

Кореляція щільності кістки окремих ділянок щелеп за Гаунсфілдом із довжиною ділянки адентії в програмі конусно-променевої комп'ютерної томографії

О. В. Сидор^{IB,D}, Т. В. Строгонова^{IB,D}, С. Д. Варжапетян^{IB} *A,C,D,E,F

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:

комп'ютерна томографія, щільність щелепи, обробка медичних зображень.

Патологія. 2023.
Т. 20, № 3(59).
С. 266-270

*E-mail:
sw050773@gmail.com

Мета роботи – вивчити наявність взаємозв'язку між щільністю кісткової тканини та протяжністю беззубої ділянки зубного ряду.

Матеріали та методи. Здійснили оцінювання щільності губчастої речовини щелеп за максимальним і середнім показниками за шкалою одиниць Гаунсфілда (HU). Щільність губчастої кістки оцінювали тільки в ділянках, доступних для встановлення імплантату. Пацієнтів поділили на групи залежно від локалізації та довжини дефекту зубного ряду. Методи статистики включали визначення середнього арифметичного значення (M), стандартного відхилення (σ), помилки середнього (m), довірчого інтервалу (95 % CI), а також оцінювання медіани (Me) та інквартильного розмаху ([Q1; Q2]); застосували критерій Стьюдента (t критерій).

Результати. Максимальні та середні показники щільності губчастої кістки у дефектах зубного ряду верхньої (562,4 [347,1; 777,8] HU і 301,5 [163,0; 439,9] HU відповідно, $p = 0,84$) та нижньої (1379,0 [1116,2; 1641,9] HU і 848,6 [630,6; 1066,6] HU відповідно, $p = 0,96$) щелеп у ділянках молярів і премолярів при «великих» дефектах достовірно відрізняються від параметрів «малих» дефектів (299,7 [176,9; 422,4] HU і 642,6 [470,4; 814,9] HU, 1061,1 [866,5; 1255,7] HU і 608,3 [440,5; 776,1] HU відповідно). Середня щільність кістки альвеолярного відростка верхньої щелепи майже однакова у дефектах із різною протяжністю. Середня щільність губчастої кістки альвеолярної частини нижньої щелепи у «великих» дефектах мають вірогідні відмінності від «середніх» ($p = 0,02$) і «малих» ($p = 0,005$) дефектів.

Висновки. Середня щільність губчастої кістки альвеолярної частини нижньої щелепи у «великих» дефектах має вірогідні відмінності від «середніх» ($p = 0,02$) і «малих» ($p = 0,0005$) дефектів, відповідає класу D3 (350–850 HU) за класифікацією Misch незалежно від протяжності дефекту зубного ряду. Середня щільність губчастої кістки альвеолярного відростка верхньої щелепи в ділянках молярів і премолярів не має достовірних відмінностей залежно від протяжності дефекту зубного ряду та відповідає класу D4 (150–350 HU) за класифікацією Misch. Клінічна класифікація Misch не дає змоги розглядати окремо всі варіанти середніх показників щільності кістки, що мають статистично вірогідні відмінності, в різних ділянках зубного ряду.

Key words:

computer tomography, bone density, medical image processing.

Pathologia, 2023.
20(3), 266-270

Correlation of bone density of individual jaw sections according to Hounsfield with the length of the edentary section in the cone-beam computer tomography program

O. V. Sydor, T. V. Strohonova, S. D. Varzhapetian

Aim. To study the existence of a relationship between the density of bone tissue and the length of the edentulous part of the tooth row.

Materials and methods. Evaluation of the density of the spongy substance of the jaws by the maximum and average value of HU. The density of cancellous bone was evaluated only in the areas available for implant placement. The groups consisted of the localization and extent of the dentition defect. Statistical methods included the estimation of the arithmetic mean (M), standard deviation (σ), error of the mean (m), confidence interval (95 % CI), estimation of the median (Me) and interquartile range ([Q1; Q2]), Student's test (t criterion).

Results. Maximum and average indicators of cancellous bone density in defects of the upper (562.4 [347.1; 777.8] and 301.5 [163.0; 439.9], respectively ($p = 0.84$) and lower (1379.0 [1116.2; 1641.9] HU and 848.6 [630.6; 1066.6] HU, respectively, $p = 0.96$) jaws in the areas of molars and premolars with "large" defects are significantly different from the indicators "small" defects (299.7 [176.9; 422.4] and 642.6 [470.4; 814.9], 1061.1 [866.5; 1255.7] and 608.3 [440.5; 776.1], respectively). The average bone density of the alveolar process of the upper jaw is almost the same in defects of different lengths. The average density of the cancellous bone of the alveolar part of the lower jaw in "large" defects has significant differences from "average" ones ($p = 0.02$) and "small" ($p = 0.005$) defects.

Conclusions. The average density of cancellous bone of the alveolar part of the lower jaw in "large" defects has significant differences from "medium" ($p = 0.02$) and "small" ($p = 0.005$) defects, and regardless of the extent of the dentition defect corresponds to class D3 (350–850 HU) according to the Misch classification. The average density of cancellous bone of the alveolar process of the upper jaw in the areas of molars and premolars does not have significant differences depending on the extent of the dentition defect and corresponds to class D4 (150–350 HU) according to the Misch classification. Since one class includes a large range of values, the clinical classification of Misch does not allow taking into account individual bone density indicators that have statistically significant differences in different areas of the dentition.

В останні десятиліття метод дентальної імплантації став одним із провідних при заміщенні дефектів зубних рядів в Україні та світі. Частка пацієнтів із повною адентією серед осіб похилого віку, зокрема віком понад 65 років, становить 27,3 % [1]. У Європейському Союзі щороку встановлюють понад 1,8 млн імплантів [2]. Очікують, що цей показник постійно зростатиме через збільшення геріатричної популяції та загальної кількості стоматологів і фахівців, які виконують цю процедуру [1].

Виробники дентальних імплантів повідомляють про успішність імплантації у 98 % випадків, згідно з результатами клінічних досліджень [3]. Важлива умова успішної дентальної імплантації – первинна стабільність імплантату в імплантаційному ложі відразу після встановлення. Первинна стабільність забезпечується механічним зчепленням імплантату з кісткою [4]. Крім конструкції імплантату, структури та методів обробки його поверхні на первинну стабільність впливає щільність кістки в ділянці встановлення імплантату [5,6]. Якість і кількість щелепних кісток – два важливі локальні фактори, що впливають на ухвалення остаточного рішення про розміщення імплантату. Тому передопераційний аналіз і хірургічне планування встановлення імплантату потребують пильної уваги до якості доступної кістки [5].

Передопераційне оцінювання щільності кістки щелепи лікарі здійснюють, використовуючи результати комп'ютерної томографії пацієнта [7]. Оцінювання щільності губчастої кістки щелепи у стоматологічній імплантації за допомогою конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ) залишається найпоширенішим на практиці і під час клінічних досліджень [3]. Щільність кістки на місці дентального імплантату можна визначити за шкалою одиниць Гаунсфілда (HU) і як значення відтінків сірого (GVs) [8].

Результати дослідження якості кістки можуть відрізнитися залежно від досвіду дослідника та використаної апаратури [9,10]. У фаховій літературі наведено результати дослідження щодо середнього значення щільності кістки у різних ділянках верхньої та нижньої щелеп, що оцінене з використанням КПКТ [3].

На наш погляд, під час планування реабілітації пацієнтів із частковою адентією, що потребує застосування дентальних імплантів, важливим чинником є протяжність дефекту зубного ряду. Знання про середні показники мінеральної щільності кістки в ділянках адентії залежно від її протяжності можна застосувати як один із стандартів практичної стоматології. Наявність таких стандартів сприятиме зменшенню імовірності помилок, стане орієнтиром для молодих спеціалістів [3].

Таблиця 1. Топографічні характеристики досліджених беззубих ділянок

Тип дефекту зубного ряду	Локалізація дефекту				Загалом
	Щелепи		Ділянка зубного ряду		
	Нижня	Верхня	Моляри і премоляри	Ікла і різці	
«Малий»	20	31	48	3	51 (32,7 %)
«Середній»	20	40	59	1	60 (38,5 %)
«Великий» і повна адентія	25	20	45	–	45 (28,8 %)
Загалом	65 (41,7 %)	91 (58,3 %)	152 (97,3 %)	4 (2,7 %)	156 (100 %)



Рис. 1. Вимірювання щільності губчастої кістки, кількісно визначеної в одиницях Гаунсфілда (HU) на місці, де планується встановлення зубного імплантату.

Мета роботи

Вивчити наявність взаємозв'язку між щільністю кісткової тканини та протяжністю беззубої ділянки зубного ряду.

Матеріали і методи дослідження

Для оцінювання локальної щільності губчастої речовини альвеолярної частини нижньої щелепи та альвеолярного відростка верхньої щелепи використали максимальні та середні значення HU (одиниці Гаунсфілда) [3] – стандартної програми конусно-променевого комп'ютерного томографа NewTom Giaco HR Professional (16 × 18) (Італія). Під час дослідження застосували результати КПКТ нижньої та верхньої щелеп пацієнтів зі вторинною адентією.

Під час стратифікації пацієнтів на групи не враховували наявність супутніх захворювань, стать і вік обстежених. Поділ на групи здійснили за локалізацією та протяжністю дефекту зубного ряду.

Так, за протяжністю дефекту зубного ряду сформували три групи дослідження. До групи «малих» дефектів зубного ряду визначили ділянки адентії, у яких протяжність становила один зуб; до групи «середніх» дефектів зубного ряду – коли видалено два зуби; як «великі» дефекти зубного ряду визначили випадки, коли не було трьох і більше зубів. Кількість випадків з повною адентією невелика, тому дані щодо цих дефектів об'єднали з показниками, які визначили в групі «великих» дефектів.

Топографічні характеристики досліджених беззубих ділянок наведено у таблиці 1. Виміряли щільність губчастої кістки в 156 беззубих ділянках щелеп:

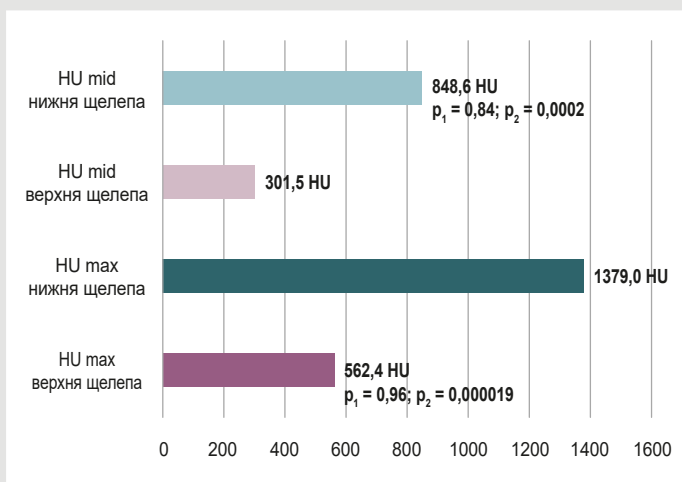


Рис. 2. Порівняння щільності кістки нижньої та верхньої щелеп у «великих» дефектах.

p₁: різниця параметрів максимальної та середньої щільності кісток однієї щелепи, p < 0,05;
p₂: різниця параметрів щільності кісток верхньої та нижньої щелеп, p < 0,05.

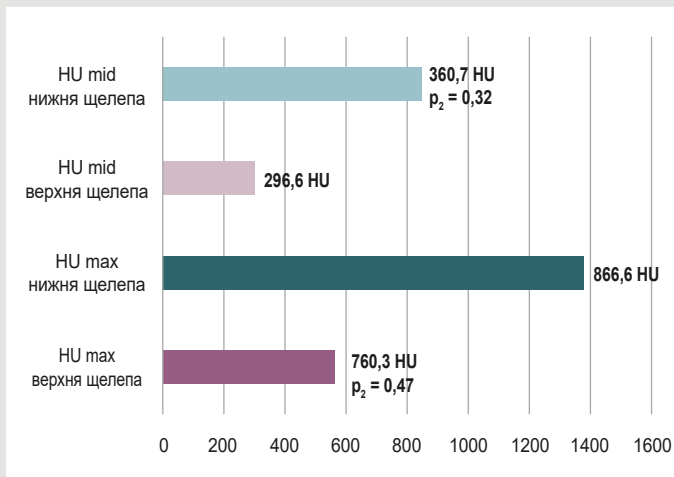


Рис. 3. Порівняння щільності кістки нижньої та верхньої щелеп у «середніх» дефектах.

p₂: різниця параметрів щільності кісток верхньої та нижньої щелеп, p < 0,05.

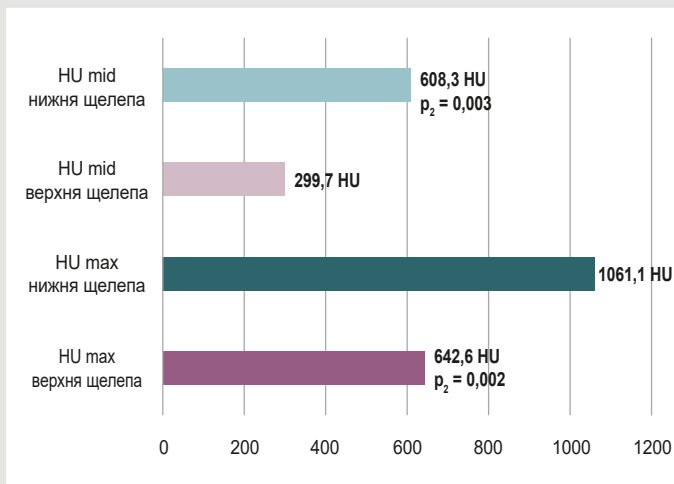


Рис. 4. Порівняння щільності кістки нижньої та верхньої щелеп у «малих» дефектах.

p₂: різниця параметрів щільності кісток верхньої та нижньої щелеп, p < 0,05.

41,7 % розташовані на нижній щелепі, 58,3 % – на верхній. «Великих» дефектів було 45 (28,8 %), «середніх» – 60 (38,5 %), «малих» – 51 (32,7 %). Досліджені ділянки дефекту альвеолярного відростка в області відсутніх молярів і премолярів становили 97,3 %, в області клівів і різців – 2,7 %.

Через малу кількість дефектів зубного ряду, що розташовані в передньому відділі альвеолярних відростків щелеп, ці дані ми не аналізували. Показники, що наведені у цій роботі, визначені в ділянках молярів і премолярів.

Щільність губчастої кістки оцінювали тільки в ділянках, що доступні для встановлення імплантату. Використали стандартну програму опцій конусно-променевого комп'ютерного томографа (рис. 1).

Дослідження виконали з дотриманням основних положень «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», що затверджені Гельсінською декларацією (1964–2013 рр.), ICH GCP (1996 р.), відповідно до Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України від 23.09.2009 № 690, від 14.12.2009 № 944, від 03.08.2012 № 616.

Для опрацювання даних, розподіл яких відповідав закону нормальності, використали параметричні методи статистики. Методи описової статистики включали оцінювання середнього арифметичного значення (M), довірчого інтервалу (95 % CI), а також визначення медіани (Me) й інквартильного розмаху ([Q1; Q2]). Для порівняння даних, що відповідали закону нормального розподілу, застосували критерій Стьюдента (t критерій). Значущими вважали відмінності при 0,05.

Результати

Дослідження мінеральної щільності губчастої кістки в дефектах зубного ряду протяжністю ≥ 3 зуби в сегментах премолярів і молярів показало: середнє значення максимального показника альвеолярної частини нижньої щелепи становить 1379,0 [1116,2; 1641,9] HU, середнє значення – 848,6 [630,6; 1066,6] HU (p = 0,96); верхньої щелепи – 562,4 [347,1; 777,8] і 301,5 [163,0; 439,9] відповідно (p = 0,84) (рис. 2). На нижній щелепі у «великих» дефектах максимальний показник щільності кісткової тканини більший, ніж на верхній у 2,45 раза (понад 200 %), різниця достовірна, p = 0,000019.

У групі середніх дефектів різниця показників незначна. Так, максимальні значення відрізнялися на 100 HU (11,06 %); середні – лише на 64 HU (17,7 %): HU max нижньої щелепи – 866,6 [568,4; 1168,4], HU max верхньої щелепи – 760,3 [611,6; 908,9], p = 0,47; HU mid нижньої щелепи – 360,7 [233,0; 488,4], HU mid верхньої щелепи – 296,6 [229; 364,1], p = 0,31 (рис. 3).

На рис. 4 наведено дані щодо щільності кісткової тканини при «малих» дефектах: на нижній щелепі максимальна щільність кісткової тканини становила 1061,1 [866,5; 1255,7] HU, середнє значення – 608,3 [440,5; 776,1] HU; на верхній щелепі максимальне значення дорівнювало 642,6 [470,4; 814,9] HU, p = 0,002; середній показник щільності – 299,7 [176,9; 422,4] HU, p = 0,003.

Обговорення

Остеоінтеграція, що визначається як прямий структурний і функціональний зв'язок між упорядкованою живою кісткою та поверхнею імплантату, яка несе навантаження, має вирішальне значення для стабільності імплантату. Її вважають необхідною умовою для тривалого клінічного успіху.

Зазвичай у клінічній практиці лікарі-стоматологи використовують поєднання клінічної класифікації щільності кісткової тканини за Misch [11] з класифікацією оптичної щільності кісткової тканини, що запропонована Гаунсфілдом (HU). За цими класифікаціями кістку оцінюють за чотирма типами кісткової тканини:

D1 – щільна компактна кістка без губчастого шару, що відповідає >1250 HU;

D2 – зовні товстий, різної густини (від щільного до пористого) кортикальний шар, всередині – дрібний губчастий шар; відповідає 850–1250 HU;

D3 – зовні тонкий пористий кортикальний шар, всередині – середньомікрковий губчастий шар; відповідає 350–850 HU;

D4 – зовні кортикального шару майже немає (дуже тонкий); всередині – крупномікркова губчаста тканина; відповідає 150–350 HU;

D5 – суцільна крупномікркова губчаста кістка щільністю менше ніж 150 HU.

Середні показники щільності кістки верхньої щелепи, що одержали під час нашого дослідження, відповідно до класифікації Misch наведено на рис. 5.

Дослідження щільності кістки альвеолярного відростка верхньої щелепи не виявило значущих відмінностей за цим показником у ділянках із різною протяжністю. Частіше вона відповідає четвертому типу за Misch – D4 (150–350 HU). За даними фахової літератури, тип кістки D4 найчастіше ідентифікують у задній частині верхньої щелепи [12].

Середні показники щільності кістки альвеолярної частини нижньої щелепи мали істотніші відмінності залежно від протяжності дефекту (рис. 6).

У ділянках, де дефекти зубного ряду нижньої щелепи утворені внаслідок втрати трьох і більше зубів («великі» дефекти), щільність кісток вірогідно вища, ніж у ділянках дефекту зубного ряду нижньої щелепи, де видалено 2 зуби («середні» дефекти), $p = 0,0005$. Значення щільності у «малих» дефектах нижньої щелепи ($608,3 \pm 80,2$ HU) вірогідно відрізнялися від параметрів у «середніх» ($p = 0,02$), але не мали достовірних відмінностей порівняно з «великими» дефектами ($p = 0,08$).

Серед місцевих факторів, що впливають на мінеральну щільність кісток щелеп, передусім треба визначити локацію. Щільність кісток, як правило, вища на нижній щелепі та в передній ділянці, ніж у верхній щелепі та задній відділах [9, 13]. У результаті досліджень виявили позитивну кореляцію між мінеральною щільністю кісткової тканини щелеп і кількістю зубів у зубному ряді [14, 15]. Можна припустити, що залежність щільності кісткової тканини від кількості зубів і протяжності дефекту зубного ряду визначають одні й ті самі фактори.

Втім, у нашому дослідженні визначили, що щільність кістки альвеолярної частини більша в ділянках із

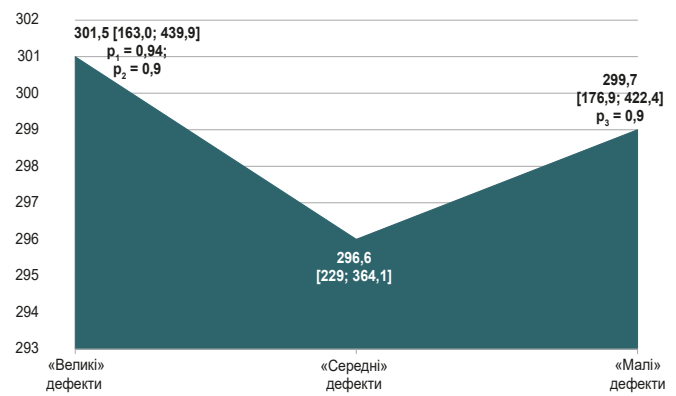


Рис. 5. Середня щільність губчастої кістки альвеолярного відростка верхньої щелепи у дефектах зубного ряду різної протяжності.

Дані наведено як довірчий інтервал (95 % CI);

p_1 : вірогідні відмінності між групами «великих» і «середніх» дефектів;

p_2 : достовірні відмінності між групами «великих» і «малих» дефектів;

p_3 : вірогідні відмінності між групами «малих» і «середніх» дефектів.

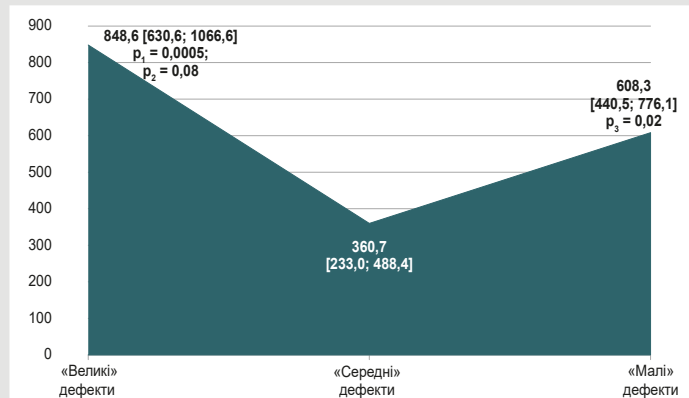


Рис. 6. Середня щільність губчастої кістки альвеолярної частини нижньої щелепи у дефектах зубного ряду різної протяжності.

Дані наведено як довірчий інтервал (95 % CI);

p_1 : вірогідні відмінності між групами «великих» і «середніх» дефектів;

p_2 : достовірні відмінності між групами «великих» і «малих» дефектів;

p_3 : вірогідні відмінності між групами «малих» і «середніх» дефектів.

максимальною кількістю видалених зубів (≥ 3). Різниця середніх значень щільності кістки за Гаунсфілдом між «великими» (немає трьох і більше зубів) та «середніми» дефектами (немає двох зубів) альвеолярної частини нижньої щелепи в ділянці молярів і премолярів вірогідна: 848,6 HU і 360,7 HU відповідно, $p = 0,0005$. При «малих» дефектах зубного ряду (протяжністю в один видалений зуб) губчастий шар кісткової тканини міцніший, ніж при «середніх» дефектах, але поступався «великим» дефектам. Підвищення щільності у «великих» дефектах може бути пов'язано з більшою тривалістю стану адентії. Збільшення терміну спричиняє більшу резорбцію губчастої кістки й ущільнення кортикального шару [8, 14]. На верхній щелепі анатомічні умови є перешкодою для збільшення щільності.

Результати, що одержали, свідчать: показники щільності кістки нижньої щелепи відповідали межах, визначеним для типу D3, незважаючи на достовірність відмінностей показників. Щільність кістки у великих

дефектах мала значення, що майже втричі перевищувало показник при «середніх» дефектах ($p = 0,02$), в 1,5 раза – при «малих» дефектах ($p = 0,0005$).

Через великий діапазон значень, передбачений клінічною класифікацією Misch, параметри міцності кістки, що встановили в цьому дослідженні, відповідали тільки типу D3 (350–850 HU) на нижній щелепі і D4 (150–350 HU) – на верхній.

Висновки

1. Середня щільність губчастої кістки альвеолярної частини нижньої щелепи у «великих» дефектах має вірогідні відмінності від «середніх» ($p = 0,02$) і «малих» ($p = 0,0005$) дефектів, відповідає класу D3 (350–850 HU) за класифікацією Misch незалежно від протяжності дефекту зубного ряду.

2. Середня щільність губчастої кістки альвеолярного відростка верхньої щелепи в ділянках молярів і премолярів не має достовірних відмінностей залежно від протяжності дефекту зубного ряду та відповідає класу D4 (150–350 HU) за класифікацією Misch.

3. Клінічна класифікація Misch не дає змоги розглядати окремо всі варіанти середніх показників щільності кістки, що мають статистично вірогідні відмінності, в різних ділянках зубного ряду.

Перспективи подальших досліджень. У дослідженні, що здійснили, не враховували вік і стать обстежених, а також загальні фактори (хронічні системні або ендокринні захворювання); крім того воно мало географічну обмеженість, можливо, залучено недостатню кількість пацієнтів. Втім, отримані результати актуалізують наступні дослідження, зокрема для підтвердження чи спростування вже відомих відомостей.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 09.10.2023

Після доопрацювання / Revised: 27.11.2023

Схвалено до друку / Accepted: 05.12.2023

Відомості про авторів:

Сидор О. В., аспірант каф. стоматології післядипломної освіти, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0003-3081-8906

Строгонова Т. В., канд. екон. наук, доцент каф. медичної фізики, біофізики та вищої математики, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0001-5510-2176

Варжапетян С. Д., д-р мед. наук, доцент каф. терапевтичної, ортопедичної та дитячої стоматології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0001-5649-1126, 0000-0003-0464-6127

Information about authors:

Sydor O. V., MD, Postgraduate student of the Department of Dentistry of Postgraduate Education, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Strohonova T. V., PhD, Associate Professor of the Department of Department of Medical Physics, Biophysics, and Further Mathematics, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Varzhapetian S. D., MD, PhD, DSc, Associate Professor of the Department of Therapeutic, Orthopedic and Pediatric Dentistry, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

References

- Dye, B. A., Weatherspoon, D. J., & Lopez Mitnik, G. (2019). Tooth loss among older adults according to poverty status in the United States from 1999 through 2004 and 2009 through 2014. *Journal of the American Dental Association* (1939), 150(1), 9-23.e3. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2018.09.010>
- Saghiri, M. A., Freag, P., Fakhrzadeh, A., Saghiri, A. M., & Eid, J. (2021). Current technology for identifying dental implants: a narrative review. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00471-0>
- Jargalsaikhan, A., Sengee, N., Telue, B., & Ochirkhvv, S. (2019). Estimation of Lower Jaw Density using CT data. *Journal of Multimedia Information System*, 6(2), 67-74. <https://doi.org/10.33851/jmis.2019.6.2.67>
- Kim, J. M., Kim, S. J., Han, I., Shin, S. W., & Ryu, J. J. (2009). A comparison of the implant stability among various implant systems: clinical study. *The journal of advanced prosthodontics*, 1(1), 31-36. <https://doi.org/10.4047/jap.2009.1.1.31>
- Sundell, G., Dahlin, C., Andersson, M., & Thuvander, M. (2017). The bone-implant interface of dental implants in humans on the atomic scale. *Acta biomaterialia*, 48, 445-450. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2016.11.044>
- Mohajerani, H., Roozbayani, R., Taherian, S., & Tabrizi, R. (2017). The Risk Factors in Early Failure of Dental Implants: a Retrospective Study. *Journal of dentistry (Shiraz, Iran)*, 18(4), 298-303.
- Weiss, R., 2nd, & Read-Fuller, A. (2019). Cone Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery: An Evidence-Based Review. *Dentistry journal*, 7(2), 52. <https://doi.org/10.3390/dj7020052>
- Wang, S. H., Shen, Y. W., Fuh, L. J., Peng, S. L., Tsai, M. T., Huang, H. L., & Hsu, J. T. (2020). Relationship between Cortical Bone Thickness and Cancellous Bone Density at Dental Implant Sites in the Jawbone. *Diagnostics*, 10(9), 710. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10090710>
- Ganguly, R., Ramesh, A., & Pagni, S. (2016). The accuracy of linear measurements of maxillary and mandibular edentulous sites in cone-beam computed tomography images with different fields of view and voxel sizes under simulated clinical conditions. *Imaging science in dentistry*, 46(2), 93-101. <https://doi.org/10.5624/isd.2016.46.2.93>
- Halperin-Sternfeld, M., Machtei, E. E., & Horwitz, J. (2014). Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography for dimensional linear measurements in the mandible. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 29(3), 593-599. <https://doi.org/10.11607/jomi.3409>
- Misch, K. A., Yi, E. S., & Sarment, D. P. (2006). Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *Journal of periodontology*, 77(7), 1261-1266. <https://doi.org/10.1902/jop.2006.050367>
- Tsigarida, A., Toscano, J., de Brito Bezerra, B., Geminiani, A., Barma, A. B., Caton, J., Papaspyridakos, P., & Chochlidakis, K. (2020). Buccal bone thickness of maxillary anterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology*, 47(11), 1326-1343. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13347>
- Yasuda, K., Okada, S., Okazaki, Y., Hiasa, K., Tsuga, K., & Abe, Y. (2020). Bone turnover markers to assess jawbone quality prior to dental implant treatment: a case-control study. *International journal of implant dentistry*, 6(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s40729-020-00264-0>
- Takeda, M., Matsuda, Y., Ikebuchi, K., Takeda, M., Abe, T., Tominaga, K., Isomura, M., Nabika, T., & Kanno, T. (2021). Relationship between Oral Health Status and Bone Mineral Density in Community-Dwelling Elderly Individuals: A Cross-Sectional Study. *Healthcare*, 9(4), 432. <https://doi.org/10.3390/healthcare9040432>
- Barbe, A. G., Javadian, S., Rott, T., Scharfenberg, I., Deutscher, H. C. D., Noack, M. J., & Derman, S. H. M. (2020). Objective masticatory efficiency and subjective quality of masticatory function among patients with periodontal disease. *Journal of clinical periodontology*, 47(11), 1344-1353. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13364>
- Meeta, M., Harinarayan, C. V., Marwah, R., Sahay, R., Kalra, S., & Babhulkar, S. (2020). Clinical practice guidelines on postmenopausal osteoporosis: *an executive summary and recommendations-Update 2019-2020. *Journal of Mid-Life Health*, 11(2), 96-112. https://doi.org/10.4103/jmh.JMH_143_20