

冠脉搭桥术后并发症的诊治

姜梦娜, 宋云林*

新疆医科大学第一附属医院重症医学二科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年7月13日; 录用日期: 2023年8月7日; 发布日期: 2023年8月14日

摘要

当今社会, 无论是人们生活水平的提高还是医疗事业的发展, 都促使更多的冠状动脉粥样硬化性心脏病患者选择手术来改善病情, 而不少术前心脏功能不佳、冠状动脉状况不佳的患者, 在手术后依然需要面对很多困难, 这势必会影响到他们的生存率、生存质量。且术后病情危重的原因往往是急性肾功能不全、低氧血症、低心排综合征等严重并发症的出现, 因此, 冠脉搭桥手术后的治疗要点, 往往侧重于对其并发症的防治, 本文在大量阅读国内外文献资料的基础上, 结合临床经验, 就冠脉搭桥术后并发症的诊断与治疗做了一定的探讨。

关键词

冠脉搭桥术后, 低心排综合征, 术后急性肾损伤, 急性呼吸窘迫综合征

Diagnosis and Treatment of Complications after CABG

Mengna Jiang, Yunlin Song*

Second Department of Critical Care Medicine, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Jul. 13th, 2023; accepted: Aug. 7th, 2023; published: Aug. 14th, 2023

Abstract

In today's society, both the improvement of people's living standards and the development of medical career, prompted more coronary atherosclerotic heart disease patients to choose surgery to improve the condition, and many poor preoperative heart function, poor coronary condition patients still need to face postoperative difficulties, it is bound to affect the survival rate, quality of

*通讯作者。

life. And the cause of postoperative illness is often acute renal insufficiency, hypoxemia, low cardiac syndrome, therefore, postoperative treatment points, often focus on the prevention and treatment of its complications. This paper, on the basis of reading a large number of domestic and foreign literature, combined with clinical experience of diagnosis and treatment of coronary bypass postoperative complications to certain discussion.

Keywords

Low Cardiac Discharge Syndrome, Coronary Artery Bypass Surgery, Postoperative Acute Kidney Injury, Acute Respiratory Distress Syndrome

Copyright © 2023 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

冠状动脉粥样硬化性心脏病[1]是由于冠状动脉发生粥样硬化病变,引起管腔狭窄或阻塞,引起心肌缺血缺氧甚至坏死,从而引起人们常简称“冠心病”的一类严重心脏病。世界卫生组织将冠心病分为5大类:无症状心肌缺血(隐匿性冠心病)、心绞痛(稳定性及不稳定性)、心肌梗死、缺血性心脏病和心源性猝死这5种临床类型。临床上常分为稳定性心绞痛和急性冠脉综合征。冠心病严重影响生命健康,加重病人的经济和身体负担。目前我国对于冠心病的治疗手段包含抗血小板聚集、抗凝、维持心功能、改善基础疾病及预防并发症等药物治疗手段和冠状动脉支架植入术(PCI) [2]、冠脉搭桥手术(CABG)等有创治疗手段。根据新思界产业研究中心发布的《2022~2026 年中国血管内超声设备行业市场行情监测及未来发展前景研究报告》显示,得益于医保范围扩大、临床需求释放,我国 PCI 手术需求快速释放,2021 年,PCI 手术量在 100 万例左右,预计 2026 年将增长至 200 万例。因此虽然急性冠脉综合征(ACS)患者中 CABG 的使用率显著下降,PCI 的使用有所增加,但长期数据显示,接受 CABG 的患者比 PCI 患者具有更好的生存优势[3] [4]。

CABG 是世界上广泛使用的一种心肌血运重建手术[5],目前常规的手术需要选择患者自身的静脉血管(包括但不限于大隐静脉、乳内静脉等) [6],手术分为体外循环下和非体外循环下,虽然具有现代优势,且目前心脏外科手术发展成熟,但仍存在一系列影响病情发展的并发症,美国每年手术后 30 天内并发症高达 14%。因此,心脏外科手术后的患者往往需要转入重症,重症监护室医生将面临各种困难,包括胸骨伤口感染[7]、肺部感染、血栓栓塞、房颤等心律失常、肺动脉高压、心包积液胸腔积液[8]、肾功能不全、肝功能不全、胃肠功能紊乱、应激性消化道出血、血流动力学不稳定、低心排综合征等一系列并发症。而这些并发症会使病人死亡率增加,住院费用增加[9]。因此,管理好心脏外科手术后的患者,防治好心脏外科手术后的并发症是当务之急。

下面就针对低心排综合征、术后急性肾损伤、术后 ARDS 等多个冠脉搭桥手术后的严重并发症给大家做一个详细的讲解。

2. 低心排综合征

低心排综合征(Low cardiac output syndrome, LCOS)是一种主要由心排血量减少而引起的循环灌注不足的一类临床综合征,临床上常常出现在心脏外科的手术后。心脏排血量减少会导致低组织循环灌注,

从而导致多脏器功能受损甚至衰竭,临床上常以肝肾灌注不足为特征。低心排综合征见于近 25%因先天性心脏缺陷而接受矫正或姑息手术的儿科患者[10],对于成人也是如此[11],因此这是心外科手术中最严重的并发症之一。当成人患者出现低心排综合征,病死率可以增加至 14 倍以上[12]。临床上,心脏手术后出现低心排综合征会导致住院时间延长和医疗费用增加,对患者的身体状况都是一种很大的损失[13]。

针对低心排综合征,术前首先需要辨识出低心排综合征危险因素较高的患者,术前完善相关检查,做好术前准备,如提高心功能等。对于手术后的患者依靠患者的临床症状、监护指标、辅助检查来鉴别低心排综合征的发生,从而对其进行相应的药物和机械处理。

2.1. 低心排综合征的诊断

我国的低心排综合征共识指出:① 收缩压下降超过患者术前基础血压的 20%,至少持续 1 小时或需要在术中和术后使用血管活性药物;② 尿量小于 0.5 毫升/千克体重每小时,至少持续 2 小时;③ 组织灌注表现,表现为四肢皮肤湿冷或发绀,出现少尿或无尿等肾功能不全的表现;④ 心脏排血指数(CI) < 2.0 $\mu\text{min}/\text{m}^2$;⑤ 混合静脉血氧饱和度(ScO₂)小于 60%,符合以上五项条件中的两项以上,即可诊断 LCOS [14] [15]。

术后转到重症监护室,患者会根据诊疗流程立即进行心电监护等手段,并定期复查 BNP、心肌标志物、血气分析[16]等对患者进行心功能评定。这对于 LCOS 得一定的帮助。但临床上最常用的监测手段是床旁超声心动图,它可对患者的心脏搏动情况、射血分数、心排血量等进行评估,使低心排综合征得以明确。并且对于病情危重、循环不稳定或治疗效果不佳的心脏外科术后患者,高度怀疑低心排综合征或对低心排综合征的严重程度进行可进行肺动脉漂浮导管、PICCO 等创伤性的高级血流动力学监测。通过以上手段明确诊断低心排综合征,更能改善后续治疗。

2.2. 低心排综合征的治疗

对于已经出现低心排综合征的病人来说,积极治疗才是救命的关键。治疗低心排综合征,在保持循环的同时,还需要积极提高心功能。部分导致心功能欠佳的因素是可逆的,若改善相关因素,对低心排综合征患者的循环改善十分重要,这一点在 2017 年的 LCOS 的专家共识中也有所体现[12]。如在术区大量渗液时做心包穿刺或及时回到手术室做开胸探查;术后出现心律失常[17],可用盐酸胺碘酮等药物进行复律治疗,如房颤导致血压明显降低等表现,可用电复律治疗;术后发热,积极物理降温,使基础代谢减少耗氧量减少;术后镇痛镇静等治疗[18]。

如果改善了上述可逆因素,患者的心率和血压仍有较大波动,则需立即改善心功能治疗,在应用利尿、强心等药物治疗的同时,还需给予血管活性药物以维持心率、血压和其他循环情况,此类药物常为正性肌力药物,含有多巴胺、多巴酚丁胺、去甲肾上腺素、肾上腺素等其他药物可用于增加心肌收缩力和心排血量,从而稳定心率、血压和其他循环状况,这点在 Emily A. Vail [19]等人的文章中有详细的叙述。在维持循环稳定的同时,即血压及心率稳定,我们可以适当予以利尿药物以减少心脏负担[20],这一点在 Michael Felker [21]等人的文献中有所体现,文献中表明熟练的利尿剂治疗是心衰管理的基础。同时,在此基础上进行强心药物治疗,对低心排综合征也有较好的疗效,临床上常使用米力农[22]、左西孟旦等药物。

若早期的药物治疗效果欠佳,需立即考虑予以机械辅助治疗,包含持续肾脏替代治疗(CRRT)、主动脉球囊反搏术(IABP)、体外膜氧合(ECMO)等。如果患者在应用血管活性药物、强心药等治疗后病情没有明显改善时,床旁心脏搏动差、射血分数偏低者,必要时可给予 IABP 以辅助心脏功能。而叶家欣[23]等学者的研究报告也表明,对于较重的低心排综合征,应用 ECMO 治疗具有明显的临床效果,能降低患

者的死亡率和致残率。使用 ECMO 期间, 需注意患者出血、血栓形成、感染等并发症的发生, 同时需继续积极改善患者原发病以尽早撤除 ECMO。

由此可见, 低心排综合征的诊治都需要强大的医学知识作为后盾, 也只有攻克了低心排综合征, 冠脉搭桥手术外科手术的存活率才能得到极大的提高。

3. 术后急性肾损伤

心脏手术相关性急性肾损伤(CSA-AKI)是心脏手术后常见的并发症, 发生率从 5%到 42%不等, 与发病率和死亡率增加独立相关。急性透析质量组织第 20 次国际共识会议[24]表明其严重危害了患者的健康和生命, 如何降低 CSA-AKI 的发病率和病死率仍是当前临床工作中面临的重要问题。

3.1. CSA-AKI 的诊断

不同于造影剂肾病(CI-AKI)的定义标准, 目前对 CSA-AKI 的定义主要依赖于国际上对急性肾损伤(AKI)的定义[25]。诊断指标主要是手术前后血肌酐的上升值及术后尿量, 行心脏手术后 1 周内符合 KDIGO-AKI 诊断标准的患者, 均可称为 CSA-AKI。具体如下: ① 术后 48 h 内血肌酐上升 $26.5 \mu\text{mol/L}$; ② 术后 7 d 内血肌酐水平相比术前肌酐基线增加 1.5 倍; ③ 术后尿量少于 0.5 mL/kg/h , 时间长于 6 h。

3.2. CSA-AKI 的治疗

其治疗原则[26]包括保证心脏输出量, 液体管理, 营养支持, 抗炎治疗, 尽量避免使用肾毒性药物, 利尿剂, 肾脏替代治疗。目前常用的治疗方案有:

- 利尿剂、液体管理和血液净化治疗: 早期液体过负荷可增加不良预后[27], 利尿剂能有效缓解水钠潴留, 降低心脏后负荷, 在作用机制上可改善于心肾功能不全。但在利尿过程中, 要注意钾离子大量流失和钠离子增多的现象, 对电解质进行动态复查, 及时补充。早期肾脏替代治疗安全有益[28], 但合理的开始时机尚不清楚。它能过滤组织间隙中过多的水分, 减轻前负荷, 清除炎症介质等毒素, 减少对心肌的损伤, 纠正内环境和电解质的紊乱, 提高心肌收缩力, 使心脏及肾脏功能得到改善。目前的肾脏替代治疗主要包括: 间断性血液透析(IHD)、持续性肾脏替代治疗(CRRT)以及腹膜透析。
- 糖皮质激素: 心脏手术时的全身炎症会造成 AKI 和术后的死亡。糖皮质激素可下调促炎细胞因子, 上调抗炎细胞因子, 这一点在 Whitlock [29]的研究中有很好的体现。
- 改善心功能、保证心输出量等治疗: 左西孟旦[30]为钙离子增敏剂, 新一代强心药物, 能使血管扩张的同时增强心肌收缩力, 能改善心功能不全患者的血流动力学障碍, 改善术后患者的低心排状态, 从而提高肾脏功能。目前, 已有多项临床研究验证了其疗效, 但药物使用剂量还有待进一步的研究才能明确。

4. 术后急性呼吸窘迫综合征

急性呼吸窘迫综合征(ARDS)是由多种原因引起的急性呼吸衰竭, 主要表现为呼吸窘迫和低氧血症, 发病急、进展快、发生率和病死率均较高[31]。流行病学研究表明, 心脏外科手术及体外循环均是其的危险因素[32]。在体外循环过程中释放出大量的炎症因子, 导致肺部损伤加剧, 从而可能发生 ARDS。

4.1. 术后 ARDS 的诊断可参考 ARDS

ARDS 柏林定义诊断标准主要有以下两点内容: ① 有 ARDS 的高危因素, 突然发生呼吸窘迫或者新发呼吸症状加重在一周之内; 胸部 X 线检查出现两肺浸润阴影, 并且不能用肺不张、肺部肿瘤等肺部疾病解释; $\text{PAWP} \leq 18 \text{ mmHg}$ 或者临床上排除心源性肺水肿; ② 正常动脉血氧分压/吸入氧气分数比值为

400~500 mmHg; 201~300 mmHg 为轻度 ARDS; 101~200 mmHg 则为中度 ARDS; $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2 \leq 100$ mmHg 为重度 ARDS。ARDS 的诊断标准是非特异性的, 通常需要详细询问病史, 并结合 X 线等具体诊断。

4.2. 术后 ARDS 的治疗

- ARDS 的最佳常规治疗之一是基于肺保护性机械通气, 常常使用低潮气量、适当的呼气末正压(positive end expiratory pressure, PEEP)和限制平台压力。
- Guérin 等[33]研究指出, 俯卧位机械通气治疗 ARDS 的机制包括改善通气 - 灌注、增加呼气末肺容积、通过肺复张和胸壁力学改变潮气量分布以预防呼吸机引起的肺损伤。徐明华的一项研究[34]也证明了俯卧位通气可以显著提高 ARDS 患者的呼吸功能, 可以改善患者的预后状况, 但对患者的血流动力学指标没有明显的影响。
- 肠道菌群及其代谢物的变化可通过维持肠道屏障功能、调节局部和全身炎症、细胞氧化应激水平和细胞浸润/激活水平等因素对 ARDS 产生影响。因此舒琳、姚林利等人[35]认为, 理论上通过益生菌、丁酸盐、抗氧化剂和 N_3 脂肪酸等生物活性营养素的结合使用恢复肠道完整性, 微生物和肠 - 肺两系统间平衡的疗法可能是有效的。但到目前为止, 还没有更多的研究表明这一治疗方案, 还需要进一步的研究和探索。
- 体外膜肺氧合(ECMO)于 1972 年首次应用于成人 ARDS 患者支持治疗, 经过数十年的发展与进步, 已经越来越多地应用于重度 ARDS 患者。临床医生使用 ECMO 改善重度 ARDS 患者全身氧的输送, 为其取得一线生机。目前新的 ELSO 指南明确指明应该避免存在 ECMO 适应证的患者等待启动 ECMO, 重度 ARDS 患者在实施最佳通气策略如俯卧位通气后仍存在难治性低氧血症($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 80$ mmHg)或高碳酸血症($\text{pH} < 7.25$ 且 $\text{PaCO}_2 \geq 60$ mmHg)且无禁忌证时, 临床医生应尽早考虑实施 ECMO 治疗, 避免治疗延误导致病情继续恶化至更复杂、更棘手的阶段再启动 ECMO [36]。

5. 其他并发症

5.1. 术后出血

心脏外科手术往往采用体外循环手术过程中会进行抗凝血药物, 也就增加了出血的风险, 术中做好彻底的止血和凝血功能的监测就显得更加重要了。如果术后出现血红蛋白明显下降、引流量增加等表现, 需要立即对症治疗, 如止血、补充血容量、输注血制品、维持循环稳定等, 必要时需要进行二次手术, 明确大出血的原因。

5.2. 术后心律失常

心律失常多见于心脏术后, 常考虑手术创伤、麻醉剂、内外源性儿茶酚胺及内环境紊乱等原因诱发, 及早用药物、电复律等方法来恢复窦性心率并改善有效循环, 同时改善心功能是防止心律失常再次发生的重要治疗方案。

5.3. 术后应激性消化道溃疡

由于药物, 术前术后禁食水和应激等原因引起, 并且由于体外循环的原因, 术后有发生溃疡和出血的可能, 所以在手术结束后可以预防性地予以抑制胃酸分泌, 保护胃黏膜等药物, 如果还是出现消化道出血, 及时停用抗凝血药物, 紧急胃肠镜检查及治疗。

6. 总结与展望

冠脉搭桥术后的并发症远远不仅仅是上面提到的, 无论是上面提到的常见并发症, 还是感染、术后

肝功能不全等相对少见的并发症, 都会增加住院时间及费用, 同时会影响患者的预后, 针对各种并发症都有详细的诊疗流程, 但如何预防和早期发现并发症更是重中之重, 因此, 作为临床医生, 我们更应该通过积累临床经验并进行相关的临床研究来进一步探寻各种并发症的独立危险因素, 从而有于早期识别和治疗。我也相信, 随着心脏外科和重症监护病房技术的逐步发展, 对于并发症的治疗也会逐渐完备, 冠脉搭桥手术的存活率和存活时间也会随之提高。

致 谢

感谢新疆医科大学第一附属医院对我的培养, 感谢汉斯出版社。

参考文献

- [1] Wirtz, P.H. and von Känel, R. (2017) Psychological Stress, Inflammation, and Coronary Heart Disease. *Current Cardiology Reports*, **19**, Article No. 111. <https://doi.org/10.1007/s11886-017-0919-x>
- [2] 吴思佳. 冠心病多支病变患者行 PCI 或 CABG 的远期预后对比分析[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛大学, 2021.
- [3] Doenst, T., Haverich, A., Serruys, P., *et al.* (2019) PCI and CABG for Treating Stable Coronary Artery Disease: JACC Review Topic of the Week. *Journal of the American College of Cardiology*, **73**, 964-976. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.11.053>
- [4] Farmer, D. and Jimenez, E. (2020) Re-Evaluating the Role of CABG in Acute Coronary Syndromes. *Current Cardiology Reports*, **22**, Article No. 148. <https://doi.org/10.1007/s11886-020-01386-y>
- [5] Royter, V., MBornstein, N. and Russell, D. (2005) Coronary Artery Bypass Grafting (CABG) and Cognitive Decline: A Review. *Journal of the Neurological Sciences*, **229-230**, 65-67. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2004.11.003>
- [6] Dimeling, G., Bakaeen, L., Khatri, J. and Bakaeen, F.G. (2021) CABG: When, Why, and How? *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, **88**, 295-303. <https://doi.org/10.3949/ccjm.88a.20115>
- [7] 慕卡孟江·居艾提. 心脏外科术后胸部切口感染危险因素的 Meta 分析[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2021.
- [8] Brookes, J.D.L., Williams, M., Mathew, M., Yan, T. and Bannon, P. (2021) Pleural Effusion Post Coronary Artery Bypass Surgery: Associations and Complications. *Journal of Thoracic Disease*, **13**, 1083-1089. <https://doi.org/10.21037/jtd-20-2082>
- [9] 樊红光, 刘锦屏, 秦良光, 等. 成人心脏外科手术后并发症的临床分析[J]. 临床医学, 2006, 26(1): 44-45.
- [10] Aslan, N. and Yildizdas, D. (2022) Low Cardiac Output Syndrome after Cardiac Surgery: A Life-Threatening Condition from the Perspective of Pediatric Intensivists. *Turk Kardiyol Dern Ars*, **50**, 284-292. <https://doi.org/10.5543/tkda.2022.21212>
- [11] 牛新荣, 陈东. 心脏瓣膜置换术后重度低心排综合征临床治疗[J]. 心肺血管病杂志, 2017, 36(3): 211-213.
- [12] Saxena, P., *et al.* (2015) Extracorporeal Membrane Oxygenation Support in Postcardiotomy Elderly Patients: The Mayo Clinic Experience. *Annals of Thoracic Surgery*, **99**, 2053-2060. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.11.075>
- [13] Rudiger, A., Businger, F., Streit, M., *et al.* (2009) Presentation and Outcome of Critically Ill Medical and Cardiac-Surgery Patients with Acute Heart Failure. *Swiss Medical Weekly*, **139**, 110-116.
- [14] 杜雨, 张海涛. 低心排量综合征中国专家共识解读[J]. 中国循环杂志, 33(z1): 84-88.
- [15] 张海涛, 杜雨, 曹芳芳, 等. 低心排量综合征中国专家共识[J]. 解放军医学杂志, 2017, 42(11): 933-944.
- [16] 李慕子, 王浩. 心肺联合超声在心脏手术患者中的应用[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(2): 227-231.
- [17] 俞晓立, 张冬成, 林清文, 于涛, 秦显雨. 42 例心脏手术后新发快速心房颤动的治疗体会[J]. 岭南现代临床外科, 2013, 13(3): 188-191.
- [18] 张志璐. 改良疼痛护理措施对心脏外科术后患者的止痛效果分析[J]. 长寿, 2020(1): 205-206.
- [19] Vail, E.A., *et al.* (2021) Use of Vasoactive Medications after Cardiac Surgery in the United States. *Annals of the American Thoracic Society*, **18**, 103-111. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202005-465OC>
- [20] 梁悦宜. 改进心脏外科术后患儿液体出入量的护理效果[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2020, 8(29): 98-99.
- [21] Felker, G.M., *et al.* (2020) Diuretic Therapy for Patients with Heart Failure: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology*, **75**, 1178-1195. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.12.059>

- [22] 陈悦, 陈普善, 邵一飏, 王宏法, 葛云芬. 米力农不同给药方式在心脏瓣膜置换术中的临床应用观察[J]. 浙江医学, 2022(16): 1740-1743.
- [23] 叶家欣, 丁一, 陈成, 等. 亚低温联合体外膜肺氧合治疗心脏术后低心排出量综合征[J]. 中国临床研究, 2018, 31(5): 619-622.
- [24] Nadim, M.K., Forni, L.G., Bihorac, A., *et al.* (2018) Cardiac and Vascular Surgery-Associated Acute Kidney Injury: The 20th International Consensus Conference of the ADQI (Acute Disease Quality Initiative) Group. *Journal of the American Heart Association*, **7**, e008834. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.008834>
- [25] Wang, Y. and Bellomo, R. (2017) Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury: Risk Factors, Pathophysiology and Treatment. *Nature Reviews Nephrology*, **13**, 697-711. <https://doi.org/10.1038/nrneph.2017.119>
- [26] O'Neal, J.B., Shaw, A.D. and Billings, F.T. (2016) Acute Kidney Injury Following Cardiac Surgery: Current Understanding and Future Directions. *Critical Care*, **20**, Article No. 187. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1352-z>
- [27] Mah, K.E., Hao, S., Sutherland, S.M., *et al.* (2018) Fluid Overload Independent of Acute Kidney Injury Predicts Poor Outcomes in Neonates Following Congenital Heart Surgery. *Pediatric Nephrology*, **33**, 511-520. <https://doi.org/10.1007/s00467-017-3818-x>
- [28] Kwiatkowski, D.M. and Krawczeski, C.D. (2017) Acute Kidney Injury and Fluid Overload in Infants and Children after Cardiac Surgery. *Pediatric Nephrology*, **32**, 1509-1517. <https://doi.org/10.1007/s00467-017-3643-2>
- [29] 仲艾芳, 温建立. CRRT 治疗外科心脏术后低心排患者研究进展[J]. 中外医疗, 2019, 38(8): 191-194.
- [30] 陈述, 姚倩, 王宗社, 等. 左西孟旦抗氧化活性及心肌保护作用研究[J]. 西北药学杂志, 2015, 30(5): 596-599.
- [31] Batah, S.S. and Fabro, A.T. (2021) Pulmonary Pathology of ARDS in COVID-19: A Pathological Review for Clinicians. *Respiratory Medicine*, **176**, Article 106239. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.106239>
- [32] Cheng, Z.B. and Chen, H. (2020) Higher Incidence of Acute Respiratory Distress Syndrome in Cardiac Surgical Patients with Elevated Serum Procalcitonin in Concentration: A Prospective Cohort Study. *European Journal of Medical Research*, **25**, Article No. 11. <https://doi.org/10.1186/s40001-020-00409-2>
- [33] Guérin, C., Albert, R.K., Beitler, J., *et al.* (2020) Prone Position in ARDS Patients: Why, When, How and for Whom. *Intensive Care Medicine*, **46**, 2485-2396. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06306-w>
- [34] 徐明华, 纪树武, 郑文涛, 等. 俯卧位通气对 ARDS 患者呼吸力学和氧合参数及血流动力学指标的影响研究[J]. 临床急诊杂志, 2023, 24(6): 277-280+286.
- [35] 舒琳, 姚林利, 周青山. 肠道菌群在急性呼吸窘迫综合征中的作用[J/OL]. 武汉大学学报(医学版): 1-5[2023-07-04]. <https://doi.org/10.14188/j.1671-8852.2023.0040>
- [36] Tonna, J.E., Abrams, D., Brodie, D., Greenwood, J.C., Rubio Mateo-Sidron, J.A., Usman, A. and Fan, E. (2021) Management of Adult Patients Supported with Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). *ASAIO Journal*, **67**, 601-610.