

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD117481>

Сравнение измерения линейного размера и объёма лёгочных очагов по данным скрининга рака лёгких с помощью низкодозной компьютерной томографии

М.М. Сучилова¹, И.А. Блохин¹, О.О. Алешина², В.А. Гомболевский³, Р.В. Решетников¹, В.Ю. Босин¹, О.В. Омелянская¹, А.В. Владзимирский^{1, 4}

¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация

² Государственная клиническая больница № 13, Москва, Российская Федерация

³ Институт искусственного интеллекта, Москва, Российская Федерация

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

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Согласно результатам голландско-бельгийского исследования скрининга рака лёгких NELSON, измерение объёма (волюметрия) очагов позволяет снизить распространённость ложноположительных результатов до 2,1%.

Цель — сравнение диагностической точности и согласованности результатов ручного измерения линейного размера с полуавтоматическим измерением объёма очагов по данным пилотного проекта «Московский скрининг рака лёгкого» с использованием низкодозной компьютерной томографии.

Материалы и методы. В программу скрининга были включены 293 пациента без верифицированного до 2020 года диагноза рака лёгкого, у которых на первичной низкодозной компьютерной томографии, выполненной в период с февраля 2017 по февраль 2018 года, был выявлен очаг в лёгком размером не менее 4 мм. Лучевая нагрузка подбиралась индивидуально и не превышала 1 мЗв. Все изображения низкодозной компьютерной томографии независимо оценивались тремя экспертами для измерения длинной оси очага, а также экстраполированного объёма. В качестве референсного значения размера и объёма брали среднее, полученное по итогам измерений экспертов. Очаг $<6 \text{ мм}/<100 \text{ мм}^3$ признавали ложноположительным результатом, очаг $\geq 6 \text{ мм}/\geq 100 \text{ мм}^3$ — ложноотрицательным.

Результаты. В исследование были включены 293 пациента (166 мужчин; 56%; средний возраст $64,6 \pm 5,3$ года). Лёгочных очагов $<6 \text{ мм}/<100 \text{ мм}^3$ было 199. Экспертами 1, 2 и 3 при измерении объёма зафиксированы отличия от референсного стандарта по 32 [10,9%; 4 ложноположительных, 28 ложноотрицательных], 29 [9,9%; 17 ложноположительных, 12 ложноотрицательных] и 30 [10,2%; 6 ложноположительных, 24 ложноотрицательных] очагам, а также расхождения при измерении линейного размера по 92 [65,5%; 107 ложноположительных, 85 ложноотрицательных], 146 [49,8%; 58 ложноположительных, 88 ложноотрицательных] и 102 [34,8%; 23 ложноположительных, 79 ложноотрицательных] очагам соответственно.

Заключение. Использование волюметрии лёгочных очагов значительно снижает количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов в сравнении с измерением линейного размера очагов в программе скрининга рака лёгких методом низкодозной компьютерной томографии.

Ключевые слова: компьютерная томография; скрининг рака лёгкого; лёгочные узлы.

Как цитировать

Сучилова М.М., Блохин И.А., Алешина О.О., Гомболевский В.А., Решетников Р.В., Босин В.Ю., Омелянская О.В., Владзимирский А.В. Сравнение измерения линейного размера и объёма лёгочных очагов по данным скрининга рака лёгких с помощью низкодозной компьютерной томографии // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 1. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD117481>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD117481>

Volumetry versus linear diameter lung nodule measurement: an ultra-low-dose computed tomography lung cancer screening study

Maria M. Suchilova¹, Ivan A. Blokhin¹, Olga O. Aleshina², Victor A. Gomboleviskiy³, Roman V. Reshetnikov¹, Viktor Yu. Bosin¹, Olga V. Omelyanskaya¹, Anton V. Vladzimirskyy^{1, 4}

¹ Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

² City Clinical Hospital No 13, Moscow, Russian Federation

³ Artificial Intelligence Research Institute, Moscow, Russian Federation

⁴ The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The Dutch–Belgian Randomized Lung Cancer Screening Trial (NELSON) used a volume-based protocol and significantly reduced the prevalence of false-positive results (2.1%).

AIM: To compare the performance of manual linear diameter and semi-automated volumetric nodule measurement in the pilot project “Moscow Lung Cancer Screening” ultra-low-dose computed tomography pilot study.

MATERIALS AND METHODS: The study included individuals with a lung nodule of at least 4 mm on baseline-computed tomography of the Moscow lung cancer screening between February 2017 and February 2018, without verified lung cancer diagnosis until 2020. The radiation dose was selected individually and did not exceed 1 mSv. All scans were assessed by three blinded readers to measure the maximum and minimum transversal nodule diameter and extrapolated volume. As a reference value of size and volume, the average value from the results of expert measurements was obtained. A false-positive nodule was defined as a nodule <6 mm/<100 mm³ and a false-negative nodule as a nodule ≥6 mm/≥100 mm³.

RESULTS: Overall, 293 patients were included (166 men; mean age, 64.6 ± 5.3 years); 199 lung nodules were <6 mm/<100 mm³ and 94 were ≥6 mm/≥100 mm³. Regarding volumetric measurements, 32 [10.9%; 4 false-positive, 28 false-negative], 29 [9.9%; 17 false-positive, 12 false-negative], and 30 [10.2%; 6 false-positive, 24 false-negative] nodule discrepancies were reported by readers 1, 2, and 3 respectively. For linear diameter measurement, 92 [65.5%; 107 false-positive, 85 false-negative], 146 [49.8%; 58 false-positive, 88 false-negative], and 102 [34.8%; 23 false-positive, 79 false-negative] nodule discrepancies were reported by readers 1, 2, and 3 respectively.

CONCLUSIONS: The use of lung nodule volumetry strongly reduces the number of false-positive and false-negative nodules compared with nodule diameter measurements, in an ultra-low-dose computed tomography lung cancer screening program.

Keywords: tomography X-Ray compute, early detection of cancer, lung neoplasms.

To cite this article

Suchilova MM, Blokhin IA, Aleshina OO, Gomboleviskiy VA, Reshetnikov RV, Bosin VYu, Omelyanskaya OV, Vladzimirskyy AV. Volumetry versus linear diameter lung nodule measurement: an ultra-low-dose computed tomography lung cancer screening study. *Digital Diagnostics*. 2023;4(1):5–13. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD117481>

Received: 13.12.2022

Accepted: 17.01.2023

Published: 03.03.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD117481>

根据通过低剂量计算机断层扫描的肺癌筛查数据对肺部病灶线性尺寸和体积进行的测量比较

Maria M. Suchilova¹, Ivan A. Blokhin¹, Olga O. Aleshina², Victor A. Gomboleviskiy³, Roman V. Reshetnikov¹, Viktor Yu. Bosin¹, Olga V. Omelyanskaya¹, Anton V. Vladzemyrskyy^{1, 4}

¹ Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

² City Clinical Hospital No 13, Moscow, Russian Federation

³ Artificial Intelligence Research Institute, Moscow, Russian Federation

⁴ The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

简评

论证。根据荷兰-比利时NELSON肺癌筛查研究，病灶的体积测量（容量分析法）可以将假阳性结果的发生率降低到2.1%。

目的是根据莫斯科肺癌筛查试点项目的数据通过低剂量计算机断层扫描对人工病灶线性尺寸测量与半自动病灶体积测量的诊断准确性和一致性进行比较。

材料和方法。293名在2020年前没有被核实诊断为肺癌的患者被纳入筛查计划，他们在2017年2月至2018年2月时间内接受了一次低剂量计算机断层扫描，显示肺部结节的大小至少为4毫米。辐射负载是个性化的，不超过1毫西弗。所有低剂量计算机断层扫描图像都由三位专家独立评估，以测量病灶的长轴以及外推体积。从专家测量得到的尺寸和体积的平均值作为参考值。<6毫米/<100立方毫米的病灶视为假阳性，≥6毫米/≥立方100毫米的病灶视为假阴性。

结果。293名患者（166名男性；56%；平均年龄为64.6±5.3岁）被纳入研究。共有199个<6毫米/<100毫米³的肺部病灶。专家1、2和3分别记录了32个[10.9%；4个假阳性，28个假阴性]、29个[9.9%；17个假阳性，12个假阴性]和30个[10.2%。6个假阳性，24个假阴性]的病灶的体积测量与参考标准的差异，以及分别记录了92个[65.5%；107个假阳性，85个假阴性]、146个[49.8%；58个假阳性，88个假阴性]和102个[34.8%；23个假阳性，79个假阴性]病灶的线性尺寸测量与参考标准的差异。

结论。在低剂量计算机断层扫描肺癌筛查项目中，与病灶的线性大小的测量相比，使用肺部病灶的容积测定法可显著减少假阳性和假阴性结果的数量。

关键词：计算机断层扫描；肺癌筛查；肺部结节。

To cite this article

Suchilova MM, Blokhin IA, Aleshina OO, Gomboleviskiy VA, Reshetnikov RV, Bosin VYu, Omelyanskaya OV, Vladzemyrskyy AV. 根据通过低剂量计算机断层扫描的肺癌筛查数据对肺部病灶线性尺寸和体积进行的测量比较. *Digital Diagnostics*. 2023;4(1):5-13. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD117481>

收到: 13.12.2022

接受: 17.01.2023

发布日期: 03.03.2023

论证

肺癌仍然是全球十大死亡原因之一，主要是由于诊断过晚¹。然而，研究表明，用低剂量计算机断层扫描（LDCT）进行筛查可以大大降低高危人群的肺癌死亡率[1]。用LDCT进行筛查的目的是在早期发现肺癌，主要包括肺部结节的检测、分类和记录。为了促进上述任务的实施，已经制定了许多关于肺部结节的指南，包括国际早期肺癌行动计划（International Early Lung Cancer Action Program, I-ELCAP）[2]、肺部影像报告和数据系统²（Lung CT Screening Reporting And Data System, Lung-RADS）[4]，以及英国胸科协会（British Thoracic Society, BTS）[5]、欧洲肺癌筛查立场声明（EUPS）[6]和美国国家综合癌症网络（National Comprehensive Cancer Network, NCCN）[7]的建议。

根据荷兰-比利时NELSON肺癌筛查，病灶的体积测量（容量分析法）可以将假阳性结果的发生率降低到2.1%[1]，所以在EUPS[6]方案和后来的NELSON-plus[8]方案中已经批准并推荐使用半自动的体积测量法。BTS关于LDCT数据确定的肺部病灶记录的临床指南指出，在可能的情况下，与其使用线性尺寸测量方法，不如使用容量分析法。

NELSON研究的结果证明了用LDCT进行肺癌筛查的有效性[9]，不过根据病人的体重，筛查的有效照射剂量为0.4至1.6毫西弗[10]。同时，根据卫生标准和规范SanPin 2.6.1.2523-09³，放射性预防检查的年度有效剂量不应超过1毫西弗。如此一来，在莫斯科肺癌筛查试点项目中，辐射剂量被限制在0.7毫西弗[12]。据我们所知，到目前为止，还没有验证性的研究来对作为肺癌筛查一部分的辐射剂量小于1毫西弗（超LDCT）的计算机断层扫描数据的容量分析数据和最大线性尺寸估计进行比较。莫斯科肺癌筛查项目的结果为开展这样的研究提供了一个宝贵的机会[13]。

研究的目的是根据莫斯科肺癌筛查试点项目的数据通过低剂量计算机断层扫描对人工病灶线性尺寸测量与半自动病灶体积测量的诊断准确性和一致性进行比较。

材料和方法

研究设计

一项回顾性横断面研究。

评审标准

纳入标准：年龄为50至80岁；吸烟指数为 ≥ 30 包/年；目前吸烟或戒烟时间不超过15年；在此期间存在超LDCT研究；没有肺癌的病史。

排除标准。根据LDCT检查，肺部没有病灶；有肺癌病史；曾经做过肺部手术（不包括肺部活检）；有严重的心血管、免疫、呼吸或内分泌疾病，预期寿命小于5年；有急性呼吸道疾病；在LDCT前至少12周内服用抗生素；在筛查前一年内有咯血或重量损失超过10公斤。

研究进行的条件

该研究包括莫斯科肺癌筛查试点项目的293名参与者。选择过程的略图如图1所示。本研究是在2017年1月2日莫斯科卫生局第49号命令的框架内进行的。

研究持续时间

该数据集包括2017年2月至2018年2月的LDCT结果。

医疗干预的描述

扫描是在10个综合诊所进行的，每个综合诊所使用一台CT扫描仪。所有CT扫描仪都是东芝Aquilion 64型号（Canon Medical Systems, 日本）：64排CT扫描仪，管电压为135千伏，电流为15至25毫安（取决于病人体重：<69公斤——15毫安；70-90公斤——20毫安；>90公斤——25毫安），旋转时间为0.50秒，步长为1.484，切片厚度为1毫米，切片步长为1毫米。阴模大小为512，重建过滤器为FC07。两台断层扫描仪使用了供应商特定的迭代重建算法（AIDR 3D），而其余八台断层扫描仪则使用了带有量子降噪软件的过滤反投影法（FBP/QDS+）[13]。只保存了轴向的切片。扫描后，最大强度投影（MIP）和多平面重建被用于数据分析。

在最大吸气深度时的屏气扫描时间为 ≤ 10 秒。扫描区域是由从肺尖到肋膈窦的断层图定义的。从肋骨到图像重建区边缘的距离小于1厘米。CTDIvol（计算机断层扫描剂量指数）体积重量加权指数取决于患者体重：<69公斤——0.8毫戈瑞，70-90公斤——1.0毫戈瑞，>90公斤——1.2毫戈瑞。辐射剂量是根据病人的体重单独调整的。

研究的主要结局

共测量了1450个肺部病灶，其中878个（61%）为实性病灶，572个（39%）为亚实性病灶，为每

¹ 世界卫生组织[互联网]。10大死因[2020年12月9日引用]。访问模式：<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>。

² 美国放射学会。肺部影像报告和数据系统（Lung-RADS®），1.1版[2021年3月30日引用]。访问模式：<https://www.acr.org/Clinical-Resources/Reporting-and-Data-Systems/Lung-Rads>。

³ 2009年7月7日俄罗斯联邦国家首席卫生医生第47号法令，确认SanPiN 2.6.1.2523-09 《辐射安全标准（NRB-99/2009）》。访问模式：<https://docs.cntd.ru/document/902170553>。

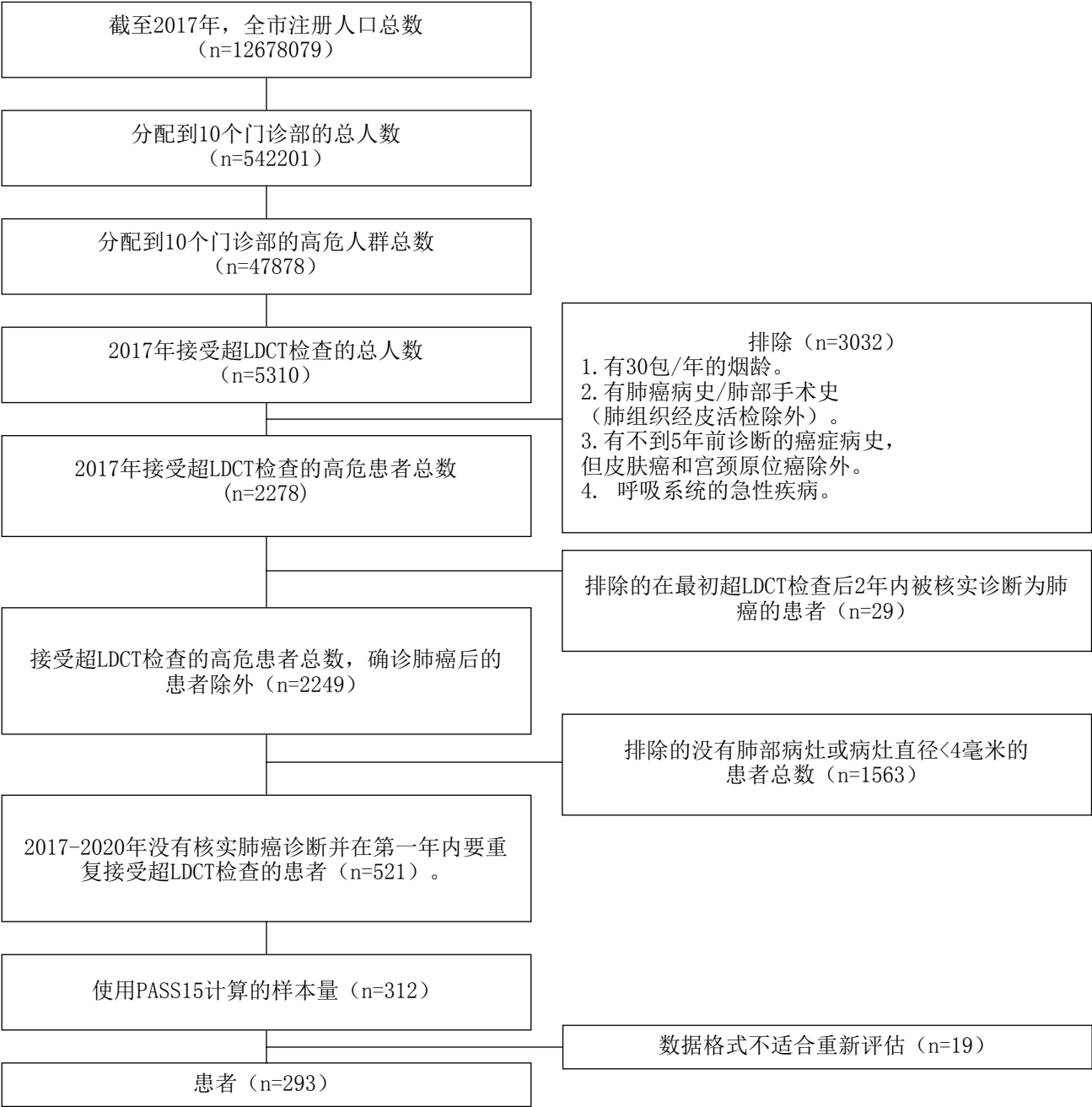


图1。研究的患者选择过程。

个患者都选择了其中最大的病灶。选择最大的病灶后，293个病灶被纳入最终分析。每个专家的按线性尺寸和体积的病灶分布情况见表1。经过协商一致的決定，199个肺部病灶被归类为良性（<6毫米/<100毫米³），94个需要进一步监测（≥6毫米/≥100毫米³）。

道德审查

该研究于2017年5月20日获得俄罗斯总统府中央临床医院与综合医院（莫斯科）独立地方伦理委员会的批准。所有研究参与者都签署了知情同意书。

统计分析

肺部病灶的线性尺寸被四舍五入到最接近的整数。使用了皮尔森卡方检验以进行肺部病灶体积和线性尺寸之间的差异、假阳性和假阴性的差距分析。用Fleiss’ kappa来确定三位独立专家之间的一致性。我们使用Landis和Koch（1977）建立的分类来解释这个度量值：差（poor）一致性不超过0，轻微（slight）一致性为0.00–0.20，中等（fair）一致性为0.21–0.40，适中（moderate）一致性为0.41–0.60，大量（substantial）一致性为0.61–0.80，几乎完全（almost perfect）一致性超过0.81[14]。所有的统计计算都是用

SPSS 26版本软件进行的； $p<0.05$ 被认为有统计学意义的。

结果

调查对象（参与者）

共有293名参与者被纳入研究，其中166名患者（57%）为男人，年龄在50–80岁（平均年龄为 64.6 ± 5.3 岁），平均烟龄为 34.5 ± 10.7 岁。

研究的主要结果

就体积测量而言，专家1、2和3与参考标准不一致的病灶数分别为32个[10.9%；4个假阳性，28个假阴性]、29个[9.9%；17个假阳性，12个假阴性]和30个[10.2%；6个假阳性，24个假阴性]。当测量线性尺寸时，专家1、2和3的错误病灶测量数分别为192个[65.5%；107个假阳性，85个假阴性]、146个[49.8%；58个假阳性，88个假阴性]和102个[34.8%；23个假阳性，79个假阴性]（表2）。根据BTS的建议，使用80毫米³的阈值，发现错误测量的数量增加了：专家1有35个错误，专家2有50个，专家3有41个。

从三位检查者的平均数来看，在体积测量中共有30个（10.2%）错误，而在线性尺寸测量中则有147个（50.2%）（ $p<0.001$ ）。容量分析法的假阳性（9；3.1%）明显少于线性尺寸测量的（63；21.5%； $p<0.001$ ），假阴性（分别为21；7.2%，与84；28.7%； $p<0.001$ ）也明显少。

专家之间的一致性分析显示，体积测量的一致性大于线性尺寸测量的。对于体积测量，Fleiss’ kappa为0.672（显著一致性，95%置信区间为0.670–0.674），而对于线性尺寸测量，Fleiss’ kappa为0.027（不显著一致性，95%置信区间为0.025–0.029）。

讨论

研究主要结果的摘要

根据我们的数据，使用容量分析法比使用线性尺寸测量更好，因为有助于显著减少错误的病灶解释，同时假阴性的数量和结果也都减少。与线性尺寸测量相比，使用体积分类时，专家之间的一致性更高。

研究主要结果的讨论

我们的结果与NELSON研究的结果一致，并证实了对超LDCT获得的结果使用肺部病灶容量分析法的有效性。M. Oudkerk等人的一项研究[7]显示，进行LDCT时只使用线性尺寸测量不能准确解释病灶大小，特别是在有争议的病例中。当根据线性尺寸外推体积时，测量8–10毫米的病灶属于50–500立方毫米的体积组，与半自动体积测量相比，使用线性尺寸测量会导致病灶体积被明显高估。在此之前，M. P. Revel等人的一项研究[14]也报道了中小型病灶分析中的问题：专家内和专家间的一致意见显示，两个不同放射科医生评估时，测量误差为1.73毫米。此外，根据X. Xie等人的一项研究

表1. 每个专家的按线性尺寸和NELSON-plus/EUPS类别的病灶分布情况

指标	专家1	专家2	专家3
线性尺寸			
≥6毫米的病灶	101	147	191
<6毫米的病灶	192	146	102
体积			
≥100立方毫米	223	194	217
<100立方毫米	70	99	76

表2. 经过体积和线性尺寸测量的每个专家的结果和不一致之处

指标	专家1	专家2	专家3
体积			
假阳性	4 (1,4)	17 (5,8)	6 (2,0)
假阴性	28 (9,6)	12 (4,1)	24 (8,2)
每个专家的不一致之处	32 (10,9)	29 (9,9)	30 (10,2)
线性尺寸			
假阳性	107 (36,5)	58 (19,8)	23 (7,8)
假阴性	85 (29,0)	88 (30,0)	79 (27,0)
每个专家的不一致之处	192 (65,5)	146 (49,8)	102 (34,8)

注：括号内为病灶总数的百分比（n=293）。

[15], с искусственным измерением, с использованием полуприборного метода измерения точности выше. И, Европейское общество (ESR) и Европейское общество (European Society of Radiology, ESR) и Европейское общество (European Respiratory Society, ERS) рекомендуют использовать алгоритмы искусственного интеллекта в пределах емкости анализа [16]. В другом исследовании о метках легочных узлов в методе исследования, несколько радиологов обнаружили, что измерение диаметра узла, количество оценок и согласованность имеют влияние. Когда количество экспертов, выполняющих анализ КТ, увеличивается, то количество оценок увеличивается, а согласованность снижается [17].

Ограничения исследования

Исследование имеет некоторые ограничения. Данное исследование является ретроспективным, что может привести к систематической ошибке. Кроме того, исследование проводилось на относительно небольшой выборке. Большие количества случаев рака легких могут быть более значимыми. Согласно Lung-RADS руководству, измерения должны проводиться по линейным размерам узла, и рассчитывается среднее значение; однако, целью исследования является проверка результатов исследования NELSON.

Выводы

Таким образом, мы уже доказали, что измерения линейных размеров, в LDCT анализе с использованием полуприборного метода измерения объема легочных узлов, могут

существенно снизить количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов. Этот результат сопровождается увеличением количества согласованных результатов, что может привести к снижению вреда, связанного с обследованием легких.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Funding source. This article was prepared by a group of authors as part of the research work (USIS No. 123031400009-1) in accordance with the Order issued by the Moscow Health Care Department No. 1196 dated December 21, 2022.

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. M.M. Suchilova, I.A. Blokhin, V.Yu. Bosin — writing the original draft; O.O. Aleshina — data curation, investigation; V.A. Gomboleviskiy, O.V. Omelyanskaya — conceptualization, study design; R.V. Reshetnikov, A.V. Vladzimirsky — data curation.

Acknowledgments. The authors are grateful to V. Chernina, H. Lancaster, S. Zheng, M. Silva, M. Dorrius, J. Gratama, and M. Oudkerk for their help with the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. De Koning H.J., van der Aalst C.M., de Jong P.A., et al. Reduced lung-cancer mortality with volume CT screening in a randomized trial // *New Eng J Med*. 2020. Vol. 382, N 6. P. 503–513. doi: 10.1056/NEJMoa1911793
2. Henschke C.I., Boffetta P., Yankelevitz D.F., Altorki N. Computed tomography screening: The International Early Lung Cancer Action Program Experience // *Thoracic Sur Clin*. 2015. Vol. 25, N 2. P. 129–143. doi: 10.1016/j.thorsurg.2014.12.001
3. Callister M.E., Baldwin D.R., Akram A.R., et al. Correction: British Thoracic Society guidelines for the investigation and management of pulmonary nodules: Accredited by NICE // *Thorax*. 2015. Vol. 70, Suppl 2. P. ii1–ii54. doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-207168
4. Oudkerk M., Devaraj A., Vliegenthart R., et al. European Position Statement on Lung Cancer Screening // *Lancet Oncology*. 2017. Vol. 18, N 12. P. e754–e766. doi: 10.1016/S1470-2045(17)30861-6
5. Wood D.E., Kazerooni E.A., Baum S.L., et al. Lung cancer screening, version 3.2018, NCCN clinical practice guidelines in oncology // *J Nation Compr Can Netw*. 2018. Vol. 16, N 4. P. 412–441. doi: 10.6004/jnccn.2018.0020
6. Horeweg N., Scholten E.T., de Jong P.A., et al. Detection of lung cancer through low-dose CT screening (NELSON): A prespecified analysis of screening test performance and interval cancers // *Lancet Oncology*. 2014. Vol. 15, N 12. P. 1342–1350. doi: 10.1016/S1470-2045(14)70387-0
7. Oudkerk M., Liu S., Heuvelmans M.A., et al. Lung cancer LDCT screening and mortality reduction: Evidence, pitfalls and future perspectives // *Nat Rev Clin Oncol*. 2021. Vol. 18, N 3. P. 135–151. doi: 10.1038/s41571-020-00432-6
8. Duffy S.W., Field J.K. Mortality reduction with low-dose CT screening for lung cancer // *New Eng J Med*. 2020. Vol. 382, N 6. P. 572–573. doi: 10.1056/NEJMe1916361
9. Морозов С.П., Кузьмина Е.С., Ветшева Н.Н., и др. Московский скрининг: скрининг рака лёгкого с помощью низкодозовой компьютерной томографии // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2019. Т. 27, № 5. С. 630–636. doi: 10.32687/0869-866X-2019-27-si1-630-636
10. Гомболевский В.А., Барчук А.А., Лайпан А.Ш., и др. Организация и эффективность скрининга злокачественных новообразований легких методом низкодозной компьютерной томографии // *Радиология-практика*. 2018. № 1. С. 28–36.
11. Landis J.R., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data // *Biometrics*. 1977. Vol. 33, N 1. P. 159–174.
12. Revel M.P., Bissery A., Bienvenu M., et al. Are two-dimensional CT measurements of small noncalcified pulmonary nodules reliable? // *Radiology*. 2004. Vol. 231, N 2. P. 453–458. doi: 10.1148/radiol.2312030167
13. Xie X., Willeminck M.J., Zhao Y., et al. Inter- and intrascanner variability of pulmonary nodule volumetry on low-dose 64-row CT: An anthropomorphic phantom study // *Brit J Radiol*. 2013. Vol. 86, N 1029. P. 20130160. doi: 10.1259/bjr.20130160
14. Кульберг Н.С., Решетников Р.В., Новик В.П., и др. Вариативность заключений при интерпретации КТ-снимков: один за всех и все за одного // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 2. С. 105–118. doi: 10.17816/DD60622

REFERENCES

1. De Koning HJ, van der Aalst CM, de Jong PA, et al. Reduced lung-cancer mortality with volume CT screening in a randomized trial. *N Engl J Med*. 2020;382(6):503–513. doi: 10.1056/NEJMoa1911793
2. Henschke CI, Boffetta P, Yankelevitz DF, Altorki N. Computed tomography screening: The International Early Lung Cancer Action Program Experience. *Thoracic Sur Clin*. 2015;25(2):129–143. doi: 10.1016/j.thorsurg.2014.12.001
3. Callister ME, Baldwin DR, Akram AR, et al. Correction: British Thoracic Society guidelines for the investigation and management of pulmonary nodules: Accredited by NICE. *Thorax*. 2015;70(Suppl 2):ii1–ii54. doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-207168
4. Oudkerk M, Devaraj A, Vliegenthart R, et al. European Position Statement on Lung Cancer Screening. *Lancet Oncology*. 2017;18(12):e754–766. doi: 10.1016/S1470-2045(17)30861-6
5. Wood DE, Kazerooni EA, Baum SL, et al. Lung cancer screening, version 3.2018, NCCN clinical practice guidelines in oncology. *J Natl Compr Canc Netw*. 2018;16(4):412–441. doi: 10.6004/jnccn.2018.0020
6. Horeweg N, Scholten ET, de Jong PA, et al. Detection of lung cancer through low-dose CT screening (NELSON): A prespecified analysis of screening test performance and interval cancers. *Lancet Oncology*. 2014;15(3):1342–1350. doi: 10.1016/S1470-2045(14)70387-0
7. Oudkerk M, Liu S, Heuvelmans MA, et al. Lung cancer LDCT screening and mortality reduction: Evidence, pitfalls and future perspectives. *Nat Rev Clin Oncol*. 2021;18(3):135–151. doi: 10.1038/s41571-020-00432-6
8. Duffy SW, Field JK. Mortality reduction with low-dose CT screening for lung cancer. *N Engl J Med*. 2020;382(6):572–573. doi: 10.1056/NEJMe1916361
9. Morozov SP, Kuzmina ES, Vetsheva NN, et al. Moscow screening: Screening of lung cancer using low-dose computed tomography. *Problems Social Hygiene Healthcare History Med*. 2019;27(S):630–636. (In Russ). doi: 10.32687/0869-866X-2019-27-si1-630-636
10. Gombolevisky VA, Barchuk AA, Laipan AS, et al. Lung cancer screening with low-dose computed tomography: Management and efficiency. *Radiology Practice*. 2018;1(1):28–36. (In Russ).
11. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159–174.
12. Revel MP, Bissery A, Bienvenu M, et al. Are two-dimensional ct measurements of small noncalcified pulmonary nodules reliable? *Radiology*. 2004;231(2):453–458. doi: 10.1148/radiol.2312030167
13. Xie X, Willeminck MJ, Zhao Y, et al. Inter- and intrascanner variability of pulmonary nodule volumetry on low-dose 64-row CT: an anthropomorphic phantom study. *BJR*. 2013;86(1029):20130160. doi: 10.1259/bjr.20130160
14. Kulberg NS, Reshetnikov RV, Novik VP, et al. Inter-observer variability between readers of CT images: all for one and one for all. *Digital Diagnostics*. (In Russ). 2021;2(2):105–118 doi: 10.17816/DD60622

AUTHORS' INFO

*** Maria M. Suchilova, MD;**

address: 24/1 Petrovka street, 127051 Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1117-0294>;
eLibrary SPIN: 4922-1894; e-mail: m.suchilova@npcmr.ru

Ivan A. Blokhin, MD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

Olga O. Aleshina, MD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9924-0204>;
eLibrary SPIN: 6004-2422; e-mail: olya.aleshina.tula@gmail.com

Victor A. Gomboleviskiy, MD, Cand. Sci. (Med);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: gomboleviskiy@npcmr.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

Viktor Yu. Bosin, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4619-2744>;
eLibrary SPIN: 3380-7889; e-mail: bosin@npcmr.ru

Olga V. Omelyanskaya;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-4431>;
eLibrary SPIN: 8948-6152; e-mail: o.omelyanskaya@npcmr.ru

Anton V. Vladzimirskiy, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>;
eLibrary SPIN: 3602-7120; e-mail: a.vladzimirskiy@npcmr.ru

ОБ АВТОРАХ

*** Сучилова Мария Максимовна;**

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1117-0294>;
eLibrary SPIN: 4922-1894; e-mail: m.suchilova@npcmr.ru

Блохин Иван Андреевич;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

Алёшина Ольга Олеговна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9924-0204>;
eLibrary SPIN: 6004-2422; e-mail: olya.aleshina.tula@gmail.com

Гомболеvisкий Виктор Александрович, к.м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: gomboleviskiy@npcmr.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

Босин Виктор Юрьевич, д.м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4619-2744>;
eLibrary SPIN: 3380-7889; e-mail: bosin@npcmr.ru

Омелянская Ольга Васильевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-4431>;
eLibrary SPIN: 8948-6152; e-mail: o.omelyanskaya@npcmr.ru

Владзimirский Антон Вячеславович, д.м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>;
eLibrary SPIN: 3602-7120; e-mail: a.vladzimirskiy@npcmr.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку