

(170)

# Pentacam – nowe możliwości obrazowania przedniego odcinka gałki ocznej

## Pentacam – the new way for anterior eye segment imaging and mapping

Dorota Kopacz, Piotr Maciejewicz, Dariusz Kęćik

Z Katedry i Kliniki Okulistyki I Wydziału Lekarskiego Akademii Medycznej w Warszawie.  
Kierownik: dr hab. n. med. Dariusz Kęćik

**Summary:** Accurate preoperative measurements are required for refractive and cataract surgery. Pentacam is a new imaging system for anterior eye segment study. The authors present technique and the range of measurements; topography of both anterior and posterior corneal surface from limbus to limbus, densitometry, anterior chamber angle, volume and depth, lens densitometry and 3D-virtual model of the anterior eye segment are taken. All those structures are shown thanks to rotating Scheimpflug camera, which generates three-dimension images. Any eye movements are detected by a second camera and corrected for, in the process. All results are written down on PC and are available for the prospective studies.

**Słowa kluczowe:** kamera Scheimpfluga, trójwymiarowy analizator przedniego odcinka, wideokeratografia, densytometria.  
**Key words:** Scheimpflug camera, anterior eye segment imaging, videokeratography, densitometry.

Ocena przedniego odcinka gałki ocznej, przede wszystkim rogówki – jej powierzchni, refrakcji, grubości, soczewki – a także jej stopnia zmętnienia, położenia, grubości oraz głębokości komory przedniej stanowi od lat przedmiot badań okulistów. Powstało wiele przyrządów służących do oceny wymienionych parametrów.

Powierzchnię rogówki próbowano analizować już w początkach XVII wieku (Christopher Scheiner), oceniając odbicie obrazu okna na jej powierzchni. Metodę nazwano keratopskopią (Quis, 1820 r.) i do dnia dzisiejszego przeszła ona wiele modyfikacji (Placido, 1880 r.; Helmholtz; Javal; Schiötz), stając się podstawą współczesnej wideokeratografii (1,2).

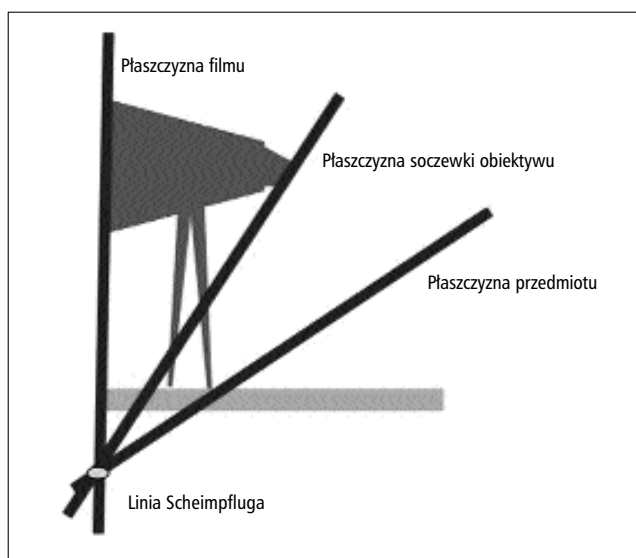
Pierwsze pomiary grubości rogówki przeprowadził Blix (1880 r.). Wykorzystywał on odbicie lustrzane z nabłonka i śródbłonka rogówki. Stworzył tym samym podstawy pachymetrii optycznej, wykorzystywanej obecnie w aparatach diagnostycznych (3,4).

W 1916 roku Czapski skonstruował pierwowzór lampy szczelinowej – mikroskop o świetle ogniskowanym niezależnie od obiektu obserwacyjnego. Zastosowanie lampy szczelinowej do badania okulistycznego pozwoliło na dokładną ocenę przedniego odcinka gałki ocznej (5).

W dobie rozwoju chirurgii refrakcyjnej i chirurgii zaćmy niezwykle ważne są dokładna ocena i pomiar struktur przedniego odcinka oka. Nowoczesne aparaty diagnostyczne konstruowane są tak, aby pozwalały na połączenie wymienionych badań, dostarczając chirurgom jak najwięcej danych.

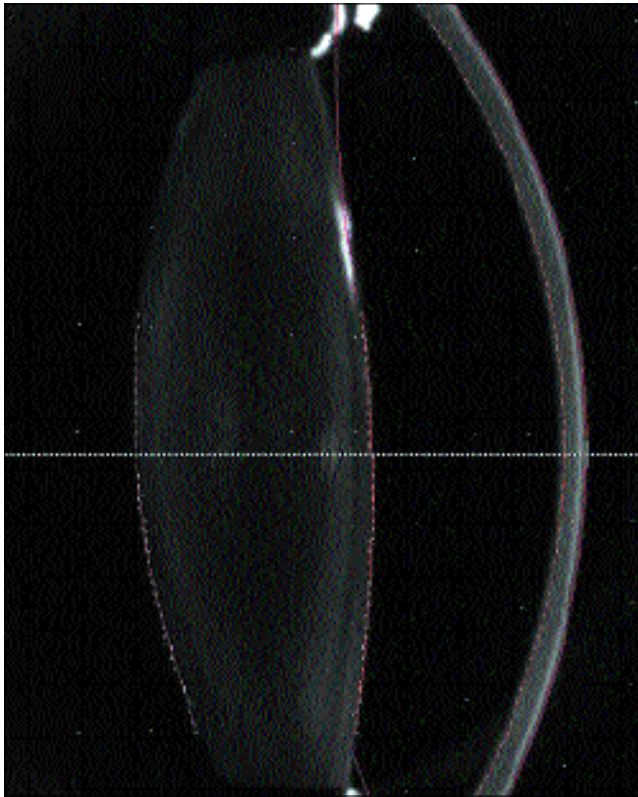
Nowością na rynku jest aparat Pentacam firmy Oculus. W krótkim czasie (1-2 sek.) utrzuwa on obraz i poddaje go cyfrowej analizie. Jest jedynym urządzeniem, które łączy kamerę Scheimpfluga,

trójwymiarowy analizator przedniego odcinka oka, topografię przedniej i tylnej powierzchni rogówki, pachymetrię oraz densytometrię.

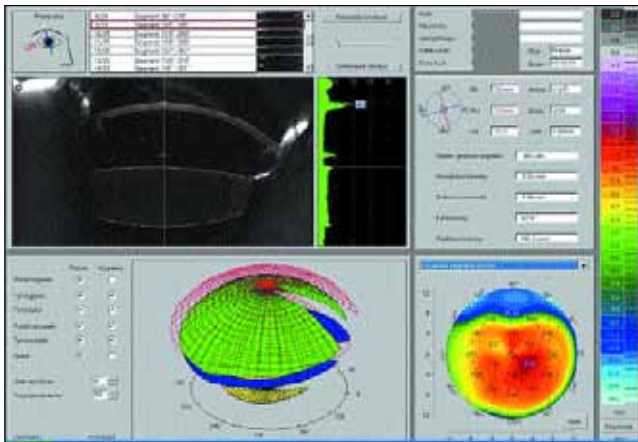


**Ryc. 1.** Zgodnie z zasadą Scheimpfluga ustawienie płaszczyzny filmu, soczewki obiektywu i rejestrowanego przedmiotu tak, aby krzyżowały się wzdłuż jednej linii, umożliwia uzyskanie większej głębi obrazu.

**Fig. 1.** According to the Scheimpflug rule the plane of film, lens and subject should to intersect in a straight line to get better depth of focus.



Ryc. 2. Obraz przedniego odcinka oka uzyskany kamerą Scheimpfluga.  
Fig. 2. The anterior eye segment image by Scheimpflug camera.



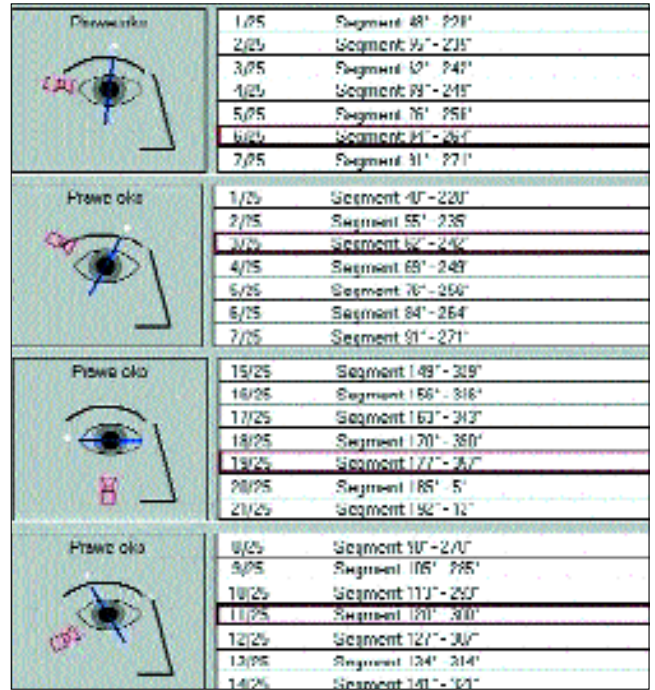
Ryc. 3. Ikona główna zawiera dane pacjenta, obraz uzyskany kamerą Scheimpfluga, zaznaczone położenie kamery w chwili badania, główne dane z wykonanych pomiarów, obraz 3D oraz jedną ze szczegółowych map barwnych.

Fig. 3. The main icon contains: patients date, Scheimpflug image, current eye and camera position, 3D image, main measurements and one of maps.

### Zasada działania

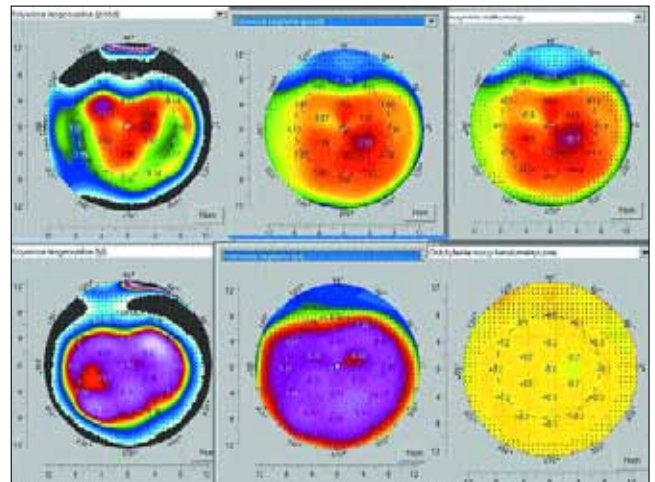
W 1904 roku Austriak Theodor Scheimpflug opatentował metodę, w której aparat fotograficzny nie był skierowany wprost na fotografowany przedmiot. Dzięki temu uzyskał on większą głębię ostrości (ryc. 1).

W okulistyce kamera Scheimpfluga umożliwia przedstawienie przekroju przedniego odcinka oka od rogówki, przez komorę przednią, do tylnej powierzchni soczewki (ryc. 2) (6,7).



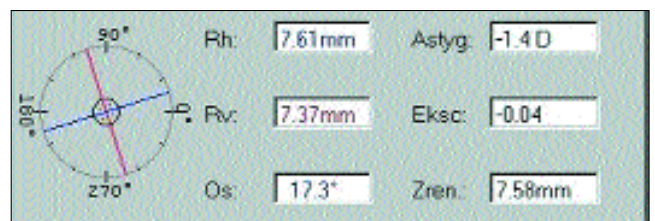
Ryc. 4. Schemat pokazuje ustawienie kamery podczas rejestrowania danego obrazu.

Fig. 4. The display shows current camera position during registration of image.



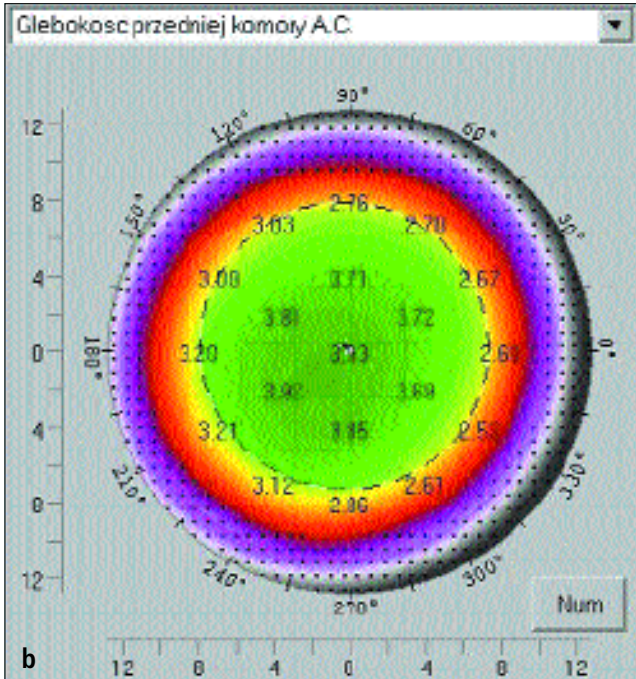
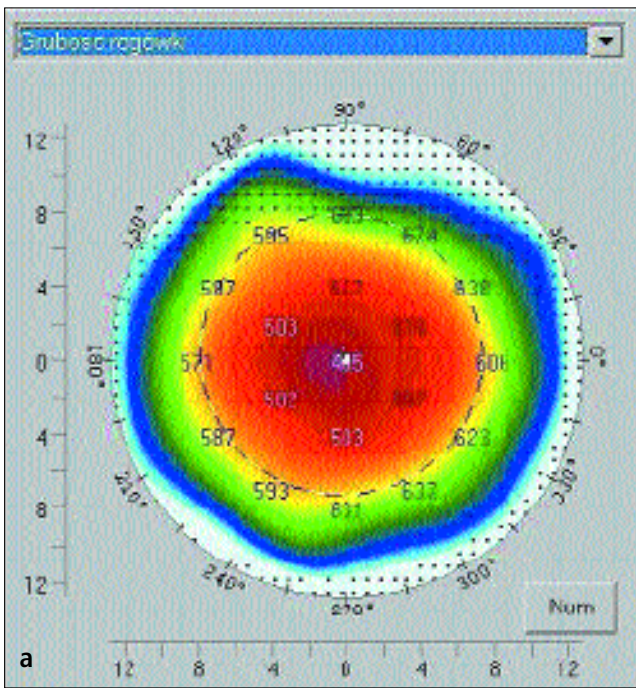
Ryc. 5. Mapy keratometryczne oceniają przednią i tylną powierzchnię rogówki, oznaczają rzeczywistą siatkę mocy oraz odchylenie keratometryczne w każdym punkcie.

Fig. 5. The keratometric maps evaluate both anterior and posterior corneal surface from limbus to limbus, true net power and keratometric deviation of each point of the surface.



Ryc. 6. Dane keratometryczne dla dwóch podstawowych osi oparte są na pomiarach wykonanych w centralnej części rogówki na obszarze o średnicy 3 mm.

Fig. 6. Keratometric values of two major meridians are determined on the 3 mm ring of the central cornea.



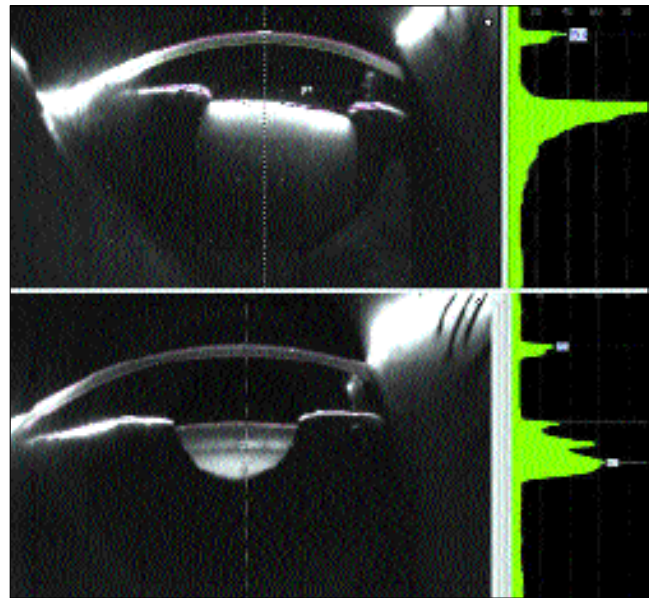
Ryc. 7. Spośród danych na szczegółowych mapach analizowane są: głębokość komory przedniej (a) i grubość rogówki (b).

Fig. 7. Coloured maps of anterior chamber depth (a) and pachymetry (b).

### Zakres badań wykonywanych za pomocą aparatu Pentacam (8)

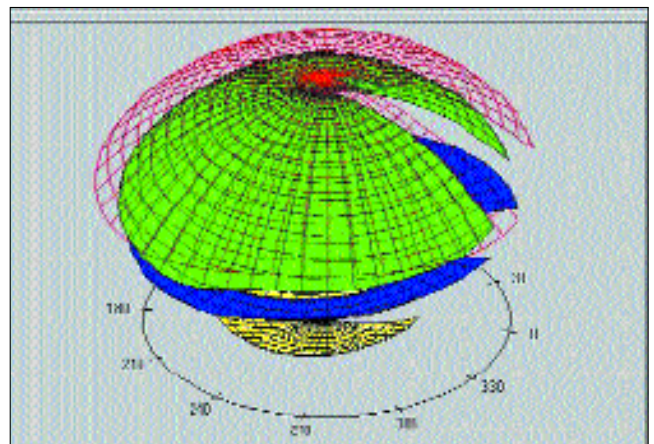
Aparat połączony jest z systemem komputerowym, który w prosty sposób pozwala na analizę otrzymanych wyników. Strona główna zawiera podstawowe dane pacjenta, obraz z kamery Scheimpfluga, zaznaczoną oś przekroju gałki w przedstawionym obrazie, dane keratometryczne, pachymetrię, głębokość komory przedniej i szerokość kąta komory, densytometrię, grubość soczewki, obraz 3D oraz kolorowe mapy – keratometryczne, pachymetrii, głębokości komory przedniej (ryc. 3).

Aparat pozwala uzyskać pojedynczy obraz z kamery Scheimpfluga bądź sekwencję obrazów (maksymalnie 50), dzięki czemu



Ryc. 8. Densytometria tkanek na przedstawionym obrazie możliwa jest w każdym zaznaczonym punkcie. Podaje się ją jako wartość procentową.

Fig. 8. The tissue densitometry is quantified and scaled from 0 to 100.



Ryc. 9. Na obrazie 3D są zaznaczone powierzchnia przednia i tylna rogówki, tęczówka oraz powierzchnia przednia i tylna soczewki.

Fig. 9. 3D image shows anterior and posterior corneal surface, iris and both surfaces of the lens.

możliwa jest trójwymiarowa analiza. Każdy pomiar to jeden przekrój przez przedni odcinek, w przypadku obracania się kamery schemat pokazuje jej ustawienie (ryc. 4). Ewentualne ruchy oka są korygowane przez system cyfrowego śledzenia oka. Istnieje możliwość uzyskania pojedynczego obrazu jako średniej z kilku pomiarów – od 5 do 15. Rozwiązanie to pozwala na poprawienie jakości obrazu.

Przeprowadzana jest analiza topograficzna przedniej i tylnej powierzchni rogówki na podstawie pomiaru rzeczywistego wysokości „od rąbka do rąbka”. Wyniki przedstawione są jako kolorowe mapy (sagitalna, tangencjalna, rzeczywistej mocy oraz odchylenia wartości keratometrycznych) (ryc. 5).

Centralna część rogówki (o średnicy 3 mm) pozwala na określenie dwóch głównych południków mocy, a wynik (podany na diagramie obok) określa przesunięcie względem środka rogówki osi optycznej i – utworzoną na podstawie obrazu 3D – średnią szerokość źrenicy (ryc. 6).

Wśród analizowanych parametrów mamy również grubość rogówki. Kolorowa mapa przedstawia wyniki otrzymane na podstawie analizy odległości między przednią a tylną powierzchnią rogówki na obszarze od rąbka do rąbka, natomiast na ikonie głównej podane są wynik z centralnej części oraz wartość najniższa. Wprowadzenie wyniku pomiaru ciśnienia śródgałkowego pozwala na ocenę jego skorygowanej wartości w odniesieniu do pachymetrii (np. wg Ehlersa, Shaha).

Głębokość komory przedniej przedstawiona jest jako kolejna kolorowa mapa. Pomiar w centralnej jej części umieszczony jest na głównej ikonie danych (ryc. 7a, 7b).

Do badania stopnia zmętnienia tkanek wykorzystane jest niebieskie światło (diody LED,  $\lambda = 475$  nm, bez UV). Program komputerowy analizuje przechodzenie tego światła przez tkanki, wynik podlega skwantyfikowaniu i jako procentowy podany jest na ekranie. Przesuwając znacznik, możemy odczytać stopień zmętnienia obrazowanych tkanek (ryc. 8).

Obrotowy system pomiaru pozwala na stworzenie modelu 3D i analizę takich danych, jak: kąt, głębokość i wysokość komory przedniej. Na modelu pokazane są: przednia i tylna powierzchnia rogówki, tęczówka, soczewka (ryc. 9).

Wraz z rozwojem techniki wzrosły możliwości analizy różnych parametrów oka. Stworzone zostały aparaty, które umożliwiają zarówno jakościową, jak i ilościową ocenę przedniego odcinka gałki ocznej. Obserwuje się tendencję do łączenia jak największej liczby aparatów w jedną całość tak, aby można było otrzymać maksimum danych podczas jednego, w miarę jak najkrótszego badania. Systemy komputerowe umożliwiają prostą, szybką obsługę aparatów, analizę danych i ich archiwizację. Pozwalają na łatwiejszą, pełniejszą diagnostykę oraz ułatwiają perspektywną analizę danych.

#### PIŚMIENNICTWO:

1. Maciejewicz P, Kopacz D., Kęćik D.: *Videokeratografia (CVK). Metody obrazowania w okulistyce* pod red. T. Kęćika., P. Lewandowskiego, D. Kęćika. Warszawa, 2001.
2. Szaflik J., Słonimska M., Sybilska M.: *Ocena ukształtowania powierzchni rogówki uzyskana metodą symulacji komputerowej*. Okulistyka, 1999, maj.
3. Samsel A., Kasprzak J., Kęćik D.: *Optyczne metody pomiaru grubości rogówki*. Okulistyka, 2004, 2.
4. Donaldson D.: *A new instruments for measurements of corneal thickness*. Arch of Ophth., 1966, 76.
5. Tesla P., Słonimska M., Sybilska M., Kołodziejczyk W.: *Nowoczesne metody diagnostyczne rogówki: wideokeratografia i skaningowa topografia przy użyciu aparatu Orbscan II*. Okulistyka, 2000, 2.
6. Junk A. K.: *Scheimpflug Imaging*. Basic science Course for Residents in Ophthalmology. Columbia University (lecture), 2004.
7. Bigler E.: *Depth of field and Scheimpflug's rule: a minimalist geometrical approach*. Galerie photo, 2004, Sept.
8. OCULUS. *Pentacam Instruction Manual*. 2004.

Praca wpłynęła do Redakcji 14.10.2005 r. (777).

Zakwalifikowano do druku 14.10.2005 r.

**X Jubileuszowe Sympozjum Sekcji Zapobiegania Ślepotcie i Rehabilitacji Słabowidzących PTO, Warszawa, 5-6 listopada 2004 r.**

Adres do korespondencji (Reprint requests to):

dr n. med. Dorota Kopacz  
Katedra i Klinika Okulistyki AM  
ul. Lindleya 4  
02-005 Warszawa