

Інформаційні технології в медицині

УДК 519.816:617.7-007.681

Е.В. Высоцкая¹, А.И. Поворознюк², А.Н. Страшненко¹, С.А. Синенко³, Ю.А. Демин⁴

¹ Харьковський національний університет радіоелектроніки, Харків

² Національний технічний університет "ХПИ", Харків

³ Харківська городська клінічна лікарня № 14 ім. проф. Л.Л. Гиримана, Харків

⁴ Харківська медична академія післядипломної освіти, Харків

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

Статья посвящена формализации задачи информационной поддержки принятия решения при диагностике и лечении первичной открытоугольной глаукомы для синтеза математической модели, предназначенной для определения степени тяжести первичной открытоугольной глаукомы и соответствующего метода лечения. Разработана структура сетевой модели для определения стадии и выбора метода лечения первичной открытоугольной глаукомы, которая позволит повысить достоверность и обоснованность решения на этапах диагностики и формирования лечебных мероприятий.

Ключевые слова: информационная поддержка, диагностика, лечение, метод анализа сетей.

Анализ состояния вопроса и постановка задачи

Важной проблемой современной офтальмологии является первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ), занимающая одно из лидирующих мест среди причин слепоты и слабовидения во всех развитых странах. Болезнь глаз протекает практически бессимптомно для пациента и обнаруживает себя только тогда, когда появляются грубые нарушения зрительных функций (развитая или далекозашедшая стадия). В этих стадиях добиться стабилизации процесса очень сложно, если вообще возможно.

Основной причиной развития ПОУГ является нарушение естественной циркуляции внутриглазной жидкости, вызывающее повышение внутриглазного давления (ВГД), которое может привести к повреждению зрительного нерва, передающего информацию от глаза к головному мозгу. Клинически это проявляется сужением границ поля зрения. Однако у некоторых пациентов происходит разрушение зрительного нерва и потеря зрения с нормальным ВГД. Поэтому многие аспекты этой проблемы остаются не до конца ясными и требуют разрешения [1].

Для предотвращения дальнейшего развития ПОУГ необходимо выполнение двух взаимосвязанных этапов: своевременной диагностики стадии заболевания и эффективного лечения выявленной патологии. После определения степени тяжести ПОУГ и назначения соответствующих лечебных мероприятий должна осуществляться диагностика текущего

состояния пациента с целью оценки эффективности процесса лечения и, при необходимости, его коррекции. На каждом из выделенных этапов врач-офтальмолог, как лицо, принимающее решение (ЛПР), вырабатывает управленческое решение, при этом принятие неправильного решения, как на этапе диагностики, так и на этапе лечения может иметь необратимые последствия для зрения пациента. Поэтому важным является обеспечить информационную поддержку врача-офтальмолога при принятии верного решения на основных этапах диагностики, лечения и реабилитации пациентов с ПОУГ. Начальным этапом информационной поддержки является разработка математической модели для определения стадии и выбора метода лечения ПОУГ. Для этого необходимо сначала формализовать задачу информационной поддержки принятия решения при диагностике и лечении ПОУГ.

Целью статьи является формализация информационной поддержки принятия решений при диагностике и лечении ПОУГ.

Основной материал

В соответствии с отмеченными ранее этапами реабилитации *i*-го пациента, информационная поддержка состоит в реализации следующих преобразований:

$$F1: X_i \rightarrow S_i, F1': X_i' \rightarrow S_i', F2: S_i' \rightarrow L_i.$$

Процесс диагностики ПОУГ выполняется в два этапа $F1$ и $F1'$.

На первом этапе происходит предварительная диагностика ПОУГ. В результате преобразования F1 на основании анализа вектора входных диагностических признаков X_i определяется наличие у i -го пациента ПОУГ на ранних этапах развития с использованием дискриминантного анализа. Алгоритм F1 описан в [2].

На втором этапе осуществляется уточняющая диагностика ПОУГ с учетом взаимосвязанных и взаимозависимых признаков, характеризующих процесс прогрессирования заболевания. В результате преобразования F1' определяется стадия ПОУГ i -го пациента S_i' на основании анализа вектора информативных диагностических признаков X_i' . Данная задача является задачей классификации объектов на необходимое число классов, а именно на 4 класса: S_1' – I стадия (начальная); S_2' – II стадия (развитая); S_3' – III стадия (далеко-зашедшая); S_4' – IV стадия (терминальная).

Преобразование F2 решает задачу выбора метода лечения ПОУГ L_i с учетом установленной стадии S_i' и индивидуальных особенностей i -го пациента. В настоящее время существуют три основных направления в лечении ПОУГ [3]: медикаментозное (консервативное) P_i , лазерное Z_i и хирургическое N_i . При этом в зависимости от стадии S_i' и уровня ВГД в качестве начального метода лечения ПОУГ выбирается только один. Каждый из приведенных методов лечения ПОУГ характеризуется единственным вектором действия, направленным на уменьшение ВГД и предупреждение снижения зрительных функций.

В формализованном виде указанная задача является задачей формирования множества групп противоглаукомных лекарственных препаратов $P_i = \{p_1, \dots, p_j\}$, множества видов лазерных вмешательств $Z_i = \{z_1, \dots, z_{d_i}\}$ и множества видов хирургических операций $N_i = \{n_1, \dots, n_{t_i}\}$, которые позволяют приостановить дальнейшего развития глаукоматозного процесса у i -го пациента. При многокритериальной оценке необходимо определить соответствующий метод лечения ПОУГ P_i , Z_i , или N_i и из приведенного множества выбрать оптимальный.

При этом необходимо оптимизировать некий интегральный критерий качества Q процесса реабилитации (процесса лечения) [4]:

$$Q = \min(t, C, \alpha, \beta),$$

где t – время процесса реабилитации; C – стоимость процесса реабилитации; α , β – риски негативных последствий антиглаукомных операций и

применения различных групп лекарственных препаратов во время процесса лечения и в после реабилитационный период.

Исходными данными преобразования F2 является выявленная стадия i -го пациента S_i' и его индивидуальные характеристики A_i : возраст, анамнез, по которому определяется риск сенсibilизации к отдельным группам препаратов и осложнений к отдельным видам антиглаукомных операций.

Медикаментозный метод лечения ПОУГ включает в себя лекарственные препараты, которые подразделяются на следующие группы [5]: P_1 – селективные адренергические агонисты; P_2 – неселективные адренергические агонисты; P_3 – адренергические антагонисты (β -блокаторы); P_4 – ингибиторы карбоангидразы; P_5 – парасимпатомиметики (холинергические препараты); P_6 – производные простагландина и простагмид. Каждая группа противоглаукомных лекарственных препаратов P_i характеризуется вектором характеристик $K_{P_i} = \{k_1, \dots, k_{m_i}\}$, каждая компонента которого используется в качестве локального критерия при многокритериальном сравнении препаратов. Сравниваются группы лекарственных препаратов по таким критериям: 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 этом каждый вид лазерных вмешательств Z_i имеет вектор характеристик $D_{Z_i} = \{d_1, \dots, d_{e_i}\}$, а именно: 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). Каждый вид хирургических операций N_i описывается вектором характеристик

$$V_{n_i} = \{b_1, \dots, b_{q_i}\}.$$

Сравниваются виды хирургических операций по тем же критериям, что при лазерных вмешательствах.

Поскольку любое полученное решение требует верификации ЛПР, то после каждого из рассмотренных выше этапов диагностики и лечения ПОУГ производится процесс верификации, при котором ЛПР либо подтверждает данное решение, либо корректирует его (выбирает другое решение из предлагаемого списка или предлагает новое решение).

При постановке диагноза врач-офтальмолог сталкивается с множеством признаков (следствий) и вероятных стадий ПОУГ (причин), которые далеко

не всегда являются независимыми. Когда существует множество взаимозависимых признаков, задача определения диагноза, которому они соответствуют, усложняется. Лечение основано на диагнозе, правильность которого, в свою очередь, зависит от того, насколько верно врачи могут установить отношения между признаками и стадиями. При этом различные диагнозы приводят к разным стратегиям лечения. Поэтому для поддержки принятия лечебно-диагностических решений необходимо применять метод анализа сетей (МАС), который дает логическую основу для связи признаков с другими знаниями о болезни, используя опыт экспертов наряду с доступными статистическими данными. Один из главных аспектов МАС связан с представлением экспертных суждений с помощью надежного математического аппарата [6].

Задача определения стадии и выбора наилучшего метода лечения ПОУГ может быть представлена сетевой моделью, структура которой представлена на рис. 1.

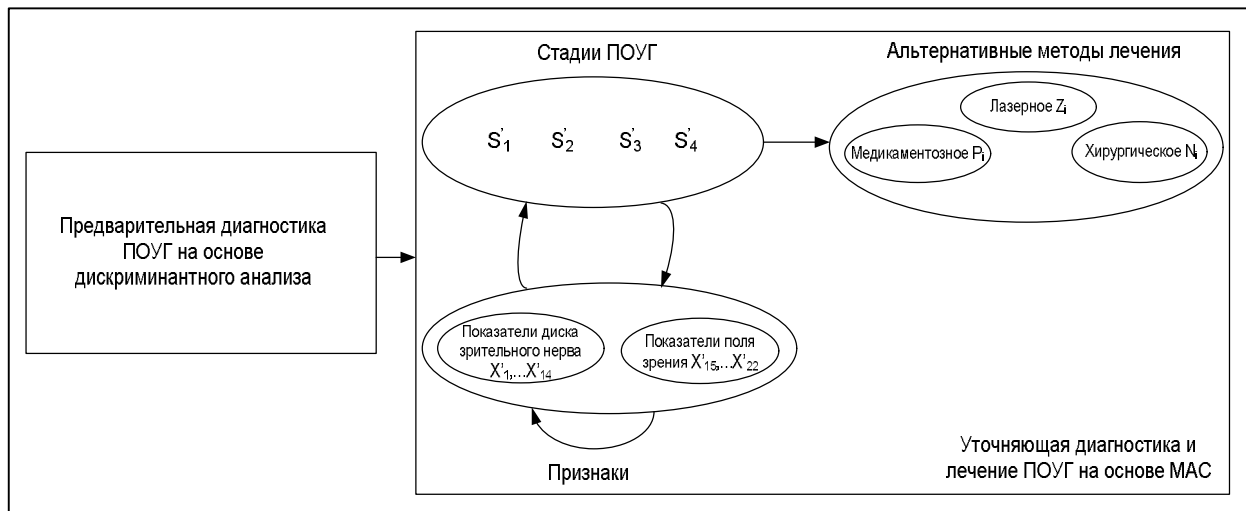


Рис. 1. Сетевая модель для определения стадии и выбора метода лечения ПОУГ

Для вычисления предельных приоритетов элементов сети, показанной на рис. 1, используется следующая суперматрица:

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Признаки} & \text{Лечение} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Стадия} \\ \text{Признаки} \\ \text{Лечение} \end{matrix} & \left\| \begin{array}{ccc} 0 & \alpha_1 W_{12} & 0 \\ \beta_1 W_{21} & \alpha_2 W_{22} & 0 \\ \beta_2 W_{31} & 0 & I \end{array} \right\| \end{matrix}$$

Приоритеты, записанные в матрице-блоке W_{12} , указывают на наиболее вероятный диагноз, которому соответствуют наблюдаемые признаки. На уровне признаков в матрице W_{21} записаны приоритеты, показывающие, какой признак является более характерным для данной стадии ПОУГ. Другими словами, W_{12} представляет вероятности стадий, вы-

зывающих данный признак, а W_{21} – матрица относительной важности (характерности) признаков для рассматриваемых диагнозов (стадий). Обе матрицы W_{12} и W_{21} могут быть построены либо на основе статистических данных, либо на основе экспертных суждений. Матрица W_{22} показывает взаимные связи между признаками, которые представляются экспертными суждениями. Приоритеты, записанные в матрице-блоке W_{31} , показывают, какой из альтернативных методов является более подходящим для лечения данной стадии ПОУГ.

Обработка суперматрицы W позволит определить приоритеты или вероятности рассматриваемых диагнозов при заданном наборе признаков.

Для вычисления рассмотренных приоритетов, вначале необходимо сформировать матрицы парных

сравнений, которые заполняются на основе экспертных суждений. Суждения выражаются вербальными оценками: одинаково, умеренно, сильно, очень сильно и чрезвычайно сильно. Этим оценкам соответствуют конкретные числа: 1, 3, 5, 7, 9. Промежуточные значения 2, 4, 6, 8 используются как компромисс между соседними вербальными оценками. Для представления «обратных» предпочтений применяются обратные величины, т.е. 1/2, 1/3, ..., 1/9.

В результате выполняются парные сравнения элементов кластеров, определяя их влияние на элементы в других кластерах, с которыми они связаны (внешняя зависимость), или на элементы собственного кластера (внутренняя зависимость). Формирование матриц парных сравнений является итерационной процедурой и довольно трудоемким процессом, требующего значительных затрат времени.

Выводы

Таким образом, формализована задача информационной поддержки принятия решения при диагностике и лечении ПОУГ для синтеза математической модели, предназначенной для определения степени тяжести ПОУГ и соответствующего метода лечения. Разработана структура сетевой модели для определения стадии и выбора метода лечения ПОУГ на основе МАС, учитывающего зависимости между признаками и обратные связи.

Использование разработанной сетевой модели в офтальмологической практике позволит повысить достоверность и обоснованность решения на этапах диагностики и формирования лечебных мероприятий, что способствует предотвращению инвалидизации пациентов.

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. Сinenko, Ю.А. Демин // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ». Сер. «Новые решения в современных технологиях». – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – С. 52-58.
3. 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.
4. Поворознюк О.А. Біотехнічна система призначення лікарських препаратів в дерматології [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.11.17 / Поворознюк Оксана Анатоліївна; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". – Х., 2010. – 21 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.

Поступила в редколлегию 2.03.2012

Рецензент: д-р физ-мат. наук, проф. А.И. Бых, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ТА ЛІКУВАННІ ПЕРВИННОЇ ВІДКРИТОКУТОВОЇ ГЛАУКОМИ

О.В. Висоцька, А.І. Поворознюк, Г.М. Страшненко, С.О. Сinenko, Ю.А. Дьомін

Стаття присвячена формалізації завдання інформаційної підтримки прийняття рішення при діагностиці та лікуванні первинної відкритокутової глаукоми для синтезу математичної моделі, яка призначена для визначення ступеню тяжкості первинної відкритокутової глаукоми і відповідного методу лікування. Розроблена структура мережевої моделі для визначення стадії і вибору методу лікування первинної відкритокутової глаукоми, яка дозволить підвищити достовірність та обґрунтованість рішення на етапах діагностики і формування лікувальних заходів.

Ключові слова: інформаційна підтримка, діагностика, лікування, метод аналізу мереж.

FORMALIZATION THE TASK OF INFORMATION SUPPORT IN DECISION MAKING DURING DIAGNOSIS AND TREATMENT OF PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA

O.V. Visotskaja, A.I. Povoroznyuk, A.N. Strashnenko, S.A. Sinenko, Y.A. Demin

This article is devoted to formalization the task of information support in decision making during diagnosis and treatment of primary open-angle glaucoma for mathematical models synthesis, which intends for determination of primary open-angle glaucoma severity and the treatment approach. The structure of the network model for stage definition and treatment approach choice of primary open-angle glaucoma was developed. It's allowed to raise a certainty and validity of decisions at the diagnosis stage and treatment action stage.

Keywords: information support, diagnosis, treatment, network analysis.