

## **Изменения в костной ткани челюсти кроликов после проведения магнитофореза калия йодида различной концентрации**

*ГУ «Белорусский государственный медицинский университет»*

В экспериментальных условиях изучали влияние магнитофореза 1%, 2% и 3%-ного раствора калия йодида на костную ткань челюсти животных. Выявлено, что для получения клинического эффекта лучше применять 3%-ный раствор калия йодида и достаточно проведения 5 – 10 физиопроцедур.

Ключевые слова: магнитофорез, калия йодид.

В лечении зубочелюстных аномалий достигнуты определенные результаты (2, 4, 6), однако эта проблема актуальна и сегодня, поскольку распространенность данной патологии остается высокой, сроки лечения длительны, после которого нередко осложнения.

Многие авторы трудности ортодонтического лечения у взрослых связывают с анатомо-физиологическими особенностями сформированного прикуса (2, 6).

Учитывая то, что физические факторы в терапевтических дозировках не обладают токсичностью, не вызывают побочных эффектов, все шире применяются в различных областях медицины как самостоятельно, так и в комплексе, в сочетании с лекарственными веществами (3, 5, 7).

Поэтому нами разработана методика сочетанного воздействия магнитного поля и калия йодида, направленная на ослабление механической прочности костной ткани на период проведения ортодонтического лечения.

Цель работы — изучить влияние магнитофореза калия йодида различной концентрации на костную ткань альвеолярного отростка у животных, определить его оптимальную концентрацию и количество физиопроцедур для применения в клинической практике.

Материал и методы

Эксперимент провели на 21 кролике породы «шиншилла» в возрасте 9 – 11 месяцев с массой тела 2,9 – 3,1 кг, которые были распределены на три опытные группы по 6 животных в каждой и три было контролем. Всем животным опытных групп было проведено 5, 10 и 15 физиопроцедур магнитофореза калия йодида в области альвеолярного отростка, в проекции корней нижних центральных резцов по собственной методике.

В первой опытной группе магнитофорез проводили с 1%-ным раствором калия йодида, во второй — 2%, в третьей — 3% соответственно.

После окончания опыта для гистологического исследования снимали по 2 животных из каждой серии. Затем выпиливали фрагмент нижней челюсти с наружной и внутренней компактной пластинкой и губчатым веществом.

Срезы толщиной 10 – 15 мкм окрашивали гематоксилином и эозином и по методу Ван-Гизона, после чего проводили микроскопическое изучение препаратов.

Для анализа химического состава костной ткани челюсти у кроликов выделяли фрагмент компактной пластинки нижней челюсти 5 x 10 мм еще до морфологической проводки и осуществляли исследование методом резерфордовского обратного рассеяния легких ионов (РОР). В нашей работе использовали ускорительный, спектральный и вычислительный комплекс оборудования фирмы «High Voltage Engineering Corporation» (USA). В качестве анализирующего пучка использовали пучок  $He^+$  с энергией 1,5 МэВ. В исследованиях применяли кремниевый поверхностно-барьерный детектор, имеющий энергетическое разрешение — 12 эВ. Общее разрешение спектроскопического анализирующего тракта составляло — 15 кэВ [1]. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием пакета программ «Анализ данных» в среде Microsoft Excel 7,0. Достоверность результатов исследования оценивали по доверительным границам показателя к критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение.

По данным гистологических исследований в контрольной группе пластинчатая костная ткань была представлена умеренно базофильным межучточным веществом с заметными тонкими базофильными линиями склеивания. В фиброзно-жировом костном мозге наблюдалось небольшое количество клеточных элементов эндоста, некоторое неравномерное малокровие. Встречались редкие участки остеобластического костеобразования.

Встречались редкие участки остеобластического костеобразования.

В первой опытной группе после проведения 5 процедур магнитофореза 1%-ного раствора калия йодида. Структура костной ткани почти неотличима от нормы. Признаки прижизненной деминерализации выражены очень слабо. Встречались небольшие очажки гомогенизации и оксифилии межучточного вещества костной субстанции, несколько расширенные питательные каналы с базофильными стенками и реже — с гомогенными оксифильными, напоминающими остеоид, небольшая вакуолизация остеоцитов (рис. 1). Наиболее редко определялись мелкие очажки пучков коллагеновых волокон компактного вещества (рис. 2).

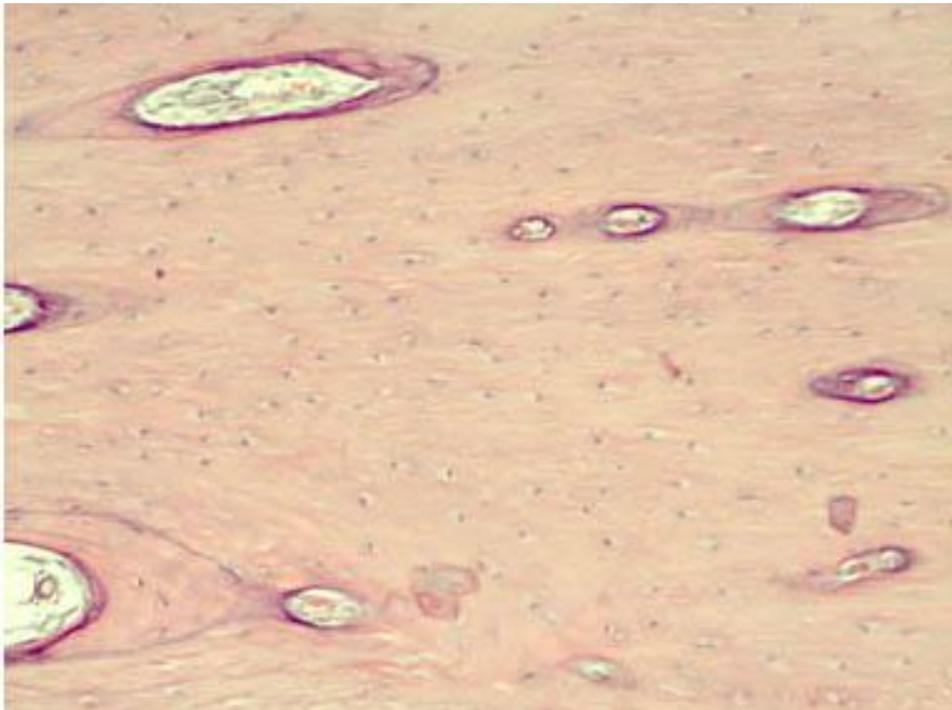


Рис. 1. Базофилия стенок некоторых питательных каналов, гомогенизация межклеточного вещества компактного слоя костной ткани, вакуолизация остецитов. I — опытная группа (5 процедур магнитофореза 1%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90

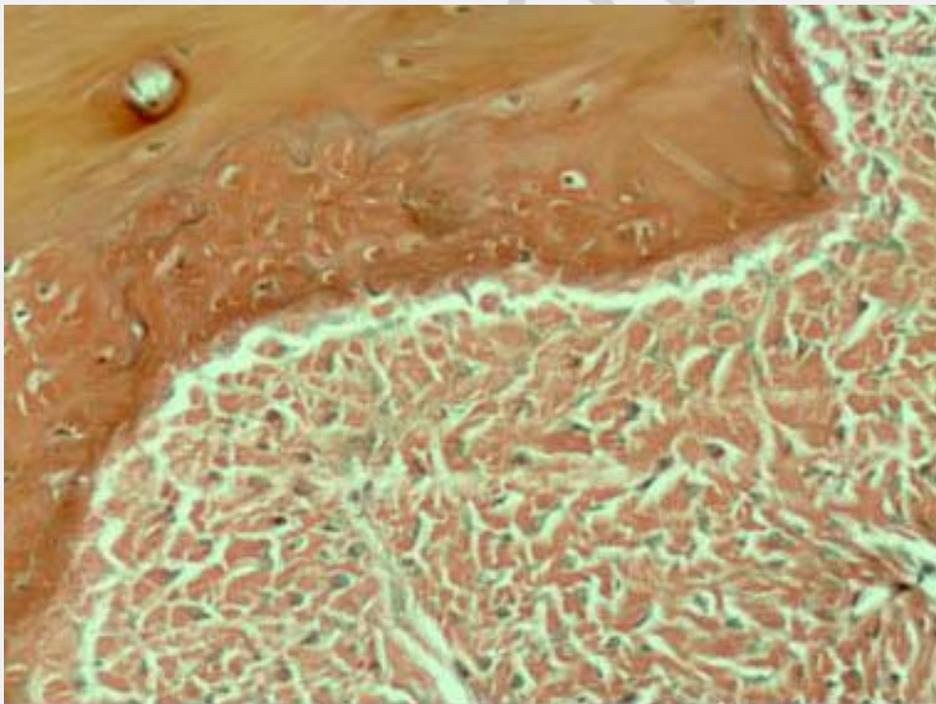


Рис. 2. Мелкий очаг пучков коллагеновых волокон на месте деминерализации и резорбции части органического компонента костной ткани. I — опытная группа (5 процедур магнитофореза 1%-ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200.

Во второй опытной группе, после проведения пяти процедур магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида компактное вещество с выраженной мозаичной структурой, с умеренно базофильным межклеточным веществом. Широкие межклеточные пространства в губчатом слое. Очень тонкие костные балочки. Активная гиперемия жирового костного мозга. Ткань периодонта сильно гиперлазирована, широким пластом врастала в костную ткань, которая на границе с ним резко базофильная с многочисленными линиями склеивания, последние определялись во многих костных балочках губчатого вещества (рис. 3). Крупные остециты с гиперхромными ядрами и светлой цитоплазмой, местами близко лежали от базофильных стенок относительно редких питательных каналов и линий склеивания. Некоторые питательные каналы — широкие с многочисленными клетками адвентиции, другие почти неотличимы от межклеточных пространств губчатого вещества. Это как бы смазывало границу между компактным и губчатым веществом. В части очень широких межклеточных пространств с острым костным мозгом лежали островки костной ткани (рис. 4), вероятно, участки попавших в срез тонких костных балочек. В целом — перестраивающаяся костная ткань с относительно хорошо сохранившимся компактным веществом с мозаичной структурой, начинающимся рассасыванием, вероятно, путем галистереза сильно проявляющегося со стороны губчатого вещества и костной резорбции — клетками периодонта, преимущественно одноклеточными остеокластами. На границе и вблизи клеточной резорбции происходили накопления базофильной субстанции, вероятно, минерального состава (рис. 5), гиалиноподобное изменение остецитов (рис. 6), вакуолизация цитоплазмы, пикноз ядер. Гигантские многоклеточные остеокласты не обнаружены.

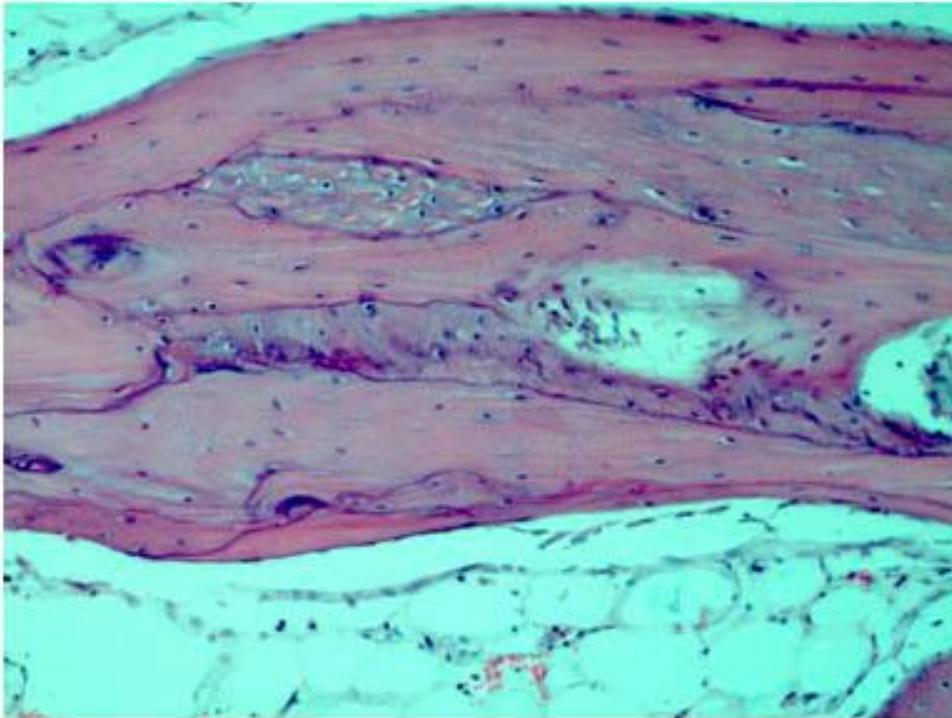


Рис. 3. Базофильные линии склеивания (мозаичность) в костной балочке. II — опытная группа (5 процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

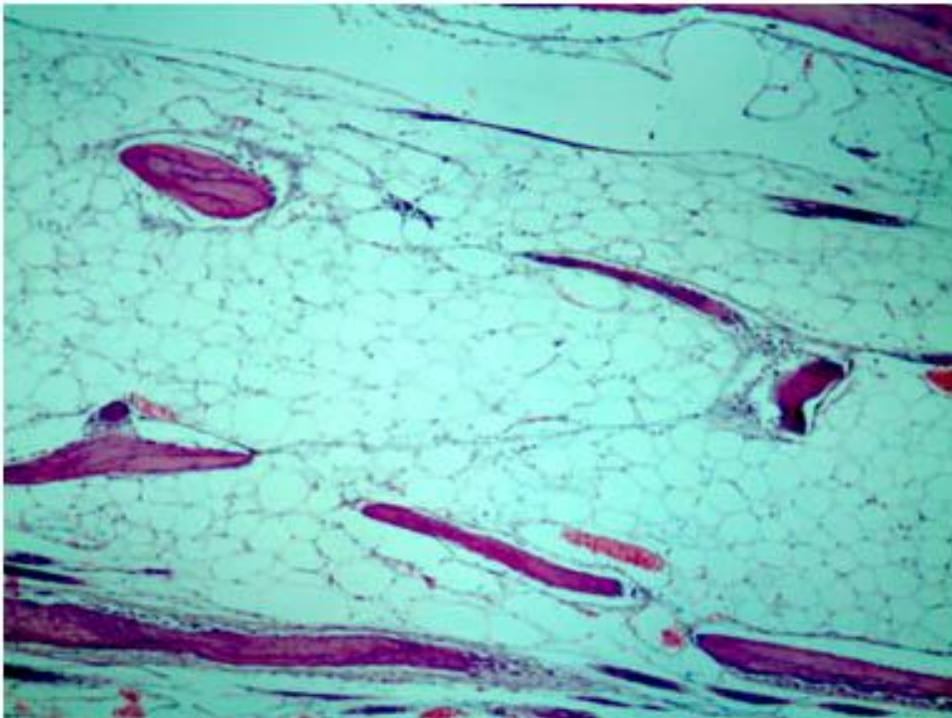


Рис. 4. «Островки» костной ткани в отечном костном мозге. II — опытная группа (5 процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 40.

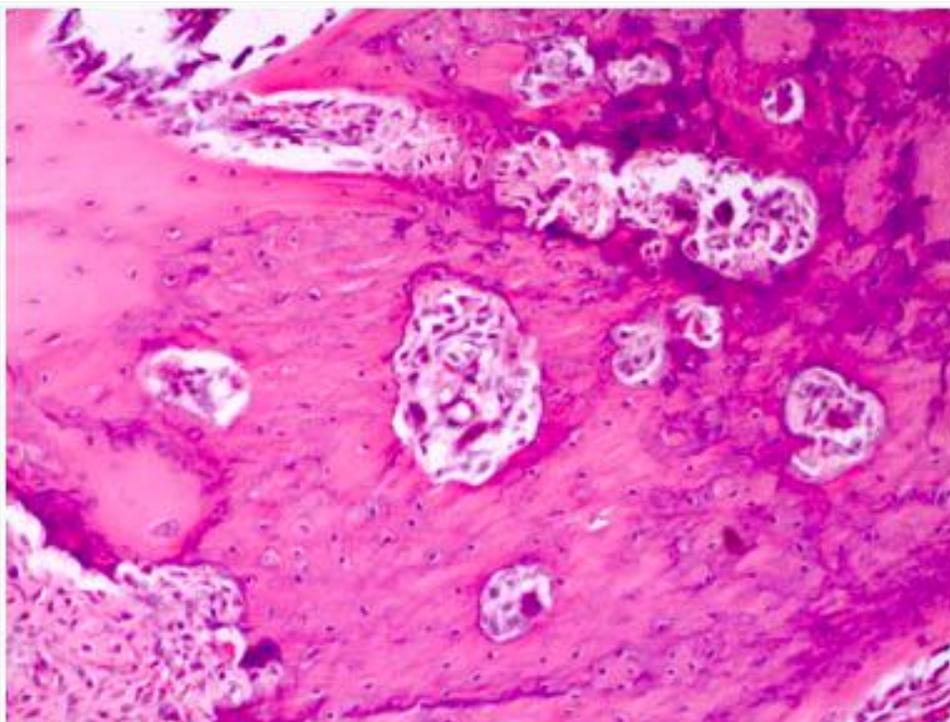


Рис. 5. Резорбция костного вещества одноядерными остеокластами. II — опытная группа (5 процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

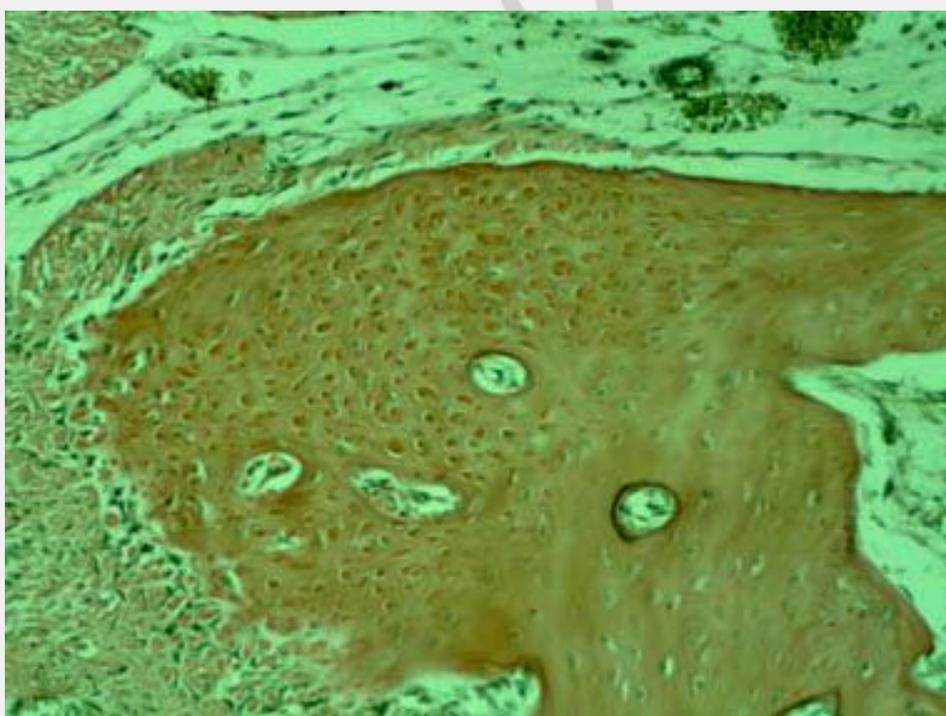


Рис. 6. Гиалиноподобное изменение остеоцитов. II — опытная группа (5

процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 90.

В третьей опытной группе, после проведения пяти процедур магнитофореза 3%-ного раствора калия йодида наблюдалась компактная пластинка с гомогенным, оксифильным межзубочным веществом, мозаичностью в некоторых участках на границе с надкостницей (рис. 7). Со стороны последней — отсутствие или участки слабо выраженной резорбции костной ткани. Несколько расширенные питательные каналы с отеком адвентиции. У некоторых каналов имелись в стенке участки гомогенного оксифильного вещества, напоминающего остеоид, но без остеобластов. У других питательных каналов стенки их базофильные, в виде узкой полоски. Остеоциты были с гиперхромными ядрами и светлой цитоплазмой. Очень широкие, неправильной формы лакуны губчатого вещества, с гиперемизированным, часто отеком, бедным клетками жировой костный мозг. Эндост содержал мало клеточных элементов, располагающихся в 1 – 2 слоя отечных клеток. Была выраженная активная гиперемия сосудов надкостницы. Граница костной ткани с неутолщенным периодонтом была ровная, без выраженных признаков резорбции костной ткани.

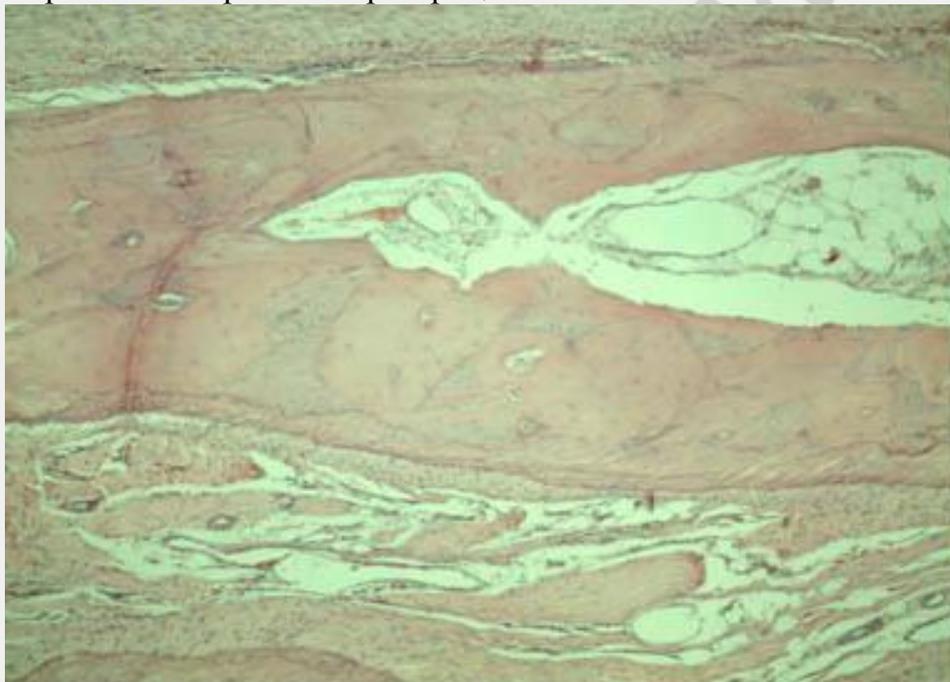


Рис. 7. Сохранившаяся мозаичность компактной пластинки на границе с надкостницей. III — опытная группа (5 процедур магнитофореза 3%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

В первой опытной группе после проведения 10 процедур магнитофореза 1%-ного раствора калия йодида состояние костной ткани сходно было с таковым в предыдущем эксперименте, но здесь признаки действия физико-фармакологического воздействия выражены сильнее, они заметно обширнее и более многочисленны. Наиболее четко эти изменения выражены в появлении

больших участков замещения соединительной тканью костной (рис. 8); и заметного спонгиоза компактного слоя (рис. 9).

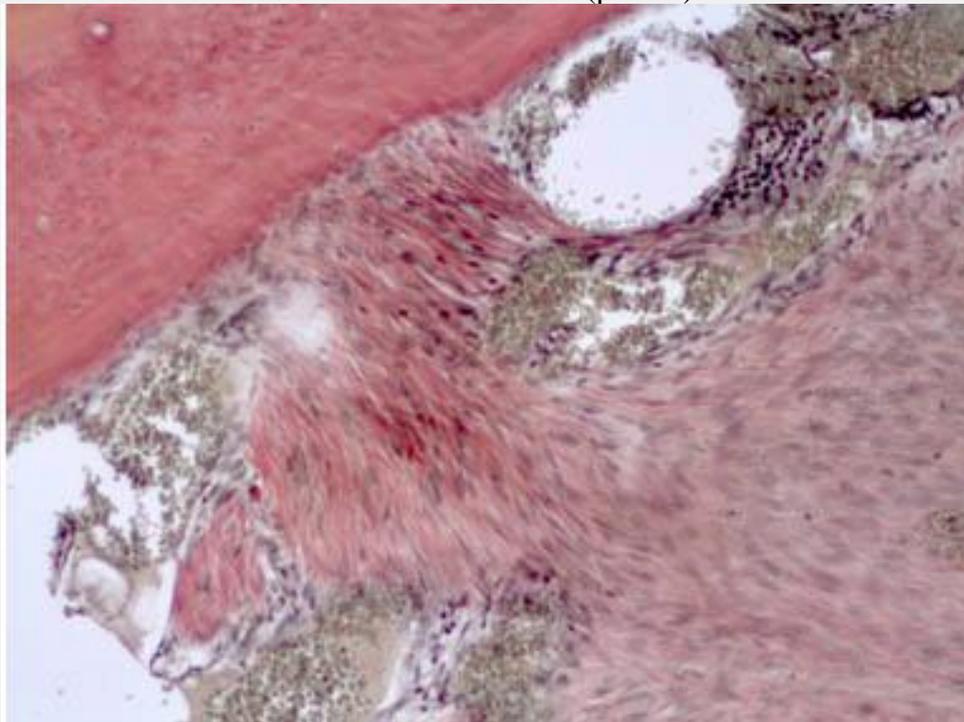


Рис. 8. Обширное замещение соединительной тканью компактного костного вещества. I — опытная группа (10 процедур магнитофореза 1% -ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200.



Рис. 9. Увеличение количества и диаметра питательных каналов (начинающийся

«спонгиоз» компактного слоя). I — опытная группа (10 процедур магнитофореза 1%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

Во второй опытной группе после проведения 10 процедур магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида костная ткань с довольно гомогенным, оксифильным межзубочным веществом почти без базофильных линий склеивания (рис. 10) с довольно многочисленными питательными каналами, умеренно расширенными и выполненными клетками адвентиции кровеносных сосудов, как и широкие лакуны губчатого вещества, занятые также клетками эндоста. Умеренная пролиферация клеток периодонта, резорбирующих костное вещество, граница с ним более ровная, ограничена базофильной линией. Реже клетки периодонта, типа одноядерных остеокластов, проникали глубже в костную ткань, образуя причудливой формы дефекты в последней (рис. 11). Преимущественно наблюдалась клеточная резорбция костной ткани одноядерными остеокластами периодонта и надкостницы.

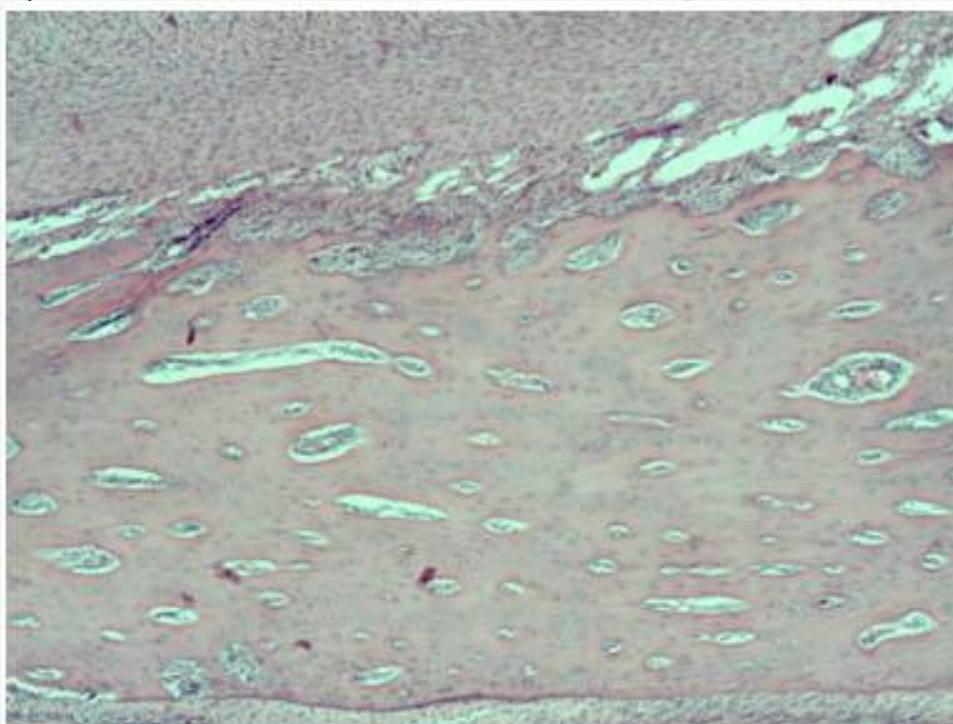


Рис. 10. Компактное вещество почти без базофильных линий склеивания с выраженной оксифилией, резорбцией клетками базального слоя надкостницы. II — опытная группа (10 процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

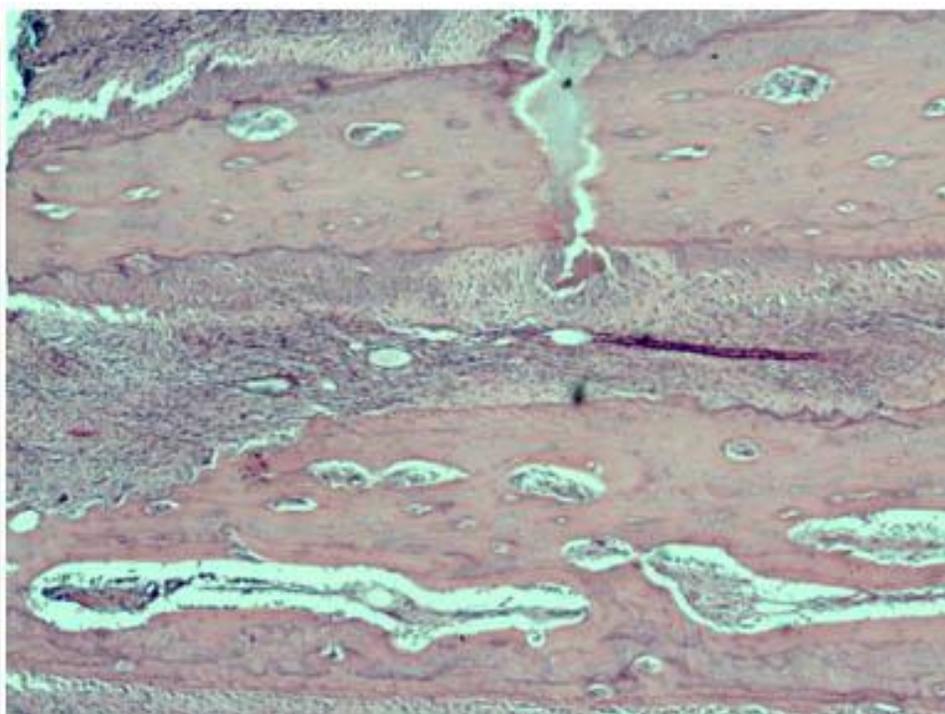


Рис. 11. Резорбция костной ткани клетками периодонта. II — опытная группа (10 процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

В третьей опытной группе после проведения 10 процедур магнитофореза 3%-ного калия йодида были некоторые отличия в состоянии компактного слоя в сравнении с предыдущим экспериментом. Здесь были более обширные участки оксифилии, гомогенизации, без линий склеивания, с нерасширенными питательными каналами. В других местах имелись слабо базофильные, как бы размытые линии склеивания, иногда лежащие в несколько слоев, чаще на границе с надкостницей, губчатым слоем, в стенках части питательных каналов, некоторые из них сильно были расширены, напоминали полости губчатого слоя («спонгиоз» компактного слоя) (рис. 12). Остеоциты хорошо определялись благодаря укрупненным, гиперхромным ядрам и довольно обильной светлой цитоплазме, небольшие участки пустых лакун остеоцитов. Губчатый слой нечетко отличался от компактного, но все же имел очень крупные, неправильной формы костномозговые полости с гиперемированным жировым костным мозгом, частью сильно отечным, слабозаметным эндостом. Обширные участки разрастания соединительной ткани из тесно прилежащих друг к другу веретенообразных клеток, с редкими кровеносными сосудами. Она вращалась в полости губчатого слоя, замещая костную ткань (рис. 13). Выраженной пролиферативной активности клеток базального слоя надкостницы и периодонта не отмечалось. Встречались участки соединительной ткани, резко отличающейся от выше описанной многоклеточной: которая представляла скопления пучков коллагеновых волокон, лежащих без видимого порядка, хаотично, почти без клеток. Вероятно, эта ткань — результат деминерализации и частичного «ухода» органической части межучточной субстанции костной ткани с обнажением пучков

коллагеновых волокон, что часто наблюдалось по краям более массивных скоплений коллагеновых волокон (рис. 14).

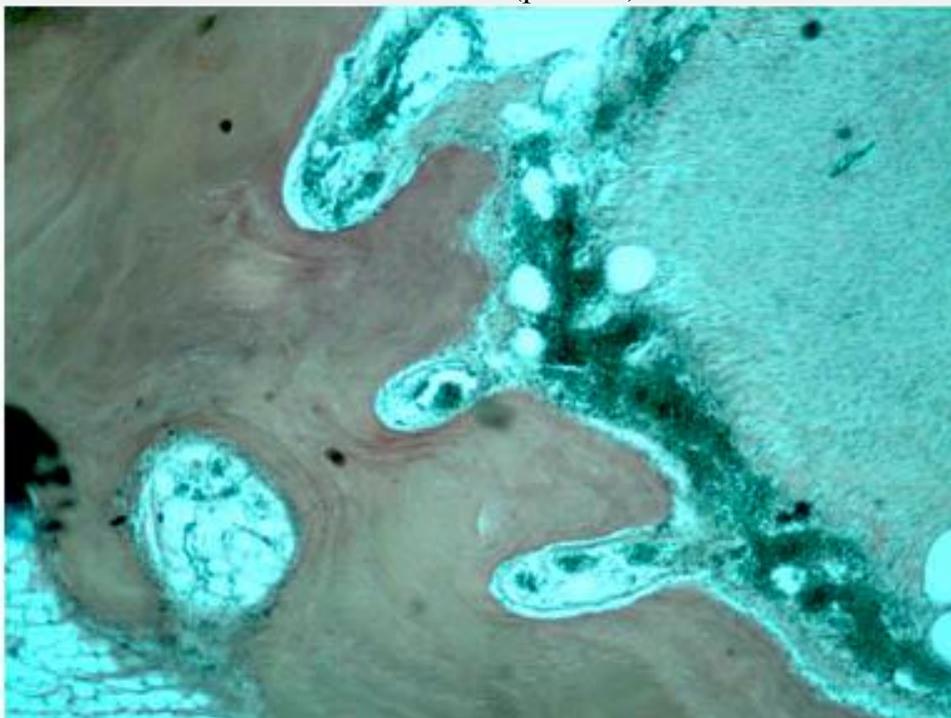


Рис. 12. Спонгиоз компактного слоя, резкая гиперемия. III — опытная группа (10 процедур магнитофореза 3%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

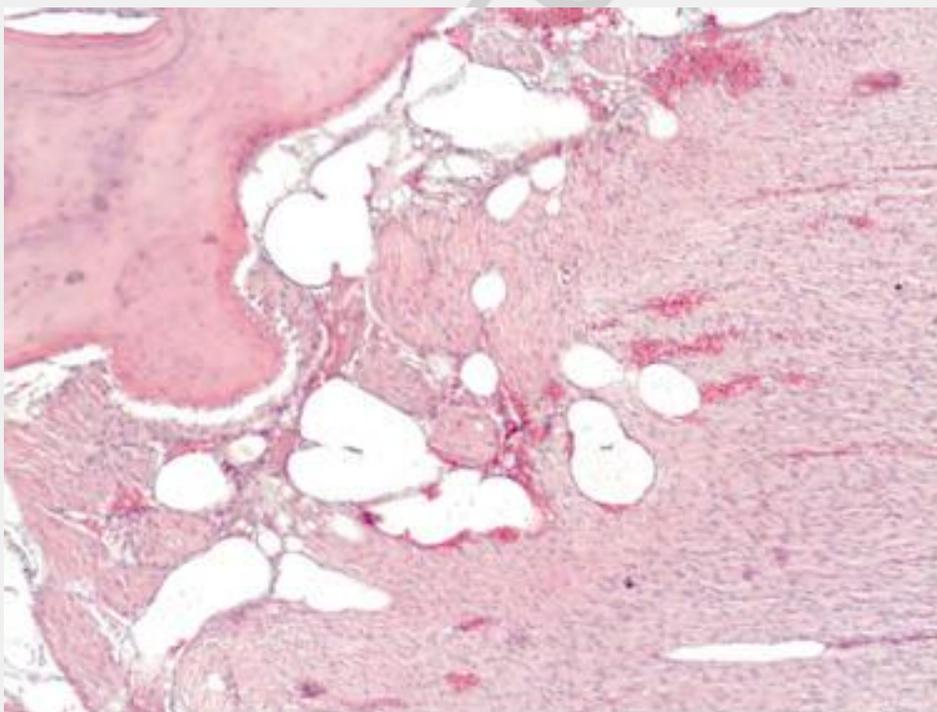


Рис. 13. Замещение губчатого слоя волокнистой соединительной тканью. III — опытная группа (10 процедур магнитофореза 3%-ного раствора КJ). Окраска

гематоксилином и эозином. Ув. 90.

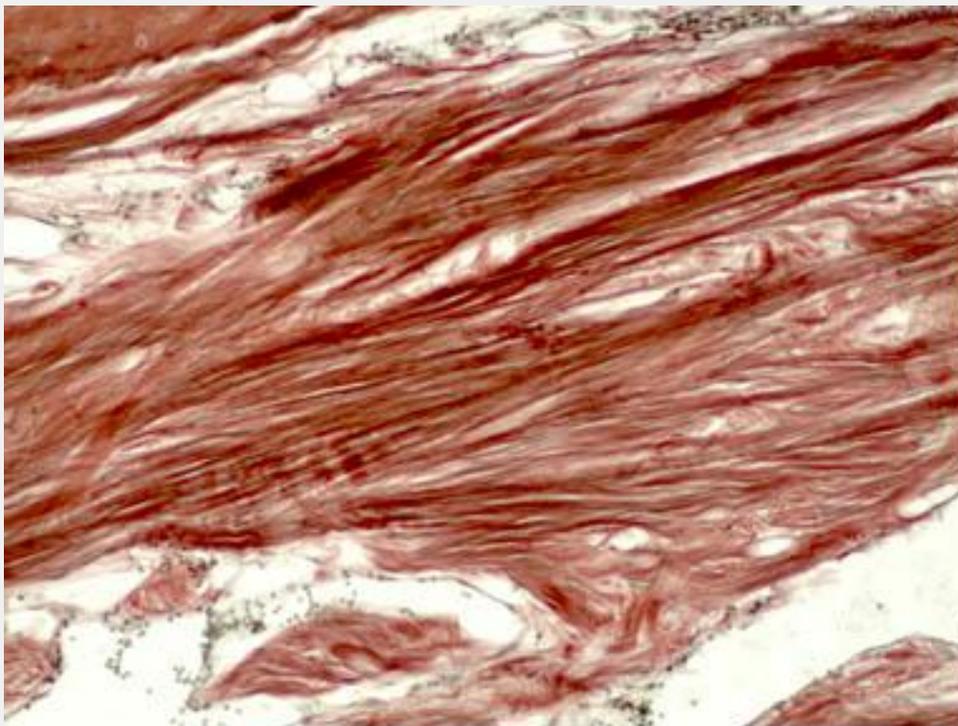


Рис. 14. Очаговое «оголение» коллагеновых волокон межпозвонковой субстанции компактного слоя. III — опытная группа (10 процедур магнитофореза 3%-ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200.

В первой опытной группе — четко определяется декальцинация костной ткани: признаки ее по сравнению с предыдущими экспериментами здесь выражены заметнее, минеральные вещества в виде пучков волокон (рис. 15), базофильные зерна скапливаются у надкостницы. Некоторые расширенные питательные каналы соединялись с костномозговыми каналами губчатого вещества (рис. 16).

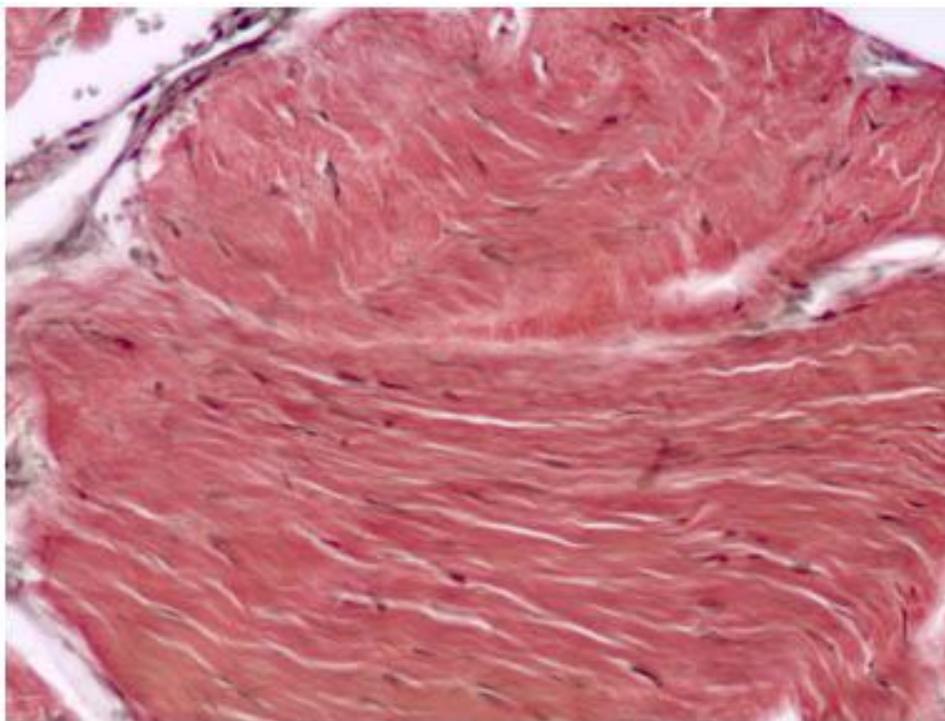


Рис. 15. Базофилия пучков коллагеновых волокон костной ткани. I — опытная группа (15 процедур магнитофореза 1%-ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200.

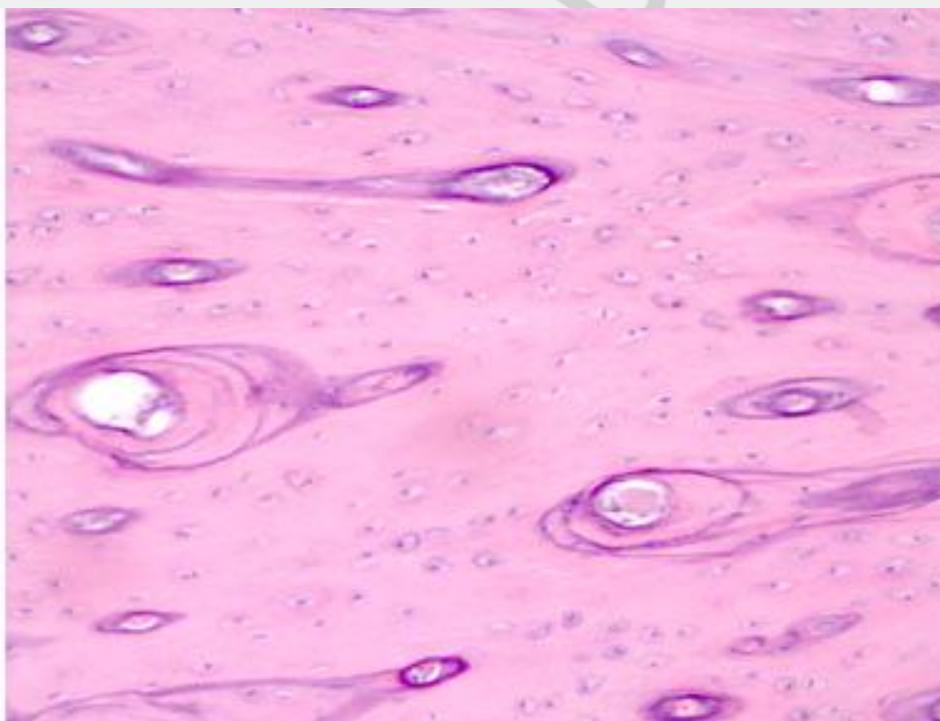


Рис. 16. Прогрессирующий спонгиоз костной ткани. I — опытная группа (15 процедур магнитофореза 1%-ного раствора КJ). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 90.

Во второй опытной группе после проведения 15 процедур магнитофореза 2%-ного раствора калия йодида микроскопические изменения довольно близки были к тем, которые наблюдались в предыдущем эксперименте. Отличием здесь были следующие детали. Прежде всего обращало внимание выраженная мозаичная структура компактного слоя с многочисленными базофильными линиями склеивания, базофилией межучточного вещества, стенок питательных каналов (рис. 17). Эти изменения наиболее резко выражены вблизи участков резорбции одноядерными остеокластами со стороны надкостницы и периодонта, а также в костных балочках губчатого слоя; межбалочные пространства сильно расширены с резко гиперемированным костным мозгом (рис. 18), резорбцией костного вещества клетками эндоста (рис. 19). Повышенный спонгиоз губчатого и частично компактного слоев — отличие от предыдущих экспериментов. Наблюдались участки компактного слоя с оксифилией межучточного вещества с выявляемой фибрилярностью, определяемой окраской срезов по методу Ван-Гизона. Здесь же распространенный гиалиноз остеоцитов, вакуолизация цитоплазмы. Некоторые внутрикостные артерии с сильно утолщенными стенками за счет преимущественно мышечного слоя и адвентиции.

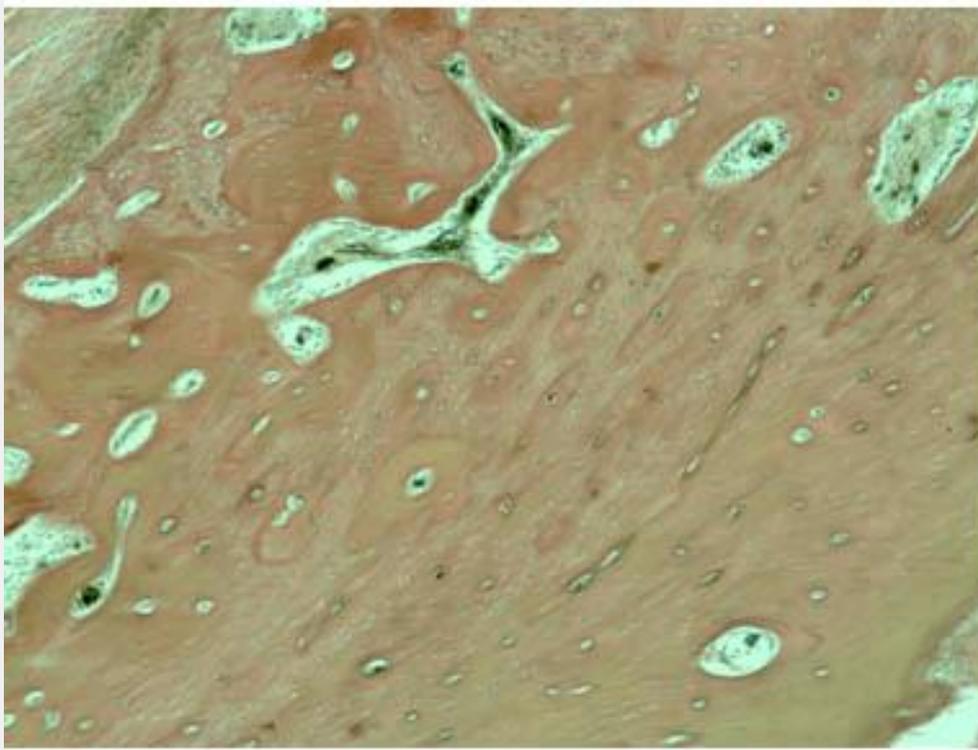


Рис. 17. Мозаичная структура компактного слоя. II — опытная группа (15 процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200.

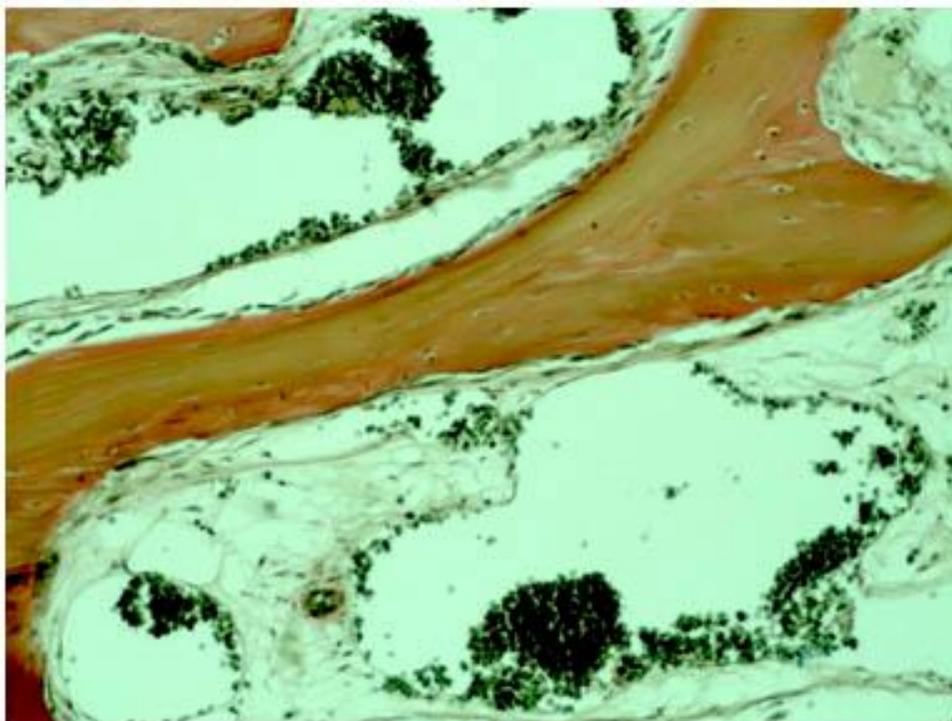


Рис. 18. Резкая активная гиперемия сосудов костного мозга, пролиферация клеток эндоста. II — опытная группа (15 процедур магнитофореза 2%-ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 90.



Рис. 19. Почти бесклеточные куски, беспорядочно лежащих коллагеновых

волокон. III — опытная группа (15 процедур магнитофореза 3%-ного раствора КJ). Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200.

В третьей опытной группе после такого же количества процедур магнитофореза 3%-ного раствора калия йодида были обширные изменения костной ткани, особенно компактного слоя. Распространенная эозинофилия межучасточного вещества, базофилия стенок, частью неравномерно расширенных питательных каналов, базофильные участки и базофильные линии склеивания на границе с надкостницей. Фибриллярная структура, «оголение» коллагеновых волокон компактного слоя, большие поля почти хаотично переплетающихся пучков коллагеновых волокон с очень редкими фибробластами и фиброцитами (рис. 19). Местами в эту, почти бесклеточную массу коллагеновых волокон вращалась более богатая клетками и гиперемированными кровеносными сосудами соединительная ткань. Остециты были с отежной цитоплазмой, многие лакуны их пусты. Адвентиция кровеносных сосудов многих питательных каналов отежна, пролиферирующие клетки ее вращались в окружающее костное вещество. Сходное изменение отмечалось и со стороны эндоста сильно расширенных костномозговых пространств губчатого слоя, многие питательные каналы окружены были толстым, неравномерным слоем оксифильного гомогенного вещества.

Результаты исследований элементного состава костной ткани челюсти кроликов в контрольной и опытной группах представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание основных элементов костной ткани челюсти кроликов,  $M \pm m$

Группа	Кол-во процедур	Концентрация, атом %				
		Ca	P	O <sub>2</sub>	C	Другие элементы
1	2	3	4	5	6	7
	5	13,60*±0,15	11,75±0,21	35,29±5,19	31,47±6,12	7,89±1,30
	10	11,45*±0,31	10,56*±0,11	37,14±3,49	35,46±5,22	5,39*±8,1
	15	10,31*±0,17	8,20*±0,24	38,45±4,61	34,19±4,38	8,85±1,15
	5	13,10*±0,12	11,30±0,14	36,54±4,61	33,54±5,36	5,55*±1,16
	10	11,12*±0,15	10,31*±0,20	36,45±5,17	37,16±4,43	4,96*±0,67
	15	9,21*±0,10	8,15*±0,10	37,65±4,32	40,27±3,64	4,72*±0,93
	5	12,25*±0,10**	10,22*±0,11**	35,50±5,24	32,10±6,20	9,93±1,52
	10	9,21*±0,13**	9,20*±0,15**	37,64±4,31	39,57±3,27	4,38±1,06
	15	8,35*±0,20**	7,01*±0,10**	36,65±5,53	41,32±4,25	6,67±0,95
Контроль		15,01±0,20	12,0±0,40	29,50±2,20	33,50±2,50	9,02±1,01

Примечание: \* – различия показателей элементов костной ткани челюсти статистически достоверны ( $P < 0,05 - 0,001$ ) по сравнению с контролем; \*\* – различия показателей статистически достоверны ( $P < 0,05 - 0,01$ ) между опытными группами.

Из анализа данных таблицы 1 установлено, что в первой опытной группе статистически достоверное снижение кальция и фосфора по сравнению с контролем в 1,1 раза ( $P < 0,01$ ) после 5 процедур магнитофореза 1%-ного раствора калия йодида, снижение кальция после 10 процедур в 1,3 раза ( $P < 0,001$ ), а также снижение кальция и фосфора после 15 процедур в 1,5 раза ( $P < 0,001$ ). Произошло и достоверное снижение других элементов в 1,7 раза ( $P < 0,05$ ) в этой группе по сравнению с контролем.

Во второй опытной группе, где проводили магнитофорез 2%-ного раствора калия йодида кальций снижен после 5 процедур по сравнению с контролем в 1,15 раза ( $P < 0,01$ ), после 10 процедур кальций ниже в 1,35 раза ( $P < 0,001$ ), фосфор — в 1,16 раза ( $P < 0,01$ ), после 15 процедур кальций и фосфор снижен в 1,5 раза ( $P < 0,001$ ).

В третьей опытной группе после проведения 5 процедур магнитофореза 3%-ного раствора калия йодида кальций и фосфор снижены в 1,2 раза ( $P < 0,01$ ) по сравнению с контролем. После 10 процедур кальций снижен в 1,6 раза ( $P < 0,001$ ), а фосфор — в 1,3 раза ( $P < 0,001$ ), после 15 процедур кальций ниже в 1,6 раза ( $P < 0,001$ ), фосфор — в 1,7 раза ( $P < 0,001$ ) в третьей опытной группе по сравнению с контролем.

При сравнении этих показателей между опытными группами отмечается следующее. Так, в третьей опытной группе кальций и фосфор ниже в 1,1 раза ( $P < 0,001$ ) по сравнению со второй опытной после 5 физиопроцедур. Достоверно снижено в третьей группе по сравнению с первой группой и после 10 процедур магнитофореза кальций в 1,24 раза ( $P < 0,001$ ), фосфор — в 1,15 раза ( $P < 0,001$ ). Эта динамика в третьей группе сохраняется и после 15 процедур, кальций ниже в 1,23 раза ( $P < 0,001$ ), фосфор — в 1,17 раза ( $P < 0,001$ ) по сравнению с первой опытной группой.

В третьей опытной группе достоверны ниже содержание основных элементов костной ткани по сравнению со второй опытной группой. Так, кальций ниже в 1,07 раза ( $P < 0,01$ ), фосфор — в 1,1 раза ( $P < 0,001$ ) после 5 процедур, после 10 процедур кальций в третьей группе ниже в 1,2 раза ( $P < 0,01$ ), фосфор — в 1,12 раза ( $P < 0,01$ ), после 15 физиопроцедур кальций ниже в 1,1 раза ( $P < 0,01$ ), фосфор — в 1,16 раза ( $P < 0,001$ ) по сравнению со второй опытной группой.

#### Заключение

На основании данных микроскопического исследования и определения элементного состава костной ткани челюсти животных можно заключить, что магнитофорез калия йодида во всех применяемых концентрациях (1%, 2% и 3%) вызывал локальную прижизненную деминерализацию костной ткани челюсти у кроликов. По степени выраженности деминерализующего эффекта в зависимости от концентрации калия йодида можно расположить в следующей последовательности 3%, 2% и 1%-ный раствор калия йодида. С увеличением количества процедур эффект усиливается. Полученная локальная деминерализация не вызывала некротических изменений, костная ткань челюсти животных сохраняла свою жизнеспособность и, следовательно, возможность к

восстановлению.

#### Выводы

- Для получения локальной прижизненной деминерализации костной ткани челюсти у экспериментальных животных при помощи магнитофореза целесообразно использовать раствор калия йодида 3%-ной концентрации и достаточно проведения 5 – 10 физиопроцедур.
- Прижизненная локальная деминерализация костной ткани челюсти животных, полученная при помощи магнитофореза калия йодида, не вызывает патологических изменений, костная ткань сохраняет свою жизнеспособность и возможность к рекальцинации.
- Полученные на экспериментально-биологической модели положительные результаты позволяют рекомендовать данный метод для лечения зубочелюстных аномалий сформированного прикуса в клинике.

#### Литература

1. Комаров, Ф. Ф. Неразрушающийся анализ поверхности твердых тел ионными пучками / Ф. Ф. Комаров, М. А. Кумахов, И. С. Ташлыков. Минск: Изд-во Университетское, 1987. 256 с.
2. Наумович, С. А. Диагностика и комплексное лечение вертикальных аномалий зубочелюстной системы / С. А. Наумович, И. И. Гунько, Г. А. Берлов. Минск: БГЭУ, 2001. 118 с.
3. Справочник врача-стоматолога по лекарственным препаратам: учеб. пособие / под ред. Ю. Д. Игнатъева. СПб.: Изд-во Фолиант, 2005. С. 309–311.
4. Токаревич, И. В. Способы дистализации верхних постоянных клыков при лечении зубочелюстных аномалий / И. В. Токаревич, Д. В. Хандогий // Современная стоматология. 2008. № 4. С. 28–31.
5. Улащик, В. С. Физико-фармакологические методы в современной физиотерапии / В. С. Улащик // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2000. № 5. С. 3–8.
6. Хорошилкина, Ф. Я. Ортодонтия. Комплексное лечение зубочелюстных аномалий: ортодонтическое, хирургическое, ортопедическое / Ф. Я. Хорошилкина. М., 2001. 174 с.
7. Ораикб, К. Magnetostymulacja w leczeniu powikton stomatologicznych / К. Ораикб, А. Дојс, М. Лесиакавски // Prz. Elektrotechn. 2005. № 12. Р. 81–83.