

臭氧治疗的临床应用

主 编 何晓峰



科学出版社

www.sciencep.com

臭氧治疗的临床应用

主 编 何晓峰

主 审 李彦豪

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是国内第一部系统介绍臭氧治疗新技术在各个医技科室中的临床应用的专业书籍。全书共分十一章,主要介绍了臭氧的基本特性、腰椎间盘突出症和颈椎病的臭氧治疗,以及臭氧在治疗软组织疼痛及关节疾病、肝病、腰脊神经后支综合征等疾病中的应用。本书文字简练,理论联系实践,内容新颖,结合典型的病例详尽论述了臭氧治疗的临床经验,便于读者理解和借鉴,适合介入科、疼痛科、肝病科和康复治疗科医师参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

臭氧治疗的临床应用/何晓峰主编. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-024024-8

I. 臭… II. 何… III. 臭氧-气候疗法 IV. R454.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 019816 号

策划编辑:李 君 / 责任编辑:农 芳 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 2 月第一次印刷 印张:9

印数:1—2000 字数:204 000

定价:59.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《臭氧治疗的临床应用》编写人员

主 编	何晓峰	南方医科大学南方医院介入科
主 审	李彦豪	南方医科大学南方医院介入科
副主编	郭亚兵	南方医科大学南方医院肝病中心
	俞志坚	南方医科大学珠江医院放射科
	余 斌	南方医科大学南方医院创伤骨科
	姜建威	无锡市第三人民医院放射科
	彭 勇	第四军医大学西京医院放射科
	商健彪	江门市五邑中医院肿瘤科
	梅雀林	南方医科大学南方医院介入科
	冯建宇	南方医科大学南方医院介入科
编 者	(按姓氏汉语拼音排序)	
	何 庆	陕西咸阳铁路中心医院骨科
	李新民	空军济南医院放射科
	林庆荣	南方医科大学(在读博士研究生)
	卢 伟	南方医科大学南方医院介入科
	裴 旗	沈阳斯麦德进出口有限公司
	任医民	江门市五邑中医院肿瘤科
	唐裕宽	广州市番禺区人民医院放射科
	希力扎提	新疆邮电医院骨科
	许小丽	南方医科大学南方医院介入科
	曾庆乐	南方医科大学南方医院介入科

前 言

用“有心栽花花不开,无心插柳柳成荫”来形容臭氧治疗腰椎间盘突出症的发现无疑是最恰当不过的。笔者于2000年元月赴意大利波咯尼亚大学 Osbedalle Belaria 医院学习神经介入放射学期间,偶然发现利用臭氧注射入腰椎间盘内治疗腰椎间盘突出症在意大利已经广泛开展,而且取得很好的临床疗效,当即敏锐感觉到这是一种创伤小、安全有效的治疗手段,在国内学术界还闻所未闻。经过几个月的修炼后回到南方医院,正值俞志坚博士在李彦豪教授门下从事介入临床治疗与基础研究工作。同年7月,在李彦豪教授指导下,利用科研经费购买了一台工业用臭氧发生器,以俞志坚博士为主开展了一批犬的动物实验。结果发现,臭氧能够使犬正常的腰椎间盘髓核脱水、干枯及坏死,而对正常组织结构无何影响。同年11月末,笔者治疗了国内首例腰椎间盘突出症患者并取得成功。鉴于本院病例数较少,次年2月,笔者与李彦豪教授及俞志坚博士赴南京中大医院与滕皋军教授合作治疗了20余例患者,临床疗效令人满意。与椎间盘切吸技术相比,几无感染之虞是其最大的优点。2002年6月,与中山医科大学一院杨建勇及庄文权教授合办的腰椎间盘突出症介入治疗研讨会首次将该技术推出,并邀请意大利 Marco 教授赴会授课,同时笔者与 Marco 教授一起在南方医院开展了国内首例经前入路颈椎间盘突出症的臭氧治疗。2002年,国内众多医院包括中国人民解放军总医院(301医院)、陕西省第二人民医院、安徽安庆海军医院等先后开展了这项治疗技术。

2004年9月,臭氧自血疗法治疗病毒性肝炎在国内由南方医院郭亚兵等率先兴起。臭氧对于疼痛的治疗也引起了疼痛界的关注,由深圳南山医院张德仁院长率先引入臭氧治疗技术,并在疼痛界迅速打开了局面。随着意大利 Ozone-line 医用臭氧发生器的引进,更多的医院加入了臭氧治疗的行列。2005年5月在南方医院举办了第二届全国臭氧治疗颈腰椎间盘突出症研讨会,来自全国各地的近百位专家介绍介绍了臭氧治疗的成功经验。据保守估计,当年利用该项技术治疗患者近万例,许多医院都取得了良好的社会效益及经济效益。本届会议同时也确定了规范化的治疗技术。同年10月,由 Marco 任会议主席的第8届世界神经介入治疗大会在意大利威尼斯召开,本次会议设立臭氧治疗分会场,笔者和何庆分别在会议发言并介绍国内臭氧治疗发展情况。鉴于国内臭氧治疗发展势头良好,2006年6月,由南方医院和新疆邮电医院在乌鲁木齐联合主办第三届全国臭氧治疗及脊柱微创治疗研讨会。本届会议邀请意大利 Marco 教

授及 Bonetti 博士、国内著名神经介入专家凌锋教授到会并做学术报告。会议学术水平高,组织严谨,得到与会代表的高度评价。随后国内各省区也组织了各具规模的学术研讨会,星星之火如燎原之势在全国各地燃烧起来。2006 年,在印度新德里成立了世界臭氧治疗联合会(World Federation of Oxygen-Ozone Therapy, WFOT),由印度 Vijam Sheel Kumar 博士担任主席,并建立了官方网站(www.webfio.it)。2007 年 4 月出版了《International Journal of Ozone Therapy》。该杂志由意大利出版发行,由 Bonetti 担任杂志主编,聘请 15 国专家担任稿件评委,中国区由何晓峰教授担任。2007 年 9 月,在北京召开的由凌锋教授担任主席的第九届世界神经介入放射大会上,世界臭氧治疗会议同期召开,众多来自世界各国的臭氧治疗专家齐聚北京,代表了当今世界臭氧治疗的最高水平,本次会议由 Marco 教授及何晓峰教授担任共同主席。

2008 年 9 月,百余名国内臭氧治疗专家云集乌鲁木齐,成立世界疼痛医师协会中国分会(北京宣武医院倪家骧教授任会长)臭氧治疗专业委员会,由何晓峰教授任主任委员,郭亚兵、余斌教授等任副主任委员,下设十余个专业组。这是国内首个臭氧治疗的专业委员会。本次会议总结了我国臭氧治疗的成果,规范了臭氧治疗技术,从此臭氧治疗事业有了一个“家”。

本书比较全面地阐述了臭氧治疗的临床应用初步经验。由于几年前臭氧治疗在国内处于空白状态,作者们也是“摸着石头过河”,对疗效先是抱有怀疑的态度,尝试、证实后再推广这项技术。早在 3 年前笔者就有著书的想法,无奈手头资料较少,经验不够成熟。这 3 年来经过作者们一起努力,几经周折、反复修改才有了这部书,个中艰辛算是品尝了。即便这样,书中错漏仍然在所难免,诚恳希望广大读者批评指正。由于臭氧治疗是一个多学科参与的技术,今后的路还很长,真心希望介入治疗领域的医师们能够严谨、认真,不为商业利益所驱动,让臭氧治疗造福于广大患者。

何晓峰

2008 年 12 月 31 日

目 录

第一章 臭氧治疗的历史与现状·····	(1)
第二章 臭氧的理化性质及其产生·····	(8)
第三章 臭氧动物实验及其作用机制·····	(16)
第一节 实验方法和实验结果·····	(16)
第二节 讨论及结论·····	(20)
第四章 腰椎间盘突出症·····	(24)
第五章 颈椎病·····	(57)
第六章 CT引导下经皮椎间盘突出臭氧治疗术·····	(66)
第七章 脊柱的生物力学·····	(75)
第一节 脊柱的运动学·····	(75)
第二节 脊柱的生物力学·····	(77)
第三节 椎间盘退变的生物力学·····	(80)
第八章 软组织疼痛及关节疾病的臭氧治疗·····	(85)
第一节 梨状肌综合征·····	(86)
第二节 肩关节周围炎·····	(90)
第三节 颈部软组织劳损·····	(92)
第四节 急性腰扭伤·····	(94)
第五节 腰臀部肌筋膜炎·····	(98)
第六节 臭氧治疗膝关节骨关节炎·····	(99)
第九章 医用臭氧的肝病治疗·····	(105)
第十章 腰痛常见病因及腰脊神经后支综合征臭氧治疗·····	(119)
第十一章 臭氧在其他疾病治疗中的应用·····	(128)

第一章 臭氧治疗的历史与现状

臭氧(O_3)由三个氧原子组成,是一种强氧化剂,常温下半衰期约 20 分钟,易分解,易溶于水。臭氧的发现可追溯到 200 多年以前。1785 年, van Marum(图 1-1)注意到电机放电时氧气会发生化学变化,产生一种特殊的气味。1839 年,德国化学家 Schonbein(图 1-2)在巴塞尔发表了题为“电解水过程中阳极的气味”的论文,这种刺激性的气体被正式确认为“活性氧”,并命名为臭氧(ozone)。当时, Schonbein 已认识到臭氧存在于自然界的任何角落,并且随海拔高度增加而浓度增加。这个伟大的发现至今仍对我们的日常生活及地球大气环境保护有着巨大的影响。1900 年前后, von Siemens(图 1-3)发明了“超级感应管”,即所谓的西门子管。这种能产生臭氧的管让人们了解到了臭氧是一种非常不稳定、难以储存、能从氧气获得并且要立即使用的气体。人们发现臭氧可用于水的消毒,许多消毒水的工厂由此而诞生。

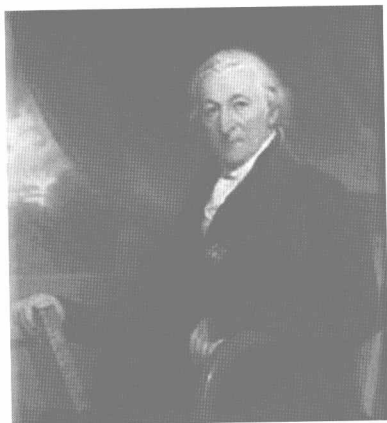


图 1-1 van Marum



图 1-2 Schonbein



图 1-3 von Siemens

第一次世界大战期间,德国士兵将臭氧用于治疗厌氧菌感染所致的气性坏疽。1936年,法国医生 Aubourg P 最早提倡将臭氧吹注入直肠来治疗慢性结肠炎。Payr 首先尝试将少量臭氧直接注入静脉来治疗疾病,由于有气体栓塞的危险而被禁止。在那个医学不发达的年代,臭氧治疗给人们带来了希望,有许多探索者为此付出了不懈的努力。1954年, Werhly 和 Steinbarth 尝试采集 5~10ml 血液盛入一种容器里,接受臭氧的短暂处理后(臭氧由紫外灯照射产生),再将血液注入供者的肌肉内,以期增强机体抵抗力,治疗多种疾病,这就是自血疗法的雏形。然而,在 20 世纪 50 年代,由于缺乏严格的基础和临床研究,臭氧治疗的有效性受到了怀疑,在各国境遇亦迥然不同。此方法在一些发展中国家如东欧各国、古巴、墨西哥和南美等国备受青睐;臭氧的故乡如德国和奥地利、瑞士乐意接受这种治疗方法;意大利、法国、英国、加拿大尚能认可此方法,而美国的大多数州则明令禁止。

步入 20 世纪 70 年代,随着医学基础理论研究的深入,臭氧的作用机制渐趋明了,臭氧治疗作为一种古老而创新的治疗方法越来越多地被世界各地的医学工作者所认同。在欧洲,几乎每一个国家都有一个或几个臭氧治疗学会。1972 年, Wolff 和 Hansler 在德国创立了第一个臭氧学会。意大利于 1984 年建立了本国的学会。1999 年,意大利发起并组建了国际医疗臭氧学会(IMOS),旨在促进臭氧的基础和临床研究,建立完善的临床治疗体系,不为商业利益所驱动。目前在欧洲,臭氧主要应用于创伤及难治性溃疡(如糖尿病足)的治疗、癌症的辅助治疗、腰椎间盘突出及骨关节疾病的治疗、抗自由基防衰老、卒中及病毒性肝炎等疾病的治疗,其临床应用疗效得到了充分肯定。

对臭氧基础研究做出杰出贡献的首推 Bocci 教授。Velio Bocci 是意大利 Siena 大学生理学教授,多年来一直从事臭氧治疗的研究,并且注意到这种治疗方法在临床上存在着争议。1984 年以前,静脉 O_3 注射就有肺梗死和死亡的报道,1984 年后,这种治疗方式在意大利被列为非法。Bocci 复习其原始资料发现 O_3 椎间盘注射能够使髓核里的蛋白多糖变性,从而使压迫神经根的椎间盘组织萎缩,由此得出了“用 O_3 或 O_2 进行随机双盲与传统治疗方法的临床研究和长期的随访是必要的”的结论,为奠定临床臭氧椎间盘治疗打下了基础。2000 年, Bocci 出版了《Oxygen-Ozone Therapy》一书,该书系统介绍了臭氧的理化性能及临床应用,是迄今为止全世界最权威的臭氧治疗专业书籍。

1988 年,意大利医师 Vega 首先尝试将臭氧注射入腰椎旁间隙治疗腰痛,取得了良好的疗效。

1998 年, Muto 发表了首篇“ O_2 - O_3 混合气体椎间盘注射术治疗腰椎间盘突出”的文章。作者在 CT 或透视引导下,用 $30\mu\text{g/ml}$ 的浓度于椎间盘内注射 2ml 和神经根及硬膜外注射 8ml,该组 93 例患者,年龄 24~45 岁,主要表现为持续性的腰痛及神经根放射痛。第一组 35 例已列为手术对象,影像检查显示为椎间孔内外侧型突出、后纵韧带下突出及髓核游离,这组无改善;第二组 58 例为根性疼痛但无神经功能缺失,突出程度较轻,45 例获得优良的效果。随访 6 个月无并发症发生。

2003 年, Andreula 在《American Journal of Neuroradiology》杂志报道了 600 例患者临床治疗经验。术后 6 个月进行临床评估,总有效率为 74.3%。作者认为使用皮质激素神经根阻滞疗法在统计学上有明显的疗效, $27\mu\text{g/ml}$ 的 O_3 浓度是安全有效的。

2004 年, Muto、Andreula 和 Marco 联合发表了一个多中心的研究结果。总共 2200 例,时间为 1996 年 5 月至 2003 年 5 月,病例选择包括椎间盘突出继发椎间盘退变、单个或多个

椎间盘病变、腰背痛综合征、椎间盘钙化、椎间盘突出伴椎管狭窄。临床随访 1400 例, 75% 获得成功。420 例采用 CT 或 MRI 随访, 椎间盘回缩只占 63%。无任何神经功能障碍及感染的报道。

Alexandre 报告 6665 例 1994~2000 年的多中心的研究结果, 优良率达 80.9%。

南方医院介入科自 2000 年在国内率先开展该项手术, 至 2008 年 9 月已治疗 2000 余例患者, 有效率为 82.25%。

第 8 届世界神经介入治疗大会于 2005 年 10 月 19~22 日在意大利威尼斯召开, 意大利神经放射学会主席 Marco 教授担任本届会议主席。由于意大利是开展臭氧治疗较早的国家, 尤其在腰椎间盘突出方面有杰出的贡献, 因此, 本届会议特别开设脊柱疾病介入治疗的专题, 其中包括臭氧治疗研讨。来自意大利、中国、阿根廷、印度等国的学者分别对臭氧治疗颈、腰椎间盘突出进行专题报道, 并展开了热烈的讨论, 成为本届会议的一个亮点。各国专家对臭氧治疗颈腰椎间盘突出有效性给予了充分的肯定, 在治疗方法上亦有许多新进展。

颈椎由于其特殊的部位而成为治疗的高风险区, 外科手术中时有发生高位截瘫的病例。臭氧治疗颈椎间盘突出与腰椎间盘突出原理相同, 采用前入路穿刺进针至颈椎间盘。由于颈前区结构复杂, 有许多重要的组织, 如颈总动脉、颈静脉、甲状腺、气管、喉返神经、食管等, 穿刺过程中有可能损伤这些组织结构, 出现严重的并发症。若穿刺过度则会造成脊髓损伤, 因此手术必须由经过专门训练的医生操作。2002 年 6 月, 南方医院开展了国内第 1 例颈椎间盘臭氧注射术, 由欧洲臭氧学会主席意大利神经放射主席 Marco 完成。该例患者术前表现为颈肩痛及手指麻木, 经 2 年的随访表明疗效满意, 已完全康复, 所有症状消失。目前南方医院已治疗 130 余例患者, 有效率为 75.8%。国外对于颈椎间盘突出的臭氧治疗尚未见大组病例报道, Albertini 于 2002 年报道 1 例车祸外伤致急性颈椎间盘突出的患者, 经椎间盘内注射臭氧获得良好效果; Fabris 于 2003 年报道采用颈椎旁肌内注射臭氧治疗颈痛及颈僵直, 有效率为 87.5%。在第 8 届世界神经介入治疗大会上, 何晓峰综合南方医院和中国人民解放军总医院肖越勇经治病例报道 58 例颈椎间盘突出患者, 经前入路穿刺, 28 例在 DSA 引导下操作, 30 例在 CT 引导下完成。椎间盘内注射臭氧 3~5ml, 椎旁注射 5~8ml, 随访 3~30 个月, 总有效率为 75.9%, 其中 56.9% 显效, 19% 有效, 24.1% 无效。

臭氧疼痛治疗的临床应用范围亦很广泛。Moretti 等对颈肩痛的患者分别采用椎旁注射 O_2-O_3 混合气体和抗炎药物(如可的松+利多卡因等), 发现注射 O_2-O_3 混合气体的患者疼痛缓解的情况显著优于注射抗炎药物的患者, 由此认为 O_2-O_3 混合气体较抗炎药物具有更加确切的抗炎、镇痛作用。特别是 O_2-O_3 混合气体聚集在神经根管附近和硬膜前间隙内可以更加有效地缓解神经根受压所致的疼痛。我们的经验认为, 对于颈椎间盘突出程度较轻、根性症状为主、无明显脊髓受压萎缩及骨质增生的患者治疗效果较好, 其中远期疗效亦很乐观。

除此之外, 臭氧尚用于治疗关节痛、肩周炎、糖尿病溃疡、慢性溃疡性结肠炎及病毒性肝炎等。Brina 和 Villani 报道一组肩关节囊及肌腱损伤疼痛的患者, 采用超声引导下关节囊内注射臭氧, 取得了很好的临床缓解率。Gjonovich 等对肩关节囊损伤导致顽固性疼痛的患者(尤其是棘上损伤)采用局部注射臭氧, 结果 67% 的患者疗效满意, 这些患者不但疼痛得到了很好的控制, 而且关节功能也得到了恢复。E. RIVA 报道 1 例对常规药物治疗无效的慢性溃疡性结肠炎的患者采用直肠灌注 O_2-O_3 混合气体(O_3 浓度为 10~12mg/L), 每周

2~3次,连续6周,结果令人满意。随访2年,肠镜检查提示患者结肠完全恢复正常。南方医院亦有这方面的成功经验,从2002年起治疗腰大肌劳损、肩周炎及退行性关节炎300余例,疼痛缓解率达80%;1例下肢溃疡经连续2日4次臭氧吹注治疗后,溃疡面明显缩小;2例肠痿患者经体外痿管臭氧局部灌注5~7日后,痿管逐渐愈合。1例胆道感染的患者,经臭氧灌注后感染明显减轻。

2000年,臭氧治疗病毒性肝炎在欧洲被批准应用于临床。在治疗急性肝炎的研究中显示有较好的退黄、降酶等作用;采用每周3次臭氧自血疗法和直肠吹注疗法,持续8~24周,临床研究报告显示,8周后有效率达到91.6%,24周后达到95%。开罗大学Mawsouf报道在丙型肝炎治疗(60例)研究中,丙肝病毒RNA转阴率为37%。初步临床应用提示,臭氧疗法是安全、经济和高效的肝炎治疗方法。2004年9月,我国臭氧治疗肝病的学术会议在秦皇岛召开,随后有关的设备和技术被引进,目前已有北京、上海、广州、成都等大城市的医院建立了臭氧治疗中心,并开始了临床治疗。2005年7月初,在广州召开了首届全国免疫臭氧治疗肝炎研讨会。会上全国多家单位介绍了各自实践经验。四川大学华西医院对16例慢性乙肝患者(包括重型肝炎2例,中度肝炎3例)进行对照研究,臭氧治疗4周时病毒学指标完全应答3例(3/12,25%),部分应答3例(3/12)。山东省立医院肝病中心对多种肝炎,包括病毒性肝炎、自身免疫性肝炎、酒精性肝病的治疗,初步结果满意。在多家单位的臭氧治疗过程中未出现明显不良反应。南方医院肝病中心几年来数百余例乙肝患者接受每周3次自血疗法,治疗3个月后体内病毒数量大幅减少,其疗效与患者使用1年干扰素及口服5年抗病毒药相当。

关于臭氧治疗病毒性肝炎的机制,大多数学者认为主要通过以下3个方面起作用:①臭氧及其活性代谢产物可诱导人体产生免疫细胞,清除肝炎病毒,此乃免疫杀伤作用。②诱导人体产生多种细胞因子,如各种内源性干扰素、白细胞介素、肿瘤坏死因子、粒细胞因子和生长转化因子等,杀灭病毒感染细胞。同时促进病毒受染肝细胞的抗原性表达,使一些隐匿性肝炎、耐药性肝炎和肝炎病毒携带者获得良好的治疗效果。③臭氧具有保肝、护肝作用,主要体现在通过促进血红蛋白的携氧能力,以改善肝脏的供血,同时激活肝脏的自由基清除系统,提高肝脏的抗氧化能力。有报道显示,臭氧促进自由基清除的作用还被广泛应用于抗衰老及运动医学等领域。

无论何种治疗方式,臭氧都是严格禁止直接吸入肺内,因为臭氧可损伤肺泡上皮细胞。除此之外,臭氧尚有激活体内新陈代谢的作用,甲状腺功能亢进患者为此被列为臭氧治疗的禁忌;葡萄糖-6-磷酸脱氢酶缺乏症即蚕豆病亦被列入其中;由于该病患者的红细胞缺乏抗氧化保护系统,与臭氧接触会导致红细胞大量破坏。

臭氧治疗越来越受到各国医学工作者的青睐,原因在于其简单、安全、创伤小、费用低。2005年4月,在印度新德里举行世界首届臭氧治疗大会,出席会议的有来自意大利、加拿大、中国、巴基斯坦、西班牙、中国台北、印度、俄罗斯等的数十位专家学者。臭氧治疗在大家的共同努力下,近年来取得了丰硕的成果。2006年世界臭氧治疗联合会在新德里成立,由印度Kumar博士担任主席,意大利Andreula任副主席,中国何晓峰任该委员会执行委员。此组织的网址为www.webfio.it。第9届世界神经介入治疗大会WFTIN(由北京宣武医院凌锋教授担任主席)臭氧治疗专题研讨会在北京九华山庄召开,由Marco教授及何晓峰教授担任共同主席,来自意大利的著名臭氧治疗学者Anderula、Muto、Bonnetti,来自印度的

Kumar 博士,以及来自西班牙的 Jose 博士等介绍了目前世界上臭氧治疗的最新发展趋势。国内的肖越勇、俞志坚、姜建威、彭勇、李成利、田金林、赵玮等亦报告了我国臭氧治疗的经验及动物实验研究结果。2007 年英文版的《国际臭氧治疗杂志》(*International Journal of Ozone Therapy*)创立,该杂志在原来意大利发行的杂志(*Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*)基础上改版,已于全世界范围内发行,由意大利 Bonetti 担任主编,聘任何晓峰为中国审稿专家。

2008 年 9 月,百余名国内臭氧治疗专家云集乌鲁木齐,成立世界疼痛医师协会中国分会臭氧治疗专业委员会,由何晓峰任主任委员,郭亚兵、余斌等任副主任委员,下设十余个专业组。这是国内首届臭氧治疗的专业委员会,相信该组织的成立会大力推动中国臭氧治疗事业的发展。国际臭氧联合会主席 Kumar、意大利臭氧联合会主席 Marco、德国臭氧联合会副主席 Wasser 以及南方医院和广州军区总院院长分别发来了贺电。本次会议总结了我国臭氧治疗的成果,规范了臭氧治疗方法,介绍了臭氧治疗脑水肿、心肌梗死及烧伤、烫伤的初步经验。世界臭氧联合会中国分会的成立也在酝酿之中,有望在不久的将来,臭氧治疗能像其他治疗方法一样,造福于更多患者。

(何晓峰著,李彦豪审)

参考文献

- 何晓峰,李彦豪,陈汉威,等. 2005. 臭氧治疗腰椎间盘突出症 600 例临床疗效分析. 中国介入影像与治疗学,2(5): 338~341
- 何晓峰,李彦豪,卢伟,等. 2005. 经皮穿刺 O_2-O_3 混合气体盘内注射术治疗颈椎间盘突出症. 中华放射学杂志,39(12):1~4
- 何晓峰,李彦豪,宋文阁,等. 2005. 经皮腰椎间盘臭氧注射术规范化条例. 中国介入影像与治疗学,2(5):387~388
- 何晓峰,俞志坚,李彦豪. 2003. 经皮穿刺 O_2-O_3 混合气体注射术治疗腰椎间盘突出症. 中华放射学杂志,37:827~830
- 肖越勇,孟晓东,李继亮,等. 2005. CT 导向下臭氧消融术治疗腰椎间盘突出. 中国介入影像与治疗学,2(4):245~248
- 俞志坚,何晓峰,陈勇. 2004. 低浓度医用臭氧与医用纯氧对犬髓核组织形态的影响. 广东医学,25(9):1019~1020
- 俞志坚,何晓峰,陈勇,等. 2001. 臭氧对髓核超微结构的影响. 介入放射学杂志,10(3):161~163
- 俞志坚,何晓峰,何仕诚,等. 2003. 臭氧治疗腰椎间盘突出症:盘内臭氧分布与疗效. 临床放射学杂志,22(10):869~872
- 俞志坚,何晓峰,李彦豪. 2004. 医用臭氧治疗腰椎间盘突出症. 中国医学影像技术,20(4):598~600
- 俞志坚,何晓峰,李彦豪,等. 2002. 经皮腰椎间盘内臭氧注射的动物试验研究. 中华放射学杂志,36(4):366~369
- 俞志坚,何晓峰,杨波. 2004. 医用臭氧治疗腰椎间盘突出症:术后症状“反跳”的分析及处理. 临床放射学杂志,25(10): 897~899
- 俞志坚,李彦豪. 2004. 医用臭氧经皮椎间盘内注射治疗腰椎间盘突出症. 介入放射学杂志,13(6):562~564
- Albertini F. 2002. Ozone administration in the treatment of herniated cervical disc. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*,1:203~206
- Alexandre. 2002. Intradiscal injection of O_2-O_3 to treat lumbar disc herniation. *Riv Ital Ossigeno-Ozonoterapia*,1: 165~169
- Andreula CF. 2001. Lumbosacral disc herniation and correlated degenerative disease: spinal interventional chemodiscolysis with O_3 . *Riv Neuroradiol*,14(suppl 1):81~88
- Andreula CF, et al. 2003. Minimally invasive oxygen-ozone therapy for lumbar disc herniation. *American Journal of Neuroradiology*,24:996~1000
- Baeza-Noci J. 2007. Spinal ozone therapy in lumbar spinal stenosis. *International Journal of Ozone Therapy*,6:17~24
- Bocci V. 1996. Ozone as a bioregulator. *Pharmacology and toxicology of ozonotherapy today*. *J Biol Regulat Homeost*

- Agent, 10; 31~53
- Bocci V. 1999. Biological and clinical effects of ozone. Has ozone therapy a future in medicine? *Brit J Biomed Sci*, 56; 270~279
- Bocci V. 2000. Ossigeno-Ozono Terapia. Milan: Casa Editrice Ambrosiana, 267~273
- Bocci V. 2002. Oxygen-Ozone Therapy: A Critical Evaluation. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 241~324
- Bocci V. 2007. An evaluation of pharmacological approaches for correcting the chronic oxidative stress. Ozone therapy can be very useful. *International Journal of Ozone Therapy*, 6; 162~167
- Bocci V. 2007. The case for oxygen-ozone therapy. *International Journal of Ozone Therapy*, 6; 58~63
- Bocci V, Luzzi E, Corradeschi F, et al. 1993. Studies on the biological effects of ozone: III, an attempt to define conditions for optimal induction of cytokines. *Lymphokine Cytokine Res*, 12; 121~126
- Bonetti M. 2005. Use of FAT/SAT magnetic resonance sequences with gadolinium in the pre-treatment and follow-up assessment of patients undergoing oxygen-ozone therapy. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 4; 9~19
- Bonetti M, Fontana A. 2007. MR follow-up three weeks after cervical disc herniation: a case report. *International Journal of Ozone Therapy*, 6; 49~53
- Bonetti M, Fontana A, Parodi F. 2007. Oxygen-ozone therapy associated with magnetic bioresonance in degenerative arthrosis of the spine: preliminary findings. *International Journal of Ozone Therapy*, 6; 29~35
- Brina P, Villani C. 2004. Treatment of rotator cuff lesions with echo-guided infiltration of an oxygen-ozone mixture. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 3 (N. 2); 139~147
- Fabris G. 2003. Oxygen-ozone therapy for herniated cervical disc description of a personal technical procedure: paravertebral injection into the cervical muscle fasciae. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 2; 163~168
- Fontana A. 2007. L₅-S₁ herniated disc cured by CT guided intraforaminal infiltration of oxygen-ozone confirmed by MR follow-up one month after treatment: a case report. *International Journal of Ozone Therapy*, 6; 54~57
- Gjonovich. 2002. Oxygen-ozone therapy in shoulder pain. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 1(N. 1); 37~40
- Gjonovich A. 2003. Refractory tendinopathies of the knee: use of oxygen-ozone therapy. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 2(N. 2); 187~192
- He XF, Xiao YY. 2005. Percutaneous intradiscal O₂-O₃ injection to treat cervical disc herniation. *Rivista di Neuroradiologia*, 18; 75~78
- He XF, Yu ZJ, Li YH. 2003. Percutaneous injection of intradiscal and paraspinal space with O₂-O₃ mixture to treat lumbar disc herniation. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, (2); 135~138
- Iliakis, et al. 2001. Rationalization of the activity of medical ozone on intervertebral disc. *Revista di Neuroradiologia*, 14; 23~30
- Izzo A, Bertolotti A. 2007. Oxygen-ozone therapy: a hope turns into reality II part. *International Journal of Ozone Therapy*, 6; 43~48
- Kumar. 2005. Total clinical and radiological resolution of acute, massive lumbar disc prolapse by ozonucleolysis. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 4; 44~48
- Leonardi M. 1993. Discography: how to workshop (abstr). *Radiology*, 189(suppl 1); 78~82
- Leonardi M. 2002. Disc puncture under fluoroscopic guidance. *Riv Ital Ossigeno-Ozonoterapia*, 1; 73~78
- Leonardi M, Simonetti L, Barbara C. 2001. Effetti dell'ozono sul nucleo polposo: reperti anatomo-patologici su caso operato. *Riv Neuroradiol*, 14(suppl 1); 57~59
- Macnab I. 1971. Negative disc exploration. *J Bone Joint Surg Am*, 53; 891~903
- Moretti B, Lanzisera R. 2004. O₂-O₃ anti-inflammatory drugs in the treatment of neck pain. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 3; 131~137
- Morosi C, Siritto M, Silvestri E. 2007. Experimental ultrasound study monitoring diffusion of and oxygen-ozone gas mixture in adipose tissue. *International Journal of Ozone Therapy*, 6; 25~28
- Moto. 2004. Intradiscal and intramuscular injection of Oxygen-Ozone: pathological evaluation. *Riv Ital Ossigeno-Ozonoterapia*, 3; 7~13

- Muto M, Avella F. 1998. Percutaneous treatment of herniated lumbar disc by intradiscal oxygen-ozone injection. *Interventional Neuroradiology*,4:273~286
- Muto M, Andreula C, Leonardi M. 2004. Treatment of herniated lumbar disc by intradiscal and intraforaminal oxygen-ozone injection. *Journal Of Neuroradiology*,31:183~189
- Pellicano G, Martinelli F, Tavanti V, et al. 2007. The Italian oxygen-ozone therapy federation (FIO) study on oxygen-ozone treatment of herniated disc. *International Journal of Ozone Therapy*,6:7~15
- Piana C, et al. 2004. Oxygen-ozone treatment for nerve root compression. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*,3:45~60
- Riva E, Sanseverino DI. 2004. Positive effects of oxygen-ozone therapy in chronic ulcerative rectocolitis. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*,3 (N. 1):61~64
- Zambello A, Fara B, Bianchi M. 2007. Tabaracci. Paravertebral oxygen-ozone infiltrations: high versus low doses: towards the minimum effective dose: a retrospective study. *International Journal of Ozone Therapy*,6:37~41

第二章 臭氧的理化性质及其产生

臭氧(化学分子式为 O_3)又名活性氧,由三个氧原子组成,分子结构如图 2-1 所示。其相对分子质量为 48,是一种具有刺激性特殊气味的不稳定气体,因其类似鱼腥味的臭味而得名。臭氧是天然大气的微量组分,平均含量为 $0.1\sim 0.01\text{ppm}$ ^①,大部分集中在 $10\sim 30\text{km}$ 的平流层,对流层臭氧仅占 10%。在地平面上仅以极低浓度存在。在常温下,臭氧为淡蓝色气体。臭氧在地球大气层中起着非常重要的作用,能吸收太阳辐射的绝大部分紫外线,保护地球生物免受伤害,维持地球的能量平衡和生态平衡。

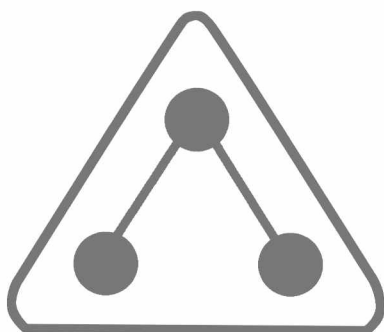


图 2-1 臭氧分子结构示意图

O_3 是 O_2 的同素异形体,组成元素相同,性质差异很大。氧与臭氧的主要物理性质见表 2-1。

表 2-1 氧和臭氧的主要物理性质比较

物理性质	氧	臭氧	物理性质	氧	臭氧
分子式	O_2	O_3	液体颜色	淡蓝色	暗蓝色
相对分子质量	32	48	1atm ^② 、 0°C 时的溶解度(ml/L)	49.1	640
一般情况下的形态	气态	气态	稳定性	稳定	易分解
气味	无	腥臭味	1atm 、 0°C 时的密度(g/L)	1.429	2.144
气体颜色	无色	淡蓝色	以空气为基准时的相对密度	1.103	1.658

一、臭氧的物理性质

1. 纯臭氧的物理性质

臭氧的物理性质见表 2-2。

^① $1\text{ppm}=1/10^6$ 。^② $1\text{atm}=1.01\times 10^5\text{Pa}$ 。

表 2-2 纯臭氧的物理性质

熔点(760mmHg)(°C)	-192.5±0.4	气体密度(0°C)(g/L)	2.144
沸点(760mmHg)(°C)	-111.9±0.3	蒸发热(-112°C)(J/L)	316.8
临界温度(°C)	-12.1	临界密度(g/ml)	0.437
临界压力(atm)	54.6	固态臭氧密度(77.4K)(g/ml)	1.728
临界体积(ml/mol)	111	液态热容(90~105K)(cal/K)	0.425+0.0014×(T-9)
液态臭氧的黏滞度(Pa·s)		汽化热(J/L)	
77.6K	0.00417	-111.9°C	14277
90.2K	0.00156	-183°C	15282
表面张力(dyn/cm) ^①		生成热(J/L)	
77.2K	43.8	气体(298.15K)	142.98
90.2K	38.4	液体(90.15K)	125.60
等张比容(90.2K)	75.7	理想气体(0K)	145.45
介电常数(液态 90.2K)	4.79	生成自由能(气体, 298.15K)	162.82
磁化率(cm-g-s)	0.002×10 ⁻⁶	偶极矩(德拜)	0.55
气体/液体	0.150		

注:①1dyn=10⁻³ N/m; 1atm=1.01×10⁵Pa; 1cal=4.18J。

2. 臭氧的溶解度

臭氧和其他气体一样,在水中的溶解度符合亨利定律,即在一定温度下,任何气体溶解于已知液体中的质量,将与该气体作用在液体上的分压成正比,而亨利常数的大小只是温度的函数,与浓度无关。

臭氧略溶于水,当温度为 0°C 时,纯臭氧在水中的溶解度为 2.858×10^{-2} mol/L (1372mg/L)。标准压力和温度下,其溶解度比氧大 13 倍(表 2-3),比空气大 25 倍。

表 2-3 臭氧、纯氧、空气在水中的溶解度(气体分压为 10⁵Pa)(单位:ml/L)

气体	密度(g/L)	温度(°C)			
		0	10	20	30
O ₂	1.492	49.3	38.4	31.4	26.7
O ₃	2.143	641	520	368	233
空气	1.2928	28.8	23.6	18.7	16.1

实际生产中采用的多是臭氧化空气,其臭氧的分压很小,故臭氧的溶解度远远小于表 2-3 中的数据。例如,用空气为原料的臭氧发生器产生的臭氧化空气,臭氧只占 0.6%~1.2%(体积分数)。根据气态方程及道尔顿分压定律可知,臭氧的分压也只有臭氧化空气压力的 0.6%~1.2%。因此,当水温为 25°C 时,将这种臭氧化空气加入水中,臭氧的溶解度只有 $(0.625 \sim 1.458) \times 10^{-4}$ mol/L(即 3~7mg/L)(图 2-2)。

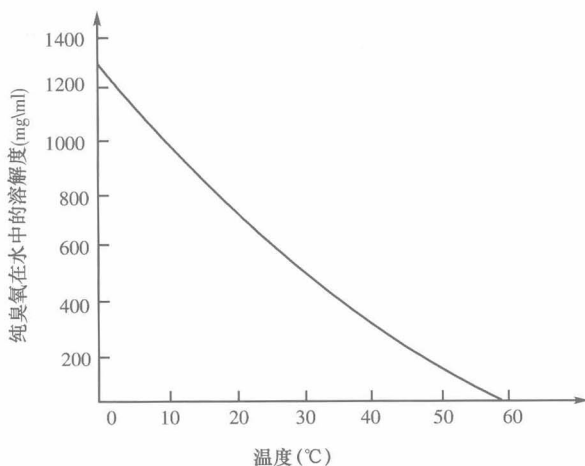


图 2-2 纯臭氧在水中的溶解度

二、臭氧的化学性质

1. 臭氧的分解(图 2-3)

臭氧的化学性质极不稳定,在空气和水中都会慢慢分解成氧气,其反应式为: $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2 + 285\text{kJ}$ 。由于分解时放出大量热量,故当其含量在 25% 以上时,很容易爆炸;另外,有的资料提到低温凝聚的臭氧和 20% 浓度臭氧与氧气混合气体存在爆炸的可能性。但在实际应用中臭氧浓度很低,如做水处理应用的高浓度臭氧发生器浓度目前最高为 70mg/L(氧气源 5% 浓度),作为空气处理应用的发生器浓度只有 200mg/m³,都比爆炸危险浓度低得多,一般臭氧化空气中臭氧的含量很难超过 10%,在百年的臭氧应用历史中,还没有报道过臭氧爆炸的先例,因此我们应用的臭氧为安全气体。值得注意的是,使用氧气源的大型臭氧系统应该严格按照氧气安全标准设计与运行。目前在供气管路中安装烃类检测仪作为检测报警仪器,以防止氧气爆炸危险事故。

含量为 1% 以下的臭氧,在常温常压的空气中分解半衰期为 16h 左右。随着温度的升高,分解速率加快,温度超过 100℃ 时,分解非常剧烈,达到 270℃ 高温时,可立即转化为氧气。臭氧在水中的分解速率随水温 and pH 的提高而加快,比空气中快得多。在含有杂质的

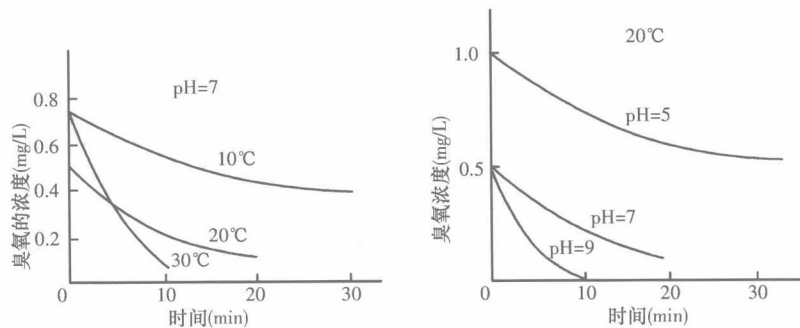


图 2-3 水温、pH 和分解速度的关系