

乳房 X 光攝影儀輻射醫療曝露品質保證作業操作程序書

前言：

乳房攝影為早期偵測乳癌之重要工具之一，所獲得之乳房攝影影像品質之好壞，也進而影響醫師臨床診斷之敏感性與特異性。然而在獲得好的影像品質之同時，也要同時注意對乳房所造成的劑量問題，因而如何在影像品質與劑量之間得到一個較佳的平衡點，成為實行乳房攝影品質保證的努力目標。

影響臨床乳房攝影影像品質和乳房劑量之因素很多，包含技術層面（例如：病人本身條件、攝影條件選擇及擺位之優劣等）及設備層面（例如：洗片機與乳房攝影機之品質與穩定度及閱片設備等），藉由常規性品質保證測試之執行，方能確保各方面皆維持在一定之品質，進而於劑量不致於過高的情況下，獲得具有高診斷價值之乳房攝影影像。乳房 X 光攝影儀品質保證作業操作程序書依據校驗頻次可分為每日、每週、每季、每半年及每年，其校驗項目及步驟分別敘述如後。

一、洗片機品管作業

1. 目的：

為了確保洗片機之機械系統正常運作及其化學藥劑能維持在最穩定狀態，以提供最優質影像。

2. 頻次：每日

3. 測試所需設備：

- (1) 數字型溫度計
- (2) 品管測試片
- (3) 感光計
- (4) 光密度計
- (5) 紀錄表及控制圖
- (6) 試算表軟體
- (7) 異常指示說明

4. 操作步驟：

- (1) 檢查感度計各項設定正確。
- (2) 取出品管測試片，乳膠面向下放置在曝光區後，按下曝光開關。
- (3) 取出品管測試片，靠洗片機右側放入沖洗。
- (4) 取出品管測試片，在燈光下做目視檢測。
- (5) 品管測試片放入光密度計進行讀測。
- (6) 紀錄讀值並登載於品管表。
- (7) 讀值出現紅字部份 請依異常處理步驟執行。
- (8) 讀值無異常時洗片機品管作業完成。

5. 效能判定準則與修正措施

- (1) 中光密度值及對比(光密度差值)與其基準值之差異皆應於 0.15 範圍內。
- (2) 底片基底與霧化光密度值之總合應小於等於其基準值加 0.03。
- (3) 影像上不應出現不明假影，或帶有異味。
- (4) 若測試結果與以上任何準則不符，應通知維護廠商進行儀器維修。

二、假體影像

1. 目的：

確認 X 光成像系統、洗片機的維護與性能都是在最佳的狀況之下，進而驗證軟片與影像本身的品質。

2. 頻次：每週

3. 測試所需設備：

(1) 美國放射學院(ACR)認證之標準乳房假體：

相當於 4.2 公分厚的壓迫乳房組織，含 50%脂肪、50%乳腺成份：如 Radiation Measurements 公司的 RMI 156 乳房攝影假體、Fluke Biomedical (Nuclear Associates) 公司的型號 18-220 乳房攝影假體、Computerized Imaging Reference Systems 的型號 015 乳房攝影假體等。此假體包含直徑為 1.56、1.12、0.89、0.75、0.54 及 0.4 公釐之尼龍纖維，以模擬脂肪組織中之纖維構造；直徑為 0.54、0.4、0.32、0.24、0.16 公釐之氧化鈣微粒，以模擬鈣化點群；以及直徑為 2.00、1.00、0.75、0.50、0.25 公釐之圓球，以模擬腫塊物。

(2) 4mm 厚，1cm 直徑的壓克力圓盤(disc)

(3) 品管片匣（應固定使用同一片匣）

(4) 乳房攝影軟片

(5) 光密度計 (Densitometer)

(6) 假體品管表 (Control chart)

(7) 放大鏡

4. 操作步驟：

(1) 清空片匣在側光下，以目視檢查方式對影屏實行檢測。紀錄影屏上的特殊狀況；如：刮傷。

(2) 如有灰塵存在，可以操作噴氣工具將灰塵移除。

(3) 在燈光下，以無線頭抹布沾上少許影屏清潔劑，由上而下，依序輕輕擦拭影屏表面。

(4) 將片匣開啟，開口朝內，以站立方式靜置擺放 20 分鐘自然風乾。

(5) 在側光下，以目視方式再次實行檢測，確認影屏清潔狀況。

(6) 裝片備用。

(7) 專用片匣裝入軟片，再者將片匣放入乳房攝影機的片匣架內。

(8) 在乳房攝影機的濾柵器上放上假體。

(9) 將圓盤置於假體上，避開測試纖維處，緩慢的降低壓迫板，輕觸假體後繼續壓迫。壓迫力必須達到設定的壓迫磅數，自動曝光裝置的偵測器，設定在相同的位置。選擇固定曝射條件(臨床常用攝影條件)，相同的光密度控制，進行曝射並紀錄 mAs 值。

(10) 進行軟片沖洗作業。

(11) 測量以下三點的光密度值：圓盤內光密度值，圓盤外的背景光密度，及影像上假體中心點的背景光密度。

- (12) 計算圓盤內外兩點間的光密度差值。
- (13) 讀取假體影像上的鈣化點、腫塊與纖維的數量和外形是否完整。
- (14) 觀察並紀錄是否有不正常的假影存在。

5. 資料分析與詮釋

為了確保長期評估影像之一致性，應由同一位測試人員，在相同之看片箱與看片條件下，用相同的放大鏡及判分標準來評估：

- (1) 由較大之模擬物開始計分，符合下列標準則評為 1 分：

纖維 - 整條纖維完整且位置正確。

模擬鈣化點群 - 可見 4 ~ 6 個鈣化點，且位置正確。

模擬腫塊物 - 可明顯看出其圓形邊緣（至少四分之三圓周），且位置正確。

- (2) 符合下列標準則評為 0.5 分：

纖維 - 超過半條纖維可見且位置正確。

模擬鈣化點群 - 可見 2 ~ 3 個鈣化點，且位置正確。

模擬腫塊物 - 可看出腫塊物之存在，且位置正確，但其邊緣不明顯。

- (3) 若未達 0.5 分之標準，則計為 0 分。

- (4) 觀察整個背景是否有類似纖維、模擬鈣化點及模擬腫塊物之假影影像存在，若有則扣減該項之分數。

由較大之模擬物開始計分，直到完全看不到模擬物為止，再考量假影扣分後，將各項模擬物之分數分別加總，記錄於表格上。

6. 效能判定準則與修正措施

- (1) 假體影像中心點的背景光密度基準值必須大於 1.2，且其變動與基準值的差異應小於 0.20。
- (2) 壓克力圓盤內外的光密度差值應至少為 0.40，且於基準值建立後，差值的變動應介於 ± 0.05 之間。
- (3) 一旦基準值建立後，使用自動曝露控制所得之管電流時間乘積變動須介於 $\pm 15\%$ 之間。
- (4) 假體影像判分結果須至少纖維 4 分、鈣化點群 3 分及腫塊物 3 分，且於每次測試時分數減少不得超過於 0.5。
- (5) 若測試結果不符合準則，則應再重覆測試。若重覆測試的結果仍然不符合準則，則須嘗試以其他測試找出問題的根源，並採取修正措施。
- (6) 若測試結果嚴重異常時，應停止進行診斷檢查作業。

三、重照片及廢片分析

1. 目的：

計算、分析重照片及廢片的軟片(影像)數及成因，提出改善措施，避免受檢者接受不必要的曝光量。

2. 頻次：每季一次或至少 250 位病人統計一次

3. 測試所需設備：

- (1) 廢片蒐集盒
- (2) 重照片登記表
- (3) 廢片登記表
- (4) 成因分析報告

4. 操作步驟：

- (1) 重照片(Repeat)指因各種因素產生無法診斷之低品質乳房影像，而必須重曝光，重照之病人影像稱之。廢片(Reject)指所有需廢棄之影像，如重照片、已曝光之全黑片、未曝光之透明片、測試或品管廢片等等。
- (2) 廢片或重照片出現，登記成因，人員代號，相關條件及訊息。
- (3) 將廢片或重照片依成因分類，放入蒐集盒。
- (4) 每季(或 250 位病人時)統計廢片率及重照片率比例一次，廢片率為當季廢片總數除以當季使用軟片的總片數之百分比、重照片率為當季重照片總數除以當季使用軟片的總片數之百分比。單向成因之廢片率，各單項廢片總數除以使用軟片的總數之百分比。
- (5) 將各項資料依序登記。

5. 效能判定準則與修正措施

- (1) 重照片率或廢片率與前次分析之差異應在 $\pm 2\%$ 內。
- (2) 若測試結果不符合準則，應對造成廢片及重照片數增加的成因，提出檢討及改善措施。

四、暗房霧化

1. 目的：

確保暗房的安全燈，以及暗房內、外的其他光源，不會造成乳房攝影軟片的霧化。

2. 頻次：每半年

3. 測試所需設備：

- (1) 美國放射學院(ACR)認證之標準乳房假體
- (2) 光密度計 (Densitometer)
- (3) 乳房攝影用軟片
- (4) 不透光紙卡 (霧化測試專用)
- (5) 手錶或計時器

4. 操作步驟：

- (1) 目視檢查暗房內有無漏光情形。
- (2) 執行假體影像作業，但先不進行顯影(洗片)作業。
- (3) 將軟片從片匣移出，放入測試的專用紙卡中。
- (4) 紙卡靜置工作檯面。
- (5) 暗房中有安全燈者，將安全燈開啟。
- (6) 暗房無安全燈者，紙卡靜置工作檯面。
- (7) 計時曝露 2 分鐘後，取出軟片，進行沖片作業。
- (8) 使用光密度計測量，影像上曝露側和遮蔽側的光密度值。

5. 效能判定準則與修正措施

- (1) 霧化測試的曝露側及遮蔽側，兩邊的光密度差異不可大於 0.05。
- (2) 若測試結果不符合準則，應聯絡工務單位進行維修。

五、壓迫力

1. 目的：

確保在乳房攝影中，無論手動或自動的壓迫，皆可提供適當且良好的壓迫。

2. 頻次：每半年

3. 測試所需設備：

- (1) 一般的體重器（傳統類比式）。
- (2) 毛巾數條或網球三顆。

4. 操作步驟：

- (1) 在片匣架上將體重計放置平鋪在毛巾上，讓磅秤中心直接位在壓迫板中央處下方。再平鋪放上一條或更多的毛巾於體重計上，體重計歸零。
- (2) 自動壓迫功能測試：
首先踩下踏板開關，啟動壓迫板進行壓迫動作，直到因壓迫力達到設定而自動停止壓迫，讀取並紀錄機器的壓迫力讀數數值和紀錄磅秤的數值，檢查兩者數值是否一致，再解除壓迫狀態。
- (3) 手動壓迫功能測試：
使用手動壓迫裝置，進行壓迫動作。注意壓迫力讀數顯示，當儀器讀數顯示到達檢查需要的讀值，即停止壓迫動作，讀取並紀錄磅秤的數值，檢查儀器讀數和紀錄磅秤兩者數值是否一致，再解除壓迫狀態。

5. 效能判定準則與修正措施

- (1) 機器的壓迫力讀數數值和紀錄磅秤的數值，兩者數值應一致。踏板及控制開關功能運作正確。
- (5) 最大壓迫力設定必需介於 25 到 45 磅（11.4-20.4 公斤）。
- (6) 若測試結果不符合準則，應聯絡儀器廠商進行維修。

六、乳房攝影單元組件檢查

1. 目的：

確認所有的卡榫、制動裝置、角度指示器、光照度、壓迫板及 X 光管與影像接收裝置支撐物組件之機械支援裝置為正確運作。

2. 頻次：每年

3. 測試所需設備：

- (1) 厚度約為 1 公分之壓克力板 8 片
- (2) 精確度至 1 公釐之直尺
- (3) 光照度計
- (4) 家用體重計

4. 測試步驟：

- (1) 確認整個乳房攝影系統在機械上為穩定的。
- (2) 確認所有可動的部份平穩動作，沒有過度的磨擦，有緩衝器限制其可動的範圍，且在整個動作範圍中沒有任何的阻礙。
- (3) 對所有的卡榫及制動裝置進行測試，確保到位後不再移動。
- (4) 確認影像接收裝置支撐物組件在正常操作下不會搖晃或震動。
- (5) 確認影像接收裝置可被平滑地置入其支撐物組件內的適當位置，且該支撐物組件在任何方向都能安全穩固地托住影像接收裝置。
- (6) 確認設備上顯示之壓迫乳房厚度的準確性在 ± 0.5 公分內且再現性在 ± 0.2 公分內。測試時，厚度範圍涵蓋 1 至 8 公分，壓迫力約 7 至 9 公斤重，使用假體大小應能模擬典型的乳房大小並置於胸壁側。對於不同尺寸的影像接收裝置及其所使用的壓迫板皆須測量。
- (7) 確認壓迫板平行於乳房支撐物表面，且任兩處間之厚度差異小於 1 公分。測試時，使用約 4 公分的壓克力板，約 7 至 9 公斤重的壓迫力，測量壓迫板的四個角落與乳房支撐物表面的距離。若該壓迫板的設計為非平行於乳房支撐物表面，則依廠商規定進行測試。
- (8) 確認在正常操作下病人及操作者皆不會接觸到鋒利或粗糙的邊緣，或受到其它包括電的危害。
- (9) 確認已張貼目前使用的技術參數表並與乳房攝影放射師確認所列內容。
- (10) 確認曝露時操作者有適當的輻射屏蔽保護。
- (11) 確認所有指示燈皆功能正常。
- (12) 確認通過準直儀的光照度在射源至影像接收裝置之最大距離處應不小於 160 勒克斯 (lux)。測試時，使用射源至影像接收裝置之最大距離 (若大於 100 公分則使用 100 公分)，將光照度計平放於乳房支撐物表面測量。
- (13) 使用家用體重計測量壓迫板之最大壓迫力，確認其介於 11.4 至 20.4 公斤重之間。
- (14) 確認自動解除壓迫的功能可以關閉以維持壓迫，且其狀態須連續顯示。

(15) 確認當電源切斷或自動解除壓迫功能失效時，壓迫可以手動方式解除。測試時，可在假體被壓迫狀態下將電源關閉，再使用手動控制解除壓迫。

5. 效能判定準則與修正措施：

具傷害性、無法使用或無法適當操作的項目應請適當的維修人員修復。

七、準直儀狀況評估

1. 目的：

確保輻射照野與光照野一致，輻射照野涵蓋整個影像接收裝置的範圍但不超過邊緣太多，並確保壓迫板於胸壁側邊緣與底片於胸壁側邊緣排列一致。

2. 頻次：每年

3. 測試所需設備：

- (1) 一元硬幣 4 枚及五元硬幣 1 枚
- (2) 裝有底片的小片匣 1 個與大片匣 3 個
- (3) 大小可涵蓋片匣的壓克力（或 BR-12）板，約 2 至 3 公分厚

4. 測試步驟：

- (1) 將一個裝有底片的片匣置入影像接收裝置支撐物。
- (2) 將一個裝有底片的大片匣置於影像接收裝置支撐物之上，確定該片匣至少超過胸壁側約 1 公分。
- (3) 調整準直儀至最大照野。
- (4) 暫時移除壓迫板。
- (5) 開啟照野指示燈光，將 4 個一元硬幣放在光照野內，使每一個硬幣的邊緣與光照野之一邊切齊。置於胸壁側的硬幣移至中央靠右約 5 公分以避開自動曝露控制偵測器。
- (6) 將五元硬幣用膠帶貼在壓迫板下中央靠左約 5 公分處，確定硬幣的邊緣與胸壁側的壓迫板內緣切齊。
- (7) 放回壓迫板並將其調整至乳房支撐平台以上 4.2 公分處。
- (8) 將一片壓克力或 BR-12 板置於壓迫板上，並確認壓克力板涵蓋整個影像接收裝置範圍，使用自動曝露控制曝露。
- (9) 重覆以上步驟於所有平常會使用的準直儀/影像接收裝置/壓迫板組合及靶極材料。當測試大的影像接收裝置時，上方的片匣可斜放或使用兩個片匣置於影像接收裝置支撐物之上。

5. 資料分析與詮釋：

- (1) 由上方的片匣所曝露的底片影像中測量輻射照野(底片上暗的區域)與光照野（由 4 個一元硬幣的外緣定義）四個邊緣的差異。將左右緣差異的絕對值相加，再將前側、胸壁側差異的絕對值相加。將該兩個加總分別除以射源至影像接收裝置距離並乘以 100，記錄為 %SID。
- (2) 將上下方片匣中所曝露的底片重疊，測量輻射照野（上方底片上暗的區域）與影像接收裝置（下方底片邊緣）四個邊緣的差異。重疊底片時可參考影像中硬幣的位置，測量時注意並考慮兩張底片上影像放大率造成的些微差異。若輻射照野超過底片邊緣，則其差異為「+」值，反之則為「-」值，計算每邊的差異至%SID，維持其+或-號。

(3)測量壓迫板邊緣(由五元硬幣的外緣定義)與影像接收裝置(下方底片邊緣)在胸壁側的差異。測量時注意兩張底片上硬幣影像大小不同，以其在下方底片距離為準。

6. 效能判定準則與修正措施：

- (1) 光照野與輻射照野左右的差異加總及前側、胸壁側的差異加總皆須在 2%SID 內。
- (2) 輻射照野於四個邊緣皆不應超過影像接收裝置 2%SID 以上。輻射照野於胸壁側應超過影像接收裝置邊緣。對於另外三個邊緣，若輻射照野落於影像接收裝置內，左右側之容許差異為-2%SID，而前側之容許差異則為-4%SID。
- (3) 壓迫板邊緣於胸壁側應正好超出影像接收裝置邊緣，因此在下方底片中不應看到壓迫板邊緣的影像，且其超過範圍應在 1%SID 之內。
- (4) 若測試結果與以上任何準則不符，應請適當的維修人員儘快修復。

八、假體影像品質評估

1. 目的：

評估乳房攝影影像之品質及其隨時間之改變程度。

2. 頻次：每年

3. 測試所需設備：

(1) 美國放射學院認證之標準乳房假體：

相當於 4.2 公分厚的壓迫乳房組織，含 50%脂肪、50%乳腺成份：如 Radiation Measurements 公司的 RMI 156 乳房攝影假體、Fluke Biomedical (Nuclear Associates) 公司的型號 18-220 乳房攝影假體、Computerized Imaging Reference Systems 的型號 015 乳房攝影假體等。此假體包含直徑為 1.56、1.12、0.89、0.75、0.54 及 0.4 公釐之尼龍纖維，以模擬脂肪組織中之纖維構造；直徑為 0.54、0.4、0.32、0.24、0.16 公釐之氧化鈣微粒，以模擬鈣化點群；以及直徑為 2.00、1.00、0.75、0.50、0.25 公釐之圓球，以模擬腫塊物。

(2) 壓克力圓盤：4 公釐厚，直徑 1 公分

(3) 在常規乳房攝影時會使用之底片及片匣：

使用與平時執行乳房攝影假體影像品質測試相同之片匣

(4) 臨床上使用之看片箱 (含遮罩)

(5) 二倍以上之放大鏡

(6) 光密度計

(7) 接收測試及去年年度測試之假體影像

4. 測試步驟：

(1) 將裝好底片之片匣放入影像接收裝置支撐物內。

(2) 將乳房攝影標準假體放在影像接受裝置支撐物上方，左右置中、邊緣對齊影像接受器裝置的胸壁側。

(3) 將壓克力圓盤放置於假體上第一與第二條模擬纖維下方位置之間。(壓克力圓盤所放置的位置不應擋到假體內各模擬物和自動曝露控制偵測器，且每次圓盤必須擺放在固定的位置上) 。

(4) 裝上壓迫板，並調整壓迫板位置使其輕觸假體上方。(若使用全自動之自動曝露控制時，有些機器可能不做壓迫就無法曝露，此時便需適度壓迫) 。

(5) 將自動曝露控制偵測器之位置調整於假體的正中央，並確認此位置和先前做假體影像品質測試時相同。

(6) 使用臨床上針對 4.2 公分標準乳房厚度所會選用的攝影條件 (包含：靶極/濾片組合、管電壓峰值、鉛柵之大小及有無，和光密度控制設定等) ，並予以曝露。

(7) 記錄下曝露條件，並以臨床上所使用之洗片方式洗片。

(8) 待得到假體影像後，用光密度計測量三個位置之光密度值：假體影像之正中央位置 (背

- 景)、圓盤內、及圓盤外垂直陽極-陰極軸之右或左側光密度值，並記錄背景光密度、圓盤內、外之光密度於表格中 (再由圓盤內、外之光密度進一步計算光密度差值)。
- (9)調整閱片室房間照度於最佳閱片條件，將片子置於一般閱片時的看片箱，適度使用遮罩，配合放大鏡觀察可見的纖維、模擬鈣化點群及模擬腫塊物之數量，並分別計算與記錄其分數。
- (10)若臨床上亦使用其他廠牌型號或不同型號之乳房攝影片，則該底片皆須重覆此測試。

5. 資料分析與詮釋：

為了確保長期評估影像之一致性，應由同一位測試人員，在相同之看片箱與看片條件下，用相同的放大鏡及判分標準來評估：

- (1)由較大之模擬物開始計分，符合下列標準則評為 1 分：

纖維 - 整條纖維完整且位置正確。

模擬鈣化點群 - 可見 4 ~ 6 個鈣化點，且位置正確。

模擬腫塊物 - 可明顯看出其圓形邊緣 (至少四分之三圓周)，且位置正確。

- (2)符合下列標準則評為 0.5 分：

纖維 - 超過半條纖維可見且位置正確。

模擬鈣化點群 - 可見 2 ~ 3 個鈣化點，且位置正確。

模擬腫塊物 - 可看出腫塊物之存在，且位置正確，但其邊緣不明顯。

- (3)若未達 0.5 分之標準，則計為 0 分。

觀察整個背景是否有類似纖維、模擬鈣化點及模擬腫塊物之假影影像存在，若有則扣減該項之分數。

由較大之模擬物開始計分，直到完全看不到模擬物為止，再考量假影扣分後，將各項模擬物之分數分別加總，記錄於表格上。

5. 效能判定準則與修正措施：

- (1)假體影像背景光密度基準值至少為 1.40，且變動範圍應介於 ± 0.20 之間。
- (2)壓克力圓盤內外的光密度差值應至少為 0.40，且於基準值建立後，差值的變動應介於 ± 0.05 之間。
- (3)一旦基準值建立後，使用自動曝露控制所得之管電流時間乘積變動須介於 $\pm 15\%$ 之間。
- (4)假體影像判分結果須至少纖維 4 分、鈣化點群 3 分及腫塊物 3 分，且於每次測試時分數減少不得超過於 0.5。(注意：(i) 若發現到此次測試和前次測試間所觀察之可見模擬物分數有明顯之改變，應將前次測試片取出做比較，以確定影像品質是否確實明顯改變。(ii) 測試結果可和放射師平日所做之假體影像品質測試片比較，同時比較判分標準是否一致，並討論之。)
- (5)若測試結果不符合準則，則應再重覆測試。若重覆測試的結果仍然不符合準則，則須嘗試以其他測試找出問題的根源，並採取修正措施。

九、射束品質的評估（半值層的測量）

1. 目的：

為確保射束的半值層適當而足以減低病人乳房劑量，又不致於過高而降低影像的對比度。

2. 頻次：每年

3. 測試所需設備：

- (1) 游離腔和電量計必須在乳房攝影的 X 光能量範圍內校正（半值層介於 0.2 ~ 0.6 公釐鋁時，儀器的校正因子必須固定在 $\pm 1\%$ 以內）。
- (2) 每片厚度為 0.1 公釐且純度為 99.9% 的鋁片（型號 1145 鋁合金），或純度為 99% 的鋁片（型號 1100 鋁合金），共六片。每片鋁片的長與寬，須足以涵蓋整個游離腔。每片鋁片的厚度之準確度須在 $\pm 1\%$ 以內。（注意：使用型號 1100 鋁合金測量半值層，半值層的厚度至多會被低估 7.5%，因此需將結果修正成型號 1145 鋁合金的測量結果。）

4. 測試步驟：

- (1) 將乳房壓迫板升到最靠近 X 光管的位置。
- (2) 將游離腔放在距影像接收裝置支撐物 4.5 公分高，左右置中且沿著影像接收裝置的胸壁側邊緣向內延伸 4 公分，並確認整個游離腔在輻射照野內。
- (3) 選擇臨床上最常使用的管電壓峰值，並記錄在表格上。
- (4) 在手動模式下，將曝露時間調整至足以量到 500 毫侖琴（mR）的曝露量，並記錄管電流和曝露時間（或管電流時間乘積）。
- (5) 將射束的照野儘量縮小至恰足以涵蓋整個游離腔之大小（以減低回散射輻射的影響）。
- (6) 當 X 光管與游離腔之間沒有任何鋁片時，曝露一次並記錄讀值。
- (7) 在 X 光管與游離腔之間的壓迫板上方，放入 0.2 公釐的鋁片，並開啟照野指示燈光以確定鋁片遮住游離腔。曝露一次並記錄讀值。
- (8) 重覆步驟(7)且每次增加 0.1 公釐的鋁片，記錄游離腔的讀值，直到讀值小於原始讀值（X 光管與游離腔之間沒有任何鋁片時的讀值）的一半。
- (9) 移開壓迫板上所有的鋁片，曝露一次並記錄讀值。若此次的讀值與步驟(6)的讀值差異 2% 以上，則需重覆所有的測量程序。
- (10) 針對其他臨床使用的管電壓峰值及靶極/濾片組合，由最低到最高管電壓峰值，重覆上述步驟(4)至(9)。

5. 資料分析與詮釋：

根據下列的程序，使用對數內插的方法計算半值層。 E_0 代表未加鋁片時的直接讀值， $E_0/2$ 代表直接讀值的一半，找出曝露值介於 $E_0/2$ 的兩次測量，使 E_a 代表略大於 $E_0/2$ 的曝

露值，而 t_a 代表相對應的鋁片厚度，使 E_b 代表略小於 $E_0/2$ 的曝露值，而 t_b 代表相對應的鋁片厚度。半值層的計算如下：

$$\text{HVL} = \frac{t_b \cdot \ln\left(\frac{E_a}{E_0/2}\right) - t_a \cdot \ln\left(\frac{E_b}{E_0/2}\right)}{\ln\left(\frac{E_a}{E_b}\right)},$$

此半值層的單位和 t_a 和 t_b 相同，即公釐鋁。

6. 效能判定準則與修正措施：

(1) 半值層的下限值：

(i) 有壓迫板時：

在所指定的乳房攝影的管電壓範圍內（低於 50 kVp），且壓迫板存在時，所測量的半值層需大於或等於下列的值：

$$\text{HVL} \geq \frac{\text{kVp}}{100} + 0.03 \text{ (mmAl)}。$$

(ii) 沒有壓迫板時：

若測量半值層時沒有壓迫板在照野內，則是模擬沒有使用壓迫板的乳房攝影程序（如穿刺針的定位），此時的半值層須符合：

$$\text{HVL} \geq \frac{\text{kVp}}{100} \text{ (mmAl)}。$$

(iii) 若測試結果不符合準則，必須找到問題的根源，並採取修正措施。

(2) 半值層的上限值：

(i) 若乳房攝影機的半值層過高時，會降低物體對比與影像對比。建議半值層應符合：

$$\text{HVL} \leq \frac{\text{kVp}}{100} + C \text{ (mmAl)},$$

對於鈿/鈿組合， $C = 0.12$ 公釐鋁；對於鈿/銻組合， $C = 0.19$ 公釐鋁；對於銻/銻組合， $C = 0.22$ 公釐鋁；對於鎢/銻組合， $C = 0.30$ 公釐鋁。（注意：這些半值層上限是基於鈿濾片為等於或小於 30 微米，或銻濾片為等於或小於 25 微米。）

(ii) 若半值層超過上限值，建議聯絡維修人員，檢查 X 光管的鈹窗是否適當及鏡子與濾片是否安裝正確。

十、乳房入射曝露、自動曝露控制的再現性、平均乳腺劑量和輻射輸出

1. 目的：

針對標準乳房（約 4.2 公分的壓迫乳房厚度，含 50%脂肪、50%乳腺成份）測量具有代表性的入射曝露，以計算平均乳腺劑量、評估自動曝露控制的再現性、和測量空氣克馬率。

2. 頻次：每年

3. 測試所需設備：

- (1) 游離腔和電量計必須在乳房攝影的 X 光能量範圍內校正（半值層介於 0.2 ~ 0.6 公釐鋁時，儀器的校正因子必須固定在 $\pm 1\%$ 以內）。電量計應能夠測量曝露時間，才能決定輻射輸出率，若電量計無此功能，則另外還需可測量曝露時間的儀器。
- (2) 美國放射學院認證之標準乳房假體：
相當於 4.2 公分厚的壓迫乳房組織，含 50%脂肪、50%乳腺成份，如 Radiation Measurements 公司的 RMI 156 乳房攝影假體、Fluke Biomedical（Nuclear Associates）公司的型號 18-220 乳房攝影假體、Computerized Imaging Reference Systems 的型號 015 乳房攝影假體等。
- (3) 厚度為 2 公分的壓克力或 BR-12 假體 4 片，可以組成 2、4、6 和 8 公分的厚度，以測量不同厚度的乳房劑量。（選擇性使用）
- (4) 裝有底片的片匣（無需洗片）。

4. 測試步驟：

乳房入射曝露、自動曝露控制的再現性、平均乳腺劑量

- (1) 將乳房攝影系統調整至最常使用的攝影模式（例如：使用鉛柵和 18x24 公分的影像接收裝置），此步驟包含該攝影模式下使用適當照野和影像接收裝置，並記錄測試的條件。
- (2) 若射源至影像接收裝置的距離是可調整的，將其設定在最常使用的距離並記錄之，此外仍須記錄射源至游離腔的距離和射源至移動式鉛柵表面的距離。（若必要時，可依據這些數值和平方反比定律，修正曝露量。）
- (3) 將片匣放入影像接收裝置支撐物內。
- (4) 選擇自動曝露控制模式，並調整為針對標準乳房最常使用的光密度控制設定，再將乳房攝影標準假體放在影像接收裝置支撐物上方，左右置中且邊緣對齊影像接收器裝置的胸壁側。將自動曝露控制偵測器移至假體的中央，並確定假體完全覆蓋整個偵測器。
- (5) 將游離腔放在乳房攝影標準假體旁、影像接收裝置的胸壁側邊緣向內 4 公分處，並將游離腔入射表面與假體上方表面對齊。確定游離腔在輻射照野內，並且不會遮住下方的自動曝露控制偵測器。
- (6) 固定游離腔的位置，以確保在下列的測量步驟中不會改變游離腔的位置。注意：輻射照野內的 X 光強度會沿著陽極至陰極有顯著的變化，因此在測量時必須固定游離腔的位

- 置。當測量結果與之前的結果比較時，必須確保每次測量時游離腔都在相同的位置。
- (7) 將壓迫板降下，使其輕觸假體和游離腔的上方。
 - (8) 選擇臨床上最常使用的管電壓峰值及靶極/濾片組合，記錄在表格上，另外填入該曝露條件下的半值層（射束品質評估測試中的測量結果）。
 - (9) 曝露一次，並記錄曝露值與所顯示的管電流時間乘積（或曝露時間）。
 - (10) 將步驟(9)再重覆三次，共獲得四次之結果，並將之記錄在表格中，每次曝露時無需更換片匣內的底片。
 - (11) 若有必要時，可針對其他厚度的假體，依據技術參數表選擇適當的管電壓峰值、靶極/濾片組合、和光密度控制設定等，並確認已知所選用的管電壓峰值、靶極/濾片組合下的半值層，重覆步驟(4)至(9)。另外，亦可在這些條件下，重覆步驟(10)以評估其再現性。

輻射輸出率

- (1) 在手動模式下，使用 18x24 公分的影像接收裝置，選擇鉬/鉬的組合，管電壓峰值設定在 28 kVp，曝露時間之設定須至少可持續 3 秒以上，記錄所有條件。
- (2) 移開假體，將游離腔放在影像接收裝置支撐物上方 4.5 公分高，左右置中且沿著影像接收裝置的胸壁側邊緣向內 4 公分處。確定整個游離腔在輻射照野內，並將壓迫板降下輕觸游離腔的上表面。
- (3) 固定游離腔的位置，以確保在下列的測量步驟中不會改變游離腔的位置。
- (4) 曝露一次，並記錄曝露值與曝露時間（或直接讀取曝露率）。
- (5) 針對臨床上使用的其他射源至影像接收裝置距離，重覆步驟(1)至(4)。
- (6) 結束此部分的測試之前，應確定片匣內的底片已更新。

5. 資料分析與詮釋：

- (1) 分別計算每個條件下所測量到的四次曝露值和管電流時間乘積（或曝露時間）之平均值、標準差及變異係數（標準差除以平均值），以評估自動曝露控制的再現性。
- (2) 以每組的曝露平均值計算平均乳腺劑量，步驟如下：
 - (i) 依據游離腔的能量修正因子和平方反比修正因子，修正平均曝露值，以得到乳房入射曝露。
 - (ii) 依據臨床使用的靶極/濾片組合，選擇查表一、二或三。
 - (iii) 在表一、二或三的左欄找到該測量條件的半值層，並在最上列找到合適的管電壓峰值設定，查出此時的平均乳腺劑量轉換因子（ D_{gN} ，單位：毫雷得/侖琴），並將平均入射曝露值（ X_{ESE} ，單位：侖琴）乘上此劑量轉換因子，即可得到平均乳腺劑量（AGD，單位：毫雷得）。公式如下：

$$AGD = X_{ESE} \cdot D_{gN}。$$

（注意：因為劑量轉換因子和平均乳腺劑量會隨著不同乳房厚度而改變，因此表一、二和三僅適用於 4.2 公分壓迫乳房厚度。）

- (3) 對於輻射輸出率的評估，將測量到的曝露值除以曝露時間，即可計算其曝露率。若要計算空氣克馬率，只要將曝露率乘上 0.00873 毫格雷/毫侖琴的轉換因子即可，公式如下：

$$\text{空氣克馬率 (毫格雷/秒)} = \text{曝露率 (毫侖琴/秒)} \times 0.00873 \text{ (毫格雷/毫侖琴)}。$$

6. 效能判定準則與修正措施：

- (1) 於自動曝露控制的再現性評估中，曝露值和管電流時間乘積的變異係數應不大於 0.05，若超過此值，建議聯絡維修人員。
- (2) 針對臨床上使用的曝露條件來曝露 4.2 公分的標準乳房假體時，每次攝影的平均乳腺劑量不可超過 3 毫格雷，即 300 毫雷得，若測試結果不符合準則，必須找到劑量過高的根源，並採取修正措施。
- (3) 當使用鉬/鉬組合、管電壓峰值為 28 kVp 並持續 3 秒以上的輻射輸出時，針對各種臨床使用的射源至影像接收裝置距離之空氣克馬率應至少 7.0 毫格雷/秒 (800 毫侖琴/秒)，若測量出的輻射輸出小於此限值，建議聯絡維修人員檢查機器。

表一、針對 4.2 公分的乳房厚度（50%脂肪、50%乳腺成份的乳房組織），使用鉬/鉬的靶極/濾片組合的劑量轉換因子（ D_{gN} ，單位：毫雷得/侖琴）

HVL	X 光管電壓峰值 (kVp)											
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
0.23	116											
0.24	121	124										
0.25	126	129	131									
0.26	130	133	135	138								
0.27	135	138	140	142	143							
0.28	140	142	144	146	147	149						
0.29	144	146	148	150	151	153	154					
0.30	149	151	153	155	156	157	158	159				
0.31	154	156	157	159	160	161	162	163	164			
0.32	158	160	162	163	164	166	167	168	168	170	171	
0.33	163	165	166	168	169	170	171	173	173	174	175	
0.34	168	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	
0.35		174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	
0.36			179	181	182	183	184	185	185	186	187	
0.37				185	186	187	188	189	190	191	191	
0.38					190	191	192	193	194	195	195	
0.39						196	197	198	198	199	200	
0.40							201	202	203	204	204	
0.41								206	207	208	208	
0.42									211	212	212	
0.43										215	216	
0.44											220	
0.45												

節錄自：

Wu X. Breast dosimetry in screen-film mammography. In: Barnes GT, Frey GD (eds), Screen Film Mammography: Imaging Considerations and Medical Physics Responsibilities. Madison, Wis: Medical Physics Publishing;1991;159-175.

表二、針對 4.2 公分的乳房厚度（50%脂肪、50%乳腺成份的乳房組織），使用鉬/銠的靶極/濾片組合的劑量轉換因子（ D_{gN} ，單位：毫雷得/侖琴）

X 光管電壓峰值 (kVp)											
HVL	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
0.28	149	151	154								
0.29	154	156	158	159							
0.30	158	160	162	162	162	163					
0.31	163	164	166	166	166	167	167				
0.32	167	169	171	171	171	171	172	172			
0.33	171	173	175	176	176	176	176	177			
0.34	176	178	179	179	180	180	180	181	181		
0.35	180	181	183	183	184	185	185	186	187		
0.36	185	186	187	187	188	188	189	190	191	191	
0.37	189	190	191	191	192	193	193	194	195	195	
0.38	193	194	196	196	197	197	197	198	199	199	200
0.39	198	199	200	200	201	201	202	202	203	203	204
0.40	202	203	204	204	205	205	206	207	208	208	208
0.41	206	207	208	208	209	209	210	211	212	212	212
0.42	211	211	212	212	213	213	214	215	216	216	217
0.43	215	216	217	217	218	218	219	219	220	220	221
0.44	220	220	221	221	222	222	223	223	224	224	225
0.45	224	224	225	225	226	226	227	227	228	228	229
0.46		228	229	229	230	231	231	232	233	233	234
0.47			233	233	234	235	235	236	237	237	238
0.48			238	238	239	240	240	241	241	242	242
0.49				242	243	243	244	244	245	245	246
0.50					247	247	248	248	249	250	251
0.51						251	252	253	254	254	255
0.52							257	257	258	258	259
0.53							261	261	262	263	264
0.54								265	266	267	268
0.55								269	270	271	272
0.56									275	276	276
0.57									279	280	281
0.58										284	285
0.59										288	289
0.60											293

節錄自：Wu X, Gingold EL, Barnes GT, Tucker DM. Normalized average glandular dose in Mo/Rh and Rh/Rh target-filter mammography. Radiology. 1994;193:83-89.

表三、針對 4.2 公分的乳房厚度（50%脂肪、50%乳腺成份的乳房組織），使用鉑/鉑的靶極濾片組合的劑量轉換因子（ D_{gN} ，單位：毫雷得/侖琴）

X 光管電壓峰值 (kVp)											
HVL	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
0.28	150	155	159								
0.29	155	160	164	168							
0.30	160	164	168	172	176						
0.31	165	168	172	174	180	182					
0.32	169	173	177	181	184	186	188				
0.33	174	178	181	185	188	190	192				
0.34	179	183	186	190	193	195	196	199			
0.35	184	187	190	194	197	199	201	203			
0.36	189	192	195	198	201	204	205	207	209		
0.37	193	196	199	202	205	207	209	211	213		
0.38	198	201	204	207	209	211	213	215	217	219	221
0.39	203	206	208	211	214	216	217	219	221	223	224
0.40	208	211	213	216	218	220	221	223	224	226	228
0.41	213	215	217	220	222	224	225	227	228	230	232
0.42	218	220	222	224	226	228	229	231	232	234	236
0.43	222	224	226	228	230	232	233	235	236	238	240
0.44	227	229	231	233	235	237	238	239	240	242	243
0.45	232	234	235	237	239	241	242	243	244	246	247
0.46			239	241	243	245	246	247	248	250	251
0.47					247	249	250	251	252	254	255
0.48					251	253	254	255	256	258	259
0.49						257	258	259	260	261	262
0.50						261	262	263	264	265	266
0.51							266	267	268	269	270
0.52							270	271	272	273	274
0.53							275	276	276	277	278
0.54								279	280	280	281
0.55								283	284	284	285
0.56									288	288	289
0.57										292	293
0.58										296	297
0.59											300
0.60											304

節錄自：Wu X, Gingold EL, Barnes GT, Tucker DM. Normalized average glandular dose in Mo/Rh and Rh/Rh target-filter mammography. Radiology. 1994;193:83-89.