

особенно ценно для учреждений, где в течение дня проводится большой объем криохирургических операций и где вопрос экономии хладагента не стоит так остро.

Оба криодеструктора предназначены для удаления небольших объемов патологически измененных тканей, инфильтратов, новообразований человека: кондилом, фибром, папиллом, гемангиом, кератозов, бородавок, старческого лентигио, капиллярных звездочек, татуировок, невусов, амелобластом, эпюлис, келоидных и других видов рубцов и т. д. Криодеструкторы КМ-01 успешно прошли испытания в Детской городской клинической больнице № 13 им. Н.Ф. Филатова, в Московском областном научно-исследовательском клиническом институте им. М.Ф. Владимирского, в ОАО «Медицина».

Результаты криогенного лечения патологических образований

Экспериментальные исследования, проведенные, в частности, в клинике детской хирургии 2-го МОЛГМИ им. Н.И. Пирогова, показали, что эффективность удаления поверхностных кожных новообразований методом криогенного воздействия достигает 98 %. При использовании жидкого азота в качестве хладагента эффективность аппаратного метода лечения простых ангиом достигает 98 % [1]. Проведенные исследования результатов лечения келоидов показали, что в 87 % случаев получен хороший результат и только в 3 % случаев отмечались рецидивы. При криохирургическом лечении сохраняется волокнистая сеть, вокруг которой впоследствии восстанавливаются клеточные компоненты [3], [4].

При любом варианте криовоздействия в лечении патологических образований трахеи, бронхов и пищевода (эндоскопическая хирургия) хрящевая основа трахеи и бронхов осталась неповрежденной. Ни в одном случае не развился стеноз трахеи и бронхов. Даже частично поврежденный хрящ восстанавливал свою структуру. Благодаря криометоду возникает реальная возможность избежать в ряде случаев тяжелых травматичных операций на трахее, бронхах, пищеводе. При лечении папилломатоза гортани, трахей и бронхов с помощью эндоскопической криохирургии при использовании температуры -60°C и времени воздействия 20...80 с с повторными циклами замораживания – оттаивания Д.Г. Чирешкин добился полного излечения в 70 % случаев. При сформированных тяжелых стенозах трахеи из 27 случаев восстановление просвета трахеи достигается у 20 больных [1].

Заключение

Исследования показали, что медицинские учреждения с отделениями хирургии, онкологии, гинекологии, офтальмологии, стоматологии, дерматологии, отоларингологии, косметологии проявляют большую заинтересованность в аппаратах КМ-01 и КМ-02.

Список литературы:

1. Бобрин А.Ф., Гудков А.Г., Цыганов Д.И., Шафранов В.В. Малогабаритные автономные криодеструкторы КМ-01 и КМ-02 // Технологии живых систем. 2012. Т. 9. № 8. С. 39-46.
2. Бобрин А.Ф., Гудков А.Г., Цыганов Д.И. Малогабаритные автономные криодеструкторы / Материалы 13-й научно-технической конференции «Медико-технические технологии на страже здоровья» «Медтех-2011», о. Майорка, кур-т Магалуф, 25 сентября-2 октября 2011 г. – М.: НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
3. Бобрин А.Ф., Цыганов Д.И., Шафранов В.В. Метод криохирургического лечения патологических образований с использованием современных криохирургических аппаратов / Международная научно-практическая конференция «Фармацевтические и медицинские биотехнологии» в рамках Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Москва, 20-22 марта 2012 г. С. 332-333.
4. Бобрин А.Ф., Гудков А.Г., Цыганов Д.И., Шафранов В.В. Криодеструкция патологических образований // Машиностроитель. 2015. № 1. С. 39-45.

Александр Федорович Бобрин,
начальник отдела,
ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
Александр Григорьевич Гудков,
д-р техн. наук, профессор,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Дмитрий Игоревич Цыганов,
д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой «Медицинская техника»,
ГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России,
Светлана Викторовна Агасиева,
канд. техн. наук, доцент,
Евгения Николаевна Горлачева,
канд. эконом. наук, доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Виталий Юрьевич Леушин,
канд. техн. наук,
зам. генерального директора,
ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
Василий Дмитриевич Шашурин,
д-р техн. наук, профессор,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,
e-mail: ooo.giperion@gmail.com

И.В. Семерник, О.Е. Семерник, А.В. Демьяненко, А.А. Лебеденко

Методика неинвазивной диагностики бронхиальной астмы на основе микроволновых технологий

Аннотация

Рассматривается способ неинвазивной диагностики бронхиальной астмы (БА) и определения локализации патологических изменений в бронхолегочной системе на основе исследования особенностей распространения СВЧ-электромагнитного излучения через грудную клетку человека. Предлагаемая методика позволяет осуществлять диагностику заболеваний респираторной системы, в первую очередь бронхиальной астмы, у пациентов всех возрастных групп, в том числе детей раннего возраста, а также осуществлять мониторинг состояния пациента и динамику заболевания в течение всего периода лечения.

Введение

Бронхиальная астма – это хроническое заболевание респираторной системы, поражающее людей всех возрастных групп. Причем с каждым годом возрастает количество детей, страдающих БА, и уменьшается возраст впервые заболевших детей [1]. Заболевание может протекать в виде единичных, эпизоди-

ческих приступов удушья либо иметь тяжелое течение с развитием осложнений, например астматического статуса [1]. Поэтому одной из активно развивающихся областей на стыке медицины и прикладной радиоэлектроники является разработка электронных устройств, предназначенных для мониторинга жизнедеятельности пациента [2] и диагностики заболеваний бронхолегочной системы [3].

К сожалению, несмотря на научные достижения в области изучения этиологии и разработки новых лекарственных средств для лечения бронхиальной астмы [4], до настоящего времени не разработаны методы и устройства, позволяющие достоверно осуществлять неинвазивную диагностику изменений в бронхолегочной системе у детей раннего возраста [5], а это может привести к поздней постановке диагноза и соответственно к возникновению осложнений. В связи с этим разработка новых современных неинвазивных методов диагностики заболеваний бронхолегочной системы, в том числе бронхиальной астмы, особенно у детей раннего возраста, а также систем мониторинга состояния пациента и контроля течения заболевания является достаточно актуальной задачей.

Методы диагностики бронхиальной астмы

В настоящее время для диагностики астмы применяют различные методы диагностики [6], в том числе общий и биохимический анализ крови, анализ мокроты, спирометрию и т. д. Однако перечисленные методы имеют существенный недостаток: для их применения требуется определенное время, которого при остром приступе болезни может и не быть. Кроме того, для проведения спирометрического исследования от пациента требуется выполнение определенных осознанных дыхательных маневров. Однако в случае необходимости диагностики бронхиальной астмы у детей младше 5-летнего возраста выполнение подобных маневров весьма затруднительно или вовсе невозможно. В таких ситуациях прибегают к другим методам обследования: рентгенографии органов грудной клетки, компьютерной томографии [6]. Однако они не дают информации о наличии бронхиальной обструкции у пациента, а частое применение рентгенографического обследования недопустимо вследствие вредного воздействия X-излучения.

В последнее время в научной периодической печати появились работы, посвященные возможности диагностики респираторных заболеваний с помощью акустических (звуковых) методов [7]. Существенным недостатком этих методов является то, что они неспособны дать информацию о локализации процесса, т. е. о распределении мокроты в той или иной части бронхолегочной системы пациента.

Другим достаточно распространенным методом является электроимпедансная томография [8], однако для ее проведения требуется размещение на поверхности грудной клетки человека большого количества электродов, уменьшение числа которых приводит к резкому снижению разрешающей способности.

В то же время доступны методы диагностики, позволяющие определять наличие изменений в бронхолегочной системе человека и получать информацию о локализации данных изменений. Подобные методы основаны на использовании радио- и сверхвысокочастотного излучения [9]. Одной из потенциальных областей применения данных методов является определение изменений содержания жидкости в бронхолегочной системе [10], [11]. При этом проводят исследование распространения электромагнитных волн через грудную клетку пациента. Методы, основанные на применении электромагнитного излучения, обладают высокой степенью информативно-

сти, сравнимой с рентгенографическим обследованием и компьютерной томографией. Но при этом они не подвергают пациента воздействию вредного ионизирующего излучения, что позволяет применять подобные методы для длительного мониторинга заболевания и определения эффективности используемых лекарственных средств. При этом не требуется выполнения пациентом каких-либо дыхательных либо иных маневров. Кроме того, данные методы диагностики могут быть реализованы на основе недорогих портативных устройств, что позволяет существенно увеличить шансы своевременной диагностики заболевания и успешного выздоровления. Всеми перечисленными особенностями обладают методики, основанные на использовании радио- и сверхвысокочастотного излучения, многообещающие для диагностики заболеваний бронхолегочной системы, особенно у детей раннего возраста.

В рассматриваемой работе предлагается способ неинвазивной диагностики бронхиальной астмы и определения локализации изменений в бронхолегочной системе на основе исследования особенностей распространения СВЧ-электромагнитного излучения через грудную клетку человека. Дополнительным преимуществом предлагаемого метода является то, что для проведения обследования не требуется выполнения какой-либо калибровочной процедуры. Немаловажным является также и то, что при проведении обследования пациент не подвергается какому-либо вредному воздействию, от него не требуется выполнения каких-либо действий, что позволяет применять данный метод диагностики у детей первых 5 лет жизни, а также осуществлять мониторинг состояния пациента в течение всего периода лечения.

Результаты экспериментального исследования

Было проведено обследование 12 человек с установленным диагнозом БА (первая группа) [12]. Контрольную группу составили 10 здоровых человек соответствующего пола и возраста, сопоставимых по морфометрическим характеристикам строения грудной клетки (вторая группа). Исследование проводилось с помощью лабораторного векторного анализатора цепей «Rohde&Schwarz ZVB20» в диапазоне частот от 800 до 2000 МГц. Уровень выходной СВЧ-мощности не превышал 100 мкВт, что на несколько порядков ниже максимально допустимого уровня мощности, установленного Государственной системой санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации. Время обследования не превышало 10 мин. Проводилось обследование только пациентов, давших письменное согласие. Проверялось также соблюдение требований локально-этического комитета ГБОУ ВПО РостГМУ Минздрава России.

В ходе данной работы были проведены измерения коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через грудную клетку обследуемых и коэффициента отражения СВЧ-сигнала от нее с последующим анализом полученных результатов.

На *рис. 1* представлены результаты измерения частотной зависимости коэффициента отражения СВЧ-сигнала от грудной клетки здорового человека и пациента, страдающего бронхиальной астмой.

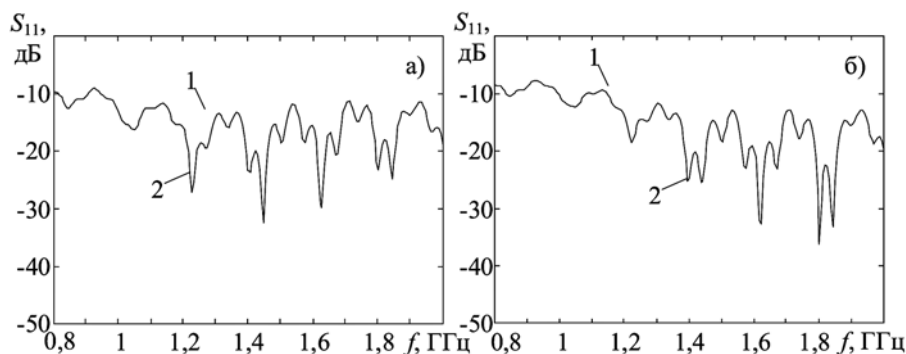


Рис. 1. Зависимость коэффициента отражения СВЧ-сигнала от грудной клетки здорового человека (кривая 1) и больного бронхиальной астмой (кривая 2)

Анализ полученных результатов говорит о том, что на различных частотах и частях легких может иметь место достаточное различие результатов измерения коэффициента отражения СВЧ-сигнала от грудной клетки пациентов, страдающих бронхиальной астмой, и здоровых людей в контрольной группе (рис. 1а), которое на отдельных частотах может достигать 10 дБ. Однако также возможна ситуация, когда указанное различие практически не наблюдается (рис. 1б). При этом выявить какую-либо закономерность в процессе сравнения полученных результатов измерения коэффициента отражения СВЧ-сигнала от грудной клетки пациентов первой и второй групп не удалось. Возможно, это связано с неравномерностью распределения мокроты в объеме бронхолегочной системы.

Таким образом, измерения коэффициента отражения СВЧ-сигнала от грудной клетки пациентов на данном этапе оказываются малоинформативными, что может быть в какой-то мере исправлено накоплением базы данных измерений для пациентов различных возрастных групп и телосложения с последующим усреднением результатов.

На рис. 2, 3 представлены результаты измерения коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через грудную клетку пациента с установленным диагнозом БА и контрольного пациента соответственно.

Из рис. 2а следует, что при прохождении через верхнюю часть грудной клетки пациента, страдающего бронхиальной астмой, СВЧ-сигнал претерпевает существенно меньшее ослабление в диапазоне частот от 900 до 1500 МГц по сравнению со здоровым человеком из второй (контрольной) группы. Следует отметить, что в указанном диапазоне частот разница между значениями коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через грудную клетку достигает 20 дБ и более, в то время как на других частотах контраст между результатами обследования контрольной группы и больных БА не столь очевиден.

Необходимо также отметить, что различие значений коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через центральные части легких больного БА и здорового человека в рассматриваемом диапазоне частот практически не наблюдается (рис. 2б). Данный факт связан с тем, что в этой части легких расположены главным образом бронхи крупного калибра, в которых скапливается незначительное, по сравнению с ниже- и вышележащими отделами, количество мокроты. Поэтому можно сделать вывод, что обнаруженное различие в значениях коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через грудную клетку больного БА и здорового человека является следствием скопления в воспаленных бронхах значительного количества мокроты, а не следствием сторонних факторов [13]. Кроме того, данный факт позволяет также осуществлять диагностику БА без использования какого-либо устройства калибровки или фантома грудной клетки человека.

Анализ результатов измерений частотной зависимости коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через нижнюю часть легкого здорового человека и страдающего бронхиальной астмой (рис. 3) говорит о том, что диапазон частот, в котором наблюдается наибольшее различие между результатами для первой и второй групп пациентов, сдвигается в сторону более

высоких частот по сравнению с результатами, представленными на рис. 2а. Так, наибольшее различие между результатами измерения коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через нижнюю часть легкого, а следовательно, и более высокая вероятность определения наличия заболевания с помощью предлагаемого метода наблюдаются в диапазоне частот 1200...2000 МГц.

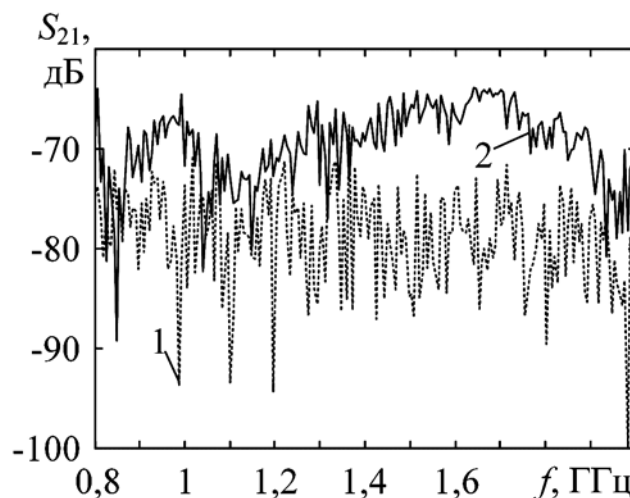


Рис. 3. Зависимость коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через нижнюю часть легкого от частоты для здорового человека (кривая 1) и больного бронхиальной астмой (кривая 2)

Заключение

Таким образом, предложен метод неинвазивной диагностики заболеваний бронхолегочной системы, в первую очередь бронхиальной астмы. Использование коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через грудную клетку пациента в качестве диагностического критерия позволяет обеспечить наиболее достоверную постановку диагноза с одновременным определением локализации патологических изменений в бронхолегочной системе.

Данный метод диагностики обладает целым рядом преимуществ: простотой реализации, отсутствием необходимости выполнения пациентом дыхательных маневров, что позволяет использовать его для обследования пациентов всех возрастных групп, отсутствием вредного воздействия на пациента в процессе обследования, что позволяет использовать его для реализации мониторинга состояния пациента в течение всего периода лечения и своевременно определять приближение кризисных состояний, а также корректировать назначение лекарственных средств.

Создание устройства на основе предложенного метода, в том числе в портативном исполнении, позволит значительно расширить диагностические и, следовательно, терапевтические возможности, улучшить качество оказания медицинской помощи и предотвратить развитие осложнений у пациентов всех возрастных групп.

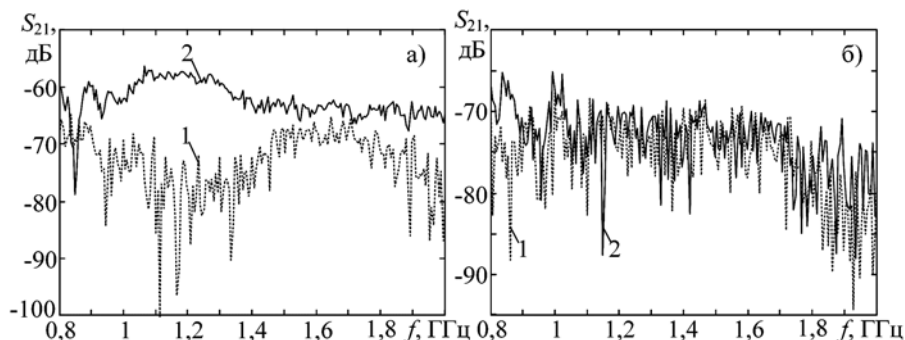


Рис. 2. Зависимость коэффициента прохождения СВЧ-сигнала через верхнюю (а) и среднюю (б) части легкого от частоты для здорового человека (кривая 1) и больного бронхиальной астмой (кривая 2)

Статья подготовлена по итогам исследования, проведенного в рамках научного проекта при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований № 16-38-00263 мол_а.

Список литературы:

1. Национальная программа «Бронхиальная астма у детей. Стратегия лечения и профилактики» (4-е изд.). – М.: Оригинал-макет, 2014. 184 с.
2. Celik N., Gagarin R., Huang G.C. et al. Microwave Stethoscope: Development and Benchmarking of a Vital Signs Sensor Using Computer-Controlled Phantoms and Human Studies // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2014. Vol. 61. № 8. PP. 2341-2349.
3. Cristensen M.A., Leitner E., Levy B. et al. Breath Sounds Analysis for Asthma Monitoring: A Method for Automated Detection of Flow Events from Tracheal Recordings / 2014 Health Innovations and Point-of-Care Technologies Conference. Seattle, Washington, USA. October 8-10. 2014. PP. 331-334.
4. Лебедеко А.А., Семерник О.Е., Демидова А.А. Способ выбора препарата-бронхолитика для лечения бронхиальной астмы у ребенка в периоде обострения заболевания / Патент на изобретение RUS 2530658 14.08.2014 г.
5. Семерник О.Е., Демьяненко А.В., Семерник И.В., Лебедеко А.А. Проектирование прибора для диагностики бронхиальной астмы у детей раннего возраста / Сб. научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и достижения в медицине». Самара. Инновационный центр развития образования и науки. 7 апреля 2015 г. С. 136-138.
6. Lange N.R., Schuster D.P. The measurement of lung water // Critical Care. 1999. Vol. 3. № 2. PP. R19-R24.
7. Kosasih K., Abeyratne U.R., Triasih R. Wavelet Augmented Cough Analysis for Rapid Childhood Pneumonia Diagnosis // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2015. Vol. 62. № 4. PP. 1185-1194.
8. Sanchez B., Vandersteen G., Martin I. et al. In vivo electrical bioimpedance characterization of human lung tissue during the bronchoscopy procedure. A feasibility study // Medical Engineering & Physics. 2013. Vol. 35. PP. 949-957.
9. Meaney P.M., Paulsen K.D., Chang J.T. Near-Field Microwave Imaging of Biologically-based Materials Using a Monopole Transceiver System // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 1998. Vol. 46. № 1. PP. 31-45.

10. Rezaeieh S.A., Zamani A., Bialkowski K.S. et al. Feasibility of Using Wideband Microwave System for Non-Invasive Detection and Monitoring of Pulmonary Oedema // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. PP. 1-11.
11. Соколова В.С., Климов А.Б., Гасс М.В., Свиринов А.А. Прибор для исследования кровенаполнения и вентиляции легких // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. № 5. С. 3-7.
12. Семерник О.Е., Демьяненко А.В., Семерник И.В., Лебедеко А.А. Определение рабочей частоты прибора для диагностики бронхиальной астмы у детей / Материалы V Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня». Норт-Чарлстон, США. 30-31 марта 2015 г. С. 47-49.
13. Семерник О.Е., Лебедеко А.А., Семерник И.В., Демьяненко А.В. Радиочастотное сканирование грудной клетки как метод диагностики бронхиальной астмы у детей // Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58. № 8/2. С. 328-330.

Иван Владимирович Семерник,
канд. техн. наук, мл. научный сотрудник,
кафедра антенн и радиопередающих устройств,
Институт радиотехнических систем
и управления ЮФУ,
г. Таганрог,
Ольга Евгеньевна Семерник,
канд. мед. наук, ассистент,
кафедра детских болезней № 2,
РостГМУ,
г. Ростов-на-Дону,
Александр Викторович Демьяненко,
канд. техн. наук, доцент,
кафедра антенн и радиопередающих устройств,
Институт радиотехнических систем
и управления ЮФУ,
г. Таганрог,
Александр Анатольевич Лебедеко,
д-р мед. наук,
зав. кафедрой детских болезней № 2,
РостГМУ,
г. Ростов-на-Дону,
e-mail: ivsemernik@sfnedu.ru

А.С. Томских, М.В. Бочкарев, Е.С. Якушенко, В.Г. Гуменный,
Л.С. Коростовцева, Ю.В. Свириев

Актиграфия при холтеровском мониторинге для оценки параметров и периодов сна

Аннотация

Предложен автоматизированный алгоритм определения периодов сна и бодрствования по данным двигательной активности грудной клетки обследуемого. Алгоритм основан на методе акселерометрии и предназначен для систем длительного мониторинга функций сердечно-сосудистой системы. Использование данного алгоритма позволяет классифицировать периоды записи как «сон» и «бодрствование» с точностью до 77,6 % в общей выборке, 83,7 % при отсутствии нарушений сна и 70,5 % у пациентов с нарушениями дыхания во сне. Применение алгоритма в системах холтеровского мониторинга в рутинной практике будет способствовать повышению точности результатов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, а также выявлению нарушений сна.

Введение

Данные о периодах сна используются при обработке продолжительных записей холтеровского мониторинга (ХМ) в анализе частоты сердечных сокращений (ЧСС), нарушений ритма, артериального давления, при оценке нарушений дыхания во сне и др. Оценка различий в этих показателях, выявля-

емых в дневное и ночное время, важна при проведении дифференциальной диагностики патологических состояний, выборе лечения, а также лежит в основе подходов, применяемых в хрономедицине.

В настоящее время периоды сна и бодрствования по данным дневника пациента регистрируются вручную врачом или медсестрой с применением визуального анализа графиков ЧСС