

Monika UCIŃSKA, Marta DOBRZYŃSKA

## WRAŻLIWOŚĆ NA KONTRAST JAKO JEDEN Z WYZNACZNIKÓW BEZPIECZNEGO KIEROWANIA POJAZDEM

### *Streszczenie*

*Bezpieczeństwo na drodze wymaga sprawnego funkcjonowania narządu wzroku u kierowcy. O ile w badaniach medycznych, psychologicznych bierze się pod uwagę ostrość widzenia, widzenie stereoskopowe, widzenie zmierzchowe, wrażliwość na olśnienie, o tyle pomija się badanie wrażliwości na kontrast, czyli zdolność układu wzrokowego do odróżniania przedmiotu od jego tła, mającego duże znaczenie z punktu widzenia profilaktyki bezpieczeństwa ruchu drogowego.*

*Artykuł przedstawia rozważania oraz wyniki badań dotyczące znaczenia sprawności widzenia w warunkach zmniejszonej jasności oświetlenia dla prawidłowego wykonywania czynności kierowania pojazdem. Prezentuje również Zaawansowany Tester Widzenia (FVA – Functional Vision Analyzer) jako specjalistyczne urządzenie do badania wrażliwości na kontrast u kierowcy.*

### WSTĘP

Ponieważ około 90% informacji koniecznych do prowadzenia pojazdu dostarczana jest przez narząd wzroku, bezpieczeństwo na drodze wymaga sprawnego jego funkcjonowania. Układ wzrokowy uczestniczy zarówno w obserwowaniu drogi, śledzeniu i przewidywaniu ruchu pojazdów i innych uczestników ruchu np. pieszych, rowerzystów, spostrzeganiu znaków drogowych przy jednoczesnym obserwowaniu lusterek, jak i kontrolowaniu wskazań urządzeń znajdujących się na pulpicie sterowniczym (np. prędkościomierz). A wszystko to w przy różnych warunkach drogowych i odmiennym oświetleniu.

Dyrektywa Komisji 2009/113/WE w sprawie praw jazdy precyzuje, jakie czynniki medyczne wpływają na zdolność kierowania pojazdami. Do takich czynników zalicza się prócz cukrzycy i padaczki, również wzrok. Do tych funkcji wzroku, na które zwraca się szczególną uwagę zalicza się: ostrość widzenia, pole widzenia, widzenie w półmroku, wrażliwość na kontrast i olśnienie, diplopię oraz inne funkcje, których upośledzenie może zagrażać bezpiecznemu kierowaniu pojazdami [5].

Badanie zdolności widzenia w mroku (widzenia zmierzchowego) i wrażliwości na olśnienie (oślepienie) stanowi od lat standardowe badanie kierowców. Ma szczególne znaczenie dla tych kierujących pojazdami, którzy są zobowiązani, odpowiednimi przepisami, do posiadania orzeczenia psychologicznego o istnieniu / braku przeciwwskazań psychologicznych do pracy na stanowisku kierowcy, bądź do kierowania pojazdem. Stąd w ich przypadku sprawność w zakresie widzenia w warunkach zmierzchowych, nocnych i przy ograniczonej widoczności oraz zdolność szybkiej adaptacji po olśnieniu (oślepieniu) jest niezbędna.

Coraz ważniejszego znaczenia, co potwierdzają różne badania [9,10,12,14], nabiera ocena wrażliwości na kontrast. Ponieważ widzenie zmierzchowe, jak i wrażliwość na olśnienie są cechami fizjologicznymi i podlegają wahaniom [7], wiążącym się z wiekiem kierowcy, zmęczeniem, zażywaniem leków, nadużywaniem alkoholu, również zmianom ulega widzenie kontrastu. Badanie wrażliwości na kontrast zazwyczaj dokonywane jest przez lekarzy okulistów, jednakże również niektóre placówki naukowo-badawcze posiadają stosowne urządzenia do weryfikacji tej funkcji wzroku. Taką placówką jest m.in. Zakład Psychologii Transportu i Fizjologii w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie.

## 1. WIDZENIE A BEZPIECZEŃSTWO

Spostrzeganie i widzenie to proces złożony. Składają się na niego procesy fizjologiczno-psychiczne, które są związane z odbieraniem bodźców świetlnych przez oko, przetwarzaniem ich w sygnały uruchamiające procesy myślowe, w ich następstwie zaś działania. W skład światłoczułej części oka wchodzi dwa receptory:

1. *czopki* - pracujące przy wyższych poziomach oświetlenia, odpowiedzialne za dokładne widzenie i rozróżnianie barw i kształtów w dobrym oświetleniu.
2. *pręciki* - pracujące przy niskich poziomach oświetlenia, przejmujące funkcję widzenia w warunkach ograniczonego oświetlenia oraz nocnych; nie mają zdolności rozróżniania barw.

Biorąc pod uwagę warunki oświetlenia związane z rytmem ruchu słońca oraz zdolności adaptacyjne ludzkiego oka można wyróżnić trzy poziomy oświetlenia i związane z nim widzenia:

- widzenie normalne – fotopowe – przy oświetleniu powyżej  $3 \text{ cd/m}^2$  - gdzie możliwe jest spostrzeganie barwne, a obserwowane obiekty charakteryzują się wystarczającym kontrastem aby mogły być obserwowane i rozpoznawane przez układ centralny,
- widzenie zmierzchowe – mezopowe - przy oświetleniu w granicach  $0,001 \text{ cd/m}^2$ ,
- widzenie nocne – skotopowe – przy oświetleniu poniżej  $0,001 \text{ cd/m}^2$  - gdzie widzenie centralne jest bardzo utrudnione [17].

W procesie widzenia w warunkach jazdy nocnej, zależnie od stopnia oświetlenia otoczenia (przejazd przez oświetlone miasto czy za miastem po drodze bez oświetlenia zewnętrznego) biorą udział, choć w różnym stopniu, oba typy receptorów. Czopki i pręciki reagują nie tylko na różne oświetlenie otoczenia, ale ze względu na odmienną budowę, odbierają bodźce z innej części pola widzenia. Czopki zgrupowane są w środkowej części siatkówki oka i dlatego najlepiej odbierają bodźce padające na środek oka, na wprost i dobrze oświetlone. Pręciki natomiast zgrupowane są na obwodzie siatkówki, a tym samym lepiej odbierają bodźce peryferyjne. W przypadku, gdy mówimy o widzeniu dziennym, pogarsza się ono wraz ze zmianą odległości od siatkówki oka i przy niższych poziomach oświetlenia. Gorsze jest wtedy dostrzeganie przeszkód pojawiających się z boku od osi głównej patrzenia kierowcy (np. wybiegający z boku piesi, jadący rowerzyści, pojazdy nadjeżdżające z drogi podporządkowanej).

Zmiana oświetlenia otoczenia wymaga od oka adaptacji, tj. przystosowania się do zmienionych warunków i przejęcia funkcji widzenia przez inne części siatkówki [19]. W zależności od natężenia światła wyróżniamy adaptację:

- pierwotną – jest to okres widzenia czopkowego, gdzie pręciki nie zostają jeszcze wzbudzone. W tym okresie adaptacja następuje szybko, ale po upływie ok. 3 do 9 minut zatrzymuje się na pewien okres na stałym poziomie,
- wtórną – jest to ponowny okres szybkiej adaptacji, która po upływie 15 – 20 minut przybiera charakter łagodny. W tej fazie działalność oka zależy od pręcików. Po godzinie od zmiany oświetlenia adaptacja przebiega już bardzo powoli i nie ma większego znaczenia dla zdolności dostrzegania i rozpoznawania kształtów [2].

W prawidłowych warunkach, niczym nie zakłóconych, adaptacja wzrasta 50-100 tys. razy w ciągu jednej godziny [11]. Z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego duże znaczenie ma adaptacja pierwotna. Dzięki światłom reflektorów pojazdów, oświetleniu drogi, oświetleniu zabudowań przy drodze, ruch pojazdów nigdy nie odbywa się w całkowitej ciemności. W tych warunkach czynność widzenia stale utrzymują przede wszystkim czopki, pręciki zaś mają mniejsze znaczenie.

W oku, które jest już zaadaptowane do ciemności nawet niewielkie źródło światła może powodować olśnienie. Przyjmuje się, że olśnienie ma miejsce, gdy w polu widzenia pojawia się źródło światła od 800 do 3 tysięcy razy większe od istniejącego. Skutkiem olśnienia jest obniżenie ostrości wzroku i zdolności dostrzegania i rozpoznawania przedmiotów, które jest tym większe, im mocniejsze było źródło światła. Po ustaniu działania światła olśniewającego oko powraca do stanu adaptacyjnego (sprzed olśnienia). Zjawisko to określa się jako readaptację. Okres readaptacji w ruchu drogowym wynosi najczęściej 1 – 5 sekund i jest zależny m.in. od siły światła pojazdu olśniewającego jadącego z przeciwka lub z tyłu, ale też od wieku kierowcy. W przypadku silnego olśnienia kierowca przez krótki czas nic nie widzi. Przy olśnieniu umiarkowanym widzenie jest ograniczone. Powracanie do stanu widzenia sprzed olśnienia (readaptacja) trwa pewien czas, a w ruchu drogowym oznacza to określony czas i długość drogi przejeżdżany przy znacznie ograniczonej zdolności widzenia i rozpoznawania przedmiotów i kształtów. Zbyt długi okres readaptacji wzroku może zagrażać bezpieczeństwu w ruchu drogowym [3].

Do umiejętności warunkujących bezpieczeństwo w ruchu drogowym zaliczamy również widzenie przestrzenne, niezbędne do oceny odległości. Umiejętność ta jest ważna dla kierowców, którzy w trakcie prowadzenia pojazdu oceniają odległość między swoim pojazdem a innymi pojazdami czy użytkownikami drogi. Warto podkreślić różnicę między widzeniem odległości (widzeniem przestrzennym) a oceną odległości. Widzenie odległości dokonuje się w bardzo krótkim czasie i wymaga prawidłowego widzenia obuocznego, z kolei ocena odległości dokonuje się w dłuższym okresie czasu i może być w miarę poprawna bez prawidłowego widzenia obuocznego [6]. W badaniach psychologicznych przy wykorzystaniu stereometru, oceniane jest widzenie z dali i z bliży. Jednakże podczas prowadzenia pojazdu wzrok kierowcy pracuje głównie w widzeniu dali a nie w bliży. Stąd wady wzroku u kierowców bezpośrednio wpływają na wyniki psychologicznej sprawności percepcji głębi w widzeniu w dali [7].

### **1.1. Jazda w warunkach nocnych i przy ograniczonej widoczności**

Statystyki policyjne [21] od wielu lat wskazują, że na występowanie wypadków drogowych wpływ mają między innymi warunki atmosferyczne oraz oświetlenie, przy czym ten ostatni czynnik jest uzależniony od pory dnia i pory roku. W 2011 roku najwięcej wypadków wydarzyło się przy dobrych warunkach atmosferycznych oraz w ciągu dnia (wtedy jest największy ruch). Jednakże należy zauważyć, iż w porze nocnej, na drogach nieoświetlonych występuje największy wskaźnik osób zabitych, w co czwartym takim wypadku ginie człowiek (w porze dziennej w co trzynastym wypadku). W 2011 roku w warunkach nocnych na drogach oświetlonych wydarzyło się 5 925 wypadków (14,8%) i zginęły w nich 643 osoby (15,3%), zaś na drogach nieoświetlonych miało miejsce 4 037 (10,1%) wypadków, które pochłonęły 1078 (25,7%) ofiar. Na drogach pozbawionych światła zewnętrznego (latarnie) kierowca porusza się pojazdem z zapalonymi światłami drogowymi, a w sytuacji, gdy z przeciwka nadjeżdża inny pojazd, światłami mijania. Nakładają się w takiej sytuacji: ciemne tło otoczenia, światła pojazdu zbliżającego się z przeciwka i światła własnego pojazdu. W tych warunkach kierowca musi dokonać nie tylko analizy widoczności drogi, ale i dostosować swoją jazdę do tej widoczności. Wiele wypadków, które mają miejsce w nocy spowodowanych jest słabym widzeniem kierowcy (wady wzroku, choroby oczu), w tym obniżonym poczuciem kontrastu. Tymczasem sprawność w zakresie widzenia w warunkach nocnych i wa-

runkach ograniczonej widoczności jest ważnym elementem wpływającym na bezpieczeństwo na drodze. W warunkach jazdy nocnej pojęcie widoczności drogi odnosi się do „długości oświetlonego obszaru drogi, z którego kierowca może czerpać informacje co do kształtu drogi i możliwości kontynuowania jazdy. Jeżeli na drodze nie ma oświetlenia zewnętrznego (stanowiącego wyposażenie drogi), wówczas za obszar oświetlony należy uznawać odcinek drogi objęty plamą światła padającego na jezdnię z własnych reflektorów pojazdu” [19 s.803-805].

Należy przy tym wziąć pod uwagę, iż widoczność drogi nie jest tożsama z widocznością przeszkody na drodze. Dotyczy to w szczególności przeszkód nieoświetlonych, których widoczność zależna jest od barwy i zdolności odbijania światła reflektorów. Aby możliwe było dostrzeżenie przeszkody na drodze musi być ona rozpoznana jako przeszkoda, a to oznacza, że musi być oświetlona na pewną minimalną wysokość. Zatem na drodze bez oświetlenia odległość, z jakiej kierowca może dostrzec i rozpoznać przeszkodę jest zazwyczaj mniejsza niż długość oświetlonego pasa drogi.

Oprócz jazdy nocnej przy braku oświetlenia drogi problemem, z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, jest jazda o świcie i o zmierzchu, czyli przy ograniczonej widoczności. W 2011 roku w okresie zmierzchu, świtu wydarzyły się 2 994 wypadki (7,5% ogółu), w których zginęło 420 osób (10,0% ogółu), 3 666 (7,4%) osób zostało rannych [21]. W warunkach przechodzenia z dnia do zmierzchu i z nocy do świtu zaburzenia dokładności widzenia mogą wynikać z faktu, że oko nie przeszło jeszcze z widzenia nocnego do dziennego, czy z dziennego do nocnego. Zauważenie przeszkody w takich okolicznościach zależy od stopnia oświetlenia ziemi, stopnia oświetlenia przeszkody, zachmurzenia [19].

Jadąc w warunkach jazdy nocnej lub przy ograniczonej widoczności kierowca narażony jest również na zjawisko olśnienia (oślepienie). Źródło światła pojawiające się na ciemnym tle, wysyła w kierunku oka kierowcy promienie świetlne, które po dotarciu do gałki ocznej, zostają w jej wnętrzu rozproszone. Powoduje to powstanie niekorzystnego zjawiska olśnienia, które znacznie utrudnia obserwację, a przy dużych natężeniach światła chwilowe niewidzenie drogi i przeszkód na drodze. Zjawisko olśnienia (oślepienia) ma miejsce niezależnie od tego, czy źródłem światła są reflektory pojazdu nadjeżdżającego z przeciwka, czy też promienie świetlne odbijające się w lusterku wstecznym a pochodzące od pojazdu jadącego z tyłu [19]. Olśnienie (oślepienie) powoduje, że kierowca przez określony czas prowadzi pojazd pomimo ograniczonego widzenia. W warunkach jazdy nocnej czy przy ograniczonej widoczności, po olśnieniu, aby zachować się bezpiecznie kierowca musi dostrzec i rozpoznać prawidłowo przeszkodę oraz określić odległość od tej przeszkody. Najczęściej w praktyce chodzi o widoczność w światłach mijania samochodu świateł odblaskowych, trójkątów ostrzegawczych, tablic wyróżniających, nieoświetlonych przeszkód leżących na drodze.

Jednakże o ile trudno dotrzeć do badań, wskazujących na związek progu widzenia zmierzchowego z wypadkowością, czy ryzykiem błędu kierowcy, o tyle spostrzeganie kontrastu stanowi zmienną wykazującą bezpośredni związek z bezpieczeństwem jazdy [17].

## **1.2. Zaburzenia widzenia**

Trudności z widzeniem zmierzchowym czy wrażliwością na kontrast związana jest z różnymi zaburzeniami. Zaburzenia widzenia zmierzchowego są najczęściej następstwem barwnikowego zwyrodnienia siatkówki lub innych form ślepoty zmierzchowej [4]. W barwnikowym zwyrodnieniu siatkówki można wyróżnić trzy główne cechy, które mogą występować samodzielnie bądź we wzajemnych kombinacjach:

- Ślepotą zmierzchową – na skutek degeneracji pręcików w siatkówce, odpowiedzialnych za widzenie czarno-białe, zaczyna się wówczas widzieć dużo gorzej w warunkach zmierzchowych,
- Ograniczenie pola widzenia – rozwija się ono w zróżnicowany sposób. Może najpierw wystąpić na obrzeżach pola widzenia, w centrum siatkówki lub też w określonych jej miejscach w postaci mroczków.

– Wrażliwość na światło – powoduje silny ból oczu [16].

Problemem, z jakim spotyka się coraz więcej ludzi, szczególnie w wieku starszym, ale będących również kierowcami jest zaćma. Zaćma polega na stopniowym zmętnieniu soczewki oka, co powoduje nieostre lub podwójne widzenie zwiększoną wrażliwość na światło oraz aureole wokół punktów świetlnych. Pogarsza się ogólna zdolność widzenia, kolory stają się wyblakłe, może dojść nawet do znacznego upośledzenia widzenia [20]. Osoby z zaćmą, z obniżoną funkcją czułości kontrastowej, mogą mieć trudności zarówno w codziennym funkcjonowaniu np. z rozpoznawaniem mimiki twarzy, dostrzeżeniem krawędzi krawężnika, wlewaniem płynów do kubka, czytaniem w słabym oświetleniu, jak i z jazdą o zmierzchu, w nocy i dostrzeganiem potencjalnie niebezpiecznych sytuacji na drodze w odpowiednim czasie [15]. Potwierdzają to również badania [13] prowadzone przez australijskich optometrystów i psychologów. Zaćma to choroba charakterystyczna dla wieku starszego, jednakże trzeba wziąć pod uwagę, że społeczeństwo całego świata starzeje się i liczba starszych kierowców w ruchu drogowym z roku na rok będzie się zwiększała. Zagadnienie jest o tyle ważne, iż wiele osób, chorujących na zaćmę nadal prowadzi pojazdy, pomimo, że ich widzenie zdecydowanie odbiega od wymaganych standardów. Zaćma niesie ze sobą różne zaburzenia widzenia (zmniejszenie ostrości wzroku, zwiększenie wrażliwości na oślnienie, zmniejszenie wrażliwości na kontrast), jednakże tylko wrażliwość na kontrast jest bezpośrednio związana ze wzrostem wskaźnika wypadkowości i zwiększonym ryzykiem wypadku. W badaniach Horswill i współpracowników [13] porównywano kierowców uczestniczących w wypadku, z grupą kierowców bezwypadkowych i stwierdzono ośmiokrotnie większe prawdopodobieństwo wystąpienia obniżonej wrażliwości na kontrast w oku słabszym. W rozpoznawaniu ryzyka przez kierowcę, zaangażowane jest rozpoznanie potencjalnego zagrożenia w postaci innych użytkowników drogi, ocena prędkości innych pojazdów względem swojego, ocena możliwości wystąpienia kolizji. Zaćma może wpłynąć zarówno na możliwość rozpoznawania obiektów, jak i ocenę prędkości. Autorzy powyższych badań zaobserwowali występowanie korelacji wrażliwości na kontrast z percepcją ryzyka u kierowców po 65 roku życia – im niższa wrażliwość, tym dłuższy czas percepcji (np. zauważenie innych użytkowników drogi, albo innej przeszkody) [13].

Kolejnym zaburzeniem, które może współwystępować z zaćmą jest jaskra, charakteryzująca się postępującym zanikiem tarczy nerwu wzrokowego oraz postępującym ubytkiem pola widzenia, stopniowo prowadzących do całkowitej ślepoty. We wczesnym stadium przebiega ono bezobjawowo. Potem pojawia się stopniowa utrata widzenia obwodowego i zwiększenie liczby plam ślepych. Zmiany w obrębie nerwu wzrokowego są nieodwracalne [15].

Po pięćdziesiątym roku życia następuje zwyrodnienie plamki żółtej, która skupiając komórki nerwowe odpowiada za powstawanie obrazu. Objawem jej degeneracji są trudności z czytaniem i rozpoznawaniem twarzy. Pojawia się wówczas charakterystyczne upośledzenie widzenia centralnego przy zachowaniu widzenia obwodowego [15].

Podsumowując powyższe, można stwierdzić, iż przedstawione zaburzenia widzenia poza cechami specyficznymi, powodują spadek wrażliwości na kontrast. Spadek ten zwykle następuje z wiekiem. Aby dostrzec przedmiot niezbędne jest zaistnienie kontrastu o odpowiedniej wartości. Kontrast ten musi znajdować się pomiędzy obiektem a tłem, na którym się pojawia obiekt. Przy niskim natężeniu oświetlenia danego obiektu rozróżnienie barw jest niemożliwe. Wyczuwalne są jedynie różnice w szarości. Żeby obiekt mógł zostać zauważony powinien być ciemniejszy lub jaśniejszy od tła, w innym przypadku jest to po prostu niemożliwe [14].

## **2. WRAŻLIWOŚĆ NA KONTRAST**

Sprawność widzenia w warunkach ograniczonej widoczności jest niezwykle istotna dla prawidłowego i bezpiecznego wykonywania czynności kierowania. Wrażliwość na kontrast daje informację o zdolności badanego do odróżniania widzianego obiektu od tła. Dostarcza

również ważnych informacji o możliwościach wzrokowych osoby badanej, czyli obrazuje jej faktyczne funkcjonowanie wzrokowe. „Różny poziom trudności wykonywanych zadań wzrokowych wynika z różnicy w jasności przedmiotów i ich tła. *Przez kontrast rozumie się stosunek ilości światła odbitego do dwóch znajdujących się obok siebie powierzchni, kontrast progowy z kolei to najmniejsza wartość kontrastu konieczna do zauważenia obiektu*” [9 s. 61].

Badanie wrażliwości na kontrast ma wiele korzyści. Pomaga we wczesnym wykrywaniu poważnych schorzeń narządu wzroku, jest również pomocne w monitorowaniu i pomiarach jakości widzenia przed i po zabiegach laserowych, ale przede wszystkim daje kierowcy wiedzę o jego sprawnościach, powodując tym samym wzbudzenie autorefleksji i możliwość świadomego wyboru np. pory dnia na jazdę - unikania jazdy nocą, czy zmniejszenie przebywanego dystansu.

Ponieważ wiele danych wskazuje na związki między spostrzeganiem kontrastu (wrażliwością na kontrast) w warunkach zmierzchowych a ryzykiem uczestnictwa w wypadku [1,14] dlatego wydaje się, że właściwym sposobem oceny sprawności widzenia w warunkach zmierzchowych czy nocnych byłoby badanie spostrzegania kontrastu, przeprowadzane w warunkach fotonowych (jako poziom odniesienia) mezopowych oraz mezopowych z olśnieniem, jak element oceny stanu zdrowia i potencjalnej diagnostyki chorób oczu [12].

Wrażliwość oka na kontrast zbadali po raz pierwszy Campbell i Green [9] w 1965 roku.

### **2.1. Badanie wrażliwości na kontrast testerem wzroku Functional Vision Analyzer FVA**

Do oceny możliwości wzrokowych kierowcy najczęściej stosuje się tablice Snellena. Metoda ta bada zdolność do rozpoznawania zmniejszających się stopniowo znaków-liter o jednakowym, wysokim kontraście [18]. Wykorzystywana jest również do oceny wady refrakcji, jednakże jej wadą jest, iż nie wykrywa odchyień w widzeniu tkj. zaćma, jaskra, choroby nerwu wzrokowego itp. Zdecydowanie rzadziej wykonuje się badania wrażliwości na kontrast. Tymczasem do oceny funkcjonowania wzrokowego badanie ostrości wzroku wyłącznie w dużym kontraście jest niewystarczające. Ponieważ widzenie rzeczywistego świata nie ogranicza się do czarno-białych obrazów o wysokim kontraście, ale składają się na nie obiekty o różnej wielkości, widziane w we mgle, nocą, w jaskrawym słońcu, stąd wiele zaburzeń widzenia wykazuje o wiele większe nasilenie w takich warunkach. Prowadzenie samochodu o zmierzchu lub we mgle nad ranem wymaga innych możliwości wzrokowych niż obserwacja obiektów na ulicy w pełnym słońcu.

Do oceny wrażliwości na kontrast, między innymi u kierowców, służy **Zaawansowany Tester Widzenia** (*Functional Vision Analyzer – FVA*) – kompleksowy tester okulistyczny, pozwalający na zaawansowane zbadanie szeregu funkcji wzrokowych. Na polskim rynku jest to urządzenie innowacyjne, działające jak dotąd tylko w kilku wiodących ośrodkach klinicznych. Badania widzenia kontrastu stanowią szczególny rodzaj pomiaru widzenia polegający na ocenie czułości kontrastowej osoby badanej, a tym samym ocenie zdolności jego widzenia w realnym otoczeniu. W jego skład wchodzi wiele testów. Poza testem wrażliwości na kontrast (test FACT) urządzenie posiada testy do badania: ostrości wzroku do dali (6 m, system ETDRS), ostrości wzroku do bliży (40 cm, system ETDRS), widzenia przestrzennego do dali (kółka Wirtha), widzenia barw (tablice pseudoizochromatyczne Ishihary), potencjalnej ostrości wzroku (system ETDRS), widzenia mezopowego/fotonowego, widzenia w olśnieniu dla dwóch poziomów i pola widzenia w płaszczyźnie horyzontalnej (45° – 85°) [9].

Testy FACT wrażliwości na kontrast (CSF) są jedynymi testami odpowiadającymi wymogom norm ANSI (*American National Standard Institute*) i FDA (*Food and Drug Administration*), zawierają bowiem testy fal sinusoidalnych z antyaliasowaniem brzegowym. Dzięki temu urządzenie FVA jest stosowane przez FDA w badaniach dopuszczających nowe wyroby medyczne do obrotu na rynku USA.

Urządzenie posiada system oświetlenia diodami LED z mechanizmem autokalibracji do warunków otoczenia, dzięki czemu jesteśmy w stanie uzyskać jednorodne i niepowtarzalne oświetlenie testów oraz tła, na którym są one wyświetlane. Poziomy oświetlenia fotopowego i mezopowego zostały precyzyjnie wykalibrowane (niezależnie od warunków zewnętrznych jest to luminancja 85 cd/m<sup>2</sup> oraz 3 cd/m<sup>2</sup>), podobnie jak dwa stopnie olśnienia (I stopień 10 lux/1 lux, II stopień 135 lux/28 lux). Dzięki temu urządzenie wykorzystywane jest na świecie jako podstawowe w badaniach klinicznych widzenia funkcjonalnego (jest to widzenie codzienne). Badania wrażliwości na kontrast pozwalają na wczesne wykrycie zaćmy, jaskry i AMD – choroby plamki żółtej, jeszcze zanim pojawią się objawy widoczne w standardowych badaniach okulistycznych.

Zaletą tego urządzenia jest także ekonomiczność i łatwość w użyciu.



**Ryc. 1.** Zaawansowany Tester Widzenia [zbiory ITS]

Najbardziej diagnostycznym testem w całym zestawie jest Test funkcjonalnej ostrości wzroku w kontraście F.A.C.T.<sup>®</sup> (*The Functional Acuity Contrast Test*). Został stworzony w 1983 roku przez dr Arthura P. Ginsburga, pioniera technologii badania wrażliwości na kontrast. Test służy do oceny funkcjonalnej ostrości wzroku, czyli do oceny możliwości wzrokowych w codziennym funkcjonowaniu w realnym otoczeniu. Został stworzony w celu diagnozowania anomalii widzenia spowodowanych różnymi zaburzeniami, niemożliwymi do rozpoznania za pomocą innych testów [17]. Test ten jest ulepszoną wersją pierwotnego testu oraz daje dokładniejszy pomiar widzenia funkcjonalnego niż standardowe badanie metodą tablic Snellena.

Tester FVA posiada 150 slajdów, co daje możliwość stworzenia własnego zestawu (12) slajdów do badań m.in. w: okulistyce, optometrii, medycynie pracy, szkole, praktyce pediatrycznej, medycynie sportu, zdrowiu publicznym, medycynie ogólnej, medycynie transportu, badaniach kierowców, lotnictwie, badaniach wrażliwości na kontrast.

Pomiar wrażliwości na kontrast może być wykonywany przy użyciu jednej z poniższych strategii [9]:

- widzenie nocne bez olśnienia,
- widzenie nocne z olśnieniem,
- widzenie dzienne bez olśnienia,
- widzenie dzienne z olśnieniem,

a olśnienie może być prezentowane w dwóch poziomach intensywności.

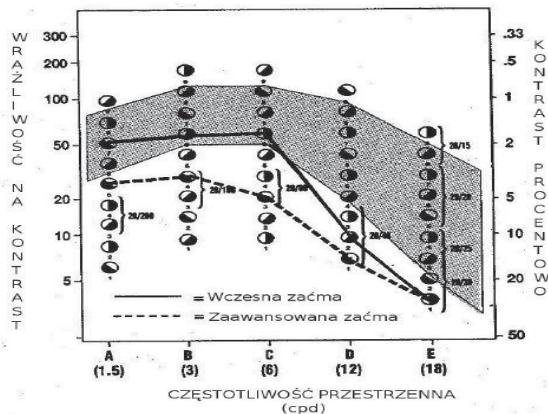
Test F.A.C.T.<sup>®</sup> polega na tym, iż na polach o kształcie koła znajdują się prążki o różnej częstotliwości przestrzennej i różnym kontraście. Koła z prążkami znajdują się w pięciu rze-

dach o zmniejszających się poziomach kontrastu. W każdym rzędzie znajduje się 9 kół z prążkami o różnej, zmniejszającej się częstotliwości przestrzennej. Prążki są ustawione w jednej z trzech pozycji – górny koniec prążka może być skierowany w prawo, w lewo, ku górze.

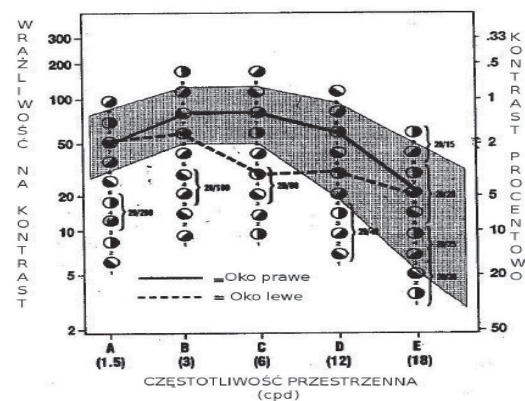


Rys.2. Przykład obrazków testowych do badania wrażliwości na kontrast [18]

Wyniki pomiaru wrażliwości na kontrast dokonywany za pomocą testu przedstawione są w postaci krzywej wrażliwości na kontrast. Na osi pionowej są naniesione wartości wrażliwości na kontrast (im wyższa wartość, tym lepsza zdolność do zauważenia przedmiotów o niższym kontraście). Na osi poziomej znajdują się wartości częstotliwości przestrzennych odniesione do sinusoidalnych fal. Podczas badania wrażliwości na kontrast zapisywane są wyniki częstotliwości przestrzennej i poziomu kontrastu prezentowanych wzorów prążkowych. Pozwala to na wykreślenie krzywej, której zarówno kształt, jak i położenie w układzie współrzędnych dostarczają nam informacji o stanie układu wzrokowego osoby badanej. Prawidłowa krzywa powinna mieścić się w zaciemnionym obszarze.



Ryc. 3. Wczesna i zaawansowana zaćma [18]



Ryc. 4. Wczesna i zaawansowana jaskra [18]

Różne zaburzenia widzenia (zaćma, jaskra) czy problemy neurologiczne będą miały odmienny wpływ na kształt krzywej, co pokazują Ryc. 3 i 4. W sytuacji występowania odchyłeń (wyniki znajdujące się poniżej normy) na krzywej, należy pogłębić badania.

Badanie ma również niewątpliwie walor edukacyjny, ponieważ na ekranie monitora istnieje możliwość pokazania kierowcy porównania 2 obrazów (zdjęcia w rzeczywistym ruchu drogowym) prawidłowego widzenia oraz jego wyników, czyli sposobu jego widzenia ruchu drogowego.



## PODSUMOWANIE

Z punktu widzenia bezpieczeństwa na drodze, badanie wrażliwości na kontrast u kierowców pełni znaczącą rolę. Badanie dostarcza informacji o możliwościach wzrokowych kierowcy oraz informuje o zdolności badanej osoby do odróżnienia widzianego obiektu od tła, przy różnych warunkach oświetleniowych.

Wiele badań przeprowadzonych na kierowcach podkreśla zależność między wrażliwością na kontrast i ryzykiem wypadkowym. Kierowcy spełniający normy dla prowadzenia pojazdów (oparte na ostrości widzenia), mogą być narażeni na ryzyko wypadku czy kolizji z powodu zaburzeń w zdolności do wykrywania zagrożeń w ruchu drogowym. Stąd pojawiające się postulaty wprowadzenia minimalnych standardów dla widzenia dla kierowców oparte na wrażliwości na kontrast. Zalecane są również zmiany w projektowaniu infrastruktury drogowej zgodnie ze wskazówkami, iż wysokokontrastowe środowisko drogowe może poprawić wskaźnik wykrywania zagrożeń wśród osób z obniżoną wrażliwością na kontrast.

W Zakładzie Psychologii Transportu i Fizjologii ITS Tester FVA jest urządzeniem nowym, stopniowo wykorzystywanym w diagnostyce kierowców. Obecnie przygotowywane są badania pilotażowe z wykorzystaniem tego urządzenia.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ball K., Owsley C. (1991) Identifying Correlates of Accident Involvement for the Older Driver, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. vol. 33 583-595
2. Bauer G.M., Frumkes T.E., Holstein G.R. (1983). The influence of rod light and dark adaptation upon rod-cone interaction. *The Journal of Physiology* 337, 121-135.
3. Bąk J, Tokarczyk E., Ucińska M., Masłowski S. (2004). *Opracowanie założeń oraz procedury psychometrycznej weryfikacji aparatury do psychologicznych badań kierowców*, Część V. s. 1-6 Praca statutowa nr 6505/ZPT/04, ITS, Warszawa– materiał niepublikowany.
4. Dębiec, M. (2001). *Night Vision System 2 (NIVIS 2) RETINA* 3(6)/2001
5. Dyrektywa Komisji Europejskiej 2009/113/WE z dnia 25 sierpnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2006/126/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie praw jazdy.
6. Horowski, P. (2003). *Badania psychologiczne w ciemni*. W: *Metodyka psychologicznych badań kierowców*. (red.) Rotter, T. Warszawa: Instytut Transportu Samochodowego.
7. Horowski, P. (2003). *Badanie widzenia przestrzennego*. W: *Metodyka psychologicznych badań kierowców*. (red.) Rotter, T. Warszawa: Instytut Transportu Samochodowego.
8. Horowski, P. (2012). *Procesy psychomotoryczne a kierowanie pojazdem*. W: *Psychologiczne badania kierujących pojazdami. Vademecum psychologa Transportu*. (red.) Tokarczyk, E. Warszawa: Instytut Transportu Samochodowego.
9. Jędrzejczak-Młodziejewska, J., Krawczyk, A., Szaflik, J.P. (2010). *Badanie wrażliwości na kontrast testerem wzroku Functional Vision Analyzer*. W: *Okulistyka 3(II)/2010*. Warszawa: Katedra i Klinika Okulistyki II Wydziału Lekarskiego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego.
10. Kearns, L. (1988). *Contrast sensitivity used in following glaucoma*. *Ocular Surgery News*, 6, 15.
11. Kordelewska, A. (1999). *Czynności wzroku*. Materiał niepublikowany.
12. Laudańska-Olszewska I., Biesiadka M., Omulecka M. (2011). *Ocena okulistyczna zdolności do prowadzenia pojazdów samochodowych u kierowców po 60 roku życia*. *Okulistyka* wydanie 4-6 s. 156.
13. Marrington, S., Horswill, M., Wood, J. (2008). *The effect of simulated cataracts on drivers hazard perception ability, optometry and Vision science*. 85, 12, s. 1121-1127.

14. Owsley, C., Stalvey, B., Wells, J., Sloane, M., McGwin, G. (2001). *Visual risk factors for cash involvement in older drivers with cataract*. Arch Ophthalmol; 119:881-887.
15. Pepose J.S. (2009). *Cataractas, Contrast sensivity, and IOLs*. Cataract & Refractive surgery today, March, s. 58-61.
16. *Retinis Pigmentosa-choroba nieusuwaných śmieci*. Miesięcznik Fundacji Polskich Niewidomych i Słabowidzących „Trakt” Rok V, Nr 3(46)/09
17. Tarnowski, A. (2012). *Widzenie zmierzchowe a bezpieczeństwo na drogach*. Transport Samochodowy 1-2012. Warszawa: Instytut Transportu Samochodowego.
18. *Test funkcjonalnej ostrości wzroku w kontraście F.A.C.T.* Opis urządzenia i instrukcja użytkowania.
19. Unarski, J. (2002). *Wypadki w warunkach ograniczonej widoczności*. W: *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego*. (red.) Wierciński, J., Reza, A. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych.
20. Wróblewski, A. (2010). *Wady wzroku i oczu*. Źródło: [www.okularyporadnik.pl](http://www.okularyporadnik.pl)
21. *Wypadki drogowe w Polsce w 2011r.* (2012). Komenda Główna Policji, warszawa.

## **CONTRAST SENSIVITY AS A ONE OF THE SAFE DRIVING DETERMINTS**

### ***Abstract***

*Road safety requires from the driver the proper functioning of his eyes. While in medical, psychological driver tests the visual acuity, stereoscopic vision, twilight vision and sensitivity to glare are taken into account, it ignores contrast sensitivity - the ability of the visual system to distinguish between an object and its background, which is very important for road safety prevention.*

*The article presents considerations and research findings on the influence of efficiency of vision in reduced illumination conditions on the driving performance. It also presents Functional Vision Analyzer (FVA) as a special equipment for evaluating drivers' contrast sensitivity*

### ***Autorzy:***

mgr Monika Ucińska – Instytut Transportu Samochodowego w Warszawie, Zakład Psychologii transportu i Fizjologii, p.o. kierownika zakładu, e-mail: [monika.ucinska@its.waw.pl](mailto:monika.ucinska@its.waw.pl)  
mgr Marta Dobrzyńska – Instytut Transportu Samochodowego w Warszawie, Zakład Psychologii transportu i Fizjologii, e-mail: [marta.dobrzynska@its.waw.pl](mailto:marta.dobrzynska@its.waw.pl)