

冷冻治疗为基础的各种介入技术手段

刘浩*, 李元军, 史亚萍

延安大学附属医院呼吸内科, 陕西 延安

收稿日期: 2024年2月25日; 录用日期: 2024年3月19日; 发布日期: 2024年3月27日

摘要

气管支气管结核(tracheobronchial tuberculosis, TBTB)是肺结核的一种常见类型, 是我国良性中心气道狭窄最常见的病因。单纯口服抗结核药物效果不佳, 手术治疗创伤大且并发症多, 经支气管镜介入治疗已取得长足的进步, 是目前TBTB治疗唯一快速、有效的方法, 主要技术包括冷冻治疗、局部给药、高频电刀、氩气刀电切、球囊扩张、低温等离子射频消融术等综合治疗。由于介入治疗方式多样, 如何合理有序地联合应用仍是当前的研究热点。本文重点综述以冷冻治疗为基础的各种介入技术手段联合应用治疗TBTB的最新进展及治疗策略。

关键词

气管支气管结核, 冷冻治疗, 介入治疗

Various Interventional Techniques Based on Cryotherapy

Hao Liu*, Yuanjun Li, Yaping Shi

Department of Respiratory Medicine, Yan'an University Affiliated Hospital, Yan'an Shaanxi

Received: Feb. 25th, 2024; accepted: Mar. 19th, 2024; published: Mar. 27th, 2024

Abstract

Tracheobronchial tuberculosis (TBTB) is a common type of tuberculosis and is the most common cause of benign central airway stenosis in China. Oral anti-tuberculosis drugs alone are ineffective and surgical treatment is traumatic and has many complications. Transbronchoscopic intervention has made great progress and is currently the only fast and effective method for TBTB treatment, and the main techniques include cryotherapy, local drug administration, high-frequency electrocautery, argon knife electrocutaneous dissection, balloon dilatation, and low-temperature

*通讯作者。

plasma radiofrequency ablation and other comprehensive treatments. Due to the variety of interventional treatment modalities, how to rationally and orderly joint application is still the current research hotspot. This article focuses on the latest progress and therapeutic strategies in the combined application of various interventional techniques based on cryotherapy for the treatment of TBTB.

Keywords

Tracheobronchial Tuberculosis (TBTB), Cryotherapy, Interventional Therapy

Copyright © 2024 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

气管支气管结核(tracheobronchial tuberculosis, TBTB)是指发生在气管、支气管的黏膜、黏膜下层、平滑肌、软骨及外膜的结核病,其发病位置隐匿,临床表现缺乏特异性,诊治难度较大[1]。国外有研究显示,临床上约有30%~50%的活动性肺结核患者合并TBTB[2]。TBTB是气道狭窄的最主要的因素之一,其发病4~6个月内支气管狭窄发生率高达68%,严重者可致气道闭塞,出现肺不张,引发阻塞性肺炎甚至肺毁损[3]。口服抗结核药物是治疗TBTB的基石[4],但由于病变部位血供不足,难以达到有效的治疗浓度,使得支气管病变进展,形成气道狭窄。手术治疗存在创伤大,术后肺功能损害,并发症多,治疗费用昂贵等众多局限性。经支气管镜介入治疗已取得长足的进步,是目前TBTB治疗唯一快速、有效的方法,主要技术包括冷冻治疗、局部给药、高频电刀、氩气刀电切、球囊扩张、低温等离子射频消融术等综合治疗[5]。冷冻治疗安全性较高,出血量小,临床疗效理想[6],但其治疗效率低,治疗周期长[7],联合其他治疗或可弥补这一缺点。目前,国内已经有很多比较单一方法治疗和联合治疗效果的研究,但如何合理序贯地联合应用临床上争议较多,本文将近期以冷冻治疗为基础的各种联合治疗的研究进展及治疗策略作一综述。

2. 冷冻治疗与局部给药的联合应用

冷冻治疗是在支气管镜的辅助下,利用液态二氧化碳将局部病灶组织迅速降温,使细胞内膜脂蛋白变性,导致病灶组织细胞死亡。同时,冰晶可以阻塞细小血管,减缓血流,预防增生导致的支气管狭窄。因而更适合处理含水分较多的肉芽组织,对肉芽增生刺激程度小,有利于减轻瘢痕再狭窄。此外,冷冻治疗术对含水量少的气管软骨组织影响小,不易造成气管塌陷等并发症,较激光、APC、微波等疗法对气道损伤小[8]。超低温亦可使结核分枝杆菌坏死溶解,促进坏死的溃疡黏膜愈合,有利于组织的自我修复。其操作简单有效,对气道组织损伤较小,且疤痕狭窄、穿孔、黏膜撕裂等并发症发生率较低,同时保持病变部位组织结构的完整及黏膜的恢复力,是目前针对增生型、狭窄型支气管结核的常用治疗方式。研究显示冷冻治疗在84.9%病例中安全而有效,而冷冻治疗的次数与严重程度正相关,大多数需要分多阶段治疗[9]。但冷冻术治疗效率低,治疗周期长,使得患者怀疑其治疗效果。因此,治疗前须向患者充分说明治疗的原理及过程,让患者对冷冻治疗的长期性做好心理准备。

局部给药能够避开血、肺、支气管屏障将药物精准地注射到病变部位,较口服药物、雾化吸入而言,大大提高了药物在病灶组织的浓度,增加药物的杀菌灭菌作用,减缓或阻止支气管损害,最大程度提高

临床疗效,常用的药物有异烟肼、利福平、乙胺丁醇、吡嗪酰胺、阿米卡星、左氧氟沙星。许多学者研究发现,冷冻治疗联合局部给药可以取得1+1大于2的协同效果,减轻TBTB患者的炎症反应,提高TBTB患者的免疫功能。兰翔等[10]在68例气管支气管结核患者常规化疗基础上采用冷冻术联合局部给药疗法,发现总有效率为97.06%,治疗6个月痰菌阴转率45.59%,均优于常规抗结核药物治疗患者的76.47%、36.76%。此外,卢志斌[11]同样证实气管支气管结核在常规抗结核药物治疗基础上行冷冻治疗联合局部给药效果显著,47例患者治疗后有效率达97.87%。

冷冻治疗联合局部给药能发挥协同效果的可能原因主要有:(1)冷冻术联合局部给药有利于下调TNF- α 、CRP等炎症因子水平,促进病灶自我吸收修复,降低炎症对气管的刺激,增加免疫细胞总T细胞、辅助性T细胞数量和CD4+T/CD8+T比值,纠正细胞免疫紊乱,改善免疫功能,提高预后状况。(2)冷冻治疗导致的组织坏死能够形成特异性的抗体,增加免疫T细胞的数量,改善免疫功能,同时联合局部给药辅助治疗能够避开血液循环途径,阻断抗结核药物的肝脏代谢,从而降低药物对免疫功能的损伤,从而起到提高免疫功能的作用。(3)在支气管镜直视下能够有效清除气管的分泌物及坏死组织,疏通支气管,从而起到减轻炎症反应的作用。

3. 冷冻治疗与高频电刀的联合应用

高频电刀热消融术是通过高频电流热效应对结核引起的病变组织进行电切或电凝,使病变组织发生蛋白质变性、凝固、坏死,是解除气道梗阻的常见治疗方法,治疗费用相对低[1]。由于其电灼速度快、产生热量高、治疗耗时短、创面出血少,而对病变较多且生长较快的气管支气管结核患者功效更为显著。但过度的热消融易损伤气道黏膜从而诱发肉芽增殖及瘢痕形成,远期效果不佳[12]。冷冻治疗虽然可以避免远期瘢痕的形成,但局部冷冻治疗后组织坏死肿胀,短期内会加重气道狭窄症状,治疗周期也更长。因此,冷冻治疗联合高频电刀在TBTB的介入治疗上更具优势,冷冻治疗可以修复高频电刀造成的瘢痕,降低术后管腔再狭窄的发生率,减少治疗次数,有效改善临床症状,降低不良反应发生率,优于单一的介入治疗。

纪滨英等[13]探索经支气管镜高频电刀热消融联合冷冻术治疗对气管支气管结核的有效性和安全性,研究显示热消融技术联合冷冻治疗对溃疡坏死型、肉芽增殖型和瘢痕狭窄型的TBTB均可取得满意的疗效,且冷热技术结合更具优势。此外,郭永录[14]对60例支气管结核患者进行随机分组,其中30例给予基础药物治疗,30例经支气管镜气道内局部给药后,给予经电子支气管镜介入下联合使用高频电刀和冷冻治疗,持续治疗14d发现治疗总有效率、肺功能指标、气道直径数值明显优于单纯药物治疗患者,炎症因子也较对照组有明显优势。

冷冻治疗联合应用高频电刀的优势主要有:(1)高频电刀热消融术能够有效改善支气管闭塞及狭窄,有效预防支气管壁被进一步破坏,提高支气管结核的治愈率,缓解临床症状[15]。同时也可以减轻炎症反应,改善肺功能。联合冷冻治疗可改善预后,减少治疗次数。(2)电子支气管镜介入治疗能够直接作用于病灶,有效清除气道内干酪样坏死物、黏液栓及过度增生的肉芽组织等,有效减轻炎症反应。值得注意的是,对于肺不张病史超过半年的患者,由于其支气管闭塞时间过长,肺组织出现损毁、纤维化,因此可能疗效不佳,不推荐高频电刀联合冷冻治疗。

4. 冷冻治疗与氩等离子体凝固术的联合应用

氩等离子体凝固术(APC)是近年来临床应用的新一代高频电刀技术,是指在非接触式电流的作用下,将氩气转化为氩等离子体,然后通过电极技术对氩等离子体进行成形,通过非接触式引导至需要治疗的目标组织,产生热效应,并在局部组织内充分发挥温凝固效应,从而达到通畅气道或止血的治疗目的[16]。

氩气是放射性惰性气体,对人体没有任何毒害和腐蚀作用,具有安全性、保护性。APC具有热能高、速度快、耗时短、出血少等优点,但对患者气管黏膜损伤较大,极易出现多种并发症,因此治疗深度最好不要超过3 mm,且更推荐用于角落部病灶治疗,这样可以大大减少穿孔的发生率,大大的提高了治疗的安全性。

冷冻治疗可将局部坏死组织冷冻致死,抑制坏死组织的再生,并且不会干扰其余正常组织生长,与氩气刀治疗优势互补,两者联合应用对结核性大气道狭窄疗效确切,可有效阻止新生肉芽组织增生,避免瘢痕纤维组织的形成,并对气管软骨组织影响小,有效减少并发症的发生,安全可靠,有利于改善预后,提高生活质量,具有十分重要的应用价值。对于向管腔突出的肉芽肿或狭窄闭塞型气道结核,可先采取氩气刀治疗切除肉芽组织,然后对基底部分进行冷冻治疗,同时黏膜下注射抗结核药,从而有效避免或减少瘢痕纤维组织的形成,最终达到理想的治疗效果。

孔雨曦等[17]回顾性分析了58例结核性大气道狭窄患者,其中研究组29例采用支气管镜介入冷冻联合氩气刀治疗,对照组29例采用氩气刀治疗,治疗总有效率分别为93.10% (27/29)和75.86% (22/29),研究表明冷冻联合氩气刀治疗对结核性大气道狭窄效果确切,优于单纯应用氩气刀治疗。另有研究者对66例结核性大气道狭窄住院患者进行随机对照试验,对照组($n = 33$)仅行单纯氩气刀治疗,观察组($n = 33$)行经支气管镜介入冷冻联合氩气刀治疗,结果表明,观察组患者的治疗总有效率显著高于对照组,且手术时间、术中出血量及术后并发症发生率均明显低于对照组,表明支气管镜下冷冻与氩气刀联合治疗结核性大气道狭窄安全有效[18]。王晓洁等[19]研究显示经支气管镜冷冻联合氩气刀治疗结核性大气道狭窄,疗效优于单纯氩气刀治疗,优于单纯冷冻治疗,且治疗过程中穿孔或者瘢痕再次狭窄的现象极少发生,提示冷冻治疗联合氩等离子体凝固术疗效确切,安全性高,较少发生严重并发症。

5. 冷冻治疗与低温等离子射频消融术的联合应用

低温等离子射频消融术是高频电的一种,具有温度低,效率高,损伤小,术后刺激性增生反应小等优点。其特有的柱状刀头直径仅1.8 mm,更适用于小部位的精细化操作。因可以伸入瘘口内进行消融治疗,形成精确而高效的定点切割及消融效果,而对治疗淋巴结瘘型气管支气管结核有不可取代的优势。低温等离子治疗温度仅40℃~70℃,治疗时创面无碳化、无火花、无粘连、无穿孔,有效地将热损伤降到最低,对正常的组织没有明显的损伤性,且保留了热消融治疗效率高的优势,联合冷冻治疗可大大缩短治疗时间,提高疗效。

郭朝蕾[20]在探讨低温等离子射频消融技术联合冷冻治疗淋巴结瘘型支气管结核的疗效时,随机抽取了中心气道支气管淋巴结瘘处于破溃期的患者64例,采取冷冻联合低温等离子射频消融术治疗,评估患者地瘘口愈合周期、结核菌的病原学检查阴转时间及术中术后并发症的情况,结果显示实验组在瘘口愈合周期($P = 0.017$),结核菌病原学检查阴转时间($P = 0.024$),平均镜下治疗时间($P = 0.025$)方面优于对照组。该研究发现冷冻联合低温等离子消融术对于破溃期淋巴结瘘型支气管结核的治疗安全可行,提高了镜下治疗的效率。

6. 冷冻治疗与球囊扩张术的联合应用

球囊扩张术是利用支气管镜将球囊导管放置在气管狭窄处,通过液压枪将液体泵入球囊使球囊扩张,将病变组织狭窄位置存在的瘢痕组织实施局部撕裂,产生手风琴效应,进而扩张气管,有利于肺复张。其操作简单,治疗迅速,作为解除急性期气道狭窄的最佳方法已达成专家共识[21]。尤其适用于管径在2 mm以上中央气道的瘢痕性狭窄和肉芽增生性狭窄,而对气道软化造成的狭窄基本无效。其优点是即时起效,较之单纯电凝、激光等手段无明显的狭窄段延长,缺点是治疗后远期疗效欠佳,扩张后的再狭窄

成为临床难以避免的问题和治疗中的难点,部分患者经反复多次扩张,仍不能达到理想的治疗效果[22][23]。球囊扩张治疗的原则为严格把握适应证,根据支气管的狭窄程度、狭窄数目、狭窄位置、瘢痕组织情况及患者耐受情况选择合适的治疗方案。根据狭窄管口直径选择合适的扩张球囊是治疗成功的关键,否则直径过大的球囊造成的严重撕裂伤甚至会导致大出血或加重瘢痕增生。对于中重度气道狭窄患者,球囊扩张前配合冷冻、电凝、微波等手段可打通接近闭锁或闭锁的气管管腔,减少反复球囊扩张的次数,其中冷冻术与 APC 是临床常用的治疗手段。

冷冻治疗和球囊扩张联合使用,可减少肉芽组织增生及纤维化程度,对肉芽增殖型、瘢痕型支气管结核所致的良性气道狭窄效果良好[24]。通过冷冻治疗打通闭锁气道后续行球囊扩张治疗,大部分患者均可取得较好疗效,临床症状及呼吸困难指数明显改善[25][26]。但冷冻治疗的缺点在于起效慢,往往冷冻治疗 2 次后方能实施球囊扩张。也有学者认为球囊扩张后再行冷冻治疗,可帮助扩张后的气道管腔很快塑形[27]。国内有研究报道,冷冻治疗联合球囊扩张术治疗的总有效率略高于高频电凝联合球囊扩张治疗[28]。此外,患者病史时间的长短可能对冷冻术联合球囊扩张治疗气道闭塞的疗效较大影响。患者病史时间越长,冷冻术联合球囊扩张治疗气道闭塞的有效率似乎越低。因此,强调气管支气管结核早期诊断、早期治疗。联合治疗可以有效减少术后出血,对于复杂的狭窄型支气管结核有很好的疗效。但对气管软化者导致的气道狭窄,仅行冷冻联合球囊扩张治疗疗效不佳,还需联合支架置入术才能达到理想的治疗效果。国外有学者研究表明,对于中央型气道狭窄,冷冻治疗联合球囊扩张优于单独使用球囊扩张[29]。叶涛生等[30]对深圳市第三人民医院肺病科收治的 60 例疤痕型结核性气道狭窄的住院患者进行了随机对照研究,其中对照组($n = 30$)仅采取单纯球囊扩张术进行治疗,试验组($n = 30$)采取支气管镜下冷冻与球囊扩张联合治疗,发现对疤痕型结核性气道狭窄患者开展支气管镜下冷冻与球囊扩张联合治疗有良好的临床效果,能够明显改善支气管结核性气道狭窄患者的肺功能,扩大患者的气道内径,减少并发症,减少结核性气道狭窄患者治疗后气管再次狭窄的发生率,优于单纯球囊扩张治疗。杨贵敏等[31]研究表明支气管镜下冷冻联合球囊扩张治疗结核性支气管狭窄临床疗效确切,可以有效地改善患者机体的免疫功能紊乱。另有学者赵富明[28]、孙扬[32]、赵伟业[33]、梅永添[34]等人均表明支气管镜冷冻术联合球囊扩张术治疗瘢痕狭窄型气管支气管结核临床效果明显,安全性高。但国内有研究表明,对于瘢痕狭窄型支气管结核患者,支气管镜下冷冻联合球囊扩张及高频电刀治疗效果优于支气管镜下冷冻联合球囊扩张,更有利于改善患者肺功能。分析其原因可能是因为先采取高频电刀清除增殖的肉芽及管腔的瘢痕组织,之后进行冷冻治疗处理造成的创面及基底部位后行球囊扩张,减少了高频电刀术后瘢痕的再狭窄率,加快了病灶的消亡,提高了患者恢复的速度和短期治疗效果[35]。更藏尖措等[36]建议对溃疡型和增殖型 TBTB 合并气道狭窄者,首选在支气管镜下间断性多次、多点实施冻融或冻切治疗,待管壁无黏膜糜烂、气道光滑后适时进行球囊扩张。

7. 展望

在经支气管镜介入治疗中,冷冻治疗扮演着重要的角色,联合其他介入技术可产生不同的协同效应,在提高治疗效果、减少治疗次数、降低并发症发生率等方面具有重大的意义。溃疡坏死型,借助冷冻治疗对坏死组织进行清理后局部给药;肉芽增殖型,根据病变情况选用合适的热消融技术切除肉芽组织,再对基底反复冷冻治疗,同时黏膜下注射抗结核药物;瘢痕狭窄型,冷冻治疗打通闭锁气道后续行球囊扩张治疗;淋巴结痂型,首先选择低温等离子柱状刀头处理病灶,再于瘘口处冷冻治疗可获得较好疗效。

但需要强调的是,口服抗结核药物仍然是治疗 TBTB 的基石,各种支气管镜介入治疗手段均属于局部治疗,是基础治疗的有益补充。气道介入治疗作为一种有创治疗方法,可以导致气道损伤。因此,治疗时选取合适的治疗方案并且注意治疗时机、部位、深度的选择可以在确保疗效的同时,减少并发症的发生。

参考文献

- [1] 中华医学会结核病学分会,《中华结核和呼吸杂志》编辑委员会. 气管支气管结核诊断和治疗指南(试行)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2012, 35(8): 581-587.
- [2] Jung, S.-S., Park, H.-S., Kim, J.-O., *et al.* (2015) Incidence and Clinical Predictors of Endobronchial Tuberculosis in Patients with Pulmonary Tuberculosis. *Respirology*, **20**, 488-495. <https://doi.org/10.1111/resp.12474>
- [3] 商艳, 李强, 白冲, 等. 喉罩通气全麻下经纤维支气管镜支架置入治疗重度气道狭窄[J]. 中国内镜杂志, 2005, 11(7): 692-694.
- [4] 陈玥龙, 戴栢湾, 李一诗, 等. 气管支气管结核治疗进展[J]. 重庆医科大学学报, 2020, 45(6): 714-717.
- [5] Mondoni, M., Repposi, A., Carlucci, P., *et al.* (2017) Bronchoscopic Techniques in the Management of Patients with Tuberculosis. *International Journal of Infectious Diseases*, **64**, 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.08.008>
- [6] 秦林, 丁卫民, 张建英, 等. 冷冻联合球囊扩张术治疗瘢痕狭窄型支气管结核气道闭塞的有效性及安全性[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(11): 857-862.
- [7] Vergnon, J.-M., Huber, R.M. and Moghissi, K. (2006) Place of Cryotherapy, Brachytherapy and Photodynamic Therapy in Therapeutic Bronchoscopy of Lung Cancers. *European Respiratory Journal*, **28**, 200-218. <https://doi.org/10.1183/09031936.06.00014006>
- [8] 傅恩清, 金发光, 刘伟, 等. 支气管镜下电凝加冷冻及球囊扩张序贯治疗支气管狭窄与闭锁 56 例疗效评价[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2010, 4(7): 1055-1057.
- [9] Fernando, H.C., Dekeraty, D., Downie, G., *et al.* (2011) Feasibility of Spray Cryotherapy and Balloon Dilation for Non-Malignant Strictures of the Airway. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **40**, 1177-1180. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.02.062>
- [10] 兰翔, 万蔚平. 冷冻术联合局部给药对气管支气管结核患者辅助治疗作用的观察[J]. 临床肺科杂志, 2019, 24(12): 2222-2226.
- [11] 卢志斌. 支气管镜下冷冻联合局部给药治疗气管支气管结核的效果[J]. 吉林医学, 2022, 43(2): 354-356.
- [12] Tong, L., Zhang, K., Huang, H., *et al.* (2017) Comparison of the Efficacy of Four Endobronchial Ablation Techniques in Dogs. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **13**, 169-177. <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3946>
- [13] 纪滨英, 张莹, 王晓瑞, 等. 经支气管镜高频电刀热消融联合冷冻术在气管支气管结核治疗中的应用价值[J]. 中华诊断学电子杂志, 2021, 9(3): 181-186.
- [14] 郭永录. 电子支气管镜介入下联合使用高频电刀和冷冻治疗支气管结核的效果分析[J]. 中国社区医师, 2023, 39(11): 37-39.
- [15] Li, K., Lian, T., Liang, Q., *et al.* (2022) Comprehensive Use of a High-Frequency Electric Knife, Balloon Dilatation, and Cryotherapy for Tuberculous Central Tracheobronchial Cicatricial Constriction. *BMC Surgery*, **22**, Article No. 412. <https://doi.org/10.1186/s12893-022-01862-y>
- [16] Xiao, A., Liu, D., He, D., *et al.* (2022) Plasma Scalpels: Devices, Diagnostics, and Applications. *Biomedicine*, **10**, Article 2967. <https://doi.org/10.3390/biomedicine10112967>
- [17] 孔雨曦, 徐明鹏. 支气管镜介入冷冻联合氩气刀治疗结核性大气道狭窄的疗效及对患者生活质量的影响[J]. 医学信息, 2022, 35(16): 112-114.
- [18] 蔡青山. 经支气管镜介入冷冻联合氩气刀治疗结核性大气道狭窄的疗效观察[C]//中国防痨协会, 重庆智飞生物制品股份有限公司. 中国防痨协会第 32 届全国学术大会暨首届中国防痨科技奖颁奖大会论文汇编. 2018: 165-167.
- [19] 王晓洁, 牛建明, 李润浦. 支气管镜介入冷冻联合氩气刀治疗结核性大气道狭窄的疗效[J]. 检验医学与临床, 2015, 12(2): 182-183+185.
- [20] 郭朝蕾, 李雨辰, 阮超, 等. 冷冻联合低温等离子治疗淋巴结痂型气管支气管结核的临床研究[J]. 临床肺科杂志, 2022, 27(12): 1811-1816.
- [21] Venhaus, M., Behn, C., Freitag, L., *et al.* (2009) Simulations and Experiments of the Balloon Dilatation of Airway Stenoses/Simulationen und Experimente zur Ballondilatation von Atemwegstenosen. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, **54**, 187-195. <https://doi.org/10.1515/BMT.2009.022>
- [22] Kim, J.H., Shin, J.H., Song, H.-Y., *et al.* (2007) Tracheobronchial Laceration after Balloon Dilation for Benign Strictures: Incidence and Clinical Significance. *CHEST*, **131**, 1114-1117. <https://doi.org/10.1378/chest.06-2301>
- [23] 李王平, 金发光, 傅恩清, 等. 改良高压球囊扩张法对支气管结核性瘢痕样狭窄治疗的作用[J]. 中华肺部疾病杂志(电子版), 2015, 8(3): 288-292.

- [24] 顾小燕, 王兰, 尹春阳, 等. 球囊扩张联合支气管镜冷冻治疗支气管结核患者临床疗效及肺功能影响分析[J]. 中国医学装备, 2021, 18(10): 102-105.
- [25] Fu, E.-Q., Nan, Y.-D., Jin, F.-G., *et al.* (2013) Therapeutic Effects of Sequential Therapy by Electric Coagulation, Cryotherapy and Balloon Dilation with an Electronic Video Bronchoscope. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **5**, 1649-1656. <https://doi.org/10.3892/etm.2013.1031>
- [26] Bhora, F.Y., Ayub, A., Forleiter, C.M., *et al.* (2016) Treatment of Benign Tracheal Stenosis Using Endoluminal Spray Cryotherapy. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, **142**, 1082-1087. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2016.2018>
- [27] 傅恩清, 金发光, 穆德广, 等. 电子支气管镜下新型高压球囊扩张治疗良性支气管狭窄疗效评价[J]. 中华肺部疾病杂志(电子版), 2011, 4(3): 187-190.
- [28] 赵富明, 周外民, 肖阳宝, 等. 支气管镜冷冻术联合球囊扩张治疗瘢痕狭窄型支气管结核气道闭塞的有效性及安全性[J]. 川北医学院学报, 2019, 34(6): 767-771.
- [29] Lian, T., Liang, C., Yu, S., *et al.* (2023) Bronchial Balloon Dilatation Combined with Cryotherapy for Tuberculous Cicatricial Central Airway Stenosis, with Adobe Photoshop for the Degree Measurement: A Multicenter, Retrospective Study. *Heliyon*, **9**, E22326. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22326>
- [30] 叶涛生, 曾旋, 徐宇翔, 等. 单纯球囊扩张术与冷冻联合球囊扩张术治疗疤痕型结核性气道狭窄的疗效及安全性分析[J]. 新发传染病电子杂志, 2019, 4(3): 156-159.
- [31] 杨贵敏, 赵磊, 王栋, 等. 气管镜下冷冻联合球囊扩张治疗结核性支气管狭窄的疗效及对细胞因子的影响[J]. 河北医药, 2019, 41(10): 1525-1527+1531.
- [32] 孙扬, 魏娟, 关卫卫, 等. 球囊扩张联合冷冻、局部注药治疗狭窄型支气管结核疗效观察[J]. 现代中西医结合杂志, 2017, 26(33): 3694-3696.
- [33] 赵伟业, 葛云洁. 支气管镜下冷冻联合球囊扩张治疗支气管结核性气道狭窄的观察[J]. 中国当代医药, 2015, 22(17): 21-23.
- [34] 梅永添, 方诗容, 刘碧翠, 等. 经电子支气管镜球囊扩张及冷冻联合治疗结核性支气管狭窄的疗效分析[J]. 湖北民族学院学报(医学版), 2014, 31(4): 31-33.
- [35] 田良东, 陆光兵, 方华. 支气管镜下冷冻联合球囊扩张及高频电刀治疗瘢痕狭窄型支气管结核的效果[J]. 宁夏医科大学学报, 2020, 42(8): 849-852.
- [36] 更藏尖措, 汪祖兰, 王书鹏. 气管镜下冷冻术、氩等离子凝固分别联合球囊扩张治疗结核性支气管狭窄的临床比较研究[J]. 重庆医学, 2016, 45(19): 2697-2700.