

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОЖЕ КРОЛИКОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕЕ НЕПРЕРЫВНОГО И ПУЛЬСИРУЮЩЕГО УЛЬТРАЗВУКА

Л. И. Богданович (Москва)

Из кафедры кожных и венерических болезней (зав.—проф. А. И. Картамышев)
Центрального института усовершенствования врачей (дир. В. П. Лебедева)

(Поступила в редакцию 31/VII 1956)

В последние годы в медицине начинает находить все более широкое применение один из новых физических методов лечения — ультразвук.

Изучение биологического действия ультразвука началось с 1927 г., когда появилась первая работа Вуда и Лумиса о действии ультразвука на парамеции, спирогиры и о гемолизирующем действии его на эритроциты. Работ, посвященных гистологическим изменениям в коже, еще очень мало, а данные их во многом противоречивы. А между тем кожа служит своего рода входными воротами для ультразвука. Реакция кожи на ультразвук фактически определяет максимальную дозу ультразвука при любом его применении. Кроме того, даже при воздействии на внутренние органы, суставы и т. д. коже принадлежит большая роль, так как новейшие исследования показывают, что терапевтический эффект в значительной степени объясняется не только непосредственным воздействием ультразвука на глубоко лежащие органы или ткани, но и его рефлекторным влиянием (кожно-висцеральные рефлексы).

Кроме того, недостаточно учитывается тот факт, что воздействие ультразвука при одной и той же дозе тем сильнее, чем меньше животное (Бухтала, Штульфат и др.).

Далее следует заметить, что в литературе сообщается лишь о действии непрерывного ультразвука на кожу, но нет работ, касающихся патогистологических изменений в коже, возникающих под действием импульсного озвучивания, которое в последние годы начало находить все более широкое применение при лечении таких заболеваний, как ишиас, радикулит, и т. д., и при сегментарном озвучивании спинного мозга на различных его уровнях при лечении многих заболеваний.

В 1949 г. Нодл озвучивал кожу животных малой интенсивностью ультразвука и не наблюдал существенных изменений; он находил изменения только в волосяных сумках и железах. В 1950 г. Бауманн и Преш, озвучивая кожу морских свинок интенсивностью в $2,6 \text{ W/cm}^2$ при частоте 1000 кГц в течение 10 минут, отметили, что при озвучивании подвижной головкой (метод массажа) необратимых изменений в тканях не наблюдается, при озвучивании же неподвижной головкой (стационарный метод) они обнаружили появление быстро исчезающей гиперемии и более медленно исчезающего отека, иногда пузырей, а при повышении дозы ультразвука наступали явления некроза. Наконец, в 1952 г. В. Глоггенгиссер сообщил о воздействии ультразвука на кроликов и, в частности, на их кожу. Озвучивание производили интенсивностью до 4 W/cm^2 при частоте 1000 кГц в течение 5 минут. Гистологически при применении ультразвука средней интенсивности автор мог констатировать наличие подострого, преимущественно экссудативного, частично продуктивного воспаления. При более сильной интенсивности почти мгновенно наступала капиллярная гиперемия, за которой следовала геморрагия. При дальнейшем озвучивании появились бледные, резко ограниченные инфарктообразные участки, затем наступал частично ограниченный, частично диффузный некроз эпителия и собственно кожи. Некротические участки в дерме всегда были ограничены плотным лейкоцитарным валом от более глубокого слоя кожи.

Упомянутые авторы проводили озвучивание непрерывным ультразвуком. Действие же импульсных ультраакустических колебаний на кожу было испытано только Леманном и Форшютцем, которые с биологической реакции судили по покраснению кожи, наступающему после озвучивания (патогистологического исследования озвученных участков ими не проводилось). Они нашли, что, несмотря на одинаковое или еще большее количество общей энергии в импульсном режиме, биологическое действие пульсирующего ультразвука было ниже по сравнению с непрерывным. В дальнейшем это положение было подтверждено Нидером и Бойте.

Нами проведено изучение воздействия непрерывного и пульсирующего ультразвука различной интенсивности на нормальную кожу кролика.

Область озвучивания у каждого кролика тщательно выстригалась (боковая поверхность средней трети туловища). Озвучивание каждого выстриженного участка проводилось однократно при прямом контакте, непрерывным или пульсирующим¹ ульт-

¹ Частота модуляции 100 гц, соотношение между импульсом и паузой 1:1.

тразвуком, стационарным методом, частотой 1800 кГц, интенсивностью 0,5 W/cm² (малая интенсивность) или 2,5 W/cm² (большая интенсивность) в течение 10 минут. Контактной средой служило вазелиновое масло. Наркоз во время озвучивания не применялся. Через 48 часов после озвучивания производилась биопсия озвученных участков кожи с последующим патогистологическим исследованием. Срезы окрашивались гематоксилин-эозином, по ван Гизону по методу Вейгерта. Кроме того, проводилась импрегация нервных волокон по методу Гросс-Бильшовского. Всего было изучено 25 биопсий, из которых 10 взято у кроликов, озвученных непрерывным ультразвуком (по 5 биопсий на каждую интенсивность), 10—у кроликов, подвергшихся импульсному озвучиванию (по 5 биопсий на каждую интенсивность) и 5—у контрольных кроликов, не подвергавшихся действию ультразвука.

При воздействии непрерывного ультразвука малой интенсивности во всех случаях в дерме отмечались незначительные изменения. Клетки эпителия были несколько набухшими, местами казались увеличенными в размере, имелись явления перинуклеарного отека. Хроматиновая сетка эпителиальных клеток выявлялась довольно хорошо (рис. 1).

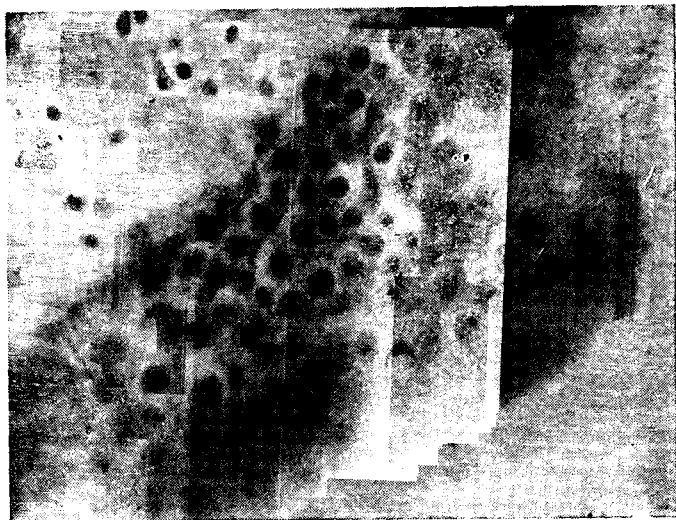


Рис. 1. Озвучивание непрерывным ультразвуком малой интенсивности. В эпидермисе видна перинуклеарная вакуолизация и отчетливо выступает хроматиновая сетка (увеличение: об. 100, ок. 6; гематоксилин-эозин).

В отдельных препаратах наблюдалось наличие фаз деления клеток. Верхний слой дермы был несколько отечен, в отдельных участках этого слоя имелись в небольшом количестве скопления клеток инфильтрата, состоящие в основном из гистиоцитов и лейкоцитов—полинуклеаров. Сосуды как в поверхностном, так и в глубоком слое дермы были расширены и переполнены кровью, при этом в единичных капиллярах отмечалось набухание эндотелия. Местами обнаружена небольшая отечность в клетках волосяных сумок и мышцах, поднимающих волосы. Эластические волокна каких-либо патологических изменений не претерпевали.

Воздействие пульсирующего ультразвука малой интенсивности вызвало гистологические изменения, наступавшие через 48 часов после озвучивания. В основном они были сходны с изменениями после воздействия непрерывного ультразвука малой интенсивности и отличались лишь тем, что весь процесс был выражен несколько слабее, чем при воздействии последнего.

Воздействие непрерывного ультразвука высокой интенсивности вызвало значительные экссудативные и альтеративные изменения. В эпидермисе были резко выражены отечность клеток, явления экзосероза и экзоцитоза. Не наблюдалось хроматиновой сетки, но зато хорошо выяв-

лялись дистрофические изменения клеток эпидермиса. В участках препарата, где процесс не был так сильно выражен, был отчетливо виден перинуклеарный отек клеток эпидермиса. Во всех препаратах в большем или меньшем количестве наблюдались небольшие гнойнички в различной стадии их формирования. Покрышкой таких пустул чаще всего служил отслоившийся роговой слой, дном пустул являлся мальпигиев слой, содержимым—ядерный детрит. Явления экзоцитоза были выражены настолько сильно, что зачастую стиралась грань между эпидермисом и дермой, благодаря обилию клеток инфильтрата (рис. 2).

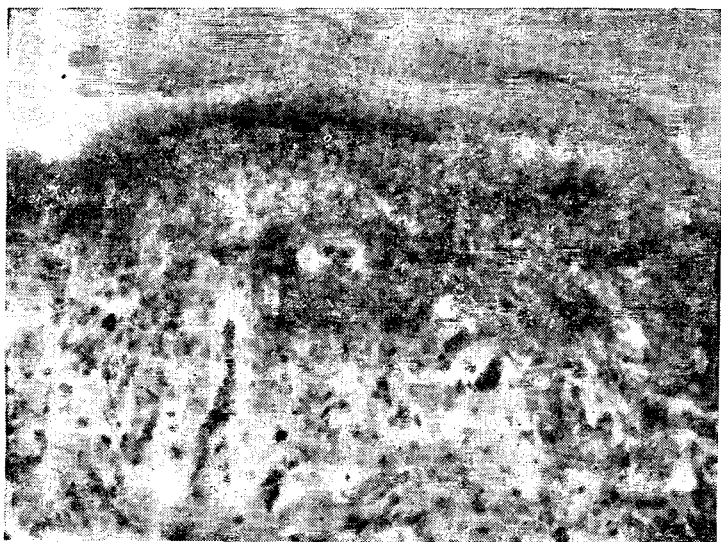


Рис. 2. Озвучивание непрерывным ультразвуком большой интенсивности. Пустула, дистрофия коллагеновых волокон в верхней части дермы (увеличение: об. 45, ок. 6; гематоксилин-эозин).

Дерма была отечной, особенно в верхней части, где коллагеновые волокна были раздвинуты отечной жидкостью. Местами в непосредственной близости к эпителию отмечалось особенно сильное набухание коллагеновых волокон, контуры которых были нечеткими, а сами они приобретали свойство окрашиваться основными красками. Значительная инфильтрация дермы была особенно выражена в верхнем слое. Инфильтрат состоял из лейкоцитов-полинуклеаров, среди которых имелось немало эозинофилов и в меньшей степени — лимфоцитов. Определялись также фибробласты и юные соединительнотканые клетки звездчатой формы. Кроме того, встречалось немало клеток с деформированным или распавшимся на отдельные глыбки ядром (рис. 3). Кровеносные сосуды были переполнены кровью, в них отмечалось краевое стояние и эмиграция лейкоцитов. Эндотелий сосудов был резко набухшим. В отдельных лимфатических сосудах отмечалось отслаивание эндотелия внутрь сосуда. Наконец, в поверхностном слое дермы иногда обнаруживались незначительные кровоизлияния, в глубоком слое—расширение вен и спазм артерий. Клетки волосяных сумок и мышцы, поднимающие волосы, были заметно отечны и местами пронизаны лейкоцитами, эластические волокна — несколько набухшими; они неравномерно окрашивались свойственными им красками и лежали на расстоянии друг от друга, собираясь в пучки только возле волосяных фолликулов. В стенках крупных сосудов эластическая сетка полностью сохранилась.

Со стороны нервных волокон отмечены незначительные явления расщепления и вакуолизации нервных волокон.

Воздействие пульсирующего ультразвука высокой интенсивности вызвало гистологические изменения, наступающие после озвучивания, в основном сходные с изменениями после воздействия непрерывного ультразвука высокой интенсивности; отличались они лишь тем, что здесь не было кровоизлияний; во многих препаратах, в тех именно участках,



Рис. 3. Озвучивание непрерывным ультразвуком высокой интенсивности. Распад клеток инфилтраты (увеличение: об. 45, ок. 6; гематоксилин-эозин).

где процесс был не так резко выражен, отчетливо выявлялся перинуклеарный отек клеток эпидермиса. Наконец, в ряде препаратов, помимо описанного выше набухания, можно было наблюдать гиперплазию эластических волокон.

Обсуждение полученных результатов

Из приведенных данных видно, что непрерывный ультразвук малой интенсивности при стационарном озвучивании в течение 10 минут вызывал в коже кролика незначительные изменения. Тот факт, что данная интенсивность ультразвука ($0,5 \text{ W/cm}^2$), которая для человека является терапевтической, вызывала все же у кроликов воспалительный процесс, хотя и незначительный, объясняется тем, что воздействие ультразвука при одной и той же дозе тем сильнее, чем меньше биологический объект.

Озвучивание непрерывным ультразвуком высокой интенсивности вызывало уже ясно выраженный экссудативно-альтеративный воспалительный процесс. Развитие такого процесса в коже объясняется тем, что примененная доза ультразвука, превосходя примерно в пять раз допустимую терапевтическую дозу для человека при стационарном методе применения, для кролика была чрезмерно большой. При этом нельзя не отметить, что наиболее значительные изменения обнаруживаются в эпидермисе и в верхней части дермы, т. е. в участках кожи, ближе всего расположенных к источнику ультразвуковых колебаний. Нам кажется возможным объяснить это тем, что ультразвук обладает способностью поглощаться преимущественно на границах раздела различных по своим физико-химическим свойствам сред (пограничных слоев), а кожа, являясь первой пограничной средой на пути ультразвука (масло — поверхность кожи), состоит в свою очередь из двух совершенно различ-

ных в физико-химическом отношении слоев — эпидермиса и собственно кожи. Таким образом, ультразвук, проходя через три пограничных слоя (масло, эпидермис и собственно кожа), в значительной степени поглощается кожей, преимущественно на границах раздела слоев (масло — эпидермис и эпидермис — собственно кожа). Отсюда понятна преимущественная локализация процесса в верхней части дермы.

Со стороны нервных волокон особых изменений не отмечено даже после воздействия ультразвука высокой интенсивности. Отмечались лишь кое-где незначительные патологические изменения нервных волокон: их расщепление и вакуолизация.

Морфологические изменения в нервной ткани, по литературным данным, наблюдались лишь тогда, когда производилось озвучивание оголенных нервных слоев или спинного и головного мозга мелких биологических объектов (раки, лягушки, крысы) непрерывным ультразвуком большой интенсивности (Бюсель, Вульф, Петерс, Уолл и др.).

При воздействии на кожу ультразвука терапевтической интенсивности следует считать, что нервные элементы, по крайней мере в первые 48 часов после озвучивания, не претерпевают сколь-либо значительных морфологических изменений.

Импульсное озвучивание как малой, так и большой интенсивностью в импульсе, как и следовало ожидать, вызвало более слабые изменения в коже кролика. Однако разница в воздействии непрерывного и пульсирующего ультразвука оказалась не столь резкой, что объясняется небольшой величиной соотношения между импульсом и паузой (1:1). Наши патогистологические данные, таким образом, согласуясь с данными других авторов (Леманн и Форшютц, Леман и Крузен и др.), свидетельствуют о меньшей биологической активности пульсирующего ультразвука по сравнению с непрерывным. Какой-либо качественной разницы между воздействием этих двух видов озвучивания мы не отметили.

З а к л ю ч е н и е

1. При озвучивании кожи кролика непрерывным ультразвуком малой интенсивности выявлялся незначительный экссудативный воспалительный процесс: а) небольшое набухание клеток эпителия; зачастую в ряде клеток имел место перинуклеарный отек; б) отечность верхнего слоя дермы и незначительная ее инфильтрация лейкоцитами (полинуклеарами) и фибробластами; в) расширение и переполнение кровью сосудов, местами набухание эндотелия.

2. При озвучивании кожи кролика непрерывным ультразвуком большой интенсивности наблюдалась картина экссудативно-альтеративного воспалительного процесса: а) отечность клеток эпидермиса, явления экзосероза и экзоцитоза, дистрофические изменения клеток эпидермиса, наличие микропустул, нечеткость границы между эпидермисом и дермой за счет обилия клеток инфильтрата; б) отечность дермы, особенно ее верхнего слоя, местами дистрофия коллагеновых волокон, значительная инфильтрация дермы, особенно в ее верхнем слое, в основном за счет фибробластов и лейкоцитов-полинуклеаров, распад клеток инфильтрата; в) расширение и переполнение кровью сосудов, стаз крови в капиллярах, набухание эндотелия сосудов; наличие незначительных кровоизлияний в верхнем слое дермы; г) отечность клеток волосяных сумок, отечность и незначительная инфильтрация лейкоцитами (полинуклеарами) мышц, поднимающих волосы; д) незначительные явления расщепления и вакуолизации нервных волокон.

3. Импульсное озвучивание как малой, так и большой интенсивности при прочих равных условиях вызывало, если не считать отсутствия кровоизлияний, те же изменения, что и при действии соответствующих доз непрерывного ультразвука, но в несколько меньшей степени.

ЛИТЕРАТУРА

- Baumann A. u. Presch H. R., Strahlentherapie, 1950. Bd. 81, S. 143—156. ²
 Buchtala V., Strahlentherapie, 1949, Bd. 802, p. 317—324. ¹ Busnel R. G., Clgo-
 rijevic J., Chauchart P. et aut., Compt. rend. Acad. Sci., 1952, v. 235, 233,
 p. 1535—1537. ¹ Glogengiesser W., Münch. med. Wchnschr., 1952, Jr. 94, S. 1015—
 1022. ¹ Lehmann J. u. Vorschütz R., Strahlentherapie, 1950, Bd. 81, S. 639—
 648. ¹ Lehmann J. F. a. Krusen Fr. H., Arch. Phys.—med. a. rehabilit., 1954, v. 35,
 N. 1, p. 20—23. ¹ Niedner K. u. Beuthe D., Strahlentherapie, 1953, Bd. 91, S. 466—
 475. ¹ Nödl F., Arch. f. Dermat. u. Syph., 1949, Bd. 189, S. 359—368. ² Peters G.,
 Strahlentherapie, 1949, Bd. 79, S. 653—658. ¹ Stuhlfauth K., Schw. med. Wchnschr.,
 1952, N. 28, S. 728—728. ¹ Wall P. D., Fry W. J., Stephens R. a. oth. Science,
 1951, N. 2974, p. 686—687. ¹ Wulff V. J., Fry W. J. a. Don Tucker a. oth., Proc.
 soc. exp. biol. med., 1951, v. 76, p. 361—366.

HISTOLOGICAL CHANGES IN THE SKIN OF RABBITS SUBJECTED TO CONTINUOUS AND PULSATING SUPERSONIC WAVES

L. I. Bogdanovich

Summary

The skin of rabbits was subjected to continuous and pulsating supersonic waves without any intermission for 10 minutes. This procedure was carried out once on each rabbit, the supersonic waves being 1800 kilocycles in frequency and 0.5—2.2 watts per cm² in intensity.

In using continuous supersonic waves of low intensity the following changes were noticed: slight swelling of epithelial cells, edema of the upper dermal layer with insignificant infiltration and dilatation of the blood vessels.

With continuous supersonic waves of average intensity the result was, as follows: edema and degeneration of epidermic cells, eczoseriosis and eczocytosis, appearance of micropustules, edema of the dermal layer with its pronounced infiltration, degeneration of the collagen fibers in certain places, dilatation of the blood vessels, stasis of blood in capillaries, swelling of endothelium of the blood vessels, the presence of minute haemorrhages in the upper dermal layer and the appearance of insignificant degeneration and vacuolization of the nervous fibers.

The use of pulsating supersonic waves of low, as well as, of moderate intensity caused (not counting the absence of haemorrhages) the same changes, but only less pronounced.