

周围性面神经麻痹的发病机制与脉冲射频治疗进展

方圣文^{1*}, 周康仪¹, 黄诗允¹, 杨超^{2#}

¹右江民族医学院研究生学院, 广西 百色

²中山大学附属第一医院神经外科, 广东 广州

收稿日期: 2026年5月29日; 录用日期: 2026年6月23日; 发布日期: 2026年7月1日

摘要

周围性面神经麻痹(facial nerve palsy, FNP)是临床最常见的单发性颅神经疾病, 年发病率为11.5~53.3/10万, 各年龄段均可发病。约30%患者遗留眼睑闭合不全、面肌痉挛等后遗症, 严重影响生活质量。传统药物及物理康复对重度FNP疗效有限, 手术干预创伤大、恢复周期长。脉冲射频(pulsed radiofrequency, PRF)作为微创神经调控技术, 通过可控电磁场调节神经功能, 在保留神经结构完整性的同时发挥神经激活、改善局部血供、抑制炎症及促进神经再生作用, 为难治性FNP提供新选择。本文系统综述FNP核心发病机制, 重点从病毒感染与炎症反应、缺血与微循环障碍、面神经管解剖易损性及氧化应激四个方面阐述。总结传统治疗局限, 聚焦PRF神经调控技术, 详细论述其作用机制、治疗时间窗口、疗效评估及适应证选择。分析当前研究局限, 包括高质量证据匮乏、治疗参数不统一、机制未完全阐明等问题, 并对未来研究方向进行展望。

关键词

周围性面神经麻痹, 脉冲射频, 神经调控, 发病机制, 治疗进展

Pathogenesis of Peripheral Facial Nerve Palsy and Advances in Pulsed Radiofrequency Therapy

Shengwen Fang^{1*}, Kangyi Zhou¹, Shiyun Huang¹, Chao Yang^{2#}

¹Graduate School, Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi

²Department of Neurosurgery, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou Guangdong

Received: May 29, 2026; accepted: June 23, 2026; published: July 1, 2026

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 方圣文, 周康仪, 黄诗允, 杨超. 周围性面神经麻痹的发病机制与脉冲射频治疗进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(7): 111-120. DOI: 10.12677/acm.2026.1672504

Abstract

Peripheral facial nerve palsy (FNP) is the most common cranial mononeuropathy, with an annual incidence of 11.5 to 53.3 per 100,000 population. Although most patients achieve satisfactory recovery with standard treatment, approximately 30% develop persistent sequelae, including incomplete eye closure and facial synkinesis, significantly impairing quality of life. Conventional pharmacological therapies and physical rehabilitation show limited efficacy in severe FNP cases, while surgical interventions are invasive and require prolonged recovery. Pulsed radiofrequency (PRF) is a minimally invasive neuromodulation technique that regulates neural function through controlled electromagnetic fields without causing thermal damage. It has emerged as a promising therapeutic alternative for refractory FNP by exerting multiple effects, including neuronal activation, enhanced local blood supply, anti-inflammatory action, and promotion of nerve regeneration. This review systematically examines the core pathophysiological mechanisms of FNP, focusing on four key aspects: viral infection and inflammatory response, ischemia and microcirculatory disturbance, anatomical vulnerability of the facial nerve canal, and oxidative stress. We summarize the limitations of conventional therapies and provide a detailed discussion of PRF neuromodulation, including its mechanisms of action, optimal treatment windows, efficacy assessment methods, and indications. Current research limitations, particularly the scarcity of high-quality evidence, heterogeneous treatment parameters, and incompletely elucidated mechanisms of action, are critically analyzed, and future research directions are proposed. This review aims to provide a theoretical basis for the individualized and precise management of FNP and the standardized clinical application of PRF technology.

Keywords

Peripheral Facial Nerve Palsy, Pulsed Radiofrequency, Neuromodulation, Pathogenesis, Therapeutic Advances

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

周围性面神经麻痹(facial nerve palsy, FNP), 也称为周围性面瘫, 是指面神经核及其以下部位受损导致的急性单侧面部肌肉无力或瘫痪, 是临床最常见的单发性颅神经疾病之一。患者常表现为口角歪斜、眼裂增大、额纹消失等面部表情肌功能受限的症状, 严重时甚至出现食物在患侧口腔滞留、饮水发生泄漏的情况。这些症状不仅影响了患者的日常生活, 还使患者容易产生焦虑抑郁倾向[1]。相关流行病学资料提示, 周围性面神经麻痹的年发病率介于(11.5~53.3)/10 万之间[2], 且该疾病各年龄段及性别人群均普遍易感, 分布无明显差异[3][4]。尽管大多数周围性面神经麻痹患者经急性期治疗后预后良好, 但仍有约30%的患者遗留眼睑闭合不全、面肌痉挛等不同程度后遗症, 对其生活质量及社交功能造成显著影响[5]。在治疗上, 传统药物及物理疗法虽为常规治疗手段, 但对重度面瘫或明显后遗症患者疗效欠佳且复发率较高, 手术干预虽具一定疗效, 却因创伤大、恢复期长, 难以广泛适用于所有患者。针对上述临床难题, 脉冲射频(pulsed radiofrequency, PRF)技术以其独特的神经调控理念, 为这一困局提供了微创且高效的破局之道。不同于传统热凝射频的破坏性, PRF 利用低温脉冲能量, 在保留神经结构完整性的前提下, 通过高强电磁场改善微循环、抑制炎症反应, 从而重塑神经功能[6]。因此, 系统梳理周围性面瘫(FNP)的发

病机制与治疗策略,并深入探讨 PRF 的作用机制及技术新进展,对于实现面瘫精准化与个体化治疗具有重要的理论与临床意义。

2. 周围性面神经麻痹的发病机制

2.1. 病毒感染与炎症机制

贝尔麻痹(Bell's palsy, BP)也称为特发性面瘫,是周围性面瘫中最常见的疾病,在不同人群每 10 万人中每年有 20 至 30 例患者受到影响[7]。Neckel 等人通过数据库对 281,600 名患者的单变量分析发现,单纯疱疹病毒(HSV)是贝尔麻痹的最强危险因素,其比值比高达 6.49 (95% CI: 5.96~7.05) [8]。有前瞻性研究通过 PCR 扩增技术检测 BP 患者的面神经内膜液和后耳肌临床样本的病毒基因组,发现 79%样本 PCR 片段的核苷酸序列与单纯疱疹病毒 1 型(HSV-1)基因组的序列完全相同,证明了 HSV-1 是贝尔麻痹的主要病因[9]。Fujiwara 等研究证实,将 HSV-1 接种至大鼠耳部可诱导产生严重的面瘫症状,伴有面神经脱髓鞘和神经元退行性变,为 HSV-1 在贝尔麻痹发病中的致病作用提供了实验依据[10]。HSV-1 通过感觉神经末梢进入神经节并保持潜伏,在再激活时可沿神经纤维逆行传播[11],引发强烈的神经炎症反应。研究表明,HSV-1 感染导致面神经内的炎症细胞浸润和细胞因子释放[12],引起神经肿胀和受压,这是面瘫发生的主要机制。此外,水痘带状疱疹病毒(VZV)的重新激活同样被认为是急性周围面瘫的原因之一[13]。VZV 初次感染后在神经节内建立潜伏,当免疫力下降时病毒再激活,大量复制进而导致神经节炎症和坏死[14]。再激活的 VZV 沿神经逆行传播,引起面神经出血性炎症、肿胀和受压,并最终导致面瘫[15]。两种病毒均通过炎症介导的神经损伤机制诱发面瘫,但其潜伏、再激活及神经损伤的具体途径存在差异。

2.2. 缺血与微循环障碍

在周围性面神经麻痹,尤其是特发性面瘫的发病机制中,面神经缺血被认为是核心病理生理环节之一,有研究指出其过程并非单一事件,而是一个动态演进的缺血级联反应[16]。缺血机制通常分为原发性、继发性与三级缺血三个阶段,彼此相互影响,并形成恶性循环。原发性缺血通常由寒冷刺激、病毒感染等因素诱发,致使支配面神经的滋养血管发生痉挛,血液供应骤然减少和急性炎症,甚至导致原发性缺血性神经病变[17]。有研究建立了大鼠缺血性面神经麻痹的动物模型,通过选择性动脉栓塞后 5~15 分钟内出现了面瘫,面神经内毛细血管变薄,尤其是迷宫段部分被微球阻断,提示面神经管内面神经内血管网络受阻[18]。患有糖尿病基础疾病的患者,因其血管本身存在病变,更易发生此型缺血。而继发性缺血最早被希尔格发现是由原发性缺血的过程引起[19]。原发性缺血可引起神经内毛细血管通透性增高,导致血浆成分外渗和体液积聚,进而引发神经肿胀和受压,进一步阻断血流供应[20],形成恶性循环。若前述过程持续未缓解,长期的缺血、缺氧与炎症刺激,可导致面神经鞘膜纤维化和增厚,最终形成对神经的绞窄性损伤。

炎症反应可触发血小板与中性粒细胞在毛细血管及间质腔内聚集。血小板表面黏附分子暴露后,围绕受损内皮细胞、中性粒细胞和红细胞形成血栓复合体,直接阻碍微循环[21]。活化血小板不仅造成机械性阻塞,还通过释放微囊泡和凋亡体,分泌血栓烷 A₂、血清素等强效血管收缩剂,以及促凝血因子、黏附蛋白和补体成分。这些活性物质进一步破坏血管内皮,促进毛细血管内凝血,增强白细胞趋化和募集,最终加剧微血管炎症反应、血管生成和细胞凋亡[22]。

2.3. 解剖结构因素

面神经在解剖上非常特殊,它不仅是一条神经通路,更是一条在颅骨内被束缚的管道。这种独特的解剖结构决定了它在周围性面神经麻痹中的易损性。骨性面神经管的解剖学特征也可能对面瘫的发生机

制具有重要意义。面神经管起始于内听道底,分为迷路段、鼓室段和乳突段三个节段,其血液供应主要来自岩浅动脉近端和茎乳动脉远端,其中迷路段是面神经中最窄(直径 < 0.7 毫米)和最短(长度 3~5 毫米)的部分[23]。影像学研究显示,贝尔面瘫患者患侧面神经横截面积显著增大,而内听道横截面积相对缩小,导致面神经管空间相对狭窄,且面神经与内听道横截面积比值在患侧与健侧间存在显著差异($p < 0.001$) [24]。这种解剖学特征提示,较窄的面神经管可能限制面神经肿胀时的代偿空间,加剧神经受压和缺血,从而构成面瘫发生的解剖学易感因素[25]。进一步的颞骨 CT 研究证实,患侧迷路段面神经管直径显著小于健侧($p = 0.00$),而膝状神经节、第二膝、鼓室段、乳突段和茎乳孔等其他节段无显著差异,提示迷路段狭窄可能是面瘫的特定解剖学风险因素[26]。

2.4. 氧化应激机制

近年研究表明,氧化应激在周围性面神经麻痹的发病过程中发挥关键作用。Terzi 等人研究显示,贝尔麻痹患者血清总氧化物状态(TOS)和氧化应激指数(OSI)显著高于健康对照组[27]。当患者发生病毒感染或局部缺血缺氧时,体内会大量生成活性氧(reactive oxygen species, ROS)。一旦 ROS 产量超出机体自身的抗氧化防御能力,便会引发脂质过氧化、蛋白质变性及 DNA 损伤。由于面神经走行于狭窄的面神经管内,对氧化损伤尤为敏感,氧化应激会进一步加重神经内膜水肿、破坏神经屏障完整性并诱导线粒体功能障碍。这一机制为 α -硫辛酸等抗氧化药物的临床应用提供了理论基础,但目前相关高质量临床研究仍较为缺乏,其实际疗效有待更多证据验证。

2.5. 发病机制的交互作用与恶性循环网络

周围性面神经麻痹的发病常非单一途径的孤立事件,而是由病毒感染(如 HSV-1)、微循环障碍、解剖压迫与氧化应激等多种机制相互交织、形成正反馈的恶性循环网络。典型情况下,潜伏病毒的再激活可触发神经内膜的免疫炎症应答, $\text{NF-}\kappa\text{B}$ 等信号通路过度激活,驱动 $\text{TNF-}\alpha$ 、IL-6 等促炎介质大量释放,引起微血管内皮功能障碍与痉挛,导致神经缺血。由于面神经在骨性管道(尤其是狭窄的迷路段)内空间代偿能力极低,炎症水肿迅速升高神经内压,机械性压迫其滋养血管,从而形成“缺血-水肿-压迫-再缺血”的继发性循环恶化。在此缺氧和炎症微环境下,线粒体功能障碍导致活性氧(ROS)爆发性生成,同时诱导型一氧化氮合酶(iNOS)产生的大量一氧化氮(NO)与超氧阴离子结合,形成神经毒性更强的过氧亚硝酸盐(ONOO^-)。氧化应激不仅直接破坏神经髓鞘、细胞膜及轴浆运输,还可反向激活 $\text{NF-}\kappa\text{B}$ 等炎症通路,加剧炎症并促进神经周围纤维化,而持续的炎症状态又进一步刺激 ROS 生成,由此构成“氧化应激 $\rightleftharpoons$ 炎症”这一核心的双向恶化环节。当内源性抗氧化系统被持续消耗而耗竭时,恶性循环趋于稳固,最终导致轴突连续性中断,发生 Wallerian 变性,完成从功能性传导阻滞到结构性损伤的演变。

3. 传统治疗策略的现状与局限

周围性面神经麻痹的临床病程具有明确的阶段性特征,其分期对于指导治疗和判断预后至关重要。根据现有临床观察,该病程通常可分为四个阶段[28]。急性期为发病后 7 天内,此期以面神经急性炎症和水肿为主要特征,临床表现为眼睑闭合不全、口角歪斜、乳突区疼痛及压痛,部分患者可伴发耳鸣等听觉症状,且临床症状呈进行性加重趋势。恢复期为发病后 7 至 28 天,耳部相关症状逐渐缓解,面神经功能障碍进入相对稳定阶段,此期为临床干预和治疗的关键窗口期。恢复后期为发病后 1 至 3 个月,眼部症状开始逐步改善,但口角歪斜及鼻唇沟变浅等面部不对称体征仍持续存在,提示面神经功能恢复尚不完全。后遗症期为发病后超过 3 个月,面神经损伤程度较重,除开持续性面瘫症状外,部分患者可出现面肌痉挛、联带运动等后遗症表现,提示神经再生过程中出现异常支配或神经功能永久性损害。

3.1. 药物治疗

药物治疗是面瘫治疗的基础,医生会根据患者所处的不同阶段来调整用药方案。在发病的早期也就是急性期,临床医生们的核心治疗目标是尽快控制炎症和减轻神经水肿。因此,糖皮质激素如泼尼松是此时最常被使用的药物,它们能有效减轻神经的炎性肿胀[29]。如果医生判断面瘫与带状疱疹、单纯疱疹等病毒感染有关,通常会同时联用抗病毒药物,例如阿昔洛韦或伐昔洛韦[30]。为了给受损的神经提供修复所需的原料,甲钴胺、维生素 B1 等神经营养药物也同样会从急性期开始使用[31],并可能持续使用至恢复期甚至后遗症期。除了上述几类药物,在急性期有时还会使用一些辅助药物。例如甘露醇脱水剂来进一步减轻神经水肿,或使用银杏叶提取物等改善微循环的药物来增加神经的血流供应,改善其缺氧状态。中医辨证论治后开具的中药汤剂也是药物治疗的重要组成部分。但糖皮质激素治疗存在情绪变化、胃肠刺激和消化道出血、股骨头缺血性坏死等潜在副作用和风险,同时抗病毒药物在面神经麻痹治疗中的作用仍存在争议,其益处尚未得到证实[32]。

3.2. 物理与康复治疗

当急性期的炎症得到初步控制后,物理与康复治疗就变得至关重要。这些方法的目标是促进局部血液循环,防止肌肉萎缩,并帮助大脑和神经重新建立对面部肌肉的控制。针灸是其中应用非常广泛的一种方法,有研究基于数据挖掘技术分析了近十年针灸治疗特发性面神经麻痹的方案,发现以地仓、颊车、阳白为核心穴位组合的治疗效果甚佳[33]。在急性期,针刺手法会比较轻柔;进入恢复期后,可能会配合电针[34]、艾灸等方法来加强刺激[35],促进功能恢复。康复训练则需要患者主动参与,主要包括对着镜子练习抬眉、闭眼、鼓腮、微笑等面部动作,以及通过进行徒手功能训练改善肌肉筋膜的弹性及张力使瘫痪的肌肉本体感受器受到刺激,加速神经功能的重建。此外,临床上还会用到很多其他的物理因子治疗。如在急性期可能采用超短波、红外线照射来消炎消肿;在恢复期则可能使用低频电刺激来防止肌肉萎缩。有研究通过星状神经节阻滞技术,通过阻断颈部的交感神经来显著改善头面部的血液供应,从而减轻神经水肿[36]。尽管针灸等物理康复疗法在面瘫的临床治疗中已被广泛应用,但目前关于这些干预措施的疗效评价仍存在明显分歧。部分研究甚至提示早期针灸介入可能对面神经功能恢复产生不利影响[37]。因此,物理康复治疗在面神经麻痹中的应用价值、作用机制以及标准化治疗方案,仍需通过设计严谨的多中心临床研究进一步验证。

3.3. 传统手术治疗

周围性面神经麻痹患者的手术方案选择取决于神经损伤的具体情况和时期。对于神经本身还存在但被严重压迫的情况,医生可能会进行面神经减压术[38],目的是解除骨管对肿胀神经的压迫,为神经恢复创造空间。如果神经已经断裂或严重缺损,则可能需要进行神经修复手术,比如将断裂的神经两端重新吻合,或者从身体其他部位如耳大神经取一段神经移植过来进行桥接[39]。对于后遗症期的患者,手术目的更多是改善外观和部分功能。有研究通过将面神经与舌下神经连接的神经吻合术来尝试恢复一些面部肌肉的动力[40]。此外,还有肌肉转位等整形外科手术[41],旨在进行静态或动态的面容重建。需要注意的是,面瘫手术治疗的手术指征、方法、疗效、术后并发症等,在目前还需要高等级循证医学证据支持,且可能需要神经外科、耳鼻喉科、整形外科等多学科医生共同评估决策。

4. 新兴微创治疗策略: 脉冲射频神经调控

4.1. 技术原理与核心优势

脉冲射频(pulsed radiofrequency, PRF)的治疗原理在于,通过穿刺电极针在可控的电压、温度、频率、

脉宽、时间下,向目标神经组织施加一系列高频电脉冲[42]。不同于传统射频通过连续高温凝固周围神经结构组织,脉冲射频采用交替重复的电刺激,能量主要以电磁场形式传递,组织温度控制在 42℃ 以下,在不产生破坏性高温的情况下,得以调节神经电生理活动[43]。其核心优势是对目标神经组织的调控而非损毁,能够最大程度保留了神经的解剖结构完整性。PRF 整个操作在局部麻醉下进行,具有微创、安全且恢复较快的特点。目前脉冲射频治疗已经被广泛应用于各种神经源性疾病,如三叉神经痛[44]、面肌痉挛[45]等。因此在周围性面神经麻痹的治疗中,PRF 技术越来越受到人们的关注。

4.2. 治疗周围性面瘫的作用机制

PRF 治疗精准靶向 FNP 病理网络中的关键环节,其机制与前述病理环节高度对应。第一,抑制神经炎症与神经源性水肿。面瘫急性期的核心驱动力是病毒诱发及缺血继发的炎症级联。PRF 的高频电场可有效下调促炎因子及神经肽的表达,抑制中性粒细胞与血小板在微血管内的异常聚集,从源头阻断炎症介导的微血管血栓形成与血管痉挛[46]。同时,PRF 能促进抗炎物质及局部炎性渗出物的吸收,快速解除神经水肿与受压,打破缺血水肿压迫的恶性循环。近期研究进一步揭示,PRF 治疗可下调 NF- κ B p65 亚基的表达阻断其核转位[47],为上述临床效应提供了分子通路证据。第二,改善微循环与逆转缺血级联。针对面神经滋养血管的缺血损伤,PRF 电场刺激可解除微动脉痉挛,促使毛细血管开放并建立侧支循环,显著增加面神经局部血流量。血流灌注的恢复带来了氧气与营养底物,并加速代谢废物的清除,有效逆转原发与继发性缺血带来的组织损伤,既为神经修复提供原料,又可减轻因缺血缺氧导致的面部肌肉萎缩[48],保护神经元免受不可逆坏死。第三,拮抗氧化应激。缺氧和炎症微环境下 ROS 的爆发性生成及 ONOO⁻的神经毒性是面神经脱髓鞘的关键。研究表明,PRF 电刺激可呈参数依赖性上调 Nrf2 表达,促进其下游抗氧化酶 HO-1 表达,降低 ROS 水平[47]。同时,Nrf2 上调可抑制 CaMKII/p-CaMKII 信号,并进而抑制 NF- κ B 炎症通路,直接干预氧化应激与炎症的核心双向恶化环节。第四,促进神经修复与突触重塑。长期压迫与缺血导致面神经脱髓鞘及轴突变性。PRF 可通过上调关键神经营养因子(如 GDNF 和 BDNF)的水平,改善损伤局部的微环境,最终促进髓鞘再生与轴突生长[49]。廖志英[50]通过低频脉冲电流刺激治疗周围性面瘫发现,运动神经刺激可引起募集活动,激活更多肌纤维收缩并增强肌力,与 PRF 促进神经冲动传导的机制相契合。PRF 还通过增强轴突与树突的突触可塑性,梳理和重建受损的面神经肌肉运动单元,恢复神经对表情肌的精准支配,促使结构性损伤向功能重建恢复。

4.3. 临床适应证与治疗时间窗

理解这些机制后,临床医生需要明确哪些类型的 FNP 患者最适合行脉冲射频治疗。共识明确了脉冲射频的适用人群,其适应证主要包括面神经解剖结构尚存的功能性障碍,例如特发性贝尔面瘫、亨特综合征,以及由听神经瘤术后、颅底外伤、中耳炎或腮腺区手术等导致的继发性面瘫,对于后遗症期的面部联动症状,也可尝试应用。相反,面神经完全断裂或缺如的患者不适合此项治疗。穿刺部位存在感染、患者有未纠正的凝血功能障碍、装有心脏起搏器或处于妊娠及哺乳期等情况,通常也被视为行 PRF 治疗的禁忌证。

脉冲射频的治疗需结合周围性面瘫的病理分期与疾病演进特点来确定,2023 版专家共识结合临床分期明确了不同阶段的干预方案。对于急性期(发病 7 天内),共识推荐为 PRF 急性期冲击治疗窗口。发病 7 天内可行面神经干颅外段脉冲射频治疗 1 次,1~2 周后根据神经功能恢复情况重复 1 次[42]。此期面神经以急性炎症水肿为核心病理改变,早期干预可调节神经兴奋性、改善局部微循环、抑制炎症反应,为后续神经功能恢复创造条件。进入恢复期(发病 7~28 天)后,面神经炎症逐步消退,进入功能重塑的关键阶段,此期脉冲射频可通过增强突触可塑性、促进神经功能代偿。针对病程超过 1 个月的恢复后期及后

遗症期(发病>3个月)患者,脉冲射频仍具明确应用价值。此期部分患者已出现面肌痉挛、连带运动等后遗症,脉冲射频可通过调节神经传导、缓解异常放电改善症状。临床多采用渐进式频率方案,初始阶段每周治疗2次,后续根据恢复情况调整为每1~4周1次,总疗程控制在4~8次,同时可联合针刀、功能训练等综合干预提升疗效。目前针对不同病程的最佳干预时机与方案,仍需更多高质量临床研究予以明确。

4.4. PRF 的疗效评估

全面评估脉冲射频治疗周围性面瘫的疗效,我们需要从多个角度来观察。客观指标包括采用 House-Brackmann 分级系统评估面部肌力恢复程度[51],该量表通过临床观察和特定动作,如前额抬举、闭眼、口唇运动来量化面部肌肉的运动能力与对称性,是临床评估面神经损伤程度的标准化工具。其改良版面神经分级系统 2.0 (Facial Nerve Grading System 2.0, FNGS 2.0)细化了局部评估,对 III 级与 IV 级面瘫的区分更精准,但操作相对耗时,更适合中重度患者评估。Malm 等[52]提出的面部不对称指数(Facial Asymmetry Index, FAI)通过测量内眦至口角距离的两侧差值,量化静态面对称性,数值越高提示不对称越严重,该方法在面神经重建研究中已证实具有良好的信度与敏感性。鉴于脉冲射频治疗旨在改善面部运动对称性,FAI 可作为其疗效评估的重要补充指标,尤其适用于客观比较治疗前后静态面容的改善程度。此外,患者日常生活质量的变化,也是评估脉冲射频治疗疗效非常重要的一个角度。面瘫不仅仅影响外貌,它会给吃饭、喝水、刷牙甚至社交带来实实在在的困难。为了解这些影响,临床医生可以通过面部功能指数量表(Facial Disability Index, FDI) [53]询问患者在日常生活中遇到的具体困难,通过比较治疗前后问卷的得分,我们可以知道治疗在多大程度上帮助患者回归了正常生活,并减轻其心理负担。

5. 结论与展望

周围性面神经麻痹的本质是病毒感染、解剖压迫、微循环障碍与氧化应激交织形成的恶性循环网络,阻断该网络的关键节点是治疗的核心。脉冲射频技术通过靶向电磁场发挥神经调控作用,能够有效抑制神经炎症、改善缺血微环境、拮抗氧化应激并促进神经修复,为打破上述病理循环提供了微创、高效的干预手段。然而,当前 PRF 治疗 FNP 仍处于应用早期,面临最佳参数未定、长期效益证据不足及机制通路未完全闭环等局限。为推动 PRF 在面瘫治疗中的精准化与个体化应用,未来研究可聚焦以下三个方向:(1) 开发预测 PRF 疗效的液体生物标志物模型。目前尚缺乏可预判 PRF 临床响应率的有效工具,这制约了其精准应用的推广。未来可通过蛋白质组学或代谢组学技术,筛选血清神经丝轻链、细胞因子谱及神经营养因子等特异性标志物,构建多维度预测模型,以筛选优势人群、避免无效干预。(2) 开展比较 PRF 不同参数的头对头研究以实现方案标准化。当前临床参数设定多依赖经验,电压、脉宽、作用时长等参数差异较大,亟需借鉴 PRF 在带状疱疹后神经痛等领域的参数优化经验,开展多中心 RCT,头对头比较不同电压、脉宽及作用时长对 FNP 预后的影响,从而建立针对不同病程分期的标准化参数平台。(3) 深化 PRF 靶向分子通路的机制验证。现有 PRF 机制假说多源于现象学观察或动物实验推演。未来需利用基因敲除动物模型或类器官技术,验证 PRF 电场究竟通过何种具体受体或信号通路发挥抗炎与抗氧化作用,为开发具有类似靶向效应的无创神经调控设备或药物提供确切的分子靶点。

参考文献

- [1] Fann, L.Y., Wen, Y.L., Huang, Y.C., et al. (2024) Depressive Disorder and Elevated Risk of Bell's Palsy: A Nationwide Propensity Score-Weighting Study. *BMC Psychiatry*, 24, Article No. 284. <https://doi.org/10.1186/s12888-024-05730-2>
- [2] Baugh, R.F., Basura, G.J., Ishii, L.E., et al. (2013) Clinical Practice Guideline: Bell's Palsy. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 149, S1-S27. <https://doi.org/10.1177/0194599813493390a16>

- [3] 方菲, 边致远, 王稼炜, 等. 电针治疗非急性期周围性面瘫的 Meta 分析[J]. 浙江临床医学, 2025, 27(2): 234-237.
- [4] Calles, M.P., Marqués, F.V., Sánchez-Tocino, H., *et al.* (2023) Retrospective Study of Peripheral Facial Paralysis in a Tertiary Hospital over 3 Years. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*, **98**, 132-141. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2023.02.001>
- [5] Ji, J., Liu, Y., Wen, W., *et al.* (2021) The Efficacy and Safety of Acupoint Catgut Embedding for Peripheral Facial Paralysis Sequela: A Protocol for Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine*, **100**, e27769. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000027769>
- [6] 陆磊磊, 耿祝生. CT 引导下脉冲射频联合神经阻滞治疗头面部带状疱疹后神经痛的临床效果[J]. 中华全科医学, 2024, 22(10): 1696-1699.
- [7] Dalrymple, S.N., Row, J.H. and Gazewood, J.D. (2025) Bell's Palsy. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, **52**, 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2024.09.012>
- [8] Neckel, N., Nahles, S., Heiland, M., Audebert, H., Zdunczyk, A., Guntinas-Lichius, O., *et al.* (2025) Risk Factors Associated with Bell's Palsy: A Real-World Analysis of 281,600 Patients. *European Journal of Neurology*, **32**, e70336. <https://doi.org/10.1111/ene.70336>
- [9] Murakami, S., Mizobuchi, M., Nakashiro, Y., Doi, T., Hato, N. and Yanagihara, N. (1996) Bell Palsy and Herpes Simplex Virus: Identification of Viral DNA in Endoneurial Fluid and Muscle. *Annals of Internal Medicine*, **124**, 27-30. https://doi.org/10.7326/0003-4819-124-1_part_1-199601010-00005
- [10] Fujiwara, T., Matsuda, S., Tanaka, J. and Hato, N. (2017) Facial Paralysis Induced by Ear Inoculation of Herpes Simplex Virus in Rat. *Auris Nasus Larynx*, **44**, 58-64. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2016.04.002>
- [11] Moniuszko-Malinowska, A., Guziejko, K., Czarnowska, A., Kułakowska, A., Zajkowska, O., Pancewicz, S., *et al.* (2021) Assessment of Anti-HSV Antibodies in Patients with Facial Palsy in the Course of Neuroborreliosis. *International Journal of Clinical Practice*, **75**, e13749. <https://doi.org/10.1111/ijcp.13749>
- [12] Li, Y., Li, J., Mao, Y., Li, X., Liu, W., Xu, L., *et al.* (2015) The Alteration of SHARPIN Expression in the Mouse Brainstem during Herpes Simplex Virus 1-Induced Facial Palsy. *Neuroscience Letters*, **586**, 50-54. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.12.008>
- [13] Abdel-Aziz, M., Azab, N.A., Khalifa, B., Rashed, M. and Naguib, N. (2015) The Association of Varicella Zoster Virus Reactivation with Bell's Palsy in Children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **79**, 328-331. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.12.010>
- [14] Freire, D.C.R., Crema, D., Neiva, F.C., *et al.* (2022) Prevalence of Herpes Zoster Virus Reactivation in Patients Diagnosed with Bell's Palsy. *The Journal of Laryngology & Otology*, **136**, 975-978. <https://doi.org/10.1017/s0022215121004631>
- [15] Wang, A., Xie, W. and Zhang, J. (2025) The Synergistic Role of Viral Infection and Immune Response in the Pathogenesis of Facial Palsy. *Journal of NeuroVirology*, **31**, 208-218.
- [16] Zhang, W., Xu, L., Luo, T., *et al.* (2020) The Etiology of Bell's Palsy: A Review. *Journal of Neurology*, **267**, 1896-1905. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09282-4>
- [17] Singh, A. and Deshmukh, P. (2022) Bell's Palsy: A Review. *Cureus*, **14**, e30186.
- [18] 王军, 代诚, 赵慧, 等. 大鼠缺血性面瘫动物模型的建立[J]. 临床耳鼻咽喉科杂志, 1999, 13(10): 464-465.
- [19] Hilger, J.A. (1949) The Nature of Bell's Palsy. *The Laryngoscope*, **59**, 228-235. <https://doi.org/10.1288/00005537-194903000-00003>
- [20] Grewal, D.S. (2018) Bell's Palsy-Tertiary Ischemia: An Etiological Factor in Residual Facial Palsy. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, **70**, 374-379. <https://doi.org/10.1007/s12070-018-1381-9>
- [21] Nicolau, A.M., Silva, P.G., Mejía, H.P.G., Granada, J.F., Kaluza, G.L., Burkhoff, D., *et al.* (2025) Molecular Mechanisms of Microvascular Obstruction and Dysfunction in Percutaneous Coronary Interventions: From Pathophysiology to Therapeutics—A Comprehensive Review. *International Journal of Molecular Sciences*, **26**, Article 6835. <https://doi.org/10.3390/ijms26146835>
- [22] Ziegler, M., Wang, X. and Peter, K. (2019) Platelets in Cardiac Ischaemia/Reperfusion Injury: A Promising Therapeutic Target. *Cardiovascular Research*, **115**, 1178-1188. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvz070>
- [23] Gupta, S., Mends, F., Hagiwara, M., Fatterpekar, G. and Roehm, P.C. (2013) Imaging the Facial Nerve: A Contemporary Review. *Radiology Research and Practice*, **2013**, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2013/248039>
- [24] Ozan, S.E. and Arslan, H. (2018) Evaluation of the Facial Nerve and Internal Auditory Canal Cross-Sectional Areas on Three-Dimensional Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition Magnetic Resonance Imaging in Bell's Palsy. *Turkish Journal of Medical Sciences*, **48**, 525-530. <https://doi.org/10.3906/sag-1707-142>
- [25] Kefalidis, G., Riga, M., Argyropoulou, P., Katotomichelakis, M., Gouveris, C., Prassopoulos, P., *et al.* (2010) Is the Width of the Labyrinthine Portion of the Fallopian Tube Implicated in the Pathophysiology of Bell's Palsy: A Prospective

- Clinical Study Using Computed Tomography. *The Laryngoscope*, **120**, 1203-1207. <https://doi.org/10.1002/lary.20896>
- [26] Celik, O., Eskiizmir, G., Pabuscı, Y., Ulkumen, B. and Toker, G.T. (2017) The Role of Facial Canal Diameter in the Pathogenesis and Grade of Bell's Palsy: A Study by High Resolution Computed Tomography. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, **83**, 261-268. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.03.016>
- [27] Terzi, S., Dursun, E., Yılmaz, A., Coşkun, Z.Ö., Özgür, A., Çeliker, M., et al. (2017) Oxidative Stress and Antioxidant Status in Patients with Bell's Palsy. *Journal of Medical Biochemistry*, **36**, 18-22. <https://doi.org/10.1515/jomb-2016-0033>
- [28] 俞向梅, 陈小梅, 龚德贵, 等. 基于不同分期疾病特点解析针灸康复综合治疗周围性面瘫的临床经验[J]. 时珍国医国药, 2026, 37(7): 1331-1334.
- [29] Garro, A. and Nigrovic, L.E. (2018) Managing Peripheral Facial Palsy. *Annals of Emergency Medicine*, **71**, 618-624. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2017.08.039>
- [30] Sullivan, F., Daly, F. and Gagyor, I. (2016) Antiviral Agents Added to Corticosteroids for Early Treatment of Adults with Acute Idiopathic Facial Nerve Paralysis (Bell Palsy). *Journal of the American Medical Association*, **316**, 874-875. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.10160>
- [31] 姚宏伟, 黄红, 潘猛, 等. 注射用腺苷钴胺合谷穴穴位注射联合透刺经筋法治疗急性周围性面瘫的疗效观察[J]. 中医药导报, 2021, 27(7): 90-92.
- [32] Berg, T. and Jonsson, L. (2013) Peripheral Neuropathies: Corticosteroids and Antivirals in Bell Palsy. *Nature Reviews Neurology*, **9**, 128-129. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2013.8>
- [33] 赵珊, 邹德辉, 冯开新, 等. 近十年针灸治疗顽固性面瘫选穴规律分析[J]. 中国民族民间医药, 2023, 32(24): 93-98.
- [34] 蒋阳, 张丹, 吴嘉龄, 等. 电针联合揠针治疗贝尔麻痹: 一项基于面瘫严重程度分层的随机对照试验[J]. 针刺研究, 2024, 49(9): 940-950.
- [35] 王滢婷, 杨向炎. 穴位注射甲钴胺联合艾灸灯加针刺治疗特发性面神经麻痹 23 例[J]. 浙江中医杂志, 2024, 59(4): 322-323.
- [36] 鄢毅, 曹新添, 张学学, 等. 超声引导下星状神经节阻滞联合低剂量激素治疗急性期贝尔面瘫的临床观察[J]. 中国疼痛医学杂志, 2019, 25(8): 587-591.
- [37] Zhang, H., Du, H., Qian, M., Wang, Y., Zhou, S., Chen, J., et al. (2019) A Study of Affecting the Recovery of Chinese Patients with Bell Palsy. *Medicine*, **98**, e14244. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000014244>
- [38] 王璞, 张文阳, 王咏峰, 等. 面神经减压术治疗贝尔面瘫和亨特综合征效果分析[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2024, 38(5): 391-394.
- [39] 汪照炎. 面瘫修复的研究进展[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2020, 26(1): 18-23.
- [40] González-Darder, J.M., Capilla-Guasch, P., Escartín, F.P. and Quilis-Quesada, V. (2020) Side-to-End Hypoglossal-Facial Neurorrhaphy for Treatment of Complete and Irreversible Facial Paralysis after Vestibular Schwannoma Removal by Means of a Retrosigmoid Approach: A Clinical and Anatomic Study. *World Neurosurgery*, **136**, e262-e269. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.12.149>
- [41] Croisé, B., Paré, A., Marmouset, F., Bregeaut, P., Joly, A. and Laure, B. (2019) Lengthening Temporalis Myoplasty and Reduction of the Swallowing Oral Phase Dysfunction in Facial Palsy Patients. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, **72**, 1157-1163. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2019.02.027>
- [42] 程诚, 毛更生, 赵建华, 等. 脉冲射频治疗周围性面瘫中国专家共识(2023 版) [J]. 神经损伤与功能重建, 2023, 18(10): 559-563.
- [43] Podhajsky, R.J., Sekiguchi, Y., Kikuchi, S. and Myers, R.R. (2005) The Histologic Effects of Pulsed and Continuous Radiofrequency Lesions at 42°C to Rat Dorsal Root Ganglion and Sciatic Nerve. *Spine*, **30**, 1008-1013. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000161005.31398.58>
- [44] 刘刚, 贾子普. 螺旋 CT 引导下半月神经节脉冲射频治疗三叉神经痛的回顾性分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2023, 18(4): 201-204.
- [45] 胡雪松, 董绍兴, 陈黎跃, 等. 面神经脉冲射频、星状神经节阻滞联合冲击波治疗面肌痉挛研究[J]. 云南医药, 2019, 40(1): 26-29.
- [46] Jiang, R., Li, P., Yao, Y., Li, H., Liu, R., Huang, L., et al. (2019) Pulsed Radiofrequency to the Dorsal Root Ganglion or the Sciatic Nerve Reduces Neuropathic Pain Behavior, Decreases Peripheral Pro-Inflammatory Cytokines and Spinal B-Catenin in Chronic Constriction Injury Rats. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, **44**, 742-746. <https://doi.org/10.1136/rapm-2018-100032>
- [47] Fan, X. and Yu, X. (2026) Pulsed Radiofrequency Attenuates Mechanical Hypersensitivity in Neuropathic Pain Rats by

- Activating the Nrf2-Regulated CaMKII/NF- κ B Signaling Pathway. *The Korean Journal of Pain*, **39**, 86-95.
<https://doi.org/10.3344/kjp.25236>
- [48] 章曦. 脉冲电刺激对透刺法治疗周围性面瘫临床疗效影响的观察[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南省中医药研究院, 2008.
- [49] 贾子普, 任浩, 李倩, 等. 脉冲射频对 CCI 大鼠坐骨神经组织学及脊髓 GDNF 表达的影响[J]. 中国疼痛医学杂志, 2016, 22(5): 342-348.
- [50] 廖志英. 低频脉冲电流刺激结合针刺治疗周围性面瘫的效果评价[J]. 中国当代医药, 2017, 24(26): 144-146.
- [51] House, J.W. and Brackmann, D.E. (1985) Facial Nerve Grading System. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, **93**, 146-147. <https://doi.org/10.1177/019459988509300202>
- [52] Albathi, M., Byrne, P., Ishii, M., Ishii, L., Boahene, K. and Malm, I. (2018) Facial Asymmetry Index: Validation and Applications in Various Smile Restoration Techniques. *Facial Plastic Surgery*, **34**, 381-383.
<https://doi.org/10.1055/s-0038-1660836>
- [53] Özden, F., Tümtürk, İ. and Sarı, Z. (2022) Psychometric Properties of the Facial Disability Index in Patients with Facial Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurological Sciences*, **43**, 4157-4165.
<https://doi.org/10.1007/s10072-022-06066-z>