

(59)

# Ocena zdolności akomodacyjnych układu wzrokowego w zależności od wieku z zastosowaniem systemu WASCA

## System WASCA Wavefront aberrometer for evaluation of accommodative range in patients of different age

**Ewa Mrukwa-Kominek, Stanisława Gierek-Ciaciura,  
Dorota Wyględowska-Promieńska, Izabela Zawajska**

Z I Katedry i Kliniki Okulistyki Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Ariadna Gierek-Łapińska

**Summary:** Purpose: The aim of this study was, to analyse the results of accommodation range measurement obtained in groups of patients of different age. Wavefront aberrometer was used for evaluation of accommodation range of the patients eyes.

Material and methods: The accommodation range was analysed in 200 eyes in 100 patients. The examined group of patients was divided into 4 groups, depending on the patients age.

Group I – age: 20-30 years old; group II – age: 31-40 years old; group III – age: 41-50 years old; group IV – age: 51--60 years old. The measurements were analysed using WASCA System depend on: refractive error, sex and difference of pupil diameter for far and near vision.

Results: Different ranges of accommodation were obtained. We did not observe any correlation between the accommodation range and the sex and refractive error. We noticed statistically significant differences between the accommodation range and pupil diameter, as well as the patients' age.

Conclusions: The WASCA System is a device, which can be used for analysis of accommodation range. This system gives us the possibility, to trace changes of eye accommodation range in the long period of time.

**Słowa kluczowe:** akomodacja, aberrometria, Wavefront, WASCA.

**Key words:** accommodation, aberrometry, Wavefront, WASCA.

Akomodacja to zdolność układu wzrokowego do ostrego widzenia do bliży. Oko dzięki akomodacji potrafi zmieniać moc łamiącą soczewki i skupić wiązkę zbieżną na siatkówce (5).

W 1904 roku opisano przypuszczalny mechanizm akomodacji uważany za klasyczną teorię Helmholtza (cyt. za 3). Stwierdzono, że u podstaw akomodacji leżą elastyczność soczewki i funkcja mięśni rzęskowych (3,5). Skurcz włókien okrężnych mięśnia rzęskowego i rozluźnienia obwódki rzęskowej mocującej soczewkę, zwiększenie wymiaru przednio-tylnego, czyli pogrubienie samoczynne soczewki, jak również wzrost współczynnika załamania na skutek przemieszczenia mas soczewki powodują zwiększenie napięcia akomodacyjnego.

Proces zwiększenia napięcia akomodacyjnego umożliwia dokładne widzenie przedmiotów leżących blisko, natomiast proces odwrotny pozwala na dokładne widzenie przedmiotów leżących daleko.

Przyrost akomodacji czynnej uruchamianej przez układ łamiący oka w celu skupienia wiązki zbieżnej na siatkówce to szerokość akomodacji. Głębokość akomodacji nazywamy przestrzeń pomiędzy punktem dali a punktem bliży wzrokowej. W oku miarowym nieakomodującym punkt dali wzrokowej znajduje się w nieskończono-

ści, a punkt bliży w pewnej określonej odległości (5). Odległość punktu bliży wzrokowej zależy od wieku, co spowodowane jest tym, że soczewka, starzejąc się, traci swoją elastyczność, co z kolei prowadzi do zmniejszenia mocy akomodacyjnej (2).

Uważa się, że dynamicznym czynnikiem akomodacji jest soczewka oka, gdyż krzywizna rogówki teoretycznie się nie zmienia (7). Natura tak skonstruowała nasz układ wzrokowy, że soczewka i rogówka uzupełniają się wzajemnie.

Glasser i wsp. (3) oceniali stan struktur oka pod wpływem akomodacji sztucznie wywołanej stymulacją elektryczną lub farmakologiczną. Stwierdzili, że podczas akomodacji stymulowanej zarówno elektrycznie, jak i farmakologicznie równik soczewki odsuwa się od twarówki zgodnie z opisanym przez Helmholtza mechanizmem akomodacji, a przeciwnie do proponowanej teorii Schachara. Nie potwierdzili również teorii ruchów poszczególnych części ciała rzęskowego.

Wiadomo, że akomodacja jest jednym z czynników wpływających na konwergencyjne ustawienie oczu (2). Podczas akomodacji zmienia się aberracja całkowita oka, która jest zależna od soczewki oka i jej właściwości (3,7).

System WASCA firmy Asclepion-Meditec, w którego skład wchodzi aberometr firmy Wavefront, służy do pomiaru całkowitej wady refrakcji oka z uwzględnieniem aberracji wyższego rzędu, pomiaru średnicy źrenicy oraz bezpośredniej i dynamicznej akomodacji układu wzrokowego. Zasada pomiaru polega na rejestracji i analizie wiązki lasera podczerwonego po przejściu przez wszystkie składowe układu optycznego oka.

Celem pracy jest analiza wyników pomiarów akomodacji oka uzyskanych w różnych wiekowo grupach pacjentów normowzrocznych i w grupach pacjentów z krótkowzrocznością mniejszą niż -3,0 D.

**Materiał i metodyka**

W I Katedrze i Klinice Okulistyki Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach wykonano pomiary akomodacji oczu za pomocą systemu WASCA firmy Asclepion Meditec wyposażonego w aberometr Wavefront (ryc. 1). Aparat ten służy do pomiaru obiektywnej, całkowitej wady refrakcyjnej oka, aberracji układu optycznego oka, pomiaru średnicy źrenicy oraz bezpośredniej i dynamicznej zdolności akomodacyjnej oka. Zakres akomodacji mierzono jako różnicę wartości bezwzględnej ekwiwalentu sferycznego do dali i do bliży.

Badania przeprowadzono w przyciemnionym pomieszczeniu. Procedura pomiarowa trwała 90 s. Przez pierwsze 30 s pacjent kierował wzrok na świetlny optotyp rzucony na ścianę w odległości 5 m, następnie skupiał wzrok na obiekcie znajdującym się w odległości 30 cm od oka (optotyp świetlny rzucony latarką elektryczną) i przez kolejne 30 s ponownie przenosił wzrok na obiekt na ścianie.

Parametry systemu WASCA:

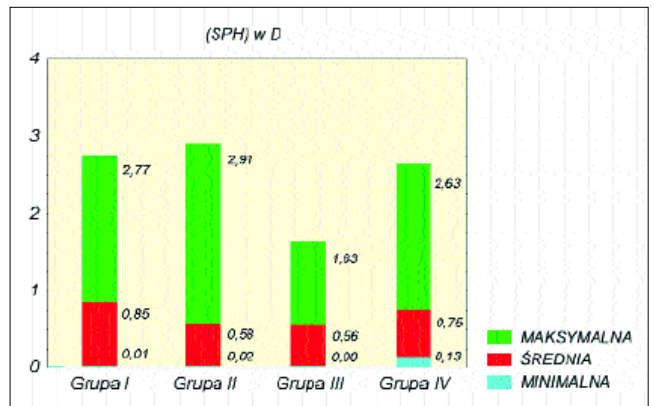
- ❖ rozdzielczość: 210 μm,
- ❖ zakres pomiaru sfery: -17,0 D do +10,0 D,
- ❖ zakres pomiaru cylindra: ±6,0 D,
- ❖ długość fali: 850 nm,
- ❖ czas pomiaru: 13 ms,
- ❖ dokładność pomiaru: ±0,05 D,
- ❖ powtarzalność: ±0,02 D.

Badania przeprowadzono u 100 pacjentów (200 oczu) w wieku od 20 do 60 lat. Pacjentów podzielono na cztery grupy wiekowe: grupa I – od 20 do 30 lat (średnia 25,5 roku); grupa II – od 31 do 40 lat (średnia 35 lat); grupa III – od 41 do 50 lat (średnia 45,5 roku); grupa IV – od 51 do 60 lat (średnia 56,5 roku).

Wada refrakcji w badanych grupach pacjentów nie przekraczała -3,0 D sferycznych. Średnia wada refrakcji we wszystkich



Ryc. 1. System WASCA (Asclepion Meditec).  
Fig. 1. WASCA System (Asclepion Meditec).



Ryc. 2. Wada refrakcji we wszystkich grupach pacjentów.  
Fig. 2. Refractive error in all groups of patients.

grupach wiekowych pacjentów wynosiła od -0,56 do -0,85 Dsph i nie różniła się istotnie statystycznie u poszczególnych grup pacjentów (ryc. 2).

Zmierzone wartości akomodacji analizowano w zależności od wady refrakcji, płci, różnicy średnicy źrenicy do dali i bliży.

	Grupa I Group I	Grupa II Group II	Grupa III Group III	Grupa IV Group IV
Współczynnik korelacji / Correlation coefficient	0,05	-0,26	0,31	-0,07
p(α)	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Tab. I. Korelacja między zmierzonym zakresem akomodacji a wadą refrakcji.  
Tab. I. Correlation between accommodation range and refractive error.

	Grupa I Group I	Grupa II Group II	Grupa III Group III	Grupa IV Group IV
Współczynnik korelacji / Correlation coefficient	0,10	-0,09	0,12	-0,08
p(α)	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Tab. II. Korelacja między zmierzonym zakresem akomodacji a płcią pacjentów.  
Tab. II. Correlation between accommodation range and sex of the patients.

	Grupa I Group I	Grupa II Group II	Grupa III Group III	Grupa IV Group IV
Współczynnik korelacji / Correlation coefficient	0,27	0,46	0,26	0,44
p( $\alpha$ )	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Tab. III. Korelacja między zmierzonym zakresem akomodacji a różnicą w średnicy źrenicy przy patrzeniu do dali i do bliży.

Tab. III. Correlation between accommodation range and difference in pupil diameter for far and near vision.

Badania statystyczne wykonano, stosując test t-Studenta dla zmiennych niezależnych.

## Wyniki

Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy średniej wartości bezwzględnej ekwiwalentu sferycznego (ABS/Sph<sub>eq</sub>) pomiędzy badanymi grupami.

Nie wystąpiła korelacja między zmierzonym zakresem akomodacji a wadą refrakcji we wszystkich grupach badanych (tab. I).

Nie stwierdzono korelacji między zmierzonym zakresem akomodacji a płcią pacjentów (tab. II).

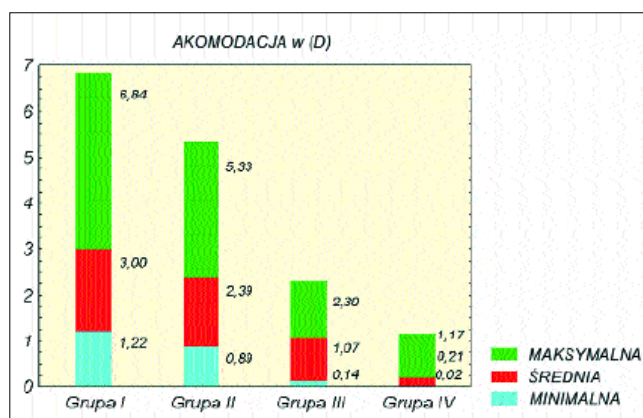
Wykazano natomiast istotną statystycznie korelację pomiędzy akomodacją a różnicą w średnicy źrenicy w widzeniu do dali i bliży. To znaczy im większa była różnica średnicy źrenicy przy patrzeniu

do dali i bliży, tym większy występował zakres akomodacji (tab. III).

Wykazano statystycznie istotną różnicę zmierzonej średniej wartości akomodacji pomiędzy badanymi grupami. Im młodsza wiekowo była grupa pacjentów, tym większy był zakres akomodacji (ryc. 3).

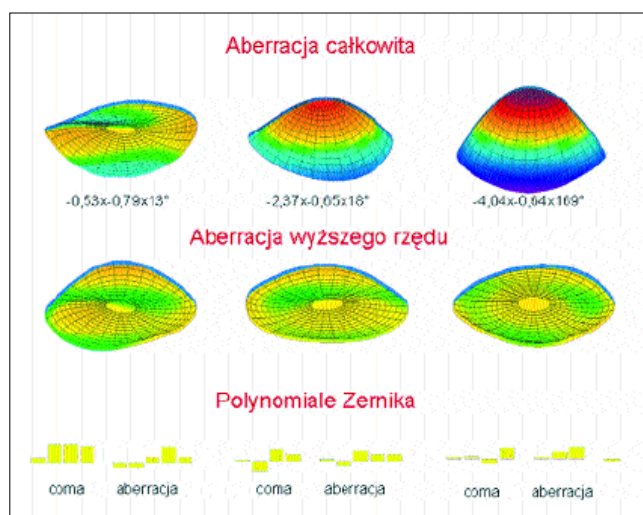
Zaobserwowano również zmiany całkowitej aberracji układu wzrokowego przy patrzeniu do dali i bliży w różnych wiekowo grupach pacjentów. Aberracje układu optycznego są matematycznie przedstawiane za pomocą tzw. polinomiali Zernika. Rzeczywiste zniekształcenie spowodowane aberracjami może być opisane jako kombinacja serii polinomiali Zernika. Aberracja rzędu zerowego występuje, gdy wiązka świetlna, przechodząc przez element optyczny, nie ulega żadnemu zniekształceniu. Aberracja pierwszego rzędu polega jedynie na odchyleniu (bez zniekształceń) wiązki świetlnej przechodzącej przez układ optyczny. Sfera, cylinder (z osią) reprezentują aberracje drugiego rzędu. Aberracje od rzędu zerowego do drugiego nazywane są aberracjami niższego rzędu. Aberracje trzeciego (coma, trójlistna koniczynna), czwartego (aberracja sferyczna, czterolistna koniczynna) i dalszych rzędów to aberracje wyższego rzędu. Ryc. 4 przedstawia graficzny obraz dynamicznych zmian aberracji w czasie, towarzyszący zmianom akomodacji u pacjenta 36-letniego, a rycina 5 – u pacjenta starszego (55 lat). Można zauważyć różnice zarówno w aberracji całkowitej, jak i w aberracji wyższego rzędu. Aberracje wyższego rzędu nie zmieniały się istotnie statystycznie ani przy zmianach akomodacji, ani w zależności od wieku. Jedynie aberracja sferyczna (nr 7) ulegała zauważalnym zmianom (ryc. 6-9).

Zaobserwowano występowanie różnic w dynamice akomodacji przy patrzeniu do dali i bliży w różnych wiekowo grupach pacjentów (ryc. 10,11). Zarówno sposób zmiany akomodacji, zakres, jak i droga



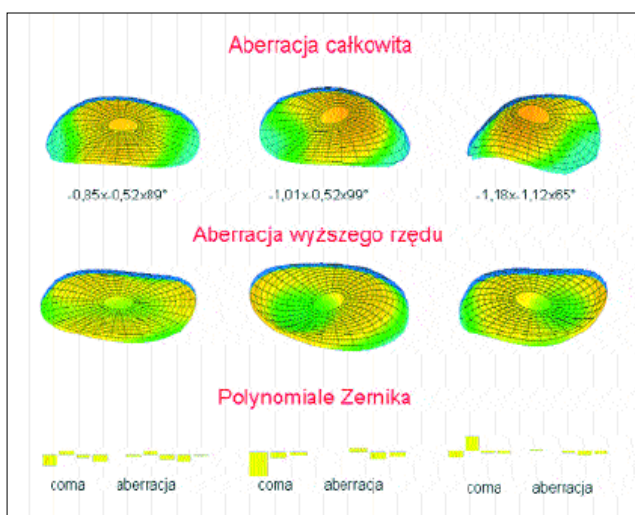
Ryc. 3. Zakres akomodacji we wszystkich grupach.

Fig. 3. Accommodation range in all groups of patients.



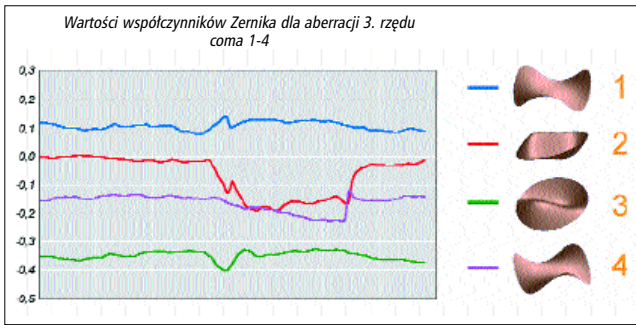
Ryc. 4. Dynamiczna akomodacja 36-letniego pacjenta.

Fig. 4. Dynamic accommodation of 36-years old patient.

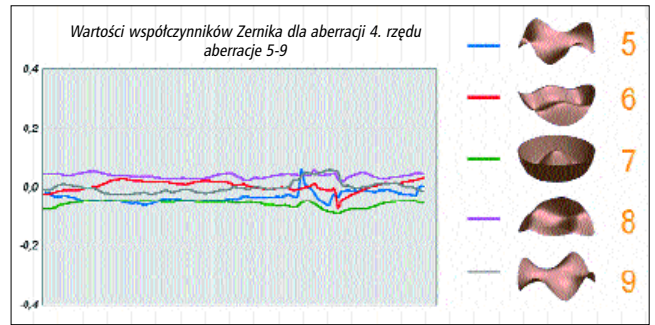


Ryc. 5. Dynamiczna akomodacja 55-letniego pacjenta.

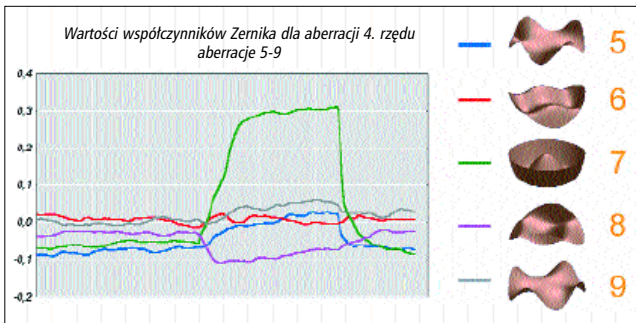
Fig. 5. Dynamic accommodation of 55-years old patient.



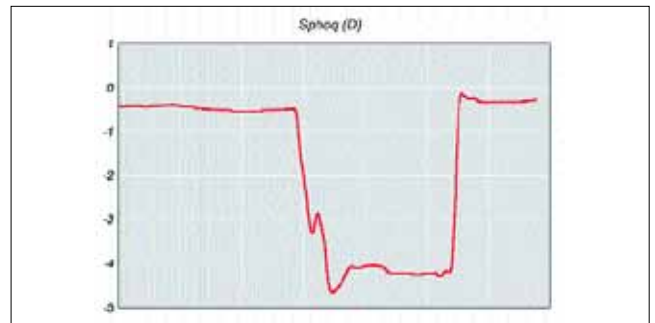
Ryc. 6. Zmiany aberracji 3. rzędu u 25-letniego pacjenta.  
Fig. 6. 3th order aberration changes in 25-years old patient.



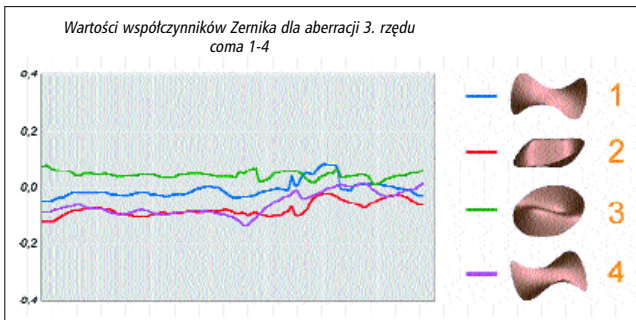
Ryc. 9. Zmiany aberracji 4. rzędu u 55-letniego pacjenta.  
Fig. 9. 4th order aberration changes in 55-years old patient.



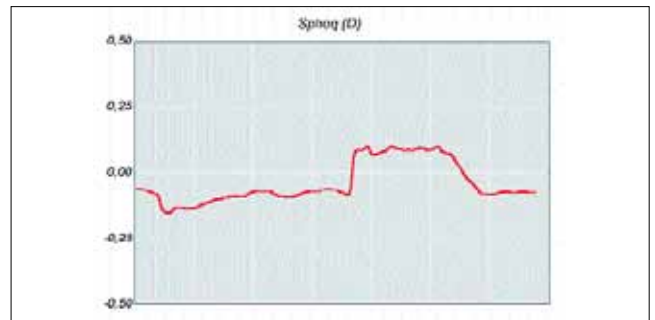
Ryc. 7. Zmiany aberracji 4. rzędu u 25-letniego pacjenta.  
Fig. 7. 4th order aberration changes in 25-years old patient.



Ryc. 10. Wykres dynamicznej akomodacji 25-letniego pacjenta.  
Fig. 10. Diagram of dynamic accommodation of 25-years old patient.



Ryc. 8. Zmiany aberracji 3. rzędu u 55-letniego pacjenta.  
Fig. 8. 3th order aberration changes in 55-years old patient.



Ryc. 11. Wykres dynamicznej akomodacji 55-letniego pacjenta.  
Fig. 11. Diagram of dynamic accommodation of 55-years old patient.

dochodzenia do stabilnej akomodacji różniły się w poszczególnych grupach pacjentów. W grupie I zakres był największy, a czas stabilizacji najkrótszy. Natomiast w grupie IV zakres był najmniejszy, a droga dochodzenia do stabilnej akomodacji – najdłuższa.

### Omówienie

Problem pomiaru aberracji i akomodacji oka oraz wykorzystania go we współczesnej chirurgii refrakcyjnej pojawił się zaledwie kilka lat temu i od tej pory rozwija się bardzo dynamicznie.

Chirurgia refrakcyjna na podstawie całkowitej aberracji oka wydaje się obiecującą procedurą umożliwiającą usunięcie lub zmniejszenie aberracji oka ludzkiego (1). Aberracje zmieniają się w czasie, a spowodowane jest to wieloma czynnikami. Jednym z prawdopodobnych jest dynamiczna zmiana aberracji w czasie akomodacji. Przy zmianie odległości obserwowanego obiektu jednoczesnej zmianie ulegają siła łamiąca soczewki i akomodacja. Uważa się, że film łzowy i ruchy gałek ocznych również powodują

zmianę aberracji, jednak niewielką w porównaniu ze zmianami wywołanymi akomodacją (cyt. za 1).

Artal (1) badał zmiany aberracji występujące podczas zmian akomodacji oka u dwóch pacjentów w wieku 40 i 29 lat w czasie zmian nastawienia wzroku z nieskończoności do bliskiej odległości (2,5 D), co trwało około 3 s. Obserwowany obiekt zbliżał się do oka aż do uzyskania najbardziej wyraźnego obrazu.

Pallikaris (7) przedstawił wyniki pomiaru akomodacji aberrometrem Wavefront Tracy uzyskane w 6 oczach u sześciu pacjentów w czasie napięcia i zwolnienia akomodacji. Badania wykonywano w ciemnym pomieszczeniu bez mydriatyków i z ich zastosowaniem.

Na kongresie ESCRS w Nicei (6) przedstawiono ocenę akomodacji w 6 oczach u pacjentów w wieku od 24 do 48 lat. Badanie wykonywano, stosując system WASCA z sensorem Shacka-Hartmanna na podstawie fiksacji wzroku pacjenta na optotyp znajdujący się w różnej odległości od oka. Autor oceniał siłę refrakcyjną i zmiany aberracji wyższego rzędu dla średnicy źrenicy 3 i 5,5 mm, jak

również średnią szybkość zmian akomodacji i czas jej stabilizacji po zmianie odległości. Stwierdził on, że u młodszych pacjentów szybciej następuje zmiana siły akomodacyjnej w porównaniu ze starszymi pacjentami. Ich efekty są zgodne z danymi uzyskanymi w badanej przez nas grupie pacjentów.

Z kolei Goes (4) stosował aberrometr typu Shacka-Hartmanna do badania refrakcji, jak również do pomiaru aberracji wyższego rzędu u 300 pacjentów przed planowaną chirurgią refrakcyjną oraz u pacjentów z obniżoną ostrością wzroku po zabiegach refrakcyjnych. Dla 100 przypadków dokonał porównania refrakcji subiektywnej z obiektywną, wykazując statystycznie istotną korelację pomiędzy tymi parametrami zmierzoną z użyciem aberrometru. Autor wnioskował, że aberrometr firmy Asclepion Meditec wchodzący w skład systemu WASCA jest urządzeniem przydatnym do badań klinicznych funkcji narządu wzroku. Nasze badania są zgodne z doniesieniami powyżej wymienionych autorów.

Nowością w dziedzinie pomiaru stanu refrakcyjnego oka są metody wykorzystujące pomiar za pomocą autorefraktometru z pomiarem aberracji. Metody te szybko się rozwijają, gdyż są nieinwazyjne i obiektywne. Schmitzek (8) zastosował „wavefront” autorefraktometr do pomiaru wysokości wad refrakcji w oczach ludzkich z porażeniem akomodacji i bez niego.

Analiza zmian układu wzrokowego na podstawie aberracji i akomodacji stanowi nadal przedmiot badań.

#### Wnioski

System WASCA jest nieinwazyjnym, czułym i bardzo użytecznym narzędziem do analizy akomodacyjnej zdolności układu wzrokowego.

System umożliwia również ocenę zmian zakresu akomodacji oka w dłuższym okresie obserwacji.

**PIŚMIENNICTWO:** 1. Artal P., Fernandez E. J., Manzanera S.: *Are optical aberrations during accommodation a significant problem for refractive surgery?* J. Refract. Surg., 2002, 18, S563-S566. 2. Bartkowska J.: *Optyka i korekcja wad wzroku*. PZWL, Warszawa, 1996. 3. Glasser A., Kaufmann P. L.: *The mechanism of accommodation in primates*. Ophthalmology, 1999, 106, 863-872. 4. Goes F.: *The Asclepion Meditec aberrometer as a clinical diagnostic tool*. Praca wygłoszona na XX Congress of the ESCRS, Nice 7-11.09.2002, streszczenie str. 141. 5. Palacz O.: *Układ wzrokowy i jego podstawowa funkcja – proces widzenia*. [W:] Orłowski W.: *Okulistyka współczesna*. PZWL, Warszawa, 1986, 10-100 (49-61). 6. Pallikaris I. G., Katsanevaki V., Panagopoulou S., Ginis H.: *Dynamic refractometry for the evaluation of the accommodation process*. Praca wygłoszona na XX Congress of the ESCRS, Nice 7-11.09.2002, streszczenie str. 222. 7. Pallikaris I. G., Panagopoulou S. I., Siganos C. S., Molebny V. V.: *Objective measurement of Wavefront aberrations with and without accommodation*. J. Refract. Surg., 2001, 17, S602-S607. 8. Schmitzek T., Wesemann W.: *Clinical evaluation of refraction using a handheld wavefront autorefractor in young and adult patients*. J. Cataract. Refract. Surg., 2002, 28, 1655-1666.

Praca wpłynęła do Redakcji 20.12.2002 r. (185).

Adres do korespondencji (Reprint requests to):  
dr n. med. Ewa Mrukwa-Kominek  
Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny nr 5  
ul. Ceglana 35  
40-952 Katowice

**Redakcja kwartalnika medycznego OKULISTYKA  
i czasopisma KONTAKTOLOGIA  
i OPTYKA OKULISTYCZNA**

**e-mail:ored@okulistyka.com.pl**