

• 牙体牙髓专栏 •

牙髓组织应对牙外伤的生物学反应及相关
临床诊疗策略

蒋小菊 陈婧 苏勤

口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院牙体牙髓病科 成都 610041

[摘要] 牙外伤在口腔临床治疗中极为普遍，不同类型和程度的牙外伤能触发牙髓组织的一系列生物学反应。有效评估牙髓状况并采取适宜的治疗措施，对于预防牙髓并发症，促进年轻恒牙牙根持续生长，以及最大限度地保留天然牙齿至关重要。本综述综合探讨了牙外伤引发的牙髓生物学变化，总结了牙髓状态的评估技术以及相应的治疗策略，以期为口腔临床医生进行牙外伤规范化诊疗提供依据。

[关键词] 牙外伤；牙髓组织；牙髓治疗；牙髓疾病

[中图分类号] R782.1 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2025088

开放科学（资源服务）
标识码（OSID）**Dental trauma: biological responses of pulp tissue, diagnosis, and treatment strategies**

Jiang Xiaoju, Chen Jing, Su Qin

State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Cariology and Endodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Correspondence: Su Qin, Email: 1176629149@qq.com

[Abstract] Traumatic dental injuries are a common clinical occurrence and encompass a spectrum of types and severities, which can elicit biological responses within the dental pulp. The accurate assessment of pulpal status, alongside timely and appropriate therapeutic interventions, is essential for preventing complications, facilitating continued root development in immature permanent teeth and optimizing the preservation of natural dentition. This review systematically examines the pathophysiological changes in pulpal tissues after dental trauma, evaluate techniques for assessing pulp condition, and outlines evidence-based treatment strategies. The objective is to establish a scientific foundation to support clinicians in the standardized diagnosis and management of traumatic dental injuries.

[Key words] dental trauma; pulp tissue; endodontic treatment; endodontic disease

牙外伤是指在突然的外力作用下，牙体硬组织、牙髓组织、牙周组织、牙槽骨以及牙龈发生急性损伤的一种疾病^[1]。牙外伤多发生于儿童与青少年，占有所有外伤的5%^[2]。牙外伤是全球关注的重要口腔问题之一。流行病学研究^[3]表明：不同国家和地区的牙外伤发生率有所不同，从6%~59%不

等，约1/3的儿童和1/5的青少年或成年人曾发生牙外伤。上颌中切牙由于所处的位置及角度特殊，最易受到外力冲击，是牙外伤发生率最高的牙位^[4]。不同外伤牙的牙根发育状态及受损程度等存在差异，其牙髓组织的转归亦不相同。本文结合现有的研究证据，从牙外伤后牙髓组织的生物学反应、牙髓状态评估方法及外伤牙的牙髓治疗决策展开阐述，为口腔临床医生正确判断牙外伤后的牙髓状态、选择恰当的治疗方式提供参考，以期最大程度地减少牙髓并发症，促进未成熟外伤

[收稿日期] 2024-08-05；[修回日期] 2024-11-23

[作者简介] 蒋小菊，学士，Email: 1962698037@qq.com

[通信作者] 苏勤，教授，博士，Email: 1176629149@qq.com

恒牙的生长发育,提高外伤天然牙的使用寿命。

1 外伤牙牙髓组织的生物学反应

牙外伤后,患牙及牙周组织会启动一系列的自愈机制,包括启动凝血机制、介导炎症反应、诱导组织增生和重组重塑过程。若炎症过程持续时间较短,那么牙髓组织能恢复到受损之前的状态;反之,牙髓组织持续受炎症刺激,最终可致整个牙髓组织坏死。在不同牙外伤类型中,外伤牙的牙髓组织受到的影响不尽相同,其转归分为良好及不良预后两类。良好预后包括:愈合并恢复正常、牙髓纤维变性、牙髓钙化;不良预后包括:牙髓炎症、牙髓渐进性坏死、牙髓坏死等^[5]。

1.1 良好预后

1.1.1 牙髓愈合并恢复正常 牙外伤后,牙髓组织最理想的状态是牙髓愈合并恢复正常。牙髓组织具有终身形成牙本质的潜力。对于仅有釉质轻度损伤的外伤牙,其牙髓组织可能受到激惹而产生局部炎症,但炎症很快会消退。对于牙本质暴露的外伤牙,可形成反应性牙本质来保护牙髓组织。对于牙髓组织暴露的外伤牙,若在暴露的牙本质或牙髓创面给予充分保护,使其免受细菌侵袭,牙髓组织的炎症也可能会消退。这主要是因为当牙髓根方的神经血管供应保持完好时,牙髓对损伤和感染的免疫防御功能会发挥作用。

1.1.2 牙髓纤维变性 外伤后牙髓组织的良好预后还包括牙髓纤维化。当牙髓组织受到局部刺激时,牙髓中的成纤维细胞将修复或阻挡破坏了的组织。当基质金属蛋白酶与其拮抗剂的比例失衡时,胶原纤维的总量会增加,而细胞含量会减少,导致牙髓纤维化。由于纤维化并不会直接导致牙髓坏死,因此也被归为良好预后之一。

1.1.3 牙髓钙化 牙髓钙化也属于外伤牙牙髓组织的良好预后。血管损伤及局部代谢功能障碍是形成钙化灶的诱发因素。牙外伤后,患牙根尖的神经血管遭到破坏,牙髓中的细胞和胶原纤维等物质因牙髓血液循环障碍而发生坏死,钙化中心形成,无机盐在其周围沉积,形成钙化灶^[6]。牙髓钙化形式有两种,一种是弥散性钙化,根管内部见散在分布的钙化团块;另一种是髓石,多见于髓室内。牙髓钙化与牙槽窝内牙齿的移位程度相关^[7],轻度至中度移位的牙齿,比严重移位的牙齿更容易发生牙髓钙化。

1.2 不良预后

1.2.1 牙髓炎症 外伤后牙髓组织的不良预后常表现为牙髓慢性炎症,可急性发作。冠折或冠根折导致深部的牙本质及牙本质小管暴露或牙髓直接暴露,如未得到及时相应的治疗,牙髓组织会在受损局部形成新生的肉芽组织,在外界细菌等低强度刺激持续作用下,炎症将从局部扩散至整个牙髓组织^[5],形成慢性牙髓炎症。有研究^[1]证实,在炎症牙髓中,白细胞介素、肿瘤坏死因子、转化生长因子、前列腺素、白三烯等细胞因子的表达均高于正常牙髓,这些细胞因子可以增加血管通透性。在牙髓感染的情况下,侵入牙体组织的可溶性细菌产物,以及补体系统的组成部分和花生四烯酸代谢的脂氧合酶途径的产物,对白细胞具有趋化作用,使牙髓细胞溶酶体酶活性相应增强,从而造成组织损伤^[8]。

1.2.2 牙髓渐进性坏死 如果菌斑和食物残渣持续堆积、覆盖并影响到暴露的牙髓,牙髓表面的细菌持续增殖并入侵牙髓组织,就会在牙髓局部形成微脓肿。微脓肿周围的牙髓组织会形成剧烈的炎症反应,出现组织水肿。如果这种组织水肿以及促炎相关细胞因子、趋化因子不能够被牙髓的微循环系统适当代谢,周围健康牙髓组织就会受到波及,进而出现牙髓进行性坏死。这种进行性坏死牙髓的感染较为严重。当为液化性坏死时,牙髓敏感性测试结果可为阳性。

1.2.3 牙髓坏死 当患牙发生严重的脱位性损伤后,若根尖部血供被大部分或完全切断,患牙发育完全且根尖孔直径 ≤ 0.5 mm,患牙的牙髓基本不可能愈合^[5],此时牙髓将快速坏死。若牙齿形态完整,无缺损、裂纹等,牙髓组织可能发生无菌性坏死,这对患牙的根尖周组织并无太大影响。若伴发细菌等感染,则感染源可随着坏死的牙髓组织进入根管系统,在1~2个月后会也会造成根管系统的感染^[5],同时炎症会向根尖周组织扩散,导致根尖周炎,发展为根尖周肉芽肿、根尖周脓肿甚至是根尖周囊肿。

2 外伤牙牙髓状态的评估方法

为了最大限度地维护外伤牙的健康,在进行治疗之前,应评估外伤牙的牙髓组织情况。对于外伤牙,除了常规临床检查了解外伤牙有无疼痛、牙体裂痕、缺损及移位等情况,还需采取牙髓活

力测试及影像学检查等措施来衡量外伤牙的牙髓状态。测试牙髓活力的方法有多种,包括通过感觉测试、血流测试和生物标志测试等,而影像学检查可以通过根管、牙周和根尖周组织影像学的变化间接反映牙髓的状态。

2.1 牙髓感觉测试

目前临床上评估牙髓活力的主要方法是牙髓感觉测试,包括温度测试、电活力测试及备洞试验。温度测试的原理是突然、明显的温度变化可以诱发牙髓一定程度的反应或疼痛。电活力测试的原理与温度测试相似,只是刺激源不同。牙髓电活力测试仪可输出安全范围内的电流,电流透过牙体组织传导至牙髓神经,若牙髓神经仍具有功能,当电流强度达到一定感觉阈值时,患者将感受到“麻刺感”。温度和电活力测试均是通过对被测牙施加外源性刺激,测试牙髓内感觉神经的应答状态。备洞试验是采用牙钻磨除被测牙的牙本质来判断牙髓活力。若被测牙牙髓未坏死,当磨至牙本质层时,被测牙会有感觉;反之,说明被测牙牙髓坏死。由于备洞试验会对牙体组织造成破坏,临床上较少使用此方法。感觉测试的优点是操作简单方便,但会出现假阳性或假阴性情况。牙外伤早期,进行牙髓电活力测试时,若存在牙髓神经休克的情况,会产生假阴性结果,此时牙髓电活力测试不是检测牙外伤牙髓状态的最佳方法。年轻恒牙的电活力测试阈值增加,此时牙髓血流测试结果的临床参考意义更有价值^[9-11]。

2.2 牙髓血流测试

牙髓血流测试是通过测定牙髓内的血流强度或血流量直接确定牙髓活力^[12]。主要有激光多普勒血流测试(laser Doppler flowmetry, LDF)、血氧饱和度测试(pulse oximetry, PO)和超声多普勒血流测试(Doppler ultrasound flowmetry) 3种方法。

LDF的原理是利于激光穿透牙体组织进入髓腔,激光传播过程中遇到移动的红细胞时会触发多普勒效应,生成频移光信号,仪器由此计算出红细胞流量和流速^[13-14],实现对牙髓血流量状况的客观量化评估。LDF具有较高的灵敏度和特异度,即便牙髓神经因牙外伤而处于休克状态,但由于牙髓血运正在重建, LDF能准确判断牙髓的状态^[15-16]。

牙髓的血氧饱和度可反映牙髓血运健康和代谢状态,故该指标可作为评价牙髓状态的一项有

效指标^[17]。PO需借助血氧仪来完成,血管内氧合血红蛋白主要吸收红外光而脱氧血红蛋白多吸收可见红光,分别计算其光照强度,得出氧合/脱氧血红蛋白的比例,从而计算出血氧饱和度^[18]。Mishra等^[19]学者携手工程师对传统探头进行了简易改造,再将其应用于口腔领域,实现了对牙髓内的血氧饱和度的测量。

超声多普勒利用探头发射超声和脉冲波获得二维声像图和多普勒信号,通过计算机对信号进行处理、彩色编码探测组织的病变和血流情况^[17]。但目前超声多普勒仪在口腔领域的研究有限。

血流测试的优点为可以精准地测定牙髓组织内的血流情况,不会随患者的主观感受的变化而变化,但其测试结果容易受口腔环境和佩戴的适配器的影响^[20]。当患者存在全身性血液疾病,或是局部牙周软组织血流丰富,均会导致读数结果的偏差。由于血流测试设备使用较为复杂,多数需要制备个性化的牙体适配器,目前临床实际工作中运用较少。未来若能结合口腔扫描及3D打印等先进技术,或可提高此类直接判断血流情况的检测方式的实际使用率。

2.3 生物标志测试

在牙髓炎症、坏死的病理过程中,存在一系列细胞组成、基因表达和蛋白代谢水平的改变。理论上,可以收集患牙牙体组织或牙髓组织内液体,检测其中的特异性生物标记物的变化,直接反映牙髓的生理或病理状态,从而评估牙髓活力^[21]。在牙髓炎症过程中,其中的常驻免疫细胞、成纤维细胞、内皮细胞和干细胞,通过表达一系列识别病原体的受体,募集中性粒细胞、巨噬细胞以及T细胞和B细胞等,发挥防御作用^[22]。Zanini等^[23]发现:在炎症期间,4种生物标记物,即白细胞介素-8、基质金属蛋白酶9、肿瘤坏死因子- α 及晚期糖基化终产物表达受体在基因和蛋白质水平上均有所提升。但是生物标志物采样的方法多为有创操作,且常常遇到检测量不足的问题,临床上极少应用。

2.4 影像学检查

影像学检查是外伤牙检查的常规手段,其中根尖片是最常用的方法,它可以辅助临床医师了解患牙牙根的发育状况及牙周支持组织是否受损。此外,还可采用全口牙位曲面体层片及锥形束X射线计算机体层成像(cone beam computed tomography, CBCT)等检查方式,通过检查可以大致

了解外伤牙的损伤类型,为其后续的治疗方案提供依据。

3 外伤牙的牙髓治疗临床决策

笔者认为应综合评估外伤牙的损伤类型及程度,依据该情况下牙髓组织应对外伤可能出现的生物学反应,结合临床可及的牙髓状态评估方法进行有效的牙髓治疗临床决策。该临床决策应包含即刻的牙髓治疗措施以及追踪随访,并应随牙髓状态的改变而适时调整。参考国际牙外伤协会2020年指南^[2]及人民卫生出版社第5版《儿童口腔医学》^[24],从牙体组织损伤、牙周组织损伤以及牙体牙周联合损伤考虑,分类进行了阐述。

3.1 牙体组织损伤

3.1.1 冠折 当牙体组织损伤为釉质裂纹(enamel infraction)、釉质折断(enamel fracture)时,牙髓往往未被波及,牙髓活力测试多为阳性,可不行即刻牙髓处理,参考国际牙外伤协会2020年指南^[25],应进行为期1年的随访。

当牙体组织损伤为牙本质暴露的简单冠折

(enamel-dentin fracture)时,牙本质小管暴露,成为细菌、外界温度及化学物质刺激牙髓的通道,使牙髓受到外界的刺激加剧,其生物学变化可恢复正常、纤维变性或形成慢性炎症状态。此时,即刻牙髓活力测试也多为阳性,临床上通过复合树脂等材料封闭牙本质小管,减轻牙髓刺激,进行为期1年随访。若患者未能及时就诊,细菌等感染物质可通过暴露的牙本质造成牙髓的渐进性坏死。

当损伤为复杂冠折(crown fractures with pulp involving)时,牙髓直接暴露,此时牙髓特别是暴露区周围的牙髓表层坏死,表层下可见毛细血管扩张,白细胞和间叶细胞增多,牙髓进入炎症状态,即刻的牙髓活力测试显示牙髓对于刺激敏感性增加。无论是年轻恒牙还是成熟恒牙,临床治疗均优先行直接盖髓或牙髓切断术,进行为期1年的随访。图1为1例复杂冠折行牙髓切断术的典型病例。患者为8岁男性,3 d前外伤,诊断为11牙复杂冠折,行冠髓切断术,复合树脂恢复外形,术后观察见11牙牙根继续发育。若修复治疗采用桩修复,成熟恒牙也可直接进行根管治疗。



A: 术前口内照(正面咬合像); B: 术前口内照(唇面观); C: 术前口内照(切端观); D: 术后即刻口内照,示11牙复合树脂恢复外形,行冠髓切断术; E: 术前X线片; F: 术后即刻X线片; G: 术后6周X线片; H: 术后3个月X线片; I: 术后半年X线片示11牙牙根继续发育,根尖周未见明显异常。

图1 年轻恒牙复杂冠折牙髓切断术1例

Fig 1 A case of pulpotomy for a young permanent tooth with complex crown

3.1.2 冠根折 当损伤为冠根折(crown-root fracture)时,牙髓组织应对的感染涉及冠方及牙周两

个来源,其炎症反应往往较单纯的冠折更加剧烈,表现为牙髓和折断线周围组织的炎症反应。外伤

当时牙髓活力测试往往还是阳性；但由于牙体组织损伤较大，日常清洁及菌斑控制较为困难，牙髓发生慢性炎症甚至渐进性坏死的可能性更高。牙髓未直接暴露者监测牙髓状态；牙髓直接暴露者，年轻恒牙行部分牙髓切除；而成熟恒牙则建议直接摘除牙髓；参考国际牙外伤协会指南^[25]进行为期5年的随访。由于冠根折牙体组织缺损较大，若出于后期修复治疗需要，也可考虑直接行根管治疗。

3.1.3 根折 根折 (root fracture) 患者若损伤未与口腔相通，牙髓往往处于无菌的状态，最佳的治疗首先应尽早行夹板固定，促进其自然愈合。但由于牙髓直接受损，敏感性测试多为阴性。后期根折牙可伴随牙髓钙化，牙髓坏死率为20%~40%^[26]。影响根折牙牙髓组织预后的因素包括牙根发育程度、折断部位和断端移位程度，如果断端分离间隙超过1 mm，冠部牙髓发生坏死的概率会显著增加，这可能是牙髓神经血管受牵拉的极限值^[27]。一般认为根折越靠近根尖其预后越好，这是由于根尖断端不易被细菌侵入，牙本质、牙骨质发生沉积，牙髓活力、牙齿正常活动度均可保存。

当根尖1/3折断时，通常可行夹板固定，而不必进行牙髓治疗。如果牙髓已经坏死，则应尽快进行冠端牙体的根管治疗。当根中1/3折断时，建议使用夹板来进行固定。当发现冠端牙体出现错位偏移时，建议先调整复位再行固定。调整完毕之后，夹板在固定后4周可以考虑拆除。如果发现牙髓出现了炎症或坏死的情况，则可行根管治疗。当颈部1/3折断时，若折断部位未与龈沟相通，仍可使用弹性夹板固定牙冠4个月；随访1年，若出现牙髓感染或坏死，通常感染位于折断部位的冠方，在冠方进行牙髓切断术即可；若折断部位与龈沟相通，那么患牙就无法自行修复。如折断线在龈下1~4 mm，根长大于冠长，且牙周组织状态较佳，可以行切龈术、正畸牵引、外科牵引等治疗，保留牙根行根管治疗，术后3个月，再进行桩冠修复。年轻恒牙拔除断冠后行根尖诱导成形术。无论是哪个部位的根折，术后1、3、6、12个月均应进行复查，之后每半年复查1次，至少5年。

3.2 牙周组织损伤

3.2.1 牙脱位性损伤 牙震荡 (concussion) 是牙外伤中最轻微的牙周组织损伤。患牙多遭受较轻的外力撞击，一般无明显牙髓组织损伤。临床医

师可嘱患者避免咬硬物，使患牙休息2周，并适当调整咬合，以缓解患牙的受力。患者需在受伤后的4周及1年行必要的临床和影像学评估^[25]。

对于亚脱位 (subluxation) 患牙，根尖区血管可有不同程度的充血或水肿，严重者出现牙周或根尖区血管破裂。临床上，患牙出现 I 度松动，龈沟可见渗血，牙髓敏感性测试初期可为阴性，影像学检查多无明显异常；此时可行弹性固定，并监测牙髓状态至少1年。

对于部分脱出 (extrusive luxation)、侧方移位 (lateral luxation) 患牙，损伤涉及牙周膜和根尖区血管，可致牙周膜断裂，根尖区血管因受牵拉变形甚至是破裂出血，牙髓的损伤较亚脱位更为严重。牙髓敏感性测试可能为阴性，行X线检查后，可将患牙及时复位，弹性固定4周，监测牙髓状态。在术后2、4周及2、3、6、12个月进行复查，5年内每年随访。年轻恒牙需密切观察患牙牙根发育情况及牙根有无吸收。若牙髓出现炎症或坏死迹象，根据牙齿的发育阶段进行适当治疗。一旦确诊为牙髓坏死，应尽快摘除牙髓，否则可引起或加重炎症性牙根吸收。

对于挫入 (intrusion) 患牙，牙髓组织的血供几乎完全中断，但其发生率较低，仅占牙外伤类型的约1%^[28]。年轻恒牙均可观察待其自然萌出，并行弹性固定；若1月内无再萌迹象，可行正畸牵引；告知患者及家属按时复诊的必要性，监测牙髓状态，根据牙髓状态的变化行相应治疗。对于成熟恒牙，可根据嵌入深度不同，给予不同的治疗措施。若患牙嵌入3 mm以内，可观察其自然再萌；若2个月内患牙无再萌迹象或嵌入深度大于3 mm，可牵引患牙复位并行弹性固定1月。术后定期复查，5年内每年随访。在外伤发生后2~3周内行根管治疗，用弹性夹板固定3~4周，这有利于牙周膜的血运重建^[29]，可预防牙周—牙髓联合病变的产生，术后随访观察5年。

当患牙仅发生牙脱位性损伤时，对牙髓的影响来源主要为根尖周组织损伤带来的局部无菌性炎症反应，以及根尖部位的血管损伤和局部的循环代谢障碍。这类外伤刺激对牙髓的影响也需将牙根的发育程度纳入考虑。当牙根未发育成熟时，根尖周组织的再生能力较强^[30]，具有更强的血管重建能力。与此同时，活髓的保存有利于牙根的继续发育。因此，当脱位牙为年轻恒牙时，从牙髓治疗的角度考虑，优先保存活髓，并密切监测

牙髓状态。当牙根发育成熟时,自发性的血运重建发生可能性较低,那么依据损伤程度的差异牙髓可恢复正常、纤维变性、钙化甚至坏死。对于损伤严重的侧方脱位和嵌入性脱位可在初次牙髓治疗时行根管治疗。需要注意的是,牙脱位性损伤发生后牙髓往往处于“休克”状态,常用的牙髓敏感性评估方法结果可靠性较低,不可仅依赖牙髓敏感性测试就判断牙髓处于坏死状态,还需结合影像学检查和牙体颜色改变等相关临床指标进行判断。

3.2.2 全脱出 患牙发生全脱出 (avulsion) 时,外伤牙与牙周组织完全分离,根尖周的血管完全断裂。成熟恒牙发生牙髓坏死几乎是不可避免的,可在再植2周内行根管治疗。年轻恒牙由于牙根发育尚未完成且存在牙髓血供重建的可能,再植后可不行特殊牙髓处理。由于全脱出涉及牙周膜的完全断裂以及不同程度的牙周组织感染,牙髓治疗临床决策仍需考虑牙周感染引发的牙吸收乃至牙周导致的逆行性牙髓感染。

对于全脱出患牙,若患牙根尖孔开放,离体时间较短,可进行牙再植术,术后其血管及牙髓均有重建的可能^[31]。临床医生可复位脱出牙,弹性固定2~3周,后期定期复查牙髓活力,随访5年。

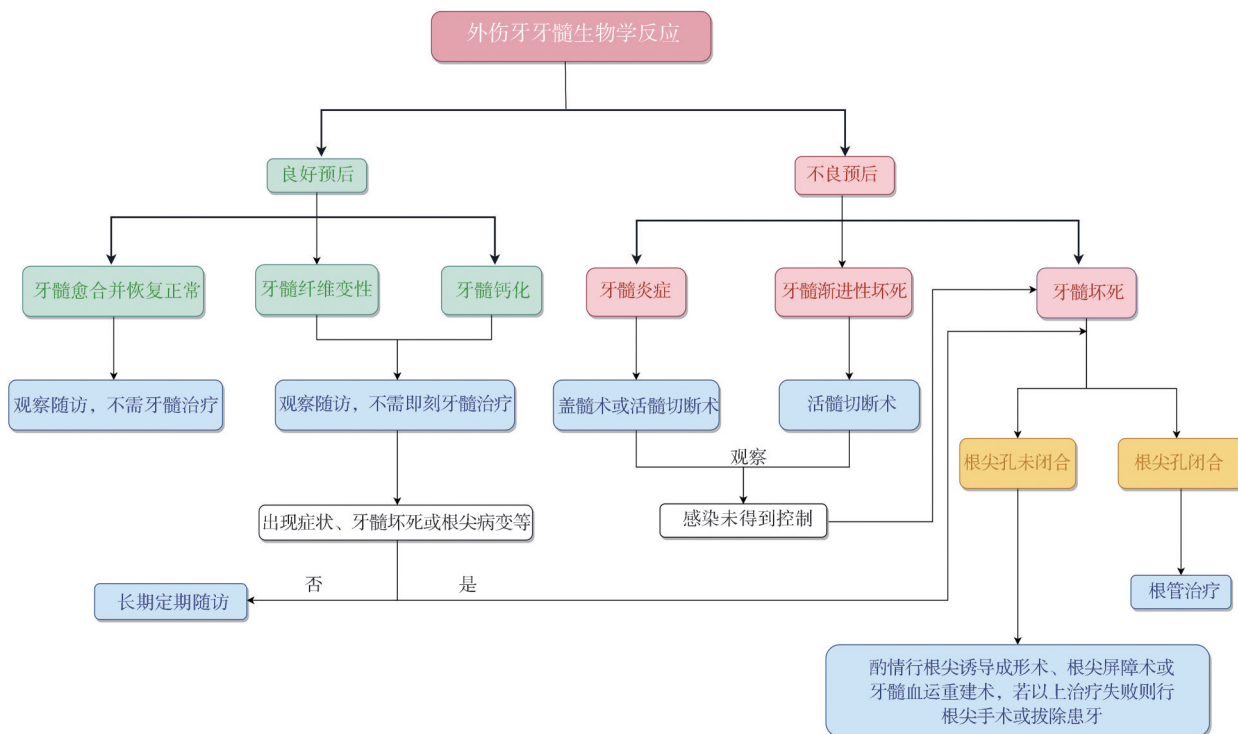
对于已经完成根尖孔发育的患牙,再植后的牙髓几乎无法恢复正常的血液循环,可能发生牙髓坏死、炎症性的牙根吸收或根尖周病变。为了避免这种情况的发生,建议在术后2周进行根管治疗,随访5年。

3.3 牙体牙周联合损伤

临床诊疗中,牙外伤不可避免地存在合并损伤。对于存在牙体牙周联合损伤的患牙,临床牙髓治疗需要考虑牙体及牙周两方面的因素。依据国际牙外伤协会2020年颁布的指南^[25],合并损伤治疗主要参考较为严重的损伤类型进行处置。需额外关注的是,脱位性损伤带来的牙髓血运循环障碍若合并冠方牙髓组织的感染,其牙髓预后相较于单独损伤可能更差。密切的牙髓状态监测和定期的复诊随访就更为重要。当成熟恒牙发生严重的复合型牙外伤时,医生可预判会发生牙髓坏死和感染,酌情进行预防性根管治疗^[2]。

4 总结

本文根据牙髓组织应对外伤的不同生物学反应,总结了牙外伤后的临床治疗原则,结果见图2。



牙外伤后临床治疗原则: 优先保存活髓, 如后续有桩冠修复等治疗需要, 可酌情预防性行根管治疗。

图 2 牙外伤后不同牙髓生物学反应下的临床治疗原则

Fig 2 Clinical treatment principles under different pulp biological response after dental trauma

由图2总结牙外伤后的治疗原则是优先保存活髓,如后续有桩冠修复等治疗需要,可酌情预防性行根管治疗。牙髓组织应对外伤的不同生物学反应,为临床医生判断外伤牙的牙髓状态,进行相关临床诊疗提供了一定的科学理论支持。目前,临床上判断外伤牙牙髓活力的方法仍存在一定的局限,且外伤后有些牙髓问题潜伏时间较长,因此需要患者进行长期、定期的复查。在临床处理外伤患牙时,需正确判断牙髓状态,选择适合的牙髓治疗方案,尽可能地保存健康牙髓组织,以促进年轻恒牙牙根的正常发育;同时,需进行长期的追踪随访,及时处理牙髓病变引起的潜在并发症,这对尽可能保存天然牙具有重要的意义。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

5 参考文献

- [1] 周学东. 牙体牙髓病学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2020: 63-70.
Zhou XD. Endodontics[M]. 5th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020: 63-70.
- [2] Levin L, Day PF, Hicks L, et al. International association of dental traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: general introduction[J]. *Dent Traumatol*, 2020, 36(4): 309-313.
- [3] Cho J, Sachs A, Cunningham LL Jr. Dental trauma and alveolar fractures[J]. *Facial Plast Surg Clin North Am*, 2022, 30(1): 117-124.
- [4] Patidar D, Sogi S, Patidar DC, et al. Traumatic dental injuries in pediatric patients: a retrospective analysis[J]. *Int J Clin Pediatr Dent*, 2021, 14(4): 506-511.
- [5] Yu CY, Abbott PV. Responses of the pulp, periradicular and soft tissues following trauma to the permanent teeth[J]. *Aust Dent J*, 2016, 61(Suppl 1): 39-58.
- [6] Carvalho TS, Lussi A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth[J]. *J Oral Rehabil*, 2017, 44(4): 291-298.
- [7] Lee R, Barrett EJ, Kenny DJ. Clinical outcomes for permanent incisor luxations in a pediatric population. II. Extrusions[J]. *Dent Traumatol*, 2003, 19(5): 274-279.
- [8] Rechenberg DK, Galicia JC, Peters OA. Biological markers for pulpal inflammation: a systematic review[J]. *PLoS One*, 2016, 11(11): e0167289.
- [9] Bertassoni LE. Progress and challenges in microengineering the dental pulp vascular microenvironment [J]. *J Endod*, 2020, 46(9S): S90-S100.
- [10] Janani K, Ajitha P, Sandhya R, et al. Efficiency of new custom-made pulse oximeter sensor holder in assessment of actual pulp status[J]. *J Family Med Prim Care*, 2020, 9(7): 3333-3337.
- [11] European Society of Endodontology (ESE), Krastl G, Weiger R, et al. European Society of Endodontology position statement: endodontic management of traumatized permanent teeth[J]. *Int Endod J*, 2021, 54(9): 1473-1481.
- [12] 郜慧慧, 邓淑丽, 何新敏, 等. 外伤年轻恒牙的牙髓状态判断及治疗选择[J]. *国际口腔医学杂志*, 2021, 48(6): 675-682.
Gao HH, Deng SL, He XM, et al. Evaluation of pulp status and selection of treatment in young permanent teeth after trauma[J]. *Int J Stomatol*, 2021, 48(6): 675-682.
- [13] 郭飞飞. 激光多普勒血流检测仪检测牙髓活力研究进展[J]. *临床口腔医学杂志*, 2017, 33(7): 433-436
Guo FF. Research progress on laser doppler flowmetry for detecting dental pulp vitality[J]. *J Clin Stomatol*, 2017, 33(7): 433-436.
- [14] Roeykens HJJ, De Moor RJG. Diurnal variations and pulpal status: is there a need for FFT besides LDF[J]. *Lasers Med Sci*, 2018, 33(9): 1891-1900.
- [15] Lima TFR, dos Santos SL, da Silva Fidalgo TK, et al. Vitality tests for pulp diagnosis of traumatized teeth: a systematic review[J]. *J Endod*, 2019, 45(5): 490-499.
- [16] Liao Q, Ye WJ, Yue JL, et al. Self-repaired process of a traumatized maxillary central incisor with pulp infarct after horizontal root fracture monitored by laser Doppler flowmetry combined with tissue oxygen monitor[J]. *J Endod*, 2017, 43(7): 1218-1222.
- [17] Sharma DS, Mishra S, Banda NR, et al. *In vivo* evaluation of customized pulse oximeter and sensitivity pulp tests for assessment of pulp vitality[J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2019, 43(1): 11-15.
- [18] Salyer JW. Neonatal and pediatric pulse oximetry

- [J]. *Respir Care*, 2003, 48(4): 386-396, 397-398.
- [19] Mishra S, SSharma D, Bhusari C. Assessing inflammatory status of pulp in irreversible pulpitis cases with pulse oximeter and dental hemogram[J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2019, 43(5): 314-319.
- [20] Alghaithy RA, Qualtrough AJ. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review[J]. *Int Endod J*, 2017, 50(2): 135-142.
- [21] 杨靖翠, 袁国华. 对牙髓活力测试方法的介绍与评价[J]. *口腔医学研究*, 2021, 37(3): 195-199.
- Yang JH, Yuan GH. Introduction and assessment of dental pulp vitality test[J]. *J Oral Sci Res*, 2021, 37(3): 195-199.
- [22] Cooper PR, Chicca IJ, Holder MJ, et al. Inflammation and regeneration in the dentin-pulp complex: net gain or net loss[J]. *J Endod*, 2017, 43(9S): S87-S94.
- [23] Zanini M, Meyer E, Simon S. Pulp inflammation diagnosis from clinical to inflammatory mediators: a systematic review[J]. *J Endod*, 2017, 43(7): 1033-1051.
- [24] 葛立宏. 儿童口腔医学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2020: 133-156.
- Ge LH. *Pediatric dentistry*[M]. 5th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020: 133-156.
- [25] Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, et al. International association of dental traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. fractures and luxations[J]. *Dent Traumatol*, 2020, 36(4): 314-330.
- [26] Moule AJ, Moule CA. The endodontic management of traumatized permanent anterior teeth: a review[J]. *Aust Dent J*, 2007, 52(1 Suppl): S122-S137.
- [27] Andreasen JO, Andreasen FM, Mejàre I, et al. Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 1. Effect of pre-injury and injury factors such as sex, age, stage of root development, fracture type, location of fracture and severity of dislocation[J]. *Dent Traumatol*, 2004, 20(4): 192-202.
- [28] Ahmed HMA, Dummer PMH. *Endodontic advances and evidence-based clinical guidelines*[M]. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2022: 761-762.
- [29] Reddy LV, Bhattacharjee R, Misch E, et al. Dental injuries and management[J]. *Facial Plast Surg*, 2019, 35(6): 607-613.
- [30] 凌均柴, 林家成. 牙髓血运重建术治疗进展[J]. *口腔医学*, 2019, 39(10): 865-872
- Ling JQ, Lin JC. Research progress of regenerative endodontics[J]. *Stomatology*, 2019, 39(10): 865-872.
- [31] Jain N, Srilatha A, Doshi D, et al. Knowledge of emergency management of avulsed tooth among intern dental students: a questionnaire based study[J]. *Int J Adolesc Med Health*, 2018, 32(5). doi: 10.1515/ijamh-2017-0203.

(本文编辑 吴爱华)