

Дослідження анатомічної будови та архітектоніки кісток середньої зони обличчя за даними спіральної комп'ютерної томографії

Middle Face Zone Anatomical Structure and Bone Architectonics Study According to Spiral Computed Tomography

Маланчук В.О.¹⁻³, д.мед.н., проф.,
Копчак А.В.¹, д.мед.н., доц.,
Астапенко О.О.¹, к.мед.н., доц.,
Шуминський Є.В.¹, лікар щелепно-лицевий хірург

¹Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця

²Українська асоціація черепно-щелепно-лицевих хірургів

³НАМН України

Malanchuk V.O.¹⁻³, Kopchak A.V.¹,
Astapenko O.O.¹, Shumynskiy Ie.V.¹

¹O.O. Bogomolets National Medical University

²Ukrainian Association of Cranio-Maxillofacial Surgery

³NAMS of Ukraine

Адреса для кореспонденції:
Шуминський Євген Валерійович
e-mail: shuminsky@bigmir.net

Мета: Дослідити індивідуальні особливості будови та архітектоніки кісток середньої зони обличчя в нормі, розробити критерії оцінки співвідношень між кістковими елементами та повітроносними шляхами з використанням методів мультиспіральної комп'ютерної томографії (КТ) та 3D-реконструкції КТ-зображень. **Методи:** Проаналізували 30 спіральних комп'ютерних томограм пацієнтів без ознак патології кісток середньої зони обличчя. Використовували ліцензоване програмне забезпечення SimPlant 11.04 («Materialise», Бельгія). Після створення віртуальної моделі кісток та повітроносних шляхів середньої зони обличчя визначали товщину кістки на різних ділянках, обсяг і площу поверхні кісток та повітроносних шляхів. Також вимірювали лицевий кут, кут інклінації, розраховували фаціальний індекс Ізарда та запропонований нами індекс пневматизації (ПІ — співвідношення обсягу кісткової тканини та обсягу повітроносних шляхів). Наявність статистичних взаємозв'язків між досліджуваними параметрами визначали за коефіцієнтом кореляції Пірсона. **Результати:** Показники антропометричних індексів у більшості обстежених пацієнтів коливались у межах норми, ПІ — від 0,8 до 1,9 (в середньому 1,22±0,29). Показники індексу, що перевищували 1,5 вказували на склеротичний тип будови кісток середньої зони обличчя, менший ніж 0,9 — про пневматичний. Під час кореляційного аналізу встановили, що ПІ та співвідношення обсягу кістки щодо площі її поверхні вірогідно були пов'язані із товщиною кістки на окремих ділянках, проте не залежали від кута інклінації, лицевого кута та величини індексу Ізарда. **Висновки:** При обчисленні антропометричних даних (лицевий кут, кут інклінації, індекс Ізарда) неможливо оцінити будову, архітектоніку, ступінь пневматизації кісток середньої зони обличчя та іррегулярності їхньої поверхні. Для об'єктивної інтегральної оцінки архітектоніки кісток середньої зони обличчя доцільним є визначення ПІ та розрахунок співвідношення обсягу кістки щодо площі її поверхні.

Ключові слова: середня зона обличчя, додаткові пазухи носа, кісткова тканина, індекс пневматизації.

Purpose: To explore the individual characteristics of the anatomical structure and architectonics of middle face bones (MFB) normally, develop criteria for evaluating correlations between the bony elements and airways using spiral computed tomography (CT) and 3D reconstruction of tomographic images. **Methods:** Analysed 30 patients spiral CT scans without pathology of MFB. Licensed SimPlant 11.04 («Materialise», Belgium) software was used. After creating a virtual model of the middle face zone (MFZ) bones and airways, determined the bone thickness at different sites, volume and square of bone and airways. Also measured the facial, inclination angles, Izard facial index and offered by us pneumatization index (PI — ratio of bone volume to volume airways). The presence of statistical correlations between the studied parameters were determined by Pearson correlation coefficient. **Results:** The values of anthropometric indices in most surveyed people were in the normal range. The value of PI ranged from 0,8 to 1,9 (average 1,22±0,29). The index greater than 1,5 indicates sclerotic type of MFB, and less than 0,9 indicates pneumatic. In conducting correlation analysis found that PI and bone volume ratio to the square of its surface were significantly associated with bone thickness in some areas, but not associated with inclination, facial angles and the value of the Izard index. **Conclusions:** The calculation of facial, inclination angles, Izard index do not allow us to assess the MFB structure, architectonics, degree of pneumatization and irregularity of it's surface. For an objective evaluation of MFB architectonics advisable to determine the PI and bone volume ratio to the square of its surface.

Key words: middle face zone, paranasal sinuses, bone, pneumatization index.

ВСТУП

Стрімкий розвиток щелепно-лицевої хірургії, розробка нових методів остеосинтезу, реконструктивно-відновних втручань, ортогнатичної хірургії, дентальної та щелепно-лицевої імплантації, удосконалення методів діагностики та комп'ютерного моделювання за останні десятиліття зумовили потребу в поглибленні уявлень про морфологічні та функціональні особливості кісток лицевого черепа, визначення їх адаптивних та компенсаторних властивостей, регенераторного потенціалу тощо. Особливий інтерес становить середня зона обличчя, у якій тісно взаємодіють зорова, травна, дихальна, нервова, кровоносна системи. Їх взаємозв'язок зумовлює унікальну анатомічну будову та архітекtonіку середньої зони обличчя [3, 5, 6]. Системні дослідження архітекtonіки кісток середньої зони обличчя проводили лише для альвеолярного відростка верхньої щелепи, що перш за все зумовлене розвитком методу дентальної імплантації. За даними А.Т. Бусигіна (1962 р.), альвеолярний відросток верхньої щелепи містить 27–30% компактної та 70–73% губчастої кістки (співвідношення обсягу 1:3) [1]. Останні дослідження, проведені з використанням методу скінченних елементів доводять, що таке співвідношення сприяє більш рівномірному розподілу функціональних навантажень, зменшує їхню силу у ділянках локальної концентрації та є біологічно доцільним. Водночас на ділянках кісток середньої зони обличчя, де губчастий шар майже не проявляється, архітекtonіку визначають за товщиною кісткових стінок та ступенем пневматизації повітроносних порожнин, що є дуже варіабельним. Формування та збільшення обсягу повітроносних порожнин відбувається під час росту і розвитку лицевого черепа та залежить

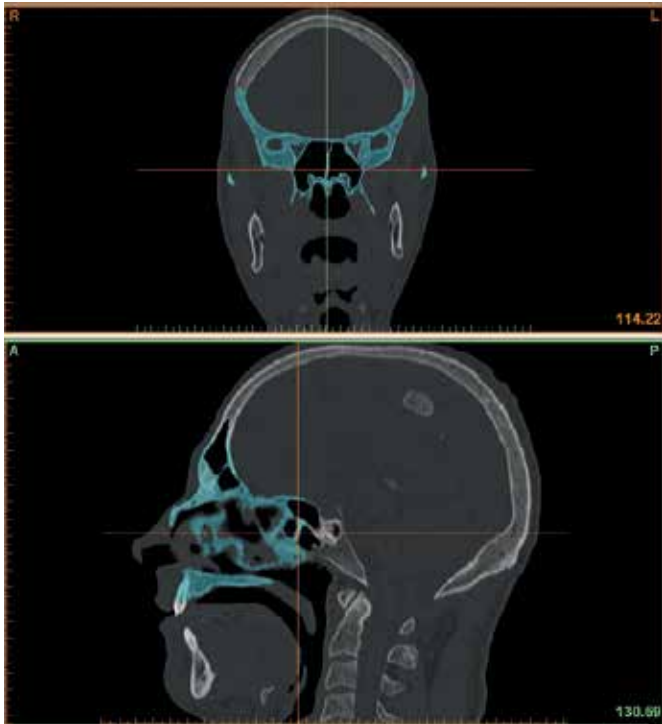
від спадкових і гормональних чинників, конституціонального типу обличчя, щільності кісткової тканини, наявності захворювань верхніх дихальних шляхів та щелепно-лицевої ділянки, прорізування зубів, хірургічних втручань на кістках обличчя, біляносних пазухах, структурах порожнини носа тощо. За даними J.E. Lee та співавт. (2014 р.), пневматизація верхньощелепного синуса збільшується з віком, зокрема стає інтенсивнішою при видаленні верхніх молярів [9].

Поєднаний вплив перелічених чинників визначає суттєву варіативність обсягу повітроносних порожнин та кісткових структур середньої зони обличчя, на основі цього дослідники виокремлюють пневматичний та склеротичний типи будови верхньої щелепи. Так, об'єм верхньощелепної пазухи змінюється і становить від 10–12 до 30 см³. При пневматичному типі будови верхньої щелепи об'єм верхньощелепної пазухи може перевищувати 30 см³, з поширенням на альвеолярний, лобний та вилицевий відростки верхньої щелепи (інколи й на тіло вилицевої кістки), формуючи відповідні бухти; її кісткові стінки стоншуються, проте густина і мінеральна насиченість збільшуються [4]. При склеротичному типі об'єм пазухи зменшується до 10–12 см³, а товщина стінок може сягати кількох міліметрів. Очевидно, що наявність певного типу пневматизації буде суттєво позначатися на виникненні та перебігу захворювань і травматичних ушкоджень середньої зони обличчя. Підходи до вибору методу остеосинтезу, проведення реконструктивно-відновних та ортогнатичних операцій, дентальної імплантації (зокрема при введенні довгих вилицевих імплантатів), підняття дна верхньощелепного синуса тощо будуть значно відрізнятися. Хірургічні втручання при цьому матимуть різний прогноз щодо найближчих і віддале-

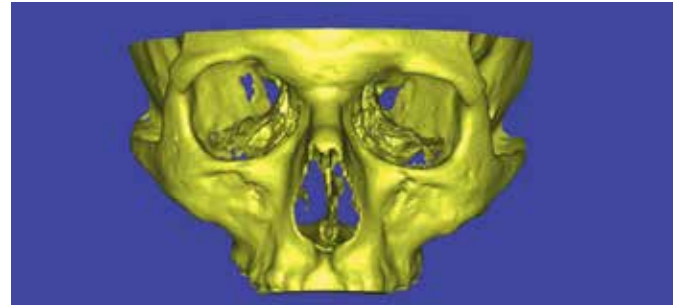
них результатів та інтраопераційних ризиків. Слід зазначити, що розподіл кісток середньої зони обличчя за типами пневматизації досить умовний, оскільки немає точних об'єктивних критеріїв, а найпоширенішими серед клінічних випадків є проміжні типи при наявній асиметрії анатомічної будови синусів. Для вирішення цієї проблеми у дослідженнях різних авторів запропоновано класифікації архітекtonіки верхньої щелепи, що ґрунтуються на визначенні товщини кісткових стінок, обсягу кісткової тканини, залишкової висоти альвеолярного гребеня тощо [8–10]. Недоліками цих класифікацій, розроблених переважно для потреб дентальної імплантації, є неможливість урахування особливостей будови інших кісток середньої зони обличчя та повітроносних порожнин, що має вирішальне значення під час хірургічних втручань за межами альвеолярного відростка. Мета роботи – дослідити індивідуальні особливості анатомічної будови та архітекtonіки кісток середньої зони обличчя в нормі, розробити критерії оцінки співвідношень між кістковими елементами та повітроносними шляхами з використанням методів мультиспіральної комп'ютерної томографії та 3D-реконструкції КТ-зображень.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

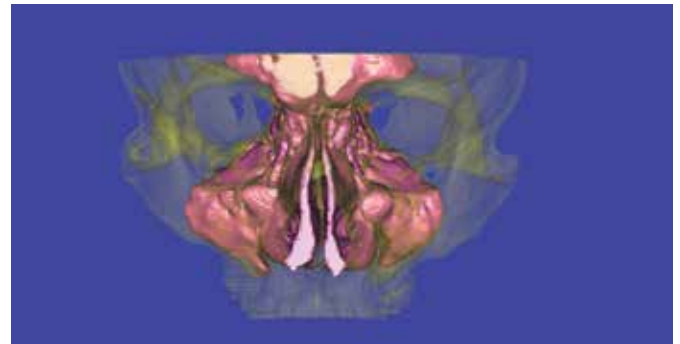
Дослідження провели на основі аналізу 30 спіральних комп'ютерних томограм осіб віком від 15 до 75 років без ознак патології кісток середньої зони обличчя та додаткових пазух носа. КТ проводили на 16-зрізовому мультиспіральному комп'ютерному томографі Activion 16 («Toshiba», Японія) (товщина зрізу – 1 мм, колімація – 0,5 мм). Томографічні зрізи були орієнтовані на стандартизований протокол КТ-досліджень лицевого черепа. Для обробки КТ-зображень використовували



Мал. 1. Сегментація кісткових структур середньої зони обличчя у визначених межах



Мал. 2. 3D-модель кісток середньої зони обличчя



Мал. 3. Повітроносні порожнини середньої зони обличчя

вали ліцензоване програмне забезпечення SimPlant 11.04 («Materialise», Бельгія) [4]. Для створення тривимірної віртуальної моделі кісток середньої зони обличчя застосовували спеціальні інструменти програмного комплексу SimPlant 11.04 («Materialise», Бельгія). Розпочинали сегментацію зображень зі створення «маски» в діапазоні, що відповідав рентгенологічній щільності кісткової тканини від 250 до 3071 од. Гаунсфілда (HU). Відтак, застосовуючи інструменти для роботи з «маскою», відокремлювали кісткові структури лицевого черепа від рівня Glabella до верхівки альвеолярного відростка верхньої щелепи у фронтальній площині та від найбільш виступаючої точки альвеолярного відростка верхньої щелепи до крайньої точки *Lamina medialis processus pterygoideus ossis sphenoidalis* у сагітальній площині (мал. 1).

Оскільки у частини пацієнтів спостерігали різні за розміром та локалізацією дефекти зубних рядів, до моделі не включали коронкові частини наявних

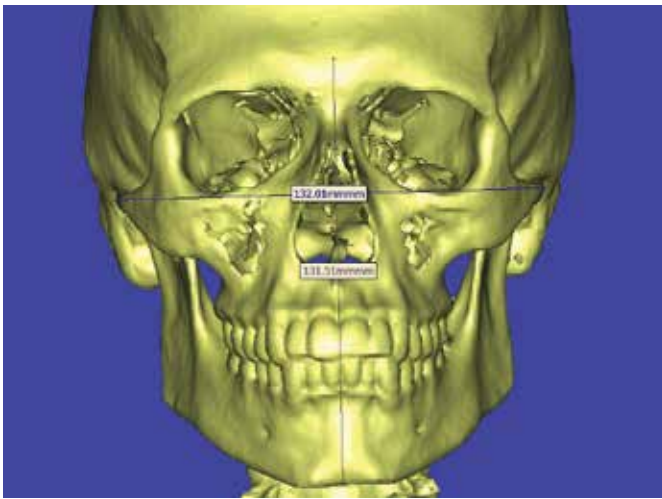
зубів. Після редагування «маски» конструювали 3D-модель кісток середньої зони обличчя (мал. 2). За тією ж схемою створювали модель верхніх дихальних шляхів, що належали до середньої зони обличчя. Для цього сегментацію зображення виконували в діапазоні рентгенологічної щільності від -452 до -1024 HU. Складовими моделі були порожнина носа, верхньощелепні порожнини, решітчасті лабіринти, частина фронтального та клиноподібного синусів і частково порожнина носоглотки (мал. 3). Тип обличчя визначали з використанням морфологічного фаціального індексу Ізарда [7] (мал. 4). У зрізах, що відповідали середньо-сагітальній площині, вимірювали лицевий кут та кут інклинації за Schwartz [2] (мал. 5). Для об'єктивної оцінки архітекtonіки кісток середньої зони обличчя в аксіальних зрізах КТ визначали максимальну товщину кортикального шару у двох зонах правої та лівої половин обличчя. Першою зоною вимірювання була латеральна стінка верхньощелепної пазухи на ділянці

вилицево-альвеолярного гребеня (мал. 6), другою — ділянка носолобового контрфорса на рівні підчочномкового отвору (мал. 7).

У всіх створених моделях кісток та повітроносних порожнин визначали об'єм та площу поверхні, відтак розраховували співвідношення між обсягом кістки та повітроносних порожнин (індекс пневматизації середньої зони обличчя); обчислювали середню величину та середньоквадратичне відхилення кожного показника. Наявність статистичних взаємозв'язків між ІП, товщиною кісткових структур та антропометричними індексами визначали за коефіцієнтом кореляції Пірсона (r).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними КТ, в усіх обстежених осіб досягли чіткого відокремлення кісткових, м'якотканинних структур та порожнин, заповнених повітрям. Морфологічний фаціальний індекс Ізарда коливався у межах від 94



Мал. 4. Визначення фаціального індексу за Izard на 3D-моделі кісток середньої зони обличчя



Мал. 5. Сагітальний зріз спіральної комп'ютерної томограми із нанесеними точками для визначення лицевого кута і кута інклінації



Мал. 6. Ділянка вимірювання товщини кісткової тканини у проекції середини вилицево-альвеолярного гребеня на висоті 1 см над рівнем дна верхньощелепної пазухи



Мал. 7. Ділянка вимірювання товщини кісткової тканини носолобового контрфорса на рівні підочнямкового отвору

до 113. Середнє значення показника становило 100 ± 5 , що свідчило про середню ширину обличчя у більшості обстежених осіб. Лицевий кут перебував у діапазоні від 72° до 93° , середній показник становив $85 \pm 4^\circ$. Кут інклінації коливався у межах від 81° до 92° та в середньому становив $87 \pm 2^\circ$, що вказувало на відсутність аномалій та деформацій лицевого черепа. Визначений за даними КТ об'єм кісткової тканини середньої зони обличчя змінювався від 75 до 175 см^3 та в середньому становив $112 \pm 25 \text{ см}^3$. Завдяки складній анатомічній формі кісткові структури мали велику площу поверхні, в середньому $727 \pm 120 \text{ см}^2$. Об'єм повітроносних порожнин у середині кістки становив $94 \pm 21 \text{ см}^3$,

площа – $420 \pm 57 \text{ см}^2$. Товщина кісткової тканини у ділянці носолобового контрфорса становила від 1,79 до 5,7 мм (у середньому $2,85 \pm 0,71 \text{ мм}$). Товщина латеральної стінки верхньощелепної пазухи у проекції середини вилицево-альвеолярного гребеня коливалася від 1,73 до 5,69 мм, середній показник – $2,83 \pm 1,08 \text{ мм}$. ІП коливався від 0,8 до 1,9 та в середньому становив $1,22 \pm 0,29$. У 80% обстежених спостерігали коливання індексу в межах середньоквадратичного відхилення – від 0,9 до 1,5. Такий діапазон вважали нормальним співвідношенням. Показники індексу, що перевищували 1,5 вказували на склеротичний тип будови кісток середньої зони обличчя, а менший ніж 0,9 – на пневматичний.

Важливим показником архітектоніки кістки було співвідношення об'єму кістки та площі її поверхні, що коливалось у межах від 1 до 2 мм та в середньому становило $1,54 \pm 0,25 \text{ мм}$. Збільшення показника цього індексу було зумовлене наявністю септ, додаткових комірок та ускладненням анатомічної форми і рельєфу анатомічних структур. При цьому статистично вірогідної кореляції між цим показником та ІП не виявили, що вказує на необхідність одночасного врахування обох показників для отримання цілісного уявлення про особливості архітектоніки кісток середньої зони обличчя.

Згідно зі статистичним аналізом, ІП та співвідношення обсягу кістки до площі її поверхні вірогідно не були

пов'язані із величинами кута інклинації, лицевого кута та індексом за Ізард. Очевидно, що за допомогою проведення антропометричних вимірювань, зокрема за даними телерентгенографії, які на сьогодні є основою для планування ортогнатичних та реконструктивно-відновних втручань, неможливо отримати цілісне уявлення про архітекtonіку та ступінь пневматизації кісток середньої зони обличчя. Планування таких операцій потребує урахування наявного обсягу кісткової тканини, її структурної організації та співвідношень із повітроносними порожнинами. Також між ІП та товщиною кісткової тканини у ділянці вилицево-альвеолярного гребеня в обстежених встановили вірогідний

зв'язок середньої сили $r=0,55$, $p<0,05$. Особливості будови цієї анатомічної ділянки відіграють важливу роль при встановленні елементів фіксації, проведенні остеотомії, синус-ліфту, дентальної імплантації, що визначає клінічне значення запропонованого ІП. Водночас на ділянках, де структура кістки менше залежить від будови повітроносних порожнин (носолобовий контрфорс), вірогідних кореляцій між товщиною кістки та величиною ІП не виявили.

ВИСНОВКИ

Анатомічна будова, архітекtonіка кісток середньої зони обличчя та ступінь їх пневматизації характеризуються

значною індивідуальною варіативністю. Обчислюючи антропометричні дані, такі як лицевий кут, кут інклинації, індекс за Ізард неможливо оцінити будову, архітекtonіку, ступінь пневматизації кісток середньої зони обличчя, ступінь іррегулярності їх поверхні тощо. Застосування сучасних методів КТ-діагностики та віртуального моделювання анатомічних структур дозволяє високоточно визначити площу поверхні, об'єм, товщину кісткової тканини на різних ділянках. Для об'єктивної інтегральної оцінки архітекtonіки кісток середньої зони обличчя доцільно розраховувати співвідношення об'єму кісткової тканини щодо об'єму повітроносних шляхів (ІП) та об'єму кістки щодо площі її поверхні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бусыгин А.Т. Строение челюстных костей / А.Т. Бусыгин. — Ташкент: Медгиз УзССР, 1962. — 108 с.
2. Дорошенко С.І. Основи телерентгенографії / С.І. Дорошенко, Е.А. Кульгинський // К.: Здоров'я, 2007. — 72 с.
3. Атлас анатомии человека [Текст]: учеб. пособие для студ. мед. ин-тов: в 4 т.; Т. 1. Учение о костях, соединении костей и мышцах / Р.Д. Синельников, Я.Р. Синельников. — 2-е изд., стереотип. — Москва: Медицина, 1996. — 343 с.
4. Маланчук В.О. Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії / В.О. Маланчук, М.Г. Кришук, А.В. Копчак. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2013. — 231 с.
5. Маланчук В.О. Хірургічна стоматологія та щелепно-лицева хірургія: підручник у 2 т.: т. 2 / В.О. Маланчук, І.П. Логвиненко, Т.О. Маланчук [та ін.]. — К.: Логос, 2011. — 606 с.
6. Митрошенков П.М. Реконструктивная хирургия тотальных и субтотальных дефектов верхней, средней и нижней зон лицевого скелета / П.М. Митрошенков. — СПб.: Синтез Бук, 2010. — 416 с.
7. Аболмасов М.Г. Ортодонтия: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / М.Г. Аболмасов, М.М. Аболмасов. — М.: МЕДпресс-інформ, 2008. — 424 с.
8. Chan H.L. Evaluation of maxillary sinus width on cone-beam computed tomography for sinus augmentation and new sinus classification based on sinus width / H.L. Chan, F. Suarez, A. Monje, E. Benavides, H.L. Wang // *Clinical Oral Implants Research*. — 2014. — Vol. 25 (6). — С. 647–652.
9. Lee J.E. Evaluation of anatomical considerations in the posterior maxillae for sinus augmentation / J.E. Lee, S.H. Jin, Y. Ko, J.-B. Park // *World Journal of Clinical Cases*. — 2014. — Vol. 2 (11). — С. 683–688.
10. Khajehahmadi S. Association between the lateral wall thickness of the maxillary sinus and the dental status: cone beam computed tomography evaluation / S. Khajehahmadi, A. Rahpeyma, S.H. Hoseini Zarch // *Iranian Journal of Radiology*. — 2014. — Vol. 11 (1).

REFERENCES

1. Busygin, A.T. (1962). *Stroenie cheljstnyh kostej*. Tashkent: Medgiz UzSSR (in Russian).
2. Doroshenko S.I., & Kulhynskiy, E.A. (2007). *Osnovy telerenthenografii*. K.: Zdorovia (in Ukrainian).
3. Sinel'nikov, R.D., Sinel'nikov, Ja.R. (1996). *Atlas anatomii cheloveka* [Tekst]. Uchenje o kostjah, soedinenii kostej i myshchah. 2-e izd. (Vol. 1). Moskva: Medicina (in Russian).
4. Malanchuk, V.O., Kryshchuk, M.H., & Kopchak, A.V. (2013). *Imitatsiine kompiuterne modeliuвання v shchelepno-lytsevii khirurgii*. K.: Vydavnychiy dim «Askaniia» (in Ukrainian).
5. Malanchuk, V.O., Lohvynenko, I.P., Malanchuk, T.O. & et al. (2011). *Khirurgichna stomatolohiia ta shchelepno-lytseva khirurgiia*. (Vol. 2). K.: Lohos (in Ukrainian).
6. Mitroshenkov, P.M. (2010). *Rekonstruktivnaja hirurgija total'nyh i subtotal'nyh defektov verhnej, srednej i nizhnej zon licevogo skeleta*. SPb: Sintez Buk (in Russian).
7. Abolmasov, M.H., & Abolmasov, M.M. (2008). *Ortodontia*. M.: MEDpres-inform (in Ukrainian).
8. Chan, H.L., Suarez, F., Monje, A., Benavides, E., & Wang, H.L. (2014). *Clinical Oral Implants Research*, Vol. 25 (6), 647–652 (in English).
9. Lee, J.E., Jin, S.H., Ko, Y., Park, J.-B. (2014). *World Journal of Clinical Cases*, Vol. 2 (11), 683–688 (in English).
10. Khajehahmadi, S., Rahpeyma, A., & Hoseini Zarch, S.H. (2014). *Iranian Journal of Radiology*, Vol. 11 (1) (in English).

Стаття надійшла в редакцію 15 червня 2015 року