

伴隨矯正治療的牙根尖外吸收

陳瑞琳¹ 林怡君¹ 陳恆理¹ 況守信¹ 賴玉玲^{1,2}

¹台北榮民總醫院牙科部 ²國立陽明大學牙醫學系

牙根尖外吸收是矯正治療移動牙齒後不可避免的組織反應，在適當的矯正計畫下大多的牙根尖吸收僅侷限於根尖變鈍，但有少數的病患產生嚴重的牙根吸收不只影響到牙齒結構更進一步會影響牙齒穩定度。現今學者已了解矯正力量引起的牙周組織反應，但由人體試驗或是臨床統計，皆顯示牙根吸收的嚴重度於個體之間有極大的差異性和不同的易受性，而學者們尚未找到具決定性的預測因子。回顧近年來的相關論文，可將影響牙根吸收的多重因子分為生物性及生物物理性兩大類，其中生物性的基因與牙根吸收相關性較高，而前牙牙根尖部位及牙根尖型態異常的牙齒也有變異差。至於生物物理性的因素中以移動的距離、移動的方向、治療時間等因素交叉影響，當一位病患同時需要大量的牙齒位移及長時間治療，可產生牙根尖外吸收的風險較高。目前臨床上只能藉由病史和家族史的詢問，配合根尖放射線照影追蹤，對於有外傷史、有牙根吸收病史的兄弟姐妹、上顎前牙需要大量位移、牙根形狀變異等病人加以告知或是改變矯正治療計畫，避免產生牙根吸收等後遺症。

關鍵語：矯正治療、牙根尖外吸收、牙根吸收

前言

任何一位矯正病患於治療中都必須承擔治療後遺症的風險，包括：齶齒、牙齦萎縮牙、牙根吸收等。其中牙根吸收，是牙根受矯正力量所產生的組織反應，因受多重因素交互影響，造成其不可預測性以及不可避免性。從古至今這個議題一直受到各方學者所關切及研究，近年來的臨床報告或是實驗所探討的分別是屬於牙根外吸收(external root resorption)及表層牙根吸收(surface resorption)，一班表層牙根吸收範圍小且自動會修復而矯正導致的牙根外吸收是發

生在根尖部位，這種牙根尖外吸收(external apical root resorption)在完成矯正後不會修復。本文內容將討論矯正治療導致之牙根尖外吸收的盛行率、生理機制與相關因素。

伴隨矯正治療的牙根尖外吸收之盛行率

牙根尖的外吸收其實不侷限於矯正病患，由 1993 年 Harris² 研 306 位未經矯正治療的牙科病患之上顎正中門齒，統計數據結果顯示：約 10% 的病患患有牙根尖外吸收。然而，Lupi³ 等人觀察 88 位矯正病患的上顎正中門齒，發現病患於矯正前後牙根尖外吸收的百分比由 15% 升高至 73%，中度至嚴重的牙根吸收的百分比由 2% 升高為 24.5%，結果顯示矯正病患於治療後牙根吸收的比率及嚴重度皆有增加的傾向、其中又以上顎門齒的牙根尖吸收最常見也最嚴重^{3,4,5}。Mirabella⁵ 觀察 343 位矯正病患，發現有約 4% 病患之上顎門齒，其牙根尖外吸收有平均大於 3 毫米，而 1996 年 Taithongchai⁶ 進一步指出再其 400 位矯正病患統計數據中顯示有約 5% 的病患有一顆以上的上顎正中門齒有大於 5 毫米的嚴重牙根尖外吸收。臨床上，矯正治療後初期的牙根尖吸收是沒有症狀的，但嚴重的牙根尖外吸收會增加牙齒的搖動，進而影響牙齒的穩定性。

文獻之研究矯正治療導致的牙根尖外吸收的盛行率為 0~100%。⁷ 如此大的差異是在於臨床研究的病患本身的特質不一、矯正方式不同，在加上對牙根尖外吸收的定義不同或測量方式的差異都會影響盛行率的數據。牙根尖外吸收的評估可分為放射線攝影法及組織學型態的觀察。放射線攝影法是採用根尖、環口或是顛側攝影平屋牙根尖外觀有無吸收，其中以根尖攝影的準確率最高。在評估表面除了直接測量或是利用公式再加以校正根尖片上牙根長度的變化外，亦可利用根尖型態的改變分為不同等級來紀錄：1-牙根變鈍、2-輕微的牙根尖吸收(<2 毫米)、3-中度牙根尖吸收(2~4 毫米)、4-重度牙根尖吸收(>4 毫米)。⁸ 組織學型態法的觀察可以看到牙根細胞的變化反應或是計算根尖切片的牙根被吸收之面積，此法大都運用在動物研究上或臨床上觀察即將被拔除的小白齒。

矯正治療導致牙根吸收的生物機轉

在矯正治療導致牙根尖外吸收的機轉仍未確定，但是 Brudvik^{9,10} 由組織切片觀察到牙根尖

外吸收的區域與無菌壞死區域(Hyalinized zone)的位置是相鄰的，兩區域作用的細胞型態也相似，因此推論細胞移除無菌壞死區的組織同時也會對牙根表面作用，造成牙根尖外吸收。

Brudvik 認為牙根尖吸收機制起始於矯正壓力造成牙周韌帶缺血壞死和組織間質的分解，引發具吞噬細胞型態的細胞分化，並在移除壞死組織時同時破壞牙周韌帶最內層的組織，導致齒質暴露而讓似噬骨細胞(osteoclast like cell)貼附作用而產生硬組織吸收。¹¹

伴隨矯正治療的牙根尖吸收之相關因素

臨床上並非所有的矯正治療都會導致嚴重的牙根尖外吸收，臨床上學著認為很多因素能在牙根尖外吸收扮演角色，這些因素一般可以分為：一、生物性因素(biologic factors)；二、矯正生物機械因素(biomechanical factors)，以下分別敘述。

一、影響伴隨矯正治療的牙根尖外吸收之生物性因素

和牙根尖外吸收有關的因素，多位學者從種族基因、個體易受性、牙齒易受性等來探討，然而個體差異性大，提高了分析評估的困難性。本文整理近年的研究由不同種族、不同個體、不同牙齒的易受性等可能的生物因素來探討。

1. 種族

Samishma 等學者⁴於觀察 868 位病患，在矯正治療後發現的牙根尖外吸收的情形，果發現西班牙裔及白種人較亞裔種族有較大量的牙根尖外吸收。作者推斷不同種族的基因差異可能會影響牙根吸收的易受性。早在 1975 年 Newman 即提出遺傳與矯正導致牙根尖外吸收的相關性。而 Harris¹²觀察同一家庭之間兄弟姊妹及不同家庭的矯正病患，其矯正後牙根吸收之間的差異性，發現遺傳性(heritability)高達 0.7，表示同一家庭內矯正病患的牙根吸收相似度高。其認為可能是因為同一家庭的成員在齒列的排列、牙根吸收的組織反應等基因表現有較高的相似度所致。近年來基因分析的技術成熟，基因表現與牙根尖外吸收關聯性也有初步的探討。2003 年 Al-Qawasm¹³於來自 35 個美裔白人家庭的 118 位病患做 IL- β cytokine 的基因多型性分析，結果發現擁有一對 1L- β allele 1 的病患有 70%有產生大於 2 毫米的牙根尖外吸收。基因表現是否真的會影響矯正治療所致的牙根尖外吸收作用機轉為何，都有待進一部的釐清。

2. 個體易受性

由於臨床上常發現類似的矯正治療計畫於不同的病人身上產生的結果有很大的差異性，性別和年齡也是大家關切的因素。在性別方面，Baumrind¹⁴等學者於平均年齡大於 20 歲的矯正病患的統計數據中發現男性矯正病患牙根外吸收量較大，Kajar¹⁵於青少年矯正病患的統計數據觀察到女孩矯正病患牙根外吸收量較大。但大多數的臨床研究指出性別對於矯正治療所導致的牙根尖外吸收的嚴重度或盛行率並無顯著的影響。^{4, 16, 17, 18} 一般認為不同年齡的矯正病患可能因不同生理代謝速率、骨骼密度、生長幅度對牙根尖外吸收的感受性亦不相同¹⁶。Harris 等學者¹⁹針對不同年齡的矯正女性病患做了對照的實驗設計，結果顯示，於 20 位平均 28 歲女性及 29 位平均 12 歲女孩，經過平均 2.5 年 Class II division II 的固定矯正器治療後，兩組病患上顎門齒牙根尖外吸收經根尖片比較並未達到顯著的差異。所以 Harris¹進一步提出除了單獨考慮年齡上的差異，牙齒發育的階段可能才是主要影響因子的解釋。

關於牙根尚未發育完全即開始矯正治療的臨床統計很少，原因是在牙根長度的測量較難標準化。Marvagani 於 2002 年²⁰觀察 80 位 Class II division I 的病人，於矯正前後上顎門齒牙根長度的變化與相同年齡與性別但未矯正的牙科病患做比較。矯正前牙根發育的程度與矯正後牙根長度是有相關的。矯正治療前牙根尖尚未完全發育的牙齒於治療後與發育完全的牙齒比較，前者牙根長度較常，且與未矯正的對照組比較根長度沒有統計學上的意義。結果顯示根尖未完全發育的牙齒接受矯正治療並未產生嚴重牙根尖外吸收的現象，矯正治療產生的牙根尖外吸收的年齡會考量是否關鍵在於牙根尖是否已發育完全，有待學者未來進一步研究。

3. 牙齒易受性

不同的牙齒對矯正治療產生的牙根吸收的易受性不同，此外牙根尖形狀異常、有外傷病史的牙齒等，在治療過程中都要小心追蹤。大多的研究報告觀察到上顎門齒於矯正治療中較容易產生牙根尖外吸收的現象，^{4, 1, 3}此乃因治療過程中，上顎門齒被移動的幅度往往較大所致，而矯正治療所致的牙根吸收大多發生在牙根尖部位。Retain²¹認為約 1/3 根尖部位覆蓋的為需血液供應的細胞性牙骨質，加上根尖孔處的齒質為較牙骨質薄的牙本母質(pre-dentin)，他推論這兩個原因使得牙根尖較容易因受壓力而打破保護機制產生牙根吸收。

牙根尖易有形狀的變異，例如牙根呈現尖狀、彎曲、滴管狀等也容易產生牙根尖吸收的

現象。^{4,5,15,22} Oyama²³ 提出矯正力量易集中於根尖形狀變異處而致牙根尖的外吸收反應。

另外外傷病史或經過根管治療的牙齒接受矯正治療是否容易導致牙根尖吸收有進一步的探討。¹² Brin²⁴ 對於牙齒有輕微外傷史(未傷及牙髓且侷限於牙本質的斷裂)的矯正病患，評估上顎門齒產生牙根吸收的情形，結果顯示有外傷史的矯正病患有較高也較嚴重的牙根尖外吸收的現象。牙齒外傷後本來就較易產生牙根吸收，此類病患在矯正治療後產生牙根吸收，雖然無從確定是原本外傷的結果所致或是之後矯正治療加劇的組織反應，但有外傷史的牙齒在矯正治療中仍需密切的追蹤觀察。在根管治療的研究方面，Mirabella⁵ 觀察矯正病患的統計數據發現一個無外傷史、良好清創與充填的牙齒，在矯正過程中發生根尖吸收的比率較沒有做過根管治療的牙齒小。1990 年 Spurrier²⁶ 比較已根管治療與正常牙齒接受矯正治療，產生牙根吸收的差別，結果顯示矯正治療後 67% 已根管治療的牙齒較正常牙齒有較小量的牙根吸收。Bender²⁷ 進一步假設牙髓組織的活性對於牙根吸收反應的重要性，他認為在根管治療後牙髓組織的移除會減少由牙髓產生的神經傳導物質，例如：substance P、calcitonin gene related peptides 等，而因此降低了發炎反應進而達到減少牙根吸收的效果。

二、伴隨矯正治療的牙根尖外吸收之生物物理因素

矯正治療的施力引發牙周組織發炎反應致使牙齒在骨尖移動，矯正力量的大小、形式、方向、所需的位移距離及時間是否會影響牙根尖外吸收、以下分別討論之。

1. 矯正力量的大小

一般認為矯正力量過大，超過生理極限可能會引發牙根吸收，Reitan²⁸ 的人體試驗中對於 72 顆小白齒分別施予 20 天 25、240gm 的傾倒力量(tipping force)，以組織切片觀察牙根尖吸收的情形，發現在初期、短期的矯正治療中，於 25gm 力量的牙根面切片中發現較少也較淺的吸收凹陷(resorption lacunae)，相對的 240gm 的矯正力量會產生較強烈的牙根吸收組織反應，牙根面有較深也較廣的吸收凹陷。然而 Owman-Moll²⁹ 的臨床研究確有不同的看法，他在 8 位矯正病患裝上頰向傾倒的固定裝置，一側給予 50cN、另一側給予 200cN 的力量，7 週後拔下牙齒做組織觀察，並計算牙根表面產生吸收凹陷的數量、面積、密度，而兩組並無顯著的差異。

2. 矯正力量的形式

連續與間歇矯正施力對牙根表面的影響是否不同？Acar³⁰的人體試驗中，將 22 顆上顎第一小白齒分為兩組，一側佩帶 24 小時的 100gm 頰向傾倒的橡皮筋、另一側則只佩帶 12 小時橡皮筋再休息 12 小時。9 週後拔出小白齒作顯微掃描計算牙齒表面吸收的面積及牙根尖形態的變化。結果顯示，只佩帶 12 小時橡皮筋的組別有較少的牙根吸收凹隙。Acar 間歇施力對牙根尖齒質表面的傷害較少。Owall-Moll³¹的研究中，給予 16 位病患之上顎第一小白齒 50cN 頰向傾倒的力量，其中 8 位患者是給予 7 週療程、另 8 位患者給予三週主動施力後中間休息一週再給予三週施力。結果顯示兩著施力模式對於牙根吸收的影響是沒有顯著的差異。Owall-Moll 推論中斷的治療計畫，於前三周所產生的牙根吸收量無法由中斷的一週之內修復，受限於的修復性牙骨質的再生力。

3. 矯正力量使牙齒位移的方向

臨床經驗顯示下壓(intrusion)的矯正力量、會使力量集中於牙根導致根尖吸收。³²1998 年 Parker³³針對上顎正中門齒於不同方向的位移與牙根尖吸收的關係進行統計研究，利用側顛放射線影像紀錄上顎正中門齒位移的量與方向與牙根長度變化量。結果顯示根尖向(intrusion)的位移與牙根尖骨內移動(root torque)的量，與牙根尖外吸收有較高的相關性。

4. 牙齒於療程中根尖位移的距離

Samishma 於 2004 年³⁴將矯正後於上顎門齒皆產生大於 20%牙根長度吸收的病例集合分析，並挑選了未經矯正治療的病患為對照組，發現牙根尖水平方向的位移量與牙根吸收的產生是相關的。其他的學者也觀察到相似的情形。^{5,14}

5. 治療時間

有學者認為過長的治療時間容易導致牙根尖外吸收^{4,17,35}，但也有學者認為牙根吸收與治療時間長短沒有相關性。^{5,36}造成不同的結論可能是主動施予牙齒力量的治療時間(active treatment time)與整個治療時間(total treatment time)長並不代表主動施力的治療時間長。主動施力的時間長會產生持續的無菌壞死區，讓具有牙根吸收能力的細胞持續作用，因而提高了牙根吸收的風險。

對於伴隨矯正治療的牙根尖外吸收之預防方式

矯正治療一但產生牙根吸收及不可回復、矯正治療前評估病人是否為牙根尖外吸收高危險群，是預防因矯正治療而產生牙根吸收最保險的措施。除了詳細詢問家族史，了解兄弟姐妹是否曾經因矯正治療導致牙根吸收，也要了解病人是否曾有牙齒外傷病史。治療前先評估牙根尖發育的階段與型態。若是病人有上述的危險因子，在治療過程中就要避免或謹慎使用容易產生牙根吸收反應的矯正計畫，如：給予持續過大的力量、大量的根尖向位移、過長的主動治療時間，並給予定期的前牙根尖片的追蹤。Artun³⁷指出在矯正治療前 6 個月若可觀察到患者有牙根尖吸收的情形，這些病患於 12 個月治療後持續有較嚴重的牙根吸收反應。所以 Artun 建議在初期治療 6 個月後追蹤病人上顎前牙區的根尖片，藉此找出往後易產生牙根吸收的危險群並適度變更治療計畫及與告知病人。

結論

在近年來的相關研究仍舊無法確切找到影響伴隨矯正治療的牙根尖外吸收之因子及其作用機制，多數的病例存在著極大的個體性差異，加上矯正治療往往綜合許多複雜的施力模式交互作用，所以難就單一的施力因素去探討最後牙根吸收的結果。再加上短期的人體試驗不足也無法代表晚整長期的矯正療程、不同個體的治療計畫及生理反應很難分離出獨立單一的影响因素。然而臨床上仍需要在矯正治療前去評估牙根吸收的危險因子，並與病人充分的告知與說明，治療時定期以根尖攝影評估牙根尖外吸收的情形，才能將矯正治療導致的牙根尖吸收降到最低。

參考資料

1. Harris EF. Root resorption during orthodontic therapy. *Seminars in Orthodontics*.6:183–194. 2000.
2. Harris EF, Robinson QC, Woods MA. An analysis of causes of apical root resorption in patients not treated orthodontically. *Quintessence international* 24.6:417-428, 1993.
3. Lupi JE, Handelman CS, Sadowsky C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 109:28-37, 1996.
4. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*.119:505–510, 2001.
5. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic

- patients. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 1995;108:48–55.
6. Taithongchai R, Sookorn K, Killany DM. Facial and dentoalveolar structures and the prediction of apical root shortening. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 110:296–302, 1996.
 7. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. Seminars in Orthodontics. 4:124–131, 1998.
 8. Levander E, Malmgren O, Stenback K. Apical root resorption during orthodontic treatment of patients with multiple aplasia: a study of maxillary incisors. European Journal of Orthodontics. 20:427–434. 1998.
 9. Brudvik P, Rygh P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. European Journal of Orthodontics. 15:249-263, 1993.
 10. Brudvik P, Rygh P. Non-clast cells start orthodontic root resorption in the periphery of hyalinized zones. European Journal of Orthodontics. 15: 467–480, 1993
 11. Brudvik P, Rygh P. Transition and determinants of orthodontic root resorption-repair sequence. European Journal of Orthodontics. 17:177- 188, 1995.
 12. Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 111:301–309, 1997.
 13. Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud T, Macri JV, Roberts WE. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 123:242-52, 2003.
 14. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 110:311–320, 1996.
 15. Kjar I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. European Journal of Orthodontics. 16:25–34. 1995.
 16. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I&II. Angle Orthodontics. 72:175-184, 2002.
 17. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 99:35-43, 1991.
 18. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Literature review. American journal of

orthodontics and dentofacial orthopedics. 103,1:62-66, 1993.

19. Harris EF, Baker WC. Loss of root length and crestal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 98:463–469. 1990.
20. Marvagani M, Boe OE, Wisth PJ, Selvig KA. Changed in root length during orthodontic treatment: advantage for immature teeth. European journal of orthodontics. 24:91-97, 2002.
21. Reitan 1994
22. Isode Smale, Artun J, Behbehani F, Doppel D, Hof M, Jagtman AM. Apical root resorption 6 and 12 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 128:57-67, 2005.
23. Oyama K, Motoyoshi M, Hirabayashi M, Hosoi K, Shimizu N. Effects of root morphology on stress distribution at the root apex. European journal of orthodontics. 2006.
24. Brin 1991
25. Hamilton RS. Endodontic-orthodontic relationships: a review of integrated treatment planning challenges. International endodontics journal. 32:343-60, 1999.
26. Spurrier S, Hall SH, Joondeph DR, Shapiro PA, Riedel RA. A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated and vital teeth. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 97:103-4, 1990.
27. Bender IB, Byers MR, Mori K. Periapical replacement resorption of permanent, vital , endodontically treated incisors after orthodontic movement: report of two cases. Journal of endodontics. 23,12:768-73, 1997.
28. Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. Angle orthodontics. 44:68-81, 1974
29. Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. The effect of four-fold increased orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorption. An intra-individual study. European Journal of Orthodontics. 18:287–294, 1996.
30. Acar A, Canyurek U, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous versus discontinuous force application and root resorption. Angle Orthodontics. 69:159–164, 1999.
31. Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. Angle Orthodontics. 65:395–401, 1995.

32. Costopoulos G, Nanda Ravindra. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 109:543-8, 1996.
33. Parker RJ, Harris EF. Directions of orthodontic tooth movements associated with apical root resorption of the maxillary central incisor. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 114:677-683. 1998.
34. Samishima GT, Sinclair PM. Characteristics of patients with severe root resorption. Orthodontic Craniofacial research 7:108-117, 2004.
35. Mohandesan H, Ravanmehr H, Valaei. A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment. European Journal of orthodontis. 2007.
36. Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: Analysis of edgewise and light wire mechanics. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 105:350-61,1994.
37. Artun J, Smale I, Behbehani F, Doppel D, Hof M, Jagtman AM. Angle Orthodontics. 75:919-926. 2005.