

12. *Есипов А.В., Коридзе А.Д., Керницкий А.И., Лазарев А.Б.* Применение NO-терапии в лечении больных фибропластической индурацией полового члена (болезнь Пейрони) / Сб. тезисов XXXX научно-практической конференции врачей 5 ЦВКГ ВВС. Май 2009 г. С. 140-144.
13. *Есипов А.В., Лазарев А.Б., Мусаилов В.А., Шишло В.К.* Возможности применения комплексной NO- и лимфатической терапии в абдоминальной хирургии и урологии // Сибирский медицинский журнал. 2014. № 5. С. 54-58.
14. *Ефименко Н.А., Москаленко В.В., Есипов А.В., Мусаилов В.А.* Плазменная хирургия в военной медицине // Военно-медицинский журнал. 2014. Т. 335. № 6. С. 34-38.
15. *Марахонич Л.А., Пекшев А.В., Ефименко Н.А., Москаленко В.И.* Перспективы развития плазменной хирургии в военной медицине // Военно-медицинский журнал. 2001. № 4. С. 32-35.
16. *Москаленко В.И., Есипов А.В., Мусаилов В.А., Лисовский А.В.* Влияние монооксида азота на предупреждение раневой инфекции // Вестник лимфологии. 2014. № 1. С. 4-9.
17. *Miranda K.M., Espey M.G., Wink D.* A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite // Nitric Oxide. 2001. Vol. 5. PP. 62-71.
18. *Метельская В.А., Гуманова Н.Г.* Скрининг-метод определения уровня метаболитов оксида азота в сыворотке крови человека // Клиническая и лабораторная диагностика. 2005. № 6. С. 15-18.
19. *Мажитова М.В.* Спектрофотометрическое определение уровня метаболитов монооксида азота в плазме крови и ткани мозга белых крыс // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 3. С. 2-9.
20. *Есипов А.В., Мусаилов В.А., Юргенс Л.П.* Расчет стоимости и экономической эффективности применения аппаратов «Плазон» и «Лимфа-Э» при лечении перитонита // Вестник лимфологии. 2014. № 2. С. 8-14.

*Евгений Евгеньевич Ачкасов,
д-р мед. наук, профессор,
зав. кафедрой спортивной медицины
и медицинской реабилитации,
кафедра хирургии,
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России» (Сеченовский университет),
г. Москва,
Александр Владимирович Есипов,
д-р мед. наук, начальник,
ФГБУ «3 Центральный военный клинический
госпиталь им. А.А. Вишневого» МО РФ,
пос. Новый, Московская область,
Александр Валерьевич Пекшев,
канд. техн. наук, заведующий лабораторией
НИИ энергетического машиностроения
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»,
г. Москва,
Виталий Анатольевич Мусаилов,
канд. мед. наук, начальник отделения
неотложной хирургии филиала № 1
ФГБУ «3 Центральный военный клинический
госпиталь им. А.А. Вишневого» МО РФ,
г. Красногорск, Московская область,
e-mail: musailove@mail.ru*

*Н.А. Кореневский, С.П. Серегин, В.А. Иванов, А.И. Колесник, Г.В. Сипливый,
К.Ф. Макконен, В.В. Дмитриева, Д.И. Кича, Д.А. Зубарев*

Прогнозирование рецидивов инфаркта миокарда на основе нечетких моделей Е. Шортлифа с использованием электрических характеристик биологически активных точек

Аннотация

Рассматриваются вопросы использования электрических характеристик биологически активных точек (БАТ) меридиана сердца для решения задачи прогнозирования рецидива инфаркта миокарда в реабилитационном периоде с использованием нечетких правил принятия решений.

Показано, что использование только электрических характеристик информативных БАТ обеспечивает уверенность в принятии решений выше 0,85, со значительной зоной неопределенности. Если в качестве дополнительных признаков использовать признаки, характеризующие длительное психоэмоциональное напряжение – величины перекисного окисления липидов и антиокислительной активности, – то уверенность в прогнозе появления рецидива инфаркта миокарда в период ремиссии достигает величины 0,95.

Введение

Исследованиями ученых различных научных школ было показано, что одним из подходов к прогнозированию и ранней диагностике заболеваний, включая заболевания сердца и сердечно-сосудистой системы, может служить рефлексодиагностика, основывающаяся на измерении энергетических характеристик биологически активных точек (БАТ) [1]-[5]. Одним из достоинств методов рефлексодиагностики является то, что реакция биологически активных точек на изменения во внутренних структурах организма происходит до того, как проявляются клинические симптомы заболевания. Это позволяет обнаружить и лечить заболевания на самых ранних стадиях их развития, а иногда и предотвращать их появление, приме-

няя профилактические мероприятия. При этом медико-технические и временные затраты на организацию исследований по сравнению с традиционными подходами значительно меньше [2], [6].

В задачах, где информативной ценности БАТ недостаточно для получения заданной точности, она может достигаться при использовании ряда признаков, используемых в традиционной медицине, агрегируемых в финальные решающие правила с применением гибридных нечетких моделей, общая теория синтеза которых описана в работах [3], [7], [8].

При этом общие затраты на достижение заданной прогностической и диагностической точности в принимаемых решениях, как правило, остаются ниже, чем при общепринятых методах исследования.

Методы

Одной из важных задач синтеза правил принятия решений является выбор информативных признаков и, в частности, информативных БАТ.

Процедура выбора информативных БАТ будет эффективнее, если учитывать особенности вывода информации о состоянии внутренних структур организма на эти точки. К таким особенностям относятся: вывод большого количества информации на одну точку (множество диагнозов, симптомов, синдромов); циклические изменения энергетического состояния БАТ в течение суток даже при нормальной энергетической сбалансированности меридиан; большой объем данных, который нужно анализировать, если патология заранее не известна [1]-[3]. Такие особенности информации, передаваемой на БАТ, затрудняют процедуру выбора информативных точек при использовании традиционных методов, принятых в теории информации и теории распознавания образов.

С учетом особенностей представления информации о состоянии организма человека на биологически активных точках в работах [2], [3] предложены методы и алгоритмы поиска таких комбинаций БАТ, анализ которых позволяет подтвердить исследуемую ситуацию (диагноз) и опровергнуть «мешающие» ситуации, «выводимые» на БАТ по справочным данным, но отсутствующие у исследуемого. Эти комбинации называются диагностически значимыми точками (ДЗТ) [2], [3].

Специально проведенные исследования по прогнозированию, ранней и дифференциальной диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, нервной системы, костно-мышечной системы, системы дыхания и других показали, что использование ДЗТ в сочетании с другими информативными признаками позволяет получать решающие правила, обеспечивающие высокое качество классификации [2], [3].

С учетом рекомендаций [2], [5] в качестве энергетических характеристик БАТ выбраны величины их электрических сопротивлений, измеряемых на переменном токе частотой 1 кГц при силе тока не более 10 мкА [2], [5]. В этих же работах было показано, что хорошей информативностью обладают интервальные оценки сопротивлений ΔR_{jk} с указанием верхней и нижней границ сопротивлений для интервала с номером k для точки j и относительные отклонения текущих значений сопротивлений БАТ R_j от их номинальных значений.

Опыт решения различных задач прогнозирования и диагностики с привлечением информации об энергетическом состоянии БАТ показал, что измеряемые показатели по отношению к решаемым задачам носят неполный и нечеткий характер. В этих условиях в соответствии с рекомендациями [3], [7], [8] была выбрана нечеткая логика принятия решений и, в частности, разработанный авторами метод синтеза коллективов гибридных нечетких решающих правил.

В рассматриваемой работе в соответствии с рекомендациями [3], [8] задача прогнозирования оценивается как задача классификации на два класса: 1) обследуемый не заболел в ближайшие T лет (класс ω_0); 2) обследуемый заболел в ближайшие T лет (класс ω).

При выборе информативных биологически активных точек и других информативных показателей высококвалифицированные эксперты оработали те их них, регистрация которых увеличивает уверенность в наличии исследуемой гипотезы (заболевания ω). В этих условиях, согласно рекомендациям [3], [4], [9], в качестве базовой формулы для расчета уверенностей в принимаемых решениях по гипотезе ω целесообразно использовать накопительную итерационную формулу Е. Шортлифа:

$$KV_{\omega}(i+1) = KV_{\omega}(i) + KV_{\omega}^*(x_{i+1})[1 - KV_{\omega}(i)], \quad (1)$$

где $KV_{\omega}(i)$ – коэффициент уверенности в гипотезе ω при условии, что в проверке гипотезы уже участвовало i информативных признаков; $KV_{\omega}^*(x_{i+1})$ – коэффициент уверенности в диагностике (прогнозе) ω при использовании только одного признака x_{i+1} ; $KV_{\omega}(1) = KV_{\omega}^*(x_1)$.

В ряде приложений, включая решаемую в работе задачу, коэффициент уверенности удобно рассчитывать через функцию принадлежности $\mu_{\omega}(x_{i+1})$ к классу состояний ω , рассчитываемую для базовой переменной (x_{i+1}) [2]-[4].

Для вычисления прогностической уверенности по величинам интервальных оценок (диапазонов сопротивлений) $\Delta R_{j,k}$ (где j – номер БАТ; k – номер диапазона ΔR_j), относительно которых формируется диагностическое суждение, формула (1) трансформируется в выражение

$$KV_{\omega}(j+1) = KV_{\omega}(j) + KV_{\omega}^*(\Delta R_{j+1,k})[1 - KV_{\omega}(j)]. \quad (2)$$

В качестве технического средства регистрации величин сопротивлений БАТ использовалась компьютерная приставка, обменивающаяся данными с ПЭВМ по радиоканалу Bluetooth. Приставка работает в двух режимах: режим поиска со звуковой, световой и графической регистрацией БАТ и режим измерения на частоте 1 кГц при силе тока 5 мкА.

Вариант технической реализации такой приставки приведен в работе [6].

Результаты

На первом этапе исследований по атласу меридиан, описанному в [1], был отработан список БАТ, имеющих связь с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, из которого, используя рекомендации работ [1], [5], для определения риска развития инфаркта миокарда (ИМ) использовались БАТ, связанные с меридианом сердца (С1...С9). Сочувственная точка меридиана сердца V15 и точки уха AP19, AP21, AP60, AP100, AP105, AO115 были исключены как малоинформативные с неудобной регистрацией их характеристик.

Количество наблюдаемых больных с ИМ составляло 40 человек. Наблюдения за изменением состояния пациентов осуществлялись в течение года. В исследуемые группы включались люди с повышенными энергетическими характеристиками главных точек меридиана сердца. Контроль за энергетическими характеристиками БАТ производился ежемесячно. Люди, у которых наблюдался хотя бы небольшой рост сопротивлений главных БАТ (более 10 % от номинального значения) без проведения лечебно-оздоровительных мероприятий, относились к классу пациентов с высоким риском возникновения и развития рецидива ИМ. В конце годового наблюдения у 94 % отобранных испытуемых были отмечены начальные клинические проявления ухудшения деятельности сердечно-сосудистой системы [4].

На втором этапе исследований определялась мера информативности Кульбака с системой градаций признаков, обоснованных в работах [2], [5].

Анализ информативности по Кульбаку позволил отобрать для решающего правила (2) 6 БАТ из общего списка: С4, С6, С7, С8 и С9 (номера точек по их описанию в работе [1]).

Проведенные нами статистические исследования показали, что система градаций, описанная в работе [5], достаточно эффективно работает при определении патологии сердца и сердечно-сосудистой системы. В задачах прогнозирования ИМ, как показали соответствующие статистические исследования, такая градация оказалась весьма грубой, не обеспечивая требуемого качества принятия решений.

С учетом этого система градаций была модифицирована следующим образом: более 500 кОм – 0; 400...500 кОм – 1; 300...399 кОм – 2; 200...299 кОм – 3; 100...199 кОм – 4; 90...99 кОм – 5; 80...89 кОм – 6; 70...79 кОм – 7; 60...69 кОм – 8; 50...59 кОм – 9; 40...49 кОм – 10; менее 40 кОм – 11.

Неравномерность в приводимой шкале градаций объясняется их различной информативной ценностью по отношению к классификации исследуемых состояний.

По данным годового наблюдения за больными, перенесшими острый инфаркт миокарда и находящимися в реабилитационном периоде в медицинских учреждениях г. Курска, нами, используя гистограммы распределения градаций признаков по классу $\omega_{ИМ}$ и с учетом рекомендаций [2], [3], составлена таблица коэффициентов уверенности (KV_{jr}) каждой из регистрируемых БАТ (j – номер БАТ; r – номер градации) (табл. 1).

Эти коэффициенты определяют прогностические способности каждой из градаций электросопротивления БАТ по отношению к возможному возникновению искомого класса заболевания.

Итоговая уверенность в возникновении рецидива ИМ определяется по формуле (2). Анализ данных табл. 1 показывает, что при падении сопротивлений БАТ ниже 60 кОм они в совокупности обеспечивают надежный (с $KU_{ИМ} > 0,92$) прогноз возникновения рецидивов инфаркта миокарда.

Для диапазона 60...90 кОм существует зона неопределенности в принимаемых решениях, которая может быть значительно уменьшена, если исследовать дополнительные информативные признаки.

В данной работе на экспертном уровне были отобраны: уровень длительного психоэмоционального напряжения – X_1 ; антиокислительная активность – X_2 ; перекисное окисление липидов – X_3 .

Уровень длительного психоэмоционального напряжения определялся по методике, описанной в работах [2], [3]. Признаки X_2 и X_3 измеряются методами традиционного лабораторного анализа.

С использованием рекомендаций, описанных в работах [2]-[4], для признаков X_1 , X_2 и X_3 были построены функции принадлежности $\mu_{\omega_{ИМ}}(x_i)$ к классу «высокий риск возникновения инфаркта миокарда ($\omega_{ИМ}$) в период ремиссии». График функции принадлежности $\mu_{\omega_{ИМ}}(X_2)$ показан на рис. 1.

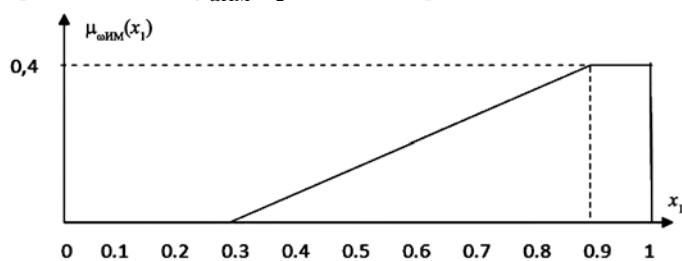


Рис. 1. График функции принадлежности к классу $\omega_{ИМ}$ с базовой переменной X_1

Признаки X_2 и X_3 согласно рекомендациям [4] определяются в соответствии с выражениями

$$x_2 = \frac{x_A^H - x_A^T}{x_A^H} \cdot 100 \% ; \quad x_3 = \frac{x_{II}^H - x_{II}^T}{x_{II}^H} \cdot 100 \%,$$

где x_{II}^H и x_A^H – ПОЛ и АОА, измеренные на репрезентативной группе здоровых людей; $x_{II}^T = x_{19}$ и $x_A^T = x_{20}$ – ПОЛ и АОА у обследуемого пациента.

Графики соответствующих функций принадлежности показаны на рис. 2 и 3.

Финальная уверенность в том, что у обследуемого будет наблюдаться инфаркт миокарда, определяется выражением (1), в котором

$KU_{\omega_{ИМ}}(1) = KU_{\omega}$, определяемый по формуле (2);

$KU_{\omega_{ИМ}}^*(2) = \mu_{\omega_{ИМ}}(x_1)$;

$KU_{\omega_{ИМ}}^*(3) = \mu_{\omega_{ИМ}}(x_2)$;

$KU_{\omega_{ИМ}}^*(4) = \mu_{\omega_{ИМ}}(x_3)$.

Результаты математического моделирования и статистические расчеты на репрезентативных контрольных выборках по-

казали, что при использовании всех четырех составляющих уверенность в правильном прогнозе возникновения инфаркта миокарда в период ремиссии составляет 0,95.

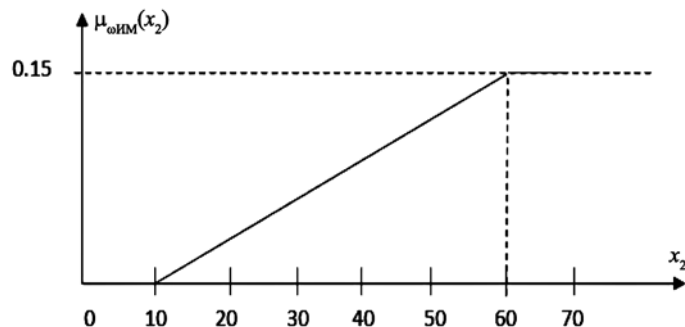


Рис. 2. График функции принадлежности к классу $\omega_{ИМ}$ по x_2

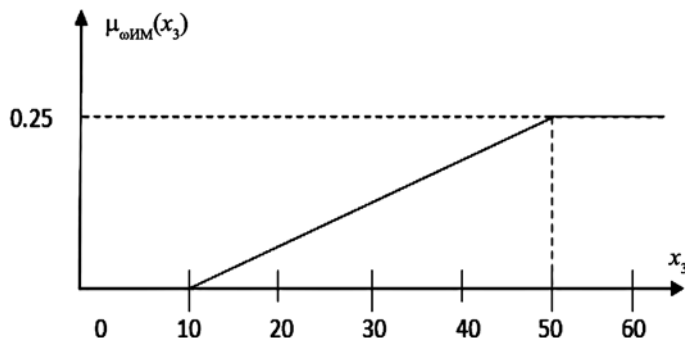


Рис. 3. График функции принадлежности к классу $\omega_{ИМ}$ по x_3

Список литературы:

1. Лувсан Г. Традиционные и современные аспекты восточной рефлексотерапии. – М.: Наука, 1986. 575 с.
2. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касабех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей / Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. 528 с.
3. Корневский Н.А., Шуткин А.Н., Горбатенко С.А., Серебровский В.И. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий / Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. 472 с.
4. Серегин С.П., Воробьева О.М., Корневская С.Н. Математические модели прогнозирования и профилактики рецидивов инфаркта миокарда в реабилитационном периоде / Монография под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Н.А. Корневского. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2015. 166 с.
5. Портнов Ф.П. Электропунктурная рефлексотерапия. – Рига: Зинанте, 1980. 245с.
6. Корневский Н.А., Мухатаев Ю.Б., Старцев Е.А., Лазурина Л.П. Многоканальный анализатор меридианных структур организма на базе аналоговых интерфейсов AFE // Медицинская техника. 2016. № 6. С. 28-31.

Таблица 1

Прогностическая таблица для класса $\omega_{ИМ}$

БАТ	Диапазоны сопротивлений, кОм											
	> 500	400...500	300...399	200...299	100...299	90...99	80...89	70...79	60...69	50...59	40...49	<40
С*9	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,95
С*7	0	0	0	0	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
С8	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0,5	0,8	0,95
С4	0	0	0	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
С6	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3

*БАТ, которые составляют группы признаков, исключая все «мешающие» ситуации (ДЗТ БАТ).

7. Корневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2015. № 1. С. 33-35.
8. Корневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 2. С. 99-103.

Николай Алексеевич Корневский,
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
Станислав Петрович Серегин,
д-р мед. наук, профессор,
кафедра биомедицинской инженерии,
ФГБОУ ВПО «Юго-Западный
государственный университет»,
Виктор Афанасьевич Иванов,
д-р мед. наук, профессор,
зав. кафедрой медицины и логопедии,
ФГБОУ ВО «Курский
государственный университет»,
Александр Иванович Колесник,
д-р мед. наук, профессор,
кафедра хирургических болезней ФПО,
ФГБОУ ВО «Курский государственный
медицинский университет»,

Геннадий Вячеславович Сипливый,
врач высшей категории, д-р мед. наук, профессор,
кафедра урологии,
ФГБОУ ВО «Курский государственный
медицинский университет»,
г. Курск,
Кристина Феликсовна Макконен,
д-р мед. наук, профессор,
кафедра внутренних болезней № 1,
ФГАОУ ВО НИУ «Белгородский
государственный университет»,
г. Белгород,
Валентина Викторовна Дмитриева,
канд. техн. наук, доцент,
кафедра электрофизических установок,
Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»,
Дмитрий Иванович Кича,
д-р мед. наук, профессор,
кафедра общественного здоровья,
здравоохранения и гигиены,
ФГАОУ ВО «Российский
университет дружбы народов»,
г. Москва,
Даниил Андреевич Зубарев,
аспирант,
ФГБОУ ВПО «Юго-Западный
государственный университет»,
г. Курск,
e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «МЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА» ЗА 2018 ГОД

(Цифры перед скобками обозначают номер журнала, цифры в скобках – страницы)

ТЕОРИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ

Абдулракеб А.Р., Аль-Хайдри В.А., Сушкова Л.Т., Абунасиб М.М., Парамисуари П.Ж., Мутеб М.А. Автоматизированный метод сегментации опухоли головного мозга на МРТ-изображениях. № 2 (16-19)

Али С.Х., Али Х.М., Аляев Ю.Г., Белов С.В., Григорьев Н.А., Данилейко Ю.К., Нефедов С.М., Осико В.В., Салюк В.А., Сидоров В.А. Гидродинамическое удаление почечных конкрементов при чрескожной нефролитотрипсии. № 2 (19-22)

Аубакиров Р.Р., Данилов А.А. Влияние формы антенн на пропускную способность канала беспроводного обмена данными для безаккумуляторных имплантатов. № 6 (51-54)

Базаев Н.А., Гринвальд В.М., Жило Н.М., Путря Б.М. Принципы построения носимой аппаратуры искусственного очищения крови. № 6 (13-18)

Базаев Н.А., Гринвальд В.М., Жигайло А.Н., Литинская Е.Л., Пожар К.В., Руденко П.А. Стенд для контроля технических характеристик аппарата «искусственная поджелудочная железа». № 6 (33-36)

Белик Д.В., Кустов И.Н., Белик К.Д., Шекалов А.В. Управление выходными параметрами электрохирургического аппарата с целью минимизации термического поражения биотканей. № 4 (21-24)

Белов С.В., Данилейко Ю.К., Шулутко А.М., Семиков В.И., Грязнов С.Е., Османов Э.Г., Горбачева А.В., Паталова А.Р., Осико В.В., Салюк В.А. Использование высокотехнологичного электрохирургического инструментария для повышения эф-

фективности и безопасности операций на щитовидной железе. № 1 (8-11)

Белов С.В., Данилейко Ю.К., Осико В.В., Салюк В.А. Суспензия водная для лазерного управляемого ударно-волнового воздействия на кожные покровы и слизистые оболочки. № 6 (43-45)

Беляев Л.В., Иванченко А.Б., Жданов А.В., Морозов В.В. Математическое моделирование процесса гемолиза в пульсирующих насосах крови. № 2 (1-5)

Беркович А.Е., Бурсиан А.А., Зайченко К.В., Петрищев Н.Н. Высокочастотный генератор силового фокусирующего ультразвукового преобразователя для абляции тканей и облитерации сосудов. № 3 (46-47)

Бобрин А.Ф., Гудков А.Г., Цыганов Д.И., Агасиева С.В., Горлачева Е.Н., Леушин В.Ю., Шашурин В.Д. Малогабаритные автономные криохирургические аппараты. № 2 (33-35)

Бобырь М.В., Скринникова А.В., Милостная Н.А., Серегин С.П. Нечеткая биотехническая система управления производительностью человека-оператора. № 4 (46-50)

Бондарь С.С., Терехов И.В., Воеводин А.А., Леонов Б.И., Хадарцев А.А. Оценка транскапиллярного обмена воды в легких методом активной радиометрии. № 3 (43-45)

Бывальцев В.А., Степанов И.А., Калинин А.А., Белых Е.Г. Количественная оценка степени дегенеративного поражения межпозвонковых дисков с помощью карт диффузионно-взвешенных изображений. № 4 (34-37)

Ветрова Н.А., Гудков А.Г., Шашурин В.Д., Нарайкин О.С., Агасиева С.В., Горлачева Е.Н., Лемонджав В.Н., Гукасов В.М.