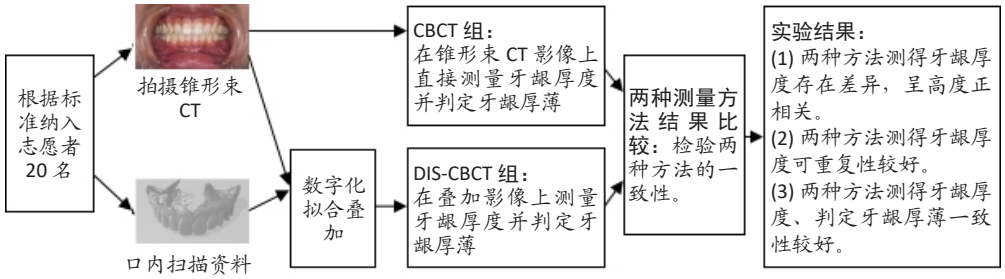
# 锥形束 CT 叠加口内扫描法与锥形束 CT 影像法测量牙龈厚度的一致性

宋艺蔚[1]，林祥祥[1]，张佳男[2]，陈 珏[3]，卢海平[1]

https://doi.org/10.12307/2024.218
投稿日期：2023-01-13
采用日期：2023-02-24
修回日期：2023-04-17
在线日期：2023-05-04
中图分类号：
R459.9；R318；R445
文章编号：
2095-4344(2024)04-00569-05
文献标识码：A

**文章快速阅读：**单独锥形束 CT 或叠加口内扫描法测量不同牙位颊侧牙龈厚度的一致性




文题释义：

**锥形束CT影像法：**一种基于软组织锥形束计算机技术测量牙龈厚度的方法。患者佩戴开口器拍摄锥形束CT，将舌头朝着口腔底部放低，以分隔唇颊舌黏膜与牙龈软组织，在锥形束CT上获得骨组织影像的同时获取牙龈软组织影像。

**口内扫描与锥形束CT数字化叠加法：**一种将口腔扫描仪获取的带有牙龈边界的口腔模型资料和锥形束CT资料数字化叠加测量牙龈厚度的方法。通过数字化技术三维重建牙冠部分模型与口内扫描模型进行叠加，获取三维方向的牙龈边界位置。

摘要

**背景：**牙龈厚度是判定牙龈表型的重要指标，正确评估牙龈表型有助于牙周手术、种植体植入术、正畸治疗的顺利开展，寻找一种舒适、精准、方便的牙龈厚度测量方法一直是该领域的研究热点。

**目的：**研究锥形束CT(cone-beam computed tomography，CBCT)影像法与口内扫描叠加锥形束CT资料(digital intraoral scanners and cone-beam computed tomography，DIS-CBCT)数字化法测量牙龈厚度、判定牙龈厚薄的一致性。

**方法：**招募上颌牙列完整志愿者20名，男性10名，女性10名。分别采用CBCT影像法与DIS-CBCT叠加法测量共计160个牙位颊侧龈缘下2 mm牙龈厚度并判定牙龈厚薄。运用配对*t*检验分析两种方法测量牙龈厚度的差异，Pearson相关分析评价两种方法的相关性，组内相关系数(Intraclass correlation coefficient，ICC)和Bland-Altman图分析两种方法测量牙龈厚度的可重复性和一致性，Kappa值分析两种方法判定牙龈厚薄的一致性。

**结果与结论：**①CBCT影像法和DIS-CBCT叠加法测得的牙龈厚度分别为(1.47±0.39) mm，(1.42±0.36) mm($t$=5.673，$P$ < 0.05)；②Pearson相关分析显示，两种方法测量的牙龈厚度结果呈正相关($r$=0.968，$P$ < 0.001)；③CBCT影像法测量者内部ICC值为0.982，0.980，测量者之间为0.984；DIS-CBCT叠加法测量者内部ICC值为0.984，0.941，测量者之间为0.964，$P$ < 0.001；④两种方法测量牙龈厚度结果组间ICC值为0.967，$P$ < 0.001；Bland-Altman分析显示两种方法测量牙龈厚度有4.37%(7/160)的点位于95%一致性界限范围以外；⑤CBCT影像法测量值判定厚、薄龈的牙位数分别为71，89例，DIS-CBCT叠加法测量值判定厚、薄龈的牙位数分别为59，101例；两种方法判定牙龈厚薄组间Kappa值为0.845，$P$ < 0.001；⑥结果表明，CBCT影像法和DIS-CBCT叠加法用于龈缘下2 mm牙龈厚度测量存在差异，但相关性极强，测量牙龈厚度的可重复性、一致性均较高，用于判定牙龈厚薄时一致性较好。

**关键词：**口腔扫描；锥形束计算机体层摄影术；牙龈厚度；牙龈表型；数字化技术

## Consistency of gingival thickness measurement based on cone-beam CT imaging and cone-beam CT superimposed intraoral scan imaging

**Song Yiwei[1], Lin Xiangxiang[1], Zhang Jianan[2], Chen Jue[3], Lu Haiping[1]**

[1]Faculty of Orthodontics, School of Stomatology, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, Zhejiang Province, China; [2]Center of Orthodontics, Department of Dentistry, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310000, Zhejiang Province, China; [3]Hangzhou Stomatological Hospital, Hangzhou 310000, Zhejiang Province, China

Song Yiwei, Master candidate, Physician, Faculty of Orthodontics, School of Stomatology, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, Zhejiang Province, China

**Corresponding author:** Lu Haiping, MD, Professor, Faculty of Orthodontics, School of Stomatology, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, Zhejiang Province, China

[1] 浙江中医药大学口腔医学院口腔正畸教研室，浙江省杭州市 310053；[2] 浙江大学医学院附属邵逸夫医院牙科正畸中心，浙江省杭州市 310000；[3] 杭州口腔医院，浙江省杭州市 310000

**第一作者：**宋艺蔚，女，1997 年生，浙江省桐庐县人，汉族，浙江中医药大学在读硕士，执业医师，主要从事口腔正畸与牙周健康相关研究。

**通讯作者：**卢海平，博士，教授，浙江中医药大学口腔医学院口腔正畸教研室，浙江省杭州市 310053

https://orcid.org/0000-0001-6077-2668( 宋艺蔚 )

**基金资助：**浙江省医药卫生科技项目 (2023KY122)，项目负责人：张佳男；中国牙病防治基金会科研项目 (A2021-088)，项目负责人：张佳男

**引用本文：**宋艺蔚，林祥祥，张佳男，陈珏，卢海平 . 锥形束 CT 叠加口内扫描法与锥形束 CT 影像法测量牙龈厚度的一致性 [J]. 中国组织工程研究，2024，28(4):569-573.

**Abstract**

**BACKGROUND:** Gingival thickness is an important indicator to determine gingival phenotype. The correct evaluation of gingival phenotype is helpful for the smooth going of periodontal surgery, implant implantation and orthodontic treatment. The search for a comfortable, accurate and convenient method of measuring gingival thickness has always been a research hotspot in this field.

**OBJECTIVE:** To analyze the gingival thickness in different dental positions and to study the consistency of cone-beam computed tomography (CBCT) image and digital intraoral scanners and cone-beam computed tomography (DIS-CBCT) superimposition image for measuring gingival thickness and determining whether the gingiva is thick or thin.

**METHODS:** Twenty volunteers (10 males and 10 females) with complete maxillary dentition were recruited. The thickness of the gingiva 2 mm below the buccal gingival margin of 160 teeth was measured by CBCT image and DIS-CBCT digital superimposition image. Gingival thickness was used to determine whether the gingiva was thick or thin. Paired t-test was used to analyze the differences in gingival thickness measured by the two methods. Pearson correlation analysis was used to evaluate the correlation between the gingival thickness results of the two methods. The intraclass correlation coefficient (ICC) and Bland-Altman chart were used to analyze the repeatability and consistency in measuring gingival thickness using the two methods. Kappa value was used to analyze the consistency in determining whether the gingiva was thick or thin using the two methods.

**RESULTS AND CONCLUSION:** The gingival thickness measured by CBCT image and DIS-CBCT digital superimposition image was (1.47±0.39) and (1.42±0.36) mm, respectively ($t$=5.673, $P$ < 0.05). Pearson correlation analysis showed that the gingival thickness measured by the two methods was positively correlated ($r$=0.968, $P$ < 0.001). In the CBCT group, the values of intraobserver and interobserver ICC were 0.980–0.982 and 0.984, respectively; in the DIS-CBCT group, the values of intraobserver and interobserver ICC were 0.941–0.984 and 0.964, respectively ($P$ < 0.001). The intergroup ICC value of gingival thickness measured by the two methods was 0.967 ($P$ < 0.001). Bland-Altman analysis showed that 4.37% (7/160) of the points measured by both methods for gingival thickness was outside the 95% limits of agreement. There were 71 cases of thick-gingiva and 89 cases of thin-gingiva measured by CBCT imaging, and 59 cases of thick-gingiva and 101 cases of thin-gingiva measured by DIS-CBCT digital superimposition image. The Kappa value of the two groups was 0.845 ($P$ < 0.001). These findings indicate that there is a significant difference in the thickness measurement of the gingiva 2 mm below the gingival margin between the CBCT group and the DIS-CBCT group, but the correlation is very strong. The repeatability and consistency of gingival thickness measurement are both high, and there is a good consistency between the two methods when used to determine whether the gingiva is thick or thin.

**Key words:** oral scanning; cone-beam computed tomography; gingival thickness; gingival phenotype; digital technology

**Funding:** *Zhejiang Medical Health Science and Technology Project, No. 2023KY122 (to ZJN); Scientific Research Project of China Dental Disease Prevention Foundation, No. A2021-088 (to ZJN)*

***How to cite this article:*** *SONG YW, LIN XX, ZHANG JN, CHEN J, LU HP. Consistency of gingival thickness measurement based on cone-beam CT imaging and cone-beam CT superimposed intraoral scan imaging. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2024;28(4):569-573.*

## 0 引言 Introduction

正确评估牙龈表型是牙周手术、种植体植入术、正畸治疗的关键步骤，主要是因为足够的软组织厚度可以避免手术、修复和正畸治疗后的不良结果。在口腔治疗中，薄龈型患者存在较高风险，包括牙周治疗后出现牙龈退缩、正畸治疗后出现黑三角或牙齿敏感、种植术后基台暴露、修复后边缘暴露等风险。除此之外，牙龈表型与牙槽骨质量、牙体形态、角化龈高度也存在高度的相关性 [1]。在治疗前关注患者的牙龈表型有助于医生、患者充分认识治疗风险，选择合适的治疗方案。

牙龈厚度是判定牙龈表型的重要指标，牙龈表型分为薄龈型与厚龈型 [1]。牙龈厚度测量的常用方法包括牙周探针穿刺法、牙周探针透射法、标准化图像拍摄 [2]、X 射线投射、3D 扫描、B 超、锥形束 CT(cone-beam computed tomography，CBCT) 影像测量 [3]、CBCT 资料和口内扫描模型数字化拟合等 [4]。牙周探针穿刺法是牙龈厚度测量的“金标准”( 精确至 0.05 mm)[1]，但该项检查需在局麻下进行，仍然是一项有创操作，同时麻药对组织厚度容易产生影响。近年来多篇研究证明，CBCT 影像测量法 ( 文中简称 CBCT 影像法 ) 与牙周探针穿刺法在牙龈厚度测量领域的一致性、可重复性良好 [5-8]。2016 年以来，部分研究将 CBCT 三维重建模型与口腔扫描仪 (digital intraoral scanners，DIS) 扫描模型进行拟合 ( 文中简称 DIS-CBCT 叠加法 ) 获得清晰的牙龈边缘，成功测量牙龈厚度 [9-12]。然而，该技术精度不仅受口腔扫描仪器和 CBCT 机的影响，而且依赖于数字化技术 [4]，其与 CBCT 影像法的一致性仍然存在争议，且目前尚无其用于评估牙龈厚薄龈型的相关研究。该研究首次评价 DIS-CBCT 叠加法与 CBCT 影像法用于测量不同牙位颊侧牙龈厚度并判定牙龈厚薄的一致性，对牙龈软组织的数字化影像测量具有重要意义。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 单一样本观察研究。

1.2 时间及地点 试验于 2022 年 4–5 月在浙江中医药大学附属口腔医院完成。

1.3 对象 按照纳入和排除标准，最终招募 20 名志愿者，其中男性 10 名，女性 10 名；年龄 (21.0±3.8) 岁。纳入 20 名志愿者软组织 CBCT 与口内扫描资料，因下颌牙列易受到唾液影响、位置不稳定等因素，选取上颌牙列作为研究对象，测量每位志愿者上颌双侧中切牙、尖牙、第 1 前磨牙、第 1 磨牙共计 160 个牙位颊侧牙龈厚度。

该研究已获得浙江中医药大学附属口腔医院医学伦理委员会批准 ( 批准号：330108002202200008)。参与试验的志愿者为自愿参加，均对试验过程完全知情同意，在充分了解试验方案的前提下签署“知情同意书”。

**纳入标准：**①上颌牙列完整 ( 目标牙位未缺失 )；②牙周健康，无牙龈退缩、骨开窗、骨开裂等牙周问题；③无颌面部创伤史、无系统性疾病；④所有参与者签署知情同意书。

**排除标准：**①受检牙缺失；②近半年服用牙龈增生相关药物；③女性患者处于生理期和妊娠期。

1.4 方法

1.4.1 资料收集 ①获取 CBCT 资料：志愿者穿铅衣，取坐位于锥形束 CT 机前 [KaVo 3D eXami，CBCT( 卡瓦盛邦，美国 )]，保持口腔清洁，佩戴开口器撑开唇颊、唇黏膜，保持静止，在牙尖交错位下进行小视野锥形束 CT 扫描。所有扫描参数固定为 120 kV，75 mA，体素大小为 0.3 mm，100–120 视野，数据以“.dicom”格式保存并输出。②获取口腔扫描资料：同一操作者清洁、吹干牙面软组织，用口镜拉开唇颊黏膜，使用同一台口内扫描仪 (3Shape TRIOS3，Copenhagen，丹麦 )

扫描志愿者上颌牙列，数据以“.stl”格式保存并输出。

1.4.2 影像重建和叠加 由同一位操作者使用 Mimics 软件打开 Dicom 格式文件，运用 Profile Line 选取牙釉质阈值，生成蒙板，建立上颌牙列实体三维模型，输出 Stl 格式文件。将口腔扫描模型与三维重建模型导入 3-Matic 软件进行拟合叠加：采用尖牙牙尖、第 1 前磨牙中央窝、第 1 磨牙中央窝及上颌前牙近中切点作为模型配准的参考点进行点匹配、面匹配 [13]，见**图 1**，计算重叠配准精度小于 0.2[14]。

1.4.3 测量平面选取 两种方法选取目标牙位测量平面的方法相同，以 CBCT 影像法中右侧上颌中切牙为例，调整坐标轴位置，选取 *z* 轴所在平面 ( 矢状面 ) 作为测量平面，见**图 2**。*z* 轴所在平面位于牙体中央并平分牙体近远中或通过磨牙根分叉，记录各平面位置 ( 以图 2 为例：58.25，109.75，70.50)，以便于重复测量。

1.4.4 测量项目 分别使用 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量龈缘下 2 mm 牙龈厚度并判定牙龈厚薄，以右侧上颌中切牙为例，测量方法见**图 3**。由经过培训的 2 位测量者间隔时间 1 周使用上述两种方法测量同一影像 3 次，取 2 位测量者 3 次测量值的平均值作为测量结果并判定牙龈厚薄。判定标准 [15-17]：龈缘下 2 mm 牙龈厚度 < 1.5 mm 认定为薄龈型，≥ 1.5 mm 时认定为厚龈型。

1.5 主要观察指标 牙齿颊侧牙龈厚度。

1.6 统计学分析 采用 SPSS 25.0 统计学软件进行分析，计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，对 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测得的牙龈厚度结果进行配对样本 *t* 检验分析其差异性，使用 Pearson 相关分析评价其相关性。应用组内相关系数 (Intraclass correlation coefficient，ICC) 评价两种方法组间测得牙龈厚度的可重复性和一致性，ICC 值 > 0.75 认定可信度良好。绘制 Bland-AItman 图评价两种方法组间测量牙龈厚度的一致性。使用 Kappa 分析比较两种方法组间判定牙龈厚薄的一致性，Kappa 值 > 0.8 表示一致性很强。以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。文章统计学方法已经通过浙江中医药大学生物统计学专家审核。

## 2 结果 Results

2.1 样本计算 样本量计算以牙齿颊侧牙龈厚度为主要观察指标。使用等效性检验，90% 作为检验功效估算样本量，以检测最小的临床显著差异 0.5 mm[1, 18]，$\alpha$ 取 0.025，标准差取 0.35 mm[7, 18]，10% 脱失量。结果显示至少需要 42 例样本，由于每位志愿者测量 8 颗牙齿，至少需要 6 名志愿者。

2.2 参与者数量分析 共纳入 20 名志愿者，测量每位志愿者的上颌双侧牙齿，共测量 160 颗牙齿颊侧牙龈厚度。

2.3 测量结果 见**表 1**，CBCT 影像法和 DIS-CBCT 叠加法测量颊侧牙龈厚度结果分别为 (1.47±0.39) mm、(1.42±0.36) mm，95%*CI* 值分别为 1.34−1.59 mm，1.30−1.53 mm。两种方法测量上颌颊侧牙龈厚度均显示尖牙 < 中切牙 < 第 1 前磨牙 < 第 1 磨牙，第 1 磨牙颊侧牙龈最厚。

**表 1 ｜两种方法测量不同牙位颊侧牙龈厚度** ($\bar{x}\pm s$，mm)

**Table 1 ｜ Buccal gingival thickness measured by CBCT image and DIS-CBCT digital superimposition image in different dental positions**

| 牙位 | 牙位数 | CBCT 组 | | DIS-CBCT 组 | | *t* 值 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 测量值 | 95%*CI* 值 | 测量值 | 95%*CI* 值 | |
| 中切牙 | 40 | 1.36±0.20 | 1.29−1.42 | 1.32±0.19 | 1.26−1.38 | 3.297[a] |
| 尖牙 | 40 | 1.18±0.22 | 1.12−1.26 | 1.15±0.23 | 1.08−1.22 | 2.907[a] |
| 第 1 前磨牙 | 40 | 1.47±0.24 | 1.39−1.51 | 1.43±0.21 | 1.36−1.50 | 1.001[b] |
| 第 1 磨牙 | 40 | 1.99±0.27 | 1.90−2.07 | 1.93±0.27 | 1.84−2.01 | 3.089[a] |
| 总计 | 160 | 1.47±0.39 | 1.34−1.59 | 1.42±0.36 | 1.30−1.53 | 5.673[a] |

表注：对 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量结果进行配对 *t* 检验，a：中切牙、尖牙、第 1 磨牙配对 *t* 检验存在显著意义 ($P < 0.05$)；b：第 1 前磨牙配对 *t* 检验结果无显著意义 ($P > 0.05$)。CBCT：锥形束 CT；DIS-CBCT：口腔扫描 − 锥形束 CT

2.4 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量颊侧牙龈厚度的差异性、相关性 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量颊侧牙龈厚度结果显示，前磨牙颊侧牙龈厚度测量均值无显著性意义 ($t$=1.001，$P > 0.05$)，其余牙位以及总体均值都存在显著性意义 ($t$=5.673，$P < 0.05$)，见表 1。Pearson 相关分析显示两种方法测量颊侧牙龈厚度呈高度正相关 ($r$=0.968，$P < 0.001$)，见**图 4**。

2.5 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量颊侧牙龈厚度的可重复性 CBCT 影像法测量颊侧牙龈厚度：测量者 1 内部 ICC 值为 0.982，测量者 2 内部 ICC 值为 0.980，测量者间 ICC 值为 0.984；DIS-CBCT 叠加法测量颊侧牙龈厚度：测量者 1 内部 ICC 值为 0.984，测量者 2 内部 ICC 值为 0.941，测量者间 ICC 值为 0.964，$P < 0.001$。表明两种方法测量牙龈厚度的可重复性较好，见**表 2**。

**表 2 ｜两种方法测量颊侧牙龈厚度组内、组间 ICC 可靠性**

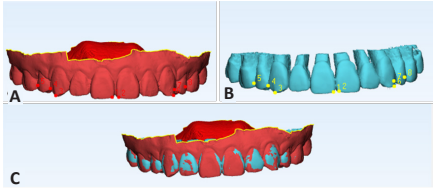
**Table 2 ｜ ICC reliability test results of buccal gingival thickness measurement using CBCT image and DIS-CBCT digital superimposition image**

| 项目 | 组别 | | ICC 值 |
|---|---|---|---|
| 测量者内部 | CBCT 组 | 测量者 1 | 0.982 |
| | | 测量者 2 | 0.980 |
| | DIS-CBCT 组 | 测量者 1 | 0.984 |
| | | 测量者 2 | 0.941 |
| 测量者之间 | CBCT 组 | | 0.984 |
| | DIS-CBCT 组 | | 0.964 |
| 两种测量方法组间 | | | 0.967 |

表注：ICC 为组内相关系数，$P < 0.001$。CBCT：锥形束 CT；DIS-CBCT：口腔扫描 − 锥形束 CT

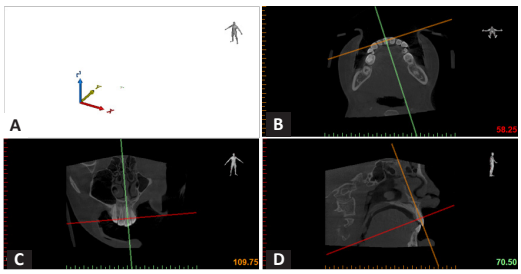
2.6 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法组间测量颊侧牙龈厚度、判定牙龈厚薄的一致性 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法对同一位点测量 ICC 值为 0.967($P < 0.001$)，表明两种测量方法间一致性极好，见表 2。Bland-Altman 绘图分析结果表明，有 4.37% 的点 (7/160) 在 95% 可信区间外；在一致性界限范围内，两种方法相比，差值平均值为 (0.042 7±0.095 1) mm，见**图 5**，可见 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法的一致性较好 ($P < 0.05$)。

CBCT 影像法判定厚龈型 71 例，薄龈型 89 例；DIS-CBCT 叠加法判定厚龈型 59 例，薄龈型 101 例，见**表 3**。两种方法对同一位点的判定结果 Kappa 值为 0.845($P < 0.001$)，表明两种测量方法判定一致性极高，见表 3。



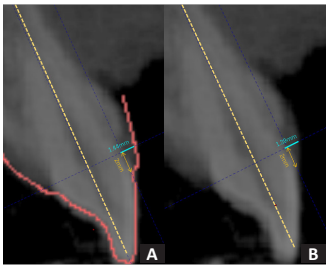

图注：图 A 为口腔扫描模型；B 为锥形束 CT 三维重建模型；C 为匹配拟合牙列影像

图 1 | 在 3-Matic 软件中进行多点匹配
Figure 1 | N Points registration in 3-Matic software



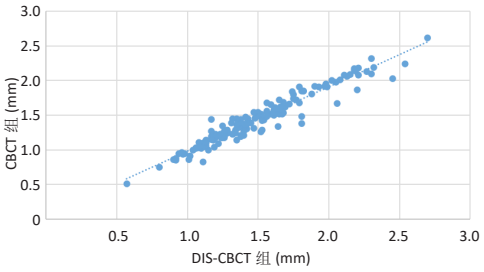

图注：图 A 为坐标轴位置；B–D 为选取测量截面的三维位置：矢状面 D(*z* 轴所在平面 ) 通过 11 牙体长轴平分牙体近远中，冠状面 C(*y* 轴所在平面 ) 通过 11 牙体长轴与矢状面垂直，横截面 B(*x* 轴所在平面 ) 位于 11 颊侧釉牙骨质界水平

图 2 | 影像拟合结果和测量截面选取
Figure 2 | Image overlay results and measurement cross-section selection



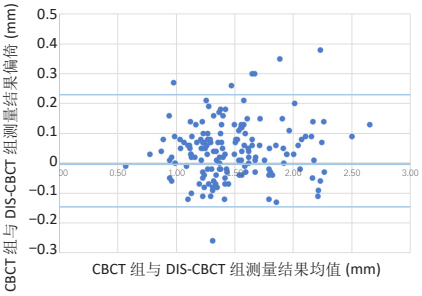

图注：图 A 为口腔扫描 – 锥形束 CT 叠加法测量牙体颊侧龈缘下 2 mm 牙龈厚度：黄色虚线为牙体长轴，过龈缘作与牙体长轴线平行线，于该线距龈缘 2 mm 处作垂线，测量该垂线上牙龈厚度，测量结果为 1.44 mm；B 为锥形束 CT 影像法 ( 具体测量方法同上 )，测量结果为 1.39 mm

图 3 | 牙龈厚度的测量方法
Figure 3 | The measurement methods of gingival thickness




图注：CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量颊侧牙龈厚度呈正相关 ($r$=0.968，$P$ < 0.001)。CBCT：锥形束 CT；DIS-CBCT：口腔扫描 – 锥形束 CT

图 4 | 两种方法测量颊侧牙龈厚度的相关性
Figure 4 | Correlation between CBCT image and DIS-CBCT digital superimposition image to measure buccal gingival thickness




图注：CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量结果的差值为 (0.042 7± 0.095 1) mm，差值的 95% 分布范围 (LoA) 为 −0.144–0.229，4.37%(7/160) 的点位于 LoA 范围以外。CBCT：锥形束 CT；DIS-CBCT：口腔扫描 – 锥形束 CT

图 5 | 两种方法测量组间 Bland-Altman 绘图分析
Figure 5 | Bland-Altman plot analysis of intergroup measurement results of CBCT image and DIS-CBCT digital superimposition image

表 3 | 两种方法牙龈厚度测量值判定牙龈厚薄结果
Table 3 | Thick-gingiva or thin-gingiva determined by the gingival thickness measurements using CBCT image and DIS-CBCT digital superimposition image

| DIS-CBCT 组 (mm) | CBCT 组 (mm) | | 合计 |
|---|---|---|---|
| | 厚 ( 测量值≥ 1.5) | 薄 ( 测量值 < 1.5) | |
| 厚 ( 测量值≥ 1.5) | 59 | 0 | 59 |
| 薄 ( 测量值 < 1.5) | 12 | 89 | 101 |
| 合计 | 71 | 89 | 160 |

表注：Kappa=0.845，$P$ < 0.001。CBCT：锥形束 CT；DIS-CBCT：口腔扫描 – 锥形束 CT

## 3 讨论 Discussion

3.1 牙龈厚度评估的重要性 近年来，口腔各学科对牙龈软组织的重视度不断提高，牙龈表型作为牙龈软组织的一项特征性指标更受到广泛关注。牙龈厚度与牙龈表型关系密切，薄龈型与细长的三角形牙冠、较大的颈缘突度、狭窄的角化龈、薄牙槽骨 [19]、薄腭黏膜高度相关 [10]。同时，牙龈表型存在一定个体差异，VANDANA 等 [20-22] 证实年长者、女性、下颌骨牙齿相对于年轻人、男性、上颌骨的牙龈更薄。牙周病相关症状的严重程度可能在不同的牙龈表型中有所不同：厚龈型在牙菌斑相关的炎症下可能会导致深牙周袋，而薄龈型的患者可能会出现牙龈退缩 [1]。在遇到机械创伤、手术损伤或刺激物时薄龈型更显劣势。薄龈型比厚龈型在正畸、种植、修复后更容易出现治疗风险 [19]。

3.2 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量牙龈厚度的优缺点 通过测量牙龈厚度来判定牙龈表型时，虽然牙周探针穿刺技术是直接测量牙龈组织的经典方法，但它测量不稳定 [23]、有创伤。CBCT 影像法作为一种无创测量牙龈软组织的方法，具有准确度较高、无创伤、可获得三维牙龈影像的特点。GÜRLEK 等 [8] 研究证明 CBCT 影像法与牙周穿刺法测量牙龈厚度值呈正相关 ($P$=0.001，$r$=0.618)，Bland-Altman 图显示偏差极小 (−0.004–0.053 mm)。最近一篇 Meta 分析亦表明 CBCT 影像法与牙周探针穿刺法进行牙龈厚度测量的可靠性较高 [24]。然而，CBCT 影像测量也有一定的局限性：拍摄操作难度较高、时间较长 [4]、破坏患者的面部软组织形态和影响下颌骨位置的稳定性。DIS-CBCT 叠加法在临床操作时无需佩戴开口器 ( 该实验为保证两组影像的一致性和伦理原因，只拍摄佩戴开口器的锥形束 CT 进行叠加 )，基于口内扫描技术的发展，其可以获得更清晰的三维牙龈信息，充分利用患者的原始资料，便于医生、研究者开展更多的回顾性研究，减少患者临床资料收集时间 [12]。但 DIS-CBCT 叠加法需要数字化技术的支持，其中的误差来源复杂，准确性仍然有一定争议 [9]。

3.3 DIS-CBCT 叠加法测量的误差来源 将口内扫描模型与牙列的 CBCT 三维重建模型进行重叠测量牙龈厚度，其误差受到扫描技术、CBCT 技术以及数字化重叠技术 3 个面的影响 [4]。有研究指出口腔扫描仪器对牙龈软组织的扫描精度在 7.75 μm 左右 [25]。还有研究使用类似技术 (Laser scan 3D Pro 系统 ) 对牙龈切除前后患者的石膏模型进行数字化处理，评估口腔扫描仪器的软组织精度在 60 μm 以内 [26]。该研究采用 3Dshape 口腔扫描仪扫描牙列的精度可以达到 7 μm。

不同的 CBCT 仪器精度不同，同一仪器的不同设定精度也不同，其精度也受到扫描视野的影响，大视野 CT 的扫描精度只能达到 0.3–0.4 mm，该实验设备小视野的扫描精度可达到 0.075 mm[13]。

在数字化拟合过程中，牙列三维重建的准确性以及定位点的配准精度会对 DIS-CBCT 数字化叠加法的精度产生影响[13]。在三维重建牙列阶段，刘怡等[27]评估从 CBCT 资料中分割牙齿的精度时认为分割提取的体积相比正常有小范围差异 (–4%–7%)。将 DIS 模型与 CBCT 重建牙列进行点对点重叠时，系统计算的重叠配准精度需控制在 0.3 mm 以下[14]，认为匹配精度较好。马寅耀[28]认为不同阈值重建的三维模型与激光扫描模型间重叠距离误差在 4–7 μm。如果将上述误差进行加法，该技术相较于牙龈真实尺寸，在理论上会产生 0.33–0.36 mm 系统误差，但在实际操作中的误差仍然没有相关文献进行评估。

3.4 研究结果分析 CBCT 影像法与 DIS-CBCT 叠加法测量牙龈厚度的数值存在差异 ($t$=5.673，$P$ < 0.05)，但相关性 ($r$=0.968，$P$ < 0.001)、一致性 (ICC 值 =0.964，$P$ < 0.001) 均较好；对于牙龈厚薄龈型的判定结果一致性 (Kappa=0.845，$P$ < 0.001) 亦较好，表明两种方法测量牙龈厚度的数值存在误差，但该误差 (0.042 7±0.095 1) mm 远小于“金标准”牙周探针穿刺法 0.5 mm 的真实误差[29]，对牙龈厚薄龈型的判定影响亦较小。关于 $t$ 检验结果与组内相关系数、Bland-Altman 图有差异的现象：配对 $t$ 检验关注组间差值的均值特征，而一致性评价所关注的是每一个测量值的偏差，不再是偏差的平均值，且实验样本量较大，关注均值的意义较小，所以组内相关系数分析、Bland-Altman 图的结果更可靠[30]。

研究的不足之处：①介于牙周探针穿刺法的有创性，在该研究中 DIS-CBCT 叠加法没有与行业“金标准”牙周探针穿刺法开展比较分析，但是多篇文献已证实 CBCT 影像法与牙周探针穿刺法在牙龈厚度测量时的一致性，对 DIS-CBCT 叠加法在牙龈厚度测量时的准确性评价影响较小。②缺少不同次数字化叠加之间的一致性评价，每次进行影像叠加时可能存在较小偏差，因此，使用该技术进行相关测量前建议熟练运用数字化软件，提高影像叠加的一致性。后续将对同一资料的不同叠加影像进行测量分析。③此次研究只测量龈缘下 2 mm 位点的牙龈厚度，不同高度的牙龈厚度的一致性可能存在差异，后续将增加测量位点，增大样本量丰富研究内容。

综上所述，在良好的设备支持及高质量、稳定的重叠技术下，应用 DIS-CBCT 数字化叠加法测量龈缘下 2 mm 牙龈厚度、判定牙龈表型的可信度尚可，但存在可接受的误差，需要数字化技术人员熟练运用相关技术。随着 DIS-CBCT 数字化叠加技术在牙龈软组织测量领域的不断发展，将为牙龈软组织的研究带来更多可能性。

**致谢：**感谢浙江中医药大学口腔正畸学研究生导师卢海平教授以及浙江中医药大学附属口腔医院霍光主任、陆炜菁医师，杭州口腔医院唐田主任、陈珏医师，室友林祥祥、史珂莹，感谢朱锐学长、孔丽娅老师提供统计学指导。

**作者贡献：**卢海平教授负责试验指导，宋艺蔚负责试验设计及实施、数据处理、撰写论文，林祥祥负责试验实施、论文修改，张佳男负责论文修改、基金支持，陈珏负责数字化技术指导。

**利益冲突：**文章的全部作者声明，在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**开放获取声明：**这是一篇开放获取文章，根据《知识共享许可协议》“署名－非商业性使用－相同方式共享 4.0”条款，在合理引用的情况下，允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展，同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献，并为之建立索引，用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

**版权转让：**文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

**出版规范：**该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南 )。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

## 4 参考文献 References

[1] CORTELLINI P, BISSADA NF. Mucogingival conditions in the natural dentition: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. J Periodontol. 2018;89 Suppl 1: S204-S213.
[2] WEINLÄNDER M, LEKOVIC V, SPADIJER-GOSTOVIC S, et al. Gingivomorphometry-esthetic evaluation of the crown-mucogingival complex: a new method for collection and measurement of standardized and reproducible data in oral photography. Clin Oral Implants Res. 2009;20(5):526-530.
[3] BARRIVIERA M, DUARTE WR, JANUÁRIO AL, et al. A new method to assess and measure palatal masticatory mucosa by cone-beam computerized tomography. J Clin Periodontol. 2009;36(7):564-568.
[4] RONAY V, SAHRMANN P, BINDL A, et al. Current status and perspectives of mucogingival soft tissue measurement methods. J Esthet Restor Dent. 2011;23(3):146-156.
[5] 陈子圆 , 钟金晟 , 欧阳翔英 , 等 . 牙龈退缩患牙的牙龈厚度评估 [J]. 北京大学学报 ( 医学版 ),2020,52(2):339-345.
[6] TATTAN M, SINJAB K, LEE E, et al. Ultrasonography for chairside evaluation of periodontal structures: A pilot study. J Periodontol. 2020;91(7):890-899.
[7] ALVES PHM, ALVES TCLP, PEGORARO TA, et al. Measurement properties of gingival biotype evaluation methods. Clin Implant Dent Relat Res. 2018;20(3):280-284.
[8] GÜRLEK Ö, SÖNMEZ Ş, GÜNERI P, et al. A novel soft tissue thickness measuring method using cone beam computed tomography. J Esthet Restor Dent. 2018;30(6):516-522.
[9] WANG L, RUAN Y, CHEN J, et al. Assessment of the relationship between labial gingival thickness and the underlying bone thickness in maxillary anterior teeth by two digital techniques. Sci Rep. 2022;12(1):709.
[10] KIM YJ, PARK JM, CHO HJ, et al. Correlation analysis of periodontal tissue dimensions in the esthetic zone using a non-invasive digital method. J Periodontal Implant Sci. 2021;51(2):88-99.
[11] KIM YJ, PARK JM, KIM S, et al. New method of assessing the relationship between buccal bone thickness and gingival thickness. J Periodontal Implant Sci. 2016;46(6):372-381.
[12] KIM SH, LEE JB, KIM MJ, et al. Combining virtual model and cone beam computed tomography to assess periodontal changes after anterior tooth movement. BMC Oral Health. 2018;18(1):180.
[13] 沈宇清 , 余优成 , 孙健 , 等 . 口内扫描与锥形束 CT 重建牙颌数字化模型的测量分析 [J]. 精准医学杂志 ,2020,35(5):428-431,436.
[14] 匡博渊 . 实用新型的 CBCT 重建模型与激光扫描牙齿 STL 模型的融合方法 [D]. 济南 : 山东大学 ,2017.
[15] SIN YW, CHANG HY, YUN WH, et al. Association of gingival biotype with the results of scaling and root planing. J Periodontal Implant Sci. 2013;43(6):283-290.
[16] CLAFFEY N, SHANLEY D. Relationship of gingival thickness and bleeding to loss of probing attachment in shallow sites following nonsurgical periodontal therapy. J Clin Periodontol. 1986;13(7):654-657.
[17] AMID R, MIRAKHORI M, SAFI Y, et al. Assessment of gingival biotype and facial hard/soft tissue dimensions in the maxillary anterior teeth region using cone beam computed tomography. Arch Oral Biol. 2017;79:1-6.
[18] COUSO-QUEIRUGA E, TATTAN M, AHMAD U, et al. Assessment of gingival thickness using digital file superimposition versus direct clinical measurements. Clin Oral Investig. 2021;25(4):2353-2361.
[19] NIKIFORIDOU M, TSALIKIS L, ANGELOPOULOS C, et al. Classification of periodontal biotypes with the use of CBCT. A cross-sectional study. Clin Oral Investig. 2016;20(8):2061-2071.
[20] VANDANA KL, SAVITHA B. Thickness of gingiva in association with age, gender and dental arch location. J Clin Periodontol. 2005;32(7):828-830.
[21] RATHOD SR, GONDE NP, KOLTE AP, et al. Quantitative analysis of gingival phenotype in different types of malocclusion in the anterior esthetic zone. J Indian Soc Periodontol. 2020;24(5):414-420.
[22] KAYA Y, ALKAN Ö, ALKAN EA, et al. Gingival thicknesses of maxillary and mandibular anterior regions in subjects with different craniofacial morphologies. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018;154(3):356-364.
[23] AGUILAR-DURAN L, MIR-MARI J, FIGUEIREDO R, et al. Is measurement of the gingival biotype reliable? Agreement among different assessment methods. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2020;25(1):e144-e149.
[24] WANG J, CHA S, ZHAO Q, et al. Methods to assess tooth gingival thickness and diagnose gingival phenotypes: A systematic review. J Esthet Restor Dent. 2022;34(4):620-632.
[25] ROSIN M, SPLIETH CH, HESSLER M, et al. Quantification of gingival edema using a new 3-D laser scanning method. J Clin Periodontol. 2002;29(3):240-246.
[26] MEHL A, GLOGER W, KUNZELMANN KH, et al. A new optical 3-D device for the detection of wear. J Dent Res. 1997;76(11):1799-1807.
[27] 刘怡 ,JAMES MAH, 许天民 . 锥形束计算机断层扫描中牙齿的分割精度 [J]. 北京大学学报 ( 医学版 ),2010,42(1):98-102.
[28] 马寅耀 . CBCT 数字化牙颌模型精度及测量信度和效度研究 [D]. 上海 : 上海交通大学 ,2013.
[29] STUDER SP, ALLEN EP, REES TC, et al. The thickness of masticatory mucosa in the human hard palate and tuberosity as potential donor sites for ridge augmentation procedures. J Periodontol. 1997;68(2):145-151.
[30] 李镒冲 , 李晓松 . 两种测量方法定量测量结果的一致性评价 [J]. 现代预防医学 , 2007,34(17):3263-3266,3269.

( 责任编辑：MZH，ZN，WL，LWJ)