

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОВОЛНОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ СРЕД ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МИОКАРДА У БОЛЬНЫХ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Терехов И.В.¹, Солодухин К.А.¹, Никифоров В.С.², Ломоносов А.В.³

¹Саратовский Военно-медицинский институт;

²Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, г. Санкт-Петербург;

³Госпиталь МСЧ ГУВД по Саратовской области.

Резюме

В работе обсуждается использование нового метода функциональной диагностики – нелинейной сверхвысокочастотной локации водосодержащих сред для оценки состояния миокарда. Предложено регрессионное уравнение, связывающее радиосигнал миокарда с фракцией выброса и индексом массы миокарда, позволяющее по величине принимаемого сверхвысокочастотного излучения неинвазивно и оперативно оценивать степень изменений его функционального состояния у больных с артериальной гипертензией.

Ключевые слова: гипертрофия миокарда, артериальная гипертензия, радиоволновое зондирование, диагностика.

Хорошо известно, что артериальная гипертензия (АГ), являющаяся фактором риска развития многих сердечно-сосудистых заболеваний, представляет собой одну из наиболее значимых медико-социальных проблем. Распространенность АГ в Российской Федерации в возрастной группе 22-45 лет в настоящее время достигает 23%, увеличиваясь с возрастом. Она является наиболее частым фактором риска развития сердечно-сосудистых катастроф (инфаркта миокарда, инсульта). Основными механизмами развития АГ считаются: длительное существование гемодинамической перегрузки артерий, гиперактивация ренин-ангиотензин-альдостероновой и симпатoadреналовой систем, что в большинстве случаев сопровождается дисфункцией эндотелия и изменениями водно-электролитного баланса [10].

Учитывая важную роль воды во всех протекающих в организме процессах, в настоящее время следует рассматривать перспективными технологии позволяющие оценивать состояние водосодержащих сред организма. Одной из таких технологий является нелинейное зондирование водосодержащих сред в сверхвысокочастотном диапазоне. Данная технология основана на явлении возбуждения в водных и водосодержащих средах низкоинтенсивных электромагнитных излучений (ЭМИ) частотой

1 ГГц при воздействии на указанные среды более высокочастотного излучения – 65 ГГц [1, 2, 4, 7-9]. Как полагают авторы, в основе описанного явления лежит взаимодействие ЭМИ с надмолекулярными водными образованиями – водными кластерами [6, 9]. Эффективность преобразования водосодержащей средой зондирующего радиоизлучения предложено называть волновой (ВА) активностью среды [8].

На базе описанного физического явления был разработан радиоэлектронный диагностический комплекс, получивший название «Аквафон» [2, 7-9].

Целью настоящего исследования являлась оценка возможности использования радиоволнового зондирования водосодержащих сред для оценки состояния миокарда у больных с артериальной гипертензией.

Материалы и методы

В исследование включено 30 больных с верифицированным диагнозом артериальной гипертензии II-III степени сопровождавшейся развитием хронической сердечной недостаточности (ХСН) I-III ФК в возрасте 40-60 лет [3]. Критериями исключения являлись перенесенный инфаркт миокарда, ХСН IV ФК, хроническая обструктивная болезнь легких. Группу сравнения составили 20 пациентов без патологии сердечно-сосудистой системы сопоставимых основной группе по полу и возрасту.

В ходе исследования всем больным проводилось эхокардиографическое исследование (ЭхоКГ) на аппарате «APOGEE-SX» с использованием датчика частотой 3,5 МГц. При ЭхоКГ из парастернального доступа определялись следующие показатели структуры и функции левого (ЛЖ) и правого желудочков (ПЖ) а так же предсердий: фракция изгнания (ФИ) ЛЖ, ударный объем (УО) ЛЖ, индекс массы миокарда (ИММ) левого желудочка, толщину межжелудочковой перегородки в систолу (ТМЖПс) и диастолу (ТМЖПд), толщину задней стенки ЛЖ в систолу (ТЗСЛЖс) и диастолу (ТЗСЛЖд), конечно-диастолический (КДР) и конечно-систолический (КСР) размер ЛЖ, размер правого и левого предсердий (ПП, ЛП).

Волновую активность миокарда исследовали с помощью радиоэлектронного диагностического комплекса «Аквафон» производства ООО «Телемак», г.Саратов. Комплекс состоит из модуляционного радиометра, настроенного на прием радиоволн в полосе частот 1000 ± 25 МГц, чувствительностью $\sim 10^{-14}$ Вт, и приемно-излучающего модуля (ПИМ), включающего источник зондирующего излучения плотностью потока мощности $2,5 \text{ мкВт/см}^2$, частотой 65 ГГц и приемной аппликаторной антенны [9].

Используемый в исследовании радиоэлектронный комплекс сертифицирован и внесен в реестр медицинской техники и изделий медицинского назначения (номер регистрационного удостоверения 07292).

В процессе исследования, осуществляется установка ПИМ в 5 межреберье по левой парастернальной линии, после чего в течение 30 секунд производится сканирование водосодержащих сред в проекции его установки.

Оценка ВА производится в условных единицах: за 100 единиц принимается уровень излучения дистиллята воды при 37 °С.

Статистический анализ результатов исследования проводился с помощью программы Statistica 6.0. В ходе исследования анализировались такие показатели как средняя (x), медиана выборки (Me), 25% и 75% процентиля. Степень связи показателей ЭхоКГ и ВА оценивали с помощью коэффициента корреляции (r) Пирсона и его уровня значимости (p). Взаимосвязь показателей функционального состояния миокарда и его волновой активности исследовалась с помощью линейного регрессионного анализа.

Результаты исследования

Результаты оценки показателей функционального состояния миокарда и волновой активности его водосодержащих сред представлены в табл.1.

Таблица 1

Характеристика состояния миокарда обследованных больных

Группы Параметры	Основная группа				Группа сравнения			
	x	25%	Me	75%	x	25%	Me	75%
Возраст, годы	50,6	40,0	51,0	60,0	48	37	50	59
Аорта, см.	2,8	2,6	2,9	3,0	2,7	2,0	2,2	2,5
ЛП, см.	4,2*	3,6	4,1	4,6	2,9	2,4	2,8	3,2
ПП, см.	3,6	3,5	3,75	3,8	2,73	2,3	2,6	3,1
ПЖ, см.	2,5	1,9	2,8	3,0	2,1	1,6	1,8	2,3
ТМЖПс, см.	0,95*	0,8	0,9	0,9	0,68	0,64	0,7	0,9
ТМЖПд, см.	1,39*	0,9	1,4	1,8	1,0	0,9	1,02	1,05
ТЗСЛЖс, см.	1,14*	1,0	1,0	1,3	0,87	0,8	0,88	0,95
ТЗСЛЖд, см.	1,84*	1,4	1,8	2,4	1,1	0,93	1,2	1,4
КДР, см.	6,06*	3,2	4,2	5,5	4,49	3,9	4,2	4,8
КСР, см.	4,4*	5,1	6,0	6,9	2,84	2,4	2,9	3,6

УО, мл.	94,2	68,0	94,0	116,0	96,5	87,4	97,1	105,2
ФИ, %	53	41	56	67	67	53	68	75
ИММ, г/м²	156,7*	98,0	159,0	206,0	78	68	82	93
ВА, ед.	87,4*	80,0	86,0	95,0	102	95	105	117

Примечание: *- статистически значимое различие с группой сравнения ($p < 0,05$).

Результаты оценки состояния миокарда у обследованных, позволяют говорить о существенной его гипертрофии и снижении насосной функции, что является закономерным следствием длительного существования у данных больных гипертонической болезни. Таким образом, у обследованных больных на фоне ремоделирования ЛЖ. отмечаются существенные изменения систолической функции. Анализ полученных результатов указывают на снижении у обследованных ВА, уровень которой, у здоровых лиц находится в пределах 95-117 ед.

С целью изучения степени связи ЭхоКГ показателей состояния миокарда и волновой активности его водосодержащих сред был проведен линейный корреляционный анализ, результаты которого представлены в табл.2.

Таблица 2

Анализ связи ЭхоКГ показателей состояния миокарда и волновой активности его водосодержащих сред

Показатели	Коэффициент корреляции, r	Уровень значимости коэффициента корреляции, p
Возраст, годы	-0,43	0,34
Аорта, см.	0,63	0,051
ЛП, см.	-0,36	0,43
ПП, см.	-0,23	0,66
ПЖ, см.	0,07	0,88
ТМЖПс, см.	-0,42	0,35
ТМЖПд, см.	0,14	0,76
ТЗСЛЖс, см.	-0,96	0,0005
ТЗСЛЖд, см.	-0,50	0,045
КСР, см.	-0,66	0,049
КДР, см.	-0,55	0,042

УО, мл.	-0,14	0,76
ФИ, %	0,73	0,049
ИММ, г/м²	-0,82	0,023

Проведенный анализ выявил тесную связь ряда показателей характеризующих состояние миокарда с волновой активностью, что указывает на существование общих механизмов изменения указанных показателей. Так, была установлена тесная, статистически значимая отрицательная связь показателей характеризующих массу миокарда и ВА (ТЗСЛЖс, ИММ), показателей характеризующих ремоделирование полостей миокарда (КСР и КДР), а так же тесная положительная связь с показателем, отражающим его функционирование (ФИ). Кроме этого в исследовании выявлена умеренная отрицательная связь конечно-диастолического и конечно-систолического размеров ЛЖ с волновой активностью водосодержащих сред миокарда.

С целью выделения и изучения роли наиболее информативных показателей состояния миокарда, определяющих эффективность преобразования внешнего зондирующего радиоизлучения в стимулированное излучение водосодержащих сред миокарда был проведен пошаговый регрессионный анализ с включением переменных в линейную модель. В результате проведенного анализа в модель были включены наиболее информативные показатели, определяющие изменчивость ВА миокарда, такие как ТЗСЛЖс и ФИ. Результаты проведенного анализа представлены в табл.3.

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа взаимосвязи волновой активности и ЭхоКГ признаков дисфункции миокарда

Анализируемые параметры	Beta	b	t	p
ТЗСЛЖс, см.	-0,27	-19,8	-4,3	0,043
ФИ, %	0,49	117,2	9,97	0,031

Примечание: Beta – стандартизированные регрессионные коэффициенты, b – коэффициенты регрессионного уравнения, t – критерий Стьюдента статистической значимости коэффициентов регрессионного уравнения, p – уровень значимости соответствующего коэффициента.

Результаты проведенного регрессионного анализа позволяют предложить формулу, связывающую структурно-функциональное состояние миокарда с волновой активностью его водосодержащих сред, имеющее следующий вид: $BA = 117,2 * \PhiИ - 19,8 * ТЗСЛЖс$.

Анализ информативности регрессионного уравнения показал, что коэффициент корреляции (R) предикторных признаков (ФИ и ТЗСЛЖс) с ВА составил 0,943, коэффициент детерминации (R^2) – 0,882; уровень значимости регрессионного уравнения $p=0,00016$. Полученные критерии информативности указывают на высокую степень обобщения исходных данных. Модель связывает более 88% изменчивости волновой активности с изменениями показателей ТЗСЛЖс и ФИ. Следует заметить, что около 12% изменчивости ВА не связаны с изменениями указанных показателей.

Анализ остатков полученной математической модели, проведенный путем оценки критерия Дарбина-Уотсона и коэффициента серийной корреляции остатков, величина которых составила 1,99 и 0,005, соответственно, выявил низкую корреляцию остатков модели между собой, что подтверждает адекватность регрессионной модели исходным данным.

Исследование стандартизированных регрессионных коэффициентов, позволяет сделать вывод о вкладе каждого из анализируемых предикторных показателей модели (ФИ и ТЗСЛЖс) в формирование величины волновой активности миокарда. Соответствующий анализ показал, что влияние ТЗСЛЖс на величину ВА составляет 31,2%, ФИ – 57,0%.

Анализ регрессионной модели показывает, что изменение фракции изгнания сопровождается более сильным влиянием на волновую активность водосодержащих сред миокарда, чем изменение структурной составляющей модели – толщины задней стенки ЛЖ. При этом усиление гипертрофии приводит к снижению эффективности преобразования водосодержащими средами зондирующего радиоизлучения и уменьшению ВА. Увеличение фракции изгнания, характеризуется противоположным эффектом – увеличением мощности стимулированного излучения тканей миокарда, определяющимся повышением эффективности преобразования водными средами зондирующего радиосигнала.

Обсуждение результатов

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о тесной связи структурных маркеров патологического процесса развития гипертрофии миокарда и его волновых проявлений. Анализ результатов, позволяет говорить о том, что эффективность преобразования тканью миокарда зондирующего радиоизлучения находится в тесной

связи с его функциональным состоянием. Кроме этого, полученные данные, показывают весомую роль изменений геометрии миокарда в модификации его радиоволновых свойств.

Учитывая результаты проведенных ранее исследований [7, 8], выявивших тесную связь изменений волновой активности с нарушениями трансапиллярного обмена воды и белка, можно говорить о том, что у обследованных больных, имеющих низкие значения ВА, имеет место нарушение трансапиллярного обмена в миокарде, степень которых тесно связана с выраженностью систолической дисфункции.

Учитывая, что снижение трансапиллярного обмена воды, можно расценивать как проявления эндотелиальной дисфункции, можно полагать, что результаты настоящего исследования, свидетельствующие о снижении интенсивности трансапиллярного обмена воды в миокарде больных АГ, в сравнении со здоровыми лицами, находятся в соответствии с результатами оценки эндотелиальной дисфункции при развитии АГ [10].

Следует заметить, что связь волновой активности со степенью гипертрофии миокарда и фракцией выброса ЛЖ, хотя и является тесной, однако, все же, представляет собой стохастическую (вероятностную) зависимость.

Таким образом, принимая во внимание полученные в настоящем исследовании результаты, а так же данные ранее проведенных исследований можно говорить о том, что молекулярные изменения, лежащие в основе гипертрофия миокарда, являются основой изменений со стороны водосодержащих сред миокарда, приводящей к изменениям волновой активности.

Заключение

Таким образом, не смотря на то, что включенные в регрессионную формулу показатели являются лишь одной из возможных комбинаций непрямых параметров оценки состояния миокарда, результаты исследования позволили проанализировать характер связи молекулярных и волновых проявлений дисфункции миокарда, наблюдающихся на фоне артериальной гипертензии. Анализ результатов исследования показал возможность использования волновых свойств биотканей для оценки степени выраженности патологических изменений у больных с патологией сердечно-сосудистой системы.

Полученные результаты, свидетельствуют о необходимости дальнейшего исследования возможностей представленной диагностической технологии и для оценки проявлений дисфункциональных изменений со стороны сердечно-сосудистой системы.

Выводы

1. Установлена тесная связь структурно-функциональных изменений миокарда с эффективностью преобразования его тканями зондирующего радиосигнала, что проявляется сильной отрицательной корреляционной связью стимулированного радиосигнала миокарда с толщиной задней стенки ЛЖ в систолу ($r=-0,96$), индексом массы миокарда ($r=-0,83$), а так же с КСР ЛЖ ($r=-0,66$). Кроме этого выявлена сильная положительная связь стимулированного радиоизлучения водосодержащих сред миокарда с фракцией изгнания ЛЖ ($r=0,73$).

2. Полученная математическая зависимость, связывающая ВА с изменениями, отражающими геометрию миокарда (ТЗСЛЖс) и его функцию (ФИ) характеризуется информативностью 88,2%. Установлено, что изменение насосной функции сердца оказывает на водосодержащие среды большее влияние (57,0% всей изменчивости ВА связано с ФИ), чем развитие структурных изменений в миокарде (31,2%).

3. Учитывая тесную связь волновой активности тканей миокарда с его функциональным состоянием, динамическая оценка ВА может служить дополнительным критерием оценки состояния миокарда у больных с артериальной гипертензией.

Литература

1. Бецкий, О.В. Частотная зависимость биологических эффектов в области электромагнитных волн: новые биологические резонансы в миллиметровом диапазоне /О.В.Бецкий //Миллиметровые волны в биологии и медицине.-1998.-№2 (12).-С.3-6.
2. Громов, М.С. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и водной компоненты внутренней среды организма при внебольничной пневмонии /М.С.Громов, И.В.Терехов //Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.М.Сеченова.- 2009.-№3.-С.82-85.
3. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертонии и Всероссийского научного общества кардиологов (третий пересмотр). Кардиоваскулярная терапия и профилактика.- 2008.-№7 (6).-С.3-32.
4. Использование метода трансрезонансного функционального сканирования в диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы у летного состава ВВС /А.В.Коньков, Д.В.Морозов, Л.А.Конькова и др. //Военно-медицинский журнал.-2010.- Т.331, №2.-С.62-63.
5. Казначеев, В.П. Клиническая патофизиология транскапиллярного обмена /В.П. Казначеев, А.А. Дзизинский.- М.: Медицина, 1975. -237 с.
6. Петросян, В.И. Резонансное излучение воды в радиодиапазоне /В.И.Петросян //Письма в ЖТФ.- 2005.- Т.31, Вып.23.- С.29-33.
7. Терехов, И.В. Применение метода ТРФ-топографии в диагностике воспалительных изменений нижних отделов респираторного тракта /И.В. Терехов, М.С. Громов, В.К. Парфенюк и др. //Саратовский научно-медицинский журнал.-2008.-№1(19).-С.79-84.
8. Терехов, И.В. Оценка сосудистой проницаемости с помощью активной радиометрии /И.В.Терехов //Аспирантский вестник Поволжья.-2009.-№7-8.- С.187-190.

9. Транс-резонансная функциональная топография. Биофизическое обоснование /Петросян В.И., Громов М.С., Власкин С.В. и др. //Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 2003.- №1 (29). -С.23-26.

10. Эндотелиальная дисфункция на начальных этапах развития артериальной гипертензии у мужчин молодого возраста и ее связь с сосудистыми факторами риска /Шморгун Т.С., Бовтюшко П.В., Никитин А.Э. и др. // Военно-медицинский журнал.- 2010.-Т.331, №4.-С.20-25.

Сведения об авторах:

Терехов Игорь Владимирович, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры организации медицинского обеспечения Саратовского Военно – медицинского института

Адрес: 410040 Саратов, Вишнёвая ул., д. 20, кв.37.

Телефон: (8452) 50-30-60

E-mail: terex26@mail.ru

Солодухин Константин Анатольевич, доктор медицинских наук, доцент, и.о. начальника научно-исследовательского отдела Саратовского Военно – медицинского института

Адрес: 410040 Саратов, Вишнёвая ул., д. 20, кв.37.

Телефон: (8452) 50-30-60

E-mail: terex26@mail.ru