

Изобретение относится к области медицины и экспериментальной биологии и может быть использовано при лечении заболеваний, повреждений и последствий поврежденных опорно-двигательного аппарата, которые сопровождаются дистрофическими изменениями в хрящевой и костной тканях.

При лечении больных с указанными патологическими состояниями необходимо создать благоприятный режим для восстановления трофики измененных тканей, включающий в себя комплекс медикаментозных и физиотерапевтических методов и средств, в том числе использующих различные виды электромагнитных излучений в качестве внешнего физиотерапевтического фактора.

В патентной документации и научно-медицинской литературе нами не выявлено физиотерапевтических способов и устройств использующих для лечения указанной группы заболеваний гипервысокочастотное (ГВЧ) электромагнитное излучение.

В основу изобретения поставлена задача разработки способа и устройства для его осуществления, позволяющих создать условия для восстановления трофики в костной и хрящевой тканях у больных с дистрофическими изменениями в них за счет физиотерапевтического воздействия на характер течения метаболических реакций в организме путем, например, облучения биологически активных зон поверхности кожи больного электромагнитным излучением нетепловой интенсивности.

Поставленная задача решается тем, что согласно изобретению способ гипервысокочастотной (ГВЧ) терапии заключается в направленном воздействии когерентным электромагнитным гипервысокочастотным (ГВЧ) излучением нетепловой интенсивности с длиной волны 337мкм при плотности мощности в интервале 0,1 - 10,0мвт/см² в количестве 2 - 3 сеансов по 15 минут каждый с интервалом в 1 - 2 суток на биологически активные зоны.

Устройство для осуществления способа гипервысокочастотной терапии содержит источник непрерывного когерентного ГВЧ излучения, представляющий собой газоразрядный лазер на молекуле HCN с длиной волны излучения 337мкм, к выходу которого присоединен квазиоптический волноведущий тракт, включающий в себя основной и вспомогательный каналы. Основной канал содержит последовательно соединенные возбудитель лучевода, лучевод, квазиоптический плавный аттенюатор и квазиоптический облучатель. Вспомогательный канал содержит квазиоптический делитель пучка и датчик контроля мощности, выход которого соединен с индикатором контроля мощности, при этом квазиоптический делитель пучка включен в основной канал между квазиоптическим плавным аттенюатором и квазиоптическим облучателем.

Кроме того, в основной канал между квазиоптическим плавным аттенюатором и квазиоптическим делителем пучка дополнительно введен квазиоптический амплитудный модулятор с частотой модуляции, регулируемый в пределах 10 - 100Гц, и соединенный через усилитель мощности с генератором звуковой частоты.

В качестве квазиоптического облучателя используют, например, либо открытый конец лучевода, либо фазовый корректор в виде диэлектрической линзы, или металлического

фокусирующего зеркала, установленного на выходе квазиоптического основного волноведущего лучеводного канала.

Благодаря наличию в устройстве источника излучения, представляющего собой газоразрядный лазер на молекуле HCN обеспечивается возможность получения непрерывного когерентного ГВЧ излучения с длиной волны 337мкм, используемого в качестве внешнего физиотерапевтического фактора при реализации предлагаемого способа. Использование квазиоптического волноведущего тракта, выполненного в виде квазиоптической схемы на основе полого диэлектрического лучевода и лучеводных устройств, дает возможность осуществить формирование, преобразование и направленную передачу к облучаемой поверхности (облучаемому объекту) лазерного ГВЧ излучения в виде квазиоптического пучка с заданными параметрами, а также регулировать в широких пределах и контролировать в процессе облучения основные параметры ГВЧ излучения, необходимые для установления заданного режима облучения.

Дополнительное введение в квазиоптический тракт квазиоптического амплитудного модулятора с частотой модуляции, регулируемой в пределах 10 - 100Гц, управляемого от генератора звуковой частоты через усилитель мощности, позволяет значительно расширить функциональные возможности устройства, в частности обеспечивать возможность варьирования в широких пределах и точного подбора оптимальной частоты модуляции мощности ГВЧ излучения для достижения максимальной терапевтической эффективности. Заявляемое устройство для осуществления способа иллюстрируется чертежом, на котором представлена блок-схема устройства.

Устройство содержит источник непрерывного когерентного ГВЧ излучения 1, к выходу которого присоединен квазиоптический волноведущий тракт, включающий себя основной и вспомогательный каналы, основной канал содержит последовательно соединенные возбудитель лучевода 2, лучевод 3, квазиоптический плавный аттенюатор 4, квазиоптический облучатель 5.

Вспомогательный канал содержит последовательно соединенные квазиоптический делитель пучка 6, включающий в основной канал между квазиоптическим плавным аттенюатором 4 и квазиоптическим облучателем 5 и квазиоптический датчик контроля мощности 7 с индикатором контроля мощности 8.

Между квазиоптическим плавным аттенюатором 4 и квазиоптическим делителем пучка 6 дополнительно введен квазиоптический амплитудный модулятор 9, соединенный через усилитель мощности 10 с генератором звуковой частоты 11.

Источником непрерывного когерентного ГВЧ излучения 1 служит газоразрядный субмиллиметровый (субмм) лазер на длину волны 337мкм, в котором в качестве рабочего вещества используют молекулу HCN.

Квазиоптический волноведущий тракт выполнен на основе квазиоптической линии передачи и включает в себя лучевод 3 и квазиоптические лучеводные функциональные элементы: возбудитель лучевода 2, квазиоптический плавный аттенюатор 4, квазиоптический делитель пучка 6, квазиоптический облучатель 5, датчик контроля мощности 7, квазиоптический амплитудный

модулятор 9.

Возбудитель 2 осуществляет преобразование выходного пучка ГВЧ излучения лазера 1 в пучок излучения, соответствующий основной моде E_{H1} лучевода 3, то есть выполняет функцию устройства электрически согласующего выход лазера 1 со входом лучевода 3.

Квазиоптический плавный аттенуатор 4 предназначен для регулировки в широких пределах (0 - 20дБ) ослабления проходящего через него ГВЧ излучения без искажения формы волнового пучка и его поляризации, что необходимо для установления требуемой плотности мощности излучения в пределах облучаемой зоны.

Квазиоптический делитель пучка 6 предназначен для разветвления мощности ГВЧ излучения на два направления в заданной пропорции без искажения формы волнового пучка.

Квазиоптический облучатель 5 предназначен для направленной передачи ГВЧ излучения к облучаемому объекту и формирования достаточно равномерного распределения плотности мощности в пределах облучаемой зоны объекта облучения без существенного облучения соседних с ней зон. В качестве облучателя 5 в предлагаемом устройстве используется секция лучевода, открытый конец которого обращен к облучаемой зоне, а второй - присоединен к выходному плечу делителя пучка 6. При этом, для предотвращения дифракционной расходимости пучка, то есть для исключения изменения его поперечного размера при распространении в свободном промежутке между облучателем 5 и облучаемой зоной на объекте облучения, длина указанного промежутка не должна превышать $D^2/4\lambda$, где D - диаметр апертуры облучателя, λ - длина волны ГВЧ излучения. Так, например, при диаметре апертуры облучателя-лучевода $D = 20$ мм и длине волны $\lambda = 337$ мкм длина указанного промежутка, не должна превышать 300мм.

При этом диаметр облучаемой зоны, в пределах которой неравномерность плотности мощности ГВЧ излучения не превышает 0,5дБ (т.е. $\sim 12\%$), составляет около 4мм.

При необходимости большой локализации зоны облучения нужно использовать соответствующие диафрагмы либо фокусирующие зеркальные или линзовые насадки, присоединяемые к выходному концу облучателя 5.

Датчик контроля мощности 7 представляет собой лучеводную детекторную секцию, прокалиброванную в единицах мощности ГВЧ.

Квазиоптический амплитудный модулятор 9 конструктивно представляет собой лучеводную секцию с установленным в ней обтюратом (металлическим перфорированным цилиндром), приводимым во вращение электромотором и периодически перекрывающим и открывающим лучеводный канал. Частота модуляции определяется скоростью вращения обтюратора, которая, в свою очередь, определяется частотой генератора звуковой частоты 11, запитывающего электродвигатель модулятора через усилитель мощности 10.

Устройство работает следующим образом.

Разработанное устройство для осуществления способа ГВЧ терапии может работать в двух режимах: в режиме немодулированного излучения и в режиме амплитудно-модулированного излучения.

В режиме немодулированного излучения устройство работает следующим образом.

Непрерывное когерентное ГВЧ излучение с длиной волны 337мкм с выхода источника 1 поступает в возбудитель 2, который преобразует это излучение в квазиоптический волновой пучок соответствующий основной моде E_{H1} лучевода 3. Этот волновой пучок проходит по лучеводу 3 через квазиоптический плавный аттенуатор 4 и квазиоптический амплитудный модулятор 9 к делителю пучка 6. При этом в аттенуаторе 4 пучок ослабляется по мощности до необходимого уровня, а через амплитудный модулятор 9 он проходит беспрепятственно, так как в данном режиме работы модулятор 9 выключен. В делителе 6 происходит разделение входного пучка на два выходных пучка, один из которых (основной) проходит к облучателю 5 и излучается последним в направлении облучаемого объекта, а второй (контрольный) - поступает на датчик контроля мощности 7, выход которого соединен с индикатором контроля мощности 8. При этом коэффициент деления мощности в делителе 6 устанавливается таким, чтобы мощность пучка, поступающего на датчик 7 была равна мощности излучения, падающего на облучаемую зону объекта, что обеспечивает возможность непрерывного контроля плотности мощности в облучаемой зоне в процессе облучения по индикатору 8. При известной величине площади облучаемой зоны выходной показывающий прибор индикатора 8 может быть отградуирован непосредственно в абсолютных единицах плотности мощности.

В режиме амплитудно-модулированного излучения устройство работает аналогично вышеописанному режиму, только с включенным квазиоптическим амплитудным модулятором 9 и проходящий через него пучок перед поступлением на делитель 6 модулируется по амплитуде. При этом заданная частота модуляции устанавливается с помощью генератора звуковой частоты 11, управляющего модулятором 9 через усилитель мощности 10. Благодаря введению в тракт элементов 9, 10, 11 обеспечивается дополнительная возможность повышения эффективности воздействия ГВЧ излучения путем подбора оптимальной частоты модуляции в процессе воздействия на облучаемый объект.

Способ ГВЧ терапии осуществляют следующим образом.

Включают источник ГВЧ излучения 1. Регулируя плавный квазиоптический аттенуатор 4 и осуществляя при этом контроль с помощью индикатора 8, устанавливают необходимый уровень мощности ГВЧ излучения на выходе облучателя 5, соответствующий заданной плотности ГВЧ мощности в облучаемой зоне в интервале 0,1 - 10,0мвт/см². Направляют облучатель 5 на выбранную биологически активную зону объекта, причем облучаемая зона должна находиться на расстоянии не превышающем 300мм от облучателя 5.

Осуществляют воздействие когерентным непрерывным ГВЧ излучением на облучаемую биологически активную зону в течение 15 минут, осуществляя контроль постоянства заданного уровня излучаемой ГВЧ мощности по индикатору 8, после чего выключают источник 1. Облучение осуществляют 2 - 3 раза с интервалом в 1 - 2 суток.

Если терапевтический эффект оказывается выраженным недостаточно, что проверяют по

объективным медицинским показаниям после проведения первого курса ГВЧ-терапии, курс повторяют, но при этом одновременно с источником 1 дополнительно включают квазиоптический амплитудный модулятор 9, усилитель мощности 10 и генератор звуковой частоты 11, причем частоту модуляции устанавливают в интервале 10 - 100Гц. Оптимальное значение частоты модуляции подбирают опытным путем по результатам медицинских обследований облучаемого объекта после каждого сеанса облучения. Повторный курс ГВЧ терапии также проводят в 2 - 3 сеанса по 15 минут каждый с интервалом между сеансами 1 - 2 суток.

Рассмотрим конкретные примеры использования предлагаемого способа и устройства для его осуществления при лечении:

1. Дырчатого дефекта длинной кости.

Ход лечения. Животному (белой крысе самцу линии Вистар, возраста 3мес) выполняли операцию по созданию дырчатого дефекта в верхней трети бедренной кости с помощью бора диаметром 2мм. На 5 и 7 сутки после выполнения дефекта животное фиксируют в положении на животе на деревянной доске с помощью затягивающихся матерчатых петель, одетых на 2 передние и левую заднюю конечности. Правую стопу фиксируют за фаланги пальцев мягкой петлей к стержню, закрепленному в доске.

Планетарная поверхность этой конечности является объектом облучения, как область с высокой плотностью расположения биологически активных точек (БАТ). На правую стопу направляют поток излучения мощностью 400мкВт/см², время экспозиции 15мин. Мощность потока излучения, количество сеансов и время экспозиции подобраны экспериментально.

2. Животных выводят из эксперимента на 14-е сутки после операции, соблюдая "Требования к забору животных" №12000-496 от 2 апреля 1980г.

Характер воздействия излучения оценивают по данным морфологических и биохимических исследований.

Бедренную кость с дефектом ампутуют, препарируют, фиксируют в 10% формалине, декальцинируют в 5% азотной кислоте, обезжиривают в спиртах возрастающей крепости и заключают в целлоидин. Срезы окрашивают гематоксилином и эозином, а также пикрофуксином по Ван-Гизон. Анализ проводят с помощью микроскопа МБИ-6.

В сыворотке крови животного по унифицированным методикам определяют ряд биохимических показателей.

При облучении мощностью 400мкВт/см² дефект бедренной кости крыс был заполнен костными трабекулами, формирующими мелкопетлистую сеть. Лишь у части животных (30%) выявлялись крупнопетлистые формирования. Обращало на себя внимание и то, что пласт соединительной ткани обнаруживался только у четверти животных. При этом он был в 1,5 - 2 раза тоньше, чем в контрольной группе. Костномозговой канал области дефекта был сформирован у 100% крыс.

Следовательно, применение лазерного облучения мощностью 400мкВт/см² на 5 и 7 - е сутки после травмы оказывало стимулирующее действие на репаративный процесс в кости - ускорялось формирование более зрелых костных структур, т.е. минерализация формирующегося

костного регенерата проходила в более короткий срок.

Данные биохимических исследований показали, что облучение стопы животных в дозе 400мкВт/см², направленное на оперированную конечность сопровождается положительной кинетикой исследованных метаболитов (см.таблицу) на 21-е сутки после операции.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что у облученных животных: наблюдается снижение коэффициента лактат/пируват, что свидетельствует об усилении анаболической направленности восстановительного процесса; происходит активизация обмена углеводно-белковых компонентов соединительной ткани (увеличение уровня гликопротеидов), снижается степень эндогенной интоксикации, имеющая место в процессе перестройки послеоперационной гематомы (снижается содержание пептидов средней молекулярной массы).

Облучение при 400мкВт/см² оказалось наиболее результативным в плане воздействия на процесс заживления костной раны: положительный эффект получен в 60% случаев. Данные коррелируют с показателями активности щелочной фосфатазы (при 400мкВт/см² - 55,6ед, на фоне повышения уровня 11-ОКС).

Таким образом, лазерное ГВЧ облучение положительно влияет на процесс регенерации костной ткани.

II. Нарушение трофики тканей, например, позвоночного сегмента.

Нарушение трофики тканей позвоночного сегмента осуществляют с помощью оперативного вмешательства, которое проводят следующим образом:

1. Животное фиксируют в положении на спине.

2. Под общим наркозом осуществляют разрез кожи живота по белой линии, рассекают мышцы живота и вскрывают брюшину. Кишечник смещают в сторону и накрывают салфеткой, смоченной в физиологическом растворе. Обнажают поясничный отдел позвоночника и с помощью стилета с ограничителем выполняют отделение межпозвоночного диска от тела позвонков с 2 - х сторон на 3 - х уровнях, которое сопровождается выпадением студенистого ядра диска. Кишечник возвращают в прежнее положение. Рану ушивают послойно.

По данным морфологических исследований на 30 - е сутки развивается дистрофический процесс в тканях позвоночника.

ГВЧ лечение проводят по следующему регламенту: животное фиксируют в положении аналогичном описанному в модели костного дефекта. Облучению подвергают область стопы задней конечности в дозе 400мкВт/см². Облучение проводят на 21 и 23 - е сутки после операции в течение 15мин.

Животных выводили из эксперимента через 4мес после операции. Часть животных, прооперированных по аналогичному принципу, фиксированных в таком положении в течение 15мин, но не облученных, являлась контрольной группой.

В группе, где осуществляли облучение, наблюдались положительные изменения ряда показателей по сравнению с контрольной группой: повышение живой массы тела - опытные животные - 141,0 ± 1,2гр, контрольные животные 123,0 ± 3,5гр, p < 0,05, что коррелировало с увеличением

содержания общего белка в сыворотке крови (опытная группа - $61,90 \pm 4,73$ и контрольная - $50,33 \pm 2,30$ г/л), увеличение содержания гликопротеинов в сыворотке крови у опытных животных $0,97 \pm 0,02$ ед, у контрольных $0,78 \pm 0,4$ ед, $p < 0,05$, снижение содержания хондроитинсульфатов в сыворотке крови опытных крыс $0,44 \pm 0,06$ г/л в сравнении с контрольными - $0,53 \pm 0,03$ г/л.

Эти данные свидетельствуют о следующих положительных изменениях общего метаболического статуса организма и соединительнотканых структур на фоне экспериментально вызванной дистрофии позвоночных сегментов:

1. Отмечается анаболическая направленность обменных реакций, которая отражается в увеличении живой массы тела животных.

2. Активизируется обмен углевод-белковых соединений (гликопротеиды) вследствие усиления репаративных процессов в опытной группе животных.

3. Наблюдается более ранняя нормализация метаболизма протеогликанов (хондроитинсульфаты) у опытных крыс.

По данным морфологических исследований область дефекта заполнена губчатой костной тканью с хорошо сформированными межтрабекулярными полостями, заполненными костным мозгом.

В части травмированных дисков наблюдаются дистрофические и деструктивные изменения, сходные с описанными для животных контрольной группы. При этом значительно увеличено количество изогенных групп хондроцитов в области диска, ранее занимаемой студенистым ядром. Часть хондроцитов находится в стадии некроза, некоторые имеют пикнотичные ядра, присутствуют клетки-тени, отмечено загустевание лакун. Имеются обширные деструктивные щели. Иногда они располагаются в центре диска. Деструктивные полости зачастую встречаются и в фиброзном кольце, но размер их, обычно, меньше.

Кроме того, в травмированных дисках, наряду с вышеуказанными изменениями, отмечен и другой тип реактивной перестройки. При этом ткань диска замещается хрящевой тканью, клеточный состав которой представлен пре- и хондробластами, имеющими овальную и округлую форму. Эти клетки содержат крупные гипохромные ядра и слабобазофильную цитоплазму. Происходит так называемая "хрящевая метаплазия" межпозвоночного диска. На фоне гиперплазии клеток отмечены различные по размерам обособленные изогенные группы, хондроциты которых находятся в состоянии некролиза. Вокруг таких изогенных групп имеются деструктивные щели.

В прилежащих дисках выраженные деструктивные изменения (подобные описаны для прилежащих дисков контрольной группы) составляют 40%, слабовыраженные - 60%. В контрольной группе животных выраженные деструктивные изменения составляют 100%.

Следовательно, облучение зоны богатой биологически активными точками в области стопы животных ингибирует развитие дистрофического процесса в зоне выше- и нижерасположенных позвоночных сегментов.

Таким образом, на модели дистрофии тканей позвоночника, вызванной с помощью оперативного вмешательства, у белых крыс было показано, что

ГВЧ-излучение на 21 и 23-е сутки после операции в дозе 400 мкВт/см^2 , в течение 15 мин, направленное на область стопы, способствует активизации общих обменных процессов, усилению образования углевод-белковых соединений и уменьшает деструктивную направленность метаболизма гликозаминогликанов, а также ограничивает распространение дистрофического процесса в тканях позвоночника на сегменты, лежащие выше и ниже зоны повреждения.

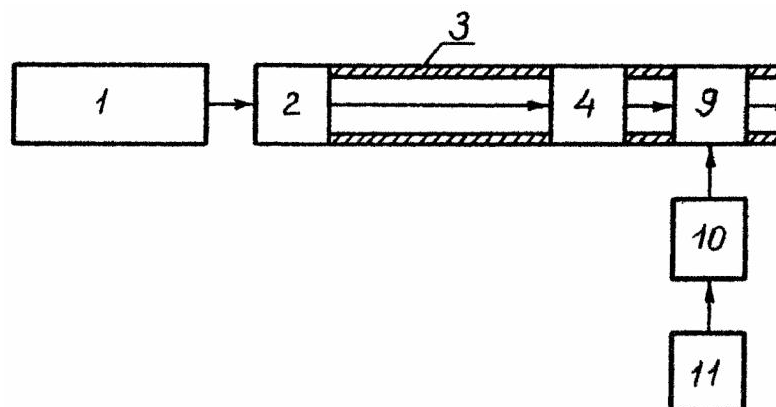
Таким образом, заявляемые способ и устройство для его осуществления позволяют создать оптимальные условия для восстановления трофики в костной и хрящевой тканях, подверженных дистрофическим изменениям, за счет физиотерапевтического воздействия на характер течения метаболических реакций в организме. При этом устройство может быть также использовано при разработке новых способов лечения различных заболеваний, где показаны физиотерапевтические процедуры, в частности, например, при лечении кожных заболеваний, гастродуоденальной язвы и пр.

Кроме того, устройство может быть использовано для проведения фундаментальных исследований в области медицины и биологии, направленных на раскрытие механизмов воздействия ГВЧ излучения на различных уровнях организации живых систем: молекулярном, клеточном, органном, организменном.

Предлагаемые способ и устройство могут быть использованы в специализированных клиниках ортопедотравматологического профиля.

Кроме того, устройство может быть также использовано в научно-исследовательских организациях биомедицинского профиля.

Показатели	Опыт n=3
Лактат/пируват	$30,6 \pm 2,6$
Гликопротеиды ед.	$4668,7 \pm 233,3$
Пептиды средней молекулярной массы (ед) = 254 мм	357 ± 29
Пептиды средней молекулярной массы = 280 мм	311 ± 31



Фиг.