

UAEA'nın TRS 398 no'lu protokolünde kullanılan demet kalite düzeltme faktörü ve suda soğurulan doz kalibrasyon faktörünün deneysel ve teorik olarak bulunan değerlerinin karşılaştırılması

Comparison of theoretical and experimental values of TRS 398 absorbed dose to water calibration factors and beam quality dependence factors

Hilal ACAR

İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü, Klinik Onkoloji Anabilim Dalı, Radyasyon Onkolojisi Bilim Dalı

AMAÇ

İkincil standart dozimetri laboratuvarından (SSDL) alınan ve 398 no'lu protokolden hesaplanan kalibrasyon faktörünün karşılaştırılması yapıldı, ayrıca 6 MV foton ve 12 MeV elektron enerjileri için TRS 398 no'lu protokoldeki tablolardan bulunan teorik k_{QO} ile deneysel olarak bulunan k_{QO} karşılaştırıldı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Ölçümler LINAC'ta SSD=100 cm'de ve 10x10 cm alan ve referans derinlikte yapıldı. Beş silindirik ve üç paralel plak iyon odası kullanıldı. Ölçülen sonuçlarla protokolden elde edilenler karşılaştırıldı.

BULGULAR

Kalibrasyon değerlerinin sekiz iyon odası için karşılaştırılmasında teorik ve deneysel değerler arasındaki büyük fark %2,8 ile Marcus'un idi. Teorik ve deneysel k_{QO} 'ın karşılaştırılmasında 6 MV için PTW 30001 (a) (-%0,816) ve NE 2571 (-%0,1107) iyon odalarının teorik değerleri daha büyük, diğer iyon odalarının ise daha küçük bulundu; 12 MeV için ise NACP iyon odasının teorik değeri (-%0,4678) daha büyük bulundu.

SONUÇ

TRS 398 no'lu protokol ile absorbe doz hesaplaması için gerekli olan sudaki soğurulan doz kalibrasyon faktörünün, SSDL tarafından gönderilen deneysel değerinin kullanılması gereklidir.

Anahtar sözcükler: Demet kalite düzeltme faktörü; sudaki absorbe doz kalibrasyon faktörü; TRS 398.

OBJECTIVES

In this study, experimentally and theoretically determined absorbed dose to water calibration factors were compared. We used 6 MV photon and 12 MeV electron energies to compare experimentally and theoretically determined beam quality dependence factors.

METHODS

Measurements were made at SSD=100 cm distance (LINAC), 10x10 cm standard field size and reference depth. Five different cylindrical and three parallel plate chambers were used.

RESULTS

For absorbed dose to water calibration factor, the max difference between theoretical and experimental values was 2.8% for Marcus chamber. Beam quality dependence factors for 6 MV theoretical values of PTW 30001 (a) (-0.816%), NE 2571 (-0.1107%) were greater than their experimental values. For 12 MeV, the difference was 1.2371% for PTW 30001 (a), 1.6774% for PTW 30001 (b), 0.8758% for NE 2571, 0.8363% for NE 2581, 0.6071% for PTW 30002, and 0.6245% for Marcus ion chamber.

CONCLUSION

As the protocol suggests, obtaining absorbed dose to water calibration factor directly from SSDL produces more accurate results.

Key words: Absorbed dose to water calibration factor; beam quality dependence factors; TRS 398.

Uluslararası Atom Enerji Ajansı'nın (IAEA) 2000 yılında yayınladığı TRS 398^[1] no'lu suda soğurulan doz tabanlı protokolü belirsizlikleri asgariye indirdiği için absorbe dozu daha büyük bir doğrulukla hesaplamak isteyen klinik fizikçiler tarafından tercih edilmektedir. Bu protokolün kullanımında diğer iki hava kerma tabanlı protokollerden^[2,3] farklı olarak iyon odasına özgü iki parametreye tanımlanmıştır. Bunlardan biri absorbe dozu hesaplamak için gerekli olan sudaki soğurulan doz kalibrasyon faktörü ($N_{D,W}$), diğeri ise referans demet kalitesi (Q_0) ile kullanıcının demet kalitesi (Q) arasındaki farkı düzelten demet kalite düzeltme faktörüdür (k_{QQ_0}). Bu çalışmanın bir amacı ikincil standart dozimetri laboratuvarından (SSDL) elde edilen deneysel kalibrasyon faktörü ile protokoldeki formülleri kullanarak hesaplanan teorik kalibrasyon faktörü arasındaki farklılığın araştırılmasıdır. Diğer bir amacı ise odaya özgü bir faktör olan k_{QQ_0} 'ın protokoldeki tablolarda verilen değerleri ile deneysel olarak kendi iyon odamız için bulunan değerlerinin karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

TRS 398 no'lu protokol suda soğurulan doz tabanlı protokol kullanmak isteyenlere kullanacakları kalibrasyon faktörlerini direkt SSDL'den temin etmelerini tavsiye etmekle birlikte bu imkanı olmayanlara, yani iyon odaları SSDL tarafından sadece hava kerma N_K cinsinden kalibre edilenlere de,

$$N_{D,HAVA} = N_K(1-g)k_{ATT}k_M \quad (1)$$

$$N_{DWQ}(\text{Teorik}) = N_{D,HAVA}S_{WHAVA}P_Q \quad (2)$$

formüllerini kullanarak sudaki soğurulan doz kalibrasyon faktörünü elde edebileceklerini belirtmektedir.

N_K : İkincil standart dozimetre laboratuvarın göndermiş olduğu kalibrasyon faktörü,

g : Havada ikincil elektronların durdurulması sırasında radiative etkileşimlerde harcanan enerjinin fraksiyonu (=0,003),

k_M : İyon odası materyalinin ve "build up cap"ın hava eşdeğeri olmamasını dikkate alan faktör,

k_{ATT} : Fotonların iyon odası materyalinde ve "build up cap"da meydana getirdiği saçılmayı ve azalmayı dikkate alan faktör,

k_M ve k_{ATT} faktörleri iyon odasının tipine göre protokolden bulunmuştur.

$S_{W,HAVA}$: Ölçüm yapılan referans derinlik (d_{REF}) ve demet kalitesine bağlı olarak protokolden bulunan durdurma gücü oranı,

P_Q : İyon odasının duvar materyalinin farklılığına ve demet kalitesine bağlı olarak protokolün verdiği değer,

Bu çalışmada, TRS 398 no'lu raporun önerdiği formüller kullanılarak kliniğimizde rutin kullanımında olan beş silindir, üç paralel plak iyon odası için $N_{D,W}$ kalibrasyon faktörü hesaplandı. Bu faktörler Co-60 enerjisi için SSDL'den elde edilen kalibrasyon faktörü ile karşılaştırıldı.

TRS 398 soğurulan doz hesabında demet kalite düzeltme faktörü k_{QQ_0} 'ın kullanımını getirmektedir. k_{QQ_0} demet kalitesine ve iyon odasının karakteristiğine bağlıdır.

Bu çalışmada, 6 MV foton ve 12 MeV elektron enerjileri için TRS 398'deki tablolardan bulunan teorik k_{QQ_0} ile deneysel olarak bulunan k_{QQ_0} 'ın karşılaştırılması da yapıldı.

6 MV foton enerjisi için SSD=100 cm'de 10x10 cm alanda $d_{REF} = 5$ cm'de ölçüm yapıldı, referans iyon odası olarak da PTW 30001 iyon odası kullanıldı. Referans iyon odasının soğurulan dozu,

$$D_{W,QREF} = M_{QREF}N_{D,WREF}k_{QREF} \quad (3)$$

formülü ile hesaplandı. Referans iyon odasının etki parametreleri düzeltilmiş okuma değeri,

$$M_{QREF} = M_{QCTP}k_{POL}k_{SHM}$$

formülü ile bulundu.

$N_{D,W,REF}$: Referans iyon odası için ikincil standart laboratuvarın göndermiş olduğu kalibrasyon katsayısı,

$k_{Q,REF}$: Referans iyon odası için demet kalitesine ve kullanılan iyon odasının tipine bağlı olarak protokolden verilen değer,

M_Q : Elektrometreden okunan değer,

C_{TP} : Basınç - sıcaklık düzeltme faktörü,

K_{POL} : Polarite düzeltme faktörü,

K_S : Yeniden birleşme düzeltme faktörü,

h_M : Ölçüm ortamı olarak sudan farklı bir ortam kullanıldığında bu ortamın iyon odasının cevabına yaptığı etkiyi düzelteren faktör,

Çalışmamızda bu etki $SWRW3$ faktörü kullanılarak düzeltilmiştir.

Kalibrasyon faktörü $N_{D,W}^{REF}$ olarak SSDL'den elde ettiğimiz deneysel suda soğurulan doz kalibrasyon faktörü kullanıldı ve k_Q^{REF} de kullandığımız iyon odası (PTW 30001) ve de X-ışınının kalitesini belirten TPR_{20}^{10} değeri kullanılarak (6MV için $TPR_{20}^{10} = 0,672$) TRS 398 deki Tablo 14' den alındı.

Aynı enerji için aynı şartlarda dört farklı silindirik oda için de ölçüm yapıldı ve onların okuma değerleri de etki parametreleri ile düzeltilmiş ve suda soğurulan doz kalibrasyon faktörleri olarak da SSDL'den elde edilenler kullanıldı.

$$k_Q^{(x),REF} = \frac{M_Q^{(REF)} N_{D,W}^{(REF)}}{M_Q^{(x)} N_{D,W}^{(x)}} k_Q^{(REF)} \quad (5)$$

$N_{D,W}^{(REF)}$: Referans iyon odası için ikincil standart laboratuvarın göndermiş olduğu kalibrasyon katsayısı,

$k_Q^{(x)}$: Referans iyon odası için demet kalitesine ve kullanılan iyon odasının tipine bağlı olarak protokolda verilen değer,

$N_{D,W}^{(x)}$: İkincil standart laboratuvarın göndermiş olduğu kalibrasyon katsayısı,

$k_Q^{(REF)}$: Demet kalitesine ve kullanılan iyon odasının tipine bağlı olarak protokolda verilen değer,

5 no'lu formül kullanılarak dört iyon odasının deneysel $k_Q^{(x)}$ değerleri bulundu. Teorik olarak protokolden bulunan değerler ile ölçümlerden elde edilen değerler karşılaştırıldı.

12 MeV elektron enerjisi için SSD=95 cm'de, 10x10 cm alanda, $d_{REF} = 2,5$ cm'de ölçüm yapıldı, referans oda olarak da PTW marka Marcus iyon odası kullanıldı. Foton enerjisi için kullanılan aynı formüller kullanılarak yedi iyon odası için deneysel $k_Q^{(x)}$ değerleri bulundu. Teorik olarak protokolden bulunan değerler ile ölçümlerden elde edilen değerler karşılaştırıldı.

BULGULAR

Co-60 enerjisi için SSDL'nin gönderdiği suda soğurulan doz kalibrasyon faktörü ile TRS 398 no'lu protokolü kullanarak bulduğumuz sudaki soğurulan doz kalibrasyon faktörlerinin karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir. Burada kullanılan $SW,HAVAP_Q$ değerleri TRS 398 no'lu protokoldeki Tablo 37'den alınmıştır.

6 MV için TRS 398'deki Tablo 14'den buldu-

Tablo 1

SSDL'den elde edilen kalibrasyon faktörleri ile teorik kalibrasyon faktörlerinin karşılaştırılması

İyon odası	N_{DHAVA}	$S_{WHAVA}P_Q$	N_{DWQ} (Teorik)	N_{DWQ} (SSDL)	%Teorik/İSDL
PTW 30001 (a)	46,67	1,113	51,944	53,117	%2,21
PTW 30001 (b)	46,142	1,113	51,356	52,223	%1,66
NE 2571	40,458	1,102	44,585	45,343	%1,67
NE 2581	50,442	1,127	56,848	57,692	%1,46
PTW 30002	46,417	1,109	51,476	52,068	%1,14
Markus (a)	484,8	1,144	554,61	570,572	%2,8
Markus (b)	498,75	1,144	570,57	586,8157	%2,77
NACP	129,48	1,161	150,326	151,876	%1,02

Tablo 26 MV için teorik ve deneysel k_Q değerlerinin karşılaştırılması

İyon odası	$M_Q^{(X)}$	$N_{DW}^{(X)}$	$k_Q^{(X)DENEYSEL}$	$k_Q^{(X)TEORİK}$	% Fark
PTW 30001 (a)	33,18	53,117	0,9845	0,993	-%0,816
NE 2571	38,56	45,343	0,9924	0,993	-%0,111
NE 2581	30,45	57,692	0,9877	0,987	%0,040
PTW 30002	33,57	52,068	0,9927	0,993	%0,020

Tablo 312 MeV için teorik ve deneysel k_Q değerlerinin karşılaştırılması

İyon odası	$M_Q^{(X)}$	$N_{DW}^{(X)}$	$k_Q^{(X)DENEYSEL}$	$k_Q^{(X)TEORİK}$	% Fark
PTW 30001 (a)	40,75	53,117	0,9198	0,90856	%1,2371
PTW 30001 (b)	41,27	52,223	0,9238	0,90856	%1,6774
NE 2571	47,53	45,343	0,9238	0,91578	%0,8758
NE 2581	37,96	57,692	0,9091	0,90156	%0,8363
PTW 30002	41,50	52,068	0,9214	0,91584	%0,6071
Markus (b)	3,72	586,8157	0,9120	0,90634	%0,6245
NACP	14,60	151,876	0,8979	0,90212	-%0,4678

ğumuz teorik k_{Q00} ile deneysel olarak bulduğumuz k_{Q00} karşılaştırılması Tablo 2’de gösterilmiştir. Referans oda olarak kullandığımız PTW 30001 (b)’nin etki parametreleri düzeltilmiş okuma değeri $M_Q^{(REF)} = 33,47$ nC/dk, kalibrasyon faktörü $N_{DW}^{(REF)} = 52,223$ mGy/nC ve $k_Q^{(REF)} = 0,9926$ ’dır.

Tablo 3’de 12 MeV için TRS 398’deki Tablo 18’den bulunan teorik değerler ile deneysel değerlerin karşılaştırılması verilmiştir.

Referans oda olarak kullandığımız Marcus (a)’nın etki parametreleri düzeltilmiş okuma değeri $M_Q^{(REF)} = 3,85$ nC/dk, kalibrasyon faktörü $N_{D,W}^{(REF)} = 570,572$ mGy/dk ve $k_Q^{(REF)} = 0,90634$ ’dür.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda öncelikle SSDL’den elde edilen kalibrasyon faktörü ile protokolden hesaplanan kalibrasyon faktörünün sekiz iyon odası için karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmada teorik ve deneysel değerler arasındaki en büyük fark %2,8 ile Marcus (a) iyon odasıdır. Daha sonra

%2,77 ile Marcus (b) iyon odası, %2,21 ile PTW 30001 (a) silindir iyon odası, %1,67 ile NE 2571, 1,66 ile PTW 30001 (b) silindir iyon odası, %1,46 NE 2581 ve 1,14 ile PTW 30002 silindir iyon odası gelmektedir. En düşük fark ise %1,02 ile NACP’nindir.

Buna benzer bir çalışma Andreo ve arkadaşları^[4] tarafından sadece silindir odalar için yapılmış ikincil kalibrasyon laboratuvarlarından elde edilen değerler teorik olarak bulunan değerlerden yaklaşık %2 daha yüksek bulunmuştur. Bu koşullarda elde ettiğimiz değerler bu çalışma sonuçları ile uyumaktadır.

TRS 398’deki tablodan bulduğumuz teorik k_{Q00} ile deneysel olarak bulduğumuz k_{Q00} karşılaştırılması 6 MV foton ve 12 MeV elektron enerjileri için yapılmıştır. 6 MV için bu karşılaştırmada PTW 30001 (a) ve NE 2571 no’lu iyon odalarının teorik değerleri deneysel değerlerinden daha büyük çıkmıştır. Fark PTW 30001 (a) iyon odası için -%0,816, NE 2571 için ise -%0,1107’dir. NE 2581 ve PTW 30002 iyon odaları için ise deneysel

değer teorik değerden daha büyük çıkmıştır. Fark NE 2581 için %0,0405, PTW 30002 için ise %0,0202'dir. 12 MeV için bu karşılaştırmada sadece NACP iyon odasının teorik değeri deneysel değerinden -%0,4678 daha büyük çıkmıştır. Fark PTW 30001 (a) iyon odası için %1,2371, PTW 30001 (b) iyon odası için %1,6774, NE 2571 iyon odası için %0,8758, NE 2581 iyon odası için %0,8363, PTW 30002 iyon odası için %0,6071 ve Marcus (b) iyon odası için %0,6245 dir.

Teorik ve deneysel k_{QO} 'ların karşılaştırıldığı bir çalışma, hem Govinda Rajan ve arkadaşları^[5] hem de Kapsch ve Derikum^[6] tarafından 10 MeV elektron enerjisi için yapılmış olup, çalışmamızda elde ettiğimiz verilere benzer şekilde bazı iyon odaları için teorik değerler bazı iyon odaları için ise deneysel değerler fazla bulunmuştur.

Sonuç olarak, TRS 398 no'lu protokol ile absorbe doz hesaplamamız için gerekli olan sudaki soğurulan doz kalibrasyon faktörünün, literatürlerde de belirtildiği gibi SSDL tarafından gönderilen deneysel değerinin kullanılmasının gerekliliğini ortaya çıkmıştır. Protokol kullanılarak hesaplanan teorik değer bizi %2,8 varan hatalı soğurulan doz hesaplamasına götürebilmektedir, ayrıca eğer demet kalite düzeltme faktörünü deneysel olarak elde etme imkanımız yoksa TRS 398 no'lu protokolda Monte Carlo hesaplamalarına dayanarak ve-

rilen tablo değerlerin kullanılması literatürde de belirtildiği gibi daha doğru sonuç almamızı sağlar.

KAYNAKLAR

1. International Atomic Energy Agency "Absorbe dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbe dose to water." Technical Reports Series No. 398 Vienna, Austria: (2000).
2. International Atomic Energy Agency "Absorbe dose determination in photon and electron beams: an international code of practice." Technical Reports Series No. 277, Vienna, Austria: (1987).
3. International Atomic Energy Agency "The use of plane parallel ionization chambers in high energy electron and photon beams: an international code of practice for dosimetry." Technical Reports Series No. 381 Vienna, Austria: (1997).
4. Andreo P, Huq MS, Westermark M, Song H, Tilikidis A, DeWerd L, et al. Protocols for the dosimetry of high-energy photon and electron beams: a comparison of the IAEA TRS-398 and previous international codes of practice. International Atomic Energy Agency. Phys Med Biol 2002;47(17):3033-53.
5. Govinda Rajan KN, Vandana S, Vijayam M, Shigwan JB. Testing of NK and NDW based IAEA codes of practice for clinical photon beams." Proceedings of an International Symposium, Vienna: (2002).
6. Kapsch RP, Derikum K. "Dose determination in electron beams in accordance with TRS 398 using different ionization chambers." Proceedings of an International Symposium, Vienna: (2002).