

PROF. DR HAB. N. MED. JÓZEF OPARA^{1,2}, DR N. MED. WIESŁAW RYCERSKI¹, LEK. JAROSŁAW SZCZYGIEL¹, DR N. K. F. JUSTYNA MAZUREK^{3,4},
MGR RAFAŁ WARDEJN¹, MGR ALEKSANDRA KUCIŃSKA¹

¹„Repty” Górnośląskie Centrum Rehabilitacji w Tarnowskich Górach

²Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach

³Szpital im. św. Jadwigi Śląskiej w Trzebnicy

⁴Katedra i Zakład Rehabilitacji Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

Innowacyjne zastosowanie wirtualnej rzeczywistości

w unowocześnianiu terapii lustrzanej w niedowładzie kończyny górnej

Praca recenzowana

Powszechnie uważa się, że ręka i mózg są czymś, co odróżnia nas od pozostałych naczelnych. Choć zdrowy mózg pozostaje ciągle nieodkryty, dotychczasowy stan wiedzy traktuje coraz częściej o możliwościach kompensacyjnych uszkodzonej tkanki mózgowej (w tym po udarze mózgu), co zachęca badaczy do poszukiwania nowych metod rehabilitacji i leczenia. Mówi się o tzw. naturalnej neuroplastyczności mózgu, czyli odmaskowaniu latentnych połączeń, rozgałęzianiu się aksonów i synaptogenezie.

Wzmocnienie strukturalnej i funkcjonalnej reorganizacji uszkodzonego mózgu, a co za tym idzie – przywrócenie funkcji kończyny górnej, to najważniejsze cele nowoczesnej rehabilitacji poudarowej.

Jedną z nowszych metod usprawnienia funkcji kończyny górnej jest terapia z zastosowaniem lustra – narzędzia dającego obraz imitacji pra-

widłowego ruchu – zwana także metodą sprzężenia zwrotnego (ang. *Mirror Visual Feedback* – MVF). Metoda ta, po raz pierwszy opisana w 1996 roku przez Vilayanura S. Ramachandran (1) i pierwotnie wykorzystana w leczeniu bólu „kończyny fantomowej” u osób po amputacji ręki, opiera się

Jedną z metod usprawniania funkcji kończyny górnej jest terapia z wykorzystaniem lustra – narzędzia dającego obraz imitacji prawidłowego ruchu.

na poruszaniu zdrową kończyną i obserwowaniu jej lustrzanego odbicia, nałożonego na (niewidoczną) chorą kończynę, tworząc w ten sposób wizualną iluzję prawidłowego ruchu niedowładnej kończyny. Wydaje się, że bodźcowe działanie lustra może

więc być tutaj jedną z technik transformacji sensomotorycznej, a tym samym przyczyniać się do reorganizacji kory czuciowo-ruchowej. Metoda MVF znalazła swoje zastosowanie w terapii allodynii, zespołu algodystroficznego, porażień/niedowładów kończyn czy zaburzeń poznawczych. Do tej pory w tradycyjnej terapii wykorzystywano zwykle lustro (2) (ryc. 1).

Choć w ostatnich latach ukazał się szereg doniesień zawierających wyniki badań klinicznych i systematycznych przeglądów piśmiennictwa poświęconych skuteczności MVF, to jednak wciąż istnieje potrzeba (głównie ze względu na ograniczenia metodologiczne oraz małą liczebność próbek) prowadzenia dalszych badań z tego zakresu. Z systematycznego przeglądu literatury w bazie Cochrane dotyczącego kontrolowanych doniesień klinicznych na temat terapii z wykorzystaniem lustra dokonano przez Rothangela i współautorów (3, 4), ▶

TITLE: Innovative application of virtual reality in the development of mirror therapy for upper limb paresis

STRESZCZENIE

Poprawa funkcji kończyny górnej to jeden z najważniejszych celów nowoczesnej rehabilitacji poudarowej. Jedną z najnowszych metod usprawniania funkcji kończyny górnej jest terapia z zastosowaniem lustra, zwana także metodą sprzężenia zwrotnego (*Mirror Visual Feedback* – MVF). W prezentowanej

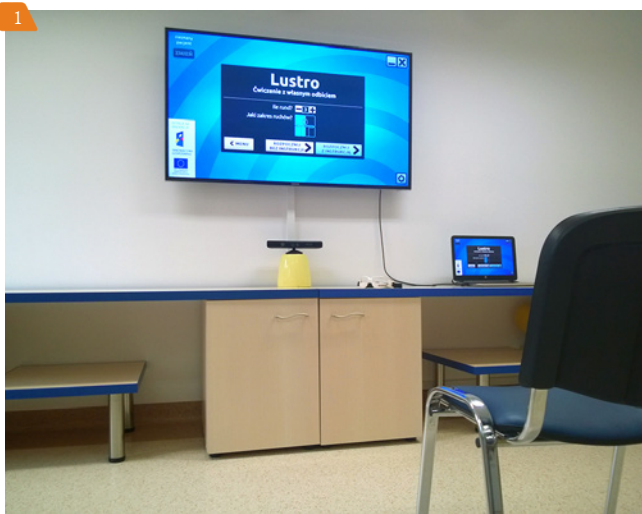
pracy przedstawiono wstępne wyniki badania dotyczącego oceny skuteczności innowacyjnej terapii lustrzanej wykorzystującej program komputerowy u pacjentów we wczesnym okresie po udarze mózgu prowadzonych wg standardowego procesu usprawniania.

SŁOWA KLUCZOWE: udar, niedowład, terapia lustrzana, wirtualna rzeczywistość

SUMMARY: The improvement of the upper limb function is one of the most significant aims of a modern rehabilitation following

stroke. One of the latest methods of the rehabilitation of the upper limb function is mirror therapy, also called Mirror Visual Feedback – MVF. The paper presents the preliminary results of the study on the efficacy assessment of innovative mirror therapy using a computer software in patients with recent stroke, applied according to a standard rehabilitation procedure.

KEYWORDS: stroke, paresis, mirror therapy, virtual reality



fot. archiwum autorów



Fot. 1-4. Przykładowe stanowisko do ćwiczeń z wykorzystaniem wirtualnej terapii lustrzanej

► w którym uwzględniono dziesięć badań z randomizacją, wynika, że były one heterogeniczne w zakresie tak projektowania, jak i rozmiarów, warunków badania oraz oceny wyników. Metodologiczna jakość projektów była zróżnicowana, z czego tylko część z nich była wysokiej jakości.

Cel pracy

Celem prezentowanego badania była ocena skuteczności innowacyjnej terapii wykorzystującej program komputerowy do ćwiczeń ruchowych i poznawczych u pacjentów we wczesnym okresie po udarze mózgu prowadzonych tradycyjnymi metodami rehabilitacji. Formułując cel badania, przyjęto następującą hipotezę: usprawnianie kończyny górnej przy pomocy nowoczesnej terapii lustrzanej z wykorzystaniem nowoczesnego programu komputerowego po-

prawi wyniki rehabilitacji po udarze mózgu.

Materiał i metoda badawcza

Opisywany program działa w oparciu o technologię przechwytywania ruchu (ang. *motion capture*) i nakładanie obrazu generowanego komputerowo w świecie rzeczywistym na obraz wirtualny (ang. *augmented reality*). Pełny zestaw składa się z kamerki internetowej z urządzeniem wejściowym ki-



Ryc. 1. Tradycyjna terapia lustrzana

nect stanowiącym czujnik ruchu, mobilnego stanowiska, w skład którego wchodzi: duży wyświetlacz (można wykorzystać odbiornik TV), system komputerowy oraz system optyczny w technologii 3D, który umożliwia trójwymiarową analizę obrazu i tworzenie trójwymiarowej wirtualnej rzeczywistości. W wersji uproszczonej pacjent może samodzielnie ćwiczyć w domu przed kamerką internetową. Korzystając z tego urządzenia, chory widzi na ekranie swoje lustrzane odbicie i obiekty, z którymi wchodzi w interakcję. Jego zadaniem jest łapanie, przesuwanie, eliminacja, uderzenie lub unikanie widzianych obiektów (fot. 3). Dzięki wykorzystaniu technologii wirtualnej rzeczywistości pacjent otrzymuje natychmiastową informację zwrotną o poprawności i poziomie wykonania ćwiczenia. Wśród wielu modułów istnieje program umożliwiający

Nr	POZYCJA WYJŚCIOWA	RUCH	LICZBA POWTÓRZEŃ
1.	Dłoń w pronacji oparta na wałeczkach	Odwracanie i nawracanie przedramienia	15
2.	Dłoń w pronacji oparta na wałeczkach	Zginanie grzbietowe i dłoniowe ręki	15
3.	Dłoń w pronacji oparta na wałeczkach	Odwodzenie łokciowe i przywodzenie promieniowe ręki	15
4.	Dłoń w pozycji pośredniej oparta na wałeczkach	Zaciskanie i otwieranie palców ręki	15
5.	Dłoń w pozycji pośredniej oparta na wałeczkach	Przeciwstawianie kciuka poszczególnym palcom	15
6.	Dłoń w pozycji pośredniej oparta na wałeczkach	Wylizywanie kolejno palców – prostowanie ich z zamkniętej dłoni	15
7.	Ręka oparta stroną dłoniową o blat stołu	Ściąganie materiału do wnętrza dłoni (gniecenie go) i rozprostowywanie materiału, wypychając palcami na zewnątrz	15
8.	Ręka oparta stroną dłoniową o blat stołu	Rozszerzanie i składanie palców ręki	15
9.	Ręka oparta stroną dłoniową o blat stołu	Przesuwanie dłoni w kierunku dalszej krawędzi stołu, prostując przedramię w stawie łokciowym, następnie przyciąganie ręki w kierunku bliższej krawędzi stołu, zginając przedramię w stawie łokciowym. Tułów wyprostowany	15
10.	Łokieć oparty o blat stołu	Rozszerzanie i składanie palców	15
11.	Kończyny górne opuszczone wzdłuż tułowia	Wznos kończyn górnych przodem w górę i opuszczanie przodem w dół	15
12.	Kończyny górne opuszczone wzdłuż tułowia	Dotknięcie rękami czubka głowy, odwiedzenie kończyn górnych bokiem w górę, dotknięcie czubka głowy, opuszczenie kończyn górnych	15
13.	Kończyny górne zgięte w stawach łokciowych	Rotacja zewnętrzna i wewnętrzna w stawie barkowym	15

Tab. 1. Zestaw ćwiczeń

zastosowanie terapii lustrzanej. Należy podkreślić, że dotychczas w piśmiennictwie światowym brakuje doniesienia na temat wykorzystania wirtualnej rzeczywistości do terapii lustrzanej.

W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki wstępne, obejmujące 20 chorych (10 z grupy kontrolnej – osoby ćwiczące z wykorzystaniem programu komputerowego i 10 z badanej – osoby otrzymujące tradycyjny program usprawniania) z niedowładem połowicznym, z ograniczoną funkcją kończyny górnej, poddanych wczesnej rehabilitacji poszpitalnej – do 3 miesięcy po zachorowaniu na udar mózgu, z siłą mięśniową kończyny ocenioną na 3 lub 4 stopnie według skali Lovetta. Projekt docelowo obejmie 60 chorych. Terapia była prowadzona przez 4 tygodnie, 5 dni w tygodniu.

Dobór chorych do grup był losowy. Zestaw ćwiczeń przedstawiono w tab. 1. Pacjenci z grupy kontrolnej ćwiczyli według tego samego schematu, z tym, że bez użycia wirtualnego lustra.

Ocenę wyników rehabilitacji przeprowadzono przy pomocy Wskaźnika Funkcjonalnego „Repty” (WFR), skali ręki Frenchay, testu szybkiego otwierania i zamykania dłoni (*Rapid Hand Flick Time* – RHFT), mierzono również siłę mięśniową obydwu rąk przed terapią i po zakończonej terapii.

Za kryteria wykluczenia przyjęto: całkowity brak ruchu dowolnego kończyny górnej (1 punkt w skali WFR), bardzo sprawna funkcja kończyny górnej (7 punktów w skali WFR), czas od udaru dłuższy niż 3 miesiące, całkowity brak współpracy ze strony pacjenta: totalna afazja, otępienie (*Mini* ▶

reklama

TWOJA DROGA DO AKTYWNOŚCI™



DZIECIĘCE



DLA DOROSŁYCH



SPORTOWE



GTM MOBIL M-T Wallisiewicz Sp. K.
 ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa
 e-mail: gtmobil@gtmmobil.com.pl

	WIEK	PLEĆ	MMSE	WFR	FAT	RHFT (s) KOŃCZYNA NIEDOWŁADNA	RHFT (s) KOŃCZYNA ZDROWA	SIŁA (KG) KOŃCZYNA NIEDOWŁADNA	SIŁA (KG) KOŃCZYNA ZDROWA
Grupa kontrolna N = 10	75,4	5K/5M	27,9	przed: 77,7 po: 79,9	przed: 5,3 po: 5,6	przed: 37,4 po: 30,5	przed: 23,7 po: 20,8	przed: 17,8 po: 18,4	przed: 28,2 po: 29
Grupa badana N = 10	73,1	7K/3M	27,7	przed: 80,2 po: 89,8	przed: 4,8 po: 6,3	przed: 39,9 po: 22,8	przed: 23,7 po: 17,2	przed: 11 po: 17,4	przed: 27,2 po: 29,4

Tab. 2. Wyniki przeprowadzonych badań

► *Mental State Examination* – MMSE poniżej 24 punktów) oraz całkowite usztywnienie stawu barkowego.

Każdy pacjent po zapoznaniu się z założeniami badania wyraził świadomą zgodę na uczestnictwo w projekcie. Projekt uzyskał akceptację Komisji Bioetycznej Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach.

Wstępne wyniki badania

Wyniki przeprowadzonych badań u 20 pacjentów przedstawiono w tab. 2.

Wnioski i kierunki dalszych badań

Wykazano, iż średnie różnice uzyskanych wyników zmiennych przed rehabilitacją i po zastosowanej rehabilitacji w obydwu grupach w teście FAT wzrosły (czyli chory jest w stanie wykonać więcej czynności niedowładną kończyną górną), natomiast w RHFT zmalały (czyli pacjent potrzebuje mniej czasu, by 20 razy otworzyć i zamknąć dłoń). Oznacza to poprawę ogólnej sprawności badanej kończyny górnej. Zwraca uwagę fakt, że opisywana sprawność niedowładnej ręki okazała się znacząco większa po zastosowaniu terapii z użyciem wirtualnego lustra

W światowym piśmiennictwie brakuje doniesienia na temat wykorzystania wirtualnej rzeczywistości do terapii lustrzanej.

(w grupie badanej). Wzrosła także siła mięśniowa obydwu kończyn, przy czym znaczną różnicę przed terapią i po terapii zaobserwowano dla kończyny niedowładnej w grupie badanej (aż 6,4 kg).

Już na obecnym etapie wyników wstępnych należy zaznaczyć, że ograniczeniem pracy wydaje się duża trudność w doborze pacjentów, ze względu na rygorystyczne kryteria włączenia/wykluczenia. Jednakże po udowodnieniu skuteczności terapii z wykorzystaniem wirtualnego lustra może ona:

- stać się cennym dodatkiem do prowadzonego standardowego procesu usprawniania osób po udarze mózgu z niedowładem kończyny górnej (kinezyterapii, klinicznej terapii zajęciowej),
- umożliwić rozszerzenie standardowych technik nerwowo-mięśniowych

wych w rehabilitacji neurologicznej, co ważne, także w warunkach domowych.

Istnieje potrzeba dalszych badań, szczególnie na większej liczbie uczestników, co pozwoliłoby na uogólnienie wyników, ukierunkowanych na określenie optymalnego czasu trwania zastosowanej interwencji i jej intensywności. □

Piśmiennictwo

1. Ramachandran V.S., Rogers-Ramachandran D.: *Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors*. „Proc. Biol. Sci.”, 263 (1369), s. 377-86, 1996-04.
2. Radajewska A., Opara J., Kucio C., Błaszczyszyn M., Mehlich K., Szczygieł J.: *The effects of mirror therapy on arm and hand function in subacute stroke in patients*. „Int. J. Rehabil. Research”, 2013; Sep; 36 (3): 268-74.
3. Rothgangel A.S. i wsp.: *The clinical aspects of mirror therapy in rehabilitation: a systematic review of the literature*. „Int. J. Rehabil. Research”, 2011; 34 (1): 1-13.
4. Thieme H. i wsp.: *Mirror therapy for improving motor function after stroke (protocol)*. „Cochrane Database Syst. Rev.”, 2010; 4: CD008449.

PODSUMOWANIE

Materiał

20 osób po przebyciu udaru mózgu (10 – grupa badana, 10 – grupa kontrolna) dobranych losowo do obydwu grup badawczych.

Zastosowany program rehabilitacji

Schemat ćwiczeń, które powtarzane były codziennie, przedstawiono w tab. 1.

Metody oceny

- Wskaźnik Funkcjonalny „Repty” (WFR),
- skala ręki Frenchay,
- *Rapid Hand Flick Time* (RHFT),
- siła mięśniowa obydwu rąk oceniana przed terapią i po zakończonej terapii.

Wskazania i przeciwwskazania

Podczas przeprowadzonej 4-tygodniowej terapii programu badawczego nie zaobserwowano powikłań zastosowanej metody.

Wskazania:

- pacjenci ze schorzeniami i urazami neurologicznymi, w szczególności po przebyciu udaru, urazie czaszkowo-mózgowym oraz ze stwardnieniem rozsianym.

Kryteria wykluczenia:

- całkowity brak ruchu dowolnego kończyny górnej (1 punkt w skali WFR),
- bardzo sprawna funkcja kończyny górnej (7 punktów w skali WFR),
- czas od udaru dłuższy niż 3 miesiące,
- całkowity brak współpracy ze strony pacjenta: totalna afazja, otępienie (MMSE poniżej 24 punktów),
- całkowite usztywnienie stawu barkowego.

Rezultaty

Większa sprawność kończyny górnej i istotna poprawa siły mięśniowej ręki w grupie pacjentów poddanych terapii.