

行政院國家科學委員會補助  
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

\* \*\*\*\*\*  
\* 計 畫  
\* : 牙 X 光電腦斷層與一般電腦斷層齒顛掃描  
\* 名 稱  
\* \*\*\*\*\*

執行計畫學生： 藍睿榆  
學生計畫編號： NSC 100-2815-C-040-037-B  
研究期間： 100 年 07 月 01 日至 101 年 02 月 28 日止，計 8 個月  
指導教授： 陳拓榮

處理方式： 本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1 年後可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學醫學影像暨放射科學系

中華民國 101 年 03 月 21 日

## 牙 X 光電腦斷層與一般電腦斷層齒顛掃描

### 前言：

牙 X 光電腦斷層使用 Cone beam X 光搭配影像接收板，經電腦後處理可重組齒顛立體或橫切面影像(Gahleitner 2003)，協助植牙、根管治療、牙周病等的術前評估，只是此項檢查在台灣須自費，無法以健保支付。所以部份齒顛相關疾病或矯正等術前檢查，則轉單到可申請健保給付的一般電腦斷層頭部掃描。一般頭部齒顛部位的電腦斷層掃描，一樣可呈現高品質的立體及橫切面影像。這二種掃描，皆足以提供牙醫師術前的影像評估，但二者隱藏的有效劑量則少有實驗比較評估，本實驗即以臨床攝影條件掃描類真人假體，模擬評估成人的有效劑量。

### 材料與方法：

#### 一、假體：

使用侖道男性(Rando-man)假體，模擬身高 175 cm，體重 73.5 kg 的成年人，假體共分割成 35 層，每層 2.5 cm，將熱發光劑量計或其它小型偵檢器安置於已挖好的孔洞，則可評估該位置點的吸收劑量。

#### 二、熱發光劑量計：

1. 材質：採用原子序接近人類組織的 LiF(Cu, Mg, P)熱發光劑量計(TLD, 型號 GR-200A)，安置佈點於 ICRP 報告建議俱組織加權因數的器官，經掃描度量評估各器官的吸收劑量及全身的有效劑量。
2. 計讀儀：掃描後的 TLD，以熱發光計讀儀(TLD reader, 型號: Harshaw 3500)計讀經加熱發光轉換的電量值。
3. 校正：本實驗的熱發光劑量計，皆經三次 117 kVp 的 X 光曝射(Philips X-ray tube, 型號: RO 1750, Tube housing assembly inherent filtration 2.5mmAl)，然後±5%劑量誤差篩選與校正，每顆 TLD 有獨立的電量轉換吸收劑量因數。曝射的 X 光劑量，以 Barracuda MDP 偵檢器度量確認(2010 年核能研究所校正)，此固態偵檢器之偵測區大小(3×3 mm<sup>2</sup>)，可模擬實劑 TLD 大小(直徑 4.5 mm)。Barracuda MPD 偵檢器組如圖一。



圖一 Barracuda MPD 偵檢器，紅色盒為 RTI electronics AB meter，以 PDA 顯示。

4. 器官佈點：主要依 ICRP 103 號報告組織加權因數權重、器官大小、掃描範圍、和 Rando 假體結構佈點。ICRP 103 號報告組織加權因數權重如表一。

表一 ICRP 103 recommended tissue weighting factors (P65)

Tissue	$w_T$	$\Sigma w_T$
Bone-marrow (red), Colon, Lung, Stomach, Breast, Remainder tissues*	0.12	0.72
Gonads	0.08	0.08
Bladder, Oesophagus, Liver, Thyroid	0.04	0.16
Bone surface, Brain, Salivary glands, Skin	0.01	0.04
Total		1.00

\* Remainder tissues: Adrenals, Extrathoracic (ET) region, Gall bladder, Heart, Kidneys, Lymphatic nodes, Muscle, Oral mucosa, Pancreas, Prostate(♂), Small intestine, Spleen, Thymus, Uterus/cervix (♀).

表 1.1(補充) ICRP 60 recommended tissue weighting factors (P86)

Tissue	$w_T$	$\Sigma w_T$
Bone-marrow (red), Colon, Lung, Stomach	0.12	0.48
Gonads	0.20	0.20
Bladder, Oesophagus, Liver, Thyroid, Breast, Remainder*	0.05	0.30
Bone surface, Skin	0.01	0.02
Total		1.00

\* Remainder tissues: Adrenals, brain, upper large intestine, small intestine,

kidney, muscle, pancreas, spleen, thymus and uterus.

(1) Bone-marrow (red)佈點評估：

依各骨頭中紅骨髓的質量 (Russel, 1966) 比例加權，總合 0.12 (ICRP60 與 103 號報告相同)，詳如表二。

表二 成人各類骨頭內含紅骨髓質量、比例與組織加權因數建議

Bone 類別	Red bone marrow (g)	質量比例	w <sub>T</sub>
Cranium	124.3	11.9%	0.0143
Mandible	12.3	1.2%	0.0014
Humerus	20.0	1.9%	0.0023
Scapulae	50.5	4.8%	0.0058
Clavicles	16.2	1.5%	0.0019
Sternum	23.4	2.2%	0.0027
Rib	82.6	7.9%	0.0095
Vertebrae (cervical)	35.8	3.4%	0.0041
Vertebrae (thoracic)	147.9	14.1%	0.0170
Vertebrae (lumbar)	114.1	10.9%	0.0131
Sacrum	145.6	13.9%	0.0167
os Coxae	233.0	22.3%	0.0267
Femoral head and neck	40.0	3.8%	0.0046
Sum	1045.7	100.0%	0.1200

但因 Rando 假體是一無手臂部份大腿的擬人假體，並無 Humerus 的位置可供 TLD 佈點。所以將其 1.9% 的比例，依比例分給其它 12 種骨頭；另外將骨表面的加權因數 0.01，平均分給此 12 種骨頭。12 種骨頭的紅骨髓、骨表面及二者合計的組織加權因數，如表三。

表三 12 種骨頭的紅骨髓、骨表面及二者合計的組織加權因數

Bone 類別	Red bone marrow	Bone surface	Weighting factor
Cranium	0.0146	0.0008	0.0154
Mandible	0.0014	0.0008	0.0023
Scapulae	0.0059	0.0008	0.0067
Clavicles	0.0019	0.0008	0.0028
Sternum	0.0028	0.0008	0.0036
Rib	0.0097	0.0008	0.0105
Vertebrae (cervical)	0.0042	0.0008	0.0050
Vertebrae (thoracic)	0.0173	0.0008	0.0182
Vertebrae (lumbar)	0.0133	0.0008	0.0142
Sacrum	0.0170	0.0008	0.0178
os Coxae	0.0272	0.0008	0.0280
Femoral head and neck	0.0047	0.0008	0.0055
Sum	0.1200	0.0100	0.1300

(2) Remainder tissues 佈點評估：

ICRP 103 號報告之 Remainder tissues，男性與女性各有 13 種組織，Adrenals, Extrathoracic (ET) region, Gall bladder, Heart, Kidneys, Lymphatic nodes, Muscle, Oral mucosa, Pancreas, Prostate(♂), Small intestine, Spleen, Thymus, Uterus/cervix (♀). 其中 Lymphatic nodes 與 Muscle 遍佈全身，以全身各組織平均的吸收劑量代表之。

三、牙科電腦斷層：

使用 Imaging Sciences 公司的 i-CAT Dental computed tomography (如圖二)，以常規 120 kVp，23.87 mAs(濾片 3.0 mmAl，FOV 13 cm，掃描已 TLD 佈點的 Rando-man，掃描之實驗情景如圖三。



圖二 i-CAT Dental CT(Computer Tomography)儀器。



圖三 以 i-CAT 牙電腦斷層掃描 Rando-man 的實驗圖

四、一般電腦斷層：（如圖四）

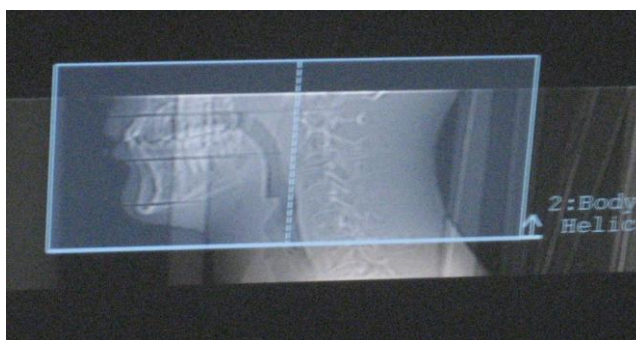


圖三 飛利浦 Philips Brilliance 40 Slice CT 儀器

掃描條件：

1. 齒顛部位（從鼻腔下緣到喉節上方 Scan length = 11 cm）
2. 掃描部位：管電壓：120 kVp
3. Scan time = 4.97 s
4.  $CTDI_{vol}=17.5$  mGy
5.  $DLP=250.7$  mGy $\times$ cm
6. Pitch=0.576
7. Rotation time=0.5 s/slice
8. 250 mAs/slice
9. CT scan 的 Topo 條件：
  - (1) 120 kV/30 mAs，Scan time = 1.1 s。原設定為 Neck scan

10.5 cm，改成 11 cm，並上移 Scan 範圍，使涵蓋整個口腔。如圖四。



圖四 CT scan 的定位影像 - Topo 照射

(2)掃 CT 前(旋轉 X 光管，接收各角度穿透 X 光強弱，換算重組 CT 影像)，一般需照射 1~2 張側面圖(稱為 Topo，或 Scanogram，或 Scoutview)，以確定掃描範圍。本實驗亦掃描 Topo 影像(一張)，其造成的 absorbed dose 亦被 TLD 記錄。

## 結果：

使用 Rando phantom 模擬人體，內置約 188 顆熱發光劑量計(TLD，型號 GR-200A)於各組織加權因數器官，以評估 X 光掃描的輻射吸收劑量。分別採用牙科之電腦斷層(Imaging Sciences 的 i-CAT)，120 kVp，掃描厚度 13 公分；一般臨床電腦斷層(Philips 的 Brilliance 40-slice)，120 kVp，CTDI<sub>vol</sub>=17.5 mGy，掃描厚度 11 公分。分別以 ICRP 60 及 103 號報告的組織加權因數進行有效劑量評估。另外定義「齒槽區掃描範圍」涵蓋的器官為：唾腺、下頷骨、前鼻腔及咽喉、淋巴腺、頸椎。

牙 CT 與一般 CT，TLD 實驗計讀之各器官平均吸收劑量，與有效劑量計算如表四、五二。表中 Tissue 之順序，依組織的加權因數(ICRP 103 報告)由上往下表列，但各骨頭(紅骨髓與骨表面)及其它(remainder)列於表格最後。

表四 牙科 CT 掃描，各組織器官分類、平均吸收劑量、等價劑量與有效劑量

Dental CT 實驗		實驗值	ICRP 60	ICRP 103	ICRP 60	ICRP 103	
Tissue	組織(佈點數)	劑量 (mGy)	w <sub>T</sub>	w <sub>T</sub>	ED (mSv)	ED (mSv)	
Lung	肺(19)	0.027	0.120	0.120	0.003	0.003	
Stomach	胃(8)	0.004	0.120	0.120	0.000	0.000	
Colon	結腸(8)	0.002	0.120	0.120	0.000	0.000	
Breast	乳房(4)	0.012	0.050	0.120	0.001	0.001	
Gonads	性腺(4)	0.001	0.200	0.080	0.000	0.000	
Thyroid	甲狀腺(4)	0.500	0.050	0.040	0.025	0.020	
Oesophagus	食道(7)	0.375	0.050	0.040	0.019	0.015	
Liver	肝(8)	0.004	0.050	0.040	0.000	0.000	
Bladder	膀胱(4)	0.002	0.050	0.040	0.000	0.000	
Salivary glands	唾腺(6)	1.655	N/A	0.010	N/A	0.017	
Brain	大腦(15)	0.633	0.025	0.010	0.016	0.006	
Skin	皮膚(6)	0.333	0.010	0.010	0.003	0.003	
Bone-marrow (red)	髖骨(5)	0.001	0.028	0.028	0.000	0.000	
	胸椎(5)	0.027	0.018	0.018	0.000	0.000	
	薦椎(1)	0.001	0.018	0.018	0.000	0.000	
	頭蓋骨(5)	0.314	0.015	0.015	0.005	0.005	
	腰椎(3)	0.002	0.014	0.014	0.000	0.000	
	Bone surface	肋骨(5)	0.026	0.011	0.011	0.000	0.000
		肩胛骨(4)	0.029	0.007	0.007	0.000	0.000
		股骨(2)	0.001	0.006	0.006	0.000	0.000
		頸椎(4)	0.363	0.005	0.005	0.002	0.002
		胸骨(2)	0.068	0.004	0.004	0.000	0.000
		鎖骨(2)	0.057	0.003	0.003	0.000	0.000
下頷骨(11)		1.739	0.002	0.002	0.004	0.004	
Remainder	前鼻腔及咽喉(5)	1.210	N/A	0.009	N/A	0.011	
	口腔黏膜(-)	1.655	N/A	0.009	N/A	0.015	
	淋巴結(mean)	0.219	N/A	0.009	N/A	0.002	
	心臟(4)	0.015	N/A	0.009	N/A	0.000	
	膽囊(2)	0.003	N/A	0.009	N/A	0.000	
	前列腺(1)	0.001	N/A	0.009	N/A	0.000	
	肌肉(mean)	0.219	0.004	0.009	0.001	0.002	
	胸腺(5)	0.026	0.004	0.009	0.000	0.000	
	胰腺(3)	0.004	0.004	0.009	0.000	0.000	
	脾臟(4)	0.003	0.004	0.009	0.000	0.000	
	腎上腺(2)	0.002	0.004	0.009	0.000	0.000	
	腎(6)	0.002	0.004	0.009	0.000	0.000	
	小腸壁(5)	0.002	0.004	0.009	0.000	0.000	
Total	合計		1.000	1.000	0.081	0.110	

(註) N/A 表 not available, 即 ICRP 無此建議值



表五 一般CT齒顛區掃描，各組織器官分類、平均吸收劑量、等價劑量與有效劑量

Tissue	MDCT 實驗 組織(佈點數)	實驗值 劑量 (mGy)	ICRP 60 ICRP 103		ICRP 60 ICRP 103		
			w <sub>T</sub>	w <sub>T</sub>	ED (mSv)	ED (mSv)	
Lung	肺(19)	1.30	0.120	0.120	0.156	0.156	
Stomach	胃(8)	0.15	0.120	0.120	0.018	0.018	
Colon	結腸(8)	0.05	0.120	0.120	0.006	0.006	
Breast	乳房(4)	0.44	0.050	0.120	0.022	0.052	
Gonads	性腺(4)	0.01	0.200	0.080	0.002	0.001	
Thyroid	甲狀腺(4)	11.58	0.050	0.040	0.579	0.463	
Oesophagus	食道(7)	11.05	0.050	0.040	0.553	0.442	
Liver	肝(8)	0.16	0.050	0.040	0.008	0.007	
Bladder	膀胱(4)	0.02	0.050	0.040	0.001	0.001	
Salivary glands	唾腺(6)	27.06	N/A	0.010	N/A	0.271	
Brain	大腦(15)	7.01	0.025	0.010	0.175	0.070	
Skin	皮膚(6)	3.59	0.010	0.010	0.036	0.036	
Bone-marrow (red)	髖骨(5)	0.03	0.028	0.028	0.001	0.001	
	胸椎(5)	1.67	0.018	0.018	0.030	0.030	
	薦椎(1)	0.01	0.018	0.018	0.000	0.000	
	頭蓋骨(5)	3.43	0.015	0.015	0.053	0.053	
	腰椎(3)	0.07	0.014	0.014	0.001	0.001	
	Bone surface	肋骨(5)	1.40	0.011	0.011	0.015	0.015
		肩胛骨(4)	1.47	0.007	0.007	0.010	0.010
		股骨(2)	0.02	0.006	0.006	0.000	0.000
頸椎(4)		5.98	0.005	0.005	0.030	0.030	
胸骨(2)		2.42	0.004	0.004	0.009	0.009	
鎖骨(2)		2.71	0.003	0.003	0.007	0.007	
	下頷骨(11)	23.29	0.002	0.002	0.053	0.053	
Remainder	前鼻腔及咽喉(5)	23.97	N/A	0.009	N/A	0.221	
	口腔黏膜(-)	27.06	N/A	0.009	N/A	0.250	
	淋巴結(mean)	4.45	N/A	0.009	N/A	0.041	
	心臟(4)	0.66	N/A	0.009	N/A	0.006	
	膽囊(2)	0.07	N/A	0.009	N/A	0.001	
	前列腺(1)	0.01	N/A	0.009	N/A	0.000	
	肌肉(mean)	4.45	0.004	0.009	0.016	0.041	
	胸腺(5)	0.99	0.004	0.009	0.004	0.009	
	胰腺(3)	0.14	0.004	0.009	0.001	0.001	
	脾臟(4)	0.13	0.004	0.009	0.000	0.001	
	腎上腺(2)	0.12	0.004	0.009	0.000	0.001	
	腎(6)	0.07	0.004	0.009	0.000	0.001	
	小腸壁(5)	0.05	0.004	0.009	0.000	0.000	
<b>Total</b>	<b>合計</b>		<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.787</b>	<b>2.306</b>	

## 分析與討論：

針對全口齒槽區的 X 光掃描，牙科 I-CAT 電腦斷層造成的有效劑量為 0.110 mSv (ICRP 103)與 0.081 mSv (ICRP 60)；一般 Philips CT 造成的有效劑量為 2.31 mSv (ICRP 103)與 1.79 mSv (ICRP 60)。牙科 CT 造成的有效劑量僅是一般 Philips MDCT 的 4.5%(ICRP 60)及 4.8% (ICRP 103)。將紅骨髓、骨表面、其它(Remainder)分別加總，並將表四、五的結果合併比較，整理如表六。

表六 牙 CT 與 MDCT 齒顛區掃描，各組織器官有效劑量貢獻值，依 ICRP 103 號之加權因數排序

Tissue	Weighting factor		Dental CT		MDCT	
	ICRP 60	103	ICRP 60	103	ICRP 60	103
	$w_T$	$w_T$	ED (mSv)	ED (mSv)	ED (mSv)	ED (mSv)
Lung	0.12	0.12	0.003	0.003	0.16	0.16
Stomach	0.12	0.12	0.000	0.000	0.02	0.02
Colon	0.12	0.12	0.000	0.000	0.01	0.01
Breast	0.05	0.12	0.001	0.001	0.02	0.05
Bone-marrow (red)	0.12	0.12	0.010	0.010	0.17	0.17
Remainder	0.03	0.12	0.001	0.031	0.02	0.57
Gonads	0.20	0.08	0.000	0.000	0.00	0.00
Thyroid	0.05	0.04	0.025	0.020	0.58	0.46
Oesophagus	0.05	0.04	0.019	0.015	0.55	0.44
Liver	0.05	0.04	0.000	0.000	0.01	0.01
Bladder	0.05	0.04	0.000	0.000	0.00	0.00
Salivary glands	N/A	0.01	N/A	0.017	N/A	0.27
Brain	0.03	0.01	0.016	0.006	0.18	0.07
Skin	0.01	0.01	0.003	0.003	0.04	0.04
Bone surface	0.01	0.01	0.002	0.002	0.04	0.04
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.081</b>	<b>0.110</b>	<b>1.79</b>	<b>2.31</b>

從上表知使用 ICRP 60 評估齒顛部位電腦斷層掃描造成的有效劑量，將較使用 ICRP 103 報告低估 23% (MDCT)與 26% (Dental CT)。而各組織器官有效劑量貢獻值，與 ICRP 60 與 103 號加權因數大小成正比，除了 Remainder 與 Salivary glands。這是因為我們計算：(1)Remainder 中的 Extrathoracic (ET) region, Heart, Lymphatic nodes, Gal bladder, Oral mucosa, Prostate(♂)。 (2)Salivary glands 以上這七個組織，在 ICRP 60 號報告是沒有給建議值的，而 ICRP 103 則給建議值。在口腔齒顛的 X 光掃描，上述的七個組織中 Extrathoracic region, Oral mucosa, 與 Salivary glands 位於主射束範圍內，所以造成二種報告的有效貢獻值相差值，與

加權因數不成比例。詳細對照比較表，如表七。

表七 牙 CT 與 MDCT 齒顛區掃描，詳細各骨頭與其它(Remainder)組織有效劑量貢獻值比較表

Tissue	Weighting factor		Dental CT		MDCT	
	ICRP 60	103	ICRP 60	103	ICRP 60	103
	$w_T$	$w_T$	ED (mSv)	ED (mSv)	ED (mSv)	ED (mSv)
Lung	0.12	0.12	0.003	0.003	0.16	0.16
Stomach	0.12	0.12	0.000	0.000	0.02	0.02
Colon	0.12	0.12	0.000	0.000	0.01	0.01
Breast	0.05	0.12	0.001	0.001	0.02	0.05
Gonads	0.20	0.08	0.000	0.000	0.00	0.00
Thyroid	0.05	0.04	0.025	0.020	0.58	0.46
Oesophagus	0.05	0.04	0.019	0.015	0.55	0.44
Liver	0.05	0.04	0.000	0.000	0.01	0.01
Bladder	0.05	0.04	0.000	0.000	0.00	0.00
Salivary glands	N/A	0.01	N/A	0.017	N/A	0.27
Brain	0.03	0.01	0.016	0.006	0.18	0.07
Skin	0.01	0.01	0.003	0.003	0.04	0.04
Bone-os Coxae	0.03	0.03	0.000	0.000	0.00	0.00
Bone-Vertebrae (thoracic)	0.02	0.02	0.000	0.000	0.03	0.03
Bone-Sacrum	0.02	0.02	0.000	0.000	0.00	0.00
Bone-Cranium	0.02	0.02	0.005	0.005	0.05	0.05
Bone-Vertebrae (lumbar)	0.01	0.01	0.000	0.000	0.00	0.00
Bone-Rib	0.01	0.01	0.000	0.000	0.01	0.01
Bone-Scapulae	0.01	0.01	0.000	0.000	0.01	0.01
Bone-Femoral head and neck	0.01	0.01	0.000	0.000	0.00	0.00
Bone-Vertebrae (cervical)	0.01	0.01	0.002	0.002	0.03	0.03
Bone-Sternum	0.00	0.00	0.000	0.000	0.01	0.01
Bone-Clavicles	0.00	0.00	0.000	0.000	0.01	0.01
Bone-Mandible	0.00	0.00	0.004	0.004	0.05	0.05
Extrathoracic region	N/A	0.01	N/A	0.011	N/A	0.22
Oral mucosa	N/A	0.01	N/A	0.015	N/A	0.25
Lymphatic nodes	N/A	0.01	N/A	0.002	N/A	0.04
Heart	N/A	0.01	N/A	0.000	N/A	0.01
Gall bladder	N/A	0.01	N/A	0.000	N/A	0.00
Prostate/Uterus	N/A	0.01	N/A	0.000	N/A	0.00
Muscle	0.00	0.01	0.001	0.002	0.016	0.04
Thymus	0.00	0.01	0.000	0.000	0.004	0.01
Pancreas	0.00	0.01	0.000	0.000	0.001	0.00
Spleen	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000	0.00
Adrenals	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000	0.00
Kidneys	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000	0.00
Small intestine	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000	0.00
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.081</b>	<b>0.110</b>	<b>1.79</b>	<b>2.31</b>

依 Dental CT 造成各組織器官的有效劑量(ICRP 103)與百分率排序，比較 Dental CT 與 MDCT 掃描齒顛口腔各組織的貢獻比例，如表八。

表八 頭部齒顛區 Dental CT 與 MDCT 掃描，各組織有效劑量貢獻順序與比例

Tissue	ICRP 103	Dental CT		MDCT	
	w <sub>T</sub>	mSv	%	mSv	%
Remainder	0.12	0.031	28	0.57	25
Thyroid	0.04	0.020	18	0.46	20
Salivary glands	0.01	0.017	15	0.27	12
Oesophagus	0.04	0.015	14	0.44	19
Bone-marrow (red)	0.12	0.010	9	0.17	8
Brain	0.01	0.006	6	0.07	3
Skin	0.01	0.003	3	0.04	2
Lung	0.12	0.003	3	0.16	7
Bone surface	0.01	0.002	2	0.04	2
Breast	0.12	0.001	1	0.05	2
Stomach	0.12	0.000	0	0.02	1
Colon	0.12	0.000	0	0.01	0
Liver	0.04	0.000	0	0.01	0
Gonads	0.08	0.000	0	0.00	0
Bladder	0.04	0.000	0	0.00	0
Total	1.00	0.110	100	2.31	100

牙 CT 掃描有效劑量貢獻(contribution)的前五名為：Remainder(28%)、甲狀腺(18%)、唾液腺(15%)、食道(14%)、紅骨髓(9%)；一般 MDCT 掃描有效劑量前五名為：Remainder(25%)、甲狀腺(20%)、食道(19%)、唾液腺(12%)、紅骨髓(8%)。牙 CT 與 MDCT 前五名貢獻順序與比例大同小異，前 5 名合計佔總有效劑量的 84%與 83%。

雖然 Lung, Breast, Stomach, Colon 之組織加權均為 0.12 的最大值，但因其不在齒顛區主射束照射範圍內，所以均未擠入有效劑量的前五名。居於貢獻首位的是 Remainder，參考表七可發現 Remainder 的 13 個 Tissue 中，主要貢獻來自 Extrathoracic region 與 Oral mucosa，而它們對應的組織加權卻只有 0.12/13。Remainder 中各組織的貢獻比例如表十。

表十 頭部齒顛區 Dental CT 與 MDCT 掃描，Remainder 中各組織的有效劑量貢獻順序與比例

Remainder	ICRP 103	Dental CT		MDCT	
Tissue	w <sub>T</sub>	mSv	%	mSv	%
Oral mucosa	0.0092	0.015	49	0.25	44
Extrathoracic region	0.0092	0.011	36	0.22	39
Lymphatic nodes	0.0092	0.002	7	0.04	7
Muscle	0.0092	0.002	7	0.04	7
Thymus	0.0092	0.000	1	0.01	2
Heart	0.0092	0.000	0	0.01	1
Pancreas	0.0092	0.000	0	0.00	0
Spleen	0.0092	0.000	0	0.00	0
Gall bladder	0.0092	0.000	0	0.00	0
Adrenals	0.0092	0.000	0	0.00	0
Small intestine	0.0092	0.000	0	0.00	0
Kidneys	0.0092	0.000	0	0.00	0
Prostate/Uterus	0.0092	0.000	0	0.00	0
Total	0.1200	0.031	100	0.57	100

頭部齒顛區 Dental CT 與 MDCT 掃描，Remainder 的 13 個 Tissue 中來自 Extrathoracic region 與 Oral mucosa 合計共佔了 85% (牙 CT) 與 83% (MDCT)。

另外 Bone-marrow (red) 的貢獻居第五位，約貢獻 8 % 的比例，各骨頭紅骨髓有效劑量貢獻比例如表十一。

表十一 頭部齒顛區 Dental CT 與 MDCT 掃描，Bone-marrow (red) 中各骨頭組織的有效劑量貢獻順序與比例

Bone marrow (red)	ICRP 103	Dental CT		MDCT	
Tissue	w <sub>T</sub>	mSv	%	mSv	%
Cranium	0.015	0.0046	46	0.050	29
Mandible	0.001	0.0025	25	0.033	19
Vertebrae (cervical)	0.004	0.0015	15	0.029	17
Vertebrae (thoracic)	0.017	0.0005	5	0.025	14
Rib	0.010	0.0002	3	0.014	8
Sternum	0.003	0.0002	2	0.009	5
Scapulae	0.006	0.0002	2	0.007	4
Clavicles	0.002	0.0001	1	0.005	3
os Coxae	0.027	0.0000	0	0.001	1
Vertebrae (lumbar)	0.013	0.0000	0	0.001	0
Sacrum	0.017	0.0000	0	0.000	0
Femoral head and neck	0.005	0.0000	0	0.000	0
Total	0.120	0.0098	100	0.173	100

齒顛區 CT 掃描造成的吸收劑量，由表四與五知「下頷骨(Mandible)」最大，其次為頸椎(Vertebrae-cervical)與頭蓋骨(Cranium)。但因紅骨髓所佔比例

相差懸殊，由表二知佔總紅骨髓百分比為：Mandible (1.2%)，Vertebrae-cervical (3.4%)、Cranium (11.9%)，所以換算後的紅骨髓有效劑量貢獻依序為：(1)Dental CT：Cranium (46%)，Mandible(25%)，Vertebrae-cervical (15%)；(2)MDCT：Cranium (29%)，Mandible(19%)，Vertebrae-cervical (17%)。

#### 結論：

牙科 CT 造成的有效劑量 0.110 mSv (ICRP 103)，僅是一般 Philips MDCT 的 4.8%，建議牙齒槽區的掃描應避免使用一般電腦斷層。若使用 ICRP 60 評估齒顛部位電腦斷層掃描造成的有效劑量，將較使用 ICRP 103 報告低估 23% (MDCT) 與 26% (Dental CT)。牙 CT 掃描有效劑量貢獻的前五名為：Remainder(28%)、甲狀腺(18%)、唾液腺(15%)、食道(14%)、紅骨髓(9%)，前 5 名合計佔總有效劑量的 84%。其中(1)Remainder 有效劑量的貢獻主要來自 Extrathoracic region(49%)與 Oral mucosa(36%)；(2)Red bone-marrow 有效劑量的貢獻，主要來自 Cranium (46%)，Mandible(25%)，Vertebrae-cervical (15%)。

#### 參考文獻：

1. ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60.
2. ICRP, 2007. 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103.
3. Russell WJ, Yoshinaga H, Antoku S, Mizuno M, Active Bone Marrow Distribution in the Adult, British Journal of Radiology (1966), 39, 735-739
4. Gahleitner A, Watzek G, Imhof H, Dental CT: imaging technique, anatomy, and pathologic conditions of the jaws. Eur Radiol (2003), 13:366-376
5. Scarfe WC, Farman AG, Sukov P, Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice, J Can Dent Assoc (2006), 72(1): 75-80.
6. Silva MAG, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirschf E, Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation, Am J Orthod Dentofacial Orthop (2008), 133(5):640.e1-640.e5
7. Roberts JA, Drage NA, Thomas DW, Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry, The British J Radio., (2009), 82:35-40.
8. Ludlow JB and Ivanovic M, Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology, Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod (2008), 106:106-114

9. Health Protection Agency, Guidance on the safe use of dental cone beam CT (Computed Tomography) equipment, HPA-CRCE-D10, (2010)
10. Suomalainen A, Cone beam computed tomography in oral radiology, Academic Dissertation (2010).
11. Yu L, Vriezel TJ, Bruesewitz MR, Kofler JM, DeLone DR, Pallanch JF, Lindell EP, McCollough CH, Dose and image quality evaluation of a dedicated Cone-Beam CT system for high-contrast neurologic applications AJR (2010), 194:193-201
12. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Horner K, Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. Eur J Radiol., (2012) 81(2):267-71.