

鈦金屬牙科植體表面氧化層對齒槽骨應力 影響之有限元素分析

學生：洪志榮

指導教授：徐瑞坤 博士
歐耿良 博士

國立交通大學 工學院精密與自動化學程 碩士班

摘要

鈦金屬的機械性質，較其它金屬具有低密度及較高機械強度的優點。

此外，鈦金屬本身的化學性質較穩定，對環境的抗腐蝕性佳。因此，鈦金屬普遍應用於生醫材料上，如牙科植體。

然而不可忽視的是，當鈦基金屬植入人體中，仍會有少量離子釋出；儘管鈦金屬的剛性與齒槽骨的剛性相近，但仍比齒槽骨中的皮質骨大了六倍，差異仍然很大；而一個適當的緩衝層，可以降低植體與齒槽骨間的強度差異；基於這些觀念，植體表面改質成了一個很重要的研究項目。

本研究主要目的，在於利用有限元素法，分析鈦植體表面鍍上不同厚度及孔隙率的氧化層後，探討其對於齒槽骨的應力影響，以提供後續植體設計參考。

關鍵詞：有限元素法、鈦植體、多孔性氧化層



Influence of Titanium Oxidation Layer on Titanium Dental Implant: A Finite Element Analysis

Student: Chih-Jung Hung

Advisors: Dr. Ray-Quen Hsu
Dr. Keng-Liang Ou

Department of Automation and Precision Engineering

National Chiao Tung University



Titanium has lower density and better strength/weight than most steels.

Besides, titanium is chemically more stable, it can resist corrosion in many hostile environment. Thus, applications of the titanium in medical uses, such as dental implant, are very common.

However, titanium releases ions when it was embedded in human body. In the dental implant application, although the titanium stiffness is close to alveolus bone, it is still six times higher than cortical bone, the strength difference between these two materials is too large. An isolation layer between the titanium implant and the cortical bone will help reduce difference in strength. Based on this concept, the modification of implant surface is an important subject in the

application of dental implant.

In this study, the finite element method was used to analyze titanium implants, the implant has nano-porous of oxide layer on the surface. Stress distribution on the implants and alveolus bones were investigated. And the results can provide important information for the design of the implant.

Keywords : finite element method, titanium implant, porous titanium oxide layer



誌謝

本論文得以順利完成，承蒙指導教授徐瑞坤與台北醫學大學副教授歐耿良殷切指導，並給予學業上的建議，使學生在研究上能夠有諸多啟發。此外，在半工半讀的研究生涯中，感謝同事國華、筱莉、秀賢等，在我遇到困難和工作分身乏術時，給予熱心的鼓勵及幫助；以及北醫的珮雯學姐及瀚毅學弟，在軟體實作上的指導與協助；還有交大的瑞得、紹朋與嘉良等同學，在求學時期的彼此激勵。

最後，感謝家人在我求學的過程中，給予不斷的支持與鼓勵，尤其是母親，在我陷入低潮時，在背後默默地支持我，容忍我的壞脾氣，讓我沒有後顧之憂完成論文，辛苦您了。謹以此論文，獻給這一路上曾經幫助我的朋友，以表達我內心的感激。



目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	iii
誌謝.....	v
目錄.....	vi
圖表目錄.....	ix
第一章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 研究動機.....	2
1.3 有限元素法相關文獻回顧.....	3
1.4 論文架構.....	5
第二章 牙科植體概論.....	6
2.1 牙科植體简介.....	6
2.2 骨整合.....	8
2.2.1 骨骼條件.....	8
2.2.2 骨骼和植體接觸面積.....	9
2.3 鈦金屬人工牙根.....	10
2.4 鈦金屬植體製程.....	11
2.5 植體表面型態對骨組織之影響.....	12

2.5.1 市面上常見的植體表面型態分類.....	13
2.6 製備多孔性二氧化鈦.....	15
2.7 生物機械測試評估人工牙根與齒槽骨界面強度.....	17
2.8 人工牙根表面型態與齒槽骨之有限元素探討.....	18
第三章 研究材料與方法.....	19
3.1 使用的軟體及硬體說明.....	19
3.2 有限元素法基本原理.....	20
3.3 模擬探討奈米網狀多層膜所使用的作法依據.....	23
3.4 分析方法說明.....	29
3.4.1 關於求解模組的選用.....	31
3.4.2 三維模型之建構.....	32
3.4.3 模型分析.....	39
3.4.4 模型爆炸圖.....	49
第四章 結果與討論.....	50
4.1 植體未經氧化層處理，各齒槽骨應力分析結果.....	50
4.1.1 齒槽骨最大等效應力分佈情形.....	50
4.1.2 齒槽骨區域等效應力分佈情形.....	52
4.2 植體表面經多孔性氧化層處理，各齒槽骨之應力分析結果.....	54
4.2.1 植體經氧化層處理後，齒槽骨最大等效應力分佈情形.....	55

4.2.2 植體經氧化層處理後，齒槽骨區域等效應力分佈情形.....	61
4.3 比較各類型植體之不同表面應力分析結果.....	67
第五章 結論.....	68
5.1 結論.....	68
5.2 未來進一步研究方向.....	69
參考文獻.....	70



圖表目錄

圖 1.1 本計畫流程圖	1
圖 2.1 牙科植體簡介	7
圖 3.1 桿件示意圖	20
圖 3.2 骨頭與多孔性植體混合界面模型	23
圖 3.3 懸臂樑示意圖	24
圖 3.4 簡化後之懸臂樑模型	24
圖 3.5 三維懸臂樑示意圖	26
圖 3.6 標準分析流程	30
圖 3.7 模型建構流程圖	33
圖 3.8 (a) Standard Type 植體	34
圖 3.8 (b) Standard Plus Type 植體	34
圖 3.8 (c) Tapered Effect Type 植體	34
圖 3.9 簡化後之支台與螺絲結合模型	35
圖 3.10 簡化方形牙冠	36
圖 3.11 簡化之雙質齒槽骨模型	37
圖 3.12 (a) Standard Type 植體薄殼模型	38
圖 3.12 (b) Standard Plus Type 植體薄殼模型	38
圖 3.12 (c) Tapered Effect Type 植體薄殼模型	38

圖 3.13 匯入後的 Tapered Effect Type 植體組合模型.....	40
圖 3.14 模型轉換分析流程.....	41
圖 3.15 (a) SOLID 185 元素.....	43
圖 3.15 (b) TARGE 170 元素.....	43
圖 3.15 (c) CONTA 174 元素.....	44
圖 3.16 施力及夾持示意圖.....	46
圖 3.17 模型爆炸圖.....	49
圖 4.1 植體表面未經氧化層處理，各齒槽骨最大應力分佈.....	51
圖 4.2 植體表面未經氧化層處理，齒槽骨區域等效應力觀察位置.....	52
圖 4.3 植體表面未經氧化層處理，各齒槽骨區域等效應力值.....	53
圖 4.4 (a) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨最大應力分佈..	56
圖 4.4 (b) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨最大應力分佈..	57
圖 4.4 (c) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨最大應力分佈..	58
圖 4.4 (d) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨最大應力分佈..	59
圖 4.5 (a) Standard 植體經氧化層處理，各條件齒槽骨最大應力值.....	60
圖 4.5 (b) Standard Plus 植體經氧化層處理，各條件齒槽骨最大應力值....	60
圖 4.5 (c) Tapered Effect 植體經氧化層處理，各條件齒槽骨最大應力值...60	
圖 4.6 植體表面經氧化層處理，齒槽骨區域等效應力觀察位置.....	61
圖 4.7 (a) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨區域應力分佈...62	

圖 4.7 (b) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨區域應力分佈	63
圖 4.7 (c) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨區域應力分佈	64
圖 4.7 (d) 植體表面經氧化層處理，各氧化層厚度齒槽骨區域應力分佈	65
圖 4.8 (a) Standard 植體經氧化層處理，各條件齒槽骨區域應力值	66
圖 4.8 (b) Standard Plus 植體經氧化層處理，各條件齒槽骨區域應力值	66
圖 4.8 (c) Tapered Effect 植體經氧化層處理，各條件齒槽骨區域應力值	66
表 3.1 TiO ₂ 在各孔隙率的彈性係數及密度	28
表 3.2 ANSYS 各求解模組比較	31
表 3.3 植體種類尺寸選用規格	35
表 3.4 材料機械性質	45
表 3.5 未經表面處理植體模擬條件列表	48
表 3.6 經二氧化鈦表面處理植體模擬條件列表	48
表 4.1 植體表面未經氧化層處理，各齒槽骨等效應力	50
表 4.2 (a) 各類型植體表面經氧化層處理，各齒槽骨最大等效應力結果	54
表 4.2 (b) 各類型植體表面經氧化層處理，各齒槽骨區域等效應力結果	54
表 4.3 (a) 植體原始與氧化層表面，齒槽骨最大應力值結果	67
表 4.3 (b) 植體原始與氧化層表面，齒槽骨區域應力值結果	67