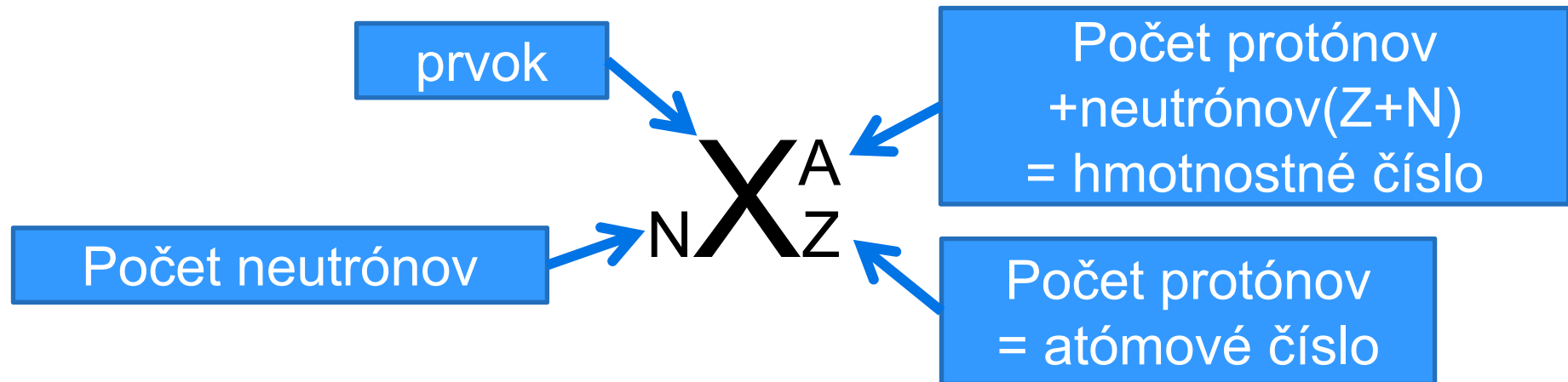


Praktická výučba nukleárnej medicíny

Modul 1, časť 2
Základy nukleárnej medicíny



Rádionuklidy v nukleárnej medicíne

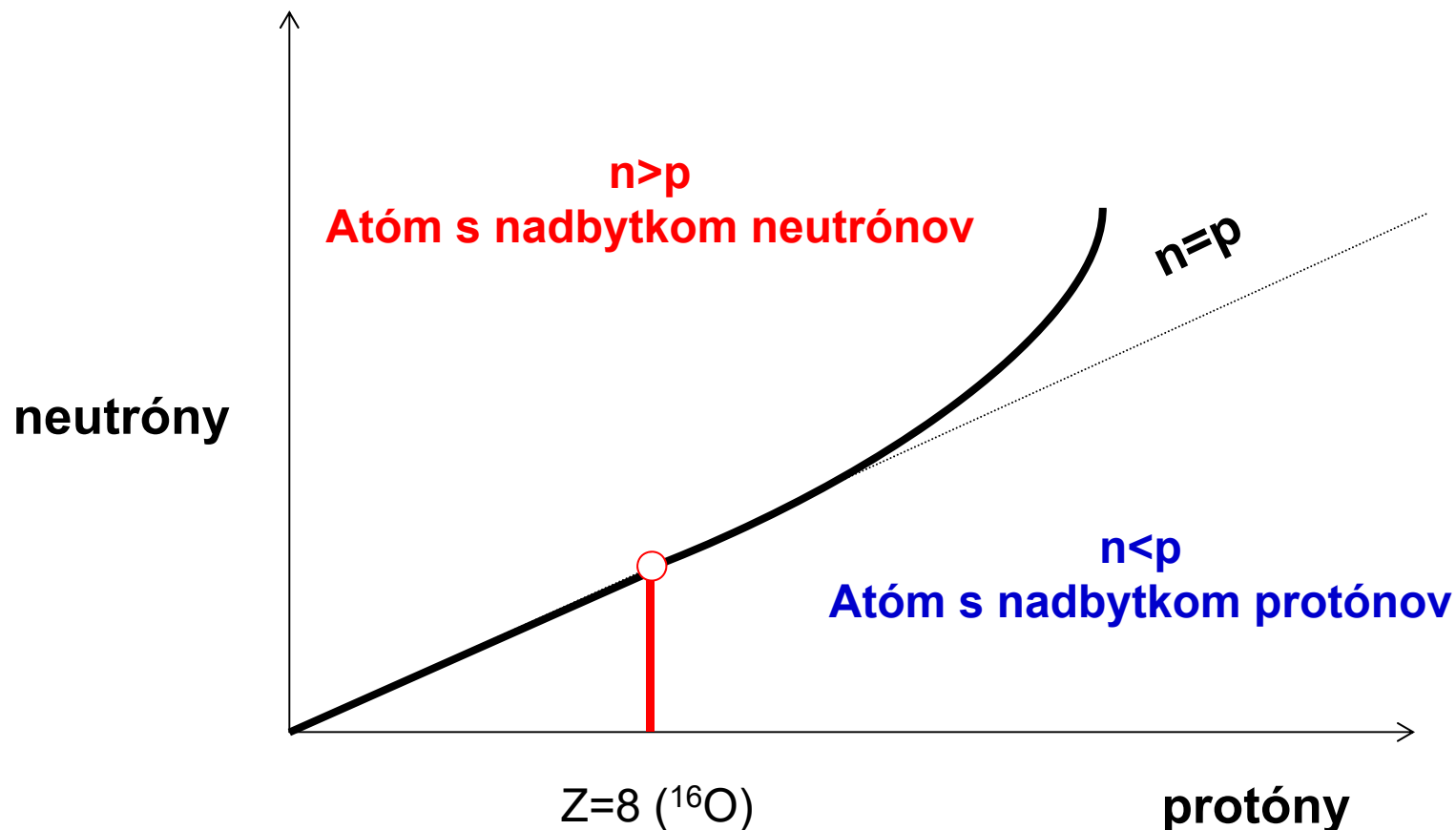


- Izométny prechod (γ) (Z, N, A nemenné)
- Premena α (terapia) (Z-2, N-2, A-4)
- Izobarický prechod (A nemenné, mení sa Z&N)
 - β^- (elektróny) (Z+1, N-1, A nemenné)
 - β^+ (pozitróny) (Z-1, N+1, A nemenné)
 - Elektrónový záchyt (Z-1, N+1, A nemenné)



Prečo dochádza k rádioaktívnej premene jadra?

- **Nadbytok energie v jadre** (izomérny prechod, γ)
- **Nadbytok častíc v jadre:**
 - Nadbytok neutrónov (premena β^-)
 - Nadbytok protónov (elektrónový záchyt, premena β^+)



Rádiofarmaká (=lieky)



- Samotné rádionuklidy (^{123}I , ^{201}Tl , ^{18}F)
- Značené molekuly (Albumín- $^{99\text{m}}\text{Tc}$)
- Značené bunkové elementy (ery, leu, Tr)
- Jednotlivé rádiofarmaká budú prebraté v rámci jednotlivých vyšetrovacích metód nukleárnej medicíny

Spôsob podania :

i.v. injekcia+++ , p.o. aplikácia, inhalácia

Časový odstup medzi aplikáciou a zobrazením:

Variabilný : ihneď → niekoľko dní

Snímanie 1x, resp. vo viacerých sekvenciách

Rádiofarmaká môžu byť skladované a používané len na pracoviskách nukleárnej medicíny





Najčastejšie používaný rádionuklid v nukleárnej medicíne: ^{99m}Tc

Technécium ^{99m}Tc :

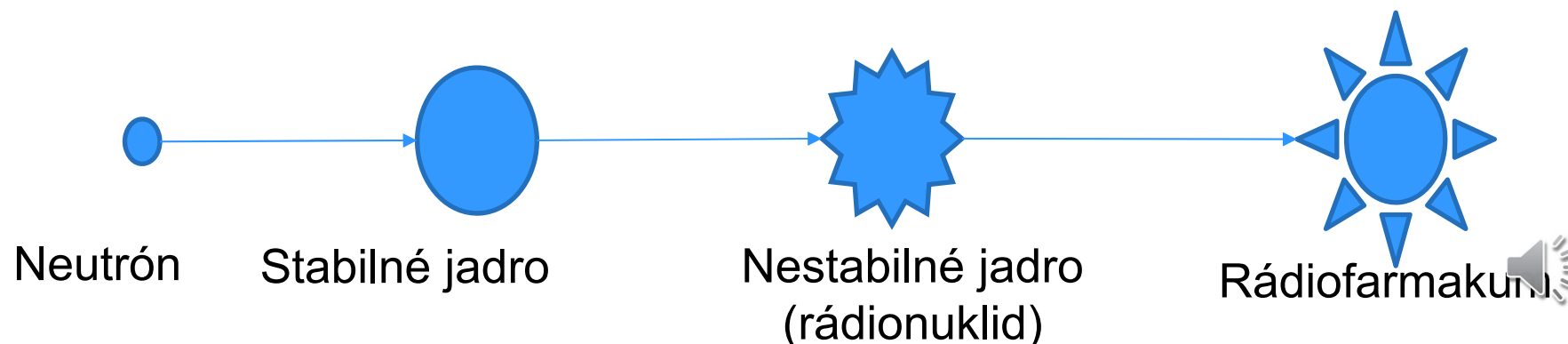
- « umelý » prvok, metastabilný
- disponibilný (z generátor $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$)
- Čistý gama žiarič
- Energia fotónov gama : 140 keV, vhodná pre gama kamery
- Krátky fyzikálny polčas: 6hod
- Môže byť použitý samotný (štítka žľaza, slinné žľazy)
- Slúži na značenie mnohých molekúl a buniek



Výroba rádionuklidov na medicínske účely

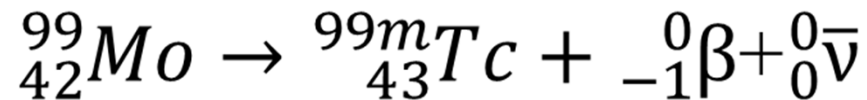
Výroba technécia-99m

- Stabilné častice sú bombardované časticami s vysokou energiou (neutróny, deuteróny alebo alfa častice)
- Častice s vysokou energiou pochádzajú z jadrových reaktorov a urýchľovačov častíc
- Niektoré jadrové reakcie, ktoré prebiehajú po bombardovaní ťažkých jadier ľahkými vedú k produkcii medicínsky užitočných rádionuklidov, ktoré môžu byť použité priamo na výrobu rádiofarmák alebo sa môžu použiť v generátoroch na pracoviskách nukleárnej medicíny

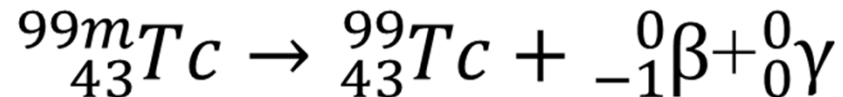


Výroba technécia-99m

- Tc-99m je metastabilné, t.j. je v excitovanom stave
- Je produktom rádioaktívnej premeny molybdénu, ktorý sa premieňa v procese rádioaktívnej premeny β^- s fyzikálnym polčasom $T_{1/2}$ 66h



- Tc-99m je gama žiarič s fyzikálnym polčasom premeny $T_{1/2}$ 6 h



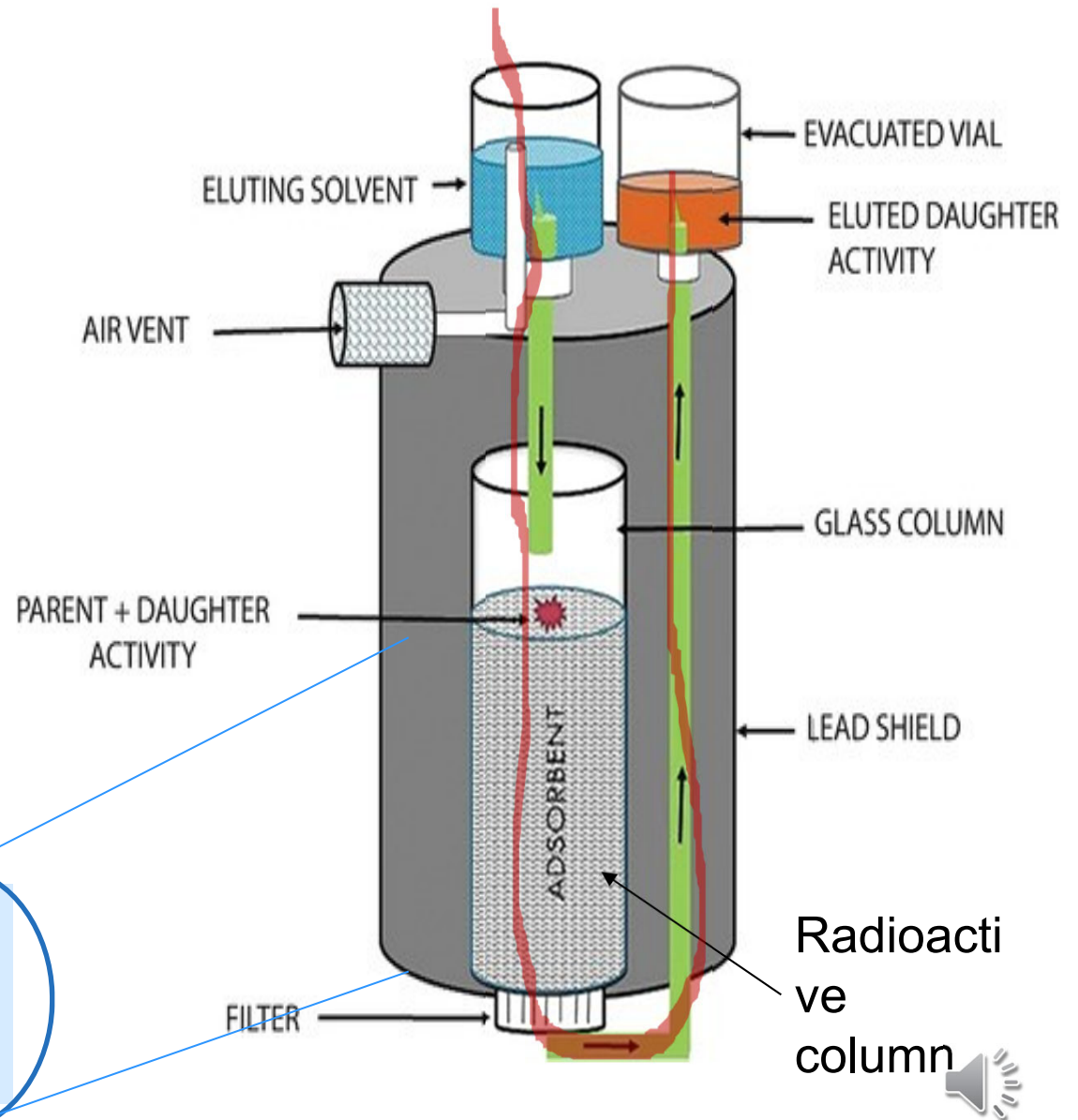
- $T_{1/2}$ Tc-99 je $\approx 250\,000$ rokov



Výroba technécia-99m

99mTc je najčastejšie používaný rádionuklid pre konvenčnú scintigrafiu

- Fyzikálny T1/2 99mTc je relatívne krátky (6 hodín) → je potrebné ho vyrobiť na mieste (na oddelení nukleárnej medicíny)
- Olovený kontajner generátora chráni používateľa pred žiarením beta- a gama
- 99Mo je chemicky naviazaný na alumíniovú kolónu a počas elúcie sa neuvolňuje



Alumíniová kolóna

Molybdén

Technécium-99m

Elúcia fuziologickým roztokom

Radioacti
ve
column

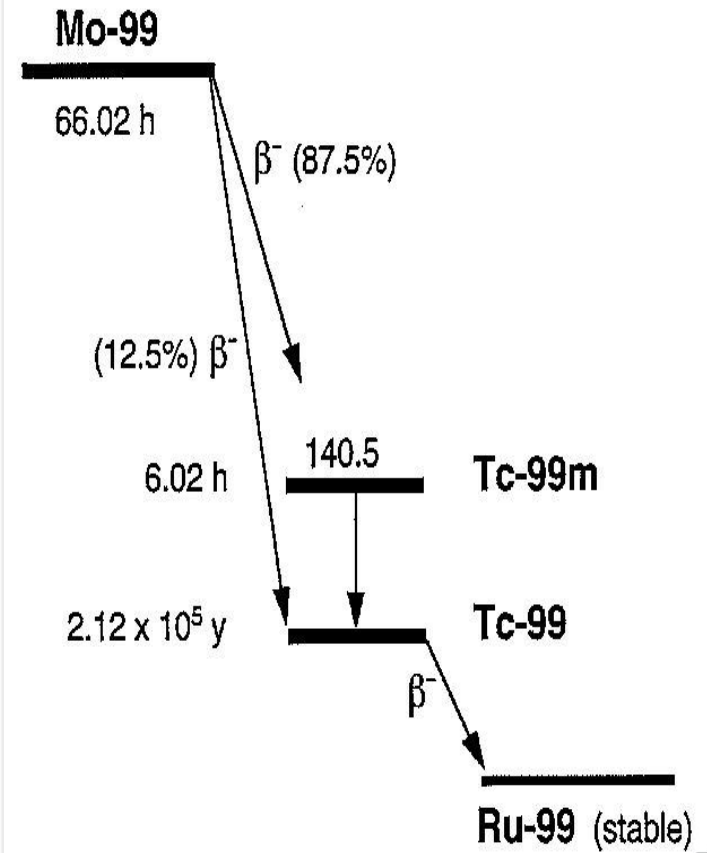
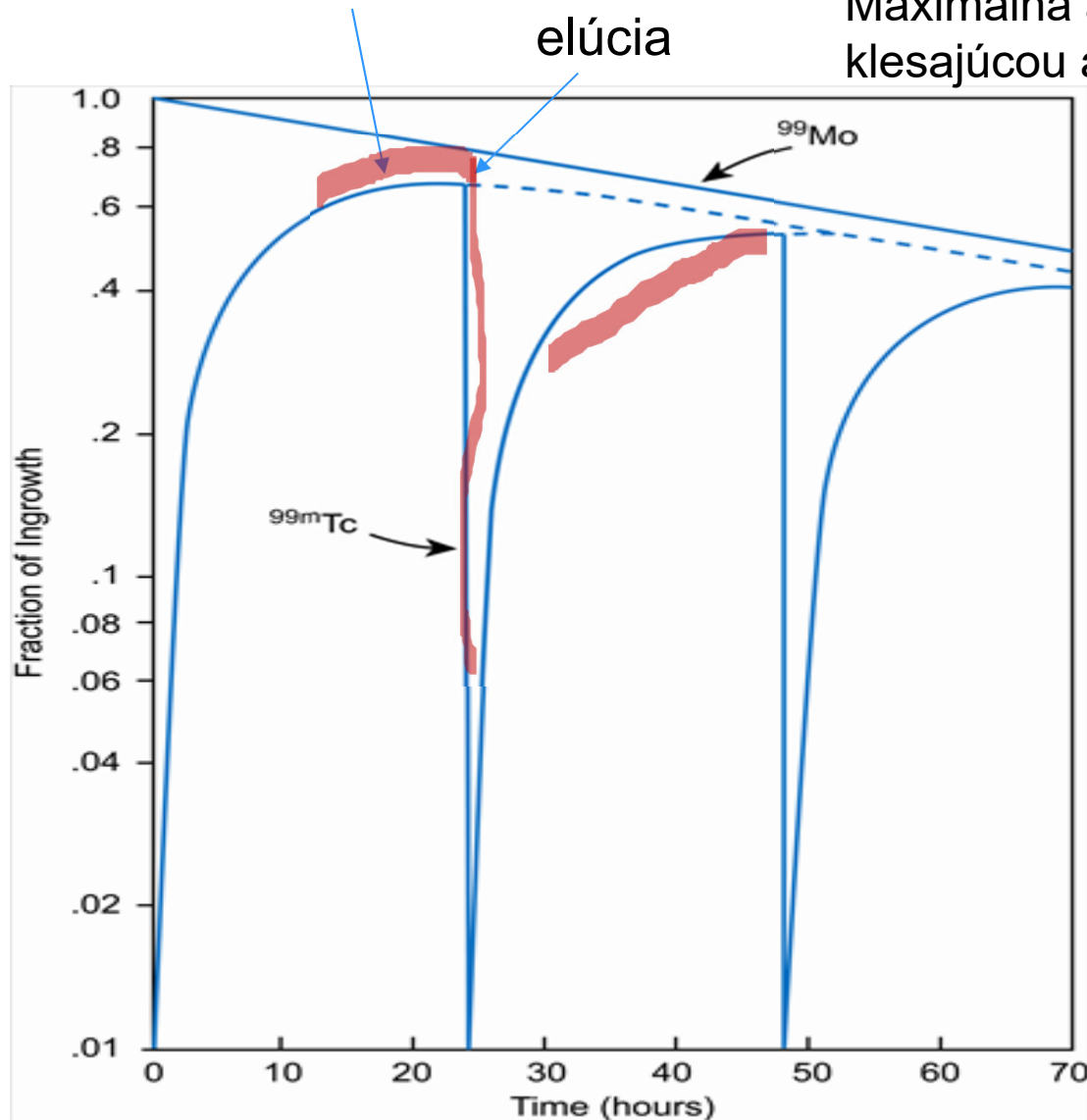


$^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator

$T_p \text{ } ^{99}\text{Mo} = 66\text{h}$, $T_p \text{ } ^{99\text{m}}\text{Tc} = 6\text{h}$

Maxiálna aktivita $^{99\text{m}}\text{Tc}$ je v ~22-23h

Maximálna aktivita $^{99\text{m}}\text{Tc}$ klesá spolu s klesajúcou aktivitou ^{99}Mo



Radiačná ochrana

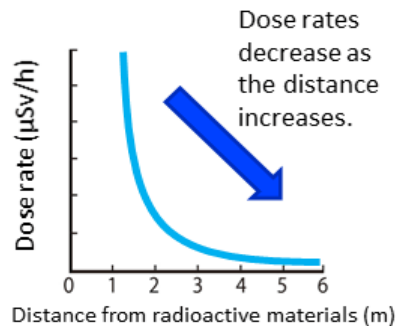
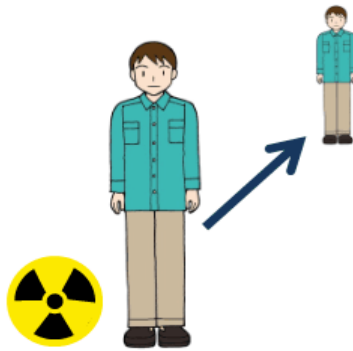
Tri hlavné princípy radiačnej ochrany

- Minimalizuj čas
- Maximalizuj vzdialenosť
- Použi tienenie

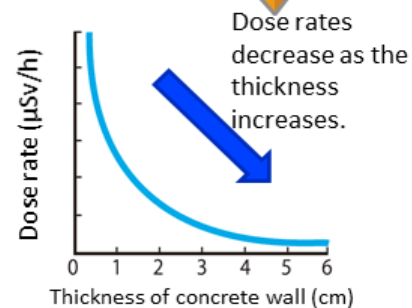
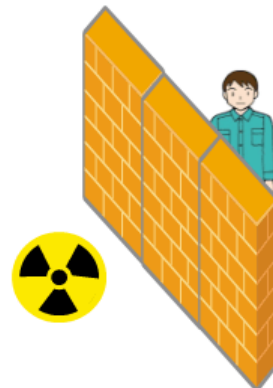


Radiačná ochrana

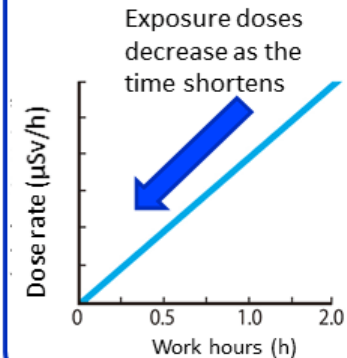
(i) Keep away
(**distance**)



(ii) Place something heavy in between
(**shielding**)



(iii) Shorten time while being close to radioactive materials
(**time**)

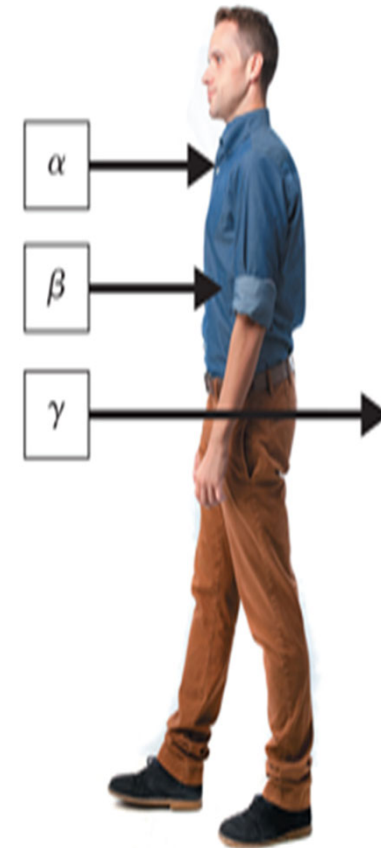


Radiačná ochrana: tienenie

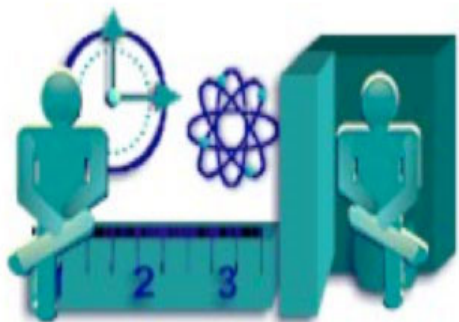
α častice: absorbované po prechode ~ 3 cm vzduchu, ~ 0,2 mm vody, papierom alebo kožou

β - častice: absorbované po prechode ~ 3m vzduchu, ~5cm vody, tenkou vrstvou skla alebo kovu

γ fotóny: na bilión násobnú redukciu energie fotónu gama je potrebná ~ 4,2m vrstva vody, ~ 2m betónu, alebo ~ 40cm olova



Radiačná ochrana: tienenie



Indikácia funkčných zobrazovacích metód nukleárnej medicíny

- V závislosti od typu značkovača (markera) biologického procesu aplikovaného do organizmu ako rádiofarmaka je tento akumulovaný:
 - Podľa **orgánu** : štítna žľaza, pľúca, srdce, kosť...
 - Podľa **funkcie** : ventilácia, tranzit, metabolizmus...
 - Podľa **typu diagnostického cieľa** : antigén, typ bunky, membránový receptor...
 - Podľa typu **patologického procesu** : zápal, infekcia, fraktúra, benígny/malígny nádor...
- V závislosti od veku: od pediatrie... po geriatriu
- Jediná (relatívna) kontraindikácia pre funkčné zobrazovacie metódy nukleárnej medicíny : gravidita



Princípy indikácie diagnostických metód nukleárnej medicíny

- Všetky diagnostické metódy, vrátane diagnostických metód nukleárnej medicíny sú indikované za účelom redukcie diagnostickej neistoty pri odlíšení pacientov, ktorí sú nositeľmi daného znaku (príp. ochorenia) od pacientov, ktorí nie sú jeho nositeľmi
- Od diagnostickej metódy sa preto očakáva jej dostatočná
 - Diagnostická výkonnosť
 - Schopnosť správne ovplyvniť (nasmerovať) diagnostické zmýšľanie
 - Schopnosť správne ovplyvniť (nasmerovať) terapeutický manažment



Diagnostické parametre vyšetrovacej metódy

Senzitívnosť (Se), špecifickosť (Sp) a diagnostická presnosť (Acc)

		Skúmaný znak		
		Prítomný	Neprítomný	
Výsledok testu	Pozitívny	TP (true positive)	FP (false positive)	TP+FP
	Negatívny	FN (false negative)	TN (true negative)	FN+TN
Súčet stĺpcov		TP+FN	FP+TN	Celkový počet N
		Senzitívnosť $TP/(TP+FN)$	Špecifickosť $TN/(FP+TN)$	Diagnostická presnosť $(TP+TN)/N$



Vplyv výsledku vyšetrovacej metódy na diagnostické zmýšľanie

- Vplyv na diagnostické zmýšľanie sa očakáva do každého diagnostického vyšetrenia, pričom je potrebné brať do úvahy prevalenciu choroby v danej populácii
- Vplyv výsledku vyšetrenia na zmenu pre-test vs. post-test diagnostickú neistotu
- Negatívna a pozitívna prediktívna hodnota vyšetrenia: parametre vyšetrenia vyjadrujú vplyv na diagnostické zmýšľanie u daného pacienta

$$\text{NPV: } \frac{\text{TN}}{\text{TN} + \text{FN}}$$

$$\text{PPV: } \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$



Vplyv výsledku vyšetrovacej metódy na manažment liečby

- Opis a kvantifikovanie vplyvu diagnostickej informácie získanej pomocou vyšetrovacej metódy na diagnostické a terapeutické rozhodovanie
= vplyv vyšetrovacej metódy na manažment liečby
- Frekvencia správnych terapeutických rozhodnutí motivovaných výsledkom vyšetrovacej metódy
- Vplyv nesprávneho výsledku (FN a FP) vyšetrovacej metódy na manažment liečby



Vaše případné otázky budou zodpovědány v diskusi

