

壁報論文比賽 診所組第一名

從肌功能訓練到骨骼導引：第二類異常咬合在MRC

治療無效後轉用S8-SGTB 之病例報告

廖謹正^{1,2,3}、江盈佳^{1,2,4}、白天豪^{1,3}、林信吉^{1,3}、楊晉昱^{2,3}

1.品安牙醫診所；2.振興醫院牙科部；3.國防醫學大學牙醫學系；4.高雄醫學大學口腔衛生學系

摘要

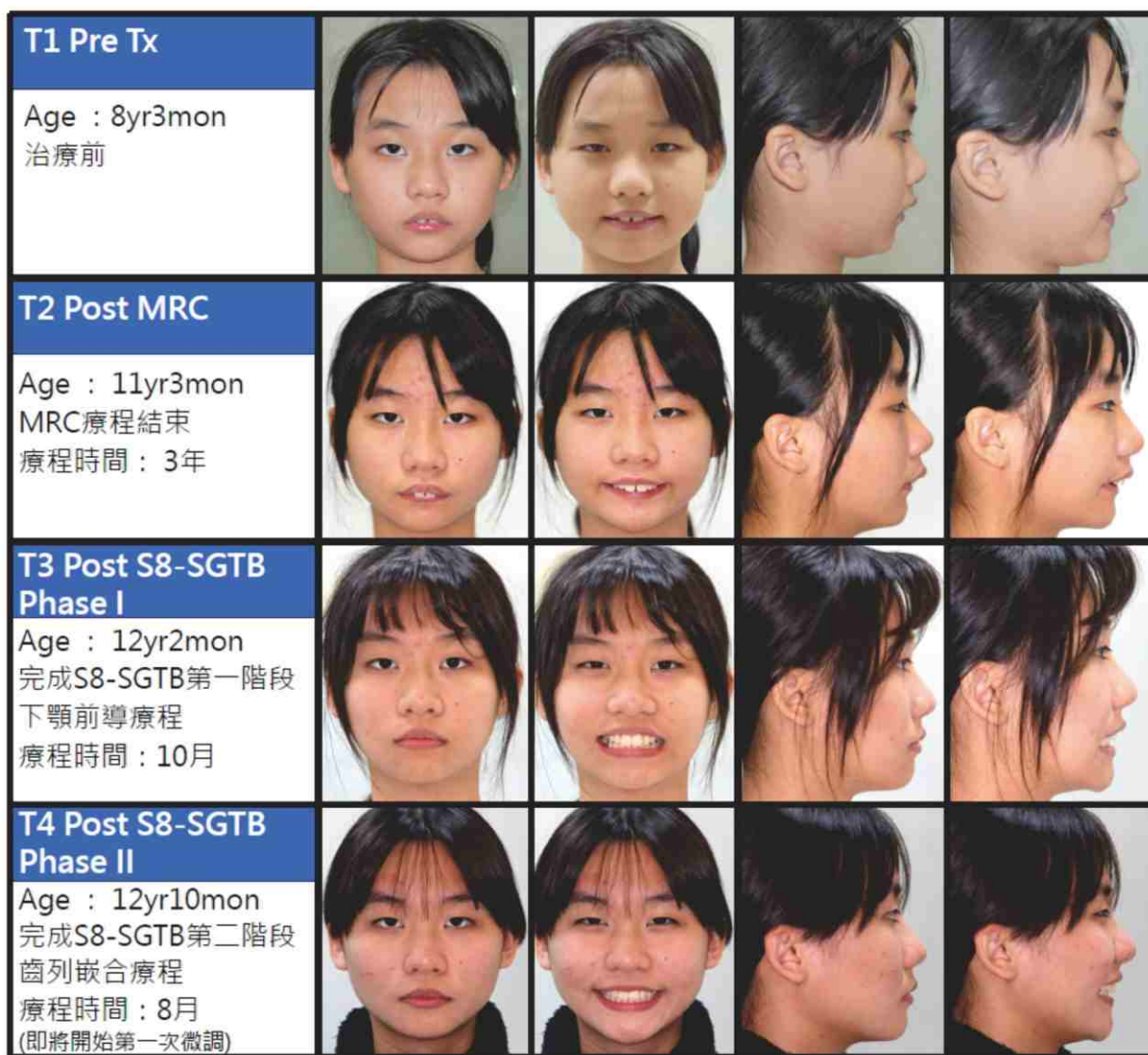
近年來，肌功能矯正裝置(Myofunctional Research Co.,MRC)在早期介入第二類異常咬合中被廣泛使用，利用改善不良口腔習慣來達成齒列及臉型的改善。然而，單純依賴肌功能訓練是否就能改善嚴重的骨性第二類異常咬合呢？本報告探討一例經過三年MRC 治療無效後，轉向使用更具剛性下顎前導作用的S8 矢狀向雙合墊 (S8-Sagittal Guidance Twin- Block Clear Aligner, S8-SGTB)裝置，透過精確的咬合導引平面、強制性下顎前移、並釋放後牙垂直向高度，來達成患者在齒列、顎間關係及臉型的改善。本案例顯示，對於第二類異常咬合的治療，當醫師評估肌功能訓練不足以驅動骨骼發育時，應及時轉換為具備強力下顎前導的功能性矯正裝置（如S8-SGTB、Twin-Block、Herbstappliance等），來確保骨性第二類異常咬合的成功治療。

病例報告

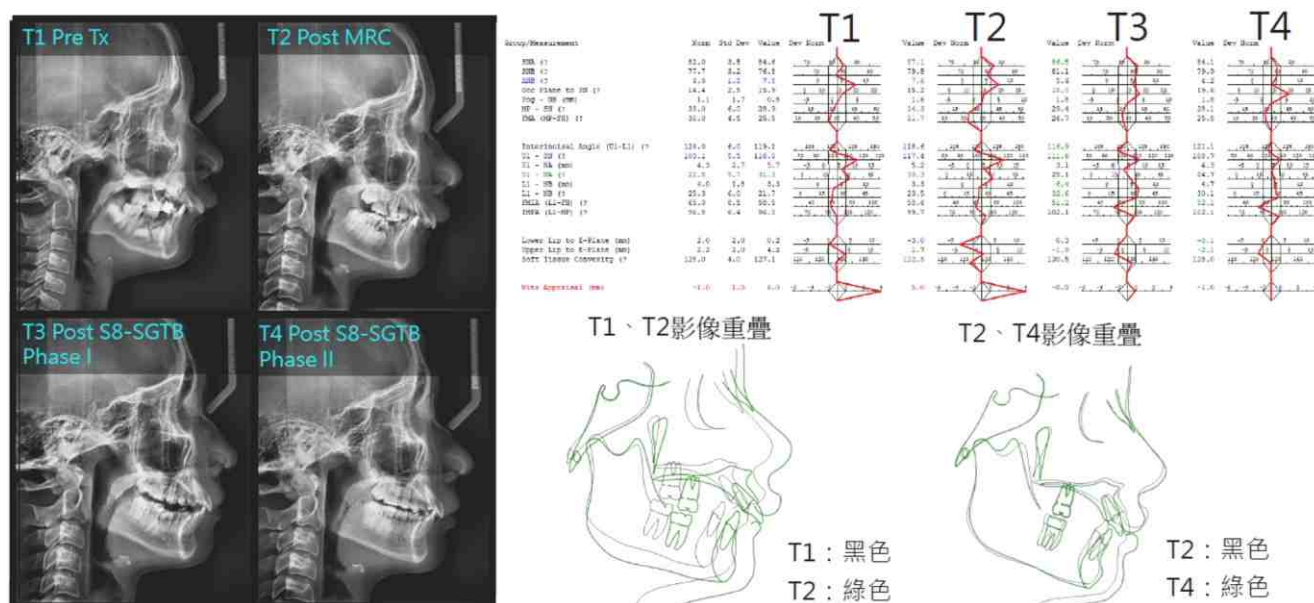
女童，年齡8歲3月，主訴為上門牙太暴。經檢查後發現有水平咬覆過大，下顎後縮、深咬，反式吞嚥與口呼吸。經與父母討論並獲得同意後，開始進行MRC的治療(T1)。在MRC治療過程的初期，女童配合度不佳，辛苦的撐到第三年後(T2)，水平咬覆竟然比治療前增加0.5 mm。再次與父母討論，同時女童也再三表示願意努力配合，於是開始接續的療程。接續治療採用的是S8-SGTB，它的療程分為兩階段，第一階段是十個月的下顎前導(T3)，在接著第二階段的齒列嵌合與微調(T4)，因為換牙時間差的關係，目前預計要進行第一次的微調。



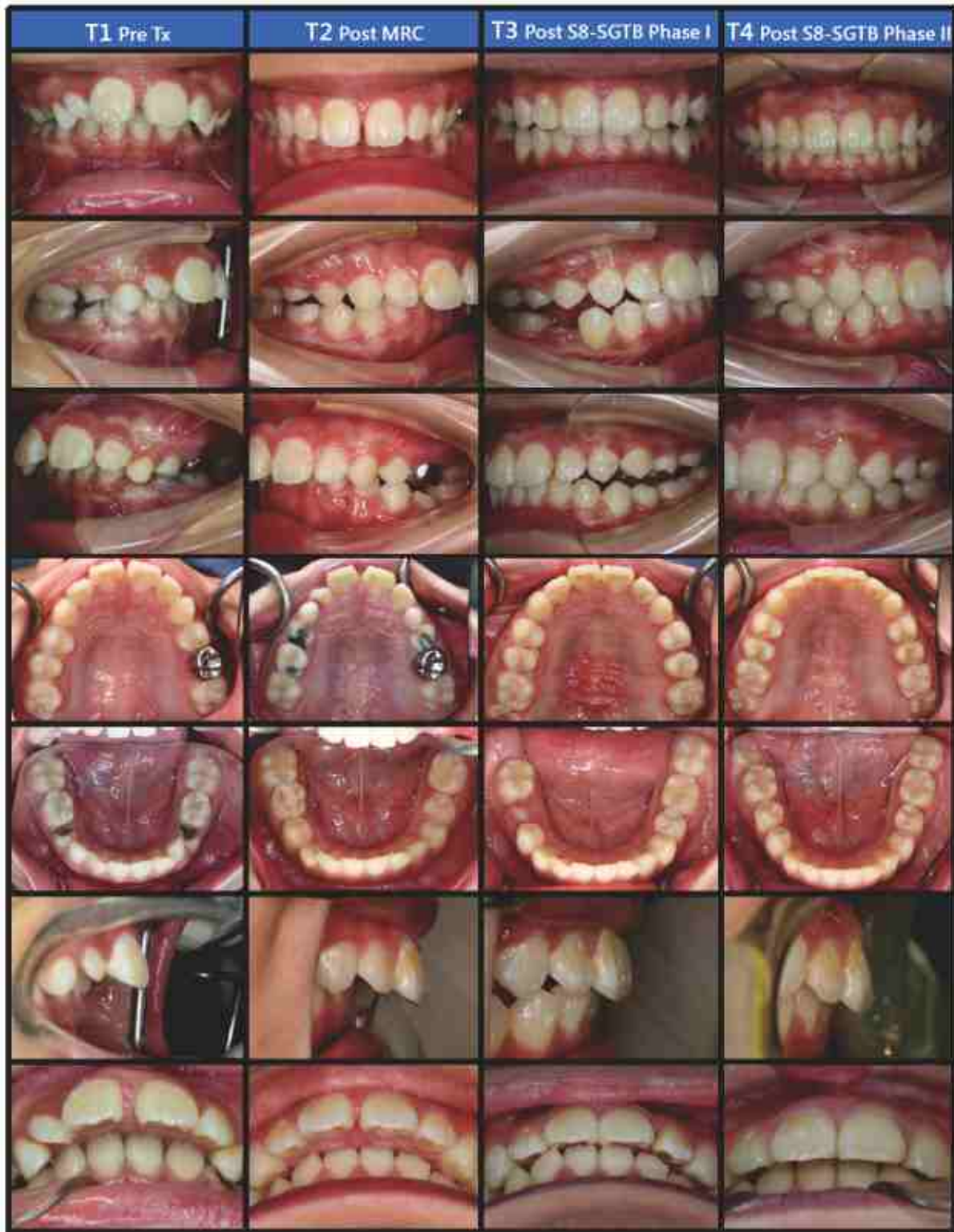
圖二、患者四個階段的環口X光片



圖一、患者四個階段的臉形變化照片



圖三、患者四個階段的側顱X光、分析及影像重疊



圖四、患者四個階段的口內照片

討論

將患者經過S8-SGTB治療過後的Ceph 分析變化值(T2-T4)，與文獻上與Twin-Block與Herbst appliance 的治療平均變化值(表一Twin-Block 組與Herbst appliance組¹⁻⁴)來做比較，可得知患者在骨性第二類異常的改善令人驚艷 (ANB 與

Wits 的量改變)，同時上門牙有效收回，下門牙有限前傾，也大幅改善水平咬覆、垂直咬覆以及臼齒關係。

分析項目	Twin-Block 組 文獻平均變化值	Herbst Appliance組 文獻平均變化值	患者 T2-T4 變化值
SNA	-0.7°~-0.8°	-0.56°	-3.0°*
SNB	+1.2°	+1.06°	+0.4°
ANB	-2.35°~-1.08°	-1.08°	-3.4°*
OJ	-4.18 mm~-5.46 mm	-4.82 mm~-5.08 mm	-6.7 mm
OB	-2.15 mm	-1.69 mm~-2 mm	-2.9 mm
Molar rel	-5.05 mm	-4.58~-5.7 mm	-2.2 mm
U1-SN	-9.2°	-9.2°	-6.4°
L1-MP	+3.8°~+3.9°	+3.8°	+1.9°
Wits	-4.18mm	-2.35 mm	-5.9 mm*

表一、
患者經S8-SGTB治療後的Ceph
變化值
*顯著臨床差異，超過文獻1-4
之平均變化範圍

MRC主要是透過矯正不良的口腔習慣來改變牙齒排列，並同步改善臉部肌肉功能⁵。學者認為MRC與Twin-Block 都能用在第二類異常咬合的下顎前導⁶，並可達成穩定治療效果⁷。但也有學者認為MRC在抑制上顎生長、減少水平及垂直咬覆部分，遠不如Twin-Block⁸。對臨床醫師而言，在面對三年MRC療程無效後，必須要尋找一個更有效的治療方式。

第二類異常咬合的治療，Twin-Block 與Herbst appliance 已是應用最廣泛的功能性矯正裝置⁹。Twin-Block代表的是垂直打開機制，可以解除咬合鎖定、創造關節間隙，有利於髁突的垂直向生長與關節窩骨重塑。Herbst appliance是固定式裝置，利用持續不間斷的機械力，確保了髁突能處於重塑狀態，不受病患合作度的影響。近年來有學者提出治療正在生長中的輕至中度骨性二類咬合不良患者，隱形矯正與傳統功能性裝置的治療效果並無統計上的差異¹⁰。但是Twin-Block的治療效率仍較隱形矯正佳¹¹。

為何選擇S8-SGTB來進行治療？因為S8-SGTB 具備垂直打開機制，同時更小的體積來讓患者達到配戴24小時的要求，持續讓下顎保持在前導的位置，這是目前唯一同時結合Twin-Block 與Herbst appliance兩者優點的隱形矯正裝置，這是筆者選擇使用它的主要原因。

結論

本病例顯示S8-SGTB能有效的同步達成髁突適應性改建和牙齒排齊與整平、並改善患者臉型的美觀度，雖然只為單一病例、且目前尚缺少長期追蹤的研究報告，但對



於青少年骨性二類咬合不良患者，本病例可說明S8-SGTB結合了功能性矯正與隱形矯正之優勢，是臨床上具備高度可靠的治療選擇方案。

參考文獻

1. Baysal A, Uysal T. Dentoskeletal effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod* 2014;36:164-172.
2. Yang X, Zhu Y, Long H, Zhou Y, Jian F, Ye N et al. The effectiveness of the Herbst appliance for patients with Class II malocclusion: a meta-analysis. *Eur J Orthod* 2016;38:324-333.
3. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA, Jr. Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:599 e591-512; discussion e591-596.
4. Ehsani S, Nebbe B, Normando D, Lagravere MO, Flores-Mir C. Short-term treatment effects produced by the Twin-block appliance: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod* 2015;37:170-176.
5. Mareddy AR, Reddy VN, Done V, Rehaman T, Vemula A, Narahari S et al. Early Intervention for Malocclusion: Role of Myobrace in Children Aged 6-10 Years. *Int J Clin Pediatr Dent* 2025;18:956-963.
6. Coban Buyukbayraktar Z, Camci H. Dentoalveolar, skeletal, pharyngeal airway, cervical posture, hyoid bone position, and soft palate changes with Myobrace and Twin-block: a retrospective study. *BMC Oral Health* 2023;23:53.
7. Johnson JS, Satyaprasad S, Sharath Chandra H, Havaladar KS, Raj A, Suresh N. A Comparative Evaluation of the Dentoskeletal Treatment Effects Using Twin Block Appliance and Myobrace System on Class II Division I Malocclusion. *Int J Clin Pediatr Dent* 2021;14:S10-S17.
8. Cen Z, Ren J, Xie X, Han M, Lei L, Li J et al. Comparative effect of the Myobrace appliance versus traditional functional appliances in treating a class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Australasian Orthodontic Journal* 2025;41:188-214.
9. Xu F, Fang Y, Sui X, Yao Y. Comparison of Twin Block appliance and Herbst appliance in the treatment of Class II malocclusion among children: a meta-analysis. *BMC Oral Health* 2024;24:278.
10. Ghorbani M, Mousavi SA, Bardideh E, Saeedi P, Shahnasari S, Shafaei H et al. The Effectiveness of Functional Clear Aligners for Class II Correction in Growing Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Orthod Craniofac Res* 2025;28:577-592.
11. Kircelli BH, Tek FB, Cetinkaya-Tokmak E, Cobanoglu G. Comparative Effects of Mandibular Advancement With Invisalign Enhanced Precision Wings and Twin Block Appliance on Dentofacial Structures. *Orthod Craniofac Res* 2025.

廖謹正^{1,2,3}、江盈佳^{1,2,4}、白天豪^{1,3}、林信吉^{1,3}、楊晉昱^{2,3}
1.品安牙醫診所；2.振興醫院牙科部；3.國防醫學大學牙醫學系；4.高雄醫學大學口腔衛生學系

廖謹正^{1,2,3}、江盈佳^{1,2,4}、白天豪^{1,3}、林信吉^{1,3}、楊晉昱^{2,3}

1.品安牙醫診所；2.振興醫院牙科部；3.國防醫學大學牙醫學系；4.高雄醫學大學口腔衛生學系



近年來，肌功能矯正裝置(Myofunctional Research Co.,MRC)在早期介入第二類異常咬合中被廣泛使用，利用改善不良口腔習慣來達成齒列及臉型的改善。然而，單純依賴肌功能訓練是否就能改善嚴重的骨性第二類異常咬合呢？本報告探討一例經過三年 MRC 治療無效後，轉向使用更具剛性下顎前導作用的 S8 矢狀向雙合墊(S8-Sagittal Guidance Twin-Block Clear Aligner, S8-SGTB)裝置，透過精確的咬合導引平面、強制性下顎前移、並釋放後牙垂直向高度，來達成患者在齒列、顎間關係及臉型的改善。本案例顯示，對於第二類異常咬合的治療，當醫師評估肌功能訓練不足以驅動骨骼發育時，應及時轉換為具備強力下顎前導的功能性矯正裝置（如 S8-SGTB、Twin-Block、Herbst appliance等），來確保骨性第二類異常咬合的成功治療。

女童，年齡8歲3月，主訴為上門牙太暴。經檢查後發現有水平咬覆過大下顎後縮、深咬、反式舌嚥與口呼吸。經與父母討論並獲得同意後，開始進行MRC的治療(T1)。在MRC治療過程的初期，女童配合度不佳，辛苦的撐到第三年後(T2)，水平咬覆竟然比治療前增加0.5 mm。再次與父母討論，同時女童也再三表示願意努力配合，於是開始接續的療程。接續治療採用的是S8-SGTB，它的療程分為兩階段，第一階段是十個月的下顎前導(T3)，在接著第二階段的齒列嵌合與微調(T4)，因為換牙時間差的關係，目前預計要進行第一次的微調。



圖一。患者四個階段的臉形變化照片

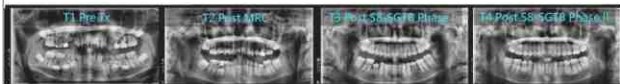
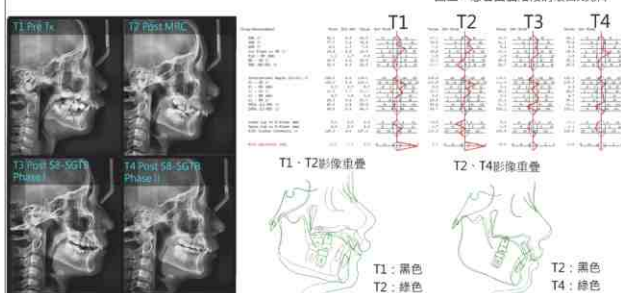


圖 1. 患者四個階段的進口 X 光片



圖三、患者四個階段的側顛X光、分析及影像重疊



圖四、患者四個階段的口內照片

分析項目	Twin-Block 組 患者平均變化值	Herbst Appliance 組 患者平均變化值	患者 T2-T4 變化值
SNA	$-0.7^{\circ} \pm 0.8^{\circ}$	-0.56°	-3.0°
SNB	$-1.2^{\circ} \pm 1.1^{\circ}$	-1.05°	-0.4°
ANB	$2.35^{\circ} \pm 1.08^{\circ}$	1.98°	3.4°
O1	$-4.38 \text{ mm} \pm 5.45 \text{ mm}$	$-3.98 \text{ mm} \pm 5.08 \text{ mm}$	6.7 mm
O2	-3.15 mm	$-1.69 \text{ mm} \pm 2.7 \text{ mm}$	2.9 mm
Molar ret	0.23 mm	$-5.58 \pm 5.7 \text{ mm}$	-2.3 mm
U1-SP	$9.2^{\circ} \pm 3.2^{\circ}$	9.2°	6.4°
L1-SP	$10.3^{\circ} \pm 3.9^{\circ}$	$+3.8^{\circ}$	$+1.5^{\circ}$
Wits	-4.18 mm	-2.35 mm	-5.9 mm^{**}

*表示一患者經 S8-SGTB 治療後 Ceph 分析值與
Herbst 裝置患者，相同位置 T2-T4 的變化值。

MRC主要是透過矯正不良的口腔習慣來改變牙齒排列，並同步改善臉部肌肉功能⁵。學者認為MRC與Twin-Block 都能用在第二類異常咬合的下顎前導⁶，並可達成穩定治療效果⁷。但也有學者認為MRC在抑制上顎生長、減少水平及垂直咬覆部分，遠不如Twin-Block⁸。對臨床醫師而言，在面對三年MRC療程無效後，必須要尋找一個更有效的治療方式。

第二類異常咬合的治療，Twin-Block 與Herbst appliance 已是應用最廣泛的功能性矯正裝置⁹。Twin-Block代表的是垂直打開機制，可以解除咬合鎖定、創造關節間隙，有利於髁突的垂直向生長與關節窩骨重塑。Herbst appliance是固定式裝置，利用持續不間斷的機械力，確保了髁突能處於重塑狀態，不受病患合作度的影響。近年來有學者提出治療正在生長中的輕至中度骨性二類咬合不良患者，隱形矯正正傳統功能性裝置的治療效果並無統計上的差異¹⁰。但是Twin-Block的治療效率仍較隱形矯正佳¹¹。為何選擇S8-SGTB來進行治療？因為S8-SGTB 具備垂直打開機制，同時更小的體積來讓患者達到配戴24小時的要求，持續讓下顎保持在前導的位置，這是目前唯一同時結合Twin-Block 與Herbst appliance兩者優勢的隱形矯正裝置，這是筆者選擇使用它的主要原因。

本病例顯示S8-SGTB能有效的同步達成髁突適應性改建和牙齒排齊與整平，並改善患者臉型的美觀度，雖然只為單一病例，且目前尚缺少長期追蹤的研究報告，但對於青少年骨性二類咬合不良患者，本病例可說明S8-SGTB結合了功能性矯正與隱形矯正之優勢，是臨床上具備高度可靠的治療選擇方案。

[illegible]



壁報論文比賽 診所組第三名

活髓保存術在臨床門診的應用-病例報告

閻以輝醫師 / 恆美牙醫診所院長

ABSTRACT 摘要

活髓治療 (Vital Pulp Therapy)，又稱為活髓保存術，是一種既能保留牙髓組織活性，同時也能處理深層蛀牙的治療方式。主要是適用於因齲齒清除或操作過程中機械性牙髓暴露，或未成熟健康恆牙因為牙齒外傷性牙髓暴露而導致細菌污染極少的可逆性牙髓炎immature permanent teeth with reversible pulpitis。活髓保存術包括間接覆髓術indirect pulp capping、直接覆髓術direct pulp capping和牙髓切斷術partial pulpotomy or coronal pulpotomy，目的是希望保留牙髓活性，恢復牙髓組織健康，預防進一步牙髓發炎症狀，降低需要做根管治療的可能性。美國牙髓病學會 (AAE) 共識會議指出，臨床診斷為不可逆性牙髓炎的成熟恆牙應進行牙髓切除術pulpectomy與根管充填，因為發炎的活髓無法自行癒合。但是近期文獻中有一些研究報告指出，活髓治療用於治療患有不可逆性牙髓炎的成熟恆牙，也可以獲得良好的成效。partial pulpotomy or coronal pulpotomy牙髓切斷術可能成為根管治療pulpectomy的可行替代方案，在治療成熟恆牙上不可逆性牙髓炎方面，取得了與傳統根管治療相當的成功率。

INTRODUCTION 前言

活髓治療 (Vital pulp therapy) 包含一系列目的在保留乳牙和恆牙受損牙髓活性的保守治療方法。依照移除牙髓組織的數量與深度，由淺而深可分為：

- 間接覆髓 (Indirect pulp capping): 蛀牙極深但未侵入牙髓神經，保留部分軟化象牙質，覆蓋保護材料，隔絕刺激，避免暴露牙髓組織。
- 直接覆髓法 (direct pulp capping): 在牙髓暴露範圍小於1mm時，只移除發炎牙髓組織，直接覆蓋保護材料。
- 部份冠髓切除術 (partial pulpotomy): 在牙冠部分的牙髓腔內，移除發炎牙髓組織與1-2mm的健康牙髓，保留深層活力。
- 冠髓切除術 (coronal pulpotomy): 移除牙冠部分內的牙髓組織，直到root canal orifice為止，保留牙根管內部的健康牙髓組織。
- 部份牙髓摘除術 (partial pulpectomy): 除了移除牙冠路份內的牙髓外，再更深入移除根管內的發炎牙髓組織，保留牙根管部位剩餘的健康牙髓組織。

有幾個與活髓治療相關的名詞，在此一併說明彼此的相通與差異：

- 根尖成形術Apexogenesis 是追求「自然根尖發育完成」，在未成熟恆牙上施作活髓保存術，可以保留牙根牙髓組織的活性，促進根尖持續的發育與管壁增厚，最終形成正常牙根尖組織，這是保留牙髓神經活性的最大好處。Apexogenesis 的牙齒通常更接近自然生理狀態，牙根更強壯。
- 根尖封閉術Apexification是用在未完成根尖發育的恆牙上，但牙髓壞死或已移除的情況下，透過材料（如氫氧化鈣、MTA、biodentine、bioceramics）誘導根尖形成硬組織屏障dentin barrier，提供根管充填的終點。Apexification 是在未完成根尖發育的恆牙上「建立人工封閉屏障」，但是牙根壁仍薄弱，牙齒較易斷裂，不屬於活髓治療的一部分。
- 再生性根管治療Regenerative endodontics是用在未完成根尖發育的恆牙，但牙髓壞死或已移除的情況下，經過適當的根管清創消毒之後，將根管銼針深入齒槽骨中，刻意造成出血，然後引導含有許多年輕未分化幹細胞的血液流進清潔的未閉合根尖管腔中，當新鮮血液充滿到達合宜的牙根管腔中時，就進行止血，再將適當材料覆蓋上去，有如執行活髓治療程序，隨後完成冠部密合填補。希望達到牙根繼續發育成長、根尖閉合、管壁增厚等類似活髓治療的效果，目前仍在研究發展。

Case report 病例報告

張小妹妹是一位10歲的小病人，她從小時候就接受定期的牙齒健康檢查，並獲得妥善的照顧。在例行的檢查中發現，患者的新長出#34、#35、#44、#45在咬合面上有隆起的central cusp，也就是Dens evaginatus，以樹酯填補周圍加強保固，防止斷裂。113年初就診，自訴牙齦腫痛，發現是#35的central cusp斷裂所致，經X光片檢查，#35牙根尚未成形，跟家長討論後，決定進行活髓治療vital pulp therapy。

113.04.20



113.04.20



113.05.22



113.07.22



114.03.12



114.07.04



115.03.23



115.03.23





這位張小妹妹在經過兩年多的治療後，追蹤發現這顆牙齒#35經過活髓治療後，有順利的達成牙根尖形成的現象，並在覆髓材料與牙髓組織之間，有dentin bridge進行形成的現象，這表示我們所進行的活髓治療，成功的保留健康牙髓的活性，使得牙髓組織可以繼續誘導牙根尖的成形，形成完整的牙根閉合與管壁厚度，達到apexogenesis的目標，有效的延長牙齒活性與結構完整。

活髓治療的操作流程如下：

1. 診斷與評估Pre-operative diagnosis & evaluation-臨床使用cold tests 與 electric pulp tests檢測牙神經，確認牙髓仍有活性，且沒有不可逆性壞死。使用X光與顯微鏡檢查蛀牙深度與牙髓神經相對關係。
2. 局部麻醉與隔離Anesthesia & Isolation - 施打局部麻醉，避免患者疼痛。使用橡皮障隔離牙齒，使用無刺激性的消毒液（如2%氯己定chlorhexidine、5%次氯酸鈉NaOCl等）清潔手術區域，並防止唾液與細菌污染。
3. 清除蛀牙與感染組織Caries Removal & Pulp Access- 在消毒無菌的環境下，使用全新消毒過的鑽針，去除齲齒與受感染的牙髓組織，要大量噴水防止牙神經受到熱傷害。適當保留健康的牙髓組織，避免過度切除。
4. 消毒與止血Disinfection and Hemostasis-用1.5% -5.25% 的次氯酸鈉沖洗牙齒與牙神經暴露的部位，用來去除細菌，溶解biofilm 與organic debris。以沾濕生理食鹽水的小棉球，輕壓牙髓組織出血點。輕壓5-10分鐘內，在健康的牙髓組織上，應該可止血。如果不能止血，表示還有發炎的牙髓神經，應該再繼續往下去除發炎組織。
5. 覆髓Placement of Bioactive Material - 在暴露的牙髓上覆蓋生物相容性材料（如氫氧化鈣、MTA、Biodentine、bioceramics等），這些材料至少要有1.5-2mm的厚度，才可以抵擋咬合壓力，確保牙神經封閉性良好。等待材料初步固化，這些材料能促進牙髓修復與再生。
6. 充填與牙齒重建double sealing and Permanent Restoration -在覆髓材料上以glass ionomer cement 或是resin modified GI墊底，再使用樹脂或陶瓷嵌體恢復牙齒結構，防止有microleakaget產生，確保Coronal Seal密封良好，避免細菌再次侵入牙髓組織。
7. 追蹤與回診Follow-up Schedule-定期X光檢查，觀察是否有根尖持續成形apexogenesis現象；覆髓材料與牙髓組織之間，有無dentin bridge持續形成的現象。臨床追蹤牙齒有無持續疼痛，牙周恢復健康，牙齒咀嚼正常功能。

近期研究文獻報告中，有學者使用vital pulp therapy來治療患有不可逆性牙髓炎的成熟恆牙，並且取得令人滿意的治療結果。這些研究文獻報告說明突破性的想法：

用於治療未成熟恆牙上可逆性牙髓炎所用的vital pulp therapy直接蓋髓或牙髓切斷術治療方法，也可以用於治療患有不可逆性牙髓炎的成熟恆牙上，在患有不可逆牙髓炎的成熟恆牙上進行活髓治療，有機會保留牙根部的健康牙髓神經，保留牙髓組織的免疫防禦機制和再生潛能，並減少牙根斷裂的發生。

患者是一位35歲的男性，於114年4月就診，主訴左上後牙敏感疼痛，對冷熱刺激尤為明顯，臨床檢查發現#27牙齒有深度蛀牙，可能已經侵入牙髓組織，與患者討論治療計畫後，#27進行活髓治療partial pulpotomy，並以陶瓷嵌體，進行復型。

(感謝溫奕鑫醫師提供以下病歷照片。)



DISCUSSION 討論

牙本質-牙髓複合體dentin pulp complex是一個獨特的器官，它為牙本質提供營養，並支持牙齒的神經支配和防禦系統。歐洲牙髓病學會European Society of Endodontology (ESE) 將活髓治療 (VPT) 定義為「維持全部或部分牙髓健康的治療策略」。當齲齒或外傷引起的牙髓發炎威脅牙髓活性，並可能導致壞死和需要侵入性治療時，這時活髓療法尤其重要。以下是該領域最受關注的後續發展重點：

1. 生物活性材料的改良 (Advanced Bioceramics)

傳統使用氫氧化鈣作為覆髓材料，有良好的抗菌性，並且可以刺激牙髓形成 dentinal bridge，但是氫氧化鈣有高溶解性與低密封性，所形成的dentinal bridge 容易有微小的細縫，長期觀察下可能導致牙髓神經發炎感染而造成失敗。最近的15年，矽酸鈣基材料hydraulic calcium silicate cement是發展快速的生物相容材料，常見的材料有MTA、Biodentine、bioceramics等。MTA mineral trioxide aggregate的主成分是一種 tricalcium silicate，它是目前研究的黃金標準，但它有操作困難、硬化時間過長，以及因含有氧化鉍bismuth oxide Bi_2O_3 可能導致牙齒變色的缺點。Biodentine 是目前最成功的覆髓材料，它的硬化時間縮短至 10-12 分鐘，氧化鉍被氧化鋁取代，牙齒不會變色，且機械強度接近牙本質，可以直接作為暫時充填物。其他也有預拌型材料 (Premixed Bioceramics) 例如ceraputty，醫師不需要手動調拌，直接從注射器擠出即可使用，大幅降低了操作誤差，確保材料性質穩定。目前研究人員正嘗試將抗生素、消炎藥或生長因子封裝在納米顆粒中，混合在蓋髓材料內，讓藥物在數週內緩慢釋放，持續抑制細菌並



誘導幹細胞分化，大幅提高活髓治療處置後的成功率。

2. 牙髓狀態的精準診斷 (Molecular Diagnostics) 這是目前活髓治療最大的挑戰：我們無法真正看到牙髓發炎到什麼程度。科學家正在研發利用「牙髓血」或「牙溝液」來檢測特定的生物標記物Biomarkers，例如 MMP-9、Interleukins等等。醫師可能在傷口清創時取一滴血，用試紙測試，如果發炎指標低於某個數值，就做活髓治療；如果指標過高，則直接進行根管治療。這將排除目前以臨床簡單問診，以痛不痛、痛多久、有無自發痛等主觀感覺來診斷牙髓活性，以免不必要的根管治療。

3. 牙髓組織再生工程pulp tissue regeneration Engineering這是活髓治療的終極目標，讓已經壞死的牙髓重新長回健康的牙髓組織，也就是再生性根管治療 Regenerative endodontics。目前Regenerative Endodontic Procedures已在年輕恆牙上取得成功，目前的發展重點是如何將此技術應用於成熟的恆牙，讓需要做根管治療的牙齒可以重新長出健康的牙髓組織，這也是要做複製牙齒的關鍵步驟。

- 支架技術 (Scaffolds)：使用膠原蛋白或合成纖維製成 3D 支架，植入清創後的根管中。
- 牙髓幹細胞 (dental pulp stem cell)：將患者自身的牙髓幹細胞，通常取自該顆牙齒剩餘的健康牙髓組織，智齒、乳牙或是臍帶血，與生長因子結合，置入支架中。

SUMMARY 結論

現代活髓治療的核心觀念是：牙髓的再生潛力遠高於過去認知，精密診斷技術的進步，生物陶瓷材料 (MTA/Bioceramics) 的應用，密封coronal Sealing比材料本身更重要，年齡不再是絕對禁忌。活髓治療具有許多的優點，可以保留較多原生齒質、保留健康牙髓神經與免疫功能，以及產生較少副作用。活髓治療的臨床操作是在顯微鏡下，進行感染控制、適當牙髓組織處理，以及良好邊緣封閉的過程。活髓治療的未來不再只是嘗試修補，而是精準醫療與再生醫學的結合。

REFERENCE 參考文獻

1. Louis M. Lin BDS, DMD, PhD, Domenico Ricucci MD, DDS, Tarek M. Saoud BDS, MSc, PhD, Asgeir Sigurdsson DDS, MS, Bill Kahler DClintDent, PhD. Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology. Australian Endodontic Journal 2020 ; 46(1):154-166.
2. Saeed Asgary , Ali Nosrat . Vital Pulp Therapy: Evidence-Based Techniques and Outcomes. Iran Endod J. 2025 ;20(1) :e2.

3. Thibault N. E. Colloc & Phillip L. Tomson. Vital pulp therapies in permanent teeth: what, when, where, who, why and how? British Dental Journal 2025 ; 238: 458-468 .
4. Fu-Ting Lee, Ya-Ting Yang, Huei-Yu Huang't, Yun-Chen Li, Wei-Ti Wang Success Rate of Traumatic Pulp Exposure Teeth Pulpotomy with Biodentine in Young Permanent Incisors - A Retrospective Study. Taiwan journal of pediatric dentistry 2026 ; 26 (1): 35-40.

論文原稿

活髓保存術在臨床門診的應用-病例報告

關以輝醫師/恆美牙醫診所院長

ABSTRACT 摘要

活髓治療 (Vital Pulp Therapy)，又稱為活髓保存術，是一種既能保留牙髓組織活性，同時也能處理深層蛀牙的治療方式。主要是適用於因腐蝕清除或操作過程中機械性牙髓暴露，或未成熟健康恆牙因為牙齒外傷性牙髓暴露而導致細菌污染極少的可逆性牙髓炎 immature permanent teeth with reversible pulpitis。活髓保存術包括間接覆髓術 indirect pulp capping、直接覆髓術 direct pulp capping 和牙髓切斷術 partial pulpotomy or coronal pulpotomy，目的是希望保留牙髓活性，恢復牙髓組織健康，預防進一步牙髓發炎症狀，降低需要做根管治療的可能性。美國牙髓病學會 (AAE) 共識會議指出，臨床診斷為不可逆性牙髓炎的成熟恆牙應進行牙髓切斷術 pulpectomy 與根管充填，因為發炎的活髓無法自行癒合。但是近期文獻中有一些研究報告指出，活髓治療用於治療患有不可逆性牙髓炎的成熟恆牙，也可以獲得良好的成效。partial pulpotomy or coronal pulpotomy 牙髓切斷術可能成為根管治療 pulpectomy 的可行替代方案。在治療成熟恆牙上不可逆性牙髓炎方面，取得了與傳統根管治療相當的成功率。

INTRODUCTION 前言

活髓治療 (Vital pulp therapy) 包含一系列目的在保留乳牙和恆牙受損牙髓活性的保守治療方法。依照移除牙髓組織的數量與深度，由淺而深可分為：

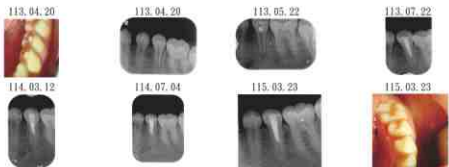
1. 間接覆髓法 (indirect pulp capping): 蛀牙極深但未侵入牙髓神經，保留部分軟化象牙質，覆蓋保護材料，隔絕刺激，避免暴露牙髓組織。
2. 直接覆髓法 (direct pulp capping): 在牙髓暴露範圍小於1mm時，只移除發炎牙髓組織，直接覆蓋保護材料。
3. 部份冠切斷術 (partial pulpotomy): 在牙冠部分的牙髓腔內，移除發炎牙髓組織與1-2mm的健康牙髓，保留深層活力。
4. 冠切斷術 (coronal pulpotomy): 移除牙冠部分內的牙髓組織，直到 root canal orifice 為止，保留牙根管內部的健康牙髓組織。
5. 部份牙髓摘除術 (partial pulpectomy): 除了移除牙冠部份內的牙髓外，再更深入移除根管內的發炎牙髓組織，保留牙根管部位剩餘的健康牙髓組織。

有幾個與活髓治療相關的名詞，在此一併說明彼此的相通與差異：

- 根尖成形術 Apexogenesis 是追求「自然根尖發育完成」，在未成熟恆牙上施行活髓保存術，可以保留牙根牙髓組織的活性，促進根尖持續的發育與管壁增厚，最終形成正常牙根尖組織，這是保留牙髓神經活性的最大好處。Apexogenesis 的牙齒通常更接近自然生理狀態，牙根更強壯。
- 根尖封閉術 Apexification 是用在未成熟根尖發育的恆牙上，但牙髓壞死或已移除的情況下，透過材料（如氧化鋁、MTA、biodentine、bioceramics）誘導根尖形成硬組織屏障 dentinal barrier，提供根管充填的終點。Apexification 是在未完成根尖發育的恆牙上「建立人工封閉屏障」，但是牙根壁仍薄弱，牙髓容易斷裂，不屬於活髓治療的一部分。
- 再生性根管治療 Regenerative endodontics 是用在未成熟根尖發育的恆牙，但牙髓壞死或已移除的情況下，經過適當的根管清創消毒之後，將根管銼針深入上齒骨中，刻意造成出血，然後引導含有許多年輕未分化幹細胞的血液流入清潔的未閉合根管腔中，當新鮮血液充滿到適合的牙根管腔中時，就進行止血，再將適當材料覆蓋上去，有如執行活髓治療程序，隨後完成根部密合填補。希望達到牙根繼續發育成長、根尖閉合、管壁增厚等類似活髓治療的效果，目前仍在研究發展。

Case report 病例報告

張小妹林是一位10歲的小病人，她從小時候就接受定期的牙齒健康檢查，並獲得妥善的照顧。在例行的檢查中發現，患者的新長出#34、#35、#44、#45在咬合面上有隆起的central cusp，也就是Dens evaginatus，以樹脂填補周圍加強保護，防止斷裂。113年初就診，自訴牙齦腫痛，發現是#35的central cusp斷裂所致，經X光片檢查，#35牙根尚未成形，跟家長討論後，決定進行活髓治療 vital pulp therapy。



這位張小妹林在經過兩年多的治療後，追蹤發現這顆牙齒#35經過活髓治療後，有順利的達成牙根尖形成的現象，並在覆髓材料與牙髓組織之間，有dentin bridge 進行形成的現象，這表示我們所進行的活髓治療，成功的保留健康牙髓的活性，使得牙髓組織可以繼續誘導牙根尖的形成，形成完整的牙根閉合與管壁厚度，達到apexogenesis 的目標，有效的延長牙齒活性與結構完整。活髓治療的操作流程如下：

1. 診斷與評估 Pre-operative diagnosis & evaluation-臨床不使用cold tests 與 electric pulp tests 檢測牙神經，確認牙髓仍有活性，且沒有不可逆性壞死。使用 X 光與顯微鏡檢查蛀牙深度與牙髓神經相對關係。
2. 局部麻醉與隔離 Anesthesia & Isolation-施打局部麻醉，避免患者疼痛。使用橡皮障隔離蛀牙，使用無刺激性的消毒液（如2%氯己定chlorhexidine、5%次氯酸鈉NaOCl等）清潔手術區域，並防止唾液與細菌污染。
3. 清除蛀牙與感染組織 Caries Removal & Pulp Access- 在消毒無菌的環境下，使用全新消毒過的銼針，去除腐蝕與受感染的牙髓組織，要大量噴水防止牙神經受到熱傷害。適當保留健康的牙髓組織，避免過度切割。
4. 消毒與止血 Disinfection and Hemostasis- 用1.5%-5.25%的次氯酸鈉沖洗牙齒與牙髓暴露的部位，用來去除細菌，溶解biofilm 與organic debris，以活濕生理食鹽水的小棉球，輕壓牙髓組織出血點。輕壓5-10分鐘內，在健康的牙髓組織上，應該可止血。如果不能止血，表示還有發炎的牙髓神經，應該再繼續往下清除發炎組織。
5. 覆髓材料 Placement of Bioactive Material - 在暴露的牙髓上覆蓋生物相容性材料（如氧化鋁、MTA、Biodentine、bioceramics等），這些材料至少要有1.5-2mm的厚度，才可以抵擋咬合力，確保牙神經封閉性良好。等待材料初步固化，這些材料能促進牙髓修復與再生。

6. 充填與牙齒重建 double sealing and Permanent Restoration - 在覆髓材料上以 glass ionomer cement 或是 resin modified GI 墊底，再使用樹脂或陶瓷嵌體恢復牙齒結構，防止有microleakage產生，確保Coronal Seal密封良好，避免細菌再次侵入牙髓組織。
7. 追蹤與回診 Follow-up Schedule- 定期X光檢查，觀察是否有根尖持續形成 apexogenesis 現象；覆髓材料與牙髓組織之間，有dentin bridge持續形成的現象。臨床追蹤牙齒有無持續疼痛，牙周恢復健康，牙齒咀嚼正常功能。

近期研究文獻報告中，有學者使用vital pulp therapy來治療患有不可逆性牙髓炎的成熟恆牙，並且取得令人滿意的治療結果。這些研究文獻報告說明突破性的想法：用於治療未成熟恆牙上可逆性牙髓炎所用的vital pulp therapy直接蓋髓或牙髓切斷術治療方法，也可以用於治療患有不可逆性牙髓炎的成熟恆牙上，在患有不可逆性牙髓炎的成熟恆牙上進行活髓治療，有機會保留牙根部的健康牙髓神經，保留牙髓組織的免疫防禦機制和再生潛能，並減少牙根斷裂的發生。

患者是一位35歲的男性，於114年4月就診，主訴左上後牙敏感疼痛，對冷熱刺激尤為明顯，臨床檢查發現#27牙齒有深度蛀牙，可能已經侵入牙髓組織，與患者討論治療計畫後，#27進行活髓治療partial pulpotomy，以陶瓦瓷體，進行復型。（感謝溫安森醫師提供以下病歷照片。）



DISCUSSION 討論

牙本質-牙髓複合體 dentin pulp complex 是一個獨特的器官，它為牙本質提供營養，並支持牙齒的神經支配和防禦系統。歐洲牙髓病學會 European Society of Endodontology (ESE) 將活髓治療 (VPT) 定義為「維持全部或部分牙髓健康的治療策略」。當腐蝕或外傷引起的牙髓發炎威脅牙髓活性，並可能導致壞死和需要侵入性治療時，活髓治療法尤其重要。以下是該領域最受關注的後續發展重點：

1. 生物活性材料的改良 (Advanced Bioceramics) 傳統使用氧化鋁鈣作為覆髓材料，有良好的抗菌性，並且可以刺激牙髓形成 dentinal bridge，但是氧化鋁鈣有高度溶解性與低密封性，所形成的 dentinal bridge 容易有微小的細縫，長期觀察下可能導致牙髓發炎感染而造成失敗。最近的15年，矽酸鈣基材料 hydraulic calcium silicate cement 是發展快速的生物相容材料，常見的材料有 MTA、Biodentine、bioceramics 等。MTA mineral trioxide aggregate 的主成分是一種 tricalcium silicate，它是目前研究的黃金標準，但它有操作困難、硬化時間過長，以及因含有氧化鋁鎂 smith oxide Bi2O3 可能導致牙齒變色的缺點。Biodentine 是目前最成功的覆髓材料，它的硬化時間縮短至 10-12 分鐘，氧化鋁鎂被氧化鋁取代，牙齒不會變色，且機械強度接近牙本質，可以直接作為暫時充填物。其他也有預拌型材料 (Premixed Bioceramics) 例如 ceraputty，醫師不需要手動攪拌，直接從注射器擠出即可使用，大幅降低了操作誤差，確保材料性質穩定。目前研究人員正嘗試將抗生素、消炎藥或生長因子封裝在納米顆粒中，混合在蓋髓材料內，讓藥物在數週內緩慢釋放，持續抑制細菌並誘導幹細胞分化，大幅提高活髓治療最後的成功率。
2. 牙髓狀態的精準診斷 (Molecular Diagnostics) 這是目前活髓治療最大的挑戰：我們無法真正看到牙髓發炎到什麼程度。科學家正在研發利用「牙髓血」或「牙溝液」來檢測特定的生物標記物 Biomarkers，例如 MMP-9、Interleukins 等等。醫師可能在傷口清創時取一滴血，用試紙測試，如果發炎指標低於某個數值，就做活髓治療；如果指標過高，則直接進行根管治療。這將排除目前以臨床簡單問診，以痛不痛、痛多久、有無自發痛等主觀感覺來診斷牙髓活性，以免不必要的根管治療。
3. 牙髓組織再生工程 pulp tissue regeneration Engineering 這是活髓治療的終極目標，讓已經壞死的牙髓重新長回健康的牙髓組織，也就是再生性根管治療 Regenerative endodontics。目前 Regenerative Endodontic Procedures 已在年輕恆牙上取得成功，目前的發展重點是如何將此技術應用於成熟的恆牙，讓需要做根管治療的牙齒可以重新長出健康的牙髓組織，這也是要做複製牙齒的關鍵步驟。
 - 支架技術 (Scaffolds): 使用膠原蛋白或合成纖維製成 3D 支架，植入清創後的根管中。
 - 牙髓幹細胞 (dental pulp stem cell): 將患者自身的牙髓幹細胞，通常取自該顆牙齒剩餘的健康牙髓組織，智齒、乳牙或是顎骨，與生長因子結合，置入支架中。

SUMMARY 結論

現代活髓治療的核心觀念是：牙髓的再生潛力遠高於過去認知，精確診斷技術的進步，生物陶瓷材料 (MTA/Bioceramics) 的應用，密封 coronal Sealing 比材料本身更重要，年齡不再是絕對禁忌。活髓治療具有許多優點，可以保留較多原生齒面，保留健康牙髓神經與免疫功能，以及產生較少副作用。活髓治療的臨床操作是在顯微鏡下，進行感染控制，適當牙髓組織處理，以及良好密封封閉的過程。活髓治療的未來不再只是嘗試修補，而是精準醫療與再生醫學的結合。

REFERENCE 參考文獻

1. Louis M. Lin BDS, DMD, PhD, Domenico Ricciucci MD, DDS, Tarek M. Saoud BDS, MSc, PhD, Asger Sigurdsson DDS, MS, Bill Kahler DClinDent, PhD. Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology. Australian Endodontic Journal 2020 ; 46(1):154-166.
2. Saeed Asgary, Ali Nosrati. Vital Pulp Therapy: Evidence-Based Techniques and Outcomes. Iran Endod J. 2025 ;20(1):e2.
3. Thibault N. E. Colloc & Phillip L. Tomson. Vital pulp therapies in permanent teeth: what, when, where, who, why and how? British Dental Journal 2025 ; 238: 458-468 .
4. Fu-Ting Lee, Ya-Ting Yang, Huei-Yu Huang't, Yun-Chen Li, Wei-Ti Wang Success Rate of Traumatic Pulp Exposure Teeth Pulpotomy with Biodentine in Young Permanent Incisors - A Retrospective Study. Taiwan journal of pediatric dentistry 2026 ; 26 (1): 35-40.



壁報論文比賽 牙助組第一名

提升口腔外科門診效率之助理標準化作業（SOP）探討

作者：陳思穎 衛生福利部桃園醫院 指導老師：曾建福

一、研究背景與目的 (Introduction)

- ◆ 臨床現狀：口腔外科手術程序複雜（如：複雜拔牙、植牙、門診小手術），器械種類繁多。
- ◆ 面臨挑戰：傳統配合模式易導致醫師等待時間過長、器械準備遺漏或動線混亂。
- ◆ 研究目的：
 - 1.建立口外助理標準化作業流程。
 - 2.評估 SOP 實施後對診間翻轉率及患者等待時間的影響。

二、標準化作業流程設計 (Methodology)

- ◆ 術前準備 (Pre-operative)：
 - 1.病歷與影像學資料（X-ray/CT）複核。
 - 2.手術包與特定器械（如：超音波骨刀、植牙機）的無菌鋪設。
- ◆ 術中協作 (Intra-operative)：
 - 1.六手操作定位（醫師、助手的器械傳遞區位）。
 - 2.吸引控制（Suction control）與視野清晰度維持。
- ◆ 術後衛教與整理 (Post-operative)：
 - 1.患者術後注意事項提醒。
 - 2.器械清點、消毒與環境維護。

三、臨床成效分析 (Results)

評估項目	實施前 (before)	實施後 (After)	進步幅度
平均診間延遲時間	120分鐘	60分鐘	下降50%（流程優化）
器械準備正確率	85%	98%	上升30%（減少手術中斷）
診間轉換準備時間	20分鐘	12分鐘	下降40%（翻轉率提升）

1.手術中斷次數 (Procedural Interruptions) :

* 計算因為缺少器械或耗材而導致手術暫停的次數。這最能體現助理「術前準備」的專業度。

2. 耗材耗損率 (Material Waste Rate) :

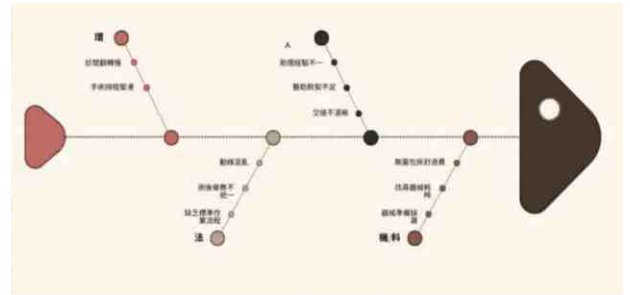
實施 SOP 後，因為流程精確，減少了不必要的無菌包拆封或耗材浪費。



圖一：術前精確鋪單



圖二：醫助默契協作



四、討論與臨床啟示 (Discussion)

- ◆ 團隊默契的建立：助理與醫師間的非言語溝通提升了手術安全性。
- ◆ 感控品質：標準化流程降低了交叉感染的風險，確保臨床質量提升。
- ◆ 持續改進：透過定期反饋（PDCA 循環概念）修正流程細節。

五、結論(Conclusion)

- ◆ 口外助理的專業職能不僅是輔助，更是診間運行的核心。
- ◆ 標準化作業能有效優化門診動線，縮短手術時間，達成醫、護、病三贏。

參考文獻

張佩芬、劉郁芬 (2019)。牙科助理於口腔顎面外科手術中之協作角色與職能探討。臺灣牙科輔助人員學會會刊，8，12-20。



壁報論文比賽 牙助組第二名

AI智慧掛號 × 精準就醫配對：

牙科助理在掛號困境與醫師專長媒合中的創新實務

作者：林惠如 護理長 服務單位：自強牙醫診所 指導醫師：王克皓

摘要

隨著牙科診所數位化轉型與病患就醫習慣改變，「掛號難」已成為診所管理與服務的共同挑戰。病患常因熱門時段額滿、資訊不透明或對醫師專長不熟悉，而造成預約困難與就醫體驗不佳。本文以院所導入AI智慧掛號系統之實際運作為例，探討助理如何結合人工智慧技術與人文溝通，改善掛號流程與醫師專長曝光問題。研究顯示，AI掛號系統能自動比對病患需求、醫師專科與診間流量，提升預約成功率與掛號效率，同時降低錯誤率與行政負擔。病患可透過線上平台查詢醫師專長、時段與評價，實現「對的時間找到對的醫師」。助理角色也從行政執行者轉變為智慧協調員，兼具科技應用與人文關懷的新專業定位。



一 前言

牙科助理在臨床工作中扮演診所營運的關鍵橋樑角色。隨著AI技術與線上掛號系統普及，助理工作範疇已由傳統的輔助與行政任務，擴展至病患數據整合、智慧掛號管理與心理溝通等層面。

然而，在實務運作中，掛號流程仍存在多重挑戰，包括預約困難、掛錯醫師、臨時改約與資訊不透明等，導致助理工作量增加、病患抱怨上升。為此，本研究聚焦於「AI智慧掛號系統」的導入與應用，探討其如何改善掛號困境、促進醫師專長發揮，並協助助理提升工作效率與病患滿意度。

二 牙科助理的核心工作流程

以下為助理在診所一日中的主要任務：

牙科助理工作流程圖

1. 病患掛號：確認預約與健保卡資料。
2. 病歷整理：核對舊病歷與醫師當日排程。
3. 器械消毒：依診療項目準備所需器材。
4. 接診與問候：以微笑迎接病患，緩和情緒。
5. 跟診協助：掌握醫師節奏，提前準備器械。

牙科助理工作流程



6. 記錄治療內容：協助輸入系統與醫囑登記。
7. 結帳與衛教說明：清楚說明費用與術後注意事項。
8. 診所環境整理：保持診間整潔與安全。
9. 病歷歸檔：上傳系統或歸檔紙本資料。
10. 整理與回報：保持環境整潔並向醫師反饋工作狀況。

三 掛號困境與挑戰現況

1. **預約掛號難題**：熱門時段（如晚間與假日）經常額滿，病患臨時掛不到號；若需改約，流程繁瑣。
2. **現場掛號壓力**：助理需同時應對多位病患詢問，易造成重複掛號或等待過久的抱怨。
3. **資訊不透明**：病患常不了解各醫師專長（例如植牙、矯正、兒童牙科），導致錯誤掛號或不滿意治療結果。
4. **醫師資源分配不均**：掛號集中於少數資深醫師，其他醫師診間閒置，降低整體營運效率。

這些問題不僅增加助理行政負擔，也影響病患信任與診所形象。

四 AI智慧掛號的創新解決方案

AI智慧掛號系統結合資料分析與自動排程功能，針對掛號痛點提供整合性解決方案：

1. **AI專長比對系統**：病患輸入需求（如「蛀牙治療」、「植牙評估」），系統即自動比對院內醫師專長、可約時段與過往滿意度。
2. **即時候補與動態排程**：當日若有取消時段，AI自動釋出名額並推播通知候補病患。
3. **醫師專頁透明化**：每位醫師的學經歷、專科項目與診間時段可供查詢，提升病患選擇性與信任感。
4. **助理智慧提醒**：系統可顯示病患過敏史、過去治療紀錄與回診建議，減少手動查找時間。

五 助理的角色轉變：從登錄者到智慧導引員

AI導入後，助理不再只是登記掛號，而是協助病患「找到最適合的醫師」。

- 人機整合：協助不熟悉AI掛號的病患操作系統，輸入需求、比對醫師。





- 資訊解釋者：主動說明各醫師專長差異與治療特性，避免誤掛。
- 流程協調員：根據AI系統的動態排班建議，協調診間流量與助理人力分配。
- 溝通緩衝者：在病患不滿或焦慮時，以同理心回應，維護診所形象。

六 AI系統與人力資源排班整合

AI掛號與排班系統可同步運作，形成智慧調度矩陣：

- 即時資料串聯：根據掛號量與診間啟用率，自動建議助理人力配置。
- 高峰預測與動態調整：系統根據歷史資料預測高峰期，提前增加人力。
- 跨角色協作：行政與臨床助理可依需求分時排班，減少閒置與超時。
- 例外提醒與追蹤：若醫師臨時變更時段，系統即時通知並自動調整掛號順序。

七 AI掛號與醫師專長媒合數據實證

項目	導入AI前（人工掛號）	導入AI後（智慧掛號）	成效
平均掛號等待時間	9.6 分鐘	2.8 分鐘	↓71%
掛號錯誤率	3.4%	0.8%	↓76%
預約掛號成功率	68%	91%	↑34%
病患對醫師專長滿意度	72%	89%	↑24%
醫師掛號分配均衡度	不均（集中前3名）	均衡分配	顯著改善

AI掛號系統顯著提升掛號效率與專科媒合度，助理行政負擔下降45%，病患滿意度與回診率明顯提升。

八 結論

AI智慧掛號不僅解決掛號難與資訊不透明的問題，更建立病患與醫師間的「精準配對機制」。

透過AI技術，助理能在行政、臨床與溝通三方面展現更高專業性，成為診所中串聯科技與人文關懷的重要橋樑。

未來，牙科助理將不只是執行掛號任務，而是以科技協助病患獲得最適醫療，推動診所朝向智慧化與高效化的新時代。

參考資料：

- 1.衛生福利部(2023)。牙醫助理教育訓練準則。台北：衛福部出版。
- 2.台灣牙醫全聯會(2024)。牙助認證課程教材。台北：台牙全出版。
- 3.臨床牙科助理學實務手冊(2024年版)。台北：醫護出版社。
- 4.王明志(2023)。AI醫療管理應用與智慧掛號系統案例分析。《台灣醫管期刊》，15(3)，45-58。

AI智慧掛號 × 精準就醫配對： 牙科助理在掛號困境與醫師專長媒合中的創新實務

作者：林惠如 護理長 服務單位：自強牙醫診所 指導醫師：王克皓



摘要

隨著牙科診所數位化轉型與病患就醫習慣改變，「掛號難」已成為診所管理與服務的共同挑戰。病患常因熱門時段額滿、資訊不透明或對醫師專長不熟悉，而造成預約困難與就醫體驗不佳。本文以院所導入AI智慧掛號系統之實際運作為例，探討助理如何結合人工智慧技術與人文溝通，改善掛號流程與醫師專長曝光問題。研究顯示，AI掛號系統能自動比對病患需求、醫師專科與診間流量，提升預約成功率與掛號效率，同時降低錯誤率與行政負擔。病患可透過線上平台查詢醫師專長、時段與評價，實現「對的時間找到對的醫師」。助理角色也從行政執行者轉變為智慧協調員，兼具科技應用與人文關懷的新專業定位。

一 前言

牙科助理在臨床工作中扮演診所營運的關鍵橋樑角色。隨著AI技術與線上掛號系統普及，助理工作範疇已由傳統的輔助與行政任務，擴展至病患數據整合、智慧掛號管理與心理溝通等層面。

然而，在實務運作中，掛號流程仍存在多重挑戰，包括預約困難、掛號醫師、臨時改約與資訊不透明等，導致助理工作增加、病患抱怨上升。為此，本研究聚焦於「AI智慧掛號系統」的導入與應用，探討其如何改善掛號困境，促進醫師專長發揮，並協助助理提升工作效率與病患滿意度。

二 牙科助理的核心工作流程

以下為助理在診所一日中的主要任務：

牙科助理工作流程圖

1. 病患掛號：確認預約與健保卡資料。
2. 病歷整理：核對舊病歷與醫師當日排程。
3. 器械消毒：依診療項目準備所需器材。
4. 接診與問候：以微笑迎接病患，緩和情緒。
5. 跟診協助：掌握醫師節奏，提前準備器械。
6. 記錄治療內容：協助輸入系統與醫囑登記。
7. 結帳與衛教說明：清楚說明費用與術後注意事項。
8. 診所環境整理：保持診間整潔與安全。
9. 病歷歸檔：上傳系統或歸檔紙本資料。
10. 整理與回報：保持環境整潔並向醫師反饋工作狀況。

牙科助理工作流程



三 掛號困境與挑戰現況

1. 預約掛號難題：熱門時段（如晚間與假日）經常額滿，病患臨時掛不到號；若需改約，流程繁瑣。
2. 現場掛號壓力：助理需同時應對多位病患詢問，易造成重複掛號或等待過久的抱怨。
3. 資訊不透明：病患常不了解各醫師專長（例如植牙、矯正、兒童牙科），導致錯誤掛號或不滿意治療結果。
4. 醫師資源分配不均：掛號集中於少數資深醫師，其他醫師診間閒置，降低整體營運效率。

這些問題不僅增加助理行政負擔，也影響病患信任與診所形象。

四 AI智慧掛號的創新解決方案

AI智慧掛號系統結合資料分析與自動排程功能，針對掛號痛點提供整合性解決方案：

1. AI專長比對系統：病患輸入需求（如「蛀牙治療」、「植牙評估」），系統即自動比對院內醫師專長，可約時段與過往滿意度。

2. 即時候補與動態排程：當日若有取消時段，AI自動釋出名額並推播通知候補病患。
3. 醫師專長透明化：每位醫師的學經歷、專科項目與診間時段可供查詢，提升病患選擇性與信任感。
4. 助理智慧提醒：系統可顯示病患過敏史、過去治療紀錄與回診建議，減少手動查找時間。

五 助理的角色轉變：從登錄者到智慧導引員

AI導入後，助理不再只是登記掛號，而是協助病患「找到最適合的醫師」。

- 人機整合：協助不熟悉AI掛號的病患操作系統，輸入需求，比對醫師。
- 資訊解釋者：主動說明各醫師專長差異與治療特性，避免誤掛。
- 流程協調員：根據AI系統的動態排班建議，協調診間流量與助理人力分配。
- 溝通緩衝者：在病患不滿或焦慮時，以同理心回應，維護診所形象。



六 AI系統與人力資源排班整合

AI掛號與排班系統可同步運作，形成智慧調度矩陣：

- 即時資料串聯：根據掛號量與診間使用率，自動建議助理人力配置。
- 高峰預測與動態調整：系統根據歷史資料預測高峰期，提前增加人力。
- 跨角色協作：行政與臨床助理可依需求分時排班，減少閒置與超時。
- 例外提醒與調整：若醫師臨時變更時段，系統即時通知並自動調整掛號順序。

七 AI掛號與醫師專長媒合數據實證

項目	導入AI前（人工掛號）	導入AI後（智慧掛號）	成效
平均掛號等待時間	9.6分鐘	2.8分鐘	↓71%
掛號錯誤率	3.4%	0.8%	↓76%
預約掛號成功率	68%	91%	↑34%
病患對醫師專長滿意度	72%	89%	↑24%
醫師掛號分配均衡度	不均（集中前3名）	均衡分配	顯著改善

AI掛號系統顯著提升掛號效率與專科媒合度，助理行政負擔下降45%，病患滿意度與回診率明顯提升。

八 結論

AI智慧掛號不僅解決掛號難與資訊不透明的問題，更建立病患與醫師間的「精準配對機制」。

透過AI技術，助理能在行政、臨床與溝通三方面展現更高專業性，成為診所中串聯科技與人文關懷的重要橋樑。

未來，牙科助理將不只是執行掛號任務，而是以科技協助病患獲得最適醫療，推動診所朝向智慧化與高效化的新時代。

參考資料：

- 1.衛生福利部(2023)。牙醫助理教育訓練準則。台北：衛福部出版。
- 2.台灣牙醫全聯會(2024)。牙助認證課程教材。台北：台牙全出版。
- 3.臨床牙科助理學實務手冊(2024年版)。台北：醫護出版社。
- 4.王明志(2023)。AI醫療管理應用與智慧掛號系統案例分析。《台灣醫管期刊》，15(3)，45-58。



壁報論文比賽 醫院組第二名

A Case Of Right Retromolar Buccal Cancer

王鼎璋 姚又勤 林思儀 宋佳芝 謝佳瑾 黃偉倫 張方譯 李人雙 曾建福

衛生福利部桃園醫院牙醫部

1.品安牙醫診所；2.振興醫院牙科部；3.國防醫學大學牙醫學系；4.高雄醫學大學口腔衛生學系

摘要

口腔癌目前高居台灣地區男性癌症死亡率第4位，年增率第1位。根據美國癌症學會的統計，整體來說，口腔癌病人之五年存活率在過去數十年並未顯著改善。若有復發或轉移，平均壽命為6個月。而就口腔癌前病變來說，術後復發率高達三成，惡性轉變率亦近一成。口腔癌為台灣十大癌症中的第六位，根據國健署統計新增人數為6458人，平均年齡為52歲，較其它癌症發生年齡有較年輕的傾向，除女性乳癌為51歲外，較其它癌症年輕10到20歲，口腔癌的性別比11.7，僅低於食道癌的12.7，都高於全癌症的1.4，顯示此癌症為男性較易罹患的癌症。

Introduction

Oral cancer is one of the most common cancer, where squamous cell carcinoma is most common one among oral cancer. This article uses a case report to discuss the treatment methods of oral squamous cell carcinoma and post-operative follow-up methods

Chief Complaint

Tumor near right buccal mucosa was found about one year ago.

Present Illness

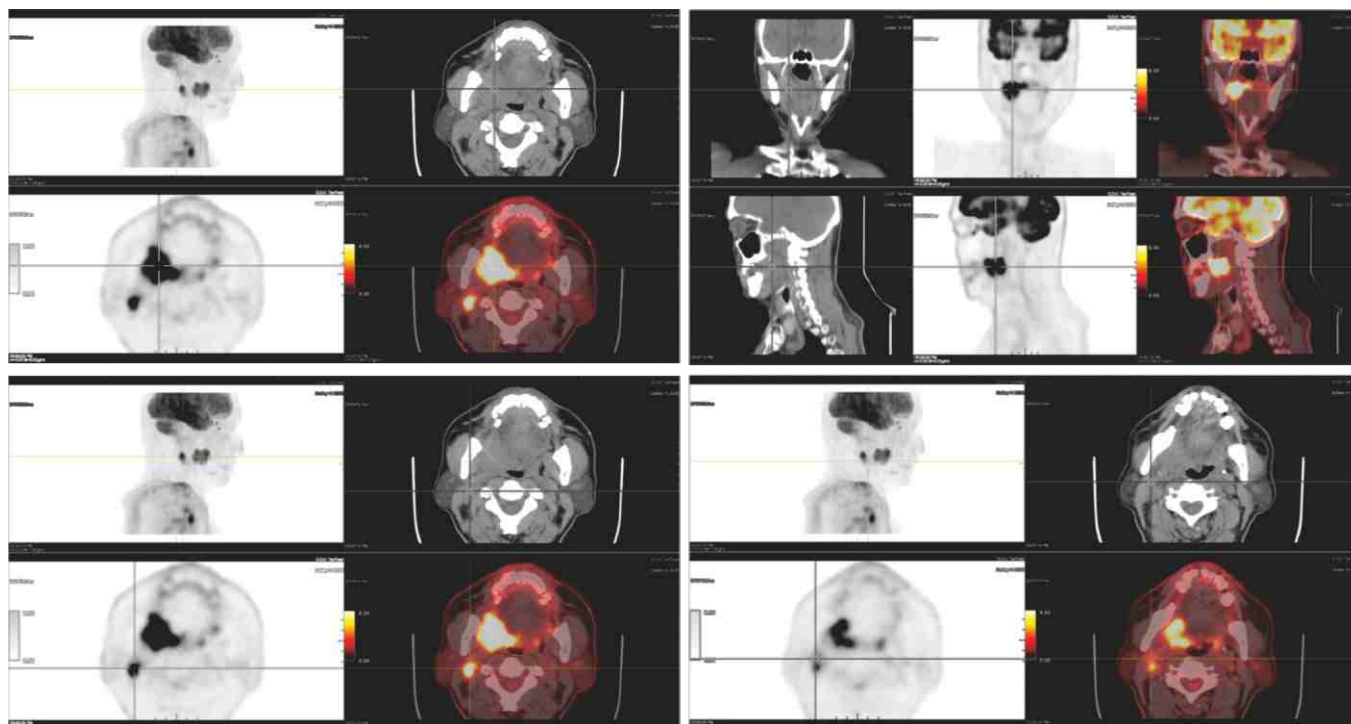
This 70 year-old gentleman is a case of HTN, BPH with medication control. He suffered from right oral tumor was for one year. He visited ENT on 2025/05/02, where he underwent biopsy over lower right gingival area on the same day, which showed squamous cell carcinoma, then head-neck MRI was taken on 2025/05/08, which showed oral cavity cancer, tentative staging T4bN2b, PET/CT was arranged on 2025/05/14 for further evaluation.

Past Medical History

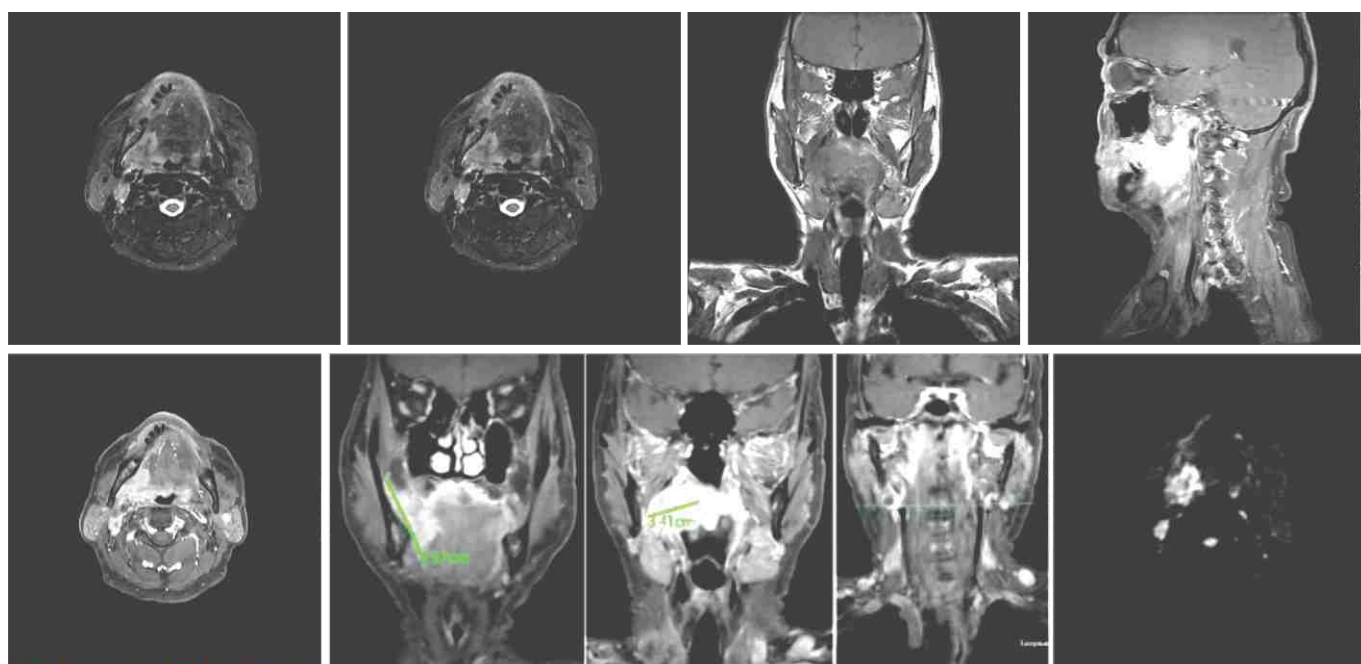
Hypertension on Amlodipine and Olmesartan; BPH on Tamsulosin

Radiographic Examination

2025/05/14 PET images

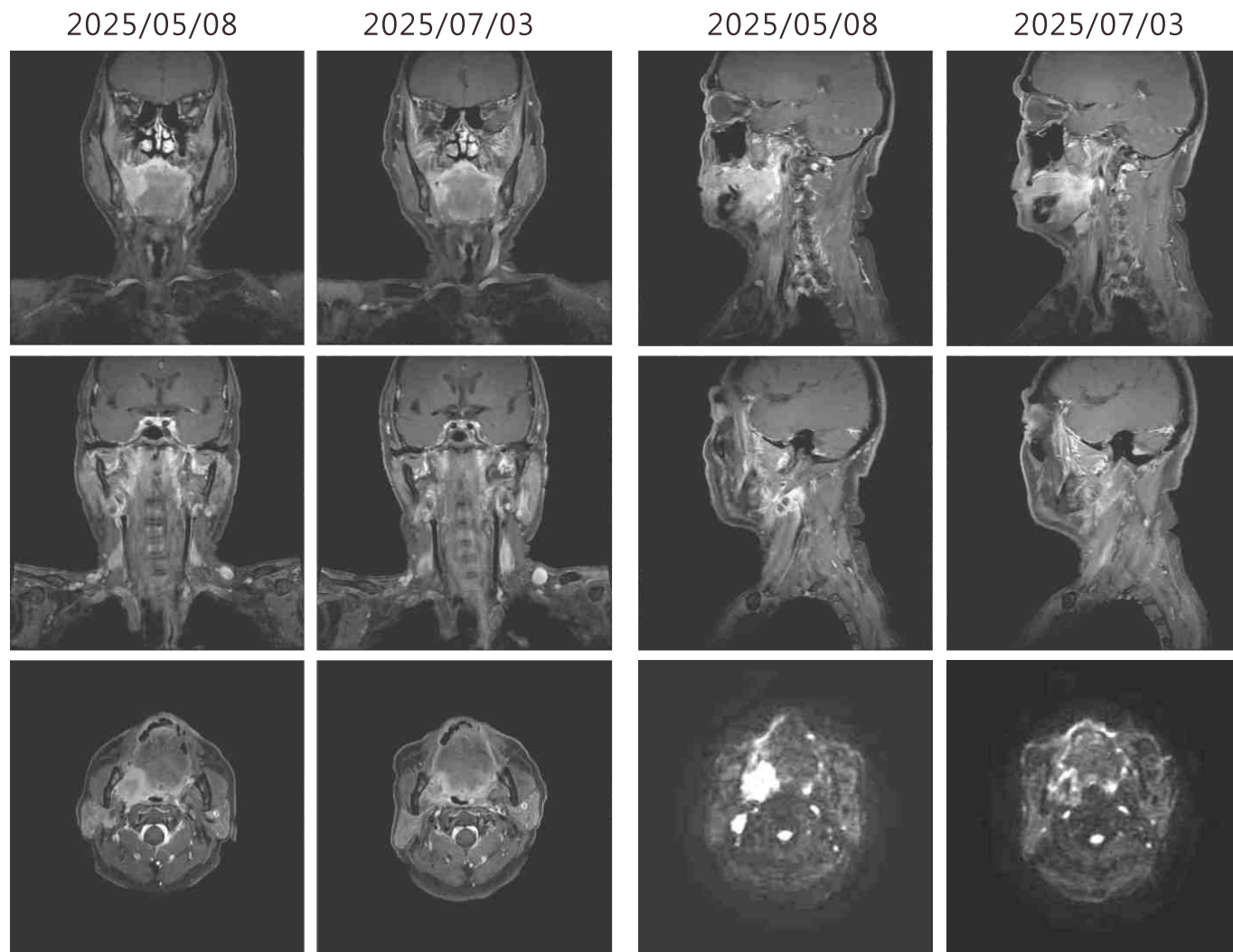


2025/05/14 PET images





2025/05/08 and 2025/07/03 MRI images



Diagnosis

Right retromolar buccal Squamous cell carcinoma, **tentative staging T4bN3bM0, Stage IVB**

	N0	N1	N2	N3
T1	I	III	IVA	IVB
T2	II	III	IVA	IVB
T3	III	III	IVA	IVB
T4a	IVA	IVA	IVA	IVB
T4b	IVB	IVB	IVB	IVB

M1 => stage IVC

Treatment plan

- 1.Presurgical Systemic chemotherapy with CDDP deGramont
- 2.Surgical intervention under general anesthesia
- 3.Adjuvant CCRT after surgery

Surgical procedure

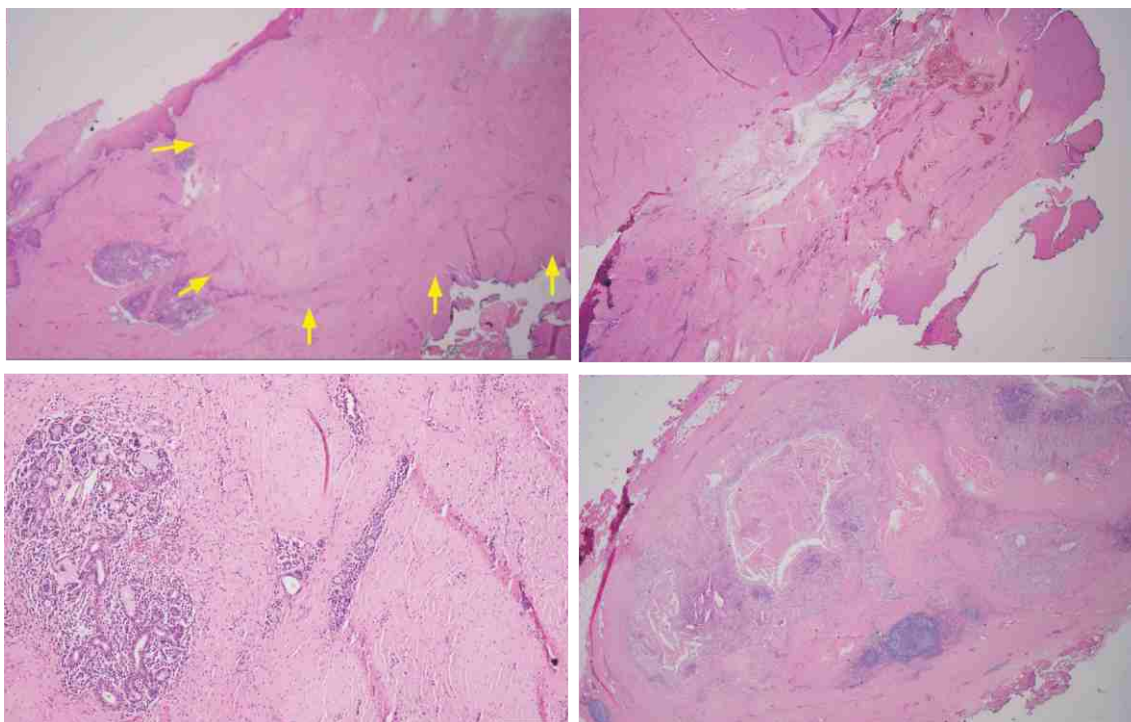
- Wide excision of the malignant lesion
- Right neck modified radical neck dissection
- Rotation sternocleidomastoid flap
- Island buccal fat pad flap repaired



Pathological report

Pathological diagnosis:

- 1.Oral cavity, right retromolar trigone, wide excision,
no residual carcinoma. ypT0N0
- 2.Lymph node, right neck level 1/2/3, dissection, free of carcinoma.(0/12)
- 3.Lymph node, right neck level 4/5, dissection, free of carcinoma.(0/5)
- 4.Lymph node, right level IIA, dissection, free of carcinoma.(0/7)
- 5.Lymph node, right level IIB, dissection, free of carcinoma.(0/7)



Treatment course & Follow-up

114/05/02	ENT outpatient department. Biopsy: Right oral cavity Squamous cell carcinoma
114/05/08	MRI
114/05/14	PET
114/05/15	Port-A implantation
114/05/22	Dental outpatient department
114/05/28	
114/06/12	Systemic chemotherapy with CDDP deGramont neo C1~C3
114/06/30	
114/07/03	MRI restaging
114/07/14	Dental outpatient department
114/07/24	
114/08/04	Admission; Chest PA & E.K.G.
114/08/05	Operation under GA
114/08/16	Discharged
114/08/20- 114/11/14	Dental outpatient department follow up
114/09/01- 114/10/21	Adjuvant CCRT; RT stimulation on 9/1 Radiation therapy -Planned 56Gy_28fx
114/09/11- 114/10/09	Weekly Cisplatin

Discussion & Conclusion

Neoadjuvant Chemotherapy (NACT) for T4b unresectable tumor before surgery to downstage tumor size. NACT shrinkage pattern is **non-concentric**

→ Possible “**satellite residual tumor**” beyond visible margin

In our case, complete response (no viable tumor) is achieved

(cT4bN3bM0 → ypT0N0, Pathological response: Grade 3)

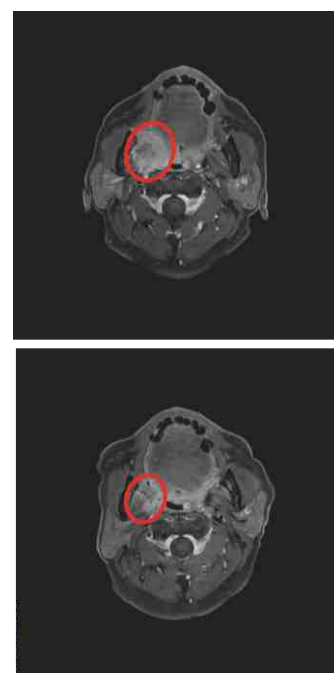
→ **Non-concentric** shrinkage pattern after NACT

Pathological Response Grading

- Grade 0: No effect
- Grade 1a: Very slight effect ($\geq 2/3$ viable tumor)
- Grade 1b: Slight effect ($1/3 \sim 2/3$ viable tumor)
- Grade 2: Moderate effect ($< 1/3$ viable tumor)
- Grade 3: Complete response (no viable tumor)

→ Effective NAC = Grade **1b / 2 / 3**

→ Less effective NAC = Grade 0 / 1a



Reference

1. Vishak S, Rangarajan B, Kekatpure VD. Neoadjuvant chemotherapy in oral cancers: Selecting the right patients. Indian J Med Paediatr Oncol. 2015 Jul-Sep;36(3):148-53. doi: 10.4103/0971-5851.166716. PMID: 26855522; PMCID: PMC4743181.
2. Hirakawa H, Hanai N, Suzuki H, Nishikawa D, Matayoshi S, Hasegawa Y, Suzuki M. Prognostic importance of pathological response to neoadjuvant chemotherapy followed by definitive surgery in advanced oral squamous cell carcinoma. Jpn J Clin Oncol. 2017 Nov 1;47(11):1038-1046. doi: 10.1093/jjco/hyx097. PMID: 28985398.
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0748798309000687>
4. <https://awards.ami.org/gallery/oRJEyGx/NJjjJkDw>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=b-rIDChLwGw>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=E4YrZ6k9Yd0>
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Resection_margin

A Case Of Right Retromolar Buccal Cancer

王鼎璋 姚又勤 林思儀 宋佳芝 謝佳瑾 黃偉倫 張方譯 李人雙 曾建福
衛生福利部桃園醫院牙醫部

摘要
口腔癌目前為台灣地區男性癌症死亡第四位，年增長率1.1%，根據美國癌症學會的統計，整體來說，口腔癌病人之五年存活率在過去數十年並未顯著改善，若有復發或轉移，平均壽命為6個月，而口腔癌病患術後常出現，術後復發率高達三成，並有轉移率亦在一成，口腔癌為台灣十大癌症中的第八位，根據癌症登記統計新增人數為6458人，平均年齡為62歲，較其它癌症發生年齡有較年輕的傾向，除女性乳癌為55歲外，較其它癌症年輕10到20歲，口腔癌的性別比1.7，僅低於食道癌的1.7，都高於全癌症的1.4，顯示此癌症為男性較易罹患的癌症。

Introduction

Oral cancer is one of the most common cancer, where squamous cell carcinoma is most common one among oral cancer. This article uses a case report to discuss the treatment methods of oral squamous cell carcinoma and post-operative follow-up methods

Chief Complaint

Tumor near right buccal mucosa was found about one year ago.

Present Illness

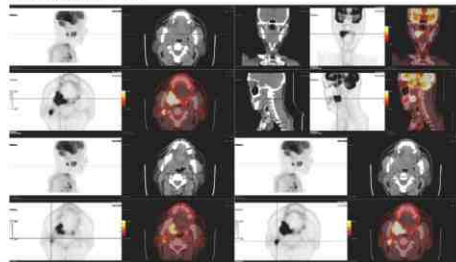
This 70 year-old gentleman is a case of HTN, BPH with medication control. He suffered from right oral tumor was for one year. He visited ENT on 2025/05/02, where he underwent biopsy over lower right gingival area on the same day, which showed squamous cell carcinoma, then head-neck MRI was taken on 2025/05/08, which showed oral cavity cancer, tentative staging T4bN2b, PET/CT was arranged on 2025/05/14 for further evaluation.

Past Medical History

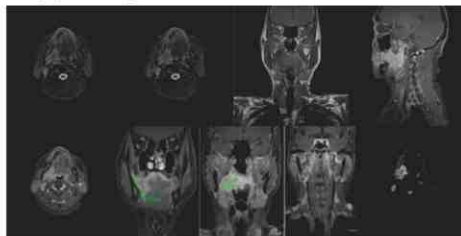
Hypertension on Amlodipine and Olmesartan; BPH on Tamsulosin

Radiographic Examination

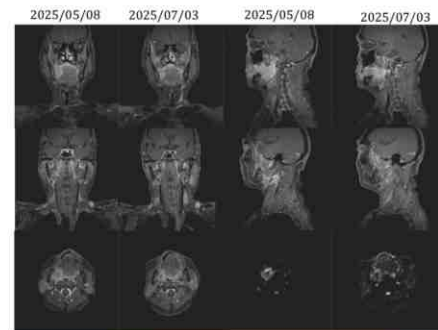
2025/05/14 PET Images



2025/05/08 MRI Images



2025/05/08 and 2025/07/03 MRI images



Diagnosis

Right retromolar buccal Squamous cell carcinoma, tentative staging T4bN3bM0, Stage IVB

	NO	N1	N2	N3
T1	1	0	0	0
T2	0	0	0	0
T3	0	0	0	0
T4a	0	0	0	0
T4b	0	0	0	0

M0: no stage IVB

Treatment plan

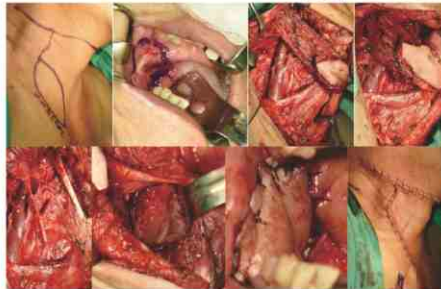
1. Presurgical Systemic chemotherapy with CDDP deGramont
2. Surgical intervention under general anesthesia
3. Adjuvant CCRT after surgery

Reference

1. Jemal A, Murray T, Samuels A, et al. (2003) Cancer statistics, 2003. CA: A Clin Oncol 53: 5-26.
2. American Cancer Society. (2012) Cancer Facts and Figures. Atlanta, GA: American Cancer Society.
3. National Cancer Institute. (2012) Cancer Statistics Review. Bethesda, MD: National Cancer Institute.
4. World Health Organization. (2012) Global Burden of Disease. Geneva: World Health Organization.
5. International Agency for Research on Cancer. (2012) Oral Cancer. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.

Surgical procedure

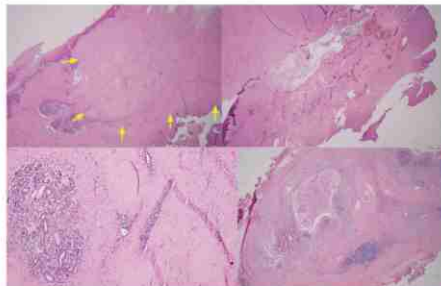
- Wide excision of the malignant lesion
- Right neck modified radical neck dissection
- Rotation sternocleidomastoid flap
- Island buccal fat pad flap repaired



Pathological report

Pathological diagnosis:

1. Oral cavity, right retromolar trigone, wide excision, no residual carcinoma. ypT0N0
2. Lymph node, right neck level 1/2/3, dissection, free of carcinoma. (0/12)
3. Lymph node, right neck level 4/5, dissection, free of carcinoma. (0/5)
4. Lymph node, right level IIA, dissection, free of carcinoma. (0/7)
5. Lymph node, right level IIB, dissection, free of carcinoma. (0/7)



Treatment course & Follow-up

- 114/05/02 ENT outpatient department: Biopsy: Right oral cavity Squamous cell carcinoma
- 114/05/08 MRI
- 114/05/14 PET
- 114/05/15 Port-A implantation
- 114/05/22 Dental outpatient department
- 114/05/28 Systemic chemotherapy with CDDP deGramont neo C1~C3
- 114/06/12 MRI restaging
- 114/07/03 Dental outpatient department
- 114/07/24 Admission; Chest PA & E.K.G.
- 114/08/04 Operation under GA
- 114/08/05 Discharged
- 114/08/20 Dental outpatient department follow up
- 114/11/14 Adjuvant CCRT; RT stimulation on 9/1
- 114/10/21 Radiation therapy -Planned 56Gy_28fx
- 114/09/11 Weekly Cisplatin
- 114/10/09

Discussion & Conclusion

Neoadjuvant Chemotherapy (NACT) for T4b unresectable tumor before surgery to downstage tumor size. NACT shrinkage pattern is non-concentric

→ Possible "satellite residual tumor" beyond visible margin

In our case, complete response (no viable tumor) is achieved

(cT4bN3bM0 → ypT0N0, Pathological response: Grade 3)

→ Non-concentric shrinkage pattern after NACT

Pathological Response Grading

- Grade 0: No effect
- Grade 1a: Very slight effect (0-25 viable tumor)
- Grade 1b: Slight effect (26-50 viable tumor)
- Grade 2: Moderate effect (51-75 viable tumor)
- Grade 3: Complete response (no viable tumor)

→ Effective NACT = Grade 1b-3

→ Late effective NACT = Grade 1a-2





人事徵才廣告

**嘉瑩
牙醫診所**

近楊梅交流道
03-4881136 鍾小姐

GP醫師、專/兼職可
全新數位設備
環境舒適，氣氛愉悅
有諮詢師追蹤患者
自費接受度高

**誠徵牙醫師
歡迎加入**

誠徵牙醫師

- 誠徵GP醫師、各專科醫師
- 全新數位設備、iTero口掃機
- 診次彈性自由、全院獨立診間
- 抽成高、NP多無開業壓力
- 純住宅區、環境佳

— 可學習牙周、植牙、矯正 —



聯絡人 陳執行長
悅翔 (03)379-1700
中路 (03)301-7777
A19 (03)287-2870

Delight Dental Clinic



悅翔中路牙醫

桃園市桃園區慈文路526號



悅翔牙醫診所

桃園市桃園區中山路881號



悅翔A19牙醫

中壢區高鐵南路二段263號



專題投稿

以 EndoCem® MTA Premixed 為材料 之活髓治療六節點決策框架

作者 張添皓 醫師

國立臺灣大學牙醫專業學院碩士、學士

中華民國衛生福利部部定牙髓病專科醫師・家庭牙科專科醫師

臺大醫院總院口腔醫學部 兼任主治醫師

張添皓顯微根管治療中心 創辦人



一個典型的 VPT 決策時刻

26 歲女性，右下大白齒嚴重齲齒，叩診、觸診與其他臨床檢查皆為陰性，根尖周影像未見透射陰影；齲齒已接近髓腔。此刻醫師面對的不是「該不該根管」，而是「能不能保住牙髓」。

這樣的臨床片段，每位牙醫師每週都可能遇到。不同決策，無論是保留活髓或進入根管治療，都會影響患牙未來十年之預後、患者經濟負擔與約診時間。然而，診療當下可依循的往往不是單一準則，而是涉及診斷學、齲齒處置學、材料學與復形學的多軸決策網絡。本文旨在拆解此一決策網絡的六個關鍵節點，並以新一代水合性矽酸鈣材料 (hydraulic calcium silicate cements, HCSCs) 之代表 EndoCem® MTA Premixed 為材料學支點，闡明其於各節點之適用條件。

一、當代 VPT 三大臨床挑戰

活髓治療 (vital pulp therapy, VPT) 並非近年才出現之術式。然而自 2010 年代後期起，數項變遷使其重新成為牙髓病科醫師之核心議題：適應症之擴展、材料配方之迭代、以及對冠部封閉時程之重新認知。因此，三者交織出當代 VPT 之三大挑戰。

挑戰一：診斷不確定性下之適應症邊界

依美國牙髓病學會 2020 年《牙髓病學詞彙》，牙髓狀態可分為正常、可逆性牙髓炎、無症狀 / 症狀性不可逆性牙髓炎 (symptomatic irreversible pulpitis, SIP) 與牙髓壞死；根尖周組織狀態則包括正常、症狀性 / 無症狀性根尖牙周炎、急性 / 慢性根尖膿瘍、緻密性骨炎等[1]。然而，組織病理學研究顯示，臨床牙髓診斷與

真實組織學狀態之間存在落差：正常牙髓 / 可逆性牙髓炎的吻合率達 96.6%，但不可逆性牙髓炎僅為 84.4%[2]；另一研究指出整體臨床與組織學診斷吻合率約為 68.62%[3]。於 SIP 病例中，部分臨床診斷為 SIP 的患牙，其發炎範圍可能主要局限於冠部牙髓，根部牙髓仍保有活性與修復潛力。系統性回顧與統合分析顯示，齲齒暴露且診斷為不可逆性牙髓炎之恆牙接受 pulpotomy 的合併成功率約為 86%[4]；相關綜述亦支持在嚴選病例中重新評估 SIP 與 VPT 適應症的邊界[5,6]。

挑戰二：傳統材料之操作門檻與美觀犧牲

自 1995 年 Torabinejad 取得礦物三氧化物凝聚體 (mineral trioxide aggregate, MTA) 相關專利、1998 年 ProRoot® MTA 由 Dentsply Tulsa Dental 商業化以來，MTA 即被視為 VPT 與根尖逆充填之重要基準材料。然而，其臨床應用受三項本質性限制：其一為水化動力學緩慢，初凝約 40–70 分鐘、終凝約 165–275 分鐘，常使醫師採暫時封填並安排二次約診；其二為粉液調拌型操作對術者技術與助理熟練度依賴度高，且於濕潤或出血環境下易受沖散影響；其三為氧化鉍 (Bi_2O_3) 顯影劑於光照或與次氯酸鈉接觸後可能產生灰黑變色產物，使其於前牙美觀區之應用受到限制。

挑戰三：冠部封閉時程與微滲漏風險之累積效應

Awawdeh 等人的前瞻性隨機臨床試驗指出，剩餘牙體結構與冠部復形的耐久性可能顯著影響 VPT 的長期成功[7]。因此，VPT 的長期存活率不僅取決於牙髓狀態與材料，也與冠部封閉品質密切相關；封閉不佳所導致的微滲漏會直接影響治療預後。在臨床操作上，傳統 MTA 凝固時間較長，常需先以暫時填料封閉，待覆診時再完成最終復形，此過渡期可能增加細菌再污染風險。

該試驗顯示，使用 MTA 或 Biodentine® 於齲齒性牙髓暴露成熟恆牙進行 VPT，整體成功率在 6 個月為 93.3% (Biodentine® = 93.1%，MTA = 93.5%)、12 個月為 96.2% (Biodentine® = 96.0%，MTA = 100%)、24 個月達 100%、36 個月為 93.8% (Biodentine® = 91.7%，MTA = 96.0%)。該研究結論指出，Biodentine® 與 MTA 在直接覆髓或斷髓術中具有相當且良好的成功率，但剩餘齒質結構與冠部復形的耐久性可能顯著影響 VPT 的長期成功[7]。

此外，另一項針對不可逆性牙髓炎成熟恆牙進行冠部斷髓術 (coronal pulpotomy) 的系統性回顧亦支持 VPT 的長期成效；其 36 個月平均臨床成功率為 93.97%、影像學成功率為 88.39%[8]。這說明在適當病例選擇、感染控制、生物活性材料操作與冠部封閉品質均到位時，VPT 可具備良好的長期預後。



第二部 六節點決策框架

以下將前述挑戰對應為臨床可重複執行之六個決策節點：診斷、齲齒、牙髓、材料、復形、追蹤。每節點均涉及若干客觀指標、若干決策分支與若干可選材料或處置，六者構成完整之 VPT 從術前評估到術後管理之操作路徑。

節點一：診斷分層

此節點之目標為精準分類牙髓狀態與根尖周狀態，並依此判定患牙是否落於 VPT 適應症範圍。臨床資訊包括主訴疼痛性質（自發痛之有無、持續時間、夜間痛史）、冷測試反應強度與持續時間、叩診與觸診反應、瘻管檢查、牙周探測深度，以及根尖周 X 光中之牙周韌帶寬度與透射陰影。Wolters 等人提出之微創牙髓病學診斷系統，將傳統二分法擴展為 initial、mild、moderate、severe pulpitis 四層分類，提供更細緻之適應症分層依據[9]。

1-1 臨床問診之必問五題建議如下：

任一題答「是」均應提高不可逆性發炎、裂齒、既有治療或非牙髓源性疼痛之警覺，但仍需合併客觀檢查與影像判讀，不宜單獨作為診斷依據：

- (1) 疼痛是否會在無刺激下自發出現？
- (2) 冷熱刺激後疼痛是否持續超過 30 秒？
- (3) 過去兩週是否曾因牙痛而夜間醒來？
- (4) 疼痛是否能精確指出單一牙位？
- (5) 患牙是否曾接受過根管或大面積修復？

1-2 客觀檢查方面：

冷測試建議以 Endo Ice 棉球輕觸牙面 5 秒並計時疼痛消退時間；消退時間 < 10 秒較傾向可逆性病灶，10 至 30 秒提示邊緣狀態，> 30 秒或無反應後突然劇痛則高度懷疑不可逆性牙髓炎。此判讀僅作為分層參考，仍須與症狀、叩診、觸診、影像與術中止血反應合併判斷。電性牙髓測試（electric pulp testing, EPT）需注意金屬贗復體與根尖未閉合牙之偽陰性、偽陽性風險。

1-3 影像判讀方面：

根尖周 X 光應評估三項：齲齒距髓腔之最短距離、PDL 寬度之對稱性、以及根尖周硬骨板（lamina dura）之完整性。當 PDL 出現局部增寬、硬骨板模糊或根尖區出現透射影時，應視為紅旗訊號，提示牙髓壞死之可能性升高，宜評估改為根管治療而非堅持 VPT。

若臨床與影像線索不一致，或欲評估根管解剖複雜度，可考慮錐狀束電腦斷層 (cone-beam computed tomography, CBCT) 作為輔助；惟須遵守 ALADAIP 原則，僅於影響治療決策時使用。

1-4 活髓治療的預後：

活髓治療的預後，取決於術式、牙髓病因、診斷分層以及患牙狀態的交互作用 [10,11]。

1-4-1 外傷牙的活髓治療：

在外傷牙方面，部分斷髓 (partial pulpotomy, PP) 表現最佳，成功率達 82.9% 至 100%；完全斷髓 (full pulpotomy, FP) 的成功率為 79.4% 至 85.7%；相對而言，直接覆髓 (direct pulp capping, DPC) 的成功率僅 19.5%，顯著低於斷髓術。系統性回顧指出，斷髓術在外傷性牙髓暴露的成功率顯著優於直接覆髓 [10,12]。

1-4-2 齲齒牙髓診斷分層的影響：

在正常牙髓或可逆性牙髓炎 (normal pulp / reversible pulpitis, NP/RP) 狀態下，間接覆髓、直接覆髓、部分斷髓與完全斷髓於 24 個月的成功率為 91% 至 97%，各術式間無統計學差異 [10]。

在症狀性不可逆性牙髓炎 (SIP) 牙齒中，斷髓術仍可維持約 90% 的成功率，與 NP/RP 牙齒的 97% 成功率相比未達統計學差異。然而，術前若合併根尖牙周炎 (apical periodontitis, AP) 或根尖周病變，為 VPT 的重要負面預後因子，失敗風險將顯著提升 [10,11]；SIP 本身亦可能增加失敗風險 [11]。

1-4-3 根尖成熟度的影響：

針對根尖成熟度，在正常牙髓或可逆性牙髓炎的牙齒中，根尖成熟與否對部分斷髓 (PP) 與完全斷髓 (FP) 的成功率無顯著影響 [10]。

整體而言，DPC 對適應症最為敏感，適用於牙髓較健康、患者年齡較輕且無外傷脫臼之患牙；斷髓術則較不受年齡與根尖成熟度限制，於較嚴重的牙髓狀態及外傷條件下表現最為穩定可靠。

節點二：齲齒處置之深度決策

2-1 齲齒影響之牙本質分為三層：

Soft dentin 為感染性牙本質，以手部器械可輕易剷除；Firm dentin 為受影響但可保留之牙本質，具皮革樣阻力；硬齲 Hard dentin 為相對健康牙本質，須施加切削力方能進入。臨床決策上，NP/RP 且未暴露之深齲病灶可採選擇性齲齒移除以降低不必要



的牙髓暴露；若已判定為 SIP、極深齲齒，或治療目標為進入 VPT 斷髓評估，則應完整移除 Soft dentin 與受感染牙本質，必要時進入牙髓暴露、止血評估與斷髓流程 [10,13]。

2-2 器械選擇之臨床原則：

臨床原則可簡化為「外圈用高速、中圈用低速、近髓用手動」：齲齒周邊 (enamel margin 與 outer dentin) 以高速鎢鋼車針 (high-speed carbide bur) 配合大量水霧切削，建立清晰之 access cavity；接近髓腔之中層 dentin 改以低速大圓鑽針 (slow-speed round bur) 逐層剝除，避免高速器械之熱損傷與震動；最接近髓腔之 0.5 mm 範圍則改以手動 spoon excavator 或挖匙進行，以觸覺判讀硬度變化。每移除一層後應以大量無菌生理食鹽水沖洗，並於顯微鏡下或放大設備下交叉判讀「硬度 + 顏色 + 質地...」。

2-3 操作順序：

建議由周邊向中心、由淺至深，避免一開始即直線朝髓腔挖掘。當逐層接近髓腔出現略透粉色 dentin (指示僅剩 0.3–0.5 mm 至髓腔) 時，應立即停止低速器械並切換為手動精修。

節點三：牙髓處置與止血評估

此節點的三大核心為操作環境建立、感染或不可保留牙髓組織之移除、以及牙髓狀態之客觀評估。操作環境須強制使用橡皮障隔離、術前完成口腔消毒，並於顯微鏡輔助下進行可視化操作。在止血與消毒方式上，常見建議為使用以 0.5% 至 5% 次氯酸鈉 (NaOCl) 浸潤之無菌棉球直接輕壓；此步驟同時具備化學消毒與止血評估的雙重意義。氯己定 (chlorhexidine, CHX；0.2% 至 2%) 可作為替代沖洗液，但不具 NaOCl 溶解有機組織的能力，應依臨床情境審慎選用 [14-18]。

3-1 牙冠牙髓之移除：

以無菌 high-speed round diamond bur 或全新 carbide bur 進行，深度依術式而定：partial pulpotomy 移除約 1.5–2.0 mm 之冠髓組織；full pulpotomy 則需移除至根管口，以可視化根髓殘端為終止標準。移除過程須持續以無菌生理食鹽水沖洗降溫，避免熱損傷殘存牙髓。

3-2 止血操作之具體步驟為：

以無菌棉球浸潤 NaOCl 後輕壓於暴露之牙髓殘端，壓力以「能止住出血但不致傷害殘存牙髓」為原則；每 2 分鐘更換新棉球並觀察出血型態。建議在顯微鏡下或放大設備下判讀指標包括：出血量、止血時間、出血顏色、牙髓質地與狀態。

理想狀態為 5 至 6 分鐘內止血、根管口呈淡粉紅色點狀滲血，且無持續性湧流；若能在此時間內止血，即可進入材料置入步驟。5 至 10 分鐘才止血屬邊緣狀態，應延長觀察並評估是否調整術式；超過 10 分鐘仍持續深紅色湧流，則高度提示殘留牙髓發炎範圍較深或操作環境未控制，應停止 VPT 並改行非手術性根管治療。

3-3 出血型態之臨床意義：

鮮紅色點狀滲血較支持根髓仍具健康反應；深紅色持續湧流提示發炎範圍較深；無出血或灰白色組織則提示部分壞死。以上判讀建議在放大設備下觀察，並與術前診斷共同決策。

節點四：生物材料配對

材料選擇須依臨床情境差異化進行；單一材料無法涵蓋所有 VPT 場景。

4-1 目前商用之水合性矽酸鈣材料 (HCSC) 大致可分為三世代：

- (1) 第一代之 ProRoot® MTA (含氧化鋇) 為粉液混合型，凝固緩慢但長期文獻證據最完整。
- (2) 第二代之 Biodentine® (含 ZrO_2 與 $CaCl_2$ 促凝劑) 採膠囊振盪混合，凝固速度提升且訴求「牙本質替代物」定位。
- (3) 第三代預混合型，例如 EndoCem® MTA Premixed (韓國 Maruchi 公司；FDA 510(k) K213757 於 2023 年 2 月 14 日通過美國 510(k) 實質等同性審查 [cleared] [19])、BIO-C® Repair (巴西 Angelus 公司) 等，採非水性親水載體，將無水矽酸鈣粉體預先包覆於密封注射針筒。

Material Components of Endocem MTA® Premixed Regular		
Role	Ingredient	Endocem MTA Premixed Regular
Main	Tricalcium silicate	40-60
	Calcium aluminate	<1
	Calcium sulfate	<1
	Lithium Carbonate	< 0.5
Radiopacity	Zirconium dioxide	40-60
Thickening agent	HPMC	< 3
	Bentonite	
Solvent	DMSO	10~20
	Water	
	Ethyl alcohol	

資料來源：Maruchi, EndoCem® MTA Premixed Regular — Product Overview (Rev.2)[20] (Table 1)。



4-2 EndoCem® MTA Premixed

該產品之替代載體為二甲基亞砜 (dimethyl sulfoxide, DMSO ; 配方涉及 US Patent US20190321267A1[21]) , 並添加微量碳酸鋰 (Li_2CO_3) 作為促凝相關添加劑 ; 依同行評審研究[22] , 其初凝時間為 260 ± 17.32 秒 (約 4 至 5 分鐘) , 雖較 Endocem Zr® 與 RetroMTA® 長 , 但明顯短於 Well-Root™ PT 。

值得注意的是 , EndoCem® MTA Premixed 的溶解度為 $0.17 \pm 0.03\%$, 為四組材料中最低 , 顯示其在液體環境中具有較佳的穩定性。此外 , 其抗壓強度達 76.67 ± 25.67 MPa , 高於 RetroMTA®、Well-Root™ PT 與 Endocem Zr®。整體而言 , EndoCem® MTA Premixed 雖非凝固最快的材料 , 但在低溶解度與高抗壓強度方面表現突出 ; 這些屬材料物性優勢 , 仍須與臨床適應症、操作品質與長期追蹤結果合併解讀。

Materials	Setting Time (seconds)	Solubility(%)	Compressive Strength (Mpa)
RetroMTA®	146.67 ± 5.77	2.17 ± 0.07	38.17 ± 2.50
Endocem Zr®	123.33 ± 5.77	9.01 ± 0.55	4.07 ± 0.60
Well-Root™ PT	460.00 ± 17.32	9.01 ± 0.55	38.39 ± 7.25
Endocem® MTA premixed	260.00 ± 17.32	0.17 ± 0.03	76.67 ± 25.67

All data from the repeated tests were presented as mean $\pm$ standard deviation and analyzed using the Kruskal-Wallis test, followed by the Mann-Whitney U test with Bonferroni correction, using the Statistical Package for Social Sciences software version 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). A p-value of < 0.0083 .

資料來源 : Maruchi, EndoCem® MTA Premixed Regular — Product Overview (Rev.2)[20]

4-3 水合性矽酸鈣材料 (HCSC) 新分類 :

Camilleri 於 2026 年以「水化反應產物之臨床意涵」為主要分類軸 , 將四大成分 (cement、radiopacifier、vehicle、additives) 各再以功能性判則分層[23] , 更貼近臨床選材實務。

第一 , Cement (膠結相) :

以「是否釋放 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 」為主要分類依據。純鈣矽酸鹽水化會釋出 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 提供抗菌與促進組織修復的生物活性。然而 , 鎂矽酸鹽、鋁矽酸鹽等替代配方雖具凝固性 , 但不釋放 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 作為主要反應產物 , 不應假設「含矽酸鹽即釋出 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 」。

第二，Vehicle (載體)：

以「水基 vs 替代載體」分層。傳統粉液混合型以無菌水啟動水化；新一代預混合型改用替代載體，包括聚乙二醇 (PEG)、丙二醇 (PG)、甘油、二甲基亞砜 (DMSO) 等。替代載體需依賴環境濕氣啟動水化，Camilleri 強調使用此類材料時應制定更新的臨床操作協定以確保水化能順利進行。臨床上應注意根管環境的濕度控制，避免過乾或過濕影響材料凝固與封填品質。

第三，Radiopacifier (顯影劑)：

含 Bi_2O_3 者與 NaOCl 、光線、膠原蛋白作用下會形成深棕黑色變色，其中與 NaOCl 的反應最為快速且嚴重，形成 sodium bismuthate 或 δ -bismuth oxide，為前牙美觀區之主要禁忌。新一代材料改用化學穩定之 ZrO_2 、 CaWO_4 或 Ta_2O_5 ，惟需提高比例 (約 20% vs 10%) 方能達同等射線阻射性。

第四，Additives (添加劑)：

以「cementitious vs non-cementitious」分層，此為 Camilleri 2026 年新增的重要判則。Cementitious additives (如 calcium aluminate、micro-silica) 會參與水化反應並消耗水化釋出之 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，雖可縮短初凝時間、提升部分物理性質，但 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 長期釋出減少，可能導致抗菌活性下降。Non-cementitious additives (如 Biodentine® 之 CaCO_3 作為成核劑、 CaCl_2 作為促凝劑、superplasticizer 改善流動性) 主要改善物理機械性能而不作為主要膠結相，不消耗 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。對臨床選材具實質意義：欲優先抗菌活性與誘導牙本質橋形成者，應避免含大量 cementitious additives (特別是 micro-silica、calcium aluminate) 之配方。

此外，臨床上需明確區分 hydraulic-based 與 resin-based 材料：若材料之凝結反應主要由樹脂聚合驅動，即便配方中含 hydraulic cement 成分，仍應歸類為 resin-based calcium silicate cement，而非純 hydraulic cement。例如 TheraCal LC® 為光固化樹脂基矽酸鈣水泥，其凝結主要依賴樹脂聚合而非水化反應。此類材料的臨床效應與純 hydraulic cement (如 ProRoot® MTA、Biodentine®、EndoCem® MTA Premixed) 不可等同。因此，在選擇活髓保存材料時，應優先確認材料是否以水化反應為主要凝結機制，再依臨床位置與適應症選材。

主流 HCSC 整理如下表：



分類 (Camilleri 2026)	ProRoot® MTA	Biodentine®	EndoCem® MTA Premixed
Cement	Ca(OH) ₂ releasing (純 C ₃ S/C ₂ S 水化)	Ca(OH) ₂ releasing	Ca(OH) ₂ releasing
Radiopacifier	Bi ₂ O ₃ 約 20% , 變色風險高	ZrO ₂	ZrO ₂
Vehicle	Water-based , 粉液調拌	Water-based , 膠囊振盪混合	Alternative vehicle , DMSO , 環境濕氣啟動
Additives	無促凝添加劑	Non-cementitious : CaCO ₃ 、superplasticizer 、 CaCl ₂	HPMC 、bentonite 、Li ₂ CO ₃ 等 , 用於改善流動性、抗沖散 與凝固特性

水化反應釋放之 Ca²⁺ 與 OH⁻ 可使局部環境呈鹼性，提供抑菌微環境並誘導羥磷灰石 (hydroxyapatite, HA) 礦化層形成，這是牙本質橋形成的重要化學基礎之一。預混合材料 (如 EndoCem® MTA Premixed) 使用 DMSO 等替代載體，可能改善材料流動性、濕潤性與界面適應；但其生物效應與臨床成功率仍應以適應症、操作品質與長期追蹤共同驗證，不宜僅由物性數據直接推論[20,22,23]。

4-4 HCSC 應依置入位置採差異化臨床使用：

- (i) Intracoronaral 用途，VPT 與再生牙髓治療之 barrier：建議術前以 NaOCl 沖洗減少微生物負荷並促進止血，最終復形採樹脂類材料。
- (ii) Intraradicular 用途，根管充填與未成熟牙根尖閉合：建議移除 smear layer、最終水沖洗後適度乾燥根管，特別是使用替代載體型材料時需確保適當濕度以啟動水化反應，並避免根尖溢出，對寬大根尖之未成熟牙尤為重要。
- (iii) Extraradicular 用途，根尖逆充填與穿孔修補：建議於根尖切除與穿孔位確實清創後置入充足材料，以確保缺陷的完整填充。

4-5 臨床預後與成功率方面：

各類高生物相容性 HCSC 產品的比較顯示差距有限；一項前瞻性 RCT (n = 68 顆深齲恆牙) 顯示 Biodentine® 與 ProRoot® MTA 的整體成功率於 6 個月為 93.3%、1 年為 96.2%、2 年為 100%、3 年為 93.8%，各時間點兩材料間均無統計學上的顯著差異[7]。

針對具不可逆性牙髓炎症狀之成熟恆牙，系統性回顧指出 coronal pulpotomy 於 36 個月之臨床成功率達 93.97%、影像學成功率為 88.39%[8]。另一項納入 16 篇隨機對照試驗的 meta-analysis 亦顯示，恆牙 pulpotomy 之 1 年整體平均成功率約 92%，且 ProRoot® MTA 的成功率顯著優於氫氧化鈣 (calcium hydroxide) [24]。Network meta-analysis 進一步指出，Biodentine® 與 TotalFill® 等新型生物活性材料在臨床失敗率上與傳統 MTA 相比並無顯著差異 [25]。因此，材料選擇的決勝點已漸轉向臨床操作便利性、變色風險與美觀區適用性；例如 Biodentine® 具有凝固較快、較少牙齒變色的優勢，而 EndoCem® MTA Premixed 之原廠預混設計可減少粉液調拌變異。

4-6 材料置入之具體技術細節：

使用 EndoCem® MTA Premixed 等預混合注射型材料時，建議依原廠規格選用專用注射針頭（常見為 20G 或 22G）；置入前以無菌棉球移除髓室壁與根管口明顯積水，但保留輕微濕潤環境，以利水化反應啟動。

擠出時針尖接近但不強行插入根管口，緩慢勻速擠出，避免氣泡夾入；於髓室底形成足夠厚度之材料層（PP 約 1.5–2 mm，FP 約 3–4 mm 至髓室底），以維持生物礦化界面之穩定。置入後以小棉球或 plugger 輕壓表面去除多餘材料並使表面平整，依材料初凝狀態與原廠建議確認後，方可進入下一步驟。

若使用粉液混合型材料（ProRoot® MTA、Biodentine®），則須注意調拌比例之一致性、避免空氣夾雜，並以專用輸送器械精準置入。

Biodentine® 需等候至少 12 分鐘方可進行最終復形，期間建議以濕棉球覆蓋以防表面脫水。

材料厚度不足（< 1.5 mm）或材料間有氣泡是後續封閉失敗之主要技術原因。

節點五：最終復形與長期封閉

冠部封閉品質直接影響 VPT 之長期預後；需依殘存齒質決定樹脂直接復形，或採 onlay、overlay 等齒尖覆蓋（cuspal coverage）設計。後牙若具裂縫線或大面積窩洞，應強烈考慮 cuspal coverage，以降低後續折裂風險。

EndoCem® MTA Premixed 之 4 至 5 分鐘初凝特性，使術者得於同次約診內完成最終復形，避免暫時性封堵期間之微滲漏。

5-1 齒尖覆蓋之臨床判定指標：

當術後殘餘齒壁厚度 < 2.5 mm、任一 marginal ridge 受侵犯、患牙位於咬合應力高之第二大臼齒，或患者具夜間磨牙習慣（bruxism）時，皆應規劃 onlay 或 full



crown 之 cuspal coverage 設計。短期可使用 indirect 樹脂或 lithium disilicate (如 IPS e.max) 之 chairside CAD/CAM onlay 於 4–8 週內完成；過渡期間之臨時冠須密合並避免咬合干擾，以防微滲漏與裂縫累積。

5-2 術後追蹤之建議時程為：

術後 1 週、3 個月、6 個月、12 個月各回診一次，之後每年追蹤至少 4 年。每次追蹤應記錄：自覺症狀（疼痛日記）、冷測反應、叩診與觸診反應、瘻管檢查、根尖周 X 光（年度）。

5-3 影像評估重點包括：

PDL 寬度變化、根尖周透射陰影之新增或消退、牙本質橋 (dentin bridge) 之鈣化線（通常於 6 個月後較易判讀）、未成熟牙之根尖發育進展，以及髓腔鈣化 / 根管鈣化 (pulp canal obliteration, PCO) 之早期徵兆。

5-4 術後衛教重點：

- (1) 術後 48 小時避免以患側咬硬物；
- (2) 兩週內若出現新發自發痛或持續冷敏即時回診；
- (3) 養成每半年口腔檢查習慣；
- (4) 注意夜磨牙者建議配戴咬合板以保護 cuspal coverage 復形。

節點六：追蹤判讀與失敗管理

VPT 之失敗可定義為術後出現以下任一與治療失敗相關之徵象：新發自發性疼痛、叩診陽性、觸診陽性、瘻管、牙周韌帶增寬、根尖周透射陰影、病理性 PCO 伴隨症狀或根尖病變，或牙根吸收。

失敗時序可分三期，各期之主因與策略不同。

6-1 早期失敗，3 個月內：

多源於診斷錯誤、術前臨床與組織學狀態落差[2]，例如誤將已壞死或接近壞死之牙髓判讀為可保存牙髓，或源於操作污染（如橡皮障隔離不完整、器械或材料污染）。若失敗侷限於冠部、根尖周末見病變且牙髓仍可控制出血，可考慮重複斷髓術；惟成功率通常低於初次治療，需與患者詳細溝通預期。

6-2 中期失敗，3 至 12 個月：

多源於冠部封閉不良或微滲漏；出現根尖周透射陰影或瘻管者應進行非手術性根管治療。

6-3 晚期失敗，12 個月後：

多源於冠部復形折裂導致細菌再侵入；嚴重 PCO 致根管無法暢通者，須考慮非手術性根管治療或根尖手術；廣泛之牙根吸收則須評估預後並考量拔除與植體重建。

IEJ 現況綜述[26]指出，操作環境品質、術中組織處理與材料選用三者之配合，係決定臨床預後之關鍵變項，亦提醒臨床醫師失敗管理之重點應同步檢討前五節點之操作環節，作為下一案例之品質改善依據。

三、案例分享

術前評估考量

本病例之治療決策核心，在於判定牙髓是否仍具可保存性。臨床上，病人無自發性疼痛，叩診與咬合測試陰性，均為傾向可逆性牙髓炎或可保存牙髓之指標；而最終牙髓狀態之確認，仍須於齲齒移除、牙髓暴露後，依出血型態與止血反應綜合判斷。本病例據此判定具備 VPT 適應症。治療流程依循前述「第二部 六節點決策框架」，在顯微鏡下逐步完成病例選擇、齲齒移除、牙髓暴露評估、止血控制、生物材料覆蓋與冠方封填等決策節點。



術式與材料選擇依據

齲齒移除階段採用 OK Gold 挖匙，輔以水雷射 (Er,Cr:YSGG laser) 與音波手機，目的在於進行精準齲齒移除，於兼顧感染控制的同時，儘量降低對牙髓的醫源性刺激。

牙髓覆蓋材料選用 EndoCem® MTA Premixed。冠方修復使用 Grandio® SO 與 Grandio® SO Heavy Flow 複合樹脂、Beautiful Flow Plus® X F03，並搭配 Bioclear® 系統完成成形與封填，以建立可靠之冠方封閉。



預後與追蹤

活髓治療之成功與否，須以長期追蹤評估牙髓活性之維持與根尖周圍組織之健康狀態。本病例目前持續定期回診追蹤，追蹤項目應涵蓋臨床症狀、牙髓活性測試，以及影像學上根尖周圍是否出現病變。

四、結語

活髓治療之本質，已從過去單純「保不保得住牙髓」的二元抉擇，轉化為一套橫跨診斷學、齲齒處置學、材料學與復形學的多軸決策。本文以一個典型臨床情境為起點，先剖析當代 VPT 的三大挑戰：診斷不確定性下的適應症邊界、傳統材料的操作門檻與美觀犧牲、以及冠部封閉時程與微滲漏風險的累積效應；再以「六節點決策框架」（診斷分層、齲齒處置、牙髓處置與止血評估、生物材料配對、最終復形與長期封閉、追蹤判讀與失敗管理），將上述挑戰逐一轉譯為臨床可重複執行的操作路徑。

此一框架的核心精神，在於把每一個臨床判斷都還原為可觀察、可記錄、可追蹤的客觀指標：以問診五題與冷測消退時間界定適應症邊界，以齲齒移除終點決定是否進入暴露評估，以出血量 / 止血時間 / 出血顏色判定牙髓的可保存性，並以殘存齒質厚度與咬合風險決定冠部覆蓋設計。如此，VPT 的成敗便不再單靠個別術者的經驗直覺，而是建立在可被檢視、可被品質改善的決策鏈之上；即便面臨失敗，也能循前五節點回溯主因，作為下一案例的改善依據。

在材料層面，水合性矽酸鈣材料 (HCSC) 已歷經多代演進。以 EndoCem® MTA Premixed 為代表的預混合型材料，藉由原廠預先包裝、替代載體 (DMSO) 與促凝相關添加劑 (Li_2CO_3) 的設計，兼具約 4 至 5 分鐘的快速初凝、低溶解度 (約 0.17%) 與高抗壓強度 (約 76.67 MPa) 等物理特性。其臨床意義在於：減少粉液調拌的操作變數，並有機會於同次約診內完成最終復形以降低過渡期的微滲漏風險。然而，目前 EndoCem® MTA Premixed 的長期臨床成功率仍不應直接外推為已與 ProRoot® MTA 或 Biodentine® 完全等效；臨床選材仍應回歸 Camilleri 的分類精神，依 cement、radiopacifier、vehicle、additives 四軸特性與置入位置 (intracoronary / intraradicular / extraradicular) 差異化使用。

本文所附案例，即為上述決策框架與材料策略的具體實踐：在橡皮障隔離與顯微鏡輔助下，以微創方式精準移除齲齒，依止血反應客觀確認牙髓狀態，選用 EndoCem® MTA Premixed 完成牙髓覆蓋，並以複合樹脂建立可靠的冠部封閉，最終回歸長期追蹤以驗證療效。理論框架與臨床操作於此相互印證。

總結而言，當代活髓治療的成功，取決於「精準診斷、嚴謹操作、適配材料、確實封閉、長期追蹤」五個環節環環相扣。在生物活性材料持續精進、適應症逐步擴展的趨勢下，唯有以結構化的決策框架為依歸，並在不過度外推材料證據的前提下善用 EndoCem® MTA Premixed 等新一代材料之特性，方能在保留天然牙髓的同時，為患者爭取最大化且可預期的長期預後。

主要參考文獻

1. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms. 10th ed. Chicago: American Association of Endodontists; 2020.
2. Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF Jr. Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *J Endod*. 2014;40(12):1932-1939. doi:10.1016/j.joen.2014.08.010.
3. Giuroiu CL, Căruntu ID, Lozneau L, Melian A, Vataman M, Andrian S. Dental pulp: correspondences and contradictions between clinical and histological diagnosis. *BioMed Res Int*. 2015;2015:960321. doi:10.1155/2015/960321.
4. Ather A, Patel B, Gelfond JAL, Ruparel NB. Outcome of pulpotomy in permanent teeth with irreversible pulpitis: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2022;12(1):19664. doi:10.1038/s41598-022-20918-w.
5. Kahler B, Taha NA, Lu J, Saoud TM. Vital pulp therapy for permanent teeth with diagnosis of irreversible pulpitis: biological basis and outcome. *Aust Dent J*. 2023;68(Suppl 1):S110-S122. doi:10.1111/adj.12997.
6. Iaculli F, Rodríguez-Lozano FJ, Briseño-Marroquín B, Wolf TG, Spagnuolo G, Rengo S. Vital pulp therapy of permanent teeth with reversible or irreversible pulpitis: an overview of the literature. *J Clin Med*. 2022;11(14):4016. doi:10.3390/jcm11144016.
7. Awawdeh L, Al-Qudah A, Hamouri H, Chakra RJ. Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or Biodentine: a prospective randomized clinical trial. *J Endod*. 2018;44(11):1603-1609. doi:10.1016/j.joen.2018.08.004.
8. Cushley S, Duncan HF, Lappin MJ, Tomson PL, Lundy FT, Cooper P, et al. Pulpotomy for mature carious teeth with symptoms of irreversible pulpitis: a systematic review. *J Dent*. 2019;88:103158. doi:10.1016/j.jdent.2019.06.005.
9. Wolters WJ, Duncan HF, Tomson PL, Karim IE, McKenna G, Dorri M, et al. Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *Int Endod J*. 2017;50(9):825-829. doi:10.1111/iej.12793.
10. Coll JA, Dhar V, Guelmann M, Crystal YO, Chen C-Y, Marghalani AA, et al. Vital pulp therapy in permanent teeth: a systematic review and meta-analyses. *Pediatr Dent*. 2025;47(3):137-150.
11. Asgary S, Roghanizadeh L, Eghbal MJ, Akbarzadeh Baghban A, Aminoshariae A, Nosrat A. Outcomes and predictive factors of vital pulp therapy in a large-scale retrospective cohort study over 10 years. *Sci Rep*. 2024;14(1):2063. doi:10.1038/s41598-024-52654-8.
12. Matoug-Elwerfelli M, ElSheshtawy AS, Duggal M, Tong HJ, Nazzal H. Vital pulp treatment for traumatized permanent teeth: a systematic review. *Int Endod J*. 2022;55(6):613-629. doi:10.1111/iej.13741.



13. Ricucci D, Siqueira JF Jr, Li Y, Tay FR. Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure. *J Dent*. 2019;86:41-52. doi:10.1016/j.jdent.2019.05.022.
14. Mente J, Hufnagel S, Leo M, et al. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: long-term results. *J Endod*. 2014;40(11):1746-1751. doi:10.1016/j.joen.2014.07.019.
15. Kundzina R, Stangvaltaite L, Eriksen HM, Kerosuo E. Capping carious exposures in adults: a randomized controlled trial investigating mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide. *Int Endod J*. 2017;50(10):924-932. doi:10.1111/iej.12719.
16. Harms CS, Schäfer E, Dammaschke T. Clinical evaluation of direct pulp capping using a calcium silicate cement: treatment outcomes over an average period of 2.3 years. *Clin Oral Investig*. 2019;23(9):3491-3499. doi:10.1007/s00784-018-2767-5.
17. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J*. 2008;58(6):329-341. doi:10.1111/j.1875-595X.2008.tb00354.x.
18. Hargreaves KM, Berman LH, Rotstein I, editors. *Cohen's Pathways of the Pulp*. 12th ed. St Louis: Elsevier; 2020.
19. U.S. Food and Drug Administration. 510(k) Premarket Notification K213757: Endocem MTA Premixed Regular. Silver Spring (MD): FDA; 2023 Feb 14.
20. Maruchi. EndoCem MTA Premixed Regular: Product Overview. Rev. 2. Gyeongju: Maruchi; [manufacturer technical document].
21. US Patent Application Publication US20190321267A1. Composition for single-paste type hydraulic endodontic filling material comprising dimethyl sulfoxide. Published 2019 Oct 24. Korean priority application 10-2016-0155276, filed 2016 Nov 21.
22. Jang Y, Kim Y, Lee J, Kim J, Lee J, Han MR, et al. Evaluation of setting time, solubility, and compressive strength of four calcium silicate-based cements. *J Korean Acad Pediatr Dent*. 2023;50(2):217-228. doi:10.5933/JKAPD.2023.50.2.217.
23. Camilleri J. An updated classification of hydraulic cements used in dentistry. *Int Endod J*. 2026 May 10. Online ahead of print. doi:10.1111/iej.70180.
24. Silva EJNL, Pinto KP, Belladonna FG, Ferreira CMA, Versiani MA, De-Deus G. Success rate of permanent teeth pulpotomy using bioactive materials: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Int Endod J*. 2023;56(9):1024-1041. doi:10.1111/iej.13939.
25. Komora P, Vámos O, Gede N, Hegyi P, Kelemen K, Galvács A, et al. Comparison of bioactive material failure rates in vital pulp treatment of permanent matured teeth: a systematic review and network meta-analysis. *Sci Rep*. 2024;14(1):18840. doi:10.1038/s41598-024-69367-7.
26. Duncan HF. Present status and future directions: vital pulp treatment and pulp preservation strategies. *Int Endod J*. 2022;55(Suppl 3):497-511. doi:10.1111/iej.13688.