

团 体 标 准

T/CHSA 088—2024

口腔颌面修复中三维面部扫描 临床应用指南

Clinical guideline for 3D facial scan in oral and maxillofacial prosthetics

2024-11-29 发布

2024-12-29 实施

中华口腔医学会 发 布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华口腔医学会口腔颌面修复专业委员会提出。

本文件由中华口腔医学会归口。

本文件起草单位：北京大学口腔医院负责起草，四川大学华西口腔医院、上海交通大学医学院附属第九人民医院、空军军医大学第三附属医院、武汉大学口腔医院、中山大学附属光华口腔医院、首都医科大学附属北京口腔医院、天津医科大学口腔医院、南京大学医学院附属口腔医院参与起草。

本文件主要起草人：周永胜、叶红强、刘云松、孙玉春、张磊、王勇、潘韶霞、赵一姣、张晓、吕珑薇、蔡志刚。

本文件参与起草人：李彦、于海洋、蒋欣泉、黄翠、江青松、李长义、吴国锋、白石柱。

引 言

三维面部扫描，是一种新兴而又发展迅速的口腔辅助诊疗技术，在口腔医学中的应用越来越广泛，尤其在数字化口腔颌面修复中的重要作用日益凸显。结合三维面部扫描的虚拟患者，在修复效果的术前虚拟仿真预测、修复体的数字化设计制作、虚拟患者辅助的医患沟通、面部软组织的测量分析等方面均有重要作用。然而，三维面部扫描包含多种不同技术原理的扫描技术，不同三维扫描技术的临床适应证不够明确，面部扫描前患者的准备工作需要规范和统一。同时，包含多种三维图像来源的“虚拟患者”的应用日益增长，如何将三维面部图像和三维牙列图像等其他来源的三维图像进行高精度的配准和融合，也是亟待规范的技术要点。

本文件旨在就口腔修复中三维面部扫描应用的相关问题形成共识，指导口腔颌面修复中三维面部扫描的临床应用，提升三维面部图像在口腔修复临床诊疗过程中的应用效果和效率，为数字化口腔修复诊疗的进一步发展奠定基础。

口腔颌面修复中三维面部扫描临床应用指南

1 范围

本文件给出了口腔颌面修复中三维面部扫描技术的临床应用指南。

本文件适用于三维面部扫描技术在口腔颌面修复中的临床应用，包括颜面部修复体的数字化设计和制作、结合三维面部图像的术前设计和治疗方案制定、颌面部软组织的测量分析等。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三维面部扫描 three-dimensional facial scan; 3D facial scan

通过非接触式扫描技术捕获面部的三维表面形态信息，以生成患者面部的三维图像^[1]。

3.2

虚拟患者 virtual patient

通过三维扫描技术或其他捕获技术获取患者不同来源的数据，如颜面部图像、牙列图像、计算机断层扫描（computed tomography, CT）来源的骨组织或面部软组织图像以及下颌运动轨迹等多种来源的数据，构成能同时反映上述数据及患者病例信息的口腔复合虚拟图像^[2]。

3.3

牙面虚拟患者 virtual dentofacial patient

同时包含颜面部及牙列数据的三维复合图像^[3,4]。

3.4

牙颌面虚拟患者 virtual dentomaxillofacial patient

同时包含颜面部、牙列及颌骨CT（螺旋CT或锥形束CT）数据的三维复合图像。

4 适应证的选择

三维面部扫描的适应证包括：

- a) 颜面部缺损修复；
- b) 结合三维面部图像的牙齿修复体数字化修复设计；
- c) 面部软组织的测量分析。

5 不同三维面部扫描技术的选择

5.1 概述

三维面部扫描主要是非接触式扫描，包括光学扫描、CT、核磁共振扫描（magnetic resonance imaging, MRI）等。光学扫描具有快速、非接触、无辐射、结果可视化等特点，被广泛应用于面部表面形态的扫描和测量，常用于三维面部扫描的光学扫描技术包括激光扫描、结构光扫描、立体摄影等。计算机断层扫描、核磁共振等还可以测量和识别颌面部内部的软硬组织和结构。临床常用三维面部扫描技术的工作参数及优缺点比较见表1。

表1 临床常用的三维面部扫描技术比较

项目	工作参数及优缺点				
	激光扫描	结构光扫描	立体摄影	CT	MRI
扫描时间	10 s~30 s	0.3 s~5.5 s	<0.01s	15 s~60 s	5 min~15 min
精度 ^a	0.001 mm~0.050 mm	0.028 mm~0.100 mm	0.2 mm~0.5 mm	0.1 mm~2.0 mm	1 mm~2 mm
有无视网膜损伤	有	无	无	无	无
有无辐射损害	无	无	无	有	无
^a 激光扫描、结构光扫描、立体摄影的精度指体外实验扫描静止标准物体与直接测量比较的结果；CT、MRI的精度指空间分辨率。					

5.2 激光扫描

激光扫描是一种非接触式的光学扫描技术，其原理主要是三角测距原理^[5]，优点是静态扫描精度高（最高可达1 μm），抗干扰能力强，但扫描完整面部形态的速度相对较慢，通常需要10 s~30 s。其缺点包括：

- 存在损伤视网膜的风险^[6]，因此一般不用于眼部的三维扫描或是进行闭眼状态下的扫描，不能获得完整的睁眼状态下的三维面部形态；
- 扫描过程中患者面部姿态和表情的变化会对扫描的精度造成影响，对儿童等易动的对象进行扫描也较为困难^[7]；
- 对耳廓等倒凹较大的组织器官成像效果不佳：对于倒凹较大的组织器官（如耳）及部分颜面部缺损或畸形严重的情况，光线不能直射达到的地方，激光扫描成像效果不佳，虽然可以通过多角度扫描进行拼接的方法弥补，但会影响三维重建的准确度和精度^[8]。

5.3 结构光扫描

结构光扫描的原理与激光扫描类似，但使用的光源是普通白光或发光二极管光源^[9]。结构光扫描可用多个摄像机同时从多个角度接收反射图案，一次获得不同角度的图像，扫描和测量效率较激光扫描明显提高，但为了得到精度更高的扫描结果，或存在光线照射盲区时，仍需要多次投射以及软件拼接计算得到结果。其体积小、价格低，较激光扫描有更高的生物安全性。但结构光扫描对人体颌面部的一些特殊结构成像较为困难，如头发和眼睛^[10,11]。

5.4 立体摄影

立体摄影测量是基于双目视觉的原理，可以在不同位置固定多台相机同时拍摄，摄影时间短（一般小于0.01 s），基本可以消除测量目标运动带来的伪影，且对颌面部的细节纹理还原度较高^[12-14]。立体摄影还可以与结构光技术相结合，形成带有光源的主动立体成像系统。立体摄影三维扫描对人体无创伤，避免了CT扫描的射线和激光扫描系统的激光束对人体可能的损伤，扫描时间短，患者较易配合，使得颌面部三维扫描和测量受面部表情肌肉的变化影响较小，还可同时获得较为精确的皮肤表面颜色及纹理信息^[15,16]，但立体摄影的精度较激光扫描和结构光扫描稍差。

5.5 计算机断层扫描

CT是通过逐层扫描物体的断面获得断层图像，并根据这些获得的断层图像重建物体的三维模型，属于断层扫描图像法。CT扫描可以重建出三维的软硬组织图像，但对硬组织的成像效果更好。CT三维重建的优点在于能在获得完整的组织形态的同时还可重建内部骨结构形态。层厚、层间距和像素是影响CT三维重建精度的主要因素。CT用于颌面部三维扫描重建时，扫描时间长，患者需接受一定剂量的X射线辐射，断层图像形成的面部图像分辨力有限，口腔内的金属物（如银汞、金属冠、固定矫治器等）可能产生伪影，从而影响颌面部三维重建的准确性。螺旋CT空间分辨率通常为0.5 mm~1.5 mm，扫描时间较长，患者接受的射线量较大；锥形束CT的空间分辨率较高，能达到0.1 mm~0.2 mm，且放射剂量较小，但对软组织的成像能力较差^[17]。

5.6 磁共振扫描

MRI同属于断层扫描图像法，与CT不同的是对软组织和血管的成像灵敏，而对骨组织和牙体组织几乎不成像。MRI具有深入组织内部且不损伤组织器官的优点，对人体没有损害，特别是对软组织细微特

征具有很强的分辨能力。MRI的三维重建精度受到断层厚度的影响，且设备价格高，不利于临床的应用和普及，在口腔颌面部的应用相对较少。

5.7 三维扫描技术的联合应用

上述各种不同的三维面部扫描技术各有优缺点（见表1），根据临床需求选择合适的扫描技术。激光扫描、结构光扫描、立体摄影等光学三维扫描虽然能获得高精度的颌面部软组织表面信息，但当被扫描组织器官存在组织倒凹的时候，难以获得完整的三维表面形态。CT扫描等断层扫描技术进行三维扫描重建时，虽然能在获得完整的软组织形态的同时还可重建内部骨结构形态，但由于常规扫描层厚及成像原理的局限，CT三维重建获取的软组织的像素较低。根据临床需求，可将不同的扫描系统联合应用，以获得临床所需的完整三维面部图像。例如，对于鼻缺损且需要组织倒凹固位时，可联合应用光学扫描和CT（或MRI）扫描，既获得颜面部表面的三维形态，又获得缺损处倒凹组织面的准确形态，以便后续设计伸入组织倒凹进行固位的颜面部赈复体。

6 面部扫描前患者的准备

6.1 去除饰品

患者摘下眼镜、耳环等饰品，特别是重点关注区域内的饰品。如拟行耳赈复体修复设计时，建议摘下健侧耳朵戴有的耳环。对于行CT扫描或MRI扫描的患者，摘下颌面部含有金属的饰品和可摘式义齿等。

6.2 整理头发

头发长的患者，需整理头发，充分暴露耳朵和额头。

6.3 眼睛的保护

采用激光扫描或较强的白光作为光源时，需做好眼睛的保护。保护方法首选闭眼；如眼眶周围形态不是所需的关键面部形态，也可佩戴防护眼镜，该防护眼镜需要能阻挡扫描仪发出的有害光线。

6.4 辐射的防护

采用CT扫描时，注意非采集区域的保护，如使用铅围脖保护甲状腺。

6.5 其他准备

当需要采集暴露牙列的面部图像时，使用牵拉器材牵拉口唇，充分暴露口内牙列。

7 三维面部图像的数据格式

口腔颌面修复中，常用的三维面部图像通用格式类型有STL、obj和ply等。STL格式是一种常用的三维图像格式，仅描述三维物体的表面几何形状，不包含颜色信息。obj和ply格式，除物体的表面几何形状，还可包括颜色信息。在应用中，如需要带有颜色信息的三维面部图像，需要以obj或ply格式导出和存储。

8 三维面部图像之间的配准

对于同一个患者，有时需要扫描多个表情状态的三维面部图像，并配准到同一坐标系中。同一患者不同三维面部图像之间的配准，可以用面中上部，没有运动变化的解剖标志点（或区域）作为标志点（或共同区域）进行配准。解剖标志点如内外眦，解剖区域如额头部分。

9 三维面部图像和三维牙列图像的配准

颌颌面部由多种软硬组织构成，包含多个空腔样结构，组织类型多样，但最适合表达不同组织的图像数据来源不同^[18]。构建颌面部虚拟患者时，三维面部图像和三维牙列图像是最常用到的图像，三维面

部图像和三维牙列图像的配准精度，很大程度上决定了虚拟患者的构建精度。三维面部图像和三维牙列图像的配准，主要以牙列或某种中介物为共同区域进行配准，具体方法如下。

a) 以固定在牙列上并延伸到口外的中介物为媒介配准

此方法需要借助中介物，中介物口内端固定于牙列上，并能体现牙列形态，如用托盘制取的上颌硅橡胶印模；中介物口外端有三维立体的结构作为配准块，在三维面部扫描时能清晰扫描出配准块的形态，如连接在托盘手柄上的配准块。在三维面部扫描时，需患者将中介物固定在牙列上进行一次面部扫描，以戴中介物的三维面部扫描图像和中介物的三维图像作为媒介，配准自然状态（或其他需要的状态）下的三维面部图像和三维牙列图像^[19]。

b) 以暴露前牙的三维面部图像为媒介配准

此方法需要在牵拉口唇暴露前牙区时进行一次三维面部扫描，以该三维图像为媒介，配准自然状态（或其他需要的状态）下的三维面部图像和三维牙列图像。

前者的配准精度高于后者，但需要额外的中介物；后者较为简便，适用于对配准精度要求不高的情况^[20]。

10 三维面部图像和 CT 来源骨组织图像的配准

CT扫描获得的断层图像根据不同的阈值可分别三维重建出牙齿图像、骨组织图像和软组织图像（包括面部图像），其中对骨组织的成像效果较好。

对于CT来源的三维骨组织图像和面部扫描仪来源的三维面部图像这两种图像的配准，先将CT图像分别根据骨组织阈值和软组织阈值三维重建出CT来源的三维骨组织图像和三维面部图像，二者来源于同一数据，在同一坐标系下。把面部扫描仪获得的三维面部图像作为浮动图像，以面中上部没有运动变化的解剖标志点（或区域）作为标志点（或共同区域），配准到CT来源的三维面部图像上。

对于三维面部图像和高精度三维牙列图像已配准好形成牙面虚拟患者，需要后加入CT来源的三维骨组织图像建立牙颌面虚拟患者的情况，先将CT图像分别根据牙齿阈值、骨组织阈值和软组织阈值三维重建出CT来源的三维牙列图像、三维骨组织图像和三维面部图像，三者来源于同一数据，相对空间位置关系是准确的。再把CT来源的三维骨组织图像，通过面中上部没有运动变化的解剖标志点（或区域）作为标志点（或共同区域），或将牙列作为共同区域配准到牙面虚拟患者上，构建出牙颌面虚拟患者。

11 三维面部图像的临床应用

11.1 颜面部修复体设计中的应用

颜面部缺损患者，采用数字化技术设计和制作颜面部修复体时，首先要获取三维面部图像，特别是缺损区及相应对称结构的表面三维形态，对扫描精度要求较高。操作者需根据缺损部分，选择相应的扫描技术和范围。眼和眼眶缺损的修复，需获取睁眼状态的三维面部图像，应避免使用激光扫描和较强光源的结构光扫描，可采用高精度的CT扫描。耳缺损的修复，需扫描双侧外耳部位完整的表面三维形态，并将健侧耳廓的结构扫描清晰。鼻缺损的修复，如需要利用组织倒凹固位，需要扫描缺损腔内的倒凹形态，特别需注意口鼻腔贯通时的情况。

基于三维面部扫描获取的数字化面部图像，可进行颜面部修复体的数字化设计。颜面部修复体的数字化设计，可分为对称性器官（如眼、耳）和非对称器官（如鼻）的设计。对于对称性器官，可采用镜像对称的方法进行设计，把健侧形态完好的器官或组织的三维图像，镜像翻转到患侧，再进行调整和修改完成设计。对于非对称性器官，则需从相应的数据库中选择形态合适的器官，若没有相应的数据库，可以通过扫描健康人相似外形器官获得数据，再置于缺损处并加以调整和修改完成设计。

11.2 结合三维面部图像的牙齿修复体数字化修复设计

11.2.1 概述

主要指基于虚拟患者的数字化修复设计，包括术前设计和修复体设计。术前设计又包括牙齿形态、位置和排列设计，龈缘位置设计，种植体位置设计，导板（种植手术导板和冠延长术导板等）设计等。三维面部图像是颌面部虚拟患者的重要组成部分，宜采用带有颜色的三维面部图像。基于牙面虚拟患者的数字化设计，主要用于关注牙齿、牙龈和面部软组织的修复设计，如前牙美学修复、全口义齿修复以

及正畸修复联合治疗等。基于牙颌面虚拟患者的数字化设计，主要用于关注牙齿、牙龈、颌骨和面部软组织的修复设计，如种植修复、结合冠延长术的修复治疗等。

11.2.2 前牙美学修复

基于牙面虚拟患者，术前进行修复体的设计，形成修复效果的术前虚拟仿真预测，患者可直观看到修复后的仿真效果，可用于医患、医技沟通。再把患者满意的修复体形态，采用数字化复制的方法，转移到正式修复体上，从而实现“术前所见即术后所得”的修复效果^[19, 21]。

在上述基础上，还可用于多学科联合的美学修复：

- a) 对于需要结合冠延长术的前牙美学修复，根据设计好的理想龈缘位置，可数字化设计和制作冠延长手术导板，指导进行精准的、可预测的冠延长术，术后在数字化技术辅助下，按术前设计完成修复治疗^[22]。
- b) 对于需要结合正畸治疗的前牙美学修复，根据设计好的修复体位置，进行正畸虚拟排牙，并以此为目标进行正畸治疗；正畸治疗结束后，在数字化技术辅助下，按术前设计完成修复治疗^[23]。

11.2.3 全口义齿修复

在全口义齿的数字化修复流程中，虚拟患者可用于个别托盘设计、全口义齿设计、虚拟试戴等步骤，可简化全口义齿的修复流程，提高义齿修复效果。在全口义齿的数字化设计中，可以结合三维面部图像，确定全口义齿的关键设计参数，如根据静息时上唇唇缘位置确定上颌中切牙人工牙的切缘位置，根据瞳孔连线、眶耳平面等确定骀平面等。

11.2.4 种植义齿修复

基于牙颌面虚拟患者，首先进行修复体的数字化设计，然后以修复为导向，结合剩余牙槽骨的骨质骨量设计种植体位置，完成术前设计。采用数字化导板技术或导航技术，实现种植体的精准植入。骨整合完成后，在数字化技术辅助下，按术前设计完成上部修复治疗。

11.3 面部软组织的测量分析

主要用于修复前后面部外形变化的测量分析，如修复前后面中下部软组织丰满度的变化、垂直距离的变化等。

随着扫描技术和设备的发展，三维面部扫描精度和速度会逐步提高，特别是随着便携式三维扫描设备的发展和进步，三维面部扫描的应用会更加普及。三维面部扫描在口腔修复中还会探索出更多的应用。

参 考 文 献

- [1] Glossary of digital dental terms, 2nd ed: American College of Prosthodontists and ACP Education Foundation[J]. J Prosthodont, 2021, 30(S3):172-181.
- [2] MEHL A. The “virtual patient” in medicine and dentistry[J]. Int J Comput Dent, 2013, 16(1):3-5.
- [3] XIAO Z, LIU Z, GU Y. Integration of digital maxillary dental casts with 3D facial images in orthodontic patients[J]. Angle Orthod, 2020, 90(3):397-404.
- [4] ROSATI R, DE MENEZES M, ROSSETTI A, et al. Digital dental cast placement in 3-dimensional, full-face reconstruction: a technical evaluation[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010, 138(1):84-88.
- [5] ZOGHEIB T, JACOBS R, BORNSTEIN M M, et al. Comparison of 3D scanning versus 2D photography for the identification of facial soft-tissue landmarks[J]. Open Dent J, 2018, 12:61-71.
- [6] DAVIS B K. The role of technology in facial prosthetics[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2010, 18(4):332-340.
- [7] WEINBERG S M, KOLAR J C. Three-dimensional surface imaging: limitations and considerations from the anthropometric perspective[J]. J Craniofac Surg, 2005, 16(5):847-851.
- [8] 焦婷, 张富强, 孙健. 应用三维激光扫描仪采集及重建头面部软组织的研究[J]. 上海口腔医学, 2005, 14(05):463-465.
- [9] 熊耀阳, 焦婷, 张富强. 结构光三维测量轮廓技术及快速成型技术在颌面赈复中的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(9):1705-1708.
- [10] 赵一姣, 熊玉雪, 杨慧芳, 等. 3种不同原理颜面部扫描仪测量精度的评价[J]. 北京大学学报(医学版), 2014, 46(01):76-80.
- [11] CRUZ RLJ, ROSS MT, POWELL SK, et al. Advancements in soft-tissue prosthetics part A: the art of imitating life[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2020, 8:121.
- [12] PEÑARROCHA-DIAGO M, BALAGUER-MARTÍ J C, PEÑARROCHA-OLTRA D, et al. A combined digital and stereophotogrammetric technique for rehabilitation with immediate loading of complete-arch, implant-supported prostheses: A randomized controlled pilot clinical trial[J]. J Prosthet Dent, 2017, 118(5):596-603.
- [13] RITSCHL L M, WOLFF K D, ERBEN P, et al. Simultaneous, radiation-free registration of the dentoalveolar position and the face by combining 3D photography with a portable scanner and impression-taking[J]. Head Face Med, 2019, 15(1):28.
- [14] 高鹏程, 赵桢祺, 陈雅莉, 等. 基于立体摄影技术的三维照相系统获取畸形面部影像的精确性研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2019, 37(2):174-179.
- [15] CATHERWOOD T, MCCAUGHAN E, GREER E, et al. Validation of a passive stereophotogrammetry system for imaging of the breast: a geometric analysis[J]. Med Eng Phys, 2011, 33(8):900-905.
- [16] YE H, LV L, LIU Y, et al. Evaluation of the accuracy, reliability, and reproducibility of two different 3D face-scanning systems[J]. Int J Prosthodont, 2016, 29(3):213-218.
- [17] 赵一姣, 原福松, 谢晓艳, 等. 牙颌模型激光扫描数据与锥形束CT数据配准方法的精度比较[J]. 中华口腔医学杂志, 2013, 48(3):173-176.
- [18] 王思维, 叶嘉慧, 刘云松, 等. 数字化虚拟仿真设计在口腔美学修复中的应用和研究进展[J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57(1):101-106.
- [19] 叶红强, 柳玉树, 王冠博, 等. 三维数字化仿真设计与实现技术在前牙美学修复中的应用[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(10):729-736.

[20] YE H, YE J, WANG S, et al. Comparison of the accuracy (trueness and precision) of virtual dentofacial patients digitized by three different methods based on 3D facial and dental images[J]. J Prosthet Dent, 2024, 131(4):726-734.

[21] YE H, WANG K P, LIU Y, et al. Four-dimensional digital prediction of the esthetic outcome and digital implementation for rehabilitation in the esthetic zone[J]. J Prosthet Dent, 2020, 123(4):557-563.

[22] 李峥, 柳玉树, 叶红强, 等. 数字化修复结合牙周手术解决复杂前牙美学缺陷[J]. 北京大学学报(医学版), 2017, 49(01):71-75.

[23] 柳玉树, 李峥, 赵一姣, 等. 数字化正畸修复联合治疗设计在前牙美学重建中的应用[J]. 北京大学学报(医学版), 2018, 50(01):78-84.
