대한임상검사학회지 : 39권 제3호, 271-276, 2007
ISSN 1738-3544

H. pylori 감염 진단 시 ^{14}C-요소호기검사의 임상적 유용성

광주기독병원 세포유전학실

김 윤 식

Clinical Usefulness of ^{14}C-Urea Breath Test for the Diagnosis of *H. pylori* Infection

Yoon-Sik Kim

Department of Cytogenetics Division, Kwangju Christian Hospital, Gwangju 503-715, Korea

Helicobacter pylori (*H. pylori*) infection is common in korea and high incidence at gastric ulcer and duodenal ulcer. ^{14}C-urea breath test (^{14}C-UBT) is regarded as a highly reliable and non-invasive method for the diagnosis of *H. pylori* infection. The purpose of this study was to evaluate the diagnositc performance of a new and rapid ^{14}C-UBT, which was equipped with Geiger-Muller counter and compared the results with those obtained by gastroduodenoscopic biopsies (GBx). One hundred sixty-eight patients (M : F = 118 : 50) underwent ^{14}C-UBT, rapid urease test (CLO test), and GBx. The results of ^{14}C-UBT were classified as positive (>50 cpm), borderline (25<p<50 cpm), or negative (<25 cpm) and CLO tests were classified as positive or negative according to color change. The results of GBx on giemsa stain were distribution of *H. pylori* by the Wyatt method. We compared ^{14}C-UBT or CLO test results with GBx as a glod standard. In the assessment of the presence of *H. pylori* infection, the ^{14}C-UBT global performance yielded positive predictive value, negative predictive value and accuracy of 93.3% and 83.3%, respectively. However, the CLO test had performance yielded positive predictive value, negative predictive value and accuracy of 76.9%, 50.0%, respectively. In this study ^{14}C-UBT is a highly accurate, simple and non-invasive method or the diagnosis of follow up *H. pylori* infection.

Key Words : *Helicobacter pylori*, ^{14}C-urea breath test, Gastroduodenoscopic biopsies

I. 서 론

Helicobacter pylori(*H. pylori*)는 그람음성 나선형세균으로 1983년 호주 병리학자인 Marshall과 Warren(1983)에 의해 위내시경 생검조직에서 발견하고 동정한 이후 현재 소화기 질환인 위염, 소화성 궤양 및 위암을 일으키는 위장성 병원균으로 진단되고 있다. 또한 최근에는 *H. pylori*의 감염이 소화기계 질병 뿐만 아니라 성장장애, 심혈관 질환, 두통레이노드증후군, 당뇨 및 담석증의 원인인자일 가능성이 있다는 보고도 있다(Gasbarrini 등, 1997). 이러한 *H. pylori* 세균에 대한 검사법은 현재 침습적 검사법인 위내시경을 통한 병리조직검사 및 생검 조직을 이용한 세균배양, 신속요소효소검사(CLO)검사, 중

교신저자 : 김윤식, (우) 503-715 광주광역시 남구 양림로 190 광주기독병원 세포유전학실
Tel : 062-650-5126, 010-9897-2982
E-mail : kys2982@naver.com

합효소연쇄반응(PCR)법 등이 있으며, 비침습적 검사법으로는 혈청검사, ^{14}C-요소호기검사(^{14}C-urea breath test: ^{14}C-UBT), 그리고 대변에서 *H. pylori* 항원검사법, 소변과 타액에서 *H. pylori* 항체검사법 등이 있다. 이들 검사 중 현재 가장 신뢰성과 정확성이 높은 것으로 판명된 방법은 위십이지장 내시경을 통한 병리조직검사법이다. 병리조직검사법은 *H. pylori* 감염 뿐만 아니라 위나 십이지장 내 염증상태, 궤양의 악성 및 양성 여부 등을 진단할 수 있는 장점이 있으나 환자에게 고통을 주는 침습적이라는 점, 그리고 조직학적 검사에 의한 *H. pylori*의 민감도와 특이도는 보고자의 숙련도와 점막조직의 처리과정의 숙련도에 따라 75~90%로 차이가 나는 점과 박멸요법 후에 균의 수가 적을 때에는 민감도가 감소하게 된다는 단점이 있다. 또한 세균배양법과 신속요소효소검사법도 위내시경을 통해 조직을 채취해야하는 어려운 점을 가지고 있다. 이러한 침습법을 대신할 방법으로 최근에 각광을 받고 있는 방법은 *H. pylori* 균이 가지고 있는 요소분해효소를 이용하여 감염여부를 검사는 요소호기검사법이 있다. 요소호기검사법은 13 탄소(^{13}C) 또는 14 탄소(^{14}C)를 이용하여 간단하게 실시할 수 있어 *H. pylori* 검사법으로 유용하게 이용되고 있다(임 등, 2001; 김 등, 2005; 박 등, 2006). 이러한 요소호기검사법은 1987년 Graham 등(1987)에 의해 처음 소개된 이후 요소의 사용량, 호기의 채취시간, 시험식(test meal)의 동시 투여 여부 등 검사법에 많은 개선되었고, 13 탄소를 이용한 요소호기검사는 상대적으로 과정이 복잡하고 고가의 장비가 필요로 하는 등의 문제점이 있었으나 현재 이용되는 새로운 14 탄소를 이용한 카트리지(Heliprobe BreathCard)와 가이거-뮬러 계수기(Geiger- Muller counter)를 도입한 방법은 14 탄소가 표지된 요소(urea)를 물과 함께 먹고 위내에 *H. pylori*에 의해 14 탄소 요소를 암모니아와 이산화탄소($^{14}CO_2$)로 분리되고, 이때 분리된 이산화탄소는 혈액을 통해 폐로 이동하여 호흡을 통해 바깥으로 배출된다. 호흡으로 배출되는 14 이산화탄소를 브레스카드(Breathcard)로 포집하고 14 이산화탄소를 헬리프로브 분석기(Heliprobe analyzer)를 이용해 14 이산화탄소의 양을 측정하여 *H. pylori* 감염유무를 알아보는 방법이 이용되고 있다(Howden와 Hunt, 1998).

본 연구에서는 *H. pylori* 감염 환자의 병리조직검사상 감염여부에 따른 ^{14}C-요소호기검사와 신속요소효소검사 등의 상관관계 비교하여 기존의 보고자들과 같이 *H. pylori* 박멸 후 침습적인 내시경검사를 대체할 수 있는 추적검사법으로 ^{14}C-요소호기성검사가 임상적으로 유용한 검사법인가를 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

본원에서 2006년 10월에서 2007년 9월까지 1년 동안 ^{14}C-요소호기검사를 받은 환자들의 임상기록지와 검사기록 등을 검토하여 위십이지장내시경적 진단, 병리조직검사, 신속요소분해효소검사 등의 결과 등을 종합하여 분석하였다. 조사대상환자 선정에 있어 검사 실시 1주일 내에 항생제 및 H_2 수용체 차단제, 양성자펌프 차단제 등을 복용한적 없고, 과거 위절제술을 받지 않았고 위-대장 누관이 없는 환자를 대상으로 하였으며 총 실험대상 환자 수는 168명의 남녀 환자(남 : 여 = 118 : 50)를 대상으로 하였다.

2. 연구방법

1) 위십이지장내시경

대상 환자는 내시경 전 최소 8시간 이상 금식하였고, 전 처치로 검사 15분전에 hyoscine-N-butylbrominde (Buscopan®) 20 mg과 midazolam(Dormicom®) 1 mg을 혈관주사하고, 2% Lidocaine HCl 10 mL로 인후부의 국소마취를 시행한 후 세척된 내시경으로 검사를 실시하였다. 환자에 따라 검사도 중에 생검이 필요한 경우는 초음파 세척기로 세척한 생검겸자로 조직절편을 채취하여 병리조직검사와 CLO를 실시하였다.

2) 병리조직검사

내시경검사실에서 의뢰된 조직절편은 Giemsa 염색을 실시하여 Wyatt법을 이용하여 세균의 분포도에 따라 0~4 등급으로 나누었으며, 0등급은 *H. pylori* 음성으로 판정하고 1~4등급을 양성으로 판정하였다.

3) CLO 검사

내시경검사에서 채취된 검체를 신속요소분해효소 검사법인 상품화된 CLO test kit(BALLARD®, Utah, U.S.A)를 이용하여 시행하여 조직 첨가 후 30분에 붉은색으로 변화가 있는 경우와 30분에는 변화가 없었지만 8시간 경과 후에 붉은 색으로 변하는 경우를 양성으로 판정하였다.

4) ^{14}C 요소호기검사

위십이지장내시경검사 후 상품화된 Heliprobe system (Institue of isotopes Co., Sweden)를 이용한 방법으로 Helicap(37KBq(luCi) ^{14}C-urea capsule)을 물(50 mL)과 함께 복용하고, 10분간 기다린 후 BreathCard의 마우스피스를 통해 BreathCard 포집표시막이 오렌지색에서 노락색으로 변할 때 까지 숨을 내쉰다(약 1~4분정도). 이후 BreathCard색이 변하면 BreathCard를 헬리프로브 분석기(Heliprobe^{TM} analyzer)로 분석하였다. 결과 판정은 25 cpm이하는 음성(not infected patient)으로 25~50 cpm의 경우는 미분류(borderline case)로 하였으며, 50 cpm 이상의 경우는 양성(infected patient)으로 판정하였다.

III. 결 과

1. ^{14}C-요소호기검사 연령별 분포

^{14}C-요소호기검사를 받은 환자의 연령별 분포는 20세 이하부터 10년씩 세분하여 조사하였으며, 가장 많은 환자군은 40대가 76명으로 45.2% 나타냈으며, 다음으로는 50대가 44명으로 26.1%, 60대가 20명으로 12.0%를 나타내었다(Table 1).

2. 검사방법에 따른 *H. pylori* 감염 양성률

환자들의 검사방법 분포를 보면 위십이지장내시경을 통한 병리조직검사를 받은 환자 수는 98명으로 이 중 Giemsa염색에 의한 *H. pylori*감염으로 확진된 경우는 총 48명으로 48.9%에 해당하였으며, 신속요소분해효소 검사를 받은 38명 중 26명인 68.4%에서 *H. pylori* 감염 양성반응을 보여다. 그리고 ^{14}C-요소호기검사를 받은 168명 중 88명이 *H. pylori* 감염 양성반응을 보여 52.4% 해당하였고, 8명의 미 분류 환자는 음성으로 판정하였다(Fig. 1).

Table 1. Patient age distribution of ^{14}C-Urea Breath Tests

Age	Patient (n)	%
<20	6	3.6
-30	2	1.2
-40	16	9.5
-50	76	45.2
-60	44	26.1
-70	20	12.0
>70	4	2.4
Total	168	100

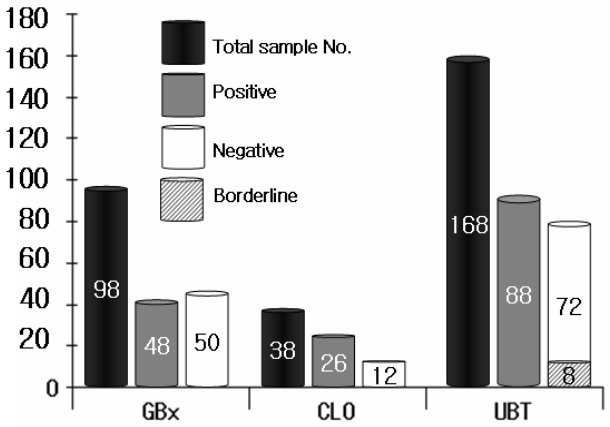

Fig. 1. Patient distribution of the results of Gastroduodenoscopic Biopsy with Giemsa Stain (GBx), Campylobacter-like Organism (CLO) tests and ^{14}C-Urea Breath tests (UBT)

3. 병리조직검사에 대한 ^{14}C-요소호기검사와 CLO검사의 진단율 비교분석

병리조직검사와 함께 ^{14}C-요소호기검사가 동시에 실시된 80명 환자군에서 병리조직검사상 *H. pylori* 양성을 보인 환자 32명 중 2명을 제외한 30명이 ^{14}C-요소호기검사도 양성을 보여 병리조직검사와 ^{14}C-요소호기검사의 일치율은 93.3%를 보였으며, 병리조직검사상 *H. pylori* 음성을 보인 48명 중 8명을 제외한 40명이 ^{14}C-요소호기검사에서도 음성을 나타내어 83.3%의 일치율을 보였다. 그

Table 2. Comparison of diagnostic perfomance of ^{14}C-Urea Breath Tests (^{14}C-UBT) and Campylobacter-like Organism (CLO) tests with the results of Gastroduodenoscopic Biopsy with Giemsa Stain (GBx)

C-14 UBT	GBx		CLO test	GBx	
	+	−		+	−
Positive	30	8	Positive	20	12
Negative	2	40	Negative	6	12
Total	32	48	Total	26	24

Table 3. Comparison of Endoscopic Diagnosis of ^{14}C-Urea Breath Tests (14C-UBT) positive and Gastroduodenoscopic Biopsy with Giemsa Stain (GBx) positive results

GBx	Endoscopic Dx.		C-14 UBT	Endoscopic Dx.	
	Ulcer	No Ulcer		Ulcer	No Ulcer
Positive	34	14	Positive	24	34
Negative	10	40	Negative	14	20
Total	44	54	Total	38	54

리고 병리조직검사와 함께 CLO검사가 동시에 실시된 50명 환자군에서 병리조직검사상 *H. pylori* 양성을 보인 26명 중 6명을 제외하고 20명에서 CLO검사에서도 양성을 보여 일치율이 76.9%를 보였으며, 병리조직검사상 *H. pylori* 음성을 보인 24명에서 12명만이 CLO검사에서도 음성을 나타내어 일치율은 50%로 낮게 나타났다 (Table 2).

4. 병리조직검사와 ^{14}C-요소호기검사 양성에서 내시경적 궤양진단과의 상관관계 비교

병리조직검사상 *H. pylori* 양성을 보인 48예 중 34명에서 위 또는 십이지장궤양이 관찰되어 70.8%를 나타내어 음성 50명 중 10명인 25%보다 2.83배 높게 나타났다. 이에 반하여 ^{14}C-요소호기검사가의 경우는 *H. pylori* 양성을 보인 58명 중 24명에서 위 또는 십이지장궤양이 관찰되어 41.4%를 나타냈으며, 음성의 경우도 24명 중 14명으로 41.2%를 나타내어 유의한 차이가 없었다(Table 3).

IV. 고 찰

H. pylori 균은 1983년 Marshall과 Warren(1983)의해 위염과 위십이지장궤양 환자의 위유문부로부터 Warthin-Starry silver염색법을 이용하여 검출하여 *Campylobacter pyloridis*로 명명되어 생물학적 연구가 진행되었다. 이후 Goodwin 등(1989)에 의해 *H. pylori*로 불리게 되었다. *H. pylori* 균은 위염, 소화성 궤양 및 위암을 일으키는 위장질환을 일으키는 병원성 균으로 위점액층 내 상피세포 사이사이에 증식하며, 요소분해효소(urease)를 분비하며, 분비된 요소분해효소를 암모니아로 변환시켜 위내 염산(HCl)을 중화시키고, 균 주위도 중성화를 유도시킨다. 또한 점막세포를 파괴하여 염증 유발물질인 interleukin-8 등을 유리하게끔 한다고 알려져 있다. 그러나 *H. pylori*가 위 점막 손상을 유발하는 기전은 아직 확실치 않은데, 암모니아와 요소분해효소가 점막 상피세포 손상을 유도한다는 보고(Konishi 등, 1992; Megraud 등, 1992)가 있고, *H. pylori*가 점액층을 손상시킴으로서 위산에 의한 위 점막의 손상을 유도한다(Sarosiek 등, 1988; Ormond와 Tolleg, 1989; Slomiany 등, 1992)는 것이 병인 기전의 하나로 여겨져 왔으나, 최근 *H. payor* 감염이 점액의 점도를 떨어뜨리지 않는다는 보고가 있다(Markesich 등, 1995). *H. payor* 제균요법시 점액분해제를 함께 투여하면 제균율이 더 높아진다는 보고(Zala 등, 1994)가 있는데 이는 점액층이 *H. pylori*에 유리한 환경을 제공한다는 것을 의미하므로 이에 대한 더 많은 연구가 필요한 상태이다. *H. pylori*가 위상피세포로 하여금 interleukin-8과 같은 cytokine을 생산하도록 유도하고 이에 의해 활성화된 백혈구에 의한 염증 반응으로 인해 점막 손상이 초래된다는 보고가 있다 (Blaser, 1992; Yoshida 등, 1993).

우리나라 *H. pylori*에 대한 유병률 연구를 보면 위궤양 환자의 90%와 십이지장궤양환자의 100%에서 발병하고 있는 것으로 추정하고 있고, 우리나라에서는 전인구를 대상으로 볼 때 남자 56.6%, 여자 52.4%으로 평균 54.3%가 감염되었다는 보고가 있다(최 등, 1995).

이러한 *H. pylori* 균에 대한 검사법으로 현재 임상적으로 적용되고 있는 방법으로 침습적인 검사방법인 위내시경을 통한 병리조직검사 및 생검조직을 이용한 세균배양, 신속요소효소검사검사, 중합효소연쇄반응법 등이 있

으며, 비침습적 검사방법으로는 혈청검사, 요소호기검사, 그리고 대변에서의 *H. pylori* 항원검사법, 소변과 타액에서 *H. pylori* 항체검사법 등이 있다.

이들 방법 중 비침습적이고 특이도가 높은 새로운 14 탄소를 이용한 카트리지와 가이거-뮬러 계수기를 이용한 방법이 최근에 각광을 받고 있다. 이 방법은 *H. pylori*가 생성하는 요소분해효소를 14 표지탄소가 있는 bicarbonate (HCO^{3-})가 혈액 내에서 흡수된 이후 이산화탄소로 변화되어 호기로 배출되는 양을 측정하는 방법으로 침습적인 내시경검사에 의한 조직생검검사나 *H. pylori*균 배양법은 배양을 위해 적절한 조건을 맞추어야 하는 불편함에 비해 간편한 방법이다. 그리고 정량적 측정이 가능하다는 장점이 있어 임상적 유용성이 대두되고 있다(Desroches 등, 1997).

이에 본 연구자는 본원에서 2006년 10월에서 2007년 9월까지 1년 동안 ^{14}C-요소호기검사를 받은 환자들의 임상기록지와 검사기록 등을 검토하여 위십이지장내시경적 진단, 병리조직검사, 신속요소분해효소검사 등의 결과를 종합하여 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

환자들의 검사방법 분포를 보면 위십이지장내시경을 통한 병리조직검사를 받은 환자 수는 94명으로 이중 Giemsa 염색에 의한 *H. pylori* 감염이 확진된 경우는 총 48명으로 51.1%에 해당하였다. 신속요소분해효소검사를 받은 38명 중 26명인 68.4%에서 *H. pylori* 감염 양성반응을 보여다. 그리고 ^{14}C-요소호기검사에서는 검사를 받은 168명 중 88명이 *H. pylori* 감염 양성반응 보여 52.4% 해당하였고 8명의 미분류환자는 음성으로 판정하였다(Fig. 1). 병리조직검사와 ^{14}C-요소호기검사가 동시에 실시된 40명의 대상환자 중 병리조직검사상 *H. pylori* 양성을 보인 환자 32명중 2명을 제외한 15명이 ^{14}C-요소호기검사도 양성을 보여 일치율이 93.3%를 보였으며, 병리조직검사상 *H. pylori* 음성을 보인 24명중 4명을 제외한 20명이 ^{14}C-요소호기검사도 음성을 보여 일치률은 83.3%의 일치율을 보였다. 이와 같은 결과는 국내 다른 보고자들과 비슷한 결과를 보였다(임 등, 2001; 성 등, 2006). 그리고 병리조직검사와 CLO검사가 동시에 실시된 50명 중 병리조직검사상 *H. pylori* 양성을 보인 26명 중 6명을 제외하고 20명에서 CLO검사에서도 양성을 보여 일치율이 76.9%를 보였으며, 병리조직검사상 *H. pylori* 음성을 보인 12명에서 6명만이 CLO검사와 일치율이 50%였다. 이와 같은 결과는 임 등(2001)이 보고한 결과인 양성 일치률 83.1%, 음성일치율 81.3%보다 낮게 나타났지만, 병리조직검사상 *H. pylori* 양성을 확진으로 진단할 경우 민감도는 ^{14}C-요소호기검사가 93.3%로 CLO검사 76.9%에 비해 높게 나타났으며, *H. pylori* 음성도 또한 ^{14}C-요소호기검사가 83.3%로 CLO검사 50.0%에 비해 높은 일치율을 나타냈다.

병리조직검사상 *H. pylori* 양성을 보인 48예 중 34명에서 위 또는 십이지장궤양이 관찰되어 70.8%를 나타냈으며, 음성 50명 중 10명인 25%보다 2.83배 높게 나타났다. 이에 반하여 ^{14}C-요소호기검사가의 경우는 *H. pylori* 양성을 보인 58명 중 24명에서 위 또는 십이지장궤양이 관찰되어 41.4%를 나타냈으며, 음성의 경우도 34명중 14명으로 41.2%를 나타내어 별 차이가 없었다(Table 3). 이와 같은 ^{14}C-요소호기검사가 결과 위십이지장내시경적 검사와의 일치율이 낮은 이유는 병리조직학적 검사만 단독으로 시행된 경우보다 ^{14}C-요소호기검사와 병리조직학적 검사가 함께 실시된 경우는 *H. pylori* 감염을 치료한 후 추적관찰을 확인하기 위해 실시한 경우가 많았기 때문으로 사료된다.

이번 연구결과로 볼 때 *H. pylori* 균 검사법으로 ^{14}C-요소호기검사가 비침습적이고 쉽고 빠르게 실시할 수 있는 장점과 병리조직검사와의 비교에서도 양성 일치율이 93.3%와 음성 일치율 83.3%로 CLO 검사의 양성 일치율 76.9%와 음성 일치율 50%보다도 더 높게 나타남을 확인할 수 있어 임상에서 진단검사나 추적검사에 있어서 적용할 수 있는 매우 유용한 검사법으로 사료되었다.

참 고 문 헌

1. Blaser MJ. Hypotheses on the pathogenesis and natural history of Helicobacter pylori-induced inflammation. *Gastroenterology* 102(2):720-727, 1992.
2. Desroches JJ, Lahaie RG, Picard M, Morais J, Dumont A, Gaudreau C, Picard D, Chartrand R. Methodological validation and clinical usefulness of carbon-14-urea breath test for documentation of

presence and eradication of *Helicobacter pylori* infection. *J Nucl Med* 38(7):1141-1145, 1997.
3. Gasbarrini A, Franceschi F, Gasbarrini G, Pola P. Extraintestinal pathology associated with *Helicobacter* infection. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 9(3):231-233. 1997.
4. Goodwin CS, Armstrong JA, Chilvers T, Peters M, Collins MD, Sly L, McConnel W, Harper WES. Transfer of *Campylobacter pylori* and *Campylobacter mustelae* to *Helicobacter* gen. nov. as *Helicobacter pylori* comb. nov. and *Helicobacter mustelae* comb. nov., respectively. *Int J Syst Bacteriol* 39:397-405, 1989.
5. Graham DY, Klein PD, Evans DJ Jr, Evans DG, Alpert LC, Opekun AR, Boutton TW. *Campylobacter pylori* detected noninvasively by the 13C-urea breath test. *Lancet* 1(8543):1174-1177, 1987.
6. Howden CW, Hunt RH. Guidelines for the management of *Helicobacter pylori* infection. Ad Hoc Committee on Practice Parameters of the American College of Gastroenterology. *Am J Gastroenterol* 93(12):2330-2338, 1998.
7. Konishi H, Ishibashi M, Morshed MG, Nakazawa T. Cytopathic effects of *Helicobacter pylori* on cultured mammalian cells. *J Med Microbiol* 37(2):118-122, 1992.
8. Markesich DC, Anand BS, Lew GM, Graham DY. *Helicobacter pylori* infection does not reduce the viscosity of human gastric mucus gel. *Gut* 36(3):327-329, 1995.
9. Marshall BJ, Warren JR. Unidentified curved bacilli on gastric epithelium in active chronic gastritis. *Lancet* 1(8336):1273-1275, 1983.
10. Mégraud F, Neman-Simha V, Brügmann D. Further evidence of the toxic effect of ammonia produced by *Helicobacter pylori* urease on human epithelial cells. *Infect Immun* 60(5):1858-63, 1992.
11. Ormand JA, Talley NJ. *Campylobacter pylori*, mucus, and peptic ulceration. A dynamic interaction. *J Clin Gastroenterol* 11(5):492-495, 1989.
12. Sarosiek J, Slomiany A, Slomiany BL. Evidence for weakening of gastric mucus integrity by *Campylobacter pylori*. *Scand J Gastroenterol* 23(5):585-590, 1988.
13. Slomiany BL, Murty VL, Piotrowski J, Liau YH, Sundaram P, Slomiany A. Glycosulfatase activity of *Helicobacter pylori* toward gastric mucin. *Biochem Biophys Res Commun* 183(2):506-513, 1992.
14. Yoshida N, Granger DN, Evans DJ Jr, Evans DG, Graham DY, Anderson DC, Wolf RE, Kvietys PR. Mechanisms involved in *Helicobacter pylori-induced* inflammation. *Gastroenterology* 105(5):1431-1440, 1993.
15. Zala G, Flury R, Wüst J, Meyenberger C, Ammann R, Wirth HP. Omeprazole/amoxicillin: improved eradication of *Helicobacter pylori* in smokers because of N-acetylcysteine. *Schweiz Med Wochenschr* 124(31-32):1391-1397, 1994.
16. 김민우. 임석태, 이승옥, 손명희. *Helicobacter pylori* 감염 진단 시 14C-요소호기검사의 계수측정방법에 따른 진단 성능 비교. 대한핵의학회지 39(1):21-25, 2005.
17. 박서진, 박윤희, 이상인, 이덕철, 용동은, 김정호. *Helicobacter pylori* 감염에서 새로운 저용량 13C-요소 캡슐과 기존의 정제형 13C-요소제제를 이용한 요소호기검사 기간 비교. 대한진단검사의학회지 26:81-85, 2006.
18. 성홍섭, 정희정, 김미나, 이진혁. *Helicobacter pylori* 항균제 감수성 검사의 임상적 적용. 대한진단검사학회지 26:179-184, 2006.
19. 임석태, 손명희, 이승옥, 이수택, 정명자. C-14 요소호기검사의 정량치가 *Helicobacter pylori* 감염 정도를 반영할 수 있을까? 대한핵의학회지 35(1):61-68, 2001.
20. 최종영, 방춘상, 양영상. 한국인에서의 *Helicobacter pylori* 감염의 유병률. 대한내과학회지 47(suppl. 1):6, 1995.