

# A BETEGEK SUGÁRVÉDELME A RADIOIZOTÓP-ALKALMAZÁSOK SORÁN

Előadó: Dr. Hajdu István

Dr. Varga József

DE Orvosi Képző Intézet

Nukleáris Medicina Tanszék



# Alapvető források:

- ICRP publication 60 (1990)  
Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság  
*(International Commission on Radiological Protection)*
- **IAEA BSS (2014)**  
Nemzetközi Atomenergia Ügynökség  
Biztonsági Alapszabványok  
*(Basic Safety Standards)*
  - SS115 International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (1996)
  - IAEA GSR Part 3

# IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

## Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards

Jointly sponsored by  
EC, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO

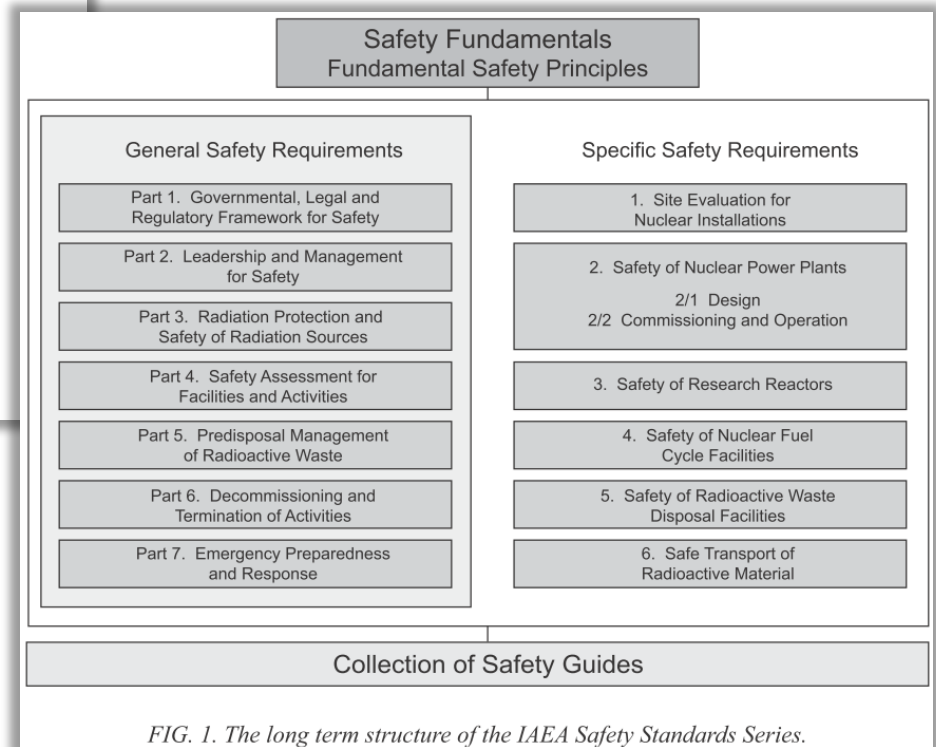
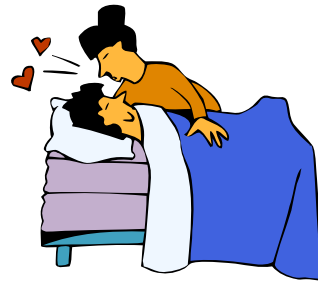
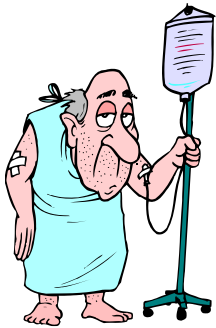


FIG. 1. The long term structure of the IAEA Safety Standards Series.

# Kiket kell védeni a nukleáris medicinában?

- Betegek
- Dolgozók
- Családtagok
- Lakosság



# Sugárvédelem módszerei

## Dolgozók:

- Dóziskorlátok alkalmazása
- „A” besorolás: személyi doziméter

## Betegek:

- „ALARA”: „as low as reasonably achievable”
- diagnosztikánál: dózisbecslés átlagos paraméterekkel
- terápiánál: személyre szabott dozimetria

## Lakosság:

- kísérők (váróterem kialakítása)
- tömegközlekedési eszközök használata
- izotópterápiát kapott betegek családtagjai

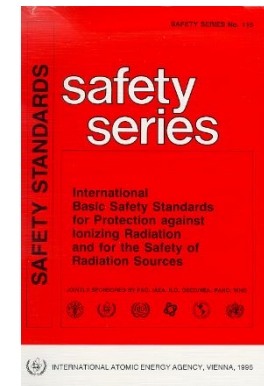
# Orvosi sugárterhelés kezelése

- Felelősségek
- Orvosi sugárterhelés indokoltsága
- A sugárvédelem optimalizálása
- Javasolt radioaktivitások
- Dóziskorlátozás
- Max. aktivitás terápia után hazaengedéskor
- Akaratlan sugárterhelés kivizsgálása
- Feljegyzések

Beutaló orvos

Jóváhagyó bizottság

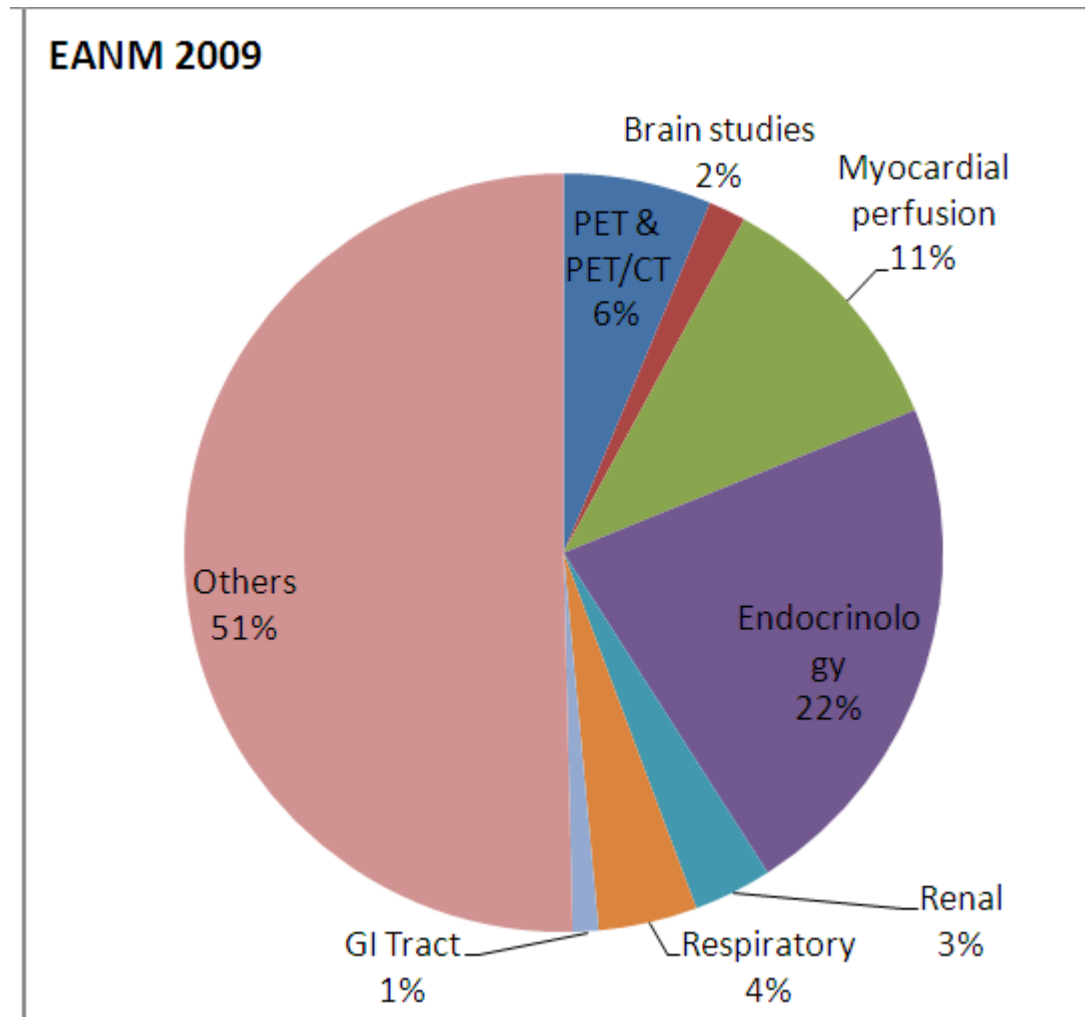
Szakszemélyzet



# Felelőségek

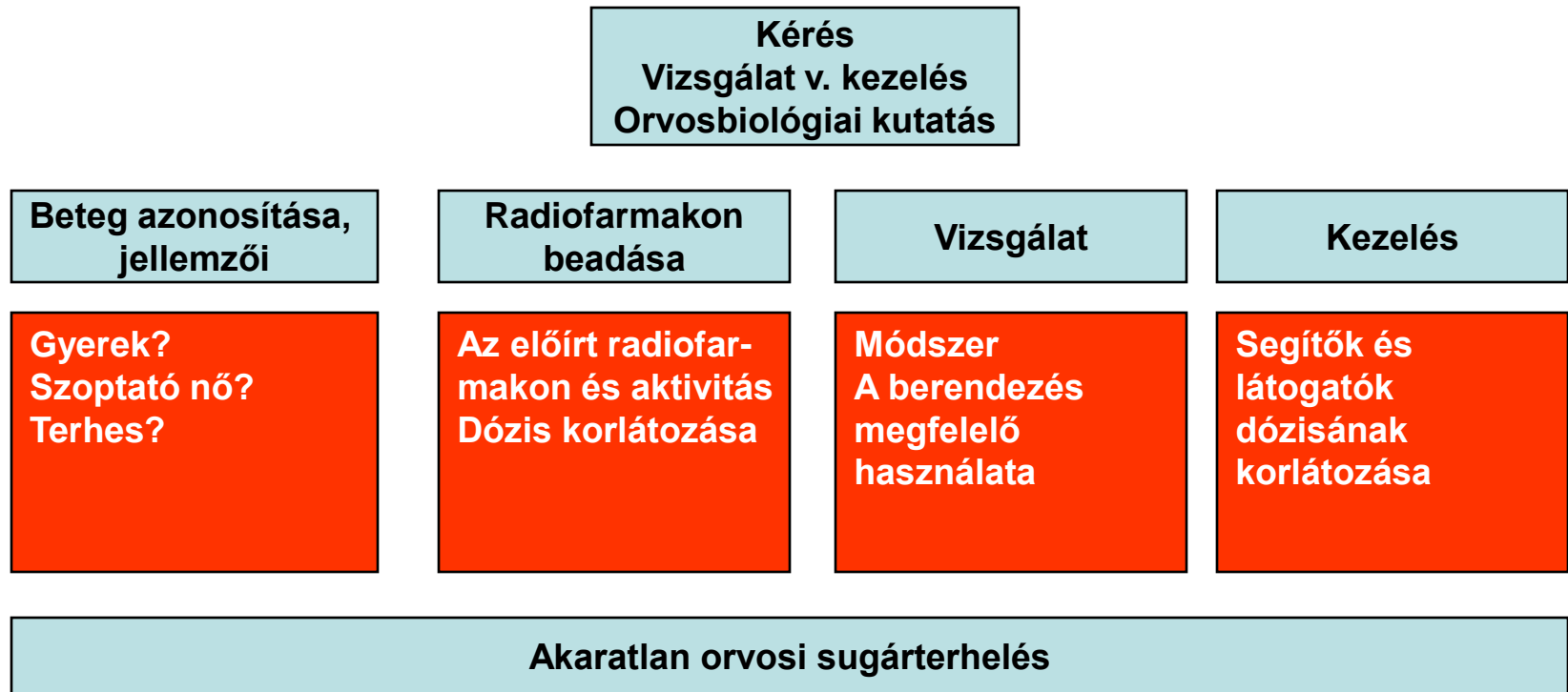
- Sugárterheléssel járó eljárás csak **orvosi utasításra** végezhető
- Orvos v. eü. **szakszemélyzet** legyen jelen a vizsgálatnál
- Szakmai testület által jóváhagyott **képzési követelmények** kellene
- Sugár- v. radioizotóp-terápiához a kalibrációt, dozimetriát és minőségbiztosítást sugárterápiás szakképzettségű **fizikus** végezze v. felügyelje
- A sugárzások diagnosztikai alkalmazásánál a leképezési és minőségbiztosítási követelmények teljesítését az adott területen (radiológiai v. izotópdiagnosztika) képzett **fizikus** felügyelje.
- Az önkéntes segítőkre **korlátozások** alkalmazandók

# Európai NM vizsgálati számarányok





# Orvosi sugárterhelést befolyásoló tényezők



Ki a felelős?

# Felelősségi struktúra



# Adminisztratív vezetés

- Biztosítja a szükséges személyzetet, a feladatnak megfelelő képzettséggel
- Sugárvédelmi rendszert működtet, biztosítja ehhez az erőforrásokat
- Körülhatárolja a felelősségeket
- Sugárvédelmi szolgálatvezetőt nevez ki
- Minőségbiztosítási rendszert működtet
- Támogatja a személyzet oktatását, továbbképzését

# Nukleáris medicina szakszemélyzet

A kulcsszereplőknek, akik:

- a sugárvédelemért és -biztonságért felelősek
  - a sugárforrásokat és berendezéseket kezelik, így munkájukkal alapvetően befolyásolják a sugárterhelést
- dokumentáltan megfelelő képzettséggel** kell rendelkezniük.
- Csak képzettek alkalmazhatók ilyen munkakörben.

*A nukleáris medicinában ezek:*

- NM (szak)orvosok
- Fizikusok, gyógyszerészek, vegyészek, biológusok  
NM szakképzettséggel
- Egészségügyi szakdolgozók:
  - „technológusok” ( $\approx$  KDA)
  - szakasszisztensek
  - izotópasszisztensek
  - ápolónők
- Sugárvédelmi megbízott

# Ki kaphat jogosultságot?

A nemzetközi irányelvek szerint a nukleáris medicina szakembereknek a következőket kell teljesíteni:

- **Egyetemi / MS végzettség** az érvényes rendeletek szerint
- **Szakképzettség** a NM területén, amit erre jogosult képzőhely ad
- **Sugárvédelmi képzettség**, a rendeletben meghatározott tematikával
- Folyamatos akkreditált **továbbképzés**.

# Nukleáris Medicina szakorvos:



Előtte

- Biztosítja a betegek általános védelmét és biztonságát
- Figyelembe veszi a korábbi vizsgálatok hasznosítható eredményét az indokolatlan ismétlések elkerülésére
- Biztosítja, hogy a beteg az adott cél érdekében indokolt minimális dózist kapja
- Figyelembe veszi a beadandó aktivitásokra vonatkozó érvényes irányelveket
- Meghatározza a terápiás dózisokat orvosi fizikussal egyeztetve

Utána

- Konzultál és leletez
- A véletlen v. baleseti sugárterhelést orvosi szempontból értékeli.

# Klinikai fizikus:

- Részt vesz a NM gyakorlatának folyamatos felügyeletében:
  - erőforrások (pénzkeret, berendezések, személyzet)
  - műveletek
  - irányelvek és eljárások
- Összeállítja a berendezések beszerzéséhez a sugárbiztonsági követelményeknek megfelelő elvárt paramétereket
- A NM szakorossal együtt összeállítja a NM részleg felszerelését
- Végzi a berendezések átvételi bevizsgálását
- Kialakítja a radioizotóp-terápia dózisszámítási eljárásait
- Megtervezi és működteti a NM minőségbiztosítási eljárásait
- Felügyeli a műszerek kezelését
- Felderíti és értékeli a rendellenességeket, baleseteket.



# Szakdolgozók:

- A beteg azonosítása
- Beteg tájékoztatása
- Kísérők és ápolók tájékoztatása NM vizsgálat v. terápia után
- Nőbeteg terhességének ellenőrzése
- Szoptató anyák tájékoztatása a szoptatás szükséges kihagyásáról, abbahagyásáról
- Gyermekeknek beadandó aktivitás számolása a protokoll szerint
- A beadandó farmakon és aktivitás ellenőrzése
- A sugármérők és más műszerek rendszeres minőségellenőrzése
- A munkahelyi környezet rendszeres ellenőrzése
- A berendezések és munkavédelmi eszközök helyes kezelése
- A sugárvédelmi szolgálat értesítése rendellenességekről, balesetekről
- A szakorvos értesítése radiofarmakon-beadási hibákról
- Részvétel az új munkatársak oktatásában, begyakoroltatásában.



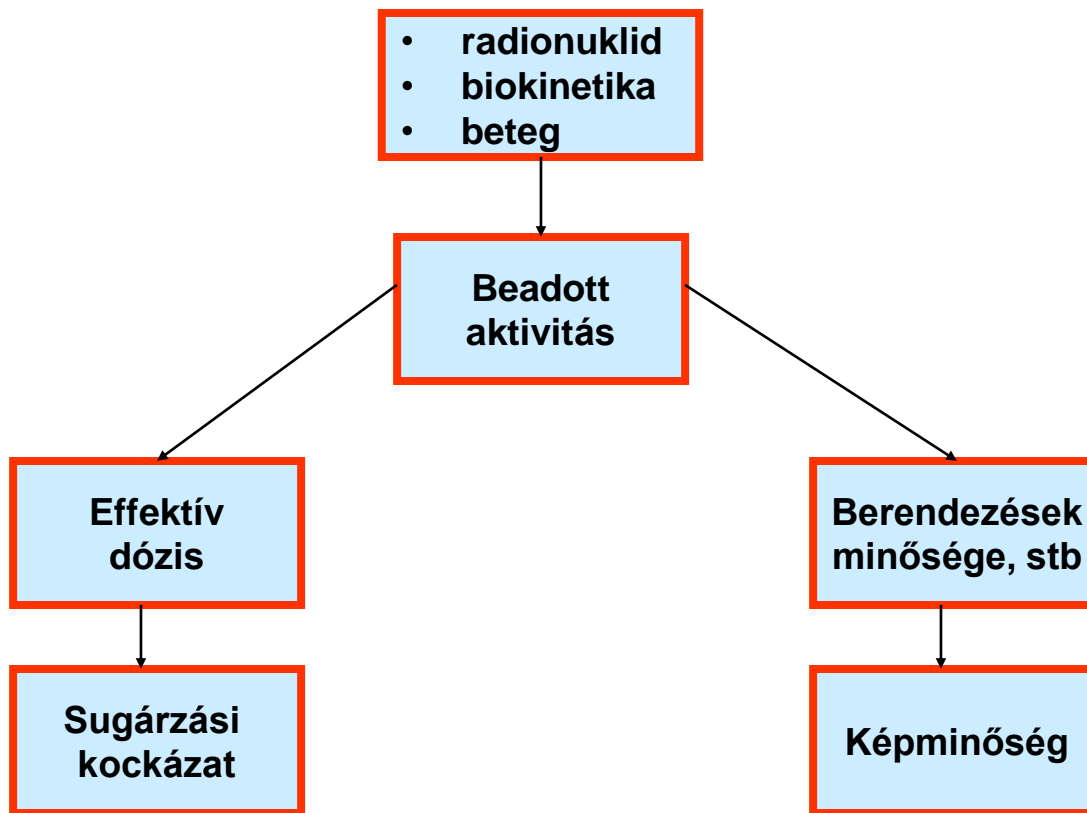


# A betegek sugárterhelésének optimalizálása a Nukleáris Medicinában

## BSS II.17. A szolgáltató kötelezettségei:

- (a) **az egészségügyi szolgáltató**, aki izotópdiagnosztikai eljárást kér vagy végez:
- (i) biztosítja, hogy a **beteg sugárterhelése a lehető legkisebb** legyen, amellyel a kívánt diagnosztikai információ nyerhető
  - (ii) figyelembe veszi a **korábbi vizsgálatokat** a felesleges ismétlések elkerülésére
  - (iii) követi az **érvényes dozírozási irányelveket** az egyes eljárásokra.

# Orvosi sugárterhelés optimalizálása



# Radiofarmakonok kiválasztása

Ha adott célra többféle radiofarmakon alkalmazható, mérlegelni kell azok fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait.

Példa: **Fehérvérsejt jelzése**

In-111

0.36 mSv/MBq

20 MBq → 7.2 mSv

$T_{1/2} = 2.8$  nap

Tc-99m

0.011 mSv/MBq

200 MBq → 2.2 mSv

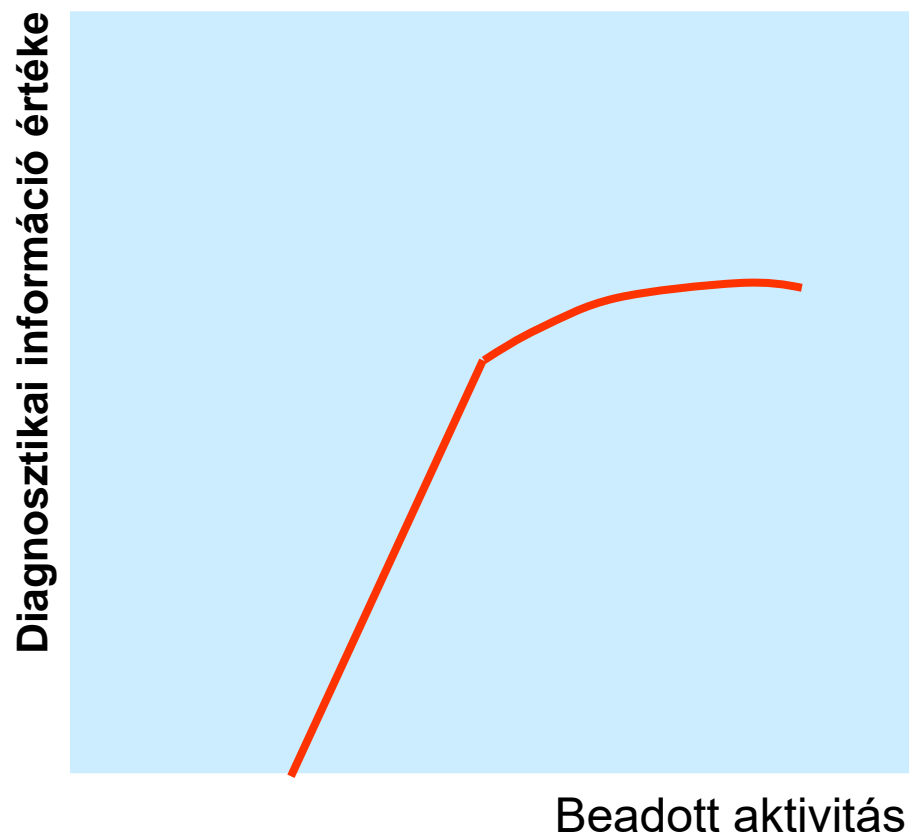
$T_{1/2} = 6$  óra

# Képmínőség optimalizálása

A képmínőség függ:

- A beadott aktivitástól
- Technikai tényezőktől
  - használt berendezés
  - begyűjtési protokoll
  - képfeldolgozás & értékelés
  - zaj
  - térbeli felbontás
  - szórás
- Beteg jellemzői:
  - testméret
  - kor
  - betegség
  - mozgás

# Beadott aktivitás optimalizálása

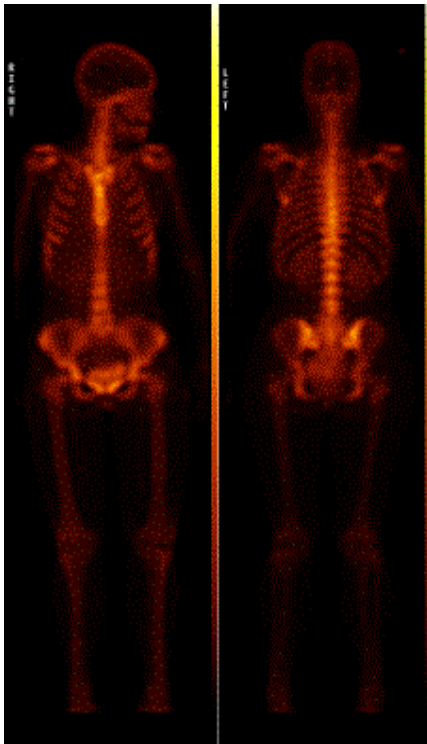


- Egy küszöb alatt hasznos információ nem várható
- E küszöb felett a képminőség meredeken nő az aktivitással
- Egy bizonyos szint felett az aktivitás további növelése nem javítja az eredményt

(ICRP 52)

# Optimalizálási módszerek (BSS II.17 folyt.)

(ii) Módszerek a nem vizsgálandó szervek **felvételének blokkolására**, és a kiürülés gyorsítására, ahol lehet:

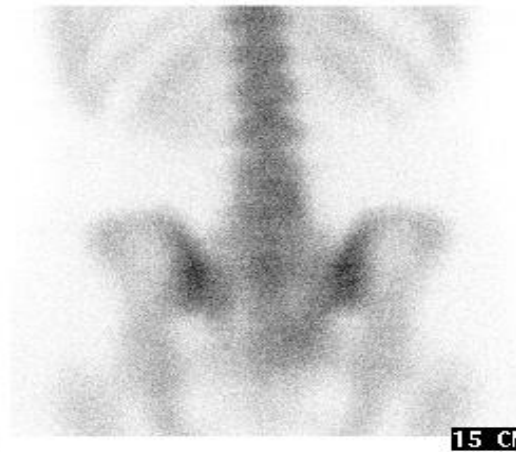


- A pajzsmirigy-felvétel blokkolása
- Itatás és gyakori hólyagürítés
- Hashajtók
- Katéterezés a hólyag ürítésére???
- Cholecystokinin (zsíros étel) az epehólyag ürítésére

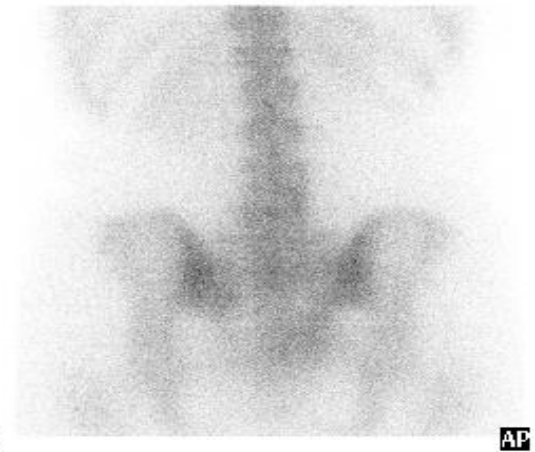
# Megfelelő képbegyűjtési beállítás



Közel

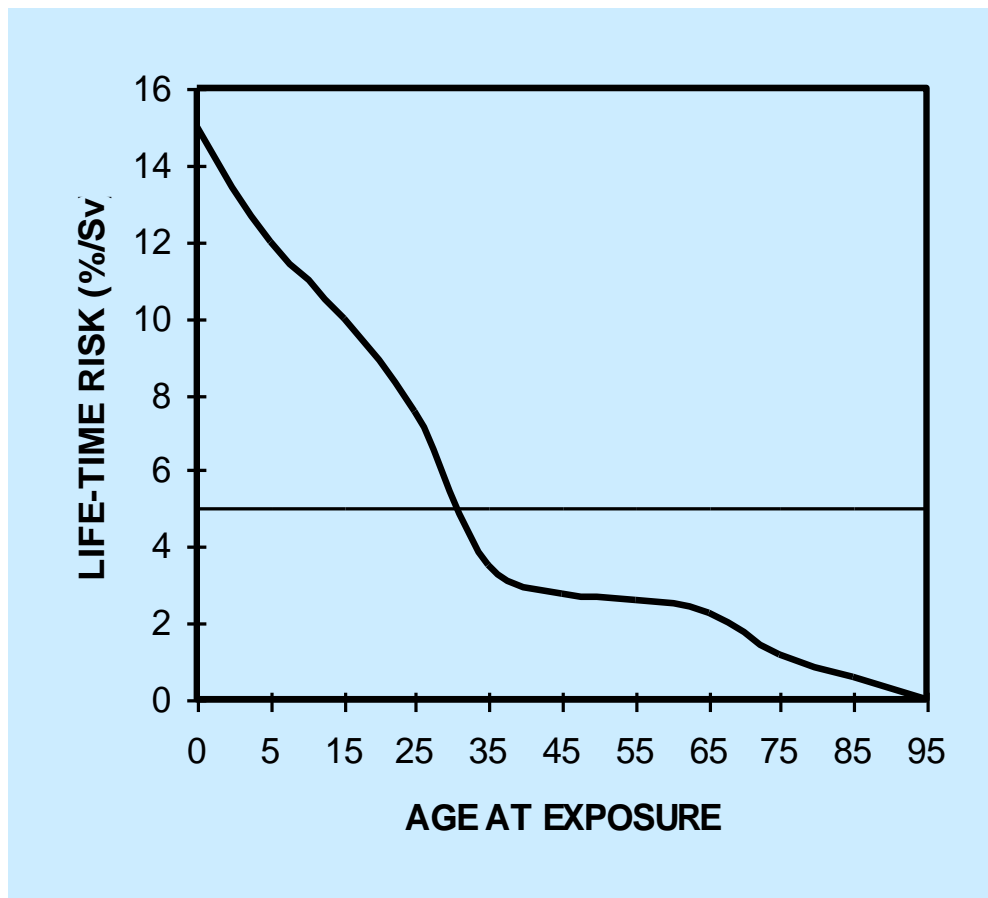


15 cm



Rossz  
energiaablak

# Sugárkockázat





# Gyerekeknek beadandó aktivitás

A felnőtt adag az alábbi képletek valamelyike szerint mérsékelhető:

- testtömeg / 70 kg
- testfelszín / 1.73 m<sup>2</sup>
- testmagasság / 174 cm

# EANM ajánlás gyermekdózisokra – 1. old.

## Recommended Amounts in MBq

Radiopharmaceutical	Class	Baseline Activity (for calculation purposes only) MBq	Minimum Recommended Activity <sup>1</sup> MBq
<sup>123</sup> I (Thyroid)	C	0.6	3
<sup>123</sup> I Amphetamine (Brain)	B	13.0	18
<sup>123</sup> I HIPPURAN (Abnormal renal function)	B	5.3	10
<sup>123</sup> I HIPPURAN (Normal renal function)	A	12.8	10
<sup>123</sup> I mIBG	B	28.0	80
<sup>131</sup> I mIBG	B	5.6	35
<sup>18</sup> F FDG (2D) <sup>4</sup>	B	25.9	26
<sup>18</sup> F FDG (3D), Recommended in children <sup>4</sup>	B	14.0	14
<sup>18</sup> F Fluorine (2D)	B	25.9	26
<sup>18</sup> F Fluorine (3D), Recommended in children	B	14.0	14
<sup>67</sup> Ga Citrate	B	5.6	10

# Dosage Card (Version 1.5.2008)

## Multiple of Baseline Activity

Weight kg	Class A	Class B	Class C	Weight kg	Class A	Class B	Class C
3	1	1	1	32	3.77	7.29	14.00
4	1.12	1.14	1.33	34	3.88	7.72	15.00
6	1.47	1.71	2.00	36	4.00	8.00	16.00
8	1.71	2.14	3.00	38	4.18	8.43	17.00
10	1.94	2.71	3.67	40	4.29	8.86	18.00
12	2.18	3.14	4.67	42	4.41	9.14	19.00
14	2.35	3.57	5.67	44	4.53	9.57	20.00
16	2.53	4.00	6.33	46	4.65	10.00	21.00
18	2.71	4.43	7.33	48	4.77	10.29	22.00
20	2.88	4.86	8.33	50	4.88	10.71	23.00
22	3.06	5.29	9.33	52-54	5.00	11.29	24.67
24	3.18	5.71	10.00	56-58	5.24	12.00	26.67
26	3.35	6.14	11.00	60-62	5.47	12.71	28.67
28	3.47	6.43	12.00	64-66	5.65	13.43	31.00
30	3.65	6.86	13.00	68	5.77	14.00	32.33

# Példák aktivitásszámolásra

- a)  $^{18}\text{F}$  FDG (WB 3D),  
50 kg: activity to be administered [MBq] =  $14.0 \times 10.71$  [MBq]  
 $\approx 150$  MBq
- b)  $^{123}\text{I}$ mIBG,  
3 kg: activity to be administered [MBq] =  $28.0 \times 1$  [MBq] = 28 MBq  
< 80 MBq (Minimum Recommended Activity)  
**=> activity to be administered: 80 MBq**
- c)  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  HMPAO (Brain),  
58 kg: activity to be administered [MBq] =  $51.8 \times 12$  [MBq]  
 $\approx 621$  MBq

# Gyakori SPECT+alacsony dózisú CT vizsgálatok felnőtt dózisa

Minimum and maximum effective dose in the most frequent SPECT/CT examinations in adult patients. CT or CACT for AC and AL.

SPECT/CT + name of examination	Reference	Drug	Radionuclide	Effective dose, E	
				$E_{\min}$ (mSv)	$E_{\max}$ (mSv)
With labeled leukocytes (infl./infect.)	20;36	HMPAO	$^{99m}\text{Tc}$	3.4	3.4
Sentinel lymph node detection	20;1,37	Albumin nanocoll.	$^{99m}\text{Tc}$	0.5	4.3
Cerebral perfusion	20;38	HMPAO	$^{99m}\text{Tc}$	5.8	5.8
Cerebral oncol. scan with tetrafosmin	20,39,40;38	Tetrafosmin	$^{99m}\text{Tc}$	2.8	6.3
Myocardial perfusion with tetrof. rest	20;1,41	Tetrafosmin	$^{99m}\text{Tc}$	5.1	7.7
Myocardial perfusion with tetrof. stress	20;1,41	Tetrafosmin	$^{99m}\text{Tc}$	5.6	7.7
Non-oncological bone scan	20;42,43	HDP	$^{99m}\text{Tc}$	3.9	7.9
Myocardial perfusion with MIBI stress	20;1,41	MIBI	$^{99m}\text{Tc}$	6.4	8.5
Oncological bone scan	120;44,45	HDP	$^{99m}\text{Tc}$	4.4	8.6
Myocardial perfusion SPECT/CACT stress with MIBG	20;1,46	Tetrafosmin	$^{99m}\text{Tc}$	5.7	8.7
Myocardial perfusion with MIBG	20;1,44	MIBG	$^{123}\text{I}$	5.9	8.7
Myocardial perfusion with MIBI rest	20;1,41	MIBI	$^{99m}\text{Tc}$	6.8	9.4
Parathyroid	20;1,44	MIBI	$^{99m}\text{Tc}$	6.7	10.4
Somatostatin receptors	20;1,47	Pentetreotide	$^{111}\text{In}$	11.0	14.2
Thyroid	20;1,48	Sodium iodide	$^{131}\text{I}$	11.2	14.7
Cerebral oncol. scan with thallium	20,40;38	Chloride	$^{201}\text{Tl}$	9.3	18.2
Non-oncological scan with $^{67}\text{Ga}$ citrate	20;26,27	Citrate	$^{67}\text{Ga}$	19.4	20.6
Myocardial perfusion with thallium	20;1	Chloride	$^{201}\text{Tl}$	23.2	25.2
With ProstaScint	13,30;49	Capromab-pendetide	$^{111}\text{In}$	49.1	49.1
Whole-body with FDG	6,20,28;22,23	FDG	$^{18}\text{F}$	8.1	16.1

CACT: coronary angiography with CT; AC: attenuation correction; AL: anatomic localization

*C. Camacho López et al., Rev Esp Med Nucl. 2011;30(5):276–285*

# Gyakori SPECT+diagnosztikai CT vizsgálatok felnőtt dózisa

Minimum and maximum effective doses in the most common SPECT/CT examinations in adult patients. diagnostic CT or CACT.

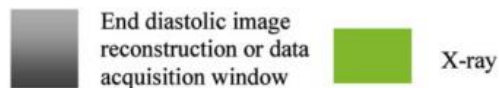
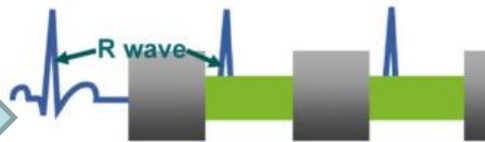
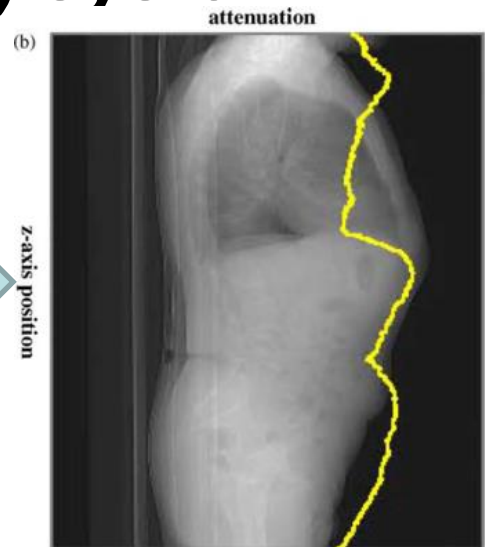
SPECT/CT + name of examination	Reference	Drug	Radionuclide	Effective dose, E	
				$E_{\min}$ (mSv)	$E_{\max}$ (mSv)
Cerebral perfusion	20;21,38	HMPAO	$^{99m}\text{Tc}$	7.4	7.5
Cerebral oncol. scan with tetrofosmin	20,39,40;21	Tetrofosmin	$^{99m}\text{Tc}$	4.4	7.9
Oncological bone scan	20;1	HDP	$^{99m}\text{Tc}$	9.6	17.6
With MIBG	20;1	MIBG	$^{123}\text{I}$	10.7	18.7
Cerebral oncol. scan with thallium	20,40;21	Chloride	$^{201}\text{Tl}$	10.9	19.8
Parathyroid	20;1	MIBI	$^{99m}\text{Tc}$	12.4	20.4
Myocardial perfusion SPECT CACT rest/stress	20;1,50	Tetrofosmin	$^{99m}\text{Tc}$	12.6	23.4
Somatostatin receptors	20;1	Pentetreotide	$^{111}\text{In}$	16.2	24.2
Thyroid	20;1	Sodium iodide	$^{131}\text{I}$	16.7	24.7
Myocardial perfusion SPECT CACT only stress	20;51	Tetrofosmin	$^{99m}\text{Tc}$	16.2	37.7
Myocardial perfusion SPECT CACT	20;51	Chloride	$^{201}\text{Tl}$	41.7	46.7
$^{201}\text{Tl}$ -rest/ $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI-stress		MIBI	$^{99m}\text{Tc}$		
Whole-body with FDG	6,20,28;24	FDG	$^{18}\text{F}$	14.0	36.1

CACT: coronary angiography with CT; AC: attenuation correction; AL: anatomic localization

C. Camacho López et al., Rev Esp Med Nucl. 2011;30(5):276–285

# CT dóziscsökkentési megoldások: Automatic exposure control (AEC) system

	Szempon	Jelenség
egésztest	testméret	vékonyabb betegben a kilépési oldalon is intenzívebb nyaláb
	hosszanti	a váll- és hasi régióban nagyobb zaj
	forgásszög	oldalirányban nagyobb sugárelnyelés
	3 D	a testhossz mentén és a szög szerint is változó intenzitás
szív	szívfázis	modulált: ED: 100%, többi: 20-30% (-25%)
		kapuzott: csak ED (-70%)
	kétsugaras	nagyobb ágymozgás fordulatonként (-47%)



Lee, T.-Y., & Chhem, R. K. (2010). Impact of new technologies on dose reduction in CT. *European journal of radiology*, 76(1), 28–35.

# Vizsgálat után

- Sugárdózis csökkentése:
  - vesén keresztül kiválasztódó radiofarmakon esetén → jelentős mennyiségű folyadékbevitel
  - epével kiválasztódó lipofil radiofarmakon esetében → zsíros étel-ital (csokoládé☺) fogyasztása
- Gyerekek ne kísérik a beteget!
- Vizsgálat utáni elővigyázatosság beteg részére:
  - tömegközlekedés használata ?!
  - gyerekekkel való minimális kontaktus
  - Szoptatás szüneteltetése, abbahagyása
- Óvatosság a radioaktív hulladék eltávolításakor, pl. szennyezett+fertőzött ágynemű (radiojód terápia!)



# Helyzetelemzés: magzati dózis

- Olyan nők besugárzása, akik nem tudják, hogy terhesek:  
**Véletlen** magzati besugárzás
- **Tervezett** besugárzások:
  - Terhes nők, akiknek nukleáris medicina vizsgálatra vagy akár radioizotóp-terápiára van szükségük
- **Baleseti** besugárzás terhességben
- **Foglalkozási** besugárzások terhességben
- **Nők besugárzása**, akiknek még lehet gyermeke.

# Sugárérzékenység korai terhességben

Determinisztikus hatások küszöbdózisa	100 - 200 mSv
Értelmi fogyatékoság	40 % /Sv
Rák, leukémia	
10 éves kor alatt	2 % /Sv
egész élettartam alatt	15 % /Sv
Örökletes hatások	1 % /Sv

# Magzati dózis

Vizsgálat	Aktivitás (MBq)	Magzati dózis (mSv)
Csont (Tc99m)	600	4
Agy (CBF)	500	4
Tüdő (Tc99m-MAA)	160	0.4
Vese (MAG3)	100	2
Tumor v tályog (Ga-67 citrate)	300	28
Szív (Tc99m-MIBI)	300	5
Szív (Tl-201)	100	10
Pajzsmirigy (Tc99m)	100	1
Pajzsmirigy(I-131)	100	7
Vese clearance (Cr-51-EDTA)	4	0.02

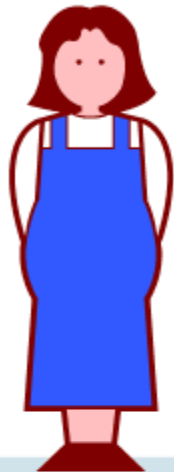
*Data from: Russell, Stabin et al Radiation dose to the embryo/fetus from radiopharmaceuticals. Draft, 1997*

# Ajánlás szoptatás szüneteltetésére: Tc

Radiofarmakon	Beadott aktivitás (MBq)	Tanácsadás?	Javaslat
Tc-99m DTPA	740	nem	
Tc-99m MAA	148	igen	12 hr
Tc-99m Pertechnetate	185	igen	4 hr
Tc-99m DISIDA	300	nem	
Tc-99m glucoheptonate	740	nem	
Tc-99m HAM	300	nem	
Tc-99m MIBI	1110	nem	
Tc-99m MDP	740	nem	
Tc-99m PYP	740	nem	
Tc-99m RBC's in vivo labelling	740	igen	12 hr
Tc-99m RBC's in vitro labelling	740	nem	
Tc-99m Sulphur Colloid	444	nem	
Tc-99m DTPA Aerosol	37	nem	
Tc-99m WBC's	185	igen	48 hr
Tc-99m MAG3	370	nem	

# Ajánlás szoptatás szüneteltetésére

Radiofarmakon	Beadott aktivitás (MBq)	Tanácsadás?	Javaslat
Ga-67 Citrate	185	igen	Abbahagyni
I-131 NaI	5550	igen	Abbahagyni
Cr-51 EDTA	1.85	nem	
In-111 WBC's	20	nem	
I-123 NaI	15	igen	Abbahagyni
I-123 OIH	74	nem	
I-123 mIBG	370	igen	48 hr
I-125 OIH	0.37	nem	
I-131 OIH	11.1	nem	
Tl-201	111	igen	96 hr
Xe-133 gas		nem	



Period when important organs are formed  
= Period requiring careful attention to the use of drugs  
= Period when fetuses are vulnerable to radiation



Pre-implantation period  
0 to 2 weeks after conception

- Miscarriage

Organogenesis period  
2 to 8 weeks after conception

- Dysplasia (malformation)

Early fetal period  
8 to 15 weeks after conception

- Mental retardation

Late fetal period  
15 weeks after conception to delivery

The threshold dose is 0.1 Gy or more.

\* The time generally considered as two-week pregnancy is equivalent to zero weeks after conception.

# Difference in Radiosensitivity by Age

**Children are not small adults.**

	Committed effective dose coefficients for I-131*1 (mSv/Bq)	Committed effective doses when having taken in 100 Bq of I-131 (mSv)	Equivalent doses to the thyroid when having taken in 100 Bq of I-131*2 (mSv)
<b>3 month-old infants</b>	<b>0.18</b>	<b>18</b>	<b>450</b>
<b>1 year-old children</b>	<b>0.18</b>	<b>18</b>	<b>450</b>
<b>5 year-old children</b>	<b>0.10</b>	<b>10</b>	<b>250</b>
<b>Adults</b>	<b>0.022</b>	<b>2.2</b>	<b>55</b>

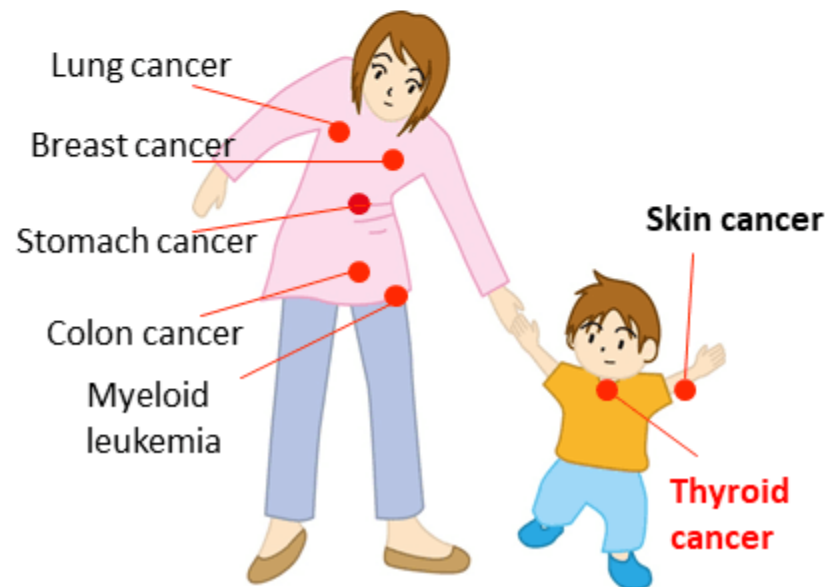
\*1: Committed effective dose coefficients are larger for children due to difference in metabolism and physical constitution.

\*2: Calculated using the tissue weighting factor of 0.04 for the thyroid

Source: International Commission on Radiological Protection (ICRP), ICRP Publication 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, 2012

**Risks of thyroid cancer and skin cancer are higher for children than for adults.**

mSv/Bq: microsieverts/becquerel



# Orvosi eredetű sugárterheléssel kapcsolatos feljegyzések

- Beadott radiofarmakon és aktivitás (betegenként)
- Beadás módja (betegenként)
- Véletlen vagy baleseti terhelés kivizsgálási jelentése
- A betegek elnyelt sugárdózisa
- Az aktivitásmérő kalibrálási bizonyítványa
- Berendezések minőségellenőrzése (gamma-kamera, aktivitásmérő)
- Karbantartások és javítások
- Sugárvédelmi auditok és felülvizsgálatok
- Képzések:
  - kezdeti
  - frissítő





# Az elnyelt dózis számolásának elve

## Nehezítő tényezők:

1. A radionuklid **eloszlása** a testben, **felvételi** aránya a kritikus szervekben
2. **Inhomogén** eloszlás lehet még a kritikus szervben belül is
3. A **biológiai felezési** idő függhet a:
  - kortól
  - betegségtől v. kóros állapottól

# Egy szerv elnyelt dózisának meghatározói:

- Radionuklid
- Beadott aktivitás
- Felvételi arány a szervben
- A szerv mérete, alakja
- Aktivitás más szervekben
- A radiofarmakon kinetikája
- A radiofarmakon minősége