

위부분절제술 후 방사선치료에서 음식물 배출지연에 따른 영향

부산대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실*, 의공학교실†

김동현* · 김원택* · 이미란* · 기용간* · 남지호* · 박 달* · 전호상* · 전계록† · 김동원*

목적: 위부분절제술 후 방사선치료를 받는 환자들 중에서 위 내 음식물의 배출지연으로 인한 위 용적 및 주변 장기의 위치 변화와 이것의 임상적 의의를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 2005년 3월 1일부터 2008년 12월 31일까지 위암으로 위부분절제술을 받은 후 보조적 동시항암화학 방사선치료를 받았던 총 32명의 환자들 중, 전산화단층촬영모의치료 영상에서 12시간 이상의 금식에도 불구하고 위 내 음식물이 50 ml 이상 남아 잔존 위의 팽대를 보였던 경우들이 이번 연구 대상이었다. 이 환자들에 대해 방사선치료 기간 동안 주기적으로 시행된 컴퓨터단층촬영 자료를 바탕으로 잔존 위 용적 및 주변 장기들의 위치 변화를 평가하였다. 또한 방사선치료 설계 자료를 바탕으로, 잔존 위 및 주변 장기들의 변화를 고려하지 않고 치료를 지속했을 경우의 치료 표적 및 정상조직의 방사선분포 변화를 알아보았다.

결과: 총 5명의 전산화단층촬영모의치료 영상에서 배출장애에 의한 50 ml 이상의 위 내 음식물의 저류가 확인되었다. 대상 환자들에서 위 용적은 치료과정 중에 다양한 변화양상을 보였고, 각 환자에서 최대 64.2~340.8 ml (평균, 188.2 ml)의 변화를 보였다. 또한 위 용적에 따라 좌측 신장이 각 환자별 최대 0.7~2.2 cm (평균, 1.2 cm)까지 상하 방향으로 이동하는 양상을 보였다. 모의치료 시의 설계를 위 용적의 변화에 따라 변경하지 않고 치료를 진행한 경우 유의하게 계획용표적체적(V43, 79.5±10.4%)에 조사선량이 부족하고 좌측 신장(V20, 34.1±12.1%; Mean dose, 23.5±8.3 Gy)에 과도한 선량이 조사되는 결과를 얻을 수 있었다.

결론: 위부분절제술 후 방사선치료를 받는 일부 환자에서 배출지연에 따른 위 용적의 변화와 좌측 신장의 위치변화를 확인할 수 있었다. 배출지연이 발생하는 환자를 선별하여 위 용적의 변화를 파악하고 이를 방사선치료 설계에 반영하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

핵심용어: 위암, 위부분절제술, 방사선치료, 위 용적, 장기 위치

서 론

위암의 치료에서는 수술이 차지하는 비중이 가장 높지만, 완전절제 후에도 높은 국소재발률과 원격전이율이 보고되어 방사선치료나 항암화학요법과 같은 보조적 치료의 필요성이 강조되고 있다.¹⁾ Gastric Surgical Adjuvant Trial Intergroup 0116 study²⁾에서는 중양이 완전절제된 위암 환자들에서 동시항암화학방사선치료를 시행하여 수술 단독과 비교하였을 때 무병생존율과 전체생존율의 유의한 증가를

보고하였고, 이를 바탕으로 일부 환자들에서 수술 후 보조적 항암치료로 항암화학요법 및 방사선치료를 시행하고 있다.

보통 위부분절제술 후 방사선치료 범위를 정할 때는 수술범위 및 재발 위험지역을 포함시키고 여기에 더해서 환자 세트업(setup) 오차와 횡경막이나 장관의 위치변화 등을 고려하여 비교적 넓은 안전범위(safety margin)를 두게 된다. 그러나 방사선치료의 범위가 넓을수록 치료에 의한 독성이 증가하는 문제가 발생하게 되는데, 특히 동시항암화학방사선치료를 하는 경우 간, 위장관, 신장 등의 급·만성 합병증의 발생에 더 큰 영향을 줄 수 있다. 이런 이유로 과거로부터 일반적으로 시행되어 오던 2차원적 방사선치료 방법을 탈피하여 최근에는 컴퓨터단층촬영 자료를 이용한 3차원 입체조형방사선치료(3-dimensional conformal radiation therapy) 방법을 이용하기도 한다. 3차원 영상자료를

이 논문은 2009년 9월 3일 접수하여 2009년 11월 2일 채택되었음.
책임저자: 김원택, 부산대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실
Tel: 051)240-7383, Fax: 051)248-5747
E-mail: rokwt@hanmail.net

본 연구는 2007년도 부산대학교 교내학술연구비(신임교수연구정착금)에 의한 것임.

이용한 치료설계를 통해 치료범위 및 주변 정상 장기들의 위치를 명확하게 구분할 수 있어 평면적인 치료설계의 경우에서보다 좀 더 정밀한 방사선조사가 가능하게 된 것이다. 위암의 방사선치료에서 통상적인 2차원적 조사방법과 3차원 입체조형방사선치료 방법을 비교한 연구에서는 3차원 입체조형방사선치료에서 중요 정상조직인 신장과 척수의 방사선조사량이 유의하게 감소하였고 표적용적에도 충분한 방사선량이 조사된다고 보고하였다.^{3,4)} 하지만 3차원 영상자료를 통한 정밀조사의 경우 대체로 기존 치료법에 비해 안전범위가 좁아질 수가 있는데, 이 때 세트업 오차나 장기의 위치변화 등이 크게 발생한다면 계획된 선량분포가 실제 치료 시에 그대로 구현되지 않을 위험이 존재한다.⁵⁾

위부분절제술 후 일부 환자에서 위-장 문합 부위에서의 기계적 협착 또는 위장의 움직임 감소로 인한 음식물의 배출지연이 발생할 수 있다. Jung 등⁶⁾은 위부분절제술을 받은 환자를 대상으로 상부소화관내시경을 이용하여 금식 12시간 후 위 내의 잔존 음식물 여부를 평가하였고 술 후 3, 12, 24개월에 그 빈도가 각각 55.5%, 31.9%, 20.9%임을 보고하였다. 이처럼 위에서 음식물의 배출지연을 보이는 경우가 있음에도 불구하고 주의를 기울이지 않는다면 방사선치료 전 이를 발견하기는 쉽지 않다. 이런 문제가 발생한다면 잔존 위와 인근 장기들에서의 용적 및 위치변화가 발생할 수 있어, 3차원 입체조형방사선치료 등과 같이 비교적 협소한 방사선치료 범위를 설정한 경우 심각한 선량분포의 왜곡이 발생할 위험이 있다. 일반적으로 방사선치료 시 초기의 치료범위가 치료 종결까지 그대로 유지된다고 가정한다면, 치료 전 또는 치료 중에 발생할 수 있는 이런 상황을 방사선치료 과정 중에 적극적으로 확인하고 이에 대해 능동적으로 대처하는 것이 매우 중요하다.

저자들은 이번 연구를 통하여 위부분절제술 후 방사선 치료를 받았던 환자들 중 치료 시작 시점에서 음식물의 위 배출지연 현상이 발견되었던 경우들에서 잔존 위와 주변 정상 장기들의 용적 및 위치 변화 정도를 확인해 보았다. 또한 이런 상황에서 방사선치료 계획을 보정하지 않고 치료를 진행하였을 때 발생할 수 있는 임상적 문제점들을 예상해 보고, 각 상황에 맞게 치료계획의 수정이 필요함을 확인해 보고자 하였다.

대상 및 방법

2005년 3월 1일부터 2008년 12월 31일까지 저자들의 병원에서 위암으로 위부분절제술을 받은 후 보조적 동시항

암화학방사선치료를 받은 환자들을 일차 대상으로 하였다. 이중 12시간 이상의 금식에도 불구하고 전산화단층촬영 모의치료(computed tomography simulation) 영상에서 위 내 음식물이 50 ml 이상 남아 있어 잔존 위의 팽대를 보였던 환자들을 경우를 최종 대상으로 하였다. 이들의 방사선치료 과정 중에 주기적으로 획득한 CT 영상을 바탕으로 연구를 진행하였다.

대상 환자들은 주 2회 주기적으로 CT 영상을 얻어 치료 설계 시의 영상과 비교한 후 위 용적이 50 cc 이상 변화가 있을 때 다엽조준기(multileaf collimator), 조사영역크기(field size) 등을 조정하여 보정방사선치료(adaptive radiotherapy)를 진행하였다. 환자들에게는 추가 CT 촬영의 필요성을 설명하였고 대상 환자의 동의 하에 방사선치료 및 주기적 검사를 진행하였다.

수술 후 항암제 투여 및 방사선치료 방법은 다음과 같았다. 수술 후 3~7주 사이에 5-fluorouracil (5-FU) 425 mg/m²/d과 leucovorin 20 mg/m²/d이 5일간 투여되었다. 그리고 4주 후 동시항암화학방사선치료를 시작하였고 방사선치료는 총 45 Gy, 25회를 주 5회씩 총 5주간, 선형가속기(Clinac 21EX; Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 10~16 MV 광자선으로 하였고 항암제투여는 5-FU 400 mg/m²/d과 leucovorin 20 mg/m²/d을 방사선치료 첫 4일과 마지막 3일 동안 시행하였다. 동시항암화학방사선치료 종결 4주 후에 다시 5-FU 425 mg/m²/d과 leucovorin 20 mg/m²/d을 매 투여마다 5일간 4주 간격으로 2회 추가 투여하였다.

모든 환자는 방사선치료 설계를 위한 모의치료 시와 매 치료 마다 12시간 이상 금식하였다. 모의치료와 치료 기간 중 주 2회 전산화단층촬영 시 바로 누운자세(supine position)에서 armrests로 팔을 머리 위로 고정하고 vacuum bag을 이용하여 자세를 잡은 후, 기관분기부(carina of trachea)로부터 4~5번 요추까지 3 mm 단면 두께로 완전 호기(expiratory phase) 후 호흡을 정지한 상태에서 컴퓨터단층촬영 영상을 얻었다. 획득한 영상을 방사선치료 계획용 소프트웨어(EclipseTM; Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 3차원 영상으로 재구성한 뒤, 3개에서부터 6개에 이르는 방사선 조사면으로 구성된 3차원 입체조형방사선치료 설계를 하였다. 치료설계 시 다양한 빔가중(weighting), 썰기(wedge), 빔각도(beam angles), 조준기각(collimator angles), 다엽조준기의 형태 등의 조절을 통해 정상 조직에 최소한의 방사선이 조사되도록 하였다.

개별 환자마다 방사선조사범위 설정에서 약간의 차이는 존재했으나, 대체로 재발 위험도가 높은 잔존 위(residual

stomach), 십이지장잘린끝(duodenal stump), 수술 전 병변의 범위(tumor bed), 절제면(resection margin), 문합부(anastomotic site), 인근 림프절 구역 등이 임상표적체적(clinical target volume)에 포함되었고, 임상표적체적에서 약 1.0~1.5 cm 여유를 두어서 계획용표적체적(planning target volume)을 설정하였다. 인근 림프절 구역을 치료범위에 포함시키는 것은 Japanese Gastric Cancer Association의 정의를 이용하였다.⁷⁾ 주변의 정상조직인 간 및 신장, 소장과 대장, 척수도 각각의 CT 영상에 표시하였다.^{8,9)} 계획용표적체적의 선량 분포가 처방선량의 +7%에서 -5%에 들도록 ICRU 50/62 권장사항을 준수하였다.

선량체적히스토그램(dose volume histograms)은 모든 환자의 신장, 간, 척수 그리고 계획용표적체적에 대하여 기록하였다. 각 장기의 용적은 ml 단위로 소수점 한자리까지, 위치변화는 장기의 중심위치를 기준으로 cm 단위로 소수점 한자리까지 측정하였고 모의치료시의 중심위치를 기준점(0)으로 정하여 변화양상을 측정하였다. 보정방사선치료의 유용성을 알아보기 위하여 주 2회 획득한 환자의 컴퓨터단층촬영 영상에 모의치료 시 얻은 영상을 바탕으로 계획한 방사선치료 설계를 동일하게 적용하였을 때에 선량체적히스토그램과 모의치료 시 획득하였던 선량체적히스토그램을 비교하였다.

모든 통계학적 분석은 SPSS ver. 11.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 선량체적히스토그램을 비교하는데에는 Student's t-test를 사용하였다.

결 과

연구기간 중 저자들의 병원에서 위암으로 위부분절제술 후 동시항암화학방사선치료를 받았던 총 환자수는 32명으로 이중 5명(약 15.6%)에서 전산화단층촬영 모의치료 시 50 ml 이상의 음식물 저류를 보였다. 이들 5명의 임상적 특성은 Table 1에 표시하였다. 이번 연구대상 환자였던 5명의 치료 기간 중의 위 용적의 변화는 Fig. 1과 같고, 환자 별 최대 64.2~340.8 ml (평균, 188.2 ml)의 변화를 보였다 (Fig. 2). 또한 위 용적에 따라 좌측 신장이 각 환자 별 최대 0.7~2.2 cm (평균, 1.2 cm)까지 상하 방향(Z축)으로 이동하는 양상을 보였다(Fig. 3). 그 이외의 장기에서는 X, Y, Z축에서 1 cm 이상의 변화가 나타나지 않았다.

각 환자들에서 총 치료기간 동안 50 ml 이상의 위 용적 변화로 치료설계를 조정한 횟수는 1~3회(평균 2회)였고, 이전 치료설계 시에 비하여 위 용적은 57.6~340.8 ml (평균, 128.6 ml)의 차이를 보였다. 모의치료 시의 설계를 위용적의 변화나 신장의 위치변화에도 불구하고 변경하지 않고 치료를 계속 진행했다고 가정했을 때의 선량체적히스토그램을 비교해 본 결과, 계획용표적체적(V43, 79.5±10.4%)은 모의치료 시 얻었던 V43: 96.3±1.7%에 비하여 처방선량에 17.4% 방사선조사가 부족했고, 좌측 신장(V20, 34.1±12.1%; Mean dose, 23.5±8.3 Gy)은 모의치료시의 V20, 23.6±6.3%; Mean dose, 14.4±1.8 Gy에 비하여 V20, Mean dose가 각각 44.5%, 63.2% 증가하는 것으로 나타났다(Table 2).

Table 1. Patient Characteristics (n=5)

Characteristics	No. of patients
Male : Female	5 : 0
Mean age, yr (range)	53.8 (41.7~66.3)
Median interval between surgery and radiation therapy, days (range)	67 (52~75)
Pathologic stage	
III A	3
III B	1
IV (M0)	1
Extent of node dissection	
D2	4
D3	1
Nodal status	
Negative	0
Positive	5
Location of tumor	
Antrum	4
Body	1
Anastomosis type	
Billroth I	4
Billroth II	1

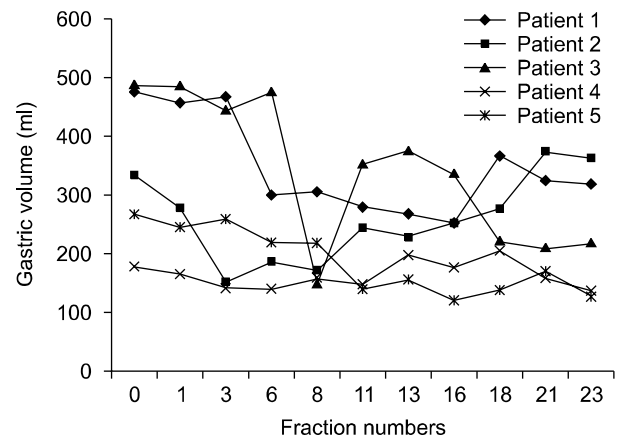


Fig. 1. Changes in gastric volume levels (ml) during radiotherapy.

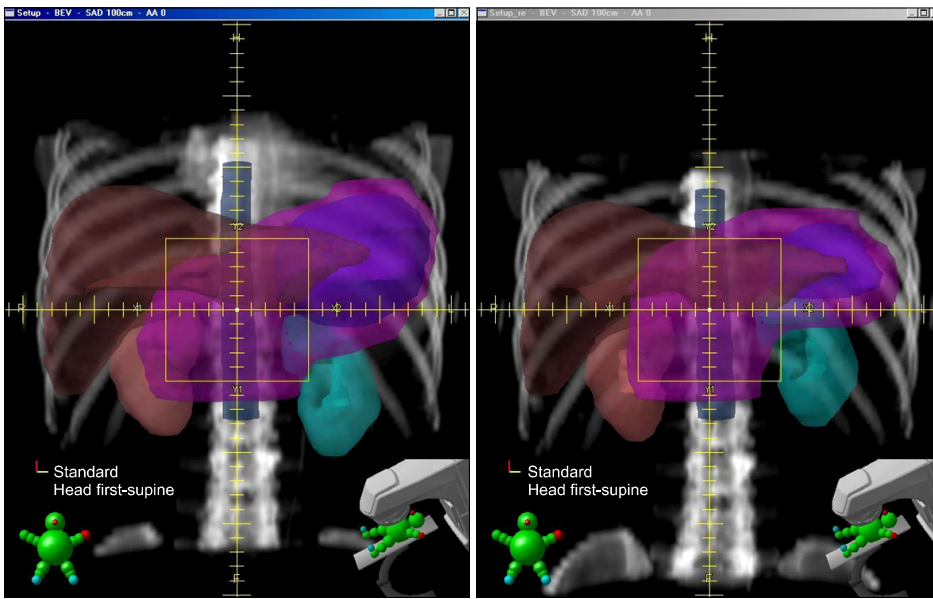


Fig. 2. Location of planning target volume (PTV) and normal organs projected on the digitally reconstructed radiographs for patient who showed maximum gastric volume variation. (A) Gastric volume 489.1 ml in simulation (B) gastric volume 148.3 ml in 8th day of radiation therapy. blue: remnant stomach; purple: PTV; cyan: left kidney; pink: right kidney; brown: liver; dark blue: spinal cord.

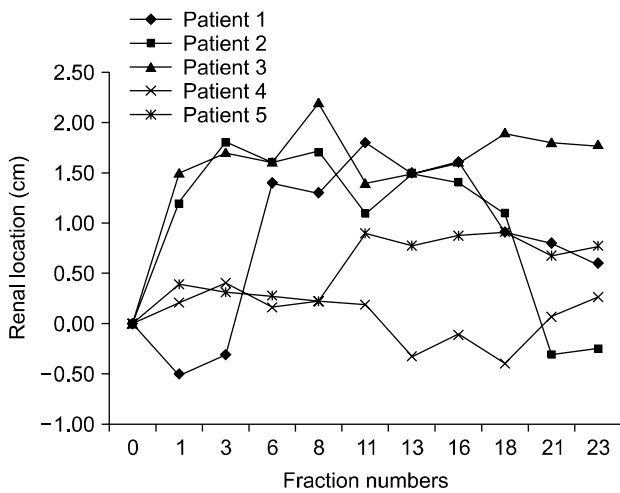


Fig. 3. Changes in left kidney location (cm) on the z-axis during radiotherapy.

고안 및 결론

이번 연구 대상이었던 5명의 환자에서 총 치료기간 동안 50 ml 이상의 위 용적 변화로 치료설계를 보정한 경우가 평균 2회로 나타났고, 방사선치료 기간 중 위 용적의 변화는 다양한 양상을 보였다. 첫 모의치료 시의 선량체적히스토그램과 위 용적의 변화를 고려하지 않고 처음 설계된 치료계획으로 전 치료과정을 진행하였을 때의 선량체적히스토그램을 비교해 본 결과는 계획용포적체적, 좌측 콩팥의 방사선 조사량이 유의하게 차이가 있는 것으로 나타났다.

위 용적이 배출지연으로 인하여 증가한 경우에는 계획

Table 2. Comparison of Dose Coverage of the Planning Target Volume and Radiation to Organ at Risk by Constant Radiation Therapy Plan during Treatment Period and Simulation Plan

Variable	Constant radiation plan	Simulation plan	p-value
Planning target volume			
V43* (%)	79.5±10.4	96.3±1.7	0.04
Right kidney			
V20* (%)	17.3±6.2	14.7±4.9	0.24
Mean dose (Gy)	12.4±3.8	11.8±4.4	0.79
Left kidney			
V20 (%)	34.1±12.1	23.6±6.3	0.03
Mean dose (Gy)	23.5±8.3	14.4±1.8	0.02
Liver			
V30* (%)	33.7±6.4	36.9±3.9	0.67
V40* (%)	14.1±4.3	12.9±2.7	0.71
Mean dose (Gy)	20.1±5.8	20.7±4.2	0.77
Spinal cord			
Maximum dose (Gy)	24.5±9.8	26.3±4.5	0.87

*V20, 30, 40, 43: volume that receives ≥20, 30, 40, 43 Gy

용포적체적에 방사선조사가 불충분하게 이루어지고, 위 용적이 감소한 경우에는 좌측 신장의 위치가 상승하여 예상치 보다 많은 좌측 신장의 용적이 방사선에 조사되는 결과를 보였다. 이것은 위 주변부의 정상조직 중 콩팥이 가장 낮은 방사선 허용선량을 가지는 점을 고려할 때, 좌측 콩팥에 예상치 못한 합병증의 발생이 가능할 것으로 보인다. 따라서 위 배출장애 발생 여부를 확인하여 위 배출장애 발생시 위 용적 및 위치를 매일 확인하고, 이를 치료계획에

반영하여 보정방사선치료를 시행할 필요가 있는 것으로 보인다.

Bottke와 Wiegel¹⁰⁾은 전립선암으로 전립선절제술 후 보조적 방사선치료를 하는 환자를 대상으로 보정방사선치료의 효과에 대한 연구를 시행하였다. 이 연구에서는 매일 방사선조사 전 초음파를 통하여 전립선의 위치를 확인하고 이에 따라 치료설계를 조정하면서 방사선치료를 진행한 군과 치료계획의 변경 없이 처음의 계획대로 진행한 군을 비교하였다. 초음파로 전립선의 위치를 확인하면서 치료계획을 보정한 환자 군에서 그렇지 않은 환자군보다 국소재발율이 33% 높은 것으로 보고하였다. 이 연구는 치료장기의 위치를 매회 적극적으로 확인하면서 그 변화에 대해 능동적으로 대처하는 것이 치료결과에 얼마나 큰 영향을 미치는 지를 잘 보여주고 있다.

치료기간 중 발생하는 정상 장기의 위치 변화에 대하여는 많은 연구가 있었다. 4D CT를 이용하여 장기의 움직임을 분석한 연구에서 이자는 40 mm, 콩팥은 30 mm까지 x, y, z 축 세 방향으로 움직임이 있는 것으로 보고하였다.^{11,12)} 또한 호흡에 의하여 흉부와 복부에서는 20 mm까지 위치 변화가 발생하는 것으로 잘 알려져 있다.¹³⁾ 이번 연구에서도 위에서의 음식물 배출지연 뿐만 아니라 호흡에 의한 장기의 용적 및 위치 변화도 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 이 점을 고려하여 매 치료 시마다 철저한 호흡조절을 통해 완전 호기 후 호흡을 정지한 상태에서 치료가 진행되도록 하여 호흡의 영향을 최소화 하도록 노력하였다. 이처럼 복부는 호흡과 연동운동에 따른 장기의 위치 변화가 크고 위 배출지연까지 발생하는 경우 이 차이는 더욱 커질 것이므로 장기의 위치 변화를 정확히 파악하여 치료설계를 보정해 주는 것이 반드시 필요하다. 특히 최근 정상 장기의 보호를 위하여 기존의 2차원적 치료법보다 3차원 입체조형방사선치료나 세기조절방사선치료를 고려하는 경우 보정방사선치료의 역할은 더욱 중요하게 된다. 최근 일부 연구에서 세기조절방사선치료 방법으로 위암 환자에게 방사선조사를 하는 경우 정상조직을 보호하는데 이득이 있는 것으로 보고하였다.^{14,15)} 그러나 세기조절방사선치료의 급격한 선량 변화와 방사선 분포의 불균질성을 고려한다면 위, 신장, 간 등 정상조직의 위치와 용적 변화를 파악하는 것이 선행되지 않는다면 정밀한 방사선치료가 이루어지는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 위암 환자에서 정밀한 방사선치료를 하기 위해서는 호흡조절 설계 및 치료와 치료실 내에서의 환자 내부 영상촬영 등과 같은 새로운 영상유도 치료방법들이 동반 적용되어야 할 것으로 생각된다.¹⁶⁾

위부분절제술 후 음식물의 배출지연의 발생에 대해서 기존의 내분비-대사질환의 존재, 위 수술 시의 Billroth I 문합 선택 등이 관련 위험인자로 보고되었다.¹⁷⁾ 이번 연구에서는 환자들의 기저질환의 존재여부와 문합 방식 등이 위 배출지연의 발생에 미치는 영향에 대하여는 확인하지 못하였는데, 추가 연구를 통하여 위 배출지연 문제가 발생할 가능성이 높은 환자들을 방사선치료 전에 미리 선별하게 된다면 이는 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

식후 복부팽만의 발생은 음식 섭취 습관과 연관이 깊어서 하루 3끼 이하로 식사를 하는 군에서 유의하게 높은 발생빈도를 보인다고 보고하였다.¹⁸⁾ 따라서 술 후 방사선치료를 진행하는 과정에서 환자에게 식사 양을 줄이고 여러 번 나누어 먹는 습관을 교육하는 것이 위 용적 변화를 줄이는 데에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 보인다.¹⁹⁾

저자들의 이번 연구는 장비의 여건상 환자의 장기 위치 및 용적 변화를 치료 직전에 치료실 내 동일 공간에서 확인한 것이 아니라 전산화단층촬영 모의치료기를 이용하여 측정했다는 제한점이 있다. 방사선치료실 내에서 방사선조사 직전에 환자 내부 장기의 변화를 확인할 수 있는 최근의 영상유도방사선치료 장비를 이용하는 경우엔, 치료 직전의 환자 상황을 파악할 수 있으며 치료설계실과 연결된 설계용 컴퓨터를 통해 그 자리에서 바로 치료설계를 조정해서 치료할 수가 있으므로 좀 더 정밀한 치료가 가능하다고 할 수 있다.²⁰⁾ 또한 전산화단층촬영모의 치료시에는 배출지연을 보이지 않아 방사선치료를 계속 진행한 군에서도 치료기간 중 위 배출지연이 발생하였을 가능성이 있으며, 모의치료 시 배출지연을 보인 군에서도 매번 치료 시마다 영상 획득을 하지 못하고 주 2회만 전산화단층영상을 얻어 전 치료기간의 장기의 용적 및 위치의 변화를 파악할 수는 없었다.

원뿔형빔 전산화단층촬영기(cone beam computed tomography)를 이용하여 영상유도 방사선치료를 하는 경우 한번 영상을 획득할 때 복강에는 3~4 cGy가 피폭되는 것으로 알려져 있다.²¹⁾ 이번 연구에서는 한번 영상 획득시 10 cGy 가량이 피폭되는 전산화단층촬영 모의치료기를 이용하였고 따라서 환자에게 피폭되는 방사선조사량을 최소화하기 위하여 주 2회로 영상획득의 빈도를 조정하였다.

위부분절제술 후에 발생하는 합병증에 관한 연구에서는 식후 복부팽만이 발생하는 빈도가 술 후 3개월에 43.1%, 1년 후 21.3%, 5년 후 16.5%로 높은 수치를 보였다.¹⁶⁾ 이번 연구에서는 15.6%의 환자에서 모의치료 시 50 ml 이상 위내 음식물의 저류를 보였는데 위부분절제술 후 방사선치료 시작까지의 기간이 평균 67일이었던 것을 감안하면 식

후 복부팽만 발생률에 비하여 낮은 발생빈도를 보였다. 이것은 위 내 잔존 음식물 여부가 아닌 50 ml 이상의 음식물 저류를 기준으로 함으로써 좀 더 낮은 빈도를 보인 것으로 생각되며, 모의치료 시에는 음식물의 배출지연을 보이지 않았더라도 치료 기간 중에 배출지연이 발생 가능한 것을 고려한다면 실제 발생빈도는 더 높을 것으로 보인다. 위 배출지연에 대한 이전 연구에서는 위부분절제술 이후 시간이 경과할수록 위내 음식물의 저류가 감소하는 경향을 보였으나 이번 연구에서는 전체치료기간 동안 위 용적은 각 환자에서 다양한 변화양상을 보였다. 이것은 전체 방사선치료 기간이 5주로 길지 않고 위부분절제술 후 대부분 3개월 이내에 방사선치료를 받게 되어 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 보인다. 위 배출지연의 기준으로 삼았던 위 내 잔존 음식물의 용적 50 ml는 이번 연구의 전체 대상 환자의 평균 위 용적이 약 200 ml로 측정 되어 평균의 25%로 정하였다. 향후 보다 많은 수의 환자를 대상으로 위 용적의 변화를 측정하여 위 배출지연의 지표로 삼을 만한 기준을 세울 필요가 있을 것으로 생각한다.

이번 연구는 대상 환자 수의 제약에 따라, 위부분절제술을 받은 모든 환자들의 결과로 대표될 수 없지만, 위부분절제술을 받은 환자들에 있어 치료 중 장기의 용적 및 위치 변화에 주의를 기울여야 함을 충분히 보여주고 있다. 저자들은 이번 보고를 계기로 위부분절제술 후 방사선치료를 받는 환자들에 대해 위 배출지연의 빈도와 정도, 그리고 원인 등에 대한 연구를 진행하고 있으며 조만간 결과를 보고할 것이다.

참 고 문 헌

1. Hazard L, O'Connor J, Scaife C. Role of radiation therapy in gastric adenocarcinoma. *World J Gastroenterol* 2006;12:1511-1520
2. Macdonald JS, Smalley SR, Benedetti J, et al. Chemoradiotherapy after surgery compared with surgery alone for adenocarcinoma of the stomach or gastroesophageal junction. *N Engl J Med* 2001;345:725-730
3. Soyfer V, Corn BW, Melamud A, et al. Three-dimensional non-coplanar conformal radiotherapy yields better results than traditional beam arrangements for adjuvant treatment of gastric cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;69:364-369
4. Leong T, Willis D, Joon DL, Condron S, Hui A, Ngan SY. 3D conformal radiotherapy for gastric cancer: results of a comparative planning study. *Radiother Oncol* 2005;74:301-306
5. Gunderson LL, Hoskins RB, Cohen AC, Kaufman S, Wood WC, Carey RW. Combined modality treatment of

- gastric cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1983;9:965-975
6. Jung HJ, Lee JH, Ryu KW, et al. The influence of reconstruction methods on food retention phenomenon in the remnant stomach after a subtotal gastrectomy. *J Surg Oncol* 2008;98:11-14
7. Japanese Gastric Cancer Association. Japanese classification of gastric carcinoma: 2nd English edition. *Gastric Cancer* 1998;1:10-24
8. Gunderson LL, Sosin H. Adenocarcinoma of the stomach: areas of failure in a re-operation series (second or symptomatic look) clinicopathologic correlation and implications for adjuvant therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1982;8:1-11
9. Landry J, Tepper JE, Wood WC, Moulton EO, Koerner F, Sullinger J. Patterns of failure following curative resection of gastric carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990;19:1357-1362
10. Bottke D, Wiegel T. Adjuvant radiotherapy after radical prostatectomy: indications, results and side effects. *Urol Int* 2007;78:193-197
11. Bussels B, Goethals L, Feron M, et al. Respiration-induced movement of the upper abdominal organs: a pitfall for the three-dimensional conformal radiation treatment of pancreatic cancer. *Radiother Oncol* 2003;68:69-74
12. van Sornsen de Koste JR, Senan S, Kleynen CE, Slotman BJ, Lagerwaard FJ. Renal mobility during uncoached quiet respiration: an analysis of 4DCT scans. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;64:799-803
13. Horst E, Micko O, Moustakis C, Schunk A, Schafer U, Willich NA. Conformal therapy for pancreatic cancer: variation of organ position due to gastrointestinal distention: implications for treatment planning. *Radiology* 2002;222:681-686
14. Wieland P, Dobler B, Mai S, et al. IMRT for post-operative treatment of gastric cancer: covering large target volumes in the upper abdomen: a comparison of a step-and-shoot and an arc therapy approach. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;59:1236-1244
15. Ringash J, Perkins G, Brierley J, et al. IMRT for adjuvant radiation in gastric cancer: a preferred plan? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;63:732-738
16. Kassam Z, Lockwood G, O'Brien C, et al. Conformal radiotherapy in the adjuvant treatment of gastric cancer: review of 82 cases. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;65:713-719
17. Watanabe H, Adachi W, Koide N, Yazawa I. Food residue at endoscopy in patients who have previously undergone distal gastrectomy: risk factors and patient preparation. *Endoscopy* 2003;35:397-401
18. Pedrazzani C, Marrelli D, Rampone B, et al. Post-operative complications and functional results after subtotal gastrectomy with Billroth II reconstruction for primary gastric cancer. *Dig Dis Sci* 2007;52:1757-1763
19. Della Bianca C, Hunt M, Furhang E, Wu E, Yahalom J. Radiation treatment planning techniques for lymphoma of the stomach. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;62:745-751
20. Bak J, Park SH, Park SW. A study on the availability of

the On-Board Imager (OBI) and Cone-Beam CT (CBCT) in the verification of patient set-up. J Korean Soc Ther Radiol Oncol 2008;26:118-125

21. **Ding GX, Coffey CW.** Radiation dose from kilovoltage cone beam computed tomography in an image-guided radiotherapy procedure. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2009;73:610-617

Abstract

Influence of Delayed Gastric Emptying in Radiotherapy after a Subtotal Gastrectomy

Dong Hyun Kim, M.D.*, Won Taek Kim, M.D.*, Mi Ran Lee, M.S.*,
Yong Gan Ki, M.D.*, Ji Ho Nam, M.D.*, Dal Park, Ph.D.*,
Ho Sang Jeon, Ph.D.*, Kye Rok Jeon, Ph.D.[†], and Dong Won Kim, M.D.*

Departments of *Radiation Oncology and [†]Biomedical Engineering,
Pusan National University School of Medicine, Busan, Korea

Purpose: This aim of this study was to evaluate changes in gastric volume and organ position as a result of delayed gastric emptying after a subtotal gastrectomy performed as part of the treatment of stomach cancer.

Materials and Methods: The medical records of 32 patients who underwent concurrent chemoradiotherapy after a subtotal gastrectomy from March 2005 to December 2008 were reviewed. Of these, 5 patients that had more than 50 cc of residual gastric food detected at computed tomography (CT) simulation, were retrospectively enrolled in this study. Gastric volume and organ location was measured from CT images obtained before radiotherapy, twice weekly. In addition, authors evaluated the change of radiation dose distribution to planning the target volume and normal organ in a constant radiation therapy plan regardless of gastric volume variation.

Results: A variation in the gastric volume was observed during the radiotherapy period (64.2~340.8 cc; mean, 188.2 cc). According to the change in gastric volume, the location of the left kidney was shifted up to 0.7 – 2.2 cm (mean, 1.2 cm) in the z-axis. Under-dose to planning target volume (V43, 79.5±10.4%) and over-dose to left kidney (V20, 34.1±12.1%; Mean dose, 23.5±8.3 Gy) was expected, given that gastric volume change due to delayed gastric emptying wasn't taken into account.

Conclusion: This study has shown that a great change in gastric volume and left kidney location may occur during the radiation therapy period following a subtotal gastrectomy, as a result of delayed gastric emptying. Detection of patients who experienced delayed gastric emptying and the application of gastric volume variation to radiation therapy planning will be very important.

Key Words: Stomach cancer, Subtotal gastrectomy, Radiation therapy, Stomach volume, Organ location