

正式修复体的 3D 打印技术

—BEGO VarseoSmile Crown^{plus} 材料制作的单冠的脱粘和断裂强度研究

VarseoSmile Crown^{plus} 是世界上第一款用于 3D 打印正式单冠、嵌体、高嵌体和贴面的陶瓷填充混合材料。一系列临床前期的科研项目针对该产品的各方面性能进行了测试研究。本报告展示了由 VarseoSmile Crown^{plus} 经增材制造技术制作的单冠的脱粘研究结果，以及冠初始断裂强度的研究结果。

关键词: 3D 打印, 正式修复体, 复合树脂材料, 脱粘, 断裂强度

引言

数字化牙科工艺技术领域的发展速度惊人。尽管在减材制造（铣削加工）领域已经能够制作出适合度很高的产品，加工能力也已经达到了很高的水平，但是增材制造技术（3D 打印）正变得越来越重要^{10, 11}。早在 20 世纪 80 年代初，第一批用于增材制造的工业机器就已经进入市场，而第一台 3D 打印机于 1986 年由查尔斯·赫尔（Charles Hull）推出²。当时，3D 打印机主要用于原型制造（Rapid Prototyping 快速成型）。在接下来的几年里，该项技术发展迅猛。随着所谓的 FDM 工艺（FDM = 熔融沉积成型）³ 的专利在 2009 年到期，3D 打印机开始在消费领域大显身手。最近，这种动态发展的技术也越来越多地转向到牙科领域。3D 打印机变得更小、更便宜，应用范围也发生了变化。用于打印的材料扩大到包括复合材料、金属、陶瓷，甚至人体组织。

牙科 3D 打印并不是一项全新技术，增材制造在牙科技术领域中的建立已将近 20 年。其中的一个实例是德国贝格公司（BEGO Medical）的选择性激光熔覆技术（Selective Laser Melting, SLM）。在 2002 年 11 月，这项金属打印技术的相关文献介绍就已经引起了人们的关注。这项由 BEGO 公司申请专利的激光熔覆技术被应用在牙科领域，它代表了当时非贵金属（NEM）合金加工的绝对性革命^{4, 8}。此外，立体光刻技术（SL）也已在牙科行业应用了多年^{5, 7, 9}。这是基于激光束或蓝光-LED（DLP 技术 = 数字光处理（Digital Light Processing）= 掩模曝光）对树脂（环氧树脂、丙烯酸酯）进行逐点固化的工艺^{6, 12}。

由于购买成本的原因，直到几年前，牙科 3D 打印机的应用还一直停留在工业或大型制作中心层面。一段时间以来，越来越多的打印机已经可以下沉到“普通”的牙科技工室了。此外，来自行业以外的拥有增材制造技术的企业也进入牙科市场。通过相对便宜的设备，牙科技工室也能够加工树脂/复合材料产品，例如用于牙科的准备性工作服务，诸如上下颌模型或者外科导板。

业内一直都有这样的一个疑问，正式的修复体能否由 3D 打印机打印？这个问题必须从材料学角度，或者根据现有的 3D 打印材料来解答。毕竟，对于要永久留在口腔内的牙齿修复材料要求很高。用于正式修复体的材料，既要能够承受高机械载荷，也要能够耐受口内的各种化学影响。在佩戴期间，不能有任何有害物质释放出来，而且材料必须具有一个光滑的表面，以防止细菌堆积（菌斑附着）。此外，还要有一个切实可行的、经济实用的制造工艺，而且必须能达到微米级的制造精度。

Josef Schweiger, 牙科技师
德国慕尼黑大学附属医院口腔
修复科

Josef.Schweiger@med.uni-
muenchen.de

Kurt-Jürgen Erdelt
Daniel Edelhoff 教授
Hagen Müller, 牙科技师
(地址同上)

Jan-Frederik Güth 教授
德国法兰克福大学口腔颌面中
心（Carolinum）口腔修复科
