

실시간 종양 추적 방사선 수술 시스템에서 예측 호흡 모델 오차 감소를 위한 고글 모니터 유용성 평가

허현도* · 최상현* · 김우철* · 김현정* · 지영훈¹ · 김금배¹ · 김성훈² · 민철기³ · 이상훈⁴ · 이석⁵ ·
심장보⁵ · 조삼주⁶ · 조광환⁷ · 신동오⁸

인하대학교 의과대학 방사선종양학교실* · 한국 원자력의학원 방사선종양학과¹ · 한양대학교 의과대학
방사선종양학교실² · 건양대학교 의과대학 방사선종양학과교실³ · 관동의과대학 제일병원 방사선종양학과교실⁴ ·
고려대학교 의과대학 방사선종양학과교실⁵ · 을지메디컬센터⁶ · 순천향대학교 의과대학 방사선종양학과⁷ ·
경희대학교 의과대학 방사선종양학과교실⁸

E-mail: hyundohuh@gmail.com

중심어 (keyword) : 실시간 종양추적 시스템, 고글모니터, 방사선 수술

서 론

복부와 흉부에 위치한 모든 종양은 환자의 호흡에 따라 방사선치료 중에도 움직인다. 폐, 횡장, 간, 콩팥 등은 환자의 호흡 양에 따라 수 mm에서 수십 mm까지 움직임을 나타낸다. 치료 중 종양의 움직임은 방사선치료에 매우 큰 영향을 준다. 유럽방사선종양학회에서도 폐종양 같이 움직임이 큰 종양에서는 반드시 방사선 치료계획과 실질적으로 전달되는 선량을 검증하도록 권고하고 있다(1). 미국의학물리학회 Task Group(TG) 76의 보고에 따르면 임의의 방향에서 5 mm 이상 움직일 때는 정상조직의 보호 및 종양 치료의 효율을 위해서 호흡조절 방사선 치료 방법을 권고하고 있다(2). 움직이는 장기에 방사선 수술을 시행할 때는 이러한 부분을 특별히 고려해야 한다. 많은 연구자들은 호흡의 영향을 줄이고 치료효율을 높이기 위하여 많은 연구를 해 왔다. 최근 들어 사이버나이프 시스템에서 환자호흡에 따라 움직이는 종양을 실시간으로 추적하여 방사선 수술에 적용하고 있다.

사이버나이프에서 개발된 실시간 종양추적 방사선 수술 시스템은 환자 내부 마크와 외부 마크를 이용하여 예측 호흡 모델을 구성하여 종양을 실시간으로 추적하는 방법을 택하고 있다. 이러한 시스템의 장점은 환자 호흡 양을 억지로 제한하는 흉부 압박봉대와 같은 도구를 사용하지 않고, 또는 인위적으로 호흡주기를

선택하여 방사선치료를 하는 방법을 따르지 않는다. 그러나 예측 호흡 모델 방법은 실시간 환자의 호흡이 규칙일 때는 문제되지 않으나 불규칙적인 때는 실시간 호흡 형태와 예측 호흡 모델 사이에 오차를 발생시킨다.

따라서 본 연구에서는 실시간 호흡 형태를 인식할 수 있는 고글모니터 시스템을 구축하여 실시간 환자의 호흡과 예측 호흡 모델간의 오차를 줄이므로 고글 모니터의 유용성을 평가 하였다.

재료 및 방법

1. 로보틱 사이버나이프 방사선 수술 시스템

사이버나이프 방사선 수술 장비는 여섯 개의 관절로 구성된 로봇에 6 MV x-선 에너지를 발생시킬 수 있는 선형가속기가 장착되어 있다. 사이버나이프 시스템은 로봇이 움직일 수 있는 약 108개의 항로 점을 가지고 있고 각 항로점에서 12개의 다른 방향으로 방사선을 조사 할 수 있어 전체 약 1200여개의 방향에서 방사선 조사가 가능하다. 또한 내부 마크를 치료 전 또는 치료 중간에 수시로 확인하는 진단용 X-ray 장치가 천정에 부착되어 있고 바닥에는 아모포스실리콘(amorphous silicon) 디텍터가 설치되어 있다. 그리고 외부 호흡을 실시간으로 측정하는 적외선 카메라가 설치되어 있어 환자 외부호흡을 실시간으로 측정할 수 있도록 설치되어 있다.

2. 데이터 획득

본 연구에서는 실시간 환자 자신의 호흡 형태를 인식하여 일정한 형태로 유지할 수 있도록 고글 모니터 시스템을 구축하였다. 18명의 폐종양환자를 대상으로 33회 측정하여 고글 모니터를 사용한 환자와 사용하지 않은 환자 군간의 실시간 측정되는 환자 호흡 형태와 호흡 예측 모델과의 오차를 측정 분석 하였다.

결과 및 고찰

고글모니터를 사용한 사용하지 않은 환자와 비교하였을 때 실시간 환자의 호흡과 호흡 예측 모델과의 오차를 줄일 수 있었다.

Table 1. Free breathing, it shows that this data is correlation error during treatment radiosurgery without Goggle monitor.

No	Ave	Std	Max	Min
1	1.549	0.851	3.240	0.685
2	2.006	0.731	4.239	1.010
3	1.321	0.671	3.113	0.578
4	1.180	0.362	1.951	0.489
5	1.209	0.409	2.180	0.519
6	1.780	1.294	5.694	0.094
7	1.427	0.683	3.315	0.612
8	2.547	1.713	4.650	0.335
9	4.160	2.239	6.824	0.795
10	4.257	1.959	6.954	0.621
11	3.482	1.908	9.011	0.327
12	2.886	1.733	7.364	0.569
13	1.249	0.713	2.964	0.423
14	1.524	0.688	2.724	0.359
15	1.431	0.758	4.235	0.561
16	1.451	0.560	3.448	0.469
17	1.923	1.017	4.352	0.282
18	1.827	1.048	5.253	0.215
19	3.325	1.407	6.416	0.898
20	2.957	1.707	7.098	0.277
21	1.827	1.048	5.253	0.215
22	3.325	1.407	6.416	0.898
23	2.957	1.707	7.098	0.277
24	3.117	1.591	8.092	0.543
25	2.251	0.797	3.858	0.672
Ave	2.279	1.160	5.110	0.506

Table 2. Goggle monitor, it shows that this data is correlation error during treatment radiosurgery with using Goggle monitor.

No	Ave	Std	Max	Min
1	1.117	0.759	2.643	0.239
2	1.339	0.824	3.918	0.310
3	1.129	0.463	1.877	0.378
4	0.983	0.533	1.971	0.208
5	1.842	0.682	3.139	0.698
6	3.356	1.610	8.376	0.990
7	3.294	0.914	4.812	1.408
8	3.181	0.966	4.812	1.408
Ave	2.030	0.844	3.944	0.705

고글을 사용하지 않은 환자에서는 오차가 0.215 mm ~ 9.011 mm이었고, 평균 2.279 mm이었다.(표 1) 고글을 사용한 환자는 오차가 0.239 mm에서 8.376 mm 이었고, 평균 2.030 mm 이었다.(표 2)

결론

사이버나이프와 같은 호흡 예측 모델을 적용하여 실시간 종양추적 방사선 수술 및 치료 시에 고글과 같은 모니터를 사용하여 환자가 자신의 호흡 형태를 인식하여 규칙적인 형태로 유지시키는 시스템은 호흡 예측 모델의 오차를 줄이는데 매우 유용한 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 교육과학 기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 방사선기술개발사업의 지원과 식품의약품 안전청 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Senan S, De Ruysscher D, Giraud P, *et al.* Radiotherapy Group of European Organization for Research and Treatment of Cancer: Literature-based recommendations for treatment planning and execution in high-dose radiotherapy for lung cancer. *Radiother Oncol* 2004, 71 pp 139 - 146.
2. Keall PJ, Mageras GS, Balter JM, *et al.* Report of AAPM Task Group 6: The Management of Respiratory Motion in Radiation Oncology. American Association of Physicists in Medicine, College Park, MD, 2006.