

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

# Магнитно-резонансная томография сердца у пациентов, переболевших коронавирусной инфекцией (COVID-19)

А.С. Максимова, Н.И. Рюмшина, Т.А. Шелковникова, О.В. Мочула,  
Н.Д. Анфиногенова, В.Ю. Усов

Томский национальный исследовательский медицинский центр, Научно-исследовательский институт кардиологии,  
Томск, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Нередким осложнением коронавирусной инфекции (COVID-19) является миокардит.

**Цель** — сравнить различные паттерны повреждения миокарда у пациентов, перенёсших COVID-19, и пациентов допандемического периода по данным магнитно-резонансной томографии сердца с парамагнитным контрастным усилением.

**Материалы и методы.** В ретроспективное исследование включено 47 пациентов, которым выполняли магнитно-резонансную томографию сердца с парамагнитным контрастным усилением для исключения острого миокардита. В группу 1 вошли 34 пациента с перенесённой коронавирусной инфекцией, подтверждённой результатами исследования мазка со слизистой носо- и/или ротоглотки методом полимеразной цепной реакции, в группу 2 — 13 человек, магнитно-резонансную томографию сердца которым проводили до начала пандемии коронавирусной инфекции (2017 г).

**Результаты.** Средняя продолжительность от появления жалоб до проведения магнитно-резонансной томографии составила 166 дней. Снижение толерантности к физическим нагрузкам обнаружено у 77% пациентов, боль в области сердца, одышка и сердцебиение — у 14 (42%), 30 (88%) и 28 (85%) пациентов группы 1 соответственно. В группе 2 отмечены одышка у 4 (30%) пациентов, боли в области сердца — у 9 (69%), сердцебиение и/или ощущение ритма сердца — у 6 (46%). У пациентов группы 1 поражение миокарда носило более распространённый характер, из них у 1/3 сохранялись усиление лёгочного рисунка и выпот в плевральную полость. В группе 1 мужчины имели более низкую фракцию выброса левого желудочка, меньшие показатели глобальной продольной деформации и более высокие функциональные показатели левого предсердия ( $p < 0,05$ ). У женщин статистические различия отмечались только по количеству поражённых сегментов миокарда левого желудочка.

**Заключение.** Вирус SARS-CoV-2 вызывает распространённое поражение сердца с вовлечением значительного количества сегментов миокарда. Среди мужчин достоверно чаще развиваются поствоспалительные осложнения в виде нарушения сократительной функции левого желудочка и левого предсердия. Полученные результаты указывают на необходимость дальнейшей оценки долгосрочных последствий перенесённого COVID-19 на сердечно-сосудистую систему. Магнитно-резонансная томография сердца с контрастированием в данном случае может быть чувствительным инструментом визуализации для выявления тяжести поражения сердца.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография; сердце; коронавирусная инфекция; COVID-19; миокардит; левое предсердие.

## Как цитировать:

Максимова А.С., Рюмшина Н.И., Шелковникова Т.А., Мочула О.В., Анфиногенова Н.Д., Усов В.Ю. Магнитно-резонансная томография сердца у пациентов, переболевших коронавирусной инфекцией (COVID-19) // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 3. С. 280–291. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

# Cardiac magnetic resonance imaging in patients with history of COVID-19

Aleksandra S. Maksimova, Nadezhda I. Ryumshina, Tatiana A. Shelkovnikova, Olga V. Mochula, Nina D. Anfinogenova, Wladimir Yu. Ussov

Tomsk National Research Medical Center, Cardiology Research Institute, Tomsk, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Myocarditis is among the most common complications arising from coronavirus infection (COVID-19).

**AIM:** This study aims to find the differences in the patterns of myocardial injury between patients who had COVID-19 and those from the pre-pandemic period, as determined by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging.

**MATERIALS AND METHODS:** The study encompassed a retrospective analysis of 47 patients who underwent contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging to rule out acute myocarditis. Group 1 comprised 34 patients with a confirmed history of COVID-19 through PCR testing (nasal and/or throat swabs), while Group 2 comprised 13 individuals who underwent contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging in 2017 prior to the onset of the COVID-19 pandemic. All patients enrolled in the study had clinical manifestation of cardiac injury without signs of coronary artery disease as an underlying cause of condition.

**RESULTS:** The mean time from the onset of heart symptoms to the administration of contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging was 166 days. In group 1, a decrease in exercise tolerance was observed in 77% of patients, and 14 (42%), 30 (88%), and 28 (85%) of patients complained of chest pain, shortness of breath, and heart palpitations, respectively. In group 2, four patients (30%) had dyspnea, nine patients (69%) complained of chest pain, and six patients (46%) had heart palpitations and/or feeling of arrhythmia. Myocardial injury in group 1 was more generalized. The third of them had displayed preserved increased pulmonary vascularity and pleural effusion. Within group 1, men had significantly lower left ventricular ejection fraction, lower values of global longitudinal deformation, and higher values of left atrial function compared with the corresponding parameters in women. Differences in women were found only in the number of the affected segments in the left ventricular myocardium.

**CONCLUSION:** SARS-CoV-2 virus caused extended myocardial injury, affecting a significant number of myocardial segments. Men had more frequent postinflammatory complications, characterized by abnormal function of the left ventricle and left atrium. Obtained results require continuous efforts for further assessment of long-term consequences of previous COVID-19 to the cardiovascular system. In this regard, contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging may represent a sensitive imaging tool for the assessment of cardiac injury severity.

**Keywords:** magnetic resonance imaging; heart; coronavirus infection; COVID-19; myocarditis; left atrium.

## To cite this article:

Maksimova AS, Ryumshina NI, Shelkovnikova TA, Mochula OV, Anfinogenova ND, Ussov WYu. Cardiac magnetic resonance imaging in patients with history of COVID-19. *Digital Diagnostics*. 2023;4(3):280–291. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

Received: 16.06.2023

Accepted: 10.07.2023

Published: 23.08.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

# 患过冠状病毒感染 ( COVID-19 ) 患者的心脏磁共振成像

Aleksandra S. Maksimova, Nadezhda I. Ryumshina, Tatiana A. Shelkownikova,  
Olga V. Mochula, Nina D. Anfinogenova, Wladimir Yu. Ussov

Tomsk National Research Medical Center, Cardiology Research Institute, Tomsk, Russian Federation

## 简评

**论证。**心肌炎是冠状病毒感染 ( COVID-19 ) 的一种不罕见并发症。

**该研究的目的是**通过顺磁对比剂增强的心脏磁共振成像, 比较患过COVID-19和大流行前患者心肌损伤的不同模式。

**材料和方法。**一项回顾性研究包括47名接受顺磁对比剂增强心脏磁共振成像检查来排除急性心肌炎的患者。第1组包括34名通过鼻咽和/或口咽粘膜涂片聚合酶链反应分析证实曾患过冠状病毒感染的患者, 第2组包括13名在冠状病毒大流行 ( 2017年 ) 前接受心脏磁共振成像检查的患者。

**结果。**从发病到磁共振成像的平均时间为166天。在第一组中, 77%的患者运动耐量降低了, 分别有14 ( 42% )、30 ( 88% ) 和28 ( 85% ) 名患者出现了心脏疼痛、呼吸困难和心悸。在第2组中, 有4名患者 ( 30% ) 出现了呼吸困难, 有9名患者 ( 69% ) 出现了心脏疼痛, 有6名患者 ( 46% ) 出现了心跳和/或心律不齐。心肌损伤在第1组患者中更为普遍, 其中1/3患者有持续性肺强化和胸腔积液。在第1组中, 男性的左心室射血分数较低, 整体纵向应变较低, 左心房功能较高 (  $p < 0, 05$  )。对于女性病人来说, 仅在左心室心肌受影响节段的数量上存在统计上的差异。

**结论。**SARS-CoV-2病毒导致广泛的心脏损伤, 累及大量心肌节段。对于男性病人来说, 更容易出现以左心室和左心房收缩功能障碍为表现形式的炎症后并发症。结果表明, 有必要进一步评估COVID-19对心血管系统的长期影响。在这种情况下, 带有对比剂的心脏磁共振成像可能是检测心脏损伤严重程度的灵敏成像工具。

**关键词:** 磁共振成像; 心脏; 冠状病毒感染; COVID-19; 心肌炎; 左心房。

## 引用本文:

Maksimova AS, Ryumshina NI, Shelkownikova TA, Mochula OV, Anfinogenova ND, Ussov WYu. 患过冠状病毒感染 ( COVID-19 ) 患者的心脏磁共振成像. *Digital Diagnostics*. 2023;4(3):280-291. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

收到: 16.06.2023

接受: 10.07.2023

发布日期: 23.08.2023

## 字母缩写词表

MRI——磁共振成像

LAV (left atrial volume) ——左心房容积

LAVi (left atrium volume index) ——左心房容积指数

LGE (late gadolinium enhancement) ——心肌延迟强化

## 论证

自2020年3月起，SARS-CoV-2感染及其引起的COVID-19已成为一种全球性大流行病。COVID-19主要影响呼吸系统[1]，其着重点是呼吸并发症。然而，新型冠状病毒感染对心血管系统的影响是巨大的，主要影响原有心血管疾病的患者[2]。心肌损伤可发生在COVID-19疾病的任何阶段，即病毒阶段、肺部阶段、炎症阶段和康复阶段，以及症状出现后的晚期[3]。研究表明了，COVID-19的患者有心律失常、心力衰竭和心肌炎的风险[4]。SARS-CoV-2造成心脏损伤的机制很多，但尚未完全明了。

冠状病毒感染最常见的并发症是心肌炎。通常心肌炎的临床表现从疲劳和呼吸困难等轻微症状到心力衰竭和心源性休克的闪电样病程不等[5]。视觉检测在描述心肌损伤的各个方面起着至关重要的作用。它允许准确诊断和早期治疗。俄罗斯和欧洲心脏病学会推荐使用造影剂对心脏进行磁共振成像（MRI），作为诊断心肌炎的一种信息量很大的无创性仪器方法，这种方法可提供详细的解剖可视化并允许对心脏功能紊乱进行评估[6, 7]。

迄今为止，世界卫生组织已经取消了冠状病毒感染（COVID-19）的大流行状态。然而，大流行带来的延迟负面影响正以包括心血管系统并发症在内的严重并发症的形式日益加剧。正因如此，对COVID-19之后的心肌状态的研究并没有失去其相关性，而且还需要进一步的研究[8]。此外，不同的研究设计、纳入/排除标准、成像方法的差异、对心脏磁共振成像变化的分析、解释和报告，都是导致发表的研究结果存在巨大异质性的主要原因。

**该研究的目的是**通过使用造影剂的心脏磁共振成像，比较患过COVID-19和大流行前患者心肌损伤的不同模式。

## 材料和方法

### 研究设计

这项回顾性研究是根据药物临床试验质量管理规范（Good Clinical Practice）标准和《赫尔辛基宣言》原则进行的。

## 进行该研究的条件

该研究是在俄罗斯科学院联邦预算科学机构托木斯克国家医学研究中心心脏科学研究所X射线和断层扫描诊断方法部进行的。所有患者都签署了知情同意书，同意接受顺磁对比剂增强的心脏磁共振成像检查。

### 纳排标准

**纳入第1组的标准：**先前通过聚合酶链反应测试证实了SARS-CoV-2感染；在进行心脏磁共振成像检查时无急性呼吸道感染症状；COVID-19聚合酶链反应测试结果为阴性；具有临床表现的心脏损伤客观征象，但无冠状动脉疾病证据（胸痛/不舒服、心悸、呼吸困难）；从发病到进行磁共振成像检查的平均时间为 $166 \pm 17.4$ 天。

**纳入第2组的标准：**有临床表现的心脏损伤客观迹象，但没有证据表明冠状动脉疾病是这些症状的原因（胸痛/不舒服、心悸、呼吸困难）；在COVID-19大流行之前（2017年）接受了心脏磁共振成像检查。

**两组的排除标准：**有心肌梗塞病史；心脏磁共振成像质量差，难以进行分析。

### 心脏磁共振成像协议书

顺磁对比剂增强的心脏MRI是在Vantage Titan 磁共振断层扫描仪（Toshiba，日本）上进行的，磁场感应为1.5T，与心电图和呼吸同步。我们对比剂增强前后都获得了短轴和长轴的心肌图像。顺磁对比剂为0.5M的钆布醇（Gadobutrol）。静脉注射剂量为每公斤体重0.1ml。切片厚度为10mm，切片之间无间距，记录矩阵为 $256 \times 256$ 。标准心脏磁共振成像协议书包括：T1加权序列、T2加权序列、脂肪抑制序列，用于评估心肌状态；动态SSFP序列，用于评估左心室的容积和功能；梯度反转恢复（inversion-recovery, GR-IR）序列，用于确定病理对比区域。反转时间（time of inversion, TI）的选择是单独进行的（平均 $TI=300 \pm 10$ ms）。根据推荐的左心室心肌局部特征17节段模型，我们对心肌改变区域进行了评估。

我们在“医学基因组学”集体使用中心使用cvi42软件（Circle Cardiovascular Imaging, Calgary, 加拿大）对心脏MRI图像进行了分析。我们采用了推荐的Lake Louise标准来

诊断心肌炎：大一—出现水肿、充血、局部纤维化；小一一出现心包积液或心包高信号，左心室心肌局部收缩力受损[9]。心肌水肿比值（edema ratio, ER）是根据T2-WI上心肌信号强度与骨骼肌信号的比值确定的。如果ER值超过2.0，则被视为心肌水肿的征状。我们对T1-WI上左心室下侧段里顺磁造影剂的相对积聚程度（充血）进行了评估。左心室的这些区段最常发生炎性变化。如果相对积聚超过4.0，则被视为心肌充血的征状。

我们评估了心肌延迟强化（late gadolinium enhancement, LGE）的存在和性质（心内膜下、心外膜下、壁内）以及受累节段的数量。根据心内膜和心外膜的轮廓，自动计算了左心室和右心室的功能状态参数。功能参数包括左心室的舒张末期容积、收缩末期容积、射血分数、整体径向和纵向变形；左心房和右心房的最小和最大容积。根据测量结果，我们计算出以下参数：

- 左心房容积指数（LAVi, ml/m<sup>2</sup>）：左心房容积指数 = 左心房容积 / 体表面积；
- 舒张末期指数：舒张末期指数 = 舒张末期容积 / 体表面积；
- 收缩末期指数：收缩末期指数 = 收缩末期容积 / 体表面积。

左心房功能指数是通过以下公式计算出的：

- 左心房排空分数：左心房排空分数 =  $(LAV_{max} - LAV_{min}) / LAV_{max} \times 100\%$ ；
- 左心房舒张指数：左心房舒张指数 =  $(LAV_{max} - LAV_{min}) / LAV_{min} \times 100\%$ [10]。

此外，我们还对是否存在心包积液、胸腔积液和肺部增厚的情况进行了评估。

## 统计处理

统计分析是使用STATISTICA 10软件包进行的。分类变量以绝对频率（n）和相对频率（%）表示。连续变量以平均值（m）和标准差（SD）或中位数（Me）和四分位距[Q1; Q3]表示。我们用Shapiro-Wilk检验评估了数据是否符合正态分布。为了比较两组，我们对于连续变量采用了非配对学生t检验（正态分布）或Mann-Whitney U检验（非正态分布），对于分类数据采用了 $\chi^2$ 检验。p值小于0.05即为有统计学意义。

## 结果

### 研究对象（参与者）

该研究包括47名接受顺磁对比剂增强心脏磁共振成像检查来排除急性心肌炎的患者。第1组包括34名通过鼻咽和/或口咽粘膜涂片聚合酶链反应分析证实曾患过冠状病毒感染的患者，第2组包括13名在冠状病毒大流行（2017年）前接受心脏磁共振成像检查的患者。表1给出患者的临床特征、研究组心脏磁共振成像参数。主要组患者和对照组

患者在性别、年龄、体重指数方面具有可比性。根据记录，在第一组中，77% 的患者运动耐量降低了，有14（42%）、30（88%）和28（85%）名患者分别出现了心脏疼痛、呼吸困难和心悸。在第二组中，有4名患者（30%）出现了呼吸困难，有9名患者（69%）出现了心脏疼痛，有6名患者（46%）出现了心跳和/或心律不齐。

两组患者在左心室和左心房的功能指数以及造影早期（1-2分钟）的造影剂累积方面没有差异。在第一组患者中，心肌损伤更为广泛。其表现为更多的节段出现延迟性非缺血性造影剂积聚。此外，在一组患者中，有三分之一的患者在接受心脏磁共振成像检查时，肺部仍有变化，即肺部增厚和胸腔积液（图1）。

按性别进行的组内比较显示了，在第一组中，男性的左心室射血分数更低，整体纵向应变更低，左心房功能指数更高，这些指数有统计学意义。女性仅在受影响左心室心肌节段的数量上存在统计学差异（表2）。男性组和女性组在年龄上没有差异（分别为p=0.78和p=0.18）。

## 该研究的主要成果

我们研究的主要结果是，与疫情大流行前疑似心肌炎患者的磁共振成像结果相比，患过COVID-19患者的受影响左心室心肌节段的数量更多（根据顺磁造影剂在这些节段中的延迟累积的数据）。这是纤维化变化的表现。然而，心肌损伤并无特异性。在男性样本中，左心室射血分数下降，左心室整体纵应变减小，左心房容积增大，但其收缩功能下降。由于SARS-CoV-2病毒的主要攻击目标是呼吸道，我们预计了在患过COVID-19的一组患者中发现肺组织不规则增厚和胸腔积液累积，这是呼吸道感染长期缓解的表现。而对于对照组患者来说，我们没发现此类变化。

## 讨论

此前有数据显示，呼吸困难和心脏部位疼痛是COVID-19最常见的症状[11]。不幸的是，SARS-CoV-2检测呈阴性的患者中仍会出现这种症状，从而导致慢性COVID-19综合征。人们对这些症状的长期风险和临床意义知之甚少。我们推测了，这组患者的临床表现可能是由于炎症引起的持续心肌损伤所致。然而，我们的大多数患者都没有发现心肌水肿，T2-WI上心肌与肌肉信号强度的比值也正常。此外，我们没发现在使用造影剂后的最初几分钟内，心肌强度增强有明显差异。因此，在我们的样本中，心肌炎的三大磁共振成像标准中的两个（即水肿和充血）都不存在，而根据现代的建议[12]，我们无法明确断定是否存在心肌炎。

T.B.Feofanova在对36名患过急性病毒感染COVID-19患者的心血管系统进行评估后发现了，左心房明显增大，左心室射血分数保留不变。因此，83.3%

表1. 患过COVID-19患者和对照组的临床特征和心脏磁共振成像参数

指标	第1组 COVID-19(+) n=34	第2组 COVID-19(-) n=13	p
年龄, 岁	62.5 [55; 66]	52 [45; 65]	0.07
男性, n (%)	12 (35.3)	6 (46.1)	0.49
体重指数, kg/m <sup>2</sup>	30.69±5.22	27.75±4.05	0.08
体表面积, m <sup>2</sup>	1.95±0.27	1.97±0.17	0.15
心率, bpm	72.73±8.75	78±21.6	0.23
伴发病, n (%) :			
• 高血压症	17 (50)	7 (53)	0.81
• 糖尿病	2 (5)	0	0.37
• 缺血性心脏病	8 (23)	4 (30)	0.61
• 慢性阻塞性肺病	9 (26)	1 (7)	0.16
心脏症状, n (%) :			
• 心脏部位疼痛	14 (42)	4 (30)	0.51
• 心跳	30 (88)	9 (69)	0.12
• 呼吸困难	28 (85)	6 (46)	0.01*
• 对体育活动的耐受力下降	26 (77)	5 (39)	0.01*
左心室射血分数, %	55.07±19.34	63.31±4.9	0.14
左心室舒张末期容积, ml	113 [94.7; 153.8]	135.6 [116.72; 167.79]	0.98
左心室收缩末期容积, ml	41 [28.9; 83]	50.87 [46.85; 63.04]	0.31
左心室舒张末期指数, ml/m <sup>2</sup>	61.5 [48.2; 72.6]	69.5 [62.1; 79.9]	0.13
左心室收缩末期指数, ml/m <sup>2</sup>	22.7 [16.4; 45.7]	26.1 [23.1; 30.6]	0.39
ER	1.5±0.36	1.58±0.39	0.54
视觉肿胀, n (%)	5 (14.7)	0 (0)	0.14
LGE, n (%)	33 (97)	12 (92.3)	0.47
LGE段数	6.79±2.36	3.25±1.48	0.000*
心包积液, n (%)	22 (64.7)	5 (38)	0.10
胸腔积液, n (%)	10 (29.4)	0 (0)	0.03*
肺部增厚, n (%)	12 (35.3)	0 (0)	0.01*
GRS LV, %	17.52±9.61	16.86±5.54	0.82
GLS LV, %	-10.51±5.49	-10.96±2.66	0.78
基底部下侧段T1加权图像的增强指数	1.54±0.29	1.71±0.53	0.17
中部下侧段T1加权图像的增强指数	1.53±0.29	1.51±0.5	0.89
心尖部侧段T1加权图像的增强指数	1.55±0.34	1.38±0.33	0.13
LAV max, ml	72.39 [56.3; 110.15]	57.80 [51.84; 96.6]	0.32
LAV min, ml	35.44 [18.47; 62.09]	21.35 [19.0; 42.07]	0.49
RAV max, ml	35.205 [31.08; 53.11]	40.2 [31.8; 51.095]	0.68
RAV min, ml	66.47 [55.96; 96.75]	84.945 [66.14; 93.305]	0.30
LAVi, ml/m <sup>2</sup>	39.13 [32.09; 51.09]	27.8 [27.2; 43.89]	0.17
左心房排空分数, %	53.55 [37.26; 163.32]	61.22 [55.35; 64.51]	0.13
左心房舒张指数, %	115, 28 [59, 39; 163, 32]	149, 7 [121, 74; 173, 93]	0, 30

注: \*p<0.05。ER (edema ratio) ——心肌水肿比值; LGE (late gadolinium enhancement) ——心肌延迟强化; GRS LV (global radial strain left ventricular) ——左心室整体径向应变; GLS LV (global longitudinal strain left ventricular) ——左心室整体纵向应变; LAV (left atrial volume) ——左心房容积; RAV (right atrium volume) ——右心房容积; LAVi (left atrium volume index) ——左心房容积指数。数据以中位数 (Me) 和四分位数间距 [Q1; Q3] 表示。

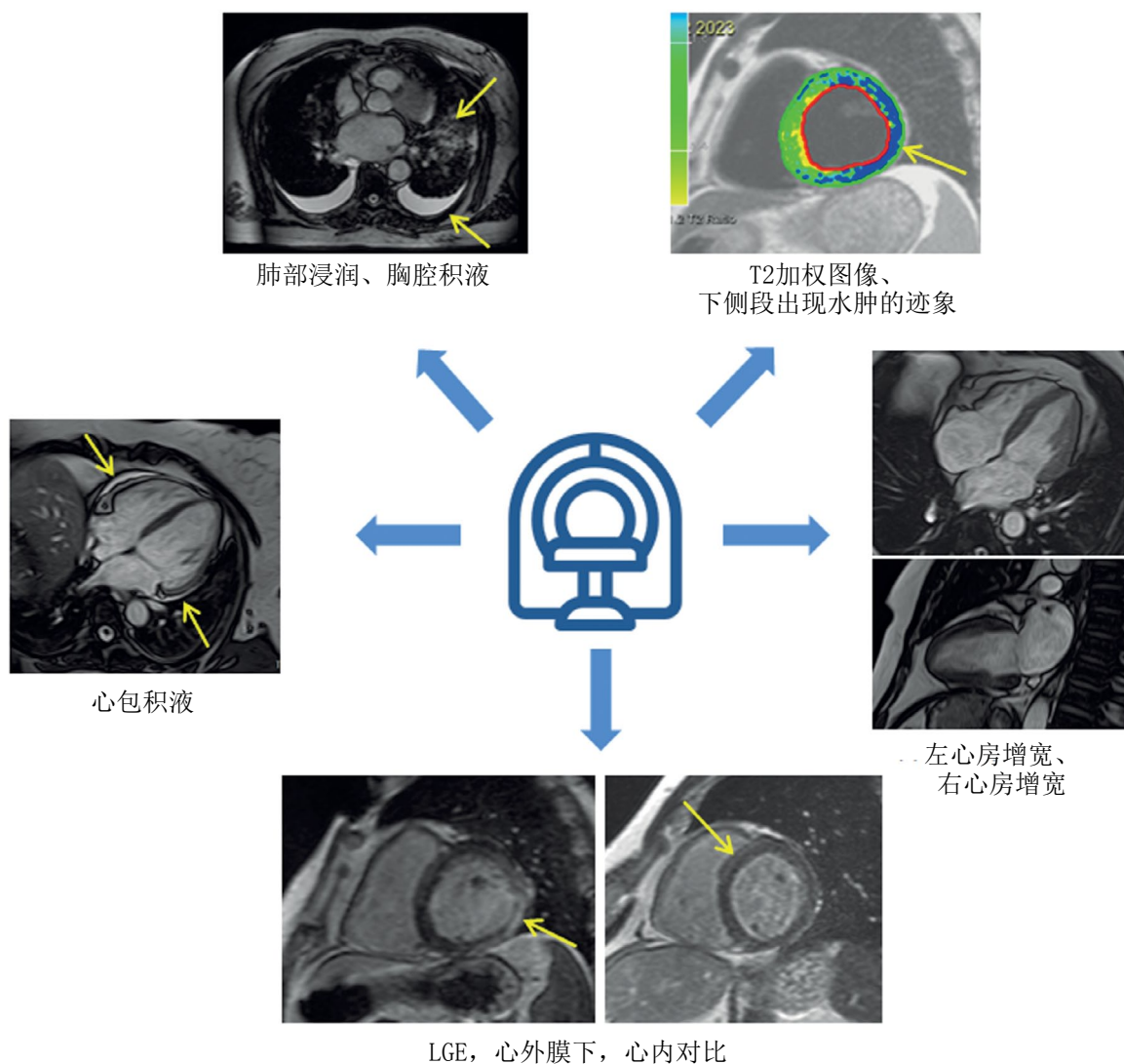


图1. 患过COVID-19的一组患者在使用造影剂心脏磁共振成像检查中发现的特征性症状。LGE (late gadolinium enhancement) ——心肌延迟强化模式。

表2. 根据磁共振成像数据对左心室和左心房功能的比较分析

指标	男性			女性		
	COVID-19(+)	COVID-19(-)	p	COVID-19(+)	COVID-19(-)	p
左心室射血分数, %	38 [26.2; 54.5]	63 [62.5; 63.9]	0.04*	65 [59; 70]	64.5 [60.5; 67.7]	0.78
LGE段数	7.5 [6.5; 9.5]	4 [3; 4]	0.03*	6.5 [5; 8]	3 [2; 4]	0.00*
纵向应变	-7.0 [-9.3; -3.1]	-10.2 [-11.1; -8.2]	0.04*	-14.6 [-15.8; -10.2]	-10.9 [-15; -9.3]	0.62
左心房, 最小容积, ml	83.8 [37.3; 127.8]	25.6 [18; 35.3]	0.02*	25 [16.1; 35.9]	21.4 [20; 48.9]	0.59
左心房排空分数, %	30.1 [12.1; 47.8]	63.5 [54.9; 68.5]	0.01*	59.9 [53.4; 72.2]	59.9 [55.3; 64.5]	0.94
左心房舒张指数, %	43.1 [13.9; 91.9]	173.8 [121.7; 217.9]	0.01*	149.9 [114.7; 259.7]	143.7 [101; 157.9]	0.43

注: \*p<0.05。LGE (late gadolinium enhancement) ——心肌延迟强化。数据以中位数 (Me) 和四分位数间距 [Q1; Q3] 表示。

的患者左心房增大,只有8.4%的患者左心室收缩功能下降[13]。此外,作者研究的大多数患者都存在左心室心肌肥厚(94.4%)、肺动脉高压(72.2%)、以室上性期外收缩(94.4%)、室性期外收缩(63.9%)和阵发性室上性心动过速(36.1%)形式的心房和心室心肌异位活动。根据我们得出的结果,心脏功能有所下降,但无统计学意义。左心室射血分数平均为55%,舒张末期指数中位数为61.5ml/m<sup>2</sup>。第1组的LAVi为39.13ml/m<sup>2</sup>,第2组的为27.8ml/m<sup>2</sup>。在我们的样本中,左心室壁厚度在正常范围内,1/3的患者在患过COVID-19后肺部仍有变化。在我们的样本中没有观察到作为COVID后并发症常见现象的节律紊乱。

有报告称,左心室心肌重塑的最初征兆是左心室纵向和/或整体应变的减损[14]。我们发现了两组患者的左心室纵向应变都有所下降,但两组之间的数值没有明显差异。根据我们的数据,21%的患者发现左心室收缩功能下降,主要是男性。

我们得出的结果表明,各组之间存在性别差异,这一点很有意思。如上所述,第1组男女患者左心室心肌中出现纤维化变化的节段数量都较多( $p < 0.0000$ )。在比较各组之间的LAVi、左心房排空分数和左心房舒张指数时,我们没有发现显著差异。然而,如果按性别划分,患过冠状病毒感染的男性患者的心房舒张指数和左心房射血分数值明显较低。

左心房的大小反映了左心室充盈压的水平,因此也反映了左心室舒张功能障碍的程度[2, 3]。多项研究表明了,左心房容积增大与心房颤动的风险有关[15-17],当心房颤动患者的左心房容积增大并伴有功能障碍时,左心房容积增大还可能与血栓栓塞有关[18]。在射血分数保留和窦性心律的心力衰竭患者中,指数左心房容积和左房排空分数的变化与心血管不良预后独立相关,这种预后与持续性心房颤动不良预后相关;当存在持续性心房颤动时,左心房参数失去其预后意义[19]。

关于左心房重塑性别特征,尤其是冠状病毒感染后左心房重塑性别特征的文献资料很少。例如,M. V. Chistyakova等人的研究[20]涉及到研究患过COVID-19病毒感染患者的心脏和内皮功能障碍的问题:结果显示了,与对照组相比,所有被研究组的LAVi都有所增加。一些作者列举的证据表明,女性的左心房重塑指数更为明显。例如,女性的左心房排空分数明显较低——39% (28; 50),而男性的为50% (42; 55) ( $p = 0.02$ )。这些数值是在复发性心房颤动和动脉高血压患者组中发现的[10]。已发表的数据显示了,左心房直径是心房颤动女性患者心血管死亡的独立预测因素( $p = 0.003$ ) [21, 22]。患过确诊COVID-19肺炎患者出院一年后的超声心动图检查数据显示了,左心室整体纵向应变受抑制组的左心房排空容积指数明显较低(1.3 ± 0.3对1.4 ± 0.3ml/m<sup>2</sup>;  $p = 0.052$ ) [23]。在COVID-19之外,心房颤动在男性中更为常见。然而,与男性相比,女性患者在高密度电解剖制图上表现出更严重的心房重塑,心房颤动消融术后心律失常复发率也更高。这些

变化可能导致女性心房颤动临床过程中的性别差异,并部分解释女性心房颤动复发风险较高的原因[24]。患过COVID-19患者心房变化的性别差异需要进一步研究。这可能对心房颤动的预防和消融术后心律失常复发的预防都有临床意义。

左心房重塑的可能原因是明显的免疫反应、持续的炎症[25]、内皮损伤和微血管血栓形成[26]。我们不能完全排除病毒在心肌细胞中滞留并形成纤维化病变的可能性。

不同作者得出的结果是相互矛盾的,原因可能是缺乏统一的研究设计方法。这就导致被研究组的异质性和进行研究结果比较的困难。但显而易见的是,对于冠状病毒肺炎后左心室射血分数保留的患者来说,如果左心室射血分数、左心房排空分数和左心房舒张指数增加,则需要进行仔细监测,以防止发生或及时发现未来的并发症,如心力衰竭、左心室功能障碍或心律失常。

## 该研究的局限性

首先,由于每位患者都在出现症状后接受了单次心脏磁共振成像检查,我们无法确定所报告的变化结果是否在SARS-CoV-2感染之前就已存在。因此,值得注意的是,检测到的非缺血性LGE可能是非特异性的,也可能是在SARS-CoV-2感染之前就已存在但之前未检测到的心肌炎引起的。

## 结论

SARS-CoV-2 病毒无疑会导致更广泛的心脏损伤,累及更多的心肌节段。冠状病毒肺炎的后遗症(如肺组织不规则增厚和胸腔积液)持续时间延长。对于男性病人来说,更容易出现以左心室和左心房收缩功能障碍为表现形式的炎症后并发症。

结果表明,有必要进一步评估COVID-19对心血管系统的长期影响。在这种情况下,使用造影剂的心脏磁共振成像可能是检测心脏损伤严重程度的灵敏成像工具。

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This research was supported by the Russian Science Foundation (project #22-15-00313).

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.S. Maksimova, N.I. Ryumshina, T.A. Shelkovnikova — concept and design of the study, performance and analysis of cardiac MRI, drafting of the clinical conclusion, drafting of the text; O.V. Mochula, V.Y. Usov — performance and analysis of cardiac MRI, drafting of the clinical conclusion; N.D. Anfinogenova — concept and design of the study, drafting of the English version of the manuscript, general guidance.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усов В.Ю., Нуднов Н.В., Игнатенко Г.А., и др. Первичная и проспективная визуализация грудной клетки при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусным поражением легких при COVID-19 // Медицинская визуализация. 2020. Т. 24, № 4. С. 11–26. doi: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26
2. Srinivasan A., Wong F., Couch L.S., Wang B.X. Cardiac complications of COVID-19 in low-risk patients // *Viruses*. 2022. Vol. 14, N 6. P. 1322. doi: 10.3390/v14061322
3. Cosyns B., Lochy S., Luchian M.L., et al. The role of cardiovascular imaging for myocardial injury in hospitalized COVID-19 patients // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020. Vol. 21, N 7. P. 709–714. doi: 10.1093/ehjci/jeaa136
4. Huang L., Zhao P., Tang D., et al. Cardiac involvement in patients recovered from COVID-2019 identified using magnetic resonance imaging // *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020. Vol. 13, N 11. P. 2330–2339. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.05.004
5. Luetkens J.A., Isaak A., Öztürk C., et al. Cardiac MRI in suspected acute COVID-19 myocarditis // *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021. Vol. 3, N 2. e200628. doi: 10.1148/ryct.2021200628
6. Puntmann V.O., Carerj M.L., Wieters I., et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) // *JAMA Cardiol*. 2020. Vol. 5, N 11. P. 1265–1273. doi: 10.1001/jamacardio.2020.3557
7. Ferreira V.M., Plein S., Wong T.C. et al. Cardiovascular magnetic resonance for evaluation of cardiac involvement in COVID-19: Recommendations by the Society for cardiovascular magnetic resonance // *J Cardiovasc Magn Reson*. 2023. Vol. 25, N 1. P. 21. doi: 10.1186/s12968-023-00933-0
8. Yong S.J. Long COVID or post-COVID-19 syndrome: Putative pathophysiology, risk factors, and treatments // *Infect Dis (Lond)*. 2021. Vol. 53, N 10. P. 737–754. doi: 10.1080/23744235.2021.1924397
9. Lewis A.J., Burrage M.K., Ferreira V.M. Cardiovascular magnetic resonance imaging for inflammatory heart diseases // *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. 2020. Vol. 10, N 3. P. 598–609. doi: 10.21037/cdt.2019.12.09
10. Кохан Е.В., Озова Е.М., Романова В.А., и др. Фазовый анализ функции левого предсердия у пациентов с артериальной гипертензией и фибрилляцией предсердий: гендерные особенности связи с диастолической дисфункцией и параметрами центрального давления // *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2019. Т. 15, № 5. С. 622–633. doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-5-622-633
11. Kravchenko D., Isaak A., Zimmer S., et al. Cardiac MRI in patients with prolonged cardiorespiratory symptoms after mild to moderate COVID-19 // *Radiology*. 2021. Vol. 301, N 3. P. E419–E425. doi: 10.1148/radiol.2021211162
12. Арутюнов Г.П., Палеев Ф.Н., Моисеева О.М., и др. Миокардиты у взрослых. Клинические рекомендации-2020 // *Российский кардиологический журнал*. 2021. Т. 266, № 11. С. 4790. doi: 10.15829/1560-4071-2021-4790
13. Феофанова Т.Б., Залетова Т.С., Абакаров Р.М., Зайнудинов З.М. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы у пациентов, перенесших COVID-19 // *Int J Med Psychol*. 2021. Т. 4, № 7. С. 84–87.
14. Широков Н.Е., Ярославская Е.И., Криночкин Д.В., и др. Связь вариантов скрытой контрактильной дисфункции левого желудочка и признаков иммунного воспаления у пациентов, перенесших COVID-19-пневмонию // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023. Т. 22, № 3. С. 3434. doi: 10.15829/1728-8800-2023-3434
15. Pozios I., Vouliotis A.I., Dilaveris P., Tsioufis C. Electro-mechanical alterations in atrial fibrillation: Structural, electrical, and functional correlates // *J Cardiovasc Dev Dis*. 2023. Vol. 10, N 4. P. 149. doi: 10.3390/jcdd10040149
16. Raisi-Estabragh Z., McCracken C., Condurache D., et al. Left atrial structure and function are associated with cardiovascular outcomes independent of left ventricular measures: A UK Biobank CMR study // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022. Vol. 23, N 9. P. 1191–1200. doi: 10.1093/ehjci/jeab266
17. Floria M., Radu S., Gosav E.M., et al. Left atrial structural remodelling in non-valvular atrial fibrillation: What have we learnt from CMR? // *Diagnostics (Basel)*. 2020. Vol. 10, N 3. P. 137. doi: 10.3390/diagnostics10030137
18. Kim H.D., Cho D.H., Kim M.N., et al. Left atrial dysfunction, fibrosis and the risk of thromboembolism in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation // *Int J Heart Fail*. 2022. Vol. 4, N 1. P. 42–53. doi: 10.36628/ijhf.2021.0043
19. Schönbauer R., Kammerlander A.A., Duca F., et al. Prognostic impact of left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction in sinus rhythm vs persistent atrial fibrillation // *ESC Heart Fail*. 2022. Vol. 9, N 1. P. 465–475. doi: 10.1002/ehf2.13723
20. Чистякова М.В., Говорин А.В., Мудров В.А., и др. Поражение сердца и эндотелиальная дисфункция у больных, перенесших коронавирусную инфекцию // *Вестник терапевта*. 2023. № 1. С. 1–7.
21. Rienstra M., Van Veldhuisen D.J., Hagens V.E., et al. Gender-Related differences in rhythm control treatment in persistent atrial fibrillation // *J Am Coll Cardiol*. 2005. Vol. 46, N 7. P. 1298–306. doi: 10.1016/j.jacc.2005.05.078
22. Proietti M., Raparelli V., Basili S., et al. Relation of female sex to left atrial diameter and cardiovascular death in atrial fibrillation: The AFFIRM Trial // *Int J Cardiol*. 2016. N 207. P. 258–263. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.01.169
23. Ярославская Е.И., Криночкин Д.В., Широков Н.Е., и др. Клинико-эхокардиографический профиль пациентов, перенесших пневмонию COVID-19, через год после выписки в зависимости от глобальной продольной деформации левого желудочка // *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2022. Т. 37, № 4. С. 52–62. doi: 10.29001/2073-8552-2022-37-4-52-62
24. Wong G.R., Nalliah C.J., Lee G., et al. Sex-Related differences in atrial remodeling in patients with atrial fibrillation: Relationship to ablation outcomes // *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2022. Vol. 15, N 1. P. e009925. doi: 10.1161/CIRCEP.121.009925
25. Bräuninger H., Stoffers B., Fitzek A.D., et al. Cardiac SARS-CoV-2 infection is associated with pro-inflammatory transcriptomic alterations within the heart // *Cardiovasc Res*. 2022. Vol. 118, N 2. P. 542–555. doi: 10.1093/cvr/cvab322
26. Wu L., Jiang Z., Meulendijks E.R., et al. Atrial inflammation and microvascular thrombogenicity are increased in deceased COVID-19 patients // *Cardiovasc Pathol*. 2023. N 64. P. 107524. doi: 10.1016/j.carpath.2023.107524

## REFERENCES

1. Ussov WY, Nudnov NV, Ignatenko GA, et al. Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19. *Medical Imaging*. 2020;24(4):11–26. (In Russ). doi: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26
2. Srinivasan A, Wong F, Couch LS, Wang BX. Cardiac complications of COVID-19 in low-risk patients. *Viruses*. 2022;14(6):1322. doi: 10.3390/v14061322
3. Cosyns B, Lochy S, Luchian ML, et al. The role of cardiovascular imaging for myocardial injury in hospitalized COVID-19 patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020;21(7):709–714. doi: 10.1093/ehjci/jeaa136
4. Huang L, Zhao P, Tang D, et al. Cardiac involvement in patients recovered from COVID-2019 identified using magnetic resonance imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(11):2330–2339. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.05.004
5. Luetkens JA, Isaak A, Öztürk C, et al. Cardiac MRI in suspected acute COVID-19 myocarditis. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021;3(2):e200628. doi: 10.1148/ryct.2021200628
6. Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol*. 2020;5(11):1265–1273. doi: 10.1001/jamacardio.2020.3557
7. Ferreira VM, Plein S, Wong TC, et al. Cardiovascular magnetic resonance for evaluation of cardiac involvement in COVID-19: Recommendations by the society for cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2023;25(1):21. doi: 10.1186/s12968-023-00933-0
8. Yong SJ. Long COVID or post-COVID-19 syndrome: Putative pathophysiology, risk factors, and treatments. *Infect Dis (Lond)*. 2021;53(10):737–754. doi: 10.1080/23744235.2021.1924397
9. Lewis AJ, Burrage MK, Ferreira VM. Cardiovascular magnetic resonance imaging for inflammatory heart diseases. *Cardiovascular Diagnosis Therapy*. 2020;10(3):598–609. doi: 10.21037/cdt.2019.12.09
10. Kokhan EV, Ozova M., Romanova VA, et al. Left atrial phasic function in patients with hypertension and recurrent atrial fibrillation: Gender differences of the relationship with diastolic dysfunction and central aortic pressure. *Rational Pharmacotherapy Cardiology*. 2019;15(5):622–633. (In Russ). doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-5-622-633
11. Kravchenko D, Isaak A, Zimmer S, et al. Cardiac MRI in patients with prolonged cardiorespiratory symptoms after mild to moderate COVID-19. *Radiology*. 2021;301(3):E419–E425. doi: 10.1148/radiol.2021211162
12. Arutyunov GP, Paleev FN, Moiseeva OM, et al. 2020 Clinical practice guidelines for myocarditis in adults. *Russ J Cardiol*. 2021;26(11):4790. (In Russ). doi: 10.15829/1560-4071-2021-4790
13. Feofanova TB, Zaletova TS, Abakarov RM, Zainudinov ZM. Assessment of the state of the cardiovascular system in patients with COVID-19. *Int J Med Psychol*. 2021;4(7):84–87. (In Russ).
14. Shirokov NE, Yaroslavskaya EI, Krinochkin DV, et al. Relationship between latent left ventricular contractile dysfunction and signs of immune inflammation in patients with COVID-19 pneumonia. *Cardiovascular Therapy Prevention*. 2023;22(3):3434. (In Russ). doi: 10.15829/1728-8800-2023-3434
15. Pozios I, Vouliotis AI, Dilaveris P, Tsioufis C. Electro-mechanical alterations in atrial fibrillation: Structural, electrical, and functional correlates. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2023;10(4):149. doi: 10.3390/jcdd10040149
16. Raisi-Estabragh Z, McCracken C, Condurache D, et al. Left atrial structure and function are associated with cardiovascular outcomes independent of left ventricular measures: A UK Biobank CMR study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23(9):1191–1200. doi: 10.1093/ehjci/jeab266
17. Floria M, Radu S, Gosav EM, et al. Left atrial structural remodelling in non-valvular atrial fibrillation: What have we learnt from CMR? *Diagnostics (Basel)*. 2020;10(3):137. doi: 10.3390/diagnostics10030137
18. Kim HD, Cho DH, Kim MN, et al. Left atrial dysfunction, fibrosis and the risk of thromboembolism in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Int J Heart Fail*. 2022;4(1):42–53. doi: 10.36628/ijhf.2021.0043
19. Schönbauer R, Kammerlander AA, Duca F, et al. Prognostic impact of left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction in sinus rhythm vs persistent atrial fibrillation. *ESC Heart Fail*. 2022;9(1):465–475. doi: 10.1002/ehf2.13723
20. Chistyakova MV, Govorin AV, Mudrov VA, et al. Heart damage and endothelial dysfunction in patients with coronavirus infection. *Therapists Bulletin*. 2023;(1):1–7. (In Russ).
21. Rienstra M, van Veldhuisen DJ, Hagens VE, et al. Gender-related differences in rhythm control treatment in persistent atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(7):1298–306. doi: 10.1016/j.jacc.2005.05.078
22. Proietti M, Raparelli V, Basili S, et al. Relation of female sex to left atrial diameter and cardiovascular death in atrial fibrillation: The AFFIRM Trial. *Int J Cardiol*. 2016;(207):258–263. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.01.169
23. Yaroslavskaya EI, Krinochkin DV, Shirokov NE, et al. Clinical and echocardiographic profile of patients one year after COVID-19 pneumonia depending on the left ventricular global longitudinal strain. *Siberian J Clin Experimental Med*. 2022;37(4):52–62. (In Russ). doi: 10.29001/2073-8552-2022-37-4-52-62
24. Wong GR, Nalliah CJ, Lee G, et al. Sex-Related differences in atrial remodeling in patients with atrial fibrillation: Relationship to ablation outcomes. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2022;15(1):e009925. doi: 10.1161/CIRCEP.121.009925
25. Bräuninger H, Stoffers B, Fitzek AD, et al. Cardiac SARS-CoV-2 infection is associated with pro-inflammatory transcriptomic alterations within the heart. *Cardiovasc Res*. 2022;118(2):542–555. doi: 10.1093/cvr/cvab322
26. Wu L, Jiang Z, Meulendijks ER, et al. Atrial inflammation and microvascular thrombogenicity are increased in deceased COVID-19 patients. *Cardiovasc Pathol*. 2023;(64):107524. doi: 10.1016/j.carpath.2023.107524

## AUTHORS' INFO

\* **Nadezhda I. Ryumshina**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
address: 111a Kievskaya street, 634012 Tomsk, Russia;  
ORCID: 0000-0002-6158-026X;  
eLibrary SPIN: 6555-8937;  
e-mail: n.rumshina@list.ru

**Aleksandra S. Maksimova**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-4871-3283;  
eLibrary SPIN: 2879-9550;  
e-mail: asmaximova@yandex.ru

**Tatiana A. Shelkovnikova**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0001-8089-2851;  
eLibrary SPIN: 1826-7850;  
e-mail: fflly@mail.ru

**Olga V. Mochula**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0002-7502-7502;  
eLibrary SPIN: 3712-8492;  
e-mail: mochula.olga@gmail.com

**Nina D. Anfinogenova**, MD, Dr. Sci. (Med.);  
ORCID: 0000-0003-1106-0730;  
eLibrary SPIN: 6784-5440;  
e-mail: cardio.intl@gmail.com

**Wladimir Yu. Ussov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;  
ORCID: 0000-0002-7352-6068;  
eLibrary SPIN: 1299-2074;  
e-mail: ussov1962@yandex.ru

## ОБ АВТОРАХ

\* **Рюмшина Надежда Игоревна**, канд. мед. наук;  
адрес: Россия, 634012, Томск, ул. Киевская, д. 111а;  
ORCID: 0000-0002-6158-026X;  
eLibrary SPIN: 6555-8937;  
e-mail: n.rumshina@list.ru

**Максимова Александра Сергеевна**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-4871-3283;  
eLibrary SPIN: 2879-9550;  
e-mail: asmaximova@yandex.ru

**Шелковникова Татьяна Александровна**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-8089-2851;  
eLibrary SPIN: 1826-7850;  
e-mail: fflly@mail.ru

**Мочула Ольга Витальевна**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-7502-7502;  
eLibrary SPIN: 3712-8492;  
e-mail: mochula.olga@gmail.com

**Анфиногенова Нина Джоновна**, д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0003-1106-0730;  
eLibrary SPIN: 6784-5440;  
e-mail: cardio.intl@gmail.com

**Усов Владимир Юрьевич**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-7352-6068;  
eLibrary SPIN: 1299-2074;  
e-mail: ussov1962@yandex.ru

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку