

DOI 10.25040/ntsh2018.01.15

УДК 611.716.1-018.46-053.7:612.014.47

## **КОНУСНО-ПРОМЕНЕВА КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ – ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ РАННІХ АНАТОМО- ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗМІН КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ВЕРХНЬОЇ ТА НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕП ЛЮДИНИ**

Юліан Кухлевський, Зор'яна Масна

*Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького,  
кафедра топографічної анатомії та оперативної хірургії м. Львів, Україна  
yuliank126@gmail.com, masna.zz@gmail.com*

**Вступ.** Серед найбільш поширених неінфекційних захворювань, пов'язаних зі способом життя - остеопороз. Зміни вмісту  $Ca^{2+}$  - один із ключових факторів анатомо-функціональних змін кісткової тканини (МЩК), незважаючи на те, що його фізіологічні параметри та чинники, що сприяють змінам остаточно невідомі. Конусо-променева комп'ютерна томографія (КПКТ) використовується для визначення 3D та поперечних параметрів структур черепно-лицевої ділянки і зміни якості кісткової тканини за допомогою щільності кісткової тканини (ЩКТ), заснованих на сірих шкалах Hounsfield одиниць отриманих зображень.

**Мета.** Вивчити ранні ознаки структурних змін і МЩК щелеп у здорових (безсимптомних) молодих людей та пацієнтів без будь-яких метаболічних розладів за допомогою КПКТ.

**Методи.** Групу спостереження склали 120 безсимптомних молодих людей та пацієнтів (1-а група - 22-28, а друга - 29-35 років, з них чоловіків ( $n = 45$ ) та жінок ( $n = 75$ )) (дозвіл комітету біоетики ЛНМУ, №3, 16.03.2015 р.). Для виявлення лінійних змін ЩКТ у верхньо-щелепних та нижньощелепних аналогічних сегментах ліворуч та праворуч використано 3D комп'ютерні моделювання за КПКТ («Point 3D Combi 500», PointNix, Південна Корея) у всіх осіб. Порівняно регіональні відмінності в кожному зображенні, а також відсоткові (%) відмінності ЩКТ за параметрами Hounsfield одиниць між аналогічними сегментами та відповідними симетричними ділянками для кожного пацієнта. 40 пацієнтів було виключено з дослідження. Дані 2400 зразків [80 (пацієнти) × 10 (сегменти) × 3 (рівні)], в яких аналіз лінійних величин коміркового паростку верхньої та нижньої щелепи, товщини кісткової тканини (внутрішні та зовнішні компактні пластини та губчастий шар), ЩКТ було статистичного опрацьовано.

**Результати.** ЩКТ навколо сегментів «13-14» та «23-24» у групах чоловічої та жіночої статі на 29-35 років зменшилась на  $22,3 \pm 4,5\%$  порівняно з групою осіб 22-28 років. Середні аналогічні дані виявлено в 59,0% випадків. Встановлено відмінності у ЩКТ сегментів «36-37» більш, ніж у 30% у жінок віком 29-35 років. Отримані результати КПКТ показують, що напрямок змін лінійних значень щелеп асоціюється з максимальним зменшенням щільності кісткової тканини щелеп.

**Висновки.** КПКТ може бути корисним інструментом для оцінки ранніх ознак мінеральної щільності кісткової тканини щелеп, призначення відповідного лікування та створення фізіологічної персоналізованої медичної стратегії профілактики остеопорозу. Встановлено, що адентія може бути фактором генезу ранніх змін у щільності кісткової тканини верхньої і нижньої щелеп у здорових молодих людей.

**Ключові слова:** анатомія, мінеральна щільність кісткової тканини, щелепа, товщина кістки, конусоно-променева комп'ютерна томографія, здоров'я ротової порожнини

## CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY AS A METHOD OF ANATOMICAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS OF MAXILLARY AND MANDIBULAR BONE CHANGES

Yulian Kukhlevskyy, Zoryana Masna

*Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Department of Topographic Anatomy and Operative Surgery, Lviv, Ukraine  
yuliank126@gmail.com, masna.zz@gmail.com*

**Introduction.** Among the most common lifestyle diseases is osteoporosis. Abnormal  $\text{Ca}^{2+}$  functioning is one of the key factors of abnormal bone density (BD) despite its physiological background is still unknown. Cone beam computed tomography (CBCT) is used to determine the 3D and cross-sectional images, as well as quality of craniofacial bone structures through the resolution of BMD, based on gray scales Hounsfield Units values of the obtained images.

**Aim.** To examine the early signs of bone mineral density of the maxilla in asymptomatic young individuals and patients without any metabolic disorders using CBCT.

**Methods.** 120 asymptomatic young individuals and patients (1<sup>st</sup> group - 22-28, and 2<sup>nd</sup> - 29-35 years old, male (n=45) and female (n=75)) were included in this study (approved by Bioethic committee LNMU №3, 16.03.2015). 3D computer models of the maxilla by «Point 3D Combi 500» (PointNix, South Korea) by CBCT were created to detect the linear changes in maxillary and mandibular BMD in similar segments on the left and the right of all persons. The regional variations within each image, as well as percentage (%) differences of the bone density by CBCT attenuation parameters between similar segments and related symmetric regions for each patient were compared. 40 edentulous patients were excluded from a study. The data of 2400 samples [80 (patients) × 10 (segments) × 3 (levels)] in which the linear values analysis of the upper and lower jaw alveolar process, the thickness of bone tissue side (internal and external compact plates, and the spongy layer) of bone density (HU) was calculated.

**Results.** The bone density around the "13-14" and "23-24" segments in both male and female groups 29-35 years reduced by  $22.3 \pm 4.5\%$  vs group 22-28 years. The average similar data was 59.0% cases. The difference in BMD "36-37" segment more than 30% was in female group 29-35 years old. The obtained results demonstrate that the direction of changes in linear values is associated with the side of maximum bone density reduction, and that CBCT is a useful approach for evaluating early bone density changes.

**Conclusions.** CBCT could be a helpful tool for evaluation of the early signs of bone mineral density and creation of a physiological based preventive personalized medical strategy of osteoporosis. The present analyses suggest that an adenitis may be a risk factor for the early signs of bone mineral density in asymptomatic young individuals.

**Keywords:** Anatomy, Bone density, CBCT, Maxilla, Bone thickness, Oral Health

Серед поширених неінфекційних хвороб, зумовлених способом життя, до яких прикута увага сучасних дослідників - остеопороз - патологія, пов'язана зі змінами кількісно-якісного характеру кісткової тканини, що суттєво впливає на якість і тривалість життя. Пошук і розробка методів діагностики часного виявлення ранніх проявів анатомо-функціональних змін кісткової тканини з метою створення програми персоналізованої профі-

лактики, що зможе запобігти або відтермінувати остеопенію і остеопороз - актуальне завдання сучасної медицини. Стан кісткової тканини зубо-щелепної ділянки є своєрідним «паспортом» для оцінювання стану здоров'я кісткової тканини у цілому організмі. Анатомо-функціональні топографічні особливості та стан кісткової тканини зубо-щелепної ділянки у аспекті їхніх статевих відмінностей і вікової перебудови є предметом досліджень,

що вимагають міждисциплінарного інтегративного вивчення з урахуванням морфологічних ознак, статевих і вікових фізіологічних змін в організмі та прицільних клінічних та інструментальних спостережень з огляду на формування, розвиток і прорізування зубів, їх зміни та патологічну втрату [14-16].

Поява і використання сучасного методу променевої діагностики - конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ) щелепно-лицевої ділянки, що володіє численними перевагами (трьохвимірні (3D) зображення з вищим просторовим розрішенням і низьким променевим навантаженням) порівняно до спіральної комп'ютерної томографії вказує на більш ширше застосування [1-4]. Наприклад, КПКТ використовують з метою скринінгових оглядів, діагностики, диференційної діагностики, контролю за якістю виконання лікувальних маніпуляцій у стоматології та щелепно-лицевій хірургії, оториноларингології, травматології, нейрохірургії, офтальмології. КПКТ дозволяє отримати інформацію про анатомо-топографічні особливості щелепно-лицевої ділянки, функціональні особливості її структур, спланувати прецизійну тактику стоматологічного лікування чи реабілітації [5, 8, 20, 21], проте у аспекті можливості оцінювання і прогнозування ранніх кількісно-якісних змін анатомо-фізіологічного стану кісткової тканини практично здорових людей, що можуть стати інструментом виявлення остеолізу - порушення балансу руйнування і утворення кісткової тканини, досліджень не так багато.

Метою досліджень стало вивчення за допомогою КПКТ ранніх ознак структурних змін і ЩКТ щелеп у здорових (безсимптомних) молодих людей та пацієнтів без будь-яких метаболічних розладів.

**Матеріал та методи дослідження:** групу спостереження склали 120 осіб, з них 45 чо-

ловіків та 75 жінок, без захворювань в анамнезі, що могли б вплинути на стан кісткової тканини. Враховуючи критерії виключення (паління та адентія 18/28/38/48), у робочу групу дослідження увійшло 80 осіб, яких було розділено на вікові категорії: 1) від 22 до 28 рр. та 2) від 29 до 35 рр. (Таб.1).

3D візуалізацію верхньої щелепи пацієнтів робочої групи, виконували на цифровому конусно-променевому томографі Point 3D Combi (PointNix, Південна Корея) з площинним кремнієвим сенсором та зоною сканування 9x12 см, що належить до систем третього покоління, оптимально підходить для дослідження щелепно-лицевої ділянки голови й суміжних ділянок та структур і дозволяє встановити їх найточніші вимірювання. Отримані дані КПКТ, у форматі DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), опрацьовували в графічній комп'ютерній програмі RealScan з побудовою мультипланарних, ортопантомографічних та 3D реконструкцій високого розрішення. Для оцінки структурної перебудови коміркового коміркової частини нижньої щелепи визначали лінійні розміри (товщину кісткової тканини шарів - зовнішньої/вестибулярної та внутрішньої/оральної компактних пластинок та губчастого шару) на рівні різцевих сегментів, сегментів малих і великих кутніх зубів, та їх співвідношення. Отримано загальні дані про 4800 зразків [40 (пацієнтів) × 10 (сегменти) × 3 (рівні) × 4 (критерії)] вимірювань верхньої та нижньої щелеп (ВЩ і НЩ, відповідно).

Щільність шарів кісткової тканини (компактної вестибулярної пластинки (к.в.), губчастої речовини (г.р), компактної оральної пластинки (к.о.) коміркового відростка верхньої і нижньої щелеп в осіб молодого віку вимірювали в одиницях Hounsfield (HU) для ділянок різних зубощелепних сегментів коміркового відростка верхньої і нижньої

Таблиця 1.

### Основна характеристика групи спостереження

Кількість	Група 1 (age 21-28), n=37		Група 2 (age 29-35), n= 43	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
n	17	20	20	23
n (%)	45	54	46	53
Стадія 1	10	8	9	11
Стадія 2	0	0	7	11
Без змін	7	12	4	1

щелеп [9, 10], а також проведення аналізу змін у віковому аспекті у осіб молодого віку жіночої та чоловічої статі.

Методологія досліджень відповідала дозволу комітету біоетики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького №3 від 16. 03. 2015 р.

Для об'єктивізації результатів дослідження використовували варіаційно-статистичне опрацювання отриманих даних за допомогою пакету прикладних програм для статистичного аналізу даних медико-біологічних обстежень Biostat та Statistica (StatSoft Inc., США) за загальноприйнятими методами.

### Результати:

На томограмах, виконаних КПКТ у горизонтальній площині, проводили морфометричні дослідження для визначення показників товщини шарів кісткової тканини коміркового відростка верхньої та нижньої щелеп на рівні основної дуги (ОД) у осіб 1 та 2 груп чоловічої і жіночої статі, досліджували особливості

їх співвідношення та порівнювали дані у аспекті вікової динаміки ( табл. 1, 2) і дослідження ЩКТ щелеп у здорових (табл. 3 і 4).

Встановлено, що у 100% жінок першої та другої вікових груп товщина коміркових ділянок щелеп (коміркового відростка верхньої щелепи та коміркової частини нижньої щелепи) мала найбільше значення в ділянках сегментів великих кутніх зубів, а найменше – в ділянках різцевих сегментів (таб. 1). На рівні сегментів малих кутніх зубів показники нижньої щелепи практично співпадали у жінок 22-28 рр., тоді як для вікової групи 29-35 років виявлено розбіжності, причому асиметричні між лівим та правим сегментом великих кутніх зубів, коли найбільші відмінності було верифіковано у сегментах [27-28] vs [37-38]. Виняток становили ділянки великих кутніх зубів у осіб першої вікової групи.

Щільність 3-х шарів кісткової тканини коміркового відростка верхньої щелепи в осіб 1 і 2 групи незалежно від статі характери-

Таблиця 1.

### Лінійні розміри (товщина) коміркових ділянок та шарів кісткової тканини верхньої і нижньої щелеп в ділянці різцевих сегментів у осіб жіночої статі різних вікових груп (M ± σ) (мм)

Вікові групи жінок	Верхня щелепа 11-21 сегменти				Нижня щелепа 31-41 сегменти			
	Загальна товщина коміркового відростка	Зовнішня компактна пластинка	Губчастий шар	Внутрішня компактна пластинка	Загальна товщина коміркової частини	Зовнішня компактна пластинка	Губчастий шар	Внутрішня компактна пластинка
21-28 років	6,2±1,1	0,7±0,2	4,9±1	0,7±0,2	8,6±1,5	1,3±0,3	5,4±1,4	2±0,4
29-35 років	6,1±1,4	0,7±0,2	4,9±1,3	0,6±0,1	8,3±2,4	1,4±0,5	4,8±1,8	2,1±0,5

Таблиця 2.

### Лінійні розміри (товщина) коміркових ділянок та шарів кісткової тканини верхньої і нижньої щелеп в ділянці різцевих сегментів у осіб чоловічої статі різних вікових груп (M ± σ) (мм)

Обстежувана група	Верхня щелепа 11-21 сегменти				Нижня щелепа 31-41 сегменти			
	Загальна товщина коміркового відростка	Зовнішня компактна пластинка	Губчастий шар	Внутрішня компактна пластинка	Загальна товщина коміркової частини	Зовнішня компактна пластинка	Губчастий шар	Внутрішня компактна пластинка
Чоловіки 21-28 років	7,7±1,6	0,8±0,2	5,9±1,6	0,9±0,2	8,9±0,2	8,9±1,2	5,6±1,3	1,9±0,2
Чоловіки 29-35 років	6,9±0,9	0,9±0,2	5,5±1	0,7±0,3	8,6±1,2	1,3±0,3	5,5±1,1	1,8±0,4

Таблиця 3

А

Чоловіки 21-28 років	13-14			23-24		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	453,7±104,2	471,6±201,9	-156,6±94,3	79,9±105,3	215,6±74,7	-360,6±138,3

Б

Чоловіки 21-28 років	43-44			33-34		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	617,4±132,4	727,7±162,6	1,2±166,1	427,6±97,2	712,9±139,6	-57,6±78,3

В

Жінки 21-28 років	13-14			23-24		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	644,9±107	-33,9±169,9	448,5±136,7	346,3±125,5	-241,7±110,2	200,1±110,3

Г

Жінки 21-28 років	43-44			33-34		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	840,4±102,8	-15,9±123,4	719,9±107,4	746,8±152,7	85,7±291,8	569,9±117,2

Щільність шарів компактної вестибулярної пластинки (к.в.), губчастої речовини (г.р), компактної оральної пластинки (к.о.) кісткової тканини зубо-щелепних сегментів [13-14] (А, Б), [23-24] (А, Б), [33-34] (В, Д), [43-44] (В, Д) у чоловіків першої вікової групи ( $M \pm \sigma$ ), (НУ).

Таблиця 4

А

Чоловіки 29-35 років	13-14			23-24		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	496,8±168	-207,8±76,5	334,6±136,8	259,8±141,9	-232±93,3	233,5±120,5

Б

Чоловіки 29-35 років	43-44			33-34		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	807,1±183,6	-16,2±132,1	577,3±275,1	767±222,3	-4,25±122,6	613±168,2

В

Жінки 29-35 років	13-14			23-24		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	650,4±147,9	-93,1±99,7	545,6±140,3	488,9±184,5	-276,2±184,5	339,6±153,4

Г

Жінки 29-35 років	43-44			33-34		
	К.В.	Г.Р.	К.О.	К.В.	Г.Р.	К.О.
	885,1±141,3	20,8±148,7	781,4±128,5	839,6±149,6	135,2±136,7	547,4±151,2

Щільність шарів компактної вестибулярної пластинки (к.в.), губчастої речовини (г.р), компактної оральної пластинки (к.о.) кісткової тканини зубо-щелепних сегментів [13-14] (А, Б), [23-24] (А, Б), [33-34] (В, Д), [43-44] (В, Д) у чоловіків і жінок другої вікових груп ( $M \pm \sigma$ ), (НУ).

зується значною варіабельністю і частота зустрічання кожного з варіантів не перевищує 60%.

Нами було визначено значення ЩКТ, що вимірюється в одиницях Хаусфілда (НУ) для ділянок різних зубощелепних сегментів коміркового відростка верхньої

щелепи і коміркової частини нижньої щелепи, а також проведено аналіз його вікової динаміки у осіб віку 21-28 років (табл. 3) і 29-35 років (табл. 4) жіночої та чоловічої статі.

У всіх жінок і чоловіків групи обстеження дослідженнями встановлено найбільшу товщину в ділянках сегментів великих кутніх зубів та найменшу – в ділянках сегментів різців (рис. 3 і 4). У чоловіків 29-35 років виявлено відмінності товщини коміркових ділянок між верхньою та нижньою щелепами на рівні сегментів різців у більшій мірі (рис. 4 А), ніж у осіб 21-18 рр. (рис. 4 Б). Також верифіковано зменшення товщини коміркових відростків верхньої щелепи на 20 % у чоловіків другої вікової групи у порівнянні до даних першої вікової групи, тоді як на противагу дані товщини кісткових тканини коміркового відділу нижньої щелепи були однакові. Аналогічні дані верифіковано стосовно великих кутніх зубів, причому різниця була менш суттєвішою, ніж у сегментах різців.

Показники щільності всіх трьох шарів коміркового відростка верхньої і коміркового частини нижньої щелеп у жінок і чоловіків обох вікових груп не є симетричними (рис. 1, 2).

Встановлено, що найнижчу щільність має також губчаста речовина кісткової тканини відростка верхньої щелепи і коміркової частини нижньої щелепи у жінок і чоловіків обох вікових груп.

Для жінок обох вікових груп губчастої речовини кісткової тканини має найбільшу щільність на рівні різцевих сегментів, у осіб першої вікової групи щільність губчастого шару на рівні сегментів малих і великих кутніх зубів має мінімальну різницю.

Порівняння посегментарних даних товщини ЩКТ губчастої речовини кісткової тканини в коміркового відростку верхньої щелепи по-

казало, що у чоловіків 1-ї та 2-ї вікових груп такі показники співпадають і є мінімальними в ділянці різцевого сегменту (рис. 1. 2).

Отримані результати співпадають з даними інших дослідників [12, 13, 17, 18], тому можна вважати доведеним, що лінійні розміри шарів і співвідношення товщини шарів кісткової тканини коміркового відростка верхньої щелепи та коміркової тканини нижньої щелепи, визначені за допомоги КПКТ, можуть бути променевими біомаркерами і стануть надійним інструментом у профілактично-лікувальних заходах для підтримки здоров'я ротової порожнини. Товщина вестибулярної та оральної компактних пластинок у осіб 21-28 рр. майже не відрізнялися, тоді як у 100% обстежуваних випадків вікової групи 29-28 рр. середні показники товщини вестибулярної компактної пластинки були вищими, ніж оральної. Щільність вестибулярної компактної пластинки у чоловіків з віком знижується, а щільність губчастої кісткової тканини – зростає. Виявлено бокову асиметрію у змінах показників щільності оральної компактної пластинки у чоловіків: зниження зліва і без змін праворуч.

**Висновки.** КПКТ може бути корисним інструментом для оцінки ранніх ознак мінеральної щільності кісткової тканини щелеп, призначення відповідного лікування та створення фізіологічної персоналізованої медичної стратегії профілактики остеопорозу. Встановлено, що адентія може бути фактором ґенезу ранніх змін у щільності кісткової тканини верхньої і нижньої щелеп у здорових молодих людей. Запропонований спосіб використання променевих біомаркерів, отриманих КПКТ, є раціональним доцільним діагностичний методом ранніх проявів анатомо-функціональних порушень кісткової тканини.

Висловлюємо вдячність «Центру Медичної 3D Діагностики» і В.О, Студенту за допомогу в упорядкуванні матеріалу.

## Література

1. Desai V, Bumb D. Digital dental photography: a contemporary revolution. Int. J. Clin. Pediatr. Dent. 2013;6(3):193-6.
2. Dunn SM, Kantor ML. Digital radiology: facts and fictions. JADA. 1993; 124(12):38-47.
3. Takeshita WM, Vessoni Iwaki LC, Da Silva MC, Tonin RH. Evaluation of diagnostic accuracy of conventional and digital periapical radiography, panoramic radiography, and cone-beam computed tomography in the assessment of alveolar bone loss. Contemp. Clin. Dent. 2014;5(3):318-23.

4. Freeman JP, Brand JW. Radiation doses of commonly used dental radiographic surveys. *Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol. Endodon.* 1994; 77(3):285-9.
5. White SC, Yoon DC. Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries. *Dentomaxillofac. Radiol.* 1997;26(1): 32-8.
6. Dakhno LO, Masna ZZ. Age dynamics analysis of the osseous tissue layers in the maxillary alveolar process and their ratio in adult individuals. *Deutscher Wissenschaftsherold = German Science Herald.* 2017; 1: 31-37
7. Dakhno LA. Planning dental implantation based on the data of cone-beam computed tomography (CBCT) and using the interactive software Anatomage Invivo5 and SimPlant. *Concept dentistry.* 2015; 1 (11): 20-23.
8. Bornstein MM, Horner K, Jacobs R. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontology 2000.* 2017 Feb 1;73(1):51-72.
9. Choi JH, Park CH, Yi SW, Lim HJ, Hwang HS. Bone density measurement in interdental areas with simulated placement of orthodontic miniscrew implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2009 Dec 1;136(6):766-e1.
10. da Silva Campos MJ, de Souza TS, Júnior SL, Fraga MR, Vitral RW. Bone mineral density in cone beam computed tomography: only a few shades of gray. *World journal of radiology.* 2014 Aug 28;6(8):607.
11. Dakhno LO, Masna ZZ. Peculiarities of the alveolar and basal arches shape of the upper jaw and their correlation in individuals of different sex. 2015;14(4):72-5. [OsoblivostI formi komIrkovih I bazalnih dug verhnoyi schelepi ta yih spIvvIdnoshennya v osIb rIznoyi statI. *Klinichna anatomiya ta operativna hirurgiya.* 2015;14(4):72-5] ( in Ukrainian).
12. De Oliveira MV, Wenzel A, Campos PS, Spin-Neto R. Quality assurance phantoms for cone beam computed tomography: a systematic literature review. *Dentomaxillofacial Radiology.* 2017 Feb 27; 46(3):20160329.
13. Frumkin N, Via S, Klinger A. Evaluation of the width of the alveolar bone in subjects with different gingival biotypes: A prospective cohort study using cone beam computed tomography. *Quintessence International.* 2017 Mar 1;48(3).
14. Kiljunen T, Kaasalainen T, Suomalainen A, Kortensniemi M. Dental cone beam CT: A review. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics.* 2015 Dec 1;31(8):844-60.
15. Larheim TA. Cone Beam Computed Tomography. In *Maxillofacial Imaging 2018* (pp. 515-562). Springer, Cham.
16. MacDonald D. Cone-beam computed tomography and the dentist. *Journal of investigative and clinical dentistry.* 2017 Feb 1;8(1).
17. Magill D, Beckmann N, Felice MA, Yoo T, Luo M, Mupparapu M. Investigation of dental cone-beam CT pixel data and a modified method for conversion to Hounsfield unit (HU). *Dentomaxillofacial Radiology.* 2017 Nov 6;46:20170321.
18. Merheb J, Vercruyssen M, Coucke W, Quirynen M. Relationship of implant stability and bone density derived from computerized tomography images. *Clinical implant dentistry and related research.* 2018 Feb 1;20(1):50-7.
19. Miki Y, Muramatsu C, Hayashi T, Zhou X, Hara T, Katsumata A, Fujita H. Classification of teeth in cone-beam CT using deep convolutional neural network. *Computers in biology and medicine.* 2017 Jan 1;80:24-9.
20. Pauwels R, Jacobs R, Bogaerts R, Bosmans H, Panmekiate S. Determination of size-specific exposure settings in dental cone-beam CT. *European radiology.* 2017 Jan 1;27(1):279-85.
21. Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. *Australian dental journal.* 2012 Mar 1; 57(s1):46-60.

*Стаття надійшла 2.07.2018  
Після допрацювання 27.07.2018  
Прийнята до друку 8.08.2018*