

核医学辐射安全

武威医学科学院
甘肃省武威肿瘤医院
核医学科
李万勋

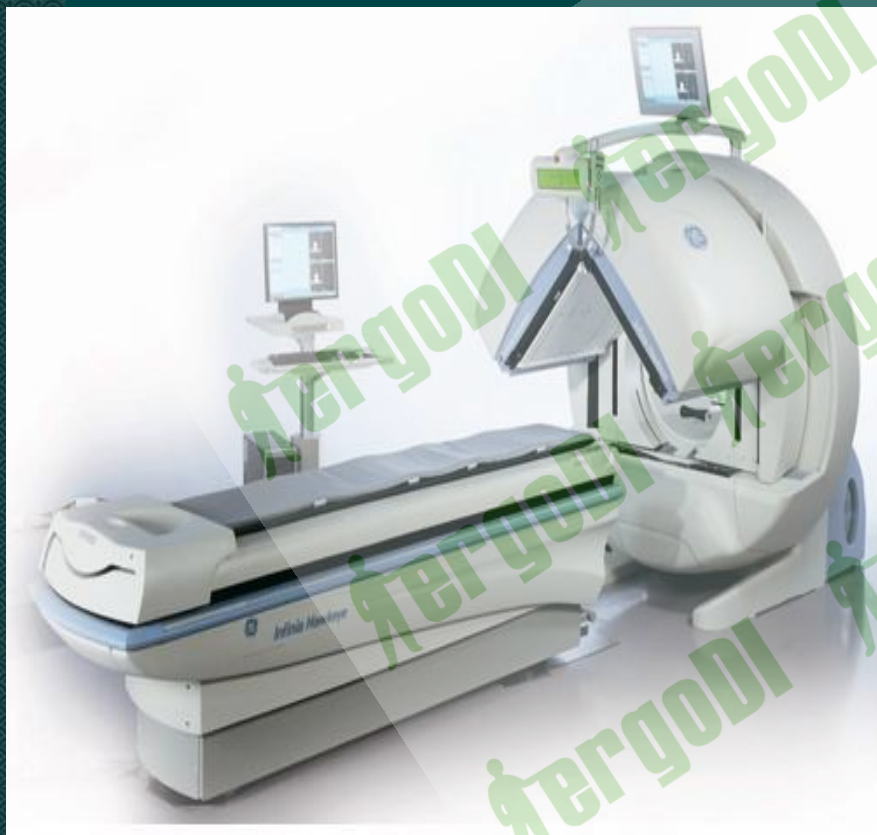




放射性标志



美国GE最新一代——Infinia VC Hawkeye4 SPECT-CTsystem~3000全数字化双探头符合线路、同机4排螺旋CT,可实现正电子显像(经济型PET)



探头自由可变角度能适应所有需要

一 辐射安全

- ◆ 核技术的广泛应用给人类带来了巨大的利益，发展前景广阔，但同时也存在着潜在性危险！过量的辐射照射确实可以对人体产生危害！
- ◆ 凡是应用核能技术和从事电离辐射研究的单位或项目，必须重视由此而带来的辐射安全和防护问题。

(一) 辐射防护

- ◆ 两个问题：
- ◆ 保护辐射工作人员及受检者本人以及他们的后代乃至全人类的健康。
- ◆ 允许进行有利于人类的但可能产生辐射照射的必要活动。

怎样权衡？ ？ ？

(二) 人体所受的辐射来源



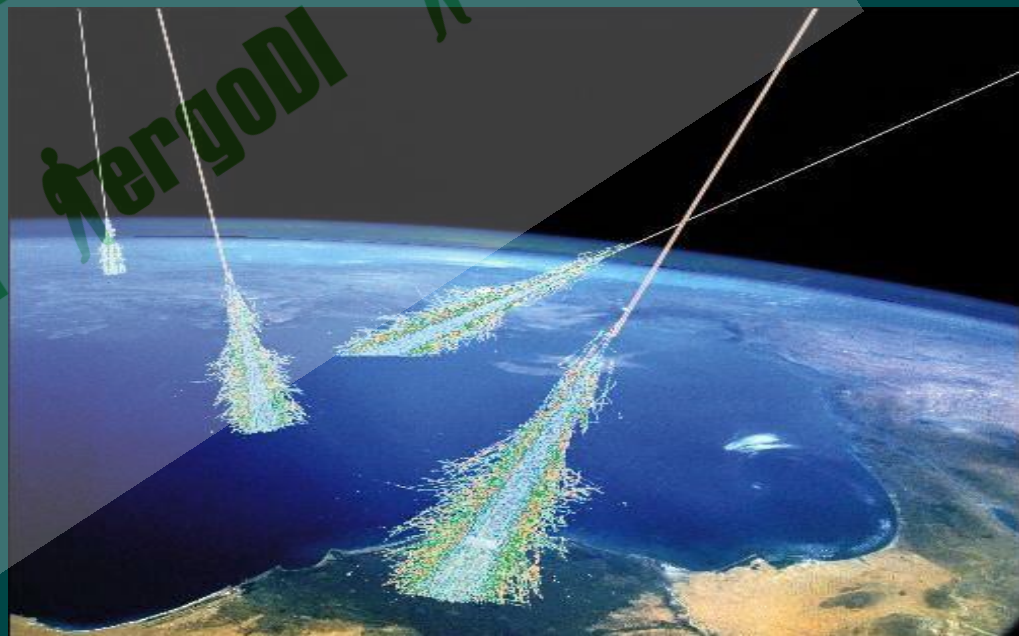
天然本底辐射

主要人工辐射源

其他人工辐射源

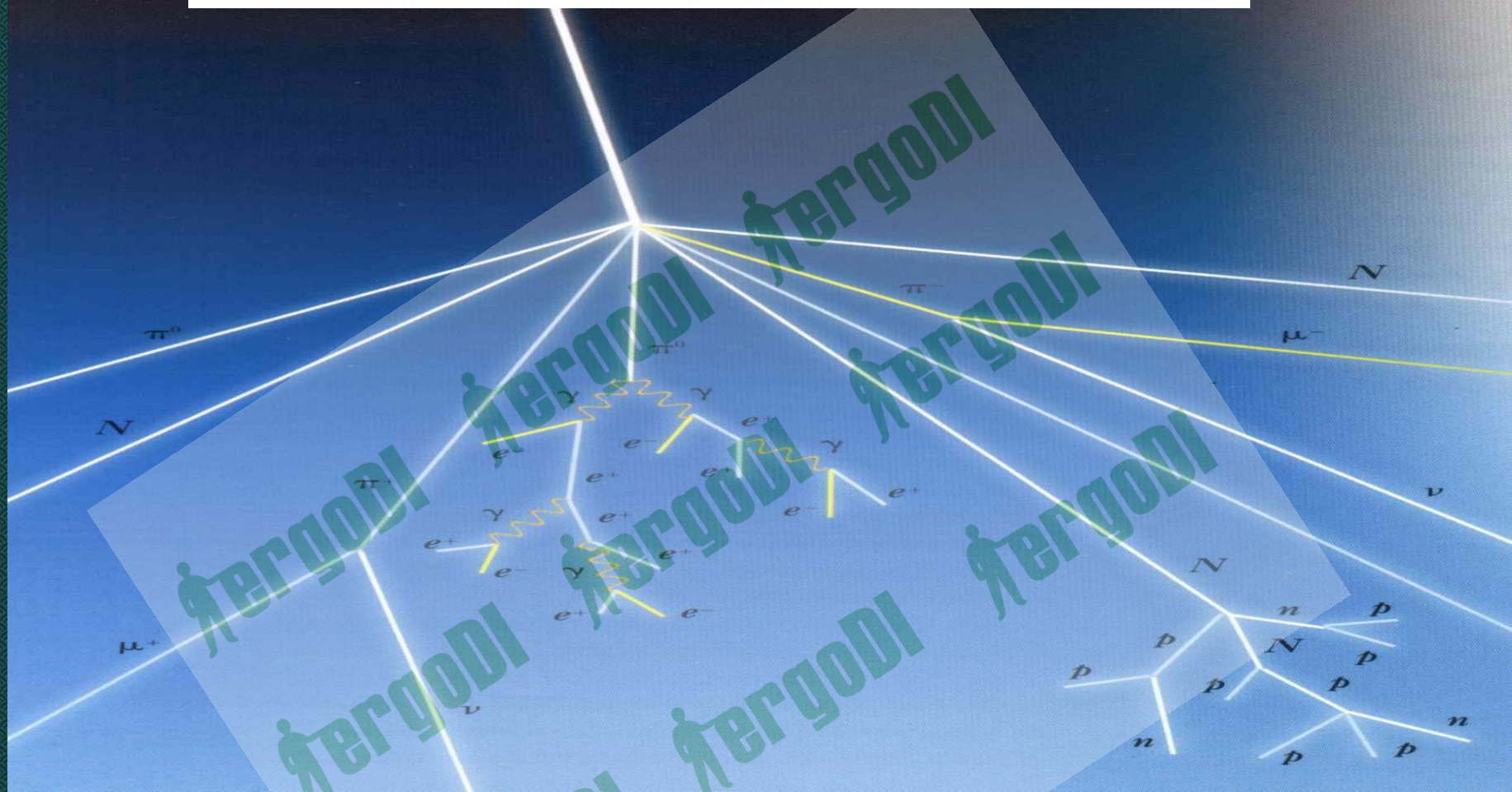
1 天然本底辐射

- ◆ 在人类生存的环境中，自然存在的多种射线和放射性物质。包括宇宙射线（cosmic radiation）、宇宙射线感生放射性核素（cosmogenic radionuclide）和地球辐射（earth radiation）。



(1) 宇宙射线

- ◆ 初级宇宙射线：星球碰撞、爆炸等形成的微粒在宇宙空间磁场的作用下形成的高能粒子流，其中主要是质子，其次是 α 粒子和重离子等。
- ◆ 次级宇宙射线：初级宇宙射线从宇宙空间进入大气层后，与空气分子发生核反应形成光子、电子、质子、中子、 π 介子等射线



初级宇宙射线进入大气层后产生次级宇宙射线的级联反应示意图



(2) 宇宙射线感生放射性核素

- ◇ 初级宇宙射线从宇宙空间进入大气层后，与空气分子发生核反应除放出射线外，还产生 ^3H 、 ^{14}C 、 ^7Be 、 ^{22}Na 、 ^{85}Kr 等放射性核素
- ◇ 这些感生放射性核素对人体的影响同于宇宙射线。



(3) 地球辐射

主要是来自地球土壤、岩石中的天然放射性核素，包括铀系、钍系、锕系等三大系列的核素，它们具有与地球年龄相当的半衰期，能长时间、稳定的形成系列衰变，每一条衰变都会产生子体核素Rn（氡气）。

2 主要人工辐射

(1) 医疗照射在公众受到的人工辐射源照射中居于首位。

医疗照射总的变化趋势是：一方面受检人数逐年增加；另一方面由于技术装备的不断改进，做同样项目的检查受到的照射逐年降低。



在各种放射诊疗中，X线诊疗、直线加速器放疗造成的人工辐射占90~95%，核医学诊疗所造成的人工辐射仅占5~10%。





(2) 放射性核素辐射源

A 放射性核素制备

B 放射性核素诊疗（体外诊断和分析、放射性药物治疗、敷贴治疗等）

C 放射性核素示踪技术

D 放射性核素加工技术

E 放射性核素探测技术

F 放射性核素育种技术



(3) 核爆炸

1945年美国向日本投放的两颗原子弹

1945年到1990年全球已公布的核试验至少1900多次

(4) 能源生产（燃煤发电、核能发电等）

(5) 核泄漏（切尔诺贝利核电站、日本福岛核泄漏等事故）

3 其他人工辐射源

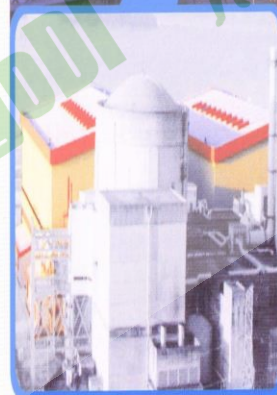
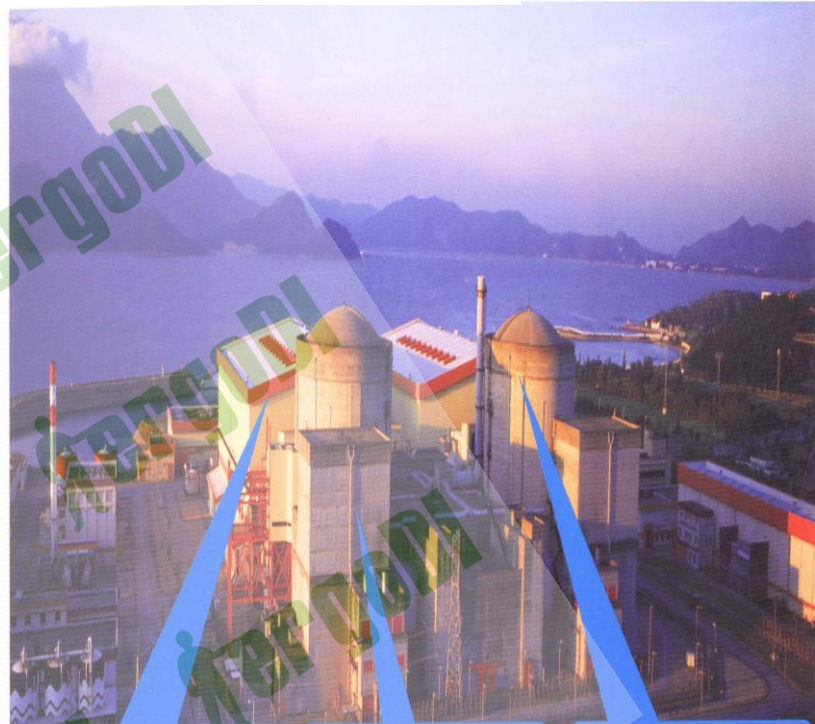
- (1) 火力发电站 火力发电站释放的主要放射性核素是钍 (Th) 和氡 (Rn) 及其衰变子体。
- (2) 消费产品中的人工辐射
- (3) 大量吸烟者
- (4) 经常空中旅行者



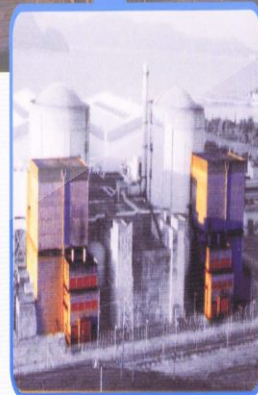
什么是核电站？

核电站是利用原子核内部蕴藏的能量大规模生产电力的发电站。

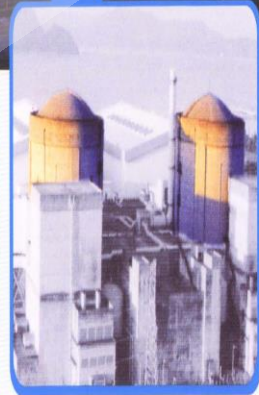
它大体可分为三部分：一部分是利用核能产生蒸汽的核岛，包括核反应堆和一回路系统；一部分是利用蒸汽发电的常规岛，包括汽轮发电机系统；另一部分是储存乏燃料的厂房。



橙黄色的建筑为常规岛，安装了汽轮机和发电机组。



核岛前（左边及右边）灰色方形建筑物为燃料厂房。

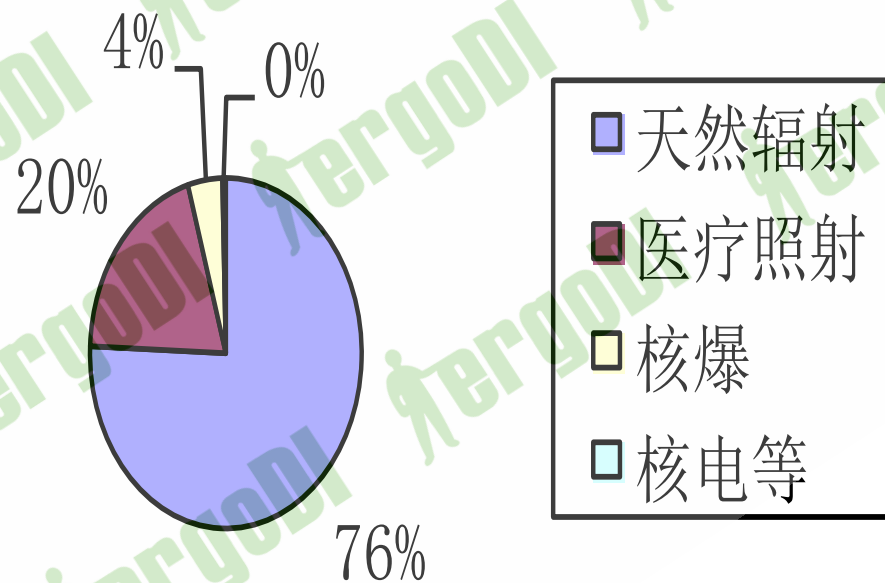


两栋圆柱形的建筑物为核岛，安装了核反应堆。

消费产品中的人工辐射



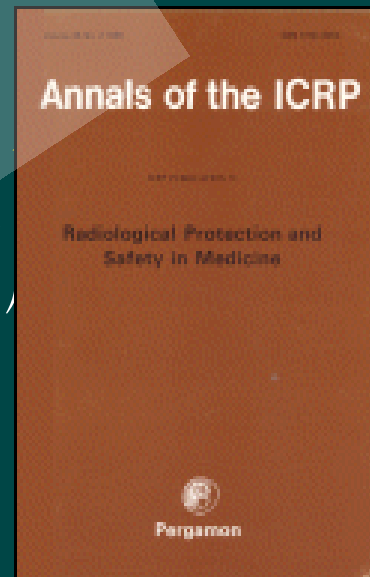
公众所受辐射照射比例（1993年）



二 辐射生物效应及其分类

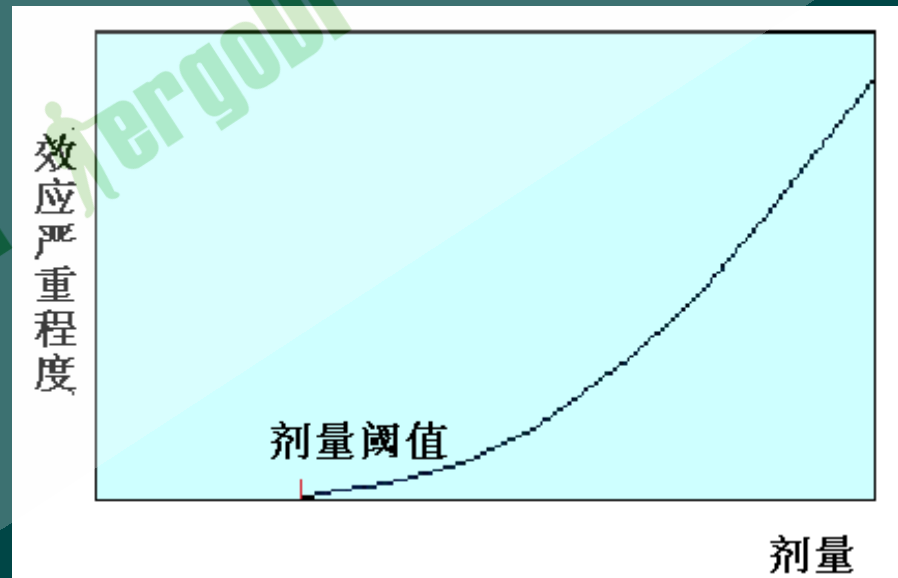
各种辐射达到一定能量时会引起物质电离，在人体就可能造成脏器或组织的辐射损伤，表现出各种生物效应。

国际放射防护委员会 International Commission of Radiation Protection ICRP 26号出版物按**剂量—效应**关系把辐射生物效应分为确定性效应和随机效



1. 确定性效应 determinate effect

- ◆ 确定性效应是指辐射损伤的严重程度与所受剂量呈正相关，有明显的阈值，剂量未超过阈值不会发生有害效应。一般是在短期内受较大剂量照射时发生的急性损害。研究对象为个体。



2. 随机效应 stochastic effects

- ◇ 随机效应研究的对象是群体，是辐射效应发生的几率（或发病率而非严重程度）与剂量相关的效应，不存在具体的阈值。

在放射防护中不能只满足于达到剂量限值，而对人员的照射应该达到尽可能低的剂量水平。



躯体效应和遗传效应

受照者本人身上的有害效应称为躯体效应（局部效应和全身效应），如辐射所致的骨髓造血障碍。

受照个体通过损伤受害者生殖细胞的遗传物质，影响到受照后裔（子代）表现出的有害效应称为遗传效应。其后代可能出现先天畸形、流产、死胎或其他遗传性疾病。



确定性效应

随机性效应

非致癌效应

致癌效应

躯体效应

遗传效应



低剂量辐射的兴奋效应

- ◆ Hormesis来源于希腊语，意为“刺激”
- ◆ Southam和Erlich两位学者于1943年用酚化合物杀灭引起木材腐烂的真菌时，发现低剂量的酚化合物反而促进了真菌的生长，把这种现象叫做兴奋效应Hormesis
- ◆ 自上世纪80年代开始国内外陆续有专家学者在研究中注意到低剂量的辐射可以刺激多种细胞功能，对机体产生很多有益的生物效应。



◆ 1 生长和寿命

Lorenz在20世纪40年关于低剂量辐射对动物体重增长的研究是广为人知的，受照动物选择小鼠、豚鼠和家兔，结果统计得出经过长期小剂量照射的实验组体重的增长显著高于对照组，同时生存时间也有明显延长。以小鼠组为例，受照组较未受照组平均寿命延长85天之多！



- ◆ Okumura 曾报告长崎原子弹爆炸对寿命的影响，该研究就幸存者两性中各年龄组每年百万人口的死亡率进行统计，发现在55岁以后男、女居民中未照射者死亡率高于受照射者。





2 生育与繁殖

有学者经试验研究发现，小鼠从离乳至生育期之间受低剂量照射（10mGy/d）后各代相隔时间缩短，出生率增高，群体的数量增加明显快于对照组。10—26mGy/d的剂量范围均出现类似的结果。



◆ 3 防卫与适应

该研究理论是迄今研究最多者，有很多学者都在各自的实验中注意到低剂量辐射可增强生物体对细菌感染及各种应激的抵抗力。例如用足以是正常豚鼠死亡的白喉菌感染，预先给予X线照射的动物却未引起死亡。

同时有很多学者也观察到低剂量辐射可增强机体的防卫能力，同时对肿瘤的生长和转移有具有明显的抑制作用。



◆ 4 修复功能

在抗生素未问世之前就曾将低剂量辐射用于治疗炎性疾病，促进病变的修复。有大量研究发现低剂量辐射可使皮肤切口愈合加快，多次照射可促进骨痂形成，加速骨折愈合。

从进化论观点来看这一问题，受损伤细胞的死亡有利于健全细胞的补充。



5 增强机体免疫功能

20世纪60年代的多种研究显示：低剂量辐射可使家兔对绵羊红细胞SRBC免疫的溶血素反应增高，抗体效价峰值增高，抗体形成反应增强；

- ◇ 低剂量全身照射的小鼠皮下接种Lewis肺癌细胞和恶性黑色素瘤细胞后肿瘤生长受抑制，静脉注射上述癌细胞后肺内播散明显减少。



三 核医学检查的安全性

医院各级医务工作人员、将要进行核医学检查或治疗的人员最关心的事情就是自己受到了多少射线的照射，对身体有没有什么危害，做这种核素检查或治疗是否安全



谈核色变

- ◆ 在临床诊断中，医生不假思索的可以为患者开出胸透、胸片、胃肠造影、心血管造影、CT等多种检查项目，患者也毫无疑问的接受这些检查，可是要做一次核医学检查时则是顾虑重重，很难下决心。

做？不做？



◆ 其实核医学检查及治疗是早已被国内外医学界公认的安全、合理、经济、无创性的检查、治疗方法。

请勿恐惧！



核医学检查受照剂量与X线检查的比较

| 部位 | ECT(msv/次) | CT(msv/次) |
|------|--------------------|---------------------------------|
| 脑 | 8.03 | 2.8 |
| 胸部 | 肺显像3.9 心肌显像7.05 | 胸部5.7 胸部主动脉6.7 |
| 腹部 | 胃肠道、肾2.27 | 腹部主动脉10.3 腹部14.4 盆腔、骨盆8.2 |
| 肝/肾 | 2.9 | 11.5 |
| 全身骨骼 | 5.92 | 17.8 |

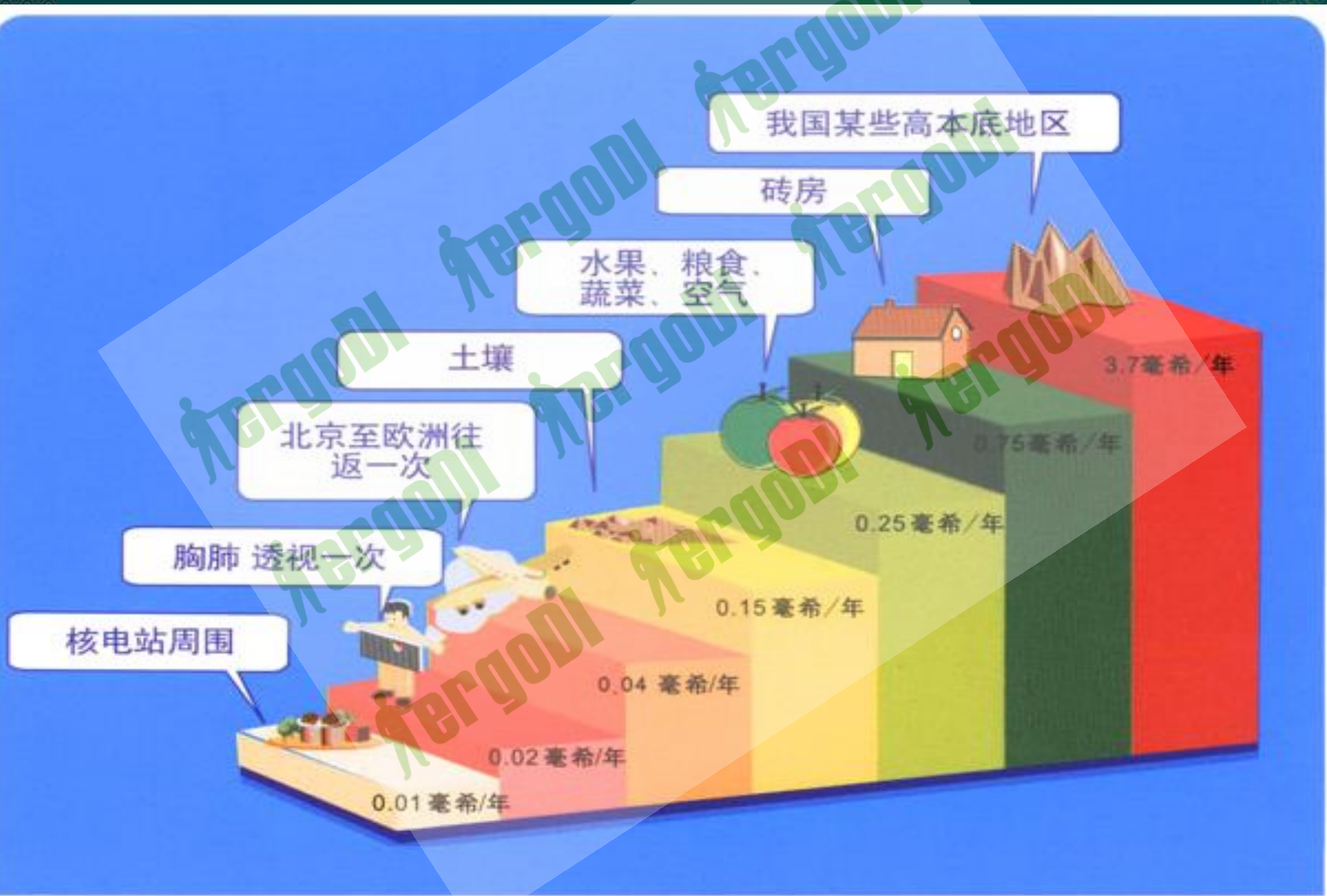


- ◆ 统计表明，大多数核医学显像的辐射当量剂量均明显低于相应部位或相当部位的胸部透视，腹部透视，腰椎摄影，头颅摄影等X线检查或CT扫描。
- ◆ 但无论核医学检查或其他X线类检查所受到的单次辐射当量剂量均符合国际及国家辐射安全管理部门相关规定，均属安全、合理的医疗活动。

核医学检查受照剂量与天然本底剂量比较

- ◇ 据报道在美国一次普通的核医学显像全身接受的平均辐射剂量约为3.6 mSv，大约相当于世界上平均天然本底辐射剂量（3.7 mSv）。

生活中的放射性辐射剂量





不同工种放射性工作人员的年剂量水平

| 工种 | 被检测人数 | 剂量当量频率分布 (人) | | | | 集体剂量当量 mSv | 年人均剂量 mSv/人 |
|------|-------|--------------|----------|-----------|---------|---------------|----------------|
| | | <5 mSv | 5-15 mSv | 15-50 mSv | >50 mSv | | |
| X线诊断 | 1143 | 1061 | 71 | 5 | 1 | 1.522 | 1.32 |
| 核医学 | 60 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0.039 | 0.65 |
| 放射治疗 | 57 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0.040 | 0.70 |
| 工业探伤 | 225 | 225 | 0 | 0 | 0 | 0.097 | 0.43 |
| 其他 | 56 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0.024 | 0.43 |
| 合计 | 1541 | 1459 | 76 | 5 | 1 | 1.722 | 1.11 |

核医学工作人员所受剂量分析

- ◆ 不同工种放射工作人员外照射当量剂量水平年人均剂量0.40~2.38mSv，核医学工作人员平均1.33mSv
- ◆ 医学放射性工作人员（包括核医学）个人年均当量剂量均明显低于国家职业照射年剂量限值的1/10。
- ◆ 不同工种放射工作人员的个人剂量以介入手术操作人员最高，核医学工作人员与X线诊断，放射治疗等工种人员持平或略低。



接受核素治疗患者的辐射安全

目前用于治疗的核素，均属发射 β 射线的放射性药品，穿透路径短，剂量较小时，其防护要求低、易防护。



- 1、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 治疗：单次静注 $^{89}\text{SrCl}_2$ 148MBq时，骨肿瘤病灶接受的辐射剂量为21-231CGy/MBq,肿瘤和骨髓的吸收剂量比例为10：1。
- 2、 ^{131}I 治疗甲亢：以185MBq ^{131}I 单人次治疗甲亢为例，女性患者卵巢的吸收剂量低于1.5CGy，只相当于 χ 射线静脉肾盂造影和钡剂灌肠检查一半的吸收剂量。



3、敷贴治疗：核医学科常用的 ^{90}Sr - ^{90}y 皮科敷贴器治疗多种表皮增生性疾病，其中血管瘤治疗一疗程限量不超过 20Gy ，单次治疗不超过 4Gy ，瘢痕治疗一疗程限量不超过 100Gy ，单次治疗不超过 10Gy



四 核医学诊疗患者安全管理

核医学检查属于正规的医疗照射，是国家正规医院里的常规医疗检查项目，从帮助患者获得明确的诊断目的来讲，其检查中受到的少许内外照射，对患者的健康不会产生影响。



(一) 低剂量、低频率

人体接受一次核医学检查，略低于人年均天然本底辐射剂量3.7mSv。

在患者所接受的各种检查中做核医学检查的比例很低且患者在一定时间内极少有人反复多次行核医学检查

(二) 技术和方法学改进

随着核医学仪器、设备的不断改进，新的放射性药物不断研究成功，显像灵敏度进一步提高，放射性药物的使用量在逐渐减少，患者现实实际受照剂量明显低于目前已研究公布的数据值。



(三)药物的安全性

核医学科诊断用放射性核素多属短半衰期或小剂量，衰变快、辐射剂量小，对患者自身、周围人群及环境影响极小，无须对患者进行防护隔离。



结束语

核医学诊疗不可畏，正确认识，合理应用，选好适应症，满足临床、患者受益。



Thank You !