



DOI: 10.31636/prmd.v7i2.3

## Дезінфекція та стерилізація ендоскопічного обладнання: сучасні виклики та стандарти безпеки

Пашинський В. О., Радьога Я. В.

КНП Вінницька обласна клінічна лікарня ім. Пирогова Вінницької обласної ради

**Резюме.** Ендоскопічні методи діагностики та лікування є критично важливими в сучасній медицині. В той же час їх використання несе ризик передачі інфекцій, особливо через недостатню обробку інструментів. У статті представлено аналіз сучасних підходів до дезінфекції та стерилізації ендоскопів, використання класифікації Сполдінга, використання деяких новітніх технологій.

**Ключові слова:** ендоскопія, дезінфекція, стерилізація, класифікація Сполдінга, нозокоміальні інфекції, надоцтова кислота.

### Актуальність

Ендоскопія є невід'ємною частиною сучасної медицини, особливо в діагностиці та лікуванні гастроентерологічних, пульмонологічних та хірургічних захворювань. Однак ризик передачі інфекцій через недостатню обробку ендоскопічного обладнання є глобальною проблемою.

#### 1. Зростання частоти ендоскопічних процедур.

У всьому світі кількість ендоскопічних втручань зростає на 7–10% щорічно, оскільки вони забезпечують мінімально інвазивний підхід до лікування. При цьому кожна процедура несе потенційний ризик передачі інфекцій, якщо обладнання не пройшло належну дезінфекцію.

- 2. Статистика інфекцій.** Згідно з даними CDC, нозокоміальні інфекції, пов'язані з ендоскопічними процедурами, трапляються у 0,01–0,1% випадків, але кожен із них може призвести до серйозних ускладнень або летального результату. Погано оброблені дуоденоскопи, наприклад, були джерелом кількох спалахів мультирезистентних інфекцій у Європі та США.
- 3. Складність конструкції ендоскопів.** Сучасні ендоскопи мають складну конструкцію з вузькими каналами, які важко очистити. Залишкові забруднення, такі як біологічний матеріал або мікроорганізми, можуть залишатися навіть після стандартної обробки.

4. **Проблеми біоплівки.** Біоплівки, що утворюються в каналах ендоскопів, є ще однією суттєвою проблемою. Вони стійкі до дезінфекції та можуть містити патогени, здатні виживати в агресивних умовах.
5. **Економічні втрати.** Недостатня обробка ендоскопів може призвести до економічних втрат через необхідність повторної обробки, заміни обладнання або лікування інфекцій, які могли б бути попереджені. За оцінками, кожен спалах інфекцій через погану обробку коштує лікарням сотні тисяч доларів.
6. **Рекомендації міжнародних організацій.** Організації, такі як ESGE, ASGE і WHO, постійно вдосконалюють стандарти обробки ендоскопів, рекомендуючи інтеграцію новітніх технологій, таких як автоматизовані репроцесори, UV-C-системи та течошукачі.
7. **Нові виклики:**
  - **Пандемія COVID-19** підкреслила важливість дезінфекції ендоскопів, оскільки віруси здатні виживати на поверхнях обладнання.
  - **Антимікробна резистентність** вимагає ефективніших методів стерилізації, оскільки звичайні засоби можуть бути недостатніми для знищення супербактерій.

Таким чином, питання належної обробки ендоскопів є не лише питанням медичної безпеки, але й важливим елементом стратегій боротьби з інфекціями та забезпечення ефективної роботи медичних установ.

## Мета дослідження

Дослідити сучасні методи дезінфекції та стерилізації ендоскопічного обладнання, визначити ефективність новітніх технологій, а також оцінити їх вплив на зниження нозокоміальних інфекцій.

## Матеріали та методи

1. **Аналіз існуючих стандартів дезінфекції та стерилізації.** Огляд сучасної класифікації інструментів за Сполдінгом та їх відповідність процесам дезінфекції та стерилізації.
2. **Аналіз основних сучасних технологій дезінфекції та стерилізації: бороскопи, глутаровий альдегід, УФ-обробка (UV-C), надоцтова кислота.**

## Результати та обговорення

Глутаровий альдегід був одним із найпоширеніших засобів дезінфекції в минулому. Він вимагав тривалого часу дії (до 45 хвилин) і мав серйозні недоліки: токсичність для персоналу, подразнення слизових оболонок і шкіри, ризик залишкових слідів на обладнанні. Спиртові розчини використовувалися як альтернатива, однак через високу леткість і недостатню активність щодо складних патогенів їх застосування було обмеженим. **Безперечним позитивним моментом при використанні надоцтової кислоти є те, що вона знищує близько 99,99% патогенів протягом 5 хвилин, екологічно безпечна і підходить для термолабільних матеріалів. Використання бороскопів дозволяє візуально перевіряти канали ендоскопів на наявність залишкових забруднень і пошкоджень, що є важливим моментом, позаяк у 58% ендоскопів, оброблених згідно з HLD-протоколами, були виявлені залишкові забруднення. Бороскопи також виявляють мікротріщини, подряпини та інші дефекти. Важливе місце займає правильне зберігання ендоскопів, що є запорукою запобігання росту і розмноженню мікроорганізмів. Для адекватної сушки та правильного зберігання ендоскопів рекомендується використовувати спеціальні шафи з вентиляцією, які забезпечують стерильне повітря, а також перевіряти відсутність залишкової вологи перед зберіганням. Наступним кроком є перевірка на герметичність, яка дозволяє виявляти пошкодження зовнішнього покриття та внутрішніх компонентів. За рекомендаціями ESGE в особливих клінічних ситуаціях, таких як обробка імунокомпрометованих пацієнтів, доречним вважається використання одноразових ендоскопів для мінімізації ризику інфікування.**

## Висновки

3. Використання бороскопів підвищує якість перевірки ендоскопів, знижуючи ризик перехресної контамінації.
4. Надоцтова кислота є найефективнішим засобом для HLD.
5. Правильне зберігання та перевірка герметичності ендоскопів є важливими етапами для підтримки їх безпечного використання.
6. УФ-обробка є перспективною технологією для покращення дезінфекції, однак потребує комбінованого підходу.

## Еволюція методів дезінфекції та роль класифікації Сполдінга

Класифікація Сполдінга, запропонована в 1968 році, визначає три категорії медичних інструментів залежно від ризику інфікування пацієнта:

- Критичні: інструменти, які контактують зі стерильними тканинами або кров'ю (вимагають стерилізації).
- Напівкритичні: контактують зі слизовими оболонками (потребують високого рівня дезінфекції).
- Некритичні: контактують лише зі шкірою (низький рівень дезінфекції).

Сучасні дослідження підкреслюють необхідність оновлення класифікації для напівкритичних пристроїв, таких як ендоскопи. Наприклад, дуоденоскопи, які контактують з жовчними протоками, мають піддаватися стерилізації, а не лише проходити хоч і високорівневу, але дезінфекцію.

Серед новітніх підходів виділяють:

- Використання **бороскопів** для внутрішнього огляду каналів ендоскопів. Дослідження 2018 року виявило залишкове забруднення у 58% повністю оброблених ендоскопів, підкресливши тим самим необхідність покращення технологій моніторингу.
- **Інтеграція штучного інтелекту (ШІ)** для аналізу пошкоджень у каналах ендоскопів, що покращує якість контролю обробки.
- Перехід до **низькотемпературної стерилізації** для складних пристроїв, таких як бронхоскопи.

**Все більшої популярності** для дезінфекції ендоскопічних інструментів **набирає** UV-C-обробка. Нові системи, такі як UV Smart D60, використовують ультрафіолетове випромінювання для знищення патогенів, що можуть залишатися на поверхні ендоскопа. UV-C-обробка ефективно знищує більшість патогенів, у тому числі бактерії та віруси, менш ніж за 1 хвилину. Проте її ефективність обмежується при обробці внутрішніх каналів, де можуть залишатися мікроби. Даний метод краще використовувати в комплексі з іншими.

Автоматизовані системи репроцесії, такі як AER (Automated Endoscope Reprocessor), забезпечують стандартизовані цикли очищення. Включення таких систем, як UV Smart D60, дозволяє знижувати час дезінфекції без компромісів щодо ефективності.

## Активність та переваги використання надощтової кислоти

Історія дезінфекції медичного обладнання пройшла значний шлях від використання хімічних засобів з досить високим рівнем токсичності до сучасних екологічно безпечних технологій. Так, одним із перших дезінфектантів був **глутаровий альдегід**. Його використання вимагало тривалого часу експозиції (до 45 хвилин) і мало серйозні недоліки: токсичність для персоналу, подразнення слизових оболонок і шкіри, а також ризик залишкових слідів на обладнанні. **Спиртові розчини** використовувалися як альтернатива, але через високу леткість і недостатню антимікробну активність для складних патогенів вони поступово втратили актуальність.

Впровадження надощтової кислоти продемонструвало високу ефективність протимікробної дії, в тому числі проти вірусів та споруутворюючих бактерій. Крім того, вона екологічно безпечна і не вимагає спеціального обладнання для вентиляції.

**High-level disinfection (HLD)** — це процес обробки медичних інструментів, який забезпечує знищення більшості патогенних мікроорганізмів, за винятком стійких до дезінфекції спор бактерій. Цей процес потужніший, ніж стандартна дезінфекція, але не досягає рівня стерилізації.

### Основні характеристики HLD:

- Знищує більшість патогенів, у тому числі бактерій та грибів.
- Використовуються хімічні дезінфектанти, такі як глутаровий альдегід, надощтова кислота або пероксид водню.
- Зазвичай застосовується для напівкритичних інструментів, таких як ендоскопи, які контактують зі слизовими оболонками.

Недоліком застосування є відсутність впливу на спори бактерій, тому для інструментів, що контактують зі стерильними тканинами (наприклад, під час хірургічних втручань), HLD недостатньо.

## Стерилізація

Стерилізація — це процес повного знищення всіх мікроорганізмів, у тому числі споруутворюючих бактерій, що є найстійкішими до дезінфекції. Для досягнення стерилізації використовуються такі методи:

- **Парова стерилізація** (автоклавування) — застосування пари під високим тиском.
- **Газова стерилізація** — використання газів, таких як етилен оксид або перекис водню.
- **Низькотемпературна стерилізація** — для термолабільного обладнання.

#### **Основні відмінності між HLD і стерилізацією:**

- Стерилізація, на відміну від HLD, повністю знищує всі мікроорганізми, в тому числі й спори.
- HLD застосовується для напівкритичного інструментарію, тоді як стерилізація потрібна для критичних інструментів, які контактують із стерильними тканинами.
- Стерилізація зазвичай вимагає жорсткіших умов, таких як високі температури або газові стерилізатори.

**Отже, на сьогодні існує оптимальний стандарт обробки інтервенційних ендоскопів, що включає кілька ключових етапів:**

- 1. Попереднє очищення** безпосередньо після процедури для видалення залишків біоматеріалу.
- 2. Механізоване очищення** за допомогою автоматизованих систем. Застосування надоцтової кислоти, яка використовується в сучасних репроцесорах, забезпечує високий рівень знезараження навіть при низьких температурах (20–30°C).

- 3. Стерилізація** для знищення стійких форм мікроорганізмів, таких як спори бактерій.

## **References**

1. Bardossy A, Novosad S, Perkins K, et al. Bronchoscope-Related Outbreaks and Pseudo-Outbreaks: CDC Consultations—United States, 2014–2019. *Infect Control Hosp Epidemiol* [Internet]. 2020;41(S1):s144-s144. Available from: <http://dx.doi.org/10.1017/ice.2020.660>
2. Ofstead CL, Quick MR, Wetzler HP, et al. Effectiveness of Reprocessing for Flexible Bronchoscopes. *Chest* [Internet]. 2018;154(5):1024-1034. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chest.2018.04.045>
3. Wendt C, Kampf B. Evidence-based spectrum of antimicrobial activity for disinfection of bronchoscopes. *J Hosp Infect* [Internet]. 2008;70 Suppl 1:60-68. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-6701\(08\)60014-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-6701(08)60014-6)
4. Günther F, Dapper L, Stuck B, Hoch S. UV-C Light-Based Surface Disinfection: Analysis of Its Virucidal Efficacy Using a Bacteriophage Model. *Int. J. Environ. Res. Public Health* [Internet]. 2022;19(6):3246. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19063246>
5. Rutala WA, Weber DJ. "Disinfection and Sterilization: An Overview". *Am J Infect Control*. 2019;47(S3):A3-A9. doi:10.1016/j.ajic.2019.05.021 Фейк є ось така схожа стаття: Rutala WA, Weber DJ. Disinfection, sterilization, and anti-sepsis: Principles, practices, current issues, new research, and new technologies. *American Journal of Infection Control* [Internet]. 2019 Jun;47:A1–2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2019.03.035>

## Disinfection and sterilization of endoscopic equipment: modern challenges and safety standards

Pashynskiy V. O., Radeha Y. V.

Vinnitsia Pirogov Regional Clinical Hospital

**Abstract.** Endoscopic methods of diagnosis and treatment are critically important in modern medicine. At the same time, their use carries the risk of transmitting infections, especially due to insufficient processing of instruments. The article presents an analysis of modern approaches to disinfection and sterilization of endoscopes, the use of Spaulding's classification, the use of some new technologies.

**Key words:** endoscopy, disinfection, sterilization, Spaulding's classification, nosocomial infections, peracetic acid.

**Background.** Endoscopy is an essential part of modern medicine, especially in diagnosing and treating gastroenterological, pulmonological, and surgical conditions. However, the risk of infection transmission due to inadequate processing of endoscopic equipment remains a global issue.

**1. Growth in the frequency of endoscopic procedures.** The worldwide number of endoscopic interventions is growing annually by 7–10%, providing a minimally invasive treatment approach. Each procedure carries a potential infection transmission risk if the equipment is not properly disinfected.

**2. Infection statistics.** According to the CDC, healthcare-associated infections linked to endoscopic procedures occur in 0.01–0.1% of cases. Poorly processed duodenoscopes, for instance, have been the source of several outbreaks of multidrug-resistant infections in Europe and the USA.

**3. Complex design of endoscopes.** Modern endoscopes feature complex structures with narrow channels that are difficult to clean. Residual contaminants, such as biological materials or microorganisms, may remain even after standard cleaning procedures.

**4. Biofilm challenges.** Biofilms that form in endoscope channels represent another significant problem. They are resistant to disinfection and may harbor pathogens capable of surviving in harsh conditions.

**5. Economic losses.** Insufficient cleaning can lead to financial losses from repeated reprocessing, equipment replacement, or treating preventable infections. Each infection outbreak due to inadequate cleaning costs hospitals hundreds of thousands of dollars.

**6. Recommendations from international organizations.** Organizations such as ESGE, ASGE, and WHO continually refine endoscope reprocessing standards, recommending advanced technologies like automated reproducers, UV-C systems, and leakage testers.

### 7. New challenges:

- The COVID-19 pandemic highlighted the importance of disinfecting endoscopes, as viruses can survive on equipment surfaces.
- Antimicrobial resistance requires more effective sterilization methods, as standard products may fail against superbugs.

**Objective.** To explore modern methods of endoscope disinfection and sterilization, evaluate the effectiveness of advanced technologies, and assess their impact on reducing healthcare-associated infections.

### Materials and Methods:

**1. Analysis of current disinfection and sterilization standards.** A review of modern classifications of instruments based on Spaulding's criteria and their compatibility with disinfection and sterilization processes.

### 2. Analysis of advanced disinfection and sterilization technologies:

- Borescopes
- Glutaraldehyde
- UV-C treatment
- Peracetic acid.

### Results and Discussion

Glutaraldehyde was one of the most widely used disinfectants in the past. It required prolonged exposure times (up to 45 minutes) and posed significant risks, including toxicity to personnel, irritation to mucous membranes and skin, and residual traces on equipment. Alcohol-based solutions were used as an alternative but proved ineffective against complex pathogens due to their volatility.

Peracetic acid effectively eliminates approximately 99.99% of pathogens within 5 minutes, is environmentally safe, and is suitable for heat-sensitive materials.

Dorescopes allow visual inspection of endoscope channels for residual contamination and damage, an essential step as 58% of endoscopes processed under HLD protocols showed residual contamination.

Proper storage of endoscopes prevents the growth and multiplication of microorganisms. Specialized ventilated cabinets are recommended to ensure sterile air circulation and eliminate residual moisture before storage.

Leakage testing helps detect damage to external coatings and internal components.

In special clinical situations, such as managing immunocompromised patients, ESGE recommends using single-use endoscopes to minimize infection risks.

### Conclusions:

1. The use of borescopes improves endoscope inspection quality, reducing cross-contamination risks.
2. Peracetic acid is the most effective agent for high-level disinfection (HLD).
3. Proper storage and leakage testing of endoscopes are critical to maintaining safe use.
4. UV-C treatment is a promising disinfection technology but requires a combined approach.