

А. А. Остапович<sup>1</sup>, С. В. Иващенко<sup>1</sup>, В. А. Чекан<sup>2</sup>, Т. В. Гамзелева<sup>2</sup>

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТОФОРЕЗА РЕТАБОЛИЛА И ГЛЮКОНАТА КАЛЬЦИЯ НА КОСТНУЮ ТКАНЬ ЧЕЛЮСТИ КРОЛИКА ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>1</sup>,  
ГНУ «Институт Порошковой Металлургии», Минск<sup>2</sup>

**Цель.** Изучить физикомеханические свойства костной ткани после операции дентальной имплантации и магнитофореза 10%-го раствора глюконата кальция и 5%-го раствора ретаболила в экспериментальных условиях.

**Материалы и методы.** Кроликам породы шиншилла под наркозом тиопентала натрия сбоку от резцов нижней челюсти устанавливали винтовой дентальный имплантат фирмы Верлайн, 3×5 мм с пассивной резьбой и гладкой поверхностью из титана GRADE 4. Животных наблюдали в течение 30, 45, 60 и 90 суток. Через 14 суток после операции дентальной имплантации животным опытной группы проводили 10 процедур магнитофореза 10%-го раствора глюконата кальция и 5%-го раствора ретаболила поочередно. Изучали рентгенологическую плотность образцов, содержание в них кальция и фосфора.

**Выводы.** Применение магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раствора ретаболила после операции дентальной имплантации повышает качество остеоинтеграции дентальных имплантатов, ускоряет процессы минерализации костной ткани на поверхности имплантата. Рентгенологическая плотность контрольных образцов костной ткани, прилегающей к поверхности имплантата, нормализуется к 90-м суткам, а в опыте к 60-м суткам. Содержание кальция и фосфора в костной ткани на поверхности имплантата, сила его соединения с костной тканью в опытной группе нормализуются к 60-м суткам, а в контрольной группе – к 90-м.

**Ключевые слова:** дентальные имплантаты, остеоинтеграция, костная ткань, магнитофорез, ретаболил, глюконат кальция.

A. A. Ostapovich, S. V. Ivashenko, V. A. Chekan, T. V. Gamzeleva

## THE EFFECT OF MAGNETOPHORESIS OF RETABOLIL AND CALCIUM GLUCONATE ON RABBITS JAW BONE AFTER DENTAL IMPLANTATION

**Aim** To study the physicommechanical properties of bone tissue after dental implantation and magnetophoresis of 10% calcium gluconate solution and 5% retabolil solution in experimental conditions.

**Materials and methods.** Chinchilla rabbits under sodium thiopental anesthesia, on the side of the lower jaw incisions, were fitted with a Verline screw dental implant, 3×5 mm with a passive thread and a smooth titanium surface GRADE 4. The animals were observed for 30, 45, 60 and 90 days. After 14 runoff after the operation of dental implantation, the animals of the experimental group underwent 10 magnetophoresis procedures with a 10% solution of calcium gluconate and 5% solution of retabolil in turn. We studied the X-ray density of the samples, the content of calcium and phosphorus in them.

**Conclusions.** Magnetophoresis of 10% calcium gluconate solution and 5% retabolil solution after dental implantation operation improves the quality of osseointegration of dental implants, accelerates

*the processes of bone mineralization on the implant surface. The X-ray density of the control samples of bone tissue adjacent to the implant surface is normalized by the 90<sup>th</sup> day, and in the experiment by the 60<sup>th</sup> day. The content of calcium and phosphorus in the bone tissue on the surface of the implant, the strength of its connection with the bone tissue in the experimental group is normalized by the 60<sup>th</sup> day, and in the control group by the 90<sup>th</sup> day.*

**Key words:** dental implants, osseointegration, bone tissue, magnetophoresis, retabolil, calcium gluconate.

Применение дентальных имплантатов в качестве опор различных ортопедических конструкций заняло отдельную нишу в стоматологии. Это обусловлено высокой распространённостью частичной и полной адентии у пациентов различных возрастов, а также широкими возможностями применения дентальных имплантатов.

В научной среде активно ведутся исследования по изучению процессов остеоинтеграции дентальных имплантатов, разрабатываются различные методики лечения, направленные на улучшение связи между имплантатом и костной тканью. Отдельный интерес представляет срок нагрузки дентальных имплантатов после их установки. Большинство авторов сходятся во мнении, что изготавливать постоянные ортопедические конструкции с опорой на имплантатах рекомендуется не ранее, чем через 3–4 месяца после операции имплантации [1, 3, 7]. В случае установки дентальных имплантатов при операциях синус-лифтинга или расчепления гребня альвеолярного отростка челюсти остеоинтеграция может составить до 6 месяцев [3, 9]. При увеличении объёма альвеолярного отростка челюстей костными аутотрансплантатами одномоментная установка дентальных имплантатов не рекомендуется в связи со сложностью прогноза резорбции костной ткани и высокой вероятностью дезинтеграции имплантатов. В этом случае операцию имплантации проводят через 3–4 месяца после операции увеличения объёма костной ткани, а ортопедические конструкции изготавливают через пол-года и более [3, 8, 9]. В течение

длительного периода времени лечение пациента не закончено. В связи с этим ведётся поиск методов лечения, которые позволят сократить срок остеоинтеграции дентальных имплантатов и повысить качество соединения кость-имплантат. Этого можно добиться воздействуя на сам дентальный имплантат изменяя его состав, поверхность, микроструктуру, покрывая его различными лекарственными и биологически активными веществами [1, 7, 8]. Однако более перспективным представляется улучшить и ускорить остеоинтеграцию дентальных имплантатов, воздействуя на регенерирующую на поверхности имплантата костную ткань [8, 10]. Мы получили хорошие результаты влияния магнитофореза ретаболила и глюконата кальция на морфологию костной ткани и улучшение остеоинтеграции дентальных имплантатов, однако нет данных о влиянии предложенной методики на физико-механические свойства костной ткани.

Поэтому **целью** настоящего исследования явилось изучение физико-механических свойств костной ткани после операции дентальной имплантации и магнитофореза 10%-го раствора глюконата кальция и 5%-го раствора ретаболила в экспериментальных условиях.

### Материал и методы

Эксперимент проведен на 24 кроликах породы шиншилла, самцах статистически не различающихся по весу и возрасту, 12 опытных и 12 контрольных. В контрольной и опытной группах животным под внутривенным наркозом тиопентала натрия

проводили операцию дентальной имплантации по общепринятой методике. Использовали зарегистрированный винтовой дентальный имплантат фирмы Верлайн, 3×5 мм из титана GRADE 4 с пассивной резьбой и гладкой поверхностью. Устанавливали заглушку внутрикостной части имплантата, края раны ушивали нерассасывающимся шовным материалом. Для профилактики воспалительных гнойных осложнений животным однократно внутримышечно вводили 1 200 000 единиц Бициллин-3. Животных контрольной и опытной групп наблюдали в течение 30, 45, 60 и 90 суток.

Через 14 суток после операции дентальной имплантации животным опытной группы провели 10 процедур магнитофореза 10%-го раствора глюконата кальция и 5%-го раствора ретаболила поочередно. Для магнитотерапии использовали аппарат «Градиент-1». Процедуры проводились каждые сутки или через сутки в течение 10 минут при частоте переменного магнитного поля 50 Гц и при интенсивности магнитной индукции 30 мТл.

Животные находились на стандартном рационе вивария. После окончания эксперимента животных выводили из опыта под наркозом. Брали участок нижней челюсти с установленным дентальным имплантатом, фиксировали в 10%-ном растворе формалина.

Образцы костной ткани с установленными дентальными имплантатами исследовали на многосрезовом спиральном компьютерном томографе «Somatom-Volum Zoom» фирмы Сименс. Фрагменты укладывались на плоскую деку стола и сканировались по общепринятой методике. Реконструировали изображения образцов сканами толщиной в 1–2 мм. Плотность структуры костной ткани изучалась при помощи одной из программных функций компьютерного томографа – денситометрии. Рентгенологическую плотность каждого образца регистрировали в 30 различных точках, распо-

ложенных максимально близко к поверхности имплантата.

После этого из образцов костной ткани извлекали дентальные имплантаты. С помощью градуированного динамометрического ключа для хирургии (фирмы MIS) определяли усилие, необходимое для извлечения дентального имплантата.

Для изучения минерализации отделяли фрагмент костной ткани, прилегавший к поверхности имплантата. Определение элементного состава проводилось на сканирующем электронном микроскопе «CamScan 4» с энергодисперсионным микроанализатором «INCA 350» фирмы «Oxford Instruments» (Англия). Минимальный предел обнаружения элемента – 0.5%. Точный количественный анализ при содержании элемента от 1%. Разрешающая способность данного СЭМ по паспорту – 40 А. Глубина проникновения электронного пучка в образец 1 мкм, область возбуждения 0.5 мкм. Погрешность метода 3 – 5 относительных процентов. Изучали 5 произвольно выбранных участков компактной и губчатой костной ткани.

Результаты исследования обработаны с помощью специальных прикладных программ Statistica и Microsoft Excel с вычислением средней арифметической ( $\bar{m}$ ), медианы (M), верхнего и нижнего квартилей (25/75), вероятности достоверности сравниваемых величин (p). Сравнивали значения опытной и контрольной группы, полученные за одинаковый промежуток времени, а также значения в пределах одной группы, изменяющиеся во времени. Различия рассматривались как достоверные при  $p < 0,05$  [1].

### Результаты и обсуждение

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что рентгенологическая плотность костной ткани в контрольной группе постепенно увеличивается и к 90-м суткам до-

стигает нормальных значений, соответствующих показателям рентгенологической плотности компактной пластинки. В опытной группе рентгенологическая плотность костной ткани также постепенно увеличивается, однако достигает физиологических значений уже к 60-м суткам. При этом через 30 суток после операции дентальной имплантации и магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция с 5%-м раствором ретаболила рентгенологическая плотность костной ткани, прилегающей к поверхности имплантата, статистически достоверно больше контрольного значения на 4,85 %. На 45-е сутки этот показатель статистически достоверно больше контрольного значения на 7,3 %, а на 60-е сутки – на 4,22 %. К 90 суткам рентгенологическая плотность костной ткани животных контрольной и опытной групп статистически не различается (Таблица 1).

**Таблица 1. Рентгенологическая плотность образцов костной ткани, прилегающей к поверхности имплантата, (НУ)**

Сутки	Контрольная группа	10% раствор глюконата кальция и 5% раствор ретаболила
30	1529 1509 / 1546	1607* 1519 / 1631
45	1597 1529 / 1623	1723* 1687 / 1739
60	1704 1689 / 1714	1779* 1743 / 1795
90	1804 1793 / 1821	1817 1795 / 1834
Рентгенологическая плотность компактной пластинки	1807 1793 / 1828	

**П р и м е ч а н и е:** В таблице указаны медиана, верхний квартиль / нижний квартиль

\* – статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

В таблице 2 представлены значения усилий, необходимые при извлечении дентальных имплантатов из костной ткани челюсти экспериментальных животных. Видно, что

в контрольной и опытной группах момент силы, прикладываемый к имплантату, статистически достоверно повышается с увеличением срока восстановления костной ткани. При этом, в контрольной группе наименьшее значение в 8 Нсм наблюдалось через 30 суток после операции установки дентальных имплантатов, а наибольшее значение в 18 Нсм регистрировалось через 90 суток.

В опытной группе через 30 суток после установки дентального имплантата в костную ткань усилие, необходимое для его извлечения, составило 11 Нсм, что в 1,38 раза выше контрольного значения. Через 45 суток после установки дентального имплантата усилие, необходимое для его извлечения, составило 15 Нсм, что в 1,25 раза выше контрольного значения. Через 60 суток после установки дентального имплантата усилие, необходимое для его извлечения, составило 19 Нсм, что в 1,25 раза выше контрольного значения. Через 90 суток после установки дентального имплантата усилие, необходимое для его извлечения, составило 20 Нсм, что в 1,1 раза выше контрольного значения (Таблица 2).

**Таблица 2. Момент силы при извлечении дентальных имплантатов из костной ткани (Нсм)**

Сутки	Контрольная группа	10% раствор глюконата кальция и 5% раствор ретаболила
30	8 ± 2	11 ± 2
45	12 ± 2	15 ± 2
60	15 ± 2	19 ± 2
90	18 ± 2	20 ± 2

Данные содержания кальция в образцах костной ткани животных контрольной группы и после магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раствора ретаболила представлены в таблице 3. Видно, что уровень кальция в костной ткани, непосредственно прилегающей к поверхности имплантата, увеличивается в контрольной группе от 7,95 весовых процентов че-

рез 30 суток после операции имплантации до 20,5 весовых процентов через 90 суток. При этом в контрольной группе не выявлено статистически достоверных различий в содержании кальция через 30 и 45 суток. На 60-е сутки содержание кальция в костной ткани возле имплантата увеличилось до 15,92 весовых процентов, а к 90-м суткам достигло физиологических значений. Это свидетельствует о происходящих вокруг поверхности имплантата процессах минерализации костной ткани. При этом содержание кальция в губчатой костной ткани нижней челюсти кроликов контрольной и опытной групп статистически достоверно не изменялось за время наблюдения (Таблица 3).

на поверхности имплантата не выявлено. При этом в опытной группе содержание кальция достигает своих физиологических значений к 60 суткам. Это указывает на более быструю минерализацию костной ткани по сравнению с контрольной группой.

Данные содержания фосфора в образцах костной ткани животных контрольной группы и после магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раствора ретаболила представлены в таблице 4.

Наблюдалось постепенное увеличение содержания фосфора в костной ткани, прилегающей к поверхности имплантата. В контрольной группе животных содержание фосфора нормализовалось к 60 суткам. В опытной группе уже на 45 сутки

Таблица 3. Содержание (в весовых процентах) кальция в образцах костной ткани

Сутки	Статистические показатели	Контрольная группа		10% раствор глюконата кальция и 5% раствор ретаболила	
		На поверхности имплантата	Губчатая кость	На поверхности имплантата	Губчатая кость
30	Медиана	7,95	18,31	12,78*	19,76
	Квартили	7,22 / 9,94	10,37 / 21,80	11,14 / 12,83	17,51 / 21,5
45	Медиана	8,67	19,29	17,76*	17,49
	Квартили	8,65 / 9,43	16,97 / 19,84	16,9 / 18,61	12,41 / 20,06
60	Медиана	15,92	20,23	19,78*	20,49
	Квартили	15,87 / 16,42	16,56 / 21,26	19,15 / 21,63	19,16 / 22,84
90	Медиана	20,5	17,5	19,85	19,18
	Квартили	19,23 / 21,47	16,21 / 19,20	18,81 / 20,63	18,63 / 23,55

Примечание: \* - статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

В опытной группе содержание кальция в костной ткани, прилегающей к поверхности имплантата, также равномерно увеличивалось до физиологических значений. Так, через 30 суток уровень кальция статистически достоверно выше в 1,6 раза, чем у животных контрольной группы. Через 45 суток этот показатель статистически достоверно выше контрольного значения в 2,04 раза, а через 60 суток – в 1,24 раза. Через 90 суток статистически достоверных различий в уровне кальция костной ткани

уровень фосфора достоверно не отличался максимального значения.

При этом на 30 сутки содержание фосфора в костной ткани на поверхности имплантата после магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раствора ретаболила в 1,67 раза выше по сравнению с группой контроль. На 45-е сутки этот показатель статистически достоверно выше контрольного значения в 1,33 раза. На 60 и 90 сутки статистически достоверных различий не выявлено.

Таблица 4. Содержание (в весовых процентах) фосфора в образцах костной ткани

Сутки	Статистические показатели	Контрольная группа		10% раствор глюконата кальция и 5% раствор ретаболила	
		На поверхности имплантата	Губчатая кость	На поверхности имплантата	Губчатая кость
30	Медиана	4,46	8,38	7,47*	9,59
	Квартили	3,82 / 6,1	4,79 / 8,84	6,82 / 8,14	9,52 / 9,88
45	Медиана	7,75	10,17	10,27*	9,41
	Квартили	7,31 / 7,83	9,32 / 10,72	9,49 / 10,8	6,35 / 10,42
60	Медиана	9,94	9,35	11,05	10,87
	Квартили	9,51 / 10,17	8,54 / 9,62	10,69 / 11,29	9,79 / 12,15
90	Медиана	10,43	7,62	11,34	9,59
	Квартили	9,91 / 11,8	6,46 / 8,55	8,59 / 13,17	8,69 / 12,37

Примечание: \* – статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с группой «контроль».

Уровень фосфора в губчатой части костной ткани животных контрольной и опытной групп статистически не изменялся во времени и варьировал в пределах от 7,62 до 10,87 весовых процента.

Можно предположить, что применение магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раствора ретаболила обеспечивает минерализацию костной ткани, прилегающей к поверхности дентального имплантата в период между 45 и 60 сутками, в то время, как минерализация костной ткани животных контрольной группы завершается к 90-м суткам. Это подтверждается электронограммами фрагментов костной ткани, прилегающих к поверхности имплантата. На рисунке 1 представлена электронограмма костной ткани челюсти животных контрольной группы через 60 суток после операции дентальной имплантации. Контуры костной ткани, прилегавшей к поверхности имплантата округлой формы, неровные, волнистые, с нечёткими линиями и зазубринами. Видны балочки губчатой кости и межбалочные пространства различной величины. На рисунке 2 представлена электронограмма костной ткани челюсти животных опытной группы через 60 суток после операции дентальной имплантации и магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раство-

ра ретаболила. Поверхность костной ткани, прилегавшей к имплантату, имеет чёткие округлые контуры, ровная, гладкая, без зазубрин и волнистостей. Рельеф костной ткани приобрёл точное негативное отображение поверхности дентального имплантата. В этой области костная ткань приобрела структуру плотной пластинчатой кости, толщина которой составляет около 250 мкм. Глубже располагается губчатая часть костной ткани с чёткими выраженными балочками и равномерными межбалочными пространствами.

На основании данных проведенного исследования можно сделать следующие **Выводы:**

1. Применение магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раствора ретаболила после операции дентальной имплантации повышает качество остеоинтеграции дентальных имплантатов. Рентгенологическая плотность контрольных образцов костной ткани, прилегающей к поверхности имплантата, нормализуется к 90-м суткам, а в опыте к 60-м суткам.

2. Применявшееся воздействие магнитофорезом лекарственных веществ на костную ткань ускорило процессы её минерализации на поверхности имплантата. Содержание кальция и фосфора в костной ткани на поверхности имплантата, сила его

соединения с костной тканью в опытной группе нормализуются к 60-м суткам, а в контрольной группе – к 90-м.

3. Применение магнитофореза 10%-ого раствора глюконата кальция и 5%-ого раствора ретаболила после операции дентальной имплантации улучшает остеоинтеграцию за счет ускорения минерализации и плотности костной ткани.

### Литература

1. Аванесян Р. А. Влияние биоактивного покрытия винтовых дентальных имплантатов на сроки их остеоинтеграции (экспериментальное исследование) / Р. А. Аванесян, М. Г. Перикова // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 2. – С. 44.

2. Ерошин В. А. Подвижность и критерии готовности дентальных имплантатов к функциональным нагрузкам / В. А. Ерошин, М. В. Джалалова, С. Д. Арутюнов, А. Г. Степанов, Г. Г. Багдасарян, М. М. Антоник // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 2. – С. 53.

3. Железный С. П. Результаты применения дентальных имплантатов после костной пластики челюстей / С. П. Железный, Ю. К. Железная // Медицина и образование в Сибири. – 2015. – № 6. – С. 34.

4. Кобринчук К. Ю. Немедленная нагрузка на дентальные имплантаты / К. Ю. Кобринчук, Е. С. Емелина, В. В. Пылайкина, Г. В. Емелина // Современные

тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 1–3. – С. 42–45.

5. Кулаков А. А. Стабильность имплантатов с ранней функциональной нагрузкой / А. А. Кулаков, А. С. Каспаров, Т. К. Хамраев, Д. А. Порфенчук // Клиническая стоматология. – 2019. – № 2 (90). – С. 50–54.

6. Мельник С. В. Немедленная имплантация и немедленная функциональная нагрузка на дентальные имплантаты / С. В. Мельник, Г. П. Кочиеву // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2015. – № 8 (Т. 5). – С. 1086–1090.

7. Сибатян Б. С. Изучение остеоинтеграции имплантатов конмет с биоактивной поверхностью / Б. С. Сибатян, А. В. Волков, Т. В. Омаров, М. В. Ломакин // Российская стоматология. – 2014. – Т. 7. – № 4. – С. 14–24.

8. Carlos Nelson Elias Improving osseointegration of dental implants / Carlos Nelson Elias, Luiz Meirelles // J Expert Rev Med Devices. – 2010. – Mar;7(2). – P. 241–56.

9. Ghanavati F The effects of loading time on osseointegration and new bone formation around dental implants: a histologic and histomorphometric study in dogs / F. Ghanavati, S. Shojaoddin, H. Rahimi, D. Sharifi, F. Ghanavati, N. Khalessheh, B. Eslami // J Periodontol. – 2006. – Oct;77(10). – P. 1701–1707.

10. Shibli JA Histological comparison of bone to implant contact in two types of dental implant surfaces: a single case study / JA Shibli, M Feres, LC de Figueiredo, G Iezzi, A Piattelli // J Contemp Dent Pract. – 2007. – Mar 1;8(3). – P. 29–36.

Поступила 03.08.2020 г.