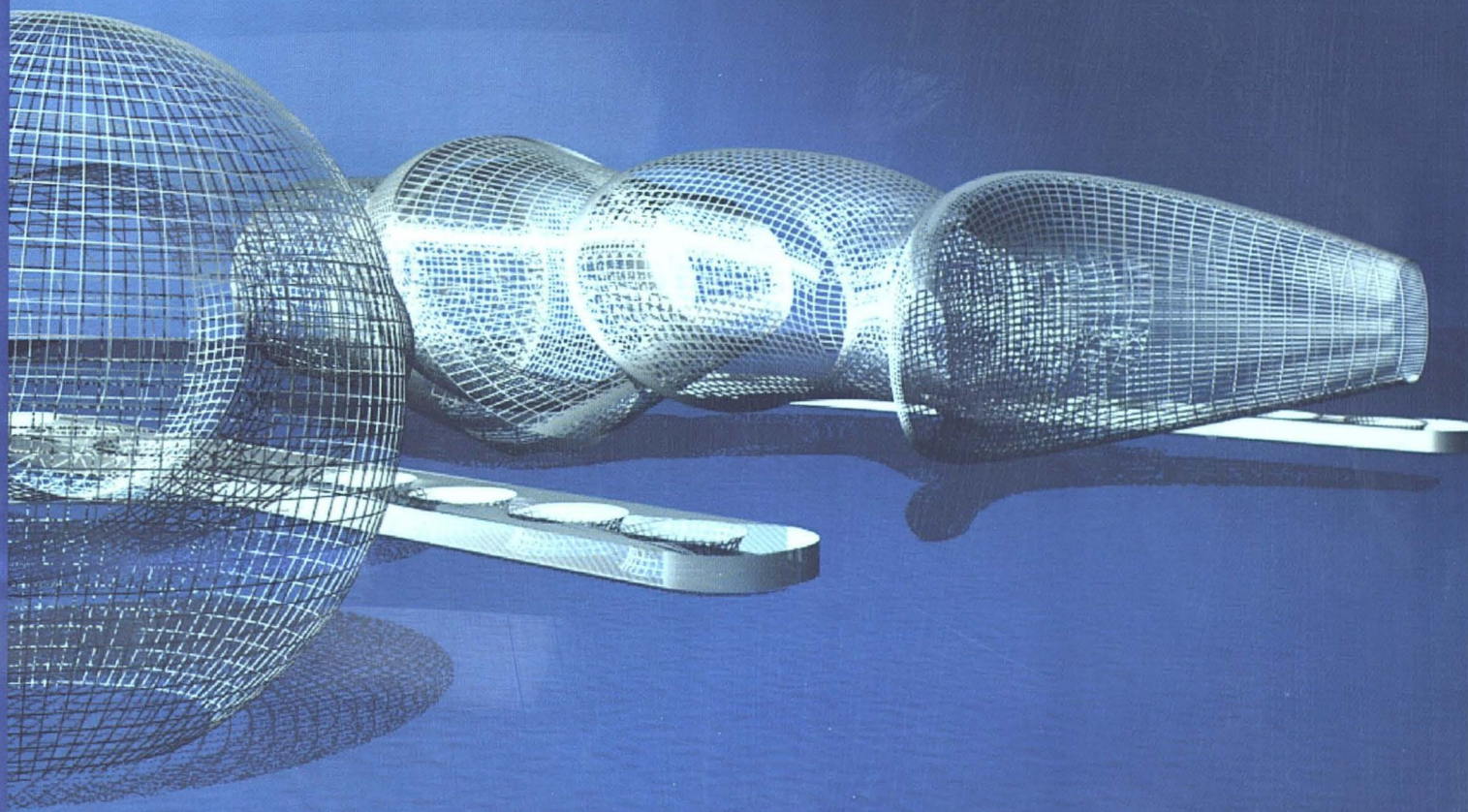


# Травматология ЖӘНЕ Ортопедия



1/2002

## **КАЧЕСТВО РАДИОГРАФИИ В ОСТЕОЛОГИИ**

**Ж.Х. ХАМЗАБАЕВ, Н.Д. БАТПЕНОВ, К.Т. ОСПАНОВ,**

**Р.И. РАХИМЖАНОВА, Ж.А. ТЛЕУБЕРГЕНОВА, Ж.С. АБДРАХМАНОВА**

**Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии, Астана**

---

Мақалада зерттеу саласындағы жасыл түсті сезімтал рентген пленканың жаңа түрі пайдаланылған. Бұл Қазақстан медицина саласында бірінші тәжірибе. Осы тәсілдің дертті анықтау жолындағы артық мүмкіншілігінің бар екені және оның зиян әсерінің төмендеу екендігі көрсетілген.

This work presents first experience of greensensitive rentgen film using in osteal pathology diagnostics in Kazakhstan. Received data showed advantages of greensensitive film before bluesensitive. Necessity of these investigations introduction in practics was emphasized with aim to increase radiographia quality and provide radial safety.

---

Вскоре после открытия рентгеновских лучей (1895) медицинская и научная общественность была потрясена первым рентгеновским снимком. С тех пор прошло более 100 лет и рентгеновский снимок является основной разновидностью медицинских диагностических изображений. Первые снимки, еще довольно посредственные по качеству, позволяли увидеть дотеле невидимые для человеческого глаза структуры и вызвали бурное развитие всей технологии рентгенографии.

Ученые, медики, промышленники объединились в единое сообщество ради общей цели – создание в интересах больных высококачественных медицинских рентгенограмм при минимально возможной дозе облучения. Сейчас во всем мире ведутся активные разработки, направленные на внедрение новых малодозных технологий в рентгенологию (цифровая радиография, усилители изображения, импульсная рентгеноскопия и др.). К числу подобных новых разработок относятся зеленочувствительные рентгеновские пленки, которые благодаря своим физико-техническим параметрам позволяют существенно уменьшить лучевые нагрузки на пациента и персонал, повысить качество исследования.

В настоящее время накоплен большой опыт применения ортохроматических (“зеленых”) систем в лечебных учреждениях различных стран мира, в таких как Япония, страны Европы, Америки, а также в странах СНГ (Украина, Беларусь, Россия).

В настоящем сообщении будут кратко представлены сведения о первом опыте использования зеленочувствительной системы экран – пленка в Казахстане при НИИ травматологии и ортопедии, принципы и методы формирования изображения и дозы радиации. Чем полнее специалисты будут представлять физические процессы, которые стоят за анализируемой на негатоскопе рентгенограммой, тем будет выше качество радиографии.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.** На базе НИИТО (отдел лучевой диагностики) за прошедшие 6 месяцев (с 01.01.02 по 31.05.02) выполнено 960 рентгенографий с использованием зеленочувствительной системы экран-пленка. Из них 693 снимка сделаны в условиях стационара, 267 – амбулаторно. Были использованы кассеты размерами 30x40 см, 24x30 см и 18x24 см с усиливающими экранами на основе оксисульфида гадолиния. Количество и виды исследований представлены в таблице 1. Методом двойного контроля проводилась оценка качества снимков по 3-х балльной системе.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно из представленной таблицы 1 проводились различные виды исследований: снимки легких и костей скелета (череп, конечности, тазобедренный сустав), урография, томография и т.д.

Основное внимание обращалось на четкость изображения структур костей (костные балки и трабекулы, корковый и мозговой слой, суставные щели и мягкие ткани и т.д.), а при патологии – костно-деструктивные изменения.

Качество снимка – в значительной степени интуитивный параметр, характеризующий технологию исследования, техническое оснащение (аппарат рентгеновский, усиливающий экран, пленка) и фотопроект [3]. В практических условиях оценивают качество снимка по правильному выбору и достигнутому значению следующих параметров снимка: контрастность изображения, оптическая плотность почернения, разрешение пространственное и временное, отсутствие артефактов.

Изображение считается хорошо детализированным, если оно имеет минимальную нерезкость, высокую контрастность и четкую видимость мелких деталей кост-

ной структуры [2].

С учетом этих факторов и моментов проводилась оценка качества снимка.

В целом, в 95 – 98% случаев были получены снимки достаточно высокого качества. Из них хорошие снимки – в 46 – 62%, а отличного качества были снимки в 34 – 49% исследований. Процент посредственных снимков не превышал 4 – 5%. К данной категории снимков относятся исследования выполненные в амбулаторных условиях, а также графии, выполненные у недостаточно подготовленных к исследованию больных.

Все это говорит о необходимости и в дальнейшем отработки этих организационных аспектов с целью получения снимков самого высокого качества при минимальной лучевой нагрузке. Режимы снимков на зеленочувствительных пленках были в среднем на 18 – 20% ниже, чем при использовании обычных синечувствительных снимков.

По-видимому, преимущества зеленочувствительных пленок перед синечувствительными обусловлены целым рядом физико-химических факторов.

Во-первых, зеленочувствительная рентгеновская пленка для рентгеновских исследований относится к новейшему поколению пленок, обладающих значительно более высокой диагностической ценностью по сравнению с широко распространенными в практической рентгенологии синечувствительными рентгеновскими пленками. Зеленочувствительная пленка обладает стабильно высокой чувствительностью при различных дозах экспонирования и имеет высокую степень детализации изображения. Отличается стабильными сенситометрическими характеристиками при разных условиях обработки и, кроме того, пленка имеет высокую устойчивость к воздействию факторов внешней среды (особенно к статическому электричеству). Галлоидное серебро, содержащееся в эмульсии зеленочувствительной пленки, имеет вид трехмерных зерен в виде тонких пластинок, которые обладают большей поверхностью, что обеспечивает более четкое изображение.

Сейчас созданы пластинчатые зерна галлоидного серебра в виде тонких пластинок, которые располагаются в эмульсии более равномерно, обладают большей поверхностью, что увеличивает площадь поглощения световой энергии пленкой.

Ортохроматические рентгенографические системы экран/пленка находят достойное применение в диагностической практике.

В настоящее время сосуществуют две традиционные рентгенографические системы визуализации изображения:

- “зеленая” (ортохроматическая) система, включающая в себя люминисцентные усиливающие экраны, эмитирующие свет преимущественно в “зеленой” ( $I_{\max} = 540 \pm 5$  нм) части спектра, и “зеленочувствительные” рентгеновские пленки, спектрально сенсibilизированные к этой же части спектра;

- “синяя” система, включающая в себя усиливающие люминисцентные экраны, эмитирующие свет преимущественно в “синей” ( $I_{\max} = 400 - 480$  нм) и ультрафиолетовой ( $I = 300 - 400$  нм) частях спектра и “синечувствительные” рентгеновские пленки, имеющие собственное поглощение (а иногда и спектрально сенсibilизированные) в этих же частях спектра.

Традиционный для “синих” систем люминофор – вольфрамат кальция ( $\text{CaWO}_4$ ), а также редкоземельные фторохлорид бария ( $\text{BaFCl:Eu}$ ) и оксидбромид лантана ( $\text{LaOBBr:Tm}$ ) – являются типичными представителями “УФ-синих” люминофоров для медицинских усиливающих экранов.

С другой стороны, оксисульфид гадолиния ( $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ ) представляет типичный и наиболее перспективный люминофор “зеленых” систем KODAK.

Количество и виды исследований с применением зеленочувствительной пленки

Размеры кассет (в см)	Кол-во снимков		Объект исследования						Качество снимка				
	Стационарно	Амбулаторно	Всего	Тазобедренный сустав	Конечности	Череп	Шейный отдел позвоночника	Урография	Томография	Легкие	удовл.	хорошее	отличное
30x40	183	73	256	157	-	-	-	58	-	41	4% (11)	62% (169)	34% (82)
24x30	261	111	372	239	-	50	63	-	20	-	2,5% (12)	59% (217)	38,5% (144)
18x24	249	83	332	178	154	-	-	-	-	-	5% (18)	46% (149)	49% (165)
∑ <sub>Всего</sub>	693	267	960										

Высокие коэффициенты поглощения рентгеновских лучей и повышенная эффективность преобразования энергии X – лучей в световую энергию редкоземельных люминофоров позволили создать более чувствительную систему экран-пленка, нежели барий-вольфраматные и другие, ранее доступные. Например, в таблице 2 приведены сравнительные характеристики кальций-вольфраматного и гадолиний-оксисульфидного люминофоров.

Как видно из приведенных характеристик, хорошо известный и широко применявшийся в течение многих лет люминофор – вольфрамат кальция ( $\text{CaWO}_4$ ), эмитирующий "синий" + ультрафиолетовый свет, существенно уступает редкоземельным люминофорам, и, в особенности, зеленому люминофору – оксисульфиду гадолиния ( $\text{Ga}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Te}^{+3}$ ). Среди редкоземельных люминофоров по нескольким критериям следует отдать предпочтение эмитирующему зеленый свет оксисульфиду гадолиния, активированному тербием (табл. 3).

Ортохроматические "зеленые" экраны типа гадолиний оксисульфида наиболее эффективны по нижеприведенной совокупности эксплуатационных характеристик:

- химическая стабильность
- радиационная стабильность
- пренебрежимо малая остаточная радиоактивность
- повышенная абсорбционная эффективность (АЕ)
- наименьшее отклонение от закона взаимозаместимости, позволяющее эффективно работать в интервале напряжений от 50 до 120 Кв
- повышенная эффективность конверсии энергии X-лучей в световую энергию
- пренебрежимо малая гигроскопичность
- минимальное время разгорания и послесвечения люминесценции

· максимум свечения приходится на ортохроматическую зону спектра ( $\lambda = 545 \pm 2$  нм), что представляется практически важным, т.к. современные рентгеновские пленки обладают максимальным эффектом спектральной сенсibilизации и большей чувствительностью именно в ортохроматической зоне

· существенно улучшенные структурно-резкозные свойства экранов (средне-квадратичная гранулярность, разрешающая способность и частотно-контрастная характеристика) за счет применения более плотной упаковки зерен люминофора, достигнутой применением монодисперсных кристаллографически правильных форм зерен.

Все перечисленные выше преимущества "зеленых" люминофоров использованы КОДАК при создании люминесцентных усиливающих экранов типов KODAK LANEX и InSight. Ассортимент ортохроматических экранов также существенно шире, чем "синих", что естественно объясняется всем вышесказанным, и наивысшая из известных чувствительность достигнута с ортохроматическими экранами KODAK LANEX и FAST, KODAK InSight VHC и KODAK InSight Pediatric.

С другой стороны, исследования ученых КОДАК в области технологии синтеза фотографических эмульсий (Т-кристаллы AgHal, новые методы спектральной сенсibilизации) привели к созданию более совершенных ортохроматических рентгеновских пленок, что в совокупности с новыми ортохроматическими экранами содействовало интенсивному развитию средств медицинской визуализации [1].

Таким образом, новая технология, предложенная компанией КОДАК, и в настоящее время практически используемая всеми ведущими производителями рентгеновских пленок, ориентирована на ортохроматическую сенсibilизацию эмульсий.

Сравнение сенситометрических характеристик "синих" и "зеленых" систем экран-пленка показывает, что ортохроматические системы обладают следующими преимуществами:

1. светочувствительность в 2,0 – 3,0 раза больше, что позволяет соответственно уменьшить время экспозиции и

Таблица 2

Сравнительная характеристика люминофоров

Характеристика	Люминофоры	
	Оксисульфид гадолиния $Ga_2O_2S:Te^{+3}$	Вольфрамат кальция $CaWO_4$
Поглощение X-лучей, %	29	14
Эффективность превращения энергии X-лучей в световую энергию, %	18	4
Эффективность светоотдачи, %	65	76
Общая эффективность использования энергии, %	3,40	0,37
Доминирующая область свечения	Зеленая, 543 нм	Синяя, 430 нм

лучевые нагрузки на пациента и персонал;

2. существенно увеличено время работы до отката лучевых трубок вследствие уменьшения среднего времени экспозиции (mAs);

3. значительно улучшены структурно-резкостные характеристики и целенаправленно модифицированы формы характеристических кривых (ХК) – градиенты ХК приведены в соответствие с локальными контрастами объектов диагностики;

4. минимальные отклонения от закона невязимозаместимости позволяют надежно работать в широком диапазоне напряжений от 50 до 120 kV;

5. химическая и радиационная стабильность ортохроматических экранов, малая остаточная радиоактивность и низкая их гигроскопичность увеличивают срок службы экранов и уменьшают влияние окружающей среды на их свойства.

Сегодня накоплен большой практический опыт сравнительных испытаний "зеленых" и "синих" систем в учреждениях здравоохранения различных стран мира, принадлежащих к разнообразным медицинским школам. Ниже приводятся результаты такого сравнительного анализа, суммированные как практически выявленные преимущества ортохроматических систем. Итак, "зеленые" системы экран-пленка демонстрируют:

уменьшение "смаза" изображения, вызываемого вольным или невольным движением пациента, что, в свою очередь, дает более точную диагностику;

увеличение чувствительности системы экран-пленка полезно в многочисленных случаях: с большими

ми или тучными пациентами, или пациентами, обладающими отдельными более массивными и т.д. частями тела, или при обследовании бокового вида поясничной части позвоночника; при обследовании детей, престарелых пациентов неотложной помощи и травматиков, где очень важно короткое время экспозиции и трудно ограничить движение пациента;

большая чувствительность позволяет чаще использовать меньшее фокальное пятно, что увеличивает детализирующую способность и резкость изображения;

можно использовать менее мощный генератор рентгеновских лучей, и, следовательно, более дешевое рентгеновское оборудование;

более чувствительная система дает потенциальную возможность изменять фокусное расстояние в более широких пределах и улучшать таким образом разрешение изображения;

шумы изображения существенно меньше при достижении максимальной чувствительности и минимальной экспозиции;

"зеленые" пленки (например, KODAK MXG) обычно обладают более стабильными сенситометрическими характеристиками (чувствительность, контраст, вуаль и др.) при девиациях условий химико-фотографической обработки, чем "синие" пленки и менее чувствительны к ручным манипуляциям с ними – не дают артефактов типа "minus density" (белые точки, пятна, заломы), т.е. эффекты локальной десенсибилизации давлением или окислением;

Таблица 3

Некоторые критерии выбора люминофоров

Критерии	$LaOBr_2:Tm$ $LaOBr_2:Tb$	$BaFCl:Eu$	$Ga_2O_2S:Te^{+3}$
Атомный номер	57	56	64
Кристаллографическая форма	"чипс"	Фрагментарная	Правильная кристаллографическая
Гигроскопичность	Сильная	Средняя	Практически не гигроскопичен
Химическая стабильность	Ограниченная	-	неограниченная
Радиоиндуцированное свечение со временем	Уменьшается	Уменьшается	Стабильное
Остаточная радиоактивность	Возможна	Возможна	Нет
Удельный вес г/см <sup>3</sup>	6,3	4,5	7,3

“зеленые” системы предоставляют неизмеримо больший выбор экранов и пленок по чувствительности, контрасту, типо-размерам и форматам упаковки и “зеленые” системы постоянно совершенствуются;

более короткий цикл обработки (до 90 сек) и улучшенная стабильность “зеленых” пленок в хранении завершают длинный перечень преимуществ.

Все указанные преимущества ортохроматических систем наряду с другими достижениями фотографической науки и технологии реализованы в основных типах рентгенографических пленок, производимых компанией КОДАК в настоящее время. Широкое внедрение зеленочувствительной рентгеновской пленки будет спо-

## ТРАВМАТОЛОГИЯ ЖЭНЕ ОРТОПЕДИЯ 1/2002

способствовать дальнейшему совершенствованию диагностического процесса и раннему распознаванию патологии костной структуры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов Н.Н. Основы рентгенодиагностической техники. - М., Медицина, 2002.
2. Пиццуттиелло Р. Куллианан Дэс. Введение в медицинскую рентгенографию. Рочестер, Нью-Йорк, 1993.
3. Чикирдис Э.Г., Мишкинис А.Б. Техническая энциклопедия рентгенолога. - МНПИ, 1996.