УДК 617.51-001.4:616.281-001-002:623.4.015.4

А.А. Гайдаш¹, М.В. Тюрин¹, Е.В. Ивченко¹, В.Н. Цыган¹, Л.Н. Синица², Е.А. Максимовский³, Г.Г. Родионов¹, А.Б. Селезнев¹, И.В. Ткачук¹, А.В. Денисов¹, Р.В. Титов¹, И.В. Кажанов¹

Патоморфология и физико-химические свойства лабиринтных капсул внутреннего уха при ранении головы нелетальным кинетическим оружием

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург ²Институт оптики атмосферы Сиб. отд. РАН, Томск ³Институт горного дела Сиб. отд. РАН, Новосибирск

Резюме. Изучены структурные, физико-химические и микромеханические свойства лабиринтных капсул внутреннего уха при воздействии ударной волны, вызванной ранением головы нелетальным кинетическим оружием. Черепно-мозговую травму моделировали выстрелом в голову баранам из травматических пистолетов. Установлено, что под воздействием ударной волны вследствие процессов механоактивации тканевых энзимов активируются щелочные фосфатазы и усиливаются процессы ремоделирования в костной пластинке лабиринтных капсул. Характер реагирования гидроксиапатита определяется его исходным состоянием. Гидроксиапатит при воздействии ударной волны подвергается разупрочнению, в результате чего в лабиринтных капсулах развивается лизис, в нем появляются трещины, разрывы и костные каверны.

Ключевые слова: нелетальное кинетическое оружие, лабиринтные капсулы, рудиментная хрящевая тканьгидроксиапатит, упрочнение, лизис, костные каверны.

Введение. Диагностика вестибулярных нарушений при черепно-мозговых травмах достигла высокого уровня, чему способствовало внедрение в клиническую практику новых методов исследования [2–4, 8, 9]. При этом основное внимание уделено состоянию структур внутреннего уха при минно-взрывных ранениях и ранениях, вызванных действием высокоскоростных ранящих снарядов. Однако механизмы повреждения лабиринтных структур внутреннего уха при травме головы, вызванной нелетальным кинетическим оружием, остаются неясными, а сведения о них противоречивы.

Цель работы. Установить структурные физикохимические свойства лабиринтных капсул при ранениях головы нелетальным кинетическим оружием.

Материалы и методы. Эксперименты выполнены на наркотизированных баранах (Ovisaries) массой тела ~40 кг. Животных содержали и подвергали эвтаназии в соответствии с требованиями приказа Министерства здравоохранения СССР № 755. Из животных, использованных в эксперименте, были сформированы следующие группы: 1-я группа (6 особей) – контрольная, 2-я группа (5 особей) – однократный выстрел в область лба из пистолета «Макарыч» с дульной энергией 50Дж резиновой пули 9 мм калибра с дистанции 1,5 м, 3-я группа (4 особи) – однократный выстрел в область лба из пистолета ПБ-4 «Оса» с дульной энергией 85 Дж резиновой пулей 18мм калибра дистанции 1,5 м. Животных выводили из эксперимента на следующие сутки. Изучено 30 образцов лабиринтных капсул. Гистологические препараты, окрашивали гематоксилин-эозином. Морфологические изменения анализировали методами гистоморфометрии [1]. Сканирующую электронную микроскопию (SEM) выполнили с помощью микроскопа «S-3400N» («Hitachi», Япония), снабжённого анализатором EDAXна сколах, декорированных золотом. Атомно-силовую микроскопию (ACM) осуществили на платформе «NTEGRA Prima» («NT-MDT», Россия). Инфракрасную спектроскопию (ИК-спектроскопию) провели «на отражение» на ИК-Фурье спектрометре«Nicolet-5700» (Франция). Микротвердость определили по Виккерсу на твердомере «Wolpert Micro vickers tester 402-MVD» («Instron», Великобритания). Достоверность межгрупповых различий оценивали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Отличительной структурной особенностью лабиринтных капсул являются остатки рудиментарной хрящевой ткани в виде тяжей и пластинок, названных еще в 1933 г. Eckert-Mobius эмбриональными центрами окостенения [5]. Хрящевые тяжи представлены компактной тканью с выраженным базофильным оттенком и закрытыми лакунами, содержащими дифференцированные хондроциты. В периосте хрящевые тяжи имеют вид ветвящихся перекладин. Погружаясь в энхондральные слои, они обнаруживаются вблизи окон преддверия и ампулы, у основания заднего и верхнего полукружных каналов. Хрящевые пластинки (lamina interglobularis) представлены островками компактного матрикса размерами 90×60 мкм, также с выраженным базофильным оттенком, но открытыми лакунами. Свободное пространство занимает до 20% объёма lamina interglobularis, выполнено глобулами диаметром 10–35 мкм и базофильной жидкостью. Наклонность к базофилии свидетельствуют о закислении матрикса хрящевых рудиментов.

По данным SEM, лабиринтные капсулы состоят из полиморфных остеонов, структура и химический состав которых лучше разрешается при использовании детектора обратнорассеянных электронов. Этот инструмент позволяет определить пространственное распределение электронной плотности (СОМР-режим) в зависимости от атомного числа: чем тяжелее элемент, тем интенсивней сигнал. С помощью СОМР-режима в периферических отделах остеонов выявлены зоны пониженной плотности матрикса, обусловленные сосредоточением лёгких элементов (C¹², O¹⁶), образующих органическую матрицу. Более тяжёлые элементы (Ca⁴⁰, P³¹), участвующие в образовании минеральной фазы (гидроксиапатита), концентрируются в центральных отделах остеонов. Относительный объём гаверсовых каналов и микроканальцев составляет 3-5% (табл.). Pars fibrosis образо-

Таблица

Гисто-морфометрические параметры лабиринтных капсул внутреннего уха баранов с травмой головы, нанесённой травматическим пистолетом «Макарыч», М±т

Параметр	1-я группа	2-я группа
Объемостеонов, %1	67,5±4,1	65,4±3,8
Объем хрящевых тяжей, %1	19,2±1,1	11,5±0,8*
Объем гаверсовых каналов, % ¹	4,6±0,2	4,5±0,2
Объем микроканальцев, % ¹	3,0±0,2	4,4±0,2
Объем интерстициальных щелей, %1	0,2±0,02	2,3±0,2*
Объем хрящевых пластинок, % ¹	4,1±0,5	10,0±0,9*
Объем Globulilysis, % ¹	0,1±0,01	0,6±0,05*
Объем интерглобулярного пространства, % ¹	0,8±0,04	1,4±0,08*
Диаметр Globulis, мкм	25,8±0,9	27,4±1,0
Диаметр остеона, мкм	118,0±6,2	120,7±5,3
Диаметр хрящевой пла- стинки, мкм	89,9±9,3	124,6±10,7*
Диаметр гаверсова канала, мкм	25,6±1,6	26,5±1,2
Диаметр микроканальца, мкм	8,9±0,3	9,7±0,4

Примечание: ¹ – данные приведены относительно объёма костной пластинки; * – P<0,0.

вана коллагеновыми волокнами, поверхность которых покрыта кристаллитами ГАП. При АСМ-сканировании выявляются пластинки диаметром ~10 мкм, в центре которых располагаются мезоканальцы диаметром 0,4-1,0 мкм. По направлению к центру остеонов пластинки приподнимаются, а к периферии ступенчатообразно спускаются с перепадом высот в 1,5 мкм. Поверхность пластинок неоднородна: у мелких (Ø 3–5мкм) – относительно гладкая, у более крупных (Ø 10-15мкм) - усложнена выступами, рельеф которых повторяет доменную структуру коллагеновых волокон. Пластинки образованы зёрнами (Ø~0,2-0,8 мкм), сцепляющимися в более крупные конгломераты. На поверхность пластинок открываются отверстия мезо-(Ø~100-200 нм) и наноканальцев (Ø<100 нм). В режиме Local Equilization, деталирующего тонкую структуру, визуализируются кластеры сообщающихся мезо- и наноканальцев, расположенных в глубине спайновых линий.

В апатитовом диапазоне ИК-спектров регистрируется уширение полосы в области антисимметричных колебаний РО, 3-групп, а в пиковой области (1053,1 см⁻¹ и 1074,2 см⁻¹) наблюдается расщепление спектра с формированием дублета. Приведённые особенности ИК-спектров свидетельствуют об ослаблении связей Ca~O, что способствует «уходу» кальция из нанокристаллов гидроксиапатита (ГАП), а расщепление пика характеристичной полосы указывает на дефектность решётки, возможно, обусловленное понижением локальной симметрии. В диапазоне 1450 см-1 присутствуют характерные полосы карбонатов в виде нерасщепленного дублета, что свидетельствует о замещении части фосфатных групп ионами СО,²⁻ в решетке ГАП. Соотношение интенсивностей полос СО32- и РО43-свидетельствует о пересыщенности гидроксиапатита карбонатами. Это ключевое обстоятельство. Известно, что плоские треугольный формы СО32-анионы появляются в решётке гидроксиапатита путём замещения РО, 3--ионов имеющих форму тетраэдров. При этом карбонатные замещения изменяют отношение Са/Р в сторону увеличения [10]. Под влиянием карбонатов уменьшается концентрация гидроксильных групп, укорачивается и уширяется главная связь симметричных колебаний PO,³⁻, а колебательные движения атомов в группировке Р-О становятся менее упорядоченными [6]. Высокая степень структурного несоответствия CO₃²⁻-иона в занятых участках создаёт напряжение, появляются искажения в решётке тетраэдрического фосфат-иона и кристалл гидроксиапатита становится менее устойчивым. Однако главными эффектами карбонизации являются увеличение химической активности, растворимости и замедление роста нанокристаллитовГАП [12]. Остаётся нерешённым вопрос об объёме и локализации минеральной фазы с гидроксиапатитом данных свойств. Учитывая такие структурные особенности хрящевых рудиментов, как компактность (возможно, обусловленная более плотной упаковкой нанокристаллов ГАП) и сродство к кислотным факторам (повышенная базофилия), можно предположить, что большая часть подобного гидроксиапатита сконцентрирована в хрящевых островках, объем которых у здоровых баранов занимает ~ 25% объёма лабиринтных капсул (см. табл. 1).

Что же происходит при действии ударной волны? По данным гистологических исследований морфометрические показатели остеонов, гаверсовых каналов и микроканальцев лабиринтных капсул баранов, подвергнутых действию нелетального кинетического оружия (capsules-KNLW) сохраняются в пределах контрольных значений. Основные изменения касаются лишь хрящевого компартмента в виде разнонаправленного поведения его компонентов. Суммарный объем хрящевых рудиментов остаётся неизменным. Но относительные объёмы структурных разновидностей перераспределяются. Объем тяжей уменьшается, а пластинок увеличивается примерно в 2 раза. «Перетекание» объёмов свидетельствует о трансформации тяжей в пластинки. В ходе модификации в хрящевых пластинках увеличивается количество глобул, содержащих вскрытые лакуны и глобул с лизированным матриксом. Свободные участки интерглобулярного пространства заполняются частицами детрита и базофильной жидкостью. Активированные хрящевые пластинки сближаются со зрелыми остеонами с развитыми спайновыми линиями. Процесс, по-видимому, начинается с очагового лизиса компактной мембраны. При этом в контактной области со стороны пластинок вскрываются лакуны, а со стороны остеона появляются эрозии (рис. 1).



Рис. 1. Микрофотография гистологического препарата capsules-KNLW. Стрелкой указана хрящевая пластинка, взаимодействующая с остеоном. Окраска гематоксилин-эозином. Ув. ×250

Разрыхлённые хрящевые пластинки как бы обтекают захватываемые участки, которые отшнуровываются и погружаются в полость интерглобулярного пространства. Расшнуровке подвергается, прежде всего собственно хрящевая ткань, образуя довольно крупные фрагменты. Деструкция остеонов может распространиться и до гаверсовых каналов вплоть до очагового разрушения стенок с образованием патологических соустий между интерглобулярным пространством и просветом сосудов (рис. 2).



Рис. 2. Микрофотография гистологического препарата capsules-KNLW. Стрелкой указан гаверсов канал, атакованный активными хрящевыми пластинками. Окраска гематоксилин-эозином. Ув. ×250

Структурным механизмом активации хрящевых пластинок, по-видимому, является вскрытие лакун. На это указывает появление пластинок с многокамерными лакунами и явной тенденцией к трансформации в разделяющиеся глобулы. Значительная часть глобул имеет вид пустых тонкостенных шаров (рис. 3).



Рис. 3. Микрофотография гистологического препарата capsules-KNLW. Стрелкой указана хрящевая пластинка, содержащая двукамерную и пустотелую глобулы. Окраска гематоксилин-эозином. Ув. ×250

В ликворе баранов, подвергнутых травматическому воздействию, увеличивается концентрация щелочных фосфатаз до 373,0±33,2нмоль/л (в контроле 181,6±15,7 нмоль/л). Указанные морфологические и биохимические обстоятельства свидетельствуют о гидролитическом характере воздействия активированных пластинок, вскрытые лакуны которых могут выбросить интерстициальную жидкость с литическими свойствами в интерглобулярное пространство. Если учесть, что атакам подвергаются прежде всего зрелые остеоны, то можно предположить, что это один из механизмов ремоделирования костных пластинок лабиринтных капсул.

При SEM-сканировании capsules-KNLW в режиме COMPO обнаружены упорядоченно чередующиеся зоны сжатия и разрежения вещества матрикса. Зоны сжатия расположены ближе к эндо- и периостальным слоям капсул, ориентированы вокруг сосудистых канальцев и морфологически имеют вид полос сближения структур матрикса. Зоны разрежения представлены очагами разупрочнения вещества матрикса и располагаются преимущественно в энхондральных слоях капсул. Зоны разуплотнения выявляются в центральных участках остеонов, т.е. там, где исходно находится более зрелый гидроксиапатит (рис. 4).



Рис. 4. SEM-сканирование capsules-KNLW.COMP-режим. Энергия воздействия 85 Дж. Разрушение костного матрикса в периканальцевой зоне разупрочнения

Морфологически зоны разуплотнения состоят из разрыхлённого матриксного вещества и коллагеновых фибрилл, лишённых поверхностных кристаллитов ГАП. На территории зон разуплотнения, а также на границе с неизменённым матриксом выявляются трещины. Характерной особенностью трещин является раздробленность «берегов», выстланных полиморфными гранулами матриксного детрита (рис. 5).

Размер гранул находится в пределах 7–15 мкм. Форма близка к конгруэнтной, так как очертания соседствующих гранул достаточно точно совпадают. Конгруэнтность гранул указывает на их низкую подвижность. В связи с этим мы допускаем, что «берега» колеблются, а трещины эволюционируют по механизму «ползучего» раздробления. Локализуются трещины в основном в сжатых зонах, где они чаще находятся в относительно сомкнутом состоянии. Раскрываются трещины до 10–15 мкм преимущественно в изгибаемых участках (в краевых слоях капсул), что свидетельствует о пластической деформации вслед-



Рис. 5. SEM-сканирование capsules-KNLW. СОМР-режим. Энергия воздействия 50 Дж. Раздробленность краёв трещин. Ув.×1000

ствие нагружения. Очевидно, что это зона действия расклинивающих сил. В глубинных отделах лабиринтных капсул выявляются матриксные очаги деструкции, которые, возможно, образовались путём сочетания раздробления и разжижения. На это указывают следующие морфологические особенности. Прежде всего, размер и форма гранул детрита. Матриксные очаги деструкции – это зоны мелкого дробления, где размер гранул не превышает 5–7 мкм. При этом по форме соседствующие гранулы менее конгруэнтны. Последнее обстоятельство означает, что эти гранулы, в сравнении с «береговыми», более подвижны и склонны к хаотичному движению. Промежутки между гранулами заполнены матриксной пылью, размер частиц которой менее 1 мкм.

Согласно данным АСМ-адгезиометрии, показатель адгезии, снятый с матрикса capsulescontrol, колеблется в пределах 33,8±6,9нН (наноньютонов), а в capsules-KNLW увеличивается до 80,7±2,9нН. Это значит, что под воздействием ударной волны матрикс capsules-KNLW гидратируется и в нем появляются предпосылки для разжижения. В такой ситуации подвижность гранул детрита становится объяснимой гранулы хаотично флотируют в вязкой суспензии матрикса лабиринтных капсул. Механизм гидратации матрикса (отёка в патоморфологическом понимании), остаётся неясным. Тем не менее, имеется явная топологическая связь между очагами лизиса и микроканальцами capsules-KNLW. Просвет канальцев расширен, края представлены очагами лизиса, заполненных гранулами детрита. От центра канальцев в виде концентрических кругов отходят трещины с раздробленными «берегами». Данные SEM согласуются с морфологическими данными АСМ-сканирования. В норме, как указано выше, костные пластинки приподняты в центре. В пластинках же capsules-KNLW центральные, периканальцевые участки, наоборот, вдавлены вглубь матрикса, а периферические кратерообразно приподнимаются. В результате формируются воронкообразные костные пластинки. Такая

модификация рельефа поверхности способствует застаиванию канальцевой жидкости, «заиливанию» суспендированных в интерстициальной жидкости мелкодисперсных частиц матриксного детрита. Кроме того, увеличение адгезионных сил приводит к сцеплению частиц, агломерирующих в бесформенные массы матриксного вещества. На остальном протяжении матрикса разжиженные очаги ведут себя агрессивно: сливаются в обширные участки лизиса, захватывают территории не только полукружных канальцев, но и выходят за их пределы. Не менее важной деформационной структурой capsules-KNLW являются разрывы матрикса. На средних степенях увеличения SEM (до ×1000) края разрывов выглядят как ровные. При увеличении ×3000-5000 в краях разрывов выявляется разволокненный матрикс со свисающими в щели деминерализованными коллагеновыми волокнами. Матриксные разрывы множественны, коротки, ветвисты, склонны к соединению со встречными линиями. Вышеприведённые деформационные структуры выявляются в матриксе лабиринтных капсул при травмах, нанесённых обоими видами KNLW, использованных в эксперименте. Однако при более энергетичном воздействии, а именно при травмах, нанесённых «Осой» с дульной энергией 85 Дж, в матриксе лабиринтных капсул появляются каверны, расположенные преимущественно в эндо- и периостальных слоях лабиринтных капсул (рис. 6).



Рис. 6. SEM-сканирование capsules-KNLW. СОМР-режим. Энергия воздействия 85 Дж. Кавернозные дефекты матрикса

В морфологическом отношении каверны представляют собой эллипсоидной формы дефекты (Ø~100–300 мкм), полость которых заполнена крупными гранулами детрита. От краев каверн отходят радиальные трещины матрикса.

В ИК-спектрахсарsules-KNLW в диапазоне 1000– 1500 см–1 при внешнем воздействии с энергией выстрела в 85 Дж наблюдается резкое изменение сигнала, связанное с колебанием деформированных молекул воды. Характерная полоса воды вследствие удара уширяется, причём резко возрастает сигнал в высокочастотной части по сравнению с контрольными образцами. Это указывает на возрастание количества подвижных молекул воды, образующих слабосвязанные кластеры [7, 11].

В апатитовом диапазоне ИК-спектров capsules-KNLW регистрируется «исправление» формы характерной полосы гидроксиапатита в диапазоне 960–1000 см⁻¹, которая становится близкой или почти полностью совпадает с формой аналогичной полосы хорошо окристаллизованного гидроксиапатита. Одновременно с этим ослабляется интенсивность антисимметричных колебаний РО, 3--групп и сглаживается дублет в пиковой области. Это значит, что под воздействием энергии ударной волны гидроксиапатит испытывает фазовый переход и трансформируется в структурно более совершенный кристаллит. Соотношение интенсивностей полос PO,³⁻/CO,²⁻ увеличивается за счет роста доли фосфатных групп. Это значит, что в сравнении с исходным состоянием кристаллы ГАП становятся дефицитными по карбонатам. Одним из фундаментальных последствий декарбонизации может быть увеличение размеров нанокристаллитов ГАП. Изменение состава и структуры кристаллов ГАП, коррелируют с изменением микромеханических свойств. В частности, по данным микроиндентирования твердость capsules-KNLW возрастает до 119,5±5,1НW (единиц Виккерса), против 57,1±5,0НW в контроле. Вокруг отпечатков индентора отсутствуют или минимально выражены навалы. Это свидетельствует о том, что при нагружении вещество костного матрикса перемещается преимущественно в объем, а не к поверхности образца. Приведённые соотношения показателей микротвердометрии и морфологических особенностей индентометрии указывают на то, что под воздействием ударной волны вещество матрикса capsules-KNLW упрочняется.

Заключение. Полагаем, что наиболее чувствительным акцептором энергии ударной волны при ранении головы нелетальным травматическим оружием, является рудиментарная хрящевая ткань, персистирующая в капсулах ушных лабиринтов. Установлено, что на ранних стадиях реагирования усиливаются процессы ремоделирования, обусловленные гидролитической активностью интерстициальной жидкости lamina interglobularis. Повышение гидролитической активности может спровоцировать механохимическая активация матриксных энзимов и, прежде всего, фосфатаз. Общая гидратация внеклеточного матрикса поддерживается повышенной подвижностью молекул воды в мезо-и нанопористых структурах. В итоге формируются очаги разжижения, где есть все необходимое для литического разрушения матрикса.

Характер реагирования гидроксиапатита на действие ударной волны, по-видимому, определяется его исходным состоянием. Если это метастабильный гидроксиапатит, основной объем которого, как мы предполагаем, сосредоточен в остатках хрящевой ткани, то при подводе энергии ударной волны в таком гидроксиапатите могут усилиться процессы аморфизации, неизбежно сопровождаемые гидратацией. Однако стабильный (близкий к стехиометрическому) гидроксиапатит, фракция которого занимает основной объем минеральной фазы лабиринтных капсул, может, напротив, усиливать окристаллизацию, что также неизбежно приведёт к его охрупчению. Скачкообразное изменение микромеханических свойств приведёт в центрах концентрации энергии к образованию трещин и каверн, возможно, являющихся морфологическим эквивалентом временных пульсирующих полостей.

Размеры вышеприведённых деформационных структур (очаги разжижения и лизиса, трещины и каверны) находятся в субмиллиметровом диапазоне. А такие явления, как увеличение доли хрящевых пластинок, реализуются лишь в изменении соотношений. Дислокации в кристаллической решётке происходят на уровне атомарной организации кристаллов ГАП. Все это означает, что класс данных изменений относится к малым структурным сдвигам, клиническая оценка которых требует применения прецизионных исследовательских технологий.

Литература

 Автандилов, Г.Г. Системная стереометрия в изучении патологического процесса / Г.Г. Автандилов, Н.И. Яблучанский. – М.: Медицина, 1981. – 192 с.

- Маерович, И.М. Травма головного мозга и слух / И.М. Маерович. Л., 1975. 258 с.
- Полякова, Е.П. Патогенетические аспекты кохлеовестибулярных нарушений при ударно-волновом и механическом воздействии на структуры головного мозга / Е.П. Полякова // Вестн. оториноларингологии. – 2006. – № 3. – С. 34–37.
- Темкин, Я.С. Воздушная контузия уха / Я.С. Тёмкин. М., 1947. – 173 с.
- Eckert-Mobius, A. Comparative study of the nasal sinuses in man and in animals / A. Eckert-Mobius // Arch. of ohren, nasen-u kehlkopfh. – 1933. – № 134. – Р. 287–307.
- Elliott, J.C. Calcium phosphate biominerals / J.C. Elliott [et al.] // Phosphates: geochemical, geobiological and material importance. Reviews in mineralogy & geochemistry. – 2002. – № 48. – p. 427–454.
- Erko, M. Confinement-induced structural changes of water studied by Raman scattering / M. Erko [et al.] // Phys. Rev. – 2011. – № 84. – P. 104–205.
- Goldstein, M. Traumatic brain injury: a silent epidemic / M. Goldstein // Ann. neurol. – 1990. – № 27 (3). – P. 327.
- Knightly, J.J. Military head injuries / J.J. Knightly, M.W. Pulliam // Neurotrauma. – N.Y.: McGraw Hill, 1996. – 227 p.
- Le Geros, R.Z. Phosphate minerals in human tissue / R.Z. Le Geros, J.O. Nriagu, P.B. Moore // Phosphate minerals. Springer-Verlag. – N.Y. – 1984. – P 351–395.
- Sinitsa, L.N. Dynamic registration of the absorption spectrum of water in the SiO2nanopores in high frequency range / L.N. Sinitsa, A.A. Lugovskoy // J. chem. phys. – 2010. – Vol. 133, P. 1–5.
- Wopenka, B.A mineralogical perspective on the apatite in bone / B. Wopenka, J.D. Pasteris // Materials science and engineering. - 2005. - № 25. - P. 131-143.

A.A. Gaidash, M.V. Tyurin, E.V. Ivchenko, V.N. Tsygan, L.N. Sinitsa, E.A. Maksimovskiy, G.G. Rodionov, A.B. Seleznev, I.V. Tkachuk, A.V. Denisov, R.V. Titov, I.V. Kazhanov

Pathomorphology, physical and chemical properties capsules labyrintisof an internal ear of the shock wave caused by wound of a head by not lethal kinetic weapon

Abstract. Structural, physical and chemical and micromechanical properties capsules labyrintis of an internal ear are studied at influence of the shock wave caused by wound of a head by not lethal kinetic weapon. The Craniocereberal trauma modelled a shot in a head to rams from traumatic pistols. It is established, that under the influence of a shock wave owing to processes mechanoactivation ensimes tissues are activated alkaline phosphatases and processes remodeling in a bone plate capsules labyrinths amplify. Character of reaction hydroxyapatite is defined by its initial condition. Hydroxyapatites at shock wave influence is exposed dishardening. Therefore in capsules labyrinths develops lysis, in it there are cracks, ruptures and osseum cavities.

Key words: not lethal kinetic weapon, capsules labyrinths, rudimentalis chondroytics tissue, hydroxyapatite, hardening, lysis, osseumcavities.

Контактный телефон: 8 (812) 292-32-80; 89213874886; denav80@mail.ru