

(04)

# Wpływ chorób oczu na wzorzec siatkówki i tęczęwki oraz znaczenie tego wzorca we wczesnej diagnostyce okulistycznej

## *Effect of eye diseases on the retina and iris pattern recognition and its significance in early ophthalmic diagnosis*

Emil Saeed<sup>1</sup>, Joanna Konopińska<sup>1</sup>, Zofia Mariak<sup>1</sup>, Khalid Saeed<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Klinika Okulistyki Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Zofia Mariak

<sup>2</sup> Wydział Informatyki Politechniki Białostockiej

<sup>3</sup> Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej

### Streszczenie:

Temat pracy dotyczy nowej, ciekawej dziedziny z zakresu możliwości rozpoznawania, czyli identyfikacji/weryfikacji człowieka, oraz wczesnego diagnozowania chorób okulistycznych za pomocą wzorca siatkówki i tęczęwki oka. Stosowana metoda obrazowania tkanek nosi nazwę biometrii. Elementem nowatorskim badań własnych jest ocena wpływu chorób na wzorce wykonywane w obrazowaniu siatkówki i tęczęwki. Wyniki badań uzyskano dzięki współpracy lekarzy i informatyków. Opracowany wspólnie algorytm rozpoznawania wzorca siatkówki i tęczęwki u osób dotkniętych chorobami oczu ma odpowiedzieć na pytanie, czy osoby z patologiami w obrębie tych tkanek mogą być rozpoznawane za pomocą ich skanu, oraz pytanie, które choroby zaburzają ten proces. W przypadku siatkówki najważniejsze okazały się choroby toczące się bezpośrednio w obrębie jej naczyń i będące w zaawansowanym stadium (odwarstwienie, zator tętnicy i zakrzep żyły środkowej siatkówki). Po zastosowaniu leczenia zdolność do rozpoznawania wzorca siatkówki wracała lub ulegała istotnej poprawie. W przypadku tęczęwki były to stany patologiczne powodujące jej znaczne przesłonięcie i deformację (np. guzy i obecność ropy). Wzorca tęczęwki nie zaburzały krew w komorze przedniej, przebyte operacje jaskry i zaćma.

**Słowa kluczowe:** rozpoznawanie wzorców, siatkówka, tęczęwka, choroby oczu.

### Summary:

The paper presents a new approach to retinal and iris pattern recognition for human identification/ identity verification and early detection of ocular diseases. The imaging method is based on biometric properties of iris and retina. The innovative element involves the assessment of effect of eye diseases on iris and retinal pattern. The research was carried out in close cooperation with IT specialists. An algorithm was developed for retinal and iris pattern recognition in patients with various eye diseases in an attempt to determine whether biometric scanning is capable of identifying affected patients and which conditions preclude accurate identification. It was shown that in advanced stages, retinal vascular diseases (retinal detachment, retinal vein and artery occlusion) made it impossible to identify an individual based on recognising their retinal pattern. This effect was fully or partly reversible following treatment. Iris pattern was disturbed by extensive and deforming lesions, such as tumors and hyphema. It was proved that hyphema, previous glaucoma surgery or cataract did not interfere with iris pattern recognition.

### Key words:

pattern recognition, retina, iris, eye diseases.

Biometria, czyli nauka zajmująca się badaniem zmienności populacji, to dziedzina rozwijająca się w ostatnim czasie bardzo dynamicznie, zarówno ze względu na rosnące na nią zapotrzebowanie, jak i możliwości jej zastosowania w wielu aspektach życia. Techniki biometryczne, za pomocą których można precyzyjnie określać cechy fizyczne i anatomiczne człowieka, w praktyce służą rozpoznawaniu u niego chorób metodą porównywania danych z zapisaną wcześniej próbką, w sposób podobny jak na niektórych lotniskach. W biometrii wykorzystuje się siatkówkę i tęczęwkę, ponieważ są to unikalne tkanki, które nawet u bliźniąt jednojajowych nie mają dwóch identycznych wzorców. Identyfikowanie człowieka za pomocą siatkówki i tęczęwki jest znane od lat 80. ubiegłego wieku, od kiedy uświadomiono sobie, że oko człowieka po osiągnięciu ostatecznych rozmiarów pozostaje niezmiennie.

Istnieją dwa główne systemy zabezpieczeń oparte na obrazie oka. Ten bardziej rozpowszechniony polega na rozpoznawaniu osób na podstawie obrazu tęczęwki. W tym celu wykonywany jest skan tęczęwki w świetle widzialnym lub w bliskiej podczerwieni, następnie specjalny algorytm wykrywa tęczęwkę, eliminując z obrazu źrenicę, rzęsy i inne artefakty. Obraz tęczęwki jest przerabiany na unikatowy wzór porównywany z innymi wzorami z bazy danych (identyfikacja) lub z jednym konkretnym wzorem tej samej osoby wcześniej sporządzonym (weryfikacja). Druga metoda analizy biometrycznej opiera się na rozpoznawaniu obrazu naczyń krwionośnych siatkówki. Skan siatkówki jest wykonywany w świetle podczerwonym, ponieważ naczynia krwionośne absorbują więcej podczerwieni niż otaczająca je tkanka. Zmiany intensywności absorpcji pro-

mieniowania są rejestrowane i przekształcane w specjalny kod, który może być porównany z innymi, które są dostępne w bazie.

Spośród wszystkich technik biometrycznych wzorzec siatkówki i tęczówki umożliwia rozpoznanie człowieka z najmniejszym prawdopodobieństwem błędu. Trudności powodują jedynie choroby rozwijające się w ciągu życia. Wyniki pomiarów, po ich zweryfikowaniu metodami statystyki matematycznej, mogą też być wykorzystywane w medycynie.

Celem niniejszych badań jest wyodrębnienie grupy chorób, które zaburzając wzorzec siatkówki i tęczówki oka, utrudniają, zafałszowują bądź uniemożliwiają rozpoznanie człowieka. Jednocześnie sygnał wskazujący na obecność zmian patologicznych w tkankach oka może być formą alarmu dla osoby, która dotąd nie zdawała sobie sprawy z początków rozwoju niezidentyfikowanej choroby. Ten sygnał skłaniał zatem do wczesnego zgłoszenia się do okulisty.

### Cel

Celem strategicznym rozpoczętych badań jest określenie wpływu chorób oczu i ogólnych o charakterze naczyniowym na wzorzec tęczówki i siatkówki wykorzystywany do rozpoznawania człowieka.

Celem pochodnym jest określenie znaczenia tego wzorca we wczesnej diagnostyce okulistycznej. Wypracowany algorytm matematyczny, zweryfikowany statystycznie, pozwoli na selekcjonowanie czynników predykcyjnych wczesnej zachorowalności na choroby naczyniowe siatkówki, takie jak zakrzep żyły i zator tętnicy środkowej, współtowarzyszące chorobom układu sercowo-naczyniowego i cukrzycy. Podczas badań kontrolnych może też wyjść na jaw, w jakim stopniu nasilenie zmian patologicznych na dnie oka koreluje z błędami w ich rozpoznawaniu.

### Material i metody

Badanie zaplanowano jako prospektywne i uzyskano akceptację Komisji Bioetycznej. Ochotnicy wyrazili świadomą zgodę na uczestnictwo w programie, który był prowadzony od 2011 do 2016 roku. Ostatecznie wzięło w nim udział 97 pacjentów Kliniki Oku-

listyki USK oraz Poradni Przyklinicznej wyłonionych za pomocą kryteriów włączenia/wyłączenia. Było to 46 kobiet i 51 mężczyzn w wieku od 44 do 78 lat ( $\pm 61$ ). Przebadano 112 oczu u 97 osób.

Kryteria wyłączenia z badania stanowiły w przypadku siatkówki: nieprzezierność ośrodków optycznych oraz zaawansowane stany zapalne przedniego bądź tylnego odcinka oka. W przypadku tęczówek nie stosowaliśmy kryteriów wyłączenia z badania.

Na podstawie wyników pełnego kwalifikacyjnego badania okulistycznego uczestników podzielono na cztery grupy według rozpoznanych chorób oczu. Do grupy I włączono osoby z odwarstwieniem siatkówki, do grupy II – osoby dotknięte chorobami naczyniowymi siatkówki (takimi jak: zator/zakrzep oraz retinopatia cukrzycowa/nadciśnieniowa), do grupy III – osoby dotknięte chorobami tęczówki (takimi jak: guzy pierwotne – np. czerniaki, guzy przerzutowe i pooperacyjne lub pozapalne ubytki zrębu tęczówki, zmiany pourazowe i zmiany po operacjach jaskry), grupa IV pełniła rolę grupy porównawczej. Zaliczono do niej osoby bez zmian patologicznych w obrębie zrębu tęczówki i siatkówki. Podgrupy a i b, wydzielone w grupach I, II i III, wprowadzono w celu uściślenia stopnia zaawansowania zmian.

Okres obserwacji pacjentów wynosił 4 lata. W zależności od dynamiki rozwoju poszczególnych chorób odstępy czasowe między wizytami kontrolnymi były dobierane indywidualnie i wynosiły od 7 dni do 2 lat od ich rozpoznania i włączenia leczenia farmakologicznego lub chirurgicznego. Wzorce siatkówki i tęczówki u pacjentów z grup I–III porównywano z wzorcami opracowanymi na podstawie grupy odniesienia (identyfikacja), a podczas kolejnych badań kontrolnych dokonywano również weryfikacji, porównując tkanki tych samych oczu w odstępach czasowych.

Każdorazowe badanie obejmowało standardowe testy okulistyczne (badanie ostrości wzroku do dali i bliży, ocenę przedniego i tylnego odcinka oka, tonometrię i – w przypadku jaskry albo deformacji odcinka przedniego – gonioskopię i ultrabiomikroskopię) oraz wiązało się ze sporządzeniem dokładnej i szczegółowej dokumentacji fotograficznej, z wykorzystaniem funduskamery Kowa VX-10. Utrwalony materiał fotograficzny umożliwił ocenę i archiwizację

Grupa/ Group	Podgrupa/ Subgroup	Rodzaj i zakres zmian/ Type and extent of lesions	Ostrość wzroku (zakres)/ Visual acuity (range)
I n = 30 K = 8, M = 22	Ia. n = 14	obwodowe odwarstwienie siatkówki/ peripheral retinal detachment	0,8–1,0
	Ib. n = 16	rozległe odwarstwienie siatkówki (przekraczające arkady naczyniowe)/ extensive retinal detachment (extending beyond vascular arcades)	0,01–0,1
II n = 28 K = 10, M = 18	Ila. n = 14	początkowe zmiany naczyniowe (krwotoki śródsiatkówkowe)/ early vascular abnormalities (intraretinal haemorrhages)	0,7–0,9
	Ilb. n = 14	zaburzenia w obrębie głównych arkad naczyniowych/ extensive vessels changes	0,1–0,5
III n = 24 K = 14, M = 10	IIIa. n = 9	trwale niewielkie zmiany tęczówki (znamię, rubeoza, irydotomia, irydektomia)/ small permanent iris lesions (naevus, rubeosis, iridotomy, iridectomy)	0,4–1,0
	IIIb. n = 15	znaczące zaburzenia tęczówki [atrofia, procesy patologiczne w komorze przedniej (poza krwią), guzy tęczówki]/ significant changes to iris image [atrophy, pathological processes in anterior chamber (except for hyphema), iris tumors]	0,01–0,8
IV n = 15 K = 9, M = 6	IV n = 15	bez zmian patologicznych/ no abnormalities	1,0

Tab. I. Rozmieszczenie uczestników programu w poszczególnych grupach według rozpoznanej choroby oczu.

Tab. I. Patient distribution in disease-based groups.

uzyskanych obrazów anatomicznych oraz śledzenie potencjalnych zmian zachodzących w czasie. Zdjęcia posłużyły do analizy matematycznej, którą przeprowadzono na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Odwartwienie siatkówki rozpoznano u 30 osób. Spośród chorób naczyniowych siatkówki rozpoznano zakrzep żyły środkowej – u 15 pacjentów, i zator tętnicy środkowej – u 13 pacjentów. Ubytki beleczkowania tęczówki w wyniku doznania urazu lub wskutek zabiegów przeciwwjaskrowych odnotowano u 9 pacjentów, a procesy patologiczne w komorze przedniej, przesłaniające część tęczówki, w tym guzy – u 15 pacjentów. Rozmieszczenie 97 uczestników programu w poszczególnych grupach przedstawiono w tabeli I.

Pierwszym krokiem w pracy nad uzyskanymi w badaniu obrazami siatkówki i tęczówki było ich wstępne przetwarzanie. Artefakty, rzęsy, powieki, refleksy oraz inne elementy, które nie wносиły informacji, były usuwane z obrazu. Następnie poprawiano kontrast, dokonywano konwersji do skali szarości i usuwano ciemne tło (1, 2).

W przypadku siatkówki w kolejnym stadium wzmacniano obraz naczyń krwionośnych oraz poddawano go segmentacji (3, 4). Następnie wybierano charakterystyczne punkty siatkówki zwane minucjami. Na dalszym etapie wydobywano wektor tych cech (5, 6). Ostateczne przetworzenie obrazów sprowadzało się do ich przekształcenia w postać czytelną dla komputera (selekcja i ekstrakcja cech oraz opis). Finalnie wyniki były klasyfikowane i porównywane z matrycą wcześniej stworzonej bazy oczu prawidłowych, czyli pozbawionych cech patologicznych. Wektor charakterystycznych punktów na naczyniach krwionośnych siatkówki, czyli minucji, wyznaczano na potrzeby analizy informatycznej, w której minucje są składową algorytmu rozpoznawania wzorca siatkówki w oczach dotkniętych chorobą (ryc. 1.).



Ryc. 1. Przykładowe minucje – charakterystyczne punkty siatkówki (grupa kontrolna).

Fig. 1. Minutiae – retinal landmarks (control group).

W przypadku tęczówki ważnym krokiem początkowym było wykrycie jej granic oraz odnalezienie źrenicy (stosowano algorytm Dougmana). Na powierzchni beleczkowania tęczówki znajdują się unikatowe miejsca. Aby można było je wydobyć i poddać ocenie informatycznej, dokonywano przekształcenia („rozciągnięcia”) obrazu tęczówki do postaci prostokątnej. Ten proces nazwano normalizacją tęczówki (ryc. 2.).



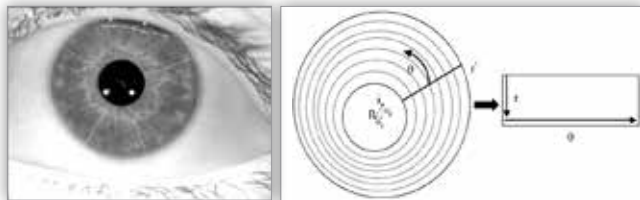
Ryc. 2. Znormalizowany obraz tęczówki, „rozciągniętej” do formy prostokątnej (grupa kontrolna).

Fig. 2. Normalized iris image, “stretched” to rectangular shape (control group).

Następnie wydobywano tzw. wektor cech:

$$h_{(Re,Im)} = sgn_{(Re,Im)} \int \int I(\rho, \phi) e^{-i\omega(\theta_0 - \phi)} \cdot e^{-\frac{(r_0 - \rho)^2}{\alpha^2}} \cdot e^{-\frac{(\theta_0 - \phi)^2}{\beta^2}} \cdot \rho \, d\rho \, d\phi$$

Tym sposobem doprowadzano do ostatecznego zakodowania tęczówki (7) (ryc. 3.).



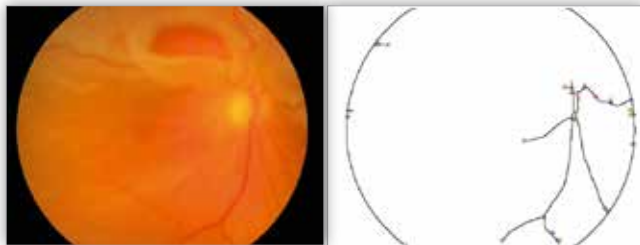
Ryc. 3. Normalizacja obrazu tęczówki.

Fig. 3. Iris normalization.

Technikami komputerowymi, z wykorzystaniem opracowanego wzorca siatkówki i tęczówki oraz stworzonego algorytmu, oceniano, w jakim stopniu zakwalifikowane do analizy choroby oczu zaburzają zdolność do rozpoznawania człowieka (8). Do uwiarygodnienia wyników użyto testu t-Studenta z poziomem istotności  $p < 0,05$ .

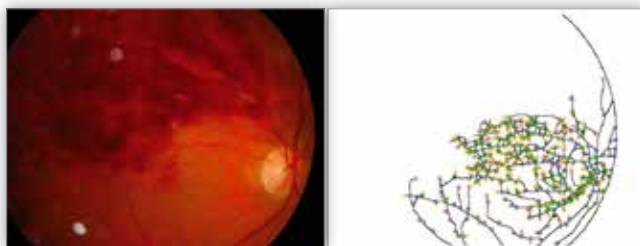
### Wyniki

Na rycinach 4. i 5. przedstawiono przykładowe zaburzenie identyfikacji w obrębie naczyń siatkówki w przebiegu odwarstwienia siatkówki oraz zakrzepu żyły środkowej (9).



Ryc. 4. Odwarstwienie siatkówki i utrata minucji (grupa Ib.).

Fig. 4. Retinal detachment and minutiae loss (group Ib.).



Ryc. 5. Zakrzep żyły środkowej siatkówki, identyfikacja utrudniona (grupa IIb.).

Fig. 5. Retinal vein occlusion, difficult recognition (group IIb.).

Dopiero zaawansowane ubytki tęczówki uniemożliwiają jej wykorzystanie jako wzorca do rozpoznawania człowieka (10), często się ją wykorzystuje w procesach identyfikacyjnych, ponieważ jest łatwo dostępna do badania. Ciekawym odkryciem jest to, że tęczówkę prawie całkowicie zasłoniętą przez krew w komorze przedniej nadal można identyfikować. Można też zidentyfikować tęczówkę w oczach poddanych chirurgicznemu zabiegowi przeciwwjaskrowym i usunięcia zaćmy.

Grupa/ liczba uczestników/ Group/ number of participants	Zakres uszkodzenia/ Extent of damage (%)	Zdolność do identyfikacji człowieka/ Identification ability	Zdolność do identyfikacji człowieka po leczeniu/ Identification ability after treatment
Ia./ 14	<5	bez wpływu/ insignificant, $p < 0,05$	możliwa w 100%/ possible in 100%
Ib./ 16	>50	utrudniona/ difficult, $p < 0,05$	możliwa w 100%/ possible in 100%
IIa./ 14	<5	bez wpływu/ insignificant, $p < 0,05$	możliwa w 100%/ possible in 100%
IIb./ 14	>30	utrudniona/ difficult, $p < 0,05$	możliwa w 100%/ possible in 100%
IIIa./ 9	<5	bez wpływu/ insignificant, $p < 0,05$	możliwa w 100%/ possible in 100%
IIIb./ 15	>50	utrudniona/ difficult, $p < 0,05$	utrudniona w nieodwracalnych zmianach/ difficult with irreversible lesions
IV/ 15	0	pełna/ possible, $p < 0,05$	pełna w 100%/ possible in 100%

**Tab. II.** Zakres zmian patologicznych i zdolność ich wpływu na zaburzenia identyfikacji człowieka w poszczególnych grupach.

**Tab. II.** Extent of lesions and their effect on human recognition.

W tabeli II zestawiono stadia rozwoju poszczególnych chorób oraz wskazano, jak wpływają na zdolność rozpoznawania człowieka za pomocą zastosowanych wzorców siatkówki i tęczy, z uwzględnieniem prawdopodobieństwa tego wpływu.

### Omówienie

Na temat wpływu chorób na rozpoznawanie wzorca tęczy doniesień jest niewiele, a na rozpoznawanie wzorca siatkówki nie ma ich wcale. Niektóre z chorób deformują wzorzec podstawowy, generując wzorzec odmienny od ustalonego, czyli „nowy”. Taki „nowy” wzorzec wymaga ponownego rozpoznania, a problem polega na zdefiniowaniu zakresu jego zmian ilościowych i jakościowych w poszczególnych chorobach. Sprecyzowanie tego zakresu może mieć również znaczenie w procesie wczesnego trafego rozpoznawania chorób.

W publikacjach opisano utrudnienia w rozpoznawaniu tęczy – ta metoda częściej znajduje zastosowanie praktyczne. W międzynarodowych standardach ISO/IEC wymienia się patologie, które mogą mieć wpływ na wzorzec tęczy: poszerzenie lub zwężenie źrenicy, zapalenie tęczy i rogówki, micro i megalocornea, bielmo rogówki, aniridię, zaćmę, rąbek starczy oraz pierścieni Kaysera-Fleischera, a także stany po zabiegach irydotomii i irydektomii. Trokielewicz i wsp. oceniali wpływ zaćmy na rozpoznawanie wzorca tęczy, w tym celu przebadali oczy u 37 pacjentów. Pod uwagę brali zaćmy powikłane zrostami tylnymi i wszczepy przedniokomorowe przesłaniające tęczę. W naszych badaniach stopień rozwinięcia zaćmy nie był uwzględniany z uwagi na to, że w oczach z zaćmą nie napotkaliśmy na żadne problemy podczas rozpoznawania tęczy. Zaćmy całkowite, uniemożliwiające ocenę dna oka, stanowiły kryterium wyłączenia z badania. Soczewek przedniokomorowych w naszym materiale nie było. W literaturze medycznej są też opisywane analizy innych stanów wpływających na wzorzec tęczy, takich jak atrofia oraz poszerzona lub zwężona źrenica. My kładliśmy nacisk na procesy powodujące przesłanianie tęczy (guzy, nieprzejrzystość rogówki, ropę i krew w komorze przedniej oka, itp.) oraz na przebyte operacje jaskry.

Aslam i wsp. zbadali 69 oczu u 54 pacjentów. Oceniali, jak irydotomia, zapalenie tęczy, zmiany rogówki oraz zapalenie twardówki i spojówek wpływają na zdolność rozpoznawania tkanek (11). Fotografowali tęczę przed leczeniem i po nim, a następnie je analizowali. Okazało się, że irydotomia laserowa

nie miała wpływu na wzorzec tęczy, problemów dostarczała natomiast zmienna szerokość źrenicy, próbki badań były błędnie odrzucane. W zastosowanej przez nas metodzie wpływ szerokości źrenicy był minimalizowany poprzez proces „normalizacji” tęczy. Dhir i wsp. przebadali grupę 15 pacjentów. Natrafili na trudności w procesie identyfikacji wzorca tęczy spowodowane poszerzeniem źrenicy mydriatykami oraz refleksem ze sztucznej soczewki wszczepionej podczas operacji zaćmy (12). U nas ten czynnik nie utrudniał rozpoznania, artefakty wyeliminowano poprzez odpowiednią obróbkę obrazu. Yuan i wsp. badali, jak na szerokość źrenicy wpływają operacje refrakcyjne (13). Próbie poddali 7 pacjentów wcześniej operowanych metodą LASIK. Tylko u 1 pacjenta zaistniały problemy z rozpoznaniem wzorca tęczy, najprawdopodobniej związane z nadmiernie rozszerzoną źrenicą. Borgen i wsp. oceniali 17 tęczy u pacjentów ze zmianami takimi jak: patologie rogówki (zapalenie, osady na śródbłonku, obrzęk nabłonka i neowaskularyzacja), guzy tęczy, stany po zabiegach irydotomii i irydektomii (14). Okazało się, że operacje jaskry i neowaskularyzacja miały minimalne znaczenie w procesie identyfikacji człowieka za pomocą wzorca tęczy, to potwierdziły również wyniki naszych badań.

Ponieważ w piśmiennictwie nie znajdujemy – jak dotąd – prac, w których zostałyby opisane wyniki badań nad wpływem chorób na wzorzec rozpoznawczy siatkówki, podjęte przez nas próby oceny tego wpływu można uznać za pionierskie. Praktyczne znaczenie wzorca siatkówki może wzrastać w przypadku utrudnień w rozpoznawaniu człowieka za pomocą tęczy, dzięki niemu bowiem można rozwiać ewentualne wątpliwości.

Szczegółowe i wiarygodne rozpoznanie człowieka staje się we współczesnym świecie coraz większym wyzwaniem, priorytetem i praktyczną potrzebą, zważywszy na niepewną wiarygodność testu odcisków palców i łatwość, z jaką można go sfalszować. Trudno sfalszować wzorce tkanek takich jak siatkówka i tęczę oka. Z tego powodu coraz częściej próbuje się określać wiarygodność tych tkanek jako wzorców w przypadku różnych chorób oczu. To jednak wciąż zbyt mało, aby można było jednoznacznie wyodrębnić standardowe grupy chorób utrudniających rozpoznawanie człowieka. Wagi badań prowadzonych w tym kierunku nie da się przecenić. Niemożność rozpoznania człowieka przez zapisany algorytm uruchamia „alarm” nakazujący sprawdzić potencjalną przyczynę nieprawidłowości. Jest nią



najczęściej jedna spośród zapisanych w systemie chorób oczu, lecz w przypadku znacznego poszerzenia źrenic obraz może sugerować np. zażycie narkotyków albo mydriatyków. Zważywszy na najnowsze tendencje w tej dziedzinie oraz postęp, który śledzimy w ostatnich latach, współpraca lekarzy z informatykami wydaje się nieunikniona.

### Wnioski

Wypracowany algorytm rozpoznawania wzorca siatkówki i tęczówki technikami biometrycznymi z dużym prawdopodobieństwem umożliwia rozpoznanie człowieka.

Za pomocą tego algorytmu stwierdzono, że choroby modelujące naczynia siatkówki i konfigurację tęczówki w różnym stopniu zaburzają trwale pierwotny wzorzec tych tkanek, generując „nowy wzorzec” zależnie od stopnia ich uszkodzenia.

Zaburzenie wzorca siatkówki wynika głównie z obecności chorób w zaawansowanych stadiach: zakrzepu żyły i zatru tęczownicy środkowej siatkówki oraz rozległego odwarstwienia siatkówki. Po leczeniu zdolność identyfikacji za pomocą wzorca siatkówki powraca lub ulega znaczącej poprawie.

Na zaburzenie wzorca tęczówki największy wpływ mają zaawansowane procesy chorobowe w komorze przedniej oka, przesłaniające ponad połowę tęczówki. Najmniejszy wpływ mają przebyte bez powikłań operacje jaskry, obecność krwi w komorze przedniej oka oraz zaćma.

### Piśmiennictwo:

1. Chaudhuri S, Chatterjee S, Katz N, Nelson M, Goldbaum M: *Detection of Blood Vessels in Retinal Images Using Two-Dimensional Matched Filters*. IEEE Transactions of Medical Imaging. 1989' vol. 8: no. 3.
2. Chanwimaluang T, Fan G: *An Efficient Blood Vessel Detection Algorithm for Retinal Images Using Local Entropy Thresholding*. Proceedings of the 2003 International Symposium on Circuits and Systems. 2003 May; vol. 5: pp. 21–24.
3. Hong Qing Z: *Segmentation of Blood Vessels in Retinal Images using 2-D Entropies of Gray Level-Gradient Co-occurrence Matrix*. ICASSP 2004.
4. Saeed K, Rybnik M, Tabedzki M: *Implementation and advanced results on the non-interrupted skeletonization algorithm*. In W. Skarbek (Ed.) *Computer Analysis of Images and Patterns, Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag, Heidelberg 2001; vol. 2124, pp. 601–609.
5. Saeed K, Rybnik M, Tabedzki M, Adamski M: *K3M: A Universal algorithm for Image Skeletonization and Review of Thinning Techniques*. Int J Appl Math Comput Sci. 2010; vol. 20, No. 2: 317–335.
6. Sinthanayothin C, Boyce JF, Cook HL, Williamson TH: *Automated localisation of the optic disc, fovea, and retinal blood vessels from digital colour fundus images*. Br J Ophthalmol. 1999; 83 (8), pp. 902–910.
7. Misztal K, Spurek P, Saeed E, Saeed K, Tabor J: *Cross entropy clustering approach to iris segmentation for biometrics purpose*. Zaakceptowany w SchedaeInformaticae. Uniwersytet Jagielloński Kraków 2015, Poland.
8. Wachulec P, Saeed E, Bartocha A, Saeed K: *Iris Feature Extraction with the Influence of Its Diseases of the Results*. In: Rituparna Chaki, Khalid Saeed, Sankhayan Choudhury, Nabendu Chaki. Applied Computation and Security Systems. 2015; vol. 1, Advances in Intelligent Systems and Computing 304, Springer series (Kacprzyk Janusz – Ed.), pp. 49–56.
9. Bartocha A, Saeed E, Wachulec P, Saeed K: *Retinal Feature Extraction with the Influence of Its Diseases of the Results* In: Rituparna Chaki, Khalid Saeed, Sankhayan Choudhury, Nabendu Chaki. Applied Computation and Security Systems. 2015; vol. 1, Advances in Intelligent Systems and Computing 304, Springer series (Kacprzyk Janusz – Ed.), pp. 37–48.
10. Misztal K, Saeed E, Tabor J, Saeed K: *Iris Pattern Recognition with a New Mathematical Model to its Rotation Detection*. In: Biometrics and Kansei Engineering. Springer Science and Business Media. 2012, NY.
11. Aslam TM, Tan SZ, Dhillon B: *Iris recognition in the presence of ocular disease*. J R Soc Interface. 2009; 6(34): 489-93.
12. Dhir L, Habib NE, Monro DM, Rakshit S: *Effect of cataract surgery and pupil dilation on iris pattern recognition for personal authentication*. Eye. 2010; 24: 1006–1010.
13. Yuan X, Zhou H, Shi P: *Iris recognition: a biometric method after refractive surgery*. J Zhejiand Univ Sci A. 2007; 8(8): 1227–1231.
14. Borgen H, Bours P, Wolthusen SD: *Simulating the Influences of Aging and Ocular Disease on Biometric Recognition Performance*. International Conference on Biometrics. 2009, LNCS 5558, 857–867.

Praca wpłynęła do Redakcji 05.12.2016 r. (KO-00097-2016)  
Zakwalifikowano do druku 26.03.2017 r.

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

lek. Emil Saeed  
Klinika Okulistyki UMB  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 24 a  
15-276 Białystok  
e-mail: emilsaeed1986@gmail.com