj krokový rytmus (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Strategie, které zaměřují pacientovu pozornost spíše na zevní efekty činnosti než na činnost samotnou, nejsou téměř vůbec v rehabilitaci využívány. Zevní zaměření pozornosti může být výhodou u aktivit, které běžně řídí automatická kontrola, jako je např. rovnováha a stabilita, protože tato kontrola může volně působit. Zatímco zevní zaměření pozornosti je výhodné používat v pozdějších fázích terapie, vnitřní zaměření pozornosti je účinnější v průběhu časně terapie (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

### 2.3.2.4 Ovlivnění dalším učním

Motorické dovednosti jsou ovlivněny předchozím učním, které je může ovlivňovat od facilitace až po ztížení. Upevněné schopnosti nejsou úplně odolné změnám, ale ani je nelze zcela nahradit novými dovednostmi. Místo toho dovednosti odráží kombinaci předchozích učení. Tyto kombinace nejsou stálé, ale v průběhu času se mění, spolu se získáváním nových zkušeností. Původně naučené není nahrazeno novým, ale staré a nové dovednosti se na neuronové úrovni kombinují a následné dovednosti jsou výsledkem této kombinace. V souladu s touto myšlenkou tak můžeme pozorovat, že při současném tréninku více dovedností najednou dochází k jejich ovlivňování, od facilitace po ztížení (Mattar, Ostry, 2007).

### 2.3.2.5 Plán cvičení

Měnicí se sled procvičovaných dovedností je jednou z metod zlepšujících motorické učení, která se využívá u zdravých jedinců. Jedná se o způsob, který umožňuje rozvoj a zachování účinných strategií motorické kontroly (Jonsdottir, Cattaneo, Regola, Crippa, Recalcati, Rabuffetti, Ferrarin, Casiraghi, 2007).

Míra zlepšení výkonu je závislá na množství praxe. Nejjednodušším způsobem praxe je opakování stejného pohybu. Ačkoli to může být nejúčinnější cesta ke zlepšení výkonu v průběhu samotného cvičení, není to optimální cesta pro uchování naučeného. Častější a delší odpočinek mezi opakováním stejně jako větší variabilita úkolu zlepšuje výkon a učení v následující lekci, přestože výkon v dané chvíli je horší, než pokud by se pouze opakoval stejný pohyb. Další výhodou měnicího se cvičení je zvýšení generalizace učení nového úkolu. Opakování pohybu při terapii může vést ke zlepšení výkonu v jejím průběhu, ale nepřenesení se do aktivit denního života po návratu do domácího prostředí. Náhodné uspořádání nácviku různých úkolů vede k lepšímu výkonu ve všech těchto úkolech i po delší době na rozdíl od situace, kdy jsou tyto úkoly trénovány odděleně. Důvod, proč náhodné rozvržení může pomoci obnovení funkce, je ten, že pacient spíše řeší problém, než že se snaží zapamatovat si přesný sled zapojení svalů a ten zopakovat (Krakauer, 2006).

### 2.3.2.6 Aktivní a pasivní pohyby

Souvislost mezi somatosenzorickým vstupem a motorickým výstupem je zdůrazňována výzkumy demonstrujícími, že somatosenzorická stimulace periferních nervů vede ke zlepšení motorických funkcí zprostředkovaných stimulovanou částí těla zvláště u pacientů s mozkovými lézemi. Trénink sestávající z pasivních pohybů ve funkčních souvislostech se proto v rehabilitaci často používá zejména u pacientů s mozkovými lézemi (např. cévní mozková příhoda), kteří nejsou schopni provést volní pohyby nebo jsou na jejich provedení příliš slabí. Provádění pasivně vyvolaných pohybů aktivuje korové oblasti podobně jako je aktivují volní aktivní pohyby. Výsledky studií ukazují, že cvičení pasivních pohybů může být stejně efektivní jako aktivní pohyby, pokud se jedná o reorganizaci primární motorické oblasti a může vést k podobným výsledkům jako aktivní pohyby. Ale výsledky jiných studií prokázaly, že zatímco aktivní cvičení vede ke zjevnému zlepšení motorických dovedností, tak pasivní pohyby ne, pokud pasivní cvičení trvá třicet minut. Což nevylučuje možnost, že intenzivnější nebo delší pasivní cvičení může přinést zisky. Obojí, jak pasivní tak volní aktivní cvičení aktivuje primární motorickou oblast, jak bylo ukázáno v několika studiích, ale aktivní cvičení je více přínosné než pasivní co se týká zlepšení dovedností; primární motorická oblast je při něm aktivována více než při pasivním cvičení a kromě toho jsou facilitována spojení mezi motorickými korovými oblastmi. (Lotze, Braun, Birbaumer, Anders, Cohen, 2003)

### 2.3.2.7 Zpětná vazba

Terapeuti často poskytují zpětnou vazbu, pokud pacient udělá chybu při provádění – v takovém případě je informativní povahy; nebo pokud pacient provede pohyb správně – v takovém případě zvyšuje motivaci. V každém případě, pokud pacient udělal chybu a není si jí vědom, zpětná vazba od terapeuta je pravděpodobně doplněním pacientovy nedostatečné vnitřní zpětné vazby (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Pro učení se složitých motorických dovedností je výhodné využít postupně slábnoucí zpětné vazby (její frekvence se v průběhu výuky neustále snižuje). Toto slábnutí umožňuje kombinovat výhody počátečního asistovaného učení, zatímco ke konci dosahujeme nezávislosti na zpětné vazbě při pozdějším provádění (Jonsdottir, Cattaneo, Regola, Crippa, Recalcati, Rabuffetti, Ferrarin, Casiraghi, 2007).

Učení je efektivnější nejen pokud jedinci zaměřují svoji pozornost na zevní účinky své činnosti, ale také pokud se obdržená zpětná vazba týká zevního prostředí. V jedné ze studií poskytli jedné skupině zpětnou vazbu (pohyby desky stabilometru zobrazené na monitoru) při úkolu udržování stability, kontrolní skupina zpětnou vazbu nedostávala. Skupina se zpětnou vazbou byla schopna lépe udržet stabilitu, přestože zpětná vazba byla v tomto případě nadbytečná, a pouze doplňovala „vnitřní“ zpětnou vazbu – zrakovou a kinestetickou. Zpětná vazba může navodit zevní zaměření pozornosti nezávisle na obdržených instrukcích. Navíc odstranění zpětné vazby nemělo žádný vliv na činnost, což je v přímém kontrastu s jinými studiemi, kdy odstranění zpětné vazby vedlo ke zhoršení prováděné činnosti (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Zpětná vazba je dalším faktorem, ovlivňujícím motorické učení, který může být používán mnohem výhodněji, pokud pacienti získají kontrolu nad jeho frekvencí a okamžikem poskytnutí (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Pro děti ve věku tří měsíců se jako nejvhodnější zpětná vazba ukazuje kombinace zrakového a sluchového stimulu, dále pak samostatný zrakový stimul a nakonec sluchový stimul. Při vytváření sluchového stimulu je nutné dát pozor na jeho přílišnou intenzitu, která naopak může motorické učení dětí zhoršit. Tomu odpovídají i výsledky výzkumu, ve kterém byla zkoumána senzitivita pětiměsíčních dětí k rytmu. Výzkum ukázal, že pokud je rytmus dítěti představován pomocí dvou různých podnětů (zrakový a sluchový), je dítě schopno tento rytmus rozpoznat. Ale pokud dítěti nový rytmus předkládáme pomocí jednoho podnětu, dítě jej nerozpozná (Tiernan, Angulo-Barroso, 2008).

### **2.3.3 Vývoj motorického učení**

Proces, ve kterém kojenci zkoumají svoje pohybové možnosti, aby našli pohybové řešení, je příkladem percepčního vnímání motorického jednání, ve kterém existuje spojitost mezi smyslovým vnímáním a motorickým jednáním (Tiernan, Angulo-Barroso, 2008).

Kojenci mohou efektivně využívat korelující informace ze svého vnímání a jednání k nalezení vhodného motorického řešení k dosažení požadovaného úkolu. Výsledky ukazují, že tříměsíční děti jsou schopné vybrat přesně definovaný postup tak, aby vyřešily motorický problém, a to i v případě, že je tento problém poměrně složitý.

Kojenci jsou schopni rychle pochopit, že pohybem svých dolních končetin rozhýbou tzv. závěsný kolotoč. Tento typ zpětné vazby je přirozeně podmíněný a závislý. Je podmíněný, protože pohyby závěsného kolotoče jsou dočasně synchronizovány s pohybem dítěte. Kolotoč se pohybuje pouze když dítě dostatečně pohybuje dolními končetinami tak, že dosáhne na stuhu připevněnou ke kolotoči. Tento typ zpětné vazby je také závislý, protože množství pohybu, který kolotoč vykoná, je přímo úměrné amplitudě a době trvání pohybu dítěte (Tiernan, Angulo-Barroso, 2008).

Již kojenci vykazují schopnost předvídání pohybu, ve věku tří měsíců jsou schopni očima sledovat pohybující se předmět. Malé děti jsou schopny rukou zachytit pomalu se pohybující předmět, jakmile dokáží uchopit nepohyblivé předměty. Stejně jako dospělí dokáží předvídat pohyb předmětu. Přestože tato základní dovednost se výrazně zlepšuje mezi čtvrtým a osmým měsícem, mnoho pohybových vzorů dosahujících úrovně dospělého nevznikne před druhým rokem života. Děti mezi dvěma a dvanácti lety jsou schopny chytit pohybující se objekty stejně jako dospělí. Své schopnosti, zvláště chytání malých předmětů ve vysoké rychlosti, rozvíjejí nejméně do dvanácti let. Toto zlepšení souvisí s pokrokem v percepčně-motorických schopnostech, jako je předvídání a extrapolace trajektorií a nárůst kognitivní kontroly požadovaných motorických dovedností. Základní percepčně-motorické dovednosti na úrovni dospělých děti patrně získávají v nízkém věku. Více specifické dovednosti, jako je chytání předmětů, plánování, vykonání plánovaného, napodobení pohybu a přizpůsobení činnosti předpokládanému pohybu děti nezískávají před 10 – 12 rokem (Daum, Huber, Krist, 2006).

Starší a mladší pacienti by měli mít podobné tempo učení se vizuomotorickým úkolům, které vyžadují opakované zpracování zrakově-prostorových stimulů, ale žádné nové vizuomotorické podněty stejně jako úloha souvislého sledování pohybu (viz kapitola 2.3.4.3). Je pravděpodobné, že stárnutí nemá vliv na změny subkortikálních struktur a motorické učení (Brosseau, Potvin, Rouleau, 2007).

Voelcke-Rehage a Willimczik (2006) zkoumali možnosti motorického učení u různých věkových skupin na žonglování. Zjistili, že schopnost žonglovat se tréninkem výrazně zlepšovala u všech věkových skupin, ale tvar funkce zlepšování byl u každé skupiny jiný. Starší dospělí (mezi šedesáti a sedmdesáti lety) se zlepšují výrazně více než děti ve věkovém rozmezí šesti až devíti let, ale výrazně méně než věková skupina mládeže a mladých dospělých (mezi šestnácti a dvaceti devíti lety). Starší dospělí

vykazují velký potenciál pro získání dalších schopností v žonglování – nebyly nalezeny žádné významnější známky snížené motorické plasticity u lidí ve věku mezi šedesáti a sedmdesáti devíti lety; starší dospělí vykazují stejné motorické schopnosti a učení jako děti mezi desátým a čtrnáctým rokem života a dospělí mezi dvaceti pěti a padesáti devíti lety života. Pouze mládež a mladí dospělí mezi patnácti a dvaceti devíti lety vykazují větší schopnosti a výraznější zlepšení.

Požadavek na rozptýlení pozornosti nesnižuje schopnosti mladých dospělých, ale snižuje schopnosti starších dospělých (Voelcker-Rehage, Alberts, 2007), přestože snížení motorické plasticity se neobjevuje jen ve starším věku, ale již dříve – v mladším a středním věku, po špičce v mládí a v mladé dospělosti (Voelcker-Rehage, Willimczik, 2006). Obě skupiny jsou ale schopné zlepšit své motorické dovednosti jak v motorické úloze, tak i v motorické úloze kombinované s kognitivním úkolem (Voelcker-Rehage, Alberts, 2007).

Přestože starší dospělí vykazují srovnatelné výkonnostní zisky, jejich absolutní výkony jsou na nižší úrovni než u mladých dospělých mezi patnácti a dvaceti devíti lety (Voelcker-Rehage, Willimczik, 2006).

Někteří autoři uvádějí, že motorické učení starších lidí je nedotčené, zatímco další porovnávají vzorec jejich obtíží se vzorcem poškození nalezeným u pacientů s prefrontální nebo striatální lézí (Brosseau, Potvin, Rouleau, 2007). Normální stárnutí nemusí být nutně spojeno s výrazným snížením nebo dokonce se ztrátou schopnosti získávat a zlepšovat motorické dovednosti (Voelcker-Rehage, Willimczik, 2006). Některé změny paměti a dalších kognitivních funkcí související se stářím lze přičíst poklesu inhibiční kontroly nad obsahem pracovní paměti. Starší jedinci proto mají obtíže při inhibici konkurenční motorické paměti (Brosseau, Potvin, Rouleau, 2007). Motorické dovednosti mohou s věkem vyžadovat více kognitivních zdrojů, kontroly a dohledu (Voelcker-Rehage, Alberts, 2007).

Snížení motorických dovedností, fyzické zdatnosti a „nízká úroveň funkčnosti“ spojované se stárnutím jsou spíše následkem sedavého životního stylu vedoucího k úbytku svalové hmoty, snížení vytrvalosti, síly a stability, než důsledkem stárnutí samotného (Voelcker-Rehage, Willimczik, 2006).

Mnoho běžných denních činností, jako je otevírání popelnice nebo oblékání, vyžaduje přesné řízení a koordinaci sil a zároveň zpracovávání zevních informací.

Pohybové a kognitivní schopnosti starších lidí jsou zkoumané nezávisle na sobě, přestože jsou při ADL využívány současně. Stárnutí je spojováno se snížením zpracovávání informací (snížení rychlosti nervového vedení). V pokročilém věku vyžadují smyslové a motorické dovednosti stále více kognitivní kontroly. Mechanismy zahrnující zvýšení kognitivní kontroly bohužel zahrnují smyslové ztráty, které poškozují senzomotorické dovednosti a snižují tak efektivitu kognitivní kontroly. Tato snížená schopnost vykonávat motorické úlohy naznačuje, že pro dosažení výsledků srovnatelných s mladými dospělými je zapotřebí větší kognitivní kontroly (Voelcker-Rehage, Alberts, 2007).

Starší lidé mají nižší výchozí motorické i kognitivní schopnosti, ale rychlost učení se sledovací úloze a zrcadlovému záznamu, stejně jako stavbě Hanojské věže, mladších i starších se neliší. Učení motorických schopností u starších lidí je podobné jako učení se těmto dovednostem u mladších jedinců při sledovací úloze nebo při testu měření reakční doby, pokud je sekvence úkolů v úloze náhodná. Nové motorické dovednosti starších lidí se upevňují v čase. Starší lidé mají, na rozdíl od mladších, menší užitek z učení se sledovací úloze, pokud se cíl pohybuje předvídatelně. Starší lidé se zhoršují při testu měření reakční doby, pokud program střídá náhodné a opakující se vzorce. Učení je tím náročnější, čím rychleji se mění pořadí těchto vzorců, což znamená, že starší lidé mají, v porovnání s mladšími, pomalejší rychlost adaptace. Senioři jsou při sledovací úloze pomalejší a dělají více chyb, pokud zahrnuje změnu vztahu mezi zrakovou a proprioceptivní zpětnou vazbou (Brosseau, Potvin, Rouleau, 2007).

## **2.3.4 Testování**

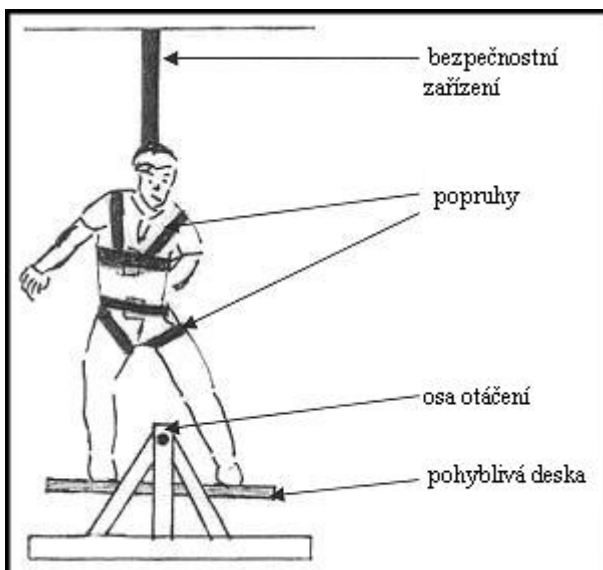
### **2.3.4.1 Měření reakční doby (SRTT)**

Tento test byl poprvé použit Nissenem a Bullenerem roku 1987. Pacient sedí před počítačovou obrazovkou a má před sebou klávesnici se čtyřmi tlačítky. Na obrazovce se objevuje signál (např. barevný bod) ve čtyřech různých horizontálních pozicích. Každé z těchto pozic odpovídá jedno tlačítko na klávesnici. Když se podnět objeví, účastník stiskne vhodné tlačítko, což pokus ukončí. Sekvence pozic signálu se nejprve náhodně mění, později se pravidelně opakuje. SRTT je reakční úkol, který obsahuje opakující se sekvenci, kterou účastníci mohou předvídat a také se ji naučit

(Robertson, 2007). Během tohoto úkolu se zvyšuje aktivita senzorykomotorické kůry, nucleus caudatus a putamen. Stejně rychlosti při plnění tohoto úkolu dosahovali lidé zdraví i trpící amnézií (Hort, Rusina et al., 2007).

### 2.3.4.2 Dynamické vyvažování

Při tomto úkolu jsou probandí instruováni tak, aby udrželi desku stabilometru horizontálně po dobu 60 sekund. Všichni účastníci provádějící tento balanční úkol mají celotělový bezpečnostní postroj, aby se odstranil strach z pádu. Deska stabilometru je volně uchycená ve vodorovné ose. (Obrázek 2) Maximální rozsah výchylky desky stabilometru od horizontály je nastaven na 30°. V tomto testu lze použít tři typy úkolu. Základním je primární balanční úkol; lze také použít balanční úkol v kombinaci vybavení si čísel a/nebo balanční úkol v kombinaci se zvedáním konvice o váze jednoho kilogramu. Test opakování čísel je podobný situaci, kdy nám někdo jiný sděluje telefonní číslo; jedná se o verbálně-kognitivní úkol. Jedinec při něm opakuje šest náhodných číslic, které jsou uváděny s frekvencí jedna číslice za sekundu. Tento úkol potlačuje použití verbálních znalostí balančního úkolu tím, že blokuje fonologickou smyčku pracovní paměti. Při zvedání konvice musí účastníci přesunout své těžiště tak, aby mohli na konvici dosáhnout, zvednout ji a udržet jednou rukou. Tento úkol napodobuje každodenní činnost zvedání konvice s vodou. Pro měření úspěšnosti se používá měření střední kvadratické odchylky středu vertikální osy stabilometru (Orrell, Eves, Masters, 2006).



Obrázek 2 – Stabilometr (Orrell, Eves, Masters, 2006)

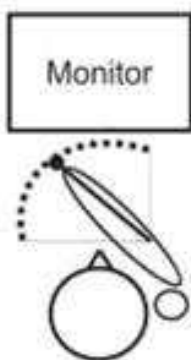


### 2.3.4.3 Úloha souvislého sledování pohybu

Úlohy souvislého sledování pohybu se objevují v mnoha různých studiích, každá s mírně odlišným provedením. Lze je provádět jak v rovině, tak v prostoru. Rovinné úlohy jsou častější, a protože se vyskytují v mnoha obdobích, pokládám za důležité uvést několik příkladů.

#### 2D

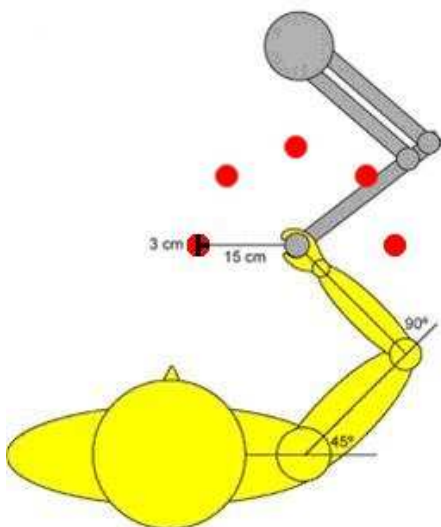
Při této variantě testu sedí účastníci před monitorem, na kterém se pohybuje kurzor tvaru písmene X. Probandi sedí tak, že jejich paže spočívá na páce, pomocí které ovládají vertikální pohyb zeleného čtverce, který se také pohybuje po obrazovce. Kurzor i zelený čtverec se pohybují shodnou konstantní rychlostí z levé strany obrazovky na pravou. Kurzor kromě toho vykonává i náhodný pohyb nahoru a dolů. Cílem je, aby účastníci pomocí páky vykonávali zeleným čtvercem stejný pohyb jako kurzor. Délka provádění se řídí dobou, kterou potřebuje kurzor k přesunutí z jedné strany obrazovky na druhou. Zelený čtverec je ovládán pomocí páky, jejíž rozsah je  $0-90^\circ$ , úvodní pozice páky je  $45^\circ$ . (Obrázek 3) Úkolem účastníků je pomocí páky co nejpřesněji napodobit pohyb kurzoru. Při tomto testu je možné hodnotit střední kvadratickou odchylku a analýzu časových řad. Střední kvadratická odchylka odráží kinematický vzorec a je průměrným rozdílem mezi cílovým vzorcem a pohybem zeleného čtverce vytvářeným účastníky. Analýza časových řad byla použita ke sledování vzorce v měření prostorové přesnosti a časového úseku mezi kinematickým vzorcem a pohybem cíle (Boyd, Winstein, 2004).



**Obrázek 3 – Pozice účastníků při 2D úloze souvislého sledování pohybu (Boyd, Winstein, 2004)**

Další variantu testu popisují Brosseau, Potvin a Rouleau (2007). Účastníci mají za úkol sledovat pohybující se cíl na počítačové obrazovce. Pomocí počítačové myši pohybují kurzorem. Úkol obsahuje dvě úpravy: náhodnou, při které se cíl pohybuje náhodně v neviditelném čtvercovém rámečku, a opakovanou, při které cíl sleduje osmiúhelník bez viditelného obrysu. Cíl se pohybuje vždy po přímkách – vodorovných, svislých nebo diagonálních. Pro každý typ úkolu je cílová rychlost upravena podle účastnickovy výkonnosti, která je určena pomocí střední kvadratické chyby – měření vzdálenosti mezi kurzorem a cílem. Tyto úpravy jsou provedeny tak, aby obtížnost úkolu byla pro všechny účastníky testu shodná. Účastníci zahájili každý test stisknutím tlačítka počítačové myši, když byl kurzor v cílové oblasti. Měření probíhalo jako měření střední kvadratické chyby a cílové rychlosti.

V poslední uváděné variantě tohoto testu jedinci pohybují horní končetinou, zatímco drží rukojeť dvoukloubového robotického zařízení, které umožňuje pohyby v horizontální rovině. (Obrázek 4) Tzv. airsled podporuje horní končetinu v průběhu pohybu a snižuje tření. Motor připojený ke kloubům robota aplikuje síly na jedincovu horní končetinu v průběhu pohybu. V každém experimentálním sezení jedinec provádí sérii pohybů k pěti cílům. Cíle mají tři centimetry v průměru a jsou rozestavěny do horního oblouku kružnice o poloměru patnácti centimetrů. Jedinci začínají pohyb teprve po osvětlení cíle a mají za úkol dosáhnout jej za  $500 \pm 50$  ms a zůstat v jeho hranici po dobu 750 ms. Zrakové a sluchové podněty jedince informují o době trvání pohybu; po uplynutí dané doby se robot a s ním i horní končetina vracejí do výchozí pozice (Mattar, Ostry, 2007).



**Obrázek 4 – Dvoukloubové robotické zařízení (Mattar, Ostry, 2007)**

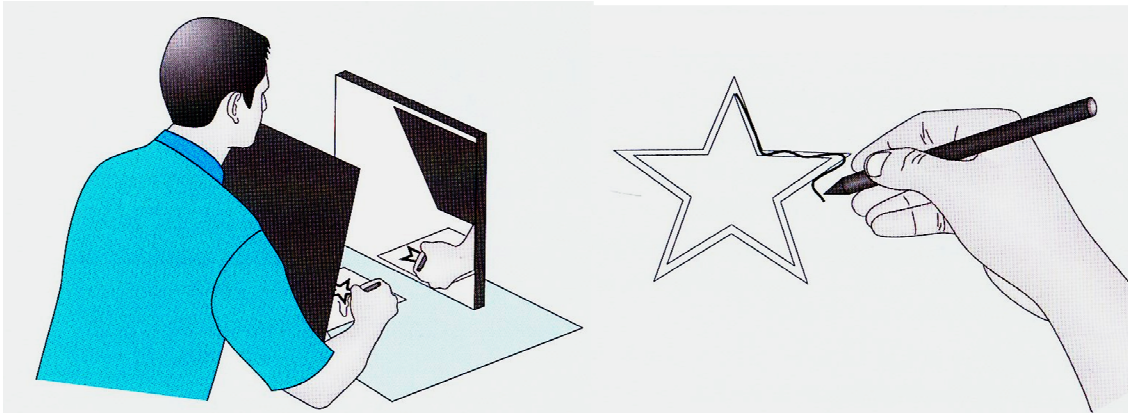
### 3D

Účastníci sedí v pohodlné židli s levou rukou na podložce dva metry od projekční obrazovky. S použitím své pravé ruky s extenzí v zápěstí a ukazováčku mají sledovat cílový objekt zobrazovaný na obrazovce a pohybující se po trajektorii skládající se z pěti částí o celkové délce 160 cm. V průběhu každého pokusu se objekt pohybuje konstantní rychlostí a před každou změnou směru se na jednu sekundu zastaví. Trajektorie je navržena tak, že vyžaduje vícesměrové pohyby zahrnující pohyby ramenního a loketního kloubu ve třech rovinách. Aby se minimalizovalo nepohodlí, tak ruka a zápěstí nejsou fixovány. Začátek a konec trajektorie je umístěn v jednom bodě, který odpovídá mezníku na opěradle židle. Účastníci mají sledovat svojí pravou paží trajektorii cílového objektu tak, aby se co nejvíce přiblížili jeho rychlosti a pozici v prostoru. Na začátku každého pokusu zazní zvukový signál, který na něj upozorňuje. Probandi nedostávají žádnou zpětnou vazbu o své přesnosti. Statistická analýza je provedena ze součtu všech odchylek ve všech rovinách (Leocani, Comi E., Annovazzi, Rovaris, Rossi, Cursi, Comola, Martinelli, Comi G., 2007).

#### 2.3.4.5 Zrcadlový záznam

Pomůcky pro zrcadlový záznam jsou list bílého papíru připevněný na plexisklové podložce a téměř svislá neprůhledná plexisklová bariéra uložená 7 cm od podložky a zakrývající šablonu. Šablona je viditelná v zrcadle, které stojí vodorovně na podložce 21,5 cm od bariéry. Podobná úloha je zachycena na obrázku 5. Účastníci mají překreslit obrysy 7 rozdílných tvarů (tvořených dvěma černými linkami umístěnými 1,7 cm od sebe a odrážených v zrcadle) tak rychle, jak je to možné, a bez přetahování. Tato úloha obsahuje dva různé úkoly – opakované a neopakované. Stejně obrazce jsou použity v sudých opakováních a odlišné obrazce v lichých opakováních. Oba úkoly jsou prezentovány střídavě kvůli ověření možnosti facilitačního efektu na opakované obrazce. Pořadí prezentace neopakovaných obrazců je náhodně určené. K překreslení každého tvaru je maximálně sedm minut času. Všechny obrazce zahrnují čtyři vertikální čáry, čtyři horizontální, čtyři 45° úhly a 15 změn směru. Všechny obrazce jsou stejně obtížné. Měří se tři ukazatele: čas obkreslování, počet chyb a počet epizod zaváhání. Jako chyba je počítané překročení obrysu o jeden a více milimetrů s návratem méně než dva centimetry od místa přetažení, pokud je místo návratu vzdálené od místa přetažení

více než 2 cm, započítávají se dvě chyby. Epizody zaváhání jsou definované jako tři a více následných pohybů v úhlu  $90^\circ$  od požadovaného pohybu, které nevedou k pokroku (Brosseau, Potvin, Rouleau, 2007).



**Obrázek 5 – Zrcadlový záznam (Hort, Rusina et al., 2007)**

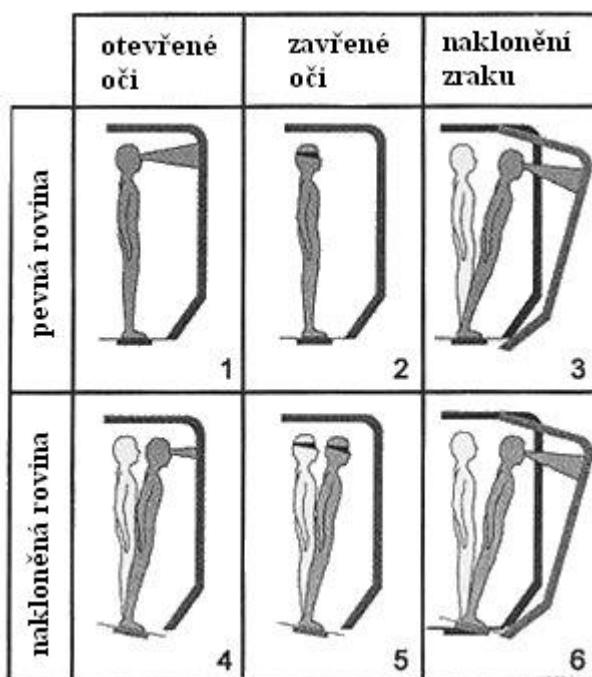
#### **2.3.4.6 Žonglování**

Účastníci se v tomto testu učí dva druhy žonglování – s třemi šátky a s třemi míčky. Pro oba druhy žonglování jsou použity stejné instrukce o sedmnácti krocích. Instrukce začínají žonglováním s jedním šátkem a obtížnost průběžně stoupá až k žonglování se třemi šátky. Účastníci opakují každý krok tak dlouho, dokud jej nezopakují pětkrát za sebou bez chyb. Jakmile účastníci dokončí sedmnáctý krok s šátky, postupují opět od prvního kroku instrukcí, tentokrát s míčky. Trénování je individuální s ohledem na kvalitu (úspěšnost) učení každého účastníka a standardizované v průběhu instrukcí a provádění. Měření: započítává se každý hozený a chycený šátek nebo míček. Maximální rozsah pro žonglování se šátky je pět kaskád, pro míčky deset kaskád (Voelcker-Rehage, Willimczik, 2006). Kaskáda je prohození všech tří předmětů, přičemž alespoň jeden musí být neustále ve vzduchu (Pečinková, 2006). Pro analýzu dat jsou použity tři nejlepší kaskády žonglování se šátkem a míčky a jsou sečteny dohromady (Voelcker-Rehage, Willimczik, 2006).

#### **2.3.4.7 Sensory organization test (Smyslový organizační test)**

„Smyslový organizační test“ je vedený v tiché místnosti a používá se při něm systém Smart Balance master, který je široce akceptovaným klinickým nástrojem používaným k detekci abnormální postury. Jedinci jsou instruováni stále stát s pažemi

volně podél těla a dívat se přitom rovně před sebe bez natahování se nebo vykročení. Jako prevence pádu je použit bezpečnostní popruh umístěný nad hlavou. “Smyslový organizační test“ systematicky zpracovává kombinaci zrakové, vestibulární a somatosenzorické stimulace v šesti různých smyslových úlohách: Pevná rovina - otevřené oči, zavřené oči, „naklonění zraku“ a nakloněná rovina – otevřené oči, zavřené oči a „naklonění zraku“. (Obrázek 6) Schopnost stát na místě dokud je to možné je hodnocena ve dvou úkolech: v samostatném, kde účastníci jen stojí, a tzv. dvojitém, ve kterém účastníci navíc opakují náhodně vybraná čísla. Úkoly jsou řazeny tak, že stoupá jejich náročnost (Cavanaugh, Mercer, Stergiou, 2007).



Obrázek 6 – Smyslové úlohy (Cavanaugh, Mercer, Stergiou, 2007)

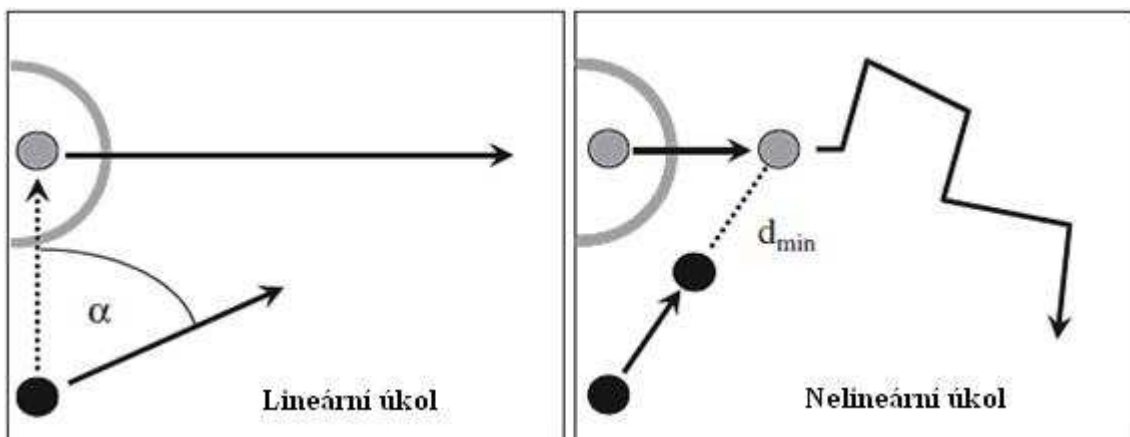
### 2.3.4.8 Přepínání

V tomto testu mají jedinci za úkol co nejdříve po rozsvícení diody přepnout spínač, který je umístěný pod ní. Celkem je k dispozici osm spínačů dvou rozdílných typů. Typy spínačů jsou si podobné, ale každý vyžaduje odlišnou pozici ruky. Spínače jsou umístěny do dvou řad tak, že vedle sebe nejsou dva stejné spínače. Spínače prvního typu jsou knoflíky o průměru dvou centimetrů, které se aktivují otočením doleva nebo doprava. Druhý typ spínačů je ve tvaru standardního světelného vypínače, ale aktivuje se posunutím doleva nebo doprava. Nad každým vypínačem je umístěná LED dioda.

Zařízení je připojeno k počítači, který kontroluje rozsvícení LED diody a sbírá data o přesnosti a zpoždění reakce. Rozsvícená LED dioda označuje cílový spínač a zůstává rozsvícená, dokud není správný spínač vypnutý. V okamžiku vypnutí správného spínače se rozsvítí další. Měří se čas potřebný pro vypnutí jednoho vypínače (Pohl, McDowd, Filion, Richards, Stiers, 2006).

### 2.3.4.9 Pronásledování virtuálních cílů

Účastníci mají za úkol zachytit pohybující se cíl pomocí záchytného objektu. Úkol je prováděn na PC. Na monitoru jsou patrné dva objekty: pohybující se cíl a záchytný objekt, což jsou stejně velké barevně odlišené kruhy. Domovská oblast je vyznačena barevnou kružnicí kolem cílového bodu. Záchytný objekt je ovládán pomocí dotykového rozhraní. Všichni účastníci jsou testováni individuálně. Pro ujištění, že jsou účastníci schopni odhadnout rychlost cíle, nesmějí začít se záchytným pohybem předtím, než cíl opustí domovskou oblast. To je důležité, aby se zabránilo využití znalosti rychlosti cílového objektu z předchozího pokusu. Používají se lineární a nelineární úkoly ve dvou blocích. (Obrázek 7) U nelineárních úkolů se náhodně mění rychlost a směr pohybu cíle. Analyzuje se doba pohybu, směr prvního dílčího pohybu a jeho maximální rychlost, počet zachycení cíle a počet dílčích pohybů (Daum, Huber, Krist, 2006).



Obrázek 7 – Lineární a nelineární úkoly (Daum, Huber, Krist, 2006)

### 2.3.4.10 Posturo-locomotion-manual test

V optoelektronickém posturo-locomotion manual testu jedinec opakovaně zvedá malý předmět z podlahy a přenáší jej na stojan. Test je jednoduchý a pro pacienty snadno zvládnutelný. Výsledky dávají kvantitativní i kvalitativní informace o běžně vykonávané činnosti. Pacienti přenášejí předmět (500g) s ergonomickým úchopem od výrazně označené výchozí pozice na podlaze na stojan umístěný 1,5 m od výchozího místa. Tělo pacienta musí provést posturální změny (ohnout se, uchopit držadlo a znovu se narovnat), lokomoci (chůze) a přesně zacílený pohyb paže (umístění předmětu na stojan). Proband začíná z označené výchozí pozice s předmětem položeným na zemi vedle sebe. Na povel zvedne předmět a co nejrychleji se přesune vpřed a umístí jej na stojan. (Obrázek 8) Test používá optoelektrický měřicí systém pro nahrání této dynamické činnosti. Sedm značek pokrytých páskami odražejícími infračervené světlo je umístěno na definovaná místa těla: hlavu, jedno rameno, jednu paži, jeden kyčelní kloub a na obě nohy; další značka je připevněna na předmětu. Značky jsou každých 20 ms snímány kamerovým systémem vybaveným infračerveným světlem. Počítačový software vypočítává z tohoto záznamu rychlost a převádí pohyb do 2D prostoru. Tento test můžeme rozdělit na tři pohybové fáze: posturální, lokomoční a fázi zručnosti. (Příloha 3) Posturální fáze je odvozena od rychlosti pohybu značky umístěné na hlavě a je vyjádřena časem od uchopení předmětu po úplné narovnání. Lokomoční fáze je sledována pomocí značek připevněných na nohou. Fáze zručnosti je sledována pomocí značky umístěné na rameni, kyčelním kloubu a paži, měří se úhlová rychlost paže oproti trupu. V průběhu této fáze je předmět umisťován na stojan. Doba trvání je měřena pomocí značky přidělané na předmětu (Schön-Ohlsson, Willén, Johnels, 2005).



Obrázek 8 – Průběh testu (Schön-Ohlsson, Willén, Johnels, 2005)

## 2.3.5 Aplikace do praxe

### 2.3.5.1 Ideomotorika

Ideomotorika je mentální reprezentace pohybu. Je to souhrn kognitivních činností, který používá sensorické a percepční procesy umožňující reaktivaci specifických motorických činností. Do širší definice tohoto pojmu je zahrnuta i složka sensoricko-percepční, paměťová a motorická (Dickstein, Deutsch, 2007). Ideomotorika jedinci přibližuje situace z reálného života tak, že získává smyslové zkušenosti, které lze v těchto situacích očekávat. Čas potřebný pro provedení pohybu v představě je podobný jako čas, který je potřeba pro jeho aktivní provedení. Tento fenomén je známý jako „mentální izochronie“ (Mulder, 2007).

Strategie ideomotorického učení můžeme rozdělit na kinestetické a vizuální. V průběhu kinestetické ideomotoriky si jedinec představuje, že on sám provádí pohyb se všemi sensorickými důsledky (perspektiva první osoby). V průběhu vizuální ideomotoriky se jedinec z odstupu pozoruje, jak provádí pohyb (perspektiva třetí osoby). Kinestetická ideomotorika je pro motorické učení efektivnější než vizuální. Perspektiva první i třetí osoby je spojena s aktivitou neuronů v suplementární motorické oblasti a precentrálním gyru. Perspektiva první osoby je však spojena i s aktivitou levého inferiorního parietálního lobe a levé somatosenzorické kůry, zatímco perspektiva třetí osoby aktivuje pravý inferiorní parietální lobus, posteriorní cingulární lobus a fronto-polární kortex. Kinestetické, ale nikoli vizuální, ideomotorické učení moduluje kortikomotorickou dráždivost, obzvláště na supraspinální úrovni. Oblast a stupeň aktivace závisí na typu představy. Vizuální ideomotorika může být využita pro znovunaučení se kognitivních a plánovacích aspektů pohybu, zatímco kinestetická ideomotorika může být využita pro znovunaučení se základních motorických dovedností. Aby bylo ideomotorické učení efektivní, musí být v mozku přítomno zobrazení pohybu. Úplně nové pohyby se nelze naučit pouze pomocí ideomotoriky (Mulder, 2007).

Ideomotorika obsahuje prvky kinestetických vjemů, které mohou být chápány jako náhrada smyslové zpětné vazby, ke které by došlo, pokud by byl prováděn pohyb. V průběhu ideomotoriky jedinci vnitřně simulují kinestetické pocity spojené s představou pohybu (Mulder, 2007). Faktory ovlivňující ideomotorický trénink jsou představivost, znalost úkolu, pracovní paměť a motivace (Dickstein, Deutsch, 2007).



Provádění pohybu, ideomotorika a pozorování činnosti jsou řízeny stejnými základními mechanismy. Ideomotorika a pozorování činnosti jsou pojímány jako „offline“ činnost korových motorických oblastí. Provádění pohybu i jeho představa aktivují překrývající se oblasti mozku. Ideomotorické učení vyžaduje vědomou aktivaci oblastí mozku, které se také podílejí na přípravě a provedení pohybu, doplněnou vědomou inhibicí aktivního pohybu. Ideomotorika je jednání, které je ztělesněné aktivací senzomotorických oblastí mozku. V mozku není představa oddělená od činnosti a vnímání (Mulder, 2007).

Studie opakovaně prokazují, že během pohybu, ale i během ideomotorického učení, se aktivuje premotorická a suplementární korová oblast spolu s cingulární a parietální oblastí, dále bazální ganglia a mozeček (Mulder, 2007). Stippich et al. (2002, in Mulder, 2007) prokázali, že představování si různých částí těla somatotopicky aktivuje precentrální gyrus. Představování si pohybu prstů, jazyka a prstců systematicky aktivuje somatotopicky uspořádané oblasti v primární motorické kůře, což znamená, že představa pohybu prstů aktivuje oblast prstů, představa pohybu prstců aktivuje oblast nohy v posteriorní části kontralaterální suplementární motorické oblasti a kontralaterální primární motorické oblasti a představa pohybu jazyka aktivuje oblast jazyka v primární motorické oblasti. Představa částí těla se více či méně projevuje v aktivaci různých oblastí mozkové kůry.

Ideomotorický trénink pohybových úkolů byl donedávna omezen pouze na sportovní aktivity. Používá se pro zlepšení pohybových dovedností a pro naučení se pohybových úkolů. Použití ideomotorického nácviku u zdravých jedinců nebo u těch, kteří mají zdravotní problémy, je prospěšné, ať už je používán samostatně nebo jako doplněk fyzického cvičení (Dickstein, Deutsch, 2007).

Zlepšení výkonnosti, které zahrnuje zvýšení síly vybraných svalových skupin, zlepšení rychlosti a zvýšení rozsahu pohybu spolu s větší posturální stabilitou starších lidí, bylo prokázáno při současném použití Kabatovy metody propioceptivní neuromuskulární facilitace a ideomotorického nácviku. Bylo prokázáno použití ideomotorického tréninku pro facilitaci percepčně-motorických profesních dovedností jako je ošetřovatelství nebo chirurgie, které tyto dovednosti zlepšuje. Podobné použití by mohl ideomotorický trénink mít například při nácviku manuálních fyzioterapeutických metod. Použití ideomotoriky ve sportu má pozitivní efekt na

rychlost, přesnost, svalovou sílu, svalovou dynamiku a obratnost (Dickstein, Deutsch, 2007).

Ideomotorika zlepšuje fyzické dovednosti. Jedinci, kteří mentálně trénují basketbalové volné hody, zlepšili svou zručnost podobně jako ti, kteří volné hody trénovali fyzicky. Kombinace fyzického cvičení a ideomotoriky je pro motorické učení vhodný. Opakovaná ideomotorika, zvláště z perspektivy první osoby, podporuje motorické učení. Ideomotorika je užitečným nástrojem sportovního tréninku a je známo, že ji využívají špičkoví sportovci. Výsledky ukazují, že dechová a tepová frekvence nestoupá pouze v průběhu aktivního cvičení, ale i při ideomotorice, přestože svaly nevykonávají žádnou práci. Ideomotorické učení nevede ke generalizaci svalového podráždění, ale k aktivaci pohybově specifických centrálních vzorců (Mulder, 2007).

Facilitace byla větší v průběhu pozorování přirozeného natočení ruky než u nepřirozeného. Pozorování biologického pohybu (lidské chůze) aktivuje superiorní temporální sulcus více než pozorování nebiologického pohybu (pohyby izolovaných segmentů končetin v prostoru). Zahájení pohybu je rychlejší, pokud je prováděný pohyb shodný s pozorovaným. Pozorování jiné osoby procházející procesem motorického učení ovlivňuje výkon pozorovatele. Jedinci pozorující videozáznam, který zobrazuje jinou osobu provádějící určitý pohyb, jsou v tomto pohybu výrazně lepší než ti, kteří tento pohyb vykonávají bez jeho předchozího pozorování (Mulder, 2007).

Pozorování pohybů úst souvisejících s komunikací a řečí facilituje dráždivost motorického systému podílejícího se na těchto pohybech. Proto se při pozorování automaticky spouští nápodoba – pozorování facilituje provádění (Mulder, 2007).

Na ideomotoriku lze pohlížet jako na slibnou techniku pohybové rehabilitace. Přestože ji nelze použít jako náhradu fyzického cvičení, může být využita jako doplňková, ale významná technika, která zlepšuje motorické učení. Je obtížné vyvodit definitivní závěry o klinické relevantnosti, avšak na základě pilotních studií založených na moderních teoriích motorické kontroly a učení lze předpokládat, že klinické využití je více než oprávněné (Mulder, 2007).

### ***Využití u onemocnění***

Léze v oblasti parietálního lobe poškozují schopnosti ideomotoriky. Pacienti s parietálními lézemi a s lézemi levé laterální prefrontální kůry nejsou schopni si představit pohyb. Pacienti s lézí parietální kůry mají poškozenou izochronii a nejsou

schopni předvídat čas potřebný k provedení pohybu. Parietální kůra je důležitá pro tvorbu mentální reprezentace pohybu (Mulder, 2007).

Pokud pacienti nejsou schopni aktivně cvičit, kvůli bolesti nebo lézi, nebo se nesmějí pohybovat (po sešití šlachy), mohou cvičit mentálně, aby předešli změnám v důsledku inaktivity. Ideomotorické učení může být v rehabilitaci vhodným doplňkovým nástrojem motorického učení. Ideomotorika i pozorování pohybu může hrát důležitou roli ve (znovu)naučení se pohybu (Mulder, 2007).

U pacientů po cévní mozkové příhodě lze ideomotoriku použít jako „zadní vrátka“ pro vstup do hybného systému, protože není závislá na zbytkové funkci a zahrnuje volní řízení. Efekty fyzioterapeutických nebo ergoterapeutických zásahů byly porovnávány s kombinací fyzioterapie a ideomotoriky. Nejlepšího zlepšení motorických schopností dosáhli jedinci s kombinací fyzioterapie (ergoterapie) a ideomotorického tréninku, potom samostatná fyzioterapie a menší zlepšení bylo u pacientů pouze s ideomotorickým tréninkem, který byl ale lepší, než žádné procvičování. Zlepšení se objevilo jak v pohybu kotníku, sedání a stoupaní, tak i v ADL. Nepříznivé následky neglect syndromu byly zlepšeny v okamžiku, kdy pacienti našli způsob chůze a stejně tak se vylepšily i neuropsychologické testy. Pacienti, kteří kromě běžné terapie ideomotoricky trénovali ADL, se zlepšili výrazně více než ti, kteří měli pouze běžnou fyzioterapii. Bohužel ideomotorický trénink nelze využít u všech pacientů s cévní mozkovou příhodou. K poškození ideomotorické schopnosti může dojít při lézi v kontralaterální parietální oblasti a v premotorické oblasti, zvláště s ohledem na schopnost horní končetiny vyvíjet ukazovací a rotační činnost. Názory na to, zda je cévní mozkovou příhodou ideomotorika narušena, se značně liší. Některé studie podávají důkazy, že ideomotorika narušena není. Výsledky jiných studií ukazují, že může být narušena přesnost a temporální spoje, což je nazýváno chaotická ideomotorika (Dickstein, Deutsch, 2007). Ideomotorika výrazně zvyšuje dráždivost hemisféry poškozené cévní mozkovou příhodou v postakutní fázi (Mulder, 2007).

Ideomotorika může být vhodná jako doplněk obnovujících zásahů po poranění míchy. Činnost mozku vztahující se k ideomotorice byla nedávno využita pro umožnění pohybu pacientům s tetraplegií pomocí počítačového rozhraní založeného na EEG. U jedinců s poraněním míchy ideomotorika neovlivňuje přímo postižené motorické schopnosti. Hlavním přínosem využití ideomotoriky je zlepšení funkce neparalyzovaných svalů. Můžeme najít aktivaci kortikálních spojů v souvislosti

s představou specifických pohybů, což naznačuje, že funkce motorického systému mozku může být upravována nezávisle na volní motorické kontrole a periferní zpětné vazbě (Dickstein, Deutsch, 2007).

Pacienti s parkinsonismem nejsou schopni naučit se grafomotorický úkol pomocí ideomotoriky, zatímco pacienti s Huntingtonovou chorobou ano. Špatná schopnost ideomotorického tréninku může být důsledkem nedostatku dopaminu v bazálních gangliích u pacientů s parkinsonismem. Na druhou stranu bylo ve studii prokázáno, že omezení v ADL v důsledku bradykinesie u těchto pacientů se více zlepšilo u těch pacientů, kteří měli kombinovanou terapii (fyzioterapii a ideomotoriku) než u těch, kteří měli pouze fyzioterapii. U pacientů s Parkinsonovou nemocí léčených pomocí dopaminergních stimulátorů dochází ke zlepšení ideomotoriky v „on“ fázích, ale nikoli v „off“ fázích (Dickstein, Deutsch, 2007). Ideomotorika má pozitivní efekt na motorické dovednosti u pacientů s Huntingtonovou chorobou, ale nemá žádný efekt u pacientů s parkinsonismem. Parkinsonici se nejsou schopni naučit grafomotorické úlohy ani pomocí ideomotoriky, ani běžným procvičováním. Parkinsonici mají poškozené použití zrakové představivosti (Mulder, 2007).

Další oblastí, kde se ideomotorika používá je léčba přetrvávajících bolestivých syndromů ruky. Léčebný přístup se skládá ze tří fází. V průběhu první fáze se jedinci naučí rozpoznávat, zda se jedná o snímek levé nebo pravé ruky/nohy, které jsou jim ukazovány v různých polohách. Ve druhé fázi si pacienti představují, že nastavují ruku nebo nohu do polohy zobrazené na snímku pomocí hladkého nebolestivého pohybu. Ve třetí fázi tyto pohyby provádějí oběma končetinami za použití zrcadlového boxu, který skryje postiženou končetinu. Tato metoda je založena na myšlence, že léčba neústupných bolestivých syndromů musí být zaměřená na trénink mozku. Výsledky poukazují na významné snížení bolesti a zlepšení funkce postižené končetiny, které přetrvalo i po šesti měsících (Dickstein, Deutsch, 2007).

### **2.3.5.2 Trénink zručnosti ruky zaměřený na mírnou hemiparézu**

Tato technika byla vyvinuta pro pacienty s mírnou formou hemiparézy, kteří si stěžují na těžkopádnost a sníženou koordinaci, přestože mají normální neurologické vyšetření. Tito pacienti se často chtějí po cévní mozkové příhodě navrátit do pracovního procesu a jejich pohybové omezení tomu může bránit, například u elektrikářů,

kadeřníků nebo hudebníků. Trénink zručnosti ruky je založen na faktorové analýze různých schopností zdravých lidí: hand-grip testu, hybnosti prstů, vytrvalosti paže a ruky, úchopu předmětů, sledování, rychlost pohybu zápěstí a prstů. Protokol zahrnuje řadu koncepcí převzatých z dostupné literatury o motorickém učení. Cílem je co nejvíce uchovat a generalizovat schopnosti získané během terapie. Například, i když jsou úkoly jako je procvičování hybnosti prstů nebo úchopu předmětů opakovaně prováděné, využíváme jejich variability pro změnu obtížnosti jednotlivých úkolů. Klinické studie ukazují výhody tréninku zručnosti v porovnání s běžnou rehabilitací; hodnotícím měřítkem je účinnost ruky při ADL. Důraz na trénink schopností se zaměřuje spíše na zlepšení kvality života než na ovlivnění postižení (Krakauer, 2006).

### **2.3.5.3 Pohybová terapie s vnuceným omezením**

Na tuto techniku se upírá hodně pozornosti, protože se ukazuje, že i pacienti v chronickém stadiu cévní mozkové příhody mohou dosáhnout zlepšení. Terapie má dvě složky a je obvykle vedena dva týdny. První složkou je omezování méně postižené končetiny po dobu 90 % bdělého času a druhou je procvičování postižené končetiny 6 hodin denně za použití „vybrušování“. Omezení zdravé končetiny pomáhá pacientům předejít fenoménu „nepoužívání“ a je možné jej chápat jako prevenci vzniku kompenzačních mechanismů. „Vybrušování“ je forma operantního podmiňování, při kterém je pokrok důsledně odměňován – v podstatě přesný opak situace, ve které se pacient naučí nepoužívat postiženou končetinu. Postižená končetina má potenciální zručnost, která není využívána kvůli nadměrnému spoléhání se na nepostiženou končetinu. Studie vykazují výrazný přínos pohybové terapie s vnuceným omezením u pacientů s chronickou hemiparézou. Pohybová terapie s vnuceným omezením však je sporná a existuje ještě mnoho problémů, které je třeba vyřešit. Za prvé: omezení pohybu může být frustrující. Za druhé: pacienti zhodnocují své pokroky v ADL a v tomto hodnocení se ukazují horší výsledky než u pacientů prodávajících běžnou rehabilitaci, přestože hybnost postižené horní končetiny se objektivně zlepšuje více. Pacienti, kteří z této terapie těží nejvíce, jsou ti, kteří mohou končetinou dobře pohybovat, ale ze zvyku ji nepoužívají. Za třetí: aby pacienti byli vhodní pro pohybovou terapii s vnuceným omezením, musí mít zachovanou extenzi prstů a zápěstí alespoň 10°, což z ní vylučuje mnoho pacientů. Za čtvrté: nedávno se zjistilo, že intenzivní terapie (ne pohybová terapie s vnuceným omezením) uplatněná v akutní fázi cévní mozkové

příhody, má malý vliv na ADL po čtyřech letech od cévní mozkové příhody. Proto by bylo překvapivé, kdyby měla dva týdny trvající terapie trvalý efekt (Krakauer, 2006).

#### **2.3.5.4 Neuromuskulární stimulace spouštěná EMG**

Neuromuskulární stimulace spouštěná EMG je založená na teorii senzomotorické integrace, která předpokládá, že nepoškozené motorické oblasti mohou být posíleny a vycvičeny tak, aby bylo možné efektivněji plánovat pohyb. Obnovení této funkce je podobné jako získávání nových dovedností. Neuromuskulární stimulace spouštěná EMG zahrnuje zahájení nezávislých kontrakcí pro určitý pohyb, dokud svalová aktivita nedosáhne prahové úrovně. Když aktivita EMG dosáhne prahové úrovně, je spuštěna pomocná elektrická stimulace. Mikroprocesor připojený k povrchu elektrod monitoruje EMG aktivitu a upravuje neuromuskulární stimulaci. Touto cestou můžeme spojit dva principy motorického učení do jednoho: opakování a senzomotorickou integraci. Typickým průběhem terapie je úspěšné provedení 30 pohybů, například plný rozsah extenze zápěstí. Terapie probíhá tři dny v týdnu ve dvou po sobě jdoucích týdnech. Analýzy neuromuskulární stimulace spouštěné EMG ukazují, že se jedná o efektivní terapii cévní mozkové příhody v akutní, subakutní i chronické fázi. Neuromuskulární stimulace spouštěná EMG může být používána také s dalšími behaviorálními postupy založenými na principech motorického učení. Je možné využívat neuromuskulární stimulaci spouštěnou EMG pro získání extenze zápěstí a prstů, aby pacienti mohli být léčeni pomocí pohybové terapie s vnuceným omezením (Krakauer, 2006).

#### **2.3.5.5 Interaktivní robotická terapie**

Pacienti, kteří absolvují terapii s podporou robotického zařízení, získávají lepší schopnosti pohybu. Asistovaná robotická terapie může být stejně účinná nebo možná ještě účinnější než běžná rehabilitace (Kahn, Lum, Rymer, Reinkensmeyer, 2006).

Robot byl poprvé využíván pro rehabilitaci s cílem pomoci pacientovi zvládat odpor při horizontálních a vertikálních pohybech. Asistovaná terapie je shodná s teorií senzomotorické integrace, která je základem neuromuskulární stimulace spouštěné EMG. Pacienti začnou pohyb a ten je pak robotem doprovázen do konce; následně pacient obdrží informace vztahující se k ovládnutí a pohybu. Výhodou této terapie proti

neuromuskulární stimulaci spouštěné EMG je, že robot je schopný současně pomáhat svalům jdoucím přes více než jeden kloub. Následné pokusy potvrdily výhody u chronických i akutních pacientů. Studie, která porovnávala terapii asistovanou robotem s běžnou (blíže neurčenou) intenzivní terapií, ukázala výrazně větší zisky u robotické terapie při měření míry postižení a schopností v ADL. Roboti mohou být také použiti, pokud si pacient potřebuje zvyknout na nové silové podmínky, tak jak je to u zdravých jedinců. Velkou výhodou robotů je, že umožňují kontrolu a měření účinku terapie – a to jak robotické, tak běžných rehabilitačních technik (Krakauer, 2006).

V porovnání s kontrolní skupinou se u pacientů, kteří měli robotickou terapii, snížilo motorické postižení ramene a lokte. Tyto dvě skupiny se v motorickém postižení odlišovaly i po třech letech. Pacienti s chronickou cévní mozkovou příhodou, kteří měli asistovanou a odporovou robotickou terapii, se zlepšili ve schopnosti pohybu celé horní končetiny. Doplnková robotická terapie může zlepšit zotavování po cévní mozkové příhodě jak v akutní, tak v chronické fázi (Kahn, Lum, Rymer, Reinkensmeyer, 2006).

Na druhou stranu je potřeba podotknout, že pohybová praxe je primárním stimulem pro obnovu pohybových schopností. Nezáleží tolik na síle produkované robotem jako na samotném faktu, že se pacient pokouší pohybovat. Roboticky dokončované pohyby u pacientů s chronickou cévní mozkovou příhodou nemají žádné výrazné výhody oproti běžné pohybové terapii (Kahn, Lum, Rymer, Reinkensmeyer, 2006).

### **2.3.5.6 Rehabilitace založená na virtuální realitě**

Virtuální realita je simulace reálného světa pomocí rozhraní člověka a stroje. Vybavení se skládá z displeje, připevněného k hlavě nebo monitoru, sledování pohybu a/nebo zařízení detekující sílu a rozšíření smyslové zpětné vazby, což znamená, že zpětná vazba více vyniká a je selektivnější než ve skutečném světě (Krakauer, 2006).

Virtuální realita se ukázala jako užitečná u zdravých jedinců při nácviu složitých motorických činností, jako je například stolní tenis nebo chirurgické postupy, s tím, že existuje možnost převést tyto pohyby do odpovídajících reálných situací. Virtuální realitu lze s výhodou využít i pro rehabilitaci. Po cévní mozkové příhodě je obnova přímo závislá na množství denní fyzioterapie. Terapie, kterou může pacient díky virtuální realitě vykonávat sám, snižuje čas strávený s fyzioterapeutem, zvyšuje

množství pacientů, o které se stará jeden terapeut a v neposlední řadě mohou některé přístroje umožnit pacientovi provádět terapii v domácím prostředí. Navíc virtuální realita může být použita pro vytváření ADL a měření efektu rehabilitace po mozkovém poranění (Leocani, Comi E., Annovazzi, Rovaris, Rossi, Cursi, Comola, Martinelli, Comi G., 2007). Pacient může mít virtuálního učitele, který zobrazuje správně vedené pohyby horní končetiny ve skutečném čase současně s vlastními pohyby pacienta a rozdíl mezi nimi se ukazuje jako skóre. Podobně mohou jedinci nosit kybernetické rukavice, které jim umožňují vidět 2D stavbu jejich ruky se zpětnou vazbou částí pohybů, jako je například jejich rozsah. Virtuální realita může být více či méně věrohodná. Nejvěrohodnější je reálné 3D prostředí, které však může vyvolat kybernetickou nemoc. Hlavní myšlenka virtuální reality je zajímavá. Může poskytnout různé a motivující možnosti k procvičování a poskytuje zpětnou vazbu. V podstatě lze říci, že pacienti hrají hry, které odměňují jejich pokrok. Nicméně je potřeba zodpovědět otázku, zda se dovednosti naučené ve virtuální realitě přenesou do reálného světa a jestli existují výhody terapie ve virtuální realitě oproti terapii v reálném světě. Zatím existují na obě otázky pozitivní odpovědi; problém je, že se jedná pouze o malé studie, které nezahrnovaly kontrolní skupiny. Přesto zdůraznily možnosti přístupu, který je založen na principech motorického učení a zesiluje je v prostředí virtuální reality (Krakauer, 2006).

### **2.3.5.7 Aktivní spoluúčast pacienta na terapii**

V průběhu cvičení může terapeut nebo trenér pomoci jedinci poskytnutím informací a zpětné vazby. Jedinec tedy dělá to, co mu terapeut nebo trenér řekne, a nemá nad tréninkem žádnou kontrolu. V několika studiích však bylo prokázáno, že efektivita tréninku stoupá, pokud má jedinec nějakou kontrolu nad tím, kdy a kolik zpětné vazby dostává, kdy při tréninku potřebuje pomoci, a nad rozvrhem tréninku. Vnímání sebekontroly zlepšuje učení, pravděpodobně proto, že aktivní zapojení v tréninkovém procesu vede k hlubšímu zpracování důležitých informací (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Přestože skupiny, kde se jedinci sami rozhodovali o průběhu cvičení, i skupiny s daným pořadím úkonů dosahovaly podobných výsledků v průběhu procvičování, ukazuje se, že pokud jedinci umožníme rozhodovat o průběhu cvičení, je učení efektivnější. Při testech prováděných několik dní po skončení tréninku dosahovala



skupina rozhodující o průběhu cvičení výrazně lepších výsledků než skupina s daným pořadím procvičování. Výhody toho způsobu učení lze zobecnit pro všechny typy učení se dovednostem. Jedinci sami rozhodující o učení přemýšlejí o strategiích, které využívají k učení. Možnost využít instrukcí a zpětné vazby a zodpovědnost za své učení motivuje jedince k tomu, aby zkoušeli různé učební strategie a vybírali z nich tu, která nejvíce podporuje pokrok. Jedinci, kteří nechtějí tuto kontrolu převzít, se mohou obávat zodpovědnosti (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Tento přístup umožňuje pacientovi rozhodnout se kdy (a kdy ne) zkusit provést pohyb samostatně, což může snížit pacientovu nechuť z toho, že za něj toto rozhodnutí dělá terapeut. Kontrola nad terapií pomáhá zvýšit pacientovu důvěru v ni. Bohužel lidé po cévní mozkové příhodě mohou mít poškozenou schopnost činit tato rozhodnutí (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

### **2.3.5.8 Cvičení ve dvojici**

Individuální terapie je velmi drahá, zvláště pokud využívá drahé vybavení. Léčba prováděná ve skupinách po dvou (nebo více) lidech by byla levnější. Během terapie je zapotřebí odpočinek, obzvláště pokud je fyzicky nebo psychicky náročná; pacienti mohou během odpočinku pozorovat ostatní pacienty, přičemž odpočinek tím nijak netrpí. Tyto jinak neproduktivní okamžiky tak mohou být přínosné, protože pacient těží z terapie poskytované někomu jinému, navíc je patrný i přínos z rozhovoru pacientů mezi sebou. Procvičování ve dvojicích nebo větších skupinách využívají někteří terapeuti, pokud vyučují jízdu na vozíku nebo při terapii v bazénu. Použití skupinové terapie se v průběhu posledních deseti nebo patnácti let rozšiřuje, spíše kvůli ekonomickým důvodům, než kvůli zlepšení učení. Jsou zde však i další hlediska: skupinová terapie zvyšuje motivaci, podporuje alternativní řešení problému nebo poskytuje možnost sledovat jejich optimální řešení. Cvičení ve dvojicích může být výhodné jako zdroj motivace při silovém nebo vytrvalostním cvičení. Přestože je stále nutný dozor terapeuta kvůli instrukcím i kvůli bezpečnosti, přítomnost osoby s podobnými problémy může motivovat pacienta, aby investoval maximální úsilí do činnosti. Smyslem cvičení ve dvojici není podporovat soutěžení, ale spíše podpora pacientů ke stanovení cílů vycházejících z výkonnosti jejich vrstevníků. Navíc vzájemná motivace může být vnímána pozitivněji, než když pacienty motivuje terapeut, o kterém si myslí, že nemůže pochopit jejich situaci (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Důkazy podporující myšlenku, že individuální terapie je efektivnější než skupinová, v současné době neexistují. Náklady léčby by mohly být sníženy, pokud by léčba probíhala ve dvojích nebo větších skupinách. Navíc by pro pacienty mohly být takovéto terapie výhodné, umožnily by jim pozorování ostatních a interakci s nimi. Imitační učení se ukazuje jako efektivní metoda výuky pohybových dovedností. Výzkumy prokázaly, že aby byla tato metoda účinná, nemusí být ten, kdo pohyb předvádí, v tomto úkolu výborný; jakékoli pozorování dané činnosti zlepšuje její učení. Některé studie ukazují, že u pacientů bez poškození centrálního nervového systému nejen že může být učení ve dvojicích stejně účinné jako individuální trénink, ale i účinnější (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Potenciálně účinná a efektivní praxe zahrnující pozorování, kterou lze použít v mnoha různých terapiích, může být provedena tak, že se pacienti střídají v terapii a pozorování. Střídali by se tedy dva lidé, jeden by absolvoval terapii, zatímco druhý by odpočíval a pozoroval; jejich role by se pravidelně měnily. Shea et al. s použitím tohoto typu praxe zjišťovali výhody terapie kombinované s pozorováním a terapie samotné. Nahrazení až 50 % doby fyzioterapie pozorováním nevedlo k poklesu výkonu v porovnání s těmi, kteří absolvovali pouze fyzioterapii. Tato zjištění ukazují, že střídání pozorování s fyzioterapií je efektivnější než fyzioterapie samotná. Střídání v průběhu terapie je výhodnější než individuální terapie nebo terapie, kdy se pacienti v pozorování a provádění pravidelně nestřídají (tj. střídají se až po dokončení úkolu). Výhody tohoto typu terapie se přenášejí i do situací, kdy musí každý účastník provádět činnost samostatně. Zdá se, že kombinace pozorování a fyzioterapie výrazně zvyšuje efektivitu učení. Existuje dokonce potenciál na zvýšení efektivity, zvláště pokud mají pacienti možnost spolu v průběhu střídání komunikovat. To je obzvláště důležité pro dovednosti, které vyžadují značné množství tréninkového času, tak jak je tomu u většiny rehabilitačních technik. Tento výzkum byl však dělán na lidech bez patologie nervového systému (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Kromě možných výhod získaných pozorováním někoho jiného, jak se učí pohyb, procvičování s další osobou zvyšuje motivaci přidáním soutěživé složky. To může povzbuzovat pacienty ke stanovování si vyšších cílů. Vytyčení cílů, zejména těch konkrétních a krátkodobých, zlepšuje učení se motorickým dovednostem. Imitační učení nabízí formu procvičování, ve které jsou sníženy kognitivní nároky, protože pozorovatel nemusí plnit úkol, ale může se soustředit na jeho základní prvky, vztah

mezi nimi a přemýšlet o strategiích, které vedou k jeho provedení. To znamená, že jedinec má možnost provést zpracování informací o aktivitě, aniž by zároveň plnil složitý úkol vyžadující jeho pozornost. Toto je obzvláště výhodné, pokud je pozorování kombinováno s praxí. Společné procvičování a sdílení učebních strategií učení zvyšuje pocit zodpovědnosti za účast na léčebném procesu. Interakce mezi pacienty, jejich vzájemné kladení otázek, zacílených na to, jakým způsobem se může zlepšit jejich výkon, vede ke zvýšení jejich vědomého úsilí a zapojení procesů, které by v případě individuálního cvičení nenastaly (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

Další oblastí, ve které může být procvičování ve dvojicích přínosné, je nácvik chůze. Informace, které dostává druhý pacient řešící podobný úkol, mohou pomoci pacientovi vyřešit jeho vlastní problém. Umožnění dvojici pacientů porovnat poznatky a strategie činnosti více podporuje učení, než pokud je pacient ponechán pouze svým vlastním nápadům (McNevin, Wulf, Carlson, 2000).

### **2.3.5.9 Nácvik chůze pomocí biofeedbacku**

Techniky biofeedbacku se využívají v různých oblastech rehabilitace. Povzbudivé výsledky lze nalézt ve studiích zabývajících se využitím biofeedbacku při nácviku chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě (Jonsdottir, Cattaneo, Regola, Crippa, Recalcati, Rabuffetti, Ferrarin, Casiraghi, 2007).

Terapie je rozdělena do čtyř fází. Cílem terapie je zvýšit výkonnost chůze a zvýšit pacientovu autodetekci chyb pomocí biofeedbacku. V první fázi je EMG biofeedback používán v průběhu pacientovy pohodlné chůze a je neustále dostupný, stejně jako verbální pokyny. V průběhu chůze má pacient za úkol zvedat patu a umožnit kolenu flexi. V druhé fázi dochází k různým změnám délky kroku a rychlosti, zatímco je neustále dostupný biofeedback. Ve třetí fázi se kromě délky kroku a změny rychlosti mění i terén a biofeedback není poskytován neustále, aby se podpořila pacientova schopnost objevovat chyby. Ve čtvrté fázi je biofeedback z větší části vypnutý a terapie je stejně variabilní jako ve třetí fázi (Jonsdottir, Cattaneo, Regola, Crippa, Recalcati, Rabuffetti, Ferrarin, Casiraghi, 2007).

### **3 CÍL**

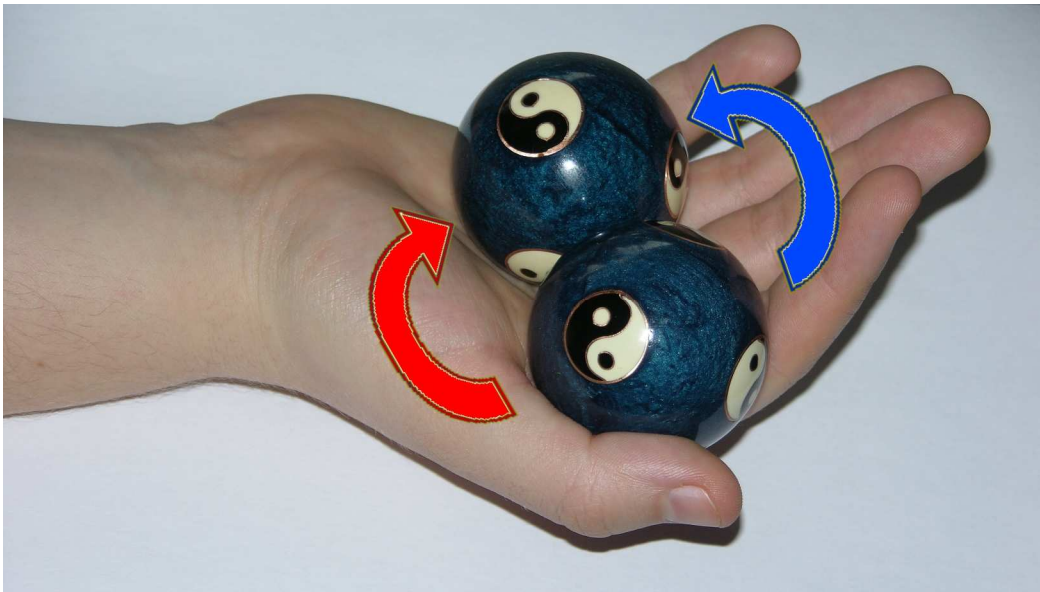
Cílem mé rešeršní bakalářské práce je podat ucelený přehled o problematice motorického učení. Práce přibližuje informace, které jsou dostupné převážně v anglickém jazyce. Důležitou součástí práce jsou informace o vlivech působících na motorické učení a o možnostech využití znalostí motorického učení během terapie.

## 4 KAZUISTIKA

### 4.1 Popis testování

Testování probíhalo vsedě. Probandi uchopili čínské koule do pravé ruky a pohybem prstů měnili jejich polohu. Otáčení probíhalo ve směru hodinových ručiček (vpravo) a proti směru hodinových ručiček (vlevo). (Obrázek 9) Za dobu trvání cyklu je považována doba, kterou koule potřebuje k návratu na svoji původní pozici. V každém sezení bylo provedeno šest cyklů na každou stranu. Měřila se doba trvání každého cyklu a celková doba pro provedení všech šesti cyklů. Testování probíhalo pět po sobě jdoucích dnů. Výsledky tedy ukazují jak krátkodobé tak dlouhodobé motorické učení.

Tento test jsem si zvolila na základě znalostí možností testování motorického učení. Důvodem pro moji volbu byla hlavně neobvyklost motorického úkolu, žádný z probandů neměl s tímto úkolem předchozí zkušenosti. Všichni probandi pro splnění úkolu používali pravou horní končetinu.



Obrázek 9 – Směr otáčení (červená šipka vpravo, modrá šipka vlevo)

## **4.2 Popis skupiny**

Testovala jsem celkem tři probandy. Jednoho po cévní mozkové příhodě, jednoho s chronickými bolestmi zad a jednoho zdravého. Toto složení skupiny jsem si vybrala kvůli její různorodosti, která mi umožňuje na malém vzorku ukázat variabilní schopnosti motorického učení.

### ***Proband TA, muž, narozen 1940***

**OA:** 1985 závrativost – léčen na neurologii, diabetes mellitus druhého typu - léčen perorálními antidiabetiky, primární hypertenze (nekompenzovaná: 150/90) úrazy: zlomenina patní kosti vpravo, zlomenina pravé horní končetiny; abusus: nikotinismus (20 cigaret denně)

**RA:** matka diabetes mellitus druhého typu, léčena inzulinem

**PA:** starobní důchod, dříve svářeč

**SA:** ženatý, bydlí s manželkou

**NO:** 1. 2. 2009 večer náhlý vznik levostranné hemiparézy, převezen do nemocnice Na Homolce, kde byla provedena systémová trombolýza, po které se prohloubila paréza levé horní končetiny; od 3. 2. 2009 hospitalizován v nemocnici Rakovník, kde se postupně zlepšovala hybnost; 5. 3. 2009 byl přijat do Nemocnice milosrdných sester sv. Karla Boromejského na lůžkovou rehabilitaci, při příchodu používal chodítko, později bylo chodítko nahrazeno „kozičkou“, má obtíže s oblékáním

#### **Kineziologický rozbor:**

- orientovaný místem i časem
- spolupracuje, komunikativní
- samostatně se otočí na bok, na břicho, posadí se, postaví se
- chůzi zvládá samostatně v nízkém chodítku, při chůzi s kozičkou potřebuje doprovod
- nedostatečná opora o levou horní končetinu
- instabilita levé dolní končetiny
- mírně oslabený stisk levé ruky

- oslabení svalů levé horní končetiny
- vážne jemná motorika – neudělá špetku, nedá palec postupně na všechny prsty

### **Stoj**

- stojí nejistě o široké bazi
- potřebuje oporu
- stoj II a III neprovede - nestabilní
- hypertrofie levého lýtka
- kyfotické držení
- ramena elevace a protrakce
- hlava držena v předsunu
- prominuje břicho, umbilicus tažen mírně vpravo

### **Chůze**

- chodí v chodítku nebo s „kozičkou“
- v chodítku chodí v předklonu s mírnou anteflexí pánve
- s „kozičkou“ chodí mírně vychýlen na pravou stranu
- nedodrží správný rytmus chůze, pomůcky přendává současně se švihovou fází levé dolní končetiny – riziko pádu

### **Závěr**

- lehká levostranná hemiparéza s převládajícím postižením akra horní končetiny

### ***Proband JP, muž, narozen 1955***

**OA:** běžná dětská onemocnění, 1995 pád z kola – bezvědomí, krvácení do mozku, nebyla porucha hybnosti, od 2007 dispenzarizace na urologii pro benigní zvětšení prostaty, vertebrogenní algický syndrom v oblasti lumbální páteře a os sacrum přibližně 20 let, hypertenze

**RA:** otec zemřel v 78 letech na ICHS, matce je 76 let

**PA:** dělník v myčce aut

**SA:** žije s rodinou, dvě dcery

**NO:** akutní dekompenzace chronický VAS LSp – přijat na interní oddělení Nemocnice milosrdných sester sv. Karla Boromejského k léčbě obstríky a infuzemi, při přijetí klidové bolesti s propagací k levému palci; po infuzích zmírnění obtíží, vymizely klidové bolesti, propagace do levého boku a levého lýtka, parestezie na laterální straně levého lýtka k zevnímu kotníku, dle CT protruze L4/L5 – nevyložené kořenové dráždění, páteřní kanál zúžen na 8 mm; dle EMG není přítomné kořenové dráždění

### **Kineziologický rozbor:**

- orientovaný místem i časem
- spolupracuje, komunikativní
- krátké vzdálenosti chodí bez pomůcek, na delší vzdálenosti používá francouzské hole
- bolestivé sakroiliakální skloubení vlevo
- spasmus m. piriformis oboustranně
- Lasegue negativní, 80° dx., 70° sin.
- obrácený Lasegue pozitivní vlevo
- reflexy v normě
- oslabení HSSP

### **Stoj**

- antalgické držení – předklon a úklon vpravo
- napřímení je bolestivé, ale lze jej provést
- záklon nelze provést
- inklinace vlevo není pro bolest možná
- levá noha je mírně před pravou
- plochonoží
- vyhlazené fyziologické křivky páteře
- Thomayer +35



- při předklonu se nerozvíjí lumbální páteř a střední úsek torakální páteře, předklon provede převážně v kyčlích
- stoj I-III bez obtíží

### **Chůze**

- chodí samostatně v antalgickém držení
- při chůzi nejsou souhyby horních končetin
- na delší vzdálenosti používá francouzské hole
- modifikace po patách, po špičkách a v podřepu provede

### **Závěr**

- vertebrogenní algický syndrom s propagací bolestí do levého boku a levého lýtka

### ***Proband PP, muž, narozen 1955***

**OA:** běžná dětská onemocnění, hypercholesterolemie, artróza palce levé dolní končetiny; úrazy: 1966 lehká komoče, opakované distorze hlezenních kloubů, 1976 - distorze levého kolenního kloubu, 1982 žlučnickový záchvat následkem sportovního úrazu; operace: 1960 odstranění krčních mandlí, 1963 plastická operace nevu

**RA:** otec 80 let, diabetes mellitus druhého typu, poruchy srdečního rytmu, oboustranná blokáda Tawarova ramínka, hypertenze (kompenzovaná), periferní neuropatie jako důsledek DMII; matka obézní, zemřela v 67 letech - onkologické onemocnění

**PA:** podnikatel, převážně sedavé zaměstnání

**SA:** žije s rodinou, jedna dcera

### **Kineziologický rozbor:**

- orientovaný místem i časem
- spolupracuje, komunikativní
- reflexy v normě
- mírné oslabení HSSP, dobře kompenzuje

- obezita

### **Stoj**

- plochonoží
- pravá dolní končetina stojí více vepředu
- hypertrofie pravého lýtka
- prominence břicha
- ramena v mírné protrakci
- hlava mírně v předsunu
- stoj I-III zvládá bez obtíží
- Thomayer -1

### **Chůze**

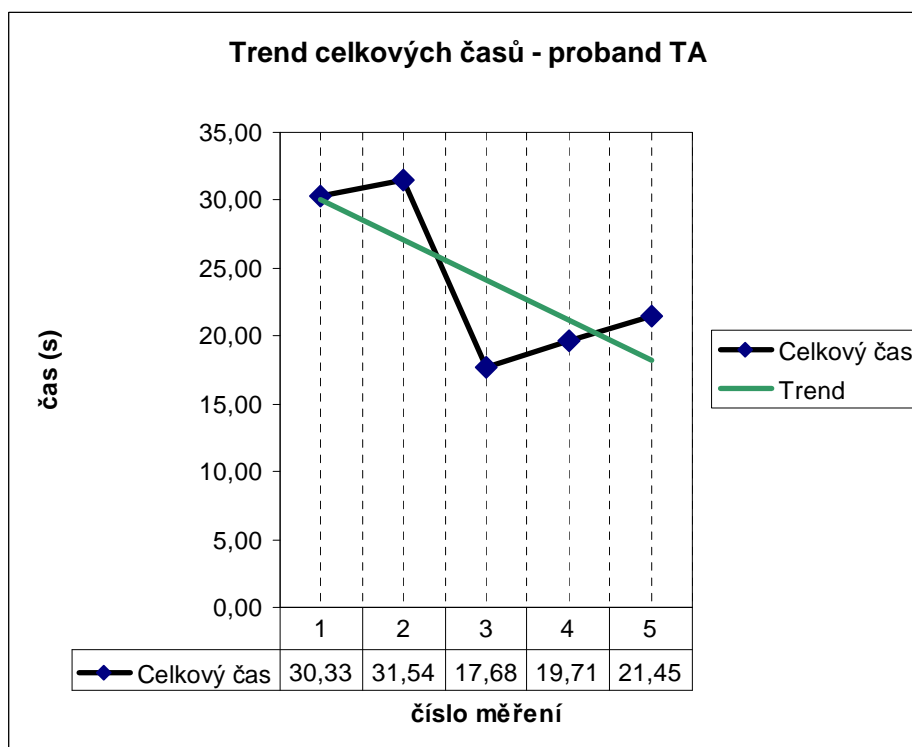
- klade nohy mírně za sebe
- jsou přítomné souhyby horních končetin
- modifikace po patách, po špičkách a v podřepu provede

### **Závěr**

- zdravý jedinec s mírným oslabením hlubokého stabilizačního systému páteře

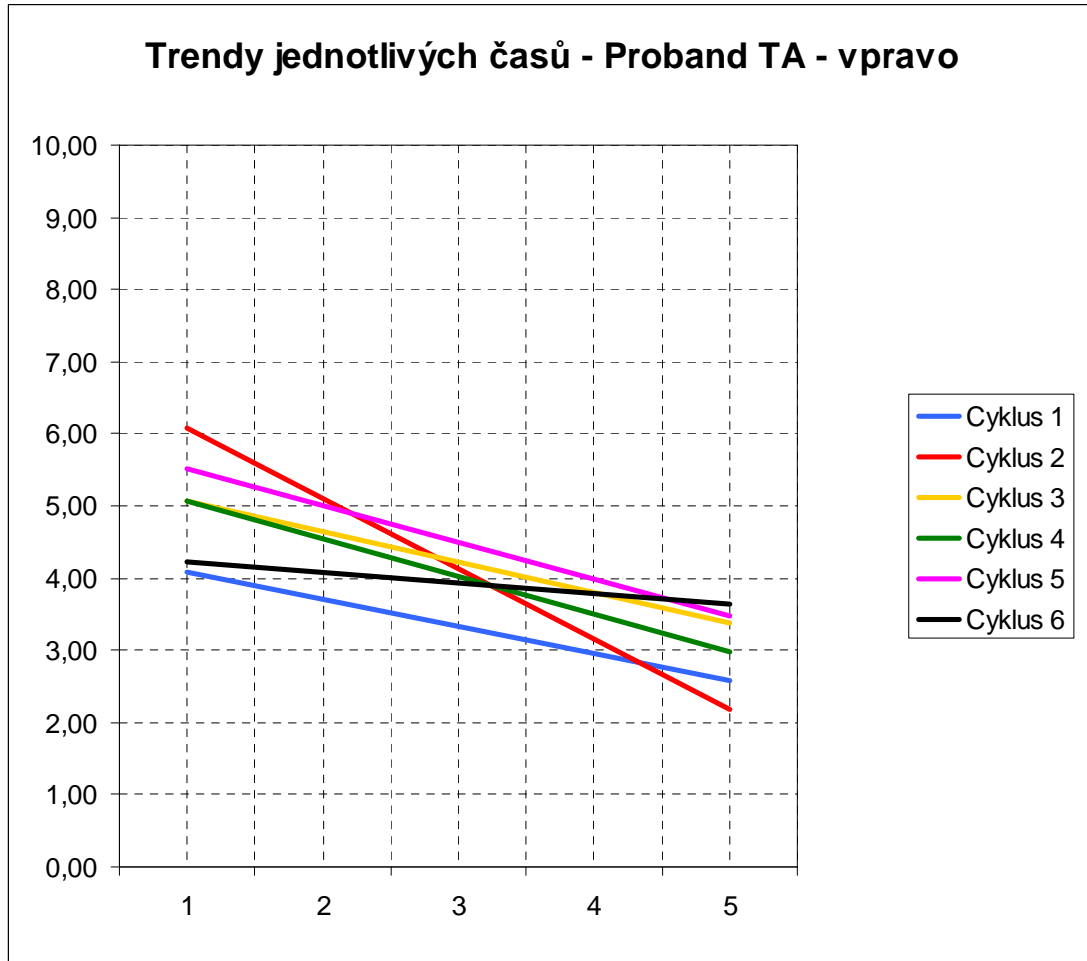
### 4.3 Popis výsledků

V příloze 4 uvádím tabulky s výsledky jednotlivých měření pro každého probanda. Proband TA nebyl schopný provést ani jeden cyklus na levou stranu. Obrázek 10 zachycuje celkové časy z jednotlivých sezení probanda TA a lineární spojnicí trendu danou rovnicí  $y = ax + b$ , kde koeficienty **a** a **b** jsou stanoveny automaticky programem Excel. Celkové časy a trendy celkových časů pro ostatní probandy jsou v přílohách 5 a 6. Diskuzi ke kazuistice, testování a výsledkům uvádím v kapitole 5.2.



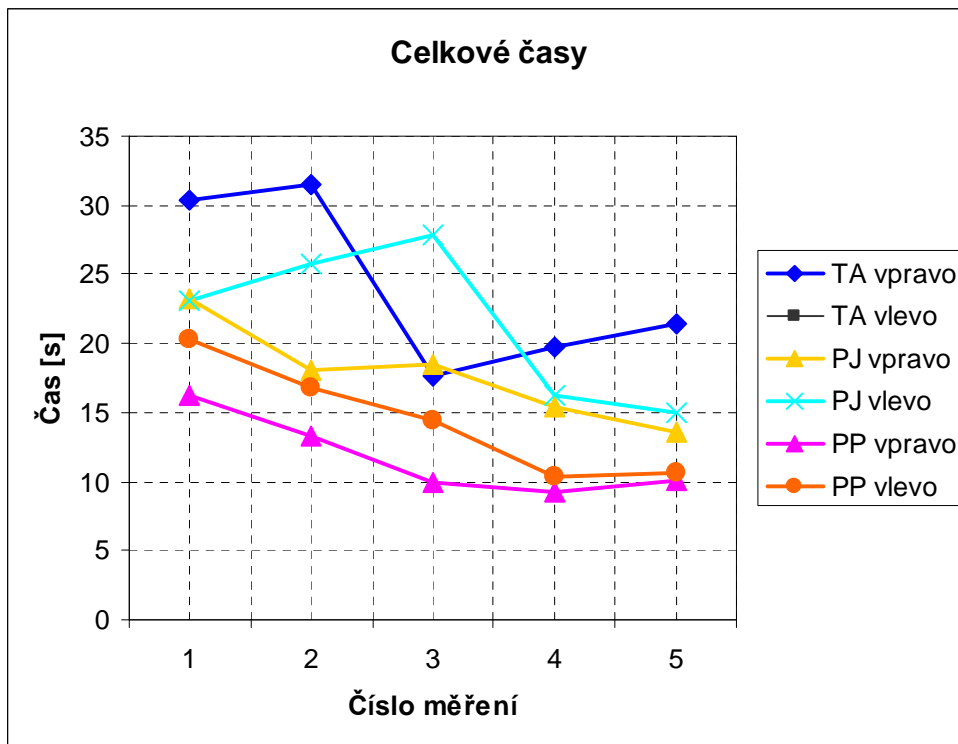
**Obrázek 10 – Trend celkových časů**

Obrázek 11 zachycuje pouze trendy časů jednotlivých cyklů z prvního až pátého sezení probanda TA dané rovnicí  $y = ax + b$ , kde koeficienty **a** a **b** jsou stanoveny automaticky programem Excel. Trendy jednotlivých časů ostatních probandů jsou v přílohách 7 a 8.



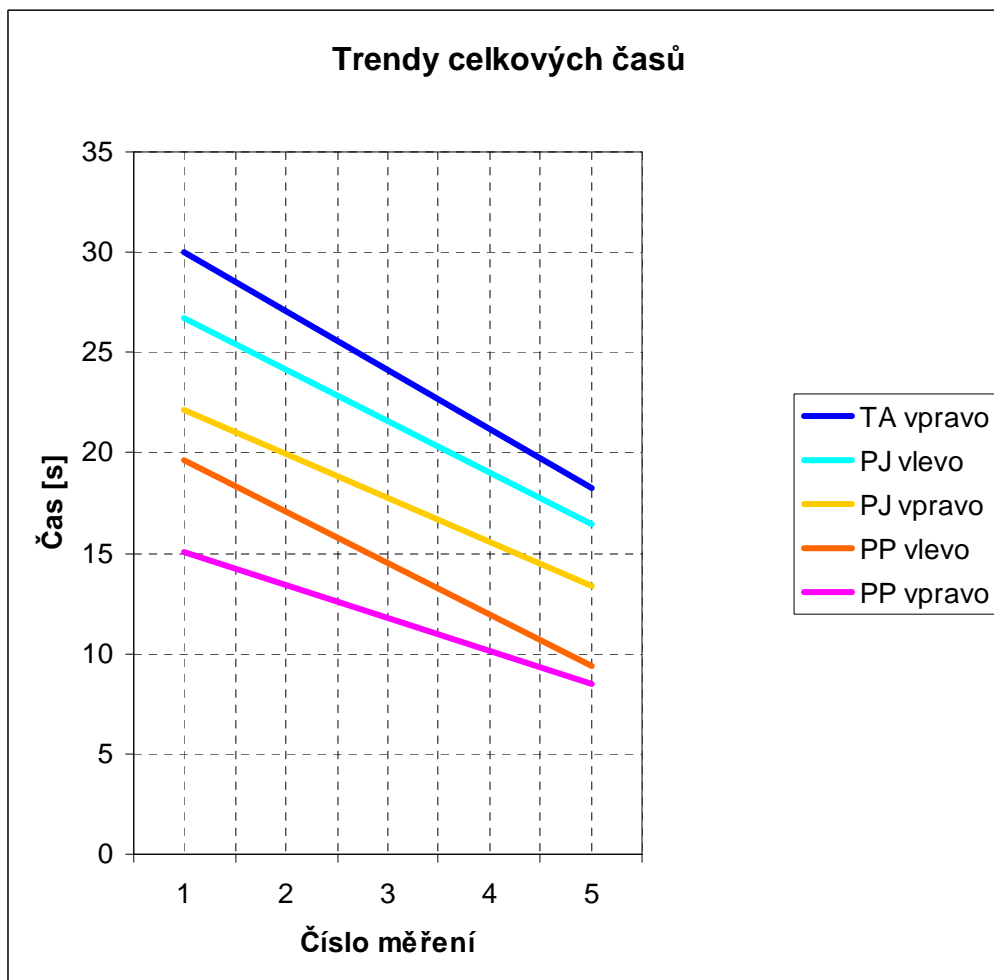
**Obrázek 11 – Trendy časů jednotlivých cyklů**

Obrázek 12 zachycuje celkové časy z jednotlivých sezení pro **všechny** probandy.



Obrázek 12 – Celkové časy

Obrázek 13 zachycuje pouze trendy celkových časů z jednotlivých sezení zvlášť pro každého probanda a pro každý směr otáčení. Trendy jsou dané rovnicemi  $y = ax + b$ , kde koeficienty **a** a **b** jsou stanoveny automaticky programem Excel.



Obrázek 13 – Trendy celkových časů

## 5 DISKUSE

### 5.1 Rešeršní část

Motorické učení je široký pojem, do kterého částečně spadá i percepční učení. Abychom byli schopni se kvalitně naučit některé pohybové dovednosti, zvláště to platí pro sportovní disciplíny, potřebujeme nejprve precizně ovládnout jejich percepční složku. Zrakovou složku potřebujeme např. pro míčové hry, kdy se musíme naučit odhadnout rychlost míčku a směr jeho letu, pro vodní turistiku nebo pro orientační běh, z nespportovních oblastí je to pak např. řízení auta. Sluch je využíván při sportovním tanci, gymnastice nebo krasobruslení, kde se jedinec učí provádět úkon v rytmu nebo při automobilových závodech, při kterých potřebuje sluch, aby mohl kontrolovat otáčky motoru.

Mezi faktory, které motorické učení výrazně ovlivňují, bezpochyby patří bolesti zad, zvláště chronické. Pacienti s chronickými bolestmi zad snižují svoji pohybovou aktivitu a postupně se tak zhoršují již naučené pohybové dovednosti, nehledě na to, že bolest často vyvolává antalgické držení, které mění pohybové stereotypy pacienta. Dalším takovýmto výrazným faktorem je poškození struktur mozku. Názory na to, zda poškození mozku ovlivňuje motorické učení, se různí, obzvláště nevyhraněné jsou u Parkinsonovy nemoci. Lze předpokládat, že motorické učení je při této nemoci narušeno, protože jsou postižena bazální ganglia (nigrostriatální dráha), která mají na motorické učení velký vliv. Podobná nevyhraněnost panuje i pro pacienty s cévní mozkovou příhodou nebo Alzheimerovou chorobou. U pacientů s cévní mozkovou příhodou velmi záleží na místě léze, zda motorické učení bude nebo nebude poškozené. S cévní mozkovou příhodou se často pojí ztráta kognitivních schopností. Podobný deficit je patrný i u pacientů s Alzheimerovou chorobou, u kterých má však progresivní charakter. Pro tyto pacienty je důležité, abychom jim dávali informace a pokyny, kterým jsou schopni porozumět a abychom se vždy ujistili, zda našim pokynům rozumí. Obtíže v komunikaci s pacientem mohou nastat, pokud pacient trpí percepční nebo expresivní afázií. Pokud trpí percepční afázií, musíme velmi zjednodušit naše pokyny a pacientovi pohyb ukázat tak, abychom se ujistili, že pacient ví, co s ním budeme dělat. U expresivní afázie je často obtížné rozpoznat, co se nám pacient snaží sdělit a práce s takovýmto pacientem vyžaduje mnoho trpělivosti a velké množství empatie. U všech pacientů s kognitivním deficitem bychom se měli vyvarovat souběžného provádění

motorické a kognitivní činnosti, stejně tak jako bychom se měli snažit využívat více implicitních strategií učení a nepopisovat pacientům přesný způsob provedení pohybu, spíše popsat cíl a při provádění pohybu vedoucímu k jeho dosažení pacienta pouze manuálně korigovat a slovní zpětnou vazbu poskytnout teprve po ukončení pohybu. Umožníme tak pacientovi lepší soustředění jak na samotné provádění pohybu, tak na naše pokyny. U pacientů po prodělané cévní mozkové příhodě se snažíme o co největší obnovu funkce a je tedy dobré znát a využívat principy motorického učení, jako je částečná kontrola pacienta nad terapií, střídání procvičovaných úkolů, terapie probíhající ve dvojici, využití virtuální reality, biofeedbacku a kombinovat tyto postupy s ideomotorikou a běžnými terapeutickými postupy, jako je např. terapie dle manželů Bobathových, periferní neuromuskulární facilitace, Vojtova reflexní lokomoce apod. Neméně důležité je také včasné zahájení terapie, ideálně do pěti dnů od proběhnutí cévní mozkové příhody.

Mezi faktory, které můžeme jako terapeuti ovlivnit, patří slovní instrukce, zaměření pozornosti, plán cvičení, aktivní a pasivní pohyby a zpětná vazba. Pohl et al. (2006) doporučuje nesdělovat pacientovi přesný cíl cvičení a instrukcí k provedení pohybu, abychom tak podpořili implicitní učení. Pro nácvik některých činností je vhodné pacientovi popsat cíl cvičení, např. při tréninku chůze, vstávání z lůžka a podobně. Navíc někteří pacienti se mohou cítit stresovaní, pokud přesně nevědí, co mají dělat. Zaměření pozornosti na zevní efekty činnosti je také možné jen omezeně, např. periferní neuromuskulární facilitace nemá žádné zevní výsledky a pacient se tak musí soustředit přímo na prováděnou diagonálu. Podobné je to i s tréninkem chůze, kde však lze částečně využít zevního prostředí, např. sluchovou stimulací - chceme po pacientovi, aby šel do rytmu hudby, nebo zrakovou - např. aby se neodchyloval od přímků na podlaze.

Variabilita v plánu cvičení a procvičovaných úlohách nám umožňuje větší generalizaci právě naučeného, poskytuje možnost zotavení svalovým skupinám, které při jednom cvičení využíváme méně než při jiném a zlepšuje celkové schopnosti provádět pohybový úkol, zvláště pokud se skládá z více podobných částí, jako je tomu např. u tenisu. Trénováním forehandu a backhandu se zlepšujeme v jednotlivých typech úderu, střídáním necháváme mírně odpočívat svaly dominantní ruky a zároveň se zlepšujeme v tenisové hře jako celku. Podobné je to např. při nácviku chůze, kdy můžeme střídát chůzi vpřed, stranou, vzad, do kopce, ze schodů apod. a zlepšovat tak



její kvalitu. Navíc procvičováním různých věcí udržujeme pacientův zájem o terapii, motivujeme je a oni se snaží aktivněji vyřešit daný motorický problém.

Přestože podle výsledků studií pasivní pohyby příliš nepřispívají k rozvoji motorických dovedností, mohou být užitečné. Za prvé mohou pacientovi pomoci usnadnit pochopení, jak má přesně vypadat daný pohyb a za druhé pokud pacient není schopen provádět aktivní cvičení, pomáhají nám udržovat pohybové rozsahy v kloubech a trofiku okolních tkání. Navíc pokud pro jejich provádění fyzioterapeuti využívají např. motodlahu nebo motomed, šetří tak svůj čas i své tělo.

Pomocí zpětné vazby informujeme pacienta o chybách, které provádí, a o zlepšeních, kterých dosáhl. Vzhledem k tomu, že se zpětnou vazbou pracujeme při každé terapii, je vhodné vědět, jak a jakou zpětnou vazbu poskytovat. V pozdějších fázích terapie můžeme pacienta nechat, aby nám sám řekl, když od nás potřebuje poradit. Pravděpodobně však není na škodu pacienty často povzbuzovat. Ve studiích není příliš kladen důraz na motivaci jako složku zpětné vazby. Ta je přitom pro pacienty velmi důležitá a udržuje je u cvičení. Je zapotřebí pacienty opravovat velmi taktně a spíše tak, aby měli pocit, že nedělají chyby, ale pokud udělají to, co jim říkáme, že se jejich provedení ještě vylepší. Pacienti tak budou mít z terapie dobrý pocit a je pravděpodobné, že se budou snažit v ní pokračovat i po propuštění z nemocnice nebo po skončení ambulantních terapií. Pacienti často cvičí, jen pokud mají obtíže a je složité je přesvědčit a motivovat ke cvičení i po skončení těchto obtíží. Ve výzkumu Tiernana a Angulo-Barrosa (2008) se prokázala u dětí jako nevhodná příliš hlasitá sluchová zpětná vazba, která snižovala jejich schopnosti řešení motorického problému. Myslím si, že k tomuto snížení mohly vést dvě věci: děti se přílišného hluku mohly bát nebo hlasitá zpětná vazba mohla narušovat jejich soustředění. Ve stejné studii se ukázala pro děti nejvýhodnější multimodální zpětná vazba (zraková a sluchová). Autoři použili jenom jeden typ této vazby, ale mohlo by být zajímavé, stejně jako u sluchové zpětné vazby, využít dva stupně hlasitosti. Otázkou je, jestli by zraková zpětná vazba snížila rozrušení z hlasité sluchové zpětné vazby a zda by výsledky těchto dětí byly podobné jako u hlasité sluchové zpětné vazby, nebo zda by se jakýmkoli způsobem lišily, ať už by byly horší nebo lepší.

O vývoji motorického učení lze ve volně dostupných zdrojích nalézt jenom velmi malé množství materiálů. Problémem v některých studiích byl malý počet probandů, který neumožňuje dělat z výsledků těchto studií žádné obecně platné závěry.

Dobrym nápadem je nezkoumat motorické učení věkových skupin odděleně, ale vybrat úkol, jehož provedení není náročné a jsou jej schopny provést jak malé děti, tak senioři. Tento typ studie nám poskytuje nejpřesnější informace o vývoji motorického učení. Problémem je najít správný úkol a poskytnout informace tak, aby byly stejné pro všechny účastníky a zároveň pro všechny věkové skupiny dobře pochopitelné. Výzkum vývoje motorického učení rozhodně není dokončený a právě porovnávání různých věkových skupin v jedné studii je směr, kterým by se mohl ubírat. Pokud se zabýváme motorickým učení dětí, je zapotřebí si uvědomit, že motorický vývoj dítěte je nutný pro možnost motorického učení. Aby se dítě mohlo naučit uchopovat pohybuující se hračku, musí mít k dispozici určité posturální funkce. Kolář (in Kraus et al., 2005) říká, že posturální aktivita a posturální funkce se objevují se zráním centrální nervové soustavy. Motorický vývoj probíhá podle vrozených vzorů a v jeho průběhu uzrává typicky lidské držení a bipedální lokomoce.

V mnoha studiích jsou popisované testy zabývající se motorickým učení. Bohužel, ne všechny testují přímo motorické učení, často je testováno motorické učení společně s percepčním. Například u testu měření reakční doby (SRTT), jak již z názvu vyplývá, je měřena reakční doba na odpověď. V testu se vyskytují opakované sekvence zrakového podnětu, testovaný jedinec tedy využívá percepčního učení, aby si tyto sekvence zapamatoval. Kombinace percepčního a motorického učení, při kterém se jedinec učí efektivněji stisknout tlačítka, vede ke snížení reakční doby. Podobně je to u sensory-organization testu, ve kterém je také testováno motorické učení spolu s percepčním. V několika studiích je využíváno stabilometru nebo jiných balančních plošin spolu s bezpečnostním postrojem, který je určen k odstranění strachu z pádu. Avšak samotným použitím tohoto postroje strach odstranit nemusíme, spíše naopak. Můžeme u pacientů strach z pádu ještě více umocnit (proč bychom jim jinak dávali postroj?) a může se, zvláště u starších jedinců, připojit i strach z neznámého. Pro potřeby testování motorického učení je tedy vhodnější vybírat takové úlohy, při kterých není nutné využívat bezpečnostních systémů, nebo musíme probandům velmi důkladně vysvětlit důvod použití těchto systémů. Je vhodné upozornit je, že nepředpokládáme jejich pád, a že se vše děje pouze kvůli jejich bezpečnosti. Je-li to možné, tak probandy necháme bezpečnostní systém vyzkoušet, aby se s ním seznámili.

Výhodou některých testů (přepínání, posturo-locomotion-manual test nebo dynamické vyvažování) je, že napodobují běžně vykonávané činnosti a informují nás tedy přímo o schopnostech pacienta v ADL. Naopak nevýhodou některých testů (souvislé sledování pohybu, sensory organization test, pronásledování virtuálních cílů, dynamické vyvažování) je velká náročnost na vybavení, která neumožňuje provádět tyto výzkumy v menších rehabilitačních centrech nebo na nedostatečně vybavených pracovištích. Další nevýhodou je obtížnost zadání úlohy pro některé pacienty, zvláště pro starší lidi nebo jedince s kognitivním deficitem. Pro některé probandy může být obtížné obsluhovat robotická zařízení nebo počítačovou myš, jako je tomu například v úlohách souvislého sledování pohybu. V některých 2D úlohách může být pro jedince obtížné převádět vertikální pohyb objektu na horizontální pohyb robotického zařízení. Ve 3D úloze je provedení ještě ztíženo tím, že kromě úvodní informace, že celý test probíhá v trojrozměrném prostoru, není na projekční ploše poskytnuta žádná další doplňující informace o jeho hloubce.

Možností, jak můžeme poznatky o motorickém učení aplikovat do praxe, je velké množství, ať už se jedná o správné sestavení rozvrhu terapie a používání správně volených pokynů nebo přímo o techniky a postupy z motorického učení vycházející. Takovýmto postupem je například ideomotorika. Dnes je využívána převážně ve sportu, ale můžeme ji využívat i pro terapii. Její výhodou je, že ji může dělat prakticky kdokoli a není pro ni zapotřebí žádné speciální vybavení. S velkou výhodou můžeme k jejímu provádění instruovat pacienty v nemocnicích. Používáme ji u imobilizovaných pacientů a u pacientů, kteří potřebují získat co největší zkušenosti s daným pohybem. Pokud je toho tedy pacient schopen, využíváme ji pro terapii po cévních mozkových příhodách. Nevýhodou této terapie je, že nemáme žádnou možnost kontroly pacienta, zda mentální reprezentaci pohybu provádí správně, mohlo by se tedy stát, že se pacient pomocí ideomotoriky naučí pohyb špatně provádět.

Další metodou je pohybová terapie s vnuceným omezením, která se jeví problematickou. Její významnou nevýhodou je, že může být obtížně přijímána pacienty a zvláště pak jejich rodinnými příslušníky. I pokud by pacienti a jejich rodiny s touto terapií souhlasili, je nyní k dispozici příliš málo studií, potvrzujících efektivitu této terapie. Studie, které ji prokazují, jsou zatím prováděny na opicích, kde se ukazuje její opodstatněnost. Lze předpokládat, že i pokud se prokáže její účinnost, nebude tato metoda velmi využívána, hlavně z důvodu nedůvěry pacientů.

Podobně nejasné výsledky jako terapie s vnuceným omezením má i interaktivní robotická terapie. Výhodou této terapie je usnadnění práce fyzioterapeuta a případná možnost provádět terapii bez jeho přítomnosti. Nevýhodou je vysoké pořizovací cena těchto robotů, nejasné výsledky terapie a jisté odosobnění. Někteří pacienti by nemuseli mít v robota důvěru, naopak u jiných by byl přijímán lépe než fyzioterapeut.

Postupně se rozšiřuje využívání virtuální reality při rehabilitaci. Pro její terapeutické využití nepotřebujeme plnou simulaci. Stačí např. počítačové hry, kdy pacienti plní úkoly přenášením váhy. Využití virtuální reality motivuje pacienty a stává se pro ně i zábavou. Podobné výhody má i terapie ve dvojici nebo ve skupině. Zvyšuje motivaci pacientů a podporuje jejich snahu. Pro skupinová cvičení je velmi důležité správně vybrat účastníky tak, aby se navzájem motivovali a aby nedocházelo ke snižování sebevědomí výrazně slabších jedinců. Samozřejmě, ne všechny druhy terapie je možné a žádoucí poskytovat skupině nebo dvojici pacientů.

Ukazuje se, že pokud necháme pacienta částečně převzít kontrolu nad terapií, zvyšujeme tím jeho motivaci, pacient zkouší nové a nové možnosti, jak vyřešit pohybový problém a je při své terapii aktivní. Problémem jsou pacienti, kteří očekávají svoji pasivní roli během léčebného procesu nebo předpokládají, že je celou terapií budeme provázet. Někteří pacienti ani nejsou schopni převzít zodpovědnost za terapii. Není tedy možné tuto metodu využívat pro všechny pacienty, ale stejně jako u tréninku ve dvojicích a ve skupině musíme pečlivě zvážit, pro koho je tento způsob terapie vhodný.

## **5.2 Kazuistika**

Celkové časy všech pacientů mají tendenci ke zlepšování. Nejvíce se zlepšil zdravý proband (PP) o 52,34% se zlepšil v otáčení vlevo a o 43,86% v otáčení vpravo. Dále se pak zlepšil proband s chronickými bolestmi bederní páteře (PJ) o 39,56% v otáčení vpravo, ale nejméně se zlepšil v otáčení vlevo (o 38,52%). Proband po cévní mozkové příhodě (TA) se zlepšil o 39,37% v otáčení vpravo, ani pátý den měření nebyl schopný provést šest cyklů vlevo. Zatímco první den testování nebyl schopný dokončit jeden cyklus, pátý den jej dokončil, ale nebyl schopný provést další cyklus. I v tomto případě byla patrná tendence ke zlepšování.

Předpokládám, že míra zlepšování je dána kromě jiného i motorickými schopnostmi pacientů a jejich předchozími dovednostmi. Na druhou stranu je možné, že v rozsáhlejší studii by se více zruční probandi nemuseli tolik zlepšovat, vzhledem k tomu, že by začínali s nižšími časy a neměli by tudíž velký prostor pro zlepšování. Předpokládám, že provedení úlohy má jakýsi minimální čas nutný pro její dokončení a pokud by zruční probandi začínali blízko tomuto limitnímu času, zlepšovali by se relativně méně než méně zruční probandi, kteří by pro zlepšení měli více prostoru.

Stejně jako celkové časy i časy jednotlivých cyklů se zlepšují. U probanda TA se nejvíce zlepšil druhý cyklus. U probanda PJ se při otáčení vpravo nejvíce zlepšil pátý a šestý cyklus a při otáčení vlevo první cyklus. U probanda PP se v otáčení vpravo nejvíce zlepšil první a druhý cyklus a při otáčení vlevo šestý cyklus.

Zlepšování se v jednotlivých cyklech je pravděpodobně dané časem, kterého probandi dosáhli první den testování. U všech probandů je první čas nejvíce se zlepšujícího cyklu jedním z nejhorších nebo úplně nejhorším ze všech cyklů prvního sezení. Probandi tak mají více prostoru pro zlepšování. Ve studii s více probandy by se mohly tendence ke zlepšování rozdělit na dvě části, podobně jako je to v kazuistice. Pokud největší zlepšení nastává v prvních cyklech, je možné, že proband se na provedení úkolu později začne více soustředit tak, aby dosáhl co nejlepšího celkového času. Naopak největší zlepšení v posledních cyklech vede k myšlence, že vzniká krátkodobá paměťová stopa umožňující zlepšení. Kromě jiného je rozložení zlepšování v rámci cyklů dané i subjektivními pocity probandů. Proband TA shledával úlohu poměrně náročnou. Probandovi PJ více vyhovovalo otáčení vpravo (kde se zlepšoval pátý a šestý cyklus) zatímco probandovi PP více vyhovovalo otáčení vlevo (kde se zlepšoval 6. cyklus).

Výhodou tohoto testu bylo snadné testování s minimálním počtem snadno dostupných pomůcek. Test byl jednoduchý, krátký a neunavoval probandy. Naopak nevýhodou jsou velké požadavky na jemnou motoriku, které neumožňují testovat, např. paretickou horní končetinu.

Vzhledem k malému počtu probandů a malému počtu sezení nelze z tohoto testování dělat žádné významné závěry.

## 6 ZÁVĚRY

Práce podává ucelený přehled o motorickém učení a základní poznatky o percepčním učení. Důraz jsem kladla na motorické učení, které považuji za významnější pro potřeby fyzioterapie. Potvrdilo se, že problematika motorického učení je velmi rozsáhlá a zasahuje do mnoha oblastí, jako je fyziologie, resp. neurofyziologie, psychologie, fyzioterapie či sport. Výzkum této oblasti učení se neustále rozvíjí a také přibývají nové poznatky jak teoretické, tak i podložené praktickým ověřováním.

Principy motorického učení můžeme s výhodou používat pro terapii pacientů prakticky s jakoukoli diagnózou. Nejčastěji je pravděpodobně budeme využívat u pacientů s chronickými bolestmi páteře, roztroušenou mozkomíšní sklerózou nebo cévní mozkovou příhodou. V kazuistice se ukázalo, že schopnost motorického učení není výrazně narušena u pacientů s chronickými bolestmi zad a cévní mozkovou příhodou, pokud je porovnáváme se zdravým jedincem.

Znalosti o motorickém učení jsou pro fyzioterapeuty velmi důležité a využívání postupů urychlujících učení při současném vyhýbání se postupům, které učení brzdí, může výrazně zvýšit efektivitu terapie a přispět tak k rychlejší obnově pohybových funkcí pacienta.

## 7 SOUHRN

Práce přináší informace o motorickém učení a jeho využití ve fyzioterapeutické praxi. Zabývá se problematikou jeho testování, vývoje a vlivy, které na motorické učení působí a ovlivňují jej, ať už pozitivně nebo negativně. Poznatky týkající se motorického učení jsou velmi rozsáhlé a výsledky studií si často protiřečí. V kazuistice jsem se zaměřila na porovnání schopnosti motorického učení pacientů s chronickými bolestmi zad a cévní mozkovou příhodou se zdravým jedincem, neboť výsledky některých studií ukazují, že motorické učení může být po cévní mozkové příhodě ovlivněno. Pod motorické učení spadá částečně i učení percepční, které potřebujeme k úspěšnému provádění pohybových činností. Znalosti motorického učení nám umožňují vést terapii efektivněji. Velmi významný je poznatek, že pro zvýšení účinnosti terapie je důležité oddělit provádění motorických a kognitivních úkolů.

## 8 SUMMARY

This thesis provides information on motor learning and its use in physiotherapy practice. It deals with the issues of testing and development as well as the influences that affect it, either positively or negatively. The findings relating to motor learning are very extensive, and the results of the various studies are often contradictory. In the case report, I focused on the comparison between motor learning ability of patients with chronic back pain and stroke as opposed to a healthy individual, since the results of some studies show that motor learning can be affected by stroke. Motor learning partly involves perceptual learning required to ensure successful implementation of physical activity. Knowledge of motor learning allows us to lead the therapy more effectively. Separation of motor and cognitive tasks is very important for improving the effectiveness of therapy.



## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- ATKINSON, R. L. et al. *Psychologie*. 2. aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2003. 752 s. ISBN 80-7178-640-3.
- BOYD, L. A., WINSTEIN, C. J. Cerebellar Stroke Impairs Temporal but not Spatial Accuracy during Implicit Motor Learning. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2004, vol. 18, no. 134, p. 134-143.
- BROSSEAU, J., POTVIN, M.-J., ROULEAU, I. Aging Affect Motor Skill Learning When the Task Requires Inhibitory Control. *Developmental neuropsychology*. 2007, vol. 32, no. 1, p. 597-613.
- CAVANAUGH, James T., MERCER, Vicki S., STERGIOU, Nicholas. Approximate entropy detects the effect of a secondary cognitive task on postural control in healthy young adults: a methodological report. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2007, vol. 4, no. 42, p. 1-7.
- DAUM, M. M., HUBER, S., KRIST, H. Controlling reaching movements with predictable and unpredictable target motion in 10-year-old children and adults. *Exp Brain Res*. 2007, 177, p. 483-492.
- DICKSTEIN, Ruth, DEUTSCH, Judith E. Motor imagery in physical therapist practice. *Physical Therapy*. 2007, vol. 87, no. 7, p. 942-953.
- DOVALIL, Josef. *Výkon a trénink ve sportu*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 331 s. ISBN 80-7033-760-5.
- FAHLE, Manfred. Perceptual learning: specificity versus generalization. *Current Opinion in Neurobiology*. 2005, no. 15, p. 154-160.
- GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vyd. Praha: Galén, 2005. 890 s. ISBN 80-7262-311-7.
- HORT, Jakub, RUSINA, Robert. *Paměť a její poruchy: paměť z hlediska neurovědního a klinického*. Praha: Maxdorf, 2007. 422 s. (Jessenius). ISBN 978-80-7345-004-5.
- CHOUTKA, Miroslav, DOVALIL, Josef. *Sportovní trénink*. 2. rozš.vyd. Praha: Olympia, 1991. 331 s. ISBN 80-7033-099-6.
- JESSOP, Reuben T., HOROWICZ, Christopher, DIBBLE, Leland E. Motor Learning and Parkinson Disease: Refinement of Movement Velocity and Endpoint Excursion

- in a Limits of Stability Balance Task. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2006, vol. 20. no 4, p. 459-467.
- JONSDOTTIR, J., CATTANEO, D., REGOLA, A., CRIPPA, A., RECALCATI, M., RABUFFETTI, M., FERRARIN, M., CASIRAGHI, A. Concepts of Motor Learning Applied to a Rehabilitation Protocol Using Biofeedback to Improve Gait in a Chronic Stroke Patient: An A-B System Study With Multiple Gait Analyses. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2007, vol. 21. no. 2, p. 190-194.
- KAHN, L. E., LUM, P. S., RYMER, W. Z., REINKENSMEYER, D. Robot-assisted movement training for the stroke-impaired arm: Does it matter what the robot does?. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2006, vol. 43. no. 5, p. 619-630.
- KRAKAUER, John W. Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Current Opinion in Neurology*. 2006, vol. 19, p. 84-90.
- KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2002. 230 s. ISBN 80-246-0350-0.
- KRAUS, Josef, et al. *Dětská mozková obrna*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. 348 s. ISBN 80-247-1018-8.
- LEOCANI, L., COMI E., ANNOVAZZI P., ROVARIS, M., ROSSI, P., CURSI, M., COMOLA, M., MARTINELLI V., COMI, G. Impaired Short-term Motor Learning in Multiple Sclerosis: Evidence from Virtual Reality. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2007, vol. 21. no. 3, p. 273-278.
- LOTZE, M., BRAUN, C., BIRBAUMER, N., ANDERS, S. COHEN, L.G. Motor learning elicited by voluntary drive. *Brain*. 2003, no. 123, p. 866-872.
- MATTAR, Andrew A. G., OSTRY, David J. Neural Averaging in Motor Learning. *Journal of Neurophysiology*. 2007, vol. 97, p. 220-228.
- MCNEVIN, N., WULF, G., CARLSON, C. Effects of Attentional Focus, Self-Control, and Dyad Training on Motor Learning: Implications for Physical Rehabilitation. *Physical therapy*. 2000, vol. 80. no. 4, p. 373-385.
- MULDER, TH. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission*. 2007, no. 114, p. 1265-1278.
- ORRELL, Alison J., EVES, Frank F, MASTERS, Rich SW. Motor Learning of a Dynamic Balancing Task After Stroke: Implicit Implications for Stroke Rehabilitation. *Physical Therapy*. 2006, vol. 86, no. 3, p. 369-380.

- PEČINKOVÁ, Jana. *Vliv žonglování na rozvoj koordinačních schopností a psychomotoriky člověka, resp. sluchově postižených dětí*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra speciální pedagogiky, 2006. Vedoucí diplomové práce: PaedDr. Marie Hronzová.
- POČTOVÁ, B. *Body image, body percept, body scheme, somatoesthezie – literární rešerše s kazuistikou*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace, 2008. Vedoucí diplomové práce Mgr. Magdalena Lepšíková.
- POHL, PS., MCDOWD, JM., FILION, D., RICHARDS LG., STIERS, W. Implicit learning of a motor skill after mild and moderate stroke. *Clinical Rehabilitation*. 2006, no. 20, p. 246-253.
- ROBERTSON, Edwin M. The Serial Reaction Time Task: Implicit Motor Skill Learning?. *Journal of Neuroscience*. 2007, vol. 27, no. 38, p. 10073-10075.
- SEIDL, Z., OBENBERGER, J. *Neurologie pro studium i praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. 364 s. ISBN 80-247-0623-7.
- SCHÖN-OHLSSON, Christina U. M., WILLÉN, Jan A. G., JOHNELS, Bo E. A. Sensory Motor Learning in Patients With Chronic Low Back Pain. *Spine*. 2005, vol. 30, no. 17, p. E509-E516.
- SILLAMY, Norbert. *Psychologický slovník*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2001. 248 s. ISBN 80-244-0249-1.
- TIERNAN, C.W., ANGULO-BARROSO, R.M. Constrained Motor-Perceptual task in infancy: Effects of Sensory Modality. *Journal of Motor Behavior*. 2008, vol 40, no. 20, p. 133-142.
- TROJAN, Stanislav, DRUGA, Rastislav, PFEIFFER, Jan, VOTAVA, Jiří. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. 3. rozš. vyd. Praha: Grada, 2005. 240 s. ISBN 80-247-1296-2.
- VAJNEROVÁ, Olga. *Ustav fyziologie: Materiály ke studiu* [online]. 2006, March, 16, 2009 [cit. 2008-11-14]. Dostupný z WWW: <[http://fyziologie.lf2.cuni.cz/uceni/Pamet\\_2006.ppt](http://fyziologie.lf2.cuni.cz/uceni/Pamet_2006.ppt)>.
- VAN HALTEREN-VAN TILBORG, Ilse A. D. A., SCHERDER, Erik J. A., HULSTIJN, Wouter. Motor-Skill Learning in Alzheimer's Disease: A Review with an Eye to Clinical Practice. *Neuropsychological review*. 2007, vol. 17, p. 203-212.
- VÉLE, František. *Kineziologie: Přehled kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. rozšířené a přepracované vyd. Praha 10: Triton, 2006. 375 s. ISBN 80-7254-837-9.

VOELCKER-REHAGE, Claudia, WILLIMCZIK, Klaus. Motor plasticity in a juggling task in older adults - a developmental study. *Age and Ageing*. 2006, no. 35, p. 422-427.

VOELCKER-REHAGE, Claudia, ALBERTS, Jay L. Effect of Motor Practice on Dual-Task Performance in Older Adults. *The Journals of Gerontology*. 2007, vol. 62B. no. 3, p. P141-P148.

Seznam příloh

**Příloha č. 1: Schémata paměti z hlediska doby trvání (obrázek)**

**Příloha č. 2: Rozdíl deklarativní a nedeklarativní paměti dle Horta a Rusiny (tabulka)**

**Příloha č. 3: Posturo-locomotion-manual test (obrázek)**

**Příloha č. 4: Výsledky měření (tabulky)**

**Příloha č. 5: Celkové časy a trendy celkových časů probanda PJ (graf)**

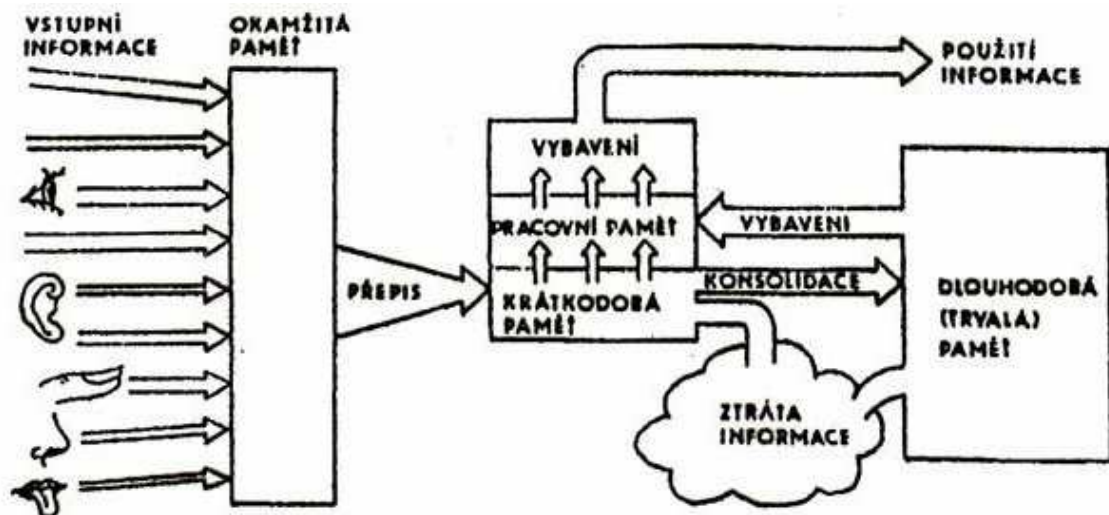
**Příloha č. 6: Celkové časy a trendy celkových časů probanda PP (graf)**

**Příloha č. 7: Trendy jednotlivých časů probanda PJ (graf)**

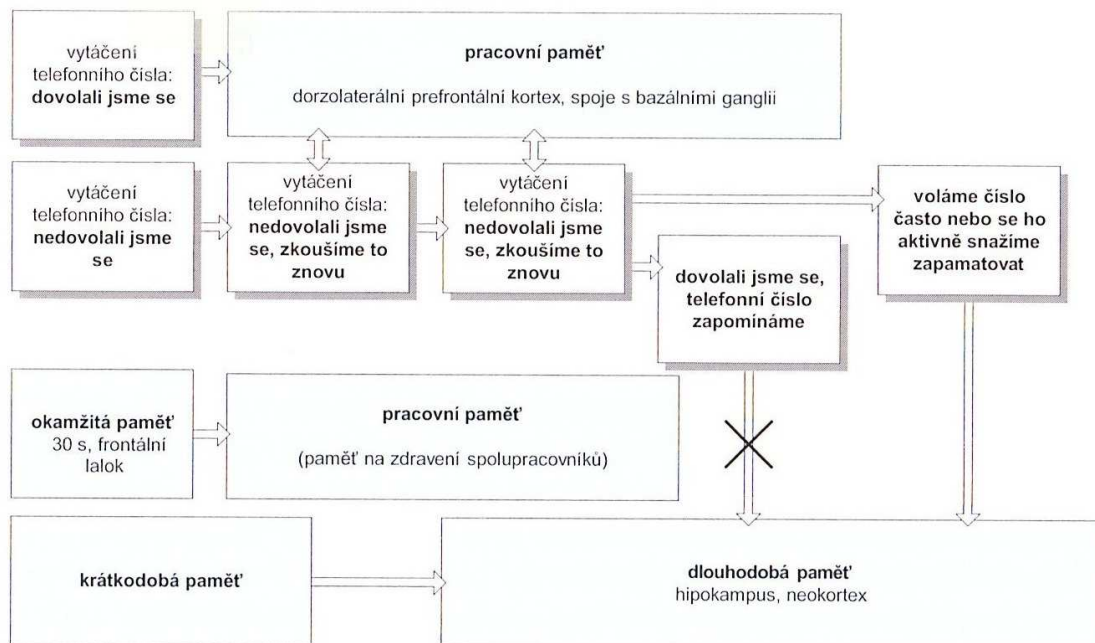
**Příloha č. 8: Trendy jednotlivých časů probanda PP (graf)**

## 10 PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Schémata paměti z hlediska doby trvání (obrázek)



Vajnerová (n.d.)



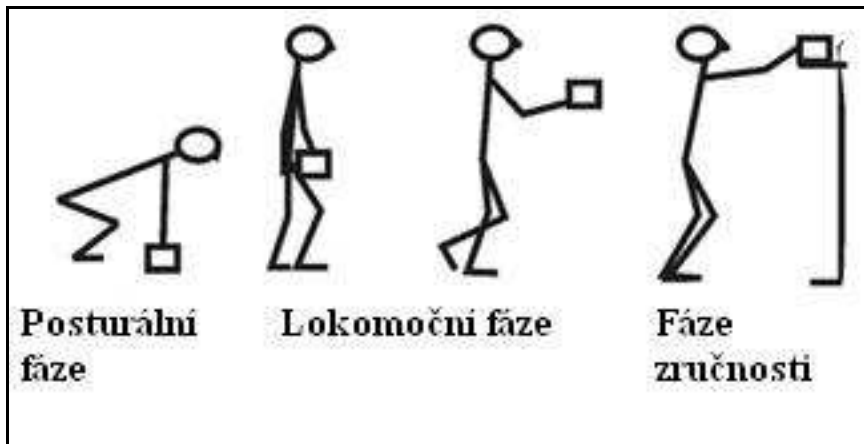
Hort, Rusina et al. (2007)

**Příloha č. 2: Rozdíl deklarativní a nedeklarativní paměti dle Horta a Rusiny (2007)  
(tabulka)**

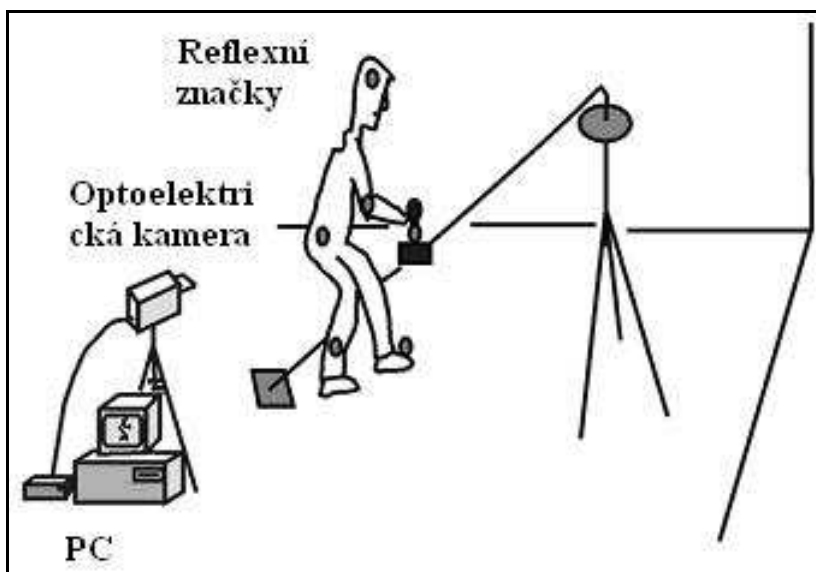
**Tabulka 2.1** Srovnání základních charakteristik deklarativní a nedeklarativní paměti

PAMĚŤ	DEKLARATIVNÍ	NEDEKLARATIVNÍ
synonyma	explicitní, u zvířat je analogií kognitivní učení	implicitní, procedurální, motorická, reflexní
otázka	vědět, že (to know that): kdo?, co?	vědět jak (to know how): jak?
druh	<i>sémantická</i> – uchovává znalosti a fakta, encyklopedický slovník s výklady <i>epizodická</i> – autobiografická, příhody, děje	uchovává motorické dovednosti, percepční schémata, (jízda na kole, lyžování, řeč, písmo), podmíněné reflexy, emoční paměť, učení návykům, priming, podmíněná chuťová averze, habituace, senzitivace
	je možno ji vědomě vybavit	nepřístupná vědomému vybavení
	může být vytvořena jednorázově	vytváří se opakovaným učením
	je dosažitelná pro více mozkových systémů	uplatňuje se uvnitř jednoho systému (např. motorického nebo chuťového)
	informace může být v abstraktní formě (pojmy)	uložená informace je vždy konkrétní
	fylogeneticky mladá	fylogeneticky stará
	v ontogenezi se objevuje pozdě (v 2. roce života)	v ontogenezi se objevuje časně (někdy i před narozením)
role hipokampu	závislá na funkci hipokampu	na hipokampu nezávislá, význam bazálních ganglií, mozečku, neokortexu
biochemické děje	hlavní roli má LTP, glutamát, acetylcholin, modulační systémy ostatních mediátorů	LTP, glutamát, serotonin, ostatní mediátory
klinické příklady, poruchy	Korsakovův syndrom, pacienti H. M., R. B. Alzheimerova nemoc, tranzitorní globální amnézie, dysmnézie, parciální epileptické záchvaty, otřes mozku	Parkinsonova nemoc, Huntingtonova nemoc, pacienti s afázií, apraxií, gait ignition failure

**Příloha č. 3: Posturo-locomotion-manual test (Schön-Ohlsson, Willén, Johnels, 2005) (obrázek)**



**Fáze posturo-locomotion-manual testu**



**Prostorové uspořádání**



## Příloha č. 4: Výsledky měření (tabulky)

Proband TA					
	Otáčení vpravo				
	Číslo měření				
Otáčka	1	2	3	4	5
1	3,78	4,32	2,65	3,70	2,20
2	4,91	8,73	1,85	1,56	3,60
3	6,07	4,27	3,01	3,38	4,41
4	4,64	5,40	3,60	3,60	2,93
5	5,85	5,27	3,51	3,78	4,04
6	5,08	3,55	3,06	3,69	4,27
Celkem	30,33	31,54	17,68	19,71	21,45

Proband PJ					
	Otáčení vlevo				
	Číslo měření				
Otáčka	1	2	3	4	5
1	9,27	5,08	4,66	3,15	1,84
2	2,43	4,23	4,99	2,56	3,06
3	3,51	3,38	5,27	2,97	2,75
4	3,37	2,97	4,59	2,66	2,43
5	1,58	5,04	4,27	1,98	3,15
6	2,88	5,06	4,05	2,92	1,71
Celkem	23,04	25,76	27,83	16,24	14,94

Proband TA					
	Otáčení vlevo				
	Číslo měření				
Otáčka	1	2	3	4	5
1	Pozn. 1				
2	Pozn. 1				
3	Pozn. 1				
4	Pozn. 1				
5	Pozn. 1				
6	Pozn. 1				
Celkem	Pozn. 1				

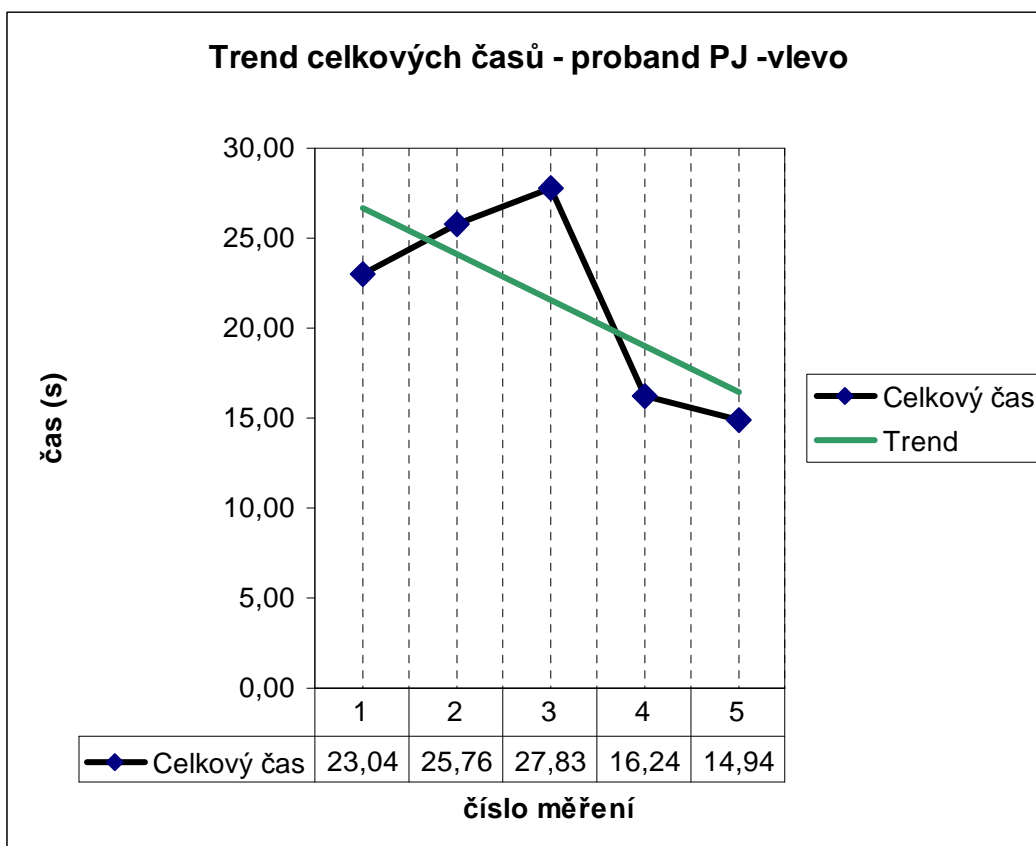
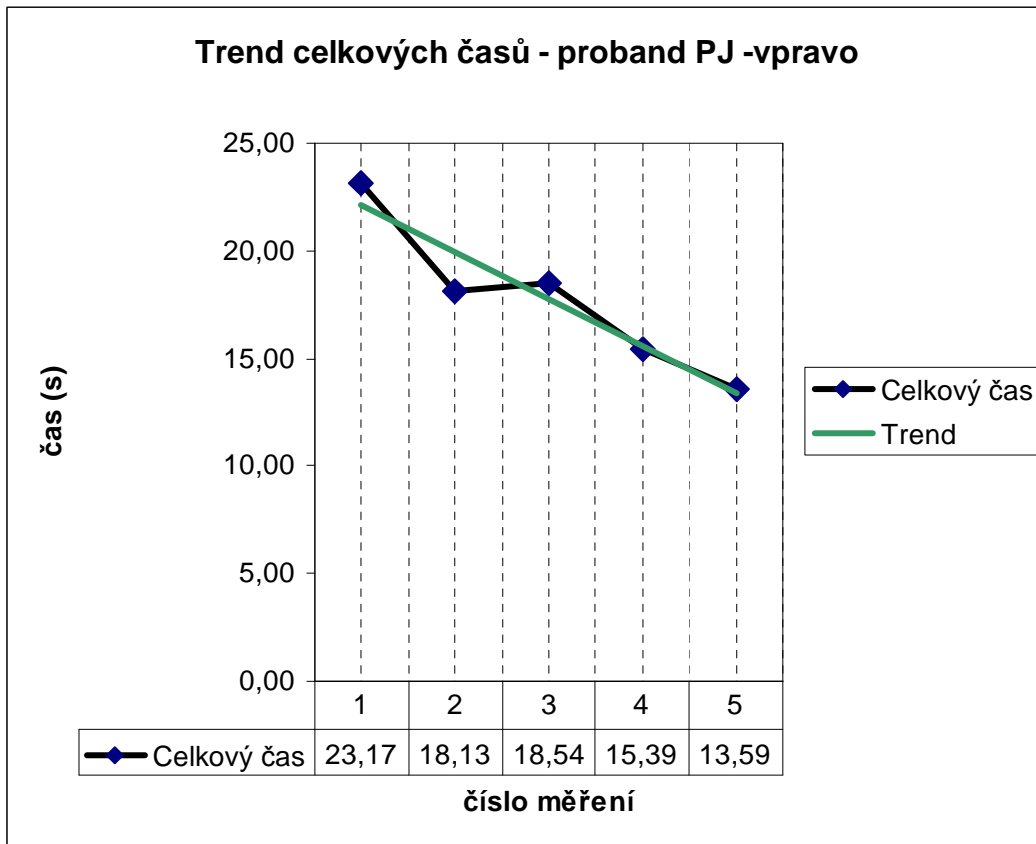
Proband PP					
	Otáčení vpravo				
	Číslo měření				
Otáčka	1	2	3	4	5
1	3,78	2,07	1,62	1,08	1,48
2	2,92	2,34	1,48	1,26	1,13
3	2,57	2,16	1,53	2,11	1,48
4	2,20	2,16	2,07	1,62	2,12
5	2,07	2,38	1,62	1,71	2,25
6	2,71	2,25	1,62	1,40	1,62
Celkem	16,25	13,36	9,94	9,18	10,08

Proband PJ					
	Otáčení vpravo				
	Číslo měření				
Otáčka	1	2	3	4	5
1	2,88	2,07	2,43	2,79	2,11
2	4,23	3,33	3,10	4,59	2,03
3	4,05	2,56	2,23	1,98	2,79
4	2,97	2,52	4,07	1,93	2,74
5	5,40	3,06	3,02	2,39	2,16
6	3,64	4,59	3,69	1,71	1,76
Celkem	23,17	18,13	18,54	15,39	13,59

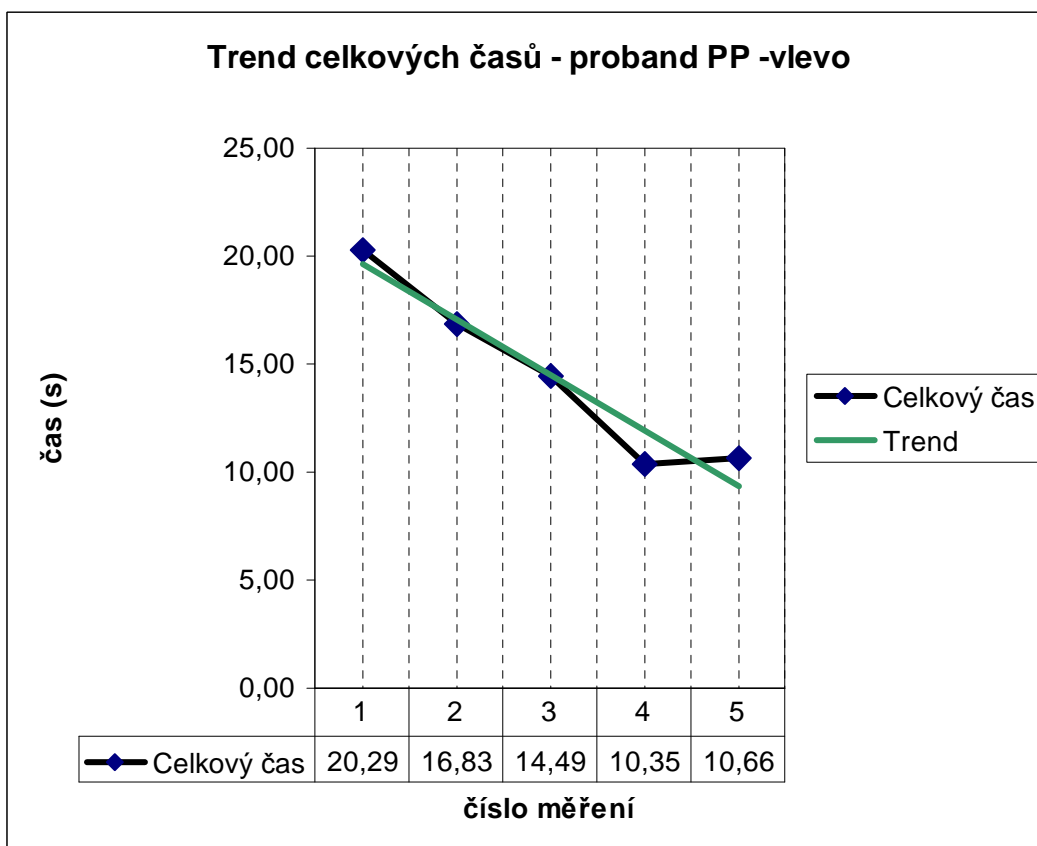
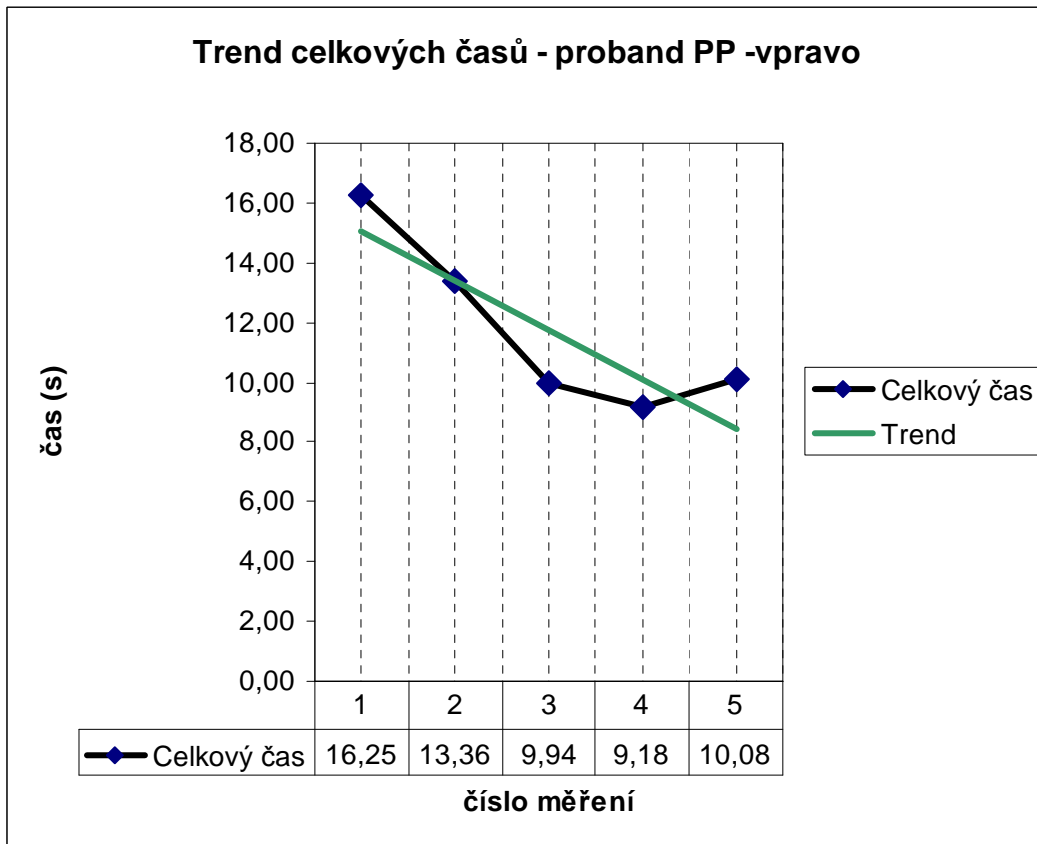
Proband PP					
	Otáčení vlevo				
	Číslo měření				
Otáčka	1	2	3	4	5
1	3,1	3,91	1,71	1,62	1,98
2	3,15	1,89	1,53	1,17	1,57
3	2,34	2,66	4,81	1,62	1,62
4	2,52	3,42	2,3	1,89	1,67
5	3,42	2,16	2,11	1,84	2,07
6	5,76	2,79	2,03	2,21	1,75
Celkem	20,29	16,83	14,49	10,35	10,66

Pozn. 1: Proband nebyl schopen zvládnout otáčení vlevo

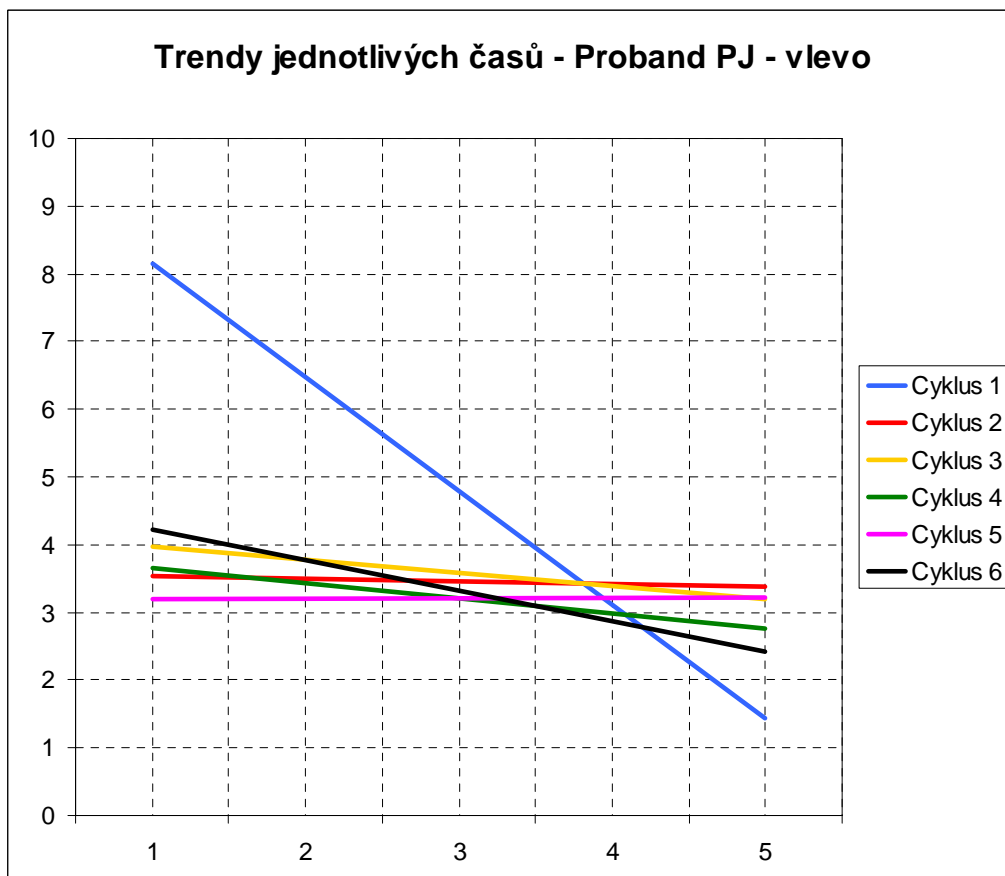
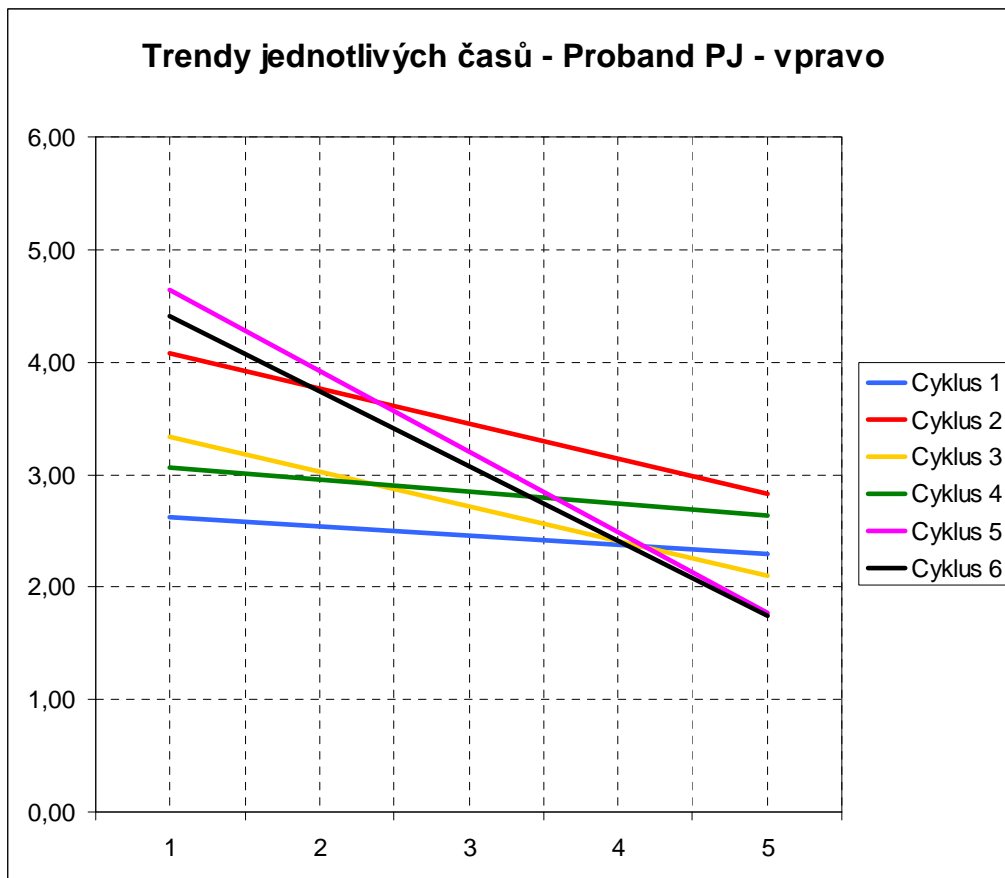
## Příloha č. 5: Celkové časy a trendy celkových časů probanda PJ (graf)



## Příloha č. 6: Celkové časy a trendy celkových časů probanda PP (graf)



## Příloha č. 7: Trendy jednotlivých časů probanda PJ (graf)



## Příloha č. 8: Trendy jednotlivých časů probanda PP (graf)

