

REVIEW ARTICLE

단일 시술자 담도내시경을 통한 담석 치료

신정하, 오치혁, 동석호

경희대학교 의과대학 경희대학교병원 소화기내과

Single-operator Cholangioscopy Guided Lithotripsy

Jungha Shin, Chi Hyuk Oh and Seok Ho Dong

Division of Gastroenterology and Hepatology, Department of Internal Medicine, Kyung Hee University Hospital, Kyung Hee University College of Medicine, Seoul, Korea

ERCP is the standard treatment for common bile duct stones (CBD stones). On the other hand, in approximately 10% of patients with CBD stones, the complete removal of the stones cannot be achieved by conventional ERCP, which performs endoscopic sphincterotomy followed by stone extraction. Additional advanced and complex procedures are often necessary to remove these "difficult bile duct stones", including endoscopic papillary large balloon dilatation or mechanical lithotripsy. Advances in cholangioscopy have made electrohydraulic or laser lithotripsy under direct endoscopic visualization possible during ERCP. Cholangioscopy-guided lithotripsy using the SpyGlass DS system could be a better treatment tool for removing difficult stones. The focus of this review was to describe single-operator cholangioscopy in the management of difficult CBD stones. (*Korean J Gastroenterol* 2022;80:163-168)

Key Words: Cholangiopancreatography, endoscopic retrograde; Choledocholithiasis; Lithotripsy; Cholangioscopy

서 론

담관결석은 가장 흔한 담도 질환 중 하나로, 증상이 있는 담낭 결석 환자에서 10-20%의 유병률을 보인다.^{1,2} 담관결석은 급성 담관염, 간농양, 급성 담석 췌장염과 같이 잠재적으로 치명적인 합병증을 일으킬 수 있는 위험성을 가지고 있다. 내시경역행성담췌관조영술(ERCP)은 담관결석의 표준 치료법이다. 담관결석의 약 90% 이상은 내시경유두부괄약근절개술(endoscopic sphincterotomy, EST) 이후 전통적인 담석 제거 방법으로 제거할 수 있다. 그러나 "난치성 혹은 어려운 담관결석(difficult bile duct stone, 이후 난치성 담석)"으로 간주되는 나머지 10% 내외의 경우에는 종종 담석 제거를 위해서 추가 기술이나 약제서리가 필요하다.³ 여기에는 담관에 대

한 접근이 어려운 경우(예: 유두부주위계설, 위 우회술 후 해부학적 변화) 또는 담관 내 결석의 크기, 모양 또는 위치로 인해 적절한 제거술을 결정하기 어려운 경우가 포함된다. 현재 기계적 쇄석술(mechanical lithotripsy)과 내시경유두부큰 풍선확장술(endoscopic papillary large balloon dilatation, EPLBD)은 난치성 담석을 제거하기 위한 표준 시술이다. 하지만, 기계적 쇄석술 혹은 EPLBD로도 치료가 어려운 담석도 있다. 담도내시경(cholangioscopy)은 지난 10년 동안 지속적으로 발전하였으며, 담도 내부로 진입하여 담석에 직접 접근하고 제거할 수 있게 하였다. 최근에는 SpyGlass DS 시스템을 이용한 단일 시술자 담도내시경(single-operator cholangioscopy, SOC)이 알려지고 보급되기 시작하여 난치성 담석 제거 성적의 획기적 발전을 가져왔다. 본고에서는 난치성

Received October 4, 2022. Revised October 11, 2022. Accepted October 13, 2022.

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2022. Korean Society of Gastroenterology.

교신저자: 오치혁, 02447, 서울시 동대문구 경희대로 23, 경희대학교 의과대학 경희대학교병원 소화기내과

Correspondence to: Chi Hyuk Oh, Division of Gastroenterology and Hepatology, Department of Internal Medicine, Kyung Hee University Hospital, Kyung Hee University College of Medicine, 23 Kyungheedaero-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02447, Korea. Tel: +82-2-958-8149, Fax: +82-2-958-8150, E-mail: harrison@daum.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4382-5876>

Financial support: None. Conflict of interest: None.

담석의 치료에 SOC를 이용한 담석 치료의 최신 지견에 대해서 알아보고자 한다.

본 론

1. 난치성 담석(difficult bile duct stone)

난치성 담석의 명확한 정의는 없다. 담석 제거가 어려운 경우는 크게 4가지로 나눌 수 있다(Table 1). 1) 15 mm 이상의 크기, 여러 개의 돌, 단단한 돌, 이상한 모양, 2) 간내담석(intrahepatic duct stone)과 같은 담석의 위치, 협착부위 상방에 위치한 담석, 담관 또는 담낭에 끼인 담석(impacted stone), 3) 유두부주위계실, Roux-en-Y 위 우회술이나 Billroth II 수술을 받은 경우와 같이 해부학적 변화가 있는 경우, 4) 항혈전제 사용으로 인한 출혈 경향, 65세 이상 및 불안정한 활력징후와 같은 환자 요인.

이런 경우와 같은 난치성 담석의 치료에는 일반적인 ERCP (EST, 내시경유두부풍선확장술 또는 바스켓을 이용한 제거술)로는 어렵거나 불가능한 경우가 많다.⁴ 따라서, EPLBD, 기계적 쇄석술을 이용해야 하는 경우가 있고, 또한 담도내시경을 통한 쇄석술 등 발전된 내시경 기술이 필요할 수 있다.

2. SOC

SpyGlass DS Direct Visualization 시스템(Boston Scientific, Marlborough, MA, USA)의 개발, 도입 및 보급은 담도내시경(SpyGlass 시스템을 사용하는 담도내시경은 SOC로 지칭됨)의 활용도를 획기적으로 개선시켰다. SpyGlass는 기존 담도내시경의 여러 한계를 극복하는 새로운 형태의 디지털, 일회용 담도내시경이다. 이 SpyGlass 시스템의 내시경은 SpyScope이라고 하는데, 직경이 약 3.3 mm로 매우 얇기 때문에 십이지장 내시경

의 부속기구 채널을 통해 담관 내부로 직접 진입할 수 있다. "플러그 앤 플레이" 방식으로 매우 쉽고 빠르게 준비하고 시술할 수 있다. 이 SpyScope에는 직경 1.2 mm의 전용 약세서리 채널 및 흡입 채널이 있어서, 전기수압쇄석술(electrohydraulic lithotripsy, EHL) 또는 레이저 쇄석술(laser lithotripsy, LL)용 탐촉자(probe)를 삽입하여 쇄석술을 시행할 수 있다(Fig. 1).

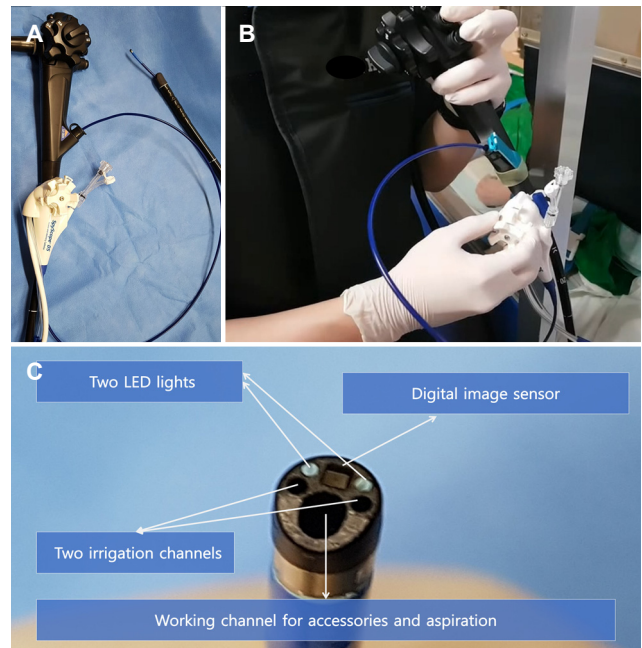


Fig. 1. Single-operator cholangioscopy using the SpyGlass DS system. (A) The SpyScope is inserted into the duodenoscope through the working channel. (B) A single endoscopist controls both the duodenoscope and SpyScope (the reason this is called "single-operator" cholangioscopy). (C) The SpyScope, which is the single-use cholangioscope of the SpyGlass DS System.

Table 1. Difficult Bile Duct Stones Criteria

Category	Conditions	Reasons
Characteristics of stone	Large stone (>15 mm)	Need for lithotripsy and difficulty in capturing the stone with a basket
	Multiple stones (>3 stones, size >10 mm)	
	Hard stone	
	Strange-shaped stone	
Location of stone	Intrahepatic duct stone	Difficulty in access
	Stone above a stricture	
	Impacted stone in the bile duct/cystic duct	
	Mirizzi syndrome	
Anatomical situation	Altered anatomy	Difficulty in biliary access and limitation of the endoscope/accessory
	Billroth II/Roux-en-Y gastric bypass anatomy	
	Periampullary diverticulum	
Patient factors	Old age/poor general condition	Risk of adverse events
	Unstable vital signs	
	Bleeding tendency	
	Paradoxical response	

최근 새로운 버전의 SpyScope (SpyGlass DS-II)이 시판되어, 기존보다 더 향상된 담도 내부 영상을 확인할 수 있게 되었다.

3. 담도내시경을 통한 쇠석술

1) EHL

EHL 탐촉자를 내시경의 부속기구 채널을 통하여 삽입한 후에 목표로 하는 담석을 쇠석한다. EHL은 전압이 가해지면 물속에서 발생하는 스파크가 고주파 수압을 발생시킨다는 원리에 따른 것이다. 그 에너지는 돌에 흡수되어 파쇄를 초래한다. 탐촉자의 끝부분이 돌에서 1-2 mm 정도 떨어지도록 하여야 한다. 또한 충격파 에너지 전달을 위해서는 지속적인 식염수 공급이 필요하고 이는 쇠석술 중 시야 확보에도 도움이 된다. 이때, 충격파에 의한 직접적인 담관 손상은 출혈이나 천공으로 이어질 수 있기 때문에 반드시 담도내시경을 통해 담도내부에 있는 담석을 직접 확인하고 담석으로만 전기에너지가 전달되도록 해야 한다(Fig. 2).

2) LL

LL은 특정 파장의 레이저가 담석 표면에 집중되어 파쇄를 유도한다. 담도결석의 충격파 쇠석술에 레이저를 처음으로 사

용한 것은 1986년이다.⁵ LL은 그 이후에도 발전해 왔으며, Nd:YAG 자동 인식 시스템과 주파수 이중 펄스 Nd:YAG 시스템이 도입되었다.^{6,7} 레이저 광섬유의 끝부분에는 녹색(또는 흰색) 조준 빔이 있으며, 이는 담석을 조준하는 데 사용된다. 탐촉자의 끝부분이 돌에서 1-2 mm 떨어져 있고 식염수 공급을 지속하면 레이저 파장은 돌이 완전히 파쇄될 때까지 매질(수성)을 통해 계속 전달된다.

4. 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술

1) 적응증

SOC를 통한 쇠석술에 명확한 가이드라인은 없으며, 본고에서는 적응증, 담도내시경의 선택, EHL과 LL의 선택 등의 내용을 소개하고자 한다. 유럽 소화기내시경학회의 지침에서는 담도내시경 및 쇠석술의 방법을 선택하는 데 있어서 각 센터 및 시술자의 가용성과 경험에 따라 달라져야 한다고만 제한한다.^{4,8} 대신 SOC를 통한 쇠석술과 관련한 여러 연구를 통해서 SOC를 통한 쇠석술을 고려해야 하는 상황을 간접적으로 알 수 있다. 20 mm 이상의 거대 담석, 10 mm 이상의 다발성 담석, 협착 부위 상방에 위치한 담석, 간내담석과 같이 접근하기 어려운 위치의 담석, 담관을 막고 있는 돌, 그리고

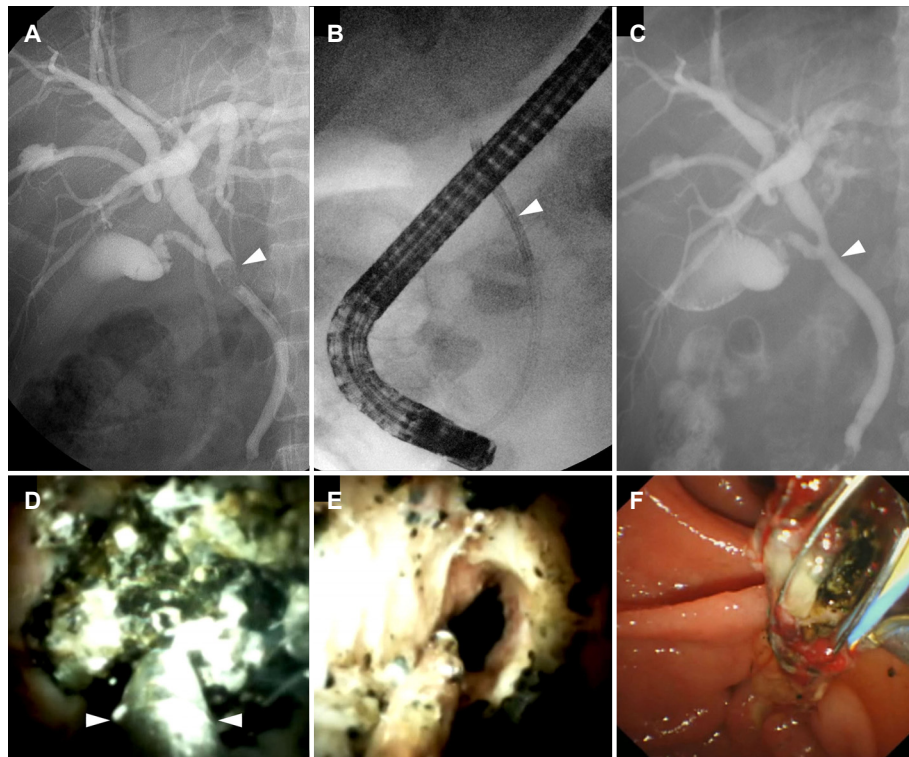


Fig. 2. Single-operator cholangioscopy-guided electrohydraulic lithotripsy (EHL). (A) Fluoroscopy image showing an impacted bile duct stone (arrowhead). (B) X-ray image showing SpyScope (arrowhead) inserted into the bile duct. (C) Final cholangiogram showing no residual filling defect. (arrowhead). (D) SpyGlass showing an impacted stone. EHL (arrowheads, EHL probe) is performed under direct visualization. (E) SpyGlass showing the cleared bile duct after EHL. (F) Fragmented bile duct stones are extracted using a stone basket after lithotripsy.

적어도 두 번 이상의 ERCP를 통한 제거술을 시도하였으나 실패한 경우가 해당한다.

2) 과정, 기술 및 프로토콜

EST 후에 SpyScope을 시술자의 경험, 선호도 및 환자의 상태에 따라서 유도철사(guidewire)와 함께 혹은 유도철사 없이 담관에 삽입한다. 담도내부 진입 후에 결석 및 담관의 상태를 확인하고 EHL 혹은 LL 탐촉자를 SpyScope의 악세서리 채널을 통해 삽입한다. 이후 EHL 혹은 LL을 통해서 담석을 쇠석한다. 이때 보조자가 지속적으로 생리식염수를 SpyScope을 통해서 담도내부에 주입시키며 동시에 흡인하도록 한다. 파쇄된 결석은 내시경 시술자의 재량에 따라 바스켓 및 풍선 도관 등을 이용하여 제거한다. 한 번의 시술로 담석이 완전히 제거되지 않은 경우에는 다음 시술 시행 전까지 플라스틱 스텐트나 경비담관 배액용 카테터를 삽입해 둔다.

3) 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술의 효과

여러 연구에서 담도내시경을 통한 LL 또는 EHL이 어려운 담도 결석 제거 성공률이 67-100%에 이른다고 보고하고 있다.^{7,9-16} 49개 연구에 대한 한 메타분석에서 완전한 담석 제거율은 88% (95% CI, 85-91%)였다.¹³ 그러나 이 분석은 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술 뿐만 아니라 모든 종류의 담도내시경을 통한 쇠석술을 포함하였다. 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술에 초점을 맞춘 최근 연구는 보다 더 나은 성적을 보고하였다.^{9,11,12,14-19} 최근 24개 연구에 대한 메타분석에서 난치성 담석 치료에 있어서 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술의 효과와 안전성을 분석하였다.²⁰ 이 분석에서 완전한 담석 제거율은 94% (95% CI, 90.2-97.5%)였다. 한 번의 시술을 통한 완전한 담석 제거율은 71.1% (95% CI, 62.1-79.5%)로 나타났다. 완전한 담석 제거를 위해 필요한 시술 횟수는 평균 1.26회 (95% CI, 1.17-1.34%)였다.

최근 한 후향적 연구에서 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술은 95%의 환자에게 성공률을 보였으며, 15%에서는 적어도 두 번의 시술이 필요하다고 보고하였다.¹⁴ 이 연구에서 연구자들은 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술이 이전에 ERCP를 통한 제거에 실패한 어려운 담석을 가진 환자에게도 훌륭한 접근이라고 결론지었다. 또한, 그들은 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술이 기존의 ERCP 방법에 비해 방사선 노출을 줄이는 데 도움이 되었다고 보고하였다.

미국, 영국 및 한국의 22개의 센터에서 난치성 담석 제거를 위해 담도내시경을 받은 환자 407명을 대상으로 한 후향적 연구에서, 1회(범위, 1-4세션)의 시술로 완전히 담도 결석이 제거된 경우는 97.3%로 나타났다.¹² 저자들은 단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술이 난치성 담석 환자의 95% 이상에서

효과적이고 안전하다고 결론지었다.

단일시술자 담도내시경을 통한 레이저 쇠석술의 효과에 대한 전향적 연구에서는 환자 중 한 번의 시술로 담석이 완전히 제거된 경우는 94% (16/17)였다.¹¹ 평균 시술 시간은 90분이었다(범위, 46-164분). 이 연구를 통해 단일시술자 담도내시경을 통한 레이저 쇠석술이 어려운 담도결석 제거에 매우 효율적인 시술임을 증명하였다.

4) EHL vs. LL

시술자의 선호도 및 장비 가용성에 따라 난치성 담석 환자에게 EHL과 LL을 적절하게 선택하여 사용할 수 있다. 최근의 한 다기관 연구에서는 407명의 환자를 대상으로 EHL과 LL을 비교하였다.¹² 이 후향적 연구는 EHL을 시술 받은 306명의 환자와 LL로 치료된 101명의 환자 사이의 결과를 비교하였다. 최종적 담석 제거율은 두 시술에서 유사하게 나타났다 (EHL, 96.7%; LL, 99%). 환자의 77.4%가 한 번의 시술로 담관결석이 제거되었다. 하지만, 첫 번째 시술로 담석을 완전히 제거 가능한 경우는 LL을 이용한 쇠석술이 더 높은 경향을 보였다(EHL, 74.5%; LL, 86.1%; $p=0.20$). 평균 시술 시간은 EHL 그룹(73.9분)이 LL 그룹(49.9분, $p<0.001$)보다 통계적으로 유의하게 길게 나타났다.

또다른 최근 연구에서는 LL이 EHL (88.4%, $p<0.001$)보다 높은 담석 제거율(95.1%)을 보였다.²¹ 한편, 부작용 발생률은 EHL이 LL ($p=0.04$)보다 유의하게 높았다. 따라서 LL은 난치성 담석의 치료에서 EHL과 비교하여 더 나은 치료 결과를 보이고 있는 것으로 보여준다. 그러나 이러한 연구는 사용된 프로브의 수를 조사하지 않았으며 EHL과 LL 중 하나를 선택하기 위한 권장사항을 제공하지 않았다. 비용 효과 분석을 포함하여 EHL과 LL을 비교하는 추가 연구와 지침이 필요하다. EHL 탐촉자는 수명이 짧아서, 시술 시간이 길어지고 더 많은 쇠석술을 하면 할수록 여러 개의 탐촉자를 필요로 한다. 반면에 LL 탐촉자는 수명이 길기 때문에, 이러한 제한이 없지만 가격이 더 비싸다. 게다가, 레이저 시스템은 EHL에 비해서 훨씬 더 비싸다. 따라서, 환자 및 담석의 상태, 시술자의 숙련도, 선호도 및 각 병원의 환경에 따라서 적절한 시술법의 선택이 필요하겠다.

5) 기계적 쇠석술 및 EPLBD와 같은 ERCP vs. 단일시술자 담도내시경을 이용한 쇠석술

단일시술자 담도내시경을 통한 쇠석술은 기존의 ERCP (EPLBD 또는 기계적 쇠석술)보다 더 나은 담석 제거율을 나타내는 것으로 보고되었다. 그러나 절차를 결정할 때 고려해야 할 장점과 단점이 있다.

한 연구에서는 난치성 담석 환자를 2:1의 비율로 나누어

단일시술자 담도내시경을 이용한 LL과 기존의 전통적인 ERCP 방법으로 치료하여 그 성적을 비교하였다.²² 단일시술자 담도내시경을 통한 LL로 치료한 환자는 93%, 기존 ERCP만으로 치료한 환자는 67%에서 완전한 담석 제거가 달성되었다($p=0.009$). LL의 치료 성적이 더 효과적인 것으로 보이지만, 레이저 쇄석술은 더 긴 시술 시간(기존 ERCP군에서 81.2 ± 49.3 분, LL군에서 120.7 ± 40.2 분, $p=0.0008$)이 소요되는 것으로 나타났다. 연구자들은 단일시술자 담도내시경을 이용한 LL이 더 많은 시술 시간이 필요하지만 기존 치료법보다 담석 제거율이 현저히 높기 때문에 난치성 담석 치료의 중요한 치료법으로 LL의 효율성을 보여주었다.

또 다른 무작위 대조 연구에서 EPLBD 실패 후의 단일시술자 담도내시경을 통한 LL과 기계적 쇄석술을 비교하였다.¹⁸ 한 번의 시술을 통한 완전한 담석 제거율은 각각 100%와 63%였으며, 두 그룹에서의 부작용 발생율은 유사하였다(6%와 13%). 단일시술자 담도내시경을 통한 LL을 시행한 군에서 방사선 피폭량이 통계적으로 유의하게 낮았음에도 불구하고, 두 그룹 간 시술 시간에 차이 및 합병증 발생률에는 큰 차이가 없었다.

따라서, 기계적 쇄석술이 어려운 담석의 기본 치료법이지만 단일시술자 담도내시경을 통한 쇄석술이 효과적이고 안전한 치료 방법으로 충분한 대안 및 대체법이 될 수 있음을 고려해야 하겠다.

6) 한계

단일시술자 담도내시경을 통한 쇄석술에서 가장 중요한 고려 사항은 비용 측면이다. 단일시술자 담도내시경의 높은 비용, 희소성 및 숙련된 기술의 필요성은 보급 및 광범위한 사용을 방해하는 잠재적인 요인이다.

EST 후 EPLBD 또는 기계적 쇄석술을 사용하는 방법은 단일시술자 담도내시경을 통한 쇄석술에 비해 상대적으로 저렴하고 널리 이용 가능하다는 장점이 있다. 특히, 단일시술자 담도내시경을 통한 쇄석술 환자의 약 20%가 1번 이상의 시술이 필요하다는 점을 고려하는 것이 중요하다. 하지만 한 비용-효율성을 분석한 연구에서 난치성 담석의 치료에 단일시술자 담도내시경을 이용한 쇄석술이 기존 방법을 이용한 ERCP 시술과 비교 시 필요한 ERCP 시술 횟수를 줄여줘서 결론적으로 시술 횟수와 총비용이 각각 28%, 11% 감소함을 보여주기도 하였다.²³

단일시술자 담도내시경을 통한 쇄석술을 결정하고 진행하기 전에 난치성 담석의 치료를 위한 기존의 전통적인 EPLBD 및 기계적 쇄석술이 가능한 상태인지 여부를 적절하게 판단하고 결정하는 것이 중요하다. 비용 효율성을 고려한 난치성 담석의 치료 알고리즘을 결정하기 위해 기존의 ERCP와 단일시

술자 담도내시경을 통한 쇄석술을 비교하는 대규모 전향적 무작위 연구가 필요하다.

단일시술자 담도내시경을 통한 쇄석술의 기술적 한계도 고려해야 한다. 앞서 언급한 바와 같이 담관에 식염수를 채우는 것이 불가능하거나, 효과적인 EHL 탐촉자를 통한 에너지 전달이 안되거나 너무 많은 탐촉자가 필요한 경우, 담도내시경이 담석까지 접근하기 어려운 경우 등과 같은 상황에서는 단일시술자 담도내시경을 이용한 쇄석술이 불가능한 경우가 있음을 꼭 기억해야 한다.

결론

실제 담석 환자를 치료할 때, 대부분의 경우에는 EST 후에 담석을 제거하는 기존 ERCP 방법이 매우 효과적이다. 하지만 때때로 기계적 쇄석술 또는 EPLBD를 사용하여 담석의 치료가 어려운 경우가 있다. 이러한 경우 담도내시경을 통한 쇄석술이 좋은 대안이 될 수가 있다. 최근 Spyglass를 이용한 단일시술자 담도내시경이 개발되고 널리 보급되기 시작하여, 난치성 담석의 치료를 위한 훌륭한 표준치료법이 될 가능성이 보인다. 이에 ERCP를 시행하는 의사는 단일시술자 담도내시경의 시술법, 이를 이용한 담석쇄석술의 적응증, 시술 시 주의할 점, 기술적 고려점, 치료 결과 및 합병증, 합병증의 관리, 그리고 실패하였을 때 또 다른 대안 등에 대해서 충분히 알고 있어야 하겠다.

REFERENCES

- Collins C, Maguire D, Ireland A, Fitzgerald E, O'Sullivan GC. A prospective study of common bile duct calculi in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy: natural history of choledocholithiasis revisited. *Ann Surg* 2004;239:28-33.
- Freitas ML, Bell RL, Duffy AJ. Choledocholithiasis: evolving standards for diagnosis and management. *World J Gastroenterol* 2006;12:3162-3167.
- Yasuda I, Itoi T. Recent advances in endoscopic management of difficult bile duct stones. *Dig Endosc* 2013;25:376-385.
- Manes G, Paspatis G, Aabakken L, et al. Endoscopic management of common bile duct stones: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) guideline. *Endoscopy* 2019;51:472-491.
- Lux G, Ell C, Hochberger J, Müller D, Demling L. The first successful endoscopic retrograde laser lithotripsy of common bile duct stones in man using a pulsed neodymium-YAG laser. *Endoscopy* 1986;18:144-145.
- Trikudanathan G, Navaneethan U, Parsi MA. Endoscopic management of difficult common bile duct stones. *World J Gastroenterol* 2013;19:165-173.
- Patel SN, Rosenkranz L, Hooks B, et al. Holmium-yttrium aluminum garnet laser lithotripsy in the treatment of biliary calculi us-

- ing single-operator cholangioscopy: a multicenter experience (with video). *Gastrointest Endosc* 2014;79:344-348.
8. Ishida Y, Itoi T, Okabe Y. Types of peroral cholangioscopy: how to choose the most suitable type of cholangioscopy. *Curr Treat Options Gastroenterol* 2016;14:210-219.
9. Bhandari S, Bathini R, Sharma A, Maydeo A. Usefulness of single-operator cholangioscopy-guided laser lithotripsy in patients with Mirizzi syndrome and cystic duct stones: experience at a tertiary care center. *Gastrointest Endosc* 2016;84:56-61.
10. Maydeo A, Kwek BE, Bhandari S, Bapat M, Dhir V. Single-operator cholangioscopy-guided laser lithotripsy in patients with difficult biliary and pancreatic ductal stones (with videos). *Gastrointest Endosc* 2011;74:1308-1314.
11. Wong JC, Tang RS, Teoh AY, Sung JJ, Lau JY. Efficacy and safety of novel digital single-operator peroral cholangioscopy-guided laser lithotripsy for complicated biliary stones. *Endosc Int Open* 2017;5:E54-E58.
12. Brewer Gutierrez OI, Bekkali NLH, Raijman I, et al. Efficacy and safety of digital single-operator cholangioscopy for difficult biliary stones. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2018;16:918-926.e1.
13. Korrapati P, Ciolino J, Wani S, et al. The efficacy of peroral cholangioscopy for difficult bile duct stones and indeterminate strictures: a systematic review and meta-analysis. *Endosc Int Open* 2016;4:E263-E275.
14. Bokemeyer A, Gerges C, Lang D, et al. Digital single-operator video cholangioscopy in treating refractory biliary stones: a multicenter observational study. *Surg Endosc* 2020;34:1914-1922.
15. Kurihara T, Yasuda I, Isayama H, et al. Diagnostic and therapeutic single-operator cholangiopancreatography in biliary pancreatic diseases: prospective multicenter study in Japan. *World J Gastroenterol* 2016;22:1891-1901.
16. Navaneethan U, Hasan MK, Kommaraju K, et al. Digital, single-operator cholangiopancreatography in the diagnosis and management of pancreatobiliary disorders: a multicenter clinical experience (with video). *Gastrointest Endosc* 2016;84:649-655.
17. Turowski F, Hügler U, Dormann A, et al. Diagnostic and therapeutic single-operator cholangiopancreatography with SpyGlassDS™: results of a multicenter retrospective cohort study. *Surg Endosc* 2018;32:3981-3988.
18. Angsuwatcharakon P, Kulpatcharapong S, Ridditid W, et al. Digital cholangioscopy-guided laser versus mechanical lithotripsy for large bile duct stone removal after failed papillary large-balloon dilation: a randomized study. *Endoscopy* 2019;51:1066-1073.
19. Chen YK, Parsi MA, Binmoeller KF, et al. Single-operator cholangioscopy in patients requiring evaluation of bile duct disease or therapy of biliary stones (with videos). *Gastrointest Endosc* 2011;74:805-814.
20. Jin Z, Wei Y, Tang X, et al. Single-operator peroral cholangioscope in treating difficult biliary stones: a systematic review and meta-analysis. *Dig Endosc* 2019;31:256-269.
21. Veld JV, van Huijgevoort NCM, Boermeester MA, et al. A systematic review of advanced endoscopy-assisted lithotripsy for retained biliary tract stones: laser, electrohydraulic or extracorporeal shock wave. *Endoscopy* 2018;50:896-909.
22. Buxbaum J, Sahakian A, Ko C, et al. Randomized trial of cholangioscopy-guided laser lithotripsy versus conventional therapy for large bile duct stones (with videos). *Gastrointest Endosc* 2018;87:1050-1060.
23. Deprez PH, Garces Duran R, Moreels T, et al. The economic impact of using single-operator cholangioscopy for the treatment of difficult bile duct stones and diagnosis of indeterminate bile duct strictures. *Endoscopy* 2018;50:109-118.