

Girişimsel İncelemelerde Güncel Yaklaşımlar ve Doz Azaltım Yöntemleri

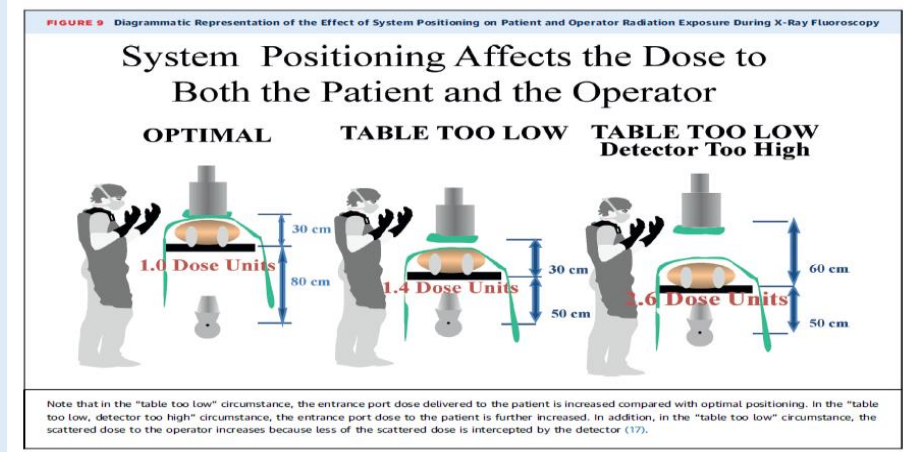
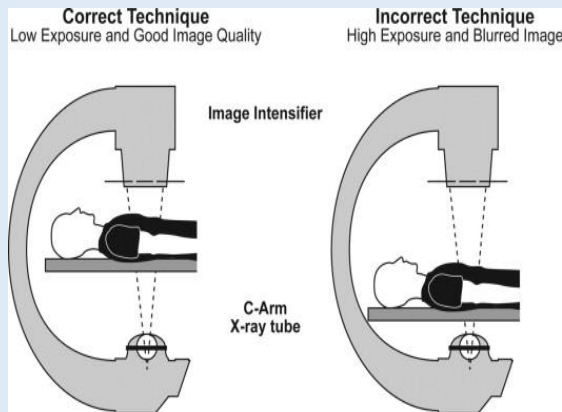
Prof. Dr. Turan OLGAR

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik
Mühendisliği Bölümü

PRATİK İPUÇLARI

• Hasta Pozisyonu

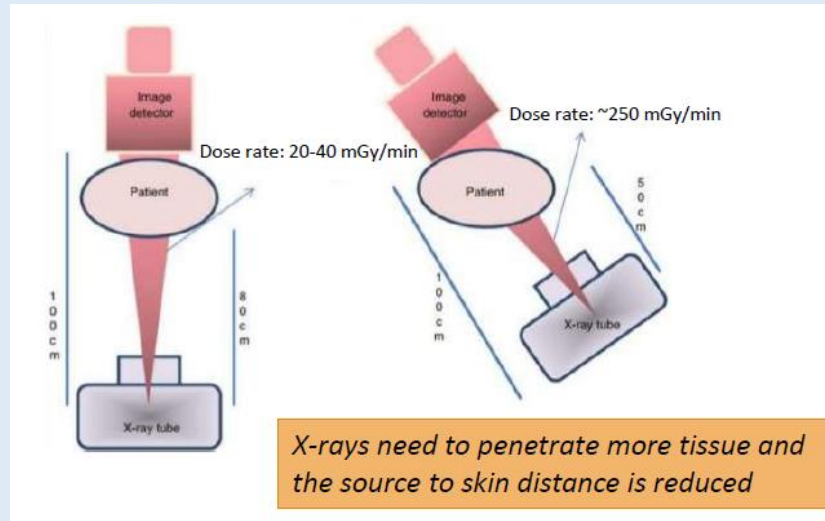
- Cilt dozunu düşürmek için, hasta x-ışın kaynağından uzakta olmalıdır
- Dedektör mümkün olduğunca hastaya yakın olmalıdır. Böylece görüntüyü oluşturmak için gerekli doz ve geometrik bulanıklık da az olur
- Masa altı x-ışın tüpü konfigürasyonu kullanılmalıdır. Böylece girişimsel radyolog yada kardiyoloğun lens dozu daha az olur
- Hastanın elleri x-ışın demeti dışında tutulmalıdır.



PRATİK İPUÇLARI

• Tüp Açısı

- Aşırı açılı konfigürasyonlar sadece gerekli durumlarda kullanılmalıdır.
- X-ışın demetinin önünde her 3 cm'lik doku artışı hasta dozunu ikiye katlar (her 10 cm'lik doku, dozda yaklaşık 10 kat artışa denk gelir)



PRATİK İPUÇLARI

• Tüp Açısı

- Küçük açılı konfigürasyonlar pik cilt giriş dozunu azaltma potansiyeline sahiptir.
- X-ışını demetini inceleme sırasında hastanın farklı alanlarına yönlendirmek hasta pik cilt giriş dozunu azaltır
- İyi uygulama: Her 30 dakikada bir x-ışın demet açısını değiştirmek

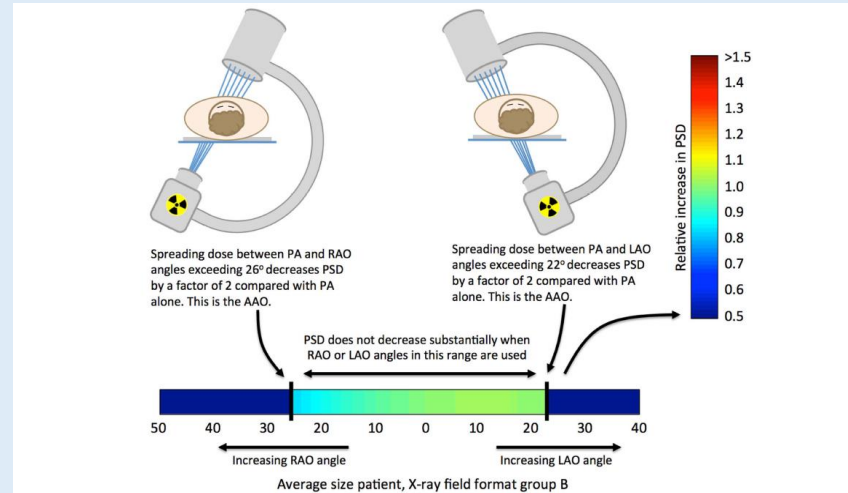


Figure 1 Use of the PSD plots to extract clinically relevant information (AAO, angle to avoid overlap; PSD, peak skin dose; LAO, left anterior oblique; PA, posteroanterior; RAO, right anterior oblique).

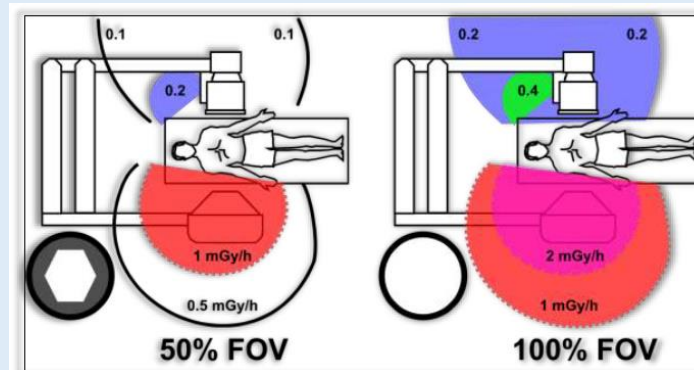
PRATİK İPUÇLARI

- Magnifikasyon

- Büyütme hastanın dozunu artırır (ışın enerjisi daha küçük alana yoğunlaştırılmış olur)
- İnceleme için mümkün olan en geniş görüş alanı kullanılmalıdır. En geniş ve en küçük görüş alanı arasındaki doz farkı yaklaşık 4 kattır.
- Modern sistemlerde, görüntüde önemli ölçüde bir bozulmaya yol açmadan ve ilave radyasyona neden olmadan **canlı zoom** özelliği mevcuttur.

PRATİK İPUÇLARI

- Kolimasyon
- Kolimatör, x-ışın kaynağının çıkışında x-ışın alanını sınırlamak için kullanılan kurşun levhalardan oluşur
- Görüntüleme görevi için uygun kolimasyon kullanılmalıdır
- Bu hem hastanın dozunu hem de personelin dozunu düşürür
- Modern sistemler sanal kolimasyon ile donatılmalıdır

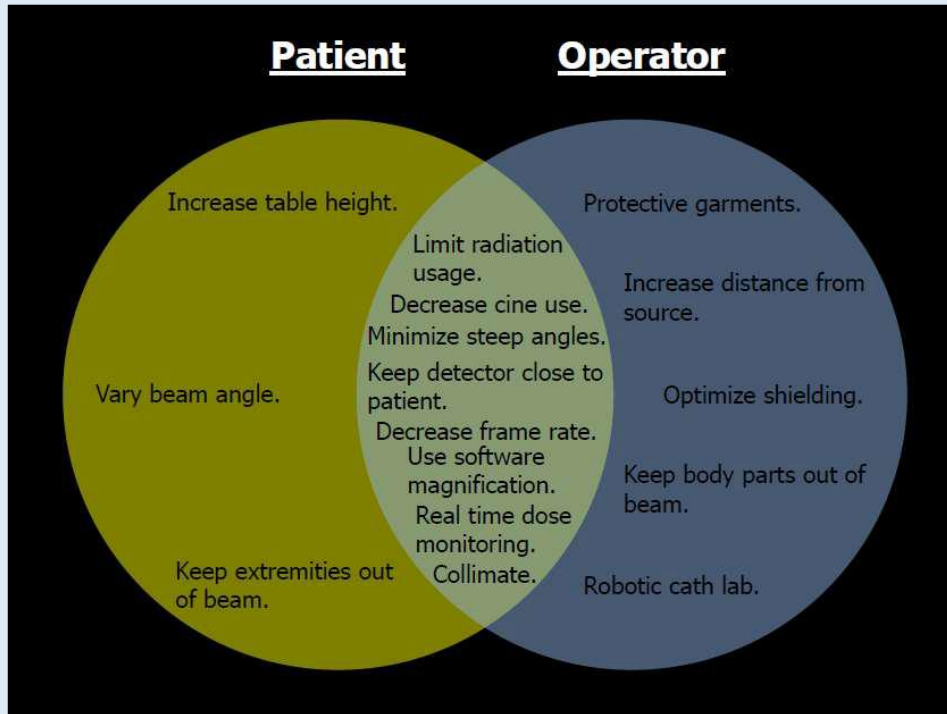


PRATİK İPUÇLARI

- Sistem Ayarları

- Sisteminizi ve seçeneklerini tanımanız önemlidir
- Mümkün olduğunda en düşük doz ayarını kullandığınızdan emin olun
- Başlangıç doz ayarını, düşük doz modu olarak ayarlamak için firma/teknisyenle görüşülmelidir (Gerektiğinde düşürmek yerine gerektiğinde artış (unutmak için daha az şans)
- Uygun görüntü hızı kullanılmalı ve mümkünse düşürülmelidir
- Uygun görüntü toplama modu kullanılmalıdır
- Yeni bir sistem satın alırken uygun filtrasyona sahip olduğundan emin olun
- Cu, düşük enerjili x-ışın fotonlarını durdurarak, cildin dozunu düşürür

Özet



Doz İzleme

- Recommendations stated in NCRP 168:

Recommendation 14

Interventionalists *shall* be responsible for patient radiation levels during FGI procedures and *shall* ensure that radiation dose accumulation is continuously monitored during the procedure.

Recommendation 15

Patient dose data *shall* be recorded in the patient's medical record at the conclusion of each procedure. This *shall* include all of the following that are available from the system: $D_{skin,max}$, $K_{a,r}$, P_{KA} , fluoroscopy time, and number of fluorographic images.

Recommendation 19

Facilities *shall* have a process to review radiation doses for patients undergoing FGI procedures.

Advisory data based on measured dosimetric quantities (in particular P_{KA} or $K_{a,r}$ to manage overall performance, and $K_{a,r}$ to manage deterministic effects) *should* be used for quality assurance purposes.



Framerate
Dose mode
Fluoro time

DAP
Cumulative K_a

NCRP REPORT No. 168

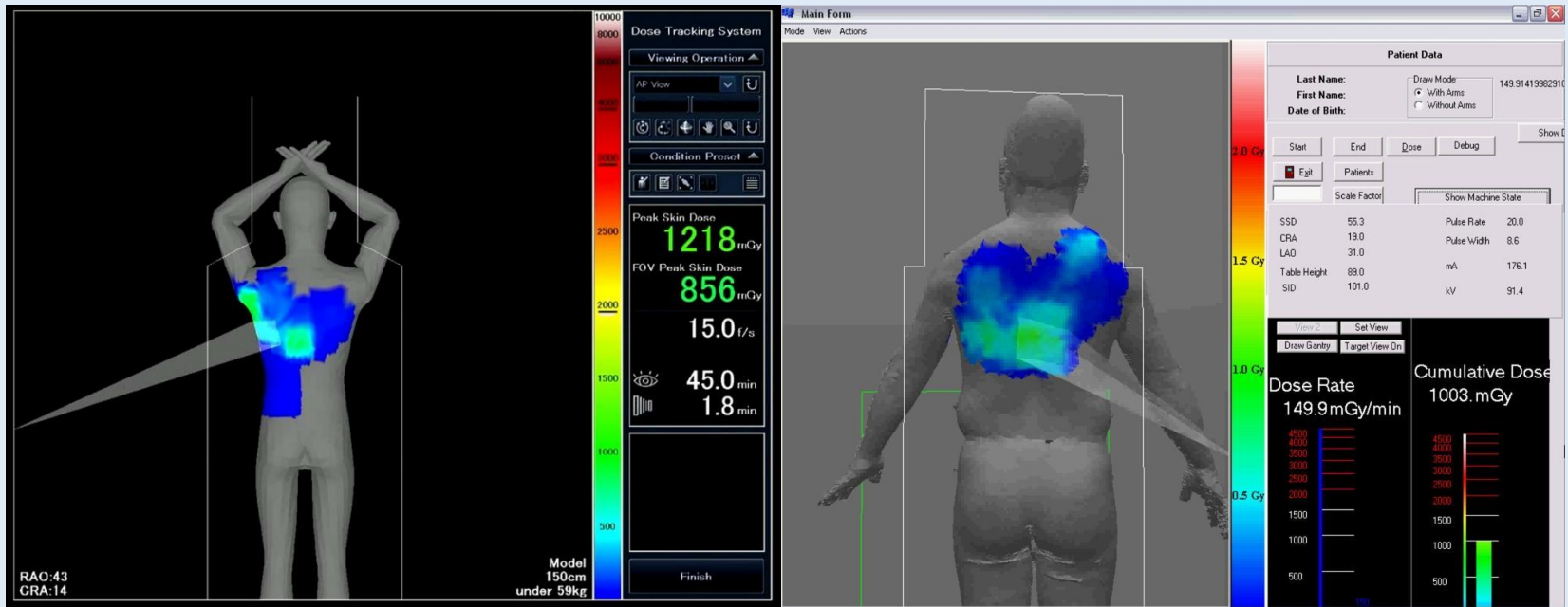
RADIATION DOSE
MANAGEMENT FOR
FLUOROSCOPICALLY-
GUIDED INTERVENTIONAL
MEDICAL PROCEDURES



Cilt Doz Haritalaması ile Doz İzleme

- Cilt dozu haritalaması, aşırı çaba gerektiriyordu ve hasta bazlı uygulanamıyordu. Günümüzde hasta dozunu çevrimiçi veya prosedürden hemen sonra izlemek için araçlar mevcuttur
- Bu araçlar radyologların ve medikal fizikçilerin hasta takibini iyileştirmelerini sağlar
- Tekrar tekrar radyasyon dozuna maruz kalan hastalar için doz yönetimi, radyasyondan korunma amacıyla büyük öneme sahiptir (risk analizi ve ışınlanmış cildi bulma konusunda yardımcı olur)
- Pik cilt dozu haritalaması, olası deterministik etkileri öngörür
- Cilt Dozu Haritalaması (gerçek zamanlı veya sonradan işlenmiş) optimizasyon işleminin tetiklenmesi için çok önemlidir. İhtiyacı gösterebilir!

Cilt Doz Haritalaması ile Doz İzleme



<https://www.dicardiology.com/content/toshiba-introduces-enhanced-dose-tracking-system>

<https://us.medical.canon/news/press-releases/2014/03/28/1906/>

Tetikleme Seviyeleri ve Hasta Takibi

- Cilt hasarlarını önlemek için tetikleme seviyeleri ayarlanmalıdır
- Literatürde tetikleme seviyesi olarak 2-3 Gy'lık tipik eşik değerler (cilt dozu) bulunabilir.

Table 1. Suggested values for first and subsequent notifications and the SRDL

Dose Metric	First Notification	Subsequent Notifications (Increments)	SRDL
Peak skin dose (Gy)	2	0.5	3
Air kerma at the reference point (Gy)	3	1	5
Air-kerma product (Gy · cm ²)*	300	100	500
Fluoroscopy time (min)	30	15	60

Note: SRDL = substantial radiation dose level.

*Assuming a 100-cm² field at the patient's skin. For other field sizes, the air-kerma product values should be adjusted proportionally to the actual procedural field size (eg, for a field size of 50 cm², the SRDL value for air-kerma product would be 250 Gy · cm²).

Table 1

Trigger levels in terms of total KAP, corresponding to a peak skin dose of 2 Gy, for several interventional procedures in Belgian hospitals.

Trigger levels	KAP Gy cm ²
TIPSS & chemo embolisations of the liver	330
Cerebral embolisations	Mono-plane 175 Bi-plane 240
RF ablations	180
Biliary drainages	Conventional 160 PTC 180
Embolisations vena spermatica	270
ERCP	295
CA & PTCA [16]	125

Table 2

K_{a,r} and KAP values corresponding to a peak skin dose of 3 Gy.

		Corresponding to D _{skin,peak} of 3 Gy	
		K _{a,r} (Gy)	KAP (Gy cm ²)
NCRP 168	All procedures	5	500
Belgian study	TIPSS	2	500
	Cerebral embolisations	4	300
	Chemo-embolisations of liver	/	400
	RF ablations	3.5	250
	Biliary PTC	4	300

[Struelens L](#), [Bacher K](#), [Bosmans H](#), [Bleeser F](#), [Hoornaert MT](#), [Malchair F](#), [Balter S](#). Establishment of trigger levels to steer the follow-up of radiation effects in patients undergoing fluoroscopically-guided interventional procedures in Belgium. *Phys Med*. 2014;30(8):934-40. National Council on Radiation Protection and Measurements. **Radiation dose management for fluoroscopically-guided interventional medical procedures.** (NCRP Report 168: Bethesda MD); 2010

Tetikleme Seviyeleri ve Hasta Takibi

- Karaciğer kemoembolizasyon (chemoembolization (TACE) of the liver), nöroembolizasyon (neuro-embolization (NE)) ve perkütan koroner girişim (percutaneous coronary intervention (PCI)) için 9 Avrupa ülkesinde yapılan bir çalışma
- Tüm MSD (Maximum Skin Dose (MSD)) değerlerinin yaklaşık % 20–30'u 2 Gy'yi, sadece % 2-6'sı 5 Gy'yi aşmıştır.

Table 5

Suggested generic alert levels for MSD of 2 Gy and 5 Gy, based on mean alert levels of selected countries (countries which had roughly consistent alert levels).

Procedure	Suggested alert level, DAP (Gy cm ²)		Mean alert level DAP (Gy cm ²)		Number of countries included
	for MSD = 2 Gy	for MSD = 5 Gy	for MSD = 2 Gy	for MSD = 5 Gy	
TACE	300	750	323	746	5
PCI	150	250	138	240	6
NE	200	400	189	389	7

[Jarvinen H](#), [Farah J](#), [Siiskonen T](#), [Ciraj-Bjelac O](#), [Dabin J](#), [Carinou E](#), [Domienik-Andrzejewska J](#), [Kluszczyński D](#), [Knežević Ž](#), [Kopec R](#), [Majer M](#), [Malchair F](#), [Negri A](#), [Pankowski P](#), [Sarmiento S](#), [Trianni A](#). Feasibility of setting up generic alert levels for maximum skin dose in fluoroscopically guided procedures. *Phys Med.* 2018 ;46:67-74

Tetikleme Seviyeleri ve Hasta Takibi

- [Jarvinen H, Farah J, Siiskonen T, Ciraj-Bjelac O, Dabin J, Carinou E, Domienik-Andrzejewska J, Kluszczynski D, Knežević Ž, Kopec R, Majer M, Malchair F, Negri A, Pankowski P, Sarmiento S, Trianni A. Feasibility of setting up generic alert levels for maximum skin dose in fluoroscopically guided procedures. *Phys Med.* 2018 ;46:67-74](#)

Table 6

Comparison of alert levels in terms of DAP for MSD = 2 Gy suggested in this work with similar levels published earlier.

Procedure	Publication	Alert level, DAP Gy cm ²	Number of procedures	MSD measurement device
TACE	<i>This work</i>	300	91	RC film
	SAFRAD [26]	500		
	Struelens et al. [27]	330	30	TLD
	D'Alessio et al. [28]	530	15	RC film and micro MOSFET
	Miller et al. [29], Stecker et al. [30]	350	709	
PCI	<i>This work</i>	150	49	RC film
	SAFRAD [26]	300		
	ICRP [24]	150–250		
	NCRP [31]	300		
	Bogaert et al. [32]	125–250	318	TLD
	Domienik et al. [33]	345–415	27–54	RC film
	Trianni et al. [34]	140	33	RC film
NE	<i>This work</i>	200	104	RC film and TLD
	Struelens et al. [27]	240	30	TLD
	Sandborg et al. [35]	300	50	TLD
	Sandborg et al. [36]	430	71	TLD
	Moritake et al. [37]	185	35	PLD
	Moritake et al. [38]	300	28	PLD
	D'Ercole et al. [39]	700	21	RC film

Hasta Takibi

- Steve Balter: “Obez hastalar ile iyi bir klinik uygulamada deterministik etkiler için eşik değerler bazen aşılabılır. Obez hastaların uygun şekilde tedavi edildiği anlamına gelir. Ancak deri yaralanmaları asla prosedür sonrası bir sürpriz olmamalıdır ”

Recommendation 16

If a substantial radiation dose level (SRDL) (Table 4.7 and Section 4.3.4.2) is exceeded while performing an FGI procedure, the interventionalist *shall* place a note in the medical record, immediately after completing the procedure, that justifies the radiation dose level used.

Recommendation 17

If an SRDL is exceeded for an FGI procedure, the patient and any caregivers *should* be informed, prior to discharge, about possible deterministic effects and recommended follow-up.

If fluoroscopy time exceeds the SRDL, but other measured dose metrics do not exceed the SRDL, patient information and follow-up *may not* be necessary.

Diagnostik Referans Seviyeler

- DRL, diagnostik ve girişimsel incelemeler için hastaların medikal ışınlamalara karşı korunumunun optimizasyonu için kullanılan bir araçtır
- Referans seviyeler, belirli bir doz ölçüm protokolü kullanılarak geniş bir hasta dağılımı için tipik olarak ortanca dozun 75'inci (ve 25'inci) yüzdelik değerine ayarlanır
- Diagnostik referans seviyeleri, mesleki değerlendirmeye destek niteliğindedir ve iyi ile kötü uygulama arasında ayrım çizgisi sağlamaz. Halk yada medikal personele uygulanmaz sadece medikal ışınlamalar için uygulanır. **Bir doz limiti değildir**
- Dozun uygunluğunun araştırılmasının başlatılmasını gerektiren doz seviyesini temsil ederler. *Çok yüksek yada çok düşük*
- Yeni referans seviyeleri oluşturmak için doz taramaları periyodik olarak tekrarlanmalıdır
- ICRP 135, etkin DRL protokolleri oluşturma konusunda birçok öneri içermektedir.

Diagnostik Referans Seviyeler

- [Siiskonen T](#), [Ciraj-Bjelac O](#), [Dabin J](#), [Diklic A](#), [Domienik-Andrzejewska J](#), [Farah J](#), [Fernandez JM](#), [Gallagher A](#), [Hourdakis CJ](#), [Jurkovic S](#), [Järvinen H](#), [Järvinen J](#), [Knežević Ž](#), [Koukorava C](#), [Maccia C](#), [Majer M](#), [Malchair F](#), [Riccardi L](#), [Rizk C](#), [Sanchez R](#), [Sandborg M](#), [Merce MS](#), [Segota D](#), [Sierpowska J](#), [Simantirakis G](#), [Sukupova L](#), [Thrapsanioti Z](#), [Vano E](#). Establishing the European diagnostic reference levels for interventional cardiology. *Phys Med*. 2018;54:42-48.

Table 1

Procedures for which the data were collected, number of procedures and characteristics of patient distributions. Data for PI was evenly distributed between SCH, DCH and CRT procedures.

Procedure	n	Mean age (y)	Sex	Mean mass (kg)	Mean height (cm)
CA	4319	67	F: 35%, M: 65%	81	171
PCI	6467	66	F: 25%, M: 75%	82	171
CTO	192	64	F: 13%, M: 87%	82	172
PI	1587	72	F: 33%, M: 67%	81	171
EF	1462	57	F: 36%, M: 64%	84	173
TAVI	895	82	F: 51%, M: 49%	74	164

Coronary Angiography (CA),
Percutaneous Coronary Intervention (PCI),
Pacemaker Implantation (PI),
Electrophysiological procedures (EF)
Transcatheter Aortic Valve Implantations (TAVI).
Chronic Total Occlusions (CTO)

Pacemaker implantations were further divided into single (SCH) and dual chamber (DCH) procedures and implantations of cardiac resynchronization therapy (CRT) pacemaker.

Electrophysiological procedures were divided into atrioventricular nodal reentrant tachycardia (AVNRT), atrial flutter (FL) and atrial fibrillations (AF).

Diagnostik Referans Seviyeler

- [Siiskonen T](#), [Ciraj-Bjelac O](#), [Dabin J](#), [Diklic A](#), [Domienik-Andrzejewska J](#), [Farah J](#), [Fernandez JM](#), [Gallagher A](#), [Hourdakis CJ](#), [Jurkovic S](#), [Järvinen H](#), [Järvinen J](#), [Knežević Ž](#), [Koukorava C](#), [Maccia C](#), [Majer M](#), [Malchair F](#), [Riccardi L](#), [Rizk C](#), [Sanchez R](#), [Sandborg M](#), [Merce MS](#), [Segota D](#), [Sierpowska J](#), [Simantirakis G](#), [Sukupova L](#), [Thrapsanioti Z](#), [Vano E](#). Establishing the European diagnostic reference levels for interventional cardiology. *Phys Med*. 2018;54:42-48.

Table 2

The median total P_{KA} values (in Gy cm²) for each procedure and each country. The last two columns are the 3rd quartiles (without and with weight restriction) of the data on each row. The median P_{KA} values that are based on less than five data points are given in parentheses. DRL was calculated from medians with at least five data points. *Includes ablation. The 3rd quartiles in parenthesis are calculated without this values.

Procedure	BE	HR	CZ	FI	FR	GR	IR	LB	PL	RS	ES	SE	CH	3rd quartile	3rd quartile (restr)
CA	35.6		35.5	21.2	22.0	–	35.3	12.8	14.1	42.2	34.2	17.5	65.7	35.5	36.8
PCI	87.3	35.9	89.8	45.7	57.6	44.5	73.0	37.7	28.5	98.1	63.4	31.7	135	87.3	68
CTO	–	–	–	–	120	–	(271)	–	–	–	–	143	–	137	–
TAVI	(305.4)	(55.4)	130	89.4	134	193	87.1	99.2	–	–	25.9	87.2	96.8	130	140
PI SCH	–	–	2.18	1.86	–	5.60	2.63	2.40	–	2.97	–	1.43	–	2.80	3.8
PI DCH	–	–	2.28	3.20	–	(25)	2.53	3.84	–	5.16	–	0.86	–	3.65	4.23
PI CRT	–	–	18.4	31.4	14	6.63	15.8	4.96	–	19.2	5.82	4.13	–	18.4	20.8
EF AVNRT	–	–	0.97	3.67	–	–	(2.26)	–	–	–	–	2.73	–	3.2	4.75
EF FL	–	–	0.96	14.5	–	–	–	–	–	–	–	6.58	–	10.5	–
EF AF	–	–	2.51	29.2	–	–	4.84	–	–	–	–	8.41	–	13.6	16.0
EF ALL	–	–	1.09	14.5	3.5	5.28	3.5	109.1*	–	–	13.7	6.53	–	14.1 (11.9)	(13.5)

The data was collected from 12 European countries (Belgium (BE), Croatia (HR), Czech Republic (CZ), Finland (FI), France (FR), Greece (GR), Ireland (IE), Poland (PL), Serbia (RS), Spain (ES), Sweden (SE) and Switzerland (CH)) and Lebanon (LB).

Diagnostik Referans Seviyeler

- [Siiskonen T](#), [Ciraj-Bjelac O](#), [Dabin J](#), [Diklic A](#), [Domienik-Andrzejewska J](#), [Farah J](#), [Fernandez JM](#), [Gallagher A](#), [Hourdakis CI](#), [Jurkovic S](#), [Järvinen H](#), [Järvinen J](#), [Knežević Ž](#), [Koukorava C](#), [Maccia C](#), [Majer M](#), [Malchair F](#), [Riccardi L](#), [Rizk C](#), [Sanchez R](#), [Sandborg M](#), [Merce MS](#), [Segota D](#), [Sierpowska J](#), [Simantirakis G](#), [Sukupova L](#), [Thrapanioti Z](#), [Vano E](#)⁷. Establishing the European diagnostic reference levels for interventional cardiology. *Phys Med*. 2018;54:42-48.

Table 3

The median cumulative air kerma C_K values (in mGy) for each procedure and each country. The last column is the 3rd quartile of the data on each row. The median C_K values that are based on less than five data points are given in parentheses. DRL was calculated from medians with at least five data points. *Includes ablation. The 3rd quartile in parenthesis is calculated without this value.

Procedure	BE	HR	CZ	FI	FR	GR	IR	LB	PL	RS	ES	SE	CH	3rd quartile
CA	478	178	359	299	274	–	416	186	271	486	578	–	–	463
PCI	1170	747	965	736	803	661	1631	602	626	1481	1320	–	–	1245
CTO	–	–	–	–	1467	–	(4352)	–	–	–	–	2204	–	2020
TAVI	(2123)	(537)	826	1292	894	1550	866	932	–	–	269	1196	810	1196
PI SCH	–	–	–	19	–	53	35	20	–	28	–	10	–	33
PI DCH	–	–	–	28	–	(238)	26	30	–	48	–	6	–	30
PI CRT	–	–	–	295	99	63	150	43	–	176	–	34	–	163
EF AVNRT	–	–	–	36	–	–	(23)	–	–	–	–	–	–	36
EF FL	–	–	–	150	–	–	–	–	–	–	–	–	–	150
EF AF	–	–	–	374	–	–	70	–	–	–	–	–	–	298
EF ALL	–	–	–	150	–	47	42	894*	–	–	–	–	–	150 (73)

Diagnostik Referans Seviyeler

- [Siiskonen T](#), [Ciraj-Bjelac O](#), [Dabin J](#), [Diklic A](#), [Domienik-Andrzejewska J](#), [Farah J](#), [Fernandez JM](#), [Gallagher A](#), [Hourdakis CJ](#), [Jurkovic S](#), [Järvinen H](#), [Järvinen J](#), [Knežević Ž](#), [Koukorava C](#), [Maccia C](#), [Majer M](#), [Malchair F](#), [Riccardi L](#), [Rizk C](#), [Sanchez R](#), [Sandborg M](#), [Merce MS](#), [Segota D](#), [Sierpowska J](#), [Simantirakis G](#), [Sukupova L](#), [Thrapsanioti Z](#), [Vano E](#)⁷. Establishing the European diagnostic reference levels for interventional cardiology. *Phys Med.* 2018;54:42-48.

Table 4

Suggested DRL (P_{KA} and C_K) for selected procedures. For electrophysiological procedures the DRL is given for the pooled AVNRT, FL and AF data. *Without ablation.

Procedure	CA	PCI	TAVI	PI SCH	PI DCH	PI CRT	EF ALL
Suggested DRL (P_{KA} , Gy cm ²)	35	85	130	2.5	3.5	18	12*
Suggested DRL (C_K , mGy)	460	1200	1200	30	30	160	70*

Table 5

Summary of published DRL studies from the past ten years.

Country	Diagnostic reference level for P_{KA} (Gy cm ²)					
	CA	PCI	CA + PCI	PI	EF	TAVI
SENTINEL study [7]	45	85			35	
Sweden [22]	80					
UK [8]	29	50		11		
Belgium [9]	71.3	106				
Ireland [10]	42	84	107	21		
Croatia [11]	32	72				
Bulgaria [12]	40		140			
Switzerland [13]	102	125				
USA [23]	83	193	199			
Greece [14]	53	129		36		
France [15]	38	80				
Finland [16]	30		75	3.5*	25**	90

* Does not include CRT.

** AF only.

Table 5 Diagnostic reference levels²³

	DAP per exam (Gy cm ²)	Fluoroscopy time per exam (min)
Coronary angiography	31	4.3
Coronary graft angiography	47	13
Percutaneous transluminal coronary angioplasty (single stent)	40	11.3
Pacemaker (permanent)	7	6

DAP, dose area product.

Personel Dozimetrisi

- Hastaların DAP değerleri var, personelin ise doz ölçeri var! Girişimsel radyoloji incelemelerinde medikal personelin maruz kaldığı yüksek dozlar, personel için sağlam ve yeterli izleme düzenlemelerinin kullanılmasını gerektirir.
- Peronel için kişisel dozimetreler tipik olarak Termoluminesans Dozimetrelerdir (TLD'ler)
- İki dozimetrenin takılması önerilir (bazen zorunludur):
 - Meme veya bel seviyesine giyilen önlük altı dozimetre, etkin dozun bir tahminini verir ve kurşun önlüğün doğru şekilde giyilip giyilmediği gösterir
 - Yaka düzeyinde tiroit koruyucu üzerinde taşınan dozimetre, göz lensi dozu hakkında bir tahmin sağlar
- İzleme süresi bir ay olmalı ve üç ayı geçmemelidir

Personel Dozimetrisi



Gerçek Zamanlı Personel Dozimetri

- Kateterizasyon yada Cath laboratuvarında gerçek zamanlı radyasyon dozu izleme, personelin herhangi bir zamanda radyasyon doz seviyelerini görmesini sağlar ve doz seviyeleri yükselirken onları uyarabilir
- Günlük uygulamada kullanılsa bile yine de faydalı olabilir:
- Aktif, elektronik kişisel dozimetrelerin optimizasyon izleme, eğitimsel amaçlar, ve doza göre özel doz çalışmaları için yararlı olduğu kanıtlanmıştır.



Personel Dozimetrisi

- **Personel Dozimetrisinde Kullanılan Algoritmalar**

Table I. The five algorithms used to calculate the effective doses (E).

Name	Algorithm
NCS	$E_1 = H_{\text{outside}}/5$
NCRPd	$E_2 = 0.5H_{\text{under}} + 0.025H_{\text{outside}}$
NCRPs	$E_3 = H_{\text{outside}}/21$
Clerinx	$E_4 = 1.64H_{\text{under}} + 0.058H_{\text{outside}}$
Niklason	$E_5 = 0.02(H_{\text{outside}} - H_{\text{under}}) + H_{\text{under}}$

Notes: NCRPd = NCRP with double dosimetry, NCRPs = NCRP with single dosimetry, H_{under} = dose measured under the lead apron, H_{outside} = dose measured over the lead apron.

[Clerinx P](#), [Buls N](#), [Bosmans H](#), [de Mey J](#). Double-dosimetry algorithm for workers in interventional radiology. [Radiat Prot Dosimetry](#). 2008;129(1-3):321-7.

[Niklason LT](#), [Marx MV](#), [Chan HP](#). The estimation of occupational effective dose in diagnostic radiology with two dosimeters. [Health Phys](#). 1994;67(6):611-5.

National Council on Radiation Protection and Measurements Use of personal monitors to estimate effective dose equivalent and effective dose to workers for external exposure to low-LET radiation. *NCRP Report 122* (1995).

National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation dose management for fluoroscopically-guided interventional medical procedures. NCRP Report No. 168. Bethesda, Maryland: National Council on Radiation Protection and Measurements.

Personel Dozimetrisi

[O'Connor U](#), [Walsh C](#), [Gallagher A](#), [Dowling A](#), [Guiney M](#), [Ryan JM](#), [McEniff N](#), [O'Reilly G](#). Occupational radiation dose to eyes from interventional radiology procedures in light of the new eye lens dose limit from the International Commission on Radiological Protection. [Br J Radiol](#). 2015;88(1049):20140627

- Üç tecrübeli ve sadece altı aylık tecrübeye sahip girişimsel radyolog incelenmiş
- Yıllık 50 hafta çalışılması durumunda ortalama sol göz dozu 7.1- 44.9 mSv ve sağ göz dozu ise 4.1- 29 mSv.
- Prosedür başına, sol ve sağ göz ortalama dozu ise 55 μ Sv
- Birim DAP başına ortalama göz dozu 1.2 μ Sv Gy⁻¹cm⁻²
- Dört girişimsel radyologdan ikisinin sol göz dozu, yeni ICRP'yi doz limitini aşacak şekilde doz almıştır. Bu sonuçlar korunmasız göz içindir.

Personel Dozimetrisi

[Padovani R, Rodella CA. Staff dosimetry in interventional cardiology. Radiat Prot Dosimetry. 2001;94\(1-2\):99-103.](#)

- İnceleme başına kardiyolojist etkin dozu 4.7 (0.2 -18.8) μSv
- İnceleme başına hemşire ve teknisyen etkin dozu 1.3 (0.07 – 3.7) μSv

Hasta DAP değerine normalize edilmiş inceleme başına dozlar ise

- Kardiyolog için 0.11 (0.006 – 0.41) $\mu\text{Sv Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$
- Hemşire ve teknisyen için 0.016 (0.008 – 0.038) $\mu\text{Sv Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$

İnceleme başına göz lens dozu 75 – 400 μSv ,

İnceleme başına el dozu 5 – 680 μSv

Personel Dozimetrisi

[Vano E](#), [Fernandez JM](#), [Resel LE](#), [Moreno J](#), [Sanchez RM](#). Staff lens doses in interventional urology. A comparison with interventional radiology, cardiology and vascular surgery values. [J Radiol Prot](#). 2016;36(1):37-48.

- Üroloji prosedürleri için medyan ve 3. çeyrek değerler :
- Hasta dozları 30 ve 40 Gy cm²;
- Apron üzerindeki kişisel doz eşdeğeri Hp (10) (µSv / prosedür): 393 ve 848 (için ürologlar); 21 ve 39 (hemşireler için).
- Ürologlar için apron üstü prosedür başına medyan doz değerleri, uygun koruma ile (tavan asılı kurşun ekranlar) kateterizasyon laboratuvarlarında çalışan radyologlar ve kardiyologlar için ölçülenlerden 18.7 kat, aynı hastanede çalışan damar cerrahları için ölçülen değerlerden 4,2 kat daha yüksek bulunmuştur.
- Yazarlar, en azından ana cerrahın girişimsel üroloji prosedürleri sırasında koruyucu gözlük kullanmasını önermektedir.

Personel Dozimetrisi

[Vano E](#), [Sanchez RM](#), [Fernandez JM](#). Estimation of staff lens doses during interventional procedures. Comparing cardiology, neuroradiology and interventional radiology. [Radiat Prot Dosimetry](#). 2015;165(1-4):279-83.

- Aynı hastanede çalışan 204 IC, 274 IN ve 220 IR incelemesi için önlük üstünde takılan aktif elektronik kişisel dozimetreler ile inceleme başına ölçülen medyan/üçüncü çeyrek değerleri sırasıyla, 21/67, 19/44 and 24/54 μSv 'tir.
- Operatörlerin çoğu, tavana asılı koruyucu ekran kullanmıştır.
- Hasta doz değerleri (ortanca / üçüncü çeyrek) sırasıyla, 75/128, 83/176 ve 61/159 $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$.
- Tavana asılı koruyucu ekran kullanan operatör için önlük üstünde takılan dozimetreden ölçülen medyan doz değerinin, hasta medyan doz değerine bölünmesinden elde edilen oranlar IC, IN ve IR için sırasıyla 0.36; 0.21 and 0.46 $\text{mSv Gy}^{-1} \text{cm}^2$.
- Kurşun önlük üzerinde göğüs hizasında ölçülen doz değerinden tahmin edilen lens dozu 21 μSv 'tir (ICRP Publication 85. International Commission on Radiological Protection. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Ann ICRP 30, 7–67 (2000). Dolayısıyla yeni göz lens doz limitine ulaşılması için, 3 girişimsel radyolog için ölçülen kurşun önlük üzerindeki medyan değerlerden yaklaşık yıllık 800 inceleme yapmaları gerekir.

Personel Dozimetrisi

F. Vanhavere, E. Carinou, J. Domienik, L. Donadille, M. Ginjaume , G. Gualdrini , C. Koukorava, S. Krim, D. Nikodemova, N. Ruiz-Lopez, M. Sans-Merce ,L. Struelens. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED Project. Radiation Measurements 46 (2011) 1243-1247.

Vanhavere ve arkadaşları ORAMED projesinin sonuç raporunda, girişimsel radyoloji ve kardiyoloji incelemeleri için TLD ile inceleme başına ölçtükleri medyan göz lens dozları 40 μSv 'ten düşüktür.

Kardiyoloji incelemeleri için ölçülen DAP değerine normalize lens dozu ise 0.7 $\mu\text{Sv}/\text{Gy cm}^2$ 'dir.

Vanhavere ve arkadaşları göz lensi yıllık doz limitinin (20 mSv) birçok girişimsel radyolog/kardiyolog tarafından aşılabileceğini rapor etmişler.

ORAMED (Organization of **R**adiation Protection of **M**EDical Staff)

Personel Dozimetrisi

Seals KF, Lee EW, Cagnon CH, Al-Hakim RA, Kee ST. Radiation-Induced Cataractogenesis: A Critical Literature Review for the Interventional Radiologist. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2016;39(2):151-60

Table 2 Lens doses seen in various interventional procedures

Procedure	Reference	Dose	Variation
Embolization	[14] ^b (General)	2.3E-3 (mSv/Gycm ²) ^c	1st/3rd Quartile: 2.1E-4/1.9E-3
	[33] ^b (Liver)	1.0E-3 (mSv/Gycm ²) ^c	NA
	[33] ^b (Brain)	1.2E-3 (mSv/Gycm ²) ^c	NA
	[38] ^a (Brain)	11.20 mSv ^d	Range 1.38–11.20
	[38] ^a (Pelvic)	3.43 mSv ^d	Range 0.41–3.43
	[38] ^a (Liver)	2.14 mSv ^d	Range 0.27–2.14
Pulmonary angiography	[38] ^a	1.49 mSv ^d	Range 0.19–1.49
Iliac angioplasty	[38] ^a	2.22 mSv ^d	Range 0.25–2.22
DSA/PTA lower limb	[14] ^b	4.7E-3 (mSv/Gycm ²) ^c	1st/3rd Quartile: 1.6E-4/1.3E-3
	[33] ^b	0.25E-3 (mSv/Gycm ²) ^c	NA
DSA/PTA renal	[14] ^b	3.0E-4 (mSv/Gycm ²) ^c	1st/3rd Quartile: 1.0E-4/4.2E-4
DSA/PTA cranial/carotid	[14] ^b	5.8E-4 (mSv/Gycm ²) ^c	1st/3rd Quartile: 1.9E-4/6.8E-4
	[33] ^b	7.5E-4 (mSv/Gycm ²) ^c	NA
	[27] ^b	13 μSv ^d	NA
Cerebral angiography	[40] ^b	2.1 μSv ^c	SD: 2.2
Neurointerventional (various)	[40] ^b	2.6 μSv ^c	SD: 1.6
Nephrostomy	[33] ^b	0.9E-3 (mSv/Gycm ²) ^c	NA
TIPS	[36] ^b	0.403 mSv ^c	SD: 0.328
	[38] ^a	3.72 mSv ^d	Range 0.41–3.72
	[27] ^b	8 μSv ^d	NA
CT-guided biopsy	[42]	3.9 μSv ^c	Range 0.5–218.9
CT-guided drain	[42]	1.9 μSv ^c	Range 0.03–52.6
Vertebroplasty	[41]	84 μSv ^c	NA
	[27] ^b	1129 μSv ^d	NA

^a Phantom study

^b Shielding used

^c Mean/median dose

^d Maximum dose (average not provided)

Personel Dozimetrisi

Seals KF, Lee EW, Cagnon CH, Al-Hakim RA, Kee ST. Radiation-Induced Cataractogenesis: A Critical Literature Review for the Interventional Radiologist. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2016;39(2):151-60

Table 3 Lens protection factors seen in various protection modalities

Technique	Reference	Dose reduction factor
Leaded eyeglasses	[55]	1.8–5.3
	[57]	1.5
	[56]	3 (Left); 1.8 (right)
	[61] ^a	5.4–10.2
	[53] ^a	1.2–4.5 (Left); 1.0-1.1 (right)
	[52]	2.1 (Left); 0.8 (right)
	[52] ^a	3.4–8.3 (Left); 1.5–2.3 (right)
Ceiling-suspended shield	[51] ^a	1.4–5.1
	[59]	19
	[61] ^a	132–(>1000)
	[14]	5–8 (ERCP, tube below table); 3–7 (embolization); none (various)
	[60] ^a	1.3–5.0
	[33] ^a	50
Radiation attenuating drapes	[52]	5.7 (Left), 4.8 (right)
	[65]	12
	[66]	4.3
	[61] ^a	5.2–24.6
	[60] ^a	1.5–3.3
	[67]	1.2
	[64]	2.2

^a Phantom study

Personel Dozimetrisi

[Vano E](#), [Kleiman NJ](#), [Duran A](#), [Romano-Miller M](#), [Rehani MM](#). Radiation-associated lens opacities in catheterization personnel: results of a survey and direct assessments. [J Vasc Interv Radiol](#). 2013;24(2):197-204.

Girişimsel kardiyoloji kongresine katılan 58 hekim ve 69 hemşire ve teknisyen ve ışınlamaya maruz kalmayan aynı yaştaki kontrol grubu üzerinde yapılan çalışmada;

İyonize radyasyona maruz kalma sonucu, **kardiyologların % 50'sinde** ve **hemşire ve teknisyenlerin % 41'inde** karakteristik posterior subkapsüler lens değişiklikleri gözlenmiştir. **Kontrol grubunda** ise benzer lens değişikliklerinin gözlenme oranının **% 10'dan daha az** olduğu bulunmuştur.

Tahmini kümülatif göz dozları, 0.1 - 18.9 Sv arasında değişmiştir. Çoğu lens yaralanması, göz koruması olmadan birkaç yıl çalıştıktan sonra ortaya çıkar.

Personel Dozimetrisi

- **Özet**

- *Girişimsel prosedürlerdeki doz, geometri, koruyucu donanım, ışınlama parametreleri, inceleme başına radyasyona maruz kalma süresi, yıllık inceleme sayısı, İşlemin karmaşıklığı ve operatörlerin deneyimi (Ciraj-Bjelac ve Rehani, 2014) gibi birçok faktöre bağlıdır.*
- *Göz lens dozu, tiroit seviyesinde tiroit koruyucu üzerinde yerleştirilen dozimetreden bulunabilir. Martin bunun için Göz Dozu= 0.75 x Yaka dozu formülünü önermiştir. Operatör 0.5-0.75 mm kurşun eşdeğeri koruyucu gözlük kullanması durumunda, lens dozu saçılan radyasyona ve gözlük kalitesine bağlı olarak 8-10 kat daha azdır.*

[Ciraj-Bjelac O, Rehani MM. Eye dosimetry in interventional radiology and cardiology: current challenges and practical considerations. Radiat Prot Dosimetry. 2014;162\(3\):329-37.](#)

[Martin CJ Personal dosimetry for interventional operators: when and how should monitoring be done? Br J Radiol. 2011;84\(1003\):639-48.](#)

KAYNAKLAR

- <https://www.iaea.org/sites/default/files/18/09/rpop-webinar-bosmans.pdf>
- https://gbiomed.kuleuven.be/apps/pentalfa/site/assets/files/1881/radiation_safety.pdf
- The Essential Physics of Medical Imaging, Third Edition., Bushberg J. T., Seibert J. A., Leidholdt E. M. Jr., Boone J. M., Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA, USA, 2012. 1048 pp
- <http://amos3.aapm.org/abstracts/pdf/137-41795-446581-136249.pdf>