

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА

Кандидат медицинских наук Л. И. БОГДАНОВИЧ

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

Ультразвук в настоящее время твердо вошел в медицинскую практику и начинает применяться в ряде лечебных учреждений Советского Союза.

Несмотря на многочисленные биологические исследования, вопрос о механизме действия ультразвука до настоящего времени окончательно не выяснен. В последние годы большинство авторов придерживается той точки зрения, что ультразвук оказывает на организм сложное биологическое действие, состоящее из целого комплекса различных факторов: термического, механического, физико-химического и неврального. Последнему придают наибольшее значение.

В настоящей работе предпринята попытка выяснить значение вегетативной нервной системы в механизме влияния ультразвука на реактивность здоровой кожи человека.

В иностранной литературе имеется ряд работ, касающихся в той или иной степени некоторых функциональных изменений в коже под влиянием ультразвука. Однако эти работы характеризуют изменения реактивности после однократного озвучивания. В практике же лечения ультразвуком никогда не ограничиваются одним озвучиванием, а проводят курс лечения, состоящий из 10—12 сеансов. С целью приближения исследования к условиям клинического применения ультразвука и, таким образом, более полноценного изучения его механизма действия, мы не ограничивались однократным озвучиванием, а проводили исследования в динамике, на протяжении всего периода озвучивания (10 озвучиваний).

Исследование проведено у 20 здоровых человек по следующим тестам: капиллярное кровообращение, кожная температура, тактильная и болевая чувствительность, гистамин-адреналиновая проба. Капилляроскопия проводилась в области ногтевых валиков безымянных пальцев правой и левой руки, остальные

пробы—на симметричных участках кожи внутренней поверхности нижней половины предплечий. Озвучивание в области предплечий проводилось непрерывным ультразвуком при прямом контакте, частотой 1800 кГц, лабильно, интенсивностью 1 ватт см кв. в течение 5 минут. Область игольных валиков озвучивалась точно также, но стабильно и в течение 2 минут. Контактной средой служило вазелиновое масло. Озвучивание проводилось ежедневно в течение 10 дней.

КАПИЛЛЯРНОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ

На основании гистологических исследований (Бауманн и Преш, Бреттшнейдер, Глоггенгиссер (Baumann A., Presch H., Brettschneider H., Gloggenigisser W.) и др., измерения кровотока артерии (Аймиг, Рэндолл и Хайнс (Imig C. I., Randall B. F., Hines H. M.,) и других методов исследования (Веббеке, Нордманн и Кох, Штульфаут (Wöbbecke H. D., Nordmann M., Koch W. Stuhfauth K.) и др. было установлено, что слабые дозы ультразвука, в пределах лечебных, вызывают расширение периферических сосудов в ткани животных, вследствие раздражения сосудорасширяющих нервов; более высокие дозы ультразвука оказывают раздражающее действие на сосудосуживающие нервы и вызывают сужение сосудов; еще более высокие дозы приводят к параличу сосудодвигательных нервов и развитию застойных явлений в сосудах. Можно было думать, что аналогичным образом реагируют на ультразвук и сосуды кожи человека. В пользу этого говорила реакция покраснения кожи, наступающая после озвучивания.

Капиллярное кровообращение исследовалось нами при искусственном освещении с соблюдением всех основных требований, предъявляемых к проведению капилляроскопии. Исследование проводилось в день первого, пятого и десятого озвучивания непосредственно до сеанса озвучивания, сразу же после воздействия ультразвука и затем через 2 часа.

Капиллярное кровообращение под влиянием ультразвука изменялось следующим образом: у 6 исследуемых отмечалось кратковременное помутнение фона, которое, спустя 2 часа после озвучивания, полностью исчезало. Такая же картина наблюдалась и в конце курса озвучивания.

Расширение капиллярных петель сразу после озвучивания отмечалось у 16 человек, а у 4 человек, наоборот, сужение. Спустя 2 часа расширение капиллярных петель имело место у всех исследуемых.

В процессе многократных озвучиваний было отмечено, что к концу курса озвучивания сосуды всех исследуемых реагировали на ультразвук только расширением; сужения сосудов не отмечалось ни в одном случае. Через 2 часа после озвучивания

у четырех человек расширение сосудов сменилось их первоначальным состоянием.

Ток крови после озвучивания был ускорен у 17 человек из 20. Через 2 часа после озвучивания он оставался ускоренным у подавляющего большинства исследуемых. Многократное озвучивание не сказалось сколько-нибудь на динамике тока крови.

Кровенаполнение капилляров сразу после озвучивания увеличилось у 15 человек, а спустя 2 часа после озвучивания увеличение кровенаполнения наблюдалось у всех 20 исследуемых. В процессе многократного озвучивания мы отмечали увеличение кровенаполнения сразу после сеанса озвучивания почти во всех случаях, но зато спустя 2 часа увеличение кровенаполнения имело место только у 13 человек из 20.

Все вышеописанные изменения, но выраженные более слабо, почти всегда имели место на симметричных неозвученных участках кожи.

Интересным является то, что в процессе многократного озвучивания сосуды начинают реагировать на ультразвук более односторонне (расширение и увеличение кровенаполнения во всех случаях), но зато длительность этой реакции несколько уменьшается (через 2 часа те же изменения имели место только у 13—16 исследуемых из 20).

КОЖНАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Об абсорбции ультразвука обычно судят по нагреванию тканей. Термические измерения в ткани экспериментальных животных и человека были проведены рядом иностранных авторов (Польман, Паров-Сухон и Шлунгбаум, Леманн и Нитш, Леманн, Форшютц и др. (Pohlman R., Parow-Souchon E., Schlungbaum H., Lehmann I., Nitsch W., Yorschütz R.)). Измерение температуры в тканях на различной глубине показало, что ультразвук сильнее всего абсорбируется на границе раздела фаз, т. е. на границе перехода одной ткани в другую. Так, например, на границе перехода жировой ткани в мышечную при озвучивании интенсивностью 4 Вт/см² температура повышалась на 5—6°C. Кроме того, оказалось, что абсорбция ультразвука различными тканями происходит не одинаково (в мышечной ткани температура повышалась в 2 раза больше, чем в жировой, а в нервной в 3—4 раза больше, чем в мышцах). Однако никем не исследовалось рефлекторное влияние ультразвука на повышение температуры в симметричных, неозвученных участках кожи.

Для выяснения этого вопроса нами измерялась кожная температура электротермометром не только на озвучиваемом, но и на симметрично расположенном участке кожи другой конечности. Согласно полученным данным, температура кожи сразу после озвучивания повышалась на 0,3—1°C, в среднем на 0,6°C. Че-

рез 2 часа после озвучивания имело место снижение кожной температуры, однако она оставалась выше первоначальной в среднем на $0,4^{\circ}\text{C}$. На симметричном (неозвученном) участке кожи также отмечалось повышение температуры в среднем на $0,2^{\circ}\text{C}$.

После 10 озвучиваний кожа человека стала реагировать на ультразвук менее высоким повышением температуры (в среднем $0,5^{\circ}\text{C}$). Менее сильная температурная реакция кожи на ультразвук после курсового озвучивания говорит, по-видимому, о снижении температурной реакции кожи человека к ультразвуку под влиянием многократного воздействия последнего.

Сравнительно небольшие цифры повышения кожной температуры в нашем исследовании объясняются тем, что нами проводилась термометрия на поверхности кожи, а не в области пограничных слоев, а также применением небольшой интенсивности ультразвука.

ПОТООТДЕЛЕНИЕ

Каких-либо указаний о влиянии ультразвука на потоотделение в доступной нам литературе мы не встретили.

Потоотделение нами исследовалось электрометрическим методом. Согласно полученным данным, потоотделение сразу после озвучивания повысилось в среднем на 30 проц. Спустя 2 часа после озвучивания потоотделение несколько снижалось или оставалось на тех же цифрах. Повышение потоотделения отмечалось также и на симметричных участках другой конечности (17 проц.). После многократного озвучивания потоотделительная реакция оставалась почти такой же, как и после первого озвучивания. Усиление потоотделения можно объяснить влиянием ультразвука на симпатические нервные окончания в потовых железах.

ТАКТИЛЬНАЯ И БОЛЕВАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Экспериментальные исследования на животных Бюснеля с соавторами (Busnel K. G. и др.) показали, что под влиянием больших доз ультразвука происходит понижение проводимости нервных стволов. Об обезболивающем эффекте при лечении ультразвуком говорят многочисленные клинические наблюдения (Польман, Бухтала (Buctala Y.) и многие другие). Однако мы не встретили работ, посвященных изучению влияния терапевтических доз ультразвука на различные виды кожной чувствительности здорового человека.

С этой целью нами исследовалась тактильная и болевая чувствительность волосками и щетинками по видоизмененной методике Фрея. Результаты этого исследования показали, что ультразвук не оказывает заметного влияния на тактильную и

болеваю чувствительность у здоровых людей. Обезболивающее действие ультразвука, по-видимому, имеет место только в патологии. По данным Горникиевича (Hornikiewitsch), при воздействии ультразвука на воспалительный процесс изменяется концентрация подородных ионов в щелочную сторону (алкалоз), тем самым снижая явления ацидоза в воспаленной ткани, что и является, по его мнению, причиной уменьшения боли.

ГИСТАМИН-АДРЕНАЛИНОВАЯ ПРОБА

Хотя гистамин—адреналиновая проба является показателем возбудимости симпатических и парасимпатических нервных окончаний в коже, однако, некоторые авторы (Френцель, Хинсберг, Шульте и др. (Frenzel H., Hinsberg K., Schultes H.) пользовались этой реакцией для доказательства повышения проницаемости кожи под влиянием ультразвука. Другие же авторы, как например, Лемани, Штульфаут, Виттенцельнер (Wittenzellner R.) и др. высказались против этой точки зрения.

С целью более полного изучения реактивности кожи человека, а также уточнения некоторых моментов этого спорного вопроса, нами изучалась гистамин-адреналиновая проба на озвученных и контрольных участках кожи.

Согласно нашим данным, гистамин-адреналиновая проба выявила на предварительно озвученных участках кожи более интенсивную реакцию на гистамин и, наоборот, менее интенсивную реакцию на адреналин по сравнению с контрольными участками. Если допустить, что ультразвук способен усиливать проницаемость кожи и потому реакция на гистамин более сильная, то надо будет признать, что под влиянием ультразвука адреналин также должен усиленно проникать в кожу и, следовательно, вызвать более сильную реакцию. Однако в действительности с адреналиновой реакцией получается как раз наоборот.

Мы предлагаем следующее объяснение вышеописанному явлению: гистамин, всасываясь в кожу, вызывает в той или иной степени расширение сосудов, обуславливая тем самым появление характерной реакции. Ультразвук, в свою очередь, также вызывает расширение сосудов. Таким образом, в сочетании ультразвука с гистамином мы имеем своего рода синергизм по части сосудорасширяющего эффекта, что, естественно, ведет к усилению гистаминовой реакции на предварительно озвученном участке кожи. По отношению к адреналину, обладающему способностью вызывать спазм сосудов, ультразвук является, наоборот, антагонистом. Вследствие этого, на озвученном участке кожи адреналин не может в достаточной степени вызывать характерный для него феномен, так что реакция кожи на адреналин получается менее интенсивной.

Влияние многократного воздействия ультразвука на дина-

мику гистамин-адреналиновой пробы выразилось в небольшом снижении показателей этой реакции (интенсивность, диаметр папулы и пятна, время рассасывания волдыря) к концу курсового озвучивания, что говорит о некотором понижении реактивности кожи человека к гистамину и адреналину в результате ее многократного озвучивания.

В ы в о д ы

Реактивность здоровой кожи человека под влиянием терапевтических доз ультразвука изменялась следующим образом.

1. Капиллярное кровообращение под влиянием ультразвука усиливалось, что выражалось в покраснении фона, расширении капиллярных петель, ускорении тока крови и увеличении кровенаполнения. Под влиянием многократного озвучивания интенсивность некоторых показателей (расширение сосудов и кровенаполнение) этой реакции несколько уменьшилась.

2. Температура кожи на озвученных участках, как правило, повышалась. После многократного озвучивания это повышение было менее выраженным.

3. Потоотделение на озвученных участках повышалось. Многократное воздействие ультразвука не оказало заметного влияния на потоотделительную реакцию.

4. На тактильную и болевую чувствительность заметного влияния ультразвука не отмечено.

5. Гистамин-адреналиновая проба выявила на предварительно озвученных участках кожи более интенсивную реакцию на гистамин и, наоборот, менее интенсивную реакцию на адреналин, по сравнению с контрольными участками. Под влиянием многократного озвучивания отмечалось небольшое понижение реакции кожи на гистамин и адреналин.

6. Соответствующие изменения, хотя и менее выраженные, в капиллярном кровообращении, кожной температуре и потоотделении на неозвученных симметричных участках кожи свидетельствуют о рефлекторном характере этих изменений.

7. Небольшое снижение отдельных показателей капиллярного кровообращения, температурной реакции и гистамин-адреналиновой пробы в динамике после курсового озвучивания говорит о некотором понижении реактивности кожи под влиянием многократного воздействия на нее ультразвука.

8. Суммируя всё вышесказанное, можно прийти к заключению, что нервная система, преимущественно ее вегетативный отдел, играет исключительно большую роль в механизме действия ультразвука.