

(191)

# Postępy w perymetrii kinetycznej

## Recent developments in kinetic perimetry

Katarzyna Nowomiejska<sup>1,2</sup>, Jens Paetzold<sup>2</sup>, Zbigniew Zagórski<sup>1</sup>, Ulrich Schiefer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Z Katedry Okulistyki im. Tadeusza Krwawicza i I Kliniki Okulistyki Akademii Medycznej w Lublinie

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Zbigniew Zagórski

<sup>2</sup>Z Kliniki Okulistyki Uniwersytetu w Tybindze, Oddział Neurookulistyki

Kierownik: prof. dr. Eberhardt Zrenner

**Summary:** The manual kinetic perimetry using Goldmann instrument is still widely used and remains a „gold standard” in examining patients with any kind of advanced visual field loss and impaired co-operability. Nevertheless, Goldmann instrument has several disadvantages, such as examiner dependence, response variability, lack of standardization of parameters, poor repeatability. The latest development in kinetic perimetry, which was realised at the University Eye Hospital in Tuebingen (Germany) is semi-automated kinetic perimetry (SKP), using Octopus 101 instrument (Interzeag/Haag-Streit, Koeniz-Bern, Switzerland). It is an examiner-independent, standardized and reproducible method. Additionally, obtained results can be corrected for the mean individual reaction time. This paper will briefly present characteristic, advantages and application of SKP in clinical practice.

**Słowa kluczowe:** pole widzenia, perymetria kinetyczna Goldmanna, pół-automatyczna perymetria kinetyczna (PPK).

**Key words:** visual field, kinetic Goldmann perimetry, semi-automated kinetic perimetry (SKP).

### Wstęp

Perymetria jest ważnym badaniem diagnostycznym w okulistyce i neurologii. Stanowi jedno z podstawowych badań funkcji narządu wzroku. Interpretacja wielkości i położenia ubytków w polu widzenia umożliwia bowiem lokalizację miejsca uszkodzenia różnych struktur drogi wzrokowej (7). W ostatnich latach dał się zauważyć wyraźny postęp w automatyzacji perymetrii statycznej, pozwalającej na zlokalizowanie małych ubytków w obrębie centralnego i paracentralnego pola widzenia i mającej szerokie zastosowanie w diagnostyce i monitoringu jaskry. Zaletą perymetrii statycznej jest standaryzacja parametrów, powtarzalność wyników i mała zależność od badającego. Badanie statyczne całego zakresu pola widzenia (90°) wymaga jednak prezentacji dużej liczby punktów, co jest bardzo czasochłonne i wyczerpujące dla pacjenta, jak również zwiększa prawdopodobieństwo pojawienia się artefaktów. Perymetria statyczna ma więc ograniczone zastosowanie w diagnostyce chorób, w których ubytki lokalizują się w obwodowym polu widzenia. Perymetria kinetyczna ocenia zakres pola widzenia z użyciem poruszającego się bodźca testowego z obszarów niewidzianych do widzianych i jest najstarszym sposobem określania pola widzenia. Na jej zasadzie opiera się metoda konfrontacyjna, która umożliwia orientacyjne określenie istnienia dużych ubytków w polu widzenia. Z uwagi na fakt, że „wzgórze widzenia” jest bardziej „strome” na obwodzie, perymetria kinetyczna wykazuje większą czułość w wykrywaniu zmian w obwodowym polu widzenia niż perymetria statyczna (7). Jest więc szczególnie użyteczna w przypadku rozległych bezwzględnych ubytków o stromych granicach, gdyż duże obszary pola widzenia mogą być zbadane w stosunkowo krótkim czasie.

### Podstawy fizjologiczne percepcji ruchomego bodźca

Perymetria kinetyczna wykorzystuje zjawisko większej wrażliwości narządu wzroku na bodźce będące w ruchu w obwodowym polu widzenia. Pełna ostrość wzroku pozwalająca na dobre widzenie obiektów nieruchomych występuje tylko w centrum pola widzenia i związana jest z dużym zagęszczeniem czopków w obszarze plamki. Ostrość wzroku gwałtownie maleje wraz z oddalaniem się od punktu fiksacji. Podczas gdy wynosi ona 1,0 w centrum, w odległości 3° od punktu fiksacji ma wartość 0,5, natomiast w odległości 40° – tylko 0,05 (9). Na obwodzie siatkówki, gdzie przeważają pręciki wrażliwe na światło i ruch, pod wpływem jasnego ruchomego bodźca zachodzi sumacja przestrzenna wrażeń wzrokowych z fotoreceptorów. Bodźce wysyłane przez sąsiadujące komórki światłoczułe do komórek zwojowych siatkówki sumują się i potęgują (20). W efekcie bodziec kinetyczny jest widziany w warunkach fotopowych bardziej obwodowo (o 5°) niż bodziec statyczny (succesive lateral spatial summation) (7). W centrum pola widzenia zachodzi odwrotne zjawisko (3). Pierwsze obserwacje dotyczące różnic w percepcji znaczków ruchomego i nieruchomego były poczynione przez Riddocha, który w roku 1917 opublikował serię przypadków pacjentów z urazami okolicy ciemieniowej (18). Pola widzenia tych pacjentów wykazywały duże obszary, w których znaczki statyczne nie były widziane, natomiast ruchome znaczki były zauważane, a zewnętrzne granice pola widzenia były prawidłowe. Zjawisko to nazywane jest od tamtej pory fenomenem Riddocha lub odchyleniem statokinetycznym (SKD – stato-kinetic dissociation). Badania anatomiczne i elektrofizjologiczne wykazały, że istnieją zasadnicze

różnice w funkcjach fizjologicznych, które są testowane przez perymetrię statyczną i kinetyczną. Uważa się, że istnieją oddzielne kanały pobudzeń kory mózgowej dla bodźców statycznych i kinetycznych (1).

### Manualna perymetria kinetyczna

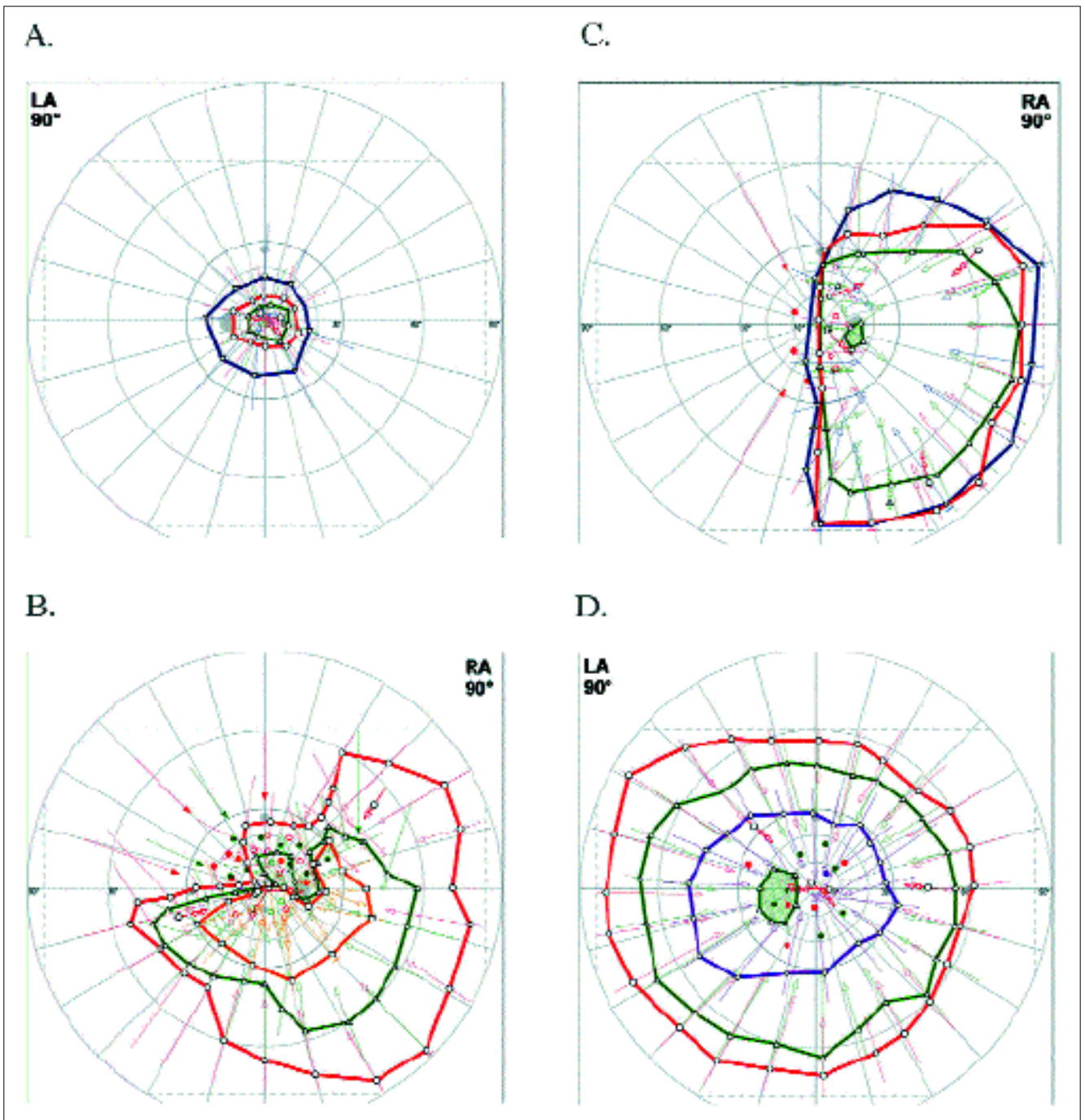
Zasada perymetrii kinetycznej była wykorzystywana w wielu urządzeniach opierających się na ręcznym przesuwaniu bodźców. Na przykład w kampimetrii, która została po raz pierwszy zastosowana w XIX wieku przez Graefego (6), znaczki testowe przesuwane są z obwodu do centrum na tle płaskiego ekranu o wymiarach 2 x 2 m. Technika ta jest używana do dnia dzisiejszego w przypadku zmian w centralnym polu widzenia oraz do wykrywania symulacji lub histerii. Pierwszym perymetrem, czyli urządzeniem, w którym znaczki przesuwane są na tle czaszy, był perymetr łukowy, wynaleziony w 1869 roku przez Förstera (4). Przełomowym wydarzeniem w rozwoju technik perymetrycznych było skonstruowanie przeszło 60 lat temu przez Goldmanna ręcznego perymetru kinetycznego (5). Aparat ten do dnia dzisiejszego jest uznawany za złoty standard kliniczny w badaniu 90° pola widzenia. Składa się on z półkolistej podświetlonej czaszy o jasności 10 cd/m<sup>2</sup> i promieniu 30 cm, na którą rzutowane są bodźce o określonej wielkości i natężeniu jasności. Goldmann wprowadził 6 różnych wielkości bodźców: 1/16 mm<sup>2</sup> (wielkość 0), 1/4 mm<sup>2</sup> (wielkość I), 1 mm<sup>2</sup> (wielkość II), 4 mm<sup>2</sup> (wielkość III), 16 mm<sup>2</sup> (wielkość IV) oraz do 64 mm<sup>2</sup> (wielkość V). Jasność bodźca jest oznaczana cyframi arabskimi (od 1 do 4) i może być regulowana dzięki obecności specjalnych filtrów (litery od a do e). Największa jasność znaczka wynosi 320 cd/m<sup>2</sup>. Badający sam przesuwa znaczek za pomocą specjalnego mechanizmu (pantograf) od obwodu do centrum pola widzenia i odwzorowuje na papierze moment zauważenia bodźca przez badanego. Fiksacja jest kontrolowana za pomocą teleskopu, co uniemożliwia zbadanie 2° centralnego pola widzenia. Powtarzalność ręcznego badania jest bardzo ograniczona (2). Prędkość przesuwania znaczka jest całkowicie uzależniona od badającego i nie podlega standaryzacji (7). Obiektywna, a więc ilościowa ocena wyników ręcznej perymetrii kinetycznej jest bardzo trudna i wymaga czasochłonnych pomiarów planimetrycznych powierzchni pola widzenia (2). Jest to tym bardziej utrudnione, że brak w literaturze danych co do zakresu normy dla poszczególnych izopter.

### Automatyczna perymetria kinetyczna

Rozwój automatycznych technik badania pola widzenia był do tej pory związany głównie z perymetrią statyczną, gdyż w pełni zautomatyzowane badanie z użyciem ruchomych bodźców jest technicznie bardzo trudne do zaprogramowania. Były podejmowane próby skonstruowania instrumentu zdolnego do przeprowadzenia tego typu badania, jednak żaden z nich nie znalazł zastosowania w codziennej praktyce klinicznej ze względu na techniczne niedoskonałości. Przykładami są aparat SQUID (Synemed Inc., Berkeley, California), który umożliwia orientacyjne badanie kinetyczne tylko w zakresie 30-70° pola widzenia (8), aparat Twinfield (Oculus Inc., Wetzlar), który pozwala na zbadanie tylko 70° pola widzenia bez możliwości zbadania centrum (15), czy perymetr Humphrey HFA II (Zeiss Humphrey Systems Inc., Dublin, California), który uniemożliwia wybór dowolnego kierunku przebiegu bodźca.

Najnowszą, częściowo zautomatyzowaną metodą, umożliwiającą badanie kinetyczne pełnego zakresu pola widzenia, jest półautomatyczna perymetria kinetyczna (PPK) z użyciem aparatu Octopus 101

(Interzeag/Haag Streit, Koeniz-Berno, Szwajcaria). Oparta jest ona na programie komputerowym opracowanym w Klinice Okulistyki Uniwersytetu w Tybindze w Niemczech pod kierunkiem prof. Ulricha Schiefera. Ogólne zasady, według których przeprowadza się badanie, są takie same jak w klasycznej ręcznej perymetrii kinetycznej. Bodźce o parametrach identycznych jak w perymetrze Goldmanna (wielkość 0-V, jasność 1-4 oraz a-e) są rzutowane i przesuwane na czaszy perymetru (jasność tła 10 cd/m<sup>2</sup>), poczynając od obszarów niewidzianych, aż do momentu osiągnięcia granicy pola widzenia. Badający ustala miejsce i kierunek ruchu bodźca w dowolnym obszarze pola widzenia (0-360°), kreśląc za pomocą elektronicznego pióra „wektor” o dowolnej długości na ekranie komputera. Wzdłuż „wektora” przesuwany jest bodziec o określonej wielkości i jasności ze stałą prędkością kątową. Badany oznajmia moment zauważenia bodźca poprzez naciśnięcie przycisku trzymanego w dłoni, co jest równocześnie automatycznie zaznaczane na ekranie komputera w postaci określonego symbolu. Procedura dośrodkowego przesuwania znaczków powinna być powtarzana wzdłuż wybieranych w losowej kolejności południków oddalonych od siebie o 15°. Poprzez połączenie tych punktów na ekranie komputera linią o określonym kolorze otrzymujemy izopterę dla danej wielkości znaczka. Aby uzyskać zbliżony do rzeczywistości kształt „wzgórza widzenia” danego pacjenta, należy zbadać zewnętrzne granice pola widzenia dla co najmniej trzech różnych bodźców. Obligatoryjny jest znaczek III4e, a wybór wielkości i jasności kolejnych znaczków zależy od wielkości i lokalizacji ubytków w polu widzenia. Dużym ułatwieniem jest funkcja „zoom”, czyli powiększanie danego obszaru pola widzenia w celu zlokalizowania granicy skomplikowanego ubytku czy też w celu zbadania plamy ślepej. SKP pozwala na przesuwanie bodźca w badaniu kinetycznym ze stałą prędkością kątową, której wartość (od 1° do 15°/s) można wybrać przed prezentacją bodźca. Jest to duża zaleta SKP, gdyż dowiedziono, że prędkość kątowa, z jaką przesuwany jest znaczek, może wpływać na lokalizację izoptery (15). SKP umożliwia pomiar indywidualnego czasu reakcji pacjenta poprzez prezentację przez badającego wektorów czasu reakcji (RT) w obrębie pola widzenia. Dzięki temu izoptery można po zakończeniu badania skorygować zgodnie z czasem reakcji. W perymetrii kinetycznej ma to duże znaczenie, gdyż bodziec pozostaje stale w ruchu, aż do momentu naciśnięcia przycisku. Średni okres trwania czasu reakcji u młodych zdrowych osób wynosi ok. 400 ms. Wydłuża się on wraz z oddalaniem się w kierunku obwodu pola widzenia oraz wraz ze spadkiem intensywności bodźca (12). Równoległe z badaniem kinetycznym możliwe jest prezentowanie bodźców statycznych o różnej jasności, co pozwala na ustalenie lokalizacji wczesnych ubytków jaskrowych w obrębie centralnego pola widzenia. Kombinacja badania kinetycznego ze statycznym umożliwia również ocenę odchylenia statokinetycznego (wektory SKD), co jest szczególnie ważne u chorych z uszkodzeniami drogi wzrokowej za skrzyżowaniem wzrokowym (14). Czas trwania badania jest mierzony automatycznie w minutach i uwzględnia przerwy w badaniu. W SKP dzięki automatyzacji badania możliwa jest ocena powtarzalności wyników, co nie jest możliwe w przypadku korzystania z perymetru Goldmanna (2). Powtórne prezentacje wektorów w randomizowanej kolejności pozwalają na ustalenie średniego położenia danej izoptery. Po badaniu wykonywanym za pomocą SKP powierzchnię pola widzenia lub ubytku można automatycznie zmierzyć w deg<sup>2</sup>, a także pokryć dowolnym kolorem. SKP daje również możliwość porównania danego wyniku z normą dla wieku. Każdy wynik SKP jest zachowywany w pamięci komputera i może być w każdej chwili odtworzony ze wszystkimi szczegółami. Trwała archiwizacja danych ułatwia obserwację progresji ubytków w czasie. SKP



Ryc. 1. Przykładowe wydruki pola widzenia otrzymane za pomocą PPK w różnych schorzeniach. A – koncentryczne zawężenie pola widzenia w przebiegu zwyrodnienia barwnikowego siatkówki. B – ubytek warstwy włókien nerwowych siatkówki w przebiegu jaskry. C – niedowidzenie połowicze spowodowane procesem rozrostowym w ośrodkowym układzie nerwowym. D – powiększenie plamy ślepej w przebiegu glejaka nerwu wzrokowego.

Fig. 1. Examples of the visual field results obtained with SKP in different disorders. A – concentric constriction of the visual field in the course of retinitis pigmentosa. B – retinal nerve fiber layer loss in the course of glaucoma. C – hemianopia in the course of lesion of the central nervous system. D – enlargement of the blind spot in the course of optic nerve glioma.

zapewnia autokalibrację perymetru po włączeniu aparatu. Podczas badania za pomocą perymetru Octopus 101 fiksacja jest stale monitorowana przez kamerę. Badający siedzi obok perymetru, może więc obserwować pozycję i zachowanie pacjenta podczas badania. Perymetria Goldmanna nie daje tych możliwości.

SKP wydaje się obiecującą metodą diagnostyczną, gdyż uzupełnia braki ręcznej perymetrii z użyciem aparatu Goldmanna, jednocześnie zapewniając wiele nowych funkcji. SKP może być szczegól-

nie przydatna w wykrywaniu i monitorowaniu następujących zmian w polu widzenia:

- ❖ koncentrycznego zawężenia pola widzenia (*retinitis pigmentosa*) (ryc. 1A),
- ❖ zaawansowanego ubytku warstwy włókien nerwowych siatkówki (jaskra, przednia niedokrwienna neuropatia nerwu wzrokowego) (ryc. 1B),
- ❖ niedowidzenia połowiczego jednoimiennego lub dwuskronio-

wego (uszkodzenia drogi wzrokowej za skrzyżowaniem wzrokowym) (ryc. 1C),

❖ powiększenia plamy ślepej (ryc. 1D).

Metoda ta jest również przydatna w przypadku niewystarczającej współpracy w badaniu statycznym ze strony badanego (uwarunkowanej wiekiem lub chorobami neurologicznymi) oraz u chorych z niską ostrością wzroku. Dotychczas dostępne są wyniki badań klinicznych z użyciem SKP, ustalające zakres izopter dla różnych kombinacji wielkości i jasności bodźców w poszczególnych grupach wiekowych u osób zdrowych (9,13). Prowadzone są również badania u chorych z zaawansowanymi ubytkami w polu widzenia (11). Metoda ta jest poddawana dalszym badaniom klinicznym w przypadkach różnych schorzeń neurookulistycznych w Klinice Okulistyki Uniwersytetu w Tybindze w Niemczech.

#### PIŚMIENNICTWO:

1. Bonnet C.: *Two systems in the detection of visual motion*. Ophthalmic. Physiol. Opt., 1984, 4, 61-65.
2. Drance S. M., Berry B. A., Hughes R. N.: *Studies in the reproducibility of visual field areas in normal and glaucomatous subjects*. Can. J. Ophth., 1966, 1, 14-23.
3. Fankhauser F., Schmidt T.: *Die optimalen Bedingungen für die Untersuchung der räumlichen Summation mit stehender Reizmarke nach der Methode der quantitativen Lichtsinperimetrie*. Ophthalmologica, 1960, 139, 409-423.
4. Förster C. F. R.: *Vorzeigung des Perimeter*. Klin. Monatsbl. Augenheilk., 1869, 7, 411-422.
5. Goldmann H.: *Demonstration unseres neuen Projektionskugel-Perimeters samt theoretischen und klinischen Bemerkungen über Perimetrie*. Ophthalmologica, 1946, 111, 187-192.
6. Graefe A.: *Über die Untersuchung des Gesichtsfeldes bei amblyopische Affektionen*. Graefes Arch. Ophthal., 1856, 2, 258-298.
7. Greve E. L.: *Single and multiple stimulus static perimetry in glaucoma: The two phases of perimetry*. Doc. Ophthalmol., 1973, 36, 1-355.
8. Johnson C. A., Keltner J. L., Jacob M. P.: *New test procedures for the SQUID automated perimeter*. Doc. Ophth. Proc. Ser. (Sixth International Visual Field Symposium), 1985, 42, 91-94.
9. Nowomiejska K., Vontheim R., Krapp E., Rauscher S., Hermann A., Paetzold J., Schiefer U.: *High resolution assessment of kinetic isopters on the stimulus size and luminance response surface*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sc., 2003, 44, E-Abstract 1955.
10. Riddoch G.: *Dissociation of visual perceptions due to occipital injuries, with especial reference to appreciation of movement*. Brain, 1917, 40, 15.
11. Schiefer U., Schiller J., Paetzold J., Benda N., Vontheim R.: *Evaluation and follow-up of advanced visual field defects with semi-automated kinetic perimetry (s-AKP)*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sc., 2000, 41, S295.
12. Schiefer U., Strasburger H., Becker S. T., Vontheim R., Schiller J., Dietrich T. J., Hart W.: *Reaction time in automated kinetic perimetry: effects of stimulus luminance, eccentricity, and movement direction*. Vision Res., 2001, 41, 2157-2164.
13. Schiefer U., Rauscher S., Hermann A., Nowomiejska K., Sadowski B., Vontheim R., Paetzold J.: *Age dependence of normative values in semi-automated kinetic perimetry (SKP)*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sc., 2003, 44, E-Abstract 1957.
14. Schiller J., Schiefer U., Paetzold J., Benda N., Vontheim R., Dietrich T. J.: *Automated assessment of stato-kinetic dissociation (SKD) in advanced visual field defects*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sc., 2000, 41, S295.
15. Wabbels B., Kolling G.: *Automatische kinetische Perimetrie mit unterschiedlichen Prüfgeschwindigkeiten*. Ophthalmologe, 2001, 98, 168-173.

Lek. Katarzyna Nowomiejska jest stypendystką Unii Europejskiej w ramach Marie Curie Training Site „Prevention Blindness”, kontrakt nr QLG5-CT-2001-60034.

Praca wpłynęła do Redakcji 20.08.2003 r. (312).

Adres do korespondencji (Reprint requests to):  
lek. Katarzyna Nowomiejska  
Katedra Okulistyki im. Tadeusza Krwawicza  
i I Klinika Okulistyki  
ul. Chmielna 1  
20-079 Lublin

**27-28.05.2005 r.**

**– I Sympozjum Sekcji Elektrofizjologii i Neurookulistyki, Międzyzdroje  
– organizatorzy:**

**prof. dr hab. n. med. Danuta Karczewicz, prof. dr hab. n. med. Olgierd Palacz**