

Диагностическая эффективность цифровой рентгенографии при хронической обструктивной болезни легких

Дергилев А.П.¹, Горбунов Н.А.^{1*}, Кочура В.И.^{1,2}, Манакова Я.Л.¹,
Волченко С.Н.¹, Сударкина А.В.¹

¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России

²ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница»

Diagnostic efficacy of digital radiography for chronic obstructive pulmonary disease

Dergilev A.P.¹, Gorbunov N.A.^{1*}, Kochura V.I.^{1,2}, Manakova Ya.L.¹,
Volchenko S.N.¹, Sudarkina A.V.¹

¹Novosibirsk State Medical University

²Novosibirsk State Regional Clinical Hospital

АННОТАЦИЯ

Своевременная диагностика хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) оказывает существенное влияние на ее дальнейшее течение, поскольку каждое последующее обострение ХОБЛ неуклонно ведет к прогрессированию заболевания. Целью исследования было определение эффективности цифровой рентгенографии для диагностики ХОБЛ. В исследование включены 316 пациентов (179 мужчин и 137 женщин в возрасте от 31 до 84 лет, средний возраст — 57.5 ± 8.2 года) с ХОБЛ различной степени тяжести, которым было проведено комплексное лучевое исследование, включающее цифровую рентгенографию и традиционную экранно-пленочную рентгенографию органов грудной клетки. Оценка изображений проводилась по 6 основным признакам тремя рентгенологами-экспертами. Была определена чувствительность, специфичность и точность сравниваемых методов. Заключительным этапом стало построение рабочих характеристических кривых (ROC-curves).

Чувствительность цифровой рентгенографии оказалась на 14 % выше ($p < 0.05$). Высокая диагностическая эффективность цифровой рентгенографии подтверждается и более высоким расположением соответствующей ROC-кривой. Цифровая рентгенография может служить самостоятельным инструментом для ранней диагностики хронической обструктивной болезни легких различной степени тяжести при снижении дозовой нагрузки на пациента.

Ключевые слова: ХОБЛ, цифровая рентгенография, ROC-анализ.

ABSTRACT

Timely diagnostics of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) has a significant effect on its course as each subsequent COPD exacerbation inexorably leads to disease progression. The goal of the research was to determine the efficacy of digital radiography in terms of COPD diagnostics. The investigated sample included 316 patients (179 males and 137 females aged 31 to 84 with the average age of 57.5 ± 8.2 years) with COPD of various severity subjected to the comprehensive radiological examination of digital radiography and conventional film-screen chest radiology. Radiographic images were assessed using six main attributes by three expert radiologists. The sensitivity, specificity, and accuracy of the methods compared were determined. At the final stage, receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted.

The sensitivity of digital radiography turned out to be higher by 14 % ($p < 0.05$). The significant diagnostic efficacy of digital radiography was also confirmed by higher position of the respective ROC-curve. Digital radiography may act as a standalone tool for early detection of COPD of various severity with reduced radiation burden on a patient.

Keywords: COPD, digital radiography, ROC-curve analysis.

Поступила 12.09.2017
Принята 28.09.2017

* Автор, ответственный за переписку

Горбунов Николай Алексеевич: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.
E-mail: n_gorbunov@ngs.ru

Received 12.09.2017
Accepted 28.09.2017

*Corresponding author

Gorbunov Nikolay Alekseevich: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: n_gorbunov@ngs.ru

ВВЕДЕНИЕ

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) — одна из важнейших проблем современного здравоохранения в связи с постоянно возрастающей распространенностью и смертностью от этого заболевания [1–3].

Своевременная визуализация заболеваний легких невозможна без использования источников ионизирующих излучений, однако их несомненная диагностическая эффективность неразрывно связана с неблагоприятным воздействием на живой организм [4]. Прежде всего, это относится к рентгеновскому излучению, применяемому в медицинской диагностике, которое является самым существенным источником воздействия ионизирующего излучения на население [5].

Лучевое исследование пациента с ХОБЛ, как правило, начинается со стандартной рентгенографии органов грудной клетки в вертикальном положении пациента. В последние годы все более широкое распространение получает цифровая рентгенография легких, преимуществом которой является стандартно высокое качество изображения, не зависящее от особенностей фотохимической обработки пленки. Цифровые изображения имеют значительно более широкий динамический диапазон, позволяющий одновременно анализировать как легочную ткань, так и плотные структуры средостения. Кроме того, цифровое изображение может быть дополнительно обработано с помощью математических программ, что в ряде случаев позволяет выявить новые симптомы. При наличии клинических показаний или сомнительных результатах рентгенографии может быть проведена компьютерная томография легких. В ряде случаев показана вентиляционно-перфузионная пульмоноскintiграфия [6–9].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить эффективность метода цифровой рентгенографии органов грудной клетки в диагностике ХОБЛ различной степени тяжести.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось сотрудниками кафедры лучевой диагностики Новосибирского государственного медицинского университета на базе ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница» (ГНОКБ). Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ГНОКБ. Критерии исключения из клинического исследования: беременность и крайняя степень тяжести хронической обструктивной болезни легких.

INTRODUCTION

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is one of the most important healthcare problems today due to ever-increasing morbidity and mortality from this disease [1–3].

Timely visualization of pulmonary diseases is impossible without using sources of ionizing radiation, but their undeniable diagnostic efficacy is inextricably related with adverse effects on living organisms [4]. First of all, it applies to X-ray radiation used in medical diagnostics to be the most significant source of ionizing radiation in terms of its effect on the population [5].

Radiological examination of patients with COPD typically starts with a standard chest radiography with a patient standing upright. In recent years digital chest radiography has become more wide-spread, whose advantage is conventionally high image quality not depending on peculiarities of photochemical film processing. Digital images have substantially wider dynamic range making it possible to analyze both lung tissue and dense mediastinal structures at the same time. On top of that, a digital image may be additionally processed using mathematical software, which in a number of cases makes it possible to reveal new symptoms. Pulmonary computed tomography may be performed under clinical indications or if radiography shows unequivocal results. In a number of cases, ventilation/perfusion lung scan can be performed [6–9].

AIM OF THE RESEARCH

To study the efficacy of digital chest radiography as a diagnostic method for COPD of different severity.

MATERIALS AND METHODS

The research was carried out by employees of Radiological Diagnostics Department of Novosibirsk State Medical University at the premises of Novosibirsk State Regional Clinical Hospital (NSRCH). The research protocol was approved by the NSRCH ethics committee. Exclusion criteria of the research were pregnancy and the extreme severity of COPD.

To assess the efficacy of digital chest radiography and conventional film-screen chest radiology in terms of COPD diagnostics, 316 patients (179 males and 137 females aged 31 to 84 with the average age of 57.5 ± 8.2 years) with clinically verified diagnosis of COPD were investigated. Due to low radiation burden associated with the use of radiographic device with digital attachment, conventional radiographic examination of patients was performed simultane-

Для оценки эффективности цифровой рентгенографии и традиционной экранно-пленочной рентгенографии органов грудной клетки в диагностике хронической обструктивной болезни легких нами было обследовано 316 пациентов (179 мужчин и 137 женщин в возрасте от 31 до 84 лет, средний возраст — 57.5 ± 8.2 года) с клинически верифицированным диагнозом хронической обструктивной болезни легких. Учитывая низкие значения лучевой нагрузки при исследовании на рентгенографическом аппарате с цифровой приставкой, всем обследуемым проводилось параллельно и стандартное рентгенографическое исследование. В качестве референтного метода применялась компьютерная томография высокого разрешения.

Полученные цифровые рентгеновские изображения и традиционные рентгенограммы органов грудной клетки у пациентов с ХОБЛ различной степени тяжести оценивались по шести основным признакам: 1) выраженность сосудистого рисунка (усиление, обогащение, деформация); 2) утолщение стенок бронхов (симптом «трамвайных рельсов»); 3) состояние легочных полей (эмфизематозность); 4) изменения в корнях легких (уплотнение, деформация); 5) плевральные изменения (утолщение плевры, облитерация синусов); 6) расширение срединной тени. Оценка изображений проводилась независимо тремя рентгенологами-экспертами с последующим определением чувствительности, специфичности и точности сравниваемых методов. Затем производилось построение рабочих характеристических кривых (ROC-curves), наглядно отражающих разницу в показателях диагностической эффективности для двух сравниваемых методов. Для этого фракция положительных заключений была вычислена в процентах по каждому признаку в отдельности. При построении ROC-кривых по оси абсцисс откладывали вероятность ложно положительной интерпретации изображения (т. е. фракция ложно положительных заключений), а по оси ординат — вероятность истинно положительной интерпретации (фракция истинно положительных заключений).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе полученных данных была проведена сравнительная оценка диагностической эффективности традиционной экранно-пленочной рентгенографии и цифровой рентгенографии по каждому признаку отдельно и в совокупности. Оценивались чувствительность, специфичность и точность методов (табл. 1).

ously. High-resolution computed tomography was used as a reference method.

The digital X-ray images and conventional chest radiographs obtained for the patients were assessed using six main attributes: 1) vascular pattern intensity (intensified, accentuated or deformed); 2) bronchial wall thickening (tram tracks); 3) pulmonary field state (emphysema presence); 4) changes in pulmonary roots (stiffening or deformation); 5) pleural changes (pleura thickening and sinus obliteration); 6) median shadow expansion. The images were assessed independently by three expert radiologists for further assessment of sensitivity, specificity, and accuracy of the methods compared. After that, ROC-curves were plotted to graphically demonstrate the difference in diagnostic efficacy of the two methods compared. For this purpose, a fraction of positives was calculated as a percentage for each individual attribute. To obtain ROC-curves, the probability of false positive interpretation of images (i.e. the fraction of false positives) was plotted on the abscissa axis, and the probability of true positive interpretation (i.e. the fraction of true positives) on the ordinate axis.

RESULTS AND DISCUSSION

Comparative analysis of the diagnostic efficacy of conventional film-screen radiography and digital radiography was performed for each attribute individually and all of them combined based on the data obtained. The sensitivity, specificity, and accuracy of methods were evaluated (Table 1).

Table 1 demonstrates that the average sensitivity of digital radiography turned out to be higher than that of conventional radiography by 14 % ($p < 0.05$) with similarly high specificity of the both methods.

The next stage of our investigation was to obtain ROC-curves, which would act as an additional argument in determination of efficacy of light-dose digital radiography for patients with COPD. For this purpose, the fraction of positives was calculated as a percentage for each individual attribute. To obtain the ROC-curves, the probability of false positive interpretation of images (i.e. the fraction of false positives) was plotted on the abscissa axis, and the probability of true positive interpretation (i.e. the fraction of true positives) on the ordinate axis.

It can be seen from Fig. 1 that digital radiography shows higher diagnostic efficacy, i.e. when the true positive rate increased, increase in the fraction of false positives was smaller for digital radiography as opposed to conventional film-screen radiography.

Thus, digital chest radiography may be used instead of conventional film-screen radiography for

Таблица 1. Определение диагностической эффективности экранно-пленочной и цифровой рентгенографии у пациентов с ХОБЛ (%)**Table 1.** Diagnostic efficacy of film-screen and digital radiography for patients with COPD (%)

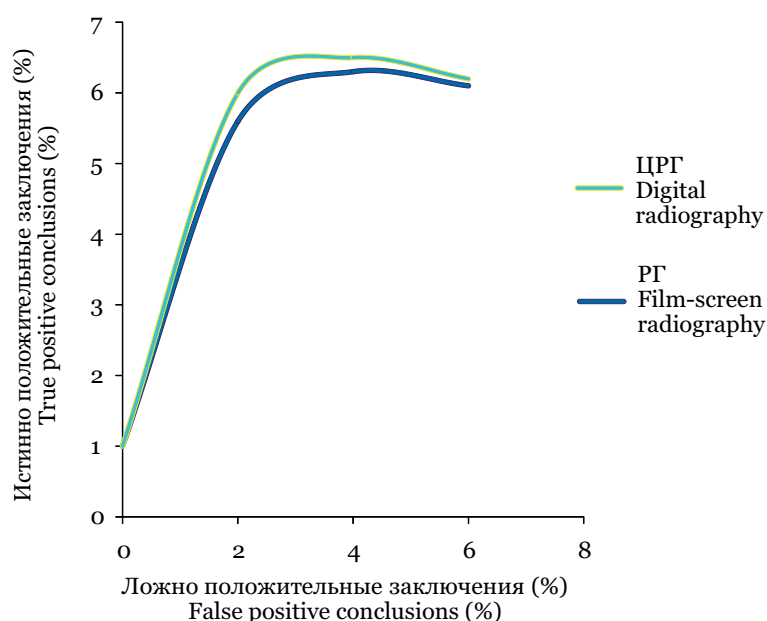
Рентгенологические симптомы ХОБЛ Radiological symptoms of COPD	Экранно-пленочная рентгенография Film-screen radiography			Цифровая рентгенография Digital radiography		
	Чувствительность Sensitivity	Специфичность Specificity	Точность Accuracy	Чувствительность Sensitivity	Специфичность Specificity	Точность Accuracy
Повышение прозрачности легочных полей Increase in pulmonary field translucency	0.86	0.99	0.98	1.0	0.99	1.0
Усиление и деформация легочного рисунка Intensification and deformation pulmonary pattern	0.71	1.0	0.99	1.0	1.0	1.0
Симптом «трамвайных рельсов» Tram tracks symptom	1.0	0.99	0.99	1.0	0.99	0.99
Изменения в корнях легких Changes in pulmonary roots	1.0	0.99	0.99	1.0	0.99	0.99
Плевральные изменения Pleural changes	0.80	0.98	0.96	0.96	0.98	0.98
Расширение срединной тени Median shadow expansion	1.0	0.99	0.99	1.0	0.99	0.99
Среднее значение Average value	0.85	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99

Как следует из табл. 1, в среднем, при одинаково высокой специфичности обоих методов, чувствительность цифровой рентгенографии оказалась выше на 14 % по сравнению с традиционной рентгенографией ($p < 0.05$).

Следующим этапом нашего исследования было построение рабочих характеристических

early detection of COPD, since it is characterized by higher sensitivity and lower radiation burden on patients.

The obtained results may be explained by the fact that digital radiography has higher resolution, wider dynamic range, as well as a capability for detailed quantitative assessment of pulmonary paren-

**Рис. 1.** Кривые диагностической эффективности цифровой рентгенографии (ЦРГ) и экранно-пленочной рентгенографии (РГ) органов грудной клетки у пациентов с ХОБЛ**Fig. 1.** Diagnostic efficacy curves of digital chest radiography and film-screen chest radiography for patients with COPD

кривых, послужившее дополнительным аргументом в определении эффективности малодозовой цифровой рентгенографии у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких. Для этого фракция положительных заключений была вычислена в процентах по каждому признаку в отдельности. При построении ROC-кривых по оси абсцисс откладывали вероятность ложно положительной интерпретации изображения (т. е. фракцию ложно положительных заключений), а по оси ординат — вероятность истинно положительной интерпретации (фракция истинно положительных заключений).

Как видно из рис. 1, более высокая диагностическая эффективность — у цифровой рентгенографии, т. е. при увеличении числа истинно положительных заключений фракция ложно положительных заключений возрастала в меньшей степени при цифровой рентгенографии в отличие от традиционной экранно-пленочной рентгенографии.

Таким образом, метод цифровой рентгенографии органов грудной клетки может быть использован вместо традиционной экранно-пленочной рентгенографии для ранней диагностики хронической обструктивной болезни легких, так как обладает более высокой чувствительностью и меньшей лучевой нагрузкой на пациента.

Полученные результаты можно объяснить тем, что цифровая рентгенография обладает более высокой разрешающей способностью, широким динамическим диапазоном, а также возможностью детальной количественной оценки состояния легочной паренхимы у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких, что согласуется с литературными данными о преимуществах цифровых рентгенологических систем [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный сравнительный анализ эффективности цифровой рентгенографии и традици-

chyma state in patients with COPD, which agrees with the data on advantages of digital radiography systems available in the literature [3].

CONCLUSION

Comparative analysis of digital radiography and conventional film-screen radiography in terms of diagnostic efficacy for COPD of various severity performed in the paper showed that sensitivity of digital radiography turned out to be higher than that of conventional radiography by 14 % ($p < 0.05$) under similarly high specificity of both methods, which was confirmed by high-resolution computed tomography data.

Thus, digital radiography may act as a stand-alone tool for early detection of COPD with reduced radiation burden on patients.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

онной экранно-пленочной рентгенографии в диагностике хронической обструктивной болезни легких различной степени тяжести показал, что при одинаково высокой специфичности методов чувствительность цифровой рентгенографии была на 14 % ($p < 0.05$) выше по сравнению с традиционной рентгенографией, что подтверждалось данными компьютерной томографии высокого разрешения.

Таким образом, цифровая рентгенография может служить самостоятельным инструментом для ранней диагностики хронической обструктивной болезни легких при снижении дозовой нагрузки на пациента.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чучалин А.Г. Актуальные вопросы пульмонологии // Рус. мед. журн. 2004. Т. 12. № 2. С. 53–58.
2. Авдеев С.Н. Хроническая обструктивная болезнь легких как системное заболевание // Пульмонология. 2007. № 2. С. 104–117.
3. Авдеев С.Н. Современные подходы к диагностике и терапии легочной гипертензии у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких // Пульмонология. 2009. № 1. С. 90–101.
4. Кальницкий С.А., Звонова И.А. Современные уровни медицинского облучения населения / Невский радиологический форум 2011; под ред. Л.А. Тютина. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2011. С. 102–103.

REFERENCES

1. Chuchalin A.G. (2004). Topical problems of pulmonology. *Russian Medical Journal*, 12, 2, 53–58. In Russ.
2. Avdeev S.N. (2007). COPD as a systemic disease. *Pulmonology*, 2, 104–117.
3. Avdeev S.N. (2009). Modern approaches to diagnostics and therapy of pulmonary hypertension in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Pulmonology*, 1, 90–101. In Russ.
4. Kal'nitskii S.A., Zvonova I.A. (2011). Present medical exposure levels in population. In L.A. Tyutin (Ed.). *Neva Radiological Forum 2011* (pp. 102–103). St. Petersburg: ELBI-SPb. In Russ.

5. Бару С.Е. Рентгенографические системы с предельно низкими дозами облучения и области их применения. Материалы I Съезда врачей лучевой диагностики СФО. Новосибирск, 2010. С. 27–29.
6. Емельянов А.В. Диагностика и лечение обострений хронической обструктивной болезни легких // Рус. мед. журн. 2005. Т. 13, № 4. С. 183–189.
7. Горбунов Н.А., Сидорова Л.Д., Лаптев В.Я. Мало-дозовая цифровая рентгенография для ранней диагностики обострений хронической обструктивной болезни легких // Бюл. физиологии и патологии дыхания. 2012. № 43. С. 44–47.
8. Ратобыльский Г.В. Малодозовая цифровая рентгенография (флюорография) высокого разрешения в выявлении и диагностике патологии органов и систем на поликлиническом уровне // Поликлиника. 2013. № 3. С. 15–17.
9. Лишманов Ю.Б., Кривоногов Н.Г., Агеева Т.С., Дубоделова А.В. Основные скintiграфические показатели у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких // Бюл. сибирской медицины. 2012. № 5. С. 132–135.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дергилев Александр Петрович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Горбунов Николай Алексеевич — канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Кочура Виктор Иванович — канд. мед. наук, заведующий рентгенологическим отделением ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница»; доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Манакова Яна Леонидовна — канд. мед. наук, ассистент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Волченко Сергей Николаевич — канд. мед. наук, ассистент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Сударкина Анна Владимировна — ассистент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Образец цитирования: Дергилев А.П., Горбунов Н.А., Кочура В.И., Манакова Я.Л., Волченко С.Н., Сударкина А.В. Диагностическая эффективность цифровой рентгенографии при хронической обструктивной болезни легких // Journal of Siberian Medical Sciences. 2018. № 1. С. 32–37.

5. Baru S.E. (2010). Radiographic systems with extremely low radiation doses and their fields of application. In *Proceedings of 1st Congress of Radiologists of Siberian Federal District* (pp. 27–29). Novosibirsk. In Russ.
6. Emel'yanov A.V. (2005). Diagnostics and treatment of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations. *Russian Medical Journal*, 13, 4, 183–189. In Russ.
7. Gorbunov N.A., Sidorova L.D., Laptev V.Ya. (2012). Low-dose digital fluorography for early diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*, 43, 44–47.
8. Ratobyl'skii G.V. (2013). Light-dose high-resolution digital radiography (photofluorography) for detection and diagnostics of pathology of organs and systems at the outpatient level. *Polyclinic*, 3, 15–17. In Russ.
9. Lishmanov Yu.B., Krivonogov N.G., Agyeva T.S., Dubodelova A.V. (2012). Main scintigraphic parameters in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Bulletin of Siberian Medicine*, 5, 132–135.

ABOUT THE AUTHORS

Dergilev Aleksandr Petrovich — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Radiological Diagnostics Department at Novosibirsk State Medical University.

Gorbunov Nikolay Alekseevich — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Radiological Diagnostics Department at Novosibirsk State Medical University.

Kochura Viktor Ivanovich — Candidate of Medical Sciences, Head of Radiology Department at Novosibirsk State Regional Clinical Hospital; Associate Professor at Radiological Diagnostics Department at Novosibirsk State Medical University.

Manakova Yana Leonidovna — Candidate of Medical Sciences, Teaching Assistant at Radiological Diagnostics Department at Novosibirsk State Medical University.

Volchenko Sergey Nikolaevich — Candidate of Medical Sciences, Teaching Assistant at Radiological Diagnostics Department at Novosibirsk State Medical University.

Sudarkina Anna Vladimirovna — Teaching Assistant at Radiological Diagnostics Department at Novosibirsk State Medical University.

Citation example: Dergilev A.P., Gorbunov N.A., Kochura V.I., Manakova Ya.L., Volchenko S.N., Sudarkina A.V. (2018). Diagnostic efficacy of digital radiography for chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 1, 32–37.