

• 专家述评 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.18.001

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20230413.2140.004\(2023-04-14\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20230413.2140.004(2023-04-14))

ABO 血型不相容肾移植治疗终末期肾病的关键临床问题探讨

徐小松

(陆军军医大学第一附属医院肾科,重庆 400038)

[摘要] 终末期肾病(ESRD)严重危害人类健康,我国 ESRD 发病率呈逐年上升趋势,形势非常严峻。肾脏移植是 ESRD 的最佳治疗手段,可让患者很好地回归社会,但因严重的器官短缺,只有极少部分 ESRD 患者获得肾移植机会。ABO 血型不相容肾移植(ABOi-KT)是一种缓解器官短缺的 ESRD 治疗有效方式。该文就 ABOi-KT 的关键临床问题进行剖析,旨在促进和推广 ABOi-KT。

[关键词] 终末期肾病;肾移植;ABO 血型不相容肾移植;ABO 血型系统

[中图分类号] R699.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2023)18-2721-05

The key clinical issues of ABO blood group system incompatible kidney transplantation in the treatment of end stage renal disease

XU Xiaosong

(Department of Nephrology, The First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China)

[Abstract] End stage renal disease (ESRD) is a serious hazard to human health. The incidence of ESRD in China is increasing year by year, and the situation is very serious. Kidney transplantation is the best treatment for ESRD, which can help patients return to society well. However, due to the severe organ shortage, only a small number of patients with ESRD have the opportunity to receive kidney transplantation. ABO-incompatible kidney transplantation (ABOi-KT) is an effective way to relieve the organ shortage and treat ESRD. This paper analyzed the key clinical problems of ABOi-KT, aiming at promoting and popularizing ABOi-KT.

[Key words] end-stage renal disease; renal transplantation; ABO-incompatible renal transplantation; ABO blood group system



徐小松

终末期肾病(end stage renal disease, ESRD)严重危害人类健康,截至 2022 年底,我国登记透析的 ESRD 患者 984 809 例,2022 年新增 177 445 例,患病率呈逐年上升趋势,形势严峻。肾移植是 ESRD 的最佳治疗手段^[1-3],2022 年登记等待肾移植的 ESRD 患者 113 272 例,同年完成肾移植 12 712 例,登记等待肾移植的 ESRD 患者有机会完成肾移植者仅占 11.2%,ESRD 患者需等待数年才可能有机会完成肾移植^[1-2],不少患者在等待中去世^[4]。异种移植和人造器官尚未进入临床使用。有

意愿进行活体捐献肾移植的 ESRD 患者中,约 1/3 因 ABO 血型不相容,无法进行肾移植^[1-5]。ABO 血型不相容肾移植(ABO blood group system incompatible kidney transplantation,ABOi-KT)可以让这约 1/3 的 ABO 血型不相容的活体捐献肾移植得以完成。2004 年美国全国统计数据显示,开展 ABOi-KT 可让 3 500 例 ESRD 患者获得肾移植机会^[6],而美国人口仅为中国的 1/3,可见 ABOi-KT 是 ESRD 治疗过程中缓解器官短缺的一个有效途径^[1-2,7]。

1 ABOi-KT 发展史

1.1 ABOi-KT 国际发展史

ABOi-KT 发展史大致分为 3 个阶段:早期阶段、脾切除方案阶段和非脾切除方案阶段。

早期阶段(1952—1984 年),也叫无预处理阶段。

作者简介:徐小松(1982—),副主任医师,陆军军医大学第一附属医院/西南医院肾科副主任,中华医学会器官移植学会青年委员、中国医疗保健国际交流促进会肾移植学分会委员、重庆市医学会器官移植学分会委员兼秘书、重庆市医师协会器官移植分会委员、重庆市医师协会泌尿外科分会青年委员会委员,主要从事微创肾移植、ABO 血型不相容肾移植、儿童肾移植、肾移植加速康复治疗、上尿路疾病的机器人和腹腔镜微创治疗等临床工作及研究。

自 1952 年 HUME 等^[8]进行世界上第 1 例 ABOi-KT 到 1964 年, STARZL 等^[9]、OTA 等^[10]、SONODA 等^[11]分别进行了 ABOi-KT 尝试, 多以失败告终。1967 年 GLEASON 等^[12]整理过往 ABOi-KT 研究资料显示 ABOi-KT 效果并不理想, 之后进入停滞。

脾切除方案阶段(1985—2000 年)。1985 年 AL-EXANDRE 等^[13]采用脾切除+血浆置换(plasma exchange, PE)作为预处理方案, 1987 年 BANNETT 等^[14]采用脾切除+免疫吸附(immunoadsorption, IA)作为预处理方案, 1989 年 SATO 等^[15]采用脾切除+双重血浆置换(double filtration plasmapheresis, DFPP)+IA 作为预处理方案, ABOi-KT 均获得成功。SHIMMURA 等^[16]总结了单中心 67 例 ABOi-KT 长期预后与 ABO 血型相合肾移植(ABO-compatible kidney transplantation, ABOc-KT)一致。这一阶段的探索, 为 ABOi-KT 的快速发展奠定了坚实的基础并树立了信心。

非脾切除方案阶段(2001 年至今)。脾切除方案预处理效果确切, 但脾切除毕竟是手术, 创伤较大, 随着生物技术的发展, 单抗等生物制剂不断涌现, 2001 年, GENBERG 等^[17]、TYDÉN 等^[18]开始了非脾切除预处理方案的探索, 形成了两种主要方案: 美国方案和亚欧方案。美国方案^[19]: 术前 10 d 口服免疫抑制剂+PE+静脉丙种球蛋白(intravenous immunoglobulin G, IVIG)+达利珠单抗; 亚欧方案: 术前 2~4 周 CD20+口服免疫抑制剂+CD25/抗胸腺细胞球蛋白(antithymocyte globulin, ATG)+PE/DFPP。非脾切除方案与脾切除方案疗效相当, 避免了脾切除手术创伤, 得到了广泛应用, 已完全替代脾切除方案, ABOi-KT 在全球得到快速发展。

1.2 ABOi-KT 中国发展史

我国的 ABOi-KT 起步较晚, 2006 年 12 月王毅等^[20]完成国内第 1 例 ABOi-KT, 随后发展缓慢, 仅有少数肾移植中心开展; 2016 年《ABO 血型不相容亲属活体肾移植临床诊疗指南》发布, 推动了我国 ABOi-KT 快速发展, 目前有 40 余家肾移植中心陆续开展了 ABOi-KT, 2021 年 ABOi-KT 较 2020 年增长超过 100 例, 发展势头良好。

2 ABO 血型抗体

ABOi-KT 和 ABOc-KT 最大的不同在于 ABOi-KT 不符合输血原则, 受者体内存在攻击供肾的 ABO 血型抗体, 清除 ABO 血型抗体是保障 ABOi-KT 成功的关键。

2.1 初始 ABO 血型抗体滴度

初始 ABO 血型抗体滴度各中心标准不一, 瑞典 TYDÉN 等^[21]、荷兰 VAN AGTEREN 等^[22]将 1:128 作为上限; 意大利 SILVESTRE 等^[23]将 1:512 设为上限; 美国 MONTGOMERY 等^[24]研究中显示, 初始 ABO 血型抗体滴度 $>1:512$ 也可进行 ABOi-

KT。另有报道初始抗体滴度 $>1:2048$ 进行 ABOi-KT, 术后恢复良好^[25]。笔者完成病例中, 最高初始抗体滴度 1:512, 术后随访 1.5 年, 情况良好。初始抗体滴度目前尚无统一标准, 抗体滴度高不是绝对禁忌证, 但抗体滴度越高, 预处理时间越长, PE 和(或)DFPP 次数越多, 花费越高, 出血、感染等风险也会增加。初始抗体滴度 $>1:512$ 的患者, 需进行严格评估和严密观察。

2.2 围手术期 ABO 抗体滴度

(1) ABO 抗体滴度目标值。抗体滴度目标值尚无统一标准, 国际、国内差异较大, 1:4~1:32 不等, 均能取得良好结果。多数移植中心将抗体滴度 $\leq 1:16$ 作为目标值。笔者所在中心也采用抗体滴度 $\leq 1:16$ 作为目标值。(2) 抗体滴度检测。抗体滴度常用检测方法有盐水介质凝集试验和胶体介质凝集试验, 不同方法检测结果存在较大差异, 胶体介质凝集试验检测结果更为稳定。不同检测人员判读, 结果可存在较大差异, 建议固定检测人员进行检测。

2.3 ABO 血型抗体清除

ABO 血型抗体清除方法见表 1。4 种清除抗体的方法各有优缺点, 均能达到很好的效果, 可单用其一, 也可联合使用, 根据所在医院情况, 选择熟悉和擅长的方法。一般隔天 1 次, 也可根据需要设定频次。ABO 血型抗体特异性吸附在欧洲使用较为广泛, 特异性高, 费用昂贵, 据了解, 国内尚未上市。PE、DFPP、蛋白 A 吸附柱是国内常用方法, PE、DFPP 使用尤其广泛, 受制于血浆紧缺和过敏发生率较高, 笔者多采用 DFPP, 建议每次 DFPP 结束后查凝血功能, 根据结果补充纤维蛋白原, 避免严重的凝血功能障碍、出血。

2.4 围手术期 ABO 血型抗体监测和处理

(1) 术前: 建议 PE、DFPP、IA 后次日检测抗体滴度。(2) 术后: 第 1 周建议每日检测, 便于判断是否需要给予 PE 或 DFPP 或 IA 治疗, 如抗体滴度反弹未超过目标值, 移植肾功能恢复良好, 一般无须进行抗体清除治疗, 定期监测即可。

3 围手术期血液制品使用

红细胞、血小板等有形成分与受者同血型, 使用 AB 型血浆和冷沉淀, 避免输入带 ABO 血型抗体发生排斥反应, 导致移植肾功能恢复不良甚至移植肾丢失。有文献报道, 30 例 O 型受者使用供者同血型血浆, 可以有效解决 AB 型血浆紧缺问题^[3], 但病例数较少, 仅供参考, 不做推荐。

4 抗 CD20 单抗的应用

抗 CD20 单抗已完全取代脾切除, 成为目前 ABOi-KT 的标准诱导方案, 避免了脾切除的手术创伤, 预后优于脾切除方案。用法、用量尚无统一标准^[26], 使用时间为术前 1~5 周, 大多于术前 2~4 周用药, 剂量 100~500 mg, 目前多使用 100~200 mg^[27], CD19⁺B 淋巴细胞计数 $<10/\mu\text{L}$ 为达标, 未达

标者可重复使用。BARNETT等^[28]根据初始抗 ABO 抗体滴度采用不同的策略,抗体滴度 $\leq 1:8$,仅使用抗 CD20 单抗;抗体滴度在 $1:16\sim 1:64$,使用抗 CD20 单抗+PE;抗体滴度 $>1:64$,使用抗 CD20 单抗+IA,结果 62 例 ABOi-KT 与 167 例 ABOc-KT 在 1 年和 3 年的移植肾和患者存活率及抗体介导的排斥反应(anti-

body mediated rejection,ABMR)发生率均无差异。YIN 等^[29]在 ABO 血型抗体滴度 $<1:16$ 时不使用抗 CD20 单抗,抗体滴度 $\leq 1:8$ 时仅口服免疫抑制剂,不使用单抗^[30],取得良好结果,但样本量有限,需进一步观察。总之,术前使用抗 CD20 单抗更为稳妥。

表 1 4 种清除 ABO 血型抗体的方法比较

清除方法	原理	清除物	置换液	处置血浆量 (pv)	耗时 (h/次)	感染 和致敏	清除率	花费	优点	缺点
PE	血浆分离	血浆	大量血浆 或白蛋白	0.8~1.0	1~3	高	高	低	效率高;花费少	血浆消耗大(短缺); 感染,过敏;白蛋白 置换液:低钾、出血; 枸橼酸并发症:低 钙、代碱
DFPP	分子筛	大分子	少量白蛋白	1.5~2.0	2~4	低	较高	较高	清除 IgM 效率高, 不需要血浆,少量 白蛋白即可	大分子物质丢失; 凝血因子丢失;手 术出血风险
蛋白 A 吸附	非特异性 吸附	免疫性物质	无	2.0~3.0	5~8	低	低	较高	选择性高;不需要 血浆和白蛋白	操作复杂、耗时,容 量负荷较重,IgM 和 部分 IgG 亚型吸附 较弱
ABO 血型 抗体特异性 吸附	ABO 血型 抗体特异性 吸附	ABO 血型 抗体	无	2.0~2.5	3~4	低	高	高	特异性清除;不需 要血浆和白蛋白	中国尚未上市;价 格高昂;漏网

5 围手术期抗凝

围手术期是否抗凝存在争议,有学者认为常规抗凝是必要的,有学者认为视凝血功能及引流液是否有血凝块决定是否使用抗凝剂,有的中心不常规抗凝。笔者临床采用不常规抗凝,尚未发生血栓等不良事件。是否抗凝,根据各中心经验和习惯而定。抗凝药物一般选择低分子肝素,其半衰期短,如遇活动性出血等情况,便于及时处理。

6 围手术期处理方案

围手术期处理方案总体分为美国方案和亚欧方案。美国方案:术前 10 d 口服免疫抑制剂+PE+IVIG+达利珠单抗,亚欧方案:术前 2~4 周 CD20+口服免疫抑制剂+CD25/ATG+PE/DFPP。其中,亚欧方案又有多种具体方案。现列举几种常见方案供参考。

6.1 日本大阪医学院方案^[31]

见图 1。

6.2 美国霍普金斯方案^[19]

见图 2。

6.3 德国海方案^[19]

见图 3。

6.4 中国主流方案^[19]

见图 4。

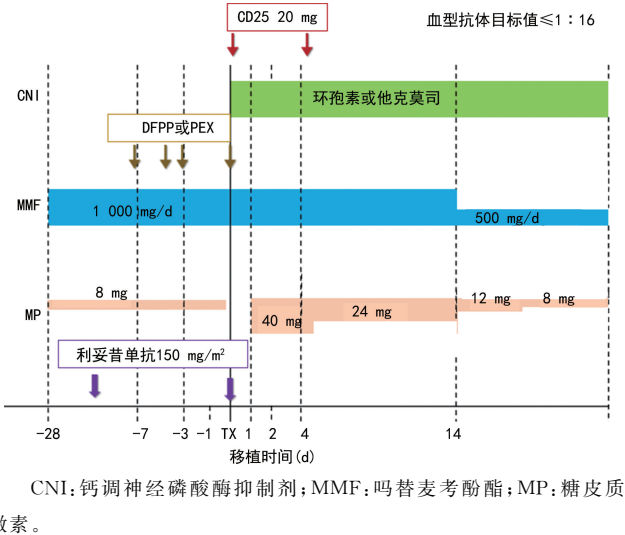
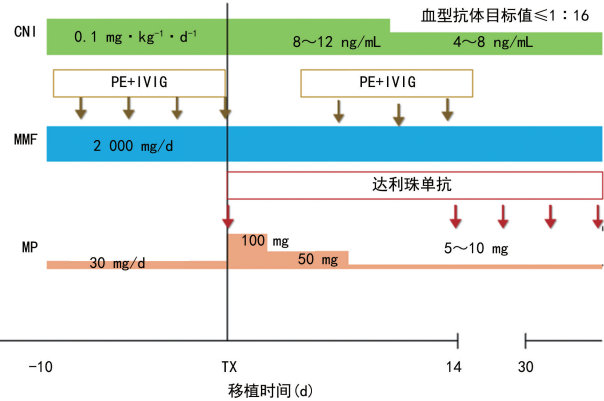


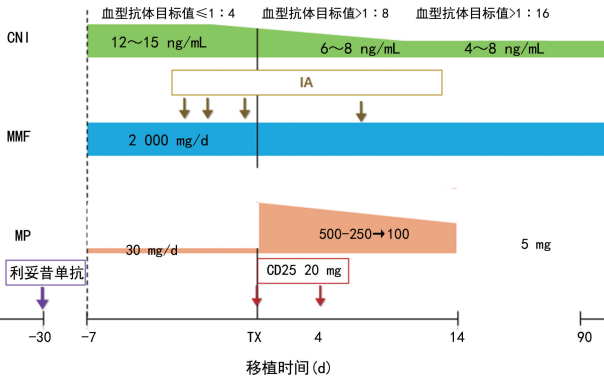
图 1 日本大阪医学院围手术期处理方案

6.5 陆军军医大学第一附属医院/西南医院肾科方案

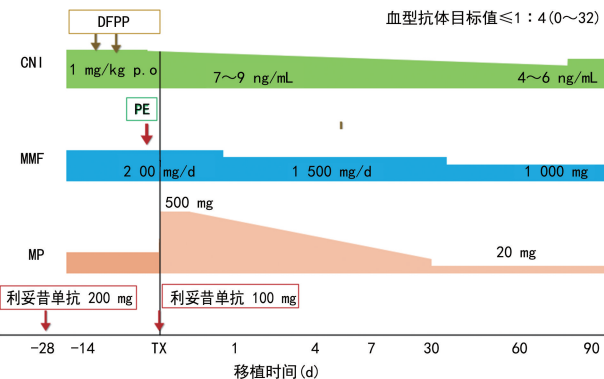
见图 5。陆军军医大学第一附属医院/西南医院方案住院时间仅需 16 d 左右,一次住院完成预处理和手术,大幅缩短了患者治疗所需时间,也避免了患者完成诱导治疗后无法如期返院进行手术。有行婴儿 ABOi-KT 不进行预处理报道,尚无大宗病例报道^[32],是否值得推广,尚需进一步研究确定。



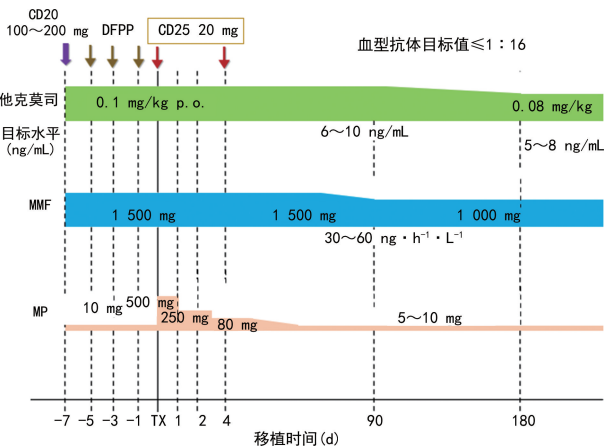
CNI: 钙调神经磷酸酶抑制剂; MMF: 吗替麦考酚酯; MP: 糖皮质激素。
图 2 美国霍普金斯方案



CNI: 钙调神经磷酸酶抑制剂; MMF: 吗替麦考酚酯; MP: 糖皮质激素。
图 3 德国海方案



CNI: 钙调神经磷酸酶抑制剂; MMF: 吗替麦考酚酯; MP: 糖皮质激素。
图 4 中国主流方案



CNI: 钙调神经磷酸酶抑制剂; MMF: 吗替麦考酚酯; MP: 糖皮质激素。
图 5 陆军军医大学第一附属医院/西南医院方案

7 预后与展望

ABOi-KT 已在国内外广泛开展,国内外研究均表明,疗效与安全性与 ABOc-KT 相当^[29,33]。交换移植能解决部分 ABO 血型不相容问题,但不能完全替代 ABOi-KT。在异种移植和人造器官广泛应用于临床之前^[34-35],ABOi-KT 不失为一个缓解器官严重短缺的有效途径^[1,7,33,36-38]。

参考文献

[1] SALVADORI M, TSALOUCHOS A. Current protocols and outcomes of ABO-incompatible kidney transplantation[J]. World J Transplant, 2020,10(7):191-205.

[2] MURAMATSU M, GONZALEZ H D, CACCIOLA R, et al. ABO incompatible renal transplants: good or bad[J]. World J Transplant, 2014,4(1):18-29.

[3] KIM H J, KIM J S, YANG J J, et al. Outcome of ABO-incompatible kidney transplantation according to abo type of transfused plasma: comparative analysis between “universal” AB and donor-type plasma[J]. Lab Med, 2022, 53(4):369-375.

[4] ZHANG X, WANG Q, ZHAO J, et al. The resurgent landscape of xenotransplantation of pig organs in nonhuman primates[J]. Sci China Life Sci, 2021,64(5):697-708.

[5] AIKAWA A, SAITO K, TAKAHASHI K. Trends in ABO-incompatible kidney transplantation[J]. Exp Clin Transplant, 2015, 13(Suppl. 1):18-22.

[6] SEGEV D L, GENTRY S E, MELANCON J K, et al. Characterization of waiting times in a simulation of kidney paired donation[J]. Am J Transplant, 2005,5(10):2448-2455.

[7] SHARIF A. Who benefits from ABO-incompatible kidney transplantation in the contemporary era[J]. Am J Kidney Dis, 2020,76(5):607-609.

[8] HUME D M, MERRILL J P, MILLER B F, et al. Experiences with renal homotransplantation in the human: report of nine cases[J]. J Clin Invest, 1955,34(2):327-382.

[9] STARZL T E, MARCHIORO T L, HOLMES J H, et al. Renal homografts in patients with major donor-recipient blood group incompatibilities[J]. Surgery, 1964,55:195-200.

[10] OTA K, MORI S, KOIKE T, et al. Blood vessel

- repair utilizing a new plastic adhesive; experimental and clinical studies [J]. *J Surg Res*, 1965, 5(10):453-462.
- [11] SONODA T, KURITA T, TAKAHA M, et al. Clinical aspects of kidney transplantation [J]. *Naika*, 1967, 20(4):703-711.
- [12] GLEASON D C, FERGUSON T, HARTMANN A F JR, et al. Angiocardiographic differentiation between Fallot's pulmonary atresia and type IV persistent truncus arteriosus [J]. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*, 1967, 100(2):312-317.
- [13] ALEXANDRE G P, DE BRUYERE M, SQUIFFLET J P, et al. Human ABO-incompatible living donor renal homografts [J]. *Neth J Med*, 1985, 28(6):231-234.
- [14] BANNETT A D, MCALACK R F, RAJA R, et al. Experiences with known ABO-mismatched renal transplants [J]. *Transplant Proc*, 1987, 19(6):4543-4546.
- [15] SATO T, OKAZAKI H, JIMBO M, et al. Outcome of renal transplantation after DFPP treatment in presensitized recipients [J]. *Transplant Proc*, 1989, 21(1 Pt 1):737-738.
- [16] SHIMMURA H, TANABE K, ISHIKAWA N, et al. Removal of anti-A/B antibodies with plasmapheresis in ABO-incompatible kidney transplantation [J]. *Ther Apher*, 2000, 4(5):395-398.
- [17] GENBERG H, KUMLIEN G, WENNERBERG L, et al. Long-term results of ABO-incompatible kidney transplantation with antigen-specific immunoadsorption and rituximab [J]. *Transplantation*, 2007, 84(Suppl. 12):44-47.
- [18] TYDÉN G, KUMLIEN G, FEHRMAN I. Successful ABO-incompatible kidney transplantations without splenectomy using antigen-specific immunoadsorption and rituximab [J]. *Transplantation*, 2003, 76(4):730-731.
- [19] 蒋鸿涛, 李涛, 任坤, 等. ABO 血型不相容亲属活体肾移植的多中心研究 [J]. *中华器官移植杂志*, 2020, 41(5):259-264.
- [20] 王毅, 罗志刚, 桂培根, 等. 供、受者 ABO 血型不相容保留受者脾脏的亲属活体供肾移植一例 [J]. *中华器官移植杂志*, 2007, 28(11):694-695.
- [21] TYDÉN G, KUMLIEN G, GENBERG H, et al. The Stockholm experience with ABO-incompatible kidney transplantations without splenectomy [J]. *Xenotransplantation*, 2006, 13(2):105-107.
- [22] VAN AGTEREN M, WEIMAR W, DE WEE RD A E, et al. The first fifty ABO blood group incompatible kidney transplantations: the rotterdam experience [J]. *J Transplant*, 2014, 2014:913902.
- [23] SILVESTRE C, FURIAN L, MARSON P, et al. Desensitization with plasmapheresis and anti-Cd20 for ABO incompatible kidney transplantation from living donor: experience of a single center in Italy [J]. *Transplant Proc*, 2014, 46(7):2209-2213.
- [24] MONTGOMERY R A, LOCKE J E, KING K E, et al. ABO incompatible renal transplantation: a paradigm ready for broad implementation [J]. *Transplantation*, 2009, 87(8):1246-1255.
- [25] KOSHINO K, OKAMOTO M, SAKAI K, et al. The excellent outcomes of ABO-incompatible kidney transplantation with high titer ($> \times 2048$) using anti-CD20 and anti-CD25 antibody without splenectomy: two case reports [J]. *Transplant Proc*, 2011, 43(6):2379-2382.
- [26] LEE H R, KIM K, LEE S W, et al. Effect of rituximab dose on induction therapy in ABO-incompatible living kidney transplantation: a network meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(10):e24853.
- [27] WANG X D, LIU J P, FAN Y, et al. Individualized preconditioning for ABO-incompatible living-donor kidney transplantation: an initial report of 48 cases from China [J]. *Ann Transplant*, 2020, 25:e920224.
- [28] BARNETT A N, MANOOK M, NAGENDRAN M, et al. Tailored desensitization strategies in ABO blood group antibody incompatible renal transplantation [J]. *Transpl Int*, 2014, 27(2):187-196.
- [29] YIN S, TAN Q, YANG Y, et al. Transplant outcomes of 100 cases of living-donor ABO-incompatible kidney transplantation [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2022, 135(19):2303-2310.
- [30] 王显丁, 黄霞, 吕远航, 等. 仅口服免疫抑制剂行预处理的 ABO 血型不相容亲属活体肾移植的临床效果 [J]. *中华器官移植杂志*, 2020, 41(5):265-270.

- regulating HIPPO/YAP signaling pathway in hepatocellular carcinoma[J]. *Int J Med Sci*, 2020,17(13):1897-1908.
- [13] LIPSEY C C, HARBUZARIU A, ROBEY R W, et al. Leptin signaling affects survival and chemoresistance of estrogen receptor negative breast cancer[J]. *Int J Mol Sci*, 2020,21(11):3794.
- [14] DUMA N, SANTANA-DAVILA R, MOLINA J R. Non-small cell lung cancer: epidemiology, screening, diagnosis, and treatment[J]. *Mayo Clin Proc*, 2019,94(8):1623-1640.
- [15] KLECZKO E K, KWAK J W, SCHENK E L, et al. Targeting the complement pathway as a therapeutic strategy in lung cancer[J]. *Front Immunol*, 2019,10:954.
- [16] KATAGIRI S, HAYASHI T, NAKAMURA M, et al. RDH5-related fundus albipunctatus in a large Japanese cohort[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020,61(3):53.
- [17] SAULER M, BAZAN I S, LEE P J. Cell death in the lung: the apoptosis-necroptosis axis[J]. *Annu Rev Physiol*, 2019,81:375-402.
- [18] GREEN D R, LLAMBI F. Cell death signaling[J]. *Cold Spring Harb Perspect Biol*, 2015,7(12):a006080.
- [19] WANG Y, GAO W, SHI X, et al. Chemotherapy drugs induce pyroptosis through caspase3 cleavage of a gasdermin[J]. *Nature*, 2017,547(7661):99-103.
- [20] KE H, WANG X, ZHOU Z, et al. Effect of weimaining on apoptosis and caspase3 expression in a breast cancer mouse model[J]. *J Ethnopharmacol*, 2021,264:113363.
- [21] IKEDA S, SADOSHIMA J. Regulation of myocardial cell growth and death by the hippo pathway[J]. *Circ J*, 2016,80(7):1511-1519.
- [22] ROGERS C, FERNANDES-ALNEMRI T, MAYES L, et al. Cleavage of DFNA5 by caspase3 during apoptosis mediates progression to secondary necrotic/pyroptotic cell death[J]. *Nat Commun*, 2017,8:14128.
- (收稿日期:2022-12-29 修回日期:2023-05-12)
(编辑:袁皓伟)
-
- (上接第 2725 页)
- [31] UCHIDA J, KUWABARA N, MACHIDA Y, et al. Excellent outcomes of ABO-incompatible kidney transplantation: a single-center experience[J]. *Transplant Proc*, 2012,44(1):204-209.
- [32] ZHAO D, ZHU L, ZHANG S, et al. Case report: successful ABO-incompatible deceased donor kidney transplantation in an infant without pre-transplant immunological treatment[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022,9:838738.
- [33] LANGHORST C, GANNER A, SCHNEIDER J, et al. Long-term follow-up of ABO-incompatible kidney transplantation in freiburg, germany: a single-center outcome report [J]. *Transplant Proc*, 2021,53(3):848-855.
- [34] PORRETT P M, ORANDI B J, KUMAR V, et al. First clinical-grade porcine kidney xenotransplant using a human decedent model[J]. *Am J Transplant*, 2022,22(4):1037-1053.
- [35] MONTGOMERY R A, STERN J M, LONZE B E, et al. Results of two cases of pig-to-human kidney xenotransplantation[J]. *N Engl J Med*, 2022,386(20):1889-1898.
- [36] HIRZEL C, PROJER L, ATKINSON A, et al. Infection risk in the first year after ABO-incompatible kidney transplantation: a nationwide prospective cohort study[J]. *Transplantation*, 2022,106(9):1875-1883.
- [37] HAMANO I, HATAKEYAMA S, FUJITA T, et al. Outcome of ABO blood type-incompatible living-related donor kidney transplantation under a contemporary immunosuppression strategy in Japan[J]. *Transplant Proc*, 2020,52(6):1700-1704.
- [38] BEGUM N A S, KASHEM T S, NOBI F, et al. Experiences of performing ABO-incompatible kidney transplantation in Bangladesh[J]. *Korean J Transplant*, 2022,36(2):111-118.
- (收稿日期:2023-03-15 修回日期:2023-04-15)
(编辑:冯 甜)