

· 论著 ·

基于反应范围模型探讨牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素*

宋海龙 许东亮*

河南省人民医院口腔医学中心(河南 郑州 450000)

【摘要】目的 基于反应范围模型探讨牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素。**方法** 回顾性分析2020年2月至2024年5月在本医院进行牙列缺损种植治疗的462例患者的临床资料,依据术后神经损伤情况将其分为神经损伤组($n=39$)和非神经损伤组($n=423$)。基于反应范围模型,结合文献资料、专家问询、工作经验等制定临床资料观察表。比较神经损伤组和非神经损伤组的临床资料,采用Logistic回归分析牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素,并对神经损伤的影响因素进行假设验证。**结果** 神经损伤组、非神经损伤组性别、年龄、体质指数、高血压、冠心病、高脂血症、吸烟史、饮酒史、菌斑指数、牙列缺损部位、缺损数量、缺损时间、麻醉方式、麻醉药物种类、手术时间、手术切口大小、种植位置、种植固定方式比较差异无统计学意义($P>0.05$),神经损伤组与非神经损伤组糖尿病、牙槽骨骨质密度、麻醉药物剂量过量、种植体长度、种植体直径、医师从业年限比较差异有统计学意义($P<0.05$)。糖尿病、牙槽骨骨质密度为Ⅳ型、麻醉药物剂量过量、种植体长度 $\geq 10\text{mm}$ 、种植体直径 $\geq 3.5\text{mm}$ 、医师从业年限短是牙列缺损种植治疗患者神经损伤的危险因素($P<0.05$)。基于反应范围模型理论构建框架,在糖尿病、牙槽骨骨质密度、麻醉药物剂量过量、种植体长度、种植体直径、医师从业年限的影响下,牙列缺损种植治疗患者为维持自身稳态,在一定范围内提高应变稳态负荷,进入反应性稳定阶段,如这些应激因素持续存在,将造成稳态超负荷,超过患者自身调节范围时将导致稳定失败,发生神经损伤,与反应范围模型的研究假设基本一致。**结论** 基于反应范围模型证实,影响牙列缺损种植治疗患者神经损伤的因素包括糖尿病、牙槽骨骨质密度、麻醉药物剂量过量、种植体长度、种植体直径、医师从业年限,这些研究结果与研究假设基本一致。

【关键词】 反应范围模型;牙列缺损;口腔种植;神经损伤;影响因素

【中图分类号】 R783.4

【文献标识码】 A

【基金项目】 河南省科技攻关计划(212102310594)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.5.018

Exploring the Influencing Factors of Nerve Injury in Patients with Dentition Defect Implantation Based on Reactive Scope Model*

SONG Hai-long, XU Dong-liang*

Stomatology Center, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450000, Henan Province, China

Abstract: Objective To explore the influencing factors of nerve injury in patients with dentition defect implantation based on the reactive scope model. **Methods** The clinical data of 462 patients who underwent dentition defect implantation in our hospital from February 2020 to May 2024 were retrospectively analyzed. They were divided into nerve injury group ($n=39$) and non-nerve injury group ($n=423$) according to the postoperative nerve injury. Based on the reactive scope model, a clinical data observation table was developed combined with literature, expert inquiries, work experience, etc. The clinical data of the nerve injury group and the non-nerve injury group were compared. Logistic regression was used to analyze the influencing factors of nerve injury in patients with dentition defect implantation, and the influencing factors of nerve injury were verified. **Results** There was no significant difference in gender, age, body mass index, hypertension, coronary heart disease, hyperlipidemia, smoking history, drinking history, plaque index, dentition defect site, defect number, defect time, anesthetic method, anesthetic drug type, operation time, surgical incision size, implant location, and implant fixation method between the nerve injury group and the non-nerve injury group ($P>0.05$). There were significant differences in diabetes, alveolar bone density, excessive dosage of anesthetic drugs, implant length, implant diameter, and physician working years between the nerve injury group and the non-nerve injury group ($P<0.05$). Diabetes, alveolar bone density of type Ⅳ, excessive dosage of anesthetic, implant length $\geq 10\text{mm}$, implant diameter $\geq 3.5\text{mm}$, and short physician working years were the risk factors for nerve injury in patients with dental defect implantation ($P<0.05$). Based on the theory of reactive scope model, the framework was constructed. Under the influence of diabetes, alveolar bone density, excessive dosage of anesthetic, implant length, implant diameter, and physician working years, the implant patients with dentition defect, in order to maintain their own steady state, increased the strain steady state load within a certain range, and entered the reactive stable phase. If these stress factors continue to exist, they will cause steady state overload. If they exceed the patient's self adjustment range, they will lead to stability failure and nerve damage, which is basically consistent with the research hypothesis of the response range model. **Conclusion** Based on the reactive scope model, it is confirmed that the factors influencing nerve injury in patients with dentition defect implantation include diabetes, alveolar bone density, excessive dosage of anesthetic, implant length, implant diameter, and physician working years. These research results are basically consistent with the research hypothesis.

Keywords: Reactive Scope Model; Dentition Defect; Oral Implant; Nerve Injury; Influencing Factors

牙列缺损是由于龋病、外伤、牙周病等原因导致的牙齿缺失,从而使恒牙牙列不完整,不仅影响患者咀嚼功能和面部美观,还可能影响口腔系统健康,故临床需积极治疗以恢复患者面部美观及口腔功能^[1]。在口腔医学领域中,牙列缺损的种植治疗是一种常见且重要的治疗方式,主要通过外科手术将种植体植入牙槽骨内,待种植体与牙槽骨形成良好的骨结合后再将

牙冠安装于种植体上,从而恢复缺失牙齿的形态及功能^[2]。种植牙与天然牙具有相似的功能、结构及美观性,是越来越多的牙列缺损患者首选的修复方案^[3]。随着口腔种植技术的广泛应用,对其相关并发症的研究也日益深入,其中神经损伤是牙列缺损种植治疗中一个不容忽视的问题,不仅给患者生理及心理造成严重不良影响,也给临床医生带来了挑战^[4]。因此,探讨

【第一作者】宋海龙,男,主治医师,主要研究方向:口腔种植。E-mail: gor220396@163.com

【通讯作者】许东亮,男,主任医师,主要研究方向:口腔种植。E-mail: xdl6290@163.com

牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素对于指导临床术前精准评估、积极预防极为必要。反应范围模型是建立在应变稳态负荷理论基础上的预测模型，将影响不良事件发生的应激相关介质分为预测性稳态、反应性稳态、稳态超负荷及稳态失败4个阶段，便于临床医师明确不良事件发生可能性及相关预测因素^[5]。故而，本研究回顾性分析462例牙列缺损种植治疗患者的临床资料，基于反应范围模型探讨其发生神经损伤的影响因素，以期为临床实践提供更具针对性的预防和治疗策略，减轻神经损伤给患者带来的痛苦。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2020年2月至2024年5月在本院进行牙列缺损种植治疗的462例患者的临床资料，其中男208例，女254例；年龄26~69(38.75±7.57)岁。

纳入标准：均符合《口腔科学(第8版)》^[6]中关于牙列缺损的诊断标准；均在本院顺利完成口腔种植治疗；年龄>18岁；临床资料完整。排除标准：合并凝血功能、心肝肾功能障碍；合并恶性肿瘤；合并全身性神经疾病、精神疾病者；口腔局部存在严重感染者；既往有口腔颌面手术史者；近三个月内服用抗癫痫、抗抑郁等影响神经感觉或功能的药物；妊娠或哺乳期妇女。本研究已通过医院伦理委员会审核批准。

1.2 方法

1.2.1 研究方法 基于反应范围模型，并结合文献资料、专家问询、工作经验等制定临床资料观察表。包括个体因素、手术因素、医生经验与技能因素及神经损伤发生情况共4个方面指标。依据反应范围模型建立如下假设：牙列缺损种植治疗患者神经损伤是因多种应激因素作用下的结果，可能与个体因素、手术因素、医生经验与技能因素有关。在多种应激因素影响下，牙列缺损种植治疗患者为维持自身稳定状态，会在特定范围内提升应变稳态负荷，从而进入反应性稳态阶段，即机体产生的适应性反应。但若应激因素始终存在，则会引发稳态的超负荷状态，一旦超过牙列缺损种植治疗患者的自身调节能力后，就会造成稳态失衡，导致神经损伤。见图1。

1.2.2 资料收集 收集患者临床资料，包括：(1)个体因素：性别、年龄、体质指数(BMI)、合并症(高血压、糖尿病、冠心病、高脂血症)、吸烟史、饮酒史、菌斑指数(PLI)、牙列缺损部位、缺损数量、缺损时间、牙列缺损分类、牙槽骨骨质密度；(2)手术因素：麻醉方式、麻醉药物剂量、麻醉药物种类、麻醉持续时间、手术时间、术中出血量、手术切口大小、种植位置、种植固定方式、种植体长度、种植体直径、种植深度；(3)医生经验与技能因素：医师从业年限。

1.2.3 神经损伤诊断及分组 患者术后存在以下情况即诊断为神

经损伤^[7]，(1)主观症状：患者自觉麻木、疼痛、瘙痒等异常感觉；(2)客观检查：经轻触、两点辨别觉、温度觉等感觉神经功能检查为感觉功能减退或丧失；(3)电生理检查：经神经传导速度、肌电图检查均存在异常。将发生神经损伤、未发生神经损伤的患者分别纳入神经损伤组(n=39)、非神经损伤组(n=423)。

1.3 观察指标 (1)神经损伤组与非神经损伤组临床资料比较；(2)牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素分析；(3)牙列缺损种植治疗患者神经损伤的假设验证。

1.4 统计学方法 以SPSS 23.0软件分析数据，计量资料经Kolmogorov-Smirnov检验证实符合正态分布，以($\bar{x} \pm s$)表示，以独立样本t检验；计数资料用n(%)表示，用 χ^2 检验，等级分布资料采用秩和检验组间差异。经Logistic回归模型分析确定牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 神经损伤组与非神经损伤组临床资料比较 神经损伤组与非神经损伤组性别、年龄、BMI、高血压、冠心病、高脂血症、吸烟史、饮酒史、PLI、牙列缺损部位、缺损数量、缺损时间、麻醉方式、麻醉药物种类、手术时间、手术切口大小、种植位置、种植固定方式比较差异无统计学意义($P>0.05$)，神经损伤组与非神经损伤组糖尿病、牙槽骨骨质密度、麻醉药物剂量过量、种植体长度、种植体直径、医师从业年限比较差异有统计学意义($P<0.05$)。见表1。

2.2 牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素分析 将牙列缺损种植治疗患者神经损伤情况(非神经损伤=0，神经损伤=1)记为因变量，将表1中 $P<0.05$ 的项目记为自变量并进行赋值：糖尿病(否=0，是=1)、牙槽骨骨质密度[以I型为参照，V(1)=1代表II型，V(1)=0代表非II型；V(2)=1代表III型，V(2)=0代表非III型；V(3)=1代表IV型，V(3)=0代表非IV型]、麻醉药物剂量过量(否=0，是=1)、种植体长度(<10mm=0，≥10mm=1)、种植体直径(<3.5mm=0，≥3.5mm=1)、医师从业年限(实测值)。结果显示，糖尿病、牙槽骨骨质密度为IV型、麻醉药物剂量过量、种植体长度≥10mm、种植体直径≥3.5mm、医师从业年限短是牙列缺损种植治疗患者神经损伤的危险因素($P<0.05$)。见表2。

2.3 牙列缺损种植治疗患者神经损伤的假设验证 基于反应范围模型理论构建框架，在糖尿病、牙槽骨骨质密度、麻醉药物剂量过量、种植体长度、种植体直径、医师从业年限的影响下，牙列缺损种植治疗患者为维持自身稳态，在一定范围内提高应变稳态负荷，进入反应性稳定阶段，如这些应激因素持续存在，将造成稳态超负荷，超过患者自身调节范围时将导致稳定失败，导致神经损伤，与反应范围模型的研究假设基本一致。见图2。

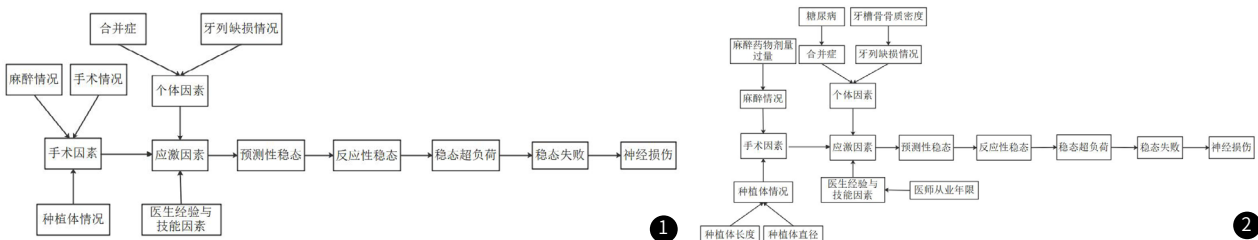


图1 牙列缺损种植治疗患者神经损伤的研究假设。图2 基于反应范围模型的牙列缺损种植治疗患者神经损伤的研究假设验证。

表1 神经损伤组、非神经损伤组临床资料比较[n(%)]

临床资料		神经损伤组(n=39)	非神经损伤组(n=423)	$\chi^2/t/Z$ 值	P值
性别	男	19(48.72)	189(44.68)	0.235	0.628
	女	20(51.28)	234(55.32)		
年龄(岁)		39.62±8.33	39.67±8.19	0.692	0.489
BMI(kg/m ²)		23.17±2.15	22.89±2.23	0.752	0.452
合并症	高血压	9(23.08)	83(19.62)	0.267	0.605
	糖尿病	5(12.82)	20(4.73)	4.569	0.033
	冠心病	4(10.26)	32(7.57)	0.083	0.773
	高脂血症	6(15.38)	56(13.24)	0.142	0.707
	吸烟史	13(33.33)	134(31.68)	0.045	0.832
	饮酒史	8(20.51)	76(17.97)	0.156	0.693
PLI(分)		1.74±0.23	1.69±0.21	1.411	0.159
牙列缺损部位	上颌	23(58.97)	232(54.85)	0.246	0.620
	下颌	16(41.03)	191(45.15)		
缺损数量	<3颗	25(64.10)	289(68.32)	0.292	0.589
	≥3颗	14(35.90)	134(31.68)		
缺损时间	<2年	29(74.36)	326(77.07)	0.147	0.701
	≥2年	10(25.64)	97(22.93)		
牙槽骨骨质密度	I型	7(17.95)	103(24.35)	2.025	0.043
	II型	11(28.21)	155(36.64)		
	III型	13(33.33)	130(30.73)		
	IV型	8(20.51)	35(8.27)		
麻醉方式	局部浸润麻醉	25(64.10)	255(60.28)	0.218	0.640
	局部阻滞麻醉	14(35.90)	168(39.72)		
麻醉药物剂量过量	是	6(15.38)	26(6.15)	4.727	0.030
	否	33(84.62)	397(93.85)		
麻醉药物种类	利多卡因	25(64.10)	255(60.28)	0.218	0.640
	罗哌卡因	14(35.90)	168(39.72)		
手术时间(h)		1.03±0.25	0.98±0.21	1.399	0.163
手术切口大小(cm)		2.18±0.34	2.11±0.37	1.138	0.256
种植位置	前牙区	16(41.03)	164(38.77)	0.076	0.782
	后牙区	23(58.97)	259(61.23)		
种植固定方式	螺丝固定	13(33.33)	127(30.02)	0.185	0.667
	粘结固定	26(66.67)	296(69.98)		
种植体长度	<10mm	7(17.95)	151(35.70)	4.999	0.025
	≥10mm	32(82.05)	272(64.30)		
种植体直径	<3.5mm	8(20.51)	157(37.12)	4.287	0.038
	1≥3.5mm	31(79.49)	266(62.88)		
医生从业年限(年)		11.59±2.35	12.64±2.47	2.550	0.011

表2 牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素分析

影响因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
糖尿病	0.639	0.231	7.652	0.006	1.895	1.205~2.980
牙槽骨骨质密度 I 型					1	
牙槽骨骨质密度 II 型	0.185	0.249	0.552	0.459	1.203	0.739~1.960
牙槽骨骨质密度 III 型	0.438	0.295	2.204	0.130	1.550	0.869~2.763
牙槽骨骨质密度 IV 型	1.025	0.339	9.142	0.003	2.787	1.434~5.416
麻醉药物剂量过量	0.751	0.274	7.512	0.006	2.119	1.239~3.626
种植体长度	0.935	0.322	8.432	0.004	2.547	1.355~4.788
种植体直径	0.547	0.191	8.202	0.005	1.728	1.188~2.513
医师从业年限	-0.487	0.172	8.017	0.005	0.614	0.439~0.861
常数项	-3.759	0.854	19.374	<0.001	-	-

3 讨论

牙列缺损是口腔常见问题之一,不仅会影响咀嚼效率和食物消化吸收,还会导致邻牙倾斜、对颌牙过长,破坏咬合关系,增加龋病及牙周病发生风险^[8]。随着人们对爱牙意识及审美观念的提高,牙齿美容越发受人青睐,口腔种植治疗已逐渐代替传统的义齿修复手术,通过将具有生物相容性的材料作为人造牙根植于患者上下颌骨实现上部结构与种植体的结合,从而形成完整的修复体,不仅固位效果好,且与自然牙无异,美学效果优良^[9]。但相关研究报道^[10],受多种因素的影响,高达13%的牙列缺损种植治疗患者会发生神经损伤,表现为感觉异常疼痛等,加重患者病情,影响患者预后。本研究中牙列缺损种植治疗患者神经损伤发生率为8.44%,可见牙列缺损种植治疗患者存在一定的神经损伤风险。因此,需积极分析影响牙列缺损患者神经损伤的因素,以优化治疗方案,提高治疗安全性,改善患者预后。

本研究多因素Logistic回归分析结果显示,糖尿病、牙槽骨骨质密度为IV型、麻醉药物剂量过量、种植体长度 $\geq 10\text{mm}$ 、种植体直径 $\geq 3.5\text{mm}$ 、医师从业年限短是牙列缺损种植治疗患者神经损伤的危险因素。糖尿病患者由于长期血糖水平不稳定,易发生周围神经病变,这种病变使得神经纤维对于损伤的耐受性降低,在种植手术机械刺激下更易损伤神经,另糖尿病患者的伤口愈合能力较差,术后感染风险高,这也间接增加了神经损伤风险^[11]。骨密度是判断骨质量的一个重要标志,能够反映骨质疏松程度^[12]。牙槽骨骨质密度为IV型的牙列缺损种植治疗患者在进行手术时由于骨组织疏松,钻头在钻孔过程中容易偏离预定的位置及深度,增加损伤神经风险,另在种植体植入后,周围的骨小梁稀疏且薄弱,难以为种植体提供足够的支撑力及摩擦力,使种植体在咀嚼等外力的影响下发生微动,这种微动会对周围组织神经产生反复机械性的刺激及摩擦,损坏神经纤维髓鞘,进而影响神经冲动正常传导^[13]。过量的麻醉药物会在局部产生过高浓度,对神经组织产生直接毒性作用,导致神经细胞凋亡,支配区域组织麻木,或由于药物的扩散范围超出预期,进而影响周围神经,导致神经损伤^[14]。若种植体长度过长,在植入牙槽骨过程中可能会突破骨皮质,直接接触到邻近的神经组织,对其造成压迫甚至穿刺损伤;若种植体直径过大,在植入过程中会对周围骨组织产生较大的挤压应力,这种应力会传递到邻近的神经,造成神经压迫变形,且过大的种植体可能会改变局部解剖结构,使原本安全距离内的神经受到挤压,引起神经损伤相关症状,如麻木、疼痛等^[15]。手术医生经验及技能水平很大程度上影响患者的神经损伤风险,从业年限短的手术者经验或技能水平不足,可能对口腔解剖结构的熟悉程度不足,在种植手术过程中对于关键操作环节,如钻孔、种植体植入等过程中,难以把握操作的深度、角度及力度,从而导致手术过程中压迫或损坏神经,而从业年限长的手术者经验丰富,能够对术中可能出现的神经损伤风险保持高度的警惕性,在每个手术环节均会进行风险评估,并采取相应的预防措施^[16]。

本研究采用反应范围模型对牙列缺损种植治疗患者神经损伤的影响因素进行系统、全面地探讨,通过结合文献资料、专家问询、工作经验等制定临床资料观察表,使得研究结果更准确、更可靠。反应范围模型是根据应变稳态提出的理论概念,在各种应

激事件的影响下机体可升高应变稳态负荷使自身稳态得以维持,然而当应激事件持续存在稳态将形成超负荷状态,最终导致稳态失衡、不良事件发生^[17]。本研究验证发现,牙列缺损种植治疗患者在各应激因素影响下能够调节自身应变稳态,当应变稳态超负荷导致稳态失败后可引发神经损伤,这与反应范围模型的研究假设相符,有助于临床明确治疗策略,降低神经损伤发生风险。

综上所述,糖尿病、牙槽骨骨质密度为IV型、麻醉药物剂量过量、种植体长度 $\geq 10\text{mm}$ 、种植体直径 $\geq 3.5\text{mm}$ 、医师从业年限短是牙列缺损种植治疗患者神经损伤的危险因素,这与反应范围模型的研究假设基本一致,反应范围模型在预测牙列缺损种植治疗患者神经损伤方面适用性良好,能够更好地理解患者在应激状态下的生理反应。

参考文献

- [1] Peng K,Zhou Y,Dai Y,et al.The effect of denture restoration and dental implant restoration in the treatment of dentition defect:a systematic review and meta-analysis[J].Ann Palliat Med,2021,10(3):3267-3276.
- [2] Zhong S,Chen M,Gao R,et al.Dental implant restoration for dentition defects improves clinical efficacy,masticatory function and patient comfort[J].Am J Transl Res,2022,14(9):6399-6406.
- [3] 蔡亮,窦娟,邓千里,等.数字化导板引导的口腔种植修复术对牙列缺损患者种植精准度、牙周健康及修复美学效果的影响[J].广西医学,2022,44(16):1836-1839.
- [4] Diakonoff H,Moreau N.Inferior alveolar nerve injury following dental implant placement:a medicolegal analysis of French liability lawsuits[J].J Stomatol Oral Maxillofac Surg,2022,123(2):158-162.
- [5] 陈琼,彭文涛,方进博.基于反应范围模型的早产儿喂养不耐受风险因素分析[J].中国实用护理杂志,2016,32(23):1798-1802.
- [6] 张志愿,俞光岩.口腔科学[M].第8版.北京:人民卫生出版社,2013:182-189.
- [7] Pääsky E,Suomalainen A,Ventä I.Are women more susceptible than men to iatrogenic inferior alveolar nerve injury in dental implant surgery?[J].Int J Oral Maxillofac Surg,2022,51(2):251-256.
- [8] 蔡若林,毕玮,余优成.3D打印导板在牙列缺损修复中应用效果及对龈沟炎性反应生活质量的影响[J].河北医学,2022,28(7):1182-1188.
- [9] Wang Q,Fan R,Zhu Y,et al.Observation on improvement of dental function in patients with dentition defect by dental implant[J].Minerva Surg,2024,79(1):113-115.
- [10] Patel R,Clarkson E.Implant surgery update for the general practitioner:dealing with common postimplant surgery complications[J].Dent Clin North Am,2021,65(1):125-134.
- [11] Doll C,Hartwig S,Nack C,et al.Dramatic course of osteomyelitis in a patient treated with immediately placed dental implants suffering from uncontrolled diabetes:a case report[J].Eur J Oral Implantol,2015,8(4):405-410.
- [12] Zhang S,Huang X,Zhao X,et al.Effect of exercise on bone mineral density among patients with osteoporosis and osteopenia:a systematic review and network meta-analysis[J].J Clin Nurs,2022,31(15-16):2100-2111.
- [13] 兰静,李彪,孙良丰,等.100例牙列缺损患者口腔种植修复并发症及其危险因素探讨[J].中国口腔种植学杂志,2020,25(1):20-23.
- [14] Shoup JA,Welter J,Binswanger IA,et al.Spinal cord injury and prescribed opioids for pain:a scoping review[J].Pain Med,2023,24(10):1138-1152.
- [15] 徐晓乾,李镭.种植义齿生物学并发症危险因素的回溯性分析[J].上海口腔医学,2023,32(1):69-74.
- [16] Muramatsu K,Tani Y,Yamashita Y,et al.Causes of iatrogenic median nerve injury after endoscopic carpal tunnel release[J].J Hand Surg Asian Pac Vol,2023,28(6):634-641.
- [17] Houtz JL,Taff CC,Vitousek MN.Gut microbiome as a mediator of stress resilience:a reactive scope model framework[J].Integr Comp Biol,2022,62(1):41-57.

(收稿日期:2025-01-10)

(校对编辑:翁佳鸿)