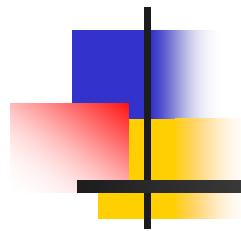
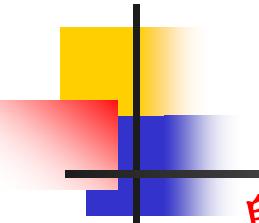


醫用游離輻射防護



姚學華

28 Mar 2014



姚學華

學歷

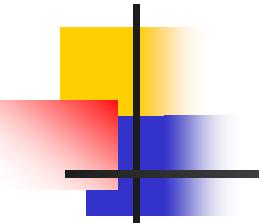
- 清華大學原科系(現醫環系)博士

現職

- 元培科大醫放系副教授

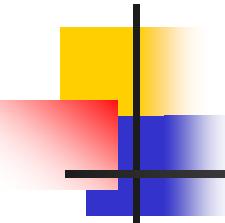
主要經歷

- 台評會技術學院醫護組評鑑委員
- 國發會施政績效報告審查委員
- 考選部公務人員高考、專技高考
典試



前言

- 危險度與風險評估
- 醫院放射檢查輻射劑量
 - 受檢者、協助者與輻射工作人員
- 合理抑低與激效效應
- 醫護游離輻射防護法規
- 正當化與最適化
- 醫護游離輻射防護實務



機率效應與有效劑量

- 機率效應：指致癌效應及遺傳效應，其發生之機率與劑量大小成正比，而與嚴重程度無關，此種效應之發生無劑量低限值。
- 有效劑量指人體中受曝露之各組織或器官之等價劑量與各該組織或器官之組織加權因數乘積之和，其單位為西弗。

輻射加權因數[附表一之一(二)]

輻射種類與能量區間	輻射加權因數 W_R
所有能量之光子	1
所有能量之電子及 μ 介子	1
中子能量<10千電子伏(keV)	5
10千電子伏(keV) - 100千電子伏(keV)	10
>100千電子伏(keV) - 2百萬電子伏(MeV)	20
>2百萬電子伏(MeV) - 20百萬電子伏(MeV)	10
>20百萬電子伏(MeV)	5
質子(回跳質子除外)能量>2百萬電子伏(MeV)	5*
α 粒子，分裂碎片，重核	20

*ICRP-103報告(2007年)建議值為2

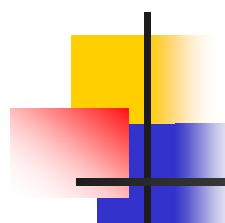
游離輻射防護安全標準

附表一之二

組織或器官	組織加權因數 W_T	組織或器官	組織加權因數 W_T
性腺	0.20	肝	0.05
骨髓	0.12	食道	0.05
結腸	0.12	甲狀腺	0.05
肺	0.12	皮膚	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
膀胱	0.05	其餘組織 或器官	0.05
乳腺	0.05		

組織加權因數(ICRP-103)

組織或器官	W_T	組織或器官	W_T
胃	0.12	食道	0.04
肺	0.12	肝	0.04
結腸	0.12	膀胱	0.04
紅骨髓	0.12	皮膚	0.01
乳腺	0.12	骨表面	0.01
其餘組織或器官	0.12	腦	0.01
性腺	0.08	唾液腺	0.01
甲狀腺	0.04	全身	1

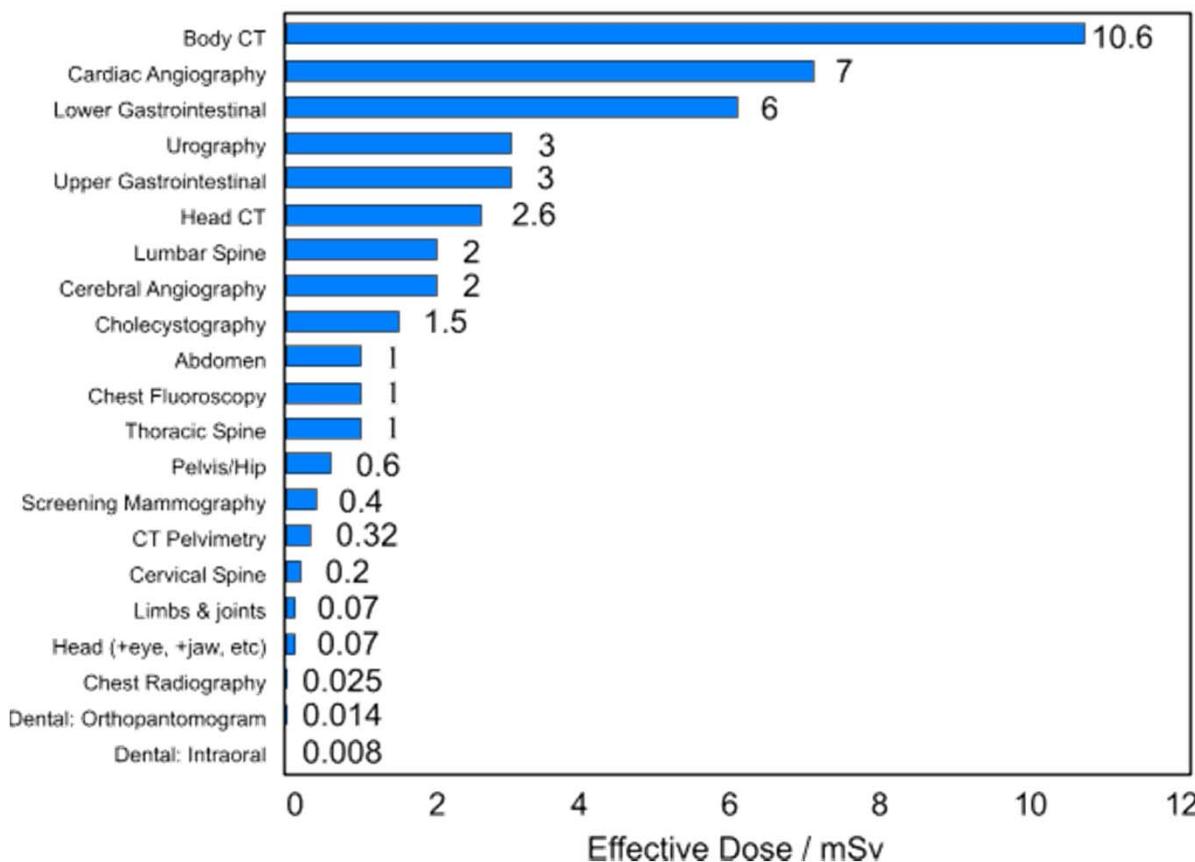


ICRP-60號報告的危險度

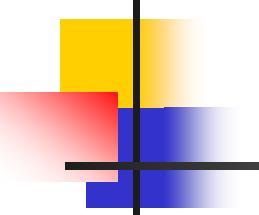
健康損害	輻射工作人員 (10^{-2} Sv^{-1})	一般人 (10^{-2} Sv^{-1})
致命癌症	4.0	5.0
非致命癌症	0.8	1.0
嚴重遺傳變異	0.8	1.3
總計	5.6	7.3

常見檢查受檢者有效劑量(1/5)

Typical Values of Effective Dose for Various Medical X-rays

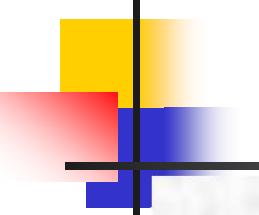


資料來源：<http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/basics/xrays.cfm>



常見檢查受檢者有效劑量(2/5)

- 常見檢查有效劑量試算：
<http://www.doseinfo-radar.com/RADARDoseRiskCalc.html>
Most radiology doses taken from Wall and Hart, Brit J Radiol, 1997, UNSCEAR 2000 or the 2007 CRCPD NEXT report; most pharmaceutical doses taken from ICRP Publications 53 and 80.
- 常見CT檢查有效劑量：
Dougeni et al, A review of patient dose and optimisation methods in adult and paediatric CT scanning, Eur J Radiol, 2012



常見檢查受檢者有效劑量(3/5)

Radiographic Procedures

No selection

DEXA DPX-L spine, femur or whole body scan

DEXA EXPERT spine, femur or whole body scan

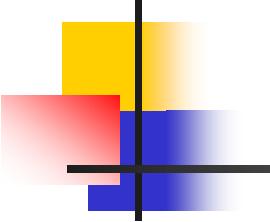
DEXA PRODIGY spine or femur scan

DEXA PRODIGY whole body scan



N:

0



常見檢查受檢者有效劑量(4/5)

Nuclear Medicine Scans

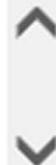
No selection

H-3 Glucose

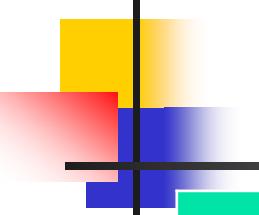
C-14 Urea, Normal

C-14 Urea, Helicobacter positive

Co-57 Cyanocobalamin, IV no carrier



Activity (mCi):



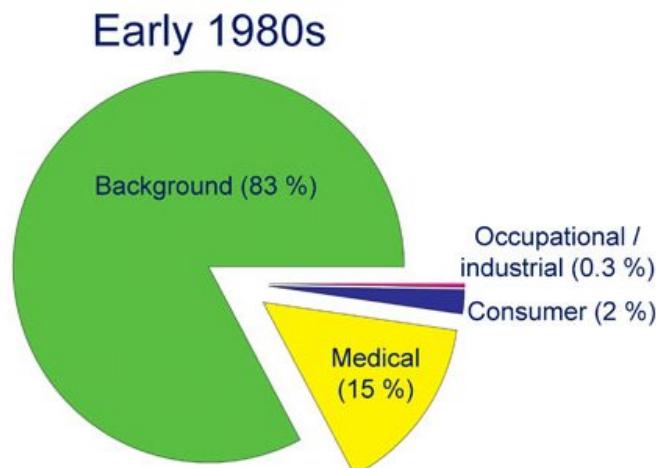
常見檢查受檢者有效劑量(5/5)

Radiographic procedure	Effective dose (mSv)
DEXA PRODIGY spine or femur scan	0.083
Abdomen	0.53
Barium enema (10 images, 137 sec fluoroscopy)	7
CT chest - helical	9.3
CT chest - axial	13

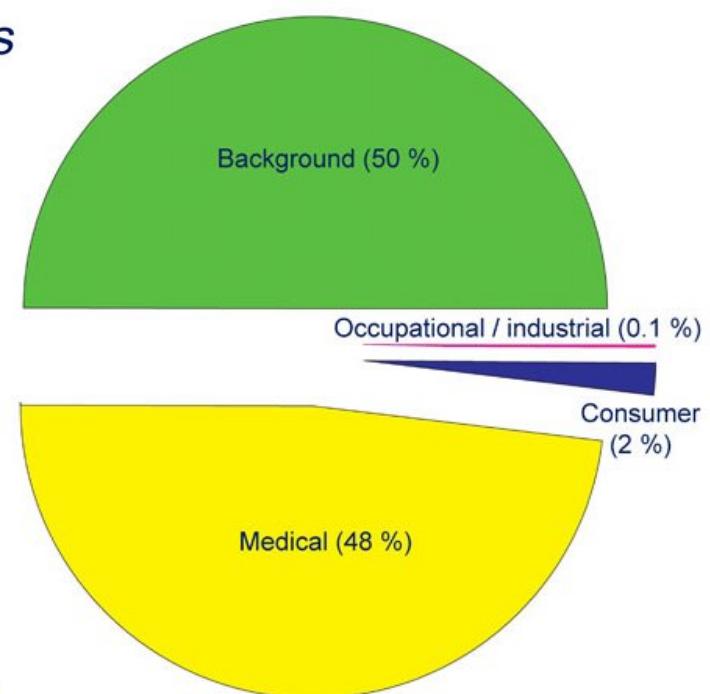
醫療輻射檢查曝露(1/2)

NCRP Report No. 160, *Ionizing Radiation
Exposure of the Population of the United States*

Early 1980s



2006



Collective effective dose
(person-Sv)

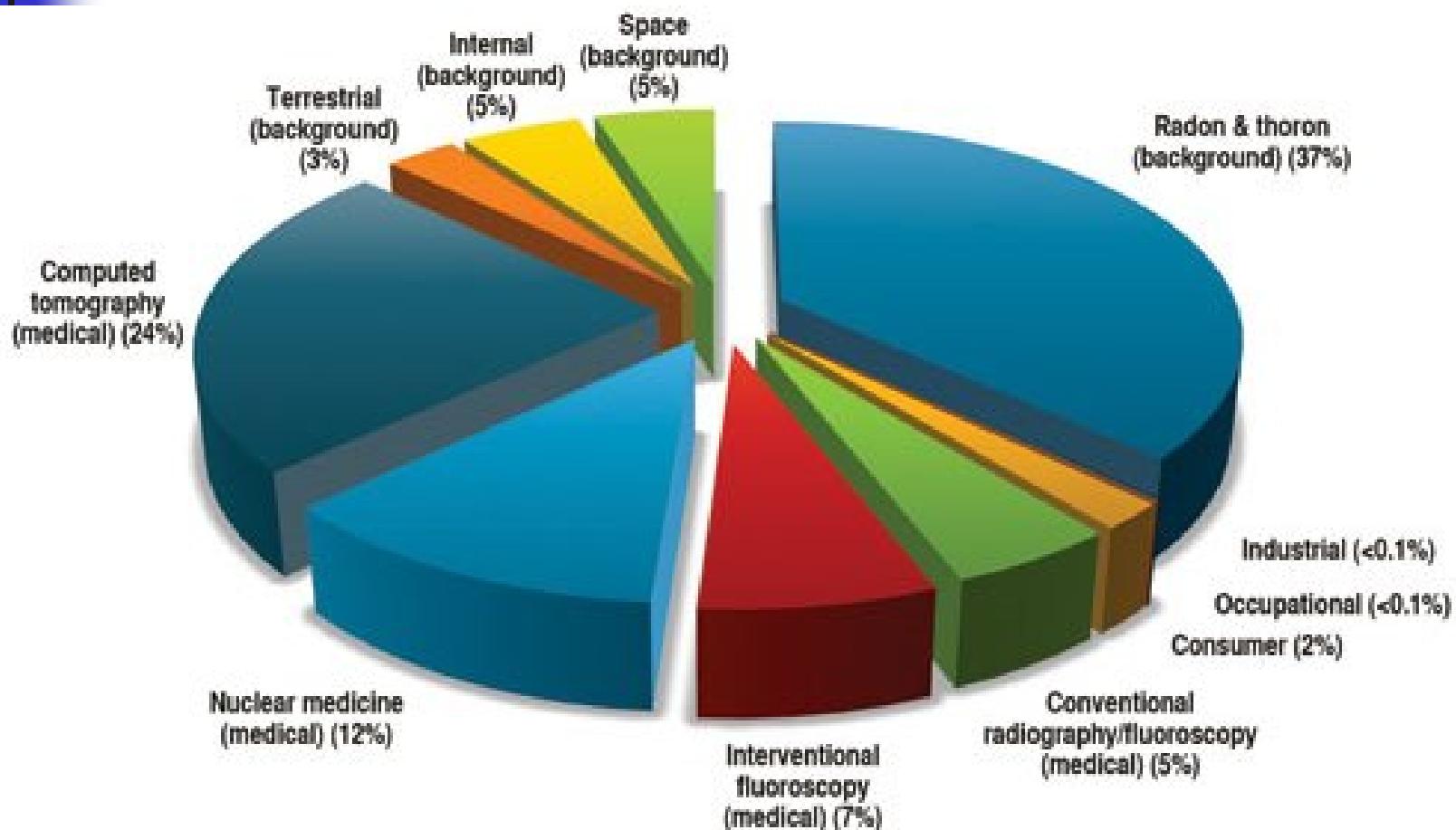
835,000 2006

Effective dose per individual
in the U.S. population (mSv)

3.6 6.2

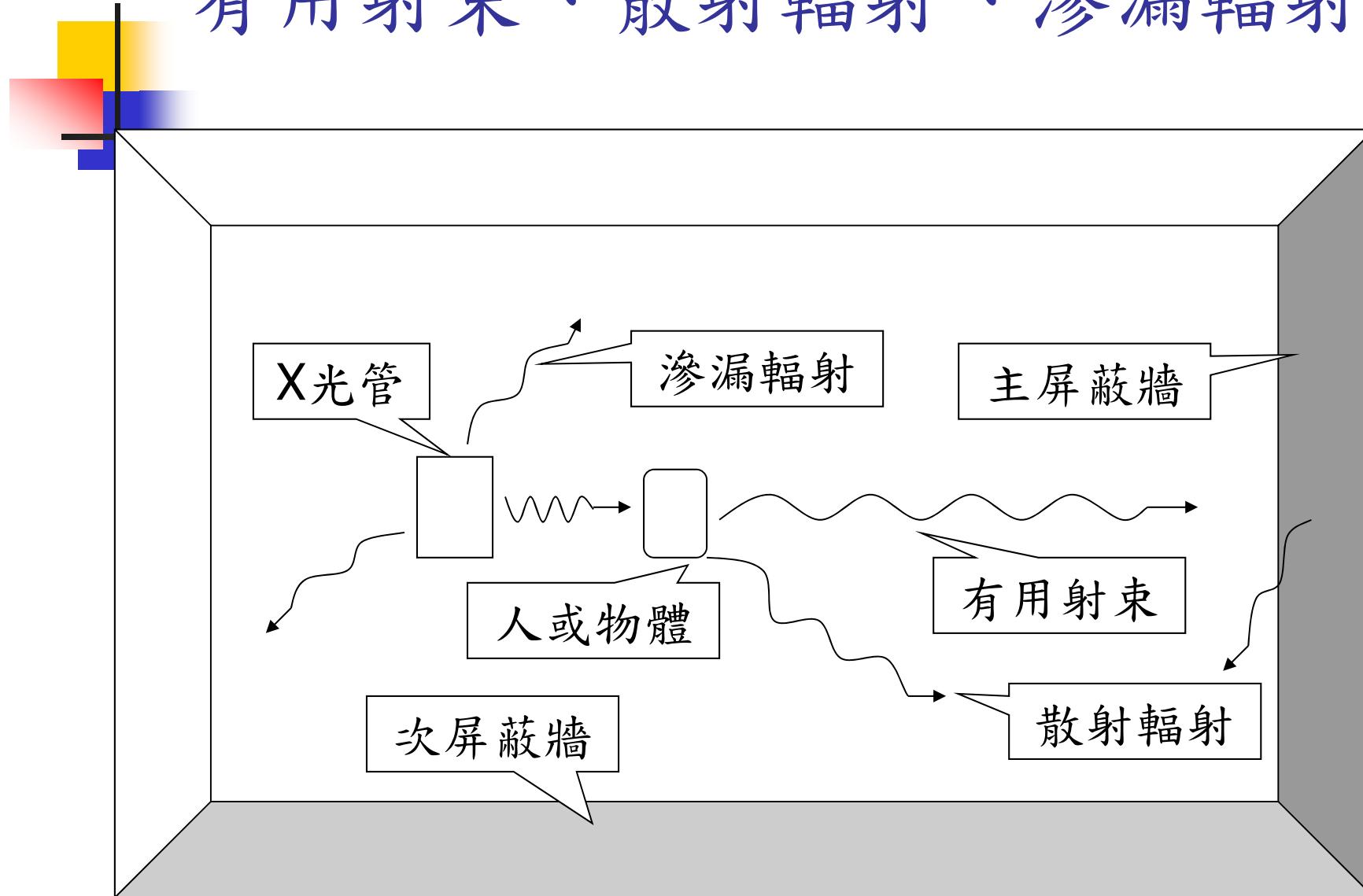
資料來源：<http://hothardware.com/News/US-Population-Radiation-Exposure-On-The-Rise/>

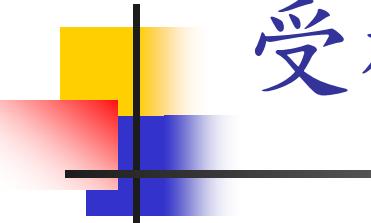
醫療輻射檢查曝露(2/2)



資料來源：http://fanaticcook.blogspot.tw/2011_04_01_archive.html

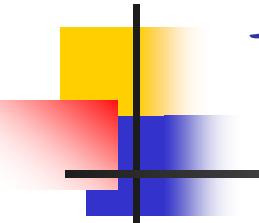
有用射束、散射輻射、滲漏輻射





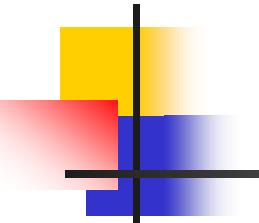
受檢者劑量

- X光機通常會有一標準輸出強度，例如70 kVp, 100 cm處輸出強度為0.1 mSv/mAs ($\approx 10 \text{ mR/mAs}$)
- 受檢者劑量與mAs成正比，kVp平方成正比，距離平方成反比
- 若X光機使用70 kVp, 100 cm處輸出強度為0.1 mSv/mAs，某檢查條件90 kVp, 2 mAs, 120 cm
$$D = (0.1 \text{ mSv/mAs}) \times (2 \text{ mAs}) \times (90/70)^2 \times (100/120)^2 = 0.23 \text{ mSv}$$



協助者劑量

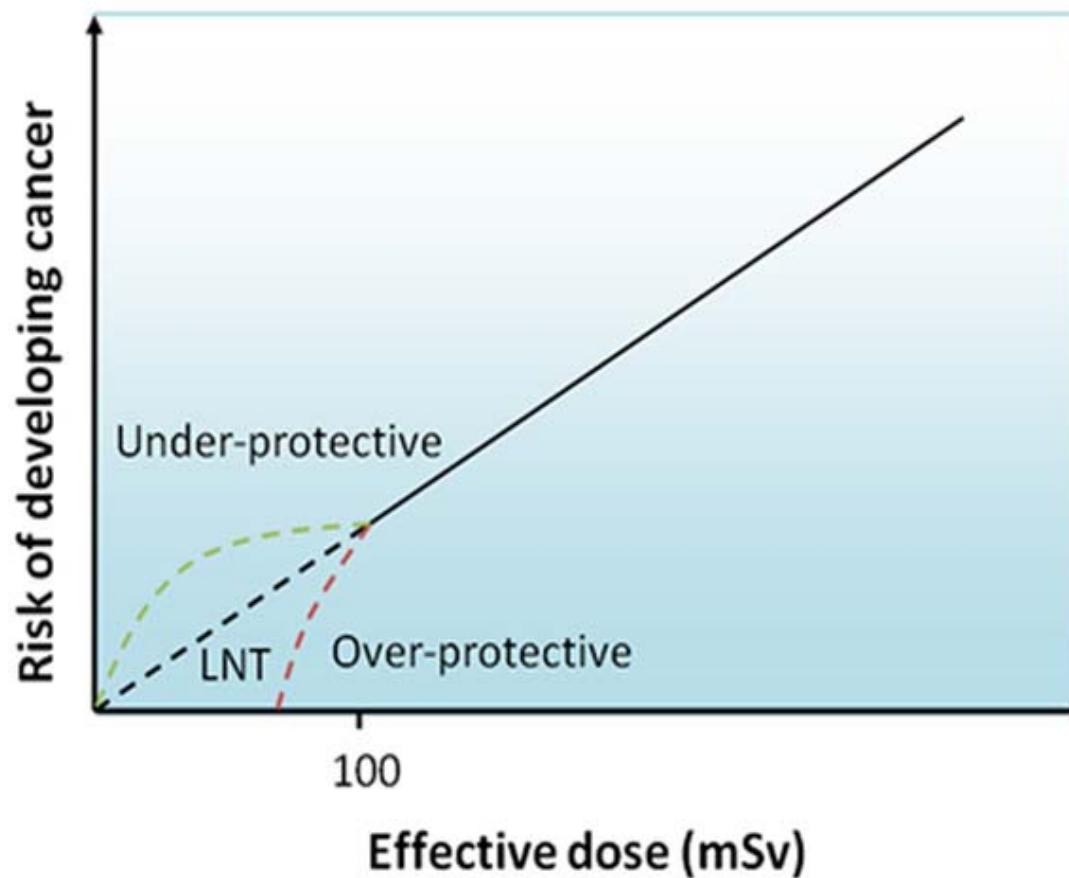
- 距使用中之X光機輻射源一公尺處、有用射柱之垂直方向，**散射輻射量**通常約為有用射柱之 $f/1000$ 。X光機之kVp越高，f值越大。診斷X光能量範圍， $f \leq 1$ 。
- 診斷型X光防護管套其**滲漏輻射**空氣克馬在距靶一公尺處，每小時不得超過0.87 mGy ($0.1\text{ R} \approx 1\text{ mSv}$)。
- 平方反比、相加計算。



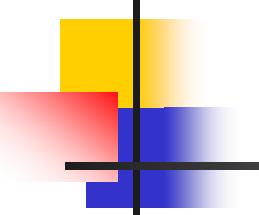
合理抑低(1/2)

- 合理抑低原則根據線性無閾值(LNT, linear nonthreshold)假說所訂定，即機率效應的發生機率與所受劑量大小成比例增加，此種效應之發生無劑量之低限值。
- 此假說幾乎不可能被證實，因為極低劑量率時，樣品族群必須極大(例如各1萬人分別接受10、20、50 mSv)，以得到具統計意義的結果，此實驗幾乎是無法實施的。

合理抑低(2/2)



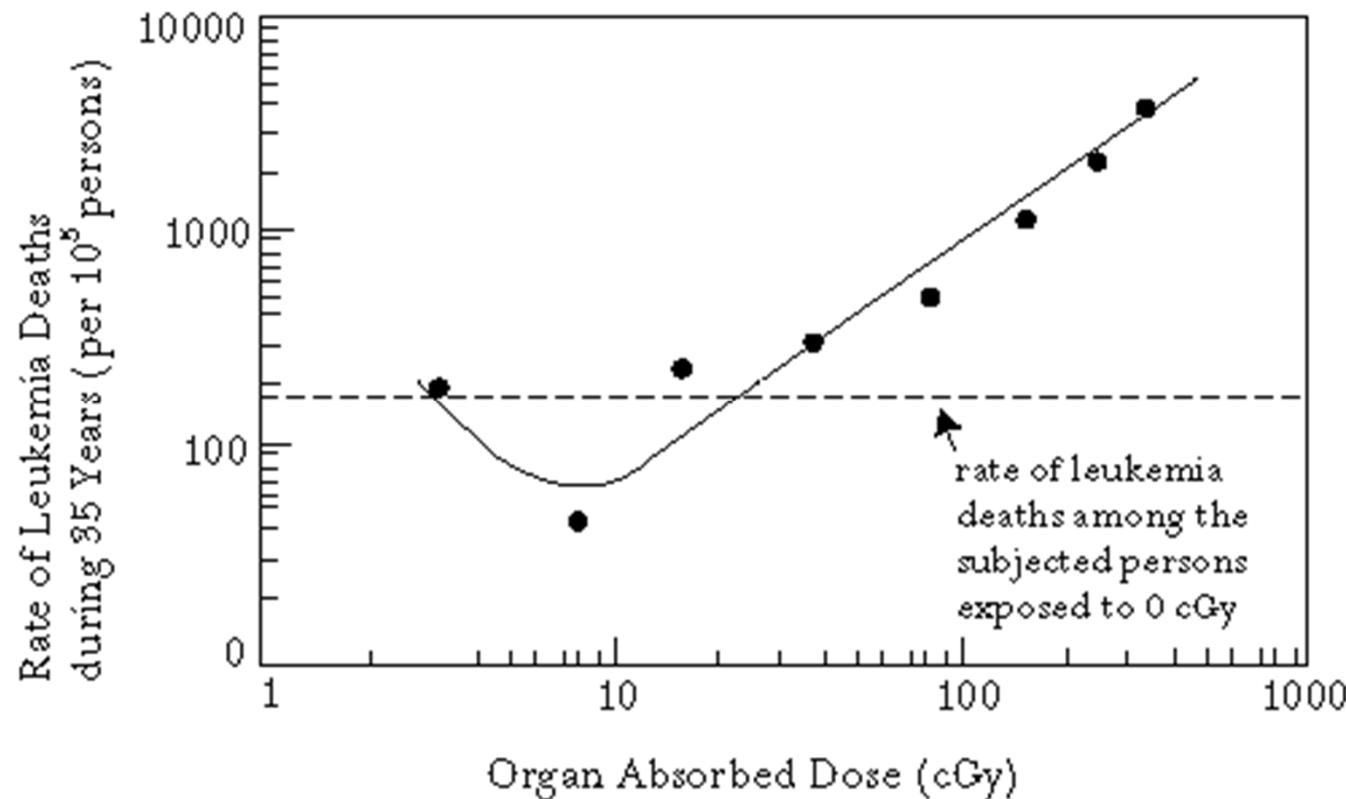
資料來源：<http://msja.anu.edu.au/archive/issue/05/radiation-exposure-from-diagnostic-imaging.php>



激效效應(1/2)

- 洛基(Luckey)1982年發表了激效效應(hormesis)假說。
- 生物體施以天然輻射劑量數倍到近百倍的低劑量輻射($\sim < 100 \text{ mSv}$)，會產生抑制老化、抑制癌症、提昇免疫機能、促進發育和成長、增加對疾病的抵抗力等多種有益的效果。
- 我們無法提出任何顯著的證據，證明所有輻射均為有害，即應放棄所有輻射均為有害的理論。

激效效應(2/2)



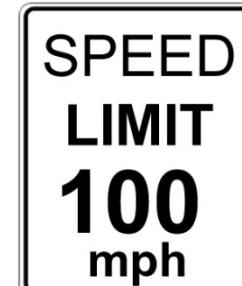
Hiroshima Data Shows Protection from Cancer for Low Doses

資料來源：<http://www.radiation-hormesis.com/>

合理抑低與激效效應

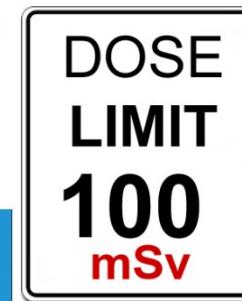
"NO ACCIDENTS BELOW
100 MILES PER HOUR"

who says that? *No one.*



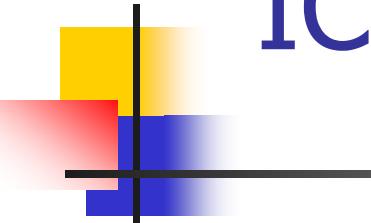
"HEALTH EFFECTS non-existant
below 100 milli Sievert"

who says that:



Nuclear Lobby Denies Low-Dose Radiation Effects With The The 100 Millisievert Threshold Lie:
www.strahlentelex.de/The_100_Millisievert_Threshold_Lie_Statement_German_GSS.pdf

資料來源：<http://tekknorg.files.wordpress.com/2013/05/100msv100mph.jpg>



ICRP 各委員會

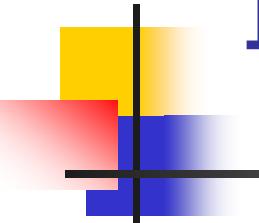
Committee 1 – Radiation Effects

Committee 2 – Doses from Radiation
Exposure

Committee 3 – Protection in Medicine

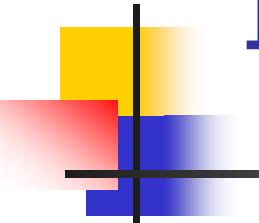
Committee 4 – Application of the
Commission's Recommendations

Committee 5 – Protection of the
Environment



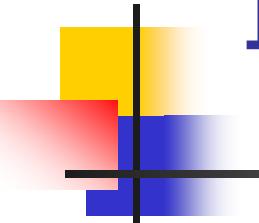
ICRP醫護輻防出版品(1/5)

1. No. 84. **Pregnancy** and Medical Radiation (2000)
2. No. 85. Avoidance of Radiation Injuries from Medical **Interventional** Procedures (2000)
3. No. 86. Prevention of **Accidents** to Patients Undergoing Radiation **Therapy** (2000)
4. No. 87. Managing Patient Dose in **Computed Tomography** (2000)



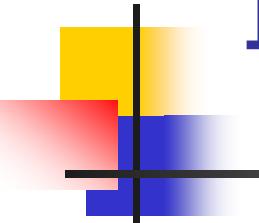
ICRP醫護輻防出版品(2/5)

5. No. 93. Managing Patient Dose in **Digital Radiology** (2004)
6. No. 94. **Release of Patients** after Therapy with Unsealed Radionuclides (2004)
7. No. 97. Prevention of High-dose-rate **Brachytherapy Accidents** (2005)
8. No. 98. Radiation Safety Aspects of Brachytherapy for Prostate Cancer using **Permanently Implanted Sources** (2005)



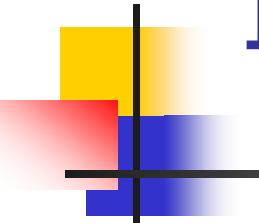
ICRP醫護輻防出版品(3/5)

9. No. 102. Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (**MDCT**) (2007)
10. No. 105. Radiological Protection in Medicine (2007)
11. No. 106. Radiation Dose to Patients from **Radiopharmaceuticals** — Addendum 3 to ICRP Publication 53 (2008)



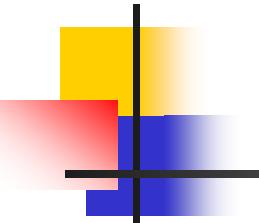
ICRP醫護輻防出版品(4/5)

12. No. 112. Preventing Accidental Exposures from **New External Beam Radiation Therapy** Technologies (2009)
13. No. 113. **Education and Training** in Radiological Protection for Diagnostic and **Interventional** Procedures (2009)
14. No. 117. Radiological Protection in **Fluoroscopically** Guided Procedures **outside** the Imaging Department (2010)



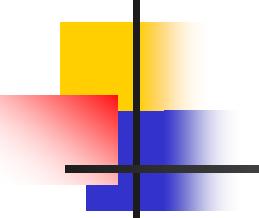
ICRP醫護輻防出版品(5/5)

15. No. 118. ICRP Statement on Tissue Reactions / **Early and Late Effects of Radiation** ... (2012)
16. No. 120. Radiological Protection in **Cardiology** (2013)
17. No. 121. Radiological Protection in **Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology** (2013)
18. No. 123...



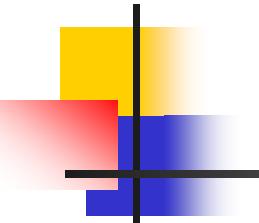
台灣輻防法規

1. 游離輻射防護法與施行細則
2. 放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法
3. 放射性物質生產設施運轉人員管理辦法
4. 放射性物質與可發生游離輻射設備及輻射作業管理辦法
5. 輻射醫療曝露品質保證組織與專業人員設置及委託相關機構管理辦法
6. 輻射醫療曝露品質保證標準



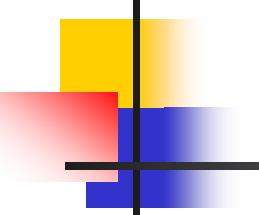
游離輻射防護安全標準

- 輻射作業應防止確定效應之發生及抑低機率效應之發生率，且符合下列規定：
 - 一. 利益須超過其代價。(正當化)
 - 二. 考慮經濟及社會因素後，一切曝露應合理抑低。(最適化)
 - 三. 個人劑量不得超過本標準之規定值。(限制化)



合理抑低

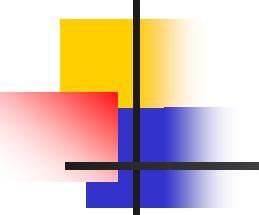
- 合理抑低指盡一切合理之努力，以維持輻射曝露在實際上遠低於本標準之劑量限度。其原則為：
 - 一. 須符合原許可之活動。
 - 二. 須考慮技術現狀、改善公共衛生及安全之經濟效益以及社會與社會經濟因素。
 - 三. 須為公共之利益而利用輻射。



游離輻射防護法(1/4)

第18條 醫療機構對於協助病人接受輻射醫療者，其有遭受曝露之虞時，應事前告知及施以適當之輻射防護。

第42條 有下列情形之一者，處新臺幣**40**萬元以上**200**萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其停止作業；必要時，廢止其許可、許可證或登記：…(第7款)違反第18條規定，未對協助者施以輻射防護。

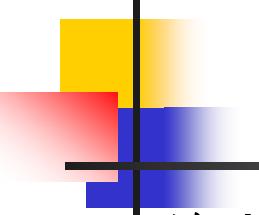


游離輻射防護法(2/4)

第45條 有下列情形之一者，處新臺幣**4**萬元以上**20**萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其**停止**作業：...(第1款)依第**18**條規定有告知義務，未依規定告知。

第42條第1款 違反主管機關依第5條規定所定之游離輻射防護安全標準且情節重大。

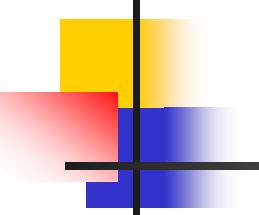
第44條第1款 違反主管機關依第5條規定所定之游離輻射防護安全標準。



游離輻射防護法(3/4)

第17條 為提昇輻射醫療之品質，減少病人可能接受之曝露，醫療機構使用經主管機關公告應實施醫療曝露品質保證之放射性物質、可發生游離輻射設備或相關設施，應依醫療曝露品質保證標準擬訂醫療曝露品質保證計畫，報請主管機關核准後始得為之。

醫療機構應就其規模及性質，依規定設醫療曝露品質保證組織、專業人員或委託相關機構，辦理前項醫療曝露品質保證計畫相關事項。(未完)



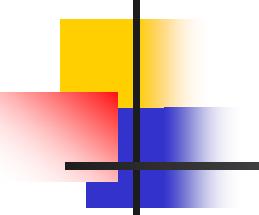
游離輻射防護法(4/4)

(續)第一項醫療曝露品質保證標準與前項醫療曝露品質保證組織、專業人員設置及委託相關機構之管理辦法，由主管機關會同中央衛生主管機關定之。

第43條 有下列情形之一者，處新臺幣**10萬元以上50萬元以下**罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其停止作業：

一、違反...第17條第1項或第2項規定。

...



輻射醫療曝露品質保證組織與專業人員 設置及委託相關機構管理辦法(1/2)

■ 第2條 醫療機構使用下列之放射性物質、可發生游離輻射設備或相關設施時，應設置醫療曝露品質保證組織及專業人員或委託符合規定之相關機構，實施醫療曝露品質保證計畫相關事項：

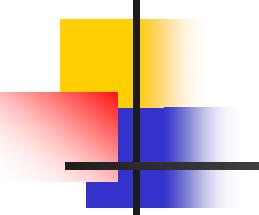
- 一. 醫用直線加速器。
- 二. 含鈷六十放射性物質之遠隔治療機。
- 三. 含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備。



輻射醫療曝露品質保證組織與專業人員 設置及委託相關機構管理辦法(2/2)

- 四. 電腦斷層治療機。
- 五. 電腦刀。
- 六. 加馬刀。
- 七. 乳房X光攝影儀。
- 八. 診斷用電腦斷層掃描儀、核醫用電腦斷層
掃描儀及電腦斷層模擬定位掃描儀。
- 九. X光模擬定位儀。

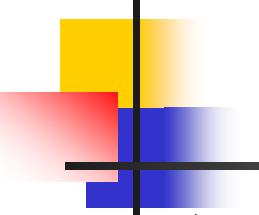
前項專業人員資格、人數、委託之相關機
構及相關事項依附表之規定。



醫事放射師法(1/3)

第34條第1項 未取得或經廢止醫事放射師或醫事放射士證書而執行醫事放射業務者，處3年以下有期徒刑，得併科新臺幣3萬元以上15萬元以下罰金，其所使用藥械沒收之。

第41條第1項 但在醫療機構於醫事放射師指導下實習之醫事放射系、科、組學生或取得畢業證書日起6個月內之畢業生，不在此限。

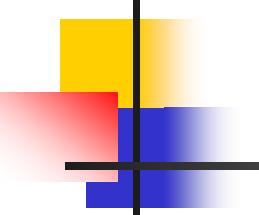


醫事放射師法(2/3)

第18條第2項 醫事放射所設置標準，由中央衛生主管機關會商行政院原子能委員會及有關機關定之。

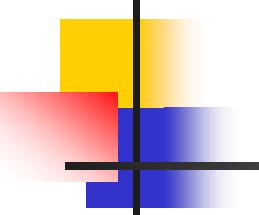
第41條第1項 …未符合依第18條第2項所定之標準者，處新臺幣1萬元以上5萬元以下罰鍰。

第41條第2項 …未符合依第18條第2項所定之標準者，除依前項規定處罰外，並令其限期改善；屆期未改善者，處1個月以上1年以下停業處分。



醫事放射師法(3/3)

第40條第1項第1款 醫事放射所有下列各款情形之一者，處新臺幣**2萬元以上10萬元以下**罰鍰；其情節重大者，並得廢止其開業執照：容留未取得或經廢止醫事放射師或醫事放射士證書人員擅自執行醫事放射業務。



醫療法

第12條第3項 醫療機構之類別與各類醫療機構應設置之服務設施、人員及診療科別設置條件等之設置標準，由中央主管機關定之。

第102條 有下列情形之一者，處新臺幣**1萬元以上5萬元以下**罰鍰，並令**限期改善**；屆期未改善者，按次連續處罰：...(第3款)違反中央主管機關依**第12條第3項**規定所定之**設置標準**。

醫療機構設置標準

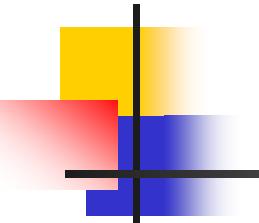
第7條 牙醫醫院設置標準，規定如附表(五)。

第23條 本標準自中華民國**102年1月1日**施行。

附表(五)牙醫醫院設置標準表

項目 設置標準	牙醫醫院	備註
三、人員 (五)醫事放射 人員	1.應有一人以上。 2.依法領有操作執 照。	醫事放射人員包 括醫事放射師及 醫事放射士。

附註：醫事人員員額以病床數作為計算基準者，其實際病床數未滿所定某一額度病床之最高額時，仍應依各該額度配置所定人員。



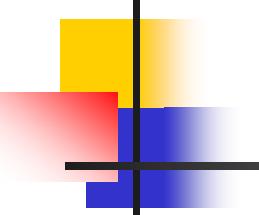
大陸輻防法規

主管機關

- 環境保護部、衛生部等

母法

- 職業病防治法
- 放射性污染防治法
包括核技術利用的放射性污染防治、放射性廢物管理
- 放射性同位素與射線裝置放射防護條例
包括輻射事故應急處理、監督檢查



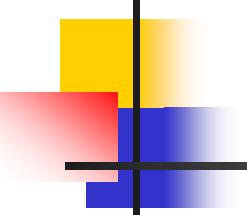
大陸醫護輻防法規子法

■ 放射衛生防護標準

- 國家標準，20項
- 放射衛生防護標準，95項
- 衛生行業標準，9項
- 其他相關標準，6項

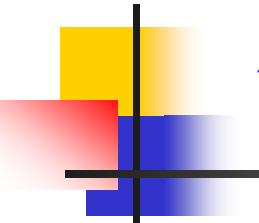
■ 放射性疾病診斷標準

- 國家職業衛生標準，35項
- 國家標準和衛生行業標準，11項



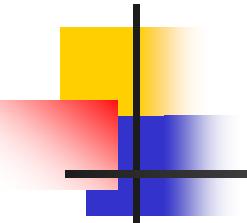
一般規定

- 放射工作人員健康標準
- 放射工作人員職業健康監護技術規範
- 放射工作人員職業健康管理辦法
- 放射事故個人外照射劑量估算原則
- 過量照射人員醫學檢查與處理原則
- 外照射事故受照人員的醫學處理及治療方案
- 外照射急性放射病護理規範
- 放射性核素內污染人員的醫學處理規範
- 人體體表放射性核素污染處理規範



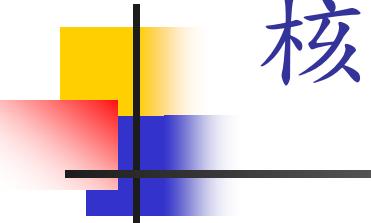
X射線診斷

- 醫用X射線診斷的合理應用原則
- 醫用X射線診斷衛生防護標準
- 醫用X射線診斷衛生防護監測規範
- X線診斷中受檢者器官劑量的估算方法
- 醫用X射線診斷受檢者放射衛生防護標準
- 可攜式X射線檢查系統放射衛生防護標準
- X射線電腦斷層攝影放射衛生防護標準
- 乳腺X射線攝影品質控制檢測規範
- 電腦X射線攝影(CR)品質控制檢測規範



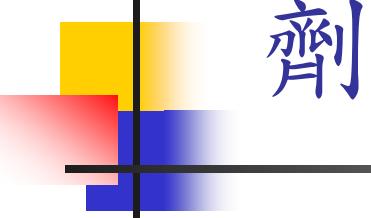
放射治療

- 醫用X射線治療衛生防護標準
- 醫用電子加速器衛生防護標準
- 放射性核素敷貼治療衛生防護標準
- X、 γ 射線頭部立體定向外科治療放射衛生防護標準
- 低能 γ 射線粒子源植入治療的放射衛生防護與品質控制檢測規範
- 醫用 γ 射束遠距治療防護與安全標準
- 後裝 γ 源治療的患者防護與品質控制檢測規範



核子醫學、屏蔽

- 臨床核醫學放射衛生防護標準
- 臨床核醫學中患者的放射衛生防護標準
- 醫用放射性廢物的衛生防護管理
- 醫用X射線CT機房的輻射遮罩規範
- 醫用診斷X射線防護玻璃板標準
- 醫用診斷X射線個人防護材料及用品標準
- 放射防護器材與含放射性產品衛生管理辦法



劑量評估、品保

- 染色體畸變估算生物劑量
- 放射性核素攝入量及內照射劑量估算規範
- 外照射慢性放射病劑量估算規範
- X、 γ 、 β 射線和電子束所致眼晶體劑量估算規範
- X、 γ 射線和中子所指皮膚損傷的劑量估算規範
- 醫用X射線診斷影像品質保證的一般要求
- 醫用X射線診斷設備影像品質控制檢測規範
- 醫用磁共振成像(MRI)設備影像品質檢測與評價規範

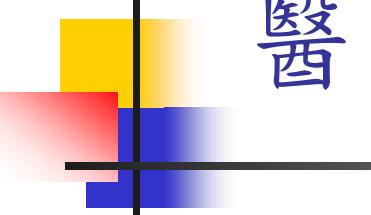
放射性疾病診斷

職業性放射性疾病診斷標準

職業性放射性疾病診斷程式和要求

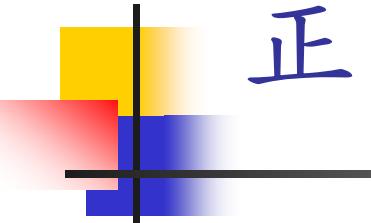
診斷標準

- 外照射放射病：急性放射病、慢性放射病、亞急性放射病、放射性骨損傷
- 內照射放射病：放射性白內障、甲狀腺疾病、皮膚疾病、性腺疾病、膀胱疾病、直腸炎、口腔炎、食管疾病、神經系統疾病、皮膚癌、急性放射性肺炎



醫用X光診斷受檢者輻射防護

- 大陸於2011年6月1日施行醫用X射線診斷受檢者放射衛生防護標準。
- 總則中提及
 - 受檢者所受的醫療照射應經過**正當性**判斷
 - 醫用X射線診斷檢查的**合理運用**原則(附錄A)
 - 安全與防護**最優化**原則(第6章)
 - 醫用X射線診斷檢查的**劑量指導水平**(附錄B)
 - 設備、防護設備、輔助設備與防護用品
 - 質量保證大綱(子法)



正當化判斷(1/4)

- 應參考患者病史、體格檢查、臨床化驗等資訊。
- 群體X光檢查應考量疾病流行現況、預期檢查效果、延遲效應。
- 以醫學監護為目的的群體X光檢查，應洽當控制檢查人數、部位與頻率。
- 不應將**胸部X光檢查**列為群體X光檢查的必檢項目。

正當化判斷(2/4)

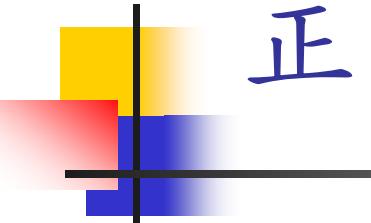
Doctor, don't you think I should have a new chest CT scan? Just to be on the safe side



No Ms Williams, I really think that this examination will not add something to the correct assessment of your condition

**Resist patient wishes to be examined
when you feel it is not necessary**

資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)



正當化判斷(3/4)

- 優先選擇非X光檢查。
- 優先選擇固定式設備。
- **移動式設備**注意其他患者防護、有用射束方向。
- 考量**育齡婦女、孕婦與嬰幼兒**是否應接受檢查。
- 考量**嬰幼兒**照射條件與輻射防護。

正當化判斷(4/4)

CT scans are among the most common radiation dose burdening examinations for patients

1 x

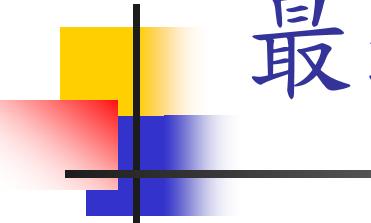


≈ 500 x



The effective dose from one chest CT scan may be equal to the corresponding dose of about 500 PA chest X rays

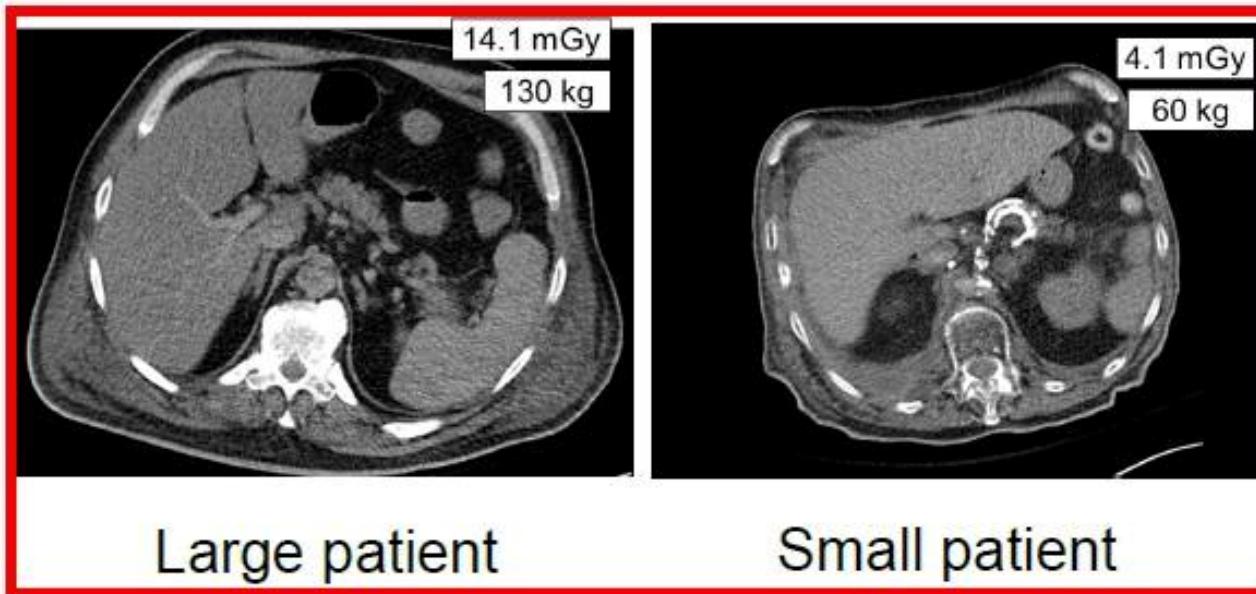
資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)



最適化(1/10)

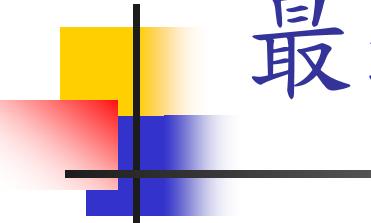
- 設備依據法規經品保確認。
- 避免受檢者同一部位重複檢查。
- 選擇X射線或透視檢查。
- 考量最佳影像品質與最低劑量，制訂最佳檢查程序與照射條件。
- 建議高電壓、低電流、厚濾片。
- 恰當調整準確對位、體位與準直系統。

最適化(2/10)



**Adjust exposure parameters
according to patient and body part**

*Images courtesy of: MK Kalra, S. Singh, MGH Webster Center
for Advanced Research and Education in Radiation*



最適化(3/10)

- 最小照野(≤偵測器面積10%)。
- 非照射部位屏蔽。
- 選擇適合濾柵、高感度接收器。
- 透視：
 - 建議短曝光。
 - 建議勿連續曝光。
 - 無遙控、影像增強器之透視，建議先暗適應。

最適化(4/10)

Incorrect exposure factor selection in screen-film radiography



Overexposed

Underexposed



最適化(5/10)



Image Quality: Unnecessarily high

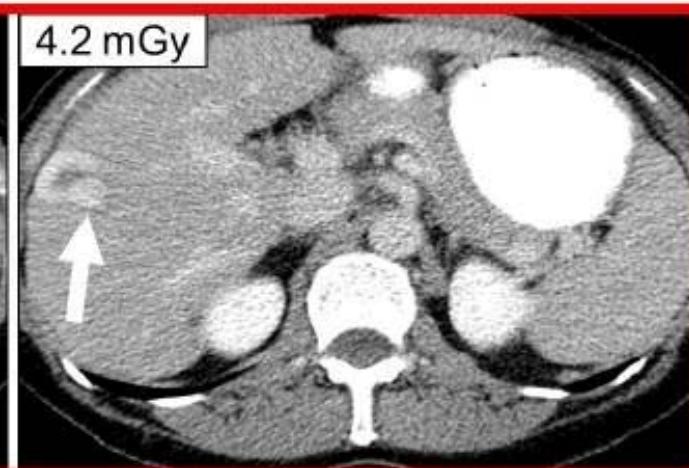
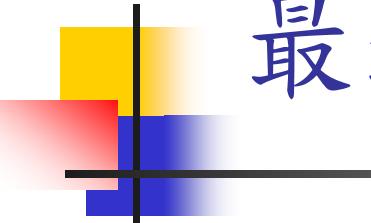


Image Quality: Adequate for diagnosis

High quality /Crisp images may look nice but they impart higher radiation dose to patients

Start using images with some noise without loss of diagnostic information

Images courtesy of: MK Kalra, S. Singh, MGH Webster Center for Advanced Research and Education in Radiation

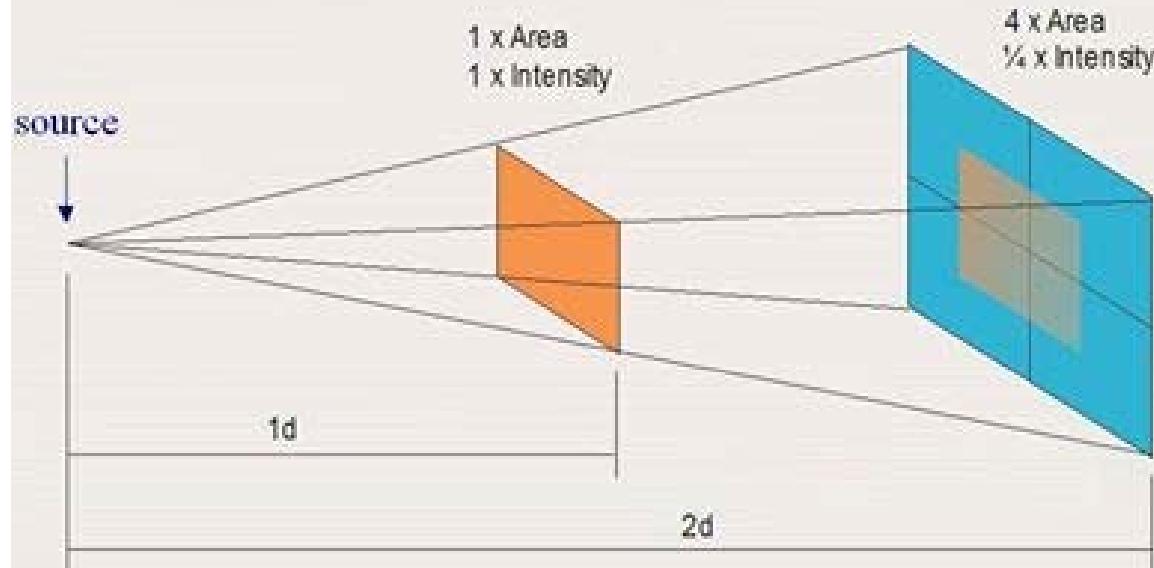


最適化(6/10)

- 檢查前(降低廢棄率)確認：
 - ✓ 設備與用品性能。
 - ✓ 即時更換性能不符螢光屏。
 - ✓ 複核檢查項目與檢查條件、技術等。
 - ✓ 受檢者正確定位與固定
- 受檢者轉科或轉院時，已有檢查結果應作為後續檢查依據，以避免受檢者不必要的重複檢查。

最適化(7/10)

Inverse Square Law

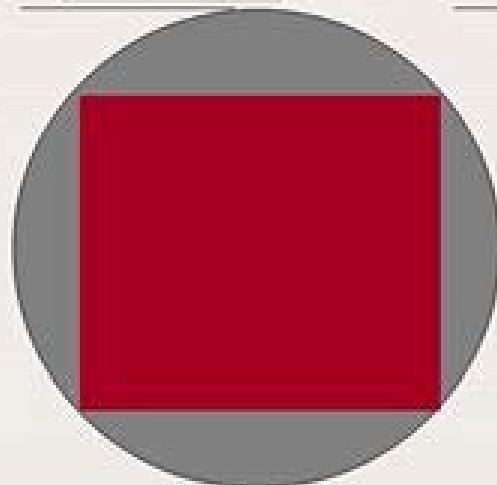


資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)

最適化(8/10)

Patient doses – collimation

Collimation to square inside image reduces dose-area product by 36 %



$$\text{Area of circle} = \pi r^2$$

$$\text{Area of square} = 2r^2$$

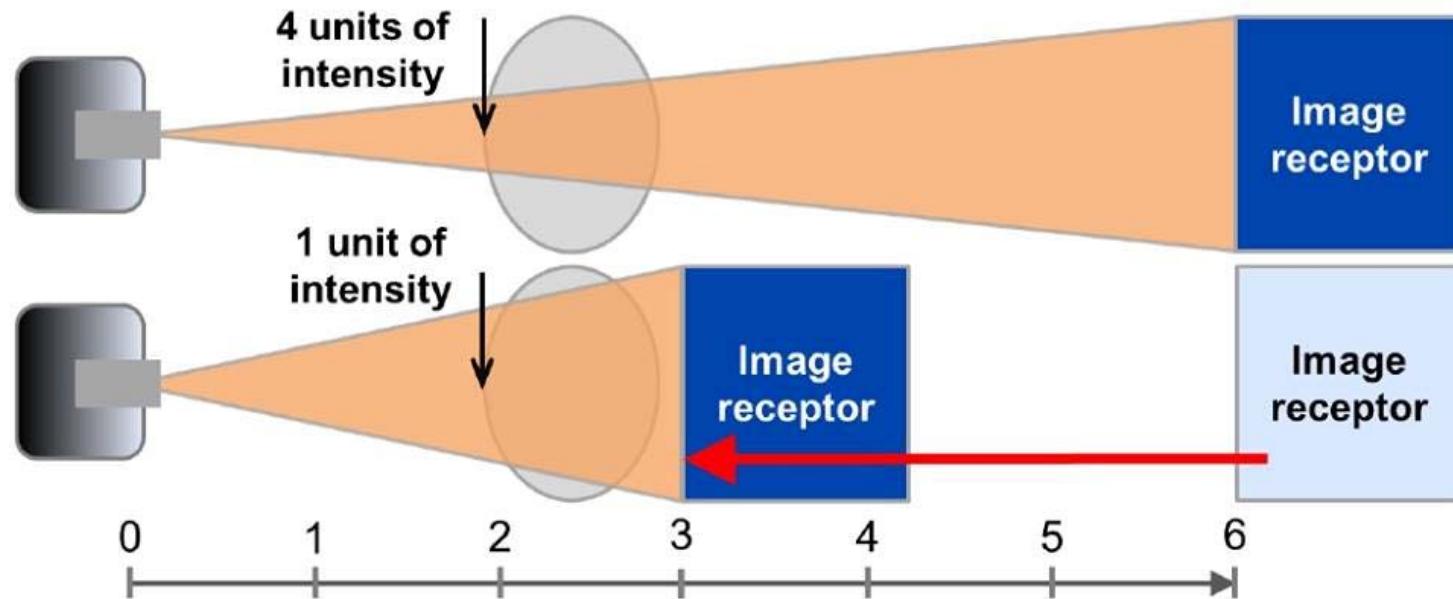
$$(\pi r^2 - 2r^2) / \pi r^2 = 36 \%$$

All else being equal



資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)

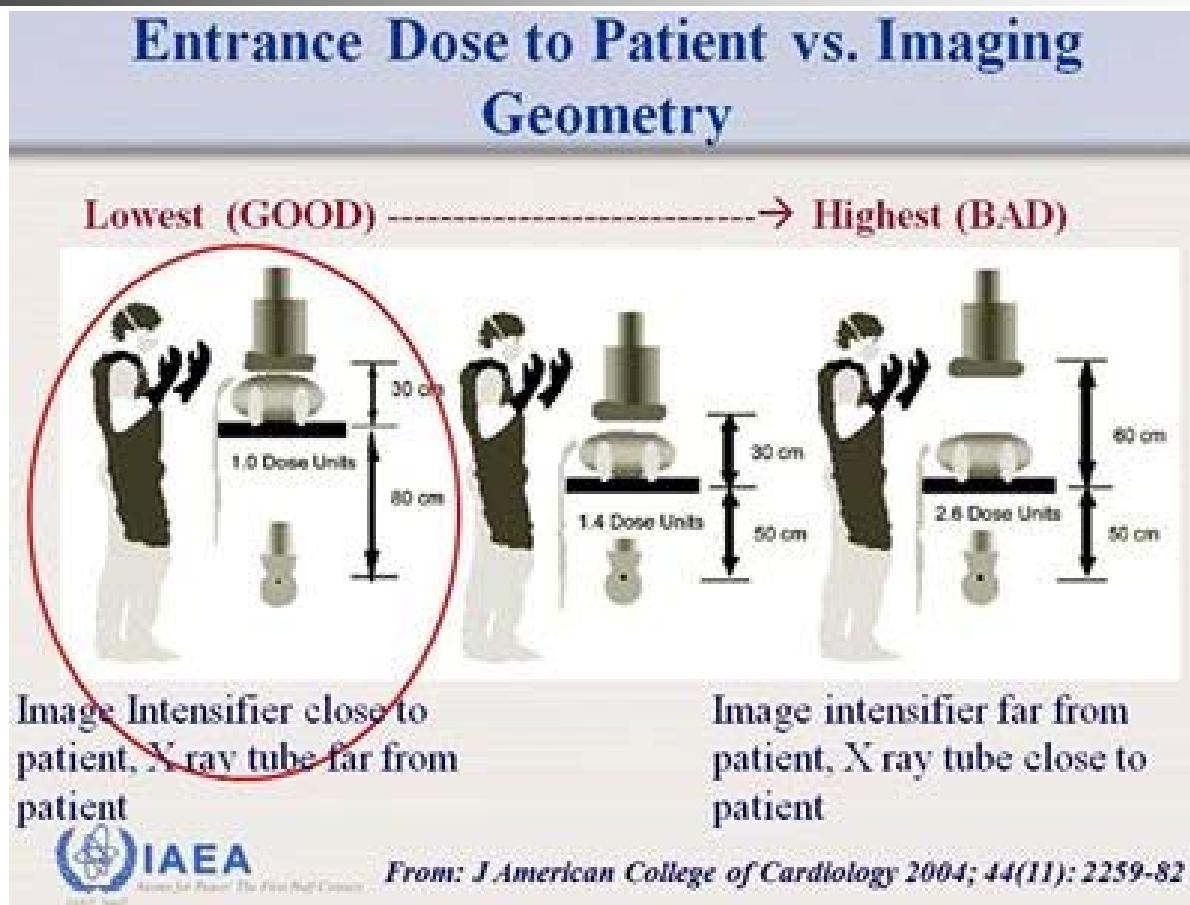
最適化(9/10)



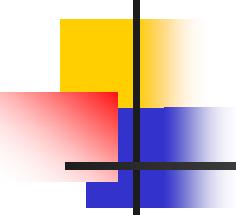
Minimize distance between the patient and the image receptor

資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)

最適化(10/10)



資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)

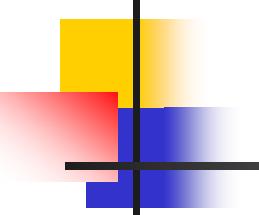


CT劑量最適化(1/3)

類似CT檢查有效劑量差異

檢查部位	有效劑量(mSv)		
	最低	最高	比值
胸部	1.9	26.0	13.7
冠狀血管	1.0	31.8	31.8

Muhogora et al. Patient doses in CT examinations in 18 countries: initial results from International Atomic Energy Agency projects. Radiat Prot Dosim 2009;136(2):118–26.



CT劑量最適化(2/3)

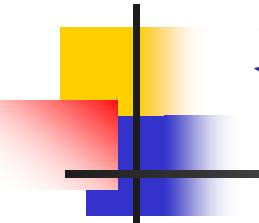
1. Large dose variations were observed (up to 32-fold) with some individual sites exceeding the recommended dose reference levels, indicating **a large potential to reduce dose**.
2. Exposure parameters are not always adjusted appropriately to the clinical question or to **patient size**, especially for **children**.
3. Dose reduction techniques, such as **tube-current modulation**, **low-tube voltage** protocols, prospective **echocardiography**-triggered coronary angiography and iterative **reconstruction algorithms** can substantially decrease doses.

CT劑量最適化(3/3)



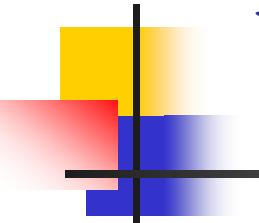
Repeat scanning of the patient to save time because previous records are not readily available is not part of a good practice

資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)



輻射線對胚胎的影響

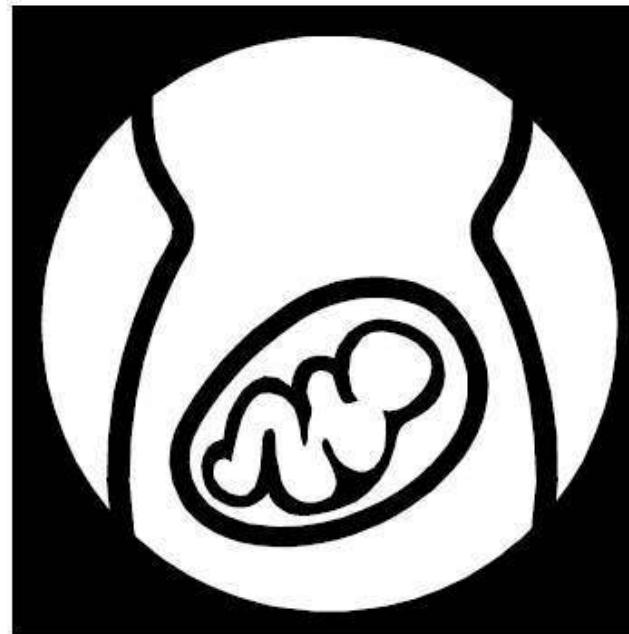
- 動物試驗結果顯示，器官形成期接受劑量，極易造成胎兒畸形；但日本原子彈殘存者的結果顯示，除了中樞神經系統的損害(以小頭症與智力障礙為主)，胎兒畸形並不多見。
- ICRP：懷孕期10天至26週，胎兒若接受了超過0.1 Sv之劑量，應考慮實施人工流產；可孕婦女必須注意腹腔與骨盆腔因診斷所接受劑量。



育齡婦女受檢(1/3)

- 腹部、骨盆腔檢查，問明是否懷孕。無法確認者，視同已孕。
- 未孕者，宜限制在月經後10天內進行。
- 裝置避孕器者，優先選擇婦科與超音波檢查。
- 乳腺X射線檢查、普查(尤其<20歲者)。
- 透視檢查。
- 子宮、輸卵管造影檢查後，三個月內避免懷孕。

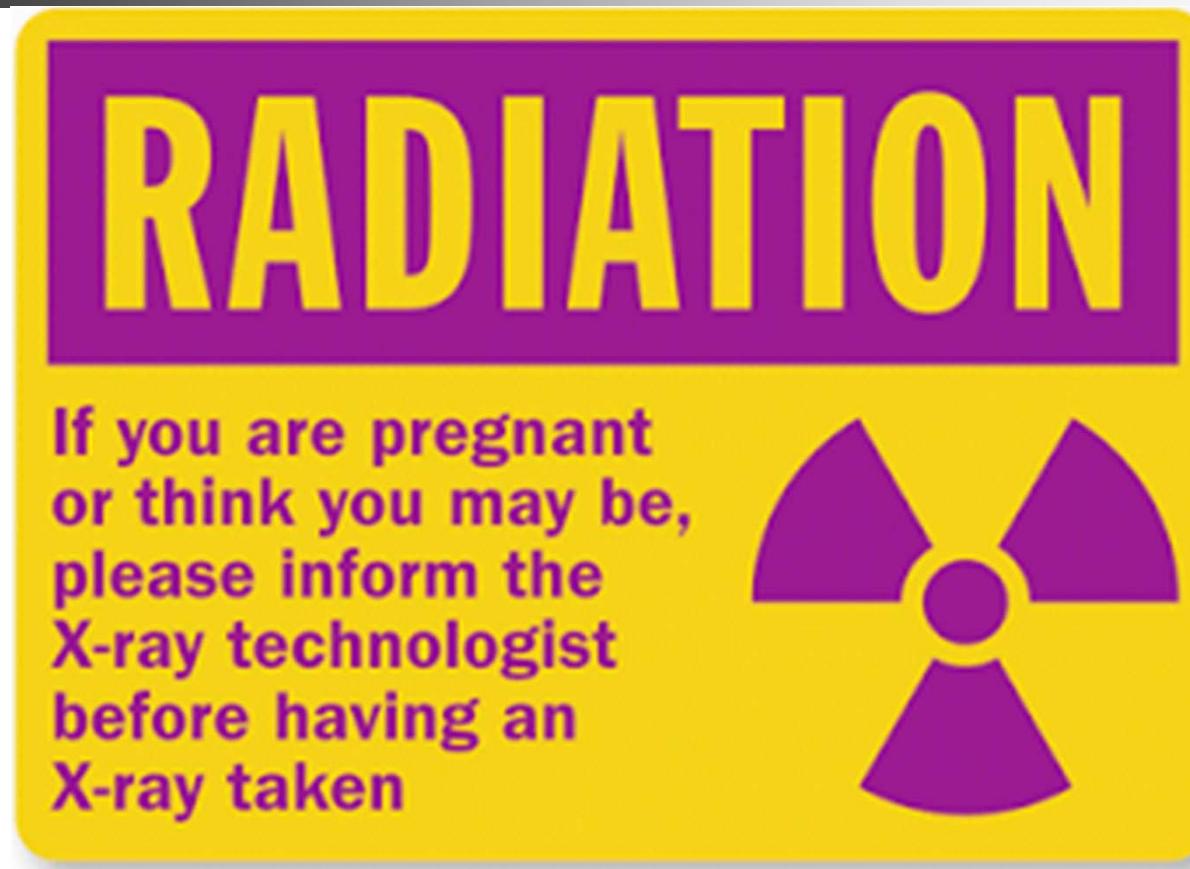
育齡婦女受檢(2/3)



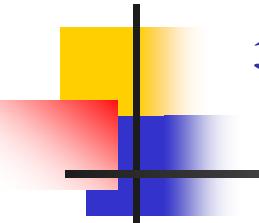
**Always ask if the woman of
reproductive age could be pregnant**

資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)

育齡婦女受檢(3/3)



資料來源：<http://asmah-andy.blogspot.tw/2013/09/kehamilan-dan-radiasi-perubatan.html>



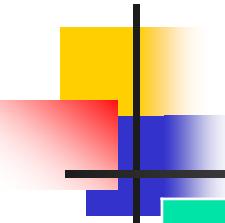
孕婦受檢(1/3)

- 懷孕初期，尤其是**8-15週**(註：低劑量)，儘量避免腹部、骨盆腔檢查。
- 確須進行檢查時，申請單(或醫囑)說明理由，經專家認同後實施。
- 必須檢查時，儘量於**懷孕末三個月**內進行。
- 向孕婦說明利弊、知情同意、簽字。
- 嚴格控制劑量(儀器、技術等)。
- 避免進行乳腺檢查。

孕婦受檢(2/3)



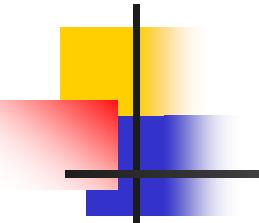
資料來源：<http://asmah-andy.blogspot.tw/2013/09/kehamilan-dan-radiasi-perubatan.html>



孕婦受檢－胚胎劑量(3/3)

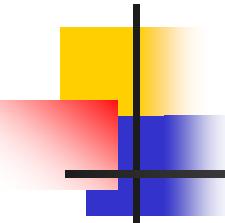
Examination site	Average dose of radiation
Plain chest	0.01 mGy or less
Plain abdomen	1.4 mGy
Plain lumbar spine	1.7 mGy
CT head	0.005 mGy or less
CT chest	0.06 mGy
CT abdomen	8.0 mGy
CT pelvis	25.0 mGy

資料來源：<http://www.global-peace.go.jp/en/qfile/a05.html>



參考劑量、醫療關懷

- Tsai et al. Survey of **computed tomography** scanners in Taiwan: Dose descriptors, **dose guidance levels**, and effective doses. *Med. Phys.* 2007;34:1234
- Brent. **Saving lives and changing family histories**: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures **during and before pregnancy**. *Am J Obst & Gyn.* 2009.
- Examples of the **answers** to questions posed by women and men who have been **exposed to radiation** (www.hps.org) ➔ ATE (ask the expert).



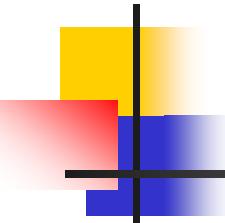
兒童受檢(1/7)

正當化：

- 詳閱醫療紀錄，避免不必要照射。
- 避免以兒童做示教或研究案例。

最適化：

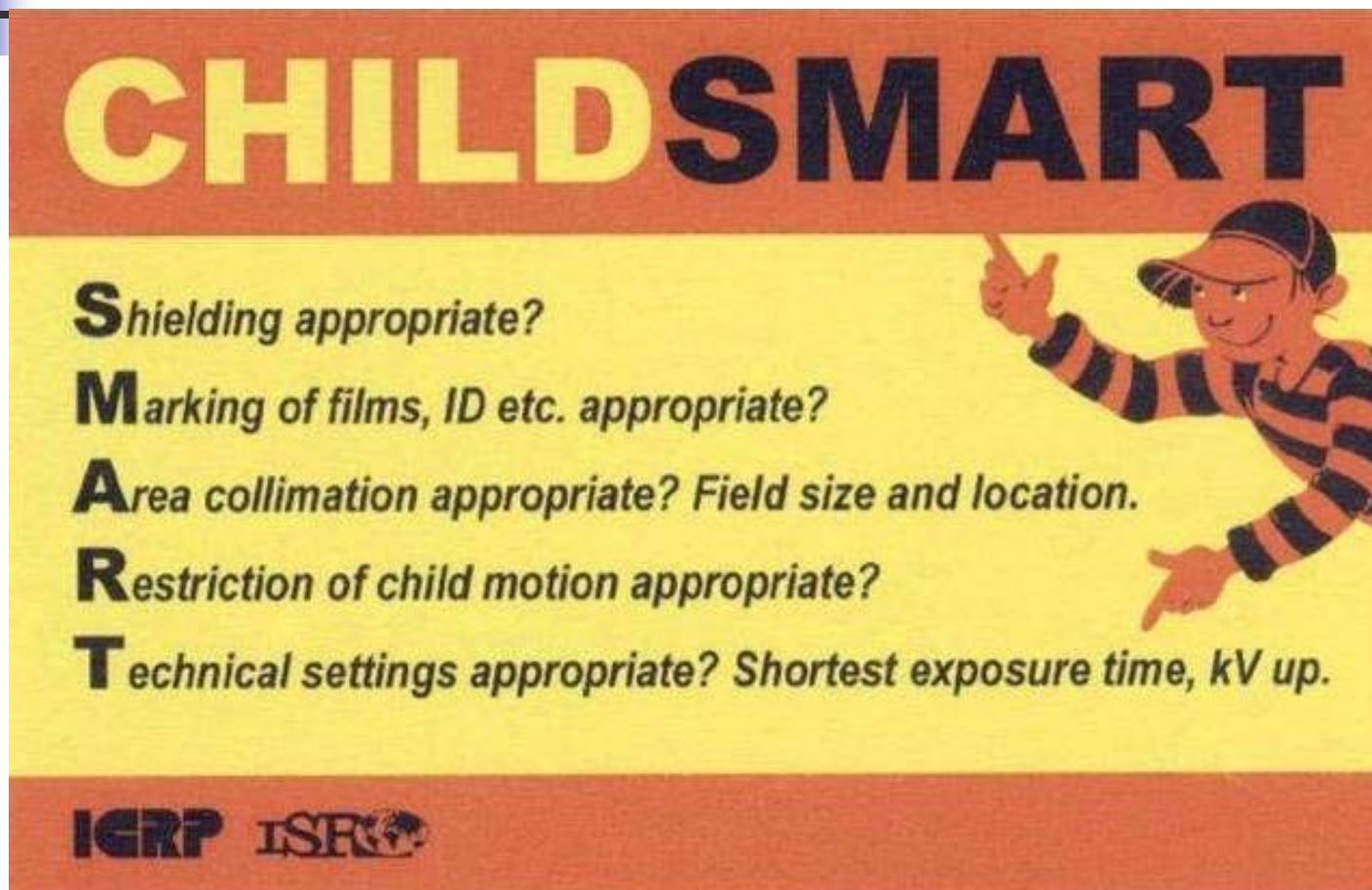
- 謹慎完成最適當輻射防護。
- 謹慎完成最適當透視檢查。
- 短時間曝光。不建議使用濾柵。
- 固定兒童。須扶持時，屏蔽協助者。



兒童受檢(2/7)

- 候診兒童的輻防設備或設施。
- 不同年紀兒童、特殊器官的防護用品。
- 防護能力(例如0.5 mm鉛當量)。
- X光機應配備有用射束矩形照野調節、光野指示裝置。
- 透視X光機應配備影像、亮度增強與劑量自動控制系統。
- 不同檢查、不同年紀的固定器。
- 謹慎使用非專用於兒童之X光機。

兒童受檢(3/7)



CHILDSMART

Shielding appropriate?

Marking of films, ID etc. appropriate?

Area collimation appropriate? Field size and location.

Restriction of child motion appropriate?

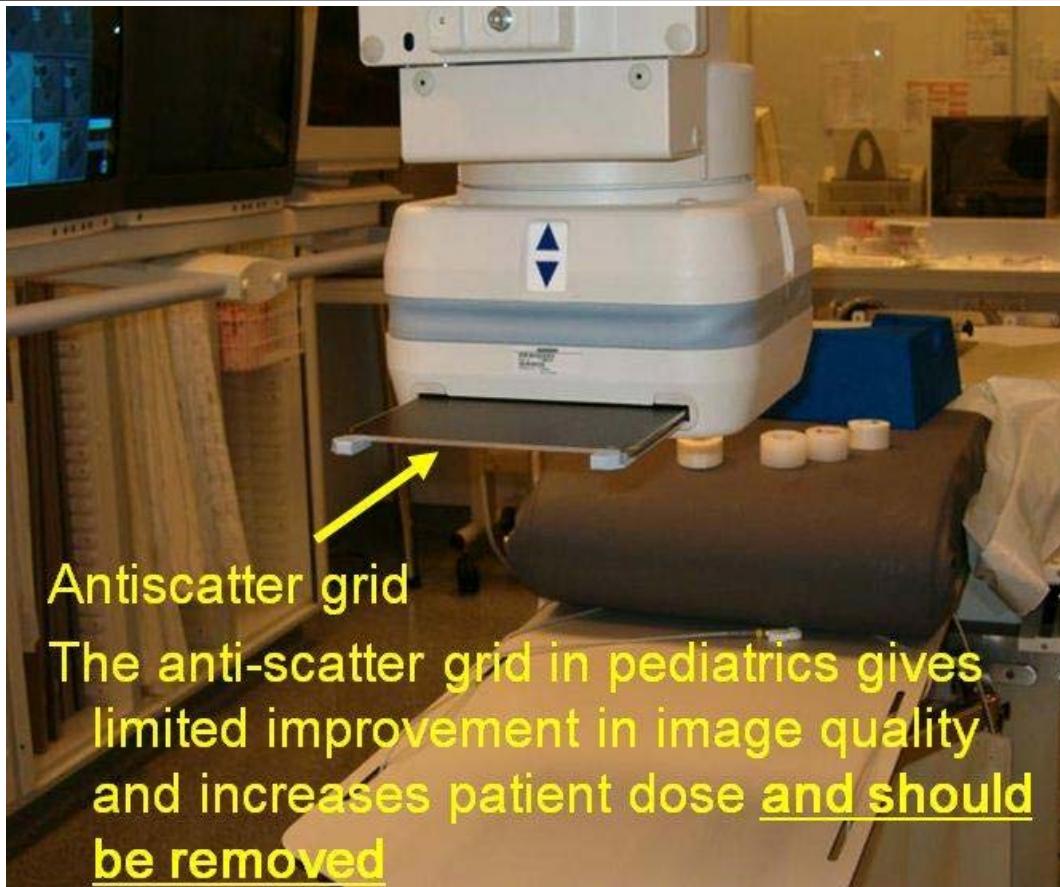
Technical settings appropriate? Shortest exposure time, kV up.

ICRP **ISPE**

The poster features a cartoon illustration of a child in a striped shirt and cap, pointing upwards with one hand and pointing to the right with the other.

資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)

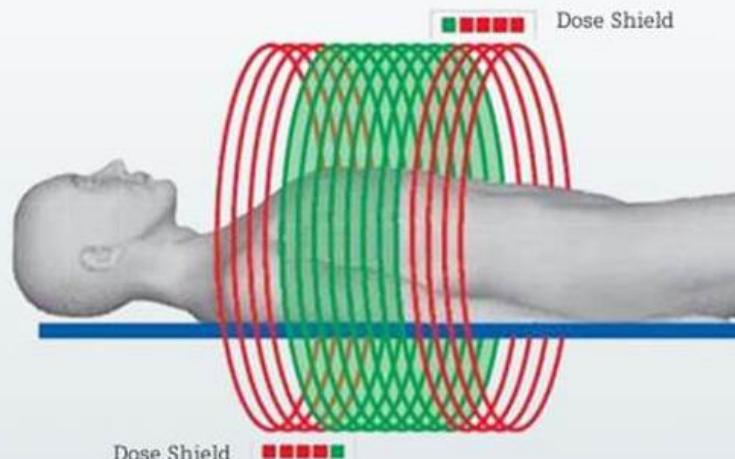
兒童受檢(4/7)



資料來源：The Radiation Protection of Patients (RPOP), the International Atomic Energy Agency (IAEA)

兒童受檢(5/7)

Adaptive Dose Shield

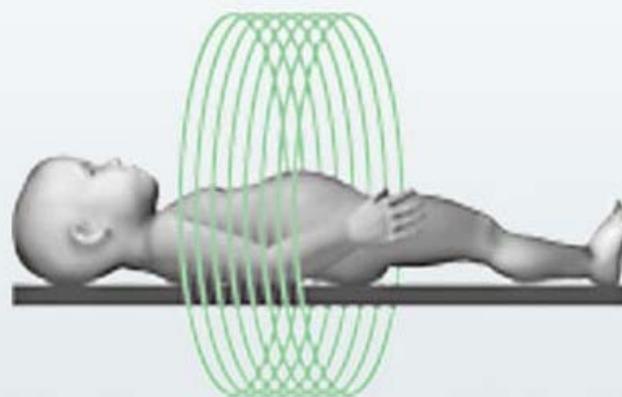


Up to 25%
dose savings

資料來源：<http://www.healthcare.siemens.de/radiation-oncology/linear-accelerators/computed-tomography-for-radiation-oncology/somatcom-ct-for-radiation-therapy/features>

兒童受檢(6/7)

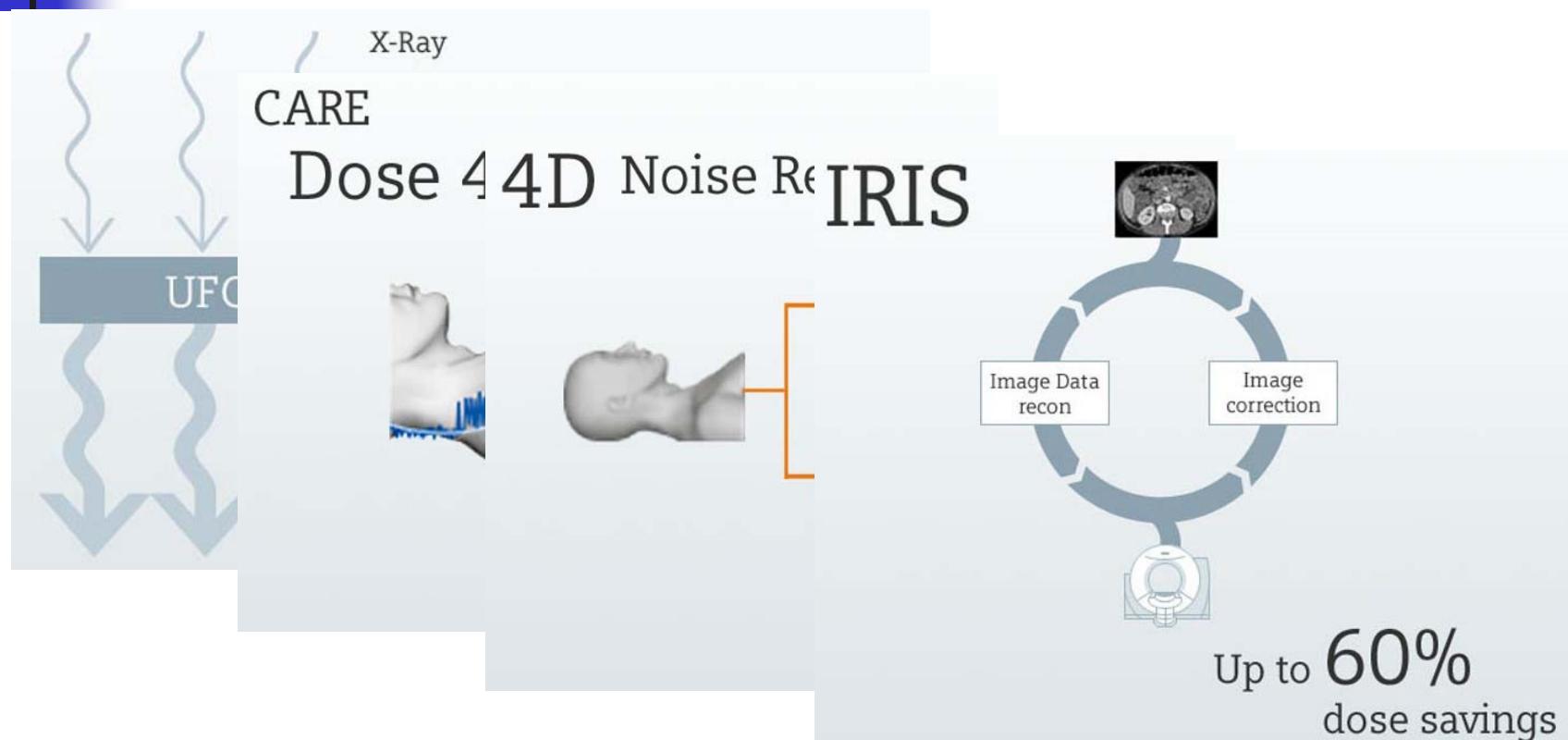
Pediatric 80 kV Protocols



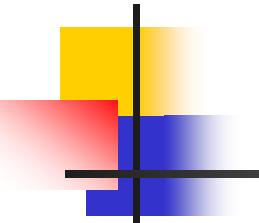
Up to 50%
dose savings

資料來源：<http://www.healthcare.siemens.de/radiation-oncology/linear-accelerators/computed-tomography-for-radiation-oncology/somatcom-ct-for-radiation-therapy/features>

兒童受檢(7/7)

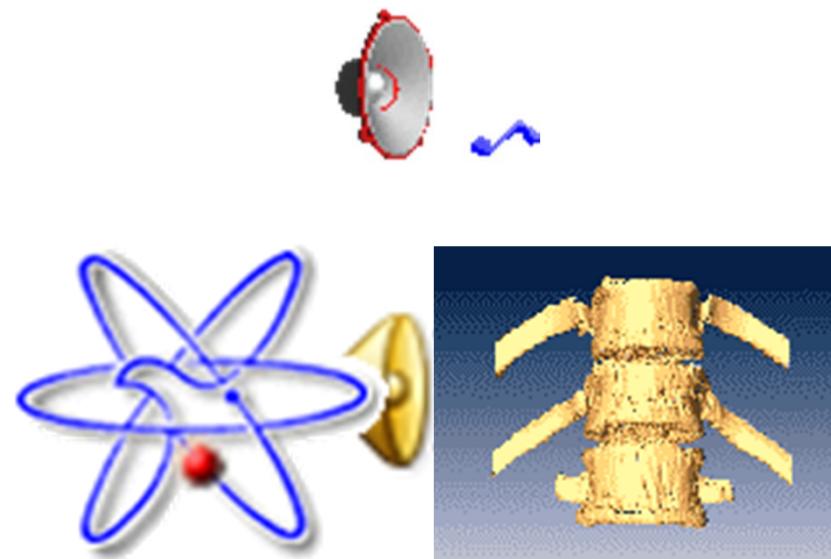
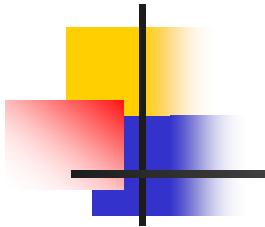


資料來源：<http://www.healthcare.siemens.de/radiation-oncology/linear-accelerators/computed-tomography-for-radiation-oncology/somatcom-ct-for-radiation-therapy/features>



結語

- 危險度與風險評估
- 醫院放射檢查輻射劑量
 - 受檢者、協助者與輻射工作人員
- 合理抑低與激效效應
- 醫護游離輻射防護法規
- 正當化與最適化
- 醫護游離輻射防護實務



Thanks for your attention