

Elżbieta MAŁECKA<sup>1</sup>, Iga GARBOWSKA<sup>1</sup>, Monika DYBA<sup>1</sup>, Joanna SZOSTEK<sup>1</sup>,  
Monika BORATYN<sup>1</sup>, Piotr WODARSKI<sup>2</sup>, Jacek JURKOJC<sup>2</sup>, Andrzej BIENIEK<sup>2</sup>,  
Agata GUZIK-KOPYTO<sup>2</sup>, Jarosław PASEK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Wydział Fizjoterapii Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki,  
ul. Mikołowska 72a, 40-001 Katowice, Poland

<sup>2</sup> Wydział Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Śląska,  
ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Poland

<sup>3</sup> Instytut Wychowania Fizycznego, Turystyki i Fizjoterapii, Uniwersytet im. Jana Długosza, ,  
ul. Waszyngtona 4/8, 42-200 Częstochowa

## ZAKRESY RUCHÓW KRĘGOSŁUPA PODCZAS TERAPII POZNAWCZO – RUCHOWEJ W PRZESTRZENI WIRTUALNEJ W REHABILITACJI PACJENTÓW Z WYBRANYMI USZKODZENIAMI OŚRODKOWEGO UKŁADU NERWOWEGO – WYNIKI WSTĘPNE

**Streszczenie:** Uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego (OUN) wiążą się z upośledzeniem określonych funkcji poznawczo – ruchowych w organizmie człowieka. Następstwa uszkodzenia mózgu mogą objawiać się czasową bądź trwałą niepełnosprawnością i/lub ograniczeniami neurobehawioralnymi. Poszukiwanie nowych metod diagnostyki i rehabilitacji OUN często prowadzi do wykorzystania Technologii Wirtualnej Rzeczywistości. Terapia wirtualna jest interaktywna w czasie rzeczywistym i pozwala na ruch w trzech wymiarach. Celem pracy była ocena ilościowa i jakościowa zakresów ruchomości wybranych odcinków kręgosłupa podczas wykonywania ćwiczeń ruchowo-poznawczych w wirtualnej rzeczywistości. Badania przeprowadzono z udziałem 5 osób z uszkodzeniami OUN, które poddano 2-tygodniowej rehabilitacji. Oceny terapii dokonano na podstawie zmian ruchomości poszczególnych odcinków kręgosłupa przed i po terapii. Wyniki potwierdzają nowe możliwości diagnostyczne tradycyjnej terapii połączonej z Technologią Wirtualnej Rzeczywistości.

**Słowa kluczowe:** fizjoterapia, uszkodzenie OUN, wirtualna rzeczywistość, neurorehabilitacja

### 1. WSTĘP

Uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego wiąże się z upośledzeniem określonych funkcji poznawczo – ruchowych w organizmie człowieka. Następstwa uszkodzenia mózgu mogą objawiać się czasową bądź trwałą niepełnosprawnością i/lub ograniczeniami neurobehawioralnymi. Ze strony narządu ruchu objawami niepełnosprawności mogą być

niedowład, wzmożone napięcie mięśni (spastyczność), występowanie odruchów patologicznych oraz wygórowanych odruchów głębokich i klonusów [1]. Do głównych deficytów funkcji poznawczych zaliczyć należy zaburzoną zdolność przenoszenia uwagi, nieprawidłową koncentrację, nieumiejętność rozwiązywania problemów, nieumiejętność planowania, zbyt wolne przetwarzanie informacji, zaburzenia pamięci, deficyty w zakresie nabywania nowych informacji lub odtwarzania wcześniej nabytych umiejętności czy ogólne zaburzenia komunikacji werbalnej i pozawerbalnej [2,3]. Wymienionym deficytom funkcji poznawczych mogą towarzyszyć również zespoły neurologiczne adekwatne do miejsca uszkodzenia mózgu takie jak np. afazja, zespół zaniedbywania połowiczego czy depresja. Wszystkie powyższe deficyty neurologiczne wymagają prowadzenia ciągłej, kompleksowej zindywidualizowanej rehabilitacji. Aktualnie programy terapeutyczne wzbogacane są terapią wykonywaną w wirtualnej przestrzeni.

Rzeczywistość wirtualna (ang. *virtual reality* – VR) to stworzony przy pomocy technologii informatycznych obraz sztucznej rzeczywistości – przedmiotów, postaci, przestrzeni i zdarzeń istniejących jedynie w pamięci komputera. Rozwój technologii komputerowych oraz systemów informatycznych sprawia, że są one coraz częściej wykorzystywane w medycynie. Dotyczy to także rehabilitacji, gdyż w niektórych przypadkach tradycyjna terapia prowadzona u pacjentów jest często nie wystarczająca bądź mało skuteczna. Terapia wirtualna jest interaktywna w czasie rzeczywistym i pozwala na ruch w trzech wymiarach. Jej odmianą jest rzeczywistość poszerzona (ang. *augmented reality* – AR), która łączy ze sobą świat wirtualny i prawdziwy. Bazuje na kopiowaniu obrazu realnie istniejących osób, scenerii oraz zdarzeń. Wprowadza pacjenta do świata rzeczywistości wirtualnej. Systemy rzeczywistości wirtualnej pozwalają użytkownikowi na zanurzenie się w niej (ang. *immersion*), tj. sprawiają poczucie rzeczywistości świata wirtualnego, który może być bardzo zróżnicowany w zależności od używanego systemu [4].

Intensywny rozwój badań nad zastosowaniem VR w neurorehabilitacji obserwuje się od kilkunastu lat. W styczniu 2009 powołano Międzynarodowe Towarzystwo Rehabilitacji Wirtualnej – *International Society for Virtual Rehabilitation* (ISVR), którego zadaniem było stworzenie platformy porozumienia i współpracy pomiędzy inżynierami, naukowcami i klinicystami zainteresowanymi wprowadzaniem nowych technologii w rehabilitacji. Szczególnie często oceniana jest jej skuteczność w rehabilitacji neurologicznej u pacjentów po udarze mózgu, po urazach czaszkowo-mózgowych, z chorobą Parkinsona, ze stwardnieniem rozsianym, z ataksją mózdkową, dystrofią mięśniową Duchenne’a oraz zaburzeniami funkcji poznawczych. W swym założeniu rehabilitacja z wykorzystaniem VR ma pozwalać na dobieranie specyficznych zadaniowo, a przy tym atrakcyjnych form ćwiczeń, aby nabyte w warunkach sztucznych umiejętności i funkcje mogły być wykorzystywane w świecie realnym. Zaletą treningu z wykorzystaniem VR jest wysoki poziom powtarzalności ćwiczeń przy jednoczesnej różnorodności treningu, co pozwala na zmniejszenie poczucia obciążenia wysiłkiem [9,10]. Ponad 50 z zarejestrowanych od lutego 2006 roku do listopada 2016 roku badań klinicznych to badania mające na celu ocenę skuteczności wykorzystywania rzeczywistości wirtualnej w grupie chorych po udarze mózgu [11]. Terapia z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości może być stosowana jako uzupełnienie konwencjonalnej rehabilitacji złożonej z fizjoterapii i terapii zajęciowej [12,13], ale przynosi korzyści również gdy stosowana jest w odległym czasie od udaru [14].

## 2. CEL PRACY

Celem pracy była ocena ilościowa i jakościowa zakresów ruchomości wybranych odcinków kręgosłupa podczas wykonywania ćwiczeń ruchowo-poznawczych według zaplanowanej metodyki. Program ćwiczeń zakłada oprócz standardowej polisensorycznej

procedury leczniczej specjalne ćwiczenia z wykorzystaniem okularów 3D i przestrzeni wirtualnej.

### 3. MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Badania przeprowadzono w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym nr 5 im. Św. Barbary w Sosnowcu w Oddziale Rehabilitacji Neurologicznej. W badaniu uczestniczyło 5 pacjentów (1 kobieta i 4 mężczyzn) w wieku od 41–78 lat (masa od 80-100kg) z wybranymi uszkodzeniami ośrodkowego układu nerwowego (4 pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu p2-p5 i 1 pacjent po udarze krwotocznym p1). Badanie zostało przeprowadzone po upływie od 3 do 5 miesięcy od zachorowania dla poszczególnych osób. U najmłodszego z pacjentów rozpoznano stan po krwotoku podpajęczynówkowym z syfonu lub rozwidlenia tętnicy szyjnej z przebiciem do układu komorowego. Pozostałe osoby prezentowały stan po udarze niedokrwiennym w zakresie unaczynienia tylnej, środkowej tętnicy mózgu oraz niewydolność tętnic kręgowo-podstawnych.

Badanych poddano programowi 2 tygodniowej rehabilitacji, która uwzględniała terapię neurofizjologiczną, poznawczą oraz fizykalną z dodatkowymi ćwiczeniami w wirtualnej przestrzeni. Każdy pacjent poddany był szczegółowemu badaniu przed rehabilitacją (badanie nr 1) oraz po rehabilitacji (badanie nr 2).

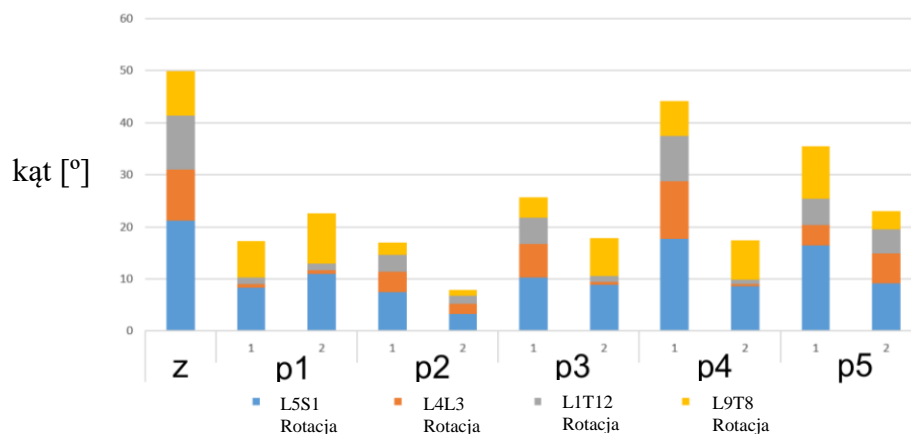
Badanie polegało na monitorowaniu swobodnej reakcji pacjenta na zadania, zawierające elementy świata wirtualnego (elementy gry komputerowej). Program treningowy został opracowany na potrzeby grupy badawczej. Pacjenci wykonywali ćwiczenia w pozycji siedzącej na krześle ze stopami opartymi na ziemi. Pacjenci wykonywali ćwiczenia w okularach Oculus DK2. Każda codzienna sesja ćwiczeniowa trwała 15 minut z ilością powtórzeń zależną od stopnia sprawności osoby badanej. Podczas sesji terapeutycznych pacjenci wykonywali ruch zgięcia, wyprost, odwiedzenia, przywiedzenia, rotacji wewnętrznej i zewnętrznej w stawie barkowym, zgięcie i wyprost w stawie łokciowym, odwracanie i nawracanie przedramienia oraz zgięcie, wyprost, odwiedzenie i przywiedzenie w stawach promieniowo-nadgarstkowych. Wszystkie wyżej wymienione ruchy wykonywane były w płaszczyźnie złożonej. Pacjenci aktywowani przez zadania ruchowe prowadzili ruch po przekątnej (diagonalnie) w górę i w dół w taki sposób, aby ruch zawsze zawierał komponentę rotacji. Według zaplanowanej metodologii pacjenci wykonywali proste czynności dnia codziennego, takie jak podlewanie wodą trawnika, znajdującego się w ich polu widzenia oraz każdorazowo w określonym czasie mieli strącić jak największą ilość drewnianych beczek ustawionych w określony sposób, za pomocą ognistych kul, które samodzielnie generowali. Beczki uszeregowane były na wznoszących się ku górze stopniach. Celne trafienie w beczkę umożliwiało wykonanie kolejnego ruchu. Ruch był wykonywany w sposób maksymalnie możliwy dla każdego z pacjentów i był uwarunkowany scenariuszem w wirtualnej rzeczywistości. Aplikacja dostosowywała scenariusz do maksymalnych możliwości pacjenta tak, że zabicie najdalszej przeciwległej beczki odbywało się kiedy pacjent wykonywał maksymalnie możliwy zasięg kończyną. Pacjent widział jedynie obraz świata wirtualnego i był maksymalnie odizolowany od środowiska zewnętrznego – od świata realnego. Pacjent obserwował na wyświetlaczu postać awatara odtwarzającego jego ruch. Wdrożenie wobec pacjentów z deficytami neurologicznymi możliwości poruszania się w wirtualnym, kontrolowanym przez nich świecie miało na celu stworzenie bezpiecznych warunków do uzupełnienia niezbędnych elementów leczenia niedowładów oraz zastosowanie modeli rehabilitacyjnych VR w warunkach pozalaboratoryjnych.

U każdego pacjenta podczas wykonywania ćwiczeń w systemie rejestrowano wielkości kinematyczne, które stanowiły wartości kątów anatomicznych dla rotacji, zgięcia i wyprost

dla następujących odcinków kręgosłupa: L5S1, L4L3, L1T12, T9T8, które są nieodzownym elementem dla ruchu kończyny górnej. Odcinki te wybrano ze względu na zastosowany system pomiarowy i zaimplementowany w nim model matematyczny, który określał ruchomość w tych partiach kręgosłupa z największą dokładnością. Podczas badania dodatkowo rejestrowano zasięg stanowiący przemieszczenie dłoni kończyny objętej niedowładem w porównaniu do kończyny zdrowej. Do rejestracji wykorzystano inercyjny system analizy firmy Yei Technology. W programie Matlab obliczono zakresy kątowe dla każdego z analizowanych ruchów. Wszystkie czynności ruchowe poddane były trzykrotnej analizie. Otrzymane wyniki porównano z wynikami grupy kontrolnej, którą stanowiły osoby zdrowe (5 osób) bez zaburzeń funkcji ruchowej w obrębie kończyn górnych i tułowia. Wyniki dla każdego pacjenta i dla grupy osób zdrowych zostały uśrednione.

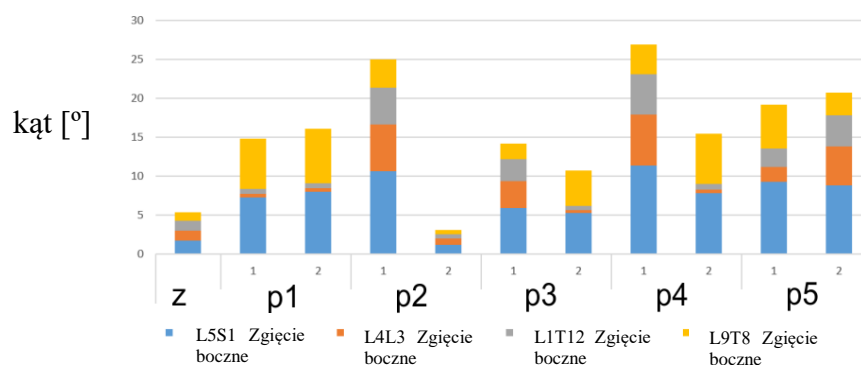
#### 4. WYNIKI

Na rysunku 1 zamieszczono średnie zakresy kątowe rotacji w poszczególnych odcinkach kręgosłupa. W celu porównania całkowitej rotacji podczas badania wartości kątowe zostały zsumowane tak, aby sumarycznie tworzyły jedną kolumnę, która wskazuje całkowitą rotację kręgosłupa. Wyniki przedstawiono dla badanych osób w badaniu pierwszym i drugim.



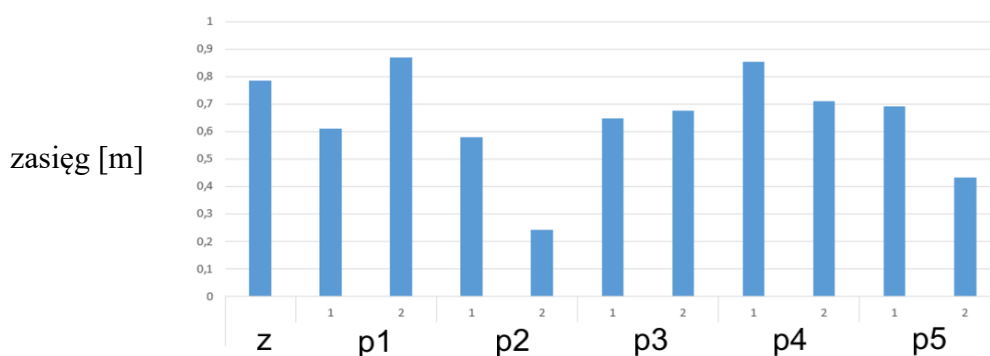
**Rys. 1. Uśredniona rotacja w poszczególnych odcinkach kręgosłupa podczas badania dla poszczególnych pacjentów (p1-p5) oraz średnia dla osób zdrowych wykonujących to samo ćwiczenie (z). Wyniki w badaniu pierwszym 1 i w badaniu drugim 2.**

Na rysunku 2 zamieszczono średnie wartości zgięcia bocznego w poszczególnych odcinkach kręgosłupa. Podobnie jak dla rotacji wyniki zsumowano, tak aby tworzyły jedną kolumnę.



Rys. 2. Uśrednione wartości zgięcia bocznego w poszczególnych odcinkach kręgosłupa podczas badania dla poszczególnych pacjentów (p1-p5) oraz średnia dla osób zdrowych wykonujących to samo ćwiczenie (z). Wyniki w badaniu pierwszym 1 i w badaniu drugim 2.

Rysunek 3 przedstawia uśredniony zasięg badanej osoby w trakcie badania.



Rys. 3. Uśredniony zasięg uzyskiwany podczas badania dla poszczególnych pacjentów (p1-p5) oraz średnia dla osób zdrowych wykonujących to samo ćwiczenie (z). Wyniki w badaniu pierwszym 1 i w badaniu drugim 2.

## 5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki wartości kątowych i zakresów wskazują na to, że u pacjenta P1 w drugim badaniu zaobserwowano zwiększenie zakresu ruchu w części lędźwiowej i piersiowej kręgosłupa. Pozwoliło to na zwiększenie osiągniętego zasięgu. W drugim badaniu daje to nawet większy zasięg niż u osoby zdrowej co jest efektem pożądanym w prowadzonej terapii.

U pacjenta p2 zaobserwowano w drugim badaniu zmniejszenie zakresu ruchu w kręgosłupie co skutkowało osiągnięciem znacznie mniejszego zasięgu ruchu w stawie.

Dla pacjenta p3 można zaobserwować zmniejszony zakres ruchu w środkowych odcinkach kręgosłupa, a nieznacznie zwiększony w górnym. W drugim badaniu uzyskano nieznacznie większy zakres ruchu co wskazuje na większe zakresy ruchomości w kończynie górnej przy tej samej ruchomości kręgosłupa.

U pacjenta p4 w pierwszym badaniu zakresy ruchów w kręgosłupie są zbliżone do wyników w grupie osób zdrowych. W drugim badaniu uzyskano jednak zmniejszenie zakresu ruchu w prawie wszystkich częściach kręgosłupa. Być może w pierwszym badaniu zwiększony zakres ruchu wynika przede wszystkim ze zwiększonego zakresu ruchu kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej. Zmniejszony zakres ruchu w kręgosłupie w drugim badaniu spowodował zmniejszenie zasięgu. To zmniejszenie zakresu w kręgosłupie nie

zostało skompensowane nawet przez zwiększenie zakresu zgięcia bocznego. Natomiast pozytywne jest to, że zmniejszeniu uległ zakres ruchu w płaszczyźnie czołowej.

Dla pacjenta p5 można zaobserwować zmniejszenie uzyskanego zasięgu pomiędzy badaniem drugim a pierwszym co przekłada się na zmniejszenie rotacji w poszczególnych odcinkach kręgosłupa. Ruch zgięcia bocznego uległ niewielkiej zmianie co wskazuje, że pacjent wykonywał pierwszy ruch głównie poprzez rotację kręgosłupa dzięki czemu uzyskał większy zasięg.

Na podstawie obserwacji pacjentów podczas wykonywania ćwiczeń z VR zauważono wzrost koncentracji i zaangażowania w terapię. Wzrost zaangażowania i koncentracji nie zawsze przejawiał się na wzrost efektywności prowadzonej terapii określanej na podstawie ruchomości kręgosłupa i zasięgu ruchu kończyn górnych (jak np. dla pacjenta p2 i p4). W odniesieniu do obserwacji z przeprowadzonych badań można wywnioskować, że wszyscy pacjenci wykonywali ruch, bazując przede wszystkim na ruchach w stawie ramiennym. Zakres ruchu w tym stawie był największy. Wyjątek stanowił jeden pacjent, który zaprezentował prawidłową aktywizację ruchu w obrębie tułowia, co nie było u niego możliwe do osiągnięcia poprzez standardowe ćwiczenia według metody PNF.

Podczas wykonywania ćwiczeń zgodnie z przyjętą metodyką, pacjenci wykonywali zwiększony ruch rotacji w odcinku lędźwiowym, przez co aktywizowali mięśnie wentralne, niezbędne do nauczania prawidłowych wzorców ruchowych. U wszystkich pacjentów stwierdzono duże kompensacje ruchów poprzez zginanie kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej, co w istotny sposób aktywizowało anatomiczne taśmy funkcjonalne. Ich główną funkcją jest zwiększenie siły napędu, dzięki wydłużeniu ramienia działającej siły w poprzek ciała. Zmiany posturalne, będące wynikiem zaburzeń w obrębie tych taśm są rzadkie, natomiast istotną ich rolą jest dodatkowa siła napędowa oraz stabilizacja ciała podczas wykonywanych ruchów. Jednocześnie po osiągnięciu zadania ruchowego wyżej wymieniona taśma będzie działać jak „hamulec”, chroniąc staw barkowy przed urazem przy zaburzeniach koordynacji, prezentowanych przez pacjentów z zaburzeniami w zakresie dysfunkcji układu nerwowego.

U pacjentów po udarze mózgu finalny sukces terapeutyczny zależy od wielu ważnych czynników, ale do najistotniejszych zalicza się czas rozpoczęcia leczenia neurologicznego i rehabilitacji [5], a najlepiej terapii łączącej obydwa aspekty leczenia. Lee i wsp. udowodnili natomiast skuteczność asymetrycznego treningu z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości w przywracaniu funkcji ruchowych kończyny górnej u pacjentów po przebytych udarze [6] ze względu na trójwymiarową polisensoryczną aktywizację całych taśm anatomicznych. Według wielu najnowszych badań bardzo duży potencjał w usprawnianiu pacjentów po udarze mózgu ma także trening oparty o wielokrotne powtarzanie [7], co umożliwił zaprezentowany schemat ćwiczeń usprawniających z wykorzystaniem VR. Oprócz zmian strukturalnych duży problem dla pacjentów stanowią również zaburzenia kończyny górnej na poziomie funkcjonalnym [8], na co należy położyć największy nacisk, aby pacjent jak najszybciej wrócił do pełnej lub częściowej samodzielności.

W trakcie prowadzonej terapii poznawczo – ruchowej wykorzystującej wirtualną rzeczywistość dochodziło do efektywnej stymulacji OUN. Trening w 3D oparty był na działaniu intuicyjnym, odruchowym – niczym nie ograniczonym. Pacjent w wirtualnej rzeczywistości podczas ćwiczeń był wyizolowany spoza rozpraszających go bodźców płynących z zewnątrz. Nieograniczone możliwości dostosowania oprogramowania 3D do nauki czynności wykonywanych zgodnie z naturalnymi aktywnościami dnia codziennego przez pacjenta dodatkowo umożliwiało dozowanie optymalnej dla pacjenta progresji obciążeń treningowych. Wykorzystanie VR w celu symulacji prawdziwych sytuacji z codziennego życia wydaje się zatem szczególnie istotne przy treningu funkcji poznawczych. Pacjent otrzymuje informację zwrotną w czasie rzeczywistym, a jednocześnie nie odczuwa żadnych

fizycznych konsekwencji ewentualnych błędów, w związku z czym może czuć się bezpiecznie i lepiej skoncentrować na zadaniu.

Terapia 3D jak żadna inna dotychczas stosowana, łączyła wiele modalności biologicznych pacjenta. Pacjenci przebywający zaledwie dziesięć dni w Oddziale Rehabilitacji wielokrotnie zwracali uwagę na większą samomobilizację i większe zaangażowanie w terapię prowadzoną w systemie VR. Podobne wnioski uzyskał Bozzacchi i wsp., którzy przebadali grupę 15 zdrowych ochotników, którym monitorowano neuronalną aktywność w fazie planowania ruchu poprzez badanie ruchowych potencjałów czynnościowych kory dla prostych czynności prawdziwych i wirtualnych. Autorzy wykazali, że w fazie planowania ruchu wirtualna czynność pośrednio wykonana przez pacjenta jest bardziej podobna do analogicznej czynności wykonanej w świecie realnym. Z kolei Saposnik i wsp. opublikowali wyniki badania z udziałem 141 pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu u których włączono terapię VR jako uzupełnienie konwencjonalnej rehabilitacji wskazując, że w rehabilitacji ruchowej intensywność i specyficzność zadań są istotniejsze aniżeli sam ich rodzaj.

Wydaje się, że rehabilitacja wykorzystująca wirtualną rzeczywistość w niedalekiej przyszłości w połączeniu z narzędziami telemedycznymi może wpłynąć na krótszą hospitalizację pacjenta, a to ograniczy koszty leczenia i umożliwi szyby powrót pacjenta do domu.

## 6. WNIOSKI

Zastosowanie Technologii Wirtualnej Rzeczywistości wraz z systemami do przestrzennej analizy ruchu pozwoliła na obiektywizację oceny postępów rehabilitacji. Dla przebadanej grupy osób zdrowych nie można jednoznacznie wskazać poprawy w zakresie funkcji lokomotorycznych i ruchomości kręgosłupa.

Podczas przeprowadzonych badań, zarejestrowano zwiększony w odniesieniu do pierwszego badania ruch rotacji w odcinku lędźwiowym, co mogło być spowodowane koniecznością zrównoważenia przesuwającego się środka masy górnej części tułowia, przez co aktywizowali mięśnie wentralne, niezbędne do wyuczenia właściwych wzorców ruchów. U wszystkich pacjentów stwierdzono także kompensacje ruchów poprzez np. zgięcie boczne kręgosłupa, co w istotny sposób wpływa na aktywizację anatomicznych taśm funkcjonalnych, co w efekcie jest bardzo korzystne z punktu widzenia prowadzonej rehabilitacji.

Istnieje potrzeba przeprowadzenia badań z udziałem większej grupy osób z uszkodzeniami ośrodkowego układu nerwowego, które pozwolą określić skuteczności ich zastosowania oraz poznać dokładne mechanizmy działania interwencji z użyciem wirtualnej rzeczywistości oraz charakterystyki pacjentów odnoszących największe korzyści z takiej terapii. Technologia Wirtualnej Rzeczywistości wraz z systemami do przestrzennej analizy ruchu wydaje się być obiecującym narzędziem także w diagnostyce zaburzeń funkcji poznawczych. Możliwa jest jednoczesna ocena podstawowych parametrów ruchu jak i jego korekcja w czasie rzeczywistym.

## LITERATURA

- [1] Handley A., Medcalf P., Hellier K., Dutta D.: Movement disorders after stroke. *Age and Ageing*, 2009, 38, 260-266.
- [2] Kot-Bryćko K., Pietraszkiewicz F.: Psychologia w medycynie. Część 1 – deficyty poznawcze u osób po udarze mózgu. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2012, Tom 18, Nr 4, 340-343.

- [3] Kot-Bryćko K., Pietraszkiewicz F.: Psychologia w medycynie. Część 2 – rehabilitacja neuropsychologiczna po udarze mózgu. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2012, Tom 18, Nr 4, 344-347.
- [4] Opara J., Mazurek J.[1] , Szczygieł J., Gałuszka G., Rycerski W: Rehabilitacja 2016, Zastosowanie technologii wirtualnej rzeczywistości w usprawnianiu kończyny górnej po udarze mózgu, rozdział, str: 164-173.
- [5] Ogurkowski K., Simińska J., Porzych P., Nowacka K., Hagner W., Zasady efektywnej rehabilitacji z pacjentem po udarze mózgu wg koncepcji NDT-Bobath; Wydawnictwo Tygiel; Postępowanie fizjoterapeutyczne – wybrane aspekty; Lublin 2017; 55-61.
- [6] Lee D., Lee M., Lee K., Song C. Asymmetric training using virtual reality reflection equipment and the enhancement of upper limb function in stroke patients: a randomized controlled trial. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2014; 23(6): 1319-1326.
- [7] Mikołajewska E., Mikołajewski D. Nowoczesne rozwiązania techniczne w usprawnianiu funkcji kończyn górnych. *Ann. Acad. Med. Siles.* 2012; 66(4): 34-40.
- [8] Pop T. Ocena wpływu rehabilitacji z wykorzystaniem koncepcji Proprioceptywnego Nerwowo- Mięśniowego Torowania na poprawę funkcji kończyny górnej i dynamikę zmian w strukturach barku u chorych po udarze mózgu. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego; Rzeszów 2010.
- [9] Proffitt R, Lange B. Considerations in the efficacy and effectiveness of virtual reality interventions for stroke rehabilitation: moving the field forward. *Physical Therapy* 2015; 95(3):441-8.
- [10] Salisbury D, Dahdah M, Driver S, Parsons TD, Richter KM. Virtual reality and brain computer interface in neurorehabilitation. *Proc Bayl Univ Med Cent* 2016;29(2):124-7.
- [11] www.ClinicalTrials.gov [Internet] U.S. National Institutes of Health [cited 2016 Oct 5] Available from: <https://clinicaltrials.gov/>
- [12] Shin J, Ryu H, Jang SH. A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:32.
- [13] Saposnik G, Levin M for the Stroke Outcome Research Canada (SORCan\*) Working Group. Virtual Reality in Stroke Rehabilitation - A Meta-Analysis and Implications for Clinicians. *Stroke* 2011;42(5):1380-6.
- [14] Colomer C, Llorens R, Noél E, Alcañiz M. Effect of a mixed reality-based intervention on arm, hand and finger function on chronic stroke. *J Neuroeng Rehabil* 2016;13:45.

## **SCOPE OF SPINE MOVEMENT DURING THE COGNITIVE – MOTOR MOVEMENT THERAPY IN VIRTUAL REALITY IN PATIENTS REHABILITATION WITH SELECTED CENTRAL NERVOUS SYSTEM DAMAGES – PRELIMINARY RESULTS**

**Abstract:** Central nervous system (CNS) damage is associated with the impairment of certain cognitive - motor functions in the human body. The consequences of brain damage can be manifested by temporary or permanent disability and / or neurobehavioral restrictions. The search for new methods of CNS diagnostics and rehabilitation often leads to the use of Virtual Reality Technologies. Virtual therapy is interactive in real time and allows traffic in three dimensions. The aim of the study was the quantitative and qualitative assessment of ranges of mobility of selected spinal segments during exercise and cognitive exercises in virtual reality. The research was carried out with the participation of 5



people with CNS damage, which underwent 2-week rehabilitation. The assessment of therapy was made on the basis of changes in the mobility of individual spine sections before and after therapy. The results confirm the new diagnostic possibilities of traditional therapy combined with the Virtual Reality Technology.