

Učinki in mehanizmi delovanja terapije z ogledalom – pregled literature

The effects and underlying mechanisms of mirror therapy – literature review

Urška Puh, Sonja Hlebš

Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za fizioterapijo,
Zdravstvena pot 5,
Ljubljana

Korespondenca/ Correspondence:

doc. dr. Urška Puh,
urska-puh@zf.uni-lj.si

Ključne besede:

vidna povratna
informacija, gibalne
okvare, amputacija,
možganska kap,
kompleksni regionalni
bolečinski sindrom

Key words:

visual feedback
information, movement
impairments,
amputation, stroke,
complex regional pain
syndrome

Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2013;
82: 410–18

Prispelo: 18. jul. 2012,
Sprejeto: 14. feb. 2013

Izvilleček

Izhodišča: Terapija z ogledalom je novejši postopek, ki za spodbujanje okrevanja gibanja okvarjenega uda izkorišča gibanje neokvarjenega uda. Pripravili smo pregled kliničnih raziskav o učinkih terapije z ogledalom pri različnih skupinah pacientov s poudarkom na randomiziranih kontroliranih poskusih ter raziskav o mehanizmih delovanja terapije z ogledalom.

Zaključki: Največ randomiziranih kontroliranih poskusov so opravili pri pacientih po možganski kapi. Kot posledica terapije z ogledalom sta se pri teh pacientih povečali hitrost in natančnost gibanja in izboljšalo povrhnje občutenje, ni pa bilo pomembnega vpliva na povišan mišični tonus, hojo in uporabo roke. Ugotovitve glede izboljšanja aktivne gibljivosti, zmogljivosti prijema roke, funkcijskih sposobnosti zgornjega uda in zmanjšanja bolečine si nasprotujejo. Pri pacientih s kroničnim regionalnim bolečinskim sindromom tipa 1 so dokazali vpliv na izboljšanje spretnosti in zmogljivosti prijema roke ter zmanjšanje bolečine in otekline. Pri pacientih po amputaciji uda so dokazali vpliv terapije z ogledalom na zmanjšanje bolečine. Večina dosedanjih študij je vključevala majhno število preiskovancev. Raziskave mehanizmov delovanja terapije z ogledalom pri zdravih preiskovancih kažejo na večjo verjetnost učinkov večje pozornosti in duševne vadbe kot večje aktivnosti v motoričnih področjih in zrcalnih nevronih. Obstaja verjetnost, da so mehanizmi delovanja pri pacientih z okvarami senzorično-motoričnega sistema drugačni kot pri zdravih preiskovancih.

Abstract

Background: Mirror therapy is a relatively new therapeutic modality, where movement of the unaffected limb is used to facilitate performance of the affected limb. Literature review of clinical studies regarding the effectiveness of mirror therapy in different groups of patients was performed. The review focussed on randomised controlled trials and studies, which explore the underlying mechanisms of mirror therapy.

Conclusions: The majority of randomised controlled trials were done in stroke patients. In these, mirror therapy improved the velocity and accuracy of the impaired upper limb movement and sensation. No significant effect was found on spasticity, gait and hand function. The effect of mirror therapy on active range of motion, hand grip, function of the upper limb and reduction of pain intensity was not fully conclusive. For complex regional pain syndrome type I, mirror therapy improved hand grip and function, and reduced pain intensity and hand oedema. There is also evidence that mirror therapy reduces pain in a phantom limb. Most of the reviewed studies included small sample size. Studies on the underlying mechanisms of mirror therapy suggested as more likely the effect of increased forced attention and motor imagery rather than increased activation of mirror neurons in healthy subjects. Probably, the underlying mechanisms of mirror therapy differ in patients with sensory-motor impairments compared to healthy subjects.

Uvod

Pri rehabilitaciji pacientov z gibalnimi okvarami za povečanje učinka vadbe pogosto uporabljamo vidno povratno informacijo o izvedbi gibanja. Terapija z ogledalom je novejši postopek v fizioterapiji ali delovni terapiji, ki za spodbujanje okrevanja gibanja okvarjenega uda izkorišča gibanje neokvarjenega uda. Uporabljamo ogledalo na podstavku ali škatli, ki je postavljeno pravokotno na podlago. Pacient na odsevno stran ogledala postavi neokvarjeni ud, medtem ko na neodsevno stran postavi okvarjeni ud. Pacient premika neokvarjeni ud in opazuje njegov odsev v ogledalu, ki zakriva pogled na okvarjeni ud. S pomočjo ogledala tako ustvarja vidno iluzijo normalnega gibanja okvarjenega uda, ki nadomešča manjkajoči priliv senzoričnih in motoričnih informacij iz okvarjenega dela telesa.¹ Gre za preprosto in cenovno dostopno metodo terapije, ki temelji na predpostavki o plastičnosti možganov.² Prvič jo je leta 1996 predstavil nevrolog V. S. Ramachandran,² in sicer pri terapiji fantomske bolečine po amputaciji zgornjega uda. S superpozicijo neokvarjenega uda na fantomski ud s pomočjo odseva v ogledalu so pacienti navajali občutenje zmognosti gibanja in sprostitve oz. odprtja roke fantomskega uda ter posledično zmanjšanje bolečine in spazmov. Prednost terapije z ogledalom je »omogočanje dostopa do delov telesa, ki drugače niso dosegljivi«³. Na podlagi tega so predvidevali, da bi lahko terapija z ogledalom učinkovala tudi pri skupinah pacientov, ki nimajo nadzora nad okvarjenim delom telesa. Največ randomiziranih kontroliranih poskusov (RKP), v katerih so uporabili terapijo z ogledalom, so opravili za spodbujanje gibanja zgornjega ali spodnjega uda pri pacientih po možganski kapi⁴⁻¹² in nekaj s fantomsko bolečino po amputaciji uda^{13,14} ter s kompleksnim regionalnim bolečinskim sindromom (KRBS) tipa 1.^{1,6,7,15} V raziskavah nižje kakovosti so terapijo z ogledalom uporabili še pri pacientih z drugimi bolečinskimi sindromi, kot so KRBS tipa 2 ali kavzalgija¹⁶ in/ali deafferentacijska bolečina po delni poškodbi hrbtenjače,¹⁷ s poškodbo perifernih živcev,^{17,18} avulzijo

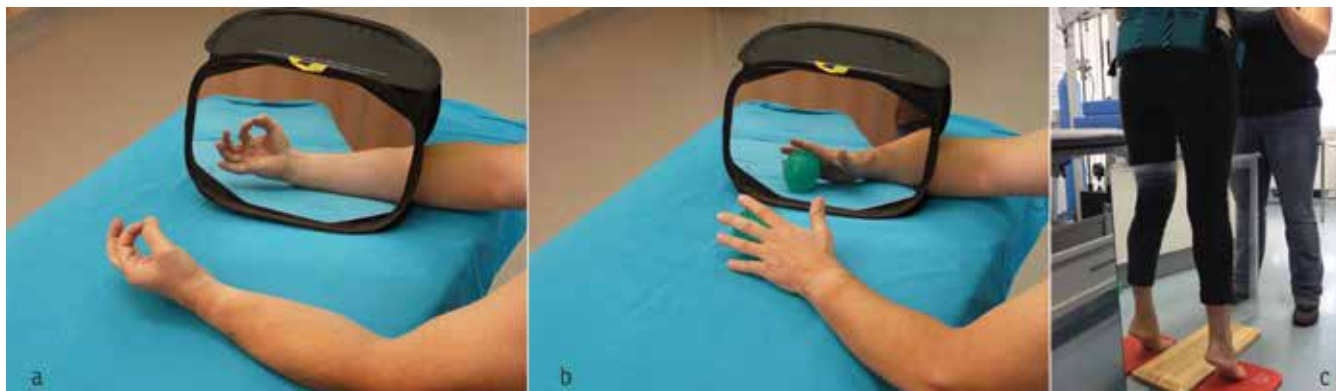
brahialnega pleteža^{15,17,19,20} in po operacijah, razen amputacije.¹⁸

Možnosti vadbe pri terapiji z ogledalom (Slika 1) obsegajo proste vaje,^{4-6,8-12,18,21,22} vaje proti uporabi ter spodbujanje občutenja in zaznave,^{4,18,23} manipulacijo različnih predmetov ter funkcijsko vadbo s predmeti iz vsakdanjega življenja.^{4,9,18,23} V nekaterih raziskavah so preiskovanci izvajali vadbo (gibali) le z neokvarjenim udom.^{6,11,24} Zaradi dokazov o povečani aktivaciji istostranske motorične skorje ob dvoročnem gibanju udov (za pregled glej²⁵) so v večini raziskav paciente spodbujali k izvajanju hkratnega gibanja tudi z okvarjenim udom, kolikor je bilo to mogoče.^{1,4,5,8-10,12,21,26} Pri izvajanju terapije z ogledalom je ključnega pomena mirno okolje, ki zagotavlja visoko raven zbranosti in s tem omogoča nemoteno procesiranje informacij. Na začetku je potreben terapevtov nadzor, pozneje lahko pacient izvaja terapijo tudi samostojno v domačem okolju.^{9,27}

V dosedanjih RKP so terapijo z ogledalom izvajali od dveh tednov^{1,4} do šestih tednov,^{8,9,15,26} največkrat štiri tedne.^{5-7,11,12,14} Pogostost obravnav na teden je bila²⁻¹⁰ od dvakrat do šestkrat,⁵ najpogosteje je potekala petkrat na teden.^{4,8,9,11,12,22} Dnevno je terapija z ogledalom najpogosteje obsegala eno obravnavo, ki je trajala 20–30 minut.^{4,6,8,11,12,22} Redkeje so bili pacienti na dan vključeni v enourno obravnavo^{6,9} ali v dve obravnavi po 15 minut⁵ ali 30 minut¹⁰ ali poljubno število obravnav po 10 ponovitvah¹ ali po 10 minut.²⁶

Fantomaska bolečina po amputaciji uda

Pri pacientih po amputaciji uda ogledalo služi kot vidna informacija, da obstajata dva cela in neokvarjena uda. Kaže, da lahko pacient preko vidne iluzije usklajuje gibanje s senzorično informacijo.² Terapijo z ogledalom so prvič uporabili pri pacientih s fantomsko bolečino po amputaciji zgornjega uda in zdravih preiskovancih. Čas od amputacije uda je bil 19 dni do 9 let. Tudi terapevtski postopki so se med preiskovanci razlikovali. Rezultati raziskave so bili le opisni in so obsegali predvsem občutenje (ob-



Slika 1: Vrste vadbe pri zdravljenju z ogledalom: aktivne vaje za povečevanje gibljivosti zapestja in prstov (a); vadba za spodbujanje občutenja (b); vaje proti uporabi za spodnji ud (c).

čutek za gibanje, občutek trdo stisnjene pesti in občutke na fantomskem ud). Štirje od petih pacientov po amputaciji so poročali o zmanjšanju bolečine, poleg tega pa so nekateri poročali še o občutenju zmožnosti gibanja in zaznavanja z manjkajočim udom. Na fantomskem ud so zaznali nekatere dražljaje, ki so jih med terapijo z ogledalom aplicirali na neokvarjeni ud (dotikanje, praskanje, pomakanje, vibracije), drugih pa ne (temperaturni in bolečinski dražljaji). V kontrolni skupini je bilo pet zdravih preiskovancev, ki niso imeli enakih izkušenj kot preiskovalna skupina. Avtorji so sklepali, da pri fantomski bolečini ogledalo omogoči dostop do fantoma, ki ga lahko pacient postavi v manj neprijeten položaj.² Sumitani in sod.¹⁷ so v raziskavo poleg drugih vključili tudi paciente z deaferentacijsko bolečino po amputaciji zgornjih in spodnjih udov ($n = 22$). Čas od pojava deaferentacijske bolečine je bil 2 tedna do 22 let. Ta raziskava ni vključevala kontrolne skupine, terapijo z ogledalom pa so izvedli kot dodatek standardnim terapevtskim postopkom. Obdobje terapije z ogledalom se je med pacienti razlikovalo. Za razliko od drugih raziskav^{1,4-9,11,12,14,15,26} je v povprečju trajalo 20,4 tednov. Avtorji so poročali o značilnih učinkih terapije z ogledalom na zmanjšanje bolečine.¹⁷

Dva RKP so opravili pri pacientih po amputaciji spodnjega uda.^{13,14} Chan in sod.¹⁴ so primerjali tri skupine pacientov ($n = 18$) in poročali, da je po štirih tednih terapije nastopilo značilno zmanjšanje bolečine pri vseh preiskovancih, ki so bili deležni terapije z ogledalom (100 %), enemu v skupini s pokritim ogledalom (17 %) in treh preiskovancih z mentalno vadbo (50 %).¹⁴ V drugem RKP so Brodie in sod.¹³ primerjali skupino,

ki je izvajala terapijo z ogledalom, in skupino, ki je opazovala slike neokvarjenega uda na monitorju ($n = 15$). Ugotovili so, da je bilo zmanjšanje fantomske bolečine večje pri skupini ob terapiji z ogledalom.¹³ Hanling in sod.²⁸ pa so izvajali terapijo z ogledalom pred amputacijo spodnjega uda. V poročilu o štirih primerih so poročali o značilno manjši fantomski bolečini po amputaciji ali pa je kasneje sploh niso občutili.²⁸

Možganska kap

O primernosti uporabe terapije z ogledalom pri pacientih s hemiparezo po možganski kapi so prvi poročali Altschuler in sod.,⁵ leta 1999. Izvedba in s tem učinkovitost standardne terapije po možganski kapi je pogosto omejena s sposobnostjo gibanja okvarjenega uda. Pri terapiji z ogledalom pacient premika neokvarjeni ud, medtem ko opazuje njegov odsev v ogledalu, ki prekrija pogled na okvarjeni ud. Tako se ustvari vidna iluzija normalne gibalne sposobnosti okvarjenega uda. Namen terapije z ogledalom po možganski kapi je izboljšati funkcijo okvarjenega zgornjega^{4-10,12,22,23,29,30} ali spodnjega uda.^{11,21,24} Največkrat je bila terapija z ogledalom dodana standardnemu programu rehabilitacije.^{4,6,8,10,12,22} Kot samostojen terapevtski postopek je bila uporabljena redko.^{5,9} V nekaj poročilih posameznih primerov so jo izvajali v kombinaciji z mentalno vadbo^{23,30} in mentalno vadbo ter prisiljeno uporabo okvarjenega zgornjega uda.²⁹

Večina dosedanjih RKP terapije z ogledalom je vključevala majhno število preiskovancev ($n = 9-48$) in so jo opravili pri pacientih 6-12 mesecev^{11,12} ali več let po

možganski kapi.^{5,7,9,10} Raziskave v zgodnjem obdobju so redke, in sicer so bili vključeni pacienti do dveh tednov,⁴ do osem tednov⁸ in do šest mesecev⁶ po možganski kapi. Prav tako so redke raziskave o takojšnjih učinkih ene obravnave.²¹ Dolgotrajne učinke terapije z ogledalom so najpogosteje opazovali po šestih mesecih.^{6,9,11,12}

Avtorji posameznih raziskav so poročali o večjem izboljšanju aktivne gibljivosti okvarjenega zgornjega^{4,5,12,22} ali spodnjega¹¹ uda pri skupini ob terapiji z ogledalom v primerjavi s kontrolno skupino. Michielssen in sod.⁹ so pri skupini z ogledalom po obdobju terapije poročali o večjem izboljšanju po Fugl-Meyerjevi lestvici kot pri kontrolni skupini, vendar čez šest mesecev razlike med skupinama ni bilo več. Nasprotno pa Dohle in sod.⁸ med preiskovalno in kontrolno skupino niso ugotovili razlik v izboljšanju aktivne gibljivosti zgornjega uda, ocenjene po isti lestvici. Tudi Saito in sod.²¹ po eni obravnavi terapije z ogledalom ($n=6$) niso ugotovili sprememb vrednosti aktivne dorzalne fleksije skočnega sklepa. Vpliv terapije z ogledalom na zmogljivost mišic so proučevali le v dveh RKP.^{4,9} V prvem⁴ so poročali o večjem izboljšanju zmogljivosti prijema roke pri skupini ob terapiji z ogledalom kot pri kontrolni skupini (ogledalo pokrito), in sicer takoj po obdobju vadbe in čez en mesec. V drugem RKP⁹ pa terapija z ogledalom ni imela večjega učinka na povečanje zmogljivosti prijema roke kot enaka vadba brez ogledala pri kontrolni skupini. V obeh raziskavah je bil vzorec preiskovancev enako velik ($n=40$), vendar so v drugem RKP⁹ preiskovanci vadbo večino časa izvajali samostojno doma, kar bi lahko vplivalo na učinkovitost. O podobno nejasnih rezultatih sta v raziskavi primera poročali Božič in Puh;²⁴ povprečen maksimalni navor plantarnih in dorzalnih fleksorjev skočnega sklepa se je namreč povečal po terapiji z ogledalom in še dodatno po kontrolnem obdobju (standardna fizioterapija brez terapije z ogledalom). Terapija z ogledalom v primerjavi s kontrolno skupino tudi ni imela značilnega učinka na izboljšanje povišanega mišičnega tonusa mišic fleksorjev zapestja,^{9,10,12} mišic komolčnega sklepa⁹ in mišic plantarnih fleksorjev.¹¹ V ostalih

RKP^{4,5,8} mišičnega tonusa niso ocenjevali. Božič in Puh²⁴ sta po terapiji z ogledalom ugotovili spremembo tonusa mišic plantarnih fleksorjev s precej povišanega na lahno povišanega, ki je po kontrolnem obdobju štirih tednov ostal nespremenjen.

V več raziskavah so po terapiji z ogledalom poročali o večjem izboljšanju hitrosti^{5,6,21} in natančnosti gibanja.⁵ Avtorji so poročali tudi o večjem izboljšanju funkcijskih sposobnosti zgornjega uda in roke^{4,6,7,10} pri skupini ob terapiji z ogledalom kot pri kontrolni skupini. Razlika je bila prisotna še štiri⁴ ali pet tednov¹⁰ ali celo šest mesecev⁶ po terapiji. Nasprotno pa Michielssen in sod.⁹ niso ugotovili sprememb v funkcijskih sposobnostih zgornjega uda. Sutbeyaz in sod.¹¹ niso ugotovili razlik med skupinama ob terapiji z ogledalom in kontrolno skupino v sposobnosti za hojo po petstopenjski lestvici. Nasprotno sta Božič in Puh²⁴ v študiji primera po terapiji z ogledalom poročali o izboljšanju hitrosti in vzdržljivosti pri hoji ter statičnega in dinamičnega ravnovesja (časovno merjeni test vstani in pojdi, Bergova lestvica za oceno ravnovesja, modificirani test senzorne organizacije). V kontrolnem obdobju pa so se dodatno izboljšale le vrednosti modificiranega testa senzorne organizacije in uporaba pripomočka za hojo.²⁴ Vpliv na ravnotežje v dosedanjih RKP še niso proučevali.

V treh raziskavah so ugotovili večje izboljšanje Lestvice funkcionalne neodvisnosti (*angl.* Functional independence measure, FIM) pri skupini ob terapiji z ogledalom v primerjavi s kontrolno skupino, in sicer takoj po terapiji^{11,12,22} kot tudi čez šest mesecev.^{11,12} Nasprotno pa v drugih dveh RKP med skupinama niso ugotovili značilnih razlik v izboljšanju FIM⁸ in uporabi roke pri dejavnostih vsakodnevnega življenja ter kakovosti življenja.⁹

Ugotovitve glede učinkovitosti terapije z ogledalom na zmanjšanje intenzivnosti bolečine in izboljšanja občutenja na okvarjenem udu so nejasne in si nasprotujejo, kar je verjetno posledica različnih značilnosti pacientov, vključenih v raziskave, in pomanjkljive standardizacije ocenjevalnih postopkov. Accera in sod.⁴ so pri skupini ob terapiji z ogledalom v primerjavi s kontrol-

no skupino (škafila brez ogledala) poročali o večjem izboljšanju občutka za lahen dotik ter občutkov za toplo in hladno, dvigu pragu bolečine na pritisk ter zmanjšanju bolečine v mirovanju. Yavuzer²² je poročala o večjem izboljšanju funkcijskih dejavnosti zgornjega uda pri pacientih z okvaro globokega občutenja (propriocepcije) v zapestnem sklepu v primerjavi s skupino brez te okvare. Sathian in sod.²⁹ pa niso ugotovili izboljšanja v globokem občutenju, vendar pacient pri gibanju z okvarjenim zgornjim udom ni več potreboval vidnega nadzora. O izboljšanju povrhnjega občutenja in zmanjšanju neglektata oz. zanemarjanja leve polovice telesa pri skupini ob terapiji z ogledalom v primerjavi s kontrolno skupino so poročali Dohle in sod.,⁸ vendar pa izboljšanja propriocepcije ali zmanjšanja bolečine niso ugotovili. Tudi Michielsen in sod.⁹ niso ugotovili sprememb v bolečini. Cacchio in sod.^{6,7} pa so pri skupini pacientov s KRBS I po možganski kapi, ki je izvajala terapijo z ogledalom, poročali o značilnem zmanjšanju preobčutljivosti na dotik in intenzivnosti bolečine, v primerjavi s kontrolno skupino. Razlika je bila prisotna tudi čez 6 mesecev.⁶

Kompleksni regionalni bolečinski sindrom

Predvidevajo, da se pri pacientih s KRBS I pri napredovanju bolezni razvijejo podobne spremembe v možganski skorji, ki so značilne za paciente s fantomsko bolečino ali po možganski kapi.⁴ Bolečina pri KRBS I naj bi bila tako posledica zmanjšane ali odsotne senzorične zaznave v možganski skorji.²⁶ Na podlagi Ramachandranove² teorije o delovanju terapije z ogledalom lahko s primerno vidno povratno informacijo (odsev okvarjenega uda) vplivamo na zaznavanje na ravni možganov in posledično zmanjšamo bolečino ter izboljšamo funkcijo okvarjenega uda.²⁶ Posledično je Moseley¹ sklepal, da lahko terapija z ogledalom v poznem obdobju KRBS I aktivira povezave v možganski skorji in s tem vpliva na zmanjšanje bolečine ter oteklino okvarjenega uda. Terapija z ogledalom naj bi pri pacientih s KRBS I torej prekinila začarani krog bolečine in nerabe okvarjenega uda, saj naj bi omogočala pre-

oblikovanje primarne somatosenzorne možganske skorje.^{31,32} Če terapija z ogledalom izzove bolečino, je priporočljivo, da prenehamo z gibanjem okvarjenega uda in vadbo začasno prekinemo.¹

V dosedanjih raziskavah s kontrolno skupino se je terapija z ogledalom izvajala kot samostojen terapevtski postopek,^{6,7} v kombinaciji z mentalno vadbo in prepoznavanjem lateralnosti roke^{1,15} ali pa je bila dodana standardnemu programu rehabilitacije.²⁶ Terapijo so izvajali pri pacientih s KRBS na zgornjem udu^{1,15,32,33} ali na spodnjem udu.^{15,26,32} Število preiskovancev je bilo 13¹–48,⁶ dolgotrajne učinke pa so ugotavljali le v dveh raziskavah, in sicer po šestih mesecih.^{6,15}

Pozitivni učinki terapije z ogledalom pri pacientih s KRBS I kažejo na izboljšanje spretnosti in zmogljivosti prijema roke,^{1,15,33} zmanjšanje bolečine,^{1,15,26} otekline¹ in spremembo temperature, merjeno z infrardečo termografijo²⁶ oz. spremembe vazomotornih funkcij.³³ Hlebs in sod.³³ so v poročilu o primeru navedli še izboljšanje pasivne gibljivosti zapestnega sklepa ter povečanje dotoka kisika in prekrvljenosti mišic na okvarjenem udu, merjeno s kratkovalovno infrardečo spektroskopijo (*angl.* near-infrared spectroscopy, NIRS). Avtorji so predvidevali, da so spremembe v vazomotorični funkciji posledica vpliva terapije z ogledalom na centralne mehanizme, ki uravnavajo pretok krvi in aktiviranje mišičnih vlaken.³³ V Moselejevi raziskavi¹ zaradi zaporednega izvajanja treh vrst zdravljenja učinek terapije z ogledalom ni bil jasen.

Tichelaar in sod.³² so potrdili, da je učinkovitost terapije z ogledalom v veliki meri odvisna od stopnje napredovanja KRBS I in je močno povezana z pacientovo motiviranostjo za vadbo ($n = 3$). Terapija naj bi bila najbolj učinkovita v zgodnjem obdobju KRBS I, manj v vmesnem obdobju in najmanj v poznem obdobju.^{26,32} Neuspeh terapije v poznejšem obdobju avtorji pripisujejo že ustaljenim nevrološkim povezavam, ki zmanjšujejo plastičnost možganov in spremembam zaradi nerabe in mirovanja uda.²⁶

Mehanizmi delovanja terapije z ogledalom

Avtorji začetnih raziskav učinkov terapije z ogledalom^{1,2,5} so predvidevali, da ogledalo z vidno iluzijo omogoči dotok senzoričnih »povratnih« informacij o pravilnem gibanju okvarjenega uda in s tem usklajevanje gibanja s senzorično informacijo. Vidna povratna informacija, čeprav iluzorna, naj bi z aktiviranjem področja premotorične skorje nadomestila nezadosten proprioceptivni priliv ter pomembno prispevala k aktiviranju kortikospinalne proge (istostranske) poloble z okvaro.⁵ Verjetno gre pri terapiji z ogledalom za interakcijo več različnih mehanizmov delovanja, in sicer vidne informacije o pravilnem gibanju, učinkov miselne predstave o gibanju (mentalna vadba) ter obojerno vadbe. Temu so pridruženi še učinki gibanja z okvarjenim udom in dolgotrajna pozornost, usmerjena na ta ud. V mnogih raziskavah so s proučevanjem aktivnosti možganov med terapijo z ogledalom ali po njej v primerjavi s kontrolno skupino preiskovancev ali z drugimi načini izvedbe gibanja in/ali opazovanja želeli natančneje pojasniti mehanizme delovanja.

V največ raziskavah so proučevali enostransko izvedbo terapije z ogledalom za zgornji ud pri zdravih preiskovancih. Imai in sod.³⁴ so z NIRS potrdili, da lahko terapija z ogledalom povzroči aktiviranje istostranske senzomotorične skorje ($n = 8$), vendar ta učinek ni bil prisoten pri vseh preiskovancih.³⁴ Matsuo in sod.³⁵ so na podlagi elektroencefalografije poročali, da je izvajanje terapije z ogledalom ($n = 13$) v večji meri aktiviralo zrcalne nevrone kot le opazovanje gibanja drugih oseb. Sistem zrcalnih nevronov se nahaja v parieto-frontalni skorji, vključujoč ventralni premotorični del, ki se aktivira med opazovanjem lastnega gibanja in gibanja drugih oseb ter omogoča predvidevanje ciljev njihovega gibanja.³⁶ V več raziskavah so primerjali opazovanje gibanja uda v ogledalu in neposredno opazovanje lastnega gibanja. Rezultati kažejo, da izvedba z ogledalom poveča vzdražnost istostranske primarne motorične skorje ($M1$)³⁷ ($n = 8$) oziroma, da med pogojevanjem ni razlik v motoričnih izvabljenih odzivih

(MEP) in senzoričnih izvabljenih odzivih (SEP).³⁸ V tej raziskavi pa so pri nekaterih preiskovancih poročali o nenavadnih občutkih v zgornjem udu, skritim za ogledalom.³⁸ V raziskavi, ki je s funkcijsko magnetno resonanco (fMRI) primerjala izvedbo terapije z ogledalom in izvedbo brez ogledala, so poročali o dodatnem aktiviranju dveh vidnih področij, in sicer v istostranski superiorni temporalni vijugi in superiorni okcipitalni vijugi v nasprotni polobli ($n = 18$). Drugih razlik, vključno z aktiviranjem sistema zrcalnih nevronov, niso ugotovili.³⁹ Vzrok za neskladnost rezultatov med raziskavami bi lahko bila razlika v dominantnosti zgornjega uda med preiskovanci. Z magnetoencefalografijo ($n = 13$) so namreč ugotovili, da se aktiviranje $M1$ med neposrednim opazovanjem roke, ki drži svinčnik, razlikuje glede na dominantnost roke (aktivacija v nasprotni polobli le pri opazovanju dominantne roke), pri opazovanju tega položaja v ogledalu pa razlik ni bilo.⁴⁰

Dokazi o učinkih enostranske izvedbe terapije z ogledalom na aktivacijo možganov pri pacientih so redki. Pri enem pacientu po odstranitvi možganskega tumorja so s fMRI dokazali, da pride med izvajanjem terapije z ogledalom z gibanjem samo neokvarjenega uda do aktiviranja $M1$ v (istostranski) polobli z okvaro.⁴¹ Vendar pa Michielsen in sod.⁴² pri primerjavi izvedbe gibanja samo neokvarjenega uda pacientov po možganski kapi ($n = 18$), z opazovanjem gibanja v ogledalu in brez njega, niso ugotovili statistično pomembnih razlik.

V primeru dvoročne izvedbe gibanja je to lahko dodatni mehanizem delovanja terapije z ogledalom.^{5,12,23} Deluje preko vključevanja istostranske kortikospinalne proge, povečanega nadzora gibanja iz poloble brez okvare in normalizacije inhibitornih mehanizmov.²⁵ Aktiviranje $M1$ med izvajanjem terapije z ogledalom z dvoročnim gibanjem je bila pri enem pacientu (od dveh) in pri treh zdravih preiskovancih (od petih) večja kot pri enaki izvedbi ob zaprtih očeh.⁴¹ Po obdobju terapije je pri skupini pacientov po možganski kapi, ki je izvajala terapijo z ogledalom ($n = 12$), prišlo do povečanja aktivacije $M1$ v polobli z okvaro, medtem ko pri skupini, ki je izvajala le dvoročno vadbo ($n = 9$),

do tega ni prišlo.⁹ Vzrok za večjo učinkovitost terapije z ogledalom bi lahko pripisali senzoričnim »povratnim« informacijam o pravilni izvedbi gibanja z okvarjenim udom, ki jo zagotavlja ogledalo. Vendar pa isti avtorji v naslednji raziskavi,⁴² ki je s fMRI primerjala aktivnost možganov med enoročno in obojerno izvedbo terapije z ogledalom ter neposrednim opazovanjem gibanja pri pacientih po možganski kapi (n = 18), pri terapiji z ogledalom niso ugotovili večje aktivnosti v motoričnih področjih in zrcalnih nevronih, kar postavlja dosedanje teorije o učinkih terapije z ogledalom na ta področja pod vprašaj.

Večja pozornost, ki jo med terapijo z ogledalom pacient posveča okvarjenemu udu, in miselna predstava o njegovem pravilnem gibanju (mentalna vadba) sta verjetna mehanizma, ki vplivata na zmanjšanje bolečine, izboljšanje gibljivosti ter zmanjšanje neuporabe okvarjenega uda.^{15,30,42} Poleg tega avtorji sklepajo, da terapija z ogledalom obnavlja pravilno predstavo o telesni shemi.^{31,43} Raziskave mentalne vadbe pri zdravih preiskovancih kažejo večjo aktivacijo v premotoričnih področjih in le šibko in nekonsistentno aktivacijo področja M1. Pri skupinah pacientov pa so njeni učinki še neraziskani.⁴⁴ Za uspešno uporabo mentalne vadbe moramo imeti predstavo oziroma predhodno izkušnjo o gibu,⁴⁵ kar lahko olajša vidna povratna informacija iz ogledala. Mehanizem povečane pozornosti in/ali mentalne vadbe pri terapiji z ogledalom potrjujejo dokazi o značilno večjem aktiviranju v področjih precuneus in posteriorni cingularni skorji, ki so jih za obojerno izvedbo terapije z ogledalom v primerjavi z neposrednim opazovanjem gibanja pri pacientih po možganski kapi poročali Michielsen in sod.⁴² Dohle in sod.⁴³ pa so s pozitronsko emisijsko tomografijo primerjali aktivnost možganov med gibanjem zgornjega uda ob neposrednem opazovanju gibanja navidezne roke ali opazovanju zrcalnega gibanja navidezne roke pri zdravih preiskovancih (n = 10). Tudi ti avtorji so poročali o značilno večjem aktiviranju v področju precuneus nasprotne poloble med zrcalno izvedbo gibanja.⁴³ Kaže, da so poleg same izvedbe gibanja zelo pomembna tudi navodila o pred-

stavi o gibanju uda za ogledalom. Fukumura in sod.⁴⁶ so pri zdravih preiskovancih (n = 6) poročali o značilno večji vzdražnosti področja M1 med izvajanjem enostranske terapije z ogledalom, ko so si preiskovanci predstavljali, da z roko za ogledalom gibajo, kot če so si le predstavljali, da v ogledalu opazujejo roko, ki je za njim ali če je bila namesto ogledala neodsevna površina. S tem so dokazali sinergistični učinek opazovanja in predstave gibanja.⁴⁶

Zaključki

Največ kliničnih RKP terapije z ogledalom za zgornji ali spodnji ud so opravili pri pacientih po možganski kapi (9 RKP). Ugotovitve kažejo, da sta se kot posledica terapije z ogledalom povečali hitrosti ter natančnost gibanja (3 RKP) in izboljšalo povrhnje občutenje (2 RKP), ni pa bilo pomembnega vpliva na povišan mišični tonus (4 RKP), sposobnost za hojo (1 RKP) in uporabo roke v dejavnostih vsakodnevnega življenja in kakovost življenja (1 RKP). Ugotovitve glede izboljšanja aktivne gibljivosti (6 RKP: da; 2 RKP: ne), zmogljivosti prijema roke (1 RKP: da; 1 RKP: ne), funkcijskih sposobnosti zgornjega uda (4 RKP: da; 1 RKP: ne), lestvice FIM (3 RKP: da; 1 RKP: ne) ter zmanjšanja bolečine (2 RKP: da; 2 RKP: ne) si nasprotujejo. V štirih RKP, narejenih pri pacientih s KRBS tipa 1, so dokazali vpliv na izboljšanje spretnosti in zmogljivosti prijema roke (3 RKP), zmanjšanje bolečine (3 RKP) in otekline (1 RKP). Pri pacientih po amputaciji uda je v dveh RKP dokazan vpliv terapije z ogledalom na zmanjšanje bolečine. Dolgoročne učinke so proučevali le pri pacientih po možganski kapi. Zavedati se moramo, da je večina dosedanjih kliničnih RKP vključevala majhno število preiskovancev ter da so ugotovitve omejene tudi z značilnostmi uporabljenih merilnih orodij.

V boljše načrtovanih raziskavah mehanizmov delovanja terapije z ogledalom, ki so bili proučevani le za zgornji ud, so ugotovili večjo verjetnost mehanizmov večje pozornosti in mentalne vadbe kot pa večje aktivnosti v motoričnih področjih in zrcalnih nevronih. Vendar so večino raziskav izvedli pri zdravih preiskovancih. Obstaja verje-

tnost, da so mehanizmi delovanja terpije z ogledalom pri pacientih z okvarami senzorično-motoričnega sistema drugačni kot pri zdravih preiskovancih, ter da se mehanizmi delovanja razlikujejo med enkratno izvedbo terapije z ogledalom in po obdobju terapije, ko pride do plastičnih sprememb delovanja možganov.

Literatura

1. Moseley GL. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial. *Pain* 2004; 108: 192–8.
2. Ramachandran VS, Ramachandran RD. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 1996; 263: 377–86.
3. Ezendam D, Bongers RM, Jannink MJA. Systematic review of the effectiveness of mirror therapy in upper extremity function. *Disabil & Rehabil* 2009; 31: 2135–2149.
4. Acerra N, Souvlis T, Brauer S, Moseley L. Does mirror therapy improve upper limb sensory and motor recovery early post-stroke? A randomised-controlled trial. *Physiotherapy* 2007; 93 (S1): S122.
5. Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*. 1999. 353: 2035–6.
6. Cacchio A, De Blasis E, De Blasis V, Santilli V, Spacca G. Mirror therapy in complex regional pain syndrome type 1 of the upper limb in stroke patients. *Neurorehabil Neur Rep* 2009a; 23: 792–799.
7. Cacchio A, De Blasis E, Necozone S, Santilli V. Mirror therapy for chronic complex regional pain syndrome type 1 and stroke. *N Engl J Med* 2009b; 361: 634–636.
8. Dohle C, Pulen J, Nakaten A, Kust J, et al. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neur Rep* 2009; 23: 209–217.
9. Michielsen ME, Selles RW, van der Geest JN, Eckhardt M, Yavuzer MG, Stam, HJ, et al. Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: a phase II randomized controlled trial. *Neurorehabil Neur Rep* 2010; 1–11.
10. Rothgangel AS, Morton A, Van den Hout JWE, Beurskens AJHM. Phantom in the brain: mirror therapy in chronic stroke patients; a pilot study. *Ned Tijdschr Fys* 2004; 114: 36–40.
11. Sutbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N, Koseoglu BF. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 555–9.
12. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sutbeyaz S, Busmann JB, Koseoglu F, et al. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 393–8.
13. Brodie EE, Whyte A, Niven CA. Analgesia through the looking glass? A randomized controlled trial investigating the effect of viewing a 'virtual' limb upon phantom limb pain, sensation and movement. *Euro J Pain* 2007; 11: 428–3.
14. Chan BL, Witt R, Charrow AP, Magee A, Howard R, Pasquina PF, Heilman KM, Tsao JW. Mirror therapy for phantom limb pain. Letter to the editor. *N Engl J Med* 2007; 357: 2206–7.
15. Moseley GL. Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. *Neurology* 2006; 67: 2129–34.
16. Selles RW, Schreuders T A, Stam HJ. Mirror therapy in patients with causalgia (complex regional pain syndrome type II) following peripheral ner-

- ve Injury: two cases. *J Rehabil Med* 2008; 40: 4: 312–314.
17. Sumitani M, Miyauchi S, McCabe CS, Shibata M, Maeda L, Saitoh Y, et al. Mirror visual feedback alleviates deafferentation pain, depending on qualitative aspects of the pain: a preliminary report. *Rheumatology (Oxford)* 2008; 47: 1038–1043.
18. Rosen B, Lundborg G. Training with a mirror in rehabilitation of the hand. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2005; 39: 104–8.
19. Giraux P, Sirigu A. Illusory movement of the paralyzed limb restores cortex activity. *Neuroimage* 2003; 20: 107–11.
20. Grunert-Pluss N, Hufschmid U, Santschi L, Grunert J. Mirror therapy in hand rehabilitation: a review of the literature and evaluation of a case series of 52 patients. *British J Hand Ther* 2008; 13: 4–11.
21. Saito K, Sugawara K, Fukui Y, Abiko T, Fukumura K, Tomita Y, et al. The immediate exercise effect of voluntary facilitation at lower limb by mirror therapy. *Physiotherapy* 2007; 93 (S1): S424.
22. Yavuzer G. Effects of mirror therapy on hand related activity level in subgroups of patients with stroke. V. Marinček, Č., Burher, H., ur. 7th Mediteran Congress of Physical and Rehabilitation Medicine: Book of abstracts. 18–21 September 2008. Portorož : Institute for Rehabilitation 2008: 90.
23. Stevens JA, Stoykov ME. Simulation of bilateral movement training through mirror reflection for hemiparesis. *Top Stroke Rehabil* 2004; 11: 59–66.
24. Božič M, Puh U. Terapija z ogledalom za spodnji ud pri pacientu po možganski kapi–studija primera. *Fizioterapija* 2009; 17 (S4): 82–90.
25. Stoykov ME, Corcos DM. A review of bilateral training for upper extremity hemiparesis. *Occup Ther Int* 2009; 16: 190–203.
26. McCabe CS, Haigh RC, Ring EF, Halligan PW, Wall PD, Blake DR. A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type 1). *Rheumatol* 2003; 42: 97–101.
27. Darnall BD. Self-delivered home-based mirror therapy for lower limb phantom. *Am J Phys Med Rehabil* 2009; 88: 78–81.
28. Hanling SR, Wallace SC, Hollenbeck KJ, Tulis MR. Preemptive mirror therapy may prevent development of phantom limb: a case series. *Anesth Analg* 2010; 110: 611–14.
29. Sathian K, Greenspan AI, Wolf SL. Doing it with mirrors: a case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabil Neural Rep* 2000; 14: 73–6.
30. Stevens JA, Stoykov ME. Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1090–2.
31. Maihöfner C, Handwerker HO, Neundörfer B, Birklein F. Patterns of cortical reorganization in complex regional pain syndrome. *Neurology* 2003; 61: 1707–15.
32. Tichelaar YIGV, Geertzen JHB, Keizer D, van Wilgen CP. Mirror box therapy added to cognitive behavioural therapy in three chronic complex regional pain syndrome type I patients: a pilot study. *Int J Rehabil Res* 2007; 30: 181–8.
33. Hlebš S, Kacin A, Puh U. Mirror terapija u lječenju bolnog sindroma ruke. Mirror therapy in a patient with CRPS : a single case report. In: Grubišić M, Šćepanović D, Mrakovčić-Šutić I, eds. 6. kongres fizioterapeuta Hrvatske s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik, 16.-18. listopada 2009. Zbornik radova. Zagreb: Hrvatska komora fizioterapeuta, 2009. p. 129–134.
34. Imai I, Shiomi T, Takeda K, Taniguchi T, Kato H. Sensorimotor cortex activation during the mirror therapy in healthy right-handed subjects: a study of near-infrared spectroscopy (NIRS). *Physiotherapy* 2007; 93(S1): S469.
35. Matsuo A, Morioka S, Hiyamizu M, Shomoto K, Seki K. The change of mu rhythm during movement illusion used the mirror. *Physiotherapy* 2007; 93(S1): S584.
36. Rizzolatti G, Sinigaglia C. The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nat Rev Neurosci* 2010; 11: 264–74.
37. Garry MI, Loftus A, Summers JJ. Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp Brain Res* 2005; 163: 118–122.
38. Funase K, Tabira T, Higashi T, Liang N, Kasai T. Increased corticospinal excitability during direct observation of self-movement and indirect observation with a mirror box. *Neurosci Lett* 2007; 419: 108–112.
39. Matthys K, Smits M, Van der Geest JN, Van der Seurnick R, Stam HJ, Selles RW. Mirror-induced visual illusion of hand movements: a functional magnetic resonance imaging study. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 675–681.
40. Tominga W, Matsubayashi J, Furuya M, Mutsuhashi M, Mima T, Fukuyama H, et al. Asymmetric activation of the primary motor cortex during observation of a mirror reflection of a hand. *PLoS One* 2011; 6: e28226.
41. Shinoura N, Suzuki Y, Watanabe Y, Yamada T, et al. Mirror therapy activates outside of cerebellum and ipsilateral M1. *Neuro Rehabil* 2008; 23: 245–252.
42. Michielsen ME, Smits M, Ribbers GM, Stam HJ, Van der Geest JN, Bussmann JB, et al. The neuronal correlates of mirror therapy: an fMRI study on mirror induced visual illusions in patients with stroke. *J Neurol Neurosurg Psych* 2011; 82: 393–398.
43. Dohle C, Stephan KM, Valvoda JT, Hosseiny O, Tellmann L, Kühlen T, et al. Representation of virtual arm movements in precuneus. *Exp Brain Res* 2011; 208: 5 43–55.
44. Sharma N, Pomeroy VM, Baron JC. Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke? *Stroke* 2006; 37: 1941–1952.
45. Mulder T, Zijlstra S, Zijlstra W, Hochstenbach J. The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Exp Brain Res* 2004; 154: 211–217.
46. Fukumura K, Sugawara K, Tanabe S, Ushiba J, Tomita Y. Influence of mirror therapy on human motor cortex. *Int J Neurosci* 2007; 117: 1039–1048.