

УДК 617.741–004.1–053.9–073+534.838.4–089.87

## Усовершенствованный метод определения плотностных характеристик хрусталика у больных возрастной катарактой по данным ультразвукового В-сканирования

Я. А. Гриценко, врач, С. К. Дмитриев, д-р мед. наук, А. Г. Ковальчук, канд. мед. наук, М. И. Скипа, В. Г. Беликов, А. А. Батирев А. А., Н. В. Пасечникова, член корр., проф., д-р мед. наук

ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова НАМН Украины»; Одесса (Украина)

E-mail: awsed2005@ukr.net

**Вступ.** За останні роки в хірургії катаракти широко застосовується методика фемтосекундної лазерної екстракції катаракти, яка найбільш ефективна у хворих з I–III ступенем щільності кристалика за класифікацією Buratto. У зв'язку з цим, є актуальним проведення передопераційної діагностики механічних властивостей кристалика для диференціального відбору хворих, у яких планується проведення фемтосекундної лазерної екстракції катаракти.

**Мета.** Розробити спосіб визначення щільнісних характеристик кристалика на підставі дослідження показника відносного акустичного опору у хворих з віковою катарактою з використанням ультразвукового (УЗ)-В сканування для вибору оптимальної хірургічної тактики лікування.

**Матеріал і методи.** У 51 хворого з віковою катарактою було зроблено оперативне втручання — факоемульсифікація катаракти з імплантацією інтраокулярної лінзи (ЮЛ) (64 ока). Усім хворим проведено УЗ цифрове сканування кристалика на приладі «CineScan» з визначенням акустичної ехогенності в різних шарах кристалика та за допомогою вдосконаленої методики визначено показник відносного акустичного опору в різних шарах кристалика.

**Результати.** За даними дослідження встановлено, що існує прямий кореляційний зв'язок між показниками відносного акустичного опору, визначеного до операції, і показником кумулятивної диспарантної енергії, який можна визначити після проведення операції в кожному конкретному випадку (ко-ефіцієнт Пірсона 0,78).

**Висновки.** Застосування вдосконаленого методу визначення щільнісних характеристик кристалика дозволило виявити прямий кореляційний зв'язок між показником відносного акустичного опору, визначеним до операції, і показником кумулятивної диспарантної енергії.

Отримані дані дозволяють об'єктивно виділяти хворих з I–III ступенем щільності кристалика для проведення фемтосекундної лазерної екстракції катаракти.

**Ключевые слова:** катаракта, от-носительное акустическое сопротивление, УЗ-В сканирование, факоемульсификация

Ключові слова: катаракта, відносно акустичний опір, УЗ-В сканування, факоемульсифікація

## An improved method for determining the density characteristics of the lens in patients with age-related cataract by ultrasound B-scan

Ya. A. Gritsenko, S. K. Dmitriev, A. G. Kovalchuk, M. I. Skipa, V. G. Belikov, A. A. Batir, N. V. Pasechnikova

SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of NAMS of Ukraine»; Odessa (Ukraine)

**Introduction..** In recent years, cataract surgery is a widely used method of femtosecond laser cataract extraction, which is most effective in patients with I–III degree of lens density by Buratto classification. Therefore, it is important to make preoperative diagnosis of mechanical properties of the lens for differential selection of patients who are planned to perform femtosecond laser cataract extraction.

**Purpose.** To develop a method for determining the lens density characteristics obtained from the index of relative acoustic resistance in patients with age-related cataract using ultrasound (US) — B Scanning to select the optimal surgical treatment.

© Я. А. Гриценко, С. К. Дмитриев, А. Г. Ковальчук, М. И. Скипа, В. Г. Беликов, А. А. Батирев А. А. Н. В. Пасечникова, 2015

**Material and methods.** 51 patients with age-related cataract were performed surgery — cataract phacoemulsification with intraocular lens implantation (YUL) (64 eyes). All patients were made digital ultrasound scanning of the lens on the device «CineScan» with determination of acoustic echogenicity in different layers of the lens and using advanced methods index relative acoustic resistance in different layers of the lens was specified.

**Results.** The study has found that there is a direct correlation between the relative acoustic resistance specified before the operation and the rate of cumulative disparate energy, which can be determined after the operation in each case (Pearson's coefficient 0.78).

**Conclusions.** The use of the improved method for determining the density of the lens characteristics revealed a direct correlation between the relative acoustic resistance determined before surgery and the rate of cumulative disparate energy.

These data objectively allow to distinguish patients of I-III degree of lens density for femtosecond laser cataract extraction.

**Key words.** Cataract, relative acoustic resistance, US-B-scanning, phacoemulsification

**Введение.** В последние годы в хирургии катаракты широко применяется методика фемтосекундной лазерной экстракции катаракты, которая наиболее эффективна у больных с I-III степенью плотности хрусталика по классификации Buratto. В связи с этим, актуальным является проведение предоперационной диагностики механических свойств хрусталика для дифференциального отбора больных при проведении фемтосекундной лазерной экстракции катаракты.

В литературе описаны разные варианты предоперационной оценки плотности хрусталика. Из них следует выделить диагностику, основанную на зрительном восприятии цветовых характеристик хрусталика, локализации и характере помутнений, а также диагностику по фоторегистрации данных с дальнейшей денситометрической обработкой, поляризационную биомикроскопию, различные методы УЗ исследований.

Для оценки степени помутнений хрусталика применяют современные классификационные системы: LOCS I-III, Buratto, Oxford system, Wilmer system, Japanese Cooperative Cataract Epidemiology Study Group System (JCCESG), Wisconsin system. Эти классификации основаны на биомикроскопической оценке цветовых градаций ядра хрусталика. Все существующие на сегодняшний день *in vivo* классификации применяются для оценки оптических характеристик хрусталика, не всегда связанных с изменением плотностных характеристик хрусталика [2, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18].

Так, Chylack L. T. (1984), разработал субъективные критерии оценки плотности хрусталика по цвету. Была выявлена корреляционная связь между плотностью хрусталика и возрастом. Однако в дальнейшем было установлено, что у многих больных преклонного возраста наблюдаются акустически прозрачные хрусталики, и наоборот, у ряда молодых пациентов могут встречаться акустически плотные хрусталики. В связи с этим использование цвето-

вых характеристик хрусталика для определения его плотности не во всех случаях позволяет определить его плотность [13].

Т. Е. Марченкова, Н. Ф. Коростелёва (1989), выявили прямую корреляционную связь между экспозицией ультразвуковой энергии во время эмульсификации и интенсивностью окраски ядра хрусталика. Однако в ходе исследований Н. Ф. Коростелева (1989) установила, что детальный осмотр средних и задних отделов хрусталика может быть затруднительным при наличии интенсивных помутнений в передних кортикальных слоях, что не дает возможности предугадать точный показатель ультразвуковой энергии, необходимой для раскола и эмульсификации хрусталика. [3].

Н. Ю. Юсеф, С. Ю. Юсеф (2000), путём измерения оптических свойств хрусталика с помощью колориметрии и денситометрии оценивали плотность хрусталика. Определение оптической плотности хрусталика заключалось в измерении отношения максимального значения оптической плотности передней трети ядра хрусталика к значению оптической плотности задней половины хрусталика и разделением показателей плотности хрусталика на восемь групп. Результаты денситометрического анализа изображений хрусталика показывают, что оптическая плотность его ядра увеличивается по мере созревания ядерной катаракты. Однако применение денситометрии актуально при незначительной степени помутнения хрусталика, т. к. используемый при биомикроскопии свет при определенной степени зрелости поглощается в большей степени в передних слоях, что приводит к снижению светопрозрачности в задних слоях и не исключает определенной субъективности исследования [6, 7].

В связи с этим, И. А. Макаров, (2002) применял объективный метод количественной колориметрии хрусталика с применением спектральных фильтров для определения плотности хрусталика с последую-

шей фоторегистрацией изображения. Однако информативность метода ограничена при оптически плотных ядрах, затрудняющих диагностику структур в задней трети хрусталика [4].

В настоящее время рядом авторов для оценки плотности хрусталика применяются приборы, основанные на принципе Шаймпфлюга, с последующей денситометрией. Однако установлено, что для получения качественной оценки плотности хрусталика на основе денситометрии, размер зрачка должен быть не менее 6,0 мм, что ограничивает применение данной методики [9].

А. Д. Чупров (2004) на основе А-сканирования разработал методику определения акустической плотности хрусталика и выявил её прямую корреляционную связь с результатами определения механической плотности хрусталика [5]. Однако, по данным К. С. Аветисова, на результаты исследования могут влиять «интенсивные» помутнения в передних слоях хрусталика, затрудняющие изучение акустической плотности в различных слоях хрусталика [1].

К. С. Аветисов (2011), при помощи ультразвукового цифрового сканирования в В- и 3D режимах разработал определенный алгоритм ультразвукового исследования глазного яблока с дальнейшей обработкой и формированием 3D модели хрусталика с помощью персонального компьютера.

Данный алгоритм на первом этапе включал в себя измерение линейных показателей основных характеристик хрусталика. На втором этапе исследования в В-режиме проводили денситометрический анализ структур глаза. В пределах изучаемой плоскости ультразвукового среза выделяли стандартный по размеру участок и осуществляли автоматический денситометрический анализ. Анализ позволял графически и количественно отобразить распределение различных оттенков серого в выделенной области. В ходе исследования проводился денситометрический анализ капсул, ядерных, передних и задних кортикальных слоев хрусталика с определением акустической плотности. Ультразвуковой сигнал кодировался цифровыми значениями и обозначался на мониторе персонального компьютера как черный, белый и серый цвет. На третьем этапе исследования с помощью объемного датчика 5–12 МГц получали ультразвуковой срез хрусталика в трех ортогональных плоскостях с дальнейшей оценкой объема и поверхностной топографии [1].

Данная методика с нашей точки зрения является наиболее рациональной для определения плотностных характеристик хрусталика. Принципы определения плотности хрусталика, заложенные в методике, описанной К. С. Аветисовым, могут в перспективе служить основой для дальнейших исследований измерения плотностных характеристик хрусталика.

Определение показателей плотности хрусталика имеет важное значение при выборе больных для проведения фемтосекундной лазерной экстракции катаракты. В связи с этим, разработка максимально точных методов определения этих показателей является актуальной задачей.

**Цель.** Разработать способ определения плотностных характеристик хрусталика на основании исследования показателя относительного акустического сопротивления у больных возрастной катарактой с использованием УЗ-В сканирования для выбора оптимальной хирургической тактики лечения.

### Материал и методы

Представлены результаты обследования, хирургического лечения и послеоперационного наблюдения за 51 больными, которым было произведено оперативное вмешательство — ФЭ катаракты с имплантацией ИОЛ (64 глаза) в возрасте от 42 до 86 лет, в среднем — 71 год. Из общего числа больных мужчин было 22 (43,1 %), женщин 29 (56,9 %). В исследование не включались пациенты с сопутствующей глазной патологией. Все больные были прооперированы по стандартной методике одним хирургом с заданными параметрами посредством системы Infinity (Alcon).

Срок наблюдения после операции составил 3 месяца.

Ультразвуковую биометрию осуществляли на приборе «OcuScan RXP», при этом определяли длину переднезадней оси (ПЗО) глаза и толщину хрусталика.

Нами был усовершенствован метод определения плотности хрусталика у больных с возрастной катарактой по данным УЗ-В сканирования (патент Украины № 93206). Усовершенствованный метод отличается от существующих тем, что при обработке показателя акустической эхогенности с помощью компьютерной программы, данный показатель кодируется с использованием колориметрической таблицы, разделенной на десять цветовых гамм, что обеспечивает детальную характеристику изменения показателя акустической эхогенности в разных слоях хрусталика в предоперационном периоде. Для оценки показателя акустической эхогенности проводилось УЗ-цифровое сканирование в двухмерном режиме на приборе Quantel Medical «CineScan» с использованием секторного механического датчика 20 МГц. Датчик располагался перпендикулярно оптической оси глаза. УЗ-исследование глазного яблока осуществлялось в положении лежа на спине в сагитальной и аксиальной плоскостях. Показатель акустической эхогенности оценивался в разных слоях хрусталика, в т.ч. в передней, средней и задней трети хрусталика. Зафиксированная сканограмма обрабатывалась специальной компьютерной программой. Данная программа позволяла выделить необходимый участок заданного размера и провести измерение показателя акустической эхогенности на основании оценки цветового оттенка с помощью колориметрической таблицы, разделенной на 10 цветовых гамм (рис. 1). Каждой цветовой гамме соответствовал определенный рубеж показателя акустического сопротивления. Исследователем оценивалась цветовая картина выделенного участка, на основании которой, при преобладании определенных цветов, можно судить о различной степени акустической плотности.

Для контроля метода оценки относительного акустического сопротивления разных слоев хрусталика использо-

вался интраоперационный показатель кумулятивной дисперсионной энергии (CDE — общая УЗ энергия, используемая во время операции), который изменялся в зависимости от продолжительности использования ультразвука во время операции.

Статистический анализ и оценку достоверности результатов проводили с помощью программы Statistica 8.0 и Microsoft Excel 2013 с обработкой данных методами вариационной статистики, включающими вычисление средних значений и стандартных отклонений. Критерий достоверности  $p < 0,05$ . Взаимосвязь между показателями оценивалась на основании коэффициента Пирсона (R). При значениях этого показателя выше 0,7 корреляционную зависимость считали высокой.

### Результаты и их обсуждение

При начальной катаракте первая степень плотности хрусталика по Buratto встречалась в 8 случаях (66,7 %), вторая — в 4 (33,3 %); при незрелой катаракте — вторая степень плотности встречалась в 11 случаях (45,8 %); третья — в 9 (37,5 %), четвертая — в 4 (16,7 %); при зрелой катаракте — третья степень плотности встречалась в 4 случаях (15,4 %), четвертая — в 16 (61,5 %), пятая — в 2 (23,1 %); при перезрелой катаракте — пятая степень плотности встречалась в 2 случаях (100,0 %) (Табл. 1).

Длина ПЗО глаза до операции у обследованных больных была от 20,67 до 27,49 мм со средним значением —  $(23,6 \pm 1,33)$  мм. Толщина хрусталика у обследуемых больных была от 3,04 до 4,88 мм со средним значением —  $(4,07 \pm 0,33)$  мм.

Тенденция к увеличению показателя толщины хрусталика в центральной зоне преобладала в группах с более плотными хрусталиками по классификации Buratto. Так, при первой степени плотности толщина хрусталика составила  $(3,79 \pm 0,41)$  мм, при второй —  $3,93 \pm 0,28$ , в третьей группе —  $4,09 \pm 0,21$ , в четвертой группе —  $4,13 \pm 0,26$  и в пятой —  $4,43 \pm 0,28$  (табл. 2).

Применение усовершенствованной программы позволило сравнить показатель относительного акустического сопротивления с субъективной оценкой плотности хрусталика по классификации Buratto (табл. 3).

Так, при I степени плотности хрусталика, общий показатель относительного акустического сопротивления составил  $(0,07 \pm 0,02)$  у.е., при II —

**Таблица 1.** Распределение больных (глаз) с различными степенями развития возрастной катаракты и плотностью хрусталика по Buratto.

Степень зрелости катаракты	Плотность хрусталика по Buratto				
	I	II	III	IV	V
Начальная	6 (8)	4 (4)	0	0	0
Незрелая	0	9 (11)	7 (9)	4 (4)	0
Зрелая	0	0	4 (4)	12 (16)	4 (6)
Перезрелая	0	0	0	0	2 (2)

$0,13 \pm 0,03$ , при III —  $0,22 \pm 0,05$ , при IV —  $0,28 \pm 0,04$ , при V —  $0,32 \pm 0,03$ . Максимальный показатель относительного акустического сопротивления во всех группах отмечался в передней трети хрусталика, что связано с разделением двух разноплотностных сред (вещества передней камеры и хрусталика). В средней трети наблюдалось угасание показателя относительного акустического сопротивления, обусловленное гомогенностью структуры. Изменения в задней трети хрусталика характеризовались повышением показателя относительного акустического сопротивления и четким контурированием задней капсулы хрусталика в области экватора в группах с более плотными хрусталиками (табл. 3).

Наличие прямой корреляционной связи средней силы между толщиной хрусталика и показателем относительного акустического сопротивления было подтверждено коэффициентом корреляции Пирсона (0,53), что связано с увеличением площади расположения акустического ответа. Установлено, что при увеличении толщины хрусталика усиливается показатель акустического сопротивления во всех слоях ( $p = 0,0005$ ). Также отмечено, что величина ПЗО не оказывает влияния на изменение показателя относительного акустического сопротивления в разных слоях (коэффициент Пирсона 0,11).

Следующий этап работы заключался в сравнении показателя кумулятивной дисперсионной энер-

**Таблица 2.** Изменение показателя толщины хрусталика в зависимости от степени плотности хрусталика по классификации Buratto

Степень плотности хрусталика по Buratto	Количество больных (глаз)	Толщина хрусталика $M \pm SD$
1	6 (8)	$3,79 \pm 0,41$
2	13 (15)	$3,93 \pm 0,28$
3	11 (13)	$4,09 \pm 0,21$
4	16 (20)	$4,13 \pm 0,26$
5	6 (8)	$4,43 \pm 0,28$

**Таблица 3.** Изменение показателей относительного акустического сопротивления в зависимости от степени плотности хрусталика ( $p < 0,05$ )

Плотность хрусталика по Buratto	Общий показатель относительного акустического сопротивления ( $M \pm SD$ )	Показатель относительного акустического сопротивления ( $M \pm SD$ )		
		в передней трети хрусталика	в центральной зоне хрусталика	в задней трети хрусталика
I	$0,07 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,02$	$0,03 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$
II	$0,13 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,04$	$0,07 \pm 0,03$	$0,09 \pm 0,03$
III	$0,22 \pm 0,05$	$0,24 \pm 0,08$	$0,13 \pm 0,05$	$0,17 \pm 0,05$
IV	$0,28 \pm 0,04$	$0,35 \pm 0,07$	$0,17 \pm 0,04$	$0,22 \pm 0,03$
V	$0,32 \pm 0,03$	$0,41 \pm 0,06$	$0,21 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,05$

**Таблица 4.** Сравнение показателя кумулятивной диспарантной энергии со степенью плотности хрусталика по классификации Buratto.

Степень плотности хрусталика по Buratto	Показатель CDE (у.е.)					Количество наблюдений (глаз)
	Среднее	Медиана	Минимальное значение	Максимальное значение	SD	
I	2,29	2,15	1,20	4,10	1,07	8
II	7,05	6,50	2,10	14,1	3,31	15
III	21,73	14,10	9,40	54,21	13,49	13
IV	40,66	40,20	19,00	67,32	13,19	20
V	72,81	72,35	52,94	86,27	11,42	8

гии с плотностью хрусталика, определенной по классификации Buratto.

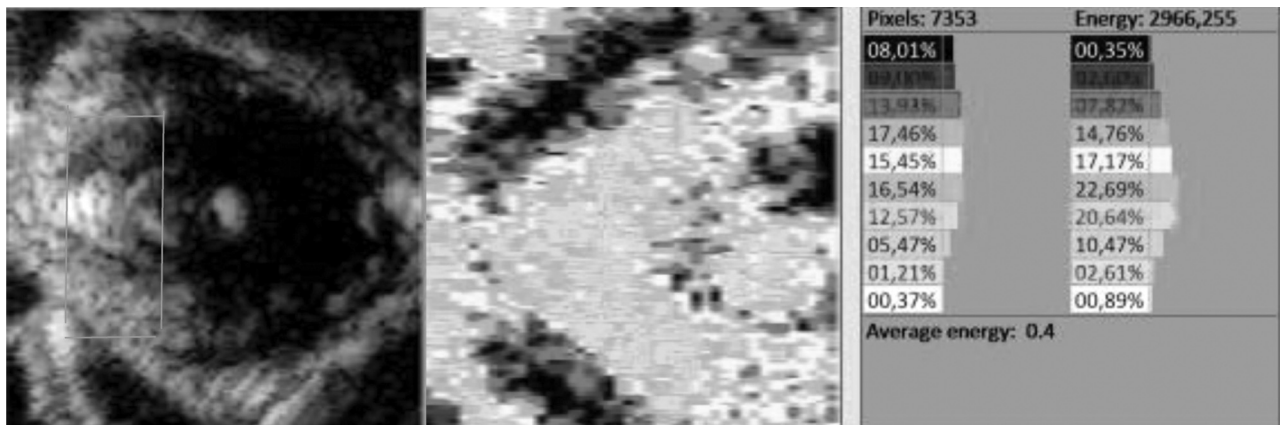
Анализ зависимости показателя кумулятивной диспарантной энергии от степени плотности хрусталика показал, что при I степени плотности хрусталика среднее значение показателя кумулятивной диспарантной энергии составило  $2,29 \pm 1,07$ , при II степени плотности —  $7,05 \pm 3,31$ , при III степени —  $21,73 \pm 13,49$ , при IV —  $40,66 \pm 13,19$ , при V степени —  $72,81 \pm 11,42$ . Как видно из таблицы, в группе с III и IV степенями плотности хрусталика отмечается большой разброс величины показателя кумулятивной диспарантной энергии, что в боль-

шинстве случаев обусловлено субъективностью оценки плотности хрусталика (табл. 4)

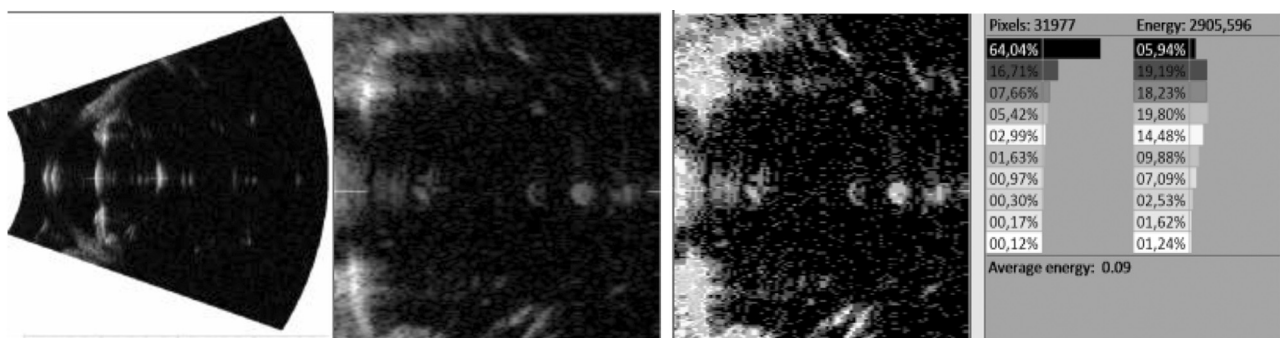
Установлено, что существует прямая корреляционная связь между показателями относительного акустического сопротивления, определенного до операции, и показателем кумулятивной диспарантной энергии, который можно определить после проведения операции в каждом конкретном случае (коэффициент Пирсона 0,78).

Данные, полученные в ходе исследования, подтверждаются следующими клиническими примерами.

*Больной Г., 53 года (ист. болезни 583491).* Правый глаз — начальная возрастная катаракта. Острота зрения (ОЗ) до операции 0,6 н/к. На УЗ снимке наблюдается четкое контурирование передней и задней капсул хрусталика по главной оси. Отсутствие контурирования капсул ближе к экватору связано с незначительным колебанием показателя относительного акустического сопротивления. Количество пикселей в выделенной зоне — 31977, из них черного цвета — 64 %, что соответствует наименее плотным структурам. Суммарная энергия отклика — 2905. Средний показатель относительного акустического сопротивления равен 0,09 у.е. Больному была произведена операция — УЗ факэмульсификация с имплантацией ИОЛ. Суммарный показатель CDE составил 1,4 у.е. (рис.1). Данный случай можно отнести к I степени плотности хрусталика.



**Рис. 1.** Оценка показателя относительного акустического сопротивления в выделенном участке в передней трети хрусталика.



**Рис. 2.** УЗ-В изображение правого глаза больного Г. с начальной возрастной катарактой.

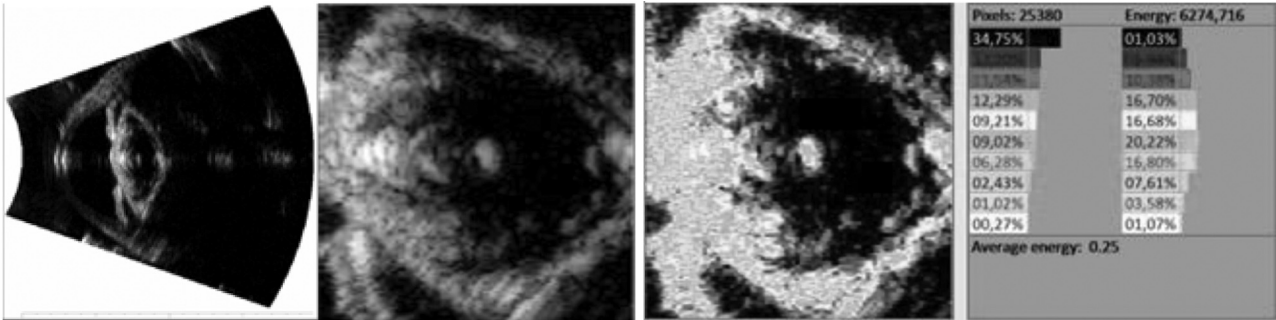


Рис. 3. УЗ-В изображение правого глаза больного Д. с незрелой возрастной катарактой.

Больной Д., 67 лет (ист. болезни 584041) Правый глаз — незрелая возрастная катаракта. ОЗ до операции 0,2. Четкое контурирование задней капсулы связано с резким изменением показателя относительного акустического сопротивления в задней трети хрусталика. Количество пикселей в выделенной зоне — 25380, из них черного цвета — 34,75 %, что значительно меньше чем в предыдущем случае. Все оттенки цветов по колориметрической таблице в процентном соотношении превышают данные в примере № 1. Суммарная энергия отклика — 6274. Средний показатель относительного акустического сопротивления составил 0,25 у.е. Больному была произведена операция — УЗ факоэмульсификация

с имплантацией ИОЛ. Показатель CDE — 16,7 у.е., что можно отнести к III степени плотности (Рис. 3).

### Выводы

Применение усовершенствованного метода определения плотностных характеристик хрусталика позволило выявить прямую корреляционную связь между показателем относительного акустического сопротивления, определенным до операции, и показателем кумулятивной дисперсионной энергии.

Полученные данные позволяют объективно выделять больных с I–III степенями плотности хрусталика для проведения фемтосекундной лазерной экстракции катаракты.

### Литература

1. **Аветисов К. С.** Новые подходы к исследованию хрусталика на основе комбинированного ультразвукового метода // Дисс. канд. мед. наук. — 2011. — 128 с.
2. **Балашевич Л. И.** К дискуссии по проблеме факоэмульсификации катаракты // Новое в офтальмологии. — 1996. — № 4. — С.45–47.
3. **Коростелёва Н. Ф., Марченкова Т. Е.** Значение биомикроскопии в определении плотности катаракты перед факоэмульсификацией // Вестник офтальмол. — 1989. — № 6. — С.43–45.
4. **Макаров И. А.** Квантитативный анализ изображений хрусталика в выборе метода хирургического лечения катаракты // Тезисы докл. Междунар. съезда офтальмологов по рефракционной и катарактальной хирургии. — М., 2002. — С.34.
5. **Чупров А. Д.** Клинико-экспериментальное обоснование технологий хирургии катаракты с использованием малых разрезов // Дисс..... докт. мед. наук. — 2004. — 275 с.
6. **Юсеф Н. Ю.** О новых возможностях усовершенствования современной факоэмульсификации при различных видах-катаракт // Дисс..... д-ра мед. наук. — М., 2000.
7. **Юсеф С. Ю.** О критериях выбора хирургической тактики при факоэмульсификации в дооперационном периоде // Дисс..... канд. мед. наук. — М., 2000.
8. **Buratto L.** Хирургия катаракты. Переход от экстракапсулярной экстракции катаракты к факоэмульсификации. Fabiano Editore. — 1999. — 474 p.
9. **Checks L. T., Summerer R. W., Green K.** Optimal pupil diameter for Scheimpflug slit image photography of the lens in man // Ophthalmol. Res. — 1992. — Vol.27. — № 1. — P.71–77.
10. **Chylack L. T., Leske M. C., Sperduto R. et al.** Lens Opacities Classification
11. System // Arch Ophthalmol. — 1988. — Vol.106. — P.330.
12. **Chylack L. T., Leske M. C., McCarthy D. et al.** Lens Opacities Classification System II (LOCS II) // Arch Ophthalmol. — 1989. — Vol.107. — P.991.
13. **Chylack L. T., Wolfe J. K., Singer D. M. et al.** The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group // Arch Ophthalmol. — 1993. — Vol.111. — P.831–836.
14. **Chylack L. T., Ransil B. J., White O.** Classification of human senile cataractous change by the American Cooperative Cataract Research Group (CCRG). Method: III. The association of nuclear color (sclerosis) with extent of cataract formation, age, and visual acuity // Invest. Ophthalmol. — 1984. — Vol.25. — № 2. — P.174–180.
15. **Klein B. E. K., Magli Y. L., Neider M. W., Klein R.** Wisconsin System for Classification of Cataracts from Photographs, NTIS Accession No. PB90–138306, US Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, VA 22161.
16. **Sasaki K., Shibata T., Obazawa H. et al.** Classification system for cataracts: Application by the Japanese Cooperative Cataract Epidemiology Study Group // Ophthalmic Res. — 1990. — Vol.22 (Suppl 1). — P.46.

17. Sparrow J. M., Bron A. J., Brown N. A. P. et al. The Oxford clinical cataract classification and grading system // *Int Ophthalmol.* — 1986. — Vol.9. — P.207–225.
18. Taylor H. R., West S. K. A simple system for the clinical grading of lens opacities // *Lens Res.* — 1988. — Vol.5. — P.17
19. West S. K., Rosenthal F., Newland H. S. et al. Use of photographic techniques to grade nuclear cataracts // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* — 1988. — Vol.29. — P.73

Поступила 11.12.2014

### References

1. Avetisov KS. New approaches to the study of the lens on the basis of combined ultrasonic method. Thesis for Candidate of Med Science. 2011. 128 p.
2. Balashevich LI. On cataract phacoemulsification. *Novoe v oftalmologii.* 1996;4:45–7. In Russian.
3. Korostoleva NF. Biomicroscopy value in determining the density of cataract before phacoemulsification. *Vestn Oftalmol.* 1989;6:43–5. In Russian.
4. Makarov IA. Quantitative analysis of the lens image in the choice of surgical treatment of cataracts. Proceedings of the International Congress of ophthalmologists of refractive and cataract surgery. M.; 2002. 34. In Russian.
5. Chuprov AD. Clinical and experimental study of technology in cataract surgery using small incisions. Thesis for Doctor of Med. Science. M.; 2004. 275 p.
6. Yusef NYu. New possibilities of improvement of modern phacoemulsification in different types of cataracts. Thesis for Doctor of Med. Science. M.; 2000.
7. Yusef NYu. Criteria for the choice of surgical tactics in phacoemulsification in the preoperative period. Thesis for Candidate of Med. Science. M.; 2000.
8. Buratto L. Cataract surgery. The transition from extracapsular cataract extraction to phacoemulsification. *Fabiano Editore.* 1999.474 p.
9. Cheeks LT, Summerer RW, Green K. Optimal pupil diameter for Scheimpflug slit image photography of the lens in man. *Ophthalmol. Res.* 1992;27(1):71–7.
10. Chylack LT Jr, Leske MC, Sperduto R, et al: Lens Opacities Classification. System. *Arch Ophthalmol.* 1988; 106:330
11. Chylack LT Jr, Leske MC, McCarthy D et al: Lens Opacities Classification System II (LOCS II). *Arch Ophthalmol.* 1989;107:991.
12. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al: The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol.* 1993;111:831–6.
13. Chylack LT, Ransil BJ, White O. Classification of human senile cataractous change by the American Cooperative Cataract Research Group (CCRG). Method: III. The association of nuclear color (sclerosis) with extent of cataract formation, age, and visual acuity. *Invest. Ophthalmol.* 1984; 25(2):174–80.
14. Klein BEK, Magli YL, Neider MW, Klein R. Wisconsin System for Classification of Cataracts from Photographs, NTIS Accession No. PB90–138306, US Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, VA 22161
15. Sasaki K, Shibata T, Obazawa H, et al: Classification system for cataracts: Application by the Japanese Cooperative Cataract Epidemiology Study Group. *Ophthalmic Res.* 1990; 22(Suppl 1):46.
16. Sparrow JM, Bron AJ, Brown NAP, et al: The Oxford clinical cataract classification and grading system. *Int Ophthalmol.* 1986; 9:207–25
17. Taylor HR, West SK: A simple system for the clinical grading of lens opacities. *Lens Res.* 1988; 5:17
18. West SK, Rosenthal F, Newland HS, et al: Use of photographic techniques to grade nuclear cataracts. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1988; 29:73