

고 에너지 광자선의 표준측정법에 대한 선량 교정 프로그램 개발

경희대학교 의과대학 방사선종양학교실*, 경희대학교 의과대학 의학과[†],
국립암센터 양성자치료센터[‡], 원자력병원 방사선종양학과[§],
가톨릭대학교 의과대학 의공학교실^{||}, 경기대학교 물리학과[¶], 경희대학교 의과대학 해부학교실[#]

신동오*[†] · 박성용[‡] · 지영훈[§] · 이창건* · 서태석^{||} · 권수일[¶] · 안희경[#] · 강진오* · 홍성연*

목적 : 고 에너지 광자선에 대한 기준점에서의 물 흡수선량 계산을 절차상 또는 계산상의 오류를 피하기 위해 공기커마(혹은 조사선량) 교정정수에 토대를 두고 있는 IAEA TRS-277과 AAPM TG-21 및 최근 발표된 새로운 개념의 물 흡수선량 교정정수에 토대를 두고 있는 IAEA TRS-398과 AAPM TG-51 표준측정법에 기초한 고 에너지 광자선의 선량 교정 프로그램을 개발하고자 한다.

대상 및 방법 : 현재 국내외에서 널리 사용되고 있는 고 에너지 광자선에 대한 흡수선량 표준측정법은 IAEA TRS-277과 AAPM TG-21로서 공기커마(혹은 조사선량) 교정정수에 토대를 두고 있어 수식 체계가 복잡하고, 사용된 물리량에 대한 불확정도가 커서 선량측정의 정확성을 향상시키는데 한계가 있다. 최근 국제원자력기구와 미국의학물리학회에서는 새로운 개념의 물 흡수선량 교정정수에 토대를 두고 있는 IAEA TRS-398과 AAPM TG-51을 발표하였다. 개발된 네 종류의 선량 교정 프로그램은 이들 표준측정법에서 사용되고 있는 수식체계와 물리적인 매개변수를 엄격하게 적용하였고, 선량계에 대한 정보 및 물리적인 값에 대한 표와 그래프 값은 수치화하여 데이터베이스화하였다. 이들 프로그램은 윈도우 환경에서 사용이 용이하도록 비주얼 C++ 언어를 사용하여 각각의 표준측정법에서 권고하고 있는 방법 및 절차에 따라 사용자의 편의성을 고려하여 개발하였다.

결과 : 네 종류의 표준측정법에 대하여 개발된 고 에너지 광자선에 대한 선량 교정 프로그램은 사용자가 병원에서 사용하고 있는 표준측정법을 선택하여 선량측정 절차에 따라 선량계, 선질 특성 및 측정 조건에 관한 정보와 측정 결과를 입력하고, 순차적으로 수행하도록 되어 있어 절차상 혹은 선량 계산에 있어서 사용자간의 오차 및 실수를 최소화할 수 있었다. 또한 서로 다른 개념의 네 종류의 표준측정법에 대한 기준점에서의 선량값을 상호 비교할 수 있었다.

결론 : 이 프로그램은 이온함에 대한 정보와 물리적인 자료에 대한 표와 그래프 값들을 수식화하여 데이터베이스함으로써 수작업으로 각 프로토콜의 수행 절차상 혹은 사용자간의 발생할 수 있는 개인적인 실수 및 오차를 줄일 수 있었다. 또한 이 프로그램은 사용자 편의성을 고려하였고, 모든 보정계수와 물 흡수선량을 정확하게 계산할 수 있기 때문에 각 표준측정법에 대한 주요한 차이점을 비교 분석할 수 있어 사용자가 적당한 표준측정법을 선택하여 수행하므로써 고 에너지 광자선 선량 교정에 이용시 매우 유익할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 공기커마 교정정수, 물 흡수선량 교정정수, 광자선, 표준측정법

서 론

국제방사선단위위원회에서는 중앙에 투여되는 선량이 계획된 처방선량의 $\pm 5\%$ 이내로 정확하게 조사되어야 한다고 권고하고 있다.¹⁾ 이러한 오차 범위는 치료 전 과정을 통한

오차로 선량측정 단계에서 $\pm 2.5\%$ 이하의 정확성이 유지되어야 하며, 이들 필요충분조건을 충족시키기 위하여 선진 각국의 국가표준기관 및 각 학회에서는 선량측정 이론 및 기술의 고도화로 인해 지속적인 발전을 거듭하여 왔다.^{1~5)} 선량측정의 정확성을 향상시키기 위하여 현재까지 발표된 고 에너지 광자선 및 전자선에 대한 표준측정법은 크게 3가지 범주로 구분할 수 있다. 첫 번째 범주는 1980년 이전에 발표된 것들로 국가표준기관으로부터 공기 중에서 기준선질에 교정받은 이온함의 조사선량교정정수와 광자선 및 전자선에 대한 조사선량-흡수선량 변환계수를 사용하는 방법이다. 두 번째 범주는 물 흡수선량을 결정하기 위하여 공기 중에서 이온함에 대하여 공기커마 혹은 조사선량 교정정수에 토대

본 연구는 과학기술부가 주관하는 원자력중장기연구개발사업(M20203210029-02A0703-00110)의 일환으로 수행되었습니다. 이 논문은 2002년 11월 11일 접수하여 2002년 12월 2일 채택되었음.
책임저자: 박성용, 국립암센터, 양성자치료센터
Tel: 031)920-1728, Fax: 031)920-0149
E-mail: cool_park@ncc.re.kr

를 두고 있는 표준측정법으로 현재까지 전 세계적으로 가장 많이 사용하고 있다.^{2~5)} 이들 표준측정법은 공기중에서의 물리량을 물 속에서의 물리량으로 변환해야 하기 때문에 수식 체계가 복잡하고, 각각의 변환 및 보정계수의 물리량들에 대한 불확정도가 커서 정확성을 개선하는데 한계가 있다. 세 번째 범주로는 임상에서 직접 필요로 하는 물리량인 새로운 개념의 물 흡수선량 표준에 토대를 두고 있는 표준측정법으로 미국의학물리학회 및 국제원자력기구에서 최근 발표하였으며, 임상 적용에 앞서 기존의 교정 체계 및 선량측정 절차와 상호 비교 및 다각적인 방법으로 시험하고 있다.^{6,7)}

현재 국내외의 일부 의학물리학자는 독자적으로 범용으로 사용되고 있는 스프레드시트 소프트웨어인 엑셀(Microsoft, 미국)을 이용하여 선량측정 절차상 혹은 계산상의 실수를 줄이면서 기준점에서 물 흡수선량을 신속 정확하게 계산하기 위하여 스프레드시트를 개발하여 임상에 사용하고 있다. 그러나 이들 선량 교정 프로그램은 특정 표준측정법에 대하여 개발되었으며, 기준점에서의 출력선량에 대한 기간별 추이 및 물리적인 보정계수에 대한 통계처리가 곤란한 실정이다.^{8,9)} 따라서 본 연구에서는 국내외에서 많이 사용되고 있는 공기커마(혹은 조사선량)에 기초한 국제원자력기구의 표준측정법인 IAEA TRS-277과 미국의학물리학회의 표준측정법인 AAPM TG-21과 물 흡수선량에 토대를 두고 있는 AAPM TG-51과 IAEA TG-51 표준측정법 등에 대하여 고 에너지 광자선에 대한 선량 교정 프로그램을 객체지향형 모듈별로 개발하여 통합하고자 한다. 이들 프로그램은 비주얼 C++ 언어를 사용하여 윈도우 환경에서 개발하여 사용자 병원의 특성에 적합한 표준측정법을 선택할 수 있어 표준측정법간의 출력선량 상호 비교 및 분석이 용이하도록 이들 표준측정법에 대하여 고 에너지 광자선의 선량 교정 프로그램을 개발하였다.

대상 및 방법

방사선치료기로부터 발생되는 ⁶⁰Co 감마선과 고 에너지 광자선에 대하여 공기커마(N_k) 혹은 조사선량 교정정수(N_x)에 토대를 두고 있는 IAEA TRS-277과 AAPM TG-21, 그리고 물 흡수선량 교정정수($N_{D,w}$)에 토대를 두고 있는 AAPM TG-51과 IAEA TRS-398 표준측정법에 대한 물 흡수선량 교정 프로그램을 개발하였다. Table 1은 각 표준측정법에 대한 교정정수, 물리적인 파라미터 및 수식체계에 대한 주요한 차이점을 보여주고 있다. 개발된 고 에너지 광자선의 표준측정법에 대한 선량 교정 프로그램은 이들 표준측정법에서 사용

되고 있는 물리적인 매개변수와 수식체계를 모두 엄격하게 적용하였고, 기준점에서의 물 흡수선량 측정시에 사용되는 선량측정기에 대한 정보와 선량 계산 수식체계에 적용되는 모든 물리적인 매개변수에 대한 그래프 값은 수치화하여 데이터베이스화하였다. 이 프로그램은 사용자가 윈도우 환경에서 사용이 용이하도록 비주얼 C++ 언어를 사용하였으며, 사용자 편의성을 고려하여 사용자가 사용하고 있는 표준측정법을 선택할 수 있도록 그래픽-사용자 인터페이스(Graphic User Interface, GUI)를 구축하였다. 고 에너지 광자선에 대한 네 종류의 표준측정법에 대하여 개발된 선량 계산 프로그램에 대한 흐름도는 Fig. 1에 나타내었다. 이 프로그램은 사용자가 방사선의 종류를 선택한 후 기준점에서 물 흡수선량 결정에 사용하고 있는 표준측정법을 선택한다. N_k 혹은 N_x 에 근거한 IAEA TRS-277과 AAPM TG-21 선량 계산 모듈은 N_k 혹은 N_x 로부터 이온함의 공기흡수선량 교정정수($N_{D,air}$) 혹은 이온함 기체의 흡수선량 교정정수(N_{gas})를 계산하는 모듈과 계산된 $N_{D,air}$ 혹은 N_{gas} 로부터 최대선량깊이에서의 흡수선량을 구하는 모듈로 구성되어 있다. 첫 번째 모듈에서 사용자가 표준기관으로부터 교정받은 원통형 이온함을 데이터베이스화된 이온함 자료에서 원통형 이온함을 선택하고, 표준기관으로부터 제공받은 N_k 혹은 N_x 교정정수 값을 입력하여 이온함의 $N_{D,air}$ 혹은 N_{gas} 를 계산한다. 그리고 방사선치료기기 및 방사선 에너지, 전기계 및 측정조건을 입력하고, 이들 표준측정법에서 권고하고 있는 절차에 따라 기준조건하에서 선량측정을 수행하고 나서 측정 자료를 입력하면 데이터베이스에 저장된 물리적인 파라미터를 읽어 흡수선량 계산에 필요한 모든 보정계수 및 기준점에서의 물 흡수선량을 계산한다. 그리고 기하학적인 선량측정 조건에 따라 기준깊이에 대한 심부선량백분율(%*dd*) 혹은 조직팬텀선량비(*TPR*) 값을 입력하면 최대선량깊이에서의 물 흡수선량을 계산한다. 그리고 $N_{D,w}$ 에 토대를 두고 있는 AAPM TG-51과 IAEA TRS-398의 선량 계산 모듈은 사용자의 이온함을 선택하고, 측정조건을 입력한다. 사용자 기관의 선질이 표준기관의 선질과 다를 경우 이들 표준측정법에서 권고하고 있는 선질지표 (%*dd*(10)_{*x*} 혹은 *TPR*₁₀) 값을 입력하면 고 에너지 광자선에 대한 선질과 이온함의 종류에 해당되는 선질보정계수(*k_Q*) 값을 데이터베이스화된 자료로부터 조회한다. 그리고 이들 표준측정법에서 권고하고 있는 절차에 따라 선량 측정 결과를 입력하면 데이터베이스에 저장된 물리적인 파라미터를 읽어 흡수선량 계산에 필요한 일련의 보정계수를 계산한 후 기준점에서의 물 흡수선량을 계산한다. 그리고 나

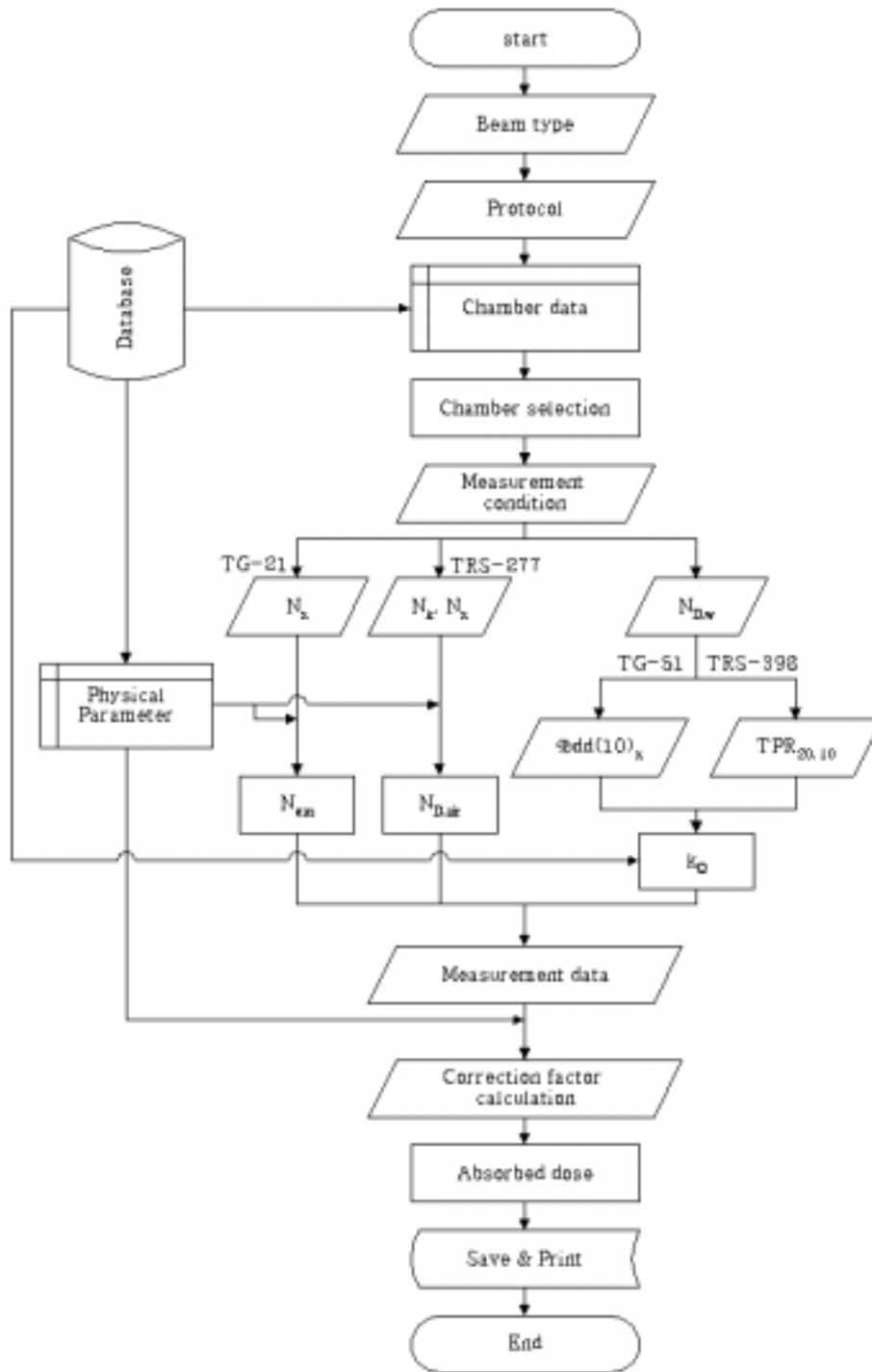


Fig. 1. Flow diagram for calculating the absorbed dose to water under reference conditions using high energy photon beams.

서 기하학적인 선량측정 조건에 따라 %dd 혹은 TPR 값을 입력하면 최대선량깊이에서의 물 흡수선량을 계산한다. 그러나 IAEA TRS-277과 TRS-398에서 교정 및 선량측정시 온도의 기준조건은 20℃를 권고하고 있으나 국내 2차 표준 기

관인 한국식품의약품안전청에서 온도에 대한 기준조건으로 22℃를 사용하고 있어 국내 실정에 맞게 선량 교정 프로그램에 적용하였다. 그리고 AAPM TG-21에서 권고하고 있는 원통형 이온함에 대한 정보가 적어 IAEA TRS-277, TRS-381



Fig. 2. Initial display of the dose calibration program for various dosimetry protocols in high energy photon beams (AAPM TG-21, IAEA TRS-277, AAPM TG-51, and IAEA TRS-398).

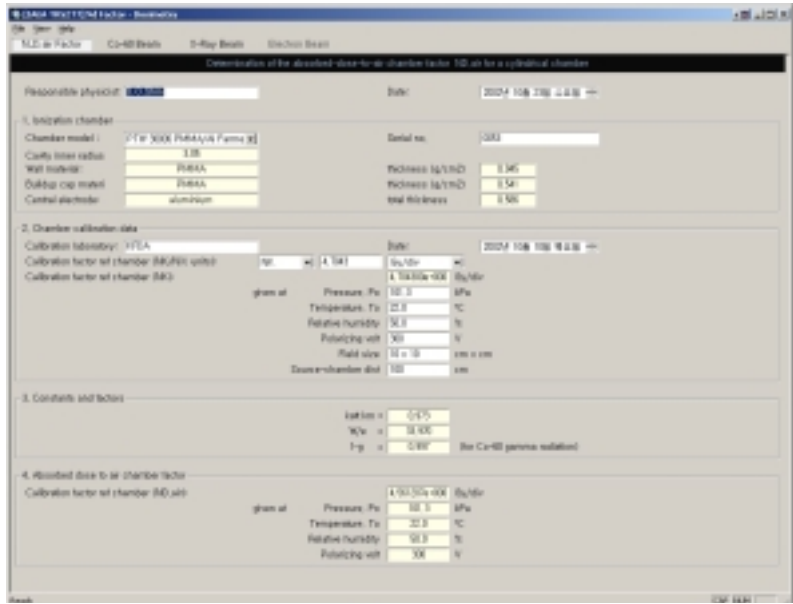


Fig. 3. Calculation of the $N_{D,air}$ from the N_k according to the IAEA TRS-277 dosimetry protocol.

과 IAEA TRS-398에 수록되어 있는 이온함의 정보를 인용하였다.^{2~7)}

개발된 고 에너지 광자선에 대한 선량 교정 프로그램은 각 표준측정법의 선량 교정 작업서에 따라 사용자가 사용할 표준측정법을 선택하고, 선질 특성 및 측정 조건에 관한 정보와 측정 결과를 입력하고, 순차적으로 수행하도록 하여 절차상 혹은 선량 계산에 있어서 사용자의 실수를 최소화하였다.

Fig. 2는 네 종류의 표준측정법(IAEA TRS-277, AAPM TG-21, IAEA TRS-398과 AAPM TG-51)에 대한 선량 계산 표준측정법의 초기화면이다. 사용자가 현재 사용하고 있는 표준측정법을 선택할 수 있도록 그래픽-사용자 인터페이스를 구축하였다. Fig. 3은 IAEA TRS-277에서 권고하는 절차에 따라 사용자의 선량계를 선택한 후 표준기관으로부터 이온함의 공기커마 교정정수 N_k 로 교정받은 원통형 이온함에 대하여 N_k 로부터

Table 1. Summary of Air Kerma and Absorbed Dose to Water Based Protocols

Protocol	IAEA TRS-277	AAPM TG-21	IAEA TRS-398	AAPM TG-51
교정정수 기준선량계	공기커마 흑연이온함	조사선량 흑연이온함	물 흡수선량 이온함 절대선량계	물 흡수선량 이온함 절대선량계
기준선질	Co-60	Co-60	Co-60 표준기관 선질	Co-60
선질지표	TPR_{10}^{30}	TPR_{10}^{30}	TPR_{10}^{30}	$\%dd(10)_x$
심부선량 백분율측정점 선량측정점	유효측정점 유효측정점	중심전극 중심전극	유효측정점 중심전극	유효측정점 중심전극
보정계수	$p_Q \cdot II_k$	$P_{ion} \cdot P_{repl} \cdot P_{wall}$	k_{Q,Q_0}	k_Q
저지능비	$S_{w,a}$	$(L/\rho)_a^w$	$S_{w,a}$	$(L/\rho)_a^w$
수식체계	$M N_{D,air}(S_{w,air})_Q p_Q$	$\bar{M} N_{gas} (\bar{L}/\rho)_{air}^w IIP$	$M_Q N_{D,w,Q_0} k_{Q,Q_0}$	$M N_{D,w,Q_0} k_Q$

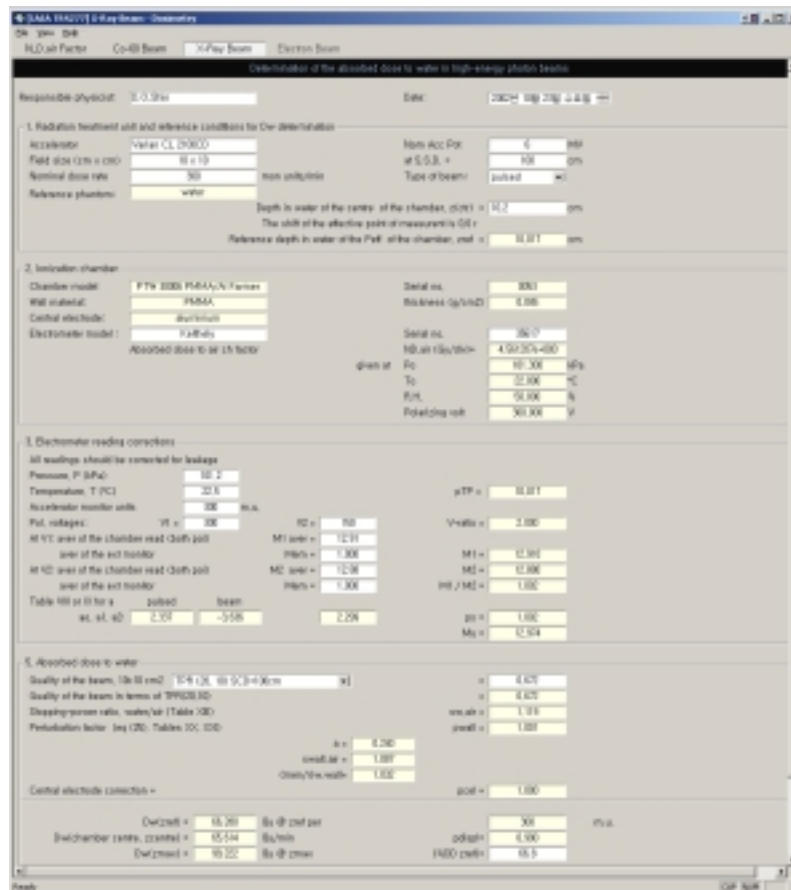


Fig. 4. Determination of the absorbed dose to water according to the IAEA TRS-277 dosimetry protocol.

터 이온함의 공기흡수선량 교정정수 $N_{D,air}$ 를 계산하는 결과로 사용자 기관의 이온함의 N_k 값을 입력하면 구축된 이온함에 대한 데이터베이스로부터 필요한 물리적인 인자를 읽어 $N_{D,air}$ 을 계산한다. 선택한 이온함에 대한 모든 자료는 각각의 표준측정법에서 제공된 선량계에 대한 자료를 데이터베이스

화한 자료이다.

개발된 선량 교정 프로그램은 선량측정에 있어 측정 대상은 아니지만 측정하는 물리량에 의해 영향을 주는 기본적인 물리 인자가 수록된 표 및 그래프에 대한 수치화된 데이터베이스로부터 선형 내삽법에 의해 해당되는 값을 읽어 계산하

신동오 외 8인 : 고 에너지 광자선의 표준측정법에 대한 선량 교정 프로그램 개발

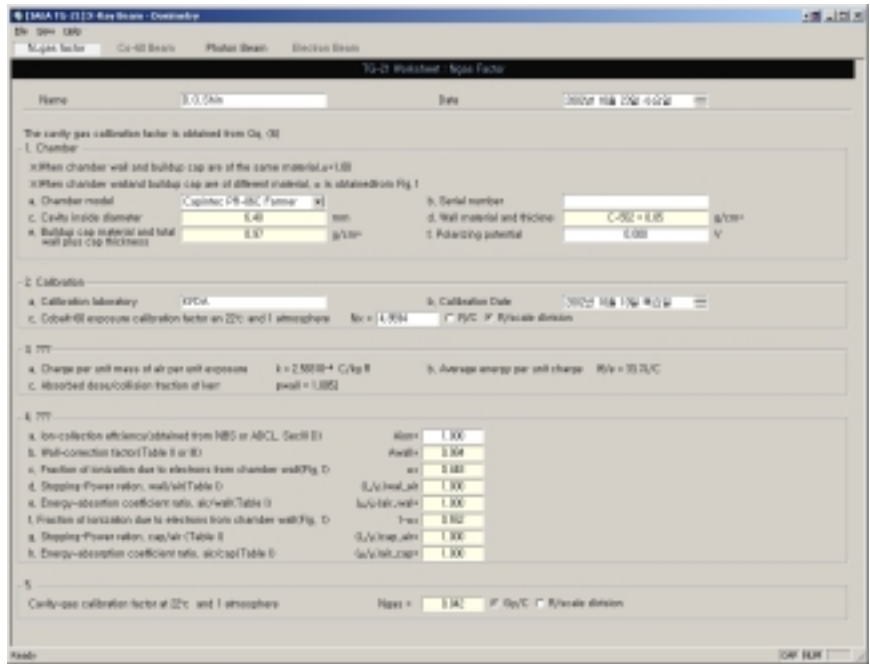


Fig. 5. Calculation of the N_{gas} from the N_x according to the AAPM TG-21 dosimetry protocol.

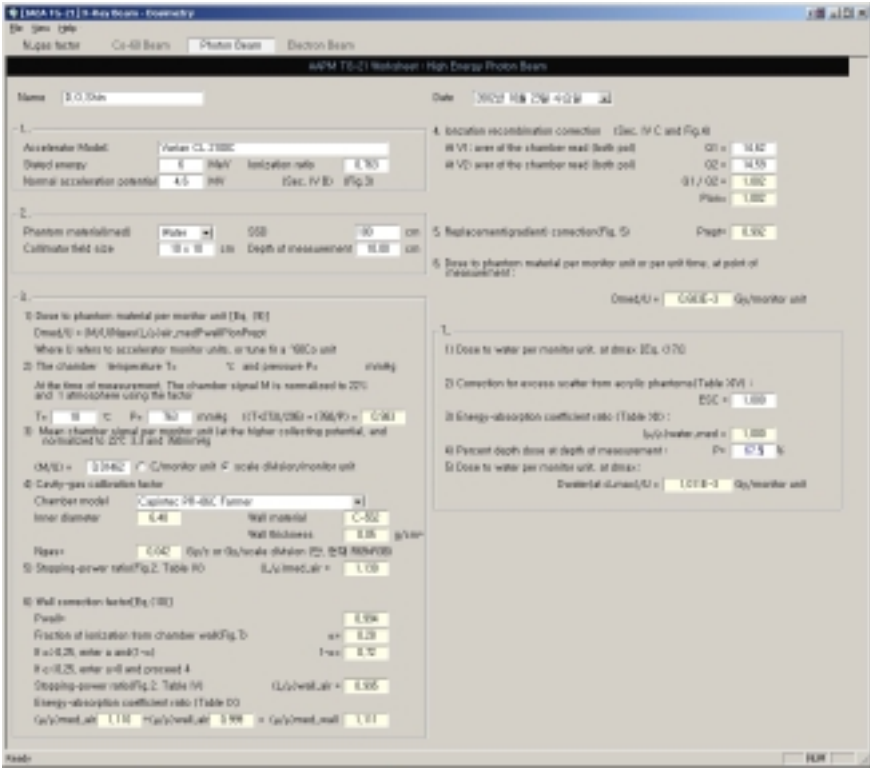


Fig. 6. Determination of the absorbed dose to water in high energy photon beams according to the AAPM TG-21 dosimetry protocol.

도록 되어 있어 사용자간의 오차 혹은 계산상의 실수의 가능성을 최소화한다. 사용자가 임상에서 사용하고 있는 표준측정법에 대한 선량 교정 프로그램을 선택할 수 있도록 하여 각각의 표준측정법에서 권고하고 있는 절차 및 방법에 따라 수행함으로써 ⁶⁰Co 감마선과 고 에너지 X-선에 대한 기준점에서의 물 흡수선량 계산 결과를 상호 비교 분석할 수 있다.

결과 및 고찰

고 에너지 광자선 및 전자선에 대한 선량측정법은 방사선 치료에 있어 중요한 역할을 하여 왔으며, 선량측정의 정확성

을 향상시키기 위하여 선량측정법은 지난 20년 동안 선량측정 기술 및 측정 이론의 고도화로 놀랄만한 발전을 거듭하여 왔다.²⁻⁷⁾ 이들 표준측정법에 대한 정확한 임상적용을 위해서는 물리적인 개념 및 수식체계를 이해할 수 있는 전문적인 지식이 필요하다. 최근 외국의 국가표준기관에서 물 흡수선량 표준에 대한 교정체계가 확립됨에 따라 선량측정의 개념이 공기커마 표준에서 물 흡수선량 표준으로 선량측정에 대한 파라다임이 변화하고 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서 현재 임상에서 널리 사용되고 있는 공기커마(혹은 조사선량) 표준에 토대를 두고 있는 IAEA TRS-277과 AAPM TG-21과 21세기 들어 국제원자력기구와 미국의학물리학회

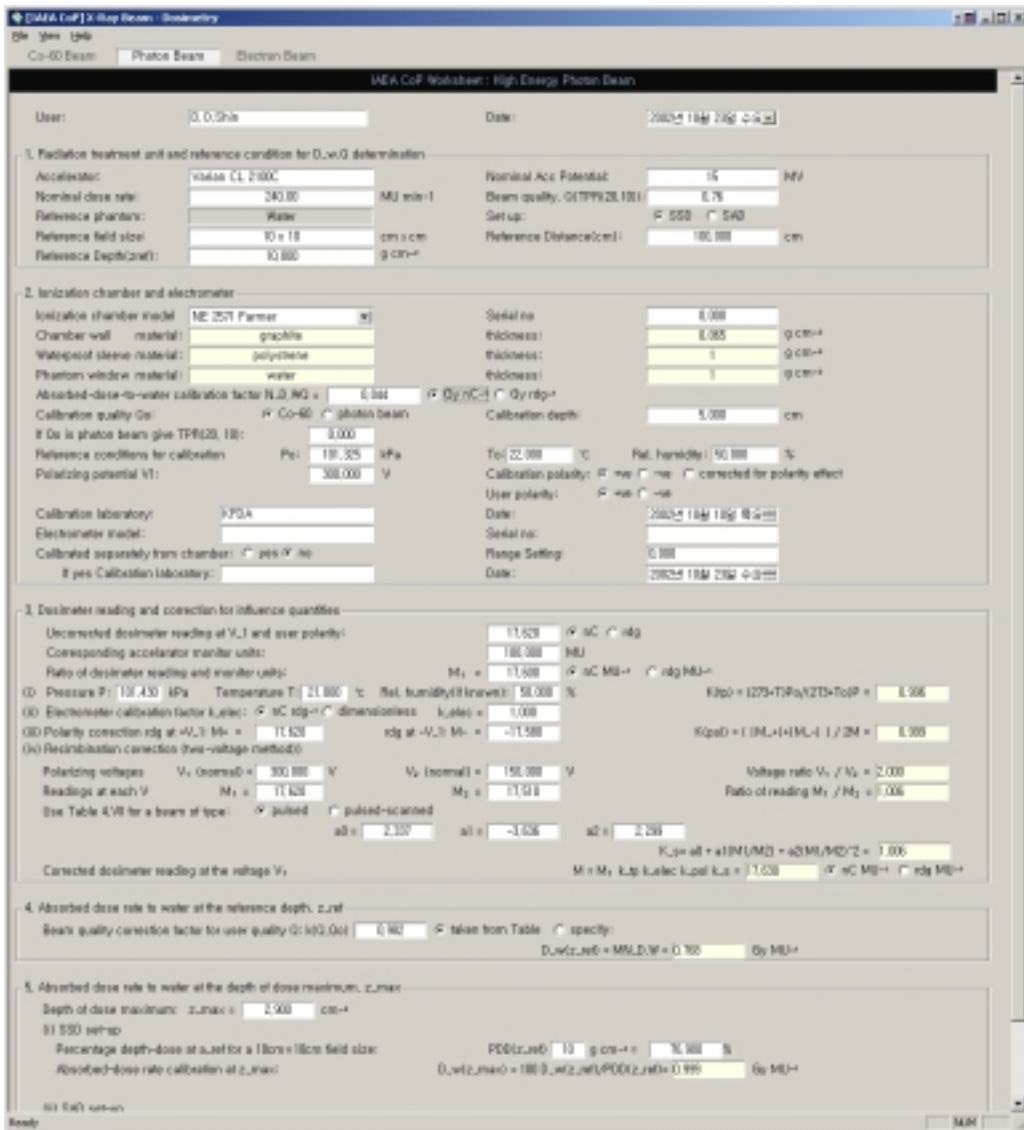


Fig. 7. Determination of the absorbed dose to water in high energy photon beams according to the IAEA TRS-398 dosimetry protocol.

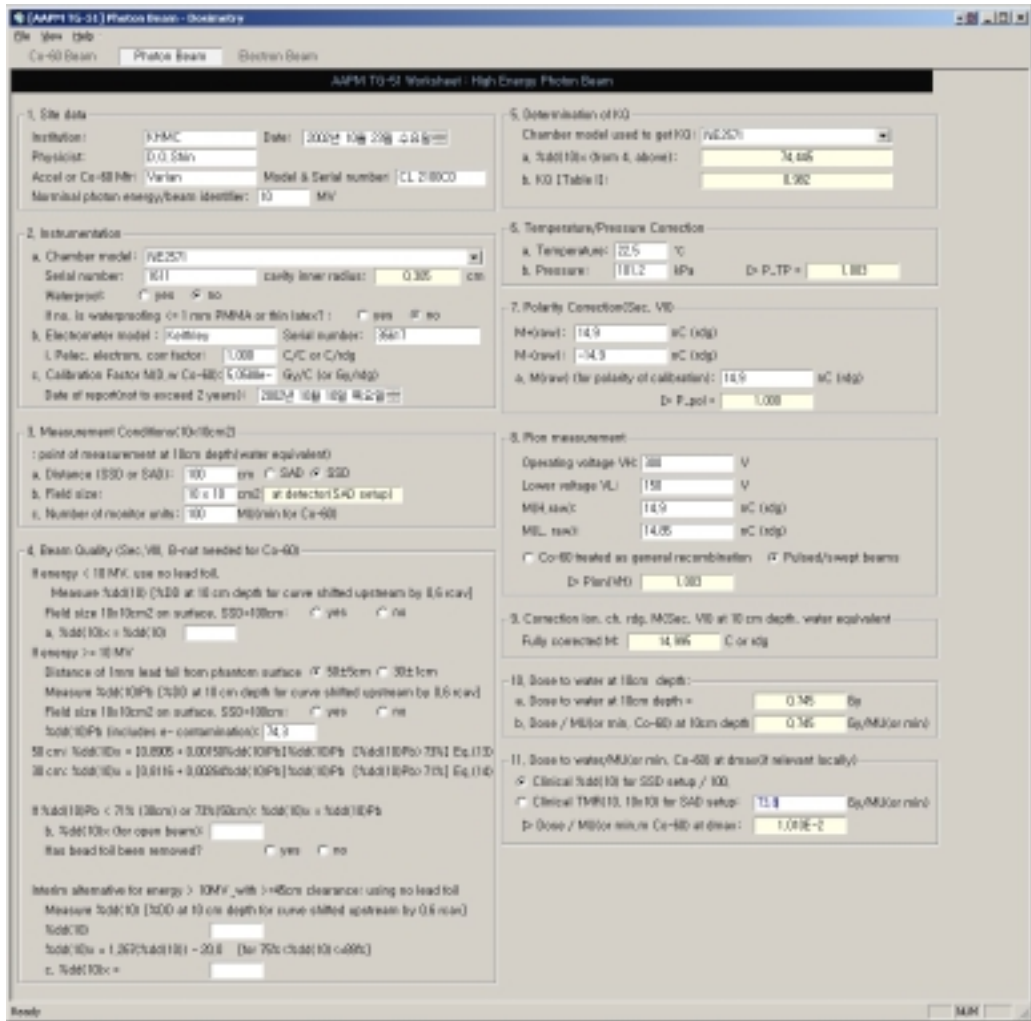


Fig. 8. Determination of the absorbed dose to water in high energy photon beams according to the AAPM TG-51 dosimetry protocol.

Table 2 Comparison of Output Results for Four Dosimetry Protocols

Energy	Model	IAEA TRS-277	AAPM TG-21	IAEA TRS-398	AAPM TG-51
Co-60	Theratron 780	55.22 cGy/min	55.34 cGy/min	55.78 cGy/min	55.78 cGy/min
6 MV	Varian 2100C	0.994 cGy/MU	0.997 cGy/MU	1.005 cGy/MU	1.005 cGy/MU

서 권고하고 있는 IAEA TRS-398과 AAPM TG-51 등 네 종류 표준측정법을 사용할 수 있도록 선량 교정 프로그램을 개발하였다. 이들 표준측정법은 Table 1과 같이 교정체계 및 보정계수, 기준 조건, 선질(혹은 에너지) 결정지표, 유효측정점 및 저지능비 등 사용된 물리 자료가 상이하며, 기준점에서의 물 흡수선량 결정에 있어 수식체계도 차이점이 있어 프로그램 개발시 각 표준측정점에 수록된 물리 자료 및 권고하고 있는 측정 절차를 엄격하게 적용하는 것이 매우 중요하다. Fig. 4는 Fig. 3에서 계산된 결과인 $N_{D,w}$ 를 근거로

사용자가 방사선 치료기와 선량측정 기준 조건을 입력하고, 측정 결과를 입력하여 기준점 및 최대선량깊이에서의 물 흡수선량을 계산하는 화면이다. Fig. 5와 6은 AAPM TG-21에 대한 원통형 이온함의 조사선량 교정정수 N_x 로부터 이온함 기체흡수선량 교정정수 N_{gas} 를 구하고, 기준점에서 물 흡수선량을 계산하는 화면이다.

물 흡수선량 표준에 토대를 두고 있는 IAEA TRS-398과 AAPM TG-51은 물 흡수선량 교정정수 $N_{D,w}$ 와 선질보정계수 k_Q 만 고려하여 기준점에서 물 흡수선량을 계산할 수 있는

새로운 개념의 표준측정법으로 고 에너지 광자선에 대한 기준점에서의 선량교정 결과를 Fig. 7과 8에 제시되어 있다. 그러나 이러한 선량 교정 프로그램 개발 혹은 사용시 표준 측정법에서 권고하고 있는 물리적인 기본 자료와 수식체계는 정확하게 적용하는 것이 중요하며, 각 표준측정법에 대한 물리적인 개념 및 절차를 잘 숙지하여 흡수선량 결정에 사용해야 한다. 개발된 네 종류의 표준측정법에 대한 선량 교정 프로그램은 기준점 및 최대선량깊이에서의 물 흡수선량을 보다 정확하게, 용이하게 계산할 수 있어 네 종류의 표준 측정법에 의한 결과를 상호 비교 분석할 수 있었다.

Table 2는 서로 다른 4종류의 표준측정법에 대한 동일한 조건에서 Co-60 감마선과 6 MV X-선에 대하여 최대선량깊이에서의 물 흡수선량 값을 보여주고 있다. 본 선량 교정 프로그램을 이용하여 Co-60 원격치료기(Theratron 780)에서 방출되는 감마선에 대하여 계산할 경우 TRS-277에서 55.22 cGy/min, TRS-398에서는 55.78 cGy/min이었으며, TG-21의 경우 55.34 cGy/min, TG-51의 경우 55.78 cGy/min이었다. 선형 가속기(Varian 2100C, 미국)에서 방출되는 6 MV X-선의 경우 TRS-277에서 0.995 cGy/MU, TRS-398에서 1.005 cGy/MU이었으며, TG-21과 TG-51의 경우 각각 0.997 cGy/MU, 1.005 cGy/MU이었다. 동일한 조건하에서 엑셀을 이용하여 개발된 국제원자력기구 홈페이지에서 발표된 TRS-277과 TRS-398을 이용한 결과와 정확히 일치하였다. 미국의학물리학회 TG-21과 TG-51에 대한 선량 교정 프로그램은 정식으로 발표된 프로그램이 없어 결과를 직접 상호 비교할 수는 없었으나 지금까지 발표된 표준측정법간의 이론적 및 실험적인 상호 비교에서 나타나 바와 같이 각각의 에너지에 대하여 0.2%이내에서 잘 일치하였다. 그러므로 각 병원의 실정에 맞는 선량 교정 프로그램을 선택하여 사용함으로써 고 에너지 광자선에 대한 기준점에서의 선량을 정확히 계산할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이들 프로그램에 대하여 웹(Web) 베이스를 구축한다면 사용자가 사용하고 있는 표준측정법을 선택하여 선량측정을 수행하므로써 고 에너지 광자선에 대한 흡수선량 결과에 대하여 기관별 관리 및 국내 방사선종양학과의 통계처리가 가능하다고 사료된다.

결 론

저자들이 개발한 선량 교정 프로그램은 현재 임상에서 사용되고 있는 TRS-277과 TG-21, 국제원자력기구 및 미국의학물리학회에서 권고하는 TRS-398과 TG-51을 모두 사용할 있도록 개발하였다. 이 선량 교정 프로그램은 고 에너지 광자

선에 대하여 선량 교정시 물리적인 자료에 대한 표 및 그래프 값을 수식화하여 데이터베이스함으로써 이전 수작업으로 물리적인 보정계수와 기준점에서 물 흡수선량을 계산하기 위하여 표 및 그래프를 사용할 때 발생할 수 있는 개인적인 실수 및 오차를 줄일 수 있었다. 또한 모든 보정계수 및 기준점에서의 흡수선량을 신속, 정확하게 계산할 수 있어 각 표준측정법간의 주요 특징에 대한 상호 비교 및 분석이 용이하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부가 주관하는 원자력중장기연구개발사업(M20203210029-02A0703-00110)의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. ICRU. Report 24: Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures; International Commission on Radiation units and Measurement, 1976
2. AAPM. Task Group 21: A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams. Med Phys 1983;10:741-771
3. KSMP. Protocol of Absorbed dose to water determination in therapeutic photon and electron beams. Seoul, Korea: Korean Society of Medical Physicist, 1990
4. IAEA. Technical Report 277: Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams, An International Code of Practice. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 1987
5. IAEA. Technical Report 381: The Use of Plane Parallel Ionization Chambers in High Energy Electron and Photon Beams, An International Code of Practice. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 1997
6. AAPM. Task Group 51: Protocol for Clinical Reference Dosimetry of High-Energy Photon and Electron Beams. Med Phys 1993;26:1847-1870
7. IAEA. Technical Report 398: Absorbed Dose Determination in External beam Radiotherapy, An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed dose to Water. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 2000
8. Zicari AMDC, Fragomeni R, Benassi M. Dosimetric protocols in radiotherapy: a computer program. Medical dosimetry 1996;21:255-259
9. Cederbaum M, Kuten A. Spreadsheet calculations of absorbed dose to water for photons and electrons according to established dosimetry protocols. Medical Dosimetry 1999;24: 205-210

Abstract

Development of a Dose Calibration Program for Various Dosimetry Protocols in High Energy Photon Beams

Dong Oh Shin, Ph.D.^{*,†}, Sung Yong Park, Ph.D.[†], Young Hoon Ji, M.S.[§]
Chang Geon Lee, B.A.^{*}, Tae Suk Suh, Ph.D.^{||}, Soo IL Kwon, Ph.D.[¶]
Hee Kyung Ahn, M.D.[#], Jin Oh Kang, M.D.^{*}, Seong Eon Hong, M.D.^{*}

^{*}Departments of Radiation of Oncology and [†]Medicine, College of Medicine, KyungHee University
[‡]Proton Therapy Center, National Cancer Center, [§]Department of Radiation Oncology, Korea Cancer Center,
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Catholic University,
[¶]Department of Physics, Kyonggi University,
[#]Department of Anatomy, College of Medicine, Kyunghee University

Purpose: To develop a dose calibration program for the IAEA TRS-277 and AAPM TG-21, based on the air kerma calibration factor (or the cavity-gas calibration factor), as well as for the IAEA TRS-398 and the AAPM TG-51, based on the absorbed dose to water calibration factor, so as to avoid the unwanted error associated with these calculation procedures.

Materials and Methods: Currently, the most widely used dosimetry protocols of high energy photon beams are the air kerma calibration factor based on the IAEA TRS-277 and the AAPM TG-21. However, this has somewhat complex formalism and limitations for the improvement of the accuracy due to uncertainties of the physical quantities. Recently, the IAEA and the AAPM published the absorbed dose to water calibration factor based, on the IAEA TRS-398 and the AAPM TG-51. The formalism and physical parameters were strictly applied to these four dose calibration programs. The tables and graphs of physical data and the information for ion chambers were numericalized for their incorporation into a database. These programs were developed user to be friendly, with the Visual C⁺⁺ language for their ease of use in a Windows environment according to the recommendation of each protocols.

Results: The dose calibration programs for the high energy photon beams, developed for the four protocols, allow the input of informations about a dosimetry system, the characteristics of the beam quality, the measurement conditions and dosimetry results, to enable the minimization of any inter-user variations and errors, during the calculation procedure. Also, it was possible to compare the absorbed dose to water data of the four different protocols at a single reference points.

Conclusion: Since this program expressed information in numerical and data-based forms for the physical parameter tables, graphs and of the ion chambers, the error associated with the procedures and different user could be solved. It was possible to analyze and compare the major difference for each dosimetry protocol, since the program was designed to be user friendly and to accurately calculate the correction factors and absorbed dose. It is expected that accurate dose calculations in high energy photon beams can be made by the users for selecting and performing the appropriate dosimetry protocol.

Key Words: Air kerma, Absorbed dose to water calibration factor, Dosimetry, Protocol