

## 微笑設計 — 從理念到實現

### 陳億儒 醫師

中華審美學會認證醫師

學歷：台灣中山醫學大學  
德國IMC植牙碩士

經歷：日本齒科大學研修

現職：湛美牙醫診所院長

美國牙科美容學會會員醫師

台灣植牙聯盟專科醫師

現代社會大眾對於牙醫的需求不僅僅是功能取向而已，越來越多人追求的目標是一口整齊迷人的笑容，美觀的笑容不僅是社交必備工具外，更是建立自我自信的來源！根據Spear FM及Kokich VG等人對於前牙美學跨科整合治療計畫的文獻中提到，在過去的25年中牙醫師的日常治療項目逐漸改變中，在過往日常診療中牙醫師專注於蛀牙窩洞的填補，然而隨著氟化物及溝隙封填對於蛀牙的預防還有對於細菌造成蛀牙及牙周病機轉更進一步的認識，預防醫學的興起使得年輕世代的群眾對填補物的需求越來越少，且對於牙齒的需求不只是咀嚼使用，而是追求如何笑起來更好看！因此過往各個獨立的學科如矯正專科、口腔外科、牙周專科及補綴專科得需協同治療已滿足對好看笑容的追求。以往對於治療計畫的順序通常都會由評估病人口腔問題的生物觀點出發（Biology），這包括對病人蛀牙、牙周健康、牙髓需求及整體健康的評估。當生物健康被確立後（蛀牙移除、齒槽骨或是牙齦的修正、根管治療或是牙齒拔除），修復體的種類會根據剩餘牙齒或是齒槽的結構（Structure）來決定。而當牙齒被修復或是被置換時需要考慮到咬合功能（Function）的確立，其決定因子包括了齒列、顫顎關節及肌肉因素。最後美觀（Esthetics）才被決定來達到令人滿意的牙齒表現。然而這樣治療計畫的順序（Biology-Structure-Function-Esthetics），美觀最終成果會被妥協！因此Spear FM等人將決定治療計畫的四大要素順序反向為之，從美觀出發、功能、結構到生物因素（Esthetics-Function-Structure-Biology），來取得最大美觀效果但不妥協任何一個重要因子。

對於美的觀念，並沒有絕對的標準，所以在臨床常常會遇到醫師、病患與技師之間常常溝通不良，不知道彼此需要及想要的是什麼等到修復完成後才發現治療結果不是病人所期待的，造成治療的結果不能滿足三方彼此的需求耗時且花費用，嚴重的話甚至會引發醫療糾紛。如果在開始實際臨床治療前依照病人的需求及醫師專業能力先建立醫病雙方溝通後所勾勒出的美學藍圖，然後根據藍圖的設計理念一步步來實現彼此都滿意的結果，就如同蓋房子的概念般，從理念到實現來重建醫病雙方皆滿意的笑容。接下來透過病例分享來了解整個流程。

## Clinical Case

### Step 1. 資料收集

此病例先透過攝影棚收集口外影像及口內影像資料 ( Fig.1, Fig.2 ), 同時也會記錄動態影像做為設計時的參考 ( Fig.3 ), 動態錄影的目的是大部分的病人在照相時會刻意隱藏不滿意的地方, 像是露齦 ( high smile ) 的病人會刻意隱藏笑容避免過多牙齦露出或是缺牙病人會刻意隱藏其缺牙部位, 照相時的笑容稱為社交笑容 ( Social smile ) , 如果只憑照片來做治療計畫的設計就會忽略到軟組織的缺陷而造成治療計畫錯誤。動態錄影所顯露的笑容稱之為情感笑容 ( Emotional smile ) , 此時笑容顯露才是病人真實在日常生活所展現的, 此外一段動態錄像可以自由地擷取畫面為一張張照片, 當照相記錄有不足的地方都可以從動態錄像中來補足。除了影像資料外, 也要取得病人口內模型記錄或是口內數位掃描檔案, 來做為之後蠟形設計或是數位蠟形設計的依據, 此外現在還可以透過電子下顎記錄器如zebris、modjaw等儀器紀錄術前下顎前凸導引、側方導引等數據, 在3 shape 或是 Exocad等設計軟體整合後來呈現下顎運動軌跡 ( Fig.4 ), 把這些數據輸入電子咬合器後在設計修復體時就可以更精確的利用這些客製化數據來模擬下顎運動, 讓修復體實際在口內行使功能時調整更少。



Fig. 1



Fig. 2

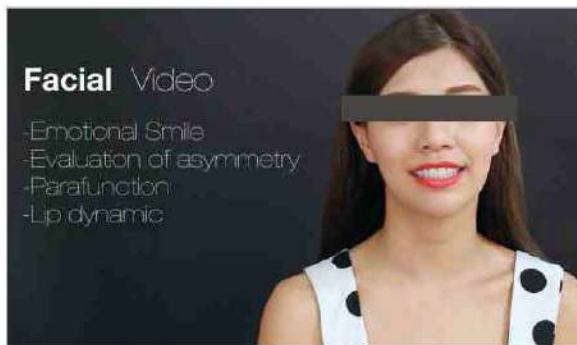


Fig. 3

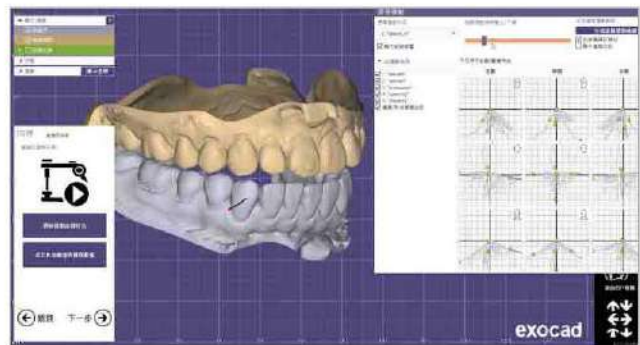


Fig. 4

### Step 2. 資料分析

當病人口外及口內影像資料收集完後會從三個面相進行分析：口外影像、唇齒關係、口內軟硬組織排列 ( Fig.5 ), 而這些要素都是之後要做微笑設計重要的考量因素。

如同 David Sarver 在其研究中所提出以軟組織為基準從巨觀到微觀三面相的診斷：

### Macroesthetics

、 Miniesthetics 、 Microesthetics 。

### 口外影像分析(Facial Driven Tx)

#### a.Vertical line:

根據Kokich等學者研究如果顏面中線 ( Glabella 、 Tip of nose 、 Philtrum 、 Chin ) 與上顎正中門牙中線彼此平行但相距4mm內不會被一般人所察覺，但是彼此角度偏移超過10度就無法被接受。在做治療前先分析垂直中線是非常重要的，病人常常因為鼻子或是下巴歪斜導致顏面中線歪斜而非牙齒中線歪斜，這在治療前就可利用照片搭配文書處理軟體如keynote或是powerpoint簡單拉線跟病人先說明清楚

#### b.Horizontal line:

顏面水平參考線 ( Interpupillary line 、 Commsural line ) 與咬合平面 ( Occlusal plane ) 之間的關係，目標是讓上顎正中門牙切端連線與水平面平行，因為有時病人的雙瞳線不盡跟水平面平行，在此情況可以取口角連線或其他顏面水平參考線作為設計依據

#### c.Tooth exposure at rest position

Frank Spear與Kokich等人於2006年發表有關前牙美學跨科整合治療計畫第一步是評估上顎前牙在休止狀態相對於上唇的顯露量來決定切端位置，根據Brundo等人的研究門牙顯露量約在1~3mm，會根據性別跟年紀而有差別，通常年紀越大會因牙釉質磨耗牙齒露出量會越來越少。決定切端位置是整體修復計畫的第一步。

### 口內影像分析

口內軟硬組織決定美觀的決定因子就如同排全口假牙一樣有大眾的審美標準，其要素包括下列幾項，但記得天然是不對稱的，在追求整體排列整齊下有些細項沒有達到完美在視覺效果上看起來會更趨於自然。

#### a. Incisal edge curvature

#### b. Tooth-to-tooth proportions

#### c. Axial inclination

#### d. Interdental contact areas and interincisal angles

#### e. Tooth position - arrangement

#### f. Gingival outline

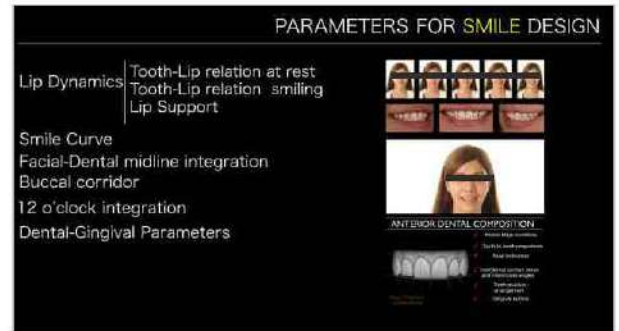


Fig. 5

### Step 3. 數位微笑設計 ( Digital Smile Design )

數位微笑設計 ( Digital Smile Design ) 是由巴西醫師Christian Coachman(Fig.6)所創立的觀念(Concept)，許多人都誤解DSD是一個軟體，其實DSD是一個將溝通視覺化的概念，可利用Keynote、PowerPoint或Photoshop ( Fig.7 ) 完成線條設計以用來作為跨科整合治療、與病患及技師溝通的工具設計的出發點是以臉部為導向的治療計畫 ( Facial Driven Treatment Plan )，以三度空間思維規劃牙齒位置以設計與病人臉部和諧的笑容，而不僅僅著重於口腔本身。在做微笑設計時重點不是在於線條本身，而是如何根據腦海中的治療計畫利用這些線條視覺化的呈現出來，也就是知道如何來做設計才是最重要的。市面有許多軟體可以立即模擬出治療後的效果，這會讓病人有立即性的衝擊想接受治療，但這也是一件非常危險的事，因為這是軟體模擬出來的效果，要知道如何去設計才有可能實現模擬的效果，不然只是給了病人一個不會成真的美夢。在做微笑設計時根據上列美觀因子的評估以及病人的主訴等來做設計，而設計方案 ( 其實就是治療計畫 ) 是不是適合此位病人會在口內模擬 ( Mock-up ) 階段來進行驗證。



Fig. 6



Fig. 7

此病例是先透過從口外及口內美觀及功能分析進行二度空間的設計，然後技師在根據設計轉變成蠟形(Fig.8, Fig.9)。而現在可以透過口內掃描的口腔數位檔案在設計平台上做三度空間的數位蠟形分析，且可以把設計好的數位蠟形在列印3D模型前疊合口外照片去確認設計好的牙齒中線及切端平面是否平行於顏面中線及水平基準面(Fig.10)

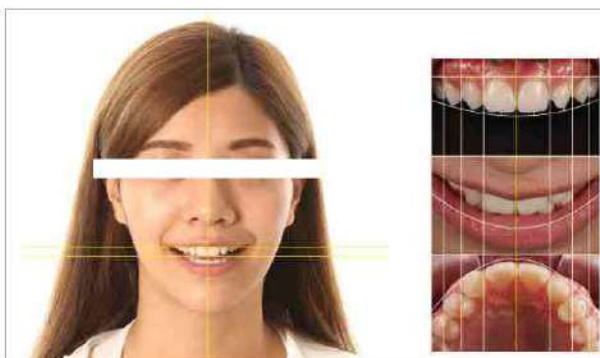


Fig. 8

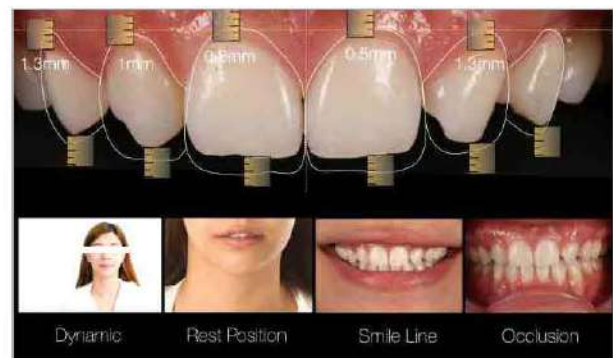


Fig. 9



Fig. 10

#### Step 4. APT Technique

將設計好的藍圖與口外口內與影像等數位模擬資料給技師參考做出診斷蠟型 (Fig.11)或是輸出3D模型(Fig.12)，在利用此蠟型做出導版後注入雙聚合式樹脂 (Luxatemp.DMG)在口內實際模擬來驗證治療計畫是否正確及是否有達到美觀及功能需求！透過口內直接或間接模擬的方法稱為Aesthetic pre-evaluative temporary(APT) Technique，是由Dr.Gurel等人所提出的技巧，對於醫師及技師而言可以在實際臨床治療前來評估此設計（也就是治療計畫）是否適合這個病人，有無達到美觀與功能目的，同時透過模擬後的口外口內照及錄像來觀察咬合平面有無歪斜、牙齒中線有沒有偏移等問題，最重要的是可以讓病人知道牙科治療改變的不僅是口腔本身，對於整個人美的呈現都能大大提升，讓病人愛上治療且提升牙科的價值！如果病人對於模擬的修復體大小或形狀不滿意，都可以在此階段做調整並紀錄作為最終修復體製作標準，就如同買車一樣一定要試駕 ( Test drive ) 過才知道這輛車是否有符合自身需求，使用APT的另一個重要的功能是根據已復形的牙齒體積來做牙齒修形，以最微創的治療保留牙齒多的體積，對貼片修復而言可以保留最多的牙釉質以達黏接後修復體最穩定的成功率。



Fig. 11



Fig. 12

#### Step 5. 微創修復 ( Minimally Invasive Approach )

微創治療 ( Minimally Invasive Treatment ) 是現今治療的主流，目的就是保留牙齒最多的齒質，因為牙齒的長期預後會與所剩的齒質有關，剩餘齒質越多假使日後

發生蛀牙等問題需要重複製作修復體時，還有足夠量的齒質來進行二次修復延長牙齒壽命。前牙區主要採用樹脂及陶瓷貼片來重建美觀與功能。與病人討論材料特性、預算等因素後病人選擇以陶瓷貼片 ( Bonded Porcelain Restoration ) 來做復形，BPR 要成功的控制因素中最重要的就是要粘接於牙釉質 ( Enamel ) 上，黏著於牙釉質上能大幅提升粘接的成功率。自然牙牙釉質於上顎門牙齒頸部厚度約0.41mm，在側門牙齒頸部的厚度約為0.367mm，如果隨著時間磨耗在齒頸部的牙釉質厚度會更少，所以如何能微創的磨製甚至不備牙讓粘接的邊界都停留在牙釉質就非常重要了！透過APT先將預期的牙齒體積復形在開始根據基底牙的顏色、所使用的陶瓷種類、需不需要切端堆瓷空間、關閉牙縫等因素來決定磨製深度(Fig.13)跟邊緣線的設計，在邊緣的精修跟之後黏膠清除等步驟可透過放大設備(Loupe、Microscope)(Fig.14, Fig.15)的輔助來確實掌握每一個步驟！同時技師也必須在放大設備的輔助下來精修最終修復體，如何在薄貼片創造牙齒切端仿生效應、顏色吻合及表面紋理細部結構的表現，都是技師展現高超藝術地方，醫技互相配合溝通才能達到精準控制的成果(Fig.16)。

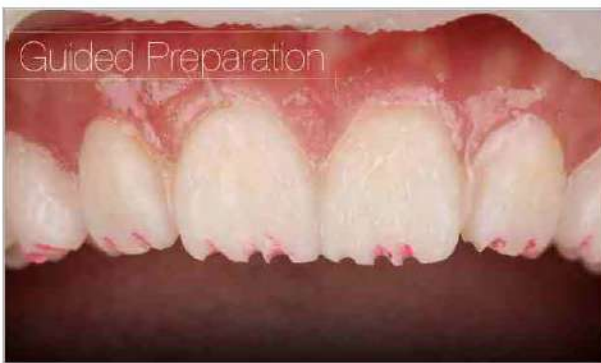


Fig. 13



Fig. 14



Fig. 15

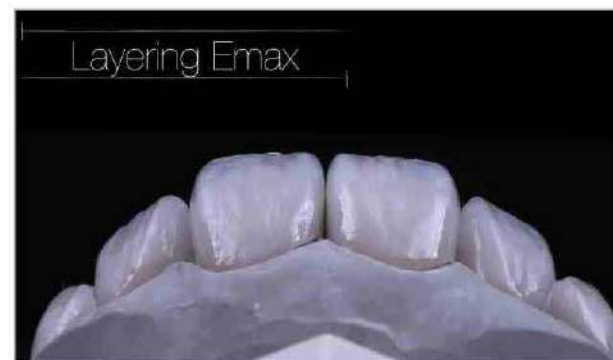


Fig. 16

傳統上前牙貼片修復技師為了達到切端仿生效果大部分會選擇二矽酸鋰玻璃陶瓷上堆疊長石瓷粉進爐燒結來達到仿真細節表現，但卻潛藏著切端脆弱有崩瓷 ( Chipping ) 的風險，此外技師在複製蠟形製作最終修復體的過程難免會有誤差的存在，當誤差越大時，最終修復的成果就會與模擬時的效果會有很大的落差造成成果不滿意。現在

透過研磨加工機可以將數位蠟形型態忠實的呈現在最終修復體上，搭配3D染色的技巧將貼片一體化（無回切堆瓷）達到最大強度減少瓷崩的機會(Fig.17, Fig.18)



Fig. 17

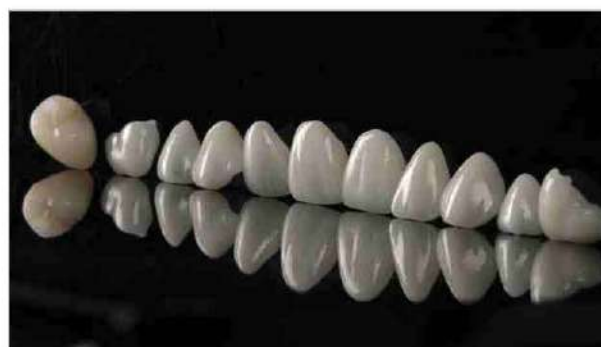


Fig. 18

### Final Result 最終成果

最終修復體完成口內試戴確定型態、顏色、邊緣密合度等細節都達到要求後，會在隔濕帳底下進行黏接步驟來確保黏結過程不會有口水及血水的影響造成日後貼片變色的問題(Fig.19)。5年後回診複查的結果(Fig.20)，牙齦保持健康不紅腫的狀態，也可以看出技師在製作時把細節控制到最完美(Fig.21, Fig.22, Fig.23)。



Fig. 19



Fig. 20

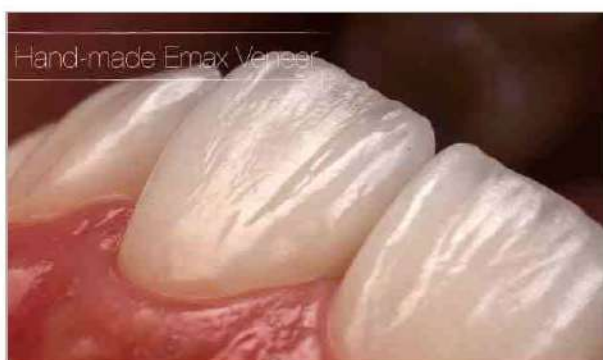


Fig. 21



Fig. 22



Fig. 23

### Conclusion

美學藍圖的實現，先透過DSD設計與跨科醫師、技師與病患間做視覺化的溝通，讓彼此知道需要及想要是什麼，根據設計轉移到口內測試治療計畫是否正確後，在利用APT Technique及放大設備的輔助達到微創治療目的，盡可能保留最多齒質！技師也需要擁有精密設備輔助及豐富經驗製作出仿生的修復體，從理念到實現完成美學藍圖，並可以透過數位化的設備及優點更完整的來複製及實現每個規劃的細節！

### References

1. Coachman C, Van Dooren E, Gürel G, Landsberg CJ, Calamita MA, Bichacho N. Smile design: From digital treatment planning to clinical reality. In: Cohen M (ed). *Interdisciplinary Treatment Planning. Vol 2: Comprehensive Case Studies*. Chicago: Quintessence, 2012:119–174.
2. Magne P, Belser U. *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach*. Chicago: Quintessence, 2002.
3. Fradeani M. *Esthetic Rehabilitation in Fixed Prosthodontics, Vol 1. Esthetic Analysis: A Systematic Approach to Prosthetic Treatment*. Chicago: Quintessence, 2004.
4. Gürel G. *The Science and Art of Porcelain Laminate Veneers*. Chicago: Quintessence, 2003.
5. Gürel G, Sesma N, Calamita MA, Coachman C, Morimoto S. Influence of enamel preservation on failure rates of porcelain laminate veneers. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2013;33:31-39
6. Pahlevan A, Mirzaee M, Yassine E, et al. Enamel thickness after preparation of tooth for porcelain laminate. *J Dent* 2014;11:428-432
7. Gürel G, Sesma N, Calamita MA, Coachman C, Sesma N. Clinical performance of porcelain laminate veneers: Outcomes of the aesthetic pre-evaluative temporary (APT) technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2012;32:625-635

## 論文壁報比賽 醫院組第三名

# 下顎大白齒前移與深咬改善之矯正治療 及嚴重磨耗跨科治療：病例報告



*The Orthodontic Management for Lower Molar Protraction and Anterior Deep Bite Correction Combined with Interdisciplinary Treatment for Severely Worn Teeth : A Case Report*

謝尹騰 *Yin-Teng, Hsieh*

國軍桃園總醫院牙科部

Department of Dentistry, Taoyuan Armed Forces General Hospital

### Objective

In the present report, we describe an orthodontic treatment for lower molar protraction and deep bite correction with further interdisciplinary treatment for prosthetic rehabilitation in a 63 y/o severe attrition case.

### Case report

A 63-year-old severe attrition male patient who suffered from the malocclusion of anterior deep bite and lower molar mesial tilting due to 36,46 missing (Figure1). After comprehensive oral and radiography examination (Figure2), the problem list and diagnosis included skeletal and dental Class II malocclusion with hypodivergent pattern, anterior deep bite with deep COS, bilateral lower molars mesial tipping, lower anterior spacing and vertical dimension lost with short lower anterior facial height due to generalized teeth wear. A parafunction of bruxism and habitual protrusive occlusion are also mentioned (Figure3).

After discussed the treatment plan with patient, patient separated the bridge from 15 and extracted 17 first due to root caries. Then started orthodontic treatment by using 22 slot self-ligating brackets to initially level and redistribute the space for upper arch, and local molar uprighting and protraction of 47,48. At the meantime, considering the short crown height of 34,35 old prosthesis and for the purpose to raise the bite for regain vertical dimension, we replaced 34,35 with normal crown height temporary crown, and resin built up at lower anterior area (Figure4). After initial leveling, we leveled the curve of spee, closed lower anterior spacing, improved the overbite, and used power chain from TAD to extension hook to achieve molar protraction (Figure5,6).

The overall orthodontic treatment time was 20 months. Considering long waiting time for prosthesis treatment, an interim partial denture was given for upper posterior



occlusion while debonding (Figure7). A sequential final prosthetic reconstruction delivery from posterior to anterior teeth involved implants and multiple zirconia and porcelain crowns, the final total treatment time was 32 months (Figure8-10). Although the current 6 months follow-up result is stable and maintained, the long term monitor still need to be done closely.

## Discussion and summary

Molar protraction has a high success rate and has the advantage of preserving natural teeth and reducing the production of prosthesis, but the treatment time is longer and highly technique sensitivity, requiring cautiously evaluation of multiple factors such as periodontal conditions, edentulous bone volume and length of treatment.<sup>1</sup> In this case, we followed the technique from Kim et al. (JADA 2015)<sup>2</sup>, by using TADs, power chain and segmental uprighting wire to achieve proper root mesial movement at lower right posterior area, and then an extension hook was performed for molar protraction.

Molar uprighting and protraction are often accompanied by extrusion side effect, and the movement is usually obstructed due to occlusal interference of the opposing teeth. In this case, the interference of occlusal factors was avoided due to the loss of maxillary posterior teeth. Furthermore, the extrusive side effect from molar uprighting was helpful here to level curve of spee with premolar extrusion, regaining vertical dimension and improving deep bite, reducing the complexity of treatment and shortening the time of molar protraction and deep bite correction.

Full mouth attrition results in loss of vertical dimension, which not only affects the occlusal function, but also makes the overall appearance of the lower facial soft tissues unharmonious. In patients with severe tooth wear, receiving a full rehabilitation including an increase in vertical dimension of occlusion, an objectively change will occur in the lower facial height, but this effect will be subjectively judged as a positive change<sup>3</sup>. From the comparison of the before and after extra-oral photos in this case (Figure11), it could be found that after appropriate reconstruction of vertical dimension and providing stable occlusion, the appearance had been significantly improved, thereby enhancing the patient's self-confidence and treatment satisfaction.

Although commonly traditional protocol for the prosthetic treatment of severely worn teeth recommend making full-mouth same material prosthesis to resist wear and maintain appropriate vertical dimension as possible. In this case, due to the patient's financial situation and personal wishes, a full-mouth prosthesis treatment plan didn't be chosen. The hybrid restoration treatment result seems increased the potential risk of subsequent teeth wear. However, such patients with parafunctional activities receive a nightguard after treatment, which greatly contributes to alleviating differential wear of dissimilar restorative materials<sup>4</sup>, and yearly monitoring tooth wear condition for early repair or renew intervention may provide patient with stability and good maintenance of treatment results.



Figure 1 : initial record



Figure 2 : initial panoramic record



Figure 3 : initial cepha record



Figure 4 :  
5M leveling and LA resin build up



Figure 5 : 12M progress record



Figure 6 : 15M progress panoramic record



Figure 7 : 20M debond and upper interim



Figure 8 : post-treatment record



Figure 9 : post-cepha record



Figure 10 : post-panoramic record



Figure 11 : initial / final profile comparison

## Reference

1. Baik UB, Park JH.(2013). Molar protraction: Orthodontic substitution of missing posterior teeth(1st ed).CreateSpace Independent Publishing Platform.
2. Kim SJ, Sung EH, Kim JW, Baik HS, Lee KJ. Mandibular molar protraction as an alternative treatment for edentulous spaces: Focus on changes in root length and alveolar bone height. J Am Dent Assoc. 2015;146:820-9.
3. B. Sterenborg, T.J.J. Maal, R. Vreeken, B.A.C. Loomans, M. Huysmans, The facial effects of tooth wear rehabilitation as measured by 3D stereophotogrammetry, J. Dent. 73 (2018) 105–109.
4. Dietschi D, Saratti CM, Erpen S.(2023). Tooth wear interceptive treatment approach with minimally invasive protocols(1st ed). Quintessence.

論文原稿

下顎大白齒前移與深咬改善之矯正治療及嚴重磨耗跨科治療：病例報告

謝尹騰

國軍桃園總醫院牙科部

The Orthodontic Management for Lower Molar Protraction and Anterior Deep Bite Correction Combined with Interdisciplinary Treatment for Severely Worn Teeth : A Case Report

Yin-Teng, Hsieh

Department of Dentistry, Taoyuan Armed Forces General Hospital

Objective

In the present report, we describe an orthodontic treatment for lower molar protraction and deep bite correction with further interdisciplinary treatment for prosthetic rehabilitation in a 63 y/o severe attrition case.

Case report

A 63-year-old severe attrition male patient who suffered from the malocclusion of anterior deep bite and lower molar mesial tilting due to 36,46 missing (Figure1). After comprehensive oral and radiography examination (Figure2), the problem list and diagnosis included skeletal and dental Class II malocclusion with hypodivergent pattern, anterior deep bite with deep CO5, bilateral lower molars mesial tipping, lower anterior spacing and vertical dimension lost with short lower anterior facial height due to generalized teeth wear. A parafunction of bruxism and habitual protrusive occlusion are also mentioned (Figure3).

After discussed the treatment plan with patient, patient separated the bridge from 15 and extracted 17 first due to root caries. Then started orthodontic treatment by using 22 slot self-ligating brackets to initially level and redistribute the space for upper arch, and local molar uprighting and protraction of 47,48. At the meantime, considering the short crown height of 34,35 old prosthesis and for the purpose to raise the bite for regain vertical dimension, we replaced 34,35 with normal crown height temporary crown, and resin built up at lower anterior area (Figure4). After initial leveling, we leveled the curve of spee, closed lower anterior spacing, improved the overbite, and used power chain from TAD to extension hook to achieve molar protraction (Figure5,6).

The overall orthodontic treatment time was 20 months. Considering long waiting time for prosthesis treatment, an interim partial denture was given for upper posterior occlusion while debonding (Figure7). A sequential final prosthetic reconstruction delivery from posterior to anterior teeth involved implants and multiple zirconia and porcelain crowns, the final total treatment time was 32 months (Figure8-10). Although the current 6 months follow-up result is stable and maintained, the long term monitor still need to be done closely.

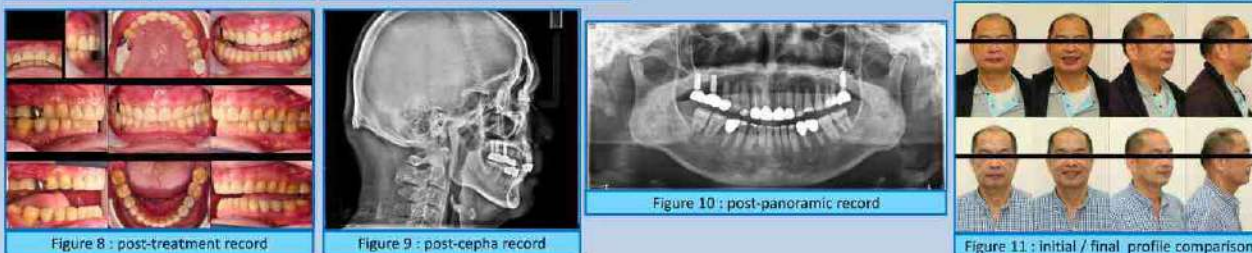
Discussion and summary

Molar protraction has a high success rate and has the advantage of preserving natural teeth and reducing the production of prosthesis, but the treatment time is longer and highly technique sensitivity, requiring cautiously evaluation of multiple factors such as periodontal conditions, edentulous bone volume and length of treatment.<sup>1</sup> In this case, we followed the technique from Kim et al. (JADA 2015)<sup>2</sup>, by using TADs, power chain and segmental uprighting wire to achieve proper root mesial movement at lower right posterior area, and then an extension hook was performed for molar protraction.

Molar uprighting and protraction are often accompanied by extrusion side effect, and the movement is usually obstructed due to occlusal interference of the opposing teeth. In this case, the interference of occlusal factors was avoided due to the loss of maxillary posterior teeth. Furthermore, the extrusive side effect from molar uprighting was helpful here to level curve of spee with premolar extrusion, regaining vertical dimension and improving deep bite, reducing the complexity of treatment and shortening the time of molar protraction and deep bite correction.

Full mouth attrition results in loss of vertical dimension, which not only affects the occlusal function, but also makes the overall appearance of the lower facial soft tissues unharmonious. In patients with severe tooth wear, receiving a full rehabilitation including an increase in vertical dimension of occlusion, an objectively change will occur in the lower facial height, but this effect will be subjectively judged as a positive change<sup>3</sup>. From the comparison of the before and after extra-oral photos in this case (Figure11), it could be found that after appropriate reconstruction of vertical dimension and providing stable occlusion, the appearance had been significantly improved, thereby enhancing the patient's self-confidence and treatment satisfaction.

Although commonly traditional protocol for the prosthetic treatment of severely worn teeth recommend making full-mouth same material prosthesis to resist wear and maintain appropriate vertical dimension as possible. In this case, due to the patient's financial situation and personal wishes, a full-mouth prosthesis treatment plan didn't be chosen. The hybrid restoration treatment result seems increased the potential risk of subsequent teeth wear. However, such patients with parafunctional activities receive a nightguard after treatment, which greatly contributes to alleviating differential wear of dissimilar restorative materials<sup>4</sup>, and yearly monitoring tooth wear condition for early repair or renew intervention may provide patient with stability and good maintenance of treatment results.



Reference

1. Baik UB, Park JH. (2013). *Molar protraction: Orthodontic substitution of missing posterior teeth* (1<sup>st</sup> ed). CreateSpace Independent Publishing Platform.
2. Kim SJ, Sung EH, Kim JW, Baik HS, Lee KJ. Mandibular molar protraction as an alternative treatment for edentulous spaces: Focus on changes in root length and alveolar bone height. J Am Dent Assoc. 2015;146:820-9.
3. Sterenberg, T.J.J, Maal, R, Weezen, B.A.C, Loomans, M, Huysmans, M. The facial effects of tooth wear rehabilitation as measured by 3D stereophotogrammetry. J Dent. 73 (2018) 105-109.
4. Dietschi D, Saratti CM, Erpen S. (2023). *Tooth wear Interceptive treatment approach with minimally invasive protocols* (1st ed). Quintessence.

# 橫向齒根斷裂之診療考量與預後解析



王肖龍 DDS; MSc home18.wang@msa.hinet.net

- 國防醫學院牙醫研究所碩士
- 國防醫學院臨床教授
- 臺灣牙周病醫學會專科醫師
- 中華民國植牙醫學會專科醫師
- 三總牙周病科特約主治醫師
- 衛福部部定牙周病專科醫師
- 中華民國隱形矯正學會專家醫師



## 前言

當齒體受到撞擊後，若造成橫向牙根斷裂(Transverse or Horizontal root fractures)，通常提及對其之診療考量，一般都會含括斜向牙根斷裂(oblique root fractures)一起作探討，但是卻不會論及該斷裂角度是較為偏往唇頰側根尖、還是較朝往舌腭側根尖。由於全球各地所發表的文獻報導，對此等病例之調查取樣設計都不盡相同，實在難以對之歸納整理，但粗略估算發生此等類型橫向根裂之案例，大約只占所有發生牙齒創傷總數的1.2~7.0%。依據報導，當牙根出現橫向斷裂時，該同顆齒體之冠部結構，可能也併存有下述任一受創類型(crown fracture、concussion、subluxation、extrusion、avulsion of the coronal fragment)存在(圖1)。且據稱，當發生橫向根裂的同時，其冠部結構以併存有震盪(concussion)和半脫位(subluxation)者的比例最高。然而，叫人遺憾的是卻不見有反向調查數據，顯現到底在上述各項不同的齒體創傷型態中，又各有多少比例會出現橫向牙根斷裂？這個看似無厘頭的提問，其實表明：當發生牙齒創傷時，可能有不少潛在的橫向根裂，並沒有被察覺偵測到(圖2)。

## 案例報告

細思極恐，見證二維影像對橫向齒根斷裂的判讀困窘

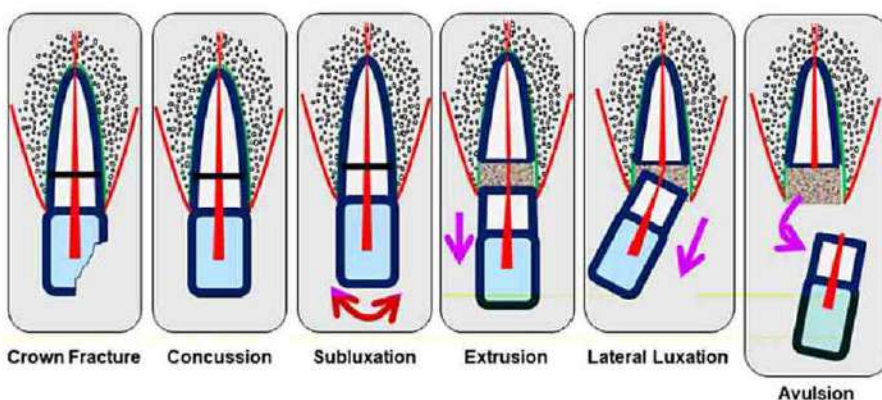


圖1



圖2



圖3



圖4 2022-05-03



圖5



圖6



圖7

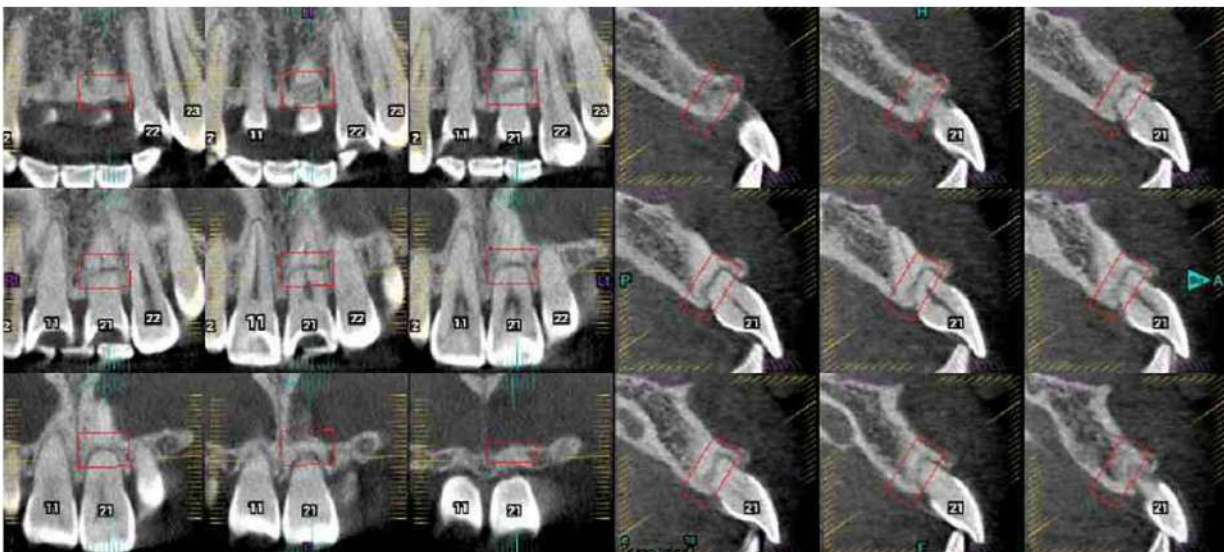


圖8

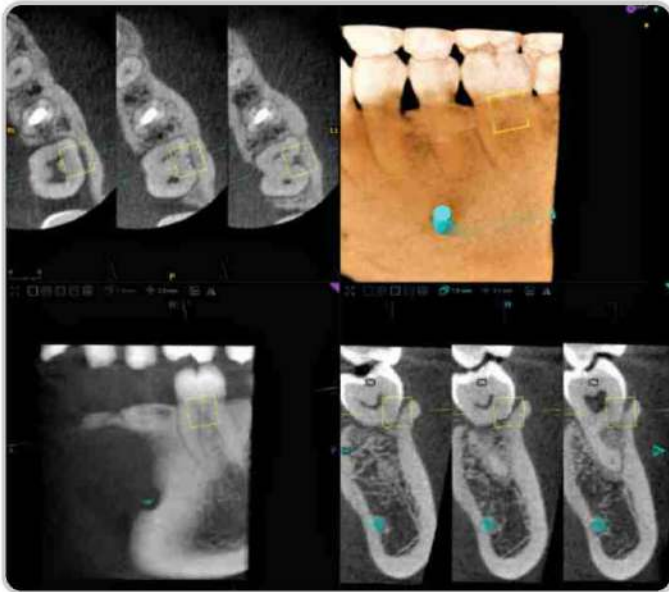


圖9



圖10

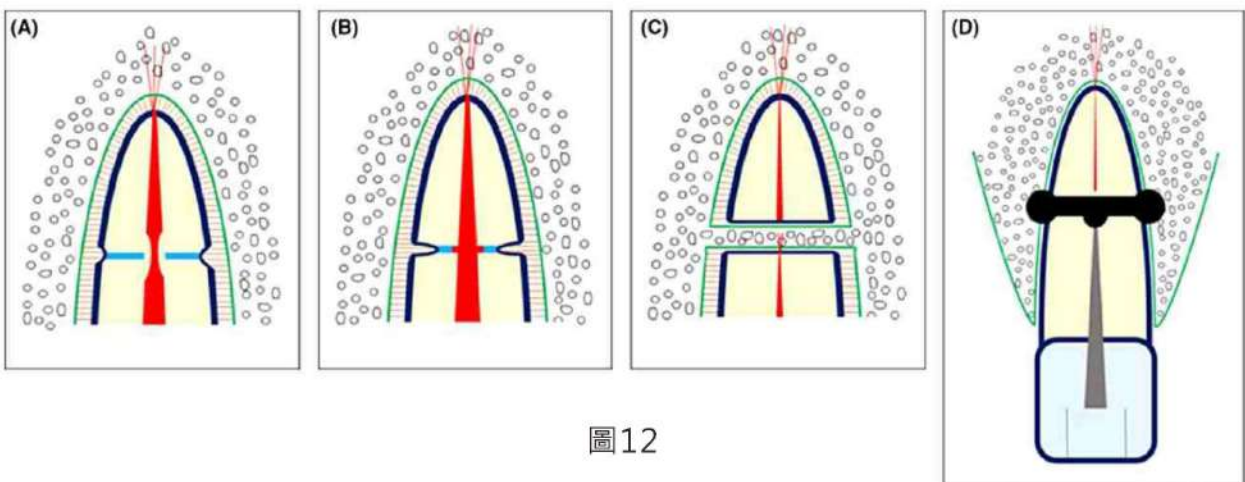


圖12

圖1 當牙根發生橫向斷裂時，其同類齒體之冠部結構，也可能併存有齒冠斷折、震盪、半脫位、外突出、側方脫位、或脫槽等受創類型

圖2 多半患者並不知自己已有橫向齒根斷裂，總是在例行口腔檢查時，因拍攝X光檢視而發現；但僅由二維影像卻無從解析齒根斷裂實況

圖3 近四十歲女性患者，經轉介到診，主訴：左側大門牙動搖。轉診醫師透過X光檢視，驚覺21牙根有斷裂跡象，並明白告知21保不住

圖4 患者強烈表達：未曾察覺有過齒痛、或黏膜腫脹問題。口腔檢查：21齒冠色澤與鄰牙相近，且齒體沒有齲蝕現象

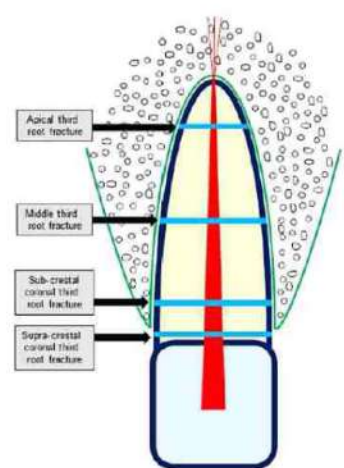


圖11

- 圖5 上、下頷前牙區齒齦黏膜皆無紅腫，按壓13至23牙根部位的黏膜，也沒有不適，且周遭骨廓外形正常，並無異常的囊袋深度；但21之切緣已略向唇側外飄，並呈現一級動搖
- 圖6 對21拍攝偏角度根尖X光影像、和牙體現況照片 等，以作為後續隨訪之比對；檢視多角度二維圖像，雖略知兩斷裂部位不在同一軸線，卻難以判讀水平根裂全貌
- 圖7 由齒列照片窺見21、31略有唇側外飄，推想病友或有咬合干擾、及齒體排列不整等問題
- 圖8 亟需21三維圖像訊息，始能給出診治建議。經由CBCT系列圖像：
- a. 確認21於齒根冠部 處，有一橫向斷裂；且
  - b. 斷裂之根尖部位已現沾黏現象(ankylosis)；
  - c. 而根裂處之冠側段，明顯朝唇側偏離原齒根主軸線，量測其唇側斷裂處至齒槽骨嵴仍有2.7mm，而於腭側則僅有0.8mm；
  - d. 於根裂處之根尖、或冠側部位，皆無根周病損陰影，符合該齒體於臨床並未現齒髓、或根管感染問題
- 圖9 CBCT檢視：發現36於頰側齒根岔分處有cervical enamel projection，需小心防治牙周疾患之侵襲
- 圖10 三維圖像不僅發現46也有cervical enamel projection，且察覺於其近心牙根之舌側有個dense bone island
- 圖11 愈往根尖的水平根裂，通常毋需醫療處置，且預後愈理想；而當根裂愈朝往冠部發展，所需的治療介入愈發複雜，預後也愈差。而位在齒槽骨嵴高度之上、和之下的橫向根裂，所相應的治療考量與預後，彼此截然不同
- 圖12 Andreasen認為橫向根裂處兩側組織，可能呈現的四種復原形式如下：(詳見內文說明)
- A.以硬組織形式復原，斷裂兩側重新連結，且兩段之齒髓活力正常。
  - B.以結締組織樣貌復原，並連結斷裂面。
  - C.同時有軟硬組織的增生復原，兩側根面皆可見韌帶間隙圍繞，且管徑都有鈣化傾向。
  - D.缺乏可見之復原，且冠部段齒髓壞死。

## 病情說明

近四十歲女性患者，經由家庭牙醫師轉介到診。主訴：左側大門牙有點動搖，因先前的牙醫師懷疑有磨牙的習慣，而被要求需戴上咬合板睡覺。然而，轉診醫師透過X光檢視，驚覺21牙根有水平斷裂跡象，並依斷裂位置明白告知21可能保不住(圖3)，建議儘快諮詢專科醫師，看看有什麼法子，能讓21多存留些時日；否則，只好拔掉，換成人工植體。病友於自述當時，還啾泣地說道：因擔心保不住21，到診諮詢前，已經有好幾個晚上睡不好，也曾多次獨自落淚了許久；經仔細回想，該牙根斷裂也許是在兩年多前，陪小孩嬉戲間，受到碰撞所造成。

先緩和病友起伏的情緒，並安慰著問道：大門牙可曾出現疼痛？牙根部位的黏膜是否曾出現過腫脹？患者隨即搖頭表示：並未曾察覺有相關之齒痛、或黏膜腫脹問題。口腔檢查：21齒冠色澤仍與鄰牙者相近，且齒體外形結構並沒有齶蝕現象(圖4)。裸視檢查上、下頷前牙區之齒齦黏膜皆無紅腫跡象，但21之切緣已略向唇側外飄，並有一級齒牙動搖。按壓13至23牙根部位的唇、腭側黏膜時，患者都沒有表示不適，且周遭骨廓外形相當平順正常，也沒有發現異常的牙周囊袋深度(圖5)。仔細檢視轉診醫師提供的根尖X光影像，可明顯見到21牙根中段有兩條橫向裂痕，但根裂周旁之齒槽骨板則依然完好，並沒有出現透射陰影，根尖部位也無病損徵狀。鑒於水平根裂多半都有斜向斷裂之勢，且其預後往往都和齒槽骨嵴與根裂處之距離，息息相關，(意即還有多少齒槽骨包覆著冠側斷裂部位之牙根)。眼見轉診醫師所提供之根尖影像稍有變長(elongation)，因此建議對21拍攝偏角度之根尖、以及口腔全景X光影像、並攝錄口內牙體和齒列等現況照片，以便供作與後續隨訪比對之用(圖6)。

由口內現況照片21、31都有點朝唇側外飄，可見病友的確存在有咬合干擾、以及齒體排列不整等問題(圖7)。再由於21水平斷裂處位於齒根冠側，因而此顆齒體能否長久留存，關鍵在於該冠部牙根受到健康齒槽骨包覆的程度是否合宜，以及鄰近區域當面對牙周疾病的侵襲時，醫患共同付出的防護力度是否足夠而定。所以，鄭重地告知患者此刻亟需有三維圖像(CBCT)的詳細訊息，方得以釐清21該如何處置，才是上策。經過月餘，等新冠疫情稍緩後，始得見病友21 CBCT的檢視結果：a. 確認21之齒根於冠部處，有一橫貫穿透性斷裂，且由系列剖面圖像見到斷裂處之根尖段牙周膜間隙相當薄、甚至於某些區域已難和鄰旁齒槽骨板作出區隔，意謂b. 21斷裂之根尖部位已現沾黏現象(ankylosis)。而且c. 橫向根裂處之冠側段，已明顯朝唇側偏離原齒根主軸線，雖其唇側之齒槽骨嵴至同側之斷裂處，仍有2.7mm；然而，於腭側則僅相距0.8mm，且環繞冠部之牙周膜間隙稍有變寬，但幸好周邊齒槽骨板依然完好。同時d. 於21水平根裂處之根尖、或冠側部位，皆未有可見的根周病損陰影，顯然該齒體此時並未出現齒髓、或根管感染問題(圖8)。另外，於報告中也意外發現e. 患者的46、36，

在頰側齒根岔分處有明顯的cervical enamel projection，這將是未來最容易引發牙周疾病侵襲之處，亟需小心防治(圖9)。且f. 於46近心牙根之舌側，CBCT圖像則察覺到有個放射阻射之團塊狀結構(dense bone island) (圖10)。

隨即，電話邀約患者回診，告知CBCT檢視結果，並給予如下建議，(且同步知會轉診醫師)：

1. #21之根尖和根裂處周邊，依目前檢視，並未察覺有病損變化，因而無需進行根管治療。
2. 患者必須留意21齒冠若出現色澤變化、或有齒髓疼痛症狀、或鄰近齒齦腫脹、膿疱鼓起徵候，需儘速告知家庭牙醫師，或回專科門診進行必要之診治。
3. 由於21橫向根裂位在該根冠1/3處，一旦該牙發生齒髓壞死，治療預後不佳，迫於無奈往往只得拔除斷裂處冠側之齒體結構。
4. 因該根裂之根尖段已和周邊齒槽骨沾連(ankylosis)，日後若想拔除所有齒體，改作植體置入，並不容易；建議轉診醫師將來或可考慮以馬里蘭牙橋(Maryland bridge)作為21冠部斷裂體拔除後的重建選項。
5. 此時，刻不容緩，最迫切之課題，在於如何消除對21的不當干擾或咬合創傷，以防止21持續朝唇側飄出，亟需及時徵詢齒列矯治的專業作為；同時，建議患者宜避免用前牙(21)作啃咬動作、並須謹防周邊齒齦退縮、或出現牙周疾病 等問題。
6. 指導患者日常如何作好對21、36、46的牙周自我清潔護理工作；定期洗牙、以及回診檢視確有其必要，但如需進行牙根刮整時，則需提醒醫師於施術時務必小心謹慎。

## 橫向齒根斷裂病程發展

通常，橫向根裂發生後，除了受創斷裂的牙根結構外，鄰近的牙周纖維韌帶、齒槽骨、以及內部的齒髓組織 等，多少都會受到傷害波及。且其嚴重程度將會和根裂的冠部結構是否發生位移，息息相關。從齒髓組織生理血循補給的觀點，可以想見，當水平根裂的冠部結構沒有移位時，根裂處兩邊的血循支援，較不會受到嚴重衝擊，即便受創當下有些微、短暫的出血，並不礙事。相反地，若冠部結構出現位移，齒髓組織的血循系統必將會因拉扯、撕裂而斷離。這將導致橫向根裂的冠部段齒髓，未受到足夠血循支援，而逐漸邁向壞死。甚至在撞擊後，致病原經由齒冠的微裂痕、或斷裂異位處侵入，於是患牙逐漸浮現受到感染的症狀和徵候。

相對的，位於橫向根裂處朝根尖段的齒髓組織，就幸運許多；一般都不會受到太大的衝擊，不僅齒髓組織的血循神經支援依舊完好，且通常根尖段齒根因為沒有位



移，所以其鄰旁的牙周膜也就依然健康完整。全然不像位於根裂冠部段周圍的牙周膜，它們就得視遭受撞擊的嚴重程度，而會有不等的傷害展現，有些甚至是無法再行癒合復原的。同樣地，根裂處鄰旁的齒槽骨受創程度，也將隨著撞擊力道、和位置，呈現多種複雜的變化。在Andreasen的經典著作中，特別以水平根裂出現的位置作劃分，這是一個相當重要的概念，藉由此種分類方式，對隨後延伸而來的治療選擇、規劃，以及可能的預後結果等，就各自有所依循。甚至，往後對全球各地所發生橫向根裂案例的研究調查，若能同樣依此分類作為，更便於分析比對彼此成果。(請參閱Textbook and Color Atlas of Traumatic injuries to the Teeth, 5th ed. 2018:377~412)。

## 依橫向齒根斷裂位，考量醫療介入

簡單而言，當根裂處愈是位在根尖，通常就愈不需要作醫療處置，且預後將愈理想；而愈朝往冠側部位的水平根裂，往往所需的治療介入程序，勢必愈是複雜，同時預後也就愈差。然而，Abbott (於Dental Trauma 2019;35:333~347) 則更加細膩地描繪，表明：當橫向根裂位在齒槽骨嵴高度之上、和之下的治療選擇、與預後，兩者是截然不同的(圖11)。有經驗的臨床醫師，馬上能夠理解當根裂位於齒槽骨嵴上方時，意謂根裂有很高的可能已與口腔環境相通；因此，患牙齒髓組織的感染風險極高。若想留住牙根，那麼勢必得需更快速地執行根管治療、並需經由更複雜的工序介入，(如以矯正力強迫拉出牙根、或以齒冠增長等方式)，才能做好美觀修復工程。

## 橫向根裂處鄰近組織可能的癒合形式

底下摘錄Andreasen團隊認為橫向根裂處的組織，日後可能呈現的四種癒合復原形式，並略作重點說明(圖12)：基本上，根裂處兩側的牙骨質層於撕裂後，會重組復原，因而會在根裂位置上，看到根面呈圓弧狀小凹陷；再者

1. **以硬組織形式復原** 牙本質層增生，使得斷裂兩側重新連結，且兩段之齒髓活力正常，而裂斷處兩側管腔都會呈現稍微窄縮鈣化跡象。
2. **以結締組織樣貌復原** 也許是衍生自齒髓、或是牙周膜的組織連結斷裂面。
3. **同時有軟硬組織的增生復原** 多半出現於年輕患者，水平斷裂兩側將各自呈現完美復原癒合，而根面皆可見正常的纖維韌帶間隙圍繞，且管徑都有縮減鈣化傾向。

缺乏可見之復原 尤其斷裂處冠部段齒髓呈現壞死，且其管道開口處遭到吸收，展現類似根尖未閉合跡象(open apex)，並因炎性組織增生，推開根裂兩側的齒根片段。

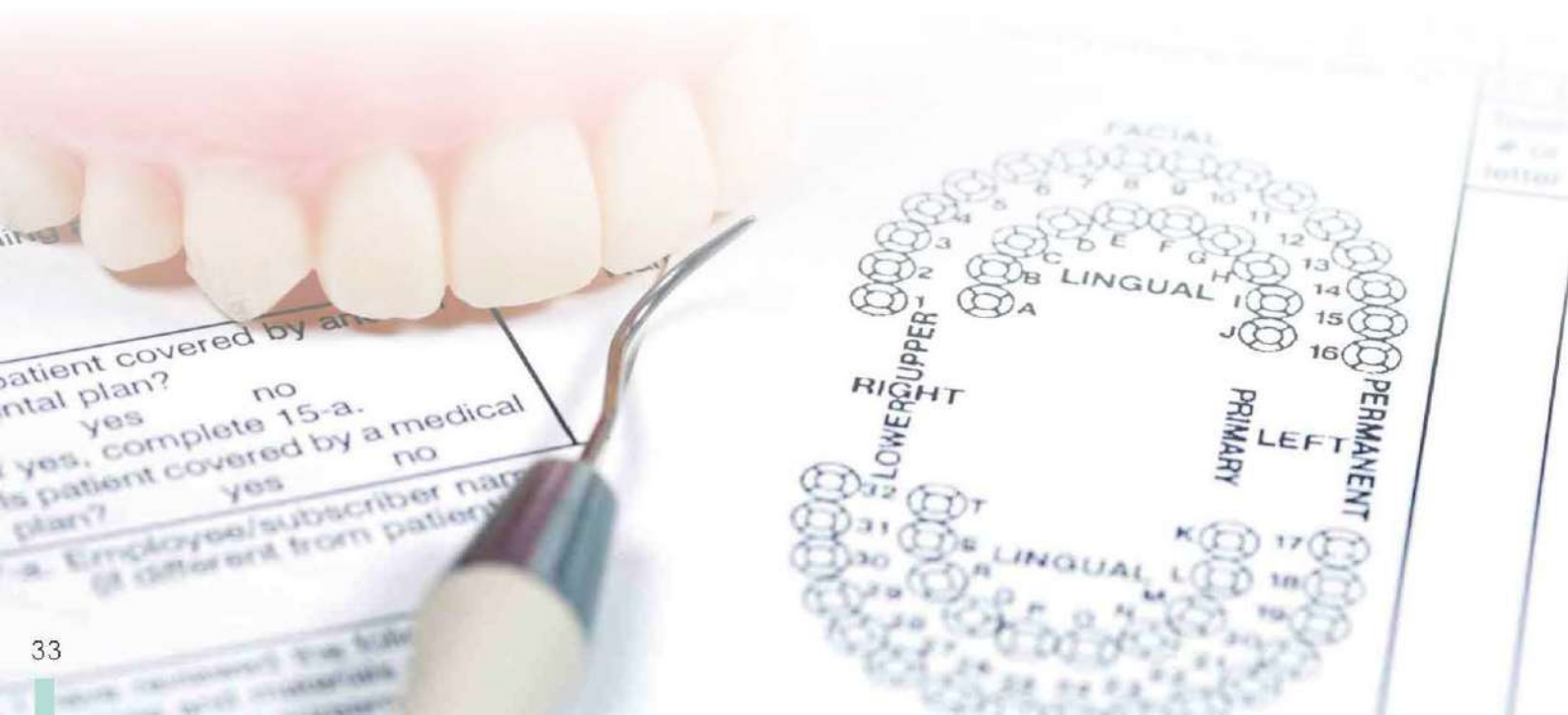
## Take Home Message

**發現橫向齒根斷裂時，首需關注根裂處與鄰近齒槽骨 高度之相對關係。**

## 結語

除了水平根裂位置會影響到案例預後發展外，齒體創傷當時，患者的年齡、或是患牙之根尖發育狀態、或是管腔通道於根裂處的口徑寬窄 等，都會左右日後癒合復原的形式。一般相信，若是患者年紀輕、根裂處管腔口徑大，根裂處的癒合會越是傾向以硬組織形式復原。相對的統計分析也顯示：發生根裂之患牙，當時齒冠若有大型填補物、或牙周疾病侵擾時，那麼日後根裂處的癒合，比較傾向以結締組織樣貌作復原；甚至，比較容易出現冠部段齒髓壞死，於根裂處未見復原、並有大量肉芽組織占據的現象。這無疑是把根裂患牙，創傷當時的齒髓活力狀態推頂，(勝過對根裂發生位置的認知)，是決定患牙日後癒合復原的主要關鍵。

當然，絕對不容忽視的是對根裂患牙，自確立診斷到採取適當治療，對長期預後結果所扮演的角色。尤其若是冠部齒體有移位者，那麼儘速給予適當地復位、並搭配合宜(未涉及施加力道牽引)的固位(splinting)，該橫向根裂預後結果理想。依據2018年齒體創傷治療指引機構(Dental trauma guide ; <https://dentaltraumaguide.org/dental-guides/>)，於其網頁所揭露的調查數據顯示：橫向根裂十年後的總體存活率高達87%。相信有此治療經驗的醫師，手邊留存更久遠的水平根裂案例，應該比比皆是。這個訊息帶給我們無比的信心，只要依循治療指引規劃，越早確定根裂診斷、越早啟動相應治療程序，能夠長期保住創傷齒根，終究是可以被期待的。



# 新世代生物陶瓷材料於根管治療領域之比較分析— 傳統MTA、Endocem MTA Premixed 與 Bio-C Repair



## 林炳宏 醫師

- 中國醫藥大學牙醫學士 牙醫碩士
- 中華民國家庭牙醫學會專科醫師
- 中華民國植牙安全學會專科醫師
- 台中康橋牙醫診所負責醫師 顯微根管治療醫師

### 摘要

礦物三氧化物聚合物 (Mineral Trioxide Aggregate, MTA) 的問世，為牙科，特別是根管治療學帶來了革命性的進展。其優異的生物相容性、封閉能力與促進硬組織再生的特性，使其成為多種臨床應用的黃金標準 (Golden Standard)。然而，傳統 MTA 在操作性、固化時間與牙齒變色等方面的缺點，促使了新一代預混合 (Premixed) 生物陶瓷材料的研發。本文旨在深度比較傳統 MTA、韓國 Maruchi 公司的 Endocem MTA Premixed，以及巴西 Angelus 公司的 Bio-C Repair，分析其歷史沿革、材料組成、理化特性、臨床應用、操作方式及優缺點，並展望未來發展，最後提出推薦使用 Endocem MTA Premixed 的具體理由。

### 歷史沿革 (Historical Development)

#### 傳統 MTA (Traditional MTA):

MTA 的歷史始於 1990 年代初期，由美國 Loma Linda 大學的 Mahmoud Torabinejad 博士及其團隊所開發。其初衷是尋找一種理想的根尖逆充填材料，能夠在潮濕的環境中提供完美的封閉性。MTA 的主要成分與波特蘭水泥 (Portland cement) 相似，經過純化與添加氧化銻 (Bismuth Oxide) 作為顯影劑後，於 1998 年由 Dentsply Tulsa Dental Specialties 以 ProRoot MTA 的商品名首次商業化。此後，MTA 成為牙髓保存、根管穿孔修補、根尖成形術等領域的標準材料。巴西 Angelus 公司也推出了 MTA Angelus，成為另一個廣泛使用的傳統 MTA 品牌。

(圖1. Dentsply Sirona 官網)



### Endocem MTA Premixed (韓國 Maruchi):

為了解決傳統MTA的缺點，特別是漫長的固化時間、困難的操作性以及氧化銻導致的牙齒變色問題，韓國Maruchi公司於2005年開發了Endocem系列產品。其核心技術是利用火山灰反應 (Pozzolanic Reaction)，加速材料的水合與固化過程。初期產品Endocem MTA仍為粉末/液體混合型，但已展現出更快的固化速度。而Endocem MTA Premixed則是更進一步的革新，採用預混合的注射型態，將生物陶瓷顆粒懸浮於非水性載體中，大幅提升了臨床使用的便利性與效率，並以氧化鋯 (Zirconium Oxide) 取代氧化銻，根除了變色問題。(圖2. Maruchi 官網)



### Bio-C Repair (巴西 Angelus):

作為全球主要的MTA供應商之一，Angelus公司亦積極投入新一代生物陶瓷材料的研發。Bio-C Repair是其預混合生物陶瓷修復材料的代表。它同樣採用了注射式包裝，省去臨床醫師手動混合的步驟。其配方強調高生物活性，材料接觸組織液後能大量釋放鈣離子與氫氧根離子，誘導硬組織屏障的形成。與Endocem MTA Premixed相似，Bio-C Repair也使用氧化鋯作為顯影劑，以避免牙齒變色。它的出現代表了傳統MTA大廠向更便捷、高效能的預混合劑型發展的趨勢。(圖3. Angelus 官網)





材料組成 (Material Composition)

特性	傳統MTA (以ProRoot MTA為例)	Endocem MTA Premixed	Bio-C Repair
主要成分	矽酸三鈣 ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ), 矽酸二鈣 ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ), 鋁酸三鈣 ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ), 硫酸鈣 ( $\text{CaSO}_4$ )	矽酸鈣鹽類 (Calcium Silicates), 硫酸鈣 (Calcium Sulfate), 氫氧化鈣 (Calcium Hydroxide)	矽酸鈣鹽類 (Calcium Silicates), 鋁酸鈣 (Calcium Aluminate), 氧化鈣 (Calcium Oxide)
顯影劑	氧化鉍 ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ )	氧化鋯 ( $\text{ZrO}_2$ )	氧化鋯 ( $\text{ZrO}_2$ )
固化機制	水合反應 (Hydration Reaction)	水合反應 + 火山灰反應 (Pozzolanic Reaction)	水合反應 (吸收周圍組織液)
載體/液體	無菌水 (需手動混合)	非水性、親水性有機載體 (預混合注射型)	聚乙二醇 (Polyethylene Glycol) (預混合注射型)

物理以及化學特性 (Physical and Chemical Properties)

固化機制與時間 (Setting Mechanism & Time):

- **傳統MTA:** 透過與水混合發生水合反應，形成水合矽酸鈣膠體 (CSH gel) 和氫氧化鈣 ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )。此過程非常緩慢，初步固化需2-4小時，完全固化則可能超過24小時。
- **Endocem MTA Premixed:** 其獨特的火山灰反應，讓材料中的火山灰成分能與水合反應產生的氫氧化鈣進行二次反應，生成額外的CSH膠體。此機制顯著縮短了固化時間，臨床操作固化時間約為4-5分鐘，大幅減少了材料被血液或組織液沖刷掉的風險。

- **Bio-C Repair:** 作為預混合材料，它依賴吸收周圍環境中的水分（如根管內的濕氣或組織液）來啟動水合反應。其固化時間受環境濕度影響，通常也比傳統MTA快，但可能不如Endocem的火山灰反應來得迅速且可預測。

#### pH值與生物活性 (pH & Bioactivity):

- 三者固化過程中都會釋放大量的氫氧化鈣，使周圍環境呈現高鹼性 (pH $\approx$  12.5)。這種高鹼性環境具有抗菌效果，並能中和發炎組織的酸性產物。
- 高濃度的鈣離子和氫氧根離子會誘導其表面形成**羥基磷灰石 (Hydroxyapatite, HA)**，這層結構與牙本質及骨組織的成分相似，能促進牙骨質、牙本質橋與骨組織的再生，展現出優異的生物活性。Bio-C Repair特別強調其高生物活性與離子釋放能力。

#### 牙齒變色潛在性 (Discoloration Potential):

- **傳統MTA:** 最大的缺點之一。其內含的**氧化銻 (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)** 在接觸到光線或某些牙科材料（如NaOCl）時，會發生光氧化反應或化學反應，生成黑色的產物，導致牙冠或牙根永久性變灰、變黑，嚴重影響美觀。
- **Endocem MTA Premixed & Bio-C Repair:** 均採用化學性質穩定且顏色潔白的**氧化鋯 (ZrO<sub>2</sub>)** 作為顯影劑，完全避免了材料本身引起的牙齒變色問題，是美觀區治療的理想選擇。

#### 抗壓強度 (Compressive Strength):

- 傳統MTA在完全固化後，通常具有較高的最終抗壓強度。
- Endocem MTA因其快速的火山灰反應，**初始抗壓強度 (Initial Compressive Strength)** 發展迅速，這在需要立即承受輕微壓力的臨床情境中（如直接覆髓後放置墊底材料）非常重要。
- 預混合材料（如Endocem MTA Premixed和Bio-C Repair）的最終抗壓強度可能略低於傳統MTA，但已足夠應對絕大多數根管治療的臨床需求，因其主要功能為生物性封閉而非承受咬合力。

#### 抗沖刷性 (Washout Resistance):

- 傳統MTA在固化初期極易被血液或組織液沖刷流失，導致封閉失敗。
- Endocem MTA Premixed與Bio-C Repair因其預混合的黏稠膏狀質地和更快的初始固化速度，展現出**優異的抗沖刷性**，能更好地維持在修補位置，提高臨床成功率。



### 牙科臨床應用 (Clinical Dental Applications)

三種材料的臨床適應症基本相同，涵蓋了幾乎所有需要生物相容性材料進行封閉與修復的場景：

- **牙髓治療 (Pulp Therapy):** 直接覆髓 (Direct Pulp Capping)、間接覆髓 (Indirect Pulp Capping)、活髓切斷術 (Pulpotomy)、活髓保存術 (Vital Pulp Therapy，見圖4-圖7)。

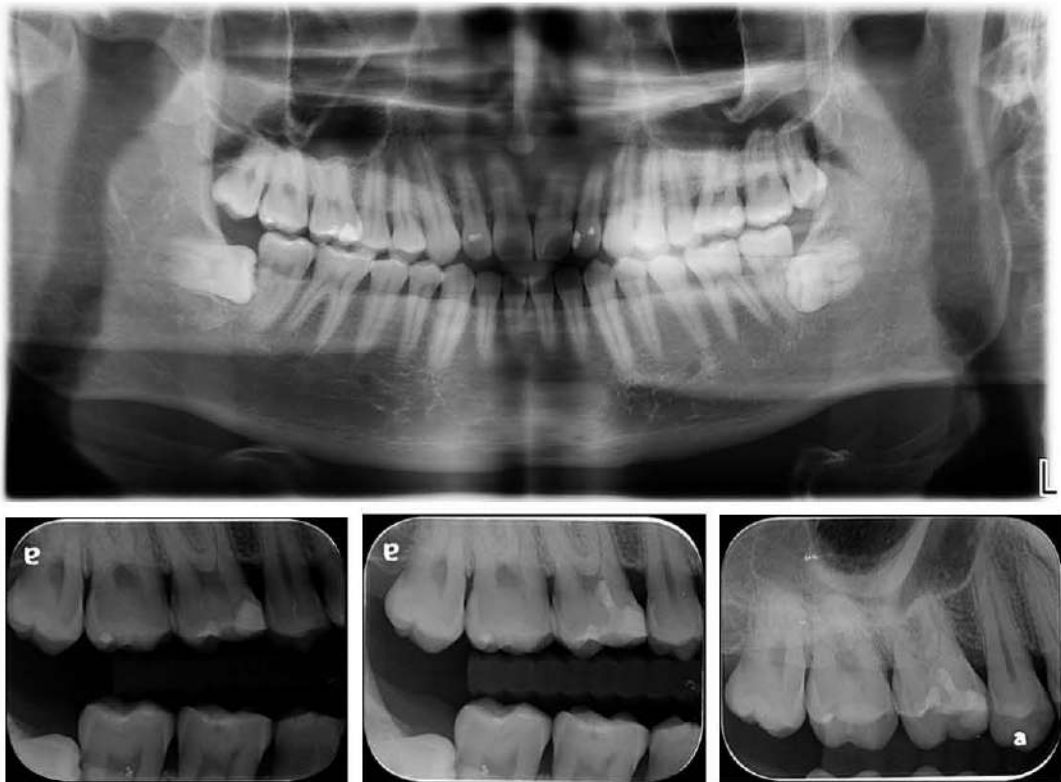


圖4，圖5：患者的術前X光片

圖6：術後當天的X光片

圖7：半年後回診X光片，No S/S, EPT:+.

- **根管穿孔修補 (Perforation Repair):** 髓腔底穿孔或根管側壁穿孔的修補。
- **根尖成形術 (Apexification/Apexogenesis):** 誘導年輕恆牙牙根尖的封閉或繼續發育。
- **根尖外科手術 (Endodontic Surgery):** 根尖切除後的逆充填 (Root-end Filling)。
- **吸收性缺損修補 (Resorption Repair):** 內吸收或外吸收造成的牙根結構缺損修補。

然而，由於預混合材料的操作便利性，使其在常規臨床中的使用意願和頻率可能高於需要繁瑣準備的傳統MTA。

## 操作方式 (Operating Procedures)

### 傳統MTA:

- 1.取粉末置於無菌玻璃板或混合紙上。
- 2.滴加無菌水或原廠提供之液體。
- 3.使用專用器械調拌至濕砂狀。此過程對比例敏感，一致性較差。
- 4.使用專門的輸送器械（如MAP system, Dovgan carrier）將材料送至目標區域，操作難度高，材料浪費多。

### Endocem MTA Premixed & Bio-C Repair:

- 1.材料已預先裝填於無菌的注射針筒內。
- 2.將專用的輸送針頭裝上針筒。
- 3.直接將材料精準地注射到目標修補區域。
- 4.操作直觀、快速、乾淨，材料量可控，大幅減少浪費與污染風險，且稠度穩定一致。

## 優缺點詳細比較 (Detailed Comparison of Pros and Cons)

項目	傳統MTA	Endocem MTA Premixed	Bio-C Repair
優點	長期臨床成功文獻最多。 生物相容性極佳。最終固化後强度高。歷史悠久，被視為黃金標準	操作極其簡便 (注射型)。 固化時間快 (約4-5分鐘)。 絕不造成牙齒變色 (ZrO <sub>2</sub> )。 優異的抗沖刷性。 初始強度發展快	操作極其簡便 (注射型)。 絕不造成牙齒變色 (ZrO <sub>2</sub> )。 優異的生物活性。 良好的抗沖刷性
缺點	操作繁瑣、難度高。 固化時間極長 (>2小時)。 會導致牙齒永久性變色 (Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )。 初始抗沖刷性差。 材料浪費較多	上市時間較傳統MTA短， 長期追蹤文獻相對較少。 最終抗壓強度可能略低於傳統MTA	上市時間較短。固化時間受環境濕度影響，可能不如Endocem穩定。 最終強度可能略低於傳統MTA

## 未來發展 (Future Development)

生物陶瓷根管修復材料的未來發展趨勢明確，主要集中在以下幾個方向：

1. **全面預混合化**：未來市場將由預混合 (Premixed)、即用型 (Ready-to-use) 的產品主導，完全取代傳統的粉液混合系統。
2. **功能性離子添加**：除了鈣離子，未來材料可能混用其他具有生物功能的離子，如銦 (Strontium, Sr) 促進成骨，或銀 (Silver, Ag)、鋅 (Zinc, Zn) 等離子增強抗菌效果，同時不影響生物相容性。
3. **可吸收性調控**：針對不同臨床需求，開發具有特定吸收速率的材料。例如，在某些應用中希望材料能被新生組織完全取代。
4. **結合藥物釋放**：作為藥物載體，緩慢釋放抗生素、消炎藥或生長因子，實現治療與藥物釋放的雙重功能。
5. **物理性能優化**：持續改進材料的流動性、抗壓強度與對牙本質的黏合能力。

## 總結 (Conclusion)

從傳統MTA到新一代的Endocem MTA Premixed與Bio-C Repair，我們見證了根管修復材料從“有效但難用”到“高效且易用”的巨大飛躍。這三種材料共享了矽酸鈣基質的核心優勢：卓越的生物相容性、封閉能力與誘導硬組織再生的潛力。其根本差異在於**操作性、固化效率與美學考量**。傳統MTA作為開創者，其臨床有效性毋庸置疑，但其操作不便、固化時間漫長及牙齒變色的嚴重缺陷，限制了其在現代快節奏牙科實踐中的應用。

Endocem MTA Premixed與Bio-C Repair作為預混合生物陶瓷的傑出代表，成功克服了傳統MTA的主要痛點。它們將繁瑣的牙科助理準備工作轉化為簡單的注射步驟，不僅提升了臨床效率，也確保了材料性能的一致性。更重要的是，兩者均採用氧化鋇，從根本上解決了牙齒變色的問題，拓展了其在美觀區的應用潛力。

## 推薦使用Endocem MTA Premixed的理由

基於上述詳細比較，本報告特別推薦臨床醫師，尤其是在追求高效、可預測且兼顧美學效果的治療中，優先考慮使用Endocem MTA Premixed。理由如下：

1. **無與倫比的效率與可預測性**：其核心的火山灰反應 (Pozzolanic Reaction) 技術，提供了約4-5分鐘的快速且穩定的固化時間。這在臨床上是決定性的優勢，

它意味著醫師可以在單次診療中完成修補並立即進行後續的充填，無需讓患者等待數小時或另行約診。快速固化也極大降低了材料在關鍵初期被血液或組織液沖刷的風險，確保了封閉的完整性。

2. 卓越的操作體驗：預混合的注射型設計，徹底解放了臨床醫師的雙手。無論是深度的根管穿孔、根尖逆充填，還是微小的覆髓點，都能透過精準的針頭輕鬆、乾淨地置放材料，避免了傳統MTA混合比例不均、輸送困難及器械黏著等問題。
3. 絕對的美學保障：透過使用化學性質極其穩定的氧化鋯 (ZrO<sub>2</sub>) 作為顯影劑，Endocem MTA Premixed完全消除了由材料本身引起的牙齒變色風險。對於前牙區的活髓治療、穿孔修補，或是任何可能影響最終牙冠顏色的情況，這是一個至關重要的考量。
4. 堅實的科學基礎與臨床驗證：Endocem MTA並非橫空出世，它是在MTA基礎上針對性改良的產物。其獨特的火山灰反應機制有明確的化學原理支持，並且已有越來越多的體外研究 (in vitro) 和臨床報告 (in vivo) 證實其優異的物理性能和臨床成功率。相較於其他僅僅將成分預混合的產品，Endocem在化學層面的創新提供了更快的性能表現。

綜上所述，Endocem MTA Premixed不僅繼承了MTA家族優良的生物學特性，更透過化學與劑型的創新，完美解決了傳統材料的臨床痛點，是符合現代牙科“微創、高效、美觀”理念的理想修復材料。

#### 參考資料 (References)

1. Torabinejad, M., Hong, C. U., McDonald, F., & Pitt Ford, T. R. (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of Endodontics*, 21(7), 349-353.
2. Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of Endodontics*, 36(1), 16-27.
3. Camilleri, J. (2014). Mineral trioxide aggregate: present and future developments. *Endodontic Topics*, 31(1), 31-46.
4. Marciano, M. A., Duarte, M. A. H., Camilleri, J. (2014). Bismuth oxide in mineral trioxide aggregate—a culprit for tooth discoloration?. *Journal of Endodontics*, 40(10), 1542-1547.
5. Choi, Y., Park, S. J., Lee, S. H., & Kim, H. C. (2017). The effect of a pozzolanic reaction on the setting and physical properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1701-1706.



6. López-García, S., Myong-Hyun, B., Lozano, A., García-Bernal, D., Forner, L., & Guerrero-Gironés, J. (2019). Physicochemical and biological properties of a new premixed calcium silicate-based cement. *BioMed Research International*, 2019.
7. Benetti, F., de Azevedo Queiroz, Í. O., Cavenago, B. C., de Oliveira, P. H. C., Duarte, M. A. H., & de Andrade, F. B. (2019). Sealing ability of Bio-C Repair, Bio-C Sealer, and MTA as root-end filling materials. *Journal of Endodontics*, 45(7), 925-929.
8. Cosme-Silva, L., Gomes-Filho, J. E., Cintra, L. T. A., Modolo, F., Rabelo, S. B., & Lodi, L. (2020). Biocompatibility and bioactivity of a new putty calcium silicate-based material, Bio-C Repair. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 3147-3156.
9. Kang, S. H., Shin, Y. S., Lee, H. S., Kim, E. C., & Herr, Y. (2015). Color changes of teeth after treatment with various mineral trioxide aggregate-based materials: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 41(5), 737-741.
10. Yoo, J. S., Chang, S. W., Oh, S. R., & Hwang, I. N. (2020). A comparison of the physical properties and wash-out tendency of three calcium silicate-based root-end filling materials: A preliminary study. *Materials*, 13(19), 4410.
11. Sin-Yeon Cho, Seonghun Park, Yooseok Shin & Il-Young Jung. (2024). Randomized clinical trial of pulpotomy using a premixed injectable calcium silicate cement on mature permanent teeth with reversible pulpitis. *Nature*, 2994.

