

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИ ГЛАУКОМЕ

Е.Н. Комаровских

Красноярская государственная медицинская академия

ректор - д.м.н., проф. И.П. Артюхов

Резюме. В статье представлены результаты применения искусственных нейронных сетей для ранней и дистанционной диагностики первичной открытоугольной глаукомы, а также прогнозирования ранних послеоперационных осложнений при хирургическом лечении и клинического течения глаукомы.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, ранняя диагностика, прогнозирование, искусственные нейронные сети.

Термин «прогноз», буквально означающий «знание наперед», «предвидение», возник среди врачей древней Греции и первоначально обозначал предсказание изменений или исхода заболевания, а затем уже – любого события. Необходимо оговориться, что прогноз, особенно, медицинский, делается вовсе не для того, чтобы он оправдывался. Именно в медицине прогноз, как правило, не реализуется. Если прогноз течения или исхода заболевания или операции благоприятный, то, как правило, он очень быстро забывается, ибо, зачем долго помнить то, что закончилось благополучно. Если же прогноз неблагоприятный, он влечет за собой активное вмешательство и принятие всех возможных мер, предотвращающих его реализацию. Следовательно, принципиальная невозможность в медицине *абсолютно точного прогноза* неоспорима и прогнозирование всегда является довольно условным. Тем не менее, мы полагаем, что потребность в достоверном прогнозе велика.

Одной из самых животрепещущих проблем современной офтальмологии является глаукома, известная Гиппократу как болезнь,

угрожающая зрению, уже с четвертого столетия до нашей эры. Известно, что около 70 млн. человек в современном мире болеют глаукомой. Наиболее распространенной является первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ), встречающаяся в 70-90% всех случаев.

Успешность лечения глаукомы и сохранность зрительных функций определяются сроками ее выявления, что делает актуальным разработку методов ранней диагностики и прогнозирования. Возможности в этой сфере значительно возросли в связи с внедрением в медицину компьютерной техники. С учетом численности населения, ежегодный риск заболеть первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) существует у 3000 жителей Красноярского края.

Самообучающиеся искусственные нейронные сети (ИНС, artificial neural network), успешно применяемые в разных областях медицины, оказались высокоэффективными благодаря способности отыскивать закономерности при работе с архисложной системой – человеческим организмом, где большинство процессов являются нелинейными. В офтальмологии применение ИНС оказалось более скромным, и в основном было зарубежным.

Особенности течения первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) в начальной стадии делают ее диагностику трудной даже для опытного врача. Глаукома начинается так незаметно и протекает так индивидуально, что это приводит к поздней диагностике и запущенности. Традиционная диагностика предполагает продолжительное наблюдение за пациентом, которое, зачастую, растягивается на несколько лет. Недаром, на межрегиональном симпозиуме «Ликвидация устранимой слепоты: Всемирная инициатива ВОЗ» (2003) отмечалось, что отсутствует дешевый и надежный метод раннего выявления глаукомы.

По-прежнему актуальными остаются вопросы сокращения продолжительности диагностического периода, выбора наиболее резуль-

тативных диагностических мероприятий, наиболее полного использования возможностей лечебных учреждений разного уровня. Требованием времени является улучшение рентабельности диагностики за счет сокращения времени и уменьшения затрат на клинические исследования при сохранении высокого диагностического уровня. Для решения этой задачи нами были использованы широкие возможности ИНС. В основу были положены теоретические и практические достижения сотрудников лаборатории моделирования неравновесных систем ИВМ СО РАН и лаборатории медицинской информатики и нейросетевых технологий КрасГМА (Д.А. Россиев, А.Н. Горбань, 1995). Часть исследований проводилась совместно с сотрудниками кафедры ВЭПОМ КГТУ (В.В. Слабко, В.М. Батутина, 2000).

В результате нами были предложены новые медицинские нейроинформационные технологии ранней и дистанционной диагностики ПОУГ. Были обследованы 690 (918 глаз) человек, из них 298 (479 глаз) больных начальной стадией ПОУГ, 75 (111 глаз) - практически здоровых лиц и 317 (328 глаз) - пациентов с подозрением на глаукому.

На первом этапе были сформированы базы данных для создания и обучения ИНС на известных примерах больных глаукомой и здоровых с верифицированными диагнозами. Для обследования пациентов применялись традиционные методы: визометрия, периметрия, офтальмобиомикроскопия, офтальмоскопия, электротонаграфия, гониоскопия, тонометрия по Маклакову. Кроме того, применялись электрофизиологические и компьютерные методы исследования: определение лабильности зрительного нерва и порога электрической чувствительности сетчатки, компьютерная кампиметрия, визоконтрастометрия, реоофтальмо- и реоэнцефалография, функциональная реоофтальмография. Кроме того, учитывались данные асимметрии состояния двух

глаз, являющиеся крайне значимыми для ранней диагностики глаукомы.

На основании обследований был разработан комплекс для ранней нейросетевой диагностики ПОУГ, ориентированный на использование в условиях высокоспециализированного лечебного учреждения. Всего входных параметров было 49. Затем созданные нейронные сети учились распознавать больных глаукомой и здоровых. На следующем этапе нейронным сетям предъявлялись примеры пациентов, не используемые для обучения и, следовательно, не известные им. И, наконец, на последнем этапе для определения диагноза использовались клинические примеры пациентов с подозрением на глаукому.

В результате ранней диагностики с помощью ИНС были протестированы 328 глаз с подозрением на глаукому, где по результатам традиционной диагностики не представлялось возможным установление диагноза. На 198 глазах, то есть в 60,4 % случаев была диагностирована открытоугольная глаукома. Диагноз глаукомы был отвергнут на 76 (23,2%) глазах и в «сомнительных», с подозрением на глаукому остались только 54 (16,4%) глаза. Учитывая трудность таких примеров для диагностики, мы рекомендовали им повторить тестирование через 6 месяцев. Таким образом, число глаз с подозрением на глаукому уменьшилось с 328 до 54, то есть, на 83,5%. Более важным является то, что в случаях установления диагноза глаукомы, «тактика ведения пациента» должна превращаться в «тактику лечения пациента глаукомой».

С помощью ИНС были определены наиболее значимые диагностические признаки ранней стадии ПОУГ:

- изменения переднего отдела глаза;
- изменения диска зрительного нерва;
- патологические гидродинамические показатели;
- патологическая видеограмма;

- асимметрия переднего отдела двух глаз;
- ухудшение сенсомоторных реакций и порога яркостной чувствительности сетчатки.

Помимо этого, нами был разработан дистанционный метод ранней диагностики ПОУГ, мотивы создания которого были подсказаны жизнью. В 2004 году в Красноярском крае насчитывалось более 1300 пациентов с подозрением на глаукому, ежегодно за консультацией в КМЦМГ обращаются более 600 - с подозрением на глаукому. Большая протяженность Красноярского края, тяжелое материальное положение сельского населения и низкие диагностические возможности офтальмологов районного звена приводят к запущенным случаям глаукомы.

Для реализации дистанционной диагностики был разработан комплекс обследований, соответствующий возможностям офтальмологов ЛПУ разного уровня. В него вошли только традиционные методы обследования, не требующие применения сложной и дорогой аппаратуры, и количество входных параметров уменьшилось до 36. Пациента обследовали по месту жительства, данные вносили в закодированном виде в карту и почтой, e-mail или факсом отсылали в КМЦМГ. Ответ с диагнозом, определенным с помощью ИНС, отсылался аналогичным путем.

В общей сложности дистанционная диагностика проведена 68 (92 глаза) пациентам с подозрением на глаукому, выявлена глаукома на 54 (58,7%) глазах, отвергнута на 25 (27,2%) глазах, подозрение на глаукому оставлено на 13 (14,1%) глазах. Таким образом, число «подозрительных» уменьшилось в 7 раз.

Разработанные технологии ранней и дистанционной диагностики глаукомы с помощью искусственных нейронных сетей внедрены в КМЦМГ, в Республиканской офтальмологической больнице им. Одежкина (Республика Хакасия, г. Абакан), г. Гомель (Республика Беларусь), глаукомном кабинете г. Челябинска, г. Железногорске

(Красноярск-26), Северо-Енисейском и Богучанском районах Красноярского края.

Таким образом, дистанционная диагностика глаукомы позволяет:

- проводить диагностику дистанционно, быстро и рано, чем сократить диагностический этап;
- оставляет возможность осмысления для врача при некатегоричности ответа и проводить повторную диагностику;
- компьютерно хранить информацию с возможностью анализа в динамике;
- экономить личные и государственные средства.

Большинство офтальмологов разделяют точку зрения, что хирургическое лечение является самым радикальным методом в комплексном лечении больных глаукомой, поэтому хирургическое лечение является неизбежным этапом в судьбе многих больных глаукомой. Наиболее частыми и опасными при хирургическом лечении ПОУГ являются три вида осложнений – цилиохориоидальная отслойка (ЦХО), гифемы и иридоциклиты. С этой точки зрения актуальна необходимость поиска и разработки доступных, ориентированных на конкретный случай, эффективных методов их прогнозирования при хирургическом лечении глаукомы. Вопрос прогнозирования ранних послеоперационных осложнений при хирургическом лечении ПОУГ с помощью искусственных нейронных сетей изучался совместно с В.В. Гарькавенко и М.Д. Хомушку (2002, 2005).

Были обследованы 150 пациентов с глаукомой, поступившие для оперативного гипотензивного лечения в КМЦМГ. Всем им проводилось комплексное обследование, включающее в себя, помимо традиционных методов, реоофтальмо- и реоэнцефалографию, функциональную реоофтальмографию, электротonoграфию, исследование

электрической чувствительности сетчатки и проводимости зрительного нерва.

В обучающую группу включили результаты хирургического лечения 95 (95 глаз) больных ПОУГ, из которых было 48 примеров без и 47 - с осложнениями. Группу тестирования составили примеры 55 (55 глаз) больных ПОУГ, прооперированных по поводу глаукомы и не участвовавших в обучении нейронных сетей. Деление по полу и стадии глаукомы было примерно одинаковым с предыдущей группой. В обеих группах преобладали пациенты с далекозашедшей стадией глаукомы. Для оценки степени обученности и качества распознающей способности созданных ИНС использовались 55 (55 глаз) клинических примеров больных глаукомой, из них 25 глаз - без осложнений и 30 глаз, на которых были осложнения после операции.

Клиническая апробация способа прогнозирования ранних послеоперационных осложнений с помощью ИНС проведена на дооперационном этапе у 30 (30 глаз) пациентов ПОУГ. Общее число участвовавших в исследовании пациентов составило 180 (180 глаз) человек.

По результатам тестирования установлено, что гифема правильно прогнозирована в 93,3%, ЦХО – в 87,5%, иридоциклит в 71,4%. При анализе причин несовпадения прогноза с реальным послеоперационным периодом установлено, что у этих пациентов преобладали гипотонический тип НВР глаз и далекозашедшая стадия ПОУГ, а также наличие псевдоэкссфолиативного синдрома (ПЭС) и повышенного диастолического АД. Было установлено, что фактором риска, способствующим возникновению ЦХО при хирургическом лечении ПОУГ являются гемодинамические нарушения со стороны глаз. Для возникновения гифемы прогностически значимым является сочетание гемодинамических нарушений с сопутствующей гипертонической болезнью. Факторами риска развития иридоциклита в раннем послеопера-

ционном периоде являются наличие хронических легочных заболеваний.

Особое внимание было уделено разработке метода прогнозирования цилиохориоидальной отслойки (ЦХО), как наиболее часто встречающегося осложнения (от 1,3 до 93,0 %). Результаты прогнозирования ЦХО у больных ПОУГ, оперировавшихся в КМЦМГ, оказались следующими: правильное прогнозирование случаев без ЦХО составило 83%, с ЦХО – 63,2%.

Прогнозирование риска развития цилиохориоидальной отслойки является показанием к принятию профилактических мер по ее предупреждению, наиболее эффективной из которых является задняя трепанация склеры во время операции. Ранее показания к ее выполнению определялись косвенно, на основании наличия общих факторов риска - далекозашедших стадий глаукомы или сопутствующей общей сосудистой патологии. Результаты прогнозирования ЦХО с помощью ИНС позволили в каждом конкретном случае иметь указание к использованию мер профилактики.

Таким образом, разработанная медицинская нейроинформационная технология прогнозирования ранних послеоперационных осложнений является надежным, достоверным методом, ориентированным не только на высокоэффективное решение задачи индивидуального прогнозирования, но и на выявление факторов риска развития осложнений у больных ПОУГ. Гибко настраиваемые на конкретного больного нейросетевые экспертные системы позволяют оптимизировать профилактические мероприятия и повысить качество медицинских услуг.

Первичная открытоугольная глаукома является мультифакторным заболеванием, одним из патогенетических механизмов которого являются значительные нарушения интраокулярной и церебральной гемодинамики. Однако реоофтальмо- и реоэнцефалография не имели диагности-

ческой ценности. Поэтому нами были предложены новые способы обработки реографических кривых и их диагностическая интерпретация с помощью ИНС (работа выполнена совместно с В.М Батутиной. и С.Н. Ланиным, 2002).

Реограммы подвергались оцифровке, вычислению коэффициентов Фурье или вейвлет- коэффициентов, которые служили для обучения нейронных сетей с последующей интерпретацией для распознавания «глаукомных» и «неглаукомных» кривых. Проведенный сравнительный анализ (в первой модели применяли традиционно рассчитываемые реографические коэффициенты, во второй – коэффициенты Фурье и в третьей – вейвлет-коэффициенты), показал, что лучше распознавались реограммы, преобразованные в коэффициенты Фурье. Полученные результаты позволили нам предложить новые способы обработки и диагностической интерпретации реографических кривых с помощью ИНС, что придало диагностическую ценность методам реоофтальмо- и реоэнцефалографии и вывело их в ранг дополнительных методов ранней диагностики ПОУГ.

С помощью искусственных нейронных сетей нами осуществлено прогнозирование клинического течения ПОУГ. Для этого созданы электронные базы данных, представленные клиническими примерами пациентов с благоприятным и неблагоприятным течением глаукомы, ретроспективно прослеженным совместно с Т.С. Ким на протяжении 10 лет наблюдений. Важным является то, что клиническое течение ПОУГ становится ясным в результате длительного наблюдения. Нам представлялось актуальным получение возможности прогнозирования благоприятного или злокачественного течения этого заболевания по результатам наблюдения за короткий промежуток времени. От этого зависит выбор лечебной тактики. Неблагоприятный прогноз ориентирует врача-офтальмолога на более активную тактику ведения – более ранний переход к хирургическому этапу лечения, снижение внутриглазного давления ниже среднестатистической нормы и т.д. Получен-

ная возможность прогнозирования клинического течения позволяет индивидуально подбирать тактику лечения больных глаукомой.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют о широких возможностях самообучающихся искусственных нейронных сетей в офтальмологии, и в частности, в решении вопросов диагностики и прогнозирования при глаукоме.

NEURONET DIAGNOSTICS AND PROGNOSTICATION IN GLAUCOMA

E.N. Komarovskih

Krasnoyarsk state medical academy

In clause the results of artificial neuron networks application for early and remote diagnostics of primary open-angle glaucoma, and also prognostication of early postoperative complications in surgical treatment and clinical course of glaucoma, are available.

Комаровских Елена Николаевна, г. Красноярск, ул. Никитина, 1В, кафедра глазных болезней КрасГМА, р. Тел. 23-12-34