

肺癌手术患者肺功能研究现状

罗颖, 董文勋, 陈颖, 谭祥秀
(昆明医科大学第三附属医院/云南省肿瘤医院胸外一科, 云南昆明 650118)

[摘要] 肺癌术后肺功能受损是临床上不可避免的问题, 而手术方式、切除部位和个体差异等因素导致肺功能损失程度和恢复时间节点存在差异。对肺功能检查的简介及作用、不同手术方式、切除部位及运动康复训练对肺功能的影响进行总结。旨在比较不同手术方式及手术切除部位患者的肺功能损失情况, 为患者制定个性化运动康复护理方案提供参考。

[关键词] 肺癌手术; 肺功能损失程度; 运动疗法; 康复训练

[中图分类号] R473.73 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2024)04-0177-07

Research Advances on Lung Function in Patients Undergone Surgery for Lung Cancer

LUO Ying, DONG Wenxun, CHEN Ying, TAN Xiangxiu
(Dept. of Thoracic Surgery, The 3rd Affiliated Hospital of Kunming Medical University/Yunnan Cancer Hospital, Kunming Yunnan 650118, China)

[Abstract] After lung cancer surgery, lung function impairment is an unavoidable issue in clinical practice, with factors such as surgical methods, resection sites, and individual differences leading to variations in the extent of lung function loss and recovery time points. This article summarizes the introduction and role of lung function tests, the effects of different surgical methods, resection sites, and physical rehabilitation training on lung function. The aim is to compare the extent of lung function loss in patients undergoing different surgical methods and resection sites, providing a reference for developing personalized exercise rehabilitation care plans for patients.

[Key words] Lung cancer surgery; Loss of lung function; Exercise therapy; Rehabilitation training

根据 2020 年全球肿瘤数据统计分析, 全球每年大约有 220 万肺癌新发病例, 其中死亡患者约有 170 万例^[1]; 根据 2022 年国家癌症中心(national cancer center, NCC)公布数据, 在我国, 肺癌以高发病率及高致死率位居恶性肿瘤之首^[2]。早期肺癌通常是局部范围较小, 未侵犯其他重要脏器、也未发生远处转移, 此时行手术切除被视为是最有效的方法^[3]。肺癌是 1 种威胁人类健康的恶性肿瘤, 其预后差, 早期发现并及时手术后 5 a 的生存率可达到 80% 以上^[4]。但由于肿瘤切除会

使患者的有效呼吸面积减少^[5], 在短时间内出现不同程度的肺功能损害^[6-7]。既往研究表明, 肺功能与患者术后生活质量关系密切^[8]。因此, 探讨不同手术方式及手术切除部位对患者肺功能损失程度的影响是非常重要的。

本文对肺功能检查进行概述、并探讨影响肺功能的因素。对患者术后肺功能损失程度及恢复情况进行综述, 从而为患者制定个性化诊疗护理方案提供参考, 同时也为进一步研究改善术后肺功能的方法和手段提供参考依据。

[收稿日期] 2023-07-27

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(82272980; 82060426); 昆明医科大学教研教改课题基金资助项目(2022-JY-Y-106)

[作者简介] 罗颖(2000~), 女, 云南保山人, 在读硕士研究生, 主要从事胸外科护理工作。

[通信作者] 谭祥秀, E-mail: 278296909@qq.com

1 肺功能简介及作用

1.1 肺功能简介

肺功能检查(pulmonary function test, PFT)是一种通过测量呼吸气体的流速、容量等指标来评估呼吸功能的重要手段。肺功能检查主要用于筛查早期呼吸道病变、明确呼吸困难的原因、分析肺部疾病严重程度及预后,并评估药物或其他治疗手段的疗效、以及患者对手术的耐受程度等^[9]。

1679年, Sogancioglu等^[10]测定了室温下成人肺容积约为3.3~4.9 L;此后, Miller^[11]根据第1秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV₁)、最大自主通气量(maximal voluntary ventilation, MVV)及用力肺活量(forced vital capacity, FVC)的25%~75%(FEF_{25%~75%})的临界值,提出更为准确的评估患者是否能耐受手术的标准,从而降低了术中及术后的死亡率。

1.2 肺功能检查的作用

肺功能检查主要用于各种呼吸道疾病外科手术的术前评估及术后评价。术前进行肺功能检查的主要目的是评估患者是否适合进行手术治疗,判断其手术风险,并帮助医生制定合适的手术及麻醉方案,从而为手术做好准备。术后主要用于评价患者康复情况,并指导采取干预措施以提高患者的生活质量并降低并发症发生率^[12]。

1.2.1 术前评估 术前进行肺功能检查的主要目的是评估患者对手术耐受程度,并预测术后可能会发生的并发症。根据1971年 Boush^[13]的研究, FEV₁被确定为胸外科术前评估是否能进行手术的重要指标。对于I、II期非小细胞肺癌患者,术前FEV₁值对于手术方式的选择有一定的参考价值。此外, FEV₁的绝对值可作为初步筛选手术方式的指标: FEV₁<2.0 L不适合行全肺切除术, FEV₁<1.5 L不适合行肺叶切除术^[14-16]。若FEV₁及FVC下降,可能提示术后并发症发生风险增加。美国胸科医师学会(American College of Chest Physicians, ACCP)于2013年发布了1篇有关肺切除术前评估指南,指南中提到术前肺功能相关指标能用于预测术后并发症的发生^[17]。有资料表明,术前FEV₁<30%预计值的患者,术后呼吸系统并发症发生率为43%;而FEV₁>60%预计值的患者,发生并发症的几率为12%^[18]。美国学者将FVC作为预测肺癌患者术后近期并发症(肺炎、肺不张、呼吸衰竭)和长期生存率预估的重要因素^[19-20]。

因此,肺功能检查广泛用于肺癌患者的术前评估。通过评估患者的肺功能,医生可以更好地判断手术的可行性,并根据患者的情况选择最合适的手术方式,以降低术后并发症的风险。

1.2.2 术后评价 肺癌患者术后行肺功能检查的时间点尚无统一意见。但大多研究者通常以术后肺功能作为研究某种具体干预措施的结局指标,用于评价患者经过肺康复措施后的恢复情况,以验证其肺康复方案的有效性和可行性;但无论何种患者,通过观察其肺功能恢复情况,可进一步发现肺功能恢复的节点及内在规律,从而在最佳时间点为患者制定个性化诊疗及护理方案,提升护理效率和患者康复水平^[21-23]。

2 肺功能影响因素

气道平滑肌的张力与收缩情况与肺功能有关。而肺功能指标会受到生理和病理因素的影响,其中最常见的影响因素包括年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)以及血糖、血脂及高血压等^[24]。以往研究显示,男性所有肺功能指标均高于女性;此外,在超重及肥胖人群中, BMI与肺功能指标FEV₁、FVC之间存在负相关^[25]。高血糖、高血压和高血脂等因素会影响肺组织的弹性,引起限制性通气功能障碍和弥散功能异常,进而导致FVC和FEV₁下降^[26]。为了排除部分可能干扰结果的因素,在进行肺功能检查前,有必要进行质量控制^[27]。

3 不同手术方式对肺功能影响的对比研究

3.1 不同手术入路对肺功能的影响

肺癌患者可以选择传统开胸、胸腔镜和机器人辅助胸腔镜3种手术方式。研究者将传统开胸手术与胸腔镜术后肺功能损失程度进行对比,结果显示非小细胞肺癌患者行胸腔镜手术组FVC(1.65±0.33 L); FEV₁(1.50±0.28 L); MVV(55.02±10.21 L/min)在术后1个月均显著高于传统开胸组[(1.41±0.29) L; (1.24±0.24) L; (50.98±9.78) L/min],差异有统计学意义($P<0.05$)^[28]。与杨欣、Nagahiro等^[29-30]研究结果一致,说明与开胸手术相比,胸腔镜手术对肺癌患者的心肺功能影响更小。此外,研究还发现,胸腔镜下肺叶切除与传统开胸手术的术后5 a预后几乎相似^[31-32],但胸腔镜手术切口更小,术中出血量更少,有利于患

者尽早下床活动, 较早进行呼吸和心肺功能锻炼, 从而改善患者的生活质量^[33]。

研究者对比胸腔镜手术与机器人辅助胸腔镜术后肺功能损失程度, 结果发现机器人辅助胸腔镜组术后1个月FEV₁[(3.12 ± 0.63)L]; FVC[(3.69 ± 0.69)L], MVV[(55.60 ± 5.30)L/min]均高于胸腔镜组[(2.66 ± 0.86)L, (3.30 ± 0.66)L, (52.03 ± 5.86)L/min], 差异有统计学意义($P < 0.05$)^[34]。这表明在提高患者的肺功能方面, 机器人辅助胸腔镜手术相比胸腔镜手术可能更有效, 对心肺功能的损伤小可能得益于对呼吸肌的损伤较轻。虽然胸腔镜手术与机器人辅助胸腔镜手术在肺部手术方面的效果相当, 但机器人辅助胸腔镜手术具有几个明显的优势, 首先它可以提供放大10倍以上的高清3D立体视野、并且有灵活的机械臂以及人手震颤过滤等优点, 这些优势可以使手术过程更加安全可靠, 其次它可以清晰暴露肺门各区域的淋巴结, 并对淋巴结进行更彻底的清扫, 从而使手术更加精确, 这有助于减少术中出血的风险, 并降低了围术期并发症的发生率^[35-36]。

3.2 不同手术切除方式对肺功能的影响

根据肺癌患者的不同情况, 主要包括肿瘤的大小、位置以及患者的自身条件等, 可以选择不同的手术方式, 比如常规的肺叶切除, 肺段切除, 复杂的袖式肺叶切除及非解剖性的肺楔形切除术等^[37]。

研究者回顾分析了接受全肺切除术与袖式肺叶切除术患者的肺功能检查结果, 结果显示, 肺活量(vital capacity, VC)[(2.59 ± 0.15)L]和FEV₁[(1.99 ± 0.13)L]对于袖式肺叶切除术组明显优于全肺切除术[(1.88 ± 0.13)L; (1.44 ± 0.11)L], 差异有统计学意义($P < 0.05$)。对于中央型肺癌, 袖式肺叶切除术与全肺切除术都是可行的, 但袖式肺叶切除在保留肺功能方面更有优势^[38]。

1项研究分析了接受肺叶切除术与肺段切除术患者的肺功能检查结果, 结果显示, 肺段切除术患者的肺功能相关指标均高于肺叶切除术FEV₁[(2.04 ± 0.49)L vs (1.65 ± 0.43)L]; FVC[(2.39 ± 0.47)L vs (1.98 ± 0.45)L], 差异有统计学意义($P < 0.05$)^[39]。与其他研究者^[40]结论一致。虽然2种手术方式对治疗早期非小细胞肺癌患者的临床效果相似, 但肺段切除术能够最大限度地保留正常的肺组织, 降低术后肺功能损伤。

3.3 不同肺叶切除部位对肺功能的影响

目前, 国内外已有多项研究证实无论采取哪

种手术方式, 均可导致患者术后肺功能的下降, 但目前还未见有关混杂因素对其影响的报道。

上叶及下叶切除术后2组肺功能变化差异无统计学意义。有研究者^[41]对上肺叶及下肺叶切除后肺功能损失程度进行了比较, 结果表明, 上肺叶切除后FEV₁的损失率为(10.4 ± 15.8)%, 下肺叶切除后FEV₁的损失率为(14.6 ± 15.7)%, 差异无统计学意义。尽管下肺叶体积比上肺叶大, 但下肺叶切除后的肺功能并不比上肺叶切除术差, 这可能是因为相对较大的肺叶切除可以更好地促进剩余肺的代偿反应。这与Seok等^[42]的研究结果存在差异, 研究者发现除12个月外, 在其余所有观察时间, 下叶切除术后FVC值均低于上叶切除术后, 而2组FEV₁差异无统计学意义。但迄今为止还未得出体积与肺功能变化之间的相关性结论, 也缺乏针对上肺叶和下肺叶切除术后肺功能的对比研究, 需要进一步研究上肺叶和下肺叶切除术对肺功能的影响。

左肺叶切除术后丢失的肺功能比右肺叶切除更多, 差异有统计学意义。Kim等^[43]的研究发现, 右肺切除术后肺功能保存为91%, 而左肺切除术后为51%, 这表明右肺切除术后FEV₁保存程度明显优于左肺切除术后, 差异有统计学意义。Matsuo^[44]的研究结果也支持这一发现, 研究者认为肺功能中VC, FEV₁与正常肺容积存在较强的正相关($r=0.74$, $r=0.60$), 即相较于右肺切除, 左肺切除术后患者肺功能下降更多。这与Seok等^[42]研究结果不一致, 研究者发现术后2周右肺下叶切除术后FVC下降最为明显。可能原因是右肺有3个肺叶, 其中右肺的上叶和中叶相对较小, 而左肺由2个相对较大的肺叶组成, 若切除左肺2个肺叶中的1个肺叶, 剩余的肺叶可能无法适当地进行代偿, 因此术后2周内可能还未开始进行代偿性恢复。

4 运动康复训练

肺功能的恢复大约需要3~6个月的时间, 需要克服术后残留的被胸膜液占据的胸膜间隙, 从而实现肺扩张, 并使纵隔和膈膜移位, 肺功能指标在术后6个月达平台期, 12个月与6个月差异无统计学意义。其中有研究者对104例接受VATS肺叶切除术患者进行回顾性研究, 结果显示术后3个月、6个月、12个月的平均FEV₁分别为术前85.78%、87.93%、89.22%, 3个月与6

个月差异有统计学意义($P < 0.05$)^[45-48]。

运动康复训练能改善患者肺功能,其内容主要包括术前运动预康复及术后运动康复。术前运动预康复主要包括吸气肌训练、有氧训练、抗阻力训练,训练后能提高患者心肺储备能力及运动耐力^[49-50]。对肺叶切除术患者在术前采取不同强度吸气肌训练,术后第 5 天肺功能变化(FEV₁, FVC)高强度训练组(45%最大吸气压力+常规训练)优于中等强度组(30%最大吸气压力+常规训练)和对照组(常规训练), [FEV₁: (-0.95 ± 0.36) L vs (-1.19 ± 0.57) L vs (-1.25 ± 0.49) L; FVC: (-0.99 ± 0.62) L vs (-1.38 ± 0.66) L vs (-1.63 ± 0.80) L], 差异有统计学意义($P < 0.05$)^[51]。Bhatia^[52]对肺癌手术患者进行术前高强度间歇训练,结果显示低峰值摄氧量(VO_{2peak})增加了14%, 6 min 步行试验(six-minute walk test, 6MWT)增加20%,说明短期高强度间歇训练能改善患者心肺功能。术前诱发性肺量预康复训练后干预组术后第 7 天的 FEV₁[(2.03 ± 0.53) L]; FVC[(2.33 ± 0.51) L] 均高于对照组 [(1.79 ± 0.48) L; (2.11 ± 0.47) L], 差异有统计学意义($P < 0.05$)^[53]。抗阻力量训练是术前运动训练的重要组成部分,但抗阻力量训练对于老年人以及心肺功能较差患者有一定的危险性,需要谨慎考虑^[54]。目前已有的文献主要集中于观察预康复训练对肺功能的短期影响,未见文献比较术前运动预康复训练与术后肺功能指标恢复程度的量性关系。

肺癌手术对上肢活动的影响高于下肢活动,术后患者早期以慢走、快走和慢跑作为主要术后运动方式^[55]。已有的文献大多从术后到第 7 天、1 个月、2 个月,3 个月比较试验组及对照组干预后的肺功能指标,但未结合生理状态下肺功能变化详细说明给予干预的具体时间及措施^[56-59]。余中华等^[60]针对肺癌合并慢阻肺患者进行术后运动康复训练,其中对照组及运动组均于术后第 1 周接受常规术后康复,从第 2 周开始对照组给予常规护理,运动组在常规护理的基础上进行术后运动康复训练为期 2 周。针对肺癌不同手术方式及手术切除部位,患者开始进行运动康复的时间及干预方案会有所差异,目前研究者尚无一致的结论,但运动康复下肺功能恢复规律对临床决策起至关重要的预警作用。

总的来说,采取开胸手术、全肺或袖式肺叶切除手术以及左肺切除手术患者的肺功能损失程度更大,为了应对这种情况,在常规护理的基础

上,建议可以适当延长下床活动时间,并增加呼吸肌康复训练力度,同时加强呼吸锻炼等。相比之下,近几年出现的机器人辅助胸腔镜手术和楔形手术等新技术可适当提早下床活动。肺癌患者术后肺功能虽有一过性下降,但在术后 3~12 个月会逐渐改善,整体仍低于术前水平,会不同程度影响术后生活质量。通过有效的运动康复训练可以在一定程度上改善肺癌术后肺功能及生活质量,而针对不同手术方式及手术切除部位患者开始进行运动康复的时间、干预方案以及运动康复训练方式、强度与肺功能恢复的关联性暂无定论,需要进一步的观察性及干预性研究来验证。

5 小结

目前国内对于肺癌手术患者肺功能损失程度的研究仍处于初步探索阶段,没有明确探讨运动康复训练模式下的肺癌手术患者肺功能代偿情况及恢复轨迹。未来可围绕以下方面进行探讨:(1)根据不同手术部位、手术切除方式的肺功能损失程度及恢复规律,寻找运动康复训练最佳干预时间点及最恰当的干预措施;(2)进行大样本、多中心的干预性研究,探索运动康复训练方式、强度与肺功能的关联性,为患者提供本土化、个性化诊疗服务及制定精准的运动康复训练方案。

[参考文献]

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249.
- [2] Xu H F, Chen Q, Liu S Z, et al. Changing trend of incidence and mortality of stomach cancer during 2010-2016 in Henan Province, China[J]. *Zhong hua Zhong Liu Za Zhi*, 2022, 44(1): 93-98.
- [3] 武强,孔浩,张博友,等.早期非小细胞肺癌外科手术方式的争议[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2022, 29(8): 1066-1072.
- [4] Dong S, Li W, Wang L, et al. Histone-related genes are hypermethylated in lung cancer and hypermethylated HIST1H4F could serve as a pan-cancer biomarker[J]. *Cancer Res*, 2019, 79(24): 6101-6112.

- [5] Bibo L, Goldblatt J, Merry C. Does preoperative pulmonary rehabilitation/physiotherapy improve patient outcomes following lung resection? [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2021, 32(6): 933–937.
- [6] Higashimoto Y, Ando M, Sano A, et al. Effect of pulmonary rehabilitation programs including lower limb endurance training on dyspnea in stable COPD: A systematic review and meta-analysis [J]. *Respir Investig*, 2020, 58(5): 355–366.
- [7] Shiyko M P, Siembor B, Greene P B, et al. Intra-individual study of mindfulness: Ecological momentary perspective in post-surgical lung cancer patients [J]. *J Behav Med*, 2019, 42(1): 102–110.
- [8] Aliboni L, Tullio M, Pennati F, et al. Functional analysis of the airways after pulmonary lobectomy through computational fluid dynamics [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 3321.
- [9] 李允, 高怡, 郑劲平. 《2021年ERS/ATS常规肺功能检查判读指南》的解读 [J]. *中国循证医学杂志*, 2022, 22(12): 1375–1381.
- [10] Sogancioglu E, Murphy K, Th Scholten E, et al. Automated estimation of total lung volume using chest radiographs and deep learning [J]. *Med Phys*, 2022, 49(7): 4466–4477.
- [11] Mariani A W, Vallilo C C, de Albuquerque A L P, et al. Preoperative evaluation for lung resection in patients with bronchiectasis: Should we rely on standard lung function evaluation? [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2021, 59(6): 1272–1278.
- [12] 郑劲平. 肺功能检查研究进展 [J]. *中国实用内科杂志*, 2012, 32(8): 591–593.
- [13] Boushy S F, Billig D M, North L B, et al. Clinical course related to preoperative and postoperative pulmonary function in patients with bronchogenic carcinoma [J]. *Chest*, 1971, 59(4): 383–391.
- [14] Chase C B, Mhaskar R, Fiedler C, et al. Effects of preoperative pulmonary function on perioperative outcomes after robotic-assisted pulmonary lobectomy [J]. *Am J Surg*, 2023, 226(1): 128–132.
- [15] 宋少伟, 李美鸽, 王勇, 等. 简单肺功能评价对 I、II 期非小细胞肺癌术式选择的价值 [J]. *实用癌症杂志*, 2016, 31(4): 575–577.
- [16] Colice G L, Shafazand S, Griffin J P, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: ACCP evidenced-based clinical practice guidelines (2nd edition) [J]. *Chest*, 2007, 132(3 Suppl): 161s–177s.
- [17] Brunelli A, Kim A W, Berger K I, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American college of chest physicians evidence-based clinical practice guidelines [J]. *Chest*, 2013, 143(5 Suppl): e166S–e190S.
- [18] 姜格宁, 张雷, 朱余明, 等. 肺切除手术患者术前肺功能评估肺科共识 [J]. *临床医学研究与实践*, 2020, 5(1): 201.
- [19] Benattia A, Debeaumont D, Guyader V, et al. Physiologic assessment before video thoracoscopic resection for lung cancer in patients with abnormal pulmonary function [J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(6): 1170–1178.
- [20] Gao Y, Zhang H, Li Y, et al. Preoperative pulmonary function correlates with systemic inflammatory response and prognosis in patients with non-small cell lung cancer: Results of a single-institution retrospective study [J]. *Oncotarget*, 2017, 8(16): 27489–27501.
- [21] 夏少锋, 熊家俊, 胡雅佩, 等. 肺康复在胸腔镜肺癌围手术期的应用效果 [J]. *中国当代医药*, 2022, 29(15): 77–80.
- [22] Wang J, Li R, Chang J, et al. Quality of life between home-based and outpatient pulmonary rehabilitation in patients after surgical resection for lung cancer: Protocol for a prospective, single-blind, randomised controlled trial [J]. *BMJ Open*, 2023, 13(5): e067845.
- [23] 宋微微. 肺康复训练对肺癌术后患者肺功能以及生活质量的意义探讨 [J]. *中国现代药物应用*, 2022, 16(11): 166–169.
- [24] 邵英, 杨永芳, 秦明芳, 等. 云南省40岁及以上居民肺功能检查率及影响因素分析 [J]. *中国慢性病预防与控制*, 2019, 27(10): 739–743.
- [25] 储美萍, 黄建安. 肺功能影响因素与价值 [J]. *临床肺科杂志*, 2016, 21(5): 906–909.

- [26] 张敏, 朱旭, 冉鹏. 影响肺功能主要因素的系统回顾[J]. 安徽医药, 2023, 27(9): 1710-1714.
- [27] 麻月娥, 崔妙玲, 陈庆梅, 等. 老年患者肺功能检查配合欠佳影响因素的质性研究[J]. 上海护理, 2023, 23(6): 22-26.
- [28] 杨世兵, 胡杰伟, 周海宁. 胸腔镜手术与传统开胸手术对非小细胞肺癌患者心肺功能的影响及疗效分析[J]. 实用癌症杂志, 2017, 32(6): 969-971, 974.
- [29] 杨欣, 曾兴建, 付娟. 电视胸腔镜与传统手术对治疗非小细胞肺癌患者心肺功能影响分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2016, 15(11): 1087-1089.
- [30] Nagahiro I, Andou A, Aoe M, et al. Pulmonary function, postoperative pain, and serum cytokine level after lobectomy: A comparison of VATS and conventional procedure[J]. *Ann Thorac Surg*, 2001, 72(2): 362-365.
- [31] 李立彬, 牛学瑞, 李栋, 等. 胸腔镜肺叶切除术与常规开胸手术治疗肺癌的疗效及并发症发生情况[J]. 实用癌症杂志, 2020, 35(1): 91-93, 103.
- [32] 车强, 汪林宝, 王孝彬, 等. 电视胸腔镜下亚肺叶切除术与传统开胸肺叶切除联合淋巴结清扫术对老年早期非小细胞肺癌患者的疗效分析[J]. 癌症进展, 2020, 18(23): 2424-2426, 2438.
- [33] De L S R, Hon J K, Bateman E, et al. Minimally invasive anterior thoracotomy for routine lung cancer resection[J]. *Innovations (Phila)*, 2007, 2(2): 76-83.
- [34] 黄志刚, 吴彦峥, 刘亚锋, 等. 达芬奇机器人辅助胸腔镜肺叶切除术对肺癌患者心肺功能和生存质量的影响分析[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2020, 12(5): 85-89.
- [35] 王述民. 达芬奇机器人在肺癌根治术中的应用现状及展望[J]. 中国肿瘤, 2014, 23(9): 736-742.
- [36] 李艳君, 谭祥秀. 机器人辅助胸腔镜手术在胸外科的应用现状及展望[J]. 中国医学创新, 2023, 20(15): 170-174.
- [37] 魏淮东. 胸腔镜肺癌手术治疗老年非小细胞肺癌的临床分析[J]. 中国医药指南, 2017, 15(27): 184-185.
- [38] Matsuo T, Imai K, Takashima S, et al. Outcomes and pulmonary function after sleeve lobectomy compared with pneumonectomy in patients with non-small cell lung cancer[J]. *Thorac Cancer*, 2023, 14(9): 827-833.
- [39] Huang L, Zheng B, Chen C, et al. To explore clinical value of single-port video-assisted thoracoscopic surgery in elderly patients with non-small cell lung cancer: Lobectomy, segmentectomy and lobectomy vs segmentectomy[J]. *Zhong guo Fei Ai Za Zhi*, 2018, 21(4): 287-295.
- [40] Gu Z, Wang H, Mao T, et al. Pulmonary function changes after different extent of pulmonary resection under video-assisted thoracic surgery[J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(4): 2331-2337.
- [41] Ueda K, Tanaka T, Hayashi M, et al. Compensation of pulmonary function after upper lobectomy versus lower lobectomy[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 142(4): 762-767.
- [42] Seok Y, Jheon S, Cho S. Serial changes in pulmonary function after video-assisted thoracic surgery lobectomy in lung cancer patients[J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 62(2): 133-139.
- [43] Kim S J, Ahn S, Lee Y J, et al. Factors associated with preserved pulmonary function in non-small-cell lung cancer patients after video-assisted thoracic surgery[J]. *Eur J Cardiothoracic Surg*, 2016, 49(4): 1084-1090.
- [44] Matsuo K, Iwano S, Okada T, et al. 3D-CT lung volumetry using multidetector row computed tomography: Pulmonary function of each anatomic lobe[J]. *J Thorac Imaging*, 2012, 27(3): 164-170.
- [45] Kim H K, Lee Y J, Han K N, et al. Pulmonary function changes over 1 year after lobectomy in lung cancer[J]. *Respir Care*, 2016, 61(3): 376-382.
- [46] Shin S, Kong S, Kang D, et al. Longitudinal changes in pulmonary function and patient-reported outcomes after lung cancer surgery[J]. *Respir Res*, 2022, 23(1): 224.
- [47] Miserocchi G, Beretta E, Rivolta I. Respiratory mechanics and fluid dynamics after lung resection surgery[J]. *Thorac Surg Clin*, 2010, 20(3): 345-357.
- [48] Shibasaki T, Mori S, Harada E, et al. Measured versus predicted postoperative pulmonary function at repeated times up to 1 year after lobectomy[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2021, 33(5): 727-733.
- [49] Laurent H, Aubreton S, Galvaing G, et al. Preoperative respiratory muscle endurance training improves ventilat-

- ory capacity and prevents pulmonary postoperative complications after lung surgery[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020, 56(1): 73-81.
- [50] 周露, 王泠. 肺癌病人术前运动预康复研究进展[J]. *护理研究*, 2024, 38(3): 476-479.
- [51] 王婷, 王小兰, 王敏, 等. 短期术前不同强度吸气肌训练对肺叶切除术患者术后恢复效果的观察[J]. *护理实践与研究*, 2023, 20(23): 3510-3515.
- [52] Bhatia C, Kayser B. Preoperative high-intensity interval training is effective and safe in deconditioned patients with lung cancer: A randomized clinical trial[J]. *J Rehabil Med*, 2019, 51(9): 712-718.
- [53] 周海丽, 刘小艳, 沈云. 术前诱发性肺量预康复训练对老年肺癌手术患者术后短期肺功能、运动耐力及肺部并发症的影响[J]. *航空航天医学杂志*, 2023, 34(11): 1318-1320.
- [54] Edvardsen E, Skjønsberg O H, Holme I, et al. High-intensity training following lung cancer surgery: A randomised controlled trial[J]. *Thorax*, 2015, 70(3): 244-250.
- [55] Ni H J, Pudasaini B, Yuan X T, et al. Exercise training for patients pre- and postsurgically treated for non-small cell lung cancer: A systematic review and meta-analysis[J]. *Integr Cancer Ther*, 2017, 16(1): 63-73.
- [56] 陈亚群, 毛玉琴, 赵格非, 等. 基于健康参与模型的运动康复干预在肺癌手术患者中的应用[J]. *现代临床护理*, 2023, 22(12): 50-55.
- [57] 孙海燕. 肺康复对胸腔镜肺癌根治术病人肺功能、运动能力及生活质量的影响[J]. *蚌埠医学院学报*, 2023, 48(9): 1286-1290.
- [58] 何锡, 胡娟, 周芳. 综合性肺康复护理对老年COPD住院患者肺功能、运动耐力的影响[J]. *齐鲁护理杂志*, 2023, 29(23): 70-73.
- [59] 陈贞冉. 肺康复运动锻炼对肺癌术后患者肺功能及生命质量的影响[J]. *中国民康医学*, 2020, 32(13): 81-83.
- [60] 余中华, 谢国省, 秦昌龙, 等. 肺癌合并慢阻肺患者术后运动康复获益探究[J]. *中国肺癌杂志*, 2022, 25(1): 14-20.