



願景「輻防技術服務最優質領航者」

淺談眼球劑量 評估發展趨勢



TPCRL



1

1

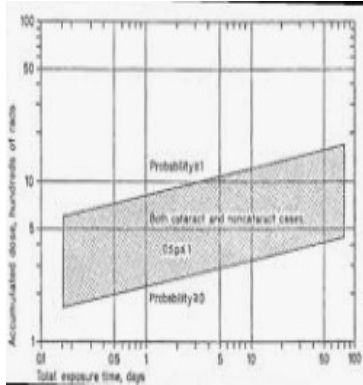
簡報大綱

- 壹、ICRP眼球水晶體劑量限值新規定
- 貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引
- 參、眼球水晶體劑量評估方法

2

2

壹、ICRP眼球水晶體劑量限值新規定



Time-dose relationship indicating dosage for cataract production with a probability between zero and one

- ☑ 長期以來游離輻射引起的**白內障**被認定是**確定性效應**，單次曝露低於2Gy不會引發輻射傷害
- ☑ 近期研究部分曝露在**遠低於低限值環境下**也會引起**白內障**(放射技術人員、放射治療病患、核爆倖存者、車諾比爾清除人員、太空人)
- ☑ 建議大幅降低白內障低限值，甚至沒有低限值(視為**機率效應**)

3

3

壹、ICRP眼球水晶體劑量限值新規定



- ☑ 修正ICRP103號建議(2012年):
 - ① 眼球水晶體發生確定效應的劑量低限下修為0.5Gy(原限值為5Gy)
 - ② 眼球水晶體等價劑量限值下修為5年平均20mSv/y(原限值150mSV/y); 單一年不得超過50mSv
- ☑ 規定已納入IAEA 2014國際安全標準
- ☑ 歐盟上述理事會2013成員國應於2018年2月前實施新準則

4

4

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

- ➔ 眼球水晶體劑量限值降低對不同職業的職業曝露影響重大，亟需建立**眼球防護及眼球劑量監測方法**
- IRPA啟動流程調查全球**輻射防護團體意見**，並提供實施新眼球水晶體劑量限值對職業曝露影響的**討論平台**
- IRPA指引提供在ICPR新眼球水晶體劑量限值架構下**何時(When)及如何(How)監測眼球劑量**及使用**防護裝置的實用建議**

5

5

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

- ➔ 監測水晶體劑量時機：**三種職業曝露情境**被考慮：
 - ① 工作人員**全身曝露**於**相對均勻輻射場**(全身劑量計提供眼球水晶體劑量良好估算，**不需特別針對眼球監測**)
 - ② 工作人員在**非均勻輻射場**曝露於**弱穿輻射**，對**眼球水晶體造成明顯劑量**，但有效劑量低。(污染區域或 $\beta_{\max} > 700\text{keV}$)
 - ③ 工作人員在**高度非均勻輻射場**，**眼球可能受到曝露**(如**介入放射學醫師**或**執行心導管手術醫師**或**近輻射源但身體一部分受到鉛裙保護者**)
- 後兩種情境**需要估算潛在**眼球水晶體劑量**。

6

6

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

- ➔ 對於**弱穿輻射**，建議**確認輻射場特性及貝他輻射最大能量**，以便採取適當防護(只有 $\beta_{\max} > 700\text{keV}$ 才需要監測眼球水晶體劑量)
- 醫學領域中介入放射學(Interventional Radiology)和心臟科的透視導引手術、放射性藥物製備及手動近距離放射治療**，是最常需要監測眼球水晶體劑量。
- 核能工業**考慮眼球水晶體劑量職業曝露，主要是**熱室(Hot Cell)、核子設施除役、受污染大區域附近、鈾/耗乏鈾(用過燃料)處理作業**。例如：拆/裝燃料作業、閘門修護/翻修/除污、污染區工作、液體廢料操作、廢料處理廠熔解污染金屬、粉狀鈾製備、核燃料組裝。

7

7

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

- 執行**例行性**眼球水晶體監測作業前應先評估**工作場所潛在的眼球水晶體劑量水平(如假體評估)**
- 眼球劑量**限值**以水晶體的等價劑量表示 H_{lens} (**防護量**)，此量**無法度量**，必須以**3mm深度個人等效劑量 $H_p(3)$ (操作量)**評估
- 若輻射場已知， $H_p(3)$ 可藉校正過的其他劑量(如 $H_p(10)$ 、 $H_p(0.07)$)估算(劑量關係數修正Correction Factor)

8

8

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

Table 1. Proposed dose levels for implementation of dose monitoring⁽¹⁶⁾

Tissue	Dosimeter position	Dose quantity*	Annual dose (mSv)	Monthly dose (mSv)	Dose monitoring recommendations
Eyes	Collar or headband	H _p (3)	1–6	0.2–0.5	Initial monitoring with collar or head dosimeter to establish dose levels. Regular monitoring recommended
Eyes	Collar or headband	H _p (3)	> 6 (15)**	> 0.5	Regular monitoring with collar or head dosimeter is required.

9

9

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

- ☑ 眼球水晶體監測程序：
- ① 最準確監測眼球水晶體等價劑量的方法是：在儘可能接近靠近輻射源的眼球位置，利用劑量計量測個人等效劑量H_p(3)(介入放射學面向X光機側，通常左眼)
 - ② 均勻曝露下，佩戴在未加屏蔽的胸部劑量計，可得眼球水晶體等價劑量良好估計值
 - ③ 非均勻曝露下(如介入性臨床醫生使用鉛圍裙保護)需要佩戴更多劑量計。第1枚：鉛圍裙內軀幹的劑量計可得有效劑量合理估計值，第2枚：戴在衣領或頭部的劑量計可測得眼球水晶體劑量合理估計值

10

10

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

- ➔ 眼球防護裝備使用指引：輻射工作場所工作人員進行涉曝露任務前準備適當程序，並提供屏蔽及防護裝置限制劑量(合理抑低)
- 職業輻射曝露眼球防護裝備：
 - ① β 輻射：塑料鏡片護目鏡
 - ② X光：鉛玻璃鏡片(如0.075mm鉛當量)
 - ③ γ 輻射：護目鏡太重不適用

11

11

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

- ➔ 醫療領域來自X光機週圍的**散射輻射分布很重要**，從**病患表面主光束直接散射可能導致更高劑量**
- 鉛圍裙**和**甲狀腺護頸**可**降低病患**散射到工作人員**胸部、頸部**及其受到保護部位的輻射劑量，但對**眼球水晶體無法提供保護**
- 介入放射學(IR)、介入心臟學(IC)及核子醫學**工作人員**眼球水晶體劑量評估重要**

12

12

貳、IRPA眼球水晶體劑量職業曝露監測與防護指引

Table 2 Proposed dose levels for guidance on use of protection for the eyes ⁽¹⁶⁾

Tissue	Annual unprotected dose (mSv)	Protection recommendations
Eyes	3–6	Ceiling suspended screens should be used where available. Protective eyewear may be considered where there is no other protective device.
Eyes	> 6	Protection essential. Both ceiling suspended shield and protective eyewear should be considered and at least one form used. Training should be given in use of ceiling-suspended screens where these are provided

13

13

參、眼球水晶體劑量評估方法



Figure 1.1. Image showing a typical angioplasty procedure set-up and position of the operator (the person behind the ceiling suspended shield on the right). The nurse dressed in a sterile apron can not be seen in the image but is usually standing directly next to the operator. Photography by Curt Warås.

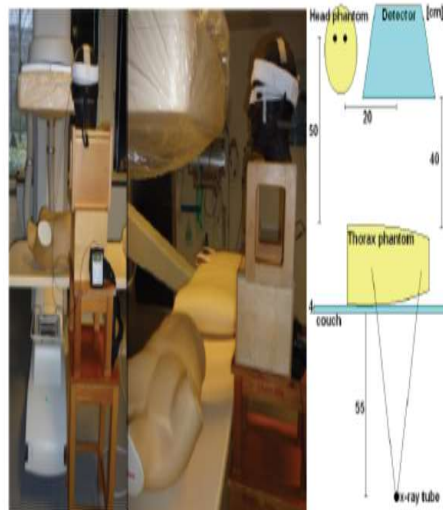


Figure 7. Position of thorax and head phantom during measurements.

14

14

參、眼球水晶體劑量評估方法



☑ 輻射偵測與度量

- ① PDM(Personal Dose Meter) 測量有效劑量
- ② TLD(LiF:Mg,Ti) (Harshaw 肢端 TLD-100)/ 搭配 Harshaw TLD Reader 6600plus

☑ 假體度量(Phantom measurements)

- ① 尋找(評估眼球水晶體劑量)TLD最佳擺放位置
- ② 評估不同型式鉛玻璃眼鏡防護效果
- ③ 估算眼球水晶體劑量和(擺放在)胸部劑量的比例關係

15

15

參、眼球水晶體劑量評估方法

☑ TLD擺放位置



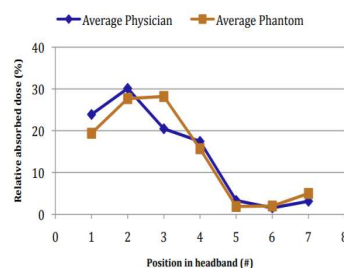
Figure 2.2: Image showing the 8 different EDD-30 positions used. The different positions are represented by the dots.

Table 3.1: Equivalent doses at different positions of the EDD-30 dosimeter relative to the dose at position 2.

Position of the EDD-30	Relative equivalent dose
1	1.00
2	1.07
3	1.00
4	0.85
5	0.74
6	0.63
7	0.33
8	0.17

Table 2. The absorbed dose to the TLD in the lens position related to the dose to the TLD at the corresponding position in the headband (at the forehead), and the dose to the TLD in the lens position related to the dose from the SSD, without protective goggles.

	Lens/Headband, without protective goggles	Lens/SSD, without protective goggles
Right eye	+25 %	-16 %
Left eye	+25 %	+5.1 %



16

16

參、眼球水晶體劑量評估方法

☑鉛玻璃護目鏡測試



Figure 2.2: Image showing the designs of the different models of lead glasses. Lead glasses number 11 and 12 can be worn with a pair of regular glasses underneath.

Table 3.2: Dose reduction ability for each of the 12 models of lead glasses:

Lead glasses model number	Dose reduction ability (%)	
	Head phantom angled towards monitor	Head phantom angled towards patient
1	81	85
2	79	85
3	67	83
4	75	83
5	79	83
6	48	81
7	66	82
8	71	85
9	67	83
10	58	86
11	82	88
11*	30	87
12	71	87
12*	54	86

* With space for a pair of regular glasses underneath.



- ☞ 0.75mm鉛當量物質可以阻擋95%以上的X輻射
- ☞ 相同鉛當量護目鏡只能有30-82%屏蔽效果
- ☞ 操作者**目視角度**和護目鏡與**臉頰間隙**是關鍵
- ☞ 介入性手術操作者通常**注視螢幕**，此時操作者護目鏡和臉頰間隙無法受到保護，天花板懸吊式屏蔽被建議

17

17

參、眼球水晶體劑量評估方法

☑利用假體評估眼球v.s.胸部劑量比值

Table 3.5: Ratio between equivalent doses recorded by EDD-30 and PDM, at eye and thorax height, for different phantom measurement set ups. The distances (0, 25, 50 and 150 cm) specified refer to the different distances shown in Figure 2.5.

Head angle	Staff member height	Ratio			
		0 cm	25 cm	50 cm	150 cm
Towards: monitor	Short nurse	0.19	0.18	0.31	2.30
	Operator	0.15	0.20	0.35	1.35
	Tall nurse	0.14	0.26	0.50	1.34
Towards: patient	Short nurse	0.26	0.22	0.41	2.49
	Operator	0.19	0.28	0.43	1.47
	Tall nurse	0.18	0.31	0.65	1.47

- 利用眼球與胸部劑量比例關係達到以**一般劑量計**代替**眼球劑量計**的企圖因**射源距離**、**工作人員面對顯示器/病患視角**、**身高**不同出現差異而不易達成

18

18

參、眼球水晶體劑量評估方法

☑利用Monte Carlo法對介入放射學人員評估
Hp(0.07)代替Hp(3)估算眼球劑量

- X光管電壓 >30kV: 眼球劑量高估10%以內
- X光管電壓 <30kV: 眼球劑量高估
10%~500%
- X光管電壓 <30kV介入放射學極少被使用,
Hp(0.07)代替Hp(3)估算眼球劑量是可行的
- 歐盟建議可以利用Hp(0.07)代替Hp(3)估算眼
球劑量

19

19

參、眼球水晶體劑量評估方法

☑頭戴式眼球劑量計



20

20

透視攝影介入性診療的輻射生物效應—輻射性白內障

- ✓ 針對放射技術人員、放射治療病患、核爆倖存者、車諾比爾清除人員、太空人等研究。
- ✓ 早期研究未完整考慮到白內障潛伏期較長。
- ✓ 早期偵測設備未有足夠之靈敏度，無法獲得充足低劑量與病變關係。

歷史研究引發
白內障之劑量閾值
5 Gy

ICRP 103(2007)建議
眼球水晶體職業曝露限值
150 mSv/年

下降10倍

近年流行病學研究
白內障之劑量閾值
0.5 Gy

ICRP 118(2012)修正
眼球水晶體職業曝露限值
50 mSv/年
5年加總 100 mSv

與現行有效劑量限值相同

21

透視攝影介入性診療造成的劑量

IAEA/WGO(2009)統計單次介入診療劑量:

- ✓ 有效劑量約0.07 mSv
- ✓ 眼球劑量約0.1~1.7 mGy
- ✓ 手部劑量約0.5 mGy

若醫護人員單月執行10次，年劑量為：

- ✓ 有效劑量約8.4 mSv
- ✓ 眼球劑量約12 ~ 204 mGy
- ✓ 手部劑量約60 mGy

游離輻射防護安全標準 第7條
輻射工作人員職業曝露之劑量限度，依下列規定：

1. 每連續5年週期之有效劑量不得超過100mSv，且任何單一年內之有效劑量不得超過50 mSv。
2. 眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過150 mSv。
3. 皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過500 mSv。

22

台電放射試驗室眼球劑量計



- 本室目前已著手建置三套眼球劑量量測系統
 - ✓ 自行研發用於Panasonic系統之頭帶式眼球劑量計(室本部)
 - ✓ Rados EYE-D頭帶式眼球劑量計(核二分隊)
 - ✓ Harshaw DOSIRIS頭箍式眼球劑量計(核三分隊)
- 規劃於111年第三季參加原能會邀請之眼球劑量計比對試驗
- 以及清華大學於核三廠大修工作舉辦之眼球劑量量測比對計畫

室本部自研Panasonic
頭帶式眼球劑量計



核二分隊
Rados EYE-D
頭帶式眼球劑量計



核三分隊
Harshaw DOSIRIS
頭箍式眼球劑量計

