



PERSPECTIVE

Open Access



Clinical utilization of bronchoscopy in the ICU: indications, complications, and perspectives

Daniela Cuéllar-Mendoza^{1†}, Orlando R. Pérez-Nieto^{2†} , Gabriela A. Bautista-Aguilar³, David A. Trejo-Osornio⁴,
Carlos A. Zamorano-León⁵, Ernesto Deloya-Tomas², Jesús Salvador Sánchez-Díaz⁶  and
Marian Elizabeth Phinder-Puente^{7*} 

Клиническое применение бронхоскопии в отделении интенсивной терапии: показания, осложнения и перспективы

*Перевод А.А. Науменко
Южно-Сахалинск
2025 год*



1. Введение

Бронхоскопия стала важнейшим инструментом в отделении интенсивной терапии, часто выступая в качестве процедуры выбора для оценки патологии верхних и нижних дыхательных путей. У пациентов в сознании гибкая бронхоскопия считается низко рискованной манипуляцией. Однако у пациентов в критическом состоянии, особенно находящихся на ИВЛ с ограниченной переносимостью гипоксемии, профиль риска значительно меняется в сторону увеличения. Ключевыми аспектами процедуры являются поддержание стратегий защиты легких и контроль гемодинамической нестабильности [1,2].

2. Изменения вентиляции во время бронхоскопии у пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких

У пациентов, находящихся на ИВЛ, бронхоскопия вызывает частичную обструкцию дыхательных путей, увеличивая сопротивление воздушному потоку, пиковое давление вдоха и ПДКВ, одновременно снижая дыхательный объем [3].

Учитывая, что сопротивление воздушному потоку обратно пропорционально четвертой степени радиуса дыхательных путей, даже небольшое уменьшение диаметра приводит к значительному увеличению сопротивления.

3. Бронхоскопы, используемые в отделении интенсивной терапии

Бронхоскопия у интубированных пациентов уменьшает эффективный просвет эндотрахеальной трубки (ЭТТ). Хотя бронхоскоп занимает всего 10% площади поперечного сечения трахеи взрослого человека, он может занимать до 66% просвета ЭТТ, в зависимости от размера трубки. Например, бронхоскоп диаметром 5,7 мм заполняет 40% ЭТТ диаметром 9 мм, 51% ЭТТ диаметром 8 мм и 66% ЭТТ диаметром 7 мм [4].

В идеале внутренний диаметр ЭТТ должен превышать внешний диаметр бронхоскопа на 2–3 мм. Несоблюдение этого требования может привести к ухудшению вентиляции и повреждению устройства.

Lindholm et al. отметили, что введение бронхоскопа может повысить ПДКВ на 18–35 см вод. ст. выше исходного значения. Несмотря на стабильный дыхательный объем (V_t), пиковое инспираторное давление варьируется от 28



до 80 см H₂O. Снижение ПДКВ при бронхоскопии и ограничение аспирации снижали интратрахеальное давление и минимизировали ухудшение оксигенации. Непрерывная аспирация в течение 15 секунд уменьшала выдыхаемый дыхательный объём (V_{te}), снижала PaO₂ до 30 мм рт. ст. и повышала PaCO₂, увеличивая риск гипоксемии [3].

Эксперименты показали минимальные изменения с трубками диаметром 9 Fr, в то время как трубки диаметром 8 Fr повышали давление в дыхательных путях и снижали V_t до 90 мл. При использовании трубок диаметром 7 мм инспираторное давление достигало 50 см H₂O, ПДКВ увеличивалось до 16 см H₂O, а V_{te} становился неизмеримым во время аспирации [3].

4. Использование ларингеальной маски при гибкой бронхоскопии

Ларингеальная маска (ЛМ) особенно полезна при бронхоскопии, поскольку обеспечивает прямой доступ к голосовой щели и трахеобронхиальному дереву без ущерба для вентиляции. Она применялась при нарушениях проходимости дыхательных путей, биопсии голосовых связок, чрескожной трахеостомии, операциях на щитовидной железе и диагностической бронхоскопии. В отличие от эндотрахеальных трубок (ЭТТ), ЛМ имеет больший внутренний диаметр, что снижает сопротивление потоку газа и облегчает дыхание. В исследовании, проведенном J. Brimacombe et al, ЛМ сравнивалась с ЭТТ, и было обнаружено, что ЛМ оказывает меньшее сопротивление потоку воздуха и может вместить бронхоскоп большего размера, чем ЭТТ [5].

5. Соотношение PaO₂/FiO₂ во время гибкой бронхоскопии

Соотношение PaO₂/FiO₂ (доля вдыхаемого кислорода) является ключевым маркером оксигенации при проведении бронхоскопии. Бронхоальвеолярный лаваж (БАЛ) 0,9% физиологическим раствором разбавляет сурфактант, что ухудшает альвеолярную вентиляцию и снижает оксигенацию. Соотношение PaO₂/FiO₂ может снижаться до 86% независимо от объема БАЛ.

Избегайте проведения бронхоскопии и БАЛ у пациентов с PaO₂ <75 мм рт. ст., PaO₂/FiO₂ <150 или насыщением кислородом (SpO₂) <90 %, несмотря на дополнительный кислород [6].

В серии из 110 случаев бронхоскопия продолжительностью до одного часа не выявила существенных краткосрочных изменений оксигенации [7].

6. Показания к проведению бронхоскопии в ОИТ



6.1. Диагностические показания

Бронхоскопия помогает диагностировать пневмонию (бактериальную, грибковую или вирусную), необъяснимые рентгенологические инфильтраты и аспирацию инородного тела. Она полезна при наличии кровянистой мокроты для локализации кровотечения, при посттравматическом состоянии – для оценки повреждения дыхательных путей, а также при ожогах – для оценки ингаляционного поражения. Бронхоскопия помогает оценить обструкцию дыхательных путей, как доброкачественную, так и злокачественную [1,2,5-7].

6.2. Терапевтические показания

Бронхоскопия позволяет удалить инородные тела, слизистые пробки и очистить опухоль. Она облегчает установку стента, расширение бронхов и остановку кровотечения с помощью эндобронхиальных блокаторов, криотерапии или аргонплазменной коагуляции [1,2,6,7].

6.3. Противопоказания к проведению гибкой бронхоскопии в ОИТ

Следует избегать применения бронхоскопии у пациентов с некорректируемой гипоксемией ($PaO_2 < 75$ мм рт. ст., $PaO_2/FiO_2 < 150$ или $SpO_2 < 90\%$ на кислороде). Кроме того, бронхоскопия противопоказана при остром коронарном синдроме, тяжёлой гемодинамической нестабильности и остановке сердца или дыхания [6].

6.4. Осложнения

При выполнении квалифицированными специалистами частота осложнений низкая (0,08–0,15%) и смертность (0,01–0,04%) [1,2,6].

6.4.1. Осложнения, связанные с седацией и анестезией

К ним относятся угнетение дыхания, аритмии, обмороки, ларингоспазм и гипотония. Доза лидокаина, наиболее распространённого местного анестетика, не должна превышать 8,2 мг/кг во избежание токсичности.

6.4.2. Осложнения, связанные с процедурой

К ним относятся носовое кровотечение, инфекция, лихорадка, бронхоспазм, аритмии и гипоксемия. Аритмии часто возникают вследствие гипоксемии и симпатической стимуляции, проявляясь изменениями сегмента ST и зубца T (4%) или преходящей блокадой правой ножки пучка Гиса (3%).

Профилактические меры включают в себя подачу дополнительного кислорода и сокращение времени процедуры. У пациентов в критическом



состоянии PaO_2 может снизиться на 30–60 мм рт. ст. и оставаться низким до 2 часов после процедуры.

6.4.3. Осложнения, связанные с вспомогательными методами

Во время биопсии или прижигания может возникнуть значительное кровотечение (>50 мл), особенно у пациентов с тромбоцитопенией (тромбоциты $<50 \times 10^9$). Пневмоторакс встречается у 7–14% пациентов, находящихся на ИВЛ и проходящих трансбронхиальную биопсию, что позволяет некоторым авторам считать ИВЛ относительным противопоказанием. Процедуры следует проводить под визуальным контролем, а состояние пациентов после биопсии должно контролироваться.

Бактериемия встречается редко и обычно обусловлена транслокацией бактерий или эндотоксинов. Профилактическое применение антибиотиков при эндокардите, как правило, не рекомендуется [8,9].

7. Заключение

Бронхоскопия остаётся важнейшим диагностическим и терапевтическим инструментом в отделениях интенсивной терапии, особенно для пациентов, находящихся на ИВЛ. Тщательный мониторинг гемодинамических и респираторных параметров крайне важен, поскольку даже незначительные физиологические изменения могут существенно повлиять на результаты лечения.

8. Мнение автора о применении бронхоскопии в отделении интенсивной терапии

Бронхоскопия остаётся краеугольным камнем в отделении интенсивной терапии, обеспечивая как диагностическую, так и лечебную пользу пациентам в критическом состоянии. Однако её применение требует тщательного учёта индивидуальных особенностей пациента и рисков, связанных с процедурой, особенно у пациентов, находящихся на ИВЛ.

1. Отбор пациентов и стратификация риска:

Решение о проведении бронхоскопии должно приниматься сугубо индивидуально. Физиологические пороги, такие как соотношение $PaO_2/FiO_2 >150$, стабильная гемодинамика и адекватное насыщение крови кислородом, имеют решающее значение для обеспечения безопасности. Стандартизированный подход к отбору кандидатов может помочь снизить риск осложнений и улучшить результаты.

2. Взаимодействие с искусственной вентиляцией легких:



Бронхоскопия значительно изменяет динамику вентиляции. Такие факторы, как размер бронхоскопа, диаметр эндотрахеальной трубки и режим ИВЛ, необходимо тщательно корректировать, чтобы минимизировать риск баротравмы, гиповентиляции и гипоксемии. Настоятельно рекомендуется использовать методы защиты лёгких во время процедуры, включая временную коррекцию ПДКВ и ограничение аспирации.

3. Баланс диагностической ценности и клинического риска:

Хотя такие процедуры, как БАЛ, предоставляют ценную диагностическую информацию, особенно в случаях пневмонии или необъяснимых инфильтратов, они могут ухудшить оксигенацию у уже нестабильных пациентов. В отдельных случаях могут быть рассмотрены неинвазивные альтернативы, такие как УЗИ лёгких или слепое взятие проб, чтобы избежать ненужного ухудшения физиологических показателей.

4. Протоколы обучения и безопасности:

Бронхоскопию в отделении интенсивной терапии должны проводить опытные специалисты, следуя четким протоколам процедуры. Внедрение структурированных контрольных списков безопасности, предложенных в нашей работе, может повысить последовательность процедур, минимизировать ошибки и гарантировать благоприятные исходы для пациентов.

5. Новые технологии:

Недавние достижения, включая одноразовые бронхоскопы, ультратонкие эндоскопы и интеграцию с визуализацией в реальном времени (например, эндобронхиальным ультразвуком или электромагнитной навигацией), расширили возможности бронхоскопии в отделениях интенсивной терапии. Эти инновации не только повышают точность диагностики, но и повышают безопасность процедуры, особенно у пациентов из группы высокого риска или с ослабленным иммунитетом.

Подводя итог, можно сказать, что бронхоскопия остаётся незаменимым инструментом в отделении интенсивной терапии при разумном применении. Её успех зависит от правильного отбора пациентов, планирования процедуры, мониторинга в режиме реального времени и постоянного обучения персонала.

На **Рисунке 1** представлен контрольный список мер безопасности, который следует использовать во время гибкой бронхоскопии, в котором подробно описаны основные этапы и рекомендации, которым необходимо следовать на протяжении всей процедуры.



Рисунок 1. Контрольный список безопасности при проведении гибкой бронхоскопии.

Библиография доступна в оригинальной англоязычной версии данной статьи по адресу:

Cuéllar-Mendoza et al.

Anesthesiology and Perioperative Science (2025) 3:28

<https://doi.org/10.1007/s44254-025-00108-3>