译文

平台转移在外连接种植体和内连接种植体上产生的生物力学效果

The Biomechanical Effect of Platform Switching on External-and Internal-Connection Implants

Tsung-ChiehYang,Yoshinobu Maeda

原载　Int J Oral & Maxillofac Implants, 2013, 28:143-147.（英文）

蒋瑞芳　译　　宿玉成　审

摘　要

目的：研究平台转移在外连接种植体和内连接种植体上产生的生物力学效果，即负荷状态下种植体周围的应力分布。**材料和方法：**将特制的外连接（EX）种植体替代体和内连接（IN）种植体替代体（5.0mm×12mm）植入模拟缺牙区牙槽嵴的树脂块中。分别用直径为 5.0mm、4.2mm 和 3.7mm 的基台连接替代体。将大小为 100N、与种植体长轴成 30° 的侧向力负荷于种植体上，重复 10 次。将微应力测量仪固定于种植体平台以下 1mm（颈部）和 8mm（根尖区）的表面以检测种植体周围的应力。用单因素分析和 Steel–Dwass 检验分析数据，$P < 0.05$，可认为数据具有显著差异。**结果：**用直径 5.0mm 的常规基台连接 EX 和 IN 种植体替代体时，种植体颈部的应力最高（EX，−682.8με；IN，−582.1με）；其次是直径 4.2mm 的平台转移基台（EX，−184.1με；IN，−229.1με）和直径 3.7mm 的平台转移基台（EX，−150.5με；IN，−129.7με），数据对于 EX 种植体有统计学差异。在根尖区，随着基台直径的减小，应力稍有增加，但是对于 IN 种植体，直径 4.2mm 和 3.7mm 的基台之间无统计学差异（$P > 0.05$）。**结论：**尽管本研究具有一定局限性，但是可以说明平台转移能减少内连接和外连接种植体颈部区域的应力，并且 EX 种植体的应力降低幅度比 IN 种植体更大。

关键词　外连接种植体；内连接种植体；平台转移；应力

译者单位　北京瑞城口腔医院
北京市西城区西单北大街 109 号西西友谊酒店 6 层　100032

1　引言

种植体的功能在于将负荷传递至周围的生物组织，通常，一个功能性种植体会受到不同类型的力，比如压力、剪切力、旋转力。Frost 报道称种植体－骨界面的微应力会影响骨重建。机械应力对于骨组织和种植体的骨结合会产生积极和消极的双重作用。

种植体的设计方案会影响它的生物力学效果，例如影响应力在骨组织的分布。种植体－基台连接界面的形态常常受到关注，种植体颈部的某些特点也会影响种植体周围的骨重建。与外连接(EX)种植体相比，内连接（IN）设计与种植体内部有更大更深的接触面积，体外研究已经证实内连接更有利于种植体的稳定和应力在周围骨组织的分布。

将一个窄直径的基台与种植体相连接，即平台转移，在临床上可以减少种植体边缘长期的骨吸收。从力学的角度讲，Maeda 等人和 Chang 等人认为将应力集中区域远离颈部种植体－骨界面可以减少常规外连接（EX）种植体周围的应力。目前市面上可见到拥有平台转移设计的内连接种植体。

然而，平台转移在内连接（IN）种植体的生物力学作用还未被完全论证。本研究假设了种植体－基台连接的不同形态会对种植体产生不同的生物力学效果，影响种植体周围的应力分布。在本研究中，将常规匹配的基台及平台转移基台与外连接（EX）和内连接（IN）种植体相匹配，在体外负荷状态下测试种植体周围的应力情况。

2　材料与方法

特制的外连接（EX）和内连接（IN）种植体替代体(5.0mm×12mm，GC Co Ltd)（图 1），将其植入模拟缺牙区牙槽嵴的树脂块中（75mm×30mm×20mm）（Palapress Vario，Heraeus Kulzer）。基台直径分别是 5.0mm（常规匹配的基台，与颈部骨距离 0mm），4.2mm 和 3.7mm（平台转移基台，与颈部骨距离分别是 0.8mm 和 1.3mm）（预成基台，GC Co）。将基台连接于 EX 和 IN 种植体中，扭矩 20Ncm。

为了模拟咬合力，将 100N 的静止力作用于各个 IN 和 EX 的基台上，作用力方向与种植体长轴成 30°（图 2）。侧向力可分解成轴向和水平向的分力，可以更好地模拟种植体的临床受力情况。每个基台加力测试 10 次。

将微应力测量仪（KFR-02-120-C1-11，Kyowa）固定于种植体表面平台以下 1mm（颈部）和 8mm（根尖区）的位置以检测种植体周围的应力。微应力测量仪的长轴与应力的方向相反，以便检测在与应力相反方向区域的主要应力分布。应力测量仪的数据通过一个放大器（PCD-300A，Kyowa Electronic Industries）传输至模拟／数字转换器。

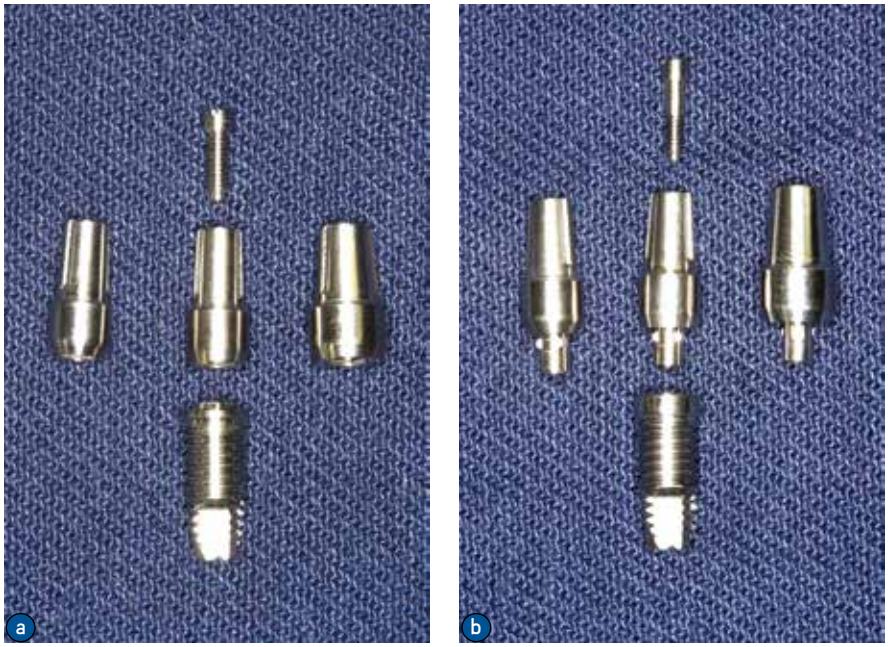

图 1　EX（a）和 IN（b）种植体及基台（从左到右：直径 5mm，平台转移直径 4.2mm 和 3.7mm）

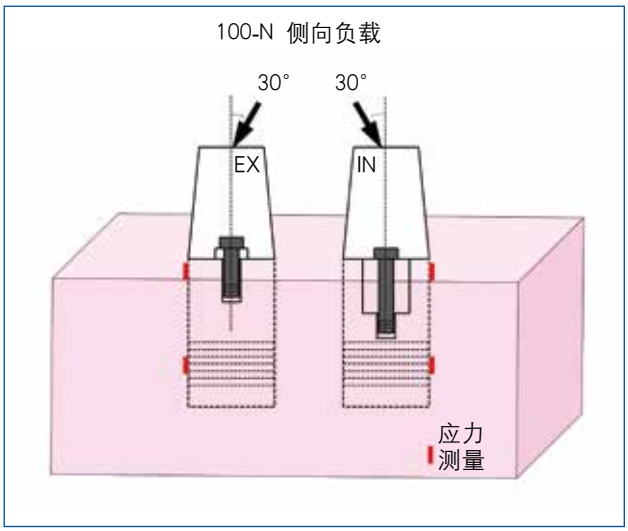

图 2　模型加载负荷的演示图（30° 负荷）

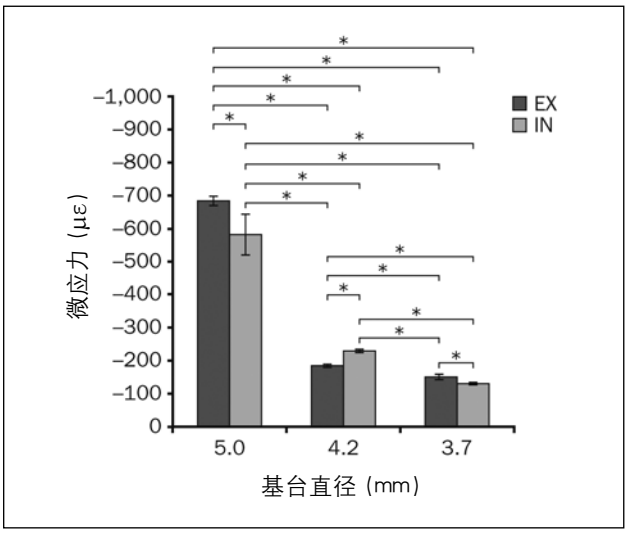

图 3　不同直径基台（5.0mm，4.2mm 和 3.7mm）对应的种植体颈部区域平均应力值及标准差，所有结果都有显著差异（$P < 0.05$）

应力测量仪的输出数据用一个已知的负荷值进行校准，数据的线性系数提示误差＜ 5%。同时，应力测量仪中的温度自我校准功能也可以减小树脂模型中由于温度变化引起的误差。

在实际测量中，首先记录了负荷前的应力、持续负荷 30s 时稳定的数据，在最后一次测量及去除了负荷之后，仍记录测量仪的数据，直至记录仪表针指向零或者用负荷校准确认数据的线性指数，确保试验过程中未产生疲劳损害。

用 Kolmogorov–Smirnov 测试检验数据的正态分布，当数据显示出方差一致性，用单因素方差分析和 Tukey 方法进行检验，当数据未显示出方差一致性，则进行 Kruskal–Wallis 检验、多因素方差分析及 Steel–Dwass 检验。$P < 0.05$ 认为结果具有显著差异。所有的数据用 SPSS（11.0 version，IBM）和 R software（version 2.9.2，R Development Core Team）。

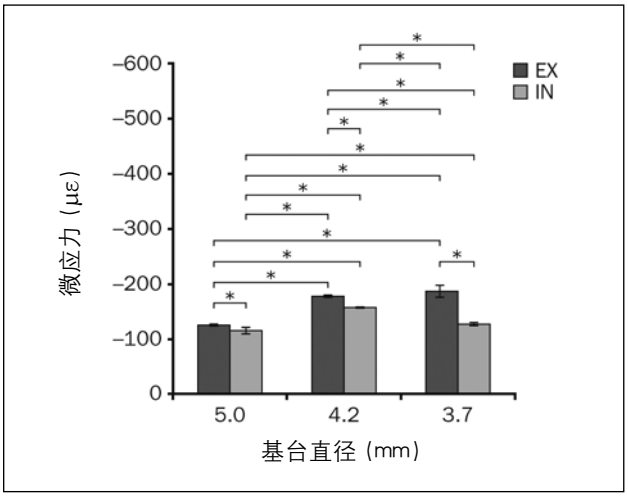

图 4　不同直径基台（5.0mm，4.2mm 和 3.7mm）对应的种植体根尖区域平均应力值及标准差，所有结果都有显著差异（$P < 0.05$），除了对比 EX 5.0mm 和 IN 3.7mm 两组

3　结果

3.1　种植体颈部区域的应力

图 3 显示了种植体颈部区域的应力平均值，负值表示测试模型在负荷下受的压应力。无论是 EX 或 IN 种植体，直径为 5.0mm 的常规匹配基台所受的应力值最大（EX，−682.8με；IN，−582.1με），其次是 4.2mm 基台（EX，−184.1με；IN，−229.1με）和 3.7mm 基台（EX，−150.5με；IN，−129.7με）。相比于直径为 5.0mm 的基台，4.2mm 直径的基台组的应力减少了 73%（EX）和 61%（IN），3.7mm 直径基台组所受的应力减少了 78%（EX）和 78%（IN）。

3.2　种植体根尖区域的应力

图 4 显示了种植体根尖区域的应力平均值。对于直径 5.0mm 的常规匹配基台组，EX 种植体所受应力值比 IN 种植体大。相比于直径为 5.0mm 的基台（EX，−126.1με；IN，−115.4με），

4.2mm 直径的基台组（EX，−178.2με；IN，−157.9με）的应力增加了 41%（EX）和 36%（IN），3.7mm 直径基台组（EX，−186.9με；IN，−126.9με）所受的应力增加了 48%（EX）和 10%（IN）。但是，总体的变化值比种植体颈部的应力变化更小。

4 讨论

口腔种植体的功能在于将咬合力传导至周围的生物组织，这些力量将会影响种植体周围的骨重建。机械应力对于骨组织以及种植体的骨结合有积极和消极的双重作用。通常，骨组织可以承受一定范围的应力，该范围大概是 50 ～ 1500με，负荷的高峰值如果达到 1500 ～ 3000με 可能引起轻度的过度负荷。因此，种植体的设计应该能以最佳方式传导咬合力，最大程度地支持修复体行使功能和促进骨结合。

虽然体外研究结果与体内研究结果有出入，但是体外研究的结果对于种植体在非口腔环境界面的评估仍然是有意义的。本实验的目的在于研究不同种植体基台形态产生的生物力学效应，即负荷状态下不同种植体周围的应力分布。实验将 EX 和 IN 种植体植入树脂块中，用树脂块模拟缺牙区的牙槽嵴，但是并不能模拟临床中各种类型的骨密度。真实的口内环境包括各种情况，例如骨皮质和骨松质，种植体 − 骨界面以及种植体的修复部件，即使使用了有限元分析，也难以模拟。本研究是一个预实验，进一步的研究需要在口腔临床环境下全面地评估种植体周围的应力分布。

在本研究中使用了单向应力测试仪，它的长轴与种植体负荷的方向相反。单向应力测试仪比多向应力测试仪更经常使用，因为后者不能测量作用于传感器上不同力量的差别。因此，需要进一步研究在临床状态下种植体周围应力的特点。为了防止不同的牙冠的材料和形态对于应力测试的影响，Wang 等和 Eskitascioglu 等建议将负荷直接作用于基台上。但是也导致本研究具有异于口腔环境的局限性，后续研究需要模拟在不同修复体和不同负荷情况下的应力分布情况。

在本研究中，不论是对 EX 或 IN 种植体而言，种植体颈部的应力均比根尖区的应力明显增加，这与其他研究的结果相符合。该结果提示我们种植体的颈部区域过度负荷及骨吸收的风险更高。在连接 5.0mm 的基台时，IN 种植体在颈部及根尖区的应力均小于 EX 种植体。这说明 IN 基台与种植体有更大更深的接触面积，可以更稳定、更广泛地传递应力，该结果与其他研究的结果相匹配。

当种植体连接了直径更小的基台，种植体 − 基台界面被转移至与颈部骨组织距离 0.8mm 或 1.3mm 的位置，这引起 EX 和 IN 种植体替代体颈部的区域应力减少（图 3）。这说明平台转移不仅影响 EX 种植体（这已经在其他文献中被证实），同时它也影响 IN 种植体。但是，应力降低的幅度，EX 比 IN 种植体更大，也就是说 EX 种植体的平台转移效果更显著。曾有研究表明减少基台的直径，即使用平台转移基台，使种植体 − 基台界面离开骨界面 0.5mm，不会带来显著的生物力学缺陷。但是，根据本研究可发现减小种植体的直径将会导致种植体根尖区的应力轻微增大。

平台转移的概念由 Lazzara 和 Porter 提出，是基于这样的假设：即小直径的基台可以增加污染的种植体 − 基台微间隙与牙槽嵴顶骨组织的距离，因此可以减少种植体周围长期的骨吸收。Cappiello 等发现在负荷 12 个月之后，平台转移基台的骨吸收（平均骨吸收，0.95 ± 0.32mm）与常规匹配基台的骨吸收（平均骨吸收，1.67 ± 0.37mm）相比显著减少。Vela−Nebot 等人也发现在基台安装 6 个月以后，数字化牙片显示使用平台转移基台的骨吸收（平均值，近中 0.76mm，远中 0.77mm）比常规匹配基台的骨吸收（平均值，近中 2.53mm，远中 2.56mm）显著减少。

值得注意的是，当临床医生选择了某种设计类型的种植体之后，决定种植体预后的不仅仅只有种植体周围的拉应力 / 压应力。其他临床情况，诸如种植体之间不平行，难以取得被动就位，难以安放修复体，同样也会影响 EX 或 IN 种植体的使用。同理，一个窄直径的侧切牙内连接种植体发生机械并发症的风险也更大。此外，减少炎性细胞的浸润，制作修复体良好的穿龈轮廓也会影响平台转移的使用。

本研究发现种植体 − 基台平台转移界面不同的形态会影响种植体负荷后的生物力学效果，EX 种植体减少的应力比 IN 种植体更多。但是本试验有诸多局限性，需要在临床环境中进一步评估种植体周围的拉应力 / 压应力分布。

5 结论

尽管本研究有诸多局限性，但是可以得出以下结论：

1. 在安放常规匹配基台后负荷的情况下，内连接种植体比外连接种植体可以更有效地减少种植体周围的应力。

2. 对于内连接和外连接种植体，平台转移均可以有效减少种植体颈部的应力。但是，外连接种植体比内连接种植体减少应力的效果更显著，相反，在种植体根尖区可有轻微的应力增加，但是总体而言，比种植体颈部的应力变化更小。

6　申明

作者申明本研究中无任何利益冲突。