

*А. А. Остапович<sup>1</sup>, С. В. Иващенко<sup>1</sup>, С. Д. Беззубик<sup>2</sup>, В. А. Чекан<sup>3</sup>*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО УЛЬТРАФОНОФЕРЕЗА АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ОРТОДОНТИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ У ВЗРОСЛЫХ**

*УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>1</sup>,  
ГУ «РНПЦ неврологии и нейрохирургии МЗ РБ»<sup>2</sup>,  
Институт порошковой металлургии<sup>3</sup>*

---

*Изучены изменения в костной ткани челюсти опытных животных после воздействия низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты. Проведен анализ результатов ортодонтического лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями с применением низкочастотного импульсного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты.*

**Ключевые слова:** *аскорбиновая кислота, низкочастотный фонофорез, костная ткань, перемещение зубов.*

A. A. Ostapovich, S. V. Ivashenko, S. D. Bezzubik, V. A. Chekan

**EXPERIMENTAL AND CLINICAL GROUNDING  
OF LOW FREQUENCY PULSED ULTRASOUND PHONOPHORESIS  
OF 15% ASCORBIC ACID DURING ORTHODONTIC TREATMENT OF ADULTS**

*Were studied changes in bone tissue of experimental animals after exposure of low frequency pulsed ultrasound phonophoresis of 15% ascorbic acid. Were made analysis of results of orthodontic treatment of adult patient with malocclusion and deformities after exposure of low frequency pulsed ultrasound phonophoresis of 15% ascorbic acid.*

**Key words:** ascorbic acid, low frequency ultrasound phonophoresis, bone tissue, teeth movement.

Для оптимизации ортодонтического лечения взрослых пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями нужно повысить пластичность костной ткани и сделать её более податливой к перемещению аномально стоящих зубов в правильное положение. Для этого можно использовать как хирургические, так и неинвазивные методы воздействия на костную ткань в преактивном периоде [1, 2]. Однако в последнее время всё большее внимание уделяется применению неинвазивных методов воздействия на уровень минеральной насыщенности и плотности костной ткани. К таким методам относятся: вибрационное воздействие, ультразвук высокой частоты, индуктотермия, лазеры, переменное магнитное поле, низкочастотный ультразвук. Для этих же целей применяют различные лекарственные вещества: лидазу, раствор лития хлорида, раствор уксуснокислого натрия, трилон Б, калия йодид [1, 2, 3].

Но не все предложенные методы удовлетворяют специалистов в полном объёме в связи с индивидуальной непереносимостью пациентами физических факторов или лекарственных средств, либо в связи с наличием в полости рта несъёмных металлических зубных протезов [1]. По нашему мнению наиболее перспективным методом является низкочастотная ультразвуковая терапия. Накоплен достаточный опыт клинического применения низкочастотного ультразвука. Известно, что воздействие на костную ткань низкочастотным импульсным ультразвуком частотой 22–60 кГц позволяет уменьшить минерализацию компактной пластинки и губчатого вещества костной ткани. При этом снижаются прочностные показатели костной ткани [3].

Низкочастотный ультразвук (от 16 до 200 кГц) глубоко проникает в ткани, обладает выраженным бактерицидным, противовоспалительным, разрыхляющим и деполимеризующим действиями, проявляет большую форетическую активность, оказывает выраженный противовоспалительный эффект. Для низкочастотного ультразвука тело человека и его внутренние органы акустически «полупрозрачны», что дает возможность воздействовать на них через участки кожи, на которые они проецируются. Низкочастотным ультразвуком целесообразно озвучивать глубоко расположенные внутренние органы человека, а также суставы и кости опорно-двигательного аппарата [1, 3, 4, 6, 7, 8].

Мы предположили, что сочетанное воздействие на костную ткань 15%-ной аскорбиновой кислоты и низкочастотного импульсного ультразвука частотой 60 кГц приведёт к более выраженному повышению пластичности костной ткани.

Аскорбиновая кислота (Acidum ascorbinicum, Vitaminum C) представляет собой белый кристаллический порошок кислого вкуса. Легко растворим в воде (1:3,5), медленно растворим в спирте. Играет важную роль в жизнедеятельности организма. Благодаря наличию в молекуле диенольной группы (–СОН=СОН–) аскорбиновая кислота обладает сильно выраженными восстановительными, антиоксидантными свойствами. Витамин С сам нейтрализует супероксид-анион радикал до перекиси водорода. Регулирует транспорт водорода во многих биохимических реакциях. Улучшает синтез коллагена, и проколлагена, участвует в регенерации тканей. Активирует протеолитические ферменты, участвует в обмене ароматических аминокислот, пигментов и холестерина [5].

Аскорбиновую кислоту и содержащие её препараты применяют системно для профилактики и лечения цинги, при геморрагических диатезах, носовых легочных, печёночных, маточных и других кровотечениях. Препарат назначают при усиленном физическом труде, умственном напряжении, в период беременности и кормления грудью [5, 9].

Местно аскорбиновую кислоту применяют в малых концентрациях для ускорения заживления ран, сращения переломов, при косметических дефектах кожных покровов. В стоматологии аскорбиновую кислоту применяют у пациентов с катаральным гингивитом при выраженной кровоточивости и рыхлости дёсен, а также при лечении заболеваний периодонта для уменьшения проницаемости капилляров и снижения воспаления. В косметологии применяют крема, содержащие до 23% аскорбиновой кислоты [5].

В водных растворах аскорбиновая кислота легко гидролизуется, не устойчива к действию света. Поэтому для длительного хранения выбирают формы мазей, кремов, гелей, помещённых в специальные контейнеры, не пропускающие ультрафиолет.

Установлено, что микрочастицы аскорбиновой кислоты размером до 20 микрон способны достигать глубоких слоёв дермы [9].

**Цель исследования** – в эксперименте и клинике обосновать применение низкочастотного импульсного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты при лечении пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями в сформированном прикусе.

**Материалы и методы****Экспериментальные исследования**

Эксперимент проведен на 11 кроликах породы шиншилла: 6 опытных и 5 контрольных. Опытных животных разделили на 2 группы. В опытной группе проводили десять процедур импульсного низкочастотного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты. Воздействовали на костную ткань и слизистую альвеолярного отростка нижней челюсти кроликов в области центральных резцов. Для проведения эксперимента использовали разработанный на кафедре ортопедической стоматологии БГМУ, совместно с институтом прикладных физических проблем им. Севченко БГУ и институтом физиологии НАН РБ аппарат для низкочастотной ультразвуковой терапии «АНУЗТ-1-100» ТУЛЬПАН. Устанавливали следующие параметры ультразвукового воздействия: режим – импульсный, частота – 60 кГц, интенсивность – 0,4 Вт/см<sup>2</sup>, период воздействия/пауза – 5/5 секунд, длительность процедуры – до 10 минут. В качестве контактной среды использовали 15%-ную мазь аскорбиновой кислоты, изготовленную в производственной аптеке по рецепту.

Животные находились на стандартном рационе вивария. После окончания эксперимента животных выводили из опыта под наркозом. Брали озвученный участок нижней челюсти в области резцов с наружной, внутренней компактной пластинкой и губчатым веществом, фиксировали в 10%-ном растворе формалина.

### Морфологические исследования

Для проведения морфологических исследований образцы костной ткани в течение 72 часов декальцинировали в 7%-ном растворе азотной кислоты. Материал проводили через спирты восходящей концентрации (30–96°) и заливали в целлоидин. Срезы приготавливали на ультратоме LKB-III, окрашивали гематоксилином и эозином. Препараты изучали на световом микроскопе Leica DMD 110 с выводом изображения на монитор персонального компьютера.

#### Исследования физико-химических свойств костной ткани

Денситометрию образцов костной ткани проводили на многосрезовом спиральном компьютерном томографе «Somatom-Volum Zoom» фирмы Сименс. Образцы укладывались на плоскую деку стола и сканировались по общепринятой методике. Оптическая плотность структуры костной ткани изучалась при помощи одной из программных функций томографа – денситометрии.

После этого, отделяли фрагмент компактной пластинки и губчатого вещества для изучения прочностных показателей размером 5×8 мм.

Испытание образцов костной ткани на сжатие проводили после десяти процедур воздействия низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты в Испытательном Центре ГНУ «Институт порошковой металлургии» на машине Instron-1195. Регистрировали значения максимальной нагрузки перед разрушением образца и напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке.

Определение элементного состава проводили на сканирующем электронном микроскопе «CamScan 4» с энергодисперсионным микрорентгеноспектральным анализатором «INCA 350» фирмы «Oxford Instruments» (Англия).

#### Клинические исследования

Проведено ортодонтическое лечение 63 пациентов с различными зубочелюстными аномалиями и деформациями в сформированном прикусе. При этом комплексное лечение с предварительной подготовкой альвеолярного отростка с помощью низкочастотного импульсного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты, и последующим ортодонтическим лечением было осуществлено у 32 пациентов. Только ортодонтическое лечение проведено у 31 пациента (контрольная группа).

#### Статистические методы

Точность полученных количественных данных, вносимых в таблицы, определялись точностью измерений тех методов или приборов с которых были сняты показания. Для статистической

обработки полученных в ходе исследования количественных данных использовали пакет прикладных программ Statistica 6.0. Результаты исследования обработаны с помощью прикладных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel с вычислением медианы, верхнего и нижнего квартилей, критериев достоверности Манна-Уитни (U), вероятности достоверности сравниваемых величин (p). Различия рассматривались как достоверные при  $p < 0,05$ . При значительном числе случаев вычисляли среднюю арифметическую величину (M), стандартную ошибку (m), критерии достоверности Стьюдента (t), вероятности достоверности сравниваемых величин при  $P < 0,05$ .

#### Результаты и обсуждение

##### Результаты морфологических исследований

После 10 процедур низкочастотного импульсного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты надкостница костной ткани была с выраженным утолщением, преимущественно за счёт базального слоя. В нём отмечалась умеренная базофилия, значительное разволокнение с утолщением, увеличение количества крупных остеокластических элементов с признаками резорбции кости. Компактная пластинка неравномерно истончена. В компактной и губчатой зонах определялись тонкие, слабо базофильные линии склеивания. Значительно увеличено, по сравнению с контролем, количество питательных каналов. Стенки сосудов неравномерно утолщены, с пролиферацией клеток адвентиция и признаками резорбции в пограничной костной ткани. Значительная часть костной ткани замещена большими участками волокнистой соединительной ткани. Резко расширенные межбалочные лакуны сливались в крупные пазухи. Балочки с выраженным истончением и прерывистостью.

В целом, воздействие низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты на костную ткань челюсти опытных животных вызывало в ней выраженные морфологические изменения. При этом не происходило гибели элементов костной ткани, регулирующих её регенерацию. Характер изменений свидетельствовал о выраженных процессах перестройки костной ткани, развивающихся в результате кислотного и низкочастотного импульсного ультразвукового воздействия. *Результаты исследования физико-химических свойств костной ткани*

Из данных представленных в таблице 1 следует, что оптическая плотность наружной компактной пластинки статистически достоверно снижалась после 10 процедур воздействия низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты в 1,33 раза. Оптическая плотность внутренней компактной пластинки статистически достоверно уменьшилась в 1,22 раза (таблица 1).

Таблица 1. Физико-химические свойства костной ткани опытных животных после 10 процедур воздействия низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты и контрольной группы животных.

Показатель		Единицы измерения	Опытна группа	Контроль	Статист. показатели
Денситометрия (Оптическая плотность)	Наружная компактная пластинка	HU	1415±6,32*	1886±8,21	$M \pm m$
	Внутренняя компактная пластинка	HU	1493±4,17*	1828±6,78	$M \pm m$
Прочностные показатели	$F_{max}$	H	131,19* (129,97;133,19) 132,83	291,63 (284,41;293,21) 289,75	M 25/75 M
	$\sigma_{cp}$	Mпа	4,05* (3,91;4,24) 4,03	9,24 (9,05;9,31) 9,20	M 25/75 M

Показатель		Единицы измерения	Опытная группа	Контроль	Статист. показатели
Содержание Са и Р (минерализация) в компактной пластинке	<b>Са</b>	весовых %	9,45* (9,1 ; 10,03) 9,41	20,37 (19,67 ; 20,81) 20,30	М 25/75 М
	<b>Р</b>	весовых %	5,97* (5,59 ; 6,98) 6,03	11,25 (11,21 ; 11,93) 11,45	М 25/75 М
Содержание Са и Р (минерализация) в губчатом веществе	<b>Са</b>	весовых %	6,93* (6,71 ; 7,15) 6,97	15,35 (14,69 ; 15,38) 15,10	М 25/75 М
	<b>Р</b>	весовых %	5,41* (4,92 ; 5,99) 5,46	10,35 (10,17 ; 11,14) 10,63	М 25/75 М

Примечание: \* – статистически достоверные различия при сравнении с группой «контроль» при  $p < 0,05$ ; М – средняя арифметическая;  $m$  – стандартная ошибка; М – медиана; 25/75 – квартили;  $F_{max}$  – максимальная нагрузка, предшествующая разрушению;  $\sigma_{cp}$  – напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке; Са – кальций; Р – фосфор.

После 10 процедур воздействия низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты изменялись и прочностные показатели костной ткани. Так, максимальная нагрузка, предшествующая разрушению костной ткани статистически достоверно снизилась в 2,18 раза. При этом напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке статистически достоверно уменьшилось в 2,28 раза (таблица 1).

Также, 10 процедур воздействия на костную ткань низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты приводило к снижению минерализации компактной пластинки и губчатого вещества. Содержание кальция в компактной пластинке костной ткани опытных животных статистически достоверно уменьшилось в 2,16 раза по сравнению с контрольным значением, а уровень фосфора статистически достоверно уменьшился в 1,89 раза.

Содержание кальция в губчатом веществе костной ткани статистически достоверно уменьшалось 2,17 раза после 10 процедур воздействия низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты, а концентрация фосфора в губчатом веществе костной ткани статистически достоверно уменьшалась 1,95 раза (таблица 1).

#### Результаты клинических исследований

Полученные в ходе экспериментальных исследований данные позволили разработать и внедрить в клиническую практику «Метод лечения пациентов с аномалиями и деформациями зубочелюстной системы в сформированном прикусе» [10].

Показаниями для применения метода являются зубочелюстные аномалии и деформации у взрослых.

Для осуществления метода на аппарате для низкочастотной ультразвуковой терапии устанавливают необходимые параметры процедуры: режим – импульсный, частота – 60 кГц, интенсивность – 0,4 Вт/см<sup>2</sup>, период воздействия/пауза – 5/5 секунд, длительность процедуры – до 10 минут. Головку излучателя и слизистую альвеолярного отростка в области проекции корней перемещаемых зубов смазывают 15%-ной мазью аскорбиновой кислоты. Начинают процедуру и медленно передвигают излучатель по слизистой, сохраняя постоянно с ней плотный контакт. После курса низкочастотного импульсного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты, аномально стоящие зубы перемещают в правильное положение при помощи ортодонтических аппаратов по стандартным методикам.

Противопоказаниями к применению метода являются острые воспалительные заболевания, беременность, атеросклероз, заболевания центральной нервной системы, недостаточность сердечно-сосудистой системы, новообразования, болезни эндокринной системы и крови, истощение, металлический

остеосинтез при переломе, металлические имплантаты, индивидуальная непереносимость низкочастотного ультразвука и/или аскорбиновой кислоты. При правильном использовании технологии метода осложнения исключаются.

Данные результатов лечения пациентов опытной и контрольной групп, с зубочелюстными аномалиями и деформациями в сформированном прикусе представлены в таблице 2. Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что у пациентов с предварительной подготовкой костной ткани низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты сроки перемещения зубов в вестибуло-оральном направлении короче чем в контроле в 2,55 раза, в меди-дистальном направлении – в 2,46 раза, в вертикальном направлении – в 2,47 раза. При этом скорость перемещения зубов в вестибуло-оральном направлении статистически достоверно увеличилась в 2,47, в медио-дистальном направлении – в 2,43 раза, а в вертикальном направлении – в 2,49 раза.

Таблица 2. Сроки перемещения и скорость перемещения зубов в различных направлениях в активном периоде ортодонтического лечения в опытной и контрольной группах (М, 25/75)

Направление перемещения	Группа	Скорость перемещения зубов мм/мес	Сроки активного периода ортодонтического лечения (суток)
Вестибуло-оральное	НИУЗТ 60 кГц	2,49 (2,32 ; 2,51)	74 (71 ; 83)
	Контроль	1,01 (0,99 ; 1,1)	189 (181 ; 195)
Медио-дистальное	НИУЗТ 60 кГц	2,31 (2,2 ; 2,43)	85 (82 ; 96)
	Контроль	0,95 (0,93 ; 0,97)	209 (205 ; 221)
Вертикальное	НИУЗТ 60 кГц	1,87 (1,71 ; 1,97)	89 (85 ; 103)
	Контроль	0,75 (0,71 ; 0,81)	220 (209 ; 231)

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

#### Клинический случай (рисунок 1–3)

Пациентка, 31 год. Жалобы на затруднённое пережёвывание пищи. Из анамнеза зубы 46, 47 удалены около пяти лет назад. Шесть месяцев назад установлены имплантаты в области отсутствующих зубов 46, 47. Месяц назад установлены форми-

рователи десневой манжетки. По месту жительства пациентке было предложено депульпировать и изготовить искусственные коронки на зубы 16, 17 из-за дефицита места для изготовления искусственных коронок с опорой на дентальных имплантатах 46, 47. От предложенного плана лечения пациентка отказалась. Объективно: внешний осмотр без особенностей. В области отсутствующих зубов 46, 47 установлены дентальные имплантаты с формирователями десневой манжетки. Зубы 16 и 17 ниже окклюзионной плоскости. Дефицит места для изготовления металлокерамических коронок с опорой на дентальных имплантатах 46, 47 – около 4 – 4,5 мм. Диагноз: частичная вторичная адентия нижней челюсти, 2-й класс по Кеннеди. Феномен Попова-Годона в области зубов 16, 17, 1-ый класс по Пономарёвой.

Для нормализации положения зубов 16, 17 и восстановления сагиттальной окклюзионной кривой Шпее было проведено 10 процедур низкочастотного импульсного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты в области проекции корней зубов 16, 17. После завершения курса физиопроцедур был изготовлен и зафиксирован временный разобщающий мостовидный протез с опорой на дентальных имплантатах. Окклюзионный контакт был сохранён только на зубах 16, 17. Разобщение с остальными зубами составило 1 мм. Один раз в две недели проводили контроль и коррекцию разобщения. Через 69 суток положение зубов 16, 17 было нормализовано. После этого изготовили металлокерамический мостовидный протез с опорой на дентальных имплантатах.

#### Выводы

1. Воздействие на костную ткань низкочастотным импульсным ультрафонофорезом 15%-ной мази аскорбиновой кислоты значительно увеличивает её податливость к ортодонтическому лечению за счёт реструктуризации, деминерализации, снижения плотности и прочности.

2. Применение низкочастотного импульсного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты в преактивном периоде ортодонтического лечения в области проекции корней аномально расположенных зубов позволяет значительно ускорить перемещение зубов, сократить сроки активного периода ортодонтического лечения, сделать его более доступным и уменьшить количество рецидивов.

#### Литература

1. *Ивашенко, С. В.* Лечение зубочелюстных аномалий и деформаций в сформированном прикусе с применением физических и физико-фармакологических методов (экспериментально-клиническое исследование): Автореф. дис. док. мед. наук. – Минск, 2011. – 43 с.

2. *Наумович, С. А.* Повышение эффективности комплексного (ортопедо-хирургического) лечения аномалий и деформаций зубочелюстной системы в сформированном прикусе: Автореф. дис. д-ра мед. наук: 14.00.21 / Бел. гос. мед. унт. – Минск, 2001. – 42 с.

3. *Остапович, А. А.* Лечение пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями в сформированном прикусе с применением низкочастотного ультразвука / А. А. Остапович // Современная стоматология. – 2014. – № 2. – С. 79–83.

4. *Улащик, В. С.* Новые данные о физиологическом и лечебном действии низкочастотного ультразвука / Улащик В. С. // Физиотерапевт. – 2012. – № 8. – С. 3

5. *Хиббер, Д.* Низкочастотный ультрафонофорез ретинола и L-аскорбиновой кислоты для коррекции признаков фотостарения / Джеффри Хиббер // Косметика и медицина. – 2009. – № 6. – С. 48–54.

6. *Хилл, К.* Ультразвук в медицине. Физические основы применения / К. Хилл, Дж. Бэмбера, Г.терХаар. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 544 с.

7. *Barth, G.* Biological effects of ultrasound therapy / Barth G., Wachsmann F. // Erlanger UltraschallTagung. – 1997. – pp. 162–205.



Рис. 1. Модели пациентки Н, 31 год, до лечения. Диагноз: частичная вторичная адентия нижней челюсти, 2-й класс по Кеннеди. Феномен Попова-Годона в области зубов 16, 17, 1-ый класс по Пономарёвой



Рис. 2. Модели пациентки Н., 31 год. Положение зубов 16, 17 нормализовано через 37 суток после 10 процедур импульсного низкочастотного ультрафонофореза 15%-ной мази аскорбиновой кислоты



Рис. 3. Металлокерамический мостовидный протез с опорой на дентальных имплантатах после нормализации положения зубов 16, 17

8. *Cancel, L. M.* Fluorescein permeability and electrical resistance of human skin during low frequency ultrasound application / Cancel LM, Tarbell JM, Ben-Jebria A. // J Pharm Pharmacol. – 2004. – Sep;56(9). – pp. 1109–1118.

9. *Pinnell, S. R.* Topical L-ascorbic acid: percutaneous absorption studies / S. R Pinnell. // Dermatol Surg. – 2001. – № 27. – pp. 137–142.

10. <http://med.by/methods/book.php?book=1689>. Инструкция МЗ РБ № 036–0313 от 12.06.2013 на Метод лечения пациентов с аномалиями и деформациями зубочелюстной системы в сформированном прикусе.

Поступила 19.01.2015 г.