

ного звука получили данные, свидетельствующие о том, что он синхронен у 57,2% без применения акустических средств и у 38,1% синхронен с применением цифрового стетоскопа. При этом вероятность выявления звуковых явлений с использованием метода цифровой диагностики в 1,18 раз выше, чем метод диагностики звуков без применения акустических средств и соответственно в 1,5 раза выше при определении синхронности окклюзионного звука.

#### **Заключение**

Результаты исследования показали, что метод цифровой диагностики звуковых явлений можно использовать для выявления внутрисуставных нарушений в ВНЧС, наличия нарушений окклюзии зубов у стоматологических пациентов, а также производить динамическое наблюдение за процессом лечения.

#### **Литература**

- 1 Annual review of selected dental literature: report of the committee on scientific investigation of the American Academy of Restorative Dentistry / E. P. Allen [et al.] // The J. of Prosth. Dent. – 2011. – Vol. 86, № 1. – P. 33–56.
- 2 Anatomy of the temporomandibular joint / X. Alomar [et al.] // Semin. In Ultrasound CT and MR. – 2007. – Vol. 28, № 3. – P. 170–83.
- 3 I. Khomich, S. Rubnikovich, I. Baradzina, D. Baradzin Algorithm of diagnostic measures in patients with temporomandibular joint disorders and bruxism / Abstracts of the 23<sup>rd</sup> International Conference on Oral and Maxillofacial Surgery, Hong Kong 31 May – 3 April, p.270.
- 4 I. Khomich, S. Rubnikovich, I. Baradzina, D. Baradzin Diagnosis and prognosis of development of bruxism / Abstracts of the 23<sup>rd</sup> International Conference on Oral and Maxillofacial Surgery, Hong Kong 31 May – 3 April, P. 360.

УДК: 616.314-089.843:615.837.3

### **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ**

С.П. РУБНИКОВИЧ, И.С.ХОМИЧ

*Белорусская медицинская академия последипломного образования*

**Аннотация.** Целью исследования была разработка и экспериментальное обоснование эффективности низкочастотного ультразвука при дентальной имплантации.

Была разработана экспериментальная модель и проведены морфологические и морфометрические исследования гистологических препаратов для определения изменений в периимплантных тканях после комбинированного воздействия низкочастотным низкоинтенсивным ультразвуком.

В результате исследований установлено, что воздействие низкочастотным ультразвуком на титановые дентальные имплантаты положительно влияет на увеличение контакта кость-имплантат и остеоинтеграцию дентальных имлантатов.

**Ключевые слова:** низкочастотный ультразвук, смачиваемость поверхности, остеоинтеграция, имплантат, дентальная имплантация.

**Abstract.** The aim of the study was to develop and experimentally substantiate the effectiveness of low-frequency ultrasound during dental implantation.

An experimental model was developed and morphological and morphometric studies of histological preparations were carried out to determine changes in the peri-implant tissues after combined exposure to low-frequency, low-intensity ultrasound.

As a result of the research, it has been established that exposure to low-frequency ultrasound on titanium dental implants has a positive effect on the increase in bone-implant contact and osseointegration of dental implants.

**Keywords:** low-frequency ultrasound, surface wettability, osseointegration, dental implants, dental implantology.

#### **Введение**

Остеоинтеграция определяется как прямое образование кости на поверхности имплантата и представляет собой функциональный анкилоз. Эта концепция была описана проф. П. И. Бранемарком и в 1977 г. им был сформулирован феномен остеоинтеграции: «Прямая структурная

и функциональная связь между высокодифференцированной живой костью и несущей нагрузку поверхностью опорного имплантата, выявляемая на уровне светового микроскопа» [1].

Остеоинтеграция принадлежит к категории прямого или первичного заживления. Ее можно сравнить с прямым заживлением переломов, в котором концы фрагментов срастаются без промежуточной фиброзной или фиброзо- хрящевой ткани. Фундаментальное различие, однако, существует: остеинтеграция объединяет не кость с костью, а кость с поверхностью имплантата. Остеоинтеграция включает в себя несколько клеточных и внеклеточных биологических процессов, которые происходят на границе кость – имплантат, и способствуют образованию кости на поверхности имплантата [2].

Непосредственно после имплантации костный матрикс контактирует с внеклеточной жидкостью, а неколлагеновые белки и факторы роста высвобождаются и активируют регенерацию кости. Клетки костного мозга путем хемотаксиса из эндокортикального пространства и эндоста кости мигрируют к месту поражения [3].

Отложение нового кальцинированного матрикса на поверхности имплантата формируется в период от 4 до 6 недель после имплантации и представляет собой грубоволокнистую кость, что обеспечивает вторичную (биологическую) стабильность имплантата [4].

Начиная со второго месяца, грубоволокнистая кость постепенно ремоделируется и замещается пластинчатой костью, которая может достигать высокой степени минерализации. Через три месяца после имплантации вокруг имплантата обнаруживается смешанная структура костной ткани и пластинчатой матрицы [5].

Последний этап остеинтеграции состоит из ремоделирования костной ткани, начинается примерно с третьего месяца и способствует адаптации костной структуры к стрессу и механической нагрузке. Ремоделирование кости продолжается на протяжении всей жизни, предотвращая накопление микроповреждений и усталости кости и обеспечивая долгосрочность функционирования имплантата [6].

Стремление максимально снизить процент осложнений после дентальной имплантации, минимизировать риск отторжения имплантатов и добиться максимально полноценной остеинтеграции побуждает исследователей к постоянному поиску новых и эффективных методов обработки поверхности имплантатов, хирургических методик, физических методов воздействия на послеоперационную область и их комбинаций [7].

Результаты ряда исследований свидетельствуют, что импульсные ультразвуковые волны могут ускорять заживление переломов трубчатых костей и нижней челюсти. Низкоинтенсивный импульсный ультразвук имеет прямое влияние на клеточную физиологию, увеличивая включение ионов кальция в хрящевой и костной клеточных культурах и стимулируя экспрессию многочисленных генов, участвующих в процессе заживления. В дополнение к модулированию экспрессии генов ультразвук может стимулировать ангиогенез и увеличивать кровоток вокруг перелома. Помимо этого волны акустического давления облегчают ток жидкости, что увеличивает доставку питательных веществ и удаление отходов (феномен акустического течения), тем самым стимулируя пролиферацию и дифференцировку фибробластов, хондробластов и остеобластов [8, 9, 13-15].

### **Цель работы**

Экспериментально и клинически обосновать целесообразность и доказать эффективность применения ультразвука для восстановления и формирования костной ткани при дентальной имплантации.

### **Объекты и методы исследования**

Для изучения характера морфологических изменений в периимплантной костной ткани под влиянием контактного воздействия на имплантат и периимплантные ткани низкочастотным ультразвуком проводили экспериментальные исследования на 77 кроликах породы Шиншилла обоего пола, содержащихся в стационарных условиях на полноценном стандартном пищевом рационе согласно установленным нормам в соответствии с правилами по работе с экспериментальными животными. Животных разделили на три группы: первая группа – 27 кроликов с традиционным методом имплантации, вторая – 25 кроликов с озвучиванием дентальных имплантатов, третья группа – 25 кроликов с озвучиванием дентальных имплантатов и последующим ультразвуковым воздействием на периимплантную область (Рис. 1 а, б).



Рис. 1. Установленный дентальный имплантат (а), озвучивание дентального имплантата (б) в большеберцовой кости кролика

По истечении срока наблюдения животных выводили из эксперимента с соблюдением принципов биоэтики (в соответствии со стандартами GLP). Изучение микропрепаратов и изготовление микрофотографий проводили на увеличении 100 и 400 с помощью микроскопов Axio Imager (Zeiss) и DMLS с программным обеспечением (Leica, Германия).

Морфометрический анализ гистологических препаратов костных образцов был проведен на увеличении 50 по всему периметру каждого микропрепарата при помощи программно-аппаратного комплекса Leica-Qwin. Определяли площадь активной остеобластической поверхности (So), площадь новообразованной (грануляционной, фиброретикулярной и костной) периимплантационной ткани (Sn) и индекс интеграции (Io).

Статистическая обработка данных выполнена в соответствии с современными требованиями к проведению медико-биологических исследований с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 (версия 10,0, StatSoft, Inc., США) и программы Statistica 6.0.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты статистического исследования площади активной остеобластической поверхности показали, что в первой группе животных, где применяли традиционное лечение, на всех сроках эксперимента площадь костных трабекул с высокой плотностью остеогенных клеток была достоверно ниже, чем в третьей группе (с комбинированным воздействием низкочастотным ультразвуком на имплантаты и периимплантные ткани).

Площадь новообразованной ткани по периметру имплантационной полости была достоверно выше у животных второй и третьей групп с момента начала исследований и до окончания наблюдений по сравнению с таковыми показателями животных первой группы, где применяли традиционное лечение.

На основании исследуемых показателей оценки восстановления площади костных трабекул, а также комплекса проводимого лечения у животных третьей группы были получены наиболее высокие результаты. Так, комбинированное воздействие низкочастотным ультразвуком на имплантаты и периимплантные ткани имеет выраженную линейную зависимость – при комбинированном использовании низкочастотного ультразвука происходит выраженное увеличение площади активной остеобластической поверхности.

Полученные экспериментальные результаты исследований обосновывают целесообразность и преимущества комбинированного воздействия низкочастотным ультразвуком на дентальные имплантаты и периимплантные ткани для улучшения процессов остеорепарации и остеоинтеграции.

#### **Заключение**

Комбинированное воздействие низкочастотным ультразвуком на дентальные имплантаты и на периимплантные ткани оперированной области у животных способствует формированию костной ткани, приближенной по гистоструктуре к материнской кости, с полной и более прочной интеграцией новообразованной костной ткани с поверхностью имплантата, что проявляется в более интенсивном костеобразовании (увеличение площади остеобластической поверхности по сравнению с контролем); более быстром созревании грануляционной ткани и замещении ее фиброретикулярной на ранних стадиях репаративных процессов, формировании трабекулярной и пластинчатой кости на поздних стадиях и полной интеграцией новообразованной ткани с

поверхностью имплантата [10-12].

### Литература

1. Branemark, P. I. Osseointegration and its experimental background / P. I. Branemark // *The J. of Prosthet. Dent.* – 1983. – Vol. 50, N 3. – P. 399–410.
2. Schenk, R. K. Osseointegration: a reality / R. K. Schenk, D. Buser // *Periodontol 2000.* – 1998. – Vol. 17. – P. 22–35.
3. Generalizations regarding the process and phenomenon of osseointegration. Part II. In vitro studies / L. F. Cooper [et al.] // *The Int. J. of Oral & Maxillofac. Implants.* – 1998. – Vol. 13, N 2. – P. 163–174.
4. Biological fixation of endosseous implant / M. Franchi [et al.] // *Micron.* – 2005. – Vol. 36, N 7–8. – P. 665–671.
5. Biology of implant osseointegration / A. F. Mavrogenis [et al.] // *J. of Musculoskelet. & Neuronal Interact.* – 2009. – Vol. 9, N 2. – P. 61–71.
6. The early remodeling phases around titanium implants: a histomorphometric assessment of bone quality in a 3- and 6-month study in sheep / D. Chappard [et al.] // *The Int. J. of Oral & Maxillofac. Implants.* – 1999. – Vol. 14, N 2. – P. 189–196.
7. Dyson, M. Stimulation of tissue repair by ultrasound: a survey of the mechanisms involved / M. Dyson, J. Suckling // *Physiotherapy.* – 1978. – Vol. 64, N 4. – P. 105–108.
8. Khan, Y. Fracture repair with ultrasound: clinical and cell-based evaluation / Y. Khan, C. T. Laurencin // *The J. of Bone and Joint Surg. Am.* – 2008. – Vol. 90, suppl. 1. – P. 138–144.
9. Critical analysis of the evidence for current technologies in bone-healing and repair / W. M. Novicoff [et al.] // *The J. of Bone and Joint Surg. Am.* – 2008. – Vol. 90, suppl. 1. – P. 85–91.
10. Рубникович, С. П. Использование низкочастотного ультразвука в дентальной имплантации (экспериментальное исследование) / С. П. Рубникович, И. С. Хомич, В. Т. Минченя // *Стоматолог.* – 2015. – № 4. – С. 21–24.
11. Рубникович, С. П. Экспериментальное обоснование применения метода дентальной имплантации с использованием низкочастотного ультразвука у пациентов с частичной вторичной адентией / С. П. Рубникович, И. С. Хомич, Т. Э. Владимирская // *Пробл. здоровья и экологии.* – 2015. – № 4. – С. 75–80.
12. Хомич, И. С. Лечение пациентов с частичной вторичной адентией методом дентальной имплантации с применением низкочастотного ультразвука / И. С. Хомич, С. П. Рубникович // *Стоматолог.* – 2015. – № 4. – С. 25–29.
13. Low intensity pulsed ultrasound stimulates osteogenic activity of human periosteal cells / K. S. Leung [et al.] // *Clin. Orthop. and Relat. Res.* – 2004. – N 418. – P. 253–259.
14. Pounder, N. M. Low intensity pulsed ultrasound for fracture healing: A review of the clinical evidence and the associated biological mechanism of action / N. M. Pounder, A. J. Harrison // *Ultrasonics.* – 2008. – Vol. 48, N 4. – P. 330–338.
15. Effect of low-intensity pulsed ultrasound stimulation on callus remodelling in a gap-healing model: Evaluation by bone morphometry using three-dimensional quantitative micro-CT / K. Tobita [et al.] // *J. of Bone and Joint Surg.* – 2011. – Vol. 93, N 4. – P. 525–530.