

УДК 616-073.8:616.14

## **БЕСКОНТРАСТНАЯ МР-АНГИОГРАФИЯ КАК МЕТОД КОНТРОЛЯ КОНСЕРВАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ТРОМБОЗА СИСТЕМЫ НИЖНЕЙ ПОЛОЙ ВЕНЫ**

**А. А. ТУЛУПОВ<sup>1,2</sup>, К. С. СЕВОСТЬЯНОВА<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт «Международный томографический центр» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup> *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Новосибирск, Россия*

<sup>3</sup> *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химической биологии и фундаментальной медицины» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия*

Работа посвящена изучению возможности применения бесконтрастной МР-ангиографии в мониторинге консервативного лечения венозного тромбоза и посттромботической болезни в системе нижней полой вены. На МР-томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Т было проведено исследование 42 здоровых лиц и 38 пациентов с расстройствами венозного кровообращения. Были выявлены качественные и количественные особенности венозного потока на различных уровнях нижних конечностей, малого таза и брюшной полости в норме и патологии. Оптимизированы методики МРТ с целью получения максимально полезной информации.

## **NONCONTRAST MR-ANGIOGRAPHY AS A METHOD FOR CONTROL OF CONSERVATIVE TREATMENT OF VENA CAVA INFERIOR THROMBOSIS**

**A. A. TULUPOV<sup>1,2</sup>, SEVOSTYANOVA K. S.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Federal State Budgetary Educational Institution of Science Institute International Tomography Centre, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

<sup>2</sup> *Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Vocational Education Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russia*

<sup>3</sup> *Federal State Budgetary Educational Institution of Science Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

This studies show the possibility of using noncontrast MR-angiography in monitoring conservative treatment of venous thrombosis and postthrombotic disease in the vena cava inferior. All examinations were performed on a 1,5 T whole-body MR-scanner (Philips, Achieva). A total of 80 patients with venous disorders (n=38) and control subjects (n=42) were examined with noncontrast MRI examination. We revealed the quantitative and qualitative features of venous flow at different levels of the lower extremities, pelvic and abdominal cavity in health and disease. MRI techniques were optimized in order to obtain the maximum of useful information.

### **Введение**

Тромбоз системы нижней полой вены – распространенное заболевание, которое может иметь идиопатический характер, являться проявлением врожденной тромбофилии либо осложнять другие различные состояния, оперативные вмешательства [2, 5, 7]. Это заболевание может приводить к таким тяжелым последствиям, как тромбоэмболия легочной артерии и посттромботическая болезнь. Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) – третья по частоте причина смерти населения после инфаркта миокарда и инсульта и, безусловно,

является междисциплинарной проблемой, так как осложняет течение самых различных патологических состояний. После перенесенного тромбоза венозное русло никогда не возвращается в исходное состояние. Наступает качественно иное патологическое состояние, называемое посттромбофлебической болезнью [5, 6].

Основное лечение венозного тромбоза – консервативное: антикоагулянтная терапия, венотоники, компрессионный трикотаж, варианты физиотерапии. Без должного лечения развивается тяжелая хроническая венозная недостаточность, что ведет

к развитию трофических язв, потере трудоспособности, инвалидизации, резкому снижению качества жизни как по физическим, так и социальным параметрам. Частота рецидивов флеботромбоза составляет в среднем около 5–10 % ежегодно после отмены антикоагулянтной терапии [2–4].

В настоящее время у пациентов с заболванением вен и хронической венозной недостаточностью доступны такие методы исследования, как УЗИ, рентгеновская контрастная флебография, МСКТ-ангиография и сцинтиграфия. При всех своих достоинствах, таких как неинвазивность, доступность, высокая чувствительность и специфичность (особенно на уровне нижних конечностей), сонография затруднена в области малого таза и особенно у тучных пациентов, беременных женщин, при метеоризме и др., а рентгеновские методы и сцинтиграфия, в свою очередь, ограничены лучевой нагрузкой и высоким риском возникновения аллергических реакций на введение контрастных веществ.

Именно у этих пациентов МРТ может стать единственным возможным неинвазивным (без введения контрастного вещества и лучевой нагрузки) высокоинформативным методом диагностики и контроля, а его широкое внедрение в диагностическую практику позволит избежать лучевой нагрузки и тяжелых осложнений. Возможность получения многосрезовых изображений в любой плоскости, высокая разрешающая способность контрастирования мягких тканей, возможность многократно обращаться к однажды полученным данным с целью получения новой информации делают МР-томографию незаменимой в медицине и приоритетным методом исследования в изучении сосудистой системы [1, 8–10].

### Материалы и методы

На МР-томографе «Achieva» фирмы «Philips» с напряженностью магнитного поля 1,5 Т было проведено исследование 42 здоровых лиц (20 мужчин и 22 женщины) и 38 пациентов (17 мужчин и 21 женщина) с незначительными и выраженными расстройствами кровообращения – посттромбофлебический синдром (ПТФС) различной степени выраженности.

В исследование привлечены здоровые добровольцы и лица с различной патологией гемодинамики в возрасте от 15 до 60 лет. В группу здоровых добровольцев отбирались лица без сосудистой патологии в анамнезе и хирургическом статусе, а также без МР-признаков органической патологии сосудистой системы нижних конечностей и без МР-данных за нарушение гемодинамики.

Исследование начинали с рутинного протокола МР-томографии органов малого таза и брюшной полости, включающего получение T1- и T2-взвешенных изображений и изображений с подавлением МР-сигнала от жировой ткани. Проводили бесконтрастную трехмерную МР-ангиограмму сосудов, а для детального изучения количественных параметров венозного кровотока была использована методика количественной оценки потока Quantitative Flow (Q-Flow), основанная на методе фазового контраста с кардиосинхронизацией по ЭКГ в ретроспективном режиме (непрерывный сбор данных в R-R интервале) с последующей реконструкцией и совмещением по времени сердечного цикла и полученных при исследовании профилей потока. Характеристики метода Q-Flow: TR=14 мс; TE=8,3 мс; FA=15 градусов; толщина среза = 5 мм; количество усреднений = 2; количество фаз сердечного цикла = 15; длительность одной импульсной последовательности = 2 мин 57 с; ориентация среза: перпендикулярно ходу исследуемой сосудистой структуры. Для каждого пациента были получены пиковые скорости потока и средние для одного сердечного цикла значения линейных и объемных скоростей тока крови через исследуемые сосуды, а также средние для одного сердечного цикла значения площадей гемодинамически значимого просвета этих сосудистых структур. Полученные данные статистически обработаны с расчетом среднего значения и доверительного интервала:  $X \pm tsx$ , где  $t=1,96$  для  $P=0,05$ .

### Результаты

С помощью усовершенствованных методов МРТ визуализации проведено исследование количественных и качественных анатомо-физиологических особенностей кровотока по крупным сосудам области малого таза в условиях нормы и патологии. Рассмотрены топографические и функциональные взаимоотношения между крупными сосудами и окружающими их тканями и органами.

При анализе характера изменения артериального потока крови на всех уровнях было выявлено, что профиль артериального кровотока типичный, с минимальными индивидуальными отличиями. Объемная и линейная скорость артериального потока уменьшается в дистальном направлении.

У пациентов с посттромботическим синдромом без поражения артерий нижних конечностей профиль артериального потока не различается по качественным и количественным характеристикам у пораженной и здоровой конечности, а также в группе контроля.

Для венозных структур различия потока крови для групп здоровых лиц и пациентов с ПТФС существуют.

Было отмечено, что движение крови по парным венозным структурам в большинстве случаев осуществляется асимметрично. Профиль венозного потока индивидуален – отсутствуют стандартные пики и волны потока, различаются скоростные характеристики, но можно проследить основные закономерности. У здоровых лиц объемный венозный поток преобладает в глубоких венах. Линейный венозный поток в поверхностных венах приближается к таковому в глубоких венах, то есть в горизонтальном положении кровь оттекает от конечности по всем венам приблизительно с одинаковой скоростью, но в объемном отношении больше по глубоким венам за счет их большего диаметра. Объемная и линейная скорость венозного потока увеличивается в проксимальном направлении.

У пациентов с ПТФС компенсация оттока венозной крови происходит с большими индивидуальными различиями (рис. 1) преимущественно за счет подкожной венозной сети, в меньшей степени – за счет глубоких коллатералей. Значимые глубокие коллатерали на нижней конечности после перенесенного венозного тромбоза появляются с уровня средней трети бедра (рис. 2).

На уровне малого таза, в отличие от уровня нижних конечностей, появляются характерные волны потока, синхронные с пульсацией артериальных сосудов. Возможно, это связано с более интимной связью венозных и артериальных сосудов и расположением их в более плотных и ригидных тканях, близким расположением костных

структур. Кроме того, выявлен сдвиг пиков: первыми пики появляются в правом венозном сосуде, что может быть связано с его более прямым впадением в нижнюю полую вену. Тем не менее скоростные показатели потока остаются индивидуальными и варьируются между индивидами до 3–4 раз.

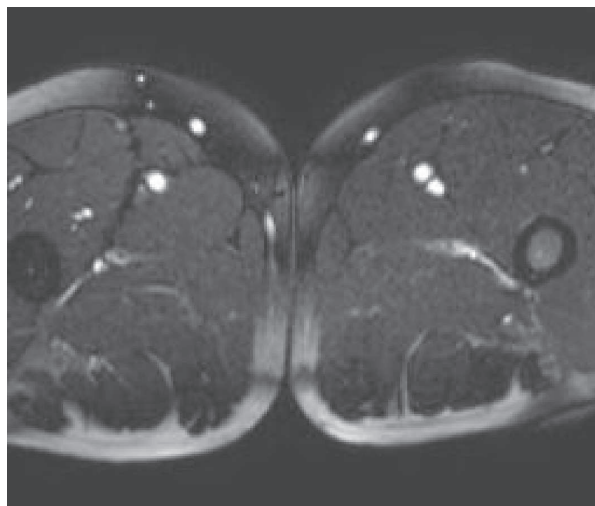


Рис. 1. МР-томограмма в режиме балансированного TFE в аксиальной плоскости. Тромбоз правой бедренной вены

У здоровых лиц на уровне малого таза поверхностные вены перестают играть значимую роль в венозном оттоке. Объемный венозный поток в венах малого таза, в отличие от нижних конечностей, по абсолютным величинам больше линейной скорости потока, и эта разница увеличивается в проксимальном направлении. Объемная и линейная скорость венозного потока увеличивается в проксимальном направлении.

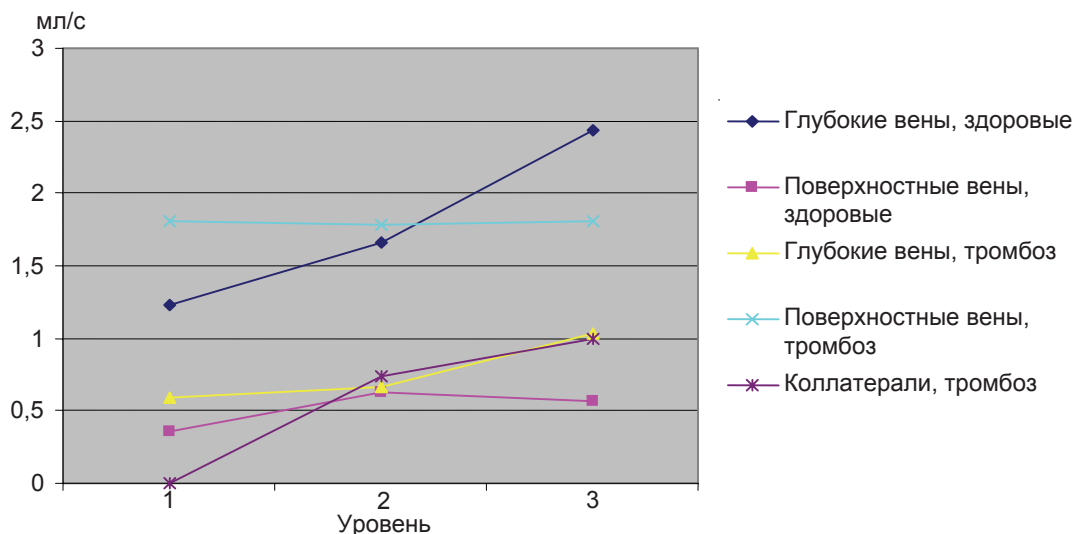


Рис. 2. Характер изменения объемной скорости кровотока по венам здоровой конечности и по венам конечности с ПТФС на трех уровнях исследования

У пациентов с ПТФС компенсация оттока венозной крови на уровне малого таза, как и на уровне нижних конечностей, происходит с большими индивидуальными различиями (рис. 3). Но, в отличие от уровня нижних конечностей, в области малого таза подкожная система коллатералей теряет свою первостепенную значимость и определяется только на первом уровне исследования – уровне лобковой и надлобковой области. Глубокие коллатерали выявляются уже на первом уровне исследования, и в проксимальном направлении увеличивается их доля в венозном оттоке. Кроме того, у пациентов с ПТФС отсутствуют характерные для потока по «здоровым» венам волны и пики, особенно в пораженном сосуде (рис. 4).

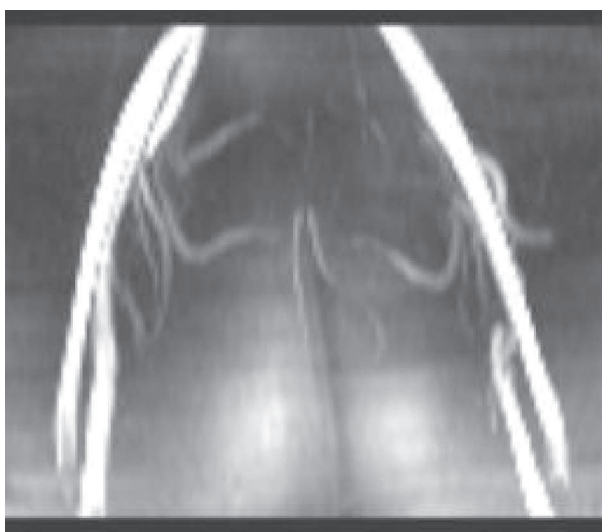


Рис. 3. МР-ангиография во фронтальной плоскости. Левосторонний илюфеморальный тромбоз

Поток крови по нижней полой вене (НПВ) в группе контроля имеет слабый волновой характер, синхронный пульсации аорты, скоростные

показатели закономерно увеличиваются в проксимальном направлении. У пациентов с тромбозом нижней полой вены и подвздошных вен поток крови по НПВ на уровне ниже впадения почечных вен выраженно индивидуален: не регистрируется, отрицательный либо резко снижен; на уровне выше впадения почечных вен – принципиально не отличается от группы контроля.

Наиболее выражены отличия кровотока у обследованных групп по гонадным венам. В группе контроля гонадные вены не визуализируются либо представлены сосудами менее 5 мм в диаметре (преимущественно левая гонадная вена). Поток крови по такому сосуду около нуля либо слабopоложительный (в том же направлении, что и по НПВ).

Для пациентов с тромбозом НПВ и подвздошных вен также характерны выраженные различия венозной анатомии, связанные с особенностями развития коллатералей. Наиболее выраженными коллатеральями опять же являются гонадные вены (правые или левые), которые на уровне ниже впадения почечных вен берут на себя основную нагрузку венозного оттока от нижней половины тела (рис. 5). Скоростные показатели потока по венам на всех уровнях остаются индивидуальными и варьируются между индивидами до 2–3 раз (рис. 6).

### Заключение

В результате проведенных нами исследований сделан большой шаг в решении проблем количественного и качественного изучения потока крови по венозным сосудам нижних конечностей, малого таза и брюшной полости. Проведена сравнительная оценка скоростных характеристик в сосудистых структурах на разных уровнях.

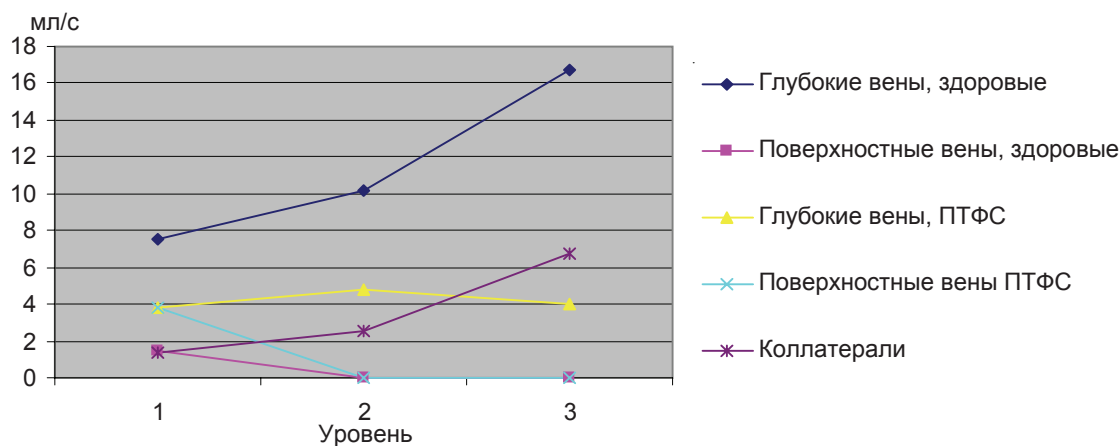
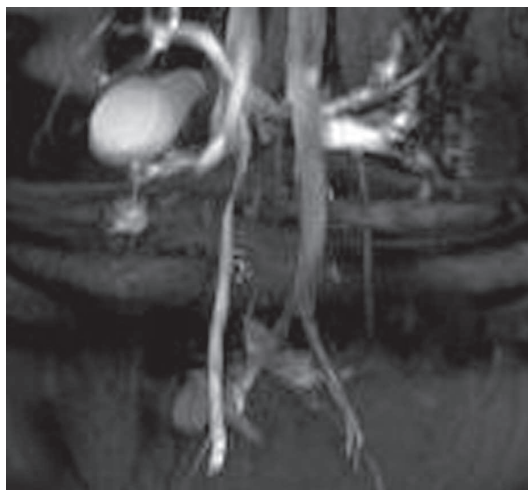
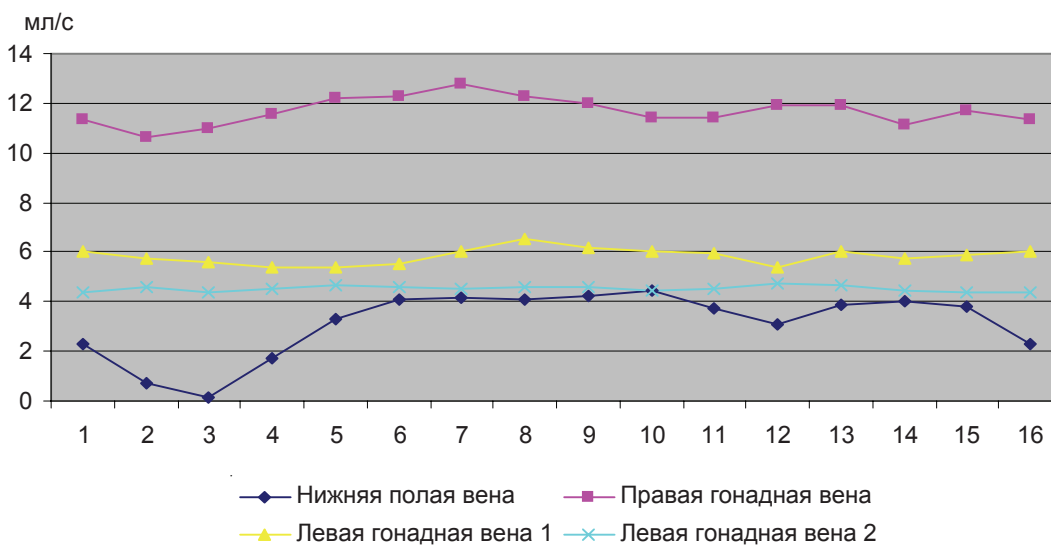


Рис. 4. Характер изменения объемной скорости кровотока по венам малого таза от здоровой конечности и по венам от конечности с ПТФС на трех уровнях исследования



*Рис. 5. МР-ангиография в режиме сбалансированного TFE во фронтальной плоскости. Вторичная варикозная трансформация правой яичниковой вены на фоне тромбоза нижней полой вены*



*Рис. 6. Объемная скорость кровотока по венам брюшной полости у пациентов с венозным тромбозом на первом уровне исследования*

Было выявлено, что количественные данные скоростной характеристики кровотока значительно не отличаются от таковых при ультразвуковом дуплексном сканировании. Бесконтрастная МР-ангиография позволяет качественно визуализировать венозные структуры не только крупных магистралей, но и на уровне голени, а также даже незначительные коллатерали. Кроме того, возможность видеть картину тела целиком, тем более 3D-реконструкция, позволяет диагностировать также сопутствующую патологию.

Анализ полученных результатов показал, что у здоровых лиц и пациентов с посттромбофлебическим синдромом от дистального к проксимальному направлению венозный поток увеличивает линейную и объемную скорости. Если в области нижних конечностей достаточно боль-

шую нагрузку несут подкожные вены, их роль значительно уменьшается в области малого таза и становится совсем незначительной на уровне брюшной полости. Это касается как здоровых сосудов, так и коллатерального кровотока: глубокие коллатерали появляются с уровня средней трети бедра и являются основными в области малого таза и брюшной полости.

Была отмечена значительная вариабельность строения венозной системы у здоровых лиц, особенно у пациентов с патологией венозной системы. Это, а также тот факт, что скоростные характеристики потока также имеют выраженные индивидуальные различия (до 3–4 раз), значительно затрудняют статистический анализ материала и не позволяют пока определить четкие численные критерии нормы и патологии.

Планируется продолжить работу в данном направлении. Тем не менее уже на настоящий момент полученные в результате наших исследований данные имеют практическую значимость в качестве показателей особенностей потока жидкости по сосудам системы нижней полой вены в условиях нормы и патологии, что позволяет использовать эти данные как в науке, так и в диагностической практике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике венозной патологии / К. С. Севостьянова [и др.] // Вестник НГУ. 2013. Т. 11. С. 212–219.
2. Кириенко А. И., Кошкин В. М., Богачев В. Ю. Амбулаторная ангиология. М., 2007. 328 с.
3. Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению хронических заболеваний вен // Флебология. 2013. № 1. 100 с.
4. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбоземболических осложнений // Флебология. 2012. № 1. 40 с.
5. Савельев В. С. Флебология. М., 2001. 672 с.
6. Шевченко Ю. Л., Стойко Ю. М. Основы клинической флебологии. М., 2013. 336 с.
7. Diseases of the veins / N. L. Browse [et al.] // UK. 1999. P. 786.
8. Edelman R. R., Koztoglou I. Unenhanced flow-independent MR venography by using signal targeting alternative radiofrequency and flow-independent relaxation enhancement // Radiology. 2009. Vol. 250. P. 236–245.
9. Kanne J. P., Lalani T. A. Role of computed tomography and magnetic resonance imaging for deep venous thrombosis and pulmonary embolism // Circulation. 2004. Vol. 109. P. 115–121.
10. The accuracy of MRI in diagnosis of suspected deep vein thrombosis: systematic review and meta-analysis / F. C. Sampson [et al.] // Eur. Radiol. 2007. Vol. 17. P. 175–181.

Статья поступила 08.04.2014

*Ответственный автор за переписку:*

**Тулупов Андрей Александрович**,  
заведующий лабораторией «МРТ Технологии»  
ФГБУ науки Институт «Международный  
томографический центр» СО РАМН

*Адрес для переписки:*

Тулупов А. А., 630090, г. Новосибирск  
ул. Институтская, д. 3А  
Тел. 8 (383) 330-69-26  
E-mail: taa@tomo.nsc.ru

*Corresponding author:*

**Andrey A. Tulupov**,  
head of MRI Technologies laboratory  
of FSBI of science Institute International  
Tomography Centre, SB RAMS

*Correspondence address:*

A. A. Tulupov, 3A, Institutskaya St.  
Novosibirsk, 630090  
Tel. +7 (383) 330-69-26  
E-mail: taa@tomo.nsc.ru