

Buchler 강내조사장치의 선량계산에 대한 연구

울산의대 서울중앙병원 방사선종양학과, 전주예수병원 치료방사선과*,
원광대학교 의과대학 치료방사선과**, 전북대학교 물리학과***

정원규 · 김수곤* · 강정구* · 이정옥** · 문성록** · 김승곤***

= Abstract =

Dose Calculation for the Buchler Remote Afterloading System

Weon Kuu Chung, M.D., Soo Kon Kim, M.D.*, Jeong Ku Kang, Ph.D.*,
Jeong Ok Lee, Ph.D.**, Sun Rock Moon, M.D.** and Seung Kon Kim, Ph.D.***

*Univ. of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center,
Dept. of Radiation Oncology, Jesus Hospital, Jeonju, Korea*,
Dept. of Radiation Oncology, Wonkwang University College of Medicine, Iri, Korea**
Dept. of Physics, Jeonbuk National University, Jeonju, Korea****

Purpose : The dose calculation program for the Buchler type remote afterloading system was developed. This program also can be used to calculate dose for various sealed sources.

Materials and Methods : We determined the source length and distribution by dividing the program disk to 72 points. The dose rate for the each program disk and source was calculated. The dose rate table for the xy coordinate was established. The dose rate for the interesting points of the patient were calculated by using this table. We also made isodose curve from this calculations.

Results : The storage size for the dose rate table were increased. But the calculation of the dose rate for the patient were carried out rapidly. So we could get real time calculation.

Conclusion : By using this program, we could calculate the dose rate for the various points of the patient quickly and accurately. This program will be useful for the treatment with various linear sources.

Key Words: Brachytherapy, Dosimetry

서 론

Buchler의 강내조사장치는 3개의 applicator중 tandem의 선원이 디스크의 회전에 따라 움직이는 moving 방식으로 되어 있다. 또한 선량 및 치료시간을 계

산하기 위한 프로그램이 마련되어 있지 않다. 따라서 선량 계산은 Buchler사에서 제공된 등선량 곡선 그래프에서 mapping 방법을 사용하거나 근사적 방법에 의한 선량 계산을 하고 있다. 이에 따라 현재 사용중인 근사적 방법 대신 정확하고 빠른 새로운 Buchler용 선량 계산 프로그램의 필요성이 제기되어 왔다. 이에 본 저자들은 Buchler용 선량 계산 프로그램을 자체 개발하였다.

본 연구에서는 움직이는 선원에 대해 프로그램 디

본 논문은 1996년 8월 1일 접수하여 1996년 8월 24일에 채택되었음.

스크별로 가상 선형 선원으로 환산한 후 이 가상 선형 선원 주위의 선량을 다점 분할 방식으로 구하여, 프로그램 디스크별 선량율표를 만들었다. 실제 치료시의 선량 계산은 미리 계산된 선량율표를 선원의 좌표에 따라 참조하여 전체 선량을 계산하는 표 참조 방식을 이용함으로써 시간을 크게 줄일 수 있었다. 따라서 치료시 중요 장기 부위의 선량을 실시간에 정확하게 계산할 수 있다. 또한 프로그램 디스크를 다양하게 조합하여 여러 형태의 등선량곡선을 얻을 수 있어 Buchler 강내조사장치의 응용성을 향상 시킬 수 있었다.

대상 및 방법

1. 선형 선원에서의 조사 선량율

일반적으로 선형 선원은 방사성 화합물을 캡슐 속에 밀봉시켜 제작하며 캡슐 속에 방사성 물질을 넣는 기하학적 구조에 따라 선원의 특성이 결정되어진다. 선형 선원 주위의 조사 선량을 분포는 Sievert 적분¹⁾을 이용하여 계산할 수 있다. 이 방법은 선형 선원을 단위 길이의 작은 선원으로 나누고 이 작은 선원 각각으로부터 역자승 법칙을 적용하고, 선원 캡슐 물질의 두께에 따른 흡수에 대해 보정을 하여 계산하는 방법이다. 선원의 active length를 L 이라하고 캡슐의 두께를 t 라하면 미소 길이 dx 에 의한 선원 주위의 임의의 점 $P(x,y)$ 의 조사 선량을 dI 는 다음과 같이 구한다.

$$dI(x,y) = \frac{A}{L} \Gamma dx \frac{1}{r^2} e^{-\mu t \sec \theta} \quad (1)$$

여기에서 A 는 캡슐이 없는 상태의 방사성 물질의 activity이고 γ 는 선원의 감마상수($R \cdot m^2/Ci \cdot hr$)이며 μ 는 캡슐의 유효감쇄계수이다. θ 는 선원의 active length축의 수직선과 선량 계산점과 단위 선원을 연결한 직선 사이의 각도이다. 위의 Sievert 적분식은 수치 해석적 방법²⁾을 이용하여 전체 선원에 대한 조사 선량율 $I(x,y)$ 를 구할 수 있다.

Sievert 적분식을 이용하여 정확한 조사 선량율을 계산하기 위하여는 몇가지 고려해야 할 사항이 있다. 먼저 의료용 선원의 크기는 작지만 선원 물질의 자체 흡수에 대한 교정이 필요하다²⁾. 또한 캡슐 물질에 의한 흡수의 경우 선원에서 나오는 photon이 경사지게 통과하는 경우 캡슐의 두께 t 보다 두꺼워지므로 이러한 경우 두께에 대한 교정도 필요하다^{3,4)}. 선원의 종류와 캡슐 물질의 종류에 따라 밀봉 선원의 에너지 스펙트럼이 현저히 변화할 수 있기 때문이다. 따라서 유효감쇄계수는 이러한 것들을 모두 고려해 주어야 한다.

Sievert 적분은 에너지 흡수계수를 사용하기 때문에 active length 사이의 영역에서는 잘 일치되지만 선원의 양 끝부분으로 갈수록 Sievert 적분 방식으로 계산하면 심각한 오차를 유발하게 된다⁵⁾. 또한 Sievert 적분은 공기 중에서의 조사 선량율을 계산한 것이며 역자승 법칙과 캡슐의 두께에 의한 감쇄 효과만을 고려한 것이다. 따라서 선원을 인체의 조직내에 삽입하였을 때는 선원 주위의 인체 조직의 산란과 감쇄를 모두 고려하여야 한다. 그러므로 계산된 조사선량율은 인체 조직 안에서의 조사선량-흡수선량 변환 계수를 이용하여 흡수선량으로 변환하여야 한다.

따라서 대부분의 상용 컴퓨터 계산에서는 Sievert 적분식을 직접 사용하지 않고 이를 변형시켜 사용하고 있다. 본 연구에서도 변형식을 사용하여 흡수 선량율표를 구하였다.

2. 선원의 흡수선량율표의 작성

일반적으로 여러 개의 선원을 인체 조직내에 삽입하였을 때 각 지점의 흡수 선량의 계산은 매우 복잡하여 컴퓨터를 이용하여도 계산시간이 많이 소요된다. 따라서 계산시간의 단축을 위하여 선량계산 전에 사용하고자하는 선원 주위의 각 좌표점에 대해 흡수 선량율을 계산한 후 이를 표로 만들어 놓는다. 실제 치료시에는 환자의 각 좌표점에서의 흡수선량은 각 좌표점과 선원과의 거리를 선원의 종축과 횡축에 대해 계산한 다음 미리 계산해 놓은 선량율표를 참조하여 구한다.

본 연구에서의 선량을 계산은 가상 선형 선원을 N 개의 미소 단위 선원으로 나누어 각각의 미소 단위 선원에 대한 선량율을 계산한 후 N 개의 미소 단위 선원에 대한 선량율을 모두 합하여 가상 선형 선원의 전체 선량율표를 구하였다. 이러한 알고리즘은 미소 단위 선원의 수 N 을 아주 크게 함으로써 매우 정확한 선량율표를 만들 수 있다. 또한 균일하지 않은 구조의 가상 선형 선원에 대해서도 선량율표를 계산할 수 있어 Buchler의 강내조사 장치 뿐만 아니라 타사의 강내조사장치의 선량계산에도 이용할 수 있다.

본 연구에서 선량계산은 다음과 같이 구하였다. 단위 선원으로부터 직선 거리가 d 인 임의의 지점 $P(x,y)$ 의 선량을 D_p 는

$$\dot{D}_p = \sum_{i=1}^N \frac{A_i f \Gamma}{d^2} C_w(d_1) C_t(d_2) \quad (2)$$

여기에서 A_i 는 i 번째 단위 선원의 activity이고 단위는 mCi 이며 f 는 조사 선량율을 흡수 선량으로 바꾸

Table 1. Polynomial Fitting Coefficients⁶⁾

Isotope	A($\times 100$)	B($\times 10^{-3}$)	C($\times 10^{-3}$)	D($\times 10^{-5}$)
¹⁹² Ir	1.013	5.019	-1.178	-2.008
¹³⁷ Cs	1.009	-9.015	-0.346	-2.817
⁶⁰ Co	0.994	-5.318	-2.610	13.270

기 위한 조사-흡수선량 변환계수이며 γ 는 선원 물질의 감마 상수이다. $C_w(d_1)$ 은 밀봉 물질 두께 d_1 을 통과 하면서 감쇄하는 흡수계수이며 $C_t(d_2)$ 는 선원의 외곽으로부터 선량을 계산점 P(x,y) 까지의 인체 조직 거리 d_2 를 통과 하면서 감쇄하는 조직내 흡수계수로 Meisberger의 다항식을 이용하였다. $C_w(d_1)$ 과 $C_t(d_2)$ 는 각각 다음과 같이 계산하였다.

$$C_w(d_1) = e^{-\lambda d_1} \quad (3)$$

$$C_t(d_2) = A + B d_2 + C d_2^2 + D d_2^3 \quad (4)$$

여기서 λ 는 캡슐의 재질과 선원 물질에 의해 정해지는 실효 흡수 계수로 선원 물질에 대한 스테인레스 스틸의 값을 인용 하였다. A, B, C, D는 Table 1에 보인 Meisberger의 계수⁶⁾를 이용 하였다.

3. 회전 선원의 선량을 계산

Buchler의 강내조사장치의 구조는 일반적인 다른 system과는 달리 프로그램 디스크를 회전시키면 선원이 프로그램 디스크의 곡면 형태에 따라 계속적으로 왕복 운동을 하도록 되어 있다. Buchler에서 공급된 프로그램 디스크는 10종이며 프로그램 디스크의 형태에 따라 선원의 크기와 분포가 달라지게 된다. 따라서 회전하는 프로그램 디스크에 따라 선원의 크기와 분포가 각각 다른 가상 선형 선원으로 취급하여 선량을 계산하였다. 각각의 프로그램 디스크에 대해 선원의 종류 별로 선량을 계산한 후 대표화하여 선량 계산에 이용하도록 하였다.

프로그램 디스크는 분당 약 6회전 하도록 되어있다. 또한 강내조사 장치 내부에서 프로그램 디스크의 위치 변화의 2배만큼 선원이 이동하도록 되어 있다. 이번 연구에서는 프로그램 디스크가 완전히 6회전 했을 때의 선원의 이동을 기준으로 선량을 계산하였다. 따라서 프로그램 디스크가 이동하고 있는 동안에 치료 시간이 도달되어 선원이 저장 위치로 되돌아 가기 때문에 생기는 오차는 차후 보정할 계획이다.

프로그램 디스크의 형태가 다양하기 때문에 프로그램 디스크의 회전에 따른 선원의 분포도 다양하게 취할 수 있어 다양한 형태의 등선량 곡선을 얻을 수 있

는 반면 각각의 프로그램 디스크에 대한 선량을 표를 만들어야 하는 부담도 있다. 따라서 본 연구에서는 각각의 프로그램 디스크에 대한 선형 선원을 가정하고 이 선형 선원 주위의 각 좌표점에 대한 흡수선량을 다점 분할 방식으로 계산하였다. 선원의 분할 방법은 프로그램 디스크의 각 곡면과 고정 선원용 프로그램 디스크와의 거리 차이를 각도 5도 간격씩 구한 후 이를 2배하여 사용하였다. 이 위치를 선형 선원의 y축 좌표로 잡고 가상 선원 주위의 1mm 간격의 각 격자점에 대한 흡수선량을 계산하였다. 이렇게 계산한 자료를 각 프로그램 디스크에 해당하는 선형 선원의 흡수선량율표로 만들어 향후 합성 등선량 곡선 작성과 인체 조직의 각 지점에 대한 선량 계산에 이용하도록 하였다.

본 연구에서 이용한 방식은 고정 선원은 물론, 움직이는 선원과 불균일하게 만들어진 선원등 모든 선원에 대한 흡수선량율표를 만들 수 있다. 따라서 복잡한 선원에 대한 응용이 더욱 커지리라 생각된다.

4. 인체조직내에서의 선량계산

방사성 선원의 인체내 이용은 대부분 여러개의 선원을 인체 조직내 여러 위치에 삽입하여 사용하고 있다. 따라서 인체내 각 좌표점에서 여러개의 선원에 의한 선량을 모두 합하여 전체의 흡수선량을 구하게 된다. 또한 이렇게 구한 각 좌표점의 선량을 이용하여 등선량 분포 곡선을 만들어 내야한다.

탄뎀을 중심으로 인체 조직내 선량 계산점 P(x,y,z)를 정의하고, 각 선량 계산점에 대해 각 선원의 실제 좌표에 대한 i, j를 계산한 후, 미리 계산된 선량율표에서 계산점의 선량율 $\dot{D}(i, j)$ 를 구하는 방식으로 흡수 선량을 계산하였다. 따라서 각각의 선원에 대한 전체 선량율 $\dot{D}(x, y, z)$ 는 각각의 선원에 대한 합으로 다음과 같이 구하였다.

$$\dot{D}(x, y, z) = \sum_{i=1}^N \dot{D}_i(x, y, z) \quad (5)$$

결 과

본 연구에서 계산한 Cs-137 선원 주위의 각 격자점에 대한 선량을 Table 2에 나타냈다. 선원은 Buchler용으로 직경 4.5mm, 길이 22mm, active length가 15mm 이고 캡슐의 두께가 1mm 이다. 1 Ci 일 때의 선원을 20 등분하여 점 선원으로 간주하고 이들 점 선원에 의한 선량을 계산하여 전체에 대한 선량율표를 구하였다. Co-60 이나 Ir-192 선원의 경우

Table 2. Calculated Dose Rate for 1 mCi ¹³⁷Cs (cGy/min)

X \ Y	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0 cm
5.0 cm	2.51	2.43	2.31	2.16	1.99	1.82	1.65	1.49	1.34	1.20
4.5	3.13	3.01	2.83	2.61	2.37	2.13	1.90	1.69	1.50	1.33
4.0	4.01	3.82	3.53	3.19	2.84	2.51	2.20	1.93	1.69	1.48
3.5	5.31	4.97	4.49	3.96	3.44	2.97	2.55	2.19	1.89	1.63
3.0	7.34	6.70	5.86	4.99	4.20	3.52	2.95	2.48	2.11	1.80
2.5	10.80	9.45	7.85	6.37	5.13	4.16	3.39	2.80	2.33	1.96
2.0	17.40	14.05	10.75	8.16	6.25	4.87	3.86	3.11	2.55	2.11
1.5	32.41	22.06	14.87	10.36	7.49	5.60	4.32	3.41	2.75	2.25
1.0	73.53	34.99	19.97	12.70	8.69	6.27	4.71	3.65	2.91	2.36
0.5	143.58	49.13	24.59	14.59	9.58	6.74	4.981	3.82	3.01	2.43
0.0	166.10	55.08	26.48	15.32	9.91	6.91	5.07	3.87	3.05	2.45

Table 3. Calculated Dose Rate for 1 mCi ⁶⁰Co with Program Disk 4 (cGy/min)

X \ Y	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0 cm
5.0 cm	13.37	12.13	10.63	9.16	7.87	6.76	5.84	5.06	4.41	3.86
4.0	33.58	24.80	18.52	14.30	11.36	9.23	7.63	6.39	5.42	4.65
3.0	123.16	51.50	30.78	21.11	15.58	12.02	9.57	7.79	6.46	5.42
2.0	165.67	70.27	40.67	26.94	19.27	14.48	11.28	9.01	7.34	6.09
1.0	175.10	77.23	45.47	30.22	21.53	16.07	12.40	9.82	7.94	6.53
0.0	177.47	79.23	46.91	31.26	22.28	16.61	12.80	10.11	8.16	6.69
-1.0	177.31	77.52	45.58	30.29	21.58	16.10	12.43	9.84	7.96	6.54
-2.0	162.31	70.29	40.86	27.08	19.37	14.55	11.32	9.04	7.37	6.11
-3.0	127.34	52.791	31.28	21.37	15.72	12.12	9.63	7.84	6.49	5.45
-4.0	34.24	25.26	18.82	14.49	11.49	9.31	7.69	6.44	5.46	4.67
-5.0	13.58	12.32	10.77	9.27	7.95	6.83	5.89	5.10	4.44	3.89

Table 4. Calculated Dose Rate for 1 mCi ⁶⁰Co with Program Disk 6 (cGy/min)

X \ Y	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0 cm
5.0 cm	6.55	6.25	5.84	5.36	4.88	4.42	3.99	3.60	3.24	2.93
4.0	11.66	10.52	9.21	7.98	6.91	6.01	5.25	4.60	4.05	3.59
3.0	30.66	21.13	15.62	12.18	9.84	8.13	6.84	5.82	5.01	4.34
2.0	93.03	40.12	24.78	17.59	13.40	10.63	8.66	7.18	6.04	5.13
1.0	113.86	52.52	32.54	22.75	16.97	13.18	10.49	8.53	7.04	5.89
0.0	127.87	62.26	39.49	27.65	20.39	15.55	12.17	9.72	7.90	6.52
-1.0	152.10	78.37	49.13	33.27	23.71	17.57	13.44	10.55	8.46	6.91
-2.0	302.23	119.95	62.33	38.03	25.59	18.36	13.79	10.70	8.53	6.93
-3.0	234.71	101.09	54.14	33.68	23.01	16.73	12.69	9.95	7.99	6.54
-4.0	50.70	40.05	29.93	22.33	16.96	13.18	10.46	8.47	6.96	5.81
-5.0	20.62	18.70	16.22	13.71	11.47	9.58	8.03	6.79	5.75	4.92

에는 각각의 프로그램 디스크별로 선량을 표를 계산하였다. 이 경우 점 선원의 좌표는 프로그램 디스크의 회전선에 따른 선원의 왕복 위치를 72 등분하여 선형 선원으로 변환하였다.

각각의 프로그램 디스크에 대해 그리고 각 선원에 대한 선량을 표를 계산한 결과는 저장 용량이 다소 증가하나 실제 환자 치료시 즉시 계산에 이용할 수 있어 대단히 유용하다. 환자 치료에 자주 이용되는 4번과 6

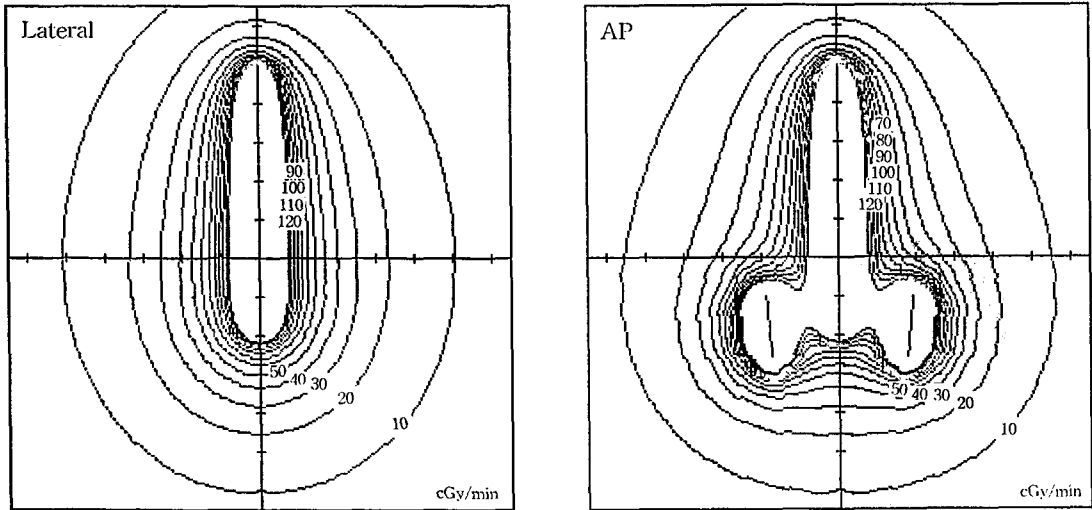


Fig. 1. Calculated isodose curve for ICR.
(tandem with 1 mCi ⁶⁰Co and two ovoid with 1mCi ¹³⁷Cs)

번의 프로그램 디스크의 경우에 대해 1 Ci의 Co-60 선원의 선량율표를 Table 3과 4에 각각 나타냈다.

실제 치료에서 각 선량 계산점의 선량율과 함께 전체에 대한 등선량 분포 곡선을 표시할 수 있도록 프로그램을 코딩하였다. 실제 사용중인 타 회사의 ICR용 상용 프로그램과 비교하면 화면 구성등이 다소 매끄럽지 못하나 본 병원에서 사용중인 Buchler용의 계산 프로그램이 없기 때문에 향후 환자 치료시 매우 유용하리라 생각된다. 등선량 분포곡선은 선량을 또는 백분율로 필요에 의해 표시할 수 있게 하였다. Fig. 1에 tandem으로 1 Ci의 Co-60과 ovoid로 각각 1 Ci의 Cs-137을 사용한 경우에 대해 계산한 등선량 분포 곡선을 보였다. tandem은 6cm을 왕복운동 하는 프로그램 디스크를 사용하였다. 우측 그림은 tandem 중심 축상의 AP 방향이고 좌측 그림은 lateral 방향이다. 등선량 곡선은 120 cGy/min에서 10 cGy/min까지 10 cGy씩 감소시키면서 나타났다.

이번 계산 결과와 Buchler에서 제공된 자료를 비교하였다. 계산 결과 두 자료가 거의 일치하였다. 그러나 Buchler에서 제공된 자료는 그래프 자료이기 때문에 몇 % 오차인가를 제시하기엔 무리가 있었다. 향후 계산 결과와 측정과의 비교를 시도하고 있다. 측정값과 비교하여 교정계수 등을 사용하면 환자 치료에 매우 유용하게 사용되리라 생각된다.

고 찰

본원 등에 설치된 Buchler의 강내조사장치를 이용한 강내 조사 치료는 제작사에서 제공한 선량을 그래프를 이용하여 치료시 선량 계산을 하고 있다. Applicator의 적용은 선량 계산 문제로 이미 제공된 선량을 그래프에 의존하기 때문에 인체 조직이 이에 맞추어져야 하는 모순이 있다. 따라서 실제 치료시 표준적인 방법 외에는 많은 제약이 있다. 또한 각 관심점의 선량 계산은 등선량 분포 곡선에서 근사적인 방법을 사용하기 때문에 상당한 차이가 있다.

본 연구는 현재 국내 여러 병원에서 도입되어 환자 치료에 이용되고 있으면서도 이러한 문제점 때문에 사용에 많은 제약을 받고있는 Buchler의 강내 치료장치에 해결책이 되고 있다. 각 관심점의 정확한 선량 계산을 할 수 있고 다양한 프로그램 디스크를 이용할 수 있게 되었다. 특히 정확한 선량 계산은 근사적인 방법과는 달리 종양 치료에 충분한 선량을 과감하게 조사할 수 있는 기반을 주고 있다.

최근 국내에 도입된 강내 조사장치는 단일 선원을 사용하고 있다. 이러한 장치에서의 선량의 측정에는 거리 측정에만 유의하면 된다. 그러나 Buchler 강내 조사 장치는 Co-60과 Cs-137을 함께 사용하거나 Ir-192를 사용하고 있다. 따라서 각 선원에 대한 교정계수를 정확히 구해야 하는 어려움은 있다. 그러나 국

내와 같은 열악한 환경에서는 반감기가 긴 선원을 사용하는 것이 여러모로 유리하다. Buchler 강내 조사 장치는 비교적 반감기가 긴 Co-60과 반감기가 아주 긴 Cs-137을 사용함으로써 선원의 유지비가 대단히 절감 되나 그동안 선량 계산 문제 때문에 사용에 제약을 받아왔다. 따라서 이번 연구의 결과로 선량 계산에 대한 문제점이 해결되면 다양하게 이용되리라 생각된다. Buchler 강내 조사 장치는 또한 선원의 크기가 작은 Ir-192의 사용도 가능하다. 이번 연구에서는 실제 측정과의 비교는 하지 않았다. 따라서 차후 이 부분에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

결 론

본 연구에서는 초기에 국내 여러 병원에 도입되어 사용되고 있으나 선량 계산에 어려움을 겪고 있는 Buchler의 강내조사장치의 선량 계산에 대하여 연구하였다. 이번 연구를 통하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1) Buchler의 강내 조사 장치는 프로그램 디스크를 사용하여 tandem의 선원을 왕복 운동 시키기 때문에 그리고 선량을 그래프를 이용하여 선량 계산을 하기 때문에 정확한 선량 계산에 어려움이 있다. 그러나 본 연구를 통해 정확한 선량 계산이 가능해져서 오히려 프로그램 디스크의 조합을 통하여 다양한 선량 분포를 얻을 수 있다.

2) Buchler의 강내 조사 장치는 Ir-192 단일 선원은

물론 Co-60과 Cs-137을 혼합 사용하므로 선원의 유지비가 적게 소요되며 본 연구를 통한 선량 계산을 이용 다양한 부위의 치료에 응용이 가능하다.

3) 본 연구의 선량 계산은 Buchler의 선원 외에도 국내에서 사용하는 여러 선원의 선량 계산에 이용될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Sievert RM. Die Intensitätsverteilung der Primären γ -Strahlung in der Nähe medizinischer Radiumpräparate. Acta Radiol 1921; 1:89-95
2. Shalek RJ, Stovall M. Dosimetry in implant therapy. In: Attix FH, Roesch WC, eds. Radiation Dosimetry, Vol. 3, New York: Academic Press, 1969: chap. 31
3. Evans RD, Evans RO. Studies of self absorption in gamma-ray sources. Rev Mod Phys 1948; 20:305-317
4. Keyser GM. Absorption correction for radium standardization. Can J Phys 1951; 29:301-312
5. Williamson JF, Morin RL, Khan FM. Monte Carlo evaluation of the Sievert integral for brachytherapy dosimetry. Phys Med Biol 1983; 28:1021-1032
6. Meisberger LL, Keller R, Shalek RJ. The effective attenuation in water of the gamma rays of gold-198, iridium-192, cesium-137, radium-226 and cobalt-60. Radiology 1968; 90:953-957

국문 초록 =

Buchler 강내조사장치의 선량계산에 대한 연구

울산의대 서울중앙병원 방사선종양학과, 전주예수병원 치료방사선과*
원광대학교 의과대학 치료방사선과**, 전북대학교 물리학과***

정원규 · 김수곤* · 강정구* · 이정옥** · 문성록** · 김승곤***

목적 : Buchler type의 강내조사장치에 대한 선량계산 프로그램을 개발하였다.

방법 : 프로그램 디스크를 5도씩 72 분할하여 구한 좌표에서 선원의 왕복 크기와 activity의 분포를 결정하였다. 각각의 프로그램 디스크별 그리고 각 선원별로 선량을 계산하여 선량율 표를 작성하였다. 이 선량율표를 이용하여 인체내 관심점에 대한 선량을 계산에 이용하도록 하였다. 각 관심점에 대한 선량을 계산한 후 등선량 분포곡선을 작성하여 화면에 표시하였다.

결과 : 각 프로그램 디스크와 선원별로 선량율표를 작성하므로써 저장 용량은 다소 증가한다. 그러나 인체내 관심점의 선량 계산이 빠르게 이루어지기 때문에 환자 치료시 바로 이용할 수 있다. 또한 등선량곡선을 바로 확인할 수 있어 선원의 배열 등을 즉시 교정 할 수 있다.

결론 : 종전의 등선량 분포곡선을 이용한 근사적 계산보다 정확한 선량 계산을 훨씬 빠르게 할 수 있다. 선량계산 문제점의 해결로 Buchler type의 강내조사장치를 다양하게 치료에 응용할 수 있다. 또한 다양한 선원에 대한 선량계산에도 이용할 수 있다.