DOI: https://doi.org/10.51922/2074-5044.2026.4.59

И. И. Гунько, Т. И. Гунько

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИРУЕМОГО ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ У КРОЛИКОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

На экспериментально-биологической модели изучали, какие биохимические изменения происходят у кроликов при различных способах моделирования ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий. Выявлено, что при физико-фармакологической подготовке альвеолярного отростка стрессовые изменения у животных менее выраженные, чем при хирургической. Применение магнитотерапии устраняет негативное влияние ортодонтического лечения на метаболический статус животных.

Ключевые слова: *гормоны, костная ткань, стресс, магнитотерапия.*

I. I. Gunko, T. I. Gunko

EFFECT OF SIMULATED ORTHODONTIC TREATMENT OF DENTOALVEOLAR ABNORMALITIES IN RABBITS ON BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS

Educational Institution «Belarusian State Medical University», Minsk, Republic of Belarus

On experimental biological model we studied the biochemical changes occurring in rabbits under various methods of simulating orthodontic treatment of dentoalveolar abnormalities. It was revealed, that stress-related changes in the alveolar process of animals are less pronounced following physico-pharmacological preparation than following surgical preparation. The use of magnetotherapy eliminates the negative impact of orthodontic treatment on the metabolic status of animals.

Key words: *hormones, bone tissue, stress, magnetotherapy.*

Ортодонтическое лечение пациентов с зубочелюстными аномалиями до настоящего времени остается одной из важных и до конца не решенных проблем [1, 7, 8]. Поскольку распространенность их остается высокой, сроки лечения продолжительны, после которого не редки рецидивы [10]. Кроме того, они создают условия для развития кариеса, способствуют заболеваниям периодонта, височно-нижнечелюстного сустава [7, 8].

Трудности, возникающие при ортодонтическом лечении пациентов с зубочелюстными аномалиями, в некоторой степени объясняется анатомо-физиологическими особенностями сформированного прикуса. Полностью сформировался челюстно-лицевой скелет, образовались стойкие артикуляционные соотношения между зубными рядами, и снижены пластические возможности костной ткани [7, 8]. Поэтому совершенствование известных методик и разработка новых, позволяющих повысить эффективность лечения, актуально и в наши дни.

Магнитотерапия как один из старейших методов физиотерапии успешно применяется в различных областях стоматологии: при комплексном лечении альвеолитов, при заболеваниях периодонта, поражениях слизистой оболочки [5], это и послужило поводом для выполнения данной работы.

Цель настоящей работы – изучить влияние моделируемого ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий у кроликов на биохимические показатели крови.

Материал и методы

Исследования были проведены на 70 кроликах породы шиншилла в возрасте 10–12 мес., массой тела 2800–3100 г., воспроизводимых в виварии Белорусского государственного медицинского университета. Животных содержали в соответствии с нормативами индивидуального размещения при естественном световом дне и стандартных параметрах микроклимата. Все манипуляции проводились в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях [3]. Они были

распределены на 7 групп по 10 особей в каждой: 2 контрольные и 1–5-я – опытные.

Животным 1-й и 2-й опытных групп в подготовительный период (предортодонтический) провели 7 процедур магнитофореза с 4 %-м раствором трилона Б в области альвеолярного отростка центральных резцов верхней челюсти (пульсирующее магнитное поле с индукцией 20–25 мТл, аппарат «Градиент-1»), по собственной методике [2]. Животным 3–5-й опытных групп в предортодонтический период под внутривенным гексеналовым наркозом выполнена компактостеотомия в области центральных резцов верхней челюсти по А. Т. Титовой. Кроликам всех 5 опытных групп изготовлены ортодонтические аппараты, состоявшие из 2 металлических коронок с припаянным к ним раздвижным винтом. Животным 1-й и 2-й опытных групп этот аппарат фиксировали висфат-цементом на следующие сутки после проведенных 7 процедур магнитофореза. Такую же конструкцию фиксировали на центральных резцах животных 3–5-й опытных групп на 14-е сутки после операции компактостеотомии. С помощью ортодонтического аппарата на протяжении последующих 10 дней во всех опытных труппах расширяли челюсть в области центральных резцов на 2 мм путем 5-кратной активации аппарата (раскручивание винта на 0,5 оборота до беспокойного поведения животных), после чего проводили ретенцию путем блокирования винта самотвердеющей пластмассой.

Животным 2-й опытной группы по окончании активного периода ортодонтического лечения в проекции альвеолярного отростка центральных резцов верхней челюсти провели магнитофорез с 5 %-м раствором кальция лактата. Для магнитофорезного введения кальция лактата применяли постоянное магнитное поле (ПМП), для чего были использованы эластичные магниты с индукцией 15–20 мТл, размером 1×1 см, помещенные в лейкопластырь с марлей, смоченной 5 %-м раствором кальция лактата, и прикрепленные шелковой нитью к ортодонтическому аппарату на первые 10 суток ретенционного периода.

В 4-й и 5-й опытных группах по окончании активного периода ортодонтического лечения участки челюстей, на которых выполняли оперативное вмешательство, подвергали воздействию ПМП, для чего использовали эластичные магниты с индукцией 30 ± 3 мТл и 15 ± 3 мТл соответственно. Они были изготовлены из резины марки 51–2199 (7 МЕД) ТУ-Л7–98–83. Источник ПМП размером 1×1 см, покрытый лейкопластырем, прикрепляли шелковой нитью к ортодонтическому аппарату на весь ретенционный период, то есть на 28 суток.

В 1-й и 3-й опытных группах ретенционный период проходил без физико-фармакологических воздействий. Кроликам 2 контрольных групп вместо магнита фиксировали кусочек резины таких же размеров.

Забор крови у животных проводили из краевой вены уха до локальной прижизненной декальцинации или до оперативного вмешательства, а также на 7, 14, 21, 28-е сутки ретенционного периода. Гематологические исследования крови (подсчет количества лейкоцитов) проводили стандартными методами [6]. В сыворотке крови радиоиммунологическим методом определяли количество ряда гормонов – кортизола, свободного тироксина, инсулина и тестостерона [9], а также определяли рефрактометрическим методом общий белок и методом электрофореза на бумаге – белковые фракции [4].

Полученные данные обрабатывали статистически с использованием пакета программ «Анализ данных» в среде Microsoft Excel 9,0. В опытных группах 1 и 2 статистически обрабатывали результаты на 21–28-е сутки ретенционного периода, в группах 3, 4, 5 результаты исследований – на 7–28-е сутки ретенционного периода.

Результаты и обсуждение

Сравнительная оценка биохимических показателей крови у кроликов в ретенционный период ортодонтического лечения после физико-фармакологической или хирургической подготовки альвеолярного отростка выявила значительные различия в реакции гормональной системы на ортодонтическое лечение (табл. 1). При хирургической подготовке альвеолярного отростка к ортодонтическому изменению положения резцов в верхней челюсти наблюдалось 12-кратное снижение содержания в сыворотке крови тестостерона – гормона, обладающего выраженным анаболическим действием. При этом уровень кортизола, свободного тироксина и инсулина не менялся. При физико-фармакологической подготовке альвеолярного отростка содержание тестостерона в сыворотке крови на 21–28-е сутки ретенционного периода существенно не менялось. При этом наблюдалось двукратное снижение содержания свободного тироксина, что может быть связано со снижением функции щитовидной железы как компенсаторной реакции на катаболические сдвиги в организме, обусловленные стрессорным действием ортодонтического изменения положения зубов в костной ткани.

В отличие от реакции гормональной системы на экспериментальное ортодонтическое лечение изменения лейкограммы и протеинограммы при физико-фармакологической или хирургической подготовке альвеолярного отростка имели незначительные отличия (см. табл. 1). При физико-фармакологической подготовке альвеолярного отростка на 21–28-е сутки ретенционного периода наблюдалась лейкоцитопения, нейтрофилопения, лимфоцитопения и моноцитопения, при хирургической подготовке на 7–28-е сутки ретенционного периода – лейкопения и лимфоцитопения.

Изменения протеинограммы в сторону гипопротеинемии отмечены как при физико-фармакологической, так и при хирургической подготовке альвеолярного отростка к экспериментальному ортодонтическому лечению. В первом случае на 21–28-е сутки

Таблица 1. **Влияние магнитотерапии на уровень гормонов и количество лейкоцитов крови в ретенционный период ортодонтического лечения**

Показатель	1-я серия опытов			2-я серия опытов			
	1-я контрольная группа	1-я опытная группа	2-я опытная группа	2-я контрольная группа	3-я опытная группа	4-я опытная группа	5-я опытная группа
Кортизол, нмоль/л	394 ± 64	257 ± 30	222 ± 22*	914 ± 97***	934 ± 76	942 ± 64	741 ± 77
Свободный тироксин, пмоль/л	27 ± 1,3	12 ± 2,6*	5 ± 1,3*,**	5,4 ± 0,66***	5,8 ± 0,46	3,6 ± 0,29*,**	5,4 ± 0,43
Инсулин, пмоль/л	60 ± 10	37 ± 10	17 ± 2*	79 ± 14	115 ± 17	79 ± 15	86 ± 16
Тестостерон нмоль/л	9,5 ± 1,1	5,5 ± 1,6	23,4 ± 2,3*,**	9,7 ± 2,0	0,8 ± 0,1*	10,5 ± 2,0**	0,7 ± 0,2
Лейкоциты, 10^9/л	10,3 ± 0,4	6,7 ± 0,5*	4,8 ± 0,4*,**	11,6 ± 0,56	8,9 ± 1,14*	11,3 ± 0,71	7,9 ± 1,09*
Нейтрофилы сегмен-то-ядерные, 10^9/л	4,1 ± 0,31	2,1 ± 0,17*	1,7 ± 0,05*	4,2 ± 0,59	3,4 ± 0,24	5,6 ± 0,36*,**	3,4 ± 0,27
Лимфоциты, 10^9/л	5,5 ± 0,21	4,2 ± 0,27*	2,8 ± 0,14*	6,9 ± 0,60***	4,6 ± 0,25*	5,6 ± 0,25*,**	4,2 ± 0,27*
Моноциты, 10^9/л	0,3 ± 0,05	0,1 ± 0,02*	0,1 ± 0,02*	0,2 ± 0,04	0,2 ± 0,03	0,3 ± 0,04*,**	0,2 ± 0,03

Примечание. * – различия показателей достоверны по сравнению с контролем; ** – различия показателей достоверны по отношению к ретенционному периоду без применения магнитотерапии; *** – различия достоверны между контрольными группами.

ретенционного периода в сыворотке крови снижалось содержание общего белка, альбуминов, альфа-2- и гамма-глобулинов (табл. 2). При хирургической подготовке альвеолярного отростка на 7–28-е сутки ретенционного периода снижалось содержание общего белка в сыворотке крови, и незначительно снижалось содержание альбумина и гамма-глобулина.

В обоих случаях, то есть при физико-фармакологической и хирургической подготовке альвеолярного отростка, не изменялась активность эритроцитарных антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы и каталазы. Однако, при хирургической подготовке альвеолярного отростка имело место снижение содержания гемоглобина в крови (см. табл. 2).

Проведенное сравнение биохимических показателей крови кроликов позволило сделать вывод о том, что появление гипопротеинемии и лейкопении свидетельствует о стрессорном торможении синтеза белков и образования клеточных структур в обоих случаях. Стрессорное воздействие экспериментального ортодонтического лечения при физико-фармакологической подготовке, судя по отсутствию депрессии продукции тестостерона и снижения содержания гемоглобина в крови, менее выражено, чем при хирургической подготовке.

Основой стрессорного действия экспериментального ортодонтического лечения, по-видимому, является ортодонтическая компрессия и разрывы структур костной ткани, приводящие к развитию асептического воспалительного процесса, образованию костной мозоли с последующим синтезом новых костных структур, фиксирующих новое положение зубов.

Таблица 2. **Влияние магнитотерапии на уровень белков сыворотки, гемоглобина крови и активность эритроцитарных антиоксидантных ферментов в ретенционный период ортодонтического лечения**

Показатель	1-я серия опытов			2-я серия опытов			
	1-я контрольная группа	1-я опытная группа	2-я опытная группа	2-я контрольная группа	3-я опытная группа	4-я опытная группа	5-я опытная группа
Общий белок, г/л	78 ± 2,3	68 ± 2,1*	86 ± 0,5*,**	68 ± 2,4***	59 ± 1,4*	74 ± 1,5*,**	67 ± 1,7**
Альбумин, г/л	44 ± 0,8	40 ± 0,5*	44 ± 1,9	41 ± 1,3	36 ± 1,4	38 ± 1,6	38 ± 1,6
α_1-глобулины, г/л	6,6 ± 0,3	5,7 ± 0,3	7,5 ± 0,5**	5,9 ± 0,1***	5,7 ± 0,7	7,0 ± 0,5	5,9 ± 0,6
α_2-глобулины, г/л	5,6 ± 0,2	4,2 ± 0,2*	7,3 ± 0,5*,**	4,3 ± 0,3***	4,3 ± 0,4	6,4 ± 0,6*,**	5,5 ± 0,4
β-глобулины, г/л	7,2 ± 0,4	5,9 ± 0,3	9,3 ± 0,6*,**	6,4 ± 0,3	5,8 ± 0,4	8,9 ± 0,6*,**	7,5 ± 0,8
γ-глобулины, г/л	14,7 ± 0,5	11,8 ± 0,2*	18,6 ± 0,9*,**	10,6 ± 1,7***	7,6 ± 0,4	13,9 ± 0,8**	10,8 ± 0,8**
Гемоглобин, г/л	146 ± 8	136 ± 3	130 ± 4	122 ± 4***	108 ± 3*	109 ± 3*	105 ± 8
Супероксид-дисмутаза, Ед/мг Нв	7,1 ± 0,3	7,4 ± 0,2	8,8 ± 0,2*,**	9,9 ± 0,9***	10,0 ± 0,8	10,3 ± 0,5	11,8 ± 0,9
Каталаза, мкМ H_2O_2/мин.мг Нв	65 ± 2,5	68 ± 5,1	84 ± 2,2*,**	71 ± 8,1	85 ± 12,0	85 ± 6,4	70 ± 7,6

Примечание. * – различия показателей достоверны по сравнению с контролем; ** – различия показателей достоверны по отношению к ретенционному периоду без применения магнитотерапии; *** – различия достоверны между контрольными группами.

В связи с этим положительные эффекты применения магнитотерапии в ретенционный период экспериментального лечения можно рассматривать как антистрессовые.

Так, при хирургической подготовке альвеолярного отростка к экспериментальному ортодонтическому лечению применение в течение всего ретенционного периода (28 сут.) постоянного магнитного поля с индукцией 30 мТл предупреждало депрессию продукции тестостерона и снижало уровень свободного тироксина, что, безусловно, способствовало устранению стрессорного торможения синтеза белков и образования клеточных структур. В частности, содержание общего белка в сыворотке крови при магнитотерапии кроликов в ретенционный период возросло выше контрольного уровня за счет содержащих иммуноглобулины альфа-2-, бета- и гамма-глобулиновых фракций (см. табл. 2). Общее количество лейкоцитов в крови не снижалось, но наблюдалась умеренная лимфоцитопения при одновременном нейтрофилезе и моноцитозе (см. табл. 1). На содержание гемоглобина в крови и активность антиоксидантных ферментов в ретенционный период магнитотерапия не оказывала влияния. В то же время применение в течение всего ретенционного периода постоянного магнитного поля с индукцией 15 мТл, несмотря на нормализацию содержания в сыворотке крови общего белка и гамма-глобулина, не предупреждало резкого снижения уровня тестостерона и лейкоцитопении.

При физико-фармакологической подготовке альвеолярного отростка к экспериментальному ортодонтическому лечению использование в течение первых 10 дней ретенционного периода магнитофореза кальция лактата постоянным магнитным полем с индукцией 15–20 мТл приводило к более чем двукратному, по сравнению с контролем, повышению уровня тестостерона в сыворотке крови с одновременным снижением уровня кортизола, свободного тироксина и инсулина. Эти гормональные сдвиги сочетались с гиперпротеинемией за счет увеличения альфа-2-, бета- и гамма-глобулиновых фракций, содержащих иммуноглобулины. В то же время 10-дневный магнитофорез кальция лактата не предупреждал развития лейкопении, нейтрофилопении, лимфоцитопении и моноцитопении. Кроме того, активизировались антиоксидантные ферменты – супероксиддисмутаза и каталаза.

Таким образом, 10-дневный магнитофорез кальция лактата с индукцией магнитного поля 15–20 мТл при физико-фармакологической подготовке альвеолярного отростка к экспериментальному ортодонтическому лечению способствовал анаболическому гормональному сдвигу (увеличение уровня тестостерона и снижение уровня свободного тироксина), увеличению синтеза белков, но не препятствовал стрессорной депрессии образования иммунокомпетентных клеточных структур (лимфоциты, нейтрофилы, моноциты), активации супероксиддисмутазы и каталазы. Менее выраженный защитный эффект магнитофореза кальция лактата во 2-й опытной группе по сравнению с 4-й, по-видимому, связан с меньшей продолжительностью воздействия в ретенционный период (10 сут. против 28) и меньшей величиной индукции магнитного поля (15–20 мТл против 30). В то же время следует подчеркнуть, что при хирургической подготовке альвеолярного отростка к ортодонтическому лечению применение в ретенционный период постоянного магнитного поля с индукцией 15 мТл было малоэффективным: не предупреждало депрессии уровня тестостерона и лейкопении. Это сравнение позволяет считать оправданным более длительное использование в ретенционный период магнитофореза кальция лактата.

Обращают внимание различия исследуемых биохимических показателей в 1-й и 2-й контрольных группах. По мнению авторов статьи, они носят сезонный характер: исследование биохимических показателей крови в 1-й контрольной группе проводили в весенний период (с 23.03. по 18.05.), а во 2-й контрольной группе – в осенний (с 11.09. по 06.11.).

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что моделирование ортодонтического лечения на кроликах сопровождается торможением анаболических процессов в организме животных, свидетельством чего явилась гипопротеинемия, лейкопения, а при хирургической подготовке альвеолярного отростка к ортодонтическому лечению и резкое снижение уровня анаболического гормона тестостерона. В то же время при физико-фармакологической подготовке альвеолярного отростка стрессовые изменения в организме животных менее выражены. В частности, если при хирургической подготовке альвеолярного отростка к моделированию ортодонтического лечения уровень тестостерона в ретенционный период снижался в 12 раз, то при физико-фармакологической подготовке он не менялся.

Магнитотерапия с индукцией магнитного поля 30 мТл устраняет негативное влияние ортодонтического лечения на метаболический статус экспериментальных животных в ретенционный период: нормализуется содержание в крови анаболического гормона тестостерона, предупреждается развитие гипопротеинемии, лейкопении, что и показывают данные морфологических исследований.

Литература

1. *Арсенина, О. И.* Планирование ортодонтического лечения с учетом индивидуальных трансверзальных параметров зубных рядов / О. И. Арсенина, А. В. Шефова, Л. Н. Солдатова // Стоматология, 2025. – № 3. – С. 66–69.

2. *Гунько, Т. И.* Магнитотерапия в экспериментальной и клинической ортодонтии / Т. И. Гунько, И. И. Гунько. – Минск : БГЭУ, 2012. – 275 С.

3. *Европейская* конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях ESTN№ 23 от 18.03.1986. – Страсбург, 1986. – 14 с.

4. *Лемперт, М. Д.* Биохимические методы исследования / М. Д. Лемперт. – Кишинев, 1968. – 295 с.

5. *Магнитотерапия:* Теоретические основы и практическое применение / В. С. Улащик [и др.]; под общей ред. В. С. Улащика Минск.: Белорусская наука. 2019. – 379 с.

6. *Меньшиков, В. В.* Лабораторные методы исследования в клинике / В. В. Меньшиков. – Москва, 1987. – 365 с.

7. *Ортодонтия.* Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций : учебник / Л. С. Персин [и др.]. – М. : ГЭОТАР-Медиа. – 2015. – 640 с.

8. *Проффит, У. Р.* Современная ортодонтия / У. Р. Проффит, пер. с англ.; под ред. чл.-корр. РАН, проф. Л. С. Персина. – М., 2017. – 570 с.

9. *Славнов, В. Н.* Радиоиммунологический анализ в клинической эндокринологии / В. Н. Славнов. – Киев, 1988. – 198 с.

10. *Храменков, К. В.* Осложнения при ортодонтическом расширении верхней челюсти / К. В. Храменков [и др.] // Российская стоматология, 2025. – № 2. – С. 25–32.

References

1. *Arsenina, O. I.* Planirovanie ortodonticheskogo lecheniya s uchetom individual'nyh transverzal'nyh parametrov zubnyh ryadov / O. I. Arsenina, A. V. SHefova, L. N. Soldatova // Stomatologiya, 2025. – № 3. – S. 66–69.

2. *Gun'ko, T. I.* Magnitoterapiya v eksperimental'noj i klinicheskoj ortodontii / T. I. Gun'ko, I. I. Gun'ko. – Minsk : BGEU, 2012. – 275 s.

3. *Evropejskaya* konvenciya o zashchite pozvonochnyh zhivotnyh, ispol'zuemyh dlya eksperimentov ili v inyh nauchnyh celyah ESTN№ 23 ot 18.03.1986. – Strasburg, 1986. – 14 s.

4. *Lempert, M. D.* Biohimicheskie metody issledovaniya / M. D. Lempert. – Kishinev, 1968. – 295 s.

5. *Magnitoterapiya:* Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primenie / V. S. Ulashchik [i dr.]; pod obshchej red. V. S.Ulashchika Minsk.: Belorusskaya nauka.2019. – 379 s.

6. *Men'shikov, V. V.* Laboratornye metody issledovaniya v klinike / V. V. Men'shikov. – Moskva, 1987. – 365 s.

7. *Ortodontiya.* Diagnostika i lechenie zubochelyustno-licevyh anomalij i deformacij : uchebnik / L. S. Persin [i dr.]. – M. : GEOTAR-Media. – 2015. – 640 s.

8. *Proffit, U. R.* Sovremennaya ortodontiya / U. R. Proffit, per. s angl.; pod red. chl.-korr. RAN, prof. L. S. Persina. – M., 2017. – 570 s.

9. *Slavnov, V. N.* Radioimmunologicheskij analiz v klinicheskoj endokrinologii / V. N. Slavnov. – Kiev, 1988. – 198 s.

10. *Hramenkov, K. V.* Oslozhneniya pri ortodonticheskom rasshirenii verhnej chelyusti / K. V. Hramenkov [i dr.] // Rossijskaya stomatologiya, 2025. – № 2. – S. 25–32.

Поступила 28.07.2026 г.