

# СТОМАТОЛОГІЯ

УДК616.314–089.28–089.843

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ И МОРФОЛОГИИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАТЕРИАЛА И СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

*В. И. Беда, П. А. Гурин*

Национальная медицинская академия последипломного образования имени П. Л. Шупика, г. Киев

**Вступление.** Электрохимическая коррозия в полости рта начинается только при условии возникновения электрических потенциалов между разнородными металлическими включениями или между зубными протезами и ротовой жидкостью, представляющую собой электролит. Поэтому измерение указанных потенциалов является важнейшей задачей с точки зрения прогнозирования интенсивности процесса электрохимической коррозии стоматологических конструкций в полости рта.

**Цель.** Определение электрохимических потенциалов в растворе искусственной слюны промышленных винтовых дентальных титановых имплантатов фирмы ImPlasa Hoeschst с различной топографией поверхности.

**Материалы и методы.** Исследованы поверхности двух винтовых дентальных титановых имплантатов фирмы ImPlasa Hoeschst: GOTIC IMPLANT GTI и NORDIC IMPLANT NTI. В качестве контрольного образца служил цилиндрический образец диаметром 10 мм и толщиной 5 мм, изготовленный из титанового сплава ВТ6. Исходную топографию и химический состав поверхности всех указанных образцов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) JSM-6490LV (фирма JEOL, Япония) с безазотным энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 450XT. Для измерения потенциалов в растворе искусственной слюны (рН=7,4) создана специальная двухэлектродная электрохимическая ячейка.

**Результаты.** Установлена поверхностная концентрация основных компонентов материала и атомов примесей. Проведено сравнение морфологии и потенциалов поверхности имплантатов в зависимости от ее финишной обработки.

**Выводы.** Отличия по электрохимическим потенциалам между двумя типами имплантатов (NORDIC и GOTIC) связаны с различным морфологическим состоянием и химическим составом их поверхностей, обусловленных отличающимися способами поверхностной обработки. С точки зрения ускорения процесса пассивации поверхности имплантата в растворе искусственной слюны, наилучшей обработкой является пескоструйка с последующим химическим травлением (NORDIC).

**Ключевые слова:** дентальный имплантат, поверхностные потенциалы, морфология, химический состав.

**Вступление.** В современной ортопедической стоматологии для протезирования дефектов зубного ряда широко используются металлические имплантаты [1–4]. Интенсивному развитию внутрикостной дентальной имплантологии способствуют как разработка новых систем дентальных имплантатов отечественных и зарубежных фирм производителей, так и внедрение уникальных хирургических методик имплантации и усовершенствование ортопедического лечения. В мировой имплантационной практике для серийного производства дентальных имплантатов чаще всего используются промышленно чистый титан или титан-алюминий-ванадиевый сплав (Ti6Al4V, Grade 5). Эти материалы обладают хорошей механической прочностью, химической стабильностью и биосовместимостью [5, 6]. Как известно, последняя обусловлена высокой химической инертностью природного однородного оксидного слоя толщиной 1,5–10 нм, образующегося на поверхности титана.

За последнее десятилетие выполнено большое количество научных работ и клинических испытаний по клиническим задачам дентальной внутрикостной имплантации, однако, часть задач остаются актуальными и нерешенными. В частности, важнейшей задачей является установление физико-химических и патофизиологических механизмов периимплантитов внутрикостных дентальных имплантатов. В связи с этим, важной про-

блемой остается изучение природы формирования контактного или интерфейсного слоя между костной тканью и поверхностью установленного титанового имплантата. Различные осложнения в постимплантационном периоде связаны с наличием общесоматической патологии у пациентов, с нарушением хирургического протокола или с осложнениями ортопедического этапа лечения. Многие выявленные осложнения обусловлены именно морфологией и физико-химическим состоянием внутрикостной части дентальных имплантатов различных систем, от которого зависит полноценная остеоинтеграция. Для улучшения остеоинтеграции титановых имплантатов используют различные методы обработки поверхности с целью повышения шероховатости или развитости поверхности [7]. Таким образом, для дентальных металлических имплантатов важное значение имеют две группы свойств: объемные, обеспечивающие механические характеристики, и поверхностные, обуславливающие биосовместимость с окружающей биологической средой. При функционировании металлических имплантатов, установленных в полости рта, протекают сложные коррозионные процессы, связанные с электрохимическим взаимодействием поверхности титанового имплантата не только с ротовой жидкостью, но также с кровью, лимфой, тканевой жидкостью, являющихся активными электролитами. Возникающая при этом коррозия сопровождается анодными процессами ионизации атомов металла и переходом их ионов в окружающие мягкие и костные ткани. В результате этого, изменяются свойства поверхности имплантата, нарушаются нормальные процессы, на клеточном уровне возникают воспалительные явления, приводящие к подвижности и отторжению имплантата. Поэтому, несмотря на общепринятые представления о биосовместимости титана, необходимо учитывать возможность развития нежелательных для пациентов указанных электрохимических процессов при использовании протезов на титановых имплантатах. В литературе недостаточно систематических данных о коррозионной стойкости дентальных имплантатов в различных средах, моделирующие условия ротовой полости человека.

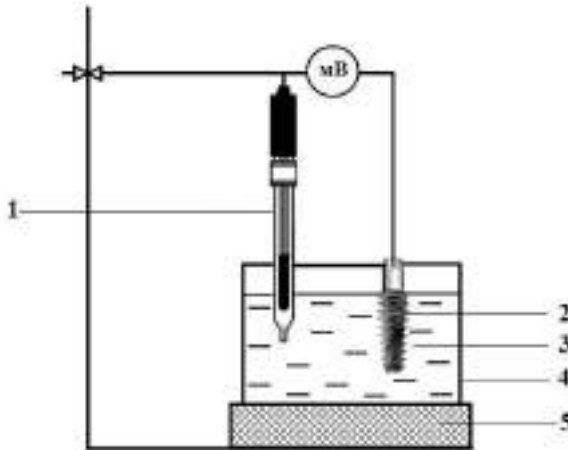
Электрохимическая коррозия в полости рта начинается только при условии возникновения электрических потенциалов

міжду різномірними металічеськими вклученнямі цілі міжду зубными протезами ці ротовой жідкостю, представляючу собою електроліт. Атоми бoлее отрицательного электрода мігрують в віде іонів с положительным зарядом в електроліт, что ці вызыває різні патологічеські явлення, наприклад, гальваноз [8, 9]. Відомо, что чем отрицательнее электродный потенциал, тем бoлее різко виражено стремление металла к растворению в електролітах [10]. Поэтому измерение указных потенциалов является важнейшей задачей с точки зрения прогнозирования интенсивности процесса электрохимической коррозии стоматологических изделий в полости рта. Существуют два подхода к решению данной задачи. Ряд исследователей используют методики измерения таких потенциалов непосредственно в полости рта пациента [11–13]. Однако, такая методика практически не применима для титановых дентальных имплантатов, установленных хирургическим способом. В этом случае, величины потенциалов ці другие коррозионные параметры исходных дентальных имплантатов измеряют в лабораторных условиях с помощью методов (известных в практике коррозионных испытаний) в електролітах, представляющих собою физиологические растворы, например, раствор искусственной слюны с определенным значением pH [14–17]. Однако, такие исследования проводятся только на модельных образцах с плоской поверхностью, что не позволяет прогнозировать электрохимическое поведение реальных дентальных имплантатов бoлее сложной формы.

**Цель.** Исследование кинетики изменения электрохимических потенциалов в растворе искусственной слюны промышленных винтовых дентальных титановых имплантатов с различной топографией поверхности.

**Материалы ці методы исследования.** В качестве модельного материала исследования служил цилиндрический образец диаметром 10 мм ці толщиной 5 мм, изготовленный из отечественного прутка титанового сплава ВТ6 (масс. %: Ti-89,05; Al-6,10; V-4,36; примеси-остальное). Исследуемая на потенциалы его поверхность была механически отполирована до зеркального состояния. Для того, чтобы измеряемые потенциалы соответствовали только полированной поверхности, остальные стороны образца были защищены от электролита

электроизоляционным покрытием. Исследованы винтовые дентальные имплантаты фирмы ImPlasa Hoechst: GOTIC IMPLANT GTI и NORDIC IMPLANT NTI.



**Рис. 1.** Схема электролитической ячейки: 1— хлорсеребряный электрод сравнения (ЭСр-10101); 2 — дентальный имплантат; 3 — раствор искусственной слюны; 4 — подставка.

В настоящее время не существует методов, с помощью которых можно было бы измерить или рассчитать абсолютное значение электродного потенциала. Можно лишь измерить относительную величину электродного потенциала, сравнив его с потенциалом электрода, выбранного в качестве эталона. В связи с этим, в настоящей работе была создана электрохимическая ячейка для измерения потенциалов, состоящая из двухэлектродной системы, включающей в себя рабочий электрод (титановый образец) и электрод сравнения (стандартный хлорсеребряный электрод), по отношению к которому измерялся потенциал. В качестве электролита использовался раствор искусственной слюны (рН=7,4) следующего состава:  $\text{H}_2\text{O}$  (1 л),  $\text{KCl}$  (0,038 г),  $\text{CaCl}_2$  (0,0194 г),  $\text{NaHCO}_3$  (0,021 г),  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (0,1 г). Схема электролитической ячейки приведена на рис. 1. Измерение потенциалов проводили без перемешивания в условиях естественной аэрации в течение суток при комнатной температуре. Величина потенциала регистрировалась по показани-

ям цифрового прибора UNI-T UT70B. Исходную топографию и химический состав поверхности всех указанных образцов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) JSM-6490LV (фирма JEOL, Япония) с безазотным энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 450XT.

**Результаты и их обсуждение.** Представление об электрохимических процессах, протекающих на поверхности исследуемых титановых образцов можно получить, оценивая величину стационарного (установившегося) потенциала в зависимости от времени выдержки в растворе искусственной слюны. Именно эти значения позволяют прогнозировать коррозионное поведение материала в течение длительного времени (эффект пассивации). На рис. 2 показан типичный характер зависимости кинетики изменения величины потенциала от времени выдержки в растворе. У всех образцов наблюдается резкий рост потенциала в сторону более положительных значений в течение 1–2 ч. Анализ данных, полученных для всех исследованных образцов, позволил получить две критических величины: время начала выхода на стационарный потенциал, т.е. переход в стадию медленной пассивации, (рис. 3) и величину потенциала начала пассивации (рис. 4). Как известно, рост положительной величины потенциала свидетельствует об уменьшении количества положительных ионов металла, переходящих в электролит, и, следовательно, о снижении степени коррозионного разрушения металлической поверхности. Последняя обусловлена формированием на поверхности образцов плотных диэлектрических оксидных пленок, препятствующих растворению металла (эффект «пассивации»). По данным, приведенным на рис. 3 и 4, можно сделать вывод о том, что наиболее быстро (20 мин.) и при большем положительном потенциале (+2,7 мВ) склонность к пассивации характерна для дентального имплантата NORDIC. Больше время (196 мин.) и менее положительный потенциал (+1,6 мВ) отмечается для имплантата GOTIC. Образец из титанового сплава BT6 за исследованное время не вышел на положительный уровень начала процесса пассивации.

Для того, чтобы понять причину различия в электрохимическом поведении двух исследованных имплантатов были

проведены дослідження морфології і хімічного складу їх поверхності.

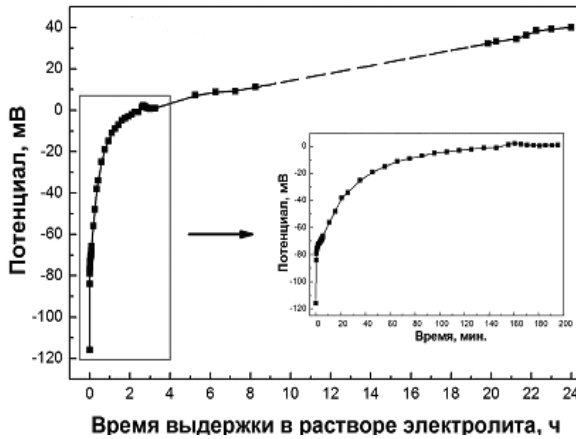


Рис. 2. Зависимость потенциала поверхности имплантата GOTIC от времени выдержки в растворе искусственной слюны.

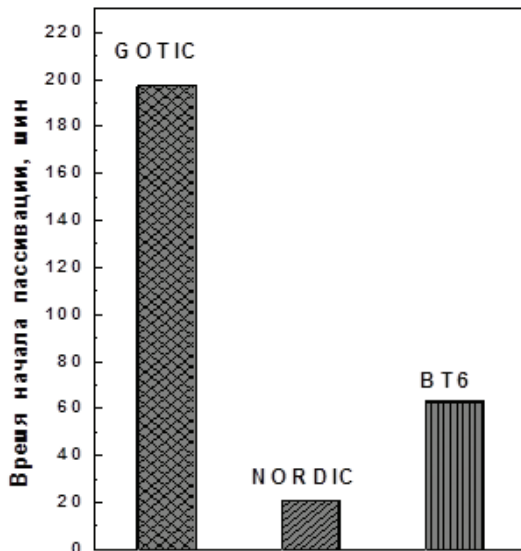


Рис. 3. Время начала пассивации.

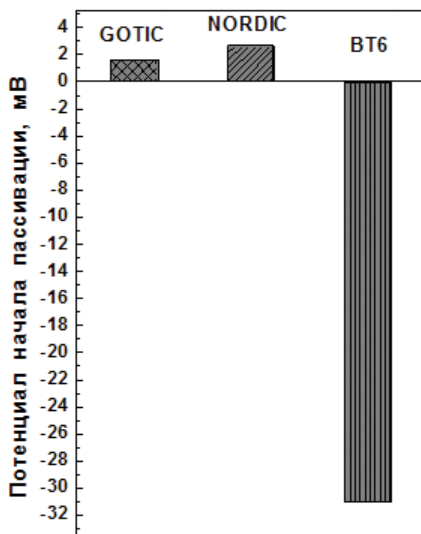


Рис. 4. Величина потенциала начала для исследованных имплантатов пассивации для исследованных имплантатов.

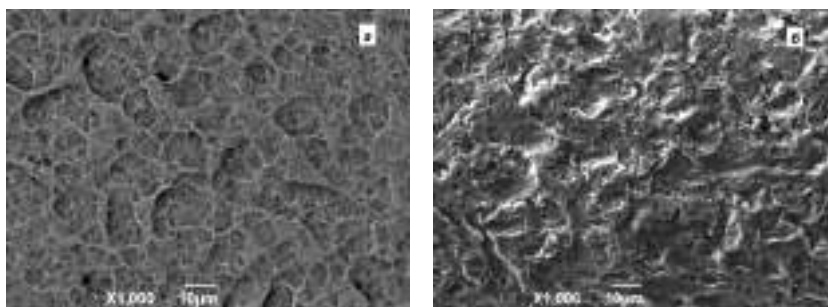


Рис. 5. Морфология поверхности имплантата NORDIC (а) и GOTIC (б).

На рис. 5 приведены РЭМ изображения морфологии поверхности имплантата NORDIC (а) и GOTIC (б). Представленные результаты свидетельствуют о том, что технология обработки поверхности различных типов имплантатов существенно отличается. Основные различия включают в себя шероховатость, характер морфологии, развитость поверхности и наличие примесных частиц. Наиболее рельефная и развитая



поверхность характерна для GOTIC. Для данного имплантата на поверхности были обнаружены внедренные частицы оксида алюминия, которые на указанных рисунках видны в виде темных участков. Присутствие на поверхности данного имплантата значительного количества алюминия обуславливается, пескоструйной обработкой поверхности имплантата с помощью порошка оксида алюминия без последующей эффективного химического травления поверхности. Известно, что наличие на поверхности имплантата алюминия в концентрациях, превышающих 0,1 %, оказывает негативное влияние на обмен веществ, а также на рост и размножение клеток посредством неблагоприятного воздействия на клеточную мембрану, препятствуя, таким образом, эффективному течению процессов репаративной регенерации в области имплантации [18]. Топография поверхности имплантата NORDIC имеет вид, характерный для химически-протравленной поверхности. В данном случае плоские участки чередуются с протравленными кавернами. Для данного имплантата химический анализ показал отсутствие частиц оксида алюминия.

В дальнейшем был проведен химический анализ наличия на внутрикостной поверхности имплантатов титана, как материала, из которого они изготовлены, а также алюминия и ванадия, являющихся основными легирующими элементами для титанового сплава BT6. В зависимости от исследуемого участка поверхности концентрации указанных элементов варьировались для обоих имплантатов в следующих пределах (в масс.%): титан 89,1–90,1; алюминий 6,3–7,4; ванадий 2,1–3,9. При анализе темных участков (оксидных частиц) на поверхности имплантата GOTIC концентрация основных металлов изменялась в таких пределах: титан 41,8–55,4; алюминий 41,7–55,8; ванадий 2,5–3,4. Химический анализ внекостной полированной части обоих имплантатов показал, что он соответствует стандартному составу сплава BT6 (Grade 5).

**Выводы.** Установленные в настоящей работе отличия по электрохимическим потенциалам между двумя типами имплантатов (NORDIC и GOTIC) связаны с различным морфологическим состоянием и химическим составом их поверхностей, обусловленных отличающимися способами поверхностной

обработки. С точки зрения ускорения процесса пассивации поверхности имплантата в растворе искусственной слюны наилучшей обработкой является пескоструйка с последующим химическим травлением (NORDIC).

### ЛИТЕРАТУРА

10. Онищенко В. С. Використання імплантатів при заміщенні дефектів зубних рядів / В. С. Онищенко, Р. П. Ілик // Вісник стоматології. — 1997. — № 4. — С. 716–717.
11. Тимофеев А. А. Металлические включения, фиксированные на дентальных имплантатах / А. А. Тимофеев, А. В. Павленко, В. В. Каминский // «Збірка наукових праць Інституту стоматології НМАПО імені П. Л. Шупика». Київ. — 2007. — Вип. 2. — С. 84–88.
12. Павленко О. В. Оптимізація строків ортопедичного лікування часткових дефектів зубних рядів з опорою на внутрішньокісткові дентальні імплантати/ О. В. Павленко, О. Ф. Сіренко, Р. П. Ілик // Современная стоматология. — 2011. — № 5. — С. 80–86.
13. Ілик Р. Р. Сучасні матеріали для виготовлення імплантатів / Р. Р. Ілик // Современная стоматология. — 1998. — № 3. — С. 62–65.
14. Ілик Р. Р. Конструкції стоматологічних імплантатів / Р. Р. Ілик // Современная стоматология. — 1998. — № 3. — С. 65–67.
15. Васильев М. А. Физиологический отклик на состояние поверхности металлических дентальных имплантатов / М. А. Васильев, В. И. Беда, П. А. Гурин. — Львов: ГалДент. — 2010. — 118 с.
16. Онищенко В. С. Непереносність сплавів металів зубних протезів (клініко-лабораторні дослідження): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21/ В. С. Онищенко. — Київ — 1995. — 21 с.
17. Беда В.И., Ярифа М. А. Гальванизм у больных с несъемными металлическими зубными протезами / В. И. Беда, М. А. Ярифа // Современная стоматология. — 2010. — № 1 (50). — С. 122–128.
18. Колотыркин Я. М. Металл и коррозия / Я. М. Колотыркин. — М: Metallurgia. — 1985. — 88 с.
19. Тимофеев А.А., Павленко А. В. Показатели потенциометрии у пациентов с металлическими включениям в полости рта / А. А. Тимофеев, А. В. Павленко // Современная стоматология. — 2005. — № 2. — С. 147–149.
20. Тимофеев А.А., Ушко Н. А. Роль гальванического фактора в возникновении остеогенных опухолей челюстей и опухолеподобных образований слизистой оболочки альвеолярного отростка / А. А. Тимофеев, Н. А. Ушко // Современная стоматология. — 2008. — № 1. — С. 150–153.
21. Тимофеев А.А., Беда В.И., Ярифа М. А. Потенциометрические показатели у пациентов с металлокерамическими зубными протезами, зафиксированными на дентальных имплантатах / А. А. Тимофеев, В. И. Беда, М. А. Ярифа // Современная стоматология. — 2010. — № 2 (51). — С. 21–29.
22. Caia Zhuo, Shafera Ty, Watanabea Ikuya [ et al.] Electrochemical characterization of cast titanium alloys / Zhuo Caia, Ty Shafera, Ikuya Watanabea, Martha E. Nunnb, Toru Okabea // Biomaterials. — 2003. — Vol. 24. — P. 213–218 .
23. Assis S. L. and Costa I. Electrochemical evaluation of Ti-13Nb-13Zr, Ti-6Al-4V and Ti-6Al-7Nb alloys for biomedical application by long-term immersion tests / S. L. Assis and I. Costa// Wear. — 2006. — Vol. 261. — P. 994–1001.
24. Atapour M., Pilchak A.L., Frankel G.S. [et al.]. Corrosion behavior of  $\beta$  titanium alloys for biomedical applications / M. Atapour, A. L. Pilchak, G. S. Frankel, J. C. Williams // Materials Science and Engineering. — 2011. — Vol. 31. — P. 885–891.

25. Gurappa I. Characterization of different materials for corrosion. The first resistance under simulated body fluid conditions / I. Gurappa // *Materials Characterization*. — 2002. — Vol. 49. — P. 73–79.
26. Моисеев С. В. Алюминийсодержащие препараты: риск превышает пользу / С. В. Моисеев // *Гастроэнтерология*. — 2006. — № 2. — С. 27–30.

## Порівняльна характеристика електрохімічних потенціалів і морфології дентальних імплантатів в залежності від матеріалу і обробки поверхні

*В. І. Біда, П. О. Гурін*

Національна медична академія післядипломної освіти  
імені П. Л. Шупика, м. Київ

**Вступ.** Електрохімічна корозія в порожнині рота починається тільки за умови виникнення електричних потенціалів між різнорідними металевими включеннями або між зубними протезами і ротовою рідиною, яка є електролітом. Тому вимір указаних потенціалів є найважливішим завданням з точки зору прогнозування інтенсивності процесу електрохімічної корозії стоматологічних конструкцій в порожнині рота.

**Мета.** Визначення електрохімічних потенціалів в розчині штучної слини промислових гвинтових дентальних титанових імплантатів фірми ImPlasa Hoeschst з різною топографією поверхні.

**Матеріали та методи.** Досліджено поверхні двох гвинтових дентальних титанових імплантатів фірми ImPlasa Hoeschst: GOTIC IMPLANT GTI і NORDIC IMPLANT NTI. Контрольним зразком слугував циліндричний зразок діаметром 10 мм і товщиною 5 мм, виготовлений з титанового сплаву ВТ6. Вихідну топографію і хімічний склад поверхні всіх зазначених зразків досліджували за допомогою растрового електронного мікроскопа (РЕМ) JSM-6490LV (фірма JEOL, Японія) з безазотним енергодисперсійним спектрометром INCA Energy 450XT. Для вимірювання потенціалів в розчині штучної слини (рН = 7,4) створена спеціальна двохелектродна електрохімічна комірка.

**Результати.** Встановлена поверхнева концентрація основних компонентів матеріалу і атомів домішок. Проведено порівняння морфології і потенціалів поверхні імплантатів залежно від її фінішної обробки.

**Висновки.** Відмінності по електрохімічним потенціалам між двома типами імплантатів (NORDIC і GOTIC) пов'язані з

різним морфологічним станом і хімічним складів їх поверхонь, обумовлених способами поверхневої обробки. З точки зору прискорення процесу пасивації поверхні імплантату в розчині штучної слини найкращою обробкою є пескоструйка з подальшим хімічним травленням(NORDIC).

**Ключові слова:** дентальний імплантат, поверхневі потенціали, морфологія, хімічний склад.

### **Comparing electrochemical potentials and the dental implants surface morphology depending on the material and processing**

*V. I. Bida, P. O. Huryn*

**Shupyk National Medical Academy  
of Postgraduate Education, Kyiv**

**Introduction.** Electrochemical corrosion in the oral cavity begins only if electrical potentials arise between heterogeneous metallic inclusions or between dentures and oral fluid, which is an electrolyte. Therefore, measuring the potentials is the most important task in terms of predicting the intensity of the process of electrochemical corrosion of dental products in the oral cavity.

**Goal.** To determine the electrochemical potentials in the solution of artificial saliva of industrial screw dental titanium implants by ImPlasa Hoechst with different topography of the surface.

**Materials and methods.** We have studied the surfaces of two ImPlasa Hoechst dental titanium implants: GOTIC IMPLANT GTI and NORDIC IMPLANT NTI. A cylindrical specimen of 10 mm diameter and 5 mm thickness, made of Grade 5 titanium, was used as a model. The initial topography and the chemical composition of the surface of all these specimens were examined by JSM-6490LV scanning electron microscope (JEOL, Japan) with an INCA Energy 450XT dispersive spectrometer. The special two-electrode electrochemical cell was created to measure potentials in the artificial saliva solution (pH = 7.4).

**Results.** The surface concentration of the main components of the material and impurity atoms has been established. The morphology and potentials of the implants surface have been compared depending on its finish processing.

**Conclusions.** The electrochemical potentials of two types of implants (NORDIC and GOTIC) are different in their morphological states and chemical compositions of their surfaces, due to different methods of surface treatment. From the point of view of accelerating the process of the implant surface passivation in the artificial saliva solution, the best treatment is a sandblasting followed by chemical etching (NORDIC).

**Key words:** dental implant, surface potentials, morphology, chemical composition.

***Відомості про авторів:***

***Біда Віталій Іванович*** — доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри ортопедичної стоматології Інституту стоматології Національної медичної академії післядипломної освіти імені П. Л. Шупика. Адреса: м. Київ, вул. Пимоненка, 10-а, тел.: (044) 482-08-50.

***Гурин Петро Олексійович*** — кандидат медичних наук, доцент кафедри ортопедичної стоматології Інституту стоматології Національної медичної академії післядипломної освіти імені П. Л. Шупика. Адреса: м. Київ, вул. Пимоненка, 10-а, тел.: (044) 482-08-50.

УДК 616.314.165–002.2–092–08:616.523

**РЕЗУЛЬТАТИ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ МАЛИМИ  
ВКЛЮЧЕНИМИ ДЕФЕКТАМИ ЗУБНИХ РЯДІВ БІЧНОЇ  
ДІЛЯНКИ ШЛЯХОМ МЕЗІАЛІЗАЦІЇ ЖУВАЛЬНОЇ  
ГРУПИ ЗУБІВ ЗА ДАНИМИ КЛІНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ**

***В. І. Біда, О. М. Дорошенко, Р. Г. Оснач***

**Національна медична академія післядипломної освіти  
імені П. Л. Шупика, м. Київ**

**Вступ.** Одним з найбільш розповсюджених ускладнень часткової втрати зубів є деформації зубних рядів, які супроводжуються характерними стійкими патологічними морфофункціональними змінами зубощелепної системи, естетичними,