



中國醫藥大學  
牙醫學系碩士班  
碩士學位論文

使用 Cone Beam Computed Tomography 研  
究矯正治療所產生之牙根吸收

Research on Root Resorption under Orthodontic Treatment  
Using Cone Beam Computed Tomography

指導教授：余建宏博士  
許瑞廷博士

研究生：蘇枕緯

中華民國九十九年六月

# 誌謝

本文之完成要感謝許多人的鼓勵以及支持，首先特別感謝指導教授余建宏老師以及許瑞廷老師這三年來，對我在學術研究、臨床技術以及待人接物上的諸多教導及提醒，讓我受益良多，僅在此致上最誠摯的敬意與謝意。

接下來要感謝許多給予我論文研究方向很多建議的教授，包括有：蕭裕源教授、張哲壽教授、黃恆立教授等…，因為有你們的指導以及提醒，才使得我的研究論文得以順利如期完成。此外，也要感謝中國醫藥大學牙醫學系涂明君主任、明道大學張銀祐教授、以及逢甲大學洪本善教授擔任我的口試委員，提供良好建議使這篇論文更臻完美。

另外，還有許多陪伴我一路走來的同仁好友，這些人包括有嘉隆學長、明克學長、琬真學姐、志杰學長、麗君學姊、怡奴學姊、梨文學姊、馨文學姊、子甯學姊、冠綾、長陽、冠遇、亭延學長、佳陞學長、柏翰學長、軒穎、佩錚、政言、中國醫藥大學附設醫院齒顎矯正科同仁芳如以及中國醫藥大學牙醫系同仁雨潔，感謝大家平日的幫助以及提醒。

最後更要感謝我的父母以及弟弟這些年來的鼓勵與支持，還有

一直以來在身邊支持我的雅竹和親朋好友，使得我對人生的意義有更深一層的體認與瞭解。僅以本文獻給所有關心我與我關心的人，因為有你們，才能成就現在的我~謹致上最深的敬意與謝意!



## 中文摘要

許多研究都已經證實，雖然牙根吸收在未接受矯正治療的人也會發生，但是接受矯正治療的人發生率明顯較高。當矯正過程中發生牙根吸收變短的情況較嚴重時，可能會產生不佳的牙冠牙根比例，周圍骨應力集中等問題。如果將來患者產生牙周疾病，造成牙齒周圍骨喪失(periodontal bone loss)的情況，則牙齒的預後將更差。隨著醫學影像的進步，牙科用電腦斷層掃描(Cone Beam Computed Tomography, CBCT)也漸漸的在牙科領域被廣泛運用。在矯正治療方面，CBCT 被運用在阻生牙齒之診斷、正顎手術、評估牙根間置放微植體的解剖空間等，但是較少研究討論使用 CBCT 來評估矯正治療所造成的牙根吸收。因此本研究將利用 CBCT 來探討矯正治療七個月過程牙根吸收的情況，同時與牙根周圍骨密度變化、牙根移動距離做比較，探討之間的相關性。

本研究以中國醫藥大學附設醫院牙醫部齒顎矯正科八位門診病患為研究對象，其中包含五名男性及三名女性，年齡介於 20-25 歲之間，由 i-CAT CBCT 照射後經座標系統轉換後之影像來觀測矯正治療後產生牙根吸收的情況。研究分析軟體為 Mimics，分別研究七個月矯正治療後，牙根長度變化量與牙根長度變化百分比，牙根尖移動距離與牙根

長度變化百分比之關係，治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比之關係，牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比之關係。

結果顯示經過七個月的矯正治療，八個受試者平均牙根吸收在上顎右正中門牙為  $0.25 \pm 0.16$  mm，上顎左正中門牙為  $0.32 \pm 0.34$  mm，上顎右側門牙為  $0.39 \pm 0.32$  mm，上顎左側門牙為  $0.48 \pm 0.19$  mm，上顎右犬齒為  $0.18 \pm 0.19$  mm，上顎左犬齒為  $0.19 \pm 0.14$  mm。以整體趨勢而言，治療前牙根周圍骨密度越大者，其牙根吸收較輕微。矯正治療過程中牙根周圍骨密度改變量較多者，牙根吸收的情況較輕微。當牙根尖移動距離越大者，牙根吸收的情況將越嚴重。



# Abstract

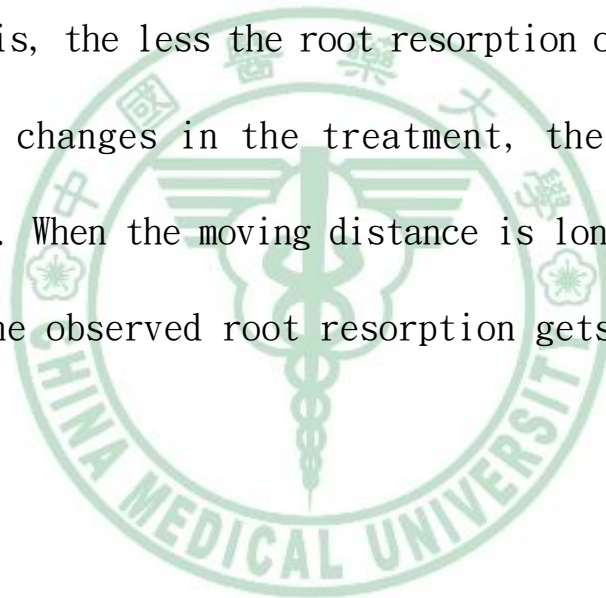
Many researches have proven that although root resorption also occurs in people who don't receive any orthodontic treatment; however, the incidence of those who received orthodontic treatment is significantly higher. When the root resorption gets seriously severe during the treatment, the problem of poor crown root ratio and periodontal bone stress concentration might be encountered. If orthodontic patients suffer from periodontal diseases in the years to come, they will experience periodontal bone loss, and thus, poor prognosis of the teeth. Together with the development of medical imaging technique, Cone Beam Computed Tomography (CBCT) has been widely used in the dental field. In orthodontic treatment, CBCT has been used for the diagnosis of impacted teeth, the evaluation of orthognathic surgery, assessment of micro-implant placed between root anatomical spaces, but there are few studies about assessment of root resorption which is derived from orthodontic treatments by using CBCT. Therefore, in this study we used CBCT to evaluate root

resorption after seven months of orthodontic treatment, and we also studied the relationship between the changes of bone density around the roots and the comparison of the distance of root movements.

Eight patient objects are selected from the patients in the Department of Orthodontics, China Medical University Hospital Medical Center, including five males and three females, aged ranging from 20–25. Observed images of root resorption after orthodontic treatment by the i-CAT CBCT after irradiation were converted to the appropriate coordinate system. The analytic software was Mimics. We studied, after seven months of orthodontic treatment, the relationship between variation of root length and root length changes in percentage, and the percentage of root tip moving distance and root length changes, relationship between bone density around roots before treatment and root length changes in percentage, and the changes of bone density around root and root length changes in percentage.

The results showed that after seven-month orthodontic

treatment, the average of root resorption in the right maxillary central incisor is  $0.25 \pm 0.16$  mm, left maxillary central incisor is  $0.32 \pm 0.34$  mm, right maxillary lateral incisor is  $0.39 \pm 0.32$  mm, left maxillary lateral incisor is  $0.48 \pm 0.19$  mm, right maxillary canine is  $0.18 \pm 0.19$  mm, left maxillary canine is  $0.19 \pm 0.14$  mm. In summary, before the treatment, the thicker the bone density is, the less the root resorption occurs. The more bone density changes in the treatment, the less the root resorption is. When the moving distance is longer between the root tips, the observed root resorption gets more serious.





# 目錄

中文摘要 .....	i
Abstract .....	iii
目錄 .....	vi
表目錄 .....	viii
圖目錄 .....	ix
第一章 前言 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.1.1 齒顎矯正治療之生物學基礎 .....	1
1.1.2 牙根吸收 .....	6
1.2 文獻回顧 .....	15
1.2.1 齒顎矯正治療造成牙根吸收的盛行率 .....	17
1.2.2 齒顎矯正治療造成牙根吸收之組織學反應 .....	19
1.2.3 影響牙根吸收的因素 .....	23
1.2.3.1 生物學因素 .....	23
1.2.3.1.1 遺傳因素 .....	23
1.2.3.1.2 服用藥物 .....	24
1.2.3.1.3 牙根型態 .....	24
1.2.3.1.4 不同牙齒間的差異 .....	25
1.2.3.1.5 齒槽骨密度(alveolar bone density) .....	26
1.2.3.1.6 牙齒外傷病史 .....	26
1.2.3.1.7 根管治療後的牙齒 .....	26
1.2.3.1.8 咬合不正的類型以及嚴重程度 .....	27
1.2.3.1.9 年紀 .....	27
1.2.3.1.10 性別 .....	28
1.2.3.2 矯正力學因素 .....	28
1.2.3.2.1 牙根移動距離、方向、形式 .....	28
1.2.3.2.2 矯正力量的強度、施加方式(連續力或間斷力) .....	29
1.2.3.2.3 矯正治療時間 .....	29
1.2.3.2.4 矯正裝置的種類 .....	30
1.2.4 觀察牙根吸收的方法 .....	30
1.2.4.1 組織學檢查 .....	31
1.2.4.2 放射學檢查 .....	32
1.2.4.2.1 根尖 X 光(Periapical radiographs)檢查 .....	33

1.2.4.2.2 環口 X 光(Panoramic radiographs)檢查 .....	34
1.2.4.2.3 測顱 X 光(Cephalometric radiographs)檢查 ..	35
1.2.4.2.4 Micro-computed tomography .....	36
1.2.4.2.5 電腦斷層掃瞄(Computed Tomography)檢查 ....	37
1.2.4.2.6 牙科用電腦斷層掃瞄(Cone Beam Computed Tomography)檢查 .....	38
1.3 研究動機及目的 .....	41
第二章 研究材料與方法 .....	43
2.1 研究流程概述 .....	43
2.2 受試者選擇、矯正治療方式、與 CBCT 掃瞄參數設定 .....	44
2.2.1 受試者選擇的準則 .....	44
2.2.2 受試者矯正治療方式 .....	45
2.2.3 受試者照射 CBCT 的參數設定 .....	45
2.3 量測牙根吸收方法 .....	46
2.3.1 CBCT 座標系統轉換 .....	46
2.3.2 測量牙根長度方法 .....	46
2.3.3 測量牙根尖移動距離之方法 .....	48
2.3.4 量測牙根周圍骨密度方法 .....	50
2.4 研究參數設計與統計分析 .....	52
2.4.1 研究參數設計 .....	52
2.4.2 統計分析 .....	52
第三章 結果 .....	53
3.1 本研究 CBCT 座標系統轉換可信度驗證結果 .....	61
3.2 牙根長度變化量與牙根長度變化百分比 .....	62
3.3 八個受試者不同牙位之平均牙根吸收情況 .....	63
3.4 牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比之關係(受試者) .....	64
3.5 牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比之關係(牙位) .....	65
3.6 治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比之關係 .....	66
3.7 牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比之關係 .....	67
第四章 討論 .....	68
4.1 牙根吸收可能產生的問題 .....	68
4.2 CBCT 的使用討論 .....	69
4.3 受試者的選擇 .....	70
4.4 牙根長度變化 .....	72
4.5 牙根移動距離與牙根長度變化探討 .....	75
4.6 治療前牙根周圍骨密度與牙根吸收的相關性 .....	78
4.7 治療前後牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化探討 .....	81

4.8 本研究之限制 .....	82
第五章 結論與未來展望 .....	84
5.1 結論 .....	84
5.2 未來展望 .....	84
參考文獻 .....	86

## 表目錄

表 1-1 Brezniak et al. 回顧牙根吸收文獻 .....	17
表 2-1 受試者矯正前顱顏基本資料 .....	44
表 2-2 計算牙齒長度方程式 .....	48
表 2-3 計算牙根尖移動距離方程式 .....	50
表 3-1 牙根長度變化量與牙根長度變化百分比 .....	62
表 3-2 八個受試者不同牙位之平均牙根吸收情況 .....	63
表 3-3 牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比之關係(受試者) .....	64
表 3-4 牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比之關係(牙位) .....	65
表 3-5 治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比之關係 .....	66
表 3-6 牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比之關係 .....	67
表 4-1 本研究與 Arten、Mohandesan 等學者之研究比較 .....	73

## 圖目錄

圖 1-1 (a)牙齒脫鈣 (b)牙齦發炎.....	4
圖 1-2 軟組織受傷.....	5
圖 1-3 牙根表面吸收(root surface resorption).....	7
圖 1-4 箭頭部份代表 surface resorption .....	8
圖 1-5 箭頭部份代表 ankylosis .....	9
圖 1-6 箭頭部份代表 inflammatory resorption .....	9
圖 1-7 牙根根管吸收(root canal resorption).....	11
圖 1-8 箭頭部份代表 internal surface resorption .....	12
圖 1-9 箭頭部份代表 root canal replacement resorption .....	12
圖 1-10 箭頭部份代表 root canal inflammatory resorption .....	13
圖 1-11 小白齒牙根橫切面.....	20
圖 1-12 小白齒牙根吸收過程之組織學切片.....	21
圖 1-13 牙根吸收的情況.....	22
圖 1-14 牙根處分離的牙骨質或牙本質小島將會被吸收.....	22
圖 1-15 Mirabella et al. 分析不同牙根型態.....	25
圖 1-16 Kurol et al. 使用之固定矯正裝置.....	32
圖 1-17 箭頭所指即為 Micro-CT 影像下觀測之牙根吸收區域.....	36
圖 1-18 Micro-CT 影像觀測之牙根吸收孔洞 .....	37
圖 1-19 CBCT 與傳統 CT 之差別 .....	39
圖 1-20 使用 CBCT 研究不同的 voxel size 所呈現牙根吸收的影像.....	41
圖 2-1 研究流程圖.....	43
圖 2-2 矯正治療前後不動骨性解剖點(ANS)的影像.....	47
圖 2-3 定位牙冠座標.....	47
圖 2-4 定位牙根座標.....	48
圖 2-5 模擬牙齒原始長度後牙根座標測量示意圖.....	49
圖 2-6 測量部位定義.....	51
圖 2-7 牙根周圍定義.....	51
圖 3-1 #1 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	53
圖 3-2 #2 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	54
圖 3-3 #3 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	55
圖 3-4 #4 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	56
圖 3-5 #5 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	57

圖 3-6	#6 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	58
圖 3-7	#7 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	59
圖 3-8	#8 受試者矯正治療七個月前後照片 .....	60
圖 4-1	LH 矯正線具備 Low hysteresis 功能 .....	75
圖 4-2	Baumrind et al. 探討牙根移動距離 .....	76
圖 4-3	牙根接近顎側皮質骨板與牙根吸收之關係 .....	80
圖 4-4	Otis et al. 檢測骨密度與牙根吸收之關係 .....	81



# 第一章 前言

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 齒顎矯正治療之生物學基礎

#### 牙齒結構

每一顆牙齒都有牙冠以及牙根的部分，牙冠部分被牙釉質(enamel)所覆蓋，牙根部分則被牙骨質(cementum)所包圍，因此牙冠牙根的分界線在於牙骨質-牙釉質交界面(cementoenamel junction, CEJ)，又稱為齒頸線(cervical line)。牙齒最主要由牙本質(dentin)所構成，中間的部分則是牙髓室(pulp chamber)以及牙髓管(pulp canal)，牙髓室主要位於牙冠部分，牙髓管主要位於牙根部分，其中含有牙髓組織，功能是提供牙齒血管以及神經支配(張博鈞, 2004)。

#### 牙周韌帶之構造及功能

牙周韌帶位於牙骨質與齒槽骨之間，柔軟且充滿豐富血管以及細

胞結締組織，平均寬約 0.25 mm，其寬度隨著年齡增長而遞減。牙周韌帶主要由平行的膠原纖維所組成，一端連接牙根表面的牙骨質，一端則連接 lamina dura。除此之外，牙周韌帶中還有另外兩種主要的韌帶成份，一個是細胞成分 (cellular elements)，包含各種間葉細胞 (mesenchymal) 及血管與神經成份，另外一個是組織液 (tissue fluids)。這兩種成份對牙齒正常的功能，以及齒顎矯正移動牙齒都很重要。此外，牙周韌帶亦存在感覺功能，當上下牙齒彼此接觸，牙周韌帶中的感覺接受器便有所感應 (Graber et al., 2005; Nanci, 2007; Proffit et al., 2007)。

### 控制牙齒移動之生物學因素

齒顎矯正造成牙齒移動的兩個理論，分別為生物電 (biologic electricity) 理論以及壓力-張力 (pressure-tension) 理論。生物電理論就是當齒槽骨產生彎折時，會產生電流訊號 (electric signals)，因而刺激骨頭代謝之改變。而壓力-張力理論就是當牙周韌帶內的血管受到擠壓，造成血流量改變，因而產生化學訊號 (chemical messengers) 引起細胞改變 (cellular changes) (Proffit et al., 2007)。咀嚼功能可讓牙齒產生生理性的移動，矯正力量的施與同樣也能讓牙齒產生

移動，主要原因是牙齒的支持組織(牙周韌帶與齒槽骨)具備重塑的能力。牙齒移動的過程中，首先噬骨細胞開始分化，壓力側的齒槽骨被吸收，張力側因膠原纖維堆積產生骨沉積的現象，牙齒周圍齒槽骨重複的吸收與生成就促成了牙齒的移動(Nanci, 2007)。

## 齒顎矯正可能發生之問題

### 1. 牙齒動搖

矯正移動牙齒不僅需要鄰近齒槽骨的重塑，同時需要牙周韌帶的重整。在放射線影像中可以發現，移動中的牙齒牙周韌帶變寬，相對的牙齒的動搖度也隨之增加。當矯正力量越大，產生骨頭之下蝕性吸收也越大，因此動搖度也會越大。所以當牙齒動搖度過大時，必須先中止矯正力量的給予，等待牙齒的復原。通常只要給予牙齒適度的休息，動搖度將會慢慢的減少、恢復，並不會造成永久的傷害(Proffit et al., 2007)。

### 2. 牙齒疼痛

使用過大的矯正力量，會造成牙齒立即的疼痛。但是若使用適



當的矯正力量，並不會馬上造成牙齒的不舒服，通常在數小時後，疼痛感才會慢慢產生，這個感覺會持續 2 到 4 天，然後慢慢的消失。這個疼痛感主要起因於牙周韌帶局部缺血壞死，以及輕微的牙髓發炎。當使用的力量越大，將造成牙周韌帶缺血壞死的區域擴大，因而導致較大的疼痛感。因此，適當、輕微的矯正力，是減少矯正治療疼痛的關鍵(Proffit et al., 2007)。

### 3. 牙齒脫鈣及牙周疾病

矯正治療過程中，若病患未留意口腔清潔，殘留在牙齒以及矯正裝置周圍的牙菌斑，將導致牙齒容易脫鈣、蛀牙，牙齦組織也容易發炎，產生牙周疾病，如圖 1-1 所示。然而，只要病患可以好好注重口腔清潔，留意餐後潔牙的動作，將可適當避免牙齒脫鈣以及牙周疾病。



(a)



(b)

圖 1-1 (a)牙齒脫鈣 (b)牙齦發炎(Travess et al., 2004)

#### 4. 軟組織受傷

矯正治療過程中，病患可能因不適應口內矯正裝置，或是因為矯正線過長突出，矯正裝置意外脫落等，因而產生軟組織的潰瘍，如圖 1-2 所示。然而只要矯正醫師，小心留意矯正裝置，檢查過於突出的矯正線以及結紮線，病患發現有矯正裝置脫落等情形，立即回診檢查，也可大幅減少軟組織的受傷。



圖 1-2 軟組織受傷(Travess et al., 2004)

#### 5. 影響牙髓組織

矯正牙齒的力量，可能會造成牙髓組織引發短暫的發炎反應。但是長遠來說，對牙髓並無不良影響。有些情況，會發現矯正移動牙齒之後，造成牙髓壞死的現象，通常這類牙齒都曾經有過外傷的病史(Proffit et al., 2007)。

## 6. 齒槽骨高度

矯正牙齒的治療，並不會造成大量的牙齒周圍齒槽骨喪失。根據研究，平均而言，齒槽骨高度喪失多小於 0.5 mm，較嚴重區域最多幾乎也不超過 1.0 mm（較嚴重區域多位於拔牙區）。原因在於齒槽骨的高度決定於牙齒的位置。當牙齒在移動的過程中，同時會進行齒槽骨的重塑，伴隨齒槽骨的移動。即使病患有牙周疾病，只要接受適當牙周治療並且控制牙周疾病，也可以接受矯正治療 (Proffit et al., 2007)。

## 7. 牙根吸收

矯正治療除了產生周圍骨頭的重塑外，牙根的牙骨質也會產生吸收以及修復的現象。修復受損的牙根組織將會恢復牙根原本的型態，但是當受損區域過大，受損的牙根組織將會脫離牙根表面，因而產生牙根吸收的情形。有時牙根吸收也出現在牙根的側方區域，不過主要還是發生在根尖部 (Proffit et al., 2007)。

### 1.1.2 牙根吸收

牙根吸收是一個牙科的併發症，程度嚴重可能導致牙齒被拔除。

牙根吸收有不同的分類方式，包括牙根表面吸收(root surface resorption)以及牙根根管吸收(root canal resorption)(Andreasen et al., 2007)。

### 牙根表面吸收(root surface resorption)

牙根表面吸收(root surface resorption)，又名為 external root resorption，可以分為三類，如圖 1-3 所示(Andreasen et al., 2007)。

其中包括：

- (1) surface resorption (repair-related resorption)
- (2) ankylosis (replacement resorption)
- (3) inflammatory resorption

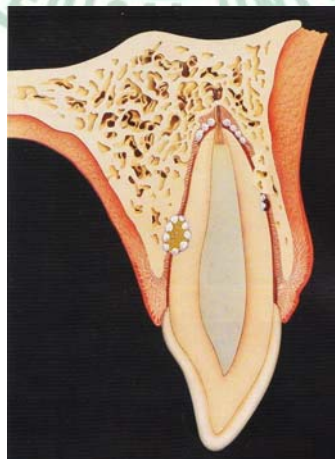


圖 1-3 牙根表面吸收(root surface resorption)(Andreasen et al., 2007)

(1) Surface resorption 代表的就是牙根表面的小孔洞，如圖 1-4 所示。這些小孔洞之後會被新的牙骨質所修復，因為範圍較小所以不容易從 X 光檢查中發現，通常出現在牙根側面(lateral surfaces)，也可能出現在牙根尖而導致輕微牙根變短的情形。與其它牙根吸收類型不同，surface resorption 有自限性(self-limiting)且會自動修復 (Andreasen et al., 2007)。

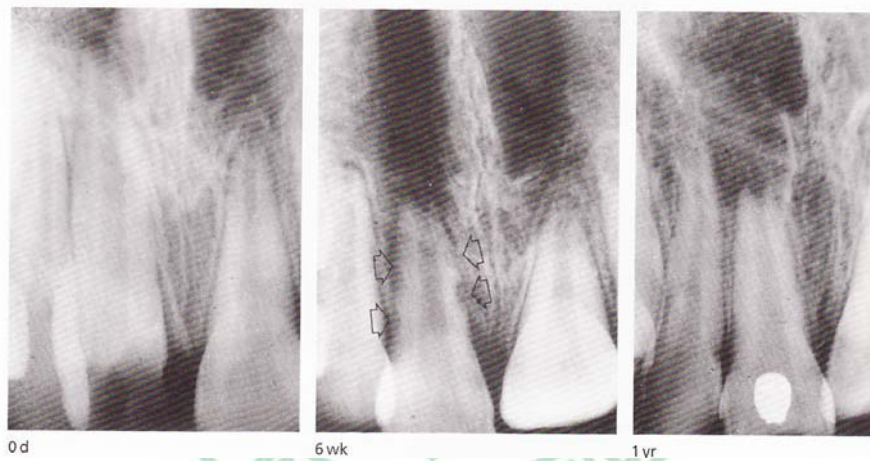


圖 1-4 箭頭部份代表 surface resorption(Andreasen et al., 2007)

(2) Ankylosis 代表牙周韌帶空間消失，牙根吸收表面逐漸被骨頭所取代，如圖 1-5 所示(Andreasen et al., 2007)。

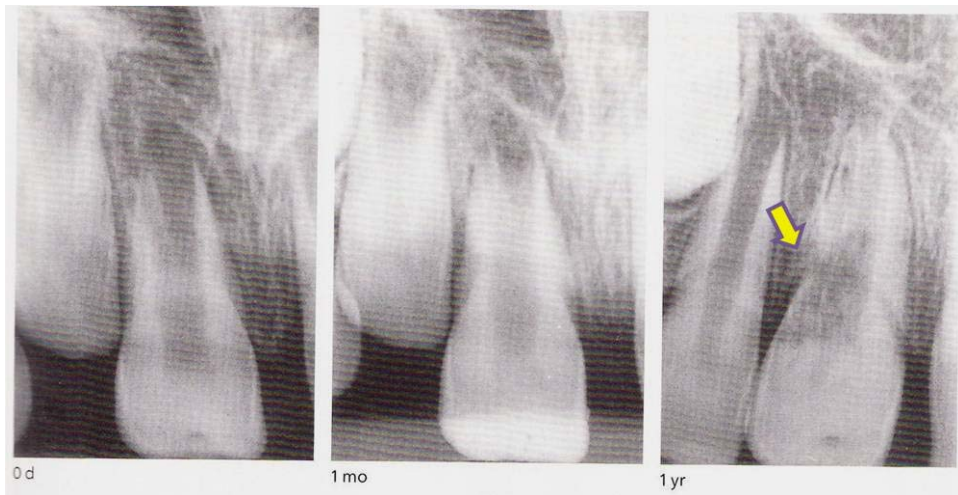


圖 1-5 箭頭部份代表 ankylosis(Andreasen et al., 2007)

(3)Inflammatory resorption 就組織學上觀察，可以發現包括牙骨質以及牙本質皆呈現碗狀的(bowl-shaped area)吸收區域，且周圍的牙周組織也呈現發炎的狀態。在 X 光檢查可以發現，牙根吸收伴隨周遭骨頭的放射線可透性(radiolucency)，如圖 1-6 所示(Andreasen et al., 2007)。

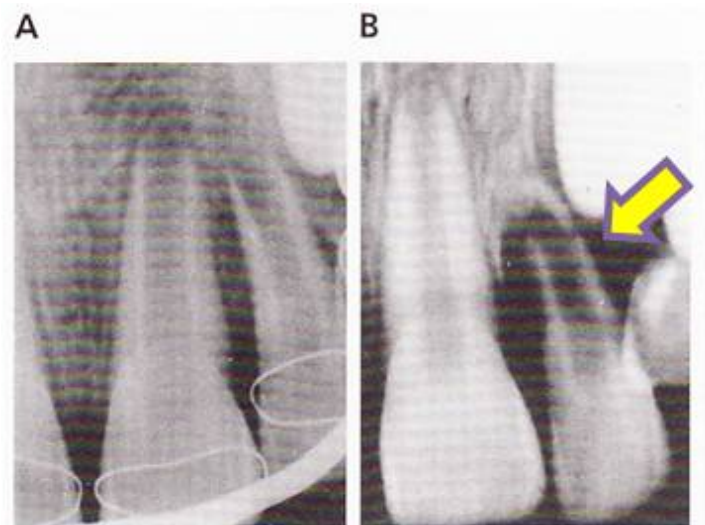
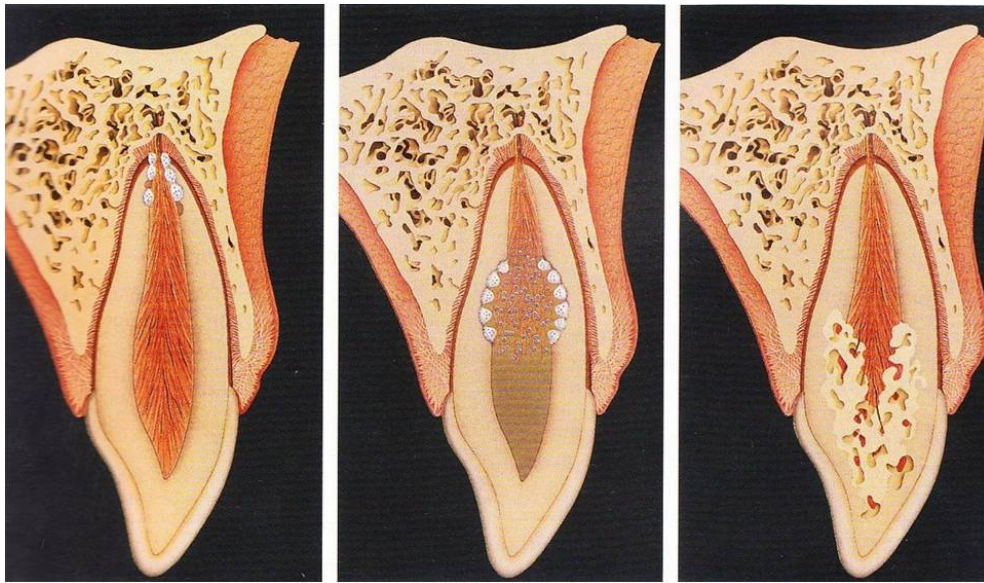


圖 1-6 箭頭部份代表 inflammatory resorption(Andreasen et al., 2007)

### 牙根根管吸收(root canal resorption)

牙根根管吸收(root canal resorption)，又名為 internal root resorption。這類型的牙根吸收也可以發現在乳牙齒列。在 X 光檢查方面必須注意的是，位於牙齒頰側或是舌側之牙根表面吸收，看起來也可能像是牙根根管吸收，因此必須拍攝不同角度的 X 光片做鑑別診斷。假如拍攝角度不同，但吸收區域仍舊位於牙齒中間，即為牙根根管吸收。牙根根管吸收可以分為三類，如圖 1-7 所示(Andreasen et al., 2007)。其中包括：

- (1) internal surface resorption
- (2) root canal replacement resorption
- (3) root canal inflammatory resorption



(1)

(2)

(3)

圖 1-7 牙根根管吸收(root canal resorption)(Andreasen et al., 2007)

(1) Internal surface resorption 通常出現在牙根尖區域，是血管再形成的一個過程，而非發炎反應，通常會自行復原，如圖 1-8 所示。



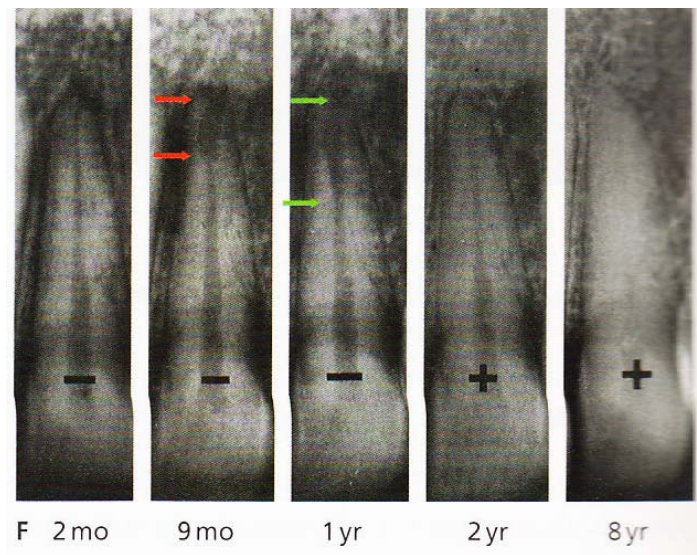


圖 1-8 箭頭部份代表 internal surface resorption(Andreasen et al., 2007)

(2)Root canal replacement resorption 也稱做 internal tunneling resorption，其特徵就是在 X 光片上可以發現牙髓腔(pulp chamber)呈現不規則的擴大，如圖 1-9 所示。組織學上可以發現，牙齒中的正常牙髓組織分化成海綿骨。這類型的吸收通常不會進一步惡化(Andreasen et al., 2007)。

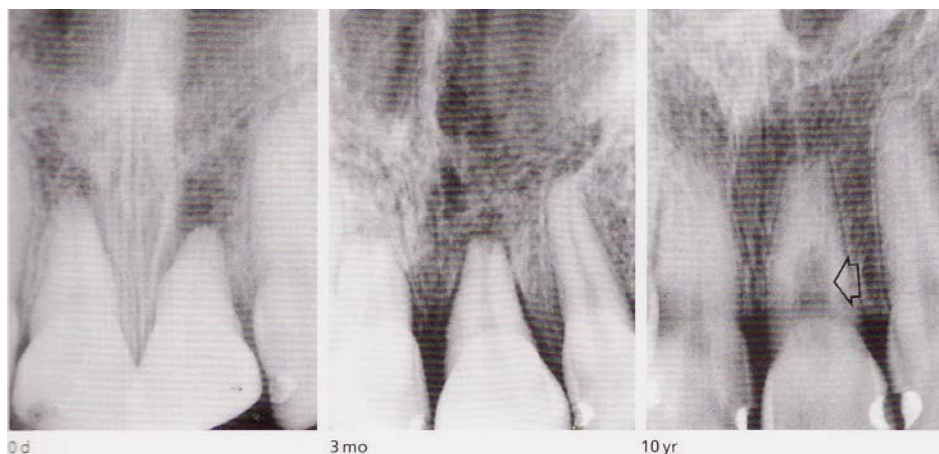


圖 1-9 箭頭部份代表 root canal replacement resorption(Andreasen et al., 2007)

(3)Root canal inflammatory resorption 在 X 光檢查可以發現，牙髓腔(pulp chamber)中呈現卵圓形(oval-shaped)的擴大，如圖 1-10 所示。這類型的牙根吸收通常發生在牙髓之齒頸部(cervical aspect)的位置，如果一開始發現吸收的部位在牙根尖位置(apical aspect)，通常只是血管再形成(revascularization)的情況而不是發炎性的吸收。如果發現是 root canal inflammatory resorption，則應該儘快進行根管治療(Andreasen et al., 2007)。

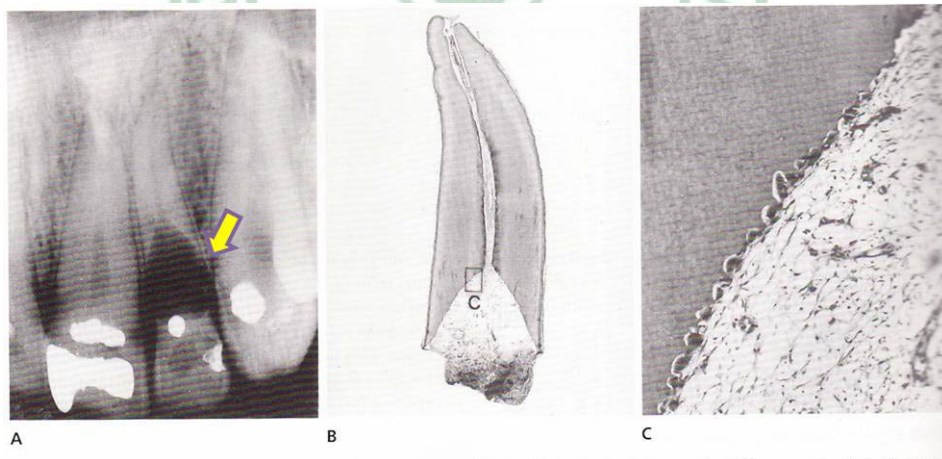


圖 1-10 箭頭部份代表 root canal inflammatory resorption(Andreasen et al., 2007)

Internal root resorption 發生的原因是，根管中來自 predentine 以及 odontoblasts 之天然的保護層受傷，或是在 embryonic connective tissue cells 轉變成 giant multinucleated odontoclasts 的過程中被移除(Weine, 1976)。可能發生在因為蛀牙而引起牙髓慢性發炎或是感染，外傷，pulpotomy，補綴物修補過程等(Barclay, 1993; Tronstad, 1988)。External root resorption 發生的原因是因為牙根表面的 precementum 以及 cementoblasts 被移除後，維持牙根表面與骨頭之間生理平衡的 osteoblastic 及 osteoclastic activities 失調。可能發生在牙根尖發炎的牙齒，re-implantation 的牙齒，有 tumors 或是 cysts 之牙齒，impacted teeth，過度的機械性力量或是咬合力(包括齒顎矯正治療) (Belanger and Coke, 1985)。牙根吸收的病因主要分成兩個階段，一個是受傷(injury)，一個是刺激(stimulation)(Tronstad, 1988; Trope, 1998)。受傷會造成覆蓋在牙根的 precementum 或是 predentin 層產生裸露的情況，多核細胞將聚集在裸露的礦化組織周圍，因而開啟牙根吸收的過程。然而，只要不要持續刺激產生牙根吸收的細胞，牙根吸收的情況將會自動停止。受損區域如果不大，修復過程在 2-3 個禮拜內開始啟動，產生類牙骨質組織(cementum-like tissue)修復破損區域。假如受損區域過大，

骨頭細胞便會搶先一步附著到牙根表面，因而產生與骨頭沾黏(ankylosis)的情況(Fuss et al., 2003)。

## 1.2 文獻回顧

雖然牙根吸收在未接受矯正治療的人也會發生，但是接受矯正治療的人身上發生率明顯較高(Brezniak and Wasserstein, 1993a; Levander and Malmgren, 1988; Lupi et al., 1996; Sjolien and Zachrisson, 1973)。Bates(Bates, 1856)在 1856 年即討論了牙根吸收這個議題，之後在 1914 年 Ottolengui(Ottolengui, 1914)提出牙根吸收與矯正治療可能產生關聯性，接著 Ketcham(Ketcham, 1927)也利用 X 光檢查發現矯正治療前後牙根型態的改變。針對矯正治療可能造成牙根吸收的情況，許多學者做了許多不同的研究。Brezniak et al.(Brezniak and Wasserstein, 1993a)也將以前不同學者發表關於牙根吸收的文章，做了系統性回顧，如表 1-1，其中可以發現不同的研究，由於受試者數量、矯正治療的年齡、矯正治療的裝置、使用的檢

測工具不同，因此造成許多研究結果有所差異。以下將針對齒顎矯正治療造成牙根吸收之盛行率、組織學反應，影響牙根吸收的因素，以及觀察牙根吸收的方法做文獻回顧。



表 1-1 Brezniak et al. 回顧牙根吸收文獻(Bishara, 2001)

Study (Reference)	Year	Patients Number	Average Age Range	Number of Teeth	Teeth Examined	Treatment Type	Extractions/ Nonextractions	Source	Patients with Resorption (%)	Teeth with Resorption (%)	Resorption Amount	Treatment Time (yr:mo)
Stenvik and Mjor <sup>52</sup>	1970	—	10-13	35	PM	INTR	—	HIST	—	93	—	35 days
Stenvik and Mjor <sup>52</sup>	1970	—	10-13	35	PM	NT	—	HIST	—	0	—	—
Rosenberg <sup>51</sup>	1972	—	—	—	3,5	Begg	EXT	PANO	—	37	—	—
Stolien and Zachrisson <sup>101</sup>	1973	59	12.0	1180	5-5	EW	EXT	PA	—	—	0.5-1.8 mm	2:2
Piets et al. <sup>57</sup>	1974	50	16:8	100	1	NT	—	PA	27.5	27.5	—	—
Piets et al. <sup>57</sup>	1974	45	12:8	45	1	Fixed	—	CEPH	46	46	1.78 mm	2:3
Goldson and Henrikson <sup>58</sup>	1975	42	11-19	924	5-5	Begg	EXT	PA	100	77	—	1:8
Goldson and Henrikson <sup>58</sup>	1975	42	11-19	924	5-5	NT	—	PA	—	4	—	—
Hollender et al. <sup>102</sup>	1980	12	13:3	120	All	EW	EXT	PA	—	50	< 2 mm in 88%	1:6
Ronnerman and Larsson <sup>112</sup>	1981	23	11-14:8	—	21/12	ACT/EW	—	PA	39	—	1-3 mm	2:4-3:2
Harry and Sims <sup>51</sup>	1982	10	11-18	18	PM	INTR	—	PA/HIST	100	100	—	70 days
Harry and Sims <sup>51</sup>	1982	10	11-18	18	PM	NT	—	PA/HIST	0	0	—	—
Linge and Linge <sup>25</sup>	1983	719	12:8	2451	21/12	Varies	—	PA	—	—	0.7/mm	0:11
Kennedy et al. <sup>57</sup>	1983	32	—	—	All	EW	EXT	PA	26.5	—	—	1:9
Kennedy et al. <sup>57</sup>	1983	32	—	—	All	SER 1 EW	EXT	PA	20.5	—	—	1:1
Kennedy et al. <sup>57</sup>	1983	32	—	—	All	SER	EXT	PA	6	—	—	—
Copland and Green <sup>113</sup>	1986	45	13:1	45	1	Fixed	—	CEPH	—	—	2.93 mm	2:10
Dermaut and Munck <sup>49</sup>	1986	20	15	66	21/12	INTR	—	PA	—	86	2.5 mm	0:7
Dermaut and Munck <sup>49</sup>	1986	15	22	58	21/12	NT	—	PA	0	0	—	—
Sharpe et al. <sup>104</sup>	1987	18	11:4	323RTS	All	EW	—	PA	89	20.1	—	3:7
Sharpe et al. <sup>104</sup>	1987	18	12:7	323RTS	All	EW	—	PA	83	13.3	—	2:7
Levander and Malmgren <sup>92</sup>	1988	98	15	390	21/12	B/EW	EXT/NONEXT	PA	—	34	—	0:6-0:9
Levander and Malmgren <sup>92</sup>	1988	98	15	390	21/12	B/EW	EXT/NONEXT	PA	—	56	—	1:75
Levander and Malmgren <sup>92</sup>	1988	55	14	22	21/12	B/EW	EXT	PA	—	—	—	1:8
Levander and Malmgren <sup>92</sup>	1988	153	14:4	610	21/12	B/EW	EXT/NONEXT	PA	—	56	—	1:8
Goldin <sup>52</sup>	1989	17	8-15:5	17	1	EW	—	CEPH	—	—	1.36 mm/yr	1:7
McFadden et al. <sup>49</sup>	1989	38	13:1	152	21/12	INTR	EXT/NONEXT	PA/CEPH	—	—	1.84 mm upper 0.61 lower	2:4



### 1.2.1 齒顎矯正治療造成牙根吸收的盛行率

矯正治療造成牙根吸收的嚴重程度以及盛行率，在不同的研究中有著不同的結果。因為矯正治療所造成的牙根吸收，在早期排齊(leveling)的階段就可能發生。在進行矯正治療後三到九個月的時間，約有 4.1%的病人在上顎四顆門牙平均產生至少 1.5 mm 的牙根吸收，而有 15.5%的病人至少有一顆以上的上顎門牙產生至少 2.0 mm 的

牙根吸收(Smale et al., 2005)。在進行矯正治療一年後，約有 5% 的病人在上顎四顆門牙平均產生至少 2.0 mm 的牙根吸收，而有 8% 的病人至少有一顆以上的上顎門牙產生至少 3.0 mm 的牙根吸收(Artun et al., 2005)。另外有學者收集 868 個病例進行分析，結果發現上顎前牙是齒列中最容易產生牙根吸收的位置，平均超過 1.4mm，而其中有 25% 的牙齒產生超過 2mm 的牙根吸收，至於後牙區則較不易產生牙根吸收。亞洲人相較於白人以及西班牙人較不易產生牙根吸收。成年人相較於小朋友，只在下顎前牙產生較多的牙根吸收。至於男生以及女生在牙根吸收這方面並無差異(Sameshima and Sinclair, 2001a)。Lupi et al. (Lupi et al., 1996) 研究發現，門牙牙根吸收由矯正治療前的 15%，提升到矯正治療後的 73%。另外產生中度到重度牙根吸收的門牙數量也由矯正治療前的 2%，提升到矯正治療後的 24.5%。Margues et al. (Marques et al., 2010) 選取了 1049 個病例，研究產生嚴重牙根吸收(牙根吸收超過牙根原長度的 1/3) 的盛行率，結果發現有 14.5% 的病例產生了嚴重的牙根吸收。

## 1.2.2 齒顎矯正治療造成牙根吸收之組織學反應

Kvam et al. (Kvam, 1972)是第一個描述在人類小白齒發現牙根吸收孔洞貫穿牙骨質進入牙本質之學者。之後 Barber 以及 Sims (Barber and Sims, 1981)觀察到過大的力量會產生廣泛的牙根吸收。接著 Rygh (Rygh, 1977)發現牙根吸收主要發生在透明樣組織 (hyalined zone) 的周圍。矯正牙齒的力量可能造成牙周組織的改變，進而影響周圍的齒槽骨、牙周韌帶以及牙根表面。在矯正力量的刺激下，齒槽骨產生重塑的現象，因而產生牙齒移動。在齒槽骨重塑之前，牙周韌帶便感受到局部的壓迫，最明顯的地方是在壓力側。此時，牙周韌帶的組織會產生血管的早期擴散 (early proliferation of blood vessels)，細胞外滲 (cellular extravasation)，血管外凝結 (extravascular coagulation)，組織壞死。在組織學切片上，可以發現一些缺乏細胞分子的區域，被稱為透明樣變化 (hyalinization)。會產生這個結果，可能是因為受到壓力後產生血管的變化，造成血液供輸停滯、局部缺血的情況，而形成組織壞死 (Bishara, 2001)。因此，在大多數的文獻報告中指出，牙根吸收的過程與牙周韌帶的壞死以及重塑有很大的相關性 (Brudvik and Rygh, 1993; 1994a; b)。在牙齒移動的方向上，牙周韌帶受到移動牙齒以及齒槽骨的壓迫。過度的力



量以及過長的時間，將造成牙周韌帶受傷因而產生透明樣組織 (hyalined tissue)(Shaza K. Abass and James K. Hartsfield, 2007)。第一個出現在透明樣組織周圍的細胞是巨噬細胞(macrophages)(Kvam, 1972; Rygh, 1974)，這些細胞會吸收 pre-cementum layer(Brudvik and Rygh, 1993)，接著產生 multinucleated cells (odontoclasts)來攻擊牙骨質以及牙本質(Brudvik and Rygh, 1994a)。當移除透明樣組織 (hyalined tissue)的同時也移除了 cementoid layer，而這層 cementoid layer 一般認為是一個保護層的作用。當保護層被移除後，odontoclasts 將可輕易的攻擊牙骨質。即使非常小心的控制矯正的力量，可能也很難避免在牙周韌帶周圍產生透明樣組織。如圖 1-11 所示，綠色箭頭代表牙齒移動的方向，可以發現牙根吸收已經進入牙本質。如圖 1-12 所示，在組織學切片上顯示之牙根吸收過程。

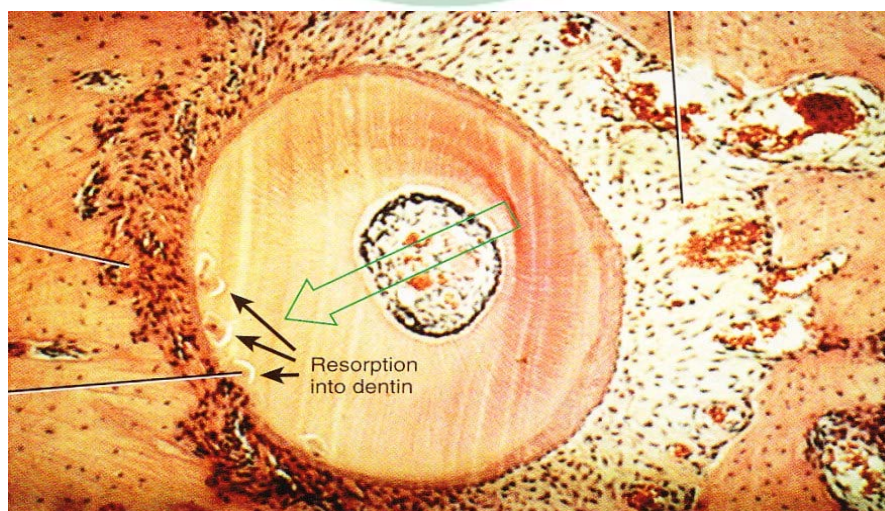


圖 1-11 小白齒牙根橫切面(Proffit et al., 2007)

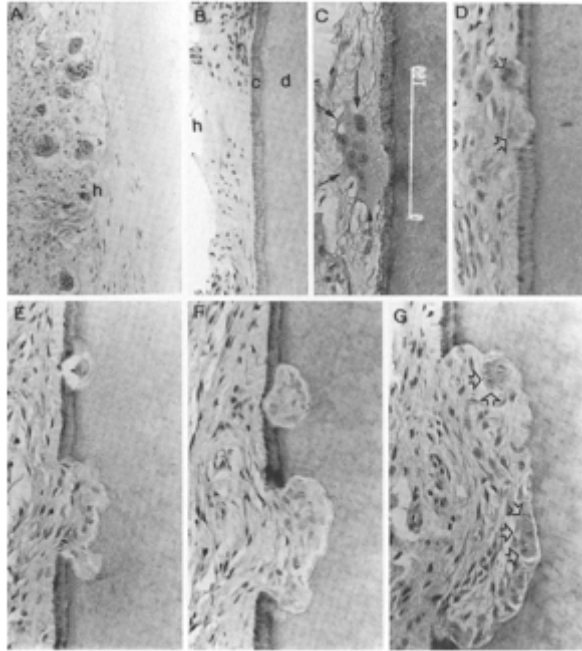


圖 1-12 小白齒牙根吸收過程之組織學切片(Kurol et al., 1996)

研究發現，當矯正力量停止，被吸收的區域會有新的牙骨質沈積，形成牙根的重塑(root remodeling)。但是當破壞的根尖區域過大，便可能與原本的牙根表面分離。分離後的牙骨質或牙本質小島將會被吸收，且不再修復，如圖 1-13、1-14 所示。也因此多數矯正治療造成之永久性牙根縮短，大部分發生於根尖區域(Proffit et al., 2007)。

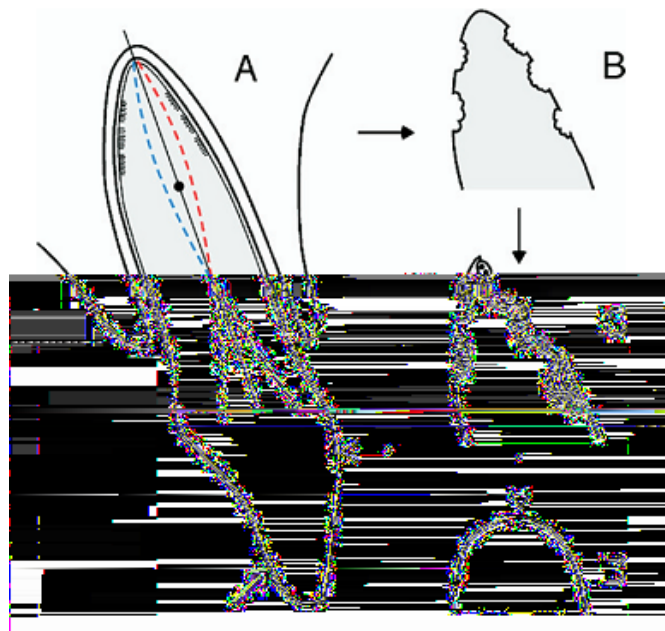


圖 1-13 牙根吸收的情況(Shaza K. Abass and James K. Hartsfield, 2007)



圖 1-14 牙根處分離的牙骨質或牙本質小島將會被吸收(Proffit et al., 2007)

### 1.2.3 影響牙根吸收的因素

矯正治療的過程中，造成牙根吸收的因素相當複雜，可能是多種不同原因加總的結果。造成牙根吸收的原因可以分為生物學因素與矯正力學因素(Brezniak and Wasserstein, 1993b)。

#### 1.2.3.1 生物學因素

在生物學方面的因素包括遺傳差異、服用藥物、牙根型態、不同牙齒間的差異、齒槽骨密度(alveolar bone density)、牙齒外傷病史、根管治療後的牙齒、咬合不正的類型以及嚴重程度、年紀、性別等。

##### 1.2.3.1.1 遺傳因素

Al-Qawasmi et al. (Al-Qawasmi et al., 2003) 研究發現，IL-1B gene 可能影響矯正治療後產生之牙根吸收程度。Ngan et al. (Ngan et al., 2004) 針對雙胞胎進行研究，結果發現遺傳因素的確影響著牙根吸收的程度。另外包括 TNFRSF11A、tissue non-specific alkaline phosphatase (TNSALP)、TNF-alpha 等，也都可能影響牙根吸收的嚴重程度(Beertsen et al., 1999; Hughes et al., 2000; Le and Vilcek,

1987)。

#### 1.2.3.1.2 服用藥物

Fujimura et al. (Fujimura et al., 2009) 研究發現，在老鼠身上使用 bisphosphonates 這類的藥物，會減少因為矯正力量所形成的 osteoclast，因而抑制牙齒的移動，同時也減少牙根吸收的情況。

#### 1.2.3.1.3 牙根型態

Levander et al. (Levander and Malmgren, 1988) 研究發現牙根型態呈現鈍形 (blunt) 或吸液管狀 (pipette-shape)，較容易產生牙根吸收。Mirabella et al. (Mirabella and Artun, 1995) 選取了 343 個病人，利用根尖影像 (periapical radiographs) 以及測顱影像 (cephalograms) 做搭配進行分析，在不同的牙根型態中發現牙根型態狹窄且根尖呈點狀或是彎曲的牙齒較容易產生牙根吸收，如圖 1-15 所示。Sameshima et al. (Sameshima and Sinclair, 2001a) 研究發現，牙根型態異常 (例如呈現 pipette, pointed, 或 dilacerated) 的牙

齒，則牙根吸收較嚴重。Marques et al. (Marques et al., 2010) 研究發現，三角形狀的牙根(triangular root)較容易產生嚴重的牙根吸收(牙根吸收超過牙根原長度的 1/3)，推測其原因可能是牙根型態影響力量分佈於齒槽骨以及牙齒結構的狀態，導致應力集中於牙根尖。

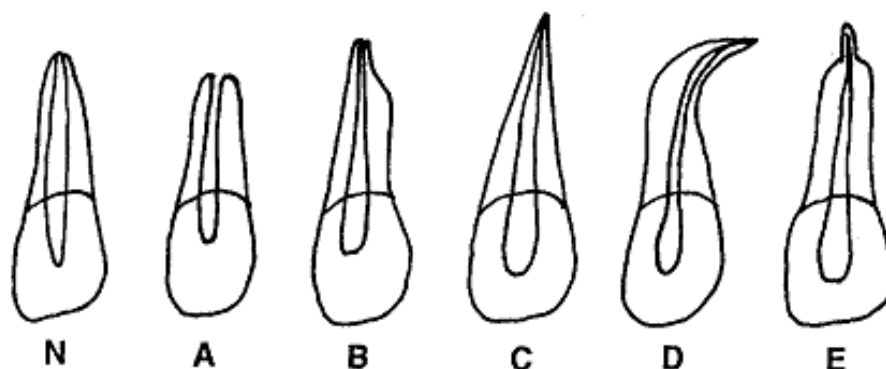


圖 1-15 Mirabella et al. 分析不同牙根型態(Mirabella and Artun, 1995)

#### 1.2.3.1.4 不同牙齒間的差異

Sameshima et al. (Sameshima and Sinclair, 2001a) 研究發現牙根吸收主要發生於上顎前牙，其中吸收最嚴重的牙齒為上顎側門牙。其他學者研究則發現，上顎正中門牙、側門牙，以及下顎門牙，是比較容易產生牙根吸收的部位。另外在矯正治療前，若已經呈現牙根吸收，則在治療過程中將會更加的嚴重(Graber et al., 2005)。

#### 1.2.3.1.5 齒槽骨密度(alveolar bone density)

Goldie et al.(Goldie and King, 1984)進行了動物實驗，結果發現在鈣質缺乏(calcium-deficient)老鼠身上發現齒槽骨密度較低的時候，牙根吸收的程度相對也較輕微。

#### 1.2.3.1.6 牙齒外傷病史

曾經受過外傷的牙齒即使未接受矯正治療，也可能產生牙根吸收(Brin et al., 1991)。如果矯正治療過程中，移動受過外傷且已經有牙根吸收情況的牙齒，則繼續產生牙根吸收的情形將更為嚴重(Brin et al., 1991; Linge and Linge, 1983)。然而 Malmgren et al.(Malmgren et al., 1982)的研究則有不同看法，發現治療前有外傷病史的門牙，與未受傷門牙相比，產生牙根吸收的情況並無顯著差異。

#### 1.2.3.1.7 根管治療後的牙齒

Remington et al.(Remington et al., 1989)的研究發現接受根

管治療後的牙齒，較不會產生牙根吸收。Mirabella et al. (Mirabella and Artun, 1995)選取了 343 個病人，利用根尖影像(periapical radiographs)以及測顱影像(cephalograms)做搭配進行分析，結果發現根管治療後的牙齒，較不易產生牙根吸收的情況。

#### 1.2.3.1.8 咬合不正的類型以及嚴重程度

Mirabella et al. (Mirabella and Artun, 1995)研究發現治療前咬合不正的類型，並不影響產生牙根吸收的情況。Sameshima et al. (Sameshima and Sinclair, 2001a)研究發現，治療前上下顎前牙前後距離(overjet)越大，則產生牙根吸收的情況越嚴重。

#### 1.2.3.1.9 年紀

Sameshima et al. (Sameshima and Sinclair, 2001a)研究發現，成年病人與孩童做比較，僅在下顎前牙的區域產生較多的牙根吸收。



### 1.2.3.1.10 性別

Kurol et al. (Kurol et al., 1996) 利用組織學檢查研究發現，牙根吸收的情況與性別並無相關性。Sameshima et al. (Sameshima and Sinclair, 2001a) 研究發現，男性病人與女性病人之間，牙根吸收發生的機率以及嚴重程度並無差別。

### 1.2.3.2 矯正力學因素

矯正力學方面的因素則包括牙根移動距離、方向、形式，矯正力量的強度、施加方式(連續力或間斷力)，矯正治療時間，矯正裝置的種類等(Weltman et al., 2010)。

#### 1.2.3.2.1 牙根移動距離、方向、形式

研究發現，壓入(intrusion)的牙齒產生牙根吸收的現象是挺出(extrusion)牙齒的四倍(Han et al., 2005)，最容易產生牙根吸收的牙齒移動方式為壓入以及扭矩(torque)。有些研究利用 finite element model 發現，壓入的力量會在牙根尖的部份產生較大的應力集

中(Rudolph et al., 2001; Shaw et al., 2004)。Kuroi et al. (Kuroi et al., 1996)進行組織學檢查研究發現，牙根吸收的情況與牙齒移動的距離並無相關性。

#### 1.2.3.2.2 矯正力量的強度、施加方式(連續力或間斷力)

學者發現，牙根表面吸收孔洞與施加在牙齒上的力量有關，當力量越大，產生孔洞的速率也越快(Harry and Sims, 1982)。有學者利用動物實驗發現矯正力量給予的形式也影響著牙根吸收的程度，連續性力量比起間歇性力量明顯產生較多的牙根吸收(Maltha et al., 2004)。

#### 1.2.3.2.3 矯正治療時間

學者利用動物實驗發現矯正力量給予的時間越長，產生牙根吸收的機率越高(Maltha et al., 2004)。Kuroi et al. (Kuroi et al., 1996)利用必須拔除之小白齒，做組織學檢查研究發現，隨著矯正治療施加力量時間越長，牙根吸收的情況也越嚴重。

#### 1.2.3.2.4 矯正裝置的種類

研究發現，使用固定式矯正裝置比起活動式矯正裝置，會產生較多的牙根吸收。另外，搭配顎間橡皮筋使用的牙齒，也會產生較多的牙根吸收(Linge and Linge, 1983; Linge and Linge, 1991)。McNab et al.(McNab et al., 2000)研究後牙區在矯正治療後牙根吸收的情況，結果發現使用 Begg appliances 相較起 edgewise appliances，發生牙根吸收的機率高 2.30 倍。Pandis et al.(Pandis et al., 2008)研究傳統矯正器與自鎖式矯正器(Damon-2)造成牙根吸收的嚴重程度，結果發現牙根吸收的嚴重程度，與使用傳統矯正器或自鎖式矯正器無關。

#### 1.2.4 觀察牙根吸收的方法

矯正治療常可發現牙根吸收的現象，觀察牙根吸收的方法，主要有兩種形式，一個是組織學的檢查，另一個則是放射學檢查。組織學檢查發現牙根吸收的盛行率較高，而放射學檢查的盛行率則根據不同

的研究方法，有著較大的變異性(Brezniak and Wasserstein, 1993a; b)。可能的原因是放射學檢查多僅能觀察根尖牙根吸收(apical root resorption)，較難觀察牙根頰側面以及舌側面的吸收情形(Kurol et al., 1996)。不過目前大多數研究，主要仍舊使用放射學檢查，來研究矯正治療造成的牙根吸收。

#### 1.2.4.1 組織學檢查

組織學檢查可以較精確的觀測牙根吸收的範圍，有學者利用動物實驗發現矯正力量給予的時間越長，產生牙根吸收的機率越高。力量給予 14 到 17 個禮拜後，在壓力側可以發現高達 94% 的牙根區域產生牙根吸收。另外，力量給予的形式也影響著牙根吸收的程度，持續性力量比起間歇性力量明顯產生較多的牙根吸收(Maltha et al., 2004)。Kurol et al. (Kurol et al., 1996) 選擇了 56 個必須拔除小白齒接受治療的病人，利用經過設計的固定矯正裝置，如圖 1-16 所示，選擇一側的小白齒施加 50 cN 的力量，並且利用對側小白齒作為控制組不施加力量，病人總共分為 7 組，分組施加力量的時間為 1、2、3、4、5、6、7 個禮拜。之後將小白齒拔除，進行組織學檢查。研究發現施加力

量一個禮拜後，便發現牙根吸收的現象。在經過兩個禮拜後，牙根吸收的量更是明顯的增加。在經過 7 個禮拜後，施加力量的牙齒相對於控制組的牙齒產生牙根吸收的牙根邊緣，平均約多了 20 倍。

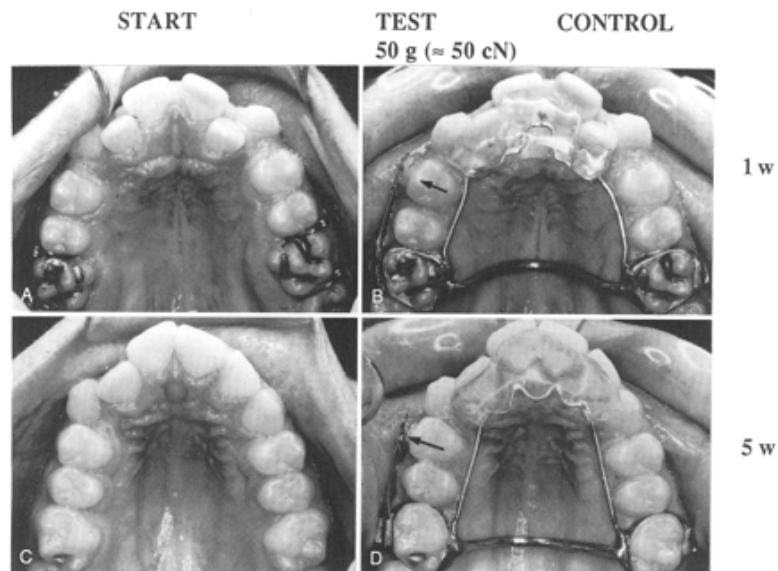


圖 1-16 Kuroi et al. 使用之固定矯正裝置(Kuroi et al., 1996)

#### 1.2.4.2 放射學檢查

使用放射學檢查進行牙根吸收測量之盛行率變異性較大，因為放射學檢查可能由於不同的照射角度，或是變形率而有所差別。不過目前放射學檢查仍舊是檢查牙根吸收較常用的診斷工具，其中包括根尖 X 光檢查、環口 X 光檢查、測顱 X 光檢查、Micro-CT、電腦斷層掃描、牙科用電腦斷層掃描等。

#### 1.2.4.2.1 根尖 X 光(Periapical radiographs)檢查

根尖 X 光檢查可以提供許多資訊，包括牙周是否健康，牙根長度以及形狀，牙齒是否與骨頭沾粘，埋伏齒的位置以及牙根平行性等 (Graber et al., 2005)。目前多數關於牙根吸收的研究，都使用根尖 X 光片做判讀。但是，Kurol et al. (Kurol et al., 1996)認為根尖 X 光檢查並無法顯示所有牙根吸收的區域，尤其當牙根吸收發生在頰側或是舌側面的時候。不同的照射角度，在根尖區域的判讀便有可能造成誤差，因此有學者利用根尖片數位影像重整 (digital image reconstruction) 的技術，來提高準確度，同時亦獲得不錯的結果 (Reukers et al., 1998)。Sameshima et al. (Sameshima and Sinclair, 2001a)選取了 868 個病例，利用根尖影像做研究，結果發現上顎前牙產生牙根吸收平均超過 1.4 mm。Smale et al. (Smale et al., 2005)使用數位化的根尖 X 光影像，搭配電腦軟體以及數位影像重整，發現可以提昇影像分析的準確度，相較於傳統根尖影像，能夠早期偵測牙根長度較細微的變化。研究選取了 290 個病例，結果發現牙根吸收在早期矯正治療排齊的階段 (early leveling stage) 便可能發生，經過了 3 到 9 個月的矯正治療，約有 4.1% 的病人四顆上顎門牙平均超過 1.5 mm 的牙根吸收，另外約有 15.5% 的病人有一顆以上的上顎門牙產生超

過 2.0 mm 的牙根吸收。

#### 1.2.4.2.2 環口 X 光(Panoramic radiographs)檢查

環口 X 光片可以提供下顎對稱性、牙齒缺失、多生牙、牙齒萌發順序等資訊，另外也可以提供部份資訊有關牙周韌帶健康，上顎竇的位置，牙根平行性，顛顎關節等。但是環口 X 光片存在著變形率的問題，當照射角度出現誤差，它便無法提供精確的大小以及解剖位置 (Graber et al., 2005)。McNab et al. (McNab et al., 2000) 選擇了 97 個病人，利用環口 X 光影像研究後牙區在矯正治療後牙根吸收的情況。結果發現牙根吸收的發生率與牙齒的位置 (tooth position)、使用的矯正裝置 (appliance type)、拔牙與否 (extractions) 有關。使用 Begg appliances 相較起 edgewise appliances，發生牙根吸收的機率高 2.30 倍。拔牙治療比起不拔牙治療，發生牙根吸收的機率則高 3.72 倍。Pandis et al. (Pandis et al., 2008) 選擇了 96 個病人，利用環口 X 光影像研究傳統矯正器與自鎖式矯正器 (Damon-2) 造成牙根吸收的嚴重程度。結果發現牙根吸收的嚴重程度，與使用傳統矯正器或自鎖式矯正器無關，且也與年齡，性別，以及是否拔牙無關，但與治

療時間長短有關。

#### 1.2.4.2.3 測顱 X 光(Cephalometric radiographs)檢查

有學者利用測顱 X 光檢查(Cephalometric radiographs)來研究不同的牙齒移動及骨骼齒列與牙根吸收之間的關係，其中使用三種不同的矯正裝置，包括 Tweed standard edgewise technique、Begg light wire technique、Roth prescription straight wire technique。結果發現不同的性別以及不同的矯正裝置，與牙根吸收之間的關係並無統計上的差異。另外給予正中門牙壓入以及牙根舌側扭矩較容易產生牙根吸收，而正中門牙的遠心整體移動、挺出、牙冠舌側傾斜則較不會產生牙根吸收(Parker and Harris, 1998)。使用測顱 X 光檢查的優點是，此影像為矯正檢查常規的檢查影像，資料取得較為容易，另外可由近遠心方向觀測前牙，但是缺點是影像中牙齒左右重疊，不容易清楚辨別個別牙齒。



#### 1.2.4.2.4 Micro-computed tomography

Micro-computed tomography (Micro-CT)主要可以用來觀察 3D 的礦化組織，並且具有相當高的解析度，連非常輕微的牙根吸收都可以偵測。但是現在只能在實驗室中進行實驗，還未應用到活體。目前，已經被應用在研究牙根吸收的動物實驗(Chung et al., 2008)，以及研究矯正治療造成牙根吸收情況，如圖 1-17、1-18 所示(Wierzbicki et al., 2009)。

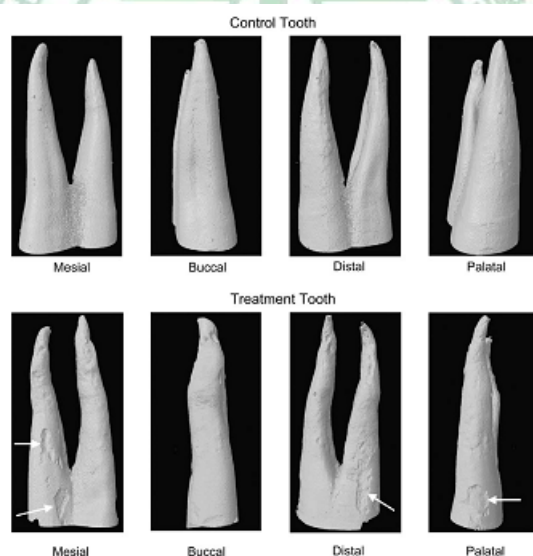


圖 1-17 箭頭所指即為 Micro-CT 影像下觀測之牙根吸收區域

(Wierzbicki et al., 2009)

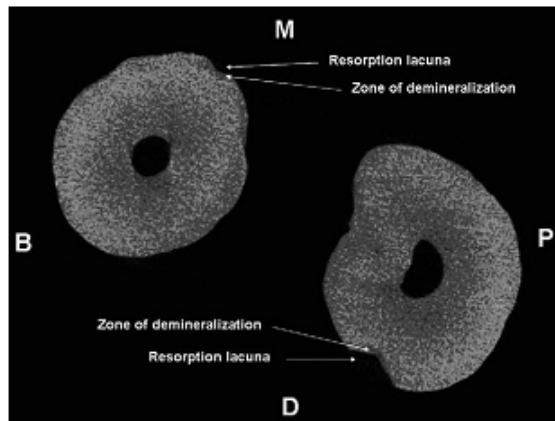


圖 1-18 Micro-CT 影像觀測之牙根吸收孔洞(Wierzbicki et al.,

2009)

#### 1.2.4.2.5 電腦斷層掃描(Computed Tomography)檢查

有學者利用 CT 影像評估模擬牙根外吸收，結果發現 CT 影像具備高靈敏度以及極佳的專一性(da Silveira et al., 2007)。Ericson et al.(Ericson and Kurol, 2000)選擇了 107 個病人，利用電腦斷層掃描影像研究上顎異位萌發的犬齒造成門牙牙根吸收的盛行率以及嚴重程度。結果發現異位萌發的上顎犬齒是一個蠻常見的現象，要小心仔細加以診斷。另外電腦斷層掃描影像增加偵測上顎異位萌發犬齒造成鄰近門牙牙根吸收的靈敏度，相較起其他傳統 X 光影像來的好。但是，CT 照射的輻射劑量較高，機台體積龐大，價格相對昂貴，因此也侷限

了在牙科方面的應用。

#### 1.2.4.2.6 牙科用電腦斷層掃描(Cone Beam Computed Tomography)

##### 檢查

牙科用電腦斷層掃描(Cone Beam Computed Tomography)簡稱 CBCT，早期原本是用來獲取 3D 影像進行放射線治療檢查(Harrison and Farmer, 1978)，之後也用於血管造影術(Robb, 1982)，以及乳房放射檢查(Chen and Ning, 2002)。CBCT 與傳統 CT 主要差別在於 CBCT 使用的是平面型 X 光感應器，CT 使用的則是線型 X 光感應器，另外 CBCT 只需旋轉一次便可得到資料，這也與 CT 需多次旋轉不同(Mah and Hatcher, 2004)，如圖 1-19 所示。

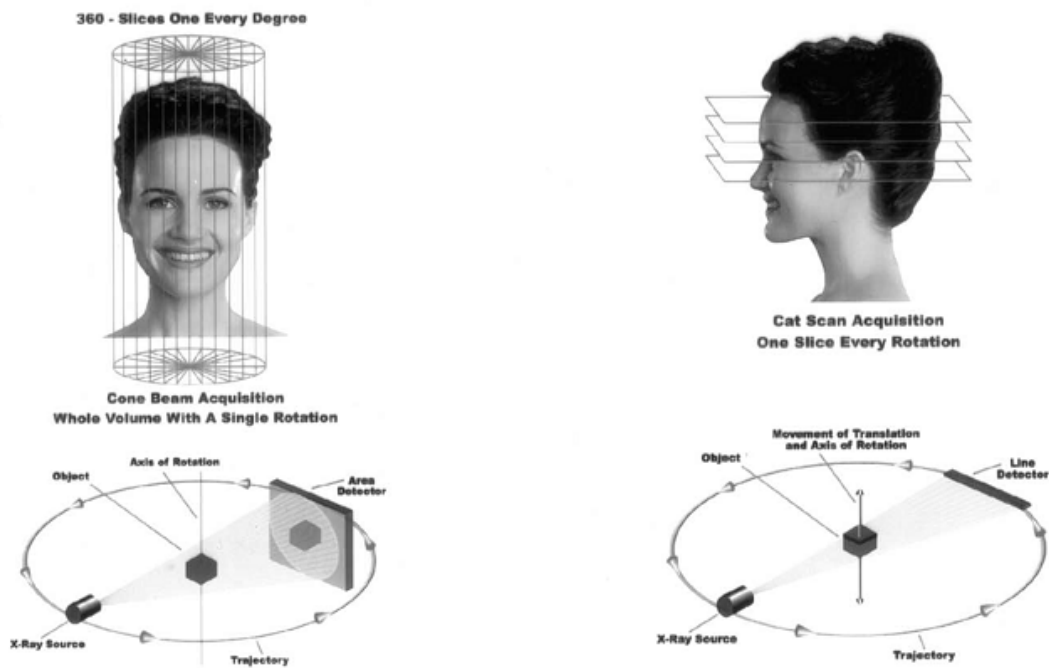


圖 1-19 CBCT 與傳統 CT 之差別(Mah and Hatcher, 2004)

CBCT 後來開始被應用在牙科臨床治療(Mozzo et al., 1998)，其中包括植牙手術，拔除智齒手術(Heurich et al., 2002)，外傷修復(Heiland et al., 2004)等。與矯正治療相關之檢查包括，阻生牙齒之診斷、牙根吸收、牙根沾黏以及周圍骨頭解剖構造、正顎手術(Cevidanes et al., 2007)、顏面歪斜診斷(Maeda et al., 2006)、評估牙根間置放微植體的解剖空間(Poggio et al., 2006)等，都可運用 CBCT 觀察。相較於傳統放射線影像，CBCT 有著解析度高，變形率低等優點。而與傳統 CT 相比，其輻射劑量以及價格都較低(Danforth et al., 2003)。有學者

指出，使用 CBCT 可以讓診斷更為容易以及精確，同時如果對於病灶有更多以及更快的了解，便能提高治療的成效，避免接下來的併發症 (Cohenca et al., 2007)。另外，有學者比較了根尖 X 光片以及 CBCT 對於上顎後牙牙根病灶的診斷能力，發現有 34% 的病灶在 CBCT 中發現，但是卻無法在根尖 X 光片中診斷 (Low et al., 2008)。也有學者利用 CBCT、根尖 X 光片、環口 X 光片來診斷牙根周圍炎，結果 CBCT 明顯發現了較多的牙根周圍炎，且相較於根尖 X 光片以及環口 X 光片，CBCT 有最佳的靈敏度以及準確性 (Estrela et al., 2008)。Cattaneo et al. (Cattaneo et al., 2008) 將由 CBCT 所取得影像合成之測顱影像與傳統測顱影像做比較，結果發現 CBCT 合成之測顱影像可以成功的取代傳統的測顱影像，用來進行測顱數據分析。Moshiri et al. (Moshiri et al., 2007) 則發現，從 CBCT 影像中取得之 2D 測顱影像，比傳統測顱影像來的更加精確。Liedke et al. (Liedke et al., 2009) 研究不同 voxel size 所取得 CBCT 影像，用以在口外環境研究模擬牙根吸收，結果發現 CBCT 是一個評估牙根外吸收可靠的方式，搭配使用 0.3-mm voxel resolution 可以達到良好的診斷結果，同時降低病人的放射線曝光量，如圖 1-20 所示。

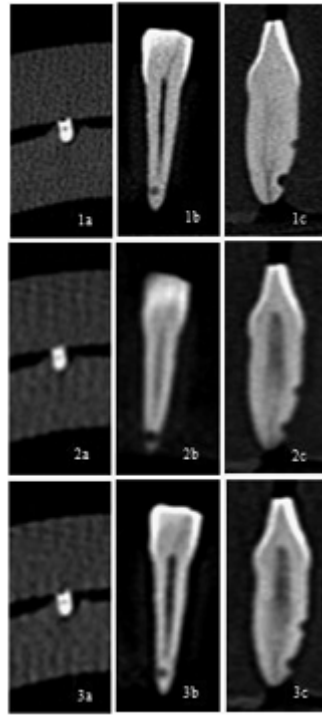


圖 1-20 使用 CBCT 研究不同的 voxel size 所呈現牙根吸收的影像

(Liedke et al., 2009)

### 1.3 研究動機及目的

在牙科的不同分科，都有機會遇到牙根吸收的問題，其中包括牙齒外傷、根尖發炎、鄰牙異位萌發等。但是到目前為止，最常發生的原因仍舊是矯正造成的牙齒移動所引發的牙根吸收。臨床醫師在矯正過程中發現牙根吸收的現象，當牙根吸收變短的情況較嚴重時，有可

能會造成不良的牙冠牙根比例，周圍骨應力集中等問題。更甚者，將來如果發生牙齒周圍骨喪失的情況，牙齒的預後將更差。另外，牙根周圍骨密度變化、牙根移動距離，以及牙根吸收之間的相關性，也是值得加以研究。以期在未來對於矯正過程中產生之牙根吸收，可以有更深入的了解。

因此本研究將利用 Cone beam computed tomography 來探討矯正七個月過程牙根吸收的情況，同時與牙根移動距離、牙根周圍骨密度變化做比較，探討之間的相關性。



## 第二章 研究材料與方法

### 2.1 研究流程概述

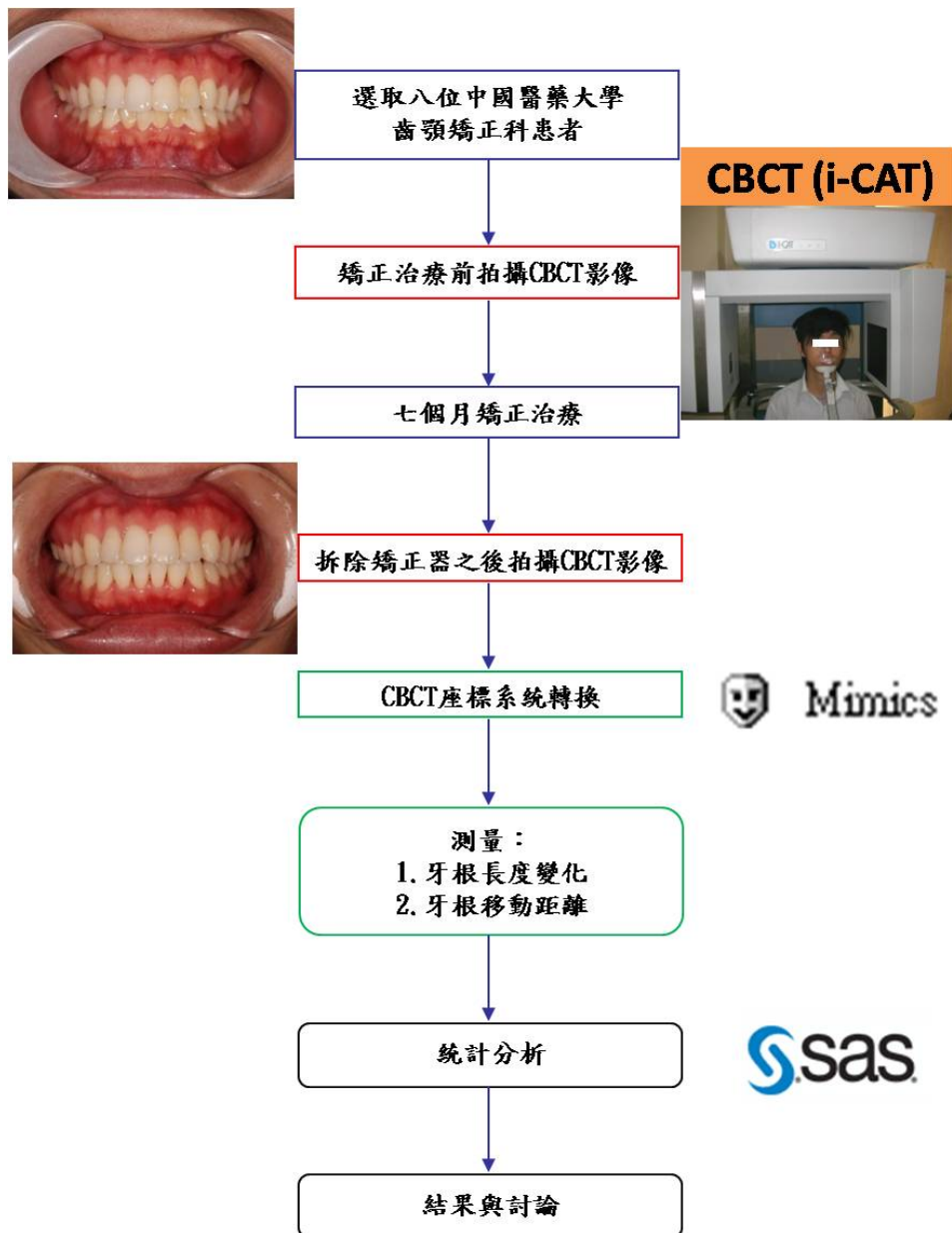


圖 2-1 研究流程圖



## 2.2 受試者選擇、矯正治療方式、與 CBCT 掃瞄參數設定

### 2.2.1 受試者選擇的準則

本實驗以中國醫藥大學附設醫院牙醫部齒顎矯正科八位門診病患為研究對象，其中包含五名男性及三名女性，年齡介於 20-25 歲之間，口內上顎前牙區沒有假牙，齒列擁擠程度小於 8mm，採取不拔牙治療。受試者沒有家族病史、特殊疾病或長期服用藥物，亦沒有顛顎關節問題。受試者矯正前顛顏基本資料檢查如表 2-1 所示：

表 2-1 受試者矯正前顛顏基本資料

受試者	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
SNA	83°	79°	84°	85°	79°	88°	87°	84°
SNB	81°	75°	83°	80°	73°	82°	80°	87°
ANB	2°	4°	1°	5°	6°	6°	7°	-3°
FH-MP	20°	32°	27°	21°	34.8°	28°	31°	31°
UI to SN	110°	100°	100°	115°	111°	107°	124°	125°
L1 to MP	92°	95°	89°	88°	98°	101°	89°	88°
Interincisal	122°	124°	134°	121°	107°	117°	99°	117°
Skeletal	Class I	Class I	Class I	Class II	Class II	Class II	Class II	Class III
Dental	Class I	Class I	Class III	Class I	Class II	Class II	Class I	Class III

## 2.2.2 受試者矯正治療方式

本研究在前牙部份使用的是 Esther II , Roth type , 0.018 slot 透明樹脂矯正器( Tomy company, Tokyo, Japan )，後牙則是使用 Micro-arch, Roth type , 0.018 slot 金屬矯正器 ( Tomy company, Tokyo, Japan )。矯正線則是使用日本國立東京醫科齒科大學所研發的 L&H® TITAN Nickel Titanium wire ( Tomy company, Tokyo, Japan )，其規格為 0.016x0.022 inch<sup>2</sup>，Accu Form®。

## 2.2.3 受試者照射 CBCT 的參數設定

CBCT 影像由台灣台中元易影像中心協助照射，使用廠牌為 i-CAT(Imaging Sciences International, Hatfield, USA)，實驗時電壓設置在 120KV，電流值為 47 mA，切片間距為 0.25mm，影像像素為 640 X 640，照射時間為 40 秒。照射時請病人坐直，頭部固定，使之咬合平面平行地面，顏面中線垂直地面。

## 2.3 量測牙根吸收方法

### 2.3.1 CBCT 座標系統轉換

首先，雖然在 CBCT 照射過程採用標準化程序，照射時請病人坐直，頭部固定，使其咬合平面平行地面，顏面中線垂直地面，但仍可能產生誤差，因此先利用分析軟體 Mimics 中 Reslice project 這個功能進行重切，做 CBCT 座標系統之轉換。本研究中轉換平面為前鼻嵴－後鼻嵴 (ANS-PNS) 連線及 midsagittal plane。

### 2.3.2 測量牙根長度方法

經過座標系統轉換後，利用 HU 值做為參考，將治療前後影像 HU 值一樣的點之位置座標 (X, Y, Z) 記錄下來，以定位矯正治療前、後兩次影像中的骨性定位點 (ANS、PNS、Left pterygoid humulus、Right pterygoid humulus)，如圖 2-2 所示。

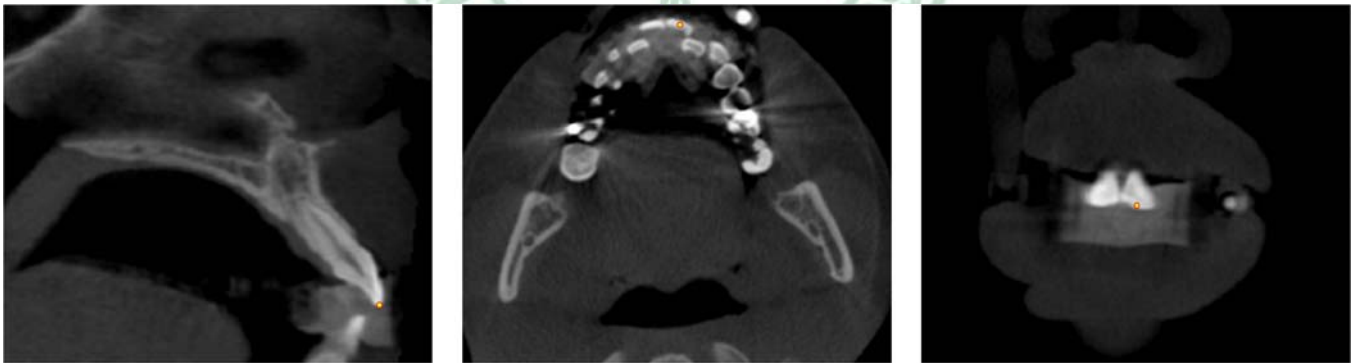


(a)

(b)

圖 2-2 矯正治療前後不動骨性解剖點(ANS)的影像

接著以相同方式，三個不同面觀定位牙齒牙冠正中點，以及牙根尖點，同時紀錄 HU 值以及位置座標(X, Y, Z)，如圖 2-3、2-4 所示。

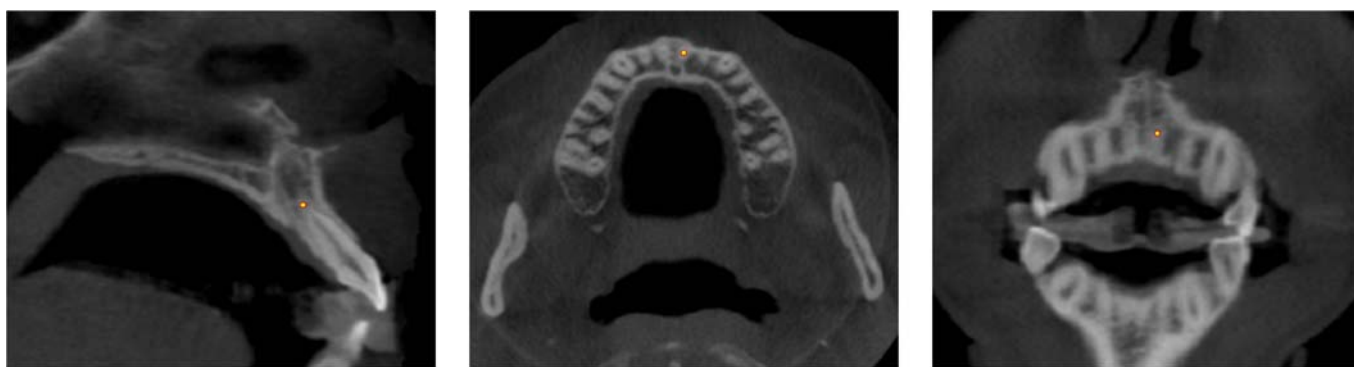


(a)

(b)

(c)

圖 2-3 定位牙冠座標



(a)

(b)

(c)

圖 2-4 定位牙根座標

獲得牙冠以及牙根位置座標(X, Y, Z)後，利用向量距離量測公式計算牙齒長度，如表 2-2。

表 2-2 計算牙齒長度方程式

假設牙根座標為(X<sub>b</sub>, Y<sub>b</sub>, Z<sub>b</sub>)

牙冠座標為(X<sub>a</sub>, Y<sub>a</sub>, Z<sub>a</sub>)

$$\text{牙齒長度} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2 + (Z_b - Z_a)^2}$$

### 2.3.3 測量牙根尖移動距離之方法

在本研究中，利用向量座標的測量，計算牙根尖移動的距離。主要測量的牙齒為上顎前牙，分別是上顎右犬齒(#13)、上顎右側門牙

(#12)、上顎右正中門牙(#11)、上顎左正中門牙(#21)、上顎左側門牙(#22)、上顎左犬齒(#23)。經過 CBCT 座標系統轉換之後，利用前鼻嵴點(Anterior nasal spine)當作原點進行校正，找出治療前、後之牙根尖座標。在探討牙根尖移動距離的同時，必須考慮牙齒的移動過程與牙根吸收之間的關係。由於矯正治療的過程中，牙根會產生吸收的現象，因此治療後牙根會有變短的情況，因此要先對牙齒長度做修正。如圖 2-5 所示， $(X_0, Y_0, Z_0)$ 代表矯正治療後之牙冠座標， $(X_1, Y_1, Z_1)$ 代表矯正治療後之牙根尖座標(未經過牙根治療前長度校正)， $(X_2, Y_2, Z_2)$ 代表矯正治療後之牙根尖座標(經過牙根治療前長度校正)。

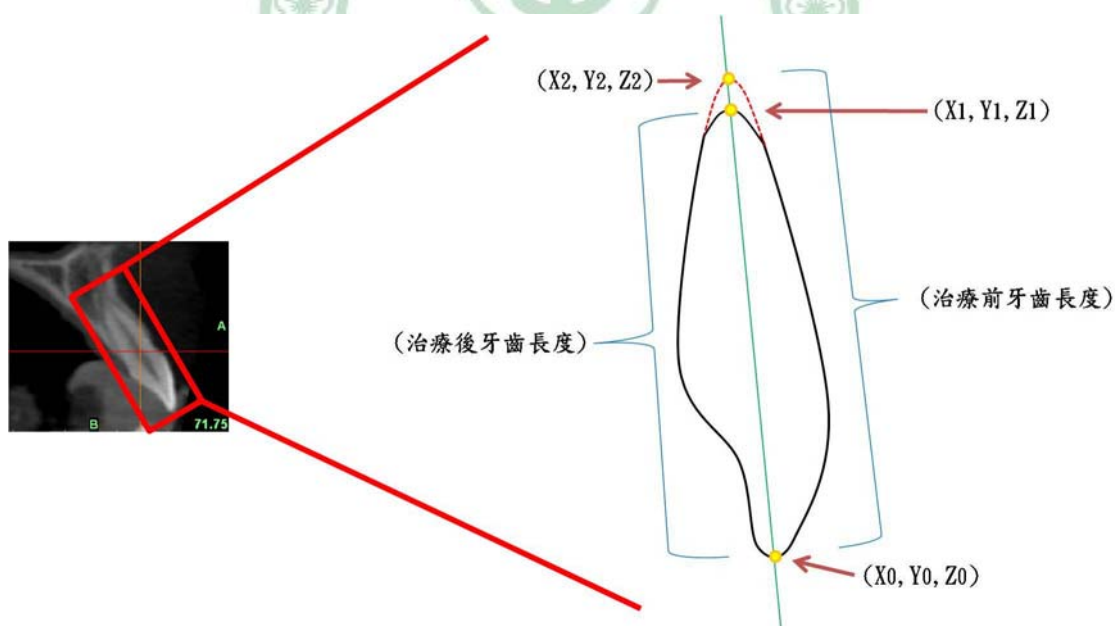


圖 2-5 模擬牙齒原始長度後牙根座標測量示意圖

校正方式是利用向量的方程式測量，方程式如下：

$$X_2 = X_0 + (X_1 - X_0) \times \frac{\text{治療前牙齒長度}}{\text{治療後牙齒長度}}$$

$$Y_2 = Y_0 + (Y_1 - Y_0) \times \frac{\text{治療前牙齒長度}}{\text{治療後牙齒長度}}$$

$$Z_2 = Z_0 + (Z_1 - Z_0) \times \frac{\text{治療前牙齒長度}}{\text{治療後牙齒長度}}$$

利用方程式計算求得校正後之治療後牙根尖座標 $(X_2, Y_2, Z_2)$ ，接著依此牙根尖座標與矯正治療前牙根尖座標做計算，便可求得牙根尖移動距離，如表 2-3。

表 2-3 計算牙根尖移動距離方程式

<p>假設治療後牙根座標為<math>(X_2, Y_2, Z_2)</math> 治療前牙根座標為<math>(X_C, Y_C, Z_C)</math></p> <p>牙根尖移動距離 = <math>\sqrt{(X_2 - X_C)^2 + (Y_2 - Y_C)^2 + (Z_2 - Z_C)^2}</math></p>
---

### 2.3.4 量測牙根周圍骨密度方法

量測牙根周圍骨密度方法主要參考張馨文以及許瑞廷之研究(Hsu JT; 張馨文, 2010)，主要測量牙根段周圍骨密度。由影像中找出牙根出現的最後一個切面，以此切面為基準往咬合面方向移動 1.0mm 處開

始的 2.0mm 區段定義為根尖段，如圖 2-6 所示。

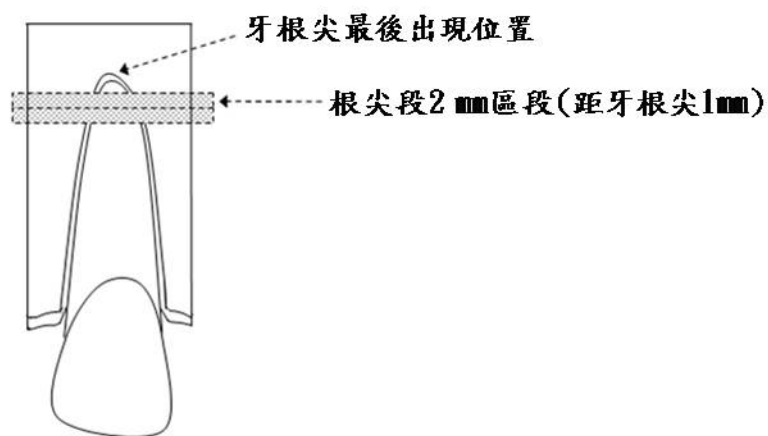


圖 2-6 測量部位定義

利用 Thresholding 的功能在牙根剖面上設定 HU 範圍找出牙根附近 PDL 約 1~2 pixel 的範圍，使能出現最靠近牙根周圍一圈，填滿內層後將外圈往外擴張 3 pixel，如圖 2-7 所示，擴張的部份減去填滿內層的部分即定義為牙根周圍骨頭的部分。

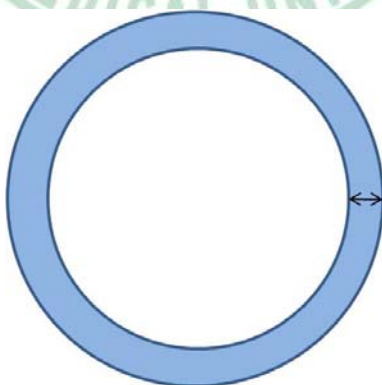


圖 2-7 牙根周圍定義(周圍 3 pixel，約 0.75 mm<sup>2</sup>)



## 2.4 研究參數設計與統計分析

### 2.4.1 研究參數設計

矯正後牙根長度變化量(mm)=矯正後牙齒長度-矯正前牙齒長度

矯正後牙根長度變化百分比(%)=  $\frac{\text{矯正後牙根長度變化量(mm)}}{\text{治療前牙齒長度(mm)}} \times 100\%$

矯正後牙根尖移動距離(mm)

矯正前後牙根周圍骨密度(HU)

矯正後牙根周圍骨密度改變量(%)=  $\frac{(\text{矯正後牙根周圍骨密度}-\text{矯正前牙根周圍骨密度})(\text{HU})}{\text{矯正前牙根周圍骨密度}(\text{HU})} \times 100\%$

### 2.4.2 統計分析

經過研究參數測量後，採取 Pearson's correlation coefficient 進行相關性分析。分別探討(1)牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比，(2)治療前牙根周圍骨密度、(3)治療後牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比之關係。

### 第三章 結果

經過七個月的矯正治療，八位受試者矯正治療前後照片如下：



圖 3-1 #1 受試者矯正治療七個月前後照片

治療前  
口內照片



治療後  
口內照片



圖 3-2 #2 受試者矯正治療七個月前後照片



圖 3-3 #3 受試者矯正治療七個月前後照片

治療前  
口內照片



治療後  
口內照片



圖 3-4 #4 受試者矯正治療七個月前後照片



圖 3-5 #5 受試者矯正治療七個月前後照片

治療前  
口內照片



治療後  
口內照片



圖 3-6 #6 受試者矯正治療七個月前後照片

治療前  
口內照片



治療後  
口內照片



圖 3-7 #7 受試者矯正治療七個月前後照片



治療前  
口內照片



治療後  
口內照片



圖 3-8 #8 受試者矯正治療七個月前後照片

### 3.1 本研究 CBCT 座標系統轉換可信度驗證結果

本研究採用組內相關係數 (intraclass correlation coefficient; ICC) 進行驗證統計分析。就「施測者間信度」而言，當 ICC 值越接近 1，則代表不同施測者間的一致性越高。就「再測信度」而言，當 ICC 值越接近 1，則代表不同時間點重複測量的一致性越高。研究結果：

1. 經過座標系統轉換後，選取四個骨性定位點 (ANS、PNS、Left pterygoid humulus、Right pterygoid humulus)，將前鼻嵴 (ANS) 當作參考原點，以另外三個骨性定位點 (PNS、Left pterygoid humulus、Right pterygoid humulus) 與前鼻嵴做向量量測，ICC=0.95。
2. 個人重複測試結果(5 次)，ICC=0.98。
3. 多人測試結果(5 人)，ICC=0.96。

以上結果代表，本實驗座標系統經過轉換後，治療前、後之骨性不動點座標一致性高，具有一定可信度，且影像不會因為不同時間或不同觀測者測量，而有誤差。

### 3.2 七個月矯正治療後，牙根長度變化量與牙根長度變

化百分比，如表 3-1 所示。

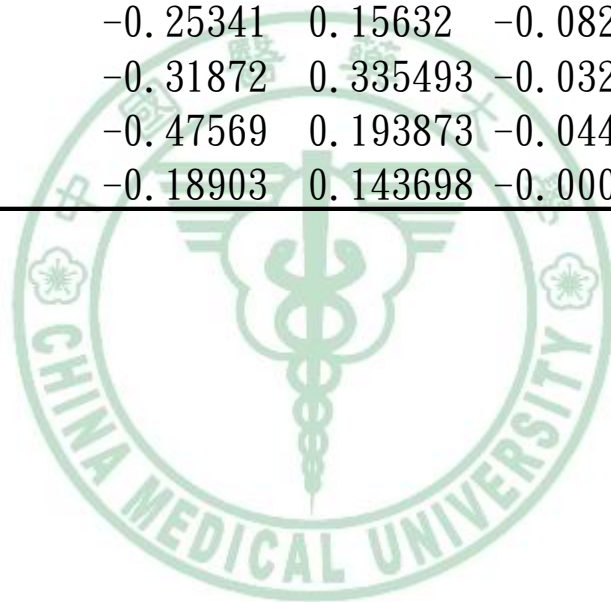
表 3-1 牙根長度變化量與牙根長度變化百分比

受試者 #	牙位	矯正前牙齒長度(mm)	矯正後牙齒長度(mm)	牙根長度變化量(mm)	牙根長度變化百分比(%)
1	#13	26.81157	26.62484	-0.18673	-0.696%
	#12	22.22937	21.63838	-0.59098	-2.659%
	#11	24.69149	24.26162	-0.42987	-1.741%
	#21	24.96768	24.81209	-0.15559	-0.623%
	#22	22.65524	22.02171	-0.63353	-2.796%
	#23	27.01495	26.97047	-0.04448	-0.165%
2	#13	24.54044	24.38685	-0.15359	-0.626%
	#12	21.60315	21.54522	-0.05793	-0.268%
	#11	21.89334	21.75513	-0.13821	-0.631%
	#21	22.45978	22.38482	-0.07496	-0.334%
	#22	22.54464	22.49967	-0.04497	-0.199%
	#23	24.27351	24.05902	-0.21449	-0.884%
3	#13	28.76050	28.73884	-0.02166	-0.075%
	#12	24.10987	24.08909	-0.02078	-0.086%
	#11	25.02433	24.94175	-0.08258	-0.330%
	#21	24.94115	24.47589	-0.46526	-1.865%
	#22	23.79977	23.24708	-0.55269	-2.322%
	#23	28.30291	28.00257	-0.30033	-1.061%
4	#13	27.48995	26.95567	-0.53428	-1.944%
	#12	24.09786	23.47212	-0.62575	-2.597%
	#11	24.29603	24.13045	-0.16558	-0.682%
	#21	24.30082	24.00918	-0.29165	-1.200%
	#22	24.44720	23.98175	-0.46545	-1.904%
	#23	26.00039	25.79223	-0.20817	-0.801%
5	#13	30.04952	30.03545	-0.01407	-0.047%
	#12	23.06031	22.34058	-0.71974	-3.121%
	#11	25.18105	25.08006	-0.10099	-0.401%
	#21	24.46866	24.28108	-0.18758	-0.767%
	#22	22.63832	22.12828	-0.51005	-2.253%
	#23	29.30856	28.88778	-0.42078	-1.436%
6	#13	27.05278	26.65925	-0.39353	-1.455%
	#12	24.07954	23.97454	-0.10500	-0.436%
	#11	25.02914	24.67747	-0.35167	-1.405%
	#21	24.64005	24.60772	-0.03233	-0.131%
	#22	23.19685	22.63287	-0.56397	-2.431%
	#23	26.21193	26.21165	-0.00028	-0.001%
7	#13	25.61152	25.51182	-0.09969	-0.389%
	#12	19.81540	19.03811	-0.77728	-3.923%
	#11	21.26552	20.99865	-0.26687	-1.255%
	#21	22.57270	21.49410	-1.07860	-4.778%
	#22	19.66068	19.01252	-0.64816	-3.297%
	#23	26.72764	26.66437	-0.06327	-0.237%
8	#13	28.04849	28.01931	-0.02918	-0.104%
	#12	23.95570	23.74967	-0.20604	-0.860%
	#11	24.86096	24.36948	-0.49148	-1.977%
	#21	24.54518	24.28143	-0.26375	-1.075%
	#22	23.38630	22.99962	-0.38668	-1.653%
	#23	27.11667	26.85627	-0.26040	-0.960%

3.3 七個月矯正治療後，八個受試者不同牙位之平均牙根吸收情況，如表 3-2 所示。

表 3-2 八個受試者不同牙位之平均牙根吸收情況(單位：mm)

牙位	Mean	SD	Min	Max
#13	-0.17909	0.190355	-0.01407	-0.53428
#12	-0.38794	0.319891	-0.02078	-0.77728
#11	-0.25341	0.15632	-0.08258	-0.49148
#21	-0.31872	0.335493	-0.03233	-1.07860
#22	-0.47569	0.193873	-0.04497	-0.64816
#23	-0.18903	0.143698	-0.00028	-0.42078



### 3.4 七個月矯正治療後，牙根尖移動距離與牙根長度變

化百分比之關係(受試者)，如表 3-3 所示。

表 3-3 牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比之關係(受試者)

受試者 #	牙位	牙根尖移動距離(mm)	牙根長度變化百分比(%)	相關係數	
1	#13	0.26735	-0.696%	-0.69037	中度相關
	#12	1.50697	-2.659%		
	#11	1.34566	-1.741%		
	#21	0.97143	-0.623%		
	#22	2.60876	-2.796%		
	#23	1.39415	-0.165%		
2	#13	1.49198	-0.626%	0.00721	低度相關
	#12	1.44283	-0.268%		
	#11	0.97165	-0.631%		
	#21	0.65696	-0.334%		
	#22	1.56048	-0.199%		
	#23	1.36017	-0.884%		
3	#13	0.56836	-0.075%	-0.19230	低度相關
	#12	1.02709	-0.086%		
	#11	0.97697	-0.330%		
	#21	1.26068	-1.865%		
	#22	0.73389	-2.322%		
	#23	0.81473	-1.061%		
4	#13	2.14999	-1.944%	-0.87252	高度相關
	#12	2.33420	-2.597%		
	#11	1.54796	-0.682%		
	#21	1.25393	-1.200%		
	#22	1.89296	-1.904%		
	#23	0.89354	-0.801%		
5	#13	0.73865	-0.047%	-0.95710	高度相關
	#12	2.82674	-3.121%		
	#11	1.21411	-0.401%		
	#21	1.03388	-0.767%		
	#22	2.05009	-2.253%		
	#23	2.07344	-1.436%		
6	#13	1.36671	-1.455%	-0.28274	低度相關
	#12	1.66581	-0.436%		
	#11	0.90605	-1.405%		
	#21	0.55950	-0.131%		
	#22	1.02496	-2.431%		
	#23	0.59133	-0.001%		
7	#13	0.87669	-0.389%	-0.20473	低度相關
	#12	1.34635	-3.923%		
	#11	0.93618	-1.255%		
	#21	1.58848	-4.778%		
	#22	1.71632	-3.297%		
	#23	2.02307	-0.237%		
8	#13	0.60788	-0.104%	-0.70464	高度相關
	#12	2.07520	-0.860%		
	#11	1.80036	-1.977%		
	#21	1.83636	-1.075%		
	#22	1.97097	-1.653%		
	#23	1.20322	-0.960%		

### 3.5 七個月矯正治療後，牙根尖移動距離與牙根長度變

化百分比之關係(牙位)，如表 3-4 所示。

表 3-4 牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比之關係(牙位)

牙位	受試者 #	牙根尖移動距離(mm)	牙根長度變化百分比(%)	相關係數	
#13	1	0.26735	-0.696%	-0.79626	高度相關
	2	1.49198	-0.626%		
	3	0.56836	-0.075%		
	4	2.14999	-1.944%		
	5	0.73865	-0.047%		
	6	1.36671	-1.455%		
	7	0.87669	-0.389%		
	8	0.60788	-0.104%		
#12	1	1.50697	-2.659%	-0.38073	低度相關
	2	1.44283	-0.268%		
	3	1.02709	-0.086%		
	4	2.33420	-2.597%		
	5	2.82674	-3.121%		
	6	1.66581	-0.436%		
	7	1.34635	-3.923%		
	8	2.07520	-0.860%		
#11	1	1.34566	-1.741%	-0.42665	中度相關
	2	0.97165	-0.631%		
	3	0.97697	-0.330%		
	4	1.54796	-0.682%		
	5	1.21411	-0.401%		
	6	0.90605	-1.405%		
	7	0.93618	-1.255%		
	8	1.80036	-1.977%		
#21	1	0.97143	-0.623%	-0.61237	高度相關
	2	0.65696	-0.334%		
	3	1.26068	-1.865%		
	4	1.25393	-1.200%		
	5	1.03388	-0.767%		
	6	0.55950	-0.131%		
	7	1.58848	-4.778%		
	8	1.83636	-1.075%		
#22	1	2.60876	-2.796%	-0.09767	低度相關
	2	1.56048	-0.199%		
	3	0.73389	-2.322%		
	4	1.89296	-1.904%		
	5	2.05009	-2.253%		
	6	1.02496	-2.431%		
	7	1.71632	-3.297%		
	8	1.97097	-1.653%		
#23	1	1.39415	-0.165%	-0.23544	低度相關
	2	1.36017	-0.884%		
	3	0.81473	-1.061%		
	4	0.89354	-0.801%		
	5	2.07344	-1.436%		
	6	0.59133	-0.001%		
	7	2.02307	-0.237%		
	8	1.20322	-0.960%		

### 3.6 治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比之

關係(Hsu JT; 張馨文, 2010), 如表 3-5 所示。

表 3-5 治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比之關係

受試者 #	牙位	治療前牙根周圍骨密度(HU)	牙根長度變化百分比(%)	相關係數	
1	#13	1121.779	-0.696%	0.93908	高度相關
	#12	758.378	-2.659%		
	#11	948.025	-1.741%		
	#21	978.741	-0.623%		
	#22	731.036	-2.796%		
2	#23	1086.769	-0.165%	0.05026	低度相關
	#13	801.626	-0.626%		
	#12	837.628	-0.268%		
	#11	713.698	-0.631%		
	#21	850.643	-0.334%		
3	#22	720.919	-0.199%	0.41963	中度相關
	#23	803.474	-0.884%		
	#13	917.673	-0.075%		
	#12	1036.579	-0.086%		
	#11	1059.091	-0.330%		
4	#21	1031.528	-1.865%	0.47582	中度相關
	#22	837.098	-2.322%		
	#23	836.491	-1.061%		
	#13	768.538	-1.944%		
	#12	830.814	-2.597%		
5	#11	836.108	-0.682%	0.83595	高度相關
	#21	928.684	-1.200%		
	#22	727.358	-1.904%		
	#23	865.480	-0.801%		
	#13	831.824	-0.047%		
6	#12	702.639	-3.121%	0.08090	低度相關
	#11	797.575	-0.401%		
	#21	829.514	-0.767%		
	#22	674.208	-2.253%		
	#23	822.066	-1.436%		
7	#13	796.508	-1.455%	-0.09397	低度相關
	#12	802.438	-0.436%		
	#11	1013.621	-1.405%		
	#21	962.394	-0.131%		
	#22	702.444	-2.431%		
8	#23	659.593	-0.001%	0.65940	中度相關
	#13	660.500	-0.389%		
	#12	614.700	-3.923%		
	#11	932.050	-1.255%		
	#21	878.575	-4.778%		
	#22	769.453	-3.297%		
	#23	743.525	-0.237%		
	#13	1007.825	-0.104%		
	#12	699.600	-0.860%		
	#11	795.900	-1.977%		
	#21	863.275	-1.075%		
	#22	694.500	-1.653%		
	#23	882.000	-0.960%		

3.7 七個月矯正治療後，牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比之關係(Hsu JT; 張馨文, 2010)，如表 3-6 所示。

表 3-6 牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比之關係

受試者 #	牙位	牙根周圍骨密度改變量(%)	牙根長度變化百分比(%)	相關係數	
1	#13	-36.219%	-0.696%	-0.57270	中度相關
	#12	-12.266%	-2.659%		
	#11	-42.536%	-1.741%		
	#21	-31.162%	-0.623%		
	#22	-21.168%	-2.796%		
2	#23	-29.379%	-0.165%	-0.87812	高度相關
	#13	-21.661%	-0.626%		
	#12	-25.515%	-0.268%		
	#11	-16.479%	-0.631%		
	#21	-29.161%	-0.334%		
3	#22	-37.879%	-0.199%	-0.46763	中度相關
	#23	-16.107%	-0.884%		
	#13	-1.845%	-0.075%		
	#12	-13.147%	-0.086%		
	#11	-27.878%	-0.330%		
4	#21	-9.561%	-1.865%	-0.24066	低度相關
	#22	1.697%	-2.322%		
	#23	-8.694%	-1.061%		
	#13	-13.774%	-1.944%		
	#12	-28.969%	-2.597%		
5	#11	-21.501%	-0.682%	-0.84946	高度相關
	#21	-23.566%	-1.200%		
	#22	-11.055%	-1.904%		
	#23	-31.927%	-0.801%		
	#13	-28.944%	-0.047%		
6	#12	-20.991%	-3.121%	-0.06113	低度相關
	#11	-29.771%	-0.401%		
	#21	-32.416%	-0.767%		
	#22	-24.488%	-2.253%		
	#23	-29.854%	-1.436%		
7	#13	-27.899%	-1.455%	0.11534	低度相關
	#12	-43.594%	-0.436%		
	#11	-34.514%	-1.405%		
	#21	-35.415%	-0.131%		
	#22	-21.678%	-2.431%		
8	#23	-9.846%	-0.001%	-0.50398	中度相關
	#13	-24.160%	-0.389%		
	#12	-10.900%	-3.923%		
	#11	-34.703%	-1.255%		
	#21	-36.385%	-4.778%		
	#22	-25.330%	-3.297%		
	#23	-18.376%	-0.237%		
	#13	-48.007%	-0.104%		
	#12	-7.303%	-0.860%		
	#11	-28.498%	-1.977%		
	#21	-20.186%	-1.075%		
	#22	-7.723%	-1.653%		
	#23	-35.876%	-0.960%		



## 第四章 討論

### 4.1 牙根吸收可能產生的問題

矯正治療後所產生的牙根吸收，在某些病例可能會影響成功矯正治療的成果(Mohandesan et al., 2007)。學者 Parker(Parker, 1997)研究當時有將近 300 篇的文獻在討論牙根吸收，但是幾乎沒有提到牙根吸收後長期的追蹤觀察。學者 Killiany(Killiany, 1999)的一篇文獻回顧報告指出，目前並沒有有關矯正移動後嚴重牙根吸收，而造成牙齒脫落的病例報告，最嚴重的情況是牙齒過度動搖(hypermobility)。Lee et al.(Lee et al., 2003)針對矯正醫師、牙周病醫師、補綴科醫師，以及一般牙科醫師做調查，結果發現牙周病醫師以及一般牙科醫師對於牙根吸收的議題較為保守、謹慎。基本上，多數學者以及不同分科的醫師都同意，過度的牙根吸收將危害齒列的健康以及穩定度。Remington et al.(Remington et al., 1989)研究發現，在矯正治療後請 100 位病人回診檢查，發現僅有兩個病人有牙齒喪失以及過度動搖的情況。另外，Levander et al.(Levander and Malmgren, 2000)研究了 20 個有著嚴重牙根吸收的病人，其中有 13 個病人已經結束矯正動態治療 10-15 年，另外 7 個病人結束矯正動態治

療 5-10 年。結果發現，如果經過嚴重牙根吸收，導致整體牙根長度小於等於 9mm，則牙齒動搖度增加的風險會提高，而針對這些牙齒也必須小心謹慎的觀察追蹤其預後。Sameshima et al. (Sameshima and Sinclair, 2004)認為，若只有一顆上顎前牙產生嚴重牙根吸收，則可以與鄰牙作固定，或是做一些咬合調整減少咬合的受力，但是若四顆上顎前牙都產生嚴重牙根吸收，則將來產生問題的風險較高。因此，關於牙根吸收後造成齒列的影響，仍需要進一步更深入的研究以及長期的追蹤分析。矯正醫師最好也應該讓病人了解，矯正治療可能會產生牙根吸收的情形。

## 4.2 CBCT 的使用討論

組織學檢查雖然可以了解牙根吸收表面組織學變化，但是必須將牙齒拔除後，才能進行觀察，因此許多研究都僅侷限於觀察小白齒，而無法觀察牙根吸收發生比例相對較高的前牙區。此外，當牙齒拔除之後，就沒有機會觀察矯正結束後，牙根吸收復原的狀況。因此，本研究中採用 CBCT 的方式進行測量，相對應用性較廣，可觀測之牙齒也較全面。

與其他放射學影像做比較，分別可以比較 2D 影像與 3D 影像。若與 2D 影像相比，Estrela et al. (Estrela et al., 2008) 利用 CBCT、根尖 X 光片、環口 X 光片來診斷牙根周圍炎，明顯發現 CBCT 有較佳的靈敏度以及準確性，其次是根尖 X 光片，最差的是環口 X 光片。CBCT 所得到的為 3D 影像，相較於 2D 影像線段的量測，較可以減少因為照射影像角度不同所產生的誤差。另外，Liedke et al. (Liedke et al., 2009) 利用 iCAT CBCT 研究不同 voxel size 所取得 CBCT 影像，用以在口外環境研究模擬牙根吸收，結果也認同 CBCT 是一個評估牙根外吸收可靠的方式。若與其他 3D 影像相比(例如傳統 CT 影像)，CBCT 具備輻射劑量較低，價格比較便宜，所需照射時間也較短等優點。因此，本研究中選擇使用 CBCT 來觀測牙根吸收的情況。

### 4.3 受試者的選擇

性別：本研究中所選擇的受試者有五位男性，三位女性，根據許多研究發現(Kurol et al., 1996; Sameshima and Sinclair, 2001a)，性別差異與牙根吸收並無關係，因此男女數目不等，對於本研究應無影響。

年齡：Horiuchi et al.(Horiuchi et al., 1998)的研究，為了避免牙根後續的成長影響牙根吸收的觀察，因此選擇大於 11.5 歲的受試者。本實驗選擇的患者，年齡介於 20-25 歲，屬於成年患者，更可以避免患者牙根未發育完全的問題。

選擇上顎前牙作為觀察對象：Blake et al.(Blake et al., 1995)選擇了 63 個病人評估矯正前後的根尖 X 光片，結果發現平均牙根吸收的量在上顎側門牙為 12.54%，上顎正中門牙為 8.04%，下顎側門牙為 6.19%，下顎正中門牙為 5.91%。整體而論，上顎門牙產生牙根吸收的量相較起下顎門牙來的多。Sameshima et al.(Sameshima and Sinclair, 2001a)收集 868 個病例進行分析，結果發現上顎前牙是齒列中最容易產生牙根吸收的位置，平均超過 1.4mm，至於後牙區則較不易產生牙根吸收。因此本研究選擇上顎正中門牙、側門牙以及犬齒為觀察對象。

治療時間：許多研究發現，矯正治療時間的長短也影響著牙根吸收的情況。Baumrind et al.(Baumrind et al., 1996)研究發現，治療的時間越長，牙根吸收的情況將更為嚴重。Sameshima et al.(Sameshima and Sinclair, 2001b)研究發現，治療時間越長，上顎門牙產生牙根吸收的情況也越嚴重。因此，本研究選擇了治療時間一樣的病例，希望減少影響的變因。

#### 4.4 牙根長度變化

本研究發現，經過七個月的矯正治療，八個受試者不同牙位之平均牙根吸收的程度如表 3-2 所示。由數據可以發現，本研究中平均牙根吸收程度最嚴重的為上顎側門牙，其次為上顎正中門牙，最輕微的是上顎犬齒。

本研究與其它研究之比較，如表 4-1 所示：



表4-1 本研究與Arten、Mohandesan等學者之研究比較

	Arten et al.	Mohandesan et al.	本研究
受試者人數	247	40	8
男	83	16	5
女	164	24	3
受試者年紀	10.1到57.1歲 (平均19.2歲)	12.2到21.8歲	20到25歲
研究方式	Digital periapical radiographs	Digital periapical radiographs	CBCT
觀察時間	12.4個月(平均)	6個月及12個月	7個月
測量牙位	#12 0.94±1.00 mm #11 0.72±0.79 mm #21 0.66±0.81 mm #22 0.78±0.92 mm	#12#22(6個月) #11#21(6個月) #12#22(12個月) #11#21(12個月)	#12 0.39±0.32 mm #11 0.25±0.16 mm #21 0.32±0.34 mm #22 0.48±0.19 mm

Artun et al. (Artun et al., 2005) 利用數位根尖影像研究了 247 個病人矯正治療後，上顎門牙牙根吸收的情況。由其研究可以發現上顎側門牙牙根吸收的程度，比上顎正中門牙來的高。Mohandesan et al. (Mohandesan et al., 2007) 利用數位根尖影像研究了 40 個病人矯正治療後，上顎門牙牙根吸收的情況。結果發現上顎側門牙牙根吸收的程度，比上顎正中門牙來的高，且其中有 74% 上顎正中門牙，以及 82% 上顎側門牙有顯著牙根吸收(該研究中定義顯著牙根吸收為牙根吸收超過 1mm)。由以上比較可以發現，本研究與另外兩篇研究皆發現上顎側門牙牙根吸收的程度，比上顎正中門牙來的高。但是本研究中牙根吸收的情況，相比之下牙根吸收的程度較輕微。推測可能原因包括治療時間的差距、樣本數不同、受試者年齡不同、使用之矯正材料等。因為本研究治療時間為 7 個月，相比 Artun et al. 之研究治療時間為 12 個月，治療時間少了五個月；另外本研究使用了 LH (low hysteresis, 原名 Improved super-elastic Ti-Ni alloy wire, ISW) 的矯正線，LH 為東京醫科齒科大學所研發，其經改良(主要是調整鈦鎳成份的比例及經過 2 階段熱處理：600°C 5 分鐘，280°C 180 分鐘)後，得以在口內不受溫度變化，壓力變化的影響而產生幾乎「恆定」的力量，如圖 4-1 所示。此外其還具有超彈性以及形狀記憶等特點，同時

更具備了振盪吸收的功能，可減少矯正治療時牙周因為無法迴避而造成的碰撞，因而減少牙根吸收的情況。

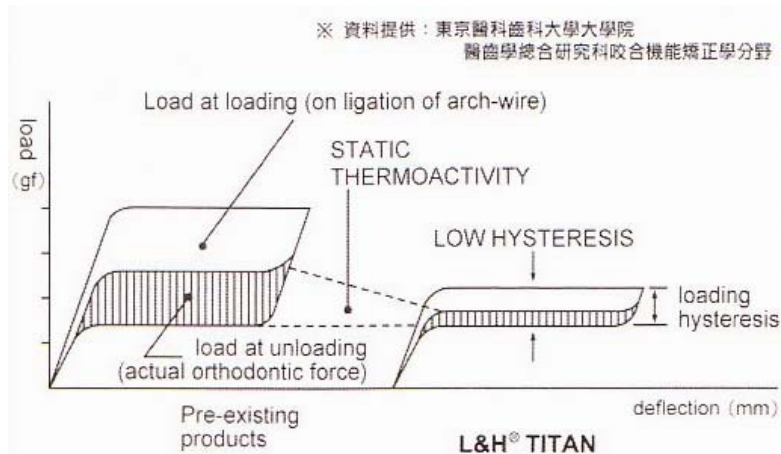


圖 4-1 LH 矯正線具備 Low hysteresis 功能(取自新雅公司產品型錄)

#### 4.5 牙根移動距離與牙根長度變化探討

在本研究中，利用了向量的測量，計算了牙根移動的距離。在探討牙根移動距離的同時，必須考慮牙齒的移動與牙根吸收之間的關係。由於矯正治療的過程中，牙根會產生吸收的現象，因此本研究利用了向量的線性關係，針對牙根原始長度做了校正，以期在不受到牙根吸收的影響下，量測牙根移動距離。Baumrind et al. (Baumrind et al., 1996) 利用了測顱攝影搭配根尖影像，來研究上顎正中門牙牙根吸收以及牙齒移動之間的關係。根尖影像主要利用來量測牙根吸收，



而測顱攝影則用於測量牙齒移動距離。同時，為了校正牙根吸收造成牙齒移動的問題，作者使用了治療前的牙齒長度，來校正治療後的牙齒長度，接著使用測顱影像疊合(superimposition)的方式，來研究牙齒移動的距離，如圖 4-2 所示。結果發現當整體牙根移動的距離越大，牙根吸收的情況亦越嚴重。Sharpe et al. (Sharpe et al., 1987) 發現拔除小白齒後，上顎門牙往後移動較多者，產生牙根吸收的情況較嚴重。拔牙矯正的病人比起不拔牙矯正的病人，較容易產生嚴重的牙根吸收，可能的原因就是拔牙的病人會產生大量的牙齒移動以及後退，來關閉拔牙空間 (Marques et al., 2010)。Mirabella et al. (Mirabella and Artun, 1995) 蒐集了 343 個病例加以研究，結果發現牙根移動的距離是影響牙根吸收的因素。

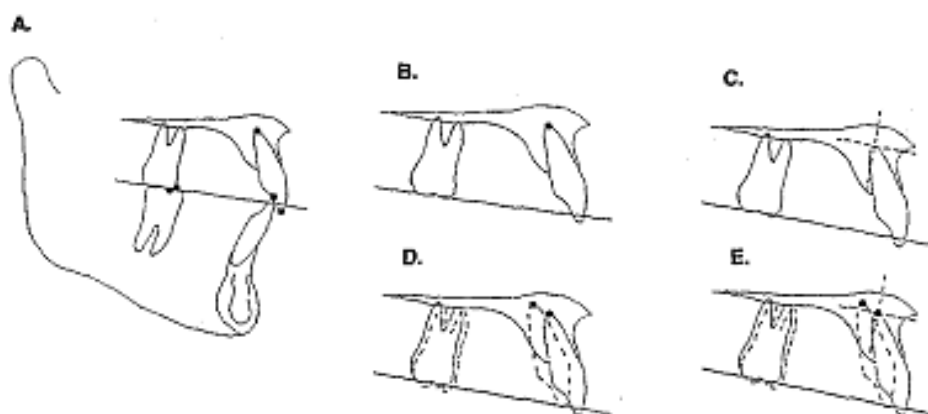


圖 4-2 Baumrind et al. 探討牙根移動距離 (Baumrind et al., 1996)

相較於其他類似研究，由於本研究採取了 3D 影像向量的量測，比起 2D 的影像應可減少因為角度照射方向的不同，而引起的誤差。另外，使用測顱影像分析多只能研究正中門牙，且易產生左右側影像重疊之問題。相較之下，本研究採取 CBCT 影像搭配向量測量，可同時研究較多部位的牙齒，也不易產生影像重疊之問題，應用較為廣泛。本研究中主要將牙根尖移動距離與牙根吸收做兩部份的探討，一個是受試者自身的比較，一個是相同牙位不同受試者的比較。

#### 受試者自身的比較

#4、5、8 三個受試者其牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比呈現高度負相關，#1 受試者其牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比呈現中度負相關，#3、6、7 三個受試者其牙根尖移動距離與牙根長度變化百分比呈現低度負相關。這代表著當牙根尖移動距離越大，則牙根吸收的情況將會增加。不過值得注意的是，其中有三個受試者呈現低度負相關，更有一個受試者(#2)呈現低度正相關的情形，這代表這三個受試者牙根尖移動距離與牙根吸收之間的相關性並不高，另外呈現正相關的受試者其相關係數亦僅為 0.00721，也可說幾乎無相關性。

## 相同牙位不同受試者的比較

不同受試者在相同牙位的比較，結果在#13、#21 兩個牙位呈現高度負相關，#11 呈現中度負相關，#12、#22、#23 三個牙位呈現低度負相關。這代表著當牙根尖移動距離越大，則牙根吸收的情況將會增加。

由以上比較可以發現，無論在受試者自身的比較，或是不同受試者相同牙位的比較，整體的趨勢多為牙根尖移動距離越大，則牙根吸收的情況將增加，這與其它研究的結果類似(Marques et al., 2010; Mirabella and Artun, 1995; Sharpe et al., 1987)。但是本研究中，亦約有一半的數據呈現低度相關，推測可能原因是矯正治療過程中，造成牙根吸收的因素相當複雜(Brezniak and Wasserstein, 1993b)，或許並非單純的牙根尖移動距離，便能決定牙根吸收的嚴重程度。另外，本研究因為種種限制，導致樣本數較小，亦可能有所影響。

## 4.6 治療前牙根周圍骨密度與牙根吸收的相關性

經過七個月矯正治療後可以發現，八個受試者中#1、#5 受試者其治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比呈現高度正相關，#3、

#4、#8 受試者其治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比呈現中度正相關，#2、#6 受試者其治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比呈現低度正相關，但有一位受試者其治療前牙根周圍骨密度與牙根長度變化百分比呈現低度負相關。以整體趨勢而言，在本研究所呈現結果發現治療前骨密度越大者，其牙根吸收較少。這個結果與一些學者之研究呈現不同結果，Goldie et al. (Goldie and King, 1984) 利用老鼠做研究，結果發現在鈣質缺乏 (calcium-deficient) 老鼠身上發現齒槽骨密度較低的時候，牙根吸收的程度相對也較輕微。推測可能原因是較緻密的骨頭將在牙根部位產生較大的壓力，因而產生較多的牙根吸收。Kaley et al. (Kaley and Phillips, 1991) 研究發現當上顎門牙牙根非常接近骨密度較高之顎側皮質骨板時，產生明顯牙根吸收的機率會增加 20 倍。Horiuchi et al. (Horiuchi et al., 1998) 研究發現上顎正中門牙牙根吸收的程度與牙根接近顎側皮質骨板 (palatal cortical plate) 的距離有關，如圖 4-3 所示，當上顎正中門牙越接近顎側皮質骨板，則產生嚴重牙根吸收的機會越高。

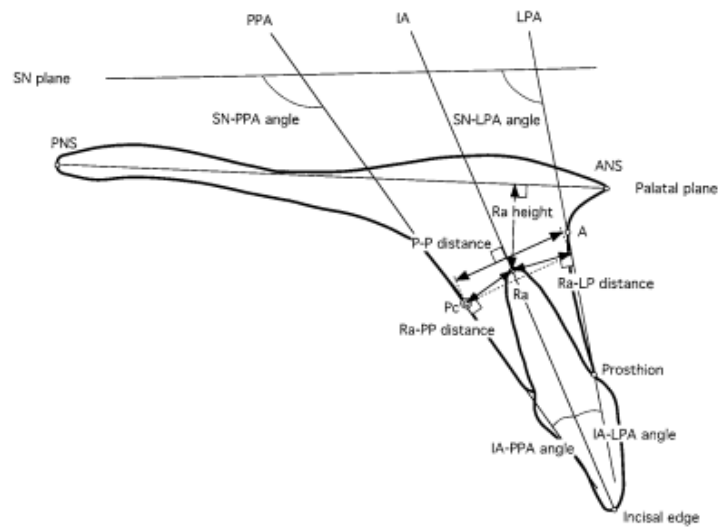


圖 4-3 牙根接近顎側皮質骨板與牙根吸收之關係(Horiuchi et al., 1998)

然而也有許多學者認為，牙根吸收的程度與周圍齒槽骨密度大小，或是否接近顎側皮質骨板無關。Wainwright et al. (Wainwright, 1973) 發現骨密度大小並不影響牙根吸收的嚴重程度。Mirabella et al. (Mirabella and Artun, 1995) 研究發現牙根接近顎側皮質骨板的程度與牙根吸收的嚴重程度無關。Otis et al. (Otis et al., 2004) 利用測顱影像掃描轉換成數位影像進行研究，如圖 4-4 所示，結果發現齒槽骨的型態以及密度與牙根吸收並無關係。

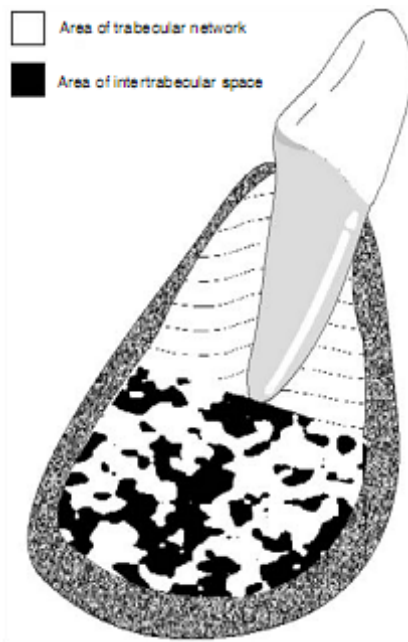


圖 4-4 Otis et al. 檢測骨密度與牙根吸收之關係(Otis et al., 2004)

因此，未來針對治療前骨密度之大小，是否影響牙根吸收嚴重程度，尚須更多更深入的研究以及探討。

## 4.7 治療前後牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化

### 探討

七個月矯正治療後可以發現，八個受試者中#2、#5 受試者其牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比呈現高度負相關，#1、#3、

#8 受試者其牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比呈現中度負相關，#4、#6、#7 受試者其牙根周圍骨密度改變量與牙根長度變化百分比呈現低度負相關。由此可以發現，矯正治療過程中骨密度改變量較多則牙根吸收的情況較輕微。目前並無發現其他類似研究，比較治療過程牙根周圍骨密度變化，與牙根吸收之關係，因此無法與其他研究做比較。推測此結果之可能原因，當牙齒矯正移動過程伴隨著牙根周圍骨頭的吸收與生成，當牙根在骨頭中移動的時候，骨密度降低量較多處，則牙根移動較為順利，因而產生較少的牙根吸收。不過這個部份真正的原因機轉，尚待更大的樣本數以及進一步的研究來證實。

## 4.8 本研究之限制

### 樣本數量的限制

本研究由於希望了解七個月的矯正治療對於牙根吸收的影響，因此在七個月的矯正治療後，必須照射 CBCT 影像。在 CBCT 影像照射過程，不希望因為矯正裝置的影響，而增加影像判讀的困難，所以必須

將矯正裝置先拆除，然後拍攝 CBCT 影像，接著再黏回矯正裝置。因此，矯正過程除了必要的放射影像檢查，亦增加了 CBCT 影像的放射劑量，以及矯正裝置必須反覆拆除以及黏著等複雜步驟。以上原因都造成多數臨床病人無意願參加本研究計畫，因而產生樣本數較小的問題。

### 受試者治療後追蹤的限制

經過七個月矯正治療後，只是先將牙齒部份排齊，但後續仍舊需要微調受試者之咬合。在受試者完成矯正治療，拆除矯正裝置後，必須持續追蹤，才能了解矯正完成後，牙根是否產生修復的情形。而目前尚無病患完整的追蹤資料，因此無法探討後續修復的狀況。



## 第五章 結論與未來展望

### 5.1 結論

1. 經過七個月的矯正治療，八個受試者平均牙根吸收在上顎右正中門牙為  $0.25 \pm 0.16$  mm，上顎左正中門牙為  $0.32 \pm 0.34$  mm，上顎右側門牙為  $0.39 \pm 0.32$  mm，上顎左側門牙為  $0.48 \pm 0.19$  mm，上顎右犬齒為  $0.18 \pm 0.19$  mm，上顎左犬齒為  $0.19 \pm 0.14$  mm。

2. 牙根吸收的嚴重程度，與牙根移動距離、治療前牙根周圍骨密度大小，以及牙根周圍骨密度改變量有關。以整體趨勢而言，治療前牙根周圍骨密度越大者，其牙根吸收較輕微。矯正治療過程中牙根周圍骨密度改變量較多者，牙根吸收的情況較輕微。牙根尖移動距離越大者，牙根吸收的情況越嚴重。

### 5.2 未來展望

CBCT 於牙科治療的應用已經漸漸成為一個趨勢，本研究使用 CBCT 僅測量矯正治療造成牙根吸收的長度變化，未來應考慮測量牙根吸收所產生的體積變化，並且與牙根移動的方向做連結探討。此外，希望

能夠持續觀察完成矯正治療進入維持階段時，其牙根吸收之變化。同時徵求更多的受試者，以期能夠加入不同的控制變因(例如拔牙與不拔牙矯正治療、深咬與開咬矯正治療)，更完整呈現不同類型的矯正治療對牙根吸收所產生之影響。



## 參考文獻

Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK, Jr., Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM *et al.* (2003). Genetic predisposition to external apical root resorption in orthodontic patients: linkage of chromosome-18 marker. *J Dent Res* 82(5):356-360.

Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L (2007). Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. 4th ed. Oxford, UK ; Ames, Iowa: Blackwell Munksgaard.

Artun J, Smale I, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM (2005). Apical root resorption six and 12 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Angle Orthod* 75(6):919-926.

Barber AF, Sims MR (1981). Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: a scanning electron microscope study. *Am J Orthod* 79(6):630-652.

Barclay CW (1993). Root resorption: aetiology, classification and clinical management. *Dent Update* 20(6):248-250.

Bates S (1856). Absorption. *Br J Dent Sci* 1:256.

Baumrind S, Korn EL, Boyd RL (1996). Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 110(3):311-320.

Beertsen W, VandenBos T, Everts V (1999). Root development in mice lacking functional tissue non-specific alkaline phosphatase gene: inhibition of acellular cementum formation. *J Dent Res* 78(6):1221-1229.

Belanger GK, Coke JM (1985). Idiopathic external root resorption of the entire permanent dentition: report of case. *ASDC J Dent Child* 52(5):359-363.

Bishara SE (2001). Textbook of orthodontics Philadelphia ; London: Saunders.

Blake M, Woodside DG, Pharoah MJ (1995). A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and Speed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 108(1):76-84.

Brezniak N, Wasserstein A (1993a). Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 103(1):62-66.

Brezniak N, Wasserstein A (1993b). Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 103(2):138-146.

Brin I, Ben-Bassat Y, Heling I, Engelberg A (1991). The influence of orthodontic treatment on previously traumatized permanent incisors. *Eur J Orthod* 13(5):372-377.

Brudvik P, Rygh P (1993). The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. *Eur J Orthod* 15(4):249-263.

Brudvik P, Rygh P (1994a). Multi-nucleated cells remove the main hyalinized tissue and start resorption of adjacent root surfaces. *Eur J Orthod* 16(4):265-273.

Brudvik P, Rygh P (1994b). Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod* 16(4):249-263.

Cattaneo PM, Bloch CB, Calmar D, Hjortshoj M, Melsen B (2008). Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 134(6):798-802.

Cevidane LH, Bailey LJ, Tucker SF, Styner MA, Mol A, Phillips CL *et al.*

(2007). Three-dimensional cone-beam computed tomography for assessment of mandibular changes after orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 131(1):44-50.

Chen B, Ning R (2002). Cone-beam volume CT breast imaging: feasibility study. *Med Phys* 29(5):755-770.

Chung CJ, Soma K, Rittling SR, Denhardt DT, Hayata T, Nakashima K *et al.* (2008). OPN deficiency suppresses appearance of odontoclastic cells and resorption of the tooth root induced by experimental force application. *J Cell Physiol* 214(3):614-620.

Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM (2007). Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dent Traumatol* 23(2):105-113.

da Silveira HL, Silveira HE, Liedke GS, Lermen CA, Dos Santos RB, de Figueiredo JA (2007). Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaxillofac Radiol* 36(7):393-396.

Danforth RA, Dus I, Mah J (2003). 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc* 31(11):817-823.

Ericson S, Kurol PJ (2000). Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *Angle Orthod* 70(6):415-423.

Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR (2008). Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 34(3):273-279.

Fujimura Y, Kitaura H, Yoshimatsu M, Eguchi T, Kohara H, Morita Y *et al.* (2009). Influence of bisphosphonates on orthodontic tooth movement in mice. *Eur J Orthod* 31(6):572-577.

Fuss Z, Tsesis I, Lin S (2003). Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol*

19(4):175-182.

Goldie RS, King GJ (1984). Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod* 85(5):424-430.

Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL (2005). Orthodontics : current principles and techniques. 4th ed. St. Louis: Elsevier Mosby.

Han G, Huang S, Von den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM (2005). Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod* 75(6):912-918.

Harrison RM, Farmer FT (1978). The determination of anatomical cross-sections using a radiotherapy simulator. *Br J Radiol* 51(606):448-453.

Harry MR, Sims MR (1982). Root resorption in bicuspid intrusion. A scanning electron microscope study. *Angle Orthod* 52(3):235-258.

Heiland M, Schulze D, Rother U, Schmelzle R (2004). Postoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using digital volume tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 62(11):1387-1391.

Heurich T, Ziegler C, Steveling H, Wortche R, Muhling J, Hassfeld S (2002). [Digital volume tomography--an extension to the diagnostic procedures available for application before surgical removal of third molars]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 6(6):427-432.

Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K (1998). Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 114(3):311-318.

Hsu JT CH, Huang HL, Yu JH, Li YF, Tu MG Bone density changes around teeth during orthodontic treatment. *Clinical oral investigations Online publication*.

Hughes AE, Ralston SH, Marken J, Bell C, MacPherson H, Wallace RG *et al*.

(2000). Mutations in TNFRSF11A, affecting the signal peptide of RANK, cause familial expansile osteolysis. *Nat Genet* 24(1):45-48.

Kaley J, Phillips C (1991). Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod* 61(2):125-132.

Ketcham A (1927). A preliminary report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. *Int J Orthod* 13(97-127).

Killiary DM (1999). Root resorption caused by orthodontic treatment: an evidence-based review of literature. *Semin Orthod* 5(2):128-133.

Kurol J, Owman-Moll P, Lundgren D (1996). Time-related root resorption after application of a controlled continuous orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 110(3):303-310.

Kvam E (1972). Tissue changes on the marginal pressure side following experimental tooth movement. A histologic, autoradiographic, and scanning electron microscopic study. *Nor Tannlaegeforen Tid* 82(9):522-528.

Le J, Vilcek J (1987). Tumor necrosis factor and interleukin 1: cytokines with multiple overlapping biological activities. *Lab Invest* 56(3):234-248.

Lee KS, Straja SR, Tuncay OC (2003). Perceived long-term prognosis of teeth with orthodontically resorbed roots. *Orthod Craniofac Res* 6(3):177-191.

Levander E, Malmgren O (1988). Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod* 10(1):30-38.

Levander E, Malmgren O (2000). Long-term follow-up of maxillary incisors with severe apical root resorption. *Eur J Orthod* 22(1):85-92.

Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA (2009). Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography

to evaluate simulated external root resorption. *J Endod* 35(2):233-235.

Linge BO, Linge L (1983). Apical root resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod* 5(3):173-183.

Linge L, Linge BO (1991). Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 99(1):35-43.

Low KM, Dula K, Burgin W, von Arx T (2008). Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod* 34(5):557-562.

Lupi JE, Handelman CS, Sadowsky C (1996). Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 109(1):28-37.

Maeda M, Katsumata A, Arijji Y, Muramatsu A, Yoshida K, Goto S *et al.* (2006). 3D-CT evaluation of facial asymmetry in patients with maxillofacial deformities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 102(3):382-390.

Mah J, Hatcher D (2004). Three-dimensional craniofacial imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 126(3):308-309.

Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M (1982). Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 82(6):487-491.

Maltha JC, van Leeuwen EJ, Dijkman GE, Kuijpers-Jagtman AM (2004). Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. *Orthod Craniofac Res* 7(2):115-121.

Marques LS, Ramos-Jorge ML, Rey AC, Armond MC, Ruellas AC (2010). Severe root resorption in orthodontic patients treated with the edgewise method: prevalence and predictive factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 137(3):384-388.



McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL (2000). External apical root resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod* 70(3):227-232.

Mirabella AD, Artun J (1995). Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 108(1):48-55.

Mohandesan H, Ravanmehr H, Valaei N (2007). A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 29(2):134-139.

Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG (2007). Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 132(4):550-560.

Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA (1998). A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 8(9):1558-1564.

Nanci A (2007). Ten Cate's oral histology : development, structure, and function. 7th ed. St. Louis, MO: Mosby, Inc., and affiliate of Elsevier Inc.

Ngan DC, Kharbanda OP, Byloff FK, Darendeliler MA (2004). The genetic contribution to orthodontic root resorption: a retrospective twin study. *Aust Orthod J* 20(1):1-9.

Otis LL, Hong JS, Tuncay OC (2004). Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofac Res* 7(3):165-177.

Ottolengui R (1914). The physiological and pathological resorption of tooth roots. *Items Interest* 36(332-362).

Pandis N, Nasika M, Polychronopoulou A, Eliades T (2008). External apical root resorption in patients treated with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 134(5):646-651.

Parker RJ, Harris EF (1998). Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 114(6):677-683.

Parker WS (1997). Root resorption--long-term outcome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 112(2):119-123.

Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A (2006). "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod* 76(2):191-197.

Proffit WR, Fields HW, Sarver DM (2007). Contemporary orthodontics. 4th ed. St. Louis, Mo.: Mosby Elsevier.

Remington DN, Joondeph DR, Artun J, Riedel RA, Chapko MK (1989). Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 96(1):43-46.

Reukers E, Sanderink G, Kuijpers-Jagtman AM, van't Hof M (1998). Assessment of apical root resorption using digital reconstruction. *Dentomaxillofac Radiol* 27(1):25-29.

Robb RA (1982). The Dynamic Spatial Reconstructor: An X-Ray Video-Fluoroscopic CT Scanner for Dynamic Volume Imaging of Moving Organs. *IEEE Trans Med Imaging* 1(1):22-33.

Rudolph DJ, Willes PMG, Sameshima GT (2001). A finite element model of apical force distribution from orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 71(2):127-131.

Rygh P (1974). Hyalinization of the periodontal ligament incident to orthodontic tooth movement. *Nor Tannlaegeforen Tid* 84(9):352-357.

Rygh P (1977). Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod* 47(1):1-16.

Sameshima GT, Sinclair PM (2001a). Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119(5):505-510.

Sameshima GT, Sinclair PM (2001b). Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119(5):511-515.

Sameshima GT, Sinclair PM (2004). Characteristics of patients with severe root resorption. *Orthod Craniofac Res* 7(2):108-114.

Sharpe W, Reed B, Subtelny JD, Polson A (1987). Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91(3):252-258.

Shaw AM, Sameshima GT, Vu HV (2004). Mechanical stress generated by orthodontic forces on apical root cementum: a finite element model. *Orthod Craniofac Res* 7(2):98-107.

Shaza K. Abass and James K. Hartsfield J (2007). Orthodontics and External Apical Root Resorption. *Seminars in Orthodontics* 13(4):246-256.

Sjolién T, Zachrisson BU (1973). Periodontal bone support and tooth length in orthodontically treated and untreated persons. *Am J Orthod* 64(1):28-37.

Smale I, Artun J, Behbehani F, Doppel D, van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM (2005). Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 128(1):57-67.

Travess H, Roberts-Harry D, Sandy J (2004). Orthodontics. Part 6: Risks in orthodontic treatment. *Br Dent J* 196(2):71-77.

Tronstad L (1988). Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol* 4(6):241-252.

Trope M (1998). Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 10(4):515-522.

Wainwright WM (1973). Faciolingual tooth movement: its influence on the root and cortical plate. *Am J Orthod* 64(3):278-302.

Weine FS (1976). Endodontic therapy. 2d ed. Saint Louis: Mosby.

Weltman B, Vig KW, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE (2010). Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 137(4):462-476; discussion 412A.

Wierzbicki T, El-Bialy T, Aldaghreer S, Li G, Doschak M (2009). Analysis of orthodontically induced root resorption using micro-computed tomography (Micro-CT). *Angle Orthod* 79(1):91-96.

張博鈞 (2004). Wheeler's 牙科解剖、生理與咬合學 (Wheeler's Dental Anatomy, Physiology, and Occlusion 8/e): 合記

張馨文 (2010). 矯正前後骨密度的變化, 中國醫藥大學牙醫學系, 碩士學位論文.