УДК 616.314-089.23.843 378.147.016:[61:340.6]

Застосування приладів медичної навігації на базі платформи Android у процесі дентальної імплантації

Using Medical Navigation Devices Based on Android Platform in Process of Dental Implantation

Касіянчук Ю.М.[1,2,3], магістр, лікар-інтерн, Фочук П.М.[1], д.хім.н., проф. Руснак М.А.[1], к.ф.-м.н., доц. Касіянчук М.В.[2,3], к.мед.н., доц.

[1]Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича
[2] Буковинський державний медичний університет, Чернівці
[3]Приватна спеціалізована медична практика, Чернівці
Kasiyanchuk Yu. M.[1,2,3], Fochuk P.M.[1], Rusnak M.A.[1], Kasiyanchuk M.V. [2,3]
[1]Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
[2]Bukovinian State Medical University, Chernivtsi
[3]Private Specialized Medical Practice, Chernivtsi

Адреса для кореспонденції:
Касіянчук Михайло Васильович
e-mail: office@kas.cv.ua

Мета: *Визначення ефективності способу медичної навігації у доклінічному дослідженні з використанням платформи Android та приладу мобільного зв'язку при оперативному втручанні для максимально можливого збереження кісткової тканини.* ***Методи:*** *Проведено експериментальну операцію дентальної імплантації з реєстрацією впливу травматичного подразника на окістя в ділянці встановлення імплантату. Для контролю позиціювання імплантату використовували навігаційний модуль (патент України № 68641), який інтегрували з мобільним телефоном на платформі Android. Динамічний тиск на окістя визначали за власною методикою із застосуванням тензорезистора. Деформацію кісткової тканини встановлювали за допомогою індуктивного вимірювача переміщення. Результати експерименту порівняли із результатами, одержаними в експерименті із навігаційними системами, інтегрованими зі стаціонарним комп'ютером під керуванням ОС WINDOWS. Визначали доцільність інтегрування приладу медичної навігації на платформі Android із стандартною стоматологічною установкою в ергономічному аспекті роботи лікаря-імплантолога.* ***Результати:*** *Доклінічні випробування приладу медичної навігації «Навігатор ЮК-А» забезпечили точність кутового позиціювання імплантату на рівні 2±0.5' (якщо кутове переміщення менше 25') і 1±0.5' (якщо кутове переміщення менше 5'), точність лінійного позиціювання становила 0.50±0.05 мм (при переміщенні імплантату до 10 мм). Проміжок до 0.1–0.5 мм між окістям і платформою імплантату є граничним. При однаковому обертовому зусиллі в ділянці платформи імплантату тиск на кісткову тканину зростає непропорційно, а при певних значеннях має руйнівний характер. У 22% випадків спостерігали продовження процесу деформації кісткового прошарку протягом ≈ 3 хвилин після зняття механічного навантаження. При порівнянні експериментів результати зіставні, різниця швидкості передачі даних суб'єктивно не визначається.* ***Висновки:*** *Запропонований підхід оптимізує процес оперативного втручання і рекомендований до клінічної практики. Застосування платформи Android у системах медичної навігації актуальне у зв'язку з розвитком телекомунікаційних технологій.*

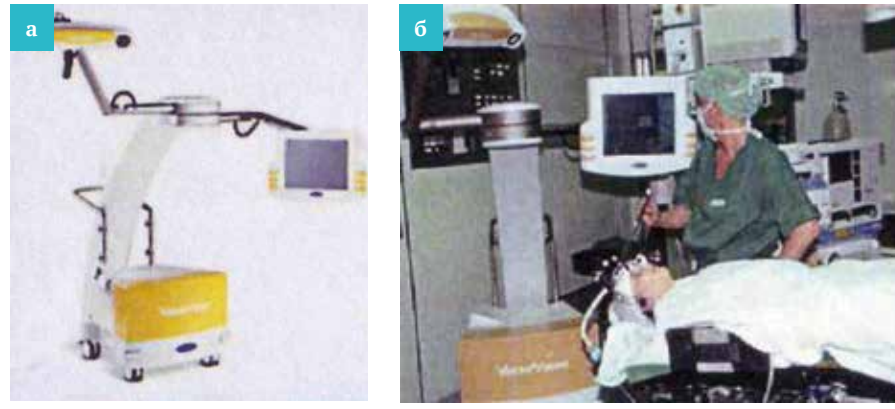
Ключові слова: *дентальна імплантація, медична навігація, імплантат, операційна система Android, прилад мобільного зв'язку.*

Purpose: *To estimate the efficiency of medical navigation mode at clinical study using Android technology and mobile device during surgery for the maximum possible bone preservation.* ***Methods:*** *An experimental dental implant surgery with registration of the traumatic impact stimulus on the periosteum in the area of the implant. To control the positioning of the implant the navigation module (Ukraine patent N68641) integrated with the mobile phone platform Android was used. The dynamic pressure on the periosteum by own technique with stain gauge was determined. Bone deformation using inductive displacement meter was defined. These results were compared with other ones, obtained in the experiment with navigation system, integrated with desktop computer under Windows software. The feasibility of integrating medical navigation device on Android platform with standard dental unit for the ergonomics of implant surgeon was determined.* ***Results:*** *Preclinical testing of medical navigation «Navigator YuK-A'» device provides accurate angular positioning of the implant at 2±0.5' (if angular displacement less than 25') and 1±0.5' (if angular displacement of less than 5'), precision linear positioning was 0.50±0.05 mm (when moving the implant up to 10 mm). The gap of 0.1-0.5 mm between the periosteum and the implant platform is the limit. With the same effort in the area of the rotating implant platform the bone tissue pressure increases disproportionately and in some sense is destructive. In 22 % of cases we observed a continuing process of bone deformation layer during ~3 minutes after removing*

of mechanical stress. When comparing both experimental techniques results they look similar, the difference data rate is not determined subjectively. ***Conclusions:*** *The approach optimizes the process of surgery and can be recommended for clinical use. Application of medical navigation systems on Android platform is relevant with the development of telecommunication technologies.*

Key words: *dental implants, medical navigation, implant, operating system Android, mobile communication device.*

Мал. 1. *Робоче місце лікаря при застосуванні приладів медичної навігації «ЮК-А», «ЮК-М»*



Мал. 2 а, б. *Прилади для медичної навігації в автономному застосуванні (за даними літератури)*

ВСТУП

Під час дентальної імплантації основним завданням практичного лікаря є відновлення втраченої анатомічної структури коміркового відростка щелепи. Для науковця, на нашу думку, пріоритетним є дещо інше завдання: розробити альтернативні класичним методи діагностики і лікування, які б запобігали прояву запально-дистрофічних процесів у тканинах внаслідок оперативного втручання. З літератури відомо, що у багатьох випадках саме хірургічна травма на першому та другому етапах імплантації спричиняє втрату кісткової тканини [1-3]. Ми вважаємо, що один із шляхів запобігання цьому — застосування інтерактивних методик [4, 7]. Власне розвиток телекомунікаційних технологій спонукає до удосконалення медичних методик, а саме впровадження розроблених нами методик та приладів медичної навігації [2, 4-10]. У зв'язку з вищенаведеним, на засадах доказової медицини, нами проведено аналіз ефективності застосування деяких маніпуляцій та способу медичної навігації для проведення органозберігального оперативного втручання за умов, коли інші способи не можуть цього забезпечити. Мета дослідження — обґрунтування доцільності застосування способу медичної навігації з використанням приладу мобільного зв'язку (смартфону) та операційної системи (ОС) Android при оперативному втручанні для максимально можливого збереження кісткової тканини.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

У лабораторних умовах на кістковому препараті мертвої тварини (порося віком до 6 місяців) провели експериментальну операцію дентальної імплантації з реєстрацією впливу фізичних факторів на окістя в ділянці імплантату, з використанням фантомних імплантатів (аналог реальних: D=3.5мм; L=6.0мм). При плануванні лабораторного експерименту допускали, що при оперативному втручанні виникає неконтрольований тиск (травматичний подразник) на окістя, який стає патогенним руйнівним чинником. Для контролю переміщення та позиціювання імплантату використовували власну методику із застосуванням навігаційного модуля (патент України № 68641), який інтегрували зі смартфоном під керуванням ОС Android через мікро-USB порт (2×7) типу В («Навігатор ЮК-А») (мал. 1). Ресивер приладу фіксували жорстко відносно кісткового препарату. Позиціонер інтегрували з наконечником приладу, переміщення фіксували на умовній точці імплантату. Смартфон, на екрані якого здійснюється моніторинг операції, зручно закріплений у тримачі (фіксатор до панелі автомобіля). Калібрування приладу здійснювали мікрометром GTC-A-650 фірми «Miutoyo» (Японія), точність вимірювань якого 0.01±0.005 мм. Розроблено стандартизований протокол операції.

Динамічний тиск на окістя також визначали за власною методикою із застосуванням кремнієвого тензорезистора, який фіксували на титановій пластині у формі конусної шайби і розміщували на тильній поверхні імплантату (патенти України №75649 і 73268). Деформацію кісткової тканини визначали індуктивним вимірювачем переміщення,

Мал. 3 а, б. Прилади для медичної навігації в автономному застосуванні при використанні переносного комп'ютера на автономній консолі (за даними літератури)

Мал. 4 а, б. Порівняльне представлення приладів медичної навігації, розміщених (укорінених) на стоматологічній установці при застосуванні переносного комп'ютера (за даними літератури)

розробленим Інститутом геотехнічної механіки АН України. При відсутності приладу для медичної навігації, умовно, тестом для припинення операції встановлення зубного імплантату вважали стискання до товщини 0,5 мм гомогенного кісткового прошарку, розміщеного з тильного боку платформи імплантату при останніх обертах.

Результати експерименту порівняли із результатами, одержаними в експерименті з навігаційними системами, інтегрованими зі стаціонарним комп'ютером під керуванням ОС Windows через USB-порт («Навігатор ЮК–М», «Навігатор ЮК»).

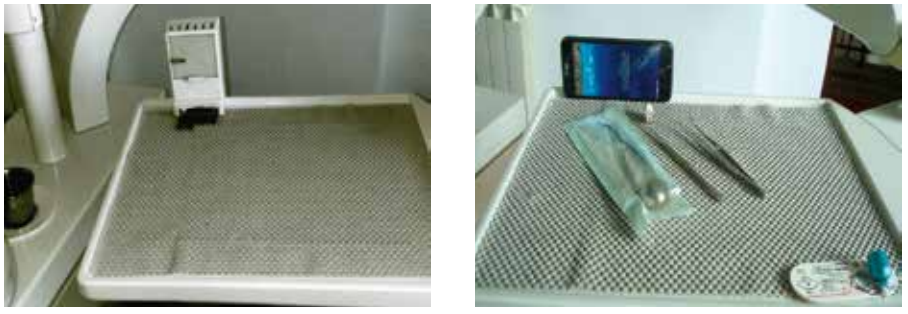
Провели візуальний моніторинг близько 400 стоматологічних комплексів у стоматологічних кабінетах та в університетських клініках у трьох обласних центрах України та у м. Києві стосовно укорінення* приладу медичної навігації з урахуванням досвіду виробників медичного обладнання.

Ми аналізували можливість та доцільність інтегрування приладу «Навігатор ЮК–А» зі стандартною стоматологічною установкою. Для інтеграції приладу з позиції ергономічності робочих місць лікаря-стоматолога та лікаря-асистента обрали зони: модуль лікаря-стоматолога, модуль лікаря-асистента, центральну консоль, автономну мобільну консоль (мал. 1–3). Визначали критерії: комфортність візуального моніторингу, наближеність до мануального моніторингу, можливість фіксації та стабілізації приладу, наявність портів розширення (USB2-порт, USB3-порт, мікроUSB-порт, ДОК-станції). Провели статистичний аналіз досліджень.

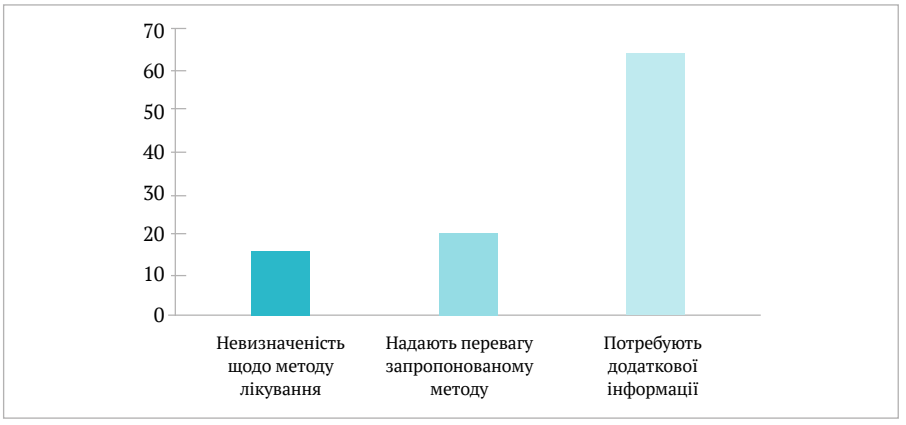
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Клінічні випробування приладу медичної навігації «Навігатор ЮК–А» зі стандартною стоматологічною установкою забезпечили точність кутового позиціювання імплантату на рівні 2±0.5' (якщо кутове переміщення менше 25') і 1±0.5' (якщо кутове переміщення менше 5'), точність лінійного позиціювання становила 0.50 ± 0.05 мм (при переміщенні імплантату до 10 мм). Проміжок до 0.1–0.5 мм між окістям і платформою імплантату є граничним. При однаковому обертовому зусиллі в ділянці платформи імплантату тиск на кісткову тканину зростає непропорційно, а при певних значеннях має руйнівний характер. Оскільки нашим завданням було повне усунення патогенного чинника, ми не визначали мінімальних патогенних значень в різних зонах. У 22% випадків спостерігали продовження процесу деформації кісткового прошарку протягом приблизно 3 хвилин після зняття механічного навантаження. Виявлено

**укорінення — застосований нами термін, який виражає постійне знаходження суб'єкта спостереження (у цьому випадку приладу). На нашу думку, терміни встановлення, фіксація, стабілізація частково або некоректно відображають, власне в даному випадку, стан суб'єкта спостереження, а також суперечливі за своєю суттю при детальному описі процесу, який відбувається. Термін «укорінення» застосовується у науковій, юридичній, медичній, міжнародній дипломатичній документації і означає постійне місце знаходження суб'єкта (особи, транспорту, мікрочастинки, макросуб'єкта спостереження (супутника) [2, 4, 7].*



Мал. 5. Інструментальний столик (модуль): зона укорінення негатоскопа для рентгенологічних прицільних знімків та приладу медичної навігації «Навігатор ЮК-А»



Мал. 6. Аналіз мотивації лікаря-стоматолога до запропонованих методів лікування (%)

нерівномірність деформації прилеглих кісткових структур. Для приладу «Навігатор ЮК»: при відхиленнях від 25 до 5 кутових хвилин точність позиціювання становить не менше 10%, при менших відхиленнях сягає 25%. При порівнянні експериментів результати зіставні, різниця швидкості передачі даних суб'єктивно не визначається.

Ми встановили наявність 2% стоматологічних комплексів у стоматологічних кабінетах «класу люкс» провідних виробників, в яких конструктивно передбачено заміну окремих модулів чи модернізацію, зокрема встановлення додаткових приладів, інтеграцію з комп'ютером, візіографом та ін. без зміни конструкції обладнання. У 36% випадків моніторингу обладнання ми спостерігали наявність стоматологічних комплексів «середнього класу» — оснащення основними робочими інструментами, передбачається тривале фахове застосування, але водночас обмежені можливості дооснащення. У 62% випадків моніторингу стоматологічного обладнання констатували наявність стоматологічних комплексів «економ класу» або застаріле обладнання з невизначеними технічними можливостями.

Застосування приладу медичної навігації на основі стаціонарного персонального комп'ютера, як окремого обладнання, вимагає додаткової площі стоматологічного кабінету, обмежує мобільність персоналу, потребує оновленого програмного забезпечення (мал. 2 а, б). Водночас застосування приладу медичної навігації на основі переносного персонального комп'ютера типу «Навігатор ЮК» або «Навігатор ЮК–М» як окремого обладнання, потребує близько 1м^2 додаткової площі стоматологічного кабінету або розміщується на консолі стоматологічної установки «середнього» або «люкс» класів (мал. 3 а, б). Оскільки прилад

«Навігатор ЮК–А» на платформі Android інтегрується зі стоматологічною установкою «класу люкс» або розміщується на консолі стоматологічної установки середнього класу (мал. 4 а, б), вважаємо недоцільним застосування автономної консолі.

Провівши ергономічні дослідження, ми з'ясували, що оптимальним є укорінення у стоматологічній установці «класу люкс» приладу типу «Навігатор ЮК-А» на платформі Android у зоні інструментального столика (модуля). Фірмою-виробником обладнання в цій зоні передбачено укорінення негатоскопа для рентгенологічних прицільних знімків (мал. 5). Беручи до уваги потребу в комфортності праці лікаря та попередні розробки [7], вважаємо доцільним застосування додаткового монітора у вигляді лицевої маски (мал. 1). Зважаючи на швидкий розвиток телекомунікаційних технологій, ми спробували визначити готовність лікарів-стоматологів до застосування методу медичної навігації. Аналіз мотивації лікаря до запропонованих методів лікування відображено у графіку (мал. 6): 11 (15,7%) лікарів не визначились щодо методу лікування, 14 (20%) нада-

ють перевагу запропонованому методу оперативного втручання, 45 (64,3%) — потребують додаткової інформації (навчання).

ВИСНОВКИ

Запропонований підхід оптимізує процес оперативного втручання і рекомендований до клінічного застосування з метою збереження коміркового відростка і створення максимально сприятливих умов для реалізації власного остеогенного потенціалу людини. Застосування мобільних пристроїв під керуванням ОС Android у системах медичної навігації актуальне у зв'язку з розвитком телекомунікаційних технологій.

Впровадження медичної навігації у клініці стоматології із застосуванням нових приладів та інтерактивних методик дозволить прогнозовано провести органозберігальні втручання для раціонального ортопедичного заміщення втрачених анатомічних структур. Доклінічна апробація приладу «Навігатор ЮК-А» дає підстави для його перспективного застосування у стоматології, зокрема створення роботизованих систем у медицині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Basic research and 12 years of clinical experience in computer assisted navigation technology: a review: / R. Ewers, K. Schicho, R Seemann, A. Wagner [et al.] // J. Oral Maxillofac Surg. — 2005. — 34(1). — P. 1–8.
2. Conservation method of bone adaptive opportunities during oral osteoplastic surgical intervention / J. Zoeller, Y. Kasiyanchuк, P. Fochuk, [et al.]: Conference materials [International Osteology Symposium in Monaco, 2016, Osteology Foundation, Switzerland]. Monaco, 2016. — P. 143.
3. Point-to-point computer-assisted navigation for precise transfer of planned zygoma osteotomies from the sterolithographic model into reality: / C. Klug, K. Schicho, O. Ploder, K. Yerit, F. Watzinger, [et al.] // J. Oral Maxillofac. Surg. — 2006. — 64(1). — P. 550–559.
4. Medical navigation as a method of minimize posteriori error in oral osteoplastic surgical intervention / J. Zoeller, S. Ostapov, Y. Kasiyanchuk, P. Pshenichka, [et al.] //Conference materials: [Fourth Conference Informatics and Computer Technologies (PICT–2015)]. — Chernivtsi, 2015. — P. 81–83.
5. Pat. of (IL), IPC: A61B 19/00 (2006.01), Dental Guiding System and Method / Horowicz, Gershon [IL/IL]; (IL); applicant: Horowicz, Gershon (IL). — Pub. No.:WO/2015/107520 International Application No.:PCT/IL2015/050046 Publication Date: 23.07.2015 International Filing Date: 13.01.2015. Priority Data: 61/927, 523 15.01.2014 (US).
6. Касіянчук Ю.М., Фочук П.М., Касіянчук М.В. Застосування платформи Android у системах медичної навігації в аспекті доклінічних досліджень: Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції [Проблеми інформатики та комп'ютерної техніки» ПІКТ-2016]. — Чернівці, 2016. — С. 19.
7. Пат. 85876 Україна, МПК A61C 8/00. Прилад «Навігатор ЮК-М» для визначення позиціювання інструменту чи імплантату при оперативних втручаннях / Касіянчук Ю.М., Касіянчук М.В.; Заявник Касіянчук Ю.М., Касіянчук М.В. — № заяви u201304210 від 04.04.2013; опубл. 10.12.2013, бюл. №23.
8. Пат. 68641 Україна, МПК A61C 8/00. Прилад «Навігатор ЮК» для визначення позиціювання інструменту чи імплантату при оперативних втручаннях / Касіянчук Ю.М., Пшенічка П.Ф., Касіянчук М.В.; Заявник Касіянчук Ю.М., Пшенічка П.Ф., Касіянчук М.В. — № заяви u201107759 від 20.06.2011; опубл. 10.04.2012, бюл. №7.
9. Medical navigation as a method of preclinical investigation optimization in oral osteoplastic surgical intervention / M. Kasiyanchuk, P. Fochuk, S.Ostapov, P. Pshenichka [et al.] // International Poster Journal of Dentistry and Oral Medicine. — 2013. — №4. — P. 665-666.
10. The method of clinical trial optimization at oral osteoplastic surgical intervention / Y. Kasiyanchuк, P. Fochuk, J. Zoeller [et al.]: Conferencematerials [International Osteology Symposium in Monaco, 2013, Osteology Foundation, Switzerland]. Monaco, 2013. — P. 248.
11. Касіянчук М.В. Методологічні аспекти навчального процесу та технології медичної навігації в клініці стоматології / М.В. Касіянчук, П.Ф. Пшенічка, С.Е. Остапов [ін.] // Новини стоматології. — 2013. — №1. — С. 99–102.

REFERENCES

1. Ewers, R., Schicho, K., Seemann, R., Wagner, A. & et al. (2005). Basic research and 12 years of clinical experience in computer assisted navigation technology: a review. *J. Oral Maxillofac Surg,* 34(1), 1–8 (in English).
2. Zoeller, J., Kasiyanchuк, Y., Fochuk, P. & et al. (2016). *Conference materials* [International Osteology Symposium in Monaco, Osteology Foundation, Switzerland]. Monaco, P.143 (in English).
3. Klug, C., Schicho, K., Ploder, O., Yerit, K., Watzinger, F. & et al. (2006). *J. Oral Maxillofac. Surg,* 64(1), 550-559 (in English).
4. Zoeller, J., Ostapov, S., Kasiyanchuk, Y., Pshenichka, P. & et al. (2015). *Conference materials.* Chernivtsi, p.81-83 (in English).
5. Pat. of (IL), IPC: A61B 19/00 (2006.01), *Dental Guiding System and Method* / Horowicz, Gershon [IL/IL]; (IL); applicant: Horowicz, Gershon (IL). Pub. No.: WO/2015/107520 International Application No.: PCT/IL2015/050046 Publication Date: 23.07.2015 International Filing Date: 13.01.2015. Priority Data: 61/927,523 15.01.2014 (US) (in English).
6. Kasiianchuk, Iu.M., Fochuk, P.M., Kasiianchuk, M.V. (2016). *Materialy piatoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Problemy informatyky ta komp'iuternoi tekhniky» PIKT-2016]. Chernivtsi, p.19 (in Ukrainian).
7. Kasiianchuk, Iu.M., Kasiianchuk, M.V.; Zaiavnyk Kasiianchuk, Iu.M., Kasiianchuk, M.V. Prylad *«Navihator YuK-M» dlia vyznachennia pozytsiiuvannia instrumentu chy implantatu pry operatyvnykh vtruchanniakh.* Pat. 85876 Ukraina, MPK A61C 8/00. № zaiavy u201304210 vid 04.04.2013; opubl. 10.12.2013, biul. № 23 (in Ukrainian).
8. Kasiianchuk, Iu.M., Pshenichka, P.F., Kasiianchuk, M.V.; Zaiavnyk Kasiianchuk, Iu.M., Pshenichka, P.F., Kasiianchuk, M.V. Prylad *«Navihator YuK» dlia vyznachennia pozytsiiuvannia instrumentu chy implantatu pry operatyvnykh vtruchanniakh.* Pat. 68641 Ukraina, MPK A61C 8/00. № zaiavy u201107759 vid 20.06.2011; opubl. 10.04.2012, biul. № 7 (in Ukrainian).
9. Kasiyanchuk, M., Fochuk, P., Ostapov, S., Pshenichka, P. & et al. (2013). *International Poster Journal of Dentistry and Oral Medicine,* №4, 665-666 (in English).
10. Kasiyanchuк, Y., Fochuk, P., Zoeller, J. & et al. (2013). *International Osteology Symposium in Monaco,* 2013, Osteology Foundation, Switzerland]. Monaco, p. 248 (in English).
11. Kasiianchuk, M.V. (2013). *Novyny stomatolohii,* №1, S. 99–102 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію 15 липня 2016 року