

# (17) Zastosowanie aparatu Pentacam w diagnostyce i ocenie progresji stożka rogówki

## *The use of Pentacam for keratoconus diagnosis and progress evaluation*

**Dorota Kopacz, Piotr Maciejewicz, Dariusz Kęcik**

Z Katedry i Kliniki Okulistyki I Wydziału Lekarskiego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego  
Kierownik: dr hab. n. med. Dariusz Kęcik

**Summary:** The authors present possibilities of Pentacam examination for keratoconus diagnosis and progress evaluation. They describe meaning of data coming from Pentacam 3D model measurements; indexes for corneal surface disturbances, analysis of anterior and posterior corneal surface, sense of connection data from keratometric and pachymetric measurements for keratoconus detection.

**Słowa kluczowe:** stożek rogowski, Pentacam, pachymetria, keratometria.

**Key words:** keratoconus, Pentacam, pachymetry, keratometry.

Stożek rogówki – *keratoconus* (gr. *kerato* – rogówka, *konos* – stożek) to postępujące, niezapalne schorzenie, w którym wskutek zmian strukturalnych dochodzi do ścieńczenia tkanki i nieregularnego jej uwypuklenia. W efekcie rozwijają się krótkowzroczność i nieregularny astygmatyzm, co skutkuje różnego stopnia upośledzeniem widzenia (1,2).

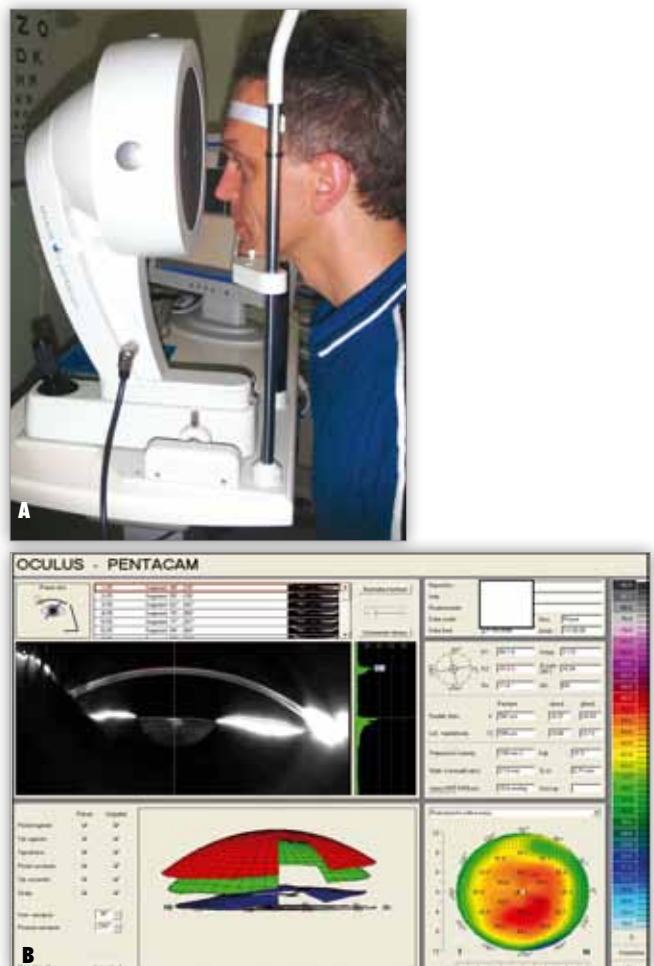
W dobie rozwoju chirurgii refrakcyjnej coraz większe znaczenie ma wykrycie wczesnych, ukrytych stadiów choroby, która uznana jest za czynnik ryzyka powstania ektazji rogówki po zabiegach (3,4).

Ocena stopnia zaawansowania zmian oraz progresji choroby umożliwi dobór odpowiedniej metody postępowania: od zastosowania szkieł korekcyjnych, poprzez dopasowanie soczewek kontaktowych, wszczepę implantów śródrogówkowych (INTACS), PRK, stabilizację tkanki metodą cross-linking, do przeszczepu rogówki (1,2).

Celem pracy jest przedstawienie możliwości, jakie stwarza wykorzystanie aparatu Pentacam (Oculus) w diagnostyce stożka rogówki i ocenie jego progresji.

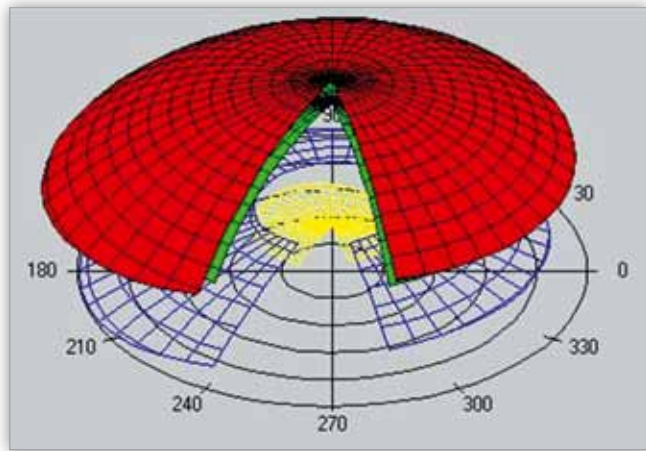
Zasada działania Pentacamu opiera się na obrazach uzyskanych z rotującej się wokół osi kamery Scheimpfluga, przy czym liczba obrazów waha się (w zależności od ustawienia) od 1 do 50. Badanie jest bezdotykowe, sam pomiar trwa kilka sekund (ryc. 1). Następnie za pomocą oprogramowania urządzenie tworzy obraz 3-D przedniego odcinka gałki ocznej, na podstawie którego ocenia parametry rogówki, komory przedniej, soczewki (2, 5-8) (ryc. 2).

Tworząc klasyczne mapy topograficzne rogówki, wykorzystujemy odbicie krążka Placido na przedniej powierzchni tkanki. W Pentacamie analiza powierzchni rogówki – zarówno przedniej, jak i tylnej – przeprowadzana jest na podstawie oceny ich uwypuklenia w uzyskanym modelu. Analizowane są zarówno wartości tangencjalne (ocena krzywizny rogówki w analizowanym punkcie), jak i sagitalne (uwzględnienie odległości badane-



**Ryc. 1.** Sposób przeprowadzania badania aparatem Pentacam – metoda bezdotykowa (A) oraz przeglądowy wynik badania (B).

**Fig. 1.** The Pentacam evaluation - non-contact examination (A) and screening view of the examination.

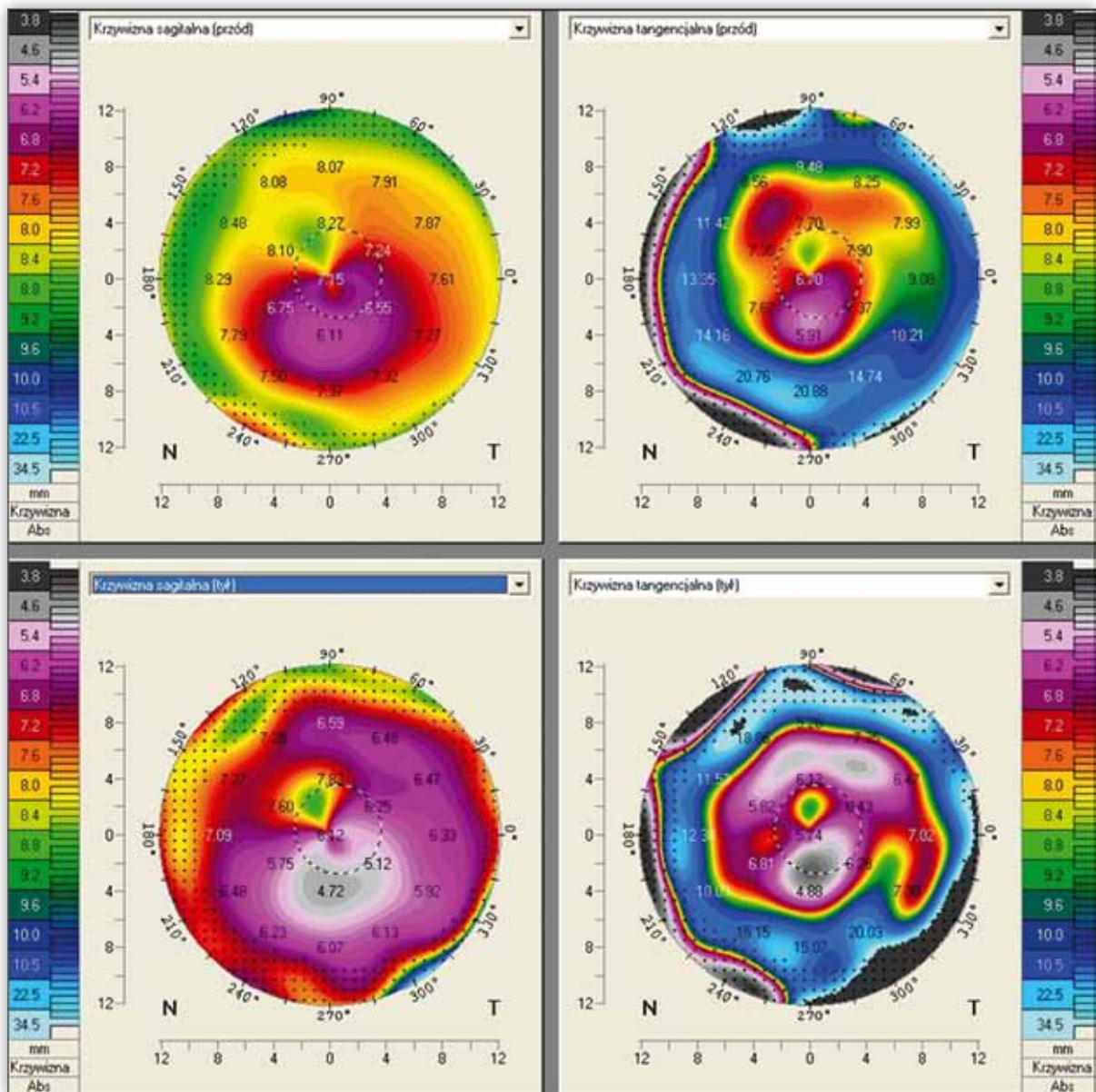


Ryc. 2. Obraz 3D uzyskany podczas badania Pentacamem (model złożony z 25 skanów rotującej się kamery Scheimpfluga).  
 Fig. 2. 3D image obtained with the Pentacam system (model consisted of 25 scans of the rotating Scheimpflug camera).

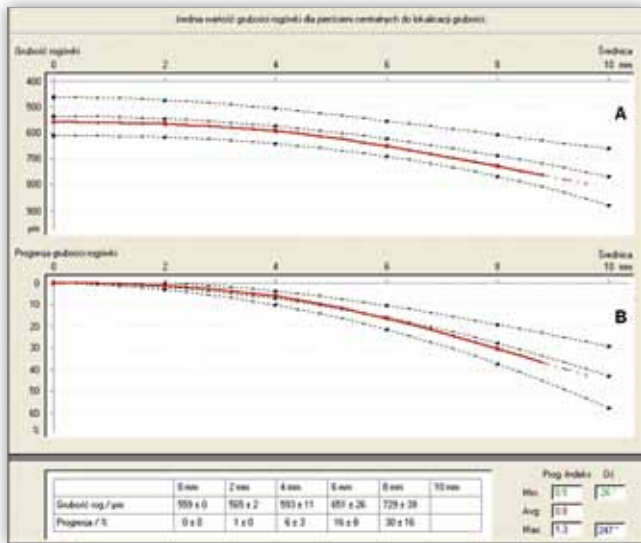
go punktu od osi optycznej gałki ocznej) obu powierzchni (8,9) (ryc. 3).

Wykorzystując dane dotyczące pomiarów krzywizny rogówki oraz analizę pachymetrii w otoczeniu najcieńszego miejsca tkanki, opracowano program służący do wykrywania stożka rogówki i jego klasyfikacji. Składa się on z dwóch elementów, takich jak:

1. analiza pachymetrii – dotyczy aktualnych grubości rogówki mierzonych we współśrodkowych okręgach wokół najcieńszego miejsca tkanki oraz ich zmian w odniesieniu do grupy kontrolnej, którą stanowią średnie grubości tkanki analogicznych punktów w zdrowych oczach. Odpowiadający im indeks progresji (PI – Progression Index) jest więc w warunkach prawidłowych równy ok. 1,0, a im wyższa jest jego wartość, tym większe jest prawdopodobieństwo wystąpienia stożka rogówki lub niestabilności tkanki (ryc. 4, 5).

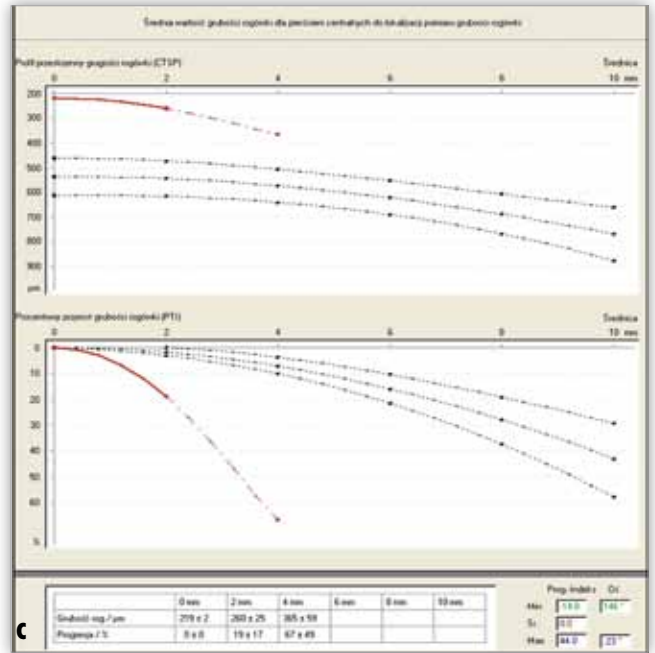


Ryc. 3. Topometryczne mapy rogówki.  
 Fig. 3. Topometric corneal maps.



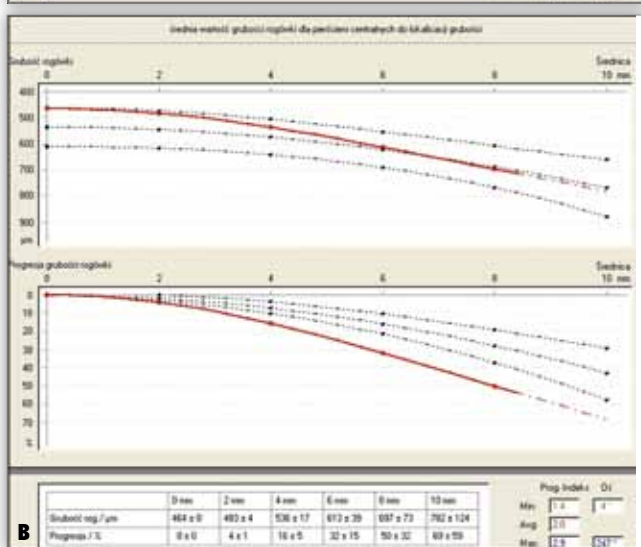
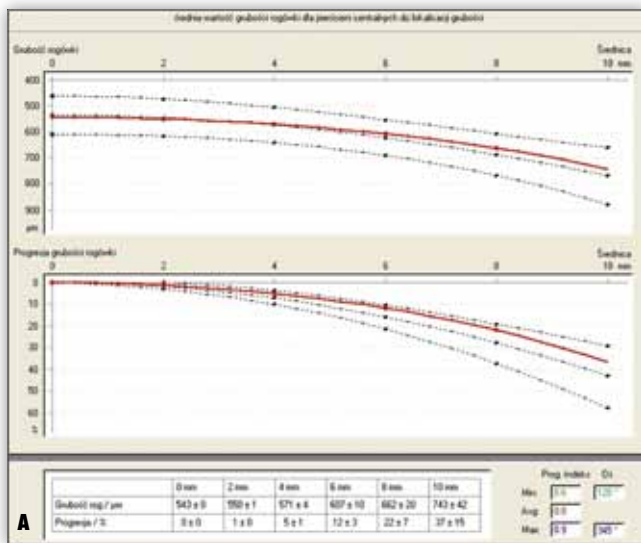
Ryc. 4. Analiza wartości pachymetrycznych: A – wykres grubości rogówki w okręgach położonych wokół najcieńszego miejsca tkanki, B – wykres pokazujący zmiany grubości tkanki od najcieńszego miejsca w kierunku obwodu.

Fig. 4. Pachymetric analysis: A - the graph of the corneal pachymetry taken from circles surrounding the thinnest part of the tissue, B - the graph of corneal pachymetric changes around the thinnest part of the tissue in periphery.



Ryc. 5. Obraz wykresów pachymetrycznych w oku prawidłowym (A), oku ze stożkiem rogówki (B) i oku z degeneracją brzezną przezroczystą (C).

Fig. 5. The view of the pachymetric graphs in normal eye (A), in keratoconus (B) and in pellucid marginalis (C) eyes.

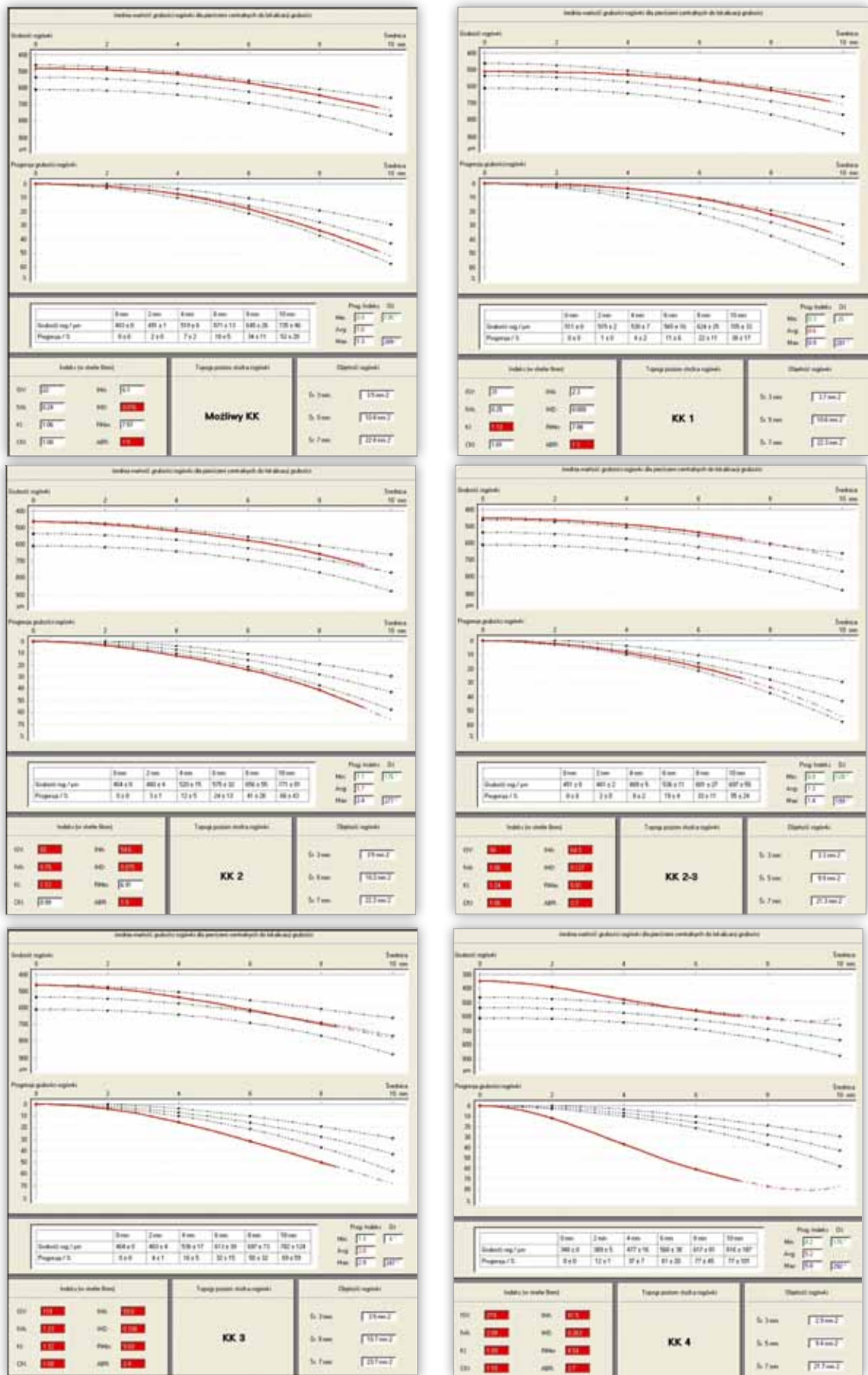


2. dane dotyczące wartości krzywizny rogówki, jej uwypuklenia, analiza Fouriera oraz analiza Zernika – pozwoliły opracować kilka wskaźników opisujących nieprawidłowości powierzchni tkanki (8) (ryc. 6).

Na podstawie wyników uzyskanych podczas badania Pentacamem stworzono pięciostopniową skalę zaawansowania zmian w stożku rogówki, w dużym stopniu odnoszącą się do standardów Amslera i Muckenhima (ryc. 7, 8). W przypadkach

Indeks/ Index	Pełna nazwa/ Full name	Wartości nieprawidłowe/ Incorrect values	Wartości patologiczne/ Pathological values
ISV	Index of Surface Variance	> 37	> 41
IVA	Index of Vertical Asymmetry	> 0,28	> 0,32
KI	Keratoconus Index	> 1,07	> 1,07
CKI	Center Keratoconus Index	> 1,03	> 1,03
Rmin	Minimum Sagittal Curvature	< 6,71	< 6,71
IHA	Index of Height Asymmetry	> 19	> 21
IHD	Index of Height Decentration	> 0,014	> 0,016
ABR	Aberration Coefficient	> 1	> 1

Ryc. 6. Indeksy opisujące nieprawidłowości powierzchni rogówki.  
Fig. 6. Indexes describing corneal surface irregularities.

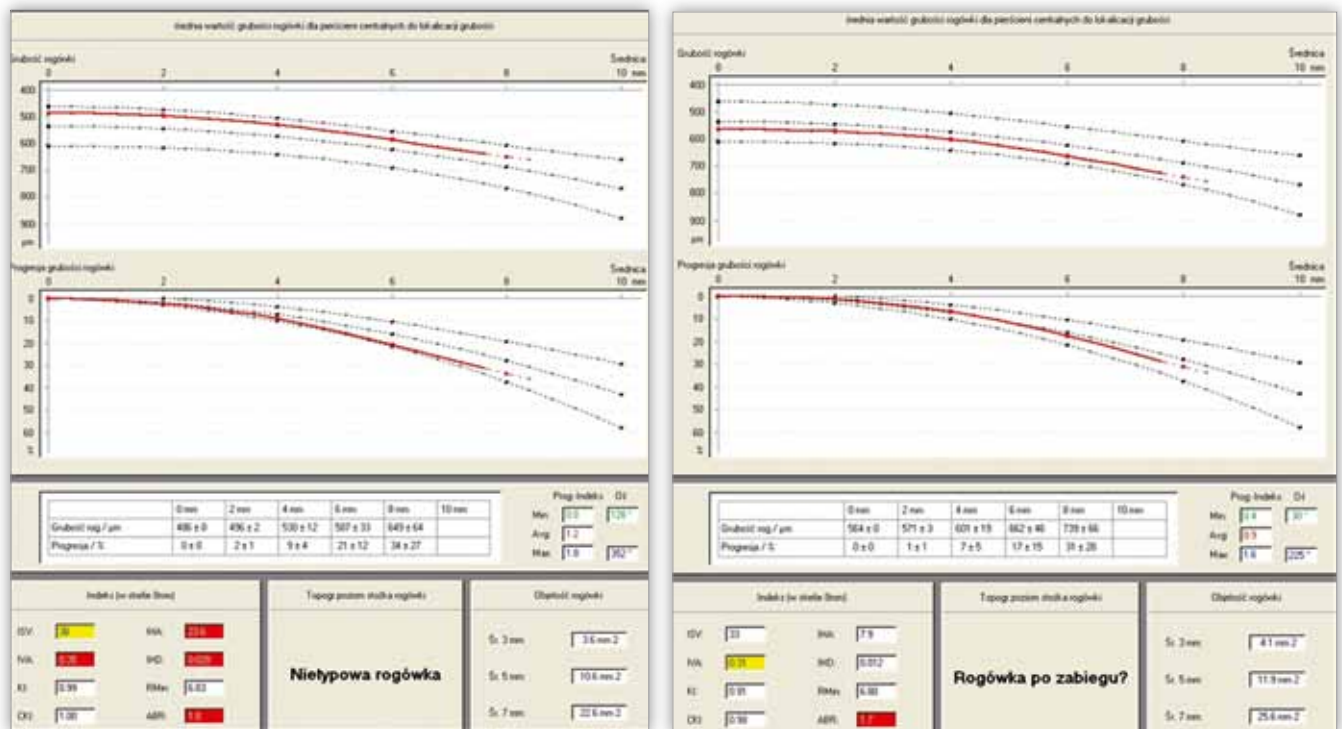


Ryc. 7. Zmiany w stożku rogówki o różnym stopniu zaawansowania, wg przytoczonej skali.  
 Fig. 7. The intensity of the changes in keratoconus according to Pentacam scale.

Klasyfikacja stopnia stożka rogówki za pomocą topografii rogówki								
	VA ze szklami	VA z CL	Indeks rog.		Ekscentryczność w 30°	RMin	Retinoskopia	Rogówka
			ISV	KI				
Przedstopień (wczesne oznaki)	20/20 do 20/15	20/20 do 20/15	<30	1,40 do 1,07	Wszystkie 4 wartości są normalne	7,8 do 6,7	Brak czystego światła lub poruszony cień wskazują efekt nożycowy	Rogówka czysta, dyskretne, poziome, owalne lub okrągłe cienie centralne lub nieznacznie zdecentrowane, podczas bezpośredniej obserwacji oftalmoskopem
Poziom 1.	20/25 do 20/15	20/20	30 do 55	1,07 do 1,15	Czasem jedna wartość jest nienormalna	7,5 do 6,5	Zniekształcony refleks retinoskopu. Efekt nożycowy	Rogówka czysta. Pierścień Fleischera w podstawie wierzchołka. Stożek i podstawa stożka są dobrze widoczne w oftalmoskopie. Spadek grubości na wierzchołku jest niewidoczny, ale może być zmierzony
Poziom 2.	20/60 do 20/20	20/30 do 20/20	55 do 90	1,10 do 1,25	Często jedna wartość jest nienormalna	6,9 do 5,3	Usunąć efekt nożyc. Retinoskopia jest trudna do wykonania	Często rogówka jest nadal czysta, wierzchołek jest nieco cieńszy i będzie ewentualnie zdecentrowany. Częściowy lub kołowy pierścień Fleischera. Prążki Vogla (prążki równoległe) mogą być widoczne
Poziom 3.	20/125 do 20/30	20/40 do 20/20	90 do 150	1,15 do 1,45	Rzadko jedna wartość jest nienormalna	6,6 do 4,8	Wyraźny efekt nożyc, retinoskopia jest prawie niemożliwa do wykonania	Wierzchołek stał się cieńszy, zdecentrowany i jest często nieco zmętniały. Jasne i najczęściej kołowe pierścienie Fleischera. Prążki Vogla są wyraźnie widoczne. Ewentualnie pojawia się znak Munsona
Poziom 4.	<20/400 do 20/100	20/100 do 20/40	>150	>1,50	Rzadko jedna wartość jest nienormalna	<5 lub niemie-rzone	Retinoskopia jest niemożliwa do wykonania	Rogówka jest często pokryta bliznami i mętna w obszarze wierzchołka. Ewidentny znak Munsona. Jest to ewentualne końcowe stadium stożka rogówki

Ryc. 8. Skala zaawansowania zmian w stożku rogówki (wg instrukcji obsługi aparatu Pentacam).

Fig. 8. The scale of intensity changes in keratoconus (by manual instruction of Pentacam).



Ryc. 9. Przykładowe wyniki nieprawidłowych badań, bez ewidentnych cech stożka rogówki.

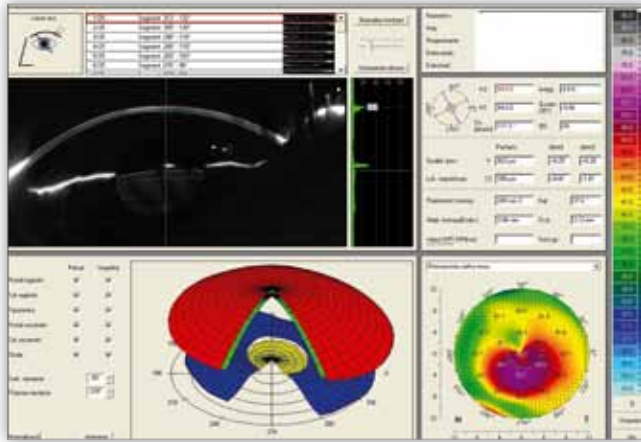
Fig. 9. Some samples of corneal irregularities without signs of keratoconus.

niejednoznacznych po analizie danych aparat tworzy informacje: „stożek rogówki jest możliwy”, „rogówka jest zniekształcona”, „rogówka po przednim zabiegu chirurgicznym” (8) (ryc. 9).

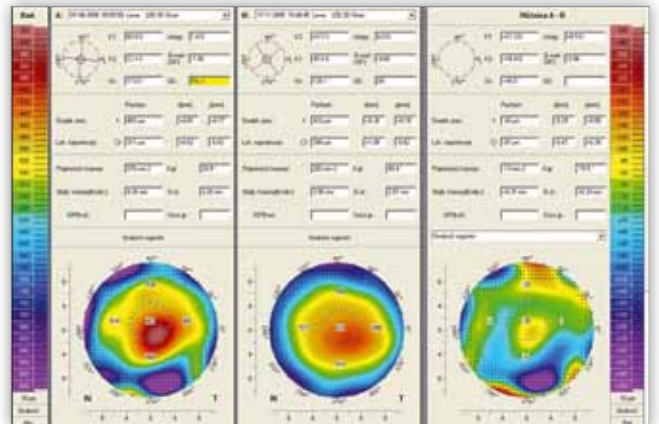
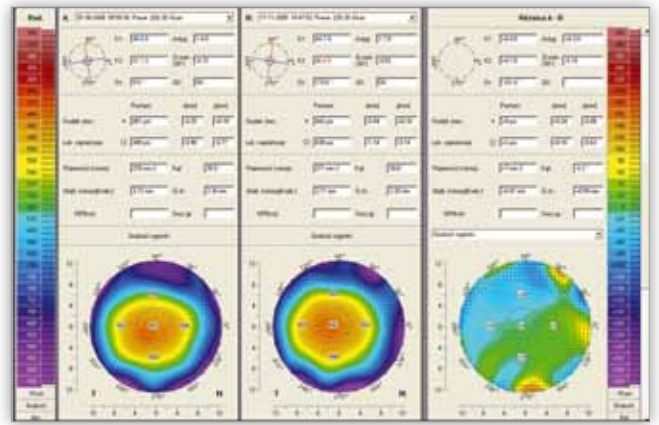
Kolejnym parametrem opisującym zmiany zachodzące w rogówce jest objętość tkanki – CV (corneal volume) – analizowana w obrębie okręgów o średnicach 3, 5 i 7 mm. Jak podają

w swoich pracach Ambrosio et al. (10) oraz Emre et al. (2), objętość tkanki u osób ze stożkiem rogówki jest mniejsza niż u osób zdrowych.

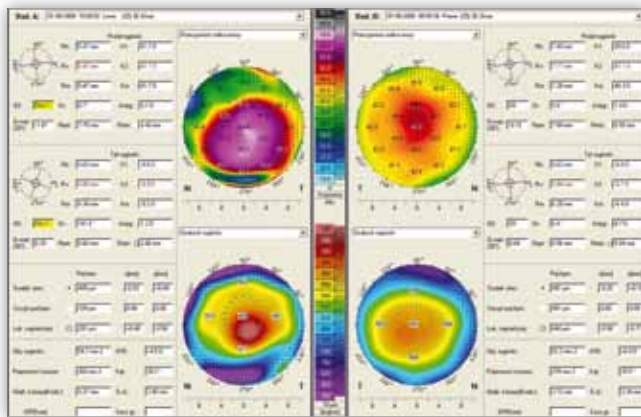
Podobnie możemy zaobserwować zmiany zachodzące w głębokości komory przedniej – wraz z nasileniem uwypuklenia tkanki rośnie głębokość komory przedniej, chociaż nie ma to



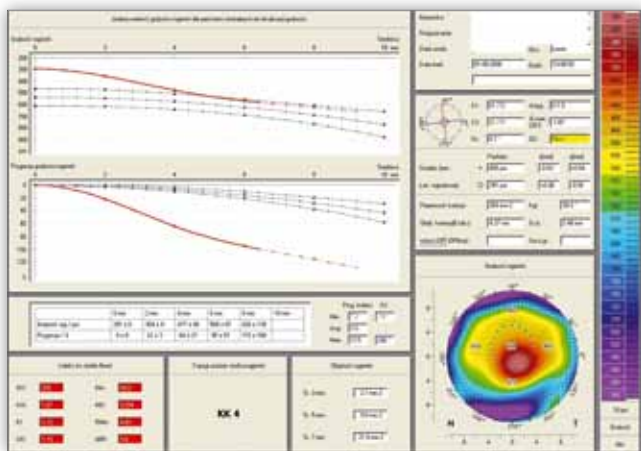
**Ryc. 10.** Badanie pacjenta ze stożkiem rogówki – w obrazie Scheimpfluga zwraca uwagę ścieńczenie i uwypuklenie tkanki.  
**Fig. 10.** Screening view of the patient with keratoconus – thinning and elevation of the tissue in Scheimpflug image.



**Ryc. 13.** Porównanie stanu rogówek pacjenta przedstawionego na ryc. 10. w dwóch kolejnych badaniach.  
**Fig. 13.** The comparison of cornea state in two examinations (patient from fig. 10).



**Ryc. 11.** Skorelowane mapy pachymetryczne i keratometryczne rogówek obojga oczu pacjenta przedstawionego na ryc. 10.  
**Fig. 11.** Correlated pachymetric and keratometric maps of both eyes (patient from fig. 10).



**Ryc. 12.** Program „stożek rogówki” – analiza danych pacjenta przedstawionego na ryc. 10.  
**Fig. 12.** Data analysis in „keratoconus” program (patient from fig. 10)

istotnego wpływu na jej pojemność. Jednocześnie wraz z nasileniem uwypuklenia stożka dochodzi do obwodowego spłaszczenia rogówki i, co z tego wynika, zmniejszenia się kąta komory przedniej (2).

Jak już nadmieniliśmy, badanie Pentacamem jest bezkontaktowe (nie jest więc konieczna anestezja), trwa krótko (kilka sekund), wymaga jednak współpracy pacjenta, gdyż konieczna jest prawidłowa fiksacja (ciemny punkt na tle obracającego się niebieskiego pasma światła). Aparat tworzy model przedniego odcinka oka i otrzymane wyniki możemy poddać dalszej analizie (ryc. 10, 11, 12). Pentacam pozwala porównywać wyniki kolejnych badań pacjentów, co umożliwia ocenę dynamiki postępu choroby (ryc. 13).

**Piśmiennictwo:**

1. Foster CS, Azar DT, Dohlman CH: *The Cornea*. Lippincot Williams & Wilkins 2005, 889-911.
2. Emre S, Dogany S, Yologlu S: *Evaluation of anterior eye segment parameters in keratoconus eyes measured with the Pentacam system*. J Cataract Refract Surg 2007(33), 10, 1708-1712.
3. Nilforoushan M-R, Speaker M, Marmor M, Abramson J, Tullio W et al.: *Comperative evaluation of refractive surgery candidates with Placido topography, Orbscan II, Pentacam and wavefront analysis*. J Cataract Refract Surg 2008(34), 623-631.
4. Sahin A, Yildirim N, Basmak H: *Two-year interval changes in Orbscan II topography in eyes with keratoconus*. J Cataract Refract Surg 2008(34), 1295-1299.
5. Kopacz D, Maciejewicz P, Kęćik D: *Pentacam – nowe możliwości obrazowania przedniego odcinka gałki ocznej*. Klinika Oczna 2005 107(10-12), 728-731.

6. Maciejewicz P, Kopacz D, Kęciak D: *Porównanie wyników pomiarów głębokości komory przedniej uzyskanych w badaniu USG i aparatem Pentacam*. Okulistyka 2005, 2(1), 47-51.
7. Uçakhan ÖÖ, Özkan M, Kanpolat A: *Corneal thickness measurements in normal and keratoconic eyes: Pentacam comprehensive eye scanner versus noncontact specular microscopy and ultrasound pachymetry*. J Cataract Refract Surg 2006(32), 6, 970-977.
8. Pentacam Instruction Manual: *Measurement and Elevation System for the Anterior Segment of the Eye*. Oculus, 2005.
9. Fam H-B, Lim K-L: *Corneal elevation indices in normal and keratoconic eyes*. J Cataract Refract Surg 2006(32), 8, 1281-1287.
10. Ambrosio R Jr., Alono R, Luz A, Velarde LGC: *Corneal-thickness spatial profile and corneal-volume distribution: Tomographic indices to detect keratoconus*. J Cataract Refract Surg 2006(32), 11, 1851-1859.

Praca wpłynęła do Redakcji 20.09.2009 r. (1158)  
Zakwalifikowano do druku 22.12.2010 r.

**Adres do korespondencji (Reprint requests to):**

dr med. Dorota Kopacz  
Katedra i Klinika Okulistyki I WL WUM  
ul. Lindleya 4  
02-005 Warszawa  
e-mail: dr.dk@wp.pl



### **3. KURS „ELEKTROFIZJOLOGIA NARZĄDU WZROKU” POZNAŃ, 25-26 LISTOPADA 2011**

**Patronat naukowy – Sekcja Elektrofizjologii  
i Neurookulistyki Polskiego Towarzystwa  
Okulistycznego**

#### **Wykładowcy**

**prof. dr hab. n. med. Maciej Krawczyński,  
dr n. med. Izabela Kulińska-Niedziela,  
prof. dr hab. n. med. Wojciech Lubiński,  
dr Mikołaj Meller, dr hab. n. med. Sławomir Michalak,  
dr Marta Pawlak, dr hab. n. med. Dorota Pojda-Wilczek**

#### **Kierownik naukowy**

**dr n. med. Jadwiga Bernardczyk-Meller**

**Informacje i rejestracja on-line: [www.ocuservice.com](http://www.ocuservice.com)**