

Влияние комбинированного лазерного излучения на процессы регенерации гиалинового хряща

*б-я городская клиническая больница г. Минска, Институт физиологии НАН РБ<sup>2</sup>*

Изложены результаты исследований по влиянию комбинированной лазерной терапии на процессы регенерации гиалинового хряща в эксперименте.

**Ключевые слова:** лазерная терапия, хрящ.

Как известно, суставной хрящ относится к гиалиновым хрящам и его локализация в суставе на границе между костью и синовиальной жидкостью в условиях противоположения двух хрящевых пластинок, разделённых суставной щелью, определяет его ярко выраженную органную специфику [8]. Обращённая в полость сустава поверхность не имеет надхрящницы – обнажённый матрикс непосредственно контактирует с синовиальной жидкостью. Под глубокими слоями хряща лежит субхондральная кость. Этим определяются характерные для суставного хряща полярность и зональность. В суставном хряще выделяют несколько зон, характеризующихся специфическими особенностями матрикса и клеток каждой зоны.

Сам факт способности восстановления хряща при его механическом повреждении в настоящее время не вызывает сомнения, однако вопрос о качестве восстановленного хряща, закономерном чередовании всех его зон остаётся неясным [5,7].

Клинико-экспериментальные исследования показали, что низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) является одним из перспективных физических факторов, способствующих созданию оптимальных условий для восстановления полноценного хряща в минимальные сроки, благодаря одновременному действию на несколько звеньев патологического процесса.

В патогенетическом механизме действия НИЛИ на биологические ткани первоначальным звеном является фотоакцепция квантов света внутриэпидермальными макрофагами, включающими реакцию микроциркуляторного русла. Спустя некоторое время реакция приобретает всеобщий характер, а активация капиллярного кровотока происходит за счёт раскрытия ранее нефункционирующих капилляров и более пролонгированного процесса, связанного с образованием новой капиллярной сети [4].

Биологические эффекты НИЛИ в красной области спектра, направленные на улучшение микроциркуляции, имеют в своей основе две стороны: усиление гемомикроциркуляции и активизации новообразования капилляров. Активизация кровотока в тканях обусловлена повышением скорости движения крови, расширением артериолярных сосудов, увеличением количества функционирующих коллатералей [2,9].

При сравнении результатов воздействия НИЛИ красной и ближней ИК областей спектра на процессы микроциркуляции, было установлено, что излучение красной области вызывает выраженные изменения в интенсивности кровотока во всех циклах микроциркуляторного русла, а излучение ближнего инфракрасного диапазона ведет к выраженной гиперемии в посткапиллярно-венулярном отделе [4,6].

Под влиянием НИЛИ происходит также изменение конформационных свойств гемоглобина крови с переходом его из дезокси-в оксиформу. В последней форме связь

гемоглобина с кислородом становится непрочной, что облегчает транспорт последнего через клеточные мембраны в ткани. Следствием этого является интенсификация всех ферментных систем биоткани, усиление биосинтеза белков, ДНК, РНК, в результате чего меняется метаболизм в тканях и интенсивность пролиферации клеток.

Ответная реакция организма на лазерное воздействие осуществляется за счёт улучшения микроциркуляции, активации неспецифических факторов защиты, клеточного и гуморального звеньев иммунитета, информативно-акцепторных связей, реализующихся в усилении перекисного окисления липидов, утилизации кислорода тканями, изменении мембранной проницаемости, окислительно-восстановительных процессов, метаболизма. Всё это повышает репаративную функцию тканей.

Под влиянием НИЛИ понижается рецепторная чувствительность, сокращается период фаз воспаления, уменьшается интерстициальный отек и напряжение тканей, улучшается насыщение тканей кислородом, повышается скорость кровотока, увеличивается число функционирующих коллатералей, активизируется транспорт веществ через сосудистую стенку [2]. Терапевтический фотобиологический эффект воздействия НИЛИ проявляется комплексным реагированием всех органов и систем организма. В результате снижения рецепторной чувствительности, уменьшения интерстициального отека и напряжения тканей проявляется анальгезирующее и противоотечное действие [4].

При лечении больных с травматическими повреждениями установлено что:

- лазерное излучение вызывает активную гиперемия в области перелома;
- облучение приводит к повышению пролиферативной активности клеток костеобразующей мезенхимы и других тканей, участвующих в регенерации перелома;
- гиперемия, клеточная пролиферация, экссудация обуславливают более полное и быстрое очищение зоны перелома от тканевого детрита, костных микросеквестров, некротизированных волокон скелетных мышц, рассасывание эндостальной мозоли и восстановление костномозгового канала;

- лазерное излучение способствует ранней и совершенной дифференцировке тканей.

Таким образом, лазерное излучение не нарушает обычного, физиологического течения процессов заживления перелома, но способствует более быстрой смене его последовательных фаз и совершенной консолидации перелома [3].

При исследовании более глубоких механизмов действия лазера на ткани, в частности на хрящевую, с целью объяснения положительного эффекта НИЛИ, установили ростостимулирующий (регенерирующий) эффект на процессы хондрогенеза [1]. Клинико-экспериментальными исследованиями установлено, что действие лазерного излучения синей области спектра ( $\lambda = 441,6$  нм) и аргонового лазера ( $\lambda = 488$  нм) характеризуется уменьшением экссудативной фазы воспаления и стимуляцией фибропластических процессов. В результате происходит быстрая смена фаз воспаления с уменьшением риска разрушения суставного хряща, нормализацией показателей крови, синовиальной жидкости.

Для изучения действия НИЛИ на регенерацию хряща опыты проведены на 36 кроликах породы «Шиншилла», весом от 2,5 до 3 кг. Модель травматического артрита создавалась путём повреждения наружного мыщелка бедра коленного сустава кролика при помощи фрезы.

Начиная со следующего дня после операции животным опытных серий

проводилось облучение области коленного сустава и иммунокомпетентных органов (печень, селезенка) лазерным излучением красной области спектра ( $\lambda = 632,8$  нм) при плотности мощности излучения  $100$  мВт/см<sup>2</sup> или же применялось комбинированное воздействие на вышеуказанные точки первоначально НИЛИ синей области спектра ( $\lambda = 441,6$  нм) при плотности мощности излучения  $100$  мВт/см<sup>2</sup>. А затем на те же точки воздействовали НИЛИ красной области спектра с такой же плотностью мощности.

Было поставлено 4 серии экспериментов.

Серия I – (выполнена на гиалиновом хряще интактной области коленного сустава) – 12 кроликов. Животные данной серии лазерному облучению не подвергались.

Серия II – 12 кроликов. Являлась контрольной и выполнялась на регенерируемом хряще. Животные этой серии лазерному облучению не подвергались.

Серия III – 12 кроликов. В послеоперационном периоде НИЛИ красной области спектра ( $\lambda = 632,8$  нм) воздействовали на 6 точек вокруг послеоперационной раны в проекции коленного сустава и по 2 точки в проекции иммунокомпетентных органов. Экспозиция – 2 минуты на точку. Суммарное время не превышало 20 минут. Максимальное количество сеансов-18.

Серия IV – 12 кроликов. В послеоперационном периоде облучалось 6 точек вокруг послеоперационной раны в проекции правого коленного сустава и по 2 точки в проекции иммунокомпетентных органов первоначально НИЛИ синей области спектра ( $\lambda = 441,6$  нм). После перерыва 15 минут, на те же точки воздействовали НИЛИ красной области спектра ( $\lambda = 632,8$  нм). Экспозиция по 1 минуте на точку лазерным излучением как синего так и красного спектральных диапазонов. Суммарное время облучения не превышало 20 минут.

Через 21, 30, 60 и 90 дней после операции животные выводились из опыта. Объектом исследования являлся репаративный хрящ из зоны повреждения.

Ультраструктурные изменения регенерируемого гиалинового хряща, после воздействия НИЛИ различного спектрального диапазона можно обобщить следующим образом: комбинированное лазерное излучение синей и красной областей спектра, на ранних этапах репаративного процесса (21 и 30-й день наблюдения), оказывает наиболее выраженное стимулирующее действие на митотические процессы в зоне регенерации, увеличивает количество незрелых хондроцитов, способствует интенсивному интерстициальному росту хряща.

Наряду с активными процессами пролиферации хондроцитов отмечается задержка их созревания с одновременным усилением дегенерации избыточного количества клеток и замещением их волокнами межклеточного вещества.

В конечном итоге это способствует увеличению массы клеточного и волокнистого компонентов хряща, что приводит к более полноценному его восстановлению.

В более позднем периоде (60 и 90 день наблюдения) усиливаются процессы дифференциации хондроцитов и межклеточного вещества. В контроле регенерирующий хрящ беден хондроцитами, процессы пролиферации сведены к минимуму. Межклеточная ткань несовершенна и состоит из неориентированных коллагеновых волокон и фибрилл.

В опытах с применением излучения красной области спектра репаративная зона хряща содержит умеренное количество хондроцитов находящихся на различных стадиях дифференциации. Чаще всего встречаются зрелые и гипертрофированные

хондроциты округлой формы, в результате чего, процессы синтеза межклеточного вещества угнетаются. Последнее состоит из коллагеновых волокон ориентированных в виде отдельных пучков. В опытах с использованием комбинированного лазерного излучения на 60 и 90 сутки после операции пролиферативные процессы снижаются, они не являются столь активными и доминирующими, как на 30-е сутки после операции. Однако среди зрелых элементов репаративной хрящевой ткани в эти сроки после операции наблюдаются лакуны с молодыми хондроцитами. Более зрелые клетки, количество которых значительно, имеют большой объем дифференцированной цитоплазмы и принимают активное участие в секреции межклеточного вещества гиалинового хряща.

Таким образом, процесс формирования вновь образованного хряща нельзя считать завершенным. Однако, по своей ультраархитектонике, вновь образованная ткань мало отличается от гиалинового хряща интактных областей коленного сустава экспериментальных животных.

#### Выводы

1. Лазерное излучение различного спектрального диапазона оказывает стимулирующее действие на формирование клеточного и основного вещества гиалинового хряща.

2. Указанные процессы более четко выявляются при комбинированном воздействии лазерного излучения синей и красной области спектра.

#### Литература

1. Богатырева, Т. В. Механизм ростостимулирующего действия лазерного излучения на хрящевую ткань у больных остеоартрозом // Лазер и здоровье 99. Материалы межд. конф. г. Москва 8-10 декабря 1999г., М. 1999. С. 262.

2. Елисеенко, В. И. Биологические проявления действия низкоэнергетического лазерного излучения и его роль в механизме стимуляции репаративных процессов. // Перспективные направления лазерной медицины: под ред. О. К. Скобелкина. Материалы междунар. конф. Москва. Одесса, 1992. С. 284 – 286.

3. Заживление переломов костей: экспериментальные и клинические исследования. И. Р. Воронович, И. В. Ролевич, А. А. Губко, Н. С. Сердюченко // Минск: Наука и техника, 1994. 174 с.

4. Козлов, В. И., Буйлин, В. А. Стимуляция микроциркуляции низкоинтенсивным лазерным излучением. // Новое в лазерной медицине и хирургии. М., 1990. Ч.2. С. 91 – 92.

5. Лаврищева, Г. И., Михайлова, Л. Н. Морфология и ультраструктура регенерата при повреждении суставного хряща // Повреждения и заболевания костей и суставов. М., 1981. С. 79 – 85.

6. Опыт применения хирургических лазеров у больных с повреждением ОДС / Е. А. Мазуркевич [и др.] // Актуальные вопросы травматологии и ортопедии: Материалы науч.-практ. конф. травматологов-ортопедов / НИИТО. Минск, 2000. Т. 2. С. 351 – 353.

7. Buckwalter, J.A., Mow, V.C. Cartilage repair in osteoarthritic // In Osteoarthritic, Diagnosis and Medical / Surgical Management / Edited by Moskowitz R.W. [et all.] Philadelphia. 1992. P.71 – 107.

8. Mankin, H.J., Buckwalter, J.A. Restoration of the osteoarthritic joint [editorial] // J. Bone and Joint Surg. 1996. N. 78-A, P. 1 – 2.

9. Kubota, J., Ohshiro, T. The effects of diode laser low reactive-level lasertherapy (LLLT) on flap survival in a rat model // Laser Therapy, 1989, V. 1. № 3. P. 127