

种植体周软组织封闭技术的研究进展

柯志威, 周艺群*

浙江大学医学院附属口腔医院·浙江大学口腔医学院·浙江省口腔疾病临床医学研究中心·全省口腔生物医学重点实验室, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年4月7日; 录用日期: 2026年4月28日; 发布日期: 2026年5月8日

摘要

种植体周软组织封闭对种植修复的长期成功具有非常重要的意义, 而基台表面改性、结构设计优化及临床手术策略等相关技术对其有着不可忽视的影响。本文的目的是通过文献回顾来评估不同类型的技术手段对种植体周软组织封闭的影响, 以期为临床种植体周软组织管理提供一定的参考。

关键词

种植体周软组织封闭, 基台界面技术, 软组织增量, 组织工程, 种植体周组织健康

Advances in Techniques for Peri-Implant Soft Tissue Seal

Zhiwei Ke, Yiqun Zhou*

Stomatology Hospital, School of Stomatology, Zhejiang University School of Medicine, Zhejiang Provincial Clinical Research Center for Oral Diseases, Zhejiang Key Laboratory of Oral Biomedical, Hangzhou Zhejiang

Received: April 7, 2026; accepted: April 28, 2026; published: May 8, 2026

Abstract

The peri-implant soft tissue seal is of paramount importance for the long-term success of implant restorations, and related techniques such as abutment surface modification, structural design optimization, and clinical surgical strategies exert a non-negligible impact on its establishment and maintenance. This review aims to evaluate the effects of different technical approaches on the peri-implant soft tissue seal through a literature review, in order to provide reference for clinical management of peri-implant soft tissues.

*通讯作者。

Keywords

Peri-Implant Soft Tissue Seal, Abutment Interface Technique, Soft Tissue Augmentation, Tissue Engineering, Peri-Implant Tissue Health

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在口腔种植修复领域, 种植体的长期成功不仅依赖于良好的骨结合, 同时也取决于种植体周软组织封闭的建立与维持[1] [2]。这一由结合上皮和结缔组织构成的生物屏障, 是抵御口腔微生物、毒素及机械刺激侵入的第一道防线, 其完整性直接关系到种植体周围组织的健康与稳定。一旦软组织封闭失效, 将可能引发种植体周围黏膜炎乃至种植体周围炎, 最终导致种植失败[3] [4]。因此, 如何通过有效的技术手段形成稳定、致密且具有屏障功能的软组织封闭, 已成为当前种植临床与基础研究的热点。

根据干预方式的差异, 现有的种植体周软组织封闭技术可分为两大类: 一是非手术性策略, 主要通过优化基台界面来引导软组织附着; 二是手术性策略, 旨在通过软组织增量或塑形来弥补软组织的量或质的不足。本文将从这两大维度出发, 系统综述基台表面改性、基台穿龈轮廓设计优化、软组织移植及软组织成形术等技术的研究现状、临床应用效果、技术相关性与未来发展方向, 以期为临床医生在制定种植体周软组织管理策略时提供理论依据与实践参考。

2. 种植体周软组织封闭的生物学基础与影响因素

种植体周软组织封闭是指由种植体或基台表面与周围软组织之间形成的生物性屏障结构, 主要由结合上皮和结缔组织两部分构成[5]。在种植体植入并暴露于口腔环境后, 来源于口腔黏膜的上皮细胞会沿着种植体或基台表面迁移, 最终形成一层厚约 1~2 mm 的结合上皮, 该上皮通过半桥粒和基底膜与基台表面紧密附着[6]。研究表明, 半桥粒和基底膜在种植体周上皮形成后 4 周即可在种植体-上皮界面观察到[7]。结合上皮根方为致密的结缔组织带, 其中的胶原纤维呈环形或平行排列, 部分纤维可直接插入基台表面或与种植体螺纹区域形成纤维性结合[8]。与天然牙周组织不同, 种植体周缺乏牙骨质和 Sharpey 纤维的插入方式[9], 使得其软组织封闭在结构上更为脆弱, 更依赖于基台表面的理化特性及周围组织的健康状态。软组织封闭的完整性与稳定性, 是抵御细菌入侵、维持边缘骨水平及确保种植体远期成功的关键结构基础[10]。

种植体周软组织封闭的建立与维持受多种因素综合影响。宿主相关因素中, 牙龈生物型发挥着重要作用: 厚龈型往往能形成更稳定的软组织封闭, 而薄龈型因血供相对不足、组织脆弱, 更容易出现软组织退缩或封闭失效[11]。种植体与基台相关因素则更为直接地影响软组织附着: 基台的材料成分(如钛、氧化锆、金合金等)和表面特性(表面能、亲水性、表面形貌)可显著影响上皮细胞和成纤维细胞的黏附、铺展及半桥粒形成[6]; 基台的穿龈轮廓、肩台位置及连接界面的密合度则决定了软组织能否形成稳定的三维结构[12]。此外, 种植体植入深度、二期手术方式[13]、修复体边缘位置以及患者的口腔卫生维护水平[14], 均会对软组织封闭的长期稳定性产生重要影响。

3. 基台界面调控技术

3.1. 基台表面改性技术

基台表面改性策略的核心在于通过物理、化学及生物活性手段重塑材料表面特性, 以主动引导牙龈

上皮细胞和成纤维细胞的黏附、增殖与功能性分化, 从而建立稳定且持久的生物学封闭。在物理改性层面, 等离子体处理是一种高效且无损的清洁与活化技术, 例如采用氩等离子体照射钛或氧化锆基台, 能有效去除表面碳氢污染物并引入含氧官能团(如羟基), 将原本疏水的表面转变为超亲水状态。这种高能表面能状态在植入初期能显著促进血液蛋白的吸附, 增强胶原纤维定向排列, 从而加速软组织封闭的形成[15]。Canullo 等人[16]进行了氩离子处理基台与未处理基台的组织学与临床参数随机对照实验, 发现氩离子处理基台可减少菌斑积累和炎症, 并刺激胶原和软组织促进结缔组织和胶原组织的形成。此外, 通过激光纹理化或阳极氧化在基台表面构建微米级沟槽与纳米级管状阵列等有序结构, 可以产生接触诱导效应, 引导成纤维细胞沿特定方向铺展, 并减少细菌黏附促进角质组织形成[17][18]。

在化学与生物活性改性方面, 研究者致力于在基台表面构建功能性涂层, 以实现主动促进愈合与抗菌的协同作用。得益于其优异的表面化学活性与形貌可调控性, TiO₂ 涂层可以诱导结缔组织直接附着, 形成高密度胶原纤维有效抑制上皮向根方迁移, 从而促进形成更稳定的软组织封闭。Areid 等人[19]的系统综述对 15 项体内研究的系统分析表明, 溶胶-凝胶法制备的 TiO₂ 涂层比未涂层机械加工基台表面能诱导更好的软组织附着, 且 TiO₂ 涂层基台在 0.2~0.5 μm 的粗糙度范围内可显著促进软组织健康。尽管现有证据支持 TiO₂ 涂层对软组织附着的积极作用, 但目前仍缺乏统一的涂层制备标准、表面参数表征以及长期随访数据, 未来需要更多标准化的人体组织学研究以明确其最佳应用条件。

3.2. 基台穿龈轮廓的设计优化

3.2.1. 基于生物学原理的形态设计

基台的外形结构设计优化也同样有利于软组织封闭。研究发现, 收敛型基台外形(穿龈轮廓向冠方逐渐收窄)有利于结缔组织沿基台表面轴向发育, 可能增强软组织封闭效果[20]。环形宏槽愈合基台在短期内显示出更低的炎症反应和更稳定的软组织附着趋势, 但在一年以上对软组织美学效果的影响无显著差异[21]。一些凹型基台也不影响牙龈高度与牙龈厚度, 其最终还是取决于黏膜边缘位置[22]。

在临床操作策略层面, “一次性基台”(One-Abutment One-Time, OA-OT)理念的核心在于避免反复拆卸基台对已形成的黏膜屏障造成破坏。经典动物实验已证实[23], 反复拆卸和重新连接基台会破坏黏膜屏障, 导致软组织附着向根方迁移。基于此, 2011 年首次提出 OA-OT 概念[24], 即在种植体植入时直接放置最终基台, 不再进行临时基台更换。随后的多项随机对照试验及综述总结发现[25][26], 一次性基台连接较反复连接能显著减少边缘骨吸收, 且在美学区可获得稳定的长期软组织美学效果。该理念特别适用于美学区种植及即刻种植/即刻修复病例。Bressan 等人[27]的 12 年临床试验研究比较了“OA-OT 即刻负重”与“反复拆装基台延期负重”, 其次要终点专门分析了角化龈宽度与临床结局的关系。结果显示: 即使在角化龈宽度 <2 mm 的位点, 也未观察到边缘骨吸收或颊侧退缩的显著增加。这一结论表明, 在 OA-OT 策略下, 角化龈宽度 <2 mm 不再是软组织封闭失效的必然危险因素——换言之, 基台连接策略的优化本身就可以部分抵消角化龈不足带来的风险, 从而减少对角化龈增量手术的需求。

3.2.2. 数字化定制基台技术

CAD/CAM(计算机辅助设计与计算机辅助)定制愈合基台是一种利用数字化技术, 为种植体周围软组织愈合阶段设计的个性化临时部件。它的核心理念是通过精准的数字化流程, 引导牙龈组织生长成理想的形态, 为最终修复体奠定完美基础。具体而言, 个性化基台是通过口内扫描与 CBCT 数据融合构建患者口腔的模拟构造, 在 CAD 软件中逆向设计出与最终修复体形态匹配的愈合基台, 再经 CAM 设备一次成型, 实现从数据采集到临床佩戴的全程可追溯、微米级精度。且定制基台的穿龈部分模拟天然牙颈部的凹凸轮廓, 像定制模具一样支撑并引导牙龈成纤维细胞定向排列, 愈合后形成与最终修复体完美吻合的附着, 从而获得长期稳定的软组织封闭与美学过渡[28]。定制个性化基台的设计原则主要是根据最终修

复体的理想形态进行反向设计和制造, 其重点是设计出更符合天然牙颈部形态的穿龈轮廓和数字化设计的精确定位使其贴合。

现阶段 CAD/CAM 定制愈合基台的材料最常用的是钛, 三维有限元分析显示, 在骨下 1.5 mm 植入模型中, 钛基台的应力峰值可达 306~429 MPa, 是所有基台组件中应力最高的, 广泛应用于后牙高负荷区[29]。而氧化锆是前牙美学区的首选基台材料, 其具有象牙白的色泽和半透明性, 生物相容性优异, 无金属致敏风险, 但静态断裂强度高存在脆性断裂风险[30]。一些高性能聚合物材料如聚醚醚酮(PEEK)及其复合材料因其弹性模量与人体皮质骨相近被研究发现有助于减少种植体周围的“应力遮挡效应”, 从而提高骨整合率[31], 然其力学性能依然局限只适合低咬合力区。现阶段一些新型材料也在追求精准与美观的协同作用, Li 等人[32]利用 3D 凝胶沉积制造自釉氧化锆(SGZ)基台, 其在钛基座连接界面的外部间隙仅为 31 ± 20 微米, 内部间隙更低至 4 ± 7 微米。这一精度不仅远超传统铣削氧化锆基台(外部间隙 79 ± 48 微米), 更与预成钛基座的精度(15.4 ± 5.0 微米)无统计学差异。极致的密合度可有效减少微渗漏和细菌滋生, 从而大幅降低种植体周围炎和机械并发症的风险。同时在氧化锆基质中精确引入 $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ 和 Al_2O_3 , 其断裂韧性和抗低温降解能力得到显著提升。除了基台材料上的革新, 一些新型计算机设计技术如有限元分析、几何建模与参数化设计等能够提前规避基台应力集中导致的机械故障风险[33], 并轻松调整基台的穿龈高度、直径、角度等参数, 系统会自动更新整个模型, 实现设计意图的精准表达。

总之, CAD/CAM 个性化基台的核心优势在于: 通过数字化 workflows(口内扫描/CBCT 融合、CAD 逆向设计、CAM 精密加工)实现微米级适配精度与仿生穿龈轮廓, 主动引导牙龈形成理想袖口, 显著提升美学效果并降低食物嵌塞及种植体周围炎风险。基于有限元分析优化几何参数(壁厚、平台宽度、倒角等), 可改善应力分布、降低机械并发症。支持钛、氧化锆、PEEK 等多材料选择, 兼顾高负荷区强度与美学区生物相容性, 实现从被动愈合到主动塑形的功能升级。

4. 软组织增量与成形技术

4.1. 软组织移植术

与前述非手术性基台技术不同, 手术性软组织封闭技术通过外科手段直接干预种植体周软组织的质与量, 旨在为基台提供更为健康、稳定的生物学封闭基础。这类技术主要应用于种植体周软组织不足(如角化龈宽度不足、软组织厚度过薄、龈乳头缺失)或即刻种植后软组织缺损的病例, 通过增加角化龈宽度、增厚软组织或重建龈乳头, 增强软组织对细菌屏障的抵抗能力及对外界机械刺激的耐受性。

软组织移植技术是临床应用最为广泛的手术性方法之一。游离龈移植术(Free Gingival Graft, FGG)通过从上颌获取游离龈组织, 移植至种植体唇侧或颊侧, 可有效增加角化龈宽度, 改善软组织健康状态。多项随机对照试验证实[34], 对于角化龈宽度不足 2 mm 的种植体, FGG 术后角化龈宽度可增加 3~5 mm, 且术后探诊出血、菌斑指数等临床指标显著改善。而 II 期手术同期 FGG 在角化龈宽度的增加也显著大于 I 期手术同期 FGG [35]。与此同时, Solonko 等人[36]通过一项为期 3 年的随机对照临床试验证实, 在种植体周围炎手术治疗中, FGG 联合根向复位瓣可使角化黏膜宽度增加 2.0 mm, 显著优于异种胶原基质组的 1.0 mm; 且 FGG 组的疾病缓解率高于 CM 组, 表明 FGG 在种植体周围炎角化黏膜增量中仍具有不可替代的优势。

然而, FGG 在美学区应用时可能因色泽不匹配而影响美观, 因此常采用结缔组织移植术(Connective Tissue Graft, CTG)替代。CTG 通过获取上颌皮下结缔组织, 采用隧道技术或信封技术植入, 不仅能增厚软组织, 还能同时改善软组织轮廓和龈乳头充盈度, 尤其适用于美学区软组织增量。多项随机对照临床试验证实, CTG 是种植体周软组织增厚的重要技术, 其核心优势在于中远期的体积稳定性。Ashurko 等人[37]比较了 CTG 与体积稳定型胶原基质的软组织增厚效果, 发现术后 3 个月时胶原基质组增量优于

CTG 组, 但术后 6 个月时 CTG 组反超胶原基质组, 证实 CTG 的长期稳定性更优。这与其他相关研究结果相符[38]。此外, Azhibekov 等人[39]证实富血小板纤维蛋白(L-PRF)联合 CTG 可进一步提升软组织厚度。综上所述, CTG 虽需开辟第二术区且术后不适感较明显, 但其中远期体积稳定性和美学效果方面的优势, 使其在软组织增量中的重要地位仍无可替代。

对于已接受结缔组织移植(CTG)或游离龈移植(FGG)的种植病例, 术后软组织的存活与成熟高度依赖于局部血供的维持及移植物所受的机械干扰程度。传统二期手术中, 翻瓣操作不仅可能破坏已建立的黏膜下血运网络, 还容易对移植物造成牵拉或压迫, 从而影响软组织增量的远期效果。在此背景下, 选用解剖型或个性化愈合基台具有显著的临床优势[40]: 该类基台通过数字化设计精确匹配种植体周围软组织的三维形态, 能够在不翻瓣的情况下完成二期暴露, 从而有效规避传统翻瓣手术对移植物的二次创伤。这一策略不仅减少了手术次数与患者不适, 更重要的是保护了 CTG 或 FGG 术后脆弱的血供环境, 有利于移植物更好地整合与成熟。系统评价显示[41]个性化基台在维持软硬组织稳定性、改善美学效果方面优于传统标准化基台, 且可降低再次手术干预的需求。因此, 在软组织增量术后采用解剖型或个性化愈合基台, 构成了保护增量效果、避免二次损伤的理想基台选择策略, 为临床医生在制定个体化治疗方案时提供了重要的循证依据。

一些软组织替代材料在软组织增量手术上也逐渐被大众认可。Ashurko 等人[42]证实, 异种胶原基质(Xenogeneic Collagen Matrix, XCM)可使软组织厚度增加约 1.18 mm, 虽略逊于自体结缔组织移植的 1.55 mm, 但二者在角化龈宽度、术后疼痛及生活质量方面无显著差异, 且 XCM 手术时间平均缩短 8.4 分钟, 患者接受度更高。蔺世晨等人[43]证实, 脱细胞真皮基质(Acellular Dermal Matrix, ADM)可使角化龈宽度增加约 2.75 mm, 虽略低于 FGG 的 3.49 mm, 但 ADM 组术后疼痛评分(2.25)显著低于 FGG 组(3.50), 美观满意度更优, 避免开辟第二术区是其最大优势。Shiezadeh 等人[44]进一步证实富血小板纤维蛋白(Platelet-Rich Fibrin, PRF)单独应用可使软组织厚度增加约 1.6 mm, 与 ADM 效果相当。软组织替代材料(XCM、ADM、PRF)虽在增量量上略逊于自体移植金标准, 但可避免开辟第二术区、显著缩短手术时间、降低术后疼痛, 临床有效性和安全性已获多项随机对照试验证实, 是软组织移植的合理替代方案。在此基础上, 组织工程策略为种植体周软组织封闭提供了更具再生潜力的新方向。其基本原理是将生物可降解支架与种子细胞(如牙龈成纤维细胞、角质形成细胞)及生物活性因子(如生长因子、抗菌肽)复合, 构建具有生物活性的“支架-细胞-因子”复合体, 植入后诱导功能性软组织的原位再生。Yuan 等[45]采用静电纺丝结合正交编织与气体发泡技术, 构建了具有可控纤维排列的三维纳米纤维支架。该支架在体外表现出良好的细胞相容性和可调节的力学性能, 在糖尿病伤口修复模型中显著促进了肉芽组织形成、胶原沉积和再上皮化。对种植体周软组织封闭而言, 再上皮化和胶原沉积正是构成结合上皮与结缔组织屏障的核心环节, 该支架通过模拟天然细胞外基质的纤维定向排列特征, 有望引导牙龈成纤维细胞沿种植体-基台界面有序排列, 从而增强封闭结构的致密性。Smirani 等[46]利用挤出式 3D 生物打印技术将原代人牙龈成纤维细胞与荧光人内皮细胞共培养于仿生水凝胶中, 成功构建了预血管化的牙龈结缔组织替代物。结果显示植入免疫缺陷小鼠皮下后, 预血管网络在第 7 天即与宿主脉管系统成功连接, 且血管密度在 21 天内保持稳定。充足的血管供应对于维持移植软组织的长期存活、保障上皮-结缔组织界面的完整性至关重要, 因此该策略间接增强了种植体周的屏障功能。上述研究虽多处于临床前阶段, 但已展现出超越传统替代材料的再生潜能, 其核心优势在于主动构建具有生物学功能的封闭界面, 而非仅提供被动填充的组织量, 为未来实现种植体周软组织的功能性修复提供了可行路径。

4.2. 软组织成形术

软组织成形术则侧重于重建种植体周的解剖结构。龈乳头重建技术通过翻瓣、分离龈乳头纤维束、

采用悬吊缝合等方式,可在邻牙牙槽嵴顶高度足够的前提下,部分重建缺失的龈乳头。此外,针对即刻种植后拔牙窝与种植体之间存在的跳跃间隙,采用引导骨再生(Guided Bone Regeneration, GBR)联合软组织增量技术,可在骨缺损充填的同时,通过软组织瓣的精确对位与缝合,形成稳定的软组织封闭。近年来,微创手术技术如隧道技术(Tunnel Technique, TUN)的应用,使得软组织移植手术创伤更小、血供保留更完整,进一步提升了手术的预期效果。多项随机对照临床试验[47] [48]通过对比冠向复位瓣(Coronally Advancement Flap, CAF)与 TUN 的疗效,发现 CAF 在根面覆盖率上略优于隧道技术,但隧道技术凭借微创特性和更优的美学恢复速度,在临床中仍占有重要地位。Skierska 等人[49]通过分口设计试验进一步证实,改良冠向隧道技术(Modified Coronally Advancement Tunnel, MCAT)联合透明质酸(Hyaluronic Acid, HA)未显著提升根面覆盖率,但组织学显示 HA 可改善软组织质地。

对于种植体周围炎或种植体周黏膜炎导致的软组织破坏,翻瓣清创联合软组织再附着技术则是关键手段。通过翻瓣暴露种植体颈部,彻底清除炎性组织和菌斑生物膜后,采用表面去污(如钛刷、甘氨酸喷砂)结合引导组织再生技术,可促进软组织重新附着于基台表面。Renvert 等人[50]的多中心随机对照试验比较了 GBR 与开放瓣清创术(Open Flap Debridement, OFD)治疗种植体周围炎三壁骨缺损的效果。治疗结果显示两组在探诊深度、探诊出血、黏膜退缩等软组织指标上无显著差异,但 GBR 在骨缺损重建和治疗成功率方面呈现优势趋势。翻瓣清创联合软组织再附着技术能够有效清除感染源并为组织愈合创造条件,其在骨缺损重建和治疗成功率方面的优势优于单纯清创;然而在软组织炎症控制指标上,两种术式效果相当,提示软组织再附着的效果更多取决于术后维护与感染控制而非手术方式本身。该技术作为手术性软组织封闭的重要手段,与软组织增量、微创手术等策略协同应用,可实现对种植体周软组织病变的综合性管理。

5. 总结与展望

综上,目前对于种植体周软组织封闭技术的研究仍存在争议,基于本文中所涉及的文献,我们可以得出以下结论:第一,基台表面改性与结构优化可有效引导软组织附着,为软组织封闭的建立提供理想的界面基础;第二,自体软组织移植仍是角化龈增量和软组织增厚的金标准,但各类替代材料可避免开辟第二术区,患者接受度更高。未来种植体周软组织封闭可通过数字化与个性化管理方面,3D 打印个性化愈合基台可精准复制软组织形态,减少二次手术创伤;AI 辅助的穿龈轮廓设计与软组织增量效果预测模型将为个体化治疗提供决策支持;一些负载生长因子的功能化基质材料、支架-细胞-因子复合体、3D 生物打印等组织工程策略,有望突破传统移植材料的局限,实现软组织的结构性再生。随着材料科学、细胞生物学与数字化技术的深度融合,种植体周软组织封闭技术将朝着多功能化、微创化、个体化的方向发展,为种植修复的长期稳定提供更可靠的保障。

基金项目

本课题受浙江省自然科学基金重点项目(项目编号:ZCLZ25H1401)的资助。

参考文献

- [1] Shineh, G., Janghour, L.M., Xia, Y., Shao, J., Gulati, K., Yeo, G.C., *et al.* (2025) Biomolecule-functionalized Dental Implant Surfaces: Towards Augmenting Soft Tissue Integration. *Bioactive Materials*, **53**, 540-590. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2025.07.005>
- [2] 陈伯嘉, 李娟娟, 欧国敏. 牙种植体颈部软组织附着的研究进展[J]. 国际口腔医学杂志, 2013, 40(4): 496-499.
- [3] Jin, S., Yu, Y., Zhang, T., Xie, D., Zheng, Y., Wang, C., *et al.* (2024) Surface Modification Strategies to Reinforce the Soft Tissue Seal at Transmucosal Region of Dental Implants. *Bioactive Materials*, **42**, 404-432. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2024.08.042>

- [4] 王昊喆, 李磊. 种植体周围炎治疗中软组织封闭的再建立[J]. 口腔医学研究, 2024, 40(11): 945-949.
- [5] Węgrzyn-Kapisz, M., Kochanek-Leśniewska, A. and Mierzwińska-Nastalska, E. (2025) The Influence of Implant-Prosthetic Components on the Formation of Biological Width and Its Significance for the Long-Term Stability of Peri-Implant Tissues: A Literature Review. *Prosthodontics*, **75**, 225-234. <https://doi.org/10.5114/ps/211154>
- [6] Gibbs, S., Roffel, S., Meyer, M. and Gasser, A. (2019) Biology of Soft Tissue Repair: Gingival Epithelium in Wound Healing and Attachment to the Tooth and Abutment Surface. *European Cells and Materials*, **38**, 63-78. <https://doi.org/10.22203/ecm.v038a06>
- [7] Atsuta, I., Yamaza, T., Yoshinari, M., Mino, S., Goto, T., Kido, M.A., *et al.* (2005) Changes in the Distribution of Laminin-5 during Peri-Implant Epithelium Formation after Immediate Titanium Implantation in Rats. *Biomaterials*, **26**, 1751-1760. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2004.05.033>
- [8] Piattelli, A., Farias Pontes, A.E., Degidi, M. and Iezzi, G. (2011) Histologic Studies on Osseointegration: Soft Tissues Response to Implant Surfaces and Components. a Review. *Dental Materials*, **27**, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.019>
- [9] Alexander, R. and Liu, X. (2026) Soft Tissue Integration around Dental Implants: A Pressing Priority. *Biomaterials*, **324**, Article 123491. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2025.123491>.
- [10] Abouel Maaty, F.A.N., Ragab, M.A., El-Ghazawy, Y.M., Elfaiedi, F.I., Abbass, M.M.S., Radwan, I.A., *et al.* (2025) Peri-Implant Soft Tissue in Contact with Zirconium/Titanium Abutments from Histological and Biological Perspectives: A Concise Review. *Cells*, **14**, Article 129. <https://doi.org/10.3390/cells14020129>.
- [11] Liu, Z., Li, C., Liu, Y., Zeng, J., Chu, H., Chen, P., *et al.* (2023) The Clinical Significance and Application of the Peri-Implant Phenotype in Dental Implant Surgery: A Narrative Review. *Annals of Translational Medicine*, **11**, 351-351. <https://doi.org/10.21037/atm-23-1752>
- [12] Dornbush, J.R., Reiser, G.M. and Ho, D.K. (2014) Platform Switching and Abutment Emergence Profile Modification on Peri-Implant Soft Tissue. *Alpha Omegan*, **107**, 28-32.
- [13] Sun, T.C. and Chang, T. (2024) Soft Tissue Management around Dental Implant in Esthetic Zone—The Current Concepts and Novel Techniques. *Journal of Dental Sciences*, **19**, 1348-1358. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2024.03.003>
- [14] Sanz, M., Schwarz, F., Herrera, D., McClain, P., Figuero, E., Molina, A., *et al.* (2022) Importance of Keratinized Mucosa around Dental Implants: Consensus Report of Group 1 of the DGI/SEPA/Osteology Workshop. *Clinical Oral Implants Research*, **33**, 47-55. <https://doi.org/10.1111/clr.13956>
- [15] Garcia, B., Camacho, F., Peñarrocha, D., Tallarico, M., Perez, S. and Canullo, L. (2017) Influence of Plasma Cleaning Procedure on the Interaction between Soft Tissue and Abutments: A Randomized Controlled Histologic Study. *Clinical Oral Implants Research*, **28**, 1269-1277. <https://doi.org/10.1111/clr.12953>
- [16] Canullo, L., Donato, A., Savadori, P., Radovanovic, S., Iacono, R. and Rakic, M. (2024) Effect of Argon Plasma Abutment Activation on Soft Tissue Healing: RCT with Histological Assessment. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, **26**, 226-236. <https://doi.org/10.1111/cid.13286>
- [17] Ghinassi, B., Di Baldassarre, A., D'Addazio, G., Traini, T., Andrisani, M., Di Vincenzo, G., *et al.* (2020) Gingival Response to Dental Implant: Comparison Study on the Effects of New Nanopored Laser-Treated vs. Traditional Healing Abutments. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article 6056. <https://doi.org/10.3390/ijms21176056>
- [18] Mühl, A., Szabó, P., Krafcsik, O., Aigner, Z., Kopniczky, J., Ákos Nagy, *et al.* (2022) Comparison of Surface Aspects of Turned and Anodized Titanium Dental Implant, or Abutment Material for an Optimal Soft Tissue Integration. *Heliyon*, **8**, e10263. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10263>
- [19] Areid, N., Abushahba, F., Riihari, S. and Närhi, T. (2024) Effect of TiO₂ Abutment Coatings on Peri-Implant Soft Tissue Behavior: A Systematic Review of *in Vivo* Studies. *International Journal of Dentistry*, **2024**, Article 9079673. <https://doi.org/10.1155/2024/9079673>
- [20] Canullo, L., Giuliani, A., Furlani, M., Menini, M., Piattelli, A. and Iezzi, G. (2023) Influence of Abutment Macro- and Micro-Geometry on Morphologic and Morphometric Features of Peri-Implant Connective Tissue. *Clinical Oral Implants Research*, **34**, 920-933. <https://doi.org/10.1111/clr.14118>
- [21] Weinländer, M., Lekovic, V., Spadijer-Gostovic, S., Milicic, B., Wegscheider, W.A. and Piehslinger, E. (2010) Soft Tissue Development around Abutments with a Circular Macro-Groove in Healed Sites of Partially Edentulous Posterior Maxillae and Mandibles: A Clinical Pilot Study. *Clinical Oral Implants Research*, **22**, 743-752. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02054.x>
- [22] Amer, S., Szmukler-Moncler, S., Savion, A., Damaskos, T., Sperber, R. and Beuer, F. (2025) Effect of Abutment Shape on Soft Tissue Healing: A Randomized Clinical Pilot Study with a Digital Superposition Methodology. *International Journal of Computerized Dentistry*, **28**, 333-349.
- [23] Abrahamsson, I., Berglundh, T. and Lindhe, J. (1997) The Mucosal Barrier Following Abutment Dis/Reconnection. An Experimental Study in Dogs. *Journal of Clinical Periodontology*, **24**, 568-572.

- <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1997.tb00230.x>
- [24] Degidi, M., Nardi, D. and Piattelli, A. (2011) One Abutment at One Time: Non-Removal of an Immediate Abutment and Its Effect on Bone Healing around Subcrestal Tapered Implants. *Clinical Oral Implants Research*, **22**, 1303-1307. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.02111.x>
- [25] Canullo, L., Omori, Y., Amari, Y., Iannello, G. and Pesce, P. (2018) Five-Year Cohort Prospective Study on Single Implants in the Esthetic Area Restored Using One-Abutment/One-Time Prosthetic Approach. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, **20**, 668-673. <https://doi.org/10.1111/cid.12635>
- [26] Tallarico, M., Caneva, M., Meloni, S.M., Xhanari, E., Covani, U. and Canullo, L. (2018) Definitive Abutments Placed at Implant Insertion and Never Removed: Is It an Effective Approach? A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **76**, 316-324. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.08.025>
- [27] Bressan, E., Grusovin, M.G., Visconti, R.F., Luongo, G., Piombino, P., Greco, K., *et al.* (2025) The Influence of Repeated Abutment Changes on Peri-Implant Tissue Stability and Keratinised Tissue on Peri-Implant Health: 12-Year Post-Loading Results from a Multicentre Randomised Controlled Trial. *Journal of Periodontal Research*, **61**, 165-179. <https://doi.org/10.1111/jre.13418>
- [28] Hartman, M.J. (2021) A Workflow to Design and Fabricate a Customized Healing Abutment from a Dynamic Navigation Virtual Treatment Plan. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, **42**, 86-92.
- [29] Poovarodom, P., Moura, G.F., Rizzante, F.A.P., Rungsiyakull, C., Suriyawanakul, J. and Rungsiyakull, P. (2025) Mechanical Behavior of Hybrid Custom Implant Abutments with Various Crown Materials: A 3D Finite Element Analysis. *BMC Oral Health*, **25**, Article No. 1106. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06445-w>
- [30] Özer, N.E., Oğuz, E.İ. and Ersoy, A. (2025) Fracture Strength and Stress Distribution Analyses of CAD/CAM Titanium and Zirconia Abutments Restored with Resin-Based Ceramic and Monolithic Zirconia Crowns. *European Annals of Dental Sciences*, **52**, 55-62. <https://doi.org/10.52037/eads.2025.0009>
- [31] Polat Sağsöz, N., Murat, F., Sevinç Gül, S.N., Şensoy, A.T. and Kaymaz, I. (2025) CF-PEEK vs. Titanium Dental Implants: Stress Distribution and Fatigue Performance in Variable Bone Qualities. *Biomimetics*, **10**, Article 619. <https://doi.org/10.3390/biomimetics10090619>
- [32] Li, R., Liu, Y., Sun, J. and Zhang, R. (2025) Adaptation Assessment of All-Ceramic Self-Glazed versus Conventional Zirconia Implant Abutments. *BMC Oral Health*, **25**, Article No. 1158. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06572-4>
- [33] Martínez-Grau, J., Robles, D., Pérez, R.A., Marimon, X., Fernández-Hernández, S., Aroso, C., *et al.* (2024) Design Factors of Ti-Base Abutments Related to the Biomechanics Behavior of Dental Implant Prostheses: Finite Element Analysis and Validation via *in Vitro* Load Creeping Tests. *Materials*, **17**, Article 3746. <https://doi.org/10.3390/ma17153746>
- [34] 陆杰, 徐燕, 邹晨阳. 角化龈增量对维护牙周炎患者种植体稳定性的临床研究[J]. 口腔医学研究, 2023, 39(6): 510-514.
- [35] 吴誉东, 周炼, 闫明. 下颌后牙区不同时机游离龈移植的效果对比[J]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2022, 16(3): 168-173.
- [36] Solonko, M., Regidor, E., Ortiz-Vigón, A., Montero, E., Vilchez, B. and Sanz, M. (2025) Surgical Treatment of Peri-Implantitis Combined with Keratinized Mucosa Augmentation: Results of a Dual-Center 3-Year RCT. *Clinical Oral Implants Research*, **36**, 1159-1171. <https://doi.org/10.1111/clr.14465>
- [37] Ashurko, I., Tarasenko, S., Magdalyanova, M., Balyasin, M., Galyas, A., Kazumyan, S., *et al.* (2025) 3D-Analysis of Peri-Implant Soft Tissue Gain with Collagen Matrix and Connective Tissue Graft: A Randomized Control Trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, **27**, e70043. <https://doi.org/10.1111/cid.70043>
- [38] Ferrarotti, F., Baima, G., Mohammadi, G., Carboncini, C., Romano, F. and Aimetti, M. (2025) Peri-Implant Soft Tissue Increase at Small Buccal Bone Dehiscences with Either Volume-Stable Collagen Matrix or Connective Tissue Graft: A Randomized Controlled Trial. *Clinical Oral Implants Research*, **36**, 846-858. <https://doi.org/10.1111/clr.14430>
- [39] Azhibekov, A., Menchisheva, Y., Espolayeva, A., Uglanov, Z., Tsokov, K.T. and Mirzakulova, U. (2024) The Efficacy of Leukocyte-Platelet-Rich Fibrin in Combination with Sub-Epithelial Connective Tissue Graft in Peri-Implant Soft Tissue Augmentation: A Randomized Controlled Clinical Trial. *The Open Dentistry Journal*, **18**, e18742106338561. <https://doi.org/10.2174/0118742106338561240923113204>
- [40] Ruhstorfer, M., Güth, J., Stimmelmayer, M., Waltenberger, L., Schubert, O. and Graf, T. (2024) Systematic Review of Peri-Implant Conditions and Aesthetic Outcomes of Customized versus Conventional Healing Abutments. *International Journal of Implant Dentistry*, **10**, Article No. 61. <https://doi.org/10.1186/s40729-024-00581-8>
- [41] Manfredini, M., Pellegrini, M., Beretta, M., Maiorana, C. and Poli, P.P. (2026) Healing Abutment Classification in Implant Dentistry and Effect on Hard and Soft Tissues: A Systematic Review. *The International Journal of Prosthodontics*, 1-39. <https://doi.org/10.11607/ijp.9443>

- [42] Ashurko, I., Tarasenko, S., Esayan, A., Kurkov, A., Mikaelyan, K., Balyasin, M., *et al.* (2022) Connective Tissue Graft versus Xenogeneic Collagen Matrix for Soft Tissue Augmentation at Implant Sites: A Randomized-Controlled Clinical Trial. *Clinical Oral Investigations*, **26**, 7191-7208. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04680-x>
- [43] 蔺世晨, 刘航, 吴雪, 李鑫, 季一鸣, 段少宇. 3种增宽种植体颊侧角化龈方法的临床效果对比[J]. 首都医科大学学报, 2023, 44(2): 316-321.
- [44] Shiezadeh, F., Moeintaghavi, A., Moslehitabar, Z. and Khojaste, M. (2025) Platelet-Rich Fibrin versus Acellular Dermal Matrix for Vertical Soft Tissue Augmentation Simultaneously with Dental Implantation: A 3-Month Randomized Pilot Clinical Trial. *BMC Oral Health*, **25**, Article No. 1060. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06394-4>
- [45] Yuan, J., Sun, B., Ma, W., Cai, C., Huang, Z., Zhou, P., *et al.* (2024) Orthogonally Woven 3D Nanofiber Scaffolds Promote Rapid Soft Tissue Regeneration by Enhancing Bidirectional Cell Migration. *Bioactive Materials*, **39**, 582-594. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2024.04.025>
- [46] Smirani, R., Médina, C., Becker, J., Déchelette, C., Rousseau, B., Fricain, J., *et al.* (2025) *In Vivo* Vessel Connection of Pre-Vascularised 3D-Bioprinted Gingival Connective Tissue Substitutes. *Biofabrication*, **17**, Article 025009. <https://doi.org/10.1088/1758-5090/adac90>
- [47] Chauca-Bajaña, L., Vásquez González, P.S., Alban Guijarro, M.J., Guim Martínez, C.A., Velásquez Ron, B., Proaño Yela, P., *et al.* (2025) Comparative Effectiveness of Tunneling vs. Coronally Advanced Flap Techniques for Root Coverage: A 6-12-Month Randomized Clinical Trial. *Bioengineering*, **12**, Article 824. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12080824>
- [48] Tavelli, L., Majzoub, J., Kauffmann, F., Rodriguez, M.V., Mancini, L., Chan, H., *et al.* (2023) Coronally Advanced Flap versus Tunnel Technique for the Treatment of Peri-Implant Soft Tissue Dehiscences with the Connective Tissue Graft: A Randomized, Controlled Clinical Trial. *Journal of Clinical Periodontology*, **50**, 980-995. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13806>
- [49] Skierska, I., Górski, B. and Fus, Ł. (2024) Tunnel Technique and Subepithelial Connective Tissue Graft, with or without Cross-Linked Hyaluronic Acid, in the Treatment of Multiple Gingival Recessions: 12-Month Outcomes of a Randomized Clinical Trial. *Journal of Periodontology*, **95**, 1060-1072. <https://doi.org/10.1002/jper.24-0093>
- [50] Renvert, S., Giovannoli, J. and Rinke, S. (2024) The Efficacy of Reconstructive Therapy in the Surgical Management of Peri-Implantitis: A 3-Year Follow-Up of a Randomized Clinical Trial. *Journal of Clinical Periodontology*, **51**, 1267-1276. <https://doi.org/10.1111/jcpe.14049>