

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav fyzioterapie

Michaela Morávková

Constraint - Induced Movement Therapy

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Veronika Kristková

Olomouc 2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala
samostatně pod vedením Mgr. Veroniky Kristkové s využitím uvedených
elektronických zdrojů.

V Olomouci dne.....

.....

Podpis autora

Děkuji Mgr. Veronice Kristkové za pomoc, poskytnutí cenných rad a hlavně za trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat celé své rodině a všem mým blízkým přátelům za jejich podporu a povzbuzení.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název práce v ČJ: Terapie omezeného užívání

Název práce v AJ: Constraint - Induced Movement Therapy

Datum zadání práce: 2014-01-31

Datum odevzdání práce: 2014-05-02

Vysoká škola: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta: Fakulta zdravotnických věd

Ústav: Fyzioterapie

Autor práce: Michaela Morávková

Vedoucí práce: Mgr. Veronika Kristková

Oponent práce: Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.

Abstrakt v ČJ: Tato práce pojednává o možnosti užití constraint-induced movement therapy a její účinnosti při léčbě motorického deficitu vzniklého na podkladě neurologické poruchy. První část popisuje historii vzniku a výzkum na opicích, druhá klinické aplikace a užití terapie u lidí. Třetí část se zabývá neuroplasticitou a jejím významem v rehabilitaci. Diskuze rozebírá podstatu protokolu constraint-induced movement therapy, její délku a užití v reálné klinické praxi.

Abstrakt v AJ: This work discusses the possibility of use of the constraint-induced movement therapy and its effectiveness in treating motor deficit generated on the basis of neurological disorders. The first part describes the history of the method and research on monkeys, the second clinical application and the use of therapy in humans. The third part deals with neuroplasticity and its role in rehabilitation. Discussion examines the nature of constraint-induced movement therapy protocol, its length and use in everyday clinical practice.

Klíčová slova v ČJ: CI terapie, CI pohybová terapie, naučené nepoužívání, somatosenzorická deafferentace, cévní mozková příhoda, hemiparéza, horní končetina, neurorehabilitace, behaviorální terapie, neuroplasticita, kortikální reorganizace, tvarování, trénink, intenzita, překážky, funkční schopnosti, hemiparéza.

Klíčová slova v AJ: CI therapy, CI movement therapy, learned nonuse, somatosensory deafferentation, stroke, hemiparesis, upper extremity, neurorehabilitation, behavioral therapy, neuroplasticity, cortical reorganization, shaping, training, intensity, barriers, functional abilities.

Rozsah: 52 stran

Obsah

ÚVOD	7
1 CONSTRAINT-INDUCED MOVEMENT THERAPY: PŘEKLENUTÍ Z OPIC	8
1.1 Historický základ	8
1.2 Experimenty na primátech	9
1.2.1 Deaferentace končetiny a její následné nepoužívání	9
1.2.2 Naučené nepoužívání	12
1.2.2.1 Vznik naučeného nepoužívání	12
1.2.2.2 Překonání naučeného nepoužívání	14
2 KLINICKÉ APLIKACE	17
2.1 CI terapie a její aplikace	17
2.1.1 Aplikace CI terapie na horní končetinu u pacientů po CMP	18
2.1.2 Aplikace CI terapie na jiné vybrané diagnózy	23
2.1.2.1 Cerebrovaskulární onemocnění	23
2.1.2.2 Fraktura kyčelního kloubu	23
2.1.2.3 Afázie	23
2.1.2.4 Mozkové poranění	24
2.1.2.5 Fantomová bolest	24
2.1.3 Souhrný poznatek o klinické aplikaci	25
2.2 Protokol CI terapie	25
3 PLASTICITA MOZKU A JEJÍ VÝZNAM PRO CI TERAPIE	28
3.1 Neuroplasticita jako doplňkový mechanismus CI terapie	28
3.2 Neuroplasticita a její účast na rehabilitaci	29
4 DISKUZE	34
ZÁVĚR	42
REFERENČNÍ SEZNAM	43
SEZNAM ZKRATEK	52

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je posoudit možnost užití constraint-induced movement therapy a její účinnost při léčbě motorického deficitu vzniklého na podkladě neurologické poruchy. Pozornost je věnována především pacientům s hemiparézou horní končetiny vzniklou v souvislosti s cévní mozkovou příhodou. Constraint-induced movement therapy je založena na dvou základních mechanismech a to na překonání naučeného nepoužívání postižené horní končetiny a na kortikální reorganizaci, která poskytuje nervový základ pro trvalé zvýšené používání této končetiny. Z tohoto vyvstává další otázka, která bude v této práci řešena. A to jaký mechanismus je pro účinnost této terapie rozhodující a zda-li se jedná o propojený, ale nezávislý mechanismus.

První část bakalářské práce se krátce věnuje historii vzniku constraint-induced movement therapy a jejímu výzkumu na primátech. Nastiňuje podstatu constraint-induced movement therapy, na které je tato behaviorálně analytická metoda založena. Druhá část se zabývá samotnou možností aplikace v klinické praxi u lidí a je zde proveden výčet jednotlivých diagnóz, kde lze tuto terapii využít a jaká je její efektivita. Třetí část je věnovaná neuroplasticitě mozku, která s constraint-induced movement therapy úzce souvisí, uvádí její definici a podíl na rehabilitaci. V diskuzi je pojednáváno o podstatě konceptu, délce terapie, možnostech a překážkách její realizace v praxi.

Při tvorbě této práce bylo čerpáno pouze z elektronických informačních zdrojů. Pro vyhledávání daného tématu bylo využito převážně systematických review a to z následujících databází: EBSCO, MEDLINE, PubMed a Google Scholar.

1 Constraint-Induced movement therapy: Překlenutí z opic

Constraint-induced movement therapy (CI terapie) patří do nové skupiny neurorehabilitačních metod, které kladou důraz na relevantní zatížení repetitivním tréninkem. Constraint-induced movement therapy využívá důsledného cvičení postiženého ramene a paže, zatímco pohyb zdravé končetiny je omezen závěsem. Tato metoda je založena na konceptu naučeného nepoužívání (Kononen et al., 2005, p. 1669)

1.1 Historický základ

Teoretické kořeny constraint-induced movement therapy (CI terapie) se vynořily z principů vyvinutých při postgraduálním studiu Freda Kellera a W. Schoenfelda na Kolumbijské Univerzitě. Počáteční laboratorní práce, která vedla k CI terapii, začala na katedře experimentální neurologie ve výzkumném ústavu v Jewish Chronic Disease Center v Brooklynu a New Yorku. Opice přijaté k chirurgickému odstranění somatického citění z jedné nebo obou předních končetin pak podstoupily trénink částečně založený na operantních učebních principech. Práce pak pokračovala na ústavu pro behaviorální výzkum (IBR) v Silver Spring a Marylandu. Předsedou představenstva IBR byl Joseph V. Brady, který hrál hlavní roli při zakládání behaviorální farmakologie. Převedení CI terapie z opic na člověka bylo stimulováno právě podle Brodyho příkladu. CI terapii lze tedy považovat za druh behaviorální neurorehabilitace. Tuto skutečnost nastínil i Taub, jenž svým výzkumem naznačil, že existuje behaviorální intervence, která vede ke zlepšení příznaků neurologické léze (Taub, 2012, pp. 155-178). Edward Taub (narozený v roce 1931) je behaviorální neurovědec na Univerzitě Alabama v Birminghamu. O behaviorismus se začal zajímat při svém studiu filozofie na Kolumbijské Univerzitě a dále pokračoval ve studiu pod vedením experimentálních psychologů Freda Kellera a Wiliama Schoenfelda. Vzal práci jako asistent výzkumu v neurologické laboratoři a zapojil se do deaferentačních pokusů s opicemi (en.wikipedia.org).

1.2 Experimenty na primátech

CI terapie je tedy terapie odvozená od základního behaviorálního výzkumu s primáty, který byl proveden Taubem a jeho kolegy (Taub, Uswatte, 2003, p. 36). Počátky této studie byly dány studiem neurofyzologie motorické kontroly, vlivu senzorického vnímání a jeho zpětnou vazbou vzhledem k motorice a motorickému učení (Pidikiti, Taub, Uswatte, 1999, p. 238).

Taub (in Wolf et al., 2002, p. 3) a jeho spolupracovníci shrnuli několik studií, které zkoumaly účinky chirurgického odstranění somatického citění na předních končetinách opic. V těchto studiích opice přestaly po několika neúspěšných pokusech deaferentovanou končetinu zcela používat. Opice se tedy ve snaze provést základní funkční úkoly naučily kompenzační mechanismus - užití non-aferentního ramene, což je jev, který Taub a jeho kolegové označili za tzv. learned nonuse (naučené nepoužívání) (Taub et al. in Wolf et al., 2002, p. 3).

1.2.1 Deaferentace končetiny a její následné nepoužívání

Je-li u opic dorsální rizotomií jedna horní končetiny (HK) deaferentována, opice už ji nikdy nebudou ve volné situaci používat. Nicméně, opice mohou být stimulovány k užití této končetiny omezením intaktní končetiny nebo prostřednictvím výcvikových technik. Aferentovaná končetina je tak změněna na končetinu s vysokým rozsahem pohybu (André, Didier, Paysant, 2004, p. 138).

Otázkou však zůstává, proč opice užívají deaferentovanou končetinu během tréninku nebo po omezení intaktní končetiny, ale nepoužívají ji ve volné situaci, a to i přesto, že by to pro ně bylo výhodné (Taub et al., 2006, p. 242).

Možné hypotézy:

1. Motivační hypotéza

Jedna z možných odpovědí je spojena s motivací. Bez omezení opice deaferentovanou končetinu nepoužívají, protože v laboratorních podmínkách si vystačí se 3 intaktními končetinami. Navíc použití daferentované končetiny spolu s končetinami intaktními by mohlo vést k nekoordinovanosti nebo pádu. Opice se tak učí jejich deaferentovanou končetinu nepoužívat. Nicméně jsou určité situace, které opice donutí postiženou končetinu použít, protože v opačném případě jim hrozí zásah elektrickým proudem či hladovění. Motivace k použití aferentované končetiny se tak zvyšuje a proto ji opice užívá. Toto vysvětlení, ač jednoduché a jasné, však mělo dva významné důkazy, které stály proti němu. Příkladem může být situace, kdy v životním prostředí vzniknout takové podmínky, ve kterých by bylo nezávislé užití deaferentované končetiny nevýhodné. Například, bude-li opici nabízeno jídlo ve chvíli, kdy je zavěšena na drátěné kleci svou intaktní končetinou a oběma chodidly, pak tato opice ani po dlouhodobém strádání svou deaferentovanou končetinu k získání potravy nevyužije (Taub et al., 2006, p. 242).

2. Hypotéza inhibičního mechanismu

Alternativní vysvětlení pro nepoužívání deaferentované končetiny ve volné situaci naznačuje, že používání jedné končetiny má inhibiční účinek na pohyby kontralaterální končetiny. Tento inhibiční mechanismus by měl být normálně pod kontrolou ipsilaterální segmentové aferentace. Je-li tento ipsilaterální přísun přerušen prostřednictvím deaferentace, dojde k uvolnění inhibičního mechanismu a tím se zabrání koordinovaným pohybům deaferentované končetiny. Jestliže je intaktní končetina u zvířete s jednostranou deaferentací imobilizována a relaxovaná, a to např. pomocí svěrací kazajky, překročení inhibice je prevencí jejího užití. V důsledku tohoto je zvíře schopné svou deaferentovanou končetinu používat. Testování této hypotézy bylo racionální pouze v případě předpokladu existujícího příslušného mechanismu, tedy toho, že současné užívání normální a deaferentované končetiny by mělo podléhat určitému omezení. V krajním případě by souběžné používání končetin nebylo možné. Počáteční pohyby intaktní končetiny by znemožnily pohyb deaferentované končetiny

a proto by tento pokus o současné užití končetin končil pohybem jen končetiny intaktní (Taub et al., 2006, p. 242). Tato predilekce byla vyvrácena zjištěním, že opice s jednou intaktní a jednou deaferentovanou končetinou byly ve velmi krátkém časovém intervalu, někdy i během 10 ms, schopné pohybu obou předních končetin v případě hrozby zásahu elektrickým proudem (Taub et al. in Taub et al., 2006, p. 242).

Tyto výsledky však znehodnotily externí formu inhibiční hypotézy. Zbývá však možnost, že inhibiční mechanismus by mohl vylučovat pouze některé souběžné pohybové vzory. I když to tedy nemusí zcela znemožnit schopnost užívat deaferentovanou končetinu za všech okolností, mohlo by to vést ke vzniku závažného postižení. Např., zabraňuje-li flexe intaktní končetiny extenzi deaferentované končetiny, pak lezení a obvyklý způsob volní hybnosti nebude nikdy možný. Další kombinace částečnou inhibicí může být pak stejně devastující. Hypotézu částečné inhibice by bylo obtížné vyhodnotit experimentálně, protože kombinace několika pohybů by měla být testována jednotlivě. Místo toho bylo tedy rozhodnuto o přezkoumání vysvětlení prostřednictvím původní motivace nebo naučeného nepoužívání (Taub et al., 2006, p. 242).

3. Hypotéza naučeného nepoužívání

Několik konvergujících důkazů naznačilo, že nepoužívání deaferentované končetiny je naučeným fenoménem, tzv. podmíněné potlačení pohybu. Ačkoliv prezentované studie naznačují, že CI techniky mohou mít léčebný účinek v překonání naučeného nepoužívání, další studie provedené na zvířatech ukazují, že příliš časně nucené nadužívání v časně fázi obnovovacího procesu může mít účinek škodlivý (James, Kozlowski, Schallert, 1996, pp. 4776- 4786).

1.2.2 Naučené nepoužívání

Jak bylo řečeno výše, nepoužívání deaferentované končetiny je tedy naučeným fenoménem, tzv. podmíněné potlačení pohybu. Jako efektivní se zdají být zádržné systémy a cvičební techniky, které naučené nepoužívání úspěšně překonávají (André, Didier, Paysant, 2004, p. 139).

1.2.2.1 *Vznik naučeného nepoužívání*

Je zde potřeba zmínit, že řada neurologických poškození vede k motorickému deficitu nebo poruše percepční funkce (Taub, Uswatte, 2003, p. 35). Pokud dojde k postižení centrálního typu, ať už spinální míchy nebo mozku, dochází nejprve k šoku. Při šoku dochází k poklesu motoriky a vnímání funkce (Pidikiti, Taub, Uswatte, 1999, p. 238). U opic zotavení z takového šokového stavu trvá týdny až měsíce. Zvíře s jednou deaferentovanou končetinou se snaží o použití této končetiny ihned po operaci, ale zjistí, že koordinovaného pohybu nemůže dosáhnout (André, Didier, Paysant, 2004, p. 139).

V laboratorních podmínkách si navíc zvíře zcela vystačí se 3 končetinami, a proto je tento vzorec chování (naučeného nepoužívání) pozitivně posílen. Navíc pokus o jakýkoliv pohyb deaferentovanou končetinou vede ke vzniku značné bolesti s averzními následky jako je nekoordinovanost, ztráta zájmu o potravu a obecně dochází k selhání jakéhokoliv pokusu o použití deaferentované končetiny (Raskin, 2011, p. 120). Obecně se dá říct, že opice selžou v každé situaci, ve které se pokusí o funkční užití jejich deaferentované končetiny. Tyto averzní následky pak představují jakýsi trest. Takováto odpověď u opic přetrvává až několik měsíců po operaci a opice se tak nikdy nedozví, že se končetina stala potenciálně užitečnou (Raskin, 2011, p. 120).

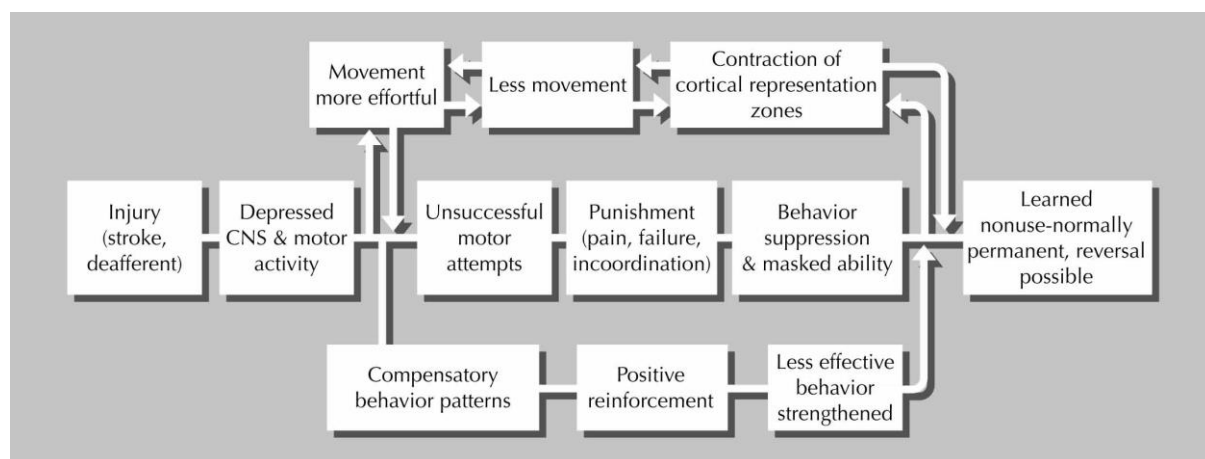
Výsledky tedy vedly k podmíněnému potlačení pohybu při pokusu pohyb provést = naučené nepoužívání. Za účelem prevence, aby zvíře nemohlo užívat deaferentovanou končetinu před tím, než dojde ke spontánní obnově funkce a nedocházelo k učení nepoužívání deaferentované končetiny, byla již během narkózy zajištěna zdrženlivost aplikací zařízení omezující pohyb této končetiny a to na dobu asi 3 měsíců po operaci. Ta pak byla následně odstraněna (Pidikiti, Taub, Uswatte, 1999,

p. 239). Předpokládalo se, že pokud opici nedovolíme samovolně pohybovat končetinou ve stádiu šoku, k naučenému nepoužívání nedojde.

Další experimenty na podporu naučeného nepoužívání byly zaznamenány během deafferentace prováděné prenatálně v různých stádiích březosti. Intrauterinní život po provedené deafferentaci tvořil určité fyziologické omezení hybnosti pro deafferentovanou končetinu. Ihned po porodu, tedy během prvních dní extrauterinního života, byla umožněna hybnost deafferentované končetiny. Obě končetiny v tomto případě plnily svou funkci, i když nebyla omezena hybnost intaktní končetiny. Hybnost deafferentované končetiny se rozvíjela ontogenezí, dokud nebyla podobná deafferentované končetině u dospělých jedinců, kteří využívali omezení hybnosti intaktní končetiny. Toto jsou důkazy ve prospěch naučeného nepoužívání (Pidikiti, Taub, Uswatte, 1999, p. 238).

Lze tedy říct, že tyto 3 procesy (zatížení deafferentované končetiny, posílení užití nepostižené končetiny a její kortikální reorganizace) spolupracují při vytváření začarovaného kruhu, který vede k nepoužívání postižené končetiny a to trvale (viz obr. 1) (Taub, Uswatte, 2003, p. 35).

Obr. 1 Schématický model vzniku naučeného nepoužívání (CNS - centrální nervový systém) (Morris, Taub, 2001, p. 280).



1.2.2.2 *Překonání naučeného nepoužívání*

Následným pozorováním bylo zjištěno, že je možné přimět opice využívat jejich deaferentovanou končetinu 3 základními typy behaviorálních technik, a dosáhnout tak překonání naučeného nepoužívání (viz obr. 2, str. 15) (Knapp et al. in Taub et al., 1994, p. 282):

1. První typ zahrnuje omezení zdravé = intaktní končetiny využitím určitého zařízení, což podpořilo hybnost a volnost druhé deaferentované končetiny (Knapp et al. in Taub et al., 1994, p. 282).

Pokud je tedy jedna HK u opice chirurgicky deaferentována, zvíře ji nepoužívá. Opice však může být stimulována k použití deaferentované končetiny tím, že ji omezíme pohyb její nepostižené končetiny (Taub, Uswatte, 2003, p. 36). Aktivace deaferentované končetiny byla zjištěna již během hodiny po aplikaci zařízení omezující pohyb nepostižené končetiny a to v důsledku nutnosti zajistit určitou posturální stabilitu. Během několika hodin již byla končetina, i když poněkud nemotorně, využívána pro složitější pohyby jako jsou přesuny, lezení a uchopování malých předmětů mezi palec a ukazovák (Taub in Taub et al, 1994, p. 282).

V případě, že bude mít zvíře pohyb omezený pouze na 24 hodin, bude zvíře deaferentovanou končetinu užívat pouze v této době omezení nepostižené končetiny a jakmile dojde k odstranění zařízení omezující pohyb, zvíře se opět vrátí k používání nepostižené končetiny. Ale v případě, že bude toto omezení trvat déle, např. 1 týden, schopnost používat deaferentovanou končetinu k pohybu se stane trvalou. Aferentovaná končetina je tak přeměněna na končetinu s vysokým rozsahem pohybu (Taub, Uswatte, 2003, p. 36). Omezení intaktní končetiny přitom nemá žádný vliv na její hybnost (Taub in Taub et al, 1994, p. 282).

2. Druhou behaviorální metodou k překonání nepoužívání deaferentované končetiny je využívání technik, které vedou ke zlepšení využívání končetiny. Jako první byla použita tzv. **condition response technique (podmíněný reflex)**, aby zvířata mohla provádět různé pohyby deaferentovanou končetinou (Knapp et al. in Taub et al., 1994, p. 282).

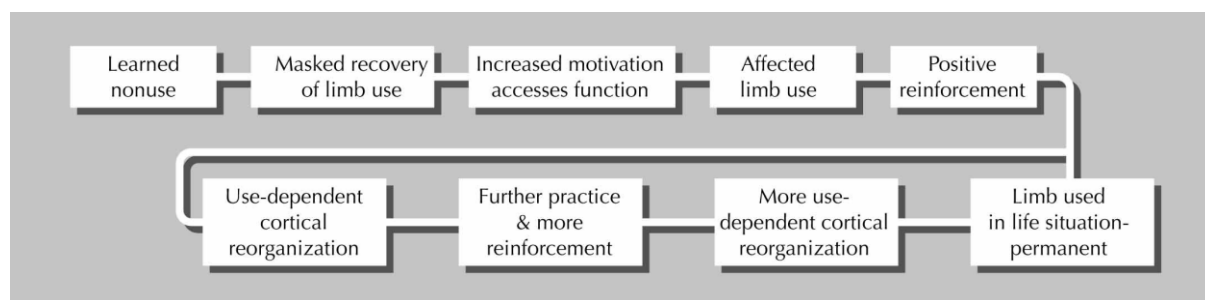
Opice musely udělat jednoduchou flexi deaferentovanou končetinou při zaznění zvuku bzučáku nebo klepnout na tlačítko, aby nebyly zasaženy elektrickým proudem.

Tyto pohyby prováděné v místnosti, kde byly opice drženy, však nikdy nebyly pozorovány v koloniálním prostředí (Taub, 2012, p. 156).

3. Třetí, nejvíce efektní metodou pro obnovu funkce deaferentované končetiny, bylo nalezení **tvarování (shaping)**. V tomto kontextu termín tvarování odkazuje na konkrétní behaviorální tréninkové techniky, jejichž cílem je požadovanou motorickou nebo behaviorální poruchu oslovovat po malých, postupných krůčcích. Tvarovací procedury využívají vysoce standardizovaný a systematický přístup ke zvýšení úrovně obtížnosti motorických úkolů. Také zpětná vazba při formování je okamžitá, konkrétní, kvantitativní a zdůrazňuje, že je pouze pozitivní v aspektech výkonnosti (Morris, Taub, 2001, p. 25).

Při použití experimentálního postupu však nebyl zrealizován přenos použití končetiny z místnosti, kde byly opice drženy, do koloniálního prostředí. Nicméně, když bylo v následujících experimentech použito tvarování pomocí jídla, došlo k podstatnému zlepšení hybnosti končetiny v běžných životních situacích (Taub, 2012, p. 156). Shaping technika tedy nejenže naučí zaměstnávat deaferentovanou končetinu během tréninku, ale také dojde k zobecnění pohybů končetiny v normálním prostředí (Taub et al, 1994, p. 282).

Obr. 2 Schematický model překonání naučeného nepoužívání (Morris, Taub, 2001, p. 280).



Společný faktor výše uvedených technik

Ačkoliv tedy protokol CI terapie zahrnuje nejčastěji něco jako omezení méně postižené končetiny, existují v této metodě jisté varianty, jako je výše uvedené tvarování a intenzivní fyzická rehabilitace. Společným faktorem těchto všech technik, které vytváří velký léčebný účinek, se zdá být opakované užití více postižené končetiny. To znamená, že každá technika, která podněcuje k užití více postižené končetiny po dobu několika hodin denně v po sobě následujících týdnech, by měla být účinná (Morris, Taub, 2001, p. 25).

2 Klinické aplikace

2.1 CI terapie a její aplikace

Prvním badatelem, který se pokusil použít vzorů podmíněných reakcí vyvinutých ve výzkumu deaferentovaných opic v pokusech vedoucích ke zlepšení motorického výkonu u lidí po cévní mozkové příhodě (CMP) byl Ince. Jeho následovateli byli Halberstam, Zaretsky, Brucker a Buttman (Pidikiti, Taub, Uswatte, 1999, pp. 241 – 242).

CI terapie je terapeutický balíček skládající se z řady různých komponentů. Některé z těchto intervenčních prvků byly v neurorehabilitaci použity již dříve, ale většinou jako individuální postupy a v nižší intenzitě než v CI terapii. Hlavním, novým prvkem CI terapie je kombinace těchto terapeutických komponentů a jejich aplikace předepsaným, integrovaným a systematickým způsobem tak, aby přiměla pacienta užívat jeho více postiženou končetinu po dobu několika hodin denně během 2 nebo 3 následujících týdnů (v závislosti na závažnosti iniciálního deficitu). Během své dvaceti leté existence prošla CI terapie celou řadou modifikací. Nicméně většina z původních terapeutických prvků zůstává součástí standartních postupů (Mark, Morris, Taub, 2006, p. 258).

CI terapie představuje především léčbu chronické hemiparézy HK, která je zakořeněna v základním výzkumu mozku. Bere v úvahu důkazy pocházející ze široké škály výzkumných oblastí a zahrnuje poznatky o behaviorálních a neurálních procesech během spontánní obnovy, neuroplasticitě, motorických mechanismech učení a principech behaviorální terapie. Tyto klíčové principy jsou odvozeny právě z deaferentačních pokusů na opicích, které vedly k objevení naučeného nepoužívání (Sterr, 2004, p. 57).

CIMT může být využívána u pacientů s (Taub et al., 1999, p. 237, Mark a Taub, 2002, p. 317):

- Cerebrovaskulárním onemocněním pro terapii horní končetiny v chronickém a subakutním stádiu,
- Cerebrovaskulárním onemocněním pro terapii dolní končetiny v chronickém a subakutním stádiu,
- Chronickým traumatickým poraněním mozku,
- Inkompletním postižením mozku,
- Frakturou kyčle,
- U pediatrických pacientů s centrální mozkovou obrnou,
- Ohniskovou distonií s postižením ruky u hudebníků,
- Fantomovou bolestí,
- Afázií.

2.1.1 Aplikace CI terapie na horní končetinu u pacientů po CMP

Behaviorální výzkum s deaferentovanými opicemi vedl k vývoji CI terapie pro lidi s poruchou funkce HK následkem prodělané cévní mozkové příhody (Taub et al. in Dromerick, Hidler, Lum, 2006, p. 430). CI terapie zahrnuje omezení pohybu nepostižené HK polstrovanou rukavicí po dobu 2 až 3 týdnů každý den v 90% času, kdy je jedinec vzhůru, čímž je zabráněno jejího užití v každodenních činnostech (viz obr. 3, str. 19) (Dromerick, Hidler, Lum, 2006, p. 430).

Obr. 3 Aplikace lehkého závěsu na zdravou horní končetinu (Kononen et al., 2005, p. 1670).



Počáteční studie užití CI terapie u člověka provedl Ince (1969) a Halberstam et al. (1971). Ince (in Taub, Uswatte, 2013, p. 3) přenesl techniku podmíněné reakce užití u deaferentovaných opic, která byla vypořádována v Taubově laboratoři (Taub, Berman, 1963, Taub et al., 1965) přímo na rehabilitaci pohybu paretické HK u tří pacientů po CMP v chronickém stádiu. Méně postižená HK pacientů byla zajištěna na opěradle křesla a pacienti byli vyzváni, aby zareagovali na zvuk bzučáku pohnutím více postižené končetiny tak, aby nebyli zasaženi mírným elektrickým proudem, který byl zaznamenán v experimentech s opicemi. Motorický stav se u dvou pacientů nezměnil, ale třetí pacient se v životních situacích podstatně zlepšil. Halberstam et al. (in Taub, Uswatte, 2013, p. 3) z okolí instituce použili podobný léčebný protokol se vzorkem 20 starších pacientů po CMP a 20 věkově odpovídajících kontrolních probandů. Léčebná skupina byla požádána, aby na začátku tonu udělala flexi nebo laterální pohyb v lokti jejich více postiženou končetinou, a to proto, aby nedošlo

k jejich zásahu elektrickým proudem, přičemž méně postižená končetina nebyla přivázána. Většina pacientů v léčené skupině zlepšila amplitudu pohybu, a někteří dokonce ukázali velmi velké zlepšení. Nebyla však vytvořena žádná zpráva o tom, zda-li je toto zlepšení převoditelné i do běžných životních situací.

Ostendorf, Wolf et al. (in Wolf, 2002, p. 3) provedli první použití tohoto přístupu pro lidi v jednooborové pilotní studii. Jejich přístup byl výhradně zaměřen na nucené užití hemiplegické HK. Nepostižená HK byla pohybově omezena během bdělého stavu v průběhu 2 týdnů a pacienti dodržovali pod dohledem pečovatele protokol doma. Výsledky ukázaly, že zlepšení pohybu HK se projevilo v 19 z 21 funkčních úkolů a toto zlepšení přetrvávalo ještě jeden rok poté.

Taub et al. (Taub in Wolf et al., 2002, p. 3) v této práci pokračovali s tím, že dodali 6 hodinový trénink prováděný pod dohledem po dobu 10dní z celkových 14, kdy bylo aplikováno omezení. Praktický úkol se vztahuje na trvalé úsilí provádět pohyby, které se obvykle opakují, příkladem je stravování, péče o vzhled nebo čištění zubů (Wolf, 2007, p. 1213).

Wolf et al. (2006, pp. 2095-2104) se ve své randomizované kontrolní studii zaměřili na využití CI terapie u probandů, kteří byli 3 až 9 měsíců po cévní mozkové příhodě. Probandi byli vybíráni z 247 zařízení ze 7 měst v celkovém počtu 222 probandů. Ti museli splnit následující podmínky:

- První ischemická nebo hemoragická cerebrovaskulární příhoda,
- Nejméně 20° extenze zápěstí a 10° extenze metakarpofalangeálních a interfalangeálních kloubů u skupiny s větším rozsahem pohybu,
- U skupiny s menším rozsahem pohybu nejméně 10° extenze zápěstí, abdukce palce a alespoň dalších dvou prstů, tyto pohyby by účastníci měli být schopni zopakovat 3x za minutu,
- Účastníci také museli prokázat dostatečnou rovnováhu při oblékání, vstávání ze sedu, stoj alespoň po dobu 2 minut s nebo bez podpory HK.

Terapie probíhala dle zásad zmíněných výše, kromě toho, že byla prováděna i o víkendech (tzn. celých 14 dní). Kromě každodenního cvičení probandi dostávali praktické cvičení na doma. Domácí cvičení bylo monitorováno pomocí čidla a časovače zabudovaného v rukavici (viz obr. 4, str. 21). Dále si pak jedinec vedl deník. Všechny tyto údaje pak byly následně kontrolovány, aby spolu korelovaly (Wolf et al., 2006, pp. 2095-2104).

Obr. 4 Pacient po centrální mozkové mrtvici podstupující CI terapii na levou více postiženou končetinu, mezitím co je na méně postižené končetině aplikována polstrovaná rukavice (Mark a Taub, 2002, p. 322).



Léčebná účinnost byla vyhodnocena pomocí 2 laboratorních testů motorické schopnosti a to na Wolfově motorickém funkčním testu (WMFT), na testu motorické schopnosti paže (AMAT) a na záznamu motorické činnosti (MAL). Léčebná skupina prokázala po léčebném období významné zvýšení motorické funkce na obou testech (WMFT, AMAT), zatímco u kontrolní skupiny k žádné změně nedošlo. Na MAL léčebná skupina ukázala velký nárůst použití ramene v reálném světě po dobu celých 2 týdnů a prokázala další malé zvýšení i při zkoušce provedené 2 roky po léčbě (viz tab. 1, str. 22) (Pidikiti, Taub, Uswatte, 1999, pp. 242-243).

Existují tedy přesvědčivé důkazy o tom, že CI terapie může vytvářet významné změny ve srovnání s výsledky získanými od placebo terapie u pacientů po cévní mozkové příhodě v chronickém stádiu (Taub et al., 2006, pp. 1045-1049) .

Tab. 1 Výsledky motoriky postižené končetiny u pacientů po CI a placebo terapii
(upraveno dle Taub et al. , 2006, p. 1047)

Test	CI terapie			Placebo skupina			Velikost (f)* a stupeň (P) významnosti rozdílu mezi skupinami	
	Před	Po	Změna	Před	Po	Změna	f*	P
Výsledky v reál. světě (MAL;max=5)								
AURBP	1,3±0,6	3,1±0,6	1,9±0,6	1±0,5	1,1±0,5	0,1±0,3	3,6	<0,0001
AURBC	1,1±0,1	2,6±0,7	1,6±0,9	1±0,5	1,2±0,4	0,2±0,5	0,8	<0,0001
AAUT								
AUSBBR (max=4)	0,8±0,4	1,5±0,9	0,7±0,7	1±0,7	0,9±0,6	-0,2±0,5	0,5	0,0003
Labor. výsledky								
WMFT								
Čas (s)±	5,3±3,1	3±1,1	-2,3±2,3	4,1±2,5	4,6±4,4	0,5±3,6	0,2	0,005
Funk. schopnost (max=4)	3±0,4	3,2±0,4	0,2±3	2,9±0,4	2,9±0,5	0±0,4	0,1	0,1

2.1.2 Aplikace CI terapie na jiné vybrané diagnózy

Studii prováděných pro použití CI terapie u níže zmíněných diagnóz je zatím nedostatek a pro utváření závěrů je důležité provést další studie (Mark a Taub, 2002, p. 327).

2.1.2.1 Cerebrovaskulární onemocnění

CI terapie, jak je uvedeno výše, může být aplikována také u pacientů po cerebrovaskulárním onemocnění pro terapii dolní končetiny. Tato terapie je zaměřena na zlepšování chůze pomocí intenzivního tréninku na běžícím páse, chůzi po schodech, tzv. over-ground walking nebo již známou metodu shaping, která zahrnuje nácvik balance a posturální nácvik (Mark, Taub, 2002, pp. 324-325).

2.1.2.2 Fraktura kyčelního kloubu

Předmětem výzkumu byla jednoduchá fraktura kyčelního kloubu a pacient musel splňovat určitá kritéria. Pacient musel být 2 roky po operaci, při chůzi používat po většinu času hůl a mít problémy sejít nebo vyjít schody. Po 3 týdnech CI terapie už pacient užíval hůl zřídka, vypořádal se schody bez pomocného zařízení a zvýšil rychlost své chůze bez hole o 66%. Udělal pokrok v délce kroku, která odpovídala zvýšené rychlosti (Pidikini, Taub, Uswatte, 1999, p. 246).

2.1.2.3 Afázie

Současná studie ukazuje, že zlepšení jazykových schopností při chronické afázii po mozkové příhodě může být dosaženo právě intenzivní CI terapií a to již během několika málo dní. Po zhruba 32 hodinovém léčení hodnoceném po deseti dnech signalizovalo značné zlepšení v jazykové schopnosti na standartním afázickém testu a došlo k nárůstu verbální komunikace pacientů v každodenním životě. To, že došlo u pacientů s chronickou afázií (v průměru 8,3 let po vzniku) k tak významnému zlepšení jazykových dovedností během tak krátké doby, je pozoruhodné. Mechanismy CI terapie afázie nejsou známy, ale mohou souviset se způsobem, kdy úspěch motorická CI terapie souvisí s překonáním naučeného nepoužívání. CI terapie afázie

je navržena tak, aby překonala tuto formu naučeného nepoužívání. Druhý mechanismus související s účinností motorické CI terapie je užití závislé na kortikální reorganizaci stimulované praktickým cvičením. Třetí mechanismus souvisí s depresí motorické funkce centrálního nervového systému (CNS) v časném pooperačním období (Pulvelmuler, 2001, p. 1624-1625).

2.1.2.4 *Mozkové poranění*

CI terapie u chronických traumatických poranění mozku probíhá stejně a se stejnými výsledky jako u terapie HK u pacientů po cerebrovaskulárním onemocněním. Tady je ale důležité zdůraznit, že při bilaterálních postižení horních končetin dochází ke snížení možnosti rozvoje motorického učení a mozkovou reorganizací (Mark, Taub, 2002, pp. 318, 325).

2.1.2.5 *Fantomová bolest*

Mnozí pacienti mají po probuzení z narkózy po amputaci končetiny určitý pocit, že operace nebyla provedena. Cítí svou amputovanou končetinu tak živě, že jen tehdy, když se natáhnou a nemůžou se své končetiny dotknout, věří, že byla končetina skutečně odříznuta (Katz a Melzack, rok a pp. neuvedeno). Weir Mitchell (in Katz, Melzack, rok a pp. neuvedeno) zavedl termín fantomová končetina popisující tento fenomén a poskytl první podrobnou studii bolestivé a nebolestivé fantomové končetiny. Bolest je jednou z mnoha pocitů, které fantomovou končetinu definují (Katz, Melzack, rok a pp. neuvedeno).

Fantomové bolesti končetin jsou spojené s kortikální somatosenzorickou reorganizací po amputaci končetiny. Reorganizace se pak v tomto případě stává příčinou fantomové bolesti končetiny. Bylo předpokládáno a následně také dokázáno, že zvýší-li se somatosenzorické vstupy pro kortikální oblast, která zprostředkovává vnímání amputované končetiny, sníží se a nebo se dokonce zabrání vzniku fantomových bolestí (Flor et al., Ponst et al. in Mark, Taub, 2002, p. 326).

2.1.3 Souhrný poznatek o klinické aplikaci

Výzkumná činnost v oblastech základního výzkumu a každodenních klinických požadavků přispěla k posunu v neurologické rehabilitaci. Nové přístupy, jako je právě CI terapie, byly vyvinuty na základech nového pohledu na mechanismy mozkové plasticity, rekonvalescence a učení. Tyto intervence jsou teoreticky založené a jsou předmětem systematických experimentů, které se zabývají jak mechanickými účinky, tak i klinickými výsledky. Výsledky soustavně ukazují, že trénink postižené končetiny je klíčem k úspěchu k dlouhodobé obnově a to i u pacientů, kteří již před dlouhou dobou dosáhli stabilizované obnovy (Sterr, 2004, p. 60).

2.2 Protokol CI terapie

Zdá se, že přístup k CI terapii se u jednotlivých autorů rozchází, a tak byly tyto přístupy pojmenovány podle intervencí, které s protokolem souvisí. Nejefektivnější popis byl získán od Tauba et al. (2007).

Pojmenování CI terapie dle intervencí přístupu (Aarts et al., 2011, pp. neuvedeno):

- CI terapie představuje omezení méně postižené HK v kombinaci s více než 3 hodinovou terapií více postižené končetiny (masivní cvičení), která je zajištěna po dobu nejméně 2 po sobě jdoucích týdnů,
- Modifikovaná CI terapie (mCIMT) je omezení nepostižené HK s méně než 3 hodinou terapií denně postižené končetiny po dobu 2 týdnů,
- Terapie nuceného užívání je omezení nepostižené HK bez další terapie postižené končetiny.

Současný CI protokol, který je aplikován ve výzkumu a klinické praxi se skládá ze tří hlavních elementů a z více komponentů a subkomponentů. Mezi ně patří (viz. tab. 2, str. 26) (Mark, Morris, Taub, 2006, pp. 258-259):

1. Opakující se, úkolově orientovaný trénink více postižené končetiny několik hodin denně po dobu 10 nebo 15 po sobě jdoucích dnů (v závislosti na závažnosti iniciálního deficitu),

2. Aplikace terapeutického balíčku dodržováním behaviorálních metod, jejichž cílem je přenést zisk z výzkumných laboratoří nebo klinických prostředí do reálného životního prostředí pacienta,
3. Přinutit pacienta k užití více postižené končetiny během bdělého stavu v průběhu léčby, někdy pomocí znehybnění méně postižené končetiny.

Tab. 2 Komponenty a subkomponenty protokolu constraint-induced movement therapy (upraveno dle Mark, Morris, Taub, 2006, p. 259)

Repetitivní, úkolově orientovaný trénink

- Tvarování
- Praktický úkol

Adherence – zvyšování behaviorální strategie

- Každodenní motorická aktivita log
- Řešení problémů s překonáním zdánlivých překážek při užití více postižené horní končetiny v reálných životních situacích
- Behaviorální kontrakt
- Pečovatelský kontrakt
- Zadání domácí dovednosti
- Domácí cvičení
- Denní harmonogram

Omezení užití více postižené končetiny

- Zádržná rukavice
 - Jakákoliv metoda neustále připomínající pacientovi užívání více postižené horní končetiny
-

Protokol CI terapie je převážně složen z behaviorálně-analytických metod. To vytváří výraznou plastickou změnu mozku, která je korelována s jeho terapeutickými účinky a proto je příklad toho, jak změna chování může přispět k hluboké přestavbě mozku (Taub, 2012, p. 155).

Pozitivní účinky CI terapie jsou přičítány především 2 mechanismům:

1. Překonání naučeného nepoužívání (Morris, Taub, 2001, p. 279):

Existují dvě metody, které jsou schopné toto nepoužívání překonat - je to jednak omezení pohybu nepostižené HK na dobu několika dní nebo týdnů, a jednak trénink postižené končetiny, především tzv. tvarováním (Taub et al., 2006, p. 242).

2. Usnadněné používání závislé na kortikální reorganizaci (Morris, Taub, 2001, p. 279):

CI terapie zvyšuje u pacientů tendenci využívat jejich více postiženou končetinu a tím vyvolává funkční reorganizaci mozkových struktur (Pidikiti, Taub, Uswatte, 1999, p. 241). Toto zjištění, vyplývající z výsledků CI terapie, založené na zvýšeném používání více postižené končetiny je tedy založené na zvýšeném kortikálním zastoupení, které poskytuje nervový základ pro trvalé zvýšené používání této končetiny (Taub, Uswatte, 2003, p. 36).

3 Plasticita mozku a její význam pro CI terapie

Jak bylo řečeno výše, velké úsilí bylo zaměřeno na zkoumání mechanismů, které jsou spojeny s neuroplastickými změnami během CI terapie a to pomocí transkraniální stimulace (TMS) nebo funkční magnetické resonance (fMRI) (Liepert et al., Schaechter et al., Dong et al. in Wolf, 2007, p. 1218) . Výsledky z těchto studií ukázaly, že užití paretické končetiny zvyšuje kortikální reprezentaci pro pohyb směrem od ramene k flexní synergii zápěstí a že změny metabolické činnosti mohou být pozorovány v primární motorické kůře, premotorické kůře, doplňujících motorických prostorech, mozečku a dalších strukturách spojených s motorickým odlivem z ipsilaterálního nebo kontralaterálního mozku (Wolf, 2007, p. 1218).

3.1 Neuroplasticita jako doplňkový mechanismus CI terapie

Ačkoliv je termín mozková plasticita v současné době široce používán, není snadné jej definovat. Je užíván k označení změn v nervové soustavě na mnoha úrovních, a to v rozmezí od molekulárních (jako jsou změny v genetické expresi) až po behaviorální (Raskin, 2011, p. 13).

Před několika desítkami let panovalo všeobecné přesvědčení neurologů, že lidský mozek je spíše statický orgán a že v dospělém mozku nemůže být vytvořeno žádné nové nervové spojení (Kandel et al., 2000, pp. neuvedeno). Během posledních dvaceti let však neuroanatomické a neuropsychologické studie zvířecích modelů, neuropsychologické a neurovizuální studie na lidech ukázaly, že mozková kůra dospělého člověka je schopna funkční a strukturální plasticity. Tyto studie ukázaly, že funkční mapy senzorického a motorického kortexu jsou dynamicky udržovány užíváním a jsou přeměňovány centrálními a periferními patopsychologickými poruchami (Nudo, 1999, p. 740).

Neuroplasticita tedy může být definována jako schopnost nervového systému reagovat na změnu vnějších či vnitřních podmětů prostřednictvím reorganizace struktury, funkce a spojení. Takovou plasticitu lze považovat za adaptivní, jestliže souvisí s funkčním nárůstem (Cohen et al., 1997), nebo jako špatně se adaptující, je-li

spojena s negativními následky jako je ztráta funkce nebo zvýšení zranění. Tyto fakta jsou dokládána na zvířecích modelech nebo některými studiemi provedenými u lidí (Nudo in Cramer et al., 2011, p. 1592).

Především díky neurotrofinové (tzn. závislé na aktivitě) podpoře neuroplasticity jsou signalizační neurony schopné přežít, diferenciovat se a růst. Neurotrofiny hrají roli nejen v neurobiologii, ale i v centrálním a periferním energetickém metabolismu (Pedersen et al. in Knaepen et al., 2010, p. 766). Jejich účinek na synaptickou plasticitu v CNS se týká prvků buněčného energetického metabolismu a rovněž se účastní metabolických procesů na periférii, jako je například zvýšení oxidace lipidů v kosterních svalech prostřednictvím aktivace AMPK (tj. adenosinmonofosfát-aktivovaný protein kináza) (Matthews et al. in Knaepen et al., 2010, p. 766).

3.2 Neuroplasticita a její účast na rehabilitaci

Strukturální neuroplasticita byla prokázána jako odpověď na neurorehabilitační zákrok CI terapie u dospělých pacientů s hemiparézou po mozkové příhodě, kdy pacienti nosí na své méně postižené končetině zádržnou rukavici a snaží se hemiplegickou končetinu zapojit do praktických úkolů (Gauthier et al., 2008, pp. 1521-1525).

Po CMP dochází ke značnému poklesu kortikálního zastoupení více postižené končetiny (Liepert et al., Cincinelli et al. in Taub et al., 2006, p. 245). Tento jev souvisí s informacemi od pacientů, kteří prodělali CMP a uvádí, že pohyb více postižené končetiny je namáhavější. To není překvapující, protože člověk se snaží vykonat pohyb touto končetinou na základě aktivace poloviny neuronů, které byly funkční pro tento účel před CMP. Tento pokles kortikálního zastoupení ruky v interakci s dalšími dvěma výše uvedenými procesy (tj. ztížené použití více postižené končetiny a posílení využívání neporušené končetiny) vede k prudkému poklesu, který má za následek naučené nepoužívání více postižené končetiny, které je obvykle trvalé (Taub et al. in Taub et al., 2006, p. 245). Nicméně, naučené nepoužívání postižené končetiny může být překonáno použitím efektivní léčby, jako je právě CI terapie (viz obr. 5, str. 30) (Taub et al., 2006, p. 245).

Obr. 5 Překonání naučeného nepoužívání, Constraint-Induced Movement therapy (Taub et al., 2006, p. 245)

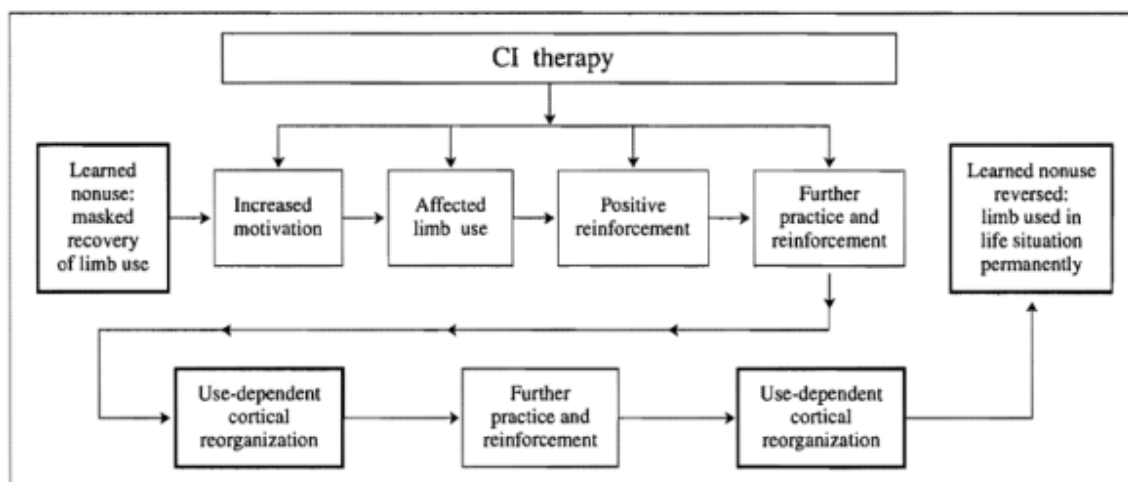


Figure 2.—Overcoming learned nonuse. CI: Constraint-Induced Movement therapy.

Studie intrakortikální mikrostimulace provedené na opicích a sedmi studiích na lidech s využitím transkortikální stimulace, neuroelektrického zobrazovacího zdroje, analýzy připravenosti potenciálu a funkční magnetické resonance, které byly provedeny pěti vyšetřovateli, naznačují, že účinek CI terapie může být spojen právě s kortikální reorganizací (Taub, Uswatte, 2003, p. 35).

Jak je uvedeno výše, tak intenzivní trénink stejně jako omezení méně postižené končetiny vyvolá zvětšení cílevědomého pohybu více postižené končetiny. Což zvětšuje kortikální zastoupení pro danou oblast končetiny, která pravděpodobně umožňuje provedení pohybu s menší námahou. Tímto způsobem je naučené nepoužívání, které je obvykle trvalé, obráceno (Taub et al, 2006, p. 245).

Následnou klíčovou prací zabývající se kortikální reorganizací závislou na používání, kterou provedl Jetkins et al. na opicích, bylo dokázáno, že ten samý fenomén se vyskytuje i u lidí (Jetkins et al. in Taub, Uswatte, 2003, p. 35).

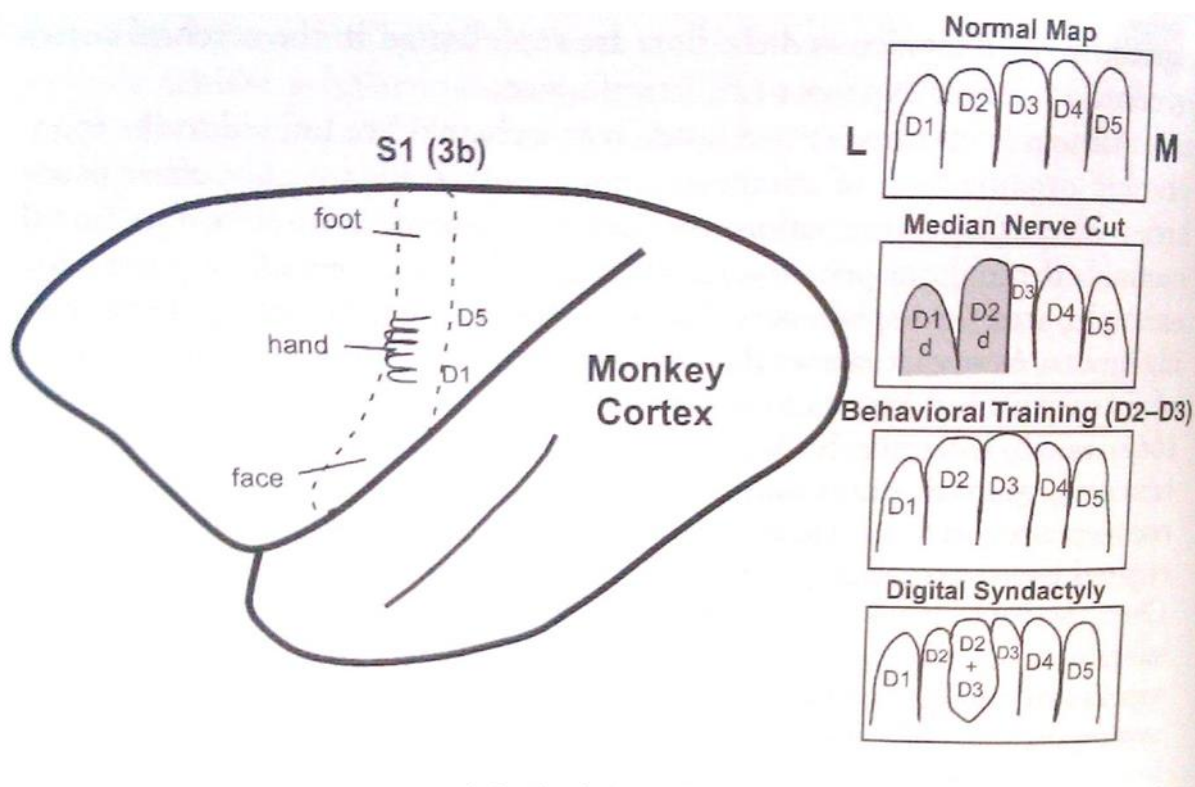
Důkazy lze považovat za produkty pocházející ze dvou hlavních zdrojů (Mark, Morris, Taub, 2006, p. 270):

1. Strukturální změny na periférii (úprava somatosenzorických vstupů z různých částí těla)

V jednom typu tohoto přístupu byla u dospělých opic chirurgickou fúzí přilehlých prstů vytvořena syndaktylie (Clark et al. in Mark, Morris, Taub, 2006, p. 270). V této experimentální proceduře je kůže dvou sousedních prstů saturována dohromady. Tím se výrazně zvyšuje pravděpodobnost, že receptory na dvou prstech budou aktivovány současně (Raskin, 2011, p. 69). Stimulace ze sloučených prstů vedla ke sblížení dříve individualizovaných korových reprezentačních oblastí z odpovídajících prstů (viz obr. 6, str. 32) (Mark, Morris, Taub, 2006, p. 270).

Související studie, které provedl Wang at al. (in Mark, Morris, Taub, 2006, p. 270) ukázaly, že relativním načasováním somatosenzorických vstupů z prostorově odlišených povrchů těla lze určit, zda je kortikální reprezentace z těchto oblastí spojena nebo individualizovaná. I když se však taková transformace somatických map jeví jako adaptivní, může mít tato plastická reorganizace mozku vzniklá v reakci na periferní poškození stejně tak i nežádoucí následky. Například rozsáhlá somatosenzorická kortikální reorganizace, která následuje po amputaci končetin, je korelována s fantomovou bolestí končetin (Mark, Morris, Taub, 2006, p. 270).

Obr. 6 Zastoupení těla v somatosenzorickém kortexu opic (Raskin, 2011, p. 68).



Legenda (obrázek 6)

D1 – kožní povrch palce, D5 – kožní povrch malíku, S1 – kortikální zastoupení ruky,
L – laterální, M - mediální

Kožní povrchy ruky jsou normálně zastoupeny v řádném pořadí od palce (prst 1, nebo D1) k malíku (D5). Po periferní deafferentaci (odřezání mediálního nervu), behaviorálním cvičením nebo digitální syndaktylií, S1 zastoupení ruky bude zkreslené, odrážející nové vzory vstupů generalizovaných manipulací. Šedá oblast ukazuje dorsální kožní povrchy, které přebírají nové umístění po odřezání mediálního nervu (Raskin, 2011, p. 68).

2. Na užívání závislá reorganizace

Merzenich et al. (in Lynne et al., 2008, 1520) a další badatelé ukázali, že pozměňování behaviorálně relevantních aferentních vstupů do centrálního nervového systému může vyvolat plastické změny ve funkci a organizaci mozku. Trvale zvýšené užívání určité části těla zvířetem tedy vede ke zvýšení zastoupení této části v mozkové kůře, zatímco snížení vstupů

snižuje reprezentační zónu části těla, jako je tomu například po amputaci prstu nebo somatosenzorické deaferentaci celé přední končetiny opic.

Další studie provedené Nudo et al. (in Mark, Morris, Taub, 2006, p. 270) prokázaly, že překonání hemiparézy u opic prostřednictvím výcviku, které prodělaly mozkový infarkt, bylo spojené s kortikální reorganizací prstů více postižené končetiny. Proto bylo možné předpokládat, že zdokonalení manuální dovednosti u lidí by mělo být doprovázeno zvětšením zastoupení oblasti prstů (Nudo et al. in Mark, Morris, Taub, 2006, p. 270).

Toto lze doložit na níže uvedených příkladech:

- Elbert et al. (1995, pp. 305-307) zjistili, že kortikální somatosenzorické zastoupení prstů levé ruky bylo větší u smyčcových hráčů, kteří používali levou ruku k náročnému úkolu (hraní na struny) než u lidí, kteří na hudební nástroj nehrají,
- Sadato et al. (1996, pp. 526-528) při svém výzkumu zjistili, že u slepých čtenářů, kteří využívají Brailovo písmo, při němž využívají několik prstů souběžně, bylo zastoupení v somatosenzorické kůře rozšířenější.

4 Diskuze

CI terapie, lékaři a badateli též nazývána jako terapie nuceného užívání, získala největší popularitu jako způsob léčby pro obnovu funkce HK u pacientů po cévní mozkové příhodě. Úspěch této léčby je závislý na pacientově spolupráci, intenzitě opakovaného užití s aplikacemi praxe a tvarování. Do jaké míry každý z prvků ovlivňuje velikost obnovy, je ale stále nejasné (Wolf, 2007, pp. 1212-1221). Není pochyb o tom, že výsledky protokolu CI terapie vedou v cílené populaci ke zlepšení funkce. Co ale není známo je, zda-li je kombinace omezení a terapie nezbytná pro dosažení viditelného výsledku, nebo zda-li jsou zisky ovlivněny jednou složkou více než druhou, nebo zda jde o benefity jednoduše vysoce intenzivní, specifické, úkolové aktivity zaměřené na užití více postižené končetiny (Teasell, Viana, 2012, p. 109).

Hypotéza naučeného nepoužívání může alespoň částečně poskytnout vysvětlení pro typickou motorickou obnovu u člověka po cévní mozkové příhodě. Stejně jako vzniká deprese nervové funkce v důsledku zrušení aferentních vstupů z míchy u deaferentovaných opic, může i u lidí po cévní mozkové příhodě vzniknout tato deprese funkce nervového systému jako důsledek léze mozku. Mechanismus naučeného nepoužívání tedy může být stejně tak použitelný pro člověka po cévní mozkové příhodě, jako u opic po deaferentaci jejich přední končetiny. To znamená, že obstojným přístupem k překonání naučeného nepoužívání u člověka po CMP je užití CI terapie a to podobným způsobem, který byl shledán jako efektivní pro deaferentované opice. Jednou z možných technik překonání naučeného nepoužívání je tedy omezení intaktní končetiny, které vyžaduje užití postižené končetiny pro běžné činnosti. Je-li toto vynucené užití několika denní a delší, vede toto omezení k trvalému obrácení naučeného nepoužívání postižené končetiny (Morris, Taub, 2001, p. 280).

Kromě tohoto mohou být užity rovněž tréninkové procedury (Knapp, Taub, Berman in Morris, Taub, 2001, p. 280). Nejprve byla využita condition response technique pro to, aby zvířata prováděla různé pohyby deaferentovanou končetinou, jako je např. fázický pohyb-flexe, uchopení a další (Taub et al., 1994, p. 282). Tato metoda byla účinná pouze v situaci podmíněné odpovědi, avšak v životní situaci

produkovala pouze malý přenos užití končetiny. K podobnému výsledku došli i Ince a Halberstam, kteří přenesli techniku podmíněné reakce na lidi. Ince (in Taub, Uswatte, 2013, p. 3) aplikoval techniku podmíněné reakce na 3 pacienty po CMP v chronickém stádiu a při tomto pokusu zjistil, že se motorický stav u dvou pacientů nezměnil. Halberstam et al. (in Taub, Uswatte, 2013, p. 3) použili podobný léčebný protokol se vzorkem 20 starších pacientů po CMP a 20 věkově odpovídajících kontrolních probandů. V tomto výzkumu většina pacientů sice zlepšila amplitudu pohybu, ale nebyla vytvořena žádná zpráva o tom, zda-li je toto zlepšení převoditelné i do běžných denních situací.

Podstatou těchto výzkumů byla tedy motivace vedoucí k překonání nepoužívání deaferentované končetiny. Motivační prvkem byla snaha zabránit zásahu elektrickým proudem, který hrozil jak opicím, tak i lidem. Zdá se, že jestliže dojde ke ztrátě motivace, je užití deaferentované končetiny minimální.

Nicméně, je-li užita druhá tréninková procedura, tzv. tvarování, je dosaženo požadovaného motorického zisku po malých, postupných krůčcích, nebo tím, že pacient provádí úkoly, které jsou pro něj vzhledem k jeho motorické schopnosti poněkud obtížné (Wolf et al., 2007 p. 7, Taub et al., Morgan, Panyan, Skinner in Morris, Taub, p. 280).

Wolf a jeho spolupracovníci (2003, p. 36) využili jedné ze dvou navržených technik omezení méně postižené končetiny, která spolehlivě vede k obnově snížené motoriky u pacientů po CMP. Wolf et al. (1989, pp. 125-132) demonstrovali přístup, který byl výhradně zaměřen na nucené užití hemiplegické HK. Pro otestování hypotézy naučeného nepoužívání bylo nutné, aby u 25 chronických pacientů, jenž prodělali cévní mozkovou příhodu nebo zranění hlavy s minimální až středně závažným postižením funkce extenzorového aparátu horní končetiny, bylo udrženo omezení nezajímavé horní končetiny za pomoci ručního závěsu během bdělého stavu po dobu 2 týdenního intervalu a aby pacienti dodržovali daný protokol doma. Výsledky následně ukázaly, že zlepšení pohybu HK se projevilo v 19 z 21 funkčních úkolů a toto zlepšení přetrvávalo ještě jeden rok poté.

Aby bylo možné zjistit, zda-li přidání druhé složky navrhovaného protokolu (tj. jednoduchý postup užívání více postižené končetiny) vede ke zvýšení motorického zlepšení, provedl Taub a jeho kolegové pilotní experiment. Taub et al. (1993, pp. 347-354) v této studii pokračovali s tím, že dodali

6 hodinový trénink. U chronických pacientů po cévní mozkové příhodě byla horní končetina omezena závěsem po dobu 14 dnů během bdělého stavu a na 10 dní z tohoto 2 týdenního intervalu tito pacienti dostali 6 hodinový trénink zaměřený na užívání postižené horní končetiny. Předmětem této studie byli pacienti s chronickými následky po CMP (průměr chronicity byl 4,4 roky). U pacientů s tímto stupněm chronicity bylo předpokládáno, že dosáhli určité úrovně motorické obnovy a další zlepšení se u nich již neočekávalo. Bylo vybráno 9 osob, které splňovali kritéria pro zařazení do denního experimentu. Jedním z kritérií byla 20° aktivní extenze zápěstí a 10° aktivní extenze v každém prstním kloubu na více postižené končetině. Čtyři pacienti podstoupili omezení postižení končetiny a 5 pacientů bylo zařazeno do srovnávací skupiny. Závěs byl nošen v 90% času během bdělého stavu a byl odstraněn pouze během vykonávání hygieny (tj. při sprchování a toaletě), během spánku a činností, při kterých mohlo dojít k ohrožení rovnováhy. Srovnávací skupina podstoupila dvě sezení, kde byli pacienti poučeni o pasivním pohybu afektovanou končetinou, instruováni o vlastním rozsahu motorického cvičení a aby pozornost zaměřili na užití postižené končetiny.

Účinnost léčby byla vyhodnocena na Wolfově funkčním motorickém testu, na testu motorické schopnosti paže a na testu motorické aktivity log, který sleduje využití paže v celé řadě každodenních činností prostřednictvím semi-strukturovaného rozhovoru vedeném mezi ošetřovatelem a pacientem (Taub, Uswatte, 2003, p. 36).

V obou těchto studiích bylo prokázáno významné zvýšení motorické schopnosti měřené laboratorními motorickými testy (WMFT, AMAT). Avšak zlepšení na WMFT bylo 3x-4x větší u Tauba než u Wolfa. To pravděpodobně odráží vliv rozšíření protokolu o trénink vedoucí ke kortikální reorganizaci. Zdá se tedy, že funkční kortikální reorganizaci lze dosáhnout získáním motorické dovednosti nebo motorickým učením (Taub, Uswatte, 2003, p. 36).

Hypotézu, že CI terapie vede k velké kortikální reorganizaci, lze potvrdit i na základě dalších provedených studií. Příkladem mohou být studie intrakortikální mikrostimulace provedené na opicích a lidech za použití ohniskové transkraniální stimulace, pozitronové emisní tomografie a funkční magnetické resonance, které naznačily, že účinek CI terapie může být spojen právě s kortikální reorganizací. Tyto studie transkraniální stimulace ukázaly, že kortikální oblast, ze které mohou být elektromyografické (EMG) odpovědi vyslány, se po CI terapii u pacientů po CMP

ve srovnání s obdobím před léčbou téměř zdvojnásobila (Liepert et al., 2000, pp. 1210-1216).

Tento důkaz, že CI terapie je založena na kortikální reorganizaci závislé na užívání, byl dále potvrzen i v jiných laboratořích, se kterými Taub spolupracoval. Rozšířením předchozí práce, Taub a jeho spolupracovníci publikovali celou řadu dalších případových studií, zahrnujících celkem 27 pacientů (Taub, Crago, Uswatte, 1998, pp. 152-170, Taub et al., 1996, pp. 133-154 in Wolf et al., 2002, p. 4). Bylo popsáno šest různých modifikovaných léčebných protokolů, které zahrnovaly následující (Wolf et al., 2002, p. 4) :

1. Užití klidové dlahy/závěsu k omezení méně postižené končetiny a pacienti pak následně pod dohledem prováděli praktický úkol více postiženou končetinou,
2. Nebyl aplikován žádný zádržný systém u pozorované skupiny,
3. Aplikace zádržného systému na méně postiženou končetinu a tvarování (opakovaný trénink) pohybů více postižené končetiny,
4. Aplikace poloviční rukavice na méně postiženou končetinu jako zařízení připomínající subjektům, aby se vyhnuli užití této končetiny při tvarování více postižené končetiny,
5. Užití pouze tvarování více postižené končetiny, bez aplikace zádržného systému,
6. Intenzivní, denní 6 hodinový trénink po dobu 10 dní (bez rukavice nebo tvarování, ale s využitím fyzikální terapie, včetně terapie vodní, neurofyzilogické facilitace a praktického úkolování).

Výsledky spojené s tímto výzkumem kortikální reorganizace u opic a pacientů naznačují, že velikost kortikálního zastoupení jednotlivých částí lidského těla je u dospělých lidí závislá na výši užívání této části.

Tento důkaz potvrzuje i Nudo et al. (1996, pp. 1791-1794), kteří provedli studie intrakortikální mikrostimulace, které dokázaly, že u dospělých opic, u kterých byl chirurgickým zásahem způsobem ischemický infarkt v kortikální oblasti ovládající pohyby ruky, že trénink více postižené končetiny vyústí v kortikální reorganizaci. Konkrétně okolí infarktu, které se za normálních okolností na řízení ruky nepodílí, se do této funkce zapojuje. Tyto poznatky ukazují na možnost, že zvýšené užití

více postižené končetiny prostřednictvím CI terapie je výsledkem zvýšení kortikálního zastoupení více postižené končetiny vyvolané užíváním, která poskytuje neurální základ pro trvalé využití této končetiny.

Ačkoliv největší část z CI terapie představuje omezení pohybu méně postižené končetiny, zdá se, že na základě výše provedených studií lze říci, že stěžejním a společným jmenovatelem účinnosti CI terapie je opakované cvičení paretické HK. Což tedy znamená, že jakákoliv technika, která navozuje u pacienta použití jeho více postižené končetiny na několik hodin denně v po sobě následujících dnech, by měla být terapeuticky účinná. Tento faktor je pravděpodobně závislý na kortikální reorganizaci vyvolané CI terapií a předpokládá se, že je základem pro dlouhodobé zvýšení užití více postižené HK.

Na základě všech těchto poznatků lze vyslovit hypotézu, že v CI terapii to tedy není omezení pohybu, které je pro terapii rozhodující, avšak je to intenzivní trénink více postižené končetiny a omezení pohybu pak lze pokládat za přídatný postup.

Další otázkou, která ve spojení s aplikací CI terapie vyvstává, je délka terapie, 3 hodiny versus 6 hodin denně. Původní protokol zahrnoval 6 hodinový denní trénink. Novější studie ale ukazují, že kratší doba denního tréninku (3hodiny/denně) může být k získání vyšší funkčnosti pacientů stejně tak efektivní jako trénink 6 hodinový (Mark, Morris, Taub, 2006, p. 259).

Proto, aby mohlo být porovnáno, jaký vliv má délka terapie na její účinnost, provedl Sterr et al. (2002, pp. 1374-1377) výzkumnou studii. Do této studie bylo zařazeno 15 dospělých pacientů s chronickou hemiparézou (13 po CMP, 2 po traumatickém zranění mozku). Tito pacienti pak byli zařazeni do dvou skupin. Obě tyto skupiny dodržovaly protokol CI terapie po dobu 14 po sobě jdoucích dnů, během níž bylo na postiženou končetinu aplikováno omezení během 90% bdělého stavu pacienta. Jedna skupina podstoupila 6 hodinový (6hod./den, n=7) a druhá 3 hodinový (3hod./den, n=8) denní shaping s postiženou končetinou. Výsledky pak byly vyhodnocovány na Wolfově motorickém funkčním testu a testu motorické aktivity log. V obou léčebných skupinách bylo nalezeno významné zlepšení motorických funkcí, stejně jako zvýšené užívání více postižené končetiny v reálném životním prostředí. Příznivé účinky CI terapie byly tedy zjištěny jak u skupiny s 6 hodinovým shapingem za den, tak i u skupiny s 3 hodinovým shapingem za den. Je však nutné podotknout, že významně vyšší účinky byly zjištěny u skupiny

s 6 hodinovým tréninkem. To znamená, že 3 hodinový tréninkový plán CI terapie sice významně zlepšil motorické funkce u pacientů s chronickou hemiparézou, ale byl méně účinný než plán 6 hodinový.

Podobného výsledku bylo dosaženo i ve studii, kterou provedl Dettmers et al. Dettmers et al. (2005, pp. 204-205) ve své studii použili modifikovanou verzi CI terapie, která představuje intenzivní 3 hodinový denní trénink během 20 po sobě jdoucích dnů. Do studie bylo zařazeno 11 pacientů s chronickou CMP a všichni měli nejméně 20° extenzi zápěstí a 10° extenze v každém prstu více postižené horní končetiny.

Na druhé straně byly ale provedeny i studie, kde se užití zkrácené verze protokolu CI terapie zdálo být výhodnější. Příkladem může být studie, kterou provedl Bode et al. Bode et al. (2009, 361-369) provedli studii, kde pacienti po hemisferektomii dodržovali zkrácený intervenční program CI terapie, představující 3 hodinový denní trénink po dobu 10 dní. V této případové studii došli k závěru, že zkrácená verze CI terapie je pro tyto osoby s dlouhodobou dysfunkcí horní končetiny vhodnější a přípustnější, a to z důvodu jejich sníženého mentálního věku a omezené schopnosti k udržení motivace.

Dále byly provedeny tři případové studie, které došly k závěru, že 3 hodinová CI terapie je pro pacienta po CMP vzhledem k dosaženému zlepšení motorické funkce plně dostačující (Sterr, Freivogel, Voss, 2002, pp. 1093-1107) a že 6 hodinová CI terapie může naopak vést k negativním dopadům, jako je např. frustrace, nuda nebo zbytečná únava, což je předpokladem pro snížení schopnosti motorického učení (Groot, Phillips, Eskes, 2003, pp. 1714-1720).

Délka terapie se zdá být tedy věcí individuální, kdy je potřeba vycházet především ze zdravotního a psychického stavu pacienta s přihlédnutím k jeho potřebám.

CI terapie se tedy jednoznačně jeví jako metoda terapeuticky účinná. Je však nutné podotknout, že i přes tento stupeň potvrzení úspěšnosti se CI terapie nestala součástí běžné praxe. Existují totiž obavy, že na druhé straně úspěšnosti výsledků mohou existovat i překážky realizace tohoto protokolu, jako je např. terapeutická nechuť, tolerance pacienta a náklady spojené s léčbou (Teasell, Viana, 2012, p. 104).

Intenzita prostředků potřebných k provádění tradičního CI léčebného protokolu byla věcí, které motivovala mnohé výzkumníky k prozkoumání alternativních forem

CI terapie. Omezení samo o sobě není drahé, v mnoha případech jsou užívány rukavice bez prstů, závěsy, rukavice nebo odlitky (Dettmers et al., 2005, pp. 204-209). Místem, kde vznikají náklady spojené s CI terapií je intenzita, která je pro tradiční CI terapii potřebná. Účastníci tradiční CI terapie obdrží 6 hodinovou denní terapii po dobu alespoň 5 dnů v týdnu v následujících 2 týdnech. Taková intenzita terapie je většinou možná pouze v soukromém klinickém prostředí. Praktici ve veřejně financovaných systémech, kteří mají zájem o CI terapii, hledají jiné formy poskytovaných služeb, které jsou svými terapeutickými výsledky srovnatelné s výsledky vznikající v souvislosti s tradiční CI terapií. To vedlo k vývoji upravených verzí CI terapie (mCIMT), která existuje v mnoha formách (Page et al, 2008, pp. 333-340, Shi et al., 2011, pp. 972-982, Page, Levine, Khoury, 2009, pp. 551-554). Mnoho z těchto alternativních protokolů, jak již bylo uvedeno výše, prokázalo zlepšení výkonu, stejně jako zvýšené funkční užití při každodenních činnostech a navíc vedou ke snížení nákladů, které jsou s CI terapií spojené a CI terapie se tak stává ekonomicky reálnější (Teasell, Viana, 2012, p. 107).

Page et al. (2002, pp. 55-60) informovali o výsledcích dotazníku vyplněného terapeuty v severovýchodních Spojených státech, jehož účelem bylo zjistit obavy a překážky v realizaci CI terapie. 68% terapeutů se domnívalo, že protokol CI terapie by bylo velmi obtížné zrealizovat, konkrétně, že by bylo obtížné vytvořit podmanivý, náročný 6 hodinový protokol. Dále bylo zjištěno, že 74% respondentů vyjádřilo znepokojení týkající se jejich schopnosti financovat protokol, stejně jako obavu, že by nebyli schopni poskytnout léčbu ostatním pacientům.

Walker a Pink (2009, pp. 436-437) provedli podobné studie s ergoterapeuty se speciálním zájmem o neurologické rehabilitace v Austrálii. Dotazování byli ergoterapeuti, kteří pracovali na lůžkovém rehabilitačním oddělení po iktu. Terapeuti byli seznámeni s koncepcí CI terapie, avšak nebyli si plně vědomi jednotlivých složek protokolu nebo kritérií pro zahrnutí nebo vyloučení pacientů. Ti měli rovněž stejný pocit, že časový závazek je příliš intenzivní. K dnešnímu dni neexistují žádné studie, které by podávaly zprávy o míře realizace protokolu CI terapie, a zdá se, že osvojení terapeutem je hlavním limitujícím faktorem.

Neposledním a neméně důležitým faktorem, který je zapotřebí vzít v úvahu je samotná ochota pacientů protokol dodržovat a schopnost jej tolerovat. Navíc

identifikace pacientů, kteří splňují kritéria k zařazení je problémem, protože je jen malé procento pacientů po iktu, kteří tyto podmínky splňují.

Page et al., stejně jako Walker a Pink (in Teasell, Viana, 2012, p. 108) provedly výzkum (z mailu a telefonu) s 208 probandy po CMP. Každému respondentovi byl poskytnut základní popis standartního protokolu CI terapie o jeho trvání a užití omezení. 68% uvedlo, že by se neúčastnilo a 65% uvedlo, že je buď malá pravděpodobnost, nebo vůbec žádná, že by zádržné zařízení nosili. Dále 54% uvedlo, že by bylo poněkud nepravděpodobné, nebo zcela nepravděpodobné zvládnout všechna terapeutická sezení a více než polovina uvedla, že by bylo poněkud demotivující nebo extrémně demotivující provádět 6 hodinovou terapii.

V České republice se touto terapií zabývá Sanatorium Klimkovice. To je zároveň jediným pracovištěm certifikovaným Univerzitou Alabama ve střední Evropě, které tuto terapii nabízí. Je však nutné podotknout, že zdravotní pojišťovny tuto terapii neplatí a jedná se tedy zcela o program samoplátecký. CI terapie v Sanatoriu v Klimkovicích trvá 3 týdny. Před nástupem léčby je stav každého potenciálního pacienta podrobně zhodnocen lékařem za účelem posouzení vhodnosti léčby a šance pacienta dosáhnout zlepšení. V rámci hodnocení je posuzován zdravotní stav, soběstačnost a možnost zapojení postižené končetiny. Na denní rehabilitační program (mimo víkend) navazují kromě CI terapie i další procedury. Na co jsou pacienti upozorňováni a co je v této terapii důležité, je, že po skončení léčby je nutné pokračovat s léčbou i v domácím prostředí. Každý pacient obdrží základní set instrukcí a úkolů na procvičování s cílem udržení hybnosti končetiny a jejího dalšího zlepšení (www.sanatoria-klimkovice.cz).

Závěr

CI terapie má značný potenciál pro zlepšení funkce horní končetiny u pacientů po CMP a řady jiných onemocnění. Terapie je založená na opakujícím se praktikování funkčně souvisejících úkolů, které vedou ke snížení poškození a zlepšení funkce postižené horní končetiny, přičemž stěžejním faktorem účinnosti této terapie je kortikální reorganizace neboli plastické změny mozku. Potenciál pro reorganizaci dospělého mozku je do značné míry podceňován. Studie zahrnující CI terapii představují jednu z mála oblastí, ve které byly přezkoumány otázky týkající se právě interakce mezi behaviorální a neurální plasticitou. Tento přístup zachytil v posledních letech rostoucí zájem a díky svým vědeckým a teoretickým základům má zásadní vědecký i klinický význam.

Navzdory tomu, že CI terapie může poskytnout cestu pro významné funkční zlepšení paretické horní končetiny, je důležité zmínit, že ne každý pacient zotavující se z neurologického zranění těží z tohoto přístupu. Ačkoliv se Taub, zakladatel této metody, a jeho kolegové domnívají, že CI terapie může být použitelná na zlepšení motorického funkčního deficitu u 75% populace po CMP, platnost této možnosti je třeba ještě prokázat. Pozornost by měla být věnována i délce terapie, která se pro praktické užití terapie zdá být příliš dlouhá, v důsledku tohoto i obtížně realizovatelná, a to jak z pohledu fyzioterapeuta, tak i pacienta. Je tedy nutné provést ještě další studie, které by se touto problematikou zabývaly.

Referenční seznam

- 1) AARTS, Pauline B., ANDERSON, Patricia G., VAN DER BURG, Jan, VAN GEURTS, Alexander C., VAN HARTINGSVELDT, Margo, VAN DER TILLAR, Ingrid. 2011. The pirate group intervention protocol: description and a case report of a modified constraint-induced movement therapy combined with bimanual training for young children with unilateral spastic cerebral palsy. *Occupational therapy international* [online]. 2011, vol. 19, no. 2. [cit. 15.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=The+Pirate+Group+Intervention+Protocol%3A+Description+and+a+Case+Report+of+a+Modified+Constraint%2%80%90induced+Movement+Therapy+Combined+with+Bimanual+Training+for+Young+Children+with+Unilateral+Spastic+Cerebral+Palsy&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5
- 2) ANDRÉ, Jean-Marie, DIDIER, Jean-Pierre, PAYSANT, Jean. 2004. Functional motor amnesia in stroke (1904) and learned non-use phenomenon (1966). *Journal rehabilitation medicine* [online]. 2004, vol. 36, no. 3. [cit. 15.3.2014]. ISSN 1650-1977. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=%E2%80%9CFUNCTIONAL+MOTOR+AMNESIA%E2%80%9D+IN+STROKE+%281904%29+AND+%E2%80%9CCLEARNE D+NON-USE+PHENOMENON%E2%80%9D+%281966%29&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5
- 3) BARTON, Lisa A., JANN, Brigitte B., LECRAW, Deborah A., WOLF, Steven L. 1989. Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head-injured patients. *Elsevier* [online]. 1989, vol. 104, no. 2. [cit. 10.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014488689800056>
- 4) BAUDER, H., LIEPERT, J., MILTNER, WHR., TAUB, E., WEILLER, C. 2000. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke* [online]. 2000, vol. 31, no. neuvedeno. [cit. 10.3.2014]. ISSN 1524-4638. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/content/31/6/1210.full.pdf+html>

- 5) BERTHOLD, Irina, ELBERT, Thomas, KOLBEL, ROCKSTROH, Brigitte, Sabine, STERR, Annette, TAUB, Edward. 2002. Longer versus shorter daily constraint-induced movement therapy of chronic hemiparesis: an exploratory study. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 2002, vol. 83, no. 10. [cit. 18.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: https://kops.ub.uni-konstanz.de/xmlui/bitstream/handle/urn:nbn:de:bsz:352-opus-42357/Longer_versus_shorter_daily.pdf?sequence=1
- 6) BODE, Stella, FRITZ, Stacy L., MATHERN, Gary W., WEIR-HAYNEZ, Kristi. 2009. Constraint-induced movement therapy for individuals after cerebral hemispherectomy: a case series. *Physical therapy international* [online]. 2009, vol. 8, no. 4. [cit. 20.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://physicaltherapyjournal.com/content/89/4/361.full.pdf+html>
- 7) BOND, Q., JOHNSTON, MV., PAGE, SJ., SISTO, S. 2002. Stroke patients and therapists opinions of constraint-induced movement therapy. *Clin Rehabil* [online]. 2002, vol. 56, no. 6. [cit. 15.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://cre.sagepub.com/content/16/1/55.short>
- 8) BURGIO, L. D., COOK, E. W., CRAGO, J. E., DELUCA, S. C., GROMES, T. E., MILLER, N. E., TAUB, Edward. 1994. An operant approach to rehabilitation medicine: overcoming learned nonuse by shaping. *NCBI* [online]. 1994, vol. 61, no. 281-293. [cit. 29.9.2013]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1334416/>
- 9) CONNELL, J. S., COOK, E. W., CRAGO, J. E., FLEMING, W. C., NEPOMUCENO, C. S., NOVACK, T. A., MILLER, N. E., TAUB, E. 1993. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 1993, vol. 74, no. 4. [cit. 10.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://europepmc.org/abstract/MED/8466415>
- 10) CRAMER, S. C., et al. 2011. Harnessing neuroplasticity for clinical application. *Brain* [online]. 2011, vol. 134, no. neuvedeno. [cit. 24.1.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://brain.oxfordjournals.org/content/134/6/1591.full.pdf+html>
- 11) DE GROOT, M. H., ESKES, G. A., PHILLIPS, S. J. 2003. Fatigue associated with stroke and other neurologic conditions: Implications for stroke rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2003, vol. 84, no. 11.

[cit. 10.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Fac-tigue+associated+with+stroke+and+other+neurologic+conditions%3A+implications+for+stroke+rehabilitation>

- 12) DEIBER, Marie-Pierre, DOLD, George, GRAFMAN, Jordan, HALLET, Mark, IBANEZ, Vicente, PASCUAL-LEONE, Alvaro, SADATO, Norihiro. 1996. Activation of the primary visual cortex by Braille reading in blind subjects. *Nature* [online]. 1996, vol. 380, no. neuvedeno. [cit. 1.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.christofflab.ca/pdfs/2009/01/sadato-et-al-1996.pdf>
- 13) DETTMERS, Christian, HAMZEI, Farsin, TAUB, Edward, TESKE, Ulrike, WEILLER, Cornerius. 2005. Distributed form of constraint-induced movement therapy improves functional outcome and quality of life after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2005, vol. 86, no. 2. [cit. 15.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=Distributed+form+of+constraint-induced+movement+therapy+improves+functional+outcome+and+quality+of+life+after+stroke.&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5
- 14) DROMERICK, Alexander W., EDWARDS, Dorothy F., HAHN, Michele. 2000. Does the application of constrain-induced movement therapy during acute rehabilitation reduce arm impairment after ischemic stroke? *American heart association* [online]. 2000, vol. a no. neuvedeno. [cit. 27.2.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://knowledgetranslation.ca/sysrev/articles/project51/Dromerick2004.pdf>
- 15) DROMERICK, Alexander W., HIDLER, Joseph, LUM, Petr S. 2006. Activity-based therapies. *The journal of the american society for experimental neurotherapeutics* [online]. 2006, vol. 3, no. 4. [cit. 27.2.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=Activity-Based+Therapies&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5
- 16) ELBERT, Thomas, KOEBBEL, Peter, MOHR, Bettina, NEININGER, Bettina, PULVERMULLER, Friedemann, ROCKSTROH, Brigitte, TAUB, Edward. 2001. Constraint-induced movement therapy of chronic aphasia after stroke. *Stroke* [online]. 2001, vol. 32, no. 10. [cit. 18.3.2014]. ISSN 0039-2499. Dostupné z:

http://scholar.google.cz/scholar?q=Constraint-Induced+Therapy+of+Chronic+Aphasia+After+Stroke&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5

- 17) ELBERT, Thomas, PANTEV Christo, ROCKSTROH, Brigitte, TAUB, Edward, WIENBRUCH, Christian. 2005. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science* [online]. 2005, vol. 270, no. 5234. [cit. 27.2.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://public.wsu.edu/~fournier/Teaching/psych592/Readings/Elbert_et_al_2005.pdf
- 18) FREIVOGEL, S., STERR, A., VOSS, A. 2002. Exploring a repetitive training regime for upper limb hemiparesis in an in-patient a setting: a report on three case studies. *Brain injury* [online]. 2002, vol. 16, no. 12. [cit. 10.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Exploring+a+repetitive+training+regime+for+upper+limb+hemiparesis+in+an+in-patient+setting%3A>
- 19) GAUTHIER, Lynne V., MARK, Viktor W., ORTMANN, Magdalene, PERKINS, Christi, TAUB, Edward, USWATTE, Gitendra. 2008. Remodeling the brain: plastic structural brain changes produced by different motor therapies after stroke. *Stroke* [online]. 2008, vol. 39, no. neuvedeno. [cit. 5.3.2014]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/content/39/5/1520.full.pdf+html>
- 20) GOEKINT, Maaïke, HEYMAN, Elsa, Marie, KNAEPEN, Kristel, MEEUSEN, Romain. 2010. Neuroplasticity – exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Sport Med* [online]. 2010, vol. 40, no. 9. [cit. 24.1.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://diyhl.us/~bryan/papers2/paperbot/Neuroplasticity%20%20Exercise-Induced%20Response%20of%20Peripheral%20Brain-Derived%20Neurotrophic%20Factor.pdf>
- 21) HUSSO-SAASTAMOINEN, Minna, KONONEN, Mervi, KUIKKAS, Jyrky T., MERVALA, Esa, PITKANEN, Kauko, SIVENIUS, Juhani, SOIMAKALLIO, Seppo, TARKKAS, Ina M., VANNINEN, Esko, VANNINEN, Ritva. 2005. Increased perfusion in motor areas after constraint-induced movement therapy in chronic stroke: a single-photon emission computerized tomography study. *Journal of cerebral blood flow & metabolism* [online]. 2005, vol. 25., no. neuvedeno. [cit.

- 25.2.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.nature.com/jcbfm/journal/v25/n12/pdf/9600158a.pdf>
- 22) CHATTERJEE, Anjan, CRAGO, Jean E., KING, Danna Kay, MORRIS, David, TAUB, Edward, USWATTE, Gittendra. 2006. A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke. *Stroke* [online]. 2001, vol. 37, no. 4. [cit. 15.2..2014]. ISSN 1524-4628. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=A+placebo-controlled+trial+of+constraint-induced+movement+therapy+for+upper+extremity+after+stroke>
- 23) JAMES, Debra C., KOZLOWSKI, Dorothy A., SCHALLERT, Timothy. 1996. Use- dependent exaggeration of neuronal injury after unilateral sensorimotor cortex . *The journal of neuroscience* [online]. 1996, vol. 16 , no. 15. [cit. 25.2.2014]. ISSN 4776-4786. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/content/16/15/4776.full.pdf+html>
- 24) KHOURY, Jane C., LEVINE, Petter, PAGE, Stephen J. 2009. Modified constraint-induced movement therapy combined with mental practice: thinking through better motor outcomes. *Stroke* [online]. 2009, vol. 40, no. 2. [cit. 15.3.2014]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/content/40/2/551.full.pdf+html>
- 25) KISSELA, Brett M., LEONARD, Anthony, LEVINE, Peter, PAGE, Stephen J., SZAFIARSKI, Jerzy P. 2008. Modified constraint-induced movement therapy in chronic stroke: results of a single –blinded randomized controlled trial. *Physical therapy* [online]. 2008, vol. 88, no. 3. [cit. 15.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/content/88/3/333.long>
- 26) MORRIS, M., David, TAUB, Edward. 2001. Constraint-induced movement therapy to Enhance Recovery after Stroke. *Current Atherosclerosis* [online]. 2001, vol. 3., no. neuvedeno. [cit. 25.4.2013]. ISSN 1523-3804. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11883-001-0020-0>.
- 27) MORRIS, M., David, TAUB, Edward. 2001. Constraint-induced therapy approach to restoring function after neurological injury. *Top Stroke Rehabil* [online]. 2001, vol. 8, no. 3. [cit. 1.10.2013]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://thomasland.metapress.com/content/bljxm89nptpyjdkw/fulltext.pdf>

- 28) MARK, V. W., MORRIS, M. D., TAUB, E. 2006. Neuroplasticity and Constraint-Induced Movement therapy. *Eura Medicophys* [online]. 2006, vol. 42, no. 3. [cit. 24.4.2013]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=Neuroplasticity+and+Constraint-Induced+Movement+therapy&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5.
- 29) MARK, V. W., MORRIS, D. M., TAUB, E., USWATTE, G. 2006. The learned nonuse phenomenon: implications for rehabilitation. *Eura Medicophys* [online]. 2006, vol. 42, no. 3. [cit. 26.4.2013]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?hl=cs&as_sdt=0,5&q=The+learned+nonuse+phenomenon%3A+implications+for+rehabilitation
- 30) MARK, W., MORRIS, D. M., TAUB, E. 2006. Constraint-induced movement therapy: characterizing the intervention protokol. *Eura medicophys* [online]. 2006, vol. 42, no. 3. [cit. 10.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://lwsb1370093025.sitelw.com.br/files/2013/06/constraint-induced-movement-therapy-characterizing-the-intervention-protocol.pdf>
- 31) MARK, Viktor W., TAUB, Edward. 2002. Constraint-induced movement therapy for chronic stroke hemiparesis and other disabilities. *Restorative neurology and neuroscience* [online]. 2002, vol. 22, no. neuvedeno. [cit. 27.2.2014]. ISSN 0922-6028. Dostupné z: <http://contensaoinduzida.com.br/files/2013/06/Constraint-induced-movement-therapy-for-chronic-stroke-and-others.pdf>
- 32) MCKAY, Staci, MEYTHALER, Jay M., MORRIS, David M., SHAW, Sharon E. Shaw, TAUB, Edward, USWATTE, Gitendra. 2005. Constraint-induced movement therapy for recovery of upper-lim funkcion following traumatic brain injury. *Journal of rehabilitation research & development* [online]. 2005, vol. 42, no. 6. [cit. 27.2.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=Constraint-induced+movement+therapy+for+recovery+of+upper-limb+function+following+traumatic+brain+injury&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5
- 33) MELZACK, Ronald, KATZ, Joel. 1990. Pain memories in phantom limb: review and clinical observations. *Elsevier* [online]. 1990, vol. 43, no. 3. [cit. 1.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z:

<http://yorkspace.library.yorku.ca/xmlui/bitstream/handle/10315/7924/KAT009.pdf?sequence=1>

- 34) MILLER, J. Philip, WINSTEIN, Carolee J., WOLF, Steven E., at al. 2006. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity funktion 3 to 9 months after stroke. *Jama* [online]. 2006, vol. 296, no. 17. [cit. 27.2.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.uni.edu/gabriele/page4/files/constraint-induced-movement-therapy.pdf>
- 35) MILLIKEN, Garrett W., NUDO, Randolph J., SIFUENTES, F., WISE, Birute M. 1996. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on recovery after ischemic infarct. *Science* [online]. 1996, vol. 272, no. 5269. [cit. 10.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.sciencemag.org/content/272/5269/1791.short>
- 36) NUDO, Randolph J. 1999. Recovery after damage to motor cortical areas. *Current opinion in neurobiology* [online]. 1999, vol. 9, no. 6. [cit. 18.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.safar.pitedu/archive/content/grant/jc/2006/0728%20Chen.pdf>
- 37) PIDIKITI, Rama, TAUB, Edward, USWATTE, Gitendra. 1999. Constraint-induced movement therapy: a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation-a clinical review. *Journal of rehabilitation research and development* [online]. 1999, vol. 38, no. 3. [cit. 19.4.2013]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/99/36/3/taub.htm>.
- 38) PINK, M. J., WALKER, J. 2009. Occupational therapists and the use of constraint-induced movement therapy in neurological practice. *Australian occupational therapy* [online]. 2002, vol. 56, no. 6. [cit. 15.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=Occupational+therapists+and+the+use+of+constraint-induced+movement+therapy+in+neurological+practice.&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5
- 39) RASKIN, Sarah A. 2011. Neuroplasticity and rehabilitation. The Guilford Press. 2011. ISBN 978-1-60918-137-6.
- 40) Sanatorium Klímkovice [online]. [cit. 15.3.2014]. Dostupné z: <http://www.sanatoria-klimkovice.cz/www/cz/ci-therapy/>

- 41) SHI, Yue X., TIAN, Jin H., YANG, Ke H., ZHAO, YUE. 2011. Modified constraint-induced movement therapy versus traditional rehabilitation in patients with upper-extremity dysfunction after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2011, vol. 92, no. 6. [cit. 15.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993%2811%2900022-0/fulltext>
- 42) Silver Spring monkeys [online]. [cit. 15.3.2014]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Silver_Spring_monkeys
- 43) STERR, Annette. 2004. Training-based interventions in motor rehabilitation after stroke: theoretical and clinical considerations. *Behavioral neurology* [online]. 2004, vol. 15, no neuvedeno. [cit. 9.3.2014]. ISSN 0953-4180. Dostupné z: <http://scholar.google.cz/scholar?hl=cs&q=Training-based+interventions+in+motor+rehabilitation+after+stroke%3A+Theoretical+and+clinical+considerations&btn>
- 44) TAUB, Edward, USWATTE, Gitendra. 2003. Constraint-induced movement therapy: Bridging from the primate laboratory to the stroke rehabilitation laboratory. *J Rehabil Med* [online]. 2003, vol. 41, no. neuvedeno. [cit. 26.4.2013]. ISSN neuvedeno Dostupné z: http://scholar.google.cz/scholar?q=Constraint-induced+movement+therapy%3A+Bridging+from+the+primate+laboratory+to+the+stroke+rehabilitation+laboratory&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5.
- 45) TAUB, Edward. 2012. The Behavior-Analytic Origins of Constraint-Induced Movement Therapy: An Example of Behavioral Neurorehabilitation. *The Behavior Analyst* [online]. 2012, vol. 35, no. 2. [cit. 24.4.2013]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3501420/>.
- 46) TAUB, Edward, USWATTE, Gitendra. 2013. Constraint-induced movement therapy: a method for harnessing neuroplasticity to treat motor disorders. *Elsevier* [online]. 2013, vol. 207, no 15. [cit. 5.3.2014]. ISSN 0079-6123. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444633279000151>
- 47) TEASELL, Robert, VIANA, Ricardo. 2012. Barriers to the implementation of constraint-induced movement therapy into practice. *Top stroke rehabil* [online]. 2012, vol. 19, no. 2. [cit. 15.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22436358>

- 48) WOLF, L., STEVEN, et al. 2002. Repetitive task practice: A critical review of constraint-induced movement therapy in stroke. *Neurologist* [online]. 2002, vol. 8, no. 6. [cit. 24.4.2013]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3572508/>.
- 49) WOLF, Steven L. 2007. Revisiting constraint-induced movement therapy: are we too smitten with the mitten? Is all nonuse learned ? and other quandaries. *Physical therapy* [online]. 2007, vol. 87, no. 9. [cit. 1.3.2014]. ISSN neuvedeno. Dostupné z: <http://physther.net/content/87/9/1212.full.pdf+html>

Seznam zkratek

AMAT	test motorické schopnosti paže
AMPK	adenosinmonofosfát-aktivovaný protein kináza
CI terapie	constraint-induced movement therapy
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervový systém
EMG	elektromyografie
fMRI	funkční magnetická resonance
IBR	ústav pro behaviorální výzkum
MAL	záznam motorické činnosti
mCIMT	modifikovaná constraint-induced movement therapy
ms	milisekundy
např.	například
Obr.	Obrázek
str.	strana
tj.	to je
TMS	transkraniální stimulace
tzn.	to znamená
tzv.	tak zvané
WMFT	Wolfův motorický funkční test