

УДК 616.716.8-006.343-002.3-036.84-089.15-07-08.  
DOI 10.11603/2311-9624.2017.3.8066

©С. Т. Гаврильців

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

## Вивчення оптичної щільності щелепових кісток у хворих із радикулярними кістами на тлі остеопорозу та без порушень мінерального обміну

**Резюме.** Вивчення оптичної щільності кісткової тканини щелеп при деструктивних процесах, зумовлених розвитком радикулярних кіст у хворих без порушень процесу кісткового ремоделювання та на тлі остеопорозу, викликає значний науковий та практичний інтерес.

**Мета дослідження** – провести порівняльну оцінку оптичної щільності щелепових кісток у ділянках, прилеглих до радикулярних кіст з урахуванням остеорегенераторного статусу хворих.

**Матеріали і методи.** Обстежено 45 пацієнтів (20 чоловіків і 25 жінок) віком від 20 до 70 років із радикулярними кістами щелеп, які перебували на амбулаторному лікуванні у хірургічному відділі медичного стоматологічного центру Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького. Визначення мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) скелета у хворих проводили за допомогою ультразвукового кісткового денситометра «Achilles» фірми LUNAR Corp. (США) шляхом вимірювання часу проходження ультразвукової хвилі через п'яткову кістку. Мінеральну щільність кісткової тканини у хворих проаналізовано за Z-критерієм. Усім пацієнтам виконано стандартні ортопантомограми на рентгенодіагностичному апараті Orthophos XG (Sirona). Для якісної характеристики кортикального шару нижньої щелепи використовували індекс МСІ (мандибулярно-кортикальний індекс) за E. Klemetti та співавт. (1994). Цифрові ортопантомограми аналізували за допомогою програмного засобу ImageJ. Визначали оптичну щільність кісткової тканини в ділянці, що безпосередньо прилегла до оболонки радикулярної кісти, та порівнювали з інтактною кісткою на симетричному боці щелепи. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень проводили за допомогою комп'ютерної програми статистичних обчислень Statistica 8.

**Результати досліджень та їх обговорення.** У результаті проведеної ультразвукової денситометрії, дослідження МЩКТ п'яткової кістки у 17 жінок віком від 45 до 60 років виявлено ознаки остеопенії та остеопорозу. Показники МЩКТ у межах вікової норми були виявлені у 8 обстежених жінок віком до 45 років. Серед обстежених чоловіків усіх вікових груп ознаки вікової норми виявлено значно частіше – у 14 випадках. Показники індексу МСІ нижньої щелепи у 87 % випадків прямо корелювали зі станом мінеральної щільності кісток, визначеним методом ультразвукової денситометрії, що узгоджується із літературними даними. При відсутності системних порушень мінерального обміну показники оптичної щільності в ділянках, які прилегли безпосередньо до оболонок радикулярних кіст, були вищими, порівняно з інтактними кістками ( $p < 0,05$ ), що свідчить, на нашу думку, про задовільну компенсаторну реакцію кісткової тканини, яка зазнає хронічного патологічного впливу (компресію) з боку оболонки кісти. У хворих на тлі системного остеопорозу виявлено зниження оптичної щільності щелепових кісток, порівняно з пацієнтами, в яких були відсутні фонові порушення мінерального обміну. В ділянках, прилеглих до радикулярних кіст, спостерігалось більш виражене зниження оптичної щільності.

**Висновки.** Стан мінерального обміну в організмі хворого впливає на його остеорегенераторний потенціал в щелепових кістках, зокрема на компенсаторну реакцію у відповідь на тривалий патологічний вплив (компресію) з боку радикулярної кісти. Порівняння оптичної щільності кісткової тканини щелепи, прилеглої до оболонки радикулярної кісти, з такими показниками на інтактній стороні може бути використано як скринінговий тест при вивченні остеорегенераторного потенціалу у хворих і має враховуватися при виборі методів хірургічного лікування.

**Ключові слова:** остеопороз; остеорегенераторний потенціал; кортикальний індекс щелепи; радикулярна кіста; оптична щільність.

©С. Т. Гаврыльцев

Львовский национальный медицинский университет имени Данила Галицкого

## Изучение оптической плотности челюстных костей у больных с радикулярными кистами на фоне остеопороза и без нарушений минерального обмена

**Резюме.** Изучение оптической плотности костной ткани челюстей при деструктивных процессах, обусловленных развитием радикулярных кист у больных без нарушений процесса костного ремоделирования и на фоне остеопороза, вызывает значительный научный и практический интерес.

**Цель исследования** – провести сравнительную оценку оптической плотности челюстных костей в участках, расположенных в непосредственной близости к радикулярным кистам с учетом остеорегенеративного статуса больных.

**Материалы и методы.** Обследовано 45 пациентов (20 мужчин и 25 женщин) в возрасте от 20 до 70 лет с радикулярными кистами челюстей, которые находились на амбулаторном лечении в хирургическом отделении медицинского стоматологического центра Львовского национального медицинского университета имени Данила Галицкого. Изучение минеральной плотности костной ткани (МПКТ) скелета у больных проводилось с помощью ультразвукового костного денситометра «Achilles» фирмы LUNAR Corp. (США) путем измерения времени прохождения ультразвуковой волны через пятую точную кость. Минеральную плотность костной ткани у больных анализировали по Z-критерию. Всем пациентам были выполнены стандартные ортопантограммы на рентгенодиагностическом аппарате Orthophos XG (Sirona). Для качественной характеристики кортикального слоя нижней челюсти использовали индекс МСІ (мандибулярный-кортикальный индекс) по E. Klemetti и соавт. (1994). Цифровые ортопантограммы анализировали с помощью программного средства ImageJ. Определяли оптическую плотность костной ткани в области, непосредственно прилегающей к оболочке радикулярной кисты, и сравнивали с интактной костью на симметричной стороне челюсти. Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с помощью компьютерной программы статистических вычислений Statistica 8.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате проведенной ультразвуковой денситометрии, исследования МПКТ пяточной кости у 17 женщин в возрасте от 45 до 60 лет обнаружены признаки остеопении или остеопороза. Показатели МПКТ в пределах возрастной нормы были выявлены у 8 обследованных женщин в возрасте до 45 лет. Среди обследованных мужчин признаки возрастной нормы выявлено значительно чаще – в 14 случаях. Показатели индекса МСІ нижней челюсти в 87 % случаев прямо коррелировали с состоянием минеральной плотности костей, определенную методом ультразвуковой денситометрии, что согласуется с литературными данными. При отсутствии системных нарушений минерального обмена показатели оптической плотности в участках, расположенных в непосредственной близости к оболочке радикулярной кисты, были выше, по сравнению с интактными костями ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует, по нашему мнению, о компенсаторной реакции костной ткани, которая испытывает хроническое патологическое воздействие (компрессию) со стороны оболочки кисты. У больных на фоне системного остеопороза выявлено снижение оптической плотности челюстных костей, по сравнению с пациентами, у которых отсутствовали фоновые нарушения минерального обмена. В участках челюстей, непосредственно контактирующих с оболочкой радикулярных кист, наблюдалось более выраженное снижение оптической плотности.

**Выводы.** Состояние минерального обмена в организме больного влияет на его остеорегенераторный потенциал в челюстных костях, в частности на уровень компенсаторной реакции в ответ на длительное патологическое влияние (компрессию) со стороны радикулярной кисты. Сравнение оптической плотности костной ткани челюсти, расположенной в непосредственной близости к оболочке радикулярной кисты, и интактной стороны может быть использовано как скрининговый тест при изучении остеорегенераторного потенциала у больных и должно учитываться при выборе методов хирургического лечения.

**Ключевые слова:** остеопороз; остеорегенераторный потенциал; кортикальный индекс челюсти; радикулярная киста; оптическая плотность кости.

©S. T. Havryltsiv

Danylo Halytskyi Lviv National Medical University

## The study of the optical density of the jaw bones in patients with radicular cysts against the background of osteoporosis and without disturbances in the mineral metabolism

**Summary.** There is a significant scientific and practical interest in the study of bone mineral density in the jaw destructive processes caused by tumors in patients without bone remodeling disorders on the background of osteoporosis.

**The aim of the study** – to conduct a comparative evaluation of jaw bone optical density in areas adjacent to radicular cysts depending on the osteoregenerating status of patients.

**Materials and Methods.** 45 patients (20 males and 25 females) aged 20 to 70 years with radicular jaw cysts who were on an outpatient treatment at the Surgical Department of the Medical Stomatological Center of Danylo Halytskyi Lviv National Medical University were examined. Determination of bone mineral density (BMD) in patients was conducted by ultrasound bone densitometer Achilles (LUNAR Corp. (USA)) by measuring the time of ultrasonic waves pass through the calcaneus. Bone mineral density in patients was analyzed for the Z criterion. All patients underwent standard orthopantomograms on an X-ray apparatus Orthophos XG (Sirona). For the qualitative characteristics of mandibular cortical layer we used MCI index (mandibular cortical index) by Klemetti E. et al. (1994). According to published data, the index serves as an indicator of MCI systematic reduction of mineral density of the facial skeleton. Digital orthopantomograms analyzed by using the ImageJ software, which allows measuring the optical density of bone tissue at any selected jawbone area in standard brightness units in grayscale from 0 to 256 (the minimum values correspond to the background of the radiographs). The optical density of bone tissue was determined in a region directly adjacent to the shell of the radicular cyst, and compared with the intact bone on the symmetrical side of the jaw. Statistical analysis of the research results was carried out by a computer program of statistical calculation Statistica 8.

**Results and Discussion.** As a result of ultrasound densitometry of the calcaneus in 17 women aged 45 to 60 years, we found signs of osteopenia and osteoporosis. Indicators of BMD within the age norm were detected in 6 surveyed women who were younger than 45 years. Among the surveyed men of all ages signs of age norms were found much more frequently – in 11 cases. The MCI mandible index is in 87 % of cases directly correlated with state of bone mineral density determined by ultrasound densitometry, which is being consisted with literature data. In the absence of systemic disorders of mineral metabolism, the parameters of optical density in areas adjacent to the shells of the radicular cysts were higher compared to intact bones ( $p < 0.05$ ), which, in our opinion, testifies about the compensatory reaction of the bone tissue that is subjected to pathological influence (compression) from the side of the cyst shell. On the background of systemic osteoporosis, optic density of jaw bones in the area of injury compared to intact sides is decreased.

**Conclusions.** Determination of the optical density of the jaw bones adjacent to the radicular cysts can be used as a screening test for the study of osteo-regenerative potential in patients and should be taken into account when choosing surgical treatment methods.

**Key words:** osteoporosis; osteoregenerator potential; cortical index of jaw; radicular cyst; optical density of bone.

**Вступ.** За останнє десятиріччя у клінічній практиці з метою вивчення стану кісткової тканини почав широко використовуватися денситометричний метод діагностики [1–3]. Його застосовують у хірургічній стоматології для скринінгової оцінки стану пародонта, при визначенні показань до дентальної імплантації та на етапах остеointegraції імплантів [4, 5]. Цей метод діагностики дав можливість виявити морфологічні зміни в щелепових кістках на тлі метаболічних остеопатій [6–12]. Однак клінічних досліджень з вивчення реакцій кісткової тканини щелеп у відповідь на роз-

виток радикальних кіст в умовах порушень мінерального обміну в пацієнтів ще не проводилось.

**Метою дослідження** було провести порівняльну оцінку оптичної щільності щелепових кісток у ділянках, прилеглих до радикальних кіст на тлі остеопорозу.

**Матеріали і методи.** Обстежено 45 пацієнтів (20 чоловіків і 25 жінок) віком від 20 до 70 років із радикальними кістами щелеп, які перебували на амбулаторному лікуванні у хірургічному відділі медичного стоматологічного центру Львівського національного медич-

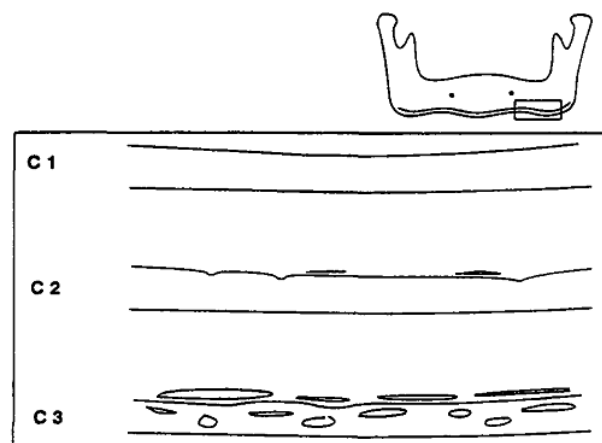
ного університету імені Данила Галицького. Пацієнтам проводили клінічне обстеження. Визначення мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) виконували за допомогою ультразвукового кісткового денситометра «Achilles» фірми LUNAR Corp. (США) шляхом вимірювання часу проходження ультразвукової хвилі через п'яткову кістку (метод скринінгу для виявлення пацієнтів із груп ризику остеопорозу), який залежить від її щільності та еластичності. Мінеральну щільність кісткової тканини у хворих проаналізовано за Z-критерієм, що відображає, на яку частку середнього квадратичного відхилення відрізняється індекс міцності кісткової тканини пацієнта, порівняно з віковою нормою, згідно з критеріями ВООЗ. Нормальну мінеральну щільність кісткової тканини оцінюють при значеннях Z вище  $-1,0$  SD, ознаки остеопенії при Z від  $-2,0$  до  $-1,0$  SD та ознаки остеопорозу при Z менше двох стандартних відхилень. Усім пацієнтам виконано стандартні ортопантограми на рентгенодіагностичному апараті Orthophos XG (Sirona). Для якісної характеристики кортикального шару нижньої щелепи використовували індекс MCI (мандибулярно-кортикальний індекс) за E. Klemetti та співавт. [13]. При цьому оцінювали морфологічні характеристики кортикальної пластинки нижньої щелепи, розташованої нижче ментального отвору. Залежно від морфологічних характеристик, виділяють три її типи: нормальний кортикальний шар С1 – внутрішня межа кортикальної пластинки чітка і рівна, дещо ушкоджений кортикальний шар; С2 – край кортикального шару має поодинокі півмісяцеві дефекти з розшаруванням кортикальної пластинки з одного або двох боків, значно ушкоджений кортикальний шар; С3 – межа нечітка, нерівна кортикальна пластинка багатшарова, порозна, має безліч дефектів (рис. 1). Значення індексу MCI є проявом в щелепно-лицевій ділянці системних змін мінерального обміну кісткової системи людини [14, 15]. Цифрові ортопантограми аналізували за допомогою програмного засобу ImageJ, розробленого в 2007 р. National Institutes of Health (Канада), який дозволяє вимірювати оптичну щільність кісткової тканини в будь-якій вибраній ділянці щелепової кістки в умовних одиницях яскравості (ум. од.) у градаціях сірого – від 0 до 256 (мінімальні значення відповідали фону рентгенограми) [16–18]. На даний час цей про-

грамний засіб почали широко застосовувати в клінічній практиці при рентгенологічному обстеженні лицевих кісток (ортопантомограмах) [19–21]. У кожному клінічному випадку визначали оптичну щільність кісткової тканини в ділянці, яка безпосередньо прилягала до оболонки радикулярної кістки та порівнювали з інтактною кісткою на симетричному боці досліджуваної щелепи. Серед отриманих результатів вимірювання ми враховували лише найпоширеніші значення цифрових даних – моду. Приріст оптичної щільності кісткової тканини (ПОЩКТ) у ділянках, прилеглих до кіст, обчислювали за формулою:

$$\text{ПОЩКТ} (\%) = (\text{Р ОЩКТ} / \text{ОЩКТі}) \times 100 \%,$$

де: Р ОЩКТ – різниця показників (моди) оптичної щільності кісткової тканини на боці ураження та на інтактній стороні,

ОЩКТі – показники (моди) оптичної щільності кісткової тканини на інтактній стороні.



**Рис. 1.** Морфологічні характеристики стану кортикальної пластинки нижньої щелепи на ортопантограмі за кортикальним індексом (MCI) E. Klemetti (1994).

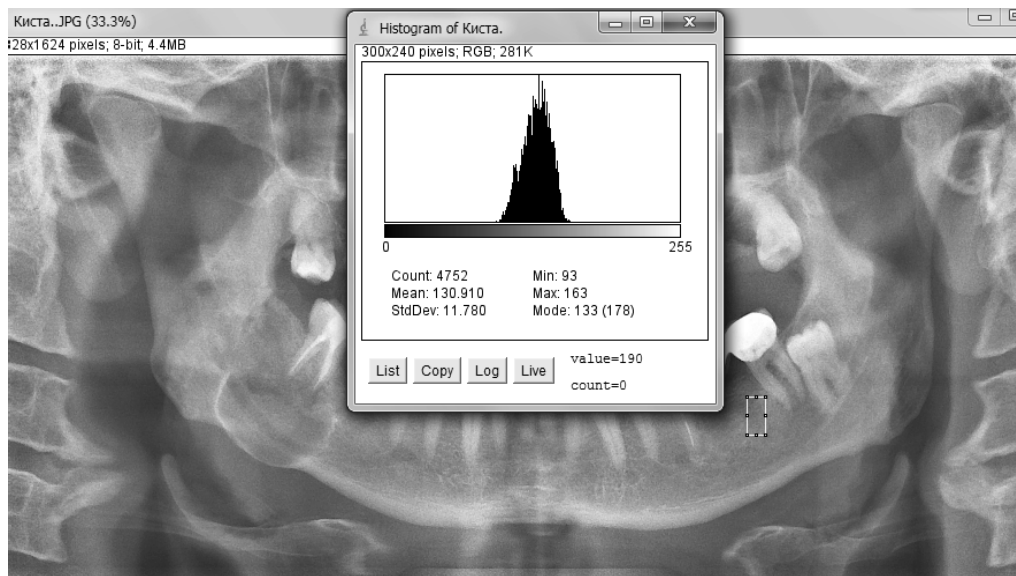
Розрізняли радикулярні кістки малих розмірів, що розташовані в межах альвеолярного сегмента тільки одного зуба (1–1,5 см), радикулярні кістки середніх розмірів, які розташовані в межах альвеолярних сегментів двох – трьох зубів (2–3 см), радикулярні кістки великих розмірів, що розташовані в межах альвеолярних сегментів більше ніж трьох зубів (>3 см).

Статистичну обробку отриманих результатів досліджень проводили за допомогою комп'ютерної програми статистичних обчислень Statistica 8.

**Результати досліджень та їх обговорення.** При дослідженні мінеральної щільності кіст-

кової тканини за допомогою ультразвукової денситометрії п'яткової кістки у 17 жінок віком від 45 до 70 років виявлено ознаки остеопенії та остеопорозу. Остеопороз було діагностовано у 9 пацієнток, остеопенія спостерігалась у 8 жінок, всі вони перебували в постменопаузальному періоді. Показники МЩКТ у межах вікової норми були в 8 обстежених жінок віком до 45 років. В обстежених чоловіків частіше зберігалась вікова норма цього показника за даними денситометрії – у 14 випадках.

Ознаки остеопенії діагностовано в 4 випадках та остеопороз у 2 випадках. Показники індексу МСІ нижньої щелепи в 87 % випадків як у жінок, так і в чоловіків прямо корелювали зі станом мінеральної щільності п'яткових кісток, визначеним методом ультразвукової денситометрії. При відсутності у пацієнтів порушень мінерального обміну типовість значень (моди) оптичної щільності кісткової тканини верхньої щелепи становила  $(118,3 \pm 2,5)$  ум. од., на нижній щелепі –  $(135,5 \pm 6,0)$  ум. од. (рис. 2).

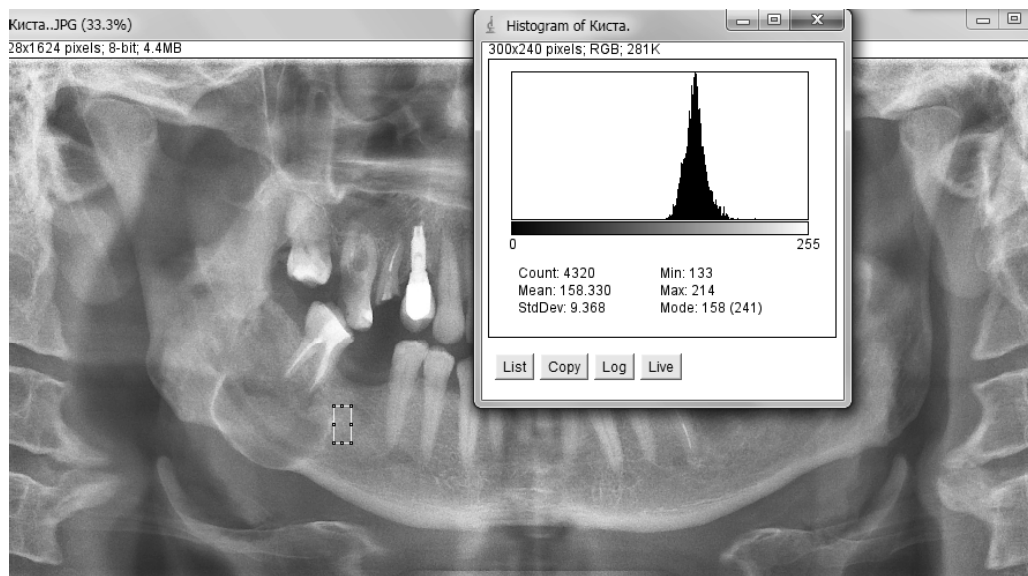


**Рис. 2.** Вимірювання оптичної щільності кісткової тканини на інтактній стороні нижньої щелепи за допомогою програмного засобу ImageJ. Показник оптичної щільності (мода) – 133 ум. од.

При відсутності системних порушень мінерального обміну в пацієнтів показники оптичної щільності в ділянках щелеп, які прилегли до оболонок радикарних кіст, були вищими, порівняно з інтактними кістками на симетричних боках:  $(129,4 \pm 5,8)$  ум. од. – на верхній щелепі та  $(158,1 \pm 4,2)$  ум. од. – на нижній щелепі ( $p < 0,05$ ). Показник ПОЩКТ у ділянках, прилеглих до радикарної кістки, становив: на верхніх щелепах 9,4 %, а на нижніх – 16,7 % відповідно. Це свідчить, на нашу думку, про адекватну компенсаторну реакцію кісткової тканини, яка зазнає тривалого патологічного впливу (компресії) з боку оболонки кістки (рис. 3, 4). Слід зазначити, що показники ПОЩКТ у ділянках, прилеглих до пухлиноподібних новоутворень, залежали від розмірів кіст та місця їх розташування на щелепах. Простежувався прямий кореляційний зв'язок між розмірами радикарних кіст та морфологічними проявами захисної реакції кісткової тканини на неї. Цей процес був більш виражений у боко-

вих ділянках щелеп, де розташовані моляри. При малих розмірах радикарних кіст (1–1,5 см) із локалізацією на верхніх щелепах, реакції ущільнення прилеглої кісткової тканини були слабше виражені, а показник ПОЩКТ був статистично недостовірним ( $p > 0,05$ ).

На тлі постменопаузального остеопорозу в жінок на рентгенограмах простежувались його морфологічні ознаки на нижніх щелепах: індекс МСІ характеризувався структурними ознаками С2-й С3-типів кортикальної пластинки. В цих випадках також спостерігали зниження оптичної щільності в інтактних ділянках щелепових кісток, порівняно з такими показниками у пацієнтів, які не мали метаболічних порушень мінерального обміну –  $(101,8 \pm 5,9)$  ум. од. (на верхніх щелепах) та  $(128,7 \pm 5,1)$  ум. од. (на нижніх щелепах) ( $p < 0,05$ ). Крім того, у хворих при остеопорозі виявлено більше зниження оптичної щільності кісток у ділянках, прилеглих до пухлиноподібних новоутворень (табл.), що свідчить про зменшен-



**Рис. 3.** Вимірювання оптичної щільності кісткової тканини нижньої щелепи, прилеглої до радикальної кісти, за допомогою програмного засобу ImageJ. Показник оптичної щільності (мода) – 158 ум. од.



**Рис. 4.** Діаграми оптичної щільності кісткової тканини нижньої щелепи у хворого із радикальною кістою без порушень мінерального обміну:  
ряд 1– діаграма діапазону оптичної щільності кісткової тканини на інтактній стороні нижньої щелепи;  
ряд 2 – діаграма діапазону оптичної щільності кісткової тканини нижньої щелепи в ділянці, прилеглої до радикальної кісти.

**Таблиця.** Показники оптичної щільності щелепових кісток у хворих із радикальними кістами без порушень мінерального обміну та на тлі остеопорозу

Стан мінерального обміну в кістковій тканині	Показник оптичної щільності кісток верхньої щелепи (мода), ум. од.		Показники оптичної щільності кісток нижньої щелепи (мода), ум. од.	
	інтактні ділянки щелеп	ділянки, прилеглі до радикальних кіст	інтактні ділянки щелеп	ділянки, прилеглі до радикальних кіст
Без порушень мінерального обміну (n=21)	118,3±2,5	129,4±5,8 p<0,05*	135,5±6,0	158,1±4,2 p<0,05*
На тлі остеопорозу (n=23)	101,8±5,9 p<0,05**	97,9±3,6 p>0,05*	128,7±5,1 p<0,05**	130,4±2,2 p>0,05*

Примітки: 1) \* – вірогідність відмінностей порівняно з показниками оптичної щільності в інтактних ділянках щелеп у своїй клінічній групі;

2) \*\* – вірогідність відмінностей порівняно з показниками оптичної щільності в інтактних ділянках щелеп у групі хворих без порушень мінерального обміну.

ня регенераторного потенціалу кісткової тканини при цьому захворюванні.

**Висновки.** Стан мінерального обміну в організмі хворого впливає на його остеорегенераторний потенціал в щелепових кістках, зокрема, на компенсаторну реакцію у відповідь на тривалий патологічний вплив (компресію) з боку радикулярної кісти. Порівняння оптич-

ної щільності кісткової тканини щелепи, прилеглої до оболонки радикулярної кісти, з такими показниками на інтактній стороні може бути використано як скринінговий тест при вивченні остеорегенераторних можливостей у хворих і має враховуватися при виборі методів хірургічного лікування.

### Список літератури

1. Бондаренко Н. Н. Измерение оптической плотности костной ткани альвеолярного отростка челюстей при заболеваниях пародонта с помощью трёхмерной компьютерной томографии / Н. Н. Бондаренко, Е. В. Балахонцева // Казанский медицинский журнал. – 2012. – Т. 93, № 4. – С. 660–662.
2. Рентгенівська денситометрія в оцінці структурно-функціонального стану кісткової тканини в пацієнтів із недосконалим остеогенезом / Ю. М. Гук, О. Г. Гайко, А. М. Зима // Журнал «Боль, суставы, позвоночник». – 2014. – № 31–32 (13–14). – С. 42–46.
3. Николаюк В. И. Денситометрия в диагностике патологии челюстно-лицевой области / В. И. Николаюк, А. А. Кабанова, Е. А. Карпенко // Вестник ВГМУ. – 2015. – Т. 14, № 5. – С. 114–120.
4. Атрушкевич В. Г. Диагностика и лечение заболеваний пародонта при нарушении минерального обмена : автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра. мед. наук : спец. 14.01.14 / В. Г. Атрушкевич. – М., 2010. – 45 с.
5. Гунько М. В. Особенности диагностики и комплексной терапии при использовании метода денгальной имплантации у больных системным остеопорозом : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.21 / М. В. Гунько. – М., 2009. – 19 с.
6. Taguchi A. Panoramic radiographs for identifying individuals with undetected osteoporosis / A. Taguchi // Japanese Dental Science Review. – 2009. – № 45. – P. 109–120.
7. Balcikonyte E. Panoramic radiographs in assessment of the bone mineral density / E. Balcikonyte, I. Balciuniene, V. Alekna // Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal. – 2004. – № 6. – P.17–19.
8. Nakamoto T. A computer-aided diagnosis system to screen for osteoporosis using dental panoramic radiographs / T. Nakamoto, A. Taguchi, M. Ohtsuka // Dentomaxillofacial Radiology. – 2008. – № 37. – P. 274–281.
9. Kavitha M. S. Diagnosis of osteoporosis from dental panoramic radiographs using the support vector machine method in a computeraided system / M. S. Kavitha, A. Asano, A. Taguchi // BMC Medical Imaging. – 2012. – № 12. – P. 1–11.

### References

1. Bondarenko, N.N. & Balokhontseva, Ye.V. (2012). Izmerenie opticheskoy plotnosti kostnoy tkani alveolyarnogo otrostka chelyustey pri zabolevaniyakh parodonty s pomoshchyu trekhmernoy kompyuternoy tomografii [Measurement of the optical density of the bone tissue of the alveolar process of the jaws in periodontal diseases

10. Role of panoramic radiographs in the detection of osteoporosis / S. Parlani, P. Nair, S. Agrawal [et al.] // Oral Hygiene & Health. – 2014. – Vol. 2, Issue 1. – P. 121. DOI: 10.4172/2332-0702.1000121
11. Pankaj R. Bodade. Panoramic radiography for screening postmenopausal osteoporosis in India: a pilot study / R. Bodade Pankaj, N. Mody Rajendra // OHDM. – 2013. – Vol. 12, № 2. – P. 65–72.
12. Analysis of bone quality on panoramic radiograph in osteoporosis research by fractal dimension / A. J. Camargo, A. R.G. Côrtes, E. M. Aoki [et al.] // Applied Mathematics. – 2016. – № 7. – P. 375–386.
13. Panoramic mandibular index and bone mineral densities in postmenopausal women / E. Klemetti, S. Kolmakov, P. Heiskanen [et al.] // Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. – 1993. – № 75. – P. 774–779.
14. White S. C. Oral radiographic predictors of osteoporosis / S. C. White // Dentomaxillofac. Radiol. – 2002. – № 31 (2). – P. 84–92.
15. Aggarwa A. Identification of postmenopausal women at risk of osteoporosis using panoramic and intraoral radiographs a review / A. Aggarwa, S. R. Panat // Minerva Stomatol. – 2012. – Vol. 61, № 7–8. – P. 323–328.
16. Image processing with ImageJ / M. D. Abramoff, A. Magalhães, J. Paulo [et al.] // Biophotonics International. – 2004. – № 5. – P. 36–42.
17. Yasar F. The effects of image compression on quantitative measurements of digital panoramic radiographs / F. Yasar, B. Apaydin, H. H. Yilmaz // Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal. – 2012. – P. 1074–1081.
18. Schneider C. A. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis / C. A. Schneider, W. S. Rasband, K. W. Eliceiri // Nat. Meth. – 2012. – P. 671–675.
19. Geiger M. Evaluation of ImageJ for relative bone density measurement and clinical application / M. Geiger, G. Blem, A. Ludwig // J. Oral Health Craniofac Sci. – 2016. – № 1. – P. 12–21.
20. Afonso Celso Souza de Assis. Hormone replacement therapy affects mandibular bone architecture in postmenopausal women: a fractal dimension assessment / Afonso Celso Souza de Assis, Thiago de Oliveira Gamba, Mari Eli Leonelli de Moraes // Rheumatol. Orthop. Med. – 2017. – Vol. 2, № 1. – P. 1–4.

with the help of three-dimensional computed tomography]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal – Kazan Medical Journal*, 93 (4), 660–662 [in Russian].

2. Huk, Yu.M., Haiko, O.H. Zyma, A.M. Kincha-Polishchuk, T.A. & Zotia, A.V. (2014). Renthenivska densytometriia v otsintsi strukturno-funktsionalnoho stanu kistkovo

- tkanyiny v patsientiv iz nedoskonalyim osteohenezom [X-ray densitometry in the assessment of the structural and functional status of bone tissue in patients with imperfect osteogenesis]. *Zhurnal «Bol, sustavy, pozvonochnik» – Journal “Pain, Joints, Spine”*, 31-32 (13-14), 42-46 [in Ukrainian].
3. Nikolayuk, V.I., Kabanova, A.A. & Karpenko, E.A. (2015). Densitometriya v diagnostike patologii chelyusno-litsevoy oblasti [Densitometry in the diagnosis of maxillofacial pathology]. *Vestnik VGMU – Journal of VSMU*, 14 (5), 114-120 [in Russian].
  4. Atrushkevich, V.G. (2010). Diagnostika i lechenie zabolevaniy parodonta pri narushenii mineralnogo obmena [Diagnosis and treatment of periodontal diseases in the violation of mineral metabolism]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Moscow [in Russian].
  5. Gunko, M.V. (2009). Osobennosti diagnostiki i kompleksnoy terapii pri ispolzovanii metoda dentalnoy implantatsii u bolnykh sistemnym osteoporozom [Osobennosti diagnostiki i kompleksnoy terapii pri ispolzovanii metoda dentalnoy implantatsii u bolnykh sistemnym osteoporozom]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
  6. Taguchi, A. (2009). Panoramic radiographs for identifying individuals with undetected osteoporosis. *Japanese Dental Science Review*, 45, 109-120.
  7. Balcikonyte, E., Balcuniene, I. & Alekna, V. (2004). Panoramic radiographs in assessment of the bone mineral density. *Stomatologiya, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, 6, 17-19.
  8. Nakamoto, T., Taguchi, A. & Ohtsuka, M. (2008). A computer-aided diagnosis system to screen for osteoporosis using dental panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 37, 274-281.
  9. Kavitha, M.S., Asano, A. & Taguchi, A. (2012). Diagnosis of osteoporosis from dental panoramic radiographs using the support vector machine method in a computer-aided system. *BMC Medical Imaging*, (12), 1-11.
  10. Parlani, S., Nair, P., Agrawal, S., Chitumalla, R., Beohar, G. & Katar, U. (2014). Role of panoramic radiographs in the detection of osteoporosis. *Oral Hygiene & Health*, (2), 1, 121. DOI: 10.4172/2332-0702.1000121
  11. Pankaj, R. Bodade, & Mody, N. Rajendra (2013). Panoramic radiography for screening postmenopausal osteoporosis in India: A pilot study. *OHDM*, 12 (2), 65-72.
  12. Camargo, A.J., Côrtes, A.R.G., Aoki, E.M., Baladi, M.G., Arita, E.S., & Watanabe, P.Ch.A. (2016). Analysis of bone quality on panoramic radiograph in osteoporosis research by fractal dimension. *Applied Mathematics*, (7), 375-386.
  13. Klemetti, E., Kolmakov, S. Heiskanen, P., Vainio P., & Lassila, V. (1993). Panoramic mandibular index and bone mineral densities in postmenopausal women. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, (75), 774-779.
  14. White, S.C. (2002). Oral radiographic predictors of osteoporosis. *Dentomaxillofac Radiol*, 31 (2), 84-92.
  15. Aggarwa, A. & Panat, S.R. (2012). Identification of postmenopausal women at risk of osteoporosis using panoramic and intraoral radiographs a review. *Minerva Stomatol*, (61), 7-8, 323-328.
  16. Abramoff, M.D., Magalhães, A., Paulo, J., & Ram, S.J. (2004). Image processing with ImageJ. *Biophotonics International*, 11, 7, 36-42.
  17. Yasar, F., Apaydin, B. & Yilmaz, H.H. (2012). The effects of image compression on quantitative measurements of digital panoramic radiographs. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.*, 1074-1081.
  18. Schneider, C.A., Rasband, W.S. & Eliceiri, K.W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat. Meth.*, 671-675.
  19. Geiger, M., Blem, G. & Ludwig, A. (2016). Evaluation of ImageJ for relative bone density measurement and clinical application. *J. Oral Health Craniofac Sci.*, (1), 12-21.
  20. Afonso Celso Souza de Assis, Thiago de Oliveira Gamba, Mari Eli Leonelli de Moraes (2017). Hormone replacement therapy affects mandibular bone architecture in postmenopausal women: a fractal dimension assessment. *Rheumatol. Orthop. Med.* (2), 1, 1-4.