

# In vitro resistance to fracture of two nickel-titanium rotary instruments made with different thermal treatments

*Gabriele Miccoli DDS*

*Gianfranco Gaimari DDS, PhD*

*Marco Seracchiani DDS*

*Antonio Morese DDS*

*Tatyana Khrenova DDS*

*Dario Di Nardo DDS*

譯者簡介

楊千霈, 林靜宜, 謝育庭 醫師

■ 寶石讀書會

## 摘要

### 目標：

這份報告的主題為研究熱處理對於鎳鈦根管器械抗斷裂能力的影響。

### 方法：

將12隻 M3 (號數#25, 0.06 taper by United Dental, Shanghai, China) 及12隻 M3 Pro Gold (號數#25, 0.06 taper by United Dental, Shanghai, China) 進行熱處理後，於曲度60的彎曲人工根管進行擴大修型，計算其抗斷裂能力及變異數分析 ( $p < 0.05$ )。

### 結果：

數據顯示各組之間有顯著差異。M3 ProGold (平均值1012, SD+/-77) 比 M3 (平均值748, SD +/-62) 更不易彈性疲乏。兩者的斷片長度並無顯著差異 ( $p > 0.05$ )。

### 結論：

熱處理可以增加器械彈性，減少內部缺陷 (reduction of internal defects)，在彈性及週期性疲勞方面都有顯著改善。

## 引言

鎳鈦合金被引入牙科後，大大提升了根管治療的效率及成功率(1-3)。鎳鈦合金優越的材料特性，讓根管器械錐度得以提升(4-5)，截面積較大的根管器械提升速度並降低治療難度，進而增加根管治療的整體效率(6-8)。但這些特性也增加了根管器械斷裂的機率(9-11)。

有一些研究報告指出週期性疲勞是其中一個導致器械斷裂的因素(12-14)。彈性疲乏通常始於器械不平整表面產生的微小裂痕。器械每轉一圈，這些微小裂痕就會變深變多，直到器械斷裂(15-17)。所有的鎳鈦器械表面都無法避免的會有一些不規則表面及內部缺陷(18)。

近幾年，廠商嘗試尋找各種方法增加器械抗斷裂能力及彈性，以求降低器械斷裂機率。三個最基本方法為改變器械設計、合金熱處理、reciprocating motion(19-23)。

廠商輪番推出各種不同的熱處理商品，但都沒有附上詳細商品資訊及抗斷數據(24)。不同熱處理的合金器械會在根管內產生不同的特性。改變熱處理的方法可以快速簡便的改變鎳鈦根管器械的表現，而且無須更動原始材料品質及切削機器。M3 Rotary 和 M3 Pro Gold 就是一個例子，兩者由同一間廠商出產，但因經過不同的熱處理而有不同的表現能力。此篇報告以這兩款鎳鈦器械作為體外研究對象(in vitro)，比較不同熱處理後的鎳鈦器械抗斷能力是否有

差異。虛無假設(在尚未開研究前的預設結果)為熱處理不會造成顯著差異。

## 材料及方法

本實驗使用24支25mm長全新的鎳鈦器械，其中12隻 M3 (號數#25, 0.06 taper by United Dental, Shanghai, China) 及12隻 M3 Pro Gold (號數#25, 0.06 taper by United Dental, Shanghai, China)。所有器械的號數大小和設計都一樣，但經過不同的溫度處理。實驗前所有器械都經過20倍光學顯微鏡確認型態，排除任何可見變形的跡象。如器械有發現任何可能變形的跡象，會被排除於實驗之外。

本次實驗所使用的循環疲勞測試裝置曾使用先前的抗循環疲勞研究(25,26)。該裝置包括一個連接電動手機的主架和一個裝有人造根管的不銹鋼塊。電動手機固定在一个會移動的裝置上，能夠將鎳鈦器械準確地重複放置到18mm的深度(Fig.1)。人造根管的曲率60度，曲率半徑5mm。全部的鎳鈦器械都會放置到16mm深，以每分鐘350轉的最大扭力直到器械斷裂。每支器械斷裂的時間會被分別記錄，紀錄方法為肉眼觀察，並用最小單位為1/100 sec的計時器紀錄。每支器械從使用到斷裂的旋轉圈數也會被記錄(Number of cycles to fracture, NCF)。斷片會被收集、測量，並在電子顯微鏡下(SEM)進行斷口分析，確定斷裂模式。所有的數據都

被記錄。每一組數據都計算平均值、標準差。每組數據間的差異透過統計學上的變異數分析 (顯著差異  $P < 0.05$ )，使用的軟體為 SPSS 17.0 (SPSS Incorporated, Chicago, IL, USA)。

## 結果

循環疲勞測試結果以圖表紀錄 (Table 1, 2)。M3 ProGold 平均斷裂時間1735秒 (SD +/- 14,7)，M3 平均斷裂時間1283秒 (SD +/- 11,6)，統計學分析發現兩組數據有顯著差異 ( $p < 0.0213$ )。M3 ProGold 和 M3 相比表現出更好的抗斷裂能力：M3 ProGold, NCF mean values = 1012, SD +/- 77；M3, NCF mean values = 748, SD +/- 62。器械斷片的平均長度，M3 ProGold 5,5 mm (SD +/- 0,5)，M3 5,4 mm (SD +/- 0,4)。統計學上兩者斷片的平均長度無顯著差異 ( $p > 0,05$ )，顯示器械在出入人造根管時的路徑一致，因此在器械的相同部分上施加相同的機械應力 (Fig. 2)。



Figure 1. The testing device for cyclic fatigue.

## 討論

鎳鈦根管合金可以呈現三種相：分別是 (1) 高溫B2奧田相 (2) 低溫B19麻田散相 (單環結構) 以及 (3) 中間溫度的R相 (菱形結構)。這些相之間的轉換是很基本的，因為這決定了器械超彈性還有形狀記憶的特性以及機械性的

Table 1. Results of cyclic fatigue tests (number of cycles to failure).

Group	NCF Mean Values	SD	Mean Fragment Length	SD
M3	748	(+/- 62)	5,4	(+/- 0,4)
M3 ProGold	1012	(+/- 77)	5,5	(+/- 0,5)

Table 2. Time to fracture in seconds (s).

Group	Seconds to fracture	SD
M3	128,3	(+/- 11,6)
M3 ProGold	173,5	(+/- 14,7)

表現。合金在處理的過程中會有不同的像轉換路徑產生，由此可見熱處理程序的要重性。

一般而言在低溫400°C的情況下處理1~2分鐘可以塑形金屬，但跟管器械的製造商多半偏好在溫度500°C下處理超過5分鐘，然後再以水浴降溫或是冷空氣快速降溫。增加熱處理時間和次數會增加驅動溫度，常能提供較敏銳的溫度反應，然而在尖端施力（針對記憶合金）或是高原應力（針對超彈性合金）常會伴隨一個驟降，在器械抵抗永久變形的能力上也會出現下降。

臨床上類似的改變會導致不同的機械表現，相同的金屬在不同的製程會展現不同的特性。M3 ProGold 器械展現了相當好的韌性，較柔軟且記憶性佳，此外和M3不同的是，它能夠更輕易的

被precurve進入彎曲根管且同時降低儲存的應力。近來的研究也證實了它的抗彎程度表現較佳，並且疲乏測試也顯著的比M3更優異。

在過去關於鎳鈦旋轉器械經過熱處理的大宗研究不同的廠商會有不同的熱處理製程，因此在許多情況下，當新器械被提出經過不同的熱處理時他們也同時會改變器械本身的設計，這也讓熱處理效應的評估變得更加困難。

由於變因過多影響結果，疲乏測試循環本身就是一項不容易的評比，最主要的因素是人造根管的形狀和曲度空間伴隨器械的應力集中。再者室溫的影響也不容小覷，因此創造統一的比較環境就顯得格外重要。

利用SEM分析M3和M3 Pro Gold的斷口其實兩者的呈現差異並不大。由

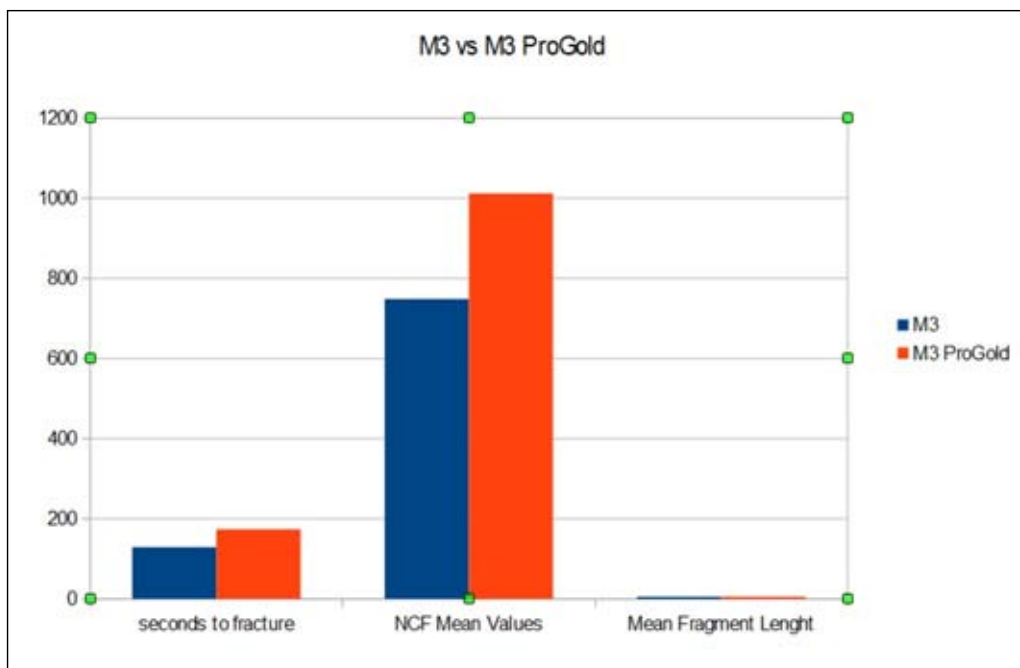


Figure 2. Differences between instruments' time to fracture, number of cycles to fracture (NCF) and length of the fractured segment

圖可見微空洞 (Figs.3.4.) 會形成凹窩造成斷裂的缺口，器械中的微空洞也會弱化器械結構和強度。

因為鎳鈦旋轉器械在臨床治療彎根時展現的優異靈活度和超彈性遠勝不鏽鋼合金，也因此成為相當受歡迎和普及的治療工具。而相的轉變也大大提升此種工具的應力耐受度，經過熱處理的步驟也使之有夠好的疲乏測試循環結果。

當然不能否認的是在實驗上我們需要更精細的設計才能給出更有力的評比。

## 結論

熱處理使得牙材製造商能夠在不改變合金品質或是研磨方式的情況下提升鎳鈦旋轉器械的臨床表現，M3和M3 Pro Gold就是一個最佳的範例。

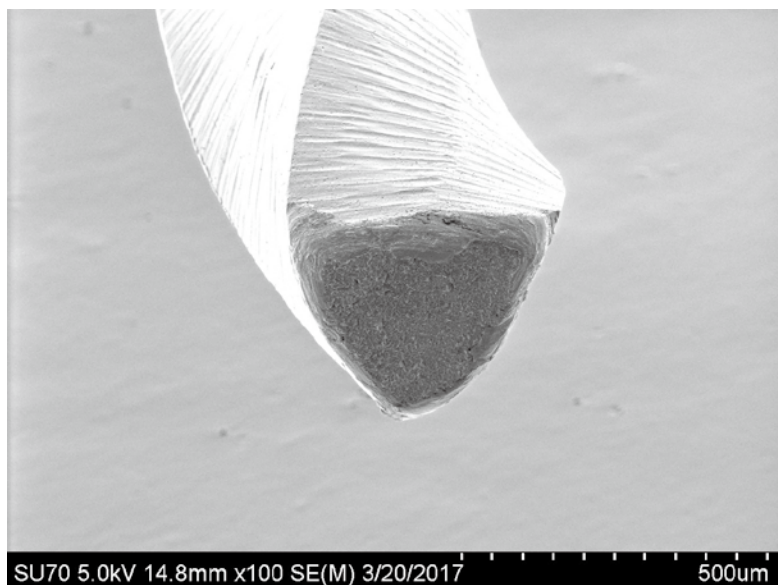


Figure 3. SEM microscope image of a fractured M3 Pro Gold instrument.

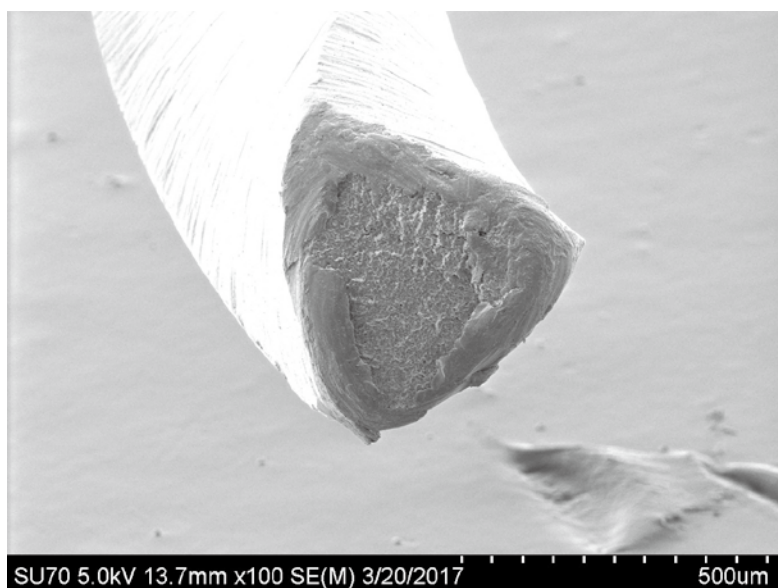


Figure 4. SEM microscope image of a fractured M3 Pro Gold instrument.