

两种不同方法设计的后牙种植单冠的咬合接触和咬合间隙：一项自身对照研究

背景：通过传统蜡型法很难实现种植体支持式固定修复体的精准咬合设计，制作完成的修复体通常需要椅旁调整。计算机辅助设计（CAD）法在种植修复体的设计方面很有前景。本研究旨在比较采用 CAD 和传统方法设计的后牙种植单冠的咬合接触和咬合间隙。

方法：样本量计算得出每组需有 14 个样本。本研究挑选两副单颗后牙种植的 IV 型石膏模型作为主模型，主模型在最大牙尖交错位（MIP）上机械殆架。采用闭窗印模技术于主模型上各制取 7 副工作模型，并将其在 MIP 上殆架。为实现种植修复体较咬合接触，本研究使用 CAD 法和传统蜡型法分别设计两组种植单冠的咬合间隙。CAD 组中，在扫描工作模型获得的数字模型上进行牙冠的设计；蜡型组中，在工作模型上制作蜡型并扫描以生成 STL 文件。在工作模型和主模型的评价中，本研究使用咬合间隙（OC）法和咬合记录（OR）法计算制作的修复体上设计的咬合接触区域的平均和最小咬合间隙值。修复体的咬合情况在主模型中进行了评估。

结果：在工作模型上使用 OC 法进行修复体咬合评价时，两组修复体的平均咬合间隙无统计学差异（ 195.4 ± 43.8 vs. $179.8 \pm 41.8 \mu\text{m}$; $P = 0.300$ ），CAD 组修复体在设计咬合接触区的最小咬合接触间隙明显的大于蜡型组（ 139.5 ± 52.3 vs. $99.8 \pm 43.8 \mu\text{m}$; $P = 0.043$ ）。使用 OR 法评价时，两组修复体的平均和最小的咬合间隙没有统计学差异（ $P > 0.05$ ）。在主模型上进行评价时，两组修复体的平均和最小的咬合间隙，咬合接触点的数目和分布以及侧方殆干扰的比例没有统计学差异（ $P > 0.05$ ）。

结论：CAD 法设计的后牙种植单冠的咬合接触和咬合间隙至少与传统蜡型方法设计的一样好。

关键词：咬合间隙，种植单冠，精准咬合

背景

骨结合种植体对咬合力的生物力学反应与天然牙齿不同，因为它们缺乏牙周膜并且具有较高的触觉感知阈值^{1,2}。因此，种植体很容易出现咬合过载，这被认为是导致螺丝松动和断裂、修复体断裂甚至种植体断裂等机械并发症的原因，最终将影响种植体的使用寿命^{3,4}。因此，适当的咬合设计可延长种植体支持式固定修复体的使用寿命。目前，计算机辅助设计（CAD）法和传统蜡型法是设计固定修复体的常用方法，在全冠⁵和固定局部义齿⁶的设计中两种方法可以取得相似的效果。Zhang 等人根据未预备的完整的牙咬合面设计了全冠，其发现与使用数据库法设计的全冠相比，复制法设计的冠侧方殆干扰更小⁷。Yeliz 等人通过实验得出通过镜像法设计的全冠的个性化和咬合适合性很高⁸。因此，在设计种植单冠时，镜像法可被视为复制同颌对侧同名牙形态进行种植修复体设计的合适方法。

种植修复体的咬合设计研究表明，在最大牙尖交错位（MIP）时，种植体单冠应与对颌牙保证 10–30 μm 的咬合间隙^{9–11}。由于种植单冠的咬合接触设计要求为轻咬合，因此传统蜡型法很难实现精准的咬合间隙设计，制作的修复体常需要椅旁调整。而目前很少有研究关注使用 CAD 法进行种植体支持式修复体的咬合设计，使用 CAD 法设计种植单冠咬合间隙的效果仍不清楚，值得探索。

本研究提出了一种设计种植单冠咬合的 CAD 方法。该方法为使用镜像法复制缺失牙同颌

何明珠^{1,2}（中）
浦婷婷³（中）
丁茜¹博士（中）
孙瑶⁴博士（中）
王鹏飞³（中）
孙玉春⁵教授（中）
张磊¹教授（中）

¹北京大学口腔医学院·口腔医院修复科；国家口腔医学中心；国家口腔疾病临床医学研究中心；口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心；口腔数字医学北京市重点实验室；国家卫生健康委员会口腔医学计算机应用工程技术研究中心；国家药品监督管理局口腔材料重点实验室

²兰州大学口腔医学院·口腔医院

³北京大学口腔医学院·口腔医院义齿加工中心；国家口腔医学中心；国家口腔疾病临床医学研究中心；口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心；口腔数字医学北京市重点实验室；国家卫生健康委员会口腔医学计算机应用工程技术研究中心；国家药品监督管理局口腔材料重点实验室

⁴北京大学口腔医学院·口腔医院第三门诊部口腔修复科

⁵北京大学口腔医学院·口腔医院数字化研究中心；国家口腔医学中心；国家口腔疾病临床医学研究中心；口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心；口腔数字医学北京市重点实验室；国家卫生健康委员会口腔医学计算机应用工程技术研究中心；国家药品监督管理局口腔材料重点实验室

通讯作者：

丁茜博士

dingqian@hsc.pku.edu.cn

对侧同名牙的形态，并在虚拟颌架上使用咬合设计工具调整咬合间隙。本研究旨在比较采用 CAD 法和传统法设计的后牙种植单冠的咬合接触和咬合间隙。零假设是在主模型上两种方法设计的牙冠之间的咬合接触和咬合间隙结果没有统计学差异。

方法

主模型准备

本研究选用两名牙列缺损患者的 IV 型石膏模型作为主模型。北京大学口腔医学院生物医学机构审查委员会批准本研究中患者模型来模拟患者 (PKUSSIRB-202,055,068)。纳入标准为单个后牙非游离缺失并植入骨水平种植体替代体 (RC, 士卓曼公司, 瑞士) 且同颌对侧同名牙处于正常位置, 没有任何缺陷的咬合均匀、稳定的 IV 型石膏模型。排除标准是牙齿严重磨损且 MIP 中咬合接触点少于三个的模型¹²。在将模型纳入研究之前, 已获得参与者的书面知情同意书。

由 M. H. 将实验纳入的两副主模型于 MIP 位使用低膨胀石膏 (ZERO arti[®]; dentona 公司, 德国) 上机械颌架 (PROTARevo[™] 7; KaVo 公司, 德国)。将 3 kg 的砝码放置在颌架上。使用 12 μm 咬合箔 (Arti-Fol[®] metallic Shimstock film; 宝诗公司, 德国) 标识主模型的咬合接触点。

工作模型准备

本研究为一项自身对照体外实验。样本量计算基于预实验结果, 采用非劣假设进行, 以两组修复体在主模型上咬合间隙差值大于 20 μm 为显著。当显著性水平为 0.025, 效能为 80% 时, 本研究每组需纳入样本量为 12 例。为了避免修复体制造过程中的误差导致样本量不足, 本研究每组均纳入 14 个样本。

使用加成型硅橡胶 (Variotime[®] Light Flow 和 Dynamix Monophase, 古莎齿科, 德国) 以闭窗式印模技术制取印模。每副主模型制取七副印模, 总共获得 14 副 IV 型石膏 (Die-stone, 古莎齿科) 工作模型。由同一位研究者 M. H. 将工作模型于 MIP 位用低膨胀石膏上机械颌架 (图 1a)。将 3 kg 砝码置于颌架上部静置。使用 12 μm 咬合箔对工作模型的咬合接触进行验证, 如果发现咬合接触偏差, 则重新上颌架。

种植单冠的设计

由研究人员 M. H. 使用传统法和 3Shape Dental System (3Shape 公司, 丹麦) 软件中的 CAD 法在每副工作模型各设计一个种植单冠。

计算机辅助设计方法

在 CAD 组中, 将咬合转移校准块安装在机械颌架上, 并借助转移板在模型扫描仪 (D2000, 3Shape 公司) 内进行

扫描, 以校准 3Shape Dental System 中的虚拟颌架。随后机械颌架的信息被传输至虚拟颌架¹³。此后通过转移板法扫描模型时, 即可将机械颌架上的咬合关系转移至数字颌架 (图 1b 和 c)。扫描同期扫描杆 (Scanbody; 士卓曼公司) 可将种植体的位置和角度传输至数字化模型中。

在 3Shape Dental System 中, 镜像法可复制同颌对侧同名牙的形态来生成修复体 (图 1d), 并且调整修复体咬合以达到与对颌牙齿稳定的尖窝接触。根据临床预实验结果得出 80 μm 的咬合间隙是适合种植单冠咬合设计且需要非常少临床咬合调整的数值。因此, 使用咬合调整工具将咬合间隙设置为 80 μm (图 1e)。使用平均髁导参数 (前伸髁导斜度 35°, Bennett 角 15°) 进行修复体非正中颌的调整, 使其与正中颌时一样离开对颌牙咬合面 80 μm ¹⁴ (图 1f)。然后生成修复体的标准三角语言 (STL) 文件。

传统方法

在上于机械颌架的工作模型上制作种植单冠蜡型。调整蜡型咬合至两张 38 μm 的咬合纸 (松风齿科, 日本) 可于蜡型与对颌牙间无阻力抽出。咬合接触点用 100 μm 咬合纸 (BK 52 Red, 宝诗公司) 指示。使用与 CAD 组相同的平均髁导参数调整蜡型在机械颌架上的非正中颌。使用 Arti-Spray 显影剂 (BK 285, 宝诗公司) 均匀喷洒于蜡型表面, 按常规流程对种植蜡型修复体进行扫描, 以获得所设计修复体的 STL 文件。

修复体制作

将两组修复体的数据发送到 5 轴铣床 (ZENOTEC T1; Wieland Dental Technik 公司, 德国), 按照制造商的建议铣削和烧结牙科氧化锆块 (Ideal Zirconia; Organical CAD/CAM 公司, 德国)。在上色和上釉之前, 将烧结好的牙冠轻轻喷涂显影剂并在模型扫描仪中进行扫描, 并将数据保存为 STL 文件。通过三维 (3D) 数据处理软件 (Geomagic Control 2014; 3D Systems 公司, 美国) 中的“3D 比较”对烧结后的牙冠和相应设计的牙冠进行比较, 以计算修复体的制造偏差。随后, 对牙冠的轴面进行上色和上釉, 对牙冠咬合面的窝沟点隙进行上色, 对咬合面的其他区域进行高度抛光。

设计咬合接触区域的确定

两组修复体的 STL 文件都被导入到 Geomagic 软件程序中。在“3D 比较”中将阈值设置为 80 μm 识别修复体上设计的咬合接触区域 (图 2)。通过“3D 比较”计算两组修复体的设计咬合接触区域的实际平均咬合间隙。

工作模型评价

制作完成的修复体暂时粘接在工作模型的基台上 (Variobase[®]; 士卓曼公司, 瑞士)。通过依次抽拉厚度为 12、