

Derivation of the Effective Energy Calculation Formula of the X-ray Beam Generated by the CT Simulator

Jong-Eon Kim*, Sang-Hun Lee

Department of Radiological Science, Kaya University

Received: October 20, 2021. Revised: November 26, 2021. Accepted: November 30, 2021

ABSTRACT

The purpose of this study is to derive a formula for calculating the effective energy of an X-ray beam generated by a CT simulator. Under 90, 120, and 140 kVp X-ray beams, the CT number calibration insert part of the AAPM CT performance phantom was scanned 5 times with a CT simulator. The CT numbers of polyethylene, polystyrene, water, nylon, polycarbonate, and acrylic were measured for each CT slice image. The average value of CT number measured under a single tube voltage and the linear attenuation coefficients corresponding to each photon energy calculated from the data of the National Institute of Standards and Technology were linearly fitted. Among the obtained correlation coefficients, the photon energy having the maximum value was determined as the effective energy. In this way, the effective energy of the X-ray beam generated at each tube voltage was determined. By linearly fitting the determined effective energies(y) and tube voltages(x), $y=0.33026x+30.80263$ as an effective energy calculation formula was induced.

Keywords: CT number, Tube voltage, Effective energy, CT simulator.

I. INTRODUCTION

CT 모의치료장치(CT simulator)는 CT 3차원 영상 기반 방사선치료계획(radiation therapy planning; RTP)을 세우는데 필요한 3차원 영상 데이터를 획득하는 장치이다^[1]. 이 장치는 진단용 CT 스캐너와 기하학적 구조가 다른 장치이다. 현재 CT 모의치료 장치에서 발생된 X-선 빔의 유효에너지에 관한 연구 자료가 거의 없기 때문에 유효에너지에 관한 연구의 필요성이 제기된다.

AAPM CT 성능 팬텀에서 CT수 교정 삽입부의 물질인 폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 물, 나일론, 폴리 카보네이트, 아크릴에 대하여, 관전압 90, 120, 140 kVp X-선 빔 하에서, 각각의 관전압에서 측정된 CT수 평균값과 미국표준기술연구소의 자료로부터 계산된 다른 광자에너지 하에서 구하여진 선감쇠 계수들을 선형정합하여 얻어진 상관계수들 중 최

대값을 갖는 광자에너지를 유효에너지를 결정한다. 결정된 유효에너지들과 관전압들을 선형정합하여 유효에너지 계산식을 유도하는 것이 이 연구의 목적이다.

다중에너지 X-선 빔(polyenergetic X-ray beam)의 유효에너지는 어떤 물질에서 감쇠 비율이 같은 단일광자에너지를 의미한다^[2,3]. 이 유효에너지는 단일광자에너지에 대응하는 질량감쇠계수 또는 선감쇠계수 자료를 이용하여 결정할 수 있다^[4-6].

본 연구는 관전압 90, 120, 140 kVp X-선 빔 하에서, AAPM CT 성능 팬텀의 CT 수 교정 삽입부를 CT 모의치료장치로 CT 스캔하여 CT 슬라이스 영상을 획득하였다. 획득된 CT 슬라이스 영상들로부터 CT수 교정삽입부의 물질인 폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 물, 나일론, 폴리카보네이트, 아크릴에 대하여 CT수를 측정하여 평균값을 산출하였다. 미국표준기술연구소 자료로부터 폴리에틸렌, 폴리스틸렌,

* Corresponding Author: Jong-Eon Kim

E-mail: kjejk@kaya.ac.kr

Tel: +82-55-330-1184

물, 나일론, 폴리카보네이트, 아크릴에 대하여 각각의 광자에너지에 대한 질량감쇠계수를 얻은 후에 밀도를 곱하여 선감쇠계수를 산출하였다. 단일 관전압 하에서 측정된 CT수 평균값과 미국표준기술연구소의 자료로부터 계산된 각각의 광자에너지에 대응하는 선감쇠계수를 선형정합(linear fit)하여 얻어진 상관계수들 중 최대값을 갖는 광자에너지를 유효에너지를 결정하였다. 결정된 유효에너지들과 관전압들을 선형정합하여 유효에너지 계산식을 유도하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

실험에는 AAPM CT 성능 팬텀(AAPM CT Performance Phantom, Nuclear Associates 76-410, Fluke co., USA)^[7]과 CT 모의치료장치(Philips Medical System, Brilliance CT Big Bore, OH, USA, 2015)를 사용하였다.

1. CT 슬라이스 영상 스캔

AAPM CT 성능 팬텀의 CT수 교정 삽입부(CT number calibration insert part)의 CT 슬라이스 영상을 얻기 위하여, CT 모의치료장치 내부의 isocenter 지점에 AAPM CT 성능 팬텀의 CT수 교정 삽입부의 중심을 배치하였으며, 이 배치는 Fig. 1에서 보여준다.



Fig. 1. Experimental Set-up of the AAPM CT Performance Phantom.

CT 슬라이스 영상 데이터들은 CT 모의치료장치에 관전류량 250 mAs, 빔 콜리메이션 16×1.5과 50 cm의 스캔 시야(FOV, field of view)를 공통으로 설정한 후 관전압 90, 120, 140 kVp에 대하여 5번의 single slice conventional scan을 실시하여 획득하였

다. 획득된 CT 슬라이스 영상 데이터에 표준 재구성 연산식(standard reconstruction algorithm)을 적용하여 CT 슬라이스 영상들을 얻었다.

2. CT 수 측정

얻어진 CT 슬라이스 영상들은 CT 모의치료장치에서 각 핀(peg)에 해당하는 폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 나일론, 폴리카보네이트, 아크릴과 바탕을 이루고 있는 물에 관심영역(1.5 cm)을 설정하여 CT수를 측정하였다. 측정되어진 CT수로부터 평균값과 표준편차를 산출하였다.

3. 각 핀과 물의 선감약계수 산출

폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 물, 나일론, 폴리카보네이트, 아크릴 등의 물질에 대하여, 광자에너지(단일 광자에너지) 50~80 keV 범위에서 질량감쇠계수(Mass attenuation coefficients) 자료는 미국표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology (NIST)) 웹사이트 검색으로 얻었다^[8]. 이 자료는 아래의 순서대로 진행하여 얻었다. NIST 홈페이지에 들어가서 services & resources를 클릭한 다음 data에서 physical reference data를 클릭한다. 다음으로 X-Ray and Gamma-Ray Data를 클릭하면 XCOM: Photon Cross Sections Database가 표시된다. XCOM: Photon Cross Sections Database를 클릭하면 Database Search Form이 나타난다. 이 form에서 Compound선택한 다음 Submit information 클릭한다. 표시되는 Formula for compound의 양식에 화학식을 작성한 후 Submit information를 클릭하면 질량감쇠계수의 자료가 표시된다.

얻어진 질량감약계수 자료는 다시 Origin pro 8.0 통계 프로그램에서 광자에너지 0.5 keV 간격으로 cubic spline 내삽(interpolate)하여, 최종적으로 0.5 keV 간격의 질량감약계수를 산출하였다. 산출된 질량감약계수에 물리적 밀도를 곱하여 선감약계수를 얻었다.

4. 유효에너지 결정

폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 물, 나일론, 아크릴, 폴리카보네이트에 대하여, 단일 관전압에서 생성된 X-선 빔에서 측정된 CT수 평균값과 다른 광자에너

지 하에서 구하여진 선감약계수들을 선형정합하여 얻어진 상관계수(correlation coefficient(r2))들 중 최대값에 대응하는 광자에너지가 단일 관전압에서 생성된 X-선 빔의 유효에너지로 결정된다⁹⁾. 이와 같은 방법으로 각 관전압에서 생성된 X-선 빔의 유효에너지를 결정하였다.

5. 유효에너지 계산식 유도

관전압 90, 120, 140 kVp와 90, 120, 140 kVp X-선 빔에서 결정된 유효에너지들을 선형정합하여 얻어진 식으로 유효에너지 계산식을 유도하였다.

III. RESULT

AAPM CT 성능 팬텀에서 CT수 교정 삽입부의 각 핀과 물에 대하여 측정된 CT수의 평균값과 표준편차는 Table 1에서 보여준다.

Table 1. CT numbers for Each Pin and Water measured at 90, 120 and 140 kVp

Peg	90 kVp	120 kVp	140 kVp
	CT number Mean Value±SD	CT number Mean Value±SD	CT number Mean Value±SD
Polyethylene	-100.63±0.45	-87.33±1.68	-79.60±0.85
Polystyrene	-38.23±0.40	-25.70±1.41	-19.43±0.47
Water	-2.73±0.75	-2.60±0.62	0.37±0.23
Nylon	75.23±0.80	85.90±1.93	92.27±1.38
Polycarbonate	90.07±2.07	100.63±1.23	105.97±0.81
Acrylic	115.00±1.28	123.40±1.95	126.13±0.46

AAPM CT 성능 팬텀에서 CT수 교정 삽입부의 각 핀과 물에 대한 질량감쇠계수를 미국표준기술

Table 2. Chemical Formula, Physical Density of Elements for Each Peg and Water⁹⁾

Peg	Chemical Formula	Physical Density(g/cm ³)
Polyethylene	C ₂ H ₄	0.94
Polystyrene	C ₈ H ₈	1.05
Water	H ₂ O	1.00
Nylon	C ₆ H ₁₁ NO	1.15
Polycarbonate	C ₁₆ H ₁₄ O	1.20
Acrylic	C ₅ H ₈ O ₂	1.19

연구소 웹사이트에서 검색하기 위하여 사용한 화학식은 Table 2에서 보여주며, 그리고 검색된 질량감쇠계수는 Table 3에서 보여준다. 질량감쇠계수로부터 선감쇠계수를 산출하기 위해 사용된 물리적 밀도는 Table 2에서 보여주며, 그리고 산출된 선감쇠계수는 Table 4에서 보여주고 있다.

각 핀과 물에 대하여, 측정된 CT수의 평균값과 각각의 광자에너지에 대응하는 선감약계수들을 선형정합하여 얻어진 상관계수들은 Table 5에서 보여준다. 이 표에서 90, 120, 140 kVp의 X-선 빔에서 얻어진 상관계수들 중 최대값에 대응하는 광자에너지는 유효에너지로서 각각 60.5, 70.5, 77 keV로 결정되었다.

Table 5. Correlation Coefficients Acquired from Experiment for Each Tube Voltage

Photon Energy (keV)	Correlation Coefficient(r2)		
	90 kVp	120 kVp	140 kVp
60.0	0.99428		
60.5	0.99764		
61.0	0.99615		
70.0		0.99605	
70.5		0.99873	
71.0		0.99605	
76.5			0.99716
77.0			0.99814
77.5			0.99716

관전압 90, 120, 140 kVp와 90, 120, 140 kVp X-선 빔 하에서 결정된 유효에너지들을 선형정합하여 얻은 방정식은 유효에너지 계산식으로서 Eq. (1) 과 Fig. 2에서 보여주며, 이때 얻어진 상관계수(r2)은 0.9999이다.

$$y = 0.33026x + 30.80263 \quad (1)$$

여기서 y는 유효에너지, x는 관전압이다.

Table 3. Mass Attenuation Coefficients for Polyethylene, Polystyrene, Water, Nylon, Polycarbonate and Acrylic

Photon energy (keV)	Mass Attenuation Coefficients(cm ² /g)					
	Poly-ethylene	Poly-styrene	Water	Nylon	Poly-carbonate	Acrylic
55.0	0.203	0.193	0.217	0.200	0.192	0.200
55.5	0.202	0.192	0.215	0.199	0.191	0.199
56.0	0.201	0.192	0.214	0.199	0.191	0.198
56.5	0.201	0.191	0.213	0.198	0.190	0.197
57.0	0.200	0.191	0.212	0.197	0.190	0.197
57.5	0.200	0.190	0.211	0.197	0.189	0.196
58.0	0.199	0.189	0.210	0.196	0.188	0.195
58.5	0.199	0.189	0.209	0.195	0.188	0.194
59.0	0.198	0.188	0.208	0.194	0.187	0.194
59.5	0.198	0.188	0.207	0.194	0.187	0.193
60.0	0.197	0.187	0.206	0.193	0.186	0.192
60.5	0.197	0.187	0.205	0.193	0.186	0.192
61.0	0.196	0.186	0.205	0.192	0.185	0.191
61.5	0.196	0.186	0.204	0.192	0.185	0.191
62.0	0.196	0.186	0.204	0.191	0.185	0.190
62.5	0.195	0.185	0.203	0.191	0.184	0.190
63.0	0.195	0.185	0.203	0.191	0.184	0.189
63.5	0.194	0.185	0.202	0.190	0.183	0.189
64.0	0.194	0.184	0.202	0.190	0.183	0.189
64.5	0.194	0.184	0.201	0.189	0.183	0.188
65.0	0.193	0.184	0.201	0.189	0.182	0.188
65.5	0.193	0.183	0.200	0.189	0.182	0.187
66.0	0.193	0.183	0.199	0.188	0.182	0.187
66.5	0.192	0.182	0.199	0.188	0.181	0.186
67.0	0.192	0.182	0.198	0.187	0.181	0.186
67.5	0.191	0.182	0.198	0.187	0.180	0.186
68.0	0.191	0.181	0.197	0.187	0.180	0.185
68.5	0.191	0.181	0.197	0.186	0.180	0.185
69.0	0.190	0.181	0.196	0.186	0.179	0.184
69.5	0.190	0.180	0.196	0.185	0.179	0.184
70.0	0.190	0.180	0.195	0.185	0.179	0.184
70.5	0.189	0.180	0.194	0.185	0.178	0.183
71.0	0.189	0.179	0.194	0.184	0.178	0.183
71.5	0.188	0.179	0.193	0.184	0.177	0.182
72.0	0.188	0.179	0.193	0.183	0.177	0.182
72.5	0.188	0.178	0.192	0.183	0.177	0.181
73.0	0.187	0.178	0.192	0.183	0.176	0.181
73.5	0.187	0.178	0.191	0.182	0.176	0.181
74.0	0.187	0.177	0.191	0.182	0.176	0.180
74.5	0.186	0.177	0.190	0.181	0.175	0.180
75.0	0.186	0.177	0.190	0.181	0.175	0.179
75.5	0.185	0.176	0.189	0.181	0.174	0.179
76.0	0.185	0.176	0.188	0.180	0.174	0.178
76.5	0.185	0.175	0.188	0.180	0.174	0.178
77.0	0.184	0.175	0.187	0.179	0.173	0.178
77.5	0.184	0.175	0.187	0.179	0.173	0.177
78.0	0.184	0.174	0.186	0.179	0.173	0.177
78.5	0.183	0.174	0.186	0.178	0.172	0.176
79.0	0.183	0.174	0.185	0.178	0.172	0.176
79.5	0.182	0.173	0.185	0.177	0.171	0.175
80.0	0.182	0.173	0.184	0.177	0.171	0.175

Table 4. Linear Attenuation Coefficients for Polyethylene, Polystyrene, Water, Nylon, Polycarbonate and Acrylic

Photon energy (keV)	Linear Attenuation Coefficients(cm ⁻¹)					
	Poly-ethylene	Poly-styrene	Water	Nylon	Poly-carbonate	Acrylic
55.0	0.190	0.203	0.217	0.230	0.230	0.237
55.5	0.190	0.202	0.215	0.229	0.230	0.237
56.0	0.189	0.201	0.214	0.228	0.229	0.236
56.5	0.189	0.201	0.213	0.228	0.228	0.235
57.0	0.188	0.200	0.212	0.227	0.228	0.234
57.5	0.188	0.200	0.211	0.226	0.227	0.233
58.0	0.187	0.199	0.210	0.225	0.226	0.232
58.5	0.187	0.198	0.209	0.224	0.225	0.231
59.0	0.186	0.198	0.208	0.224	0.225	0.230
59.5	0.186	0.197	0.207	0.223	0.224	0.229
60.0	0.185	0.196	0.206	0.222	0.223	0.228
60.5	0.185	0.196	0.205	0.221	0.223	0.228
61.0	0.184	0.196	0.205	0.221	0.222	0.227
61.5	0.184	0.195	0.204	0.221	0.222	0.227
62.0	0.184	0.195	0.204	0.220	0.221	0.226
62.5	0.183	0.195	0.203	0.220	0.221	0.226
63.0	0.183	0.194	0.203	0.219	0.221	0.225
63.5	0.183	0.194	0.202	0.219	0.220	0.225
64.0	0.182	0.193	0.202	0.218	0.220	0.224
64.5	0.182	0.193	0.201	0.218	0.219	0.224
65.0	0.182	0.193	0.201	0.217	0.219	0.223
65.5	0.181	0.192	0.200	0.217	0.218	0.223
66.0	0.181	0.192	0.199	0.216	0.218	0.222
66.5	0.181	0.192	0.199	0.216	0.217	0.222
67.0	0.180	0.191	0.198	0.216	0.217	0.221
67.5	0.180	0.191	0.198	0.215	0.216	0.221
68.0	0.180	0.190	0.197	0.215	0.216	0.220
68.5	0.179	0.190	0.197	0.214	0.216	0.220
69.0	0.179	0.190	0.196	0.214	0.215	0.219
69.5	0.178	0.189	0.196	0.213	0.215	0.219
70.0	0.178	0.189	0.195	0.213	0.214	0.218
70.5	0.178	0.189	0.194	0.212	0.214	0.218
71.0	0.177	0.188	0.194	0.212	0.213	0.217
71.5	0.177	0.188	0.193	0.211	0.213	0.217
72.0	0.177	0.188	0.193	0.211	0.212	0.216
72.5	0.176	0.187	0.192	0.210	0.212	0.216
73.0	0.176	0.187	0.192	0.210	0.212	0.215
73.5	0.176	0.186	0.191	0.210	0.211	0.215
74.0	0.175	0.186	0.191	0.209	0.211	0.214
74.5	0.175	0.186	0.190	0.209	0.210	0.214
75.0	0.175	0.185	0.190	0.208	0.210	0.213
75.5	0.174	0.185	0.189	0.208	0.209	0.213
76.0	0.174	0.185	0.188	0.207	0.209	0.212
76.5	0.174	0.184	0.188	0.207	0.208	0.212
77.0	0.173	0.184	0.187	0.206	0.208	0.211
77.5	0.173	0.183	0.187	0.206	0.207	0.211
78.0	0.172	0.183	0.186	0.205	0.207	0.210
78.5	0.172	0.183	0.186	0.205	0.207	0.210
79.0	0.172	0.182	0.185	0.204	0.206	0.209
79.5	0.171	0.182	0.185	0.204	0.206	0.209
80.0	0.171	0.182	0.184	0.204	0.205	0.208

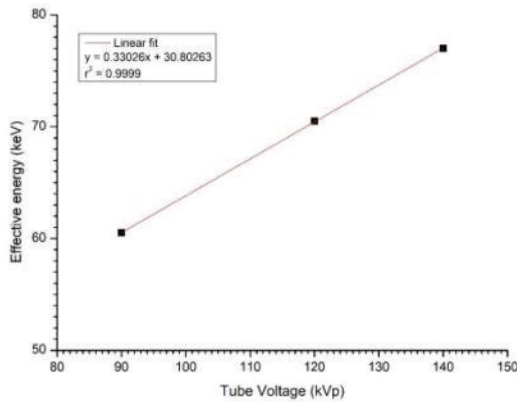


Fig. 2. Linear Fitting of Tube Voltages and Effective Energies.

IV. DISCUSSION

실험으로부터 CT 모의치료장치의 90, 120, 140 kVp X-선 빔 하에서 유효에너지는 각각 60.5, 70.5, 77 keV로 결정되었다. 여기서 120 kVp X-선 빔의 유효에너지는 AAPM 보고서^[10]에서 보고된 약 70 keV의 유효에너지에 근사치로 측정되었다.

관전압 90, 120, 140 kVp와 유효에너지 60.5, 70.5, 77 keV를 선형정합하여 Eq. (1)로 유효에너지 계산식을 얻었다. 이때 상관계수(r^2)가 0.9999로서 관전압과 유효에너지는 선형적 비례관계에 있음을 나타내었다.

측정된 CT수는 관전압의 함수로서 관전압이 증가할수록 크게 측정되었다. 이 이유는 어떤 물질의 선감쇠계수와 물의 선감쇠계수의 차이가 관전압이 높을수록 크게 되어 측정되어지는 CT수는 증가하는데 있다. 반대로 관전압이 낮을수록 어떤 물질의 선감쇠계수와 물의 선감쇠계수의 차이가 적게 되어 CT수는 낮게 측정된다^[11,12].

CT 모의치료장치는 세 개의 관전압 즉 90, 120, 140 kVp만 설정하여 사용할 수 있는 장치이다. 진단용 CT 스캐너와 차이점은 환자 치료자세 고정을 위한 고정기구 사용을 위하여 진단용 CT 스캐너보다 내경(bore)의 직경이 더 크며, 표적(target)으로부터 isocenter까지 거리도 더 큰 장치이다. 그리고 환자 테이블은 오목한 둥근형태가 아닌 평편한 형태를 가지는 장치이다.

V. CONCLUSION

이 실험은 AAPM CT 성능 팬텀에서 CT수 교정 삽입부의 물질인 폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 물, 나일론, 폴리카보네이트, 아크릴에 대하여, 단일 관전압 하에서 측정된 CT수 평균값과 미국표준기술연구소의 자료로부터 계산된 각각의 광자에너지에 대응하는 선감쇠계수를 선형정합하여 얻어진 상관계수들 중 최대값을 갖는 광자에너지를 유효에너지를 결정하였다. 이와 같은 방법으로, 각 관전압에서 생성된 X-선 빔의 유효에너지를 결정하였다. 결정된 유효에너지(y)들과 관전압(x)들을 선형정합하여 유효에너지 계산식으로서 $y = 0.33026x + 30.80263$ 을 유도하였다.

결론적으로, 이 연구는 CT 모의치료장치에서 발생하는 X-선 빔의 유효에너지를 쉽게 계산하여 사용할 수 있는 계산식 유도 방법을 제시한다.

Acknowledgement

본 연구는 2021년도 가야대학교 교내연구비의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

- [1] M. Hiraoka, M. Mitsumori, K. Okajima, Y. Nagata, M. Takahashi, M. Nakata, M. Abe, "Use of a CT Simulator in Radiotherapy Treatment Planning for Breast Conserving Therapy", *Radiotherapy and Oncology*, Vol. 33, No. 1, pp. 48-55, 1994. [https://doi.org/10.1016/0167-8140\(94\)90085-x](https://doi.org/10.1016/0167-8140(94)90085-x)
- [2] F. M. KHAN, *The Physics of Radiation Therapy*, 3rd Ed., Wolters Wluwer Co., New York, pp. 97-102, 2003.
- [3] S. C. Chen, W. L. Jong, A. Z. Harun, "Evaluation of X-ray Beam Quality Based on Measurements and Estimations Using SpekCalc and Ipem 78 models", *Malaysian Journal of Medical Sciences*, Vol. 19, No. 3, pp. 22-28, 2012.
- [4] J. E. Kim, "Determination of Effective Energy of CT X-ray Beams", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 13, No. 4, pp. 517-522, 2019. <https://doi.org/10.7742/jksr.2019.13.4.517>

- [5] National Institute of Standards and Technology, "NIST Measurement Services: Calibration of X-ray and Gamma-ray Measuring Instruments", NIST Special Publication 250-58, pp. 1-96, 2001.
- [6] J. E. Kim, S. h. Lee, "Determination of the Effective Energy of an X-ray Beam Using Optically Stimulated Luminescent nanoDot Dosimeters", *Journal of Korean Society of Radiology*, Vol. 9, No. 6, pp. 375-379, 2015. <https://doi.org/10.7742/jksr.2015.9.6.375>
- [7] Users Manual, "Nuclear Associates 76-410-4130 and 76-411 AAPM CT Performance Phantom", Fluke corporation. 2005.
- [8] <https://www.physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html>.
- [9] M. R. Millner, W. H. Payne, R. G. Waggner, W. D. McDavid, M. J. Dennis, V. J. Sank, "Determination of Effective Energies in CT Calibration", *Medical Physics*, Vol. 5, No. 6, pp. 543-545, 1978. <https://doi.org/10.1118/1.594488>
- [10] AAPM report No. 1, "Phantoms for Performance Evaluation and Quality Assurance of CT Scanners", American Association of Physicists in Medicine, pp. 1-23, 1977.
- [11] C. B. Saw, A. Loper, K. Komanduri, T. Combine, S. Huq, C. Scicutella, "Determination of CT-to-Density Conversion Relationship for Image-Based Treatment Planning Systems", *Medical Dosimetry*, Vol. 30, No. 3, pp. 145-148, 2005. <http://doi.org/10.1016/j.meddos.2005.05.001>
- [12] J. E. Kim, "Measurement of CT Numbers for Effective Atomic Number and Physical Density of Compound", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 2, pp. 125-130, 2021. <https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.2.125>

CT 모의치료장치에서 발생한 X-선 빔의 유효에너지 계산식 유도

김종언*, 이상훈

가야대학교 방사선학과

요 약

이 연구의 목적은 CT 모의치료장치에서 발생한 X-선 빔의 유효에너지 계산식을 유도하는데 있다. 90, 120, 140 kVp X-선 빔 하에서, AAPM CT 성능 팬텀의 CT수 교정 삽입부는 CT 모의치료장치로 5번 스캔하였다. 폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 물, 나일론, 폴리카보네이트, 그리고 아크릴의 CT수는 각각의 CT 슬라이스 영상에 대하여 측정하였다. 단일 관전압 하에서 측정된 CT수 평균값과 미국표준기술연구소의 자료로부터 계산된 각각의 광자에너지에 대응하는 선감쇠계수들을 선형정합하였다. 얻어진 상관관계수들 중 최대값을 갖는 광자에너지를 유효에너지를 결정하였다. 이와 같은 방법으로, 각각의 관전압에서 생성된 X-선 빔의 유효에너지를 결정하였다. 결정된 유효에너지(y)들과 관전압(x)들을 선형정합하여 유효에너지 계산식으로서 $y=0.33026x+30.80263$ 을 유도하였다.

중심단어: CT수, 관전압, 유효에너지, CT 모의치료장치.

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자) (교신저자)	김종언	가야대학교 방사선학과	부교수
(공동저자)	이상훈	가야대학교 방사선학과	교수