

**FARKLI FOTON ENERJİLERİNİN
ABSORBE DOZ ÖLÇÜMLERİNİN
IAEA PROTOKOLLERİ TRS 277 VE
TRS 398'E GÖRE
KARŞILAŞTIRILMASI**

AMAÇ

Bu çalışma, TRS 277 ve 398 protokollerinin farklı foton enerjilerinin absorbe doz değerlendirmesi üzerindeki etkisini araştırmak için planlandı .

Soğrulan Doz Protokolleri

Dozimetre protokolü, standart laboratuarda odanın kalibrasyonu ile klinik demetin belirli koşullar altında sudaki soğrulan dozunu ilişkilendirmek için gerekli formalizm ve veriyi sağlar. İki tip dozimetre protokolü vardır:

- 1) Hava kerma tabanlı protokoller
- 2) Sudaki soğrulan doz tabanlı protokoller

Hava kerma tabanlı protokoller

Kalibrasyon katsayısı olarak standart laboratuarda referans iyon odası ile elde edilen N_K kullanırlar.

Kalibrasyonu iki adımda gerçekleşir:

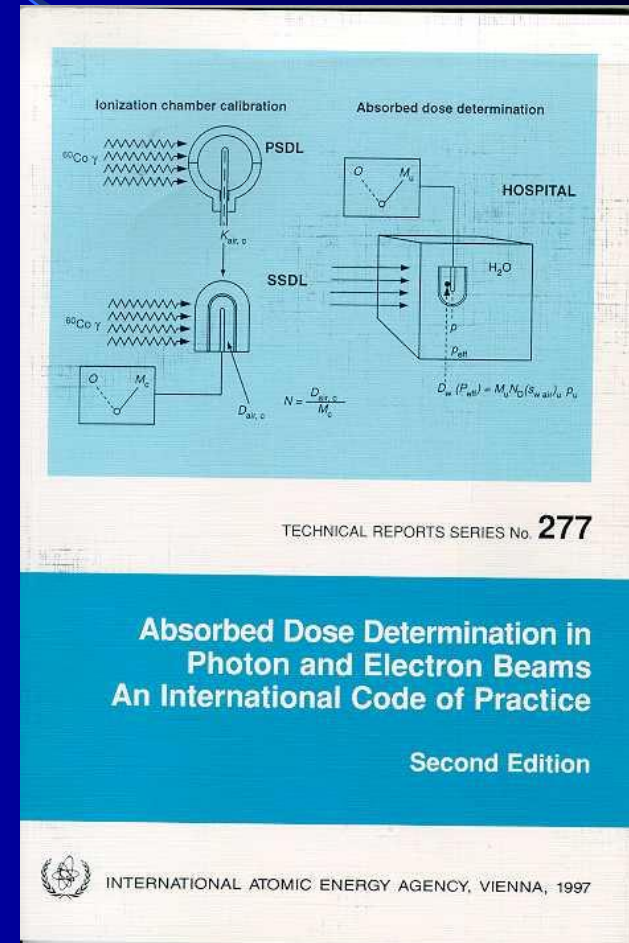
1. Adım : İyon odasının kavitesindeki soğrulan doz kalibrasyon faktörü $N_{D;AIR}$, kalibrasyon faktörü N_K 'dan hesaplanır.

2. Adım : Sudaki soğrulan doz, oda sinyali M_Q , ve $N_{D;AIR}$ kullanılarak hesaplanır.

IAEA protokol TRS 277 (1983)

- SSDL tarafından ölçülen N_K
 - Hesaplanan $N_{D,AIR}$:
- $$N_{D,AIR} = N_K (1-g) k_{ATT} k_M k_{CELL}$$
- Sudaki soğrulan dozun hesaplanması:

$$D_W = M_0 N_{D,AIR} S_{W,AIR} P_U$$



1.Adım : $N_{D,AIR} = N_K (1-g) k_{ATT} k_M k_{CELL}$

g: Havada ikincil elektronların durdurulması sırasında radiative etkileşimlerde harcanan enerjinin fraksiyonu

k_{ATT} : İyon odası materyalinin hava eşdeğeri olmamasını dikkate alan faktör

k_M : Fotonların iyon odası materyalinde meydana getirdiği saçılmayı ve attenuasyonu dikkate alan faktör

k_{CELL} : İyon odasının merkezi elektrodunun hava eşdeğeri olmamasını dikkate alan faktör

2. Adım : $D_W = M_0 N_{D,AIR} S_{W,AIR} P_U$

M_0 : Etki parametreleri düzeltilmiş okuma değeri

$S_{W,AIR}$: Havadaki ve sudaki durdurma güçlerinin oranı

p_U : İyon odasının ortamda yarattığı perturbasyon düzeltme faktörü

TRS 277' den TRS 381'e Geçiş

Paralel plak iyon odalarının elektron demetlerinin (özellikle 10MeV altı demetlerin) kalibrasyonunda oldukça avantajlı olduğu görölmüştür. Ancak TRS 277 nolu protokol bu odaların kalibrasyonu ve kullanımı ile ilgili detaylı bilgi vermemektedir. Bu yüzden 1997 yılında özellikle paralel plak iyon odaları için TRS 381 no'lu yeni bir protokol geliştirilmiştir. Bu protokol paralel plak iyon odaların Co – 60 gama enerjisinde hava kerma cinsinden kalibrasyonunu açıklamaktadır. Ayrıca TRS 277 nolu protokoldeki verilerin ve metodların bir kısmının güncellenmesini de içerir.

IAEA protokol TRS 381 (1997)

- Hava kerma tabanlı bir protokol
- Elektron demet kalite indeksi artık R_{50} böylece C_4 den gelen belirsizlik azalıyor.
- Sudaki soğrulan dozun hesaplanması:

$$D_W = M_0 N_{D,AIR} S_{W,AIR} P_U$$

Sudaki Soğrulan Doz Tabanlı Protokollere Geçiş

TRS 277 no'lu protokoldeki belirsizlikler elektronlar için % 3.7, yüksek enerjili X ışınları için % 3.2, Co-60 için ise % 2.5'dir. Radyoterapi geliştikçe bu belirsizlikler minimuma indirilerek daha büyük bir kesinlikle soğrulan dozu bulmanın yolları araştırılmaya başlanmış, böylece 2000 yılında TRS 398 numaralı protokol geliştirilmiştir.

Daha önceki TRS 277 nolu protokolde iyon odaları ikincil standard laboratuvarlarda hava kerma cinsinden kalibre ediliyor kullanıcı ise belirli bir derinlikte sudaki soğrulan dozu hesaplıyordu. Bu hesap sırasında iyon odası ile ilgili bazı düzeltme faktörleri kullanılıyordu. Bu faktörler k_{ATT} ve k_M dir.

Bu faktörlerin sayısal değerleri farklı iyon odaları için TRS 277 nolu protokolde verilmekte idi. TRS 277 no'lu protokolde bu faktörler aynı model bütün iyon odaları için eşit idi. Ancak aynı modelde olsa bütün iyon odalarının imalatı tamamen benzer olmadığından aynı faktörü kullanmak önemli ölçüde belirsizlik getiriyordu.

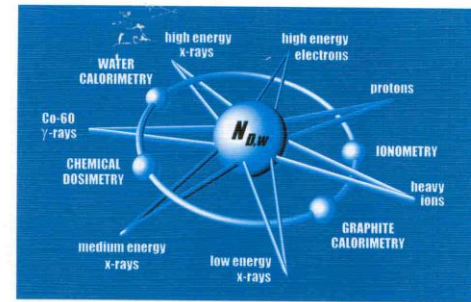
Bu yüzden olayları daha elektrometre ve iyon odasına özgü yaparak belirsizliği azaltan TRS 398 no'lu protokol geliştirilmiştir. Bu protokolde iyon odaları suda soğrulan doz cinsinden kalibre edilmektedir.

Bütün dozimetre protokolleri sudaki soğrulan dozun belirlenmesini amaçlar. Bu yüzden direkt bu parametre cinsinden kalibre edilmiş iyon odası kullanmak daha büyük doğruluk sağlar.

IAEA protokol TRS 398 (2000)

- Kalibrasyon katsayısı $N_{D,W}$
- Suda referans derinlikte z_{REF} , referans demet kalitesi Q için sudaki soğrulan doz:

$$D_{W,Q} = M_Q N_{D,W}$$



TECHNICAL REPORTS SERIES No. 398

**Absorbed Dose Determination in
External Beam Radiotherapy**
An International Code of Practice for Dosimetry
Based on Standards of Absorbed Dose to Water

Sponsored by the IAEA, WHO, PAHO and ESTRO



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 2000

Kullandığımız demet kalitesi Q referans demet kalitesinden Q_0 farklı ise sudaki soğrulan doz

$$D_{W,Q_0} = M_{Q_0} k_{Q,Q_0} N_{D,W,Q_0}$$

Demet kalite düzeltme faktörü k_{Q,Q_0} sudaki soğrulan doz cinsinden Q ve Q_0 daki kalibrasyon katsayılarının oranıdır.

$$k_{Q,Q_0} = \frac{N_{D,W,Q}}{N_{D,W,Q_0}}$$

Perturbasyon Düzeltme Faktörleri

$$P_Q = (P_{DIS} P_{WALL} P_{CELL} P_{KAV})_Q$$

P_{DIS} : Silindir odalar için su hacminin oda kavitesi ile yer değiştirmesini dikkate alan faktör

P_{WALL} : İyon odasının su eşdeğeri olmayan duvarının yarattığı cevabı düzelten faktör

P_{CELL} : Fantomdaki ölçümlerde merkezi elektrotun, radyasyonun cevabına yaptığı etkiyi düzelten faktör

P_{KAV} : Hava kavitesi ile ilgili özellikle kavite yokken sudaki elektron akısı ile kavitedeki elektron akısını farklı yapan elektronun içe saçılması için olan etkiyi dikkate alan faktör

- Durdurma gücü oranı ve perturbasyon düzeltme faktörleri k_{Q,Q_0} nun içinde

$$k_{Q,Q_0} = \frac{(S_{W,air})_Q P_Q}{(S_{W,air})_{Q_0} P_{Q_0}}$$

- Elektrometre eğer iyon odasından ayrı kalibre edilmişse ek bir elektrometre düzeltme faktörü kullanılır.
- Elektronlar için demet kalite indeksi R_{50}
- Ölçüm derinliği d_{MAX} değil $z_{REF} = 0.6 R_{50} - 0.1$

METHOD VE SONUÇLAR

Etki Faktörlerinin Ölçümü

Co-60 için polarite ve yeniden birleşme değerleri

İyon Odasının Tipi	k_s	k_{POL}
PTW 30001(a)	0.99985	1.00015
PTW30001(b)	1	1.0047
NE 2571	1.0056	1.0023
NE 2581	1.0002	1.0021
PTW 30002	1.0008	1.0055
Markus (a)	1.0023	0.9966
Markus (b)	1.00072	0.99729
NACP	1.0001899	0.9999288

6 MV için polarite ve yeniden birleşme değerleri

İyon Odasının Tipi	k_s	k_{POL}
PTW 30001(a)	0.9971	0.9954
PTW30001(b)	0.9973	1.00045
NE 2571	0.9998	1.00029
NE 2581	1	1.00023
PTW 30002	0.9954	1.00066

25 MV için polarite ve yeniden birleşme değerleri

İyon Odasının Tipi	k_s	k_{POL}
PTW 30001(a)	0.99985	1.00015
PTW30001(b)	0.9982	1.00021
NE 2571	1.0056	1.0023
NE 2581	1.0002	1.0021
PTW 30002	1.0008	1.0055

Fotonlar İçin Doz Verimi Ölçümü

İyon odalarının k_{ATT} , k_M , N_D ve $N_{D,W}$ değerleri

İyon Odası	N_K	$k_{ATT} \cdot k_M$	N_D	N_{DW}
PTW 30001(a)	48.156	0.972	46.67	53.117
PTW30001(b)	47.614	0.972	46.1419	52.223
NE 2571	41.198	0.985	40.4582	45.343
NE 2581	52.757	0.959	50.4422	57.692
PTW 30002	47.411	0.982	46.417	52.068
Markus (a)	-	-	484.8	550.572
Markus (b)	-	-	498.75	566.6157
NACP	-	-	129.48	148.676

TRS 277 no'lu protokol için soğurulan doz formülü,

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

$$D_{W,Q}(P_{EFF}) = M_Q N_{D,HAVA} (S_{W,HAVA})_Q P_U h_M$$

$$D_{W,Q}(d_{MAKS}) = \frac{D_{W,Q}(P_{EFF})}{YDD(P_{EFF})}$$

N_K :SSDL'in göndermiş olduğu kalibrasyon faktörü,

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

M_Q : Basınç- sıcaklık ve yeniden birleşme faktörleri ile düzeltilmiş okuma değeri,

$$M_Q = M_0 C_{TP} k_S ,$$

$(S_{W,AIR})_Q$: Ölçüm yapılan referans derinlik (d_{REF}) ve demet kalitesine (TPR_{20}^{10}) bağlı olarak protokolden bulunan durdurma gücü oranı,

p_U : İyon odasının duvar materyalinin farklılığına ve demet kalitesine (TPR_{20}^{10}) bağlı olarak protokolün verdiği değer,

h_M : Ölçüm ortamı olarak sudan farklı bir ortam kullanıldığında bu ortamın iyon odasının cevabına yaptığı etkiyi düzelten faktör. Bu etki Su \ RW3 faktörü kullanılarak düzeltilmiştir.

Su \ RW3 : Enerjiye bağlı olarak değişen katı su fantomu ile su fantomu değerlerini oranlayan faktör,

P_{DIS} : Silindir iyon odaları için su hacminin oda hacmiyle yer değiştirmesini dikkate alan faktör. TRS 277 no'lu protokol silindir iyon odaları için yer değiştirme miktarını Co-60 için $0.5r_{KAV}$, yüksek enerjili fotonlar için $0.75 r_{KAV}$ olarak öngörmektedir. r_{KAV} kullanılan iyon odasının yarıçapıdır. Bu etki YDD ile düzeltilmiştir.

TRS 398 no'lu protokol için soğurulan doz formülü,

$$D_{W,Q}(P_{EFF}) = M_Q N_{D,W,Q_0} k_{Q,Q_0} h_M$$

$$D_{W,Q}(d_{MAKS}) = \frac{D_{W,Q}(P_{EFF})}{YDD(P_{EFF})}$$

M_Q : Basınç- sıcaklık, polarite ve yeniden birleşme faktörleri ile düzeltilmiş okuma değeri

$$M_Q = M_0 C_{TP} k_{POL} k_S ,$$

N_{D,W,Q_0} : İkincil standart laboratuvarın göndermiş olduğu kalibrasyon katsayısı,

$k_{Q,Q0}$: Demet kalitesine (TPR_{20}^{10}) ve kullanılan iyon odasının tipine bağılı olarak protokolde verilen değer, İyon odaları Co-60' da kalibre edildiğinden Cobalt için bu değer 1 dir.

P_{DIS} : Silindir odalar için su hacminin oda hacmi ile yer değiştirmesini dikkate alan faktör.

TRS 398 no'lu protokol silindir iyon odaları için yer değiştirme miktarını bütün enerjiler için $0.6 r_{KAV}$ olarak öngörmektedir. Bu etki YDD ile düzeltilmiştir.

Co-60 için TRS 277 ve TRS 398 protokollere göre hesaplanmış soğrulan doz değerleri

İyon Odası	Okuma	P_U	K_{POL}	K_S	$D_w(d_{MAX})_{277}$	$D_w(d_{MAX})_{398}$
PTW 30001(a)	20.24	1.001	1.00015	0.99985	152.41	152.66
PTW 30001(b)	20.47	1.001	1.0047	1	152.40	152.51
NE 2571	23.48	0.9913	1.0023	1.0056	151.75	152.32
NE 2581	18.54	1.0093	1.0021	1.0002	152.0899	152.159
PTW 30002	20.46	0.9913	1.0055	1.0008	151.75	152.23

6 MV için TRS 277 ve TRS 398 protokollere göre hesaplanmış soğrulan doz değerleri

İyon Odası	Okuma	P_U	k_S	k_{POL}	K_{QQ0}	$D_w(d_{MAX})_{277}$	$D_w(d_{MAX})_{398}$
PTW 30001(a)	30.29	1.001	0.9971	0.9954	0.9926	199.74	200.80
PTW 30001(b)	30.64	1.001	0.9973	1.0005	0.9926	199.80	200.76
NE 2571	35.02	0.994	0.9998	1.0003	0.9935	199.20	199.83
NE 2581	27.88	1.005	1	1.0002	0.9873	199.99	201.13
PTW 30002	30.77	0.994	0.9954	1.0007	0.9925	200.01	200.65

25 MV için TRS 277 ve TRS 398 protokollere göre hesaplanmış soğrulan doz değerleri

İyon Odası	Okuma	P_U	k_S	k_{POL}	K_{QO}	$D_w(d_{MAKS})_{277}$	$D_w(d_{MAKS})_{398}$
PTW 30001(a)	28.12	1.002	0.9998	1.0001	0.96	199.89	202.87
PTW 30001(b)	28.42	1.002	0.998	1.000	0.96	199.41	201.26
NE 2571	32.38	0.9978	1.006	1.002	0.97	199.77	202.36
NE 2581	25.44	1.002	1.001	1.002	0.95	199.25	202.35
PTW 30002	28.32	0.9978	1.001	1.005	0.97	199.57	202.57

Farklı foton enerjileri için TRS 398 ile hesaplanan soğrulan dozun TRS 277 ile hesaplanan doza oranı

İyon Odası	Co-60	6 MV	25 MV
PTW 30001(a)	% 0.16	% 0.53	% 1.47
PTW 30001(b)	% 0.07	% 0.48	% 0.93
NE 2571	% 0.37	% 0.32	% 1.28
NE 2581	% 0.05	% 0.57	% 1.53
PTW 30002	% 0.32	% 0.32	% 1.50

Foton enerjileri için üç protokole göre soğrulan doz hesaplanmıştır. TRS 398 no'lu protokol daha basit bir formalizm getirdiği ve TRS 277 deki belirsizlikleri önemli ölçüde azalttığı için soğrulan dozu daha büyük bir doğrulukla hesaplamamızı sağlamıştır. Bu nedenle literatür ile uyumlu bir şekilde TRS 398 ile hesaplanan doz TRS 277 ile hesaplanandan daha fazla bulunmuştur.

Enerji arttıkça protokoller arası farkların daha da arttığı görülmüştür. Sonuç olarak, TRS 398 no'lu protokolü kullanmanın söğrulan doz hesabını daha büyük bir doğrulukla hesaplamamızı sağladığı görülmüştür.

Sonuç

TRS 398'in Avantajları:

- 1- TRS 277'ye göre daha az belirsizlik
%0.8'e varan farklılıklar**
- 2- Primer standart olabilecek daha
güvenilir bir sistematik**
- 3- Daha basit bir formalizm**