

# Експериментальне дослідження стану кісткової тканини при впливі тривалого функціонального навантаження на дентальні імплантати, введені з різностороннім нахилом

Experimental Study of Bone Tissue when Exposed to Long-term Functional Loading in Dental Implants that are Introduced with Various Tilt

**Вовк Ю.В., проф., д.мед.н.,  
Вовк В.Ю., ас., к.мед.н.**

Львівський національний медичний  
університет ім. Данила Галицького  
Vovk Y.V., Vovk V.Y.

Danylo Halyskyi Lviv National Medical  
University

Адреса для кореспонденції:  
Вовк Юрій Володимирович  
e-mail: vovk@mail.lviv.ua

**Мета:** Провести експериментальні дослідження впливу функціонального навантаження на дентальні імплантати (ДІ), розташовані ендосально в параосьовому вестибулярно-язиковому та мезіально-дистальному положеннях у бічних, найбільш функціонально завантажених відділах нижньої щелепи. **Методи:** У безпородної собаки, якій під загальним знечуженням видаляли премоляри та перший моляр з однієї сторони нижньої щелепи, через 3 місяці в ділянку видалення вводили ДІ з кутовими вестибулярним (до <math><30^\circ</math>) та мезіальним (до <math><30^\circ</math>) зміщеннями. **Результати:** На основі отриманих результатів візуальних клінічно-експериментальних та рентгенологічних, гістологічних і морфометричних досліджень функціонування у піддослідної тварини ДІ впродовж 1,5-річного періоду здійснювали оцінку біомеханічного впливу осьового та кутового навантаження на стан кісткової тканини з вестибулярної та язикової сторін пришийкової мезіальної та дистальної поверхонь. **Висновки:** Отримані результати свідчать про адекватне засвоєння біомеханічного впливу ДІ, розташованих у кутовому положенні, з формуванням однорідної повноцінної кісткової тканини з мезіально-язикової, мезіально-вестибулярної і дистально-язикової та дистально-вестибулярної поверхонь пришийкової ділянки, що при тривалому функціональному навантаженні приводить до остеоінтеграції та функціональної стабільності.

**Ключові слова:** різностороннє положення дентальних імплантатів, тривале функціональне навантаження, остеоінтеграція.

**Purpose:** Experimental study on the influence of functional loading endosseous implants (EI), located in the angular vestibular-lingual and mesial-distal positions in the lateral sides, the most loaded functional parts of the mandible. **Methods:** In mongrel dogs under general anesthesia which removed premolars and first molar on one side of the lower jaw. After 3 months in the removal area injected with angular EI in vestibular (<math><30^\circ</math>) and mesial (<math><30^\circ</math>) offset. **Results:** Based on the results of experimental macroscopic, X-ray, histologic and morphometric studies in experimental animals functioning EI within 1,5 year period biomechanical impact assessment carried out by the axial and angular loading on the bone tissue of the vestibular and lingual aspects cervical mesial and distal surfaces. **Conclusions:** The resulting of the study demonstrate adequate accepted biomechanical impact of EI, located in angular position with the formation of a homogeneous full bone on mesial-lingual, mesial, vestibular and distal-lingual and distal-vestibular surfaces cervical areas that prolonged functional load results in osseointegration and functional stability.

**Key words:** various tilt, osseointegration, long-term functional loading, osseointegration.

## ВСТУП

Сучасне міждисциплінарне тлумачення факторів впливу функціонального навантаження дентальних імплантатів (ДІ) обумовило появу нових поглядів на

інтерпретацію результатів експериментального дослідження розподілу біомеханічного впливу в оточуючій кістковій тканині з екстраполяцією отриманих даних у клінічну практику для вивчення можливостей позиціонування ДІ [1, 2,

20, 25]. Переконливими експериментально-клінічними дослідженнями виявлено, що як осьові, так і параосьові (кутові) вектори надмірного силового стресу ДІ послаблюють остеоінтегративні процеси межового інтерфейсу

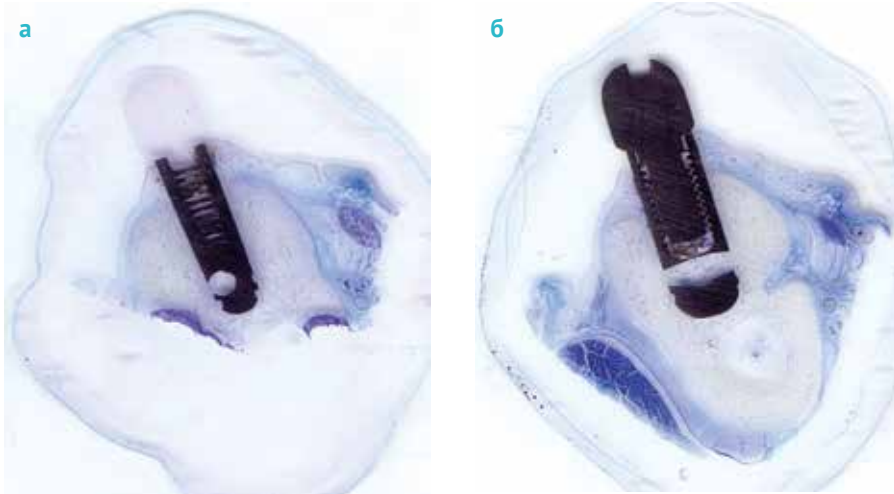
кістка-імплантат [3, 4, 14]. Встановлено, що в ділянках похилого розташування оклюзійної площини бічних відділів щелеп, де введені ДІ, зростає горизонтальний компонент навантаження протезних конструкцій, внаслідок чого підвищуються показники компресійних та розтягуючих деформацій, які призводять до резорбції альвеолярної кісткової тканини [11, 12, 15].

Раніше вважали, що ДІ мають розташовуватися перпендикулярно до оклюзійної площини [10, 22]. Доведено, що неаксіальні оклюзійні навантаження можуть генерувати розкручування імплантатних гвинтів та призводити до переломів протезних компонентів або навіть до втрати остеоінтеграції [26]. Вперше Н.Л. Page в 1952 р. [28] припустив, що положення оклюзійних поверхонь зубів нижньої щелепи є фізіологічним при їх перпендикулярності дотичній коловій траєкторії руху нижньої щелепи. J-D. Orthlieb у 1997 р. [29] клінічно доведено, що розподіл оклюзійного навантаження зубного ряду нижньої щелепи є найоптимальнішим при відповідності їх траєкторії дотичній колового руху щелепи. При цьому встановлено, що загальна вісь цього руху повинна узгоджуватися з напрямком осевого навантаження [27]. Надалі це правило застосували при врахуванні навантаження протезних конструкцій на ДІ для протистояння статичним та динамічним силам оклюзійного впливу. Можливість використання правильно розрахованого кутового нахилу ДІ в одному блоці протезної конструкції вперше було експериментально підтверджено авторами [5], які досліджували *in vitro* розподіл навантаження в періімплантному оточенні за допомогою методу скінченних елементів. У дослідженні [14] встановлено, що при використанні в розрахунках дотичного закону, горизонтальна складова роз-

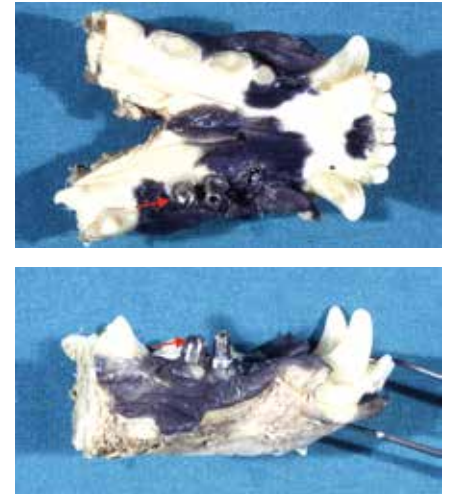
поділу векторів оклюзійного навантаження усувається або мінімізується, що дозволяє уникнути травматичного впливу надмірної площі та тривалості оклюзійних контактів у положенні максимального змикання. На початку 2000-х років дослідники [6] запропонували, а надалі автори [7] проаналізували віддалені результати концепції протезування на ДІ «все на чотирьох». Клінічно така конструкція побудована з кутовим дистальним нахилом бічних імплантатів та вестибулярним кутовим зміщенням передніх ДІ, що спричиняє біомеханічну зрівноваженість цієї імпланто-протезної системи [8, 16, 17]. Аналогічно, обґрунтування отримали протезні конструкції на ДІ, уведених під кутом у виличну кістку, крилоподібний відросток основної кістки, ортодонтичні імплантати, а також випадки вимушеного кутового встановлення імплантатів у зв'язку з особливостями анатоми-топографічної будови альвеолярних відростків щелеп пацієнтів [9, 10, 18, 19, 21, 23, 24]. Зрозуміло, що при функціональному навантаженні процес остеоінтеграції ДІ, встановлених під кутом, проходить з особливостями. Однак, дослідження з вивчення стану кісткової тканини і стабільності протезних конструкцій на ДІ у бічних, найбільш функціонально заавансованих відділах нижньої щелепи, є неоднозначними та суперечливими. Зважаючи на різносторонні підходи до тлумачень результатів впливу функціонального навантаження на ДІ, ми поставили за мету провести експеримент та на підставі отриманих результатів проаналізувати отримані показники стану кістково-імплантатного контакту при півторарічному навантаженні ДІ, розташованих ендосально в параосевоному вестибулярно-язиковому та мезіально-дистальному положеннях в альвеолярних відростках нижньої щелепи піддослідної тварини.

## МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

Експериментальні дослідження здійснені у безпородної собаки, якій під загальним знечуленням видаляли премолари та перший моляр з однієї сторони нижньої щелепи. Через 3 місяці в ділянки видалення вводили ДІ з кутовими вестибулярним (до  $<30^\circ$ ) та мезіальним (до  $<30^\circ$ ) зміщеннями. При цьому, кутове позиціонування здійснювали таким чином, що бісектриса кута між осями вестибулярно-язикового та мезіально-дистального нахилу ДІ була перпендикулярною до оклюзійної площини нижньої щелепи піддослідної тварини. З метою об'єктивної оцінки стану остеоінтеграції у ділянці ДІ, уведеного під кутом у вказаних площинах, застосовано поліхромне маркування кісткової тканини для оцінки ділянок її формування. У зв'язку з цим, усім піддослідним тваринам регулярно додавали до їжі подрібнені таблетки тетрацикліну дозою 20–25 мг/кг. Завдяки високій спорідненості до кальцію тетрациклін, конденсуючись у місцях активної мінералізації гідроксиапатиту, забарвлює кісткову тканину, що дозволяє оцінити кістковий метаболізм і провести гістологічний аналіз процесів кісткової реконструкції та її моделювання і ремоделювання. Надалі, після завершення остеоінтеграції ДІ, фіксували абатмент, який слугував постійною протезною конструкцією. Через 1,5 роки функціонування ДІ тварину вивели з експерименту дом'язовим введенням надмірної дози каліпсолю. Після біопсії нижньої щелепи піддослідної тварини отриманий фрагмент зберігали в розчині Шафершена з подальшим проведенням макроскопічної клінічно-експериментальної оцінки та рентгенографії в бічній та оклюзійній проекціях. Далі фрагментовані блоки кісткової тканини з ДІ зрізали в одному шарі лазерним мікротомом у вестибулярно-язиковому напрямку,



**Мал. 1.** Вигляд підготовлених мікропрепаратів ДІ для морфогістологічного дослідження, введених із кутовим положенням з мезіальної (а) та дистальної сторін (б)



**Мал. 2.** Експериментальний ДІ з абатментом, розташований під кутом в мезіальному напрямку



**Мал. 3.** Оглядові рентгенограми з прицілним дослідженням стану кісткової тканини навколо ДІ у піддослідній тварини, сагітальна проекція зліва і справа, в центрі — вигляд зверху

отримуючи серію послідовних гістологічних препаратів від мезіальної до дистальної сторін (мал. 1). Ця частина наукового дослідження з морфологічним консультативним висновком проведена на кафедрі гістології Віденського медичного університету (зав. – Prof. H.Jr. Plenck).

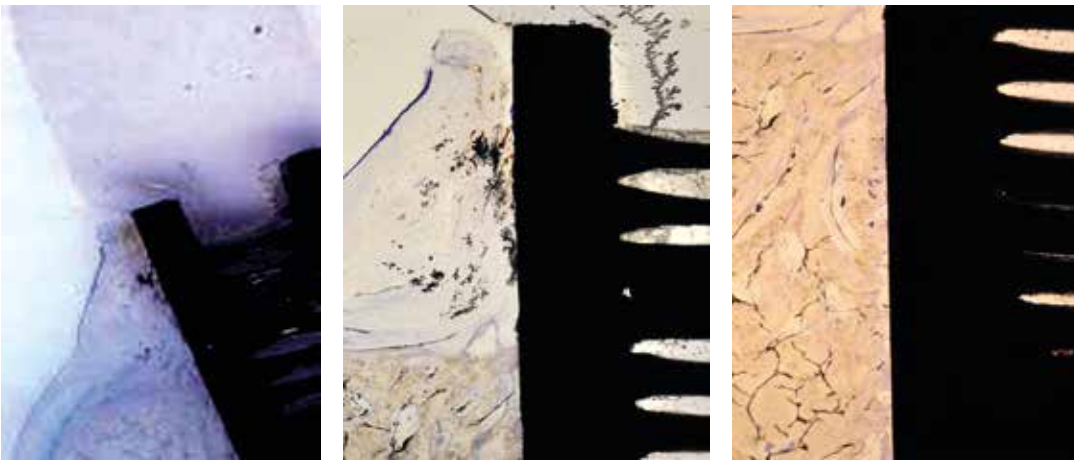
Гістологічний та морфометричний аналіз передбачав встановлення особливостей будови кістково-імплантатних контактів (КІК) у пришийковій ділянці та відсоткове значення наявної сформованої та ремодельованої кісткової тканини відповідно до площі поверхні ДІ з вестибулярного та язикового боків від мезіального до дистального країв. На підставі отриманих результатів візуальних клінічно-експериментальних та рентгенологічних, гістологічних і морфометричних досліджень функці-

онування у піддослідній тварини ДІ впродовж 1,5-річного періоду оцінювали біомеханічний вплив осевого та кутового навантажень на стан кісткової тканини з вестибулярної та язикової сторін пришийкової мезіальної та дистальної поверхонь. Отримані результати дослідження опрацьовані способом варіаційної статистики за допомогою комп'ютерної програми StatSoft Statistica 10 із застосуванням параметричного критерію Стьюдента при довірчому інтервалі репрезентативності,  $p < 0,05$ .

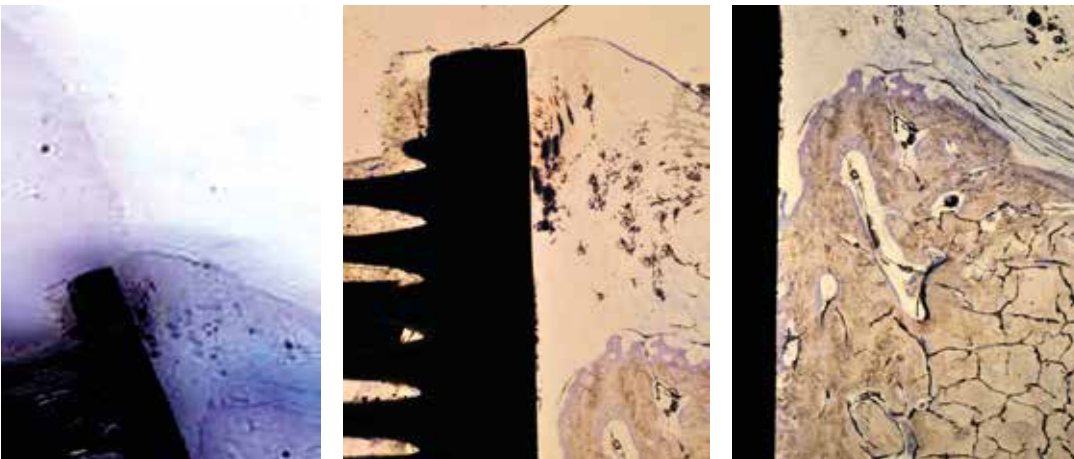
## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час візуального макроскопічного клінічного огляду стану ДІ та оточуючих тканин макропрепарату піддослід-

ної тварини після 1,5-річного функціонального навантаження встановлено відсутність будь-яких пошкоджень та відкладень нальоту в пришийковій частині та на абатменті ДІ. При спробі пінцетом змістити ДІ разом із абатментом виявлено його повну нерухомість. При огляді та зондуванні пародонтометром із дистально-язикової сторони ДІ встановлено наявність імпланто-ясенної кишені глибиною  $5 \pm 0,5$  мм. З мезіально-вестибулярної сторони при зондуванні виявлено, що ясна щільним пасмом огортали і були міцно прикріплені до поверхні ДІ. При перкусії встановлено глухий, однорідний звук при вертикальному та горизонтальному постукуваннях абатмента з усіх досліджуваних сторін, що свідчило про стабільність розташування ДІ (мал. 2). На отриманих рентгеновських знімках



*Мал. 4. Мікрофотографи гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з мезіально-язикової сторони, зб.  $\times 100$*



*Мал. 5. Мікрофотографи гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з мезіально-вестибулярної сторони, зб.  $\times 100$*

аналіз стану ДІ та прилеглої кісткової тканини коло мезіального кореня моляра дозволив встановити горизонтальну втрату кісткової тканини в пришийковій ділянці ДІ в межах  $0,45 \pm 0,15$  мм, однак без ознак вертикальної чи лакунарної резорбції кісткової тканини. Ендоосальну частину імплантату щільно облягала суцільним шаром здорова дрібнопетлиста повноцінно сформована кісткова тканина без будь-яких патологічних утворень як з мезіальної, так і з дистальної поверхонь (мал. 3). Гістологічний аналіз отриманих цифрових фотограм гістологічних мікропрепаратів ДІ, отриманих при зрізі в «одному шарі» – кісткова тканина – вестибулярно-язиковий переріз імплантату, з мезіально-язикової сторони встановив наявність чітко сформованої імпланто-ясенної кишені без видимих патологічних змін із незначним відшаруванням вільної

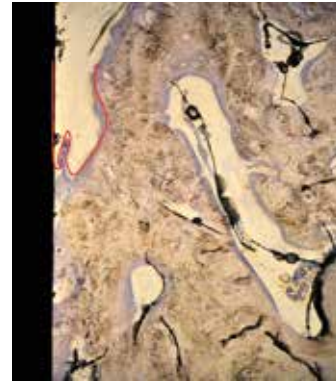
частини ясен і їх рецесією в місці переходу абатмента в ендоосальну частину імплантату. Прикріплена частина ясен повністю морфологічно об'єднана з поверхнею ДІ та характеризується наявними чужорідними включеннями часточок металу з їх проникненням у м'якотканинні утворення на всій ділянці. До дна імпланто-ясенної кишені прилягає сформована кісткова тканина, яка «мостином» шириною  $0,65$  мм забезпечує щільний контакт з поверхнею ДІ. Нижчележачий відділ складається з ділянки переривчастих тонких трабекулярних зв'язків з ДІ. Натомість усі інші місця кістково-імплантатного контакту свідчать про суцільний масив зрілої та ремодельованої (синій колір на препараті) кісткової тканини, інтегрованих з поверхнею ДІ, без включень металу у м'які тканини (мал. 4). З мезіально-вестибулярної сторони спостерігається наявність щільного,

без будь-яких відшарувань сформованого імпланто-ясенного прикріплення з проникненням чужорідних металевих включень на всій ширині обстежених м'яких тканин дослідженого гістологічного препарату. Кістковотканинна основа дна імпланто-ясенної кишені дещо заглиблена всередину, однак з явищами ремодельовального процесу у ділянці кісткового лімбу (коронково розташована синя периферична цівка тканинного осередку). Підлеглий кістковий масив виповнений суцільною сформованою кісткою з трьома незначними ділянками відсутньої прямої кісткової апозиції до поверхні ДІ (мал. 5).

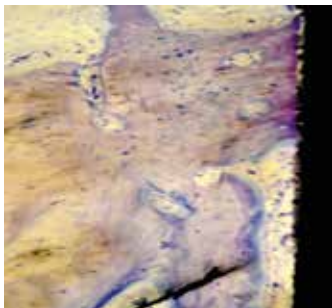
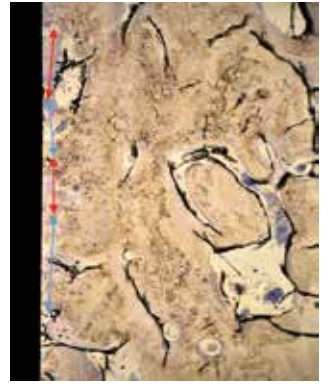
При аналізі гістологічної будови кістково-імплантного інтерфейсу з мезіально-язикової сторони при збільшенні в  $200$  разів конкретизовано морфофункціональну суть цього контакту. При цьому виявлено наявність



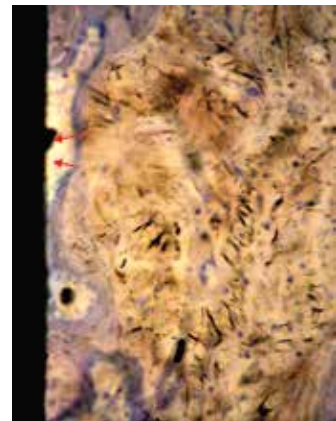
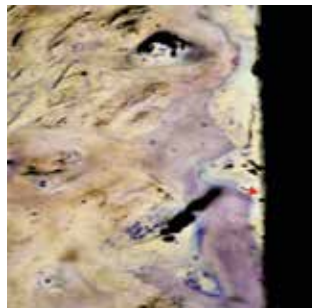
**Мал. 6.** У пришийковій ділянці з мезіально-язикової сторони дно імпланто-ясенної кишені (зліва), підлегла кісткова тканина (справа, червона ламана лінія вказує на безперервний фронт процесів кісткового ремоделювання), зб.  $\times 200$



**Мал. 7.** Мікрофотограми гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з мезіально-вестибулярної сторони дно імпланто-ясенної кишені (зліва), підлегла кісткова тканина (справа, червона лінія відтворює конфігурацію зазубреної резорбції та периферійну ділянку суцільного кісткового ремоделювання основи дна імпланто-ясенної кишені), зб.  $\times 200$



**Мал. 8.** Мікрофотограми гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з мезіально-язикової сторони, ділянка дна імпланто-ясенної кишені (зліва), підлегла кісткова тканина (справа, червоними стрілками вказано ділянки відсутнього КІК), зб.  $\times 400$

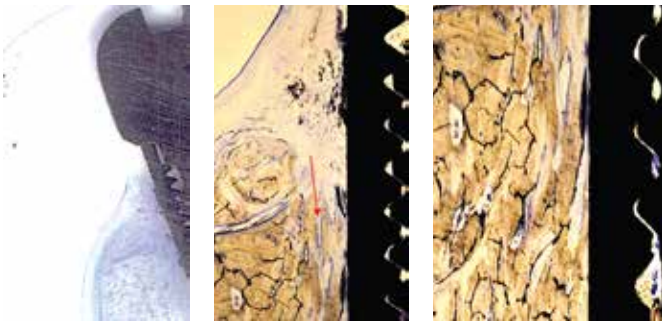


**Мал. 9.** Мікрофотограма гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з мезіально-вестибулярної сторони, ділянка дна імпланто-ясенної кишені (зліва), підлегла кісткова тканина (справа, червоними стрілками вказано ділянки відсутнього КІК), зб.  $\times 400$

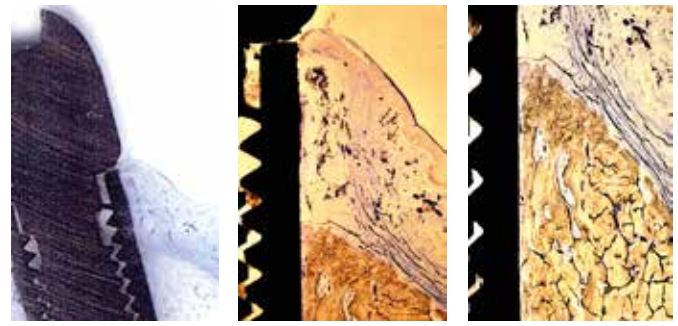
суцільного кістково-тканинного шару, що безпосередньо прилягає до поверхні ДІ із безперервним фронтом процесів кісткового ремоделювання (мал. 6). При гістологічному дослідженні стану кісткової тканини в пришийковій ділянці на рівні дна імпланто-ясенної кишені з мезіально-вестибулярної сторони досліджуваного ДІ виявлено нерівномірну кісткову резорбцію з інтенсивним безперервним процесом ремоделювання на периферії (суцільний фронт тканини синього кольору). Підлегла кісткова тканина демонструє нерозривне щільне розташування ділянок зрілої кісткової тканини (синя стрілка) з ділянками кісткового ремоделювання (червона стрілка) (мал. 7). Аналіз гістологічних препаратів у пришийковій ділянці ДІ піддослідної тварини з мезіально-язикової

сторони при збільшенні в 400 разів (мал. 8) дозволив визначити площу КІК. Морфометричний аналіз виявив, що з мезіально-вестибулярної сторони пришийкової поверхні ДІ відсоток контакту кісткової тканини становить  $89,57 \pm 1,17\%$ . З мезіально-вестибулярної сторони пришийкової поверхні ДІ відсоток КІК становить  $90,26 \pm 1,29\%$  (мал. 9) з відсутністю достовірно значимої відмінності, порівняно з морфометричними показниками КІК з мезіально-язикової сторони,  $p < 0,7$ . Отже, при порівняльному аналізі показника КІК в пришийковій ділянці досліджуваних мезіально-язикових та мезіально-вестибулярних поверхонь ДІ, введеного з вестибулярним кутовим нахилом у кісткову тканину нижньої щелепи піддослідної тварини встановлено відсутність статистично

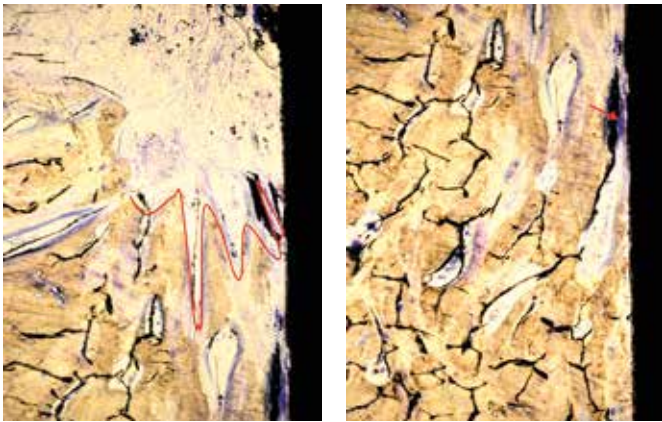
значимої відмінності остеоінтеграційних процесів. Отриманий результат свідчить про адекватне засвоєння парасосьового біомеханічного навантаження *in vivo* та практично тотожну остеоінтеграцію ДІ з мезіально-язикової та мезіально-вестибулярної поверхонь його пришийкової ділянки. При гістоморфологічному дослідженні цифрових фотограм гістологічних мікропрепаратів ДІ у зрізі кісткова тканина-вестибулярно-язиковий переріз імплантату, з дистально-язикової сторони спостерігається рецесія ясен висотою  $7 \pm 0,5$  мм від межі імпланто-коронкового переходу, з відшаруванням від пришийкової поверхні вільних та прикріплених ясен з наявністю імпланто-ясенної кишені глибиною  $5 \pm 0,5$  мм. Виявлено також інкорпорацію металевих включень в ясенну



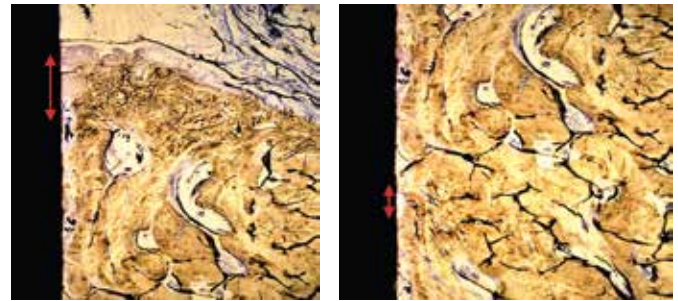
**Мал. 10.** Мікрофотографи гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з дистально-язикової сторони (червона стрілка вказує на ділянку резорбції), зб.  $\times 100$



**Мал. 11.** Мікрофотографи гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з дистально-вестибулярної сторони, зб.  $\times 100$



**Мал. 12.** Мікрофотографи гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з дистально-язикової сторони, дно імпланто-ясенної кишені (зліва), підлегла кісткова тканина (справа, червона стрілка вказує ділянку відсутнього КІК), зб.  $\times 200$

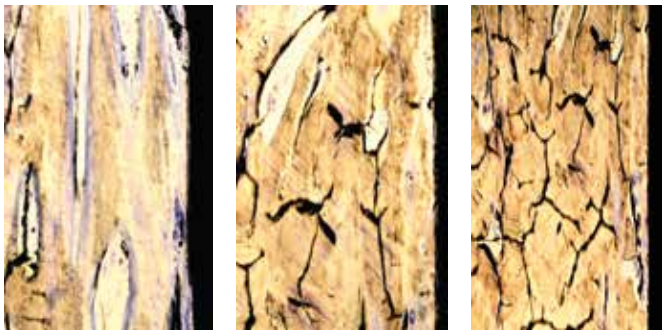


**Мал. 13.** Мікрофотографи гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з дистально-вестибулярної сторони (зліва), дно імпланто-ясенної кишені (позначка вказує на прилеглу ділянку КІК), кісткова тканина під дном кишені (справа, позначка вказує на розташування місця відсутнього КІК), зб.  $\times 200$

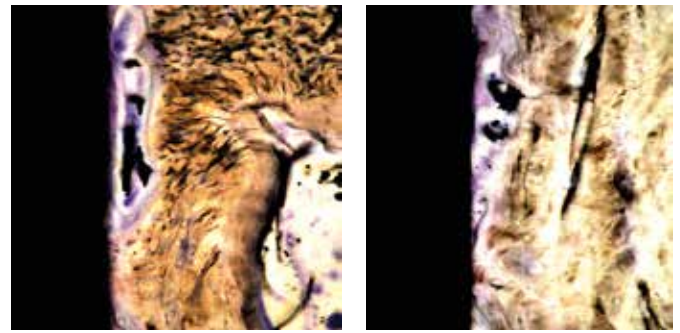
тканину з незначною дисемінацією їх у тканинному прошарку прикріплених ясен. Водночас, візуально не спостерігається будь-якої реакції тканинного середовища на їх наявність. Кістковотканинна основа дна імпланто-ясенної кишені розшарована, з ділянковою резорбцією у вигляді язиків полум'я (червона стрілка). Підлегла кістка становить зрілий кістковотканинний масив, який безперервно нашарований на поверхні ДІ (мал. 10). З дистально-вестибулярної сторони спостерігається щільне прилягання періімплантних ясен до пришийкової ділянки без ознак рецесії та відсутньої імпланто-ясенної кишені. Вільні ясна розташовані на рівні коронково-імплантатного переходу. В прилеглих тканинних структурах прикріплених ясен виявляються чужорідні металеві вклю-

чення без реактивних змін зі сторони тканин, які оточують ДІ. Фундаментом дна імпланто-ясенної кишені слугує ремодельована кісткова тканина, яка інтегрована в коронковій частині та забезпечує щільний контакт з поверхнею ДІ. Це зріла кістка зі сформованою остеонною архітектурою без видимих ознак ремоделювання (мал. 11). Отже, гістологічні дослідження препаратів кісткової тканини при збільшенні в 100 разів засвідчують, що в пришийковій ділянці дистально-язикових поверхонь функціонально навантажених ДІ спостерігаються відмінності в будові ясенної та кісткової тканин. При аналізі гістологічної будови кістково-імплантатного інтерфейсу з дистально-язикової сторони при збільшенні в 200 разів чітко проглядається гістологічна картина крайової резорб-

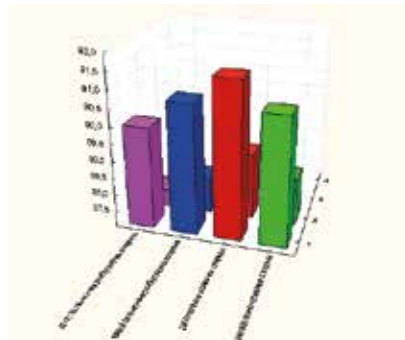
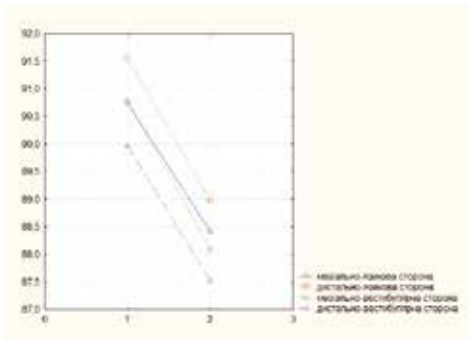
ції кісткової тканини дна імпланто-ясенної кишені. Кісткова тканина пришийкової ділянки, розташованої під дном імпланто-ясенної кишені, повністю сформована, з ознаками крайового ремоделювання та нерівномірної резорбції. Кісткова тканина, яка контактує з поверхнею ДІ, характеризується відсутністю ознак ремоделювання. Виняток становить незначна за розмірами ділянка безпосередньо наближена до відокремленого чужорідного тіла, позначена червоною стрілкою (мал. 12). При гістологічному дослідженні стану кісткової тканини в пришийковій ділянці на рівні дна імпланто-ясенної кишені з дистально-вестибулярної сторони досліджуваного ДІ виявлено кістковий контакт з явищами ремоделювання. Підлегла кісткова тканина зріла та характеризується безпосереднім



**Мал. 14.** Мікрофотограми гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з дистально-язикової сторони, ділянка дна імпланто-ясенної кишені (зліва), в центрі та справа — підлегла кісткова тканина, зб.  $\times 400$



**Мал. 15.** Мікрофотограма гістологічного препарату ДІ у пришийковій ділянці з дистально-вестибулярної сторони, ділянка дна імпланто-ясенної кишені (зліва), підлегла кісткова тканина (справа, червоними стрілками вказано ділянки відсутнього КІК), зб.  $\times 400$



**Мал. 16.** Графічні результати міжгрупового порівняння показників остеоінтеграції періімплантної ділянки при тривалому функціональному навантаженні ДІ, розташованого у кутовому мезіально-вестибулярному положенні

КІК вздовж усієї поверхні ДІ. Виняток становить лише невелика ділянка відсутнього кісткового контакту, позначена короткою стрілкою (мал. 13). Аналіз гістологічних препаратів пришийкової ділянки ДІ при збільшенні в 400 разів з дистально-язикової сторони до-

зволив виявити у ділянках кісткової основи імпланто-ясенної кишені зони інтенсивного ремоделювання кістки та зрілі кісткові структури в розташованих нижче ділянках інтерфейсу дослідженої поверхні ДІ (мал. 14). При морфометричному визначенні

КІК виявлено, що з дистально-язикової сторони пришийкової поверхні ДІ відсоток контакту кісткової тканини становить  $89,44 \pm 1,35\%$ . З дистально-вестибулярної сторони пришийкової поверхні ДІ спостерігається наявність зон інтенсивного ремоделювання кісткової тканини в оточенні чужорідних включень у межових ділянках контакту з ДІ (червоні стрілки). Ці ділянки чергуються широкими пасмами зрілої кістки, яка безпосередньо нашарована на поверхні ДІ (мал. 15). При морфометричному дослідженні встановлено, що КІК становить  $88,75 \pm 1,23\%$  та порівняно з відсотковими значеннями остеоінтеграції з дистально-язикового боку виявлено відсутність достовірно значимої відмінності  $p < 0,94$ .

**Таблиця.** Результати міжгрупового порівняння показників остеоінтеграції періімплантної ділянки при тривалому функціональному навантаженні ДІ, розташованій у кутовому мезіально-вестибулярному положенні

Group 1 vs Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
Мезіально-язикова сторона vs. мезіально-вестибулярна сторона	89,57000	89,44000	0,072770	2	0,948612	2	2	1,654630	1,909188	1,331361	0,909208
Мезіально-язикова сторона vs. дистально-вестибулярна сторона	89,57000	88,75000	0,483039	2	0,676774	2	2	1,654630	1,739483	1,105194	0,968176
Дистально-язикова сторона vs. мезіально-вестибулярна сторона	90,26000	89,44000	0,439150	2	0,703443	2	2	1,824335	1,909188	1,095187	0,971068
Дистально-язикова сторона vs. дистально-вестибулярна сторона	90,26000	88,75000	0,847166	2	0,486112	2	2	1,824335	1,739483	1,099941	0,969691

Отже, при порівняльному аналізі остеоінтегративного статусу ДІ, введеного з вестибулярно-мезіальним нахилом у кісткову тканину нижньої щелепи піддослідної тварини, у пришийковій ділянці з дистально-язикового та дистально-вестибулярного боків встановлена відсутність статистично значимої відмінності. Отриманий результат досліджень *in vivo* свідчить про практично ідентичне завоювання параосьового біомеханічного навантаження з дистально-язикового та дистально-вестибулярного боків пришийкової ділянки ДІ. Водночас встановлено особливі відмінності у гістологічній будові ясенного та кісткотканинного інтерфейсу досліджуваних сторін, що необхідно брати до уваги при виготовленні протезних конструкцій на ДІ.

При порівнянні показників площі остеоінтегративних процесів у пришийковій ділянці ДІ з мезіально- та дистально-язикового боків та мезіально- та дистально-вестибулярних боків встановлено

відсутність статистично значимих відмінностей у міжгрупових порівняннях, що свідчить про ідентичну за змістом та формою результативність процесу остеоінтеграції ДІ при тривалому функціональному навантаженні за умови кутового мезіально-вестибулярного розташування (табл., мал. 16).

## ВИСНОВКИ

При макроскопічному огляді встановлено відсутність будь-яких пошкоджень та відкладень нальоту на поверхні супраструктури ДІ, а також нерухомість, однорідний перкуторний звук ДІ, відсутність патологічних порушень періімплантних ясен, що підтверджує їх стабільність. При рентгенологічних дослідженнях виявлено, що ендосальну частину ДІ суцільним шаром облягає повноцінна сформована кісткова тканина дрібнопетлистої структури без будь-яких патологічних утворень. Гістологічне дослідження виявило, що вздовж досліджуваного

контакту кістки з ДІ спостерігається наявність значних ділянок інтенсивної остеопродукції та ремоделювання кісткової тканини. Морфометричний аналіз встановив, що з мезіально-вестибулярної сторони пришийкової поверхні ДІ відсоток контакту кісткової тканини становить  $89,57 \pm 1,17\%$ , з мезіально-вестибулярної –  $90,26 \pm 1,29\%$ , при  $p < 0,73$  дистально-язикової сторони пришийкової поверхні ДІ відсоток контакту кісткової тканини становить  $89,44 \pm 1,35\%$ , з дистально-вестибулярного боку –  $88,75 \pm 1,23\%$ , при  $p < 0,94$ . Отже, спостерігається адекватне завоювання біомеханічного впливу ДІ, розташованих в кутовому положенні, з формуванням однорідної повноцінної кісткової тканини з мезіально-язикової, мезіально-вестибулярної, дистально-язикової та дистально-вестибулярної поверхонь пришийкової ділянки, що при тривалому функціональному навантаженні приводить до їх остеоінтеграції та функціональної стабільності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вовк Ю.В., Вовк Ю.В. Клініко-біометричний аналіз кісткових тканин зубних альвеол при плануванні реконструктивно-імплантологічних маніпуляцій у пацієнтів: матеріали Третього українського міжнародного конгресу [Стоматологічна імплантологія. Остеоінтеграція], (Київ, 2008 р.) / М-во охор. здоров'я, Націон. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця. – К.: Нац. мед. ун-т О.О. Богомольця, 2008. – 23–26 с.
2. Вовк В.Ю. Клінічно-біометрична та рентгеноденситометрична оцінка стану тканинних дефектів коміркових відростків щелеп під час їх кісткотканинної регенерації / В.Ю. Вовк, Ю.В. Вовк // Новини стоматології. – 2012. – №4. – С. 36–44.
3. Вовк В.Ю. Експериментальне дослідження впливу тривалого функціонального навантаження на остеоінтеграцію дентальних імплантатів, розташованих в осьовому та кутовому положеннях. Ч. 1 / В.Ю. Вовк, Ю.В. Вовк // Імплантологія, пародонтологія, остеологія. – 2016. – №4. – С. 60–65.
4. Вовк В.Ю. Експериментальне дослідження впливу тривалого функціонального навантаження на остеоінтеграцію дентальних імплантатів, розташованих в осьовому та кутовому положеннях. Ч. 2 / В.Ю. Вовк, Ю.В. Вовк // Імплантологія, пародонтологія, остеологія. – 2017, №1.
5. Krekmanov L., Kahn M., Rangert B., Lindstrom H. Tilting of posterior mandibular and maxillary implants of improved prosthesis support. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants* 2000;15:405–14.
6. Maló P., Rangert B., Nobre M. "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:2–9.
7. Babbush C.A., Kutsko G.T., Brokloff J. The all-on-four immediate function treatment concept with NobelActive implants: a retrospective study. *J. Oral. Implantol.* 2011;37:431–45.
8. Kao HC, Gung YW, Chung TF, Hsu ML. The influence of abutment angulation on micromotion level for immediately loaded dental implants: a 3-D finite element analysis. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.* 2008;23(4):623–630.
9. Lin CL, Wang JC, Ramp LC, Liu PR. Biomechanical response of implant systems placed in the maxillary posterior region under various conditions of angulation, bone density, and loading. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants.* 2008;23(1):57–64.
10. Vidyasagar L., Apse P. Biological response to dental implant loading/overloading. *Implant overloading: empiricism or science? Stomatologija* 2003;5(3):83–89.
11. Theoharidou A, Petridis HP, Tzannas K, Garefis P. Abutment screw loosening in single-implant restorations: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23(4):681–690.
12. Cavallaro J., Greenstein G. Prosthodontic complications related to implant placement. In: Froum SJ, ed. *Dental Implant Complications: Etiology, Prevention, and Treatment*. Chichester, West Sussex, England: Wiley-Blackwell; 2010:156–171.
13. Bernardes S.R., de Araujo C.A., Neto A.J., Simamoto Junior P., das Neves F.D. Photoelastic analysis of stress patterns from different implant-abutment interfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24(5):781–789.
14. Chun HJ., Shin H.S., Han C.H., Lee S.H. Influence of implant abutment type on stress distribution in bone under various loading conditions using finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21(2):195–202.
15. Segundo R.M., Oshima H.M., da Silva I.N., Burnett L.H. Jr., Mota E.G., Silva L.L. Stress distribution of an internal connection implant prosthesis set: a 3D finite element analysis. *Stomatologija* 2009; 11(2):55–59.
16. Maeda Y., Satoh T., Sogo M. In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant-abutment connections: a short communication. *J Oral Rehabil* 2006;33(1):75–78.
17. Cehreli M.C., Akca K., Tonuk E. 2004b Accuracy of a manual torque application device



- for morse-taper implants: a technical note. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 19: 743–748.
18. Fabbioni G., Aabet S., Mizen K., Star D.G. 2004. Transalveolar screws and the incidence of dental damage: a prospective study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 33: 442–446.
  19. Florvaag B. et al. 2010. Biomechanical properties of orthodontics mini screws. An in vitro study. *Journal of Orofacial Orthopedics* 71: 53–67.
  20. Frost H.M. 1994. Wolff's law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthodontics* 64: 175–188.
  21. Krekmanov L., Kahn M., Rangert B., Lindström H. 2000. Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 15: 405–414.
  22. Roberts W.E., Smith R.K., Zilberman Y., Mozsary P.G., Smith R.S. Osseous adaptation continuous loading of rigid endosseous implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1984;86: 95–111.
  23. Stahl E., Keilig L., Abdelgader I., Jager A., Bourauel C. 2009. Numerical analyses of biomechanical behaviour of various orthodontic anchorage implants. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 70: 115–127.
  24. Wilmes B., Su Y.Y., Drescher D. 2008. Insertion angle impact on primary stability of orthodontic min-implants. *Angle Orthodontics* 78: 1065–1070.
  25. van Staden R.C., Guan H., Johnson N.W., Loo Y.C., Meredith N. 2008. Step-wise analysis of the dental implant insertion process using the finite element technique. *Clinical Oral Implants Research* 19: 303–313.
  26. Bruno Ramos Chrcanovic, Tomas Albrektsson, Ann Wennerberg Tilted versus axially placed dental implants: A meta-analysis *Review Journal of Dentistry* Vol. 43, Issue 2, 2015, Pages 149–170.
  27. Sebaoun J.D., Kantarci A., Turner J.W., Carvalho R.S., Van Dyke T.E., Ferguson D.J. Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol*. 2008;79(9)p.1679-88.
  28. Page H.L. The occlusal curve // *Dental digest*, 1952, №3, P.19-22.
  29. Orthlieb J.-D. The curve Spee: understanding the sagittal organization of mandibular teeth // *The Journal of craniomandibular practice*, 1997, №4, P. 333–340.

## REFERENCES

1. Vovk, Iu.V., & Vovk, Iu.V. (2008). Kliniko-biometrychni analiz kistkovykh tkanyh zubnykh alveol pry planuvanni rekonstruktyvno-implantolohichnykh manipulatsii u patsientiv: *Materialy Tretoho ukrainskoho mizhnarodnoho konhresu [Stomatolohichna implantolohiia. Osteointehratsiia]*, Kyiv, 23–26 (in Ukrainian).
2. Vovk, Iu.V., & Vovk, Iu.V. (2012). Klinichno-biometrychna ta renthenodensyometrychna otsinka stanu tkanynykh defektiv komirkovykh vidrostkiv shchelep pid chas yikh kistkovotkanynoi reheneratsii. *Novyny stomatolohii*, 4, 36–44 (in Ukrainian).
3. Vovk, Iu.V., & Vovk, Iu.V. (2016). Eksperymentalne doslidzhennia vplyvu tryvaloho funktsionalnoho navantazhennia na osteointehratsiiu dentalnykh implantativ, roz-tashovanykh v osovomu ta kutovomu polozhenniakh. Part 1. *Implantolohiia Parodontolohiia Osteolohiia*, 4, 60–65 (in Ukrainian).
4. Vovk, Iu.V., & Vovk, Iu.V. (2017). Eksperymentalne doslidzhennia vplyvu tryvaloho funktsionalnoho navantazhennia na osteointehratsiiu dentalnykh implantativ, roz-tashovanykh v osovomu ta kutovomu polozhenniakh. Part 2. *Implantolohiia Parodontolohiia Osteolohiia*, 1, 43–49 (in Ukrainian).
5. Krekmanov, L., Kahn, M., Rangert, B., & Lindstrom, H. (2000). Tilting of posterior mandibular and maxillary implants of improved prosthesis support. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants*; 15:405–14 (in English).
6. Maló, P., Rangert, B., & Nobre, M. (2003). «All-on-Four» immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.*; 5:2-9 (in English).
7. Babbush, C.A., Kutsko, G.T., Brokloff, J. (2011). The all-on-four immediate function treatment concept with NobelActive implants: a retrospective study. *J. Oral. Implantol.*; 37:431-45 (in English).
8. Kao, H.C., Gung, Y.W., Chung, T.F., Hsu, M.L. (2008). The influence of abutment angulation on micromotion level for immediately loaded dental implants: a 3-D finite element analysis. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants*; 23(4):623-630 (in English).
9. Lin, C.L., Wang, J.C., Ramp, L.C., & Liu, P.R. (2008). Biomechanical response of implant systems placed in the maxillary posterior region under various conditions of angulation, bone density, and loading. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants*; 23(1):57-64 (in English).
10. Vidyasagar, L., & Apse, P. (2003). Biological response to dental implant loading/overloading. Implant overloading: empiricism or science? *Stomatologija*; 5(3):83-89 (in English).
11. Theoharidou, A., Petridis, H.P., Tzannas, K., & Garefis, P. (2008). Abutment screw loosening in single-implant restorations: a systematic review. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants*; 23(4):681-690 (in English).
12. Cavallaro, J., & Greenstein, G. (2010). *Prosthodontic complications related to implant placement*. In: Froum SJ, ed. *Dental Implant Complications: Etiology, Prevention, and Treatment*. Chichester, West Sussex, England: Wiley-Blackwell:156-171 (in English).
13. Bernardes, S.R., de Araujo, C.A., Neto, A.J., Simamoto, Junior P., das Neves, F.D. (2009). Photoelastic analysis of stress patterns from different implant-abutment interfaces. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants*; 24(5):781-789 (in English).
14. Chun, H.J., Shin, H.S., Han, C.H., & Lee, S.H. (2006). Influence of implant abutment type on stress distribution in bone under various loading conditions using finite element analysis. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants*; 21(2):195-202 (in English).
15. Segundo, R.M., Oshima, H.M., da Silva, I.N., Burnett, L.H. Jr., Mota, E.G., & Silva L.L. (2009). Stress distribution of an internal connection implant prostheses set: a 3D finite element analysis. *Stomatologija*; 11(2):55-59 (in English).
16. Maeda, Y., Satoh, T., & Sogo, M. (2006). In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant-abutment connections: a short communication. *J. Oral. Rehabil.*; 33(1):75-78 (in English).
17. Cehreli, M.C., Akca, K., & Tonuk, E. (2004). Accuracy of a manual torque application device for morse-taper implants: a technical note. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*; 19: 743–748 (in English).
18. Fabbioni, G., Aabet, S., Mizen, K., & Star, D.G. (2004). Transalveolar screws and the incidence of dental damage: a prospective study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 33: 442–446 (in English).
19. Florvaag, B. & et al. (2010). Biomechanical properties of orthodontics mini screws. An in vitro study. *Journal of Orofacial Orthopedics*; 71: 53–67 (in English).
20. Frost, H.M (1994). Wolff's law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthodontics*; 64: 175–188 (in English).
21. Krekmanov, L., Kahn, M., Rangert, B., & Lindström, H. (2000). Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*; 15: 405–414 (in English).
22. Roberts, W.E., Smith, R.K., Zilberman, Y., Mozsary, P.G., & Smith, R.S. (1984). Osseous adaptation continuous loading of rigid endosseous implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 86: 95–111 (in English).
23. Stahl, E., Keilig, L., Abdelgader, I., Jager, A., & Bourauel, I.C. (2009). Numerical analyses of biomechanical behaviour of various orthodontic anchorage implants. *Journal of Orofacial Orthopedics*; 70: 115–127 (in English).
24. Wilmes, B., Su, Y.Y., & Drescher, D. (2008). Insertion angle impact on primary stability of orthodontic min-implants. *Angle Orthodontics*; 78: 1065–1070 (in English).
25. van Staden, R.C., Guan, H., Johnson, N.W., Loo, Y.C., & Meredith, N. (2008). Step-wise analysis of the dental implant insertion process using the finite element technique. *Clinical Oral Implants Research*; 19: 303–313 (in English).
26. Bruno, Ramos Chrcanovic, Tomas, Albrektsson, Ann, Wennerberg (2015). Tilted versus axially placed dental implants: A meta-analysis *Review Journal of Dentistry*, Vol. 43, Issue 2, 149–170 (in English).
27. Sebaoun J.D., Kantarci A., Turner J.W., Carvalho R.S., Van Dyke T.E., & Ferguson D.J. (2008). Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J. Periodontol.*, 79(9), 1679–88 (in English).
28. Page, H.L. (1952). The occlusal curve // *Dental digest*, 3, 19-22 (in English).
29. Orthlieb, J.-D. (1997). The curve Spee: understanding the sagittal organization of mandibular teeth. *The Journal of Craniomandibular Practice*, 4, 333–340 (in English).

Стаття надійшла в редакцію 26 квітня 2017 року