



<https://doi.org/10.34883/PI.2022.6.3.001>
УДК 616.716.8:611.018.4]-092.4:[615.8:537.63]



Гулько Т.И.¹ ✉, Корнев Н.В.², Гулько И.И.¹

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Городское клиническое патологоанатомическое бюро, Минск, Беларусь

Структурно-функциональные изменения костной ткани челюсти животных после проведения лекарственного магнитофореза

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: идея – Гулько Т.И.; консультация по морфологической части – Корнев Н.В.; текст – Гулько И.И., Гулько Т.И., Корнев Н.В.

Подана: 22.07.2022

Принята: 19.09.2022

Контакты: ortopedstom@bsmu.by

Резюме

Цель. Изучить, какие структурно-функциональные изменения происходят в костной ткани челюсти животных после воздействия на нее магнитофореза натрия и калия йодида.

Материалы и методы. Эксперимент проведен на 20 кроликах породы шиншилла в возрасте 9–11 месяцев с массой тела 2900–3100 г. Животные распределены на 4 группы: 1 контрольную (n=2) и 3 опытные группы (по 6 особей в каждой). Им проводили 5, 10, 15 физиопроцедур магнитофореза в области альвеолярного отростка, в проекции нижних центральных резцов. В первой группе – магнитофорез дистиллированной водой, во второй – 2%-ным раствором калия йодида, в третьей – магнитофорез 1,5%-ным раствором натрия йодида. По окончании эксперимента животных выводили из опыта. Готовили микропрепараты и изучали микроскопически.

Результаты. На основании морфологических исследований выявлено, что магнитофорез дистиллированной воды не вызывал каких-либо заметных морфологических изменений в костной ткани челюсти животных, а вот воздействие магнитофореза натрия и калия йодида на челюсть кролика влияет на структурно-функциональное состояние костной ткани челюсти животных путем вызывания в ней локальной прижизненной деминерализации.

Заключение. Магнитофорез 1,5%-ным раствором натрия йодида и 2%-ным раствором калия йодида оказывает влияние на структурно-функциональное состояние костной ткани челюсти путем временного снижения ее минеральной насыщенности, делает ее более пластичной, не вызывая при этом некротических изменений, костная ткань сохраняет свою жизнеспособность и способность к реминерализации. Для получения прижизненной локальной деминерализации костной ткани челюсти у животных достаточно проведения 5–10 процедур магнитофореза 1,5%-ного раствора натрия йодида и не менее 10 процедур магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида.

Ключевые слова: калия йодид, костная ткань, магнитофорез, натрия йодид, структурно-функциональные изменения

Tatyana I. Gunko¹ ✉, Nikolai V. Kornev², Ivan I. Gunko¹

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Belarusian City Clinical Pathological Bureau, Minsk, Belarus

Structural and Functional Changes in Animals' Bone Tissue After Drug Magnetophoresis

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: idea – Gunko T.; consultation on the morphological part – Kornev N.; text – Gunko I., Gunko T., Kornev N.

Submitted: 22.07.2022

Accepted: 19.09.2022

Contacts: ortopedstom@bsmu.by

Abstract

Purpose – study which structural and functional changes occur in animals' jaw bone tissue after conducted drug magnetophoresis with sodium and potassium iodide.

Materials and methods. Experimental studies were conducted on 20 chinchilla rabbits at the age of 9–11 months, weighting 2900–3100 g. Animals were divided into 4 groups: 1 – control (n 2) and 3 experimental with 6 individuals inside, who were provided by 5, 10, 15 procedures of magnetophoresis in the area of alveolar ridge of low central incisors. In the 1st group magnetophoresis was conducted with distilled water, in the 2nd – 2%-solution of potassium iodide, in the 3rd – with 1.5%-solution of sodium iodide. At the end of the experiment animals were taken out of it and we prepared micropreparations and studied.

Results. It was revealed based on morphological data, that magnetophoresis with distilled water didn't cause any noticeable morphological changes in animals' jaw bone tissue. But impact of the magnetophoresis with sodium and potassium iodide on rabbits' jaw affects at structural and functional condition of their jaw bone tissue through inducing local intravital demineralization in it.

Conclusions. Magnetophoresis with 1.5%-solution of sodium and 2%-solution of potassium iodide influences on structural and functional condition of jaw bone tissue through temporary decreasing in it's mineral saturation, makes it more flexible without causing necrotic changes; bone tissue retains it's vitality and ability to remineralization. It is enough to obtain intravital local demineralization of the jaw bone tissue in animals to carry out 5–10 procedures of magnetophoresis with 1.5%-solution of sodium iodide and no less 10 procedures of magnetophoresis with 2%-solution of potassium iodide.

Keywords: potassium iodide, bone tissue, magnetophoresis, sodium iodide, structural and functional changes

■ ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на достижения современной стоматологии, сохраняет свою актуальность проблема лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями, поскольку их распространенность в нашей стране и за рубежом остается высокой [6, 7]. Эта патология создает условия для развития кариеса, заболеваний пародонта, затрудняет протезирование зубов и зубных рядов, неблагоприятно влияет на



психоневрологический статус, пищеварение, речь [6]. Ортодонтическое лечение таких пациентов исчисляется годами, после которого нередко рецидивы. Во многом это объясняется тем, что у взрослых полностью сформирован челюстно-лицевой скелет, образовались стойкие артикуляционные соотношения между зубными рядами и снижены пластические возможности костной ткани [6, 7]. В связи с этим, а также благодаря бурному развитию физиотерапии и хорошим клиническим результатам ее применения в медицине ведется разработка новых эффективных методик лечения зубочелюстных аномалий и деформаций сформированного прикуса [3, 7].

Магнитотерапия как один из старейших методов физиотерапии успешно применяется в различных областях стоматологии: в комплексном лечении альвеолитов, заболеваний периодонта, поражений слизистой, в ортодонтии [1, 2, 5, 8].

Анализируя данные литературы можно отметить, что в медицине все большее распространение получает сочетанное применение магнитного поля и лекарственных средств – магнитофорез [2, 8].

Под влиянием магнитного поля в тканях индуцируется электродвижущая сила (ЭДС), которая обеспечивает направленное перемещение ионов лекарства и повышает его биодоступность [8]. Все изложенное выше и послужило основанием для выполнения данной работы.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить, какие структурно-функциональные изменения происходят в костной ткани челюсти животных после воздействия на нее магнитофореза натрия и калия йодида.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент проведен на 20 кроликах породы шиншилла в возрасте 9–11 месяцев с массой тела 2900–3100 г, воспроизводимых в виварии Белорусского государственного медицинского университета. Животных содержали в соответствии с нормативами индивидуального размещения при естественном световом дне и стандартных параметрах, микроклимате. Все манипуляции проводились в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях [3]. Животные были распределены на 1 контрольную (2 животных) и 3 опытные группы (по 6 особей в каждой), которым проводили по 5, 10, 15 физиопроцедур соответственно.

В первой опытной группе проводили магнитофорез дистиллированной воды, во второй – магнитофорез 2%-ного раствора калия йодида, в третьей – магнитофорез 1,5%-ного раствора натрия йодида в проекции корней нижних центральных резцов по собственной методике [2], используя аппарат для магнитофореза «Полюс-3». По окончании опыта для гистологического исследования снимали по 2 кролика из каждой серии опытов внутривенным введением 5–10 мл 2%-ного раствора тиопентала натрия. После чего выпиливали фрагмент нижней челюсти с наружной и внутренней компактной пластинкой и губчатым веществом и фиксировали в 10%-ном растворе формалина. Затем кусочки костной ткани промывали щелочной водой в течение 24 часов. Декальцинировали в 7%-ном растворе азотной кислоты. Нейтрализовали в 5%-ном растворе алюминиевых квасцов в течение суток. После этого промывали в проточной воде в течение 24 часов. Обезвоживали в спиртах возрастающей

концентрации (70°, 80°, 96°, абсолютный спирт). Затем на 1 сутки материал помещали в смесь Никифорова (96° спирт и эфир в равных количествах) и заливали в целлоидин для пропитывания. Производили наклеивание и резку целлоидиновых блоков. Готовили срезы толщиной 10–15 мкм и окрашивали гематоксилином и эозином и по методу Ван-Гизона, после чего проводили микроскопическое изучение препаратов.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В контрольной группе были хорошо выражены многочисленные базофильные линии склеивания, мозаичность компактного и губчатого слоя, неширокие межбалочные пространства. Четко определяются эндост и остеобласты, некоторое неравномерное кровораспределение в костном мозге (рис. 1).

В первой опытной группе после проведения 5 процедур магнитофореза дистиллированной воды отмечались довольно компактная структура губчатого слоя кости, относительно толстые костные балочки с многочисленными остеоцитами, базофильными линиями склеивания. В узких межбалочных пространствах костный мозг с умеренным количеством клеток и коллагеновых волокон с сохранившимся эндостом и слоем остеобластов (рис. 2). В компактном слое питательные каналы несколько расширены.

Во второй опытной группе после проведения 5 процедур магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида компактная кость с выраженной мозаичной структурой, умеренно базофильным межучточным веществом. В губчатом слое широкие межбалочные пространства. Костные балочки резко истончены. Отмечалась активная гиперемия жирового костного мозга. Ткань периодонта сильно гиперплазирована, широким пластом врастала в кость (рис. 3), которая на границе с ним резко базофильная, с многочисленными линиями склеивания. Последние определялись во многих костных балочках губчатого вещества (рис. 4).

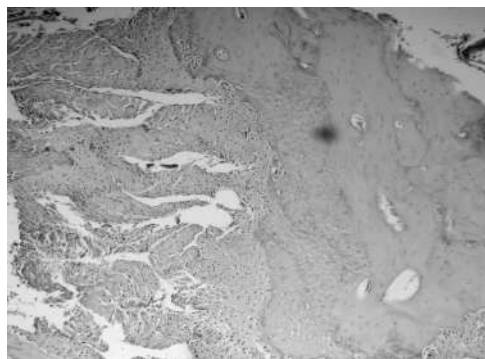


Рис. 1. Четко выраженный эндост и остеобласты, умеренно полнокровный костный мозг (окраска гематоксилином и эозином, ув. 90)
Fig. 1. Clearly expressed endosteum and osteoblasts, moderately full-blooded bone marrow (stained with hematoxylin and eosin, increase 90)



Рис. 2. Глубокий слой относительно компактной структуры, остеобластическое костеобразование (окраска гематоксилином и эозином, ув. 90)
Fig. 2. Deep layer relatively compact structure, osteoblastic bone formation (stained with hematoxylin and eosin, increase 90)

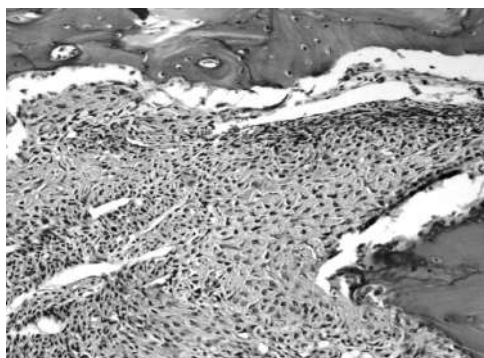


Рис. 3. Врастание клеток периодонта в костную ткань (окраска гематоксилином и эозином, ув. 40)
Fig. 3. Ingrowth of periodontal cells into bone tissue (stained with hematoxylin and eosin, increase 40)

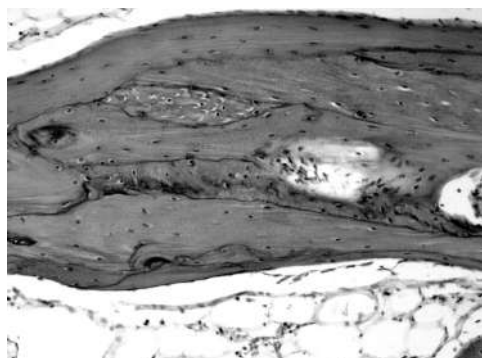


Рис. 4. Базофильные линии склеивания (мозаичность) в костной балочке (окраска гематоксилином и эозином, ув. 100)
Fig. 4. Basophilic gluing lines (mosaic) in the bone beam (stained with hematoxylin and eosin, increase 100)

Остеоциты крупные с гиперхромными ядрами и светлой цитоплазмой, местами близко располагались от базофильных стенок относительно редких питательных каналов и линий склеивания (рис. 5).

Некоторые питательные каналы широкие с многочисленными клетками адвентиции, другие почти неотличимы от межбалочных пространств губчатого вещества, что как бы размывало границу между компактным и губчатым веществом. В участках со значительно расширенными межбалочными пространствами с отеком костным мозгом лежали фрагменты костной ткани, вероятно, участки попавших в срез тонких костных балочек (рис. 6).

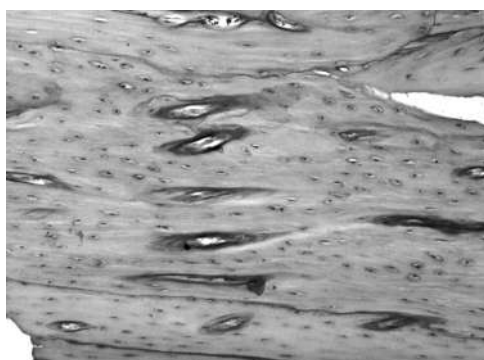


Рис. 5. Крупные остеоциты с гиперхромными ядрами и светлой цитоплазмой (окраска гематоксилином и эозином, ув. 100)
Fig. 5. Large osteocytes with hyperchromic nuclei and light cytoplasm (stained with hematoxylin and eosin, increase 100)

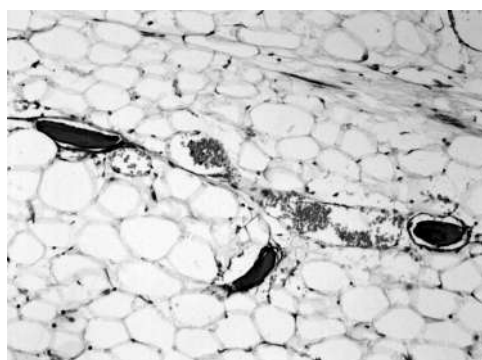


Рис. 6. «Острова» костной ткани в отеке костном мозге (окраска гематоксилином и эозином, ув. 100)
Fig. 6. «Islands» of bone tissue in edematous bone marrow (stained with hematoxylin and eosin, increase 100)

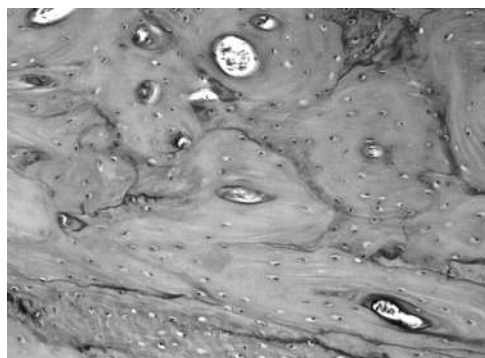


Рис. 7. Резкая мозаичность компактного вещества (окраска гематоксилином и эозином, ув. 100)
Fig. 7. Sharp mosaicity of compact matter (stained with hematoxylin and eosin, increase 100)

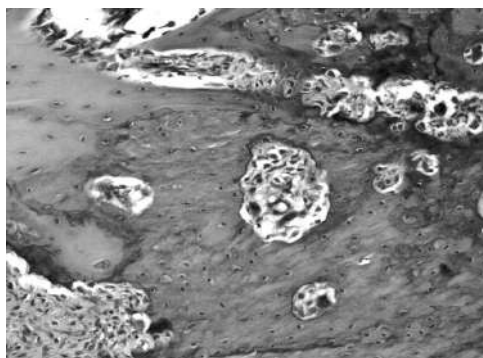


Рис. 8. Резорбция костного вещества одноклеточными остеокластами (окраска гематоксилином и эозином, ув. 100)
Fig. 8. Bone resorption by mononuclear osteoclasts (stained with hematoxylin and eosin, increase 100)

Таким образом, в перестраивающейся костной ткани относительно хорошо сохранилось компактное вещество с мозаичной структурой (рис. 7), с начинающимся рассасыванием, вероятно, гуморальным путем, активно проявляющимся со стороны губчатого вещества.

Отмечается костная резорбция клетками периодонта, преимущественно одноклеточными остеокластами. На границе и вблизи участков резорбции происходило накопление базофильной субстанции, вероятно, минерального состава (рис. 8).

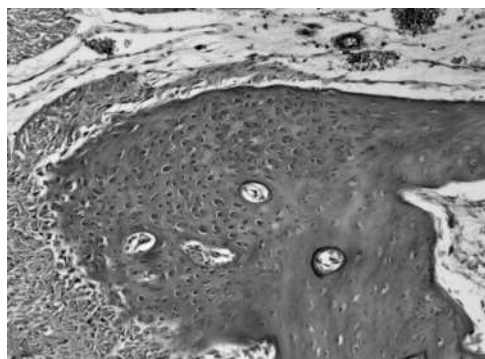


Рис. 9. Гиалиноподобное изменение остеоцитов (окраска по методу Ван-Гизона, ув. 100)
Fig. 9. Hyaline-like change in osteocytes (stained according to Van-Gieson method, increase 100)

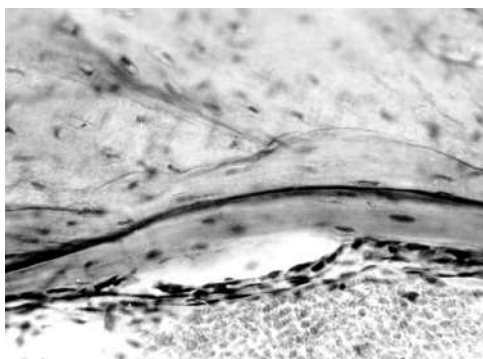


Рис. 10. Многочисленные резко базофильные линии склеивания в компактном веществе, отсутствие гиперемии и клеточной пролиферации (окраска гематоксилином и эозином, ув. 30)
Fig. 10. Numerous sharply basophilic adhesion lines in the compact substance, absence of hyperemia and cell proliferation (stained with hematoxylin and eosin, increase 30)



Отмечались гиалиноподобное изменение остеоцитов (рис. 9), вакуолизация цитоплазмы, пикноз ядер. Гигантские многоядерные остеокласты не обнаружены.

В третьей опытной группе после проведения 5 процедур магнитофореза 1,5%-ного раствора натрия йодида отмечалась незначительная гиперемия сосудов надкостницы и костного мозга. Базофилия компактного и меньше – губчатого вещества. Многочисленные линии склеивания более близко расположены друг к другу и сильнее окрашивались гематоксилином, особенно вблизи надкостницы (рис. 10). В этом же участке и в костных балочках встречались небольшие островки менее базофильного костного вещества. На значительном протяжении костный мозг, костная ткань были без признаков гиперемии и выраженной клеточной пролиферации.

В первой опытной группе после проведения 10 процедур магнитофореза дистиллированной воды каких-либо существенных отличий от предыдущего опыта не наблюдалось. Несколько сильнее выражены базофилия, утолщение и частота базофильных линий склеивания вокруг многочисленных питательных каналов в компактном слое (рис. 11).

Кроме того, несколько сильнее выражена мозаичность компактного слоя. Хорошо виден слой эндоста и остеокластов в широких межбалочных пространствах и остеобластов на границе с участками волокнистой соединительной ткани. Каких-либо четких признаков резорбции костной ткани не определялось.

Во второй опытной группе после проведения 10 процедур магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида костная ткань – с довольно гомогенным, оксифильным межучточным веществом почти без базофильных линий склеивания, с многочисленными питательными каналами. Последние умеренно расширены и выполнены клетками адвентиции кровеносных сосудов. Широкие лакуны губчатого вещества также

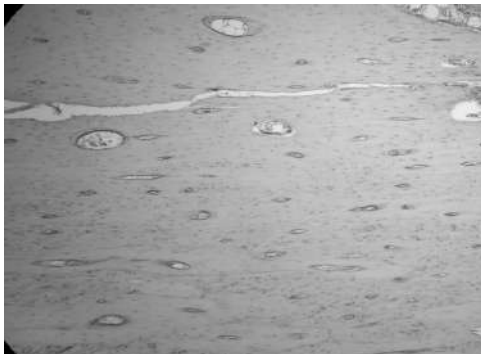


Рис. 11. Базофильные линии склеивания вокруг питательных каналов в компактном слое (окраска гематоксилином и эозином, ув. 40)
Fig. 11. Basophilic adhesion lines around nutrient channels in a compact layer (stained with hematoxylin and eosin, increase 40)

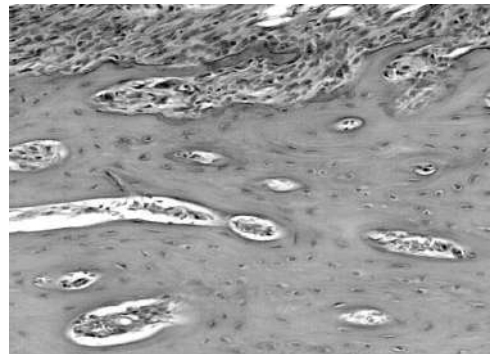


Рис. 12. Компактное вещество почти без базофильных линий склеивания с выраженной оксифилией, резорбцией клетками базального слоя надкостницы (окраска гематоксилином и эозином, ув. 100)
Fig. 12. Compact substance almost without basophilic adhesion lines with pronounced oxyphilia, resorption by cells of the basal layer of the periosteum (stained with hematoxylin and eosin, increase 100)

выполнены клетками эндоста. Умеренная пролиферация клеток периодонта, резорбирующих костное вещество. Граница с ним более ровная, ограничена базофильной линией. Реже клетки периодонта (типа одноядерных остеокластов) проникали в костную ткань глубже, образуя в ней причудливой формы дефекты (рис. 12).

Преимущественно наблюдалась клеточная резорбция костной ткани одноядерными остеокластами периодонта и надкостницы (рис. 13).

В третьей опытной группе после проведения 10 процедур магнитофореза 1,5%-ного раствора натрия йодида по сравнению с проведением 5 процедур заметно снижение базофилии костной ткани, больше по площади «поля» оксифилии. Линии склеивания слабее окрашивались гематоксилином, многие из них были широкими, с нечеткими контурами, как бы размытые. Сильнее выражена гиперемия костного мозга, очажки пролиферации клеток эндоста. Около них в костных балочках были гомогенные, сильно оксифильные «полоски» с четкой линией склеивания, ограниченные от остальной костной ткани. В этой оксифильной «полоске» были видны овальные с нежным хроматином клеточные ядра. Местами в нем находились углубления, «пустоты», ограниченные зернистым оксифильным межклеточным веществом или несколько уплощенными клетками эндоста (рис. 14). В отдельных кровеносных сосудах костного мозга содержались оксифильные гомогенные массы без форменных элементов, последние иногда лежали отдельно, «кучками» (сепарация эритроцитов и других форменных элементов от плазмы).

В компактном веществе оксифилия костной ткани была лучше выражена по ходу кровеносных сосудов и под надкостницей, иногда на значительных по длине участках. Поэтому можно предположить, что это результат довольно полной локальной деминерализации. На срезах, окрашенных по методу Ван-Гизона, отмечалось снижение интенсивности окраски кислым фуксином, местами кость приобретала почти розовый цвет с желтоватым оттенком. Это соответствовало районам оксифилии при окраске гематоксилином и эозином. В участках гиперемии, образования углублений (лакун-микрорезорбции) в костном веществе красный цвет костной балочки

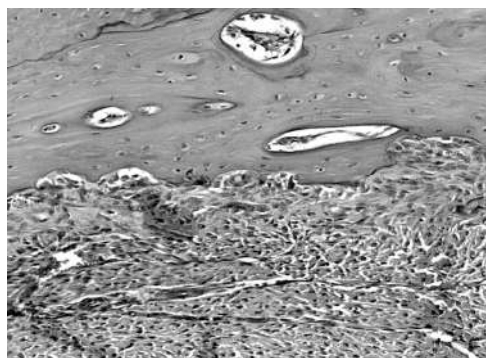


Рис. 13. Резорбция костной ткани клетками периодонта (окраска гематоксилином и эозином, ув. 100)
Fig. 13. Resorption of bone tissue by periodontal cells (stained with hematoxylin and eosin, increase 100)



Рис. 14. Выраженное лакунарное рассасывание костной ткани (окраска гематоксилином и эозином, ув. 200)
Fig. 14. Pronounced lacunar resorption of bone tissue (stained with hematoxylin and eosin, increase 200)



сменялся на желтый, линии склеивания исчезали. Ядра остеоцитов были вытянутые, уплощенные гиперхромные, реже более округлые, цитоплазма светлая, у многих клеток набухшая, почти не окрашивалась, клеточные границы – четкие, были видны многочисленные костные каналцы.

В первой опытной группе после проведения 15 процедур магнитофореза дистиллированной воды в компактном слое просматривались несколько расширенные многочисленные питательные каналы, четко ограниченные базофильными линиями склеивания, набухшие, отечные остециты. Слабее выражен эндост и наблюдалось меньшее количество остеобластов в сравнении с предыдущими опытами (5 и 10 процедур). Наблюдалось неравномерное расширение межбалочных пространств, некоторые из них были относительно крупные, но с умеренно толстыми костными балочками. В них и в компактном слое выражена мозаичность костного вещества. Внутренний слой костных балочек образован более молодой, с оксифильным межзубочным веществом, с выраженным слоем остеобластов костной тканью, отделенной от предсуществующих наружных слоев базофильной линией склеивания (рис. 15).

Во второй опытной группе после проведения 15 процедур магнитофореза калия йодида микроскопические изменения были довольно близки к тем, которые наблюдались в предыдущем эксперименте. Отличия состояли в следующем. Прежде всего обращала на себя внимание выраженная мозаичная структура компактного слоя с многочисленными базофильными линиями склеивания, базофилией межзубочного вещества стенок питательных каналов (рис. 16).

Данные изменения наиболее резко выражены вблизи участков резорбции одноядерными остеокластами со стороны надкостницы и периодонта, а также в костных балочках губчатого слоя; межбалочные пространства значительно расширены с резко гиперемированным костным мозгом (рис. 17), резорбцией костного вещества клетками эндоста (рис. 18).

Повышенный спонгиоз губчатого и частично компактного слоев также является отличием от предыдущих экспериментов. Наблюдалась участки компактного слоя

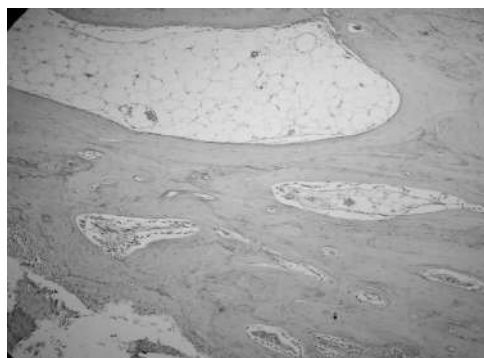


Рис. 15. Остеобластическое костеобразование на костной балочке в губчатом слое (окраска гематоксилином и эозином, ув. 90)
Fig. 15. Osteoblastic bone formation on the bone beam in the spongy layer (stained with hematoxylin and eosin, increase 90)

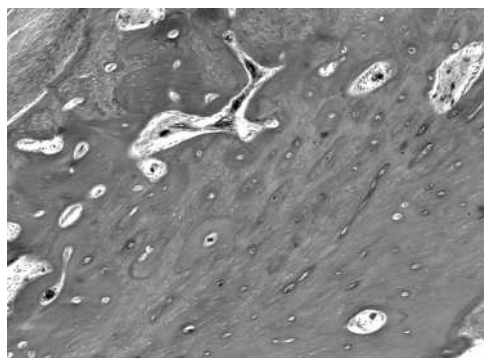


Рис. 16. Мозаичная структура компактного слоя (окраска по методу Ван-Гизона, ув. 40)
Fig. 16. Mosaic structure of the compact layer (stained according to Van-Gieson method, increase 40)

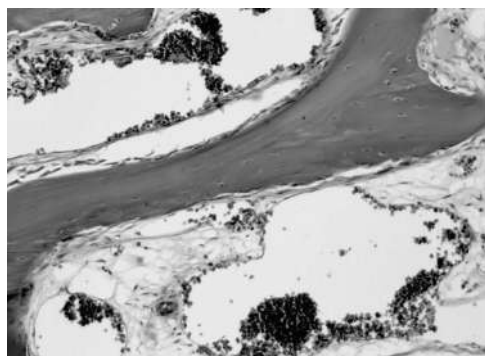


Рис. 17. Резкая активная гиперемия сосудов костного мозга, пролиферация клеток эндоста (окраска по методу Ван-Гизона, ув. 100)
Fig. 17. Sharp active hyperemia of bone marrow vessels, proliferation of endosteal cells (stained according to Van-Gieson method, increase 100)

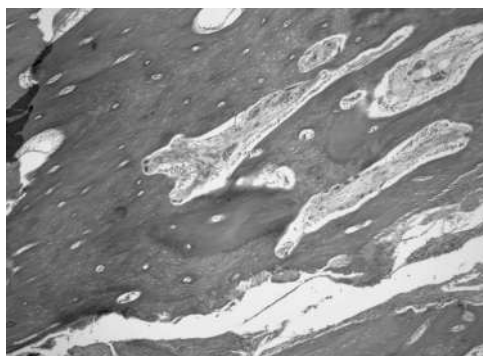


Рис. 18. Резорбция костного вещества клетками эндоста (окраска по методу Ван-Гизона, ув. 40)
Fig. 18. Bone resorption by endosteal cells (stained according to Van-Gieson method, increase 40)

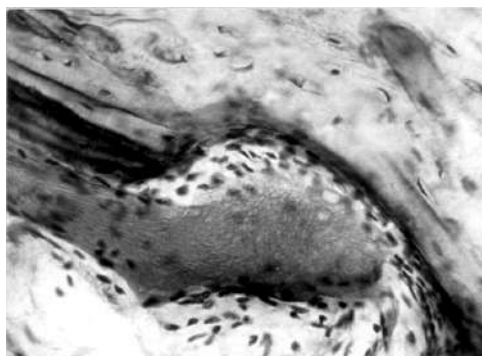


Рис. 19. Гиперемия, стаз в просвете сосуда, лежащего в лакуне костной балочки, отделенной от нее слоем клеток эндоста (окраска по методу Ван-Гизона, ув. 200)
Fig. 19. Hyperemia, stasis in the lumen of the vessel, lying in the gap of the bone beam, separated from it by a layer of endosteal cells (stained according to Van-Gieson method, increase 200)

с оксифилией межклеточного вещества с выявляемой фибриллярностью, определяемой окраской срезов по методу Ван-Гизона. Отмечались распространенный гиалиноз остецитов, вакуолизация цитоплазмы. Некоторые внутрикостные артерии были с сильно утолщенными стенками за счет преимущественно мышечного слоя и адвентиции.

В третьей опытной группе после проведения 15 процедур магнитофореза 1,5%-ного раствора натрия йодида микроскопическая картина почти не отличалась от проведения 10 процедур. Здесь можно отметить несколько большую пролиферацию клеток жирового костного мозга и эндоста, но в целом костный мозг оставался жировым с незначительной гиперемией его сосудов. Сильнее были выражены отек остецитов, неправильность формы их ядер, смазанность клеточных границ,



особенно в участках, покрытых мельчайшей базофильной «пылью», и гомогенного, оксифильного костного вещества. Часть этой базофильной «пыли» представляла собой расширенные, в виде «бусинок», костные каналы. В некоторых кровеносных сосудах – стаз, гемолиз эритроцитов, формирование красных тромбов. Иногда такие сосуды лежали в лакунах костных балочек, отделенных от них слоем пролиферирующих клеток эндоста (рис. 19).

Костное вещество в таких местах было оксифильное с «размытыми» слабо базофильными или исчезнувшими линиями склеивания. Последние местами на незначительном протяжении сохраняли четкие контуры и сильную базофилию. В компактном веществе было много прободающих каналов. Редко встречались очень тонкие костные балочки и очаговые кровоизлияния. Признаков остеобластического новообразования костной ткани не определялось.

Таким образом, на основании морфологических данных можно заключить, что магнитофорез дистиллированной воды не вызывал каких-либо заметных морфологических изменений в костной ткани челюсти животных. В отличие от воздействия магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида и 1,5%-ного раствора натрия йодида, что оказывает влияние на структурно-функциональное состояние костной ткани челюсти животных, вызывая в ней локальную прижизненную деминерализацию.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Магнитофорез 1,5%-ного раствора натрия йодида и 2%-ного раствора калия йодида оказывает влияние на структурно-функциональное состояние костной ткани челюсти путем временного снижения ее минеральной насыщенности, делает ее более пластичной, не вызывая при этом некротических изменений, костная ткань сохраняет свою жизнеспособность и способность к реминерализации.

Для получения прижизненной локальной деминерализации костной ткани челюсти у животных достаточно проведения 5–10 процедур магнитофореза 1,5%-ного раствора натрия йодида и не менее 10 процедур магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Rubnikov S.P., Mayzet A.I., Denisova Y.L., Bykova N.I. Influence of magnetotherapy on morphological changes in tissues of pathologically altered periodontium. *Med. vestnik. North Caucasus*, 2017;12(3):303–307.
2. Gunko T.I. *Magnetotherapy in experimental and clinical orthodontics*. Minsk: BSEU, 2012. 275 p.
3. Denisova Y.L. Experimental substantiation of the use of vacuum-laser therapy in the complex treatment of patients with periodontal diseases in combination with dentoalveolar abnormalities and deformations. *Military medicine*, 2013;1:103–107.
4. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental or other scientific purposes. ESTH № 23 from 18.03.1986. Strasburg, 1986. 14 p.
5. Mayzet A.I. The use of digital method for diagnostics occlusion of teeth and magnetotherapy in the orthopedic treatment of patients with partial adentia and periodontal diseases. *Dentistry. Aesthetics. Innovation*, 2019;3(2):156–166.
6. Persin L.S. *Orthodontics. Diagnostics and treatment of dentoalveolar abnormalities and deformations*. M.: GEOTAR-Media, 2015; 640 p.
7. Proffit U. *Modern orthodontics*. Moscow : MEDpress-inform, 2015; 560 p.
8. Ulashik V.S. *Magnetotherapy: theoretical foundations and practical application*. Minsk: Bel. nauka, 2015; 379 p.