



УДК 616.24-008.4-07-053.32+004

ДИАГНОСТИКА ДЫХАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЁННЫХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ

Т.М. КЛИМЕНКО¹
Л.А. ЛЕВЧЕНКО²

¹⁾ Харьковская медицинская академия последипломного образования, Украина

²⁾ Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького, Украина

e-mail: klimenko.t@inbox.ru

В данной статье для диагностики дыхательных нарушений у недоношенных новорождённых (ВУП, РДС и ВУП+РДС) предложена авторами рентгенологическая компьютерная программа «Диагностика дыхательных нарушений у новорожденных». С помощью данной системы имеется возможность полуавтоматически выделять патологическую область, рассчитать долю её площади относительно всего органа, вычислить для неё информационную энтропию, анатомо-морфологические индексы (ИМ, ТТИ, КТИ). Данные автоматически заносятся в таблицу, в которой удобно производить анализ полученных результатов. На основании полученных данных, авторы предприняли попытку разработать алгоритм дифференциальной диагностики ВУП, РДС и ВУП+РДС, который обладает высокой точностью и надёжностью.

Ключевые слова: дыхательные расстройства, недоношенные новорождённые, рентген.

Рентгенологическое обследование до настоящего времени является одним из наиболее распространенных методов диагностики в современной медицине [7, 8]. Простота, доступность и информативность рентгенологического исследования позволяет широко его использовать в практическом здравоохранении, начиная с районной ЦРБ и заканчивая современным республиканским диагностическим центром.

Наша работа не явилась исключением, т.к. актуальность изучения особенностей рентгенологической картины у новорождённых с перинатальной патологией не утратила своей значимости и требует дальнейшего осмысления и совершенствования.

Цель работы. Апробация рентгенологической компьютерной программы в ранней дифференциальной диагностике респираторных нарушений у недоношенных новорождённых.

Материалы и методы. Под наблюдением находились 300 недоношенных новорождённых, с гестационным возрастом от 22 до 36 недель: I группа – 90 детей с ВУП, II группа – 90 новорожденных с РДС и III группа – 90 недоношенных с ВУП+РДС. Все пациенты имели дыхательные расстройства с первых часов жизни и нуждались в респираторной поддержке. По показаниям они получали заместительную терапию экзогенными сурфактантами. Контрольную группу по рентгенологическому обследованию лёгких составили недоношенные новорождённые, имеющие дыхательные расстройства лёгкой степени (центрального генеза).

Рентгенография органов грудной клетки (по показаниям – брюшной полости) проводилась передвижным рентгеновским аппаратом RX-100CLK (Фирма Medison Xray, Корея). Доза облучения 0,002 мЗВ. Всем недоношенным новорождённым с ВУП, РДС и ВУП+РДС было проведено исследование органов грудной клетки в 1-е сутки жизни, а затем в динамике. Всего проанализировано 800 рентгенограмм: 261 снимок детей с ВУП, 250 – с РДС и 289 с ВУП+РДС.

С помощью специальной компьютерной программы «Диагностика дыхательных нарушений у новорожденных» на рентгенограммах органов грудной клетки производили измерение относительной площади патологической области легких (ОППО, %) и анатомо-морфологических индексов (индекс Мура (ИМ, %), тимо-торакальный индекс (ТТИ, %) и кардио-торакальный индекс (КТИ, %) [2]. При этом для каждого легкого:

$$\text{ОППО} = (s/S) \times 100 \%,$$

где s – площадь патологической области на рентгенограмме легкого;

S – площадь легкого на рентгенограмме.

Формулы для расчета анатомо-морфологических индексов имеют следующий вид [1, 2, 8]:

$$\text{ИМ} = (AB/CD) \times 100 \%,$$

где AB – расстояние от срединной линии наиболее выступающей точки дуги легочной артерии,

CD – 1/2 базального диаметра грудной клетки.

$$\text{ТИ} = (KL/MN) \times 100 \%,$$

где KL – поперечный диаметр тени сердца,

MN – базальный диаметр грудной клетки,

$$КТИ = (OP/RS) \times 100 \%,$$

где OP – поперечник тени сердца,

RS – поперечник грудной клетки.

Относительная погрешность определения ОППО не превышала 4,2%, а относительная погрешность расчета ИМ, КТИ и ТТИ – 6,2%, 6,8% и 7,3% соответственно.

Расчет информационной энтропии: информационную энтропию (H), характеризующую информационную неопределенность системы, при условии независимости каждого из событий среди всех случившихся событий рассчитывали по следующей формуле [2, 5]:

$$H = -\sum_i^n p_i \log_2 p_i$$

где n – число элементов системы,

p_i – вероятность данного значения параметра, причем $\sum(p_i) = 1$.

При равномерном распределении вероятностей система характеризуется максимальной величиной H (H_{max}), которая рассчитывается по формуле:

$$H_{max} = \log_2(n)$$

Для расчета H и H_{max} использовали оцифрованные изображения рентгеновского снимка и найденные экспериментально вероятности распределения пикселей по величинам их яркостей в патологической области на рентгенограмме легкого.

В связи с необходимостью сопоставления результатов, полученных для систем, содержащих разное количество элементов (разных площадей как рентгенограммы легких, так и патологической области на рентгенограмме), значение информационной энтропии нормировали по ее максимальному значению:

$$h = H/H_{max}$$

Статистическая обработка данных проводилась средствами прикладной программой системы «Statistica» [6]. Достоверность отличий между группами определяли с помощью t-критерия Стьюдента, а для выборок с ненормальным распределением применяли U-тест Манна-Уитни [3, 4].

Результаты и их обсуждение. Рентгенологически диагноз ВУП был подтверждён в первые сутки жизни у 32,2% недоношенных новорождённых, у 58,9% на вторые – третьи сутки жизни и в 8,9% – после 5 – 7 суток жизни. Рентгенологические признаки РДС выявлялись с первых часов жизни в 100%. В группе ВУП+РДС в 77,8% случаев после 1–3-х суток жизни у детей диагностировались данные в пользу пневмоний (очаговая инфильтрация, усиление легочного рисунка) и у 22,2% в первые сутки жизни.

С помощью компьютерной программы «Диагностика дыхательных нарушений у новорожденных» анализировали рентгеновский снимок обоих легких недоношенных новорожденных согласно следующему алгоритму:

1. Оцифрованные изображения рентгеновских снимков помещают в компьютерную программу для дальнейшей обработки результатов.

2. Расчет доли (ОППО) осуществляется последовательно на каждом из легких (левом и правом), изображенных на рентгеновском снимке (рис. 1). Для этого пользователю предоставляется два идентичных изображения легких новорожденного. Для обработки предназначено изображение, расположенное слева. На изображении, расположенном справа, предоставляется результат этой обработки.

3. Прежде всего, на исходном изображении легких новорожденных с помощью компьютерной мыши необходимо выделить анализируемое легкое (рис. 1). Затем автоматически строится гистограмма распределения пикселей изображения выделенного легкого по яркости (рис. 2).

4. Далее с помощью ползунков, отмечается часть гистограммы, пиксели которой предположительно принадлежат патологической области и результат выделения появляется на изображении того же объекта с выделенной областью, расположенном справа (рис. 3). При необходимости, в случае неудовлетворительного, с точки зрения пользователя, результата выделения патологической области, имеется возможность вернуться к гистограмме легкого (рис. 2) и откорректировать область ее выделения. Эту операцию можно осуществлять многократно до тех пор, пока результат выделения не будет удовлетворять пользователя.

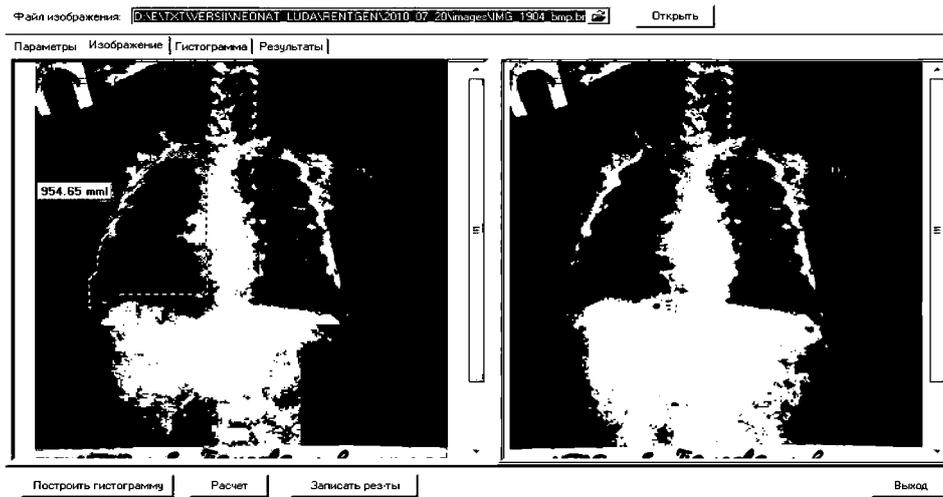


Рис. 1. Рентгеновский снимок легких новорожденного. На изображении слева показано левое легкое, выделенное с помощью компьютерной мыши

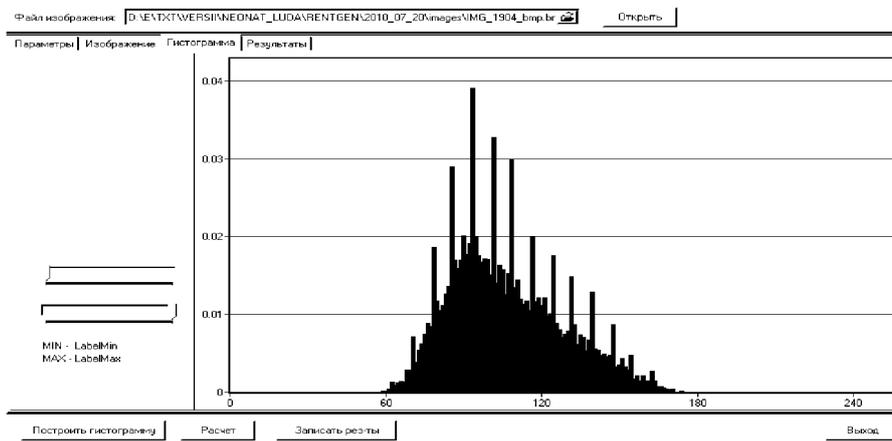


Рис. 2. Результат построения с изображением гистограммы распределения пикселей на изображении легкого, выделенного на рис. 1, по яркости



Рис. 3. Исходное изображение с выделенным левым легким (слева) и патологической областью, найденной в результате анализа изображения с помощью гистограммы (справа)



5. После подтверждения пользователем правильности выделения патологической области автоматически рассчитываются следующие параметры: площадь исходной выделенной с помощью мыши области в пикселях, относительная площадь патологической области (ОППО, %), ее информационная энтропия абсолютная (Н) и относительная (h). Аналогичным образом те же показатели определяются на другом легком.

6. С помощью программы «Диагностика дыхательных нарушений у новорожденных» [2] легко могут быть рассчитаны индекс Мура (ИМ, %), тимо-торакальный индекс (ТТИ, %) и кардиоторакальный индекс (КТИ, %) [1, 8]. С помощью компьютерной мыши отмечаются соответствующие точки на рентгенограмме легких, по расстояниям между которыми рассчитываются [1, 2, 8]. Программа по запросу автоматически предоставляет результаты расчетов.

7. Все результаты, полученные с помощью программы «Диагностика дыхательных нарушений у новорожденных», а также данные о новорожденном автоматически записываются в файл результатов, который удобен для импорта в пакеты программ для статистической обработки данных.

Анализ рентгеновских снимков у недоношенных новорожденных, имеющих респираторные нарушения, с помощью компьютерной программы представлен в таблице 1.

Установлено, что у недоношенных новорожденных с дыхательными нарушениями значения ОППО справа, независимо от заболевания, больше, чем ОППО слева ($p < 0,01$). При ВУП и при РДС величины ОППО справа почти одинаковы ($p > 0,05$) и равны $\approx 17\%$. При ВУП ОППО справа больше, чем ОППО слева в 2,9 раза. При РДС соответственно – в 1,3 раза больше. Тогда как при ВУП+РДС величина ОППО (справа и слева) примерно в 2 раза больше ($p < 0,001$), чем при ВУП или при РДС.

В случае наличия на рентгенограмме левого легкого патологических изменений, величина ОППО закономерно увеличивается в ряду ВУП > РДС > ВУП+РДС, увеличиваясь от $\approx 6\%$ при ВУП примерно в 2 раза ($p < 0,001$) при РДС и примерно в 4 раза ($p < 0,001$) при ВУП+РДС (табл. 1). Значения, как ОППО справа, так и ОППО слева, при ВУП+РДС отличаются от таковых при ВУП или при РДС ($p < 0,001$, $p_1 < 0,001$).

Таблица 1

Рентгенологические показатели органов грудной клетки у недоношенных новорожденных с дыхательными нарушениями в 1-е сутки жизни (M ± m)

Показатель	Контроль n=30	ВУП n=90	РДС n=90	ВУП+РДС n=90
ОППО справа, %	0	17,6±9,90	17,2±11,4 ($p > 0,05$)	36,1±13,7 ($p < 0,001$), ($p_1 < 0,001$)
Н справа, усл. ед.	6,00±0,083	5,80±0,24	6,00±0,073 ($p < 0,001$)	5,75±0,29 ($p > 0,05$), ($p_1 < 0,001$)
h справа, отн. ед.	0,898±0,013	0,869±0,036	0,900±0,012 ($p < 0,001$)	0,862±0,044 ($p < 0,05$), ($p_1 < 0,001$)
ОППО слева, %	0	6,14±5,63	13,7±10,0 ($p < 0,001$)	25,8±9,04 ($p < 0,001$), ($p_1 < 0,001$)
Н слева, усл. ед.	6,10±0,084	6,08±0,105	6,03±0,106 ($p < 0,001$)	5,99±0,066 ($p < 0,001$), ($p_1 < 0,001$)
h слева, отн. ед.	0,913±0,012	0,909±0,016	0,904±0,016 ($p > 0,05$)	0,889±0,018 ($p < 0,001$), ($p_1 < 0,001$)
ИМ, %	38,0±6,49	38,6±9,08	34,7±9,71 ($p < 0,05$)	34,4±5,88 ($p < 0,05$), ($p_1 > 0,05$)
ТТИ, %	44,6±8,95	41,0±6,47	40,1±8,04 ($p > 0,05$)	33,2±8,27 ($p < 0,05$), ($p_1 > 0,05$)
КТИ, %	56,2±4,71	54,5±5,80	54,7±5,55 ($p > 0,05$)	46,9±6,90 ($p < 0,001$), ($p_1 < 0,001$)

Примечание. p – отличие по отношению к ВУП,
p1 – отличие по отношению к РДС

Уменьшение значения показателей энтропии свидетельствует о том, что патологическая область становится менее однородной. При этом абсолютные значения Н у недоношенных новорожденных с дыхательными нарушениями в зависимости от того или иного заболевания изменяются за-



кономерно (табл. 1). При ВУП и при ВУП+РДС величина H справа меньше на 0,2 – 0,25 усл. ед., тогда как при только РДС значение H справа совпадает со значением, полученным в контрольной группе. С другой стороны, значения H слева изменяются противоположно таковым для ОППО слева, и имеют тенденцию к уменьшению в ряду ВУП>РДС>ВУП+РДС (табл. 1). Однако, при ВУП+РДС величина H слева отличается от значения, полученного в контрольной группе примерно на 0,1 усл. ед., и от величин, установленных при ВУП или РДС ($p < 0,001$, $p_1 < 0,001$).

Величины относительной информационной энтропии (h), рассчитанные для правого легкого (h справа) и для левого легкого (h слева) проявляют закономерности, аналогичные тем, которые выявлены в случае H . Имеется уменьшение среднего значения h справа при ВУП+РДС по сравнению со средним значением, найденным при ВУП ($p < 0,05$), (табл. 1). В случае РДС обсуждаемая величина отличается ($p < 0,001$) от значений, полученных при ВУП (табл. 1). Относительно h слева следует заметить, что ее величина у недоношенных новорожденных с дыхательными нарушениями меньше, чем в контрольной группе, и имеет тенденцию к уменьшению в ряду ВУП>РДС>ВУП+РДС.

Анализ индексов (табл. 1), традиционно измеряемых при анализе рентгенограммы легких показал, что найденные для условно-здоровых недоношенных новорожденных значения, соответствуют данным литературы [2, 9] и больше по сравнению с таковыми у недоношенных новорожденных с дыхательными нарушениями: при РДС на 3,3% и при ВУП+РДС на 3,6%. При сравнении в группах недоношенных новорожденных с дыхательными расстройствами ИМ, было выявлено достоверное различие в группах ВУП+РДС и ВУП, ВУП и РДС ($p < 0,05$). Показатель ТТИ достоверно различался в группах ВУП+РДС и ВУП ($p < 0,05$). Анализ КТИ показал достоверное отличие в группах в ВУП+РДС и ВУП ($p < 0,001$) и ВУП+РДС и РДС ($p_1 < 0,001$).

На основании полученных данных, мы предприняли попытку разработать алгоритм дифференциальной диагностики ВУП, РДС и ВУП+РДС. Критерии по которым оценивалась вероятность наличия того или иного заболевания получены, как нижние границы доверительных интервалов средних значений с доверительной вероятностью $P=95\%$ ($p < 0,05$), округленные до целых (табл. 1):

1. Если ОППО справа = ОППО слева = 0, то новорожденный не имеет дыхательных нарушений. В противном случае, следует рассчитать относительную информационную энтропию для ОППО справа и ОППО слева (соответственно, h справа и h слева).

2. Если ОППО справа $\geq 30\%$, и ОППО слева $\geq 20\%$, и h справа $\leq 0,88$ отн.ед., и h слева $\leq 0,91$ отн.ед., то предполагается наличие ВУП+РДС.

3. Если ОППО справа $< 30\%$, и ОППО слева $< 20\%$, h справа $> 0,88$ отн. ед., то предполагается наличие РДС.

4. В том случае, если ОППО справа $< 30\%$, и ОППО слева $< 20\%$, и h справа $< 0,88$ отн. ед., то предполагается наличие ВУП.

Результаты, полученные согласно приведенному алгоритму, проанализировали на точность и надежность [3]. В случае ВУП+РДС точность составила 95,1%, а надежность – 99,0%. В случае РДС получена точность 81,2%, и надежность 77,2%. В случае ВУП точность оказалась равной 80,2%, а надежность – 83,2%.

Таким образом, разработанная рентгенологическая компьютерная программа для ранней дифференциальной диагностики дыхательных нарушений у недоношенных новорожденных показала высокую результативность и может быть рекомендована для работы в практическом здравоохранении.

Литература

1. Вороньжев И.А. Дифференциальная диагностика отёков лёгких у новорождённых / И.А. Вороньжев // Международный медицинский журнал. – 2007. – Т. 13, № 2. – С. 132-136.
2. Герасимов И. Г. Компьютерная система для оценки состояния лёгких новорождённых на основании анализа рентгеновского снимка / И. Г. Герасимов, Д. С. Архипов, Л. А. Левченко // Наукові праці Донецького Національного технічного університету. Серія: Проблеми моделювання та автоматизації проектування. – 2011. – С. 194-200.
3. Гублер Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавание патологических процессов / Е.В. Гублер – М.: Медицина, 1987. – 294 с.
4. Зосимов А.Н. Доказательное рецензирование медицинских диссертаций / А.Н. Зосимов, Л.К. Пархоменко. – Харьков: Факт, 2008. – 150 с.
5. Кабатов Ю.Ф. Вероятностно-статистические методы в медицинских исследованиях и надёжность медицинской аппаратуры / Ю.Ф. Кабатов, М.Б. Славин. – М.: Медицина, 1971. – 296 с.
6. Лях Ю.Е. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat / Ю.Е. Лях, В.Г. Гурьянов – Донецк, 2006. – 214 с.
7. Наказ № 484 від 21.08.08 р. МОЗ України «Про затвердження клінічного протоколу надання допомоги новонародженій дитині з дихальними розладами». – К., 2008. – 57 с.
8. Рентгенодіагностика гострих захворювань органів дихання у дітей / [за ред. І.О. Крамного]. – Харків: Крок, 2006. – 172 с.
9. Barnett E.D. Bacterial infections of the respiratory tract / E.D. Barnett, J.O. Klein // Infectious Diseases of the Fetus and Newborn Infant / [eds.: J.S. Remington, J.O. Klein]. – Boston: WB Saunders, PA, 2001. – P. 1006-1018.



THE DIAGNOSIS OF RESPIRATORY DISTURBANCES IN PREMATURE INFANTS WITH THE HELP OF THE COMPUTER PROGRAM

T. M. KLIMENKO¹
L.A. LEVCHENKO²

*¹⁾Kharkiv Medical Academy
of postgraduate education,
Ukraine*

*²⁾Donetsk National Medical
University of named M. Gorky,
Ukraine*

e-mail: klimenko.t@inbox.ru

In this paper, for the diagnosis of respiratory disorders in premature infants (CP, RDS and CP+RDS) is proposed by the authors of the x-ray computer program «Diagnostics of respiratory disorders in newborns». Due to this system we have the opportunity to italicize pathological zone semi-automatically, to estimate of the proportion of its area in relation to the entire body, to calculate for its informational entropy, the anatomical and morphological indexes (IM, TTI, CTI). The data are noted automatically in the table, in which it is convenient to make the analysis of the received results.. On the basis of the findings, the authors attempted to develop an algorithm for differential diagnosis of CP, the RDS and CP+RDS, which has high accuracy and reliability.

Keywords: respiratory disorders, premature newborns, x-ray.