

## **Сравнительная морфологическая оценка костной ткани челюсти кролика после воздействия ультразвуком низкой частоты по данным световой микроскопии**

Представлены данные о морфологическом строении костной ткани челюсти кролика после воздействия ультразвуком низкой частоты

Ключевые слова: ультразвук низкой частоты, костная ткань, челюсть, морфология.

S. V. IVASHENKO, G. A. BERLOV

Comparative morphological evaluation of mandibular bone tissue of rabbit after exposure to low-frequency ultrasound according to light microscopy

Presents data on the morphological structure of the mandibular bone of rabbit after exposure of low-frequency ultrasound

Key words: low-frequency ultrasound, bone tissue, mandible, morphology

Ортодонтическое лечение у взрослых затруднено в связи с увеличением плотности компактной пластинки и губчатого вещества костной ткани челюсти, снижением ее пластичности, ослаблением обменных процессов. Разработано много различных методов инвазивного и неинвазивного воздействия на костную ткань с целью оптимизации ортодонтического лечения. Ни у кого не вызывает сомнения, что хорошего результата ортодонтического лечения у взрослых можно добиться только при комплексном подходе [1,4]. Ослабить костную ткань и сделать её более податливой к перемещению зубов можно воздействуя на костный матрикс и содержание в ней кальция и фосфора. Одним из путей решения данной проблемы является применение низкочастотного ультразвука. Он оказывает разностороннее биологическое действие: вызывает микромассаж клеточных структур, тепловой эффект, физико-химические изменения и др. Озвучивание низкочастотным ультразвуком повышает проницаемость клеточных мембран, улучшает проницаемость и введение лекарственных веществ [5-10]. Нами установлено, что физиологическое и лечебное действие этого физического фактора не только заметно различается, но и существенно зависит от частоты и интенсивности ультразвука [2,3].

Цель исследования провести сравнительную оценку морфологического состояния костной ткани в зависимости от частоты применяемого ультразвука.

Материал и методы

Эксперимент проведен на 73 кроликах породы шиншилла одинакового веса и возраста. Кроликов разделили на восемнадцать групп. Две контрольные по 9 и одна- 10 особей и пятнадцать опытных- по 3 особи в каждой. В первой- третьей опытных группах проводили озвучивание костной ткани и слизистой альвеолярного отростка нижней челюсти в области центральных резцов ультразвуком частотой 22 кГц до десяти минут по 5,10 и 15 процедур соответственно. В четвертой- шестой опытных группах проводили озвучивание костной ткани и слизистой в этой же области ультразвуком частотой 44 кГц, в седьмой- девятой опытных группах ультразвуком частотой 60 кГц, в десятой- двенадцатой опытных группах проводили озвучивание частотой 80 кГц и в тринадцатой- пятнадцатой опытных группах проводили озвучивание в этой же области ультразвуком частотой 100 кГц до десяти минут, также по 5,10 и 15 процедур соответственно. Интенсивность ультразвука составляла 0,4 Вт/см<sup>2</sup> во всех опытах.

Животные находились на стандартном рационе вивария. После окончания опыта для гистологического исследования брали фрагмент нижней челюсти с наружной и внутренней компактной пластинками и губчат-ым веществом, фиксировали в 10%-ном растворе

формалина, затем декальцинировали в 7%-ном растворе азотной кислоты, заливали в целлоидин. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином, а также по методу Ван-Гизона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт № 1(22кГц, 5 процедур)

Умеренная гиперемия костной ткани. Заметное изменение межучточного вещества, лучше выявлявшееся окраской по методу Ван-Гизона: довольно обширные участки красного цвета без резкой границы переходили в более бледно окрашивающиеся в жёлтый цвет поля. Это придавало «пёстрый» вид основным структурам костной ткани (рис.1А). Редко встречалось выявление коллагеновых волокон на некотором протяжении в костной ткани, как бы проявление очаговой декальцинации (рис.1Б). Определялись многочисленные базофильные линии склеивания, проходившие в различных направлениях. Особенно чётко они были выражены вокруг гаверсовых и питательных каналов, что в целом придавало резкую мозаичность как компактному слою, так и костным балочкам губчатого. Расширение части межбалочных пространств.

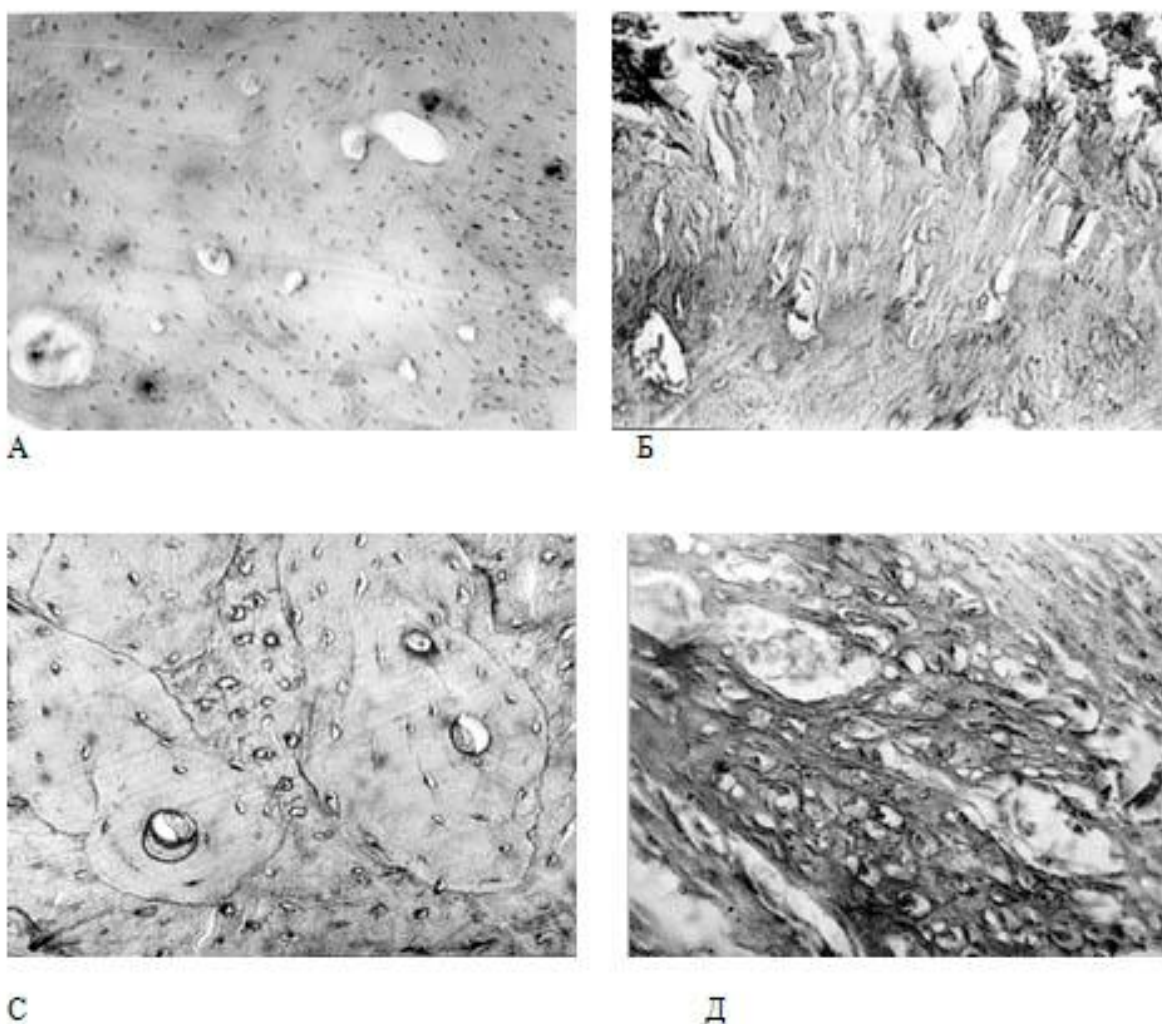


Рисунок 1. Морфологическая картина костной ткани после воздействия ультразвуком частотой 22 кГц

А.- Неравномерная окрашиваемость межучточного вещества костной ткани. Опыт 22 кГц- 5 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200

Б.- Участки «оголения» коллагеновых волокон в межучточном веществе костной ткани- очаговая декальцинация последней. Опыт 22 кГц- 5 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200

С.- Мозаичная структура костной ткани. Утолщенные базофильные линии склеивания, ограничивающие питательные и гаверсовы каналы. Укрупненные, многочисленные остециты. Опыт 22 кГц- 10 процедур. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.200

Д.- Многочисленные расширенные межбалочные пространства, отечные остециты «губчатая» структура костной ткани. Опыт 22 кГц- 15 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200

#### Опыт № 2 (22кГц,10 процедур)

Компактное вещество с многочисленными, резко базофильными линиями склеивания, неравномерная их толщина и направление хода, в целом – резко мозаичная структура костной ткани, окрашивающаяся по Ван-Гизону в виде чередующихся участков жёлтого и красного цвета. Многочисленные, укрупнённые костные лакуны с отёчными остеоцитами. Гаверсовы и питательные каналы ограничены по периферии утолщёнными, базофильными линиями склеивания (рис.1С), межуточное вещество пронизано множеством тонких отростков остеоцитов, очень неравномерное, утолщение внутреннего, базального слоя надкостницы, фиброз её. Резкое утолщение, склероз стенок мелких артерий с сужением их просвета в наружных отделах надкостницы и в периостальных тканях. В губчатом слое – слабее выражена базофилия межуточного вещества, мелких линий склеивания. В широких межбалочных пространствах - отёчный жировой костный мозг, активная гиперемия его сосудов. В редких участках – слабо выраженное эндостальное костеобразование. Межуточное вещество окрашивается пикофуксином по Ван-Гизону пятнами, с некоторым преобладанием красного цвета, особенно в костных балочках губчатого вещества.

#### Опыт № 3 (22кГц,15 процедур)

Гиперемия не только губчатого вещества, но и кортикального, с его истончением, отёком остеоцитов и частичной гибелью - на их месте оставались расширенные «пустоты» (рис.1Д). Резкая гиперемия сосудов костного мозга с расширением и переполнением их просветов форменными элементами крови. Широкие межбалочные пространства, истончение костных балочек. По методу Ван-Гизона они окрашивались в жёлтый цвет, в отличие от межуточного вещества компактного слоя, тоже истончённого, но принимающего красный цвет .

#### Опыт № 4 (44кГц, 5 процедур)

Обширные поля волокнистой соединительной ткани среди костной. Последняя окрашивалась очень неравномерно (рис.2А). Особенно чётко это было заметно на срезах, окрашенных по методу Ван-Гизона. В ней же выявлялась резко выраженная мозаичность из-за обилия линий склеивания, ограничивающих крайне неравномерной величины и формы участки костной ткани. Увеличенные, набухшие, частью вакуолизированные остециты. В широких межбалочных пространствах костный мозг большей частью склерозирован, реже - имеет вид жирового. Костные балочки истончены, другие, наоборот, утолщены, местами переходят в компактный слой, который на большем протяжении заметно истончён. В целом изменения в данном опыте близки к тем, которые наблюдались в опыте 1, отличаясь от него, как описано выше, наличием полей волокнистой соединительной ткани.

#### Опыт № 5 (44кГц,10 процедур)

Отёк надкостницы, более её базального слоя, менее выражена базофилия межуточного вещества компактного слоя, заметнее в губчатом, в сравнении с опытом 2. Здесь же сильнее отёк и гиперемия костного мозга. Участки выраженной пролиферации

эндоста с костеобразованием. Сильная мозаичность костной ткани в целом. Некоторое увеличение размеров, возможно и количества отёчных остеоцитов. Более гомогенное красное окрашивание костного вещества по методу Ван-Гизона. Обширные участки волокнистой соединительной ткани. Тонкий слой компактного вещества переходит в более толстый слой губчатого, которое бледно окрашивается, с частыми очагами пролиферации клеток костного мозга и эндостального костеобразования, и редкими – перехода (или замещения) костной ткани в волокнистую соединительную (рис.2Б ). Межбалочные пространства сужены, выполнены остеобластическими клетками, фибробластами и липоцитами. Костное вещество в губчатом слое бледно окрашивается, почти без линий склеивания, гомогенное, слабо отличается от остеоида. По методу Ван-Гизона окрашивается в красный цвет. Очень много отёчных остеоцитов в костных балочках.

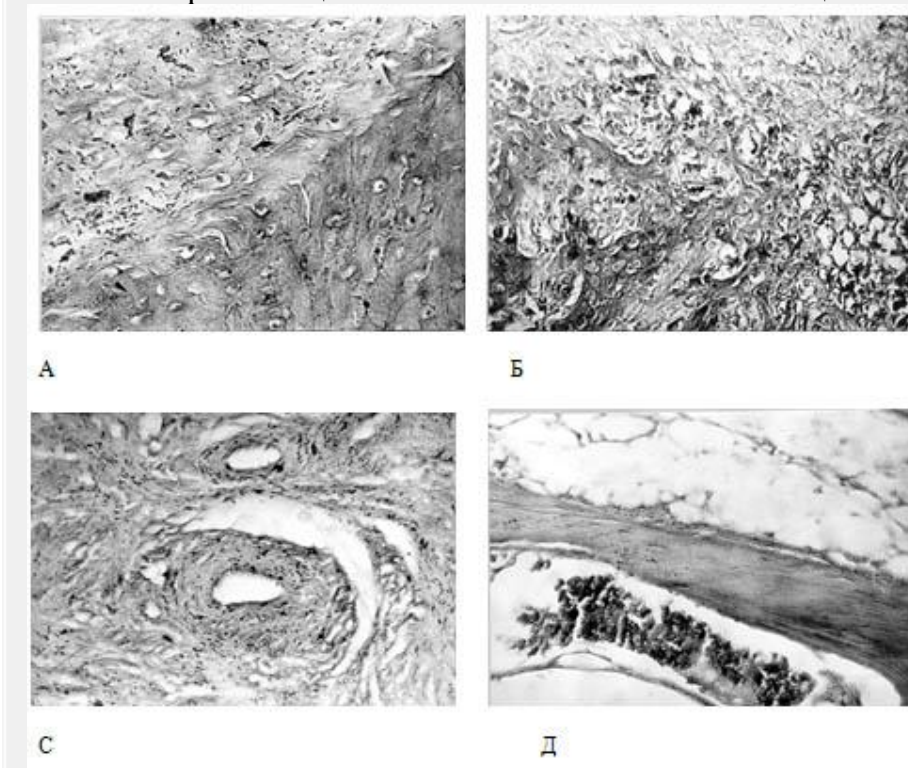


Рисунок 2. Морфологическая картина костной ткани после воздействия ультразвуком частотой 44 кГц

А.- Обширное поле волокнистой соединительной ткани среди костной. Опыт 44 кГц- 5 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200

Б.- Обширный очаг замещения костной ткани волокнистой соединительной. Опыт 44 кГц- 10 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200

С.- Обширное поле волокнистой соединительной ткани с кровеносными сосудами, напоминающими «оголенные» гаверсовы каналы. Опыт 44 кГц - 15 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200

Д.- Атрофия костной балочки. Гиперемия жирового костного мозга. Опыт 44 кГц - 15 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув. 200

#### Опыт № 6 (44кГц, 15 процедур)

Все изменения, которые отмечались в опыте 4, наблюдались и в данном эксперименте, но в значительной степени гораздо сильнее выраженные. Так, волокнистая соединительная ткань в препаратах занимала площадь даже большую, чем костная ткань. В обширных соединительнотканых полях пучки коллагеновых волокон часто проходили

беспорядочно, в других местах они без чёткой границы сливались с коллагеновыми волокнами межучного вещества костной ткани. В соединительной ткани находились, наряду с мелкими, также довольно крупные кровеносные сосуды, с утолщёнными стенками, напоминавшие с окружающими их образованиями «оголённые» гаверсовы каналы (рис.2С). В костной ткани расширенные межбалочные пространства, кровеносные сосуды, многочисленные увеличенные отёчные остециты в целом придавали костной ткани губчатую структуру. Создавалось впечатление не только об увеличении размеров но и их количества. Выраженная rareфикация костной ткани с истончением костных балочек. Гиперемия жирового костного мозга в широких межбалочных пространствах (рис.2Д). Стаз, гиалиновые тромбы в некоторых кровеносных сосудах. Неравномерное окрашивание костного вещества. Исчезновение линий склеивания на значительных участках, в других-эти структуры многочисленнее, базофильнее, резко сохранившаяся мозаичность костной ткани. Заметное набухание, отёк части остецитов, встречающихся в большом количестве. Слабо заметная продольная исчерченность межучного вещества, обусловленная выявлением коллагеновых волокон. В целом-сильная атрофия, декальцинация костной ткани без участия остеокластов на фоне почти полного отсутствия признаков образования молодой костной ткани.

Опыт № 7(60 кГц,5 процедур).

Активная гиперемия, заметный отёк мягких тканей, массивные инфильтраты под покровным эпителием десны, пролиферация клеток базального слоя надкостницы, врастание их в питательные каналы компактного слоя и в межбалочные пространства губчатого. На границе с костными балочками клетки приобретают кубическую, полигональную форму, превращаясь в активных остеобластов, вырабатывающих узкий поясик остеоида, обширные поля пролиферирующих веретенообразных клеток. Местами клетки, более мелкие, округлые, неправильной формы и редкие остеокласты резорбируют и внедряются в поверхностные слои костного вещества. Выраженная пролиферация клеток адвентиции сосудов питательных каналов, формирование в ней новых «дополнительных» мелких кровеносных стволиков. В костномозговых пространствах, довольно обширных, более в глубоких отделах губчатого вещества, хорошо выражен слой эндоста, жировой костный мозг, выполняющий межбалочные пространства, со значительной активной гиперемией.

Опыт №8 (60 кГц, 10 процедур).

Изменения сходны с таковыми в предыдущем опыте, но отличаются большей выраженностью: значительнее по площади разрастание соединительной ткани местами с плотным расположением, веретенообразных, полигональных клеток с очаговыми скоплениями гигантских многоядерных остеокластов (рис.3 А), с очень неровной поверхностью, с глубокими западениями костного вещества, от которого ещё остаются заметными разной величины, сегменты пучков коллагеновых волокон, окрашивающихся в красный цвет по методу Ван-Гизона, на желтом фоне цитоплазмы многочисленных, преимущественно одноядерных остеокластов. В других участках- многочисленные, тонкие, ветвящиеся костные балочки, сливающиеся с преобразованной «старой» костной тканью. В ней отмечаются широкие «полосы» заметно базофильного костного вещества с чёткой границей с более светлым, гомогенным оксифильным межучным веществом, содержащим узкие, с пикнотичными ядрами остециты.Выраженная пролиферация клеток адвентиции питательных кровеносных сосудов, резорбирующих костное вещество,



некоторые из питательных каналов по величине приближаются к межбалочным пространствам губчатого вещества (рис.3 Б). Последние выполнены гиперемированным жировым костным мозгом, в некоторых из них с резко утолщённым эндостом, разрушающим костное вещество с образованием крупных, неправильной формы полостей .

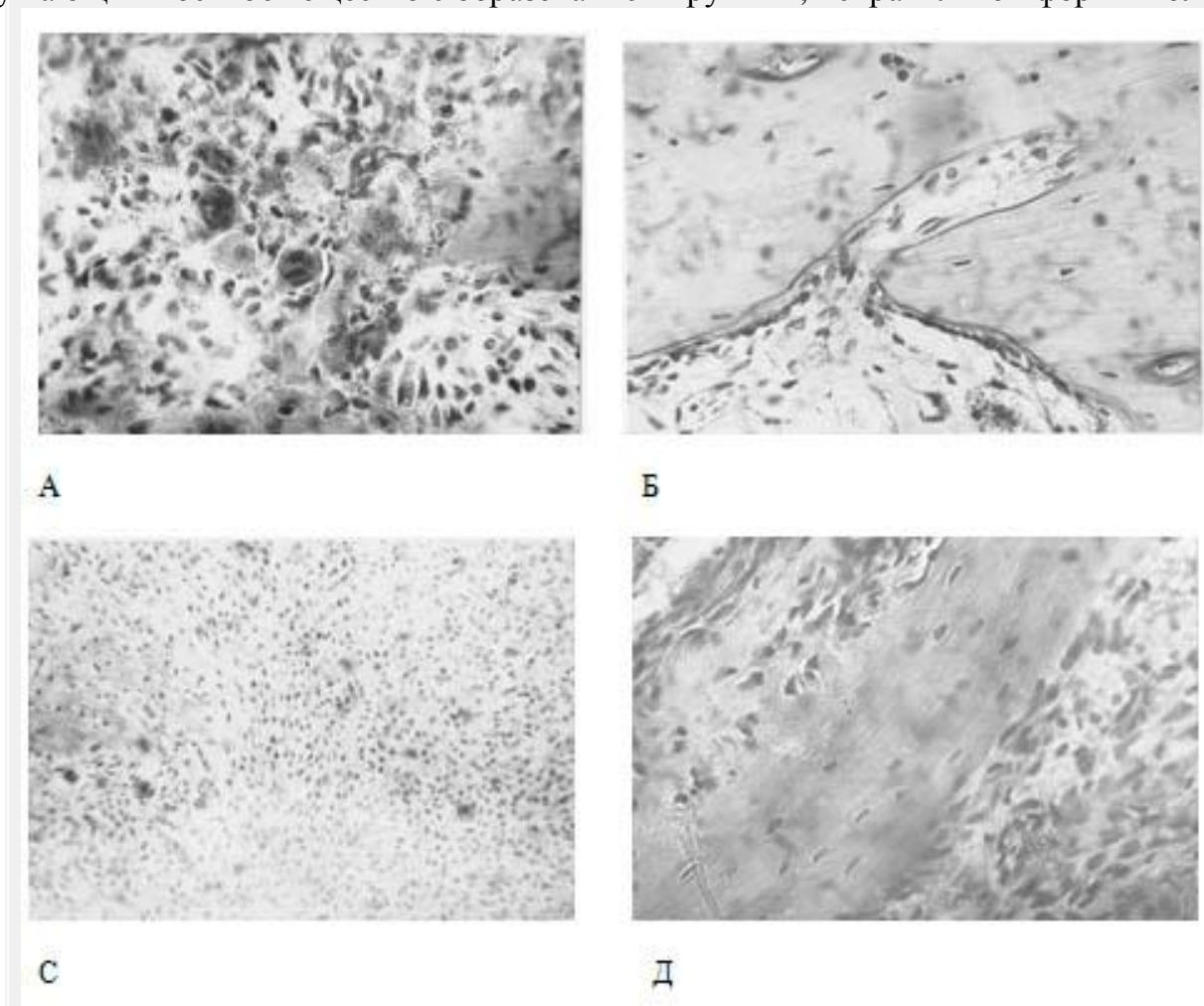


Рисунок 3. Морфологическая картина костной ткани после воздействия ультразвуком частотой 60 кГц

А.- Интенсивная резорбция костной ткани с участием многоядерных гигантских остеокластов. Опыт 60 кГц-10 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув.200

Б.- Резорбция костного вещества пролиферирующими клетками адвентиции питательных сосудов. Опыт 60 кГц-10 процедур. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.200

С.- Полное замещение костной ткани клетками соединительной. Опыт 60 кГц-15 процедур. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.90

Д.-Рис.3. Истончение (рарефикация) костных балочек губчатого вещества. Опыт 60 кГц-15 процедур. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.200

Опыт № 9 (60 кГц 15 процедур).

Обширное разрастание соединительной ткани, замещающей костную (рис.3С). По сравнению с предыдущими экспериментами соединительная ткань, замещающая костную, здесь она очень разнообразна по структуре и дифференцировке: клетки её не только полигональны, но принимают веретенообразную форму, среди которых остатки костной

ткани не определяются, а идёт формирование коллагеновых волокон, складывающихся в хорошо окрашивающиеся пучки. В других участках соединительной ткани фибриллярные образования отсутствуют- полное соединительнотканное замещение предсуществующей костной ткани. Дифференцировка соединительной ткани продолжается, вплоть до жировой , сливаясь с таковой , губчатого вещества. Оно чрезвычайно разрежено- костные балочки истончены, окружены, как бы «облеплены» клетками (рис.3Д). Активная гиперемия жирового костного мозга. Межуточное вещество костной ткани- гомогенное, оксифильное, с редкими, бледно окрашивающимися, слабо базофильными линиями склеивания. Остеоциты с гиперхромными, частью сморщенными ядрами. Остальные изменения, что и в предыдущих опытах.

Опыт № 10 (80 кГц, 5 процедур).

Довольно обширные участки сохранившегося компактного костного вещества, во многих местах подвергающегося резорбции клетками из различных источников: базального слоя надкостницы, адвентиции питательных сосудов, эндоста. В целом эти изменения сходны с таковыми в опыте № 7(60 кГц,5 процедур), но здесь несколько заметнее дистрофические изменения остеоцитов с пикнозом, сморщиванием ядер, участков исчезновения их, своеобразного «облысения», выявление фибриллярной исчерченности костного вещества вследствие деминерализации и некоторой потери органического матрикса. Часть остеоцитов подвергается гиалинозу, превращаясь в овальные, гомогенные, оксифильные тельца. Другие остеоциты увеличиваются в размерах, цитоплазма их почти не окрашивается, развивается отёк этих клеток, формируются поля дистрофических изменений остеоцитов (рис.4А). Не определяется образования молодой костной ткани. Резкая активная гиперемия, особенно жирового костного мозга и базального слоя надкостницы (рис.4В). .

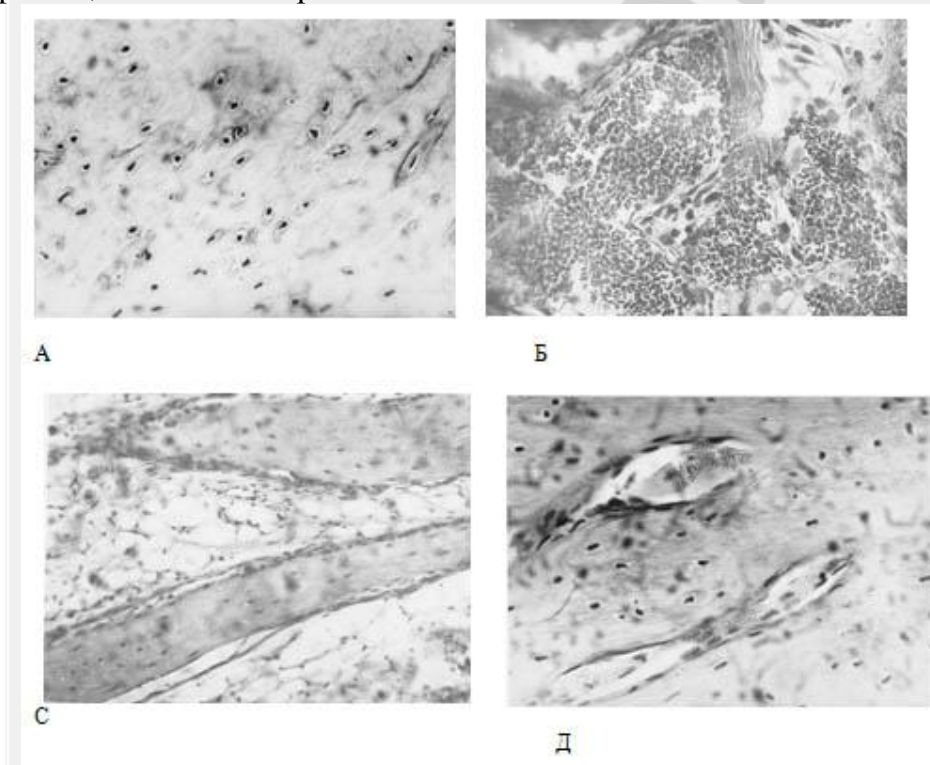


Рисунок 4. Морфологическая картина костной ткани после воздействия ультразвуком частотой 80 кГц

А.- Дистрофические изменения остеоцитов. Опыт 80 кГц-5 процедур. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.200

Б.- Сильная активная гиперемия костной ткани. Опыт 80 кГц-5 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув.90

С.- Резкое истончение костной балочки. Опыт 80 кГц-10 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув.90

Д.- Активная гиперемия, «сладж-феномен» во многих сосудах питательных каналов. Опыт 80 кГц-15 процедур. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.200

Опыт № 11 ( 80 кГц, 10процедур).

Никаких признаков остеогенеза. Преобладающая пролиферация веретенообразных клеток с редкими гигантскими многоядерными остеокластами, рассасывающими костное вещество, от которого местами остаются истончённые, «обтаявшие» балочки окрашивающиеся по методу Ван-Гизона в красный цвет (рис.4С.). Усиленная фибриллярность межуточного вещества, увеличение размеров многих остеокластов, гиперхроматоз ядер.

Опыт № 12 ( 80 кГц, 15 процедур).

Микроскопические изменения имеют некоторые отличия от предыдущих опытов. Распространённая , сильная активная гиперемия как компактного, так и губчатого вещества, местами с нарушением циркуляции и образованием «сладж-феномена» во многих артериях питательных каналов (рис.4Д.). Обращает внимание образование мелких питательных каналов, выполненных пролиферирующими клетками адвентиции, резорбирующего окружающее костное вещество и местами соединяющихся с более крупными питательными каналами, реже - даже с межбалочными полостями губчатого слоя. Обилие вновь образованных питательных каналов заметно влияет на состояние остеоцитов и межуточного вещества: оно бледно окрашивается, оксифильное, гомогенное, с очагами исчезновения остеоцитов, другие остециты наоборот увеличены в размерах, с крупными гиперхромными ядрами, заметной цитоплазмой. Такие клетки сходны с клеточными элементами обильно разрастающейся соединительной ткани, которая на обширных площадях замещает костную, от которой ещё кое-где определяются тонкие, исчезающие костные балочки.

Опыт № 13 ( 100 кГц,5 процедур).

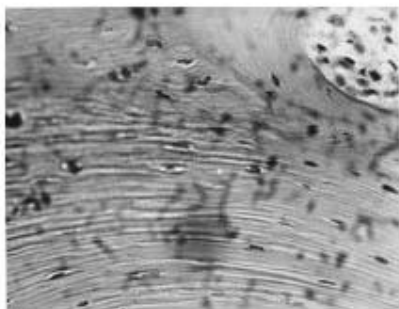
Обширные поля волокнистой соединительной ткани с хорошо выраженными пучками коллагеновых волокон, идущих в различных направлениях с довольно многочисленными веретенообразными клетками с крупными ядрами и обильной цитоплазмой- типа фибробластов, переходящих в фиброциты. В других участках преобладают тесно лежащие веретенообразные клетки без выраженного образования коллагеновых волокон, а также густые скопления полиморфных клеток, часто полигональной и неправильной формы, «вгрызающихся» в костную ткань, в которой на границе с этими клетками находится пояска более базофильного межуточного вещества. Некоторые остециты в этих базофильных полях увеличиваются в размерах, принимают форму и вид клеток одноядерных остеокластов, часть из них, вероятно, и являются таковыми, проникшими в костную ткань. Межуточное вещество в компактном слое- бледно окрашивается эозином, гомогенное, с очагами пустот на месте остеоцитов, с округлыми оксифильными образованиями, вероятно, гиалинизированными костными клетками. В компактном веществе- много питательных каналов различной величины- от мелких, содержащих едва различимый кровеносный сосуд до крупных , в которых проходят гиперемизированные сосуды, окружённые тонким слоем гиперплазированных клеток адвентиции, проникающих в окружающее костное вещество, резорбируя его и местами сливаясь с другими питательными каналами и реже проникая в костномозговые пространства губчатого. Последние выполнены гиперемизированным



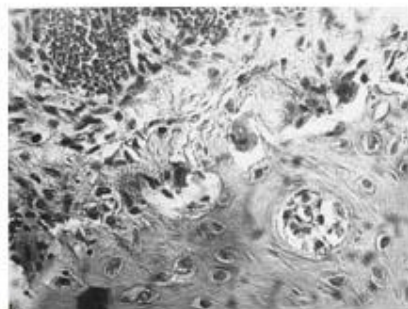
жировым костным мозгом, с хорошо заметным слоем эндоста, клетки которого также резорбируют костное вещество, от которого остаются заметными истончающиеся костные балочки, в итоге замещающиеся соединительной тканью.

Опыт № 14 ( 100 кГц, 10 процедур).

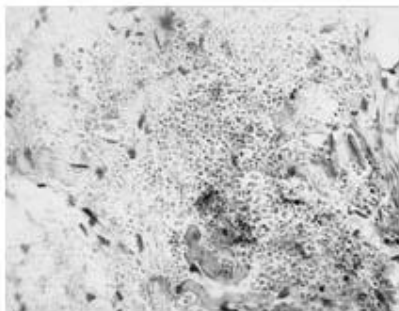
Распространённая, резко выраженная активная гиперемия компактного, губчатого вещества и обширных полей соединительной ткани. Во многих кровеносных сосудах – явления стаза с деформацией эритроцитов, отмежеванием плазмы (сладж-феномен), отдельные крупные округлые вакуоли, вероятно, проявление жировой эмболии, которая в предыдущих экспериментах не отмечалась. Сильные дистрофические изменения межклеточного костного вещества – его фибриллярность, заметная не только при окраске срезов по методу Ван-Гизона (рис. 5А), но и гематоксилином и эозином. Часто встречаются участки с пустотами на месте остецитов, скопления оксифильных округлых гиалиновых телец по размерам несколько более нормальных остецитов, вероятно, изменённые костные клетки. Многие сохранившиеся остециты – крупные, с большими ядрами, иногда многоугольной формы, почти не отличимы от остеокластических клеточных элементов. Другие остециты, наоборот, с небольшими, гиперхромными палочковидными ядрами. В данном опыте не только сильнее дистрофические изменения костного вещества, по сравнению с предыдущими экспериментами, но и процессы его резорбции и соединительнотканной организации. Эти процессы протекают почти одновременно, с участием тканей различной дифференцировки, например, поясок одноядерных остеокластов из нескольких клеточных слоёв «подпитывается», снабжается кровью из резко гиперемизированных кровеносных сосудов жировой ткани, на которой как бы лежат остеокласты. Жировая ткань в свою очередь, замещается растущей в неё веретёноклеточной, местами образующие большие поля без каких-либо признаков резорбированной костной ткани. В местах резорбции костной ткани гигантскими многоядерными остеокластами почти одновременно идёт соединительнотканная организация (рис. 5Б). В целом в данном опыте по сравнению с предыдущими сильнее выражены дистрофические изменения клеток, межклеточного вещества, процессы резорбции и соединительнотканной организации.



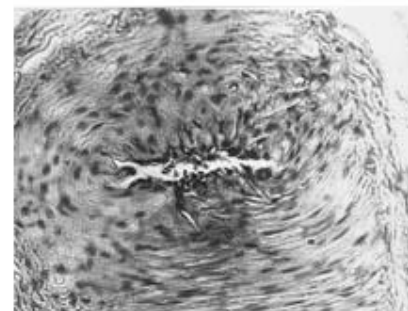
А



Б



С



Д

Рисунок 5. Морфологическая картина костной ткани после воздействия ультразвуком частотой 100 кГц

А.- Фибриллярность межучасточного костного вещества. Опыт 100 кГц-10 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув.200

Б.- Резорбция костной ткани гигантскими многоядерными остеокластами . Опыт 100 кГц-10 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув.200

С.- Обширное кровоизлияние в рыхлую волокнистую соединительную ткань. Опыт 100 кГц-15 процедур. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.200

Д.- Резкое утолщение средней оболочки с сужением просвета внутрикостной артерии. Опыт 100 кГц-15 процедур. Окраска по методу Ван-Гизона. Ув.200

Опыт № 15 ( 100 кГц,15 процедур).

Большие поля волокнистой, рыхлой, сильно отёчной соединительной ткани с участками плотной волокнистой и жировой. Гиперемия относительно редких здесь кровеносных сосудов, в некоторых из них «сладж-феномен». Помимо этих изменений встречаются свежие очаговые кровоизлияния (рис.5С) . Межбалочные пространства губчатого вещества и питательные каналы компактного выполнены скоплениями клеток, резорбирующих окружающее костное вещество. Последнее резорбируется скоплениями одноядерных остеокластов, описанных и в предыдущих опытах. В данном эксперименте часто встречаются как бы переходы остеоцитов и коллагеновых волокон в соединительную ткань, замещающую костную. В других местах костная ткань почти ровной тонкой базофильной полоской отделяется от прилежащей волокнистой. Выраженные дистрофические изменения остеоцитов- отёк их с бледно окрашивающейся цитоплазмой, крупными гиперхромными ядрами, в других клетках – они сморщены, палочковидной формы, наконец,- участки «пустых» лакун остеоцитов. Также сильные дистрофические изменения и межучасточного костного вещества: оно оксифильное, гомогенное, в других местах, чаще на границе с соединительной тканью, - более базофильное, с заметной фибриллярностью. В целом- процессы резорбции костной ткани и замещения её волокнистой соединительной, через стадию массивного разрастания фибробластов-овальных клеток с крупными ядрами и тесным расположением, здесь распространённое и сильнее выражены по сравнению с предыдущими опытами. Встречаются редкие мелкие артерии с резко гипертрофированной, утолщённой средней оболочкой и суженным просветом (рис.5Д). Встречаются участки с чрезвычайным обилием питательных каналов «спонгиоз» костного вещества , некоторых из них находятся многоядерные остеокласты, резкие дистрофические изменения окружающего костного вещества .

Заключение

Применённое воздействие ультразвуком низкой частоты на костную ткань челюсти кроликов вызывало в ней морфологические изменения, но жизнеспособность костной ткани при этом сохранилась. Применение ультразвука частотой 22 кГц – оказывало стимулирующий эффект на костную ткань в смысле усиления пролиферации остеогенных элементов, эндостального костеобразования и, с другой стороны, замещения её волокнистой соединительной.

Прижизненная локальная деминерализация костной ткани челюсти у подопытных животных является обратимым процессом, так как костная ткань сохраняет свою жизнеспособность и следовательно возможность декальцинации. Применявшиеся воздействия, особенно ультразвука частотой 44кГц, вызывали не только деминерализацию, но вероятно и последующий переход костной ткани в волокнистую соединительную, а

остеоцитов - в фибробласты и фиброциты. Она может сливаться с собственно соединительной тканью. Эти процессы вызывающие ослабление костной ткани альвеолярного отростка челюсти, могут способствовать более быстрой деминерализации, с другой стороны, рекальцинации и восстановлению её структуры.

Воздействие ультразвуком частотой 60 кГц в количестве 5 и 10 процедур оказывало стимулирующий эффект в двух противоположных направлениях- усиливало rareфикацию, с другой стороны, новообразование молодой костной ткани. Последний процесс подавлялся, начиная с последующих более сильных доз озвучивания, именно в опытах с частотой 60 кГц в количестве 15 процедур. Во всех остальных экспериментах заметно усиливались процессы резорбции костной ткани с замещением её рубцующейся соединительной с сохранением полей из скоплений веретенообразных фибробластических элементов. Чётко проявился эффект изменения функции остеобластической в остеокластическую, а именно клеток базального слоя надкостницы, адвентиции кровеносных сосудов питательных каналов, с нарастанием количества последних, клеток эндоста и части остеоцитов. Это вызывало резкое количественное, и вероятно, качественное, преобладание одноклеточных остеоцитов над многоядерными.

В экспериментах с воздействием ультразвуком частотой 80 кГц заметнее выявлялись дистрофические изменения остеоцитов и межклеточного вещества, с этого же рубежа- никаких признаков остеогенеза. При воздействии ультразвука частотой 80 кГц в количестве 15 процедур наблюдались и изменения в кровеносных сосудах с образованием, помимо усиления активной гиперемии, стаза, сладж-феномена, признаков жировой эмболии. Наиболее выраженные изменения наблюдались в опытах с применением ультразвуков частотой 100 кГц. В них, по сравнению с предыдущими, сильнее выражены дистрофические изменения клеток, межклеточного вещества, процессы резорбции и соединительнотканной организации.

Можно допустить, что наиболее эффективны в смысле получения прижизненной декальцинации костной ткани условия экспериментов в интервале 60 кГц, 15 процедур и 80 кГц- 10 процедур. Более мощные воздействия вызывали и более сильную rareфикацию, но это может задерживать восстановление костной ткани в ретенционном периоде ортодонтического лечения.

**Выводы:**

1. Применение низкочастотного ультразвука обуславливает морфологические изменения в костной ткани, но не влияет на её жизнеспособность.
2. Воздействие низкочастотным ультразвуком на костную ткань вызывает её ослабление, за счет перестройки и локальной прижизненной деминерализации.
3. Характер морфологических изменений костной ткани зависит от частоты озвучивания и количества процедур.
4. Для ускорения процессов регенерации костной ткани целесообразно применять ультразвук частотой 22-44 кГц, а для ослабления - частотой 60-80 кГц.

### **Литература**

1. Гунько, И. И. Клинико-экспериментальное обоснование применения физиотерапевтических методов в комплексном лечении зубочелюстных аномалий сформированного прикуса: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / И. И. Гунько. Минск, 2004. 43 с.
2. Ивашенко, С. В. Морфологическая картина костной ткани после воздействия низкочастотным ультразвуком / С. В. Ивашенко, Г. А. Берлов // Медицинский журнал. 2007. № 1. С. 42-44.

3. Ивашенко, С. В. Влияние низкочастотного ультразвука на морфологическую картину костной ткани / С. В. Ивашенко, Г. А. Берлов // Медицинский журнал. 2008. № 4. С. 87–89.

4. 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 / С. А. Наумович; Бел.гос.мед.ун-т. Минск, 2001. 42 с.

5. Улащик, В. С. Низкочастотный ультразвук: действие на организм, лечебное применение и перспективы исследования / В. С. Улащик // Вопр. курортологии, физиотерапии и леч. физкультуры. 2000. № 6. С. 3–8.

6. Korstjens, C.M., Nolte, P.A., Burger, E.H., Albers, G.H., Semeins, C.M., Aartman I.H., Goei, S.W., Klein-Nulend J Orthop Res 2004 May;22(3): P. 495-500.

7. Mayr, E., Rudzki, M.M., Rudzki, M., Borchardt, B., Hausser, H., Ruter, A. Handchir Mikrochir Plast Chir 2000 Mar;32(2): P. 115–22.

Sundaram J; Mellein BR; Mitragotri S Biophys J 2003 May;84(5): p3087-101.

8. Tanzer, M., Kantor, S., Bobyn, J.D. J Orthop Res 2001 Mar;19(2): P. 195–9.

9. Terahara, T., Mitragotri, S., Kost, J., Langer, R. Int J Pharm 2002 Mar 20;235(1-2): P. 35–42.

10. Tezel, A., Sens, A., Tuchscherer, J., Mitragotri S Pharm Res 2001 Dec;18(12): P. 1694–700