

Helicobacter pylori 감염 유무와 정도 반영에 대한 C-14와 C-13 요소호기검사 정량치 비교

전북대학교 의학전문대학원 핵의학교실, 의과학연구소, 임상의학연구소
임석태 · 김동욱 · 정환정 · 손명희

Comparison of the Quantitative Values of C-14 and C-13 UBT to Reflect the Presence and Degree of Ongoing *Helicobacter pylori* Infection

Seok Tae Lim, M.D., Dong Wook Kim, Ph.D., Hwan-Jeong Jeong, M.D. and Myung-Hee Sohn, M.D.
Department of Nuclear Medicine, Institute for Medical Sciences, and Research Institute of Clinical Medicine, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

Purpose: A urea breath test (UBT) using C-14 or C-13 has been developed for identifying *Helicobacter* (*H.*) *pylori* infection on the basis of urease production with release of labeled CO₂. We investigated if the C-14 and C-13 UBT have the difference to reflect the presence and degree of *H. pylori* infection detected by gastro-duodenoscopic biopsies (GBx) in the same patients. **Materials and methods:** Thirty eight patients (M:F = 28:10, age 53.4±13.0 yrs) with upper gastrointestinal symptoms such as indigestion, gastric fullness or pain consecutively underwent C-14 UBT, GBx and C-13 UBT within one week before medications. For the C-14 UBT, a single breath sample was collected at 10 minutes after ingestion of C-14 urea (37 KBq) capsule and counting was done in a liquid scintillation counter for 1 minute, and the results were classified as positive (≥200 dpm), intermediate (50~199 dpm) or negative (<50 dpm). For the C-13 UBT, the results were classified as positive (≥2.5‰) or negative (<2.5‰). The results of GBx with Giemsa stain were graded 0 (normal) to 4 (diffuse) according to the distribution of *H. pylori* by the Wyatt method. We compared C-14 UBT and C-13 UBT results with GBx grade as a gold standard. **Results:** The prevalence of *H. pylori* infection by GBx with Giemsa stain was 25/38 (65.8%). In the assessment of the presence of *H. pylori* infection, the C-14 UBT global performance yielded sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV) and accuracy of 92.0%, 92.3%, 95.8%, 91.7% and 92.1%, respectively. However, the C-13 UBT had sensitivity, specificity, PPV, NPV and accuracy of 96.0%, 84.6%, 92.3%, 91.7% and 92.1%, respectively. The more significant correlation in C-14 than C-13 UBT ($r=0.948$ vs $r=0.819$, $p<0.001$) was found between the value of UBT and the grade of distribution of *H. pylori* infection. **Conclusion:** We conclude that the diagnostic performance between C-14 and C-13 UBT to detect *H. pylori* infection is not significantly different, but the value of C-14 UBT more significantly reflects the degree of bacterial distribution. (Nucl Med Mol Imaging 2008;42(3):229-234)

Key Words: urea breath test, C-14, C-13, *Helicobacter pylori*

서 론

Helicobacter pylori (이하 *H. pylori*)는 1982년 Warren과 Marshall에 의해 만성 위염 환자의 위 생검 조직에서 처음으로

로 동정된 이후 이에 대한 연구가 활발하게 진행되어 위염, 위궤양, 십이지장궤양 등의 양성 위십이지장 질환 뿐만 아니라 위암의 위험인자로 알려져 있다.¹⁻⁵⁾ 따라서 *H. pylori* 감염과 제균 여부에 대한 정확한 진단이 소화성 궤양 환자의 치료에 필수적 요소가 되고 있다.

H. pylori 감염의 진단은 침습적인 방법으로 내시경을 통한 생검조직을 이용하여 균배양을 하거나 urease 활성도를 이용하여 간접적으로 *H. pylori* 감염 여부를 측정하는 rapid urease test (이하 CLO 검사)와 Warthin-Starry silver 또는 modified Giemsa 염색 후 현미경검사 등이 있으며 비침습적인 방법으로는 C-14 또는 C-13 요소호기검사(이하UBT),

• Received: 2007. 11. 24. • Accepted: 2008. 2. 11.
• Address for reprints: Seok Tae Lim, M.D. Department of Nuclear Medicine, Chonbuk National University Medical School, 634-18 Keumam-dong Duckjin-gu, Jeonju 561-712, Korea
Tel: 82-63-250-1172, Fax: 82-63-250-1588
E-mail: stlim@chonbuk.ac.kr

혈청학적 검사, 대변내 항원검사 등이 있다.⁶⁻⁹⁾ UBT는 침습적인 내시경검사가 필요 없으며 간편하고 저렴하며 비교적 정확하게 *H. pylori* 감염 여부를 진단하는데 유용한 것으로 알려져 있다. 최근 들어 *H. pylori*에 의한 염증이 진행시 만성 위축성 위염을 일으키고 나아가서는 위암을 일으킨다는 학설이 대두되면서 UBT가 *H. pylori* 감염의 경중도를 정량적으로 예측할 수 있는지에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다.¹⁰⁻¹³⁾ 하지만 아직까지는 동일한 환자에서 시행된 C-14와 C-13 UBT 측정치와 조직생검 소견에서 관찰되는 *H. pylori* 감염 정도를 비교한 연구보고는 찾아 보기가 어렵다.

저자들은 *H. pylori* 감염 여부를 진단하고자 1주일 이내에 C-14와 C-13 UBT, 위십이지장내시경을 통한 조직생검 검사를 모두 시행하여 C-14와 C-13 UBT의 진단성능을 알아보고 각각의 정량적 측정치가 조직생검에 의한 *H. pylori* 분포 정도와 유의한 상관관계가 있는지를 알아보하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

소화불량, 위팽만감, 상복부동통과 상부위장관 증상이 있어 1주일 이내에 C-14와 C-13 UBT, 위십이지장내시경을 통한 조직생검 검사를 모두 시행한 38명(남:녀=28:10, 나이: 53.4±13.0세)의 환자를 대상으로 하였다. 대상환자 중에서 최근 1개월내에 bismuth제제나 항생제를 복용하였거나 2주 이내에 H2 길항제나 proton pump 억제제를 복용한 환자, 위장관절제술을 받은 환자, 상부위장관 출혈이 있는 환자는 대상에서 제외하였다.

2. 방법

1) 위십이지장 내시경 및 조직생검 검사

대상환자는 내시경 검사전에 8시간 이상 금식하였고, 전 처치로 검사 15분전에 hyoscine-N-butylbromide (Buscopan[®]) 20 mg과 midazolam (Dormicom[®]) 1 mg을 근육주사하고, 2% lidocaine HCl 10 ml로 인후부의 국소마취를 시행한 후 수세소독된 내시경(GIF-Q200, Olympus, U.S.A)으로 검사를 받았다. 궤양 및 미란 부위와 장상피화 부위를 피하고 유문륜으로부터 2 cm 이내의 위유문부로부터 2편의 조직을 채취하여 병리조직검사를 시행하였다. 조직의 양을 같게 하기 위하여 한 종류의 검사만을 이용하여 가능한 최대의 조직을 채취하였다. 내시경검사로 얻은 조직은 Giemsa 염색을 실시하였으며 Wyatt법^{14,15)}을 이용하여 균의 분포에 따라 0에서 4까지 등급을 정하였으며, 등급 0은 *H. pylori* 감염에 대하여 음성으로, 등급 1-4는 양성으로 판정하였다. 등급 0은 조직

절편 내에서 *H. pylori*를 발견할 수 없는 경우, 등급 1은 한두 개 정도의 점막에서 인접한 균을 발견할 수 있는 경우, 등급 2는 위소와들과 위점막 표면의 50% 이내에서 균을 관찰할 수 있는 경우, 등급 3은 50% 이상에서 균을 발견할 수 있는 경우, 등급 4는 조직절편 내에서 *H. pylori*의 치밀한 집락이 있는 경우로 정의하였다.

2) C-14 요소호기검사

위십이지장내시경검사 후 약 1시간 뒤에 상품화된 PYtest[®] 키트(BALLARD, Utah, U.S.A)를 이용하여 37 KBq (1 μ Ci)의 C-14으로 표지된 urea가 들어 있는 캡슐을 20 ml의 증류수와 함께 경구 복용시키고 3분 후에 20 mL의 증류수를 추가로 마시게 한 후 10분에 최대로 흡기후 5초간 숨을 참게 한 뒤에 알루미늄으로 된 풍선을 이용하여 호기속에 있는 이산화탄소를 채집하였다. 채집 후 2.5 ml의 포집용액이 들어 있는 유리로 된 용기에 공기펌프를 이용하여 C-14가 있는 이산화탄소를 포집한 후 섬광용액 10 ml를 첨가하여 고루 섞이게 하고 전용 베타카운터(microCOUNT LITE, BALLAD, U.S.A.)로 측정하였다. 1999년 미국핵의학학회에서 제시한 기준에 따라 측정치가 50 dpm이하인 경우에는 음성, 200 dpm 이상인 경우에는 양성으로 판정하였고, 50에서 200 dpm 사이로 측정된 경우에는 1시간 뒤에 재측정하여 50 dpm이하인 경우에는 음성, 200 dpm 이상인 경우에는 양성으로 판정하였고, 지속적으로 50에서 200 dpm 사이에 해당되는 경우에 미분류로 판정하였다.¹⁶⁾

3) C-13 요소호기검사

위십이지장내시경과 C-14 UBT 시행 후 1주일 이내에 4시간 이상 금식한 환자를 대상으로 UBiT[®] 키트(Korea Otsuka Pharmaceutical Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 C-13 urea 100 mg이 들어 있는 캡슐을 복용하기 전의 호기와 복용 후 20분이 지난 호기를 포집하여 전용 적외분광분석 장치(UBiT-IR300, Korea Otsuka Pharmaceutical Co. Ltd., Seoul, Korea)로 ¹³CO₂ 및 ¹³CO₂/¹²CO₂ 비를 측정하고 그 변화량(Δ¹³C)을 산출해서 2.5% 이상을 양성, 2.5% 미만을 음성으로 판정하였다.

4) 병리조직검사에 대한 C-14와 C-13 요소호기검사의 진단율 비교

병리조직검사 결과를 금과옥조로 하여 C-14와 C-13 UBT의 *H. pylori*에 감염 여부 진단에 대한 예민도와 특이도 양성예측도, 음성예측도, 정확도를 비교분석 하였다.

Table 1. Comparison of Diagnostic Performance between C-14 and C-13 Urea Breath Test with Gastroduodenoscopic Biopsies

C-14 UBT*	GBx†			C-13 UBT	GBx		
	Positive	Negative	Total		Positive	Negative	Total
Positive	23	1	24	Positive	24	2	26
Intermediate							
Negative	2	12	14	Negative	1	11	12
Total	25	13	38		25	13	38

*UBT, urea breath test

† GBx, the result of gastroduodenoscopic biopsy with giemsa stain

Table 2. Comparison of Concordance between C-14 and C-13 Urea Breath Test

C-13 UBT	C-14 UBT*			
	Positive	Intermediate	Negative	Total
Positive	23		3	26
Negative	1		11	12
Total	24		14	38

*UBT, urea breath test

5) 병리조직 검사 등급에 따른 C-14 와 C-13 요소호기검사의 정량적 수치 상관관계 비교

Wyatt법에 의한 조직의 균의 분포에 따른 등급(0-4)과 C-14 와 C-13 요소호기검사에 의하여 측정된 정량치와의 상관관계를 SPSS 통계프로그램의 Kruskal-Wallis 비모수 검정법과 스피어맨 순위상관계수를 구하여 분석하였고 p값이 0.05 미만인 경우를 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 병리조직검사에 대한 C-14 와 C-13 요소호기검사의 진단을 비교

대상환자 38명에서 Giemsa 염색을 시행한 병리조직검사에서 양성을 보인 환자는 25명(65.8%)이었고, 음성을 보인 환자는 13명(34.2%)이었다. 조직검사에서 양성을 보인 25명 중에서 C-14 UBT에서 양성을 보인 환자는 23명이었고, 나머지 2명에서는 음성을 보였다. 반면에 C-13 UBT에서는 24명에서 양성을 보였고, 음성은 1명이었다(Table 1). 조직검사 결과를 최적 기준(gold standard)로 하였을 경우 *H. pylori* 감염 진단에 있어 C-14 UBT의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도는 92.0%, 92.3%, 95.8%, 85.7%, 92.1%를 보였다. C-13 UBT는 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도가 96.0%, 84.6%, 92.3%, 91.7%, 92.1%를 보였다. C-14 와 C-13 UBT는 23명에서 모두 양성을 보였고 11명에서는 모두 음성을 보여 *H. pylori* 감염을 진단하는데 두 검사는 89.5%(34/38)에서 일치하였고 10.5%(4/38)에서

서로 다른 결과를 보였다(Table 2).

2. 병리조직 검사 등급에 따른 C-14 와 C-13 요소호기검사의 정량적 수치 상관관계 비교

Wyatt법에 의한 병리조직 검사에 대한 등급을 정하였을 때 음성으로 판명되는 등급 0은 13명이었고 양성을 보인 25명 중에서 등급 1은 5명(20%), 등급 2는 7명(28%), 등급 3은 9명(36%), 등급 4는 4명(16%)으로 등급 3을 보인 환자가 가장 많았다. 조직학적 등급에 대하여 C-14 UBT 측정치는 유의한 상관관계($r=0.948, p<0.001$)를 보였고, C-13 UBT 측정치도 유의한 상관관계($r=0.819, p<0.001$)를 보였으나 C-14 요소호기검사가 좀 더 높은 상관관계가 있었다(Fig. 1).

고 찰

UBT가 *H. pylori* 감염 여부를 진단하는데 있어서 유용하다 보고는 많이 있다.¹⁷⁻²⁰⁾ 하지만 UBT의 측정된 정량치가 *H. pylori* 감염의 정도나 분포를 반영할 수 있는지에 대한 연구보고는 적은 편이다. 이 연구는 *H. pylori* 감염 정도를 진단하는데 있어서 C-14 과 C-13 UBT의 진단성능을 동일환자에서 반복 시행함으로써 정확하게 비교하였고, 두 UBT의 측정된 정량치와 Wyatt법에 의한 조직학적 검사결과를 최적 기준으로 삼아 균의 분포 등급을 비교하였다.

조직검사 결과를 최적 기준으로 하였을 때 *H. pylori* 감염에 대한 진단성능 비교시 C-13 UBT가 C-14 UBT에 비하여 유의한 차이는 아니지만 민감도는 96.0%로 약간 높으나 특

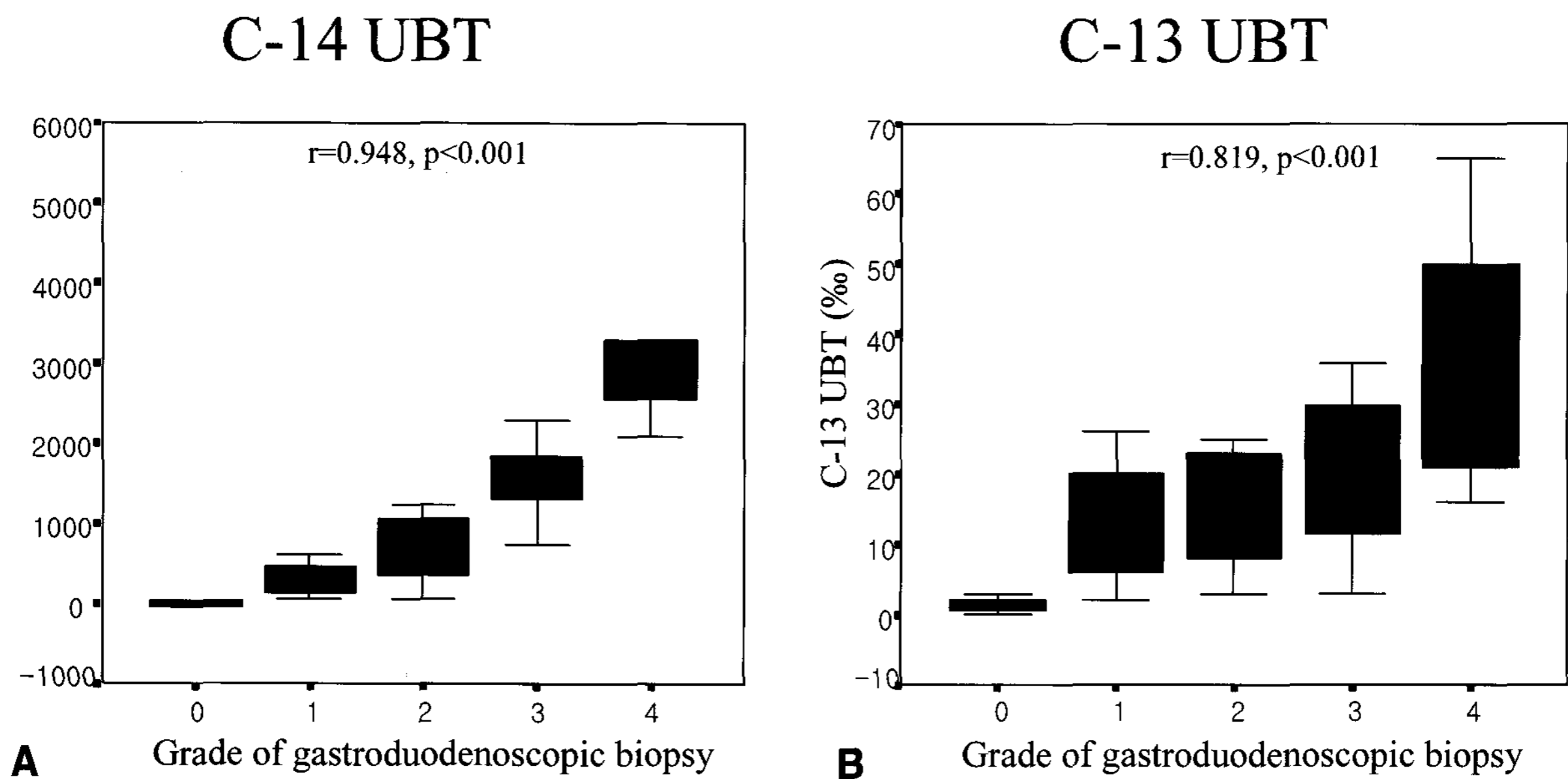


Figure 1. Quantitative values of C-14 and C-13 urea breath tests according to pathologic grading. A significant correlation was found between C-14 UBT (A) and C-13 UBT (B) values and the grade of distribution of *H. pylori* infection. However, the correlation coefficient of the C-14 UBT was more excellent than that of the C-13 UBT.

이도는 84.6%로 낮은 결과를 보였다. 하지만 두 검사에서 양성예측도의 차이는 큰 차이가 없으며 음성예측도와 정확도는 동일하였다. 즉 *H. pylori* 감염을 진단하는데 있어 두 검사의 정확도는 92.1%를 보이고 있어 차이는 없을 것으로 생각된다. 이전에 보고²⁰⁻²²⁾된 연구에서의 UBT의 민감도와 특이도가 97-100%, 95-100%인데 비하여 저자들의 연구에서 다소 낮은 값을 보인 것은 대상 환자군의 차이에 의한 것으로 생각된다. 이는 C-14 UBT의 민감도는 92.0%로 저자들이 이전에 보고한 150명의 유사한 환자를 대상으로 한 연구¹⁵⁾에서와 비슷한 결과를 보인 것으로 추측할 수가 있을 것이다. 또한 이 연구의 목적이 동일한 환자를 대상으로 하여 C-14과 C-13 UBT의 진단 성능을 비교하는 것이기 때문에 타 연구와 진단 성능 비교는 의의가 적을 것이라고 생각된다. 결론적으로 *H. pylori* 감염을 진단하는데 C-14과 C-13 UBT는 유의한 차이가 없으므로 진료 여건에 따라 선택하여 사용하여도 무방할 것이라고 생각된다.

최근 들어 *H. pylori*에 의한 염증이 진행 시 만성 위축성 위염을 일으키고 나아가서는 위암을 일으킨다는 학설이 대두되면서 *H. pylori* 감염의 경중도를 간편하게 예측할 수 있는 UBT가 널리 이용되고 있다.^{10,12,13)} 특히 간단하면서도 빠르고 정확하면서도 비침습적으로 *H. pylori*를 진단하는 방법에 대한 연구 보고가 지속적으로 이루어지고 있다. 이 연구는 C-14 또는 C-13 UBT에서 측정된 정량치로 *H. pylori* 감염 정도를 예측하는데 도움이 되는지와 도움이 된다면 차이

가 있는지를 비교하고자 하였다. 지금까지 동일 환자를 대상으로 하여 이러한 연구 보고는 없어 비교적 38명의 적은 수의 환자를 대상으로 하였지만 임상적 의의는 클 것이라고 생각한다. Figure 1에서 보여주듯이 C-14 UBT가 *H. pylori* 감염 등급을 구분하는데 C-13 UBT에 비하여 좀 더 우수한 것으로 여겨진다. 따라서 *H. pylori* 감염을 진단하거나 진단 후 균박멸요법으로 치료하고 나서 재발 유무를 검사하는데 C-14 또는 C-13 UBT는 모두 유용하게 이용될 수 있으며, *H. pylori* 감염 및 분포 정도를 평가하는 목적으로는 C-13 UBT에 비하여 C-14 UBT가 좀 더 효과적이라고 여겨진다.

UBT는 체내에서 *H. pylori*에 의해 생성된 urease에 의해 C-13 또는 C-14 표지 탄소가 있는 HCO₃⁻가 혈액 내로 흡수된 후 이산화탄소로 변화되어 호기로 배출되는 양을 측정하는 방법으로 정량적 측정이 가능하여 임상적으로 균박멸요법 후 추적 관찰 시에 침습적인 내시경 검사에 의한 조직 생검이 필요한 CLO검사를 대체하여 사용되고 있는 간편한 방법이다. C-13 UBT는 비방사성 동위원소를 사용함으로써 방사능 피폭이 없다는 장점이 있으나 비용이 많이 들고 결과를 보는데 시간이 걸리며 복잡하고 비싼 질량분석 장비가 필요하며 검사식(test meal)과 차가운 urea 투여가 필요하다는 단점이 있어 이용이 제한되어 있다. 반면에 C-14 UBT는 구강내의 urease에 의한 위양성을 방지하기 위한 캡슐제재로 되어 있어 검사 전에 양치질이나 구강세척 등의 전처치가 필요 없으며, C-13 UBT와는 달리 일회용 호기 채취 만으로도

되는 간편한 방법이다. 또한 대부분의 대형병원에 액체섬광계수기가 구비되어 있어 가격도 저렴하면서 검사 당일에 결과를 볼 수 있어 미국을 비롯한 서구 선진국에서 보편적으로 사용되고 있다. Stubbs 등²³⁾의 연구에 의하면 37 KBq 정도의 C-14 urea 투여시 받는 선량당량은 11시간 정도 자연방사선으로 받는양과 비슷한 정도이고, Leide-Svegborn 등²⁴⁾의 연구에 의하면 110 KBq의 C-14으로 표지된 요소를 사용한 경우에 성인의 유효선량이 2.1 uSv이고 55 KBq의 C-14를 이용한 소아의 경우에는 0.9-2.5 uSv로 극히 적은 피폭이어서 최소 7세까지의 어린이에서도 안심하고 사용할 수 있다고 하였다.

이번 연구의 제한점은 첫째, *H. pylori* 감염에 최적 기준으로 삼은 내시경 검사가 다양한 부분에서 위조직 생검을 시행하지 못하고 위유문부 2cm 이내에서 조직 검사가 이루어져서 정확하게 *H. pylori* 감염 정도를 평가하지 못한 점이다. 하지만 현실적으로 위 전체에서 조직 검사를 시행하는 것은 비효율적이고 *H. pylori*가 가장 흔한 침범 부위가 위유문부이고 유문부와 기저부의 일치율이 96.4%로 높다는 보고가 있어 유문부에서의 결과를 최적 기준으로 하여도 큰 문제는 없을 것으로 사료된다. 둘째, C-14 과 C-13 UBT 가 같은 날에 시행하지 못한 점이다. 같은 날에 두 검사를 시행하였을 경우에 서로 다른 검사에 영향을 미칠 가능성이 높아 정량치에 대한 신뢰성이 줄어들 가능성이 있어 같은 날에 두 검사를 시행하지 않았다. 하지만 두 검사 사이의 간격을 1주일 이내로 하였고 또한 균박멸요법 시행 전으로 하여 두 검사 사이에 미칠 수 있는 요인을 최소화 하였다.

결론적으로 *H. pylori* 감염을 진단하거나 진단 후 균박멸요법으로 치료하고 나서 재발 유무를 검사하는데 C-14 또는 C-13 UBT는 모두 유용하게 이용될 수 있으며, *H. pylori* 감염 및 분포 정도를 평가하는 목적으로는 C-13 UBT에 비하여 C-14 UBT정량치를 사용하는 것이 좀 더 유용할 것으로 여겨진다.

요 약

목적: 최근 들어 *H. pylori*에 의한 염증이 진행되면 만성 위축성위염을 일으키고 나아가서는 위암을 일으킨다는 학설이 대두되면서 UBT의 이용이 증가되고 있다. 저자들은 *H. pylori* 감염과 분포 정도를 평가하는데 C-14 와 C-13 UBT의 진단성능과 유용성에 차이가 있는지를 알아보았다. **대상 및 방법:** 소화불량, 위팽만감, 상복부동통 등의 상부위장관 증상이 있어 위십이지장내시경을 시행 받은 환자 중 균박멸요법을 시행 전에 조직검사, C-14 및 C-13 UBT를 모두 시

행 받은 38명(남:녀=28:10, 나이; 53.4±13.0세)을 대상으로 하였다. 조직생검 결과를 최적 기준으로 하여 C-14 와 C-13 UBT의 진단성능을 비교하였고 Wyatt법에 의한 조직검사의 등급(0-4)과 C-14 및 C-13 UBT의 정량적 측정치와의 상관관계를 비교하였다. **결과:** 조직생검에서 25명(65.8%)에서 *H. pylori* 감염에 대한 양성을 보였다. *H. pylori* 감염 진단하는데 C-14 UBT는 민감도 92.0%, 특이도 92.3%, 양성예측도 95.8%, 음성예측도 91.7%, 정확도는 92.1% 이었으나, C-13 UBT는 민감도 96.0%, 특이도 84.6%, 양성예측도 92.3%, 음성예측도 91.7%, 정확도는 92.1% 이었다. 조직검사 등급에 따른 C-14 UBT 측정치와의 상관성이 C-13 UBT 측정치에 비하여 우수하였다(각각 $r=0.948$ vs $r=0.818$, $p<0.001$). **결론:** *H. pylori* 감염을 진단하는데 C-14 와 C-13 UBT는 유의한 차이는 없으나 C-14 UBT 측정치가 *H. pylori* 감염 정도를 평가하는데 좀 더 유용할 것으로 생각된다.

References

- Cover TL, Blaser MJ. *Helicobacter pylori* infection, a paradigm for chronic mucosal inflammation: pathogenesis and implication for eradication and prevention. *Adv Intern Med* 1996;41:85-117.
- Rad R, Prinz C, Schmid RM. *Helicobacter pylori* and prognosis of gastric carcinoma. *Lancet Oncol* 2006;7:364-5.
- Bechi P, Balzi M, Becciolini A, Maugeri A, Raggi CC, Amorosi A, et al. *Helicobacter pylori* and cell proliferation of the gastric mucosa: possible implications for gastric carcinogenesis. *Am J Gastroenterol* 1996;91:271-6.
- Xia HH, Talley NJ. Apoptosis in gastric epithelium induced by *Helicobacter pylori* infection: implications in gastric carcinogenesis. *Am J Gastroenterol* 2001;96:16-26.
- Liu WZ, Zheng X, Shi Y, Dong QJ, Xiao SD. Effect of *Helicobacter pylori* infection on gastric epithelial proliferation in progression from normal mucosa to gastric carcinoma. *World J Gastroenterol* 1998;4:246-8.
- Cirak MY, Akyon Y, Meqraud F. Diagnosis of *Helicobacter pylori*. *Helicobacter* 2007;12:4-9.
- Forne M, Dominquez J, Fernandez-Banares F, Lite J, Esteve M, Gali N, et al. Accuracy of an enzyme immunoassay for the detection of *Helicobacter pylori* in stool specimens in the diagnosis of infection and posttreatment check-up. *Am J Gastroenterol* 2000;95:2200-5.
- Demiray E, Yilmaz O, Sarkis C, Soy Turk M, Simsek I. Comparison of invasive methods and two different stool antigen tests for diagnosis of *H. pylori* infection in patients with gastric bleeding. *World J Gastroenterol* 2006;12:4206-10.
- Nakamura RM. Laboratory tests for the evaluation of *Helicobacter pylori* infections. *J Clin Lab Anal* 2001;15:301-7.
- Chang YW, Min SK, Kim KJ, Han YS, Lee JH, Dong SH, et al. Delta C-13 urea breath test value is a useful indicator for *Helicobacter pylori* eradication in patients with functional dyspepsia. *J Gastroenterol Hepatol* 2003;18:726-31.
- Zagari RM, Pozzato P, Martuzzi C, Fuccio L, Martinelli G, Roda E, et al. C-13 urea breath test to assess *Helicobacter pylori* bacterial load. *Helicobacter* 2005;10:615-9.

12. Desroches JJ, Lahaie RG, Picard M, Morais J, Dumont A, Gaudreau C, et al. Methodological validation and clinical usefulness of carbon-14-urea breath test for documentation of presence and eradication of *Helicobacter pylori* infection. *J Nucl Med* 1997;38:1141-5.
13. Wang WM, Lee SC, Ding HJ, Jan CM, Chen LT, Wu DC, et al. Quantification of *Helicobacter pylori* infection: simple and rapid C-13 urea breath test in Taiwan. *J Gastroenterol* 1998;33:330-5.
14. Wyatt JI, Shallcross TM, Crabtree JE, Heatley RV. *Helicobacter pylori*, gastritis, and peptic ulceration in the elderly. *J Clin Pathol* 1992;45:1070-4.
15. Lim ST, Sohn MH, Lee SO, Lee ST, Jeong MJ. Can the C-14 urea breath test reflect the extent and degree of ongoing *Helicobacter pylori* infection? *Korean J Nucl Med* 2001;35:61-8.
16. Kao CH, Huang CK, Wang SJ, Hsu CY, Lin WY, Chen GH. Accuracy of a rapid 10-minute carbon-14 urea breath test for the diagnosis of *Helicobacter pylori*-associated peptic ulcer disease. *Eur J Nucl Med* 1993;20:708-11.
17. Campuzano-Maya G. An optimized C-13 urea breath test for the diagnosis of *H pylori* infection. *World J Gastroenterol* 2007;13:5454-64.
18. Na HS, Hong SJ, Yoon HJ, Maeng JH, Ko BM, Jung IS, et al. Eradication rate of first-line and second-line therapy for *Helicobacter pylori* infection, and reinfection rate after successful eradication. *Korean J Gastroenterol* 2007;50:170-5.
19. Gatta L, Ricci C, Tampieri A, Vaira D. Non-invasive techniques for the diagnosis of *Helicobacter pylori* infection. *Clin Microbiol Infect* 2003;9:489-96.
20. Rasool S, Abid S, Jafri W. Validity and cost comparison of Carbon-14 urea breath test for diagnosis of *H pylori* in dyspeptic patients. *World J Gastroenterol* 2007;13:925-9.
21. Mowat C, Murray L, Hilditch TE, Kelman A, Oien K, McColl KE. Comparison of helisal rapid blood test and C-14 urea breath test in determining *Helicobacter pylori* status and predicting ulcer disease in dyspeptic patients. *Am J Gastroenterol* 1998;93:20-5.
22. Kim MW, Lim ST, Lee SO, Sohn MH. Comparison of the diagnostic performance of C-14 urea breath test according to counting method for the diagnosis of *Helicobacter pylori* infection. *Korean J Nucl Med* 2005;39:21-5.
23. Stubbs JB, Marshall BJ. Radiation dose estimates for the carbon-14-labelled urea breath test. *J Nucl Med* 1993;34:821-5.
24. Leide-Svegborn S, Stenstrom K, Olofsson M, Mattsson S, Nilsson LE, Nosslin B, et al. Biokinetics and radiation doses for carbon-14 urea in adults and children undergoing the *Helicobacter pylori* breath test. *Eur J Nucl Med* 1999;26:573-80.