

АНАЛИЗ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ПЕРСОНАЛ И ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ АППАРАТАХ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СЪЕМКИ ЗУБОВ

Ю.В. Дружинина¹, С.А. Рыжов¹, Е.Н. Соколов¹, М.П. Шатенок¹, М.Г. Мануков²

¹ГБУЗ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ, Москва

²ООО «МАНУКОВ», Москва

Проведен анализ эффективных доз облучения пациентов с целью определения значений стандартных средних эффективных доз пациентов при исследовании всех групп зубов, которые могут применяться в качестве инструмента оптимизации протоколов проведения исследований на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов. Исследования проводились в 2019 г., оценивались результаты 28 протоколов контроля эффективных доз пациентов, предоставленных аккредитованной испытательной лабораторией. Для анализа взята выборка рентгенологических исследований пациентов старше 19 лет. Определение эффективных доз проведено в соответствии с Методическими указаниями МУ 2.6.1.2944-11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований». Результаты показали, что эффективные дозы облучения пациентов существенно зависят от группы, к которой относится исследуемый зуб и его расположения, мало зависят от веса пациента и не зависят от пола пациента. В качестве инструмента для оптимизации лучевых нагрузок пациентов были предложены стандартные средние значения эффективных доз облучения пациентов, получаемые при исследовании определенной группы зубов. Также в ходе работы в 3 рентгеновских стоматологических кабинетах был проведен анализ распределения мощности амбиентного эквивалента доз. В результате было сделано предположение, что наибольший вклад на лучевую нагрузку на персонал может вносить рассеянное от пациента излучения, данное предположение требует дальнейшего рассмотрения для улучшения качества проводимого радиационного контроля рабочих мест персонала.

Ключевые слова: *медицинское облучение, пациенты, персонал, эффективная доза, рентгеновский дентальный аппарат*

Введение

В стоматологии при распознавании у пациентов большинства заболеваний и повреждений применяются различные методы лучевой диагностики, однако именно рентгенологический метод является ведущим в стоматологи-

ческой практике. На его долю приходится более 90 % всех лучевых диагностических исследований. Тенденции развития рентгеновской диагностики в стоматологии свидетельствуют о все возрастающем вкладе данного вида лучевого воздействия. По данным Всемирной организа-

ции здравоохранения (ВОЗ), более 60% всех выполняемых рентгенологических исследований приходится на стоматологию.

Использование ионизирующего излучения в медицинской практике продолжает оставаться одним из ведущих источников облучения, как пациентов, так и медицинского персонала. Побочным явлением рентгеновских стоматологических методов диагностики является радиационное воздействие на персонал и пациентов, а учитывая их большой объем – на все население. Несмотря на то, что абсолютные значения доз облучения пациентов при проведении рентгеновских стоматологических исследований, в целом, малы, коллективная доза при этих исследованиях является значительной. Вопросы радиационной защиты в стоматологической практике, в том числе в отношении персонала, являются актуальными [1].

Основная концепция медицинского облучения — один и тот же человек получает пользу и подвержен рискам [2, 3]. Радиационное облучение должно быть соразмерно с медицинской целью. Необходимо оптимизировать получение объективной информации об индивидуальных лучевых нагрузках на пациентов и персонал, а также внедрить в стоматологическую практику стандарты доз облучения пациентов [4].

Особенностью защиты от медицинского облучения является неприменимость принципа ограничения дозы, так как это может негативно сказаться на возможности медицинского персонала получить необходимую диагностическую информацию. Основными средствами радиационной защиты пациентов являются принципы обоснования и оптимизации. Наиболее важным и результативным является принцип оптимизации, основой которого в настоящее время является система референтных диагностических уровней, применяемая для [5–7]. На основании правил по применению референтных диагностических уровней возможно разработать способы установки стандарта средних типичных эффективных доз для рентгеновских исследований на дентальных аппаратах, которые могут стать частью программы обеспечения качества рентгенологических исследований и служить критерием для оценки того, не является ли уровень облучения пациента существенно большим или меньшим, чем нужно для получения необходимой диагностической информации. [8]. В дальнейшем применение средних стандартных эффективных доз при необходимости и актуальности работы

можно распространить на все виды диагностических рентгеновских исследований в стоматологической практике.

Цели исследования

- ✓ анализ распределения лучевой нагрузки в рентгеновском кабинете при проведении рентгенологических исследований на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов;
- ✓ анализ доз облучения взрослых пациентов при проведении рентгенологических исследований на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов;
- ✓ рекомендации по внедрению в стоматологическую практику значений стандартных средних эффективных доз облучения пациентов при проведении исследований на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов.

Материал и методы

В настоящем сообщении представлены результаты анализа дозовых нагрузок пациентов возраста старше 19 лет при проведении рентгенодиагностических стоматологических исследований по данным 28 протоколов контроля эффективных доз, предоставленных аккредитованной испытательной лабораторией. Также представлены результаты анализа распределения мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского излучения (МАД) в 3 рентгеновских стоматологических кабинетах, работающих с дентальными аппаратами X-Genus (De Gotzen S.r.l. Италия).

Измерения МАД выполнены на расстоянии 1 м от источника излучения по кругу (рис. 1а). Фантом находился на расстоянии 30 см от излучателя. Мощность амбиентного эквивалента дозы измеряли дозиметром ДКС-АТ 1123 (рис. 1б) с использованием тканеэквивалентного водного фантома (150×200 мм) при следующих значениях технических параметров, применяемых для аппарата X-Genus, таких как анодного напряжения 70 кВ, силы тока 8 мА, экспозиция 0,1 с на высоте 100 см от пола. В каждой точке выполнено не менее трех измерений [9].

Для расчета эффективных доз пациентов, приведенных в протоколах контроля эффективных доз пациентов, сбор и обработка пара

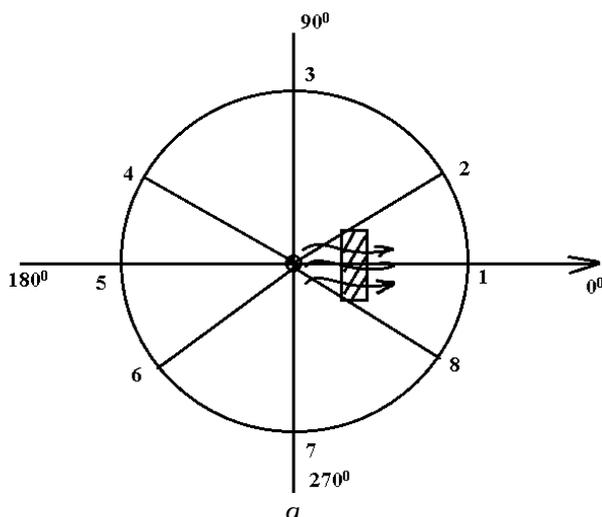


Рис. 1. а – схематичной представлении процесса измерений; вид сверху;  – фантом;  – направления рентгеновского излучения; б – дозиметр ДКС АТ 1123

метров проведения рентгенологических стоматологических исследований проводились в соответствии с МУ 2.6.1.2944-11 “Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований” в реальных условиях проведения рентгенологической процедуры [10]. Измерения радиационного выхода проводились с использованием универсального дозиметра для контроля характеристик рентгеновских аппаратов “Piranha” (Швеция) (рис. 2), предназначенного для измерения кермы в воздухе и мощности кермы в воздухе [11]. Значение эффективной дозы облучения пациента данного возраста при проведении рентгенологического

стоматологического исследования определяется с помощью выражения:

$$E = R \cdot i \cdot t \cdot K_e, \text{ мкЗв}, \quad (1)$$

где R – радиационный выход рентгеновского излучателя, равный мощности поглощенной дозы в воздухе на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки на оси первичного пучка рентгеновского излучения при заданном значении анодного напряжения, приведенной к значению анодного тока 1 мА (мГр·м)/(мА·с); i – ток рентгеновской трубки, мА; t – время проведения исследования, с; K_e – коэффициент перехода от значения радиационного выхода рентгеновского излучателя к эффективной дозе

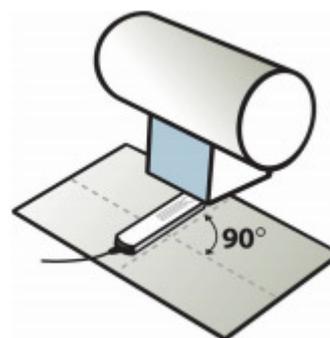


Рис. 2. а – дозиметр “Piranha”; б – схема расположения дозиметра при исследовании

Таблица 1

Значения мощности амбиентного эквивалента дозы, в зависимости от точки измерения

Точка измерения	1	2	3	4	5	6	7	8
Угол, °	0	30	90	150	180	330	270	330
МАД, мЗв/ч	0,3	0,04	0,5	2,0	2,53	2,1	0,6	0,03
Δ	0,04	0,003	0,04	0,2	0,2	0,2	0,04	0,005

В таблице приведено среднее значение всех измеренных значений мощности амбиентного эквивалента дозы для каждой точки для всех 3-х цифровых дентальных рентгеновских аппаратов X-Genus с учетом погрешности измерений

облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, мкЗв/(мГр·м)

Результаты и обсуждения**Анализ лучевой нагрузки на персонал**

По результатам измерений был проведен анализ распространения излучения в рентгеновском стоматологическом кабинете. Измерения проводились по окружности на расстоянии 1 м от выхода рентгеновской трубки (рис. 1, табл. 1). В каждой точке измерения проводилось не менее трех измерений значений мощности амбиентного эквивалента дозы для всех 3-х цифровых дентальных рентгеновских аппаратов X-Genus. Погрешность измерения мощности амбиентного эквивалента дозы в каждой точке измерения определялась по формуле:

$$\Delta = a_{\max} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i, \quad (2)$$

где a_i – значение отдельного измерения мощности амбиентного эквивалента дозы в опреде-

ленной точке, a_{\max} – максимальное из измеренных значений мощности амбиентного эквивалента дозы в определенной точке, n – число проведенных измерений в определенной точке.

Результаты измерений показывают, что существенную нагрузку на персонал вносит рассеянное излучения, которое распространяется в противоположную сторону от направления движения рентгеновского излучения. Можно сделать предположение, что наибольший вклад в нагрузку на персонал вносит рассеянное от пациента излучение. При нахождении медицинского персонала в помещении при проведении рентгенологического исследования необходимо учитывать данный факт при выборе рабочего места персонала. Нахождение персонала в рентгеновском кабинете допустимо только при использовании всех необходимых средств защиты [12, 13].

Анализ эффективных доз пациентов

Первоначально изучались данные 70 протоколов контроля эффективных доз, представленных аккредитованной испытательной лабораторией (табл. 2). В результате было выявлено, что 40 % исследований проводится при следующих технических параметрах аппарата: анодное напряжение на трубке – 70 кВ, ток –

Таблица 2

Образец таблицы эффективных доз облучения пациентов при рентгеностоматологических контактных исследованиях зубов, полученной из протокола контроля эффективных доз, предоставленных испытательной лабораторией

Челюсть	Зубы	Напряжение, кВ	Ток, мА	Время экспозиция, с	Радиационный выход, мГр·м ² /(мА·с)	Дозовый коэффициент, мкЗв/(мГр·м ²)	Доза за исследование, мкЗв
Верхняя	резцы	70	7	0,27	0,02	55	2,1
	премоляры	70	7	0,43	0,02	40	2,4
	моляры	70	7	0,54	0,02	25	1,9
Нижняя	резцы	70	7	0,21	0,02	30	0,9
	премоляры	70	7	0,29	0,02	20	0,8
	моляры	70	7	0,33	0,02	15	0,7

Таблица 3

Значения эффективных доз облучения пациентов в зависимости от группы и расположения исследуемых зубов

Эффективная доза, мкЗв								
Верхняя челюсть								
Резцы			Премоляры			Моляры		
Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение
2,0	0,6	6,7	1,9	0,6	4,9	1,4	0,5	4,0
Нижняя челюсть								
Резцы			Премоляры			Моляры		
Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение
1,0	0,4	3,1	0,8	0,3	2,2	0,7	0,3	2,0

Данные получены для 28 цифровых рентгеновских аппаратов для контактной съемки зубов

7 мА, 26 % исследований – 60 кВ и 7 мА, 29 % – 70 кВ и 8 мА и всего 5 % при напряжении равном 70 кВ и токе 6 мА. Четкой зависимости времени экспозиции, требуемого для получения снимка определенного зуба от таких технических параметров, как напряжение и ток на трубке, установить не удалось. В связи с полученными результатами было принято решение проводить дальнейшие исследования результатов измерений и расчета эффективных доз для 28 протоколов, в которых измерения радиационного выхода для расчета значений эффективных доз проводились при анодном

напряжении равном 70 кВ и токе на трубке равном 7 мА.

По данным протоколов контроля эффективных доз были представлены результаты анализа эффективных доз облучения пациентов в зависимости от группы и расположения исследуемых зубов для цифровых дентальных рентгеновских аппаратов (табл. 3). Оценена зависимость значений эффективных доз облучения пациентов, при проведении рентгеностоматологического исследования для всех групп зубов, от пола и веса пациента (табл. 4, 5).

Таблица 4

Значения эффективных доз в зависимости от веса пациента

Пациент	Резцы		Премоляры		Моляры	
	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть
полный	0,9	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4
средний	0,9	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4
худой	0,8	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4

Данные получены для 5 цифровых дентальных рентгеновских аппаратов в результате анализа протоколов контроля эффективных доз, предоставленных испытательной лабораторией, для которых проводились измерения радиационного выхода при разных технических параметрах в зависимости от размера пациента по требованию персонала рентгеновского кабинета

Таблица 5

Значения эффективных доз в зависимости от пола пациента

Пациент	Резцы		Премоляры		Моляры	
	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть
женщина	0,9	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4
мужчина	0,9	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4

Данные получены для 3 дентальных аппаратов в результате анализа протоколов контроля эффективных доз, предоставленных испытательной лабораторией, для которых проводились измерения радиационного выхода при разных технических параметрах в зависимости от пола пациента по требованию персонала рентгеновского кабинета

Анализ полученных результатов показал, что значения эффективных доз облучения пациента существенно зависят от группы и расположения исследуемых зубов (верхняя или нижняя челюсть). Это напрямую связано со значением коэффициента перехода от значения радиационного выхода рентгеновского излучателя к эффективной дозе. Также по результатам исследований можно предположить отсутствие зависимости значений эффективных доз от пола пациента и наличие минимальной зависимости от размеров пациента.

Стандартная средняя эффективная доза пациента

В настоящее время система референтных диагностических уровней (РДУ) является одним из основных и наиболее эффективных инструментов оптимизации защиты пациентов от медицинского облучения. РДУ успешно применяются в международной практике [3, 15] и официально введены в отечественную практику СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» и МР 2.6.1.0066-12 «Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения». Референтные диагностические уровни предлагается устанавливать для исследований, которые вносят наибольшую лучевую нагрузку на пациента. Исследования на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов к высокодозным видам исследования не относятся.

По результатам анализа данных формы 3–Доз за 2017–2019 гг. эффективная доза за один снимок зуба составляет 2,3 мкЗв. Исходя из данных таблицы 3 и формы 3–Доз, в соответствии МР 2.6.1.098-15 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований», можно сделать вывод, что радиационный риск пациента, при проведении исследований зубов на цифровом дентальном рентгеновском аппарате не превышает значения 10^{-6} . По международной классификации данный риск относится к категории пренебрежимого (менее 1 случая на миллион) [2, 12, 15].

В настоящее время в Российской Федерации наиболее доступной для практического использования дозовой величиной является эффективная доза, для определения которой, согласно МУ 2.6.1.2944-11 используют результа-

ты измерения радиационного выхода рентгеновского аппарата. При проведении оптимизации протоколов исследований на цифровых стоматологических рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов можно использовать значения стандартных средних эффективных доз, полученных путем анализа протоколов, предоставленных испытательными лабораториями или полученных в результате собственных измерений.

По аналогии с правилами по установке и применению РДУ разработаны способы установки стандартных средних эффективных доз для рентгеновских стоматологических исследований на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов, которые в дальнейшем можно распространить на все виды диагностических рентгеновских исследований в стоматологической практике.

Значение стандартной средней эффективной дозы облучения пациента целесообразно устанавливать отдельно для каждой группы зубов в зависимости от их расположения. Данный вывод сделан из результатов анализа данных, представленных в табл. 3. По результатам, представленным в табл. 4 и 5 можно сделать вывод, что значение стандартной средней дозы не зависит от веса и пола пациента. При необходимости установления стандартных средних эффективных доз в целях оптимизации защиты пациента можно проводить в регионе или стране, при этом совокупность рентгеновских аппаратов должна быть представительной в отношении географии их распределения, основных моделей и протоколов проведения процедур, используемых в регионе или стране по аналогии с методологией установки РДУ [5, 8].

Значения эффективных доз облучения пациентов, полученные из протоколов контроля эффективных доз, для каждого цифрового рентгеновского аппарата для контактной съемки зубов занесены в табл. 6. На основании этих данных рассчитаны значения средней стандартной эффективной дозы облучения пациентов, при проведении исследований для каждой группы зубов верхней и нижней челюсти, построены гистограммы (рис. 3). Значение средней стандартной дозы принималось равным среднему арифметическому значению всех анализируемых значений эффективных доз облучения пациентов для выбранной группы зубов верхней или нижней челюсти.

Таблица 6

Значения эффективных доз на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов, используемых при определении средней стандартной эффективной дозы

№ аппарата	Эффективная доза, мкЗв					
	Верхняя челюсть			Нижняя челюсть		
	Резцы	Премоляры	Моляры	Резцы	Премоляры	Моляры
1	2	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
2	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3
3	0,85	0,505	0,75	0,45	0,5	0,35
4	1,95	2,2	1,75	0,8	0,7	0,7
5	1	1,1	0,9	0,5	0,4	0,5
6	2,1	2,4	1,9	0,9	0,8	0,7
7	1,8	2,1	1,3	1,2	0,8	0,7
8	4,77	4,4	3,3	2,47	2,23	1,97
9	0,7	0,7	0,4	0,4	0,3	0,3
10	0,7	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2
11	1,3	0,9	0,8	0,7	0,5	0,5
12	0,85	0,75	0,5	0,5	0,4	0,3
13	1,65	1,2	1	0,75	0,6	0,6
14	2,6	1,85	1,55	1,15	0,85	0,95
15	1	0,445	0,6	0,55	0,4	0,4
16	0,8	0,7	0,5	0,35	0,4	0,4
17	0,6	0,6	0,45	0,35	0,3	0,3
18	1	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3
19	2,9	3,4	2,7	1,6	1,3	1,3
20	5,6	6,5	5,1	2,4	2	1,8
21	2,77	2	1,23	1,17	0,8	0,57
22	1,4	1,1	0,8	0,8	0,5	0,5
23	1,6	1,2	0,7	0,9	0,6	0,4
24	0,75	0,65	0,1	0,4	0,35	0,2
25	3,75	3,4	2,55	2,05	1,7	1,05
26	2,3	2,7	2,1	1	0,8	0,8
27	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
28	6,7	4,9	4	3,1	2	1,8
Стандартная средняя эффективная доза	2,0	1,9	1,4	1,0	0,8	0,7

Для задач отечественной лучевой диагностики целесообразно устанавливать референтные диагностические уровни как 75 % перцентиль распределения рентгеновских кабинетов (аппаратов) [5]. 75 % перцентиль (или квантиль) – значение исследуемой величины, ниже которого расположено 75 % результатов наблюдений, измерений, 50 % перцентиль (или квантиль) – значение исследуемой величины, ниже которого расположено 50 % результатов наблюдений, измерений [10].

По данным табл. 6 были построены гистограмма распределения значений эффективных доз для всех групп зубов верхней и нижней челюсти. В качестве примера, на рис. 3 представлены гистограммы распределения эффек-

тивных доз для резцов, расположенных на верхней и нижней челюсти.

При анализе гистограмм (рис. 3) было сделано вывод о том, что в качестве стандартной средней дозы оптимально использовать среднее арифметическое значение эффективных доз для каждой группы зубов, расположенных на верхней и нижней челюсти, отдельно. Рисунок 3 позволяет наглядно определить аппараты с аномально высокими или низкими значениями эффективной дозы. Анализ протокола контроля эффективных доз для аппарата № 28 показал, что при проведении исследований на данном аппарате применялось максимальное, из анализируемых, значение экспозиции равное 0,4 с.

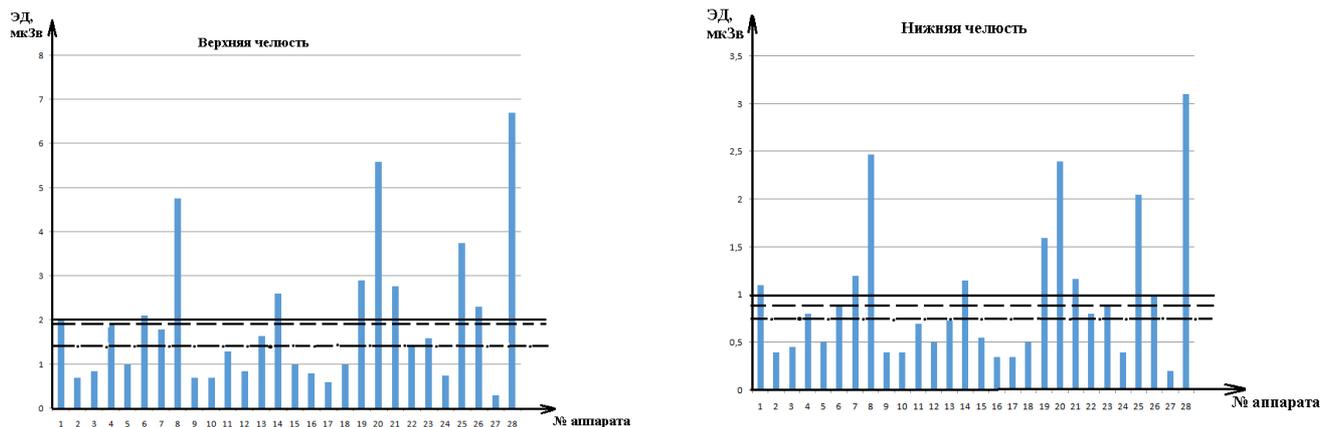


Рис. 3. Гистограмма распределения эффективных доз при рентгенографии резцов верхней челюсти; — — стандартная средняя доза, - - - 75 % квантиль, - · - 50 % квантиль

Предлагаемые стандартные средние эффективные дозы не должны являться нормативом, а могут использоваться как референтное значение в целях внутреннего контроля качества проведения процедур. Превышение, как и значения, существенно ниже данных стандартов, не означает автоматически, что процедуры проводят некачественно, так как оно может быть обусловлено техническими особенностями используемой аппаратуры или протокола проведения процедуры. Основной целью процесса оптимизации является оценка текущей ситуации с медицинским облучением для выбранных рентгеностоматологических процедур и ее анализ с целью установления границы между хорошей и плохой практиками проведения исследований [5, 10]. При работе с данными стандартами изменение протокола проведения процедуры необходимо проводить совместно с контролем качества изображения, чтобы не допустить ухудшения качества получаемой диагностической информации.

Выводы

1. Анализ распределения мощности амбиентного эквивалента доз показал, как может меняться лучевая нагрузка на персонал в рентгеновском кабинете в зависимости от его месторасположения. Проведенные измерения мощностей дозы в 3 рентгеновских кабинетах показали, что наибольший вклад в нагрузку на персонал может оказывать рассеянной от пациента излучение. Для подтверждения или опровержения данного вывода

требуется продолжение сбора информации, проведения большего количества измерений с рентгеновскими аппаратами для контактной съемки зубов разных производителей.

2. Анализ лучевых нагрузок пациентов при проведении рентгенодиагностических исследований на цифровых рентгеновских аппаратах для контактной съемки зубов:
 - ✓ эффективные дозы облучения пациентов при проведении рентгеностоматологических исследований существенно зависят от группы, к которой относится исследуемый зуб и его расположения (верхняя или нижняя челюсть);
 - ✓ выявлена минимальная зависимость между эффективной дозой облучения и весом пациента;
 - ✓ отсутствует зависимость значений эффективных доз от пола пациента.
3. В ходе работы был предложен механизм определения стандартных эффективных доз облучения пациентов, про проведении рентгеновского диагностического исследования для каждой группы зубов, исследуемых с помощью цифровых рентгеновских аппаратов для контактной съемки зубов. Данные значения могут быть получены как на основе анализа протоколов контроля эффективных доз, так и при помощи собственных измерений. Предлагаемые стандартные средние эффективные дозы не являются нормативом, а используются как референтные значения для целей внутреннего контроля качества проведения процедур.

Список литературы

1. Акопова Н.А., Иванов С.И., Охрименко С.Е. Оптимизация доз облучения пациентов при проведении рентгенодиагностических исследований // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2016. Т. 61. № 4. С. 48–51.
2. Публикация МКРЗ 103 Международная комиссия по радиационной защите. Под ред. Д. Валентина. – М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. 2009.
3. Публикация МКРЗ 105. Радиационная защита в медицине. Под ред. русского перевода М.И. Балонюв. – СПб.: ФБУН НИИРГ. 2011. 66 с.
4. Чередникова А.А. Иванов С.И., Акопова Н.А. О гигиенической оценке дозовых лучевых нагрузок в рентгеновской стоматологии Современные уровни медицинского облучения в России // Радиационная гигиена. 2010. Т. 3. № 3. С. 14–16.
5. Водоватов А.В. Практическая реализация концепции референтных диагностических уровней для оптимизации защиты пациентов при проведении стандартных рентгенографических исследований // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10. № 1. С. 47–55.
6. Вишнякова Н.М. Оптимизация радиационной защиты пациентов при медицинском диагностическом облучении. Автореф. дисс. докт. мед. наук. – СПб., 2010. 44 с.
7. Водоватов А.В., Кальницкий С.А., Балонюв М.И., Камышанская И.Г. К разработке референтных диагностических уровней облучения пациентов в отечественной рентгеновской диагностике // Радиационная гигиена. 2013. Т. 2. № 3. С. 29–36.
8. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения. МР 2.6.1.0066-12. 28 с.
9. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Проведение радиационного контроля в рентгеновских кабинетах. МУ 2.6.1.1982-05. – М.: Роспотребнадзор. 2005. 12 с.
10. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований МУ 2.6.1.2944-11. – М.: Роспотребнадзор. 2011. 40 с.
11. ГОСТ Р МЭК 61223-1-2001 “Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновских аппаратов в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики”.
12. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) СП 2.6.1.2612-10. – М.: Роспотребнадзор. 2010. 58 с.
13. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.1192-03. – М.: Минздрав России. 2003. 76 с.
14. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards GSR Part 3. IAEA, Vienna, 2015. 518 pp. (In Russian).
15. Методические рекомендации. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований (МР 2.6.1. 098-15). – М.: Роспотребнадзор, 2015.
16. Радиологическая защита при медицинском облучении ионизирующим излучением: руководство по безопасности № RS-G-1.5. – Вена: МАГАТЭ, 2004. 208 с.

ANALYSIS OF RADIATION LOAD ON STAFF AND PATIENTS DURING RESEARCH ON DENTAL DIGITAL X-RAY MACHINES

U.V. Druzhinina¹, S.A. Ryzhov¹, E.N. Sokolov¹, M.P. Shatenok¹, M.G. Manukov²

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

² LLC MANUKOV, Moscow, Russia

The analysis of effective doses of radiation to patients was carried out in order to determine the values of standard average effective doses to patients for each group of teeth, which can be used as a tool for optimizing research protocols on digital x-ray devices for contact dental imaging. The studies were conducted in 2019, the results of 70 protocols for monitoring the effective doses of patients provided by an accredited testing laboratory were evaluated. For analysis, a sample of x-ray studies of patients older than 19 years was taken. The determination of effective doses was carried out in accordance with the Methodological guidelines of MU 2.6.1.2944-11 "Control of effective doses of patients during medical x-ray examinations." The results showed that the effective doses to patients significantly depend on the group to which the studied tooth belongs and its location, little depend on the weight of the patient and do not depend on the gender of the patient. Standard mean values of effective doses of radiation to patient received when researching a certain group of teeth were proposed as a tool for optimizing the radiation loads of patients. Also, in the course of work in 3 x-ray dental offices, an analysis was made of the distribution of the power of the ambient dose equivalent. As a result, it was assumed that radiation scattered from the patient can make the largest contribution to radiation exposure to staff; this assumption requires further consideration to improve the quality of radiation monitoring of staff workstations.

Key words: *medical radiation, patients, staff effective dose, reference diagnostic level, x-ray dental machines*

E-mail: yu.druzhinina@npcmr.ru