Парфенов А. П. Электрофорез лекарственных веществ. Л., 1973.
Ратенберг М. А. Физиотерапия в оториноларингологии. Л., 1973.
Улащик В. С. Введение в теоретические основы физической терапии. Минск, 1981.

Поступила 22.02.82

INTRASINAL DIMETHYLSULFOXIDE ELECTROPHORESIS IN MAXILLARY SINUSITIS

L. B. Dainyak, V. P. Nikolaevskaya, G. A. Romanova, I. K. Sharpanova

The use of dimethylsulfoxide electrophoresis in 50 patients with various forms of maxillary sinusitis has proved the efficacy of intrasinal methods elaborated by the authors.

УДК 615.837.3.015.4.07

А. А. Чиркин

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЛЕЧЕБНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОМ

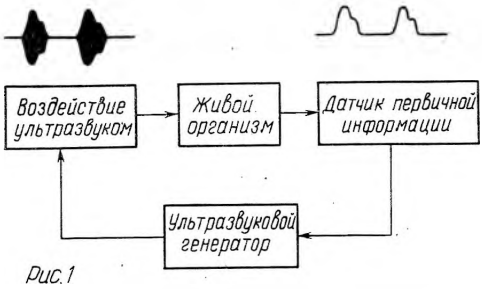
Витебский медицинский институт

Взаимодействие биологических ритмов с периодически меняющимися условиями внешней среды обеспечивает единство живой и неживой природы (Ю. А. Романов, 1980). Эта объективная закономерность лежит в основе новой области физиотерапии — хронофизиотерапии, основными целями которой являются нормализация путем физиотерапевтических воздействий ритма поврежденного патологическим процессом органа и создание в организме естественной временной структуры его биологических ритмов. При этом следует учитывать, что для организменного уровня ведущими должны быть колебания с периодами, близкими к 24 ч, и более длительные — циркадные — ритмы, а на клеточном и субклеточном уровнях наиболее важными следует считать менее продолжительные периоды колебаний, измеряемые миллисекундами, секундами или десятками секунд. Теоретические и прикладные аспекты физиотерапии с учетом циркадных ритмов подробно обсуждены в работе И. Е. Оранского и В. С. Улащика. Воздействие физических методов на клеточные биологические ритмы изучены значительно хуже.

Временна́я организация разнообразных функций клетки основывается на следующих принципах (Ю. А. Романов, 1978): согласованности и упорядоченности клеточных функций во времени; ритмической деятельности генома клетки; периодичности изменений аппарата цитоpецепции; взаимодействия биологических ритмов организма с периодическими изменениями во внешней среде. В живой клетке имеется минимум 3 места, на которые действуют физические факторы, обеспечивая переключение потоков энергии и информации в организме (О. А. Крылов): макромолекулы наружной оболочки клетки, митохондрии и ядро.

В связи с адаптационной природой клеточных биологических ритмов обычно рассматривают амплитуду колебаний как показатель оптимальности настройки данной метаболической системы, отражающей ее функциональный резерв и степень мобилизации. Фазу колебаний оценивают в связи с другими колебаниями близких процессов. При этом увеличение синхронизации различных биохимических и физиологических процессов указывает на активацию адаптационных возможностей организма (Р. М. Баевский). Можно предположить, что физиотерапевтическое воздействие оптимально в том случае, если режимы связаны с изменяющимися параметрами организма. Это достижимо в случае периодических (импульсных, ритмических) воздействий

Центральная библиотека БССР им. Я. Коласа



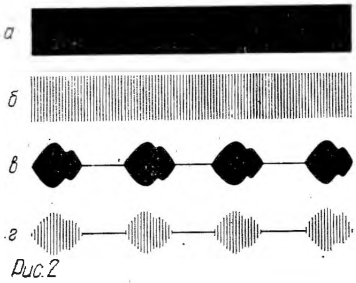


Рис. 1. Схема воздействия ультразвуком в режиме пульсограммы.

Рис. 2. Виды ультразвука.

а — непрерывный; *б* — импульсный; *в* и *г* — амплитудно-модулированный: заполнение «пачек» непрерывным (*в*) и импульсным (*г*) ультразвуком.

направленных на восстановление и синхронизацию клеточных ритмов (В. С. Улащик). Целью настоящей работы был поиск способа воздействия ультразвуком в режиме биологических ритмов организма.

Если ультразвуковая волна модулирована по амплитуде импульсным или синусоидным сигналом, то возмущение, возникающее в биологической среде, повторяет огибающую ультразвуковой волны. Наличие такого детектирования позволяет рассматривать воздействие на биологическую систему амплитудно-модулированным ультразвуком как низкочастотное периодическое воздействие комплексным физико-химическим фактором (А. П. Сарвазян).

Чрезвычайно важна проблема выбора биологического ритма, в режиме которого надлежит производить воздействие ультразвуком. На первом этапе разработки новых биоуправляемых способов «озвучивания» мы предложили воздействие ультразвуком, модулированным пульсовой волной. С ритмической работой сердечно-сосудистой системы связаны не только процессы гемодинамики, но и снабжение тканей питательными веществами и кислородом. На протяжении систолы происходит доставка питательных веществ и кислорода рабочим клеткам. Учитывая, что пульсирующее изменение давления крови прослеживается до метаартериол, т. е. до сосудов такого калибра, где уже осуществляется трансмембранный перенос в период систолы (Wiederhielm), а также что транскапиллярный переход веществ протекает с ритмичностью, близкой к частоте пульса (Ю. Я. Родионов и В. П. Чиков), и опираясь на известный капиллярный эффект ультразвука, мы сочли целесообразным воздействовать ультразвуковыми волнами в период каждой систолы. При этом полагали, что в периоде систолы ультразвук обеспечит усиление трансмембранного переноса веществ, приведет к раскрытию резервных капилляров, облегчит протекание ферментативных процессов в клетке, интенсифицирует биохимические процессы в рабочую фазу периодически функционирующей системы. Во время диастолы нет нужды в ультразвуковом воздействии, поскольку биологическая система должна релаксироваться.

Предложены способ и устройство для воздействия ультразвуком в режиме пульсограммы. В соответствии с предложенным способом воздействие ультразвуком проводят с периодичностью, равной частоте сокращений сердца, на основе информации, снимаемой датчиками, установленными во время процедуры на теле пациента и управляющими работой генератора ультразвуковых колебаний[1]. Общая схема предлагаемого способа воздействия ультразвуком представлена на рис. 1.

---

[1] Авторское свидетельство № 649429, СССР.

Для осуществления этого способа создано устройство, содержащее датчик пульса, усилитель, генератор ультразвука, схему управления воздействием и электроакустический преобразователь, причем схема управления воздействием выполнена в виде амплитудного модулятора[2]. Полученные синхронно с систолической волной «пачки» ультразвука могут заполняться как непрерывным, так и импульсным ультразвуком (рис. 2). Использование постоянного биоуправления ультразвуковым воздействием на основе цепи, состоящей из датчика пульса, усилителя и схемы управления, обеспечивает непрерывную амплитудную модуляцию генератора ультразвуковых колебаний низкочастотным сигналом биологического ритма. При этом достигаются индивидуализация воздействия по трем основным параметрам биологического ритма — частоте, амплитуде и длительности, а также снижение общего потребления организмом энергии в среднем в 2,5 раза.

Предлагаемый способ воздействия ультразвуком в режиме пульсограммы был испытан в экспериментах на 300 крысах, 60 кроликах и 44 свиньях. Интенсивность на пульте управления аппарата 0,2 Вт/см^2; каждая систола заполнялась непрерывным или импульсным (длина импульса 10 мс) ультразвуком. Использована лабильная методика воздействия, контактная среда — вазелиновое масло. Длительность каждого воздействия 5 мин, интервалы между процедурами 24 ч.

В результате испытаний установлено, что непрерывный или импульсный ультразвук в режиме пульсограммы не оказывает влияния на детородную функцию крыс: отклонений в развитии потомства не обнаружено в 4 поколениях крыс.

Спустя 1 сут после 5-кратного курсового воздействия амплитудно-модулированным ультразвуком с заполнением каждой систолы импульсным ультразвуком в ткани печени повысились содержание лактата на 86,2 %, активность фосфофруктокиназы на 44,7 %, транскетолазы на 31 % и рибозо-5-фосфатметаболизирующих ферментов на 11,1 %. При этом эндогенный пул АТФ был повышен, а содержание гликогена соответствовало контрольным значениям. Как и при курсовом воздействии непрерывным и импульсным ультразвуком, амплитудно-модулированный ультразвук вызывал гиперсеротонинемию (превышения контрольного уровня на 26,3 %). Следовательно, для воздействия ультразвуком в режиме пульсограммы характерен ряд признаков биохимического фона повышенной неспецифической резистентности организма, описанного ранее для биостимулирующих интенсивностей непрерывного и импульсного ультразвука А. А. Чиркиным и соавт. Кроме того, для ультразвукового воздействия по предлагаемому способу характерна стимуляция обмена углеводов, в частности пентозофосфатного пути, являющегося поставщиком НАДФ·Н для биосинтеза и пентозофосфатов для образования нуклеиновых кислот при регенерации тканей.

На модели регенерирующей печени крыс было показано, что 5-кратное курсовое воздействие импульсным ультразвуком приводит к ускорению прироста массы органа на 18 %. При этом в ткани печени резко снижено содержание НАДФ·Н (с 290±30,4 до 95±13,2 нМ/г). Можно полагать, что ускоренная импульсным ультразвуком регенерация печени требует более интенсивных затрат НАДФ·Н для биосинтеза. Амплитудно-модулированный пульсограммой ультразвук вызывал более быстрый прирост массы печени (на 29 %). Относительная масса органа на 6-е сутки наблюдения была достоверно выше как контрольного уровня, так и массы печени животных, леченных импульсным ультразвуком, и соответствовала массе органа у интактных

---

[2] Авторское свидетельство № 562279, СССР.

крыс того же возраста. Показано, что содержание НАДФ·Н у этих животных было значительно выше, чем при лечении импульсным ультразвуком, и составило 157±11,9 нМ/г. Следовательно, амплитудно-модулированный ультразвук способствовал почти полному завершению регенерации органа за 6 сут.

Более высокая эффективность воздействия ультразвуком в режиме пульсограммы была выявлена и на других моделях регенерационных процессов. При лечении ран кожи у крыс по предлагаемому способу отмечено ускорение заживления на 50,8 % (по прочности рубца на разрыв), а по известному способу — на 15,6 %. По комплексу биохимических и морфологических исследований установлена бо́льшая зрелость рубцовой ткани при лечении амплитудно-модулированным ультразвуком. При лечении резерпиновых язв желудка у крыс предлагаемым способом отмечена на 50 % более высокая эффективность, чем при лечении известным способом. Лечение переломов трубчатых костей у кроликов с помощью амплитудно-модулированного ультразвука обеспечило более быстрое образование костной мозоли с повышением ее прочности на 0,6 кг по сравнению с воздействием импульсным ультразвуком. Приживление аутотрансплантата щитовидной железы у кроликов ускорялось в случае применения ультразвука в режиме пульсограммы за счет интенсивного образования сосудистой сети; импульсный ультразвук при этом оказался неэффективным.

При лечении ультразвуком по предлагаемому и известному способам ран кожи у свиней обнаружено ускорение регенераторных процессов, позволившее снять швы на 48 ч раньше, чем в контроле. По сравнению с действием импульсного ультразвука предлагаемый способ лечения ран кожи имел определенные преимущества: для него характерны бо́льшая выраженность противовоспалительного действия, бо́льшая интенсивность пролиферативного возбуждения клеток эпидермиса и дермы, более быстрая нормализация эпителиально-соединительнотканных взаимоотношений, более быстрая нормализация интегральных гематологических и биохимических показателей реактивности организма.

В механизме положительного действия амплитудно-модулированного ультразвука видное место занимает активация трансмембранного переноса веществ в сосудах микроциркуляторного ложа. По данным воздушной пульсоплетизмографии концевой фаланги пальца у людей (20 добровольцев) отмечено увеличение интенсивности кровотока дистальнее места воздействия амплитудно-модулированным по пульсу ультразвуком интенсивностью 0,4 Вт/см^2. Об этом свидетельствовало одновременное увеличение интервала от начала до вершины объемной пульсоплетизмограммы на 13—22 % и ее амплитуды на 31—43 %, а также возрастание амплитуды постсистолической волны на 20—51 % без существенного изменения частоты пульса. Воздействие непрерывным и импульсным ультразвуком той же интенсивности не вызывало заметных изменений параметров пульсоплетизмограммы (18 испытуемых).

Таким образом, в рамках хронофизиотерапии разработан новый способ биоуправляемого пульсограммой лечения ультразвуком, который предназначен для ускорения процессов репаративной регенерации тканей при разнообразных патологических состояниях, хирургических разрезах. Он может быть также рекомендован для применения в хирургии и терапии с целью противовоспалительного и биостимулирующего действия. Для предлагаемого способа приемлемы те же параметры ультразвуковой процедуры (длительность, интервалы между процедурами, число процедур на курс и пр.), что и для непрерывного или импульсного ультразвука. В настоящее время ведутся интенсивные разработки по созданию биоуправляемых ультразвуковых терапевтических аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

Баевский Р. М. — В кн.: Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем. М., 1976, с. 88—111.
Крылов О. А. — В кн.: Вопросы экспериментальной и клинической курортологии и физиотерапии. М., 1975, с. 17—19.
Оранский И. Е., Улащик В. С. — В кн.: Оптимизация воздействий в физиотерапии. Минск, 1980, с. 33—43.
Родионов Ю. Я., Чиков В. П. — Изв. АН СССР, Сер. биол., 1978, № 2, с. 230—238.
Романов Ю. А. — В кн.: Митохондриальные процессы во временной организации жизнедеятельности. Пущино, 1978, с. 73—75.
Романов Ю. А. — В кн.: Проблемы космической биологии. Т. 41. «Биологические ритмы». М., 1980, с. 10—56.
Сарвазян А. П. — В кн.: Молекулярная и клеточная биофизика. М., 1977, с. 107—113.
Улащик В. С. Введение в теоретические основы физической терапии. Минск, 1981.
Чиркин А. А., Богданович Л. И., Улащик В. С. Ультразвук и реактивность организма. Минск, 1977.
Wiederhielm C., Woodbury J. W., Kirk S. et al. — Am. J. Physiol., 1964, v. 207, p. 173—176.

Поступила 22.02.82

SEARCH FOR OPTIMAL REGIMES OF AN ULTRASOUND THERAPEUTIC EFFECT

A. A. Chirkin

A method and device for a therapeutic action with the help of amplitude-modulated ultrasound in the pulsogram regime are suggested. This effect provides individual treatment according to the 3 main parameters of biorhythm (frequency, amplitude and duration), it also reduces the total power consumption of the body on the average 2.5-fold. Amplitude-modulated current is intended for intensification of regenerative processes, producing antiinflammatory and biostimulating effects.

УДК 615.831.4.015.4

В. Г. Бокша, Л. В. Ященко, Л. М. Гах, А. М. Ярош

МЕСТНЫЕ И ОБЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Ялтинский институт физических методов лечения и медицинской климатологии им. И. М. Сеченова

Проведенный нами ранее (В. Г. Бокша и Л. В. Ященко) анализ развития научных исследований в области физиотерапии позволил показать перспективность и определить некоторые общие положения системного подхода при изучении механизмов действия физиотерапевтических факторов в свете учения П. К. Анохина.

Приводим результаты многолетних исследований, направленных на оценку механизмов действия однократного УФ-облучения (УФО) в интегральном спектре (лампа ДРТ-375) в дозах 0,5, 1, 2 и 3 МЭД (минимальная эритемная доза), а также курсового УФО в возрастающих дозах (от 0,5 до 3 МЭД в течение 14 и 21 дня). Исследование, проведенное на 200 животных, было направлено на последовательное сравнительное изучение возникающих после УФО изменений на различных уровнях структурно-функциональной организации.

В 1-й части исследований местные изменения после УФО оценивали по показателям гистологического и гистохимического исследования кожи.

В срезах кожи, окрашенных гематоксилин-эозином, по Ван-Гизону, Харту, Граму — Вейгерту, определяли ДНП (по Фельгену), РНП (по Браше), общий белок (сулема-бромфеноловым синим), гликозаминогликаны (по Галле — Мюллеру), гликопротеиды (ШИК-реакцией), активность НАД-диафоразы (нитротетразолием синим), кислой фосфатазы (по Берстону).