

Test Wirtualnej Klasy jako alternatywna metoda diagnozy ADHD

The Virtual Classroom Task as an alternative ADHD diagnosis method

Instytut Psychologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, Polska

Adres do korespondencji: Łucja Cyranek, Instytut Psychologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, pl. Litewski 5, 20-400 Lublin, tel.: +48 500 403 443, e-mail: lucjacyranek@gmail.com

Streszczenie

Rzeczywistość wirtualna to jedna z najbardziej nowoczesnych metod diagnozy, terapii oraz rehabilitacji psychologicznej i neuropsychologicznej. Środowisko wirtualne powstaje dzięki zastosowaniu gogli, które generują trójwymiarowy obraz. Ich użycie wprowadza badanego w stan immersji, czyli wywołuje poczucie obecności w wirtualnie zaaranżowanym świecie. Dzięki temu zjawisku testy wirtualnej przestrzeni mają wysoką trafność ekologiczną, co jest niezwykle ważnym aspektem testów wykorzystywanych w diagnozie psychologicznej. Niniejsza praca zawiera opis Testu Wirtualnej Klasy, stosowanego podczas diagnozy klinicznej z wykorzystaniem testów ciągłego wykonywania. Prezentowana metoda stanowi alternatywną formę diagnozy funkcji poznawczych – zwłaszcza u dzieci z nadpobudliwością psychoruchową z deficytem uwagi. Ocenie podlegają przede wszystkim procesy uwagi i zdolność hamowania reakcji. Opracowanie testów wirtualnej przestrzeni stwarza możliwość rozszerzenia zakresu testów służących do oceny uwagi. Są to specjalistyczne systemy do badania pola widzenia za pomocą śledzenia ruchu głowy, szczególnie w przypadku prezentacji materiału w obecności dystraktorów. Bodźce utrudniające wykonanie zadania mają charakter wzrokowy i słuchowy. W Teście Wirtualnej Klasy stosuje się także dystraktory mieszane, czyli wzrokowo-słuchowe. Zastosowanie bodźców tego rodzaju pozwala ocenić selektywność, stabilność czy też podzielność uwagi. Diagnoza z wykorzystaniem narzędzia wirtualnej rzeczywistości dostarcza zatem istotnych informacji o funkcjonowaniu poznawczym osoby badanej. Ponadto jest niezwykle interesująca dla dzieci, co stanowi dodatkowy atut. Wysoka trafność ekologiczna uzyskiwanych wyników pozwala na opracowanie planu działania skoncentrowanego na poprawie funkcjonowania dzieci z nadpobudliwością psychoruchową z deficytem uwagi.

Słowa kluczowe: Test Wirtualnej Klasy, rzeczywistość wirtualna, trafność ekologiczna, zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi

Abstract

Nowadays, virtual reality is becoming one of the most innovative methods of diagnosis and therapy as well as psychological and neuropsychological rehabilitation. A virtual environment is created with the use of goggles generating a three-dimensional image. The device induces a state of immersion which can be explained as the sense of presence in a virtually arranged world. As a result of this phenomenon, virtual space tests have high ecological validity, which is an extremely significant aspect for tests employed in psychological diagnosis. The study presents the description of a Virtual Classroom Task applicable in the process of clinical diagnosis, using continuous performance tasks. The method is an alternative way to assess cognitive functions, especially in the case of children suffering from attention-deficit/hyperactivity disorder. The parameters assessed include, above all, attention processes and the inhibition of reaction. The development of virtual space tests creates an opportunity to extend the scope of the measurement techniques used to assess attention processes. Those tests are sophisticated systems aimed at examining the field of vision by following the head movement, especially while presenting a material accompanied by distractors. The stimuli making the task more difficult are visual and auditory. The Virtual Class Task uses also mixed, visual-auditory distractors. This kind of stimuli allows to assess the selectivity, stability or divisibility of attention. The diagnosis with the use of virtual reality test provides relevant information about the cognitive functioning of the subjects. Additionally, this kind of assessment is very interesting for children which is one more advantage worth mentioning. The high ecological validity of results allows for creating an action plan focused on improving the functioning of children with attention-deficit/hyperactivity disorder.

Keywords: Virtual Classroom Task, virtual reality, ecological validity, attention-deficit/hyperactivity disorder

WSTĘP

Wirtualna rzeczywistość (*virtual reality*, VR) staje się coraz bardziej obiecującym narzędziem diagnostycznym i terapeutycznym w wielu dziedzinach psychologii (Glanz *et al.*, 2003; Rizzo *et al.*, 2004; Weiss i Jessel, 1998). Psychologowie kliniczni coraz częściej doceniają znaczenie testów VR stosowanych w diagnozie, leczeniu czy rehabilitacji (Bashiri *et al.*, 2017; Negut *et al.*, 2017; Rizzo, 1994; Rizzo *et al.*, 1998, 2002a, 2002b, 2004; Yeh *et al.*, 2012). Postęp technologiczny zwiększył dostępność testów VR, co spowodowało wzrost zainteresowania wirtualną rzeczywistością wśród specjalistów.

Systemy wirtualnej rzeczywistości są najnowocześniejszą metodą konstruowania testów i planów terapeutycznych dla osób z zaburzeniami poznawczymi. Tworzenie metod diagnozy i terapii z wykorzystaniem VR możliwe jest dzięki elektronicznie wygenerowanemu trójwymiarowemu środowisku, zwanemu środowiskiem 3D. Ekspozycja polisensorycznych bodźców (wzrokowych, słuchowych, dotykowych) w trójwymiarowym świecie pozwala badanemu na interakcję z wirtualnym środowiskiem, co z kolei umożliwia diagnozę funkcjonowania poznawczego. Prezentacja bodźców wielozmysłowych w 3D pozwala także na ścisłą rejestrację zachowania przez pomiar liczby i częstotliwości ruchów głowy, rąk i nóg oraz na badanie efektywności pracy na poszczególnych etapach testu (Rizzo *et al.*, 2006; Yeh *et al.*, 2012).

Kluczową spośród wielu zalet VR jest możliwość kreowania wirtualnych przestrzeni, które są tańszymi, szybszymi i bardziej dostępnymi środowiskiem testowym niż środowiska fizyczne, określanymi mianem makiet funkcjonalnych (*mockups*). Makiety to realne pomieszczenia przypominające kuchnię, łazienkę czy sklep. Pozwalają na ocenę funkcji ruchowych i wykonawczych (*executive functions*, EF) w codziennym życiu. Tworzenie ich wiąże się jednak z ogromnymi kosztami ekonomicznymi. Istnieją również ograniczenia w dokonywaniu systematycznej oceny, kontroli percepcji oraz interpretacji bodźców docierających z rzeczywistości. Ponadto większość środowisk funkcjonalnych jest niemożliwa do skonstruowania w formie makiet (przykładowo: jazda samochodem).

Do oceny EF służą także tradycyjne metody diagnozy neuropsychologicznej (próby kliniczne, testy psychometryczne typu papier-ołówek, testy komputerowe). Ocena funkcji wykonawczych jest niezwykle ważna w rozpoznawaniu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (*attention-deficit/hyperactivity disorder*, ADHD). Oprócz standardowych metod proces diagnostyczny obejmuje też swobodną obserwację dziecka, wywiad z rodzicami, wyniki uzyskane w skalach obserwacyjnych oraz inwentarzach objawowych ADHD (Borkowska i Domańska, 2006). Narzędzia psychometryczne stosowane w diagnozie EF mają wysokie wskaźniki trafności teoretycznej, ale są krytykowane ze względu na bardzo niską wartość trafności ekologicznej (*ecological validity*), czyli małą zdolność

do przewidywania codziennego funkcjonowania osoby badanej (Neisser, 1978; Parsons, 2015; Wallisch *et al.*, 2018). Wysoki wskaźnik trafności ekologicznej jest szczególnie istotny w ocenie EF, okazuje się jednak, że wyniki uzyskiwane przez pacjentów w standardowych testach psychometrycznych wskazują na niecałe 20% zmienności w zakresie trafności ekologicznej (Chaytor *et al.*, 2006). Wynika to z braku możliwości oceny strategii kompensacyjnych oraz środowiskowych wymagań poznawczych w tradycyjnych testach. Rozwój technologiczny i doniesienia z badań nad trafnością ekologiczną testów oceniających EF pokazują, że diagnostyka z wykorzystaniem standardowych metod stała się mniej wartościowa – właśnie ze względu na niską trafność ekologiczną (Jansari *et al.*, 2014; Orłowska i Biechowska, 2016; Wallisch *et al.*, 2018). Według niektórych badaczy diagnoza z zastosowaniem metod o wysokiej trafności ekologicznej jest obecnie najbardziej pożądaną formą diagnozy. Wallisch i wsp. (2018) poszukiwali artykułów dotyczących trafności ekologicznej zadań, które angażują EF i są stosowane wśród dzieci. Autorzy dokonali analizy 355 recenzowanych prac, opublikowanych w latach 1996–2016. Jak się okazało, 43 artykuły opisywały znaczenie trafności ekologicznej, a coraz większa liczba autorów określała ten rodzaj trafności jako istotę oceny EF. Połowa prac dotyczyła słuszności zastosowania VR w diagnozie EF ze względu na wysoki wskaźnik trafności ekologicznej, uzyskiwany dzięki zjawisku immersji (*immersion*), czyli wywoływaniu poczucia obecności w wirtualnie skonstruowanej przestrzeni (Psotka, 1995; Reger *et al.*, 2010). Najczęściej immersję uzyskuje się za pomocą gogli 3D. Immersja pozwala dokładnie określić trafność ekologiczną w zakresie oceny reprezentatywności zadania i stopnia uogólnienia wyników testowych (Jansari *et al.*, 2014; Łukowska, 2011; Negut *et al.*, 2017). Dzięki tym aspektom testy VR stały się niezwykle wartościowe w ocenie procesów poznawczych w różnych grupach klinicznych. Jedną z popularnych metod jest Test Wirtualnej Klasy (Virtual Classroom Task, VCT), stosowany m.in. wśród dzieci z ADHD.

ZASTOSOWANIE VCT W OCENIE PROCESÓW UWAGI

Test Wirtualnej Klasy to system stworzony do oceny EF u dzieci z ADHD (Negut *et al.*, 2017; Rizzo *et al.*, 2006; Yeh *et al.*, 2012). Środowisko wirtualnej klasy generowane jest za pomocą gogli 3D, które umożliwiają tworzenie wrażenia obecności w wielowymiarowej rzeczywistości, a jednocześnie kontrolowanie dystraktorów – rozpraszających bodźców wzrokowych, słuchowych i mieszanych (wzrokowo-słuchowych). Procedura kontroli pozwala na pomiar procesów uwagi w warunkach bardzo zbliżonych do środowiska realnego. Dzięki temu VCT ma wysoki wskaźnik przewidywania zaburzeń w codziennym funkcjonowaniu. Pierwszy projekt Testu Wirtualnej Klasy obejmował ocenę EF w grupie dzieci z diagnozą ADHD (Rizzo *et al.*, 2006).

Naukowcy zajmujący się oceną neuropsychologiczną przeprowadzili szereg badań dotyczących innych procesów psychicznych, poza kryterialnymi, stanowiącymi o tym zaburzeniu (Borkowska, 2008). Podstawowe problemy w ADHD dotyczą procesów uwagowych i hamowania reakcji. Profile zaburzeń są jednak inne w każdym podtypie ADHD, co weryfikują testy diagnostyczne, również VCT.

Pierwotna wersja testu to klasa na planie prostokąta, w której znajdowały się ławki szkolne, uczniowie, nauczycielka, ściana z oknem po lewej stronie, ściana z drzwiami po stronie prawej i ściana z zieloną tablicą na wprost uczniów (Parsons *et al.*, 2007). Taka aranżacja klasy pozwoliła na wprowadzenie szeregu bodźców dystrykcyjnych (hałas w klasie, autobus przejeżdżający za oknem, dźwięk dzwonka dobiegający zza drzwi). Dzięki tej konstrukcji uzyskiwano informacje o czasie reakcji osoby badanej oraz profil popełnionych błędów i dokonanych ominięć (Parsons *et al.*, 2007; Rizzo *et al.*, 2006; Yeh *et al.*, 2012).

Badania pilotażowe, które przeprowadzili Rizzo i wsp. (2006), obejmowały 10 chłopców w wieku 6–12 lat o typowym rozwoju (grupa kontrolna) oraz 8 chłopców z ADHD (grupa kliniczna). Zadanie polegało na każdorazowym naciśnięciu lewego klawisza myszy w przypadku pojawienia się bodźca docelowego na tablicy klasowej – litery X występującej bezpośrednio po literze A. Badanie trwało 10 minut, w tym czasie prezentowano 400 bodźców w określonych interwałach czasowych. Pojawiały się następujące dystryktory: hałas i rozmowy w klasie (czysty bodziec słuchowy), przelatujący papierowy samolot (czysty bodziec wzrokowy), samochód z dźwiękiem włączanego silnika przy oknie czy nauczyciel wchodzący do klasy przy akompaniamencie dźwięków dobiegających z korytarza (audio-wizualny bodziec mieszany). Otrzymane wskaźniki umożliwiły ocenę wartości diagnostycznej testu. Ujawniły także istotnie dłuższy czas reakcji na bodziec docelowy u dzieci z ADHD, szczególnie w sytuacji dystrykcyjnej (760 vs 610 ms; $t(1,16) = -2,76, p < 0,03$). Ponadto okazało się, że dzieci z grupy klinicznej popełniają więcej błędów polegających na ominięciu w przypadku prezentacji czystych bodźców docelowych, jak również w warunkach rozpraszających uwagę. U dzieci z ADHD odnotowano też więcej reakcji impulsywnych, szczególnie podczas prezentacji bodźca w obecności dystryktorów. Analiza porównawcza wszystkich wskaźników ruchowych (śledzenie ruchu głowy) wykazała wyższy poziom aktywności dzieci z ADHD. Powyższe badanie i liczne obserwacje pozwoliły na wprowadzenie niezbędnych zmian w strukturze testu. Ostateczna wersja polega na jak najszybszym kliknięciu lewego klawisza myszy w razie pojawienia się litery K bezpośrednio po literze A (sekwencja A-K). Zadanie nadal zawiera trzy rodzaje dystryktorów: wizualne, słuchowe oraz audiowizualne (po pięć każdego rodzaju). Zrewidowana wersja obejmuje pięć bloków, po 100 bodźców w każdym, a badanie trwa 15 minut. Cały test składa się z 20 sekwencji z bodźcami docelowymi A-K. Ocenia się takie wskaźniki, jak czas reakcji, prawidłowe trafienia, ominięcia, liczba

błędnych naciśnięć, zmienność czasu reakcji w pięciu blokach. Wskaźniki podzielono na dwie grupy: odpowiedzi prawidłowe ogółem i ogólny wskaźnik błędów. W skład pierwszej kategorii wchodzi wskaźniki ogólnej liczby kliknięć wraz z ich zmiennością, czas reakcji na sekwencję A-K wraz ze zmiennością tego czasu i ominięcia, czyli liczba niepowodzeń w odpowiedzi na sekwencję A-K. Ogólny wskaźnik błędów składa się z liczby wszystkich popełnionych błędów oraz czasu reakcji podczas błędnych kliknięć wraz ze zmiennością tego czasu (Bioulac *et al.*, 2012).

Donesienia Bioulac i wsp. (2012) dowodzą, iż podczas badania Testem Wirtualnej Klasy dzieci z diagnozą ADHD wykazywały istotny spadek efektywności wraz ze spadkiem liczby prawidłowych trafień i wydłużeniem czasu reakcji. Parsons i wsp. (2007) stwierdzili, że dzieci z ADHD popełniają więcej błędów polegających na ominięciu, szczególnie w sytuacji dystrykcyjnej, i odnotowali wzmożoną aktywność ruchową. Ważnym aspektem był również brak skutków ubocznych stosowania VCT u dzieci z diagnozą ADHD. Przytoczone wyżej badania mogą budzić wątpliwości ze względu na niewielką liczbę uczestników. Niemniej jednak procedura, cele i uzyskane wyniki były pierwowzorem dla najnowszych badań. Analiza porównawcza z wykorzystaniem tradycyjnych testów ciągłego wykonania i Testu Wirtualnej Klasy dokonana przez innych badaczy (Negut *et al.*, 2017; Yeh *et al.*, 2012) objęła pięciokrotnie większą populację dzieci z ADHD i dzieci z grupy kontrolnej. Autorzy dowodzą, że dzieci z ADHD udzielały mniejszej liczby poprawnych odpowiedzi oraz popełniały więcej błędów polegających na ominięciu i niepotrzebnym kliknięciu niż dzieci z grupy kontrolnej. Dzieci te charakteryzował też wolniejszy czas reakcji w teście VCT niż w tradycyjnych testach ciągłego wykonywania. Analiza wyników potwierdziła negatywny wpływ dystryktorów, szczególnie słuchowych, na procesy uwagi u dzieci z ADHD.

Dotychczasowe badania wskazują na wysoką wartość diagnostyczną VCT w ocenie funkcji uwagowych u dzieci zarówno zdrowych, jak i z ADHD. Stworzenie testu pozwoliło na kontrolowaną ocenę procesów uwagi, dzięki czemu gromadzone są ważne dane na temat efektywności funkcjonowania jednostki w środowisku dystrykcyjnym (Rizzo *et al.*, 2006). Za niezwykle istotne należy uznać wyniki otrzymane dzięki śledzeniu ruchów głowy, dostarczające cennych informacji o funkcjonowaniu dziecka w świecie rzeczywistym – niemożliwych do uzyskania za pomocą standardowych metod.

KORZYŚCI PŁYNĄCE ZE STOSOWANIA TESTÓW VR I ZWIĄZANE Z NIMI TRUDNOŚCI

Testy wirtualnej przestrzeni, tak samo jak testy typu papier-olówek, mają wady i zalety. Kluczowe atuty stosowania VCT to:

1. Trafność ekologiczna, dzięki której możliwy jest pomiar naturalnych zachowań w symulowanej rzeczywistości. Wyniki otrzymywane z użyciem metod VR są

bardziej wiarygodne od uzyskiwanych za pomocą standardowych metod behawioralnych (Rizzo *et al.*, 1998). Wysoka trafność ekologiczna zapewnia także dynamiczną diagnozę.

2. Wysoka elastyczność, czyli prezentowanie szerokiego zakresu kontrolowanych bodźców, jak również dokładny pomiar wskaźników poprzez eliminację dystraktorów ze środowiska zewnętrznego (Riva, 1999).
3. Polisensoryczna informacja zwrotna – testy wirtualnej przestrzeni umożliwiają dokładny pomiar EF dzięki dopasowaniu systemu do różnych modalności zmysłowych (np. zastosowanie gogli 3D – kanały wzrokowy i słuchowy) (Gaggioli, 2001).

Wydajność procesów uwagi i wszystkie zachowania pacjenta są zapisywane w systemie, a wyniki, generowane automatycznie, można przenosić do programów statystycznych. Jedną z wad opisywanych testów jest specyficzność wirtualnych środowisk (Łukowska, 2011). Powstaje wątpliwość, czy umiejętności trenowane podczas pracy w wirtualnym środowisku utrzymują się na analogicznym poziomie w życiu codziennym. Zarzut ten dotyczy jednak rehabilitacji, nie diagnozy.

Stosowanie aplikacji VR wiąże się z możliwością rozwoju objawów *cybersickness*, przypominających chorobę lokomocyjną. Symptomy obejmują zmęczenie oczu, bóle głowy, nadmierną potliwość, suchość w jamie ustnej, ucisk żołądka, zawroty głowy, nudności i wymioty. *Cybersickness* to bardzo rzadki problem, ale w związku z możliwością pojawienia się nieprzyjemnych objawów konieczne jest przeprowadzenie wywiadu dotyczącego choroby lokomocyjnej występującej w przeszłości lub obecnie. Psycholog powinien stale obserwować osobę badaną w sytuacji testowej (LaViola, 2000). Ponadto w związku z zaangażowaniem zmysłów słuchu i wzroku w wykonywanie zadania osoby słabo słyszające albo mające problemy okulistyczne nie powinny być poddawane testom wirtualnej przestrzeni.

Do niedawna twierdzono, że systemy wirtualnej rzeczywistości wiążą się z ogromnymi nakładami finansowymi (np. Łukowska, 2011). Zauważalny wzrost liczby dystrybutorów aparatury VR (szczególnie gogli 3D) prowadzi jednak do systematycznego spadku cen, a także do zwiększenia dostępności narzędzi (Stasieńko i Sarzyńska-Długosz, 2016). Obecnie ceny większości gogli wykorzystywanych w Teście Wirtualnej Klasy są porównywalne z cenami standardowych testów psychologicznych.

WNIOSKI

Nawet jeśli uwzględnić powyższe ograniczenia, testy VR, w tym Test Wirtualnej Klasy, pozostają atrakcyjnymi metodami diagnozy psychologicznej. Wykorzystanie VCT w diagnozie klinicznej ADHD ma istotne implikacje praktyczne. Metoda ta staje się cennym narzędziem ze względu na otrzymywane wskaźniki i wysoką wartość trafności ekologicznej. Technologia VR zwiększa wiarygodność i skuteczność oceny neuropsychologicznej. Ponadto system

wirtualnej rzeczywistości jest atrakcyjny dla dzieci z ADHD, a dodatkową zaletą stanowi krótszy czas wykonywania testu w porównaniu z tradycyjnymi testami papierowymi: badanie trwa 15 minut (Yeh *et al.*, 2012). W konsekwencji pacjenci z ADHD chętniej korzystają z testów VR. Liczni autorzy dowodzą słuszności stosowania testów wirtualnej rzeczywistości ze względu na płynące z nich korzyści (Banaś *et al.*, 2013; Bashiri *et al.*, 2017; Opara *et al.*, 2016; Stasieńko i Sarzyńska-Długosz, 2016). Możliwości VR w diagnozie dzieci z ADHD obejmują stworzenie skutecznego i bezpiecznego środowiska, oszczędność czasu i porównywalne koszty ekonomiczne, a także zwiększenie motywacji dziecka do udziału w badaniu (Bashiri *et al.*, 2017; Parsons i Rizzo, 2008; Rizzo *et al.*, 2006; Yeh *et al.*, 2012). Wirtualna przestrzeń umożliwia również diagnozę behawioralną i lepsze zrozumienie deficytów poznawczych, a dzięki trafności ekologicznej uzyskane wyniki pozwalają na przewidywanie codziennego funkcjonowania. Co więcej, technologia VR za sprawą symulacji środowiska naturalnego jest skuteczna nie tylko podczas diagnozy – dzięki niej możliwe jest też tworzenie planów optymalnej rehabilitacji neuropsychologicznej dzieci z ADHD.

Konflikt interesów

Autorka nie zgłasza żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo

- Banaś A, Majchrzycki M, Stryła W *et al.*: Technologie wirtualnej rzeczywistości w procesie usprawniania funkcji chodu oraz równowagi u osób po przebytym udarze mózgu. In: Majchrzycki M, Łańczak-Trzaskowska M, Gajewska E (eds.): Dysfunkcje narządów ruchu. Diagnostyka i usprawnianie pacjentów z dysfunkcjami narządów ruchu. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań 2013; 4: 112–119.
- Bashiri A, Ghazisaeedi M, Shahmoradi L: The opportunities of virtual reality in the rehabilitation of children with attention deficit hyperactivity disorder: a literature review. *Korean J Pediatr* 2017; 60: 337–343.
- Bioulac S, Lallemand S, Rizzo A *et al.*: Impact of time on task on ADHD patient's performances in a virtual classroom. *Eur J Paediatr Neurol* 2012; 16: 514–521.
- Borkowska AR: Procesy uwagi i hamowania reakcji u dzieci z ADHD z perspektywy rozwojowej neuropsychologii klinicznej. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2008: 125–130, 199–236.
- Borkowska AR, Domańska Ł (eds.): Neuropsychologia kliniczna dziecka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006: 193–196.
- Chaytor N, Schmitter-Edgecombe M, Burr R: Improving the ecological validity of executive functioning assessment. *Arch Clin Neuropsychol* 2006; 21: 217–227.
- Gaggioli A: Using virtual reality in experimental psychology. In: Riva G, Galimberti C (eds.): *Towards CyberPsychology: Mind, Cognition and Society in the Internet Age*. IOS Press, Amsterdam 2001.
- Glanz K, Rizzo A, Graap K: Virtual reality for psychotherapy: current reality and future possibilities. *Psychotherapy: Theory, Research, Practice, Training* 2003; 40: 55–67.
- Jansari AS, Devlin A, Agnew R *et al.*: Ecological assessment of executive functions: a new virtual reality paradigm. *Brain Impairment* 2014; 15: 71–87.

- LaViola Jr. JJ: A discussion of cybersickness in virtual environments. *SIGCHI Bulletin* 2000; 32: 47–56.
- Lukowska M: Zastosowanie technologii wirtualnej rzeczywistości w psychologii. *Rocznik Kognitywistyczny* 2011; 5: 103–108.
- Negut A, Jurma AM, David D: Virtual-reality-based attention assessment of ADHD: ClinicaVR: Classroom-CPT versus a traditional continuous performance test. *Child Neuropsychol* 2017; 23: 692–712.
- Neisser U: Memory: what are the important questions? In: Gruneberg MM, Morris PE, Sykes RN (eds.): *Practical Aspects of Memory*. Academic Press, London 1978: 3–24.
- Opara J, Rycerski W, Szczygiel J et al.: Innowacyjne zastosowanie wirtualnej rzeczywistości w unowocześnianiu terapii lustrzanej w niedowładzie kończyny górnej. *Rehabil Prakt* 2016; (4): 43–46.
- Orłowska EI, Biechowska DH: Współczesne trendy w diagnozie funkcji wykonawczych. *Post Psychiatr Neurol* 2016; 25: 209–213.
- Parsons TD: Ecological validity in virtual reality-based neuropsychological assessment. In: *Encyclopedia of Information Science and Technology*. 3rd ed., Information Science Reference, Hershey 2015: 1006–1015.
- Parsons TD, Rizzo AA: Neuropsychological assessment of attentional processing using virtual reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine* 2008; 6: 23–28.
- Parsons TD, Bowerly T, Buckwalter JG et al.: A controlled clinical comparison of attention performance in children with ADHD in a virtual reality classroom compared to standard neuropsychological methods. *Child Neuropsychol* 2007; 13: 363–381.
- Potka J: Immersive training systems: virtual reality and education and training. *Instr Sci* 1995; 23: 405–431.
- Reger GM, Parsons TD, Gahm GA et al.: Virtual reality assessment of cognitive functions: a promising tool to improve ecological validity. *Brain Injury* 2010; 7: 24–26.
- Riva G: From technology to communication: psycho-social issues in developing virtual environments. *J Vis Lang Comput* 1999; 10: 87–97.
- Rizzo AA: Virtual Reality applications for the cognitive rehabilitation of persons with traumatic head injuries. In: Murphy HJ (ed.): *Proceedings of the 2nd International Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities*. CSUN, Northridge 1994.
- Rizzo AA, Bowerly T, Buckwalter JG et al.: A virtual reality scenario for all seasons: the virtual classroom. *CNS Spectr* 2006; 11: 35–44.
- Rizzo AA, Bowerly T, Buckwalter JG et al.: Virtual environments for the assessment of attention and memory processes: the virtual classroom and office. In: Sharkey P, Lányi CS, Standen P (eds.): *Proceedings of the 4th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT 2002)*. University of Reading, UK 2002a: 3–12.
- Rizzo AA, Buckwalter JG, van der Zaag C: Virtual environment applications in clinical neuropsychology. In: Stanney KM (ed.): *Handbook of Virtual Environments. Design, Implementation, and Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ 2002b: 1027–1064.
- Rizzo AA, Schultheis MT, Kerns KA et al.: Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychol Rehabil* 2004; 14: 207–239.
- Rizzo AA, Wiederhold M, Buckwalter JG: Basic issues in the use of virtual environments for mental health applications. *Stud Health Technol Inform* 1998; 58: 21–42.
- Stasienko A, Sarzyńska-Długosz I: Zastosowanie rzeczywistości wirtualnej w rehabilitacji neurologicznej. *Post Rehab* 2016; (4): 67–75.
- Wallisch A, Little LM, Dean E et al.: Executive function measures for children: a scoping review of ecological validity. *OTJR (Thorofare N J)* 2018; 38: 6–14.
- Weiss PL, Jessel AS: Virtual reality applications to work. *Work* 1998; 11: 277–293.
- Yeh SC, Tsai CF, Fan YC et al.: An innovative ADHD assessment system using virtual reality. *2012 IEEE EMBS International Conference on Biomedical Engineering and Sciences*; 17th–19th December 2012; Langkawi, Malaysia.