

Особенности оттока внутриглазной жидкости после эксимерлазерной склерэктомии (экспериментальное исследование)

Е.А. Корчуганова¹О.А. Румянцева¹С.Б. Гудкова²

¹ФГБОУ ВО «Российский научно-исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России
ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова»
Минздрава России
ул. Делегатская, 20, стр.1, г. Москва, 127473, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2017;14(3):215–220

Современные подходы к хирургическому лечению глаукомы базируются на применении безопасных и эффективных методов. В последние годы уделяется большое внимание техникам, стимулирующим увеосклеральный путь оттока водянистой влаги из глаза. Увеосклеральное пространство в дополнительных путях оттока является доминирующим и составляет около 72%. Склера представляет наибольший интерес, являясь конечным этапом оттока водянистой влаги по увеосклеральному пути. Целью исследования явилось изучение влияния эксимерлазерной склерэктомии на дренажную функцию глаза и разработана математической модели зависимости проницаемости склеры от объема лазерной абляции при определенной площади лазерного воздействия и уровне офтальмотонуса. Исследования проведены на 12 изолированных кадаверных глазах человека. Для истончения склеры был применен отечественный эксимерный лазер «Мирроскан Визум» с длиной волны 193 нм. В эксперименте использована специальная компьютерная программа, которая обеспечивала абляцию склеральной ткани с формированием склерального ложа прямоугольной формы размером 7,0x5,0 мм. Глубина воздействия начиналась от 100 до 600 мкм с шагом 50 мкм. Воздействие осуществлялось при постоянном перфузионном давлении равном 25 мм рт. ст. После каждого воздействия проводили измерение коэффициента легкости оттока. Установлена корреляционная связь между факторными и результативными признаками, т.е. между глубиной эксимерлазерной склерэктомии (мкм) и коэффициентом легкости оттока (мм³/мин/мм рт. ст.). Истончение склеры приводит к улучшению ее проницаемости и повышению коэффициента легкости оттока. Разработана математическая модель, позволяющая добиться желаемого коэффициента легкости оттока в эксперименте путем эксимерлазерной склерэктомии. Математическая модель имеет форму уравнения регрессии. Склера является перспективным объектом для дальнейших разработок в области хирургического лечения глаукомы. Лазерная абляция склеры приводит к улучшению оттока внутриглазной жидкости по увеосклеральному пути и снижению внутриглазного давления.

Ключевые слова: склера, коэффициент легкости оттока, увеосклеральный отток, лазерная склерэктомия, эксимерный лазер, математическая модель

Для цитирования: Корчуганова Е.А., Румянцева О.А., Гудкова С.Б. Особенности оттока внутриглазной жидкости после эксимерлазерной склерэктомии (экспериментальное исследование). *Офтальмология*. 2017;14(3):215–220. DOI: 10.18008/1816-5095-2017-3-215-220

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует

Благодарность: Авторы выражают признательность Вартапетову Сергею Кареновичу и сотрудникам компании «ОптоСистемы» за помощь в эксперименте

Features of Outflow of Intraocular Liquid after an Eksimerlazer Sklerektomy (Pilot Study)

E. A. Korchuganova¹, O. A. Rumyantseva¹, S. B. Gudkova²

¹Pirogov Russian National Research Medical University
Ostrovityanova 1 st., Moscow, 117997, Russian Federation

²A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry
Delegatskaya St., 20, Moscow, 127423, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2017;14(3):215-220

Modern approaches to surgical glaucoma treatment is based on the safe and effective methods. In recent years, great attention is paid to the techniques of stimulating uveoscleral path outtake aqueous humor from the eye. Uveoscleral space in the extended outflow pathways is dominant and constitutes about 72%. Sclera is a field of the greatest interest, as the end stages of the outflow of aqueous humor via the uveoscleral path. The aim of the study was to investigate the influence of excimer laser sclerectomy on the drainage function of the eye and development of a mathematical model based on the permeability of the sclera of the amount of laser ablation at a defined area of laser exposure and the level of IOP. Studies were conducted on 12 human cadaver eyes isolated person. The domestic excimer laser "MicroScan Vizum" with a wavelength of 193nm (0,193 μm) was used for the thinning of sclera. In the experiment used a special computer program provided ablation of scleral tissue, the scleral bed forming a rectangular shape with a size 7,0x5,0 mm. the Depth of influence started from 100 microns to 600 microns in increments of 50 μm. The exposure was carried out at a constant perfusion pressure of 25 mm Hg After each impact was measured of the coefficient ease the outflow. A correlation was established between the factor and effective features, i.e., between the excimer laser deep sclerectomy (μm) and ratio of lightness outflow (mm³/min/mm Hg.St).

Thinning of the sclera leads to an improvement of its permeability and increasing the coefficient ease the outflow. A mathematical model, allowing to achieve the desired ratio of lightness outflow experiment by excimer laser sclerectomy was developed. The mathematical model has the form of the regression equation. The sclera is a promising object for further developments in the surgical treatment of glaucoma. Laser ablation of the sclera leads to an improvement of outflow via the uveoscleral path and reduce intraocular pressure.

Keywords: sclera, the ratio of lightness outflow, uveoscleral outflow, laser sclerectomy, an excimer laser, a mathematical model

For citation: Korchuganova E. A., Rumyantseva O. A., Gudkova S. B. Features of Outflow of Intraocular Liquid after an Eksimerlazer Sklerektomy (Pilot Study). *Ophthalmology in Russia*. 2017;14(3):215-220. DOI: 10.18008/1816-5095-2017-3-215-220

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

Современные подходы к хирургическому лечению глаукомы отражают общие принципы развития здравоохранения в России. Применение щадящих и органосохраняющих методик, обеспечивающих быструю реабилитацию пациента, а также высокотехнологичных видов лечения все больше осуществляется в условиях дневного стационара и амбулаторно. А это значит, что пациентам, обреченным на слепоту, будет предоставлена медицинская помощь своевременно, эффективно и качественно. В связи с этим внимание офтальмологов обращено на изучение неинвазивных методов, снижающих внутриглазное давление и не вызывающих существенных явлений пролиферации со стороны тканей глазного яблока.

Исследователями во главе с академиком А.П. Нестеровым было доказано, что отток ВГЖ через увеосклеральное пространство в дополнительных путях оттока является доминирующим и составляет 72% [1]. Кроме того, выявлено усиление оттока водянистой влаги по дополнительным путям при повышении офтальмотонуса [2,3]. Вероятно, в далеко зашедших стадиях глаукомы увеосклеральный путь является лидирующим вследствие грубых изменений в структурах глаза, обеспечивающих основной путь движения жидкости. Именно поэтому склера представляет наибольший интерес, явля-

ясь конечным этапом оттока водянистой влаги по увеосклеральному пути [4].

Качество репаративных процессов в тканях глаза после оперативного вмешательства по поводу глаукомы определяет прогноз длительности гипотензивного эффекта. Это обстоятельство по-прежнему имеет большое значение при выборе хирургического пособия у глаукомных больных.

Способность организма восстанавливать поврежденные структуры индивидуальна и зависит не только от характера повреждения, возраста пациента, но и от строения самой ткани. Успех любого хирургического вмешательства при глаукоме определяет скорость и степень выраженности фиброза в зоне формирования путей оттока внутриглазной жидкости [5].

Кроме того, наше внимание было обращено на щадящее температурное воздействие энергии эксимерного лазера на ткань фиброзной оболочки глаза [6], что минимизирует пролиферативный ответ в зоне вмешательства.

Ранее нами был предложен способ лечения глаукомы путем лазерной склерэктомии [7]. Для истончения склеры при этом использован эксимерный лазер CarlZeiss MEL-80 (рис.1) с длиной волны 193 нм. Диаметр зоны лазерного воздействия в 2–3 мм от лимба составлял 5–6 мм (рис. 2).



Рис. 1. Эксимерный лазер Carl Zeiss MEL-80

Fig. 1. Excimer laser Carl Zeiss MEL-80



Рис. 2. Зона лазерного воздействия

Fig. 2. Area of laser exposure

В данном исследовании при помощи эксимерного лазера мы формировали участок склерэктомии прямоугольной формы размером 7,0×5,0 мм в 1–2 мм от лимба и глубиной абляции до 600 мкм. Это в дальнейшем позволит сравнить полученный гипотензивный эффект с результатами хирургической склерэктомии аналогичной площади и глубины [8], применяемой в клинике для лечения больных с далеко зашедшей стадией глаукомы различного генеза.

Цель экспериментального исследования состояла в изучении влияния эксимерлазерной склерэктомии размером 7,0×5,0 мм и глубиной абляции до 600 мкм в 1–2 мм от лимба на дренажную функцию глаза и разработке математической модели зависимости проницаемости склеры от объема лазерной абляции при определенной площади лазерного воздействия и уровне офтальмотонуса.

Материалы и методы. Эксперимент проведен на 12 изолированных глазах человека, взятых при аутопсии через 12–24 часа после смерти, средний возраст 70 лет (58–84 года). Остатки конъюнктивы кадаверных глаз удаляли или отсепаровывали от лимба.

Для истончения склеры использовали отечественный эксимерный лазер «Микроскан Визум» с длиной волны 193 нм и специально разработанную компьютерную программу — скан-файл, которая обеспечивала абляцию склеральной ткани с формированием склерального ложа прямоугольной формы размером 7,0×5,0 мм у лимба в проекции между сухожилиями прямых мышц.

Для изучения гидродинамики оперированных изолированных кадаверных глаз предварительно с помощью перфузионной системы (рис. 3) создавали необходимый уровень офтальмотонуса.

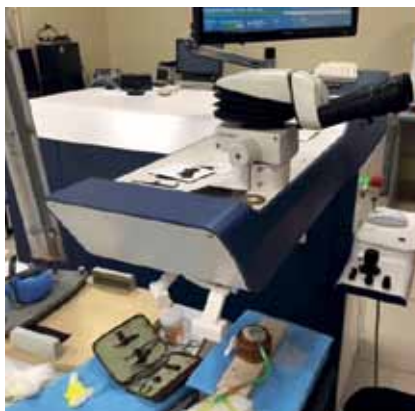


Рис. 3. Эксимерный лазер «Микроскан Визум». Перфузионная система

Fig. 3. Excimer laser "MicroScan Vizum". Perfusion system

Перфузия — наиболее точный метод исследования легкости оттока жидкости из глаза. В нашем эксперименте использована перфузия глаза при постоянном давлении 25 мм рт. ст. [9] для определения коэффициента легкости оттока (КЛО) внутриглазной жидкости. Далее проводили лазерную абляцию склеры на глубину 100, 150, 200, 250 ... 600 мкм при помощи скан-файла, после каждого воздействия вновь определяли КЛО

(рис. 4). Следует отметить, что эксимерлазерное воздействие было дозированным, проводилось под контролем микроскопии, при этом ни в одном случае не были перфорированы участки склеры. Это позволяет нам утверждать, что толщина склеры в этой области была более 600 мкм.



Рис. 4. Зона лазерной абляции 7,0×5,0 мм с использованием скан-файла

Fig. 4. Area laser ablation 7,0×5,0 mm, using the scan-file.

Необходимость дозированного лазерного воздействия с интервалом в 50 мкм также была продиктована требованиями к статистической обработке данных для выведения зависимости изменения проницаемости склеры от объема абляции склеральной ткани. Определение подобной зависимости в виде математической модели позволит при необходимости использовать любой тип эксимерного лазера для проведения неинвазивной лазерной склерэктомии с целью получения требуемого гипотензивного эффекта.

В настоящее время эксимерные лазеры используются в клинике только для проведения рефракционных операций.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для иллюстрации в данной статье, касающейся эффективности эксимерлазерной склерэктомии, в эксперименте на изолированных глазах человека мы ограничились показателями глубины лазерной абляции только следующими из полученных позиций: 150, 300, 450, и 600 мкм. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица 1. Динамика КЛО в эксперименте (перфузионное ВГД = 25 мм.рт.ст., площадь лазерной абляции 7,0x5,0 мм)**Table 1.** Dynamics of outflow coefficient

№ п/п	Исходный КЛО мм ³ /мин/мм рт.ст. initial coefficient (возраст age)	Глубина склерэктомии Depth of sclerectomy 150 мкм Δ КЛО Δ initial coefficient	Глубина склерэктомии Depth of sclerectomy 300 мкм Δ КЛО Δ initial coefficient	Глубина склерэктомии Depth of sclerectomy 450 мкм Δ КЛО Δ initial coefficient	Глубина склерэктомии Depth of sclerectomy 600 мкм Δ КЛО Δ initial coefficient
1.	0,055 79 лет	0,055 Δ=0	0,06 Δ=0,005	0,08 Δ=0,025	0,1 Δ=0,045
2.	0,18 60 лет	0,18 Δ=0	0,19 Δ=0,01	0,21 Δ=0,03	0,24 Δ=0,06
3.	0,09 65 лет	0,12 Δ=0,03	0,15 Δ=0,06	0,18 Δ=0,09	0,21 Δ=0,12
4.	0,06 77 лет	0,07 Δ=0,01	0,09 Δ=0,03	0,11 Δ=0,05	0,14 Δ=0,08
5.	0,12 71 год	0,13 Δ=0,01	0,15 Δ=0,03	0,17 Δ=0,05	0,18 Δ=0,06
6.	0,19 73 года	0,2 Δ=0,01	0,21 Δ=0,02	0,24 Δ=0,05	0,29 Δ=0,1
7.	0,07 69 лет	0,08 Δ=0,01	0,11 Δ=0,04	0,13 Δ=0,06	0,15 Δ=0,08
8.	0,24 75 лет	0,26 Δ=0,02	0,27 Δ=0,03	0,29 Δ=0,05	0,3 Δ=0,06
9.	0,15 83 года	0,15 Δ=0	0,17 Δ=0,02	0,19 Δ=0,04	0,23 Δ=0,08
10.	0,16 77 лет	0,18 Δ=0,02	0,20 Δ=0,04	0,21 Δ=0,05	0,22 Δ=0,06
11.	0,17 77 лет	0,17 Δ=0	0,19 Δ=0,02	0,21 Δ=0,04	0,23 Δ=0,06
12.	0,26 67 лет	0,29 Δ=0,03	0,3 Δ=0,04	0,32 Δ=0,06	0,34 Δ=0,08

Δ — Прирост КЛО к исходному КЛО при перфузионном давлении 25 мм рт.ст.

Анализируя результаты, представленные в таблице, следует отметить, что во всех случаях истончение склеры приводит к улучшению ее проницаемости, что объективно подтверждается значением КЛО. При стандартной площади лазерного воздействия 7,0x5,0 мм наименьший прирост КЛО имел место при глубине абляции до 300 мкм. Далее отток жидкости усиливался более существенно: прирост КЛО на следующих этапах превосходил отмеченный в 1,5–2 раза. Средний прирост КЛО относительно исходного составил 0,074 мм³/мин/мм рт. ст. (от 0,045 до 0,12 мм³/мин/мм рт. ст.).

Нами была найдена корреляционная связь между факторными и результативными признаками, т.е. между глубиной эксимерлазерной склерэктомии (мкм) и коэффициентом легкости оттока (мм³/мин/мм рт. ст.). Проведенное исследование позволило разработать математическую модель и добиться заданной величины оттока жидкости, выраженной коэффициентом легкости отто-

ка (КЛО), в зависимости от выставленных параметров выборки склеральной ткани (мкм), отечественным эксимерным лазером «Микроскан Визум» с длиной волны 193 нм и специально разработанной для него компьютерной программой — скан-файл с помощью уравнения регрессии. При построении данного уравнения целесообразно использовать регрессионный анализ, т.е. найти функциональную зависимость между глубиной эксимерлазерной склерэктомии (мкм) и коэффициентом легкости оттока (мм³/мин/мм рт. ст.). В данном случае за совместным изменением двух параметров x (глубина эксимерлазерной склерэктомии) и y (коэффициентом легкости оттока) необходимо определить именно аналитическую зависимость $y=f(x)$.

Построение модели сводится к нахождению уравнения парной линейной регрессии и оценке параметров данной модели. Для этого предполагаем, что зависимая переменная y является линейной функцией

$$y = b_0 + b_1 x, \text{ от независимой переменной } x$$

Необходимо найти такие значения параметров b_0 и b_1 (коэффициент регрессии), при которых построенная модель наилучшим образом описывала бы (аппроксимировала) экспериментальные данные. Нахождение параметров b_0 и b_1 определяется следующим образом:

$$b_1 = \frac{\overline{\text{cov}(x, y)}}{\sigma_x^2} = 0,000144, \text{ где}$$

$$\overline{\text{cov}(x, y)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \overline{xy} - \bar{x}\bar{y}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 0,121$$

или, используя Мастер функций Microsoft Excel с помощью стандартных статистических функций НАКЛОН (y,x) и ОТРЕЗОК (y,x), соответственно.

Таким образом, уравнение парной линейной регрессии примет вид:

$$y = 0,121 + 0,000144 x$$

Параметр $b_1=0,000144$ представляет собой коэффициент регрессии, показывающий среднее изменение результата с изменением фактора на одну единицу. То есть, с увеличением глубины склерэктомии на 1 мкм КЛО увеличится в среднем на 0,00014 мм³/мин/мм рт. ст.

Уравнение регрессии дополняется показателем тесноты связи — линейным коэффициентом корреляции по формуле:

$$r_{xy} = b_1 \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{\overline{\text{cov}(x, y)}}{\sigma_x \sigma_y} = 0,96$$

или, используя Мастер функций Microsoft Excel с помощью стандартной статистической функции КОРРЕЛ (x,y).

Чем ближе коэффициент корреляции к 1, тем теснее связь переменных модели. Таким образом, можно сде-

лать вывод, что глубина склерэктомии оказывает весьма высокое влияние на КЛО.

Для оценки качества подбора линейной функции определен коэффициент детерминации R^2 , характеризующий ту долю изменений зависимой переменной, которая объясняется моделью (выбранной зависимостью между переменными при условии, что коэффициенты подобраны «наилучшим» образом).

Величина коэффициента детерминации, рассчитанная с использованием Мастера функций Microsoft Excel с помощью статистической функции КВПИРСОН($y;x$), равна $R^2=0,992$. Он показывает, что 99,2% вариации глубины склерэктомии объясняется вариацией КЛО, а остальные 0,8% — влиянием неучтенных и случайных факторов. В нашем случае неучтенными факторами в эксперименте могут быть возраст больных, а также уровень исходных данных, которые причастны к глаукомному процессу в исследуемых глазах.

После нахождения уравнения регрессии нами была проведена оценка значимости его параметров и уравнения в целом. Оценка значимости уравнения регрессии проводится с помощью F-критерия Фишера. При этом выдвигается нулевая гипотеза H_0 о статистической незначимости уравнения регрессии, т.е. фактор не оказывает влияния на результат. Для этого выполняется сравнение фактического $F_{\text{факт}}$ и критического (табличного) $F_{\text{табл}}$ значений F-критерия Фишера. $F_{\text{факт}}$ определяется из соотношения значений факторной и остаточной дисперсий, рассчитанных на одну степень свободы. $F_{\text{табл}}$ — это максимально возможное значение критерия под влиянием случайных факторов при данных степенях свободы и уровне значимости α . Уровень значимости α — вероятность отвергнуть правильную гипотезу при условии, что она верна. Принимаем α равной 0,05. Если $F_{\text{табл}} < F_{\text{факт}}$, то H_0 — гипотеза о случайной природе оцениваемых характеристик отклоняется и признается их статистическая значимость и надежность. Если $F_{\text{табл}} > F_{\text{факт}}$, то гипотеза H_0 не отклоняется и признается статистическая незначимость, ненадежность уравнения регрессии.

Все необходимые для анализа показатели найдены с использованием Мастера функций Microsoft Excel:

Таблица 2.

Table 2.

b_1	b_0	0,000144	0,121236364
S_{b_1}	S_{b_0}	4,22333E-06	0,001622002
R^2_{yx}	S_e	0,992317914	0,002214735
F	df	1162,556837	9
Q_1	Q_0	0,0057024	4,41455E-05

где b_1 и b_0 — значения коэффициентов;

S_{b_1} и S_{b_0} — стандартная ошибка/стандартные отклонения коэффициентов регрессии;

df — число степеней свободы;

S_e — стандартная ошибка оценки по регрессии, которая показывает, насколько в среднем мы ошибаемся, оценивая значение зависимой переменной по найденному уравнению регрессии при фиксированном значении независимой переменной;

F — значение статистики Фишера-Снедекора;

Q_1 и Q_0 — фактическая и остаточная дисперсии, соответственно.

В нашем случае $F_{\text{табл}} = 5,32$ при числе степеней свободы $df = n - 2 = 11 - 2 = 9$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$ (вероятностью 95%), а $F_{\text{факт}} = 1162,6$ (как видно из Табл. 2). Т.к. $F_{\text{табл}} < F_{\text{факт}}$ (5,32 гораздо меньше 1162,6), то гипотеза о статистической незначимости уравнения регрессии отклоняется и оно считается статистически значимым.

В регрессионном анализе для оценки статистической значимости отдельных его параметров рассчитывается t-критерий Стьюдента. Выдвигается гипотеза H_0 о случайной природе показателей, т.е. о незначимом их отличии от нуля. Оценка значимости коэффициентов регрессии и корреляции с помощью t-критерия Стьюдента проводится путем сопоставления их значений с величиной случайной ошибки.

$$t_{b_1} = \frac{b_1}{S_{b_1}} = 34,1; \quad t_{b_0} = \frac{b_0}{S_{b_0}} = 74,7.$$

При оценке значимости коэффициентов регрессии b_1 и b_0 гипотезы имеют следующий вид.

Основная гипотеза $H_0: b_j = 0$ принимается в случае, когда $|t_{b_j}| < t_{кр}$ и с уровнем значимости α делается вывод о том, что коэффициент b_j незначим.

Альтернативная гипотеза $H_1: b_j \neq 0$ принимается в случае, когда $|t_{b_j}| > t_{кр}$ и с уровнем значимости α делается вывод о том, что коэффициент b_j значим (имеется статистическая связь между x и y).

В нашем случае $t_{кр} = 2,3$ при числе степеней свободы $df = n - 2 = 11 - 2 = 9$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Поскольку $|t_{b_j}| > t_{кр}$, ($34,1 > 2,3$ и $74,7 > 2,3$) с уровнем значимости 0,05 (с доверительным уровнем 95%), можно сделать вывод о том, что коэффициенты b_0 и b_1 значимы.

На основе проведенного анализа получили следующую зависимость (рис. 5).

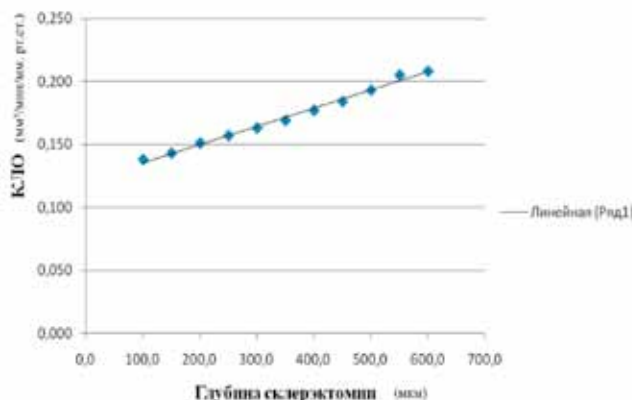


Рис. 5. Зависимость КЛО (мм³/мин/мм рт. ст.) от глубины склерэктомии (мм)

Fig. 5. The dependence of the ratio of lightness outflow (HLO) from the depths of the excimer laser sclerectomy

В клинической практике офтальмолог, используя подобную математическую модель, может рассчитать объем глубины лазерной абляции склеральной ткани для достижения желаемого коэффициента легкости оттока внутриглазной жидкости у конкретного больного.

ВЫВОДЫ

1. Склера — перспективный объект для дальнейших разработок в области хирургии глаукомы.
2. Эксимерлазерная склерэктомия глубиной 600 мкм на площади размером 7,0×5,0 мм при ВГД = 25 мм рт.ст. активизирует отток внутриглазной жидкости на 25–50% и более по сравнению с исходным.
3. Прирост КЛО на этапах лазерной абляции от 300 до 600 мкм превосходит прирост при меньшей глубине воздействия в 1,5–2 раза.
4. С увеличением глубины склерэктомии на 1 мкм КЛО увеличивается в среднем на 0,00014 мм³/мин/мм рт. ст.

5. Уравнение регрессии $y = 0,121 + 0,000144 x$ является математической моделью для экспериментального расчета КЛО при заданной глубине лазерной абляции склеры с использованием скан-файла на эксимерном лазере «Микроскан Визум», обеспечивающим прямоугольную форму склерального ложа размером 7,0×5,0 мм при ВГД, равном 25 мм рт.ст.
6. Представленная математическая модель может служить предметом для уточнения параметров в ходе дальнейших научных разработок, в том числе, в рамках клинической апробации для расчета глубины лазерной абляции путем задаваемого параметра КЛО в соответствии с нормативными правовыми документами использования медицинских изделий на территории России.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ

Корчуганова Е.А. — концепция и дизайн исследования
 Корчуганова Е.А., Румянцева О.А. — сбор и обработка материала
 Корчуганова Е.А., Гудкова С.Б. — статистическая обработка данных
 Корчуганова Е.А. — написание текста и подготовка иллюстраций

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Нестеров А.П., Румянцева О.А., Черкасова И.Н.. Экспериментальное определение функциональной роли различных путей оттока внутриглазной жидкости. Вестник офтальмологии.1977(4):30–32. [Nesterov A.P. Rummyantseva O.A., Cherkasova I.N. Experimental determination of the functional roles of the various ways the outflow intraocular fluid. Annals of Ophthalmology=Vestnik oftal'mologii. 1977(4):30–32. (In Russ.)].
2. Нестеров А.П., Черкасова И.Н., Экспериментальное исследование дополнительных путей оттока внутриглазной жидкости. Офтальмологический журнал. 1976 (2):14–15. [Nesterov A.P., Cherkasova I.N. Experimental study of additional paths of outflow intraocular fluid. Ophthalmology Journal= Oftal'mologicheskii zhurnal, 1976 (2):14–15 (In Russ.)].
3. Черкасова И.Н., Румянцева О.А. Исследование проницаемости склеры в эксперименте. Вестник офтальмологии.1979(1):30–32. [Cherkasova I.N., Rummyantseva O.A. A permeability research skler in an experiment. Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii. 1979(1):30–32. (In Russ.)].
4. Bill A. Movement of albumin and dextran through the sclera. Archives of Ophthalmology. 1965 (74):248–252. DOI:10.1001/archoph.1965.0097004025002.
5. Синеок А.Е., Николаева Г.А., Карлова Е.В. Результаты морфологических исследований рубцевания склеры после непроницающей экваториальной склеротомии при терминальной глаукоме. Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской Академии медицинских наук.2011;82 (6):171–173. [Sineok A.E., Nikolaeva G.A., Karlova E.V. Results of morphological researches of scarring skler after not getting equatorial sklerotomiya at terminal glaucoma. Bulletin of the East Siberian scientific center of the Siberian office of the Russian Academy of Medical Science=Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi Akademii meditsinskikh nauk. 2011;82 (6):171–173. (In Russ.)].
6. Привалов В.Е., Сетейкин А.Ю. Фотоабляция биологических тканей. Вестник Санкт-Петербургского Университета. 2010(2):225–237. [Privalov V.E., Seteykin A.Yu. Photoablation of biological fabrics. Bulletin of the St. Petersburg University=Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. 2010(2):225–237. (In Russ.)].
7. Корчуганова Е.А., Румянцева О.А. Патент RU 2587857, 2016. Способ лазерной склерэктомии <http://www.findpatent.ru/patent/258/2587857.html>. [Korchuganova E.A., Rummyantseva O.A. The process of laser sclerectomy. Patent RU 2587857, 2016 (In Russ.)].
8. Корчуганова Е.А., Румянцева О.А. Способ хирургического лечения глаукомы путем резекции склеры. Патент RU 2587856, 2016. <http://www.findpatent.ru/patent/258/2587856.html> [Korchuganova E.A., Rummyantseva O.A. A way of glaucoma surgical treatment by a resection of the sclera. Patent RU 2587856? 2016. (In Russ.)].
9. Нестеров А.П., Бунин А.Я., Кацнельсон Л.А. Внутриглазное давление. Физиология и патология. М.: Издательство Наука;1974:88–91 [Nesterov A.P., Bunin A.Ya., Katsnel'son L.A. An intraocular pressure. Physiology and pathology. Moscow. Nauka;1974:88–91 (In Russ.)].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России
 Корчуганова Елена Александровна
 кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник ПНИЛ глаукомы и дистрофических заболеваний глаза
 ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация

ФГБОУ ВО им. Н.И. Пирогова Минздрава России
 Румянцева Ольга Александровна
 доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии
 ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России
 Гудкова Светлана Борисовна
 доцент кафедры финансов и инвестиций
 ул. Делегатская, 20, стр.1, г. Москва, 127473, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Pirogov Russian National Research Medical University
 Korchuganova Elena A.
 PhD, Senior Research Officer
 Ostrovityanova St., 1, Moscow, 117997, Russian Federation

Pirogov Russian National Research Medical University
 Rummyantseva Olga A.
 MD, professor
 Ostrovityanova St., 1, Moscow, 117997, Russian Federation

A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry
 Gudkova Svetlana B.
 associate Professor
 Delegatskaya St., 20, Moscow, 127423, Russian Federation