

간 종양의 방사선치료에서 위내용적과 종양 위치 간의 관계

강남세브란스병원 방사선종양학과

전미진 · 이창걸 · 이익재 · 최원훈 · 최윤선 · 신동봉 · 김종대 · 김세준 · 하진숙 · 조윤진

목적: 간과 간 내에 생긴 암이 위내의 크기, 위치변화에 따라 종양의 위치변화와 경향성을 평가하기 위함이다.

방법 및 고찰: 2009년 3월부터 2010년 4월까지 강남세브란스병원을 내원한 간 종양을 가진 환자 중 CT-simulation (컴퓨터 단층촬영을 이용한 모의치료)을 하기 전 2주 내에 컴퓨터단층촬영이나 양전자컴퓨터단층촬영영상을 가진 환자 9명을 대상으로 하였으며, CT-simulation은 6시간 공복을 유지하고, 영상융합을 위한 컴퓨터단층촬영이나 양전자컴퓨터단층촬영은 촬영직전에 240~260 cc 가량의 물을 섭취하도록 하였다. 두 종류의 영상은 RTP (Radiation Treatment Planning, Pinnacle 8.0 h)에서 각각 환자의 뼈 구조를 중심으로 영상융합을 하였다.

결과: 물 섭취량은 240~260 cc로 일정하였으나 물 섭취 후 위장의 크기는 259.3 cc부터 495.4 cc로 다양하였으며, 두 가지 다른 상태에서 찍은 컴퓨터단층촬영들에서 나타난 위장의 부피변화는 개인의 차이는 있지만, 평균 130 cc 정도의 부피증가가 측정되었으며, 이는 평균 174%의 증가에 해당된다. 종합적인 종양 중심점의 절대거리는 0.52 cm에서 3.04 cm으로 평균 1.52 cm의 움직임을 보였으며, 머리-다리(Cranial-Caudal)방향으로는 0.1 cm에서 1.35 cm으로 평균 0.44 cm의 움직임을 보였고, 왼-오른(Left-Right)방향으로는 0.05 cm에서 2.75 cm으로 평균 1.22 cm의 움직임을 보였고, 배-등(Ventral-Dorsal)방향으로는 0.05 cm에서 1.85 cm으로 평균 0.33 cm의 움직임을 보였다.

결론: 개인차가 커서 위장의 운동을 관찰하여 종양의 움직임을 예측하는 것은 힘들지만 위장이 채워짐에 따라, 복잡한 경로를 통해 간 종양의 위치가 오른쪽으로 치우치는 것이 관찰되었다. 이에 간종양 치료 시 치료 정확도를 확보하기 위하여 공복 상태를 유도하는 것을 권장한다. 반면 공복상태가 어려울 경우 환자의 위장의 부피와 움직임을 측정하여 치료계획 시 간 종양의 움직임을 고려하여 방사선 치료를 할 것을 권장한다.

핵심용어: 간종양, 위내용적, 종양위치

서 론

방사선치료를 받는 환자들의 몸상태는 CT-simulation을 했을 때와 동일하게 유지 되어야 한다. 이러한 재현성을 유지하기 위해 매주 환자 몸무게를 확인하고, 호흡도 천천히 얇은 자연호흡으로 제한하지만 매번 환자의 몸상태가 같을 수 없다.¹⁾ 방사선치료 계획과 실제 치료 시 환자의 해부학적 위치에는 약간의 차이가 있다. 치료실내에서의 환자의 부정확한 자세, 셋업(set-up)오차와 무작위적으로 발생하는 오차뿐만 아니라 심장의 움직임, 연동운동에 의한 환자내부에서 발생하는 움직임에 의한 오차도 있다.²⁾ 이러한 오차를 최소화 시키면서 정상조직은 최소한의 선량으로 보호하고 종양조직에는 충분한 선량을 주기 위하여 우리는 환자에 맞는 적절한 고정기구를 사용, gold marking 또는 fiducial marking을 통한

tracking system, 세기조절방사선치료, MVCT (Mega-Voltage Computed Tomography)로 종양과 해부학의 위치를 확인하며 치료하는 토모테라피(TomoTherapy), 호흡을 보정하여 치료하는 호흡보정 치료법(Active Breath Hold method)과 Body Fix system 등이 있다.³⁾ 그러나 호흡의 보정뿐만 아니라 음식물 섭취에 따른 위장의 움직임도 고려해야 할 필요성이 있다. 위장근처에 위치하고 간, 간내체담관, 췌장, 비장은 위의 크기변화에 영향을 받을 것으로 생각된다.

본 논문에서는 위장변화의 어떠한 요소가 종양의 움직임에 영향을 주었는지 평가해 보고자 한다.

대상 및 방법

2009년 3월부터 2010년 4월까지 강남세브란스병원을 내원한 간 종양 질환을 가지고 있는 환자를 대상으로 하였으며, 방사선치료를 위해 CT-simulation을 찍기 전 2주 이내에 컴퓨터단층촬영이나 양전자컴퓨터단층촬영을 가지고 있는 환

이 논문은 2010년 5월 12일 접수하여 2010년 7월 2일 채택되었음.
책임저자 : 전미진, 강남세브란스병원 방사선종양학과
Tel: 02)2019-3147, Fax: 02)2019-4821
E-mail: olive825@yuhs.ac

Table 1. Summary of patient characteristic

No. of patients	Gender	Age	Disease	Fusion image
1	F	59	Intraductal papillary mucinous tumor	CT
2	F	66	Klatskin tumor	CT
3	M	55	Hepatocellular carcinoma (B-viral)	CT
4	M	51	Hepatocellular carcinoma (B-viral)	PET-CT
5	M	52	Hepatocellular carcinoma (B-viral)	CT
6	M	68	Hepatocellular carcinoma (B-viral)	PET-CT
7	M	68	Klatskin tumor	PET-CT
8	F	69	Common bile duct cancer	CT
9	M	67	Common bile duct cancer	PET-CT

CT: computed tomography, PET-CT: positron emission tomography-computed tomography.

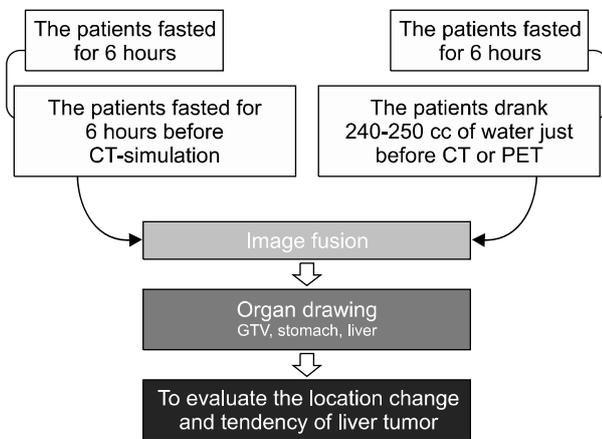


Fig. 1. Simulation and image fusion.

자로 제한된 환자 9명을 대상으로 하였으며, 환자의 성별, 나이, 병명, 영상융합에 대해 기록하였다(Table 1).

1. 모의치료와 영상융합절차

간 종양을 가진 방사선치료를 받는 환자 중 CT-simulation의 2주전 안에 컴퓨터단층촬영이나 양전자컴퓨터단층촬영을 찍은 사람을 대상자로 선정하였으며, 본원의 영상의학과는 복부 컴퓨터단층촬영이나 양전자컴퓨터단층촬영의 경우 촬영 직전에 물을 240~260 cc 정도 먹어 위를 채워 작업을 한다. 이 영상으로 위장 크기변화를 확인할 수 있을거라 생각한다. CT-simulation에 6시간 공복을 유지하고, 환자의 호흡은 천천히 얇게 쉬는 자연호흡으로 유지 할 수 있도록 교육을 하였다. CT-simulation영상을 기본영상으로 하고 2주 안에 찍은 영상을 RTP로 받아 두 영상을 각각의 환자의 뼈 구조에 맞추어 영상융합하였다(Fig. 1).

2. 종양과 위장관 영상융합절차

종양은 의사 1명이 9명의 환자 모두 18개의 영상을 그렸으며, 위장의 크기는 전문의 1명이 18개의 영상을 그렸다. CT-simulation과 영상의학과 복부 컴퓨터단층촬영나 양전자컴퓨터단층촬영는 치료 계획실에 있는 방사선사 1명이 두 개의 영상을 융합하였다.

3. 종양과 위장관의 크기와 움직임

두 영상을 융합하는 작업과 크기를 계산하는 작업, 위치 표시하여 움직임을 보는 작업은 모두 RTP에서 실시하였다.

결 과

위장 크기는 공복 때는 135.6 cc부터 275.9 cc이고, 평균값은 206.3 cc이다. 물을 섭취했을 때는 259.3 cc부터 495.4 cc이고, 평균값은 336.7 cc이다. 개인의 차이는 있지만 평균 130 cc 정도의 부피증가가 측정되었다. 이를 비율로 보면 평균 174%의 증가에 해당한다(Table 2, Fig. 2). 위장의 폭 변화는 원-오른방향에서 0.3 cm에서 6.1 cm으로 평균 2.6 cm이고, 머리-다리방향에서 0.5 cm에서 4.7 cm으로 평균 2.0 cm이고, 배-등방향에서 0.1 cm에서 2.3 cm으로 평균 0.6 cm이다. 이는 폭의 변화가 가장 두드러지게 나타나는 곳은 원-오른방향이고 다음이 머리-다리방향이며, 배-등방향으로 움직이는 폭 변화는 그리 크지 않다(Table 3, Fig. 3). 위장 운동은 환자가 섭취한 물의양은 동일하더라도 각 환자들의 부피 변화는 다르게 나타나며, 평균 130 cc 정도의 부피변화를 보이고 폭 변화는 원-오른방향으로 가장 두드러지게 나타난다. 위장의 변화에 따른 종양의 위치변화는 위장에 물이 채워짐에 따라. 종양의 중심점은 어느 정도 이동하게 되는데 그에

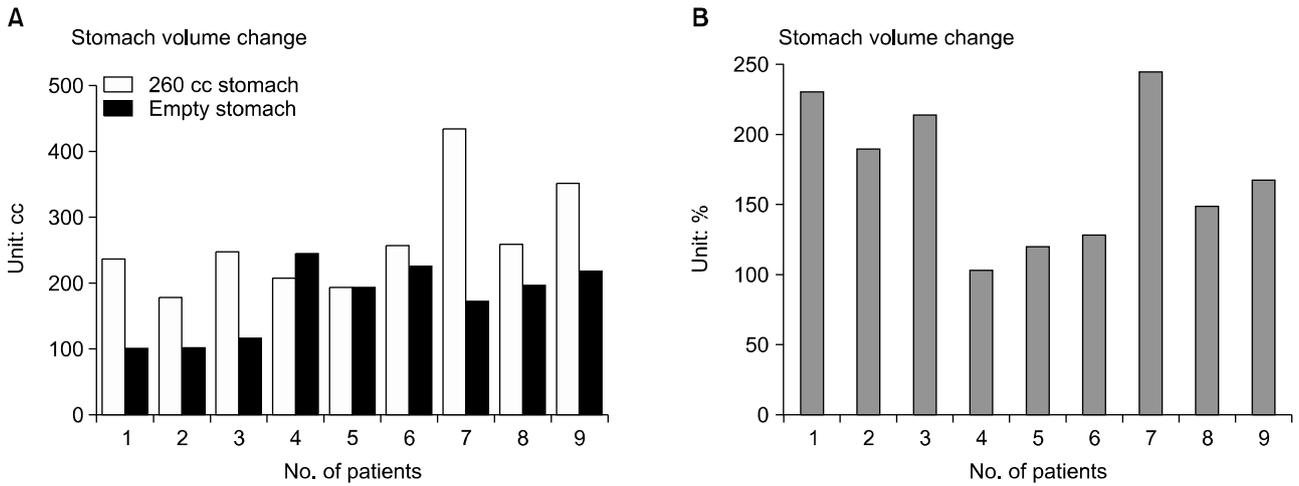


Fig. 2. (A) The bar graph appears stomach volume change. The white bar graph is full stomach, the black bar graph is empty stomach. Unit is cc. (B) When empty stomach was viewed 100%, full stomach volume change appear ratio. Unit is percentage.

Table 2. Stomach volume change

No. of patients	Full volume (cc)	Empty volume (cc)	Volume change (cc)
1	313.10	135.60	177.50
2	259.30	136.40	122.90
3	323.30	150.80	172.50
4	285.00	275.90	9.10
5	271.70	225.00	46.70
6	329.00	256.00	73.00
7	495.40	202.50	292.90
8	336.70	226.50	110.20
9	417.00	248.40	168.60
Average	336.72	206.34	130.38

Full stomach intakes 240~260 cc water, empty stomach haven't eaten during 6 hours. Stomach volume change appear distinction of two stomach.

Table 3. Stomach width change

No. of patients	Width change (Unit: cm)		
	LR	CC	VD
1	+1.4	+4.4	+1.2
2	+6.1	+2.6	+0.4
3	+3.9	-4.7	-1.4
4	+2.7	-0.5	-0.3
5	-0.4	+2.5	-0.1
6	+1	+1.4	-0.5
7	+2	+4.7	+1.9
8	+7	+2.8	+2.3
9	-0.3	+4.5	+2.1
Average	2.6	2.0	0.6

Volume change make a difference full stomach between empty stomach. LR: left-right, CC: cranial-caudal, VD: ventral-dorsal.

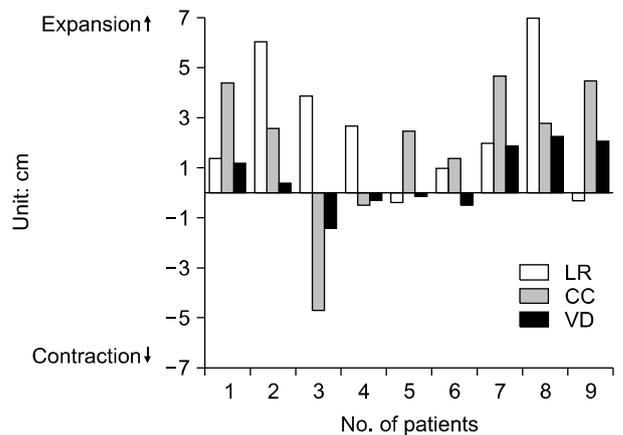


Fig. 3. It display Table 3 in diagram form. The white bar graph is LR, the gray is CC and the black is VD. LR: left-right, CC: cranial-caudal, VD: ventral-dorsal.

따른 절대거리를 GTV Total Shift식을 이용하여 측정하였다 (식 1, Table 4).

$$GTV_{Total\ Shift} = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2 + (z' - z)^2} \text{ -----(식 1)}$$

- x': 260 cc 위장에서 왼-오른방향으로 이동하는 종양
- x: 비어있는 위장에서의 왼-오른방향에 위치한 종양
- y': 260 cc 위장에서의 머리-다리방향으로 이동하는 종양
- y: 비어있는 위장에서의 머리-다리방향에 위치한 종양
- z': 260 cc 위장에서 배-등방향으로 이동하는 종양
- z: 비어있는 위장에서의 배-등방향에 위치한 종양

범위는 0.52 cm에서 3.04 cm이고, 평균값은 1.52 cm이다 (Fig. 4). 종양의 절대거리를 알아보았다면 종양이 어떠한 방향성을 갖고 이동하는지 알아보려 한다. 종양의 방향 별 이

동거리 그래프를 보면(Table 4) 왼-오른방향의 움직임의 범위는 0.05 cm에서 2.75 cm으로 평균 1.22 cm이고, 머리-다리 방향의 움직임의 범위는 0.1 cm에서 1.35 cm으로 평균 0.44 cm이고, 배-등방향의 움직임의 범위는 0.05 cm에서 1.85 cm으로 평균 0.33 cm이다. 종양중심점의 절대거리가 가장 적게 움직인 곳은 배-등방향이며, 가장 심하게 움직인 곳은 왼-오른방향이다. 이는 9명의 환자에 대해 오른쪽으로 큰 폭의 움직임이 발견되고, 그에 반해 머리-다리방향, 배-등방향는 상대적으로 적은 움직임을 보이고 있다. 따라서 치료 오차를 보정하기 위해 사용되는 통상적인 계획용 표적부피 주변(planning target volume)과 비교해보면 5명의 환자들은 육안적 종양체적(Gross Tumor Volume)에서 1 cm 이상 이동, 즉

셋업오차값 이상으로 예상 위치에서 벗어나 있다(Fig. 5). Pearson검정에 의한 P값을 이용하여 종양의 총 이동거리와 방향 별 이동 량 사이의 상관관계를 보면 종양의 절대 이동거리와 종양의 머리-다리방향움직임의 P=0.128, 왼-오른방향움직임의 P=0.0004, 배-등방향움직임의 P=0.263으로 나타났다. 이는 P값은 0.05 이하일 때 두 변수는 유의한 상관관계가 있다는 일반기준에 비추어 보면 종양의 절대거리와 좌우 이동거리가 강한 상관관계를 가지고 있음을 나타낸다(Table 5). 위장 부피의 변화, 위장 경계면, 중심축, 폭의 팽창과 수축 등 다양한 변수를 통해 종양의 움직임과 상관관계를 알아 보았다. 육안적 종양체적의 움직임은 오른쪽 방향으로 이동하는 것이 주 운동인데, 위장의 머리방향 벽(Cranial wall)의 P=0.00029, 다리방향 벽(Caudal wall)의 P=0.37606, 오른 방

Table 4. Change GTV center's position (Unit: cm)

No. of patients	Total shift	CC	LR	VD
1	0.67	-0.45	0.05	0.50
2	3.04	-1.35	-2.00	1.85
3	2.81	-0.55	-2.75	-0.10
4	1.31	-0.05	-1.30	-0.15
5	0.52	-0.15	-0.50	0.05
6	0.56	-0.15	-0.20	0.50
7	1.67	-0.90	-1.40	0.05
8	0.99	-0.50	-0.85	-0.05
9	2.07	0.10	-2.05	0.30
Average	1.52	-0.44	-1.22	0.33

Using formula1 measure GTV center movement. The average is 1.52 cm. Plus (+) appear cranial direction, right and ventral. Minus (-) appear caudal direction, left and dorsal. LR: left-right, CC: cranial-caudal, VD: ventral-dorsal.

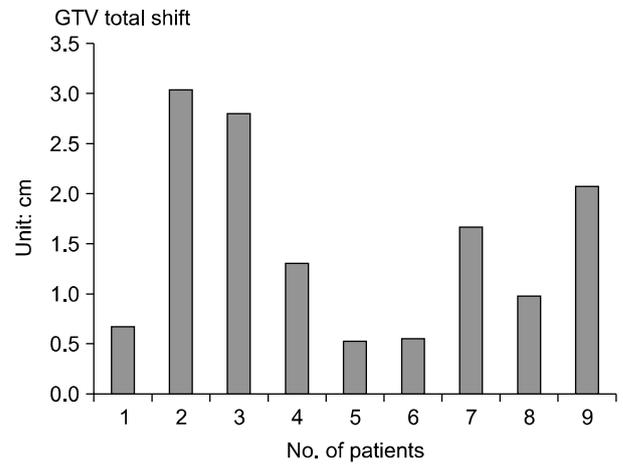


Fig. 4. GTV center movement measured from 0.5 cm until 3 cm. The average is 1.5 cm. GTV: gross tumor volume.

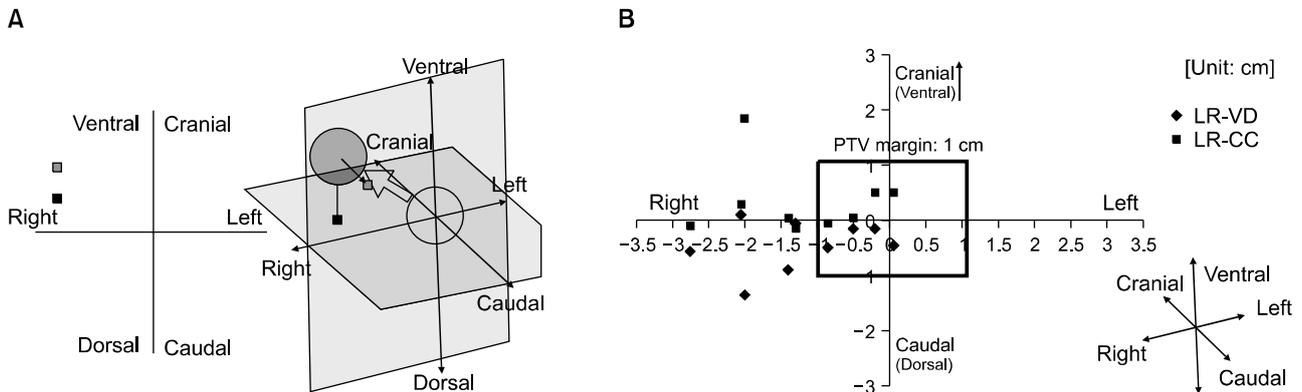


Fig. 5. (A) The picture on the left shows two dimensions, the right shows three dimensions. The black point and plane appear LR-CC, The gray appear LR_VD. (B) X-axis is LR direction, Y-axis appear CC and VD direction at once. A pair of diamond shape and quadrilateral shape is movement of a patient. LR-CC: left right-cranialcaudal, LR-VD: left right-ventral dorsal, PTV: planning target volume.

향 벽(Right wall)의 P=0.10447, 왼방향(Left wall)의 P=0.41078, 배방향 벽(ventral wall)의 P=0.18044, 등방향 벽(Dorsal wall)의 P=0.01678, 머리-다리방향 중심의 P=

0.06396, 왼-오른방향 중심의 P=0.13226, 배-등방향 중심의 P=0.02845, 위장의 크기변화의 P=0.31137이다 통상적 상관관계를 통해 볼 때, 머리방향 벽, 다리방향 벽, 배-등방향 중심의 이동의 세 개의 변수가 육안적 종양체적의 왼-오른방향 움직임에 유의한 것으로 나타났다(Table 6). 이는 육안적 종양체적의 좌우 운동 방향이 위장의 좌우운동 방향이 아닌, 다른 방향들에 의해 좌우되는 복잡한 이동경로를 보여준다. 다시 말하면, 공복 시와 물을 채운 상태에서의 차이는 주로 오른쪽 방향으로 이동을 일으키며, 이는 위장의 좌우운동 보다는 배-등 혹은 머리-다리 방향의 가까운 벽 쪽의 이동, 중심이동에 더 많이 좌우된다.

Table 5. Each directions movement and correlation of displacement

GTV movement	GTV CC	GTV LR	GTV VD
Pearson correlation coefficient	-0.54696	-0.92605	0.41770
Probability chance (both)	0.12751	0.00034	0.26328
N	9	9	9

CC: cranial-caudal, LR: left-right, VD: ventral-dorsal, N: No. of patient.

Table 6. Change of stomach and correlation analysis of GTV position movement

	Stomach	SD (Unit: cm)	GTV CC (P-value)	GTV LR (P-value)	GTV VD (P-value)
1	Cranial wall	-0.7 (±1.18)	0.10200	0.00029	0.35405
2	Caudal wall	-2.7 (±0.81)	0.02200	0.37606	0.01606
3	Right wall	-1.8 (±2.7)	0.02592	0.10447	0.13003
4	Left wall	0.8 (±0.81)	0.40881	0.14078	0.08352
5	Ventral wall	0.9 (±0.9)	0.00184	0.18044	0.02726
6	Dorsal wall	0.2 (±1.2)	0.10484	0.01678	0.13270
7	CC center	-1.7 (±1.3)	0.00006	0.06396	0.03613
8	LR center	-0.5 (±1.5)	0.02390	0.13226	0.05250
9	VD center	0.6 (±0.84)	0.00861	0.02845	0.03467
10	Stomach volume change	130.4 cc (±84.66)	0.10800	0.31137	0.29500

SD: standard deviation, GTV CC: cranial caudal direction of gross tumor volume, GTV LR: left right direction of gross tumor volume, GTV VD: ventral dorsal direction of gross tumor volume.

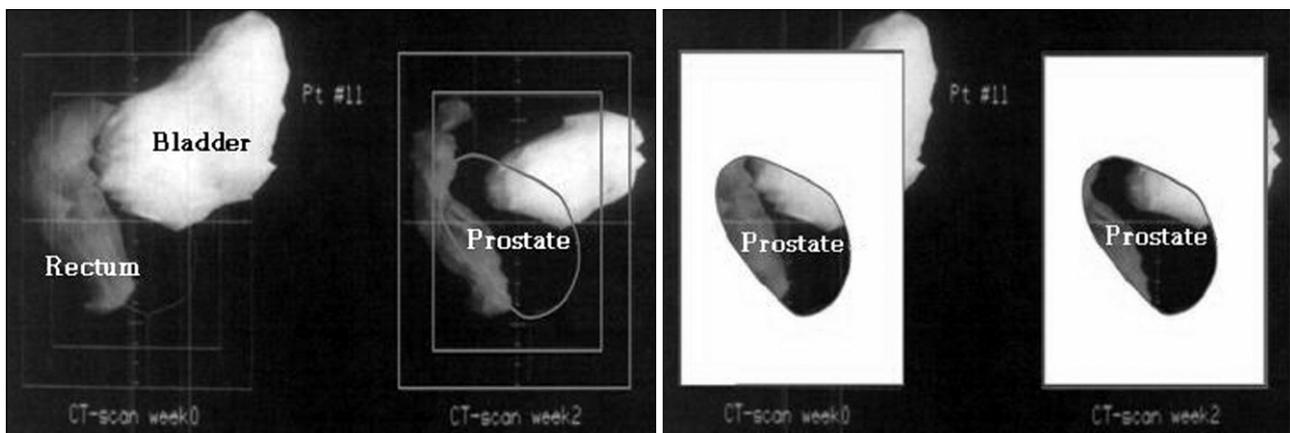


Fig. 6. Joos V. Lebesque, et al.: Variation in volumes, dose-volume histograms, and estimated normal tissue complication probabilities of rectum and bladder during conformal radiotherapy of T3 prostate cancer. Int J Radiation Oncology Biol Phys 1995;33:1109-1119.

고안 및 결론

환자 움직임의 주된 요인은 부정확한 환자자세, 장기의 움직임에 의한 기하학적 불명확성이다. 방사선 치료계획은 치료 전 한 종류의 컴퓨터단층촬영을 이용한 모의치료영상을 가지고 치료계획을 세우게 되므로 종양의 움직임, 종양의 크기, 치료받는 동안의 호흡은 고려되어지지 않는다. 치료 받는 종양에는 충분한 선량, 정상조직에는 최소한의 선량을 주기 위하여 방사선 치료 중 장기 움직임을 조사 평가한 논문들이 많이 나와있다. 장기움직임의 주된 이유는 호흡과 심장의 움직임이다. 움직임을 평가하기 위해 이용된 장기는 간, 횡경막, 신장, 췌장, 폐, 그리고 전립선이다.^{1,4,6-10,12,13,15,18,20-29)} 장기 움직임을 최소화하기 위하여 호흡보정기법, 심방박동 움직임보정기법을 이용하지만 본 논문에는 이런 기법을 사용하지 않았다. 체표면에 표시를 하는 것 역시 장기의 움직임을 줄여주는데 목적이 있다.^{2,8,17,19,31-33)} 또한 beam tracking system도 간, 폐, 전립선 같은 장기의 움직임(Fig. 6)을 최소화 시키려는데 기여한다. 더욱이 Berbeco 등⁸⁾의 논문에서는 투시촬영을 이용하여 위 방법을 더욱 발전시켰다. 그러나 장기 움직임을 줄여주는데 목적을 두는 위의 방법들은 위장의 움직임을 고려하였다고 보기에는 부족한 면이 있다. 위장(Fig. 7)은 간, 폐암, 전립선 보다는 움직임이 크며, 크기도 공복과 공복을 하지 않은 경우에서도 차이가 크다 이런 위의 움직임에 따라 위 근처에 자리잡고 있는 간, 간내의 움직임이 얼마나 움직일지 예측하기 어렵다. 체내의 움직임은 주로 소화기계

와 관련이 깊다. 전립선움직임은 환자의 방광과 직장의 움직임에 따라 변화가 심하다.^{11,16,22,27,32)} 위 논문에서의 전립선은 배-등방향, 머리-다리방향의 움직임이 가장 크며, standard deviations (SDs)의 움직임이 배-등방향은 1.5~4 mm, 왼-오른방향은 0.7~1.9 mm, 머리-다리방향은 1.7~4.5 mm의 범위를 가진다고 하였다. Balter 등⁵⁾은 횡경막, 뼈 구조와 연관시켜 간내종양의 위치변화를 연구하였으며, Fuss 등¹⁴⁾은 초음파를 이용하였고, Berbeco 등⁸⁾은 투시촬영을 이용하여 폐의 움직임을 분석하였다. 다음과 같은 두 가지의 기억해야 할 점이 있다. 첫째, 영상의학과와 컴퓨터단층촬영이나 양전자컴퓨터단층촬영으로 융합을 한 영상은 바닥이 평평하게 유지되지 않았다. 둘째, 영상의학과 컴퓨터단층촬영 시 호흡은 들숨을 유지하였을 때이다. 이 값을 보정하기 위하여 간의 전체 움직임도 측정하였다. 그러나 위장크기와 움직임에 따라 간, 간 내의 위치나 움직임의 확연한 차이를 볼 수 있다.

본 논문에서는 위의 크기만 측정한 것이 아니라 위의 위치와 폭의 차이, 종양의 움직임도 같이 보여주고 있다. 본 논문에서의 위장의 부피증가는 평균 130 cc이고 이를 비율로 보면 174%이며, 위장의 폭 변화는 왼-오른방향에서는 평균 2.6 cm, 머리-다리방향에서는 평균 2.0 cm, 배-등방향에서는 평균 0.6 cm으로 가장 두드러진 폭 변화는 왼-오른방향이고 다음이 머리-다리방향이며, 배-등방향의 움직임은 그리 크지 않다. 종양의 위치변화를 절대 거리와 방향성 두 가지로 분석하여 본다면 절대거리는 평균 1.52 cm이고, 왼-오른방향의 움직임은 평균 1.22 cm, 머리-다리방향의 움직임은 평균

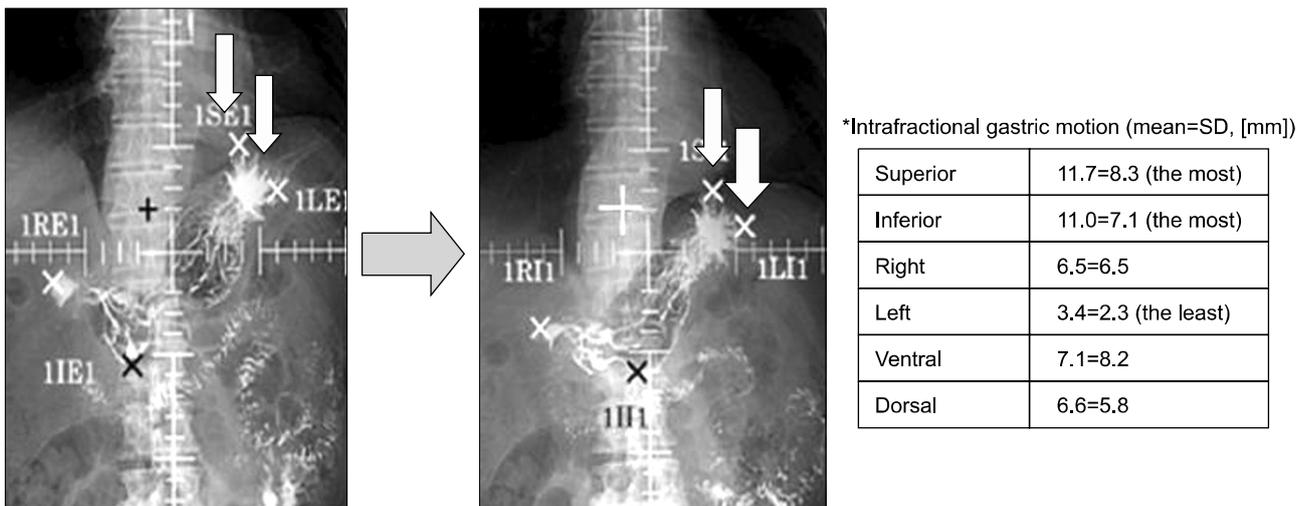


Fig. 7. Intrafractional gastric motion and interfractional stomach deformity during radiation therapy. *Radiotherapy and Oncology* 2008;87:425-431.

0.44 cm, 배-등방향의 움직임은 평균 0.33 cm으로 종양 중심점의 움직임이 가장 적은 곳은 배-등방향이며, 가장 심한 곳은 왼-오른방향이다. 장기 움직임을 알아야 되는 이유는 종양조직의 전체가 충분한 선량분포에 포함되면서 정상조직은 최대한 보호하기 위함이다. 본 논문에서는 공복과 물을 섭취했을 때 위장의 변화에 따른 간 종양의 위치이동이 관측되었으며, 9명 중 5명 이상에서 허용오차 1 cm을 초과 하였다. 종양의 이동은 주로 오른쪽으로 이동하였다. 통계적 분석결과 위장의 배등방향 혹은 머리-다리방향이 종양의 좌우 이동에 유의한 것으로 나타났다. 따라서 간 종양의 방사선 치료 시 위장의 부피를 치료계획 시 동일하게 할 필요성이 제기되었으며, 이에 현재 본원에서는 간 종양 치료 시 공복상태를 유도하여 치료 정확도를 확보하고자 노력하고 있다.

참고문헌

- Ahmad NR, Huq MS, Corn BW: Respiration-induced motion of the kidneys in whole abdominal radiotherapy: implications for treatment planning and late toxicity. *Radiother Oncol* 1997;42:87-90
- Ahn S, Yi B, Suh Y, et al.: A feasibility study on the prediction of tumor location in the lung from skin motion. *Br J Radiol* 2004;77:588-596
- 하진숙, 전미진, 김세준 등: 강남세브란스병원 토모테라피를 이용한 치료환자의 130예 통계분석 및 경험. *대한방사선치료학회지* 2008;20:45-53
- Aubry JF, Beaulieu L, Girouard LM, et al.: Measurement of intrafraction motion and interfraction and intrafraction rotation of prostate by three dimensional analysis of daily portal imaging with radiopaque markers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60:30-39
- Balcer JM, Brock KK, Litzenberg DW, et al.: Daily targeting of intrahepatic tumors for radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;52:266-271
- Balcer JM, Lam KL, McGinn CJ, et al.: Improvement of CT-based treatment-planning models of abdominal targets using static exhale imaging. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998;41:939-943
- Balcer JM, Ten Haken RK, Lawrence TS, et al.: Uncertainties in CT-based radiation therapy treatment planning associated with patient breathing. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996;36:167-174
- Berbeco RI, Mostafavi H, Sharp GC, et al.: Toward fluoroscopic respiratory gating for lung tumours without radiopaque markers. *Phys Med Biol* 2005;50:4481-4490
- Bosmans G, Buijsen J, Dekker A, et al.: An 'in silico' clinical trial comparing free breathing, slow and respiration correlated computed tomography in lung cancer patients. *Radiother Oncol* 2006;81:73-80
- Briton KR, Takai Y, Mitsuya M, et al.: Evaluation of inter- and intrafraction organ motion during intensity modulated radiation therapy (IMRT) for localized prostate cancer measured by a newly developed on-board image-guided system. *Radiat Med* 2005;23:14-24
- Crook JM, Raymond Y, Salhani D, et al.: Prostate motion during standard radiotherapy as assessed by fiducial markers. *Radiother Oncol* 1995;37:35-42
- Daqson LA, Sharpe MB: Image-guided radiotherapy: rationale, benefits, and limitations. *Lancet Oncol* 2006;7:848-858
- Davies SC, Hill AL, Holmes RB, et al.: Ultrasound quantitation of respiratory organ motion in the upper abdomen. *Br J Radiol* 1994;67:1096-1102
- Fuss M, Salter BJ, Cavanaugh SX, et al.: Daily ultrasound-based image-guided targeting for radiotherapy of upper abdominal malignancies. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;59:1245-1256
- Hanley J, Debois MM, Mah D, et al.: Deep inspiration breathhold technique for lung tumors: the potential value of target immobilization and reduced lung density in dose escalation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;45:603-611
- Antolak JA, Rosen II, Childress, et al.: Prostate target volume variations during a course of radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998;42:661-672
- Lebesque JV, Bruce AM, Kroes AP, et al.: Variation in volumes, dose-volume histograms, and estimated normal tissue complication probabilities of rectum and bladder during conformal radiotherapy of T3 prostate cancer. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 1995;33:1109-1119
- Jiang SB: Radiotherapy of mobile tumors. *Semin Radiat Oncol* 2006;16:239-248
- Koch N, Liu HH, Starkschall G, et al.: Evaluation of internal lung motion for respiratory-gated radiotherapy using MRI: part I - correlating internal lung motion with skin fiducial motion. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60:1459-1472
- Koong AC, Le QT, Ho A, et al.: Phase I study of stereotactic radiosurgery in patients with locally advanced pancreatic cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;58:1017-1021
- Langen KM, Jones DT: Organ motion and its management. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001;50:265-278
- Lebesque JV, Bruce AM, Kroes AP, et al.: Variation in volumes, dose-volume histograms, and estimated normal tissue complication probabilities of rectum and bladder during conformal radiotherapy of T3 prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;33:1109-1119
- Madsen BL, His RA, Pham HT, et al.: Intrafractional stability of the prostate using a stereotactic radiotherapy technique. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;57:1285-1291
- Moerland MA, van den Bergh AC, Bhagwandien R, et al.: The influence of respiration induced motion of the kidneys on the accuracy of radiotherapy treatment planning, a magnetic

- resonance imaging study. *Radiother Oncol* 1994;30:150-154
25. Roeske JC, Forman JD, Mesina CF, et al.: Evaluation of changes in the size and location of the prostate, seminal vesicles, bladder, and rectum during a course of external beam radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;33:1321-1329
26. Schwartz LH, Richaud J, Buffat L, et al.: Kidney mobility during respiration. *Radiother Oncol* 1994;32:84-86
27. Shimizu S, Shirato H, Xo B, et al.: Three-dimensional movement of a liver tumor detected by high-speed magnetic resonance imaging. *Radiother Oncol* 1999;50:367-370
28. Suramo I, Paivansalo M, Myllyla V: Cranio-caudal movements of the liver, pancreas and kidneys in respiration. *Acta Radiol Diagn* 1984;25:129-131
29. Takeda A, Kunieda E, Shigematsu N, et al.: Small lung tumors: long-scan-time CT for planning of hypofractionated stereotactic radiation therapy-initial findings. *Radiology* 2005;237:295-300
30. Tinger A, Michalski JM, Cheng A, et al.: A critical evaluation of the planning target volume for 3-D conformal radiotherapy of prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998;42:213-221
31. Tsunashima Y, Sakae T, Shinoyama Y, et al.: Correlation between the respiratory waveform measured using a respiratory sensor and 3D tumor motion in gated radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60:951-958
32. van Herk M. Errors and margins in radiotherapy. *Semin Radiat Oncol* 2004;14:52-64
33. Intrafractional gastric motion and interfractional stomach deformity during radiation therapy. *Radiotherapy and Oncology* 2008;87:425-431

Abstract

Relationship between Stomach Volume and Tumor Location in Radiation Treatment for Hepatic Tumors

Mi Jin Jeon, Chang Geol Lee, Ik Jae Lee, Won Hoon Choi, Yun Sun Choi,
Dong Bong Shin, Jong Dae Kim, Sei Joon Kim, Jin Suk Ha, Yoon Jin Cho

Department of Radiation Oncology, Gangnam Severance Hospital, Seoul, Korea

Purpose: It aims to evaluate the location change and tendency of hepatic and intrahepatic tumors according to gastric volume and change of location.

Materials and Methods: It studied 9 patients with hepatic tumors who visited Gangnam Severance Hospital from March 2009 to April 2010 and who underwent CT or PET (Positron Emission Tomography) within 2 weeks before CT-simulation. The patients fasted for 6 hours before CT-simulation and drank 240~250 cc of water just before CT or PET for image fusion. Those two types of images were fused to RTP (Radiation Treatment Planning, Pinnacle 8.0h) focusing on bone structure of individual patients.

Results: They drank 240~260 cc of water but their stomach volume after drinking water varied from 259.3 cc to 495.4 cc. Even though individual differences existed in the change of stomach volume before and after drinking water, the volume was increased by 130 cc (174%) on average. The change in absolute distance between the centers of tumors ranged from 0.52 cm to 3.04 cm (1.52 cm on average); from 0.1 cm to 1.35 cm (0.44 cm on average) in cranial-caudal direction; from 0.05 cm to 2.75 cm (1.22 cm on average) in left-right direction; and from 0.05 cm to 1.85 cm (0.33 cm on average) in ventral-dorsal direction.

Conclusion: It is hard to predict the movement of tumors by observing stomach movement, due to great individual differences; however, it was observed that the location of hepatic tumors was right-sided as the stomach was filled with water. Thus, it is recommended to maintain the fastened state to secure the accuracy of hepatic tumor treatment. If it cannot maintain the fastened state, it is recommended to measure stomach volumes and movement in the patient to consider the movement of hepatic tumors before radiation treatment.

Key words: hepatic tumor, stomach volume, tumor location