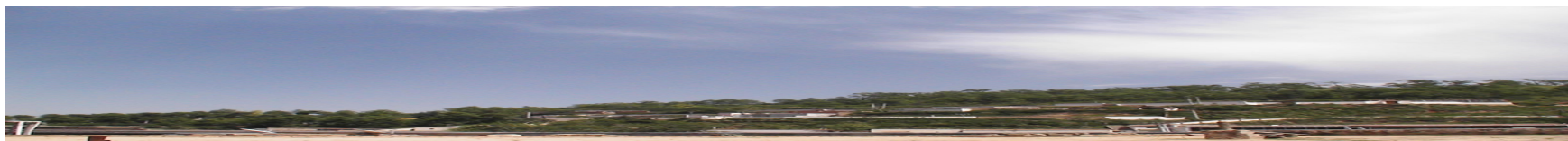


核医学

游金辉 教授 硕士导师

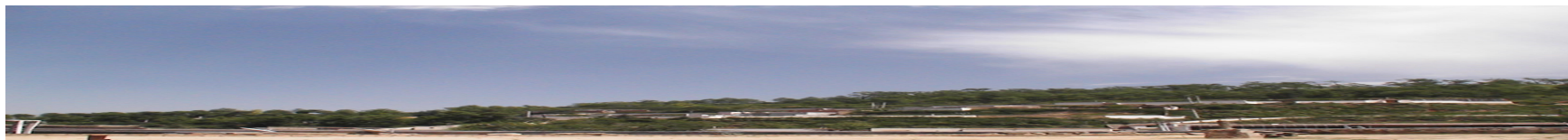
Tel: 0817-2262227

医学影像学系核医学教研室



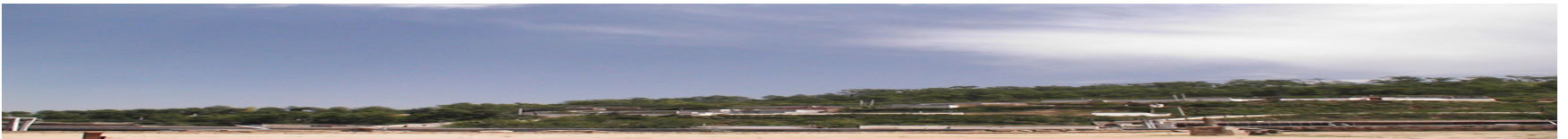
放射性示踪与显像技术

Technology of Radionuclide Tracing and Imaging



放射性药物

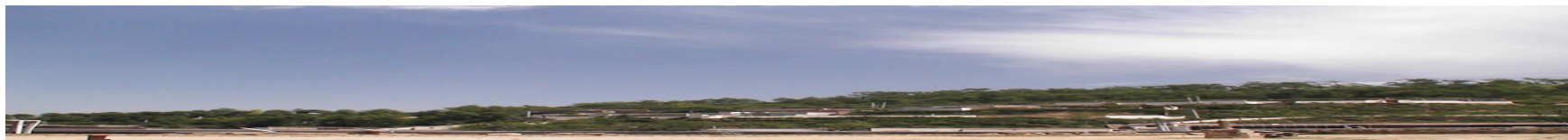
Radio pharmaceuticals



基本概念

放射性药物

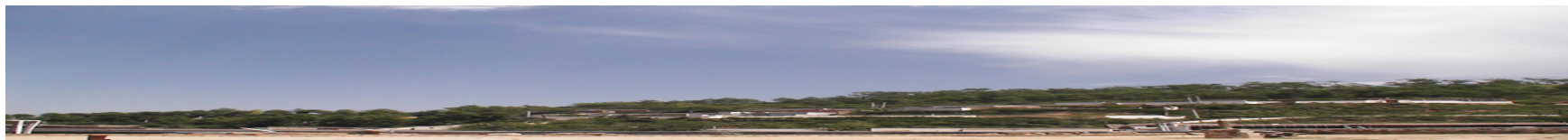
- ❖ 含有放射性核素、用于临床诊治的药物
- ❖ 通常由放射性核素和普通药物两部分组成
- ❖ 它能聚集到某一器官，或参与该器官的代谢
- ❖ 它与常规药物一样，是用于人体的，必须是无菌、
无热源，必须有严格的质量控制标准



基本概念

放射性药物

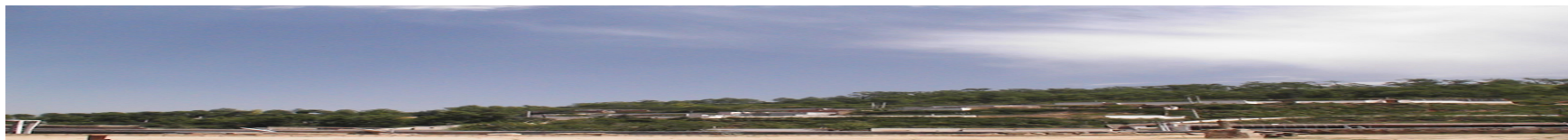
- 诊断用放射性药物——显像剂
- 治疗用放射性药物



基本概念

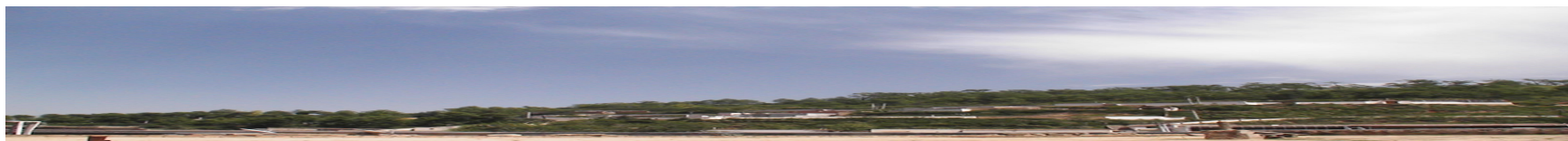
显像剂

- ❖ 用于脏器显像的放射性药物
- ❖ 较短的物理半衰期，不发射 β 粒子， γ 射线单一，且能量在200keV左右
- ❖ 体内稳定，不发生代谢，能在较短时间内浓集在靶器官
- ❖ 根据显像目的不同，其剂型、放射性核素纯度、放射化学纯度和放射性活度将不同



基本概念

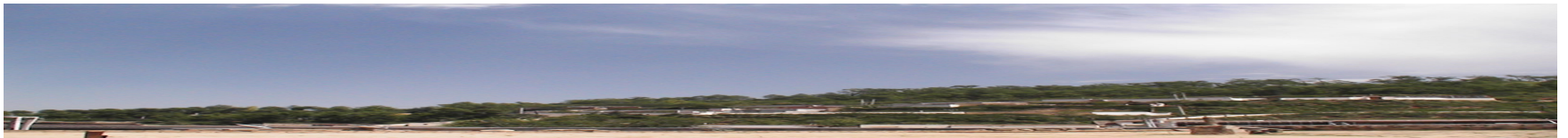
- 目前我国常用的放射性药物是 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 标记的放射性药物
- 其次是含 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{32}P 等放射性核素标记的放射性药物



一、放射性药物的性能

(一)、物理性能

- 合适的物理半衰期
- 合适的射线类型： γ 射线
- 合适的射线能量：30-300keV

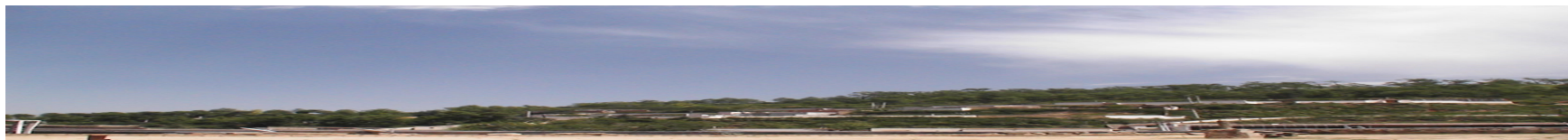


一、放射性药物的性能

(一)、物理性能

临床常用的 ^{99m}Tc

- $T_{1/2}$ 为6.02h
- 能量为140Kev
- 发射 γ 射线
- 其标记的放射性药物特别适于临床显像



一、放射性药物的性能

(二)、化学性能

1、放化纯度

$$\text{放化纯} = \frac{\text{标定化学结构的放射性}}{\text{制剂总放射性}} \times 100\%$$

放化纯不高，其杂质将影响测定和生物学过程，出现错误结果。

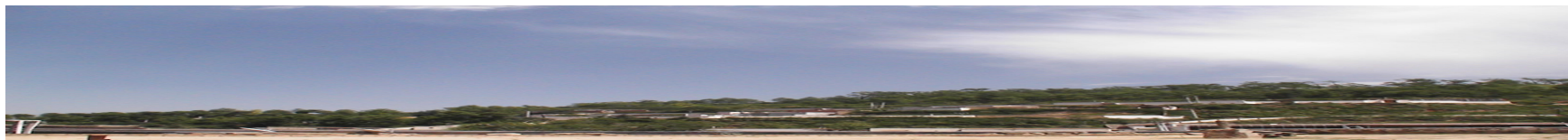


一、放射性药物的性能

(二)、化学性能

2、放射性核素纯度

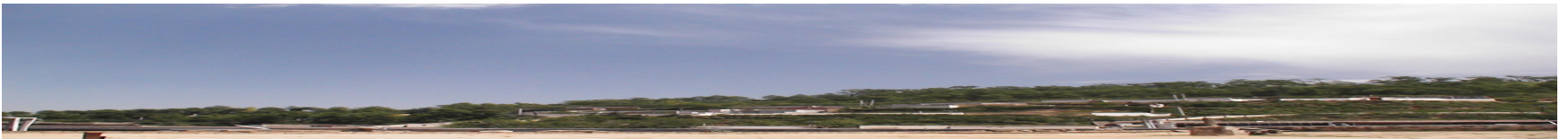
$$\text{放射性核素纯度} = \frac{\text{指定放射性核素的放射性}}{\text{制剂总放射性}} \times 100\%$$



一、放射性药物的性能

(二)、化学性能

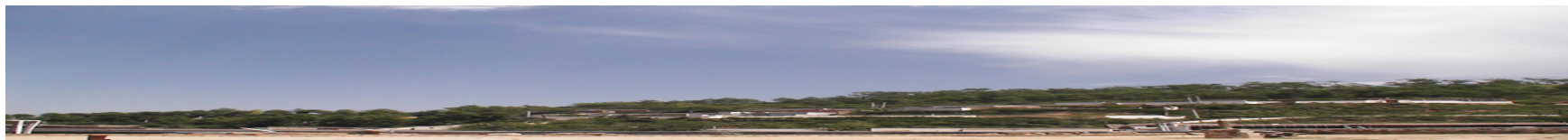
3.比活度：单位质量的物质所含的放射性活度，
Ci/g。



一、放射性药物的性能

(二)、化学性能

4.标记质量：放射性核素在药物上的标记位置非常重要，因为放射性药物进入机体后将经过各种代谢过程，若药物分子结构出现相应改变，则可能出现转移或脱标，导致测量不精确，以致误诊。



一、放射性药物的性能

(二)、化学性能

5.辐射自分解：放射性药物因自身所带放射性的辐射作用，以及由它引起的次级电离离子所致的辐射作用，使药物产生结构或性能的改变称辐射自分解，它可影响药物的生物活性。



一、放射性药物的性能

(二)、化学性能

6.溶解度：脂溶性药物能穿过细胞膜，而水溶性物质则不能。

7. PH值：PH值是否适当，将影响其在体内的代谢。

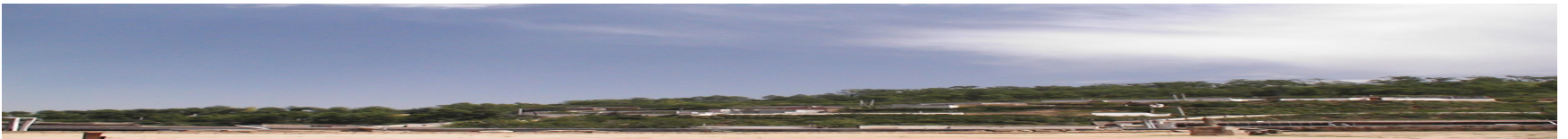


一、放射性药物的性能

(三)、放射性药物的毒性反应

1.无毒性:

- 临床诊治的**药物本身**应无毒性
- 其代谢或衰变**产物**也应尽量无毒性
- 其所用**剂量**也应严格控制在对人体无毒害的范围内

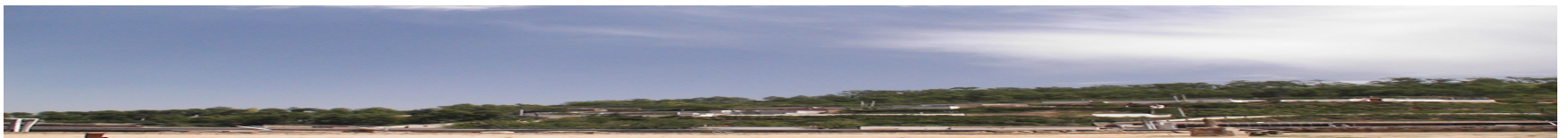


一、放射性药物的性能

(三)、放射性药物的毒性反应

2.无热源:

- 必须无热源，不会引起过敏反应
- 无近期和原期不良反应

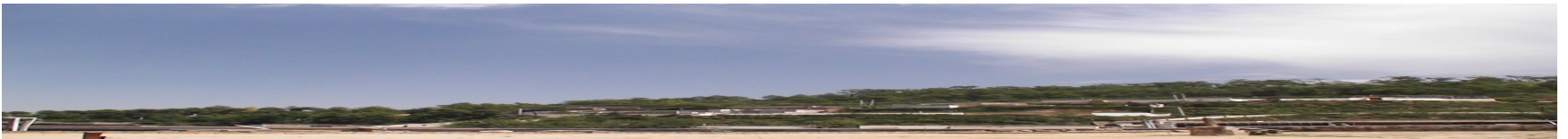


一、放射性药物的性能

(三)、放射性药物的毒性反应

3.满足临床需要:

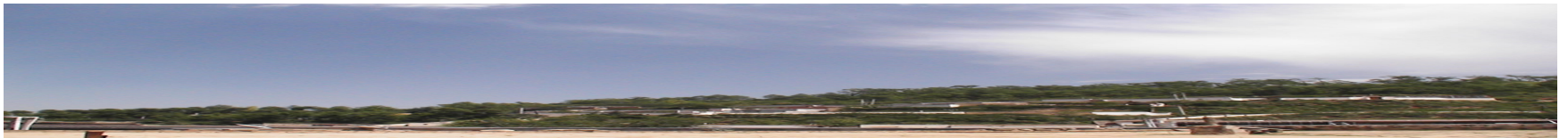
- 较高的靶和非靶（T/N）比值
- 功能剂能较好的反映该脏器的特定功能状态，以期得到定性和定量资料
- 在能满足临床检测的前提下，放射性药物在体内的生物代谢应尽量快速，以减少受检者的吸收剂量



二、放射性核素的生产和制备

医用放射性核素的制备主要有三大类

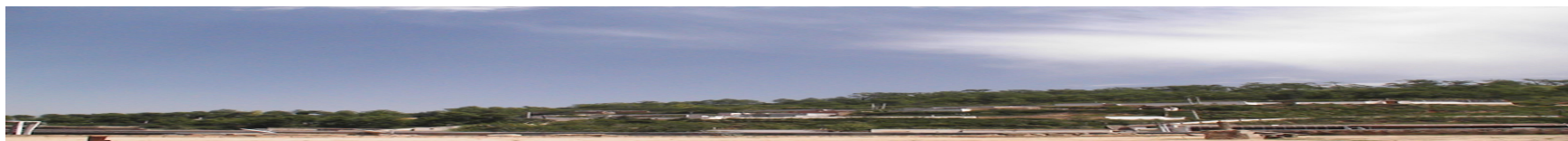
- 反应堆（Nuclear reactor）
- 医用回旋加速器（Cyclotrons）
- 放射性核素发生器（Radionuclide Generator）



二、放射性核素的生产和制备

(一)、核反应堆制备

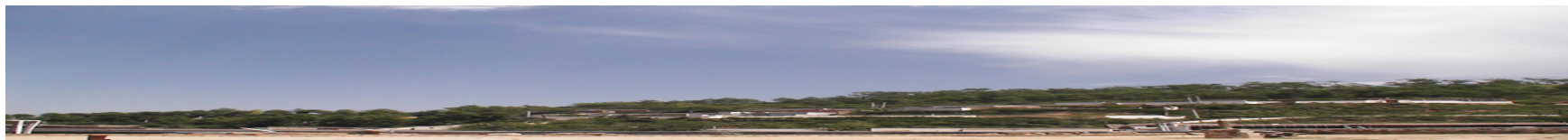
- 核反应堆以 ^{235}U 和 ^{239}Pu 为核燃料，在裂变过程中产生中子来轰击靶物，引起核反应，形成放射性核素。
- $^{233}\text{U}/^{239}\text{Pu} \rightarrow \text{中子} \rightarrow \text{靶} \rightarrow \text{放射性核素}$ (^{131}I 、 ^{90}Mo 、 ^{133}Xe 等)



二、放射性核素的生产制备

(二)、回旋加速器

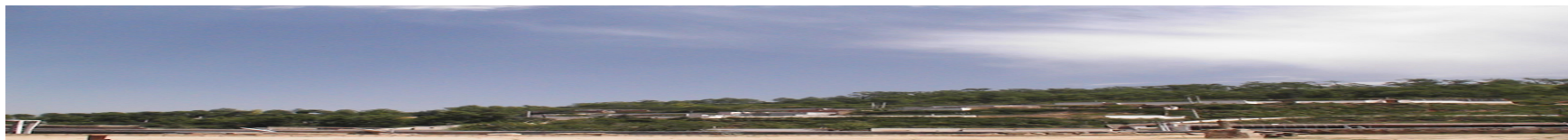
- 回旋加速器产生高能质子、氘核、氚核、 α 粒子等来轰击靶物，产生核反应，获得人工放射性核素。
- 高能质子（12Mev） / ^2H / ^3H / ^4He $\rightarrow$ 靶物 $\rightarrow$ 放射性核素 (^{18}F 、 ^{67}Ga 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{201}Tl 、 ^{113}In 、 ^{123}I)

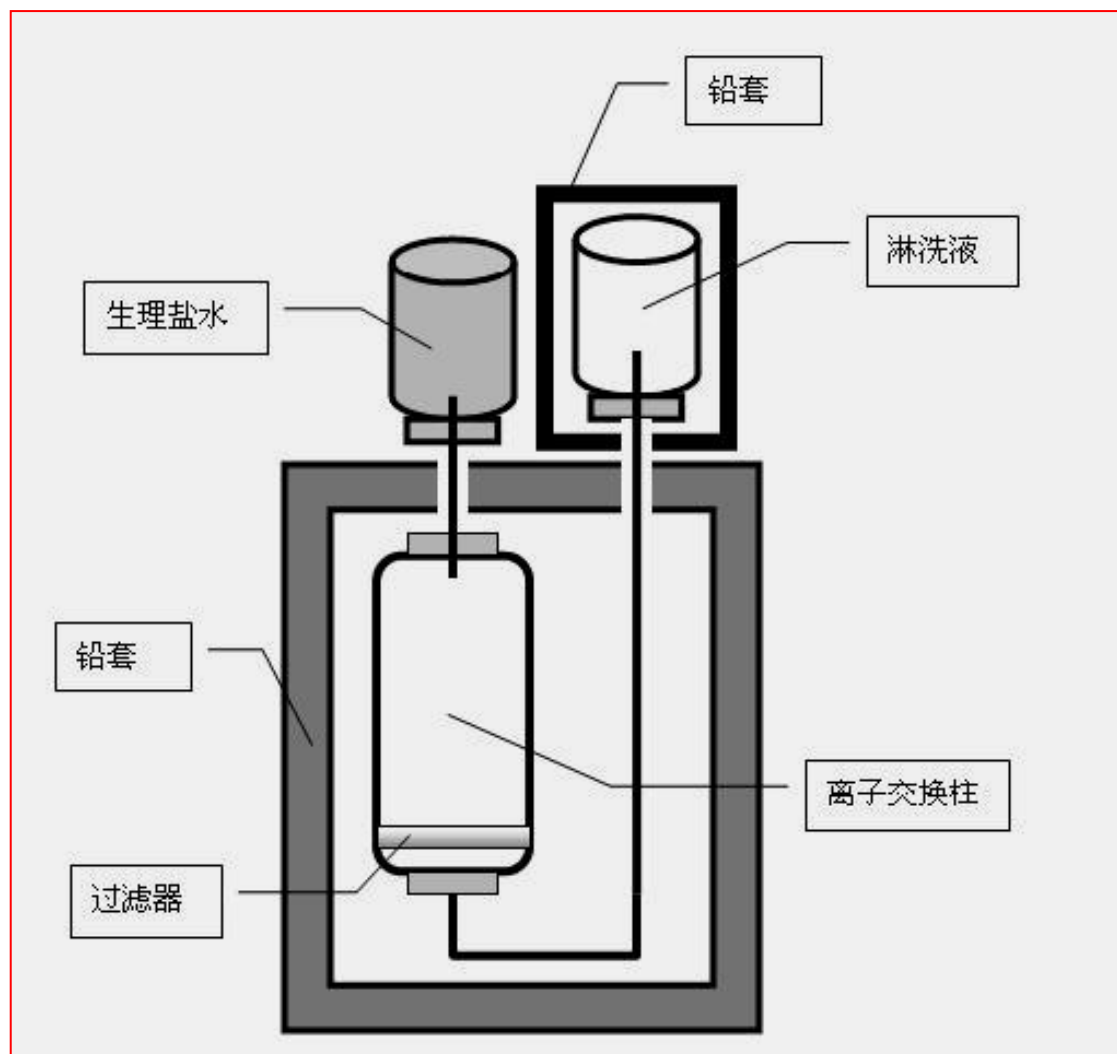


二、放射性核素的生产和制备

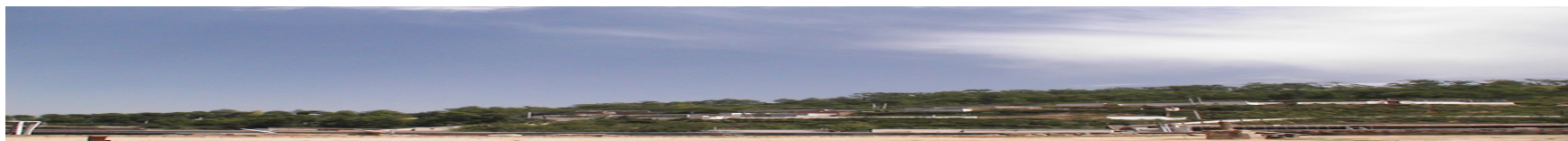
(三)、放射性核素发生器

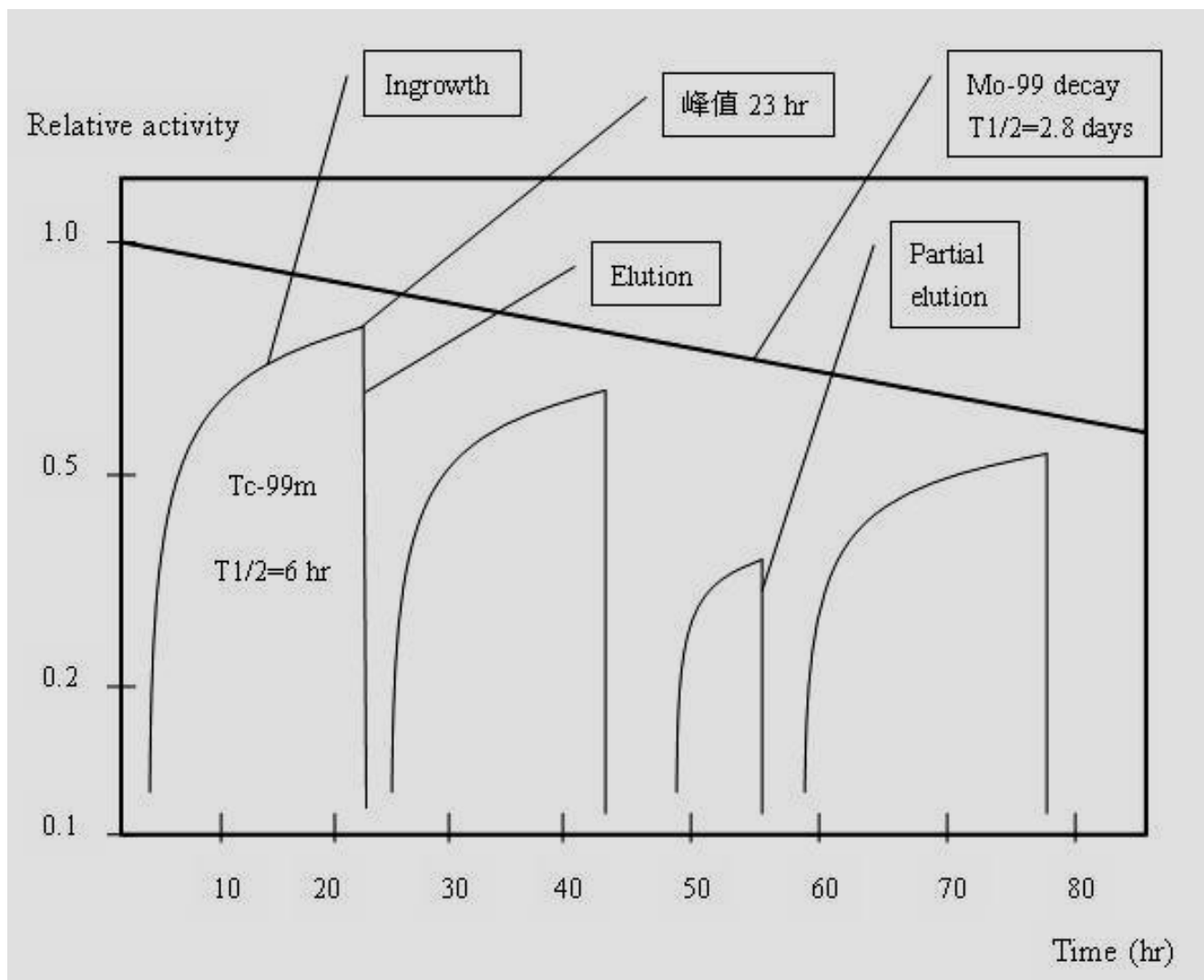
- 放射性核素发生器（**母牛**）是一种从长半衰期母体核素中分离出短半衰期核素的分离装置
- 应用最广的是 ^{99}Tc — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器



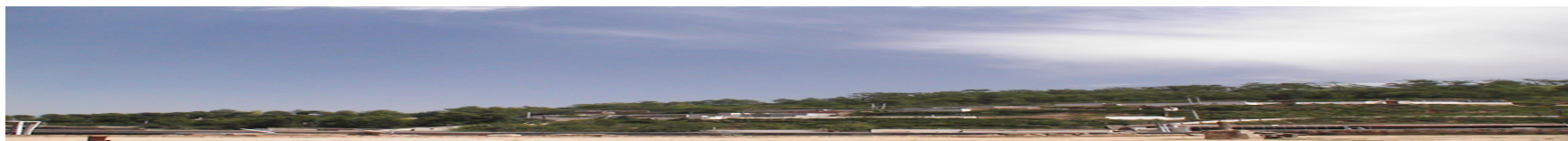


^{99}Mo — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器结构示意图



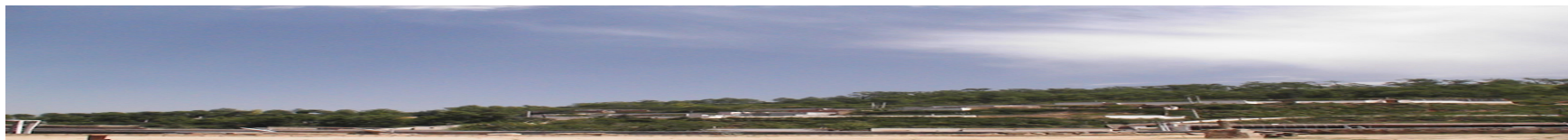
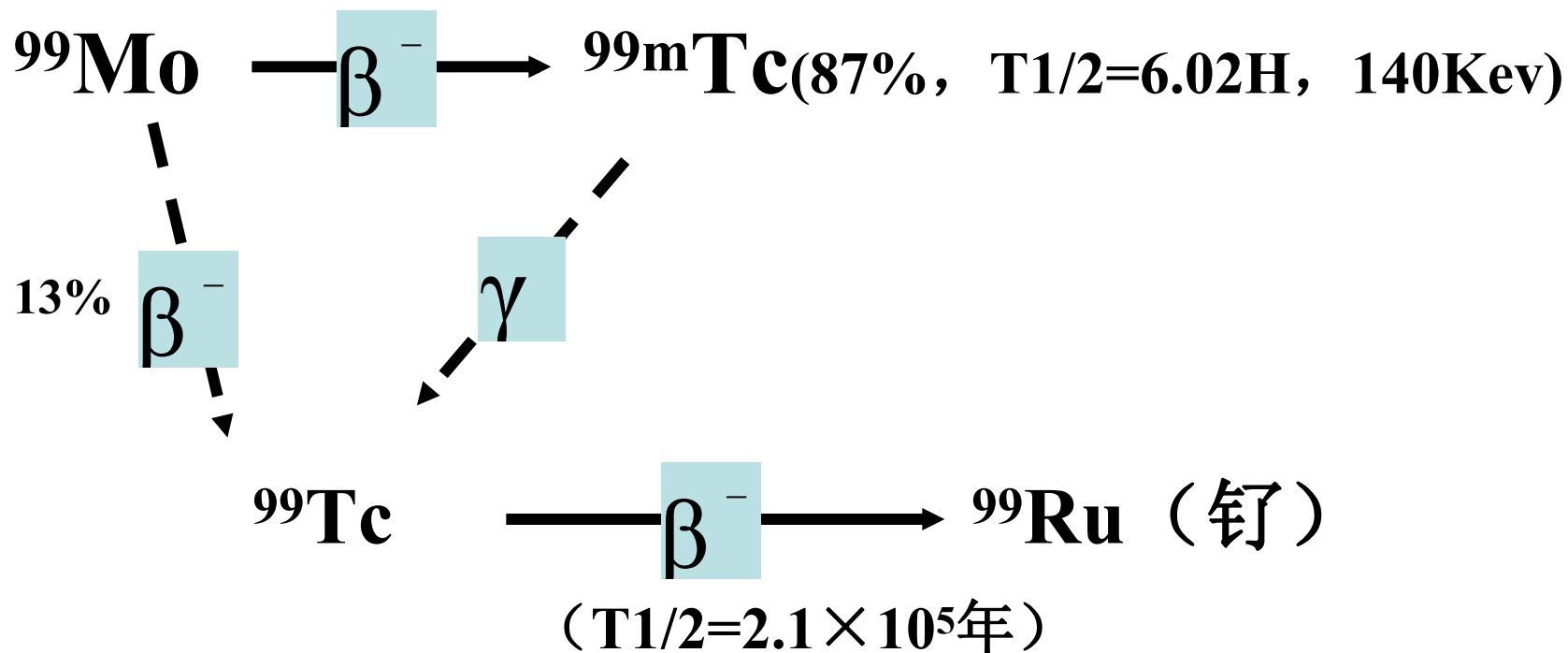


^{99}Mo — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器“衰变-生长”关系示意图



二、放射性核素的生产 and 制备

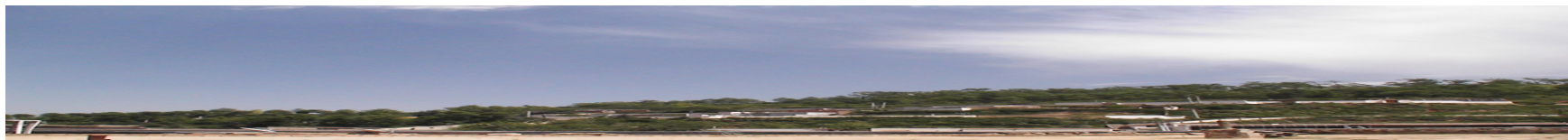
(三)、放射性核素发生器



三、放射性锝标记化合物

1、 ^{99m}Tc 的物理特性:

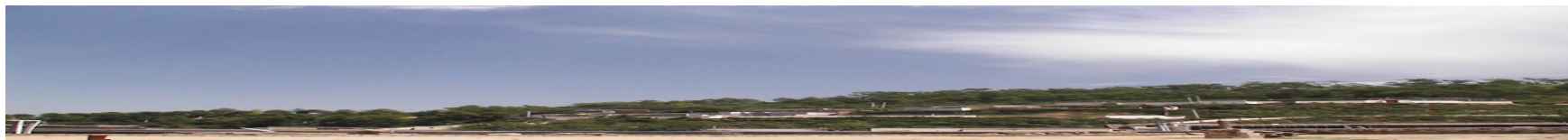
- 物理半衰期 ($T_{1/2}$) 为6.02小时
- 能量为140KeV
- $^{99m}\text{Tc} \longrightarrow ^{99}\text{Tc}$



三、放射性锝标记化合物

2、 ^{99m}Tc 的化学特性

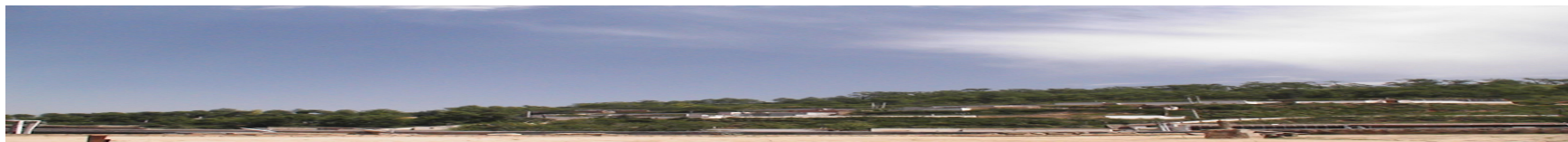
- **Tc**属VII B族元素，其化学性质接近于Rn（氡）
- **Tc**的化学性质和多变的价态与VII A族（卤族）元素中的碘有很大的相似性
- ^{99}Tc 的多价态间相互转换



三、放射性锝标记化合物

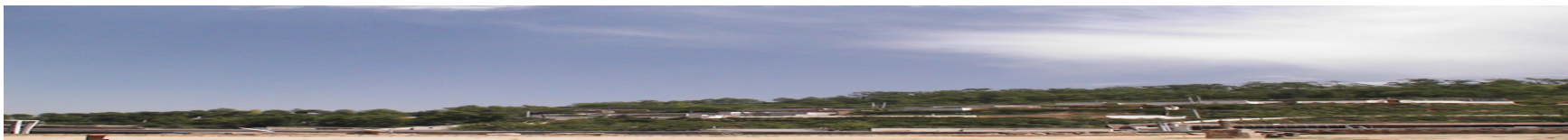
2、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的化学特性

- ^{99}Tc 的多价态中最常见的是在溶液中以 $^{99}\text{TcO}_4^-$ 形式存在的 ^{99}Tc （VII），它是所有价态中最稳定的价态；
- Tc （VI）是 ^{99}Tc 的亚稳态，其它价态稳定性皆差，易发生自身氧化还原反应（歧化反应）而转变为稳定的 Tc （VII）和 Tc （IV）。



三、放射性锝标记化合物

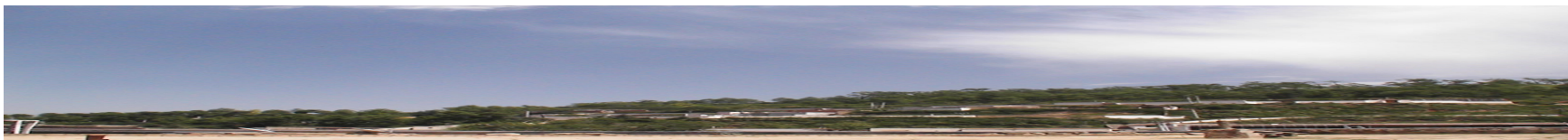
2、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的化学特性



三、放射性锝标记化合物

3、Tc的标记方法

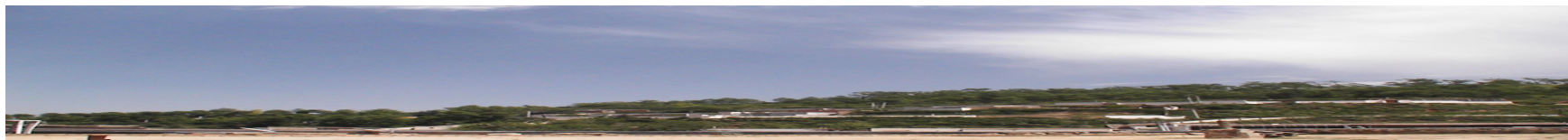
- 将适当的放射性核素引入到被研究物质的分子结构上使其具有放射性的过程谓之**标记**（labeling）



三、放射性锝标记化合物

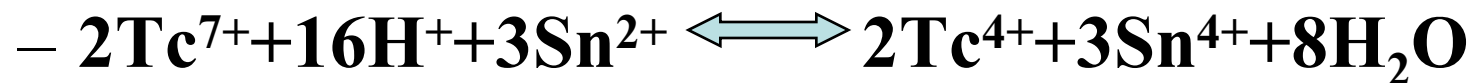
3、Tc的标记方法

- Tc(VII)不能直接用于标记，因为它既不能被络合剂络合，也不易被颗粒吸收。
- 常用来标记放射性药物的是以 TcO_2 形式存在的Tc(IV)，所以 $^{99}\text{TcO}_4^-$ 必须先使之还原为低价氧化态Tc(IV)。



三、放射性锝标记化合物

3、Tc的标记方法



– **Tc⁴⁺**很容易被多种络合剂或螯合剂螯合而形成

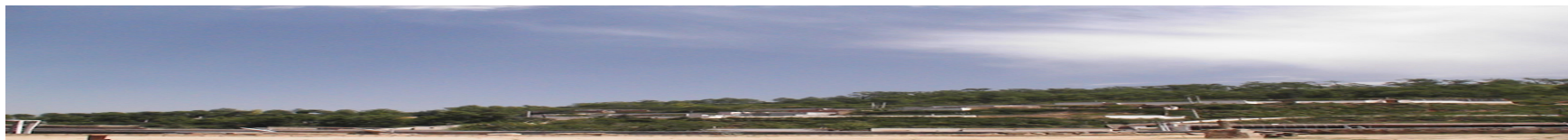
稳定的放射性药物



三、放射性锝标记化合物

3、Tc的标记方法

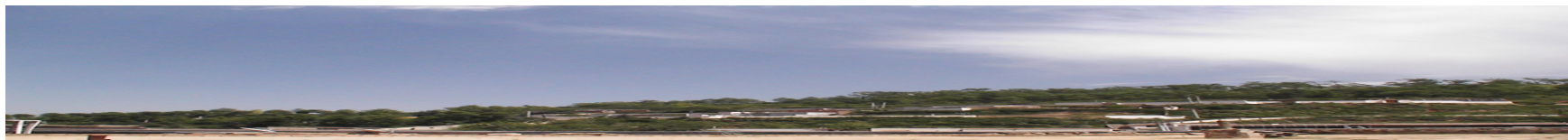
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 配套药盒包括待标记物、 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、抗氧化剂及支持物
- 按说明书加入一定量的 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 洗脱液即可



三、放射性锝标记化合物

4、Tc标记的显像剂

- $^{99m}\text{TcO}_4^-$: Mo-Tc发生器的洗脱液
- Tc标记的络合物: 这是Tc标记的放射性药物中应用最多的一类化合物, 它们被广泛的用于肝、胆、脑、心肌、骨骼及肿瘤等器官组织显像。



三、放射性锝标记化合物

显像剂（Agent）	应用（Application）
Tc-99m sodium pertechnetate	Meckel' 憩室显像，唾液腺显像，甲状腺显像
Tc-99m sulfur colloid	肝脾显像，消化道出血显像，骨髓显像，淋巴显像
Tc-99m pyrophosphate	急性心肌梗塞显像，骨关节显像
Tc-99m diphosphate	骨关节显像
Tc-99m macroaggregated albumin	肺灌注显像，动脉灌注显像
Tc-99m RBC	血池显像，消化道出血显像，肝血管瘤显像
Tc-99m HSA	血池显像
Tc-99m DTPA	肾、尿路显像
Tc-99m MAG ₃	肾脏显像
Tc-99m DMSA	肾皮质显像
Tc-99m HIDA	肝胆显像
Tc-99m sestamibi	心肌灌注显像
Tc-99m tetrofosmin	心肌灌注显像
Tc-99m HMPAO	脑灌注显像
Tc-99m ECD	脑灌注显像



三、放射性锎标记化合物

显像剂（Agent）	应用（Application）
ECT用药物	
Tl-201 thallos chloride	心肌灌注显像
Ga-67 gallium citrate	炎症病灶显像，肿瘤显像
I-131 sodium iodide	甲状腺显像，甲状腺功能测定，甲亢治疗，甲癌治疗
I-123 sodium iodide	甲状腺显像，甲状腺功能测定
I-131 hippuran	肾脏显像，肾脏功能测定
I-123 hippuran	肾脏显像，肾脏功能测定
Sm-153 lexidronan	转移性骨癌治疗
Sr-89 chloride	转移性骨癌治疗



三、放射性锔标记化合物

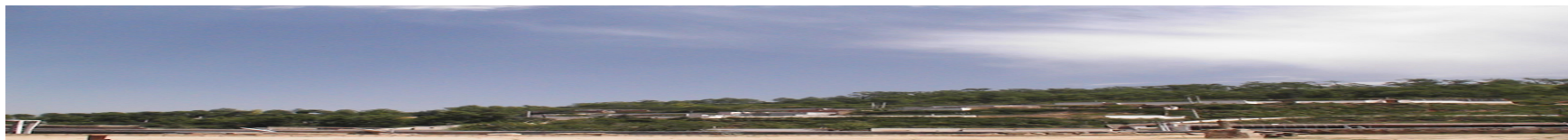
显像剂 (Agent)	应用 (Application)
PET用药物	
Oxygen-15 carbon dioxide	灌注显像
Oxygen-15 water	灌注显像
Nitrogen-13 ammonia	灌注显像
Rubidium-82 rubidium chloride	灌注显像
Oxygen-15 carbon monoxide	血容量测定
Carbon-11 carbon monoxide	血容量测定
Gallium-67 EDTA	血容量测定
Fluorine-18 sodium fluoride	代谢显像
Fluorine-18 fluorodexyglucose	代谢显像
Oxygen-15 oxygen	代谢显像
Carbon-11 acetate	代谢显像
Nitrogen-13 glutamate	代谢显像
Fluorine-18 fluorodexyglucose	肿瘤显像
Carbon-11 methionine	肿瘤显像
Fluorine-18 spiperone	受体显像
Carbon-11 carfentanil	受体显像
Fluorine-18 fluoro-L-dopa	受体显像
Carbon-11 raclopride	受体显像



四、放射性药物的质量鉴定

(一)、物理鉴定

- 1.形状：包括肉眼观察色泽、形状、颗粒大小、数量、澄明度。
- 2.放射性活度测定并标明其活度和日期。
- 3.核纯度：标记物中标定核素的放射性与样品总放射性之比，一般用百分数来表示，通过测定其半衰期、能谱等确定。

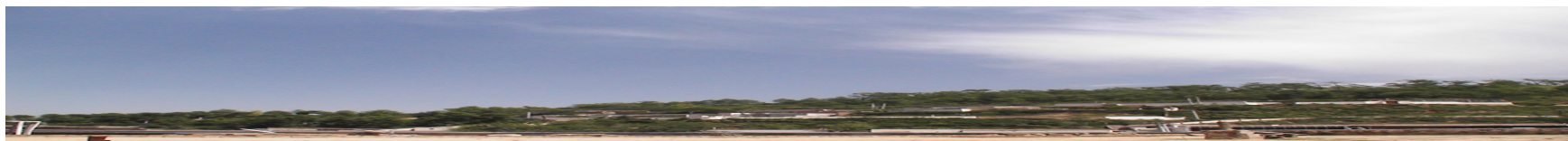


四、放射性药物的质量鉴定

(一)、物理鉴定

4.放化纯鉴定：标定化学形式的放射性活度与总放射性活度之比，常用电泳、层析、凝胶过滤等，一般要求大于95%。

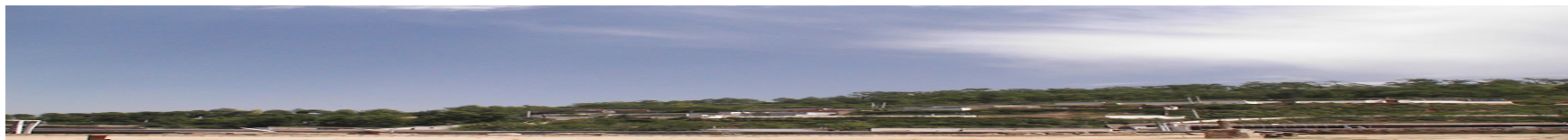
5.PH及离子强度：PH和离子强度应合适，理想的PH值为7.4（即血液的PH值）



四、放射性药物的质量鉴定

(二)、化学鉴定

- 1.化学纯度鉴定：某一化学形式的物质的质量占样品总量的比值。放射性药物不得含有过多的放射性杂质。
- 2.载体的测量：在生产和制备过程中为便于操作所加入的该放射性核素的化合物称为载体，载体加入量应以不会引起有害的药理作用为准。

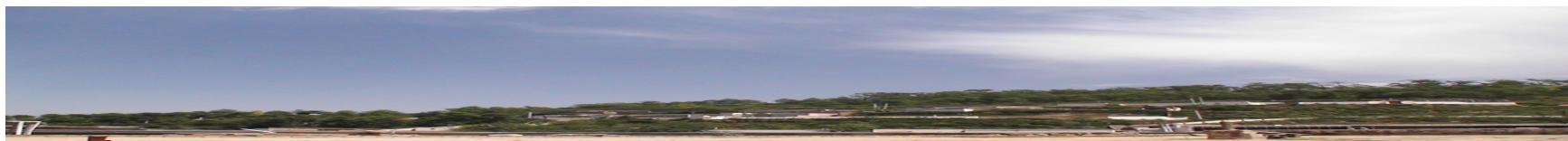


四、放射性药物的质量鉴定

(二)、化学鉴定

3.稳定性：包括体内、体外的稳定性

4.其他：有效半衰期等



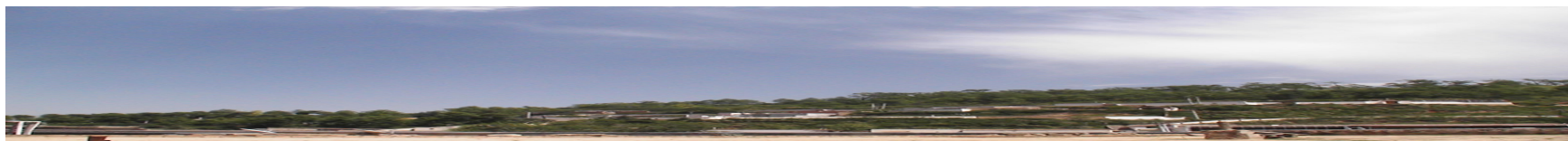
四、放射性药物的质量鉴定

（三）生物学鉴定

1.细菌检测：通过无菌检测，判断有无细菌污染

2.致热源：

- 药物中含有的微生物的新陈代谢产物，多糖体及蛋白质
- 若引入体内引起人体发冷、发热、恶心、呕吐、战栗、体温上升
- 检测方法：经耳缘静脉将放射性药物引入家兔体内以后，对家兔的一般情况、体温变化和WBC计数等进行观察，以进行判断。

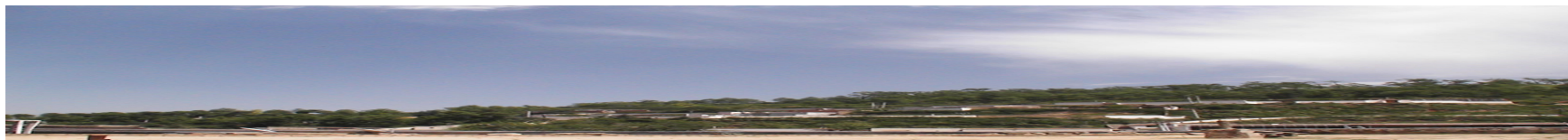


四、放射性药物的质量鉴定

（三）生物学鉴定

3.生物学特殊检测：

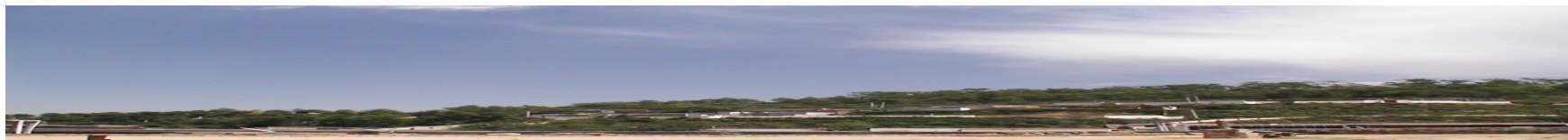
- 安全试验
- 标记物分布试验
- 致畸、致变试验
-



五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂
- 细胞凋亡显像剂
- 脑多巴胺转运蛋白显像剂
- $A\beta$ -淀粉样斑块显像剂
- 放射性标记的多肽类药物
- 炎症显像剂

研究热点

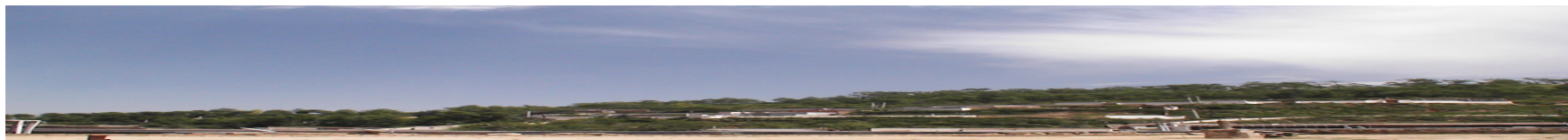


五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂

- 硝基咪唑类

- 非硝基咪唑类

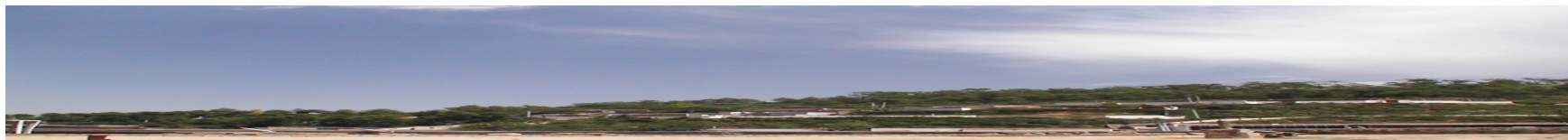


五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂

➤ 硝基咪唑类乏氧显像剂在乏氧组织中浓聚的机制是：

- ✓ 当显像剂进入细胞后，在细胞内酶（主要是黄嘌呤氧化酶）的作用下，有效基团（ $-\text{NO}_2$ ）发生还原，产生**自由基阴离子**。
- ✓ 在具有**正常氧**水平的细胞中，还原基团可重新**被氧化为原有物质**。
- ✓ 在**乏氧**细胞中，缺氧，不能发生**再氧化**，还原产物与细胞内的某些物质发生不可逆结合，从而滞留在乏氧细胞中，**乏氧组织显像**。



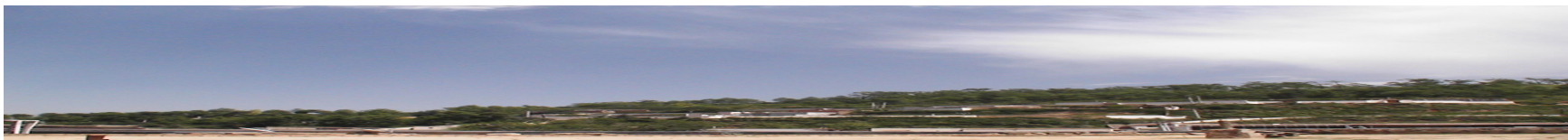
五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂

- 非硝基咪唑类

- ✓ 显像剂有 $^{99\text{m}}\text{Tc-HL}_{91}$ 和Cu (^{62}Cu , ^{64}Cu) -ATSM

- ✓ 显像机制与配合物的氧化还原性有关

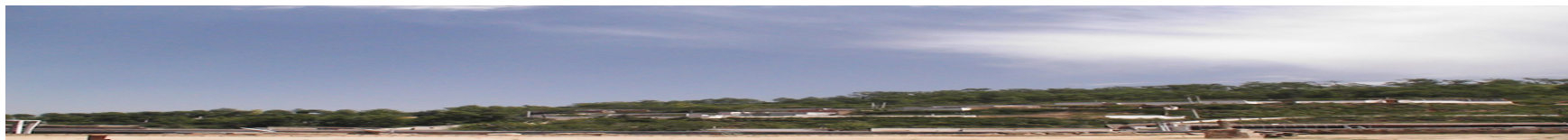


五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂

➤ 理想的乏氧组织显像剂应具备以下条件：

- ✓ 要有足够的量能被浓集于低血流区；
- ✓ 在乏氧组织中有一定的滞留时间；
- ✓ 能提供可靠的正常组织与缺血组织对照。

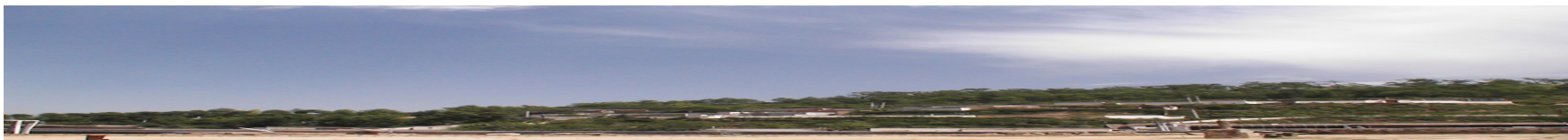


五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂

- 乏氧显像的灵敏度由四个因素决定：

- ✓ 放射性药物到达缺血区域的量
- ✓ 放射性药物滞留在乏氧组织中的量
- ✓ 放射性药物从正常细胞的清除率
- ✓ 放射性药物在乏氧组织中有适当的滞留时间

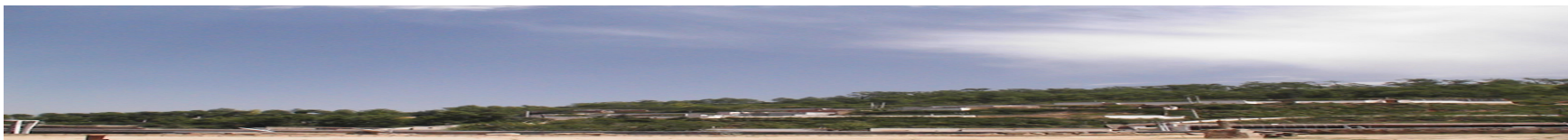


五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂

- 乏氧显像的特异性取决于：

- ✓ 病灶/本底的比值大小
- ✓ 放射性药物滞留区域中氧的浓度



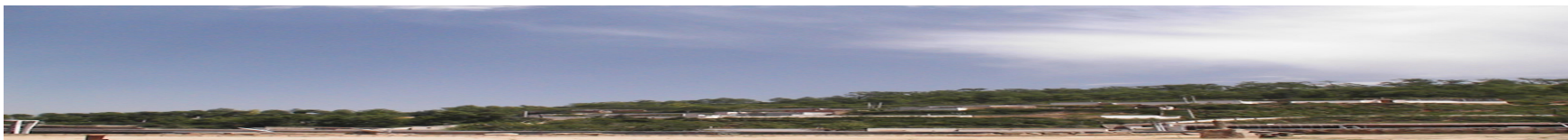
五、放射性药物研究进展

- 乏氧显像剂

➤ 乏氧显像剂存在两个主要的缺陷：

- ✓ 肝摄取较高

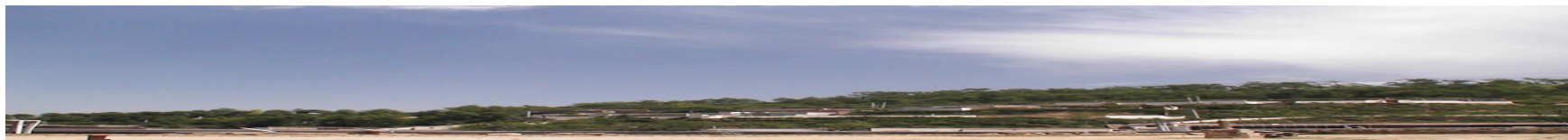
- ✓ 肿瘤绝对摄取值偏低



五、放射性药物研究进展

- 细胞凋亡显像剂

- 正常细胞膜上，**磷脂酰丝氨酸**（**phosphatidylserine**，**PS**）**基团**位于细胞质侧。
- **细胞凋亡早期**细胞膜表面的改变之一是**PS从细胞膜内转移到细胞膜外**，暴露在细胞膜外表面，是可被吞噬的信号，这是细胞发生凋亡的一种早期和普遍现象。

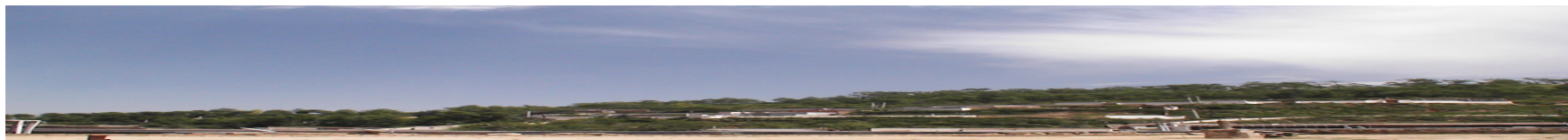


五、放射性药物研究进展

- 细胞凋亡显像剂

- PS基团位置的改变成为凋亡细胞的重要标志之一。

- 基于对PS的高度亲和性，Annexin V 蛋白作为一敏感的探针可检测暴露在细胞表面的PS。

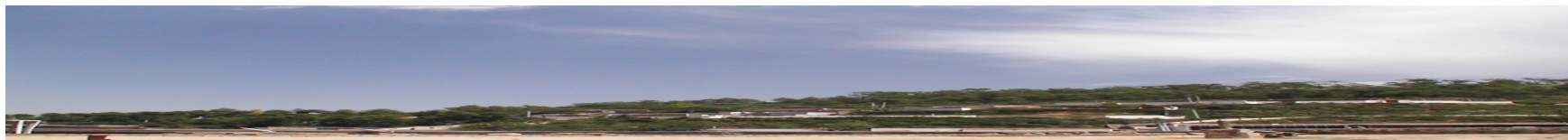


五、放射性药物研究进展

• 细胞凋亡显像剂

➤ ^{99m}Tc 、 ^{123}I 、 ^{18}F 等标记Annexin V，与凋亡细胞表面PS的高度亲和性。

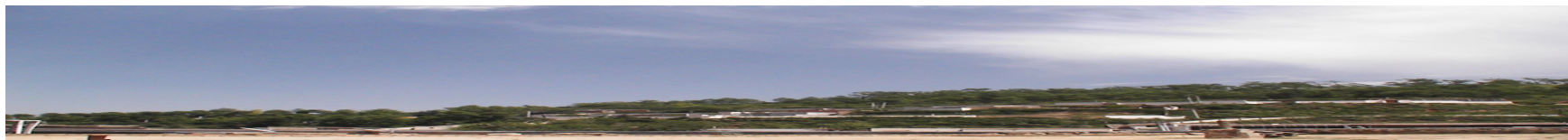
➤ 细胞凋亡显像，细胞凋亡研究，疾病早期诊断。



五、放射性药物研究进展

• 细胞凋亡显像剂

- 细胞凋亡显像在肿瘤、心脏病、器官移植等领域的研究发挥作用
- 将对临床治疗方案的制定、疗效评价发挥作用
- 细胞凋亡测定，已成为评估肿瘤疗效的一项新指标



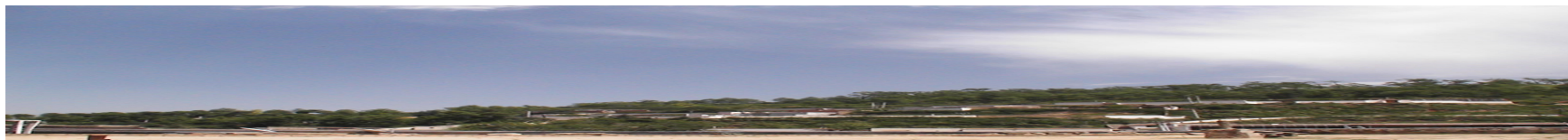
五、放射性药物研究进展

- $A\beta$ -淀粉样斑块显像剂

- AD患者的脑结构有两种典型的病理学改变：

- **神经细胞内**高度磷酸化的tau蛋白沉积，称神经原纤维缠结（ Neurofibrillary tangles, NFT's）；

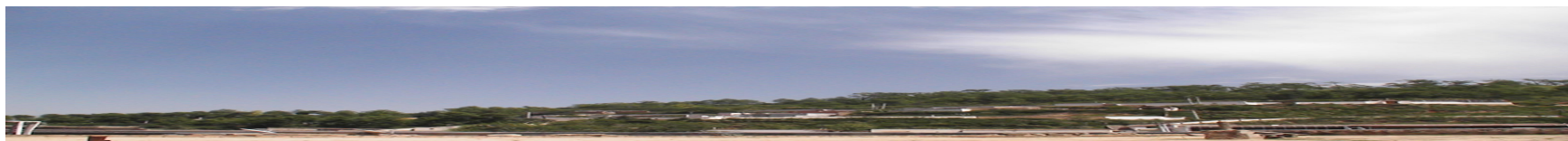
- 脑实质中**神经细胞外**的蛋白沉积，称**老年斑**（ Senile plaques, SP），老年斑的主要成分为 **β 淀粉样蛋白**（ $A\beta$ ）。



五、放射性药物研究进展

- $A\beta$ -淀粉样斑块显像剂

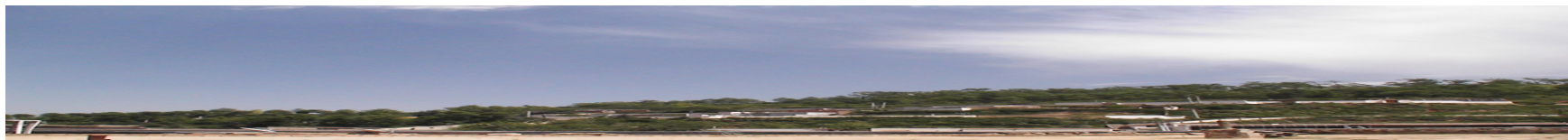
- AD的发病机制仍不明确，但**淀粉样蛋白级联反应假说**是目前的主流观点。
- $A\beta$ 的沉积是AD的**始发因素**，而NFT和神经元的缺失是**继发性改变**。
- β -淀粉样沉积成为**新研发**的用于诊断、预防和治疗AD药物的**靶点**。



五、放射性药物研究进展

- $A\beta$ -淀粉样斑块显像剂

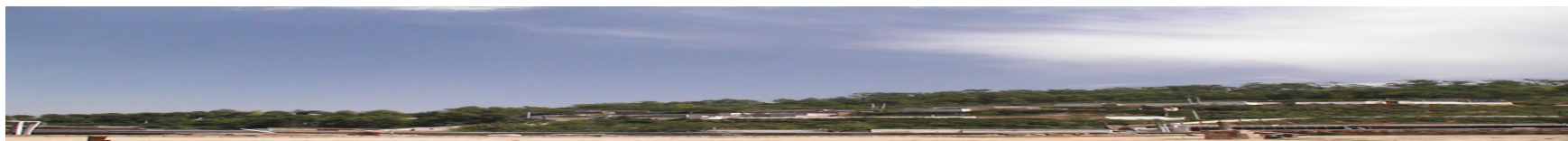
- 以老年斑（SP）和神经元细胞缠结(NFT)为靶点，制备与之有亲和力的放射性分子探针，进行显像研究，当前放射性药物和核医学研究的热点之一。
- 实现AD的早期诊断，评估病情的发展和治疗效果。



五、放射性药物研究进展

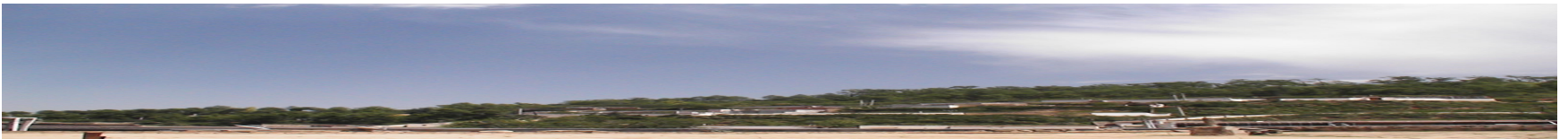
- $A\beta$ -淀粉样斑块显像剂

- 目前研究的AD斑块显像剂有苯并噻唑类、刚果红类、硫磺素T类、苯乙烯基苯类衍生物等，均为AD尸检的染料成份。
- ^{11}C 标记的6-OH-BAT-1和 ^{18}F 标记的FDDNP已经有临床研究报告。



放射性核素显像

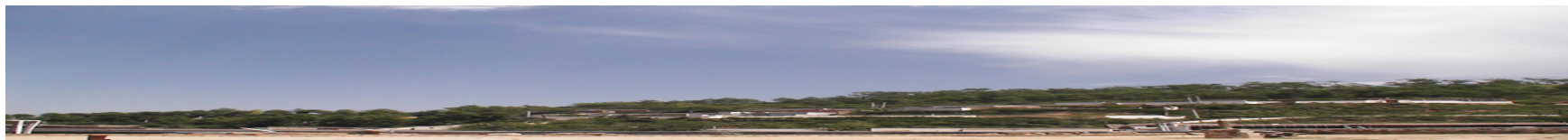
Radionuclide imaging



一、显像的原理

放射性核素的示踪原理

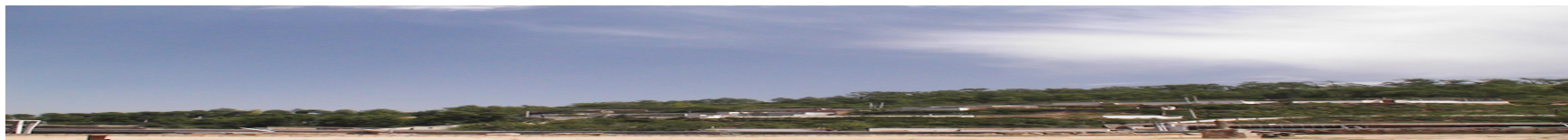
- 发射 γ 射线的放射性药物作为**显像剂**
- **引入人体**，遵循其**化学和生物学特性**，聚集于体内某些脏器、组织或病变内(靶器官)，或参与某过程或流经某通道等



一、显像的原理

放射性核素的示踪原理

- 利用显像技术，以脏器内外或脏器与病变之间放射性活度差别为基础
- 体外显示放射性药物在脏器或组织内分布或聚集的图像，反映其功能/代谢状态



一、显像的原理

放射性核素的示踪原理

➤ 涉及技术或环节

✓ 放射性药物的引入

✓ 体外显像

✓ 图像处理与分析



二、显像剂聚集机制

➤ 放射性核素及其化合物在脏器、组织或病变聚集的机理主要有

• 细胞功能性摄取

• 细胞吞噬

• 细胞拦截

• 循环通路

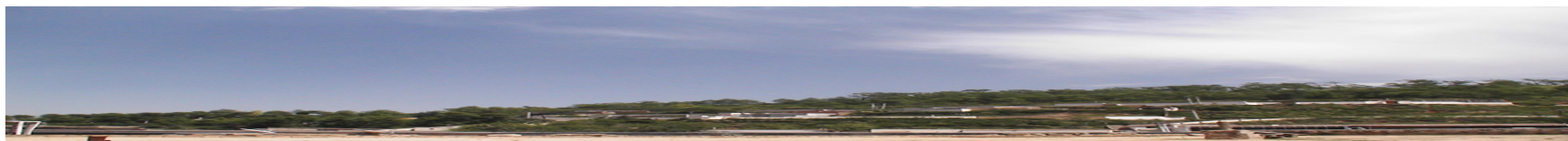
• 选择性排泄

• 通透弥散

• 腔隙灌注

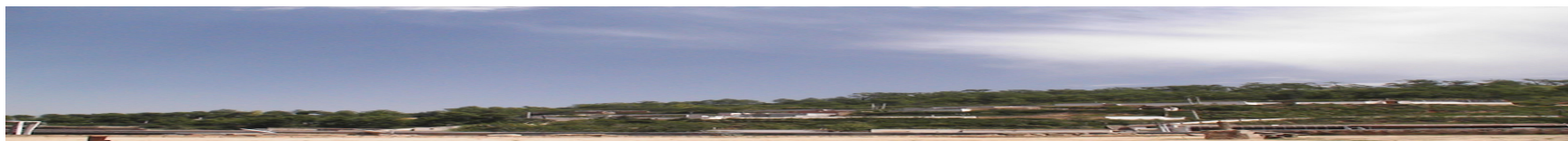
• 化学吸附和离子交换

• 特异性结合



二、显像剂聚集机制

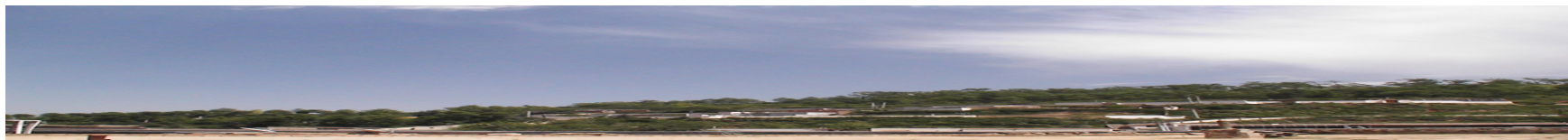
1. 细胞功能性摄取：正常脏器或组织代谢时，组织细胞将摄取某些元素或化合物，参与合成代谢或单纯浓聚、排泄，这类药物引入体内，可使脏器或组织在体外显像。



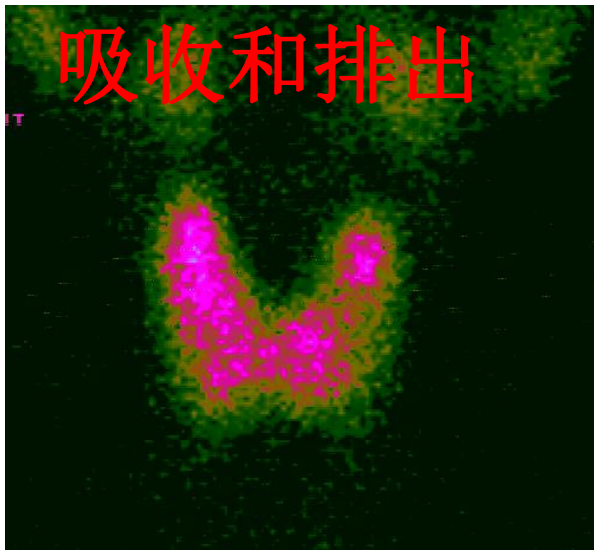
二、显像剂聚集机制

1. 细胞功能性摄取

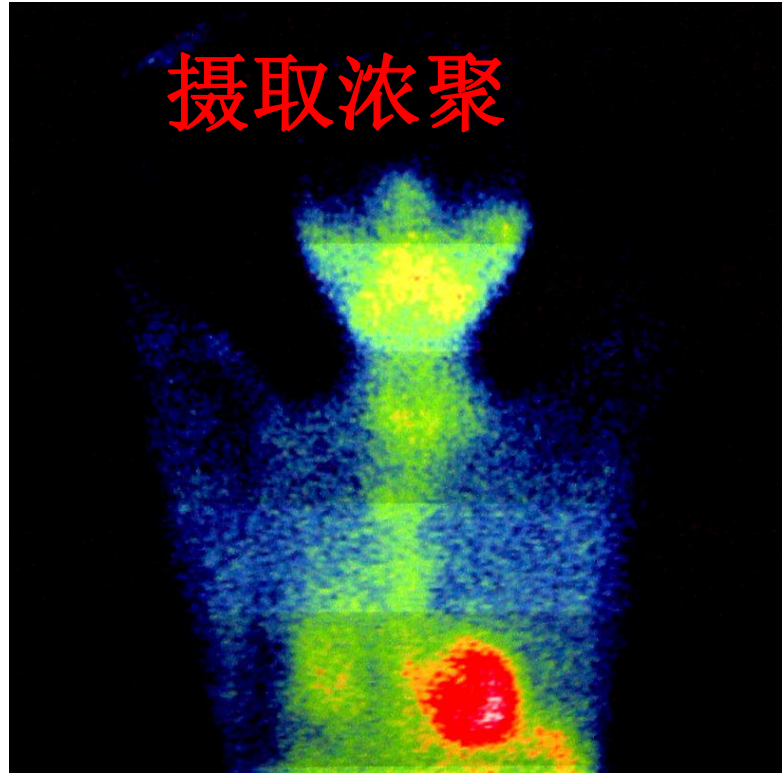
- 合成代谢： ^{131}I 甲状腺显像
- 吸收和排出： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 甲状腺显像
- 摄取浓聚： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GH恶性肿瘤显像



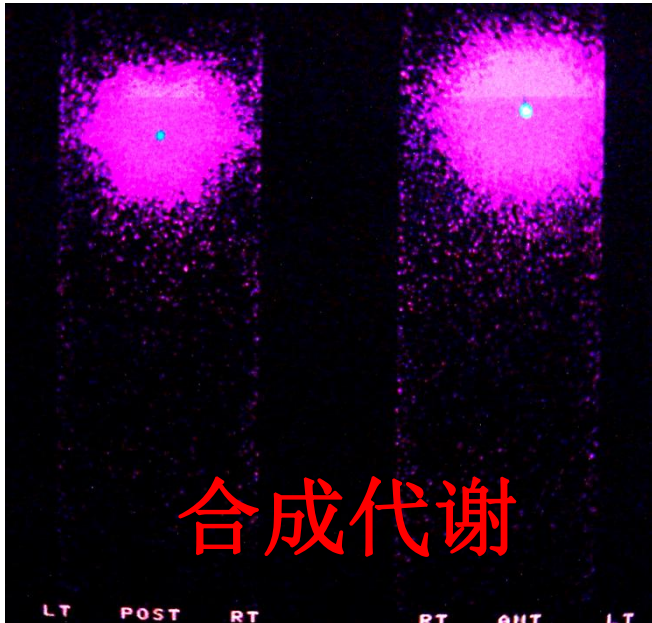
吸收和排出



摄取浓聚

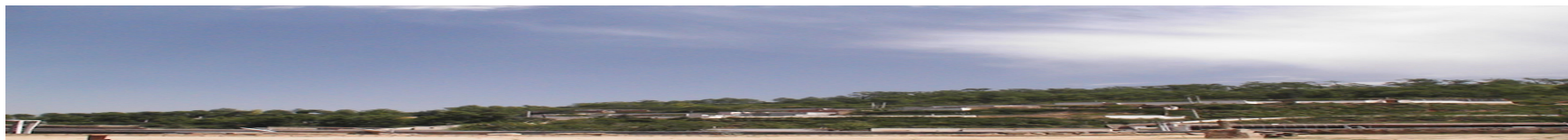


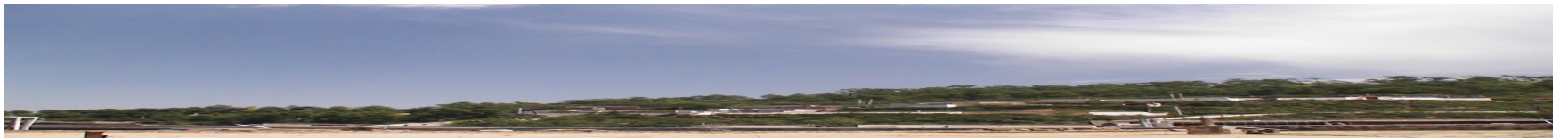
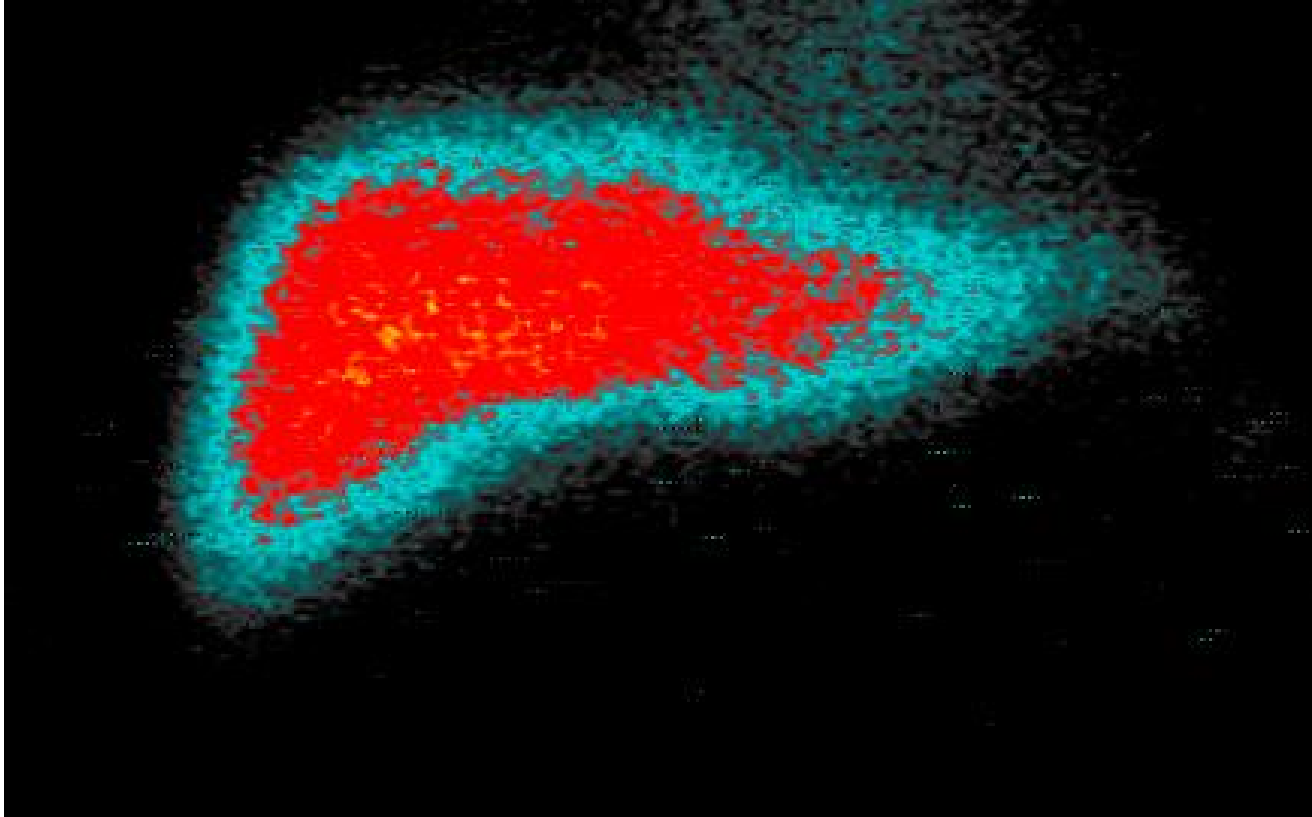
合成代谢



二、显像剂聚集机制

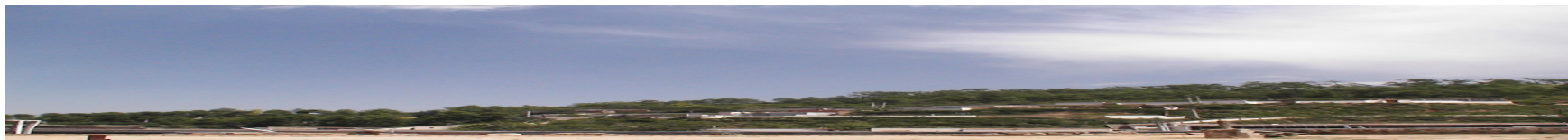
2. 细胞吞噬：机体内的**单核巨噬细胞**具有吞噬异物的功能，将**放射性胶体**引入体内，作为体内的异物被单核巨噬细胞所吞噬，显示**富含单核巨噬细胞的组织**，如肝、脾、骨髓等。





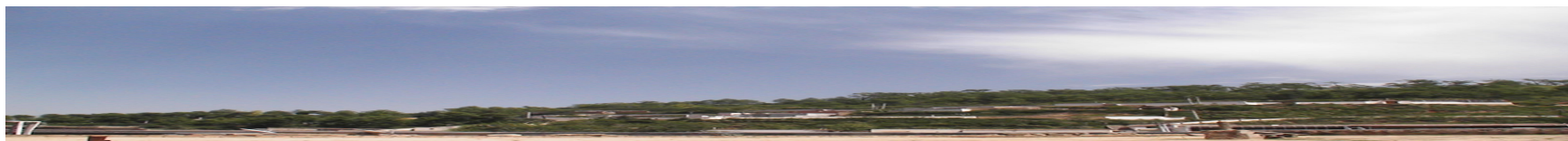
二、显像剂聚集机制

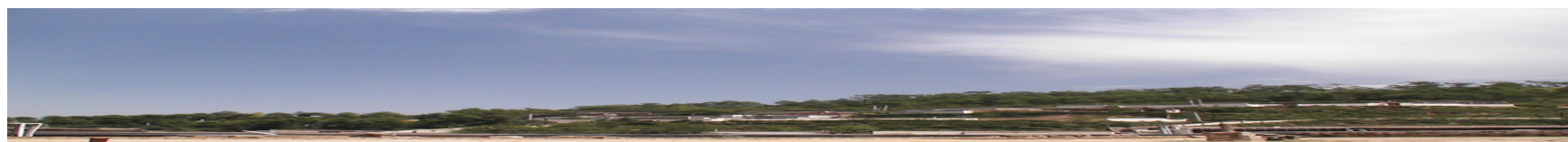
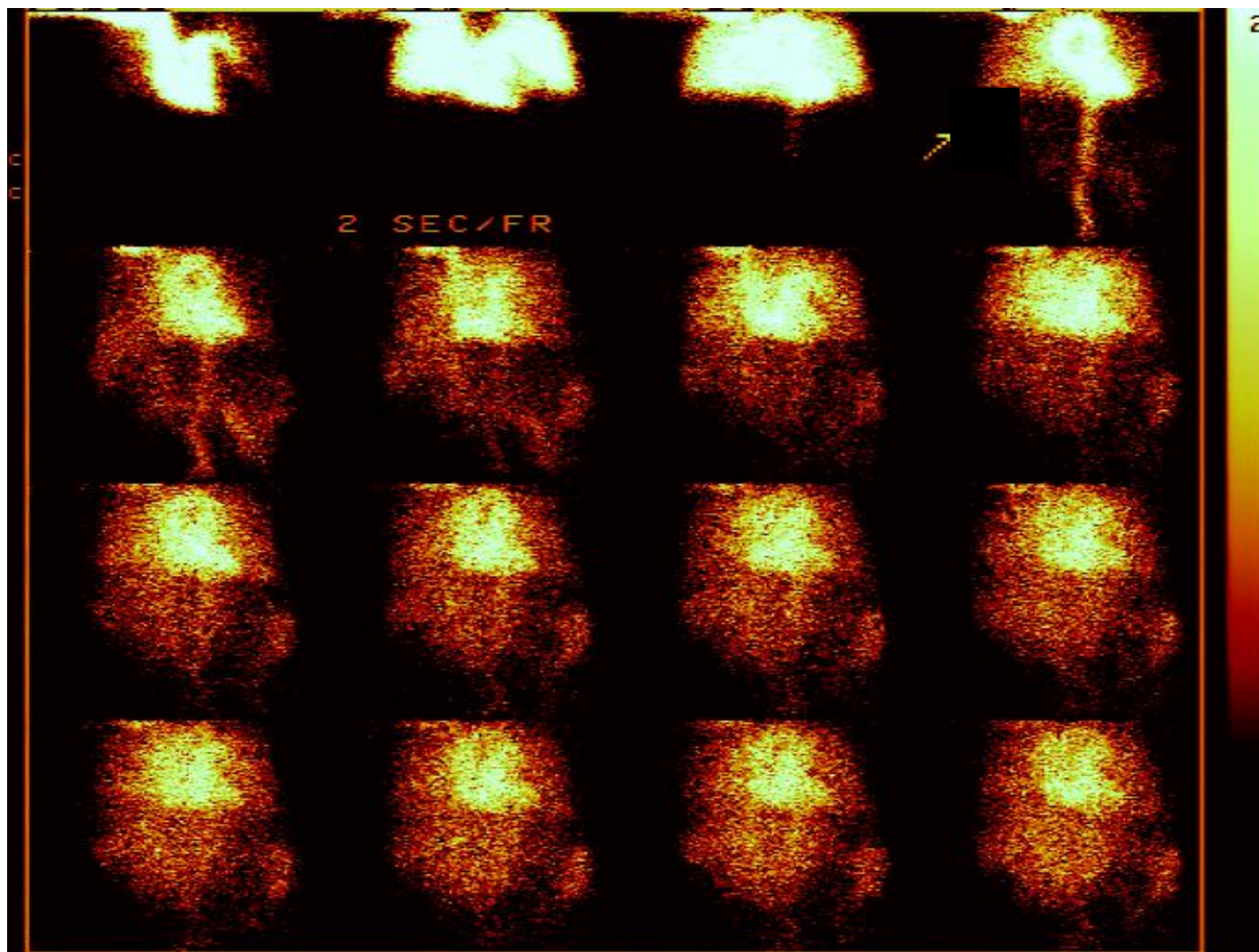
3. 细胞拦截：变形红细胞将被脾脏拦截，用 ^{99m}Tc 标记变形红细胞（RBC），将使脾脏清晰显影。



二、显像剂聚集机制

4. 循环通路：将可溶性放射性药物直接注入人体循环通路内，可显示该通路及有关脏器的影像。

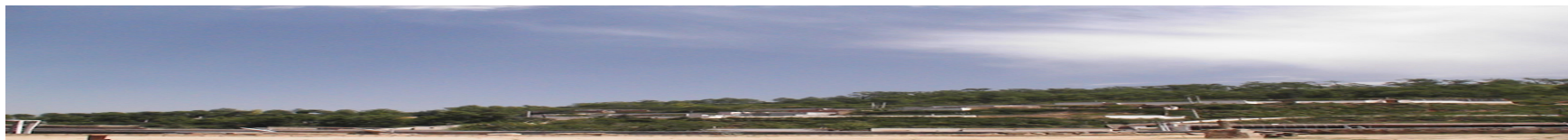


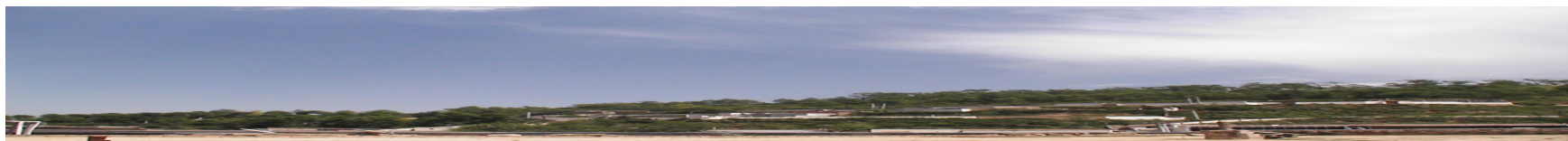
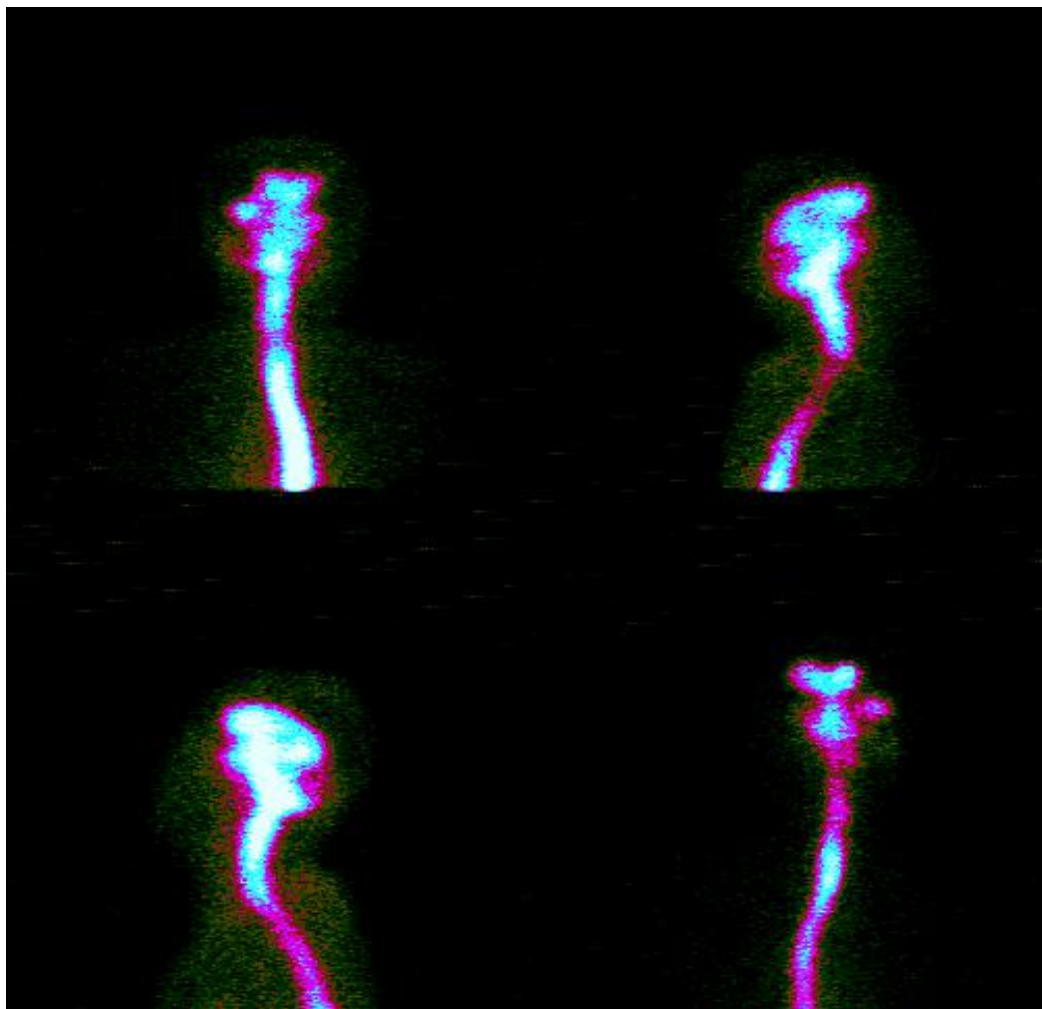


二、显像剂聚集机制

4. 循环通路

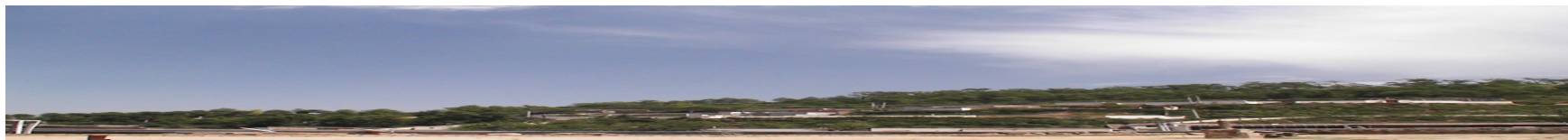
- 流经通道： $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 脑池显像
- 血管灌注：心、脑血管显像
- 循环栓塞：颗粒直径大于RBC(10um) 的放射性药物，肺血流灌注影像
- 生物区分布：血池显像

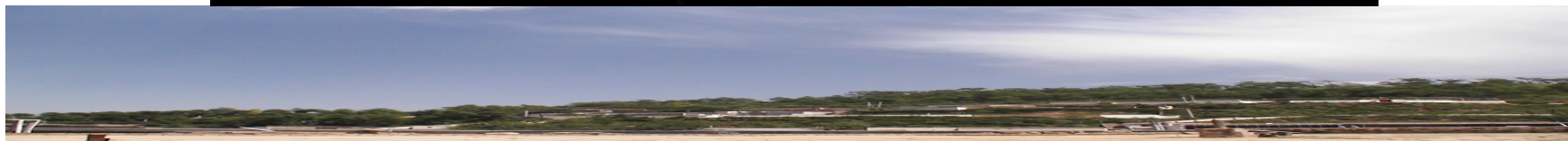
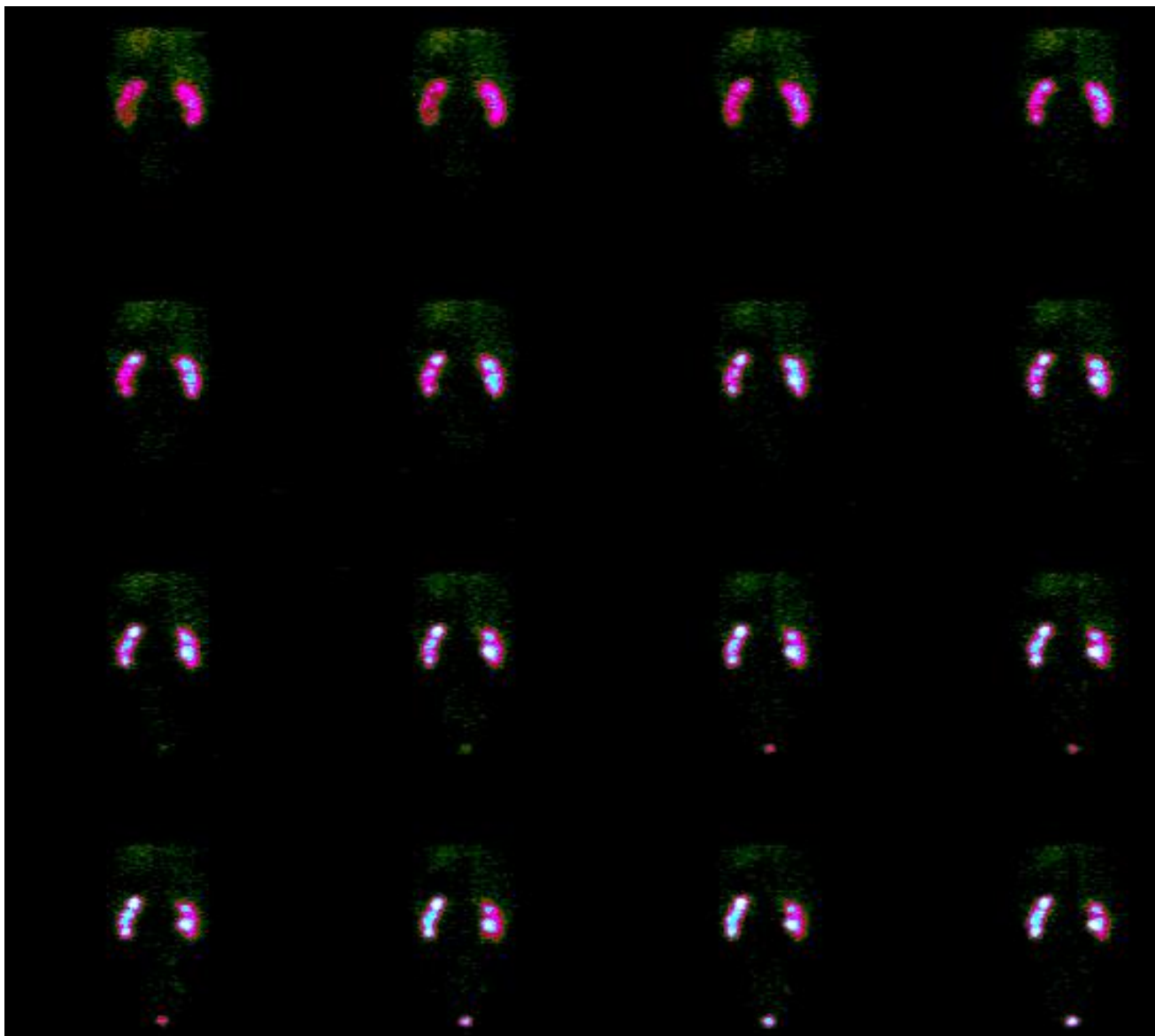




二、显像剂聚集机制

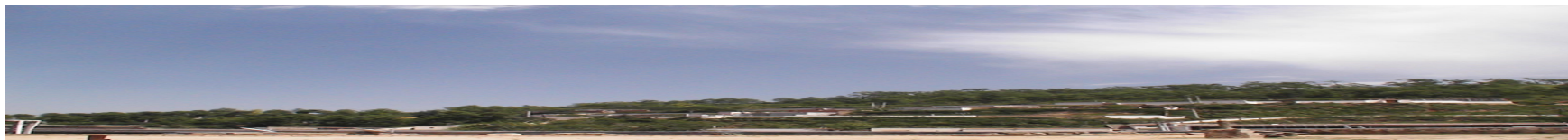
5. 选择性排泄：某些脏器对一些引入体内的放射性药物具有**选择性排泄**功能，既可以显示脏器的形态，又可以观察分泌、排泄功能和排泄通道。 ^{99m}Tc -DTPA泌尿系显像、 ^{99m}Tc -EHIDA肝胆显像。

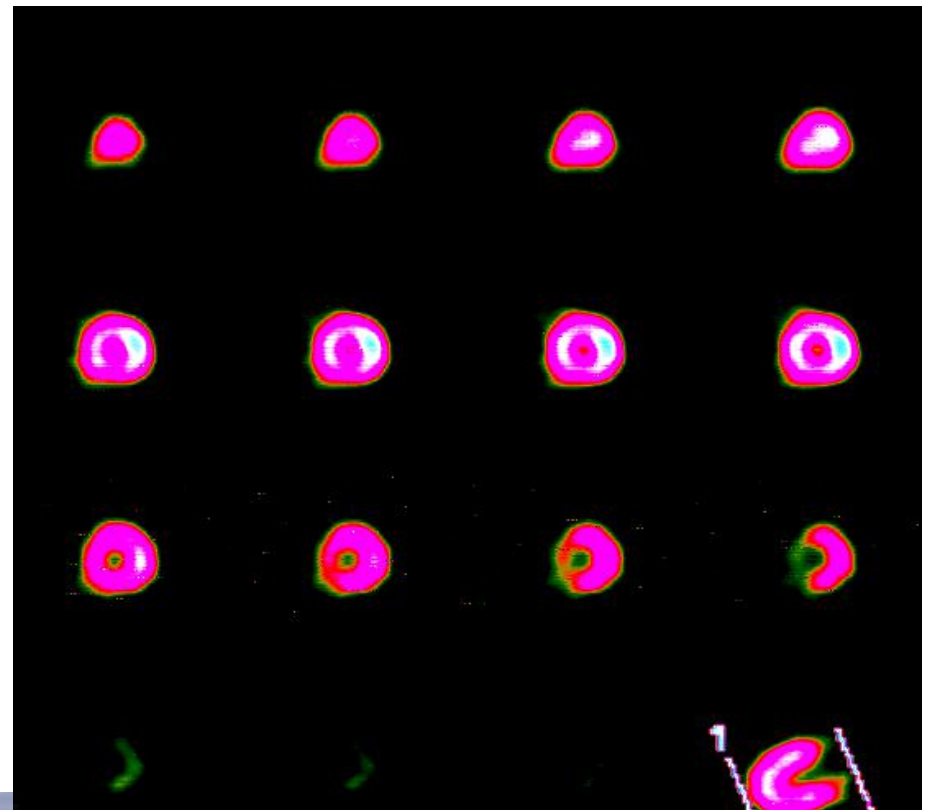
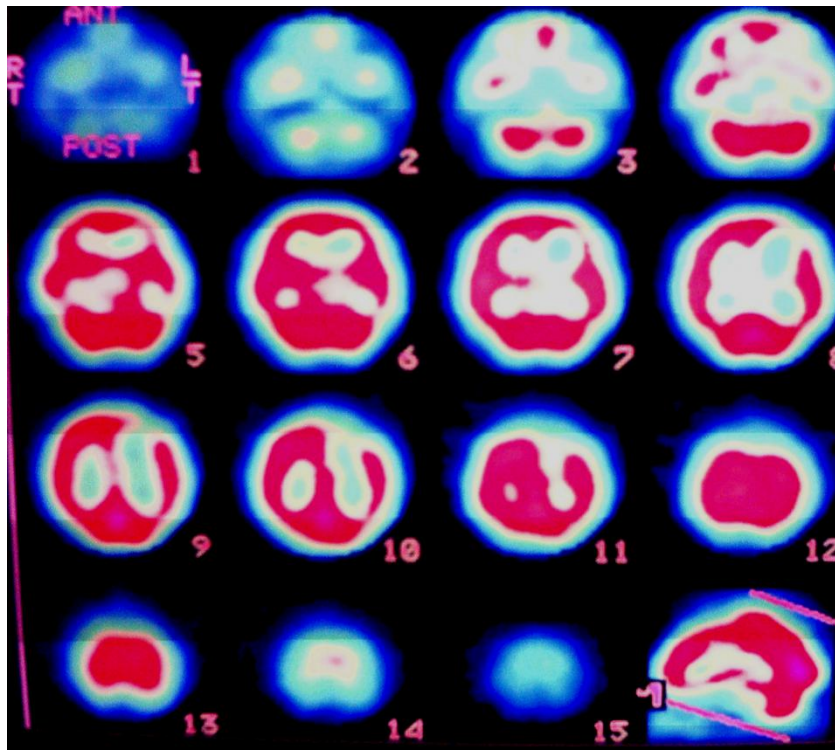




二、显像剂聚集机制

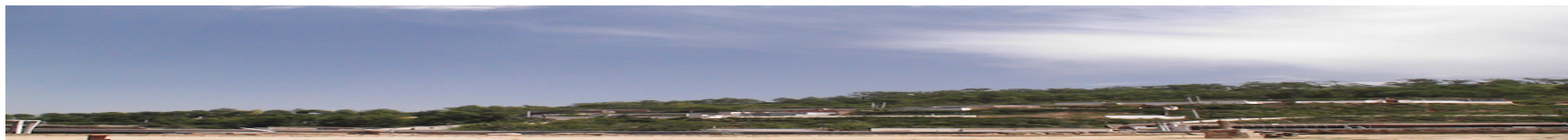
6. 通透弥散：某些放射性药物借助简单的通透弥散作用可使脏器和组织显影，如 ^{99m}Tc -GH 普通脑显像、 ^{99m}Tc -HMPAO 脑血流显像、 ^{99m}Tc -MIBI 心肌显像。





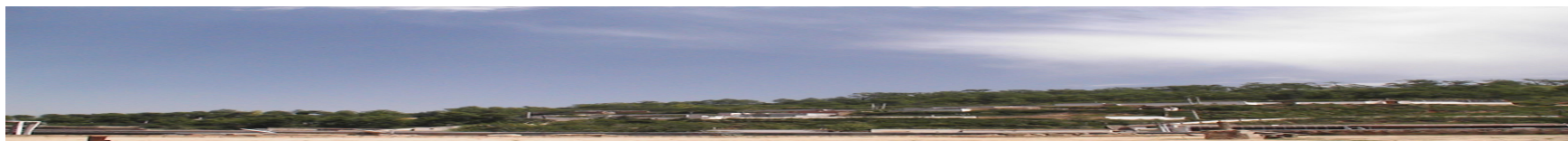
二、显像剂聚集机制

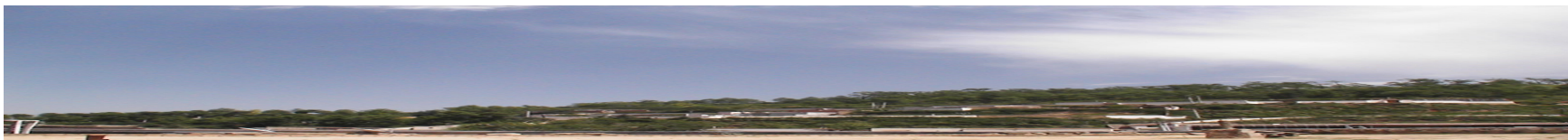
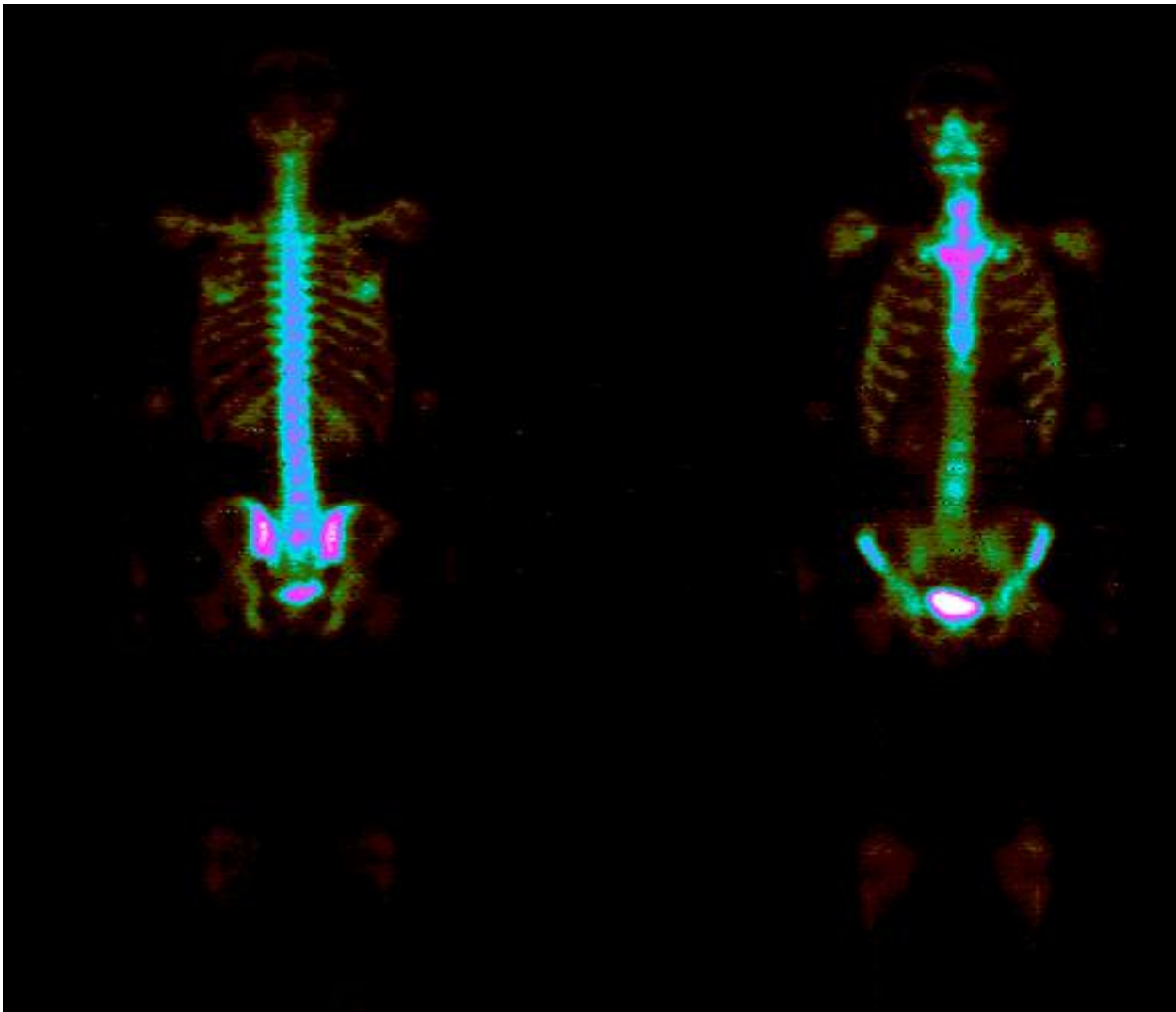
7. 腔隙灌注：利用一定剂型的放射性药物灌注体内腔隙使之充盈显像，如 ^{99m}Tc 胃充盈显像。



二、显像剂聚集机制

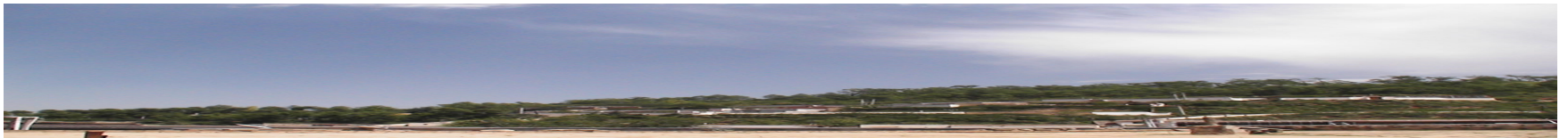
8. 化学吸附和离子交换：骨骼组织中的羟基磷灰石晶体的表面可以吸附磷酸盐，也可以与组织血液中的 Ca^{2+} 、 PO_4^{3-} 进行离子交换，如 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP骨显像、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PYP心肌梗塞显像。





二、显像剂聚集机制

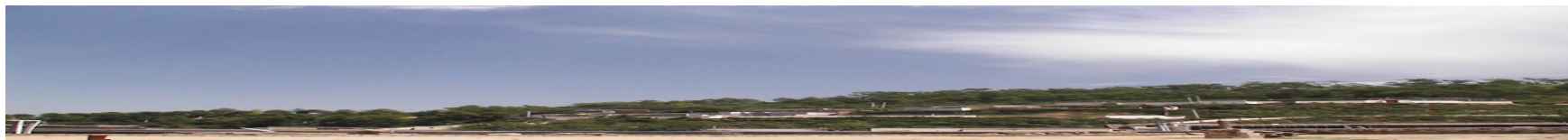
9.特异性结合：放射性标记的**配体**(ligand)只与相应**受体**(receptor)结合，放射性标记的**抗体**(antibody)只与相应的**抗原**(antigen)结合，从而可使**含有相应受体或相应抗原的组织**显影，这种影像具有**高度的特异性**。



二、显像剂聚集机制

9.特异性结合：

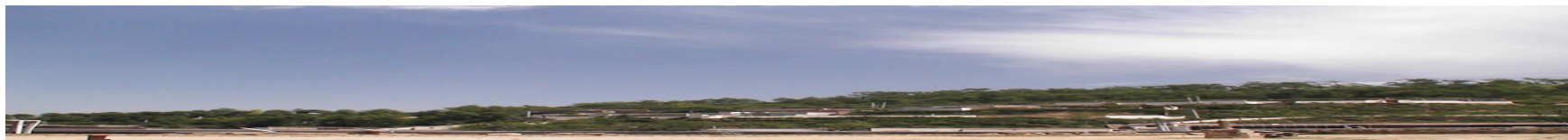
- 用放射性核素标记特异性配体作显像剂，用以了解相应受体的分布**部位、数量(密度)和功能**等，称为**放射受体显像(Radio Receptor Imaging, RRI)**，例如放射性碘标记的间位碘代苄胍（MIBG）使富含**肾上腺素能受体**的嗜铬细胞瘤及其转移灶等特异性显影。



二、显像剂聚集机制

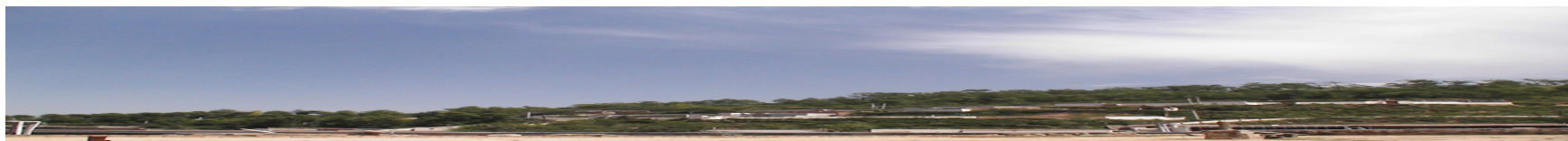
9.特异性结合：

- 应用放射性核素标记特异性抗体显示相应抗原的显像称为**放射免疫显像**(Radioimmuno Imaging, RII)。由于某些病变组织如肿瘤组织常含有特异的抗原，因此这种显像是**特异性诊断肿瘤**的理想方法。

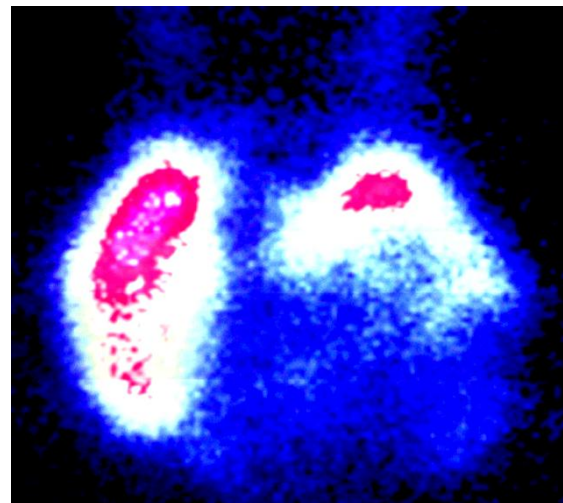


三、核医学显像类型

- 静态显像与动态显像（状态）
- 局部显像和全身显像（部位）
- 平面和断层显像（层面/维线）
- 早期显像或延迟显像（时间）
- 阴性显像和阳性显像（亲和力）

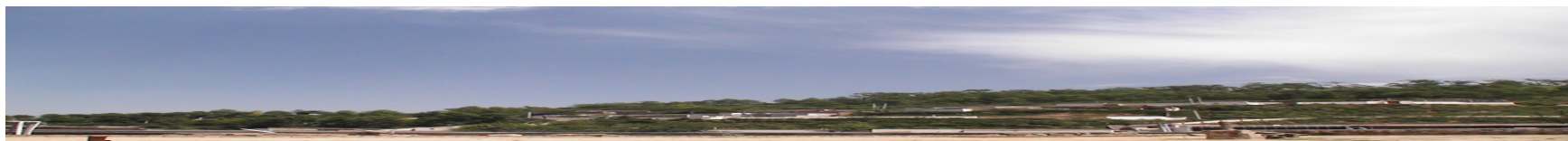


三、核医学显像类型



(一)静态显像与动态显像

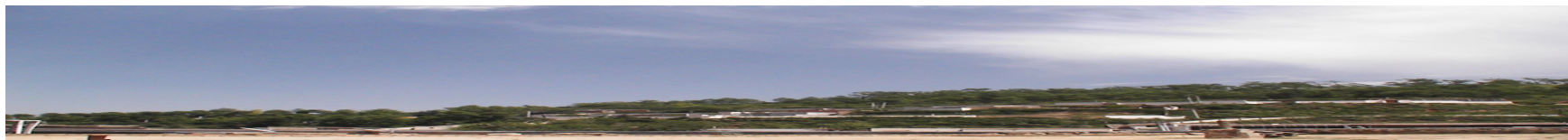
- 静态现象(static imaging): 药物在体内达到**相对稳定状态**时进行的显像，多用于观察脏器的**大小、形态和放射性分布**。

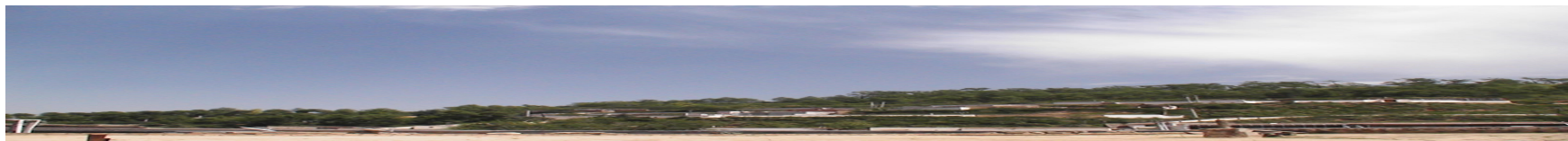
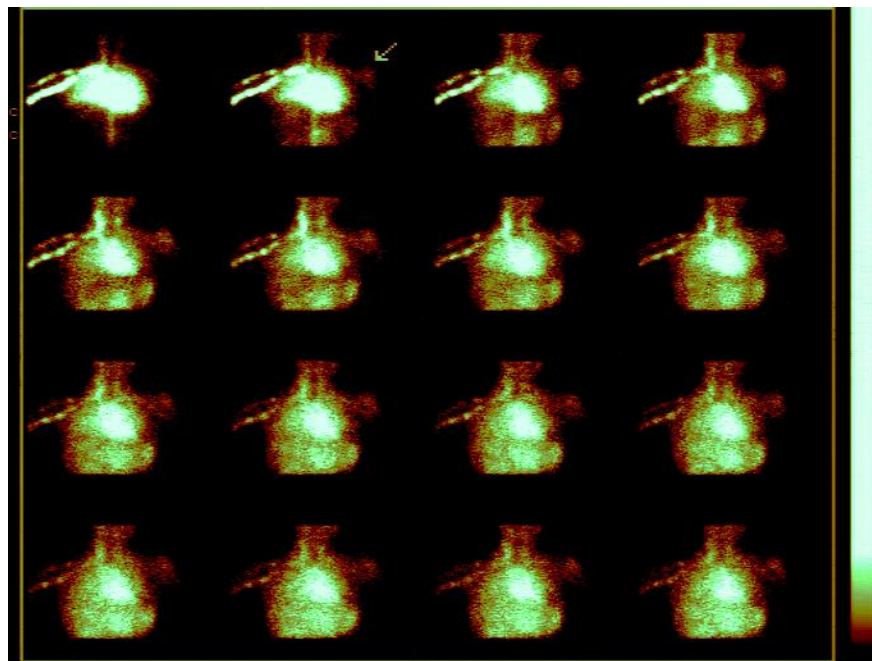
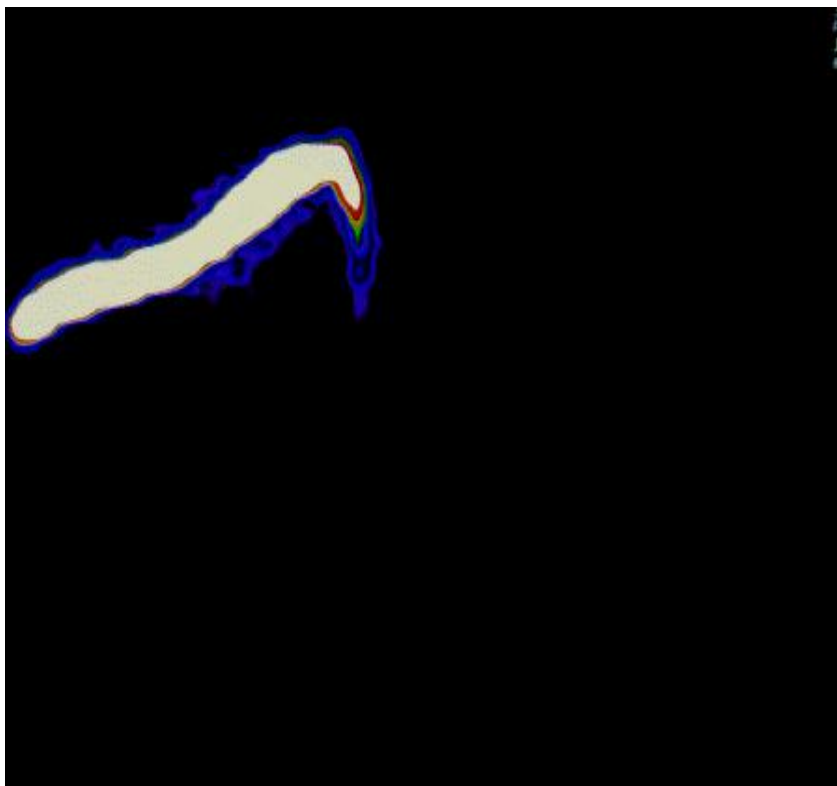


三、核医学显像类型

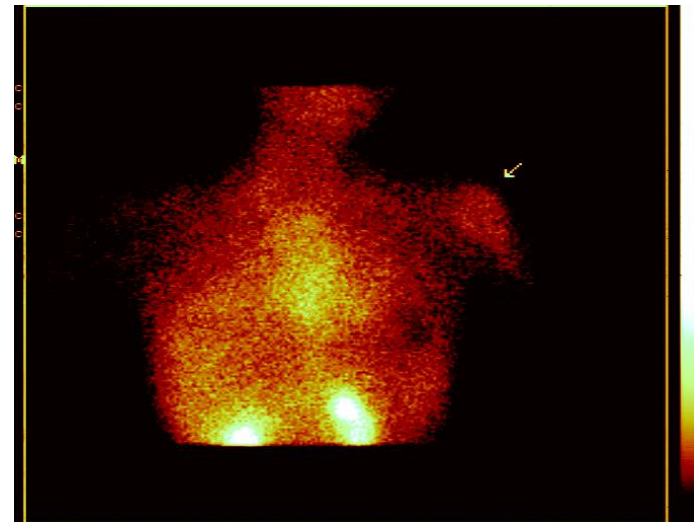
(一)静态显像与动态显像

- 动态显像(dynamic imaging): 连续采集显像剂随血流流经或灌注脏器，被脏器不断摄取和排泄，或在脏器内反复充盈和排出的过程，利用ROI，作TAC，得到各种定量参数。



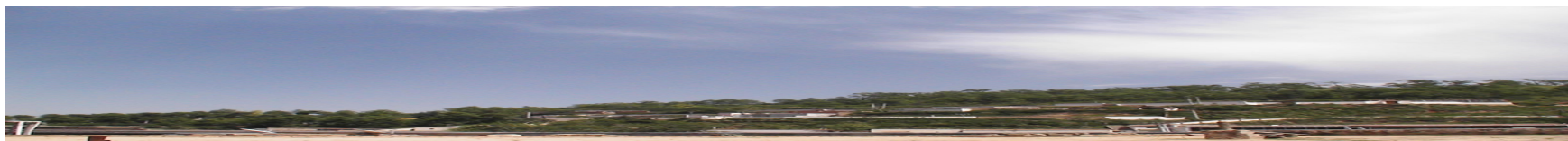


三、核医学显像类型

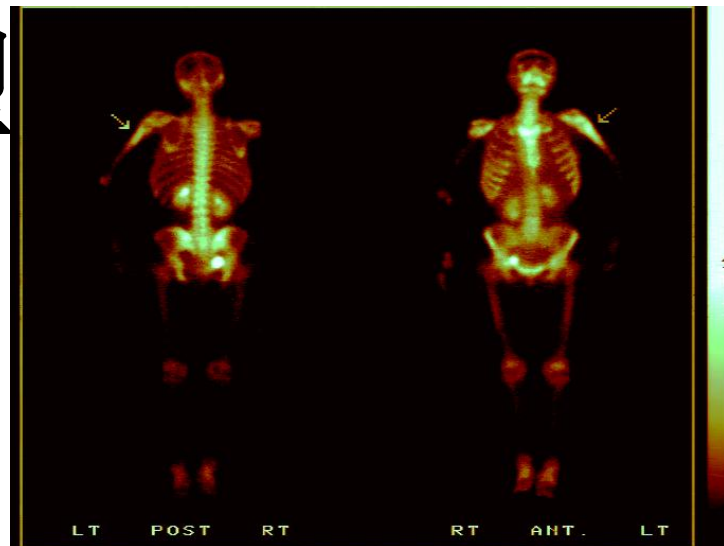


(二)、局部显像和全身显像

- 局部显像(regional imaging): 显像的**范围**仅显示身体的某一部位或某一脏器，最常用。



三、核医学显像类型

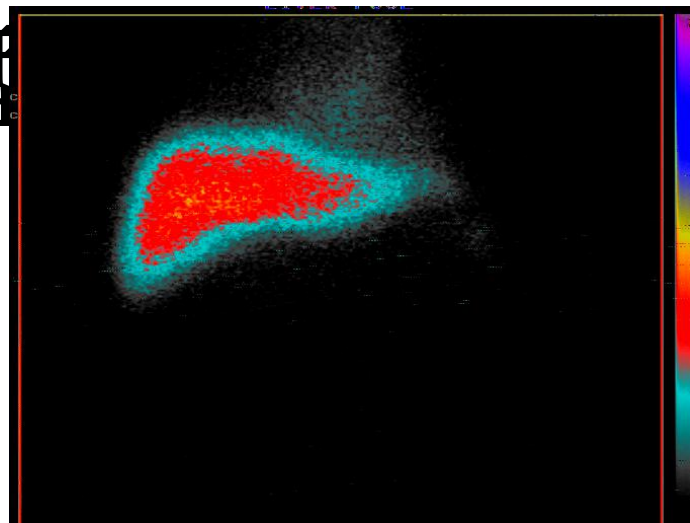


(二)、局部显像和全身显像

- 全身显像(whole body imaging): 显像装置沿体表从头至足作匀速运动，采集全身各部位的放射性，并显示成一帧图像，常用于全身骨骼、骨髓显像。

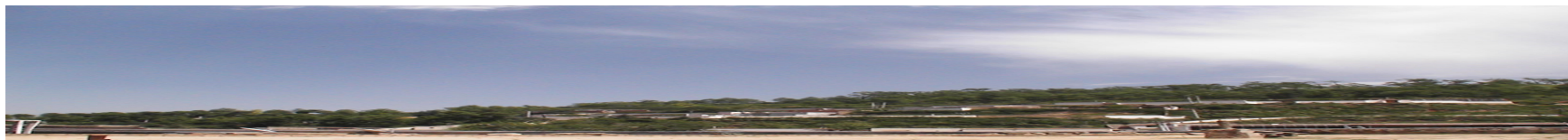


三、核医学显像类型



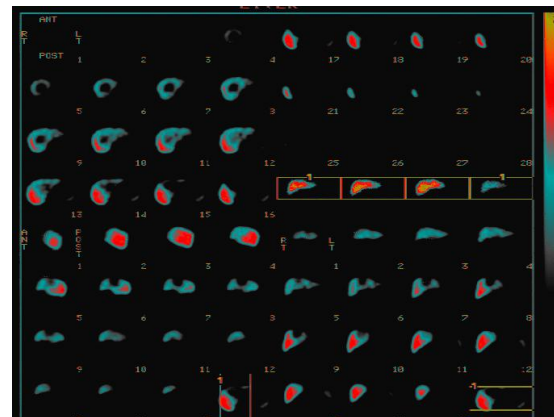
(三)、平面和断层显像:

- **平面显像(Planar imaging):** 显像仪垂直于体表的一定位置，显示某脏器的影像为平面影像，所得图像为前后重叠2D图像，脏器内较小、较深的病灶不易发现。

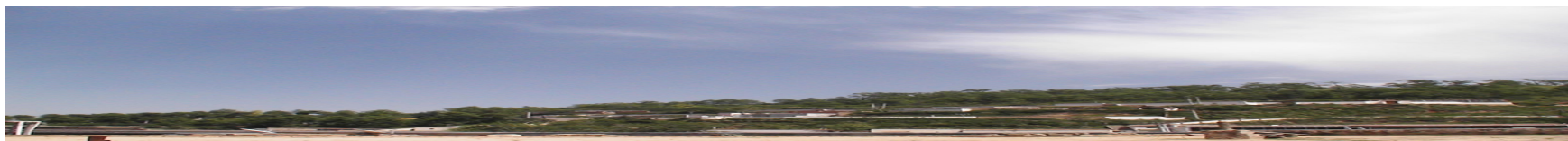


三、核医学显像类型

(三)、平面和断层显像:



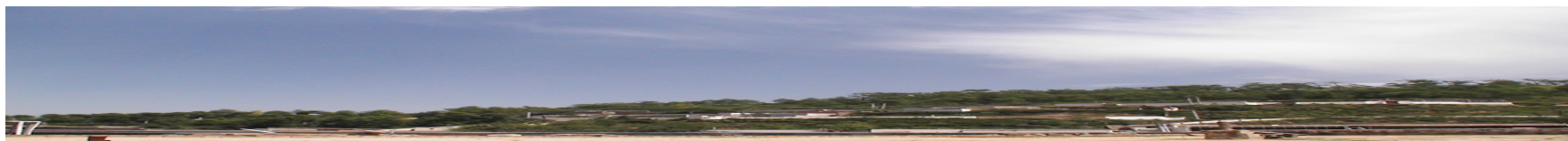
- 断层显像(Tomography): SPECT探头绕体表做 180° 或 360° 的自动旋转, 连续或间断采集**多体位平面信息**, 再由计算机重建各种断层影像, 获得**冠、横、矢状的或三维立体图像**。



三、核医学显像类型

(四)、早期显像或延迟显像：

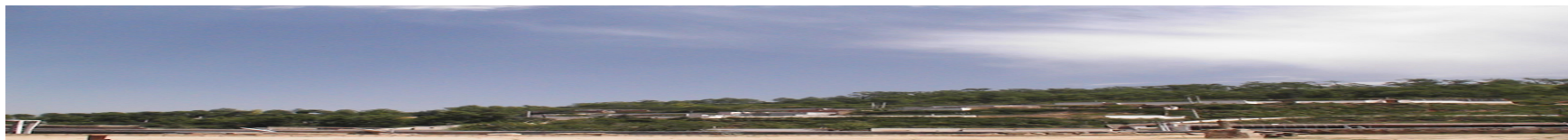
- 早期显像(Early imaging)：显像剂引入人体 **2小时内** 进行显像，主要反映血流灌注、血管床和早期功能状态，常规显像均采用这种显像。



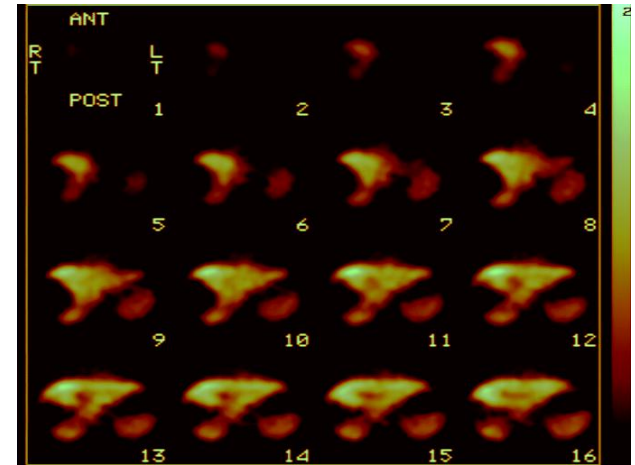
三、核医学显像类型

(四)、早期显像或延迟显像：

- 延迟显像(Delay imaging)：显像剂引入人体**2小时后**进行的显像，延迟显像，可降低本底，给病灶以足够的时间吸收显像剂，使影像改善，提高**阳检率**。

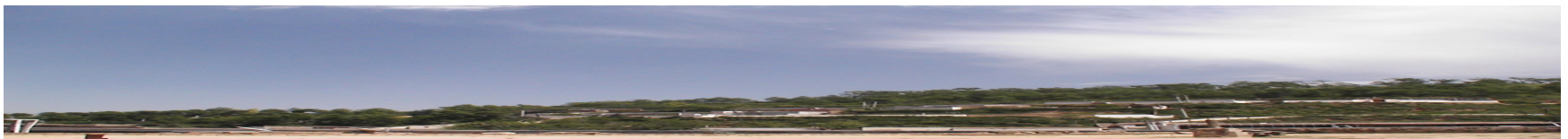


三、核医学显像类型



(五)、阴性显像和阳性显像:

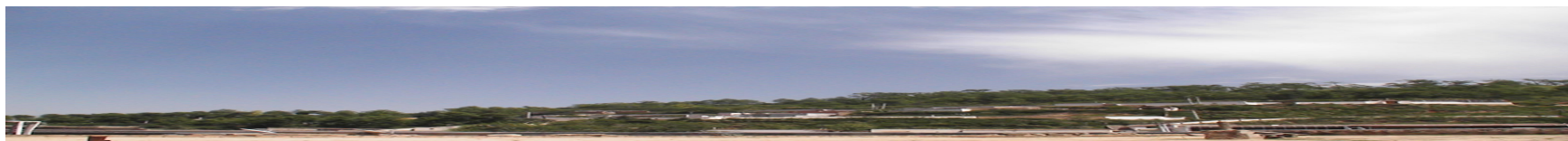
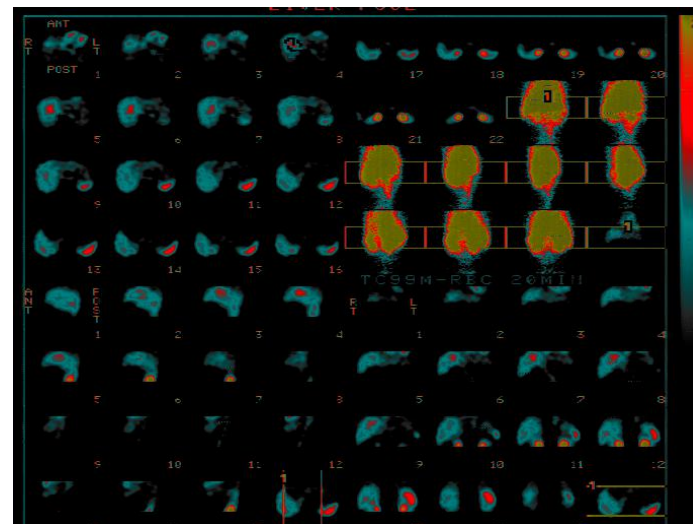
- 阴性显像(negative imaging): 正常组织能选择性的摄取某些显像剂, 而**病灶组织**因失去该细胞功能**不能摄取**该类显像剂呈现放射性活度**低于**正常组织的异常影像, 又称“**冷区**”显像(cold spot imaging), 如心肌、肝胶体显像。



三、核医学显像类型

(五)、阴性显像和阳性显像：

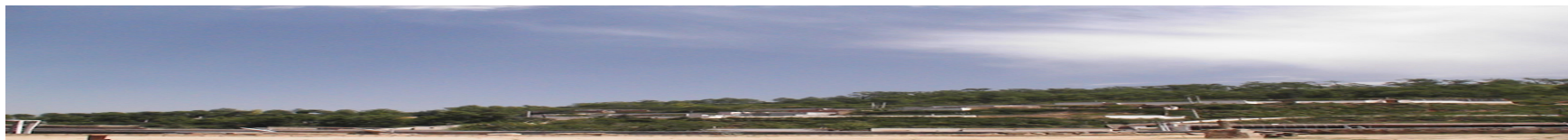
- 阳性显像(positive imaging)：指病灶部位的放射性活度**高于**正常脏器组织的显像，又称“**热区**”显像(hot spot imaging)。急性心肌梗塞灶、骨骼病灶、心肝血池、脑普通显像等。



四、图像分析

核医学图像的特点

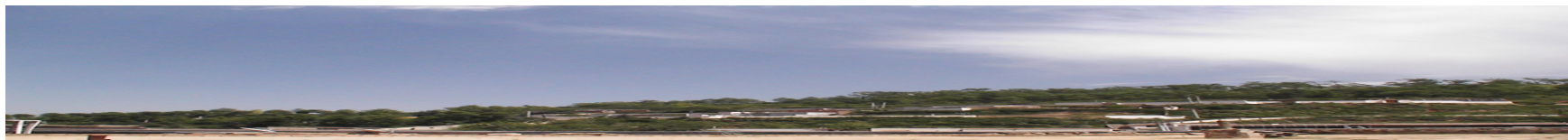
- 以脏器和组织的生理、病理生理**变化为基础**
- 以放射性药物的**组织特异性为特征**
- **综合反映**组织器官的**形态和功能改变**



四、图像分析

核医学图像的特点

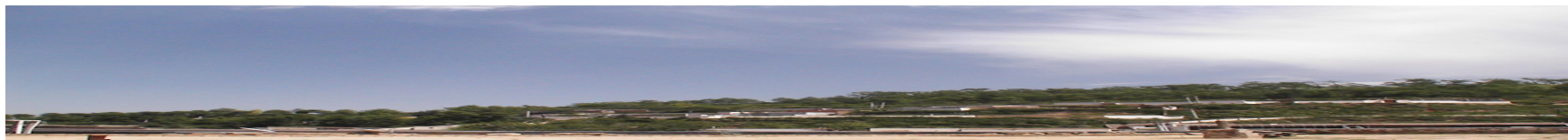
- 因为放射性药物的组织特异性或靶向性，它反映的是特定器官或组织的血流、功能和代谢变化，与建立在解剖结构改变基础上的CT、MRI和超声等影像相比，有其鲜明的特点。



四、图像分析

核医学图像的特点

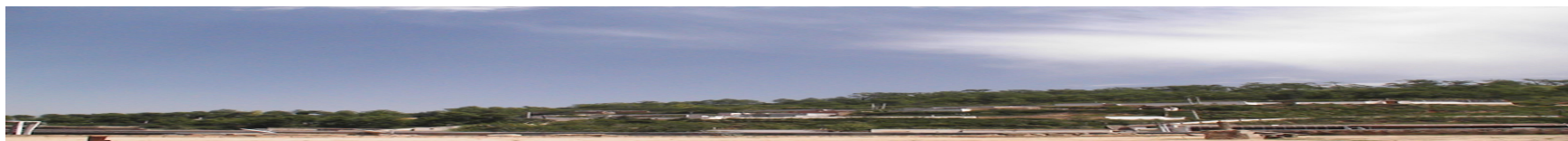
- 同时提供特定脏器或组织的**功能和结构**变化，因为**血流、功能和代谢异常**是疾病的早期变化，出现在**形态结构发生改变之前**，所以有助于靶组织或器官疾病的早期诊断，因此核医学显像具有**极高的敏感性**。



四、图像分析

核医学图像的特点

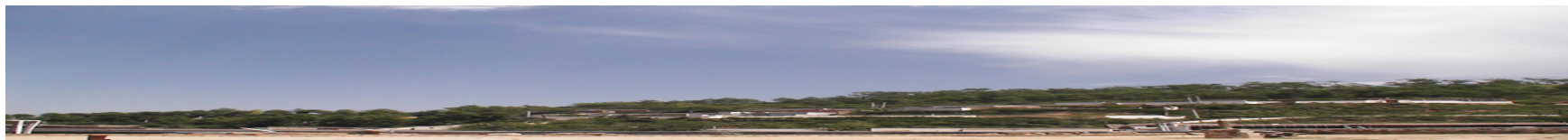
- 动态显像可获得多种**功能参数**
- 可对脏器、正常组织和病变组织的血流和功能进行**定量分析**



四、图像分析

核医学图像的特点

- ▶ 静脉注射显像剂，体外显像，属于非侵袭性的无创性检查；显像剂化学量极少，过敏和其它毒副反应罕见；受检者的辐射吸收剂量低于同部位的X线检查。
- ▶ 核医学显像是安全、无创的方法



四、图像分析

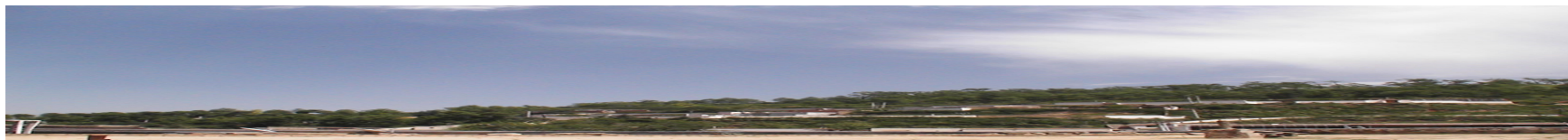
（一）、合格图像

➤ 位置（**position**）

➤ 大小（**size**）

➤ 形态（**shape**）

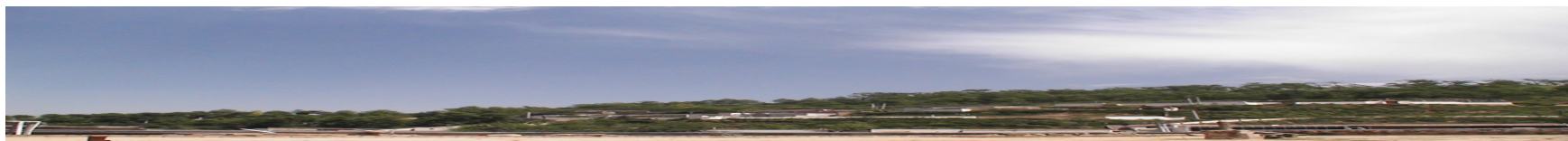
➤ 放射性药物分布（**distribution**）



四、图像分析

（二）、不合格图像

- 药物：标记率
- 技术：注射、采集、处理、仪器
- 病人：体位、移动
- 意外：污染、金属异物

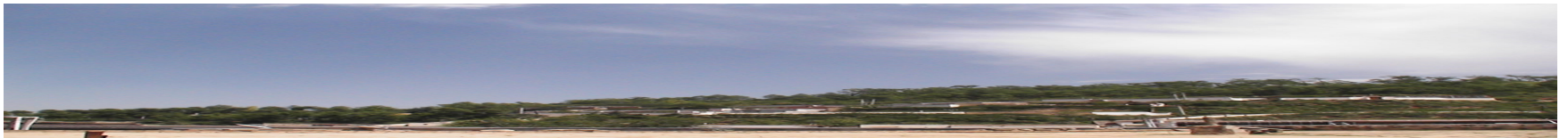
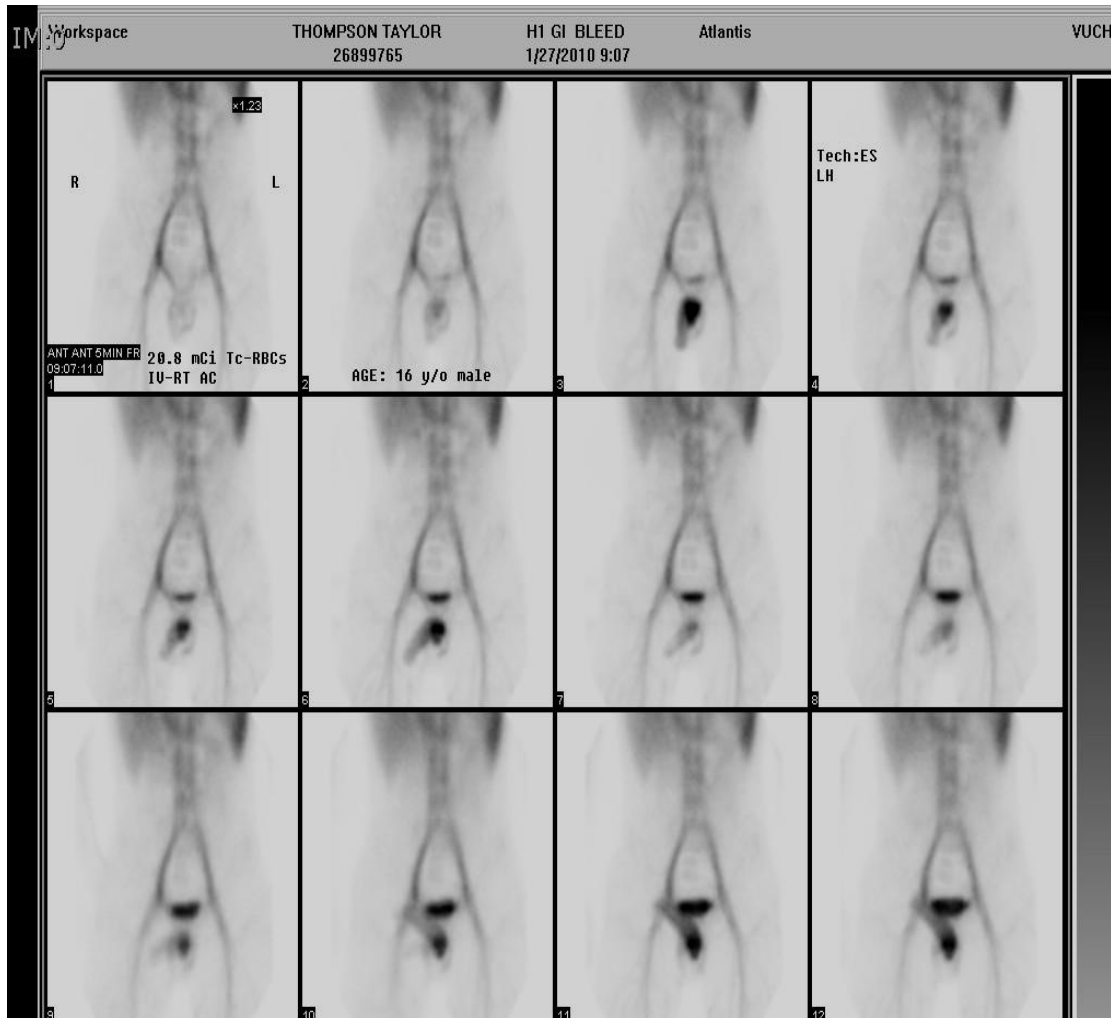




Poor quality rest images are uninterpretable (think low cts)

- Wrong window
- Dose infiltration
- Wrong collimator
- Gating problem
- Wrong radio-pharmaceutical
- Error in prep of radiopharmaceutical
- Electrical mal(fx)
- Patient motion
- Delayed imaging
- Camera head out far

16 yom GI bleeding





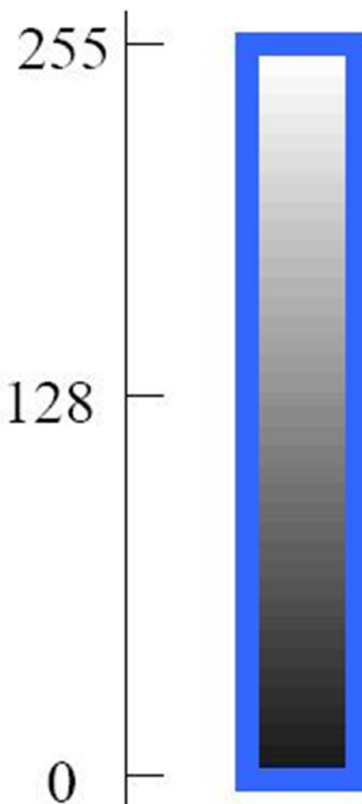
像素矩阵

行

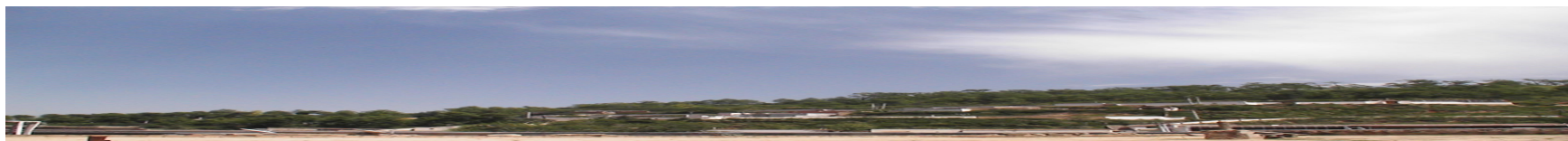
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	128	128	128	128	128	128	0
0	128	128	128	128	128	128	0
0	128	128	128	128	128	128	0
0	128	128	128	128	128	128	0
0	0	0	0	0	0	0	0

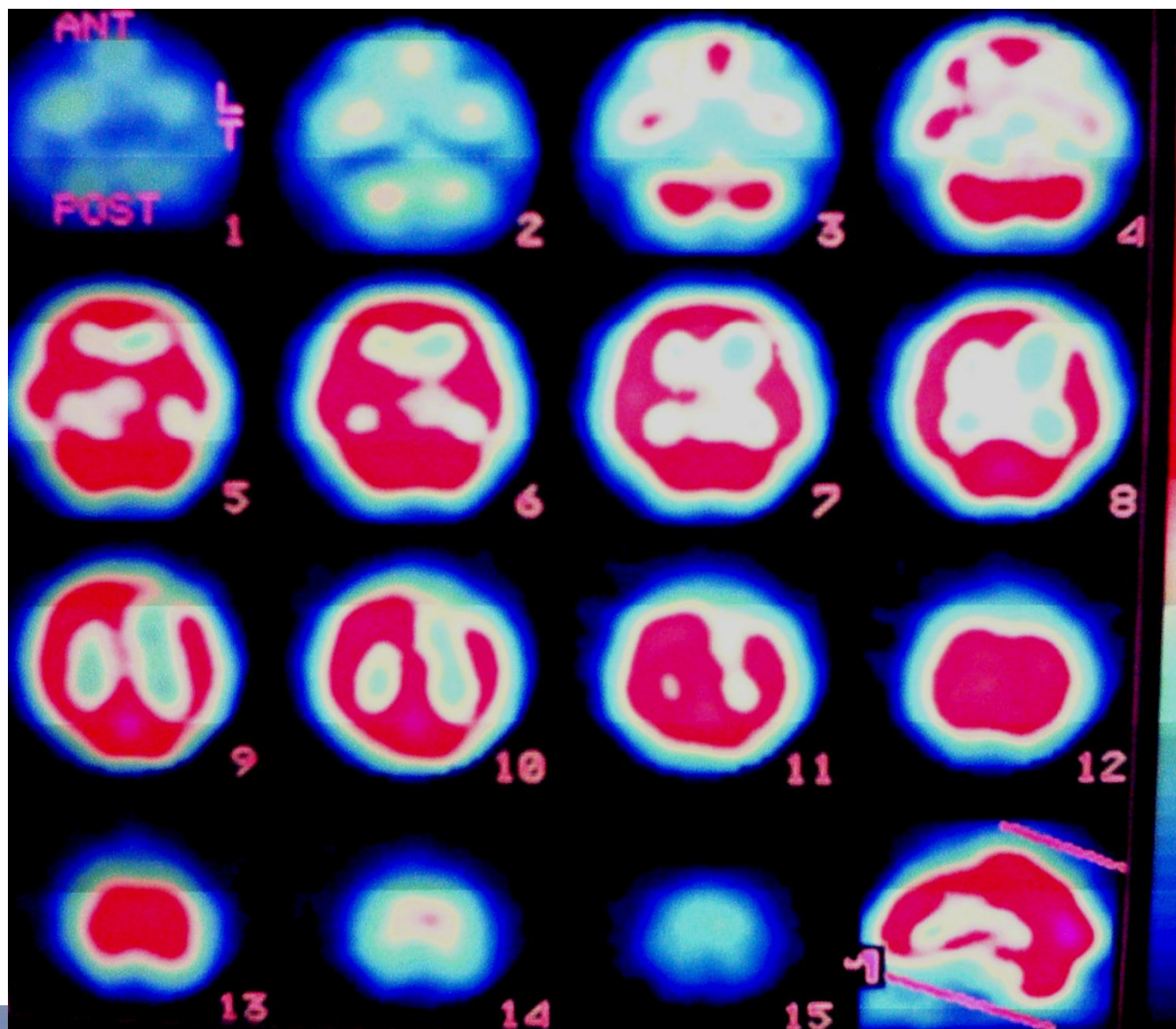
列

256 级灰度



彩色/灰度级（值）与图像色彩的关系示意图





思考题

- 什么是放射性核素发生器？试解释 ^{99}Tc — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器的的工作原理。
- 放射性药物的质量控制主要的物理指标和化学指标分别有哪些？请解释其定义。
- 请举例说明核医学显像剂聚集的机制有哪些。
- 为什么要对放射性药物进行质量保证和质量控制？

