

科技部補助
大專學生研究計畫研究成果報告

計 畫 名 稱	： 建立兒童先天性心臟病透視介入性檢查之有效劑量與轉換因數
------------	-------------------------------

執行計畫學生：林妤臻

學生計畫編號：MOST 108-2813-C-040-049-B

研究期間：108年07月01日至109年02月28日止，計8個月

指導教授：邵佳和

處理方式：本計畫可公開查詢

執行單位：中山醫學大學醫學影像暨放射科學系(所)

中華民國 109年03月31日

題目：建立兒童先天性心臟病透視介入性檢查之有效劑量與轉換因數

- (一) 摘要
- (二) 前言
- (三) 研究目的
- (四) 文獻探討
- (五) 研究方法
- (六) 結果與討論
- (七) 參考文獻
- (八) 科技部補助專題研究計畫成果自評表
- (九) 科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

(一) 摘要

由於 X 光曝露使器官接受輻射，且輻射曝露所造成的生物效應及其引發致死癌症的機率，相同劑量下兒童風險大於成人。接受透視攝影檢查後，可以有效劑量的大小來衡量，作為風險評估之依據。本實驗以蒙地卡羅模擬軟體模擬接受透視介入性檢查的有效劑量，做出轉換因數讓臨床實際應用——以「劑量面積乘積(DAP)轉換有效劑量因數(以下定義為 k 值)」呈現。

結果顯示對 1、5 和 10 歲兒童的轉換因數，(1) PA projection: 0.87、0.43、0.26; (2) LLat projection: 2.23、1.16、0.71 $\text{mSv} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。二者投射方向數值相差大，LLat 方向的轉換因數較 PA 方向大約 2.7 ± 0.1 倍。不同年齡間的轉換因數差異也大，年紀越小值越大；即在相同的 DAP 之下，年齡越小接受的有效劑量越大。

我們亦導出一回歸線如下，可方便計算得到各年齡層的轉換因數，(1) AP 方向轉換因數 = $0.94e^{-0.13 \cdot \text{年齡}}$; (2) LLat 方向轉換因數 = $2.40e^{-0.13 \cdot \text{年齡}}$ 。應用本研究的轉換因數評估 1、5 和 10 歲兒童的有效劑量：(1) 開放性動脈導管(PDA)檢查，AP 是 4.3、4.3、6.2；LLat 是 11.2、11.6、16.9 mSv，(2) 心房中膈缺損(ASD)檢查，AP 是 6.1、5.2、7.2；LLat 是 15.6、13.9、19.7 mSv。

關鍵字：透視攝影、蒙地卡羅、劑量、轉換因數

(二) 前言

因緣際會下，我的專題研究接觸了介入性攝影檢查，著重於心臟導管。少子化一直以來位於台灣人口危機問題的風口浪尖，一旦胚胎在心臟發育時期產

生異常，正常血液動力學改變將導致先天心臟病的發生，出生後須輔以介入性攝影進行檢查及早治療。

既已這些醫療行為無可避免，而這些放射性的醫療曝露對他們造成風險，藉由實驗模擬轉換因數來實際的量化劑量數據，或許能幫助了解輻射安全及風險評估。

透視攝影結束後，將於螢幕顯示本次檢查流程之相關劑量面積乘積(如圖一)，此時若能得到受檢者之轉換因數，將兩者相乘便可以得到我們較在意的有效劑量數據做成受檢紀錄或是醫療暴露評估依據。

Patient Position: HFS	
1	CARD FIXED Coro LD 4s 15F/s 04-Apr-05 11:04:59 A 80kV 806mA 7.0ms 200CL large 0.0Cu 20cm 219.5µGym² 37.9mGy 1RAO 36CRA 61F
2	CARD FIXED Coro LD 2s 15F/s 04-Apr-05 11:16:39 A 75kV 799mA 7.0ms 400CL large 0.1Cu 20cm 56.8µGym² 7.7mGy 24LAO 5CAU 27F
3	CARD FIXED Coro LD 3s 15F/s 04-Apr-05 11:21:31 A 78kV 799mA 7.0ms 600CL large 0.1Cu 20cm 97.3µGym² 14.1mGy 30LAO 1CAU 47F
4	CARD FIXED Coro LD 4s 15F/s 04-Apr-05 11:28:03 A 78kV 799mA 7.0ms ***** large 0.1Cu 20cm 138.5µGym² 20.0mGy 30LAO 1CAU 67F
5	CARD FIXED Coro LD 5s 15F/s 04-Apr-05 11:28:36 A 90kV 819mA 7.0ms ***** large 0.0Cu 20cm 359.2µGym² 57.2mGy 0LAO 31CRA 71F
Accumulated exposure data 04-Apr-05 11:34:29	
Phys:	Exposures: 0 Fluoro: 7.0min Total: 1705.4µGym² 246mGy

(圖一) 劑量面積乘積 $DAP(mGy \cdot cm^2) \times$ 轉換因數 $k(mSv \cdot mGy^{-1} \cdot cm^{-2}) =$ 有效劑量(mSv)

(三)研究目的

欲評估罹癌風險需要知道有效劑量的資訊，但臨床上掃描的條件設定非常的繁瑣，欲藉此研究將有效劑量的換算過程化繁為簡。

所有年齡層的介入攝影中，輻射曝露風險尤以兒童的最為重要，因為孩童有尚未成熟和正在發展的器官及組織結構，對於輻射比較敏感，介入檢查過多的曝露可能造成終身癌症風險的增加，如何合理的抑低輻射劑量是不可或缺的。

臨床試驗實際操作輻射曝露除有輻射防護疑慮外，其個案的蒐集更是曠日費時，況且每案的攝影投影角度多樣，在大數據的統計分析上亦增加不少難度，因此本實驗採用蒙地卡羅軟體(PCXMC)進行多種攝影條件的模擬，並予以統計與分析。

1. 臨床有效劑量值的獲得有許多方法，且有太多擺位方式十分複雜，可以用 k 值轉換來解決。
2. 發現在有些參考資料中，在濾片並沒有詳細的說明，但對劑量的估計若忽略床的鋁當量厚度，是可能造成劑量高估的。
3. 綜合上述，以表格統整後用回歸線近似的方式回推接受到的有效劑量。

(四) 文獻探討

在先天性心臟病的介入性導管手術中可以發現，輻射劑量和年齡跟手術類型之間有很大的差異^[1]。而過程中，我們可以藉由「劑量面積乘積」快速操作有效劑量的評估，其中我們只需要一個轉換因數—「劑量面積乘積」轉換「有效劑量」因數。文獻中可以看到美國^[1]、法國^[2]及澳洲^[3]等國家也做過類似的轉換因數研究。此次實驗希望能參照，以 PCXMC 模擬做出轉換因數。

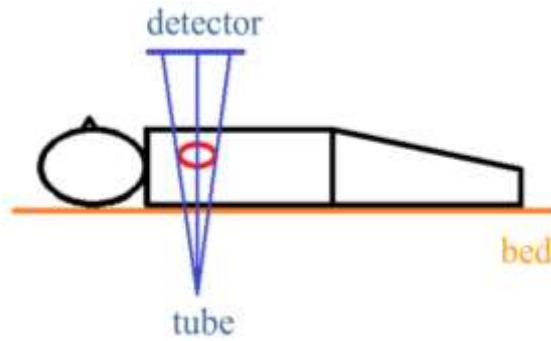
PCXMC 內建的標準數學假體來自國外，在 Schmidt 等人(2000)年關於兒童心臟血管造影的論文^[4]中有提到攝影條件與座標。有後前(PA)與側位投射(Lat projection)，二種方向的投射攝影。另外，Ghelani 等人(2014)發表的美國先天性心臟病心導管的放射劑量研究^[1]有提出了 6 種常見的先天性心臟介入導管插入術的年齡分層輻射劑量值。報告中並蒐集多項常見檢查的 DAP 值，可快速運算得到兒童實施常見檢查的參考有效劑量。

由於人種不同:身形和體內器官的比例差異可能會導致劑量估算的失準，所以我參考了文獻，蒐集了臨床的照射條件，藉由這些資訊進行模擬^{[5][6]}。

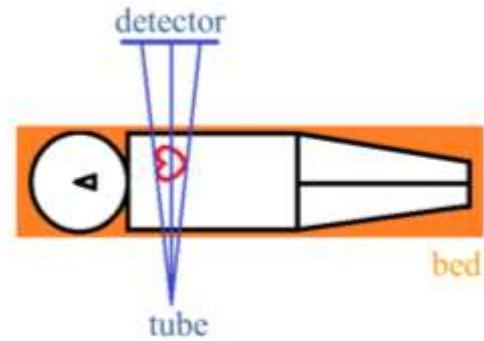
各攝影條件經過模擬之後，得到大數據的轉換因數資料，但是臨床上使用仍可能遇到限制，像是年齡、體重、身高、BMI 甚至投影角度、照野範圍都會對透視劑量造成影響，此時更需要透過數據的分析，分析與有效劑量呈正相關的因子，找出影響最大之處進行歸納，通過回歸線公式的方式呈現。

(五)研究方法

透視攝影檢查中，常採用如下圖之照射方法。病人平躺於檢查床，射束自下方管球向上投射如圖二稱為 PA projection；若射束自側邊投射至另一側如圖三者則為 Lat projection。

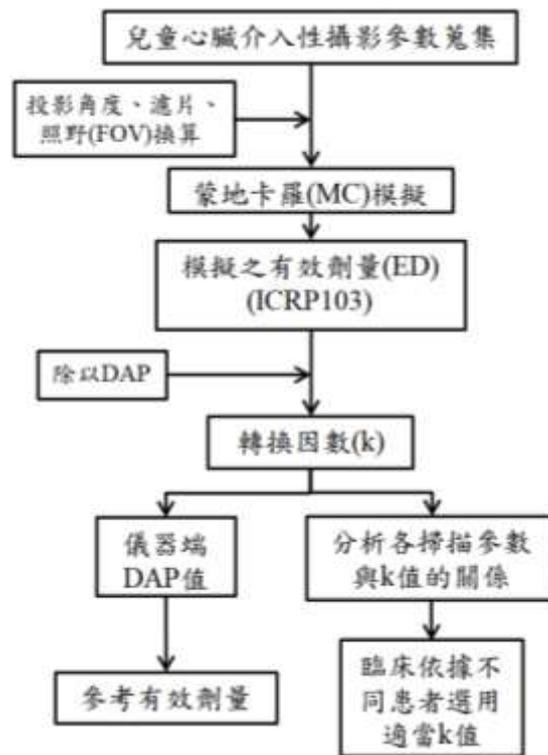


(圖二) PA projection



(圖三) Lat projection

流程圖如下圖四：



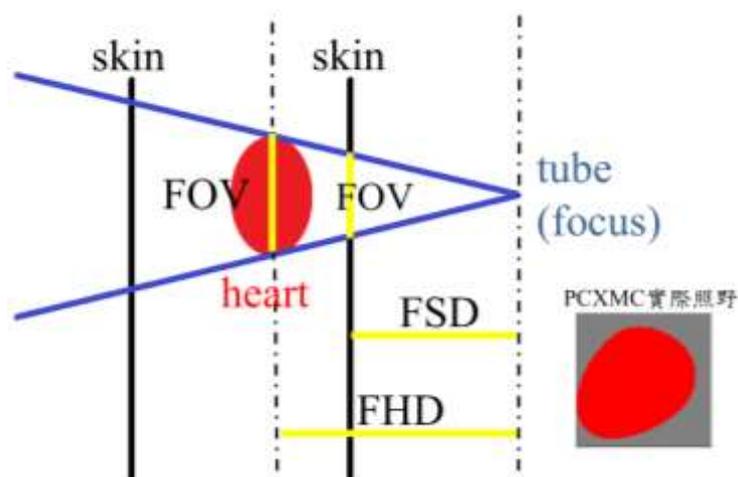
(圖四) 流程圖

研究步驟：

1. 蒐集臨床心臟介入性攝影的曝露參數。(參考文獻中關於臺灣參考人數據。^{[5][6][7]})
2. 整理攝影條件資料並換算，ex. 主射束照野範圍(FOV)^{*註一}、投影角度、濾片(固有濾片、床鉛當量厚度、外加濾片)。

3. 以蒙地卡羅軟體(PCXMC 2.0, Finland)，內建 Cristy 和 Eckerman (1987) 的數學假體。^[8]模擬照射時光子可能產生的效應，包括光電效應、康普吞效應等等。
4. 選擇 ICRP103 報告的組織加權因數，並記錄有效劑量值。
5. 參考標準攝影檢查水平，以 excel 後處理計算 k 值。
6. 計算得到的轉換因數可以歸納成一簡便與年齡相關的趨勢線評估兒童常見心臟檢查的參考有效劑量。
7. 分別分析介入性攝影的透視及照相個投影角度的數據，使檢查時合理抑低患者的劑量。

*註一:參數參考論文的射源至心臟距離(FHD)和心臟位置照野大小(FOV)，以臨床蒐集的射源至皮膚表面距離(FSD)換算得到皮膚表面位置照野大小，相對位置如圖五所示。



(圖五) 照野換算示意圖

(六)結果與討論

結果顯示如下表一，對 1、5 和 10 歲兒童的轉換因數，(1) PA projection: 0.87、0.43、0.26 $\text{mSv} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$; (2) LLat projection: 2.23、1.16、0.71 $\text{mSv} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。二者投射方向數值相差大，LLat 方向的轉換因數約是 PA 方向的 2.7 ± 0.1 倍。不同年齡間的轉換因數差異也大，年紀越小，此值越大；即相同的 DAP，年齡越小的兒童，接受的有效劑量越大。

我們推論造成上述差異的原因有二：

(一) 從年齡角度來看，年齡越小轉換因數越大；因為年齡小體寬相對弱小，其照野中主要射束距離其他重要器官的距離就越近，推斷射束與器官距離是造成差異原因。

(二) 論入射方向而言，側位投射(Lat)之轉換因數大於後前投射(PA)；追蹤射束路徑發現，在側位投射中經過較多比例的器官，且皆造成劑量，推論轉換因數大小與經過器官數目成正相關。

(表一) DAP 轉換有效劑量轉換因數($\text{mSv} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$)

Age(year) position	1	5	10
AP	0.87	0.43	0.26
LLat	2.23	1.16	0.71

我們將其導出成回歸線見表二，可方便轉換得各年齡層的轉換因數，應用本研究的轉換因數評估 1、5 和 10 歲標準體型兒童的有效劑量：(1) 開放性動脈導管(PDA)檢查，AP 是 4.3、4.3、6.2 mSv；LLat 是 11.2、11.6、16.9 mSv，(2) 心房中膈缺損(ASD)檢查，AP 是 6.1、5.2、7.2 mSv；LLat 是 15.6、13.9、19.7 mSv。

(表二) 年齡-轉換因數指數回歸方程式

AP	轉換因數(k) = $0.94e^{-0.13 \cdot \text{年齡}}$
LLAt	轉換因數(k) = $2.40e^{-0.13 \cdot \text{年齡}}$

我們假定受測兒童體型皆為標準狀態，並且於檢查過程中僅以 AP 及 Lat 方向擺位進行造影，其 DAP 轉換有效劑量因數已差異甚大，更遑論同年齡層中本就有諸多個體體型差異，檢查之中也使用了更多角度投射，在在造成臨床實際有效劑量迥異，因此兒童的心臟透視攝影應審慎使用。並歸納出同年齡層的 LLat 較 PA 投射造成更大的劑量。

(七) 參考文獻

1. Ghelani, S.J., Glatz, A.C., David, S., Leahy, R., Hirsch, R., Armsby, L.B., Trucco, S.M., Holzer, R.J., Bergersen, L., Radiation dose benchmarks during cardiac catheterization for congenital heart disease in the United States, *Circ.: Cardiovasc. Interventions*, 2014, 7(9): 1060-1069
2. Baysson, H., Réhel, J.L., Boudjemline, Y., (...), Bonnet, D., Bernier, M.O., Risk of cancer associated with cardiac catheterization procedures during childhood: a cohort study in France, *BMC Public Health*, 2013, 13(1): 266
3. Jones T., Brennan P.C., Mello-Thoms C., Ryan E., Contemporary Australian dose area product levels in the fluoroscopic investigation of paediatric congenital heart Disease, *Radiat Prot Dosimetry*, 2017, 173(4): 374-379
4. Schmidt P.W., Dance D.R., Skinner C.L., Smith I.A., McNeill J.G., Conversion factors for the estimation of effective dose in paediatric cardiac angiography, *Phys Med Biol*, 2000, 45(10): 3095-3107.
5. Chiu, H.C., Chang, H.Y., Mau, L.W., Lee, T.K., Liu, H.W., Height, weight, and body mass index of elderly persons in Taiwan, *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*, 2000, 55(11): M684-M690
6. Chen, W., Chang, M.-H., New growth charts for Taiwanese children and adolescents based on world health organization standards and health-related physical fitness, *Pediatrics and Neonatology*, 2000, 51(2): 69-79
7. Chang, S.J., Hung, S.Y., Liu, Y.L., Jiang, S.H., Construction of Taiwanese adult reference phantoms for internal dose evaluation, *PLoS ONE*, 2016, 11(9): e0162359
8. Markku Tapiovaara, Teemu Siiskonen, PCXMC 2.0 User's Guide, STUK-TR 7 / NOVEMBER 2008
9. Mellor, F.E., Thomas, P., Breen, A., Moving back: The radiation dose received from lumbar spine quantitative fluoroscopy compared to lumbar spine radiographs with suggestions for dose reduction, *Radiography*, 2014, 20(3): 251-257
10. Davey, E., England, A., AP versus PA positioning in lumbar spine computed radiography: Image quality and individual organ doses, *Radiography*, 2015, 21(2): 188-196

(八)科技部補助專題研究計畫成果自評表

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形(請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊)

論文：已發表未發表之文稿 撰寫中 無

專利：已獲得申請中 無

技轉：已技轉洽談中 無

其他：(以 200 字為限)

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以 500 字為限）。

此實驗可以使家中有正接受先天性心臟疾病檢查或治療的家屬多了解醫療輻射的必要性，舒緩緊張的心情，並且用量化的數據告知檢查中的輻射劑量。透過這種看的見的數字與臨床輻射安全防護準則做比較，相對有依據，能使人心安。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關：

醫院介入攝影區(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)

本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

說明：(以 150 字為限)

人類怕輻射是一件很正常的事情，但若輻射應用的好，其實對人類是非常有幫助的，例如：診斷病情，這就是一個最好的例子，但如何讓人們安心做檢查，此實驗提供了量化的數據，證明接受到的劑量符合法規，且在安全範圍內，如此可以消化不安，並提供臨床更多的心臟數據資料，作為日後相同檢查的參考和防範規劃使用。

(九)科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期：107 年 3 月 29 日

科技部補助計畫	計畫名稱：建立兒童先天性心臟病透視介入性檢查之有效劑量與轉換因數 計畫主持人：陳拓榮 計畫編號：108-2813-C-040-049-B 領域：生科司		
研發成果名稱	(中文)		
	(英文)		
成果歸屬機構		發明人 (創作人)	
技術說明	(中文)		
	(200-500 字)		
技術說明	(英文)		
產業別			
技術/產品應用範圍			
技術移轉可行性及預期效益			

註：本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。