

## ВАКУУМНАЯ ТОНКОИГОЛЬНАЯ АСПИРАЦИОННАЯ БИОПСИЯ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА С ПОЗИЦИИ ОЦЕНКИ ЦИТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПЕЧЕНИ СВИНЬИ

Тагиль А.О., Борсуков А.В., Максимова К.С., Воробьева В.А.

Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России, 214006, г. Смоленск, ул. Фрунзе, 40

✉ Антон Олегович Тагиль, anton.tagil95@gmail.com, +7-910-786-52-69

### РЕФЕРАТ

**Введение:** Морфологическая верификация остаётся ключевым этапом диагностики опухолевых процессов, обеспечивая объективную основу для выбора тактики лечения. Среди инструментальных методов получения клеточного материала тонкоигольная аспирационная биопсия (ТАБ) занимает ведущие позиции благодаря своей минимальной травматичности и высокой информативности. Однако традиционная аспирация имеет ряд ограничений, связанных с нестабильностью отрицательного давления и разрушением клеток, что снижает диагностическую ценность мазков. Развитие технологии вакуумной аспирации открывает новые возможности для стандартизации процедуры и повышения качества цитологического материала.

**Цель исследования:** Экспериментально оценить эффективность вакуумной тонкоигольной аспирационной биопсии (v-ТАБ) при получении цитологического материала из паренхимы печени свиньи, определить возможность использования игл малого диаметра, включая 25G, и сравнить результаты с традиционной ТАБ.

**Материалы и методы:** Исследование выполнено на печени свиньи, анатомически и морфологически близкой к человеческой. Использовались иглы Chiba диаметром 18G, 20G, 22G и 25G. Для каждой иглы выполнялись пункции с применением традиционной аспирации шприцем и вакуумной аспирации при отрицательном давлении –0,8 бар. Все манипуляции проводились под ультразвуковым контролем, что позволило точно визуализировать положение иглы и контролировать её продвижение в толще паренхимы. Цитологические препараты готовились стандартным способом и окрашивались по методу Май–Грюнвальда.

**Результаты:** Установлено, что при традиционной аспирации объём и качество получаемого материала существенно зависели от диаметра иглы: иглы 18G и 20G обеспечивали избыток клеточного материала, часто сопровождающийся разрушением клеток и кровяными сгустками, тогда как иглы 22G давали более чистые и диагностически пригодные мазки. v-ТАБ способствовала равномерному распределению клеток и повышению их сохранности. Впервые показано, что даже при использовании иглы 25G при v-ТАБ возможно получение ограниченного, но диагностически информативного цитологического материала.

**Выводы:** v-ТАБ является перспективным методом цитологической диагностики, позволяющим повысить информативность исследования и расширить диапазон применяемых инструментов до игл малого диаметра. Использование v-ТАБ создаёт предпосылки для стандартизации процедуры, повышения воспроизводимости результатов и внедрения метода в клиническую практику.

**Ключевые слова:** вакуумная аспирация, тонкоигольная биопсия, иглы малого диаметра, цитология, v-ТАБ, печень, экспериментальное исследование

**Для цитирования:** Тагиль А.О., Борсуков А.В., Максимова К.С., Воробьева В.А. Вакуумная тонкоигольная аспирационная биопсия: эффективность метода с позиции оценки цитологического исследования: экспериментальное исследование на печени свиньи. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2025;8(4):86-95.

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-4-86-95>

Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy

## VACUUM FINE-NEEDLE ASPIRATION BIOPSY: EFFICIENCY OF THE METHOD FROM THE PERSPECTIVE OF CYTOLOGICAL ASSESSMENT — AN EXPERIMENTAL STUDY ON PORCINE LIVER

Anton O. Tagil, Aleksey V. Borsukov, Kseniya S. Maksimova, Viktoria A. Vorobyova

Problem Research Laboratory “Diagnostic Studies and Minimally Invasive Technologies”, Smolensk State Medical University; 40 Frunze str, Smolensk, Russia 214006

✉ Anton O. Tagil, anton.tagil95@gmail.com, +7-910-786-52-69

### ABSTRACT

**Introduction:** Morphological verification remains the cornerstone of tumor diagnosis, providing an objective basis for treatment planning. Among instrumental diagnostic methods, fine-needle aspiration biopsy (FNA) occupies a leading position due to its minimal invasiveness and high diagnostic yield. However, traditional aspiration techniques are limited by unstable negative pressure and frequent cellular damage, which may compromise smear quality. The development of vacuum fine-needle aspiration biopsy (v-FNA) introduces the potential for procedural standardization and improved cytological specimen quality.

**Objective:** To experimentally evaluate the efficiency and diagnostic value of v-FNA for obtaining cytological material from porcine liver tissue, to assess the feasibility of using small-diameter needles (including 25G), and to compare the results with conventional FNA.

**Materials and Methods:** The study was conducted on porcine liver specimens, which closely resemble human liver in structure and density. Biopsies were performed using Chiba needles of 18G, 20G, 22G, and 25G diameters. Each puncture was carried out both with traditional syringe aspiration and with vacuum aspiration under a stable negative pressure of –0.8 bar. All procedures were performed under ultrasound guidance to ensure precise needle positioning and controlled advancement through the parenchyma. Cytological

smears were prepared using the standard technique and stained by the May–Grünwald method for microscopic evaluation.

**Results:** The quality and quantity of aspirated material strongly depended on the needle diameter. Conventional FNA using 18G and 20G needles yielded excessive cell masses, often accompanied by hemorrhagic contamination and cellular destruction. Needles of 22G produced more homogeneous and diagnostically suitable smears. The application of vacuum-assisted aspiration significantly improved cell preservation and smear uniformity. Notably, even 25G needles, traditionally considered ineffective for cytological sampling, provided limited but diagnostically valuable material when used with v-FNA.

**Conclusions:** Vacuum-assisted fine-needle aspiration biopsy represents a promising direction in cytological diagnostics, improving the quality and informativeness of aspirated material while maintaining minimal invasiveness. The method expands the range of usable needle diameters, supports procedural standardization, and has strong potential for clinical implementation in liver, pancreatic, and lymph node lesion diagnostics.

**Keywords:** vacuum aspiration, fine-needle biopsy, small-diameter needles, cytology, v-FNA, liver, experimental study

**For citation:** Tagil A.O., Borsukov A.V., Maksimova K.S., Vorobyova V.A. Vacuum Fine-Needle Aspiration Biopsy: Efficiency of the Method from the Perspective of Cytological Assessment — an Experimental Study on Porcine Liver. *Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2025;8(4):86-95. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-4-86-95>

## Введение

Морфологическая верификация патологических процессов остаётся одним из наиболее значимых этапов современной онкологической диагностики. Несмотря на развитие молекулярных и визуализационных технологий, именно морфологическое исследование даёт окончательное подтверждение наличия и характера опухолевого роста, что определяет дальнейшую тактику лечения пациента [1, 2, 9].

Цитологическая диагностика традиционно занимает особое место среди морфологических методов благодаря своей минимальной инвазивности, доступности и скорости выполнения. При этом эффективность цитологического исследования напрямую зависит от качества получаемого материала, которое определяется не только профессионализмом врача, но и особенностями применяемого инструментария [1, 3, 10].

На сегодняшний день основным способом получения клеточного материала остаётся ТАБ. Её выполнение рекомендовано проводить под контролем инструментальных методов визуализации, в частности ультразвукового исследования (УЗИ), что позволяет точно позиционировать иглу и минимизировать риск осложнений. Использование визуализационного контроля стало стандартом при пункции печени, поджелудочной железы и лимфатических узлов, где требуется высокая точность и безопасность [3, 5, 9].

Одним из ключевых факторов, влияющих на результативность ТАБ, является выбор диаметра иглы. В практической цитологии наибольшее распространение получили иглы 20G и 22G, обеспечивающие оптимальное соотношение между травматичностью процедуры и достаточным объёмом получаемого клеточного материала. Иглы меньшего диаметра (25G и тоньше) применяются крайне редко, так как при их использовании количество аспирированных клеток, как правило, оказывается

недостаточным для постановки цитологического диагноза [1, 3, 10].

ТАБ отличается от трепан-биопсии тем, что направлена именно на получение цитологического материала — клеточных элементов, пригодных для морфологической и иммуноцитохимической оценки. В отличие от этого, методы вакуумной аспирации изначально разрабатывались для получения гистологического материала, то есть фрагментов ткани, сохраняющих архитектуру. Так, вакуумная система широко используется при проведении трепан-биопсии в маммологии и интервенционной радиологии, где требуется забор крупных тканевых цилиндров [6–8].

Однако до настоящего времени подобный принцип никогда не применялся при получении цитологических образцов. Использование отрицательного давления в цитологии традиционно ограничивалось стандартным шприцем, создающим небольшую силу аспирации, достаточную для втягивания клеток в просвет иглы, но не обеспечивающую контролируемую силу. Таким образом, потенциал применения вакуумной системы для цитологических исследований остаётся практически неизученным [6–8].

В качестве экспериментальной модели в данном исследовании использовалась печень свиньи, поскольку по своей анатомической структуре, плотности паренхимы и сосудистой организации она наиболее близка к человеческой печени. Использование этой модели позволяет объективно оценить технические характеристики пункционных инструментов и физические параметры аспирации в условиях, максимально приближенных к клиническим [5].

Особое внимание в исследовании уделено возможности применения игл малого диаметра при создании отрицательного давления вакуумом. Теоретически, использование вакуумной аспирации способно компенсировать ограниченный просвет иглы за счёт равномерного и устойчивого потока, втягивающего клетки в канал иглы. Это

открывает перспективу безопасного и малотравматичного получения цитологического материала даже с помощью игл 25G и менее [7, 8].

Таким образом, экспериментальное моделирование на печени свиньи позволяет оценить потенциал внедрения v-ТАБ в цитологическую практику, определить оптимальные параметры аспирации и подобрать диаметр иглы, обеспечивающий наилучшее соотношение между травматичностью процедуры и диагностической информативностью [5, 12, 13].

### Цель исследования

Экспериментально оценить эффективность и информативность v-ТАБ при получении цитологического материала из паренхиматозных тканей печени свиньи, определить возможность использования игл малого диаметра в условиях отрицательного давления и сравнить результаты с традиционной ТАБ.

### Материалы и методы

Экспериментальная часть исследования проводилась в условиях лаборатории на печени свиньи, которая является общепринятой моделью. Морфологическое строение, плотность паренхимы и архитектура сосудистого русла печени свиньи максимально приближены к аналогичным параметрам человеческой печени, что позволяет экстраполировать полученные результаты на клиническую практику. Исследование выполнялось в первые два часа после изъятия органа для сохранения естественной упругости и структуры ткани. Образцы печени фиксировались на плотном основании, обе-

спечивающем устойчивое положение органа во время пункции, с целью моделирования клинических условий, приближенных к проведению процедуры у пациента.

Для выполнения биопсий использовались иглы типа Chiba различного диаметра — 18G, 20G, 22G и 25G (рис. 1).

Устройство включает вакуумный компрессор, обеспечивающий создание отрицательного давления в диапазоне от  $-0,3$  до  $-0,8$  бар. Компрессор соединяется с металлической емкостью с помощью шлангов повышенной прочности, которое соединяется с шприцом посредством специального переходника. Управление устройством производится с помощью ножных педалей (рис. 2). Все компоненты выполнены из медицинских деталей, соответствующих требованиям ГОСТ Р 15.013-2016.

Выполнение v-ТАБ осуществляется следующим образом. Врач нажимает ножную педаль, активируя компрессор, в результате чего происходит разрежение в устройстве до необходимого уровня, отображаемого на вакуумметре. Затем под ультразвуковой навигацией выполняется проведение биопсии. После того, кончик иглы позиционируется в зоне интереса, врач нажимает вторую ножную педаль. В результате созданное отрицательное давление переходит из устройства в шприц и просвет иглы, приводящее к аспирации цитологического материала. По завершении биопсии нажимается третья ножная педаль, вызывающая повышение давления в шприце до давления окружающей среды, с целью сохранения цитологического материала в просвете иглы [10, 12].

Все манипуляции проводились с сохранением одинаковой глубины введения иглы, которая



Рис. 1. Экспериментальный образец печени свиньи и используемый инструментарий для исследования  
Fig. 1. Experimental porcine liver specimen and instruments used for the study

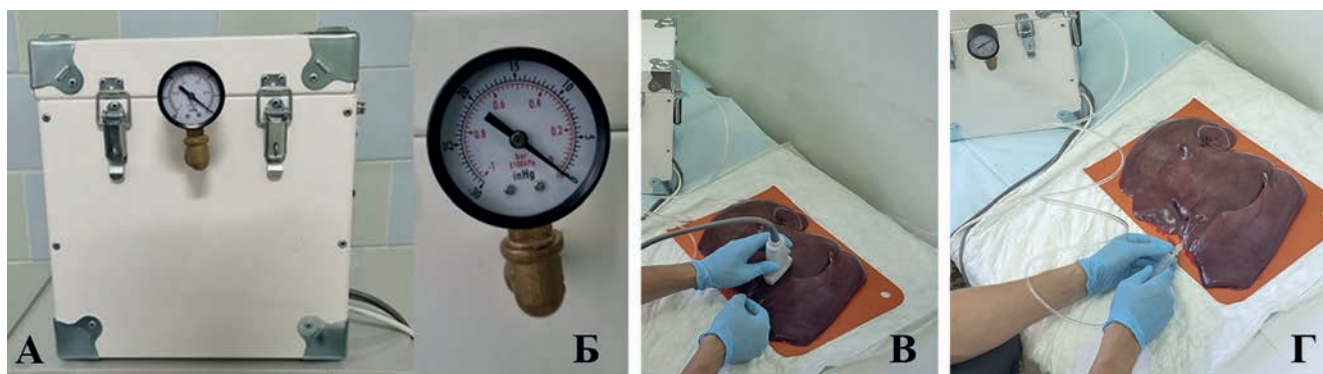


Рис. 2. Выполнение v-ТАБ: А — устройство для выполнения v — ТАБ, Б — вакуумметр для определения отрицательного давления, В — выполнение биопсии под УЗ-контролем, Г — подключение устройства к игле  
Fig. 2. Performing v-FNA: A — device for performing v-FNA, B — vacuum gauge for measuring negative pressure, C — biopsy performed under ultrasound guidance, D — connection of the device to the needle



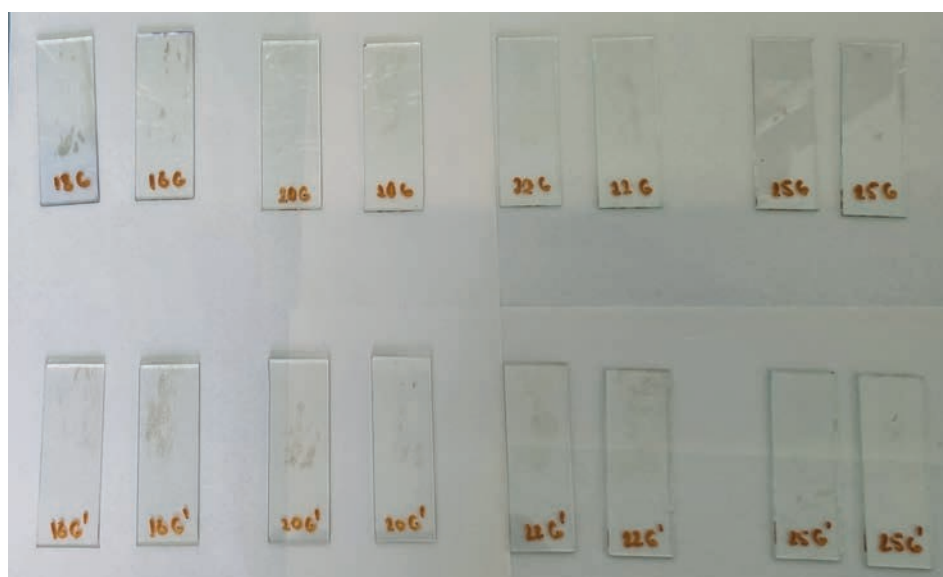
Рис. 3. Визуализация иглы в паренхиме печени: игла указана красной стрелкой  
Fig. 3. Visualization of the needle within the liver parenchyma: the needle is indicated by a red arrow

составляла около 2 см от поверхности капсулы органа. Для сравнения применялись два метода: традиционная ТАБ и v-ТАБ. В первом случае аспирация осуществлялась при помощи стандартного шприца LUER объемом 10 мл, создающего давление порядка -0,2 бар. Во втором варианте использовалось специально сконструированное устройство с подключенной вакуумной системой, позволяющее поддерживать стабильное отрицательное давление до -0,8 бар.

Во время каждой пункции проводился ультразвуковой контроль, обеспечивающий визуализацию движения иглы в толще паренхимы (рис. 3).

УЗ-навигация позволяла точно позиционировать кончик иглы, контролировать угол её погружения и исключать прохождение через сосуды или крупные желчные протоки. Для этого использовался линейный датчик с частотой 7,5 МГц, установленный параллельно плоскости введения инструмента (по длинной оси). Применение УЗ-контроля

Рис. 4. Нанесенный цитологический материал на маркированные предметные стекла: G — цитологический материал, полученный при ТАБ; G' — цитологический материал полученный при v-ТАБ  
Fig. 4. Cytological material applied to labeled glass slides: G — cytological material obtained by conventional FNA; G' — cytological material obtained by v-FNA



обеспечивало воспроизводимость процедуры, позволило минимизировать ошибку позиционирования и гарантировало забор материала из однородных участков паренхимы, что особенно важно для экспериментальной стандартизации.

После каждого прокола аспирированный материал наносился на предметные стекла посредством продувания иглы с помощью воздуха из шприца. На поверхности стекла материал распределялся другим стеклом, что позволяло получить равномерный тонкий слой клеточной массы (рис. 4).

Полученные мазки высушивались на воздухе в течение 10 минут при комнатной температуре, после чего окрашивались по методу Май–Грюнвальда. Этот метод был выбран из-за его способности сохранять чёткую морфологию клеток, обеспечивая хорошую дифференцировку цитоплазмы и ядерных структур.

Для игл каждого диаметра проводилось по две аспирации как традиционным, так и вакуумным методом. При этом фиксировались характеристики материала, такие как его количество, плотность клеточного слоя, равномерность распределения и наличие разрушенных клеток. Отдельно отмечалась возможность цитологической интерпретации мазка, что определялось качеством клеточной сохранности и степенью контаминации кровью.

Сравнение эффективности игл разных диаметров проводилось визуально. Все препараты анализировались при одинаковом увеличении микро-

скопа с использованием стандартных условий освещения. Таким образом, полученные результаты отражают реальное соотношение количества и качества клеточного материала, получаемого разными вариантами аспирации.

Особое внимание уделялось наблюдению за использованием игл малого диаметра — 22G и 25G. В ходе эксперимента было отмечено, что при использовании вакуумной аспирации даже иглы малого просвета обеспечивают втягивание достаточного количества клеточного материала, тогда как при традиционной ТАБ количество клеток часто оказывалось минимальным или вовсе отсутствовало. Это наблюдение позволило предположить, что применение отрицательного давления компенсирует ограниченный внутренний диаметр иглы и создаёт более равномерный поток, способствующий забору материала без разрушения клеточных структур.

Все полученные мазки оценивались двумя независимыми друг от друга специалистами-цитологами, что позволило исключить субъективную зависимость результата от индивидуальных интерпретаций.

## Результаты

Проведённое экспериментальное исследование позволило получить разносторонние данные о влиянии диаметра иглы и метода аспирации на количество, качество и морфологическую сохранность клеточного материала. Анализ полученных мазков

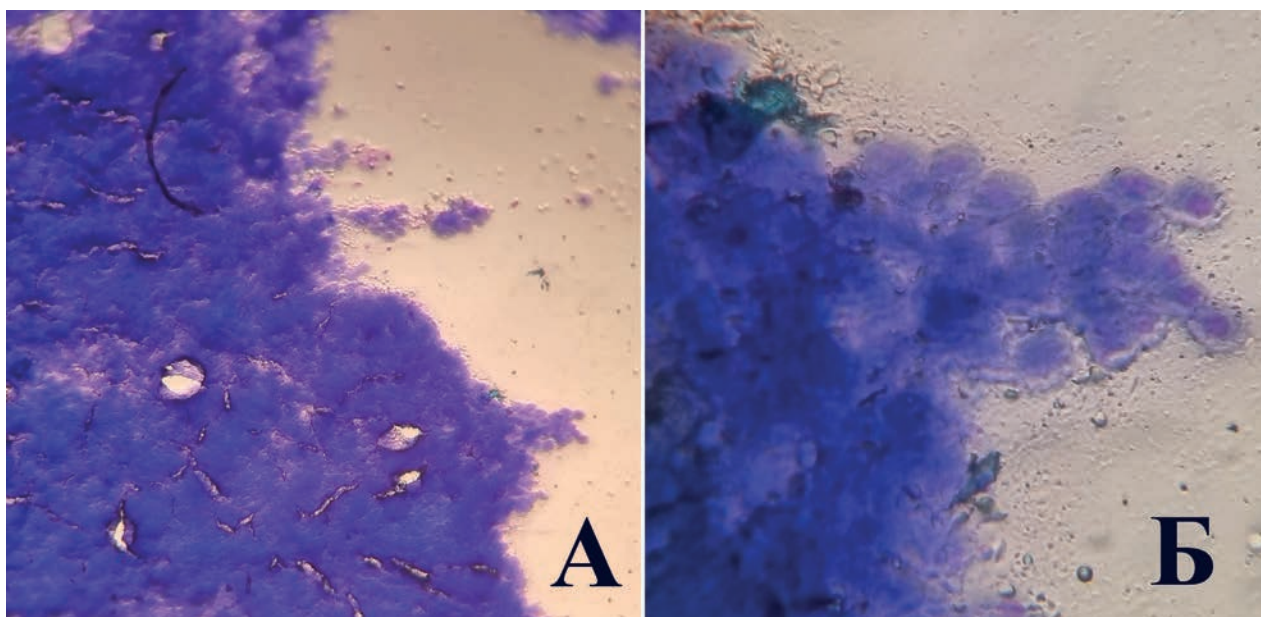


Рис. 5. Полученный цитологический материал при v-ТАБ с использованием иглы 18G, окраска по Май–Грюнвальда, увеличение А —  $\times 40$ , Б —  $\times 250$ : определяется выраженное наслоение клеточных структур

Fig. 5. Cytological material obtained by v-FNA using an 18G needle, May–Grünwald staining, magnification: A —  $\times 40$ , Б —  $\times 250$ . Pronounced layering of cellular structures is observed

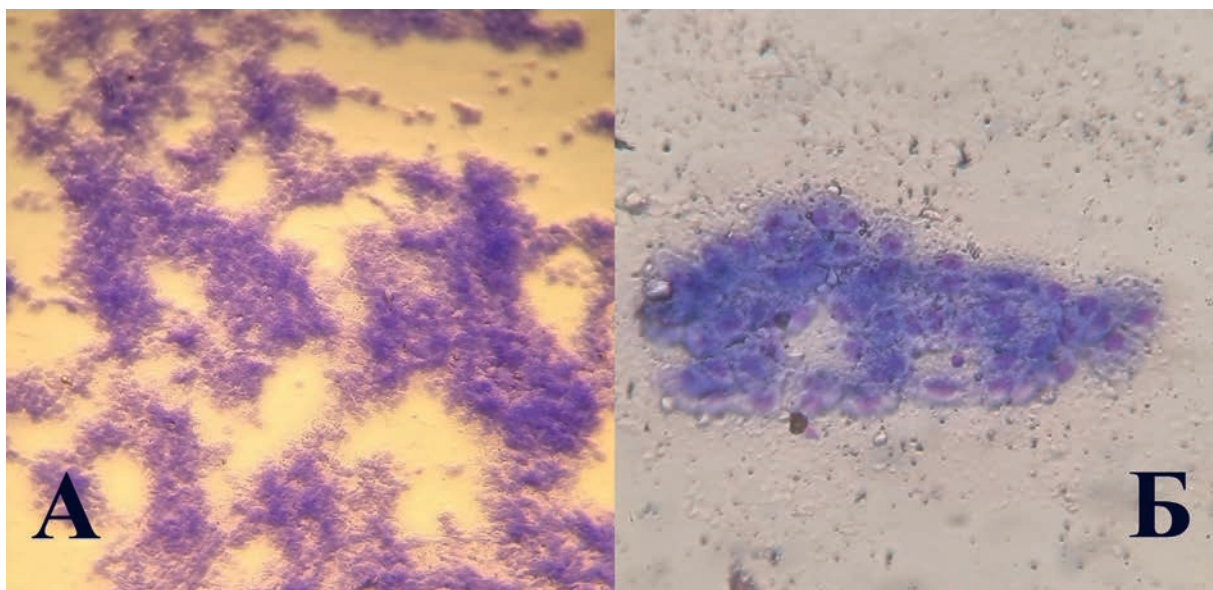


Рис. 6. Полученный цитологический материал при v-ТАБ с использованием иглы 22G, окраска по Май–Грюнвальда, увеличение А —  $\times 40$ , Б —  $\times 250$ : определяется оптимальное количество клеток

Fig. 6. Cytological material obtained by v-FNA using a 22G needle, May–Grünwald stain, magnification: A  $\times 40$ , B  $\times 250$ . An optimal number of cells is observed

показал выраженные различия между традиционной ТАБ и v-ТАБ, особенно при использовании игл малого диаметра.

Общая тенденция заключалась в том, что при традиционной аспирации объём и качество материала существенно зависели от диаметра иглы. При этом более толстые иглы (18G и 20G) обеспечивали получение большого количества клеточной массы, однако цитологические препараты характеризовались грубой структурой, выраженным наслаива-

нием клеток и трудностями при морфологической интерпретации (рис. 5).

В ряде случаев при работе иглой 18G наблюдалось повреждение клеток вследствие турбулентного потока и механической травмы в момент аспирации. Мазки из такого материала имели избыточную плотность клеточного слоя, в них отмечались признаки деструкции цитоплазмы и ядер, что снижало диагностическую ценность.

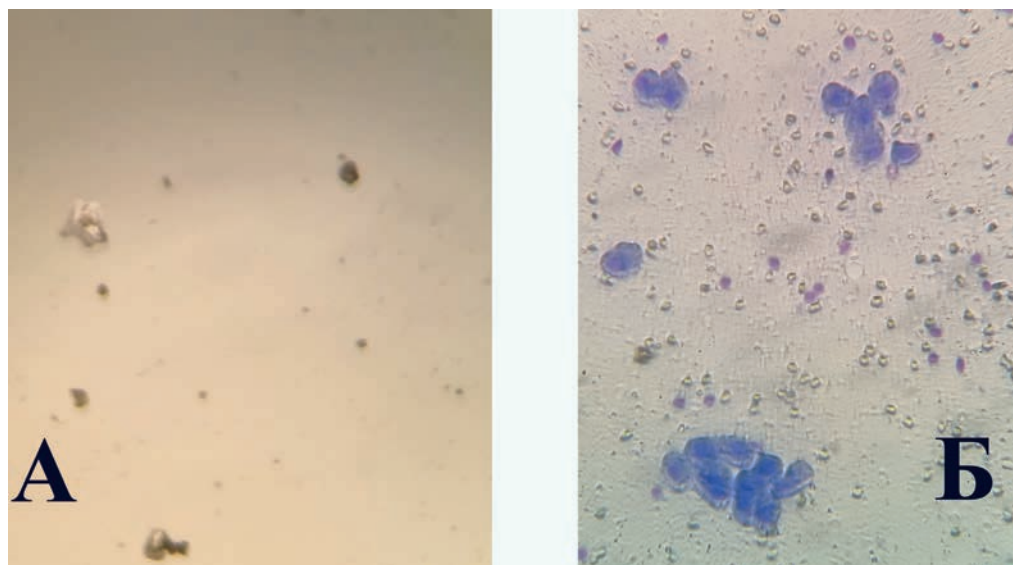


Рис. 7. Полученный цитологический материал при ТАБ (А) и v-ТАБ (Б), с использованием иглы 25G, окраска по Май–Грюнвальду, увеличение  $\times 250$ : при ТАБ (А) клеточный материал не определяется, при v-ТАБ (Б) определяются единичные группы клеток

Fig. 7. Cytological material obtained by FNA (A) and v-FNA (B) using a 25G needle, May–Grünwald stain, magnification  $\times 250$ . In FNA (A), no cellular material is detected; in v-FNA (B), isolated small groups of cells are detected

**Таблица 1. Сравнительные результаты ТАБ и v-ТАБ на свиной печени**  
**Table 1. Comparative results of conventional FNA and v-FNA on porcine liver**

Диаметр иглы	Метод	Количество клеточного материала	Характер материала	Возможность интерпретации
18G	ТАБ	Очень много	Наслаивание клеток, сгустки крови	Затруднена
18G	v-ТАБ	Очень много	Плотные скопления клеток	Затруднена
20G	ТАБ	Много	Неравномерное распределение	Ограничена
20G	v-ТАБ	Много	Более равномерный слой, умеренная сохранность	Ограничена
22G	ТАБ	Умеренное	Единичные клетки и фрагменты	Иногда возможно
22G	v-ТАБ	Умеренное	Группы клеток, хорошая сохранность	Диагностически ценно
25G	ТАБ	Нет клеток	—	Нет
25G	v-ТАБ	Единичные группы клеток	Хорошая сохранность, равномерный мазок	Ограничено возможно

Иглы диаметром 20G показали результаты, схожие с данными, полученными при использовании игл 18G. В обоих случаях — как при традиционной аспирации, так и при применении вакуумного отрицательного давления — отмечалось получение большого количества клеточного материала, сопровождавшегося выраженным наслаиванием клеток. Несмотря на то, что вакуумная аспирация несколько улучшала равномерность распределения клеток, диагностическая ценность таких препаратов оставалась низкой из-за избытка клеточной массы и трудностей морфологической оценки. Таким образом, иглы 18G и 20G продемонстрировали сопоставимые характеристики и не обеспечили значимого повышения информативности при переходе от традиционной ТАБ к v-ТАБ.

Наиболее выраженные положительные изменения отмечены при использовании игл 22G, которые в большинстве случаев обеспечивали получение оптимального количества клеток (рис. 6).

При традиционной ТАБ материал был ограниченным. При применении вакуумной аспирации объем клеточной массы увеличивался в среднем в 1,5–2 раза, а морфологическая сохранность клеток значительно улучшалась. Под микроскопом хорошо различались четкие контуры цитоплазмы, ядра сохраняли правильную форму и интенсивно окрашивались. Клетки образовывали плотные, но не сливающиеся группы, что свидетельствовало о достаточной информативности мазков.

Особое внимание уделялось анализу результатов при использовании иглы 25G, которая считается малоэффективной для цитологических исследований из-за узкого просвета. В настоящем эксперименте при традиционной аспирации этой иглой в большинстве случаев клеточный материал отсутствовал. Однако при применении v-ТАБ удалось получить принципиально иные результаты. Несмотря на малый внутренний диаметр, от-

рицательное давление обеспечивало стабильное вытягивание клеток в канал иглы. Это приводило к формированию тонких, но равномерных мазков, содержащих отдельные группы клеток с сохранённой морфологией (рис. 7).

Информативность материала, полученного иглой 25G при v-ТАБ, оценивалась как ограниченно диагностическая, что само по себе является значимым результатом. Впервые удалось показать, что при создании устойчивого отрицательного давления даже иглы минимального диаметра могут использоваться для цитологического исследования. Это открывает новые перспективы для проведения биопсий в анатомически труднодоступных или чувствительных областях, где применение более толстых игл нежелательно или противопоказано.

При сравнительном анализе качества мазков отмечалось, что при v-ТАБ наблюдалось более равномерное распределение клеток по поверхности стекла, меньшее количество разрушенных элементов и отсутствие массивных сгустков. Визуально мазки выглядели прозрачнее, с чётко выделяющимися клеточными группами. Особенно выраженное улучшение качества отмечалось при работе иглами 22G и 25G, где роль силы аспирации оказывалась решающей.

Сводные данные эксперимента представлены в табл. 1.

В целом результаты эксперимента показали, что вакуумная аспирация повышает качество и информативность цитологического материала при использовании игл малого диаметра, особенно в диапазоне 22–25G. Иглы 18G и 20G при обоих методах давали избыточное количество клеток и частое наслаивание, что затрудняло морфологическую интерпретацию. Оптимальным по соотношению количества и качества материала оказался диаметр 22G, тогда как при использовании 25G в сочетании с вакуумной аспирацией был достигнут ми-

нимально достаточный уровень диагностической информативности.

Таким образом, полученные результаты экспериментально подтверждают, что использование отрицательного давления при v-ТАБ обеспечивает более контролируемое и щадящее втягивание клеток в просвет иглы, повышая сохранность материала и создавая предпосылки для расширения диапазона применяемых инструментов, включая иглы малого диаметра.

## Обсуждение

Полученные результаты убедительно демонстрируют, что использование вакуумной аспирации при тонкоигольной биопсии оказывает выраженное положительное влияние на качество цитологического материала. Основным преимуществом метода v-ТАБ является возможность получения более равномерных и информативных мазков даже при применении игл малого диаметра. Эксперимент показал, что отрицательное давление позволяет стабилизировать поток аспирируемого материала, предотвращая разрушение клеток и обеспечивая контролируемое наполнение просвета иглы. Это особенно важно при работе с плотными паренхиматозными тканями, такими как печень, где традиционная аспирация зачастую сопровождается образованием кровяных сгустков и фрагментов некротического детрита.

В ходе эксперимента было установлено, что при традиционной ТАБ иглы диаметром 18G и 20G дают избыток клеточного материала, что снижает диагностическую ценность препаратов из-за наложения клеточных масс и неравномерного распределения. Игла 22G продемонстрировала оптимальное соотношение количества и сохранности клеток, а применение вакуумного отрицательного давления дополнительно улучшило морфологические характеристики мазков [1, 3]. Впервые показано, что даже игла 25G при v-ТАБ может обеспечивать получение ограниченного, но диагностически ценного материала. Этот факт особенно важен в контексте минимально инвазивных вмешательств и исследований у пациентов с высоким риском осложнений.

Сопоставление полученных данных с методами трепан-биопсии позволяет более полно оценить место v-ТАБ среди современных инвазивных диагностических технологий. Трепан-биопсия обеспечивает получение гистологического материала — тканевых цилиндров, сохраняющих архитектуру ткани, что делает её незаменимой при морфологической верификации злокачественных новообразований [6, 8]. Однако этот метод сопряжён с более высокой травматичностью и риском кровотечения,

что ограничивает его применение у ослабленных пациентов и при множественных поражениях [7, 8].

В отличие от трепан-биопсии, метод v-ТАБ направлен исключительно на забор клеточного материала, но при этом сочетает минимальную травматичность и высокую воспроизводимость процедуры. Вакуумная аспирация частично имитирует механические условия, создаваемые при вакуумной трепан-биопсии, обеспечивая более мощное втягивание клеточных структур в просвет иглы, но без повреждения окружающих тканей [6, 7]. По сути, v-ТАБ является промежуточным звеном между классической цитологической пункцией и гистологическим забором ткани — она сохраняет простоту и безопасность ТАБ, при этом повышая информативность и стабильность получаемого материала [3, 6, 7].

Важным преимуществом вакуумной системы является возможность контролируемого регулирования силы отрицательного давления, что позволяет адаптировать параметры аспирации под плотность исследуемой ткани. При плотных структурах (печень, поджелудочная железа) использование устойчивого давления –0,8 бар обеспечивает более полное втягивание клеток в просвет иглы без разрушения их цитоплазмы. Таким образом, при v-ТАБ можно получить более «чистый» и равномерный материал, пригодный для цитологического анализа и последующих иммуноцитохимических и молекулярных исследований [4, 10].

По сравнению с трепан-биопсией, которая требует относительно крупного диаметра иглы (14–18G) и часто сопровождается необходимостью гемостаза, v-ТАБ с использованием игл 22G и даже 25G практически исключает риск значимых осложнений [6, 7]. Особенно перспективным является её применение в ситуациях, когда проведение трепан-биопсии невозможно из-за анатомических ограничений, повышенной васкуляризации очага или выраженной сопутствующей патологии пациента [8, 9].

Следует отметить, что метод v-ТАБ не предназначен для получения гистологических цилиндров и не может полностью заменить трепан-биопсию при необходимости оценки архитектуры опухоли. Однако он способен значительно повысить информативность цитологической диагностики в случаях, где гистологическое исследование невозможно или нецелесообразно [2, 9]. В этом контексте v-ТАБ можно рассматривать как дополнение к трепан-биопсии, а не как альтернативу — метод, расширяющий возможности морфологической верификации при минимальном риске для пациента [4, 9, 10].

Особое значение имеет и то, что применение вакуумной аспирации при цитологическом заборе материала открывает путь к стандартизации процедуры. Использование контролируемого отрицательного давления позволяет воспроизводимо получать сходные по качеству препараты, что повышает объективность результатов. В отличие от классической ТАБ, где сила аспирации зависит от субъективных действий врача, в v-ТАБ этот параметр строго регулируется, что делает метод технически более надёжным и воспроизводимым.

Таким образом, результаты исследования демонстрируют, что вакуумная аспирация обладает потенциалом стать важным инструментом в цитологической диагностике. По своим характеристикам она приближается к трепан-биопсии по стабильности забора материала, но сохраняет минимальную инвазивность классической ТАБ. Применение v-ТАБ особенно перспективно при исследовании органов с плотной структурой и ограниченным доступом, где использование крупных игл нежелательно.

## Выводы

1. Вакуумная аспирация повышает информативность цитологических исследований, особенно при заборе материала из плотных паренхиматозных органов, таких как печень. Создание устойчивого отрицательного давления обеспечивает более равномерный поток клеточного материала и снижает вероятность его механического повреждения.

2. При сравнении различных диаметров игл установлено, что традиционные иглы 18G и 20G приводят к избыточному забору материала и затрудняют цитологическую интерпретацию из-за наложения клеточных масс и контаминации кровью. Оптимальными по количеству и качеству клеток оказались иглы 22G, особенно при использовании вакуумной аспирации.

3. Показано, что при v-ТАБ даже иглы малого диаметра 25G могут обеспечивать получение ограниченного, но диагностически ценного материала. Этот факт открывает возможность применения тончайших инструментов при пункции труднодоступных зон, где использование более крупных игл сопряжено с риском осложнений.

4. Сравнение метода v-ТАБ с трепан-биопсией показало, что вакуумная аспирация сочетает преимущества минимальной инвазивности с повышенной эффективностью забора клеточного материала. Несмотря на невозможность получения гистологического цилиндра, v-ТАБ способна стать важным дополнением к гистологическим методам и повы-

сить общую результативность морфологической диагностики.

5. Метод v-ТАБ технически прост, воспроизводим и безопасен, что делает её потенциально применимым в клинических условиях для цитологической диагностики опухолевых поражений глубокой и поверхностной локализации. Использование регулируемого отрицательного давления позволяет стандартизировать процедуру и уменьшить зависимость результата от индивидуальных навыков оператора.

6. Таким образом, вакуумная тонкоигольная аспирационная биопсия представляет собой перспективное направление развития цитологической диагностики, сочетающее минимальную травматичность с высокой информативностью. Полученные результаты экспериментального исследования создают основу для дальнейшего клинического применения метода и его валидации на различных органах и тканях [11, 12].

## Список литературы / References

1. Al-Abbad MA. Basics of cytology. *Avicenna J Med.* 2011;1(1):18-28. <https://doi.org/10.4103/2231-0770.83719>. PMID: 23923127.
2. Dhiman B, Kundu R, Mitra S et al. Hepatocellular carcinoma: Morphological spectrum and subtyping as per the World Health Organization classification on FNA biopsy with cell block samples. *Cancer Cytopathol.* 2025;133(4):e70009. <https://doi.org/10.1002/cncy.70009>. PMID: 40045688.
3. Гейер М., Домански Х.А. Прицельная тонкоигольная аспирационная биопсия. В кн.: Тонкоигольная аспирационная биопсия. Цитологический атлас. — 2024. — С. 59. Geijer M, Domanski HA. Targeted fine-needle aspiration biopsy. In: *Fine-Needle Aspiration Biopsy. Cytological Atlas.* 2024. p.59. (In Russ.)
4. Tian F, Liu D, Wei N, et al. Prediction of tumor origin in cancers of unknown primary origin with cytology-based deep learning. *Nat Med.* 2024;30(6):1309-19. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-02915-w>. PMID: 38945312.
5. Suzuki R, Shin D, Richards-Kortum R, Coghlan L, Bhutani MS. In vivo cytological observation of liver and spleen using a high-resolution microendoscopy system under endoscopic ultrasound guidance: A preliminary study using a swine model. *Endosc Ultrasound.* 2016;5(4):239-42. <https://doi.org/10.4103/2303-9027.187867>. PMID: 27503155; PMCID: PMC4989404.
6. Бусько Е.А., Мортада В.В., Криворотко П.В. и др. Новообразования молочной железы с неопределённым потенциалом злокачественности (B3): опыт применения вакуум-ассистированной биопсии под ультразвуковой навигацией. *Лучевая диагностика и терапия.* 2022;13(3):43-50. Busko EA, Mortada VV, Krivorotko PV et al. Breast neoplasms with uncertain malignant potential (B3): Experience of vacuum-assisted biopsy under ultrasound guidance. *Radiation Diagnostics and Therapy.* 2022;13(3):43-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-43-50>.
7. Леванов А.В., Марущак Е.А., Сидоров А.О. и др. Вакуумная аспирационная биопсия: эволюция метода, профилакти-

- ка геморрагических осложнений. *Амбулаторная хирургия.* 2024;21(2):142-52.
- Levanov AV, Marushchak EA, Sidorov AO et al. Vacuum aspiration biopsy: Evolution of the method and prevention of hemorrhagic complications. *Ambulatory Surgery.* 2024;21(2):142-52. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.21518/akh2024-021>.
8. Максимов К.В., Петрова Н.А., Иванова Л.В., и др. Сравнение промежуточных результатов эффективности мультифокальной биопсии и вакуум-аспирационной биопсии молочной железы в оценке патоморфологического ответа у больных раком молочной железы после неoadъювантной терапии. *Вопросы онкологии.* 2023;69(6):1057-64.  
Maksimov KV, Petrova NA, Ivanova LV, et al. Comparison of intermediate results of multifocal and vacuum-assisted biopsy of the breast in evaluating the pathomorphological response after neoadjuvant chemotherapy. *Problems in Oncology.* 2023;69(6):1057-64. (In Russ.)
9. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Рак печени (гепатоцеллюлярный): клинические рекомендации. 2025. [Электронный ресурс]. URL: [https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/1\\_4](https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/1_4) (дата обращения: 09.07.2025).  
Ministry of Health of the Russian Federation. Hepatocellular carcinoma: Clinical guidelines. 2025. Available from: [https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/1\\_4](https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/1_4). (In Russ.)
10. Сметанина С.В. Особенности дифференциальной цитологической диагностики первичных и метастатических карцином печени. *Клиническая лабораторная диагностика.* 2021;66(6):364-70.  
Smetanina SV. Specific features of differential cytological diagnosis of primary and metastatic liver carcinomas. *Clinical Laboratory Diagnostics.* 2021;66(6):364-70. (In Russ.)
11. Тагиль А.О., Борсуков А.В. Патент № 2757525 С1 Российская Федерация, МПК А61В 10/02. Устройство для осуществления вакуумной тонкоигльной аспирационной биопсии под ультразвуковым визуальным контролем: №2020137115; заявл. 10.11.2020; опубл. 18.10.2021. Заявитель: ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. EDN SOHRZP.  
Tagil AO, Borsukov AV. Device for performing vacuum fine-needle aspiration biopsy under ultrasound guidance. Patent RF №2757525 C1. 2021. (In Russ.)
12. Тагиль А.О., Борсуков А.В. Патент № 2770783 С1 Российская Федерация, МПК А61В 10/02. Способ увеличения количества тканевого и цитологического материала при вакуумной аспирационной биопсии: №2021123965; заявл. 11.08.2021; опубл. 21.04.2022. Заявитель: ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. EDN DUEOGZ.  
Tagil AO, Borsukov AV. Method for increasing the amount of tissue and cytological material during vacuum aspiration biopsy. Patent RF №2770783 C1. 2022. (In Russ.)

#### Вклад авторов

Статья подготовлена с равным участием авторов.

#### Authors' contributions

Article was prepared with equal participation of the authors.

#### Information about the authors

Anton O. Tagil, <https://orcid.org/0000-0001-6400-8405>  
Aleksey V. Borsukov, <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>  
Kseniya S. Maksimova, <https://orcid.org/0009-0004-8481-2141>  
Viktoria A. Vorobyova, <https://orcid.org/0009-0006-8187-0893>

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.  
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета не требовалось.  
Информированное согласие. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию данных.

Тип статьи: Оригинальная статья.

Поступила: 04.10.2025.

Принята к публикации: 15.11.2025.

Опубликована online: 26.12.2025.

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interests. Not declared.

Ethical compliance. Ethical committee approval was not necessary.

Informed consent. The patients signed informed consent for the publication of the data.

Article type: Original article.

Received: 04.10.2025.

Accepted for publication: 15.11.2025.

Published online: 26.12.2025.