

Утверждаю:
Директор ИХКГ СО РАН

профессор

С. А. Дзюба

Отзыв

о работе «Оптимизация режимов и дозы облучения пациентов для получения адекватной рентгенографической информации», авторы С.В. Анищик, Н.В. Коваленко, В.И. Попов, Р.И. Рахимжанова, В.П. Суслин.

Данная работа посвящена анализу важной проблемы облучения населения в рамках профилактической диагностики заболеваний легких, проводимой с применением флюорографии.

В вводной части работы авторы описывают физические основы взаимодействия рентгеновских квантов с веществом, рассматривают биологические последствия облучения, происходящие в клетке на уровне повреждений ДНК, предлагают критерии оценки пригодности рентгенографического изображения для обоснованного врачебного заключения. В рамках простейшей модели ослабления пучка ионизирующего излучения в слое воды различной толщины авторами получена зависимость поглощенной таким слоем дозы от энергии квантов и проанализирована величина отношения сигнал/шум (SNR), формируемого за счет статистического характера потока фотонов на идеальной детектирующей системе. Авторами получены оптимальные, с точки зрения величин SNR и поглощенной дозы, значения энергии квантов для наблюдения неоднородностей в модельном слое, а также проведены оценки минимально возможных эквивалентных доз, необходимых для получения снимков достаточной контрастности при флюорографическом обследовании. В заключительной части работы авторы приводят ряд предложений, направленных на уменьшение радиационной нагрузки на пациентов и улучшения качества флюорографических изображений.

В целом работа имеет характер научно-популярной статьи, в которой используются весьма простые модели и оценки. Фактически, основным в данной работе является вывод о недопустимости применения для флюорографического обследования грудной клетки во фронтальной проекции рентгеновского излучения с максимальной энергией выше 70 кэВ. Авторы указывают, что при таких режимах работы будет ухудшаться контрастность изображения при одновременном увеличении поглощенной организмом дозы.

Работа не свободна от недочетов. Например, нечетко обоснован критерий адекватности рентгенографического изображения, полученного с помощью данных, приведенных на Рис. 13. Также можно отметить, что отсутствует описание расчетов, с помощью которых

получены диаграммы на Рис. 21 и 22. Вместе с тем, формат данной работы, по-видимому, не предполагает подобной детализации.

Представляется важным рассмотреть более подробно разделы, посвященные обсуждению воздействия облучения на ДНК. В частности, авторы выдвигают тезис о квадратичной зависимости числа двойных разрывов ДНК в клетке от энергии кванта падающего излучения. В то же время, компьютерное моделирование треков низкоэнергетичных электронов в воде (H.G. Paretzke. Radiation track structure theory. In: Kinetics of nonhomogeneous processes. Ed. by G.R. Freeman, Wiley: New-York, 1987. pp. 89-170) показывает, что максимальные размеры трека электрона с энергией >10 кэВ превышают 10 мкм, т.е. продукты радиолитических превращений, вызванных появлением такого электрона, будут сосредоточены не в одной, а в нескольких соседних клетках. С другой стороны, авторы не рассматривают множественные повреждения ДНК, которые не приводят к гибели клетки, но вызывают значительные мутации, поскольку их репарация затруднена. В рамках используемой авторами модели независимого появления дефектов, количество множественных мутаций может возрасти с концентрацией активных радикалов значительно быстрее, чем количество двойных разрывов.

Следует отметить, что подобные проблемы решаются мировым научным сообществом сравнительно давно. Имеющиеся результаты позволяют заключить, что в настоящее время нельзя выделить какой-либо фактор, например, частоту появления двойных разрывов ДНК, который полностью определяет биологический эффект радиации (см., например, Y. Hsiao, R. D. Stewart. Monte Carlo simulation of DNA damage induction by x-rays and selected radioisotopes. Phys. Med. Biol. **53** (2008) 233–244 и приведенные в этой работе ссылки). Вместе с тем, авторы справедливо указывают, что при увеличении анодного напряжения выше 70 кВ существенно возрастает вероятность рассеяния рентгеновских фотонов. Это одновременно уменьшает контрастность изображения и вызывают появление в среде вторичных электронов со сравнительно низкой энергией. Поэтому, с точки зрения критерия достаточной контрастности флюорографического изображения, качественный вывод авторов об увеличении радиационной нагрузки на организм при росте анодного напряжения представляется правильным.

С. н. с. ИХКГ СО РАН,

к.ф.-м.н.



В.И. Боровков