

УДК 617.7-007.681-07



А.Н. Страшненко

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, diagnost@kture.kharkov.ua;

## МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

Статья посвящена разработке метода выбора оптимального лечения первичной открытоугольной глаукомы на основе метода аналитических сетей, позволяющего провести многокритериальную оценку лекарственных препаратов-аналогов и различных видов антиглаукомных вмешательств. Разработана структура сетевой модели для выбора метода лечения первичной открытоугольной глаукомы в зависимости от выявленной стадии и индивидуальных особенностей пациента, которая позволит повысить достоверность и обоснованность решения на этапе формирования лечебных мероприятий.

ПЕРВИЧНАЯ ОТКРЫТОУГОЛЬНАЯ ГЛАУКОМА, СТАДИЯ, ЛЕЧЕНИЕ, МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ

### Введение

В настоящее время во всем мире наблюдается значительный рост заболеваемости глаукомой, приводящей к повреждению зрительного нерва и необратимым изменениям зрительных функций. Среди известных клинических форм заболевания наиболее распространенной является первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ). Значительная распространенность ПОУГ обусловлена характером течения данной формы глаукомы, незаметно протекающей для пациента на начальных этапах развития [1].

К повреждению зрительного нерва и в итоге ухудшению зрения приводит часто, но не всегда, повышение внутриглазного давления (ВГД). При этом у каждого пациента существуют свои показатели нормы. Задача любой методики лечения ПОУГ заключается в снижении индивидуального ВГД до уровня, при котором не развиваются последующие глаукомные поражения или же при котором скорость прогрессирования болезни может быть сведена к минимуму.

ПОУГ относится к “дорогим” заболеваниям, поскольку имеет хроническое длительное течение, нуждается в постоянном динамическом лечебно-диагностическом наблюдении. Поэтому стоимость лечения должна рассматриваться и взвешиваться тщательно, в комплексе с привлечением таких факторов, как влияние недостатков и неудобств методов лечения и финансовых затрат на лечение глаукомы со стороны индивидуума.

### 1. Постановка задачи

Для предотвращения дальнейшего развития ПОУГ необходимо выполнение двух взаимосвязанных этапов: своевременной диагностики стадии заболевания и эффективного лечения выявленной патологии [2]. Основные направления лечения ПОУГ: медикаментозное, лазерное, хирургическое. Чаще всего лечение глаукомы начинается с применения глазных капель. Врач-офтальмолог сталкивается с широким спектром лекарственных

препаратов-аналогов и антиглаукомных операций для назначения процесса лечения. Назначение лекарственных препаратов и вмешательств конкретному пациенту выполняется врачом на интуитивном уровне и во многом определяется его квалификацией. Врач-офтальмолог как лицо, принимающее решение, вырабатывает управленческое решение, при этом принятие неправильного решения на этапе формирования лечебных мероприятий может иметь необратимые последствия для зрения пациента. Поэтому важным является обеспечить поддержку врача-офтальмолога при принятии верного решения на этапе выбора лечения пациентов с ПОУГ.

Целью статьи является разработка метода выбора оптимального лечения ПОУГ на основе аналитических сетей.

### 2. Решение задачи

Метод выбора оптимального лечения ПОУГ реализуется в следующей последовательности.

На первом этапе для задачи выбора лечения в качестве альтернатив были взяты 4 стадии ПОУГ:  $S_1$  – I стадия (начальная);  $S_2$  – II стадия (развитая);  $S_3$  – III стадия (далекозашедшая);  $S_4$  – IV стадия (терминальная) [3]. В качестве критериев выступают три направления лечения данного заболевания: медикаментозное (консервативное)  $P_i$ , лазерное  $Z_i$  и хирургическое  $N_i$  [4]. При этом в зависимости от стадии ПОУГ и уровня ВГД в качестве начального метода лечения выбирается только один. Каждый из приведенных методов лечения ПОУГ направлен на нормализацию ВГД и предупреждение снижения зрительных функций.

Медикаментозный метод лечения ПОУГ включает в себя лекарственные препараты, которые подразделяются на следующие группы:  $P_1$  – селективные адренергические агонисты;  $P_2$  – неселективные адренергические агонисты;  $P_3$  – адренергические антагонисты ( $\beta$ -блокаторы);  $P_4$  – ингибиторы карбоангидразы;  $P_5$  – парасимпатомиметики (холинергические препараты);

$P_6$  – производные простагландина и простамида [5]. При консультации с практикующими врачами-экспертами был определен следующий перечень подкритериев, по которым сравниваются группы лекарственных препаратов:  $k_1$  – эффективность действия;  $k_2$  – противопоказания к применению;  $k_3$  – аллергические реакции;  $k_4$  – переносимость препарата;  $k_5$  – побочные эффекты;  $k_6$  – удобство применения;  $k_7$  – стоимость;  $k_8$  – частота применения;  $k_9$  – время выведения из организма;  $k_{10}$  – наличие консервантов. Однако при неэффективности медикаментозного лечения ПОУГ и при отсутствии противопоказаний со стороны общего состояния здоровья больного нужно в ранние сроки переходить к более радикальным методам лечения – лазерному или патогенетически направленному хирургическому.

Лазерное лечение ПОУГ проводится по следующим направлениям:  $Z_1$  – лазерная иридотомия;  $Z_2$  – лазерная трабекулопластика;  $Z_3$  – лазерная иридопластика;  $Z_4$  – циклофотокоагуляция. При выборе одного из видов лазерного метода лечения глаукомы, в качестве подкритериев оцениваются:  $d_1$  – эффективность;  $d_2$  – противопоказания к назначению;  $d_3$  – побочные эффекты;  $d_4$  – стоимость;  $d_5$  – послеоперационное медикаментозное лечение;  $d_6$  – осложнения;  $d_7$  – период заживления;  $d_8$  – безопасность.

Хирургическое вмешательство включает в себя антиглаукоматозные операции, которые можно разделить на 2 основные группы: проникающая хирургия глаукомы ( $N_1$  – трабекулектомия и  $N_2$  – трабекулотомия) и непроникающая хирургия глаукомы ( $N_3$  – глубокая склеректомия и  $N_4$  – вискоканалостомия). Многокритериальная оценка различных видов хирургических операций проводится по тем же подкритериям  $b_1, \dots, b_8$ , что и при лазерных вмешательствах.

Затем осуществляется построение максимально обобщенной сети кластеров (или компонентов) и их элементов, которая объединяет все управляющие критерии. Из полученной обобщенной сети выбираются кластеры, которые имеют отношение к каждому управляющему критерию или подкритерию, и устанавливаются между ними связи, соответствующие внешним и внутренним

зависимостям (влияниям) [6].

Для задачи выбора лечения ПОУГ была построена сетевая модель, структура которой представлена на рис. 1.

Далее проводилось формирование матриц парных сравнений на основе экспертных суждений [7]. При заполнении матрицы, приведенной в табл. 1 врач-офтальмолог отвечал на вопрос: какой из двух методов лечения является более характерным для данной стадии глаукомы и насколько более характерным? Суждения выражались вербальными оценками: одинаково, умеренно, сильно, очень сильно и чрезвычайно сильно.

Таблица 1

Матрица парных сравнений методов лечения для I стадии ПОУГ

I стадия	Медикаментозное	Лазерное	Хирургическое
Медикаментозное	1	8	8
Лазерное	1/8	1	1
Хирургическое	1/8	1	1

Этим оценками соответствовали конкретные числа: 1, 3, 5, 7, 9. Промежуточные значения 2, 4, 6, 8 использовались как компромисс между соседними вербальными оценками. Записывались экспертные суждения в позиции, расположенные выше главной диагонали. Элементами главной диагонали являются единицы, а элементы нижней треугольной части матрицы представляют собой обратные величины элементов из верхнего треугольника, т. е. 1/2, 1/3, ..., 1/9.

Например, когда мы выясняли, какой из двух методов лечения является более характерным для I стадии ПОУГ, медикаментозное или лазерное, мы получили ответ, что медикаментозное лечение гораздо более характерно (8) для этой стадии.

Затем определялись векторы приоритетов альтернативных методов лечения ПОУГ из матриц парных сравнений, заполненных экспертами [8].

По полученным на основе экспертных оценок матрицам парных сравнений каждого элемента кластера вычислялись локальные приоритеты сравниваемых элементов согласно выражению:

$$w_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} / \sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n a_{ik}}, \quad (1)$$

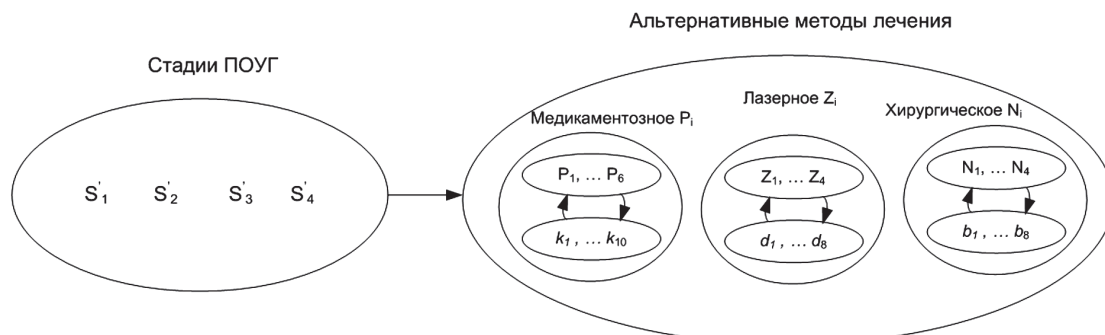


Рис. 1. Сетевая модель для выбора метода лечения ПОУГ

где  $n$  – количество сравниваемых объектов;  $a_{ij}, a_{ik}$  – степени приоритета  $j$ -го сравниваемого объекта над  $k$ -м.

Таким образом, формируется матрица локальных приоритетов нижнего уровня  $w^1$  размерностью  $m \times n$  элементов и вектор-столбец верхнего уровня  $w^2$  размерностью  $n$  элементов. Элементы  $w^1$  и  $w^2$  определяются по (1) для соответствующих матриц парных сравнений. Вектор глобальных приоритетов альтернатив  $w^g$  размерностью  $m$  элементов определяется умножением соответствующих локальных приоритетов согласно выражению:

$$w^g = w^1 \times w^2. \quad (2)$$

В табл. 2 записаны векторы приоритетов альтернативных методов лечения для каждой стадии ПОУГ, вычисленные согласно выражению (2) из матриц парных сравнений, заполненных врачом на основе экспертных знаний. Эти приоритеты показывают, какой из альтернативных методов является более подходящим для лечения соответствующей стадии ПОУГ.

Таблица 2

Приоритеты альтернативных методов лечения относительно стадий ПОУГ

Стадии ПОУГ	Альтернативные методы лечения		
	Медикаментозное	Лазерное	Хирургическое
I стадия	0,81818	0,09091	0,09091
II стадия	0,59363	0,15706	0,24931
III стадия	0,23812	0,04763	0,71425
IV стадия	0,19357	0,03227	0,77416

Максимальное значение в векторе глобальных приоритетов будет соответствовать наилучшему с точки зрения заданных критериев и суждений варианту.

Далее проверяется согласованность оценок в матрице и определяется ошибка согласованности.

В качестве меры несогласования применяли индекс согласованности  $I_S$ , который рассчитывается согласно выражению:

$$I_S = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * \left( \sum_{j=1}^n a_{ji} \right) - n}{n - 1}.$$

Для того чтобы оценить, является ли полученное согласование приемлемым или нет, его сравнивали с индексом согласованности  $I_{SS}$  матрицы того же порядка, но заполненной случайным образом.

Получив в результате расчета индекса согласованности и выбрав случайный индекс для заданного порядка матрицы, рассчитали ошибку согласованности  $\Delta_S$  по формуле:

$$\Delta_S = \frac{I_S}{I_{SS}}.$$

Если величина  $\Delta_S \leq 0,10$ , то степень согласованности мнений экспертов следует считать хорошей. В противном случае (если  $\Delta_S > 0,10$ ) эксперту рекомендуется пересмотреть свои суждения.

Для этого необходимо выявить те позиции в матрице суждений, которые вносят максимальный вклад в величину отношения согласованности, и попытаться изменить меру несогласованности в меньшую сторону на основе более глубокого анализа вопроса.

На заключительном этапе определяются результирующие приоритеты альтернатив, путем умножения предельных приоритетов стохастической суперматрицы для задачи диагностики стадии ПОУГ, полученных в результате предыдущих исследований [9], на векторы приоритетов альтернативных методов лечения ПОУГ из табл. 2. На рис. 2 представлены полученные результирующие приоритеты альтернативных методов лечения ПОУГ.

$$\begin{bmatrix} 0,8181 & 0,5936 & 0,2381 & 0,1935 \\ 0,0909 & 0,1570 & 0,0476 & 0,0322 \\ 0,0909 & 0,2493 & 0,7142 & 0,7741 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,1180 \\ 0,1607 \\ 0,2748 \\ 0,4463 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3437 \\ 0,0634 \\ 0,5925 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{Медикаментозное} \\ \text{Лазерное} \\ \text{Хирургическое} \end{matrix}$$

Рис. 2. Результирующие приоритеты альтернативных методов лечения ПОУГ

### Выводы

Таким образом, при заданных суждениях согласно полученным результирующим приоритетам возможно определить, какой из методов лечения ПОУГ является наиболее подходящим для данной стадии ПОУГ с наблюдаемыми признаками. В данном случае наиболее предпочтительным начальным методом лечения ПОУГ является хирургическое вмешательство (0,5925).

Применение разработанного метода в офтальмологической практике на основе экспертных суждений позволит обеспечить поддержку принятия решения в задаче выбора оптимального лечения ПОУГ, необходимую практикующим врачам-офтальмологам.

В будущем планируется апробировать предложенный метод на реальных пациентах в Харьковской городской клинической больнице №14 им. Л.Л. Гиршмана.

**Список литературы:** 1. *Нестеров, А.П.* Глаукома [Текст] / А.П. Нестеров. – М., 1995. – 265 с. 2. *Высоцкая, Е.В.* Синтез математической модели диагностики первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, С.А. Синенко, Ю.А. Демин // Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ». Сер. Новые решения в современных технологиях. – 2012. – С. 19 – 20. 3. *Страшненко, А.Н.* Разработка математической модели уточняющей диагностики первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХХ міжнародної науково-практичної

конференції, Ч.ІІІ (15-17 травня 2012р., Харків) / за ред. проф. Товажнянського Л.Л. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 104. **4.** Фламмер, Дж. Глаукома: информация для пациентов, руководство для мед. работников [Текст] / Джозеф Фламмер ; пер. с англ. под общ. ред. Н. И. Курьшиевой. – 3-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 440 с. **5.** Terminology and guidelines for glaucoma [Text] / European Glaucoma Society. – 3rd edition, 2008. – 183 p. **6.** Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети [Текст]: пер. с англ. / Т.Л. Саати. – М.: Книжный дом «Либроком», 2011. – 360 с. **7.** Страшненко, А.Н. Применение метода анализа сетей при определении стадии и выборе метода лечения первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / А.Н. Страшненко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: XVI Международный молодежный форум, 17 – 19 апреля 2012 г. – Харьков: ХНУРЭ, 2012. – Т.1 – С 258-259. **8.** Страшненко, А.Н. Информационная технология поддержки принятия решения при определении стадии и выборе метода лечения первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая // Биомедсистемы – 2011: XXIV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРУ, 2011. – С.153-154. **9.** Высоцкая, Е.В. Уточняющая диагностика первичной открытоугольной глаукомы на основе метода анализа сетей [Текст] / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, С.А. Синенко, Ю.А. Демин // Системы обработки информации. – Харків: ХУПС, 2012. – Випуск 3(101). – Т.2– С. 226-229.

*Поступила в редколлегию 13.06.2012*

УДК 617.7-007.681-07

**Метод вибору оптимального лікування первинної відкритокутової глаукоми** / Г.М. Страшненко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2012. – № 2 (79). – С. 68–71.

У статті запропоновано метод вибору оптимального лікування первинної відкритокутової глаукоми, що дозволяє визначити, який з методів лікування даного захворювання є найбільш підходящим для конкретної стадії глаукоми з ознаками, які спостерігаються. Застосування розробленого методу в офтальмологічній практиці сприяє своєчасному якісному лікуванню та призупиненню подальшого розвитку первинної відкритокутової глаукоми.

Табл .2. Іл .2. Бібліогр .: 9 найм.

UDC 617.7-007.681-07

**The method of selecting the optimal treatment of primary open-angle glaucoma** / A.N. Strashnenko // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2012. – № 2 (79). – P. 68–71.

The method of selecting the optimal treatment of primary open-angle glaucoma is proposed in the article. It allows to determine what method of treatment of this disease is the most appropriate for the particular stage of glaucoma with symptoms that are observed. Application of the method developed in ophthalmic practice contributes to the timely and quality treatment of the suspension of further development of primary open-angle glaucoma.

Tab. 2. Fig. 2. Ref.: 9 items.