

DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2019-23(1)-04

УДК: 611.716.7-018.4-053.15:004.94

## РЕЗУЛЬТАТИ 3-D РЕКОНСТРУЮВАННЯ В ДИНАМІЧНОМУ АНАЛІЗІ З ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ВЕРХНЬОЇ ЩЕЛЕПИ У ПРЕНАТАЛЬНОМУ ОНТОГЕНЕЗІ ЛЮДИНИ

Ошурко А.П., Олійник І.Ю.

ВДНЗ України "Буковинський державний медичний університет" (пл. Театральна, 2, м. Чернівці, Україна, 58002)

Відповідальний за листування:  
e-mail: oljnyk1961@gmail.com

Статтю отримано 9 листопада 2018 р.; прийнято до друку 19 грудня 2018 р.

**Анотація.** Якість кісткової тканини щелепних кісток має особливе значення, оскільки характеризується вираженою віковою динамікою і залежить як від перебігу процесу мінералізації скелету в цілому, так і від особливостей мінерального складу кісткової тканини конкретно щелеп. Мета - з'ясувати особливості щільності кісткової тканини (МО Нu) різних анатомічних ділянок зачатків верхньої щелепи плодів людини в динаміці пренатального онтогенезу за допомогою комп'ютерної томографії та стандартизованого програмного забезпечення i-CATVision. Дослідження проведено з використанням методів макроскопії, морфометрії, комп'ютерної томографії та статистичного аналізу. Дослідження зачатків верхньої щелепи у пренатальному онтогенезі підтверджує асинхронність щільності, що прямопропорційна до її мінералізації, між правою та лівою сторонами, яка найбільш виражена у лобових, виличних та піднебінних відростках. Мінеральне насичення кісткової тканини, яке відображає її щільність (МО Нu), є взаємозалежним коефіцієнтом співвідношення до його темпу приросту (%). Коміркові відростки зберігають стійку не корелюючу динамічну послідовність росту в усіх вікових, досліджуваних групах, саме у фронтальній ділянці, із темпом приросту (%) щільності до 30 тижнів пренатального онтогенезу. Найвищий коефіцієнт щільності виличних відростків; у відсотковому розподілі мінерального насичення серед лобових, піднебінних та коміркових відростків, більше третини від загального значення, припадає саме на 11-16 тижні розвитку плода. Даний аналіз формує уяву про розподіл мікро- та макроелементів, що забезпечують щільність кісткової тканини, серед сталих морфологічних структур верхньої щелепи і збагачує знаннями з кількісної морфології та стає знаковим орієнтиром під час набору матеріалу для подальших наукових досліджень, а також пренатальної діагностики розвитку плода. Вважаємо перспективним проведення досліджень мінерального вмісту й щільності кісткової тканини патологічно змінених верхніх щелеп передплідів, плодів людини, новонароджених та вивчення їх розвитку за умов впливів зовнішніх факторів у екологічно несприятливих регіонах.

**Ключові слова:** верхня щелепа, комп'ютерна томографія, щільність, кісткова тканина, пренатальний онтогенез, людина.

### Вступ

Під час вивчення якісних характеристик кісткової тканини передплідів і плодів людини є необхідність застосування поєднаних методів дослідження, зокрема, не тільки для вивчення мінерального насичення [10], як основного будівельного матеріалу кістки, а й шляхом комп'ютерно-томографічного визначення щільності кісткової тканини з поданням кількісних показників у міжнародних одиницях за шкалою Хаунсфілда (МО НU), оскільки вагома частина досягнень у галузі медицини (зокрема, клінічної анатомії) сьогодні здійснюється, в основному, за рахунок використання медичної техніки з тривимірним рентгенологічним дослідженням, технологіями комп'ютерної томографії та магнітно-резонансної томографії, що мають вирішальне значення в оцінці та моніторингу найбільших ембріональних структур [9, 12]. Якість кісткової тканини щелепних кісток має особливе значення, оскільки характеризується вираженою віковою динамікою [1, 7, 8, 11] і залежить як від перебігу процесу мінералізації скелету в цілому, так і від особливостей мінерального складу кісткової тканини конкретно щелеп.

Вміст мінеральних речовин у кістковій тканині упродовж онтогенезу значно корелює та нерівномірно розподіляється [10] і залежить від ендогенного надходжен-

ня мікро- та макроелементів у кісткову тканину, що, у свою чергу, є певною мірою їх депонуванням та визначає регіональну особливість досліджуваної ділянки у кожному віковому періоді. Тому зчитування показників щільності слід проводити в найбільш мінералізованих зонах з попереднім скануванням усього досліджуваного об'єкта. У проведеному дослідженні ми прагнули істотно розкрити уяву про кількісну морфологію з відносної осифікації верхньої щелепи (ВЩ) передплідів (Пп) та плодів (Пл) людини, тим самим полегшуючи орієнтування на її середні значення, параметри темпу приросту відповідно до певного періоду внутрішньоутробного розвитку (ВУР).

**Мета** дослідження - з'ясувати особливості щільності кісткової тканини (МО Нu) різних анатомічних ділянок зачатків верхньої щелепи плодів людини в динаміці пренатального онтогенезу за допомогою комп'ютерної томографії та стандартизованого програмного забезпечення i-CATVision.

### Матеріали та методи

Досліджено макропрепарати морфологічного музею університету, з котрих було відібрано 59 об'єктів: перед-

**Таблиця 1.** Групування даних при вивченні якісно однорідних сукупностей - кількісних показників щільності кісткової тканини в МО НУ в зачатках верхніх щелеп передплідів і плідів людини.

№ групи	Вік (тижні)	Число спостережень	Підгрупи (А - права сторона, В - ліва сторона)
1	11-16	11	1-А
			1-В
2	17-24	21	2-А
			2-В
3	25-29	10	3-А
			3-В
4	30-40	9	4-А
			4-В
Загальне число спостережень	11-40	51	51

плодового періоду, 11-12 тижнів ВУР (9 об'єктів) та плодового періоду 13-40 тижнів ВУР (50 об'єктів). Всі досліджувані Пп і Пл людини загинули від причин, не пов'язаних із захворюваннями ВЩ та розвивалися в матці за відсутності впливів явно виражених шкідливих чинників зовнішнього і внутрішнього середовища. Дослідження проведено з використанням методів: макроскопії, морфометрії, комп'ютерної томографії та статистичного аналізу. Визначення щільності кісткової тканини різних анатомічних ділянок зачатків ВЩ проводили на томографі GX CB-500 (powered by i-CAT) № NU011250 - США. Використання програмного розширення, зручного для застосування і об'єктивізації, 140 x 140 x 85 мм та товщину зрізів зображень комп'ютерної томографії, які в наш час сягають найменшої товщини 0,125 мм<sup>3</sup> - 0,2 мм<sup>3</sup>, надало можливість забезпечити аналіз щільності за допомогою стандартизованого програмного забезпечення i-CATVision у МО НУ (Хаунсфілда) ще на ранніх етапах онтогенезу - наприкінці передплодового періоду та в динаміці плодового періоду розвитку і формування кісткових структур ВЩ. Усі дослідження проведено з дотриманням основних положень GCP (1996), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964-2013), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009, № 616 від 03.08.2012 та згідно "Порядку вилучення біологічних об'єктів від померлих, тіла яких підлягають судово-медичній експертизі і патологоанатомічному дослідженню, для наукових цілей" [3] і методичних рекомендацій [4].

Для визначення рівня явища і порівняння показника в динаміці, нами враховувалися відносні величини, які отримано за допомогою статистичного аналізу. Для статистичного згрупування (табл. 1) відібрано 51 об'єкт дослідження, що мають знакову інформативність даної

роботи.

Для доступної візуалізації ми обрали та подали 3-D реконструкційні моделі об'єктів дослідження, яким визначено середні величини щільності кісткової тканини ВЩ лівої та правої сторін. Дане дослідження істотно поліпшить розуміння кількісної морфології з відносною осифікації ВЩ, тим самим спростивши орієнтування на його середні значення, параметри темпу приросту відповідно до певного періоду ВУР (вагітності).

### Результати. Обговорення

Верхня щелепа належить до кісток, які формуються минаючи стадію хряща. Слід зазначити, що процес осифікації зачатка ВЩ є досить складним і не містить належної іншим кісткам закономірності [11]. Розвиток кісткової тканини відбувається з островців остеогенезу, шляхом аппозиційного їх росту за напрямком розвитку і формування судинного русла (премордіальних гемокapілярів). За умов стрімкого перебігу процесів активного остеогенезу островці помітно збільшуються та зливаються між собою [5], формуючи кісткову основу. До кінця 2-го місяця ВУР, коли завершується зростання верхньощелепних та лобних відростків, які утворюють середній відділ обличчя, в їхній товщі з'являються шість ядер осифікації. З них і починається мінералізація спочатку піднебінних відростків та бічних відділів ВЩ, а дещо пізніше - центральної її ділянки, у вигляді самостійної різцевої кістки, яка лише пізніше зростається з верхньощелепними кістками.

Вміст мінеральних речовин у кістковій тканині упродовж онтогенезу значно корелює та нерівномірно розподіляється [6] і залежить від ендогенного надходження мікро- та макроелементів у кісткову тканину, що, у свою чергу, є певною мірою їх депонуванням та визначає регіональну особливість досліджуваної ділянки у кожному віковому періоді. Тому зчитування показників щільності проводилося в найбільш мінералізованих зонах за допомогою стандартизованого програмного забезпечення i-CATVision у МО НУ з попереднім скануванням усього досліджуваного об'єкта. Такий систематизований підхід у дослідженні показує динаміку мінералізації, що впливає на щільність кісткової тканини та її якість, забезпечуючи необхідний аппозиційний ріст у кожному відростку ВЩ окремо, деталізація яких подається нижче.

Під час аналізу аксіальних зрізів КТ-зображень (рис. 1) лобових відростків ВЩ вже на 11-16 тижнях ВУР підтверджується рентгенологічна контрастність, зумовлена щільністю з максимальним їх насиченням у ділянці змикання кортикальних пластинок (див. рис. 1. 1-2).

Проте, слід зазначити, що гомеоостеогенного затемнення ще не спостерігається, що вказує на інтенсивність аппозиційного росту та підтверджує позитивну динаміку темпу приросту для правої (+9,96%) та лівої (+17,61%) сторін ВЩ, але наявне мінеральне насичення даного вікового періоду сприяє його рентгенологічній візуалі-

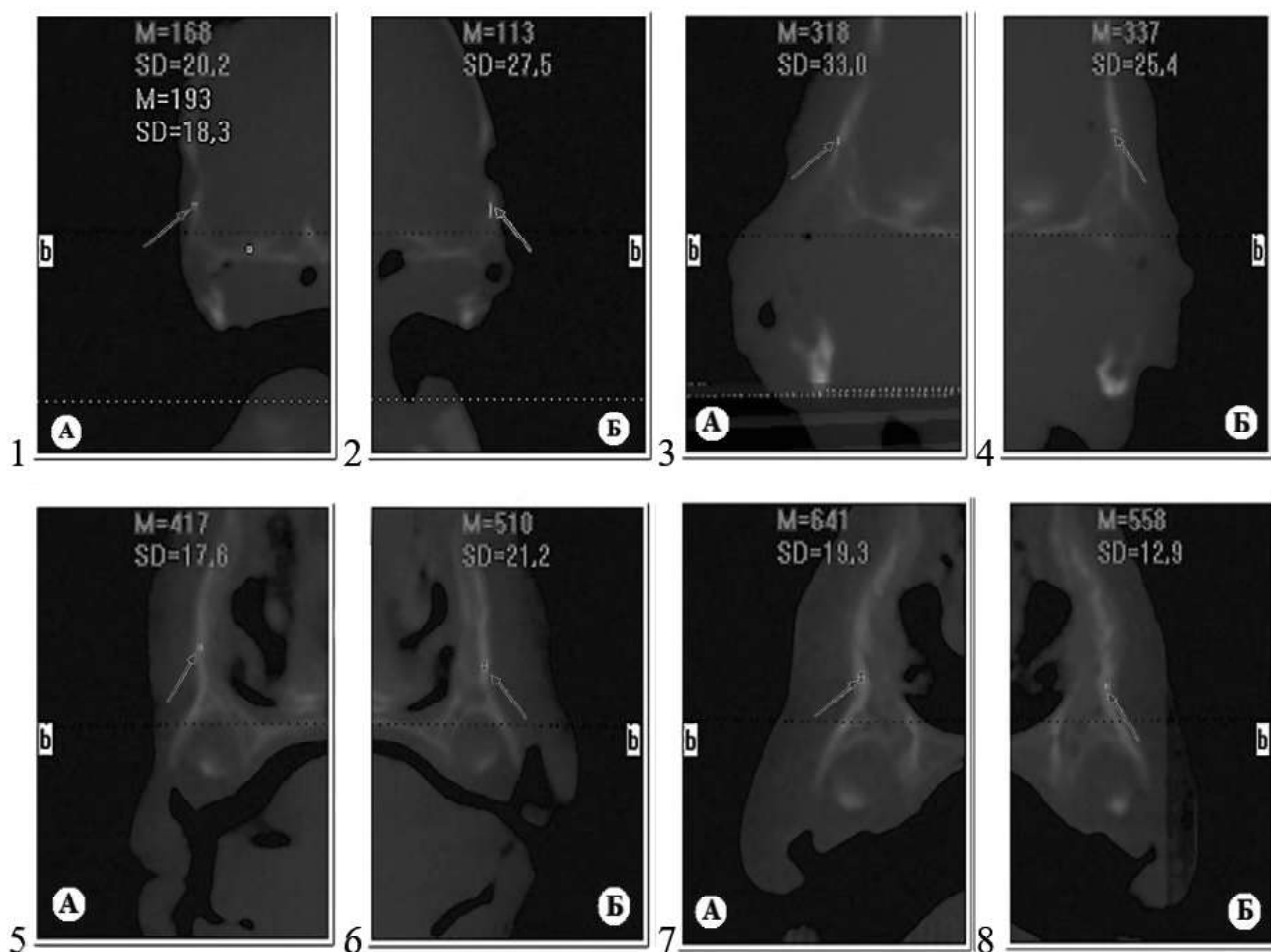


Рис. 1. Лобовий відросток верхньої щелепи у пренатальному онтогенезі людини (А - права сторона; Б - ліва сторона). Томограма. Сагітальні зрізи: 1-2 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 13-16 тижнів ВУР (89,0 мм ТКД); 3-4 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 19-20 тижнів ВУР (140,0 мм ТКД); 5-6 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 27-28 тижнів ВУР (231,5 мм ТКД); 7-8 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 38-39 тижнів ВУР (354,0 мм ТКД).

зації (див. рис. 1. 3-4).

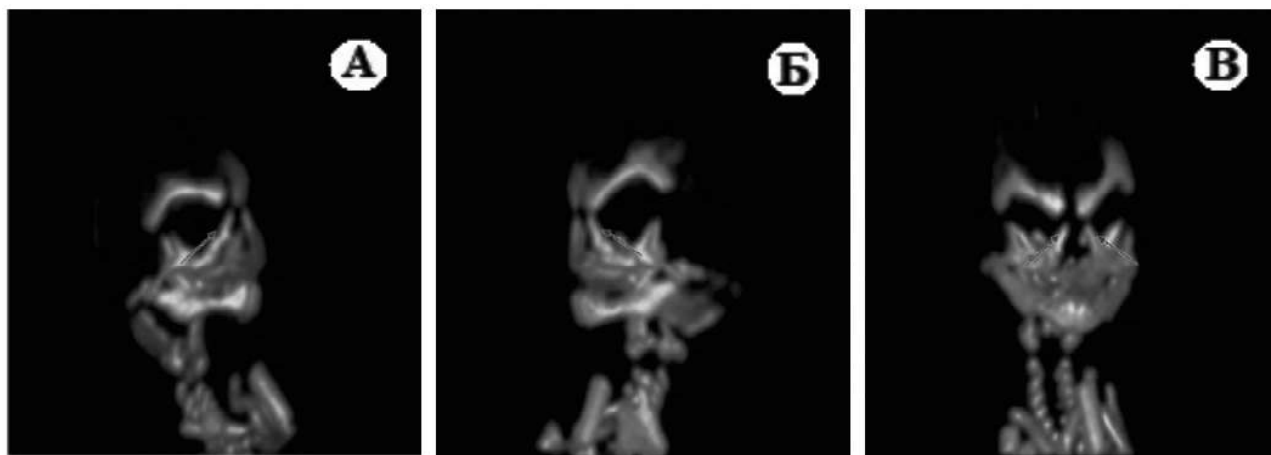
Вищенаведений темп приросту щільності забезпечує рентгенологічну характеристику лобових відростків для другої досліджуваної групи (17-24 тижнів) пренатального розвитку. Максимальна їх мінералізація локалізована в ділянці кортикального переходу з тіла щелепи на її відросток, що чітко візуалізується на рентгенологічному зображенні (рис. 2).

Встановлено зниження темпу приросту, хоча з позитивними значеннями для правої (+0,96 %) та лівої (+2,2 %) сторін між другою (17-24 тижнів) та третьою (25-29 тижнів) досліджуваними групами.

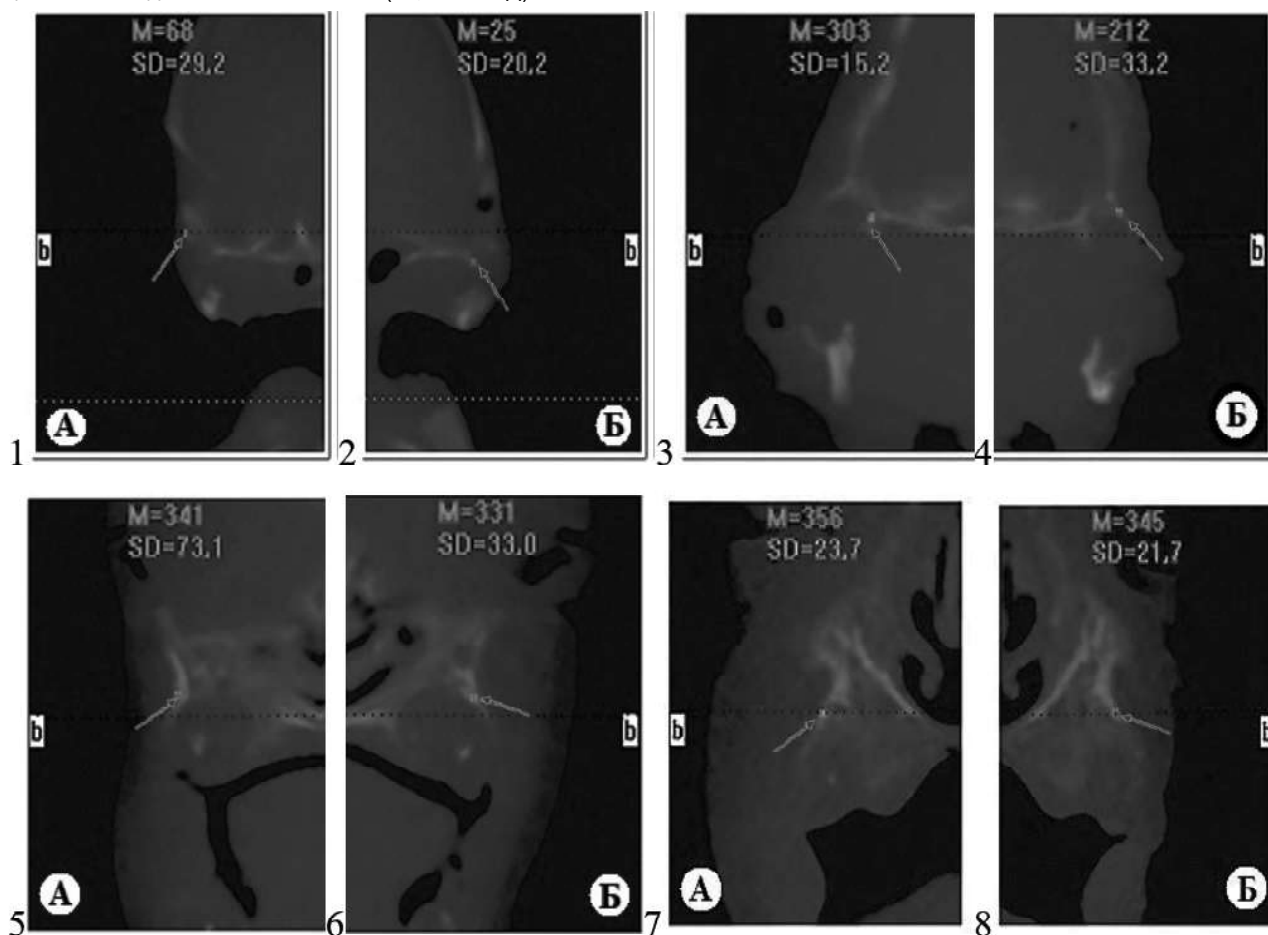
Лобові відростки (див. рис. 1. 5-6) третьої досліджуваної групи характеризуються диференціацією кортикальних та трабекулярних шарів з умовним розподілом до другого типу кісткової тканини, із переважанням щільності й рентгенологічної виразності на лівій стороні. Також чітко проєктуються трапецієподібним рентгенологічним відображенням зачатки перших різців молочного прикусу з горизонтальним переміщенням від основи тіла ВЩ, без його остеонної архітектоники трабеку-

лярного шару. Проте чітко окреслюється зовнішній кортикальний шар коміркового відростка за напрямком горизонтального переміщення зачатка зуба. Кортикальна пластинка з піднебінної сторони значно коротша і не охоплює зачаток зуба, що таким чином забезпечує, на нашу думку, доступність його живлення та росту.

Позитивний темп приросту між третьою (25-29 тижнів) та четвертою (30-40 тижнів) досліджуваними групами для правої (+11,53%) та лівої (+5,53%), сторін ВЩ забезпечує виражену рентгенологічну динаміку щільності та морфологічного розвитку (див. рис. 1. 7-8). Відзначається остеогенна архітектоніка трабекулярного шару з нарощенням його об'єму, як у висоту так і в ширину, із чітко вираженими замикаючими кортикальними пластинками у напрямку до очної ямки та верхньощелепного відростка лобової кістки. Також, спостерігається збереження форми розміщення кортикальних пластин, як і у третій групі дослідження, за напрямком горизонтального переміщення зачатка центрального молочного різця з наближенням до зовнішньої пластинки кортикального шару, оточеного крапкоподібним



**Рис. 2.** 3-D реконструкційна модель лобового відростка (А - вигляд справа; Б - вигляд зліва; В - вигляд спереду) верхньої щелепи Пл людини 13-16 тижнів ВУР (89, 0 мм ТКД).



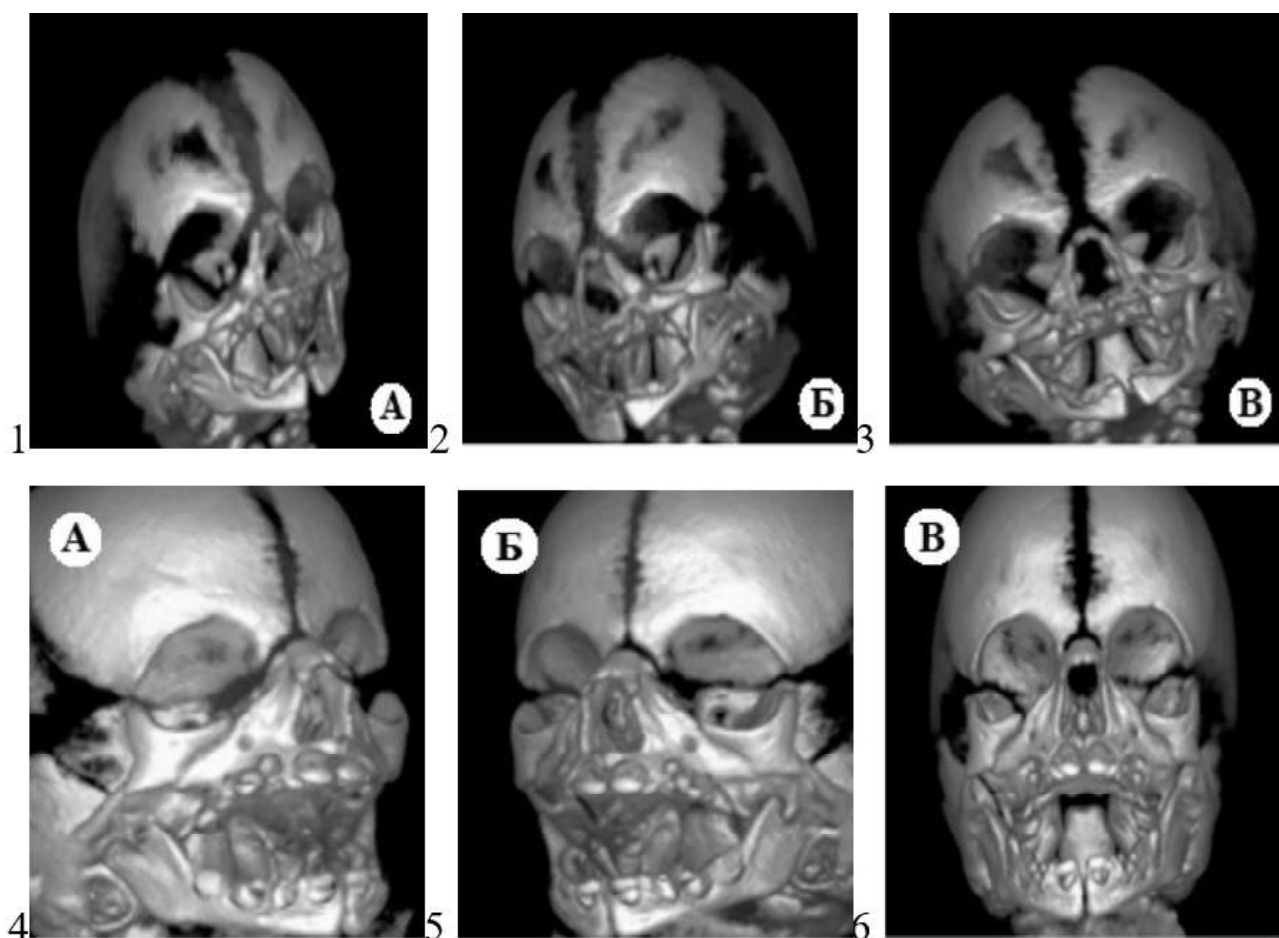
**Рис. 3.** Комірковий відросток верхньої щелепи у пренатальному онтогенезі людини (А - права сторона; Б - ліва сторона). Томограма. Сагітальні зрізи: 1-2 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 13-16 тижнів ВУР (89,0 мм ТКД); 3-4 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 19-20 тижнів ВУР (140,0 мм ТКД); 5-6 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 27-28 тижнів ВУР (231,5 мм ТКД); 7-8 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 38-39 тижнів ВУР (354,0 мм ТКД).

рентгенологічним затемненням.

Із аналізу комп'ютерно-томографічних зображень даного дослідження, коміркові відростки ВЩ (рис. 3) у пренатальному онтогенезі мають виражену рентгено-

логічну варіативність форми як у будові, так і в їх щільності. У цій частині результати наших досліджень корелюють з повідомленням Л.О. Дахно з співав. (2014) [1].

Найнижчу щільність (див. рис. 3. 1-2) визначено, по-



**Рис. 4.** 3-D реконструкційна модель коміркового відростка ВЩ у пренатальному онтогенезі людини (А - вигляд справа; Б - вигляд зліва; В - вигляд спереду): 1-3 - верхня щелепа Пл людини 19-20 тижнів ВУР (140,0 мм ТКД); 4-6 - верхня щелепа Пл людини 27-28 тижнів ВУР (231,5 мм ТКД).

рівняно з лобовим, піднебінним та виличним відростками ВЩ обох сторін, саме у коміркових відростках, через постійні трансформаційні (перерозподіл) та ремодельючі процеси, що забезпечують їх морфологічні ознаки. У віковому періоді 11-16 тижнів не чітко виражене затемнення, що створюється емалевим органом центрального молочного різця, у вигляді півмісяцевої смужки, оберненої до основи тіла ВЩ, ще створює певні труднощі для диференціювання. Адже формування коронок зубів (мінералізація) починаються з центральних різців, з інтенсивним проявом у кінці 5-го місяця ембріонального розвитку, а потім - дистальніше розташованих зубних зачатків.

Оскільки, процеси утворення органічної речовини зубів можна оцінити лише на гістологічних препаратах, про розвиток зубів судять за процесами мінералізації, які починаються через короткий проміжок часу після утворення основної речовини емалі та дентину. Це можливо дослідити лише застосовуючи рентгенологічні дослідження, у даному випадку КТ-діагностику наступних вікових груп дослідження.

Згідно повідомлення авторів [2], довжина комір-

вого відростка правої та лівої ВЩ у Пл і новонароджених суттєво збільшується впродовж 7-10 місяців та у новонароджених, а найменше - впродовж 4-6 місяців ВУР. У 8-10-місячних Пл і новонароджених добре диференціюються комірочки зачатків молочних зубів та міжкоміркові перегородки. Висота коміркового відростка обох ВЩ (на різних ділянках) у перинатальному періоді суттєво збільшується на 6, 8-10 місяцях та у новонароджених, а найменше - на 4-5 та 7 місяцях ВУР.

Нами досліджено, що коміркові відростки зберігають стійку не корелюючу динамічну послідовність росту в усіх вікових, досліджуваних групах, саме у фронтальній ділянці, із темпом приросту (%) щільності до 30 тижнів пренатального онтогенезу. Темп приросту щільності коміркових відростків між першою (11-16 тижнів) та другою (17-24 тижнів) групами становить: для правої сторони (+35,99%), для лівої сторони (+33,17%), що забезпечує відповідний ріст як у ширину, так і висоту.

У Пл 19-20 тижнів ВУР (див. рис. 3. 3-4) можна визначити рентгенологічне затемнення, що створюється емалевим органом центрального молочного різця, у вигляді півмісяцевої смужки, оберненої до основи тіла

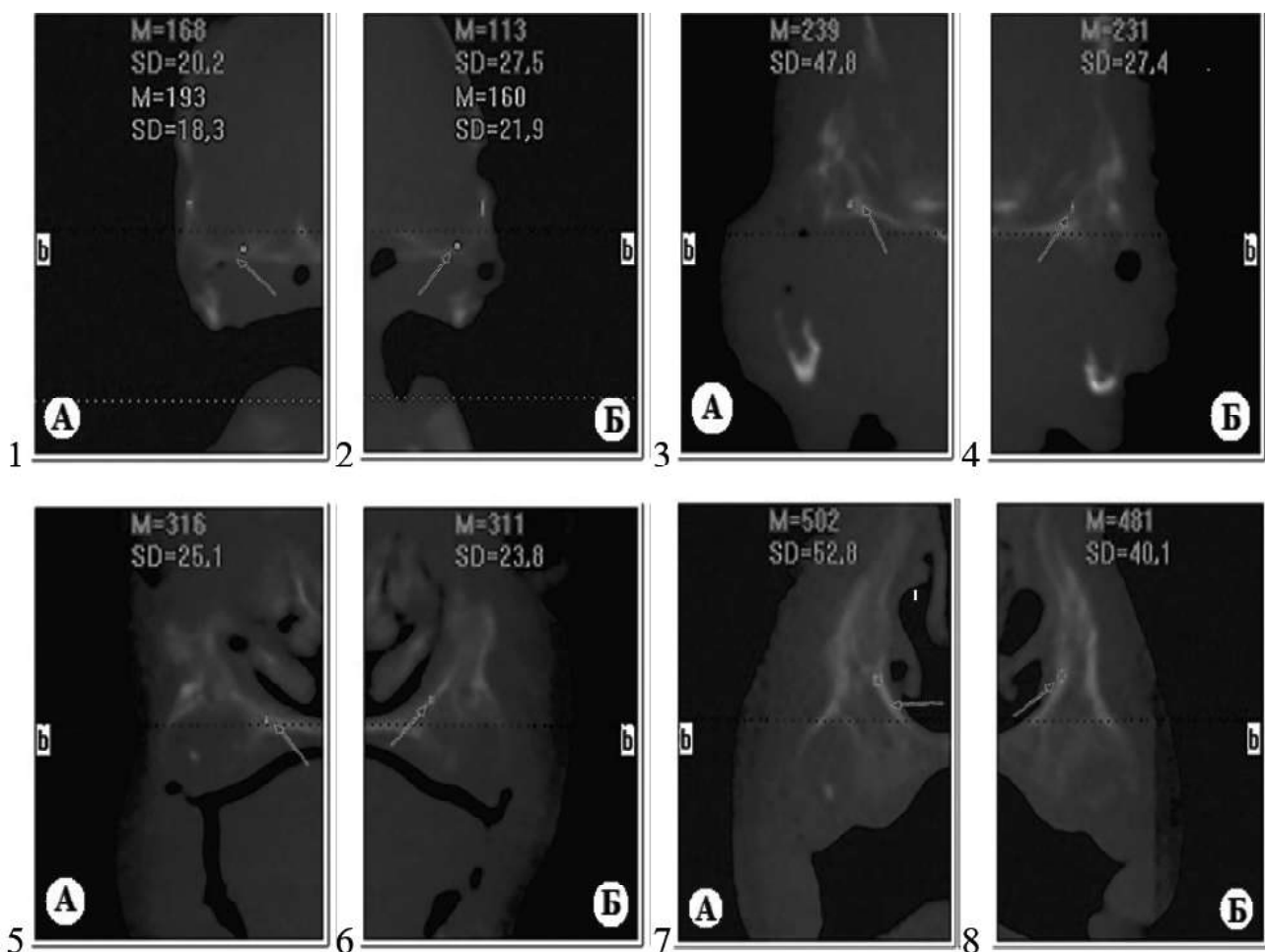
верхньої щелепи, з наближенням до зовнішнього кортикального шару, який забезпечує подальшу форму та його первинний кут нахилу і, на нашу думку, є важливим діагностичним критерієм для подальшого формування прикусу.

Встановлено, що у даному віковому періоді ВУР усі структури ВЩ ще не рентгеноконтрастні. На побудованій за КТ-дослідженням 3-D реконструкційній моделі (рис. 4) чітко визначаються обриси верхньої щелепи (див. рис. 4. 1-3), зокрема її лобовий, виличний і комірковий відростки. Повітроносні порожнини (верхньощелепна пазуха) у кістках черепа ще не завершили своє формування. Внаслідок лише початкового розвитку м'язів відсутня рельєфність кісткових поверхонь (горби, гребені) та ще не виразні лінії зачатків судин.

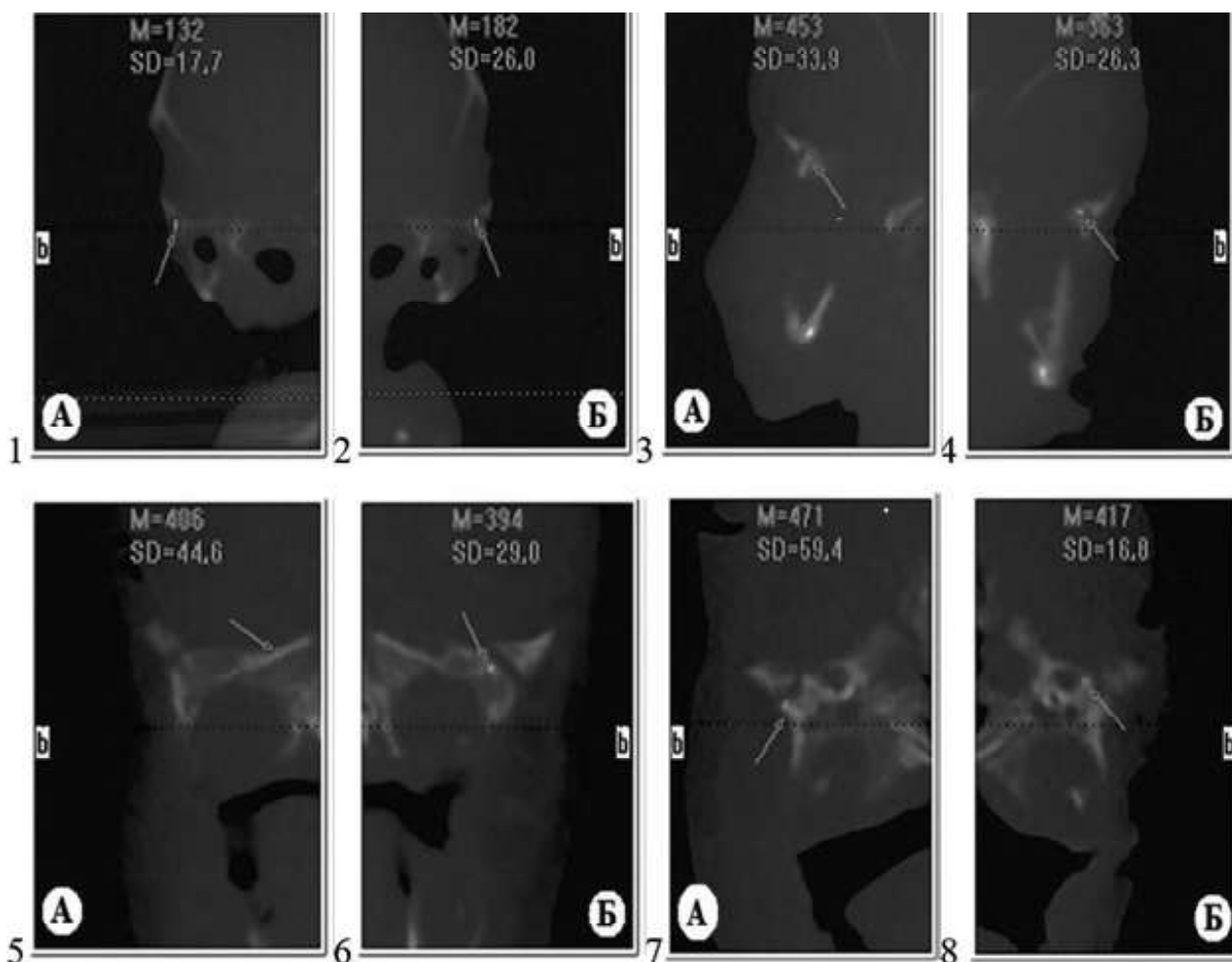
У третій досліджуваній групі щільність коміркових відростків, що забезпечується мінеральним розподілом 19,17% - для правої сторони та 17,90% - для лівої сторони, серед інших відростків, динамічно зростає. Темп приросту, між другою (17-24 тижнів) та третьою

(25-29 тижнів) дослідними групами як у правій (+26,53%), так і, значно, у лівій (+12,01%) сторонах ВЩ знижується, а виявлену асинхронність підтверджує КТ-зображення (див. рис. 3. 5-6). Визначається чітко окреслена зовнішня кортикальна пластинка (див. рис. 4. 4-6) та вертикальне переміщення емалевого органа, центрального молочного різця, з наближенням до середини, із збереженням долотоподібної форми та вираженої рентгенологічної щільності. Також помітно зростає об'єм тіла, з переважанням на верхній щелепі правої сторони в усіх напрямках, і прояв остеонно-архітектонічної побудови та його рентгенологічне відображення в даній групі дослідження. Має рівномірне окреслення рентгенологічна картина кісток лицевого відділу черепа з наближенням їх з'єднань між собою. Також чітко візуалізується проекція підочномовкового отвору, виходу інфраорбітального нерва, що є відгалуженням другої гілки трійчастого нерва.

Зниження відсоткового співвідношення щільності кісткової тканини, що прямо пропорційно впливає на



**Рис. 5.** Піднебінний відросток верхньої щелепи у пренатальному онтогенезі людини (А - права сторона; Б - ліва сторона). Томограма. Сагітальні зрізи: 1-2 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 13-16 тижнів ВУР (89,0 мм ТКД); 3-4 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 19-20 тижнів ВУР (140,0 мм ТКД); 5-6 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 27-28 тижнів ВУР (231,5 мм ТКД); 7-8 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 38-39 тижнів ВУР (354,0 мм ТКД).

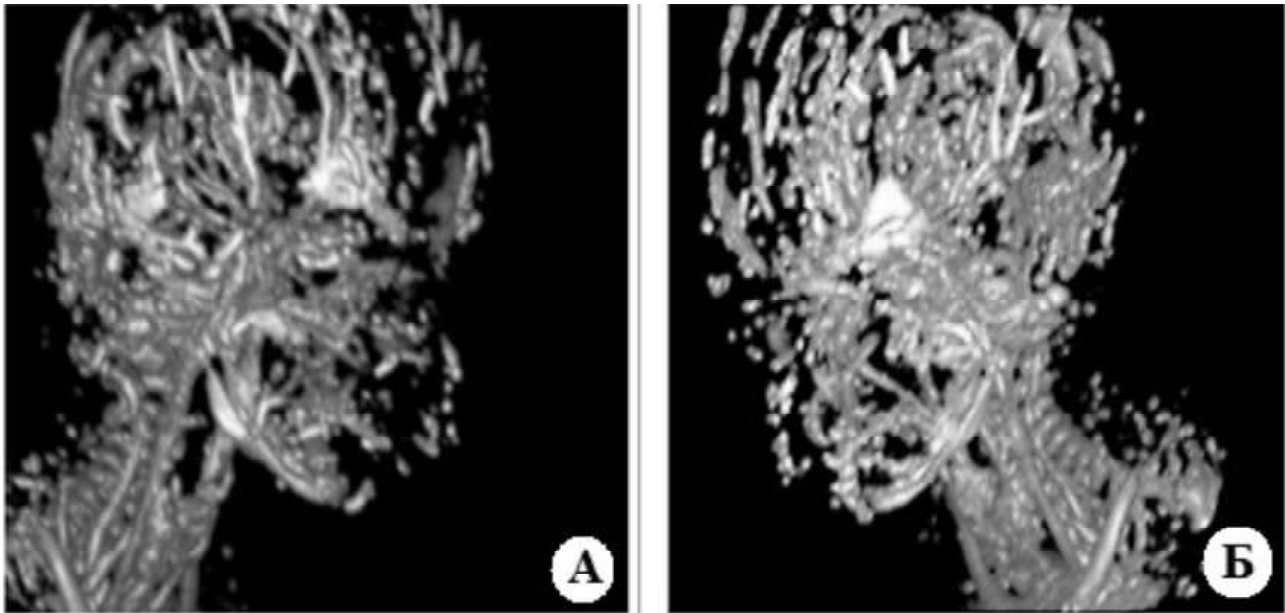


**Рис. 6.** Виличний відросток верхньої щелепи у пренатальному онтогенезі людини (А - права сторона; Б - ліва сторона). Томограма. Сагітальні зрізи: 1-2 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 13-16 тижнів ВУР (89,0 мм ТКД); 3-4 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 19-20 тижнів ВУР (140,0 мм ТКД); 5-6 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 27-28 тижнів ВУР (231,5 мм ТКД); 7-8 - зачаток верхньої щелепи Пл людини 38-39 тижнів ВУР (354,0 мм ТКД).

температури, встановлено для четвертої досліджуваної групи (38-39 тижнів). Така особливість вказує на потребу та інтенсивність розподілу мінерального насичення для фолікулярного формування, росту й мінералізації зачатків зубів. Оскільки для вертикального переміщення зачатка зуба, до моменту прорізування, необхідні передумови кісткової пропозиції - моделювання та аппозиційний ріст взаємозалежних структур. На рентгенологічному зображенні (див. рис. 3. 7-8) аксіального зрізу на рівні проекції другого молочного різця, чітко візуалізуються усі морфологічні структури, відповідно віковому періоду, із забезпеченням форми та напрямку коміркових відростків, для функціональної неонатальної та постнатальної адаптації плода.

Відомо, що первинне піднебіння утворене медіальним відростком, який з боку порожнини рота зливається з верхньощелепними та латеральними носовими відростками, які огинають знизу нюхові ямки. Із тканин первинного піднебіння формуються: середня частина

верхньої губи в межах фільтрума (philtrum); середня частина ВЩ, яка вміщує різці та передній відділ твердого піднебіння (міжщелепна та різцева кістки). На початку 2-го місяця ВУР, завершується розвиток, так званого твердого піднебіння. Останнє формується переважно з кортикального шару пластинчатих виростів на внутрішній поверхні верхньощелепних відростків (рис. 5), які ростуть назустріч один одному і зливаються по середній лінії один з одним та з носовою перегородкою, яка опускається зверху (див. рис. 5. 1-2). Задні частини піднебінних відростків, які не мають зв'язку з носовою перегородкою, зливаючись утворюють м'яке піднебіння та язичок. У процесі завершення формування передньої частини піднебіння в нього включається і частина первинного піднебіння з піднебінним сосочком. У цій ділянці утворюються епітеліальні тяжі, які можуть зберігатися і постнатально у вигляді сліпих каналів, які відкриваються у носову або ротову порожнину, що також можуть відобразитися на рентгенологічних зображеннях.



**Рис. 7.** 3-D реконструкційна модель судин (А - права сторона; Б - ліва сторона) щелепо-лицевої ділянки та голови плода людини 21-22 тижнів ВУР (195,0 мм ТКД). Попередньо проведено ін'єкцію судин свинцевим суриком.

Щільність пластинчастоподібних піднебінних відростків має переважно сталі показники мінерального вмісту (%), з незначним зниженням у перших трьох групах. Для першої (див. рис. 5. 1-2) досліджуваної групи правої сторони складають - 27,06 %; для другої (див. рис. 5. 3-4) - 4,65%; для третьої (див. рис. 5. 5-6) - 20,43 %; для четвертої (див. рис. 5. 7-8) - 21,98%.

Відповідно і темп приросту їх щільності в перших трьох групах має негативну динаміку з формуванням кривої, оберненої основою до низу, вирівнювання якої забезпечує позитивний приріст (+7,59%) між третьою та четвертою досліджуваними групами їх щільності. Наше дослідження в частині результатів щодо асинхронності мінералізації, що прямо пропорційна до її щільності, між правою та лівою сторонами піднебінних відростків верхньої щелепи корелює з описаним С. Ю. Чайковською (2016) [8] аналізом вікової динаміки мінерального складу кісткової тканини нижньої щелепи у дітей дошкільного віку. Для лівої сторони характерні нижчі показники щільності, проте їх темп приросту (%) удвічі наближається до позитивної динаміки і становить: між першою та другою групами - (-6,09%), між другою і третьою групами - (-6,44%), між третьою і четвертою групами - (+14,05%), що підкреслює роль функціональної анатомії та готовність плода до участі у вигодовуванні та виразно підтверджується на аксіальному зрізі рентгенологічного зображення (див. рис. 5. 7-8).

Виличні відростки ВЩ (рис. 6) характеризуються високою щільністю і цим відіграють значну роль у формуванні скелет-топографічних взаємовідношень кісток лицевого черепа ще на ранніх етапах пренатального онтогенезу. У плода 13-16 тижнів ВУР (див. рис. 6. 1-2) вже чітко виражена рентгенконтрастність, як форми

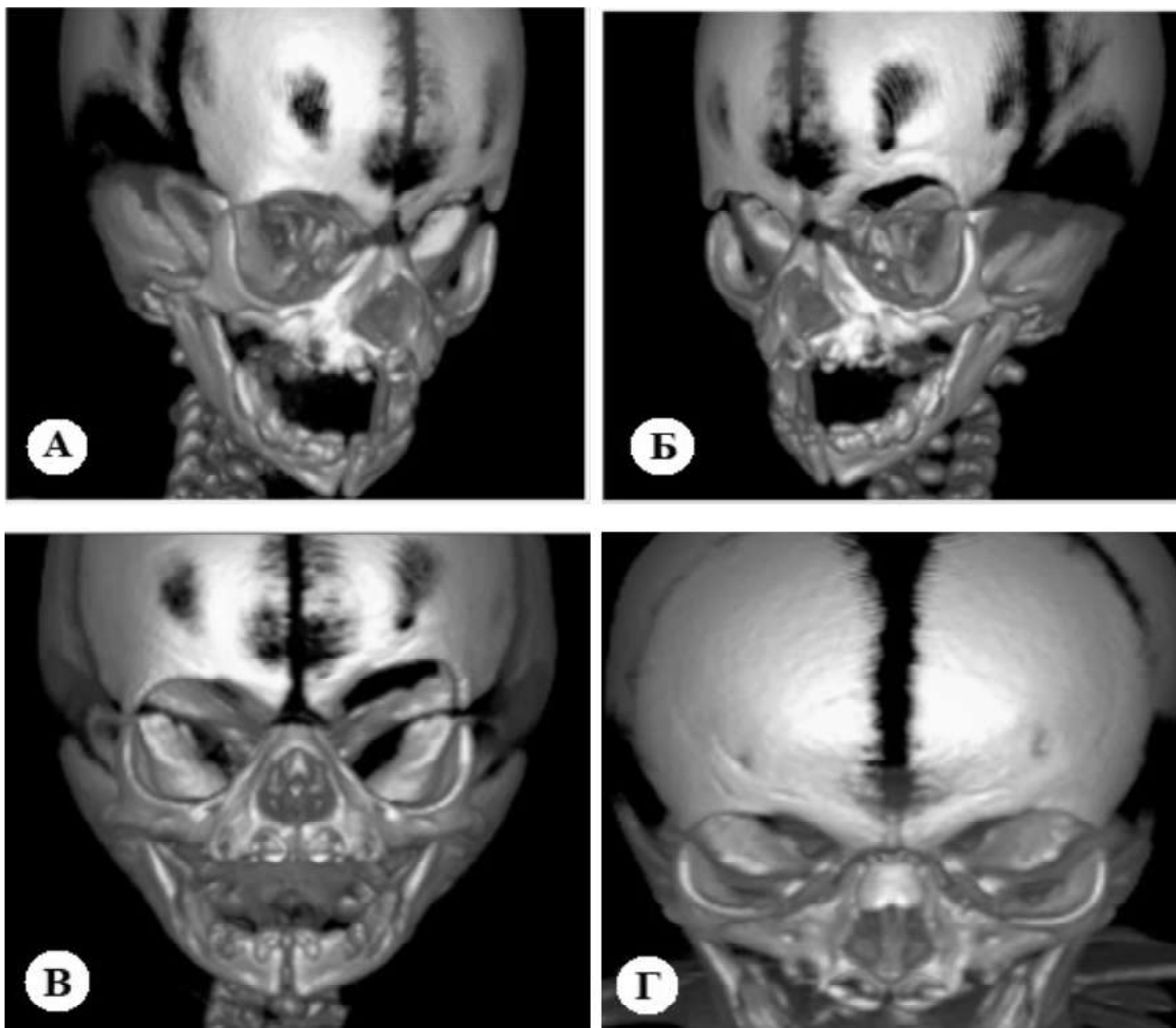
виличного відростка, так і його співвідношення до верхньощелепного відростка виличної кістки. Найвищий коефіцієнт щільності виличних відростків, у відсотковому розподілу мінерального насичення серед лобових, піднебінних та коміркових відростків, понад третини від загального значення, припадає саме на першу групу (11-16 тижнів) дослідження з числовим значенням для правої сторони 37,2%, для лівої - 40,89%. Взаємозалежно від розвитку тіла ВЩ відбувається і формування виличних відростків (див. рис. 6. 3-4; рис. 6. 5-6). У свою чергу числові середні (М) значення для обох сторін характеризуються в напрямку зростання, що забезпечує їх мінералізацію і стає можливим за рахунок інтенсивності розвитку судинної системи та кровопостачання даних ділянок, що представлено у вигляді 3-D реконструкційної моделі (рис. 7).

Вікова динаміка темпу приросту щільності виличних відростків ВЩ плодів становить від'ємні показники (графічно, формують криву обернену основою до верху), що забезпечує таким чином їх певну еластичність. Дана ознака кількісної морфології, на наш погляд, є позитивною і підтверджує фізіологічну готовність Пл до проходження родовими шляхами. Ще одним підтвердженням є рентгенологічне зображення виличних відростків Пл віком 38-39 тижнів пренатального розвитку, що вказує на відсутність синостозного (кісткового) з'єднання (див. рис. 6. 7-8; рис. 8).

Антропометричні співвідношення обличчя новонародженого й дорослої людини значно відрізняються. Головним чином це визначається співвідношенням розмірів мозкового і лицевого відділів черепа.

Оскільки Пл людини (див. рис. 8) 38-39 тижнів ВУР (354,0 мм ТКД) певною мірою відповідають етапу за-





**Рис. 8.** 3-D реконструкційна модель виличного відростка (А - вигляд справа; Б - вигляд зліва; В - вигляд спереду; Г - вигляд спереду-зверху) верхньої щелепи Пл людини 38-39 тижнів ВУР (354,0 мм ТКД).

вершення пренатального розвитку, то можуть бути порівняні до новонароджених. Голова новонародженого великих розмірів і складає 1/4 довжини його тіла. Череп новонародженого відзначається невеликими розмірами лицевого відділу порівняно з мозковим. Унаслідок цього лицевий відділ майже не виступає вперед. Мозкова частина черепа збільшується значно менше, ніж лицева. Іншою особливістю черепа новонародженого є наявність тім'ячок. Вони знаходяться на місцях пересічення швів (див. рис. 8. А-В), де збереглися залишки сполучної тканини. Наявність їх має велике значення, оскільки це дає змогу кісткам черепа зміщуватися під час пологів. Усі тім'ячка (див. рис. 8. Г) заростають на 2-3 місяці після народження, окрім лобового (на другому році життя).

Повітроносні порожнини (верхньощелепна пазуха тощо) у решті кісток черепа ще не сформувалися. Верх-

ньощелепна пазуха тільки намічається і на рентгенограмі має вигляд просвітління довгастої форми. Вона лежить медіально відносно коміркового відростка. Внаслідок недостатнього розвитку м'язів, які ще не почали функціонувати, різні м'язові горби, гребені та лінії слабо виражені. У новонародженого відзначається диспропорція між середнім та нижнім відділом обличчя, яка зумовлена тим, що висота прикусу забезпечується тільки ясенними валиками. Ніс новонародженого відносно малий, носові ходи вузькі.

Верхня щелепа складається з 2-х симетричних половин (рис. 8. В, Г), які поєднуються подовжнім швом, широким і коротким, складається головним чином із коміркового відростка, який розташований трохи нижче піднебіння, яке плоске з добре вираженими поперечними складками. Середні значення (М) довжини верхньої щелепи новонародженого сягають 25,0 мм, ширини -32,0 мм.

## Висновки та перспективи подальших розробок

1. Дослідження зачатків ВЩ у пренатальному онтогенезі підтверджує асинхронність щільності (прямопропорційна до її мінералізації) між правою та лівою сторонами, яка найбільш виражена в лобових, виличних та піднебінних відростках. Вміст мінеральних речовин у кістковій тканині упродовж онтогенезу значно корелює та нерівномірно розподіляється і залежить від ендокринного надходження мікро- та макроелементів у кісткову тканину, що, у свою чергу, є певною мірою їх депонуванням та визначає регіональну особливість досліджуваної ділянки у кожному віковому періоді. Мінеральне насичення кісткової тканини, яке відображає її щільність (МО Нu), є взаємозалежним коефіцієнтом співвідношення до його темпу приросту (%).

2. Коміркові відростки зберігають стійку не корелюючу динамічну послідовність росту в усіх вікових групах дослідження, саме у фронтальній ділянці, із темпом приросту (%) щільності до 30 тижнів пренатального онтогенезу. Найвищий коефіцієнт щільності виличних відростків; у відсотковому розподілі мінерального насичення серед лобових, піднебінних та коміркових відростків, понад третини від загального значення, припадає саме на 11-16 тижні ВУР плода. У Пл 19-20 тижнів ВУР визначається рентгенологічне затемнення, що ут-

ворене емалевим органом центрального молочного різця, у вигляді півмісяцевої смужки, оберненої до основи тіла ВЩ, з наближенням до зовнішнього кортикального шару, який забезпечує подальшу форму та його первинний кут нахилу і, на нашу думку, є важливим діагностичним критерієм для подальшого формування прикусу.

Отримані нами статистичні результати можна вважати фактичними, які мають важливе значення для пренатальної діагностики, судово-медичної практики, особливо для моніторингу нормального розвитку плода та раннього скринінгу вад розвитку в динаміці пренатального онтогенезу. Даний аналіз формує уяву про розподіл мікро- та макроелементів, що забезпечують щільність кісткової тканини, серед сталих морфологічних структур ВЩ і збагачує знаннями з кількісної морфології та стає знаковим орієнтиром, під час набору матеріалу для подальших наукових досліджень, а також пренатальної діагностики розвитку плода.

Надалі вважаємо перспективним проведення досліджень мінерального вмісту й щільності кісткової тканини патологічно змінених ВЩ передплідів і плодів людини та новонароджених, а також вивчення їх розвитку за умов впливів зовнішніх факторів у екологічно несприятливих регіонах.

## Список посилань

1. Дахно, Л. О., Криницький, Р. П., Павлів, Х. І., Масна, З. З. & Масна-Чала, О. З. (2014). Особливості перебудови коміркових відростків щелеп та їх співвідношення з коренями постійних зубів у віковому аспекті. *Вісник проблем біології і медицини*, 2 (1), 136-139.
2. Корчинська, Н. С., Слободян, О. М. & Вацик, М. М. (2017). Перинатальна анатомія коміркового відростка верхньої щелепи. *Світ медицини та біології*, 2 (60), 139-143.
3. Мішалов, В. Д., Войченко, В. В., Малишева, Т. А., Діброва, В. А., Кузик, П. В. & Юрченко, В. Т. (2018). Порядок вилучення біологічних об'єктів від померлих, тіла яких підлягають судово-медичній експертизі і патологоанатомічному дослідженню, для наукових цілей: методичні рекомендації. *Освіта України: спеціалізована газета*. Київ: педагогічна преса, 2 (62), 3-13.
4. Мішалов, В. Д., Чайковський, Ю. Б. & Твердохліб, І. В. (2007). Про правові, законодавчі та етичні норми і вимоги при виконанні наукових морфологічних досліджень. *Морфологія (електронний науковий журнал)*, 1 (2), 108-115. Взято з [http://www.morphology.dp.ua/\\_pub/MORPHO-2007-01-02/07mvdnmd.pdf](http://www.morphology.dp.ua/_pub/MORPHO-2007-01-02/07mvdnmd.pdf).
5. Ошурко, А. П. & Олійник, І. Ю. (2017). Морфогенез верхньої щелепи та прилеглих структур щелепо-лицевої ділянки в передплідів людини 7-9 тижнів внутрішньоутробного розвитку. *Український журнал медицини, біології та спорту*, 4 (6), 26-35.
6. Погорелов, М. В. (2017). Регіональні відмінності мінерального складу в стінці серця людини упродовж онтогенезу. *Морфологія*, 11 (2), 25-27. Взято з [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Morphology\\_2017\\_11\\_2\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Morphology_2017_11_2_6).
7. Пономаренко, С. І. (2015). Зв'язок між параметрами стоматологічного статусу та системними показниками стану кісткової системи. *Проблеми остеології*, 18 (2), 40-50.
8. Чайковська, С. Ю. (2016). Аналіз вікової динаміки мінераль-

ного складу кісткової тканини коміркової частини нижньої щелепи у дітей дошкільного віку. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*, 15 (3), 53-57.

9. Baumgart, M., Wisniewski, M., Grzonkowska, M., Badura, M., Dombek, M., Malkowski, B. & Szpinda, M. (2016). Morphometric study of the two fused primary ossification centers of the clavicle in the human fetus. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 38, 937-945. doi: 10.1007/s00276-016-1640-y.
10. Oshurko, A. P. & Oliynyk, I. Yu. (2019). Study of the qualitative characteristics of the maxilla bone tissue according to the quantitative content of macroelements (P, Na, Ca, Mg, S) in the dynamics of prenatal ontogenesis. *World of Medicine and Biology*, 1 (67), 171-177. doi: 10.26.724 / 2079-8334-2019-1-67-171.
11. Sant'Anna, E. F., Lau, G. W., Marquezan, M., de Souza Araujo, M. T., Polley, J. W. & Figueroa, A. A. (2015). Combined maxillary and mandibular distraction osteogenesis in patients with hemifacial microsomia. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 147 (5), 566-577. doi: 10.1016/j.ajodo.2014.12.027.
12. Szpinda, M., Baumgart, M., Szpinda, A., Wozniak, A., Maskowski, B., Wilniewski, M., Mila-Kierzenkowska, C. & Krolczewski, D. (2013). Cross-sectional study of the ossification center of the C1-S5 vertebral bodies. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 35, 395-402. doi: 10.1007/s00276-012-1045-5.

## References

1. Daxno, L. O., Krynychy, R. P., Pavliv, X. I., Masna, Z. Z. & Masna-Chala, O. Z. (2014). Osoblyvosti perebudovy komirkovykh vidrostkiv shhelep ta yix spivvidnoshennya z korennyamy postijnykh zubiv u vikovomu aspekti [Features of rearrangement of collar processes of the jaws and their correlation with the roots of permanent teeth in the age aspect]. *Visnyk problem biologiyi i medycyny - Bulletin of*

- Biology and Medicine*, 2 (1), 136-139.
- Korchynska, N. S., Slobodyan, O. M. & Vacyk, M. M. (2017). Perynatalna anatomiya komirkovogo vidrostka verxnioyi shhelepy [Perinatal anatomy of the alveolar process of the upper jaw]. *Svit medycyny ta biologiyi - World of Medicine and Biology*, 2 (60), 139-143.
  - Mishalov, V. D., Voichenko, V. V., Malysheva, T. A., Dibrova, V. A., Kuzyk, P. V. & Yurchenko, V. T. (2018). Poriadok vyluchennia biolohichnykh ob'ektiv vid pomerlykh, tila yakykh pidliahaiut sudovo-medychnii ekspertyzi i patolohoanatomichnomu doslidzhenniu, dlia naukovykh tsilei: metodychni rekomendatsii [The procedure for the removal of biological objects from the dead, the bodies of which are subject to forensic examination and pathologoanatomical research, for scientific purposes: methodical recommendations]. *Osvita Ukrainy: spetsvypusk hazety. Kyiv: Pedahohichna presa - Education of Ukraine: special issue of the newspaper*. Kiev: pedagogical press, 2 (62), 3-13.
  - Mishalov, V. D., Chajkovs'kyj, Yu. B. & Tverdoxlib, I. V. (2007). Pro pravovi, zakonodavchi ta etychni normy i vymogy pry vykonanni naukovykh morfologichnykh doslidzhen [On legal, legislative and ethical norms and requirements in the course of scientific morphological research]. *Morfologiya - Morphology*, 1 (2), 108-115. Vzyato z [http://www.morphology.dp.ua/\\_pub/MORPHO-2007-01-02/07mvdnmd](http://www.morphology.dp.ua/_pub/MORPHO-2007-01-02/07mvdnmd).
  - Oshurko, A. P. & Oliynyk, I. Yu. (2017). Morfogenez verxnioyi shhelepy ta pryleglykh struktur shhelepo-lycevoyi dilyanky v peredplodiv lyudyny 7-9 tyzhniv vnutrishnoutrobnogo rozvytku [Morphogenesis of the upper jaw and adjacent structures of the jaw-facial area in prenatal human 7-9 weeks of intrauterine development]. *Ukrainskyj zhurnal medycyny, biologiyi ta sportu - Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*, 4 (6), 26-35.
  - Pogoryelov, M. V. (2017). Regional'ni vidminnosti mineral'nogo skladu v stinci sercyu lyudy'ny uprodovzh ontogenezu [Regional differences in the mineral composition in the human heart wall during ontogenesis]. *Morfologiya - Morphology*, 11 (2), 25-27. Vzyato z [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Morphology\\_2017\\_11\\_2\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Morphology_2017_11_2_6).
  - Ponomarenko, S. I. (2015). Zviazok mizh parametramy stomatolohichnogo statusu ta systemnymy pokaznykamy stanu kistkovoï systemy [Relationship between the parameters of the dental status and the systemic indicators of the state of the bone system]. *Problemy osteolohii - Problems of osteology*, 18 (2), 40-50.
  - Chaikovsky, S. Yu. (2016). Analiz vikovoï dynamiky mineralnogo skladu kistkovoï tkanyny komirkovoï chastyny ryzhnoi shhelepy u ditei doshkilnogo viku [Analysis of age dynamics of mineral composition of bone tissue of the cellular part of the mandible in preschool children]. *Klinichna anatomii ta operatyvna khirurgiia - Clinical Anatomy and Operative Surgery*, 15 (3), 53-57.
  - Baumgart, M., Wisniewski, M., Grzonkowska, M., Badura, M., Dombek, M., Malkowski, B. & Szpinda, M. (2016). Morphometric study of the two fused primary ossification centers of the clavicle in the human fetus. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 38, 937-945. doi: 10.1007/s00276-016-1640-y.
  - Oshurko, A. P. & Oliynyk, I. Yu. (2019). Study of the qualitative characteristics of the maxilla bone tissue according to the quantitative content of macroelements (P, Na, Ca, Mg, S) in the dynamics of prenatal ontogenesis. *World of Medicine and Biology*, 1 (67), 171-177. doi: 10.26.724 / 2079-8334-2019-1-67-171.
  - Sant'Anna, E. F., Lau, G. W., Marquezan, M., de Souza Ara'jo, M. T., Polley, J. W. & Figueroa, A. A. (2015). Combined maxillary and mandibular distraction osteogenesis in patients with hemifacial microsomia. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 147 (5), 566-577. doi: 10.1016/j.jajodo.2014.12.027.
  - Szpinda, M., Baumgart, M., Szpinda, A., Wozniak, A., Maskowski, B., Wilniewski, M., Mila-Kierzenkowska, C. & Krolczewski, D. (2013). Cross-sectional study of the ossification center of the C1-S5 vertebral bodies. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 35, 395-402. doi: 10.1007/s00276-012-1045-5.

## РЕЗУЛЬТАТЫ 3-D РЕКОНСТРУИРОВАНИЯ В ДИНАМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ В ПРЕНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ ЧЕЛОВЕКА

Ошурко А.П., Олейник И.Ю.

**Аннотация.** Качество костной ткани челюстных костей имеет особое значение, поскольку характеризуется выраженной возрастной динамикой и зависит как от течения процесса минерализации скелета в целом, так и от особенностей минерального состава костной ткани конкретно челюстей. Цель - изучить особенности плотности костной ткани (МО Н) на различных анатомических участках зачатков верхней челюсти плодов человека в динамике пренатального онтогенеза с помощью компьютерной томографии и стандартизированного программного обеспечения i-CATVision. Исследование проведено с применением методов макроскопии, морфометрии, компьютерной томографии и статистического анализа. Исследование зачатков верхней челюсти в пренатальном онтогенезе подтверждает асинхронность её плотности, прямо пропорциональной к её минерализации, между правой и левой сторонами, которая наиболее выражена в лобных, скуловых и небных отростках. Минеральное насыщение костной ткани, которое отражает её плотность (МО Н), является взаимосвязанным коэффициентом соотношения к его темпу прироста (%). Альвеолярные отростки сохраняют стойкую не коррелирующую динамическую последовательность роста во всех возрастных группах исследования, именно во фронтальной области, с темпом прироста (%) плотности до 30 недель пренатального онтогенеза. Самый высокий коэффициент плотности скуловых отростков; в процентном распределении минерального насыщения среди лобных, небных и альвеолярных отростков более трети от общего значения приходится именно на 11-16 недель развития плода. Данный анализ формирует представление о распределении микро- и макроэлементов, которые обеспечивают плотность костной ткани, среди постоянных морфологических структур верхней челюсти и обогащает знаниями количественной морфологии, становится знаковым ориентиром во время набора материала для дальнейших научных исследований, а также пренатальной диагностики развития плода. Считаем перспективным проведение исследований минерального содержания и плотности костной ткани патологически измененных верхних челюстей предплодов, плодов человека, новорожденных и изучения их развития в условиях воздействий внешних факторов в экологически неблагоприятных регионах.

**Ключевые слова:** верхняя челюсть, компьютерная томография, плотность, костная ткань, пренатальный онтогенез, человек.

**RESULTS OF 3-D RECONSTRUCTION IN DYNAMIC ANALYSIS FOR DETERMINING THE BONE TISSUE DENSITY OF THE MAXILLA IN HUMAN PRENATAL ONTOGENESIS**

**Oshurko A.P., Oliynyk I.Yu.**

**Annotation.** *The quality of the bone tissue of the jaw bones is of special significance since it is characterized by the pronounced age dynamics and depends both on the course of the mineralization of the skeleton as a whole, and on the specifics of the mineral content of the bone tissue of the particular jaws. The aim is to find out the peculiarities of bone density (MO Hu) in various anatomical areas of the germs of the human maxillary jaw in the dynamics of prenatal ontogenesis using computed tomography and standardized software i-CATVision. The study has been conducted using macroscopy, morphometry, computed tomography, and statistical analysis. The study of the germs of the maxilla in prenatal ontogenesis confirms the asynchrony of density, which is directly proportional to its mineralization, between the right and left sides, which is most pronounced in the alveolar, malar and palatal ridges. Mineral saturation of bone tissue, which reflects its density (MO Hu), is an interdependent coefficient of ratio to its growth rate (%). Alveolar ridges maintain a stable, non-correlated dynamic growth sequence in all experimental age groups, in the frontal area, with a rate of density increase (%) up to 30 weeks of prenatal ontogenesis. The highest density factor of the malar ridges accounts for the 11-16 weeks of the development of the fetus, in the percentage distribution of mineral saturation among the frontal, palatal and alveolar ridges, more than a third of the total value. This analysis forms the idea of the distribution of micro and macro elements that provide bone density, among the stable morphological structures of the maxilla and enriches knowledge with quantitative morphology and becomes a guide for further research and prenatal diagnostics of fetal development as well. We find it promising to carry out the research on mineral content and density of bone tissue of pathologically altered upper jaws of pre-fetuses, human fetuses, newborns and to study their development under conditions of external factors in ecologically unfavorable regions.*

**Keywords:** *maxilla, computed tomography, density, bone tissue, prenatal ontogenesis, human.*

---