

# 高原人群围手术期红细胞输注专家共识<sup>\*</sup>

吴小东<sup>1</sup> 尚凯茜<sup>2</sup> 夏宗敬<sup>2</sup> 贺曾<sup>3</sup> 扎西罗布<sup>4</sup> 殷作明<sup>5</sup> 曹鹏冲<sup>5</sup> 兰海<sup>6</sup> 余正强<sup>7</sup> 侯伟光<sup>8</sup>  
 杨晓茂<sup>9</sup> 李三旦<sup>10</sup> 高志勇<sup>11</sup> 余中良<sup>12</sup> 刘晓青<sup>13</sup> 洛桑旦增<sup>14</sup> 徐水平<sup>15</sup> 刘治娟<sup>16</sup> 钟锐<sup>17</sup>  
 曹晔<sup>17</sup> 拉巴次仁<sup>18</sup> 余海<sup>19</sup> 孔清泉<sup>20,21</sup>

- (1. 西藏自治区人民政府驻成都办事处医院重症医学科, 四川 成都 610041; 2. 西藏自治区人民政府驻成都办事处医院麻醉科, 四川 成都 610041;  
 3. 西藏自治区人民政府驻成都办事处医院生物样本库, 四川 成都 610041; 4. 拉萨市人民医院骨科, 西藏 拉萨 850013;  
 5. 西藏军区总医院骨科, 西藏 拉萨 850007; 6. 成都大学附属医院骨科, 四川 成都 610081; 7. 昌都市人民医院骨科, 西藏 昌都 854085;  
 8. 通用医疗 363 医院骨科, 四川 成都 610041; 9. 四川省雅安市人民医院骨科, 四川 雅安 625099; 10. 那曲市人民医院骨科, 西藏 那曲 852000;  
 11. 通用医疗 363 医院麻醉科, 四川 成都 610041; 12. 昌都市人民医院麻醉科, 西藏 昌都 854085; 13. 林芝市人民医院麻醉科, 西藏 林芝 860003;  
 14. 那曲市人民医院麻醉科, 西藏 那曲 852000; 15. 四川省雅安市天全县中医院麻醉科, 四川 雅安 625599;  
 16. 西藏自治区人民医院输血科, 西藏 拉萨 850001; 17. 中国医学科学院输血研究所输血生物医学工程, 四川 成都 610052;  
 18. 西藏自治区人民医院麻醉科, 西藏 拉萨 850001; 19. 四川大学华西医院麻醉科, 四川 成都 610041;  
 20. 西藏自治区人民政府驻成都办事处医院骨科, 四川 成都, 610041; 21. 四川大学华西医院骨科, 四川 成都 610041)

**【摘要】** 高原人群围手术期红细胞输注尚无可查阅的标准, 由麻醉科医生或外科医生决定是否给予高原患者输注红细胞及输注量, 有一定的盲目性。为保障高原高血红蛋白患者的围术期安全, 更加科学、有效的使用血液, 减少输血并发症、避免血液浪费, 目前有必要制订适合高原患者的围手术期红细胞输注共识。2021 年由四川省国际医学交流促进会高原医学(区域联合)专业委员会牵头在西藏自治区人民政府驻成都办事处医院成立工作组, 并联合国内外外科、麻醉科、输血科等学科的专家, 共同撰写了《高原人群围手术期红细胞输注专家共识》(2021 版), 旨在推进高原高血红蛋白患者围手术期血液管理的安全性。

**【关键词】** 高原; 高血红蛋白; 围术期; 红细胞输注; 专家共识

**【中图分类号】** R457.1 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 03. 001

## Expert consensus on perioperative red blood cell transfusion of high altitude population

WU Xiaodong<sup>1</sup>, SHANG Kaixi<sup>2</sup>, XIA Zongjing<sup>2</sup>, HE Zeng<sup>3</sup>, ZHAXI Luobu<sup>4</sup>, YIN Zuoming<sup>5</sup>, CAO Pengchong<sup>5</sup>, LAN Hai<sup>6</sup>,  
 YU Zhengqiang<sup>7</sup>, HOU Weiguang<sup>8</sup>, YANG Xiaomao<sup>9</sup>, LI Sandan<sup>10</sup>, GAO Zhiyong<sup>11</sup>, YU Zhongliang<sup>12</sup>,  
 LIU Xiaoqing<sup>13</sup>, LUOSANG Danzeng<sup>14</sup>, XU Shuiping<sup>15</sup>, LIU Zhijuan<sup>16</sup>, ZHONG Rui<sup>17</sup>, CAO Ye<sup>17</sup>,  
 LABA Ciren<sup>18</sup>, YU Hai<sup>19</sup>, KONG Qingquan<sup>20,21</sup>

(1. Department of Critical Care Medicine, Hospital of Chengdu office of People's Government of Tibetan Autonomous Region, Chengdu 610041, China;

2. Department of Anesthesiology, Hospital of Chengdu office of People's Government of Tibetan Autonomous Region, Chengdu 610041, China;

3. Department of Biobank, Hospital of Chengdu Office of People's Government of Tibetan Autonomous Region, Chengdu 610041, China;

4. Department of Orthopedics, Lhasa People's Hospital, Lhasa 850013, China;

5. Department of Orthopedics, General Hospital of Tibet Military Area Command, Lhasa 850007, China;

6. Department of Orthopedics, The Affiliated Hospital of Chengdu University, Chengdu 610081, China;

**基金项目:** 四川省科技计划重点研发项目(2019YFQ0003); 四川省区域创新合作项目(2021YFQ0034)

**执行编委简介:** 孔清泉, 四川大学华西医院主任医师/教授, 一级专家, 硕士/博士生/博士后流动站导师; 西藏自治区人民政府驻成都办事处医院(四川大学华西医院成都分院)院长; 四川省卫生厅学术技术带头人; 四川省医学领军人才。华西医院“高原健康联合研究所”副所长。学术任职: 西藏医学会运动医疗专委会副主任委员; 四川省医学会骨科专委会常委; 四川医师协会骨科专委会常委; 四川医院协会常委; 四川省医学会骨科专委会微创学组组长; 中国医药教育协会骨科规范化培训四川基地脊柱微创学组组长; 四川省医师协会骨科医师分会骨科微创学组副组长; 四川省老年医学会骨科专委会脊柱学组副组长; 中华医学会骨科分会骨康复专业委员会委员。E-mail: kongspine@126.com

**共同第一作者:** 尚凯茜, E-mail: kathyshang@126.com

**引用本文:** 吴小东, 尚凯茜, 夏宗敬, 等. 高原人群围手术期红细胞输注专家共识[J]. 西部医学, 2022, 34(3): 313-317. DOI:10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 03. 001

7. Department of Orthopedics, Changdu People's Hospital, Changdu 854085, Tibetan, China;
8. Department of Orthopedics, 363 Hospital, Chengdu 610041, China;
9. Department of Orthopedics, Ya'an People's Hospital, Ya'an 625099, Sichuan, China;
10. Department of Orthopedics, Naqu People's Hospital, Naqu 852000, Tibetan, China;
11. Department of Anesthesiology, 363 Hospital, Chengdu 610041, China;
12. Department of Anesthesiology, Changdu People's Hospital, Changdu 854085, Tibetan, China;
13. Department of Anesthesiology, Linzhi People's Hospital, Linzhi 860003, Tibetan, China;
14. Department of Anesthesiology, Naqu People's Hospital, Naqu 852000, Tibetan, China;
15. Department of Anesthesiology, Tianquan Traditional Chinese Medicine Hospital, Ya'an 625599, Sichuan, China;
16. Department of Blood Transfusion, Tibet Autonomous Region People's Hospital, Lhasa 850001, China;
17. Biomedical Engineering Research Center of Blood Transfusion, Institute of Blood Transfusion, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Chengdu 610052, China;
18. Department of Anesthesiology, Tibet Autonomous Region People's Hospital, Lhasa 850001, China;
19. Department of Anesthesiology, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, China;
20. Department of Orthopedics, Hospital of Chengdu Office of People's Government of Tibetan Autonomous Region, Chengdu 610041, China;
21. Department of Orthopedics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

**【Abstract】** There is no relevant guidelines for perioperative red blood cell (RBC) transfusion for patients at high altitude. There is somehow blindness for anesthesiologist or surgeon to decide whether to transfuse RBC to patients at high altitude. In order to ensure the perioperative safety of patients with polycythemia at high altitude, and to reduce transfusion complications as well as avoid the waste of blood, it is necessary to get a consensus on perioperative RBC transfusion for patients at high altitude. A working group was established led by High Altitude Medicine (Regional Joint) Professional Committee of Sichuan International medical exchange & promotion association at hospital of Chengdu office of People's Government of Tibetan Autonomous Region in 2021. Experts from department of surgery, anesthesiology and blood transfusion have co-authored the "Expert Consensus on Perioperative Red Blood Cell Transfusion of high altitude Population (2021)", which aims to promote the safety of perioperative blood management for patients at high altitude.

**【Key words】** High altitude; Polycythemia; Perioperative; Red blood cell transfusion; Expert consensus

在高原低氧低气压环境下,机体会对缺氧产生代偿反应,血液系统以单位容积循环血中红细胞数(Red blood cell, RBC)异常增多,血红蛋白(Hemoglobin, Hb)和红细胞压积(Hematocrit, Hct)升高为表现,并随海拔高度升高而增加<sup>[1-3]</sup>。红细胞输注是临床上治疗急性失血的重要治疗手段,也是保证手术过程中患者生命安全的关键因素。基于大量临床研究制订的限制性,输血策略在大多数临床情况下能够有效降低输血副作用且对患者的预后无影响,不增加死亡率<sup>[4-8]</sup>。但相关研究均在低海拔地区和人群中开展,对于基础 Hb、Hct 水平代偿性升高的高原患者则不一定适用。并且高原患者毛细血管通透性、全血高/低切粘度等指标与平原人群具有较大差异<sup>[9]</sup>,若围手术期失血的高原患者再遵循平原人群的休克复苏指标和输血阈值,可能会造成不良后果。但目前高原患者围术期红细胞输注阈值尚无可查阅的标准,我国现行《围手术期输血指南》(2014 版)<sup>[10]</sup>中仅在“围手术期输血及辅助治疗”中提到高原地区酌情提高 Hb 水平和放宽输血指征,并未给出具体指征,亦缺乏相关动物和临床研究证据。

因此,为保障围术期高原患者的安全,更加科学、

有效的使用血液,避免和减少输血并发症,有必要制订适合高原患者的围术期输血共识,推进高原患者围术期血液管理的安全性。

## 1 术前评估

参照我国现行的国标指南《献血者健康检查要求》(GB18467-2011)中对无偿献血者的 Hb 浓度做了下限要求(男 $\geq 120$  g/L,女 $\geq 115$  g/L)<sup>[11]</sup>,但并未设置 Hb 上限。西藏自治区人民政府驻成都办事处医院(以下简称西藏成办医院)联合中国医学科学院输血研究所、西藏自治区人民医院和西藏自治区血液中心共同开展的《西藏高原铁代谢的流行病学与高原献血人群招募策略、血液采集、制备保存质量标准的相关研究》发现,在高原低氧环境下高原人群血液中的红细胞不仅是数量代偿性增多,红细胞变形性、携释氧功能和形态学等指标都与平原人群具有较大差异<sup>[12-13]</sup>,同时 Hct 过高的红细胞制剂因黏度过高在临床上存在采集和输注困难的问题,因此不建议将高血红蛋白人群纳入无偿献血队伍。本专家共识建议高原地区采集的用于同种异体输注的血液设置 Hb 浓度上限:男性 185 g/L $\geq$  Hb $\geq$  120 g/L,女性 165 g/L $\geq$  Hb $\geq$  115 g/L(如采用硫酸铜法:相当于男性 1.064 $\geq$

Hb $\geq$ 1.051, 女性 1.060 $\geq$ Hb $\geq$ 1.050)。从平原地区进入高原地区人群献血建议同时关注血压(90 mmHg $\leq$ 收缩压 $<$ 140 mmHg; 60 mmHg $\leq$ 舒张压 $<$ 90 mmHg; 脉压差 $\geq$ 30 mmHg)和脉搏(60~100 次/min, 高度耐力的运动员 $\geq$ 50 次/min, 节律整齐), 进入高原时间短于 2 周不建议献血。

此外, 高原高血红蛋白人群围手术期开展自体血采集不设 Hb 浓度上限。

## 2 铁剂的使用

我国现行《围手术期输血指南》(2014 版)<sup>[10]</sup>在“术前准备”第 5 条提到“了解患者贫血的原因, 并根据病因治疗贫血, 首先考虑铁剂治疗, 排除缺铁因素, 术前可使用促红细胞生成素”。但西藏成办医院内分泌科对 2019~2021 年 904 例高原糖尿病患者的数据进行分析, 发现高原地区居民的平均血清铁蛋白(Serum ferritin, SF)水平为 596 ng/mL, 其中男性( $n=540$ )为 788 ng/mL, 女性( $n=364$ )为 311 ng/mL, 远高于平原人群 SF 水平(100~200 ng/mL)。其中, 有 165 名受试者 SF 水平超过 1000 ng/mL, 男性有 147 人, 女性有 18 人, 两组差异有统计学意义( $P<0.01$ )。与此同时, 西藏成办医院内分泌科对 2016~2021 年 299 例西藏高原健康体检者的数据分析发现, 高原地区居民的平均 SF 水平为男性 771.3 ng/mL, 女性 197.6 ng/mL, 同样高于平原人群 SF 水平(100~200 ng/mL)。采用线性回归模型分析发现 SF 和 Hb 水平具有相关性: Hb 每升高 1 g/L, SF 升高 4.25 ng/mL( $P<0.01$ , 95%CI: 2.87~5.63)<sup>[14-16]</sup>。

因此本专家共识建议根据患者的血清铁及 SF 水平、转铁蛋白饱和度及磁共振成像(Magnetic resonance imaging, MRI)等影像学数据观察肝脏等主要脏器的铁沉积情况, 再决定是否使用铁剂。SF 水平超过平原人群参考值或影像学显示肝脏等重点器官出现铁过载情况时, 禁止使用铁剂。叶酸等其它制剂根据实际情况进行选择。

## 3 自体血采集与自身输血

如患者选择自体输血且条件许可时, 可在术前采集自体血<sup>[10]</sup>。

对于预期术中可能出现大量失血的高原患者, 可根据高原人群高黏度的血液流变学特点<sup>[17-18]</sup>开展自体血采集。本专家共识建议参照《慢性高原病青海诊断标准》的划分标准<sup>[19]</sup>, 对于高原红细胞增多症(High altitude polycythemia, HAPC)人群(男性 Hb $\geq$ 210 g/L, 女性 Hb $\geq$ 190 g/L)行择期手术和限期手术前, 行红细胞单采去除术将术前 Hb 降低 15%, 以减轻血液粘滞度, 防止围手术期心脑血管事件; 或行急性等

容性血液稀释(Acute normovolemic hemodilution, ANH)进行自体血储备。

自身输血是采用患者自身的血液或血液成分, 以满足本人手术或紧急情况时的输血方式。最新《临床输血规范》(2020 版)<sup>[20]</sup>指出, 自身输血可以避免输注异体血的输血反应、血源传播性疾病和免疫抑制, 对一时无法获得同型血的患者是唯一血源。因高原地区异体血获取和存储困难, 可考虑在高原地区广泛开展自身输血。自身输血可分为 ANH、贮存式自身输血和回收式自身输血三类。

ANH 的适应症为: ①患者身体一般情况好, Hb $\geq$ 110 g/L(Hct $\geq$ 0.33), 估计术中失血量大, 可以考虑 ANH, 年龄不是 ANH 的禁忌。②手术中需要降低血液黏稠度, 改善微循环时也可采用。而高原人群的 Hb 浓度代偿性升高, 同时伴有微循环障碍、血液黏度增大等流变学问题<sup>[21]</sup>, 完美契合 ANH 的适应症。预计术中失血量 $\geq$ 400 mL 的高原患者, 建议术前开展 ANH<sup>[22]</sup>; 拟行手术的 HAPC 患者在经过血常规、血压、心率等指标的术前评估后, 可在手术前从静脉抽取一定量的血液于保养液袋内常温下保存, 同时从静脉输入等体积的胶体液或 3 倍体积的晶体液, 以维持患者血流动力学稳定。相关研究显示只要 Hct $>$ 0.20, 凝血功能即不会受到影响<sup>[23]</sup>。高原人群的血液具有高粘度的特点, 适当的放血和血液稀释可降低血液粘度使组织灌注改善<sup>[24]</sup>, 同时机体基础的氧供不会受到影响, 主要代偿机制是心输出量和组织氧摄取率增加。

贮存式自身输血是指术前一定时间内采集患者自身的血液进行保存, 在手术期间输用。与 ANH 技术相比, 贮存式自身输血方法较复杂、存储技术要求高、花费更昂贵。

回收式自身输血是指在术中使用专门的血液回收装置, 将患者体腔积血、手术失血甚至术后引流血液进行回收、抗凝、滤过、洗涤等处理, 即刻回输给患者。该技术需要采用合格的设备, 回收处理的血必须达到一定的质量标准, 且从术中回收的血液易被消毒剂、羊水或体液等污染。因此, 上述贮存式和回收式两种自身输血的方法在高原地区可能均存在推广困难的问题。在不适合开展贮存式自身输血和回收式自身输血的围手术期患者, 可在麻醉医师的严密监护下进行 ANH<sup>[20]</sup>。前期研究也证明, 高原患者开展 ANH 预计可取得较好疗效, 同时可降低血液粘滞度防止围手术期心脑血管事件<sup>[22]</sup>, 一定程度上可达到治疗目的, 也可增加血液资源<sup>[25]</sup>。综上, 本专家共识建议在高原患者术前可积极开展 ANH。

#### 4 高血红蛋白人群的血红蛋白输注阈值

依据美国血库协会 2016 年发布的《红细胞输注阈值和储存指南》<sup>[26]</sup>：对血流动力学稳定的成年住院患者(包括重症患者)，启动限制性红细胞输注的 Hb 阈值推荐为 70 g/L；对接受骨科手术、心脏手术以及合并心血管疾病史患者，红细胞输注的 Hb 阈值可放宽至 80 g/L。我国现行《围手术期输血指南》(2014 版)<sup>[10]</sup>提到：“建议采用限制性输血的策略，Hb > 100 g/L 的患者围手术期不需要输红细胞，Hb 在 70~100 g/L 之间，根据患者心肺代偿功能、有无代谢率增高以及有无活动性出血等因素决定是否输注红细胞”。与此同时，《临床输血规范》(2020 版)<sup>[20]</sup>也推荐 Hb 低于 70 g/L 输注红细胞；Hb 介于 70~100 g/L 依据心肺代偿功能、有无代谢率增高、有无活动性出血决定是否输注红细胞。

根据对以上指南的对比分析，这些指南和规范中明确提出红细胞输注阈值，对启动输血时机具有很好的指导作用。但是对于输注红细胞后的目标 Hb 值及 Hb 在 70~100 g/L 的患者输血策略尚无详细描述，实际应用中仍主要根据临床医师的经验，导致个别对启动输血时机及输血量的判定把握不准，造成不必要的输血和输血量增多的情况<sup>[27]</sup>。围手术期患者最佳的输血阈值应是益处大于风险。同时，上述指南均未涉及高原人群，仅《围手术期输血指南》中特别强调“高原地区酌情提高 Hb 水平和放宽输血指征”。

由于较高的海拔和稀薄的空气，长期生活在高原的居民血液中红细胞数量往往代偿性增高，导致 RBC、Hb 和 Hct 等血液学指标显著升高<sup>[17-18]</sup>。西藏成办医院在医疗过程中常能遇到 Hb > 230 g/L 的极端案例，并且麻醉科在临床工作中发现 HAPC 患者在创伤或手术发生急性出血时，Hct 和 Hb 下降幅度与

实际出血量相比均存在较大差异，根据 Hb 值决定输血阈值并不能保证机体的氧供/氧耗平衡。基于上述原因，专家组认为，国内外现行的各项“输血指南”或“输血共识”中，患者是否需要输血的启动因素取决于统一的 Hb 指标，并未充分考虑决定机体供氧与耗氧平衡的其他重要因素。而高原人群的氧供需平衡有特殊性：首先，基础 Hb 水平较高尤其是 HAPC 患者，无法与一般人群的 Hb 基础持平；其次，由于机体长期缺氧及酸中毒导致毛细血管通透性增加、肺动脉压增加、冠状动脉血流量下降，使机体对输液的耐受力降低；再者，高原人群的 Hb、Hct、全血高切粘度及全血低切粘度明显增高，导致血流缓慢，加重组织缺血缺氧损伤；最后，出血引发的恶性循环障碍导致应激反应过度激活，手术和麻醉状态下缺氧和脏器受损进一步加重。因此，统一的 Hb 输注阈值不一定适合高原高血红蛋白人群，通过患者的氧供需平衡来确定红细胞输注阈值可能对患者更有利。

华西围手术期输血指征评分 (Peri-Operative Transfusion Trigger Score, POTTs)<sup>[28-29]</sup> (表 1) 是评估患者氧供需平衡的有效体系。POTTs 根据 Hb 水平、动脉血氧饱和度 (Oxygen saturation, SaO<sub>2</sub>)、心输出量这 3 个反映氧供的因素和机体代谢、体温这 2 个反映氧耗的因素，综合评分后确定是否需要输血及输血量。其中，SaO<sub>2</sub> 以维持脉搏血氧饱和度 (SpO<sub>2</sub>) ≥ 95% 所需的吸入氧浓度来反映，心输出量依据维持正常心输出量所需肾上腺素用量来反映，并以患者是否有心绞痛以及心绞痛程度来表示氧耗，从而对拟输血的患者进行评分。POTTs 的基础分为 6 分，根据上述评分结果在 6 分的基础上加分<sup>[29]</sup>。并且，该评分体系可在每一次输血前评分，更能动态反映手术患者的氧供需平衡。

表 1 华西围手术期输血指征评分 (POTTs)

Table 1 West China Peri-Operative Transfusion Trigger Score (POTTs)

加分	维持基本正常心输出量所需肾上腺素输注速度 (μg/kg/min)	维持 SpO <sub>2</sub> ≥ 95% 时所需吸入气氧浓度 (%)	中心体温 (°C)	心绞痛
0	不需要	≤ 35	< 38	无
+1	≤ 0.05	36~50	38~40	运动或体力劳动或激动时发生
+2	≥ 0.06	≥ 51	> 40	日常活动或休息安静时发生

注：上述四项总计加分 6 分为总分。最高分为 10 分，即如果总分 ≥ 10 分算 10 分。评分 < 实测 Hb，不输红细胞；评分 > 实测 Hb，输红细胞；红细胞输注量 = (评分 - 实测 Hb) × 2

为此西藏成办医院麻醉科开展了相关临床研究，对比 POTTs 评分方案和输血指南中限制性输血方案指导高原患者的围手术期输血对预后的影响。研究共纳入西藏成办医院 2016 年 3 月~2017 年 6 月高血红蛋白患者 60 例。研究结果显示，接受 POTTs 评分

指导输血的高原观察组患者的悬浮红细胞输注量明显低于使用输血指南作为输血指导的高原对照组患者 (P < 0.05)，观察组的总费用也明显低于对照组 (P < 0.05)，而两组患者在围手术期均未发生严重并发症及死亡，住院时间以及术后半年死亡率比较无统

计学差异( $P>0.05$ )<sup>[30]</sup>。

考虑到输注红细胞的本质目的是提高血液携氧能力、维持机体氧供需平衡,再结合前期临床研究,因此,本专家共识建议采用 POTS 评分指导高原患者的红细胞输注。同时,还需要结合失血速度、术中血流动力学、合并急慢性高原病等因素综合考虑。警惕急进高原人群不能输入过多有形成分,以免加重心脏负担。

## 5 小结

本工作组在现有临床研究和流调数据的基础上,对目前临床上亟待解决的高原患者围术期红细胞输注相关事宜做出部分推荐建议,包括术前评估、铁剂的使用、自体血采集的推广与自身输血、高血红蛋白人群的血红蛋白输注阈值四大方面,形成了本专家共识。但是由于现有针对高原人群开展的红细胞输注相关研究及临床证据的缺乏,此后还需要开展更多基础和临床研究对专家共识进行完善。

## 【参考文献】

[1] ZHANG R, YU X, SHEN Y, *et al.* Correlation between RBC changes and coagulation parameters in high altitude population [J]. *Hematology*, 2019, 24(1): 325-330.

[2] ZHANG H, HE Y, CUI C, *et al.* Cross-altitude analysis suggests a turning point at the elevation of 4,500 m for polycythemia prevalence in Tibetans [J]. *Am J Hematol*, 2017, 92(9): E552-E554.

[3] ZHAO J, YOU G, YIN Y, *et al.* Acute high-altitude exposure shortens survival after uncontrolled hemorrhagic shock in rats [J]. *J Surg Res*, 2018, 226: 150-156.

[4] CARSON J L, TERRIN M L, NOVECK H, *et al.* Liberal or restrictive transfusion in high-risk patients after hip surgery [J]. *N Engl J Med*, 2011, 365(26): 2453-2462.

[5] LACROIX J, HÉBERT P C, HUTCHISON J S, *et al.* Transfusion strategies for patients in pediatric intensive care units [J]. *N Engl J Med*, 2007, 356(16): 1609-1619.

[6] VILLANUEVA C, COLOMO A, BOSCH A, *et al.* Transfusion Strategies for Acute Upper Gastrointestinal Bleeding [J]. *N Engl J Med*, 2013, 368(1): 11-21.

[7] HOLST L B, HAASE N, WETTERSLEV J, *et al.* Lower versus higher hemoglobin threshold for transfusion in septic shock [J]. *N Engl J Med*, 2014, 371(15): 1381-1391.

[8] CARSON J L, BROOKS M M, ABBOTT J D, *et al.* Liberal versus restrictive transfusion thresholds for patients with symptomatic coronary artery disease [J]. *Am Heart J*, 2013, 165(6): 964-971.

[9] GONZALES G F, RUBIN DE CELIS V, BEGAZO J, *et al.* Correcting the cut-off point of hemoglobin at high altitude favors misclassification of anemia, erythrocytosis and excessive erythrocytosis [J]. *Am J Hematol*, 2018, 93(1): E12-E16.

[10] 叶铁虎,田玉科,吴新民,等.围手术期输血指南(2014)[M].2014版中国麻醉学指南与专家共识:人民卫生出版社,2014.

[11] 中华人民共和国卫生部中国国家标准化管理委员会.献血者健康检查要求(GB 18467-2011)[S].中国国家标准化管理委员会网站,2017.

[12] 冯霞,廖霞,杨超,等.高原不同血红蛋白水平人群血液流变特征与组织供氧的研究[J].*中国输血杂志*,2021,34(3):219-223.

[13] ZHONG R, HAN D, WU X, *et al.* An Evaluation of Morphological Changes and Deformability of Suspended Red Blood Cells Prepared Using Whole Blood with Different Hemoglobin Levels of Tibetans [J]. *Transfus Med Hemother*, 2021, 48(4): 210-219.

[14] 孙舒瑶,郭彦宏,孙曾梅,等.西藏藏族铁过载患者 HFE 基因及非 HFE 基因的突变研究[J].*中国实验血液学杂志*,2019,27(2):618-622.

[15] WU Y H, WANG S Y, LI M X, *et al.* Serum Ferritin Independently Predicts the Incidence of Chronic Kidney Disease in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus [J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2020, 13: 99-105.

[16] 孙舒瑶,王溯源,孙曾梅,等.西藏高原地区铁过载患者铁调素的水平变化[J].*中国实验血液学杂志*,2020,28(4):1406-1409.

[17] 曹锐,郑慧,葛森.中国中年男性血红蛋白参考值与海拔高度的曲线模型分析[J].*现代检验医学杂志*,2010,25(1):10-13.

[18] 冯信焰,于广飞,尹思念.高原不同海拔地区成人血红蛋白水平变化的调查分析[J].*西部医学*,2010,22(5):923-924.

[19] 国际高原医学会慢性高原病专家小组.慢性高原病青海诊断标准[J].*青海医学院学报*,2005,26(1):3-5.

[20] 北京市市场监督管理局.医疗机构临床用血技术规范(DB11/T 1794-2020)[S].*医药卫生*,2020.

[21] 钟锐,刘华,王红,等.添加不同比例的 MAP 保存液对拉萨地区悬浮红细胞保存质量的影响[J].*中国输血杂志*,2015,28(7):780-783.

[22] 邹山敏,王齐.血液稀释治疗高原性红细胞增多症的临床疗效观察[J].*实用心肺脑血管病杂志*,2012,20(4):662.

[23] 胡建华,刘晓晖,黄建平,等.减少异体输血的方法和技术研究进展[J].*武警医学院学报*,2011,20(3):249-252.

[24] 谭怡,饶治嫦,阴梅,等.放血疗法联合羟基脲或干扰素治疗真性红细胞增多症的疗效及对血清 EPO 和血象指标的影响[J].*西部医学*,2021,33(10):1468-1472,1477.

[25] 吴显熠,张中伟,吴小东,等.高原不同人群体外红细胞无氧酵解能力的差异[J].*西部医学*,2018,30(7):952-955.

[26] CARSON J L, GUYATT G, HEDDLE N M, *et al.* Clinical Practice Guidelines From the AABB: Red Blood Cell Transfusion Thresholds and Storage [J]. *JAMA*, 2016, 316(19): 2025-2035.

[27] 徐宵寒,虞雪融,黄宇光.围手术期限制性红细胞输注的研究进展与指南对比[J].*中国医学科学院学报*,2019,41(4):541-547.

[28] 廖刃,刘进.围手术期血液管理:由限制性输血走向个体化输血[J].*中华医学杂志*,2014,94(7):481-482.

[29] 廖刃,刘进.华西围术期输血指征评分-以临床需求为目标的输血评分[J].*中国胸心血管外科临床杂志*,2014,21(2):145-146.

[30] 夏宗敬,谢琳丽,廖刃,等.POTS 指导高原地区高血红蛋白患者输血安全有效性的研究 [J].*西藏医药*,2019,40(1):7-8.

(收稿日期:2021-12-27;修回日期:2022-02-10;编辑:刘灵敏)