

## АЛГОРИТМ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ДЕТЕЙ НА ТУБЕРКУЛЕЗ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Л.П. Шепелева, А.Ф. Кравченко

ГБУ Республики Саха (Якутия) Научно-практический центр «Фтизиатрия», г. Якутск

## ALGORITHM OF X-RAY EXAMINATION FOR PULMONARY TUBERCULOSIS IN CHILDREN

L.P. Shepeleva, A.F. Kravchenko

На основе изучения диагностической информативности рентгенологических методов исследования, применяемых при обследовании детей и подростков на первичный туберкулез легких, и получаемых при этом лучевых нагрузок предлагается новый алгоритм рентгенологического обследования. С учетом высокой диагностической информативности компьютерной томографии, в 2–2,5 раза превышающей диагностическую значимость традиционных рентгенологических методов, при выявлении патологических изменений со стороны внутригрудных лимфатических узлов и легких предлагается широкое применение компьютерной томографии, минуя обзорную рентгенографию и линейную томографию, не только в противотуберкулезных учреждениях, но и во всех учреждениях общей лечебной сети, оснащенных компьютерными томографами.

**Ключевые слова:** рентгенологическое исследование, туберкулез, дети, радиационная нагрузка

### Введение

Диагностические методы, основанные на получении изображения, играют важную роль в диагностическом процессе и при выборе лечебных мероприятий и должны стать доступными там, где это необходимо [5]. Знание возможностей и целесообразности применения этих методов по отдельности или в комплексе, поэтапно, а также рациональное их использование актуальны и необходимы при диагностике туберкулеза органов дыхания у детей. При этом мы не должны забывать о том, что рентгенодиагностика связана с ионизирующим излучением и применение ее в педиатрии должно быть тщательно обосновано, поскольку дети более чувствительны к облучению, препятствующему их нормальному росту и развитию.

В настоящее время традиционная рентгенография грудной клетки остается основным методом первичного обследо-

We offer new pediatric x-ray exam algorithm, based on the analysis of diagnostic values of x-ray imaging methods used to examine children and adolescents for primary tuberculosis complex in the lungs, and analysis of radiation dose effects on the patients. Taking into consideration the superior (by a factor of 2-2.5) diagnostic value of computed tomography (CT), compared to conventional x-ray methods, in detecting the abnormalities in lymph nodes and in the lungs, we would suggest extensive use of CT, avoiding plain chest x-ray and linear tomography, not in Tuberculosis Clinics alone, but in all healthcare facilities equipped with CT scanners.

**Keywords:** tuberculosis, child, radiography, diagnosis, radiation dosage

вания органов грудной клетки. Это обусловлено небольшой лучевой нагрузкой на пациента и низкой стоимостью исследования, по сравнению с другими методами, при довольно высокой информативности.

После обзорной рентгенографии вторым этапом проводят продольную томографию легких – метод послойного исследования. Данный метод используют в традиционной рентгенологии у 10–15% пациентов, но во фтизиопедиатрии такие исследования проводят значительно чаще (каждому второму пациенту и минимум один раз в год) для уточнения данных рентгенографии о макроструктуре зоны патологических изменений легочной ткани, корней легких, средостения. При выявлении изменений со стороны внутригрудных лимфатических узлов (ВГЛУ) рентгенография органов грудной полости и линейная томография средостения достаточно

эффективны лишь в случае значительного их увеличения [1, 2, 6]. При этом, как указывал Р.В. Ставицкий (1994 г.), величина эффективной дозы при продольной томографии достаточно велика по сравнению с рентгенографией и даже с рентгеноскопией легких [9].

И лишь в качестве последнего этапа рентгенологической диагностики применяют компьютерную томографию (КТ), рекомендованную как *дополнительный метод* при подозрении на малую форму туберкулеза ВГЛУ, хотя КТ дает возможность достоверно определить изменения всех групп лимфатических узлов и легочной ткани, адекватно оценить рентгеноморфологические особенности пораженных лимфатических узлов, дает подробную характеристику их локализации, распространенности и фазы специфического процесса.

По литературным данным, в практике фтизиопедиатров при проведении КТ множественные обызвествленные лимфатические узлы диаметром 0,2–0,5 см визуализируются в 74,6% случаев даже при состоянии пациентов, определенном ранее как «латентная туберкулезная инфекция», что свидетельствует об отсутствии качественной диагностики специфического поражения ВГЛУ при стандартном рентгенологическом обследовании [3, 7, 8].

КТ является высокоинформативным методом лучевой диагностики, но при этом пациент получает относительно высокую дозу облучения. В литературе встречаются и другие мнения. Исследования, проведенные в Российском научном центре рентгенорадиологии, показали, что повреждающий эффект лучевой нагрузки при КТ значительно ниже, чем при обычной продольной томографии [6]. Относительный недостаток КТ – высокая стоимость исследования по сравнению с обычными рентгеновскими методами, что ограничивает ее широкое применение.

Таким образом, рентгенография, линейная томография и КТ – методы исследования органов грудной клетки, неравнозначные по своей диагностической информативности и лучевой нагрузке.

## Цель исследования

Разработать алгоритм рентгенологического обследования детей и подростков при выявлении и диагностике туберкулеза органов дыхания с учетом диагностической информативности рентгенологических методов и получаемой при этом лучевой нагрузки.

## Материалы и методы исследования

Для расчета диагностической информативности традиционных рентгенологических методов и КТ использованы клинико-рентгенологические данные 221 ребенка и подростка, обследованного в диспансерном отделении Детского центра ГБУ Республики Саха (Якутия) «Научно-практический центр «Фтизиатрия», и 374 детей из Республиканского детского туберкулезного санатория им. Т.П. Дмитриевой (г. Якутск).

Для оптимального выбора рентгенологических методов для обследования детей и подростков на туберкулез органов грудной клетки осуществлен расчет диагностической значимости каждого метода, включающий определение:

- диагностической чувствительности (ДЧ) – доли лиц с положительным результатом теста среди лиц с изучаемым заболеванием;
- диагностической специфичности (ДС) – доли лиц с отрицательным результатом теста среди лиц без изучаемого заболевания;
- диагностической эффективности (ДЭ) – среднего значения между ДЧ и ДС;
- предсказательной ценности положительного результата (ПЦПР) – вероятности наличия заболевания при положительном результате теста;
- предсказательной ценности отрицательного результата (ПЦОР) – вероятности отсутствия заболевания при отрицательном результате теста.

Для расчета дозовых нагрузок, получаемых при различных рентгенологических методах, сформированы четыре возрастные группы исследования: от 0 до 3 лет, от 3 до 7 лет, от 7 до 14 лет и от 14 до 17 лет (в каждой группе – по 50 человек).

Рентгенографию и линейную продольную томографию проводили на рентгенодиагностическом аппарате Multix–Protex (Siemens, Германия). Для регистрации получаемой дозовой нагрузки использовали систему KermaX plus DDP, подключенную к пульту управления рентгенодиагностического аппарата. Индикатор дозы ионизирующего излучения<sup>1</sup> данного прибора позволял регистрировать измеренную величину произведения дозы на площадь облучения (*Dose Area Product* – в мкГр × м<sup>2</sup>) и площадь поля облучения в воздухе независимо от расстояния рентгеновской трубки до пациента. Далее производили пересчет полученного значения в мкГр × м<sup>2</sup> в эффективную дозу E облучения пациента данного возраста с помощью выражения:

<sup>1</sup> В Международной системе единиц (СИ) используют следующие единицы измерения ионизирующего излучения. *Грей* (Гр) – единица измерения поглощенной дозы ионизирующего излучения. Поглощенная доза равна 1 грею, если в результате поглощения ионизирующего излучения вещество получило один джоуль энергии в расчёте на один килограмм массы. Часто используют сантигрей (сГр – 10<sup>-2</sup> Гр, равен внесистемной единице поглощённой дозы рад) и миллигрей (мГр – 10<sup>-3</sup> Гр). *Зиверт* (Зв) – единица измерения эффективной и эквивалентной доз ионизирующего излучения. 1 зиверт – это количество энергии, поглощённое килограммом биологической ткани, равное по воздействию поглощенной дозе гамма-излучения в 1 Гр. 1 зиверт равен 100 бэр (биологический эквивалент рентгена – внесистемная единица измерения). Как меру дозы при медицинских диагностических процедурах часто используют миллизиверт (мЗв – 10<sup>-3</sup> Зв) и микрозиверт (мкЗв – 10<sup>-6</sup> Зв). – Прим. ред.

Таблица 1. Коэффициенты перехода от значения DLP в фантоме диаметром 16 см к значению эффективной дозы у детей различного возраста

Область исследования	$e_{DLP}$ для взрослых, (мЗв × мГр <sup>-1</sup> × см <sup>-1</sup> )	Множитель в зависимости от возраста пациента (в годах)					
		> 15	15	10	5	1	0
Голова	0,0023	1,0	1,2	2,0	3,2	5,1	9,5
Туловище	0,0081	1,0	1,2	1,8	2,6	4,0	7,9

$$E = \Phi \times Kd, \text{ мкЗв, где}$$

$E$  – эффективная эквивалентная доза, условное понятие, характеризующее дозу равномерного облучения всего тела, соответствующую по риску появления отдаленных последствий дозе реального облучения определенного органа или их сумме (в звертах);

$\Phi$  – измеренная величина произведения дозы на площадь (в сГр × см<sup>2</sup>);

$Kd$  – коэффициент перехода к эффективной дозе облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке (в мкЗв / сГр × см<sup>2</sup>). Коэффициенты перехода приведены в Методических указаниях 2.6.1.2944-11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований» [4].

Компьютерную томографию проводили на двухсрезовом спиральном компьютерном томографе Somatom Emotion Duo (Siemens, Германия). Для получения эффективной дозы облучения пациентов при проведении КТ также использован метод подсчета, представленный в [4].

Для описания распределения дозы в воздухе на оси вращения источника излучения или распределения поглощенной дозы внутри пациента при проведении отдельного сканирования (один скан) используют томографический индекс (CTDI). Затем, применяя дозовые коэффициенты, оценивают значение эффективной дозы. Значение CTDI зависит от физико-технических характеристик аппаратуры (напряжения на трубке, фильтрации, толщины скана и др.) и пропорционально значению экспозиции (количества электричества) в мА × с. После этого для характеристики исследования в целом определяют значение произведения дозы на длину сканирования при исследовании соответствующей секции (индекс  $i$ )  $DLP_i$  (мГр × см):

$$E_i = e_{DLP} \cdot DLP, \text{ где}$$

$e_{DLP}$  – значение дозового коэффициента (мЗв × мГр<sup>-1</sup> × см<sup>-1</sup>) для  $i$ -ой анатомической секции, нормированное на значение DLP в стандартном дозиметрическом фантоме.

Но при этом при использовании тех же параметров процедуры значение эффективной дозы у детей будет выше из-за меньшего размера тела. Для определения DLP для детей независимо от сканируемой области тела используется фантом диаметром 16 см. В таблице 1 приведены значения дозовых коэффициентов  $e_{DLP}$  для детей различного возраста в виде соответствующих множителей по отношению к коэффициентам для взрослого пациента.

### Результаты исследования

На первом этапе исследования произведены расчеты **диагностической информативности традиционных рентгенологических методов** (рентгенографии и линейной томографии) у 221 ребенка и подростка, обследованного в диспансерном отделении Детского центра ГБУ Республики Саха (Якутия) НПЦ «Фтизиатрия». При этом в результате полного клинико-рентгенологического обследования у 53 детей и подростков диагностирован локальный туберкулезный процесс в активной фазе или остаточные посттуберкулезные изменения в легких и во ВГЛУ (истинноположительные результаты – ИПР). У 43 детей и подростков локальный процесс в результате клинико-рентгенологического обследования был исключен (истинноотрицательные результаты – ИОР). У 69 детей и подростков, имевших определенные традиционными рентгенологическими методами патологические изменения в легких и корнях, после дополнительного КТ-исследования и клинико-лабораторного обследования локальный туберкулезный процесс в органах дыхания не был подтвержден (ложноположительные результаты – ЛПР). И, напротив, у 56 детей и подростков, у которых по данным

Таблица 2. Показатели диагностической значимости рентгенологических методов у детей и подростков при диагностике туберкулеза органов дыхания

Рентгенологический метод	Показатели диагностической значимости (%)				
	ДЧ	ДС	ДЭ	ПЦПР	ПЦОР
Обзорная рентгенография + линейная томография	48,0	38,0	43,0	43,0	43,0
Компьютерная томография	97,0	94,0	95,0	80,0	99,0

Таблица 3. Дозовые нагрузки на детей и подростков при исследовании органов грудной клетки с использованием различных рентгенологических методов. Эффективная эквивалентная доза (мЗв /исследование)

Рентгенологический метод	Возраст детей			
	0–3 лет (n = 50)	3–7 лет (n = 50)	7–14 лет (n = 50)	14–17 лет (n = 50)
Рентгенография	0,04	0,03	0,03	0,05
Томография (на три среза)	0,20	0,15	0,15	0,23
Компьютерная томография	0,77	0,66	0,76	1,11
<b>Всего</b>	<b>1,01</b>	<b>0,84</b>	<b>0,94</b>	<b>1,39</b>

рентгенографии и линейной томографии туберкулезный процесс в легких и ВГЛУ был исключен, после КТ и клиничко-лабораторного обследования был установлен локальный туберкулезный процесс (ложноотрицательные результаты – ЛОР).

**Для определения диагностической информативности компьютерной томографии** использовали данные клиничко-рентгенологического обследования 374 детей. С учетом данных всех клиничко-рентгенологических методов локальный туберкулезный процесс в различных фазах и посттуберкулезные изменения были выявлены у 72 из них (ИПР). У 282 детей в результате полного клиничко-рентгенологического обследования, включающего КТ, локальный туберкулезный процесс был исключен (ИОР). У 18 детей, у которых после КТ было дано заключение о наличии патологических изменений со стороны легких и средостения, по результатам клиничко-лабораторных данных локальный туберкулезный процесс не был подтвержден (ЛПР). У двух детей с «нормальной» рентгенологической картиной при первичном КТ-исследовании, у которых по клиничко-лабораторным данным локальный туберкулезный процесс также был исключен, при динамическом КТ-исследовании были выявлены кальцинаты во ВГЛУ (ЛОР). Полученные данные позволили рассчитать показатели диагностической значимости рентгенологических методов (табл. 2).

Таким образом, наиболее информативным методом в диагностике туберкулеза легких и ВГЛУ представляется КТ. Показатели диагностической значимости традиционных рентгенологических методов по сравнению с КТ ниже в 2–2,5 раза.

На следующем этапе оценили дозовые нагрузки при использовании разных рентгенологических методов у 200 детей и подростков в различных возрастных группах, обследуемых на туберкулез (табл. 3).

## Заключение

При применяемом в настоящее время поэтапном комплексном рентгенологическом исследовании (обзорная рентгено-

графия – линейная томография – компьютерная томография) дети получают высокую дозовую нагрузку, составляющую, в зависимости от возраста, от 0,84 до 1,39 мЗв.

Исходя из вышеизложенного, а именно низкой диагностической информативности традиционных рентгенологических методов и получаемой суммарной высокой лучевой нагрузки при прохождении всех этапов рентгенологического обследования, целесообразность применяемого в настоящее время комплексного рентгенологического обследования детей на туберкулез представляется дискуссионной.

В настоящее время идет интенсивное оснащение медицинских учреждений центральных городов и регионов России компьютерными томографами. Например, в Республике Саха (Якутия) имеется 17 компьютерных томографов, из которых 11 установлены в г. Якутске и шесть – в центральных улусных больницах. Вопрос стоит только о введении метода компьютерной томографии в обязательный диагностический минимум при обследовании детей из групп риска на туберкулез и правильной организации обследования в тех медицинских учреждениях, где установлены компьютерные томографы. Детям из групп риска необходимо проводить компьютерную томографию в учреждениях общей лечебной сети. В тех улусах, где отсутствуют компьютерные томографы, детей из групп риска заболевания туберкулезом (из контакта с больными туберкулезом, с впервые положительными результатами иммунологических тестов, гиперергическими результатами пробы с Диаскинтестом®) после проведения на местах обзорной рентгенографии органов грудной клетки необходимо направлять в республиканские противотуберкулезные диспансеры для прохождения компьютерной томографии.

Использование компьютерной томографии, минуя обзорную рентгенографию и линейные томографии, приведет к точности диагностики, значительно снизит лучевую нагрузку на детей и сократит время обследования.

## Литература

1. Геgeeва Ф.Э. Сравнительная характеристика рентгенологических методов диагностики «малых» форм туберкулеза внутригрудных лимфатических узлов // Пробл. туберкулеза и болезней легких. – 2006. – № 1. – С. 23-28.

2. Ильина Н.А. Возможности компьютерной томографии в диагностике воспалительных заболеваний легких у детей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб. – 2001. – 25 с.
3. Клинико-рентгенологическая диагностика первичных и вторичных форм туберкулеза у детей и подростков в современных условиях: пособие для врачей / В.А. Аксенова, Я.В. Лазарева, К.Г. Пучков и др. – М., 2003. – 45 с.
4. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований: методические указания 2.6.1.2944-11 / Санкт-Петербургский НИИ радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева // Информационная система МЕГАНОРМ [Электронный ресурс] URL: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293793/4293793383.htm> (Дата обращения 12.10.2015).
5. Котляров П.М. Лучевые методы в диагностике заболеваний органов дыхания // РМЖ. Пульмонология. Диагностика. Онкология. – 2001. – Т. 1. – № 5. – С. 197-200.
6. Розенштраух Л.С., Рыбакова Н.И., Винер М.Г. Рентгенодиагностика заболеваний органов дыхания. – 2-е изд. – М.: Медицина, 1987. – 640 с.
7. Сметанин А.Г., Даулетанова Я.В. Особенности визуализации внутригрудных лимфатических узлов при латентной туберкулезной инфекции у детей // Новые технологии в эпидемиологии, диагностике и лечении туберкулеза взрослых и детей: науч.-практ. конф. мол. ученых – М., 2011. – С. 62-63.
8. Ставицкая Н.В., Дорошенкова А.Е. Основы разработки персонализированной программы профилактики туберкулеза у детей с латентной туберкулезной инфекцией // Туберкулез и болезни легких. – 2010. – № 8. – С. 37-43.
9. Ставицкий Р.В., Блинов Н.Н., Рабкин И.Х., Лебедев Л.А. Радиационная защита в медицинской рентгенологии. – М.: Кабур. – 1994. – 272 с.

## Сведения об авторах

**Шепелева Лариса Петровна** – заведующая отделением лучевой диагностики ГБУ Республики Саха (Якутия) Научно-практический центр «Фтизиатрия», доктор медицинских наук

Адрес: 677015, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Петра Алексеева, д. 93

Тел. + 7 (4112) 39-03-25, факс + 7 (4112) 47-50-80

e-mail: shepevalp@mail.ru

**Кравченко Александр Федорович** – директор ГБУ Республики Саха (Якутия) Научно-практический центр «Фтизиатрия», доктор медицинских наук

Адрес: 677015, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Петра Алексеева, д. 93