

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ВЫЯВЛЕНИИ СНИЖЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ЛИМФОМОЙ ХОДЖКИНА

Блинов В.С.¹, Китаева Ю.С.², Праскурничий Е.А.³, Чибисова М.А.⁴

1 – ГАУЗ СО «Верхнепешминская ЦГКБ им. П.Д. Бородина». г. Верхняя Пышма, Россия.

2 – ФГБОУ ВО Уральский государственный медицинский университет МЗ РФ. г. Екатеринбург, Россия.

3 – ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова МЗ РФ. г. Москва, Россия.

4 – ФГБОУ ВО Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова МЗ РФ. г. Санкт-Петербург, Россия.

Лечение пациентов с лимфомой Ходжкина включает в себя применение глюкокортико-стероидов, что ведет к снижению минеральной плотности костной ткани и повышенному риску низкоэнергетических переломов. Пациенты с лимфомой Ходжкина могут быть направлены на различные методы лучевой диагностики, в том числе по стоматологическим показаниям на конусно-лучевую компьютерную томографию зубочелюстной системы. В настоящий момент нет понимания, возможно ли использовать модифицированные компьютерно-томографические индексы при конусно-лучевой компьютерной томографии у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина для оценки снижения минеральной плотности кости.

Цель исследования. Оценить возможность конусно-лучевой компьютерной томографии и компьютерно-томографических индексов в выявлении снижения минеральной плотности кости у пациентов с лимфомой Ходжкина.

Материалы и методы. Были проанализированы конусно-лучевые компьютерные томограммы с вычислением модифицированных компьютерно-томографических индексов и данные двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) 48 пациентов с лимфомой Ходжкина. КАКТ проведена на аппарате Galileos, ДРА проведена на остеоденситометре Dexxim. Для оценки воспроизводимости индексов высчитывалась каппа Коэна. Для корреляционного анализа рассчитывался коэффициент Спирмена (r).

Результаты и обсуждение. Согласованность между исследователями для вычисления компьютерно-томографических индексов колебалась от значимой до точной ($k > 0,78$). Значения верхнего компьютерно-томографического мандибулярного индекса для группы с нормальными и со сниженными значениями минеральной плотности кости составили $0,27 \pm 0,03$ и $0,25 \pm 0,07$ соответственно; нижний компьютерно-томографический мандибулярный индекс: $0,34 \pm 0,05$ и $0,32 \pm 0,08$ соответственно; ментальный индекс компьютерной томографии: $3,73 \pm 0,40$ и $3,54 \pm 0,63$ соответственно. Кортикальный индекс компьютерной томографии: 100% – I тип в группе с нормальной минеральной плотностью кости, 17% – II тип в группе со сниженной минеральной плотностью кости.

Заключение. Модифицированные компьютерно-томографические индексы у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина являются хорошо воспроизводимыми с высокими значениями согласованности между исследователями. Верхний компьютерно-томографический мандибулярный индекс менее 0,25 и ментальный индекс компьютерной томографии менее 3,4 у пациентов с лимфомой Ходжкина могут служить косвенными признаками снижения минеральной плотности кости. При выявлении индексов ниже пороговых значений это может быть показанием для назначения двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии или количественной компьютерной томографии.

Кортикальный индекс компьютерной томографии и нижний компьютерно-томографический мандибулярный индекс не являются надежными прогностическими индексами в выявлении снижения минеральной плотности кости у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина.

Конусно-лучевая КТ может являться полезным инструментом для скрининга сниженной МПК и остеопороза у пациентов с лимфомой Ходжкина.

Ключевые слова: остеопороз, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, конусно-лучевая компьютерная томография, индексы компьютерной томографии.

Контактный автор: Блинов Владислав Сергеевич, e-mail: VladSBlinov@mail.ru

Для цитирования: Блинов В.С., Китаева Ю.С., Праскурничий Е.А., Чибисова М.А. Исследование конусно-лучевой компьютерной томографии в выявлении снижения минеральной плотности кости у пациентов с лимфомой Ходжкина. REJR 2026; 16(1):115-125. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-1-115-125.

Статья получена: 15.06.25

Статья принята: 03.09.25

A STUDY OF CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN DETECTING DECREASED BONE MINERAL DENSITY IN PATIENTS WITH HODGKIN'S LYMPHOMA

Blinov V.S.¹, Kitaeva Y.S.², Praskurnichiy E.A.³, Chibisova M.A.⁴

1 - P.D. Borodin Verkhnepyshminskaya Central City Clinical Hospital. Verkhnyaya Pyshma, Russia.

2 - Ural State Medical University. Yekaterinburg, Russia.

3 - N.I. Pirogov Russian National Research Medical University. Moscow, Russia.

4 - I.I. Mechnikov North-Western State Medical University. Saint Petersburg, Russia.

Treatment of patients with Hodgkin's lymphoma includes using of glucocorticosteroids, this leads to decreasing bone mineral density and an increasing risk of low-energy fractures. Patients with Hodgkin's lymphoma can be referred for various methods of radiation diagnostics, including cone-beam computed tomography of the dentoalveolar system for dental indications. At present there is no understanding whether it is possible to use modified computed tomographic indices in cone-beam computed tomography in young patients with Hodgkin's lymphoma to assess the decrease in bone mineral density.

Purpose. To evaluate computed tomographic indices in identifying decreased bone mineral density in patients with Hodgkin's lymphoma.

Material and methods. Cone-beam computed tomograms with calculation of modified computed tomographic indices and dual-energy X-ray absorptiometry data of 48 patients with Hodgkin's lymphoma were analyzed. CBCT was performed on a Galileos. DXA was performed on a Dexammetry osteodensitometer. Cohen's kappa was calculated to assess the reproducibility of the indices. Spearman's coefficient (r) was calculated for correlation analysis.

Results. The agreement between the observers for calculating the computed tomography indices, ranged from significant to exact ($k > 0.78$). The computed tomography mandibular index (superior) for the group with normal and with reduced bone mineral density values were 0.27 ± 0.03 and 0.25 ± 0.07 respectively; computed tomography mandibular index (inferior): 0.34 ± 0.05 and 0.32 ± 0.08 respectively; computed tomography mental index: 3.73 ± 0.40 and 3.54 ± 0.63 respectively. Computed tomography cortical index: 100% – type I in the group with normal bone mineral density, 17% – type II in the group with reduced bone mineral density.

Conclusion. Modified computed tomographic indices in young patients with Hodgkin's lymphoma are well reproducible with high values of agreement between observers.

Computed tomography mandibular index (superior) less than 0.25 and computed tomography mental index less than 3.4 in patients with Hodgkin's lymphoma may serve as indirect signs of decreased bone mineral density. If indices below threshold values are detected, this may be an indication for prescribing dual-energy X-ray absorptiometry or quantitative computed tomography.

Computed tomography cortical index, computed tomography mandibular index (inferior) are not reliable prognostic indices in detecting bone mineral density decline in young patients with Hodgkin's lymphoma.

Cone-beam computed tomography can be a useful tool for screening reduced bone mineral density and osteoporosis in patients with Hodgkin's lymphoma.

Keywords: osteoporosis; dual-energy X-ray absorptiometry; cone-beam computed tomography; computed tomography indices.

Corresponding author: Blinov V.S, e-mail: VladSBlinov@mail.ru

For citation: Blinov V.S., Kitaeva Y.S., Praskurnichiy E.A, Chibisova M.A. A study of cone-beam computed tomography in detecting decreased bone mineral density in patients with Hodgkin's lymphoma. REJR 2026; 16(1):115-125. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-1-115-125.

Received: 15.06.25

Accepted: 03.09.25

Лимфома Ходжкина (ЛХ) – В-клеточное злокачественное высококурабельное заболевание лимфоидной ткани. Полное излечение достигается у 80–90% пациентов с локализованными стадиями и у 60–70% пациентов с распространенными стадиями заболевания [1]. Хорошие результаты лечения ЛХ достигаются эффективными схемами химиотерапии и лучевой терапии. Терапия пациентов с ЛХ включает в себя, в том числе, и применение глюкокортикостероидов (ГКС). Пациенты с ЛХ – молодые пациенты с высокой ожидаемой продолжительностью жизни. Поэтому особое внимание необходимо уделять профилактике осложнений терапии ЛХ, в том числе – развитию остеопороза и низкоэнергетических переломов.

Глюкокортикостероид-индуцированный остеопороз характеризуется быстрой потерей костной массы, повышенным риском переломов вскоре после начала терапии [2]. Риск переломов увеличивается в течение первых 3–6 месяцев терапии ГКС и уменьшается после их отмены. Наибольшее увеличение риска (до 5,18 раза) наблюдается для переломов позвоночника у пациентов, принимающих $\geq 7,5$ мг/день преднизолона или его эквивалента. Данные из базы исследований общей практики в Великобритании продемонстрировали, что риск перелома увеличивается даже при относительно низких суточных дозах (2,5–7,5 мг) преднизолона или его эквивалента и увеличивается далее с увеличением суточной дозы [3]. По данным Н.А. Барановой и соавторов терапия ГКС повышает риск остеопоротических переломов независимо от их локализации в 2,2 раза, переломов тел позвонков – в 5,0 раз, переломов дистального отдела предплечья – в 1,8 раза [4].

Считается, что патогенез остеопороза при приеме ГКС является результатом прямого их воздействия на все три основные костные клетки: остеобласты, остеокласты и остециты, и косвенных эффектов, влияющих на всасывание в кишечнике кальция, снижением выработки половых гормонов [5,

6]. ГКС ингибируют функцию остеобластов и стимулируют апоптоз остеобластов и остеоцитов.

Современными методиками оценки минеральной плотности кости являются двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) и количественная компьютерная томография (ККТ). Однако вышеуказанные методики не всегда доступны для пациентов и сопровождаются лучевой нагрузкой, поэтому возникает необходимость поиска альтернативных методик оценки состояния костной ткани.

С широким внедрением в стоматологическую практику панорамной томографии челюстей (ПТ), конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) исследователи активно обсуждают применение данных методик для выявления признаков системного остеопороза. При панорамной томографии для оценки снижения МПК предложены следующие количественные индексы: ментальный индекс, панорамно-мандибулярный индекс, гониальный индекс, антигониальный индекс, нижнечелюстное соотношение [7–9]. Качественным индексом при панорамной томографии является мандибулярно-кортикальный индекс.

Для определения снижения МПК при КЛКТ возможно использовать измерение значений серого, оценивать качество костной ткани (классификации Mish, Likhom and Zarb) и использовать модифицированные панорамные индексы [10]. Модифицированными индексами для выявления снижения МПК при КЛКТ являются:

– верхний компьютерно-томографический мандибулярный индекс (син.: КТМИв, computed tomography mandibular index (superior), СТИ(s)): отношение ширины кортикальной пластинки нижней челюсти на уровне подбородочного отверстия к расстоянию от верхнего края подбородочного отверстия до нижнего края нижней челюсти;

– нижний компьютерно-томографический мандибулярный индекс (син.: КТМИн, computed tomography

mandibular index (inferior), CTI(i)): отношение ширины кортикальной пластинки нижней челюсти на уровне подбородочного отверстия к расстоянию от нижнего края подбородочного отверстия до нижнего края нижней челюсти;

– ментальный индекс компьютерной томографии (син.: МИКТ, computed tomography mental index (CTMI)): толщина нижней кортикальной пластинки челюсти в области подбородочного отверстия.

Качественным индексом при КЛКТ является кортикальный индекс компьютерной томографии (син.: КИКТ, computed tomography cortical index (CTCI)), который представляет собой тип кортикальной пластинки нижней челюсти.

Большинство авторов оценивали модифицированные компьютерно-томографические индексы у пациентов старше 50 лет. Использование компьютерно-томографических индексов для оценки снижения МПК у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина не было оценено.

Цель исследования.

Оценить возможность конусно-лучевой компьютерной томографии и компьютерно-томографических индексов в выявлении снижения минеральной плотности кости у пациентов с лимфомой Ходжкина.

Материалы и методы.

Одобрения этического комитета не требовалось. Дизайн: ретроспективное описательное эпидемиологическое исследование. Анализ выполнен за период с мая 2023 г. по январь 2024 г. в популяции жителей Свердловской области. В исследование включено 29 женщин (средний возраст $34,2 \pm 8,3$ года, от 19 до 52 лет), 19 мужчин (средний возраст $37,1 \pm 6,8$ года, от 29 до 53 лет), ИМТ 24 (от 18 до 38). У 44 человек (92%) был вариант нодулярного склероза, у 4 человек (8%) – смешанно-клеточный вариант. Большинство пациентов с лимфомой Ходжкина имели II стадию (классификация Ann Arbor в модификации Costwold) – 20 человек (42%), в меньшем количестве представлены III и IV стадия заболевания – 7 и 18 человек соответственно (15% и 38% соответственно), I стадия заболевания отмечена у 3 пациентов (5%).

Пациенты с лимфомой Ходжкина получили программную полихимиотерапию, включающую цитостатические препараты и ГКС. Количество курсов полихимиотерапии определялось в зависимости от объема опухолевой массы и ответа на проводимое лечение. Лучевая терапия не проводилась.

Исследование зубочелюстной системы выполнялось на конусно-лучевом компью-

терном томографе Galileos (Dentsply Sirona, Германия) при следующих физико-технических условиях: напряжение на трубке – 110 кВ, 35 мАс, область обзора (FOV) 15 x 15 x 15 см. Время сканирования – 14,4 с. Положение зубных рядов пациента – в центральной окклюзии. Неподвижность головы пациента осуществлялась с помощью цефалостата с лобным упором и ушными оливами. Пациенты направлялись на КЛКТ по стоматологическим показаниям, не связанным с диагностикой остеопороза. Данные анализировались на персональном компьютере с помощью программы-просмотрщика Galileos Galaxis Implant. Для оценки согласованности между исследователями данные КЛКТ передавались на оценку двум рентгенологам с опытом интерпретации данных челюстно-лицевой КЛКТ более 10 лет. Рентгенологи не обменивались между собой информацией, проводили анализ томограмм отдельно друг от друга и в разное время.

Для вычисления количественных компьютерно-томографических индексов в программе-просмотрщике на сагиттальном реформате выбирался срез на уровне самого широкого размера подбородочного отверстия. На этом реформате проводилось три измерения: расстояние от верхней стенки подбородочного отверстия до нижней границы кортикальной пластинки нижней челюсти, расстояние от нижней стенки подбородочного отверстия до нижней границы кортикальной пластинки нижней челюсти, толщина кортикальной пластинки нижней челюсти. На рисунке 1 представлены реформаты КЛКТ с измеряемыми параметрами.

Кортикальный индекс компьютерной томографии (КИКТ) субъективно оценивался на панорамных реконструкциях и фронтальных реформатах. На рисунке 2 представлены типы КИКТ.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия была выполнена на остеоденситометре Dexxum (Osteosys, Южная Корея). Всем пациентам была проведена ДРА поясничного отдела позвоночника (L1-L4) и ДРА проксимальных отделов бедренной кости. Были получены значения: минерального содержания кости (МСК) в граммах, площадь исследования в см², минеральная плотность кости (МПК) в граммах на см². Полученная МПК сравнивалась со средней МПК референсной базы пациентов соответствующего возраста с вычислением Z-критерия. При Z-критерии более -2,0 стандартных отклонений (СО) значения интерпретировались как «снижение МПК», при Z-критерии менее -2,0 СО значения интерпретировались как «нор-

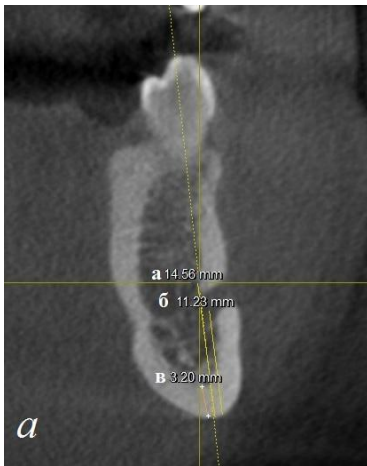


Рис. 1 а (Fig. 1 а)

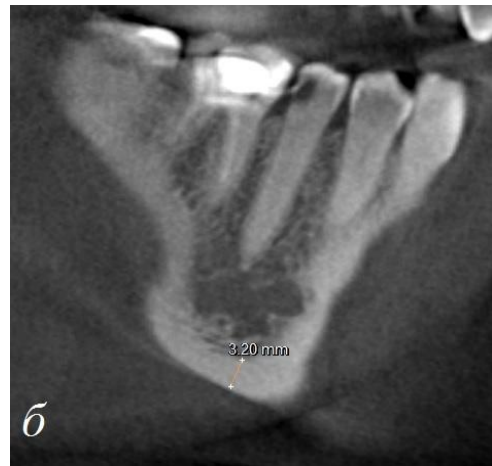


Рис. 1 б (Fig. 1 б)

Рис. 1. КЛКТ, а – сагиттальный реформат, б – фронтальный реформат.

Пациент М., 38 лет. Расстояние а (14,56 мм) – расстояние от верхнего края подбородочного отверстия к кортикальной пластинке нижней челюсти; расстояние б (11,23 мм) – расстояние от нижнего края подбородочного отверстия к кортикальной пластинке нижней челюсти; в (3,20 мм) – толщина кортикальной пластинки нижней челюсти. Отношение в/б – нижний компьютерно-томографический мандибулярный индекс; отношение в/а – верхний компьютерно-томографический мандибулярный индекс; в – ментальный индекс компьютерной томографии.

Fig. 1. CBCT, a – sagittal reformate, b – frontal reformate.

Patient M., 38 years old, Distance a (14.56 mm) – distance from the upper edge of the mental foramen to the cortical plate of the mandible; distance b (11.23 mm) – distance from the lower edge of the mental foramen to the cortical plate of the mandible; c (3.20 mm) – thickness of the cortical plate of the mandible. Ratio c/b – computed tomography mandibular index (inferior); ratio c/a – computed tomography mandibular index (superior); c – mental index of computed tomography.

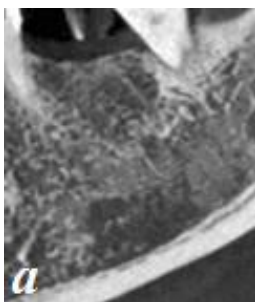


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

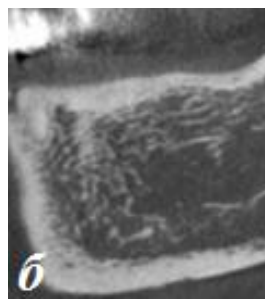


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

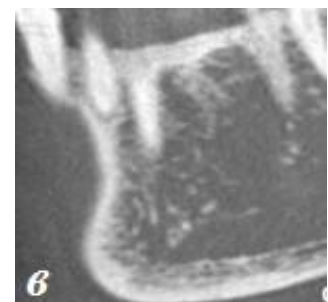


Рис. 2 в (Fig. 2 с)

Рис. 2. КЛКТ, фрагменты фронтальных реформатов нижней челюсти.

Кортикальный индекс компьютерной томографии: а – тип 1: кортикальный слой выглядит ровным и правильным; б – тип 2: в кортикальном слое выявляются полудунные дефекты или 1–2 слоя внутрикортикальных дефектов; в – тип 3: кортикальный слой имеет многочисленные (>3) дефекты.

Fig. 2. CBCT, fragments of mandibular frontal reformates.

Computed tomography cortical index: a – type 1: the cortical layer appears smooth and regular; b – type 2: semilunar defects or 1-2 layers of intracortical defects are detected in the cortical layer; c – type 3: the cortical layer has multiple (>3) defects.

ма».

Методика статистической обработки данных исследования.

Статистический анализ данных проводился по общепринятым методам вариационной статистики на персональном компьютере с помощью пакета программ SPSSInc/Statistics23. Для оценки достоверности различий использовался t-критерий Стьюдента. Статистически значимым считался уровень отличий $p < 0,05$. Для вычисления корреляции между двумя различными параметрическими переменными применялся корреляционный анализ Спирмена (r). Сила корреляции оценивалась по шкале Чеддока: 0,1-0,3 – слабая; 0,3-0,5 – умеренная; 0,5-0,7 – значимая; 0,7-0,9 – высокая; 0,9-0,99 –

лени в таблице №1.

В таблице №2 представлены значения модифицированных компьютерно-томографических индексов у пациентов с лимфомой Ходжкина.

Изучение согласованности между исследователями.

В данном разделе работы изучалась согласованность между двумя рентгенологами в измерении компьютерно-томографических индексов. Полученные средние значения согласованности (каппа) между исследователями представлены в таблице №3.

Как отражено в таблице №3, значения согласованности между исследователями для вычисления КТМИн, КТМИв, МИКТ колебались от 0,81 до 0,87 ($p < 0,001$). Эти значения

Таблица №1. Показатели состояния костной ткани при двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА).			
Показатель	Локализация	Норма	Снижение МПК
МПК г/см²	L1-4	1,03±0,10 (0,84–1,24)	0,87±0,12 (0,65–1,05)
	Шейка бедренной кости	1,25±0,12 (0,99–1,53)	1,09±0,13 (0,94–1,37)
Z-критерий	L1-4	0,2±0,7 (-0,8–2,1)	-1,6±0,9 (-2,8–0,1)
	Шейка бедренной кости	0,5±0,9 (-1,4–2,4)	-1,1±1,0 (-2,3–1,2)

очень высокая. Для расчета согласованности между исследователями вычислялись значения каппы Коэна (k). Полученные значения каппы Коэна интерпретировались согласно значениям каппа по таблице Landis и Koch. Согласно значениям по Landis и Koch при значениях каппа менее 0,00 согласованность интерпретировалась как недостаточная, при $k=0,00-0,02$ – согласованность интерпретировалась как незначительная, при $k=0,21-0,40$ – удовлетворительная, $k=0,41-0,60$ – умеренная, $k=0,61-0,80$ – значимая, $k=0,81-1,00$ – точная.

Результаты.

При проведении ДРА выявлено 12 человек (25%) с Z-критерием ниже -2,0 стандартных отклонений, что соответствовало снижению МПК. ИМТ в группе со снижением МПК составил 24,6±5,2 (18,5–33,9), в группе пациентов с нормальными значениями МПК: 23,8±4,2 (18,3–38,5). Показатели в группе исследования, полученные при ДРА представ-

соответствуют точной согласованности между исследователями. Значения согласованности для оценки КИКТ составили 0,78 ($p < 0,01$), значения соответствовали значимой согласованности.

Для анализа корреляционных связей между компьютерно-томографическими индексами, МПК и Z-критерием использовался корреляционный анализ Спирмена. В таблице №4 показаны значения корреляции Спирмена между показателями.

Статистически значимые корреляции получены между МПК и КТМИв (корреляция – слабая, положительная), между Z-критерием и КТМИв (корреляция слабая, положительная), между Z-критерием и КТМИн (корреляция слабая, положительная). Остальные корреляции, в том числе между ИМТ и всеми компьютерно-томографическими индексами, статистически не значимые ($p > 0,05$). На рисунке 3 представлены графики корреляции между МПК, Z-критерием и

Таблица №2. Значения компьютерно-томографических индексов у пациентов с лимфомой Ходжкина.				
Индекс	Норма		Снижение МПК	
КТМИ _В	0,27±0,03 (0,17-0,33)		0,25±0,07 (0,14-0,37)	
КТМИ _Н	0,34±0,05 (0,23-0,40)		0,32±0,08 (0,17-0,50)	
МИКТ	3,73±0,40 (2,98-4,98)		3,54±0,63 (2,19-4,70)	
КИКТ	36 человек (100%) – I тип		10 человек (83%) – I тип, 2 человека (17%) – II тип	

Таблица №3. Значения согласованности между исследователями.		
Индекс	Каппа Коэна (k)	Значимость (p)
КТМИ _В	0,81	<0,01
КТМИ _Н	0,87	<0,001
МИКТ	0,82	<0,01
КИКТ	0,78	<0,01

Таблица №4. Корреляционный анализ Спирмена между компьютерно-томографическими индексами и значениями МПК.				
Показатель	КТМИ _В	КТМИ _Н	МИКТ	КИКТ
МПК	r=0,28 (p=0,04)	r=0,16 (p=0,33)	r=0,24 (p=0,105)	r=-0,16 (p=0,28)
Z-критерий	r=0,22 (p=0,04)	r=0,19 (p=0,04)	r=0,17 (p=0,236)	r=-0,26 (p=0,26)
ИМТ	r= -0,08 (p=0,61)	r=-0,17 (p=0,25)	r=0,08 (p=0,57)	r=0,02 (p=0,88)

КТМИ_В.

Значения площади под ROC-кривой для КТМИ_В для нормальных значений МПК составило AUC=0,70 для порога в 0,25. Значения площади под ROC-кривой для МИКТ для нормальных значений МПК составило AUC=0,70. Значения площади под ROC-кривой остальных индексов составило менее 0,70, что соответствует низкой прогностической способности данных индексов.

Обсуждение.

Пациенты с лимфомой Ходжкина – молодые пациенты с высокой ожидаемой продолжительностью жизни. Лечение пациентов лимфомой Ходжкина носит системный характер и влияет на все органы и системы организма, в том числе на микроархитектонику костной ткани за счет воздействия глюко-

кортикостероидов. В связи с чем, у пациентов с лимфомой Ходжкина вопросы выявления снижения минеральной плотности кости и профилактика низкоэнергетических переломов являются весьма актуальными. Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия и количественная КТ являются признанными стандартизованными методиками оценки МПК. Данные методики не всегда доступны. Пациенты могут обращаться за стоматологической помощью и им могут быть выполнены такие стоматологические диагностические рентгенологические исследования, как панорамная томография зубных рядов и конусно-лучевая КТ. При использовании данных методик регистрируется информация, которая может дать дополнительную информацию для скрининга низкой

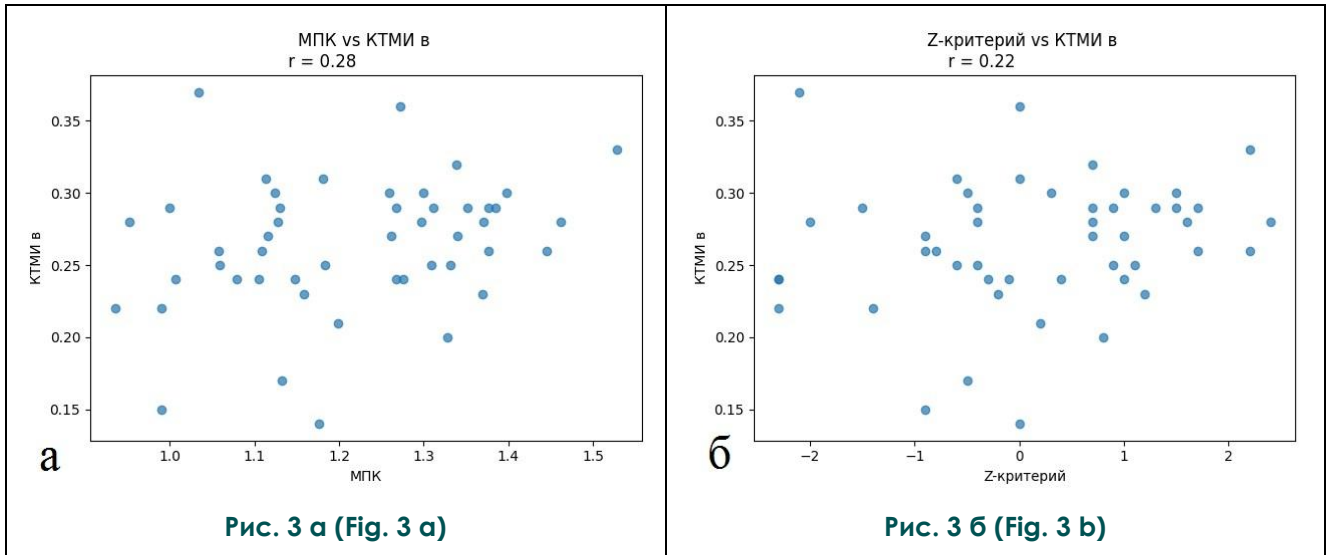


Рис. 3. а – график корреляции между МПК и КТМИв, б – график корреляции между Z-критерием и КТМИв.

а – $r=0,28$, корреляция слабая, положительная; б – $r=0,22$, корреляция слабая, положительная.

Fig. 3. а – graph of the correlation between the MPC and the CTI(s), б – graph of the correlation between the Z-score and the CTI(s).

а – $r=0.28$, the correlation is weak, positive; б – $r=0.22$, the correlation is weak, positive.

МПК.

В нашем исследовании в группе пациентов с лимфомой Ходжкина значения модифицированных компьютерно-томографические индексов составили: верхний компьютерно-томографический мандибулярный индекс для группы с нормальным значением МПК – 0,27, для группы со сниженной МПК – 0,25. Значения нижнего компьютерно-томографического мандибулярного индекса для пациентов с нормальными значениями МПК – 0,34, для группы со сниженной МПК – 0,32. Разница между группами с нормальными и сниженными значениями МПК – незначительная. По данным С.В. Brasileiro и соавторов (пациенты старше 50 лет, без лимфомы Ходжкина) средние значения КТМИв и КТМИн значительно различались. Значения составили 0,21 и 0,25 в группе нормальной МПК, 0,14 и 0,18 в группе с остеопорозом [11].

В данном исследовании средние значения ментального индекса компьютерной томографии составили 3,73 – для группы пациентов с нормальными значениями МПК и 3,54 – для группы со сниженными значениями МПК. По данным С.В. Brasileiro и соавторов (пациенты старше 50 лет, без лимфомы Ходжкина) МИКТ составил 3,22 мм в группе с нормальной МПК и 2,23 мм в группе с остеопорозом [11]. Отсутствие значимых различий между индексами для пациентов с

лимфомой Ходжкина объясняется молодым возрастом пациентов. Снижение МПК у данной группы пациентов незначительно влияет на толщину кортикальной пластинки и высоту альвеолярной части нижней челюсти, что отражается на измеряемых компьютерно-томографических индексах. R.A. Mostafa и соавторы отмечают, что модифицированные компьютерно-томографические индексы можно использовать в качестве вспомогательного инструмента для направления пациентов с риском остеопороза на дальнейшее обследование [12].

В нашем исследовании только 17% пациентов со сниженной МПК имели II тип КИКТ, остальные 83% – имели I тип КИКТ, как и 100% пациентов с нормальными значениями МПК, III тип КИКТ не был выявлен ни в одном случае. Таким образом, КИКТ – не является надежным индексом для косвенной оценки снижения МПК у пациентов с лимфомой Ходжкина. Это связано также с незначительным влиянием снижения МПК в молодом возрасте на толщину и качество кортикального слоя нижней челюсти. K.J. Koh и соавторы исследовали группу женщин в постменопаузе (старше 50 лет) и показали статистически-значимую разницу между I и III типами КИКТ у пациенток с нормальными значениями МПК и остеопорозом [13]. J.G.K. Castro и соавторы отмечают, что КИКТ является полезным индексом для выявления па-

циенток с остеопорозом в постменопаузе [14].

Согласованность между исследователями для вычисления компьютерно-томографических индексов колебалась от значимой до полной ($k > 0,78$). Согласованность говорит о высокой воспроизводимости компьютерно-томографических индексов для данной группы пациентов. На согласованность измерений индексов между исследователями могла повлиять погрешность в линейных измерениях. А.Е. Carneiro и соавторы по результатам мета-анализа сообщают об адекватной точности и сильной согласованности между исследователями и внутри исследователей для линейных измерений при конусно-лучевой КТ [15]. Кроме того, авторы отмечают сильную согласованность для линейных измерений между низко-дозовыми протоколами сканирования при КЛКТ и стандартными протоколами. Таким образом, используя низко-дозовый протокол сканирования, можно уменьшить дозовую нагрузку на пациента без потери качества линейных измерений.

В нашем исследовании статистически-значимые, слабые и положительные корреляции получены между МПК, Z-критерием и КТМИв, между Z-критерием и КТМИн. Остальные корреляции – слабые, незначительные и статистически не значимые. I.R. Roiana и соавторы показали положительную корреляцию между КТМИв, КИКТ и МПК у пациентов с вторичным остеопорозом на фоне сахарного диабета, акромегалии и синдрома Кушинга [16, 17]. Но все пациенты в приведенном исследовании были старше 50 лет (средний возраст $65,15 \pm 9,12$ лет) и в постменопаузе.

Выявлено, что при значениях КТМИв менее 0,25 у 73% пациентов с лимфомой Ходжкина будет выявляться снижение МПК, при КТМИв менее 0,20 – у 95% пациентов будет наблюдаться снижение МПК. При значениях МИКТ более 3,6 – 50% пациентов будут иметь нормальные значения МПК, при МИКТ более 4,4 – 90% пациентов будут иметь нормальную МПК, при МИКТ менее 3,4 – 80% пациентов будут иметь сниженную МПК. Прогностическая возможность КТМИн – низ-

кая.

Выводы.

1. Модифицированные компьютерно-томографические индексы у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина являются хорошо воспроизводимыми с высокими значениями согласованности между исследователями.

2. Верхний компьютерно-томографический мандибулярный индекс менее 0,25 и ментальный индекс компьютерной томографии менее 3,4 у пациентов с лимфомой Ходжкина могут служить косвенными признаками снижения МПК. При выявлении индексов ниже пороговых значений это может быть показанием для назначения двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии или количественной КТ.

3. Кортикальный индекс компьютерной томографии, нижний компьютерно-томографический мандибулярный индекс не являются надежными прогностическими индексами в выявлении снижения МПК у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина.

4. Конусно-лучевая КТ может являться полезным инструментом для скрининга сниженной МПК и остеопороза у молодых пациентов с лимфомой Ходжкина.

Ограничения исследования.

Наше исследование имеет несколько ограничений. Во-первых, размер выборки был относительно небольшим, а количество пациентов со сниженной МПК было относительно недостаточным. Во-вторых, исследование было одноцентровым, выполнялось на одном конусно-лучевом компьютерном томографе. В-третьих, в выборке нашего исследования преобладали женщины над мужчинами. Необходимы дальнейшие исследования на большей выборке для корректировки полученных пороговых значений, а также на конусно-лучевых КТ разных производителей.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Аббасбейли Ф.М., Зейналова П.А., Вернюк М.А. и др. Особенности состава костного мозга и возможности диагностики опухолевого поражения у пациентов с классической лимфомой Ходжкина. *Онкогематология*. 2023; 18 (3): 84-91. DOI:10.17650/1818-8346-2023-18-3-84-91.
2. Compston J.E. Management of glucocorticoid-induced osteoporosis. *Nature Rev. Rheumatol*. 2010; 6: 82-88. DOI: 10.1038/nrrheum.2009.259.
3. Staa van T.P., Leufkens H.G., Cooper C. The epidemiology of corticosteroid- induced osteoporosis: a meta-analysis.

- Osteoporos Int. 2002; 13: 777-787. DOI: 10.1007/s001980200108.
4. Баранова И.А. и др. Оценка частоты и факторов риска низкоэнергетических переломов скелета по данным опроса больных хроническими воспалительными заболеваниями. Результаты многоцентрового исследования Российской ассоциации по остеопорозу ГЛЮКОСТ. Остеопороз и остеопатии. 2014; 17 (3): 9-14. DOI: 10.14341/osteo201439-14.
5. Canalis E., Mazziotti G., Giustina A., Bilezikian J.P. Glucocorticoid-induced osteoporosis: pathophysiology and therapy. Osteoporos Int. 2007; 18: 1319-1328. DOI: 10.1007/s00198-007-0394-0.
6. Hofbauer L.C., Rauner M. Minireview: live and let die: molecular effects of glucocorticoids on bone cells. Mol. Endocrinol. 2009; 23: 1525-1531. DOI: 10.1210/me.2009-0069.
7. Calciolari E., Donos N., Park J.C. et al. Panoramic measures for oral bone mass in detecting osteoporosis: a systematic review and meta-analysis. J. Dent. Res. 2015; 94 (3 Suppl): 17S-27S. DOI: 10.1177/0022034514554949.
8. Ledgerton D., Horner K., Devlin H., Worthington H. Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population. Dentomaxillofac. Radiol. 1999; 28 (3): 173-181. DOI: 10.1038/sj/dmfr/4600435.
9. Nakamoto T., Taguchi A., Kakimoto N. Osteoporosis screening support system from panoramic radiographs using deep learning by convolutional neural network. Dentomaxillofac. Radiol. 2022; 51 (6): 20220-20135. DOI: 10.1259/dmfr.20220135.
10. Isayev A., Velieva N., Isedisha L. et al. Cone-Beam Computed Tomography as a Prediction Tool for Osteoporosis in Postmenopausal Women: A Systematic Literature Review. Diagnostics (Basel). 2023; 13 (6): 1027. DOI: 10.3390/diagnostics13061027.
11. Brasileiro C.B., Chalub L.H., Abreu M.G. et al. Use of cone beam computed tomography in identifying postmenopausal women with osteoporosis. Arch. Osteoporos. 2017; 12 (1): 26. DOI: 10.1007/s11657-017-0314-7.
12. Mostafa R.A., Arnout E.A., Abo El-Fotouh M.M. Feasibility of cone beam computed tomography radiomorphometric analysis and fractal dimension in assessment of postmenopausal osteoporosis in correlation with dual X-ray absorptiometry. Dentomaxillofac. Radiol. 2016; 45 (7): 20160212. DOI: 10.1259/dmfr.20160212.
13. Koh K.J., Kim K.A. Utility of the computed tomography indices on cone beam computed tomography images in the diagnosis of osteoporosis in women. Imaging Sci. Dent. 2011; 41: 101-106. DOI: 10.5624/isd.2011.41.3.101.
14. Castro J.G.K., Carvalho B.F., Melo N.S. et al. A new cone-beam computed tomography-driven index for osteoporosis prediction. Clin. Oral. Investig. 2020; 24: 3193-3202. DOI:10.1007/s00784-019-03193-4.
15. Carneiro A.E., Reis I.R, Bitencourt F.V. et al. Accuracy of linear measurements for implant planning based on low-dose cone beam CT protocols: a systematic review and meta-analysis. Dentomaxillofac. Radiology. 2024; 53 (4): 207-221. DOI: 10.1093/dmfr/twae007.
16. Poiana I.R., Burcea I.F., Pituru Silviu-Mirel, Bucur A. Comprehensive assessment of primary and secondary low bone mass using Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Cone Beam Computed Tomography – a cross-sectional study. Dentomaxillofac. Radiology. 2025; 17: twaf030. DOI: 10.1093/dmfr/twaf030.
17. Ramachandra Reddy Gowda Venkatesha, Karthik Rajaram Mohan, Ezhilarasi Arumugam Ven-katachalam Sargurunathan, Reethika Rathan, Ignatious Jeba Mary Rajkumar. Radiological insights into intraosseous compound odontomas through 3D CBCT imaging. REJR 2025; 15(3):260-266. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-3-260-266.

References:

1. Abbasbeyli F.M., Zeynalova P.A., Vernyuk M.A. et al. Bone marrow composition features and possibilities of tumor involvement diagnosing in patients with classic Hodgkin's lymphoma. Oncohematology. 2023; 18 (3): 84-91. DOI:10.17650/1818-8346-2023-18-3-84-91 (in Russian).
2. Compston J.E. Management of glucocorticoid-induced osteoporosis. Nature Rev. Rheumatol. 2010; 6: 82-88. DOI: 10.1038/nrrheum.2009.259.
3. Staa van T.P., Leufkens H.G., Cooper C. The epidemiology of corticosteroid- induced osteoporosis: a meta-analysis. Osteoporos Int. 2002; 13: 777-787. DOI: 10.1007/s001980200108.
4. Baranova I.A. et al. Prevalence and risk factors of low-energy skeletal fractures in patients with chronic inflammatory diseases. the results of a multicenter study of the russian association on osteoporosis GLUKOST. Osteoporosis and Bone Diseases. 2014; 17 (3): 9-14. DOI: 10.14341/osteo201439-14 (in Russian).
5. Canalis E., Mazziotti G., Giustina A., Bilezikian J.P. Glucocorticoid-induced osteoporosis: pathophysiology and therapy. Osteoporos Int. 2007; 18: 1319-1328. DOI: 10.1007/s00198-007-0394-0.
6. Hofbauer L.C., Rauner M. Minireview: live and let die: molecular effects of glucocorticoids on bone cells. Mol. Endocrinol. 2009; 23: 1525-1531. DOI: 10.1210/me.2009-0069.
7. Calciolari E., Donos N., Park J.C. et al. Panoramic measures for oral bone mass in detecting osteoporosis: a systematic review and meta-analysis. J. Dent. Res. 2015; 94 (3 Suppl): 17S-27S. DOI: 10.1177/0022034514554949.
8. Ledgerton D., Horner K., Devlin H., Worthington H. Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population. Dentomaxillofac. Radiol. 1999; 28 (3): 173-181. DOI: 10.1038/sj/dmfr/4600435.
9. Nakamoto T., Taguchi A., Kakimoto N. Osteoporosis screening support system from panoramic radiographs using deep learning by convolutional neural network. Dentomaxillofac. Radiol. 2022; 51 (6): 20220-20135. DOI: 10.1259/dmfr.20220135.
10. Isayev A., Velieva N., Isedisha L. et al. Cone-Beam Computed Tomography as a Prediction Tool for Osteoporosis in Postmenopausal Women: A Systematic Literature Review. Diagnostics (Basel). 2023; 13 (6): 1027. DOI: 10.3390/diagnostics13061027.
11. Brasileiro C.B., Chalub L.H., Abreu M.G. et al. Use of cone beam computed tomography in identifying postmenopausal women with osteoporosis. Arch. Osteoporos. 2017; 12 (1): 26.

DOI: 10.1007/s11657-017-0314-7.

12. Mostafa R.A., Arnout E.A., Abo El-Fotouh M.M. Feasibility of cone beam computed tomography radiomorphometric analysis and fractal dimension in assessment of postmenopausal osteoporosis in correlation with dual X-ray absorptiometry. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2016; 45 (7): 20160212. DOI: 10.1259/dmfr.20160212.

13. Koh K.J., Kim K.A. Utility of the computed tomography indices on cone beam computed tomography images in the diagnosis of osteoporosis in women. *Imaging Sci. Dent.* 2011; 41: 101-106. DOI: 10.5624/isd.2011.41.3.101.

14. Castro J.G.K., Carvalho B.F., Melo N.S. et. al. A new cone-beam computed tomography-driven index for osteoporosis prediction. *Clin. Oral. Investig.* 2020; 24: 3193-3202. DOI:10.1007/s00784-019-03193-4.

15. Carneiro A.E., Reis I.R., Bitencourt F.V. et al. Accuracy of

linear measurements for implant planning based on low-dose cone beam CT protocols: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofacial. Radiology.* 2024; 53 (4): 207-221. DOI: 10.1093/dmfr/twae007.

16. Poiana I.R., Burcea I.F., Pituru Silviu-Mirel, Bucur A. Comprehensive assessment of primary and secondary low bone mass using Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Cone Beam Computed Tomography – a cross-sectional study. *Dentomaxillofacial Radiology.* 2025; 17: twaf030. DOI: 10.1093/dmfr/twaf030.

17. Ramachandra Reddy Gowda Venkatesha, Karthik Rajaram Mohan, Ezhilarasi Arumugam Ven-katachalam Sargurunathan, Reethika Rathan, Ignatious Jeba Mary Rajkumar. Radiological insights into intraosseous compound odontomas through 3D CBCT imaging. *REJR* 2025; 15(3):260-266. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-3-260-266.