

MTA(Mineral Trioxide Aggregate)的基礎知識與臨床應用

涂明君

中國醫藥大學牙醫系副教授兼系主任

中國醫藥大學附設醫院牙髓病科主任

中華民國牙髓病學會專科醫師

中華牙醫學會理事

中華民國口腔顎顏面學會秘書長

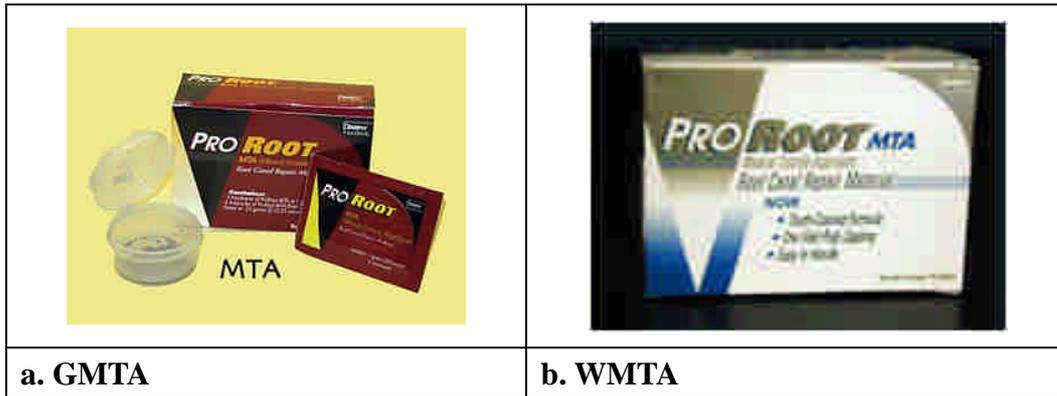
臺中市牙醫師公會監事

摘要

MTA(Mineral Trioxide Aggregate)中文翻成三氧礦化物，近年來被廣泛應用於兒童牙科的根尖區未完全形成的病例、斷髓(pulpotomy)及牙髓病科的根管治療中造成的根管穿孔病例、根尖手術時的逆根尖充填(root end filling)材料；而也用於恆牙的覆髓(pulp capping) 與局部斷髓(partial pulpotomy)等，其組成、細胞相容性、物理及化學性質到臨床使用的技巧是所有牙科醫師應該具備的知識，本次介紹 MTA 的應用於根尖成形術且實証成功的分享。

前言

MTA 是在 1993 年 Loma Linda 大學 Professor Torabinejad 首先將之用來當做牙根尖周手術時根尖逆充填的材料；傳聞是某天當他在學校的餐廳吃午餐時與該校的土木系教授閒聊時提到他在做根尖逆充填時的充填材料常會因手術區的滲血而影響材料硬化及強度等，如果有一種材料是會在濕氣中硬化的就很適合做為根尖逆充填材；土木系教授就提出”水泥”(Portland cement)是他需要的材料，可以在下大雨時也會硬化！此後牙科一系列的研究報告就圍繞著與水泥成份差不多的 MTA 了！其實在 1993 年開始發表論文都是 Gray MTA (灰色; GMTA) 直到後來發現 Gray MTA 會導致齒質的變色，在前牙區治療使用時會有所受限，因此將其中含鐵的成份去掉，並且調整 Al_2O_3 及 MgO 的比例，同時將 powder 的顆粒變小後在 2002 年製造出合乎美觀要求的 white MTA (白色; WMTA)，也就是現在臺灣市面上買到的產品(圖一,b)。本文謹根據文獻上研究提供大家有關 MTA 的基礎了解與個人的臨床病例分享。



圖一：灰色與白色的 MTA

自 1993 年 9 月到 2009 年 9 月文獻回顧文中¹：MTA 是以鈣、矽、鉍(calcium, silica, and bismuth) 主要組成，硬化時間長(a long setting time)，高鹼性(high pH)，低抗壓縮強度(low compressive strength)材料。MTA 是一種生物活性材料(bioactive material) 會影響周圍組織環境(surrounding environment)讓牙骨質、牙本質形成,可以刺激癒合與引導骨形成(osteogenesis)，並且是具親水性(hydrophilic)；是一種理想 cements 能封閉住牙根管系與口腔及牙周膜間的交通(communication)。

基礎篇

化學性質

1. 組成

MTA 是一種由三鈣矽酸鹽(tricalcium silicate)、三鈣鋁鹽(tricalcium aluminate)、三鈣氧化鹽(tricalcium oxide)、氧化矽酸鹽(silicate oxide) 由水化作用(hydration) 形成的膠體(colloidal gel)經過約三小時後固化(solidification) 形成的細緻粉末²。白色 MTA(WMTA)與灰色 MTA(GMTA) 以及水泥(Portland cement)都有相同的成份：三鈣矽酸鹽 (Ca_3SiO_5)，三鈣鋁鹽 ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$)，二鈣矽酸鹽 (Ca_2SiO_4)，與二鈣鋁鹽($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_5$)四種。

白色)與灰色 MTA 的共同成份及不同點如下表³：

	Primary Difference	Mutual Compounds
WMTA	Ca_3SiO_5	Bi_2O_3
GMTA	$\text{Ca}_3\text{SiO}_5, \text{Ca}_2\text{SiO}_4$	

2. 高鹼性(High PH)

MTA 的高鹼性是因為水合過程中氫化鈣[Calcium Hydroxide (CH)]的產生⁴：

3. 長硬化時間(Setting Time)

MTA 的較長硬化時間是臨床操作是最大的缺點，而國內外也有許多研究朝著改良這部份在進行著¹。

以粉/水 3 : 1 調合後硬化時間為 165 分(2.75 小時)，而導致較長硬化時間是因較低量 sulfur 及 Ca_3SiO_5 。

物理性質

1. 硬化膨脹(Setting Expansion)

多篇研究都各有論訴，將 MTA 浸泡在不同環境會影響其硬化膨脹：灰色 MTA 會比白色 MTA 有明顯膨脹不管是浸泡在蒸餾水、HBSS 或生理食鹽水。硬化膨脹比較如下表：

Setting Expansion	HBSS	Sterile Water
WMTA	Second	The least
GMTA	Third	The most

2. 溶解度(Solubility)

水/粉比越高會增加 MTA 的孔洞(porosity)及溶解度(solubility)，水份越多溶解度越高，氧化鈹 (Bi_2O_3) 越多溶解度越低；有研究指出比較三種材料溶解度大小如下：水泥(PC) = WMTA > GMTA

3. 壓縮強度(Compressive Strength)

研究指出長期觀察下逆根尖充填材 Super EBA, IRM, 與 MTA 的壓縮強度並無顯著差異；但針對灰色 MTA 與白色 MTA 的壓縮強度是分歧的；有研究指出經 37% phosphoric acid 酸蝕後的白色 MTA 其壓縮強度會明顯下降；不同 MTA、調合溶液、操作擠壓力量、調合溶液的酸鹼值與 MTA 的儲存方式都會影響 MTA 的壓縮強度。

4. 彎曲(抗撓)強度(Flexural Strength)

在 MTA 兩面保持濕潤 24 小時後其彎曲(抗撓)強度會最好，因此臨床上建議填補 MTA 後至少放置濕棉球 24 小時則可以增強它的彎曲(抗撓)強度。

5. Push-Out Strength

在浸泡於 walking bleach materials 後 Push-Out Strength 大小排列:IRM or Super EBA > MTA

6. Bond Strength with Other Dental Materials

使用 類似含 EDTA 根管軟化劑(Glyde)會明顯影響 MTA 與牙本質的 bonding strength，有關 chelating agent 與 etch system 會影響 MTA bond strength 的研究資訊較少。

7. 固持強度(Retentive Strength)

Glass ionomer or zinc phosphate cement 明顯優於 MTA。

8. PH 值

MTA 的高鹼性是因為在水合過程中氫化鈣[Calcium Hydroxide (CH)]的產生

	After mixing immediately	After 30 minutes	After 60 minutes
WMTA	Highest (10.2)	Same	Highest
GMTA	Highest (10.2)	Same	Lowest
PCs	Lower	Same	Middle

9. X-光不透性(Radiopacity)

MTA 的平均 X-光不透性等於 7.17mm 的鋁厚度²，研究比較 MTAs、 Super EBA 與 IRM 的 X-光不透性是分歧的。

10. 顆粒大小 (Particle Size)

研究指白色 MTA 有較好的治療效果因其具有較細與高度均勻(homogeneity)的顆粒。Lee et al 報告灰色 MTA 粉末顆粒大小是 1 ~ 10 micrometer 而 Camilleri 報告在水合之前白色 MTA 粉末顆粒大小是 1 ~ 30 micrometer^{5,6}。

11. 放置 MTA 方式影響 MTA 物理特性(Effect of the Method of Placement on MTA Physical Properties)

以手動方式擠壓(Hand method)優於超音波方式(Ultra Sonic device)，輕的擠壓力量優於重的擠壓力量。

抗菌效果

1. MTA 的抗菌與抗霉菌特性(Antibacterial and Antifungal Properties of MTA)

MTA 對一些兼性細菌有抗菌效果但對於絕對厭氧菌則無效²。

	<25 mg/ml	25~50 mg/ml	>50 mg/ml
WMTA	No effect	Last for 1 day	Whole study time
GMTA	Required lower amount to achieve the same effect.		

2.

WMTA	Sterile Water	0.12% CHX	2% CHX
Antibacterial Properties	+	++ Except for P. Aeruginosa	+++ E. Faecalis
Compressive Strength	+++	++	+

註 7

臨床篇

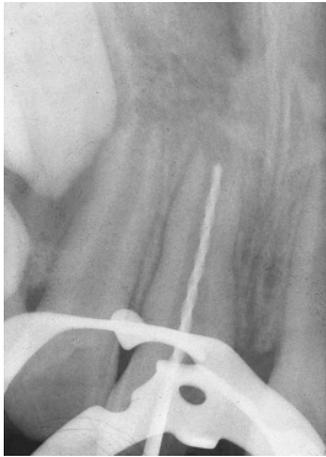
MTA 作 根尖形成術---MTA Apical Plug

針對牙髓已經壞死但根尖未完全長好的 open Apex 病例未有 MTA 之前都會以氫氧化鈣長期誘導產生的根尖屏障物(apical barrier)，牙根尖就停留在治療當時的長度。Shababhang et al. 比較骨蛋白-1 及 MTA 和氫氧化鈣形成的根尖屏障物，發現 MTA 產生的根尖屏障物較其他者堅硬，但形成的量沒有明顯差異⁸。根尖形成術的目的是形成根尖屏障，如此牙根應該是沒有繼續生長的。但是有一些報告指出雖然牙髓壞死但牙根還是繼續生長。Selden 提出一個病例報告，牙根處有一個極類似牙根構造的牙根生成。故他建議爲了希望有牙根的持續發育，當放置促進鈣化物質時應避免物質過多滲出根尖外而造成赫威氏上皮根鞘及牙本質母細胞的傷害⁹。以下爲本院病例，在以 MTA 作 根尖形成術後也可見牙根還是繼續生長情形。

MTA Apical Plug 病例報告

10 歲男孩因外傷導致右上正中門牙牙冠斷裂牙髓暴露，經過數天後轉診至本院，以 MTA apical plug 做根尖形成術。對照其左上正中門牙牙根長度可明顯

看見本以 MTA 作 根尖形成術在一年及四年半後追蹤可見明顯牙根繼續生長情形(圖二-四)。

		
術前	工作長度	M TA apical plug
		
990502 完成	9603141(1 年追蹤)	991120 追蹤(4 年半追蹤)

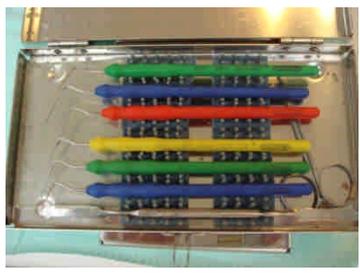
圖二：本病例之術前、術後追蹤根尖 X-光片

↑



圖三：本病例之術前、術後追蹤口腔照片

MTA Apical Plug 操作器械、操作示意圖 (圖四)

		
MTA Endo block & Instrument	MTA bar removed	MTA carrier
		
WMTA	Vertical compaction plugger	
		
Collacote 作 barrier	Paper point	卡通示意圖

圖四：Open apex MTA 充填的器械、材料與卡通示意圖

參考文獻

1. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review—Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. J Endod 2010;35:16-27.
2. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J Endod 1995; 21: 349–53.
3. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F: Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. J Endod 2005; 31:101-103.
4. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Pitt Ford TR. The constitution of mineral trioxide aggregate. Dent Mater 2005; 21:297-303.
5. Lee YL, Lee BS, Lin FH, Yun Lin A, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate.

Biomaterials 2004;25:787–93.

6. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007;40:462–70.
7. Stowe J, Christine M. The effects of chlorhexidine gluconate (0.12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2004;30:429-431.
8. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J Endod* 1999;25:1–5.
9. Selden HS. Apexification: an interesting case. *J Endod* 2002;28:44 –5.