

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Научный руководитель: Квиткевич Л.А. (ст. преподаватель)

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Аннотация. В работе освещается вопрос использования технологических способов снижения дозы облучения как элемент обеспечения радиационной безопасности пациента при проведении компьютерной томографии. На основании изученной литературы были описаны принципы работы и оценена эффективность таких технологических способов снижения дозы, как итерационная реконструкция, метод автоматической модуляции тока и метод фильтров.

Ключевые слова: радиационная безопасность, компьютерная томография, итерационная реконструкция, автоматическая модуляция тока.

Введение. Метод компьютерной томографии (далее КТ) в современном здравоохранении является одним из важнейших методов диагностики многих заболеваний. Сегодняшние технологические достижения позволили создать доступные компьютерные томографы с широкими диагностическими возможностями и большой эффективностью. Это обуславливает увеличение числа проводимых исследований. По оценке НКДАР ООН на компьютерную томографию приходится около 10% от всех рентгенологических процедур, при этом вклад компьютерной томографии в общую коллективную эффективную дозу составляет 62%. С учетом вышеизложенного, вопрос обеспечения радиационной безопасности пациента при проведении КТ является актуальным на сегодняшний момент. Одним из эффективных способов снижения получаемой дозы являются технологические решения, которые внедряются и активно используются в современном оборудовании [1].

Цель исследования. Обобщение и систематизация информации о современных технологических способах снижения дозы облучения при проведении компьютерной томографии.

Материал и методы. В работе был проведен анализ литературы по теме исследования. Подбор литературы осуществлялся при использовании баз данных GoogleAcademy, PubMed.

Результаты исследования. Одной из технологий, которая позволяет снижать дозовую нагрузку на пациента, сохраняя высокую диагностическую ценность получаемого изображения, является технология итерационной реконструкции. С математической точки зрения итерационные алгоритмы характеризуются пошаговым повторением вычислений, при котором результат предыдущего шага учитывается на текущем шаге вычисления. Итерационный цикл основан на сравнении измеренной проекции со смоделированной. На основании полученной разницы сравнения происходит корректировка изображения. Сам цикл повторяется до тех пор, пока не будет достигнут заранее определенный критерий остановки, например, если достигается фиксированное количество итераций или достаточно маленькая разница между решениями двух последующих итерационных шагов [2].

Технология итерационной реконструкции не является принципиально инновационной. Данная технология была предложена для проведения компьютерной томографии еще во второй половине XX века. Однако из-за ограниченной вычислительной мощности, доступной в то время, метод не получил широкого распространения и вскоре был вытеснен быстрым и надежным аналитическим методом фильтрованной обратной проекции (далее ФОП), который стал стандартным методом реконструкции изображений в КТ. Главный недостаток метода – это значительная потеря качества изображения при снижении уровня дозы. Только недавно доступность достаточного объёма вычислительной мощности, необходимого для обработки

большого объёма данных в компьютерной томографии, сделала применение итерационной реконструкции в таких исследованиях возможным и более предпочтительным [2,3].

Перед технологией итерационной реконструкции стоит ряд задач, решение которых позволяет проводить исследование с максимальной эффективностью. К таким задачам относятся: эффективное снижение дозы; получение качественных изображений; приемлемая в клинической практике скорость получения изображения. На сегодняшний день существует несколько методов итерационной реконструкции, но с вышеперечисленными задачами лучше справляется метод гибридной итерационной реконструкции. Гибридная итерационная реконструкция совмещает в себе черты ФОР и модельно-ориентированной реконструкции. При таком методе смоделированная проекция сравнивается с данными полученными от ФОР, но дальнейшая обработка происходит по упрощенному алгоритму модельно-ориентированной реконструкции. Такая комбинация позволяет быстро получать качественные изображения с меньшим количеством артефактов и меньшим уровнем шумом. Применение элементов ФОР позволяет минимизировать, а в ряде случаев элиминировать такой недостаток итерационной реконструкции, как «пластиковый» вид изображения, а также увеличить скорость получения итогового изображения. Итерационная реконструкция в клинической практике может привести к снижению дозы на уровне 20–40% и к снижению уровня шума на 40-70% по сравнению со стандартной реконструкцией с ФОР для большинства исследований [2,3].

Для снижения воздействующей на пациента дозы и сохранения качества итогового изображения применяется технология автоматической модуляции тока (далее АМТ). В настоящее время, почти все компьютерные томографы позволяют изменять мощность луча путем модуляции тока в рентгеновской трубке. Метод автоматической модуляции тока трубки основан на автоматическом выборе протокола сканирования в зависимости от анатомической области исследования, степени ослабления излучения в теле пациента, фазы дыхания и сердечного цикла пациента. По данным предварительного исследования (топограммы) происходит изменение силы тока, например, её снижение в области легких, которые на 70% более прозрачны, чем другие области тела. Существует несколько типов модуляции: модуляция по осям X и Y, модуляция по оси Z и модуляция под контролем ЭКГ. При использовании угловой модуляции («модуляция по осям X и Y») сила тока изменяется параллельно вращению гентри. Данный метод учитывает толщину тела и его асимметричность. При модуляции по оси Z изменение силы тока в трубке происходит при движении стола с пациентом. При этом учитывается различная степень ослабления сигнала в разных областях тела, большая в брюшной и меньшая в грудной. АМТ позволяет снизить дозы облучения при КТ на 10-30%, качество изображения не изменяется [4].

Модулирование силы тока в трубке с контролем ЭКГ, так называемая «ЭКГ-пульсация», может проводится по ретроспективному типу модуляции и проспективному. При ретроспективной модуляции с контролем ЭКГ, изменении силы тока происходит в зависимости от фазы сердечного цикла. Максимальная сила тока в трубке наблюдается в промежутке между концом диастолы и началом последующей систолы, то есть на момент «пульсового окна». В момент же систолы и до середины диастолы сила тока уменьшается. Данная технология за весь процесс исследования делает тысячи фотографий, с последующим отбором фото в нужный момент сердечного цикла. Методика ретроспективной модуляции позволяет производить реконструкцию изображения в другие фазы работы сердца, ввиду наличия фотографий за весь период сканирования [4,5].

Большого снижения лучевой нагрузки на пациента при проведении КТ смогли добиться путём интегрирования метода проспективной модуляции. Основным отличием данной методики от ретроспективного аналога, является отключение сканера в момент систолы и до середины диастолы, с его включением в момент «пульсового окна». Данная технология, позволяет снизить количество артефактов движения во время исследования до минимума и значительно уменьшает эффективную дозу облучения. При нерегулярном сердечном ритме, учащенном сердцебиении или необходимости анализа изображения в другие фазы сердечного цикла данная методика нуждается в дополнительной реконструкции,

которая невозможна ввиду отсутствия фотографий, что ограничивает её использование в данных ситуациях. При проведении КТ под контролем ЭКГ эффективная доза снижается в зависимости от частоты сердечных сокращений пациента до 50% и более. Более медленная частота сердечных сокращений значительно повышает эффективность метода и снижает дозу облучения [4,5].

Рентгеновский спектр состоит из фотонов широкого спектра. Поскольку мягкое рентгеновское излучение полностью поглощается исследуемым объектом, они не вносят вклад в обнаруженный сигнал, но повышают среднюю энергию рентгеновского луча, прошедшего через вещество. Для снижения влияния низкоэнергетического рентгеновского излучения применяются плоские и профилированные фильтры. Плоские металлические фильтры из меди, алюминия или олова, имеют толщину до нескольких миллиметров и размещаются после источника излучения. После фильтрации интенсивность луча понижается, а средняя энергия спектра повышается [4].

Профилированные фильтры, в частности «фильтры-бабочки», используются для ослабления излучения на периферии рентгеновского пучка. С помощью фильтра-бабочки создаётся профиль интенсивности пучка излучения, который компенсирует несимметричную форму тела человека. Основной задачей профилированных фильтров является пропуск большего числа фотонов через центр тела человека, чем через периферию, так как излучение, направленное в центр, как правило, ослабляется сильнее. При использовании фильтров эффективная доза способна снижаться до 40 % [4].

Заключение. Данные изученной литературы свидетельствует о существенном потенциале современных технологических решений в области компьютерной томографии для обеспечения радиационной безопасности пациентов. Описанные технология итерационной реконструкции, метод автоматической модуляции тока и метод фильтров позволяют эффективно снижать получаемую пациентом дозу при сохранении диагностической ценности снимков.

Список литературы:

1. UNSCEAR 2020/2021 Sources, effects and risks of ionizing radiation // United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. – URL: https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2020_2021_1.html (дата обращения: 02.09.2025).
2. Stiller, W. Basics of iterative reconstruction methods in computed tomography: A vendor-independent overview / W. Stiller // European journal of radiology – 2018. – Vol. 109. – P. 147–154.
3. Seibert, J.A. Iterative reconstruction: how it works, how to apply it / J.A. Seibert // Pediatric Radiology – 2014. – Vol. 44, № 3. – P. 431–439.
4. Основные направления снижения дозы облучения пациентов при компьютерной томографии / Е.И. Маткевич, В.Е. Сеницын, М.И. Зеликман [и др.] // Russian Electronic Journal of Radiology – 2018. – Т.8, № 3. – С. 60–73.
5. Сильченко, Н.С. Низкодозовая МСКТ коронарных артерий с проспективной кардиосинхронизацией / Н.С. Сильченко, И.Ю. Насникова, С.П. Морозов // Кремлевская медицина – 2010. – №2. – С. 50–54.