

십이지장경 연관 감염: 문헌고찰 및 업데이트

을지대학교 의과대학 을지병원 내과

오일환 · 손병관

Duodenoscope-Associated Infections: A Literature Review and Update

Il Hwan Oh, Byoung Kwan Son

Department of Internal Medicine, Eulji Hospital, Eulji University College of Medicine, Seoul, Korea

A duodenoscope is complex instrument with an elevator and an elevator wire channel which are difficult to access and not readily amenable to cleaning and disinfection. Lapses in endoscope reprocessing have been regarded as a major cause of duodenoscope-associated transmission of infection. However, recent outbreaks of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae or other multidrug-resistant organisms have emerged in spite of proper adherence to the manufacturer's reprocessing instructions. It is the time to reestablish reprocessing protocol appropriate for duodenoscope and revise a new design of duodenoscope that makes reprocessing easier in order to prevent cross-transmission of infection by duodenoscope. This manuscript reviews current state of duodenoscope-associated infections, recent measures from the United States government agencies and its limitations, and future strategies to prevent duodenoscope-associated infections.

Korean J Pancreas Biliary Tract 2018;23(4):145-149

Received Jul. 8, 2018

Revised Jul. 31, 2018

Accepted Aug. 17, 2018

Corresponding author : Byoung Kwan Son

Division of Gastroenterology, Department of Internal Medicine, Eulji Hospital, Eulji University College of Medicine, 68 Hangeulbiseok-ro, Nowon-gu, Seoul 01830, Korea

Tel. +82-2-970-8209 Fax. +82-2-970-8621

E-mail: sbk1026@eulji.ac.kr

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9299-5476

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2018 by The Korean Journal of Pancreas and Biliary Tract

Keywords: Duodenoscope, Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae, Multidrug-resistant, Infection

서론

소화관 내시경은 내시경기와 부속 기구를 인체 내로 삽입하여 점막과 접촉하고 조직을 채취하는 등의 과정이 수반되므로 내시경 표면이나 채널 내부, 부속 기구들에 묻어 있는 분비물이나 혈액 등을 통하여 여러 감염 전파의 우려가 잠재하여 있다. 이러한 감염 전파의 우려를 없애기 위하여 우리나라는 물론 세계 여러 나라에서는 효과적인 내시경 세척 및 소독 지침을 마련하여 내시경 재처리(endoscope reprocessing)에 관심을 기울이고 있다. 미국 및 유럽, 일본 등 주요 국가에서 제정된 내시경 재처리 지침은 거의 대동소이하며

지침에 맞게 내시경 재처리 과정을 시행할 경우 내시경을 통한 감염 전파의 우려는 거의 없는 것으로 알려져 있다. 하지만 대부분의 내시경 재처리 지침은 위, 대장 내시경 같은 직시경을 중심으로 제정되어 있어 보다 복잡하고 특수한 구조를 가진 십이지장경(duodenoscope)에서는 세척 및 소독이 불충분할 수 있기 때문에 감염 전파의 우려가 상대적으로 높을 수 밖에 없다.¹ 실제 최근 유럽과 특히 미국 여러 주에서 십이지장경을 이용하여 내시경 역행 담췌관 조영술(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)을 시행 받은 환자들 사이에 카바페넴 내성 장내세균(Carbapenem Resistant Enterobacteriaceae, CRE) 감염 발병(outbreak)이

확인되었고, 이 중 수십 명의 환자들이 내시경 시술 후 감염된 다제내성균(multidrug-resistant organisms, MDRO)에 의하여 사망한 것으로 추정되어 십이지장경 연관 감염에 대한 관심이 고조되었다. 이 논고에서는 최근 사회적 문제로 대두되었던 십이지장경과 연관된 감염 사례들과 감염 전파 방지를 위하여 취해진 관련 조치들에 대하여 검토하고 현실적인 대처방안에 대해서 고찰하고자 한다.

본 론

1. 십이지장경의 구조적 문제에서 기인한 내시경 감염 전파

내시경을 통한 감염 전파는 환자 내부에 집락을 이루던 미생물이 내시경 시술에 의해서 환자의 혈액이나 장기로 들어가서 발생하는 내인성(endogenous) 감염과 내시경 시술 과정에서 미생물로 오염된 내시경을 통해서 다른 환자에게 감염이 전파되는 외인성(exogenous) 교차 전염(cross-transmission)이 있다.² 오염된 십이지장경을 통한 감염 발병은 외인성 교차 전염으로 이러한 감염을 막기 위해서 철저한 내시경 전세척과 세척은 물론 높은 수준의 소독(high-level disinfection, HLD)이 요구된다.³ 일반적인 내시경 감염의 추정 발생률은 내시경 1,000만 건당 1건 정도로 드물지만⁴ 내시경을 통한 MDRO 전염은 2010년 이후 5년 동안 170명 이상으로 급격히 증가하고 있다.² 내시경 감염 전파의 원인은 대부분 불충분한 내시경의 재처리 때문에 발생하는 것으로 알려져 왔다.⁵

십이지장경은 위 내시경이나 대장 내시경 같은 직시경과 달리 선단부에 겹자올림 장치(elevator)와 겹자올림 와이어 채널(elevator wire channel) 같은 복잡한 구조를 가지고 있다. 이런 특수한 구조로 인하여 내시경 세척시 미세한 틈새들까지 세척용 솔이 닿지 않게 되어 체액 또는 유기 물질들이 남아 있을 가능성이 높고, 심지어 HLD 과정 후에도 환자의 체액이나 혈액, 유기물이나 세균이 잔류할 수 있다.⁶ 특히 개방형 또는 밀봉되지 않은 겹자올림 와이어 채널을 갖는 과거의 내시경 모델은 환자의 오염된 분비물이 들어갈 수 있어 세균 오염이 더 잘 발생할 우려가 있다. 십이지장경의 이러한 특수 구조는 직시경에 준한 내시경 재처리 과정만으로는 세척 및 소독이 더 취약할 뿐만 아니라 오염 물질이나 미생물 등이 잔류할 수 있어 십이지장경 감염 전파의 주요 원인으로 여겨진다.

2. 십이지장경 연관 감염 상황

십이지장경을 통하여 전파된 MDRO는 “superbug”로 불리우며 CRE, 반코마이신내성장구균(Vancomycin-resistant Enterococci), 다제내성녹농균(Multidrug-resistant *Pseudomonas Aeruginosa*) 등이 있다. 이 중에 CRE는 장내세균으로 광범위 베타락탐 항생제인 카바페넴에 저항하여 거의 모든 항생제에 내성을 가지고 있고 항생제 내성을 다른 세균에게 전파할 수 있으며 혈류 CRE 감염 시에는 사망률이 50%에 이른다고 알려져 있다.

십이지장경에 의한 MDRO (특히, CRE) 발병에 대한 관심은 세계적으로 2015년 전후 크게 부각되었지만, 실제 그 이전에도 여러 차례 산발적인 보고가 있었다.^{7,8} 한 연구는 미국 플로리다에 있는 병원에서 2008년 6월과 2009년 1월 사이에 ERCP를 받은 7명의 환자에게 carbapenem resistant *Klebsiella pneumoniae*가 발생하였다고 보고하였고, 그 원인은 불충분한 세척에 따른 십이지장경의 오염 때문이었다고 발표하였다.⁸ 처음에 미국에서 보고된 ERCP 연관 CRE 감염이 흔치 않은데도 불충분한 내시경 재처리 과정으로 인한 감염의 문제였기에 매스컴의 큰 관심을 받았다. 이 당시만 해도 십이지장경을 통한 MDRO 발병 예방을 위해서는 소독 가이드라인의 철저한 준수와 폐쇄형 채널(close-channel)과 같은 십이지장경 선단부 구조 개선으로 충분한 해결책이 될 것으로 평가하였다. 그러나 십이지장경 구조 개선과 함께 제조사의 표준 지침에 따라 십이지장경 세척 및 소독을 시행하였음에도 불구하고 ERCP 시술과 관련된 CRE 발병 사례들은 이후에도 지속적으로 보고되었다.⁹⁻¹¹ 2016년 1월 미국 상원 위원회 보고에 따르면,¹² 4개의 다른 나라와 미국 10개 주에 있는 병원에서 ERCP와 관련되어 CRE를 포함한 MDRO 발병이 25건 발생하였고 최소 250명의 환자들이 감염되었는데, 이때 사용한 십이지장경은 모두 폐쇄형 채널 형태의 내시경이었다. 이런 십이지장경 연관 감염 사고는 역학 연구 조사 및 보고서 작성 중에도 추가적으로 발생하였는데, 가용할 정보의 부족으로 보고 건수에 포함되지 않았다고 설명하고 있어 실제 훨씬 더 많은 감염 사고가 있었음을 추정할 수 있다.

소독 지침대로 내시경 재처리 과정을 시행함에도 불구하고 2% 이상에서는 균막(biofilm) 등에 의해서 세균 오염이 발생할 수 있다고 알려져 있어⁶ 직시경과 달리 특수한 구조를 가진 십이지장경의 경우 직시경 재처리 과정에 준한 내시경 세척 및 소독 가이드라인 준수만으로는 MDRO의 발병 예방에 역부족일 수 있다는 문제가 제기되었다. 이런 문제들이 계속

보고되면서 십이지장경 세척 및 소독에 적합한 소독 가이드라인의 재정립과 함께 내시경 세척 및 소독이 용이할 만한 보다 실질적이고 효과적인 십이지장경 선단부 디자인의 개선 필요성이 꾸준히 제기되었다.

3. 십이지장경 연관 감염 방지를 위한 조치와 한계

수년간 미국의 여러 의료기관에서 초유의 심각한 십이지장경 감염 사태가 발생하였지만 십이지장경 관련 감염 전파 예방에 대한 표준접근법이 없었기 때문에 보건의료기관마다 이런 감염 사고에 대한 대처는 다양하였다. 일부 의료기관에서는 감염이 의심되는 십이지장경으로 검사를 받은 모든 환자들에게 미생물 배양 검사를 제공하였고, 몇몇 의료기관에서는 내시경 세척 및 소독 가이드라인에 따라 재처리 과정을 시행한 내시경을 ethylene oxide (ETO) 소독을 추가 시행하여 감염 전파를 막으려는 노력을 기울였다. 여러 의료기관에서는 HLD 과정을 재정비하고 겐자올림 장치와 그 주변에 대하여 브러시를 이용하여 손으로 세척, 청소하는 과정을 강화하는 조치를 취하였다.

십이지장경 감염 사고의 사회적 파장이 커짐에 따라 미국의 질병관리본부(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)와 미국 식품의약국(the U.S. Food and Drug Administration, FDA)은 십이지장경 연관 감염 전파 위험성을 줄이기 위하여 여러 의료기관에서 제시한 조치 외에도 다발적으로 발생하는 십이지장경 연관 감염 사고에 대응하여 추가적인 조치를 발표하였다.^{13,14}

CDC는 십이지장경 재처리 후에 CDC에서 제시하는 규정에 맞는 배양 검사 및 격리(culture and quarantine)를 시행하여 십이지장경으로 인한 감염을 조기에 감지하기 위한 ‘interim protocol’을 제시하였다.¹³ CDC의 조치는 십이지장경 재처리 과정 후 미생물 배양 검사를 강화하여 감염 전파 사고를 막고자 하는 임시적인 조치였다. 최근 연구에서 지속적인 배양 검사 및 격리의 방법을 통해서 내시경 재처리 후 배양 검사에서 MDRO가 양성인 나오는 HLD 결함을 1.9%에서 0.277%까지 줄였다는 보고가 있다.¹⁵ 하지만 균 배양 검사 양성인 감염력과 충분한 상관관계가 없기 때문에 임상적 지표로 이용하기에는 불명확하고 검사의 민감도가 높지 않아 균 배양 검사가 음성 이더라도 십이지장경의 오염의 가능성을 완전히 배제할 수 없다는 문제가 있다.¹⁶ CDC 프로토콜 시행에 적지 않은 시간과 비용이 들었고, 세척 과정 후 내시경에 잔류 오염 물질을 검출하는 방법으로 비 배양 방법을 취하였는데 이는 세균의

농도와 상관관계를 입증하기는 부족하였다. 또한 균 배양의 결과가 음성으로 나올 때까지 십이지장경을 사용하지 않도록 하는 방법만을 제시하고 있어서 결국 원활한 시술 일정을 맞추기 위해서는 십이지장경의 추가 구매가 필요하고, 균 배양 검사 결과 양성으로 나올 경우 이에 대한 뚜렷한 해결책을 제시하지 못해서 적극적인 대처가 미흡하다는 한계가 있다. 이런 이유 등으로 ‘culture and hold approach’ 방법을 제시한 CDC의 조치는 미국 내에서 널리 채택되지 못하였다.

FDA는 2015년 초에 7가지 권고안을 발표한 이후 그 해 8월 FDA safety communication에 십이지장경 재처리 강화를 위해서 추가 조치를 발표하였다.¹⁴ 이는 크게 네 가지 방법으로 재처리 과정 후 배양 검사를 하거나 반복적인 HLD를 시행하고, 과초산(peracetic acid)과 같은 액성 화학성분의 고수준 소독액을 사용하며, ETO 가스 소독을 시행하도록 권고하였다. 하지만 강화된 FDA 조치도 십이지장경 감염 전파를 막기 위한 단기적인 대안이 될 수 있을 뿐 장기적이고 완벽한 해결책이 되기 어려운 한계를 가지고 있다.¹⁷ 재처리 과정 후 시행하는 배양 검사는 CDC 조치와 비슷하게 근거 자료 부족과 검사에 필요한 시간과 비용 문제 때문에 널리 채택되기 어렵다는 현실적인 문제가 있다. FDA 조치대로 최소 두 차례 이상 여러 번 HLD를 시행하면 이론적으로는 미생물을 더 많이 없앨 수는 있겠지만, 최근의 감염 사고를 보았을 때 HLD의 반복만으로는 MDRO 감염 전파를 완전히 방지하기는 불충분하다는 것을 알 수 있다.¹⁸ 과초산 같은 액성 화학성분의 소독액은 현재 국내에서도 내시경 자동 세척 소독에 이용되고 있지만 실제 FDA에서 권고한 사항을 따르려면 새로운 특정 회사 제품 SYSTEM 1E® (STERIS Corporation, Mentor, OH)의 특수한 자동 세척기(automated endoscope reprocessor, AER)만을 이용해야 하며 일반적인 내시경 소독에 비하여 훨씬 길게 소독해야 하므로 미국 내에서도 실효성에 문제가 제기되었다. 해당 AER은 현재 우리나라에 수입되지도 않은 제품이라 FDA 조치를 이행하는 것은 현실적으로 어렵다. 마지막으로 제시한 ETO 소독은 오염된 십이지장경에서 MDRO를 제거하였다는 보고가 있지만,⁹ 효과적인 멸균을 보장할 수 있는지에 대한 자료는 아직 불충분하다. ETO 가스 소독의 가장 큰 문제는 독성 및 발암성과 인화성이 있어 사용에 많은 제한이 따른다는 것이다. 또한 모든 의료기관에서 ETO 장비가 구비된 것이 아니기 때문에 십이지장경 소독 방법으로 일반화하기 어렵고 반복 소독시 내시경 손상이 초래될 수 있다는 치명적인 단점을 가지고 있다.¹⁹

4. 우리나라에 적합한 대처 방법의 고찰

우리나라에서는 십이지장경 연관 MDRO 발병이 현재까지 보고되지 않았지만 담도계 감염 환자를 주로 시술하는 치료 내시경의 특성과 직시경 재처리 눈높이로 제시된 국내의 내시경 세척 및 소독 지침 등을 고려하여 보았을 때 최근 미국을 중심으로 대두되었던 십이지장경 감염 사고는 외국의 문제만이 아니라 국내에서도 발생할 가능성이 충분히 있다. FDA에서 권고안이 발표된 직후에 대한체담도학회에서는 국내에서 십이지장 연관 감염 발병 사고가 발생하지 않도록 이를 예방하기 위한 7가지 권고사항을 학회 회원들에게 공지하였다.

국내 의료환경과 의료기관의 여건 등을 고려하여 보았을 때 CDC와 FDA가 제시한 사항은 국내에 그대로 적용하기에는 어려움이 많다. 십이지장경 연관 감염 사고를 예방하기 위해서는 FDA에서 발표한 조치와 학회의 노력이 한계가 있겠지만, 현재로서는 관련 조치 중 수용할 만한 권고사항을 선별하여 준수하는 것이 현실적인 대책이 될 수 있을 것이다.

우리나라의 내시경 세척 및 소독 지침에는 미생물 배양 검사를 권고하고 있지 않지만, 정기적으로 십이지장경 미생물 배양 검사를 실시하여 내시경 오염 실태를 모니터링할 필요가 있다. 특히 MDRO에 감염된 환자에게 시술한 십이지장경은 반드시 재사용 전에 미생물 배양 검사를 시행하여 내시경 오염을 확인하려는 노력이 필요하다. MDRO와 같은 고위험 미생물 감염이 확인된 십이지장경은 ETO 가스 소독 등 적극적인 조치를 취하여 십이지장경을 통한 감염 전파를 방지해야 한다. 내시경 시술 전에 MDRO 감염 환자를 선별하기 위하여 직장도말법(rectal swab) 같은 미생물 검사를 시행해서 감염 여부를 확인한 후 내시경 시술 시행을 결정하거나, 소극적인 방법이지만 MDRO에 감염된 환자의 경우 내시경 시술을 피하는 방법도 고려해야 할 것이다.

장기적인 해결책으로 십이지장경 겸자올림 와이어 채널의 재설계 및 일회용 선단부 또는 십이지장경 발명과 새로운 소독 방법의 개발 등이 거론될 수는 있으나 아직은 실현 가능성이 요원하다.¹⁷ 이러한 상황에서 십이지장경 감염 사고 이후 세척 및 소독이 보다 간편하고 효과적일 수 있도록 개선된 새로운 모델의 내시경 개발은 관심을 받을 수밖에 없다. 최근 HOYA Corporation PENTAX (Tokyo, Japan)에서 겸자올림 장치와 더불어 선단부가 일회용으로 교체 가능한 십이지장경(ED34 i10T2)을 선보여 십이지장경 선단부의 불충분한 세척 및 소독의 위험성을 훨씬 낮출 수 있을 것으로 기대된다. 지금까지 진행된 임상

시험에서 기존 십이지장경의 기능과 효과 면에서 유사하고 기기 안정성도 우수하다고 알려져 있어 십이지장경을 통한 감염을 예방할 수 있는 대체 내시경으로 고려하여 볼만하다.

결론

최근 ERCP 시술 후 MDRO 전파에 의한 사망 사고의 발생은 십이지장경 재처리 과정에 대하여 경각심을 불러 일으켰고 국제적인 관심과 함께 감염 방지를 위한 새로운 규정이나 조치가 생겨났다. 항생제 오남용, MDRO 발병의 증가, 매년 ERCP 시술 건수 증가, 십이지장경에 특화된 내시경 재처리 지침의 부재 등을 고려하였을 때 국내에서도 십이지장경을 통한 잠재적인 감염의 위험성은 늘 존재하기 때문에 십이지장경 연관 감염 전파 사고가 발생하지 않도록 적극적인 대처가 필요하다.

십이지장경은 위 내시경이나 대장 내시경과 달리 복잡하고 특수한 구조를 가지고 있어 현재의 내시경 소독 지침을 준수한다 하더라도 감염 전파의 원인이 될 수 있는 분비물이나 혈액 등이 잔류할 가능성이 있다. 십이지장경 연관 감염 전파 사고를 예방하기 위해서는 십이지장경의 세척 및 소독이 효과적으로 이루어질 수 있도록 십이지장경 재처리에 적합한 소독 지침으로 업데이트 하거나 복잡한 선단부의 재처리가 불필요한 새롭게 개선된 십이지장경 사용을 고려할 필요가 있다.

현실적인 방안으로 십이지장경 세척과 소독에 대하여 보다 철저한 질관리와 함께 정기적으로 십이지장경 미생물 배양 검사를 시행하여 시술 후 감염 감사가 잘 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다. 또한 내시경 시술 전에 여러 항생제 내성균에 감염된 환자를 확인할 수 있는 선별 검사를 시행하거나 감염이 확인된 환자에서는 내시경 시술을 피하고 다른 치료법을 선택하는 방법도 고려하여야 할 것이다.

요약

십이지장경은 선단부에 겸자올림 장치와 겸자올림 와이어 채널 같은 복잡한 구조를 가지고 있기 때문에 세척과 소독에 어려움이 많다. 이러한 이유로 십이지장경에 의한 교차 전염의 주된 원인은 불충분한 내시경 재처리로 인식되어 왔다. 그러나 최근 십이지장경을 통한 카바페넴 내성 장내세균 및 다른 다제내성균 교차전염은 적절한 십이지장경 재처리를 준수

하였는데도 불구하고 발병하였다. 따라서 현재는 십이지장경에 적합한 재처리 지침을 재정립하여야 하고 십이지장경 재처리를 좀 더 용이하게 하기 위하여 선단부의 디자인을 개선해야 할 시점일 것이다. 본고는 십이지장경 연관 감염에 대한 현 상황과 외국의 대처방안 및 한계에 대해서 검토하고 십이지장경 연관 감염을 방지하기 위한 향후 대처방안에 대해서 논하고자 한다.

국문 색인: 십이지장경, 카바페넴 내성 장내세균, 다제내성, 감염

Conflicts of Interest

The authors have no conflicts to disclose.

REFERENCES

- Ha J, Son BK. Current issues in duodenoscope-associated infections: now is the time to take action. *Clin Endosc* 2015;48:361-363.
- Kovaleva J. Infectious complications in gastrointestinal endoscopy and their prevention. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2016;30:689-704.
- ASGE Quality Assurance in Endoscopy Committee, Petersen BT, Chennat J, et al. Multisociety guideline on reprocessing flexible gastrointestinal endoscopes: 2011. *Gastrointest Endosc* 2011;73:1075-1084.
- Nelson DB. Infectious disease complications of GI endoscopy: part II, exogenous infections. *Gastrointest Endosc* 2003;57:695-711.
- Seoane-Vazquez E, Rodriguez-Monguio R, Visaria J, Carlson A. Endoscopy-related infections and toxic reactions: an international comparison. *Endoscopy* 2007;39:742-746.
- Ross AS, Baliga C, Verma P, Duchin J, Gluck M. A quarantine process for the resolution of duodenoscope-associated transmission of multidrug-resistant *Escherichia coli*. *Gastrointest Endosc* 2015;82:477-483.
- Aumeran C, Poincloux L, Souweine B, et al. Multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* outbreak after endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Endoscopy* 2010;42:895-899.
- Alrabaa SF, Nguyen P, Sanderson R, et al. Early identification and control of carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae*, originating from contaminated endoscopic equipment. *Am J Infect Control* 2013;41:562-564.
- Epstein L, Hunter JC, Arwady MA, et al. New Delhi metallo- β -lactamase-producing carbapenem-resistant *Escherichia coli* associated with exposure to duodenoscopes. *JAMA* 2014;312:1447-1455.
- Wendorf KA, Kay M, Baliga C, et al. Endoscopic retrograde cholangiopancreatography-associated AmpC *Escherichia coli* outbreak. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2015;36:634-642.
- US Food and Drug Administration. Effective reprocessing of endoscopes used in endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) procedures [Internet]. US Food and Drug Administration; 2015 Feb 17. Available from: <http://regulatorydoctor.us/wp-content/uploads/2015/07/Effective-Reprocessing-of-Endoscopes-Used-in-ERCP.pdf>.
- US Senate. Senate health, education, labor and pensions committee & minority staff report: preventable tragedies: superbugs and how ineffective monitoring of medical device safety fails patients [Internet]. US Senate; 2016 Jan 13. Available from: <http://www.help.senate.gov/imo/media/doc/Duodenoscope%20Investigation%20FINAL%20Report.pdf>.
- Centers for Disease Control and Prevention. Interim protocol for healthcare facilities regarding surveillance for bacterial contamination of duodenoscopes after reprocessing [Internet]. CDC; 2015 Mar 11 [updated 2015 Apr 3]. Available from: <http://www.cdc.gov/hai/organisms/cre/cre-duodenoscope-surveillance-protocol.html>.
- US Food and Drug Administration. Supplemental measures to enhance duodenoscope reprocessing: FDA safety communication [Internet]. US Food and Drug Administration; 2015 Aug 4. Available from: <http://www.fda.gov/MedicalDevices/Safety/AlertsandNotices/ucm454766.htm>.
- Higa JT, Choe J, Tombs D, Gluck M, Ross AS. Optimizing duodenoscope reprocessing: rigorous assessment of a culture and quarantine protocol. *Gastrointest Endosc* 2018;88:223-229.
- Higa JT, Gluck M, Ross AS. Duodenoscope-associated bacterial infections: a review and update. *Curr Treat Options Gastroenterol* 2016;14:185-193.
- Kim S, Muthusamy VR. Current practice of duodenoscope reprocessing. *Curr Gastroenterol Rep* 2016;18:54.
- Petersen BT. Duodenoscope reprocessing: risk and options coming into view. *Gastrointest Endosc* 2015;82:484-487.
- Haney PE, Raymond BA, Lewis LC. Ethylene oxide. An occupational health hazard for hospital workers. *AORN J* 1990;51:480-481, 483, 485-486.