

# Sugárzás elleni védelem az orvosi röntgen munkahelyeken.

## A dolgozók és a betegek sugárvédelme

- Dr Karlinger Kinga CSc, PhD
- Dr.med.habil
- egyetemi m. tanár

Dr.Németh Gábor és Dr.Szukits Sándor anyagának  
felhasználásával 2018.

- A radioaktivitás okozta veszélyeket természetesen nem tudták a felfedezésekor (rtg: 1895).
- A vele való kísérletezés és sokrétű használata (kutatók, orvosok, feltalálók, mérnökök stb.) azonnal elkezdtek használni – anélkül, hogy sejtették volna
- 1896-ra jelentek meg - technikai folyóiratokban először – utalások / történetek égési sérülésekről, hajhullásról egyéb rosszullétekről



2

- Az első riport a Vanderbilt egyetemről jelent meg: prof Daniel és Dr.Dudley kísérletei nyomán , mely dr Dudley fejét is érintette – hajvesztésről számoltak be nála.
- A következő riportot Dr H.D.Hawks írta, aki a Columbia Collegeban diplomázott , hogy súlyos, többszörös kéz és mellkasi égést szenvedett el az x-sugár demonstrálása következtében
- Ezeket a tudósításokat számos követte – még mindig csak az Electrical Review-ban (azaz nem orvosi folyóiratokban)

3

- További égési sérülésekről számoltak be Elihu Thomson (Thomas Edison laboratóriumában).
- William J.Morton és Nikola Tesla is beszámolt égési sérülésről
- Elihu Thomson **önkísérlete:** addig tartotta az ujjait a rtg cső alatt, míg fájdalmat nem érzett, ekkor ujjai megduzzadtak és felhólyagzottak.....*később pedig.....*
- Mások ugyanekkor az UV sugárzás és az ózon hasonló hatásáról számoltak be
- Több riportban **kétségbe vonták a rtg sugárzás ártalmatlan** voltát

4

- **1902**-ben William Robert Rollins kétségbeesetten írta, hogy az ő a rtg sugárral kapcsolatos figyelmeztetései hasztalanok voltak, mind az ipar, mind a kollégái részére.
- Ekkor ő már **kísérletesen** bizonyította, hogy a rtg sugárral állatokat el lehet pusztítani, a gravid tengerimalacoknál abortus következett be és a foetus is elhalt.
- Kimutatta a különféle állatok különbözőképpen érzékenyek az "x-fény"re, és figyelmeztetett, hogy ezeket a különbségeket meg kell fontolni a paciensek rtg sugárral való kezelésekor!!!

5

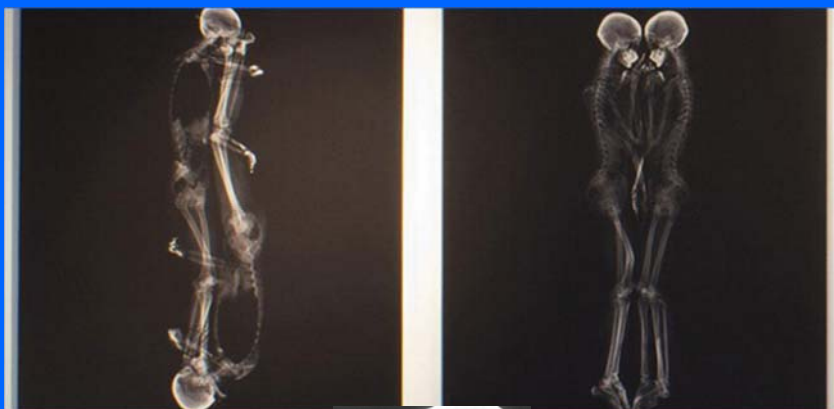
- Azelőtt, hogy tudták volna, hogy milyenek a sugárzás biológiai hatásai, orvosok és társaságok **nyilvánosan** beszerezhető **gyógyszerként** reklámoztak radioaktív anyagokat – mint a sötétben ragyogó pigmentet.



pedoskope

- Pl: radium beöntés

- Radium tartalmú ital: tonicum



7

- Marie Curie Sklodowska fellépett ez ellen – mondván – nem ismerjük, ill. nem értjük még eléggé a sugárzás hatásait. (valószínűleg ionizáló sugárzás okozta - **aplasticus anaemiában** halt meg)



- **1930**-ra már elegendő adat állt rendelkezésre radiumtartalmú „medicinak” okozta csontnecrosisokról, halálesetekről – ekkor bevonták a piacról
- **(radioaktív kuruzslás** címén)



## A sugárzástól védendő csoportok

### -Foglalkozási

-**Medicalis** (Orvosi beavatkozások, vizsgálatok, kezelések)

-A széles társadalom védelme – nem csak mint egyéneket, hanem a **polpulációt**, mint egészet tekintve

Ezen csoportok expositio típusai különbözőek és különböznek az kormányok / nemzetközi szervezetek által meghatározott **legalis expositiós limitjeik** is

9

Nem akàrki, hanem egy bizonyos személy az, aki ki van téve a sugárzásnak



10

- **Orvosi dosis határok**
- Az orvosi sugárexpositiót a beteg javára akarjuk használni. Ha jól és a célnak megfelelően állapítjuk meg az expositiót és a sugár használatát optimáljuk, akkor a dosist úgy állítjuk be, hogy a szándékunknak megfelelő **orvosi cél elérése érdekében a lehető legkisebb dosist** alkalmazzuk.
- Ezért van az, hogy a hatóságok nem szabnak meg dosis limiteket az egyes orvosi eljárások részére.

11

ALARA



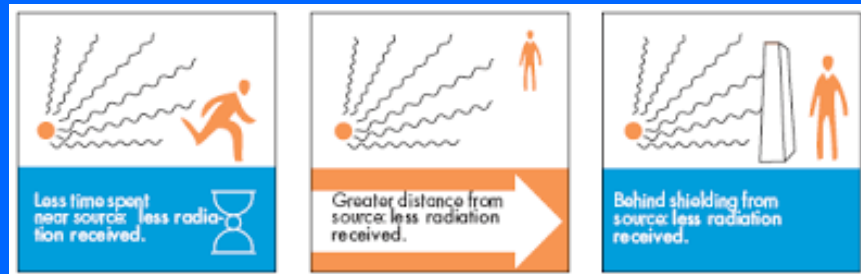
12

# A sugárzás elleni védekezés 3 princípiuma

Idő

Távolság

Árnyékolás



13

## ALARP = ALARA

- **As low as Reasonably Practicable**
- **=**
- **As low as reasonably Achievable**
- Az expositio lehetőség szerinti csökkentése éppúgy vonatkozik a **foglalkozásira**, mint a **medicalisra**.
- **Cél:** a radioaktív sugárzásnak való kitettség minimalizálása

14

- **A FELVETT DOSIST 3 TÉNYEZŐ BEFOLYÁSOLJA.**

- Ezek kombinációjával lehet befolyásolni az egy forrásból eredő sugárexpositio mértékét:

- **Idő**
- **Távolság**
- **Árnyékolás**

15



- **Idő**

- *Direkt korreláció van a sugárexpositio és a sugárforrás közelében eltöltött idő közt*
- *Kétféle sugárexpozícióval számolunk: **belső** és **külső** (direkt)*
- *Radiológiában a **külsőre** szorítkozunk, ezt kell minimalizálni*
- *A rtg vagy gamma sugárforrás expozíciós idejét csökkentve, csökkeni fog a kapott külső sugárdosis*

16

# IDŐ

- Ha csökkentjük az expositio időt, akkor az **effectiv dosis** részarányosan csökkenni fog
- Az időarányos dosiscsökkentésre - a vizsgálatra fordított idő csökkentésével - **jól trenirozható a működtető személyzet**

17

# TÁVOLSÁG

- A dosis a távolság növelésével **négyzetesen** csökken.
- Munka közben ez olyan egyszerű dologgal is elérhető, mint pl. ha a kezünk helyett csipeszt használunk.(isotop)



## • **Távolság**

- *Minél nagyobb a távolság az egyén és a sugárforrás között, annál kisebb a sugárdosis.*
- *Ha megkétszerezzük a távolságot, az expositio négyzetesen kisebb lesz .*
- *Megfelezve a távolságot az expozicio négyzetesen nő.*

19



## • **Árnyékolás:**

- *Véd bármely anyag, ami a sugárforrás és az egyén között van*
- *Rtg sugár: ólom*
- *Alpha sugár: elég egy papírlap*

20

# ÁRNYÉKOLÁS

- A biológiai árnyékolás egy olyan absorbens anyagra vonatkozik, ami a radioaktív forrás (reaktor) köré van helyezve, azért, hogy az ember számára biztonságos mértékűvé redukálja a sugárzást.
- Ennek a biológiai árnyékolásnak a hatásossága attól függ, hogy milyen a **szórása és absorbtioja** közötti keresztthatás, ami ennek az anyagnak az arra az egységre eső totalis tömegétől függ – ami a sugárforrás és a védendő régió között van.

21

Az árnyékolás erősségét vagy a vastagságot  $g/cm^2$  ben mérjük.

- A sugárzás exponencialisan csökkenthető  
Rtg gép / generator körül a falakban **ólomlemezeket** helyeznek el, vagy **barium sulphatot** tesznek a vakolatba.
- Az operatorok a vizsgálatot **ólmozott üvegen** át nézik
- Vagy, ha ugyanabban a szobában maradnak – **ólomgumi** öltözetet viselnek
- **Bármely anyagféleség szolgálhat rtg sugár, v. gamma sugár árnyékolásaként – csak legyen elég nagy a tömege / elég vastag**

22

- Ólom kazetta / kabin / bunker / szoba használható
- Az árnyékolás okozta csökkentő effectus attól az anyagtól függ, amelyet használnak (jellemzője a **felezési vastagság**)

23

## A dosisfelvétel szabályozása

- Nemzetközi és nemzeti hatáskörök:
- **Létjogosultság a sugárzás használatának igazolására:** Tilos bármilyen, szükségtelen / **indokolatlan** sugárzást használni. Azaz az előnyöknek meg kell haladniuk a hátrányokat
- **Behatárolás:** Minden egyes **személyt** védeni kell a rizikótól.
- **Optimalisatio:** A sugárdosisokat olyan alacsonyan kell tartani, amilyen csak elérhető (**ALARA**). Ez azt jelenti, hogy nem elég csupán a dosis limit alatt maradni, de a személyzet - mint engedéllyel rendelkező – **felelős** azért, hogy az ésszerűen elérhető legkisebb dosist alkalmazza, azaz az **aktuális dosisnak kisebbnek kell lennie, mint az engedélyezett limit.**

24

- **Electromágneses sugárzás ~ electromágneses hullámok tulajdonságai a hullámhossztól függenek.**

- A rtg sugárzást és a gamma sugárzást legjobban a **nehéz nucleonnal** bíró atomok nyelik el.
- Néha – különleges esetekben használnak is erre gyengített uraniumot vagy thoriumot.
- De a legáltalánosabb az **ólom** – amiből gyakran néhány cm vastagság is kell.
- Esetenként **Barium Sulphatot** használnak.

Barium sulphat



Periodic Table of the Elements

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H	He		B	C	N	O	F	Ne										
Li	Be		B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

- Az árnyékoló anyag ára is fontos
- Tulajdonképp bármely anyag használható lenne, csak legyen eléggé **vastag**.
- Az atomreaktorokban általában **betont** használnak, rajta egy vékony, vízzel hűtött ólomlemez van a belső oldalon – hogy védje a porosus betont a hűtőfolyadéktól.  
A betonhoz a gyártáskor nehéz atomsúlyú anyagokat adnak, mint pl a Baryt, mert ez fokozza a beton árnyékoló tulajdonságát.

A gamma sugarakat a nagyobb **atomsúlyú** és nagy **densitású** anyagok jobban absorbeálják, de a egyik hatás sem hasonlítható össze a gamma sugár útjába eső anyag **totalis tömegének** gyengítő hatásával.

26

azaz, hogy milyen **vastag** réteg akadályozza a sugárzás továbbjutását

(kövér ember!)



27

– Az **ultraviola** (UV) fény legrövidebb hullámhosszai is ionizálnak, de nagyon kicsi a penetraló képességük, már egy egyszerű napernyő, a ruházat vagy egy protektív napszemüveg is képes megakadályozni áthatolásukat.

– Minthogy az UV elleni védekezés sokkal egyszerűbb a többi ionizáló sugárzásénál – nem is szokták együtt kezelni ezeket.

28

## A szakszerűtlen árnyékolás veszélyei

- Némely esetekben a szakszerűtlenül felhasznált árnyékolás éppenséggel árthat, mert a **sugár interakcióba kerül az árnyékolásra szánt anyaggal** és **secunder sugárzást** bocsátanak ki, amit az élő szervezet jobban elnyel.
- Pl. bár a nagy atomszámú anyagok nagyon effectivek a **photonok** árnyékolásában, ha **béta részecskék** árnyékolására használják őket, a rtg fékezés sugárzásnak tulajdonítható nagyobb sugarexpozíciót okoznak – ezért ilyenkor kisebb atomszámú anyagok használata javasolt.
- Ilyesmi előfordulhat neutron aktivációval is, mikor maga az **árnyékoló anyag válik radioaktív**á, így sokkal veszélyesebbé, mint eredetileg volt.

29

## Sugárvédők formái:

- Falak, ablakok, ajtók, kezelő pult
- Mobilis rigid árnyékolók
- Felfüggesztett transparens árnyékolók
- Flexibilis (ólom, vagy ólomequivalens ) kötény, mellény, szoknya,
- Pajzsmirigy védő, ólomkesztyű, ólomszemüveg (oldalárnyékolással)

30

## Az egészségügyi személyzet védelme

- **Amennyire lehetséges, védeni kell a személyzet minden testrészét, sugárfogó anyaggal.**
- **Direkt rtg sugárnak a személyzet egyetlen porcikáját sem szabad kitenni!**
- **Erre valók a rtg sugár ellen védő felszerelések**

31

## A vizsgáló keze (átvilágítás)

Évek múlva jelentkezik

Kumulatív dosisterhelést szenved ,  
chronicus kisdosisú irradiatio:

Barna körmök  
Epidermis degeneratioja  
Szőrvesztés

+  
cataracta (4 eset)  
([Wagner 1999](#)).



Mihrah Kassabian

Több, mint 3000 patients.t vizsgálat  
meg (Rtg intézet vezetője USA)

32

# Szórt sugárzás elleni védekezés

## Ólomkötény

- **Elsődleges és elengedhetetlen**
- A vizsgáló orvos és az egészségügyi személyzet nem csak az esetleges **direkt**, hanem **szórt** sugárzásnak is ki van téve a vizsálat (átvilágítás, angiogr.,intervenciók) során.
- A szabályos/megfelelő védelem elengedhetetlen azért, hogy enyhítsen a sugárterhelés egészségügyi kockázatain és hogy biztosítsa az egészségügyi személyzet folytathassa munkáját.

33

## *Az ólomkötények anyaga*

- **3 különböző típusú árnyékoló anyag**
- Tradicionális ólom(gumi)kötény – különböző vastagságokban,
- Pillekönnyű ólom composit kötények,
- Nem-ólm kötények.

34

- Ezeket a végzendő/leggyakrabban végzett beavatkozások típusának megfelelően kell kiválasztani
- Minden anyagnak megvannak az előnyei (és hátrányai) ennek ismeretében minden vizsgálat előtt dönteni kell, hogy melyik lesz a legalkalmasabb (eljárás, időtartam, gyakoriság)
- Nem csak a kötény anyaga, hanem a **szabása** is fontos tényező

35

## *A kötény szabása*

- Megválasztása ugyancsak az **elvégzendő eljárástól függ.**
- Elegendő e a csak frontális védelem?
- Körkörös védelem kell e?
- Mellény+szoknya kombináció jobb e, (vállat tehermentesíti)
- Gyors levetésre / felvételre /cserére szükség van e?

36



Front védelem

## Pajzsmirigy védelem



38

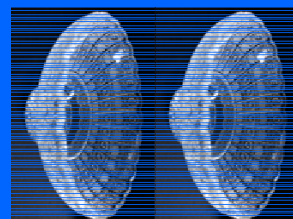
## Ólomszemüveg (ólmozott /ólomüveg védőszemüveg)



- A **szemlencse** nagyon sugárérzékeny.
- Radiológiai vizsgálatok közben a vizsgálószemélyzet szemlencséjét szórt sugárzás éri.
- Ez kumulálódva szürkehályghoz vezet
- A szem védelme elsődleges fontosságú, megfelelő ólomüveggel.
- +oldalsó védelem a beszóródó sugárzás ellen



Dioptriás  
0.5 ólom



39

## Ólom(gumi) kesztyűk

- A vizsgálószemélyzet **végtagjainak** védelme fontos.
- Főként a kezek vannak kitéve.
- Nem csak a **direkt** sugárzásra kell gondolnunk, hanem a **szórt sugárzásra** is.
- Nem csak radiológus vizsgálószemélyzet, hanem a sebészek (traumatológusok is. Sőt!)
- Mindenféle – sugár expozíciónak kitett intervenciónál fontos! (pl. szívkatéterezés)



0.5 cm



sebészi

40

# Ratkóczy szék

(Ratkóczy kabin – 1923, Párizs 1931)



- „Aki a páciens véd, önmagát is véd”

- Az ólomvértje a földig ér
- A lábat is védi
- Ülve lehet dolgozni
- Gurulva mozgatható
- Benne vannak a kazetták



41

## • Aktiv Árnyékolás (Active Shielding),

- is létezik (kísérletes):
- Erre mágneseket alkalmaznak, magas feszültséget v. mesterséges magnetosphaerákat, hogy lassítsák a sugárzást
- Még túl drága az általa elérhető eredményhez képest, a súlya nagy, ereje kicsi, a mágneses és elektrosztatikus konfiguráció nem homogén intenzitású
- Nagyenergiájú részecskék penetrálhatják a mágneses vagy elektromos mezők kis-intenzitású részeit.
- A **NASA** fejleszt ilyen aktív mágneses eszközt: superconductív mágnes (2012)

42

## A páciens sugárvédelme



43



Női gonadvédő



fogászati



44

## Távolsági sugárvédelem (négyzetes sugárfogyás!)

- **Kontroll zóna:**

a sugárforrástól mért 1,5 m sugarú kör (falig!)  
személyzet nem tartózkodhat eén belül az exponálás alatt  
(kísérő/hozzátartozó alkalmilag igen)

- **Ellenőrzési terület:**

a sugárforrástól mért 3.5.m sugarú kör (a kontrollzónán kívül)  
itt tilos az állandó tartózkodás

(kívül piros fény jelzés (ha sugár van, jelez)  
kívül gombos zár

falak, földémek, nyílászárók hézagmentes árnyékolása )

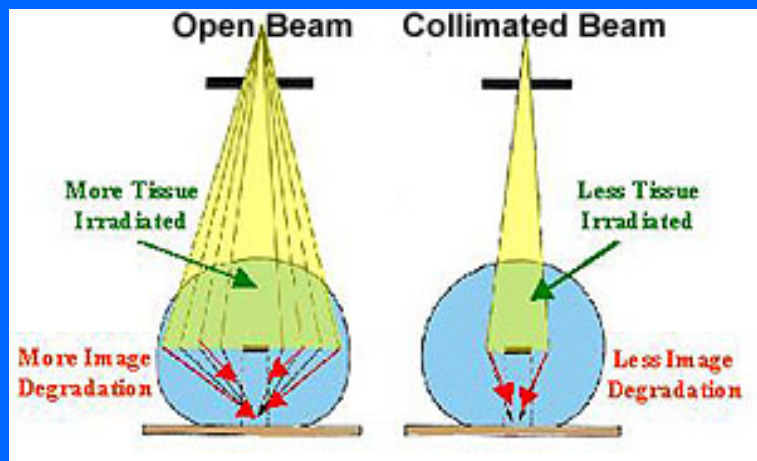
45

## A röntgensugarak osztályozása kV értékek alapján

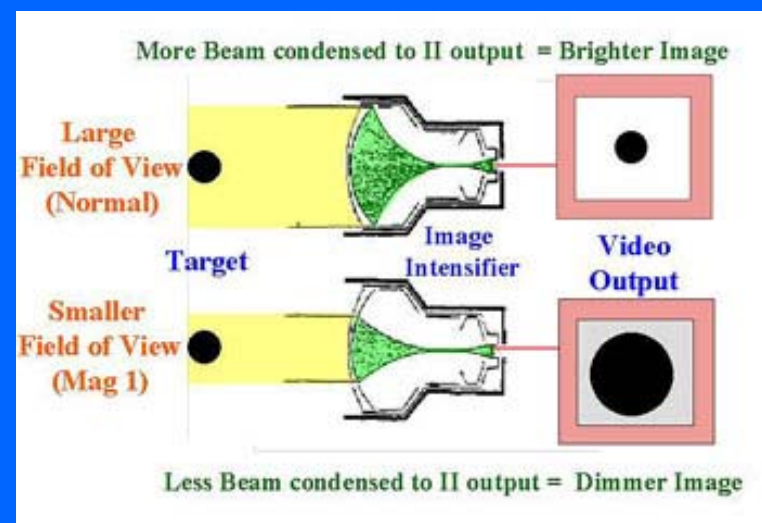
- Ultralágy 5-20 kV
- Lágy sugár 20-60 kV
- Középkemény 60-120 kV
- Kemény sugár 120-250 kV
- Ultrakemény 250 kV felett

46

## Fontos a blendézés (collimálás)

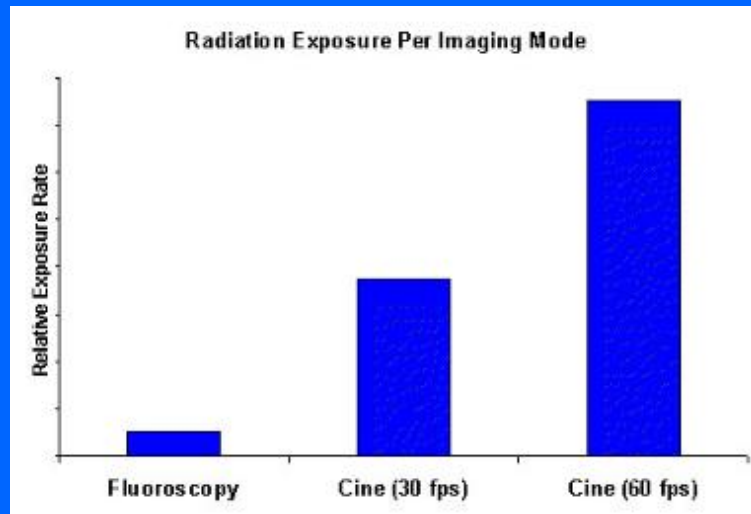


47



48

## Átvilágítási expositiók

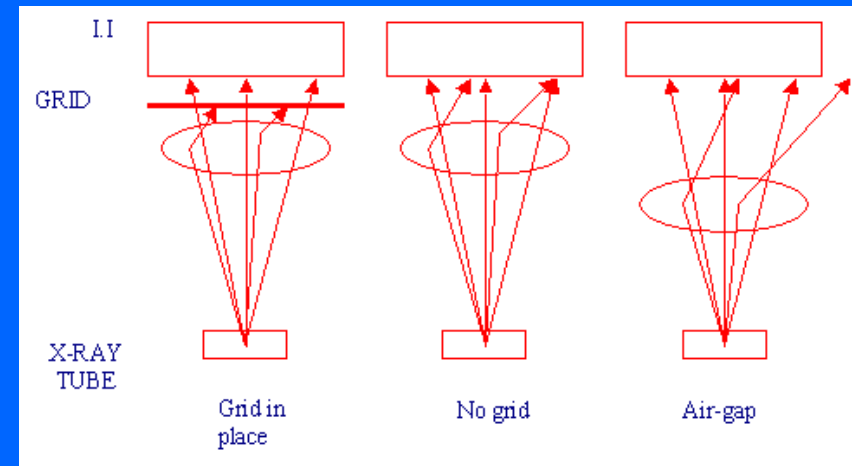


49

## Rács használata

Kisgyerekek, kicsi a szórt sugárzás, nem kell rács

Ha nagy a lég-gap, nem kell rács



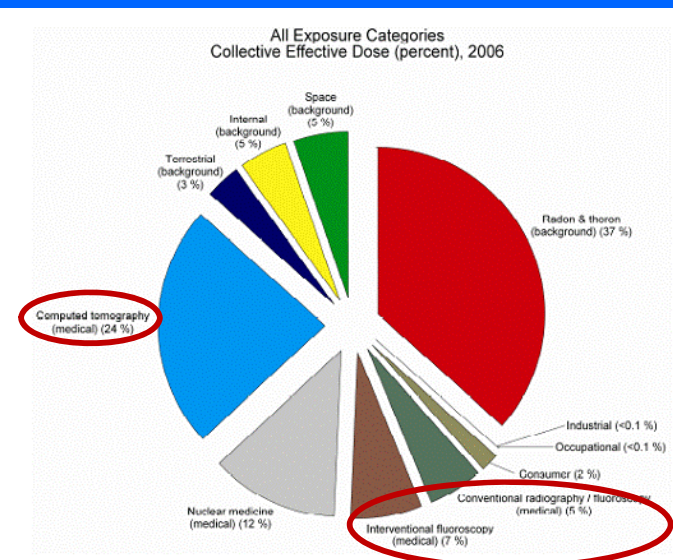
50

## Utolsó kép megtartás (befagyasztás)

- Előnye a diagnosztikailag fontos kép hosszabb tanulmányozhatóságának biztosítása :
- kevesebb sugár a
  - paciensnek és a
  - személyzetnek is.

51

## Átvilágítást (időt) csökkenteni kell



52

## „Sebészi” és „belgyógyászati” használatra



53



54



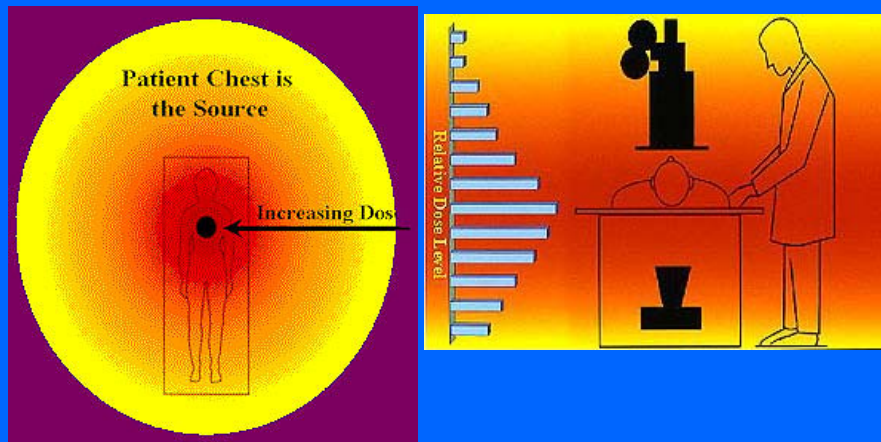
55

## „C” karos intervenció



56

A paciens szórja a sugarat = növeljük a pacienstől való távolságot



57

A rotálható cső előnye: kisebb dosis a vizsgálóra. főként a SZEM ! fontos



58



6 hét:  
2.fokú égés



20 hét



20 hónap



Op.:  
debridement,  
grafting



59

## Vigyázat!

Karok helyzete a beavatkozás alatt!

Középkorú nő: arrhythmia. A radiofrekvenciás electrophysiológiai ablatio.

Szívkatéterezés időtartama : **20 perc sugáridő** (biplanarás átvilágító berendezés)

Eltávolították a cső elé erősített távolságtartókat!, hogy a C-kart jobban lehessen rotálni a paciens körül.

Igy a paciens közelebb kerülhetett a sugárforráshoz, a bőr dosis megnőtt.

60



Vizsgálat közben – látszik, h. A kar a sugárkévébe került



3 hét múlva

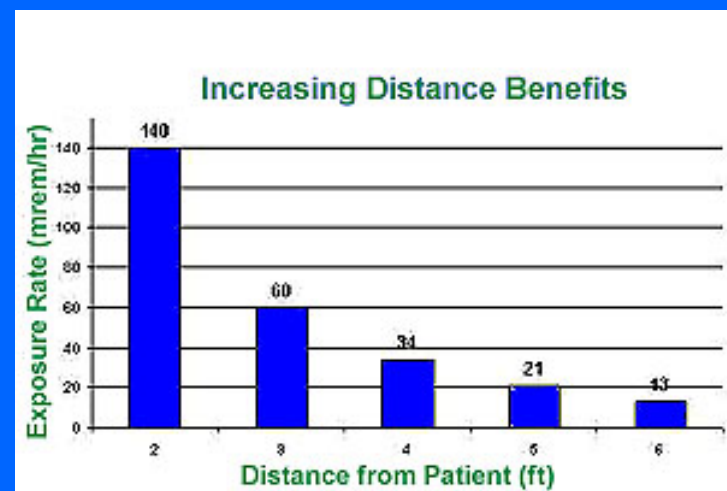


5 hónap múlva

7 hó múlva: debridment +lebenyátültetés



Távolság a pácienstől:  
ha egy lépéssel hátrébb áll a vizsgáló,  
a sugárexpozíciója négyzetesen csökken.

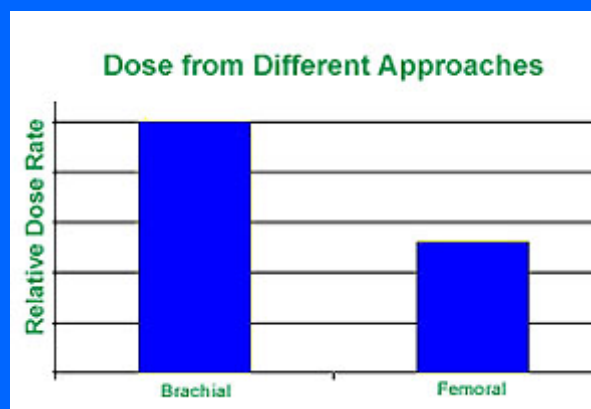


62

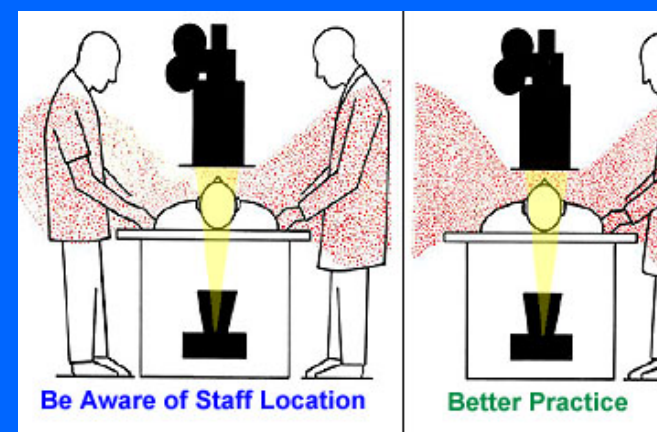
Nem mindegy a megközelítés sem (intervencionai)

Percutan transluminalis technikánál a **femorális behatolás** kevésbé terheli a műtőorvost, mint a **brachialis** (távolabb van a sugárforrástól)

A távvezérléses átvilágítás és az automatizált befecskendezés további sugárterhelési csökkenést jelent.



63

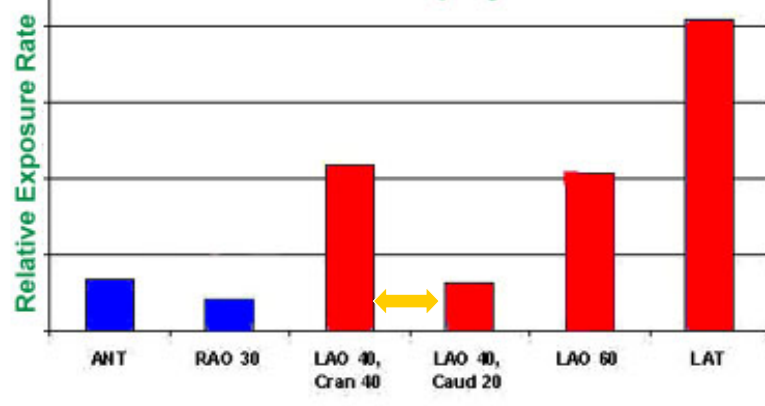


1 + 1

1

64

### Physician Radiation Exposure Effect of different projections

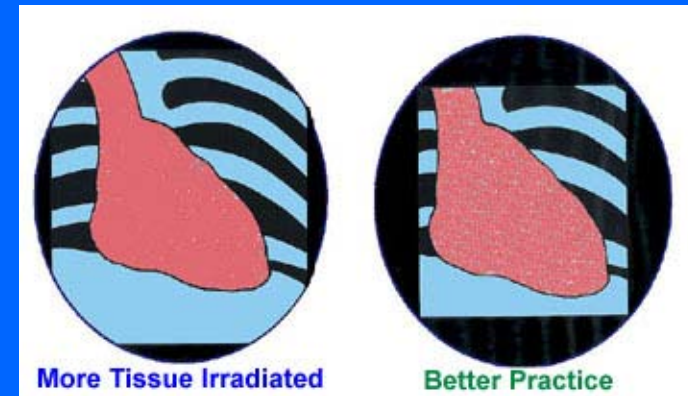


operatortól

operator felé

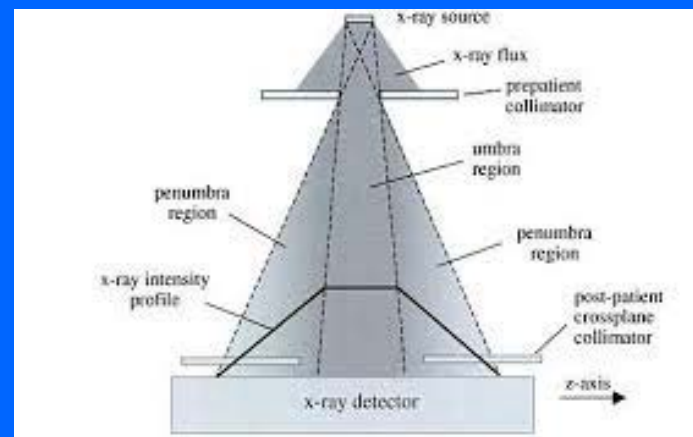
65

### Collimatio (blendezés) jelentősége

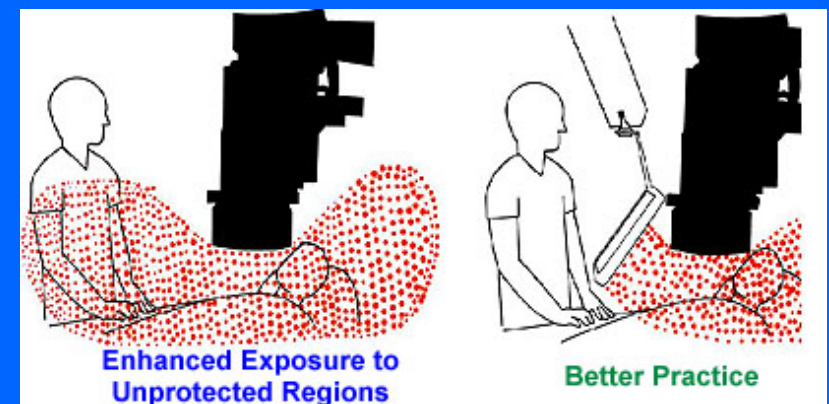


**Hogyan világítunk át a mellkast?**

66

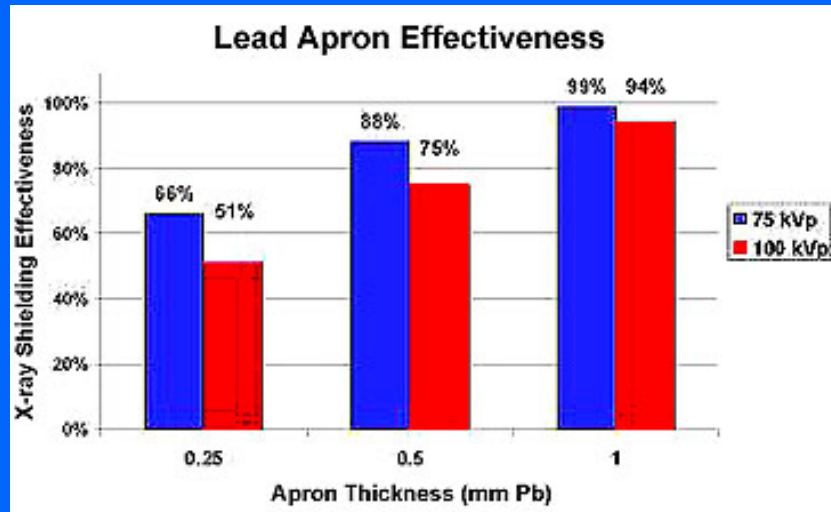


67



**Hordozható / mozgatható sugárvédelem**

68



Különböző ólomkötény vastagságok hatékonysága

**Vigyázat!** Kövér pacienst, több kV-tal vizsgálunk!

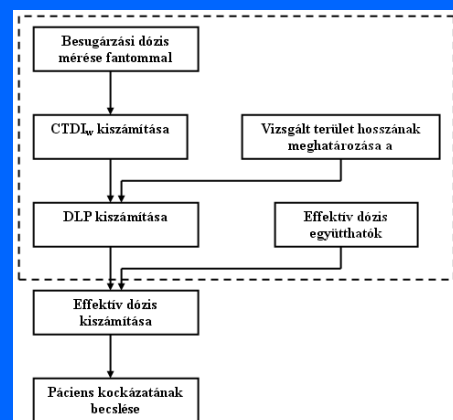
69

## 2 részes „wrap around” ólomkötény



70

## Szervdosisok CT vizsgálat esetén



A kockázatbecslés lépései

71

### Egyes rtg vizsgálatok sugárterhelése a mellkas felvételéhez viszonyítva

• Mellkas (p.-a. felvétel)	1
• Végtag (térd)	0,5
• Koponya	5
• Nyaki gerinc	5
• Háti gerinc	50
• Ágyéki gerinc	120
• Csipő	15
• Medence	50
• Has	75
• Epeutak	65

#### Kontrasztanyagot rtgvizsgálatok

• Nyelőcső	100
• Gyomor és duodenum	250
• Vékonybél	300
• Vastagbél	450
• Urográfia	230

#### CT-vizsgálatok

• Koponya	100
• Mellkasi vagy hasi	400

### Háttérsugárzás idejével azonos dózis

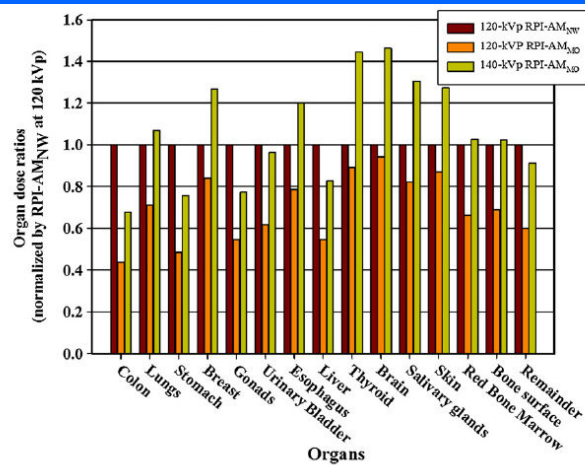
3 nap
1,5 nap
2 hét
2 hét
6 hónap
14 hónap
2 hónap
6 hónap
9 hónap
7 hónap

1 év
2,5 év
3 év
4,5 év
2,5 év

Fráter Lóránd

72

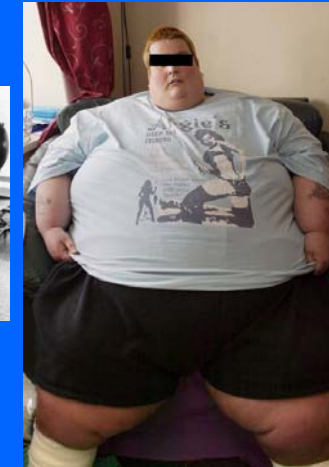
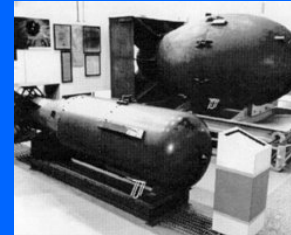
# Szervek dosisterhelése kV és mAs növelésekor



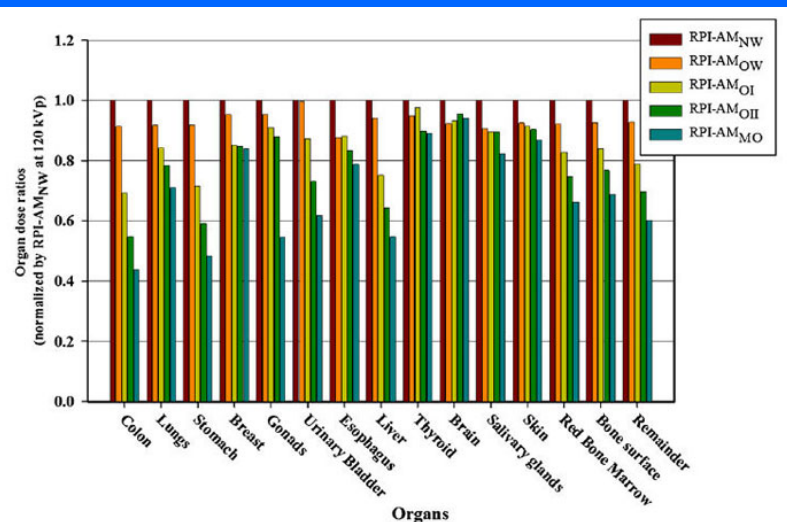
**120-ról 140 kVra,**  
mAs-t nem  
változtatták  
**a szervdosis 41-  
60%-kal nőtt** 73

# A paciens alkatának befolyása a dosisterhelésre

*Fat man and little boy*



# CT kövérek



75

## Average patient CT dose

Body region	No. of exams	Millirem, unshielded area	Millirem, shielded area	% decrease
Brain/sinus	38	24.4	9.8	60%
Chest/cardiac	30	46.2	22.9	51%
Abdomen	21	13.3	7.2	46%
Abdomen/pelvis	35	29.6	16.2	45%
CT angiography	18	62	35.5	43%
Extremities	3	0.1	0.02	77%

76

Table 2. Median Effective Radiation Dose (IQR, Minimum and Maximum) for Each Type of CT Study

Anatomic Area, Type of CT Study	No.	CT Effective Dose, mSv		Conventional Radiographs Resulting in Equivalent Dose	
		Median (IQR)	Absolute Range, Min-Max	Chest Radiography Series	Mammography Series
Head and neck					
Routine head	120	2 (2-3)	0.3-6	30	5
Routine neck	115	4 (3-6)	0.7-9	55	9
Suspected stroke	87	14 (9-20)	4-56	199	33
Chest					
Routine chest, no contrast	120	8 (5-11)	2-24	117	20
Routine chest, with contrast	120	8 (5-12)	2-19	119	20
Suspected pulmonary embolism	120	10 (7-14)	2-30	137	23
Coronary angiogram	34	22 (14-24)	7-39	309	51
Abdomen-pelvis					
Routine abdomen-pelvis, no contrast	120	15 (10-20)	3-43	220	37
Routine abdomen-pelvis, with contrast	117	16 (11-20)	4-45	234	39
Multiphase abdomen-pelvis	110	31 (21-43)	6-90	442	74
Suspected aneurysm or dissection	56	24 (20-37)	4-68	347	58

Berrington de González A, Mahesh M, Kim K-P, et al. *Projected cancer risks from computed tomographic scans* Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, et al. *Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer*. Arch Intern Med. 2009;169(22):2078-2086.

performed in the United States in 2007. Arch Intern Med. 2009;169(22):2071-2077.

77

Table 1. Mean Lifetime Cancer Risk per 10 000 CT Scans, <sup>a</sup> According to CT Scan Type and Age at Exposure

Age at Exposure, y	Type of CT Scan												
	Head	Chest	Spine			Abdomen and Pelvis	CTA				Whole Body	CTC	CAC
			Cervical	Lumbar	Thoracic		Chest	Head	Abdomen	Pelvis			
Females													
3	8	40	70	20	70	20	NA	NA	NA	NA	60	NA	NA
15	4	30	50	10	40	20	60	30	20	20	40	10	10
30	2	10	5	7	10	10	20	4	10	10	20	6	5
50	1	7	2	6	9	8	10	2	9	8	10	5	3
70	1	3	1	2	3	3	5	1	4	3	5	3	1
Males													
3	9	10	10	20	20	20	NA	NA	NA	NA	30	NA	NA
15	5	9	10	10	8	20	20	10	20	10	20	10	2
30	3	5	3	7	5	10	8	5	10	5	10	6	1
50	2	4	2	6	4	9	8	3	10	3	10	5	1
70	1	3	1	4	3	5	5	2	6	2	3	3	1

78

Table 2. Projected Number of Future Cancers That Could Be Related to CT Scans Performed in the United States in 2007, According to CT Scan Type<sup>a</sup>

Type of CT Scan	No. of Scans, <sup>b</sup> Millions (%)	No. of Cancers					
		Females		Males		Total	
		Mean (95% UL)	%	Mean (95% UL)	%	Mean (95% UL)	%
Head	18.7 (33)	1900 (500-4400)	11	2100 (600-4300)	19	4000 (1100-8700)	14
Chest	7.1 (12)	3100 (1400-6100)	17	1000 (500-2000)	9	4100 (1900-8100)	14
Cervical spine	1.8 (3)	700 (200-1700)	4	300 (100-600)	3	1000 (300-2300)	3
Thoracic spine	0.3 (<1)	200 (80-300)	1	50 (20-100)	<1	250 (10-400)	1
Lumbar spine	2.2 (4)	700 (300-1600)	4	500 (200-1100)	5	1200 (400-2700)	4
Abdomen/pelvis	18.3 (32)	8500 (4200-15 000)	47	5500 (2600-9600)	50	14 000 (6900-25 000)	48
CTA chest	2.3 (4)	2200 (1100-4200)	12	500 (200-900)	5	2700 (1300-5000)	9
CTA other <sup>c</sup>	1.6 (3)	400 (200-900)	2	500 (200-1100)	5	900 (300-1900)	3
Whole body	0.3 (<1)	300 (100-500)	2	100 (50-200)	1	400 (200-600)	1
Colonography	0.2 (<1)	70 (30-120)	<1	50 (20-100)	<1	120 (60-200)	<1
Calcium scoring	0.6 (1)	150 (70-300)	1	30 (10-60)	<1	180 (80-400)	<1
Other <sup>d</sup>	3.5 (6)	10 (3-20)	<1	20 (1-80)	<1	30 (4-100)	<1
Total <sup>e</sup>	56.9 (100)	18 000 (9000-28 000)	100	11 000 (6000-16 000)	100	29 000 (15 000-45 000)	100

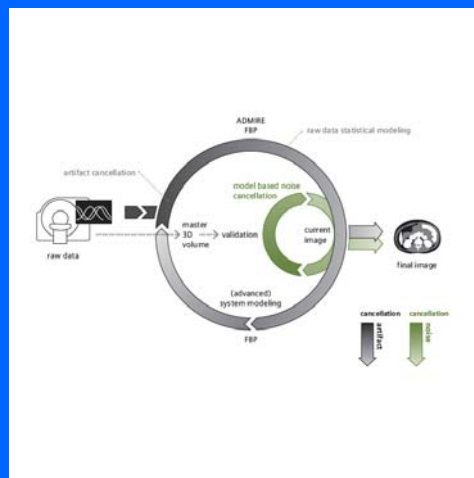
79

## Technological Advances in CT Dose Reduction (Siemens nyomán)



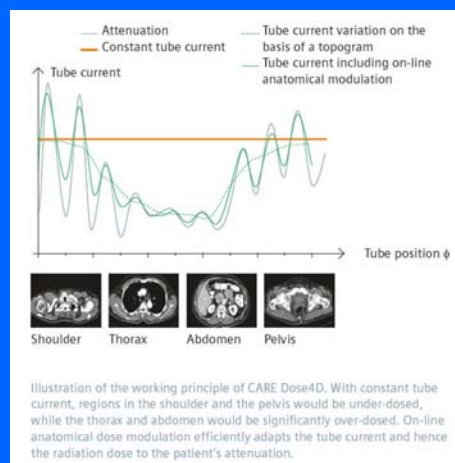
## ADMIRE

### Advanced Model Iterative Reconstruction



81

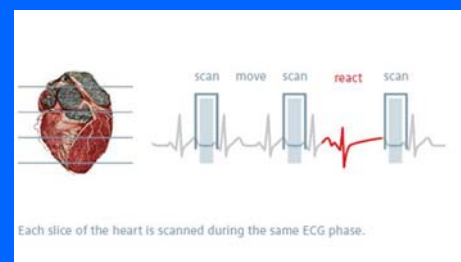
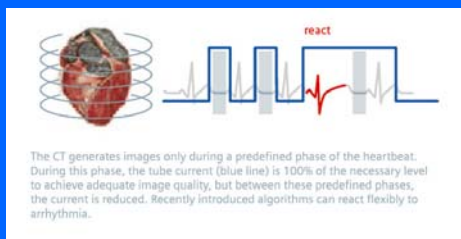
## Care dose 4D



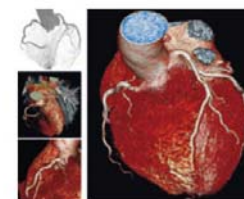
82

## Adaptive ECG pulsing

### EKG kontrollált dosis moduláció (cardio)



83



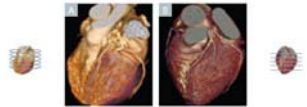
Source: University of Duisburg, Germany.

CT Angiography of the coronary arteries acquired with the high pitch DSCT spiral mode (Flash Spiral).

84

# Adaptive cardio sequence

flexibilis EKG triggerelt sequentialis cardio CT



Using Adaptive ECG-Pulsing, an ECG-gated spiral scan of the heart (A) can be performed at a dose of 4–9 mSv.<sup>10</sup> With the Adaptive Cardio Sequence, an ECG-triggered sequential scan of the heart (B) requires a dose of only 1–3 mSv.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Stolzmann P et al. Radiation dose estimates in dual-source computed tomography coronary angiography. *Eur Radiol.* 2008 Mar;18(3):562–4. Lechka S et al. Low kilovoltage cardiac dual-source CT: alternation, noise, and radiation dose. *Eur Radiol.* 2008 Sep;18(9):1809–17.

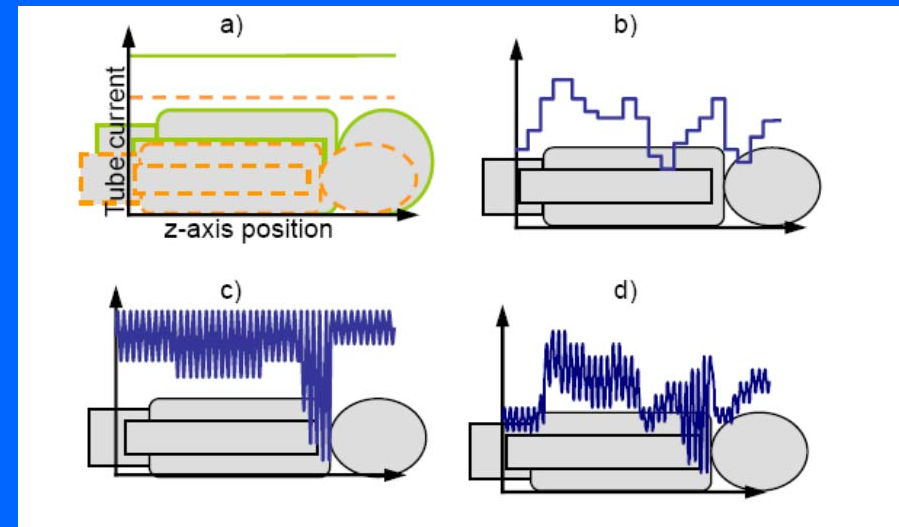
<sup>11</sup> Lechka S et al. Low kilovoltage cardiac dual-source CT: attenuation, noise, and radiation dose. *Eur Radiol.* 2008 Sep;18(9):1809–17.

<sup>12</sup> Stolzmann P et al. Dual-source CT in step-and-shoot mode: noninvasive coronary angiography with low radiation dose. *Radiology.* 2008 Oct;246(1):71–80.

85

## Dózismoduláció

86.



19.04.11.

86

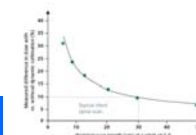
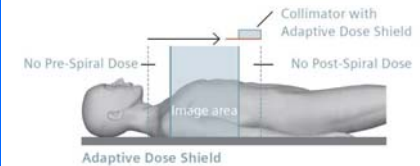
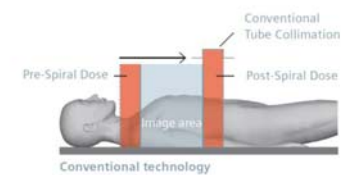
## Dual-source CT



87

## Adaptive dose shield

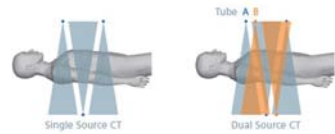
dynamikus collimator control



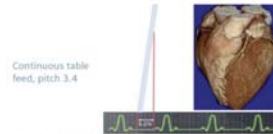
88

# Flash spiral

EKG triggerelt dual-source CT, nagy pitchekkel



Sampling scheme along the z-axis for a single source CT operating above the pitch limit of 1.5 (left), and for a dual source CT (right). Here, the sampling gaps are filled with data acquired by the second measurement system, such that considerably increased pitch values are feasible.



Principle of ECG-triggered DSCT spiral scan data acquisition and image reconstruction at very high pitch. The patient table reaches a pre-selected z-position (e.g., the apex of the heart) at a pre-selected cardiac phase after acceleration to maximum table speed. Data acquisition begins at this pre-selected z-position. Because of the rapid movement of the table, the entire heart can be scanned in a fraction of a heartbeat. The total scan time is typically 0.25–0.27 s. The scan data for images at adjacent z-positions (indicated by short horizontal lines) are acquired at slightly different phases from the cardiac cycle. Each of the images is reconstructed using data of a quarter rotation per X-ray tube, resulting in a temporal resolution of 75 ms per image.

# X-care

Szerv-alapú dosis modulatio (emlő, szem)

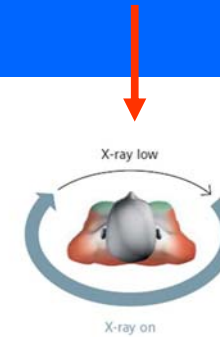
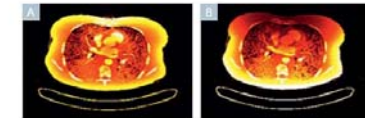


Illustration of the X-CARE principle.



A: Radiation doses without X-CARE and B: with X-CARE. Darker areas indicate lower absorbed dose.

90

# IRIS

Iterative reconstruction technique working in the image spacebased space

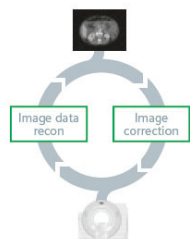
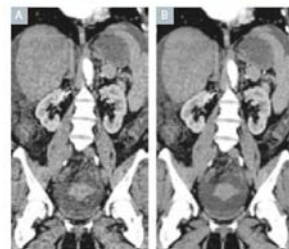


Illustration of the working principle of IRIS.

Filtered back projection Less noise with IRIS



Contrast-enhanced CT scan of the abdomen. A: Conventional reconstruction B: IRIS reconstruction of the same dataset. Note the significant decrease of image noise without loss of resolution.

A zajt  
redukálja jól!

# SAPHIRE

row data based iterative reconstruction technique

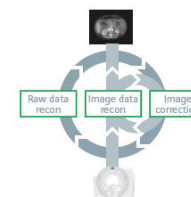


Illustration of the working principle of SAPHIRE. The technique is performing iterative loops in image space and raw data space.



Courtesy of Westford General Hospital, Westford, Ireland  
CT examination of the thorax and abdomen in a patient with a diffuse B-cell lymphoma. With SAPHIRE the scan could be carried out with an effective dose of 2.4 mSv.

60%os dosiscsökkentésre is képes

92

# Care kV

## Automated Dose-Optimized Selection of the x-ray Tube Voltage

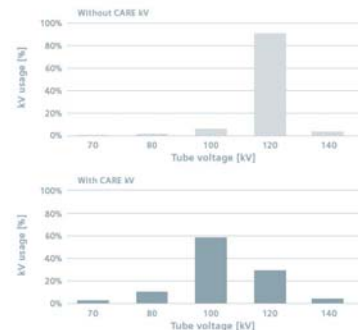
A csőáramot modulálja, a cső kV értéket nem bántja

Reference setting	Actual settings with CARE Dose4D and CARE kV <sup>1)</sup>	
Body CT Angiography examination of the Aorta	Adult patient, Body Mass Index 25,4 kg/m <sup>2</sup>	
*Quality reference mAs	110 mAs	Effective mAs 143 mAs
*Reference kV	120 kV	kV 100 kV
CTDI <sub>ref</sub>	10.59 mGy	CTDI <sub>ref</sub> 6.4 mGy

<sup>1)</sup> CARE Dose4D on, CARE kV on, slider position "Dose saving optimized for":11.

This is an example how CARE kV and CARE Dose4D optimize the parameters according to the clinical task and to the patient in case of CT Angiography examinations.<sup>1)</sup> Tube voltage and tube current are adjusted taking the reference settings into account.

<sup>1)</sup> Winkler A et al. Automated attenuation-based tube potential selection for thoracoabdominal computed tomography angiography: improved dose effectiveness. Invest Radiol. 2011 Dec;46(12):767-73.



Without CARE kV the kV setting used in most cases is 120 kV. CARE kV adjusts the optimal kV setting for the individual patient automatically (source: Siemens Utilization Management).

93

# Care child

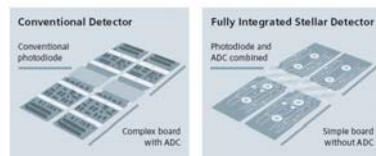
## Adjustment s of Scan Parameters Dedicated to Pediatric CT imaging

- Nagyon kritikus kérdés, lehetőleg ritkán kerül sor a kisgyermek vizsgálatára
- Automatikus csőáram modulációt kell használni - specialis, előre kidolgozott a kicsi szervekhez igazodó algoritmusok vannak
- (max 70 kV)

94

# Stellar Detector

## Fully Integrated Detector with Reduced Electronic Noise and High Dynamic Range



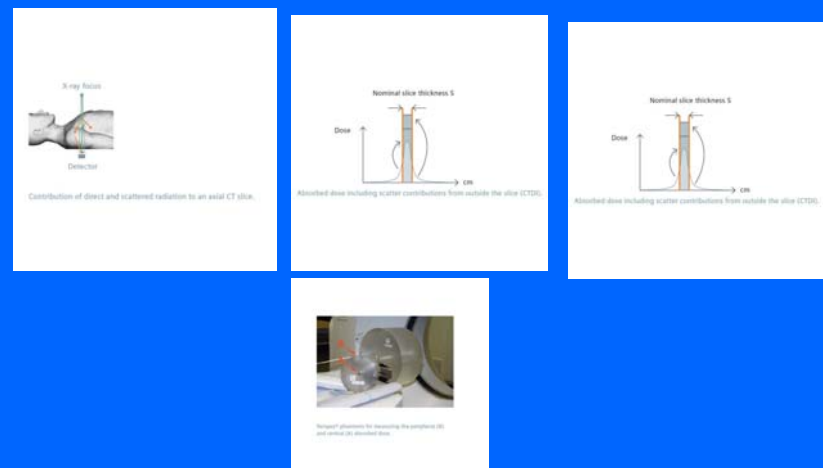
The conventional detector model shows the photodiode and the analog-to-digital converters (ADC) separated. Within the Stellar Detector these two tools are close to each other leading to minimized electronic noise.

A teljes integráció csökkenti a signal által megtett **utat**,  
- így nem keletkezik veszteség, és a detektor által képzett **electronicus zaj** is 2 factorral csökken

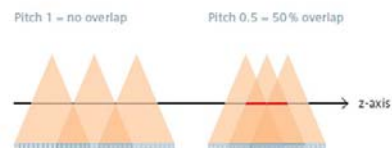
95

# CTDI

## CT specifcus dosis paraméter

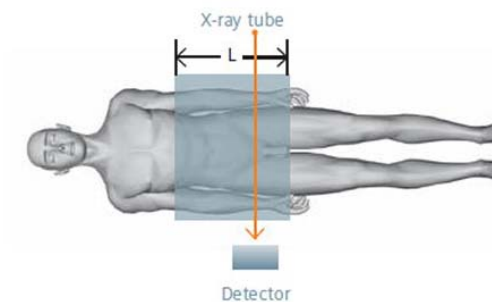


96



If the table moves fast (pitch = 1) the X-ray beam profiles do not overlap, if the table moves slowly (pitch = 0.5) the X-ray beam profiles overlap. Please note that the overlap is measured at the isocenter of the scanner (along the z-axis).

97



The X-ray tube and the detector scan the patient along L (examination range) on the z-axis.

98

## Effektiv dózis a CTben

Protocol	CTDI <sub>vol</sub>	Effective dose
Head Routine 120 kV, 340 mAs, 12 cm	59.7 mGy	1.5 mSv
Thorax Routine 120 kV, 120 mAs, 30 cm	9.2 mGy	3.9 mSv
Abdomen Routine 120 kV, 180 mAs, 30 cm	13.8 mGy	6.2 mSv

Effective dose in mSv for head, thorax and abdomen routines.

99

## Radiation risk in CT

Radiation dose	Damage
> 1 Sv	Bone marrow damage with changes of the DNA
2–10 Sv	Headache, fever, infections, hair loss, vomiting, nausea, cataract
10–15 Sv	Severe bowel damage

Equivalent radiation dose for the onset of deterministic radiation damage.

100

Cause of Death	Estimated No. of Deaths per 1,000 Individuals
Cancer <sup>1</sup>	228
Motor vehicle accident	11.9
Radon in home	
Average U.S. exposure	3
High exposure (1–3%)	21
Arsenic in drinking water	
2.5 µg/L (U.S. estimated average)	1
50 µg/L (acceptable limit before 2006)	13
Radiation-induced fatal cancer	
Routine abdominopelvic CT	0.5
Single phase, ~ 10 mSv effective dose	
Annual dose limit for a radiation worker	
10 mSv (recommended yearly average)	0.5
50 mSv (limit in a single year)	2.5
Pedestrian accident	1.6
Drowning	0.9
Bicycling	0.2
Lightning strike	0.013

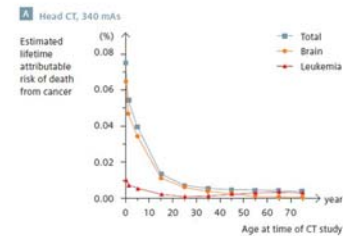
Estimated lifetime risk of death from various sources.\*

<sup>1</sup> Levin B et al. Screening and surveillance for the early detection of colorectal cancer and adenomatous polyps, 2008: a joint guideline from the American Cancer Society, the US Multi-Society Task Force on Colorectal Cancer, and the American College of Radiology. CA Cancer J Clin. 2008 May-Jun;58(3):130-60.

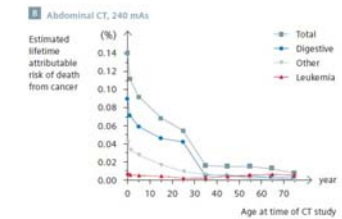
<sup>2</sup> Gerber TC et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. Circulation. 2009 Feb 24;119(7):1056-65.

101

## Becsült halálozási rizikó



Estimated risk of death by cancer attributable to a CT scan at different ages.  
A: CT of the head at 340 mAs.



B: Abdominal CT at 240 mAs.

102

- Az előbbiekből következőleg - a klinikailag indokolt - CT vizsgálat hozama messze meghaladja azt a rizikót, amit az elvégzése általi sugárterhelés okoz.
- Mégis, az **ALARA** (As Low As Reasonably Achievable) principium minden esetben mérlegelendő és arra kell törekedni, hogy az elkészült vizsgálat / képek diagnosztikailag értékelhető minőségűek legyenek

103

104

# CT vizsgálatok csökkentett sugárdózissal

105

## Definíciók

### CTDIvol (mGy) volume CT dose index:

A mérés során használt RTG sugár intenzitását jellemzi

### DLP (mGycm) Dose Length Product:

A sugár intenzitását és az irradiált tartományt is figyelembe veszi

### Effektív dózis (mSv): $DLP \times E_{DLP}$

A pácienset ért dózisterhelés.

A konverziós faktorok csak durva becslésre használhatók.

### Dózisértékek forrása, számítása:

RTG és izotóp vizsgálatok: [www.xrayrisk.com](http://www.xrayrisk.com)

CT dózis: ICRP 103 ajánlás *Radiology October 2010 257:158-166*

### Vizsgálatokhoz használt CT készülék:

Siemens Somatom Definition - Dual Source 1. gen.

106

## Csökkentett dózisú mellkas CT

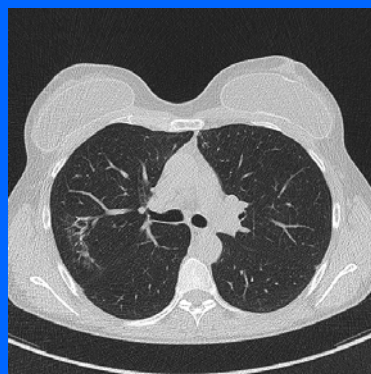


### Csökkentett dózis

CTDIvol : 1,05 mGy

Dózis: **0,5** mSv

**RTG vizsgálat:** 0,02-0,1 mSv



### Standard „gyári”

CTDIvol: 7,93 mGy

Dózis: 3,6 mSv

107

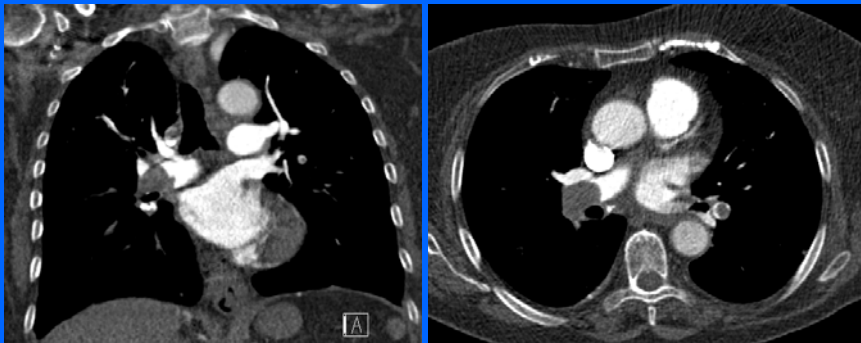
## Csökkentett dózisú mellkas CT Tüdőrák szűrés

### Irodalmi adatok:

CT alapú szűrés bevezetése után csökken a mortalitás,  
RTG alapú szűrés érdemi javulást nem hoz.

108

## Csökkentett dózisú mellkas CT Pulmonális CT angiográfia



Patient Exposure and Image Quality of Low-Dose Pulmonary Computed Tomography Angiography  
*Investigative Radiology: December 2008 - Volume 43 - Issue 12 - pp 871-876*

### Csökkentett dózis

CTDIvol : 1,45 mGy

Dózis: **0,72 mSv**

V/Q Szcintigráfia: 2,2 mSv

### Standard „gyári”

CTDIvol: 4,91 mGy

Dózis: **1,95 mSv**

109

## Teljes Gerinc CT vizsgálat Csigolyadeformitások



### Csökkentett dózis

CTDIvol : 0,55 mGy

Dózis: **0,64 mSv**

**RTG vizsgálat: 2,5 mSv**

### Standard „gyári”

CTDIvol: 14,2 mGy

Dózis: **15,5 mSv**

110

## Teljes Gerinc CT vizsgálat Preoperatív tervezés/Postoperatív kontroll



Low-dose helical computed tomography (CT) in the perioperative workup of adolescent idiopathic scoliosis  
*Eur Radiol (2009) 19: 610–618*

### Csökkentett dózis

CTDIvol : 0,61 mGy

Dózis: **0,82 mSv**

**RTG vizsgálat: 2,5 mSv**

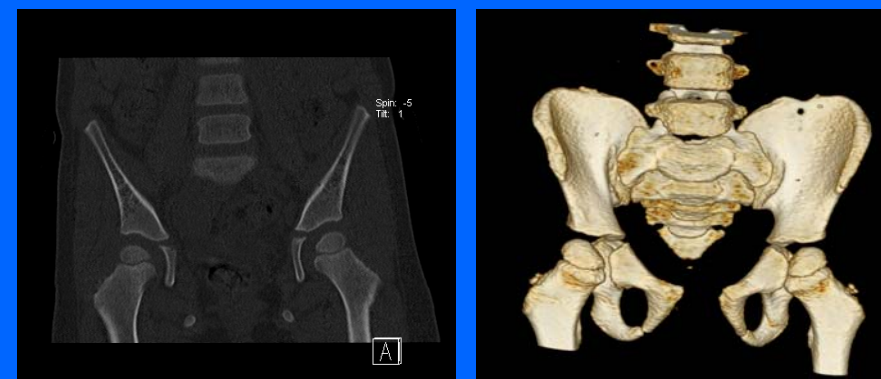
### Standard „gyári”

CTDIvol: 14,3 mGy

Dózis: **15,5 mSv**

111

## Musculoskeletalis CT vizsgálat Medence 3D



### Csökkentett dózis

CTDIvol : 0,30 mGy

Dózis: **0,24 mSv**

**RTG vizsgálat: 0,6 mSv**

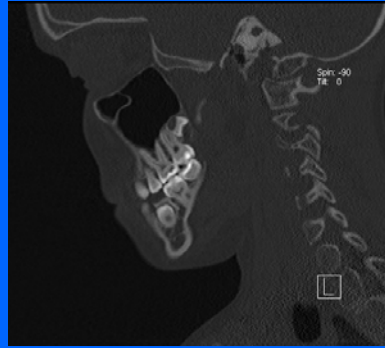
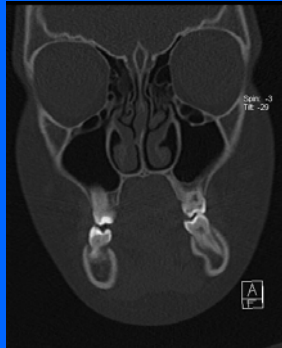
### Standard „gyári”

CTDIvol: 4,78 mGy

Dózis: **2,85 mSv**

112

## Arckoponya



Low-dose computed tomography of the paranasal sinuses: radiation doses and reliability analysis  
*American Journal of Otolaryngology-Head and Neck Medicine and Surgery* 32 (2011) 47-51

### Csökkentett dózis

CTDIvol : 1,37 mGy

Dózis: **0,0624 mSv**

### Standard „gyári”

CTDIvol: 12,36 mGy

Dózis: **0,567 mSv**

**RTG vizsgálat: 0,05-0,06 mSv**

113

## Konklúzió

Konkrét klinikai kérdések esetén jelentősen csökkenthető a dózis.

Na hagyatkozzunk minden esetben a készülékek gyári beállításaira:

Jó kiindulópontok, de sok esetben célszerű az egyes klinikai kérdéshez, a páciens korához, alkatához optimalizálni a mérési paramétereket.

114

## Alacsony csőfeszültséggel végzett CT vizsgálatok a mellkasi és hasi diagnosztikában

115

## Alacsony csőfeszültségű vizsgálatok

### Haszna:

Csökkentett csőfeszültség esetén ugyanakkora mennyiségű kontrasztanyag nagyobb elnyelődést okoz

Rossz minőségű véna esetén csökkenthető a kontrasztanyag beadás sebessége.

Kevesebb kontrasztanyag is elegendő.

Csökkenthető a sugárdózis.

### Kinél alkalmazható:

Vékony és normális alkatú páciensek.

116

## Alacsony csőfeszültségű vizsgálat

### Azonos sugárdózissal

Alacsonyabb csőfeszültségen kevesebb RTG foton éri a detektort, ezt kompenzálандó emeljük a csőáramot.

#### Cél:

Jódkontraszt fokozása  
Kontrasztanyag mennyiség csökkentése.

### Csökkentett sugárdózissal

A csőfeszültség csökkentésével növekszik a jódkontraszt.

Zaj szintén növekszik.

Kontraszt zaj arány azonban állandó marad.

#### Eredmény:

Dóziscsökkentés

117

## Alacsony csőfeszültségű vizsgálat Azonos sugárdózissal.

### Lényege :

A standard beállításnál feljegyezzük a CTDIvol-t. Ezt követően módosítjuk csak a csőfeszültséget. A többi mérési paramétert ( csőáram, pitch, kollimáció) addig módosítjuk amíg ugyanazt a sugárdózist el nem érjük, így a csőfeszültség csökkentéséből eredő zajnövekedést kompenzáljuk.

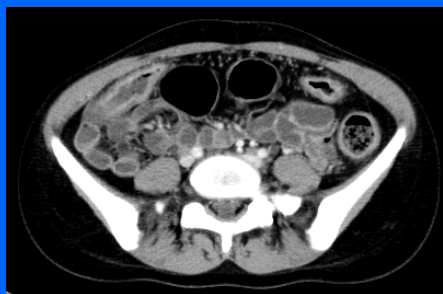
### Limit:

- Beteg alkatától függ az alkalmazható csőfeszültség.
- Alacsonyabb csőfeszültség magasabb csőáramot igényel ugyanazon dózis előállításához.
- Nem minden CT készülék esetén lehetséges előállítani a szükséges csőáramot.

118

## Alacsony csőfeszültségű vizsgálat Azonos sugárdózissal.

Rossz véna



19 éves nőbeteg

Testsúly : 50 kg

CT enteroclysis

50 ml kontrasztanyag

Flow 1 ml/sec

Csőfeszültség **80 kV**

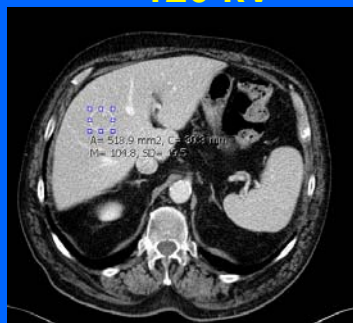
Késleltetés 90 sec

119

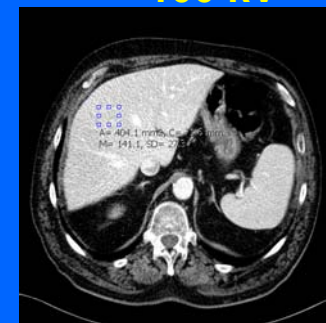


## Alacsony csőfeszültségű vizsgálat Azonos sugárdózissal.

**120 kV**



**100 kV**



Normális alkatú páciens

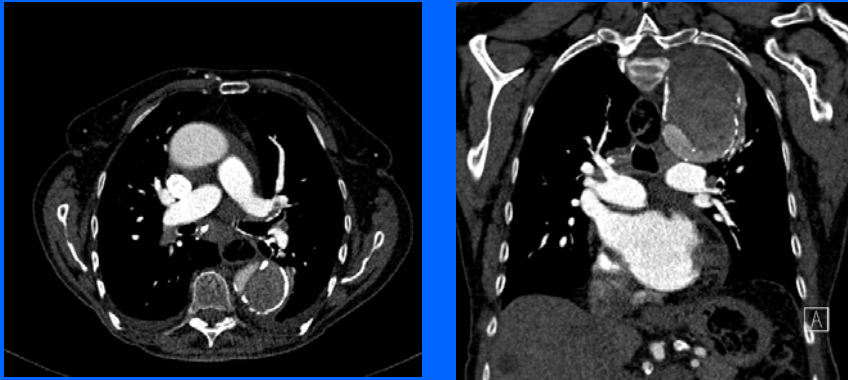
Onkológiai kontroll vizsgálatok

Portális fázis

Azonos mennyiségű kontrasztanyag

120

## Alacsony csőfeszültségű vizsgálat Csökkentett dózissal



Pulmonalis CT angiographia

82 éves nőbeteg

30 ml kontrasztanyag 30 ml fiz.só flow/3 ml

Csőfeszültség: **80 kV** Dózis: 1,12 mSv

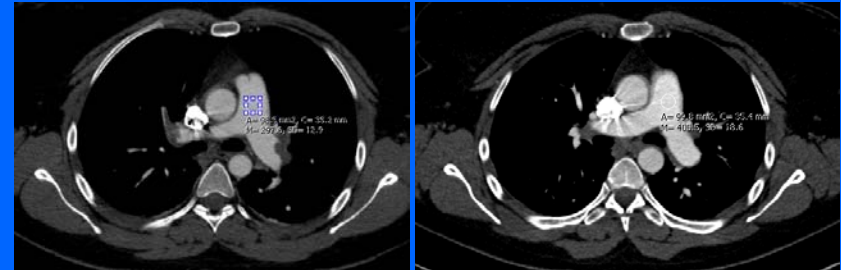
121

## Alacsony csőfeszültségű vizsgálat Csökkentett dózissal

Pulmonalis CT angiográfia (eltérő gyári beállítások).

„A” gyártó **140 kV** (8,64 mSv)

„B” gyártó **100 kV** (3,15 mSv)



Pulmonalis embóliás páciens első és kontroll vizsgálata.

122

## Tehát

Ki kell használni a készülékünk adta lehetőségeket.  
Optimalizálni kell a mérési protokollokat az egyes  
beteg és betegségcsoportokra.

A manuális csőfeszültség választás jelenleg kissé  
bonyolult, de így is érdemes használni.

Egyik gyártó esetén már bevezetésre került „CAREkV” opció  
néven egy **csőfeszültség optimalizáló** alkalmazás. 123

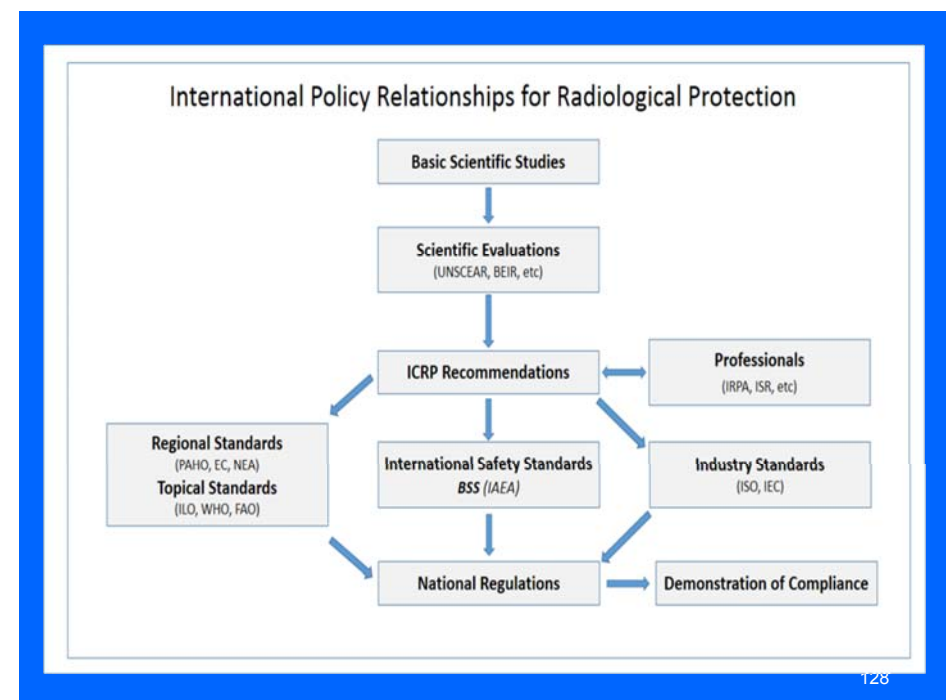
## Sugárzás elleni védelem az orvosi röntgen munkahelyeken. A dolgozók és a betegek sugárvédelme



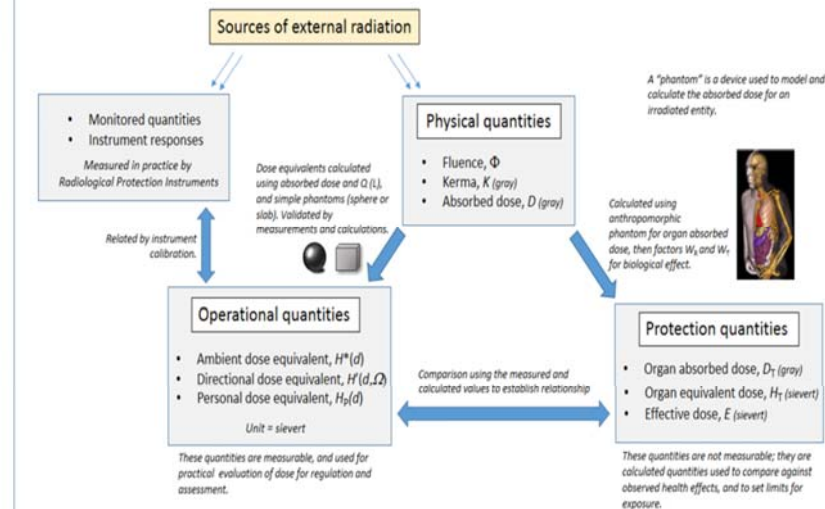
**„Aki a pacienst védi,  
önmagát is védi”**



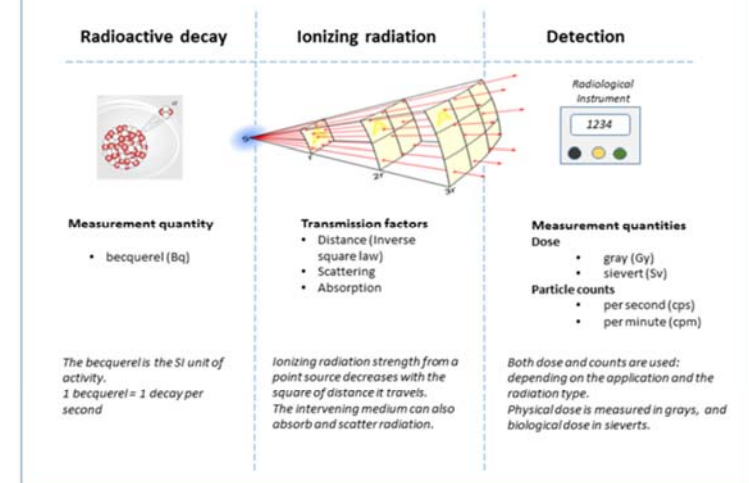
+++++.....!!!!!!!!!!!!!! 124



## Dose quantities in SI units for external radiological protection



## Radioactivity and Ionizing Radiation



- Background information required for the risk assessment process should include the following:
- types of non-ionising sources involved (including power, wavelength, duration of exposure etc.);
- potential exposures (generally for high risk sources), that could possibly exceed ELVs and may require additional controls and health surveillance;
- manufacturer's advice on safe use and maintenance;
- engineering control measures and design features in place or planned;
- any planned safe systems of work;
- effectiveness and suitability of personal protective equipment to be provided;
- likelihood and potential severity of possible accident situations;
- consequences of possible failures of control measures;
- measures implemented to prevent identified accident / incident situation, or to limit their consequences;
- contingency and emergency arrangements; and
- hazards in addition to the non-ionising ones should be considered. For example, laser risk assessments should consider both beam and non-beam hazards.
- Any particular health conditions or situations which could increase the risks to staff and students should also be considered within the risk assessment. Examples include:
- pre-existing medical conditions made worse by light;
- use of chemicals such as skin creams which could react with light to make health effects worse;
- staff and students who may be exposed to multiple sources of light at the same time; and
- situations in which exposure could present unrelated risks (e.g. temporary blindness if exposed to bright light).

- 4.3. Deciding on and Implementing Risk Control Measures**
- Where Departments have identified hazardous sources of non-ionising radiation which present a "reasonably foreseeable" risk of harming the eyes and/or skin of staff and students, they must implement measures to reduce this risk as low as reasonably practicable (ALARP).
- Departments must seek ways of reducing the risk of exposure to non-ionising radiation, by considering the following hierarchy of controls:
- elimination** – does the non-ionising radiation source need to be used in the first place?;
- substitution** – can an alternative, safer source (e.g. of light) achieve the same result?;
- engineering** – this is the main way of reducing exposure to non-ionising radiation. The main types of engineering controls include the use of filters, screens, enclosures, protective housings, shutters, key and password access controls for equipment, emergency stop controls, remote viewing, specialist curtains, safety interlock systems, clamping of work pieces, dedicated room, remote controls and time delays;
- administrative** – use of safe systems of work/standard operating procedures, training of workers, organisation of work schedules and use of warning signage; and
- personal protective equipment** – issue of appropriate and suitable clothing, goggles, eyewear and face shields where applicable.
- Figure 3: Hierarchy of control measures**
- A regular inspection of departmental locations and auditing of radiation safety management arrangements will normally be undertaken by Safety Services and the RPA. Departments will also monitor the effectiveness of their own arrangements on a regular basis.

- **4.4. Recording the Significant Findings**

- The significant findings of the risk assessment process must be recorded and include the following:
  - the activities/equipment assessed;
  - the risk of exposure to non-ionising radiation and who could be affected;
  - the control measures already in place to manage the risk;
  - the relevant information, instruction and training to be provided to staff and students;
  - the details of any health surveillance in use or planned; and
  - the action plan of additional controls to reduce the risk.
- The risk assessment will need to be reviewed if there is any reason to suspect that the original assessment is no longer valid or there has been a significant change in the work to which the assessment relates. In any case the risk assessment should be reviewed on a regular basis.