

石材加工工人矽肺：流行与临床特征

谢苗苗, 毛翎

同济大学附属上海市肺科医院, 上海 200433

摘要：

人造石材广泛应用于建筑装饰行业, 世界各地陆续出现人造石材加工相关的矽肺病例。与天然石材相比, 人造石由于游离二氧化硅含量很高 (>90%), 作业场所粉尘浓度很高, 对工人健康危害更大。人造石矽肺暴露工龄短、病情进展快, 预后差。本文综述石材分类与组成, 对天然石材和人造石材加工工人矽肺的流行特征与发病机制、临床表现、肺功能、影像学特征以及进展与预后进行比较和总结。呼吁必须加强石材行业职业卫生监督, 切实保护劳动者健康。

关键词：石材加工；人造石材；矽肺；流行；临床特征

Silicosis associated with stone processing workers: Epidemic and clinical features XIE Miaomiao, MAO Ling (Shanghai Pulmonary Hospital, Tongji University School of Medicine, Shanghai 200433, China)

Abstract:

Artificial stones have been widely used in construction and decoration industry, when cases of silicosis associated with artificial stone processing have been occurring all over the world. Compared with natural stones, artificial stones are more harmful due to the high levels of free silica (>90%) and air dust at workplace. Artificial stone silicosis features a short exposure period, rapid progress, and poor prognosis. In this paper, classification and composition of stone materials were introduced, and the epidemic features, pathogenesis, clinical manifestations, pulmonary functions, imaging characteristics, progression, and prognosis of silicosis associated with natural stone workers versus artificial stone workers were compared and summarized. This review concluded with a call for strengthening occupational health supervision for the stone industry and effectively protecting workers' health.

Keywords: stone processing; artificial stone; silicosis; epidemic; clinical feature

石材加工是典型的可导致矽肺的作业工种之一, 含有游离二氧化硅的石材在切割、打磨等加工过程中产生大量呼吸性粉尘, 如防护不到位, 粉尘可在肺内沉积, 引发特征性炎性反应、肺组织广泛结节性纤维化, 并聚集成纤维团块, 同时合并有肺气肿、肺大泡^[1]。根据临床表现、病程和病理改变的不同, 一般将矽肺分为慢性和急性两种。矽肺的严重程度及进展速度主要取决于粉尘中游离二氧化硅含量、作业场所空气中粉尘浓度、暴露时间、粉尘颗粒分散度以及个体易感性^[2]。结晶型二氧化硅是地壳的常见成分, 多在石英砂、花岗岩等天然石材中发现。近20年来, 人造石材的制造和加工在世界范围内兴起, 并出现人造石材加工相关的矽肺病例, 有其特征性影像学、进展和预后表现。本文对石材加工工人相关矽肺进行综述。

1 石材的分类与组成

石材是通过加工天然岩石, 用于建筑装饰、碑石、工艺品等行业的材料, 包括天然石材和人造石材。天然石材主要分为五类: 花岗石、大理石、石灰石、砂岩和板石。花岗石以石英、钾长石、斜长石等为主要组成矿物, 其二氧化硅

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.21077

作者简介

谢苗苗 (1992—), 女, 硕士, 医师;
E-mail: xiemiaom123@163.com

通信作者

毛翎, E-mail: maoling113@sina.com

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-02-28

录用日期 2021-05-06

文章编号 2095-9982(2021)10-1156-05

中图分类号 R13

文献标志码 A

►引用

谢苗苗, 毛翎. 石材加工工人矽肺: 流行与临床特征 [J]. 环境与职业医学, 2021, 38(10): 1156-1160.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21077

Correspondence to

MAO Ling, E-mail: maoling113@sina.com

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2021-02-28

Accepted 2021-05-06

►To cite

XIE Miaomiao, MAO Ling. Silicosis associated with stone processing workers: Epidemic and clinical features[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(10): 1156-1160.

►Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21077

含量多在10%~75%之间^[3]。花岗石呈均粒状结构,质地坚硬,耐磨,不易风化,主要应用于大型公共建筑或装饰等级要求较高的室内外装饰。大理石是一种变质岩,包括方解石大理石、白云石大理石和蛇纹石大理石,绝大多数大理石的二氧化硅含量在5%以下^[3]。大理石易加工、开光性好,常被制成抛光板材,但大理石抗风化能力差,易腐蚀,一般只宜用于室内装饰。石灰石的二氧化硅含量多在5%以下,是由白云石、方解石或两种矿物混合经化学沉淀形成^[3]。砂岩是由岩屑和其他副机械沉积形成的岩类,成分以石英和长石为主,根据矿物组成为杂砂岩(石英含量在50%~90%)、石英砂岩(石英含量大于90%)、石英岩(二氧化硅含量与石英砂岩相当,通常大于85%)三类;石英岩是指经变质的石英砂岩。板石呈板片状,泥质、碳酸盐质成分居多,主要用于地板和墙体装修^[4]。

天然石材有独一无二的纹理,但由于铺贴存在色差、天然孔隙渗入、自然资源有限等问题,应用较局限。而人造石材拥有花色可调、节能环保等优势,因此当前被广泛用于装饰建筑石材行业。人造石材1965年诞生于美国,是以不饱和聚酯树脂、水泥为黏合剂,配以天然石材碎(粉)料、氢氧化铝粉等无机物粉料以及颜料、适量阻燃剂等,经混合、振动、挤压等工序成型固化而成,主要包括人造石实体面材、人造石英石和人造大理石。人造石实体面材以不饱和聚酯树脂、甲基丙烯酸甲酯为基体,氢氧化铝为填料,经浇铸成型、真空模塑或模压成型。人造石材以有机物高分子材料为主体,因此具有可加热弯曲、耐污染、抗冲击等天然石材不可比拟的优势,主要应用于厨房台面、卫浴设施等。人造大理石以大理石、石灰石等的碎粉料为主要原材料,大多数用于室内墙面、地面装饰。人造石英石主要原材料为天然石英石砂粉、硅砂、尾矿渣,二氧化硅含量高达90%以上,因此质地坚硬,结构致密,具有耐高温、抗腐蚀、耐磨、耐压等特性,主要用于浴室及厨房台面^[5]。

2 石材加工工人矽肺的流行特征

我国石材加工工人矽肺发病十分严重,主要是由于工作中需要开采和加工游离二氧化硅含量较高的花岗石。新中国成立后50年代采石厂主要生产方式是手扒锤敲、人工筛粉,60年代安装颚式破碎机机械替代手工,并开始湿式作业。1985—1990年江苏武进县12个采石厂工作现场粉尘样品平均游离二氧化硅

含量55.15%,平均粉尘质量浓度(浓度)40.4 mg·m⁻³,5 μm以下粉尘颗粒占88%~90%。武进县2131名县办采石厂作业工人矽肺患病率22.63%^[6]。个体石工矽肺发病也不容乐观,2015—2017年四川乐山市173名个体石工矽肺检出率58.38%,其中贰期矽肺占44.56%,年龄集中在40~60岁,接尘工龄低于10年的占55.45%^[7]。石材加工行业粉尘危害现仍非常严重,主要原因在于防尘降尘措施远远不够,导致工作场所空气中粉尘浓度超过国家卫生标准。2014年对上海市120家石材加工行业305个固定作业点的矽尘和大理石粉尘浓度进行检测显示:游离二氧化硅含量介于10%~50%,矽尘和大理石粉尘合格率分别为80.7%(121/150)和88.0%(81/92),矽尘所含游离二氧化硅含量在50%~80%之间的作业点合格率仅为9.5%(9/63);而矽尘(50%<游离二氧化硅含量≤80%)总粉尘、呼尘时间加权平均浓度超标率远高于前两种粉尘,分别是90.3%(56/62)和80.6%(50/62)^[8]。国外石工矽肺的发病也曾非常严重。1951年英国210名花岗石石工体检发现37名矽肺患者,这些石工接尘工龄均超过15年,而工龄超过35年的石工矽肺发病率高达78.6%^[9]。

然而近年来人造石材在厨房和浴室台面装饰行业广泛应用,多集中在小型企业及加工作坊,由于管理尚不完善以及防护不当,陆续出现相关矽肺病例报道,且发病年龄多集中在30~40岁^[10]。2010年在西班牙阿斯图里亚斯首次报道^[11],后在西班牙其他城市以及以色列、意大利、美国、比利时等国家都出现报道^[12-14],患病人数较多。2018年9月5日澳大利亚昆士兰两家人造石材台面加工厂35名工人中有12例诊断为矽肺,截至2019年2月15日共有99例人造石矽肺确诊病例,其中15例表现为大块纤维化,年龄最小的工人年仅23岁,只有6年粉尘暴露史^[15]。2005年人造石英石进口材料进入中国,2007年先后有厂家推出国产人造石英石。2019年上海报道98名人造石英石加工工人矽肺,平均年龄38.5岁,平均工龄5.6年,工龄最短的只有1年;加工作坊和安装现场空气中平均粉尘浓度分别为351 mg·m⁻³和127 mg·m⁻³,参期病例占44.8%,复查胸片的23例患者中,56.5%诊断晋期,平均0.8年晋期^[16]。

3 石材加工工人矽肺的发病机制

一般认为矽肺发生发展分为三个阶段:①肺泡巨噬细胞捕捉游离石英粉尘后在肺间质内聚集、激活,

产生活性氧,引发特征性的炎症。②由于炎症因子不断损害肺实质,进而启动肺组织修复机制,炎症区域产生细胞外基质,逐渐形成肉芽肿组织。③最终形成纤维化组织^[17]。

流行病学资料表明人造石英石相关矽肺通常表现为快进性矽肺,2016年Pavan等^[18]的研究表明,人支气管上皮细胞BEAS-2B与人造石英石粉尘(去除或不去除树脂)孵育96h后,细胞完全丧失了原先紧密的结构,呈锥形、尖端细长突起,呈成纤维细胞样、平行排列的外观。同时伴随着上皮细胞的钙黏附蛋白E表达的显著缺失,间充质细胞标志物波形蛋白和 α -平滑肌肌动蛋白的表达增强。这说明人造石粉尘是纤维化的强激活剂,具有致纤维化的高反应性,颗粒表面残留树脂不影响其致纤维化活性。另外,人造石粉尘具有强大的产自由基的能力,羟自由基等在石英颗粒诱导的基因毒性、炎症和纤维化反应中具有很高的反应性,可能与人造石粉尘中含有大量氧化还原活性的过渡金属离子有关^[19]。

4 石材加工工人矽肺的临床特征

近年来由于人造石材在世界范围内广泛使用,导致相关矽肺的发病人数增多,多表现为快进型矽肺,因此在与天然石材比较的基础上,了解人造石材矽肺的临床表现、肺功能、计算机断层扫描术(computer tomography, CT)征象等指标的差异对于预测疾病严重程度十分重要。

4.1 临床表现

石材加工工人矽肺一般发病早,矽肺早期即可出现咳嗽、胸闷、胸痛、气喘等症状,随着病情加重合并气胸、肺部感染、肺结核等,原有症状加重或出现咯血、黄脓痰、发热等症状。

人造石加工工人因粉尘造成的肺泡炎反应严重,矽结节形成前患者可出现明显胸闷、咳嗽,病情进展快,易并发肺大泡和气胸,易合并肺结核,预后差^[16]。2018年澳大利亚报道人造石相关矽肺7例,所有患者都表现咳嗽和进行性加重的呼吸困难,其中1例有体重减轻和咯血^[20]。而部分患者可无明显症状或仅表现为轻微的咳嗽与呼吸困难。Guarnieri等^[14]报道意大利北部24名人造石英石矽肺患者中三分之二无明显症状,仅7名表现为轻微劳力性呼吸困难,2名表现为咳嗽。González等^[21]分析了96例人造石矽肺患者的临床特征,发现有接近一半的患者无明显症状,

仅在胸部影像学上有不同程度的表现。

4.2 肺功能

慢性矽肺患者早期肺功能检查无异常,随着病情进展,肺功能逐渐出现损伤。一般首先表现为阻塞性和/或限制性通气功能障碍,出现大阴影和肺气肿后,弥散功能逐渐下降。金矿工人无矽肺人群第一秒用力呼气量(percentage of forced expiratory volume in first second, FEV₁)平均每年下降37 mL,按照国际劳工组织(International Labour Organization, ILO)尘肺病胸片分类指南判定为1级、2级、3级密集度矽肺的FEV₁平均每年分别下降57、100、128 mL,用力肺活量(forced vital capacity, FVC)和一氧化碳弥散量表现为类似的下降模式^[22]。

相较于天然石材矽肺,人造石矽肺肺功能下降更为迅速,常在肺泡炎阶段就出现限制性通气功能障碍和弥散功能减退。2019年北京报道9例人造石英石矽肺患者肺功能主要表现为中度限制性通气功能障碍和弥散功能损伤,其中4例患者经随访,显示肺功能急剧下降,FVC、FEV₁年平均下降分别是587 mL和625 mL^[23]。最近西班牙报道了人数最多的人造石矽肺队列,通过4年随访,有超过25%的患者FEV₁、FVC分别每年平均下降133 mL和157 mL以上,有56%的患者晋级2个期别以上,多变量分析表明诊断时FVC较低,且接尘时间长短与疾病进展为大块纤维化有关^[24]。

4.3 影像学表现

采石场和石板厂石工矽肺早期胸片表现以q影为主,部分r影或p影,中上肺区较密集,肺尖与下肺区较少,发展较快。矽肺在胸部CT上首先表现为小叶中心和胸膜下微结节,以两上肺分布为主。随着病情进一步发展,小结节影在两上肺后部融合形成边缘不规则的团块,多位双侧性,融合团块周围瘢痕型肺气肿,同时肺门区和纵隔淋巴结增大、硬结^[2]。

人造石加工工人因粉尘所致肺泡炎反应明显,出现反复胸闷、咳嗽,此时CT可见肺部弥漫分布、两中上肺为主的小叶中央性磨玻璃影,而胸片可完全正常。随着病情进一步发展,在磨玻璃影基础上出现广泛微小结节,仍以两中上肺分布为主,胸片上表现为p影。上肺、肺底、胸膜下多发疏松斑片影,伴支气管充气征,斑片影逐渐收缩聚集形成边缘不规则、密度均匀的大团块影,如慢性矽肺一样分布,以两上肺后部为主,两侧对称^[16, 25-27],团块周围肺大泡、肺气肿,肺间质纤维化改变。国内一项研究指出,与天然石材

矽肺相比,人造石矽肺磨玻璃影,肺气肿和肺动脉增宽更常见,而纵隔淋巴结病变更少见^[25],且进展更快,更易发生肺气肿、肺大泡以及气胸。相较于胸片,胸部高分辨率CT (high resolution CT, HRCT) 诊断更敏感,来自意大利北部的24名人造石材矽肺工人中只有9名工人胸片异常,在80%的HRCT结果中检测到小叶中央性磨玻璃影^[14]。澳大利亚也有报道称胸片对于诊断人造石矽肺的敏感性较低,具有相关矽肺HRCT特征的67例工人中竟有43%胸片正常^[28],故应将胸部HRCT用于高浓度二氧化硅暴露人群的常规筛查。

4.4 进展与预后

与天然石材矽肺相比,人造石矽肺发病年龄小、工龄短,病情进展快,肺移植率和死亡率都更高,是以广泛的肺结构破坏为特征的快进型矽肺。国外文献报道,99例从事人造石材加工的简单矽肺患者随访4年后,33%患者出现块状纤维灶,按照《ILO尘肺胸片分类指南》,56%患者小阴影密集度晋升2级或以上^[24]。国内文献报道在2个月~2年期间复查胸部CT的67例人造石英石矽肺患者,60例(占病例数89.6%)患者CT小结节影增多,出现团块影、肺气肿加重或出现空洞等,期间复查胸片的患者23例,56.5%病例晋期,晋期时间最短的2个月,最长的2年,平均0.8年^[16]。天然石材矽肺进展相对缓慢, Lee等^[29]回顾性分析141例花岗岩采石工矽肺患者的胸片变化,经过7.5年随访,36.9%患者胸片表现进展,16.4%简单矽肺患者胸片出现大阴影。国内有研究比较18例人造石矽肺患者与63例天然石材矽肺患者,发现前者从粉尘暴露到发病平均6.4年,而后者平均29.3年,两组患者肺移植率及死亡率分别为38.9%、27.8%和3.2%、0%^[25]。

5 总结

近年来,人造石材这一新型环保复合材料广泛用于建筑装饰行业,特别是厨房和浴室人造石英石台面,其所含游离二氧化硅浓度远高于天然石材。由于企业和个体经营者没有采取保护工人健康的预防措施以及工人对粉尘致病性没有足够重视,导致近年来人造石矽肺发病明显增加。不同于经典矽肺,人造石材相关矽肺临床上多发生于年轻人,粉尘暴露时间短,主要表现为以广泛的肺结构破坏为特征的快进型矽肺,进展快,预后差,危害极大。因此必须加强小

型加工企业的管理,大力提高企业和工人对人造石材制造和加工粉尘致病性的认识,安装防尘设备,采取湿式作业,加强个人防护,切实降低作业场所空气中粉尘浓度,定期开展职业健康监测,以期真正达到保护劳动者健康的目的。

参考文献

- [1] LEUNG CC, YU IT, CHEN W. Silicosis [J]. Lancet, 2012, 379 (9830): 2008-2018.
- [2] 卫生部食品安全综合协调与卫生监督局,中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所. 尘肺病 [M]. 北京:化学工业出版社, 2010: 44-52.
Ministry of Health. Bureau of Comprehensive Coordination and Health Supervision of Food Safety, China Center for Disease Control and Prevention. Institute of Occupational Health and Poisoning Control. Pneumoconiosis [M]. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 2010: 44-52.
- [3] 黄萍. 天然石材中SiO₂含量测定方法的选用 [J]. 石材, 2016 (3): 32-34.
HUANG P. Selection of SiO₂ content determination method in natural stone [J]. Stone, 2016 (3): 32-34.
- [4] 许荣旗. 石材的分类 (1) [J]. 石材, 2014 (6): 16-21.
XU RQ. Classification of stone (1) [J]. Stone, 2014 (6): 16-21.
- [5] 雷翊, 徐海军, 祝雯. 人造石材的研究与发展现状 [J]. 广州建筑, 2014, 42 (1): 37-40.
LEI C, XU HJ, ZHU W. Research situation and development trend of artificial stone [J]. Guangzhou Arch, 2014, 42 (1): 37-40.
- [6] 彭文彬. 乡办采石厂矽肺患病现状分析 [J]. 中国工业医学杂志, 1994, 7 (3): 171-173.
PENG WB. Analysis on the prevalence of silicosis in the township-run quarry [J]. Chin J Ind Med, 1994, 7 (3): 171-173.
- [7] 胡永超, 王坤, 黄林. 2015—2017年乐山市个体石工尘肺流行病学特征分析 [J]. 职业卫生与病伤, 2019, 34 (3): 143-146.
HU YC, WANG K, HUANG L. Analysis on the epidemiological characteristics of pneumoconiosis in individual masonry in Leshan city from 2015 to 2017 [J]. Occup Health Inj, 2019, 34 (3): 143-146.

- [8] 方锦斌, 赵乾魁. 上海市石材加工行业粉尘危害作业分级研究 [J]. 职业卫生与应急救援, 2015, 33 (3) : 166-168, 192.
- FANG JB, ZHAO QK. Study on classification of dust hazards in stone processing industries in Shanghai [J]. Occup Health Emerg Rescue, 2015, 33 (3) : 166-168, 192.
- [9] HALE LW, SHEERS G. Silicosis in west country granite workers [J]. Occup Environ Med, 1963, 20 (3) : 218-225.
- [10] HOY RF. Artificial stone silicosis [J]. Curr Opin Allergy Clin Immunol, 2021, 21 (2) : 114-120.
- [11] MARTÍNEZ C, PRIETO A, GARCÍA L, et al. Silicosis : a disease with an active present [J]. Arch Bronconeumol, 2010, 46 (2) : 97-100.
- [12] LESO V, FONTANA L, ROMANO R, et al. Artificial stone associated silicosis : a systematic review [J]. Int J Environ Res Public Health, 2019, 16 (4) : 568.
- [13] ROSE C, HEINZERLING A, PATEL K, et al. Severe silicosis in engineered stone fabrication workers—California, Colorado, Texas, and Washington, 2017-2019 [J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2019, 68 (38) : 813-818.
- [14] GUARNIERI G, SALASNICH M, LUCERNONI P. Silicosis in finishing workers in quartz conglomerates processing [J]. Med Lav, 2020, 111 (2) : 99-106.
- [15] KIRBY T. Australia reports on audit of silicosis for stonecutters [J]. Lancet, 2019, 393 (10174) : 861.
- [16] 毛翎, 周韶炜, 陈子丹, 等. 人造石英石板材加工矽肺患者临床特征及其作业环境调查 [J]. 环境与职业医学, 2019, 36 (8) : 744-749.
- MAO L, ZHOU SW, CHEN ZD, et al. Investigation of clinical features and working environment of silicosis patients caused by agglomerated quartz stone processing dust [J]. J Environ Occup Med, 2019, 36 (8) : 744-749.
- [17] MOSSMAN BT, CHURG A. Mechanisms in the pathogenesis of asbestosis and silicosis [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1998, 157 (5 Pt 1) : 1666-1680.
- [18] PAVAN C, POLIMENI M, TOMATIS M, et al. Editor's highlight : abrasion of artificial stones as a new cause of an ancient disease. physicochemical features and cellular responses [J]. Toxicol Sci, 2016, 153 (1) : 4-17.
- [19] CLOUTER A, BROWN D, HÖHR D, et al. Inflammatory effects of respirable quartz collected in workplaces versus standard DQ12 quartz : particle surface correlates [J]. Toxicol Sci, 2001, 63 (1) : 90-98.
- [20] HOY RF, BAIRD T, Hammerschlag G, et al. Artificial stone-associated silicosis : a rapidly emerging occupational lung disease [J]. Occup Environ Med, 2018, 75 (1) : 3-5.
- [21] GONZÁLEZ CM, GONZÁLEZ AP, ALFONSO AG, et al. Silicosis in artificial quartz conglomerate workers [J]. Arch Bronconeumol, 2019, 55 (9) : 459-464.
- [22] COWIE RL. The influence of silicosis on deteriorating lung function in gold miners [J]. Chest, 1998, 113 (2) : 340-343.
- [23] 谢姣, 张继先, 王一惠, 等. 人造石英石作业工人肺功能检测结果分析 [J]. 中国预防医学杂志, 2019, 20 (10) : 911-914.
- XIE J, ZHANG JX, WANG YH, et al. Analysis on the pulmonary function of workers who exposure to synthetic quartz stone dust [J]. Chin J Prev Med, 2019, 20 (10) : 911-914.
- [24] LEÓN-JIMÉNEZ A, HIDALGO-MOLINA A, CONDE-SÁNCHEZ M Á, et al. Artificial stone silicosis : rapid progression following exposure cessation [J]. Chest, 2020, 158 (3) : 1060-1068.
- [25] WU N, XUE C, YE S, et al. Artificial stone-associated silicosis in China : a prospective comparison with natural stone-associated silicosis [J]. Respirology, 2020, 25 (5) : 518-524.
- [26] JONES CM, PASRICHA SS, HEINZE SB, et al. Silicosis in artificial stone workers : spectrum of radiological high-resolution CT chest findings [J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2020, 64 (2) : 241-249.
- [27] 谢姣, 余贻汉, 张继先, 等. 人造石英石性矽肺的胸部CT表现分析 [J]. 中华放射学杂志, 2019, 53 (10) : 882-885.
- XIE J, YU YH, ZHANG JX, et al. CT imaging analysis of artificial stone-agglomerated quartz associated silicosis [J]. Chin J Radiol, 2019, 53 (10) : 882-885.
- [28] NEWBIGIN K, PARSONS R, DELLER D, et al. Stonemasons with silicosis : preliminary findings and a warning message from Australia [J]. Respirology, 2019, 24 (12) : 1220-1221.
- [29] LEE HS, PHOON WH, NG TP. Radiological progression and its predictive risk factors in silicosis [J]. Occup Environ Med, 2001, 58 (7) : 467-471.

(英文编辑 : 汪源 ; 责任编辑 : 王晓宇)