

Marginal Bone Loss of Dental Implant: Biomechanical Difference between Dental Implant and Natural Tooth

植體周圍骨喪失之現象：牙科植體與自然牙在生物機械性質上的差異

Yung-En Chen 陳詠恩

Master Institute, School of Dentistry
National Yang-Ming University
國立陽明大學牙醫學系碩士班

Ming-Lun Hsu 許明倫

Professor and Chairman
Department of Dentistry
National Yang-Ming University
國立陽明大學牙醫學系教授暨系主任

Shing-Wai Yip 葉聖威

Director of Prosthodontics Department,
Taipei Veterans General Hospital
台北榮民總醫院廣復科主任

There are several biomechanical variations existed between implant and natural tooth. Implant overloading may occur if clinicians do not take these differences into account. When, the overload was transferred to the implant and its surrounding bone peri-implant bone loss may be induced which leads to the failure of the implant therapy.

The first part of this article reviewed the biomechanical differences between implant and natural tooth, including the presence of the periodontal ligament, fulcrum and movement phases upon loading, micromotion and the responses to occlusal overloads. The second part will review the cause and the phenomenon of peri-implant bone loss. Clinicians should consider about "implant-protected occlusion" to reduce the harmful overload transmitted to the implant and its surrounding bone to make the implant prosthesis away from failure.

牙科植體（dental implant）與自然牙在生理與生物機械上的性質截然不同。植牙時若未對兩者的不同做適當考量，有可能會造成植體的過度負載（overloading），進而造成周圍支持骨的破壞而發生骨流失，而可能導致植體治療的失敗。

本文之第一部分討論生物機械性質上，自然牙與植體相異之處，包括了牙周韌帶的功能、自然牙與植體在移動模式上的差異、不同程度的微移動以及受到過度負載時兩者不同的反應。而第二部分則探討植體周圍骨喪失的現象，以及可能造成此現象的相關因子。最後，為了避免植體周圍骨之喪失超出正常範圍，本文提出應思考「保護植體式咬合」（implant-protected occlusion），以減小具傷害性的力量，達到保護植體的功效。

1. 就生物機械特性比較自然牙與植體相異之處

自然牙與牙科植體在生理與生物機械上的不同性質，可以下列項目討論：

- 1.1 自然牙周圍具牙周韌帶（periodontal ligaments）
- 1.2 移動模式（movement phases）
- 1.3 微移動（micromotion）
- 1.4 受到咬合過度負載時的反應（responses to occlusal overload）

1.1 自然牙周圍具牙周韌帶 (Periodontal Ligament)

牙周韌帶 (簡稱PDL) 是一富含血管和細胞之結締組織，此韌帶包圍著牙根，並位於牙根與牙周膜薄板 (lamina dura) 之間。牙周韌帶連接著牙骨質與齒槽壁 (socket wall)，故可將牙齒懸吊於齒槽內。其形狀為沙漏狀 (hourglass)，最窄的地位於牙根中段處，寬度約0.2~0.4mm，平均寬度為0.25mm¹⁷。

牙周韌帶組成由牙周纖維 (periodontal fiber)、細胞 (cell component) 及基質 (ground substance) 三大部分所組成。牙周纖維佔牙周韌帶的絕大部分，其纖維主要是由膠原蛋白所組成，依照走向可分為六大群，其中的斜向群 (oblique group) 佔了牙周纖維的三分之二，主要功能為緩衝咬合力¹⁷。

牙周韌帶的功能因其內含許多機械刺激感受器 (mechanoreceptors)，可感受到壓力或變形 (distortion)，並做出適當的反應。Schulte¹在1995年提出牙周韌帶因具刺激感受器，可偵測早期的咬合力，並具有吸震功能 (shock-absorbing)，亦即類似避震器的效果，故可減少外力的衝擊效應以達到保護牙齒的目的。除此之外，牙周韌帶亦含本體感覺受器 (proprioceptors)，不僅可偵測到咬合力，也可以調控中心或離心運動之咬力 (centric and excursive forces)，對自然牙來說是個保護的機制。另一方面，由於牙周韌帶排列有固定方向，可使咬力沿著牙根由邊緣骨分散至根尖周圍骨。

再者，牙周韌帶可容許牙齒有些許的動搖度 (mobility)。受力時，自然牙便可以藉由其動搖來吸收咬力，以減少牙齒及周圍骨的變形。

1.2 移動模式 (movement phases)

牙周韌帶具有可壓縮變形的特性，造成植體和自然牙適應咬合力的差異相當大。自然牙受力後會有兩階段的移動，如Fig.1，初期為有牙周韌帶存在而產生非線性且較為複雜的移動模式，後期則是藉由周圍骨之變形產生線性且有彈性的移動模式²。相反的，當植體受力時僅出現一種移動模式，亦即線性且具彈性的漸進移動模式，此移動範圍是由植體周圍骨之彈性所提供³。

1.3 微運動 (micromotion)

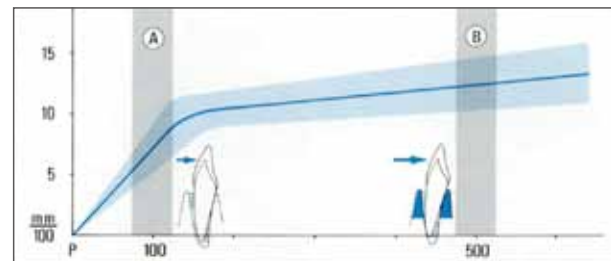
根據Parfitt⁴ (1960)、Sekine 等人³ (1986)、Schulte¹ (1995) 等的研究，得知自然牙受力後垂直向的微運動範圍可從25 μ m 到100 μ m，相對的，植體卻只有3-5 μ m；而側向的微運動，自然牙主要是頰舌向的移動，約56至108 μ m，但植體只有10-50 μ m。兩者在微移動程度上的差距，造成緩衝受力的能力不同，植體因微移動範圍小，相對自然牙來說，較易直接接受咬力衝擊。

1.4 受到咬合過度負載時的反應 (responses to occlusal overload)

對於自然牙而言，因為具牙周韌帶可緩衝咬力，但若承受過大咬力，仍可能會造成自然牙的破壞。例如牙周韌帶的吸收、牙周韌帶的空間增寬、牙齒動搖度的增加等現象，在牙齒本身則可能造成牙面磨耗、斷折及疼痛等現象。另一方面，植體若受到過大咬力，對於其上之贗復物可能會發生斷裂、黏著劑破壞而失效等問題；對於支柱螺絲 (abutment screw) 而言，最常見的是發生螺絲鬆動，甚至斷裂的問題；對植體本身來說則可能發生植體斷裂，或植體鬆脫等現象。最後，對周圍組織來說，很有可能發生周圍骨的持續喪失，最終造成植體治療的失敗⁵。

2. 植體周圍骨喪失 (peri-implant marginal bone loss)

即使現今植體治療已有九成五以上之成功率，在植體周圍仍會觀察到植體周圍骨喪失之現象。少量的植體周圍骨喪失被視為是正常的現象，但持續之骨喪失將視為失敗治療。骨喪失使植體周圍形成一圈淺碟狀 (saucerization) 之骨缺陷，通常會使周圍骨之水平面往根尖方向流失至植體第一螺紋處⁶。



Herbert F. Wolf. Color Atlas of Dental Medicine: Periodontology, 1985

有關植體周圍骨喪失現象本文有以下之討論：

- 2.1 植體周圍骨喪失之原因
- 2.2 植體周圍骨喪失之量
- 2.3 植體成功率與骨喪失量之關聯
- 2.4 骨喪失量與骨密度之關聯

2.1 植體周圍骨喪失之原因

造成植體周圍骨喪失之原因的討論，可歸納出以下幾種：⁷

- 1) Adel等人¹⁸於1981年提出，植體在接出支柱體後的第一年可能因受力不當而造成骨喪失
- 2) 手術中造成創傷（surgical trauma）
- 3) 旋轉而置入植體時，施予過大扭力或壓力
- 4) Cochran⁹於1997年提出，植體為了適應環境而發展出自身生物性寬度（biologic width），而有些許骨喪失現象
- 5) 植體表面性質之不同（implant surface characteristics）
- 6) 植體頸部之平滑處與骨接觸，將會造成骨喪失
- 7) 細菌侵害（bacterial invasion）

文獻上，植體不當負載（loading）與骨喪失相關的討論最多，尤其是在骨塑形活動頻繁的第一年期間，若受到了過度負載（overloading），將造成周圍骨組織的微傷害（micro-injury），不僅可能造成骨喪失，也可能造成骨整合的失敗。

2.2 植體周圍骨喪失之量

Goodacre 等人¹⁰在1999年的回顧裏整理了13篇文獻，針對幾種不同植體支持的贗復物來觀察植體成功率與併發症之相關性，其中包括植體支持之全口義齒、覆蓋性義齒以及植體支持之固定假牙，追蹤期為0.3年至4年。統計後得知植體植入後第一年之骨喪失量由最少0.4mm至最多1.6mm，平均骨喪失量是0.93 mm；而植入第二年之後，每年骨喪失量約為0至0.2mm，平均骨喪失量為每年多0.1mm。（Fig.2）Jung 等人¹¹觀察Steri-Oss與3I植體系統共62支植體之骨喪失量，由根尖X光片量測的結果為，牙科植體在開始使用後的第一年會有1.3至2 mm的骨喪失量。

此外，Goodacre 等人¹⁰回顧中包括三篇文獻，指出在一至三年的觀察期間有植體邊緣骨喪失之病人，大多數人邊緣骨喪失量在0.5

Table XXI. Bone loss over time

	Type of prosthesis	Length of study(y)	Mean loss in 1st year(mm)	Subsequent loss per year(mm)
Adell et al ¹	IFCD	1-15	1.2	0.1
Adell et al ⁷⁸	IFCD	3	0.9	0.05
Cox and Zarb ²	IFCD	1-3	1.6	0.1
Quirynten et al ⁷⁹	IFCD	6	0.8	0.1
Naert et al ¹¹	IOD	0.3-4	0.75	0
Johns et al ^{46*}	IOD	1	0.4	N/A
Quirynten et al ^{80*}	IOD	4	1.0 ⁺ 3.2 [‡]	0.05-0.1 ⁺ N/A [‡]
Gunne et al ³²	IFPD	2	0.4	0.1
Pylant et al ²²	IFPD	2	1.5	0.1
Jemt and Lekholm ²⁵	IFPD	5	0.4	0.1
Lekholm et al ³⁰	IFPD	5	0.4	0.12
Laney et al ^{39*}	ISC	3	N/A	0.1
Andersson ⁴¹	ISC	2-3	1.3	0.2
Mean of all studies			0.93	0.1

Goodacre et al. The Journal of Prosthetic Dentistry, Volume 81, Issue 5, May 1999, Pages

至1mm之間，而很少數的病患其骨喪失量多於2mm；相反的，亦有許多病患在觀察期間骨水平無改變，甚至有一部分的人有骨增加（bone gain）的現象。（Fig.3）

2.3 植體成功率與骨喪失量

在植體治療中，少量的植體周圍骨喪失被視為是正常的現象。Smith與Zarb¹²在1989年提出了植牙成功率的標準，其中一項便是植體在使用第一年之後，每年骨流失量應小於0.2mm，而此標準仍沿用至今。Quirynten 等人¹³於1992年提出，若邊緣骨喪失持續進行，便視為植體治療中的併發症。Spiekermann 等人¹⁴於1995年觀察136組植體固位覆蓋性義齒，共600支植體之存活率，認為若骨喪失量大於4mm，則此植體便算失敗。

2.4 骨喪失量與骨密度

骨喪失量亦與承受植體之骨之密度有相關。Manz（1997）¹⁵在給予假牙後的六個月間，觀察骨之喪失量，發現第一型骨質骨喪失量最少，為0.68mm，而第二、三、四型骨

Table XXII. Change in marginal bone level over time

	Study length(y)	%Patients with marginal bone change					
		Bone loss				No change	Bone gain
		>2mm	1-2mm	0.6-1.0mm	0.1-0.5mm	0mm	>0mm
Van Steenberghe et al ^{53*}	0-1	2.0	9.5	20.0	26.5	27.0	15.0
Henry et al ^{54*}	1-3	0.4	4.4	10.4	25.0	25.8	34.0
Quirynen et al, ⁸⁰ FCD(mandible)	0-1	0.5	5.8	41.5	29.9	20.5	1.8
	1-2	1.5	2.1	5.0	23.4	55.3	12.7
	2-3	0	2.0	5.9	25.5	49.0	17.6
Quirynen et al, ⁸⁰ FCD(maxilla)	0-1	4.5	20.1	23.5	24.0	22.3	5.6
	1-2	0	3.9	6.8	25.7	37.1	26.5
	2-3 ⁺	3.4	13.7	5.2	6.9	31.0	37.8

質則分別為 1.10mm、1.24mm及1.44mm。依實驗結果推論，骨組織越緻密者，其植體周圍骨之喪失越少。

為了避免植體周圍骨喪失持續進行，我們應適度調控植體的受力，以避免過度負載。Misch 與 Bidez (1994)¹⁶ 發展出「保護植體式咬合」(implant-protected occlusion) 的觀念，即減小植體接受具傷害性力量的機會，以達到保護植體的功效，例如增加植體數目、使用寬且長之植體，以增加作用面積，或是減小咬頭高度、縮小咬合面寬度等，皆可減少植體受到過多側力，而增加軸向負荷的比例；再者，避免過長的懸臂式假牙，或是留意病患無異功能，如此能避免植體受到過大的咬合負荷而造成失敗。

結論

本文探討自然牙與牙科植體在生物機械上的不同之處。自然牙藉由牙周韌帶維持與齒槽骨的關係；而經過骨整合(osseointegration)的植體則是直接附著於周圍骨上，並無牙周韌帶存在於植體周圍。故植體適應咬力或是感受機械刺激的能力也都大幅下降，這樣的結果易導致植體過度負載(overloading)，而過度負載也被認為與植體周圍骨喪失(crestal bone loss)有極大的相關。些許的植體周圍骨喪失是正常的，而第一年之後每年之骨喪失量小於0.2mm，才可稱為成功的植體治療。如果骨喪失的現象持續進行，則為一種病態現象，可視為植體的併發症。為了避免植體周圍骨喪失持續進行，我們應對植體的負載有適度的調控，以避免過度負載。減小過度負載的方法，可由增加骨與植體之接觸面積、改變咬力方向為軸向負荷、減小過大咬力等方法實施。最後，每年的追蹤檢查更是重要的一環，密切的觀察與適度的調整能避免更多併發症的產生。

參考文獻

- Schulte, W. Implants and the periodontium. *Intl Dent J* 1995; 45: 16-26.
- Rateitschak KH, Rateitschak EM, Wolf H F. *Color Atlas of Dental Medicine: Periodontology* 1st ed., Thieme Medical Publishers. 1985, p8
- Sekine H, Komiyama Y, Hotta H, Yoshida K. Mobility characteristics and tactile sensitivity of osseointegrated fixture-supporting systems. In: van Steenberghe, D, eds. *Tissue integration in oral maxillofacial reconstruction*. Amsterdam: Excerpta Medica 1986; pp326-32.
- Parfitt, G.J. Measurement of physiological mobility of individual teeth in an axial direction. *J Dent Res* 1960; 39: 608-18.
- Misch C. *Contemporary Implant Dentistry* 3rd ed., Mosby Co, 2008, pp72-88,
- Schwarz MS. Mechanical complications of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11 (Suppl.): 156-8.
- Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL. Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. *Clin Oral Implants Res* 2005;16: 26-35.
- Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Intl J Oral Surg* 1981;10:387-416.
- Cochran DL. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *J Periodontology* 1999; 70: 1523-39.
- Goodacre CJ, Kan JY, Rungcharassaeng K. Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent*. 1999;81:537-52.
- Jung YC, Han CH, Lee KW. A 1-year radiographic evaluation of marginal bone around dental implants. *Intl J Oral Maxillofac Implants*. 1996; 11: 811-8.
- Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989; 62:567-72.
- Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. *Clin Oral Implants Res* 1992; 3:104-11.
- Spiekermann H, Jansen VK, Richter EJ. A 10-year follow-up study of IMZ and TPS implants in the edentulous mandible using bar-retained overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995;10:231-43.
- Manz MC. Radiographic assessment of peri-implant vertical bone loss: DICRG Interim Report No. 9. *J Oral Maxillofac Surg*. 1997;55 (Suppl 5):62-71.
- Misch CE, Bidez MW. Implant-protected occlusion: a biomechanical rationale. *Compendium* 1994;15: 1330-44.
- Lindhe J, Karring T, Lang N. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry* 4th ed, Wiley-Blackwell, 2003. pp27-30