

^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗在临床应用中的研究进展

王良平, 黄成美, 王欢, 吴捷, 何涛*

攀枝花市中心医院核医学科, 四川 攀枝花

收稿日期: 2025年8月15日; 录用日期: 2025年9月8日; 发布日期: 2025年9月18日

摘要

放射性核素敷贴治疗是核医学治疗的传统项目之一, 在临床上已应用了40多年, 通过放射性核素衰变后产生各类放射线的电离辐射生物效应达到治疗目的。 ^{90}Sr - ^{90}Y 是临床上常用的核素敷贴器, 虽然目前大量临床研究肯定了核素敷贴的疗效, 但使用 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合手术、药物治疗后, 能更加显著提高疗效、降低复发率、减轻不良反应。本文就 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗在临床应用中的研究进展做一简要综述。

关键词

^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴, 婴幼儿血管瘤, 瘢痕疙瘩, 翼状胬肉, 疗效

Research Progress of ^{90}Sr - ^{90}Y Radionuclide Application in Clinical Application

Liangping Wang, Chengmei Huang, Huan Wang, Jie Wu, Tao He*

Department of Nuclear Medicine, Panzhihua Central Hospital, Panzhihua Sichuan

Received: Aug. 15th, 2025; accepted: Sep. 8th, 2025; published: Sep. 18th, 2025

Abstract

Radionuclide application is one of the traditional items of nuclear medicine, which has been used in clinic for more than 40 years. Radionuclide decay produces all kinds of ionizing radiation biological effects to achieve the treatment purpose. ^{90}Sr - ^{90}Y is a commonly used radionuclide applicator in clinic, although a large number of clinical studies have confirmed the efficacy of radionuclide application, the use of ^{90}Sr - ^{90}Y radionuclide application combined with surgery and drugs can significantly improve the curative effect, reduce the recurrence rate and reduce adverse reactions. This article briefly reviews the research progress of ^{90}Sr - ^{90}Y radionuclide application in clinical application.

*通讯作者。

文章引用: 王良平, 黄成美, 王欢, 吴捷, 何涛. ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗在临床应用中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(9): 1102-1107. DOI: 10.12677/acm.2025.1592598

Keywords

⁹⁰Sr-⁹⁰Y Radionuclide Application, Infantile Hemangioma, Keloid, Pterygium, Clinical Effect

Copyright © 2025 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. 概述

放射性核素敷贴治疗是将放射性核素制作成敷贴器，作为外照射源紧贴于病变部位，通过射线的电离辐射生物效应，达到治疗目的，是核医学治疗的传统项目之一。尤其是在皮肤毛细血管瘤及瘢痕疙瘩等治疗方面有其独特优势，敷贴器使用方便、造价低廉，现广泛应用于皮肤病的治疗。一般选择产生 β 射线的核素制成敷贴器，因为 β 射线具有穿透能力弱、组织内射程短、电离能力强等优势，不会对临近组织和深部脏器造成辐射损伤，适用于对体表进行直接照射治疗(敷贴治疗)，目前临床中使用的敷贴治疗用核素主要为³²P和⁹⁰Sr-⁹⁰Y [1] [2]。放射性核素³²P的半衰期为14.3天，放射纯 β 射线，释放出的能量为1.71 MeV，组织内最大射程为8 mm。放射性核素⁹⁰Sr的半衰期为28.1年，可经 β 衰变转变成子代产物⁹⁰Y，再经一次 β 衰变成稳定的核素⁹⁰Zr，此过程中释放出的 β 射线，能量分别约为0.65 MeV和2.2 MeV，其中能量为2.2 MeV的 β 射线起主要治疗作用，组织内最大射程为12.9 mm，随着组织深度的增加其剂量也会急速降低，其中3 mm深的组织即可吸收90%以上的 β 射线，仅有极少数(约1.9%)的能达到4 mm及以下的深度，故不会对于深部组织造成损伤，适合应用于浅表性皮肤病变(<3 mm) [3] [4]。

2. ⁹⁰Sr-⁹⁰Y 核素敷贴联合治疗婴幼儿血管瘤

婴幼儿血管瘤(Infantile hemangioma, IH)是婴幼儿最常见的良性皮肤肿瘤，发病率约为2%~10%，80%的IH出现在面部和颈部，大多数血管瘤不需要立即治疗，可自行消退，但不自行消退的浅表性血管瘤会随着治疗时间的延后增加可能出现的皮损的风险，引起皮肤的破溃、感染、出血等并发症，不但加大了治疗难度，而且对治疗的效果也有一定不良影响。目前IH治疗方法包括外科手术、药物治疗、冷冻、激光、药物治疗(如普萘洛尔)以及放射性核素敷贴治疗等[5]-[7]。对于手术治疗，因患儿年龄较小，多种手术治疗方式受限，再加上术中创伤、术后伤口疼痛及疤痕形成等对美观产生了影响，加重了家长的心理负担。虽然核素敷贴治疗效率高、操作简单方便，但因个体差异治疗过程中对剂量难以精准把控，部分患者可能会导致局部皮肤色素沉着或缺失、皮下组织萎缩或溃烂，单一的治疗方法均存在不同程度的短板，因此联合治疗是IH治疗的首选，疗效更好，疗程也更短，不良反应的发生率也更低[8]。

对于浅表型婴幼儿血管瘤，与单用核素敷贴治疗相比，⁹⁰Sr-⁹⁰Y小剂量敷贴治疗与噻吗洛尔局部外用二者联合应用，能明显减少敷贴治疗累积吸收剂量[9]。李锦林等学者对2020年6月至2021年2月间145例(共179处血管瘤)经过⁹⁰Sr-⁹⁰Y核素敷贴联合马来酸噻吗洛尔滴眼液治疗的浅表性IH患儿进行了回顾性分析，研究结果显示治疗的总有效率为96.6% (173/179)，并且IH的疗效与血管瘤瘤体的面积关系紧密，面积越大疗效越好[8]。刁丽娜等研究中也发现，与使用单一⁹⁰Sr-⁹⁰Y敷贴治疗相比，对患儿加用噻吗洛尔滴眼液外用疗法后治疗总有效率更高，并且治疗后bFGF、VEGF水平均较对照组更低，提示联合施行⁹⁰Sr敷贴+噻吗洛尔滴眼液外用疗法更有助于抑制血管瘤生长，对改善和控制病情具有积极意义[10]。普萘洛尔是目前临床中用于治疗IH的最常用药物之一，普萘洛尔可对血管 β 受体起到阻断作用，促使血管收缩，也可通过降低血浆VEGF、bFGF水平，对血管瘤血管内皮细胞的增殖起到抑制作用，从

而抑制血管瘤血管生长,为进一步探讨核素 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴与盐酸普萘洛尔联合使用在婴幼儿皮肤血管瘤中的应用价值,刘阳等学者对婴幼儿皮肤血管瘤患儿采用了核素 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴联合盐酸普萘洛尔治疗,并与单用核素 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗进行了对比,结果显示通过联合治疗后临床总有效率高达 100%,并且联合治疗组患儿的血浆 VEGF、bFGF 水平下降程度也明显大于单用盐酸普萘洛尔治疗组,但在治疗过程中联合治疗组患儿 3 例发生了心率过缓、2 例低血糖、2 例肝肾损害,这表明虽然联合治疗可以有效抑制血管瘤增殖,但治疗方案存在一定的全身性不良反应,治疗过程中需做好监测,以提高治疗的安全性[11]。

3. ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合治疗瘢痕疙瘩

瘢痕疙瘩是一种纤维增生性皮肤病,在皮肤损伤或炎症后的修复过程中发生异常愈合,其特征是以胶原蛋白紊乱和钙化为主的细胞外基质大量产生,瘢痕疙瘩具有创伤范围外过度生长的特点,容易侵犯邻近皮肤组织,无法自行消退。瘢痕疙瘩除了外观不美观外,还可引起刺痛、灼热、局部瘙痒等临床症状,可能会导致严重的功能障碍[12]-[14]。

对于瘢痕疙瘩来说由于没有单一的、完全有效的治疗方式,预防仍然是减少异常瘢痕形成的最佳方法,当预防治疗失败时,激光、手术切除、局部注射皮质类固醇、5-氟尿嘧啶及核素敷贴治疗等都能取得不同程度的疗效,不过单一治疗方案很难达到预期效果,且需要多次治疗,并且还有可能出现瘢痕复发及伴有不同程度的并发症,因此采用联合治疗能最大程度地降低复发率[15]。黎凤明等学者回顾性分析了 183 例瘢痕疙瘩患者分别使用单纯切除缝合、单纯切除缝合 + 放射性核素敷贴治疗和整形外科手术 + 放射性核素敷贴治疗后的临床效果,结果显示通过整形外科手术 + 放射性核素敷贴联合治疗的有效率明显更高[16]。Viani 等对 612 例手术后行 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗的瘢痕疙瘩患者临床资料进行了回顾分析,每位患者照射总剂量为 10 Gy,分 10 次照射,平均随访时间为 61 个月,总无复发率达到 87.6%,多因素分析进一步显示瘢痕疙瘩直径 > 5 cm 和烧伤瘢痕是瘢痕疙瘩复发的影响因素[17]。除手术 + ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合治疗外,Deng 等学者通过一项随机对照实验发现,局部注射曲安奈德和 5-氟尿嘧啶治疗瘢痕疙瘩后再行 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗,能有效减少瘢痕疙瘩的复发,经 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗后,瘢痕疙瘩的一年复发率从 85.7% 降至 44.4% [18]。

4. ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合治疗翼状胬肉

翼状胬肉(Pterygium)是一种常见的眼表疾病,由角膜巩膜缘的结膜血管、上皮细胞等异常增殖生长、侵袭角膜所致,具有纤维血管增生、慢性炎症细胞浸润、成纤维细胞增殖和侵袭等特征。翼状胬肉的发病机制尚未阐明,目前发现紫外线、高温等环境因素以及细胞外基质重塑、氧化应激、细胞的增殖和凋亡、炎症等多种机制均参与了翼状胬肉的发生与发展过程,翼状胬肉治疗以手术为主,但术后复发率较高,需结合辅助治疗,如结膜自体移植、糖皮质激素、丝裂霉素 C、激光治疗、核素敷贴治疗等[19]-[21]。

多年以来, ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合治疗翼状胬肉的有效性已得到了学界的充分肯定,在较早的一项研究中,NISHIMURA 等学者对 1984~1996 年间 399 例共 490 处病灶的翼状胬肉术后患者应用了 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗,并进行了为期 2~178 个月随访,结果显示共有 58 例(11.8%)复发,多因素分析显示手术和核素敷贴治疗开始之间的时间间隔(1~3 天和 >3 天)是翼状胬肉病灶复发的影响因素,在术后 3 天内开始敷贴治疗,40 Gy/4~5 次的照射剂量对于预防翼状胬肉的复发是安全有效的[22]。但目前 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗翼状胬肉的最佳剂量和分割方案没有普遍的共识,Nakamatsu 等学者进行的一项随机对照实验评估了手术切除翼状胬肉后使用总照射量 40 Gy/4 次的 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗是否比总剂量 30 Gy/3 次治疗具有更好的局部控制率,研究纳入了 71 例翼状胬肉病例(总计 74 处病灶),随机分为了 30 Gy/3 次/15 d 治疗组和 40 Gy/4 次/22 d 治疗组,所有病例均在术后 3 天进行 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗,每周进行 1 次 10 Gy

剂量治疗(第 1、8、15、22 天),对所有病例进行为期 2 年的随访,结果显示两组病例的局部控制率分别为 85%和 75%,差异无统计学意义,因此作者认为术后 30 Gy/3 次/15 d 的 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗剂量是可行的[23]。Qin 等学者为了探讨低剂量 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗对翼状胬肉复发的远期影响,对 104 例翼状胬肉术后进行 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴病例进行了长达 10 年的随访,每位患者均在术后第 6 天开始,每隔 1 天进行 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗,总共治疗 3 次,治疗总剂量为 2000 cGy 至 3000 cGy (20 Gy~30 Gy),术后 2 天、5 天、2 周、1 个月、3 个月、1 年、5 年和 10 年分别对患者进行随访,直至随访结束未观察到任何患者翼状胬肉的复发[24]。虽然对照射总剂量和分割方案仍有一定的争议,但从已报道的临床证据来看,从手术切除后 3 天内开始,总剂量 30 Gy/3 次照射,分 2~3 周进行,可获得与较高剂量相同的局部控制效果,且晚期副作用较小[20]。使用 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗对于降低翼状胬肉手术切除后的复发率是有效的,尤其是原发性翼状胬肉,在长期内的安全性也能得到保证,由于 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗操作简便,仍将是翼状胬肉手术切除后的标准辅助治疗重要组成部分。

5. ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合治疗在神经性皮炎中的应用

神经性皮炎是一种皮肤慢性神经功能障碍性疾病,以皮肤苔藓样变和剧烈瘙痒为特征,目前本病病因未明,且易复发,迁延难愈,对患者的生活质量有较大影响[25]。崔伯鸾等学者对神经性皮炎患者进行了 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗,并监测了临床疗效及安全性,研究共纳入了 82 例病理确诊的神经性皮炎患者,口服和外用药物治疗时间大于半年且无效,对于轻度病变采用小剂量多次照射,每次照射 1~3 Gy,2 次/周,3~5 次为一个疗程,总剂量 5~12 Gy;对于中度病变,采用一次性给予大剂量,一次 6~8 Gy,对于疗效较差者,于第 1 次治疗 45 d 后再给予 4~6 Gy;较重病变则采用 1 次大剂量与多次小剂量联合,先行 5~8 Gy 照射,1 周后给予 2~4 Gy/周,总剂量控制 15~16 Gy;治疗后痊愈患者达 79.37%,显效患者占 12.19%,虽然部分患者治疗后 1 周左右出现瘙痒加剧及局部水肿,但经口服抗组胺药后症状明显减轻[26]。万华兵等则对神经性皮炎患者采用了 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合复方氟米松软膏进行治疗,氟米松为局部外用的糖皮质激素制剂,具有抗组胺、抗炎的作用, ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗十天为一疗程,每天治疗一次,总剂量 25 Gy 左右;复方氟米松软膏涂擦于病损处皮肤,每天涂擦 1~2 次,两次使用时间间隔大于 6 h,两周为一个疗程;研究共纳入 60 例,治疗 6 周后复查,总有效率达到 90%,并且治疗期间均未发现明显不良反应[27]。 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合治疗神经性皮炎,具有肯定的疗效,且复发率低、不良反应低,是一种值得临床推广使用的治疗方法。

6. ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴辐射安全、治疗反应及处理

放射性核素敷贴治疗在我国应用了半个多世纪,实践证明其安全性高, ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴释放 β 射线,在组织中具有射程短、电离能力强等特点,不会造成真皮层损伤,更不会对全身有影响,具有简便、安全、无痛、疗效确切等优点[28]。敷贴器安全性与其所发射出的 β -射线物理特性有关,具体如下:电离能力强、穿透力弱、剂量随组织深度的增加而迅速减少,深度 1 mm 处剂量为 53%,2 mm 处为 26%,3 mm 处为 12%,4 mm 处为 5.6%,5 mm 处为 2.5%,而 6 mm 处仅剩 1%,因而不会引起深部或邻近组织损伤。治疗剂量安全:临床严格控制照射剂量,远低于致癌阈值,长期随访未发现继发癌症案例。治疗后无残留辐射:治疗结束后射线立即消失,无需隔离,不影响正常生活。特殊人群获益高: ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗具有无创无麻醉的特点,婴幼儿耐受性好,血管瘤治愈率可达 90%~98%;每次治疗照射仅需 3 分钟左右,家长配合固定,治疗中可安抚分散注意力,可达到患儿边治疗边玩耍的效果。

^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴的治疗原理:病变组织对电离辐射更为敏感,接受一定剂量的电离辐射后,会受到破坏;还有的病变组织在接受电离辐射后,微血管发生萎缩;部分患者在病变组织经照射后,局部血管

渗透性该病, 白细胞增加, 吞噬作用加强, 使得疾病得到治疗[29], 故敷贴治疗过程中一般无全身反应, 局部反应程度及出现的时间取决于治疗的总剂量、剂量率及个体对射线的敏感性, 常见的局部反应包括急性放射性皮炎、慢性放射性皮炎。依据美国肿瘤放射治疗协作组的分级标准, 将急性放射性皮炎分为5级[30]。0级: 无明显变化; I级: 轻微的滤泡样红斑、暗红斑、干性脱皮、出汗减少; II级: 鲜红色红斑、痒痛、斑点样湿性脱皮、中度水肿; III级: 水泡、非皱褶处的融合性湿性脱皮、凹陷性水肿; IV级: 坏死、溃疡、出血[31]。病变部位的急性放射性皮炎的发生是达到治疗效果的必经阶段, 但对正常组织则要尽量避免急性放射性皮炎的发生, 故在治疗过程中应用铅胶皮屏蔽周围正常组织。受照射区域的放射性皮炎属于正常现象, 一旦发生需要立即停止敷贴治疗(特别是在发生II级以上的放射性皮炎时)并密切观察, 采取相应的处理措施(包括但不限于: 避免搔抓, 防止感染, 保持局部清洁; 多食用富含维生素食物, 避免食用辛辣刺激食物; 皮肤如有脱皮, 勿用手撕脱, 待其自然脱落即可; 使用类固醇激素及抗组胺药物对症治疗; 使用药物促进创面恢复)。如果局部发生破溃, 一般都能自愈。慢性放射性皮炎的潜伏期可达数月甚至数年, 或由急性放射性皮炎转变而来, 其特征为皮肤附件(皮脂腺、汗腺、毛囊、色素细胞等)损伤, 皮肤色素脱失或沉着, 真皮纤维化、萎缩及毛细血管扩张。对于慢性放射性皮炎无特殊处理措施, 因此在制定治疗方案时, 需谨慎平衡疗效与慢性放射性皮炎的风险, 确保治疗剂量既能达到预期疗效, 又能最大限度地降低慢性放射性皮炎的发生率。

7. 小结

^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗是核医学治疗的传统项目之一, 是一种无创治疗, 治疗简便、安全, 通过放射性核素衰变产生 β 射线的电离辐射生物效应, 抑制或破坏病变组织, 达到治疗目的。虽然 ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗疗效确切, 但是单一治疗的疗效有限, 在某些疾病的运用中也具有较高复发率, ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴治疗经过联合药物、手术治疗后, 不仅会大大提高治疗的有效率, 还能大大降低复发率, 减轻甚至杜绝不良反应的产生。综上所述, ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合手术、药物治疗在诸多皮肤浅表性疾病的治疗中疗效显著、确切、安全, 且方法简便、无痛苦, 患者易于接受, 是值得临床推广应用的有效方法。

参考文献

- [1] 李方, 兰晓莉. 核医学[M]. 第3版. 北京: 人民卫生出版社, 2021.
- [2] Xu, J., Yang, E., Yu, N. and Long, X. (2017) Radiation Therapy in Keloids Treatment: History, Strategy, Effectiveness, and Complication. *Chinese Medical Journal*, **130**, 1715-1721. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.209896>
- [3] 王菲楠, 范新东. 放射性核素治疗婴幼儿血管瘤的现状[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2016, 14(5): 471-474.
- [4] 李锦林. 噻吗洛尔滴眼液联合 ^{90}Sr 核素敷贴治疗浅表性婴幼儿血管瘤研究[D]: [硕士学位论文]. 海口: 海南医学院, 2022.
- [5] Sebaratnam, D.F., Rodríguez Bandera, A.L., Wong, L.F. and Wargon, O. (2021) Infantile Hemangioma. Part 2: Management. *Journal of the American Academy of Dermatology*, **85**, 1395-1404. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2021.08.020>
- [6] Rodríguez Bandera, A.I., Sebaratnam, D.F., Wargon, O. and Wong, L.F. (2021) Infantile Hemangioma. Part 1: Epidemiology, Pathogenesis, Clinical Presentation and Assessment. *Journal of the American Academy of Dermatology*, **85**, 1379-1392. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2021.08.019>
- [7] Kowalska, M., Dębek, W. and Matuszczak, E. (2021) Infantile Hemangiomas: An Update on Pathogenesis and Treatment. *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article 4631. <https://doi.org/10.3390/jcm10204631>
- [8] 李锦林, 戴远舰, 李敏, 等. ^{90}Sr - ^{90}Y 核素敷贴联合马来酸噻吗洛尔滴眼液治疗浅表性婴幼儿血管瘤的临床效果[J]. 海南医学, 2022, 33(17): 2248-2250.
- [9] 余丰文, 刘德军, 冯彦林, 等. ^{90}Sr - ^{90}Y 小剂量敷贴与噻吗洛尔局部外用及其联合应用治疗浅表型婴幼儿血管瘤的前瞻性队列研究[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(5): 280-285.
- [10] 刁丽娜, 唐武儒, 韦爱芳, 等. 锶 90 敷贴联合噻吗洛尔滴眼液外用治疗婴幼儿血管瘤87例的效果[J]. 中外医学研

- 究, 2021, 19(25): 159-161.
- [11] 刘阳, 孟静, 周涛, 等. 核素 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴联合盐酸普萘洛尔治疗婴幼儿皮肤血管瘤临床分析[J]. 河南科技大学学报(医学版), 2018, 36(4): 301-303, 313.
- [12] Feng, F., Liu, M., Pan, L., Wu, J., Wang, C., Yang, L., *et al.* (2022) Biomechanical Regulatory Factors and Therapeutic Targets in Keloid Fibrosis. *Frontiers in Pharmacology*, **13**, Article 906212. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.906212>
- [13] Latoni, D.I., McDaniel, D.C., Tsao, H. and Tsao, S.S. (2024) Update on the Pathogenesis of Keloid Formation. *JID Innovations*, **4**, Article ID: 100299. <https://doi.org/10.1016/j.xjidi.2024.100299>
- [14] Jeschke, M.G., Wood, F.M., Middelkoop, E., Bayat, A., Teot, L., Ogawa, R., *et al.* (2023) Scars. *Nature Reviews Disease Primers*, **9**, Article No. 64. <https://doi.org/10.1038/s41572-023-00474-x>
- [15] Frech, F.S., Hernandez, L., Urbonas, R., Zaken, G.A., Dreyfuss, I. and Nouri, K. (2023) Hypertrophic Scars and Keloids: Advances in Treatment and Review of Established Therapies. *American Journal of Clinical Dermatology*, **24**, 225-245. <https://doi.org/10.1007/s40257-022-00744-6>
- [16] 黎凤明, 田晓东, 刘云瑛, 等. 联合整形外科手术及 ^{90}Si - ^{90}Y 放射性核素敷贴治疗瘢痕疙瘩的临床应用研究[J]. 中国临床医生杂志, 2016, 44(9): 32-34.
- [17] Viani, G.A., Stefano, E.J., Afonso, S.L. and De Fendi, L.I. (2009) Postoperative Strontium-90 Brachytherapy in the Prevention of Keloids: Results and Prognostic Factors. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, **73**, 1510-1516. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2008.07.065>
- [18] Deng, K., Xiao, H., Liu, X., Ogawa, R., Xu, X. and Liu, Y. (2021) Strontium-90 Brachytherapy Following Intralesional Triamcinolone and 5-Fluorouracil Injections for Keloid Treatment: A Randomized Controlled Trial. *PLOS ONE*, **16**, e0248799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248799>
- [19] 江华维, 刘霞, 王艳, 等. 翼状胬肉发病机制的研究进展[J]. 昆明医科大学学报, 2023, 44(1): 144-150.
- [20] Ali, A.M., Thariat, J., Bensadoun, R., Thyss, A., Rostom, Y., El-Haddad, S., *et al.* (2011) The Role of Radiotherapy in the Treatment of Pterygium: A Review of the Literature Including More than 6000 Treated Lesions. *Cancer/Radiothérapie*, **15**, 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2010.03.020>
- [21] Van Acker, S.I., Van den Bogerd, B., Haagdoorens, M., Siozopoulou, V., Ní Dhubhghaill, S., Pintelon, I., *et al.* (2021) Pterygium—The Good, the Bad, and the Ugly. *Cells*, **10**, Article 1567. <https://doi.org/10.3390/cells10071567>
- [22] Nishimura, Y., Nakai, A., Yoshimasu, T., Yagyū, Y., Nakamatsu, K., Shindo, H., *et al.* (2000) Long-Term Results of Fractionated Strontium-90 Radiation Therapy for Pterygia. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, **46**, 137-141. [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(99\)00419-8](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(99)00419-8)
- [23] Nakamatsu, K., Nishimura, Y., Kanamori, S., Koike, R., Tachibana, I., Nishikawa, T., *et al.* (2011) Randomized Clinical Trial of Postoperative Strontium-90 Radiation Therapy for Pterygia: Treatment Using 30 Gy/3 Fractions vs. 40 Gy/4 Fractions. *Strahlentherapie und Onkologie*, **187**, 401-405. <https://doi.org/10.1007/s00066-011-2212-z>
- [24] Qin, X., Chen, H., Guo, L. and Guo, Y. (2012) Low-Dose Strontium-90 Irradiation Is Effective in Preventing the Recurrence of Pterygia: A Ten-Year Study. *PLOS ONE*, **7**, e43500. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043500>
- [25] 杨瑞, 杨波, 王文成, 等. 临床治疗神经性皮炎研究进展[J]. 陕西中医药大学学报, 2019, 42(6): 164-168.
- [26] 崔伯鸾, 赵景亭. 放射性核素 ^{90}Sr 敷贴治疗神经性皮炎 82 例疗效观察[J]. 中国医学文摘(皮肤科学), 2012, 29(6): 343-344.
- [27] 万华兵, 吴立兵, 谭凡. 核素敷贴联合复方氟米松软膏治疗神经性皮炎的疗效观察[J]. 标记免疫分析与临床, 2015, 22(12): 1234-1236.
- [28] 陈跃, 程木华, 李丹, 等. 瘢痕疙瘩放射性核素敷贴治疗中国专家共识[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2025, 49(5): 299-306.
- [29] 李凤岐, 李现军, 冯志徐, 等. ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗慢性湿疹的临床研究[J]. 潍坊医学院学报, 2007(2): 163-165.
- [30] Lucey, P., Zouzias, C., Franco, L., Chennupati, S.K., Kalnicki, S. and McLellan, B.N. (2017) Practice Patterns for the Prophylaxis and Treatment of Acute Radiation Dermatitis in the United States. *Supportive Care in Cancer*, **25**, 2857-2862. <https://doi.org/10.1007/s00520-017-3701-0>
- [31] 范明明, 陈光伟. 放射性皮炎研究进展[J]. 山西医药杂志, 2014, 43(19): 2283-2285.