

Użyteczność stosowania testów stabilizacji wzrokowej oraz dynamicznej ostrości wzroku za pomocą narzędzia inVision™ w diagnostyce zawrotów głowy

Utility of the GST and DVA tests via inVision™ tool in the diagnosis of dizziness

BARTŁOMIEJ KOWALCZYK, AGATA CZWALIK, GRAŻYNA OLCHOWIK

Katedra i Zakład Biofizyki Uniwersytetu Medycznego w Lublinie

Pacjenci cierpiący na problemy z utrzymaniem równowagi często doświadczają również zawrotów głowy lub zaburzeń widzenia. Stabilizacja obrazu w trakcie poruszania się jest jednym z najistotniejszych czynników umożliwiających wykonywanie codziennych czynności. Nieprawidłowości przedsionkowe mogą ten proces bardzo poważnie zakłócać i powodować dyskomfort. Za zachowanie stabilności wzroku podczas obserwacji ruchomych obiektów lub podczas szybkiego poruszania głową odpowiedzialny jest odruch przedsionkowo-wzrokowy (ang. vestibulo-ocular reflex, VOR). Ocena VOR jest ważnym elementem diagnozowania zawrotów głowy i problemów z utrzymaniem równowagi.

W artykule przedstawiono podstawowe informacje na temat funkcjonowania układu odpowiedzialnego za statyczne utrzymanie wzorku i stabilność patrzenia. Zaprezentowano metodę diagnostyczną zawrotów głowy za pomocą narzędzia inVision™, szczegółowo ją opisując oraz dokonując jej oceny na podstawie licznych badań z jego wykorzystaniem.

Słowa kluczowe: zawroty głowy, stabilizacja spojrzenia, dynamiczna ostrość wzroku, odruch przedsionkowo-wzrokowy, zaburzenia przedsionkowe, inVision™

Patients with balance problems often complain about dizziness and vision disorders. The ability to keep vision stable while moving is one of the key factors which enable performing daily activities. This process can be very seriously interfered by vestibular abnormalities and thus cause discomfort to the patient. The function of Vestibulo-Ocular Reflex (VOR) is to stabilize vision while viewing moving objects or during fast head movements. The VOR evaluation is an important element in diagnosing dizziness and balance disorders.

This paper provides basic information about the functioning of the VOR system responsible for maintaining static vision and vision stability. It presents the dizziness diagnostic method via inVision™ tool, evaluating and describing it in detail based on a number of studies with its use.

Key words: dizziness, gaze stabilization, dynamic visual acuity, vestibulo-ocular reflex, vestibular disorders, inVision™

© Otorynolaryngologia 2017, 16(4): 136-142

www.mediton.pl/orl



Adres do korespondencji / Address for correspondence

mgr inż. Bartłomiej Kowalczyk
Katedra i Zakład Biofizyki, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
ul. Jaczewskiego 4 (Collegium Anatomicum), 20-090 Lublin
tel.: 81448 6338, fax: 81448 6330
e-mail: bartlomiej.kowalczyk@umlub.pl

Wstęp

Pacjenci cierpiący na problemy z utrzymaniem równowagi często doświadczają również zawrotów głowy lub zaburzeń widzenia. Umiejętność efektywnej stabilizacji obrazu w trakcie poruszania głową jest jednym z najistotniejszych czynników umożliwiających wykonywanie codziennych czynności.

Nieprawidłowości przedsionkowe mogą ten proces bardzo poważnie zakłócać i powodować dyskomfort, a nawet zaburzenia równowagi, szczególnie w otoczeniu o dużej stymulacji wizualnej jak np. hipermarkety czy centra handlowe [1]. Zaburzenia stabilizacji wzrokowej zwiększają się podczas ruchu

głowy pacjenta w kierunku bardziej uszkodzonego ucha, szczególnie w przypadku jednostronnego uszkodzenia narządu przedsionkowego [2]. Osoby uskarżające się na problemy z utrzymaniem równowagi często doświadczają również zawrotów głowy lub zaburzeń pola widzenia jak np. rozmazywanie obrazu. Szacuje się, że zawroty głowy występują, co najmniej raz u około 25% zdrowej populacji w wieku produkcyjnym (18-64 lat), a nawracające objawy zaobserwowano u około 8% osób [3]. Zawroty głowy mogą być objawami wielu schorzeń, co wiąże się z problemem ich zdiagnozowania. Dodatkowym utrudnieniem jest samo relacjonowanie dolegliwości przez pacjenta, ponieważ są to subiektywne odczucia i mogą objawiać się różnorodnie: wirowanie otoczenia, zaburzenia widzenia, niepewność postawy, dezorientacja i inne [4-6]. Dlatego rozpoznanie przyczyny wymaga precyzyjnej i wyspecjalizowanej diagnostyki [7].

Stabilność wzrokowa

Zdolność utrzymania wzroku stabilnie podczas poruszania się jest czynnością złożoną, która wymaga dokładnego funkcjonowania wielu narządów i receptorów w całym organizmie człowieka oraz prawidłowego działania jego układu motorycznego. Za statyczne utrzymanie wzroku i stabilność patrzenia odpowiadają głównie narząd wzroku i układ przedsionkowy [8]. Dodatkowo, za utrzymanie prawidłowej orientacji głowy w stosunku do pozycji ciała odpowiedzialny jest układ propriocepcji tułowia i szyi. Układ ten odbiera bodźce związane z uciskiem, rozciągnięciem, ustawieniem i ruchem części ciała wobec siebie. Prawidłowa integracja w obrębie tego układu jest niezbędna do powstania poprawnych odruchów, planowania i prowadzenia ruchu, regulacji napięcia mięśniowego i koordynacji pracy mięśni [9].

Narząd przedsionkowy (błędnik) wychwytuje informacje o relacji głowy względem działających na nią sił grawitacji oraz przyspieszeń liniowych i kątowych, a także wyzwała odruchy mające na celu utrzymanie stabilnej postawy ciała. Pozwala on utrzymywać równowagę zarówno w spoczynku, jak i przy wykonywaniu dowolnych czynności ruchowych [10]. Receptory narządu przedsionkowego mieszczą się w kanałach półkolistych, woreczku i łagiewce. Kanały półkoliste (przedni, tylny i boczny) ułożone są na trzech prostopadłych do siebie płaszczyznach: czołowej, strzałkowej i poziomej. Ruch obrotowy głowy powoduje przepływ endolimfy wypełniającej kanały do poszerzonych zakończeń zwanych bańkami, w których występują urzęsione komórki zmysłowe. Komórki te reagują na przyspieszenia kątowe i dostarczają informacji

o orientacji przestrzennej. Natomiast woreczek i łagiewka znajdujące się w przedsionku ślimaka reagują na przyspieszenie liniowe. Znajduje się w nich receptor czuciowy zwany plamką, skupiający urzęsione komórki zmysłowe, na których spoczywa błona galaretowata. W błonie tej znajdują się otolity (kryształy soli wapniowych). Ruch głowy powoduje przemieszczanie się otolitów na zasadzie bezwładności, w wyniku czego pobudzone są komórki zmysłowe. W woreczku wyczuwają one zmiany przyspieszenia w kierunku pionowym (np. grawitacja), a w łagiewce wykrywają odchylenia głowy od pionu (kierunek poziomy) [11, 12].

Odruch przedsionkowo-wzrokowy

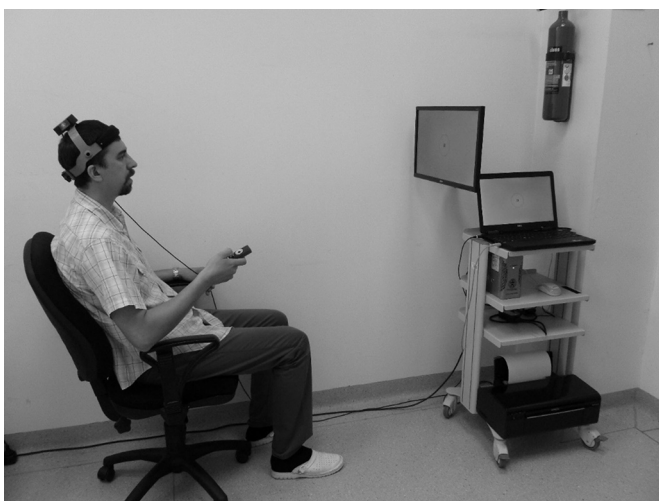
Odruch przedsionkowo-wzrokowy (ang. *vestibulo-ocular reflex*, VOR) jest ważnym procesem motorycznym gałki ocznej. Jest odpowiedzialny za zachowanie stabilności wzroku, podczas gdy oglądane obiekty są w ruchu lub podczas szybkiego poruszania głową. W trakcie obracania głowy, ruch gałek ocznych następuje z tą samą prędkością, lecz w przeciwnym kierunku. Informacja o ruchu głowy pochodzi z narządu przedsionkowego. VOR zapewnia kompensacyjny ruch gałek ocznych w stosunku do ruchu głowy we wszystkich płaszczyznach. VOR dzieli się na kątowy (*angular VOR*, aVOR) oraz liniowy (*translational VOR*, tVOR) [13, 14]. Czas latencji tego odruchu jest bardzo krótki i wynosi około 14 ms. VOR umożliwia szybką stabilizację obrazu powstającego na siatkówce, dzięki czemu widziany obraz jest wyraźny nawet podczas szybkich ruchów głowy [15, 16].

W przypadku, gdy odruch przedsionkowo-wzrokowy jest nieprawidłowy mogą wystąpić zawroty głowy lub problemy z utrzymaniem właściwej postawy ciała w ruchomym otoczeniu. Nieprawidłowości VOR mogą również skutkować samoistnym poruszaniem się obrazu lub jego rozmazywaniem, zjawisko to zwane jest oscylopsią [17]. Ocena VOR jest istotnym elementem diagnozowania zawrotów głowy i problemów z utrzymaniem równowagi. Przy mniejszych prędkościach ruchu głowy obraz stabilizowany jest za pomocą ruchów śledzących gałek ocznych (płynne podążanie za ruchomym obiektem) lub ruchów sakkadowych (mimowolnie przeskakiwanie wzroku między punktami zainteresowania) [18, 19]. Odruch przedsionkowo-wzrokowy jest kluczowym zjawiskiem niezbędnym do prawidłowego widzenia podczas poruszania głową z dużą prędkością [20]. Dlatego ważnym zagadnieniem diagnostycznym jest wyizolowanie go od innych systemów wzrokowych, określenie poprawności jego działania i zrozumienie jego roli. Alternatywą dla badań wykonywanych za pomocą dotychczasowych

metod jest system inVision™. Umożliwia zdiagnozowanie nieprawidłowości w odruchu przedsionkowo-wzrokowym bez konieczności wykonywania kosztownych testów laboratoryjnych [21].

Opis systemu inVision™

System inVision™ firmy NeuroCom® składa się z: komputera ze specjalistycznym oprogramowaniem, monitora, z którego pacjent odbiera sygnały wizualne, lokalizatora umieszczonego na głowie pacjenta, przenośnego pilota/myszki i drukarki (ryc. 1).



Ryc. 1. Widok z przebiegu badania przy zastosowaniu zestawu inVision™ firmy NeuroCom®

System inVision™ oferuje trzy protokoły zaprojektowane do badania funkcjonowania odruchu przedsionkowo-wzrokowego:

- test czasu dostrzegania (*Perception Time Test*, PTT), w którym zawiera się test statycznej ostrości wzrokowej (*Static Visual Acuity Test*, SVA),
- test stabilizacji wzrokowej (*Gaze Stabilization Test*, GST),
- test dynamicznej ostrości wzrokowej (*Dynamic Visual Acuity Test*, DVA).

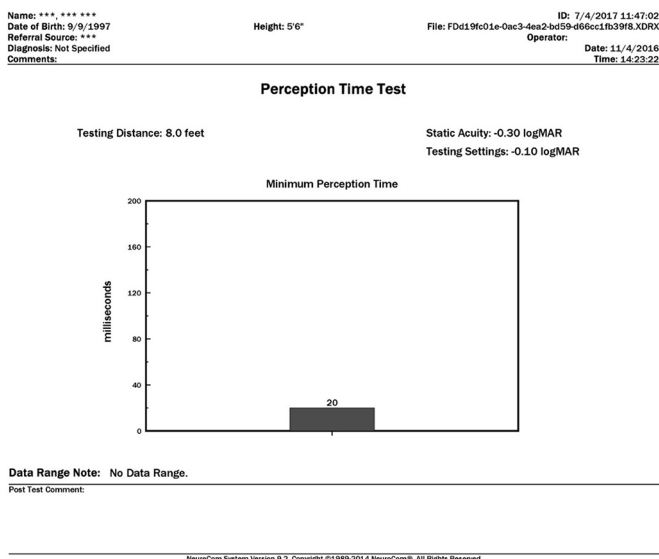
W teście czasu dostrzegania (PTT) pacjent usadzany jest w odległości od 1,5 m do 3,6 m od monitora. Osoba badana nie poruszając głową ma za zadanie odgadnąć kierunek optotypu wyświetlanego na ekranie (powiedzieć jak skierowane są nóżki litery „E”: w prawo, w lewo, w górę czy w dół). Za pomocą pilota, na którym znajdują się przyciski odpowiednich kierunków, zapisywana jest odpowiedź osoby badanej. W pierwszym etapie wielkość optotypu zmniejsza się do momentu, gdy pacjent nie jest w stanie bezbłędnie odczytać jego kierunku. Wielkość optotypu zapisywana jest w jednostce logMAR, gdzie MAR jest równy 1/5 wielkości kątowej najmniejszego rozpoznawalnego optotypu

[22]. Celem tego etapu jest określenie statycznej ostrości wzrokowej (SVA) przy unieruchomionej głowie pacjenta.

W drugim etapie wielkość uprzednio określonego optotypu nie zmienia się, natomiast zmienia się czas jego wyświetlania. Ma to na celu ustalenie czasu dostrzegania, czyli minimalnego czasu wyświetlania optotypu o rozmiarze 0,2 logMAR większym od progu statycznej ostrości widzenia pacjenta, po którym prawidłowo rozpoznaje orientacje litery „E”. Przeprowadzenie wyżej wymienionych testów jest konieczne przed wykonaniem dynamicznego badania (np. dynamicznej ostrości wzrokowej) lub stabilizacji wzrokowej.

Przykładowy wynik testu PTT pokazano na rycinie 2. Testowa odległość wynosiła 2,5 m od ekranu. W teście SVA pacjent uzyskał rezultat -0,3 logMAR. W związku z czym do testu PTT wykorzystano optotyp o rozmiarze -0,1 logMAR. Uzyskanie dużego wyniku rozmiaru optotypu może świadczyć o występowaniu wady wzroku u osoby badanej. Czas dostrzegania pacjenta wyniósł 20 ms (co jest wartością minimalną = najlepszą). Wynik w zakresie od 20 ms do 50 ms przyjmuje się jako w normie. Jeżeli pacjent uzyskał rezultat powyżej 50 ms, test należy powtórzyć. Jeśli w kolejnych próbach stale występuje wysoka wartość czasu dostrzegania, nie wykonuje się testów dynamicznych. Jest to spowodowane tym, iż przy próbach dynamicznych podczas wyświetlania optotypu dłużej niż przez 50 ms, zamiast VOR wykorzystywane są inne mechanizmy takie jak ruchy sakkadowe lub ruchy śledzące gałek ocznych.

W teście stabilizacji wzrokowej (GST) pacjent znajduje się w tej samej pozycji i odległości od

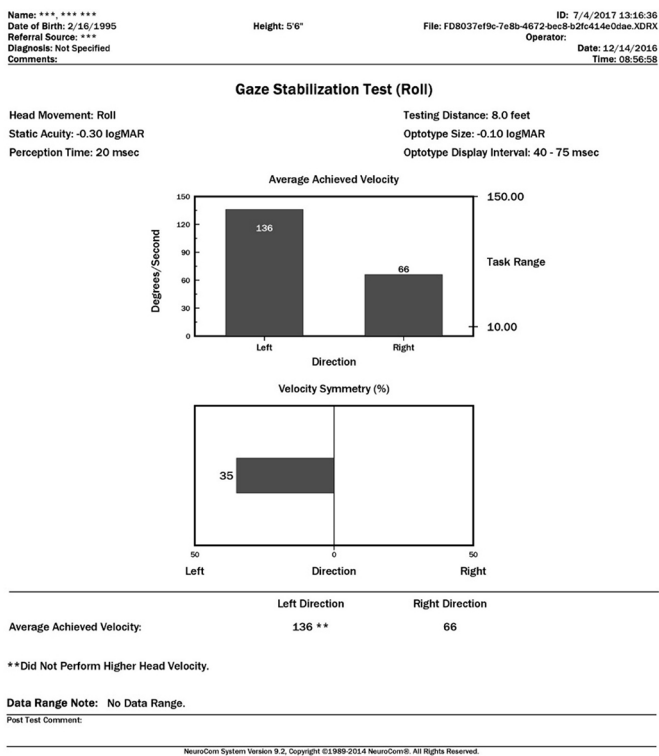


Ryc. 2. Przykładowy wynik testu czasu dostrzegania (PTT)

monitora, co w teście czasu dostrzegania. Podczas tego badania pacjent siedzi nieruchomo i w odpowiedni sposób rytmicznie porusza głowę wzdłuż określonej osi (poziomej, strzałkowej lub czołowej). Dodatkowo ma założony na głowie specjalny lokalizator umożliwiający pomiar prędkości i kierunku ruchu głowy. W pierwszej fazie badania na monitorze wyświetlany jest wymagany kątowny zakres i kątowna wartość prędkości, z jaką pacjent powinien obracać głowę. Po osiągnięciu wymaganej prędkości ruchu głowy w określonym kierunku (kryterium VOR) na monitorze wyświetlany jest optotyp „E”. Komputer losowo prezentuje optotyp, aby pacjent nie mógł przewidzieć jego kierunku. Rozmiar optotypu ustawiany jest automatycznie na wartość większą o 0,2 logMAR od wartości odniesienia statycznej ostrości wzrokowej u pacjenta. Program zapisuje i ocenia poprawność odpowiedzi wybranego przez pacjenta kierunku optotypu. Test ten obejmuje szereg prób o różnej prędkości ruchu głowy wywołującej optotyp. Badanie stabilizacji wzrokowej ocenia zakres prędkości ruchów głowy w określonym kierunku, przy którym pacjent jest w stanie zachować akceptowalny poziom ostrości wzrokowej [23].

Na rycinie 3 przedstawiono wynik testu GST w płaszczyźnie czołowej. Odległość testowa wynosiła 2,5 m, czas uzyskany w teście PTT: 20 ms, rezultat testu SVA: -0,3 logMAR, a rozmiar wyświetlanego optotypu w teście GST: -0,1 logMAR. Przerwy pomiędzy wyświetlanymi optotypami zawierały się między 40 ms, a 75 ms. Z górnego diagramu odczytujemy, że prędkość kątowna z jaką pacjent był w stanie poprawnie odczytać kierunek wyświetlanego optotypu podczas poruszania głową w lewo i w prawo, wynosi odpowiednio 136 stopni na sekundę i 66 stopni na sekundę. Wynik w przedziale od 75 stopni na sekundę do 120 stopni na sekundę uznaje się jako w normie. Wyniki powyżej 120 stopni na sekundę uzyskują np. sportowcy. Wyniki poniżej 75 stopni na sekundę mogą występować u osób starszych, które nie są w pełni sprawne fizycznie. Dolny diagram ukazuje nam różnicę podaną w procentach pomiędzy uzyskanymi wartościami prędkości kątownych przy poruszaniu głową w obu kierunkach. Wartość 35% wskazuje na wyraźną asymetrię i sugeruje nieprawidłowości w prawym narządzie przedsionkowym.

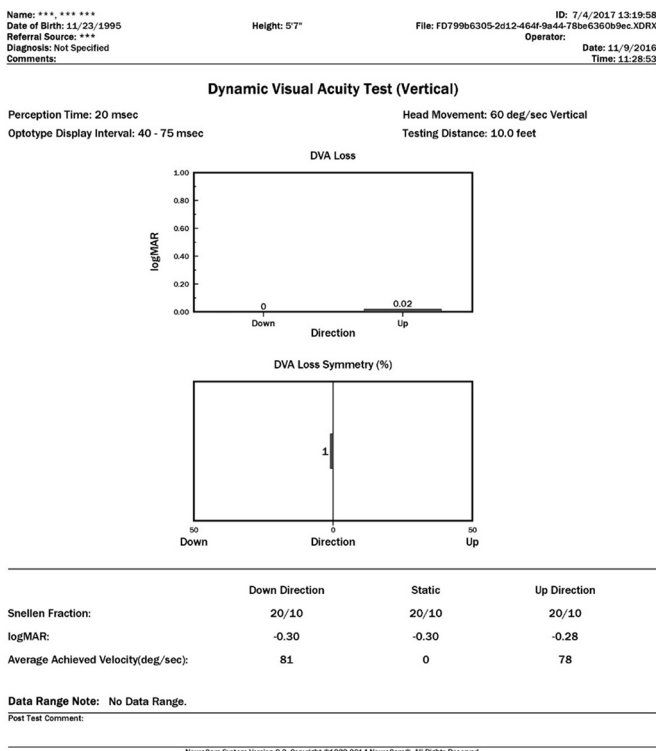
W teście dynamicznej ostrości wzrokowej (DVA) pacjent znajduje się w tej samej odległości od monitora jak w poprzednich testach. Badanie to odbywa się w identyczny sposób jak badanie GST. Test obejmuje szereg prób o różnym rozmiarze optotypu (prędkość ruchu głowy jest stała), różnicowanym systematycznie w zdefiniowanym zakresie zależnym



Ryc. 3. Przykładowy wynik testu stabilizacji wzrokowej (GST)

od reakcji pacjenta na pojawienie się optotypu. Badanie dynamicznej ostrości wzrokowej ocenia wpływ systemu przedsionkowo-wzrokowego pacjenta na umiejętność dokładnej percepcji obiektów w trakcie poruszania głową z określoną prędkością i w określonym kierunku [23].

Wynik testu DVA dla kierunku strzałkowego przedstawiono na rycinie 4. Zawiera ona również istotne dane takie jak: odległość testowa 3 m, wynik testu czasu dostrzegania 20 ms, żądana prędkość poruszania głową 60 stopni na sekundę, przerwy w wyświetlaniu optotypu od 40 ms do 75 ms. Diagram górny ukazuje nam utratę zdolności wyraźnego widzenia podczas próby dynamicznej, względem statycznej ostrości widzenia, rozróżniając oba kierunki poruszania głową. Wyniki 0 logMAR dla kierunku w dół i 0,02 logMAR dla kierunku w górę świadczą o wysokiej zdolności pacjenta do wyraźnego widzenia podczas poruszania głową. Utrata ostrości widzenia do 0,2 logMAR uznawana jest jako w normie. Z dolnego diagramu możemy odczytać procentową wartość asymetrii. W tym przypadku wynik 1% oznacza bardzo znikomą asymetrię. Z tego wydruku testu DVA możemy również odczytać precyzyjne rezultaty uzyskane w testach ostrości widzenia. Są one wyrażone w jednostkach logMAR oraz przeliczone na skalę Snellena. Pokazane są także średnie prędkości kątowne, jakie pacjent osiągnął w przeprowadzonych próbach.



Ryc. 4. Przykładowy wynik testu dynamicznej ostrości wzrokowej (DVA)

Podczas tych badań wiele zmiennych (kierunek poruszania głową, prędkość poruszania głową, precyzyjność odpowiedzi i inne) jest jednocześnie monitorowanych przez komputer systemu inVision™. Kontrola sprawia, że testy tego systemu są wiarygodne, stabilne i stanowią ważny wskaźnik w ocenie VOR [24-27]. Łatwość użytkowania inVision™ powoduje, że to złożone badanie staje się proste do wykonania. Wyniki dostarczają cennych informacji na temat funkcjonowania VOR, przyczyniają się do zrozumienia jego roli i pozwalają na ocenę prawidłowości jego działania [24, 28].

Ocena użyteczności testów

Test stabilizacji wzrokowej (GST) wydaje się być niezawodnym badaniem do odróżnienia pacjentów zdrowych od pacjentów z jednostronnie uszkodzonym układem przedsionkowym. Goebel i wsp. [29] podkreślają, że test ten może pomóc w określeniu, po której stronie występują zaburzenia i jaki jest zakres uszkodzeń. Czułość i swoistość testu zostały określone na poziomie odpowiednio 64% oraz 93%, a współczynnik rzetelności wyniósł 0,91. Test dynamicznej ostrości wzrokowej (DVA) odróżnia pacjentów zdrowych od chorych, ale nie jest w stanie wykazać, po której stronie występuje uszkodzenie. Czułość testu wyniosła 71%, a swoistość 88%, natomiast współczynnik rzetelności 0,89. Interesujące

jest to, że stosowanie dwóch testów zwiększyło czułość do 79%, a swoistość utrzymała się na poziomie 88%. Co może świadczyć o tym, że GST i DVA identyfikują podobne, ale nie do końca identyczne deficyty stabilności wzrokowej u pacjentów z jednostronnym uszkodzeniem przedsionkowym. Według autorów pracy [29] GST ma większy potencjał diagnostyczny niż DVA. GST określa stabilność wzrokową w warunkach maksymalnej prędkości ruchu głowy i może być stosowany, jako wyznacznik stopnia zaawansowania zaburzeń przedsionkowych. Ponadto, najwyższa prędkość, z jaką pacjent jest w stanie widzieć wyraźnie może być wykorzystywana, jako bardziej praktyczny wskaźnik (niż rozmiar optotypu) przy monitorowaniu postępów np. po rehabilitacji wzrokowej.

Ward i wsp. [26] potwierdzają skuteczność testów GST i DVA. Wnioskują, że system inVision™ zapewnia kompaktowy sposób standaryzacji wcześniejszych wersji testów GST i DVA do ambulatoryjnych celów klinicznych. Uważają, że oba testy cechują się dobrą rzetelnością i stabilnością, jednak GST wykazuje mniejszy wpływ na błędy pomiaru (*standard error of the measurement* – SEM% 13-15%) niż DVA (SEM% 27-53%). Autorzy publikacji [26], porównując oba testy stwierdzili umiarkowany związek pomiędzy nimi, co może wskazywać, że testy te mają być może inne patomechanizmy; podobne wnioski wysunęli Mohammad i wsp. [24]. Ward i wsp. [26] również wykazują, że oba testy mogą wywoływać niewielkie objawy uboczne jak np. zawroty głowy, ale ani razu nie wywołały wymiotów. Przy czym test DVA wypada w tym przypadku lepiej niż GST, ponieważ podczas badania pacjent porusza głową z niższą i stałą prędkością, co zmniejsza ryzyko wystąpienia objawów ubocznych i mniej męczy pacjenta. Obydwa testy mogą służyć do oceny skuteczności rehabilitacji pacjentów z uszkodzeniami przedsionkowymi.

Manago i wsp. [30] wykorzystali GST i DVA do badania osób chorych na stwardnienie rozsiane. Pojedynczy test odróżniał osobę zdrową od chorej. GST był w stanie rozróżnić osoby o mniejszym nasileniu choroby od tych z większym nasileniem choroby. Wykazywał również znaczącą zależność statystyczną dla osób chorych w porównaniu do wyników: DVA, ABC (*Activities Balance and Confidence Scale*), DHI (*Dizziness Handicap Inventory*), MFIS (*Modified Fatigue Impact Scale*). Ponadto u osób z jednostronnym zaburzeniem przedsionkowym wykazywał niższy wynik w teście w kierunku uszkodzonej strony. Autorzy sugerują kolejne badania nad testami GST i DVA w kierunku wykorzystania ich w procesie rehabilitacji oraz ich użyteczności

w warunkach klinicznych. Jednocześnie proponują by lekarze rutynowo badali funkcjonowanie VOR u pacjentów chorych na stwardnienie rozsiane.

Podczas badania starszych osób za pomocą inVision™, Honaker i wsp. [31] wykazali znaczącą statystyczną zależność wyników DVA pomiędzy osobami, którym zdarzały się upadki i osobami, które takich problemów nie miały. Test DVA wykazał w tym przypadku czułość 87% i swoistość 61%. W porównaniu do wskaźnika DGI (*Dynamic Gait Index*), którego czułość i swoistość wyniosły odpowiednio 87% i 94%, DVA okazało się mniej czułe. Jednak zarówno DGI jak i DVA identyfikowały te same osoby jako upadające, wykazując 100% korelacji między wynikami obu testów. Autorzy wysuwają wniosek, że dodanie testu DVA do przesiewowych badań osób starszych, może dostarczyć dodatkowych danych dla ostrzeżenia lekarzy o istnieniu wysokiego ryzyka upadku pacjenta.

Analizując wyniki DVA u osób z jednostronną nadczynnością przedsionkową Schubert i wsp. [14] wykazali, że były one istotnie statystycznie gorsze od wyników zdrowej grupy kontrolnej. Nie zauważyli różnicy w symetrii dla ruchów głowy we wszystkich płaszczyznach dla grupy kontrolnej. Natomiast przy pasywnych ruchach głowy u osób z jednostronną nadczynnością przedsionkową znaczące różnice w symetrii widoczne były jedynie dla kierunku w płaszczyźnie poziomej. Wyniki wyższe (gorsze) o 33% odnotowano w kierunku uszkodzonego narządu przedsionkowego. W płaszczyźnie strzałkowej i czołowej asymetrii nie stwierdzono. Autorzy podsumowują, że test DVA podczas poruszania głową w płaszczyźnie czołowej może nie wykazać nadczynności aVOR. Natomiast dla osób z jednostronną nadczynnością przedsionkową, podczas pasywnych ruchów głowy, DVA jest lepszym wskaźnikiem zaburzeń przedsionkowych w płaszczyźnie poziomej niż w strzałkowej czy czołowej.

Badania prowadzone przez Whitney i wsp. [32] wykazały, że wyniki testu GST są istotnie związane z wydajnością chodu u osób starszych z zaburzeniami równowagi. U pacjentów z gorszymi wynikami GST zarówno w płaszczyźnie poziomej oraz strzałkowej odnotowano gorszą stabilność chodzenia. Wyniki tych testów wskazują, że zaburzenia widzenia w trakcie przemieszczania się u osób

z anomaliami przedsionkowymi, przyczyniają się do niestabilności postawy podczas poruszania się.

Wykonując kontrolne badania można wychwytać osoby z zaburzeniami wzroku i kierować je na specjalistyczne badania. Dla pacjentów, u których występują zakłócenia w funkcjonowaniu innych zmysłów odpowiedzialnych za stabilność postawy, niezwykle ważne jest, aby mieć jak najlepszą zdolność widzenia. Clark [33] stwierdza, że lekarze i terapeuci sprawujący opiekę nad pacjentami z problemami zawrotów głowy i defektami przedsionkowymi lub somatosensorycznymi, mogą im efektywnie pomóc wykorzystując inVision™.

Testy GST i DVA mogą być wykorzystane w celach terapeutycznych i rehabilitacyjnych. Honaker i wsp. [34] wykonując takie badania zauważyli, że żołnierze z zawrotami głowy i zaburzeniami wzroku nie odnosili korzyści z rehabilitacyjnej terapii zawrotów głowy i zaburzeń równowagi w tym samym stopniu, jak żołnierze z zawrotami głowy, ale bez zaburzeń wzroku. W związku z czym czas trwania terapii powinien być uzależniony od rodzaju zaburzeń równowagi. Stwierdzają, że zastosowanie terapii wzrokowej może również odgrywać ważną rolę w rehabilitacji pacjentów z łagodnym pourazowym uszkodzeniem mózgu (ang. *mild Traumatic Brain Injury*, mTBI), szczególnie w przypadku pacjentów cierpiących na podwójne zaburzenia sensoryczne.

Podsumowanie

InVision™ jest użytecznym narzędziem do diagnostyki zawrotów głowy i zaburzeń równowagi. Badanie jest bezinwazyjne, przyjazne dla pacjenta, jak również nieskomplikowane i łatwe w obsłudze dla osoby wykonującej testy. Pomaga wykryć pacjentów z zaburzeniami wzroku lub w układzie przedsionkowym mogącymi wpływać na stabilność postawy. Dzięki takiemu badaniu można określić, gdzie występują nieprawidłowości i skierować pacjenta na specjalistyczne badania. Zestaw inVision™ może również być wykorzystany do terapii rehabilitacyjnej dla osób z problemami utrzymania równowagi, a także może służyć do oceny skuteczności działania konkretnych terapii oraz efektów rehabilitacji. Jednakże z powodu innowacyjności tej metody dodatkowe modyfikacje będą zapewne pomocne w jego udoskonaleniu.

Piśmiennictwo

1. Cohen AH. Vision rehabilitation for visual-vestibular dysfunction: The role of the neuro-optometrist. *Neuro Rehabilitation* 2013; 32(3): 483-92.
2. Schubert MC. *Vision Challenges with Vestibular Disorders*. Vestibular Disorders Association, 2016.
3. Litwin T, Członkowska A. Zawroty głowy w praktyce neurologa – diagnostyka i leczenie. *Pol Prz Neurol* 2008; 4 (2): 78-86.
4. Tomaszewski M, Banakiewicz K, Jajko K, Szykowski R, Zielinski P, Zalewski G, et al. Dizziness – pathogenesis, diagnosis and treatment. *Health Problems of Civilization* 2015; 9(1): 11-17.
5. Litwin T, Barańska-Gieruszczak M. Neurologiczne przyczyny zawrotów głowy – diagnostyka i leczenie. *Klinika Nowa* 2001; 8: 724-9.
6. Pilarska E, Konieczna S, Lemka M. Zawroty głowy u dzieci – klasyfikacja, przyczyny, objawy, diagnostyka. *Neurol Dziec* 2012; 21(24): 53-8.
7. Narożny W, Kocić I. Współczesna terapia zawrotów głowy i zaburzeń równowagi. *Otolaryngologia* 2016; 15(2): 87-93.
8. Hulewicz A. Badania elektrofizjologiczne w diagnozowaniu wybranych schorzeń narządu wzroku. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica. Inż Biomed* 2011; 17(1): 67-71.
9. Styczyński T, Gasik R, Pyskło B. Znaczenie kliniczne zaburzeń. Propriocepcja dla narządu ruchu. *Reumatologia* 2007; 45(6): 404-6.
10. Pyskir M, Pujszko R, Bosek M, Grzegorzewski B. Wpływ wybranych ćwiczeń fizycznych na system kontroli postawy człowieka. *Med Sport* 2004; 20(5): 247-53.
11. Obrist D. Fluid mechanics of the inner ear. Diss. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Department of Mechanical and Process Engineering. Institute of Fluid Dynamics, 2011.
12. Torres M, Giráldez F. The development of the vertebrate inner ear. *Mech Dev* 1998; 71(1): 5-21.
13. Schubert MC, Migliaccio AA. Stability of the aVOR to Repeat Head Impulse Testing. *Otol Neurotol* 2016; 37(6): 781-6.
14. Schubert MC, Migliaccio AA, Ng TW, Shaikh AG, Zee DS. The under-compensatory roll avor does not affect dynamic visual acuity. *J Assoc Res Otolaryngol* 2012; 13(4): 517-25.
15. Gromann GE, Leigh RJ, Bruce EN, Huebner WP, Lanska DJ. Performance of the human vestibuloocular reflex during locomotion. *J Neurophysiol* 1989; 62(1): 264-72.
16. Koziorowska-Gawron E, Budrewicz S, Jadanowski K. Patofizjologia zaburzeń gałkoruchowych w niektórych schorzeniach ośrodkowego układu nerwowego. *Pol Prz Neurol* 2009; 5(3): 117-22.
17. Badaracco C, Labini FS, Meli A, Tufarelli D. Oscillopsia in labyrinthine defective patients: comparison of objective and subjective measures. *Am J Otolaryngol* 2010; 31(6): 399-403.
18. Schubert MC, Zee DS. Saccade and vestibular ocular motor adaptation. *Restor Neurol Neurosci* 2010; 28(1): 9-18.
19. Wong A. *Eye movement disorders*. Oxford University Press, 2008.
20. Leigh RJ, Zee DS. *The neurology of eye movements*. Oxford University Press, 2015.
21. Pritcher MR, Whitney SL, Marchetti GF, Furman JM. The influence of age and vestibular disorders on gaze stabilization: a pilot study. *Otol Neurotol* 2008; 29(7): 982-8.
22. Zając M. Od czego zależy jakość widzenia? *Prz Okul* 2012; 4: 7-9.
23. *System inVision™*. Podręcznik integracji klinicznej. NeuroCom® International, Inc. 2015.
24. Mohammad MT, Whitney SL, Marchetti GF, Furman JM. The reliability and response stability of dynamic testing of the vestibulo-ocular reflex in patients with vestibular disease. *J Vestib Res* 2011; 21(5): 277-88.
25. Vander Vegt CB. Resultant Effects of Head Impacts on Vestibular Function in Division I Male Lacrosse Players. Diss. Texas State University, 2015.
26. Ward BK, Mohammad MT, Whitney SL, Furman JM. The reliability, stability, and concurrent validity of a test of gaze stabilization. *J Vestib Res* 2010; 20(5): 363-72.
27. Kaufman DR, Puckett MJ, Smith MJ, Wilson KS, Cheema R, Landers MR. Test-retest reliability and responsiveness of gaze stability and dynamic visual acuity in high school and college football players. *Phys Ther Sport* 2014; 15(3): 181-8.
28. Honaker JA, Shepard NT. Age effect on the gaze stabilization test. *J Vestib Res* 2010; 20(5): 357-62.
29. Goebel JA, Tungsiripat N, Sinks B, Carmody J. Gaze stabilization test: a new clinical test of unilateral vestibular dysfunction. *Otol Neurotol* 2007; 28(1): 68-73.
30. Mañago MM, Schenkman M, Berliner J, Hebert JR. Gaze stabilization and dynamic visual acuity in people with multiple sclerosis. *J Vestib Res* 2016; 26(5-6): 469-77.
31. Honaker JA, Shepard NT. Use of the Dynamic Visual Acuity Test as a screener for community-dwelling older adults who fall. *J Vestib Res* 2011; 21(5): 267-76.
32. Whitney SL, Marchetti GF, Pritcher MR, Furman JM. Gaze stabilization and gait performance in vestibular dysfunction. *Gait Posture* 2009; 29(2): 194-8.
33. Clark AR. Variables affecting dynamic visual acuity in normal adults. Pacific University 2013.
34. Honaker JA, Tomasek R, Bean K, Logan B. Impact of visual disorders on vestibular and balance rehabilitation therapy outcomes in soldiers with blast injury. *Int Tinnitus J* 2012; 17(2): 124-33.