

邻面接触区检测及恢复方法的研究进展

王红艳¹ 孙玉春² 陈虎² 武峰¹

1. 山西医科大学口腔医学院 山西医科大学口腔医院修复科 太原 030001;

2. 北京大学口腔医院口腔医学数字化研究中心 北京大学口腔医学院口腔修复教研室 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

国家卫生健康委口腔数字医学重点实验室 口腔数字医学北京市重点实验室

中国医学科学院口腔数字医学重点实验室 北京 100081

[摘要] 邻面接触区是一个受多种因素影响的生理实体, 对于维持牙弓稳定、保护口腔软硬组织具有重要意义。借助松紧度、位置、形状、面积等参数对邻面接触区进行量化评估是临床常用手段。松紧度测量由牙线或金属片完成; 位置、形状、面积的测量逐步从一维、二维、三维层面入手。临床修复治疗时往往涉及邻面接触丧失的恢复, 明确恢复标准和方法对于确保修复体质量尤为关键。本文就邻面接触区的检测方法、恢复标准和方法等内容的研究进展作一综述。

[关键词] 邻面接触区; 检测方法; 恢复标准; 恢复方法

[中图分类号] R783.4 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2024015



开放科学(资源服务)
标识码(OSID)

Progress in research into the detection and recovery methods of interproximal contact area

Wang Hongyan¹, Sun Yuchun², Chen Hu², Wu Feng¹

1. Dept. of Prosthodontics, Shanxi Medical University School and Hospital of Stomatology, Taiyuan 030001, China;

2. Center of Digital Dentistry, Faculty of Prosthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Digital Medical Devices & National Health Commission Key Laboratory of Digital Stomatology & Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology & Key Laboratory of Digital Stomatology, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100081, China

Supported by: Key R&D Program of Shanxi Province (201903D321120)

Correspondence: Wu Feng, Email: wfmjh@163.com

[Abstract] The interproximal contact area is a physiological entity affected by various factors and is of great significance for maintaining the stability of the dental arch and protecting the soft and hard tissues of the oral cavity. The quantitative assessment of interproximal contact areas on the basis of tightness, position, shape, area, and other parameters is a common clinical method. Tightness is measured using dental floss or metal strips. One-, two- and three-dimensional positions, shapes, and areas are measured successively. Clinical restoration often involves the recovery of interproximal contact loss. Clarifying the criteria and methods for restoration is particularly critical for ensuring the quality of prostheses. The review briefly summarizes progress in research into detection methods, recovery standards and methods for the interproximal contact area.

[Key words] interproximal contact area; detection method; recovery standard; recovery method

[收稿日期] 2023-06-30; **[修回日期]** 2023-12-07

[基金项目] 山西省重点研发计划 (201903D321120)

[作者简介] 王红艳, 医师, 硕士, Email: whongyan813@163.com

[通信作者] 武峰, 副主任医师, 博士, Email: wfmjh@163.com

邻面接触区是指牙齿与同一牙弓内的相邻牙齿紧密接触的区域^[1], 即邻接区。恒牙列中除第三磨牙外, 所有牙齿均存在2个邻接区, 即近中邻面接触区和远中邻面接触区。该区域的存在是动态

的,会随着年龄、咀嚼力量、牙齿排列等的变化而变化,临床上常以松紧度、位置、形状、面积等对其进行定性、定量研究和评估^[2]。轮廓良好、位置正确、牢固的邻面接触区对于保持牙弓的完整性和支撑结构的健康至关重要^[3],而且临床修复治疗时往往需要恢复丧失的邻面接触关系,因此明确邻面接触区的检测方法、恢复标准和方法对于临床诊疗具有重要意义。基于此,本文将对上述几方面的研究进展展开综述,以期为后续的科研和临床工作提供指导。

1 邻面接触松紧度

邻面接触松紧度可理解为抵抗牙齿在咬合力作用下分离的阻力^[4],牙齿之间相互接触抵抗任何试图分离它们的力^[5]。牙齿-牙周膜-牙槽骨是一个生理复合体,三者中未矿化的牙周膜刚性最小,弹性最大,受力时形变最大^[6]。在牙周膜弹性系统、流体相系统协同作用下,咀嚼时大部分咬合力被牙周膜吸收和缓冲以避免对牙齿硬组织和颌骨造成损伤;一部分咬合力引起牙齿一定范围的生理性移动,使邻接更加紧密利于咬合力的分散和传递,从而维持整个牙弓的受力平衡^[7-8]。

相邻牙齿间良好的邻面接触松紧度是确保牙列长期健康的重要前提,因此如何评估测量邻面接触松紧度成为了研究的关键。在长达数十年的研究中,众多学者借助牙线或邻面接触检查金属片等工具,通过体内、外实验不断优化邻面接触松紧度的测量方法,实现了从定性到定量、从主观到客观、从随机到可重复的跨越。

1.1 牙线

Black提出可以借助牙线进行邻面接触松紧度的测量方法^[9]。有学者^[10]依据牙线进入邻接区时阻力的大小,将其划分为:无阻力(两牙无接触),轻度阻力(两牙轻接触),中、重度阻力(两牙紧密接触)。但有研究^[11]表明:牙线品牌、材料、粗细的不同甚至是否加蜡,针对同一颗牙邻面接触松紧度的测量结果都有可能不同。该方法属于定性检测,客观性和可重复性较差,但由于操作便捷,现已成为临床医生检测患牙或修复体邻面接触状态的常用方法。

Deinhammer等^[12]和Chang等^[13]均研发了基于牙线定量检测邻面接触松紧度的设备。前者在牙线棒末端连接传感器以特定信号处理算法自动获取

牙线棒进入或移出邻接区的力值和时间;后者借助力敏电阻器将牙线从邻接区移出的力值转化为电压值以获取邻面接触松紧度。这两种设备为临床基于牙线定量检测邻面接触松紧度开辟了新思路,但由于设备复杂且体积较大,临床实际操作存在一定的局限性,目前仍处于样机体外实验阶段。

1.2 邻面接触检查金属片

金属片被认定为测量邻面接触松紧度的有效方法,分别使用牙线和金属片测量全冠修复体的邻面接触松紧度时,后者准确性明显高于前者^[14]。临床测量指标主要包括金属片数量和金属片牵拉摩擦力,Wong等^[15]用能够插入邻接区38 μm厚的金属片数量进行各牙位邻面接触松紧度的量化评比;Cerdán等^[16]将龈向牵拉位于目标牙位邻接区50 μm厚的金属片,并将牵拉过程产生的摩擦力的最大力值认定为邻面接触松紧度值。诸多学者针对牵拉速度和金属片厚度展开了研究^[17],发现在50~500 mm/min的牵拉速度内,测量结果较稳定,最大离散值仅8% (0.04 N);使用30~50 μm厚的金属片进行测量较为合适,金属片过薄牵拉过程中易撕裂,过厚会导致牙齿轻微移动,但最佳金属片厚度至今未达成共识^[18-19]。

使用金属片虽然达到了体内量化检测邻面接触松紧度的目的,但存在以下缺点:放置金属片时人为施力被动打开邻接区,测量的是将邻接区打开至该金属片厚度时的邻面接触松紧度,不符合生理状态;金属片为刚性材料,测量时若操作者施力不当易造成软组织损伤或硬组织磨损;乳磨牙邻接区常见接触方式为O、X、I、S型等^[20],恒牙邻接区常见接触方式为平面接触、凸凹接触^[21],刚性金属片并不适用于所有类型的邻接区,会影响测量结果的准确性。

2 邻面接触区位置、形状、面积

研究表明牙弓内邻面接触区的位置、形状、面积是牙齿移动生理性磨损的结果,它是由咬合力、牙尖数量、牙冠倾斜度所决定的^[22]。口内天然牙的邻接区间隙在非功能运动状态下仅为3~21 μm,功能运动状态下间隙会进一步减小甚至闭合^[23],此间隙过小无法在口内直接观察或测量邻接区的位置、形状、面积等。因此学者们多借助游标卡尺、印模材料或数字化扫描技术对邻接区进行间接观察和测量。

2.1 一维方法

使用数显游标卡尺测量前牙邻接区切龈向高度,认定测量起点为切外展隙底点,测量止点为牙间乳头顶点:Stappert等^[24]制取受试者口内印模灌注石膏模型后进行测量;Sghaireen等^[25]直接在受试者口内进行测量;随后该研究团队分别在受试者口内和石膏模型上测量,研究^[26]表明口内直接测量结果更为精确。测量前牙区时该方法快速可行,但后牙区有效性和适用性不佳,无法精准确定测量起止点。

2.2 二维方法

Sarig等^[22]在目标牙邻接区放置弹性隔膜,数小时后取出并立即用加成型硅橡胶制取印模。数码相机分别拍摄印模中构成目标牙邻接区的远中邻面和近中邻面,然后在60%亮度的光源下借助TINA软件分析照片以明确邻接区的位置、形状和面积。该研究利用不同厚度的硅橡胶印模材料透光性不同的特点为临床上获取口内天然牙的邻接区开辟了新思路,但放置弹性隔膜的时间较长,对患者依从性要求较高,且容易损伤软组织,其应用存在一定的局限性。

2.3 三维方法

随着口腔医学数字化技术的发展,学者们对邻面接触区的研究并没有止步于二维技术,有学者借助锥形束CT(cone beam computed tomograph, CBCT)扫描、口内三维扫描、显微CT(microcomputed tomography, Micro-CT)扫描等技术进一步研究邻面接触区。王月等^[27]借助CBCT扫描牙齿石膏模型获取目标牙邻接区的颊舌向宽度和颊舌外展隙角度等参数值,但CBCT扫描精度有限,无法测量邻接区面积。Cheng等^[28]获取牙列三维扫描数据后将其转化为点云模型,利用深度学习点云分割技术成功测量目标牙邻接区面积,但该方法步骤繁琐,工作量较大不适用于一般临床检查。亦有学者将离体牙牙冠邻面牙釉质区明显光亮平坦的小平面判定为邻面接触区, Micro-CT扫描后进行邻接区的三维重建和测量分析^[29-30]。该方法虽操作相对简单,但模糊了邻面接触区和邻面生理磨耗面的概念,前者是牙弓内相邻两牙紧密接触传递咬合力的区域,后者是咬合力作用下牙齿移动邻面磨耗的结果^[22]。

通过以上各位学者的研究,发现不同牙列、不同牙位邻面接触区的位置、形状、面积不一,且会随时间发生变化。邻接区在前牙区靠近切端,

牙位越靠后越靠近牙龈。邻接区可见形态有:椭圆形、圆形、肾形。其中椭圆形最为常见,前牙多为切龈径大于唇舌径的长椭圆形,后牙多为颊舌径大于殆龈径的扁椭圆形;圆形可见于第一前磨牙远中和第二前磨牙近中,但出现率较低;肾形在下颌磨牙中出现频率较高,可能是咬合力分力作用下椭圆形向颊舌向延伸所形成的。邻接区面积从切牙到磨牙逐渐增大,同一牙齿的近中邻接区面积多小于远中邻接区面积。

综上所述,虽然学者们借助各种检测方法对邻面接触区有了一定的认识和了解。但目前临床上患牙或修复体邻面接触松紧度、位置、形状、面积等的测量仍多借助医师手感经验和视诊检查,缺乏一种定量稳定且快速的检测方法,在笔者看来这有必要做进一步研究。

3 临床诊疗中邻面接触区的恢复标准

合适的邻面接触区对于维护牙弓稳定,保护口腔软硬组织具有重要意义。邻接关系不良如松紧度不足或过大、邻接区位置异常等会造成食物嵌塞、牙龈炎、牙齿异常移动等口腔问题^[31]。因此修复治疗牙体缺损和牙列缺损时,关键之一就是恢复合适的邻面接触区。基于此,明确邻面接触区的恢复标准对于口腔医务工作者来说是非常重要的。

世界牙科联盟(World Dental Federation, FDI)对Hickel提出的基于美学、功能和生物学三大指标评价修复体质量的标准进行了更新^[32]。在功能指标的评价标准中,从邻面接触松紧度和外形两方面将修复体质量分为5个等级:非常满意、满意、临床可接受、临床不可接受、较差。松紧度标准依次为:正常(25 μm牙线或金属片恰好通过)、略紧(25 μm牙线或金属片通过时略有阻力)、薄弱(无害,50 μm金属片可通过)、很薄弱(可能发生食物嵌塞、100 μm金属片可通过)、很弱(食物嵌塞或牙龈炎)。外形标准依次为:正常、略有缺陷、明显缺陷、需要修补、需要替换。检查邻面接触松紧度时应按照25、50、100 μm的顺序依次进行,避免因邻面接触较紧,较厚的金属片楔入邻面造成修复体邻面着色^[33]。检查邻面接触区外形时则主要依靠医师的视诊检查^[34]。

FDI评价标准的出现大大提高了临床研究中比较指标的灵敏度,其国际认可度越来越高,临床应用也越来越广泛^[35]。但由于我国医疗资源和诊

疗水平地域差异较大, 众多基层口腔医务工作者对FDI标准的认识仍不够充分, 对天然牙及修复体邻面接触区恢复质量的重视度亦有所欠缺。因此建议我国口腔医务工作者在临床工作中使用该标准对天然牙及修复体邻接区恢复的质量进行检查评价以提高诊疗质量。

4 临床诊疗中邻面接触丧失的恢复方法

临床修复治疗因龋病、外伤、磨损或牙周病等原因导致的牙体缺损或牙列缺损时, 若发生邻面接触丧失, 前者借助树脂充填体或嵌体、全冠等间接修复体即可达到较好的恢复效果^[2,36]。而牙种植技术因其不损伤天然牙、舒适度高、美观效果好等特点受到广大缺牙患者的青睐, 近年来已逐渐成为后者主要的修复手段^[37]。但随着种植义齿的广泛应用, 其并发症日渐显现, 其中邻面接触丧失是种植固定修复常见的并发症之一, 最早可发生在冠部修复后的3个月内^[38-39]。研究^[40]表明邻面接触丧失是种植体周围疾病的重要风险指标, 可能引起食物嵌塞, 种植体周围炎等问题从而影响患者生活质量, 因此本文重点关注如何恢复种植牙的邻面接触丧失。

如前文所述, 种植牙邻面接触丧失的诊断亦借助牙线或金属片进行检查^[41-42]。但有学者^[43-44]认为这两种测量方法主观性较强且稳定性不佳, 因此采用标准X线进行检查测量, 认定当邻接区宽度大于50 μm 则诊断为邻面接触丧失。但X线是为了评估种植体本身而非邻接区间隙, 且仅以邻接区宽度大于50 μm 为标准未免有失偏颇, 可能会影响诊断结果的准确性。

目前尚无学术界公认的完善的恢复种植牙冠与邻牙之间丧失的邻面接触关系的方法。现有方法虽有一定的效果但均存在不足之处, 且治疗后复发率较高^[45]。根据各学者恢复邻面接触关系的入手角度, 可将目前的诊疗思路分为以下几类。

4.1 加强邻面接触松紧度

Ren等^[46]为获得长期较紧密的邻面接触关系, 在制作种植牙冠时特意加强其邻面接触松紧度, 但修复完成3个月后邻面接触松紧度显著降低至约天然牙水平, 未达到预期结果。这是因为过紧的邻面接触会对天然牙产生类似正畸的力, 牙周组织对其作出反应使牙齿移动反而使其快速丧失。这一研究表明种植修复后邻面接触丧失的发生是

不可逆转的, 这一生物学现象始于种植牙冠的交付, 并随着年龄的增长而持续。

4.2 调整种植牙冠

采用螺丝固位种植基台与修复体, 方便日后取出冠部结构根据情况进行处理, 如邻面加瓷、椅旁邻面树脂修复等^[47-48]。不同的处理方式其特点亦不同, 医师应结合患者的情况及意愿认真选择。邻面加瓷虽材料耐磨性较好, 但较为费时耗力且并不适用于时间较久的修复体以防技师加工时发生崩瓷现象; 椅旁邻面树脂充填则减少了患者就诊次数和时间, 但操作步骤复杂对医师的要求较高, 且存在树脂老化甚至丢失的风险。

4.3 MDA 可调人工牙冠 (mesio-distal adjustable crown, MDA crown)

宋光保等^[49]在人工牙冠侧壁开设了一个深度2~3 mm的容纳槽, 其形状类似于II类洞。该容纳槽底壁的宽度为邻接区宽度且至少为2 mm, 底壁与侧壁夹角为85°~95°, 槽内设有可拆卸的嵌体或充填体。因为容纳槽位于种植牙冠的侧壁且其内部的材料(嵌体或充填体)可进行更换, 所以设计者将此种植牙冠命名为MDA可调人工牙冠。种植修复时使用此牙冠, 若后续发生了邻面接触丧失, 直接椅旁更换容纳槽内部材料即可恢复邻面接触关系^[50]。该方法适用于任何固位方式的种植牙, 口内直接操作节约患者就诊时间和成本。但研究样本量较少, 其使用效果需更多的临床研究验证, 亦存在嵌体或充填体脱落的风险。

4.4 压膜保持器

近年来有学者提出种植固定修复患者戴用压膜保持器不仅可以保持牙列形态, 减少邻面磨损, 还可以预防种植牙邻面接触丧失发生的设想^[51]。为了验证此想法, Bompolaki等^[10]经过回顾性研究发现佩戴压膜保持器并不会阻止邻面接触丧失的发生。但Kandathilparambil等^[52]和余姣等^[53]却发现在夜间佩戴压膜保持器的种植固定修复患者, 虽然依旧发生了邻面接触丧失但其近中邻面接触丧失率明显降低。由此可见佩戴压膜保持器虽不能阻止邻面接触丧失的发生, 但却是降低该风险发生率的有效手段。

5 小结与展望

临床上常以松紧度、位置、形状、面积等指标进行邻面接触区的量化评估。松紧度测量主要

由牙线或金属片完成,但牙线定性检测的可重复性、客观性不佳;牙线定量检测的设备复杂,口内应用受限。金属片测量的最佳厚度尚未达成共识;测量时被动打开邻接区不符合生理状况。众学者借助一维、二维、三维技术逐步观察牙弓内各牙位邻接区的位置、形状和面积以指导临床正确恢复邻接区,但关键问题是测量方法复杂耗时,无法用于椅旁快速检测目标牙位的邻接区。

与此同时,诸种植植固定修复患者饱受因邻面接触丧失而导致的食物嵌塞、牙龈炎或种植体周围炎等的困扰。针对此问题,临床医师可通过完善问诊和临床检查后选择如邻面加瓷、椅旁邻面树脂修复等相应的诊疗方法恢复邻面接触关系以减轻患者痛苦,但无法阻止其发生且复发率较高。同时因缺乏可靠的技术定量化检测邻面接触状态,医师多根据临床经验判断修复体与邻牙邻面接触关系是否合适,这有可能会对诊疗效果产生影响。随着数字化技术与口腔医学研究的逐步深入,期待研发出椅旁快速定量化、一体化测量邻面接触松紧度、面积等参数的便携式设备,便于临床检测和恢复邻接区,从而提高诊疗效率和质量。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

6 参考文献

- [1] The glossary of prosthodontic terms: ninth edition [J]. *J Prosthet Dent*, 2017, 117(5S): e1-e105.
- [2] 黄敏,罗云,王敏.相邻牙间的邻面接触与食物嵌塞的关系[J]. *国际口腔医学杂志*, 2016, 43(3): 303-308.
Huang M, Luo Y, Wang M. Relationship between the interproximal interface of adjacent teeth and food impaction[J]. *Int J Stomatol*, 2016, 43(3): 303-308.
- [3] Jung YG, Peterson IM, Kim DK, et al. Lifetime-limiting strength degradation from contact fatigue in dental ceramics[J]. *J Dent Res*, 2000, 79(2): 722-731.
- [4] Dörfer CE, von Bethlenfalvy ER, Staehle HJ, et al. Factors influencing proximal dental contact strengths[J]. *Eur J Oral Sci*, 2000, 108(5): 368-377.
- [5] Vardimon AD, Matsaev E, Lieberman M, et al. Tightness of dental contact points in spaced and non-spaced permanent dentitions[J]. *Eur J Orthod*,

- 2001, 23(3): 305-314.
- [6] Naveh GR, Lev-Tov Chattah N, Zaslansky P, et al. Tooth-PDL-bone complex: response to compressive loads encountered during mastication—a review[J]. *Arch Oral Biol*, 2012, 57(12): 1575-1584.
- [7] Jong TD, Bakker AD, Everts V, et al. The intricate anatomy of the periodontal ligament and its development: lessons for periodontal regeneration[J]. *J Periodontol Res*, 2017, 52(6): 965-974.
- [8] Pei DD, Hu XY, Jin CX, et al. Energy storage and dissipation of human periodontal ligament during mastication movement[J]. *ACS Biomater Sci Eng*, 2018, 4(12): 4028-4035.
- [9] Black GV. G.V. Black's work on operative dentistry: with which his special dental pathology is combined[M]. Chicago: Medico-dental Publishing Company, 1936.
- [10] Bompolaki D, Edmondson SA, Katancik JA. Interproximal contact loss between implant-supported restorations and adjacent natural teeth: a retrospective cross-sectional study of 83 restorations with an up to 10-year follow-up[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 127(3): 418-424.
- [11] Teich ST, Joseph J, Sartori N, et al. Dental floss selection and its impact on evaluation of interproximal contacts in licensure exams[J]. *J Dent Educ*, 2014, 78(6): 921-926.
- [12] Deinhammer C, Wallinger C, Brandner M, et al. A measurement device for the comparative evaluation of proximal teeth contact strengths[C]//2011 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference. Hangzhou: IEEE, 2011.
- [13] Chang WJ, Chang YH, Wang H, et al. Comparison of proximal *in vitro* tooth contacts in class II restorations with different restorative materials and cavity sizes using a new measurement device[J]. *J Mech Med Biol*, 2015, 15(4): 1550057.
- [14] Hansen PA, Atwood A, Shanahan M, et al. The accuracy of clinician evaluation of interproximal contacts using different methods[J]. *J Prosthet Dent*, 2020, 123(2): 284-289.
- [15] Wong AT, Wat PY, Pow EH, et al. Proximal contact loss between implant-supported prostheses and adjacent natural teeth: a retrospective study[J]. *Clin Oral*

- Implants Res, 2015, 26(4): e68-e71.
- [16] Cerdán F, Ceballos L, Fuentes MV. Quality of approximal surfaces of posterior restorations in primary molars[J]. *J Oral Sci*, 2021, 63(4): 347-351.
- [17] Fuhrmann R, Grave C, Diedrich P. *In vitro* evaluation of a measurement method to analyze the interdental, mesially directed force[J]. *J Orofac Orthop*, 1998, 59(6): 362-370.
- [18] Kim HS, Na HJ, Kim HJ, et al. Evaluation of proximal contact strength by postural changes[J]. *J Adv Prosthodont*, 2009, 1(3): 118-123.
- [19] Alqahtani NM, Alqahtani AF, Zarbah MA, et al. Assessment of PCL between dental implant prosthesis and natural teeth using a digital force analyzer[J]. *Technol Health Care*, 2022, 30(6): 1435-1442.
- [20] Aarthi J, Muthu MS, Kirthiga M, et al. Modified OXIS classification for primary canines[J]. *Wellcome Open Res*, 2022, 7: 130.
- [21] 王茂夏, 戴冠宇, 孟玉坤. 垂直型食物嵌塞的机制探究[J]. *国际口腔医学杂志*, 2018, 45(2): 245-248.
- Wang MX, Dai GY, Meng YK. Mechanism of vertical food impaction[J]. *Int J Stomatol*, 2018, 45(2): 245-248.
- [22] Sarig R, Lianopoulos NV, Hershkovitz I, et al. The arrangement of the interproximal interfaces in the human permanent dentition[J]. *Clin Oral Investig*, 2013, 17(3): 731-738.
- [23] Kasahara K, Miura H, Kuriyama M, et al. Observations of interproximal contact relations during clenching[J]. *Int J Prosthodont*, 2000, 13(4): 289-294.
- [24] Stappert CF, Tarnow DP, Tan JH, et al. Proximal contact areas of the maxillary anterior dentition[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2010, 30(5): 471-477.
- [25] Sghaireen MG, Al-Zarea BK, Al-Shorman HM, et al. Clinical measurement of the height of the interproximal contact area in maxillary anterior teeth[J]. *Int J Health Sci (Qassim)*, 2013, 7(3): 325-330.
- [26] Sghaireen MG, Albhiran HM, Alzoubi IA, et al. Intraoral versus extraoral measurement of the height of the interproximal contact area in maxillary anterior teeth[J]. *Med Princ Pract*, 2015, 24(2): 136-141.
- [27] 王月. 量化调骀治疗垂直型食物嵌塞临床相关参数的CBCT研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2016.
- Wang Y. CBCT study treatment vertical food impaction clinically relevant parameters to quantify occlusal adjustment[D]. Taiyuan: Shanxi Medical University, 2016.
- [28] Cheng YT, Wang ZJ, Shi Y, et al. Research on the characteristics of food impaction with tight proximal contacts based on deep learning[J]. *Comput Math Methods Med*, 2021, 2021: 1000820.
- [29] Sarig R, Vardimon AD, Sussan C, et al. Pattern of maxillary and mandibular proximal enamel thickness at the contact area of the permanent dentition from first molar to first molar[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015, 147(4): 435-444.
- [30] 边媛媛, 雷建锋, 侯静怡, 等. 182颗恒牙邻面牙釉质厚度的测量研究[J]. *中华口腔医学杂志*, 2020, 55(7): 488-493.
- Bian YY, Lei JF, Hou JY, et al. Measurement of proximal enamel thickness of 182 permanent teeth[J]. *Chin J Stomatol*, 2020, 55(7): 488-493.
- [31] Peumans M, Venuti P, Politano G, et al. Effective protocol for daily high-quality direct posterior composite restorations. the interdental anatomy of the class-2 composite restoration[J]. *J Adhes Dent*, 2021, 23(1): 21-34.
- [32] Hickel R, Peschke A, Tyas M, et al. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations—update and clinical examples[J]. *Clin Oral Invest*, 2010, 14(4): 349-366.
- [33] 陈智. 牙修复体的临床评价标准[J]. *中华口腔医学杂志*, 2019, 54(9): 612-617.
- Chen Z. Clinical criteria for the assessment of dental restoration[J]. *Chin J Stomatol*, 2019, 54(9): 612-617.
- [34] 杨洋, 谭建国. 一步一步做好牙体缺损修复后食物嵌塞的预防和治疗[J]. *中华口腔医学杂志*, 2021, 56(8): 821-825.
- Yang Y, Tan JG. Prevention and treatment of food impaction after full crown restoration: step by step[J]. *Chin J Stomatol*, 2021, 56(8): 821-825.
- [35] Marquillier T, Doméjean S, Le Clerc J, et al. The use of FDI criteria in clinical trials on direct dental restorations: a scoping review[J]. *J Dent*, 2018, 68: 1-9.
- [36] Wirsching E, Loomans BA, Klaiber B, et al. Influence of matrix systems on proximal contact tightness of 2- and 3-surface posterior composite restora-

- tions *in vivo*[J]. *J Dent*, 2011, 39(5): 386-390.
- [37] 张莉丽, 张志宏, 陈佳, 等. 种植体轴向相关并发症及其研究进展[J]. *中华口腔医学杂志*, 2022, 57(9): 969-972.
- Zhang LL, Zhang ZH, Chen J, et al. Complications related to axial orientation of implants and their research progress[J]. *Chin J Stomatol*, 2022, 57(9): 969-972.
- [38] Pang NS, Suh CS, Kim KD, et al. Prevalence of proximal contact loss between implant-supported fixed prostheses and adjacent natural teeth and its associated factors: a 7-year prospective study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2017, 28(12): 1501-1508.
- [39] Saber A, Chakar C, Mokbel N, et al. Prevalence of interproximal contact loss between implant-supported fixed prostheses and adjacent teeth and its impact on marginal bone loss: a retrospective study[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2020, 35(3): 625-630.
- [40] Zhao R, Zhao W, Huang J, et al. Prevalence and risk factors of peri-implant disease: a retrospective case-control study in Western China[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(19): 12667.
- [41] French D, Naito M, Linke B. Interproximal contact loss in a retrospective cross-sectional study of 4 325 implants: distribution and incidence and the effect on bone loss and peri-implant soft tissue[J]. *J Prosthet Dent*, 2019, 122(2): 108-114.
- [42] Latimer JM, Gharpure AS, Kahng HJ, et al. Interproximal open contacts between implant restorations and adjacent natural teeth as a risk-indicator for peri-implant disease—a cross-sectional study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2021, 32(5): 598-607.
- [43] Yen JY, Kang L, Chou IC, et al. Risk assessment of interproximal contact loss between implant-supported fixed prostheses and adjacent teeth: a retrospective radiographic study[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 127(1): 86-92.
- [44] Darós P, Carneiro VC, Siqueira AP, et al. Diagnostic accuracy of 4 intraoral radiographic techniques for misfit detection at the implant abutment joint[J]. *J Prosthet Dent*, 2018, 120(1): 57-64.
- [45] Liang CH, Nien CY, Liang HL, et al. Recurrence rate of proximal contact loss between implant restorations and adjacent teeth after proximal contact re-pair: a retrospective study[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2022, 37(3): 579-585.
- [46] Ren SX, Lin Y, Hu XL, et al. Changes in proximal contact tightness between fixed implant prostheses and adjacent teeth: a 1-year prospective study[J]. *J Prosthet Dent*, 2016, 115(4): 437-440.
- [47] Greenstein G, Carpentieri J, Cavallaro J. Open contacts adjacent to dental implant restorations: etiology, incidence, consequences, and correction[J]. *J Am Dent Assoc*, 2016, 147(1): 28-34.
- [48] Liu XQ, Liu JZ, Zhou JF, et al. Closing open contacts adjacent to an implant-supported restoration [J]. *J Dent Sci*, 2019, 14(2): 216-218.
- [49] 宋光保, 陈祈月, 卢委英. 一种可调人工牙冠、种植牙以及人工牙冠的修复方法[P]. 广东: CN1071-26274A, 2017-09-05.
- Song GB, Chen QY, Lu WY. A restoration method of adjustable artificial crown, dental implant and artificial crown[P]. Guangdong: CN107126274A, 2017-09-05.
- [50] Chen QY, Shi Y, Zhang ZQ, et al. Erratum: a single-center study of a resin inlay dental implant-fixed prosthesis for closing proximal contact loss in 89 patients who underwent 3-year follow-up[J]. *Med Sci Monit*, 2021, 27: e935528.
- [51] Varthis S, Tarnow DP, Randi A. Interproximal open contacts between implant restorations and adjacent teeth. Prevalence—Causes—Possible Solutions[J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2): e806-e810.
- [52] Kandathilparambil MR, Nelluri VV, Vayadadi BC, et al. Evaluation of biological changes at the proximal contacts between single-tooth implant-supported prosthesis and the adjacent natural teeth—an *in vivo* study[J]. *J Indian Prosthodont Soc*, 2020, 20(4): 378-386.
- [53] 余姣, 朱晓密, 赵雅君. 压膜保持器对改善58例种植修复体邻接触丧失的效果评价[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2022, 20(1): 63-67.
- Yu J, Zhu XM, Zhao YJ. The effect of film retainer to improve loss of adjacent contact between implant restorations in 58 consecutive cases[J]. *China J Oral Maxillofac Surg*, 2022, 20(1): 63-67.

(本文编辑 王姝)