

DOI: <https://doi.org/10.17816/onco636555>

Опыт выполнения трансторакальных робот-ассистированных биопсий опухолей лёгких под КТ-навигацией

З.А. Багателия¹, Д.Н. Греков¹, С.С. Лебедев¹, А.К. Чекини¹, В.Н. Якомаскин¹, В.Е. Бугаёв², Р.А. Мкртумян¹, К.С. Титов^{1,3}, М.П. Онищенко¹, В.Б. Румер¹

¹ Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина, Москва, Россия;

² Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина, Москва, Россия;

³ Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Чувствительность трансторакальной пункционной биопсии под КТ-навигацией в верификации злокачественных опухолей лёгких составляет от 74 до 90%. Роботическая навигационная система с дополненной реальностью для чрескожных биопсий лёгких под контролем компьютерной томографии (КТ) позволяет более точно выполнять биопсию очагов в лёгких. В данной статье мы представляем собственный опыт использования навигационной системы при выполнении трансторакальной биопсии опухолей лёгких.

Цель. Анализ безопасности и диагностической ценности выполнения трансторакальной биопсии опухолей лёгкого с помощью роботической платформы для КТ-навигации.

Материалы и методы. В условиях стационара торако-абдоминального онкохирургического отделения №72 Московского многопрофильного научно-клинического центра им. С.П. Боткина за период с 30.11.2023 по 04.04.2024 мы провели ретроспективный анализ выполнения трансторакальных робот-ассистированных биопсий под КТ-навигацией. Всего в исследование включены 104 пациента. Биопсия выполнялась согласно разработанному алгоритму.

Результаты: Информативный морфологический материал получен в 91,8% случаев ($n=101/110$). За одну процедуру биопсии получено от 1 до 4 биоптатов (столбиков ткани) — 1 биоптат получен у 7 пациентов (6,4%), 2 биоптата — у 57 (51,8%), 3 биоптата — у 43, 4 биоптата — у 3 (2,7%). Среди пациентов, у которых получен информативный материал ($n=101$), в 76 случаях (75,2%) верифицирован диагноз злокачественного опухолевого поражения. В остальных случаях ($n=25$, 24,8%) диагностированы доброкачественные или воспалительные/поствоспалительные изменения. Осложнения различной степени тяжести развились в 17 случаях (15,5%). Случаев летальных исходов не отмечено (0%). Не получено статистически значимых различий в частоте случаев с верифицированным диагнозом в зависимости от диаметра используемой биопсийной иглы ($p=0,124$). Также нами не было выявлено статистически значимого влияния диаметра используемой биопсийной иглы (16G или 18G) на общую частоту осложнений (18,2 и 9% соответственно; $p=0,266$) и частоту дренирования плевральной полости по поводу постпункционного пневмоторакса (10,4 и 6% соответственно; $p=0,72$).

Заключение. Выполнение трансторакальной биопсии лёгкого с использованием робот-ассистированной системы КТ-навигации — безопасная и эффективная методика для получения морфологической верификации злокачественных опухолей.

Ключевые слова: трансторакальная биопсия; рак лёгкого; компьютерная томография.

Как цитировать:

Багателия З.А., Греков Д.Н., Лебедев С.С., Чекини А.К., Якомаскин В.Н., Бугаёв В.Е., Мкртумян Р.А., Титов К.С., Онищенко М.П., Румер В.Б. Опыт выполнения трансторакальных робот-ассистированных биопсий опухолей лёгких под КТ-навигацией // Российский онкологический журнал. 2024. Т. 29, № 4. С. 307–314. DOI: <https://doi.org/10.17816/onco636555>

DOI: <https://doi.org/10.17816/onco636555>

Experience of Computer Tomography Guided Robot-Assisted Transthoracic Lung Biopsy

Zurab A. Bagatelya¹, Dmitrii N. Grekov¹, Sergey S. Lebedev¹, Antonio K. Chekini¹, Viktor N. Yakomaskin¹, Vladislav E. Bugaev², Radik A. Mkrtumyan¹, Konstantin S. Titov^{1,3}, Maksim P. Onishchenko¹, Veronika B. Rumer¹

¹ Botkin Moscow City Clinical Center, Moscow, Russia;

² Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia;

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The sensitivity of computer tomography (CT) guided transthoracic needle biopsy for the verification of lung tumors is reported to range from 74 to 90%. An augmented reality robotic navigation system for CT-guided percutaneous lung biopsy has been developed to facilitate more precise biopsy of lung lesions. The present study describes the authors' experience with the navigation system for transthoracic lung biopsy.

AIM: To analyze the safety and diagnostic value of performing a transthoracic biopsy of lung tumors using a robotic CT navigation system.

MATERIALS AND METHODS: The study included a retrospective analysis of CT-guided robot-assisted transthoracic lung biopsy procedures performed in the Thoracic and Abdominal Surgical Oncology Department No. 72 of the Botkin Moscow General Scientific and Clinical Center between November 30, 2023 to April 04, 2024. A total of 104 patients were included in the study. The biopsy was performed following the developed algorithm.

RESULTS: The specimens obtained were morphologically valuable in 91.8% of cases ($n=101/110$). A total of 1–4 specimens (tissue columns) were obtained from each patient during the biopsy procedure. Specifically, 1 specimen was obtained from 7 patients (6.4%), 2 specimens from 57 patients (51.8%), 3 specimens from 43 patients, and 4 specimens from 3 patients (2.7%). Among the patients for whom morphologically valuable specimens were obtained ($n=101$), the diagnosis of malignant tumor was confirmed in 76 cases (75.2%). In all remaining cases ($n=25$, 24.8%), benign lesions or inflammatory/post-inflammatory changes were diagnosed. Complications of various severity degrees occurred in 17 cases (15.5%). No deaths were reported (0%). The findings revealed no statistically significant differences in the frequency of cases with a verified diagnosis based on the diameter of the biopsy needle ($p=0.124$). Furthermore, the analysis revealed no statistically significant effect of the diameter of the biopsy needle (16G or 18G) on the overall complication rate (18.2 and 9%, respectively; $p=0.266$) and the frequency of pleural drainage for postoperative pneumothorax (10.4 and 6%, respectively; $p=0.72$).

CONCLUSIONS: The CT-guided robot-assisted transthoracic lung biopsy is a safe and effective technique for the morphological verification of malignant tumors.

Keywords: transthoracic biopsy; lung cancer; computed tomography.

To cite this article:

Bagatelya ZA, Grekov DN, Lebedev SS, Chekini AK, Yakomaskin VN, Bugaev VE, Mkrtumyan RA, Titov KS, Onishchenko MP, Rumer VB. Experience of Computer Tomography Guided Robot-Assisted Transthoracic Lung Biopsy. *Russian Journal of Oncology*. 2024;29(4):307–314.

DOI: <https://doi.org/10.17816/onco636555>

ОБОСНОВАНИЕ

Трансторакальная пункционная биопсия (ТПБ) — это инвазивный метод диагностики опухолевых образований лёгкого, который позволяет получить образцы ткани опухоли для дальнейшего исследования. Она даёт большое количество материала для последующего определения гистологического типа опухоли, степени её злокачественности и молекулярно-генетических характеристик [1], что важно для выбора тактики лечения и прогноза заболевания.

ТПБ может выполняться под контролем ультразвукового исследования или компьютерной томографии (КТ). Чувствительность ТПБ под КТ-навигацией в верификации злокачественных опухолей лёгких составляет от 74 до 90% [2–4]. Диагностическая чувствительность ТПБ для выявления злокачественных новообразований ниже при образованиях малого размера (<3 см), при этом зарегистрированная чувствительность и специфичность составляют 67% и 100% соответственно, а недиагностические результаты встречаются в 36% случаев [5]. Примерно в 15–30% выполнение ТПБ не позволяет получить информативный материал, и в последующем среди этих пациентов (до 46% случаев) в итоге выявляются злокачественные опухолевые клетки [2, 6].

ТПБ имеет ряд ограничений и возможных осложнений. Одно из характерных осложнений — пневмоторакс, частота развития которого может составлять 10–15% [7–9]. Более высокий риск развития пневмоторакса отмечен у пожилых пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких, у которых также сообщалось о более высоком риске дыхательной недостаточности, требующей в итоге искусственной вентиляции лёгких [9]. Немного реже возникает кровохарканье — в 1–9% случаев, а развитие внутриплеврального кровотечения или других геморрагических осложнений, требующих вмешательств, встречается крайне редко [7, 10, 11].

Современные технологии и методы контроля позволяют снизить риски и повысить эффективность процедуры. Недавно была представлена навигационная система с дополненной реальностью для чрескожной биопсии лёгких под контролем КТ [12, 13]. Такие системы обеспечивают отслеживание положения биопсийной иглы во время процедуры, позволяя более точно выполнять биопсию очагов в лёгких и получать адекватный и репрезентативный образец ткани.

В статье мы представляем собственный опыт использования навигационной системы при выполнении ТПБ опухолей лёгких.

Цель исследования — анализ безопасности и диагностической ценности ТПБ опухолей лёгкого с помощью роботической платформы для КТ-навигации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Авторами проведено ретроспективное одноцентровое исследование.

Критерии соответствия

Критерии включения: общее состояние удовлетворительное, высокая комплаентность, отмена антикоагулянтов (варфарин, ривароксабан, апиксабан, гепарин, фраксипарин, эноксапарин) не менее чем за 5 сут до выполнения биопсии.

Лабораторные показатели: уровень гемоглобина не ниже 100 г/л, уровень тромбоцитов не ниже 150×10^6 , показатели коагулограммы: международное нормализованное отношение не выше 1,3; активированное частичное тромбопластиновое время не более 40 с, протромбиновый индекс не ниже 70%; протромбиновое время более 16 с.

КТ-характеристики: чётко визуализирующиеся объёмные образования солидной структуры размерами 1,0 см в диаметре и более; периферического или центрального расположения без возможности выполнить биопсию эндоскопическим (трансбронхиальным) методом и имеющие безопасную траекторию для биопсийной иглы, отсутствие пневмо- и гидроторакса.

Критерии невключения: несоответствие критериям включения хотя бы по одному показателю.

Критериев исключения не было.

Продолжительность исследования и условия проведения

В условиях стационара торако-абдоминального онкохирургического отделения №72 Московского многопрофильного научно-клинического центра им. С.П. Боткина за период с 30.11.2023 г. по 04.04.2024 г. мы провели ретроспективный анализ трансторакальных робот-ассистированных биопсий под КТ-навигацией. На этапе внедрения методики мы разработали критерии отбора пациентов для робот-ассистированной трепан-биопсии образований органов грудной клетки под контролем КТ.

Методология исследования

При предварительном планировании для минимизации рисков интраманипуляционных осложнений оценивалась близость к сосудистым структурам — как центральным, так и периферическим, средостению, диафрагме.

Также мы разработали алгоритм выполнения биопсии в условиях стационара:

- Осмотр онкологом, торакальным хирургом для оценки возможности выполнения биопсии.
- Госпитализация в стационар. Оценка соматического состояния.
- Выполнение трепан-биопсии под местной анестезией при помощи роботизированной навигационной приставки PERFINT MAXIO V2.5.3 (Perfint Healthcare, Индия) под контролем синхронизированного с ней

мультиспирального компьютерного томографа CANON Aquilion SP 160 (Canon Medical Systems, США).

- Непосредственно после процедуры — КТ-контроль оценки осложнений.
- Перемещение пациента в палату стационара.
- Контрольный общий анализ крови через 4 ч.
- Контрольное измерение артериального давления и пульса через 1,4 ч.
- Рентген-контроль органов грудной клетки через 4 ч и утром на следующий день для оценки состояния пациента.
- Выписка пациента с выдачей рекомендаций.

Исходы исследования

Высокая частота получения информативного гистологического материала для морфологической верификации диагноза, низкая частота постманипуляционных осложнений.

Этическая экспертиза

Исследование обезличено и не требовало одобрения локального этического комитета. При госпитализации в стационар все пациенты подписывали информированное добровольное согласие на проведение биопсии.

Статистическая обработка

Для статистического анализа результаты категориальных переменных представлены в виде абсолютных значений и доли (n , %), а непрерывные переменные — в виде среднего значения \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$). Возможное влияние категориальных факторов оценивали с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (χ^2). Статистический анализ проводили с помощью программного обеспечения «IBM SPSS Статистика» (версия 22.0, IBM Corp, США). Для всех моделей (двусторонних) использовался уровень значимости $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Участники исследования

В исследование включены 106 пациентов. У 4 пациентов (3,8%) биопсия выполнялась дважды.

Характеристика исследуемой группы пациентов представлена в табл. 1.

За одну процедуру биопсии получено от 1 до 4 биоптатов (столбиков ткани) — 1 биоптат получен у 7 (6,4%) пациентов, 2 биоптата — у 57 (51,8%) пациентов, 3 биоптата — у 43 (40,6%) пациентов, 4 биоптата — у 3 (2,7%) пациентов. При выполнении биопсии в 70% случаев ($n=77$) использовалась игла диаметром 16G, в 30% случаев ($n=33$) — игла диаметром 18G.

Осложнения различной степени тяжести развились в 17 (15,5%) случаях. Описание спектра осложнений представлено в табл. 2.

Как видно из данных в таблице, наиболее часто из осложнений развивался пневмоторакс — 12 (10,9%)

Таблица 1. Клинико-демографические характеристики группы пациентов

Table 1. Clinical and demographic characteristics of the patient group

| Показатель | Значение |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Возраст, ($M \pm SD$), лет | 66 \pm 10,8 |
| Пол, (n , %): | — |
| Мужской | 67 (63,2%) |
| Женский | 39 (36,8%) |
| Размер опухоли, ($M \pm SD$), мм | 30,4 \pm 21,4 (диапазон 9–170) |
| Локализация опухоли, (n , %): | — |
| верхняя доля правого лёгкого | 37 (34,9%) |
| средняя доля правого лёгкого | 6 (5,7%) |
| нижняя доля правого лёгкого | 25 (23,6%) |
| верхняя доля левого лёгкого | 24 (22,6%) |
| нижняя доля левого лёгкого | 14 (13,2%) |
| Характер опухоли, (n , %): | — |
| первичная | 95 (89,6%) |
| метастатическая | 11 (10,4%) |
| Количество биоптатов, (n , %): | — |
| 1 | 7 (6,4%) |
| 2 | 57 (51,8%) |
| 3 | 43 (39,1%) |
| 4 | 3 (2,7%) |
| Диаметр биопсийной иглы, (n , %): | — |
| 16G | 77 (70%) |
| 18G | 33 (30%) |

Таблица 2. Осложнения после проведения трансторакальной биопсии лёгкого

Table 2. Complications after a transthoracic lung biopsy

| Осложнения, степень по Clavien-Dindo | Количество случаев (%) |
|--------------------------------------|------------------------|
| I степень | 4 (3,6%) |
| Гемоторакс | 1 (0,9%) |
| Пневмоторакс | 2 (1,8%) |
| Кровохарканье | 1 (0,9%) |
| II степень | 3 (2,7%) |
| Гемоторакс | 2 (1,8%) |
| Кровохарканье | 1 (0,9%) |
| IIIa степень | 10 (9,1%) |
| Пневмоторакс | 10 (9,1%) |

случаев, в 10 (83,3%) из которых потребовалось дренирование плевральной полости. В 2 (16,7%) случаях клинически и рентгенологически незначимого пневмоторакса проводилось только динамическое наблюдение с рентгенологическим контролем.

Случаев летальных исходов не было (0%).

Информативный материал получен в 91,8% ($n=101/110$) случаев. Среди пациентов, у которых получен

информативный материал ($n=101$), в 76 (75,2%) случаях верифицирован диагноз злокачественного опухолевого поражения. В остальных случаях ($n=25$, 24,8%) диагностированы доброкачественные или воспалительные/поствоспалительные изменения. В последующем у 5 из этих пациентов, принимая во внимание рентгенологические характеристики образований, принято решение о хирургическом лечении в объёме резекции лёгкого со срочным морфологическим исследованием, в результате которого подтверждён злокачественный характер образования и объём операции расширен до анатомической резекции лёгкого. Таким образом, частота ложноотрицательных результатов составила 4,7%.

Статистические показатели диагностической ценности ТТПБ в верификации злокачественного опухолевого процесса представлены в табл. 3.

Не получено статистически значимых различий в частоте случаев с верифицированным диагнозом в зависимости от диаметра используемой биопсийной иглы ($p=0,124$) (рис. 1).

Также мы не выявили статистически значимого влияния диаметра используемой биопсийной иглы (16G

Таблица 3. Показатели трансторакальной биопсии в верификации злокачественного опухолевого процесса

Table 3. Indicators of transthoracic biopsy in the verification of the malignant tumor process

| Параметр | Значение, % | 95% ДИ |
|------------------|-------------|-------------|
| Чувствительность | 93,83 | 86,18–97,97 |
| Специфичность | 100 | 83,89–100 |
| Точность | 80,77 | 64,25–90,76 |

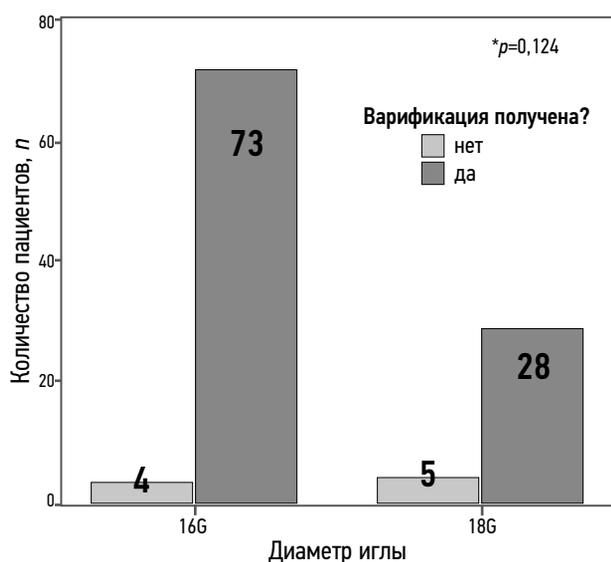


Рис. 1. Количество пациентов с получением морфологической верификации диагноза в зависимости от диаметра биопсийной иглы.
Fig. 1. The frequency of cases with morphological verification of the diagnosis, depending on the diameter of the biopsy needle.

или 18G) на общую частоту осложнений (18,2 и 9% соответственно; $p=0,266$) (рис. 2) и частоту дренирования плевральной полости по поводу постпункционного пневмоторакса (10,4 и 6% соответственно; $p=0,72$) (рис. 3).

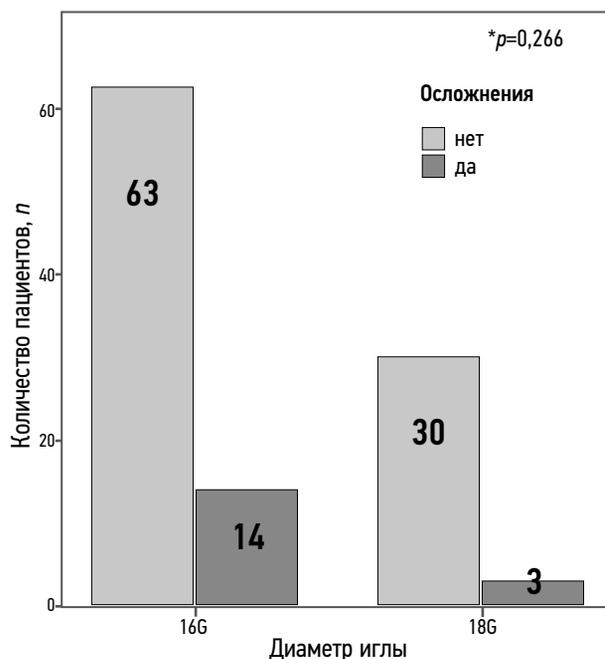


Рис. 2. Количество пациентов с наличием или отсутствием осложнений после биопсии в зависимости от диаметра биопсийной иглы.
Fig. 2. The overall incidence of complications depending on the diameter of the biopsy needle.

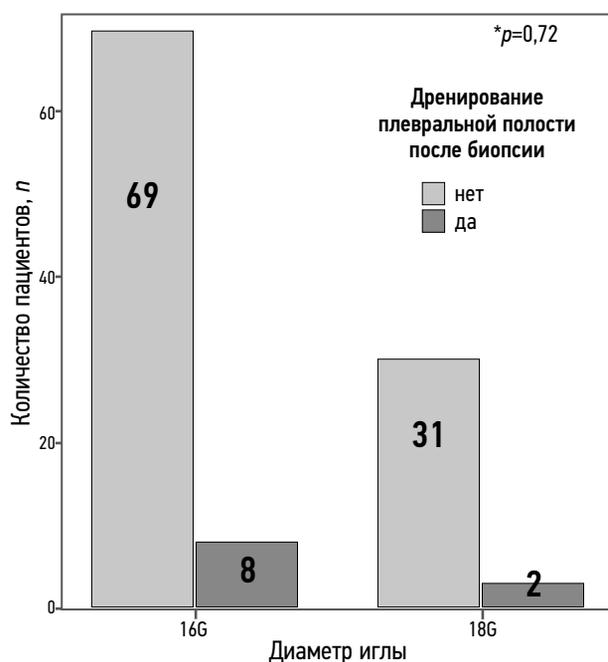


Рис. 3. Количество случаев дренирования плевральной полости в зависимости от диаметра биопсийной иглы.
Fig. 3. The frequency of drainage of the pleural cavity depending on the diameter of the biopsy needle.

ОБСУЖДЕНИЕ

Безусловное преимущество использования робот-ассистированной системы для КТ-навигации — отсутствие лучевой нагрузки на медицинский персонал, ответственный за проведение биопсии. Помимо этого, по литературным данным такая методика также позволяет значительно сократить время процедуры и объём лучевой нагрузки на пациента [14].

Наше исследование показывает, что выполнение биопсии опухолей лёгких с помощью робот-ассистированной системы КТ-навигации обладает высокими показателями диагностической ценности. Чувствительность, специфичность и точность исследования в нашей работе составили 93,83, 100 и 80,8% соответственно, что сопоставимо с данными мировой литературы [15–17]. Представленный в данной работе опыт выполнения биопсии 106 пациентам репрезентативен при его сравнении с другими исследованиями, представленными в литературе. Так, в исследовании G. Iannelli и соавт. [18] представлен опыт выполнения пункций у 100 пациентов, в исследовании R. Grasso и соавт. [19] роботическую навигационную платформу применили у 197 пациентов, а M. Lanouziere и соавт. [20] описали результаты вмешательства у 60 пациентов. Это свидетельствует о том, что в настоящее время ещё продолжается становление методики использования робот-ассистированных платформ для КТ-навигации при выполнении ТТПБ.

Принимая во внимание невозможность свести к нулю случаи ложноотрицательных результатов, частота которых в нашем исследовании составила 4,7, а в других исследованиях достигает 10–14,5% [15, 17], мы считаем необходимым не прекращать динамическое наблюдение пациентов, у которых при биопсии не получено верификации злокачественного опухолевого процесса. Первое контрольное КТ-исследование у таких пациентов необходимо выполнять в сроки не позднее 3 мес.

В нашем исследовании частота осложнений составила 15,5%, при этом в 9% случаев потребовалось дренирование плевральной полости, что сопоставимо с литературными данными [7–9]. В ранее проводимых сравнениях показано, что отслеживание хода иглы в реальном времени посредством 3D-реконструкции позволило выбрать самый безопасный и короткий путь её прохождения, тем самым сократив количество осложнений [14]. Мы не выявили статистически достоверной разницы в частоте осложнений в зависимости от диаметра используемой биопсийной иглы (16G или 18G), в связи с чем считаем приемлемым применение любой из указанных игл.

Ограничения исследования

Исследование имеет нерандомизированный характер в плане выбора диаметра биопсийной иглы и количества получаемых биоптатов (столбиков тканей). Также следует отметить, что исследование имеет одноцентровой характер, все операции выполнялись двумя хирургами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнение ТТПБ лёгкого с использованием робот-ассистированной системы КТ-навигации — безопасная и эффективная методика для получения морфологической верификации злокачественных опухолей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. З.А. Багателья — концепция исследования, разработка дизайна исследования, научное руководство; Д.Н. Греков — концепция исследования, разработка дизайна исследования, научное руководство; С.С. Лебедев — разработка дизайна исследования, научное редактирование, критический обзор, научное руководство; А.К. Чекини — концепция исследования, написание текста рукописи, научное редактирование, критический обзор; В.Н. Якомаксин — сбор данных, научное редактирование, критический обзор; В.Е. Бугаёв — обзор литературы, анализ данных, статистическая обработка данных, написание текста рукописи; Р.А. Мкртумян — сбор данных, анализ данных, редактирование текста рукописи; К.С. Титов — концепция исследования, анализ данных, научное редактирование; М.П. Онищенко — сбор данных, анализ данных, разработка и проведение исследования; В.Б. Румер — сбор данных, анализ данных, разработка и проведение исследования. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Источник финансирования. Отсутствует.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов (личных, профессиональных или финансовых), связанных с третьими лицами (коммерческими, некоммерческими, частными), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи, а также иных отношений, деятельности и интересов за последние три года, о которых необходимо сообщить.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. Z.A. Bagatelia — research concept, research design development, scientific guidance; D.N. Grekov — research concept, research design development, scientific guidance; S.S. Lebedev — research design development, scientific editing, critical review, scientific guidance; A.K. Chekini — research concept, writing the text of the manuscript, scientific editing, critical review; V.N. Yakomaksin — data collection, scientific editing, critical review; V.E. Bugaev — literature review, data analysis, statistical data processing, writing the text of the manuscript; R.A. Mkrumyan — data collection, data analysis, editing text of the manuscript; K.S. Titov — research concept, data analysis, scientific editing; M.P. Onishchenko — data collection, data analysis, development and conduct of research; V.B. Rumer — data collection, data analysis, development and conduct of research. All authors approved the manuscript (the version for publication), and also agreed to be responsible for all aspects of the work, ensuring proper consideration and resolution of issues related to the accuracy and integrity of any part of it.

Funding source. None.

Disclosure of interests. The authors declare the absence of relationships, activities and interests (personal, professional or financial) related to third parties (commercial, non-profit, private), whose interests may be affected by the content of the article, as well as other relationships, activities and interests over the past three years, which must be reported.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Rivera MP, Mehta AC, Wahidi MM. Establishing the diagnosis of lung cancer: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2013;143(Suppl.5):e142S–e165S. doi: 10.1378/chest.12-2353
2. Fontaine-Delaruelle C, Souquet PJ, Gamondes D, et al. Negative Predictive Value of Transthoracic Core-Needle Biopsy. *Chest*. 2015;148(2):472–480. doi: 10.1378/chest.14-1907
3. Takeshita J, Masago K, Kato R, et al. CT-guided fine-needle aspiration and core needle biopsies of pulmonary lesions: a single-center experience with 750 biopsies in Japan. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;204(1):29–34. doi: 10.2214/AJR.14.13151
4. Loubeyre P, Copercini M, Dietrich PY. Percutaneous CT-guided multisampling core needle biopsy of thoracic lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(5):1294–1298. doi: 10.2214/AJR.04.1344
5. Larscheid RC, Thorpe PE, Scott WJ. Percutaneous transthoracic needle aspiration biopsy: a comprehensive review of its current role in the diagnosis and treatment of lung tumors. *Chest*. 1998;114(3):704–709. doi: 10.1378/chest.114.3.704
6. Lee KH, Lim KY, Suh YJ, et al. Nondiagnostic Percutaneous Transthoracic Needle Biopsy of Lung Lesions: A Multicenter Study of Malignancy Risk. *Radiology*. 2019;290(3):814–823. doi: 10.1148/radiol.2018181482
7. Takeshita J, Masago K, Kato R, et al. CT-guided fine-needle aspiration and core needle biopsies of pulmonary lesions: a single-center experience with 750 biopsies in Japan. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;204(1):29–34. doi: 10.2214/AJR.14.13151
8. Loubeyre P, Copercini M, Dietrich PY. Percutaneous CT-guided multisampling core needle biopsy of thoracic lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(5):1294–1298. doi: 10.2214/AJR.04.1344
9. Wiener RS, Schwartz LM, Woloshin S, Welch HG. Population-based risk for complications after transthoracic needle lung biopsy of a pulmonary nodule: an analysis of discharge records. *Ann Intern Med*. 2011;155(3):137–144. doi: 10.7326/0003-4819-155-3-201108020-00003
10. Tai R, Dunne RM, Trotman-Dickenson B, et al. Frequency and Severity of Pulmonary Hemorrhage in Patients Undergoing Percutaneous CT-guided Transthoracic Lung Biopsy: Single-Institution Experience of 1175 Cases. *Radiology*. 2016;279(1):287–296. doi: 10.1148/radiol.2015150381
11. Lee SM, Park CM, Lee KH, et al. C-arm cone-beam CT-guided percutaneous transthoracic needle biopsy of lung nodules: clinical experience in 1108 patients. *Radiology*. 2014;271(1):291–300. doi: 10.1148/radiol.13131265
12. Faiella E, Messina L, Castiello G, et al. Augmented reality 3D navigation system for percutaneous CT-guided pulmonary ground-glass opacity biopsies: a comparison with the standard CT-guided technique. *J Thorac Dis*. 2022;14(2):247–256. doi: 10.21037/jtd-21-1285
13. Faiella E, Frauenfelder G, Santucci D, et al. Percutaneous low-dose CT-guided lung biopsy with an augmented reality navigation system: validation of the technique on 496 suspected lesions. *Clin Imaging*. 2018;49:101–105. doi: 10.1016/j.clinimag.2017.11.013
14. Iannelli G, Caivano R, Villonio A, et al. Percutaneous Computed Tomography-Guided Lung Biopsies using a Virtual Navigation Guidance: Our Experience. *Cancer Invest*. 2018;36(6):349–355. doi: 10.1080/07357907.2018.1498877
15. Yeow KM, Tsay PK, Cheung YC, et al. Factors Affecting Diagnostic Accuracy of CT-guided Coaxial Cutting Needle Lung Biopsy: Retrospective Analysis of 631 Procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 2003;14(5):581–588. doi: 10.1097/01.rvi.0000071087.76348.c7
16. Priola AM, Priola SM, Cataldi A, et al. Accuracy of CT-guided transthoracic needle biopsy of lung lesions: Factors affecting diagnostic yield. *Radiol Med*. 2007;112(8):1142–1159. doi: 10.1007/s11547-007-0212-y
17. Meng X, Kuai X, Dong W, et al. Comparison of lung lesion biopsies between low-dose CT-guided and conventional CT-guided techniques. *Acta radiol*. 2013;54(8):909–915. doi: 10.1177/0284185113485937
18. Iannelli G, Caivano R, Villonio A, et al. Percutaneous Computed Tomography-Guided Lung Biopsies using a Virtual Navigation Guidance: Our Experience. *Cancer Invest*. 2018;36(6):349–355. doi: 10.1080/07357907.2018.1498877
19. Grasso RF, Faiella E, Luppi G, et al. Percutaneous lung biopsy: comparison between an augmented reality CT navigation system and standard CT-guided technique. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2013;8(5):837–848. doi: 10.1007/s11548-013-0816-8
20. Lanouzière M, Varbédan O, Chevallier O, et al. Computed Tomography-Navigation™ Electromagnetic System Compared to Conventional Computed Tomography Guidance for Percutaneous Lung Biopsy: A Single-Center Experience. *Diagnostics*. 2021;11(9):1532. doi: 10.3390/diagnostics11091532

ОБ АВТОРАХ

* **Бугаёв Владислав Евгеньевич**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 115522, Москва, Каширское ш., д. 24;
ORCID: 0000-0002-2410-7801;
eLibrary SPIN: 7913-4919;
e-mail: vladbugaev@mail.ru

Багателия Зураб Антонович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-5699-3695;
eLibrary SPIN: 5391-5670;
e-mail: zambotk@botkinmoscow.ru

Греков Дмитрий Николаевич, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-8391-1210;
eLibrary SPIN: 6841-7128;
e-mail: grekov.doc@list.ru

Лебедев Сергей Сергеевич; д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-5366-1281;
eLibrary SPIN: 2736-0683;
e-mail: lebedevssd@yandex.ru

Чекини Антонио Константинович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-9065-4726;
eLibrary SPIN: 3114-0517;
e-mail: docpro13@mail.com

Якомаскин Виктор Николаевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-9692-9900;
eLibrary SPIN: 7674-5267;
e-mail: yakomas@mail.ru

Мкртумян Радик Ашотович;
ORCID: 0009-0009-2243-3142;
eLibrary SPIN: 1512-8577;
e-mail: r.mkrtumyan@mail.ru

Титов Константин Сергеевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-4460-9136;
eLibrary SPIN: 7795-6512;
e-mail: ks-titov@mail.ru

Онищенко Максим Павлович;
ORCID: 0009-0006-8396-7488;
e-mail: doctor-m@mail.ru

Румер Вероника Борисовна;
ORCID: 0000-0002-2803-470X;
eLibrary SPIN: 7632-2296;
e-mail: parlodel@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

* **Vladislav E. Bugaev**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 24 Kashirskoye hwy, Moscow, Russia, 115522;
ORCID: 0000-0002-2410-7801;
eLibrary SPIN: 7913-4919;
e-mail: vladbugaev@mail.ru

Zurab A. Bagatelya, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-5699-3695;
eLibrary SPIN: 5391-5670;
e-mail: zambotk@botkinmoscow.ru

Dmitrii N. Grekov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-8391-1210;
eLibrary SPIN: 6841-7128;
e-mail: grekov.doc@list.ru

Sergey S. Lebedev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-5366-1281;
eLibrary SPIN: 2736-0683;
e-mail: lebedevssd@yandex.ru

Antonio K. Chekini, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-9065-4726;
eLibrary SPIN: 3114-0517;
e-mail: docpro13@mail.com

Viktor N. Yakomaskin, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-9692-9900;
eLibrary SPIN: 7674-5267;
e-mail: yakomas@mail.ru

Radik A. Mkrtumyan;
ORCID: 0009-0009-2243-3142;
eLibrary SPIN: 1512-8577;
e-mail: r.mkrtumyan@mail.ru

Konstantin S. Titov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0003-4460-9136;
eLibrary SPIN: 7795-6512;
e-mail: ks-titov@mail.ru

Maksim P. Onishchenko;
ORCID: 0009-0006-8396-7488;
e-mail: doctor-m@mail.ru

Veronika B. Rumer;
ORCID: 0000-0002-2803-470X;
eLibrary SPIN: 7632-2296;
e-mail: parlodel@mail.ru