

방사선 치료 시 치료실 내에서 발생하는 오존에 관한 고찰

서울대학교병원 방사선종양학과

곽용국 · 윤일규 · 이제희 · 유숙현

목 적: 방사선 치료 시 치료실 내에서 발생하는 오존량을 측정하여 오존 발생으로 인한 오염 정도를 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 선형가속기(Clinac 21EX, Varian, USA)와 오존 측정기(series-200, aeroQual, New Zealand)를 이용하여 water phantom (Wellhofer, IBA, Germany)에 방사선을 조사하여 MU, 선량을, 선원-표면간 거리(SSD), 조사야, 에너지, 경과 시간에 따라 발생하는 오존량을 측정·분석하였으며, 실제 환자치료 시 치료실 내에 오존 측정기를 위치하여 일일 오존 변화량을 측정하였다.

결 과: 방사선 발생 중 생성되는 오존의 오염도는 에너지에 따른 영향을 크게 받지 않지만 대체로 광자선보다 전자선 조사 시(0.016~0.028 ppm/hr) 많이 발생하였다. 또한, Dose-Rate가 높을수록(0.016~0.025 ppm/hr), SSD가 멀어지고(0.018~0.030 ppm/hr), 조사야가 넓어지고(0.016~0.025 ppm/hr), MU가 많을수록(0.018~0.046 ppm/hr) 오존 농도가 높아졌다. 시간 경과에 따른 오존의 감소량은 방사선을 조사한 후 10분이 경과된 후부터 background 농도(0.016 ppm/hr)로 변화하였다. 그리고 방사선 치료실 내의 일일 발생하는 오존의 농도는 실내의 오존 허용기준인 0.1 ppm/hr (측정 평균 0.06 ppm/8 hr) 이하이지만, 냄새에 민감한 환자들이 감지할 수 있는 수준인 0.02 ppm/hr 이상의 농도(최대: 0.038 ppm/hr)를 포함하는 것을 확인할 수 있었다.

결 론: 일정한 조건의 변화에 따른 오존 농도를 통하여 실제 치료실 내 오존 발생량은 환자나 작업종사자에 대해 유해한 작용을 미치는 수준은 아니었다. 흔히 오존을 해로운 기체라고 생각하지만 방사선 치료 시 발생하는 미량의 치료실 내 오존은 오히려 병원성 세균이나 바이러스 살균 등의 공기 정화 작용을 함으로써 치료실 내 이로운 오존의 역할을 할 것이라 사료된다.

핵심용어: 오존, 치료실, 농도, 선형가속기, 오존측정기

서 론

현재 방사선 치료는 수술, 항암 치료와 더불어 암 환자에 대한 주요 치료법으로 자리 잡았다. 이런 방사선 치료는 종양에 조사하는 선량을 증가시켜 치료 효과를 높이고 주위의 정상 조직과 중요 장기의 부작용이나 합병증을 감소시킴으로써 바람직한 치료결과를 얻고자 하는 노력으로 세기조절 방사선 치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT), 영상유도 방사선 치료(Image Guided Radiation Therapy, IGRT), 정위적 방사선 치료(Stereotactic Body Radiation Therapy, SBRT), 동적 회전조사법(Dynamic Arc Radiation Therapy, DART) 등과 같은 기술적 발전을 가져왔으며, 이를 지원해주는 치료 장비 또한 급속한 발전을 이루었다. 하지만 방사선 치료실의 환경적인 연구는 미미한데, 이는 환자뿐만

아니라 지속적으로 근무하는 작업종사자의 건강과 작업능력에도 영향을 줄 수 있기 때문에 중요하다. 방사선 치료를 시행하는 치료실은 장비의 특수성과 작업 환경의 위해성에 의해 대부분의 병원이 지하에 설치하며, 방사선 치료실은 외부와 차단된 채 인공적인 환기시설에 의존할 수밖에 없다. 이러한 치료실 내에서 고에너지 방사선에 의한 치료 시 산소 기체가 전리되어 산소 원자와 산소 분자가 합쳐진 형태로 오존이 발생하게 되며, 이러한 오존은 살균, 탈취 및 산화 작용 등을 한다.¹⁾ 실내에서 오존은 일정한 농도까지는 허용되며 유익한 작용을 하지만 이를 초과한 농도에서는 유해한 물질이기 때문에 주의할 필요가 있다. 방사선 치료 시 오존이 발생한다는 사실은 이미 알고 있지만 어느 수준으로 발생하는지에 대한 조사가 없었고, 그로 인해 환자와 작업 종사자에게 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 없었다. 그리하여 본 연구는 조건에 대한 오존 발생량과 감소 시간을 확인하여 치료실에서 오존이 환자나 작업 종사자에게 미치는 영향을 검토하여 환경적인 요소를 개선하는데 기여하고자 한다.

이 논문은 2009년 6월 2일 접수하여 2009년 7월 10일 채택되었음.
책임저자 : 곽용국, 서울대학교병원 방사선종양학과
Tel: 02)2072-3573, Fax: 02)741-4755
E-mail: kykkyk01@hotmail.com

1. 이론적 배경

1) 오존의 특성

오존은 특유의 비릿한 냄새가 있으므로 그리스어의 ozoin (냄새나다)에서 오존이라 명명되었는데, 지표면에서 생성된 오존은 그 특성상 비중이 공기보다 무거운 1.658, 분자량 48 (공기는 약 29), 융해점 -192.7°C , 기화점 -111.9°C , 3개의 산소원자가 4가지 형상의 공명구조로 결합된 형태로 존재하며, 저 농도의 오존은 상온에서 무색이고, 15% 이상의 농도에서는 푸른색을 나타낸다. 염소의 25배나 되는 살균력이 있어 일반세균 및 박테리아는 물론 곰팡이, 바이러스까지 10초 이내에 99.9% 이상 사멸시킬 수 있으며, 살균 속도는 염소보다 수천 배나 빠르다. 염소의 7배 정도의 산화력으로 유해 유기물이나 야채, 과일에 남아있는 맹독성 농약까지 완전히 분해, 제거하는 역할을 하며, 오존 자체의 역할이 끝나면 산소로 되돌아간다. 자연적으로 천둥이 치는 것과 같은 고전압

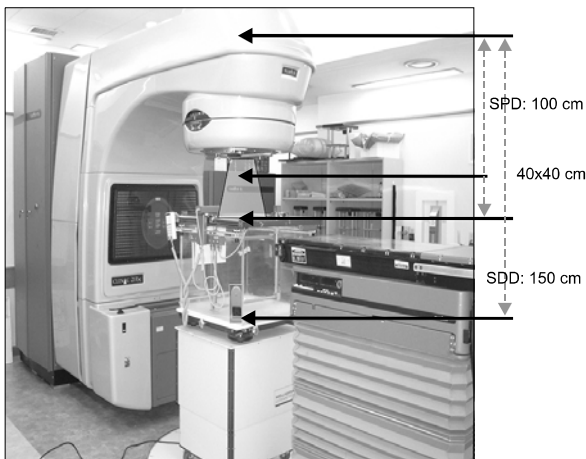


Fig. 1. Geometric condition of experiment.

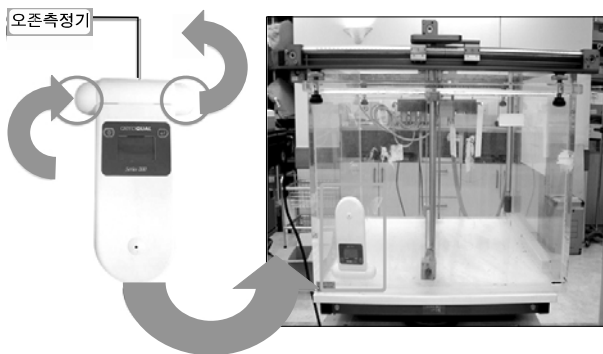


Fig. 2. Ozone meter location in the phantom.

의 전기가 방전할 때, 또는 해변이나 깊은 숲속과 같은 조건에서 식물이 광합성 작용을 할 때 매우 낮은 농도(0.02~0.05 ppm)의 오존과 음이온이 발생된다. 이런 현상으로 인하여 해변이나 깊은 산속에서의 오존은 상쾌함을 느끼게 해준다.¹⁾

2) 오존의 장점 및 적용

오존은 산화, 살균, 소독, 탈취 작용을 하는데 산화력이 염소보다 5.6배 강하며, 바이러스 살균은 염소보다 25배 강하고, 3,000배 빠른 속도로 살균한다. 오존은 2차 공해 물질이 없고 화학적 성질이 잔류하지 않는 장점으로 인해 정수처리 시설, 음료수의 소독, 식품 저장, 공기 정화, 폐수 처리 등 각 분야에서 쓰이는데 특히, 산업용으로 널리 이용되고 있다 (Fig. 3).²⁻⁶⁾

3) 오존의 단점 및 허용치

오존은 실내 및 대기 중 허용치 초과인 농도일 때는 점막 조대, 폐 세포 및 호흡기능에 영향을 미치고 폐를 침범하는 자극물이다. 또한, 강력한 산화력으로 인하여 인체에 직접 노출될 경우, 인체의 건강에 치명적 요소가 될 수 있다. 일반적으로 눈이 자극을 느끼는 농도는 0.10 ppm (대기환경기준 1 시간 평균치)이고, 오존을 냄새로 느낄 수 있는 한계는 0.02

오존의 주요 작용별 적용분야

살균	<ul style="list-style-type: none"> ● 오존에 의한 살균 작용은 세균의 세포벽의 파열 및 분해에 의한 것임. ● 저농도의 오존에서도 대장균, 포도상구균, 살모넬라, O157균 등이 쉽게 사멸됨. ● 오존 살균법은 일찍부터 구미의 식품저장 및 냉온방 공기의 정화에 채용. ● 미국 FDA의 GRAS 인증 및 일본에서도 가공 식품의 제조 공정을 시작으로 용도 증가. ● 적용분야 상하수의 정화, 식품저장, 식품가공, 수영장, 욕탕 수족관, 의료기기, 병원 크린 룸, 맥주공장, 제지공장, 생수공장, 고가수조, 양식어업, 방충/살충, 바이오관련, 수경재배, 축산, 조리장, 에어컨 흡입기기 살균용 등...
산화	<ul style="list-style-type: none"> ● 맛·냄새의 제거, 철·망간의 제거, 발암성 물질 생성억제, 미량유기물 제거, 농약류 및 폐물, 시안 등 유해물질 제거, BOD-COD제거, 고분자 물질의 저분자화, 독성 물질의 산화 ● 적용분야 상수처리, 분뇨 및 생활 오수 처리, 공장 폐수 처리, 반도체 표면처리(산화박막 생성), 제철소 및 발전소 응수 처리, 망간 제거 등...
탈취	<ul style="list-style-type: none"> ● 악취 성분의 산화 분해 ● 적용분야 식당/조리장, 식품 가공 공장, 냉장고, 상하수 처리, 화장실, 양돈/우사/양계장, 쓰레기 처리장, 비료 공장, 펄프 공장, 약품공장, 인쇄/도장 공장, 염색공장, 유기장 등...
탈색	<ul style="list-style-type: none"> ● 색도 제거 ● 적용분야 하수처리, 분뇨 처리, 염색 폐수 처리, 공장 폐수 처리, 소형정화조, 식품 표백, 펄프 표백 등...
기타	<ul style="list-style-type: none"> ● 치료용 (Ozone therapy), 연소 촉진제, 반응 촉진제, 기타

Fig. 3. Use instance of ozone.

ppm 이상으로 알려져 있다(Fig. 4).^{1,7)} 고농도의 오존은 식물에게도 피해를 발생시키는데 농작물의 경우는 수확량 감소와 잎이 누렇게 탈색되는 등의 피해를 발생시킨다(Fig. 5).^{8,9)}

오존에 대한 허용치는 각 나라마다 약간의 차이가 있지만 우리나라의 경우 실내 및 대기 환경에서 1시간 평균 0.1 ppm 이하, 8시간 평균 0.06 ppm 이하이고, 대기에서 오존 농도가 1시간 평균 0.12 ppm 이상일 때 오존 주의보를 발령한다(Fig. 6).

대상 및 방법

1. 대상 및 장비

본 실험을 위하여 선형가속기(Clinac 21EX, Varian, USA)와 ±0.001 ppm의 오차를 지닌 오존측정기(Series-200, aeroQual, New Zealand)를 사용하여 water phantom (Wellhofer, IBA, Germany)에 방사선을 조사하여 오존 발생량을 측정하였다.

2. 측정방법

선원-팬텀간의 거리(SPD)는 100 cm, 선원-오존측정기간의

농도(ppm)	노출시간	인체 및 실험동물에 미치는 영향
0.02	5분	냄새감지
0.03~0.3	1시간	달리기 선수의 기록저하
0.05~0.1	30분	불안감을 느낌
0.05~0.2	-	코 및 인후의 자극
0.05~0.6	1시간	천식 환자의 발작빈도 증가
0.08	3시간	동물(쥐)의 세균감염, 감수성 증가
	30분	두통, 눈에 자극
	1시간	시각장애, 폐포 내의 산소 확산력 저하
	2시간	폐동맥 산소 분압 증가
0.1	24시간	눈자극 증상 증가
	30분	호흡수의 증가
0.1~0.25	30분	호흡수의 증가
0.2	1시간	동물(쥐)의 적혈구 변형
	6시간	동물(쥐)의 자율운동 감소
0.2~0.8	-	눈에 자극
0.3	-	호흡기 자극, 가슴압박
	5분	호흡량의 증가
0.34	2시간	동물의 호흡량 증가
0.35	3~6시간	시력감소
0.37~0.75	2시간	호흡량 현저히 감소
0.4	2~4시간	기도저항증가, 호흡량 감소
	2시간	폐기능 저하
0.5	6시간	기도저항의 증가와 폐기능 현저한 감소
	2~6시간	동물(쥐)의 폐세포 팽창
0.6~0.8	2시간	기관지 자극, 폐기능저하, 폐확산력 현저한 감소
0.8~1.5	-	폐출혈
0.9	5분	기도저항의 심각한 감소
1.0	6시간	동물(쥐)의 사망률 증가
1.5~2.0	2시간	심한 피로, 가슴통증, 기침
9.0	-	급성 폐부종

Fig. 4. Effect of ozone about human body & animal.

거리(SDD)는 150 cm, 조사야는 40×40 cm의 조건을 기준으로 각 에너지별로 방사선을 조사하였다(Fig. 1). 오존을 최대한 집적시키기 위하여 팬텀 안에 오존 측정기를 위치하였다. 오존의 비중이 1.67로써 공기보다 무겁기 때문에 오존측정기를 팬텀 하단에 위치하였고 흡입구를 조사야와 10 cm 거리를 두어 위치하였다(Fig. 2). 각 2회씩 측정하여 얻은 데이터는 평균치로 기록하였다.

3. 측정목록

1) 오존 발생 요소

(1) MU: 선원-팬텀간의 거리(SPD): 100 cm, 조사야 40×40 cm의 조건으로 각 에너지 별로 200~5,000 MU까지 실험하였다.

(2) 선량율: 선원-팬텀간의 거리(SPD): 100 cm, 조사야 40×40 cm, 500 MU의 조건으로 각 에너지 별로 100~1,000 MU/min까지 실험하였다.

(3) 선원-팬텀간의 거리(SPD): 조사야 40×40 cm, 1,000 MU의 조건으로 각 에너지 별로 80~120 cm까지 실험하였다.

(4) 조사야 크기: 선원-팬텀간의 거리(SPD): 100 cm, 500 MU의 조건으로 각 에너지 별로 10×10, 20×20, 40×40 cm의 조사야를 실험하였다.

(5) 에너지: 선원-팬텀간의 거리(SPD): 100 cm, 조사야 40×40 cm, 500 MU의 조건으로 각 에너지 당 최대 선량율로 조사하여 에너지를 비교하였다.

2) 시간 경과에 따른 오존 감소량

선원-팬텀간의 거리(SPD): 100 cm, 조사야 40×40 cm, 500 MU의 조건으로 각 에너지 당 최대 선량율로 조사한 후 감소되는 오존의 양을 일정한 간격으로 측정하였다.

3) 일일 오존 농도 변화

실제 환자 치료 시 어느 정도의 오존이 발생하는지 환자 치료 시작부터 종료까지 30분 간격으로 농도를 측정하였다. 농도 측정 시 오존측정기는 치료 중심점으로 측방 3 m, 지면으로부터 1 m 상방에 위치하고 흡입구는 조사야 방향으로 향하게 놓았다.

식물명	오존농도(ppm)	노출시간	영향
무우	0.05	20일(8시간/일)	수확량 50% 감소
카네이션	0.07	60일	개화율 60% 감소
담배	0.1	5.5시간	꽃가루생산 50% 감소

Fig. 5. Effect of ozone about plants.

A

국가	한국	미국	유럽	일본
규제기준 (ppm)	0.06 (8시간 평균) 0.1 (1시간 평균)	0.06 (8시간 평균) 0.1 (1시간 평균)	0.06 (8시간 평균) 0.1 (1시간 평균)	0.06 (8시간 평균) 0.12 (1시간 평균)

B




-  **미국** 실내환경 1시간 평균 0.1 ppm 이하
-  **FDA** 실내의료기기(공기청정기 등) 기준 0.05 ppm 이하
-  **한국** 실내환경 8시간 평균 0.06 ppm 이하 1시간 평균 0.1 ppm 이하

Fig. 6. (A) Standard ozone level about atmosphere, (B) Standard ozone level about interior environment.

Table 1. Ozone occurrence level about MU factor (SPD: 100 cm, field size: 40×40 cm)

	200 MU	500 MU	1,000 MU	3,000 MU	5,000 MU
6 MV	0.020	0.020	0.022	0.027	0.035
15 MV	0.021	0.019	0.023	0.028	0.037
6 MeV	0.022	0.024	0.025	0.032	0.040
9 MeV	0.022	0.024	0.025	0.031	0.041
12 MeV	0.021	0.024	0.026	0.031	0.043
16 MeV	0.022	0.025	0.026	0.032	0.042
20 MeV	0.022	0.025	0.028	0.032	0.046

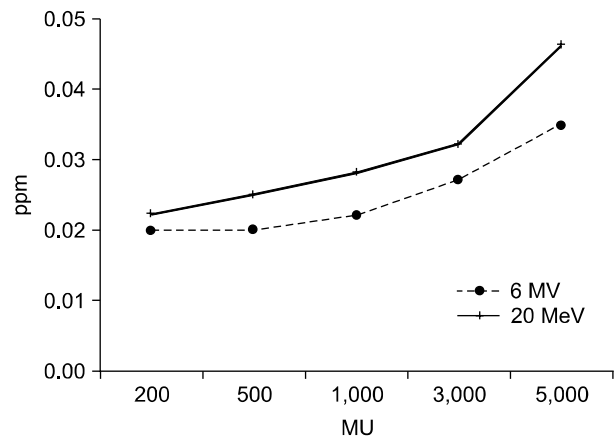


Fig. 7. Ozone level graph about MU.

Table 2. Ozone occurrence level about dose-rate factor (SPD: 100 cm, field size: 40×40 cm, 500 MU)

	100 MU/min	400 MU/min	600 MU/min	1,000 MU/min
6 MV	0.017	0.018	0.020	-
15 MV	0.017	0.018	0.019	-
6 MeV	0.018	0.020	0.023	0.024
9 MeV	0.018	0.019	0.022	0.024
12 MeV	0.017	0.020	0.023	0.025
16 MeV	0.018	0.020	0.021	0.025
20 MeV	0.017	0.019	0.021	0.025

결 과

1. 오존 발생 요소

1) MU

실험한 결과 0.02~0.046 ppm까지의 변화가 관찰되었다 (Table 1). 또한, 측정 전 background level을 확인한 결과 0.018 ppm이었고 최소 11%에서 최대 155%의 변화를 보였다. 조사선량이 많을수록 오존 발생량이 증가함을 확인하였다(Fig. 7).

2) 선량을

실험한 결과 0.017~0.025 ppm까지의 변화가 관찰되었다 (Table 2). 또한, 측정 전 background level을 확인한 결과

Table 3. Ozone occurrence level about SPD factor (field size: 40×40 cm, 1,000 MU)

	80 cm	90 cm	100 cm	110 cm	120 cm
6 MV	0.022	0.023	0.022	0.026	0.029
15 MV	0.021	0.024	0.023	0.025	0.028
6 MeV	0.025	0.025	0.025	0.028	0.029
9 MeV	0.024	0.024	0.025	0.027	0.030
12 MeV	0.025	0.024	0.026	0.028	0.030
16 MeV	0.025	0.023	0.026	0.026	0.030
20 MeV	0.024	0.023	0.028	0.030	0.031

Table 4. Ozone occurrence level about field size factor (SPD: 100 cm, 500 MU)

	10×10 cm	20×20 cm	40×40 cm
6 MV	0.017	0.019	0.020
15 MV	0.017	0.018	0.019
6 MeV	0.017	0.020	0.024
9 MeV	0.018	0.021	0.024
12 MeV	0.018	0.020	0.024
16 MeV	0.018	0.020	0.025
20 MeV	0.018	0.021	0.025

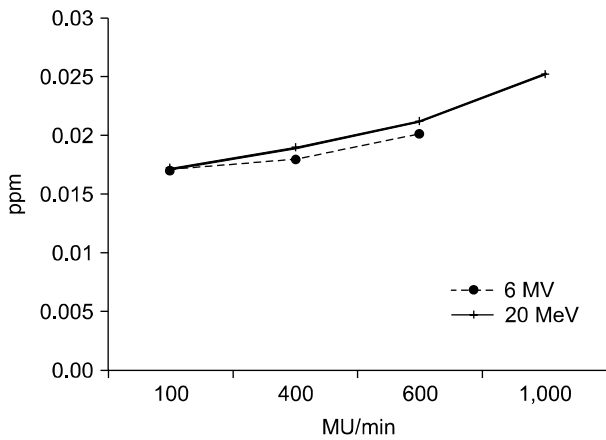


Fig. 8. Ozone level graph about Dose-Rate.

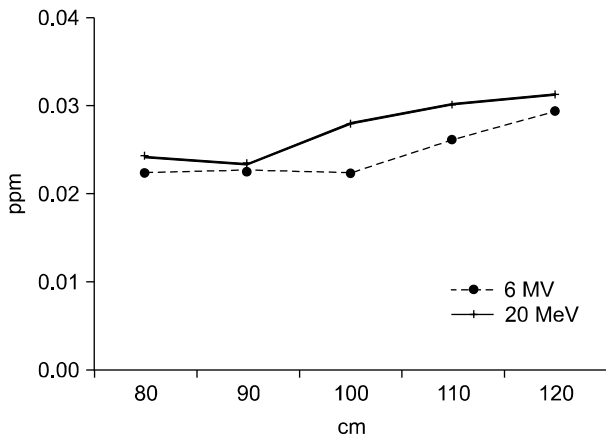


Fig. 9. Ozone level graph about SPD.

0.016 ppm이었고 최소 6%에서 최대 56%의 변화를 보였다. 선량율이 높아질수록 오존이 많이 발생함을 확인하였다 (Fig. 8).

3) 선원-팬텀간의 거리(SPD)

실험한 결과 0.021~0.031 ppm까지의 변화가 관찰되었다

Table 5. Ozone occurrence level about energy factor (SPD: 100 cm, field size: 40×40 cm, 500 MU)

	600 MU/min	1,000 MU/min
6 MV	0.022	-
15 MV	0.023	-
6 MeV	-	0.025
9 MeV	-	0.025
12 MeV	-	0.026
16 MeV	-	0.026
20 MeV	-	0.028

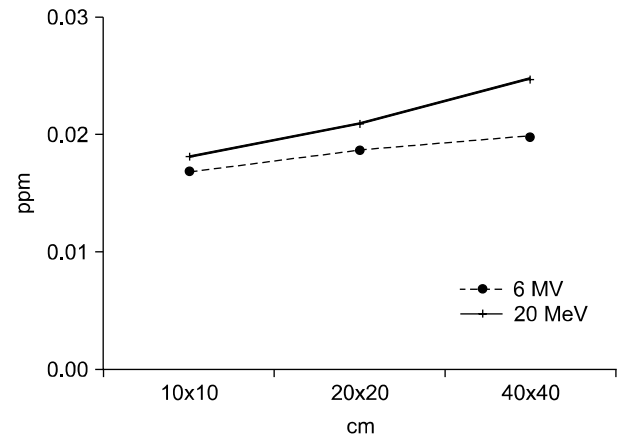


Fig. 10. Ozone level graph about field size.

(Table 3). 또한, 측정 전 background level을 확인한 결과 0.018 ppm이었고 최소 17%에서 최대 72%의 변화를 보였다. 선원과 팬텀간의 거리가 멀어질수록 오존이 많이 발생함을 확인하였다(Fig. 9).

4) 조사야 크기

실험한 결과 0.017~0.025 ppm까지의 변화가 관찰되었다 (Table 4). 또한, 측정 전 background level을 확인한 결과 0.016 ppm이었고 최소 6%에서 최대 56%의 변화를 보였다.

조사야 크기가 넓을수록 오존이 많이 발생함을 확인하였다 (Fig. 10).

5) 에너지

측정 전 background level을 확인한 결과 0.018 ppm이었고, 실험 결과 0.022~0.028 ppm까지의 변화를 보였다(Table 5). 6 MV와 6 MeV를 비교한 결과 광자선보다 전자선에서 오존이 더 많이 발생하는 것을 확인하였고, 전자선에서는 6 MeV · 12 MeV · 20 MeV를 비교한 결과 에너지가 높을수록 오존 농도가 높았다.

2. 시간 경과에 따른 오존 감소량

측정 전 background level이 0.016 ppm일 때 일정한 조건으로 각 에너지 별로 방사선을 조사하여 일정한 간격을 두고

Table 6. Ozone decrement with elapsed time (SPD: 100 cm, field size: 40×40 cm, 500 MU)

	Immediately	1 min	3 min	5 min	10 min
6 MV	0.020	0.019	0.018	0.016	0.016
15 MV	0.019	0.018	0.017	0.016	0.016
6 MeV	0.024	0.020	0.018	0.017	0.016
9 MeV	0.024	0.021	0.019	0.017	0.016
12 MeV	0.024	0.020	0.019	0.016	0.016
16 MeV	0.025	0.022	0.020	0.017	0.016
20 MeV	0.025	0.020	0.018	0.016	0.016

농도를 확인한 결과이다. 방사선을 조사한 직후의 농도가 가장 높았으며 그 이후로 점차 감소되었는데, 5~10분 정도의 시간이 지남에 따라 측정된 농도가 background level로 감소됨을 확인하였다(Table 6).

3. 일일 오존 농도 변화

실제 환자 치료 시 치료실 내의 오존 농도를 치료 시작부터 종료까지 30분 간격으로 관찰한 결과 최대 0.038 ppm, 최소 0.014 ppm, 평균 0.026 ppm이 측정되었다(Fig. 11).

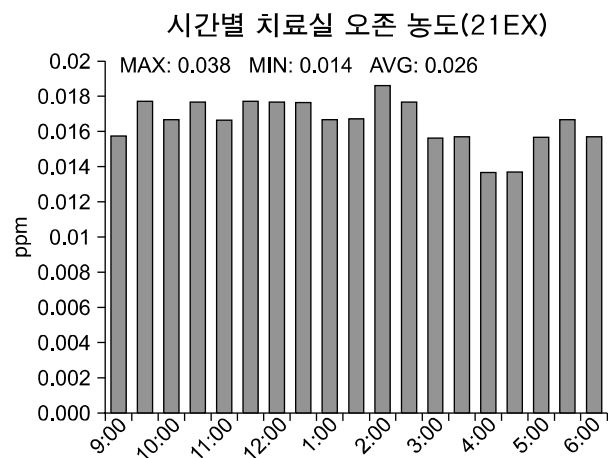


Fig. 11. Daily ozone level variation of treatment room.



Fig. 12. Kinds of the ozonizer.

고안 및 결론

본 연구를 통해 방사선 조사에 의해 산소 기체가 전리되어 오존이 발생됨에 따라 이에 따른 요소들과 감소 시간을 살펴 보았다. 오존 발생 요소에 대한 발생량의 상관관계는 알 수 있었으나, 기체 특성상 농도가 적은 범위 안에서 수시로 변화하기 때문에 요소들 사이의 정확한 우열은 판단하기 어려웠다. 각 요소들의 결과를 보았을 때 전자가 많이 조사되는 조건일수록 오존 발생량이 많다고 생각되며, 시간 경과에 따른 감소량으로 보았을 때 발생한 오존 농도가 5~10분 내에 모두 감소하였고, 실험 결과 발생된 오존의 양 또한 인체에 위험한 수준은 아니었다. 하지만 측정기의 위치에 대한 오차가 있을 수 있기 때문에 이에 대한 보정도 필요하다고 생각된다. 본 실험은 공기 조화 시스템이 작동했을 때의 결과이기에 보다 정확한 연구를 위해 실내 공기 조화 시스템의 작동 여부에 대한 추가 실험이 시행되어야 한다고 본다.

본 연구를 통하여 실제 환자를 치료할 때 발생하는 오존 농도가 최대 0.038 ppm이었으므로 환자와 작업종사자가 냄새는 맡을 수 있었지만, 유해하지 않는 수준으로 나타났다. 이를 토대로 치료 시 발생하는 미량의 오존은 인체에 무해하다고 사료되는데 위에서 언급한 바와 같이 공기 조화 시스템이 환자 치료 시 항상 가동되었기 때문에 이런 결론이 나왔다고 생각된다.

한편, 어떤 논문에서는 오존의 산화 표백 특성을 이용해서 천연섬유에 직접 처리하여 물의 사용을 억제하고 이로 인해 건조공정 생략, 표백제 불필요 등 환경 친화적 생산 라인의 자동화를 제시하였고,¹⁰⁾ 외국 과학 잡지에서는 오존이 직접적으로 폐암을 유발시키지 않는다는 내용을 다루고 있었

다.¹¹⁾ 실제로 2006년 다임지 올해의 발명 중 하나로 신개념 과일세척기가 선정되었는데 오존수를 이용해서 과일을 세척해주는 기기였다. 또한, 우리나라뿐만 아니라 해외 선진국들에서 오존의 살균·탈취·공기 정화 작용으로 인한 오존발생기라는 장비를 실내 공기 정화에 쓰고 있다(Fig. 12). 방사선 조사에 의한 밀폐된 치료실 환경의 허용치 이하의 오존이 오히려 실내 오존발생기와 같은 기능을 환자와 작업종사자에게 할 수도 있다는 가정 하에 이에 대한 추가적인 연구도 충분히 가치가 있다고 사료된다.

참고문헌

1. 최덕일: 오존의 이해와 대응-지표오존을 중심으로. 국립환경연구원 2001;1-35
2. 환경관리연구소 편집부: 오존을 이용한 수처리기술. 첨단환경기술 2002;110:100-104
3. 이부용: 식품가공에서 오존의 이용. 食品技術 1997;10:99-103
4. 한정훈: 오존을 이용한 살균. 테크타임즈 2003;178:44-45
5. 김익근: 환경산업분야에서의 오존 이용기술. 화학공업과 기술 1991;34:8-17
6. 대한전기협회: 오존 利用의 變遷과 展望. 전기저널 1999; 271:63-68
7. 국립환경연구원: 오존이 인체에 미치는 영향. 국립환경연구원 1995;1-35
8. 편집부: 오존농도의 상승이 식물에 미치는 영향. 첨단환경기술 2008;16:98-101
9. 환경부 대기정책과: 오존오염의 현황과 대응방안. 환경부 2001;1-28
10. 김정민: 오존을 이용한 천연섬유 표백공정의 자동화에 관한 연구. 2004;1-2
11. Witschi H, Espirito I, Pinkerton KE, et al.: Ozone carcinogenesis revisited. Toxicological Sciences 1999;52:162-167

Abstract

Consideration about Ozone Generation in the Treatment Room While Treating a Patient

Yong Kuk Kwak, Il Kyu Yoon, Jae Hee Lee, Suk Hyun Yoo

Department of Radiation Oncology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Purpose: Measure the ozone level in the treatment room while treating a patient so want to know the degree of contamination caused by ozone occurrence.

Materials and Methods: Use the linear accelerator (Clinac 21EX, Varian, USA) with the ozone meter (series-200, aeroQual, New Zealand) and water phantom (Wellhofer, IBA, Germany) is irradiated the radiation so that measured the ozone generation level according to MU, dose-rate, SSD, field size, energy, delay time and put the ozone meter in the treatment room actually while treating a patient so measured the daily ozone level variation.

Results: While irradiating the radiation, degree of ozone contamination wasn't affected by the energy but mostly in case of electron beam, ozone level was higher than photon beam. The higher dose-rate (0.016~0.025 ppm/hr), the farther SSD (0.018~0.030 ppm/hr), the wider field sizes (0.016~0.025 ppm/hr), the more MU (0.018~0.046 ppm/hr), it occurred high ozone level. Ozone decrement according to delay time changed the background level (0.016 ppm/hr) after elapsed time of 10 minutes from irradiating radiation. And daily ozone occurrence level in the treatment room was below ozone standard level 0.1 ppm/hr (average:0.06 ppm/8 hr) but it could confirm that ozone generation level was included the level (max:0.038 ppm/hr) above 0.02 ppm/hr which patient could perceive.

Conclusion: Through ozone level according to variation of certain conditions, actually in the treatment room ozone generation level didn't damaged to patients or workers. Commonly peoples think that ozone was harmful gas but it thought that small amount of ozone generation level while treating a patient was beneficial in the treatment room through air purge action of pathogenic germ or virus sterilization.

Key words: ozone, treatment room, level, linear accelerator, ozone meter