译文

CAD/CAM 技术在种植基台、牙冠及上部结构中的应用

CAD/CAM Technology for Implant Abutments,Crowns,and Superstructures

Theodoros Kapos, Christopher Evans

原载 Int J Oral Maxillofac Implant, 2014, 29(suppl):117-136（英文）

梁 超 译 耿 威 审

摘 要

目的：本系统性回顾的目的是比较计算机辅助设计 / 计算机辅助制造（CAD/CAM）与传统工艺制造的种植修复体在美学、生物及机械并发症、患者满意度和经济因素方面的差异。**材料和方法**：通过 Pubmed 和 Ovid 搜索引擎进行临床研究的长期追踪，重点搜集 CAD/CAM 在口腔种植技术中应用的愈后情况，相关文献根据种植基台、冠及支架进行分类。**结果**：共 18 篇文章符合入选标准，其中与 CAD/CAM 冠相关的报道 2 篇，与 CAD/CAM 基台相关的报道 6 篇，与 CAD/CAM 种植体支持式支架相关报道 10 篇。CAD/CAM 冠的平均存活率为 98.85%，CAD/CAM 基台的平均存活率为 100%，CAD/CAM 支架的平均存活率为 95.98%。**结论**：基于目前研究，CAD/CAM 冠、基台、支架的存活率与传统制造工艺具有一定可比性，种植存活率不受制造工艺的影响。由于 CAD/CAM 技术包含几个不同的制造工艺，我们有必要拟定一个关于 CAD/CAM 修复体制造工序的准确新定义。"完全应用 CAD/CAM 制造的产品"即不需要或仅需最小的人工干预制造的种植修复体或许可以在将来广泛应用于种植修复临床。

关键词 基台，CAD/CAM，冠，种植体支持修复体，种植体支持支架，种植体上部结构

1 引言

在过去 10 年里，计算机辅助设计（CAD）与计算机辅助制造（CAM）在口腔种植领域的应用逐渐增加，在种植体和基台的制造工艺方面，CAD/CAM 技术的不断完善对传统方法造成了新的挑战。相比于传统铸造技术，如果要将 CAD/CAM 技术常规应用于种植修复体的制造，那么证明其临床效果的优势性是其重要的前提。

本系统性回顾研究的目的在于："在需要单颗或多颗种植体修复的牙齿缺失情况下，比较计算机

译者单位 首都医科大学附属北京口腔医院
北京市东城区天坛西里 4 号 100050

辅助设计 / 计算机辅助制造 (CAD/CAM) 与传统工艺制造的种植修复体在美学、生物及机械并发症、患者满意度和经济因素方面的差异。”

2 材料和方法

2.1 核心问题

采用 PICO 策略制定问题研究框架。核心问题由 PICO 四要素构成：总体、干预、比较和结果。作者所提出的核心问题得到了工作组的一致接受和认可。

2.2 检索方法

系统、全面地搜索有关文献，统计如表 1。资料搜集从 2012 年开始至 2013 年 1 月完成。利用

表 1 系统搜索方法

重点问题	对于一个或多个缺失牙，CAD/CAM 与传统铸造种植体在美学、并发症（生物和机械）、患者满意度和经济因素方面的比较
搜索方法	
人数	#1（余留牙）或（牙列缺损）或（牙列缺失）
干预和搜索	#2（计算机辅助设计 [关键词]）和（种植义齿，种植体支持）[关键词] #3（计算机辅助设计 [关键词]）和（牙科种植基台设计 [关键词]） #4（计算机辅助设计 [关键词]）和（牙科种植体 [关键词]）和 冠 #5（计算机辅助设计 [关键词]）和（牙科种植体 [关键词]）和 义齿 #6（计算机辅助设计 [关键词]）和（牙科种植体 [关键词]）和 修复体 #7（计算机辅助设计 [关键词]）和（牙科种植体 [关键词]）和 重建 #8（计算机辅助设计 [关键词]）和（牙科种植体 [关键词]）和 修复 #9（计算机辅助设计 [关键词]）和（牙科种植体 [关键词]）和 上部结构 #10 CAD CAM（关键词和关键词选择）+ 牙科修复体、种植体支持（关键词和关键词选择） #11 CAD CAM（关键词和关键词选择）+ 基台（关键词和关键词选择） #12 CAD CAM + 牙科种植体 + 冠 #13 CAD CAM + 牙科种植体 + 义齿 #14 CAD CAM + 牙科种植体 + 义齿修复
比较	#15（传统技术）或（铸造技术）或（成品基台）或（预成基台）
结果	#16（并发症）或（精密度）或（患者满意度）或（美学效果）
搜索组合	#1 和 #2（或 #3，#4，#5，#6，#7，#8，#9）和 #15 和 #16 #10（或 #11，#12，#13，#14）和 #15 和 #16
数据搜索	
电子数据	PubMed，Ovid
期刊	Peer reviewed journal
选择标准	
包含标准	除专家观点和病例报道之外的所有级别证据； 包含 10 个以上病例的研究； 临床观察或实验研究报告至少追踪 12 个月以上； 研究为种植体应用而设计的 CAD/CAM 技术 / 研究按照植体厂商指导而设计的 CAD/CAM 技术
排除标准	个案报道和系列病例； 少于 1 年的临床实验研究； 实验室研究； 未修复出版物； 没有摘要的文章； 有限元分析； 非骨水平根形植体； 非牙科相关文章和综述或评论性文章

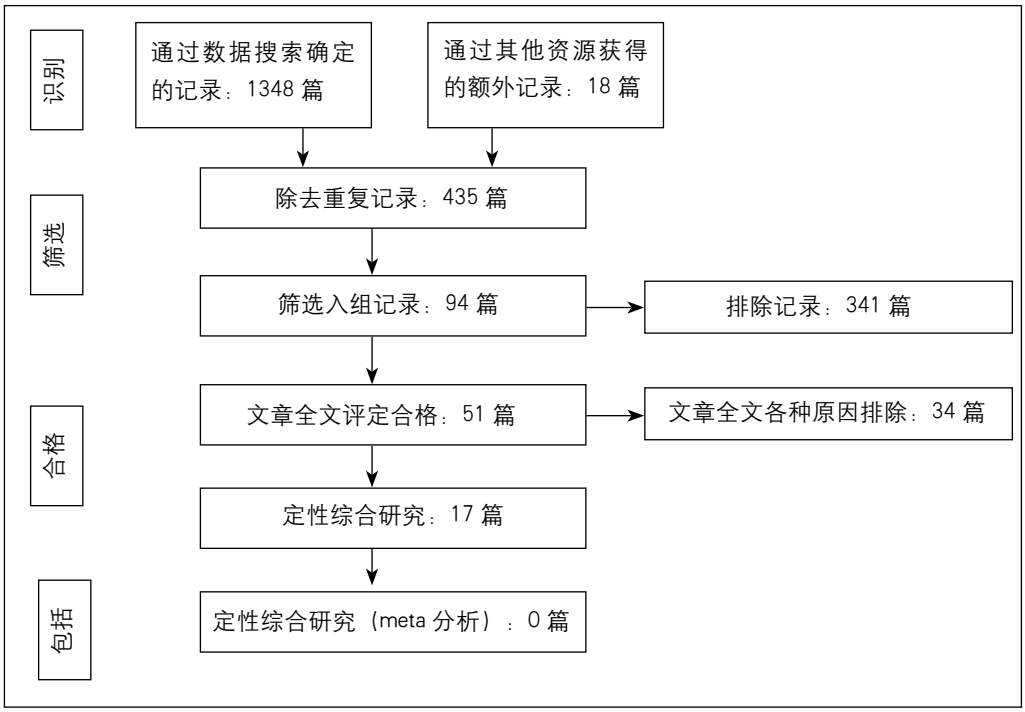

图 1 文献查询和文章选择

MeSH 完成电子数据库的搜索。搜索项：“计算机辅助设计”和“牙科修复体、种植体支持” （201 条结果）；“计算机辅助设计”和“牙科种植基台设计” （10 条结果）。

通过 MeSH 关键词（修复体、冠、义齿、重建、修复、上部结构）扩大搜索范围：“计算机辅助设计”和“牙科种植体”和“冠”（共 25 条结果）；“计算机辅助设计”和“牙科种植体”和“义齿”（共 86 条结果）；“计算机辅助设计”和“牙科种植体”和“修复体”（共 220 条结果）；“计算机辅助设计”和“牙科种植体”和“重建”（共 18 条结果）；“计算机辅助设计”和“牙科种植体”和“修复”（共 74 条结果）；“计算机辅助设计”和“牙科种植体”和“上部结构”（共 6 条结果）。

所有结果使用“人类研究”和“英文”共筛出 642 篇文章。

另外，利用 Ovid 搜索得到“CAD/CAM（关键词和选择主标题）+ 牙科修复体，种植体支持（关键词和选择主标题）”（共 207 条结果）；“CAD/CAM（关键词和选择主标题）+ 基台（关键词和选择主标题）（共 236 条结果）。搜索关键词“CAD/CAM+ 牙科种植体 + 冠”（共 66 条结果）；搜索关键词“CAD/CAM+ 牙科种植体 + 义齿”（共 96 条结果）；“CAD/CAM+ 牙科种植体 + 义齿修复”（共 101 条结果）。

一共筛出 706 篇文章，相关期刊文献见附文，筛选所得文章和综述的参考文献如涉及到本文主题也同样进行了检索。一共搜索得到 1348 篇文章，收集到文献管理软件 Endnote X4 之中，所有重复的文章经电子筛查后丢弃，最终有 435 篇文章用于审查。

2.3 选择及排除标准

除了专家观点之外的所有证据被用来作为文献综合搜索的指标，进行分析之后排除的文章包括：

（1）个例报道
（2）少于 10 个病例的病例分析
（3）追踪少于 1 年的临床实验研究
（4）实验室研究
（5）未修复出版物
（6）没有摘要的文章
（7）有限元分析
（8）非骨水平根形植体的研究
（9）非牙科相关文章
（10）综述或评论性文章

另外，文章中出现的有关 CAD/CAM 的讨论必须是与种植体相关的，且种植体的植入需要依据生产商的建议。作者筛选了全部的 435 篇文章，所

遇到的文章观点不一致的情况在讨论部分已得到解决。通过筛查，共 51 篇文章适用于全文回顾。但其中有 7 篇文章属于系统回顾性文章，共 17 篇文章可用于数据获取及分析。

2.4 质量评价

对每篇文章进行质量评价。使用 Cochrane Collaboration 工具评估随机对照试验和临床对照试验的风险。非随机对照试验使用 Newcastle–Ottawa Scale 评估质量。

2.5 观察性研究的评定量表

结果和结论从入组文章研究结论和相关数据中提取和分析，结果会在后文中提出并绘制结论图。

2.6 同行评审

在讨论会议之前，将手稿提交给《口腔颌面种植国际期刊》工作小组进行同行评审。更正、修订、校验后完成撰写。被杂志接收后，本文将为临床诊治提供建议和指导。

3 结果

关于牙冠的研究报告如表 2 所示。关于基台的研究报告如表 3 所示。参与研究的患者特征如表 4 所示。

表 2 与 CAD/CAM 冠相关文章的选择

研究	发表年份	患者人数	冠数目	固位方式	材料	累计存活率	种植系统	随访时间（月）	CAD/CAM 系统	病人失访
Hosseini 等	2011	36	75	全部粘结固位	Ti–Zr 基台；氧化锆基台全瓷冠（CAD/CAM）	100%	Astra Tech	平均 13.5（11 ～ 22）	全瓷冠 (Nobel Biocare)	0/30
Henriksson 和 Jemt	2003	20	24	13 例粘结固位 11 例螺丝固位	氧化铝基全瓷冠	100%	Nobel Biocare	12	全瓷冠 (Nobel Biocare)	1

表 3 与 CAD/CAM 基台相关文章的选择

研究	发表年份	患者人数	基台数	材料	CAD/CAM 系统	累计存活率	植体类型	平均追踪时间（月）	患者失访
Zarone 等	2005	44*	58	氧化铝	全瓷冠，Nobel Biocare	98.3%（1 名患者失访）	Straumann，Brånemark	48	未报道
Zembic 等	2009	22	40	20 锆 20 钛	全瓷冠，Nobel Biocare	100%	Brånemark RP	36	4
Canullo	2007	25	30	锆熔附钛	ZirconZahn	100%	TSA Implantden	40	未报道
Furze 等	2012	10	10	锆	Straumann Cares	100%	Straumann Bone Level	12	0
Sailer 等	2009	22	40	20 锆 20 钛	全瓷冠，Nobel Biocare	100%	Brånemark RP	12.6	2
Zembic 等	2012	22	40	20 锆 20 钛	全瓷冠，Nobel Biocare	锆 88.9% 钛 90%	Brånemark RP	67.2	4

* 表示报道包括一些天然牙支持的牙冠，但没有公布基台数目

表 4 CAD/CAM 冠和 CAD/CAM 基台特点的研究

研究	发表年份	期刊	研究设计	CAD/CAM 系统	修复类型	患者	年龄范围（岁）	平均年龄（岁）	地点	患者失访
冠										
Hosseini 等	2011	EJOI	随机对照试验	Procera	单冠	36	19–57	28.1	大学	0
Henriksson 和 Jemt	2013	IJP	病例回顾性研究	Procera	单冠	20	18–62	29	私人诊所	1
基台										
Zarone 等	2005	CIDRR	病例回顾性研究	Procera	单冠	86	18–62	未报道	大学	未报道
Zembic 等	2009	COIR	随机对照试验	Procera	单冠	22	未报道	41.3	未报道	2
Canullo	2007	IJP	前瞻性研究	ZirconZahn	单冠	25	25–70	52.3	私人诊所	未报道
Furze 等	2012	QUINT	病例连续分析	Straumann Cares	单冠	10	26–61	45.1	私人诊所	0
Sailer 等	2009	COIR	随机对照试验	Procera	单冠	22	未报道	41.3	未报道	2
Zembic 等	2012	COIR	随机对照试验	Procera	单冠	22	未报道	41.3	未报道	4

IJP = The International Journal of Prosthodontics; EJOI = European Journal Oral Implantology; CIDRR = Clinical Implant Dentistry & Related Research; COIR = Clinical Oral Implants Research; QUINT = Quintessence International.

3.1 CAD/CAM 冠

检索并筛选后仅两个研究入组：一个随机对照试验和一项前瞻性临床报告。年龄从 19 到 60 岁之间的 50 位患者总共使用了 99 颗种植体进行单冠修复。Hosseini 等的研究中患者的平均年龄为 28 岁，而 Henriksson 和 Jemt 的研究中患者的平均年龄是 45 岁，冠修复体的平均留存率是 98.85%，种植体存活率不受牙冠制作工艺的影响，CAD/CAM 种植修复体的失败率和成功率总结如表 5 所示。CAD/CAM 冠的失败率、成功率和出现并发症的概率如表 6 和表 7 所示。

表 5 种植体支持 CAD/CAM 冠和基台的失败率与存活率

研究	发表年份	修复类型	负重	种植体	平均随访时间（月）	种植失败数目	年失败率评估	累计存活率
冠								
Hosseini 等	2011	单冠	延期	75	13.5	0	0%	100%
Henriksson 和 Jemt	2003	单冠	延期	24	12	0	0%	100%
基台								
Zarone 等	2005	单冠	延期	58	48	0	0%	100%
Zembic 等	2009	单冠	延期	40	36	0	0%	100%
Canullo	2007	单冠	延期	30	40	0	0%	100%
Furze 等	2012	单冠	延期	10	12	0	0%	100%
Sailer 等	2009	单冠	延期	40	12.6	0	0%	100%
Zembic 等	2012	单冠	延期	40	67.2	3	1.30%	锆 88.9% 钛 90%

表 6 CAD/CAM 冠和基台的失败率和存活率

研究	发表年份	修复类型	负重	修复体总数	失访的修复体数目	平均随访时间（月）	修复失败	总计	年失败率评估
冠									
Hosseini 等	2011	单冠	延期	75 AC = 38 MC = 37	0	13.5	1，金属烤瓷组，重做	75	烤瓷：2.6% 全瓷：0%
Henriksson 和 Jemt	2003	单冠	延期	24	1	12	0	23	0%
基台									
Zarone 等	2005	单冠	延期	58	1	48	1	57	0.80%
Zembic 等	2009	单冠	延期	40 AC = 20 MC = 20	11 AC = 1 MC = 10	36	0	29	0%
Canullo	2007	单冠	延期	30	未报道	40	0	30	0%
Furze 等	2012	单冠	延期	10	0	12	0	10	0%
Sailer 等	2009	单冠	延期	40 AC = 20 MC = 20	9 AC =1 MC = 8	12	0	31	0%
Zembic 等	2012	单冠	延期	40 AC = 20 MC = 20	11 AC = 1 MC = 10	67.2	3*	28*	0%

AC= 全瓷组；MC= 金属烤瓷组；*：种植失败未修复

Hosseini 等评估了使用种植体支持单冠修复前磨牙区单颗牙缺失在生物学方面、技术方面和美学方面的效果。将 38 个氧化锆基台和牙冠（实验组）与 37 个金属基台和金属烤瓷冠（对照组）进行比较。在实验组中，38 个氧化锆基台（ZrDesign，Astra Tech）用于支持 CAD/CAM氧化锆颗粒全瓷冠加 HeraCeram 饰瓷，38 例中应用 KaVo 氧化锆颗粒（Ivoclar Vivadent）的有 27 例，应用 Procera 氧化锆颗粒（Nobel Biocare）的有 11 例。在对照组，有 37 个金属基台用于支持金属烤瓷冠，其中 35 例应用了 TiDesign（Astra Tech）钛基台，剩余 2 例应用传统工艺制造的金合基台。在试验组和对照组中，没有出现种植失败的情况，平均边缘骨丧失量也没有明显差别。37 例中出现 2 例技术性并发症，且都来自对照组，试验组中没有技术性并发症的报道。美学效果的评估是依据患者 VAS 评分报告和哥本哈根指数评分（CIS）报告，通过比较试验组和对照组的患者报告结果显示，两者在美学方面没有显著的差别。然而关于颜色的匹配，全瓷冠的效果更好（P=0.031）。在全瓷冠组和金属烤瓷冠组中，两者在黏膜变色方面没有明显差异。据报道，全瓷冠 10 例中有 7 例出现黏膜炎症，金属烤瓷冠 10 例中有 3 例出现黏膜炎症。

Henriksson 和 Jemt 对个性化全瓷修复基台与两种不同牙冠相结合的单颗牙种植修复的临床表现进行了评估。这项前瞻性临床研究评估了 20 例前牙区单颗牙种植修复的效果。首先制作 24 个个性化氧化铝基全瓷基台，用 Procera 技术制作 13 个冠，并用磷酸锌粘固剂把冠粘结到基台上，其中 11 例将瓷层直接融附到基台上以便使用腭面的螺丝孔直接做螺丝固定修复。第一年回访中，19 位患者的种植体都很稳固。其中有 1 个全瓷基台在技术室折断并在临床安放之前进行了重新制作。在 12 个月里，两组全部冠修复体都是稳固的。经评估可得年度生物学并发症的发生率为 12.5%，在粘结固位冠组的一个患者出现了颊侧瘘管，两个出现了颊侧牙龈退缩。

另外，没有研究报道过关于 CAD/CAM 种植修复体和传统修复体经济效益方面的差异。

3.2 CAD/CAM 基台

满足 CAD/CAM 种植基台数据入组标准的 6 项研究如表 3 所示，其中包括 3 个随机对照试验，

表 7　CAD/CAM 冠和基台的并发症

研究	发表年份	修复类型	修复体总数	平均随访时间（月）	螺丝松动率估计 / 年	基台折断率估计 / 年	饰瓷崩裂 / 折断	年饰瓷崩裂 / 折断率估计	脱落总量	年脱落评估	生物并发症	年生物并发症率的评估
冠												
Hosseini 等	2011	单冠	75 AC = 38 MC = 37	13.5	0	0	1 崩瓷，MC 组	2.4%MC，0%AC	1，MC 组	2.4%MC，0%AC	7/10 炎症，AC；3/10 炎症，MC	11.8% 16.3%AC 7%MC
Henriksson 和 Jemt	2003	单冠	24	12	0	0	0	0%	0	0%	1 瘘管，2 颊侧退缩	12.50%
基台												
Zarone 等	2005	单冠	58	48	0	0	1 崩瓷，1 折断	0.80%	0	0%	0	0%
Zembic 等	2009	单冠	40 AC = 20 MC = 20	36	0	0	2 崩瓷，MC 组	3%MC 0%AC	0	0%	0，但种植体平均 BOP 增加	0%
Canullo	2007	单冠	30	40	0	0	1 崩瓷	1%	0	0%	0	0%
Furze 等	2012	单冠	10	12	0	0	0	0%	0	0%	1，面部衰退	10%
Sailer 等	2009	单冠	40 AC = 20 MC = 20	12	0	0	2 崩瓷，MC 组	3%MC 0%AC	0	0%	0（牙和植体 BOP 相似）	0%
Zembic 等	2012	单冠	40 AC = 20 MC = 20	67.2	0	0	2 崩瓷，MC 组	3%MC 0%AC	0	0%	0，但种植体平均 BOP 增加且 3 例种植失败	1.30%

AC= 全瓷组；MC= 金属烤瓷组；BOP= 牙周探诊出血

分别描述同一个患者群在 12、36、67 个月的基台情况；一篇前瞻性临床报告；一篇回顾性病例报告和一个系列病例。由于缺乏患者治疗的细节，Vafiadis 发表的病例报告被剔除。总共 101 位患者共使用了 138 个 CAD/CAM 修复基台支持单冠修复，患者的年龄在 18–70 岁之间，每个研究组的平均年龄在 41.3–52.3 岁之间。应用 3 种不同的 CAD/CAM 系统进行基台的制作。其中，Procera technique 占 4 项研究，Straumann Cares 1 项，Zirconzahn 1 项。在文献回顾中，没有关于中央螺丝松动或折断等基台并发症的报道，CAD/CAM 基台的存留率是 100%，由 CAD/CAM 修复基台支持的牙冠的存留率是 99.8%，种植体支持的 CAD/CAM 基台的失败率和成功率总结如表 5。表 6 和表 7 对 CAD/CAM 制作的种植体基台的失败率、并发症发生率和成功率进行了细化。尽管没有 CAD/CAM 基台技术性并发症的报道，但大部分研究报道表明，基台上的烤瓷冠崩瓷发生率很低（年崩瓷率估计在 0% ～ 3%）。

Sailer 和 Zembic 等发表的文章应用随机对照试验评估了个性化氧化锆和钛基台的存留率和并发症发生率。在这项研究中应用了 22 个入组的患者，这项研究评估了 40 例种植支持单冠修复缺失的尖牙，前磨牙和磨牙。患者被随机分配到一个实验组和一个对照组中，试验组是用 20 个定制的氧化锆基台支持全瓷冠，对照组是 20 个定制的钛基台支持金属烤瓷冠。根据标准化方案，所有患者都使用 Nobel Biocare 种植体，全瓷冠是使用玻璃陶瓷或者两种高强度陶瓷——氧化铝或氧化锆制作的，金属烤瓷冠用于钛制基台。在术后即刻、6 个月、22 个月、36 个月分别对患者做临床检查，其中，在第 36 个月的回访中有 4 位患者失访。在试验组中，种植了 2 颗尖牙，11 颗前磨牙和 5 颗磨牙，两组种植体的存留率都是 100%。另外，两组都没有出现技术性并发症且基台的存留率都是 100%。

Zembic 等报道在 3 年和 5 年的回访中，有两位患者由于骨结合丧失而出现 3 颗种植体的脱落。他们包括使用使用氧化锆基台组的 20 例中的 2 例以及使用纯钛基台组的 20 例中的 1 例。尽管这 3 例出现种植失败，但 CAD/CAM 基台的生物性并发症仍然很低，菌斑和出血指数也很低，在回访中骨组织也很稳定。在 12 个月的回访中，Sailer 等报道种植体冠修复边缘的平均探诊出血比正常牙齿多，氧化锆基台比钛基台的平均探诊出血更多（60%vs30%）。然而，在 3 年到 5 年的回访中，这些改变就没有出现。只有 1 例报道 CAD/CAM 氧化锆基台的颊侧软组织出现退缩。

Canullo 在一篇前瞻性研究中报道了氧化锆复合纯钛螺旋结构基台旋入种植体后的临床效果，此研究选择了 25 位患者，共进行了 30 颗单颗种植体支持牙冠修复。其中一组中，基台的氧化锆部分与种植体颈部相连，另一组中，基台的纯钛结构与种植体颈部相连。两组都没有出现基台螺丝折断或螺丝松动，存留率为 100%。在第 1 年随访中，有 1 例牙冠的边缘出现了崩瓷，天然牙和种植体的牙周和牙龈指数提示组织健康。

在 86 例 CAD/CAM 修复的回顾研究中，Zarone 等评估了上颌前牙 Procera 全瓷修复体在 48 个月中的临床表现。86 例之中，天然牙牙冠 28 例，种植体支持基台及牙冠 58 例，并分别应用非潜入式和潜入式种植体进行修复，氧化铝基瓷基台用于潜入式种植体，钛基台用于非潜入式种植体。种植体用氧化铝全瓷冠修复，这些冠修复体是由牙科技师在技工室用机器加工并分层上瓷完成的。所有修复体都使用 RelyX，3M ESPE 水门汀粘结。在回访中，出现了 1 例种植修复失败病例，但并没有说明种植体的类型和种植失败的原因。另外还有 1 例种植修复牙冠切缘出现了崩瓷。据报道，两组种植修复体边缘密合性都是非常好的，其他评价指标（菌斑，牙龈指数，探诊出血和病人满意度）也呈现出普遍很高的分数，种植体与天然牙之间没有明显差异，并且没有关于基台并发症的报告。

Furze 等评估了上颌前牙区连续 10 例单颗牙种植修复的临床和美学效果。10 个 Straumann SLActive 骨水平种植体用于 6 个中切牙、1 个侧切牙，2 个尖牙和 1 个前磨牙。在应用 CAD/CAM 氧化锆基台和氧化锆基全瓷冠修复之前，在种植体上先行临时修复。负重 12 个月后，进行红白美学评分（PES 和 WES），惟一报道的并发症是临时修复体折断，PES平均得分为 7.9，WES 平均得分为 7。

关于 CAD/CAM 种植修复体或传统修复体的成本效益，没有任何研究报告数据。

3.3 CAD/CAM 支架

本研究共检索到 9 篇关于 CAD/CAM 支架的临床研究。包括 1 篇随机对照试验，6 篇前瞻性研究和 2 篇 2005 至 2012 年间发表的回顾性临床报告。研究及入组患者的特点总结见表 8。

表 8　CAD/CAM 支架的相关特点研究

研究	发表年份	期刊	研究设计	CAD/CAM 系统	修复类型	牙弓负重	负重类型	患者	年龄范围（岁）	平均年龄（岁）	设置	失访（% 患者 / 病例释放率）
Larsson 等	2010	IJP	随机对照试验	Denzir，Decim	部分牙列种植固定义齿（2 ～ 5 单位）	上颌和下颌	延期	9	37–70	未报道	Malmö 大学医院，瑞典	0%
Engquist 等	2005	CIDRR	前瞻性队列研究	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	下颌	延期 + 早期 + 即刻	108	25–75	64.9	林雪平大学医院，瑞典 & Vrinnevi 医院，北雪平，瑞典	9.25%（10 患者 / 病例）
Komiyama 等	2008	COIR	前瞻性研究	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	上颌和下颌	即刻	26（除去 5 碳支架）	42–90	71.5	卡罗林斯卡大学医学院，胡丁厄市，瑞典	未报道
Ortorp 和 Jemt	2012	CIDRR	前瞻性 / 控制	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	上颌和下颌	延期	65	49–85	66.8	Brånemark 诊所，哥德堡，瑞典	44.6%（29 患者 / 病例）
Sanna 等	2007	JPD	前瞻性队列研究	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	上颌和下颌	即刻	30	38–74	56	勒芬大学医院，比利时	13.3%（4 患者 / 病例）
Tahmaseb 等	2012	IJOMI	前瞻性研究	Es–Healthcare	全牙列种植固定义齿	上颌和下颌	即刻	35	未报道	未报道	阿姆斯特丹大学牙科学院，ACTA，阿姆斯特丹，荷兰	0%
Katsoulis 等	2011	IJOMI	前瞻性变量前瞻性研究控制队列研究	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	上颌	延期	13	52–78	63.3	伯尔尼大学，瑞士	0%
Papaspyridakosand 和 Lal	2013	COIR	回顾性研究	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	上颌和下颌	13 例延期，3 例即刻	14	35–71	58	哥伦比亚大学，纽约，美国	0%
Malo 等（1）	2012	JP	回顾性研究	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	上颌和下颌	延期	52	38–81	59.5	私人中心：里斯本 Malo 诊所，葡萄牙	11%（12 患者 / 病例）
Malo 等（2）	2012	JP	回顾性研究	Procera，Nobel Biocare	全牙列种植固定义齿	上颌和下颌		56	34–82	57.6	私人中心：里斯本 Malo 诊所，葡萄牙	

RTC = randomized–controlled clinical trial；
IJP = The International Journal of Prosthodontics；
CIDRR = Clinical Implant Dentistry and Related Research；
COIR = Clinical Oral Implant Research；
JDP = The Journal of Prosthetic Dentistry；
IJOMI = The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants；
JP = Journal of Prosthodontics.

种植体支持的修复体是通过计算机辅助设计／计算机辅助制造技术切削钛或氧化锆而制成的。三个不同的制造公司参与支架的生产，包括 Decim (Denzir)，Nobel Biocare (Procera) 和 Es-Healthcare。

共 8 篇临床研究应用 CAD/CAM 技术制作种植固定义齿（FDPs）恢复无牙颌患者牙列。在其中 6 篇研究中，无论是上颌还是下颌都进行全牙列修复。Engquist 等的研究仅恢复下颌牙列，而 Katsoulis 等的研究仅恢复上颌牙列。只有 1 项研究报道了在部分缺牙患者中 CAD/CAM 支架技术的应用，在这项研究中，上颌和下颌牙缺失的空间也使用种植固定义齿来恢复。

在这些调查中，修复体的负重时间各有不同。3 项研究描述了 CAD/CAM 支架的即刻负重，4项研究报道了常规负重，1 项研究报道了即刻和常规负重。最后 Engquist 等分别应用即刻、早期与常规负重进行了研究。关于修复时机的定义：即刻负重（小于 1 周），早期负重（24 天）和常规的负重（12 周以后），他们都基于 2007 年 Cochrane 的综述。

Larsson 等进行了一项前瞻性随机临床试验，在这项试验中，比较了两种不同的陶瓷系统 Denzir (DZ) 和 In-Ceram Zirconia (InZ) 在部分无牙颌患者中的应用效果。18 例患者进行了 25 颗种植体的种植支持修复重建，范围从 2 个单位到 5 个单位。5 年后复查，在 CAD/CAM 研究中，9 位患者做了 13 副固定局部义齿，其中义齿的基底是由钇稳定的四角形氧化锆多晶体材料制作的。研究得到，DZ 系统组中有 16 个单位的冠受到影响，而 InZ 组中有 3 个单位受到影响。DZ 系统组 16 个受影响崩瓷病例中的 3 例（19%）在支架与烤瓷之间进行了粘合，而 InZ 组没有进行粘合，没有分层烤瓷的病例均紧密结合。虽然 CAD/CAM 基底冠没有出现任何并发症，但 DZ 系统出现饰面瓷崩瓷的数量令人难以接受。由于这些并发症都是很轻微的，所以 5 年的研究报告显示两组修复体的存留率都是 100%。研究可得，最初的和 5 年随访的成功率不同，并且两者的差别具有统计学意义。

Ortorp 等的前瞻性对照研究中评价和比较了种植支持式修复体 10 年使用过程中的临床和影像学表现。患者被随机分配到试验组或对照组中，实验组 (n=67) 采用 CNC 制作，而对照组 (n=62) 使用金合金铸造，人工牙被加工到每个金属支架上，这项研究最初包括 126 位缺牙的患者。10 年后，共有 52 例患者失访，其中 29 例属于试验组（余 36 例）。在种植体方面，实验组种植体的 10 年成功率为 95%，对照组为 97.9%。钛支架组有 5 例出现问题，其中 3 例被记录为“存留和调改”，但调改会缩短修复体的寿命。在剩余的 2 例中，第 1 例修复体在使用了 2 年后，由于支持的六个植体种植失败而丧失，第 2 例修复体在行使功能 9 年后折断。结果实验组和对照组 10 年修复体的累积生存率分别是 89.0% 和 94.4%，无统计学差异 (P>0.05)。此外，试验组出现 3 例修复体松动，这些都是来自同一个病例。实验组的 19 篇报道中有 35 例丙烯酸材料表面缺损，其中 7 篇报道中的 8 例问题不是很复杂，但仍然有 12 篇中的 27 例问题需要在牙科技工室处理。两组种植体周围骨丧失无显著性差异，试验组和对照组 10 年后的平均边缘骨吸收分别为为 0.7mm（标准差 =0.77）和 0.6mm（标准差 = 0.57）(P > 0.05)。

在 Engquist 等的前瞻性队列研究中，评估了下颌无牙颌患者种植早期负重的临床效果，并在一期和二期种植手术时将所得结果与延期负重进行比较。108 位患者每一位都种植了 4 个 Brånemark (Nobel Biocare) 种植体，共种植了 432 颗种植体以支持 108 个修复体，随访长达 36 个月。所有患者所用的上部结构都是钛支架（Procera All-in-One，Nobel Biocare）结合树脂牙，支架来自于计算机控制三维切割的钛块，4 颗种植体垂直植入，桥体两侧各有 2 个植体。其中 9 例患者失访，剩余 418 颗种植体，24 例因骨结合丧失而失败。结果显示，3 年间有 98 例种植体存留。修复结果未报道，研究主要集中在种植体的留存和边缘骨吸收方面，早期负重的种植体存留率与传统两阶段式植入的种植体存留率没有显著性差异。由于二期手术技术，种植体存留率表现出更好的结果，但差异并不明显。从植入即刻到第 3 年复查，早期负重种植体的平均边缘骨吸收明显比传统的两阶段技术更低（范围 1.24 ~ 1.68mm）。另外，一段式种植体与两段式种植体的存活率和边缘骨吸收没有差别。

Komiyama 等报道了 29 例无牙颌患者的治疗，其中有 9 位女性和 20 位男性，使用了 Nobel 种植系统即刻负重修复牙列缺失。在这项前瞻性的临床研究中，176 个 Brånemark MKIII TiUnite (Nobel Biocare) 种植体植入到 31 位无牙颌患者口内。26 位无牙颌患者用机械钛支架支持塑料牙制作的修复体进行修复，5 个使用碳纤维增强树脂修复体进行修复。所有病例 1 年随访，此后每年复查直至长达

44 个月。修复过程中出现了 5 例基台 / 修复体不适合，其中 3 例进行了广泛的咬合调整，这导致了 2 例修复体折断并需要重新修复。在种植体方面，157/176（89%）的种植体存留超过 44 个月（92% 在上颌骨和下颌骨 84%），19 颗种植体（11%）在种植后 18 个月内被移除，10/124 来自上颌骨和 9/52 来自下颌骨。在修复体方面，26/31 个修复体存留 44 个月（84%）；19/21（90%）在上颌骨和在 7/10（70%）下颌骨。其中两个由于稳定性丧失，两个由于修复体不适合，一个由于两者结合的并发症，这些上部结构在前 6 个月内即被拆除。

在一项前瞻性队列研究中，Sanna 等评估了 30 例上颌或下颌全牙弓种植体支持重建的患者，共植入了 212 颗 TiUnite Brånemark 种植体（Nobel Biocare），30 个无牙颌患者遵循即刻负重策略，所有患者均接受一个预制的 CAD/CAM 支架加树脂人工牙修复。有 4 例患者失访（29 颗种植体），后与他们取得联系，确认他们剩下的修复体仍在行使功能。26 例患者的 183 颗种植体平均随访时间为 2.2 年。共 9/183 颗种植体脱落（4.9%），其中 8 颗来自吸烟组，5 年后的累积存留率为 91.5%。每年拍摄一次数字全景片用于评价骨丧失，吸烟组骨组织的平均损失量为 2.6mm（±1.6mm），非吸烟组为 1.2mm（±0.8mm）。文章没有关于修复体并发症或修复体存活率的报道。

在一项前瞻性研究中，Tahmaseb 等评估了 40 例下颌和上颌弓全牙弓的即刻负重。在手术前，应用 CAD/CAM 技术制作最终的固定全牙弓修复体。总共 35 位患者，其中包括 20 例上颌无牙颌，10 例下颌无牙颌，和 5 例上下颌无牙颌，共植入 240 颗士卓曼标准软组织水平种植体。共有 40 个上部结构是用预制的 CAD/CAM 支架（ES）制作的，其上面涂布树脂并直接与种植体连接而不使用士卓曼基台。所有患者随访至少 1 年，时间范围为 12 至 36 个月。所有的金属支架组（n=40）在临床上表现出被动就位，也不需要调整，其中 39 个上部结构（97.5%）具有良好的咬合，只有 1 例需要明显的咬合调整。在 240 颗植入的种植体中，229 个（95.4%）在 12 个月后存留，上颌和下颌牙弓各自的存留率分别是 146（93.6%）和 83（98.8%）。其中 1 个病人的 4 颗种植体在手术后 6 个月失败，上部结构也同时丧失。在 1 年的随访期内没有其他修复体并发症的报道。

在一项前瞻性队列研究中，Katsoulis 比较了上颌 3 种不同治疗方式的结果。三种治疗方式包括：常规焊接金属义齿，CAM 加工的钛制修复体，CAM 加工的钛基底固定修复体。研究中有 41 位患者，13 例患者接受了 4 ～ 6 颗种植体的植入，以种植体支持 CAD / CAM 固定修复体，并常规负重。使用全瓷熔附于纯钛支架加丙烯酸树脂人工牙制作修复体，支架使用螺丝固位的方式固定在种植体上，并随访 2 年。在随访结束时，没有折断的报道（100% 的存留率），也没有需要重新拧紧修复螺丝的报道。共有 14 个需要修理的问题（5 个塑料牙连接基部折断，8 个塑料牙折断，1 个修复体重新设计）。此外，有 11 例修复体适应性问题（1 个压痛点，3 个修复体重衬，5 个咬合调整，1 个人工牙过度磨损，1 个树脂牙变色）。此外，固定修复的 CAD/CAM 组没有种植失败的报道，种植存留率 100%。最后，应用口腔健康影响（OHIP）来评估患者口腔健康相关的生活质量（QOL），OHIP 证实满意度均较高，但生活质量方面似乎使用 CAD/CAM 固定修复体的患者稍高。

Malo 等在一项平均 5 年随访（范围：9 个月～ 10 年）的回顾性研究中，比较了两种不同的全瓷冠系统在使用钛支架修复并延期负重的无牙颌患者中的应用情况。第一组（开发组）中，应用 CAD / CAM 制作的全瓷熔附钛支架用于修复的牙龈组织形态的 Duceram 龈饰瓷，个性化牙冠连接于上述支架，牙冠是用氧化铝基底和 Allceram 饰瓷制作的。共完成 66 个全牙列（上颌和下颌）的修复，平均随访时间为 6.5 年（范围：9 ～ 127 个月）。第二组（常规组），应用与第一组相似的钛瓷支架及牙龈饰瓷材料用于修复牙龈组织缺损，用氧化锆基底和 Nobel Rondo 氧化锆全瓷制作单冠，共修复了 59 个无牙颌牙列（上颌和下颌），平均随访时间为 3.8 年（范围：12 ～ 67 个月），总共植入了 634 颗 Nobel Speedy Brånemark（Nobel Biocare）种植体。在氧化铝牙冠组中种植体支持的固定修复体 10 年的累积存留率为 92.4%，而氧化锆牙冠组 5 年的累积生存率为 100%。报道显示，第一组中共丢失了 6 个支架（其中 1 个是由于种植失败），而第二组中没有。开发组和常规组崩瓷发生例数分别为 36 例和 14 例。

在 Papaspyridakos 和 Lal 的回顾性队列研究中，评价了 14 例使用螺丝固位的种植支持式上部结构修复患者的情况。13 个牙列缺失牙弓进行常规负重，3 个牙列缺失牙弓进行即刻负重，下牙弓 10 例，上牙弓 6 例，修复所用支架是 CAD/CAM 制

作的氧化锆支架，并将氧化锆支架饰瓷。16 例牙列缺失牙弓中，14 例进行了一段式修复，2 例进行了分段式固定修复，平均临床随访时间为 36 个月（3 年）。植入了 103 颗 TiUnite 种植体，包括上颌的 57 颗种植体和下颌的 46 颗种植体，5 ～ 6 颗种植体用于支持下颌修复体，6 ～ 8 颗用于支持上颌修复体。整个随访期间修复螺丝无松动。16 例中有 11 例修复体结构良好，然而 4 位患者中有 5 个修复体出现了崩瓷，在修复方面的崩瓷率是 31.25%。在最初和随访时，记录患者对功能和美观的满意度。

统计分析基于 9 个研究报道，其中 1 个报道关于 CAD/CAM 制作的氧化锆全瓷冠的固定修复报道，7 个报道关于 CAD/CAM 制作钛支架的种植支持式全牙弓固定义齿修复报道（7 个树脂牙和 1 个瓷贴面），1 个报道关于种植体支持式全牙列烤瓷修复以及 CAD ／ CAM 制作氧化锆饰瓷支架。

没有研究报告过任何关于 CAD/CAM 种植修复体或传统修复体的成本效益的数据。

4 讨论

这篇综述共包含 17 篇应用 CAD/CAM 技术进行种植修复的文献。然而在大多数文献中，作者并没有重点评价 CAD/CAM 修复体的利弊，而是更关注整个治疗过程中的外科部分。由于某些文献并没有提及修复方面，所以想得到种植修复方面的数据是几乎不可能的。

另外，本研究对入组文献进行了多种因素的考量，如支架就位的精确度，骨丧失，以及各种并发症（使用多种技术和参数进行测量、评估）等，所以现行数据的比较并不是十分严格，有些数据甚至只在特定条件下才有可比性。众多参数中，种植体存留率和修复体存留率是较容易得到的，也容易作比较，并且大多数文献都有涉及这两个数据。此外，本文会对机械并发症进行讨论，但不作数据分析。

本文的目的是比较 CAD/CAM 种植修复体和传统工艺种植修复体的临床效果。最新的两篇综述分别研究并报道了种植单冠修复体和其他种植固定局部修复体的 5 年存留率和并发症发生率。

4.1 牙冠

总体而言，全瓷 CAD/CAM 修复体短期内的临床效果令人满意。但在不同文献中由于以下 3 种因素的存在对其临床效果做出直接对比非常困难（基底材料不同，表面饰瓷不同以及冠固位力不同）。Hosseini 等的随机对照实验研究了上颌或下颌前磨牙区的单颗缺失牙，此文献中所有种植体全部成活，且无一例松动，全瓷冠（AC）和烤瓷冠（MC）的菌斑指数和牙龈出血指数未见显著性差异，二者间的平均边缘骨丧失也未见显著性差异。1 年后检查见 7 例 AC 和 3 例 MC 发生炎症反应，AC（5/7）的边缘适应性不如 MC（1/3），因此考虑炎症系边缘适应性弱而引起。此文献未见基台相关并发症，但出现 1 例烤瓷冠崩瓷。AC 和 MC 的 VAS 评分（VAS 疼痛评分，由患者自行打分）也未见显著性差异。但在专业颜色匹配度测试中，AC 明显更具优势。二者在冠的形态和牙龈乳头指数（PIS）上也未见明显差异，且二者的咬合面皆未染色。文献显示，修复体是不可以完全脱离人工操作而只用 CAD/CAM 加工制作完成的。目前，为了达到理想的美学效果，修复体的色泽、染色、基底瓷层的颜色必须尽可能与天然牙相近。应用 CAD/CAM 技术制造基底，再在其上逐层饰瓷是目前常见的制作方法。Henriksson 和 Jemt 等的文献报道过一例基台折断，但在此病例中，冠的各项临床指标均令人满意。该文献中，粘结固位组和螺钉固位组所有的冠修复体在 1 年内均表现稳定，但粘接固位组见 1 例颊侧牙龈瘘管、2 例颊侧牙龈退缩，牙龈退缩至基台粘接界面；可见在此实验中粘结固位和螺钉固位的效果差异明显，粘结固位组两个病例出现牙龈退缩和骨丧失，这或许可以说明螺钉固位相对而言发生周围软硬组织并发症的风险更小，临床效果更好。

Zarone 等和 Furze 等的文献研究了数种高强度全瓷基底，它们由不同材料制成，并且应用 CAD/CAM 技术制造，并发症发病率低，美学效果令人满意。可惜该文对冠的制造过程描述不详，不能确定为 CAD/CAM 技术制造，因此在本文论述 CAD/CAM 冠的部分该文献没有入组。Furze 等发现了一个有趣的现象：有些医师认为颜色美观欠佳的冠，患者却觉得效果尚可，这就使 WES 评分平均降低了 0.2 左右。目前，新一代的瓷块分为不同色度和透明度，并且其在 CAD/CAM 车床中的应用正逐渐成为可能，这就意味着前牙美学修复体的制造正逐渐摆脱对传统手工工艺的依赖。

4.2 基台

现有文献很少提及 CAD/CAM 基台的机械并发症，这说明中短期内，CAD/CAM 基台的临床表现令人满意，纳入研究的全部文献未见种植体螺

丝松动，也未见基台（全瓷 / 金属）断裂。Zembic 等的文献报道，全瓷基台组中的相当一部分前牙区基台承受较大的咬合力，却无并发症出现（16/18），但其修复体饰瓷崩瓷的发生率与其他文献相当。烤瓷基台组崩瓷的发生率从最初 12 个月内的 16.7% 降至 3 年回访时的 0%。该文献中大多数冠为粘结固位，3 年期回访时绝大多数纯钛基台（共 11 例）失访。Zarone 等的文献仅见 1 例冠崩瓷和 1 例冠折断，且均发生在切缘。

Ekfeldt 等的文献报道了种植单冠氧化锆定制基台的临床效果，但在本文中，该研究在一期随访（1 年）时就被剔除，因为对其临床效果的回顾性研究完全建立在患者的主观描述上（患者 130 人，种植体 185 例），由于对临床效果缺乏客观检查，该文献很可能存在各类偏倚。在二期随访（≥ 3 年期）中，130 位患者中只有 37%（48 位）做了临床检查，而这部分患者中，只有 25 位（40 个修复体）的临床效果是可测量的，其余 105 位患者均失访。基于以上，认定该研究存在大量偏倚，因此本文的数据分析不包含此文献。

继定制临时修复体之后，新一代 CAD/CAM 使用了最新的技术，允许临床医师或技师充分根据个性化的原则定制基台，使基台外形更适用于临床实际情况。不同材料远期内可能会影响黏膜的颜色，从而影响最终的美学效果，因此不同基台材料的选择各有利弊。Zembic 等的文献报道，与天然牙相比，无论是氧化锆基台或纯钛基台，其周围黏膜颜色均发生了肉眼可见的变化。不同种类基台周围黏膜的平均厚度未见显著性差异，基台上覆盖黏膜的平均厚度（1.8±0.7mm）略高于天然牙表面平均黏膜厚度（1.5±0.9mm）。然而在后续 12 ～ 36 个月的随访中，氧化锆基台上平均黏膜厚度从 2.1mm 减低至 1.9mm，而天然牙表面平均黏膜厚度从 1.3mm 增加至 1.5mm，此结果可能与测量表面组织厚度的技术有关。Bressan 的文献所报道的氧化锆基台上平均组织厚度的变化低于 Zembic 等人的文献。但因其仅在基台安装十分钟后就进行了颜色评估，故 Bressan 等的文献在本研究中被剔除。Zembic 等测量的基台表面组织平均厚度低于 Bressan 等的测量结果，这或是由不同的测量方法所致，然而，二者均未进一步阐明测量组织厚度的具体方法，而测量方法的差异也可能是分光光度计测量值不同的原因。只有一篇文献对美学效果的测量运用了 PES/WES 评分系统，如果能应用更多类型的客观评分系统则可以更好的比较这些文献中的测量结果。

新一代 CAD/CAM 的优势之一就是允许临床医师或技师摆脱对于手工操作的依赖，使用计算机辅助制作个性化基台。临床医师在评价这些技术时需充分考量新旧技术的区别，但由于 CAD/CAM 的更新换代太快，要想对新旧技术作出对比实际是十分困难的。基于本研究的目的是为了讨论 CAD/CAM 和传统工艺修复体临床效果的异同，基台的设计制作必须包含电脑辅助设计的步骤，否则就不是严格意义上的 CAD/CAM。有人认为扫描人工蜡型不算电脑辅助设计制作，因为其大多数的设计制作过程不是在数字化环境下完成的。Vanlioglu 等提供了一个人工辅助设计 / 人工辅助制作（MAD/MAM）基台的思路。CAD/CAM 中用来制造基台的材料往往也能用于 MAD/MAM。本文中有两篇文献因为使用 MAD/MAM 方法而被剔除。此外，任何出厂后又行手工调改的基台都不是真正意义上的 CAD/CAM 基台。Zafiropoulos 等为了临床效果，对基台的制作过程施加了若干人工干预，因此该研究也被剔除。这些人工干预会掩盖 CAD/CAM 的缺点，影响数据的精确性，不利于产品临床应用的考量。

Jung 等的综述总结了共计 46 篇文献，这些文献平均随访年限大于 5 年。作者总结出了一些数据以作参考，由 meta 分析得知，单冠的 5 年种植体存留率高达 97.2%(95% 置信区间：96.3% ～ 97.9%)，10 年种植体存留率高达 95.2%(95% 置信区间：91.8% ～ 97.2%)。其中一篇文献报道了 3 个失败病例，均发生于术后随访 3 ～ 5 年间，而其他文献未报道失败病例，综上，种植体平均累计存留率达 98.3%。从文献来看，这些失败病例不像是由 CAD/CAM 技术引起的。

种植单冠的 5 年存留率达 96.3%（95% 置信区间：94.2% ～ 97.6%），10 年留存率达 89.4%（95% 置信区间：82.8% ～ 93.6%）。只有两篇文献的冠修复体是应用 CAD/CAM 方法制作的，这两篇文献的种植体平均存留率达 98.85%，数据有参考意义。CAD/CAM 基台的存留率达 100%，CAD/CAM 基台上修复体存留率达 99.8%，这说明 CAD/CAM 技术是相当成功的。

关于生物并发症的统计结果分析如下，软组织并发症累计 5 年发生率达 7.1%（95% 置信区间：4.4% ～ 11.3%）；种植体周围骨丧失 >2mm 累计 5 年发生率达 5.2%（95% 置信区间：3.1% ～ 8.6%）。机械并发症 5 年累计发生率统计如下：螺丝松动 8.8%（95% 置信区间：5.1% ～ 15.0%）；固位力丧

失 4.1%（95% 置信区间：2.2% ~ 7.5%）；表面材料折断 3.5%（95% 置信区间：2.4% ~ 5.2%）。美学并发症 5 年累计发生率高达 7.1%（95% 置信区间：3.6% ~ 13.6%）。仅有两篇文献中 CAD/CAM 牙冠的平均累计并发症发病率为 0%。Hosseini 等的文献中对照组烤瓷修复体机械并发症的发病率为 3.8%，与 Jung 等的结果 4.8% 相近。CAD/CAM 基台并未出现机械并发症。CAD/CAM 基台支持的冠修复体出现机械并发症的概率与 Jung 等报道的数值接近。CAD/CAM 修复体的总生物并发症平均发生率与先前的数字对比增高了近一倍（14.4% vs 7.1%），然而 CAD/CAM 基台的并发症发生率却比先前的要低（2.5% vs 7.1%）。

4.3 支架

有两篇文献一开始被考虑在内，但后来又被从数据分析中剔除，这两篇文献都需进一步讨论。其中，Pieri 等的研究全部由 1 年回访的患者构成，总计 26 人，所有患者的固定修复体均为全牙列修复体，且均由 CAD/CAM 制造，整个制造过程完全无人工参与。患者术后最初 1 个月使用临时修复体，术后 4 ~ 5 个月戴最终修复体，修复体材料为复合树脂。然而该文献实际随访时间不足 1 年，这意味着在随访时间内，只有种植体在位，无（CAD/CAM）修复体，因此该文献被剔除。另一篇被剔除的文献中，Yong 和 Moy 计划为 14 名患者做即刻全牙列种植修复体，用碳纤维支架支持树脂义齿或纯钛支架支持树脂义齿，该研究平均随访年限为 26.6 个月。可惜该研究并未准确说明应用纯钛支架的病例数量，与两种治疗方式有关的并发症也未予以准确说明。因此该文献对评估 CAD/CAM 修复的临床效果无意义，故剔除。

在分析 CAD/CAM 支架的数据时我们需先强调，在不同的文献中 CAD/CAM 支架制造的技术似乎相差甚远。其中较为有名的是扫描支架技术，通常支架的材料为复合树脂或蜡。Jemt 等于 1999 年首次在口腔医学中引入了“数控铣削加工技术”，这个技术使纯钛支架的生产成为可能。人们在新支架上试戴修复体，临床效果令人满意。“制作纯钛支架前，需先制作树脂熔模。将树脂熔模放入扫描仪，扫描仪会逐层扫描该熔模，并获取足够的信息用于制作支架。主模型模拟了种植体的大小和实际位置。根据这些信息，数控铣床会从 5 个自由度对一块 2 级钛进行铣削。最终，一块纯钛工件成为了一个纯钛支架。”数名学者在文献中都引用了这段话，并作了不同程度的修改。自此，牙科技术及其相关的计算机技术都得到了飞速发展。与此同时，配套的计算机软件和制作材料也发展迅速。现在，我们有能力摆脱熔模，实现真正意义上的 CAD/CAM。事实上，在即刻种植案例中已应用该方法，最终修复体早在种植体植入前就已成型，有 3 篇文献报道了有关内容。现有的牙科技术可以通过扫描种植体主模型或口内印模将口内实际情况转换成数据，并用数字化方法设计蜡型、基台、支架等。这个技术是现有技术中最贴近 CAD 定义的技术。

基于以上，一些学者认为有必要将 CAD/CAM 产品分为两种，即需要扫描熔模的产品和不需要扫描熔模完全由计算机软件设计的产品。CAD/CAM 的新定义可使修复体的每一步制作过程都更精确，更规范化。“全 CAD/CAM 制品”和“半 CAD/CAM 制品”（“制品”代指基台、连接体、支架、修复体等产品）两个新术语更精准地体现了不同种植修复体制作过程的差异。

Pjetursson 等为了对 CAD/CAM 和传统工艺种植体的临床效果做比较，进行了科学系统的分析。这篇系统性回顾包含 32 篇文献，由 meta 分析得知，种植固定修复体的 5 年存留率达 95.6%，10 年存留率达 93.1%。如果只计算粗糙表面种植体，不把光滑表面种植体计算在内，则 5 年存留率可升至 97.2%。在有关 CAD/CAM 的文献中，共统计了 2209 例粗糙表面种植体（因为 Larsson 和 Vult von Steyern 未具体说明 CAD/CAM 种植修复的数量，所以该文献被剔除），这些文献的种植体存留率均在 89.2% 和 100% 之间。如果只统计非即刻种植的文献（共计 1001 例），存留率可达 95% ~ 100%。各类 CAD/CAM 种植修复体的存留率和失败率见表 9。

Pjetursson 等报道种植固定修复体的 5 年存留率达 95.4%，10 年存留率达 80.1%。有统计显示烤瓷固定修复体的 5 年存留率达 96.4%，10 年存留率达 93.9%（只统计烤瓷固定修复体，未统计金合金树脂固定修复体）。这些数据可与 CAD/CAM 相关文献（因 Engquist 等 16 人的论文未见存留率数据，故剔除）统计的数据作比较：总计修复体例数为 438 例，随访期为 2 ~ 5 年，存留率达 80.7% ~ 100%。如果把统计的重点放在 218 例非即刻种植体上，随访年限为 3.5 ~ 6 年，存留率将升至 90.1% ~ 100%。其中 CAD/CAM 种植支架的存留率和失败率见表 10。

表 9　种植体支持 CAD/CAM 修复体的失败率与存活率

研究	发表年份	修复类型	种植体植入	植入数目	种植体类型	平均随访时间（月）	种植失败数目	存活率	平均边缘骨吸收
Larsson 和 Vult von Steyer	2010	部分牙列种植固定义齿（2 ～ 5 个单位）	延期	未报道	Astra Tech standard 或 ST	60	未报道	未报道	未报道
Engquist 等	2005	全牙列种植固定义齿	延期	432	Brånemark (Nobel Biocare)	36	24	92.30%	1.24mm (D 组）～ 1.68mm (B 组）
Komiyama 等	2008	全牙列种植固定义齿	延期	176	Brånemark MKIII，TiUnite	44	19	89.20%	未报道
Ortorp 和 Jemt	2012	全牙列种植固定义齿	延期	367	Brånemark (Nobel Biocare)	120	17 和 161 失访	95%	0.7mm (SD，0.77)
Sanna 等	2007	全牙列种植固定义齿	延期	183	Brånemark TiUnite (Nobel Biocare)	26.4	9	95%	吸烟者 2.6mm (±1.6)；非吸烟者 1.2mm (±0.8)
Tahmaseb 等	2012	全牙列种植固定义齿	延期	240	Straumann Standard Tissue Level	至少 12 个月（范围：12 ～ 36）	11	95.40%	X 线示 2 颗植体上的骨缺损达第二螺旋，都在骨增量后的上颌后区，15 颗植体无法测量
Katsoulis 等	2011	全牙列种植固定义齿	延期	74	Replace Select tapered (Nobel Biocare)	24	0	100%	未报道
Papaspyridakos 和 Lal	2013	全牙列种植固定义齿	延期	103	Brånemark TiUnite (Nobel Biocare)	36	0	100%	未报道
Malo 等（1）	2012	全牙列种植固定义齿	延期	634	Brånemark system，Nobel Speedy；(Nobel Biocare)	78（范围：9 ～ 127）	种植体未报道，在两名患者中失败	98.10%	未报道
Malo 等（2）	2012	全牙列种植固定义齿	延期	634	Brånemark system，Nobel Speedy；(Nobel Biocare)	46（范围：12 ～ 67）	0	100%	未报道

表 10　CAD/CAM 支架的失败率与存活率

研究	发表年份	修复类型	材料	负重类型	负重牙弓	修复体	平均随访时间（月）	修复失败	存活率
Larsson 和 Vult von Steyer	2010	部分牙列种植固定义齿（2 ～ 5 个单位）	Espident Triceram(Dentaurum) 瓷熔附锆支架 (Denzir，Decim)	延期	上颌和下颌	13	60	0	100%
Engquist 等	2005	全牙列种植固定义齿	丙烯酸牙结合钛支架 (Procera All-in-One，Nobel Biocare)	延期＋早期＋即刻	下颌	108	36	未报道	未报道
Komiyama 等	2008	全牙列种植固定义齿	丙烯酸牙结合钛支架 (Procera Implant Bridge，Nobel Biocare)	即刻	上颌和下颌	26（5 碳）	44	5	80.70%
Ortorp 和 Jemt	2012	全牙列种植固定义齿	丙烯酸牙结合钛支架 (Procera All-in-One，Nobel Biocare)	延期	上颌和下颌	67	120	2 例 2 次	95.60%
Sanna 等	2007	全牙列种植固定义齿	丙烯酸牙结合钛支架 (Procera All-in-One，Nobel Biocare)	即刻	上颌和下颌	30	26.4	0（电话联系 4 人）	100%
Tahmaseb 等	2012	全牙列种植固定义齿	丙烯酸牙结合钛支架 (Es-Healthcare)	即刻	上颌和下颌	40	至少 12 个月（范围：12 ～ 36）	1（由于种植失败）	97.50%
Katsoulis 等	2011	全牙列种植固定义齿	丙烯酸树脂牙结合钛支架 (Procera，Nobel Biocare)	延期	上颌	13	24	0	100%
Papaspyridakos 和 Lal	2013	全牙列种植固定义齿	饰瓷结合铬支架 (Procera，Nobel Biocare)	13 例延期，3 例即刻	上颌和下颌	16	36	0	100%
Malo 等（1）	2012	全牙列种植固定义齿	钛框架 (Procera，Nobel Biocare)，铝愈合帽 (Nobel Biocare)，Allceram 瓷 (Ducera Dental)，Duceram 饰瓷 (Ducera Dental)	延期	上颌和下颌	66	78（范围：9 ～ 127）	5+1（由于种植失败）=6	90.10%
Malo 等（2）	2012	全牙列种植固定义齿	钛框架 (Procera，Nobel Biocare)，氧化锆愈合帽 (Nobel Biocare)，Nobel Rondo 氧化锆陶瓷 (Nobel Biocare)，PalaXpress Ultra (Heraeus Kulzer)	延期	上颌和下颌	59	46（范围：12 ～ 67）	0	100%

Pjetursson 等的论文显示，只有 66.4% 的患者 5 年期间未见任何并发症（其余 33.6% 的病人都曾出现不同程度的生物 / 机械并发症）。5 年期最常见的并发症为饰瓷崩瓷（13.5%），第二为种植体周围炎 (8.5%)，第三为修复体穿孔脱落 (5.4%)，第四为基台或螺丝松动 (5.3%)，第五为粘结修复体固位力丧失 (4.7%)。

关于 CAD/CAM 种植支架的文献类型繁多。支持修复体的种植体数目不同，加载时间不同（即刻 / 非即刻），是否有悬臂梁，对颌牙的修复体类型不同，修复体表面材料的不同，CAD/CAM 技术的不同，这些区别使得由这些文献的数据对 CAD/CAM 种植支架作出直接对比变得非常困难。已知的 CAD/CAM 种植支架并发症见表 11。并非所有学者都在文献中报道了并发症相关内容，即便有相关报道，不同文献对并发症的测量方法也大相径庭。传统种植支架最常见的并发症为表面材料断裂，总计 221 例之中出现 104 例该并发症。一些支架发生了不止一处断裂，提高了发病率。另外 4 篇文献总计 221 例，共见 6 例螺钉松动。其余 3 篇文献总计 79 例，共 9 例需调殆。仅 Malo 等的文献详细报道了软组织并发症的相关内容，共报道 9 例种植体周围软组织病变和 12 例种植体周围软组织炎症。

总而言之，CAD/CAM 种植支架的临床效果令人满意。在非即刻种植修复病例中，应用传统支架和 CAD/CAM 支架的种植体存留率未见明显差异。对非即刻种植修复而言，短期内（3.5 ～ 6 年）

表 11 CAD/CAM 支架的并发症

研究	发表年份	修复类型	平均随访时间（月）	咬合	无应力密合性	螺丝松动	饰面材料脱落 / 崩瓷总数	其他
Larsson 和 Vult von Steyer	2010	部分牙列种植固定义齿（2 ～ 5 个单位）	60	未报道			16（52%）	未报道
Engquist 等	2005	全牙列种植固定义齿	36	未报道		未报道	未报道	未报道
Komiyama 等	2008	全牙列种植固定义齿	44	3/31	5 例不合适	未报道	未报道	未报道
Ortorp 和 Jemt	2012	全牙列种植固定义齿	120	未报道		同 1 个义齿 3 次	19 例 35 次	未报道
Sanna 等	2007	全牙列种植固定义齿	26.4	未报道	未报道	未报道	未报道	未报道
Tahmaseb 等	2012	全牙列种植固定义齿	至少 12 个月（范围：12 ～ 36）	实验室调整 1/40	100%	未报道	未报道	未报道
Katsoulis 等	2011	全牙列种植固定义齿	24	5 例调整	未报道	0	14	疼痛位点：1 重衬：3 牙齿过度磨耗：1 丙烯酸变色：1
Papaspyridakos 和 Lal	2013	全牙列种植固定义齿	36	未报道		0	5（4 名患者）崩瓷率 31.25%	未报道
Malo 等（1）	2012	全牙列种植固定义齿	78（范围：9 ～ 127）	未报道	100%	2	36	
Malo 等（2）	2012	全牙列种植固定义齿	46（范围：12 ～ 67）	未报道	100%	1	14	

传统修复体和 CAD/CAM 修复体的存留率亦未见明显差异。

5 结论

目前，CAD/CAM 是一项可使单一缺牙种植修复体到全牙弓重建种植修复体更加精准的技术。本文的目的是比较 CAD/CAM 技术与传统技术制造的修复体和基台之间的差异。基于目前文献，对 CAD/CAM 技术与传统技术制造的冠、基台、支架在种植成功率、种植体存活率、技术、生物并发症方面的比较进行总结并得出结论。随着 CAD/CAM 技术的广泛多样化发展，总结文献中的研究结果，可得到建议如下：

1. 学者们应该仔细考虑将来如何对新技术的发展进程进行报道才能使读者更容易、更准确地比较和了解新技术的确切优势。

2. 推荐关于 CAD/CAM 技术的两个新定义，新定义可以更准确的描述修复体的生产及加工过程。

“完全 CAD/CAM 产品”指（包括基台、螺丝固位结构、支架和种植体）全部由软件执行设计和制造过程。

“部分 CAD/CAM 产品”指一部分设计和制造过程需要人工干预。

生理性支抗控制学习班 2017 年部分课程

日期	事件	地点	联系人
2017 年 5 月 10 日	PASS 精华班（1 天）	浙江杭州	当地新亚经销商
2017 年 5 月 19 日	PASS 精华班（1 天）	辽宁抚顺	当地新亚经销商
2017 年 6 月 9–11 日	PASS 模拟殆架班	北京国际口腔展会	当地新亚经销商
2017 年 7 月 3–7 日	英文 PASS 模拟殆架班	北京大学口腔医学院	鲍红 010–82195336 及当地新亚经销商

即时更新信息请关注“中国正畸疗效评价标准推广网”微信公众号

或访问“中国正畸疗效评价标准推广网”http://www.xutianmin.org