译文

影响种植体周围骨改建的手术、生物学和种植体相关因素

Surgical, Biologic and Implant-related Factors Affecting Bone Remodeling Around Implants

Matteo Capelli

原载 The European Journal of Esthetic Dentistry, 2013, 8(2): 279-313.（英文）

张 玺 译 宿玉成 审

1 引言

种植体植入牙槽骨的程序引起了一系列的愈合反应，包括钛种植体表面受到创伤的骨发生坏死和吸收，同时也发生着新骨形成。

鉴于种植体的初始机械稳定性是由于种植体与骨的直接接触和摩擦力，因此这种稳定性的长期维持需要种植体和周围组织之间有生物学连接。种植体周围的骨组织调整自身的结构以适应其所承受的功能性负荷，同时这些负荷所引发的张力也影响着骨改建过程。

对于可预期性和单颗牙及牙列部分缺失患者的常规修复来说，种植体周围软组织的稳定性至关重要。反过来，软组织由其下方的牙槽嵴顶所支持。

种植体负荷后的第1年经常可以观察到牙槽嵴顶出现约1.5mm骨丧失，之后每年的骨丧失量约为0.2mm。嵴顶骨丧失导致了软组织附着位置的改变，反之亦然。与这种最初的骨丧失有关的可能病因有：

- 手术因素
- 生物学因素
- 种植体相关因素

2 手术因素

对于种植体早期失败来说，手术创伤通常被认为是一种最可疑的因素。翻瓣，备洞时产生的热损伤和种植体植入过程中对牙槽嵴顶区压力过大都会

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

促使愈合阶段的种植体周围骨丧失。由此提出如下问题：

- 在二期手术过程中，可以认为由骨膜剥离所引起的手术创伤是骨吸收的一个病因吗？
- 使用超声骨刀预备种植体植入位点过程中可能减少手术创伤吗？

推测翻瓣可能是种植体嵴顶骨丧失的一种促进因素（图1和图2）。

有功能的牙齿（牙根）及其支持组织（牙骨质、牙周韧带和束状骨）在维持牙槽嵴的轮廓方面有非常重要的作用，而且牙齿本身缺失会减少该位点支持组织的需求。牙根拔除过程中会对以下组织产生明显的机械损伤，包括牙周韧带、血管、束状骨和牙槽骨。

Araujo等做的一项动物研究证实在愈合过程中拔除一颗牙（牙根）会引起无牙嵴发生显著变化。不考虑拔牙所使用的程序时，如微创或翻瓣，观察到愈合过程中会出现相似的大量骨丧失。Fickl等用比格犬研究了通过翻瓣或不翻瓣程序拔牙后组织改变的表现。通过石膏模型上的容积测量来研究牙拔除后2个月和4个月后的愈合情况。换句话说，测量内容包括软组织和硬组织。该作者总结道“保留骨膜可以降低拔牙窝的吸收速度”。对数据的进一步详细分析可以说明两种拔牙技术都会导致组织容积的丧失，而且实验中所使用的模型并不能区别软硬组织。Blanco等在犬模型上检测了拔牙后即刻种植后牙槽嵴顶的变化。拔牙所使用的程序是翻瓣或不翻瓣。种植体（Straumann种植体系统）植入后愈合3个月进行活组织检查，观察到颊侧骨壁顶的位置距离种植体肩台的位置分别为4.13mm（翻瓣）和3.62mm（不翻瓣）。换句话说，不翻瓣和翻瓣术后3个月在颊侧壁的区别约0.5mm。Araujo等研究和Blanco等研究的区别之处是愈合期的长短，即6个月和3个月。举例来说，Schropp等研究发现拔牙窝的维度变化在3个月后并没有完成，而且在3～12个月中会出现额外的吸收和萎缩。因此，目前的实验数据表明：在更长的愈合期后，Blanco等研究中观察到的翻瓣和不翻瓣之间0.5mm的差别可能会消失。

支持骨萎缩的程度明显与手术位点骨壁的厚度有关。因此，骨壁越薄嵴顶吸收越严重。

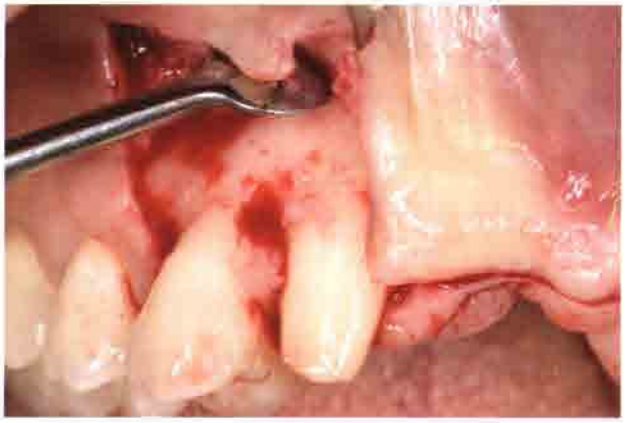
Covani等研究显示翻开黏骨膜瓣或不翻瓣的即刻种植都可以获得成功，即使在需要骨增量程序的骨缺损处也可以。

同时也注意到，在翻瓣组骨再生达到的骨高度比不翻瓣组更靠近冠方。

Wilderman等报道翻瓣骨增量手术后水平骨吸收的平均值约为0.8mm，损伤修复的潜力高度依赖于皮质骨下方松质骨的量。二期手术时骨吸收一般为垂直型，测量值为0.2～1.3mm。这种吸收只出现在种植体周围，且以“蝶形”为特征；周围的骨并没有感染，即使所有的骨在手术过程中处于暴露状态。

1984年，Eriksson和Albrektsson报道种植体位点预备时的临界温度为47℃不超过1min或40℃不超过7min。在种植手术过程中，嵴顶区过大的压力会导致过热。目前已经证实压力比钻速对温度上升的影响更大。但是，也发现钻速和压力都增加时，并没有观察到温度明显升高，这是因为切削效率提高了。

超声手术设备的引进提供了一种新的可能性，即切削骨组织时不产生高温。目前，各种医学领域



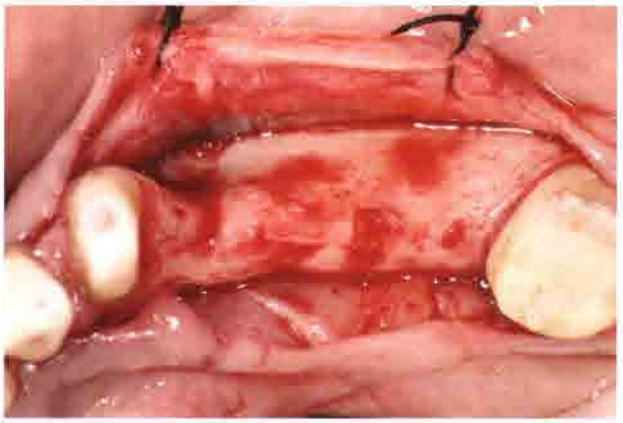


图1和图2 目前推测翻开黏骨膜瓣是骨吸收的一种促进因素

正在广泛研究超声骨刀的效果。例如在骨科，通过使用超声骨刀促进细胞增殖和骨基质合成以促使骨折和韧带损伤的愈合。其他实验研究假设超声骨刀的影响力在于促进血管再生和刺激成牙本质细胞产生修复性牙本质，同时激活牙髓干细胞分化为成牙本质细胞。另外，近期有两篇动物实验研究得出结论，与钻相比，在促进牙周及种植手术中的骨愈合方面，超声骨刀似乎更有效：超声波切割可以诱导 BMP-4 和 TGF-b2 水平更早上升，控制炎症过程和刺激更快速的骨改建（图 3）。这些结果的一种可能原因是超声骨刀的清洁效应；微小振动和盐水的气穴效应可以有效清除位点预备产生的骨碎屑和组织残渣，暴露骨髓腔并促使骨原细胞快速迁移到新鲜创面。在愈合阶段，减少细胞坏死和更快速地活化细胞可以缩短炎症过程和骨改建，增加种植体周围骨组织的稳定性。

总之，在种植二期手术阶段，由手术创伤和翻开黏骨膜瓣导致的骨吸收迹象并不常见；另外，种植体周围骨吸收的形式更倾向于垂直骨吸收而不是水平骨吸收。因此，种植体周围早期骨吸收的手术因素假设有待商榷。

3 生物学因素

3.1 生物学宽度（生物学封闭）

在天然牙上，牙—牙龈连接由三部分组成：龈沟、上皮附着和结缔组织附着。Gargiulo 等和 Vacek 等在人类头骨上研究了牙—牙龈结构的维度。之前的报道是龈沟的平均深度为 0.69mm，上皮附着和结缔组织附着的平均值分别为 0.97mm 和 1.07mm。生物学宽度（BW）只包括上皮附着和结缔组织附着，因此结果为 2.04mm。Vacek 等发现的这个数值与 Gargiulo 的发现相似，即 1.14mm 的上皮附着和 0.77mm 的结缔组织附着。这两项研究结论指出个体之间最稳定的值是结缔组织附着的尺寸。

牙种植体周围也存在着上皮附着和结缔组织附着。它们组成生物学封闭作为屏障阻止细菌侵入和食物残渣进入种植体—组织界面。种植体和天然牙上的上皮附着都由半桥粒和基底膜组成，但是结缔组织中胶原纤维的排列方向不同，与种植体表面平行，而与天然牙根面垂直（表 1）。由此提出以下问题：

- 种植体植入骨嵴上方或下方会影响种植体周围骨吸收的程度吗？
- 不匹配的种植体会影响生物学宽度的线性分布或者组织规律分布吗？

Cochran 等研究了负荷和未负荷非潜入式钛种植体，发现种植体—生物学宽度的尺寸随着时间的推移直至 1 年后都始终如一。负荷 12 个月后，龈沟深度为 0.16mm，上皮附着为 1.88mm，结缔组织附着为 1.05mm。该研究中报道的生物学宽度为 2.93mm。

种植体周围的生物学宽度并不总是一致的，但是其受制于个体间的差异，即患者之间，不同种植体之间。于是修复后种植体周围骨水平也出现了个体间差异，从而影响美学效果。Hermann 等系统评

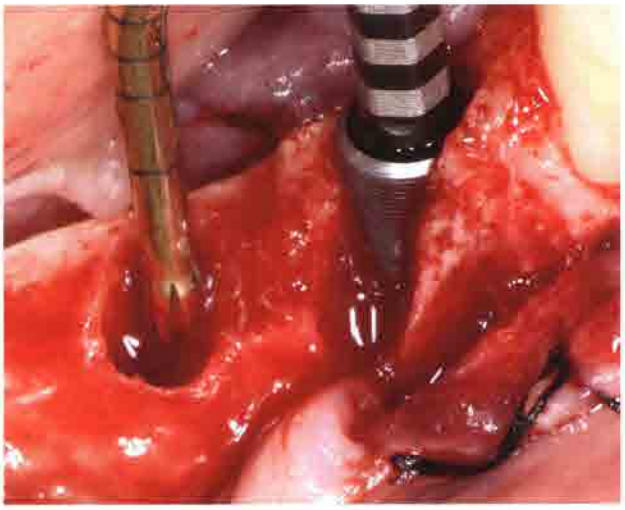


图 3 超声骨刀预备种植位点可以促进更快速的骨结合

表 1 牙和种植体之间的比较

	牙	种植体
连接方式	牙骨质、骨、牙周韧带	骨结合、功能性固连
结合上皮	半桥粒和基底膜	半桥粒和基底膜
结缔组织	垂直纤维	平行纤维
血管分布	较多	较少
探诊深度	健康状态≤ 3mm	2.5 ～ 4.0mm（依赖于软组织深度）
探诊出血	较可靠	不太可靠

价了非潜入式种植体周围生物学宽度尺寸的变化。他们观察到龈沟深度、上皮附着和结缔组织附着的各个值会随着时间而变化，但其总和在生物学宽度的尺寸范围内。

关于潜入式种植体周围生物学宽度的尺寸也有相关报道（表2）。

Berglundh 和 Lindhe 在比格犬模型上研究了种植体周围黏膜的尺寸。在基台连接之前，手术削减实验侧黏膜边缘约2mm或更少，对照侧原封不动。菌斑控制6个月后，杀掉动物进行显微镜观察。结果说明实验位点创口愈合很一致，即发生骨吸收以建立约3mm的种植体—软组织界面（生物学封闭）。在对照组，牙槽嵴顶到种植体周围口腔上皮外表面的距离平均为3.65±0.44mm。

Hämmerle 等在11位患者中研究了把非潜入式种植体的光滑表面植入软硬组织下方的效果。实验位点，光滑表面的根方边界在嵴顶下方1mm；对照位点，种植体粗糙表面和光滑表面的交界处与嵴顶平齐。行使功能1年后，实验组嵴顶骨吸收为2.26mm，对照组为1.02mm。该研究表明，在第1年行使功能过程中，以嵴顶骨吸收为代价在粗糙面根方1mm处建立了生物学封闭，而不依赖于初始增加的种植体植入深度。

另一项研究在犬模型上比较了潜入式和非潜入式未负荷牙种植体的组织愈合，发现潜入式种植体的上皮附着根向延伸定位于微间隙下方，明显长于非潜入式种植体。目前推测潜入式种植体这种更长的根向延伸可能是由于二期手术基台连接后微间隙处的微生物渗漏。但是，两组之间没有明显差别：种植体顶端与骨—种植体初始连接处之间的距离，潜入式种植体为2.92mm，非潜入式种植体为2.95mm。该研究推测上皮向下生长的程度与术后出现的骨吸收量无关，而与基台微间隙处的微生物渗漏有关，而结缔组织好像可以充满此间隙。

Wallace 强调了牙种植体上生物学宽度的重要性并陈述道：如果二期手术后上皮附着的最终位置在种植体体部上，那么对于种植外科医师来说具有重要的临床意义，因为它在某种程度上决定了术后早期骨吸收的量。

基于这些发现，很明显，建立生物学宽度的过程至少是种植体早期骨吸收的部分原因。但是，骨吸收的量可能也受以下因素影响，即软组织的厚度、非潜入式种植体粗糙面与光滑面交界处的位置和潜入式种植体微间隙的位置。

近期有一篇动物组织学研究，种植体与骨面平齐，上方分别连接不匹配基台和匹配基台，比较其差别。连接不匹配基台组拥有更短的生物学宽度1.97±1.20mm，结缔组织部分为1.21±0.96mm，上皮附着为0.83±0.92mm。对照组的平均生物学宽度为3.20±0.33mm，结缔组织部分为1.29±0.53mm，上皮附着为1.91±0.71mm。该实验的结果表明种植体上连接不匹配基台是有良好效果的，但种植体肩台需与嵴顶平齐。这些效果包括保留了约0.5mm嵴顶骨高度，同时上皮附着缩短了约1.1mm且维持了嵴顶上方的结缔组织尺寸。

3.2 附着龈

有证据显示，附着龈的缺失与否可能会改变种植体周围区域的抵抗力导致菌斑诱发的损害。事实上，Warrer 等使用动物模型报道了牙种植体周围附着龈缺失会增加种植体周围区域对菌斑诱发组织损害的易感性。因此，提出以下问题：

- 附着龈对保存种植体周围边缘骨有什么影响呢？

一项有限数量的临床研究评估了附着龈对边缘骨水平变化的影响。Mericske-Stern 等对33位无牙颌老年患者随访了5年，下颌共计植入66颗ITI种植体。种植体作为覆盖义齿的锚固点。大约

表2 天然牙和牙科种植体周围的生物学宽度测量

	天然牙		牙科种植体		
			非潜入式	潜入式	
	Gargiulo 等	Vacek 等	Cochran 等	Berglundh 等	Abrahamsson 等
龈沟深度（SD）	0.69mm	1.34mm	0.16mm		2.35～1.64mm
结合上皮（JE）	0.97mm	1.14mm	1.88mm	2.14mm	1.64～2.35mm
结缔组织附着（CT）	1.07mm	0.77mm	1.05mm	1.66mm	0.50～0.62mm
生物学宽度（BW）	2.04mm (JE+CT)	1.91mm (JE+CT)	2.93mm (JE+CT)	3.80mm (JE+CT)	2.14～2.97mm (JE+CT)

有50%的种植体在黏膜下方。种植体周围黏膜组织在整个观察期内保持健康，没有观察到或有极小的附着丧失。Wennström等评估了种植体处与咀嚼黏膜宽度有关的软组织状况，结果显示24%位点缺乏咀嚼黏膜，另外13%咀嚼黏膜的宽度不足2mm。61%的种植体可以观察到颊侧软组织边缘的可移动性（即缺乏附着性咀嚼黏膜）。有充足咀嚼黏膜宽度的位点与不充足位点相比，没有发现临床参数的差别。多中心回归分析显示咀嚼黏膜的宽度和边缘组织的可移动性都不会明显影响（i）菌斑控制的标准和（ii）种植体周围黏膜的健康状况，而这是由探诊出血决定的。因此，该研究不支持此观点，即附着性咀嚼黏膜的缺失会危害牙种植体周围软组织健康状态的维持。

Bengazi等评估了安装固定修复体后2年内发生的种植体周围软组织位置的改变。软组织边缘的根向移位主要发生在观察期的前6个月。下颌舌侧位点软组织退缩表现最为显著，探诊深度减小和咀嚼黏膜宽度减小。数据分析显示，在2年的随访期过程中，修复体戴入时咀嚼黏膜缺失和种植体周围软组织的可移动性是软组织退缩的不良信号。有证据显示种植体周围软组织边缘的退缩可能是软组织改建的结果，即为了建立种植体周围软组织屏障的适宜生物学维度（上皮—结缔组织附着的适宜尺寸，与嵴顶上方软组织的颊—舌向厚度有关）。

Roos-Jansåker等研究了附着龈在种植体周围疾病中的作用，他检测了218位接受钛种植体治疗的患者。对种植体周围黏膜炎和种植体周围炎的潜在变量进行多变量分析，结果显示种植体周围附着龈的缺失与种植体周围疾病之间没有相关性。

动物实验中有限的证据显示，对于软组织封闭来说，咀嚼黏膜和可移动黏膜之间存在差异。纵向的回顾性和前瞻性临床试验中的证据显示，在充分菌斑控制的条件下，根据临床参数判断在维持软组织封闭的健康和功能方面其预后没有差别。一篇近期的系统回顾显示存在至少1～2mm宽的附着龈会有益于减少菌斑积聚、组织炎症、黏膜退缩以及临床附着丧失。有一个趋势，即与宽附着龈组相比，窄附着龈组会有更多的骨吸收，但是没有统计学差异。

3.3 软组织厚度

有证据显示，在薄龈生物型位点种植体周围骨吸收会更显著。因此提出以下问题：

- 软组织厚度对种植体周围边缘骨的保存有什么影响？

黏膜厚度和种植体周围边缘骨吸收之间相关性的数据是很少的。Strub等在动物模型上，菌斑诱导组织破坏后，在种植体周围软组织退缩或骨吸收方面，有没有附着龈（KM）之间没有发现差异。另外，在猴子模型上的种植体，极少或无附着龈比有附着龈表现出更明显的退缩。种植体周围附着龈的存在与软组织的健康有强相关性。与这些支持附着龈宽度与软组织健康相关的研究一致，一篇近期的研究发现了负相关性，即附着龈（KM）厚度、黏膜退缩（MR）和牙周附着丧失（PAL）之间。另外，组合起来时，狭窄的黏膜带与三倍的黏膜退缩（0.27±0.52 vs 0.9±0.78，$P=\frac{1}{4}0.001$）及更多的牙周附着丧失有关。相反，附着龈的宽度与探诊深度呈正相关，即拥有宽附着龈的种植体其平均探诊深度也较高。这种现象的可能解释与以下事实有关，即在附着龈较窄处，黏膜退缩后浅袋形成更常见。种植体周围附着龈的厚度可能决定了软组织未来的动态，即可能表现为退缩或在厚龈或薄龈生物型区分别形成袋。

在一项动物实验中，Berglundh和Lindhe报道在种植体周围封闭区形成过程中薄组织会激惹嵴顶骨吸收。另一项组织学研究观察显示，种植体周围一直是薄黏膜时会发生角形骨缺损，而牙槽嵴平坦的种植位点，厚龈生物型比较普遍。然而，设计巧妙的动物研究所提供的证据有局限性，在临床实践中上述结果不能普遍适用。另外，目前缺乏组织厚度对骨稳定性影响的临床研究（图4和图5）。因此，牙龈组织厚度在早期嵴顶骨吸收的病因学方面是否发挥作用仍待商榷。

近期Linkevicius做的一项临床人体研究揭示种植体植入后至1年，薄黏膜组织会引起嵴顶骨吸收。如果组织初始厚度小于2.5mm，可以预期在行使功能的第1年骨吸收会达1.45mm。在厚组织处（≥2.5mm），如果种植体—基台连接处位于骨水平以上约2mm，则可以避免明显的边缘骨退缩；在这些病例中会出现微不足道的骨吸收量（约0.2mm）。因此，作者们建议若种植位点为薄龈生物型，则应避免种植体位于嵴顶上方（图6）。

4 种植体相关因素

4.1 一段式种植 vs 两段式种植

一段式种植手术是指种植体植入后安装愈合基

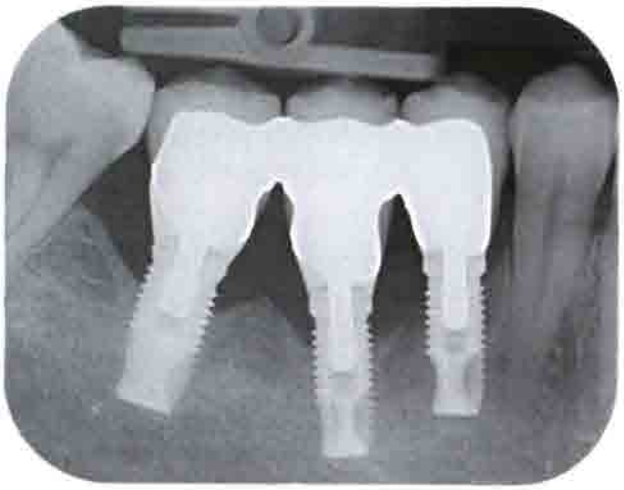


图4 薄龈生物型的种植体可能更易于发生角形骨吸收

图5 厚龈生物型的种植体可能更多地表现为水平骨吸收

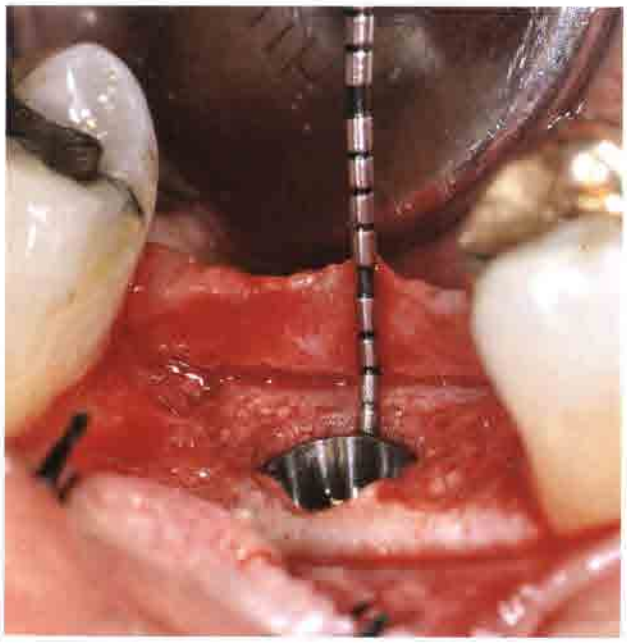


图6 在种植体周围骨稳定性方面，组织初始厚度是一个重要因素

台，缝合黏骨膜瓣后仍暴露在口腔中；相比之下，两段式种植是指种植体植入后安装封闭螺丝，缝合黏骨膜瓣后完全潜入式愈合。3～6个月后，应用二期手术程序暴露种植体安装愈合基台，促使种植体周围黏膜愈合。

由此提出以下问题：

- 种植体周围骨稳定性在一段式种植和两段式种植之间有差异吗？

在实验和临床研究中都评估了一段式种植和两段式种植手术对种植体周围黏膜和嵴顶骨水平变化的影响。

Abrahamsson等在一项动物研究中，包含3种不同的种植体系统（Astra Tech，Brånemark，Straumann），使用的技术为两段式（Astra Tech，Brånemark）或一段式（Straumann），观察期为6个月，比较了穿黏膜组织的形态和组成。上皮和结缔组织部分有相似的尺寸和成分。三组显示的骨吸收量约为0.5mm；上皮高度约为2mm（组间有轻微差异，1.6～2.3mm）；结缔组织约为1mm。这些组织学观察表明，这些种植体系统的软组织封闭有相同的特点。同样地，一项近期的研究中，同一种植系统（Astra Tech）用不同的植入技术（一段式vs两段式），没有发现组织学和影像学差异。

关于一段式或两段式种植体植入技术尽管有大量的临床研究和报道，但是有很少研究直接对比这两种技术。Astrand等在一项左右半口自身对照的临床研究中，比较了一段式（ITI，TPS整体螺丝固位）和两段式（Brånemark）种植技术，支持的是上颌螺丝固位固定局部义齿，观察期3年。在骨水平改变和存留率方面没有发现种植体间有统计学差异，但在种植体周围炎的频率方面，ITI种植体较高。另一项研究中也报道了类似的发现，其比较了一段式（ITI，TPS空心螺丝）和两段式（Brånemark）种植技术，支持的是下颌固定局部义齿，观察期为3年。3年后，对Brånemark和ITI种植系统来说，其累积成功率分别为97.9%和96.8%。Kemppainen等在一组平行研究设计中，比较了单颗牙两段式种植技术（Astra Tech种植体）和一段式种植技术（ITI空心柱状种植体），观察期

为1年。经过1年的功能期，在失败率和边缘骨水平变化方面，种植体系统和手术方案之间依然没有发现明显的统计学差异（Astra Tech 种植体边缘骨吸收平均为0.13mm，ITI 种植体为0.11mm）。

很明显，使用一段式或两段式种植技术对成功率、存留率和边缘骨水平没有影响。但是，我们必须考虑一段式种植技术由于包含的技术程序单一而并发症更少，而两段式种植会提供更大的软组织处理潜能（图7和图8）。

4.2 种植体颈部的宏观设计

功能活动产生骨张力直接或间接地促使骨细胞适应性改变。骨结合的维持依赖于种植体周围骨的持续性改建活动。Carter 等发现骨的疲劳强度极差。当骨改建不足以修复骨吸收时会发生微损伤的累积和合并，从而发生应力性骨折。根据该发现，建议牙科种植体应这样设计，即最小化负荷来源的骨应力峰值。事实上，种植体的负荷传递特点可能决定于种植体颈部的尺寸和设计。

因此，提出以下问题：

- 种植体的宏观几何特征会影响种植体周围骨稳定性吗？
- 运用光滑种植体颈部的基本原理是什么？
- 微螺纹颈部会比光滑颈部更促进骨稳定性吗？

种植体所承受的负荷可以分为垂直向和水平向。Stoiber 和 Mailath 发现种植体上垂直负荷所产生的骨应力峰值部位为边缘骨顶部，和水平向负荷产生的骨应力峰值位置一样。这就意味着两种不同空间来源的骨应力同时发生，因此会有附加效应。为了避免边缘骨处的这些应力，Stoiber 和 Mailath 建议采用光滑的种植体颈部，这样种植体和骨之间是滑动运动，以便边缘骨对抗水平向负荷，而垂直向负荷由其下方的骨来处理。该建议的基本原理是水平向负荷产生的应力峰值应与垂直向负荷产生的应力峰值在空间上分离开。但是，光滑颈部远不能防止边缘骨吸收；事实上，它还促进其吸收（Frost 学说）。

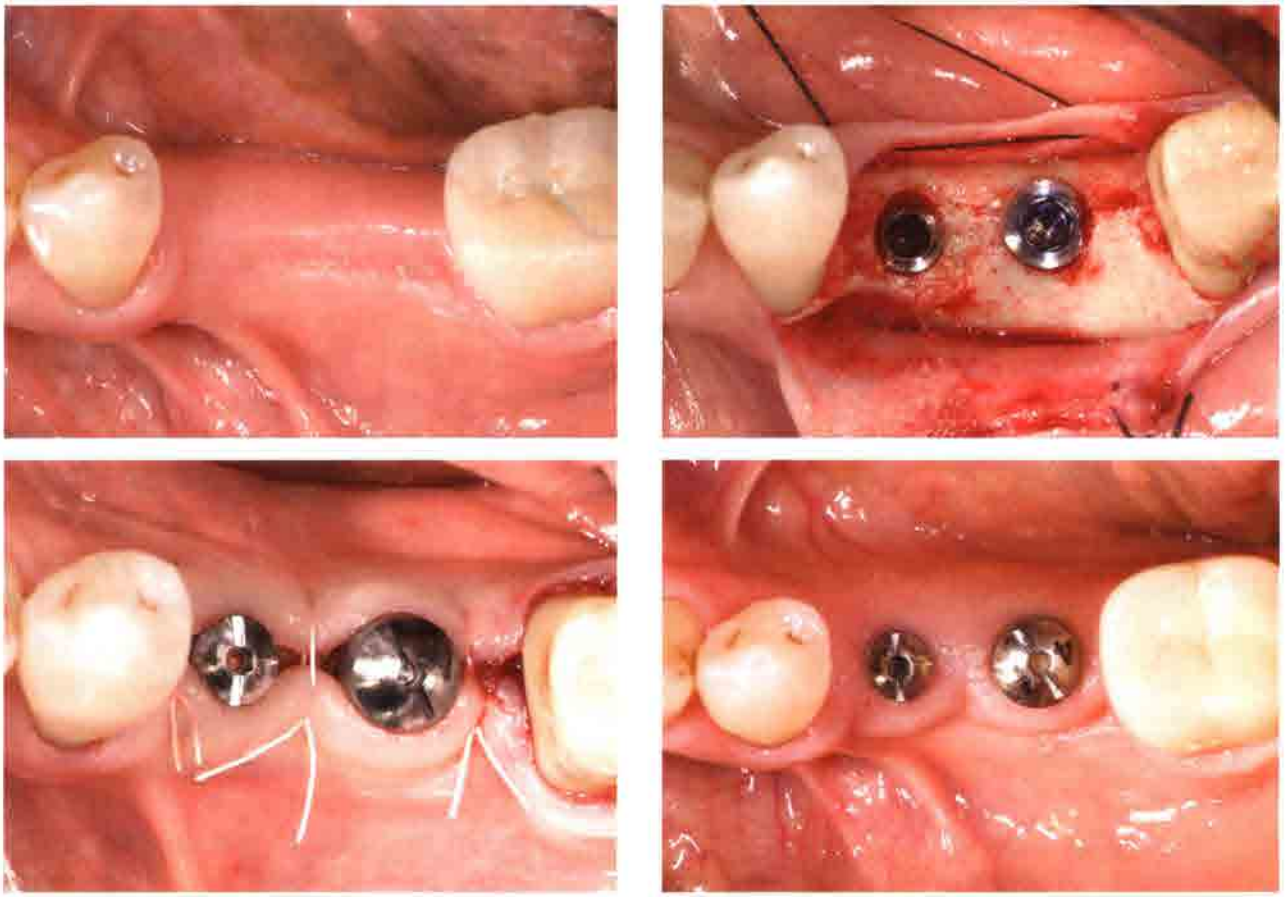


图7 一段式种植体植入技术减少了患者的并发症，且不危害种植体周围骨结构

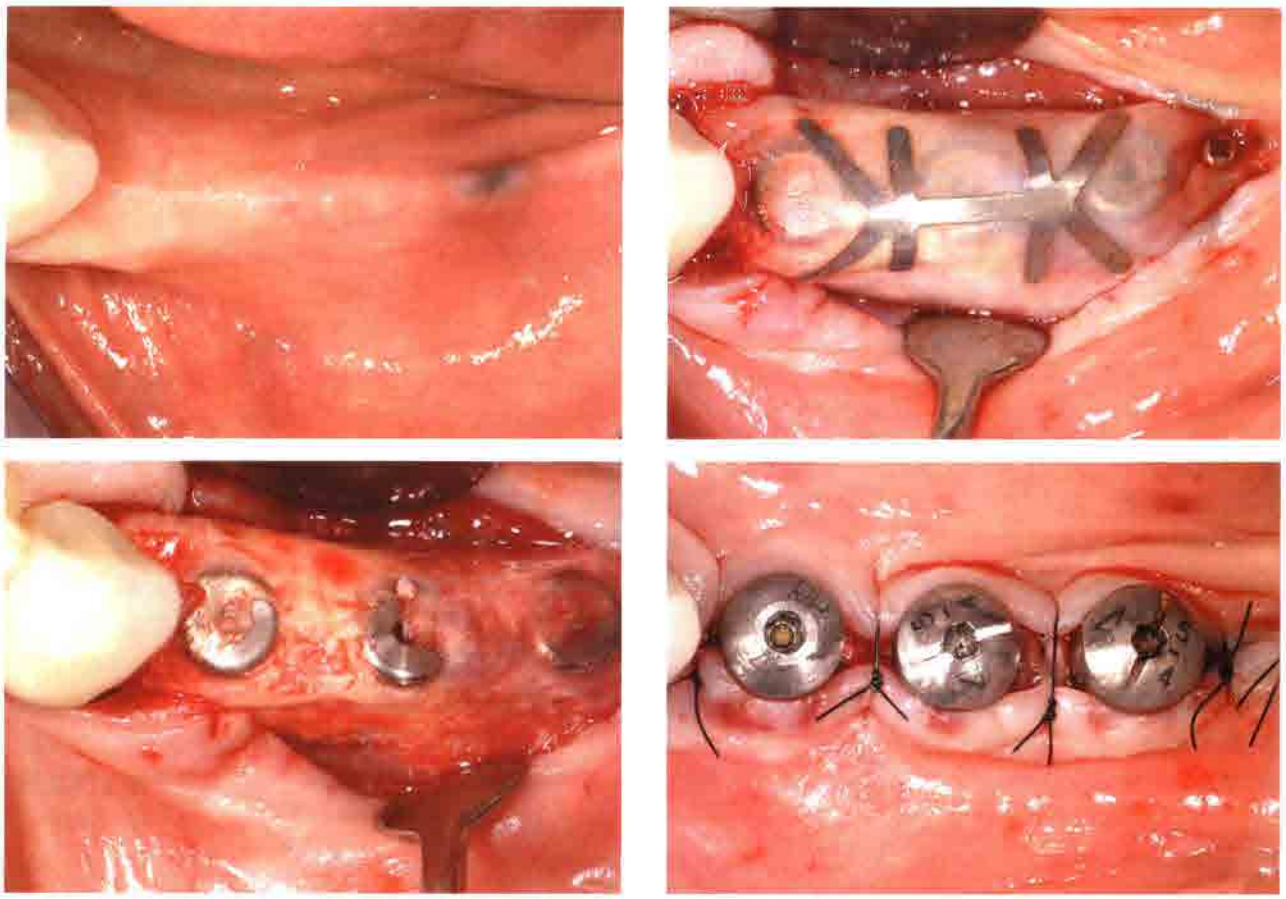


图8 在发现种植体周围骨量不足和需要GBR程序时，应该采用两段式种植体植入程序

骨吸收也可能是因为机械刺激不足。Hansson发现骨—种植体界面剪应力峰值的部位决定于种植体—基台界面的设计。对于骨平面处的平面对平面的种植体—基台界面，应力峰值点位于边缘骨最顶端。对于圆锥形界面，应力峰值点更靠近根方。

根据一项关于骨机械性能的研究，骨最能抵抗的是压力，抵抗拉力的能力不足30%，抵抗剪切力的能力不足65%。因此，为了最小化骨丧失，嵴顶部组件的设计很重要，因为其可以降低嵴顶骨处的剪切力。这种临床优势可以通过宏观几何特征修饰来获得，即在种植体颈部引入微螺纹。为了分析这些微螺纹对种植体周围骨稳定性的影响，在动物模型和人体模型上实施了组织学及影像学研究，比较两种不同的种植体，一种带有微螺纹，一种不带。研究的结论是相对于不带微螺纹的种植体，带有微螺纹的种植体有更好的骨性能（BIC 81.8%vs72.8%）（0.14±0.11 vs 0.28±0.19）。

一项最近的人体影像学对照研究，平均随访期为1.9年（范围：1.9～2.1），显示在愈合（未负荷）和功能性负荷过程中，接近机械加工颈部或粗糙表面微螺纹种植体的边缘骨水平在嵴顶部变化很小。机械加工颈部组嵴顶骨吸收的平均值愈合期后为0.5mm（范围：0～2.3），6个月后为0.8mm（范围：0～2.4），随访期末为1.1mm（范围：0～3）。粗糙表面的微螺纹种植体组，骨吸收的平均值愈合期后为0.1mm（范围：0.4～2），6个月后为0.4（范围：0～2.1），随访期末为0.5mm（范围：0～2.1）。

在传统的种植体中，第一个螺纹的作用是把种植体和嵴顶骨之间的剪切力转换为压力，因为骨对压力的抵抗能力最强。与标准的螺纹尺寸相比，微螺纹有附加的优势，即可以增加种植体的轴向刚度，这样可以减少连接界面的剪切力峰值。

在另一项近期的5年研究中，分析了能够影响种植体周围骨吸收的宏观几何特征修饰。在该研究中，评估了种植体几何特征和颈部宏观结构对嵴顶骨高度的影响效果。垂直颈部的种植体比阶梯形颈部的种植体有更少的骨丧失。不同的颈部也影响骨位置。在垂直和阶梯形颈部种植体中，粗糙

颈部组骨丧失量为 −0.61±0.16mm，光滑颈部组为 −1.55±0.10mm。在另一项研究中证实了与光滑颈种植体相比，粗糙表面和微螺纹种植体可以改善成骨效应。在该研究中，也指出自身的平台转移不足以减少骨丧失，应该考虑改变种植体颈部的其他设计。

先前发表的研究，都集中在微螺纹的存在与否，而并没有观察微螺纹位置对种植体周围边缘骨的影响。因此，可能微螺纹位置对边缘骨水平的稳定性也有同样的影响效果。近期的一篇研究中，与微螺纹位于种植体顶部相比（A 组），微螺纹位于颈部顶端下 0.5mm（B 组）其种植体周围平均骨丧失量更大。一种可能的解释是带有微螺纹的种植体植入位置在缺乏固位特征的顶端之下，而在微螺纹水平之上，因此缺乏抵抗集中在种植体颈部应力的能力。因此这些种植体会把应力传递到种植体周围边缘骨。如果这些应力超过了种植体周围边缘骨所能承受的临界值，就会出现疲劳微损伤，导致骨吸收。因此，把抵抗应力的微螺纹置于边缘骨水平处可以发挥最佳的效果，以维持种植体周围边缘骨的稳定性。

总之，用微螺纹改善的种植体宏观几何表面可以减小骨组织内的应力峰值，尤其是同时出现圆锥形种植体肩台连接处位于边缘骨水平之下。在建立骨—种植体结合和维持边缘骨水平方面，微螺纹颈部比光滑颈部有优势是有证据的。

4.3 种植体—基台微间隙位置和细菌污染

在过去 10 年间集中研究了种植体和基台间的连接界面。不只是手术技术（潜入式或非潜入式），有证据显示，嵴顶骨变化依赖于种植体—基台界面（微间隙）的存在与否及位置。

在植入时，种植体表面缺乏自带的微生物群。但是，一旦种植体暴露于口腔中，微生物就会繁殖。微生物消长的模式和序列与牙齿表面所观察到的非常相似。很多研究显示结构界面或微间隙受到了细菌的污染。起始，细菌产物刺激固有免疫反应，最后获得性免疫反应刺激和增加了更多的炎症细胞聚集。这种炎症过程会导致破骨细胞前体聚集，RANKL/OPG 比率增加和破骨细胞生成，进而导致骨吸收。炎症细胞（B 和 T 细胞）产生 NF—κB 受体激活蛋白配体（RANKL）的受体激动剂，因此，增加了其与骨保护素（OPG）的比率，而 OPG 是其天然诱饵受体。从 20 世纪 70 年代开始用概念描述骨丧失和炎症之间的这种关系，如 Waerhaug 提出的“伸展臂”，即牙龈炎症会导致破骨性骨吸收，Garant 提出了“局部产生骨吸收刺激物的作用效应范围”。

有人提议种植体—基台界面微生物的来源可能是由于基台拧入时的继发污染或者修复体戴入后龈沟内的微生物根向迁移。种植体周围炎症渗透物的扩展范围直接受到黏膜下生物膜的量和构成，假设骨吸收的量与黏膜下微生物有相关性。

因此，提出以下问题：

- 种植体—基台界面的微生物来自哪里？
- 内连接类型，内八角／内六角 vs 圆锥形封闭，哪个能提供更好的生物学封闭和最小化／阻止细菌渗透？
- 在微间隙处，不同连接关系之间是否存在差异？就微生物定殖、炎症细胞浸润和骨吸收而言，生物学后果是什么？
- 对接处垂直间隙的尺寸对种植体周围骨丧失的量有影响吗？

Ericsson 等研究显示炎症细胞浸润引起种植体—基台连接处（IAJ）出现骨吸收，在 IAJ 周围形成 1.5mm 蝶形骨吸收区。

近期一项动物研究显示种植体植入时带有种植体—基台界面或带骨，负荷 6 个月后嵴顶平均骨丧失量黏膜下组为 0.15mm，穿黏膜组为 0.47mm。与另一相似的动物研究相比，这些值很小，该研究使用的种植体基台直径是匹配的。在该研究中，基台连接后边缘骨丧失量约为 2mm。

由于微间隙会影响嵴顶骨水平，微间隙的尺寸和之后的细菌入侵种植体—基台之间可能会对嵴顶骨水平产生重大影响。一项纵向的影像学研究目的是为了确定种植体—基台间微间隙或界面的尺寸是否影响未负荷非潜入式种植体的嵴顶骨吸收量。该研究的结论是对接缝隙的大小（10～100μm）不影响界面周围的骨丧失量。该发现暗示种植体一体化结构界面与生物学变化有关，而与截面尺寸无关（图9）。

近期一项研究比较了平台转移修复和标准修复之间微生物群的差异。该研究的结果不支持以下假设，即平台转移修复的种植体周围骨丧失减少与龈下微生物水平较低或黏膜下病原微生物较少有关。此发现表明这种临床现象可能有以下更实用的原因，即为了重新建立生物学宽度而水平暴露种植体表面，或者像之前提到的那样，在种植体周围炎症浸润和骨表面之间建立更大的距离。

另外，当种植体上安装的是无中心开孔的实心基台时，偶尔可以在邻近基台—种植体界面的结缔组织中发现微生物迁移和较小的炎症损害。这些损害是连接程序过程中的单个污染，而不是部件间细菌持续生长的结果。

两种种植体的不同设计和几何表面可能会影响术后骨改建。近期的实验证实种植体—基台界面的位置决定了炎症反应的程度并直接或间接地促进了牙槽骨丧失的范围。

从假设的观点出发，种植体位于嵴顶下方可以产生出一个很大的空间，在此空间内可以形成血凝块，进而生产编织骨。

在两种不同的种植体—基台连接类型中，研究了垂直微间隙的不同位置对种植体周围骨形态的影响。拔牙后3个月，一边植入两颗莫氏锥度内连接种植体（Ankylos），对照侧植入两颗氧化螺钉外六角种植体（Tiunite）。结论是可以预期有0.5～1mm的垂直向骨吸收。与种植体植入时和嵴顶相平相比，种植体植入在嵴顶下1.5mm时，骨—种植体最先接触的位置更靠近种植体肩台，而蝶形缺损在不伴有水平补偿的非圆锥形对接关系中更显著。Ankylos种植体的骨水平维持在光滑颈部表明，种植体—基台连接类型的差异对骨—种植体接触面的影响比表面本身的粗糙度更显著。

螺丝松动有助于部件间内部微生物的污染。若基台螺丝反复拧紧和松动，则渗漏会更严重。许多年前，莫氏锥度的原则被引入口腔种植学用于种植体—基台连接。莫氏连接以冷焊的原则为基础，通过种植体和基台表面间的高压力和摩擦阻力获得。若锥度角度为5°时，这种连接称为“自我锁结”。莫氏锥度可以抵抗不同轴心的负荷复合体和弯曲力矩，保证机械稳定性和减少种植体—基台界面处修复并发症的发生。

莫氏连接可以提供有效的封闭以对抗微生物渗漏，明显减小种植体—基台界面处的微间隙尺寸（1～3μm），并促进最小化种植体周围组织的炎症水平。用莫氏锥度时间隙非常紧，以致基台和种植体就像一个整体；因此没有微间隙和细菌渗漏。即使拥有这种封闭，一项近期的研究发现，在功能性负荷1年和6年后，相对于参考点，骨水平分别降低了0.89mm和1.10mm。

即使种植体系统中种植体—基台连接紧密且稳定（Astra vs Ankylos），一些研究仍报道了存在小分子（如内毒素）微渗透情况。Ankylos显示在搅拌5min之内所有样本都存在内毒素污染。与Ankylos种植体相比，Astra种植体在每个观察时间点都表现为更少的分子微渗漏。原因可能是圆锥形种植体—基台连接之间的微间隙尺寸不同，Astra种植体为1～2μm，而Ankylos种植体为4μm。

事实上，只有莫氏锥度连接类型的种植，其周围骨能够长在微间隙上方，这可能意味着在这些种植体中可以减少微生物污染或微机械运动或都减少。六角形组的种植体周围骨缺损角度只有莫氏组的一半。对于这两组来说，与平齐嵴顶植入模式相比，选择嵴顶下植入模式骨角度会小10°～20°。

回顾影像学和组织学研究，可以得出以下结论：

- 不论微间隙的垂直位置在哪，放射线上骨—种植体接触顶部距微间隙约2mm。
- 组织学上，骨—种植体接触顶部与微间隙的距离维持在1.3～2.6mm，此距离取决于微间隙相对于周围骨水平的位置。
- 微间隙尺寸本身并不影响种植体周围骨吸收量，除非存在额外的微动。
- 在种植体愈合阶段，愈合方式（潜入式或非潜入式）不影响种植体周围骨吸收量。

4.4 基台平台转移

有证据显示，有一种方法可以最小化种植体—基台界面处的骨丧失量，即改变种植体直径和基台直径间的水平关系。2005年，Gardner在文献中提出了平台转移（PS）的概念。减小基台直径，把种植体—基台界面转移使其远离牙槽嵴顶并减少后继

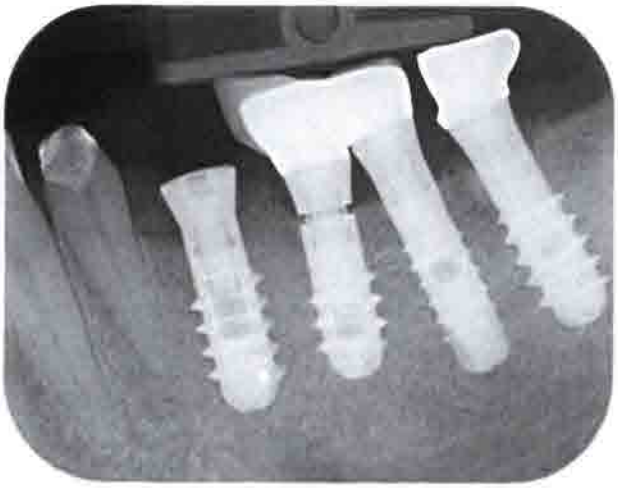


图9 在种植体周围观察到，种植体—基台间隙的存在与否及尺寸不影响骨丧失量

的炎症反应（图 10）。

由此提出以下问题：

- PS 可以最小化种植体—基台界面处的骨丧失吗？
- 若如此，通过哪种机制？
- PS 会更易于长期受到细菌感染吗？

一篇近期的系统综述分析了 PS 对种植体边缘骨保存的影响。只有 9 篇研究符合纳入标准，3 篇为前瞻性对比研究，6 篇为 RCT。基于目前的证据，该研究的结论是 PS 的使用似乎对种植体周围边缘骨有好处。一些混杂因素包括，种植体的冠根向位置与牙槽骨的关系，各种不同的种植体微观构造，PS 的程度和检测方法的可靠性，在解释结果时应考虑这些因素。

一项 5 年期临床研究报道基台直径相对于种植体直径减小时，数据显示在行使功能的第 1 年边缘骨丧失量的平均值为 0.06mm。一项长期的前瞻性研究，随访期 11 ~ 14 个月，结果表明，尽管不包括对照组，但 PS 种植体在保留嵴顶骨水平方面是有效的。在一项前瞻性对照临床试验中，报道了 1 年后 PS 对骨保存有积极影响；与 1 年后相比，对于 PS 和非平台转移种植体来说，5 年后边缘骨改变不明显。这些结果表明，在正常情况下，PS 种植体的边缘骨丧失模式与传统种植体相同，最大量的骨变化出现在手术和戴入冠 / 基台之间这段时间，之后变化则非常小。

目前有几种学说解释这种现象。根据生物力学学说，种植体上连接小直径基台可以通过以下方法限制骨吸收，即转移应力集中区使其远离嵴顶骨—种植体界面和使咬合力沿种植体长轴传导。针对最后一方面，Chang 等使用 3D 有限元分析（FEA）比较了 PS 和匹配种植体周围种植体—骨界面压力。他们证实了 PS 技术可以减少皮质骨区的应力集中，并把其转移到松质骨区。

尽管有证据显示骨吸收与不匹配有关，呈负线性关系，但一些研究表明，种植体周围骨吸收也取决于部件直径。通过有限元分析表明，增加种植体直径会减小种植体周围嵴顶骨处的压力。这种积极的行为与不匹配性（在重要骨区减轻种植体 / 基台微间隙的负面影响）及种植体直径增加（减小种植体 / 骨界面处的压力）有关。为了测验该推断，实施了一项前瞻性随机对照配对实验，根据 PS 概念用同样的不匹配种植体 / 基台，以评估不同平台直径修复时种植体周围硬组织反应。该研究最后没有发现明显的统计学差异。作者总结道，在种植体周围骨改建过程中，生物学和微生物学因素比生物力学因素普遍。

实际上，解释 PS 种植体周围骨行为的其他学说假设，最小化边缘骨吸收可能通过把种植体—基台连接处向种植体中心转移来完成，即移动了生物学宽度的位置。在种植体之间和种植体与牙之间，PS 的生物学优势有相应的临床表现。

虽然先前的回顾研究提出了一种推断，即平台转移可能有助于保存美学区牙槽骨水平和维持软组织水平，但更近期的一篇文献回顾阐述道，对于美学效果来说，边缘骨水平的放射线表现是一种替代方案。

在一项近期关于平台转移种植体系统的研究

图 10 减小基台直径，把种植体—基台界面转移，使其远离牙槽嵴顶并减少后继的炎症反应

中，从种植体—基台界面开始测量种植体周围骨吸收的平均值，水平向为0.36±0.26mm，垂直向为0.46±0.37mm。此研究的结果表明，PS种植体与邻牙的距离为1mm时也能维持邻面骨嵴。这些结果与一篇先前发表的研究一致，即相邻的平台转移种植体之间距为2mm，在负荷6～48个月之后仍能维持种植体间的骨嵴。

在种植体间区，垂直骨吸收值在平齐嵴顶（ECL）种植组为0.68～0.92mm，在嵴顶下（SCL）种植组为0.37～0.49mm。另一研究在相同参数的ECL组发现了不同值，即1.98～2.03mm。种植体颈部的表面处理至少可以部分解释这种差异：先前的研究中采用的是粗糙颈部，而在Papalexiuo等的研究中，采用的是光滑颈部。

一些作者陈述道，种植体／基台水平向不匹配这种修复概念可能易于受到细菌感染，因此会长期危害种植体周围附着水平。

为了研究对平台转移的炎症反应，推荐测量金属蛋白酶水平。基质金属蛋白酶（MMP）家族参与细胞外基质的生理性分解过程、组织改建以及疾病过程，尤其是MMP-8在牙周和种植体周围组织损害中是一种关键的炎症介质。近期一篇PS种植体的研究，负荷3年，分析结果倾向于反对以下假设，即种植体／基台不匹配随着时间推移会偏向于增强炎症（记录值为2.7～3.6ng/ml）。一种可能的解释是PS总是表现为纤维环覆盖未被基台盖住的种植体平台。这些组织封闭了种植体／基台不匹配所产生的水平向阶梯，创造了与传统种植修复相似的环境。也可能是因为局部环境发生变化需要很长时间（健康龈沟液样本中活化的MMP-8小于14 ng/ml，而在炎症位点高于14 ng/ml）。

从20世纪70年代晚期第一次进行系统性牙种植治疗开始，关于产品、临床措施和适应证，临床上和市场上发生了很多变化。在第1年，系统性和控制良好的牙种植治疗主要局限在Brånemark系统（Nobel Biocare）和Straumann牙种植系统（Straumann协会）。基于治疗效果的系统性科学性证据，提出了存留和成功标准。但是，从那以后，产生了数种其他的种植系统，手术和修复技术也改善了，更复杂的功能和美学方案的需要增加了。因此，不断产生新种植体品牌和新表面，种植体和上部结构之间不同的连接关系，手术植入程序和修复体负荷开始之间的不同时间框架。基于先前的假定，更广泛接受的是，服务第1年边缘骨丧失约为1mm，即修复体开始负荷的第1年，之后每年的骨丧失量不超过0.2mm，这是一种自然特征且能保持成功的治疗。一篇meta分析编辑和比较了来自前瞻性研究中的种植体周围边缘骨水平变化的数据，这些研究记录的是修复体戴入时和5年随访期后种植体周围边缘骨水平的放射线表现。共鉴别出了40篇前瞻性研究。3种种植系统符合纳入标准，即至少拥有2篇独立研究：Astra Tech 牙种植系统®（Astra Tech），Brånemark系统（Nobel Biocare）和Straumann牙种植系统（Straumann协会）。边缘骨水平变化的平均值分别为：Astra Tech系统为−0.24mm（95%CI −0.345，−0.135），Brånemark系统为0.75mm（95%CI −0.802，−0.693），Straumann系统为0.48mm（95%CI −0.598，−0.360），种植系统间有明显的统计学差异（$P=0.01$）。基于目前的分析结果，很明显在有利条件下，这些种植体周围的边缘骨丧失可以比得上天然牙。

5 对影响种植体周围骨改建的手术、生物和种植体相关因素的讨论

Hannes Wachtel

在行使功能过程中，许多因素可以影响种植体周围骨的稳定性。为了使该讨论有意义，我们在描述过程中尝试回答一些与主题分析有关的问题。每个问题都有两种选择：第一个与科学性证据有关，第二个以临床证据为基础。

问题	答案
一期手术过程中翻瓣产生的手术创伤会引起骨吸收吗？	是的，基于科学和临床证据
二期手术过程中翻瓣产生的手术创伤会引起骨吸收吗？	是的，基于科学证据，但没有确凿的临床证据

Matteo Capelli

根据文献，尤其是牙科文献，每次都提到翻全厚瓣时会引起骨吸收。骨吸收的量与很多因素有关，如患者的牙周生物学类型、我们处理的解剖区域和皮质骨的厚度。为了在一期手术过程中减少骨吸收量，我们应该通过避免翻瓣来减少创伤。

Giano Ricci

尤其是在我们处理薄骨时，重要的是保留骨膜。

因此，在一期手术中，我们应尽可能采用半厚瓣来代替全厚瓣。

Matteo Capelli

如果种植体周围有足够的骨量和附着龈，我们应避免翻瓣，但是如果需要植入移植物时，翻瓣是不可避免的。

Franck Bonnet

在文献中有什么证据是关于拔牙后即刻种植和在愈合的牙槽骨内种植，其周围的骨吸收情况？我认为这些是完全不同的情况。当我们在愈合的牙槽嵴上翻瓣时，会有一定程度的骨吸收吗？

Hannes Wachtel

在一些情况下，骨吸收没那么重要，但在拔牙窝内它是有意义的。二期手术阶段：我们应该翻全厚瓣吗？

Matteo Capelli

虽然我们没有确凿的证据，因为没有很多研究，但是我的回答是肯定的。据报道，二期手术后种植体周围会有垂直骨吸收，但是种植体之间没有。因此，肯定有其他促进因素。

Tidu Mankoo

这里的问题是软组织厚度。从临床证据中，在哪里我们可以看到更多的骨改建？我们可以在下颌后部看到，因为此处的软组织薄。因此，垂直性改建的发生独立于所使用的种植体。怎么消除其他混杂因素？换句话说，是翻瓣还是薄组织建立了生物学封闭？你无法分开这两者，因为它们同时发生。

Ueli Grunder

二期手术过程中是否翻全厚瓣取决于我们是否能够完全复位缝合。如果我们不能完美地改良黏膜瓣，在种植之间就会有二次愈合，从临床观点出发会产生影响。

Matteo Capelli

但是在大多数二期手术中我们会做一个根向复位瓣，进行二期愈合。我们这样做是为了增加附着龈。因此，我们持反对观点。当然，如果我们有足够的KM，我们仅做一个黏膜环状切口。

Kony Meyenberg

不翻瓣对患者来说是比较好的，但这取决于是否需要增加软组织的质量。

Ueli Grunder

非常有趣，因为我们要扪心自问，我们是应该在种植手术程序之前增加KM量，然后不翻瓣做环切口，还是应该在二期手术时执行该程序。我们不知道什么是最好的手术程序。

Nitzan Bichacho

对于一个完全临床导向的问题，我们不能给出一个确凿的答案。为了获得理想的KM量，我们应该考虑患者能够承受多少手术程序。我们的程序目的是减少患者的并发症，因此我们可以接受种植体周围软组织轻微退缩的欠理想状况，尤其是在后牙区。

Giano Ricci

就骨吸收而言，从牙周手术经验出发，我们知道不论是否保留骨膜，都会发生骨吸收。关于增加KM的时机，是一期手术中还是二期手术时，我认为在二期手术阶段做起来更加容易，且不影响骨吸收量。

Nitzan Fuhrer

在有关手术程序的文献中有证据支持移植物可以弥补骨吸收吗，如BMP？

Matteo Capelli

没有，不存在强有力的文献证据支持手术程序可以弥补骨吸收。但有这样一种临床感觉，即如果你做了移植会获得更好的临床条件，尤其是美学病例。

Ueli Grunder

Covani等做的一项有趣的研究显示，翻瓣后即刻植入种植体会发生骨丧失，而翻瓣后晚期植入种植体也会发生骨丧失。无论我们做什么都会发生骨丧失。因此，如果我们翻瓣，我们应该弥补骨吸收。我们应该区别水平型和垂直型骨吸收，这有很大差别。很多研究讨论颊侧壁，从来不讨论高度。

问题	答案
使用超声骨刀预备种植位点可以减小手术创伤吗？	是的，基于科学证据，但临床证据不足

Matteo Capelli

超声骨刀预备种植位点有可能产生更快速更好的骨结合。在一项人体组织学研究中，作者总结道，使用传统钻针和超声骨刀预备种植位点的主要差异只在种植后第1周比较明显。没有文献证据支持快速骨结合和最小化骨创伤会对种植体周围骨吸收产生长期影响。

Tidu Mankoo

他们怎么比较超声骨刀和钻针？他们使用的是内冲洗还是外冲洗？

Matteo Capelli

外冲洗，但是要记住我们只在第1周获得更快速的骨结合和更好的骨创伤愈合，之后我们没有任何优势。

Nitzan Bichacho

我们使用圆柱状种植体只有一个原因：不是因为它们能够更好地支持局部解剖或者更好地支持牙冠，而是因为我们没有其他办法，因为钻完之后获得的是一圆柱状洞。我认为有一些适应证，尤其是牙槽嵴较窄且我们不想做任何骨增量程序时，我们可以使用非圆柱状种植体，如叶片状，而且我们已经用了很多年了，虽然概念相同但设计改良了。使用超声骨刀我们可以预备出一个非圆柱状切口容纳不同形状的种植体。一些使用超声骨刀的人宣称，与传统切口相比，对患者来说，使用超声骨刀术后即刻愈合反应的不舒服更少。

Hannes Wachtel

与钻针相比，基于文献超声骨刀有可能对骨愈合有利。

Ueli Grunder

你使用超声骨刀时，不要忘了你会需要更多时间，且手术时间越长，骨吸收越多。也要考虑不同技术的速度。

问题	答案
种植体种植在牙槽嵴上方或下方会影响种植体周围骨吸收的程度吗？	是的，基于科学和临床证据

Matteo Capelli

从文献和临床观点出发，我们可以得出结论：有强力的证据支持种植体不同的冠根向位置会影响种植体周围骨吸收。

Tidu Mankoo

有很多因素可以影响骨吸收量，不仅仅是种植体的垂直向位置，还取决于种植体的外形、基台连接的类型、种植体的设计、宏观设计、是否翻瓣、是否移植等。

Hannes Wachtel

很明显有很多因素，但我们要寻找的是一个特定因素。我们可以得出结论：种植体与骨嵴顶的位置关系会影响种植体周围骨吸收的程度。

问题	答案
附着龈会影响种植体周围边缘骨的保存吗？	是的，基于科学证据，但临床证据不足

Matteo Capelli

关于种植体机械加工表面的各种纵向回顾性和前瞻性研究显示，在有充分的菌斑控制条件下，根据临床测量措施在维持健康的功能性软组织封闭预后方面没有发现差异。虽然文献中推断种植体周围附着龈的存在不足以影响种植体的长期效果，但是临床证据显示缺乏附着龈会影响临床效果。

Hannes Wachtel

文献中没有提供清晰的证据。很多关于种植体传统表面的临床研究并不确凿。

Tidu Mankoo

我们真的可以把从使用机械加工表面种植体的旧文献中得出的结论与现在做的相比吗？软组织和骨的临床行为差异非常大。

Ueli Grunder

重要的方面是我们需要稳定的附着龈。在下颌后牙区，1mm 附着龈足以稳定种植体周围软组织。

Kony Meyenberg

我同意这种观点，我想提醒的是，一项 Comut 等在犬模型上做的一项有意思的研究，他们分析了 KM 存在时的骨吸收及种植体周围黏膜残缺与否时的差异。

Giano Ricci

虽然从文献中我们知道牙齿周围缺乏 KM 没那么有害，但在每天的实践中我们需要牙齿周围有附着性 KM。另一个非常重要的方面是，不只是种植体周围黏膜的高度，其宽度更起主要作用。我把天然牙上的概念用在种植体上，在我看来，我们可以确定，虽然我们没有强有力的科学证据，但临床证据告诉我们种植体周围需要附着性 KM。

问题	答案
软组织量会影响种植体周围边缘骨吸收吗？	是的，临床证据表明是，但科学证据不确凿

Matteo Capelli

近期很少有人体研究测量种植体周围软组织的厚度。研究表明，软组织越厚，越能预测种植体周围骨的稳定性。Linkevicius 的研究中似乎说明如果种植体—基台连接处位于骨水平以上约 2mm，软组织厚度≥ 2.5mm 会避免明显的边缘骨退缩。在这些病例中，所发生的骨丧失量（约 0.2mm）是可以忽略不计的。该研究的一个局限是作者只报道了嵴顶上方的软组织厚度，并没有口腔前庭软组织的特征。

Tidu Mankoo

Nozawa 等以种植体周围生理黏膜形成为基础，研究了颊侧种植体上方黏膜高度与宽度的关系。这些发现指示种植体周围黏膜增量程序使其生物学高度—宽度的平均比例为 1:1.5 时，会提供一个稳定的颊侧颈线环绕种植体上部结构，甚至薄龈生物型也可以。临床证据是，每当我们安装一个穿黏膜部件时，我们需要手术加厚软组织。

问题	答案
在种植体周围骨稳定性方面，一段式种植和两段式种植有区别吗？	没有，基于临床和科学证据

Matteo Capelli

从科学和临床两方面出发，都有强有力证据支持在种植体周围骨稳定性方面，一段式种植和两段式种植没有区别。

问题	答案
种植体的宏观几何特征会影响骨框架吗？	是的，临床证据支持，但科学证据不确凿

Matteo Capelli

从有限的研究中，我们可知关于种植体的宏观几何特征对骨框架的影响，目前没有任何确凿的科学证据。但从临床观点出发，有一种感觉，种植体的宏观几何特征会影响骨框架。

Ueli Grunder

主要问题是临床上我们无法隔离出单一变量，因此，我们不知道哪个因素最能影响骨稳定性。

问题	答案
与光滑颈部相比，微螺纹颈部会促进骨的长期稳定性吗？	是的，基于科学和临床证据

Matteo Capelli

根据文献我们得知，与光滑的种植体颈部相比，微螺纹颈部对于骨的长期稳定性有更好的表现。

Kony Meyenberg

我们知道如果我们把种植体的光滑颈部与骨接触，我们得不到任何骨结合。种植体的冠根向位置对骨吸收量有不利影响。种植体的垂直向位置应依据我们涉及的种植体类型来区分（光滑 vs 粗糙／微螺纹颈部）。

Ueli Grunder

我想强调的问题是“骨的长期稳定性”。微螺纹比光滑颈部有更好的长期表现吗？如果我们得出的结论是为了更好的骨长期稳定性，我们需要用光滑颈部代替粗糙颈部，那么这个问题就非常有挑衅性。

问题	答案
微间隙的尺寸会影响种植体周围骨丧失量吗？	是的，基于科学和临床证据

Matteo Capelli

从科学和临床观点出发，都有强力的证据支持微间隙的尺寸不会影响种植体周围骨丧失量。

问题	答案
有明显证据支持种植体—基台界面处的微生物来自哪里吗？	是的，基于科学和临床证据

Matteo Capelli

是的，我们有明显证据支持种植体—基台界面处的微生物来自口腔环境。

Nitzan Bichacho

基台和内连接种植体之间连接越贴合紧密，如莫氏锥度连接，种植体周围细菌污染越少。大多数污染是由于无法恰当地封闭螺丝孔。一个实用的结论是使用不带螺丝孔的一体化实心基台。

问题	答案
在种植体—基台界面平台转移会最小化骨丧失吗？	是的，基于科学和临床证据

Matteo Capelli

文献回顾，表面PS可以促使种植体—基台界面处的骨丧失最小化。

Ueli Grunder

在所有纳入的文章中，都使用标准化数字或传统根尖放射线片来评估边缘骨丧失。局限是他们只对照了近中和远中的骨水平。Wennstrom等研究显示，与基线比较时，约44%患者和48%种植体经历过骨丧失。另外，5年随访期间，5位患者（14%）和5颗种植体（13%）表现出骨水平降低≥1mm。在Norton的研究中，微间隙处种植体周围骨丧失量≥1mm的发生率上颌为25%，下颌为36%。从这些数据中我们提出一个问题：PS怎么预测？根据自己的临床经验，我们得出结论，PS是一个不可预期的程序。对于80%的病例，我们可以获得一个好结果，但是对于一些病例，我们不能预期骨结果。

Hannes Wachtel

当我们浏览长期随访研究时会发现，有一些因素推翻了PS，可能是患者相关的因素。

Nitzan Bichacho

另一方面，从文献中我们不知道PS较好的骨表现是否与基台转移或基台适性改善有关。

Ueli Grunder

我们应扪心自问，我们要从PS中获得什么。为了获得PS和降低约0.5mm骨吸收，我们可以增加种植体直径吗？种植体间邻近引起种植体间骨丧失带来的劣势比PS的优势更大。在前牙区单颗牙种植体时PS真有优势吗？可能在颊侧是有优势，但文献中没有种植体周围三维骨分析。只有当两颗种植体相邻时，如中切牙和侧切牙，才是PS的临床适应证。这几乎没有临床意义。

问题	答案
PS会更容易长期受到细菌感染吗？	不知道

Matteo Capelli

一些作者陈述道，种植体／基台水平向的不匹配这种修复概念会更容易受到细菌感染，因此会长期危害种植体周围附着水平。从科学和临床证据出发，PS似乎能够帮助长期维持附着水平（3年）。我们需要更多的长期随访研究，以获得更强有力的科学和临床证据。

问题	答案
PS会减少连接处的浸润吗？	没有，基于科学和临床证据

Matteo Capelli

一篇近期的研究比较了平台转移修复的种植体和标准方案修复的种植周围存在的微生物群。此研究的结果不支持以下假设，即平台转移修复种植体的方案可以减少其周围骨丧失，与龈下菌群水平较低或黏膜下病原微生物较少有关。似乎是如果黏膜下微生物群的质量相同，那么连接处免疫性浸润应该保持相同水平。

问题	答案
PS会引起生物学宽度的不同空间分配吗？	是的，基于临床和科学证据

Matteo Capelli

动物和人体组织学研究得出结论：PS的普遍优势与生物学宽度的空间分配有关。近期的一项动物组织学研究提出了一种假设，即PS不仅有空间优势，而且有组织形态学优势，拥有更短的生物学宽度，与缩短上皮附着和维持嵴顶上方结缔组织尺寸有关。

问题	答案
评价种植体成功时以前的种植体骨吸收参数仍然有效吗？	没有，应以新的科学和临床证据为基础重新评估

Matteo Capelli

该问题非常重要，因为Albrektsson等在1986年种植时代开始时提出了种植体成功参数，从那以后，手术和修复技术已经改善了，更复杂的美学和功能需要增加了。新种植体外形和新表面，种植体和上部结构间不同的连接关系，手术植入程序与开始修复时之间的不同时间框架等一直在发展。另一方面，一篇5年随访期的meta分析总结道，现在可以预测低于1mm的骨丧失。

Ueli Grunder

我不认为种植体周围1mm骨丧失应考虑为失败。主要的方面是骨丧失量是否在长期随访过程中保持稳定。