

Изменения в сенситометрических параметрах медицинских рентгенографических пленок. Часть 1. Оценка при автоматическом способе обработки

Аннотация

Приведены результаты определения рентгеносенситометрических параметров наиболее распространенных медицинских рентгенографических пленок, полученные при автоматическом способе обработки, а также данные по содержанию серебра в эмульсиях пленок. Даны анализ и оценка изменений параметров пленок, произошедших за последние годы.

Несмотря на свои недавние публикации, посвященные рентгеносенситометрическим параметрам медицинских пленок [1], [2], мы вынуждены снова вернуться к рассмотрению данного вопроса. Причиной послужили изменения рентгеносенситометрических параметров, которые были обнаружены нами у некоторых пленок при исследовании новых реактивов для автоматической обработки «Ренмед-Авто» [3]. Однако для более точной оценки произошедших изменений нам потребовались дополнительные данные о величинах рентгеносенситометрических параметров более старых партий пленок, полученных в тех же условиях обработки, а также о количестве серебра, содержащегося в эмульсиях пленок.

Методика исследования

В рассматриваемой работе рентгеносенситометрические параметры пленок определялись методом, описанным в [4]. Образцы рентгенографических пленок общего назначения экспонировались рентгеновским излучением, характеризуемым СПО = 7,0 мм А1 (анодное напряжение 77 кВ, дополнительная фильтрация 20 мм А1). Синечувствительные пленки экспонировались в комбинации с сенситометрическими эталонными экранами «РЕНЕКС ЭУ-В2», ортохроматические пленки – с сенситометрическими эталонными экранами типа «РЕНЕКС ЭУ-Г3». Образцы маммографических пленок экспонировались рентгеновским излучением, характеризуемым СПО = 0,6 мм А1 (анодное напряжение 40 кВ, без дополнительной фильтрации), в комбинации с контрольным образцом маммографических экранов «РЕНЕКС ЭУМ-Г». Для обработки сенситограмм применялись следующие реактивы: «Kodak X-Omat EXII/Kodak RP X-Omat LO» (Производственный филиал ООО «Кодак», г. Переславль), G 139/G334 («Agfa Health N.V.», Бельгия), «Ренмед-Авто-ПК/Ренмед-Авто-ФК» (ООО «Фирма «ВИПС-МЕД», г. Фрязино, Московская область). Сенситограммы обрабатывались в проявочной машине «Сомракт 2» («Protec», Германия) при полной длительности цикла 132 с. Температура проявителя устанавливалась в соответствии с рекомендациями производителей реактивов: в случае G 139 – 34 °С для всех пленок, в случае «Kodak X-Omat EXII» и «Ренмед-Авто-ПК» – 33 °С для рентгенографических пленок общего назначения и 35 °С для маммографических пленок.

Содержание серебра в эмульсиях пленок определялось методом Фольгарда [5].

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1-3 приведены результаты определения рентгеносенситометрических параметров¹ медицинских рентгенографических пленок основных производителей, а также содержания серебра в эмульсиях этих пленок. Во всех таблицах использованы следующие обозначения: $S_{0,85}$ – чувствительность, P^{-1} ; g – средний градиент; D_0 – плотность вуали, Б; D_{max} – максимальная плотность на характеристической кривой, Б.

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что новые партии рентгенографических пленок общего назначения «Super RX» и «Super HR-U» принципиально отличаются от старых. Благодаря тому, что новые эмульсии обладают достаточно высоким средним градиентом, рекомендации об ограничении в применении

пленок «Super RX» и «Super HR-U30» [2] утратили свою актуальность, по крайней мере, при автоматическом способе обработки.

К числу других положительных изменений, произошедших в характеристиках синечувствительной пленки «Super RX», следует отнести существенное увеличение максимальной плотности (на 0,4...0,5 Б) и чувствительности (в 1,3...1,4 раза). В результате пленка «Super RX» стала обладать хорошо сбалансированными рентгеносенситометрическими параметрами, а по максимальной плотности превзошла все синечувствительные пленки других производителей. Вместе с тем следует отметить, что содержание серебра в пленке «Super RX» не изменилось и находится на среднем для синечувствительных пленок уровне.

В ортохроматической пленке «Super HR-U» содержание серебра уменьшилось примерно на 0,5 г/м² и достигло рекордно низкой на сегодняшний день величины – 1,8 г/м². Несмотря на это максимальная плотность пленки осталась на прежнем уровне – 3,0 Б. Снижение чувствительности пленки «Super HR-U» на 30 % не является, на наш взгляд, серьезным недостатком, так как даже после этого величина показателя составляет около 2500 P^{-1} . Гораздо важнее, что удалось существенно увеличить средний градиент этой пленки.

Рентгеносенситометрические параметры маммографической пленки «ш-МА» не претерпели каких-либо изменений. Разница в количестве серебра, содержащегося в старой и новой партиях, не выходит за пределы погрешности измерения и естественного разброса величины этого показателя в разных партиях.

Судя по всему, основной целью компании «Agfa HealthCare N.V.» при разработке новых эмульсий синечувствительных пленок «CP-BU new» и «Curix RP1» являлось снижение наноса серебра, который был существенно выше, чем у других изготовителей. Содержание серебра в пленке «CP-BU new» снижено незначительно (примерно на 0,3 г/м²) и по-прежнему остается самым высоким среди всех синечувствительных пленок. Рентгеносенситометрические параметры этой пленки при автоматическом способе обработки практически не изменились, за исключением среднего градиента, который увеличился на 15 %. Более серьезные изменения рабочих характеристик обнаружены у пленки «Curix RP1», содержание серебра в которой уменьшилось существенно (на 0,7 г/м²). Главным из них является основательное снижение максимальной плотности (на 0,85 Б), в результате чего пленка утратила свои лидирующие позиции по этому показателю. Наряду с этим следует отметить, что у чувствительности пленки «Curix RP1», которая была практически одинаковой при обработке во всех реактивах, теперь появилась зависимость от вида обрабатывающих реактивов, причем точно такая же, как у пленки «CP-BU new». Таким образом, различия в рентгеносенситометрических параметрах пленок «Curix RP1» и «CP-BU new», которые существовали прежде, исчезли.

Более того, на основании визуальной оценки цвета необработанных листов можно предположить, что в эмульсиях обеих синечувствительных пленок в настоящее время используется один и тот же сенсibilизатор, который заметно отличается от красителей, применявшихся ранее при производстве пленок

¹ В некоторых случаях для сравнения были использованы партии пленок с просроченным сроком годности. Несмотря на это характеризующие их рентгеносенситометрические параметры (за исключением плотности вуали) не претерпели заметных изменений, судя по данным, полученным нами сейчас и при поступлении этих партий в лабораторию.

«Curix RP1» и «CP-BU new». В этой связи вполне закономерно возникает вопрос о целесообразности производства двух одинаковых по рентгеносенситометрическим параметрам пленок с разницей в нанесении серебра около 0,5 г/м². Однако окончательные выводы делать рано, поскольку некоторые различия в параметрах пленок «Curix RP1» и «CP-BU new» могут по-

явиться позднее, в результате дальнейшей доработки новых эмульсий.

Основные характеристики ортохроматических рентгенографических пленок общего назначения компании «Agfa HealthCare N.V.» не претерпели каких-либо заметных изменений. Пленка «Ortho CP-G Plus» по-прежнему превосходит плен-

Таблица 1

Характеристики рентгенографических пленок компании «Fujifilm Corporation»

Тип пленки, срок годности	Тип реактивов	Рентгеносенситометрические параметры				Содержание серебра, г/м ²
		S _{0,85}	g	D _{min}	D _{max}	
Super RX до 4/2014	G 139/G 334	560	2,0	0,12	2,65	2,7
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	610	2,0	0,12	2,80	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	630	2,0	0,10	2,60	
Super RX до 5/2015	G 139/G 334	800	2,6	0,09	3,10	2,6
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	850	2,6	0,10	3,20	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	840	2,7	0,05	3,10	
Super HR-U30 до 7/2009	G 139/G 334	3350	2,0	0,24	2,90	2,3
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	3400	2,1	0,23	3,00	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	2950	2,2	0,17	2,90	
Super HR-U до 5/2015	G 139/G 334	2400	2,6	0,05	2,95	1,8
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	2500	2,7	0,03	3,05	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	2350	2,7	0,03	2,90	
um-MA до 6/2012	G 139/G 334	110	3,1	0,03	4,10	4,3
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	125	3,5	0,05	4,10	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	135	3,3	0,03	4,10	
um-MA до 5/2014	G 139/G 334	115	3,1	0,02	4,15	4,1
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	125	3,5	0,04	4,10	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	135	3,4	0,02	4,05	

Таблица 2

Характеристики рентгенографических пленок компании «Agfa HealthCare N.V.»

Тип пленки, срок годности	Тип реактивов	Рентгеносенситометрические параметры				Содержание серебра, г/м ²
		S _{0,85}	g	D _{min}	D _{max}	
Curix RP1 до 10/2011	G 139/G 334	730	2,9	0,26	3,60	3,5
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	710	3,0	0,25	3,75	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	710	3,3	0,24	3,70	
Curix RP1 до 9/2014	G 139/G 334	670	2,7	0,04	2,75	2,8
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	630	3,0	0,02	2,90	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	720	2,9	0,03	2,85	
CP-BU new до 11/2012	G 139/G 334	700	2,5	0,08	2,95	3,6
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	680	2,9	0,07	3,10	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	790	2,8	0,07	3,05	
CP-BU new до 1/2015	G 139/G 334	660	2,9	0,03	2,95	3,3
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	630	3,3	0,02	3,05	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	720	3,2	0,02	3,00	
Ortho CP-G Plus до 10/2013	G 139/G 334	3550	2,6	0,13	3,65	2,4
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	2800	3,0	0,06	3,65	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	3600	3,7	0,07	3,65	
Ortho CP-GU до 11/2012	G 139/G 334	4100	2,3	0,10	3,05	2,1
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	3450	2,6	0,05	3,05	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	4350	3,5	0,05	3,05	
Ortho CP-GU до 1/2015	G 139/G 334	3800	2,4	0,03	3,15	2,0
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	3100	2,8	0,01	3,20	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	4000	3,4	0,02	3,10	
Mamograf HDR-C Plus до 6/2012	G 139/G 334	130	3,5	0,09	4,25	6,0
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	150	3,5	0,12	4,40	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	130	3,6	0,08	4,30	
Mamograf HDR-C Plus до 6/2014	G 139/G 334	125	3,7	0,06	4,45	5,8
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	145	3,6	0,10	4,60	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	125	3,7	0,05	4,40	

Характеристики рентгенографических пленок «Carestream Health, Inc.»

Тип пленки, срок годности	Тип реактивов	Рентгеносенситометрические параметры				Содержание серебра, г/м ²
		S _{0,85}	g	D _{мин}	D _{макс}	
Kodak MXBE до 5/2011 ¹	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	900	2,4	0,09	2,90	2,3
Kodak MXBE до 5/2014	G 139/G 334	1000	2,3	0,07	2,80	2,3
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	950	2,6	0,07	2,90	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	930	2,4	0,06	2,80	
Retina XBE до 5/2011 ¹	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	900	2,4	0,09	2,90	2,3
Retina XBE до 5/2014	G 139/G 334	1000	2,3	0,06	2,80	2,3
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	970	2,6	0,06	2,85	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	930	2,4	0,05	2,75	
MXG до 5/2010 ²	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	2400	2,7	0,04	3,10	2,2
Kodak MXG до 5/2014	G 139/G 334	2950	2,6	0,03	3,05	2,0
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	3150	2,7	0,03	3,15	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	2700	2,7	0,02	2,95	
Kodak Min-R S до 11/2011	G 139/G 334	110	3,6	0,08	4,30	3,5
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	130	3,6	0,08	4,20	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	130	3,3	0,09	4,05	
Kodak Min-R S до 2/2014	G 139/G 334	100	3,8	0,04	4,00	3,6
	X-Omat EXII / RP X-Omat LO	120	3,9	0,03	3,95	
	Ренмед-Авто-ПК/ФК	120	3,7	0,04	3,80	

¹ Из-за отсутствия старых партий пленок «Kodak MXBE», «Retina XBE» и «Kodak MXG» мы не смогли привести одновременно полученную информацию об их характеристиках. Поэтому для сравнения в таблицу включены данные, полученные в 2009-2010 гг.

ку «Ortho CP-GU» по среднему градиенту, максимальной плотности и содержанию серебра. Дополнительно можно отметить, что экстремально высокая чувствительность, которая появилась у пленки «Ortho CP-GU» относительно недавно [2], сохраняется на том же уровне.

Существенных изменений в характеристиках маммографической пленки «Mamogay HDR-C Plus» также не обнаружено.

Из представленных в табл. 3 данных видно, что содержание серебра в синечувствительных пленках «Kodak MXBE» и «Retina XBE» поддерживается неизменным с момента регистрации пленок в 2009 году. Величина этого показателя осталась постоянной и у маммографической пленки «Kodak Min-R S». Изменения рентгеносенситометрических параметров, обнаруженные нами у этих пленок, не превышают 10 %. Колебания параметров в таких пределах, не имеющие значения для медицинской практики, могут происходить от партии к партии почти у всех рентгенографических пленок.

Судя по нашим наблюдениям, модернизацией эмульсии ортохроматической пленки «Kodak MXG» компания «Carestream Health, Inc.» занимается уже давно. Шаг за шагом содержание серебра в этой пленке было снижено с 2,6 до 2,0 г/м². Также постепенно увеличивалась чувствительность пленки, сначала с 2000 до 2500 P⁻¹, а в последнее время – до уровня 3000 P⁻¹. Остальные рентгеносенситометрические параметры пленки остаются неизменными на протяжении многих лет.

Выводы и заключение

Изменения, произошедшие в рентгеносенситометрических параметрах пленок «Super RX» и «Super HR-U» производства «Fujifilm Corp.», носят в целом положительный характер. Благодаря существенному увеличению среднего градиента, эти пленки стали более универсальными и вполне конкурентоспособными по отношению к аналогам других производителей.

В противоположность этому, изменения параметров синечувствительной пленки «Curix RP1» компании «Agfa HealthCare N.V.» нельзя назвать оптимальными. В результате значительного снижения наноса серебра пленка утратила свою индивидуальность и перестала отличаться от «CP-BU new».

Единственным заслуживающим внимания изменением, обнаруженным у рентгенографических пленок производства

«Carestream Health, Inc.», является увеличение чувствительности ортохроматической пленки «Kodak MXG».

Анализ и оценка изменений рентгеносенситометрических показателей пленок при ручной обработке будут сделаны во второй части работы.

В заключение авторы выражают благодарность бывшей сотруднице лаборатории В.Н. Шевченко за определение содержания серебра в эмульсиях пленок.

Список литературы:

1. Головкова С.И., Мягкова М.Г., Рюдигер Ю., Шевченко В.Н. Показатели современных рентгенографических пленок / Материалы V Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2011». Москва, 25-27 мая 2011 г. // Диагностическая и интервенционная радиология. 2011. Т. 5. № 2. С. 126-127.
2. Головкова С.И., Мягкова М.Г., Рюдигер Ю., Шевченко В.Н. Рентгеносенситометрические параметры медицинских рентгенографических пленок общего назначения // Вестник РНЦРР. 2011. № 11 / URL: http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v11/papers/golov_v11.htm (дата обращения 31.05.2013).
3. Головкова С.И., Рюдигер Ю. Исследование реактивов «РЕНМЕД-АВТО» для автоматической обработки медицинских рентгеновских пленок // Вестник РНЦРР. 2013. № 13 / URL: http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v13/papers/rudiger_v13.htm (дата обращения 31.05.2013).
4. ОСТ 6-17-54-80 Материалы фотографические черно-белые на прозрачной подложке. Метод рентгеносенситометрического испытания радиографических и флюорографических пленок.
5. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. С. 323-325.

Светлана Ивановна Головкова,
ст. научный сотрудник,
Юрген Рюдигер,
канд. физ.-мат. наук,
руководитель лаборатории,
ФГБУ «РНЦРР» Минздрава России,
e-mail: gj_rudiger@mail.ru