

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ЛОГИЧЕСКИМИ ВЫХОДАМИ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ГЕПАТОПАНКРЕАТОДУОДЕНАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Виктор Анатольевич Лазаренко, Андрей Евгеньевич Антонов*

Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Россия

Поступила 04.06.2017; принята в печать 28.08.2017.

Реферат

DOI: 10.17750/KMJ2017-928

Цель. Разработать комплекс информационных методов для совершенствования качества нейросетевой диагностики заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны.

Методы. Исследование проведено по материалам 385 пациентов с язвенной болезнью, холециститом и панкреатитом, проходивших стационарное лечение в медицинских организациях Курска. Для анализа данных применяли программное обеспечение собственной разработки — «Систему интеллектуального анализа и диагностики заболеваний», представляющую собой среду для создания, настройки, обучения и практического клинического применения искусственной нейронной сети типа многослойный перцептрон с активационной функцией — гиперболический тангенс.

Результаты. Значение гиперболического тангенса (активационной функции) нейрона выходного слоя принимает значение $OUT \in \mathbb{R} \wedge OUT \in (-1; 1)$ и нуждается в интерпретации. Для логических выходов сети, например, наличие/отсутствие того или иного заболевания, она может выполняться посредством сравнения с произвольно устанавливаемой пороговой величиной $y_B \in (0; 1)$. При этом подходе значения интерпретируются как ложные ($y \leq -y_B$), неопределённые, если $y \in (-y_B; y_B)$, или истинные ($y \geq y_B$). Контроль работы сети включает вычисление показателей чувствительности, специфичности, долей ложноположительных и ложноотрицательных результатов, для чего проводится сравнение массивов пар расчётных и эмпирических данных. В случае применения искусственной нейронной сети для диагностики заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны оптимальный режим достигался при пороговом значении функции активации выходного нейрона $y_B \approx 0,3$.

Вывод. Наибольшую эффективность в отношении оценки качества диагностики заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны посредством искусственной нейронной сети с логическими выходами, а также её контролируемой настройки демонстрируют методы определения чувствительности, специфичности, долей ложноположительных и ложноотрицательных результатов при пороговом значении $y_B \approx 0,3$; демонстрируемые уровни чувствительности (83–94,7%) и специфичности (83–97,8%) сопоставимы с традиционно применяемыми методами диагностики.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, прогнозирование заболеваний, язвенная болезнь, холецистит, панкреатит, диагностика.

EVALUATION OF THE QUALITY OF FUNCTIONING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK WITH LOGIC OUTPUTS IN THE DIAGNOSIS OF DISEASES OF HEPATOPANCREATODUODENAL ZONE

V.A. Lazarenko, A.E. Antonov

Kursk State Medical University, Kursk, Russia

Aim. To develop a set of information methods to improve the quality of neural network diagnosis of diseases of hepatopancreatoduodenal zone.

Methods. The study involved 385 patients with peptic ulcer, cholecystitis and pancreatitis undergoing in-patient treatment in medical organizations of the city of Kursk. For data mining internally developed software «System of Intellectual Analysis and Diagnosis of Diseases» was used which is an environment for the creation, adjustment, training and practical clinical application of an artificial neural network, such as a multilayer perceptron with an activation function — hyperbolic tangent.

Results. Hyperbolic tangent (activation function) of the output layer's neuron takes the value $OUT \in \mathbb{R} \wedge OUT \in (-1; 1)$ which requires an interpretation. For logic network gates, for example, presence/absence of a disease, it can be performed by comparison with an arbitrarily assigned threshold $y_B \in (0; 1)$. In this approach, the values are interpreted as false (if $y \leq -y_B$), undefined if $y \in (-y_B; y_B)$, or true (if $y \geq y_B$). Network operation control includes calculation of sensitivity, specificity, false positive and false negative results, for which the comparison of arrays of pairs of calculated and empirical values is carried out. In case of artificial neural network use for diagnosing diseases of hepatopancreatoduodenal zone, the optimal mode was achieved assigning $y_B \approx 0.3$ as a threshold of the output neuron activation function.

Conclusion. Assessing the quality of the ability of artificial neural network with logic outputs to diagnose hepatopancreatoduodenal zone diseases, as well as its controlled setting, is most effective by evaluation of sensitivity, specificity, frequency of false positive and false negative results at the threshold value $y_B \approx 0.3$; the demonstrated sensitivity (83–94.7%) and specificity (83–97.8%) levels are comparable to the traditionally used diagnostic methods.

Keywords: artificial neural networks, prognosis of diseases, peptic ulcer disease, cholecystitis, pancreatitis, diagnosis.

Диагностика заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны представляет собой трудную задачу, особенно на раннем этапе развития патологии [1]. Частота диагностических ошибок для ряда патологических состояний варьирует в диапазоне от 10 до 30% [2], а ложноположительный диагноз острого панкреатита устанавливают с частотой до 40% [3, 4].

Такая ситуация может быть обусловлена необходимостью обработки большого объёма первичных данных, требующей применения новых информационных систем поддержки принятия решений [5–7] и машинных методов интеллектуального анализа — искусственных нейронных сетей (ИНС) [8–10]. Особое значение такие системы имеют в вопросах диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний [11], оценки факторов риска их развития [12–14], в частности язвенной болезни, холецистита и панкреатита.

Применение технологии ИНС для решения подобных диагностических проблем позволяет выявить неизвестные закономерности изучаемой медицинской информации [15]. Одна из основных проблем, с которыми сталкиваются разработчики и пользователи диагностических ИНС, — сложность контроля их функционирования.

В связи с изложенным целью нашего исследования стала разработка комплекса информационных методов для совершенствования качества нейросетевой диагностики заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны.

Исследование проведено по данным анкетирования и накопления объективных данных 385 пациентов с язвенной болезнью, холециститом и панкреатитом, проходивших стационарное лечение в медицинских организациях Курска.

Для анализа данных применяли программное обеспечение собственной разработки — «Систему интеллектуального анализа и диагностики заболеваний» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017613090), представляющую собой среду для создания, настройки, обучения и практического клинического применения ИНС типа многослойный персептрон с активационной функцией — гиперболический тангенс.

Для обучения сети с одним логическим выходом достаточным количеством скрытых слоёв было 3, каждый из которых содержал по 10–14 нейронов. В качестве

входных параметров использовали 16 значений (пол, возраст или год рождения, вредные привычки и другие факторы риска). Предотвращение переобучения сети и контроль качества её обучения производили с применением метода кросс-проверок, включающих многократное выделение из обучающего множества (385 больных) материалов 355 случайных пациентов, использовавшихся собственно для обучения ИНС, и контрольной группы из 30 пациентов, данные которых применяли для оценки качества обучения сети.

Неадаптированным выходом ИНС с активационной функцией гиперболический тангенс является действительное число $\in (-1; 1)$. Для интерпретации исследователем данное значение должно быть преобразовано в зависимости от типа выхода (логического или количественного). Так, для выходов логического типа может применяться формула (1):

$$y_{dN} = \begin{cases} \operatorname{sgn} y, |y| \geq y_B \\ 0, |y| < y_B \end{cases}, \quad (1)$$

где y — значение выхода сети, y_B — пороговое значение $\in (0; 1)$, устанавливаемое пользователем (одна из настроек ИНС). При $|y| \geq y_B$ адаптированное значение y_{dN} принимает значение 1 (истина) или -1 (ложь) в зависимости от знака y . В противном случае результат вычисления обозначается как неопределённый.

Оценка качества работы ИНС, имеющей выход логического типа, возможна путём статистического расчёта:

$$\text{— чувствительности } \left(\frac{\sum y_{dN+} \wedge z_+}{\sum z_+} \right);$$

$$\text{— специфичности } \left(\frac{\sum y_{dN-} \wedge z_-}{\sum z_-} \right);$$

$$\text{— доли ложноположительных результатов } \left(\frac{\sum y_{dN+} \wedge z_-}{n} \right);$$

$$\text{— доли ложноотрицательных результатов } \left(\frac{\sum y_{dN-} \wedge z_+}{n} \right),$$

где y_{dN} — расчётное адаптированное (истинное или ложное), z — эмпирическое значение, а n — число оцениваемых пар. В качестве n может выступать число образцов обучающего множества или некоторое меньшее значение, указываемое пользо-

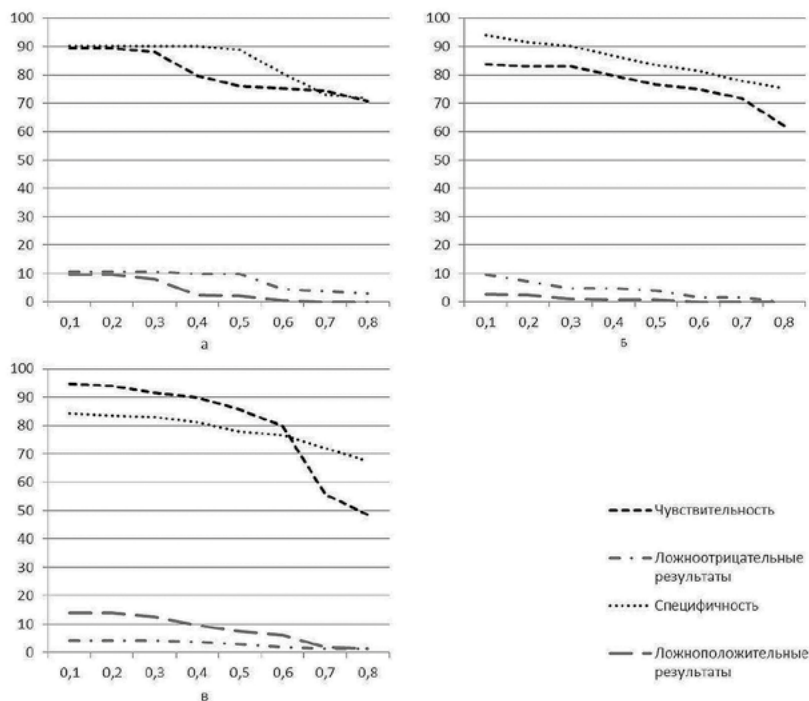


Рис. 1. Динамика диагностических возможностей искусственной нейронной сети в отношении (а) язвенной болезни, (б) панкреатита и (в) холецистита в зависимости от значений y_B

вателем. Во втором случае выбор пар осуществляется случайным образом.

Увеличение y_B приводит к снижению числа ложноположительных и ложноотрицательных результатов, однако также снижает чувствительность и специфичность ИНС. Уменьшение y_B приводит к противоположному эффекту. Зависимость чувствительности и специфичности сети от величины порогового значения y_B представлена на рис. 1. Опытным путём для целей диагностики заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны было подобрано оптимальное значение $y_B \approx 0,3$.

Для показателей чувствительности (специфичности), а также долей ложнополо-

жительных и ложноотрицательных результатов (Р) возможно вычисление ошибки репрезентативности по формуле (2):

$$m = \begin{cases} \sqrt{\frac{P \times q}{n}}, n \geq 30 \\ \sqrt{\frac{P \times q}{n-1}}, n < 30 \end{cases} \quad (2)$$

где $q=1-P$.

Для вывода результата контроля качества работы ИНС может быть использовано табличное представление данных, подобное представленному в табл. 1.

Описываемый механизм контроля работы сети с логическим выходом позволяет

Таблица 1

Потенциал искусственной нейронной сети с логическими выходами в диагностике заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны при $y_B=0,3$

Контрольный параметр	Язвенная болезнь	Панкреатит	Холецистит	Иное заболевание
Чувствительность (+/+)	P=87,97, m=1,66%	P=83,06, m=1,91%	P=91,62, m=1,41%	P=94,74, m=1,14%
Ложноотрицательный результат (-/+)	P=10,53, m=1,56%	P=4,84, m=1,09%	P=4,19, m=1,02%	P=0,00, m=0,00%
Специфичность (-/-)	P=90,08, m=1,52%	P=90,04, m=1,53%	P=83,03, m=1,91%	P=97,81, m=0,75%
Ложноположительный результат (+/-)	P=7,94, m=1,38%	P=1,15, m=0,54%	P=12,39, m=1,68%	P=1,64, m=0,65%
Подтверждённых случаев, чел.	133	124	167	19
Исключённых случаев, чел.	252	261	218	366

адаптировать её обучение в зависимости от предъявляемых требований — с акцентом на максимальные значения чувствительности (специфичности) или минимальные значения ложноположительных (ложноотрицательных) результатов. Метод положительно зарекомендовал себя для кросс-проверок, проводимых для предотвращения переобучения сети.

Уровни чувствительности и специфичности предлагаемой методики при её адекватной настройке в исследуемой популяции не уступают наиболее распространённым диагностическим тестам. Так, по данным литературы, чувствительность ультразвукового исследования при панкреатите находится в диапазоне 58–80%, а специфичность — 75–90%; компьютерная томография демонстрирует показатели 74–93 и 74–95% соответственно [16]. Определение уровня α -амилазы имеет чувствительность 85%, специфичность — 91%, для липазы показатели соответственно равны 79 и 88% [17].

Следует также отметить, что применение ИНС не обладает характерным для лабораторных методов недостатком — её результаты могут оцениваться непосредственно в момент возникновения заболевания. Уровни α -амилазы и липазы повышаются через 12–24 ч после возникновения приступа. Среди дополнительных преимуществ следует также отметить неинвазивность методики, дешевизну её эксплуатации, отсутствие потребности в расходных материалах.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшую эффективность в отношении оценки качества диагностики заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны посредством искусственной нейронной сети с логическими выходами, а также её контролируемой настройки демонстрируют методы определения чувствительности, специфичности, долей ложноположительных и ложноотрицательных результатов при пороговом значении $y_b \approx 0,3$.

2. Демонстрируемые искусственной нейронной сетью уровни чувствительности (83–94,7%) и специфичности (83–97,8%) сопоставимы с традиционно применяемыми методами диагностики — ультразвуковым исследованием, компьютерной томографией, а также лабораторными методами исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевляева М.А. Трудности ранней дифференциальной диагностики острого панкреатита. *Кубанский науч. мед. вестн.* 2013; (3): 141–144. [Shevlyayeva M.A. The difficulties of the early differential diagnosis of acute pancreatitis. *Kubanskyj nauchnyj meditsinskiy vestnik.* 2013; (3): 141–144. (In Russ)].
2. Лысенко М.В., Девятков А.С., Урсов С.В. и др. *Острый панкреатит: дифференцированная лечебно-диагностическая тактика.* М.: Литтерра. 2010; 165 с. [Lysenko M.V., Devjatov A.S., Ursov S.V. et al. *Ostryy pankreatit: differentsirovannaya lechenno-diagnosticheskaya takтика.* (Acute pancreatitis: differential curative and diagnostic tactics.) Moscow: Litera. 2010; 165 p. (In Russ)].
3. Сырбу И.Ф., Рязанов Д.Ю., Новохатний П.В. Дифференциальная диагностика гастродуоденальной язвы и острого панкреатита. *Запорожский мед. ж.* 2012; (1): 035–036. [Syrbu I.F., Ryazanov D.Yu., Novokhatniy P.V. Differential diagnosis of gastroduodenal ulcer and acute pancreatitis.) *Zaporozhskiy meditsinskiy zhurnal.* 2012; (1): 035–036. (In Russ).]
4. Бутов М.А., Ворначева И.Ю., Ерёмкина Ю.О. и др. Сульпирид в лечении заболеваний органов пищеварения. *Рос. ж. гастроэнтерол., гепатол., колопрокт.* 2007; 17 (1): 43–47. [Butov M.A., Vornacheva I.Yu., Eremina Yu.O. et al. Sulpirid in the treatment of digestive diseases. *Rossiyskiy zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii* 2007; 17 (1): 43–47. (In Russ).]
5. Константинова Е.Д., Вараксин А.Н., Жовнер И.В. Определение основных факторов риска развития неинфекционных заболеваний: метод деревьев классификации. *Гигиена и санитария.* 2013; (5): 69–72. [Konstantinova E.D., Varaksin A.N., Zhovner I.V. Identification of the main risk factors for non infectious diseases: method of classification trees. *Gigiena i sanitariya.* 2013; (5): 69–72. (In Russ).]
6. Скворцова В.И. Семь принципов модернизации здравоохранения. *Вопросы экономики и управления для руководителей здравоохранения.* 2010; (5): 7–14. [Skvortsova V.I. Seven principles of organization of healthcare. *Voprosy ekonomiki i upravleniya dlya rukovoditeley zdravookhraneniya.* 2010; (5): 7–14. (In Russ).]
7. Greenes R.A. *Clinical decision support: the road ahead* Amsterdam. Boston: Elsevier. 2007; 581 p.
8. Чубукова И.А. *Data Mining.* М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008; 324 с. [Chubukova I.A. *Data Mining.* Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy. 2008; 324 p. (In Russ)].
9. Щепин В.О., Расторгуева Т.И., Проклова Т.Н. К вопросу о перспективных направлениях развития здравоохранения Российской Федерации. *Бюлл. Нац. науч.-исслед. ин-та общественного здоровья им. Н.А. Семашко.* 2012; (1): 147–152. [Shchepin V.O., Rastorgueva T.I., Proklova T.N. Towards prospective directions of healthcare development in the Russian Federation. *Byulleten' Natsional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obshchestvennogo zdorov'ya imeni N.A. Semashko.* 2012; (1): 147–152. (In Russ).]
10. Мустафаев А.Г. Применение искусственных нейронных сетей для ранней диагностики заболевания сахарным диабетом. *Кибернетика и программирование.* 2016; (2): 1–7. [Mustafaev A.G. The use of artificial neural networks for the early diagnosis of diabetes. *Kibernetika i programmirovaniye.* 2016; (2): 1–7. (In Russ).] DOI: 10.7256/2306-4196.2016.2.17904.
11. Алексеева О.В., Россиев Д.А., Ильенкова Н.А.

Применение искусственных нейронных сетей в дифференциальной диагностике рецидивирующего бронхита у детей. *Сибирское мед. обозрение*. 2010; (6): 75–79. [Alekseeva O.V., Rossiev D.A., Il'enkova N.A. Optimization in differential diagnosis of recurrent bronchopulmonary pathology in children. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*. 2010; (6): 75–79. (In Russ.)]

12. Лазаренко В.А., Антонов А.Е., Новомлинец Ю.П. Визуальная среда непараметрического корреляционного анализа факторов риска у больных с хирургической патологией. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2017; 19 (4): 34–37. [Lazarenko V.A., Antonov A.E., Novomlincev Yu.P. Visual environment for nonparametric correlation analysis of risk factors in patients with surgical diseases. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2017; 19 (4): 34–37. (In Russ.)] DOI: 10.26787/nydha-2226-7425-2017-19-4-34-37.

13. Лазаренко В.А., Антонов А.Е., Прасолов А.В., Чурилин М.И. Проблема оптимизации регрессионного анализа в оценке факторов риска, влияющих на развитие хирургических заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2017; 19 (5): 24–27. [Lazarenko V.A., Antonov A.E., Prasolov A.V., Churilin M.I. The problem of regression analysis optimization in evaluation of risk factors influencing the development of surgical diseases of hepatopancreatoduodenal zone. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2017; 19 (5): 24–27. (In Russ.)].

14. Лазаренко В.А., Антонов А.Е. Роль социаль-

ных факторов риска в развитии язвенной болезни в Курской области. *Курский науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье»*. 2016; (2): 35–39. [Lazarenko V.A., Antonov A.E. The role of social risk factors in peptic ulcer development in Kursk region. *Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»*. 2016; (2): 35–39. (In Russ.)] DOI: 10.21626/vestnik/2016-2/06.

15. Yasnitsky L.N., Dumler A.A., Poleshchuk A.N. et al. Artificial neural networks for obtaining new medical knowledge: Diagnostics and prediction of cardiovascular disease progression. *Biol. Med. (Aligarh.)* 2015; 7 (2): BM-095-15,8.

16. Степанова Ю.А., Кармазановский Г.Г. Возможности лучевых методов исследования в диагностике осложнений хронического панкреатита. *Рос. ж. гастроэнтерол., гепатол., колопроктол.* 2009; 19 (2): 43–57. [Stepanova Yu.A., Karmazanovskiy G.G. Potential of radiological investigation in diagnostics of chronic pancreatitis complications. *Rossiyskiy zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii*. 2009; 19 (2): 43–57. (In Russ.)]

17. Кляритская И.Л., Кривой В.В., Работягова Ю.С. и др. Сравнительная характеристика методов диагностики острого и хронического панкреатита. *Крымский терапевтич. ж.* 2014; (1): 147–157. [Klyaritskaya I.L., Kryvoy V.V., Rabotyagova Y.S. et al. Comparative characteristic of methods diagnostics acute and chronic pancreatitis. *Krymskiy terapevticheskiy zhurnal*. 2014; (1): 147–157. (In Russ.)]

УДК 616-056.455: 616-053.2: 616.37-002: 616-073.43

© 2017 Пахнова Л.Р. и соавторы

ПАТОЛОГИЯ ГЕПАТОПАНКРЕАТОБИЛИАРНОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ С АТОПИЧЕСКИМ ДЕРМАТИТОМ

Лия Руслановна Пахнова^{1*}, Ольга Александровна Башкина²,
Марина Александровна Самотруева², Александр Викторович Кокуев¹,
Дмитрий Владимирович Пахнов²

¹Областная детская клиническая больница им. Н.Н. Силищевой, г. Астрахань, Россия;

²Астраханский государственный медицинский университет, г. Астрахань, Россия

Поступила 27.03.2017; принята в печать 02.05.2017.

Реферат

DOI: 10.17750/KMJ2017-932

Цель. Определение структуры и характера поражения органов гепатопанкреатобилиарной системы у детей с атопическим дерматитом различной степени тяжести по данным ультразвукового исследования.

Методы. Обследованы 342 ребёнка с атопическим дерматитом в периоде обострения в возрасте от 2 мес до 17 лет с использованием стандартизированного комплекса клиничко-лабораторных методов. Всем детям проводили ультразвуковое исследование органов брюшной полости (печень, жёлчный пузырь, поджелудочная железа, селезёнка).

Результаты. При анализе результатов комплексного клиничко-лабораторного и инструментального обследования детей с атопическим дерматитом в 51% случаев выявлена патология поджелудочной железы, верифицированная, как правило, при ультразвуковом исследовании и трактуемая как «реактивный панкреатит», или «панкреатопатия». Изменения органов желудочно-кишечного тракта по данным эхографии преобладали у детей раннего и дошкольного возраста, их количество составило 75% всех обследуемых детей. Гепатомегалия и спленомегалия выявлены у 76 (22%) и 80 (23%) детей с атопическим дерматитом соответственно, чаще у детей раннего и дошкольного возраста — 67 (88%) и 72 (90%) случая соответственно. Деформация жёлчного пузыря отмечена у 71 (21%) ребёнка.

Вывод. Полученные в работе данные указывают на взаимосвязь атопического дерматита и высокой частоты поражения органов гепатопанкреатобилиарной системы у детей (прежде всего поджелудочной железы); нарушения в работе желудочно-кишечного тракта могут запускать весь каскад нейрониммунологических реакций, приводящих к развитию атопического дерматита, что актуализирует разработку стратегии своевременной нейрониммунной коррекции при данном заболевании.

Ключевые слова: атопический дерматит, дети, ультразвуковое исследование органов брюшной полости, реактивный панкреатит.