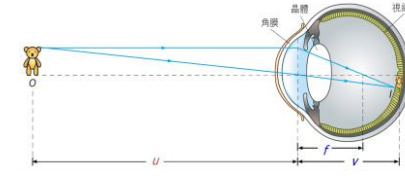


# 醫學物理學

## 1 眼和耳的感官

### 1.1 人類的視覺

- 光線進入眼睛後會經角膜和晶體折射，兩者的作用如同凸透鏡一樣在視網膜上成像。

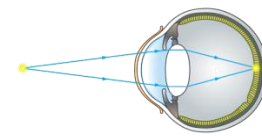


$$\text{透鏡方程: } \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

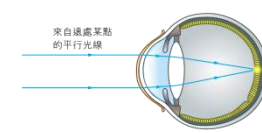
- 視學覺調節是指改變晶體形狀來把不同距離的物體對焦的過程。

	對焦近物 (u ↓)	對焦遠物 (u ↑)
入射光線	發散的	(接近) 平行
角膜	折射光線	折射光線
睫狀肌	收縮	放鬆
懸韌帶	張力減少	張力增加
晶體 (f ↓)	較厚、較凸	較薄、較扁平 (f ↑)

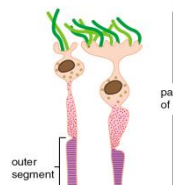
- 眼睛的近點是當晶體在最厚的情況下向物體對焦時物體的位置。



- 眼睛的遠點是當晶體在最薄的情況下向物體對焦時物體的位置。

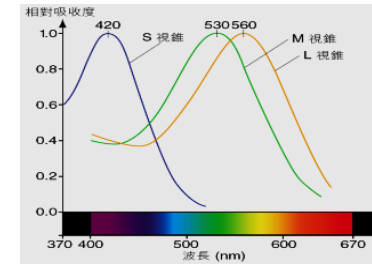


- 視網膜上有光感受器(視錐和視桿)，負責探測光和顏色，也能作為換能器把光能轉換成神經脈衝的電能。

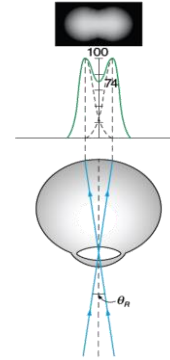


- 視桿細胞能在昏暗環境中運作，負責提供黑白視力。
- 視錐細胞只對強光敏感，負責提供彩色視力。
- 視錐分成 S、M 和 L 三種，從感受器吸收光線可見，每種視錐都對光譜上不同波長的

光有不同的吸收力。



- 瑞利判據指出，一個物體的繞射圖形的中央最大值，與另一物體的繞射圖形的第一級最小值重疊時，這兩個物體剛好被分辨出來。



- 眼睛可以分辨的兩個點狀物體的  $\theta_R$  為

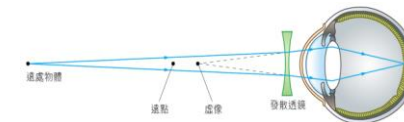
$$\text{最小角間距 } \theta_R = \frac{1.22\lambda}{d}$$

單位：弧度

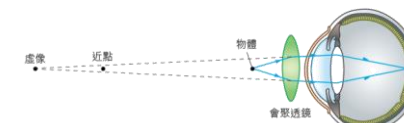
- 最少角間距愈小，眼睛的分辨率便愈高。

### 1.2 視覺缺陷和糾正方法

- 透鏡的焦強  $P = 1/f$ ，焦強的單位為 D(屈光度)。
- 近視患者只能清楚看到近物，不能向遠物對焦。來自遠物的光聚焦在視網膜前方。近視患者可以佩戴發散透鏡來糾正視力。



- 遠視患者只能清楚看到遠物，不能向近物對焦。來自近物的光聚焦在視網膜後方。遠視患者可以佩戴會聚透鏡來糾正視力。

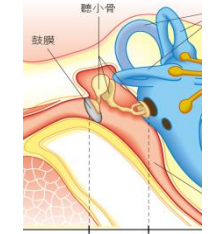


- 老花是指眼睛老化後，非常近的物體不能聚焦在視網膜上，而只能聚焦在視網膜後方。

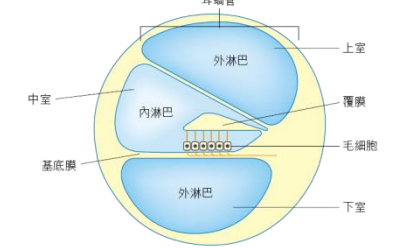
$$\text{矯視透鏡連同眼睛的總焦強} = \text{矯視透鏡焦強} + \text{眼睛焦強}$$

### 1.3 人類的聽覺

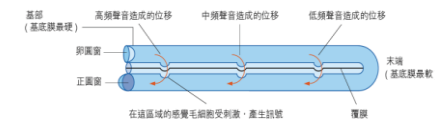
- 鼓膜的振動由聽小骨藉壓強增益擴大，原因是鼓膜的面積遠較卵圓窗大。



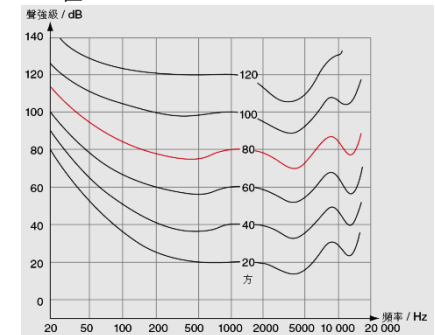
- 振動到達耳蝸的基底膜時，毛細胞會被橫向撥動，把機械能轉換成神經脈衝的電能。



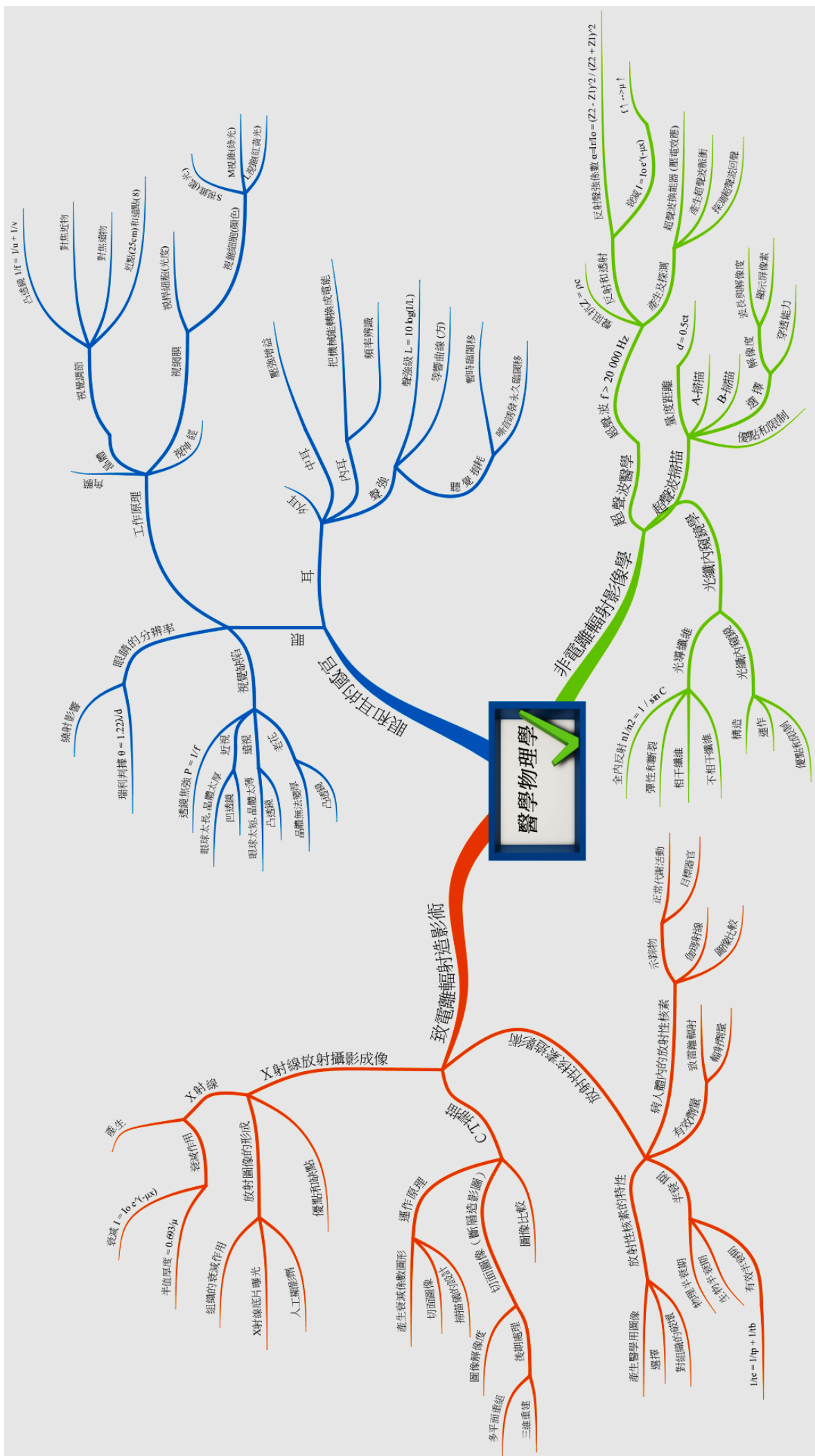
- 基底膜不同部位硬度不一，不同部位遇上對應頻率的聲音時會以最大幅度振動，這樣便可以辨識各種聲音的頻率。



- 聲強級 (L) 是描述聲音強度的標度。聲強級由聲音的強度 (I) 及聽覺閾的強度 ( $I_0$ ) 界定。聲強級  $L = 10 \log(I/I_0)$ ；單位為 dB(分貝)
- 等響曲線代表與 1000Hz 聲音響度相同的音頻和強度的組合。



- 聲創傷指由強烈而短暫的聲音過度刺激所引致的耳膜、中耳以至耳蝸所受的機械性傷害。
- 暫時臨閾移指接觸高聲強時所出現的暫時性聽力下降。
- 噪音誘發永久臨閾移指接觸高聲強後出現的永久性臨閾移。



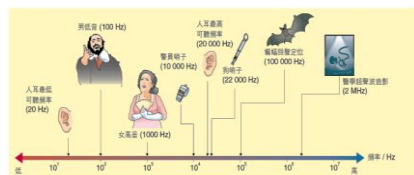


## 2 非電離輻射醫學影像學

### 2.1 使用超聲波作醫學影像

1. 超聲波是指頻率高於 20000Hz 的聲波。

$$v = f\lambda$$

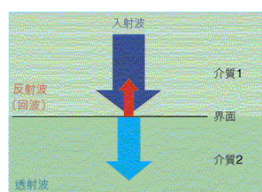


2. 聲阻抗  $Z$  描述超聲波在指定介質中前進的快慢。

$$\text{聲阻抗 } Z = \rho c$$

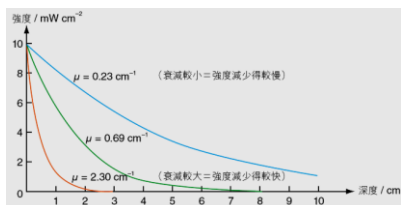
單位為 Rayl 或  $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$

3. 反射聲強係數  $\alpha$  指波從一個介質進入另一個介質時，在該介面上反射波與入射波的比例。

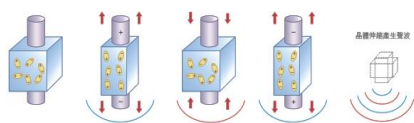


$$\text{反射聲強係數 } \alpha = \frac{I_r}{I_0} = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

4. 衰減指聲音經過介質時減弱的現象。衰減波的強度受下列因素影響：線性衰減係數 ( $\mu$ )、波的初始強度 ( $I_0$ ) 及波前進的距離 ( $x$ )。  $I = I_0 e^{-\mu x}$

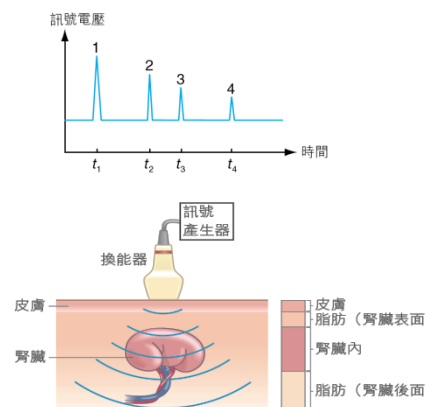


5. 衰減隨超聲波頻率增高而上升。
6. 換能器可把電子訊號轉換成超聲波，反之亦然，其中應用了晶體的壓電效應。



### 2.2 超聲波掃描

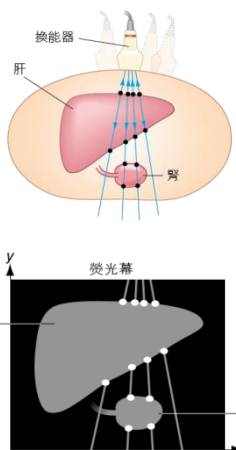
1. 只要量度超聲波由前往某物體再反射回源頭所需的時間，便可測知物體的深度。這也就是超聲波造影的基礎。
2. A-掃描記錄反射超聲波脈衝的振幅，在示波器上以波尖形式顯示出來。



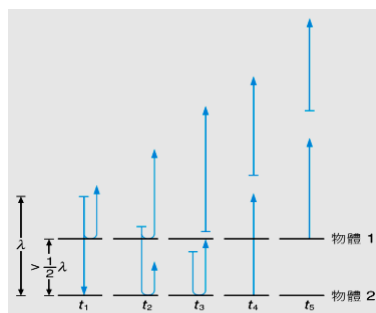
3. 器官在皮膚底下的距離 =  $\frac{1}{2} \times \text{聲音速率} \times \text{脈衝從皮膚和從器官反射回來的時間差}$

$$\text{距離 } D = \frac{1}{2} ct$$

4. B-掃描使用光點的亮度，而不是波尖來表示反射超聲波脈衝。光點的亮度與波尖的幅度成正比。



5. 醫學掃描的超聲波頻率受幾個因素限制，包括掃描解像度、穿透深度及檢查組織的構造(衰減)。



6. 超聲波掃描診斷的優點和限制：

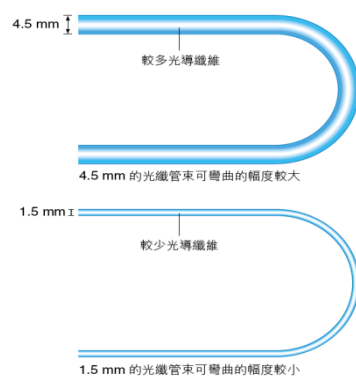
優點	限制
安全	組織穿透性有限
隨時可用	視野較窄
不會令病人不適	

### 2.3 光纖內窺鏡學

1. 內窺鏡是一種醫療工具，包括一條具彈性的幼管道，可從人體天然開口插入體內，以觀察體內情況。
2. 光導纖維具彈性，根據全內反射的原理傳送光線及影像。光

導纖維愈粗，能彎曲的幅度越大。

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{\sin C}$$



3. 相干光纖管束內每條光纖從頭到尾都保持相對位置不變，可用來傳送影像。



4. 不相干光纖管束內的光導纖維隨意排列，並不能保持原有相對位置，只能用於傳送光作照明之用。



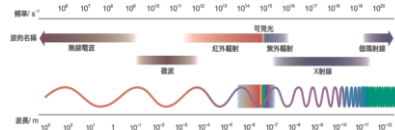
5. 光纖內窺鏡利用接物鏡收集由器官表面反射的光線而產生影像。這個影像經由相干光纖管束傳送到接目鏡。
6. 光纖內窺鏡學的優點和限制：

優點	限制
毋須剖開大型切口	須麻醉和禁食
可以直接觀察器官的表面	只能看見器官的表面
沒有輻射	可能會弄穿器官
	可能會出現併發症，引致嚴重的疾病甚至死亡

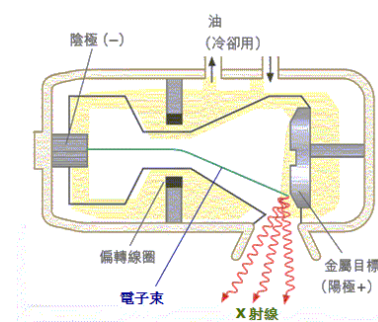
## 3 致電離輻射醫學影像學

### 3.1 X 射線放射攝影成像

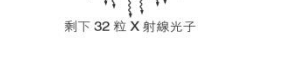
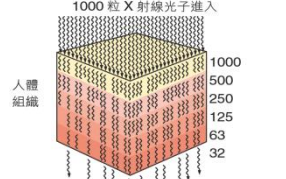
1. X 射線是短波長及高頻率的電磁輻射，具有高能量。



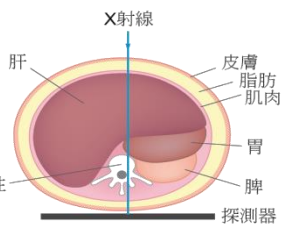
2. 電子加速並撞擊金屬目標(正極)時，便會產生 X 射線。



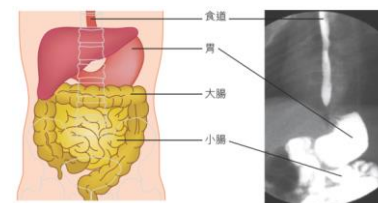
3. X 射線的衰減作用： $I = I_0 e^{-\mu x}$



4. 介質對 X 射線的半值厚度 (HVT)： $\text{半值厚度} = 0.693/\mu$
5. X 射線放射攝影成像因身體結構有不同的衰減作用而產生。X 射線圖像是 X 射線穿過人體組織時形成的衰減分佈圖。



6. 在器官中注入人工顯影劑，可以增加器官的對比度，以便在 X 射線圖像中分辨出來。

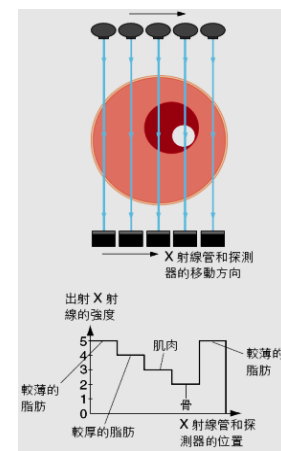


7. X 射線放射攝影成像的優缺點：

優點	限制
快速	產生二維圖像
廣泛使用且成本廉宜	有輻射風險
	對比度不高
	產生靜態圖像
	不能取得人體組織

### 3.2 CT 掃描

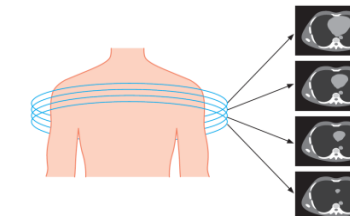
1. CT 掃描利用反射投影法，由數字產生圖像。



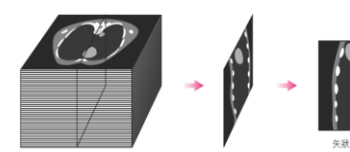
2. CT 掃描圖像稱為斷層造影圖，是人體一片切片的切片圖像(X 射線衰減分佈圖)。



3. CT 掃描圖像每個像素的面積 =  $\text{圖像面積} / \text{像素數量}$
4. 利用電腦把身體部份的斷層造影圖逐幅疊起，可把圖像數據藉多平面重組或三維重建重新建構出來。



3. CT 掃描圖像每個像素的面積 =  $\text{圖像面積} / \text{像素數量}$
4. 利用電腦把身體部份的斷層造影圖逐幅疊起，可把圖像數據藉多平面重組或三維重建重新建構出來。



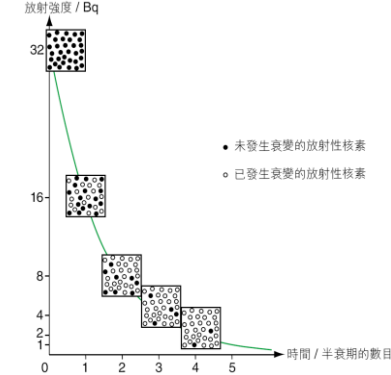
5. CT 掃描的優點點：

優點	限制
可以找出構造的位置	致電離輻射較 X 射線放射攝影高
可以直接量度衰減度	成本高昂
	不如 X 射線般廣泛使用
	掃描過程需時較久

### 3.3 醫學用放射性核素

1. 把放射性核素注入病人體內，然後量度核素發出的伽瑪輻射強度，可得到放射核素圖像。
2. 把放射性核素造影術能提供積聚放射性核素器官的位置、形狀及功能等資料。

3. 把放射性核素造影術採用伽瑪輻射，因為這是放射衰變產生的致電離輻射中，唯一能穿透皮膚及軟組織而造成較小傷害的輻射。
4. 放射衰變產生的致電離輻射中，伽瑪輻射的致電離能力最弱，對細胞的破壞最低。
5. 放射性核素的有效半衰期  $t_e$  指核素在生物體內的放射強度下降至原來一半所需的時間，這與核素的物理半衰期  $t_p$  和生物半衰期  $t_b$  有關。



$$\text{有效半衰期 } \frac{1}{t_e} = \frac{1}{t_p} + \frac{1}{t_b}$$

6. 器官的天然代謝物的放射性同位素可用作示踪物，讓同位素積聚在指定器官內作造影。
7. 放射性同位素也可以與分子(如膠體)或細胞(如白血球)結合，以作示踪物；分子或細胞被指定器官攝取時會一併攝取放射性同位素。
8. 放射性核素造影術與 X 射線放射攝影成像的比較：

	放射性核素造影術	X 射線放射攝影成像
提供的資料	器官功能	解剖細節
解像度	粗糙(數 mm)	精細
輻射源頭	體內(放射性同位素)	體外(X 射線管)
輻射種類	電磁波	電磁波

9. 致電離輻射能破壞細胞，生物影響可在短期同出現，或在多年後才出現。
10. 我們應採取各種安全措施來保護自己，安全措施可循四個方面考慮：檢查次數、距離、屏蔽及密封。