

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD104358>

# Влияние индекса массы тела на надёжность шкалы КТ 0–4: сравнение протоколов компьютерной томографии

И.А. Блохин<sup>1</sup>, А.П. Гончар<sup>1</sup>, М.Р. Коденко<sup>1,2</sup>, А.В. Соловьев<sup>1</sup>, В.А. Гомболевский<sup>3</sup>, Р.В. Решетников<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Институт искусственного интеллекта (AIRI), Москва, Российская Федерация

<sup>4</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Из-за повышения частоты использования компьютерной томографии органов грудной клетки в борьбе с COVID-19 возникла необходимость применения низкодозной компьютерной томографии для снижения дозовой нагрузки на организм пациента при сохранении диагностической ценности исследования. При этом данных о влиянии индекса массы тела пациента на точность низкодозной компьютерно-томографической диагностики у пациентов с COVID-19 в опубликованной литературе не обнаружено.

**Цель** — оценить влияние индекса массы тела пациента на уровень согласия между врачами-рентгенологами при интерпретации стандартной и низкодозной компьютерной томографии органов грудной клетки при COVID-19-ассоциированной пневмонии по визуальной полуколичественной шкале КТ 0–4.

**Материалы и методы.** Ретроспективное многоцентровое исследование, в котором каждому из участников в рамках одного визита было последовательно выполнено два исследования органов грудной клетки по стандартному и низкодозному протоколу. Интерпретация стандартной и низкодозной компьютерной томографии органов грудной клетки с лёгочным и мягкотканым керналами проводилась по визуальной полуколичественной шкале КТ 0–4. Данные для каждого протокола были сгруппированы по значению индекса массы тела (пороговое значение для патологии было принято равным 25 кг/м<sup>2</sup>). Согласие рассчитывали на основе бинарной и взвешенной классификаций. Оценку наличия статистически значимых различий средних для полученных групп проводили методом однофакторного дисперсионного анализа ANOVA.

**Результаты.** Из общего количества пациентов ( $n=231$ ) 230 соответствовали установленным критериям включения в исследование. Эксперты обработали по 4 исследования стандартной и низкодозной компьютерной томографии с лёгочным и мягкотканым керналами для каждого пациента. Доля пациентов с нормальным весом составила 31% (71 человек), медиана индекса массы тела для выборки равна 27,5 (18,3; 48,3) кг/м<sup>2</sup>. Статистически значимых различий при межгрупповом попарном сравнении не выявлено ни для бинарной, ни для взвешенной классификации ( $p$ -value 0,09 и 0,12 соответственно). Группа пациентов с избыточным весом была дополнительно разделена по степеням ожирения, однако результаты исследования оказались инвариантны к такому делению (статистически значимых различий нет: для максимально различных по индексу массы тела групп «норма» и «ожирение 3-й степени»  $p$ -value 0,17).

**Заключение.** Индекс массы тела пациента не влияет на интерпретацию стандартной и низкодозной компьютерной томографии органов грудной клетки при COVID-19 по визуальной полуколичественной шкале КТ 0–4.

**Ключевые слова:** индекс массы тела; согласие между экспертами; компьютерная томография; низкодозная компьютерная томография; COVID-19.

## Как цитировать

Блохин И.А., Гончар А.П., Коденко М.Р., Соловьев А.В., Гомболевский В.А., Решетников Р.В. Влияние индекса массы тела на надёжность шкалы КТ 0–4: сравнение протоколов компьютерной томографии // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 2. С. 108–118. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD104358>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD104358>

# Impact of body mass index on the reliability of the CT0–4 grading system: a comparison of computed tomography protocols

Ivan A. Blokhin<sup>1</sup>, Anna P. Gonchar<sup>1</sup>, Maria R. Kodenko<sup>1,2</sup>, Alexander V. Soloviev<sup>1</sup>, Victor A. Gomboleviskiy<sup>3</sup>, Roman V. Reshetnikov<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Artificial Intelligence Research Institute, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The increased frequency of chest computed tomography utilization in the fight against COVID-19 has made usage of low-dose computed tomography necessary to reduce the radiation dose while preserving diagnostic quality. However, in the published literature, there were no data on the effect of body mass index on low-dose computed tomography accuracy in patients with COVID-19.

**AIM:** To assess the effect of patient body mass index on the level of agreement between radiologists interpreting standard-dose computed tomography and low-dose computed tomography in COVID-19-associated pneumonia using visual semiquantitative CT 0–4 scale.

**MATERIALS AND METHODS:** In this retrospective multicenter study, each participant underwent two consecutive chest scans at a single visit using standard-dose and low-dose protocols. Standard-dose and low-dose computed tomography with pulmonary and soft tissue kernels were interpreted using a visual semiquantitative CT 0–4 grading system. Data for each protocol were grouped by body mass index value (threshold value for pathology was equal to 25 kg/m<sup>2</sup>). Agreement was calculated based on binary and weighted classifications. One-way ANOVA analysis of variance was used to assess the presence of statistically significant differences in the mean for the groups.

**RESULTS:** Two hundred thirty patients met the established inclusion criteria for the study. The experts processed 4 studies for each patient: standard-dose and low-dose computed tomography with pulmonary and soft tissue kernels. The proportion of normal-weight patients was 31% (71 subjects), and the sample's median body mass index was 27.5 (18.3; 48.3) kg/m<sup>2</sup>. There were no statistically significant differences in intergroup pairwise comparisons for both the binary and weighted classifications (*p* values were 0.09 and 0.12, respectively). The group of overweight patients was further subdivided according to the degrees of obesity; however, the results were invariant to this division (no statistically significant differences: for the most different body mass index groups "normal" and "3rd degree obesity" *p*-value 0.17).

**CONCLUSION:** Body mass index does not affect chest standard-dose and low-dose computed tomography interpretation in COVID-19 using the visual semiquantitative CT 0–4 grading system.

**Keywords:** Body mass index; Reproducibility of findings; X-ray computed tomography; SARS-CoV-2 infection.

## To cite this article

Blokhin IA, Gonchar AP, Kodenko MR, Solovev AV, Gomboleviskiy VA, Reshetnikov RV. Impact of body mass index on the reliability of the CT0–4 grading system: a comparison of computed tomography protocols. *Digital Diagnostics*. 2022;3(2):108–118. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD104358>

Received: 02.03.2022

Accepted: 26.05.2022

Published: 08.06.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD104358>

# 体重指数对CT 0-4量表可靠性的影响： 计算机断层扫描协议的比较

Ivan A. Blokhin<sup>1</sup>, Anna P. Gonchar<sup>1</sup>, Maria R. Kodenko<sup>1,2</sup>, Alexander V. Soloviev<sup>1</sup>,  
Victor A. Gombolevskiy<sup>3</sup>, Roman V. Reshetnikov<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Artificial Intelligence Research Institute, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

## 简评

**论证。** 由于在对抗COVID-19的过程中使用胸部计算机断层扫描的频率越来越高，因此有必要应用低剂量电脑断层扫描(LDCT)来减少患者身体的剂量负荷，同时保持研究的诊断价值。然而，在已发表的文献中未发现有关患者体重指数对COVID-19患者LDCT诊断准确性影响的数据。

**目的**是评估患者的BMI对放射科医生在解释COVID-19相关肺炎的标准和低剂量胸部CT扫描时在0-4视觉半定量CT评分上的一致程度的影响。

**材料与方**法。一项回顾性多中心研究，其中在一次访问时每位参与者接受了两次连续的胸部检查，使用标准和低剂量方案。对标准和低剂量胸部CT扫描的肺部和软组织核素的解释是以视觉半定量的CT 0-4尺度进行的。每个方案的数据根据体重指数的值进行分组（病理学阈值等于kg/m<sup>2</sup>）。协议是根据二元和加权分类计算的。通过方差单因素方差分析来评估各组平均值之间是否存在统计学上的显著差异。

**结果。** 在患者总数（n=231）中，230个符合确立的研究纳入标准。专家为每位患者处理了4项标准和低剂量计算机断层扫描研究，包括肺和软组织卷积核。体重正常的患者比例为31%（71个人），样本的中位体重指数中位为 27.5（18.3；48.3）kg/m<sup>2</sup>。无论是二元分类还是加权分类，组间配对比较未发现统计学上的显著差异（p值分别为0.09和0.12）。超重患者组根据肥胖程度进一步划分，但研究结果对这种划分是不变的（没有统计学上的显著差异：身体质量参数最大不同组别“正常”和“3度肥胖”的p值为0.17）。

**结论。** 患者的体重指数不影响在0-4的视觉半定量CT等级上对COVID-19胸部标准和低剂量计算机断层扫描的解释。

**关键词：** 体重指数；专家之间的协议；CT扫描；低剂量计算机断层扫描；新冠肺炎。

## To cite this article

Blokhin IA, Gonchar AP, Kodenko MR, Soloviev AV, Gombolevskiy VA, Reshetnikov RV. 体重指数对CT 0-4量表可靠性的影响：计算机断层扫描协议的比较. *Digital Diagnostics*. 2022;3(2):108-118. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD104358>

收到: 02.03.2022

接受: 26.05.2022

发布日期: 08.06.2022

## 论证

胸部器官计算机断层扫描（胸部CT）在COVID-19的诊断中占特殊地位[1]。目前，为了评估COVID-19相关性肺炎患者的严重程度并预测病程，使用肺组织损伤CT 0-4的视觉半定量标度[2]。由于在对抗COVID-19的过程中使用胸部计算机断层扫描的频率越来越高，因此有必要应用低剂量电脑断层扫描(LDCT)来减少患者身体的剂量负荷，同时保持研究的诊断价值[3]。同时，已证明低剂量电脑断层扫描与DNA损伤无关，与标准CT相比，其后DNA双链断裂和染色体畸变的数量增加[4]。

众所周知，高体重指数（BMI）是冠状病毒感染的不良过程中的一个因素[5]。同时，对于BMI>35 kg/m<sup>2</sup>的患者，胸部器官LDCT的适用性存在局限性[6]。此前，A. Manowitz等人[7]发现，对于腹部器官计算机断层扫描期间BMI较高的患者，可以在不影响图像质量的情况下减少辐射暴露。在一项N. S. Paul等人[8]评估肥胖对CT冠状动脉造影性能影响的研究中，发现超重的男性（ $r=0.66$ ）和女性（ $r=0.85$ ）的BMI与图像噪声之间存在强相关性。结果，作者得出结论，在减少辐射剂量时应考虑患者的体重指数。同时，在撰写本文时，尚未在已发表的文献中发现BMI对COVID-19患者LDCT诊断准确性影响的数据。

**研究的目的是**评估患者的BMI对可检测到的变化的可靠性以及不同的放射科医生对COVID-19相关肺炎的标准和低剂量胸部CT在视觉半定量CT 0-4尺度上的正确解释的影响。

### 虚无假设

身体质量指数对专家之间在标准和低剂量胸部CT的0-4级CT评估COVID-19相关肺炎严重程度的一致性没有影响。

## 材料与方法

### 研究设计

回顾性研究是基于先前进行的前瞻性多中心研究“LDCT in COVID-19 Pneumonia: a Prospective Moscow Study”的材料进行的，该研究于2020年4月25日在国际数据库ClinicalTrials.gov注册，NCT04379531 25-04-2020[9]。

### 符合标准

**纳入标准：**莫斯科市两家公立门诊医疗机构中年龄≥18岁的疑似COVID-19相关肺炎并出现急性呼吸道感染病毒感染症状的患者。

**排除标准：**数据不完整（身高、体重、BMI）的患者；孕妇和哺乳期妇女；扫描区域内有异物的患者。

### 执行条件

按照标准和低剂量方案，每位研究参与者

在一次访问中接受了两次连续的胸部器官检查。CT检查分析由10名具有3至≥25年以上受过COVID-19相关性肺炎解读培训经验的放射科医生进行的。FAnTom改型软件用于提供对匿名数据的在线访问，随后以0-4的CT等级评估疾病的严重程度[9, 10]。在肺和软组织内核中重建的CT和LDCT研究的分布在放射科医师之间随机分配，条件是每项研究由两名专家独立和随机解释。

### 研究持续时间

胸部CT和LDCT数据是在2020年5月6日至2020年5月22日期间收集的。

### 医疗干预说明

胸部器官CT检查是在64层CT扫描仪（Aquilion 64, Canon, 日本）上进行的，没有迭代重建算法。使用了制造商提供的标准胸部CT方案和先前开发的COVID-19低剂量方案。

对于胸部CT，电流在40-500 mA范围内的整个扫描长度上自动调整，前提是5.0 mm层的噪声水平为10（标准偏差）。

对于胸部LDCT，电流在10-500 mA范围内的整个扫描长度上自动调整，前提是5.0 mm层的噪声水平为36（标准偏差）。

CT的附加参数（CT和LDCT相同）：电压——120 kV；旋转时间——0.5 s；方向——向外（从腿到头部）；XY调制——启用；准直——64×0.5 mm；螺距——53.0；在最大吸气深度进行扫描；扫描时间——平均6 s（取决于个人体质特征）。这些研究是在没有对比增强的情况下进行的。

标准CT和LDCT的图像重建参数相同：矩阵——512×512；D-FOV——350 mm；扫描长度——300 mm；重建核心（内核）——FC51（肺核）和FC07（软组织核）；切片厚度——1.0 mm；增量——1.0 mm。

### 本研究的主要结果

本研究调查了COVID-19相关肺炎患者的BMI对使用低剂量方案的胸部CT扫描的解释质量的影响。使用标准剂量的CT方案作为比较方法；使用0-4的视觉半定量CT评分进行解释。

### 伦理审查

这项工作基于一项研究的结果，该研究获得了俄罗斯克斯射纯度及辐射学者协会莫斯科地区分会（MRO RORR）独立伦理委员会的第03/2020号批准。所有患者均签署知情自愿同意书。

### 统计分析

使用公式(1)和(2)对以下方案评估每个患者的专家间的一致性：

- 带肺核的标准CT（重建滤光片）FC51（Sharp CT）；

- 带软组织核的标准CT（重建滤光片）FC07（Soft CT）；
- 带肺核的低剂量CT（重建滤光片）FC51（Sharp LDCT）；
- 带软组织核的低剂量CT（重建滤光片）FC07（Soft LDCT）；

每个方案的数据根据BMI值分为两组：正常（BMI<25 kg/m<sup>2</sup>）和超重（BMI≥25 kg/m<sup>2</sup>）[11]。专家之间对亚组的一致性评估以平均值和标准差的形式呈现。

数据处理是用R，4.0.4版，软件包dplyr, ggplot2, irr[12]进行的。

该一致性是根据两位专家评估之间差异的绝对值计算为百分比：

$$|\Delta| = |\text{专家1} - \text{专家2}| \quad (1).$$

使用了两种不同的分歧解释。

1. 对专家评估的差异大小不敏感的二元分类（ $\Delta$ ）。如果专家评分没有差异（ $|\Delta|=0$ ），则一致性为100%；如果评分有差异（ $|\Delta|\neq 0$ ），一致性等于0%。
2. 加权分类考虑了专家估计的差异值（ $\Delta$ ），以及肺组织损伤比例的阈值，作为住院治疗的依据：

$$\text{一致性} = (1 - \frac{|\Delta|}{\Delta_{\max}}) \times 100, \quad (2)$$

其中 $\Delta$ 是根据公式（1）对当前研究的专家估计之间的差异， $\Delta_{\max}$ 是估计中的最大可能差异（ $\Delta_{\max}=4$ ，四个CT类别0-4）。在本研究中，加权一致性评估是离散的，范围从0到100%，步长为25%：0%的一致性对应于四个类别的差异，25%对应于三个，50%对应于两个，75%对应于一个，100%对应于完全同意。

通过单方差分析来评估各组平均值之间是否存在统计学上的显著差异（One-way ANOVA）[13]。在第一阶段，使用Levene检验[14]对研究组的方差相等性进行了统计分析。接下来，考虑方差相等的信息，对均值的相等性进行方差分析。因变量是放射科医师之间的一致性，自变量是体重指数（二元分类、正常和超重）和检验记录（Sharp CT、Soft CT、Sharp LDCT、Soft LDCT）。为了确定各个亚组之间差异的数值p值，采用Tukey HSD检验法[15]进行了回顾性分析。所有比较均使用统计学显著性水平0.05。

## 结果

入选研究的患者总数为231个人，其中230个人被纳入研究（一名患者缺乏BMI数据）。在选定的组群中，55.6%是女性。患者的平均年龄为47±15岁。对于每位患者，获得CT和LDCT研究的数据，然后使用肺和软组织核进行重建。

样本整体描述性统计的主要参数：范围（18.3；48.3）kg/m<sup>2</sup>；中位数27.5 kg/m<sup>2</sup>，平均数27.9±5.6 kg/m<sup>2</sup>；分布不符合正态分布（p值≤0.01），非对称系数为0.9（显著的右侧不对称）。

按BMI患者的分类：非超重患者（BMI<25 kg/m<sup>2</sup>）31%（71个人）；超重患者（BMI≥25 kg/m<sup>2</sup>）69%（159个人）。

使用Sharp LDCT方案观察到正常BMI患者的最高一致性：二元和加权分类分别为83.5%和92.8%（图1；表）。对于BMI正常的患者，Soft LDCT方案的一致性最低：二元分类为64.9%，加权分类为86.9%。

对于超重患者，专家们一致同意度最高的方案是Sharp CT（在二元分类和加权分类中分别为71.2%和88.4%）。在使用Soft CT方案时，观察到此类患者的最低一致性：二元分类为64.4%，加权分类为86.4%（见图1和表）。

使用Sharp LDCT方案观察到正常组和超重组之间解释同质性的最大差异（二元和加权分类的平均差异分别为16.1%和4.5%）。异质性最小的解释是Sharp CT和Soft LDCT方案，对于这些方案，任何分类的平均差异都不超过1%（见图1和表）。

## 分散分析

为了分析放射科医生的解释因患者BMI、扫描方案和重建而产生的差异，我们进行了ANOVA单因素方差分析。分析结果表明，在所有四个方案中，正常组和超重组在二元分类（方案为p=0.13，BMI为p=0.18）和加权分类（分别为p=0.18和p=0.14）的平均协议值之间没有统计学上的显著差异。

除了比较协议的平均值之外，我们还比较了专家估计的变异性，具体取决于患者的BMI和成像方法。根据Levene检验，二元分类和加权分类的差异允许接受关于所研究组的方差相等的假设。

使用Tukey HSD检验的事后分析检查各个亚组之间的差异（图2）。对于所有比较对，95%的置信区间包括二元（图2，a）和加权（图2，b）分类的值“0”，这表明，在体重指数和成像方法方面，不同组的放射科医生的解释没有统计学上的显著差异。

对于二元分类，在比较正常体重的Soft LDCT组和超重的Sharp CT组时，最小p值为0.22，同一方案内的最小p值为0.65（Sharp LDCT）。对于加权分类，最小的p值为0.08，同一方案内相似组的最小p值为0.36。

研究组的额外ROC分析（receiver operating characteristic——受试者工作特征）确定了预测一致性水平的最佳BMI阈值为26.24 kg/m<sup>2</sup>。对于这个阈值，重复进行方差分析，这证实了每个方案（二元分类的p值为0.13和0.09；按协议和BMI加权分类的p值分别为0.18和0.12）中研究组的方差和平均值（p值相似）不存在统计学上的显著差异。对于这两种类型的分类，使用Sharp LDCT方

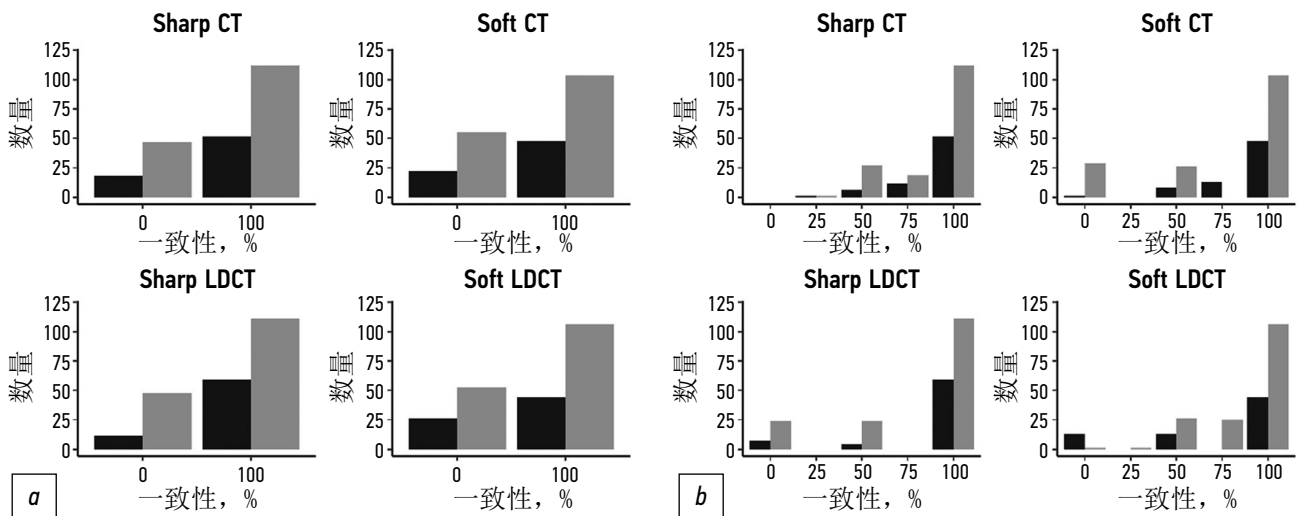


图1. 按体重指数（灰色——超重组，黑色——正常体重组）组的二元（a）和加权（b）分类专家一致性图。

表二元（浅灰色）和加权（深灰色）分类专家之间的数值一致性值（%）

Value	Sharp CT		Soft CT		Sharp LDCT		Soft LDCT	
	Normal	Overweight	Normal	Overweight	Normal	Overweight	Normal	Overweight
Mean	72.2	71.2	69.1	64.4	83.5	67.4	64.9	65.9
SD	45.1	45.4	46.5	48.1	37.3	47.0	48.0	47.6
Mean	89.4	88.4	88.4	86.4	92.8	88.3	86.9	86.4
SD	18.7	19.6	19.8	19.9	16.9	18.4	19.5	21.3

案比较正常组和超重组时获得了最小p值，二元为0.65，加权分类为0.15。

由于原始样本偏向于“超重”（BMI在 $[25; 30]$  kg/m<sup>2</sup>范围内），因此对“超重”、“1级肥胖”、“2级肥胖”和“3级肥胖”组群进行了额外的分析。所有方案的分析结果显示两种分类没有统计学上的显著差异（“正常”和“1级肥胖”组的P值最小，二元分类和加权分类的p值分别为0.09和0.08）。对于最大的不同BMI组“正常”和“3级肥胖”，p值为0.17。

此外，对一系列研究进行了分析，其中专家对视觉半定量量表CT 0-4的评估差异超过了一个类别。总共发现26个这样的系列。在审查了每个案例后，似乎可以将差异分为两组。

第一组包括15个系列（58%），其中两位专家都确认存在与COVID-19相关的变化（CT评估1或更高），但对肺组织损伤的程度有分歧。这可能是由于首选的图像分析平面（轴向/正面/矢状面）和观察研究的方向（从肺尖到横膈膜或从横膈膜到肺尖），以及研究中存在病毒肺炎不同时间阶段的表现，例如同时出现“毛玻璃”和“圆石头马路”。由于冠状病毒肺炎在肺的基底区域更为明显，因此，从横膈膜到肺尖查看轴向切片，可能会扭曲专家对变化严重程度的知觉，使其提高到0-4的CT评分。使用矢状乘法或3D重建可以一目了然地“捕捉”变化，从而降低高估病变严重程

度的风险。第一组专家之间的差异强调了对疾病严重程度的视觉评估具有显著的主观性，以及需要研究对肺实质进行自动光密度分析的系统的能力。

第二组包括11个系列（42%），其中一位专家未确认存在与COVID-19相关的变化（CT评分0）。这是由于假阳性病例（在高先验感染概率的背景下肺部基底部分的坠积性变化），CT 0-4的分类中缺少一种表达冠状病毒性质变化概率的方法。第二组专家之间的差异突出了联合应用CO-RADS和CT 0-4分类的价值。

## 讨论

本研究调查了在COVID-19相关的肺炎中，放射科医生根据患者体重和内核重量对胸部器官的胸部CT和NDCT评估的一致性。比较分析显示没有统计学上的显著差异。由于需要平衡比较抽样的大小（按不同BMI的组），根据BMI将患者分为“正常”和“超重”两类，这可能会影响对结果的正确解释。然而，额外的数据分析表明，定性结果（“未发现统计学上的显著差异”）对肥胖类别的不变性。鉴于该研究的局限性，可以得出结论，在以CT 0-4量表评估肺病变时，患者的BMI对医生的一致性没有显著影响。因此，扫描方案的选择不取决于患者的BMI。

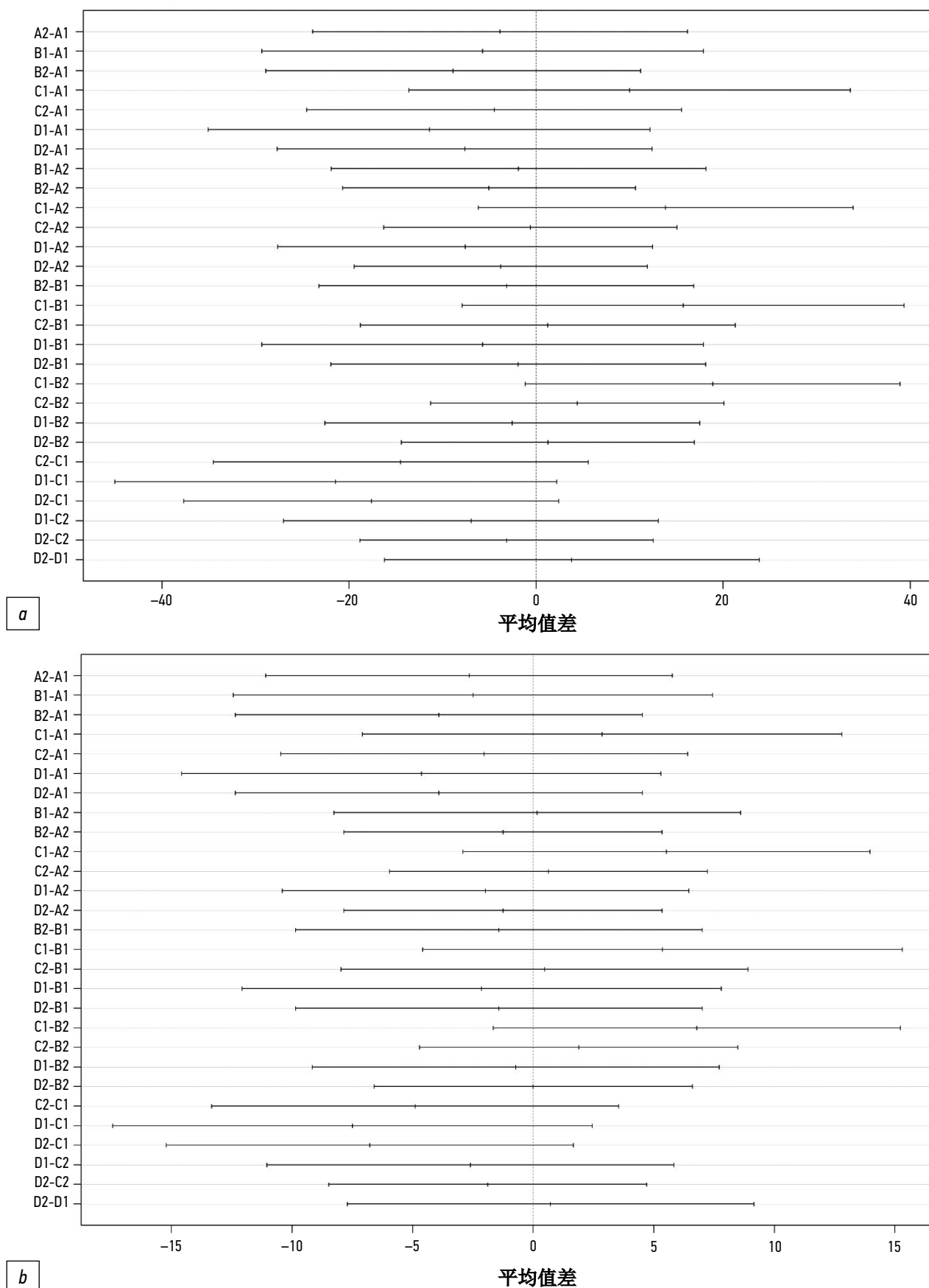


图2. 对均值相似性假设的后验分析: a——二元分类; b——归一化分类 (Sharp CT、Soft CT、Sharp LDCT和Soft LDCT方案分别编码为A、B、C和D, 正常组编码为“1”, 超重组为“2”)。

本研究的结果为对COVID-19患者选择尽可能低的辐射剂量提供了额外的理由，因为在使用CT 0-4尺度时，体重指数升高对图像的诊断质量没有影响。反过来，内核的选择可以完全基于放射科医生的个人偏好。

2016年，T. Kubo等人[16]比较了LDCT (50 mAc)和CT(150 mAc)在胸部器官常规检查中的诊断能力。三位放射科医师独立分析了118个2 mm图像系列(样本中每个患者两个系列)，随后评估以下病理结果：肺气肿、磨玻璃、网状变化、微结节、支气管扩张、“蜂窝肺”、结节 (>5 mm)、主动脉瘤、冠状动脉钙化、心包和胸腔积液、胸膜增厚、纵隔形成和淋巴结肿大。作者得出结论，LDCT方案可用于放射科医师的常规实践，这与我们取得的数据一致。

众所周知，用低剂量方案进行的CT扫描比用标准方案进行的扫描质量要差(较低的信噪比)[17]。因此，需要使用其他方法来提高图像质量，尤其是在体重增加的患者中。其中一种方法是使用迭代重建[18]。

D. A. Filatova等人[19]的研究比较了COVID-19中使用迭代重建的胸部CT和NDCT。样本量为151名患者。与标准CT方案相比，胸部器官LDCT期间诊断信息没有显著丢失。因此，胸部器官的LDCT可用于常规实践中诊断COVID-19[19]，这证实了我们得到的结果。然而，在上述研究中，与本研究不同，没有评估BMI对图像分析质量的影响。

另外，应该注意的是，使用有效辐射剂量<0.3 mSv和迭代重建的成像对间质性肺炎/肺气肿和BMI>25 kg/m<sup>2</sup>的患者有局限性[20]。

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Islam N., Ebrahimzadeh S., Salameh J.P., et al. Thoracic imaging tests for the diagnosis of COVID-19 // *Cochrane Database Syst Rev*. 2020. Vol. 3, N 3. P. CD013639. doi: 10.1002/14651858.CD013639.pub4
2. Morozov S.P., Chernina V.Y., Blokhin I.A., Gombolevskiy V. Chest computed tomography for outcome prediction in laboratory-confirmed COVID-19: a retrospective analysis of 38,051 cases // *Digital Diagnostics*. 2020. Vol. 1, N 1. P. 27–36. doi: 10.17816/DD46791
3. Prasad K.N., Cole W.C., Haase G.M. Radiation protection in humans: extending the concept of as low as reasonably achievable (ALARA) from dose to biological damage // *Br J Radiol*. 2004. Vol. 77, N 914. P. 97–99. doi: 10.1259/bjr/88081058
4. Sakane H., Ishida M., Shi L., et al. Biological effects of low-dose chest CT on chromosomal DNA // *Radiol*. 2020. Vol. 295, N 2. P. 439–445. doi: 10.1148/radiol.2020190389
5. Du Y., Lv Y., Zha W., et al. Association of body mass index (BMI) with critical COVID-19 and in-hospital mortality: a dose-response meta-analysis // *Metabolism*. 2021. Vol. 117. P. 154373. doi: 10.1016/j.metabol.2020.154373
6. Ohana M., Ludes C., Schaal M., et al. Quel avenir pour la radiographie thoracique face au scanner ultra-low dose? // *Revue Pneumologie Clinique*. 2017. Vol. 73, N 1. P. 3–12. doi: 10.1016/j.pneumo.2016.09.007

## 研究的局限性

这项研究有一些局限性。在本研究中仅使用了一种CT扫描仪型号：其他型号和制造商的推荐方案可能与我们使用的不同。为了解释这些研究，仅使用了放射科医师对CT等级0-4的主观评估。这项研究的结论是基于对样本的分析，没有按肥胖程度分组。然而，定性结果已被证明对这一参数是不变的。

## 结论

因此，鉴于上述研究的局限性，可以得出结论，在COVID-19中，BMI对胸部CT和NDCT的视觉半定量CT 0-4级的解释没有显著影响。

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

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

**Authors' contribution.** All authors confirm that they meet the international ICMJE criteria for authorship (all authors made substantial contributions to the concept development, conducting the research and preparation of the article, and read and approved the final version before publication). The largest contributions were as follows: I.A. Blokhin — concept and study design, data analysis, manuscript preparation; A.P. Gonchar — manuscript preparation; M.R. Kodenko — data collection and processing, data analysis, manuscript preparation; A.V. Solovev, A.V. Gombolevskiy — manuscript preparation; R.V. Reshetnikov — research concept and design, manuscript preparation.

7. Manowitz A., Sedlar M., Griffon M., et al. Use of BMI guidelines and individual dose tracking to minimize radiation exposure from low-dose helical chest CT scanning in a lung cancer screening program // *Academ Radiol*. 2012. Vol. 19, N 1. P. 84–88. doi: 10.1016/j.acra.2011.09.015
8. Paul N.S., Kashani H., Odedra D., et al. The influence of chest wall tissue composition in determining image noise during cardiac CT // *Am J Roentgenol*. 2011. Vol. 197, N 6. P. 1328–1334.
9. Blokhin I., Gombolevskiy V., Chernina V., et al. Inter-observer agreement between low-dose and standard-dose CT with soft and sharp convolution kernels in COVID-19 pneumonia // *J Clin Med*. 2022. Vol. 11, N 3. P. 669. doi: 10.3390/jcm11030669
10. Morozov S.P., Gombolevskiy V.A., Elizarov A.B., et al. A simplified cluster model and a tool adapted for collaborative labeling of lung cancer CT scans // *Computer Methods Programs Biomed*. 2021. Vol. 206. P. 106111. doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106111
11. Powell-Wiley T.M., Poirier P., Burke L.E., et al. Obesity and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association // *Circulation*. 2021. Vol. 143, N 21. P. e984–e1010. doi: 10.1161/CIR.0000000000000973
12. The R Foundation. The R Project for Statistical Computing [интернет]. Режим доступа: <https://www.r-project.org/>. Дата обращения: 15.03.2022.



13. Fisher R.A. XXI. — On the dominance ratio // *Proceedings Royal Soc Edinburgh*. 1923. Vol. 42. P. 321–341. doi: 10.1017/S0370164600023993
14. Levene H. Robust tests for equality of variances // Olkin I., Ghurye S., Hoefding W., et al. *Contributions to probability and statistics: essays in honor of Harold Hotelling*. Stanford University Press, 1961. P. 279–292.
15. Mosteller F. *Data analysis and regression: a second course in statistics*. Addison-Wesley Pub. Co., Boston, 1977. 588 p.
16. Kubo T., Ohno Y., Nishino M., et al.; iLEAD Study Group. Low dose chest CT protocol (50 mAs) as a routine protocol for comprehensive assessment of intrathoracic abnormality // *Eur J Radiol Open*. 2016. Vol. 3. P. 86–94. doi: 10.1016/j.ejro.2016.04.001
17. Silin A.Y., Gruzdev I.S., Morozov S.P. The influence of model iterative reconstruction on the image quality in standard and low-dose computer tomography of the chest. Experimental study // *J Clin Pract*. 2020. Vol. 11, N 4. P. 49–54. doi: 10.17816/clinpract34900
18. Zhu Z., Ming Z.X., Feng Z.Y., et al. Feasibility study of using gemstone spectral imaging (GSI) and adaptive statistical iterative reconstruction (ASIR) for reducing radiation and iodine contrast dose in abdominal CT patients with high BMI values // *PLoS One*. 2015. Vol. 10, N 6. P. e0129201. doi: 10.1371/journal.pone.0129201
19. Filatova D.A., Sinitsin V.E., Mershina E.A. Opportunities to reduce the radiation exposure during computed tomography to assess the changes in the lungs in patients with COVID-19: use of adaptive statistical iterative reconstruction // *Digital Diagnostics*. 2021. Vol. 2, N 2. P. 94–104.
20. Lee S.W., Kim Y., Shim S.S., et al. Image quality assessment of ultra-low dose chest CT using sinogram-affirmed iterative reconstruction // *Eur Radiol*. 2014. Vol. 24, N 4. P. 817–826. doi: 10.1007/s00330-013-3090-9

## REFERENCES

1. Islam N, Ebrahimzadeh S, Salameh JP, et al. Thoracic imaging tests for the diagnosis of COVID-19. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021;3(3):CD013639. doi: 10.1002/14651858.CD013639.pub4
2. Morozov SP, Chernina VY, Blokhin IA, Gombolevskiy V. Chest computed tomography for outcome prediction in laboratory-confirmed COVID-19: a retrospective analysis of 38,051 cases. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):27–36. doi: 10.17816/DD46791
3. Prasad KN, Cole WC, Haase GM. Radiation protection in humans: extending the concept of as low as reasonably achievable (ALARA) from dose to biological damage. *BJR*. 2004;77(914):97–99. doi: 10.1259/bjr/88081058
4. Sakane H, Ishida M, Shi L, et al. Biological effects of low-dose chest CT on chromosomal DNA. *Radiol*. 2020;295(2):439–445. doi: 10.1148/radiol.2020190389
5. Du Y, Lv Y, Zha W, et al. Association of body mass index (BMI) with critical COVID-19 and in-hospital mortality: a dose-response meta-analysis. *Metabolism*. 2021;117:154373. doi: 10.1016/j.metabol.2020.154373
6. Ohana M, Ludes C, Schaal M, et al. Quel avenir pour la radiographie thoracique face au scanner ultra-low dose? *Revue Pneumologie Clinique*. 2017;73(1):3–12. doi: 10.1016/j.pneumo.2016.09.007
7. Manowitz A, Sedlar M, Griffon M, et al. Use of BMI guidelines and individual dose tracking to minimize radiation exposure from low-dose helical chest CT scanning in a lung cancer screening program. *Academ Radiol*. 2012;19(1):84–88. doi: 10.1016/j.acra.2011.09.015
8. Paul NS, Kashani H, Odedra D, et al. The influence of chest wall tissue composition in determining image noise during cardiac CT. *Am J Roentgenol*. 2011;197(6):1328–1334. doi: 10.2214/AJR.11.6816
9. Blokhin I, Gombolevskiy V, Chernina V, et al. Inter-observer agreement between low-dose and standard-dose CT with soft and sharp convolution kernels in COVID-19 pneumonia. *J Clin Med*. 2022;11(3):669. doi: 10.3390/jcm11030669
10. Morozov SP, Gombolevskiy VA, Elizarov AB, et al. A simplified cluster model and a tool adapted for collaborative labeling of lung cancer CT scans. *Computer Methods Programs Biomed*. 2021;206:106111. doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106111
11. Powell-Wiley TM, Poirier P, Burke LE, et al. Obesity and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2021;143(21):e984–e1010. doi: 10.1161/CIR.0000000000000973
12. The R Foundation. The R Project for Statistical Computing [Internet]. Available from: <https://www.r-project.org/>. Accessed: 15.03.2022.
13. Fisher R.A. XXI. —On the dominance ratio. *Proceedings Royal Soc Edinburgh*. 1923;42:321–341. doi: 10.1017/S0370164600023993
14. Levene H. Robust tests for equality of variances. In: Olkin I, Ghurye S, Hoefding W, et al. *Contributions to probability and statistics: essays in honor of Harold Hotelling*. Stanford University Press; 1961. P. 279–292.
15. Mosteller F. *Data analysis and regression: a second course in statistics*. Addison-Wesley Pub. Co., Boston; 1977. 588 p.
16. Kubo T, Ohno Y, Nishino M, et al. Low dose chest CT protocol (50 mas) as a routine protocol for comprehensive assessment of intrathoracic abnormality. *Eur J Radiol Open*. 2016;3:86–94. doi: 10.1016/j.ejro.2016.04.001
17. Silin AY, Gruzdev IS, Morozov SP. The influence of model iterative reconstruction on the image quality in standard and low-dose computer tomography of the chest. Experimental study. *J Clin Pract*. 2020;11(4):49–54. doi: 10.17816/clinpract34900
18. Zhu Z, Ming ZX, Feng ZY, et al. Feasibility study of using gemstone spectral imaging (GSI) and adaptive statistical iterative reconstruction (ASIR) for reducing radiation and iodine contrast dose in abdominal CT patients with high BMI values. *PLOS ONE*. 2015;10(6):e0129201. doi: 10.1371/journal.pone.0129201
19. Filatova DA, Sinitsin VE, Mershina EA. Opportunities to reduce the radiation exposure during computed tomography to assess the changes in the lungs in patients with COVID-19: use of adaptive statistical iterative reconstruction. *Digital Diagnostics*. 2021;2(2):94–104. doi: 10.17816/DD62477
20. Lee SW, Kim Y, Shim SS, et al. Image quality assessment of ultra-low dose chest CT using sinogram-affirmed iterative reconstruction. *Eur Radiol*. 2014;24(4):817–826. doi: 10.1007/s00330-013-3090-9

## AUTHORS' INFO

**\* Ivan A. Blokhin, MD;**

address: Petrovka st. 24 bld, 1, Moscow, 127051, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;  
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

**Anna P. Gonchar, MD;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-6540>;  
eLibrary SPIN: 3513-9531; e-mail: a.gonchar@npcmr.ru

**Maria R. Kodenko,**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0166-3768>;  
eLibrary SPIN: 5789-0319; e-mail: m.kodenko@npcmr.ru

**Alexander V. Solovev, MD;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4485-2638>;  
eLibrary SPIN: 9654-4005; e-mail: a.solovev@npcmr.ru

**Victor A. Gombolevskiy, MD, Cand. Sci. (Med.);**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;  
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g\_victor@mail.ru

**Roman V. Reshetnikov, Cand. Sci. (Phys.-Math.);**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>;  
eLibrary SPIN: 8592-0558; e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

## ОБ АВТОРАХ

**\* Блохин Иван Андреевич;**

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;  
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

**Гончар Анна Павловна;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-6540>;  
eLibrary SPIN: 3513-9531; e-mail: a.gonchar@npcmr.ru

**Коденко Мария Романовна;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0166-3768>;  
eLibrary SPIN: 5789-0319; e-mail: m.kodenko@npcmr.ru

**Соловьев Александр Владимирович;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4485-2638>;  
eLibrary SPIN: 9654-4005; e-mail: a.solovev@npcmr.ru

**Гомбелевский Виктор Александрович, к.м.н.;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;  
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g\_victor@mail.ru

**Решетников Роман Владимирович, к.ф.-м.н.;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>;  
eLibrary SPIN: 8592-0558; e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку