

4. *Andreotti F.* Robust fetal ECG extraction and detection from abdominal leads / M. Riedl, T. Himmelsbach, D. Wedekind, N. Wessel, H. Stepan, C. Schmieder, A. Jank, H. Malberg, S. Zaunseder // *Physiol. Meas.* 2014 Aug. Vol. 35 (8). PP. 1551-1567.
5. *Vigneron V.* Fetal electrocardiogram extraction based on non-stationary ICA and wavelet denoising / V. Vigneron, A. Paraschiv-Ionescu, A. Azancor, C. Jutten, O. Sibony / *Proceedings of Seventh International Symposium «Signal Processing and Its Applications»*. Grenoble, France. 2003. Vol. 2. PP. 69-72.
6. *Vrins F.* Improving independent component analysis performances by variable selection / F. Vrins, J.A. Lee, M. Verleysen, V. Vigneron, C. Jutten / *NNSP'2003 proceedings – Neural Networks for Signal Processing*. Toulouse, France. 2003. PP. 359-368.
7. *Zarzoso V.* Non-invasive fetal electrocardiogram extraction: Blind separation vs. adaptive noise cancellation // *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2001. Vol. 48. № 1. PP. 12-18.

Яков Семенович Пеккер,
канд. тех. наук, профессор,
зав. кафедрой медицинской и биологической кибернетики,
ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ,

Иван Владиславович Толмачев,
канд. мед. наук, научный сотрудник,
лаборатория физических моделей
в биологии и медицине,
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский государственный университет»,
Константин Станиславович Бразовский,
канд. мед. наук, доцент,
кафедра медицинской и биологической кибернетики,
ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения РФ,
Олег Владимирович Демкин,
мл. научный сотрудник,
лаборатория физических моделей
в биологии и медицине,
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский государственный университет»,
г. Томск,
e-mail: pekker@ssmu.ru

Д.В. Белик, З.Н. Педонова, М.А. Буковский

Магнитоэлектрическая система для ускоренного заживления трофических язв при синдроме диабетической стопы

Аннотация

Создан макетный образец биотехнической системы для магнитоэлектрического воздействия на трофические язвы у больных сахарным диабетом, и проведены его предклинические испытания. Данная система при переключении матрицы индукторов изменяет градиент магнитного поля в определенной зоне трофической язвы. Как показали эксперименты по воздействию магнитными полями с определенными характеристиками, предложенными в рассматриваемой работе, данное физиовоздействие позволяет добиться положительных результатов при заживлении трофических язв при синдроме диабетической стопы и уменьшить срок их заживления в среднем в 1,5...2,2 раза.

Введение

Синдром диабетической стопы (СДС) – патологическое состояние стопы при сахарном диабете, возникающее на фоне поражения периферических нервов, сосудов, костей и суставов и представляющее непосредственную угрозу развития язвенно-некротических процессов [1].

В развивающихся странах распространенность СДС составляет более 40 % от болеющих сахарным диабетом. В 80 % случаев причиной ампутации является синдром диабетической стопы. Сахарным диабетом в общей сложности страдают 5...6 % населения. В экономически развитых странах мира каждые 10-15 лет число больных сахарным диабетом возрастает в два раза [1].

Если провести классификацию поражений стопы при СД, то можно определить их как:

- 1) поверхностная язва без признаков инфицирования;
- 2) глубокая язва, но без поражения костной биоткани;
- 3) глубокая язва с образованием абсцесса, с вовлечением в процесс костных структур.

В представляемой работе не рассматривается гангренизация части стопы и всей стопы, потому что в этих случаях требуется особый подход к тактике лечения. Анализ мировой литературы показывает, что 30...50 %

больных СДС не получают должного комплексного лечения.

Все вышеперечисленные поражения, конечно, требуют особого подхода, так как диабетические сенсорные нарушения, нарушения кровотока в венозном и артериальных сосудах рассматриваются прежде всего с точки зрения устранения основных причин образования трофической язвы. Имеется в виду стабилизация уровня сахара в крови и вообще работы эндокринной системы, хирургическая ликвидация закупорок сосудистых русел и нормализация микроциркуляции крови, лимфы и соответственно обмена веществ в биотканях стопы.

После проведенных хирургических манипуляций необходимо учесть инфекционные поражения в полости трофической язвы при СДС, особенности течения раневого процесса и дистрофические изменения.

Накопление продуктов распада биотканей и микроорганизмов обуславливает трудность очищения раны трофической язвы, формирования соединительной биоткани и уменьшения количества капилляров. Кроме того, отсутствуют объективные оценки динамики заживления или осложнений в послеоперационный период.

В рассматриваемой работе предлагается биотехническая магнитоэлектрическая система для ускоренного за-

живления трофических язв при синдроме диабетической стопы в качестве дополнительного метода лечения при адекватной гормональной терапии и хирургическом лечении. В данной системе используются следующие физические воздействия:

- для обеззараживания и ускорения заживления трофической язвы – ультрафиолетовое облучение [2], [3], [6], [7];
- для стимуляции разблокирования капилляров – ультратонотерапия (которая в некоторой мере позволяет устранить инфицирующие структуры раневой поверхности и вокруг нее) [2], [3], [6], [7];
- для снижения воспалительных процессов и нормализации кровотока – инфракрасное излучение [2], [3], [6], [7];
- для нормализации регионарного кровотока, раскрытия резервных капилляров, уменьшения болевого синдрома и отечности – магнитное поле (МП) низкой частоты и низкого уровня интенсивности, которое имеет большое число биотропных параметров и высокую биологическую активность [2], [3], [6]-[9].

Материалы и методы

Сочетание предложенных факторов воздействий с различными периодами применения, а также применение магнитных потоков, названных нами магнитоэлектрическим воздействием, дает положительный эффект, что показали предклинические испытания на добровольцах макетного образца (подробно описано в [3]), разработанного в СибНИИЦМТ и НИИМИ НГТУ (см. *рис. 1*), в котором МП использовалось с небольшим вариантом частот и модуляций [7]-[9]. При разработке данной биотехнической системы особое внимание уделялось применению МП с низкочастотной «волной» с нарастанием и убыванием по определенным законам, полученным экспериментальным путем, в том числе при встречных «сшивающих» магнитных потоках с максимальной магнитной индукцией 5 мТл.



Рис. 1. Фото макетного образца биотехнической магнитоэлектрической системы для ускоренного заживления трофических язв при синдроме диабетической стопы

Для оценки параметров процесса заживления трофической язвы кроме визуального метода предлагается метод многочастотной импедансометрии, который более объективно, с учетом внутренних гнойных процессов, позволяет отслеживать динамику заживления [3], [5] (см. *рис. 2*).

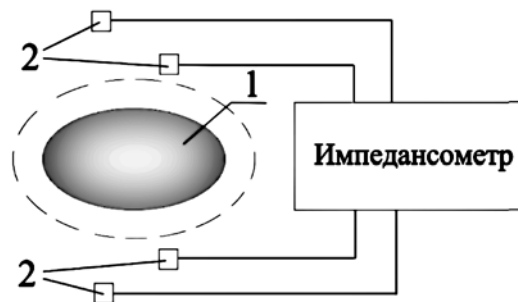


Рис. 2. Схема применения многочастотной импедансометрии и ее применение при оценке динамики заживления: 1 – трофическая язва; 2 – электроды

Авторами предлагается биотехническая система с программным измерением параметров МП в ходе сеансов по лечению трофических язв.

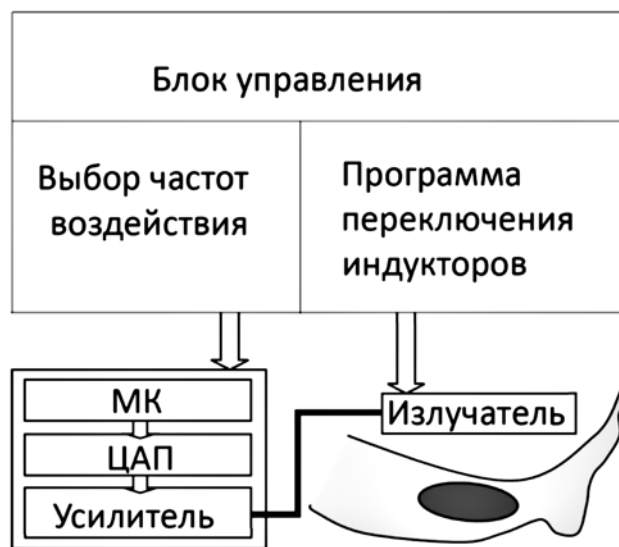


Рис. 3. Структурная схема узла магнитного воздействия (МК – микроконтроллер; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь)

Структурная схема магнитоэлектрической системы с блоками магнитного воздействия представлена на *рис. 3* (блоки для генерации ультрафиолетового излучения, ультратонотерапии инфракрасного излучения стандартны и на *рисунке* не показаны).

В отличие от существующих аналогов разрабатываемая система обеспечивает не просто бегущее магнитное поле, в ней заложена возможность создавать магнитные поля самой разной конфигурации с изменением МП в диапазоне от 0,1 до 10 Гц, от 10 до 50 Гц, от 50 до 200 Гц. Источник магнитного поля – катушка индуктивности (индуктор); в разрабатываемой системе будет около 50 индукторов, образующих плоскость воздействия магнитным полем. Переключением индукторов по определенным законам изменяют градиент магнитного поля – один из биотропных параметров магнитного поля. Таким образом, можно получить стоячую волну либо плавное усиление магнитного поля от краев до середины патологического очага, создавая тем самым благоприятные условия для концентрации лейкоцитов, фибробластов, необходимых для скорейшего заживления раневых дефектов.

В данной системе излучение магнитных потоков обеспечивается 49 излучателями, а также используются пульсирующие МП с изменениями модуляций МП от 0,1 до 100 Гц и несущей частотой 5 кГц и формированием оп-

ределенных характеристик нарастания и убывания магнитного поля, таких как бегущая волна, расходящаяся-сходящаяся волна. Кроме того, применяются сшивающие магнитные потоки с нарастанием от краев раны к середине и от середины к краям. Несущая частота выбрана с учетом максимального проникновения МП в биоткани нижней конечности.

Результаты

Порядок работы индукторов для создания динамического магнитного поля различной формы

Импульсное бегущее МП представляет собой перемещающееся в пространстве импульсное МП – изменение магнитного потока по пространственной координате. Импульсное бегущее МП имеет наибольшую магнито-биологическую активность. Импульсное бегущее МП создается двумя способами: механическим (перемещение индуктора) и последовательной коммутацией индукторов (наибольшее распространение). В рассматриваемой системе последовательное переключение индукторов может быть осуществлено различными способами, что позволяет получить МП различной формы. Схемы с порядком работы индукторов выполнены на примеры квадратной матрицы 7 x 7. Может быть изменено как общее количество индукторов, так и их расположение. Например, для изменения форм воздействующих полей может быть создана кольцевая матрица индукторов. Примеры включения индукторов для создания различных видов магнитных полей представлены на рис. 4. Каждый круг на рисунке является индуктором, номер на индукторе – порядковый номер включения индуктора.

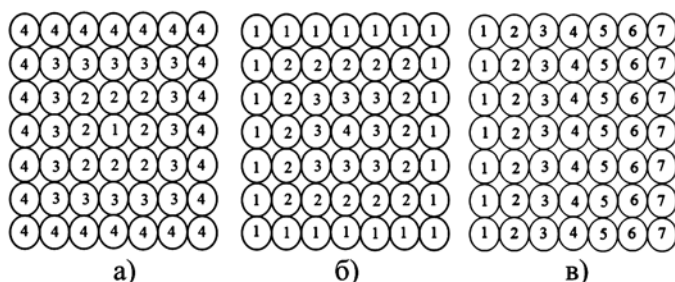


Рис. 4. Расходящаяся концентрическая «волна» (а); сходящаяся концентрическая «волна» (б); бегущая «волна» (в)

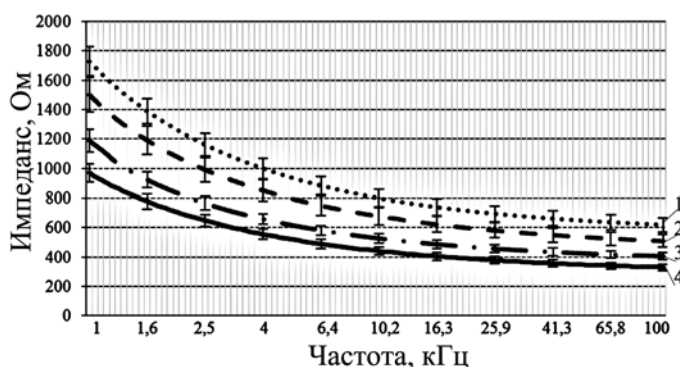


Рис. 5. Изменение импеданса биоткани при уменьшении объемов поражения: 1 – ткань без повреждения; 2 – ткань, подвергшаяся повреждению (резание ЭХВЧ); 3 – ткань, подвергшаяся повреждению (объем поражения увеличен в 2 раза); 4 – ткань, подвергшаяся повреждению (объем поражения увеличен в 4 раза)

Как показал анализ литературы [3], [5]–[7], при повреждении раневой поверхности импеданс Z возрастает (см. рис. 5).

В работе [4] были описаны первичные доклинические испытания.

Для всех пациентов применялись перевязки, медикаментозное лечение (водный раствор хлоргексидина 0,1%-ный – для обработки раневой поверхности, спирт этиловый 70%-ный – для обработки кожи вокруг, гель «Пронтосан» – для эрадикации контоминирующей микрофлоры, 0,205%-ный раствор куриозина – для усиления клеточной пролиферации и ускорения заживления тканей, олазол – для кератопластического эффекта), а также физиовоздействие ультрафиолетом, токами надтональной частоты, инфракрасным излучением, импульсным бегущим магнитным полем (физиотерапевтический аппарат «Волна»).

Больная Н. (58 лет, сахарный диабет 2 типа, субкомпенсация, трофическая язва средней трети левой голени); после лечения – краевая эпителизация, обильная грануляционная ткань, уменьшение поверхности язвы в 5 раз за 1 месяц.

Больной П. (34 года, хронический остеомиелит средней трети правой голени, состояние после секвестрэктомии); после лечения – обильная грануляционная ткань, краевая эпителизация, констрикция по периферии раны.

Больной С. (58 лет, сахарный диабет 2 типа, ишемическая форма диабета стопы, трофическая язва тыльной поверхности левой стопы); после лечения – раневая поверхность уменьшилась в 20 раз за 3 месяца, обильная краевая эпителизация, грануляция, констрикция раны.

Больная У. (59 лет, сахарный диабет 2 типа, субкомпенсация, трофическая язва нижней трети левого бедра, в ране – местами фибрин, в нижней трети – некротические участки поверхностной фракции бедра); после лечения – обильная грануляционная ткань, краевая эпителизация, констрикция по периферии раны.

Аналогичная рана у другого пациента, которого лечили в соответствии со стандартной медицинской технологией, без магнитофизиовоздействия, уменьшилась с 22 до 18 мм за 1 месяц.

Обсуждение результатов

В результате проделанной работы был создан макетный образец биотехнической системы для магнитоэлектрического воздействия на трофические язвы у больных сахарным диабетом, и проведены его предклинические испытания на добровольцах в лечебном центре СибНИИЦМТ, имеющем соответствующую лицензию. Данная система при переключении матрицы индукторов изменяет градиент МП в определенной зоне трофической язвы – один из активных биотропных параметров МП. При этом в раневой поверхности происходят ритмические сокращения стенок сосудов и капилляров, что позволяет лейкоцитам, эритроцитам, тромбоцитам в большом объеме перемещаться к краям раны и способствует ускоренному заживлению трофической язвы.

Измерение импеданса после проведения сеансов воздействия данной биотехнической системой позволяет, хотя и с некоторыми допущениями, объективно оценить процесс заживления трофической язвы по сравнению с обычным заживлением, когда данная система не применяется.

Выводы и заключение

Как показали эксперименты по воздействию магнитными полями (МП) с определенными характеристиками, предложенными в рассматриваемой работе, можно ска-

зять, что данное физиовоздействие позволит добиться положительных результатов при заживлении трофических язв при синдроме диабетической стопы (СДС) и уменьшить срок их заживления в среднем в 1,5...2,2 раза.

Научное исследование по данной тематике перспективно и требует к себе особого внимания, учитывая полученные результаты и предполагаемое снижение инвалидации больных сахарным диабетом путем ампутации нижних конечностей.

Список литературы:

1. Дедов И.И., Шестакова М.В., Максимова М.А. Национальные стандарты оказания помощи больным сахарным диабетом. – М.: Министерство здравоохранения РФ, 2003.
2. Белик Д.В., Белик К.Д. Контрактивная биоэлектрокинетика. Аспекты лечебного применения физиовоздействий. – Новосибирск: Сибирское книжное издательство, 2005. 304 с.
3. Белик Д.В. Импедансная электрохирургия. – Новосибирск: Наука, 2000. 237 с.
4. Педонова З.Н., Белик Д.В., Белик К.Д., Остафьевский Р.А. Дополнительные методы лечения трофических язв: способ ускорения заживления ран / Материалы XI Международной конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения». Т. 5. С. 119-123. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012.
5. Белик Д.В., Торнгуев Ю.В. О возможности оценки степени термических поражений биотканей методом электроимпедансометрии // Медицинская техника. 2001. № 2. С. 40-41.

6. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. – Минск, 2003. С. 174-192.
7. Пономаренко Т.Н. Электромагнитотерапия и светолечение. – СПб.: Мир и семья-95, 1995. 248 с.
8. Ушаков А.А., Брыкин А.Я., Величко В.Н. Влияние импульсного магнитного поля на микроциркуляторное русло крови // ВМЖ. 2000. № 3. С. 39-41.
9. Леонтьев А.Е. Влияние переменного магнитного поля на заживление послеоперационных ран / Дис. канд. мед. наук. (14.00.27). Нижний Новгород, 2006. 147 с.

Дмитрий Васильевич Белик,
д-р техн. наук, директор СибНИИЦМТ,
заслуженный конструктор РФ,
Зоя Николаевна Педонова,
ассистент, аспирант,
кафедра ССОД,
НГТУ,
Максим Павлович Буковский,
аспирант,
кафедра ССОД,
мл. научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт
медицинской инженерии НГТУ,
г. Новосибирск,
e-mail: dvbelik@mail.ru

В.В. Скворцов, А.В. Тумаренко

Транскраниальная электростимуляция в лечении хронических диффузных заболеваний печени

Аннотация

Статья посвящена вопросам влияния транскраниальной электростимуляции на гемодинамику печени, системную микроциркуляцию, выраженность цитолитического синдрома, процессы ПОЛ и состояние ферментной АОЗ у больных ХДЗП как метода немедикаментозного лечения таких пациентов.

Введение

Увеличение заболеваемости хроническими диффузными заболеваниями печени (ХДЗП) и недостаточная эффективность традиционных методов лечения делают актуальным поиск новых подходов. Представляют интерес немедикаментозные методы лечения в связи с отсутствием у них токсических эффектов, простотой применения и экономичностью. На протяжении последних 20 лет в медицинской практике широко применяется метод транскраниальной электростимуляции (ТЭС).

ТЭС – метод электротерапии, при котором избирательно активируются центральные регуляторные системы путем воздействия слабыми электрическими сигналами на срединные структуры головного мозга [1].

В предшествующих исследованиях на лабораторных животных был установлен гепатопротекторный эффект ТЭС, сопровождающийся уменьшением активности гепатоспецифических ферментов, нормализацией синтетической и детоксикационной функций печени. Также было выявлено, что при частичной гепатэктомии, по данным ауторадиографии (включение [3Н]-тимидина в ядерную ДНК), ТЭС-терапия повышает пролиферативную активность гепатоцитов [2]-[4].

Описанные эффекты получили клиническое подтверждение [5-10].

Целью настоящего исследования явилось изучение возможности применения ТЭС для лечения больных хроническими диффузными заболеваниями печени (ХДЗП).

Материалы и методы исследования

В основу работы положены исследования, проводившиеся в 1999-2010 годах в клинике пропедевтики внутренних болезней Волгоградского ГМУ.

Курс ТЭС-терапии в виде монотерапии был проведен 139 больным ХДЗП (основная группа). Среди пролеченных: 42 больных циррозом печени (ЦП), 68 – хроническим гепатитом (ХГ) и 30 – жировым гепатозом (ЖГ). Использовался прибор «Трансаир-01» по стандартной методике. Воздействие проводилось через фронто-мастоидальные электроды импульсным биполярным модулированным током частотой 77 Гц, длительностью импульса до 3,5 мс и силой тока до 3 мА. Длительность процедуры составляла 20...30 мин, на курс приходилось 10 процедур.

Контрольную группу составили 100 пациентов, из которых 30 больных ЦП, 60 – ХГ, 10 – ЖГ, получавших