译文

识别咬合力过载和如何处理避免种植体周骨边缘吸收

Identifying Occlusal Overload and How to Deal With It to Avoid Marginal Bone Loss Around Implants

Jia-Hui Fu, Yung-Ting Hsu, Hom-Lay Wang

原载 Eur J Oral Implantol, 2012, 5(增刊): S91-S103.（英文）

孙亚州 译 汤春波 审

摘 要

背景：咬合力过载是种植体并发症生物力学的首要原因，包括种植体和（或）修复体折裂和（或）松动。它可破坏种植体和骨的结合，导致种植体周骨丧失甚至种植失败。**目的**：本文目的在于识别和评估临床及影像学诊断种植牙咬合力过载。也探讨了如何处理咬合力过载，防止种植体周骨边缘吸收。**材料和方法**：在 PubMed 数据库中搜索最新研究的电子文献，检测咬合力过载和种植体周骨丧失的关系。英文版的临床病例研究需至少 10 颗种植体。**结果**：检索出 7 篇文献。发现咬合力过载是种植体周骨边缘吸收的促进因素。**结论**：防止咬合力过载需要综合检查，确定治疗计划，精确的手术和修复操作，常规维护。如果发生了咬合力过载，进行种植并发症的生物力学处理，防止／治疗种植体周骨丧失需包括手术和修复体调整，如咬合治疗、修补或更换有缺陷的修复部件，手术处理骨凹陷。

关键词 生物力学；骨重建；种植并发症；种植修复；种植；过载；种植体周围炎

利益冲突声明 作者未接受在本文中涉及产品的任何直接或间接资金资助

专家点评

汤春波教授点评：预防咬合过载应从种植治疗计划开始，通过临床及影像学检查早期识别，如有副功能运动习惯和不足的软硬组织量在进行治疗前要处理。严格按修复为导向植入种植体，制作最终的修复体应遵循以下原则：如咬合轻接触，侧向力最小化，天然邻牙分担咬合力，保持粉平面。

译者单位 南京医科大学口腔医学院修复科
江苏省南京市鼓楼区汉中路 136 号 210029

1 简介

骨内牙种植体的实际功能起源于种植体表面与包绕骨之间的紧密结合。这种结合被命名为“骨整合”，定义为排列有序的活性骨与承担功能负载的钛种植体表面间的直接结构和功能结合。它表明了功能负载均匀的种植体增强了骨整合，但这是非常精准的关系，因为任何的早接触或咬合干扰都能潜在引起咬合力过载，导致结构性与生物性的不可逆破坏。

《口腔颌面种植词典》将咬合过载定义为“功能或副功能运动的咬合负载，超过了修复体、种植体或骨整合界面的承受值，未造成结构性或生物性破坏。”这是种植体生物并发症的主要原因，造成了不期望的偏离正常的治疗效果。机械并发症如种植体折断、基台螺丝折断或松动和修复体折断，被证明是咬合过载的临床后果。区别种植体早期负载与咬合过载非常重要，因为咬合过载最终导致种植体周骨丧失或种植失败。种植体早期负载定义为种植体植入后，骨内种植体咬合负载不早于 48 小时、不晚于 3 个月。因此早期咬合负载可能影响正常的骨整合。过载特指作用于已与周围骨形成生物附着骨整合的咬合负载。

当临床病例存在骨质量差、骨量不足、不理想的种植体位置（如在上颌骨植入过于唇颊侧）、制作不良的修复体（如过长的悬臂梁）、患者有副功能运动习惯时，咬合过载对种植体周骨和软组织的影响变得很显著。当周围组织不能适应作用于种植支持的修复体上过大的力时，会发生种植体周骨丧失。力会从修复体传导到牙槽嵴顶区的种植体 - 骨界面，导致骨整合破坏和（或）牙槽嵴顶骨丧失。

哪种咬合过载会引起种植体周骨丧失的确切原理仍有争论，因为存在很多混杂因素，例如颌骨质量，负载的大小、方向和频率，种植体和修复体的设计，种植体位置。很多研究特别是一些动物模型，已深入到调查咬合过载与种植体周组织反应的关系。在一个良好对照的狗模型上，发现种植体周骨反应取决于施加的机械力水平。当骨周围拉力在 3400 ~ 6600 微应变时，发生骨沉积。相反，当拉力超过 6700 微应变时，出现骨吸收。在这个特殊的研究里，作者得出结论，当机械力超过一定阈值，存在轻度炎症，发生种植体周骨丧失。其他动物模型也报道了当有炎症和咬合过载时，存在种植体周骨丧失。然而当种植体周黏膜健康，咬合过载的效果变得不明显。这些动物模型在方法论上具有很大不同特点，如使用动物的种类，种植体表面和几何形态，咬合负载的方向、大小、频率、持续时间，最终制作的修复体材料和设计。另外有理由推测，当种植体周存在黏膜炎症时，咬合过载可导致种植体周骨丧失。

本文通过文献检索，目的是鉴别和评价用来诊断种植牙咬合过载的临床和影像参数。也讨论了处理咬合过载防止种植体周边缘骨丧失的指导原则。

2 材料与方法

2.1 搜索策略

在 PubMed 数据库从 1950 年 1 月至 2011 年 7 月电子检索英文出版的相关文献。检索关键词包括咬合过载、过大的咬合力、咬合力、生物力学失败、生物力学并发症、副功能运动习惯、口腔种植、种植牙。布尔运算“OR”“AND”在文献检索联合应用。临床研究至少有 10 颗种植体。病例报告、病例系列研究、动物模型、有限元分析模型和文献综述与研究不完全满足纳入标准也行。检索出 710 篇相关出版文献标题。标题和摘要再筛选，得到 11 篇候选的相关文献全文进行评述（图 1）。

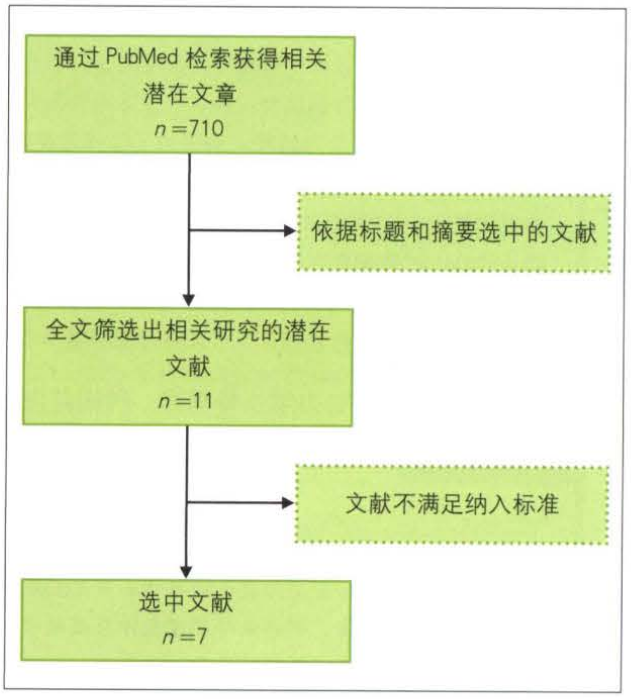

图 1 文献检索程序流程图

3 结果

总共有7篇文章满足纳入标准，评价了咬合过载与种植体周骨丧失间的关系（表1）。7篇中的5篇是回顾性的，2篇是前瞻性的。选中的研究表明咬合过载与种植体周边缘骨丧失正相关，但较差的口腔卫生仍然是关键的起始因素。在不同研究的方法论上，存在明显的异质性需重点关注。同时大多数研究是回顾性的，很难控制临床参数和解释混杂因素。在早期研究中，使用的是商业纯钛种植。这些种植体的表面特点与现在使用的种植体完全不同，因此早期研究中的咬合过载在种植体周边缘骨丧失的影响可能不同。修复设计和研究中使用的不同材料，在比较这些研究时是比较明显的混杂因素。

4 讨论

4.1 识别种植牙的咬合过载

临床和影像参数，如探查深度、牙龈退缩、探查出血、化脓和骨丧失，在鉴别种植体周炎症时经常使用。在口腔环境下检查种植牙如何行使功能和存活，这些参数是首选的替代终点。实际的终点是种植体松动或脱落，令人沮丧的是通常没有报道它们。种植牙咬合过载临床表现是，当骨整合丧失时种植有动度。用来探查种植体动度比较粗糙的方法包括用钝头器械敲击或用两个钝头器械晃动种植牙。敲击时清音表示种植体骨整合良好，浊音表示种植失败。这个检查非常主观，临床应用不便。几个复杂的方法，如扭力动度测试、共振频率分析（RFA）和阻尼容量（Periotest®），在种植牙开始出现时就被设计测量种植体稳定性。

扭力动度检查是评估骨－种植体界面的抗扭强度，间接测量了骨－种植体结合质量（BIC），它包括用扭力把种植体最终从骨松开。人类种植牙骨整合的阈值在45～48Ncm。需注意的是，骨－种植体结合质量（BIC）阈值依赖于种植设计和表面特性包括骨的质量和数量。另外，这是一种侵入性有潜在破坏性的检查，只有骨整合或种植失败两种结果。因此，通常只在动物研究中使用。

阻尼容量（Periotest®）检查有一个敲击杆，以0.2m/s敲击种植体。测量种植体与敲击杆头的接触时间，代表种植体－骨的阻尼特性。阻尼容量（Periotest®）测量值范围为－8～+50，值越低，种植体－骨连接刚性越大。在临床研究中，阻尼容量（Periotest®）值随时间延长递减，表示正在进行骨结合。测量种植体动度采用更窄的测量值范围－5～+5。在一个检测种植体失败的研究中，Periotest的敏感性（84%）特异性（39%）相对较低。欧洲牙周病学会工作组一致认为，阻尼容量（Periotest®）和共振频率分析（RFA）在诊断方法上相似，都不能预测。

共振频率分析（RFA）来判断和监测种植体动度，目前被广泛接受，因为它不是侵入性，容易实施。它测量硬度来检查动度。产生一个压磁场，行成种植体结构或基台的侧反射。测量振荡反应也就是RFA值，转变成种植体稳定性系数（ISQ），范围在0～100。ISQ值低表示种植失败，值在40～80表示临床种植体稳定。因此，ISQ值增大推测种植体稳定性和骨整合越好。然而ISQ值可被其他几个因素干扰。种植体植入区的骨质量明显影响了ISQ值，Ⅲ型和Ⅳ型骨区的ISQ值明显偏低。种植体长度在初期稳定性影响只在愈合早期明显，不能持久。在一个种植体周围炎动物模型，RAF发现能检测到再次骨整合的微小改变。然而在人尸体研究中，在ISQ值观察到大幅度降低之前，已发现了明显的大量骨丧失。此技术在评估种植体稳定性时的特异性（97%）和敏感性（100%）都很高。

在临床情况下，种植体－骨界面更能抵抗咬合过载，种植支持的修复体上的力能导致修复体咬合磨损，基台螺丝松动，冠饰面材料、基台螺丝或种植体部折裂。种植支持的修复体动度是基台螺丝松动或折断的指针，只有当修复体取下后才能确认。种植体部折断可通过临床修复体动度、种植体存在折裂线或种植体分离的影像进行识别。

种植体影像是种植体周骨丧失的有力指示。和牙类似，当咬合过载时，种植体周出现角形或圆弧形骨缺损。这可能解释了种植体周袋探诊深度增加。种植体折断的患者，Rangert等描述了独特的骨丧失形态，影像学观察到种植体周呈“杯形”。这是由于分离的种植体部件行使功能时反复受力，刺激大量炎性细胞渗入，导致种植体周骨丧失形成的。在影像上观察到种植体周骨丧失，可能要几个月。另外，它通常在折断线处或之外停止。影像学评估种植体受几个限制。只有在邻面才能准确判定，因此当骨缺损发生在种植体颊面或舌面时，可能误诊。影像上出现标准形态时，才能观察到骨水平改变。但骨水平和骨密度的微小变化不能被觉察。

表 1 所选研究总结

作者	样本量	研究设计	种植体类型	修复体	参数	结果
Lindquist 等	46 位患者 276 颗种植体	回顾性	Brånemark	下颌固定修复	骨丧失影像 咬合力 咀嚼效率 磨耗和咬合磨损 口腔卫生 副功能运动习惯	口腔卫生和副功能运动与边缘骨丧失正相关
Quirynen 等	467 位患者 1279 颗种植体	前瞻性	Brånemark	总义齿 固定义齿	骨丧失影像	由种植体边缘骨丧失判定失败的种植体与缺少前牙接触或存在副功能运动习惯有正相关
Rangert 等	39 位患者	回顾性	未说明	单冠 固定义齿有／无远中悬臂	骨丧失影像	折断的种植体直径是 3.75mm 和 3mm 颊舌向偏差 15° 潜在引起咬合过载 90% 折断发生在垂直和侧向咬合高负荷部位
Lindquist 等	47 位无牙殆患者 273 颗种植体	前瞻性	Brånemark	有远中悬臂的固定义齿	口腔卫生 种植体周黏膜状况 动度 殆 咬合力 咬合磨损 骨丧失影像 修复并发症	口腔卫生差和吸烟与种植体周边缘骨丧失明显相关 咬合负载和种植体周边缘骨无关
Esposito 等	9 位患者 10 颗种植体	回顾性 植入分两期	Brånemark	单冠	种植体周影像透射或大量骨丧失 临床动度 叩痛 组织学：结缔组织和上皮向下生长，非矿化骨区和炎症表现	4 个种植体失败：患者磨牙症 1 个种植体失败：不利的咬合负载
Heckmann 等	28 位患者 80 颗种植体	回顾性	Straumann	单冠 联冠	骨丧失影像	联冠应力增加提高了种植体刚性对种植体周炎性骨丧失的敏感性 单独增加应力不会增加种植体周骨丧失
Serino 和 Turri	43 位患者 264 颗种植体	回顾性	Brånemark Astra Tech Straumann	单冠	探诊深度≥ 6mm 探诊出血和（或）脓肿 影像学骨丧失≥ 2mm	上颌前牙区更严重的骨丧失，可能由于颊舌向咬合负载出现种植体平台的高应力和拉力

4.2 种植体生物力学并发症

咬合过载或不均匀的应力分布导致的种植体生物力学并发症，会损害种植体周围组织，种植体和（或）种植支持的修复体。有些生物力学并发症可修复，但其他的会导致种植体早期或晚期失败。例如咬合过载引起的植体折断是不可修复的。咬合过载对种植体周骨丧失的影响，近年来有很大争论。一个 9 位患者下颌后牙圆柱形种植临床试验中，有至少 200 μm 咬合早接触时，种植体应力明显增加。与已被大量临床试验证实的由细菌感染引起的种植体周骨丧失不同，不可能在人体上进行种植牙咬合过载效果的临床试验研究。

在一系列猴模型上，调查了种植体周组织炎症下的咬合过载效果。经过15个月咬合过载，种植体8颗中的6颗失去骨整合，出现松动。剩下的2颗种植体出现了明显的骨丧失。一个调查了80颗种植体的临床试验也报告了类似结果。28位患者，植入内孔型种植体行使功能10年后检查。14位患者单颗种植，另外的14位患者种植体连接成杆形附着体。由于下颌弯曲和修复体不完全就位，后者承受了更大的咬合力。因此，可认为咬合过载和炎症联合，可能形成种植体周边缘骨明显丧失。

其他独立的研究也检查了无炎症的无牙殆种植咬合过载的效果。证明了咬合过载导致种植体周围边缘骨不可逆丧失，甚至在健康的种植体周黏膜情况下。咬合过载下种植体周围应力分布模式，可解释种植体周骨丧失原理。当种植体受到咬合过载时，应力集中在牙槽嵴顶，导致了明显的骨吸收和失去骨整合。在松质骨这种效果更显著，可能原因是骨结构矿化少。虽然咬合过载和种植体周组织丧失的关系有争议，但毫无疑问的是咬合过载能在炎性种植体周组织引起不良反应。

总之，大多数种植体生物力学并发症，如螺丝松动或折断，冠饲面材料折裂或修复体折裂都能修理。几个系统性综述证实了冠饲面材料折裂，例如瓷或树脂是最常用的种植支持修复体。一个15年随访的研究建议大多数树脂饲面折裂发生在修复早期或晚期出现严重磨损后。其他的生物力学并发症包括种植体断裂、覆盖义齿附着体断裂（17%）、覆盖义齿丙烯酸基托断裂（7%）、基台螺丝松动（6%）、修复体支架断裂（3%）和基台螺丝断裂（2%）。这些并发症同样也会发生在正常咬合力情况下，特别是当殆间距离小的时候。

4.3 生物力学并发症的预防和处理（图2和图3）

患者有副功能运动习惯或重度咬合接触，倾向于发生生物力学并发症，与过大的咬合过载有关（图2）。这种现象归因于骨种植体周缺乏感觉神经保护原理。最近，骨感受概念讨论了骨整合种植体触觉感应，帮助临床医师更好地理解种植支持修复咬合负载。尽管缺乏牙周韧带提供神经反馈，骨感受的新概念证明了骨整合种植体的触觉感应。62位患者对殆为天然牙的单颗种植临床试验表明，需要更大的力才能引起种植体周骨的触觉感应。表面喷砂或酸蚀的种植体比钛浆喷涂或机械加工表面种植体的敏感性更强。需要约9倍大的力才能引起种植体周触觉感知，可能导致陶瓷折裂。不知道有副功能运动习惯的患者，一旦修复体完成后，需要咬合保护器防止种植体生物力学并发症。

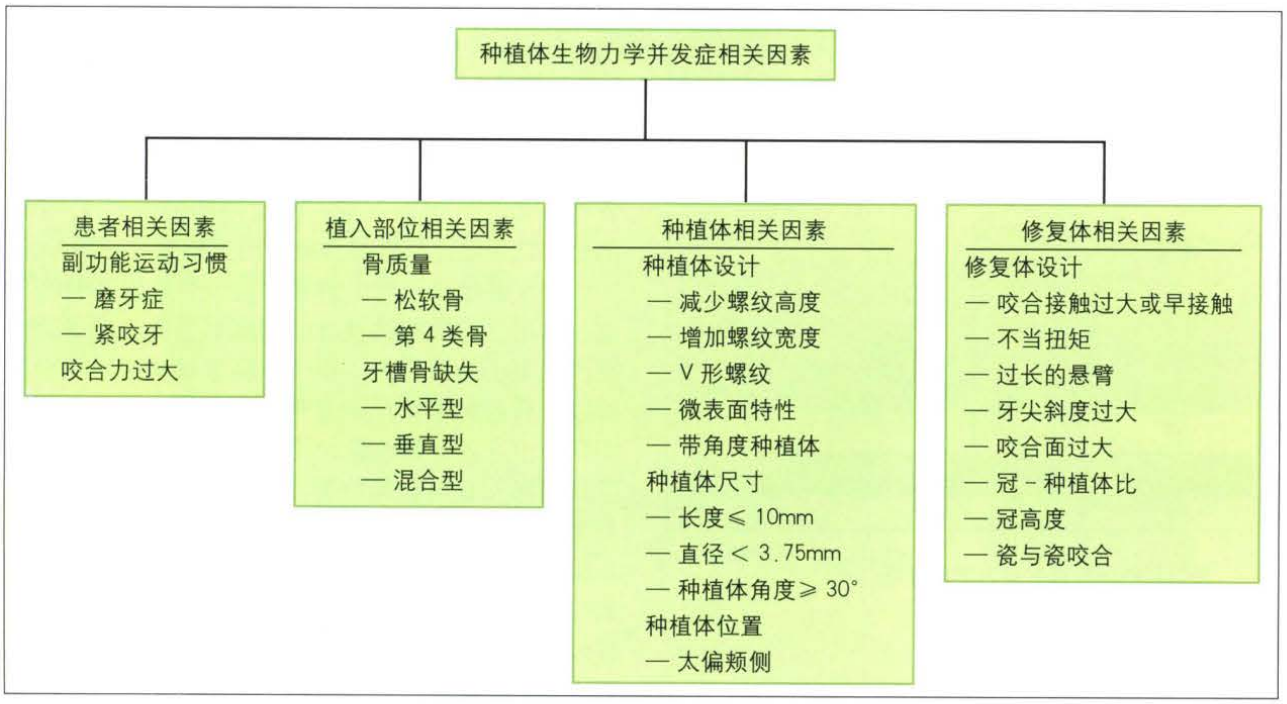

图2 种植生物力学并发症的危险因素

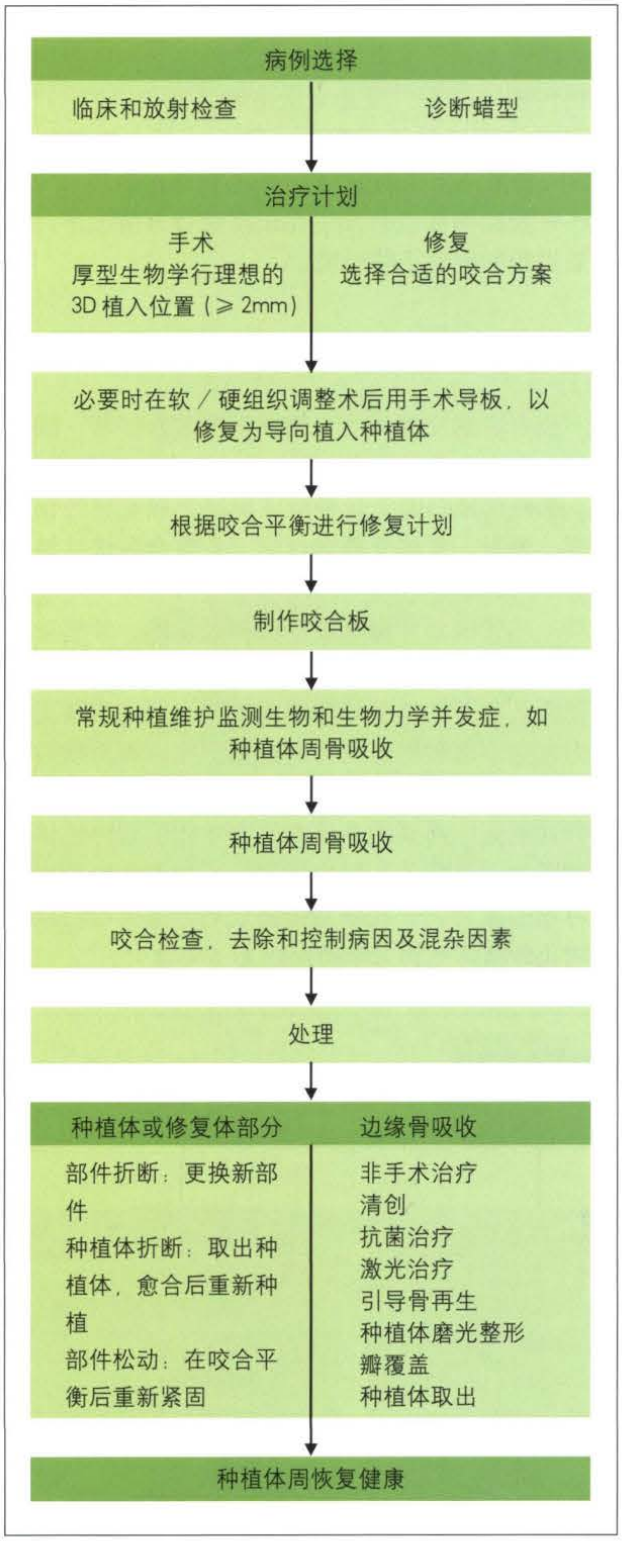

图3 预防和处理种植生物力学并发症

如果种植的手术和修复期计划合理并能执行，大多数生物力学并发症能预防。设计种植支持的修复体时，需要诊断蜡型来决定修复体为导向的种植方向。建议种植体植入在颊侧骨厚度＞2mm，距邻牙1.5mm（或距相邻种植体3mm），顶端距邻牙釉牙骨质界或预计的修复体边缘3mm（图2）。因此，应用手术导板能方便精确植入种植体。

修复为导向的种植体植入非常重要，种植体要被骨包围。因为拔牙后骨吸收，缺牙部位牙槽嵴缺损很常见。下颌骨变形大，种植体周能常规探测到应力。因此，采用软硬组织再生术增加三维组织量。如果种植体植入太靠颊侧，会增加软组织缺损风险，影响美观甚至种植失败。种植支持的修复体也会受到非轴向咬合负载，导致生物力学并发症风险增加。另外，角度基台螺丝的机械失败频繁发生。类似情况，如果种植体植入在30°或更大，无论何种冠类型，都增加了牙槽嵴顶区应力水平（图2）。植入区骨质与种植失败也有关，因为不能形成种植体初期稳定性，导致微动和最终种植体脱落。骨质差的区域建议在种植牙功能负载前，需更长的愈合时间，这样才能形成骨整合。

种植体宏观微观设计影响应力分布和骨－种植体接合。宏观表面设计将剪切力转变成压应力达到最大骨整合，最小的种植体周骨损失和种植失败。发现锥形种植体比平行种植体法更有利于降低剪切力。虽然≤10mm的短种植体和（或）直径<3.75mm的窄径种植体生存率相当高，宽径长种植体因为增加了功能表面积，更能有效对抗应力（图2）。但种植体直径对应力分布的影响发现比种植体长度更明显，因为应力在最初6颗种植体螺纹周围骨中分散了。另外，冠－种植体比增加到4.95不明显导致种植体周骨丧失或种植生物力学并发症。

除了种植体尺寸，种植平台设计在应力分布中也起作用。有微螺纹设计的颈部模型比光滑颈部模型产生更小的剪切力。在一个临床试验中，粗糙微螺纹平台的种植体比光滑平台在颈部的平均骨丧失明显要少。各种螺纹设计比较，如V形、扶壁形、反扶壁形、直角和螺旋形，直角螺纹能更有效地将外力转变成压力，有良好的骨－种植体接触。进一步检验螺纹深度、宽度和倾斜度，表明螺纹深度增加形成更大的接触面积和更小的应力。另外，增加螺纹数目，增强了骨－种植体接触和减小应力。但研究表明，0.6mm的螺纹倾斜是种植体常见尺寸设计，不能达到功能负荷的最强抵抗。8° Morse

锥度发现能减低基台螺丝松动或折断。种植平台45°斜角在螺丝固位的修复体中使修复体螺丝松动最小化。

种植体的表面结构可分为光滑、宏观粗糙度、微观粗糙度和纳米粗糙度。尽管微观结构设计在种植体周围支持组织承担咬合负载的效果不明确，粗糙表面在增强骨沉积和骨整合方面比光滑表面表现出优越性。

修复体设计对种植支持修复体的长期存活性有影响。总体来说，修复体应遵循以下几个原则修复：咬合轻接触，咬合力应分布在天然邻牙上，保持咬合平面。当对殆为总义齿或覆盖义齿时，建议设计平衡殆或者单平面殆。当采用固定种植义齿修复时，建议采用尖牙引导殆，避免修复体承担过大的咬合过载。但如果尖牙用种植修复，建议采用组牙功能殆保护种植体承担过大的非轴向负荷。另外，几个变种设计包括最小悬臂，窄咬合面，牙尖斜度平坦，1～1.5mm正中自由，偏侧时与对殆牙无接触，足够的冠空间高度、减少冠－种植体比，修复体被动就位和殆垫修复，在种植支持修复时提倡采用以减少功能负荷避免剪切力。

缩窄咬合面30%能显著降低侧向力48%。另外，冠高度超过或等于15mm，与冠－种植体比率相比，导致明显的较大微应变和增加基台螺丝折断。选择制作种植支持修复体的材料也是影响因素。一个体内试验发现，金属修复体相比丙烯酸树脂，应力分布更好，意味着降低了生物力学并发症发生率。但在另一个研究，丙烯酸树脂产生的峰值力和金瓷冠没有显著不同。后者的研究是非常小的样本，产生的峰值力标准差很大。不适合的修复体可增加生物力学并发症，但相反的证据表明不是所有的不适合都有害，存在临界阈值。超过阈值会发生并发症。螺丝固位的修复体通常有几个相关的种植生物力学并发症，如螺丝松动或折断。粘结固位修复体通常与粘结剂诱导的种植体周围炎相关。新的设计，如增强螺丝设计，内连接，直接机械锁结，抗旋转特性，控制扭力装置，被推荐来防止螺丝固位修复体出现生物力学并发症或使其最小。

有几篇文献建议分不同情况（图3），如修复体或种植部件折断需更换新部件，当咬合平衡后需重新紧固松动的部件。种植体周骨丧失需首先控制种植体周炎症，通过严格控制菌斑和最终专业处理将在本刊其他文章中讨论[*Eur J Oral Implantol*，2012，5（增刊）]。不理想的冠形态和咬合差异应调整或重新制作修复体。当观测到种植体周骨丧失时，怀疑存在副功能运动习惯，推荐使用咬合板来防止生物力学并发症。最后，患者需一个安排定期维护方案，咬合和殆力要一贯进行再评价和再平衡。当所有因素都仔细考虑到之后，种植修复才能达到长期累积成功，无论是种植支持或固位。

5 结论

咬合过载和种植体周边缘骨丧失间存在明显的正相关。但由于伦理原因，不可能进行良好的随机对照临床试验来调查这种关系。临床因素如种植体稳定性、骨位置的影像、附着丧失、种植部件和修复体松动或折断，都可用来评估种植支持修复体的咬合过载和种植体周组织。种植生物力学并发症纠正乏力，因为手术和修复治疗模式需同时进行。因此，预防并发症发生是明智的。预防应从种植治疗计划开始，包括进行临床和影像综合检查。有限的因素如副功能运动习惯和不足的软硬组织量在进行治疗前要处理。严格按修复为导向植入种植体。另外，制作最终的修复体应遵循以下原则：咬合轻接触，侧向力最小化，天然邻牙分担咬合力，保持殆平面。