

Michał WIECZOREK<sup>1,2</sup>, Maciej MAKUCH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Fizjoterapii Układu Nerwowego i Narządu Ruchu, AWF im. J. Kukuczki, Katowice (doktorant)

<sup>2</sup>Oddział Rehabilitacji Neurologicznej, Centrum Zdrowia sp. z o.o., Mikołów

## OCENA SKUTECZNOŚCI ĆWICZEŃ KOŃCZYNY GÓRNEJ, WYKONYWANYCH W PRZESTRZENI WIRTUALNEJ PRZY ZASTOSOWANIU BIOLOGICZNEGO SPRZEŻENIA ZWROTNEGO, U PACJENTÓW PO UDARZE NIEDOKRWIENNYM MÓZGU – DONIESIENIA WSTĘPNE

**Streszczenie:** Celem badań była ocena wpływu programu rehabilitacji pacjentów po udarze na funkcjonalność, motorykę, zakresy ruchomości oraz wartości siły kończyny górnej, uzupełnionego o ćwiczenia w przestrzeni wirtualnej oraz porównanie osiągniętych wyników z grupą kontrolną. Do oceny stanu funkcjonalnego pacjentów użyto testów Fugl-Mayer Motor Assessment, Frenchy Arm Test oraz skali Lovetta. Dokonano pomiarów zakresu ruchomości w stawach barkowym, promieniowo-nadgarstkowym (płaszczyzny: czołowa i strzałkowa), łokciowym, jak również zmierzono wartości siły chwytów: cylindrycznego, szczypcowego, bocznego i trójpunktowego.

**Słowa kluczowe:** udar niedokrwienny, wirtualna rzeczywistość, biofeedback

### 1. WSTĘP

Udar i inne choroby naczyniowe mózgu powodowane zablokowaniem przepływu krwi lub krwawieniem powodują utratę normalnego krążenia i skutkują powstaniem obszarów hipoksji lub anoksji, a w rezultacie często nieodwracalne uszkodzenia mózgu [1]. Może to powodować porażenie kończyn, zaburzenia mowy, utratę pamięci i rozumienia, śpiączkę, a także śmierć [7]. Nawet 50%-75% osób po udarze odczuwa zaburzenia w obrębie kończyny górnej 3-6 miesięcy od zachorowania, co obniża jakość życia [17, 18]. Badania ukazują, że ćwiczenia prowadzone z dużą częstotliwością oraz ich zadaniowy charakter może zainicjować korową reorganizację i poprawić powrót funkcji motorycznych. Badania z użyciem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego ukazują, że trening z zastosowaniem wirtualnej rzeczywistości (virtual reality, VR) powoduje korową reorganizację u osób po udarze mózgu [15, 18].

Rzeczywistość wirtualna jest platformą technologiczną pozwalającą rozwijać środowisko generowane komputerowo, w którym można wchodzić w interakcję z każdym obiektem, jak również wykonywać zadania ruchowe [9]. Natomiast biologiczne sprzężenie zwrotne (biofeedback, BF) zwiększa świadomość ruchu lub funkcji i stosuje się je w rehabilitacji od ponad pięćdziesięciu lat aby przywrócić prawidłowe wzorce ruchowe [5, 11]. Połączenie VR

i BF pozwala na wykonanie zadań, które motywują pacjenta do pracy i przynoszą mu przyjemność [5].

## 2. CEL BADAŃ

Celem badań była ocena wpływu programu rehabilitacji pacjentów po udarze na funkcjonalność, motorykę, zakres ruchomości oraz wartość siły kończyny górnej. Program rehabilitacji został uzupełniony o ćwiczenia w przestrzeni wirtualnej, a uzyskane wyniki porównane z grupą kontrolną.

## 3. MATERIAŁY I METODY

Na prowadzenie badań uzyskano zgodę Uczelnianej Komisji Bioetycznej ds. Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (uchwała nr 6/2015).

Do badań zakwalifikowano 16 mężczyzn, których przydzielono do dwóch równolicznych grup: badanej i kontrolnej.

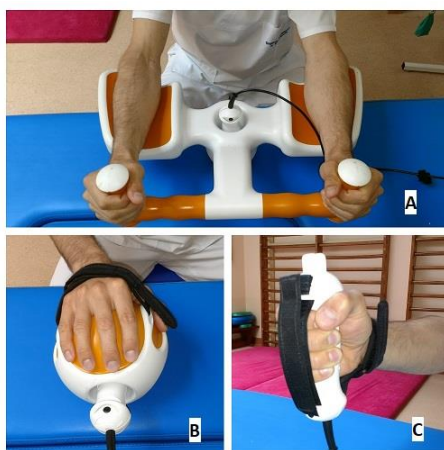
Średnia wieku w grupie badanej wynosiła 63,75 (SD 5,52) lat, średnia masy ciała wyniosła 86,88 (SD 10,43) kg, średnia wysokość ciała 1,76 (SD 0,07) metra. W grupie kontrolnej średnia wieku wyniosła 64 (SD 7,78) lata, średnia masy ciała wyniosła 75,75 (SD 13,19) kg, średnia wysokość ciała 1,71 (SD 0,07) metra.

Kryterium włączenia: udar niedokrwienny, ograniczona funkcja ręki, min. 2 w skali Lovetta[10], wczesny okres po udarze (do 2 miesięcy), min. 25 punktów w skali Mini Mental Scale[3] (określającą stan poznawczy pacjenta), ustabilizowany stan kliniczny, zgoda na udział w badaniach, brak zaburzeń ortostatycznych, 1 – 3 w skali Rankina[12] (oceniającą stopień niezależności pacjenta).

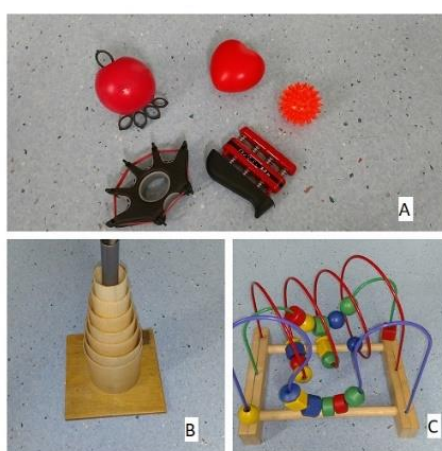
Kryterium wyłączenia: udar krwotoczny, całkowity brak funkcji chwytnej ręki (0 punktów w Frenchay Arm Test [16]), okres powyżej 2 miesięcy po udarze, <25 punktów w Mini Mental Scale, niestabilizowany stan kliniczny, brak współpracy ze strony pacjenta, brak zgody pacjenta na udział w badaniach, afazja sensoryczna, utrwalone przykurcze, guzy mózgu, padaczka, zespół Sudecka, świeże złamanie lub uraz, schorzenia skóry i stawów uniemożliwiające trening na urządzeniu, brak możliwości optymalnego dostosowania urządzenia do pacjenta, ciężka spastyczność (4 – 5 w skali Ashworth[6]), zaburzenia ortostatyczne, 0 lub 4, 5 w skali Rankina.

W grupie badanej pacjenci, oprócz tradycyjnej terapii, wykonywali ćwiczenia z użyciem systemu Pablo® (Tyromotion, Graz, Austria), będącym narzędziem zaprojektowanym do treningu w warunkach wirtualnej rzeczywistości z wykorzystaniem biofeedbacku. W skład urządzenia wchodzi czujnik połączony z komputerem za pomocą kabla USB, dodatkowo można go zamocować w przystawce w kształcie kuli lub podstawce do ćwiczeń bilateralnych (Rycina 1). W czujniku znajdują się akcelerometry umożliwiające odczytanie ruchów w dwóch osiach w zakresie 180° oraz miernik nacisku umożliwiający odczytanie siły chwytu izometrycznego do 1000 N oraz szczypcowego do 200 N. Do czujnika dołączone jest oprogramowanie zawierające narzędzia do pomiaru siły i zakresu ruchomości oraz zestaw gier.[14]

Pacjenci z grupy kontrolnej poddani zostali tradycyjnej terapii z wykorzystaniem standardowych urządzeń do prowadzenia ćwiczeń manualnych (np. piramida, aparat do ćwiczeń manualnych dłoni, piłki do rehabilitacji dłoni, przyrząd do ćwiczeń zginaczy i prostowników dłoni) (Rycina 2) w dwóch sesjach treningowych, każda po pół godziny.



**Rys. 1. Urządzenie Pablo® użyte do terapii w grupie badanej: (A) podstawa do ćwiczeń bilateralnych, (B) przystawka w kształcie kuli, (C) czujnik urządzenia**



**Rys. 2. Sprzęt wykorzystywany do tradycyjnej terapii manualnej: (A) przyrządy do ćwiczeń zginaczy i prostowników palców, (B) piramida, (C) aparat do ćwiczeń manualnych dłoni**

Terapia była prowadzona przez pół godziny dziennie, pięć dni w tygodniu, przez cztery tygodnie. Ćwiczenia dobierane były indywidualnie dla każdego uczestnika w zależności od dysfunkcji.

Przed rozpoczęciem badania oraz po zastosowanej interwencji wszyscy uczestnicy zostali poddani ocenie za pomocą skali Lovetta, Fugl-Mayer Motor Assessment (FMA)[4] oraz Frenchay Arm Test (FAT). Wykorzystując urządzenie Pablo® ocenie poddano również zakresy ruchomości w stawach barkowym, promieniowo-nadgarstkowym (płaszczyzna czołowa i strzałkowa), łokciowym (płaszczyzna strzałkowa), siłę eksplozywną uścisku cylindrycznego, szczypcowego, bocznego i trójpunktowego. Wyznaczono również Indeks Kontroli Siły (Force Control Index). Pomiary przeprowadzane za pomocą urządzenia Pablo® każdorazowo wykonywane były trzykrotnie, a uśredniona wartość tych pomiarów została użyta do obliczeń statystycznych.

Wyniki uzyskane przed i po terapii poddano analizie statystycznej przy pomocy programu STATISTICA 13.1. Wewnątrzgrupowe porównania przeprowadzono testem t Studenta, a w przypadku nie spełnienia warunków testu parametrycznego przeprowadzono test kolejności par Wilcoxona. Natomiast wyniki międzygrupowe porównano testem t Studenta dla prób niezależnych lub testem U Manna-Whineya przy braku rozkładu Gaussa (test W Shapiro-Wilka), lub niejednorodności wariancji (test Levene'a). Za istotne przyjęto prawdopodobieństwo na poziomie  $p \leq 0,05$ , a za wysoce istotne przyjęto prawdopodobieństwo na poziomie  $p \leq 0,01$ .

#### 4. WYNIKI

Średnia dni po udarze w grupie badanej wyniosła 19,13 (SD 3,36), w skali Ashworth pacjenci uzyskali średnio 0,25 (SD 0,46) punktu, natomiast w skali Rankina średnio 2,63 (SD 0,52) punktu, czterech pacjentów miało niedowład lewostronny, a kolejnych czterech prawostronny. W grupie kontrolnej zaś średni okres po udarze wyniósł 18,13 (SD 6,85) dnia, średnia punktów w skali Ashworth wyniosła 0,5 (SD 0,53), w skali Rankina 2,75 (SD 0,46), trzech pacjentów miało niedowład lewostronny, pięciu prawostronny. Wszyscy uczestnicy badania byli praworęczni.

Biorąc pod uwagę całość testu Fugl-Mayer wyniki wykazują, że w obydwu grupach uzyskano istotny statystycznie wzrost liczby uzyskanych punktów. W przypadku poszczególnych jego części składowych sytuacja przedstawia się następująco: pacjenci grupy badanej uzyskali istotną statystycznie poprawę wyników w części A i B testu, w części C wyniki pogorszyły się (12,38 pkt. przed vs. 12 pkt. po), w części D wyniki uzyskane po terapii poprawiły się, jednak zmiana nie wykazała istotności statystycznej; w grupie kontrolnej we wszystkich częściach składowych testu wykazano wzrost wyników po przeprowadzonej interwencji, jednakże tylko w części A zmiana ta wykazała istotność statystyczną. Biorąc pod uwagę wyniki uzyskane w Frenchay Arm Test obydwie badane grupy pacjentów wykazały poprawę, ale zmiana ta była statystycznie nieistotna. W skali Lovetta uzyskano poprawę w obydwu grupach, jednak tylko w grupie badanej wzrost ten nosił znamiona istotności (Tabela 1). Porównanie wyników międzygrupowych w w/w testach po zastosowanej terapii nie wykazało różnic istotnych statystycznie.

**Tabela 1. Wyniki testów w grupie badanej i kontrolnej, przed i po zastosowanej terapii. FMA – Fugl-Mayer Assesment; FMA A-D – poszczególne składowe testu FMA; FAT – Frenchay Arm Test; (+) –  $p \leq 0,05$ , (-) –  $p > 0,05$ . Test kolejności par Wilcozona**

test	badana		kontrolna	
	Przed (SD)	Po (SD)	Przed (SD)	Po (SD)
FMA-A	26,25 (9,16)	31,5 (8,59) <sup>+</sup>	28,8(4,67)	31,88 (4,32) <sup>+</sup>
FMA-B	4,88 (3,52)	8 (3,42) <sup>+</sup>	6,75 (3,65)	7,5 (3,82) <sup>-</sup>
FMA-C	12,38 (8,43)	12 (4,9) <sup>-</sup>	10,25 (5,6)	12,13 (3,36) <sup>-</sup>
FMA-D	4,88 (0,99)	5,13 (0,99) <sup>-</sup>	4,5 (0,76)	4,63 (1,30) <sup>-</sup>
FMA	48,38 (19,6)	56,63 (17,3) <sup>+</sup>	50,38 (13,14)	56,13 (11,72) <sup>+</sup>
FAT	3,50 (1,77)	4,37 (1,4) <sup>-</sup>	3,63 (1,76)	4,13 (1,36) <sup>-</sup>
Lovett	3,38 (1,06)	4,13 (1,36) <sup>+</sup>	3,63 (0,51)	4 (0) <sup>-</sup>

Wyniki uzyskane podczas pomiarów zakresów ruchomości i siły mięśniowej w grupie badanej w większości przypadków wzrosły znacząco, jednak odnotowano także spadki wartości. Wysoce istotną zmienność statystyczną uzyskano w pomiarach odwiedzenia w stawie barkowym i wyprostu w stawie promieniowo-nadgarstkowym. Wyniki istotne statystycznie uzyskano w pomiarach zgięcia w stawie barkowym, zgięcia w stawie łokciowym, pronacji przedramienia, zgięciu dopromieniowym w stawie promieniowo-nadgarstkowym oraz w pomiarach siły chwytu szczypcowego między palcami I-II, I-V, chwytu bocznego i trójpunktowego. Wzrost wyników bez uzyskania istotności statystycznej otrzymano podczas pomiarów siły chwytu cylindrycznego i wyprostu palców, supinacji przedramienia, zgięcia w stawie promieniowo-nadgarstkowym, siły chwytu szczypcowego między palcami I-III, I-IV. Spadek wartości pomiarów bez znaczenia statystycznego wykazały pomiary zgięcia dołokciowego w stawie promieniowo-nadgarstkowym oraz w Indeksie Kontroli Siły.

W grupie kontrolnej wyniki istotne statystycznie uzyskano jedynie w pomiarach odwiedzenia w stawie barkowym. W pozostałych przypadkach uzyskany wzrost wyników nie

wykazał istotności. Pogorszenie wyników odnotowano w pomiarach wyprostu w stawie promieniowo-nadgarstkowym, różnica nieistotna statystycznie. (Tabela 2)

Porównując wyniki międzygrupowe w w/w pomiarach po przeprowadzonej terapii nie wykazano różnic istotnych statystycznie.

**Tabela 2. Wyniki pomiarów grupy badanej i kontrolnej, przed i po zastosowanej terapii. Zakresy ruchów podano w stopniach kątowych; pomiary siły w [kg]; Indeks Kontroli Siły (FCI) wyliczane przez oprogramowanie urządzenia Pablo, bez jednostki. (++) –  $p \leq 0,01$ ; (+) –  $p \leq 0,05$ ; (-) –  $p > 0,05$ ; (\*) – test t Studenta dla prób zależnych; (§) – test kolejności par Wilcoxon**

test	badana		kontrolna	
	Przed (SD)	Po (SD)	Przed (SD)	Po (SD)
chwyt cylindryczny - zgięcie	7,83 (4,71)	10,57 (6,09) <sup>-*</sup>	11,19 (6,26)	11,80 (5,37) <sup>-*</sup>
chwyt cylindryczny - wyprost	1,36 (0,84)	2,04 (1,56) <sup>-*</sup>	1,58 (1,44)	2,08 (1,64) <sup>-*</sup>
st. barkowy - odwiedzenie	120,63 (56,9)	143,58 (49,03) <sup>++§</sup>	147,75 (29,67)	162,77 (35,07) <sup>+§</sup>
st. barkowy - zgięcie	122,63 (59,57)	142,92 (51,77) <sup>+§</sup>	145,07 (33,69)	166,87 (13,66) <sup>-*</sup>
st. łokciowy - zgięcie	121,11 (44,94)	146,15 (39,53) <sup>+§</sup>	141,27 (18,99)	149,37 (18) <sup>-*</sup>
pronacja przedramienia	58,35 (28,34)	71,04 (30,16) <sup>+§</sup>	75,18 (14,12)	78,36 (14,07) <sup>-§</sup>
supinacja przedramienia	74,5 (31,77)	77 (30,95) <sup>-§</sup>	71,35 (24,74)	78,70 (17,59) <sup>-§</sup>
st. promieniowo-nadgarstkowy - zgięcie	58 (22,8)	63,28 (19,29) <sup>-§</sup>	74,38 (16,45)	75,36 (14,52) <sup>-*</sup>
st. promieniowo-nadgarstkowy - wyprost	20,72 (14,38)	52,12 (21,9) <sup>++*</sup>	36,51 (13,93)	34,74 (20,47) <sup>-*</sup>
st. promieniowo-nadgarstkowy - dopromieniowo	8,85 (6,26)	20,27 (13,55) <sup>+*</sup>	15,2 (6,44)	18,75 (6,53) <sup>-*</sup>
st. promieniowo-nadgarstkowy - dolokciowo	30,83 (10,36)	29,02 (11,27) <sup>-§</sup>	34,33 (17,56)	40,63 (9,99) <sup>-*</sup>
chwyt szczypcowy I-II	1,69 (1,23)	2,49 (1,15) <sup>+*</sup>	2,3 (1,46)	2,43 (1,4) <sup>-*</sup>
chwyt szczypcowy I-III	1,60 (1)	2,01 (0,94) <sup>-*</sup>	2,10 (1,27)	2,20 (1,14) <sup>-*</sup>
chwyt szczypcowy I-IV	1,13 (0,86)	1,44 (0,74) <sup>-*</sup>	1,74 (1,05)	1,80 (0,96) <sup>-*</sup>
chwyt szczypcowy I-V	0,66 (0,57)	1,08 (0,61) <sup>+*</sup>	1,10 (0,81)	1,23 (0,86) <sup>-*</sup>

<b>chwyt boczny</b>	2,95 (1,99)	4,13 (2,21) <sup>+*</sup>	4,06 (2,64)	4,34 (2,14) <sup>-*</sup>
<b>chwyt trójpunktowy</b>	2,14 (1,57)	3,21 (1,74) <sup>+*</sup>	2,93 (1,88)	3,42 (1,94) <sup>-*</sup>
<b>FCI</b>	65,21 (24,94)	63,67 (25,65) <sup>-*</sup>	43,29 (20,95)	52,25 (16,61) <sup>-*</sup>

## 5. Dyskusja

W badaniach oceniano wpływ programu rehabilitacji pacjentów po udarze na funkcjonalność, motorykę, zakresy ruchomości oraz wartość siły kończyny górnej, uzupełnionego o ćwiczenia w przestrzeni wirtualnej z biologicznym sprzężeniem zwrotnym oraz porównano uzyskane wyniki z grupą kontrolną poddaną tradycyjnej terapii. Uzyskane wyniki ukazują większy wzrost sprawności i siły kończyny górnej u pacjentów poddanych nowoczesnej terapii. Potwierdza to rezultaty uzyskane przez innych autorów. Kluczowym aspektem w procesie usprawniania po przebytych zawale mózgu wydaje się być zapewnienie odpowiedniej intensywności ćwiczeń oraz ich zadaniowego charakteru. Same ćwiczenia powinny być dostosowane do aktualnych umiejętności, ale równocześnie powinny uwzględniać potencjał jakim dysponuje pacjent. Nie mogą być ani zbyt łatwe, ani zbyt trudne, ponieważ obydwie sytuacje mogą zniechęcać do ćwiczeń. Yeh i in. (2017) wykazali poprawę siły uścisku szcypcowego po zastosowaniu treningu w warunkach VR. Każdy z szesnastu pacjentów trzy razy w tygodniu, przez okres ośmiu tygodni uczestniczył w trzydziestominutowych sesjach treningowych z użyciem „dotykowego systemu wirtualnej rzeczywistości”. Autorzy podkreślali w swojej pracy wagę odpowiedniego dobrania zadań ruchowych do możliwości uczestników. [18] Kolejną kwestią jest ocena wyników przed i po prowadzonych interwencjach. Użyte przez nas testy nie we wszystkich aspektach wykazały odpowiednią czułość. Test Fugl-Mayer w części C ocenia zakres ruchu i stabilność w stawie promieniowo-nadgarstkowym. Wyniki uzyskane w tej części testu nie korespondowały z wynikami uzyskanymi w pomiarach zakresu ruchu uzyskanymi dzięki urządzeniu użytemu w badaniu, gdzie różnica przed i po okazała się wysoce istotna statystycznie w grupie badanej, podczas gdy w teście FMA-C wykazano spadek wartości w przeprowadzonych pomiarach. Colomer i in. (2016) wykazali poprawę funkcji kończyny górnej po 30 sesjach treningowych. Każda z sesji trwała 45 minut, treningi prowadzone były 3 do 5 razy w tygodniu i odbywały się w warunkach „mieszanej rzeczywistości”. Pacjent siedział przy stole, na powierzchni którego projektor generował obraz. Ruch kończyny był rejestrowany przez czujnik Kinect™ (Microsoft®, Redmond, WA, USA), dzięki temu uczestnicy mogli wykonywać zadania ruchowe. Autorzy skupili się na ruchach zgięcia i wyprostowania w stawie łokciowym, promieniowo-nadgarstkowym i palców oraz na chwytaniu przedmiotów. Badacze również podkreślali niską czułość testu FMA w ocenie kończyny dotkniętej mniejszym porażeniem [2]. W ocenie skuteczności podjętych działań terapeutycznych miarodajne jest określenie siły mięśniowej w skali ilościowej. Tradycyjne testy do oceny kończyny górnej dostarczają nam informacji o wzroście siły mięśni w sposób pośredni, jednakże nowoczesne urządzenia wyposażone są w narzędzia do określenia siły mięśniowej, Huang i in. (2018) użyli w badaniach zrobotyzowanego urządzenia do rehabilitacji dłoni o pięciu stopniach swobody. Po przymocowaniu dłoni urządzenie pozwala na wykonywanie ruchów czynnych jak i wspomaganych, a zadania ruchowe są wyświetlane na monitorze komputera. Autorzy badania skupili się na funkcji chwytnej ręki. Po osiemnastotygodniowej terapii uzyskano zwiększenie siły zgięcia i wyprostowania palców jak również zwiększenie zakresu ruchomości. Sesje odbywały się trzy razy w tygodniu po pół godziny. Potwierdzili tym samym użyteczność nowych metod pomiarów w ocenie postępów rehabilitacji [7]. Nie bez znaczenia wydaje się być stymulowanie ośrodka nagrody w mózgu, co można osiągnąć poprzez zastosowanie pozytywnego wzmocnienia. Samuel i in. (2017) wykazali poprawę funkcji

kończyny górnej u pacjentów poddanych terapii w warunkach wirtualnej rzeczywistości w połączeniu z przyjmowaną lewodopą. Terapia była prowadzona przez dwa tygodnie, sesje trwały pół godziny i odbywały się pięć dni w tygodniu. Urządzenie użyte w badaniach stymulowało aktywny wyprost i zgięcie w stawie łokciowym, dodatkowo stosowano pozytywne wzmocnienie w postaci sygnałów audiowizualnych po prawidłowym wykonaniu zadania. W tradycyjnej terapii nie zawsze jesteśmy w stanie wystarczająco mocno podkreślić fakt osiągnięcia kolejnego etapu, podczas gdy w oprogramowaniu dostarczanym jako platforma VR pacjenci mają możliwość śledzenia swoich postępów na bieżąco [13]. Autorzy badań skupiających się na ocenie skuteczności terapii w warunkach wirtualnej rzeczywistości podkreślają nie tylko wagę zadaniowości podejmowanych treningów, ale również fakt, że terapia taka pomaga przyciągnąć uwagę ćwiczących i utrzymać ją przez długi czas. Lee i in. (2016) poddawali pacjentów 30 minutowym sesjom, trzy razy w tygodniu przez okres sześciu tygodni. Zadanie polegało na wykonywaniu symetrycznych i asymetrycznych bilateralnych ćwiczeń w warunkach VR, wyniki uzyskane przez autorów ukazują celowość prowadzenia tego typu terapii. Wykazano również istotną statystycznie różnicę porównując uzyskane wyniki z grupą kontrolną wykonującą takie same zadania ruchowe, ale bez sprzężenia zwrotnego ze strony VR. Podkreślają oni w swojej pracy wagę utrzymania koncentracji na wykonywanym zadaniu i wyższość VR w tym względzie [8].

## 6. WNIOSKI

Uzyskane wyniki ukazują wzrost liczby punktów zdobytych po przeprowadzonych interwencjach w obydwu grupach. Jednakże wyniki osiągnięte w grupie badanej częściej wykazywały istotne statystycznie różnice wartości przeprowadzonych pomiarów. Sugeruje to większą skuteczność nowoczesnej terapii, jednakowoż zbyt mała liczebność grup nie pozwoliła na ukazanie statystycznie istotnych różnic między grupami badaną i kontrolną. Wskazane jest przebadanie większej liczby pacjentów celem wykazania, która z zastosowanych interwencji terapeutycznych (jeżeli w ogóle) przynosi większą korzyść dla pacjenta.

## LITERATURA

- [1] Ciou S.-H. et al.: Balance training using an interactive game to enhance the use of the affected side after stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 27, no. 12, 2015, p. 3855–3861.
- [2] Colomer C. et al.: Effect of a mixed reality-based intervention on arm, hand, and finger function on chronic stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 13, no. 1, 2016.
- [3] Folstein M.F. et al.: "Mini-mental state": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, vol. 12, no. 3, 1975, p. 189–198.
- [4] Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S S.S.: The post-stroke hemiplegic patient. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine.*, vol. 7, no. 1, 1975, p. 13–31.
- [5] Giggins O.M. et al.: Biofeedback in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 10, no. 1, 2013, p. 60.
- [6] Gregson J.M. et al.: Reliability of measurements of muscle tone and muscle power in stroke patients. *Age and ageing*, vol. 29, no. 3, 2000, p. 223–8.
- [7] Huang X. et al.: The Combined Effects of Adaptive Control and Virtual Reality on Robot-Assisted Fine Hand Motion Rehabilitation in Chronic Stroke Patients: A Case

- Study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, vol. 27, no. 1, 2018, p. 221–228.
- [8] Lee S. et al.: Effect of Virtual Reality-based Bilateral Upper Extremity Training on Upper Extremity Function after Stroke: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Occupational Therapy International*, vol. 23, no. 4, 2016, p. 357–368.
- [9] Lledó L.D. et al.: A Comparative Analysis of 2D and 3D Tasks for Virtual Reality Therapies Based on Robotic-Assisted Neurorehabilitation for Post-stroke Patients. *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 8, no. AUG, 2016, p. 1–16.
- [10] Lovett R.W.: Certain aspects of infantile paralysis. *Journal of the American Medical Association*, vol. LXVI, no. 10, 1916, p. 729.
- [11] Pollock A. et al.: Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*, vol. 11, no. 11, 2014, p. CD010820–CD010820.
- [12] Rankin J.: Cerebral Vascular Accidents in Patients over the Age of 60: II. Prognosis. *Scottish Medical Journal*, vol. 2, no. 5, 1957, p. 200–215.
- [13] Samuel G.S. et al.: Combining levodopa and virtual reality-based therapy for rehabilitation of the upper limb after acute stroke: Pilot study part II. *Singapore Medical Journal*, vol. 58, no. 10, 2017, p. 610–617.
- [14] Seitz, Alexander R.J.: Monitoring of Visuomotor Coordination in Healthy Subjects and Patients with Stroke and Parkinson’s Disease: An Application Study Using the PABLOR-Device. *International Journal of Neurorehabilitation*, vol. 01, no. 02, 2014, p. 1–8.
- [15] Tobler-Ammann B.C. et al.: Concurrent validity and test-retest reliability of the Virtual Peg Insertion Test to quantify upper limb function in patients with chronic stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 13, no. 1, 2016, p. 1–14.
- [16] Wade D.T. et al.: The hemiplegic arm after stroke: measurement and recovery. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, vol. 46, no. 6, 1983, p. 521–524.
- [17] Widmer M. et al.: Does motivation matter in upper-limb rehabilitation after stroke? ArmeoSenso-Reward: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, vol. 18, no. 1, 2017, p. 1–9.
- [18] Yeh S.C. et al.: The Efficacy of a Haptic-Enhanced Virtual Reality System for Precision Grasp Acquisition in Stroke Rehabilitation. *Journal of Healthcare Engineering*, vol. 2017, 2017.

## **EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF UPPER LIMB EXERCISE PERFORMED IN THE VIRTUAL REALITY USING BIOFEEDBACK IN PATIENTS AFTER ISCHEMIC STROKE - PRELIMINARY REPORTS**

**Abstract:** The aim of the study was to assess the impact of post-stroke rehabilitation program on functionality, motor skills, mobility ranges and upper limb strength values, supplemented with VR exercises and comparison of the results obtained with the control group. The Fugl-Mayer Motor Assessment, the Frenchy Arm Test and the Lovett scale were used to assess the functional status of the patients. Measurements of the range of motion in shoulder, radial-wrist joints (planes: frontal and sagittal) and elbow were measured, as well as the values of grip strength: cylindrical, pincer, lateral and three-point.