

영상증강내시경

장 재 영

경희대학교 의과대학 내과학교실

Image-Enhanced Endoscopy

Jae Young Jang

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

서론

위장관암을 치료함에 있어서 생존율을 높일 수 있는 방법은 조기에 발견하고 조기에 치료하는 것이다. 광학내시경의 해상도가 두드러지게 발전하였어도, 선종과 같은 전암 병변과 미세한 조기암은 일반적인 광학내시경으로 진단하기가 쉽지 않은 현실이다. 인디고칼민과 같은 색소내시경이 미세한 병변의 조기 진단에 도움은 되나 산포와 흡인에 시간이 걸리고, 염증이 심한 경우 오히려 병변 식별이 어려운 경우가 있고, 함몰형 병변인 경우 용액이 병변 내에 고여 관찰이 힘들다는 단점이 있다. 진단의 어려운 점을 현실적으로 극복하기 위해 새로운 광학기술을 이용한 내시경의 개발을 서두르게 되었다. 최근에 새로운 광학 영상 기법을 이용하여 점막의 형태와 혈관을 보다 두드러지게 관찰할 수 있는 여러 영상증강내시경(image-enhanced endoscopy)이 개발되었다. Narrow band imaging (NBI, 협대역영상), autofluorescence imaging (AFI, 자가형광영상), i-scan, flexible spectral imaging color enhancement (FICE) 등이 있으며, 위장관 질환의 진단에 새로운 전형을 제시하였다. 본 고에서는 상부위장관 병변 관찰 시 영상증강내시경의 활용에 대해서 언급하고자 한다.

본론

1. Narrow band imaging (NBI)

1) NBI의 원리

기본원리는 조직에 빛을 조영하였을 때 투과하는 깊이는 빛의 파장의 길이에 비례한다는 것이다. 위장관암은 점막에서 기

원하기 때문에 점막까지만 투과할 수 있는 파장이 짧은, 청색의 단파장가시광선을 이용한다면 미세한 초기 위장관암을 관찰하는 데 보다 도움이 될 것이다. 주로 단파장가시광선은 혈관 내에 헤모글로빈에 흡수되어 반사되지 않기 때문에 단파장가시광선으로 혈관을 조영할 경우 검은색으로 관찰이 된다. 그러므로 415 ± 15 nm (청색), 540 ± 15 nm (녹색)의 파장의 좁은 영역(30 nm)의 빛을 조영할 경우, 점막 병변의 미세한 차이로 색으로 두드러지게 표현할 수 있고, 점막표층의 혈관상을 보다 명확하게 관찰할 수 있다.

국내에서 시판되는 NBI의 본체(EVIS LUCERA SPECTRUM system, CV-260SL, Olympus Medical Systems Co., Ltd., Tokyo, Japan)는 415 ± 15 nm, 540 ± 15 nm 파장의 빛만을 투과시키는 필터가 있어 기존의 백색광(white light)으로 관찰하다가 NBI로 전환하기 위해 스위치를 누르면 이 필터가 삽입되어 두 파장의 좁은 영역만 투과하게 된다. 병변을 조영하고 반사되는 빛을 단색집광판(monochromal charge coupled device, monochromal CCD)에서 흡수하여 영상을 구현하게 된다. 흑백의 영상은 해상도가 낮기 때문에 단색집광판에 흡수된 빛을 다시 RGB 색으로 합성하여 컬러영상을 구현한다. 그러므로 영상의 주된 색은 갈색과 녹색으로 구성되어, 흑백의 컬러보다는 높은 해상도로 병변을 관찰할 수 있다. 최근에 LUCERA SPECTRUM system에서 해상도를 개선하고 보다 밝은 영상을 구현한 EVIS LUCERA ELITE 모델이 시판되었다.

2) NBI의 역할 및 응용

NBI는 크게 두 가지의 역할로 요약할 수 있다. 첫째, 전자색소내시경(optical/digital chromoendoscopy)의 역할과 둘째, 확대내시경과 함께 사용하여 조직검사를 시행하지 않고 관찰

만으로 병리진단을 가능케 하는 optical biopsy의 역할이다. 결장 용종의 pit 양상을 보다 명확하게 관찰할 수 있어 조직검사를 시행하지 않더라도 제거해야 할 선종성 용종인지 제거하지 않아도 되는 염증성, 과증식성 용종인지 구별이 가능하게 되었다. 기존의 백색광 내시경 검사에서 구분이 잘되지 않았던 바렛식도(Barrett's esophagus)의 경계 및 위-식도 접합부의 관찰, 역류성식도염 진단이 NBI로 인해 한결 수월해졌다.

3) 식도 관찰

식도는 위장과는 달리 점막이 편평상피이므로 위장에서 관찰되는 pit (선구)이 관찰되지 않는다. NBI로 관찰할 경우 전반적인 식도점막의 색은 윤기를 띤 옅은 녹색으로 관찰된다. 옅은 녹색을 보이는 것은 점막하층의 풍부한 혈관 때문이며 점막 내 표층 혈관은 415 nm 파장 대부분이 흡수되고 반사되지 않으므로 짙은 갈색을 띠게 된다. 식도는 녹색, 위는 갈색으로 관찰되므로 위-식도 접합부는 NBI로 기존의 백색광 내시경보다 3배 이상 잘 관찰할 수 있는 것으로 보고되었다. 편평한 형태인 IIIb형의 조기식도암은 붉은색의 색조 변화만 보이는 경우로, 백색광 내시경으로 진단하기 매우 어렵다. 붉은색의 색조 변화는 표층 혈관이 두드러지기 때문에 관찰되는 것인데 NBI에서는 갈색으로 주변의 옅은 녹색과는 선명하게 관찰되어 경계를 명확히 관찰할 수 있다. 그러나 실제로 염증과 궤양 흔적도 짙은 갈색으로 관찰되기 때문에 짙은 갈색 병변만으로 염증과 암을 구별하기는 어렵다. 한 연구에서 확대내시경 없이 NBI만으로 관찰하였을 때, 짙은 갈색 병변이 보일 경우 루골액에 염색되지 않는 소견과 비교하여 식도암으로 진단할 수 있는 특이도는 높았지만 민감도는 낮았다고 보고하였다. 그러므로 확대내시경을 이용하지 않고 협대역 영상만으로는 염증과 조기암을 구별하기는 매우 어려운 문제이다.

(1) 바렛식도

내시경적으로 바렛식도가 의심되지만 조직검사로 장상피화생(intestinal metaplasia)을 진단할 수 있는 정확도는 낮아 단분절바렛에서 진단의 정확도는 25-50%, 장분절바렛에서는 80%로 보고되었다. 그러므로 진단의 정확도를 높이기 위한 다양한 연구가 이루어졌으며, 확대내시경으로 원주상피의 모양을 관찰하여 장상피화생을 유추하고 표적조직검사를 시행하는 검사의 유용성 연구가 이루어졌다. 메틸렌블루를 이용한 확대내시경에서 점막이 tubule/villous형태로 관찰될 경우, 특수장상피화생(specialized intestinal metaplasia)을 진단할 수 있는 양성예측도, 민감도, 특이도는 90%, 56%, 95%로 백색광 내시경의 40%, 24%, 67%보다 더 높은 것으로 보고되었다. 또한, 점막이 부정형으로 관찰될 경우 모든 예에서 고이형성증으로 진단되었다. NBI를 이용한 확대내시경 연구에서도 색소를 산

포하는 것과 같은 진단적 가치를 보였으며 오히려 색소 산포보다 간편하게 시행할 수 있는 것으로 보고되어 현재는 NBI가 메틸렌블루, 아세트산 등의 색소를 대체하여 널리 사용되고 있다.

(2) 식도암

식도점막을 확대하여 관찰할 경우, 테니스라켓 모양의 짙은 갈색의 미세한 혈관이 관찰되는 데, 이것은 점막하층 혈관의 분지에서 기원한 점막 내 혈관으로, 'intra-epithelial papillary capillary loop' (IPCL)로 불린다. IPCL의 모양 변화로 염증과 식도암의 감별이 가능하며, 나아가 식도암의 침범 깊이를 유추할 수 있는 것으로 보고되었다. 저자들은 IPCL의 형태를 네 가지 형태로 기술하여 혈관의 확장, 구불구불한 모양, 한 혈관 내에서 직경의 변화, 여러 IPCL이 다양한 모습으로 관찰되는 경우 등, 이 네 형태가 각각 또는 혼합하여 관찰되는 정도에 따라 I-V형으로 분류하였다. Type I (정상 점막), II (재생상피 또는 염증), III (저이형성증), IV (고이형성증), V (암)로 구분할 수 있으며 Type V를 세분화하여 V-1형 (m1), V-2형 (m2), V-3형 (m3, sm1), V_N형 (sm2 이상 침범)으로 분류하였다. 조기식도암의 경우 관찰되는 IPCL 모양에 따라 치료 방향을 결정할 수 있다고 하였고, IV~V-2형은 내시경 절제술을, V-3형은 진단을 위한 내시경 절제술을 시행하며, V_N 형은 수술을 권고하였다. 그러나 실제로 임상적으로 적용하기에 관찰자 간에 일치율이 높지 않고, 많은 경험과 관찰이 필요한 부분이다. 그러므로 식도 관찰 동안 백색광 내시경에서 붉은 색조 변화가 관찰되거나, NBI에서 짙은 갈색 병변, 루골액에서 염색되지 않는 병변이 관찰되면 확대내시경으로 크게 V형의 IPCL만 감별할 수 있다면 염증과 암을 구별하는 게 용이할 것으로 생각된다.

4) 위 관찰

관강이 넓은 위를 단과장가시광선의 NBI로 관찰하면 매우 어둡고, 화면이 거칠어 병변을 제대로 관찰하기 힘들다. 그러므로 백색광 내시경으로 관찰하다가 병변이 관찰되면 병변에 근접해서 NBI로 관찰해야 한다. 확대내시경 없이 NBI로 위의 장상피화생과 선종을 관찰한 연구에 의하면 장상피화생과 선종을 협대역 영상으로 진단할 수 있는 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도는 각각 71%, 58%, 65%, 66%로 백색광 내시경의 51%, 67%, 62%, 55%보다 진단적인 가치가 높다고 보고하였다. 그러나 어둡고 낮은 해상도로 인해 NBI만으로 유용성을 관찰한 연구는 거의 보고된 것이 없다. 확대내시경으로 위장관을 관찰할 때 기본적으로 관찰할 수 있는 해부학적인 구조물은 미세혈관과 미세표면 구조물이다. 기존의 백색광을 이용해서는 미세혈관만을 관찰할 수 있지만 NBI로는 미세혈관뿐만 아니라 미세표면 구조물까지 명확하게 관찰할 수

있다.

(1) 만성 위염

Helicobacter pylori (*H. pylori*) 관련 위염의 소견은 위체부에서 두 가지 양상으로 관찰되었다. 첫째, 집합세정맥 (collecting venule)이 관찰되지 않는 벌집모양의 subepithelial capillary network (SECN)과 둥근 모양의 pit이 일정하게 배열되어 있는 소견과 둘째, 정상 SECN과 집합세정맥이 관찰되지 않고 발적 소견을 동반한 정상보다 커진 pit 양상이었다. 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도는 각각 100%, 92.7%, 83.8%, 100%로 보고되었다. 전암 병변인 위축성위염의 경우에는 정상 SECN과 둥근 pit이 소실되고 부정형의 집합세정맥이 나열되어 있는 소견으로 관찰되었다. 위의 장상피화생은 NBI를 이용한 확대내시경 소견에서 light blue crest (LBC)라는 특징적인 소견이 관찰되었고 이 소견은 조직학적으로 장화생을 대변하는 특이도가 높은 소견으로 보고되었다. LBC는 NBI를 이용한 확대내시경에서 관찰되는 위 점막 미세표면 능선을 따라 나타나는 가늘고 푸른 횡광선이다. 위의 장상피화생에서 술가장자리(brush border)에 단파장가시광선이 반사되어 나타나는 소견으로 추정된다.

(2) 위선종

융기된 형태의 위선종을 확대내시경으로 관찰할 경우, 미세혈관이 드물게 관찰되어 혈관 차이에 따른 특징을 기술하기가 어렵다. 최근 연구에 의하면 융기된 형태의 위선종을 NBI와 확대내시경으로 관찰할 경우, 점막 표면을 따라 특징적인 'white opaque substance (WOS)'가 관찰되었다. 46예의 융기형의 선종과 암을 분석하였을 때 선종은 전례(100%)에서 규칙적인 형태의 WOS가 관찰되었으며, 위암은 83%에서 불규칙한 형태로 WOS가 관찰되었다. 위에서 융기형 병변이 관찰될 경우 NBI와 확대내시경으로 관찰하였을 때 규칙적인 형태의 WOS가 관찰될 경우 위선종을 시사하는 특징적인 소견이라고 보고하였다.

(3) 조기위암

NBI를 이용한 확대내시경은 위암의 분화도 예측, 경계선 구분, 침범 깊이 예측을 할 수 있는 민감한 내시경으로 간주된다. 한 연구에서 함몰형의 고분화도 선암(장형)에서는 규칙적인 SECN 양상이 소실되었고, 암과의 경계구분선(demarcation line)과, 불규칙한 미세혈관 양상이 관찰되었다고 보고되었다. 미분화도 선암(미만형)에서는 미세혈관이 감소된 양상으로 관찰되었다. 그러나 다른 연구에서는 미분화도 선암에서도 경계구분선이 관찰되었다고 보고하여, 경계구분선 만으로는 분화도를 예측할 수 없다고 주장하였다. 미세혈관의 모양을 관찰한 다른 연구에서는 고분화도 선암의 68.4%는 미세혈관이 fine network pattern으로 관찰되었고, 미분화도 선암에서는 85.3%

가 corkscrew pattern으로 관찰되었다고 보고되었다.

조기위암의 경계에 관한 최근 연구에서 NBI를 이용한 확대내시경에서 경계구분선으로 위암의 경계를 명확히 관찰할 수 있는지 인디고칼민 색소내시경과 비교하였다. NBI를 이용한 확대내시경으로 암 경계를 인디고칼민 색소내시경보다 정확히 관찰할 수 있었다(97.4% vs. 77.8%).

침범 깊이 예측에 관한 최근 연구에서 조기위암에서 관찰되는 미세혈관 모양에 따라 mesh pattern, loop pattern, interrupted pattern으로 분류하였다. Mesh type은 88.9%에서 원형 pit 양상으로 관찰되었고, loop type은 100%에서 비원형 pit 양상으로 관찰되었다. Mesh type과 loop type을 보일 경우 94.9%가 점막에 국한된 암이었고, interrupted type은 92.3%에서 점막하층을 침범하였다고 보고하였다.

현재까지의 연구 결과를 종합해 보면, 조기위암을 관찰할 때 NBI를 이용한 확대내시경 검사는 pit 양상의 구분이 조직학적 진단을 대신할 수 있을 정도로 높은 진단의 일치치를 보였지만 연구자간에 pit 양상과 미세혈관 모양 분류가 일치하지 않았고 다양하며, 확정된 분류가 없어 관찰자 간의 재현성이 부족한 것으로 판단된다.

2. Autofluorescence imaging (AFI)

1) 원리 및 장비

자외선이나 단파장가시광선(375-478 nm)으로 비추면 조직은 쏘인 빛의 파장보다 좀 더 긴 파장의 형광을 발광한다. 이러한 조직 내부물질에서 기원한 조직의 자연형광물질을 fluorophores라한다. 소화기계에 존재하는 대부분의 fluorophores로는 결합조직(collagen, elastin), 조효소(NADH, FAD), 아미노산(tryptophan, tyrosine, phenylalanine), porphyrin, lipopigments (lipofuscin, ceroids) 등이 있다. 각각의 fluorophores들은 서로 다른, 특정 파장의 빛을 쏘이면 발광하게 된다. 정상조직과 종양조직 등 병변과는 자가형광 검출에 있어 차이를 보인다. 용종성 혹은 종양 병변이 있는 부위에서는 비정상적인 상피세포가 정상 상피세포보다 더 두꺼워져 상당한 양으로 형광물질을 자극하는 빛이 흡수되거나 차단된다. 또한, 여러 층에 따른 내부 형광물질의 변화는 조직의 대사상태, 미세환경 등의 변화로 병의 전환 동안 발생한다. 자가형광 발생에 있어 정상조직과 전암 병변의 차이는 다음과 같은 이유로 파장의 변화를 보이게 된다. 전암 병변은 혈관이 풍부하여 단파장가시광선의 흡수가 증가하며, 점막이 두꺼워져 녹색 자가형광이 소실되며, 점막내부의 porphyrin의 증가로 적색 자가형광이 증가하며, 점막 내 collagen의 증가로 녹색 자가형광이 감소한다. 이러한 원리를 바탕으로 종양에 특이적인 자가형광

을 검출하여 진단을 하는 내시경이 AFI이다. 자가형광내시경(XGIF-Q240FY; Olympus Medical Systems Corp)에는 고해상도의 백색광 촬상용과 AF 촬상용 등 2개의 CCD가 들어 있다. 백색광과 AFI는 스위치를 눌러 서로 쉽게 전환할 수 있다. AFI의 경우, 300 W의 제논램프에서 발생된 백색광은 회전필터에 의해 분광되어 자가형광(395-475 nm)과 녹색광(540-560 nm)과 적색광(600-620 nm)으로 순차적으로 조명된다. 조사된 빛은 내시경선단에 설치된 CCD에 의해 자가형광과 반사광 영상으로 감지된다. 내시경 선단에는 490-625 nm의 파장만을 흡수하도록 필터가 장착되어 있어 자가형광 외에 반사된 청색광은 감지하지 못하게 하였다. 자가형광과 녹색 및 적색 반사광의 합성상으로서 정상조직과 병변 조직을 쉽게 감별할 수 있도록 재구성하여 실시간으로 모니터에 가짜 색상(pseudo color)으로 표시된다. 정상조직은 밝은 자가형광을 방출하기 때문에 녹색으로 나타나며 종양조직은 자가형광을 흡수하기 때문에 녹색의 보색인 보라색으로 나타난다. hemoglobin은 자가형광과 녹색광을 모두 흡수하기 때문에 혈관은 청색으로 나타나며, 적색반사광은 거의 흡수되지 않기 때문에 전체적인 밝기와 점막의 원근감을 나타낸다. 이 합성처리에 의해 표면구조나 혈관의 정보가 가미되어 더욱 인식하기 쉬운 화상을 얻을 수 있다.

2) 식도 및 위장관 관찰

AFI에서 정상 편평상피와 이형성증이 없는 바렛식도는 녹색을 띠고, 이형성증이나 암이 동반된 바렛식도의 경우 보라색을 띤다. 최근에 60명의 바렛식도를 가진 환자를 대상으로 한 연구에 의하면, AFI를 이용하여 고도이형성증이 의심된 부위를 조직검사한 진단율은 33%로 무작위 조직생검에 의한 진단율 23%보다 더 높은 결과를 보였다. 양성예측률은 50%로 전의 연구보다 증가하였지만, 위양성도 또한 50%로 높은 결과를 보였다. 위양성도는 바렛식도의 장상피화생 부위의 길이가 짧아 위식도 경계부위에 가까울수록, 혈관이 풍부할수록, 저도이형성증이 동반된 경우에 증가하였다. 기존의 일반적인 영상보다 병변의 진단율은 높았지만 50%에 이르는 위양성도와 화질의 해상도는 개선되어야 할 문제점으로 제기되었다. AFI에서 유문부 점막과 위축성위염이 있는 부위는 녹색을 띠며, 분문부 점막은 보라색을 띤다. Uedo 등의 보고에 의하면, 22개의 조기 위암에서 백색광, AFI, 색소내시경을 이용해서 종양 범위의 정확도를 비교하였더니 진단의 정확도는 각각 36%, 68%, 91%였다. AFI에서 병변이 궤양형이거나 궤양 흔적이 있는 경우, 염증이 심할 경우에 병변의 범위가 과장되게 나타났다. Ohkawa 등의 연구에서도 AFI의 민감도는 96.4%였으나 특이도는 49.1%로 낮았다. AFI로 대장 종양성 병변을 관찰할 경우에

AFI의 명암차가 배경점막에 비해 높아 병변의 진단을 또한 높았지만 잔유물이 병변처럼 표시되는 등 문제점이 노출되었다. 대장 점막에서 전암성 병변 진단의 민감도는 87-100%, 특이도는 70-87%로 보고되었다. 정상점막과 과형성 용종인 경우 녹색으로 나타났으며 선종성 용종이나 암인 경우 보라색을 띠었다.

3. i-scan

i-scan (PENTAX, Japan)은 광학 필터를 사용하는 NBI와 달리 다양한 파장을 조합하여 영상을 조합하는 디지털 필터를 사용하는 새로운 영상증강내시경이다. NBI가 광원 자체에 필터를 사용하여 좁은 영역의 청색 및 녹색 광원만을 사용하는데 반해 i-scan은 정상적으로 얻은 영상을 소프트웨어를 통해 변환하는 일종의 post-processing digital filter라고 할 수 있다.

1) i-scan의 원리 및 기능

i-scan은 SE (surface enhancement), CE (contrast enhancement), TE (tone enhancement)의 세 가지 기능으로 이루어져 있다. 이 중 SE는 각 픽셀에서 얻은 휘도 데이터를 바탕으로 명암대조를 강조하는 기능이다. SE 기능을 적절히 사용하면 점막의 미세한 변화까지 관찰이 가능하기 때문에 병변의 발견과 관찰에 유용하다. 색소내시경법의 초산(acetic acid) 산포와 유사한 효과를 얻을 수 있다. CE는 상대적으로 어두운 부분에 푸른 색조를 첨가하여 점막표면 변화를 강조한다. TE 기능은 백색광을 통해 정상적으로 얻은 영상을 각각 적녹청 구성요소(RGB components)로 나눈 다음 각 구성요소를 변환하여 새로운 영상으로 재조합함으로써 혈관상이나 미세한 점막변화, 경미한 색조 차이 등을 강조하여 나타내는 원리다. TE는 각 색상 요소의 변환 정도를 달리함으로써 관찰 목적이나 부위에 최적화된 여섯 가지 모드(TE p, TE v, TE b, TE e, TE g, TE c)를 제공한다. TE의 경우 개발 초기에는 TE v와 TE p만 있었으나 최근에 TE b, TE e, TE g, TE c의 네 가지 모드가 추가되었다. TE p는 상대적으로 어두운 적색을 강조하여 점막표면 형태를 강조하고자 하였으며 pit 형태를 관찰하는데 적합하다. TE v는 적색을 일부러 퇴색시켜 상대적으로 덜 붉은 부위를 강조하여 혈관 형태 관찰이 용이하도록 하였으며 적색을 걸러낸다는 점에서 NBI와 유사하다. TE b는 어두운 적색을 강조하는 점이 TE p와 유사하나 주로 바렛식도의 관찰이 용이하도록 고안하였다. TE e는 적색을 퇴색하여 상대적으로 어두운 적색과 흰색조의 점막 부위를 강조하고자 하였으며 식도 관찰에 적합하다. TE g도 적색을 퇴색시켜 어두운 적색과 흰 점막 부위를 강조한 점은 마찬가지로 위의 관찰에 적합하도록 조정하였다. TE c는 TE g와 유사하나 TE g보다 보여지는 적색 영역을 더 넓

혀 용종의 점막 구조나 pit 형태 관찰, 미세한 점막 색조 변화를 관찰하기에 용이하며 대장의 관찰에 주로 사용된다.

2) i-scan의 유용성 연구

i-scan의 경우 비교적 최근에 출시된 이유 등으로 인해 아직 임상적 유용성에 대한 연구 결과는 제한적이다. 69명의 대장암 선별검사자를 대상으로 대장의 원위부 30 cm를 각각 HD+급의 고해상도 영상만으로 관찰하거나 i-scan의 SE와 TE v, TE p를 병용하여 관찰한 다음 마지막으로 methylene blue 색소내시경을 시행하였을 때 i-scan은 고해상도 단독 관찰보다 유의하게 많은 병변을 발견하였으나 색소내시경보다는 발견한 병변 수가 적었다. i-scan이나 색소내시경을 통해 추가로 발견된 병변의 대부분은 편평하였으며 발견된 종양성 병변의 수는 각 군에서 차이가 없었지만 i-scan과 색소내시경 모두 비교적 정확하게 종양성 병변을 구분할 수 있었다. 또한, 200명의 대장암 선별검사자를 두 군으로 나누어 한 군에게는 고해상도내시경 및 i-scan 관찰을 시행하고 나머지 군에서는 일반 내시경을 이용하여 검사를 시행하였을 때 고해상도 내시경 및 i-scan 관찰군에서 더 많은 종양성 병변이 더 많은 대상자에서 발견되었으며 SE 기능은 편평한 병변의 발견에 도움이 되었고 TE 기능은 발견한 병변의 조직 결과를 예측하는 데 유용하였다.

4. Flexible spectral imaging color enhancement (FICE)

1) FICE의 원리

전자내시경에서 얻어지는 컬러 영상은 최종적으로 전자정보로 변환되지만 최근에는 영상처리기술의 진보에 따라 이 전자정보를 “특정파장의 빛”에 따른 영상정보로 분리하는 것이 가능하게 되었는데, 이를 분광추정기술(spectral estimation technology)이라고 한다. FICE는 처음에는 일본 Fujinon사에서 개발되어 Fujinon Intelligent Color Enhancement로 불리었으나 최근에는 Flexible spectral Imaging Color Enhancement의 약칭으로 주로 사용되고 있으며, 비교적 다양한 조합의 스펙트럼을 선택할 수 있기 때문에 일명 multi-band image 또는 optimal band image으로 불리기도 한다. FICE는 특수광을 이용하지는 않지만 특정 파장의 내시경 영상을 관찰한다는 점에서 NBI와 유사하기 때문에 가상색소내시경과 동일한 범주에서 논의되는 경우가 많다. FICE는 분광화상 중에서 세 가지의 분광화상을 선택하고 RGB 신호로 할당하여 재구성된 영상을 형상화한다. 즉, FICE는 통상적인 백색광 조사에 의해 얻어진 일반적인 내시경 영상을 토대로 컴퓨터 소프트웨어를 이용한 분광추정기술을 통해 각 파장의 분광영상을 생성한 후, 주목하는 내시경 영상이 가장 명료하게 확인되는 세 가지 분광화상을 선택한 후 각 RGB 신호에 할당함으로써 재처리된 내시경화상

을 만들어낼 수 있다. 특정 파장을 통해 영상을 재구성함으로써 점막 표면의 미묘한 변화를 강조하는 원리는 NBI와 동일하지만 NBI처럼 광학필터를 사용하지 않고 컴퓨터를 이용한 분광추정기술을 이용한다는 것이 다르다.

2) FICE의 설정

우리가 지각할 수 있는 가시광은 400 nm에서 700 nm의 범위를 가진다. FICE에서는 가시광 영역인 400 nm에서 695 nm 사이에서 5 nm마다 분광영상 60종류를 얻을 수 있고, 또한 각 분광영상의 강도는 5단계로 설정이 가능하다. 현재 FICE 영상을 제공하고 있는 Fujinon사에서는 내시경 출하 시에 0-9까지 번호가 매겨져 있는 10개의 RGB 셋팅을 기본값으로 제공하고 있다. 기본값 설정은 분광영상을 ① 혈관영역의 흡수대역(400-420 nm 주위), ② 혈관영역의 반사대역(470 nm 주위), ③ 점막의 반사대역(500 nm 주위), ④ 동맥혈(산화 hemoglobin)의 흡수대역(550 nm)의 네 가지 대역에 주목하여 설정되었다. FICE의 조작방법은 매우 간단한데 올림푸스사의 NBI 영상전환과 마찬가지로 내시경 조작부의 버튼을 부르면 순식간에 백색광 영상에서 FICE 영상으로 전환된다. 또한, 내시경 본체 키보드 상의 각각의 번호키(F1-F10)를 누르면 FICE 각각의 기본 설정값(preset No. 0-9)으로 변경할 수 있다. 이러한 변경은 RGB 신호의 변화이기 때문에 시간 지체 없이 실시간으로 내시경 영상을 변화할 수 있다.

3) FICE의 유용성 연구

FICE 영상은 백색광 영상보다 식도의 심부 혈관과 표층 혈관을 보다 선명하게 영상화할 수 있다. 식도 병변의 관찰에 있어서 정상 혈관상과 식도 병변에 의한 혈관상의 단절상을 FICE 영상을 이용하여 보다 분명하게 확인할 수 있기 때문에 식도의 미세한 병변을 관찰하는 데 보다 우월할 수 있다. 바렛식도에서 이형성을 진단하기 위한 표적 생검(target biopsy)에 유용하게 이용될 수 있다.

Osawa 등은 27예의 함몰형 조기위암에서 확대내시경을 사용하지 않은 FICE 영상으로 96% (26예)에서 병변의 외측연을 정확하게 인지할 수 있었다고 보고하였다. Mouri 등의 100명의 조기위암 환자들을 대상으로 한 연구에 의하면 530 nm 파장이 46%에서 주위 조직과 병변의 경계가 더 분명하였고 54%에서는 변화가 없었으며, 변연 평가가 더 나빠진 경우는 없었다고 보고하였다. 향후 조기위암에 대한 FICE 연구에서 적절한 파장은 530 nm로 예상되며 조기위암의 내시경 치료에 FICE 영상이 유용하게 적용될 수 있을 것으로 보인다. Togashi 등은 5 mm 이하의 107예 용종(종양성 병변 80예 vs. 비종양성 병변 27예)을 FICE 영상으로 관찰할 때 종양성 용종의 표면에서는 모세혈관망을 관찰할 수 있었으며, 작은 용종의 조직학적

소견을 예측하는 데 있어서 FICE 영상의 모세혈관망을 이용한 진단은 고식적 내시경을 이용한 진단보다는 우월하였다고 보고하였다. 작은용종의 조직학적 소견을 예측하는 데 대한 진단 정확도 및 민감도가 FICE 영상은 각각 87%와 93%였고, 백색광 영상은 각각 74%와 71%이었으며, 색소내시경의 피트 분석은 각각 86%와 90%였다. Pohl 등은 63명을 대상으로 선종 진단의 예측에 대해 FICE 영상, 색소내시경 영상, 백색광내시경 영상을 비교하였는데, FICE 영상은 백색광내시경에 비하여 선종 진단 예측의 민감도, 특이도 및 정확도가 유의하게 높았으나 색소내시경과는 차이를 보이지 않았다. 또한, 저배율과 고배율의 FICE 확대상을 이용할 경우 표준내시경 검사에 비해 유의하게 선종 진단 예측률이 향상된다고 보고하였다. 저배율에서 선종 진단에 대한 민감도, 특이도, 정확도는 각각 89.9%, 73.8%, 83.0%였으며, 고배율에서 선종 진단에 대한 민감도, 특이도, 정확도는 각각 96.6%, 80.3%, 90.0%였다.

결론

위장관암의 조기 진단과 치료는 환자의 예후를 향상시키고 삶의 질을 높이는 매우 중요한 화두이다. 내시경 의사로서 위장관암의 조기 진단 및 치료는 중요한 의무이다. 영상증강내시경은 현재 임상 연구에서 기존의 백색광 내시경에 비해 뛰어난 병변 진단 및 성상을 유추 능력을 보였지만, 병변과 장기에 따라 의미 있는 결과를 도출하지 못한 경우도 있었다. 향후 화질의 개선과 함께 보다 영상이 개선될 것으로 보이며, 다양한 장기 및 병변에서 대규모 연구를 통해 유용한 결과를 도출할 것으로 기대한다. 또한, 병리 결과를 유추할 수 있는 'optical biopsy'로서의 역할을 수행할 수 있도록 발전하길 기대한다.

참고문헌

1. Tajiri H, Matsuda K, Fujisaki J. What can we see with the endoscope? Present status and future perspectives. *Dig Endosc* 2002;14:131-137.
2. Kara MA, Peters FP, Rosmolen WD, et al. High-resolution endoscopy plus chromoendoscopy or narrow-band imaging in Barrett's esophagus: a prospective randomized crossover study. *Endoscopy* 2005;37:929-936.
3. Yasushi S, Manabu M, Hisao T, Atsushi O, and Shigeaki Y. Optical/digital chromoendoscopy during colonoscopy using narrow-band imaging system. *Dig Endosc* 2005;17:S43-S48.
4. Singh S, Sharma P. Magnification endoscopy in the upper GI tract. *Dig Endosc* 2005;17:S17-S19.
5. Sharma P, Weston AP, Topalovski M, Cherian R, Bhattacharyya A, Sampliner RE. Magnification chromoendoscopy for the detection of intestinal metaplasia and dysplasia in Barrett's oesophagus. *Gut* 2003;52:24-27.
6. Hamamoto Y, Endo T, Noshō K, Arimura Y, Sato M, Imai K. Usefulness of narrow-band imaging endoscopy for diagnosis of Barrett's esophagus. *J Gastroenterol* 2004;39:14-20.
7. Inoue H, Honda T, Yoshida T, et al. Ultra-high magnification endoscopy of the normal esophageal mucosa. *Dig Endosc* 1996;8:134-138.
8. Inoue H, Honda T, Nagai K, et al. Ultra-high magnification endoscopic observation of carcinoma in situ of the esophagus. *Dig Endosc* 1997;9:16-18.
9. Inoue H. Magnification endoscopy in the esophagus and stomach. *Dig Endosc* 2001;13:S40-S41.
10. Yoshida T, Inoue H, Usui S, Satodate H, Fukami N, Kudo SE. Narrow-band imaging system with magnifying endoscopy for superficial esophageal lesions. *Gastrointest Endosc* 2004;59:288-295.
11. Anagnostopoulos GK, Yao K, Kaye P, et al. High-resolution magnification endoscopy can reliably identify normal gastric mucosa, Helicobacter pylori-associated gastritis, and gastric atrophy. *Endoscopy* 2007;39:202-207.
12. Uedo N, Ishihara R, Iishi H, et al. A new method of diagnosing gastric intestinal metaplasia: narrow-band imaging with magnifying endoscopy. *Endoscopy* 2006;38:819-824.
13. Yao K, Iwashita A, Tanabe H, et al. White opaque substance within superficial elevated gastric neoplasia as visualized by magnification endoscopy with narrow-band imaging: a new optical sign for differentiating between adenoma and carcinoma. *Gastrointest Endosc* 2008;68:574-580.
14. Yao K, Yao T, Iwashita A. Determining the horizontal extent of early gastric carcinoma: two modern techniques based on differences in the mucosal microvascular architecture and density between carcinomatous and non-carcinomatous mucosa. *Dig Endosc* 2002;14:S83-S87.
15. Nakayoshi T, Tajiri H, Matsuda K, Kaise M, Ikegami M, Sasaki H. Magnifying endoscopy combined with narrow band imaging system for early gastric cancer: correlation of vascular pattern with histopathology (including video). *Endoscopy* 2004;36:1080-1084.
16. Yagi K, Nakamura A, Sekine A, Hajime U. Magnifying endoscopy with narrow band imaging for early differentiated gastric adenocarcinoma. *Dig Endosc* 2008;20:115-122.
17. Kadowaki S, Tanaka K, Toyoda H, et al. Ease of early gastric cancer demarcation recognition: a comparison of four magnifying endoscopy methods. *J Gastroenterol Hepatol* 2009;24:1625-1630.
18. Kiyotoki S, Nishikawa J, Satake M, et al. Usefulness of magnifying endoscopy with narrow-band imaging for determining gastric tumor margin. *J Gastroenterol Hepatol* 2010;25:1636-1641.
19. Ezoe Y, Muto M, Horimatsu T, et al. Magnifying narrow-band imaging versus magnifying white-light imaging for the differential diagnosis of gastric small depressive lesions: a prospective study. *Gastrointest Endosc* 2010;71:477-484.
20. Kato M, Kaise M, Yonezawa J, et al. Magnifying endoscopy with narrow-band imaging achieves superior accuracy in the differential diagnosis of superficial gastric lesions identified

- with white-light endoscopy: a prospective study. *Gastrointest Endosc* 2010;72:523-529.
21. Cho JY, Hong SJ. Autofluorescence imaging: as a new method for predicting metachronous gastric cancer. *J Gastroenterol Hepatol* 2010;25:1814-1815.
 22. Otani A, Amano Y, Koshino K, et al. Is autofluorescence imaging endoscopy useful for determining the depth of invasion in gastric cancer? *Digestion* 2010;81:96-103.
 23. Nakamura M, Tahara T, Shibata T, et al. Diagnostic efficacy of autofluorescence and reflectance imaging endoscopy for lateral extension of early gastric cancers. *Gastrointest Endosc* 2009;70:599.
 24. Kim WJ, Cho JY, Jeong SW, et al. Comparison of autofluorescence imaging endoscopic findings with pathologic findings after endoscopic submucosal dissection of gastric neoplasms. *Gut Liver* 2008;2:186-192.
 25. Kato M, Uedo N, Ishihara R, et al. Analysis of the color patterns of early gastric cancer using an autofluorescence imaging video endoscopy system. *Gastric Cancer* 2009;12:219-224.
 26. Kara MA, Peters FP, Fockens P, ten Kate FJ, Bergman JJ. Endoscopic video-autofluorescence imaging followed by narrow band imaging for detecting early neoplasia in Barrett's esophagus. *Gastrointest Endosc* 2006;64:176-185.
 27. Ohkawa A, Miwa H, Namihisa A, et al. Diagnostic performance of light-induced fluorescence endoscopy for gastric neoplasms. *Endoscopy* 2004;36:515-521.
 28. Ignjatovic A, East JE, Guenther T, et al. What is the most reliable imaging modality for small colonic polyp characterization? Study of white-light, autofluorescence, and narrow-band imaging. *Endoscopy* 2011;43:94-99.
 29. Lee BI. EPK-i Endoscopy. *Korean J Gastrointest Endosc* 2009;39(Suppl 1):184-186.
 30. Kodashima S, Fujishiro M. Novel image-enhanced endoscopy with i-scan technology. *World J Gastroenterol* 2010;16:1043-1049.
 31. Hoffman A, Kagel C, Goetz M, et al. Recognition and characterization of small colonic neoplasia with high-definition colonoscopy using i-Scan is as precise as chromoendoscopy. *Dig Liver Dis* 2010;42:45-50.
 32. Hoffman A, Sar F, Goetz M, et al. High definition plus colonoscopy combined with i-scan is superior in the detection and characterization of colorectal neoplasias compared to standard video colonoscopy-a prospective randomized trial. *Gastrointest Endosc* 2009;69(abstr):AB131.
 33. Yoshizawa M, Osawa H, Yamamoto H, et al. Diagnosis of elevated-type early gastric cancers by the optimal band imaging system. *Gastrointest Endosc* 2009;69:19-28.
 34. Osawa H, Yoshizawa M, Yamamoto H, et al. Optimal band imaging system can facilitate detection of changes in depressed-type early gastric cancer. *Gastrointest Endosc* 2008;67:226-234.
 35. 장재명. Autofluorescence imaging. *대한소화기내시경학회지* 2007;34(Suppl.1):130-134.
 36. 이보인. EPK-i Endoscopy. *대한소화기내시경학회지* 2009;39(Suppl. 1):184-186.
 37. 차재명. FICE. *대한소화기내시경학회지* 2009;39(Suppl.1):187-191.