

Andrzej Michalski

Ocena wybranych parametrów narządu wzroku i  
jakości życia u pacjentów po operacji zaćmy

Rozprawa doktorska

Promotor: Prof. dr hab. n. med. Bogdan Miśkowiak



UNIwersytet Medyczny  
IM. KAROLA MARCINKOWSKIEGO W POZNANIU

Katedra Optometrii i Biologii Układu Wzrokowego

Poznań 2013

*Pragnę złożyć serdeczne podziękowania*

Panu Prof. dr. hab. n. med. Bogdanowi Miśkowiakowi  
za zaangażowanie i nieocenioną pomoc w przygotowaniu pracy

*Dziękuję*

Panu Ordynatorowi dr. med. Ryszardowi Philipsowi,  
Współpracownikom z Oddziału Okulistycznego Szpitala Wojewódzkiego w Poznaniu,  
Współpracownikom z Katedry Optometrii i Biologii Układu Wzrokowego,  
których życzliwość i rady umożliwiły powstanie pracy

*Dziękuję*

Rodzinie i Przyjaciołom za wyrozumiałość

## Spis treści

Spis treści .....	3
Wykaz skrótów .....	6
1. Wprowadzenie .....	8
2. Wstęp .....	9
2.1. Układ optyczny oka .....	9
2.1.1. Rogówka .....	10
2.1.2. Komora przednia .....	10
2.1.3. Tęczówka i źrenica .....	11
2.1.4. Soczewka i jej przezroczystość .....	11
2.1.5. Ciało szkliste .....	13
2.1.6. Siatkówka .....	13
3. Patogeneza i klasyfikacja kliniczna zaćmy .....	14
3.1. Patogeneza .....	14
3.1.1. Zaćma jądrowa .....	17
3.1.2. Zaćma korowa .....	18
3.1.3. Zaćma podtorebkowa tylna .....	19
3.1.4. Inne postacie zaćmy .....	19
3.2. Rys historyczny leczenia zaćmy .....	22
3.3. Współczesne metody leczenia zaćmy .....	24
3.3.1. Przełomowe wynalazki .....	24
3.3.2. Obliczanie mocy soczewki wewnątrzgałkowej .....	27
3.3.3. Rozwój formuł obliczeniowych .....	27
3.3.4. Porównania formuł obliczeniowych .....	32
3.3.5. Przypadki szczególne przy obliczaniu mocy IOL .....	33
3.3.6. Biometria .....	35
3.4. Opisy stosowanych obecnie metod operacyjnych .....	39
3.5. Wyniki leczenia .....	41
3.5.1. Wynik refrakcyjny .....	41
3.5.2. Wrażliwość na kontrast .....	42
3.5.3. Jakość życia .....	44
4. Cele pracy .....	48
5. Pacjenci i metody .....	49

5.1.	Podział pacjentów na grupy poddane analizie klinicznej.....	50
5.2.	Metody.....	51
5.2.1.	Przeprowadzone badania.....	51
5.2.2.	Metody analizy statystycznej .....	53
6.	Wyniki.....	54
6.1.	Parametry podstawowe.....	54
6.2.	Wynik refrakcyjny .....	55
6.2.1.	Z uwzględnieniem metody operacji, rodzaju wszczepionej soczewki, refrakcji docelowej.....	56
6.2.2.	Z uwzględnieniem długości gałki ocznej .....	57
6.2.3.	Z uwzględnieniem wyniku refrakcyjnego operacji pierwszego oka.....	59
6.3.	Wrażliwość na kontrast.....	61
6.4.	Jakość życia – wyniki badań ankietowych.....	62
6.4.1.	Dane dotyczące pacjentów operowanych jednostronnie z uwzględnieniem ostrości wzroku lepszego oka przed operacją .....	62
6.4.1.1.	Problemy z widzeniem do dali w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali .	63
6.4.1.2.	Problemy z widzeniem do bliży w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do bliży.	63
6.4.1.3.	Problemy z samodzielną egzystencją i narażenie na urazy w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali.....	64
6.4.1.4.	Urazy w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali.....	65
6.4.2.	Dane dotyczące pacjentów operowanych obustronnie z uwzględnieniem ostrości wzroku lepszego oka przed pierwszą operacją oraz po pierwszej i drugiej operacji.....	66
6.4.2.1.	Problemy z widzeniem do dali w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali .	66
6.4.2.2.	Problemy z widzeniem do bliży w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do bliży.	69
6.4.2.3.	Problemy z samodzielną egzystencją i narażenie na urazy w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali.....	70
6.4.2.4.	Urazy .....	71
6.4.3.	Dane dotyczące pacjentów operowanych jednostronnie – średnia wartość punktowa problemów przed operacją i po operacji .....	71
6.4.4.	Dane dotyczące pacjentów operowanych obustronnie – średnia wartość punktowa problemów przed pierwszą operacją oraz po pierwszej i drugiej operacji.....	74
6.4.5.	Dolegliwości pooperacyjne i wzrost aktywności życiowej po zabiegu.....	74
7.	Omówienie wyników i dyskusja .....	76

7.1.	Przydatność wyników.....	76
7.2.	Parametry podstawowe.....	76
7.3.	Wynik refrakcyjny .....	78
7.4.	Wrażliwość na kontrast.....	86
7.5.	Jakość życia .....	87
8.	Zakończenie.....	95
9.	Wnioski.....	96
10.	Streszczenie.....	97
11.	Summary .....	99
12.	Spis Rycin.....	101
13.	Spis Tabel .....	103
14.	Bibliografia .....	104
15.	Aneks.....	119
15.1.	Ankieta .....	119
15.2.	Zasady punktacji ankiety.....	123

## Wykaz skrótów

ACD – (ang. anterior chamber depth) głębokość komory przedniej

AE – (ang. absolute error) bezwzględny błąd

AL – (ang. axial length) długość osiowa gałki ocznej

ASCRS – (ang. American Society of Cataract and Refractive Surgeons) Amerykańskie Stowarzyszenie Chirurgów Zaćmy i Refrakcyjnych

BRE – (ang. basic refractive error) wyjściowa wada refrakcji

ELP – (ang. effective lens position) pooperacyjne ustawienie soczewki

ESCRS – (ang. European Society of Cataract and Refractive Surgeons) Europejskie Stowarzyszenie Chirurgów Zaćmy i Refrakcyjnych

FPA – (ang. fundus pulse amplitude) amplituda drgań dna oka

IOL – (ang. intraocular lens) soczewka wewnątrzgałkowa

LT – (ang. lens thickness) grubość soczewki

MAE – (ang. mean absolute error) średni bezwzględny błąd

NFZ – Narodowy Fundusz Zdrowia

NHVQoL – (ang. Nursing Home Vision-Targeted Health-Related Quality of Life) ankieta do oceny jakości życia związanej z widzeniem u pacjentów z domów opieki

$n_o$  – liczba oczu

$n_p$  – liczba pacjentów

PZH – Państwowy Zakład Higieny

rż – rok życia

SD – (ang. Standard Deviation) odchylenie standardowe

SF – 36 (ang. Medical Outcomes Study Short Form – 36) – ankieta do oceny wyników leczenia – 36 pytań

SRK – formuła obliczeniowa Sanders Retzlaff Kraff

SRK/T - formuła obliczeniowa Sanders Retzlaff Kraff/Teoretyczna

VF – 14 (ang. Visual Function Index-14) ankieta do oceny jakości życia związanej z widzeniem – 14 pytań

VFQ – (ang. Visual Functioning Questionnaire) – ankieta do oceny jakości życia związanej z widzeniem

## 1. Wprowadzenie

Zaćma jest częstym schorzeniem okulistycznym dotyczącym, w krajach rozwiniętych, około 17% osób po 40 rż [30]. W krajach rozwijających się zaćma jest najczęstszą przyczyną poważnego obniżenia ostrości wzroku, aż do ślepoty<sup>1</sup> włącznie, przykładowo w Indiach zaćma jest przyczyną ponad 80% przypadków obustronnej ślepoty [116].

W opracowaniu Pascolini i Mariotti'ego podaje się, że na świecie jest ponad 285 milionów ludzi, z upośledzoną funkcją narządu wzroku, z czego ponad 39 milionów ma ostrość wzroku lepszego oka  $< 0,05$ . Przyczynami upośledzenia funkcji narządu wzroku są najczęściej nieskorygowane wady refrakcji (42%), zaćma (33%) i jaskra (2%). W odniesieniu do grupy pacjentów z ostrością wzroku lepszego oka  $< 0,05$  to właśnie zaćma jest najczęstszą przyczyną obniżenia ostrości wzroku (51%). Pozostałe czynniki to jaskra (8%), zwyrodnienie plamki związane z wiekiem (5%), przymglenie rogówki (4%), niedowidzenie (4%), niewyrównane wady refrakcji (3%) i jaglica (3%) [135].

Z danych Głównego Urzędu Statystycznego wynika, że w 2004 roku na zaćmę chorowało w Polsce 772600 osób (2,4% populacji). Schorzenie dotyczy najczęściej osób po 50 roku życia i częściej kobiet. W przedziale wieku 50-69 lat na zaćmę w Polsce w 2004 roku chorowało ponad 81 tysięcy mężczyzn i ponad 171 tysięcy kobiet, a wśród osób starszych niż 70 lat odpowiednio 131 tysięcy i ponad 349 tysięcy [55]. W opracowaniach przyjmuje się, że liczba osób z zaćmą w 2035 roku wyniesie w Polsce 1,3 miliona [168].

Liczba hospitalizacji z powodu tego schorzenia wyniosła 80 tysięcy w 2003 roku [184]. Według danych NFZ w 2010 i 2011 roku hospitalizowano na oddziałach okulistycznych z powodu zaćmy odpowiednio ponad 165 tysięcy i ponad 170 tysięcy pacjentów [118].

Analizując powyższe dane stwierdzić można, że w latach 2010 i 2011 liczba przeprowadzanych w Polsce operacji zaćmy wyniosła około 4500 na milion mieszkańców rocznie. W 2008 roku wartość omawianego współczynnika wynosiła dla Polski 3500, a jego uśredniona wartość dla krajów Unii Europejskiej 7650 [123]. Zauważalny jest więc wzrost liczby przeprowadzanych w Polsce operacji zaćmy na milion mieszkańców rocznie.

---

<sup>1</sup> Ślepotą rozumiana jako ostrość wzroku lepszego oka poniżej 3/60 (0,05). Stan ten obejmuje kategorie od 3 do 5 klasyfikacji upośledzenia funkcji narządu wzroku według WHO. [135].



Istotność zaćmy w sferze ekonomicznej i społecznej wynika z rosnącej liczby chorych, co jest bezpośrednio związane ze starzeniem się społeczeństwa. W 2011 roku NFZ przeznaczył na leczenie zaćmy w skali kraju 1,25 mld zł, (2,2% wszystkich środków). Mimo to czas oczekiwania na operację zaćmy w Polsce wynosił w lutym 2012 roku od 18 do 36 miesięcy [168]. Konieczność tak długiego oczekiwania na leczenie wpływa negatywnie na życie pacjentów, zwiększając dodatkowo społeczne koszty dyskusowanego schorzenia.

## 2. Wstęp

### 2.1. Układ optyczny oka

Układ optyczny oka składa się z rogówki (wraz z warstwą filmu łzowego), cieczy wodnistej wypełniającej komorę przednią, tęczówki, soczewki, ciała szklanego wypełniającego komorę ciała szklanego i siatkówki (jako miejsca tworzenia obrazu – ekranu). Układ ten przystosowany jest do odbioru informacji z otaczającego środowiska w zakresie światła widzialnego czyli części promieniowania elektromagnetycznego o długości fal 380-780 nm [141].

Dzięki odpowiedniej mocy skupiającej tego układu obraz przedmiotów dalekich jest rzutowany na siatkówkę przy rozluźnionej akomodacji w oku miarowym. Przy obserwacji przedmiotów bliskich następuje - dzięki akomodacji - wzrost mocy soczewki, a tym samym i całego układu optycznego oka. Przyjmuje się, że moc układu optycznego oka przy rozluźnionej akomodacji wynosi około  $60 \text{ Dsph}^2$ .

Największy wpływ na moc układu optycznego mają: moc rogówki (42 Dsph), moc soczewki (22 Dsph) i odległość między nimi – czyli głębokość komory przedniej. Te wartości wyznaczają moc układu optycznego oka i położenie ogniska obrazowego [13].

Punkt daleki oka jest to najdalej położony punkt, z którego wychodzące promienie załamują się na siatkówce. Dla oka miarowego punkt daleki leży w nieskończoności. Jeśli długość gałki ocznej nie koresponduje z położeniem ogniska obrazowego mamy do czynienia z ametropią.

---

<sup>2</sup> Moce poszczególnych modeli oka różniły się, co wynikało z przyjęcia przez badaczy innych założeń. I tak model oka wg Gullstranda ma moc 58,6 D, wg Le Granda 59,9 D, wg Bennett'a i Rabbett'a 60 D, wg Emsley'a 60 D, wg Gullstranda i Emsley'a 60,5 D i wg Iwanowa 64,2 D [7, 133].

### **2.1.1. Rogówka**

Rogówka oglądana od przodu ma kształt eliptyczny o średnicy poziomej 11-12 mm i pionowej o 1 mm krótszej. Jest zbudowana z pięciu warstw – od przodu: nabłonka przedniego, blaszki granicznej przedniej, istoty właściwej, blaszki granicznej tylnej, nabłonka tylnego (śródbłonka). Istota właściwa stanowi 90% grubości całej rogówki i jest zbudowana ze zmodyfikowanej tkanki łącznej [16].

Grubość rogówki w centrum wynosi 0,5-0,6 mm. Przednia powierzchnia rogówki ma krzywiznę o promieniu +7,7 mm, a tylna +6,8 mm. Współczynnik załamania dla rogówki wynosi 1,376, a dla cieczy wodnistej 1,336. Z powyższego wynika, że przednia powierzchnia rogówki ma moc łamiącą +48,83 D, a tylna -5,88 D, co oznacza, że całkowita moc łamiąca rogówki to około +43 D, czyli dwie trzecie całej mocy łamiącej układu optycznego oka. Przednią powierzchnię rogówki pokrywa cienka warstwa filmu łzowego – zbyt cienka by analizować ją osobno pod względem optycznym [141].

Przejrzystość rogówki jest warunkowana przez brak naczyń, regularną budowę histologiczną, układ włókien kolagenowych tworzących siatkę dyfrakcyjną oraz uwodnienie w granicach 75-80%. Uwodnienie zapewniane jest przez prawidłowe: funkcjonowanie śródbłonka, aktywność metaboliczną, równowagę elektrolitową, parowanie wody z przedniej powierzchni rogówki i ciśnienie śródgałkowe [26].

### **2.1.2. Komora przednia**

Komora przednia ograniczona jest z przodu tylną powierzchnią rogówki i niewielką częścią twardówki, z tyłu częścią ciała rzęskowego, tęczęwką i przednią częścią soczewki widoczną przez źrenicę. Część obwodowa to kąt tęczęwkowo – rogówkowy (kąt przesączania) [16]. Głębokość komory przedniej jest odległością od tylnego wierzchołka rogówki do przedniej powierzchni soczewki i wynosi przeciętnie 3,0mm. Wielkość ta jest istotna, albowiem wpływa na całkowitą moc łamiącą układu optycznego oka. Przy niezmiennych pozostałych parametrach zmniejszenie głębokości komory przedniej o 1 mm powoduje (przez przesunięcie soczewki ku przodowi) wzrost mocy łamiącej oka o około 1,4 D [141].

### 2.1.3. Tęczówka i źrenica

Źrenica – okrągły otwór tęczówki reguluje ilość światła transmitowanego do odcinka tylnego oka. Wielkość źrenicy zależy od:

- reakcji bezpośredniej (na oświetlenie danego oka)
- konsensualnej (na oświetlanie drugiego oka)
- akomodacji (zwięźnienie przy fiksacji na przedmioty bliskie).

W warunkach jasnego oświetlenia średnica źrenicy wynosi około 4,0 mm, a w ciemności 6,2 mm (dla pacjenta w wieku lat 45) [141].

### 2.1.4. Soczewka i jej przezroczystość

Soczewka jest przezroczystą, dwuwypukłą strukturą, która warunkuje około 1/3 mocy układu optycznego oka i jednocześnie pozwala na jej zmianę w mechanizmie akomodacji. Leży między tęczówką z przodu, a ciałem szklanym z tyłu. Jej powierzchnia przednia zwrócona jest do komory przedniej i dotyka brzegu źrenicznego tęczówki, a powierzchnia tylna leży w dole ciała szklanego. Częścią obwodową soczewki jest zwrócony ku wyrostkom rzęskowym równik. Punkt środkowy przedniej i tylnej powierzchni soczewki to odpowiednio biegun przedni i tylny, a linia łącząca je to oś soczewki. Soczewka jest utrzymywana w swym położeniu przez obwódkę rzęskową, która znajduje się między strefą przyrównikową a ciałem rzęskowym. Strukturą obejmującą całą soczewkę jest sprężysta torebka soczewki, która jest grubsza w części przedniej (13-15  $\mu\text{m}$ ) niż tylnej (5-7  $\mu\text{m}$ ). W okolicy równikowej torebkę soczewki pokrywa blaszka obwódkowa będąca przedłużeniem obwódki rzęskowej. Na przedniej powierzchni soczewki pod torebką znajduje się nabłonek jednowarstwowy płaski. Istota soczewki składa się z włókien – sześciobocznych tworów o długości 8-10 mm, szerokości 8-12  $\mu\text{m}$  i grubości 2-5  $\mu\text{m}$ . Soczewka człowieka zawiera ponad 1 milion włókien tworzących około 1400 blaszek [16].

Podczas życia człowieka soczewka zmienia się. U noworodków jest kulista, u osób dorosłych dwuwypukła, a u starszych spłaszczona. Kształt soczewki ulega też zmianie w czasie akomodacji – krzywizna przedniej powierzchni maleje, a grubość soczewki rośnie, nawet do około 5 mm. U osoby dorosłej średnica równikowa wynosi około 9 mm, a grubość osiowa około 4 mm [16].

Młode, powierzchniowe włókna soczewki, stanowiące jej korę i leżące między jądrem dojrzałym a nabłonkiem soczewki mają osłonkę lipidową i duże, owalne jądro komórkowe. W starszych włóknach soczewki, które są położone głębiej (w jądrze soczewki) z czasem dochodzi do utraty osłonki lipidowej i zaniku jądra komórkowego [16].

Promienie, które przeszły przez rogówkę i komorę przednią przechodzą następnie przez soczewkę. Jej współczynnik załamania zmienia się w sposób płynny – dla zewnętrznej części kory soczewki wynosi 1,362, a dla środkowej części jądra 1,406. Gradient współczynnika załamania wewnątrz soczewki zwiększa jej moc i powoduje, że promienie w soczewce nie biegną po torze zbliżonym do linii prostej, tylko, ulegając kolejnym załamaniom, po torze przypominającym łuk. Krzywizny przedniej i tylnej powierzchni soczewki wynoszą odpowiednio +11,00 mm, -6,50 mm [92]., moce odpowiednio 8,07 D i 10,90 D, przy czym w czasie akomodacji rosną o 5,53 D i 3,10 D odpowiednio dla jej przedniej i tylnej powierzchni [50].

Mimo tego, co opisano powyżej, że soczewka nie jest tworem optycznie homogennym jest ona przezroczysta. Jej przezroczystość warunkowana jest małą liczbą organelli komórkowych we włóknach soczewki, niewielką przestrzenią pozakomórkową między włóknami soczewki oraz uporządkowanym ułożeniem krystalin [177].

Elementami soczewki, które mogą powodować rozproszenie światła są przede wszystkim krystaliny w cytoplazmie włókien soczewki i błony komórkowe tych włókien. Jednym z opracowań, w którym badano wpływ ułożenia błon komórkowych włókien soczewki na rozproszenie światła (przezroczystość soczewki) jest praca Hemengera. W pracy tej stwierdza on, że ułożenie włókien soczewki może być głównym źródłem wewnątrzgałkowego rozproszenia światła o niewielkim kącie [64].

Michael i wsp., w swym opracowaniu, poddają szczegółowej analizie współczynnik załamania błon komórkowych włókien soczewki w zależności od warstwy, w której się znajdują [112]. Na podstawie danych literaturowych i uzyskanych przez siebie wyników sformułowali oni szereg istotnych wniosków. Jednym z nich jest to, że współczynnik załamania błon komórkowych włókien soczewki maleje od kory do jądra soczewki, a współczynnik załamania cytoplazmy rośnie od kory do jądra soczewki. Tak więc w korze soczewki między błoną komórkową a cytoplazmą włókien soczewki, obserwuje się dużą różnicę współczynników załamania, a w jądrze soczewki takiej różnicy nie ma. Teoretycznie więc w korze soczewki powinno dochodzić do istotnego rozproszenia światła. Tak się jednak

nie dzieje, ponieważ zapobiega temu wysoki stopień uporządkowania włókien. Tworzą one siatkę dyfrakcyjną umożliwiającą ugięcie i pozytywną, jednokierunkową interferencję przechodzących przez soczewkę promieni. Z inną sytuacją mamy do czynienia w jądrze soczewki, gdzie włókna są nieuporządkowane przestrzennie. Gdyby także w jądrze soczewki istniała istotna różnica współczynników załamania między błoną komórkową włókien a cytoplazmą dochodziłoby do istotnego rozproszenia światła i pozytywnej interferencji w różnych kierunkach. Jednakże, jak wykazali Michael i wsp., takiej różnicy nie ma [112].

Ponadto należy zauważyć, że współczynnik załamania soczewki jest wynikiem dużej (mogącej przekraczać 50%) koncentracji białek o wysokiej masie cząsteczkowej. Zwykle roztwór zawierający tak wiele białka jest mętny, ale białka w soczewce nie ulegają agregacji – nie precypitują. Mają zdolność utrzymywania między sobą wolnej przestrzeni, co pozwala na nierozproszone przejście światła przez soczewkę. W przypadku zmian patologicznych białka zaczynają łączyć się, prowadząc do spadku przejrzystości soczewki i rozwoju zaćmy, co z kolei może powodować rozproszenie światła lub jego absorpcję. Zmętnienie soczewki jest klinicznie istotne, jeśli upośledza widzenie [92].

#### **2.1.5. Ciało szkliste**

Ciało szkliste jest bezbarwną galaretowatą masą o współczynniku załamania równym 1.336. Wypełnia ono przestrzeń gałki ocznej znajdującą się za soczewką. W jego części przedniej znajduje się dół ciała szklistego [16].

#### **2.1.6. Siatkówka**

Siatkówka może być opisana jako ekran, na który jest rzutowany obraz. Promień jej krzywizny równy jest -12 mm [141]. Przy czym zauważyć należy, że w badaniach wykazano, iż dystans między rogówką a siatkówką nie jest stały - odległość między nimi zmienia się wraz z pracą serca. W badaniach Singh i wsp. wartość FPA określono na  $4 \pm 2 \mu\text{m}$  [156].

### 3. Patogeneza i klasyfikacja kliniczna zaćmy

#### 3.1. Patogeneza

W zależności od etiologii zmętnienia soczewki wyróżniamy zaćmę:

- wrodzoną
- starczą
- polekową
- pourazową
- metaboliczną
- związaną z zapaleniem błony naczyniowej [80].

Najczęstszą postacią zaćmy jest zaćma starcza.

Ze względu na umiejscowienie zmętnień zaćmę można podzielić na:

- jądrową
- korową
- podtorebkową tylną [80].

Mimo tego, że zaćma występuje powszechnie i prowadzi się nad jej etiopatogenezą liczne badania, nie udało się do tej pory jednoznacznie określić czynników ryzyka wystąpienia zaćmy. Jako taki podawany jest między innymi wiek, ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe, dieta, palenie papierosów. Spośród powyższych wiek uznawany jest za najbardziej istotny. Czasem uważa się nawet, że zaćma jest tylko nasileniem zmian związanych ze starzeniem się soczewki, co jest twierdzeniem nieprawdziwym, albowiem zmiany zachodzące w soczewce z wiekiem są różne od zmian charakterystycznych dla zaćmy [172].

W tym miejscu należy uszczegółwić, jak istotnie procesy biochemiczne przebiegające w soczewce starczej różnią się od procesów zachodzących w zaćmie. Truscott w swym opracowaniu podaje, że tym, co różni soczewkę pacjenta w podeszłym wieku od soczewki z zaćmą jest stężenie utlenionych białek, powstałych w wyniku stresu oksydacyjnego. W najbardziej zaawansowanych postaciach zaćmy ponad 90% cysteiny i połowa reszt metioniny jest utleniona, podczas gdy w przezroczystych soczewkach osiemdziesięcioletnich pacjentów nie stwierdzono w centrum soczewki istotnych stężeń utlenionych białek [172].

W czasie rozważań o patogenezie zaćmy należy też zwrócić uwagę na charakterystyczne cechy morfologiczno-czynnościowe występujące tylko w obrębie soczewki - jej stały wzrost w ciągu życia człowieka i brak występowania procesu apoptozy. Oznacza to, że soczewka zawiera wszystkie włókna wytworzone w ciągu życia organizmu. W czasie życia człowieka soczewka poddawana jest działaniu całego spektrum promieniowania elektromagnetycznego, a nie tylko jego części widzialnej. Na struktury oka szczególnie istotny jest wpływ promieniowania ultrafioletowego zarówno naturalnego (emitowanego przez słońce) jak i ze źródeł sztucznych (np. lampy kwarcowe). Długotrwały uszkodzający wpływ promieni UV nasila stres oksydacyjny i powoduje powstawanie białek o dużej masie cząsteczkowej połączonych mostkami dwusiarczkowymi, chromoforów i wolnych rodników. Uszkodzenia te nie mogą być niwelowane przez apoptozę komórek jak w innych narządach [112].

Pomimo tego, że soczewka zawiera liczne wymiatacze wolnych rodników - glutation, dysmutazę nadtlenkową, kwas askorbinowy i efektywny filtr UV, to długotrwały stres oksydacyjny nieuchronnie prowadzi do fotooksydacji lipidów, utlenienia grup tiolowych, powstawania mostków dwusiarczkowych między białkami oraz agregacji białek, a w następstwie rozproszenia światła [92, 161, 172]. Ponadto w soczewkach z zaćmą krystaliny przyczepiają się do błon komórkowych włókien soczewki przy pomocy mostków dwusiarczkowych [82]. W zmętniałych soczewkach stwierdzono istotnie podwyższony poziom nadtlenku wodoru, który uznano za główny czynnik stresu oksydacyjnego w zaćmie [160].

W badaniach analizie poddano również udział czynników mechanicznych w patogenezie zaćmy. Jako przyczynę powstawania zaćmy korowej można uznać siły działające między korą a jądrem soczewki. Sztywność jądra soczewki z wiekiem człowieka rośnie, co prowadzi do obniżenia akomodacji. Jednocześnie skutkuje to powstawaniem mechanicznego uszkodzenia włókien kory soczewki w regionie równika, co z kolei może prowadzić do ich zwiększonej wrażliwości na stres oksydacyjny. W szczególności podkreśla się, że w regionie równika soczewki panuje najwyższe stężenie tlenu, nadtlenku wodoru i wolnych rodników [111, 177].

Kolejnym ważnym czynnikiem przyczyniającym się do rozwoju zmętnienia soczewki jest obniżanie się aktywności metabolicznej mitochondriów włókien, co stwarza warunki do wzrostu stężenia nadtlenku wodoru i wolnych rodników [172, 177].

Soczewka jest więc z jednej strony poddawana czynnikom nasilającym stres oksydacyjny i powodującym jej zmętnienie, a z drugiej strony podlega działaniu mechanizmów chroniących przed działaniem wolnych rodników i utrzymujących jej przezroczystość. Jako główny czynnik antyoksydacyjny jest opisywany glutation, którego rolę w wymiataniu wolnych rodników i w zapobieganiu rozwojowi zaćmy jądrowej w swym opracowaniu przedstawia Truscott. Zwraca on też uwagę na uzależnienie powstawania zaćmy jądrowej od obecności tworzącej się w wieku średnim bariery pomiędzy aktywną metabolicznie korą soczewki, a jej nieaktywnym metabolicznie jądrem. Bariera ta hamuje przepływ molekuł między korą a jądrem soczewki, co może odpowiadać za obniżanie się z wiekiem stężenia glutationu w jądrze soczewki. Jednocześnie istnienie tej bariery przedłuża obecność niestabilnych cząsteczek w jądrze soczewki umożliwiając ich rozpad tamże, co nasila tworzenie się nadtlenu wodoru [172]. W patogenezie zaćmy podnoszona jest też rola poziomu kwasu askorbinowego w ciele szklistym. Reaguje on z wolnymi rodnikami tlenowymi zmniejszając ich wpływ na soczewkę. Początkowo wysoki poziom kwasu askorbinowego spada z wiekiem, co może mieć wpływ na rozwój zaćmy jądrowej [92].

Rola stresu oksydacyjnego w patogenezie zaćmy jest też potwierdzona licznymi obserwacjami klinicznymi, do których zaliczyć można zjawiska zachodzące w soczewce u pacjentów poddanych terapii hiperbarycznej. U tych pacjentów najpierw dochodzi do przesunięcia refrakcji w stronę krótkowzroczności, a potem, niekiedy, do rozwoju zaćmy jądrowej [92].

Kolejnymi obserwacjami klinicznymi są badania pacjentów poddanych operacjom ciała szklistego i siatkówki. Usunięcie ciała szklistego w czasie chirurgii witreoretinalnej prowadzi do rozwoju zaćmy jądrowej. Soczewka nie jest w czasie witrektomii dotykana, a zaćma jądrowa rozwijająca się po niej odpowiada wyglądem jądrowej zaćmie starczej i pojawia się z reguły po wielu miesiącach od zabiegu. Rozwój zmętnienia jądra soczewki nie jest więc bezpośrednim skutkiem zabiegu, lecz zmian w otoczeniu soczewki. U pacjentów, którzy mieli wykonaną reoperację w ciągu miesięcy lub lat po pierwszej witrektomii, stwierdzono utrzymujące się, istotnie podwyższone stężenie tlenu przy soczewce [69]. Operacja siatkówki wykonana bez usunięcia ciała szklistego nie prowadziła do rozwoju zaćmy u pacjentów poddanych pięcioletniej obserwacji [152].

Bez względu na czynniki ryzyka rozwoju zaćmy doprowadzające do zmętnienia soczewki i działające na cały organizm człowieka w ciągu jego życia, proces ten jest ostatecznie



związany z szeregiem zmian biochemicznych będących wynikiem nadmiernego stresu oksydacyjnego – zaburzenia równowagi między stężeniem wolnych rodników, a mechanizmami je usuwającymi oraz zmniejszenia aktywności metabolicznej włókien soczewki, a przede wszystkim spadkiem stężenia glutationu. Na skutek działania wolnych rodników dochodzi do:

- zmian w strukturze białek – powstawania i gromadzenia białek o wysokiej masie cząsteczkowej
- zaburzeń w strukturze lipidów błon komórkowych włókien soczewki.

Prowadzi to do rozproszenia światła, które jest wynikiem opisywanej agregacji białek wewnątrz włókien soczewki albo zmianami w ich ułożeniu [92].

W piśmiennictwie podkreśla się, że ochrona soczewki przed szkodliwym działaniem aktywnych form tlenu, a także stabilizacja funkcji i struktury ciała szklistego wbrew zmianom zachodzącym z wiekiem, może zapobiec rozwojowi zaćmy [92].

Na podstawie powyższych twierdzeń można przyjąć, że podstawowym mechanizmem utraty przejrzystości przez soczewkę, a tym samym i powstania zaćmy, jest agregacja białek – zwiększenie ilości białek o dużej masie cząsteczkowej na skutek stresu oksydacyjnego.

### **3.1.1. Zaćma jądrowa**

Zaćma jądrowa (*cataracta nuclearis*) postępuje zwykle powoli i związana jest ze stwardnieniem i zażółceniem jądra soczewki.

Z analizy danych klinicznych wynika, że we wczesnych etapach stwardnienia jądra soczewki następuje wzrost jej mocy łamiącej, co wywołuje krótkowzroczność (tzw. krótkowzroczność soczewkowa), powodującą większe upośledzenie widzenia do dali niż do bliży. Niekiedy może to nawet umożliwić osobom ze starczowzrocznością wykonywanie czynności z bliska bez korekcji (tzw. gerontopia). Soczewka może też zmienić swoją barwę na żółtobrazową. Zżółknięcie soczewki powoduje upośledzenie rozróżniania barw, szczególnie w zakresie promieniowania widzialnego o niewielkich długościach fali. Gdy jądro soczewki przyjmie barwę brunatną mamy do czynienia z zaćmą brunatną (*cataracta brunescens*) [80].

### 3.1.2. Zaćma korowa

W zaćmie korowej (*cataracta corticalis*) zmętnienia często przyjmują kształt klina lub szprychy i kształtują się na obwodzie soczewki. Kiedy cała kora soczewki zmętnieje, powstaje zaćma dojrzała. W zaćmie przejrzalej materiał korowy wydostaje się poza torebkę soczewki. Zaćma Morgagniego to postać zaćmy, w której na skutek upłynnienia mas korowych jądro soczewki przemieszcza się ku dołowi [80].

Zaćma korowa rozwija się w zewnętrznych włóknach soczewki, częściej w jej części dolnej. Zmętnienia korowe rozpoczynają się na obwodzie i, dopóki nie znajdą się w osi widzenia, mogą latami nie wpływać na upośledzenie funkcji narządu wzroku. Początkowe zmętnienia, pojawiające się na obwodzie dotyczą środkowej części włókien soczewki. Powiększanie się obszaru zmętnienia wzdłuż równika soczewki jest związane z zajęciem nowych włókien soczewki. Natomiast rozprzestrzenianie się zmętnienia w kierunku osi widzenia wiąże się z zajęciem obwodowych części tych samych włókien, co tworzy charakterystyczny obraz przypominający szprychy [92].

W zaćmie jądrowej zmiany morfologiczne są niewielkie, natomiast w zaćmie korowej są one znaczne. W zaćmie korowej dochodzi do prawie całkowitego zaburzenia struktury komórkowej [92]. Włókna kory soczewki są aktywne metabolicznie. Prócz rozbudowanego systemu wymiataczy wolnych rodników zawierają one enzymy umożliwiające naprawę uszkodzonych błon komórkowych przez eliminację białek o wysokiej masie cząsteczkowej zawierających mostki dwusiarczkowe i eliminację utlenowanych lipidów, a to z kolei opóźnia wystąpienie zmętnień. W głębszych warstwach kory soczewki aktywność metaboliczna spada, słabiej więc działają mechanizmy naprawcze – usuwanie wolnych rodników jest mało efektywne. Oznacza to, że negatywne efekty działania utlenowanych lipidów i białek z mostkami dwusiarczkowymi nie będą odwracalne, co prowadzić będzie do rozpadu błon komórkowych. Uszkodzenie błon komórkowych powoduje zaburzenia w przepuszczalności dotkniętych tym procesem włókien, skutkujące napływem wapnia, wody i agregacją białek. W efekcie powyższych zmian dochodzi do rozproszenia światła, a potem do powstania zmętnień [177].

### 3.1.3. Zaćma podtorebkowa tylna

Zaćma podtorebkowa tylna (*cataracta subcapsularis posterior*) częściej niż zaćma jądrowa i korowa obserwowana jest u młodych pacjentów. Pacjenci często podają większe dolegliwości występujące w jasnym oświetleniu, gdyż w takich warunkach zaćma obejmuje większość otworu źrenicznego. Zdarza się też dwojenie jednooczne. Zaćma podtorebkowa tylna jest postacią zaćmy związanej z wiekiem, ale może też być następstwem urazu, stosowania steroidów, występowania stanów zapalnych, działania promieniowania jonizującego [80].

Według danych z piśmiennictwa uważa się, że zaćma podtorebkowa tylna jest spowodowana skupiskiem obrzękniętych włókien w biegunie tylnym soczewki tuż przy jej torebce. Ze względu na umiejscowienie w osi widzenia zaćma ta powoduje szybkie wystąpienie istotnych objawów. Wykazano uszkodzenie najbardziej powierzchniowych włókien w części równikowej soczewki oraz obecność komórek przypominających komórki nabłonkowe występujących od miejsca uszkodzenia, aż do obszaru zmętnienia [164]. Przyjęto więc, że zaćma podtorebkowa tylna jest wynikiem nieprawidłowej migracji komórek nabłonka soczewki lub nieprawidłowego różnicowania włókien soczewki [92].

### 3.1.4. Inne postaci zaćmy

Przeprowadzone badania dotyczące poszczególnych postaci zaćmy nie prowadzą do jednoznacznego stwierdzenia, że występowanie zaćmy jednego rodzaju jest czynnikiem ryzyka dla wystąpienia zaćmy mieszanej – złożonej z kombinacji zmętnień korowych, jądrowych i podtorebkowych tylnych. Uważa się, że tworzenie zaćmy dojrzałej, białej czy Morgagniego jest wynikiem rozprzestrzeniania się zmian na całą soczewkę, a nie działaniem dodatkowych mechanizmów [92].

Zaćmę obserwowano także po długotrwałym stosowaniu kortykosteroidów, fenotiazyn, miotyków oraz amiodaronu [80].

Kortykosteroidy stosowane w każdej postaci (ogólnie, miejscowo, podspojówkowo, wziewnie) mogą spowodować powstanie zaćmy podtorebkowej tylnej. W badaniu u pacjentów leczonych prednizonem stwierdzono wzrost częstotliwości występowania zaćmy wraz ze wzrostem przyjmowanej przez pacjenta dawki leku. Przy stosowaniu fenotiazyn zaobserwowano odkładanie się barwnych depozytów w przednim nabłonku soczewki. Miotyki mogą powodować pojawienie się drobnych wakuoli w przedniej torebce i nabłonku

soczewki. Obserwowano gwiaździste barwne osady zlokalizowane przyosiowo w przedniej części soczewki po stosowaniu amiodaronu [80].

Urazy mechaniczne oraz fizyczne mogą skutkować zmętnieniem soczewki. Podobnie jak narażenie na bezpośrednie działanie środków chemicznych. Uraz tępy oka może spowodować pozostanie barwnika z brzegu źrenicznego tęczęwki na przedniej powierzchni soczewki. Powstaje wtedy pierścień Vossiusa, który nie pozostawia trwałych następstw, ale świadczy o sile urazu. Soczewka może zmętnieć w różnym czasie od urazu – najczęściej zmętnienie tworzy się osiowo w tylnej części soczewki. Może też dojść do zwichnięcia lub podwichnięcia soczewki. W przypadku urazu przenikającego dochodzi do gwałtownego zmętnienia kory w miejscu przebicia torebki soczewki na skutek wzrostu uwodnienia. Z czasem może dojść do całkowitego zmętnienia soczewki [80, 182].

Promieniowanie jonizujące, podczerwone i ultrafioletowe także powodować może zmętnienie soczewki [80]. Promienie X i  $\gamma$  są czynnikiem ryzyka zwiększającym prawdopodobieństwo rozwoju zaćmy korowej i podtorebkowej tylnej. Nadmierna ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe, a szczególnie na jego krótszy zakres – UVB, prowadzić może do powstania zaćmy korowej. Zaćma spowodowana promieniami UV występuje najczęściej w donosowej części soczewki. Wynika to ze skupiania przez rogówkę na tej części soczewki promieni słonecznych padających na oko ze strony skroniowej. Długotrwała ekspozycja na promieniowanie podczerwone, związana najczęściej z warunkami pracy, powoduje powstanie „zaćmy hutniczej”. Mikrofały o dużej energii mogą prowadzić także do zmętnienia soczewki przez bezpośrednie uszkodzenie błon komórkowych włókien soczewki [92].

W przypadku uszkodzenia chemicznego do rozwoju zaćmy dochodzi częściej w przypadku oparzenia zasadami niż kwasami. Oparzenie zasadami z reguły ma poważniejsze następstwa ze względu na łatwość penetracji. Wniknięcie zasady do komory przedniej powoduje wzrost pH i spadek stężenia kwasu askorbinowego, a przez to większe narażenie na stres oksydacyjny. Wtedy najczęściej dochodzi do tworzenia się zaćmy korowej [80].

Do zmętnienia soczewki może doprowadzić wewnątrzsoczewkowe ciało obce, podobnie jak i porażenie prądem elektrycznym.

Kolejnym czynnikiem mogącym prowadzić do zmętnienia soczewki są choroby metaboliczne.

W cukrzycy na przykład, napływ do soczewki zredukowanej do niemetabolizowanego sorbitolu glukozy powoduje wzrost ciśnienia osmotycznego w soczewce i napływ wody do soczewki co skutkuje obrzękiem włókien [182]. U młodych pacjentów z cukrzycą zaćma może przybrać postać tzw. „zaćmy płatków śniegu” – obustronnych zmętnień o charakterystycznym kształcie występujących w powierzchniowej części kory soczewki. Później tworzą się w korze soczewki wakuole i szczeliny, a z czasem dochodzi do rozwoju zaćmy dojrzałej. U starszych pacjentów z cukrzycą rośnie ryzyko wystąpienia zaćmy starczej [80].

W galaktozemii mechanizm tworzenia zmętnień jest podobny – wzrost ciśnienia osmotycznego w soczewce warunkowany napływem galaktozy i galaktitolu powoduje napływ wody. Dochodzi do zmętnienia głębokich warstw korowych i jądra soczewki. Zmętnienie to może wyglądać jak kropla oleju. Z czasem rozwija się zaćma dojrzała [80].

W hipokalcemii początkowo mogą tworzyć się punktowe zmętnienia w korze soczewki, z czasem rozwijające się w zaćmę dojrzałą [80].

W chorobie Wilsona natomiast tlenek miedzi może odkładać się w przedniej części soczewki (torebce, korze) na kształt słonecznika. Zmętnienia te z reguły nie powodują upośledzenia funkcji narządu wzroku [80, 182].

Z kolei dystrofia miotoniczna może być związana z powstaniem w korze soczewki wielobarwnych kryształków i zmętnienia podtorebkowego [80].

W przebiegu zapalenia błony naczyniowej może rozwinąć się zaćma podtorebkowa tylna (co może mieć związek z długotrwałą sterydoterapią) i korowa. Tworzą się też zrosty tylne oraz włókniste błony źrenicze. Z czasem dochodzi do rozwoju zaćmy dojrzałej [80].

Szczególnym przypadkiem jest zaćma u dzieci – wymaga wczesnego rozpoznania i leczenia, ze względu na szybki rozwój niedowidzenia. Występuje ona z częstością 1/250 urodzeń [182].

W leczeniu zaćmy podejmowane są próby nieinwazyjnej doraźnej poprawy funkcji wzroku, ale jak dotąd żaden lek nie znalazł zastosowania w odwracaniu postępu zaćmy u ludzi. Z tego też względu najczęstszą metodą leczenia zaćmy jest zabieg operacyjny usunięcia zmętniałej soczewki [80].

### 3.2. Rys historyczny leczenia zaćmy

Z dostępnych dawnych przekazów wynika, że operacje usuwania zaćmy wykonywane były już kilka tysięcy lat p.n.e. Aż do XVIII wieku polegały one na zepchnięciu soczewki do ciała szklanego. Jako wyjątki można potraktować nieliczne wzmianki o zastosowaniu techniki aspiracyjnej - na przykład przez egipskiego okulistę Abul'la Quasim'a Ammar'a, który zastosował tę technikę około 1000 roku. Prawdopodobnie technikę tę stosował też w III wieku n.e. chirurg grecki Antyllos. W 1633 roku sposób ten został opisany przez Sculteusa [108].

Pierwszy zabieg usunięcia soczewki z oka w całości przeprowadził, po jej nieudanym zepchnięciu, Charles Saint-Ives. Jednakże za twórcę metody ekstrakcji zaćmy uważa się Jacquesa Daviela, który wykonał 8 kwietnia 1747 roku ów historyczny zabieg. Po nieudanej próbie zepchnięcia soczewki, rozciął on rogówkę od dołu nożem trójkątnym, po czym poszerzył cięcie nożem tępo zakończonym do wielkości 2/3 obwodu rogówki. Przy użyciu szpatułki wydobył rozkawałkowaną na skutek wcześniejszych manipulacji soczewkę. Jako powikłanie odnotował on upływ ciała szklanego, ale operację opisał jako udaną i prowadzącą do wyzdrowienia pacjenta. Do 16 listopada 1752 Jacques Daviel wykonał 200 zabiegów tą metodą, z czego 180 uznał za udane [108, 117].

Wkrótce wielu okulistów zaczęło wykonywać oraz modyfikować tę metodę operacji zaćmy. Pierre Pamard operował zaćmę u pacjenta leżącego. Zastosował też instrument do fiksacji oka i nóż rogówkowy własnego pomysłu oraz wykonywał cięcie w górnej części rogówki. Guillaume Pellier de Quengsy wprowadził do użytku cienki, zagięty nożyk, którym rozciął rogówkę i przednią torebkę soczewki. Modyfikował on też cięcie w zależności od twardości zaćmy wg [108, 117].

Skąpe informacje o pierwszych operacjach zaćmy na ziemiach polskich pochodzą z XVI i XVII wieku. Liczba operacji wykonywanych przez wędrownych okulistów rośnie w XVIII wieku i z tego czasu pochodzą też liczniejsze informacje o tych zabiegach [11].

Zabieg refrakcyjnego usunięcia przezroczystej soczewki w wysokiej krótkowzroczności przeprowadził L'abbe Desmonceaux, a spopularyzował później lekarz polskiego pochodzenia Wincenty Fukała wg [108].

Opracowanie noża, który tworzył ranę o lepiej zaadaptowanych brzegach przez Albrechta von Graefe pozwoliło na zmniejszenie liczby powikłań, w tym zakażeń wewnątrzgałkowych, których odsetek (w szczególności w ciągu pierwszych stu lat od przełomowego zabiegu Daviela) był wysoki [80, 108].

Odsetek powikłań powodował, że spór pomiędzy zwolennikami spychania soczewki a jej wydobycia trwał aż do pierwszych dziesięcioleci XIX wieku. Jednym z jego pozytywnych następstw było wprowadzenie przez K. J. M. Langenbecka i W. H. J. Buchhorna innej metody usunięcia zaćmy – jej rozcięcia (*keratonyxis – discisio cataracte*), którego szczególną wartość przy operacji zaćmy wrodzonej u dzieci podkreślał J. C. Saunders [108].

W roku 1753 Samuel Sharp dokonuje wewnątrztorbkowego usunięcia zaćmy – wypchnięcie soczewki przez nacięcie w rąbku bez rozerwania jej torebki [80]. W latach 1866 – 1877 bracia Pagenstecherowie dokonują operacji metodą wewnątrztorbkową przy użyciu pincety do pociągania soczewki i pętli wypychającej soczewkę wg [117].

Na początku i w połowie XX wieku sposób wewnątrztorbkowego usunięcia zaćmy jest wielokrotnie modyfikowany. Henry Smith stosuje hak mięśniowy do rozerwania obwódki rzęskowej w jej dolnej części i następnie wytacza soczewkę w ten sposób, że jej dolna część opuszczała oko przed biegunem górnym. Frederick Verhoeff i Jean Baptiste Kalt konstruują kleszczyki do rozrywania obwódki rzęskowej. Przy ich użyciu Kalt osiąga bardzo dobre wyniki operacyjne na grupie właściwie zakwalifikowanych do zabiegu pacjentów wg [117]. Ignacio Barraquer przedstawia urządzenie ssące do usuwania soczewki metodą trakcji oraz metodę chemicznej lizy włókien obwódki rzęskowej alfa-chymotrypsyną. W 1961 roku Tadeusz Krwawicz prezentuje przełomowy wynalazek - krioaplikator, który zespala w lodową bryłę torebkę, korę i jądro soczewki [80].

Aspiracyjna metoda usuwania zaćmy była również poddawana udoskonalaniu. W 1847 roku okulista francuski Laugier skonstruował przyrząd do aspiracji zaćmy i używał go przez wkłucie twardówkowe. W 1864 Teale modyfikuje metodę aspiracji w ten sposób, że wprowadza do komory przedniej dwie igły, którymi otwiera torbę przednią, po czym wprowadza kaniulę aspiracyjną przez niewielkie nacięcie rogówkowe. W 1941 roku bracia Wolf wprowadzają kaniulę, która umożliwia aspirację zaćmy i irygację komory przedniej. W 1960 roku Scheie, a później Maumenee dokonują aspiracji metodą ssąco-tłoczącą, w czasie której przez kaniulę dokonywana jest aspiracja naprzemiennie z napływem płynu do komory przedniej wg [117].

### 3.3. Współczesne metody leczenia zaćmy

#### 3.3.1. Przełomowe wynalazki

Sir Harold Ridley wszczepił 29 listopada 1949 roku po raz pierwszy do oka ludzkiego soczewkę wewnątrzgałkową. Warto nadmienić, że zabieg wykonywany był bez użycia mikroskopu, a źródłem światła była latarka. Był to ogromny krok naprzód w rozwoju nowoczesnej okulistyki - dowiedziono, że ciało obce może być wszczepione do oka w miejsce usuniętej naturalnej soczewki i oko takie może funkcjonować. Było to rewolucyjne przedsięwzięcie. Wszyscy okuliści, którzy do tej pory tylko usuwali materiał z oka (soczewki, krew, ciała obce), od tej chwili musieli nauczyć się również procedury implantacji sztucznej soczewki [3].

Wynik refrakcyjny tego zabiegu był jednak niezadowalający. Wszczepiona w czasie tego zabiegu soczewka miała moc +42,00 D [3]. U pacjenta wyindukowano więc wysoką krótkowzroczność - rzędu 20 dioptrii. Olmos podaje wynik refrakcyjny tego zabiegu -24 D w osi 30° i -18 D w osi 120° [124]. W rozważaniach dotyczących tej pomyłki refrakcyjnej podkreśla się, że w obliczeniach opartych na modelu oka Gullstranda nie użyto właściwego współczynnika załamania materiału, który został wszczepiony – nie znano go dokładnie. Kolejne soczewki miały moc +24,00 D – ich wszczepienie indukowało u pacjentów o typowej budowie oka niewielką krótkowzroczność [3].

Warto dodać, że rewolucyjny wynalazek Ridley'a nie spotkał się początkowo z akceptacją okulistów ani w Europie, ani w USA. Podnoszono, że zabieg przeprowadzany ze wszczepieniem soczewki jest wbrew pierwszemu prawu chirurgii okulistycznej. Twierdzono, że wszczep wewnątrzgałkowy wywołać może jaskrę, zapalenie współczulne i nowotwory [3].

Warto też nadmienić, że Ridley nie opatentował swej oryginalnej soczewki i ani on, ani współpracujące z nim firmy (m. in. Rayner & Keller Ltd) nie wzbogacili się na tym wynalazku. Ridley chciał, aby był to jego dar dla ludzkości [3].

Dążenie do wszczepiania soczewek wewnątrzgałkowych i minimalizacji ryzyka powikłań spowodowało, że stopniowo zaczęto odchodzić od metod wewnątrztorbkowych na korzyść zewnątrztorbkowych. Dzięki pozostawieniu torebki tylnej soczewki zmniejszono ryzyko wpływu ciała szklistego, a tym samym takich powikłań jak odwarstwienie siatkówki czy



obrządek torbielowaty plamki. Warto podkreślić, że rozwój technik operacyjnych możliwy był przede wszystkim dzięki wprowadzeniu mikroskopu operacyjnego [80].

Przełomem porównywalnym z odkryciem Sir Harolda Ridleya było opracowanie przez Charlesa Kelmana w 1967 roku procedury fakoemulsyfikacji. Wcześniej jądro soczewki wytaczano w całości. Zastosowanie ultradźwięków umożliwiło rozdrobnienie jądra soczewki i jego usunięcie przez niewielkie cięcie i następnie aspirację mas korowych [80]. Warto dodać, że dzięki wynalazkowi Kelmana chirurgia okulistyczna jako pierwsza zaczęła korzystać z zalet „chirurgii z małego cięcia”. Dopiero później taki rodzaj operacji upowszechnił się także w innych działach chirurgii. Wszelako, tak jak i wynalazek Ridleya, tak odkrycie Kelmana zostało zimno przyjęte przez okulistów. Fakoemulsyfikacja wg nich miała prowadzić do nieodwracalnego uszkodzenia tęczówki i rogówki, a połączenie wszczepu wewnątrzgałkowego i fakoemulsyfikacji określano jako „bombę zegarową dla oka” [3].

Od tego czasu – w ostatnich dekadach XX wieku i na początku XXI - ogromny postęp dokonał się zarówno w metodzie operacyjnej, jak i konstrukcji wszczepianych soczewek. Obecnie soczewki zwijalne implantuje się z cięcia 1,8-3,2 mm (small incision cataract surgery – SICS), a rozwija się też MICS – micro incisions cataract surgery, w której rozmiar cięcia wynosi 1,0-1,5 mm, a według innych autorów poniżej 2,0 mm [2, 179].

Wprowadzony też został nowy rodzaj chirurgii zaćmy, w którym do wykonania cięcia głównego, portów bocznych, kapsulotomii przedniej i podziału jądra soczewki na kwadranty stosuje się laser femtosekundowy („femtosecond laser-assisted cataract surgery”) [62]. Zalety tego typu operacji są obecnie dyskutowane w odniesieniu do wyniku refrakcyjnego, w szczególności dlatego, że obecny poziom operacji z użyciem samych ultradźwięków daje bardzo dobre rezultaty. Jest on obarczony relatywnie niewielkim ryzykiem powikłań (biorąc pod uwagę stopień skomplikowania procedury), a także pozwala na uzyskanie przewidywalnych wyników refrakcyjnych. W prowadzonych obecnie badaniach podkreśla się między innymi przewagę cięć wykonywanych laserem femtosekundowym w rogówce nad wykonywanymi nożem mikrochirurgicznym w odniesieniu do indukowanego astygmatyzmu. Bada się również dokładność centralnego położenia kapsulotomii przedniej wykonywanej laserem w stosunku do wykonywanej narzędziami mikrochirurgicznymi [148].

Stosowane obecnie soczewki wewnątrzgałkowe są soczewkami zwijalnymi, wszczepianymi przy użyciu odpowiednich technik z wymienianych powyżej rozmiarów cięć bez ich poszerzania. Umożliwiają korekcję astygmatyzmu i starczowzroczności (soczewki

wieloogniskowe dyfrakcyjne, refrakcyjne, akomodacyjne) [12]. Trwają prace nad półpłynnymi soczewkami wstrzykiwanymi do torebki soczewki, których moc ma być zależna od natężenia promieniowania o określonej długości fali [130].

Wprowadzenie soczewek wewnątrzgałkowych pseudoakomodacyjnych i wieloogniskowych jest kolejnym krokiem do poprawy jakości życia pacjentów. W przypadku dobrego obliczenia mocy wszczepu i niepowikłanego przebiegu operacji, pacjenci z wszczepioną soczewką wewnątrzgałkową (np. wieloogniskową) uzyskują znaczną niezależność od korekcji okularowej i poprawę jakości życia [188]. Także metaanaliza 20 opracowań dotyczących wszczepów wieloogniskowych dokonana przez Cochener i wsp. pozwoliła na stwierdzenie, że pacjenci z wszczepami wieloogniskowymi zyskują znaczny stopień niezależności od korekcji okularowej [28]. Przy czym dane kliniczne przytoczonego przez Cionni'ego i wsp. pozwalają na wniosek, że niezależność od okularów i satysfakcja pacjentów jest wyższa w grupie pacjentów, u których operację zaćmy przeprowadzono obustronnie [27]. W przypadku wszczepienia soczewek wieloogniskowych nowych generacji badacze, jak np. Alio i wsp., nie stwierdzają istotnych różnic we wrażliwości na kontrast między wszczepem wieloogniskowym a jednoogniskowym [1].

Stosownie do rozwoju techniki operacyjnej zmieniały się też metody znieczulenia przy operacji zaćmy. W XX wieku operacja zaćmy ewoluowała od metody wewnątrztorebkowej z cięciem obejmującym połowę obwodu rąbka rogówki, przez metodę zewnątrztorebkową z wytoczeniem jądra soczewki w całości z cięciem 10-11 mm, aż po fakoemulsyfikację z małym cięciem (SICS). Obecne możliwości znieczulenia w chirurgii zaćmy obejmują: znieczulenie ogólne i miejscowe. Znieczulenie ogólne jest zarezerwowane tylko dla szczególnych przypadków, m.in.: dzieci, pacjentów, którzy nie są w stanie współpracować z operatorem, pacjentów z nieskoordynowanymi ruchami, uczulonych na środki stosowane w znieczuleniu miejscowym i tych, którzy nie wyrazili zgody na znieczulenie miejscowe. Znieczulenie miejscowe obejmuje: znieczulenie pozagałkowe, okołogałkowe, pod torebkę Tenona, żelowe i kroplowe oraz dokomorowe [100]. Zauważalne jest dążenie do stosowania znieczulenia jak najmniej obciążającego pacjenta, czyli żelowego i kroplowego.

Rozwój techniki operacyjnej był też możliwy dzięki wprowadzeniu substancji wiskoelastycznych stabilizujących komorę przednią i osłaniających śródbłonek rogówki.

Od lat 60 wieku XX datuje się rozwój matematycznych formuł obliczeniowych, których celem tworzenia było jak najdokładniejsze obliczenie mocy wszczepu.

### 3.3.2. Obliczanie mocy soczewki wewnątrzgałkowej

Wybór mocy soczewki wewnątrzgałkowej jest zagadnieniem ważkim, uzależnionym od jakości pomiarów przedoperacyjnych, użytych formuł obliczeniowych oraz techniki wykonania zabiegu. Przed poniższymi, szczegółowymi rozważaniami dotyczącymi wybranych zagadnień związanych z mocą wszczepu warto zauważyć, że zmiana wartości długości gałki ocznej lub promienia krzywizny rogówki o 0,3 mm powoduje zmianę mocy wszczepu o 1 D, podobnie jak zmiana stałej A w formule SRK II o 1 [36].

Moce wszczepów zgodnie ze standardem ISO 11979 są oznaczone z następującą dokładnością:

- 0,3 D dla soczewek o mocy 0-15 D;
- 0,4 D dla soczewek o mocy 15-25 D;
- 0,5 D dla soczewek o mocy 15-25 D;
- 1,0 D dla soczewek o mocy powyżej 30 D [36].

Ponadto zmiana ustawienia wszczepu po implantacji do oka o 0,1 mm powoduje zmianę refrakcji o 0,13 D [36].

### 3.3.3. Rozwój formuł obliczeniowych

W XX wieku nastąpił znaczny rozwój nie tylko metod operacyjnych i przygotowania przedoperacyjnego pacjenta, ze szczególnym rozwojem coraz mniej obciążających rodzajów znieczulenia, ale także metod obliczeniowych i urządzeń pomiarowych wykorzystywanych w badaniach przedoperacyjnych,

Pod względem wpływu na wynik refrakcyjny, obliczenie mocy wszczepianej soczewki wewnątrzgałkowej jest, przy obecnym zaawansowaniu techniki operacyjnej, najważniejszym elementem całej procedury - operacji zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki. Wynik refrakcyjny pierwszego zabiegu wykonanego przez sir Harolda Ridley'a został opisany powyżej. Należy nadmienić, że operacje wykonywane przez tego okulistę były wykonywane metodą zewnątrztorbkową, a opracowana przez niego soczewka wzorowana była na naturalnej – nie miała części haptycznych, a wszczepiana była do torebki soczewki. Ridley znał obie techniki operacyjne: wewnątrztorbkową i zewnątrztorbkową, ale jego metodą z wyboru była ta druga, którą określał jako bezpieczniejszą [3].

Jednakże przez następne lata na świecie, nie tylko w krajach rozwijających się, dominowały operacje wykonywane metodą wewnątrztorbkową. Jej usprawnienia (odkrycia Barraquer'a i Krwawicza) sprawiły, że stała się ona na kilka dziesięcioleci metodą popularniejszą. W przypadkach tak zoperowanych oczu wszczepia się soczewki do komory przedniej. Ich moce są wówczas niższe od mocy soczewek wszczepianych do torebki soczewki [14]. Soczewki takie są stosowane obecnie marginalnie.

W początkowym okresie rozwoju operacji zaćmy wszczepiano wszystkim pacjentom soczewki o standardowych mocach, a emmetropię osiągnano następnie przez korekcję okularową [75]. Dopiero później zaczęto dążyć do osiągnięcia zakładanego pooperacyjnego wyniku refrakcyjnego.

Metodą najprostszą dla wyliczenia mocy wszczepu jest metoda oparta o pierwotną refrakcję oka (BRE), przez co rozumiemy refrakcję gałki ocznej przed wystąpieniem zmętnień w soczewce. Dla osiągnięcia pierwotnej refrakcji oka miarowego wszczepić należy do komory tylnej soczewkę o mocy +19,0 lub +20,0 D, a do komory przedniej +17,0 D. Dla umiarowania oka krótkowzrocznego odejmujemy wartość wady refrakcji pomnożoną przez 1,25 od wyjściowej mocy wszczepu; dla umiarowania oka nadwzrocznego dodajemy wartość wady refrakcji pomnożoną przez 1,25 do wyjściowej mocy wszczepu – przyjmując jako wyjściową moc wszczepu +20,0 D dla komory tylnej [14].

W tym samym opracowaniu przedstawiona jest możliwość korzystania z nomogramów Binkhorsta lub Epsteina.

Od wszczepienia pierwszej soczewki wewnątrzgałkowej do publikacji pierwszej teoretycznej metody obliczania mocy wszczepu wewnątrzgałkowego minęło osiemnaście lat - opracowanie Światosława Fiodorowa ukazało się w roku 1967 [48]. Kolejna jego praca o obliczaniu mocy wszczepu wewnątrzgałkowego ukazała się w 1975 roku. Podano w niej następujący wynik refrakcyjny: 136 ze 150 zoperowanych oczu mieściło się w zakresie  $\pm 1,0D$  od przedoperacyjnych założeń [47].

Kolejne teoretyczne formuły obliczeniowe to wzory Colenbrandera (1972r.), Hoffera (1974r.), Binkhorsta (1975r.) i van der Heijde (1975r.). Razem z formułą opartą na regresji liniowej SRK (1980r.) są one zaliczane do formuł pierwszej generacji [15, 29, 63, 67, 144, 145].

Formuły teoretyczne oparte są na obliczeniach zbieżności wiązki; zakłada się w nich, że układ optyczny złożony jest z dwóch cienkich soczewek – odpowiadających rogówce i soczewce wszczepionej [56]. Formuła SRK została opracowana na podstawie analizy 2500 operowanych oczu przez amerykańskich okulistów Sanders'a, Retzlaff'a i Kraff'a [14]. W formułach pierwszej generacji przyjmowano, że pooperacyjna wartość ACD jest stała. Należy jednak zaznaczyć, że soczewki wtedy wszczepiane często opierały się na tęczęwce lub były do niej mocowane, a więc wartość ACD była praktycznie równa wartości ELP. Częstsze użycie soczewek wszczepianych do komory tylnej oka spowodowało pojawienie się znacznych różnic w pooperacyjnym ustawieniu soczewki [72].

W polskim piśmiennictwie powyższe formuły są przedstawiane między innymi w opracowaniach Biardzkiej i Langwińskiej-Wośko [14, 87]. Przegląd formuł zawiera też praca Zawojskiego, w której formuła SRK oceniona jako formuła najmniej czuła na błędy biometrii i lepsza do praktycznego zastosowania niż formuły teoretyczne [186].

Także w opracowaniu Menezo i wsp., opartym na analizie 171 oczu ze wszczepionymi soczewkami wewnątrzgałkowymi, formuła SRK okazała się dokładniejsza od formuły Fiodorowa i van der Heijde [109]. W pracy Lianga i wsp. dokonano retrospektywnej oceny mocy soczewek wszczepionych do komory przedniej i teoretycznych obliczeń mocy potrzebnych do emmetropii przy użyciu różnych formuł. Oceniono, że zarówno formuły teoretyczne pierwszej generacji, jak i formuła SRK dają porównywalne rezultaty, aczkolwiek wyniki obliczeń przy użyciu formuły SRK są najbardziej zbliżone do zakładanej emmetropii [93]. W opracowaniu Sandersa i wsp. obejmującym 654 oczy formuła SRK okazała się dokładniejsza od formuł Binkhorsta i Colenbrandera [151]. W pracy Olsena i wsp. jako dokładniejsze niż formuły SRK i SRK II oceniono teoretyczne przewidywanie mocy wszczepu [129].

W powoływanej pracy Lianga i wsp. dokonana zostaje też ocena obliczeń mocy wszczepu przy użyciu metody opartej o pierwotną refrakcję oka i wszczep o mocy standardowej. Obie te metody zostają ocenione jako niedokładne [93]. Inny wniosek przedstawiono w opracowaniu Thompsona i wsp., w którym porównano wyniki refrakcyjne otrzymane w dwóch grupach pacjentów. W jednej wszczepiano soczewki o mocach standardowych, a w drugiej obliczanych dla danego pacjenta. Badacze nie stwierdzili istotnych różnic między grupami [171].

Warto zwrócić uwagę na to, że w pracach z lat 80 i 90 XX wieku zakresy, w których miała się mieścić pooperacyjna refrakcja definiowano jako  $\pm 1,0D$  i  $\pm 2,0D$ , przy czym także te ostatnie odchylenia były określane jako niewielkie [75].

Pewne ograniczenia formuł pierwszej generacji (na przykład formuła SRK zachowywała się najlepiej dla oczu o przeciętnych długościach osi) doprowadziły do powstania formuł drugiej generacji [150]. Badacze rozwijający formuły teoretyczne zmodyfikowali je w ten sposób, że odnieśli pooperacyjną, zakładaną wartość ACD do długości osiowej gałki ocznej – dla dłuższych osi przyjęto wyższą wartość ACD [72, 155]. W formule SRK II (1988 r.) stała A została zmodyfikowana o określone współczynniki zależne od długości gałki ocznej [150].

Połączenie obliczeń opartych na teoretycznych modelach oka z wynikami regresji liniowej znalazło zastosowanie w stosowanych do dziś formułach trzeciej generacji: Holladay 1 (1988r.), SRK/T (1990 r.), Hoffer Q (1993r.). W każdej z tych formuł użyty jest współczynnik, która ma umożliwić dokładne przewidywanie najważniejszego pooperacyjnego parametru – ELP, czyli pooperacyjnego ustawienia soczewki, które, przy innych wielkościach danej gałki ocznej uzyskanych z pomiarów, warunkuje moc wszczepu wewnątrzgałkowego. W formule Holladay 1 jest to współczynnik SF, w formule SRK/T stała A, w formule Hoffer Q jest to ACD (ale w znaczeniu głębokości komory przedniej po wszczępieniu soczewki). Modyfikacja tego współczynnika na podstawie danych z przeprowadzonych operacji umożliwia optymalizację formuły – uwzględnienie rodzaju wszczepianej soczewki i techniki operacyjnej [68, 72, 146]. ELP nie jest więc pojęciem tożsamym z ACD – głębokością komory przedniej, którą można wyznaczyć przedoperacyjnie. ELP zależy od ACD i odległości przedniej płaszczyzny tęczówki od płaszczyzny optycznej wszczepionej soczewki. W formułach trzeciej generacji wartość ACD jest wyznaczana w zależności od długości osiowej gałki ocznej i krzywizny rogówki [72]. Dla rogówek bardziej wypukłych i większych długości osiowych przyjmowane są wyższe wartości ACD, a dla rogówek bardziej płaskich i mniejszych długości osiowych - niższe [154].

W formule Holladay 1 uzyskana wartość ACD jest modyfikowana o współczynnik SF, który odpowiada odległości od przedniej powierzchni tęczówki do płaszczyzny optycznej wszczepionej soczewki. Wartość ta dla danego typu wszczepu i jednego operatora jest wartością podlegającą niewielkim wahaniom [72].

Formuły trzeciej generacji są używane aktualnie w wielu ośrodkach i pozwalają na osiągnięcie bardzo dobrych wyników refrakcyjnych, szczególnie jeśli zastosuje się odpowiednią formułę dla danego pacjenta i używa optymalizowanych stałych. Wzory te różnią się między sobą w istotny sposób i zapewniają najlepsze wyniki dla oczu o różnych długościach osi. Powyższe zagadnienie będzie omawiane w dalszej części pracy. Pomimo dobrych wyników uzyskiwanych przy użyciu formuł trzeciej generacji lekarze nie ustawali w badaniach nad dalszą poprawą precyzji obliczeń mających zapewnić jeszcze wyższy stopień satysfakcji pacjenta z przeprowadzonej operacji.

Doprowadziło to do powstania formuł czwartej generacji, uwzględniających większą liczbę mierzonych parametrów. Formuła Haigisa (2004r.) uwzględnia przedoperacyjną głębokość komory przedniej i umożliwia optymalizację przy użyciu trzech zmiennych [60]. Autor wzoru Holladay 2 (1996 r., niepublikowane) uwzględnia w nim siedem parametrów: długość osiową gałki, krzywiznę rogówki, głębokość komory przedniej, poziomą średnicę rogówki, grubość soczewki, wiek pacjenta i wadę refrakcji [66]. W formule Olsena (2006r.) wartość ELP jest wyznaczana w zależności od długości osiowej gałki, krzywizny rogówki, głębokości komory przedniej i grubości soczewki [125, 126].

Pomiaru głębokości komory przedniej dokonuje się metodą ultradźwiękową, przy pomocy analizy szczeliny świetlnej oraz optyczną koherentną tomografią. Wykorzystana w urządzeniu IOL Master analiza fotograficzna szczeliny świetlnej jest dokładna dla oczu z soczewką naturalną, natomiast pomiary głębokości komory przedniej w oczach ze wszczepioną soczewką są niedokładne [84]. Również grubość soczewki można zmierzyć przy użyciu dwóch metod: akustycznej bądź optycznej. Pomiar przedniej krzywizny rogówki – keratometria – dokonywany był ręcznie keratometrem Javala, ale obecnie pomiary wykonywane są automatycznie autokeratorefraktometrem bądź przez urządzenie do biometrii optycznej.

Warto też zauważyć, że już w latach 80 XX wieku, znaleźć można opracowania, w których badacze skupiali się nie tylko na ocenie samych formuł i zagadnień związanych z dokładnością pomiarów przedoperacyjnych, ale także parametrów samych soczewek, jak np. w opracowaniu Struck'a, w którym oceniał on moc rzeczywistą wyprodukowanej soczewki w stosunku do mocy deklarowanej przez producenta [165].

### 3.3.4. Porównania formuł obliczeniowych

W wielu opracowaniach analizowano wyniki refrakcyjne uzyskane przy użyciu różnych formuł matematycznych do obliczenia mocy wszczepianej soczewki, podejmując próby ustalenia, która z formuł jest najdokładniejsza dla danej długości gałki ocznej. Takie analizy pozwalają na wybór określonej formuły do obliczeń mocy soczewki dla danego oka.

Gavin i Hammond w ocenie dokładności formuł do obliczania mocy wszczepu w oczach o krótkich osiach wykazali większą dokładność formuły Hoffer Q, niż SRK/T [51].

W badaniach K. Hoffer'a na 317 oczach porównano formuły HofferQ, Holladay 1, Holladay 2 i SRK/T dochodząc do wniosku, że dla gałek ocznych o krótkich osiach (<22,00 mm) najdokładniejsze formuły to Hoffer Q i Holladay 2. Dla przeciętnych długości gałek ocznych (22,00 – 24,50 mm) – Hoffer Q i Holladay 1. Dla gałek ocznych o długich osiach (>24,50 mm) – SRK/T. Podkreślono także, że modyfikacja oryginalnej formuły Holladay'a pozwoliła na zwiększenie jej dokładności dla gałek ocznych o krótkich osiach, ale jednocześnie, niestety, obniżyła jej dokładność dla pozostałych długości [66]. Przy czym zauważyć należy, że autor formuły Holladay 2 podkreśla, że największym problemem jest przewidywanie ELP w oczach o ekstremalnie małych długościach osiowych, albowiem ich przedni odcinek często nie jest proporcjonalny w stosunku do długości gałki ocznej [71].

Narváez i wsp. na 643 oczach z użyciem biometrii ultradźwiękowej immersyjnej dla 4 grup AL (<22,00mm; 22,00-24,50mm; 24,50-26,00 mm; >26,00 mm) nie znaleźli istotnej statystycznie różnicy w dokładności badanych formuł obliczeniowych dla żadnego z zakresów długości gałek ocznych [120].

W badaniach Beckera i wsp. dla 43 oczu analizowano formuły Holladay 1, Haigis, SRK-II. Za najdokładniejszą uznano formułę Haigisa. Formuły Holladay 1 i SRK-II miały większe odchylenie refrakcji osiągniętej od zakładanej, w szczególności dla gałek ocznych o osiach krótkich [10].

Eleftheriadis dla 100 oczu użył 4 formuł (SRK II, SRK/T, Hoffer Q i Holladay 1) i za najdokładniejszą uznał formułę Holladay 1 [39].

Dla pacjentów ze średnią i wysoką krótkowzrocznością – 44 oczy ze średnim przedoperacyjnym ekwiwalentem sferycznym równym -15,77 D i średnią długością gałki



ocznej wynoszącą 29,76 mm – Güell i wsp. użyli formuły SRK/T uzyskując średni pooperacyjny ekwiwalent sferyczny wynoszący -1,05 D (zakres od -4,75 do +2,75 D) [58].

Również oczy krótkowzroczne były przedmiotem badań Wanga i wsp.. W swoich wynikach określili oni jako najdokładniejszą dla oczu o długich osiach formułę Haigisa [178].

Dla pacjentów z wysoką nadwzrocznością badania przeprowadził Maclaren i wsp. analizując 76 oczu (wszystkie o długości poniżej 22,00 mm z jednym wyjątkiem). W tej grupie pacjentów badacze ustalili, że najdokładniejszą formułą przy użyciu AL mierzonej metodą biometrii optycznej jest formuła Haigis'a, a najdokładniejszą formułą przy użyciu biometrii ultradźwiękowej aplanacyjnej jest formuła Hoffer Q. Mniej dokładne są Holladay 1 i SRK/T [99].

Wyniki badania Aristodemou i wsp. z analizą formuł Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T oparte na obliczeniach opartych na danych z 8108 oczu zostaną przedstawione w dalszej części pracy – odniesione zostaną do nich dane uzyskane w przeprowadzonych badaniach.

Z powyższych opracowań wysnuć można wniosek, że dla oczu o najmniejszych długościach osiowych najdokładniejszą formułą jest formuła Hoffer Q, ewentualnie - dla danych uzyskanych z biometrii optycznej - formuła Haigisa. Dla oczu dłuższych niż przeciętne warto rozważyć użycie formuły Holladay 1. Dla oczu o największych długościach osiowych najdokładniejszą formułą jest formuła SRK/T. Dla przeciętnych wartości długości osiowych trudno jest wskazać najdokładniejszą formułę – nie ma istotnych różnic pomiędzy najpopularniejszymi formułami. Warto więc porównać moce wszczepów wyliczone przy użyciu kilku formuł – na przykład Haigis, Holladay 1, SRK/T.

### **3.3.5. Przypadki szczególne przy obliczaniu mocy IOL**

Osobnym zagadnieniem jest też obliczenie mocy wszczepu wewnątrzgałkowego dla pacjentów, którzy poddani byli chirurgii refrakcyjnej. Poświęcone temu zagadnieniu są liczne publikacje. Po laserowej chirurgii refrakcyjnej w przypadku krótkowzroczności dochodzi do przeszacowania mocy rogówki (niedoszacowania mocy IOL), co w efekcie prowadzi do przesunięcia wyników pooperacyjnych w stronę nadwzroczności. Po laserowej chirurgii refrakcyjnej w przypadku nadwzroczności dochodzi do niedoszacowania mocy rogówki (przeszacowania mocy IOL), co w efekcie prowadzi do przesunięcia wyników w stronę krótkowzroczności. Proponowane są liczne metody w celu zmniejszenia tych błędów i

osiągnięcia dobrego wyniku refrakcyjnego [149]. W opracowaniu Orlickiej – Mosiej i wsp. podawane są pośrednie i bezpośrednie metody obliczania mocy wszczepu wewnątrzgałkowego u pacjentów po chirurgii refrakcyjnej. Do pośrednich zaliczono między innymi metodę historii klinicznej, sztywnej soczewki nagałkowej czy śródoperacyjnej oceny refrakcji. Wśród metod bezpośrednich wymieniono między innymi metodę „podwójnego K” Aramberiego, topograficzną Maloney’a, Shammaasa, wzór Haigis L [131]. Powyższy przegląd metod świadczy o tym, że wybór właściwej mocy wszczepu u pacjenta po chirurgii refrakcyjnej jest zagadnieniem ponadprzeciętnie trudnym i ciągle poddawany dalszym badaniom.

Także dla oczu po keratotomii radialnej użycie standardowych metod obliczenia mocy wszczepu wewnątrzgałkowego prowadzić będzie do nadwzrocznego błędu refrakcyjnego. Aby zminimalizować ów błąd można jako docelową refrakcję pooperacyjną założyć niewielką krótkowzroczność lub użyć wartości keratometrii odpowiadających bardziej płaskiej krzywiznie rogówki [25].

W badaniach dotyczących innej grupy przypadków szczególnych – związanych na przykład z procedurami operacyjnymi złożonymi - analizowane są także otrzymywane wyniki refrakcyjne. Przykładem takiego opracowania jest analiza wyniku refrakcyjnego u pacjentów poddanych fawotrektomii z tamponadą gazem w leczeniu idiopatycznego otworu plamki. Dla 40 oczu refrakcja pooperacyjna mieściła się w zakresie  $\pm 0,50$  D od zakładanej dla 45% przypadków, w zakresie  $\pm 1,00$  D dla 67,5% przypadków i w zakresie  $\pm 2,00$  w 90,0% przypadków. Stwierdzono przesunięcie w kierunku nadkorekcji krótkowzrocznej – średnia zakładana docelowa refrakcja wynosiła  $+0,30 \pm 0,72$  D, a otrzymana  $-0,39 \pm 1,01$  D [136].

Rozwój medycyny, a technik operacyjnych w szczególności, stawiać będzie nowe wyzwania w zakresie prawidłowych obliczeń mocy IOL. Przykładem może być nowa grupa pacjentów, którzy będą wymagać operacji zaćmy i wszczepienia IOL, a zostali poddani operacji metodą IntraCor wprowadzoną w 2007 roku, a polegającą na modelowaniu istoty właściwej rogówki laserem femtosekundowym. Pierwsze teoretyczne rozważania na ten temat przeprowadziła Rabsilber porównując dane przed i po zabiegu Intracor. Otrzymane wnioski określają formuły Holladay I, Haigis, SRK/T i Hoffer Q jako niezawodne, wszelako z niewielką tendencją do niedoszacowania mocy IOL. W szczególności podkreślono możliwość pojawiania się błędów refrakcyjnych powyżej 1 dioptrii i związanej z tym konieczności dokładniejszego informowania o tym pacjentów [142].

Dodatkowym problemem przy ocenie ostatecznego wyniku refrakcyjnego, są zagadnienia związane z ustawieniem wszczepionej soczewki w torebce soczewki po zabiegu, co może być związane z umiejętnościami operatora i konstrukcją soczewki. Jest to dyskutowane w pracy Maclarena, a może mieć szczególnie duży wpływ na pooperacyjną refrakcję w gałkach ocznych o osiach krótkich [99].

### **3.3.6. Biometria**

Podstawowymi parametrami decydującymi o mocy wszczepianej soczewki wewnątrzgałkowej są:

- długość gałki ocznej – parametr otrzymywany jako wynik biometrii
- moc łamiąca rogówki – parametr wyznaczany podczas keratometrii.

Parametrem szczególnie ważnym jest długość gałki ocznej - z dobrym wynikiem refrakcyjnym nierozzerwalnie związane jest pojęcie dokładnej przedoperacyjnej biometrii. Błędy w obliczeniu długości gałki ocznej powodują 54% błędów w wyniku refrakcyjnym, błędy w przewidywaniu pooperacyjnej głębokości komory przedniej powodują 38% błędów w wyniku refrakcyjnym, a nieprawidłowy pomiar mocy rogówki powoduje 8% błędów w wyniku refrakcyjnym [127].

Konieczność precyzyjnego wykonania biometrii i jej największy wpływ na moc wszczepu podkreślają też inni autorzy, jak na przykład Gills, czy Mamalis [54, 103].

Długość gałki ocznej jest mierzona przy użyciu urządzeń ultradźwiękowych lub optycznych (opartych na interferometrycznym pomiarze wiązki laserowej).

Metody pomiaru długości gałki ocznej to:

- ultradźwiękowa kontaktowa (aplanacyjna)
- ultradźwiękowa immersyjna
- optyczna.

Początkowo biometria wykonywana była tylko urządzeniami ultradźwiękowymi, jednak pojawiające się błędy co do zakładanego wyniku refrakcyjnego spowodowały, że stale poszukiwano innej metody pomiaru. Podczas prac nad rozwojem optycznej koherentnej tomografii podjęto badania nad wprowadzeniem do pomiaru długości gałki ocznej promienia laserowego [36].

W biometrze ultradźwiękowym drgania kryształu powodują wytwarzanie fali dźwiękowej, która wnika w głąb oka i przy przejściu przez granicę ośrodków ulega częściowemu odbiciu. Powstanie tych ech umożliwia pomiar odległości od głowicy ultradźwiękowej różnych struktur oka. W 1999 firma Zeiss przedstawiła biometr IOL Master (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Niemcy), w którym wykorzystano nie ultradźwięki, tylko promieniowanie podczerwone. W urządzeniu tym wykorzystuje się do pomiaru odległości opóźnienie i intensywność promieniowania odbijanego od granic ośrodków [88]. Obecnie jest też dostępne urządzenie do biometrii optycznej Lenstar (Haag-Streit AG, Koeniz, Szwajcaria).

W latach 90-tych XX wieku stosowano do pomiaru długości gałki ocznej przede wszystkim biometrię ultradźwiękową kontaktową. Jest to metoda obarczona licznymi wadami. Należą do nich konieczność znieczulenia miejscowego gałki ocznej, możliwość infekcji, znaczna zależność otrzymanego wyniku pomiaru od ustawienia głowicy w czasie badania i jej siły nacisku na rogówkę. Warto też podkreślić konieczność relatywnie długiego czasu badania – zwykle powyżej 10 minut. Wynik refrakcyjny u 25% pacjentów znajdował się poza zakładanym zakresem błędu. Uzyskiwane wyniki poprawiło wprowadzenie biometrii ultradźwiękowej immersyjnej, ale prawdziwy przełom w sposobie badania jest związany z biometrem optycznym. Jego zalety to rozdzielczość i powtarzalność (pewność) badania, krótki czas i łatwość jego wykonania. Najważniejszym ograniczeniem tej metody jest niemożność jej zastosowania u pacjentów ze znacznie obniżoną przeziernością ośrodków optycznych, co jest szczególnie istotne w Polsce, gdzie zaćma jest operowana w bardziej zaawansowanym stadium niż w krajach Europy Zachodniej i Stanach Zjednoczonych Ameryki [36].

Biometria ultradźwiękowa kontaktowa wymaga bezpośredniego oparcia głowicy ultradźwiękowej biometru na centralnej części rogówki. Prowadzi to do spłaszczenia rogówki i spłycenia komory przedniej. Metoda ta może prowadzić do wszczepiania soczewek wewnątrzgałkowych o zbyt dużej mocy, a efekt ten będzie szczególnie widoczny w gałkach ocznych o krótkich osiach [88]. Warto jednak zauważyć, że pomiary wykonywane przez doświadczonych badających są w przypadku tej metody dokładniejsze, niż wykonywane przez początkujących [44]. W przypadku tej metody okazało się też, że pacjenci z niską przedoperacyjną ostrością wzroku mają znacząco gorszy wynik refrakcyjny, co może być związane z trudnościami z fiksacją i tym samym z nieprawidłowym ustawieniem osi gałki ocznej w czasie pomiaru [43].

Metoda ultradźwiękowa immersyjna, w której nie dochodzi do bezpośredniego kontaktu głowicy z rogówką, nie powoduje spłylenia komory przedniej. Głowica ultradźwiękowa biometru jest zanurzona w płynie, który wypełnia pojemnik oparty na twardówce. Podawana różnica w pomiarach między metodą ultradźwiękową kontaktową a immersyjną (mniejsza długość gałki ocznej dla metody kontaktowej) to około 250 – 330  $\mu\text{m}$ , co może odpowiadać wielkości błędu refrakcyjnego do 1D. W badaniach Eleftheriadisa średnia długość gałki ocznej zmierzona przy użyciu urządzenia IOL Master wyniosła 23,36 mm (SD 0,85), a przy użyciu biometrii ultradźwiękowej aplanacyjnej 22,89 mm (SD 0,83) [39].

W swym opracowaniu Olsen stwierdził, że błąd w pomiarze długości gałki ocznej o wielkości 100  $\mu\text{m}$  odpowiada błędowi w wyniku refrakcyjnym o wielkości 0,28D na powierzchni rogówki dla przeciętnego oka [127].

Ponadto ograniczeniem biometrii ultradźwiękowej jest użycie fali o częstotliwości 10MHz – o niewielkiej zdolności rozdzielczej w stosunku do mierzonej (małej) odległości [88].

Biometria optyczna oparta jest na pomiarze opóźnienia i intensywności odbitego od tkanek promieniowania podczerwonego. Ze względu na prędkość światła nie jest możliwy bezpośredni pomiar opóźnienia – muszą zostać użyte metody interferometryczne. Dopiero analiza promienia referencyjnego oraz wiązki z interferometru pozwala na ocenę opóźnień i zmian amplitudy fali promieniowania podczerwonego [43].

Warto poddać analizie dokładność przedstawionych we wstępie metod pomiaru długości gałki ocznej – biometrię ultradźwiękową i optyczną. W porównaniu z biometrią ultradźwiękową kontaktową biometria optyczna przyczyniła się do poprawy wyniku refrakcyjnego i zmniejszenia odsetka znacznych błędów refrakcyjnych [39]. Pomiaru są wykonywane automatycznie (i z oceną ich jakości) także rozbieżność wyników pomiędzy różnymi badającymi czy przy pomiarach powtarzanych przez jednego badającego jest niewielka [176]. Są to jej zalety, zaś wadą to, że można ją zastosować tylko do około 85 - 90% oczu zakwalifikowanych do operacji zaćmy [39, 173]. Przeszkodami do zastosowania biometrii optycznej są znaczny stopień zmętnienia soczewki (w szczególności jeśli zmętnienie dotyczy tylnej części kory soczewki) i kłopoty z fiksacją (np. u pacjentów ze znacznymi zmianami w przebiegu zwyrodnienia plamki związanego z wiekiem) [43]. Podobnie stwierdza Nemeth, który uzyskał pomiar AL dla 82% pacjentów. Nie udało się wykonać pomiarów u pacjentów niewspółpracujących, ze zmętnieniem soczewki znacznego

stopnia lub w jej centralnej części, z wysoką krótkowzrocznością, dystrofią rogówki, brakiem przejrzystości ciała szklanego i po chirurgii witreoretinalnej [121].

Biometria optyczna mierzy odległość od przedniej powierzchni rogówki (przedniej powierzchni filmu łzowego) do warstwy nabłonka barwnikowego siatkówki a biometria ultradźwiękowa od powierzchni rogówki do błony granicznej wewnętrznej (połączenia siatkówki z ciałem szklanym) [88]. Ponadto przy użyciu biometrii optycznej mierzona jest oś widzenia, a ultradźwiękowej - oś anatomiczna. Wynika z tego powstanie różnicy w długości gałki ocznej uzyskanej różnymi metodami. Długość gałki ocznej uzyskana przy użyciu biometru optycznego jest o 0,18mm większa niż uzyskana metodą ultradźwiękową immersyjną. Natomiast długość gałki ocznej uzyskana metodą ultradźwiękową kontaktową jest o około 0,47 mm krótsza niż w biometrii optycznej [65]. Ze względu na powyższe różnice urządzenia do biometrii optycznej są programowane tak, że dochodzi do przeliczenia uzyskanych wartości do porównywalnych z biometrią ultradźwiękową immersyjną [121].

Dla grupy 100 pacjentów w badaniach Rajana i wsp. odchylenie refrakcji pooperacyjnej od zakładanej dla pacjentów, którym AL mierzono przy użyciu biometrii optycznej wyniosło  $0,52 \pm 0,32$  D, a dla pacjentów, którym AL mierzono przy użyciu biometrii ultradźwiękowej kontaktowej  $0,62 \pm 0,40$  D. W pierwszej grupie 87% wyników refrakcyjnych mieściło się w zakresie  $\pm 1,00$  D od założonych, a w drugiej 80% [143].

Od chwili wprowadzenia metoda optycznego pomiaru długości gałki ocznej zyskuje na popularności, ze względu na jej liczne zalety. W szczególności badanie tą metodą jest szybkie i dokładne, bezkontaktowe, a tym samym łatwe do wykonania [88].

Podsumowując powyższe rozważania stwierdzić należy, że standardem w nowoczesnym operacyjnym leczeniu zaćmy winna być biometria optyczna, a w przypadkach uniemożliwiających jej wykonanie biometria ultradźwiękowa immersyjna. Te dwie metody mają przewagę nad biometrią ultradźwiękową kontaktową. Potwierdza się to w pracach porównujących wyniki uzyskane metodą biometrii ultradźwiękowej kontaktowej i biometrii optycznej – przy użyciu tej drugiej rośnie w znacznym stopniu odsetek oczu, dla których wynik refrakcyjny mieści się w zakresie  $\pm 0,5$ D (odpowiednio 42,3% i 61,2%) i  $\pm 1,0$ D (odpowiednio 77,5% i 87,4%) [31]. Wartości długości gałki ocznej i głębokości komory przedniej uzyskiwane w biometrii optycznej i, tym samym, ultradźwiękowej immersyjnej, są wyższe niż w biometrii ultradźwiękowej kontaktowej [121].

Istotne problemy związane z kalibracją urządzeń, stosowanymi przez producentów algorytmami i wynikającymi z tego różnicami w pomiarach przedstawił S. Norrby i wsp. W jego badaniu porównywano 2 urządzenia ultradźwiękowe i uzyskano statystycznie istotne różnice w pomiarach wartości AL, ACD i LT [122].

W swym opracowaniu Ueda i wsp. analizowali wpływ gęstości zaćmy na dokładność biometrii i doszli do wniosku, że soczewki zaćmione intensywnie wpływają negatywnie na dokładność pomiarów. Przy czym dokładność biometrii optycznej (jeśli można ją wykonać) jest mniej obniżana przez gęstą zaćmę niż dokładność biometrii ultradźwiękowej [173].

Wpływ zmian w soczewce na wynik pomiarów jest związany z tym, że nie jest znana prędkość ultradźwięków w soczewce dla metody ultradźwiękowej, a dla metod optycznych nie jest znany jej współczynnik załamania [140]. Obecność soczewki zaćmionej intensywnie jako czynnik wpływający negatywnie na wynik refrakcyjny opisują też Kugelberg i Lundström. Autorzy w swym opracowaniu zwracają też uwagę na to, że płeć może mieć wpływ na wynik refrakcyjny – kobiety mają gałki oczne o krótszych osiach, co zwiększa ryzyko pomyłki refrakcyjnej [85].

Przytoczone wyniki badań prowadzą do wniosku, że każdy pomiar biometryczny powinien być wykonany ze szczególną starannością. Jednak dokładność, powtarzalność i szybkość pomiarów jest, w porównaniu z biometrią optyczną, trudna do uzyskania przy użyciu biometrii ultradźwiękowej. Jeśli dodatkowo, oprócz wymienionych wyżej zalet, uwzględnić możliwość badania biometrem optycznym pacjentów słabo współpracujących (w tym dzieci), nie można się nie zgodzić z wnioskiem A. Dmitriewa i wsp., że biometria optyczna powinna stać się metodą referencyjną, a biometria akustyczna winna znaleźć zastosowanie jedynie w przypadku soczewek o znacznym stopniu zmętnienia (uniemożliwiającym pomiar optyczny) [36].

Z powyższego wynika, że z upływem czasu doszło do rozwoju formuł matematycznych, zautomatyzowania obliczeń, wprowadzenia nowych metod pomiarów parametrów przedoperacyjnych i technik operacyjnych. Zmiany te doprowadziły do tego, że w opracowaniach i zestawieniach pierwszym zakresem oceny wyniku refrakcyjnego jest 0,25 D.

### **3.4. Opisy stosowanych obecnie metod operacyjnych**

Najczęściej stosowaną obecnie w krajach rozwiniętych metodą operacji zaćmy jest fakoemulsyfikacja ze wszczepieniem soczewki zwijalnej. Po uzyskaniu od pacjenta zgody,

wykonaniu badań, pomiarów oraz kalkulacji mocy wszczepu, następuje przygotowanie pacjenta obejmujące między innymi rozszerzenie źrenicy i niezbędne działania w zakresie stanu ogólnego (np. obniżenie ciśnienia ogólnego). Po przygotowaniu pola operacyjnego i znieczuleniu dokonuje się cięcia głównego i wytwarza porty boczne. Po stabilizacji komory przedniej wiskoelastykiem dokonuje się kapsulotomii przedniej, a potem hydrodysekcji czyli oddzielenia obwodowej części kory od torebki soczewki oraz hydrodelineacji czyli oddzielenia warstwy wewnętrznej jądra od zewnętrznej. Następnie usuwa się jądro soczewki po jego uprzednim rozdrobnieniu – jest to fakoemulsyfikacja (liczne techniki divide and conquer, stop and chop, phaco chop). Masy korowe usuwa się przy użyciu irygacji i aspiracji. Po podaniu wiskoelastyku wszczepia się soczewkę wewnątrzgałkową. Po wypłukaniu substancji wiskoelastycznej uszczelnia się cięcie główne i porty boczne [80]. Podobnie operację opisują inni autorzy, ponadto przebieg operacji może być zmieniany na wiele sposobów - np. Szaflik i wsp., podkreślają, że metoda fakoemulsyfikacji ulega ciągłym zmianom, może być też modyfikowana – dostosowywana do upodobań chirurga, rodzaju zaćmy i stanu oka [167].

W metodzie zewnątrztorebkowej po odpowiednim miejscowym i ogólnym przygotowaniu pacjenta wykonuje się cięcie 8-12 mm w rąbku rogówki. Po stabilizacji komory przedniej wiskoelastykiem dokonuje się kapsulotomii przedniej i ręcznie wytacza jądro soczewki. Po częściowym zaszcyciu rany wykonuje się irygację i aspirację, po czym, po podaniu wiskoelastyku, wszczepia się soczewkę wewnątrzgałkową. Po wypłukaniu wiskoelastyku ranę zamyka się szwem ciągłym lub pojedynczymi (Nylon 10.0) [80].

Metoda wewnątrztorebkowa ma już obecnie znaczenie historyczne, ale wzmianka o niej jest konieczna ze względu na osobę prof. Tadeusza Krwawicza, którego krioekstrakcja przez wiele lat była podstawową metodą leczenia zaćmy na niemal całym świecie. Przed epoką krioekstrakcji soczewkę wewnątrztorebkowo wydobywano po mechanicznym rozerwaniu obwódki rzęskowej soczewki bądź po jej lizie przy użyciu  $\alpha$ -chymotrypsyny. W operacji przeprowadzanej przy użyciu krioekstraktora prof. Krwawicza po odpowiednim przygotowaniu pacjenta i pola operacyjnego dokonywano cięcia 12-14 mm w rąbku rogówki. Po założeniu niezaciągniętych szwów na ranę (celem jej późniejszego szybszego zamknięcia) wykonywano irydektomię obwodową. Po odchyleniu rogówki i osuszeniu przedniej powierzchni soczewki przykładano krioekstraktor utrzymywany aż do uzyskania kriadhezji, po czym usuwano zaćmę z oka i zamykano ranę [80].



## 3.5. Wyniki leczenia

### 3.5.1. Wynik refrakcyjny

Rosnące wymagania pacjentów w stosunku do jakości przeprowadzanych zabiegów okulistycznych są nierozdzielnie związane z oczekiwaniem jak najmniejszego błędu refrakcyjnego (odchylenia pooperacyjnej refrakcji od zakładanej). Dotyczy to w szczególności pacjentów, którzy byli poddani wcześniej zabiegom chirurgii refrakcyjnej, pacjentów, którym usuwa się soczewkę z przyczyn refrakcyjnych i pacjentów, którym planuje się wszczepić soczewki wewnątrzgałkowe wieloogniskowe, akomodujące czy toryczne [43].

Badania ankietowe przeprowadzone wśród członków ASCRS i ESCRS wykazały, że w przypadku wszczepionych soczewek zwijalnych wewnątrzgałkowych błąd refrakcyjny jest najczęstszą przyczyną ich eksplantacji, bądź innej interwencji chirurgicznej [102].

Brick dokonał analizy spraw sądowych związanych z roszczeniami odszkodowawczymi po operacji zaćmy. Wynika z tych danych, że najwięcej uznanych roszczeń jest w przypadku wszczepienia soczewki o niewłaściwej mocy. Do złej mocy wszczepu w tych przypadkach prowadziło: użycie niewłaściwej formuły obliczeniowej, błąd instrumentariuszki przygotowującej soczewkę, niewłaściwe oznaczenie przez producenta mocy soczewki lub nieprawidłowo przeprowadzona biometria i keratometria [20].

W pracy Smitha i wsp. poddano analizie 11 przypadków znacznej nieplanowanej pooperacyjnej ametrii po wszczepieniu soczewki wewnątrzgałkowej, w czasie zabiegów wykonanych uprzednio w innych ośrodkach. W 5 przypadkach błąd był związany z pomiarem długości gałki ocznej, w 6 przypadkach z pomyłką zespołu operacyjnego, na skutek której wszczepiono soczewkę wewnątrzgałkową o innej mocy od wyliczonej. Celem korekcji błędu refrakcyjnego 9 pacjentów poddano drugiemu zabiegowi operacyjnemu – wymianie soczewki bądź chirurgii refrakcyjnej metodą LASIK. Dwóch pacjentów zostało skorygowanych okularami [157]. Z kolei w opracowaniu Jina i wsp. poddano analizie 22 przypadki wymiany wszczepionej soczewki z powodów refrakcyjnych. Udało się w części z nich ustalić przyczynę niezadowolającego wyniku refrakcyjnego. W 5 (23%) były to błędy w keratometrii, w 3 (14%) niepoprawna biometria, w kolejnych 3 (14%) wszczepiono soczewkę o innej mocy niż wyliczona [77].

Warto też zauważyć, że zdecydowanej większości pomyłek refrakcyjnych można by uniknąć dzięki poprawie procedur dotyczących wyboru soczewki i sprawdzania jej mocy bezpośrednio przed operacją i w czasie jej trwania. Również dokładnie przeprowadzona biometria minimalizuje ryzyko znacznego błędu refrakcyjnego.

Konieczność korygowania znacznej, niezamierzonej pooperacyjnej ametropii, związana najczęściej z ponownym zabiegiem operacyjnym, jest dla pacjenta dodatkowym ryzykiem, w szczególności związanym z możliwością wystąpienia powikłań śródoperacyjnych i pooperacyjnych.

W świetle powyższych rozważań warto podkreślić istotną rolę, jaką jest zachowanie prawidłowości obliczeń i procedur wykonywanych przez zespół operacyjny dla ostatecznego bezpieczeństwa, komfortu i jakości widzenia pacjenta.

Można przyjąć, że w nowoczesnej chirurgii zaćmy od 75% do 90% obliczonych przed operacją mocy soczewek powinno gwarantować pooperacyjny wynik refrakcyjny w granicach  $\pm 1,00D$  od założonej refrakcji pooperacyjnej [115, 125]. Autorzy sugerują, że przy użyciu najnowszych technik operacyjnych i obliczeniowych, co najmniej 90% pacjentów winno mieć wynik refrakcyjny w tym zakresie [85].

### **3.5.2. Wrażliwość na kontrast**

Układ wzrokowy każdego gatunku przystosowany został w toku ewolucji do odbioru określonego zakresu informacji. U ludzi zdolność do rozpoznawania małych obiektów (wyszych częstotliwości przestrzennych) i dużych obiektów (małych częstotliwości przestrzennych) stopniowo maleje. Przy bardzo niskim kontraście, szczególnie jeśli bodźce mają bardzo niskie bądź wysokie częstotliwości przestrzenne, informacje nie są wcale przetwarzane przez ludzki układ wzrokowy, który jest wyspecjalizowany w odbiorze pośrednich częstotliwości przestrzennych, dla których wrażliwość na kontrast jest najlepsza. Układ wzrokowy każdego gatunku posiada zakres działania podobnej wielkości, ale przesunięty względem osi częstotliwości przestrzennej – gatunki o lepszej zdolności detekcji wysokich częstotliwości przestrzennych, mają upośledzoną zdolność odbioru niskich częstotliwości przestrzennych [92].

W siatkówce człowieka wyróżnić można wyspecjalizowane pod względem morfologicznym i czynnościowym populacje komórek zwojowych [138]. Komórki M (magnocellulare) - tzw.

komórki Y i komórki P (parvocellulare) - tzw. komórki X, tworzą one pola recepcyjne siatkówki i przesyłają informacje do odpowiednich warstw ciała kolankowatego bocznego i pól Brodmanna. Układ M przesyła informacje o niskich częstotliwościach przestrzennych i średnich częstotliwościach – o ruchu, migotaniu i zmianach oświetlenia. Dane te są przekazywane do pól V1, V2 i V3 w połączeniu z polami V4 i V5. Układ P przystosowany jest do przesyłania informacji o średnich i wysokich częstotliwościach przestrzennych i niskich częstotliwościach – o barwach i nieruchomych obiektach. Wymienione dane są przekazywane do pól V1, V2 i V4 [33]. Ze względu na przytoczone cechy charakterystyczne uszkodzenie układu P powoduje znaczne obniżenie wrażliwości na kontrast dla wszystkich częstotliwości przestrzennych przy bodźcu statycznym. Niedomoga układu M powoduje upośledzenie wrażliwości na kontrast dla bodźców o niskiej częstotliwości przestrzennej wyświetlanych ze średnią częstotliwością [92].

Kontrast definiuje się jako stosunek różnicy luminancji obserwowanego obiektu  $L_o$  i luminancji tła  $L_t$  do luminancji tła:

$$K = \frac{L_o - L_t}{L_t}$$

Wrażliwość na kontrast jest ważnym parametrem układu wzrokowego, który jest obniżony w wielu chorobach okulistycznych i neurologicznych. Wrażliwość na kontrast obniżają między innymi: zaćma, jaskra, dystrofia siatkówki, zanik nerwu wzrokowego oraz stwardnienie rozsiane. Przy niektórych badaniach wrażliwości na kontrast ma znaczenie marginalne, jednak na przykład w stwardnieniu rozsianym, jeśli chodzi o ocenę zaburzenia funkcji układu wzrokowego, wrażliwość na kontrast jest określana jako parametr bardziej czuły niż samo badanie ostrości wzroku na tablicy Snellena [180].

Obniżenie wrażliwości na kontrast będzie dla pacjenta szczególnie dotkliwe w warunkach złego oświetlenia – np. we mgle czy, o zmierzchu.

Wrażliwość na kontrast bada się różnymi testami. Są one oparte na prezentowaniu prążków o określonej częstotliwości przestrzennej i zmniejszającym się kontraście: test Cambridge, test Melbourne Edge, FACT™ (The Functional Acuity Contrast Test – w licznych odmianach – np. VCTS-6500), CSV-1000E; bądź liter: tablice Bailey-Lovie, test Pelli-Robson.

Test Cambridge opiera się na prążkowanych wzorach umieszczonych na kolejnych kartkach książki. Test Melbourne Edge składa się z 20 kół podzielonych na półkola o stopniowo zmniejszającym się kontraście. Test FACT™ oparty jest na prezentowaniu prążków o 5 częstotliwościach przestrzennych i 9 poziomach kontrastu (ostatnie pole dla każdej częstotliwości przestrzennej jest białe). Test CSV-1000E oparty jest na prezentowaniu prążków o 4 częstotliwościach przestrzennych i 8 poziomach kontrastu, przy czym dla pierwszych 3 poziomów kontrastu zmiana następuje co 0,17 jednostki logarytmicznej, a dla następnych pięciu co 0,15 jednostki logarytmicznej. Tablice Bailey-Lovie oparte są na optotypach Snellena, które są prezentowane na kolejnych tablicach o zmniejszającym się kontraście. W teście Pelli-Robson jest 16 grup po 3 litery, których wielkość jest stała, a zmienia się kontrast (w skali logarytmicznej) między kolejnymi trójkami liter [46, 83].

Warto podkreślić, że nawet między testami opartymi na podobnej zasadzie, istnieją statystycznie istotne rozbieżności w uzyskiwanych wynikach. Badano między innymi zgodność wyników testów VCTS-6500 i CSV-1000 i okazało się, że w badaniach pierwszym z nich wrażliwość na kontrast jest wyższa dla wszystkich częstotliwości przestrzennych [46].

### 3.5.3. Jakość życia

Nieuchwytność pojęcia „jakość życia” i tym samym trudność jego sprecyzowania jest podkreślana przez wielu autorów [17, 147]. Poczucie jakości życia zmienia się też w ciągu życia danego człowieka [9].

Jakość życia (*quality of life*) definiowana jest przez Światową Organizację Zdrowia jako ocena przez jednostkę własnej sytuacji życiowej w kontekście uwarunkowań kulturowych i systemu wartości w jakim ona żyje, z uwzględnieniem jej celów, oczekiwań, norm i obaw [181].

Z innych definicji jakości życia można przytoczyć taką, według której jest to poczucie własnego dobrostanu jednostki wynikające z dotychczasowego doświadczania przez nią życia jako całości [22].

Rozbudowując bardziej to pojęcie można rozważać poszczególne płaszczyzny funkcjonowania (fizyczną, ekonomiczną, społeczną, psychologiczną, emocjonalną) i w każdej z nich kolejne osobne elementy [162].

W odniesieniu do zagadnień związanych z oceną jakości życia człowieka w różnych stanach chorobowych stworzono pojęcie jakości życia uwarunkowanej stanem zdrowia – jakości

życia związanej ze zdrowiem (*health related quality of life*) definiowanej jako funkcjonalny efekt choroby i jej leczenia odbierany przez pacjenta [153]. W odniesieniu do wzrokowej aktywności człowieka stworzono termin jakości życia związanej z widzeniem (*vision-related quality of life*).

Do oceny jakości życia używa się kwestionariuszy ogólnych i specyficznych – zorientowanych na ocenę dolegliwości związanych z określoną jednostką chorobową. Do pierwszych zaliczyć można: Nottingham Health Profile, indeks jakości życia Ferrans i Powers, World Health Organization Quality of Life Instrument i Medical Outcomes Study Short Form - 36. Do drugich należy na przykład Arthritis Impact Measurement Scales stosowany u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów. Narzędzia te służą do oceny negatywnego wpływu choroby na życie pacjenta, jego reakcji na leczenie oraz oceny korzyści stosowania różnych form terapii. Narzędzia te nie dają natomiast odpowiedzi na temat globalnej jakości życia pacjentów [8, 134].

Również do ankiet specyficznych zaliczyć należy kwestionariusze przygotowane specjalnie do badania jakości życia pacjentów z zaćmą. Należy tu Catquest i jego skrócona wersja Catquest SF-9 [95, 96]. Ta ostatnia ankieta zawiera 7 pytań o występowanie trudności związanych z widzeniem w czasie wykonywania konkretnych czynności (czytanie gazet, rozpoznawanie twarzy spotkanych osób, czytanie cen na produktach, chodzenie po nierównym podłożu, szycie lub majsterkowanie, czytanie tekstu w telewizorze, zajmowanie się swoim hobby) oraz 2 pytania ogólne (o stopień utrudnień w życiu codziennym spowodowany widzeniem i o stopień zadowolenia z widzenia) [95]. Do oceny jakości życia pacjentów z zaćmą używa się również następujących ankiet: Activities of Daily Vision Scale, the Visual Disability Assessment czy Visual Functioning Questionnaire-14 [95, 163].

Do szeroko pojętej oceny jakości życia związanej z widzeniem stworzono też bardziej ogólne narzędzia. Przykładem może być ankieta Visual Functioning Questionnaire – 25, która jest krótszą wersją Visual Functioning Questionnaire – 51. Dostarcza ona dokładnych i powtarzalnych danych o różnych obszarach działania wzrokowego pacjenta, w krótszym czasie niż wersja wyjściowa i jest szczególnie przydatna w badaniach klinicznych [104].

Do oceny jakości życia pacjentów po operacji zaćmy stworzony został kwestionariusz Cataract TyPE Specification, który obejmuje następujące obszary funkcjonowania pacjenta: widzenie z daleka, widzenie z bliska, prowadzenie samochodu w nocy, prowadzenie samochodu w dzień i występowanie zjawiska olśnienia [76].

Istotnymi obszarami zastosowania oceny jakości życia jest szeroko pojęty audyt usług zdrowotnych, w tym analiza kosztów opieki zdrowotnej czy ocena wyników leczenia. Można je stosować też w badaniach klinicznych i populacyjnych [45]. Ocena jakości życia stanowi także istotny element opieki medycznej zorientowanej na pacjenta (patient-centered care). W zakresie opieki medycznej nad pacjentami z zaćmą dotyczy to przede wszystkim przedoperacyjnej oceny nie tylko parametrów układu wzrokowego, ale też stylu życia pacjenta i jego potrzeb wzrokowych. Warto też dla pełnej satysfakcji pacjenta włączyć go w proces decyzyjny leczenia – na przykład co do wyboru wszczepianej soczewki [169].

Proces leczniczy zorientowany na pacjenta, w którym pacjent jest podmiotem, a nie przedmiotem leczenia winien obejmować przedoperacyjną ocenę stanu układu wzrokowego, ocenę potrzeb wzrokowych i stylu życia, pełną informację dla pacjenta o typach soczewek wewnątrzgałkowych, a także informację o różnych rodzajach operacji refrakcyjnych. Nieodzownym elementem takiego procesu terapeutycznego jest świadoma zgoda pacjenta na leczenie i próba pełnego zaspokojenia oczekiwań pacjenta [169].

U znacznej liczby osób w wieku podeszłym można zauważyć pewien stopień zmętnienia soczewki, wszelako większość z tych przypadków nie jest związana z koniecznością interwencji chirurgicznej. Zmniejszenie ryzyka powikłań pooperacyjnych skutkuje tym, że pacjenci są kwalifikowani do zabiegów we wcześniejszych stadiach zmętnienia soczewki [159]. Trzeba jednak zważyć czy pacjent skorzysta z przeprowadzonego zabiegu chirurgicznego nie tylko w kategoriach bezwzględnych np. poprawy ostrości wzroku mierzonej np. na tablicy Snellena w warunkach gabinetu okulistycznego, ale czy np. wzrośnie jego aktywność życiowa, a szerzej czy poprawi się jego jakość życia. Ważna jest więc nie tylko ocena parametrów takich jak ocena ostrości wzroku, ale ocena konieczności leczenia, a potem jego wyniku z perspektywy pacjenta [95, 137].

Ciekawe wyniki przedstawili w swej pracy Mönestam i Wachtmeister. Wyłonili oni z włączonych do badania 453 pacjentów po operacji zaćmy trzy specyficzne grupy: z niską pooperacyjną ostrością wzroku, z gorszym funkcjonowaniem wzrokowym po operacji i niezadowolonych z zabiegu. Okazało się, że grupy te nie pokrywają się ze sobą. Otrzymane w omawianej pracy wyniki pozwoliły na postawienie wniosku, że stopień zadowolenia pacjenta z przeprowadzonej operacji zaćmy i zmiana w jego funkcjonowaniu wzrokowym różnią się w istotny sposób od oceny wyniku leczenia przeprowadzanej na podstawie samej ostrości wzroku [114].

Wielu innych autorów uważa za niewystarczającą ocenę przedmiotową układu wzrokowego, z ostrością wzroku jako najważniejszym parametrem, przy podejmowaniu dalszych decyzji terapeutycznych [89,174].

Wynika z powyższego konieczność większego upodmiotowienia pacjenta w procesie leczenia, badanie jego indywidualnych potrzeb, oczywiście z uwzględnieniem parametrów obiektywnych, których wszakże nie należy traktować jako jedynych istotnych przesłanek do podejmowania decyzji terapeutycznych. Poza tym niezwykle ważnym obszarem jest ocena jakości życia, co może być przydatne w ocenie szeroko rozumianych kosztów opieki zdrowotnej- ich analizy ekonomicznej i społecznej.

#### 4. Cele pracy

W praktyce klinicznej mimo udowodnionej wyższości pomiarów długości gałki ocznej dokonywanych metodą optyczną nadal w wielu ośrodkach dokonuje się obliczeń metodą ultradźwiękową, szczególnie w przypadku wskazań i konieczności skorzystania z tej metody. Ze względu na powyższe podjęto decyzję o retrospektywnej ocenie wartości wyniku refrakcyjnego uzyskanego po wszczepieniu soczewki wewnątrzgałkowej o mocy obliczonej przy użyciu danych z pomiaru biometrem ultradźwiękowym. Warto zauważyć, że zgodnie z zaleceniami autorów „każdy okulista operujący zaćmę powinien okresowo dokonywać retrospektywnej oceny siły wszczepu i korygować ewentualne błędy w postępowaniu” [81].

Celami pracy są:

1. ocena wybranych parametrów narządu wzroku u pacjentów po zabiegu usunięcia zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki z uwzględnieniem dokładności kalkulacji mocy wszczepu dokonanej przed zabiegiem
2. ocena wrażliwości na kontrast w zależności od typu wszczepionej soczewki
3. ocena jakości życia u pacjentów po operacji zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki.



## 5. Pacjenci i metody

Badania przeprowadzono na grupie 167 pacjentów (70 mężczyzn i 97 kobiet) w wieku od 22 do 92 lat, mediana wieku 64,5. Przy czym:

- dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztołeczkową i fakoemulsyfikacji wiek pacjentów był w zakresie 33-92, a mediana wieku to 75,0 (grupy pacjentów A, B, C)
- dla pacjentów, którym wszczepiono soczewki dwuogniskowe zakres wieku to 22-80, a mediana wieku to 58,5 (grupa D)
- dla pacjentów u których dokonano wszczepu wtórnego zakres wieku to 25-80, a mediana wieku to 48,5 (grupa E).

U wszystkich pacjentów z grup A, B, C, D rozpoznano zaćmę i przeprowadzono zabieg usunięcia zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki. U pacjentów z grupy E rozpoznano bezsoczewkowość pooperacyjną i dokonano wszczepu wtórnego z fiksacją twardówkową.

Liczba zakwalifikowanych oczu wynosiła 213 (46 pacjentów miało przeprowadzony najpierw zabieg na jednym oku, a w okresie późniejszym na drugim). Analizie poddano wynik refrakcyjny oraz wrażliwość na kontrast pacjentów, u których przebieg śródoperacyjny i pooperacyjny był niepowikłany. Z badań wykluczono pacjentów z jaskrą, zwyrodnieniem siatkówki oraz zanikiem nerwu wzrokowego. W przypadku pacjentów z krótkowzrocznością do grupy badanej zakwalifikowano takich, którzy nie mieli istotnych zmian w centralnej części siatkówki. Do grupy pacjentów operowanych metodą zewnątrztołeczkową zakwalifikowano pacjentów z soczewkami zaćmionymi intensywnie – z twardym jądrem soczewki. Pacjenci z grup A, B, D, E byli operowani przez jednego operatora. Pacjenci z grupy C byli operowani przez dwóch operatorów. Badania przeprowadzono na Oddziale Okulistycznym Szpitala Wojewódzkiego w Poznaniu – Ordynator Oddziału dr n. med. Ryszard Philips.

Analizy danych dotyczących jakości życia dokonano w dwóch grupach pacjentów operowanych z powodu zaćmy. Pierwsza z nich składała się z pacjentów operowanych jednostronnie (analizowano w niej też dane pacjentów po operacji pierwszego oka), a druga z pacjentów operowanych obustronnie. W części ogólnej ankiety pacjenci dokonywali samooceny stanu zdrowia i widzenia obuocznego. Wyższa wartość punktowa oznaczała lepszy wynik. W części szczegółowej ankiety wynikiem była wartość punktowa

przedstawiająca analizowane problemy w danym obszarze funkcjonowania pacjenta. Była to wartość średnia dla pacjentów z ostrością wzroku w określonym zakresie, bądź wartość średnia dla wszystkich pacjentów z danej grupy (A-E). Im wyższa ta wartość, tym gorsza jakość życia – pacjent deklaruwał więcej problemów z wykonywaniem określonych działań. Oceniane czynności były podzielone na grupy związane z patrzeniem do dali, bliży i samodzielną egzystencją. Dodatkowo zliczono pacjentów, którzy deklarowali wystąpienie urazów spowodowanych stanem narządu wzroku. Dokonano też analizy dolegliwości pooperacyjnych.

### **5.1. Podział pacjentów na grupy poddane analizie klinicznej**

Na potrzeby dokonania obliczeń pacjentów podzielono na grupy, które wyłoniono ze względu na:

1. metodę operacji, rodzaj wszczepionej soczewki, refrakcję docelową ( $n_o=213$ )
  - A. pacjenci z krótkowzrocznością operowani metodą fakoemulsyfikacji – zakładana refrakcja pooperacyjna w zakresie od -3,70 do -2,57 D ( $n_o=11$ )
  - B. pacjenci operowani metodą zewnątrztorebkową – zakładana refrakcja pooperacyjna w zakresie od -0,35 do 0,18 D ( $n_o=27$ )
  - C. pacjenci operowani metodą fakoemulsyfikacji – zakładana refrakcja pooperacyjna w zakresie od -0,98 do 0,51 D; do tej grupy zaliczono też jednego pacjenta z zakładaną refrakcją pooperacyjną 2,11 D ( $n_o=147$ )
  - D. pacjenci, którym wszczepiono soczewki wieloogniskowe – zakładana refrakcja pooperacyjna w zakresie od -0,67 do 0,17 ( $n_o=22$ )
  - E. pacjenci, u których dokonano wszczepu wtórnego – zakładana refrakcja pooperacyjna w zakresie od -0,15 do 0,13 D ( $n_o=6$ )
2. długość gałki ocznej: ( $n_o=185$ ; nie uwzględniono oczu ze wszczepem wieloogniskowym i wtórnym) – wyniki uzyskano metodą biometrii ultradźwiękowej kontaktowej – wyróżniono następujące zakresy długości:
  - 20,00-20,99 mm ( $n_o=7$ )
  - 21,00-21,49 mm ( $n_o=9$ )
  - 21,50-21,99 mm ( $n_o=12$ )
  - 22,00-23,49 mm ( $n_o=101$ )
  - 23,50-25,99 mm ( $n_o=50$ )
  - powyżej 26,00 mm ( $n_o=6$ )

U wszystkich badanych pacjentów przeprowadzono badanie biometryczne, badania okulistyczne, badanie wrażliwości na kontrast, a także badanie ankietowe (jakość życia).

Na badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu na podstawie uchwały nr 1251/08 z dnia 18 grudnia 2008 roku.

## **5.2. Metody**

### **5.2.1. Przeprowadzone badania**

#### **5.2.1.1. Założenia**

U pacjentów przeprowadzano badanie okulistyczne przed zabiegiem oraz w czasie 4 wizyt kontrolnych: następnego dnia po zabiegu rano, 5-10 dni po zabiegu, 1 i 3 miesiące po zabiegu.

#### **5.2.1.2. Ostrość wzroku i refrakcja**

Ostrość wzroku badano przy użyciu odpowiednich tablic Snellena, do dali z odległości 5 metrów, do bliży z odległości 40 cm. Każde oko badano osobno, z korekcją okularową i bez tej korekcji. Refrakcję obiektywną i keratometrię badano przy użyciu autokeratorefraktometru Zeiss Humphrey Systems Acuitus 5010.

#### **5.2.1.3. Ciśnienie wewnątrzgałkowe**

Ciśnienie wewnątrzgałkowe badano tonometrem aplanacyjnym Goldmanna.

#### **5.2.1.4. Odcinek przedni i tylny oka**

Odcinek przedni badano w lampie szczelinowej. Odcinek tylny w lampie szczelinowej z użyciem soczewek Volka o mocy 66 lub 90 D.

#### **5.2.1.5. Wrażliwość na kontrast**

Na wizycie 3 miesiące po zabiegu badano wrażliwość na kontrast przy użyciu tablic Pelli – Robson w oświetleniu o natężeniu około 280 luksów, z odległości 1 metra, w korekcji do dali, w razie potrzeby z dodatkiem +0,75 D.

#### **5.2.1.6. Biometria**

Pomiar długości gałki ocznej wykonywany był metodą biometrii ultradźwiękowej kontaktowej urządzeniem Alcon UltraScan.

#### **5.2.1.7. Soczewki wewnątrzgałkowe**

Wszczepy jednoogniskowe wykonywano przy użyciu soczewek Clariflex firmy AMO. Do wszczepów wieloogniskowych użyto soczewek LS-312 MF firmy Oculentis.

#### **5.2.1.8. Formuła obliczeniowa**

Do obliczeń wykorzystano formułę SRK/T.

#### **5.2.1.9. Wynik refrakcyjny**

Jako parametr oceny wyniku refrakcyjnego przyjęto bezwzględny błąd rozumiany jako wartość bezwzględna różnicy wartości pooperacyjnego ekwiwalentu sferycznego i jego wartości zakładanej.

Wyliczono następnie dla badanych grup pacjentów średni bezwzględny błąd (MAE) – rozumiany jako średnią ze wszystkich pojedynczych odchyłeń w danej grupie.

#### **5.2.1.10. Badania ankietowe**

Przeprowadzono badanie ankietowe przed zabiegiem i 3 miesiące po zabiegu. Użyty kwestionariusz jest własnym opracowaniem. Przy jego tworzeniu oparto się na zakresach zagadnień zawartych w ankietach VFQ-25 i Catquest [96, 104].

Ankieta obejmowała następujące zagadnienia:

1. Samoocena stanu ogólnego pacjenta
2. Wykonywanie czynności związanych z widzeniem do bliży
3. Wykonywanie czynności związanych z widzeniem do dali
4. Zdolność do samodzielnego funkcjonowania i narażenie na urazy

W ankietach przeprowadzanych po operacji pacjenci wypełniali też część dotyczącą dolegliwości pooperacyjnych i samooceny dotyczącej zmiany widzenia i aktywności życiowej.

Wzór ankiety i dokładne zasady punktacji umieszczono w Aneksie.

### **5.2.2. Metody analizy statystycznej**

W trakcie analizy statystycznej wyników wykorzystano następujące narzędzia statystyczne:

- badanie zgodności z rozkładem normalnym - wszystkie wyniki w poszczególnych przypadkach analizowano pod kątem zgodności z rozkładem normalnym testem Shapiro-Wilka;
- porównania średnich wartości parametrów przed i po operacji zaćmy - przeprowadzając analizę porównawczą parametru, średnie wartości badanych parametrów przed i po operacji zaćmy porównywano przy pomocy testu t-Studenta dla zmiennych niezależnych.

Uzyskane wyniki testu przedstawiono w postaci wartości współczynnika p (dla wartości p poniżej 0,05 różnice były istotne statystycznie).

Wszystkie obliczenia wykonano przy użyciu pakietu statystycznego Statistica 9.0.

## 6. Wyniki

### 6.1. Parametry podstawowe

Średnia pooperacyjna skorygowana ostrość wzroku do dali w grupie pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji (grupy A, C;  $n_0=158$ ) następnego dnia po zabiegu rano wynosiła 0,5; zaś 5-10 dni po zabiegu 0,8 i 3 miesiące po zabiegu 0,9. Przy czym w zakresie ostrości wzroku 0,8 – 1,0 w badaniu 3 miesiące po zabiegu mieściło się 136 oczu, co stanowi 86,1% operowanych oczu.

Średnia pooperacyjna skorygowana ostrość wzroku do dali w grupie pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową (grupa B;  $n_0=27$ ) następnego dnia po zabiegu rano wynosiła 0,3; zaś 5-10 dni po zabiegu 0,6 i 3 miesiące po zabiegu 0,8. Przy czym w zakresie ostrości wzroku 0,8 – 1,0 w badaniu 3 miesiące po zabiegu mieściło się 15 oczu, co stanowi 55,6% operowanych oczu.

Średnia pooperacyjna skorygowana ostrość wzroku do dali w grupie pacjentów, którym wszczepiono soczewki wielogniskowe (grupa D;  $n_0=22$ ) wynosiła 0,6 następnego dnia po zabiegu rano; zaś 5-10 dni po zabiegu skorygowana ostrość wzroku wzrosła do 0,9, a 3 miesiące po zabiegu skorygowana ostrość wzroku wynosiła również 0,9. Przy czym w zakresie ostrości wzroku 0,8 – 1,0 w badaniu 3 miesiące po zabiegu mieściło się 19 oczu, co stanowi 86,4%.

Dla pacjentów, u których dokonano wszczepów wtórnych (grupa E;  $n_0=6$ ) średnia pooperacyjna skorygowana ostrość wzroku do dali bezpośrednio po zabiegu wynosiła 0,3, 5-10 dni po zabiegu wynosiła 0,5, a 3 miesiące po zabiegu średnia pooperacyjna skorygowana ostrość wzroku wynosiła 0,6.

Powyższe wyniki przedstawiono w Tabeli 1.

**Tabela 1. Średnia skorygowana pooperacyjna ostrość wzroku**

	Pacjenci operowani metodą fakoemulsyfikacji (grupy A, C) (n <sub>0</sub> =158)	Pacjenci operowani metodą zewnątrztorbkową (grupa B) (n <sub>0</sub> =27)	Pacjenci, którym wszczepiono soczewki wieloogniskowe (grupa D) (n <sub>0</sub> =22)	Pacjenci, u których dokonano wszczepów wtórnych (grupa E) (n <sub>0</sub> =6)
<b>Przed zabiegiem</b>	0,3	0,1	0,4	0,8
<b>Dzień po zabiegu</b>	0,5	0,3	0,6	0,3
<b>5 – 10 dni po zabiegu</b>	0,8	0,6	0,9	0,5
<b>3 miesiące po zabiegu</b>	0,9	0,8	0,9	0,6
<b>Procent oczu w zakresie ostrości 0,8-1,0</b>	86,1%	55,6%	86,4%	0%

Wartość ciśnienia wewnątrzgałkowego mierzonego przed zabiegiem w zakwalifikowanym do operacji oku wynosiła średnio 17,6 mmHg, a po zabiegu 17,3 mmHg (dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową i fakoemulsyfikacji – grupy A, B, C, D). Dla pacjentów, u których dokonano wszczepu wtórnego, ciśnienie wewnątrzgałkowe przed zabiegiem wynosiło średnio 16,8 mmHg, a po zabiegu 22,7 mmHg - jego wzrost wystąpił w 4 z 6 operowanych oczu (66,7%).

## **6.2. Wynik refrakcyjny**

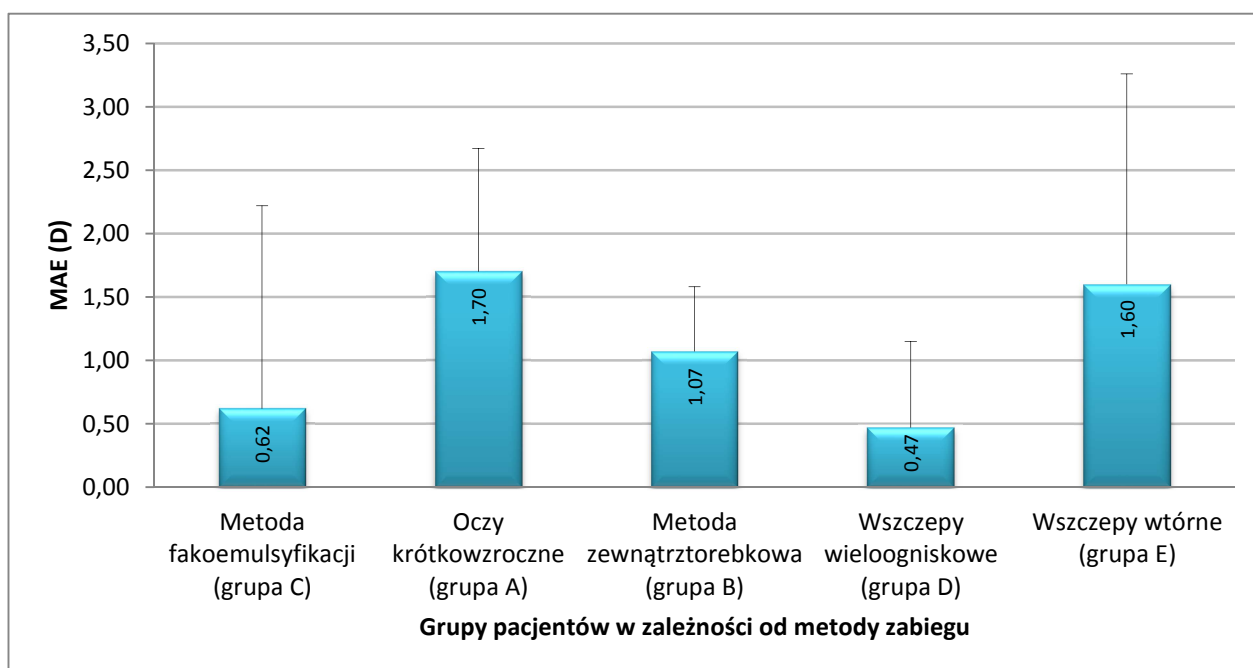
Analizowano wyniki refrakcji uzyskanej u pacjentów w toku postępowania operacyjnego oraz wcześniejsze dane służące do przedoperacyjnego wyznaczenia mocy wszczepianych soczewek. Jako ostateczną refrakcję pooperacyjną przyjęto pomiary refrakcji obiektywnej wykonane autorefraktometrem trzy miesiące po zabiegu. Pomiar u pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową wykonano po usunięciu szwu rogówkowego. Dla pacjentów z wszczepionymi soczewkami wieloogniskowymi do obliczeń użyto pooperacyjnej refrakcji subiektywnej.

Wybierano moce optyczne wszczepu, dla których zakładana pooperacyjna wartość ekwiwalentu sferycznego była zawarta w przedziale -0,98 D do 2,11 D, z wyjątkiem oczu krótkowzrocznych, dla których zakładana pooperacyjna wartość ekwiwalentu sferycznego wynosiła zawierała się w zakresie od -2,57 do -3,70 do D ( $n_0=11$ ). Wyznaczano wartość błędu bezwzględnego dla każdego operowanego oka, za który przyjęto różnicę między refrakcją pooperacyjną a zakładaną przed operacją w odniesieniu do ekwiwalentu sferycznego. Wyliczono na podstawie powyższych danych średni bezwzględny błąd – średnią arytmetyczną wszystkich pojedynczych błędów bezwzględnych.

### 6.2.1. Z uwzględnieniem metody operacji, rodzaju wszczepionej soczewki, refrakcji docelowej

Poddano analizie wyniki refrakcyjne zdefiniowane jako różnica między ekwiwalentem sferycznym otrzymanym pooperacyjnie, a zakładanym przedoperacyjnie w zależności od rodzaju zabiegu.

Wartości średniego bezwzględnego błędu przedstawiono na Rycinie 1. Dla wszystkich grup pacjentów wyniki są istotne statystycznie - dla pacjentów z krótkowzrocznością  $p=0,0028$ , dla operowanych metodą zewnątrztorbkową i operowanych metodą fakoemulsyfikacji  $p<0,0001$ , dla pacjentów ze wszczepem wielogniskowym  $p=0,0019$  i dla pacjentów ze

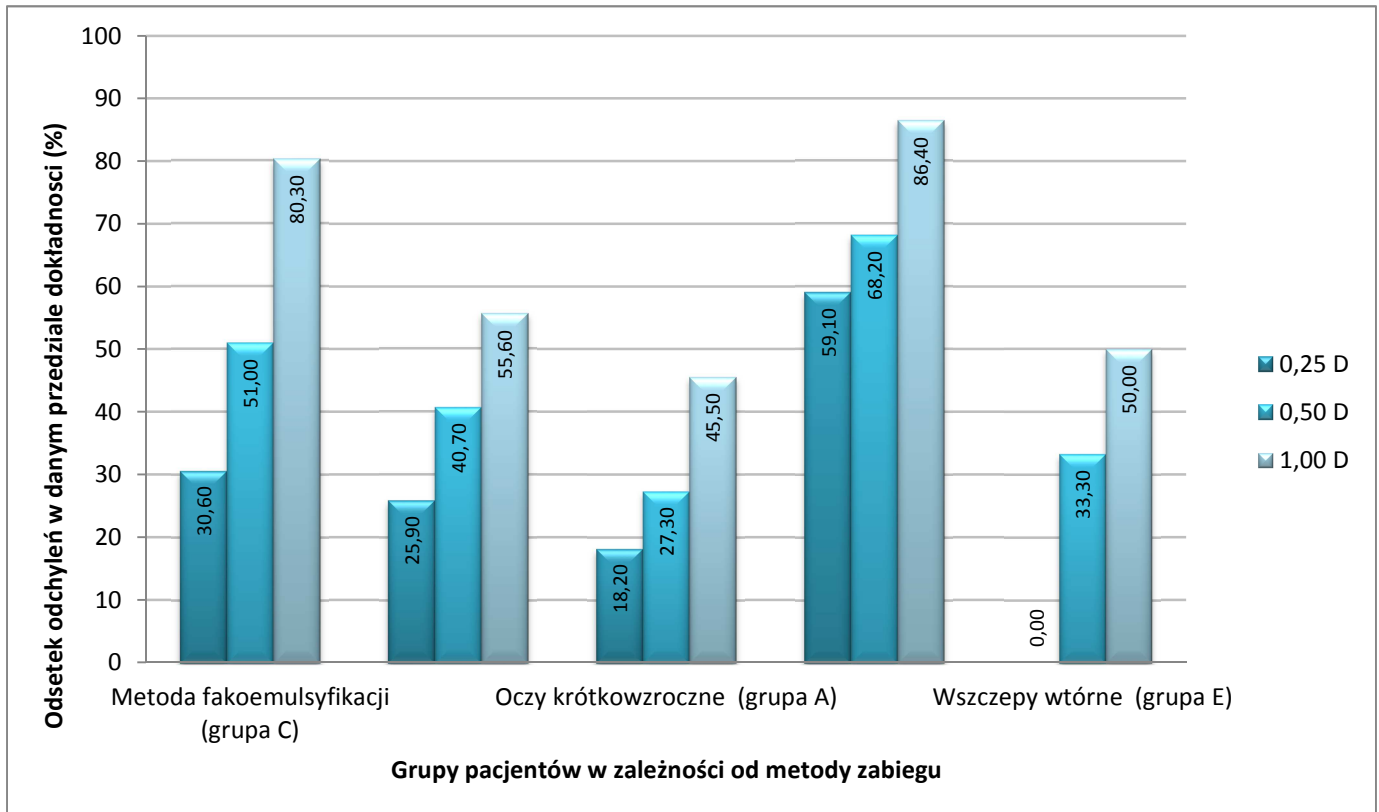


Rycina 1. Wartość średniego bezwzględnego błędu (MAE) w zależności od rodzaju operacji ( $n_0=213$ ). SD odpowiednio: 1,6; 0,970; 0,51; 0,68; 1,66.



wszczepem wtórnym  $p=0,0322$ .

Obliczono liczbę wszczepów, dla których bezwzględny błąd mieścił się w przedziałach dokładności 0,25 D; 0,50 D; 1,00 D. Wyniki przedstawiono na Rycinie 2.



Rycina 2. Zestawienie odsetka wszczepionych soczewek z błędem bezwzględnym zawierającym się w określonych przedziałach dokładności w zależności od rodzaju operacji ( $n_0=213$ )

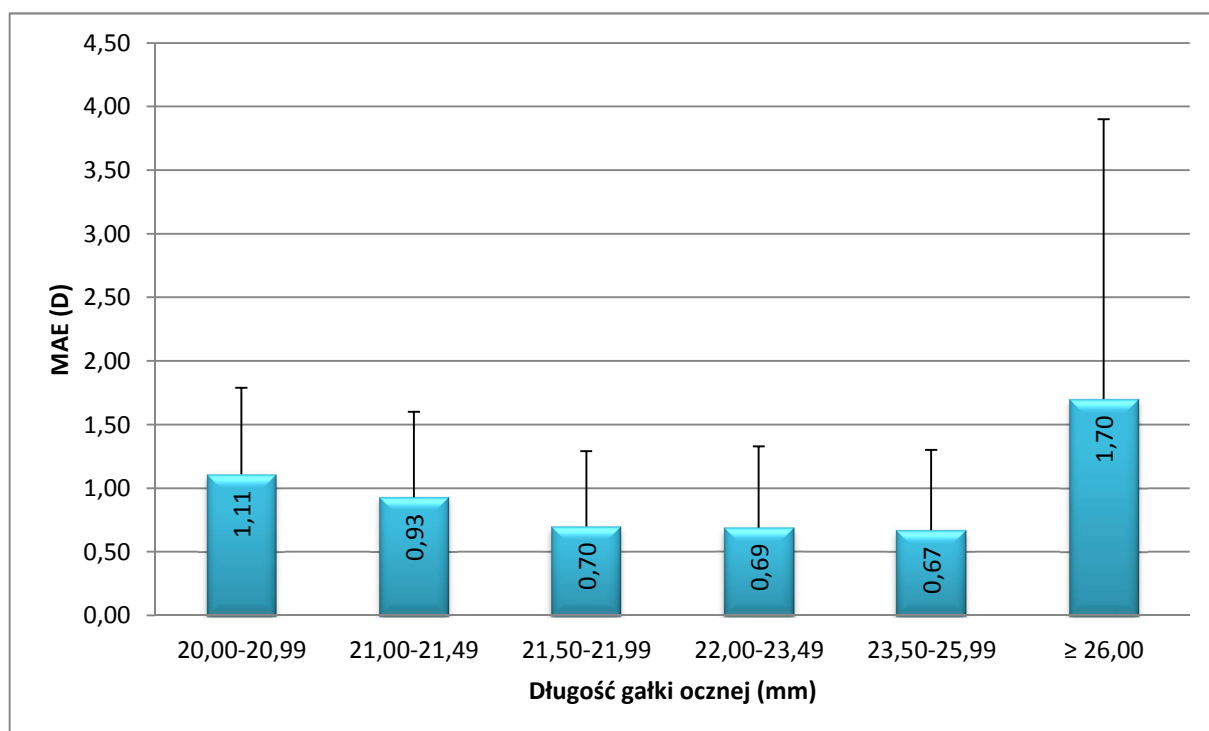
### 6.2.2. Z uwzględnieniem długości gałki ocznej

Poddano analizie wynik refrakcyjny zdefiniowany jako różnica między ekwiwalentem sferycznym otrzymanym pooperacyjnie, a zakładanym przedoperacyjnie, w zależności od długości gałki ocznej. Uwzględniono oczy pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową i fakoemulsyfikacji (grupy (A, B, C), nie uwzględniono wszczepów wtórnych i wszczepów wieloogniskowych (grupy D, E) – łącznie analizie poddano 185 oczu. Liczba oczu poddanych analizie w poszczególnych zakresach długości gałki ocznej jest zestawiona w Tabeli 2.

**Tabela 2. Liczba oczu poddanych analizie w poszczególnych zakresach długości gałki ocznej**

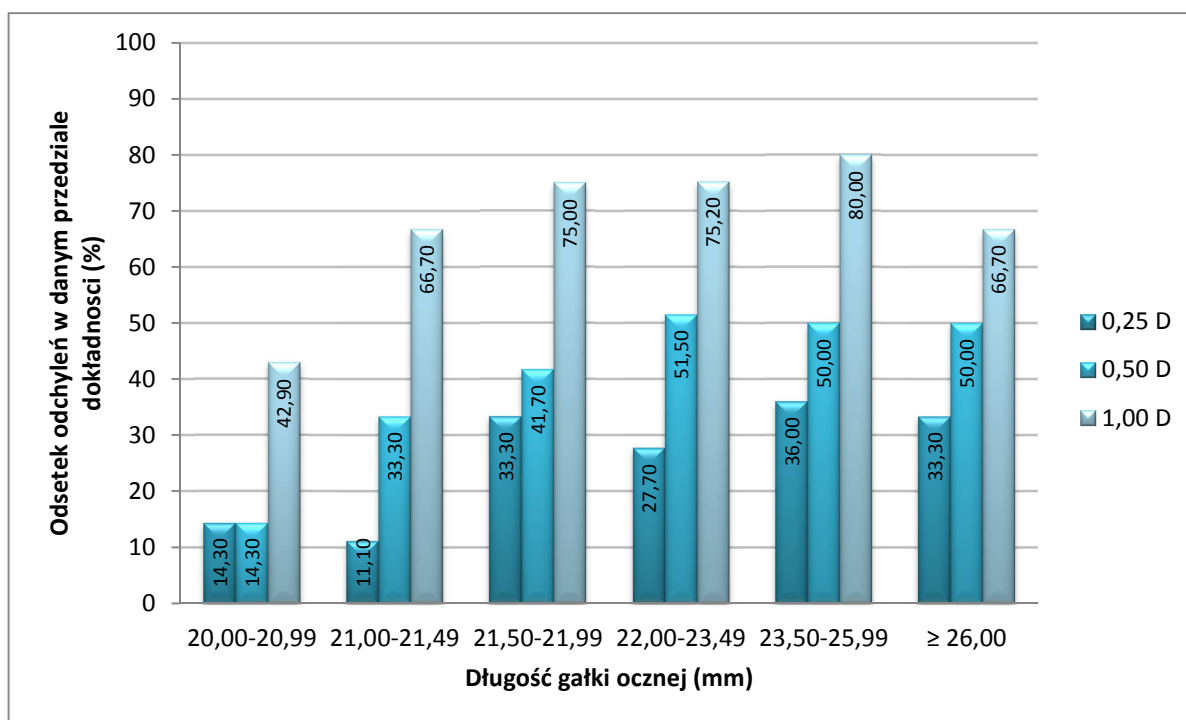
Długość gałki ocznej (mm)	20,00-20,99	21,00-21,49	21,50-21,99	22,00-23,49	23,50-25,99	>26,00
liczba oczu	7	9	12	101	50	6

Wartości średniego bezwzględnego błędu przedstawiono na Rycinie 3. Wartości te były istotne statystycznie dla zakresów długości gałki ocznej 21,00-21,49 mm ( $p=0,0016$ ); 21,50-21,99 mm ( $p=0,0009$ ); 22,00-23,49 mm ( $p<0,0001$ ); 23,50-25,99 mm ( $p<0,0001$ ), a dla zakresów 20,00-20,99 mm ( $p = 0,3373$ ) i powyżej 26,00 mm nie były istotne statystycznie ( $p=0,0594$ ).



**Rycina 3. Wartość średniego bezwzględnego błędu (MAE) w zależności od długości gałki ocznej ( $n_0=185$ ). SD odpowiednio: 0,68; 0,67; 0,59; 0,64; 0,63; 2,2.**

Obliczono odsetek wszczepów, dla których bezwzględny błąd mieścił się w przedziałach dokładności 0,25 D; 0,50 D; 1,00 D. Wyniki przedstawiono na Rycinie 4.



Rycina 4. Zestawienie odsetka wszczepionych soczewek z błędem bezwzględnym zawierającym się w określonych przedziałach dokładności w zależności od długości gałki ocznej ( $n_0=185$ )

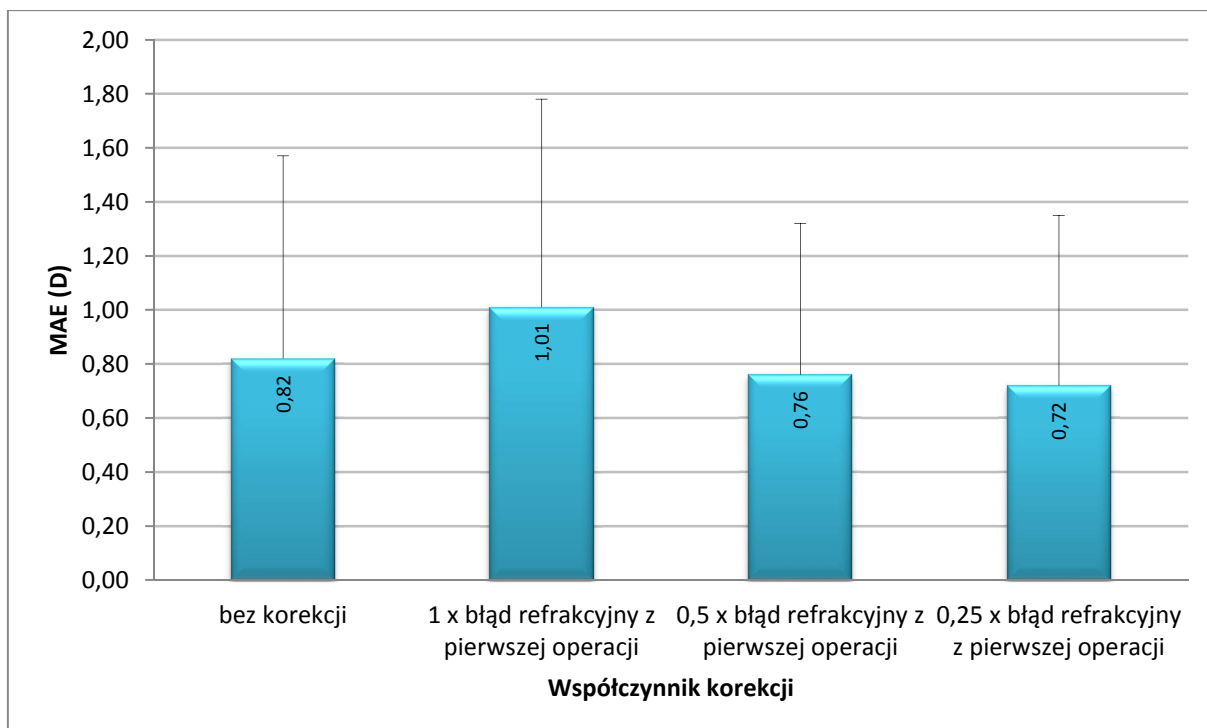
### 6.2.3. Z uwzględnieniem wyniku refrakcyjnego operacji pierwszego oka

Analizowano oczy, których długość mieściła się w zakresie 20,23 – 29,56 mm. Liczba analizowanych par oczu (pacjentów) to 35. Jako współczynnik korekcji przy obliczaniu mocy wszczepu do drugiego oka przyjęto kolejno pełen błąd refrakcyjny z pierwszej operacji, jego połowę i jedną czwartą.

skorygowany wynik refrakcyjny = nieskorygowany wynik refrakcyjny +  $\beta$  x błąd refrakcyjny pierwszej operacji [128].

gdzie dla  $\beta$  przyjęto kolejno wartości 1; 0,5; 0,25

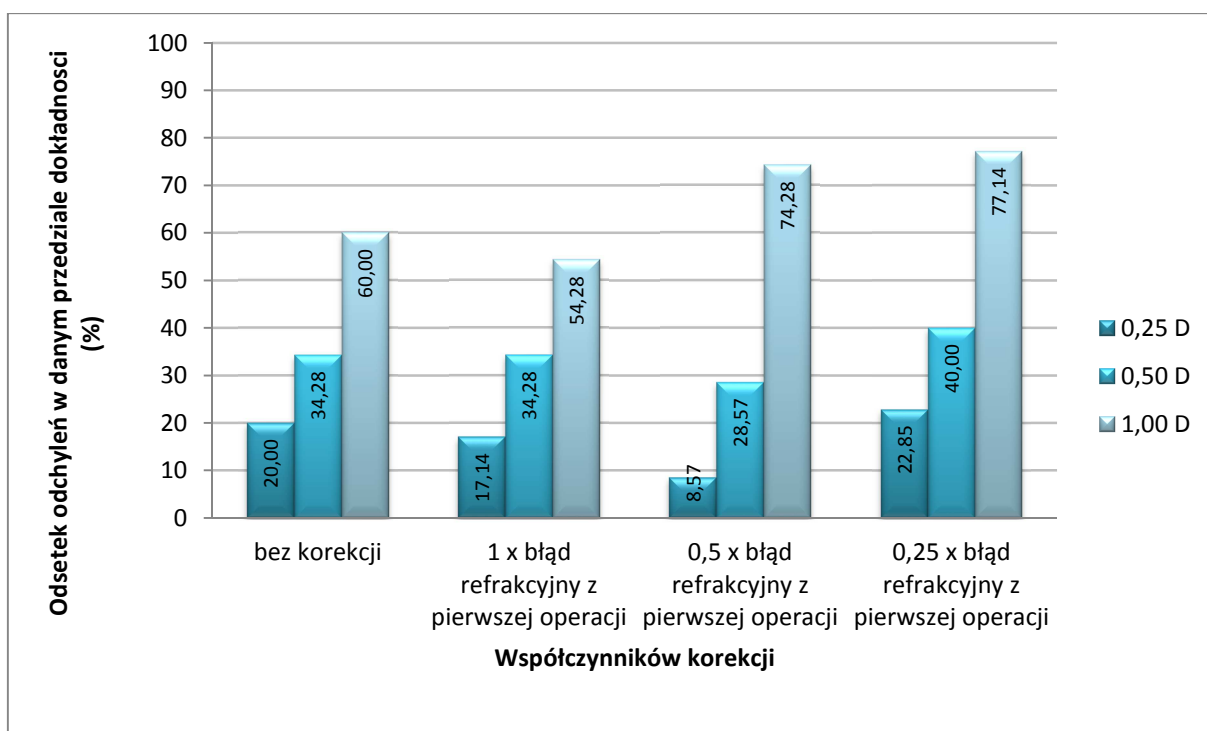
Wyniki MAE dla drugiego oka i skorygowanego MAE dla drugiego oka w odniesieniu do pooperacyjnego ekwiwalentu sferycznego przedstawiono na Rycinie 5.



**Rycina 5. Wartość średniego bezwzględnego błędu (MAE) dla operacji drugiego oka z uwzględnieniem jako współczynnika korekcji obliczeń całości bądź części błędu refrakcyjnego operacji pierwszego oka tego samego pacjenta ( $n_p=35$ ). SD odpowiednio: 0,75; 0,77; 0,56; 0,63.**

Obliczono liczbę wszczepów, dla których bezwzględny błąd mieścił się w przedziałach dokładności 0,25 D; 0,50 D; 1,00 D.

Wyniki przedstawiono na Rycinie 6.



**Rycina 6. Zestawienie liczby wszczepionych soczewek z błędem bezwzględnym zawierającym się w określonych przedziałach dokładności, z uwzględnieniem jako współczynnika korekcji obliczeń całości bądź części błędu refrakcyjnego operacji pierwszego oka tego samego pacjenta**

### 6.3. Wrażliwość na kontrast

Wrażliwość na kontrast porównano między pacjentami ze wszczepem jednoogniskowym i wieloogniskowym (grupa D). W tym celu z grupy pacjentów poddanych operacji metodą fakoemulsyfikacji ze wszczepem jednoogniskowym (grupa C) wybrano 32 pacjentów tak, aby ich mediana wieku odpowiadała średniej wieku pacjentów ze wszczepem wieloogniskowym. Wybrano pacjentów, u których jedyną patologią okulistyczną była zaćma. Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w pooperacyjnej wrażliwości na kontrast pomiędzy oczami ze wszczepem jednoogniskowym i wieloogniskowym. Wyniki przedstawiono w Tabeli 3.

**Tabela 3. Wrażliwość na kontrast w zależności od rodzaju wszczepu**

	<b>Wszczepy jednoogniskowe</b>	<b>Wszczepy wieloogniskowe</b>
<b>liczba oczu</b>	32	22
<b>mediana wieku pacjentów</b>	55,4	55,1
<b>wrażliwość na kontrast</b>	1,75	1,83

#### **6.4. Jakość życia – wyniki badań ankietowych**

Ankiety analizowano w grupie pacjentów, którzy mieli operowane jedno oko oraz w grupie pacjentów, którzy mieli operowane oboje oczu. W grupie pacjentów operowanych jednostronnie analizowano wyniki przed i po zabiegu. W grupie pacjentów operowanych obustronnie analizowano wyniki przed i po pierwszym zabiegu oraz po drugim zabiegu. Grupa pacjentów operowanych jednostronnie liczyła 167 pacjentów (zaliczono do niej pacjentów, którzy przebyli tylko jedną operację bądź po operacji pierwszego oka), a grupa operowanych obustronnie - 46 pacjentów.

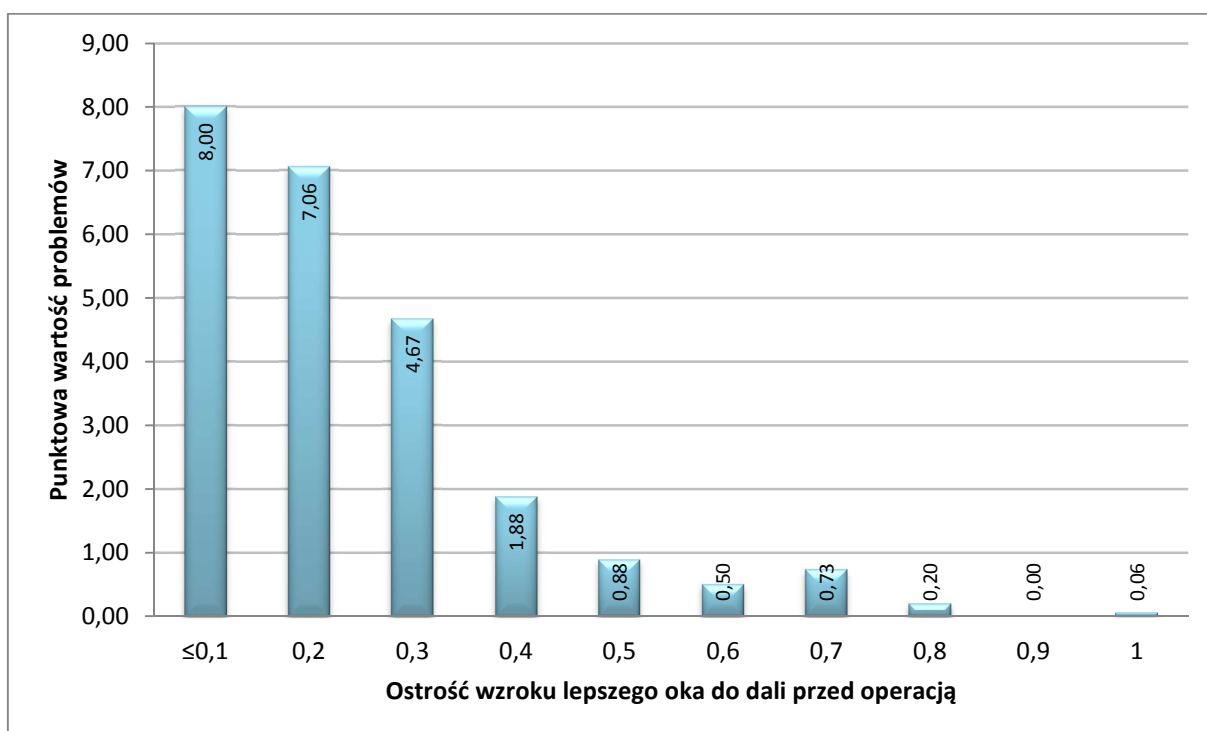
##### **6.4.1. Dane dotyczące pacjentów operowanych jednostronnie z uwzględnieniem ostrości wzroku lepszego oka przed operacją**

Wartość punktowa samooceny ogólnego stanu zdrowia przed i po zabiegu wyniosła dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową 2,43 i 2,52 punktu, a dla pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji odpowiednio 2,33 i 2,51 punktu. Dla pacjentów, u których dokonano wszczepu wtórnego i wieloogniskowego, wartość ta pozostała przed i po zabiegu nie zmieniona i wyniosła odpowiednio 2,67 i 2,69 punktu.

Wartość punktowa samooceny widzenia obuocznego (w wymaganej korekcji) wyniosła przed i po zabiegu 1,57 i 2,33 punktu dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową, a 2,05 i 2,61 punktu dla pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji. Dla pacjentów, u których dokonano wszczepu wtórnego wartości te wyniosły odpowiednio 2,00 i 2,67 punktu, a dla pacjentów, u których dokonano wszczepu wieloogniskowego odpowiednio 1,62 i 2,38 punktu.

#### 6.4.1.1. Problemy z widzeniem do dali w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali

Wartość punktowa problemów związanych z ostrością wzroku lepszego oka do dali przed operacją wynosiła poniżej 1,00 punktu dla ostrości wzroku lepszych niż 0,4. Dla ostrości wzroku 0,4 wynosiła 1,88 punktu. Dla ostrości wzroku 0,3 wartość problemów równa była 4,67 punktu, a dla 0,2 wyniosła 7,06 punktu. Wartość punktowa zgłaszanych problemów najwyższa była dla ostrości wzroku 0,1 i gorszej - wyniosła 8,00 punktu. Wyniki przedstawiono na Rycinie 7.

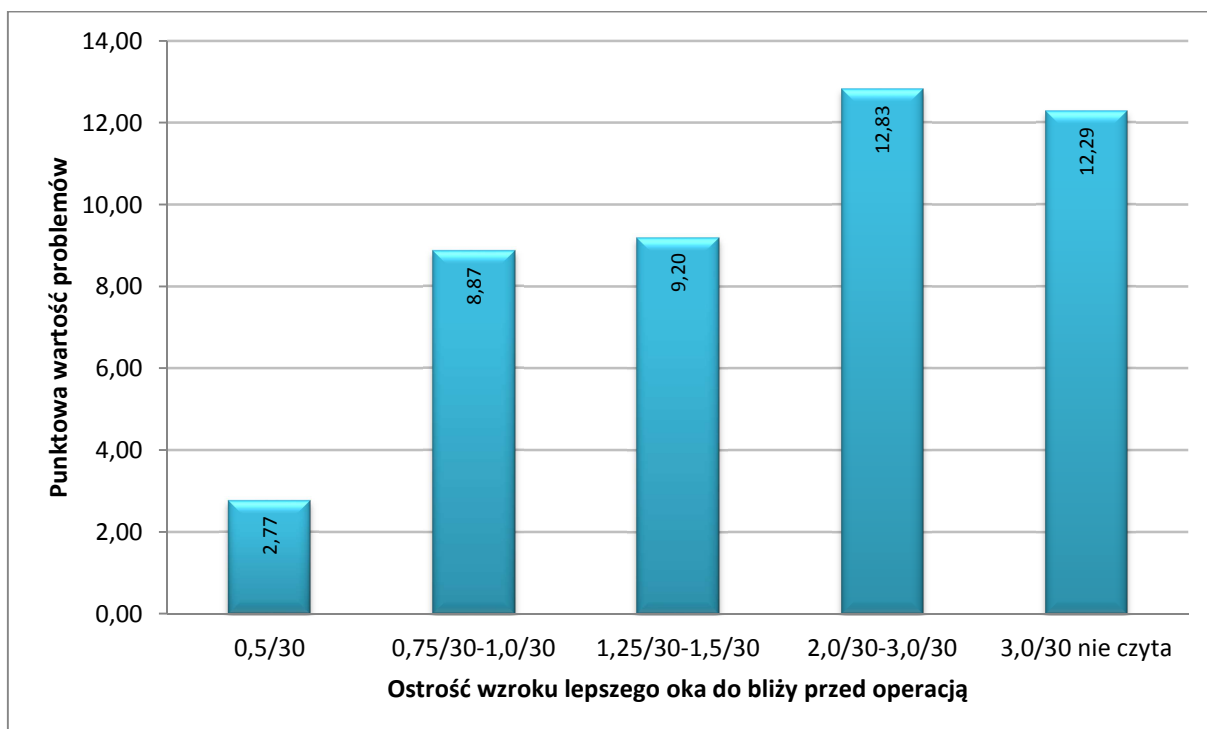


Rycina 7. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali przed operacją

#### 6.4.1.2. Problemy z widzeniem do bliży w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do bliży

Dla pełnej ostrości wzroku do bliży średnia wartość punktowa problemów wynosiła 2,77 punktu. Dla zakresu ostrości wzroku do bliży 0,75-1,00/30 wartość punktowa problemów wyniosła 8,87, a dla zakresu 1,25-1,50/30 wyniosła 9,20. Największa wartość punktowa problemów zgłaszana była przez pacjentów z ostrością wzroku do bliży w zakresie 2,0/30 - 3,0/30 i wynosiła 12,83 punktu. Pacjenci, którzy nie byli w stanie przeczytać optotypów

3,0/30 podawali średnią wartość punktową problemów 12,29 punktu. Wyniki przedstawiono na Rycinie 8.



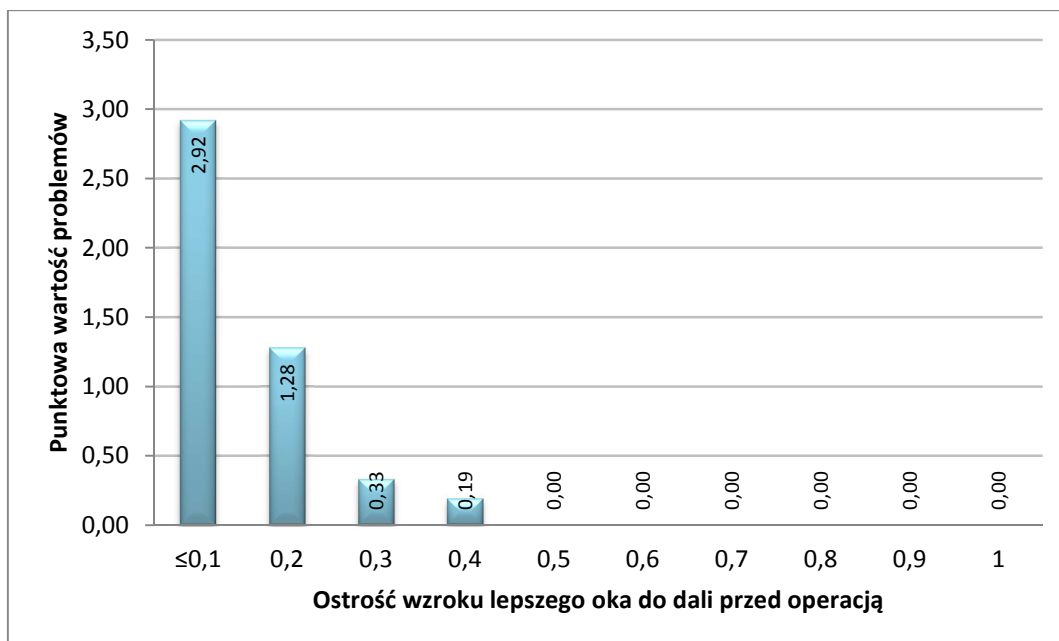
**Rycina 8. Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży przed operacją**

Zliczono też pacjentów, którzy deklarowali użycie samodzielnie zakupionej lupy jako pomocy optycznej do wykonywania czynności z bliskich odległości. Odsetek ten wyniósł 27%.

#### **6.4.1.3. Problemy z samodzielną egzystencją i narażenie na urazy w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali**

Problemy z samodzielnym funkcjonowaniem i większe narażenie na urazy były przez pacjentów podawane dla ostrości wzroku do dali lepszego oka gorszych niż 0,5. Dla lepszych ostrości wzroku do dali średnia liczba zgłaszanych problemów była równa 0,00. Wyniki przedstawiono na Rycinie 9. Żaden z pacjentów po operacji oka nie podawał ograniczeń w samodzielnej egzystencji i narażenia na urazy z powodu stanu narządu wzroku.





**Rycina 9. Wartość punktowa problemów związanych z samodzielnym funkcjonowaniem i narażenie na urazy**

#### **6.4.1.4. Urazy w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali**

Zliczono też liczbę pacjentów, którzy doznali obrażeń w wyniku urazów wynikających z upośledzenia ostrości wzroku. Zaliczono do tej grupy pacjentów, którzy zadeklarowali między innymi oparzenie przy nalewaniu gorących płynów, upadki (w tym na schodach) czy uderzenia o przedmioty (w tym futryny), w następstwie których doszło do złamań, zwichnięć czy poważnych stłuczeń wymagających leczenia ambulatoryjnego bądź szpitalnego. Wyniki zawarto w Tabeli 4. U żadnego z pacjentów po operacji oka nie doszło do urazu z powodu stanu narządu wzroku.

**Tabela 4. Liczba pacjentów, którzy doznali urazu z uwzględnieniem ostrości wzroku**

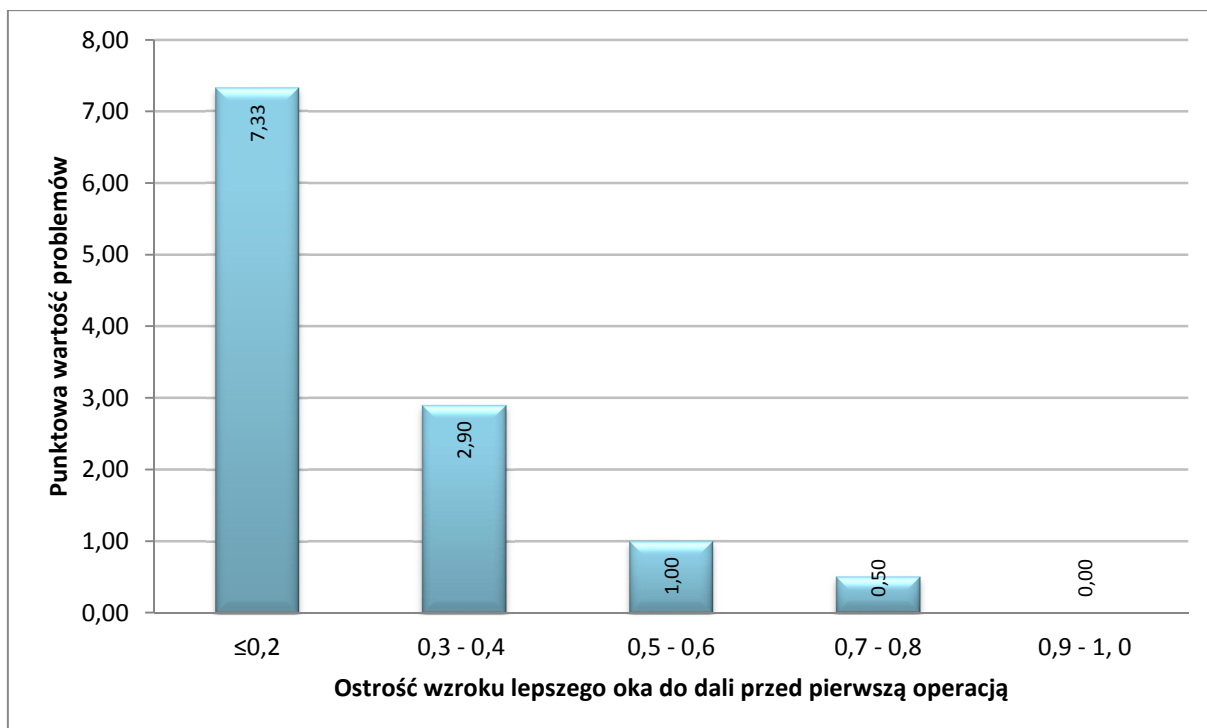
Ostrość wzroku	Pacjenci, którzy nie doznali urazu	Pacjenci, którzy doznali urazu
0,1 i poniżej	0	12
0,2	10	8
0,3	8	1
0,4	15	1
0,5	25	0
0,6	20	0
0,7	11	0
0,8	15	0
0,9	7	0
1	34	0

**6.4.2. Dane dotyczące pacjentów operowanych obustronnie z uwzględnieniem ostrości wzroku lepszego oka przed pierwszą operacją oraz po pierwszej i drugiej operacji**

Wartość punktowa samooceny ogólnego stanu zdrowia w tej grupie pacjentów wyniosła przed pierwszym zabiegiem, po pierwszym zabiegu i po drugim zabiegu odpowiednio 2,38; 2,54; 2,57 punktu. Wartość punktowa samooceny widzenia obuocznego (w wymaganej korekcji) wyniosła odpowiednio 1,97; 2,59; 2,86 punktu.

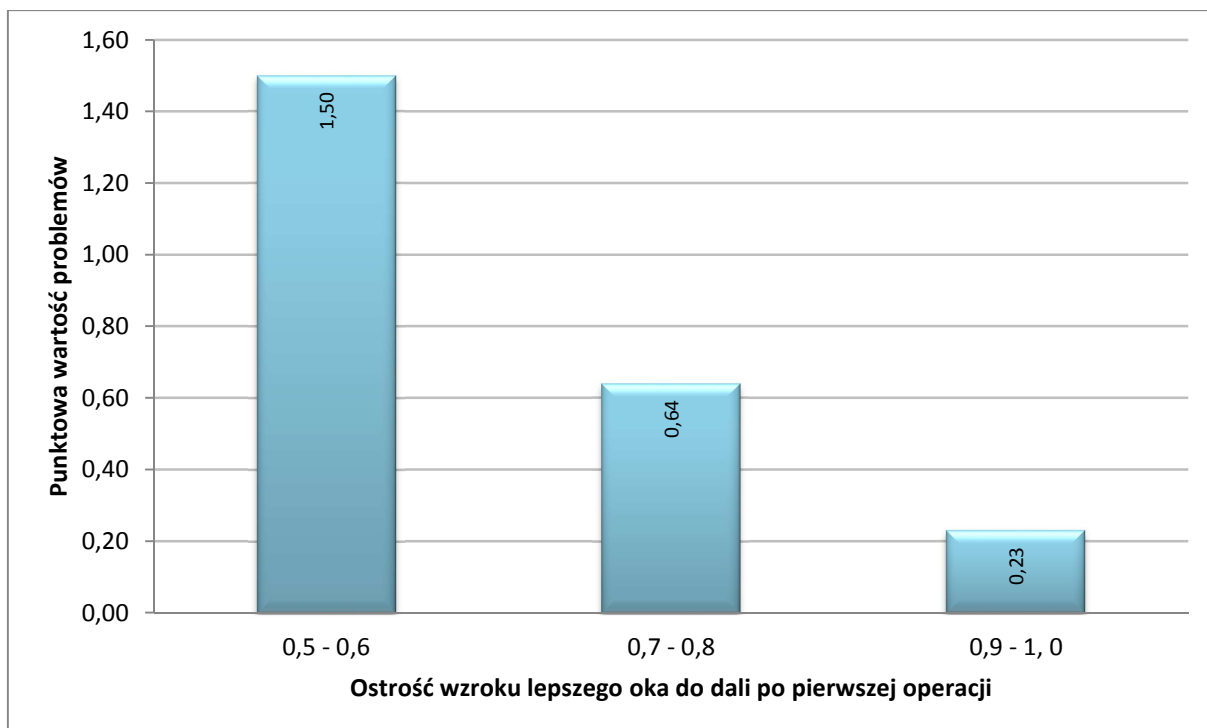
**6.4.2.1. Problemy z widzeniem do dali w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali**

Średnia wartość punktowa problemów związanych z ostrością wzroku lepszego oka do dali przed operacją pierwszego oka wynosiła poniżej lub była równa 1,0 punktu dla ostrości wzroku lepszych niż 0,4. Dla zakresu ostrości wzroku 0,3 - 0,4 wynosiła 2,90 punktu. A dla wartości 0,2 i gorszych średnia wartość punktowa problemów równa była 7,33. Wyniki przedstawiono na Rycinie 10.



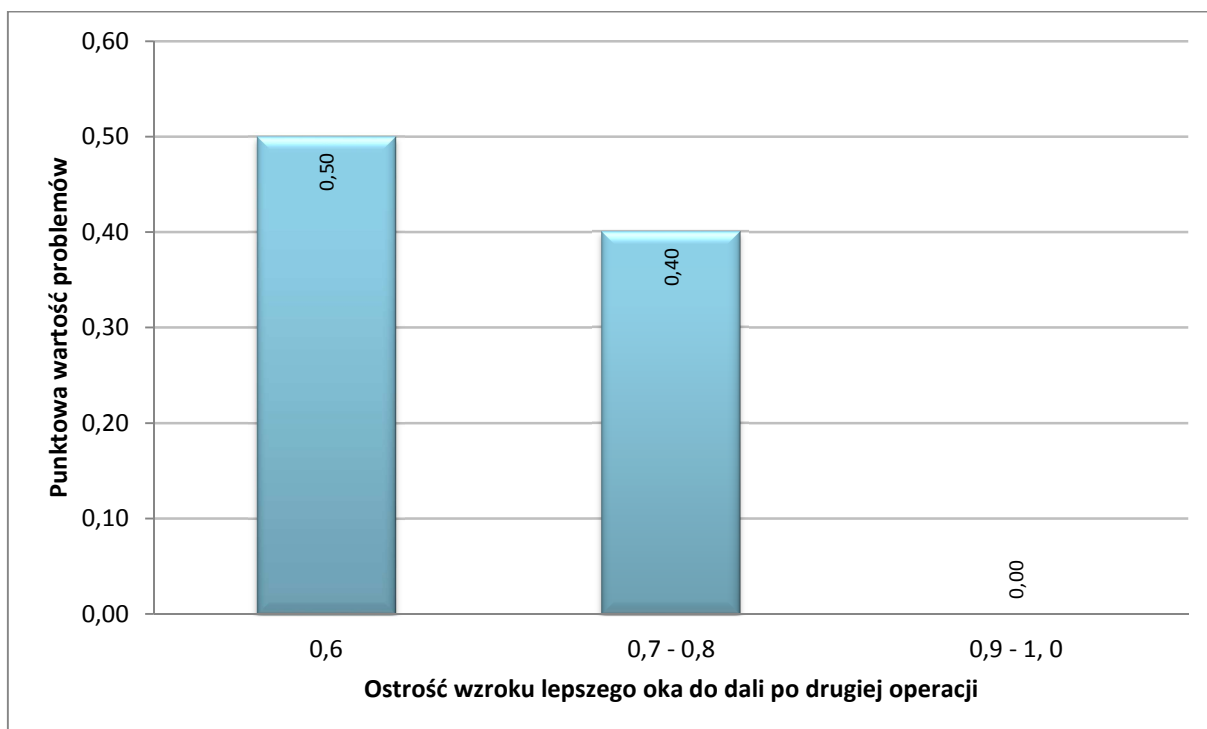
**Rycina 10. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali przed operacją pierwszego oka**

Po pierwszej operacji ostrość wzroku do dali była u każdego z pacjentów lepsza niż 0,4. Dla zakresu ostrości wzroku do dali 0,5 i 0,6 średnia wartość punktowa problemów wynosiła 1,50. Dla pozostałych ostrości wzroku wynosiła poniżej 1,00 punktu. Wyniki przedstawiono na Rycinie 11.



**Rycina 11. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali po operacji pierwszego oka**

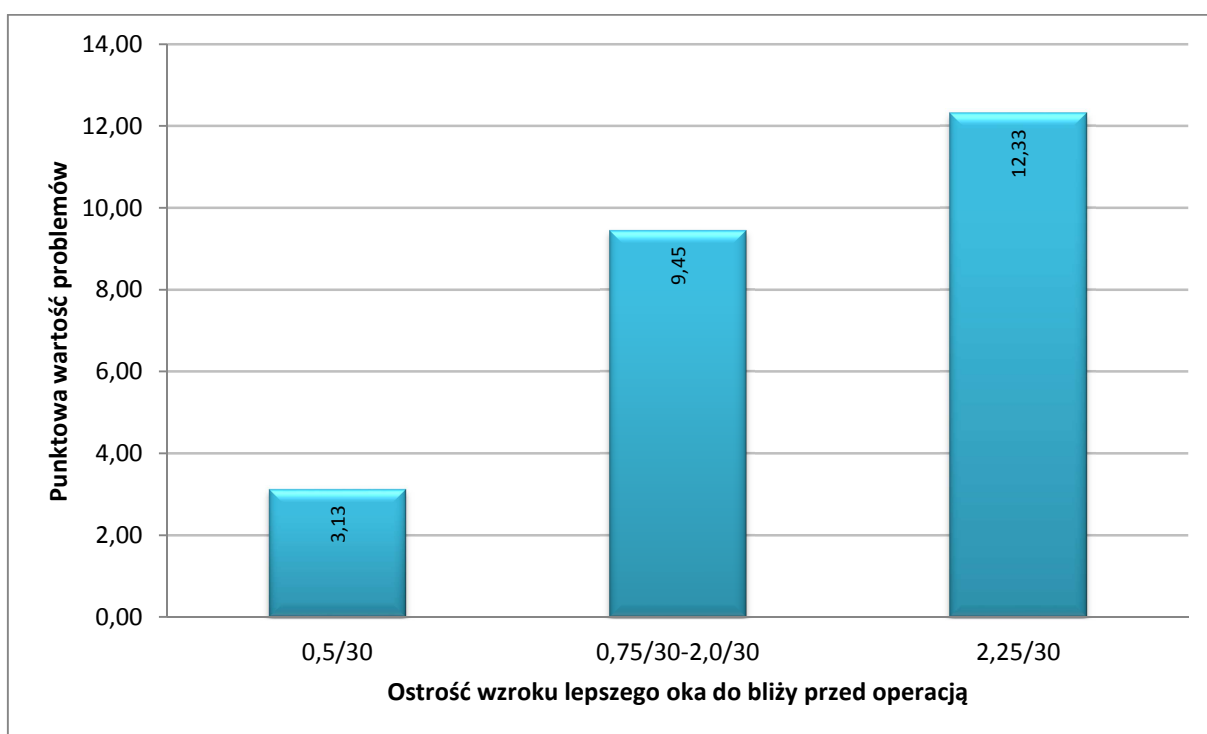
Po operacji drugiego oka ostrość wzroku do dali była u każdego z pacjentów lepsza niż 0,5, a średnia wartość punktowa zgłaszanych problemów wynosiła poniżej 1,0 punktu. Wyniki przedstawiono na Rycinie 12.



**Rycina 12. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali po operacji drugiego oka**

#### 6.4.2.2. Problemy z widzeniem do blizy w zaleznosci od ostrosci wzroku lepszego oka do blizy

Dla pelnej ostrosci wzroku do blizy srednia wartosc punktowa zgłaszanych problemow wynosila 3,13. Dla zakresu ostrosci wzroku do blizy 0,75/30-2,0/30 wartosc punktowa zgłaszanych problemow wynosila 9,45. Najwyzsza wartosc punktowa problemow podawana byla przez pacjentow z ostroscia wzroku do blizy w zakresie 2,25/30 i 3,0/30 i wynosila 12,33 punktu. Wyniki dotyczace wartosci punktowej problemow z widzeniem do blizy przed operacja pierwszego oka przedstawiono na Rycinie 13.



**Rycina 13. Wartość punktowa problemów z widzeniem do blizy przed operacją pierwszego oka**

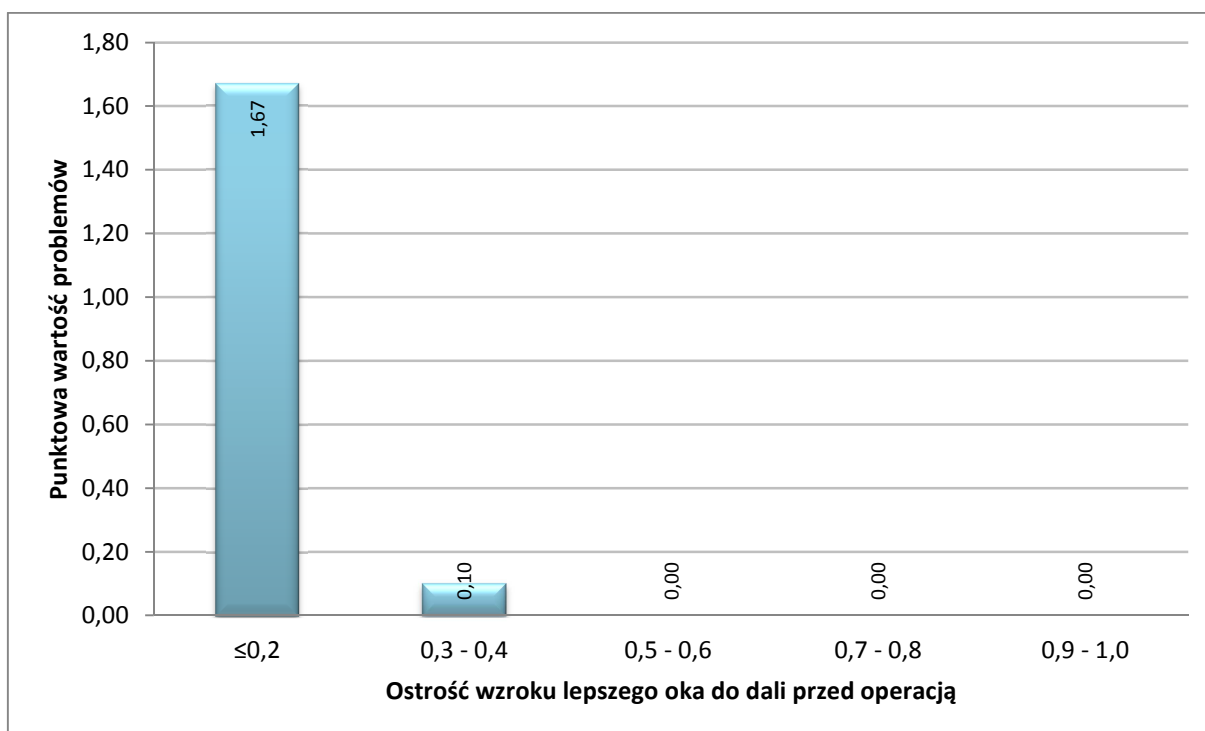
Po operacji pierwszego oka ostrość wzroku do blizy lepszego oka dla wszystkich pacjentow wynosila 0,5/30. Srednia wartosc punktowa problemow związana z patrzeniem do blizy wynosila 2,04 punktu. Po operacji drugiego oka wartosc punktowa problemow związanych z patrzeniem do blizy spadla do 0,8 punktu, a maksymalna liczba deklarowanych przez jednego pacjenta problemow wynosila 2. Zestawienie wartosci punktowej problemow z widzeniem do blizy po operacji pierwszego oka i po operacji drugiego oka przedstawiono w Tabeli 5.

**Tabela 5. Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży dla ostrości wzroku do bliży lepszego oka 0,5/30**

Ostrość wzroku	Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży po operacji pierwszego oka	Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży po operacji drugiego oka
0,5/30	2,04	0,8

#### 6.4.2.3. Problemy z samodzielną egzystencją i narażenie na urazy w zależności od ostrości wzroku lepszego oka do dali

Problemy z samodzielnym funkcjonowaniem i narażeniem na urazy, były przez pacjentów deklarowane przy spadku ostrości wzroku do dali poniżej 0,5. Dla lepszych ostrości wzroku do dali średnia wartość punktowa zgłaszanych problemów była równa 0,0. Wyniki przedstawiono na Rycinie 14. Liczba problemów, które były przez pacjentów podawane w pytaniach dotyczących zdolności do samodzielnego funkcjonowania i narażenia na urazy po pierwszej i drugiej operacji wynosiła 0,0 dla wszystkich ostrości wzroku.



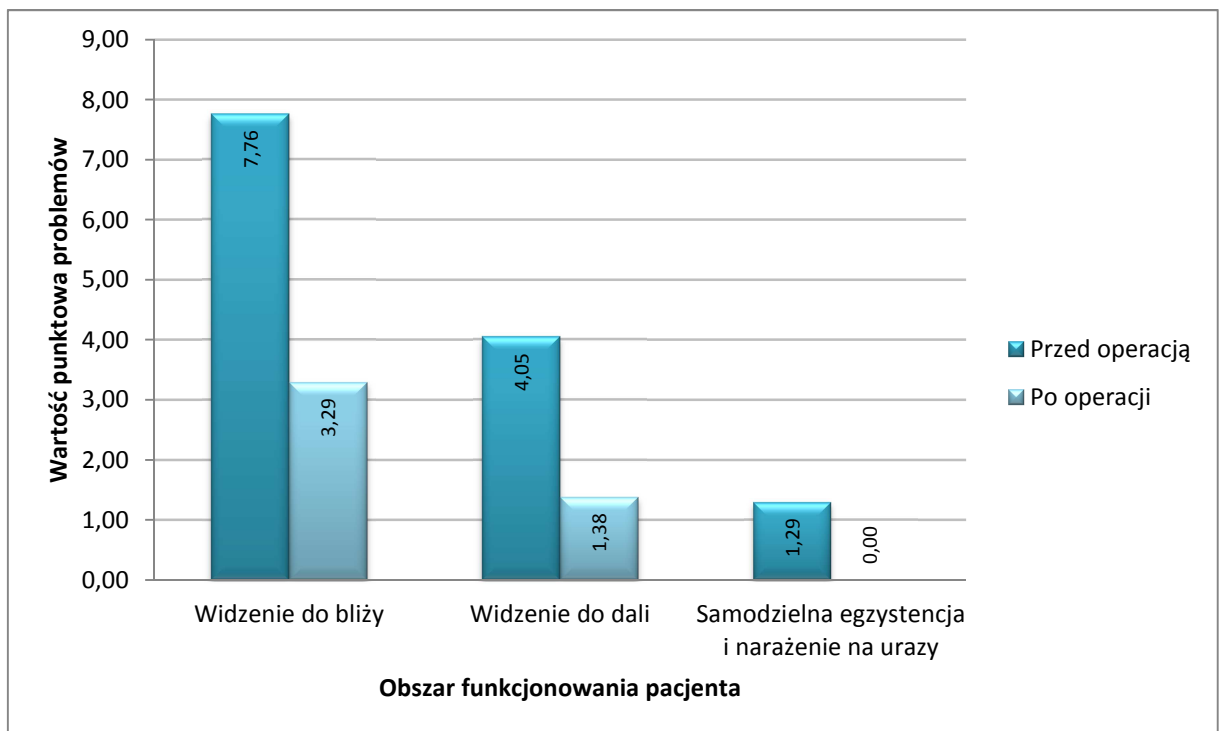
**Rycina 14. Wartość punktowa problemów związanych z samodzielnym funkcjonowaniem i narażeniem na urazy**

#### 6.4.2.4. Urazy

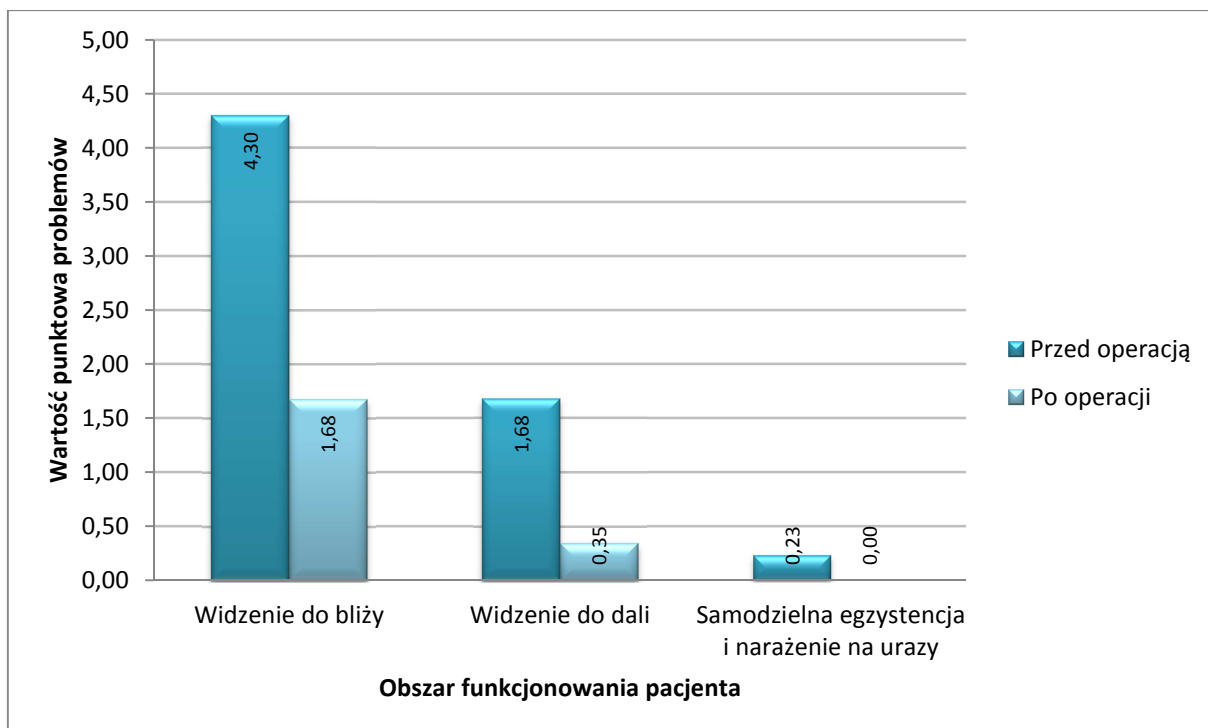
Ze względu na to, że u żadnego z pacjentów po operacji pierwszego oka nie doszło do urazu z powodu stanu narządu wzroku, nie dokonywano osobnej analizy dotyczącej urazów dla pacjentów operowanych obustronnie.

#### 6.4.3. Dane dotyczące pacjentów operowanych jednostronnie – średnia wartość punktowa problemów przed operacją i po operacji

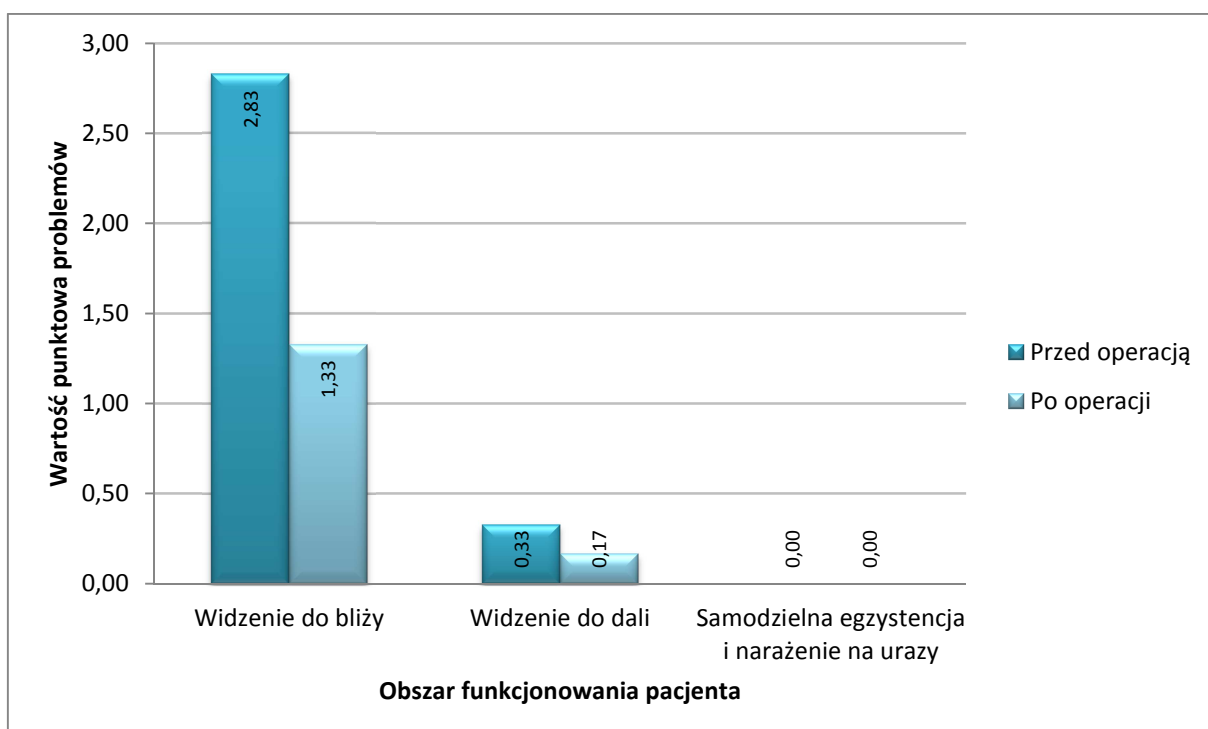
Obliczono średnie wartości punktowe problemów zgłaszanych przez pacjentów z wyróżnieniem grup pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową, fakoemulsyfikacji i ze wszczepem wtórnym oraz grupy pacjentów ze wszczepem wielogniskowym. Obliczono też średnie wartości punktowe problemów zgłaszanych przez wszystkich pacjentów. Wyniki przedstawiono na Rycinach 15, 16, 17, 18, 19.



Rycina 15. Wartość punktowa problemów – metoda zewnątrztorbkowa,  $n_0=21$ . Istotność statystyczna odpowiednio:  $p=0,0008$ ;  $p=0,0091$ ;  $p=0,0004$ .

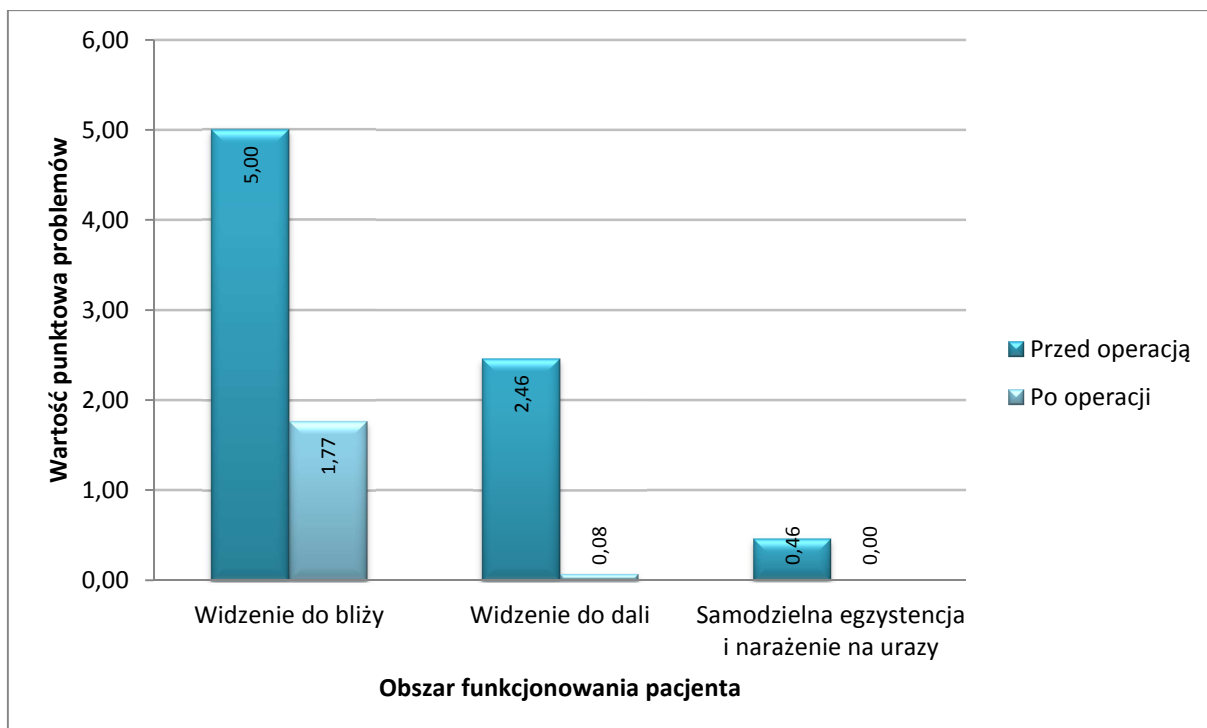


Rycina 16. Wartość punktowa problemów – metoda fakoemulsyfikacji,  $n_0=127$ . Istotność statystyczna odpowiednio:  $p<0,0001$ ;  $p<0,0001$ ;  $p=0,0005$ .

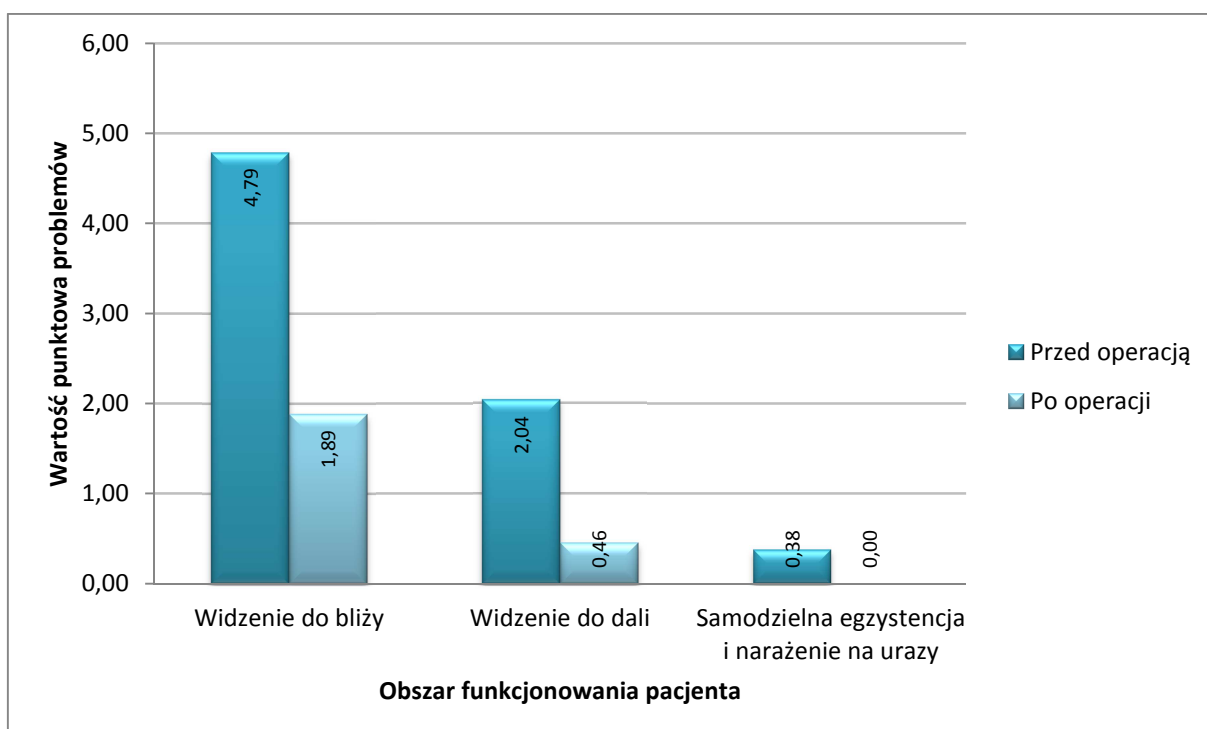


Rycina 17. Wartość punktowa problemów – wszczepy wtórne,  $n_0=6$ . Nie osiągnięto progu istotności statystycznej.





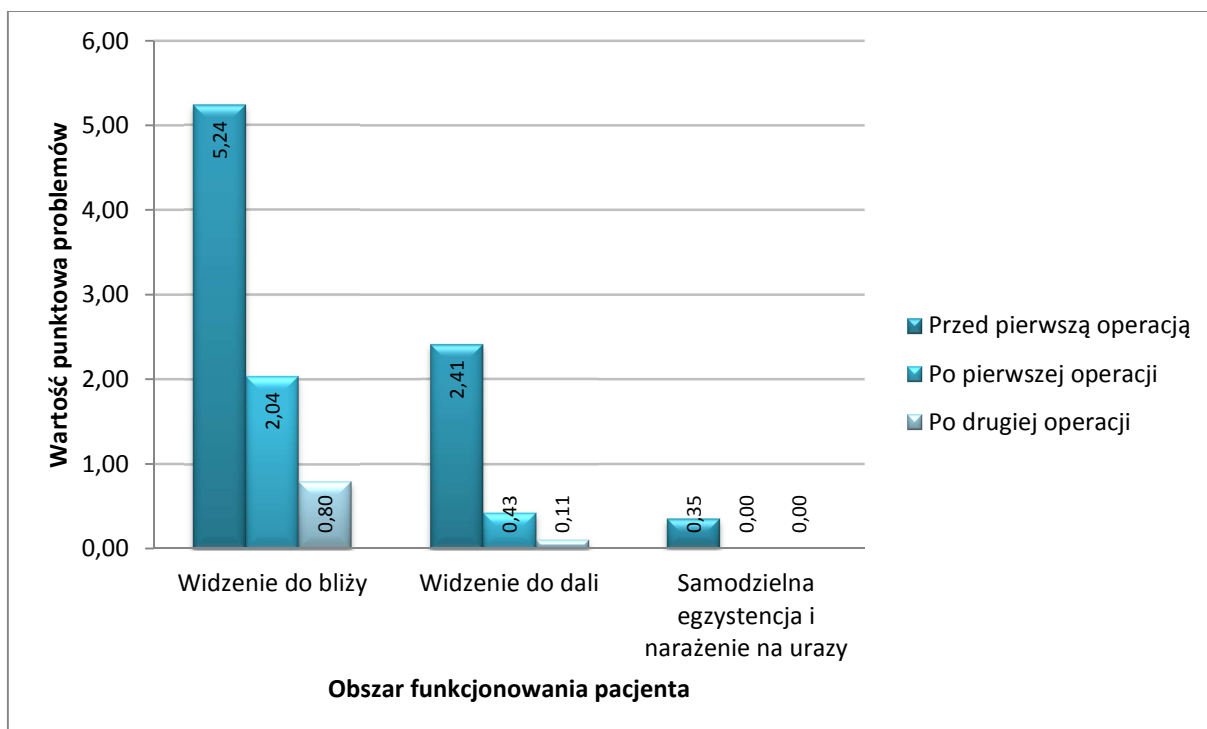
Rycina 18. Wartość punktowa problemów – wszczepy wielogniskowe,  $n_0=13$ . Istotność statystyczna odpowiednio:  $p=0,0083$ ;  $p=0,0042$ ;  $p=0,0357$ .



Rycina 19. Wartość punktowa problemów – wszystkie grupy pacjentów,  $n_0=167$ . Istotność statystyczna dla wszystkich obszarów funkcjonowania pacjenta:  $p<0,0001$ .

#### 6.4.4. Dane dotyczące pacjentów operowanych obustronnie – średnia wartość punktowa problemów przed pierwszą operacją oraz po pierwszej i drugiej operacji

Badano wartość punktową problemów przed operacją pierwszego oka, po tej operacji i po operacji drugiego oka. Wyniki przedstawiono na Rycinie 20.



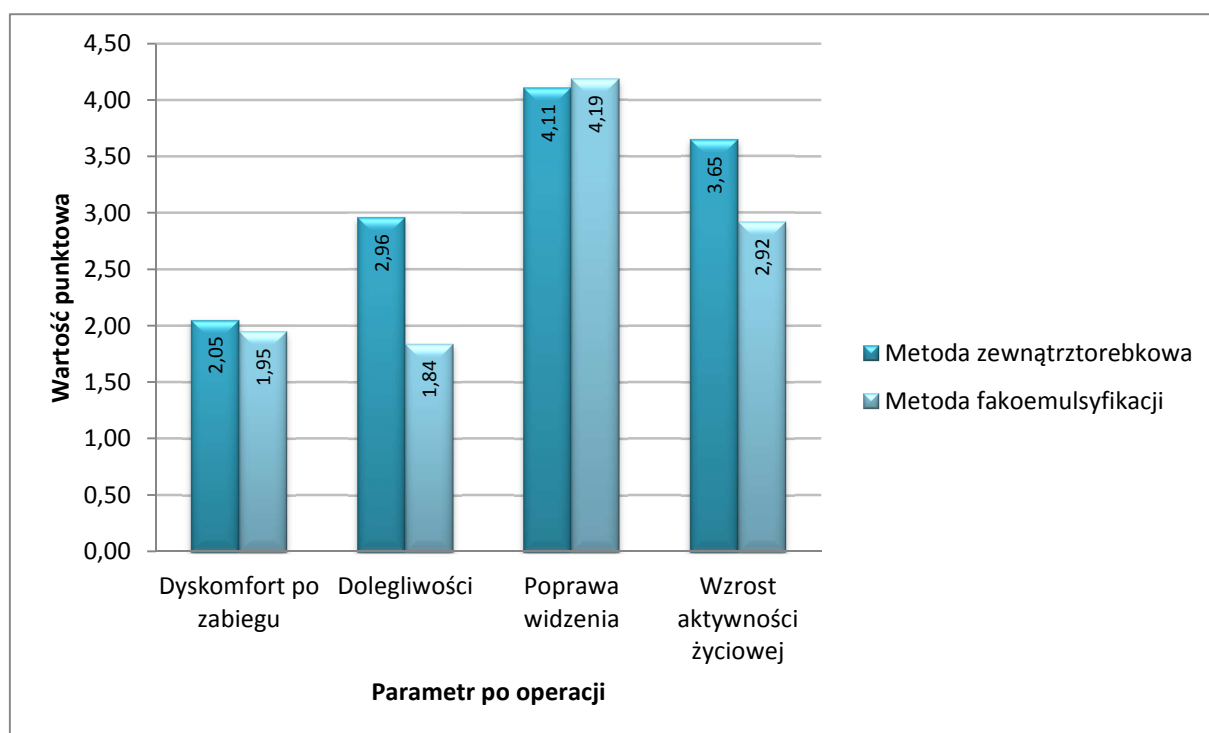
Rycina 20. Wartość punktowa problemów – przed i po operacji pierwszego oka i po operacji drugiego oka,  $n_p=46$ . Istotność statystyczna dla pierwszej odpowiedzi:  $p=0,0001$ ;  $p=0,0001$ ;  $0,0084$ . Istotność statystyczna dla drugiej operacji:  $p=0,0042$  (widzenie do bliży); dla pozostałych dwóch obszarów funkcjonowania pacjenta nie osiągnięto progu istotności statystycznej.

#### 6.4.5. Dolegliwości pooperacyjne i wzrost aktywności życiowej po zabiegu

Analizowano także dolegliwości pooperacyjne i aktywność życiową pacjentów po zabiegu w zależności od metody przeprowadzenia operacji zaćmy. Wykonano zestawienia dla metody zewnątrztorebkowej i fakoemulsyfikacji. Tę część ankiety wypełniali pacjenci operowani jednostronnie lub po operacji pierwszego oka. W zestawieniu tym ujęto dane 21 pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową i 140 operowanych metodą fakoemulsyfikacji. Nie uwzględniono pacjentów ze wszczepem wtórnym.

Wartość punktowa dyskomfortu związanego z widzeniem we wczesnym okresie pooperacyjnym wynosiła w grupie pacjentów operowanych metodą zwnątrztorbkową i metodą fakoemulsyfikacji odpowiednio 2,05 i 1,95 punktu, a wartość punktowa natężenia dolegliwości bólowych wynosiła odpowiednio 2,96 i 1,84 punktu. 70% pacjentów operowanych metodą zwnątrztorbkową podawało dolegliwości takie jak łzawienie i uczucie ciała obcego. Skośne zniekształcenie obrazu podało 20% pacjentów po operacji metodą zwnątrztorbkową. Dla fakoemulsyfikacji wartości wyniosły 39% dla dolegliwości i 1% dla skośnego zniekształcenia obrazu. Wartość punktowa subiektywnej oceny poprawy widzenia wyniosła 4,11 punktu dla metody zwnątrztorbkowej i 4,19 punktu dla fakoemulsyfikacji. Pacjenci operowani metodą zwnątrztorbkową podawali wartość punktową wzrostu aktywności życiowej w wysokości 3,65 punktu, a operowani metodą fakoemulsyfikacji 2,92.

Wyniki przedstawiono na Rycinie 21 i w Tabeli 6.



Rycina 21. Dolegliwości pooperacyjne i wzrost aktywności życiowej po zabiegu, np=161

Tabela 6. Dolegliwości pooperacyjne (wyniki podano w %)

Rodzaj dolegliwości	Metoda zwnątrztorbkowa	Fakoemulsyfikacja
Łzawienie, uczucie ciała obcego	70	39
Skośne zniekształcenie obrazu	20	1

## **7. Omówienie wyników i dyskusja**

### **7.1. Przydatność wyników**

Zagadnienia związane z wynikiem refrakcyjnym u pacjentów po operacji zaćmy stają się coraz bardziej istotne, ponieważ mikrochirurgia okulistyczna osiągnęła stadium, w którym liczba powikłań stała się znikoma. Powszechnym dążeniem staje się obecnie zapewnienie pacjentowi po zabiegu najlepszej możliwej jakości życia zależnej od stanu narządu wzroku (*vision related quality of life*). Dążenie to jest także bezpośrednio związane z precyzją przedoperacyjnych obliczeń mocy soczewki wewnątrzgałkowej, wszczepianej do komory tylnej oka i warunkującej ostrość wzroku operowanego oka bez korekcji.

Ważkość tego zagadnienia spowodowała wprowadzenie bardziej precyzyjnych formuł obliczeniowych mocy wszczepianych soczewek wewnątrzgałkowych, ich indywidualizację, powstanie nowych urządzeń do pomiarów przedoperacyjnych oraz częstsze przeprowadzanie badań jakości życia pacjentów poddawanych tej procedurze operacyjnej.

Kwestią coraz bardziej istotną staje się też postępowanie w przypadku wystąpienia niezadowolającego wyniku refrakcyjnego i pojawienia się ewentualnych roszczeń ze strony pacjenta. Istnieje zatem konieczność zdefiniowania zakresu, w którym pooperacyjna refrakcja może odbiegać od obliczeń przeprowadzonych przed zabiegiem. Rozważania te są szczególnie ważne w obliczu coraz wyższego stopnia edukacji pacjentów i ich rosnących oczekiwań, co do jakości życia po zabiegu.

### **7.2. Parametry podstawowe**

Obliczona w toku przeprowadzonych badań średnia skorygowana ostrość wzroku do dali dzień po zabiegu wyniosła 0,5 dla pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji, a przy następnych badaniach kontrolnych – we wczesnym i późnym okresie pooperacyjnym wyniosła odpowiednio 0,8 i 0,9. Dla metody zewnątrztorbkowej wartości średniej skorygowanej ostrości wzroku do dali wynosiły 0,3 dzień po zabiegu, a przy badaniach 5-10 dni i trzy miesiące po zabiegu odpowiednio 0,6 i 0,8. Powyższe dane dotyczą pacjentów ze wszczepami jednoogniskowymi. Dla pacjentów, którym wszczepiono soczewki wieloogniskowe wyniki wynosiły 0,6 dzień po zabiegu i 0,9 w obu kolejnych badaniach. Najniższe ostrości wzroku obserwowano u pacjentów, u których dokonano wszczepu wtórnego – 0,3 bezpośrednio po zabiegu oraz 0,5 i 0,6 odpowiednio w badaniach 5-10 dni i

trzy miesiące po zabiegu. Przeprowadzono także analizę ostrości wzroku uzyskiwanych przez pacjentów w późnym okresie pooperacyjnym dokonując obliczeń odsetka pacjentów, którzy uzyskali skorygowaną ostrość wzroku operowanego oka w zakresie 0,8-1,0. Dla grupy pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji było to 86,1%, zewnątrztorebkową - 55,6%, a dla pacjentów, którym wszczepiono soczewkę wieloogniskową 86,4%. Po wszczępiu wtórnym żaden pacjent nie osiągnął ostrości wzroku w tym zakresie.

Otrzymane w przeprowadzonych badaniach wyniki są zbieżne z danymi z piśmiennictwa. W pracy Grymin i wsp. we wczesnym okresie pooperacyjnym dobrą ostrość wzroku uzyskało 60% pacjentów [57]. W opracowaniu Alio i wsp. przedstawiono wyniki ostrości wzroku dla pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji, którym wszczepiono soczewki jednoogniskowe i wieloogniskowe. Trzy miesiące po zabiegu średnia skorygowana ostrość wzroku do dali dla grupy pacjentów z soczewkami jednoogniskowymi wyniosła 0,02 (skala LogMAR, co odpowiada ostrości wzroku 0,9 w skali dziesiętnej), a z soczewkami wieloogniskowymi 0,09 (skala LogMAR, co odpowiada ostrości wzroku 0,8 w skali dziesiętnej) [1].

W badaniu Minassiana i wsp. przedstawiono dane z badania pacjentów po zabiegach wykonanych metodami fakoemulsyfikacji i zewnątrztorebkową w czasie rocznej obserwacji pooperacyjnej. Trzy miesiące po zabiegu skorygowaną ostrość wzroku do 6/9 lub lepszą osiągnęło 93% pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji i 80% operowanych metodą ECCE [113].

W badaniach przeprowadzonych przez Taskapili i wsp. średnia skorygowana ostrość wzroku do dali w przypadku wszczepów wtórnych wynosiła 0,69 [170].

Usunięcie zaćmy ze wszczępieniem sztucznej soczewki jest podawane w danych z piśmiennictwa jako czynnik obniżający ciśnienie śródgałkowe. W pracy Issa i wsp. średnie obniżenie ciśnienia śródgałkowego po operacji zaćmy wynosiło 2,55 mmHg [73]. W badanej grupie pacjentów operowanych metodami zewnątrztorebkową i fakoemulsyfikacji spadek ciśnienia śródgałkowego był mniejszy i wynosił 0,3 mmHg (z 17,6 do 17,3 mmHg).

W opracowaniu Mansbergera i wsp. operacja zaćmy została uznana za czynnik obniżający ciśnienie śródgałkowe w grupie pacjentów z nadciśnieniem ocznym [106].

Inaczej jest w przypadku wszczepu wtórnego. W grupie badanych pacjentów, u których dokonano wszczepu wtórnego średnie ciśnienie śródgałkowe po zabiegu wzrosło w 4 z

sześciu operowanych oczu (66,7%) – jest to wyższy odsetek niż w opracowaniu Taskapili i wsp., w którym autorzy podają, że wzrost ten nastąpił w 10% oczu [170].

### **7.3. Wynik refrakcyjny**

Przeprowadzone w tej pracy badania wyniku refrakcyjnego z uwzględnieniem rodzaju zabiegu pozwoliły na określenie wartości MAE dla oczu krótkowzrocznych na 1,70 D; dla oczu operowanych metodami zewnątrztorebkową i fakoemulsyfikacji odpowiednio 1,07 i 0,62 D. Dla oczu z wszczepioną soczewką wieloogniskową bezwzględny średni błąd wyniósł 0,47, a dla oczu w których dokonano wszczepu wtórnego 1,60 D. Po analizie odsetka oczu z bezwzględnym błędem pooperacyjnym zawartym w poszczególnych przedziałach dokładności (0,25 D, 0,50 D i 1,00 D), stwierdzono także najlepszy wynik dla pacjentów ze wszczepem wieloogniskowym - dla przedziału 1,00 D było to 86%, a dla pacjentów ze wszczepem jednoogniskowym 80% (wartości zaokrąglono). Dla pozostałych badanych grup wyniki były niższe.

Warto zauważyć, że wykorzystanie w przypadku oczu ze wszczepem wieloogniskowym korekcji subiektywnej, a nie obiektywnej nie ma istotnego wpływu na wynik obliczeń. W pracy Dębińskiej - Bis wartość korekcji cylindrycznej dla pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji (bez szwu założonego na ranę pooperacyjną) wyznaczona 90 dni po zabiegu badaniem obiektywnym wyniosła 0,88 D, a badaniem subiektywnym 0,72 D. Wartość korekcji cylindrycznej dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową wyniosła odpowiednio 2,16 D i 2,24 D (wartości po usunięciu szwu rogówkowego) [34].

Najlepszy wynik refrakcyjny odnotowano dla oczu operowanych metodą fakoemulsyfikacji z wszczepioną soczewką wieloogniskową i jednoogniskową. Gorszy wynik refrakcyjny w przypadku oczu operowanych metodą zewnątrztorebkową wynika ze znacznego astygmatyzmu pooperacyjnego, który zmniejsza się w czasie, ale w chwili badania, mimo usuniętego szwu rogówkowego, miał wpływ na wynik. Występowanie znacznie mniejszego astygmatyzmu pooperacyjnego w metodzie fakoemulsyfikacji opisują liczni autorzy [52, 79, 91, 110, 158, 189]. Warto też zauważyć, że astygmatyzm pooperacyjny zmniejsza się w czasie i różnica w późnym wyniku refrakcyjnym między metodami zanika [79, 91, 158]. Szczegółową analizę zmiany pooperacyjnego astygmatyzmu rogówkowego w czasie przeprowadziła w swej pracy Dębińska – Bis. Podaje ona w badaniu 90 dni po zabiegu wartość astygmatyzmu pooperacyjnego rogówkowego 0,77 D dla pacjentów operowanych

metodą fakoemulsyfikacji (bez zakładania szwu na ranę pooperacyjną) i 1,64 D dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową (wartość po usunięciu szwu rogówkowego) [34].

Także w przypadku wszczepów wtórnych stwierdzono w przeprowadzonym badaniu znaczną wartość korekcji cylindrycznej po operacji, co wpłynęło na zwiększenie MAE.

Z powyższych danych wynika, że najlepszy wynik refrakcyjny osiągnięto w grupie oczu operowanych metodą fakoemulsyfikacji. W przypadku oczu krótkowzrocznych czynnikiem zwiększającym MAE może być budowa gałki ocznej i związane z nią trudności w wykonaniu biometrii – rozważania na ten temat zostaną przeprowadzone w dalszej części pracy. W przypadku wszczepów wtórnych z fiksacją twardówkową przyczyną dużego MAE może być pochylenie i decentracja wszczepionej soczewki, a także spłylenie komory przedniej [61].

Analizowano wynik refrakcyjny w zależności od długości gałki ocznej, próbując tym samym ustalić w jakim przedziale długości gałek ocznych zastosowana formuła obliczeniowa SRK/T jest najdokładniejsza. Takiej analizie poddano grupę pacjentów ze wszczepioną soczewką jednoogniskową operowanych metodami fakoemulsyfikacji i zewnątrztorebkową. Przy analizie tej obserwowano, że dla zakresów długości gałek ocznych 21,50-21,99; 22,00-23,49 i 23,50-25,99 mm liczba badanych oczu była największa. Oceniano średni bezwzględny błąd czyli średnią bezwzględnych wartości poszczególnych odchyleń. Odchyleniem była różnica między rzeczywistym pooperacyjnym ekwiwalentem sferycznym z badania obiektywnego, a zakładanym wynikiem refrakcyjnym z przed operacji. Średni bezwzględny błąd przyjęto jako parametr lepiej opisujący wynik refrakcyjny zabiegu, niż średnia pooperacyjna refrakcja, albowiem w tym drugim przypadku wartości ujemne i dodatnie odchylenia znoszą się wzajemnie. Rozważania na temat tego zagadnienia przeprowadził w swej pracy Hoffer [66].

Najmniejszy MAE uzyskano dla zakresu długości oczu 23,50-25,99 mm, dla którego był on równy 0,67 D. Dla zakresu 21,50-21,99 wyniósł on 0,70 D, a dla zakresu 21,00 – 21,49 mm był równy 0,93 D. Dla oczu o długościach w zakresie 22,00-23,49 MAE wyniósł 0,96 D, a dla oczu o długościach 20,00-20,99 był równy 1,11 D. Największy MAE odnotowano w zakresie długości powyżej 26,00 mm.

Dla zakresu długości gałki ocznej powyżej 26,00 mm w przeprowadzonym badaniu bezwzględny średni błąd jest największy. Trzeba jednakże zauważyć, że liczba oczu w tym zakresie była najmniejsza i nie osiągnięto progu istotności statystycznej. W tej grupie oczu

analizowane były 2 przypadki, dla których w całej badanej grupie błąd bezwzględny był największy i przekraczał 4,00 D.

Rozważania dotyczące zastosowania poszczególnych formuł obliczeniowych dla określonych zakresów długości gałek ocznych były prowadzone przez licznych badaczy [6, 37, 66, 120].

Dane dotyczące analizy największej liczby badanych oczu w jednym opracowaniu (8108, w tym 608 z biometrią poniżej 22,00 mm, 340 z biometrią powyżej 26,00mm) przedstawił Aristodemou i wsp. W opracowaniu tym przedstawiono obliczenia MAE dla formuł Hoffer Q, Holladay 1 i SRK/T dla kilkunastu zakresów długości gałki ocznej w odniesieniu do pooperacyjnego subiektywnego ekwiwalentu sferycznego i przy użyciu optymalizowanych stałych soczewek. Biometrię wykonywano biometrem optycznym, a pacjentów operowano metodą fakoemulsyfikacji [6].

W tejże pracy dla oczu o długościach 20,00 – 20,99 mm najniższy średni bezwzględny błąd był dla formuły Hoffer Q (0,46 D dla soczewki Sofport i 0,76 D dla soczewki Akreos Fit; przy czym dla soczewki Akreos Fit dane nie były istotne statystycznie), a dla oczu o długościach 21,00-21,49 mm formuły Hoffer Q i Holladay 1 mają niższy MAE niż SRK/T (odpowiednio: 0,47 D; 0,47 D; 0,57 D dla soczewki Sofport, i 0,55 D; 0,50 D; 0,56 D dla soczewki Akreos Fit; przy czym dla soczewki Akreos Fit dane nie były istotne statystycznie). W opracowaniu Aristodemou różnice w MAE dla zakresu długości 21,50 – 21,99 mm nie były istotne statystycznie. Podobnie jak dla wszystkich podzakresów długości gałki ocznej od 22,00 mm do 26,99 mm, z następującymi wyjątkami:

- dla soczewki Sofport w zakresie 22,00 – 22,49 mm najmniejszy MAE (0,39 D) był dla formuły SRK/T;
- dla soczewki Sofport w zakresie 25,00 do 25,49 mm najmniejszy MAE (0,41 D) obliczono dla formuły Holladay 1;
- dla soczewki Akreos Fit w zakresie 23,50 – 23,99 mm najmniejszy MAE (0,36 D) zanotowano dla formuły Holladay 1 [6].

W kolejnych zakresach długości gałek ocznych 27,00 – 27,99 mm i 28,00 - 28,99 mm i powyżej 30 mm dla soczewki Sofport MAE był najniższy dla formuły SRK/T (odpowiednio: 0,37 D, 0,33 D i 0,54 D) i był to wynik istotny statystycznie. Dla długości 29,00 do 29,99 różnice nie były istotne statystycznie. Dla soczewki Akreos Fit w zakresie długości 27,00 –



27,99 mm najmniejszy MAE był dla formuły SRK/T i wyniósł 0,24 D. Dla dłuższych oczu nie przeprowadzono obliczeń, ze względu na niewielką liczbę przypadków [6].

We wnioskach z tego opracowania badacze określają jako najlepszą formułę Hoffer Q dla zakresu AL 20,00 – 20,99. Dla zakresu 21,00 – 21,49 mm formuły Hoffer Q i Holladay 1, a formułę SRK/T dla zakresu AL 27,00 mm i więcej [6].

W pracy Hoffer'a MAE dla wszystkich oczu wyniósł dla formuł Holladay 2, Holladay 1, Hoffer Q i SRK/T odpowiednio 0,55; 0,43; 0,45; 0,44 D. Badacz ten dokonał potem analizy MAE w poszczególnych zakresach długości gałek ocznych dla każdej z formuł. Dla formuły SRK/T podał on następujące wartości MAE dla poszczególnych zakresów długości oczu:

- poniżej 22,00 mm – 0,83 D;
- 22,00 – 24,49 mm – 0,46 D;
- 24,50 – 26,00 mm – 0,35 D;
- powyżej 26,00 mm – 0,44 D.

Także w tej pracy zauważalny jest trend zmniejszania się MAE dla formuły SRK/T dla rosnących długości gałek ocznych [66].

W pracy Narvaeza i wsp. poddano analizie formuły Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2 i SRK/T. Analizowano MAE w odniesieniu do pooperacyjnego ekwiwalentu sferycznego względem długości gałki ocznej i dla dwóch różnych typów soczewek wewnątrzgałkowych w trzech grupach – wszystkie operowane oczy razem i po jednej grupie dla każdego wszczepianego typu soczewki. Dla wszystkich oczu MAE wyniósł, dla podanych powyżej formuł, odpowiednio 0,53; 0,52; 0,53; 0,53 D. Dla formuły SRK/T w zależności od długości gałki ocznej MAE wyniósł:

- poniżej 22,00 mm – 0,77 D;
- 22,00 – 24,49 mm – 0,52 D;
- 24,50 -26,00 mm – 0,49 D;
- powyżej 26,00 mm – 0,55 D.

Badacze we wnioskach stwierdzają, że nie ma różnicy w dokładności w obliczeniach mocy wszczepu wewnątrzgałkowego przy użyciu analizowanych przez nich formuł dla żadnego z zakresów długości gałki ocznej. Jednakże również w tym opracowaniu można zauważyć, że

MAE przy użyciu formuły SRK/T jest dla oczu dłuższych niż przeciętne mniejszy niż dla oczu o krótkich osiach [120].

W dyskutowanej pracy Aristodemou i wsp. formuła SRK/T jest określona jako obarczona najmniejszym bezwzględnym średnim błędem dla gałek ocznych o długości powyżej 27,00 mm [6]. W powoływanej pracy Hoffer MAE jest najmniejszy dla tej formuły w zakresie długości 24,50 -26,00 mm [66]. W przeprowadzonych badaniach można zauważyć ogólną tendencję, że dla rosnących zakresów długości gałek ocznych od 20,00 do 25,99 mm, przy użyciu formuły SRK/T średni bezwzględny błąd maleje. Najmniejszy jest dla zakresu 23,50-25,99 mm.

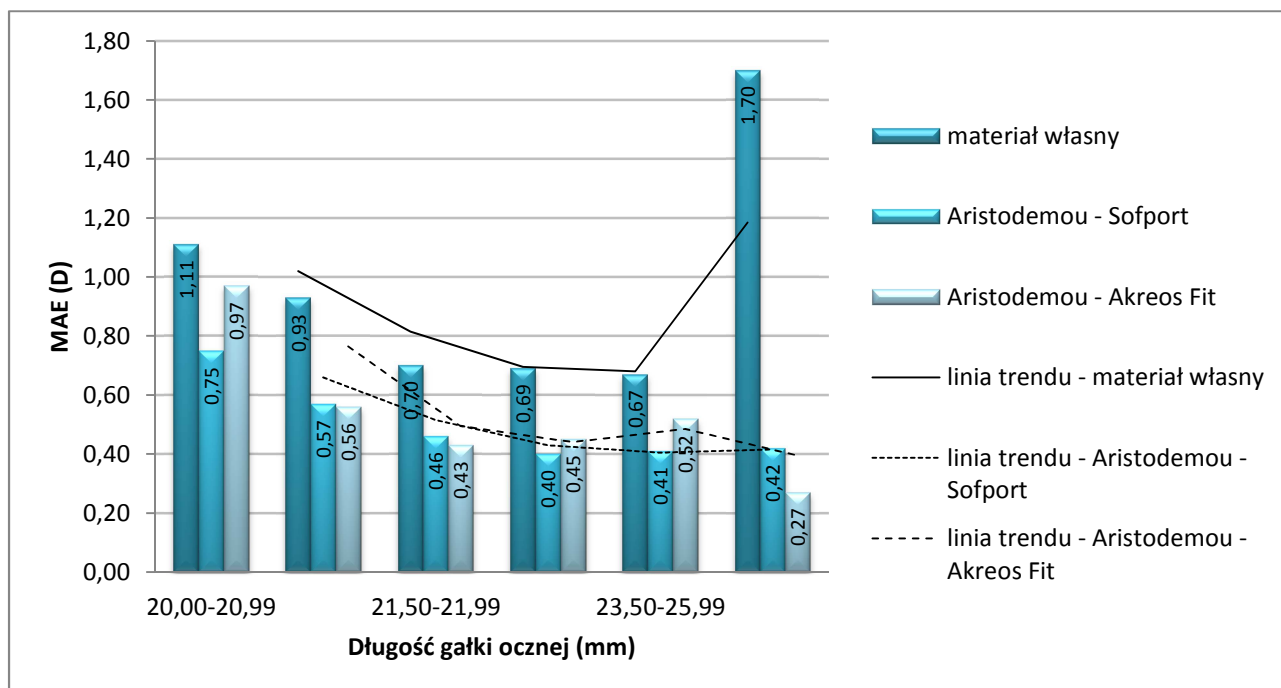
W przeprowadzonych badaniach dla gałek ocznych dłuższych niż przeciętne użycie formuły SRK/T obarczone jest mniejszym potencjalnym błędem, niż dla gałek ocznych o osiach przeciętnych i krótkich. Trudno jest wyznaczyć graniczną długość gałki ocznej, dla której należałoby rozważać użycie przede wszystkim formuły SRK/T. Na podstawie otrzymanych wyników za graniczną długość można przyjąć 23,50 mm. W swej pracy Hoffer stwierdza, że będzie tej formuły używał dla oczu o długości powyżej 26,00 mm, ale na podstawie uzyskanych wyników może zalecić ją też do oczu o długości od 24,50 mm [66]. W pracy Aristodemou i wsp. zalecane jest użycie formuły SRK/T dla oczu o długości od 27,00 mm [6]., a w opracowaniu Donoso i wsp. od 28,00 mm [37].

Także w opracowaniu Szaflika i wsp. dotyczącym użycia różnych formuł do kalkulacji mocy wszczepów w oczach nadwzrocznych, o osiach krótszych niż przeciętne, rekomendowane są formuły Holladay i Hoffer Q, a nie SRK/T. Ponadto autorzy podkreślają istotność pomiarów głębokości komory przedniej. Jeśli nie można ich dokonać, autorzy zalecają zwrócenie szczególnej uwagi na dokładność wykonywania biometrii [166]. Zwraca się też uwagę na możliwość wystąpienia odchylenia refrakcji pooperacyjnej od zakładanej rzędu 3 D. W powołanym powyżej opracowaniu Kałużny i wsp. podkreślają wagę analizy retrospektywnej dokonywanej przez danego operatora i wykorzystanie jej do poprawy wyniku refrakcyjnego [81].

Zagadnieniem wymagającym szczególnej uwagi jest obliczenie mocy soczewki wewnątrzgałkowej w oczach o dłuższych niż 26,00 mm. W większości powoływanych opracowań formuła SRK/T jest zalecana dla gałek ocznych o osiach długich. W przeprowadzonych badaniach dla zakresu długości 26,00 mm i powyżej, średni bezwzględny

błąd jest największy, co więcej jest istotnie większy niż podawany w cytowanych opracowaniach.

Na Rycinie 22. przedstawiono odniesienie uzyskanych wyników do rezultatów otrzymanych dla największej podawanej w literaturze liczby oczu przez Aristodemou (dla formuły SRK/T i soczewki Sofport oraz soczewki Akreos Fit). Podzakresy długości gałek ocznych z badania Aristodemou połączone w zakresy takie, jak użyte w tej pracy, uśredniając wartości MAE.



**Rycina 22. Odniesienie wyników własnych do wyników z badań Aristodemou i wsp.**

Przebieg linii trendu jest zbliżony dla wszystkich zakresów długości gałki ocznej - MAE maleje wraz ze wzrostem długości gałki ocznej, z wyjątkiem gałek ocznych najdłuższych. MAE jest mniejszy w pracy Aristodemou i wsp., ale wynika to z użycia biometrii optycznej oraz optymalizacji stałych soczewek. Jak wspominałem powyżej szczególną uwagę należy zwrócić na biometrię w oczach najdłuższych, gdzie źródłem błędu pomiaru może być między innymi budowa gałki ocznej – występowanie garbiaka tylnego. W opracowaniach dotyczących operacji zaćmy w wysokiej krótkowzroczności – dla oczu o długich osiach - jest np. sugerowane wykonanie badania ultrasonograficznego w projekcji B celem ustalenia położenia garbiaka tylnego [185]. W swej pracy Haigis stwierdza, że dla oczu o nadmiernie długich osiach korzyść z wykorzystania do pomiarów przedoperacyjnych biometru optycznego jest szczególnie duża [59]. Podobnie Dmitriew i wsp. w swej pracy podają, że u

chorych z wysoką krótkowzrocznością i garbiakami tylnymi twardówki biometria optyczna jest dokładniejsza niż akustyczna. Wynika to z pomiaru w osi widzenia, a nie osi anatomicznej, co często się zdarza przy zastosowaniu biometru ultradźwiękowego. U pacjentów z osiami dłuższymi niż 30 mm można dzięki zastosowaniu biometru optycznego uniknąć błędów refrakcyjnych rzędu 5-7D [36]. Podobnie zalety użycia biometru optycznego w oczach o nadmiernie długich osiach podkreśla Holladay, stwierdzając, że spotkał się z błędami refrakcyjnymi rzędu 3-4 D spowodowanymi wykorzystaniem do pomiarów biometru akustycznego [70].

Także z moich badań i analizowanych opracowań wynika występowanie tendencji do zmniejszania się MAE dla formuły SRK/T dla rosnących długości oczu. Dla oczu najdłuższych duża wartość MAE nie osiągnęła w tym badaniu progu istotności statystycznej.

Powyższe rozważania pozwalają na stwierdzenie, że przy użyciu biometrii ultradźwiękowej kontaktowej wykonywanej przez osoby z odpowiednim doświadczeniem wyniki refrakcyjne nie odbiegają istotnie od uzyskiwanych innymi metodami. Pojedyncze wyjątki mogą dotyczyć wyników uzyskiwanych dla oczu o długich osiach. W szczególności należy podkreślić, że w warunkach oddziału okulistycznego, poddawani są często operacji pacjenci z zaawansowanym stadium zmętnienia soczewki, które uniemożliwia wykonanie biometrii optycznej. Te ograniczenia biometru optycznego podnoszone są w licznych publikacjach [43, 119, 143]. Problematykę wpływu doświadczenia osób wykonujących biometrię ultradźwiękową aplanacyjną na dokładność pomiarów analizował Findl i wsp., dochodząc do wniosku, że osoby z większą praktyką wykonują ją dokładniej [44]. Warto zauważyć, że doświadczenie osób wykonujących pomiary w warunkach oddziału okulistycznego jest duże.

W publikacjach podkreśla się także poprawę wyniku refrakcyjnego w czasie – najlepsze wyniki refrakcyjne osiągane są w ostatnich latach co jest związane z rozwojem technologicznym [85].

Analizując zestawienie liczby oczu mieszczących się w poszczególnych zakresach pooperacyjnego błędu (0,25 D, 0,50 D, 1,00 D) dla danych zakresów długości gałki ocznej, warto je odnieść do wyników uzyskanych w powoływanym już powyżej opracowaniu Aristodemou i wsp. Uzyskał on większe liczby oczu (a tym samym i wartości procentowe) w poszczególnych przedziałach dokładności dla formuły SRK/T (z wyjątkiem przedziału  $\pm 0,25$  D, dla zakresu długości osi 20,00 – 20,99 mm, dla soczewki Akreos Fit). Np. dla długości gałki ocznej 22,00 – 23,49 mm, w przeprowadzonych badaniach zawarte było w

poszczególnych przedziałach dokładności odpowiednio (wartości zaokrąglono): 28, 51, 75% operowanych oczu. W badaniach Aristodemou i wsp. dla soczewki Sofport (wartości uśrednione z trzech podzakresów) zawarte było odpowiednio: 43, 71, 94% oczu; a dla soczewki Akreos Fit odpowiednio 39, 69, 92%. We wnioskach z tego opracowania autorzy podają, że przy użyciu optymalizowanych stałych dla wszczepów można osiągnąć wyniki refrakcyjne z odsetkiem oczu w wysokości 40%, 75%, 95% w zakresie dokładności odpowiednio  $\pm 0,25$  D,  $\pm 0,50$  D i  $\pm 1,00$  D [6].

Powyższe różnice wynikają przede wszystkim z użycia biometrii optycznej i optymalizowanych stałych soczewek przez Aristodemou i wsp. oraz tego, że w grupie badanych znaleźli się także pacjenci po operacji metodą zewnątrztorbkową.

Kolejnym analizowanym przeze mnie zagadnieniem była próba ustalenia czy uwzględnienie przy obliczaniu mocy wszczepianej soczewki do drugiego oka wyniku refrakcyjnego oka pierwszego poprawi wynik refrakcyjny drugiej operacji. Poddane analizie oczy były operowane metodami zewnątrztorbkową i fakoemulsyfikacji oraz wszczepiono do nich ten sam typ soczewki jednoogniskowej. Poszczególne pary oczu były operowane przez tego samego operatora. Jako współczynnik korekcji przyjęto kolejno całą wartość błędu refrakcyjnego z operacji pierwszego oka, jego połowę i jedną czwartą.

Zastosowanie jako współczynnika korekcji całego błędu refrakcyjnego z operacji pierwszego oka spowodowało wzrost MAE z 0,81 do 1,00 D. Zastosowanie połowy i jednej czwartej błędu refrakcyjnego z pierwszej operacji jako współczynnika korekcji przy operacji drugiego oka pozwoliło na obniżenie MAE do odpowiednio 0,76 i 0,72 D.

Wnioskuje więc, że zastosowanie całego błędu refrakcyjnego z operacji pierwszego oka jako współczynnika korekcji przy obliczaniu mocy wszczepu do drugiego oka nie prowadziło do poprawy wyniku refrakcyjnego. Do podobnych wniosków doszli w swej pracy Jabbour i wsp. [74]. Natomiast inni badacze osiągnęli poprawę wyniku refrakcyjnego stosując jako współczynnik korekcji przy obliczaniu mocy wszczepu do drugiego oka część błędu refrakcyjnego z pierwszej operacji. Covert i wsp. w swym opracowaniu podają, że uwzględnienie 50% błędu refrakcyjnego z pierwszej operacji pozwala na poprawienie wyniku refrakcyjnego operacji drugiego oka. Autorzy ci podają następujące wartości MAE dla operacji drugiego oka:

- 0,44 D w przypadku nie uwzględniania wyniku refrakcyjnego operacji pierwszego oka;
- 0,42 D przy uwzględnieniu całego błędu refrakcyjnego pierwszej operacji;
- 0,36 D przy uwzględnieniu 50% tego błędu [32].

Również Aristodemou i wsp. zaleca użycie jako współczynnika korekcji 50% wartości błędu refrakcyjnego z operacji pierwszego oka [5].

Podobne wnioski uzyskał Olsen, który przedstawił różne współczynniki do obliczenia skorygowanego wyniku refrakcyjnego operacji drugiego oka w zależności od użytej formuły obliczeniowej. Współczynniki te to 0,56; 0,38; 0,27 odpowiednio dla formuł SRK II, SRK/T i Olsena [128]. Również w swym opracowaniu podobną wartość korekcji przy obliczaniu soczewki do drugiego oka podają Jivrajka i wsp. [78].

Uzyskane w przeprowadzonych badaniach wyniki i analiza literatury pozwala na stwierdzenie, że uwzględnienie części błędu refrakcyjnego z operacji pierwszego oka jako współczynnika korekcji przy obliczaniu mocy wszczepu do drugiego oka pozwala na poprawę wyniku refrakcyjnego. Powyższa modyfikacja uwzględnia wewnątrzgałkowe położenie soczewki po operacji [128].

#### **7.4. Wrażliwość na kontrast**

Ostatnim zagadnieniem związanym z oceną parametrów narządu wzroku u pacjentów po operacji zaćmy było porównanie wrażliwości na kontrast u pacjentów, którym wszczepiono soczewki jednoogniskowe i wieloogniskowe. U badanych pacjentów nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy między wrażliwością na kontrast oczu z wszczepionymi soczewkami jednoogniskowymi i wieloogniskowymi. Wartości wrażliwości na kontrast wyniosły 1,75 dla soczewek jednoogniskowych i 1,83 dla soczewek wieloogniskowych. Brak istotnej statystycznie różnicy pomiędzy soczewkami jednoogniskowymi i wieloogniskowymi podają także inni badacze. Alio i wsp. porównywali ten sam typ soczewki wieloogniskowej, który był użyty w przeprowadzonych badaniach, z inną niż użyta w tych badaniach soczewką jednoogniskową i nie stwierdzili istotnych statystycznie różnic we wrażliwości na kontrast w warunkach oświetlenia fotopowego i mezopowego [1]. Niewielkie obniżenie wrażliwości na kontrast dla wysokich częstotliwości przestrzennych po implantacji tego typu soczewki stwierdzili w swych badaniach Garate i wsp. [49]. Dla innych typów soczewek wieloogniskowych badania przeprowadzili m. in. Zeng i wsp., czy Vingolo i wsp., którzy

stwierdzili u pacjentów ze wszczepioną soczewką wieloogniskową obniżenie wrażliwości na kontrast w stosunku do pacjentów ze wszczepioną soczewką jednoogniskową [175, 187].

## **7.5. Jakość życia**

U pacjentów operowanych jednostronnie nie stwierdzono istotnych zmian w samoocenie stanu ogólnego. Wartości punktowe tej samooceny były zbliżone lub takie same przed i po zabiegu.

Dla tych pacjentów wartość punktowa samooceny widzenia obuocznego (w wymaganej korekcji) wyniosła przed i po zabiegu 1,57 i 2,33 punktu dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową, a 2,05 i 2,61 punktu dla pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji. Dla pacjentów, u których dokonano wszczepu wtórnego wartości te wyniosły odpowiednio 2,00 i 2,67 punktu, a dla pacjentów, u których dokonano wszczepu wieloogniskowego odpowiednio 1,62 i 2,38 punktu.

Dla pacjentów operowanych jednostronnie przed zabiegiem wartość punktowa problemów z wykonywaniem czynności związanych z widzeniem do dali była tym wyższa, im niższa była ostrość wzroku lepszego oka do dali danego pacjenta. Najwyższa była dla ostrości wzroku gorszych niż 0,1 i wynosiła 8,00 punktów.

Podobnie było z wartością punktową problemów do bliży przed zabiegiem – była najwyższa dla pacjentów z najśłabszą ostrością wzroku. Dla zakresu ostrości wzroku do bliży 1,5/30 – 3,0/30 i wynosiła 12,83 punktu. Dla pacjentów, którzy nie byli w stanie przeczytać z bliska optotypów 3,0/30 wartość ta wynosiła 12,19 punktów.

Analizując dane jako średnie wartości punktowe problemów podawanych przez pacjentów ( $n_0=167$ ) otrzymujemy następujące dane. Wartość punktowa wyniosła dla czynności związanych z widzeniem do bliży 4,79 punktu przed operacją i 1,89 punktu po operacji, dla czynności związanych z widzeniem do dali odpowiednio 2,04 i 0,46 punktu. Dla samodzielnej egzystencji i narażenia na urazy wartości te wyniosły odpowiednio 0,38 i 0,00 punktu.

Przy wyodrębnieniu pacjentów operowanych metodami zewnątrztorbkową i fakoemulsyfikacji otrzymujemy następujące dane. Wartości punktowe problemów związanych z patrzeniem do bliży dla pierwszej grupy pacjentów to odpowiednio 7,76 i 3,29 punktu, a dla drugiej 4,30 i 1,68. Wartość punktowa problemów z patrzeniem do dali

wynosiła dla pacjentów operowanych metodą zewnątrztołeczkową odpowiednio 4,05 i 1,38 punktu przed i po zabiegu. A dla pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji odpowiednio 1,68 i 0,35 punktu.

Dane dla pacjentów ze wszczepem wtórnym wyniosły dla czynności związanych z widzeniem do bliży przed operacją 2,83 punktu i po operacji 1,33 punktu. Dla czynności związanych z widzeniem do dali odpowiednio 0,33 i 0,17 punktu. Pacjenci z tej grupy nie podawali ograniczeń w samodzielnej egzystencji i narażenia na urazy, ze względu na stan narządu wzroku. Dane dla tej grupy nie osiągnęły progu istotności statystycznej. Wartości punktowe problemów dla pacjentów ze wszczepami wieloogniskowymi były zbliżone do podawanych przez pacjentów ze wszczepami jednoogniskowymi i wynosiły np. dla czynności związanych z widzeniem do bliży 5,00 punktu przed operacją i 1,77 punktu po operacji.

27% pacjentów przed operacją pierwszego oka usiłowało wspomóc patrzenie do bliży używając lupy. Przy czym zaznaczyć należy, że nie korzystali oni z lupy dobranej indywidualnie do potrzeb, tylko kupionej samodzielnie bądź przez członka rodziny.

Wartość punktowa problemów związanych z samodzielną egzystencją i narażeniem na urazy rosła przy spadku ostrości wzroku, osiągając wartość 2,92 punktu dla ostrości wzroku równej i gorszej niż 0,1. Średnie wartości punktowe problemów dla tej sfery życia wynosiły przed operacją 0,38 dla wszystkich pacjentów, a 1,29 i 0,23 dla wyodrębnionych grup pacjentów operowanych odpowiednio metodą zewnątrztołeczkową i fakoemulsyfikacji.

Dokonano także osobnej analizy danych dotyczących pacjentów, którzy doznali urazu ze względu na stan narządu wzroku. Wszyscy pacjenci z ostrością wzroku lepszego oka równą lub gorszą niż 0,1 deklarowali uraz spowodowany stanem narządu wzroku (12 pacjentów). 8 z 18 pacjentów z ostrością wzroku lepszego oka równą 0,2 również podało wystąpienie takich urazów.

Następnie poddano analizie dane dotyczące pacjentów operowanych obustronnie.

Wartość punktowa samooceny ogólnego stanu zdrowia była na podobnym poziomie przed i po pierwszym zabiegu oraz po drugim zabiegu. Wartość punktowa samooceny widzenia obuocznego (w wymaganej korekcji) wyniosła odpowiednio 1,97; 2,59; 2,86 punktu.

Wartości punktowe problemów przed operacją są zbliżone do wyników dla wcześniej omawianej grupy pacjentów operowanych jednostronnie. I także rosła przy spadku ostrości



wzroku lepszego oka do dali i bliży. Wartość punktowa problemów związanych z widzeniem do dali wynosi 7,33 punktu dla ostrości wzroku równych i gorszych niż 0,2. Dla widzenia do bliży wartość punktowa problemów dla ostrości wzroku poniżej 2,0/30 wynosi 12,33 punktu.

Dla widzenia do dali dla zakresów ostrości wzroku 0,5-0,6; 0,7-0,8 i 0,9-1,0 wartości punktowe problemów wynoszą:

- po operacji pierwszego oka odpowiednio 1,50; 0,64; 0,23 punktu;
- po operacji drugiego oka odpowiednio 0,50; 0,40; 0,00 punktu.

Dla widzenia do bliży wszyscy pacjenci po operacji zarówno pierwszego jak i drugiego oka mieli ostrość wzroku do bliży równą 0,5/30. Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży po operacji pierwszego oka wyniosła 2,04 punktu, a po operacji drugiego 0,8 punktu.

Wartość punktowa problemów dotyczących sfery samodzielnej egzystencji – wyniosła 1,67 punktu dla ostrości wzroku równych i gorszych niż 0,2.

Wszyscy pacjenci z ostrością wzroku 0,1 i gorszą deklarowali wystąpienie urazu spowodowanego stanem narządu wzroku (3 pacjentów). 3 z 6 pacjentów z ostrością wzroku 0,2 deklarowało wystąpienie takiego urazu.

Średnie wartości punktowe problemów ulegały znacznemu obniżeniu po pierwszej operacji i dalszemu spadkowi po drugiej operacji. I wynosiły dla czynności związanych z widzeniem do dali 2,41; 0,43 i 0,11 punktu przed operacją pierwszego oka, po operacji pierwszego oka i po operacji drugiego oka odpowiednio. Dla czynności związanych z widzeniem do bliży wartości wynosiły odpowiednio 5,14; 2,04 i 0,8 punktu.

Z analizy zależności wartości punktowej problemów od ostrości wzroku wysnuć należy wniosek, że zaćma upośledza nie tylko ostrość wzroku, ale też funkcjonowanie pacjenta i to w stopniu proporcjonalnym do spadku ostrości wzroku. Pacjenci z najbardziej ograniczoną ostrością wzroku narażeni są nie tylko na problemy z wykonywaniem takich czynności jak oglądanie telewizji czy czytanie, ale też z bardzo dużym ryzykiem wystąpienia urazów spowodowanych nieprawidłowym funkcjonowaniem układu wzrokowego. Jakość życia tych pacjentów jest więc w znacznym stopniu ograniczona. Jej istotna poprawa następuje po operacji zaćmy. Dla pacjentów operowanych obustronnie występuje też dodatkowa, stosunkowo niewielka poprawa po operacji zaćmy drugiego oka.

Z odpowiedzi na pytania dotyczących dolegliwości pooperacyjnych wynika, że dyskomfort związany z widzeniem po zabiegu był nieznacznie wyższy dla metody zewnątrztorbkowej niż fakoemulsyfikacji – odpowiednio 2,05 i 1,95 punktu. Dolegliwości bólowe w całym okresie pooperacyjnym były istotnie większe u pacjentów po operacji metodą zewnątrztorbkową niż operowanych metodą fakoemulsyfikacji – odpowiednio 2,96 i 1,84 punktu. Znacznie wyższy był też w przypadku metody zewnątrztorbkowej odsetek pacjentów, którzy mieli uczucie obecności ciała obcego pod powiekami, łzawienie czy skośne zniekształcenie obrazu po zabiegu. Subiektywna ocena poprawy widzenia była zbliżona w obu grupach, natomiast pacjenci operowani metodą zewnątrztorbkową deklarowali znacznie wyższy wzrost aktywności życiowej – 3,65 punktu, niż operowani metodą fakoemulsyfikacji – 2,92 punktu.

Płachecka i Malukiewicz dokonywały badań ankietowych pacjentów w chwili zapisywania ich na listę oczekujących na operację zaćmy, dzień przed operacją i 6-8 tygodni po operacji. W swej pracy przyjęły taki system oceny, że wyższa wartość punktowa odpowiadała lepszej jakości życia. Średnia suma punktów w poszczególnych badaniach wyniosła odpowiednio 54,10; 38,72 i 66,60. A więc w czasie oczekiwania na zabieg jakość życia obniża się [139]. W czasie oczekiwania na operację zaćmy obniżała się także ostrość wzroku, co w swej pracy podają Leinonen i Laatikainen[90]. Jest to zgodne z otrzymanym wnioskiem, że upośledzeniu ostrości wzroku towarzyszy obniżenie jakości życia. Przy czym im słabsza ostrość wzroku, tym obniżenie jakości życia większe. Podobnie jak w uzyskanych danych, tak i w badaniach Płacheckiej po operacji zaćmy następuje znaczna poprawa jakości życia.

W ciekawym i rozbudowanym badaniu przeprowadzonym wśród pacjentów przebywających w domach opieki, a dotyczącym zmian w jakości życia po operacji zaćmy przeprowadzonym przez Owsley i wsp. wykorzystano trzy różne kwestionariusze. Pierwszym z nich był Nursing Home Vision-Targeted Health-Related Quality of Life Questionnaire (NHVQoL) [132]. Kwestionariusz został skonstruowany specjalnie w celu oceny wpływu upośledzenia widzenia i chorób oczu na jakość życia i stan psychiczny u pacjentów z domów opieki. Narzędzie to może być też użyte w celu oceny wyników terapii psychologicznej i leczenia okulistycznego w tej populacji [38]. Oprócz tego badacze użyli Medical Outcomes Study Short Form - 36 (SF-36) do ogólnej oceny jakości życia związanej ze zdrowiem i VF-14 do oceny codziennych czynności wzrokowych. Po operacji zaćmy stwierdzono u pacjentów znaczną poprawę w zakresie ogólnej samooceny widzenia, czytania, stanu psychicznego i aktywności

społecznej w ankietach NHVQoL i VF-14. Nie stwierdzono istotnych różnic przy użyciu SF-36 [132].

Z kolei w badaniach jakości życia przy wykorzystaniu powołanego wyżej kwestionariusza SF-36, które przed operacją zaćmy i 6 i 18 miesięcy po operacji przeprowadzili Cabezas i wsp., stwierdzono, że operacja ta w istotny sposób poprawia jakość życia [21].

Inny kwestionariusz użyty został w badaniach McGwin i wsp. - Activities of Daily Vision Scale. Także ci badacze stwierdzili u pacjentów istotną poprawę w wykonywaniu zadań wzrokowych po operacji zaćmy [107].

W pracy Chana i wsp. jakość życia poprawiła się u 83,6% pacjentów po zabiegu usunięcia zaćmy, przy czym nie stwierdzono w tej pracy różnic w pozytywnym wpływie na jakość życia między metodą zewnątrztołeczkową i fakoemulsyfikacją [24].

Także we wcześniejszych pracach notowano pozytywny wpływ operacji zaćmy na jakość życia. W pracy Applegate'a i wsp. podawana jest poprawa w zakresie wykonywania wzrokowych czynności życia codziennego [4]. Podobne wnioski zawierają prace Brennera i wsp. i Mangione i wsp. - operacja zaćmy poprawia zarówno widzenie, jak i jakość życia [19, 105].

Warto podkreślić, że ze względu na poprawę ostrości wzroku i jakości życia operacja zaćmy jest wskazana także u pacjentów z innymi patologiami oczu np. wczesnym stadium zwyrodnienia plamki związanego z wiekiem. W pracy Lamoreux i wsp. wykazali, że operacja zaćmy w znacznym stopniu poprawia jakość życia pacjentów z zaćmą i początkowym AMD. Pacjenci po zabiegu deklarowali lepszą jakość życia, w tym poprawę stanu emocjonalnego, samodzielnego funkcjonowania i dostępu do informacji [86]. Podobne obserwacje w swej pracy przedstawił Lundström odnotowując u pacjentów z AMD po operacji zaćmy poprawę zadowolenia z jakości widzenia i zmniejszenie trudności w wykonywaniu czynności życia codziennego [94]. Poprawę jakości życia po operacji zaćmy – w zakresie wykonywania czynności życia codziennego - u pacjentów z zaawansowaną makulopatią odnotował Mallah [101].

Badania dotyczące jakości życia po operacji pierwszego i drugiego oka przeprowadzili między innymi Elliott, Castells i Lundström. W opracowaniu Elliotta poprawa w wykonywaniu określonych zadań wzrokowych jest większa po operacji pierwszego oka, a stosunkowo niewielka po operacji drugiego. Jednak niektóre ważne w codziennym życiu

działania – np. rozpoznawanie twarzy i ich mimiki czy prowadzenie samochodu w nocy, w istotny sposób są wykonywane przez pacjentów lepiej po operacji obustronnej – są wtedy zbliżone do wyników osiągniętych przez pacjentów z grupy kontrolnej – bez chorób oczu [40].

W swym kolejnym badaniu stwierdza on, że operacja zaćmy drugiego oka może być dla pacjentów istotna szczególnie ze względu na poprawę orientacji i zmniejszenie ryzyka upadków [41].

Wniosek o istotnej poprawie jakości życia po operacji zaćmy drugiego oka wyciągają też ze swoich badań Castells i wsp., którzy ocenili wyniki 274 pacjentów podzielonych na dwie grupy – operowanych jednostronnie i obustronnie. W pierwszej grupie wartość punktowa uzyskana po wypełnieniu przez pacjentów ankiety VF-14 wyniosła 89.5 (SD = 15.9), a w drugiej 97.7 (SD = 7.1). Powyższa różnica jest przez autorów uznana za odpowiadającą istotnej zmianie klinicznej [23].

Lundström i wsp. w badaniach przeprowadzonych na ponad 8500 pacjentach przy użyciu kwestionariusza Catquest otrzymali wyniki, które doprowadziły ich do wniosku, że samoocena wyniku funkcjonalnego i satysfakcja z widzenia są lepsze po operacji obustronnej niż jednostronnej [98]. Podobny wniosek znajduje się też w innym opracowaniu tego badacza z użyciem kwestionariusza Catquest, w którym wyższy odsetek pacjentów, we wszystkich przedziałach wiekowych, z wyjątkiem pacjentów od 90 roku życia, podaje większe korzyści z zabiegu po operacji obustronnej niż jednostronnej [97].

Z zebranych danych zawartych w obecnym opracowaniu wynika, że pacjenci zaczynają odczuwać upośledzenie ostrości wzroku lepszego oka do dali za ograniczające ich samodzielne funkcjonowanie dla ostrości wzroku 0,4 i gorszych. A przy spadku tej ostrości do 0,2 i niżej rośnie w istotny sposób narażenie pacjentów na urazy – ulegają oni wypadkom. Są to uderzenia (o futryny drzwi), upadki (najczęściej na krawężnikach i schodach) i obrażenia związane z rozlaniem gorących płynów.

Rozważania dotyczące wpływu stanu narządu wzroku na liczbę upadków i urazów – na przykład złamań są prowadzone w literaturze od wielu lat. W opracowaniu Brannana i wsp. operacja zaćmy jest określona jako efektywna procedura znacznie redukująca ryzyko upadku u pacjentów [18]. Podobnie z metaanalizy dokonanej przez Gillespie i wsp. operacja zaćmy pierwszego oka określona jest jako procedura zmniejszająca liczbę upadków u pacjentów, a operacja drugiego oka jako nie poprawiająca tej statystyki [53]. Z kolei w pracy Felsona i

wsp. dotyczącej wpływu stanu narządu wzroku na ryzyko złamania kości w obrębie stawu biodrowego stwierdzono, że ryzyko to rośnie wraz ze spadkiem ostrości wzroku [42].

W opracowaniu Yamada'y i wsp. ponad 43% pacjentów, którzy przewrócili się, stwierdziło, że ma to związek z upośledzeniem funkcjonowania układu wzrokowego z powodu zaćmy. Podobne stwierdzenie podało ponad 8% pacjentów, którzy brali udział w wypadku drogowym [183].

Przeciwny wniosek postawiono w pracy Desapriva'y i wsp., w której stwierdzono, że operacja zaćmy istotnie poprawia ostrość wzroku, ale nie jest czynnikiem redukującym ryzyko upadku u pacjentów [35].

Zwrócenie szczególnej uwagi na aspekty związane z czytaniem tekstów drukowanych małą czcionką sugerują w swej pracy Płachecka i Malukiewicz[139]. Podobnie w opracowaniu Chana i wsp. podkreślono wśród badanych ogólną tendencję do zgłaszania dolegliwości z czytaniem drobnego druku. Autorzy sugerują wprowadzenie odpowiednich pomocy optycznych, książek i gazet drukowanych większą czcionką [24]. Wysoki, odnotowany w przeprowadzonych badaniach, odsetek pacjentów deklarujących korzystanie z nieprofesjonalnie dobranych pomocy optycznych podkreśla ważkość tego zagadnienia.

W otrzymanych wynikach dyskomfort związany z widzeniem po zabiegu w grupie pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową i fakoemulsyfikacji był podobny, podobnie jak i subiektywna poprawa widzenia po zabiegu. Różnice dotyczyły dolegliwości i wzrostu ich aktywności życiowej. W grupie pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową wartość punktowa zgłaszanych dolegliwości była znacznie wyższa, niż dla fakoemulsyfikacji. Także odsetek pacjentów zgłaszających objawy takie jak łzawienie, uczucie ciała obcego czy skośne zniekształcenie obrazu był wyższy w przypadku metody zewnątrztorbkowej. Zauważyć należy, że mimo to, pacjenci z tej grupy deklarowali znacznie większy wzrost aktywności życiowej po zabiegu oraz mieli wysoką samoocenę widzenia obuocznego w wymaganej korekcji. Powyższe różnice uzasadnia obecność szwu krzyżkowego u pacjentów operowanych metodą zewnątrztorbkową i ich niższa przedoperacyjna ostrość wzroku. Można także stwierdzić, że pomimo pewnych (przejściowych – związanych z obecnością szwu krzyżkowego do chwili jego usunięcia) dolegliwości i niskiej przedoperacyjnej ostrości wzroku poprawa jakości życia, widzenia i wzrost aktywności życiowej po operacji zaćmy u pacjentów z niską przedoperacyjną ostrością wzroku jest duży. Dotyczy to w szczególności pacjentów bez innych istotnych schorzeń pogarszających ostrość wzroku – na

przykład makulopatii. Dla tych pacjentów niska przedoperacyjna ostrość wzroku jest warunkowana istnieniem tylko zaawansowanej zaćmy. W badanej grupie pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową średnia przedoperacyjna ostrość wzroku wynosiła 0,1 i była niższa niż w innych badanych grupach. Niemniej jednak to właśnie Ci pacjenci zadeklarowali największy wzrost aktywności życiowej po zabiegu.

Na podstawie otrzymanych danych można postawić wniosek, że największy wzrost aktywności życiowej po zabiegu występuje w grupie pacjentów z najniższą przedoperacyjną ostrością wzroku, przy braku innych poważnych patologii ograniczających ostrość wzroku operowanego oka.

Z danych literaturowych i przeprowadzonych badań jakości życia wynika, że operacja zaćmy ze wszczepieniem soczewki jest procedurą, która oprócz istotnej poprawy ostrości wzroku podnosi też jakość życia pacjentów. Poprawia się ich samoocena widzenia, a także istotnie zmniejsza liczba problemów we wszystkich zakresach aktywności. Znaczna poprawa jakości życia następuje po operacji pierwszego oka i dalsza, choć mniejsza po operacji drugiego oka. Poprawa ta jest bezpośrednim wynikiem poprawy ostrości wzroku. Procedura ta również w istotny sposób zmniejsza ryzyko wystąpienia u pacjenta urazu.

## 8. Zakończenie

Przeprowadzone przeze mnie badania retrospektywne na grupie 167 pacjentów pozwoliły ocenić wyniki postępowania leczniczego i potwierdzić, że obliczanie mocy wszczepów wewnątrzgałkowych przy użyciu biometrii ultradźwiękowej kontaktowej i formuły SRK/T było właściwe, dzięki czemu osiągnięto dobre wyniki pooperacyjne.

Okazało się, że formuła SRK/T była najdokładniejsza dla oczu w zakresie długości 23,50 do 25,99 mm. Ze wzrostem długości gałki ocznej dokładność tej formuły wzrasta. Dla oczu o osiach dłuższych niż 26 mm użycie biometru ultradźwiękowego powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa błędu w obliczaniu mocy planowanej do wszczęcia soczewki. Spostrzeżenia te są zgodne z wynikami badań innych autorów.

W przypadku błędu refrakcyjnego w pierwszym operowanym oku, zabezpieczeniem dobrego wyniku w drugim oku jest zastosowanie części błędu refrakcyjnego z pierwszej operacji jako współczynnika korekcji. Badanie wrażliwości na kontrast w badanej grupie nie wykazało różnicy wynikającej ze wszczęcia soczewek jednoogniskowych a wielogniskowych.

Zastosowane badania dotyczące komfortu życia udowodniły, że zabieg usunięcia zaćmy ze wszczęciem soczewki sztucznej przywracający wzrok, poprawia choremu jakość życia – przywraca aktywność życiową, eliminuje ryzyko urazów, przywraca zdolność do samodzielnej egzystencji.

Wyniki tych badań podkreślają raz jeszcze, że dokładne obliczanie mocy wszczepianej soczewki daje oczekiwane przez chorego i lekarza efekty, a operacja wcześniej wykonywana nie naraża pacjenta na utratę komfortu życia. Jest to niezwykle ważne nie tylko z punktu widzenia efektu operacji, ale i również od strony ekonomiczno – społecznej.

## 9. Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowana metoda obliczania przedoperacyjnych mocy wszczepów (biometria ultradźwiękowa kontaktowa i formuła SRK/T) była właściwa i pozwalała na osiągnięcie dobrych wyników refrakcyjnych.
2. Dla formuły SRK/T uzyskano najlepszy wynik refrakcyjny dla gałek ocznych w zakresie długości 23,50 do 25,99 mm. Ze wzrostem długości gałki ocznej dokładność tej formuły wzrasta. Formuła ta polecana jest dla gałek ocznych dłuższych niż przeciętne. Wynik refrakcyjny operacji drugiego oka tego samego pacjenta można poprawić stosując jako współczynnik korekcji część błędu refrakcyjnego z pierwszej operacji.
3. Użycie biometru ultradźwiękowego kontaktowego powoduje dla oczu o osiach nadmiernie długich (26,00 mm i więcej) wzrost prawdopodobieństwa wystąpienia znacznego błędu w obliczeniu mocy planowanej do wszczepienia soczewki.
4. Nie stwierdzono różnicy we wrażliwości na kontrast między oczami ze wszczepionymi soczewkami jednoogniskowymi a wieloogniskowymi.
5. Poprawa ostrości wzroku po operacji zaćmy przywraca sprawność życiową, szczególnie tym pacjentom, u których ostrość wzroku lepszego oka do dali jest przedoperacyjnie obniżona do 0,4 i mniej.



## 10. Streszczenie

Zaćma jest chorobą oczu polegającą na zmętnieniu soczewki oka, które prowadzi do obniżenia ostrości wzroku i pogorszenia jakości życia pacjenta. Patomechanizm najczęściej występującej z wiekiem zaćmy jądrowej jest związany ze zwiększonym stresem oksydacyjnym, który powoduje powstanie białek o wysokiej masie cząsteczkowej. To z kolei prowadzi do zmętnienia soczewki, rozproszenia i absorpcji światła skutkujących obniżeniem ostrości wzroku. Choroba ta dotyczy coraz większej liczby pacjentów, co jest związane ze starzeniem się populacji. Jej skuteczne leczenie jest możliwe tylko operacyjnie. Stosowane są dwie metody wykonania tego zabiegu. Fakoemulsyfikacja, w czasie której jądro soczewki rozdrabniane jest przy użyciu ultradźwięków i odsysane przez cięcie o wielkości około 2-3 mm. Przez ten port następuje też wszczepienie soczewki zwijalnej. Zewnątrztorebkowe usunięcie soczewki polega na wytoczeniu jądra soczewki w całości przez cięcie około 8-10 mm i wszczepieniu soczewki sztucznej. W Polsce wykonuje się rocznie ponad 170 tysięcy zabiegów usunięcia zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki.

Z przeprowadzaniem operacji zaćmy nierozzerwalnie związana jest konieczność wyboru wszczepu o określonej mocy. Precyzyjne pomiary przedoperacyjne i właściwie przeprowadzone operacje pozwalają na osiągnięcie dobrych wyników refrakcyjnych skutkujących poprawą jakości życia pacjenta. Wybór właściwej mocy soczewki, która ma być wszczepiona danemu pacjentowi wymaga przeprowadzenia pomiarów, z których szczególnie ważnym jest pomiar długości gałki ocznej – biometria. Dostępne są dwie metody wykonania biometrii – optyczna i akustyczna. Pierwsza z nich powinna być stosowana jako metoda z wyboru. Jednak w praktyce nadal w wielu ośrodkach obliczeń dokonuje się metodą ultradźwiękową, szczególnie w przypadku wskazań i konieczności skorzystania z tej metody. Do obliczeń oprócz parametrów uzyskanych z pomiarów niezbędny jest wzór – formuła matematyczna, która pozwoli na wyliczenie mocy wszczepu. Parametrami, które pozwalają na obiektywną ocenę powodzenia zabiegu operacji zaćmy jest ostrość wzroku i, szczególnie w odniesieniu do wszczepów wieloogniskowych, wrażliwość na kontrast. Ponadto coraz większe upodmiotowienie pacjenta w procesie leczenia znajduje też wyraz w częstej ocenie nie tylko obiektywnych wyników postępowania leczniczego, ale też subiektywnych odczuć pacjenta po leczeniu. Przykładem takiej oceny jest badanie jakości życia pacjenta przed i po operacji zaćmy. Procedura ta jest badaniem ankietowym, w czasie którego pacjent udziela informacji dotyczących poszczególnych obszarów swojego funkcjonowania.

Celem pracy była ocena wybranych parametrów narządu wzroku u pacjentów po zabiegu usunięcia zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki z uwzględnieniem dokładności kalkulacji mocy wszczepu dokonanej przed zabiegiem oraz ocena jakości życia u pacjentów po operacji zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki. Do badań zakwalifikowano 167 pacjentów. Wyniki analizowano w określonych grupach pacjentów wyróżnionych ze względu na sposób przeprowadzenia operacji i długość gałki ocznej.

W pracy wykazano lepszy wynik refrakcyjny u pacjentów operowanych metodą fakoemulsyfikacji niż zewnątrztorebkową. Wykazano też, że dokładność formuły SRK/T rośnie wraz ze wzrostem długości gałki ocznej. Przy czym istotnym ograniczeniem w uzyskaniu dobrego wyniku refrakcyjnego dla gałek ocznych najdłuższych jest użycie biometrii ultradźwiękowej. Wykazano też, że wykorzystanie jako współczynnika korekcji części błędu refrakcyjnego z operacji pierwszego oka pozwala na poprawę wyniku refrakcyjnego operacji drugiego oka. Ocena wrażliwości na kontrast po zabiegu nie wykazała istotnej statystycznie różnicy między soczewkami jednoogniskowymi a wieloogniskowymi.

W badaniu wykazano istotną poprawę jakości życia po operacji zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki bez względu na sposób usunięcia zmętniałej soczewki. U pacjentów operowanych obustronnie największa poprawa jakości życia występowała po operacji pierwszego oka i dalsza, choć niewielka, po operacji drugiego oka. Największy wzrost aktywności życiowej po zabiegu stwierdzono u pacjentów z najniższą przedoperacyjną ostrością wzroku do dali lepszego oka. Większe dolegliwości pooperacyjne odnotowano u pacjentów operowanych metodą zewnątrztorebkową. Otrzymane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że operacja zaćmy znacznie poprawia jakość życia pacjentów i eliminuje ryzyko urazów spowodowanych stanem narządu wzroku.

## 11. Summary

Title: Evaluation of selected parameters of the eye and the quality of life of patients after cataract surgery

Key words: IOL power calculation, biometry, quality of life

Cataract is an eye disease involving the clouding of the eye's lens, which leads to a reduction of visual acuity and a deterioration in the quality of life of patients. The pathomechanism of the most common age-related nuclear cataract is associated with increased oxidative stress which results in the formation of proteins of high molecular weight. This in turn leads to a lens opacity, light scattering and absorption which decrease visual acuity. The disease affects an increasing number of patients, which is associated with an aging population. Surgery is the only effective treatment. There are two surgical methods. One of them is phacoemulsification during which a lens nucleus is emulsified with an ultrasound handpiece and aspirated through an incision of about 2-3 mm. A foldable lens is implanted also through this port. The second method is extracapsular cataract extraction which involves removing a lens nucleus entirely through an incision of about 8-10 mm and implanting an artificial lens. More than 170,000 cataract extractions with IOL implantation are carried out annually in Poland.

In cataract surgery, it is required to choose an implant with a certain power. Precise preoperative measurements and properly carried out operations give good refractive results improving a patient's quality of life. Choosing the right power of lens to be implanted in a patient requires measurements, and most importantly biometry which involves measuring the length of the eyeball. There are two biometric methods – optical and acoustic. The former should be used as a method of choice. However, in practice, in many centres still calculation is done using the ultrasonic method, especially if there are indications and the need to use this method. In addition to parameters obtained from the measurements, a mathematical formula is required to calculate the power of the implant. The parameters that allow an objective assessment of the success of cataract surgery are visual acuity, and especially for multifocal implants, contrast sensitivity. In addition, the growing empowerment of patients in the treatment process is also reflected in the frequent evaluation of not only the objective results of the treatment, but also the subjective feelings of patients after treatment. An example of such an evaluation is the quality of life assessment in patients before and after cataract surgery. A survey is conducted during which patients give information on different areas of their life.

The aim of this study was to evaluate selected parameters of the eye in patients after cataract surgery with IOL implantation, taking into account the accuracy of the implant power calculation prior to surgery and the quality of life assessment in patients after cataract surgery with IOL implantation. The study involved 167 patients. The results were analysed in specific groups of patients distinguished by the surgical method and the length of the eyeball.

The study showed a better outcome in patients undergoing refractive phacoemulsification than in those after extracapsular surgery. It was also shown that the accuracy of the SRK/T formula increases with the length of the eyeball. An important limitation in obtaining a good refractive result for the longest eyeballs is ultrasound biometry. It was also shown that part of the refractive error in the first eye surgery used as a correction factor can improve the refractive result of the other eye surgery. The estimation of contrast sensitivity after surgery showed no statistically significant difference between the monofocal and multifocal lenses.

The study showed a significant improvement in quality of life after cataract surgery with IOL implantation regardless of the cataract removal method. In patients undergoing bilateral surgery, the greatest quality of life improvement occurred after the first eye surgery and then, albeit to a smaller extent, after the second eye surgery. The largest increase in active life after treatment was observed in patients with the lowest preoperative visual acuity for distance in the better eye. Higher postoperative pain was reported in patients treated with the extracapsular method. The results lead to a conclusion that cataract surgery significantly improves the quality of life of patients and eliminates the risk of injury caused by the state of the eye.

## 12. Spis Rycin

1. Wartość średniego bezwzględnego błędu (MAE) w zależności od rodzaju operacji ( $n_o=213$ )
2. Zestawienie odsetka wszczepionych soczewek z błędem bezwzględnym zawierającym się w określonych przedziałach dokładności w zależności od rodzaju operacji ( $n_o=213$ )
3. Wartość średniego bezwzględnego błędu (MAE) w zależności od długości gałki ocznej ( $n_o=185$ )
4. Zestawienie odsetka wszczepionych soczewek z błędem bezwzględnym zawierającym się w określonych przedziałach dokładności w zależności od długości gałki ocznej
5. Wartość średniego bezwzględnego błędu (MAE) dla operacji drugiego oka z uwzględnieniem jako współczynnika korekcji obliczeń całości bądź części błędu refrakcyjnego operacji pierwszego oka tego samego pacjenta
6. Zestawienie liczby wszczepionych soczewek z błędem bezwzględnym zawierającym się w określonych przedziałach dokładności z uwzględnieniem jako współczynnika korekcji obliczeń całości bądź części błędu refrakcyjnego operacji pierwszego oka tego samego pacjenta
7. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali przed operacją
8. Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży przed operacją
9. Wartość punktowa problemów związanych z samodzielnym funkcjonowaniem i narażenie na urazy
10. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali przed operacją pierwszego oka
11. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali po operacji pierwszego oka
12. Wartość punktowa problemów z widzeniem do dali po operacji drugiego oka
13. Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży przed operacją pierwszego oka
14. Wartość punktowa problemów związanych z samodzielnym funkcjonowaniem i narażenie na urazy
15. Wartość punktowa problemów – metoda zewnątrztorbkowa,  $n_o=21$
16. Wartość punktowa problemów – metoda fakoemulsyfikacji,  $n_o=127$
17. Wartość punktowa problemów – wszczepy wtórne,  $n_o=6$
18. Wartość punktowa problemów – wszczepy wielogniskowe,  $n_o=13$
19. Wartość punktowa problemów – wszystkie grupy pacjentów,  $n_o=167$
20. Wartość punktowa problemów – przed i po operacji pierwszego oka i po operacji drugiego oka,  $n_p=46$

21. Dolegliwości pooperacyjne i wzrost aktywności życiowej po zabiegu, np=161
22. Odniesienie wyników własnych do wyników z badań Aristodemou i wsp.

### **13. Spis Tabel**

1. Średnia skorygowana pooperacyjna ostrość wzroku
2. Liczba oczu poddanych analizie w poszczególnych zakresach długości gałki ocznej
3. Wrażliwość na kontrast w zależności od rodzaju wszczepu
4. Liczba pacjentów, którzy doznali urazu z uwzględnieniem ostrości wzroku
5. Wartość punktowa problemów z widzeniem do bliży dla ostrości wzroku do bliży  
lepszego oka 0,5/30
6. Dolegliwości pooperacyjne (wyniki podano w %)

## 14. Bibliografia

1. Alió J. L., Piñero D.P., Plaza-Puche A.B., Chan M.J. *Visual outcomes and optical performance of a monofocal intraocular lens and a new-generation multifocal intraocular lens.* J Cataract Refract Surg. 2011;37(2):241-250.
2. Alió J., Rodriguez-Prats J.L., Galal A. *Advances in microincision cataract surgery and intraocular lenses.* Curr Opin Ophthalmol. 2006;17(1):80-93.
3. Apple D. J. *Sir Harold Ridley and his fight for sight.* Slack; Thorofare, 2006. Str. 1-28, 128-148.
4. Applegate W.B., Miller S.T., Elam J.T., Freeman J.M., Wood T.O., Gettlefinger T.C. *Impact of cataract surgery with lens implantation on vision and physical function in elderly patients.* JAMA. 1987;257(8):1064-1066.
5. Aristodemou P., Knox Cartwright N.E., Sparrow J.M., Johnston R.L. *First eye prediction error improves second eye refractive outcome results in 2129 patients after bilateral sequential cataract surgery.* Ophthalmology. 2011;118(9):1701-1709.
6. Aristodemou P., Knox Cartwright N.E., Sparrow J.M., Johnston R.L. *Formula choice: Hoffer Q, Holladay I, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry.* J Cataract Refract Surg. 2011;37(1):63-71.
7. Atchison D. A., Smith G. *Optics of The Human Eye.* Butterworth-Heinemann, 2000. Str. 39-47.
8. Bączyk G., Kleka P., Ochmańska M. *Ocena właściwości psychometrycznych polskiej wersji Arthritis Impact Measurement Scales (AIMS-2) dla chorych na reumatoidalne zapalenie stawów.* Reumatologia 2009; 47(5):282-289.
9. Bańka A. *Psychologia jakości życia.* Stowarzyszenie Psychologia i Architektura; Poznań, 2005. Str. 15.
10. Becker K.A., Holzer M.P., Reuland A. J., Auffarth G.U. ORIGINALIEN *Genauigkeit der Linsenstärkenberechnung und Zentrierung einer asphärischen Intraokularlinse.* Der Ophthalmologe. 2006;103(10):873-876.
11. Bednarski A. *Historia okulistyki w Polsce w wieku XIII – XVIII.* Wydawnictwo Towarzystwa Naukowego we Lwowie; Lwów, 1928. Str. 94-99.
12. Bellucci R. *Multifocal intraocular lenses.* Curr Opin Ophthalmol 2005;16(1):33-37.
13. Benjamin W. J., Borish I. M. *Borish's Clinical Refraction.* Saunders; Philadelphia, 1998. [Rosenfield M. *Refractive status of the eye.*] Str. 2-29.



14. Biardzka B. *Oznaczanie refracji soczewki wewnątrzgałkowej*. Klin Oczna. 1988;90:522-523.
15. Binkhorst R.D. *The optical design of intraocular lens implants*. Ophthalmic Surg. 1975;6(3):17-31.
16. Bochenek A., Reicher M. *Anatomia człowieka, tom V*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL; Warszawa, 1998. Str. 546-551.
17. Bowling A. *What things are important in people's lives? A survey of the public's judgements to inform scales of health related quality of life*. Social Science and Medicine. 1995;41(10):1447-1462.
18. Brannan S., Dewar C., Sen J., Clarke D., Marshall T., Murray P.I. *A prospective study of the rate of falls before and after cataract surgery*. Br J Ophthalmol. 2003;87(5):560-562.
19. Brenner M.H., Curbow B., Javitt J.C., Legro M.W., Sommer A. *Vision change and quality of life in the elderly. Response to cataract surgery and treatment of other chronic ocular conditions*. Arch Ophthalmol. 1993;111(5):680-685.
20. Brick D.C. *Risk Management Lessons From a Review of 168 Cataract Surgery Claims*. Surv of Ophthalmol. 1999;43(4): 356-360.
21. Cabezas-León M., García-Caballero J., Morente-Matas P [*Impact of cataract surgery on visual acuity and quality of life*]. Arch Soc Esp Oftalmol. 2008;83(4):237-247.
22. Campbell A. *Subjective measures of well being*. Am Psychol 1976;31(2):117-124.
23. Castells X., Comas M., Alonso J., Espallargues M., Martínez V., García-Arumí J., Castilla M. *In a randomized controlled trial, cataract surgery in both eyes increased benefits compared to surgery in one eye only*. J Clin Epidemiol. 2006;59(2):201-207.
24. Chan C.W., Wong J.C., Chan K.S., Wong W.K., Tam K.C., Chau P.S. *Evaluation of quality of life in patients with cataract in Hong Kong*. J Cataract Refract Surg. 2003;29(9):1753-1760.
25. Chen L., Mannis M.J., Salz J.J., Garcia-Ferrer F.J., Ge J. *Analysis of intraocular lens power calculation in post-radial keratotomy eyes*. J Cataract Refract Surg. 2003;29(1):65-70.
26. Chong N. H. V. *Clinical Ocular Physiology*. Butterworth-Heinemann; Oxford, 1996. Str. 15-23.
27. Cionni R.J., Osher R.H., Snyder M.E., Nordlund M.L. *Visual outcome comparison of unilateral versus bilateral implantation of apodized diffractive multifocal intraocular*

- lenses after cataract extraction: prospective 6-month study.* J Cataract Refract Surg. 2009;35(6):1033-1039.
28. Cochener B., Lafuma A., Khoshnood B., Courouve L., Berdeaux G. *Comparison of outcomes with multifocal intraocular lenses: a meta-analysis.* Clin Ophthalmol. 2011;5:45-56.
  29. Colenbrander M.C. *Calculation of the power of an iris clip lens for distant vision.* Br J Ophthalmol. 1973;57(10):735-740.
  30. Congdon N., Vingerling J.R., Klein B.E., West S., Friedman D.S., Kempen J., et al. *Prevalence of cataract and pseudophakia/aphakia among adults in the United States.* Arch Ophthalmol. 2004;122(4):487-494.
  31. Connors R., Boseman P., Olson R.J. *Accuracy and reproducibility of biometry using partial coherence interferometry.* J Cataract Refract Surg. 2002;28(2):235–238.
  32. Covert D.J., Henry C.R., Koenig S.B. *Intraocular lens power selection in the second eye of patients undergoing bilateral, sequential cataract extraction.* Ophthalmology. 2010;117(1):49-54.
  33. Czepita D. *Współczesna wiedza na temat budowy i funkcji kory wzrokowej.* Klin. Oczna, 1998;100(5):331-334.
  34. Dębińska – Bis E. *Badanie i korekcja optyczna układu wzrokowego po operacji zaćmy.* Praca doktorska. Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza; Poznań, 2006.
  35. Desapriya E., Subzwari S., Scime-Beltrano G., Samayawardhena L.A., Pike I. *Vision improvement and reduction in falls after expedited cataract surgery. Systematic review and metaanalysis.* J Cataract Refract Surg. 2010;36(1):13-19.
  36. Dmitriew A., Załęcki K., Kocięcki J. *Implementacja biometrii optycznej w okulistyce - fakty i mity.* Ultrasonografia. 2006;26:29-32.
  37. Donoso R., Mura J.J., López M., Papic A. [*Emmetropization at cataract surgery. Looking for the best IOL power calculation formula according to the eye length*]. [artykuł po hiszpańsku] Arch Soc Esp Oftalmol. 2003;78(9):477-480.
  38. Dreer L.E., McGwin G. Jr, Scilley K., Meek G.C., Dyer A., Seker D., Owsley C. *Development of a nursing home vision-targeted health-related quality of life questionnaire for older adults.* Aging Ment Health 2007;11(6):722-733.
  39. Eleftheriadis H. *IOLMaster biometry: refractive results of 100 consecutive cases.* Br J Ophthalmol. 2003;87(8):960–963.

40. Elliott D.B., Patla A., Bullimore M.A. *Improvements in clinical and functional vision and perceived visual disability after first and second eye cataract surgery.* Br J Ophthalmol. 1997;81(10):889-895.
41. Elliott D.B., Patla A.E., Furniss M., Adkin A. *Improvements in clinical and functional vision and quality of life after second eye cataract surgery.* Optom Vis Sci. 2000;77(1):13-24.
42. Felson D.T., Anderson J.J., Hannan M.T., Milton R.C., Wilson P.W., Kiel D.P. *Impaired vision and hip fracture. The Framingham Study.* J Am Geriatr Soc. 1989;37(6):495-500.
43. Findl O. *Biometry and intraocular lens power calculation.* Curr Opin Ophthalmol. 2005;16(1):61-64.
44. Findl O., Kriechbaum K., Sacu S., Kiss B., Polak K., Nepp J., Schild G., Rainer G., Maca S., Petternel V., Lackner B., Drexler W. *Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery.* J Cataract Refract Surg. 2003;29(10):1950-1955.
45. Fitzpatrick R., Fletcher A., Gore S., Jones D., Spiegelhalter D., Cox D. *Quality of life measures in health care.* BMJ 1992;305(6861):1074-1077.
46. Franco S., Silva A. C., Carvalho A. S., Macedo A. S., Lira M. *Comparison of the VCTS-6500 and the CSV-1000 tests for visual contrast sensitivity testing.* NeuroToxicology. 2010;31(6):758–761.
47. Fyodorov S.N., Galin M.A., Linksz A. *Calculation of the optical power of intraocular lenses.* Invest Ophthalmol. 1975;14(8):625-628.
48. Fyodorov S.N., Kolinko A.I., Kolinko A.I. *[A method of calculating the optical power of the intraocular lens]. [artykuł po rosyjsku]* Vestn Oftalmol. 1967;80(4):27–31.
49. Gárate J.O., González B.D., Cruchaga E.V., Moreno I.R., Barrenetxea I.B., Larracochea U.A. *Clinical analysis of the LS-312MF Mplus® intraocular lens.* Journal of emmetropia. 2010;2(1):13-20.
50. Garner L.F., Yap M.K. *Changes in ocular dimensions and refraction with accommodation.* Ophthalmic Physiol Opt. 1997;17(1):12-17.
51. Gavin E.A., Hammond C.J. *Intraocular lens power calculation in short eyes.* Eye (Lond). 2008;22(7):935–938.
52. George R., Rupauliha P., Sripriya A.V., Rajesh P.S., Vahan P.V., Praveen S. *Comparison of endothelial cell loss and surgically induced astigmatism following*

- conventional extracapsular cataract surgery, manual small-incision surgery and phacoemulsification*. Ophthalmic Epidemiol. 2005;12(5):293-297.
53. Gillespie L.D., Robertson M.C., Gillespie W.J., Sherrington C., Gates S., Clemson L.M., Lamb S.E. *Interventions for preventing falls in older people living in the community*. Cochrane Database Syst Rev. 2009;(2):CD007146.
  54. Gills J.P. *Minimizing postoperative refractive error*. Contact and Intraocular Lens Med J. 1980;6(1):56-59.
  55. Główny Urząd Statystyczny. (Autorzy opracowania: Ciecieląg P., Lednicki B., Moskalewicz J., Piekarczyk M., Sierosławski J., Waligórska M., Zajenkowska-Kozłowska A.) *Stan zdrowia ludności Polski w 2004 r.* Zakład Wydawnictw Statystycznych; Warszawa, 2006. Str. 99-114.
  56. Goes F.J. *Multifocal IOL's*. Jaypee Brothers Medical Publishers; New Delhi, 2009. [Rozdział 11: Haigis W. *IOL calculation for multifocals IOL's*. Rozdział 12: Garg A. *IOL Power Calculation Formulas – an update*.] Str. 93-111.
  57. Grymin H., Broniarczyk-Loba A., Szusterowska-Martin E. *Ocena widzenia obuocznego u osób ze sztuczną soczewką wewnątrzgałkową*. Klin Oczna. 1993; 95(3-4):116-118.
  58. Güell J.L., Rodriguez-Arenas A. F., Gris O., Malecaze F., Velasco F. *Phacoemulsification of the crystalline lens and implantation of an intraocular lens for the correction of moderate and high myopia: Fouryear follow-up*. J Cataract Refract Surg. 2003;29(1):34–38.
  59. Haigis W. [*IOL calculation for high ametropia*]. [artykuł po niemiecku] Ophthalmologe. 2008;105(11):999-1004.
  60. Haigis W. *The Haigis formula*. w: Shammas H. J. *Intraocular Lens Power Calculations*. SLACK; Thorofare, 2004.
  61. Hayashi K., Hayashi H., Nakao F., Hayashi F. *Intraocular lens tilt and decentration, anterior chamber depth, and refractive error after trans-scleral suture fixation surgery*. Ophthalmology. 1999;106(5):878-882.
  62. He L., Sheehy K., Culbertson W. *Femtosecond laser-assisted cataract surgery*. Curr Opin Ophthalmol 2011; 22(1):43–52.
  63. Heijde G.L. *A nomogram for calculating the power of the prepupillary lens in the aphakic eye*. Bibliotheca Ophtalmol. 1975;83:273-275.
  64. Hemenger R.P. *Small-angle intraocular light scatter: a hypothesis concerning its source*. J Opt Soc Am A. 1988;5(4):577-582.

65. Hitzenberger C. K., Drexler W., Dolezal C., Skorpik F., Juchem M., Fercher A. F., Gnad H. D. *Measurement of the axial length of cataract eyes by laser Doppler interferometry*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1993;34(6):1886-1893.
66. Hoffer K.J. *Clinical results using the Holladay 2 intraocular lens power formula*. J Cataract Refract Surg. 2000;26(8):1233-1237.
67. Hoffer K.J. *Mathematics and computers in intraocular lens calculation*. Am Intra-Ocular Implant Soc J. 1975;1(4):4-5.
68. Hoffer K.J. *The Hoffer Q formula: A comparison of theoretic and regression formulas*. J Cataract Refract Surg. 1993;19(6):700-712.
69. Holekamp N.M., Shui Y.B., Beebe D.C. *Vitreotomy surgery increases oxygen exposure to the lens: a possible mechanism for nuclear cataract formation*. Am J Ophthalmol. 2005;139(2):302-310.
70. Holladay J.T. *IOL Power Calculations for Multifocal Lenses*. Cataract and Refractive surgery today 2007;8:71-73.
71. Holladay J.T., Gills J.P., Leidlein J., Cherchio M. *Achieving emmetropia in extremely short eyes with two piggyback posterior chamber intraocular lenses*. Ophthalmology. 1996;103(7):1118-1123.
72. Holladay J.T., Prager T.C., Chandler T.Y., Musgrove K.H., Lewis J.W., Ruiz R.S. *A three-part system for refining intraocular lens power calculations*. J Cataract Refract Surg. 1988;14(1):17-24.
73. Issa S.A., Pacheco J., Mahmood U., Nolan J., Beatty S. *A novel index for predicting intraocular pressure reduction following cataract surgery*. Br J Ophthalmol. 2005;89(5):543-546.
74. Jabbour J., Irwig L., Macaskill P., Hennessy M.P. *Intraocular lens power in bilateral cataract surgery: whether adjusting for error of predicted refraction in the first eye improves prediction in the second eye*. J Cataract Refract Surg. 2006;32(12):2091-2097.
75. Jabłoński J., Krupa-Szafran B., Żelska-Basińska B. *Refrakcja po operacji zaćmy z wszczepieniem sztucznej soczewki*. Klin Oczna. 1988;90:525-526.
76. Javitt J.C., Jacobson G., Schiffman R.M. *Validity and reliability of the Cataract TyPE Spec, an instrument for measuring outcomes of cataract extraction*. Am J Ophthalmol. 2003;136(2):285-290.
77. Jin G.J., Crandall A.S., Jones J.J. *Intraocular lens exchange due to incorrect lens power*. Ophthalmology. 2007;114(3):417-424.

78. Jivrajka R.V., Shamma M.C., Shamma H.J. *Improving the second-eye refractive error in patients undergoing bilateral sequential cataract surgery*. *Ophthalmology*. 2012;119(6):1097-1101.
79. Kałużny J., Seredyka-Burduk M., Kałużny J.J. *Wyniki własne fakoemulsyfikacji zaćmy z cięciem tunelowym bez zakładania szwów*. *Klin Oczna*. 1998; 99(2):95-98.
80. Kałużny J., *Soczewka i zaćma*. (Seria: *Basic and Clinical Science Course*, część 11) Elsevier Urban & Partner; Wrocław, 2007. Str. 21-76, 93-120.
81. Kałużny J.J., Kołodziejczak A., Czajkowski G., Kałużny B. *Retrospektywna ocena mocy soczewki wszczepionej podczas zewnątrztorebkowego wydobycia zaćmy*. *Klin Oczna*. 2001; 103(2-3):199-202.
82. Kodama T., Takemoto L. *Characterization of disulfide-linked crystallins associated with human cataractous lens membranes*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1988;29(1): 145-149.
83. Krawczyk A., Szaflik J. P. *Wrażliwość na kontrast – znaczenie i metody badania*. *Kontaktologia i optyka okulistyczna*. 2009;2:11-14.
84. Kriechbaum K., Findl O., Kiss B., et al. *Comparison of anterior chamber depth measurement methods in phakic and pseudophakic eyes*. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(1):89–94.
85. Kugelberg M., Lundström M. *Factors related to the degree of success in achieving target refraction in cataract surgery: Swedish National Cataract Register study*. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(11):1935-1939.
86. Lamoureux E.L., Hooper C.Y., Lim L., Pallant J.F., Hunt N., Keeffe J.E., Guymer R.H. *Impact of cataract surgery on quality of life in patients with early age-related macular degeneration*. *Optom Vis Sci*. 2007;84(8):683-688.
87. Langwińska–Wośko E., Bednarzak–Bulak H., Kotarczyc–Finc E., Gacek M. *Kalkulacja mocy soczewek wewnątrzgałkowych*. *Okulistyka*. 2001;IV(3):13-15.
88. Lee A. C. , Quazi M. A., J. S. Pepose. *Biometry and intraocular lens power calculation*. *Curr Opin Ophthalmol*. 2008;19(1):13-17.
89. Legro M.W. *Quality of life and cataracts: a review of patient-centered studies of cataract surgery outcomes*. *Ophthalmic Surgery*. 1991;22(8):431-443.
90. Leinonen J., Laatikainen L. *The decrease of visual acuity in cataract patients waiting for surgery*. *Acta Ophthalmol Scand*. 1999;77(6):681-684.
91. Lesiewska-Junk H., Kałużny J., Malukiewicz-Wiśniewska G. *Niezborność po operacji zaćmy*. *Klin Oczna*. 2002;104(5-6):341-343.

92. Levin L.A., Nilsson S.F.E., Ver Hoeve J., Wu S., Kaufman P.L., Alm A. *Adler's physiology of the eye*. Elsevier Saunders, 2011. [Beebe D.C. *The lens.*; Hess R. F. *Early processing of spatial form.*] Str. 131-163, 613-626.
93. Liang Y.S., Chen T.T., Chi T.C., Chan Y.C. *Analysis of intraocular lens power calculation*. J Am Intraocul Implant Soc. 1985;11(3):268-271.
94. Lundström M., Brege K.G., Florén I., Lundh B., Stenevi U., Thorburn W. *Cataract surgery and quality of life in patients with age related macular degeneration*. Br J Ophthalmol. 2002; 86(12):1330–1335.
95. Lundström M., Pesudovs K. *Catquest-9SF patient outcomes questionnaire, nine-item short-form Rasch-scaled revision of the Catquest questionnaire*. J Cataract Refract Surg. 2009;35(3):504–513.
96. Lundström M., Roos P., Jensen S., Fregell G. *Catquest questionnaire for use in cataract surgery care: description, validity, and reliability*. J Cataract Refract Surg 1997;23(8):1226–1236.
97. Lundström M., Stenevi U., Thorburn W. *Outcome of cataract surgery considering the preoperative situation: a study of possible predictors of the functional outcome*. Br J Ophthalmol. 1999;83(11):1272-1276.
98. Lundström M., Stenevi U., Thorburn W. *Quality of life after first- and second-eye cataract surgery: five-year data collected by the Swedish National Cataract Register*. J Cataract Refract Surg. 2001;27(10):1553-1559.
99. Maclaren R.E., Natkunarajah M., Riaz Y., Bourne R.R.A., Restori M., Allan B.D. *Biometry and Formula Accuracy With Intraocular Lenses Used for Cataract Surgery in Extreme Hyperopia*. Am J Ophthalmol. 2007;143(6):920-931.
100. Malik A., Fletcher E.C., Chong V., Dasan J. *Local anesthesia for cataract surgery*. J Cataract Refract Surg 2010;36(1):133–152.
101. Mallah M.K., Hart P.M., McClure M., Stevenson M.R., Silvestri G., White S.T., Chakravarthy U. *Improvements in measures of vision and self-reported visual function after cataract extraction in patients with late-stage age-related maculopathy*. Optom Vis Sci. 2001;78(9):683-688.
102. Mamalis N. *Complications of foldable IOLs requiring ex-plantation or secondary intervention—2001 survey up-date*. J Cataract Refract Surg. 2002;28(12):2193–2201.
103. Mamalis N. *Intraocular lens power accuracy: How are we doing?* J Cataract Refract Surg. 2003; 29(1):1-3.

104. Mangione C.M., Lee P.P., Gutierrez P.R., Spritzer K., Berry S., Hays R.D.  
*Development of the 25-item National Eye Institute Visual Function Questionnaire.*  
Archives of Ophthalmology. 2001;119(7):1050-1058.
105. Mangione C.M., Phillips R.S., Lawrence M.G., Seddon J.M., Orav E.J., Goldman L.  
*Improved visual function and attenuation of declines in health-related quality of life after cataract extraction.* Arch Ophthalmol. 1994;112(11):1419-1425.
106. Mansberger S.L., Gordon M.O., Jampel H., Bhorade A., Brandt J.D., Wilson B., Kass M.A. *Reduction in intraocular pressure after cataract extraction: the ocularhypertension treatment study.* Ophthalmology. 2012;119(9):1826-1831.
107. McGwin G. J.r, Scilley K., Brown J., Owsley C. *Impact of cataract surgery on self-reported visual difficulties: comparison with a no-surgery reference group.* J Cataract Refract Surg. 2003;29(5):941-948.
108. Melanowski W.H. *Dzieje Okulistyki.* Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich; Warszawa, 1972. Str. 1-24, 134-142, 199.
109. Menezo J. L., Chaques V. Harto M. *The SRK regression formula in calculating the dioptric power of intraocular lenses.* Br J Ophthalmol 1984;68(4):235-237.
110. Merriam J.C., Zheng L., Merriam J.E., Zaider M., Lindström B. *The effect of incisions for cataract on corneal curvature.* Ophthalmology. 2003;110(9):1807-1813.
111. Michael R., Barraquer R.I., Willekens B., van Marle J., Vrensen G. F. *Morphology of age related cuneiform cortical cataracts: the case for mechanical stress.* Vision Res. 2008;48(4):626–634.
112. Michael R., van Marle J., Vrensen G.F., van den Berg T.J. *Changes in the refractive index of lens fibre membranes during maturation – impact on lens transparency.* Exp Eye Res. 2003;77(1):93-99.
113. Minassian D.C., Rosen P., Dart J.K., Reidy A., Desai P., Sidhu M., Kaushal S. *Extracapsular cataract extraction compared with small incision surgery by phacoemulsification: a randomised trial.* Br J Ophthalmol. 2001;85(7):822-829.
114. Mönestam E., Wachtmeister L. *Dissatisfaction with cataract surgery in relation to visual results in a population-based study in Sweden.* J Cataract Refract Surg 1999;25(8):1127-1134.
115. Murphy C., Tuft S.J., Minassian D.C. *Refractive error and visual outcome after cataract extraction.* J Cataract Refract Surg. 2002;28(1):62-66.



116. Murthy G.V., Vashist P., John N., Pokharel G., Ellwein L.B. *Prevalence and causes of visual impairment and blindness in older adults in an area of India with a high cataract surgical rate*. *Ophthalmic Epidemiol.* 2010;17(4):185-195.
117. Musiał G. *Historia operacji zaćmy*. *Klin Oczna.* 1983;85:325-327, 371-373, 439-441.
118. Narodowy Fundusz Zdrowia - statystyka JGP. <http://prog.nfz.gov.pl/app-jgp/> (dostęp do strony w dniu 01-03-2013)
119. Narváez J., Cherwek D.H., Stulting R.D., Waldron R., Zimmerman G.J., Wessels I.F., Waring G.O.3rd. *Comparing immersion ultrasound with partial coherence interferometry for intraocular lens power calculation*. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2008;39(1):30-34.
120. Narváez J., Zimmerman G., Stulting R. D., Chang D. H. *Accuracy of intraocular lens power prediction using the Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2, and SRK/T formulas*. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(12):2050–2053.
121. Németh J., Fekete O., Pesztenlehrer N. *Optical and ultrasound measurement of axial length and anterior chamber depth for intraocular lens power calculation*. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(1):85-88.
122. Norrby S., Lydahl E., Koranyi G., Taube M. *Comparison of 2 A-scans*. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(1):94-99.
123. OECD (2010), *Health at a Glance: Europe 2010*, OECD Publishing.  
[http://dx.doi.org/10.1787/health\\_glance-2010-en](http://dx.doi.org/10.1787/health_glance-2010-en) (dostęp do strony w dniu 01-03-2013)
124. Olmos E., Roy F. Hampton; Dajlit S. *Intraocular Lenses*. Praeger; New York, 1981.
125. Olsen T. *Improved accuracy of intraocular lens power calculation with the Zeiss IOLMaster*. *Acta Ophthalmol Scand.* 2007;85(1);84–87.
126. Olsen T. *Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth*. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(3):419–424.
127. Olsen T. *Sources of error in intraocular lens power calculation*. *J Cataract Refract Surg.* 1992;18(2):125–129.
128. Olsen T. *Use of fellow eye data in the calculation of intraocular lens power for the second eye*. *Ophthalmology.* 2011;118(9):1710-1715.
129. Olsen T., Thim K., Corydon L. *Theoretical versus SRK I and SRK II calculation of intraocular lens power*. *J Cataract Refract Surg.* 1990;16(2):217–225.

130. Olson R., Mamalis N., Haugen B. *A light adjustable lens with injectable optics*. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17(1):72-79.
131. Orlicka-Mosiej A., Buczak-Gasińska K., Magnucka E., Mrukwa-Kominek E. *Problemy kalkulacji właściwej mocy sztucznych soczewek wewnątrzgałkowych w celu refrakcyjnej wymiany soczewki*. *Okulistyka*. 2008;4,33–36.
132. Owsley C., McGwin G. Jr., Scilley K., Meek G.C., Seker D., Dyer A. *Impact of cataract surgery on health-related quality of life in nursing home residents*. *Br J Ophthalmol*. 2007;91(10):1359-1363.
133. Palacz O. *Układ wzrokowy i jego podstawowa funkcja – proces widzenia*. w: Orłowski W. *Okulistyka współczesna*, Tom 1. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich; Warszawa, 1986. Str. 52.
134. Papuć E. *Jakość życia - definicje i sposoby jej ujmowania*. *Curr Probl Psychiatry* 2011;12(2):141-145.
135. Pascolini D., Mariotti S.P. *Global estimates of visual impairment: 2010*. *Br J Ophthalmol*. 2012;96(5):614-618.
136. Patel D., Rahman R., Kumarasamy M. *Accuracy of intraocular lens power estimation in eyes having phacovitrectomy for macular holes*. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(10):1760-1762.
137. Pesudovs K., Garamendi E., Keeves J.P., Elliott D.B. *The Activities of Daily Vision Scale for cataract surgery outcomes: re-evaluating validity with Rasch analysis*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44:2892–2899.
138. Pettigrew J.D., Sanderson K.J., Levick W.R. *Visual neuroscience*. Cambridge University Press; Cambridge, 1986.
139. Płachecka E., Malukiewicz G. *Ocena jakości życia pacjentów przed operacją i po operacji zaćmy*. *Klin Oczna*. 2009;111(7-9):212-216.
140. Preussner P.R., Wahl J., Weitzel D., Berthold S., Kriechbaum K., Findl O. *Predicting postoperative intraocular lens position and refraction*. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(10):2077-2083.
141. Rabbetts R.B. *Bennett and Rabbett's Clinical Visual Optics*. Butterworth-Heinemann; Oxford, 1998. Str. 1-18.
142. Rabsilber T.M., Haigis W., Auffarth G. U., Mannsfeld A., Ehmer A., Holzer M. P. *Intraocular lens power calculation after intrastromal femtosecond laser treatment for presbyopia: Theoretic approach*. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(3):532-537.

143. Rajan M.S., Keilhorn I., Bell J.A. *Partial coherence laser interferometry vs conventional ultrasound biometry in intraocular lens power calculations*. Eye (Lond). 2002;16(5):552-556.
144. Retzlaff J. *A new intraocular lens calculation formula*. Am Intra-Ocular Implant Soc J. 1980;6(2):148-152.
145. Retzlaff J. *Posterior chamber implant power calculation: Regression formulas*. Am Intra-Ocular Implant Soc J. 1980;6(3):268-270.
146. Retzlaff J.A., Sanders D.R., Kraff M.C. *Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula*. J Cataract Refract Surg. 1990;16(3):333-340.
147. Romney D.M., Jenkins C.D., Bynner J.M. *A structural analysis of health related quality of life dimensions*. Hum Relat. 1992;45(2):165-167.
148. Rosen E. *Cataract surgery is refractive surgery*. J Cataract Refract Surg. 2012;38(2):191-192.
149. Sachin K.D., Kim A., Ladas J.G. *Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery*. Curr Opin Ophthalmol. 2008;19(4):357-362.
150. Sanders D.R., Retzlaff J.A., Kraff M.C. *Comparison of the SRK II formula and other second generation formulas*. J Cataract Refract Surg. 1988;14(2):136-41.
151. Sanders D.R., Retzlaff J.A., Kraff M.C., Kratz R., Gills J., Levine R., Colvard M., Weisel J., Loyd T. *Comparison of the accuracy of the Binkhorst, Colenbrander, and SRK implant power prediction formulas*. Am Intra-Ocular Implant Soc J. 1981;7:337-340.
152. Sawa M., Ohji M., Kusaka S., Sakaguchi H., Gomi F., Saito Y., Tano Y. *Nonvitrectomizing vitreous surgery for epiretinal membrane long-term follow-up*. Ophthalmology. 2005;112(8):1402-1408.
153. Schipper H. *Quality of life: Principles of the clinical paradigm*. J of Psychosocial Oncology. 1990;8(2-3):171-185.
154. Shammas H. J. *Intraocular Lens Power Calculations*. SLACK; Thorofare, 2004.
155. Shammas H.J. *The fudged formula for intraocular lens power calculations*. Am Intra-Ocular Implant Soc J. 1982;8(4):350-352.
156. Singh K., Dion C., Wajszilber M., Ozaki T., Lesk M.R., Costantino S. *Measurement of ocular fundus pulsation in healthy subjects using a novel Fourier-domain optical coherence tomography*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011;52(12):8927-8932.
157. Smith L.F., Stevens J.D., Larkin F., Restori M. *Errors leading to unexpected pseudophakic ametropia*. Eye (Lond). 2001;15(6):728-732.

158. Smyk A., Kropińska E., Orzałkiewicz A. *The effect of corneal incision method on astigmatism after cataract extraction*. Klin Oczna. 1998;100(2):101-105.
159. Sparrow J.M., Frost N.A. *How should cataracts be measured?* Eye (Lond). 2004;18(8):763-764.
160. Spector A. *Oxidative stress-induced cataract: mechanism of action*. Faseb J. 1995;9(12):1173-1182.
161. Spector A. *The search for a solution to senile cataracts*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1984;25(2):130-136.
162. Spilker B. *Quality of Life and Pharmacoeconomics in Clinical Trials*. Lippincott – Raven, 1996.
163. Steinberg E.P., Tielsch J.M., Schein O.D., Javitt J.C., Sharkey P., Cassard S.D., Legro M.W., Diener-West M., Bass E.B., Damiano A.M., et al. *The VF-14. An index of functional impairment in patients with cataract*. Arch Ophthalmol. 1994;112(5):630-638.
164. Streeten B.W., Eshaghian J. *Human posterior subcapsular cataract. A gross and flat preparation study*. Arch Ophthalmol 1978;96(9):1653-1658.
165. Struck H.G., Sturm M., Tost M. *Pomiar mocy sztucznych soczewek wewnątrzgałkowych*. Klin Oczna. 1990;92:193.
166. Szaflik J., Kamińska A., Gajda S., Jędruch A. *Porównanie dokładności kalkulacji mocy soczewki wewnątrzgałkowej metodami SRK II, SRK/T, Holladay i Hoffer Q u pacjentów z nadwzrocznością, operowanych metodą fakoemulsyfikacji*. Klin Oczna. 2005;107(10-12):615-619.
167. Szaflik J., Kordaś-Czempieńska A., Okruszko A., Rostkowski M., Tesla P. *Metody fakoemulsyfikacji*. Okulistyka. 2001;IV(3):23-26.
168. Szmurło D., Fundament T., Kopeć G., Brzyski D., Władysiuk M., Łanda K. *Dostęp do opieki okulistycznej w Polsce. Podejście systemowe. Najważniejsze problemy związane z dostępem doświadczeń okulistycznych*. CEESTAHC 2012.
169. Talley-Rostov A. *Patient-centered care and refractive cataract surgery*. Curr Opin Ophthalmol. 2008;19(1):5-9.
170. Taskapili M., Gulkilik G., Engin G., Kocabora M.S., Yilmazli C., Ozsutcu M., Kucuksahin H. *Transscleral fixation of a single-piece hydrophilic foldable acrylic intraocular lens*. Can J Ophthalmol. 2007;42(2):256-261.

171. Thompson S.M., Mohan-Roberts V. *A comparison of postoperative refractive results with and without intraocular lens power calculation*. Br J Ophthalmol. 1986;70(1):22–25.
172. Truscott R.J. *Age-related nuclear cataract - oxidation is the key*. Exp Eye Res. 2005;80(5):709-725.
173. Ueda T., Taketani F., Ota T., Hara Y. *Impact of Nuclear Cataract Density on Postoperative Refractive Outcome: IOL Master versus Ultrasound*. Ophthalmologica. 2007;221(6):384-387.
174. Uusitalo R.J., Brans T., Canda M., Pessi T., Tarkkanen A. *Evaluating cataract surgery gains by assessing patients' quality of life using the VF-7*. J Cataract Refract Surg. 1999; 25(7):989-994.
175. Vingolo E.M., Grenga P., Iacobelli L., Grenga R. *Visual acuity and contrast sensitivity: AcrySof ReSTOR apodized diffractive versus AcrySof SA60AT monofocal intraocular lenses*. J Cataract Refract Surg. 2007;33(7):1244-1247.
176. Vogel A., Dick H.B., Krummenauer F. *Reproducibility of optical biometry using partial coherence interferometry: intraobserver and interobserver reliability*. J Cataract Refract Surg. 2001;27(12):1961–1968.
177. Vrensen G.F. *Early cortical lens opacities: a short overview*. Acta Ophthalmol. 2009;87(6):602-610.
178. Wang J.K., Hu C.Y., Chang S.W. *Intraocular lens power calculation using the IOLMaster and various formulas in eyes with long axial length*. J Cataract Refract Surg. 2008;34(2):262-267.
179. Weikert M.P. *Update on bimanual microincisional cataract surgery*. Curr Opin Ophthalmol 2006;17(1):62-67.
180. Wender M. *Value of Pelli-Robson contrast sensitivity chart for evaluation of visual system in multiple sclerosis patients*. Neurol Neurochir Pol. 2007;41(2):141-143.
181. World Health Organization. *Programme on mental health. WHOQOL - Measuring a quality of life*. World Health Organization; Geneva, 1993.
182. Wright K.W. *Textbook of ophthalmology*. Williams & Wilkins; Baltimore, 1997. Str. 325-335, 779-790.
183. Yamada M., Mizuno Y., Miyake Y. *A multicenter study on the health-related quality of life of cataract patients: baseline data*. Jpn J Ophthalmol. 2009;53(5):470-476.

184. Zakład - Centrum Monitorowania i Analiz Stanu Zdrowia Ludności. Tabele wynikowe Badania Chorobowości Szpitalnej Ogólnej.  
<http://www.statystyka.medstat.waw.pl/wyniki/wyniki.htm> (dostęp 01-03-2013)
185. Zaldivar R., Shultz M.C., Davidorf J.M., Holladay J.T. *Intraocular lens power calculations in patients with extreme myopia*. J Cataract Refract Surg. 2000;26(5):668-674.
186. Zawojski A., Szymańska A., Kamińska – Olechowicz B. *Przegląd formuł stosowanych przy obliczaniu mocy sztucznej soczewki*. Klin Oczna. 1988;90:524.
187. Zeng M., Liu Y., Liu X., Yuan Z., Luo L., Xia Y., Zeng Y. *Aberration and contrast sensitivity comparison of aspherical and monofocal and multifocal intraocular lens eyes*. Clin Experiment Ophthalmol. 2007;35(4):355-360.
188. Zhang F., Sugar A., Jacobsen G., Collins M. *Visual function and spectacle independence after cataract surgery: bilateral diffractive multifocal intraocular lenses versus monovision pseudophakia*. J Cataract Refract Surg. 2011;37(5):853-858.
189. Zheng L., Merriam J.C., Zaider M. *Astigmatism and visual recovery after 'large incision' extracapsular cataract surgery and 'small' incisions for phacoemulsification*. Trans Am Ophthalmol Soc. 1997;95:387-410.

## **15. Aneks**

### **15.1. Ankieta**

1. Jak określiłby Pan/Pani swój ogólny stan zdrowia:
  - a. Dobry
  - b. Przeciętny
  - c. Słaby
2. Jak określiłby Pan/Pani swoje widzenie (OBUOCZNIE) w okularach:
  - a. Dobre
  - b. Przeciętne
  - c. Słabe
3. Czyta Pan/Pani:
  - a. gazety
    - i. wcale
    - ii. trochę
    - iii. dużo
  - b. informacje z opakowań leków
    - i. wcale
    - ii. z trudem
    - iii. bez problemów
  - c. daty przydatności do spożycia produktów spożywczych
    - i. wcale
    - ii. z trudem
    - iii. bez problemów
4. Czy przy czytaniu korzysta Pan/Pani z lupy? TAK/NIE
5. Czy ma Pan/Pani problemy z wykonywaniem czynności z bliska:
  - a. Szycie TAK/NIE
  - b. Krojenie potraw TAK/NIE
  - c. Przelewanie płynów TAK/NIE
6. Czy ma Pan/Pani problemy z oceną:
  - a. Założonego na siebie ubrania TAK/NIE
  - b. Zarostu / makijażu TAK/NIE
  - c. Położenia przedmiotów na półce / stoliku TAK/NIE
  - d. Płomienia kuchenki gazowej TAK/NIE



7. Czy kłopoty z widzeniem wpływają na Pana/Pani korzystanie z telefonu komórkowego:
  - a. Wybieranie numerów TAK/NIE
  - b. Pisanie smsów TAK/NIE
8. Czy kłopoty z widzeniem wpływają na Pana/Pani korzystanie z komputera? TAK/NIE
9. Czy w czasie oglądania telewizji:
  - a. Odczytuje Pan/Pani informacje na pasku informacyjnym TAK/NIE
  - b. Rozpoznaje aktorów TAK/NIE
10. Czy kłopoty z widzeniem wpływają na Pana/Pani uczestnictwo w:
  - a. Wydarzeniach kulturalnych (kino/teatr) TAK/NIE
  - b. Życiu społeczności lokalnej (manifestacje / wybory) TAK/NIE
11. Czy ma Pan/Pani problemy oceną sytuacji na ulicy:
  - a. Odległości pojazdów TAK/NIE
  - b. Stanu sygnalizacji świetlnej TAK/NIE
  - c. Rozpoznawaniem znajomych TAK/NIE
  - d. Rozpoznawaniem osób pełniących czynności służbowe TAK/NIE
12. Czy prowadzi Pan/Pani samochód? TAK/NIE
13. Jeśli NIE – to czy zrezygnował Pan/Pani z powodu kłopotów z widzeniem? TAK/NIE
14. Jeśli TAK to czy ma Pan/Pani kłopot z prowadzeniem samochodu znaną trasą:
  - a. w dzień TAK/NIE
  - b. w nocy TAK/NIE
15. Czy z powodu kłopotów z widzeniem musi Pan/Pani spędzać większość czasu w domu? TAK/NIE
16. Jak często z powodu kłopotów z widzeniem musi Pan/Pani korzystać z pomocy rodziny bądź osób trzecich? \_\_\_\_\_
17. Czy z powodu kłopotów z widzeniem doznał Pan/Pani urazu bądź uległ wypadkowi? TAK/NIE Gdzie to nastąpiło? \_\_\_\_\_
18. Czy pracuje Pan/Pani zawodowo? TAK/NIE

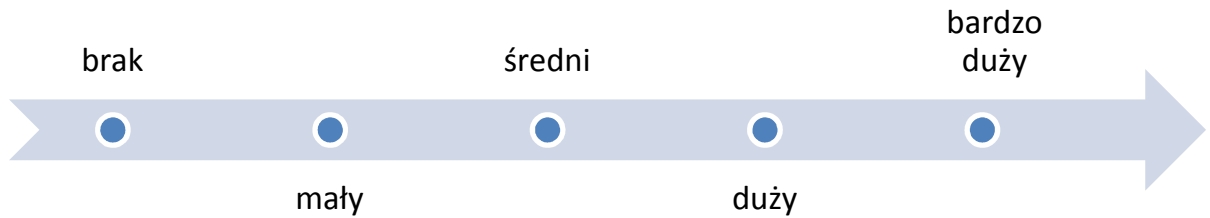
Zgadzam się na wykorzystanie ankiety i danych osobowych w ramach prac Oddziału Okulistycznego Szpitala Wojewódzkiego w Poznaniu w celach statystycznych i naukowych. Dane osobowe nie będą publikowane.

Podpis:

Data:

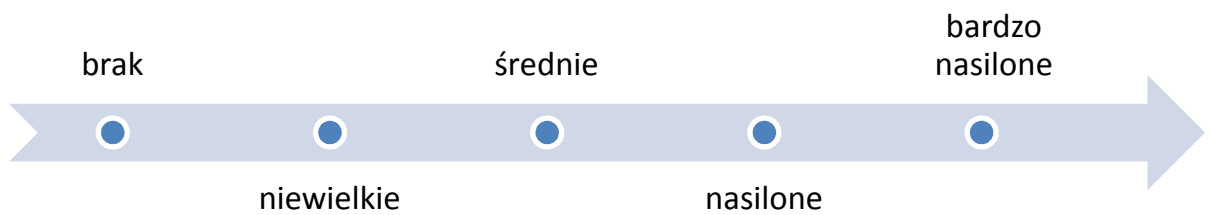
**Pytania dotyczące dolegliwości i aktywności życiowej po operacji usunięcia zaćmy i wszczępieniu sztucznej soczewki:**

1. Dyskomfort po zabiegu:

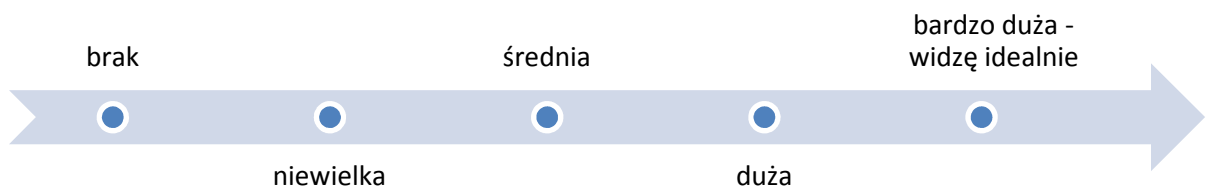


2. Dolegliwości:

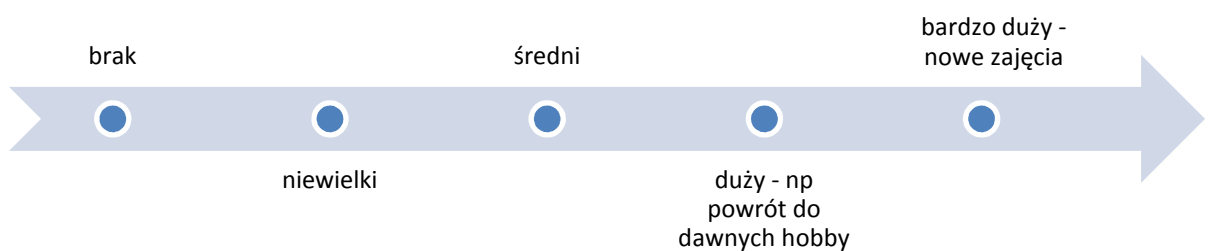
- i. uczucie ciała obcego, suchość, łzawienie (PODKREŚLIĆ)
- ii. inne \_\_\_\_\_ (WYMIENIĆ)



3. Subiektywna poprawa widzenia:



4. Wzrost aktywności życiowej:



## 15.2. Zasady punktacji ankiety

### Część ogólna

W części dotyczącej stanu ogólnego ankieta zawierała pytania:

1. Jak określiłby Pan/Pani swój ogólny stan zdrowia
2. Jak określiłby Pan/Pani swoje widzenie (OBUOCZNIE, w okularach)

W każdym pytaniu występowały warianty odpowiedzi: dobry – 3 punkty, przeciętny – 2 punkty, słaby – 1 punkt. W tej części większa liczba punktów oznaczała lepszą samoocenę.

### Część szczegółowa

W części dotyczącej wykonywania czynności związanych z widzeniem do blizy ankieta zawierała pytania:

3. Czyta Pan/Pani:
  - a. gazety
  - b. informacje z opakowań leków
  - c. daty przydatności do spożycia produktów spożywczych
4. Czy przy czytaniu korzysta Pan/Pani z lupy?
5. Czy ma Pan/Pani problemy z wykonywaniem czynności z bliska:
  - d. Szycie
  - e. Krojenie potraw
  - f. Przelewanie płynów
6. Czy ma Pan/Pani problemy z oceną:
  - g. Założonego na siebie ubrania
  - h. Zarostu / makijażu
  - i. Położenia przedmiotów na półce / stoliku
  - j. Płomienia kuchenki gazowej
7. Czy kłopoty z widzeniem wpływają na Pana/Pani korzystanie z telefonu komórkowego:
  - k. Wybieranie numerów
  - l. Pisanie smsów

W pytaniu 3 ankiety występowały warianty odpowiedzi: a) wcale / trochę / dużo; b) i c) wcale / z trudem / bez problemów. Po analizie udzielanych odpowiedzi ustalono następującą

punktację: 1 punkt za odpowiedzi: a) wcale / trochę b) wcale / z trudem c) wcale / z trudem; 0 punktów za odpowiedzi a) dużo b) bez problemów c) bez problemów. W pytaniach 4-7 występowały warianty odpowiedzi: TAK – 1 punkt, NIE – 0 punktów. Każdy punkt otrzymany w tej grupie odpowiadał dyskomfortowi, problemowi z wykonywaniem czynności związanych z patrzeniem do bliży. W tej części punktacja wynosiła 0-13 punktów, przy czym 13 oznaczało najgorszy wynik – związany z bardzo dużymi kłopotami wykonywaniem czynności związanych z patrzeniem do bliży.

W części dotyczącej wykonywania czynności związanych z widzeniem do dali ankieta zawierała pytania:

9. Czy w czasie oglądania telewizji:
  - a. Odczytuje Pan/Pani informacje na pasku informacyjnym
  - b. Rozpoznaje aktorów
10. Czy kłopoty z widzeniem wpływają na Pana/Pani uczestnictwo w:
  - a. Wydarzeniach kulturalnych (kino/teatr)
  - b. Życiu społeczności lokalnej (manifestacje / wybory)
11. Czy ma Pan/Pani problemy oceną sytuacji na ulicy:
  - a. Odległości pojazdów
  - b. Stanu sygnalizacji świetlnej
  - c. Rozpoznawaniem znajomych
  - d. Rozpoznawaniem osób pełniących czynności służbowe

Pytanie 9 punktowano: TAK – 0 punktów, NIE – 1 punkt. W pytania 10 – 11 punktowano: TAK – 1 punkt, NIE – 0 punktów. Każdy punkt otrzymany w tej grupie odpowiadał dyskomfortowi, problemowi z wykonywaniem czynności związanych z patrzeniem do dali. W tej części punktacja wynosiła 0 – 8 punktów, przy czym 8 punktów było wynikiem najgorszym – odpowiadającym bardzo dużym kłopotom z wykonywaniem czynności związanych z patrzeniem do dali.

W części dotyczącej zdolności do samodzielnego funkcjonowania i narażenia na urazy ankieta zawierała pytania:

15. Czy z powodu kłopotów z widzeniem musi Pan/Pani spędzać większość czasu w domu?

16. Jak często z powodu kłopotów z widzeniem musi Pan/Pani korzystać z pomocy rodziny bądź osób trzecich?
17. Czy z powodu kłopotów z widzeniem doznał Pan/Pani urazu bądź uległ wypadkowi? Gdzie to nastąpiło? \_\_\_\_\_

Pytania 15 i 17 punktowano: TAK -1 punkt, NIE – 0 punktów. W pytaniu 16 możliwe były 3 warianty odpowiedzi: często / czasem/ rzadko (wcale). Po analizie udzielanych odpowiedzi na pytanie 16 zdecydowano się na ocenę punktową: często / czasem – 1 punkt, rzadko (wcale) – 0 punktów. Każdy punkt otrzymany w tej grupie odpowiadał problemom z samodzielną egzystencją. W tej części punktacja wynosiła 0 – 3 punktów, przy czym 3 punkty oznaczały wynik najgorszy – odpowiadający dużym kłopotom z samodzielną egzystencją.

Pytania 8, 12, 13, 14, 18 potraktowano informacyjnie. Posiadanie komputera zadeklarowało 79 osób (47,31% ankietowanych). Prowadzenie samochodu zadeklarowało 58 osób (34,73% ankietowanych). Pracę zawodową zadeklarowały 44 osoby (26,35% ankietowanych).

8. Czy kłopoty z widzeniem wpływają na Pana/Pani korzystanie z komputera? TAK/NIE
12. Czy prowadzi Pan/Pani samochód? TAK/NIE
13. Jeśli NIE – to czy zrezygnował Pan/Pani z powodu kłopotów z widzeniem? TAK/NIE
14. Jeśli TAK to czy ma Pan/Pani kłopot z prowadzeniem samochodu znaną trasą:  
w dzień TAK/NIE  
w nocy TAK/NIE
18. Czy pracuje Pan/Pani zawodowo? TAK/NIE

Pytania dotyczące dolegliwości i aktywności życiowej po operacji usunięcia zaćmy i wszczepieniu sztucznej soczewki:

1. Dyskomfort po zabiegu:
2. Dolegliwości:
  - i. uczucie ciała obcego, suchość, łzawienie (PODKREŚLIĆ)
  - ii. inne \_\_\_\_\_ (WYMIENIĆ)
3. Subiektywna poprawa widzenia:
4. Wzrost aktywności życiowej:

Każde z pytań oceniane było w zakresie 1-5 punktów i dotyczyło następującej sytuacji:

1. Dyskomfort po zabiegu

brak	1 pkt
mały	2 pkt
średni	3 pkt
duży	4 pkt
bardzo duży	5 pkt

2. Dolegliwości

brak	1 pkt
niewielkie	2 pkt
średnie	3 pkt
nasilone	4 pkt
bardzo nasilone	5 pkt

3. Subiektywna poprawa widzenia

brak	1 pkt
niewielka	2 pkt
średnia	3 pkt
duża	4 pkt
bardzo duża	5 pkt

4. Wzrost aktywności życiowej

brak	1 pkt
niewielki	2 pkt
średni	3 pkt
duży	4 pkt
bardzo duży	5 pkt