

ФАНТОМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ Т-КРИТЕРИЯ МЕТОДАМИ АСИНХРОННОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ И ДВУЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ АБСОРБЦИОМЕТРИИ

© Е.С. Ахмад¹, А.В. Петрайкин¹, Ф.А. Петрайкин², К.А. Сергунова¹, Л.А. Низовцова¹, Т.Д. Максьюшина³, Ю.И. Титова³, Е.Е. Царева³, С.Ю. Кузнецов⁴, С.П. Морозов¹, О.А. Никитинская⁵, Н.В. Торопцова⁵

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

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва

³НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России, Саратов

⁴ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский Центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова», Москва

⁵ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии имени В.А. Насоновой», Москва

Цель: На основе фантомного моделирования сопоставить результаты измерения минеральной плотности кости по Т-критерию проксимального отдела бедра методом асинхронной КТ денситометрии и двуэнергетической рентгеновской абсорбциометрии.

Материалы и методы: Сравнение двух методов проводилось в двух группах пациентов: группа А – 25 пациентов (возраст 63 [57; 68] года), группа Б – 20 пациентов (возраста 68 [64; 74] лет). В обеих группах сравнивались результаты анализа минеральной плотности кости (МПК) шейки бедра и общего показателя бедра, представленные по Т-критерию. КТ денситометрия выполнялась на программно-аппаратном комплексе QCT PRO™ Mindways, США с приложением для бедра СТХА, при этом определялись проекционные значения МПК (г/см³) аналогично DXA. В обеих группах пациентов КТ-исследования выполнялись на сканерах Aquilion, Canon с идентичными условиями сканирования, отличие состояло в использованном фильтре реконструкции: FC17 (группа А), FC 08 (группа Б). DXA исследования выполнялись на сканерах Discovery Hologic с широким веерным пучком (группа А) и Prodigy Lunar GE с узкоугольным веерным пучком (группа Б): В обоих случаях при проведении DXA применялась калибровка, поддерживающая точность измерений согласно рекомендациям фирм-производителей.

Сравнение методов СТХА и DXA проводилось путем попарного сопоставления значений Т-критерия для проксимального отдела правого и левого бедра. Для двух групп пациентов рассчитывались коэффициенты корреляции, также проведено сравнение результатов измерений по методу Бленда-Альтмана (оценка разности измерений величины сравниваемым методом СТХА и опорным DXA).

Для оценки точности определения МПК применялся разработанный ранее полуантропоморфный калиевый фантом РСК-ФК2. Фантом содержал секции позвонков со значениями МПК (K₂HPO₄, мг/мл): 50 (50,13), 100 (100,19), 150 (150,38), 200 (200,49), 250 (250,66), 350 (350,79), 450 (450,99), 550 (551,21). Точность задания объемной концентрации 0,5%.

Результаты и обсуждение: Для обоснования сопоставимости Т-критериев в диагностике остеопороза были выполнены исследования по прямому сравнению Т-критериев, полученных с помощью двух методов: КТ-денситометрии бедра (СТХА) и DXA. Показана достоверная линейная корреляция между двумя методами определения Т-критерия ($r=0,000$): для шейки бедра коэффициент корреляции составил $r=0,87$ в группе А и $0,94$ в группе Б. Для общего показателя бедра: $r=0,92$ в группе А и $0,93$ в группе Б, соответственно. При сравнении результатов измерения по методу Бленда-Альтмана оказалось, что в группе А смещение для шейки бедра составило $\Delta T=-1,28\pm0,55SD$, для всего бедра – $\Delta T=-1,46\pm0,44SD$, а в группе Б для шейки бедра $\Delta T=-0,22\pm0,30SD$, для всего бедра – $\Delta T=-0,69\pm0,35SD$.

Учитывая высокую корреляцию значений Т-критерия, полученных двумя методами, был проведен анализ систематического занижения Т-критерия по данным КТ денситометрии (СТХА), более выраженное для группы А. Для этого были проанализированы результаты сканирования фантома РСК-ФК2 с расширенным диапазоном заданных значений МПК. На СТХА, где выполнялось исследование группы А и использовался фильтр реконструкции FC17, было показано нелинейное, более выраженное при высоких МПК занижение измеренных показателей относительно заданных значений. Для диапазона концентраций K₂HPO₄ 50–200 мг/мл усредненное занижение (относительная погрешность) составило $\epsilon=-4,99\%$, для диапазона 250–550 мг/мл $\epsilon=-11,2\%$, а для концентрации 700 мг/мл снижение регистрируемой МПК относительно заданной достигало 17%. Для условий КТ сканирования пациентов группы Б с фильтром FC08 данного эффекта отмечено не было: снижение измеренных значений МПК было незначительным и составило для диапазона 50–200 мг/мл $\epsilon=-1,31\%$, для диапазона 250–550 мг/мл $\epsilon=-1,22\%$.

Занижение измеренных значений МПК в области высоких значений существенно для определения проекционной МПК, которая диагностируется при СТХА, когда суммируются значения как губчатого вещества, так и кортикального слоя.

Указанные условия позволили скорректировать данные введя поправочные коэффициенты путем увеличения МПК на 15% (оценочно) при расчете Т-критерия в группе А и добавляя к полученному при проведении СТХА значению Т-критерия 0,2 во всех случаях. После корректировки анализ данных по методу Бленда-Альтмана для группы А смещение результатов для шейки бедра составило $\Delta T=-0,73\pm0,88SD$, для всего бедра $-0,003\pm1,09SD$; для группы Б –

для шейки бедра $\Delta T = -0,006 \pm 0,30SD$; для всего бедра $-0,46 \pm 0,38SD$. Т.е. отмечалось уменьшение эффекта занижения Т-критерия при СТХА, наиболее эффективна коррекция для общего показателя бедра в группе А и для шейки бедра в группе Б.

По данным DXA остеопороз ($T \leq -2,5SD$) мог быть установлен у 3-х из 25 пациентов (12%) в группе А, у 7 из 20 пациентов (35%) в группе Б (по показателям шейки бедра и общего показателя бедра с двух сторон).

Без проведения корректировки по данным СТХА данный диагноз мог быть установлен у 18 из 25 пациентов (72%) в группе А и у 8 из 20 пациентов (40%) в группе Б. После предложенной корректировки по данным СТХА остеопороз мог быть выставлен 7 пациентам (28%) в группе А и 6 пациентам (30%) в группе Б. Предлагаемая корректировка позволяет устранить выраженную гипердиагностику остеопороза по Т-критерию, особенно в группе А, где использовался фильтр реконструкции FC17.

Выводы: Такими образом, фантомное моделирование показало, что при КТ денситометрии использование фильтра реконструкции FC17 приводит к занижению показателей МПК в области высоких значений, в то время как фильтр реконструкции FC 08 не оказывал влияния на показатели МПК как для низких, так и для высоких значений. Выявленная закономерность приводила к занижению Т-критерия при СТХА обследовании пациентов и может быть частично компенсирована введением разработанного поправочного коэффициента.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Лучевая диагностика; остеопороз; Т-критерий.

PHANTOM MODELING IN THE ASSESSMENT OF T-SCORE RESULTS USING ASYNCHRONOUS QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY AND DUAL-ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY

© Akhmad E.S.¹, Petryaykin A.V.¹, Petryaykin F.A.², Sergunova K.A.¹, Nizovtseva L.A.¹, Maksyushina T.D.³, Titova Yu.I.³, Tsareva E.E.³, Kuznetsov S.Yu.⁴, Morozov S.P.¹, Nikitinskaya O.A.⁵, Toroptsova N.V.⁵

¹Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow

²Lomonosov Moscow State University, Moscow

³V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov

⁴V.I. Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Moscow

⁵Research Institute of Rheumatology named after V.A. Nasonova, Moscow