

脊柱大手术围术期血液管理专家共识

Expert consensus on perioperative blood management in major spinal surgery

中国老年保健协会

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2022.11.12

中图分类号:R619 文献标识码:C 文章编号:1004-406X(2022)-11-1049-08

围术期血液管理是指在围术期的各个阶段采取多种技术进行血液保护,以达到减少失血、降低贫血及输血率,提高手术安全性和增加患者满意度的目的。满足以下条件中至少 2 个条件的脊柱手术即可定义为“脊柱大手术”:(1)预计手术时间>2h;(2)预计术中出血超过 15%自体血量;(3)≥2 个节段的减压或融合。如何减少术中出血是伴随脊柱大手术的重要问题,且由于脊柱手术部位较深且与脊髓、脊神经毗邻,术中出血较难控制。术中大量出血不仅影响手术视野、降低手术操作的精准度,还会增加异体输血需求,引起输血相关并发症,增加患者住院费用和住院时长。因此,规范和推广脊柱大手术围术期血液管理对于提高手术安全性、促进患者术后恢复、降低患者医疗负担具有重要意义。为进一步强化脊柱外科医生对于脊柱大手术围术期血液管理的意识,特邀请全国专家共同制定本共识,供广大脊柱外科医师在临床工作中根据医院条件和患者具体情况参考和应用。

1 术前血液管理

1.1 围手术期出血风险和术前贫血评估

1.1.1 详细询问病史及查体 术前详细询问与患者血液状况相关的病史。(1)用药史:是否正在服用或曾服用抗血小板药物或抗凝药物。(2)既往史:是否患有慢性出血性疾病;是否患有可导致营养不良性贫血的慢性疾病;是否患有心脑血管、肝、肾疾病及血友病等血液系统疾病;是否患有强直性脊柱炎等术中出血风险高的疾病;有无输血史,有无外伤、手术、月经时出血过多史。(3)个人史:有无特殊饮食习惯及吸烟嗜酒等不良嗜好。(4)家族史:家族成员有无出血及血栓栓塞史等。查体时注意评估患者有无营养不良,是否存在或易发生皮下瘀斑、鼻出血或牙龈出血^[1]。

1.1.2 实验室检查 术前完善以下实验室检查项目以评估围手术期出血风险、判断是否存在术前贫血。(1)血常规:包括血红蛋白(Hemoglobin,Hb)、红细胞计数(red blood cell,RBC)、红细胞比容(hematocrit,Hct)、平均红细胞体积(mean corpuscular volume,MCV)、平均红细胞 Hb 浓度(mean corpuscular Hb concentration,MCHC)、网织红细胞计数及比例等。(2)凝血功能:包括凝血酶原时间、活化部分凝血酶时间、血小板计数和出血时间等。对于贫血患者,如需明确具体的贫血原因,有条件的医院可行进一步检查,对于小细胞低色素性贫血患者可行铁代谢检查(包括血清铁、铁蛋白和转铁蛋白饱和度等);对于大细胞性贫血患者可行血清维生素 B12、血清叶酸含量测定。

1.1.3 局部血管状况评估 对于涉及脊柱前路、颅底、脊柱肿瘤等的手术,术前通过 CT 和 MRI 等对手术区域的血管走行及周围脏器血管进行局部评估,指导手术方案的制定,最大限度降低术中血管损伤导致的出血风险。例如,腰椎前路手术前可对血管分叉位置、分支或属支的走行和变异情况进行影像学评估;上颈椎手术前可评估有无 C2 椎动脉高跨等畸形;脊柱肿瘤手术前可评估肿瘤的血管分布、肿瘤供血动脉以及供应脊髓的动脉的起源及走行等^[2-3]。

1.2 术前准备

1.2.1 抗血栓药物的使用 抗血栓药物包括抗凝药物和抗血小板药物。对于服用华法林的患者,建议术前 5d 停药;对于服用利伐沙班等新型抗凝药物的患者,建议术前 3d 停药;建议对血栓高风险患者进行桥接抗凝治疗,即停用华法林后予以低分子肝素或普通肝素进行替代治疗,并在术前 12~24h 内停用肝素制剂;同时建议予以监测国际标准化比率(international normalized ratio,INR),以 INR≤1.4 作为术前停用抗凝药物的目标值^[4]。

对于单用阿司匹林的心血管事件低危者,建议术前 5~7d 停药;对于单用阿司匹林的心血管事件中高危者,术前可不停药;对于单用 P2Y₁₂ 受体阻滞剂的患者如不伴严重心血管缺血风险,建议术前 5~7d 停药;对于服用双联抗血小板药物的冠状动脉支架置入患者,建议停用 P2Y₁₂ 受体阻滞剂 7d 以上、停用阿司匹林 5~7d,同时建议予以桥接抗

凝治疗^[5,6]。

1.2.2 术前贫血的处理 对于患有慢性出血性原发疾病的贫血患者,如消化道溃疡出血、肠息肉出血、痔疮出血等,应首先治疗出血性原发疾病;对于月经量过多造成贫血者,应请妇科会诊共同治疗贫血。

术前贫血的药物治疗包括:(1)促红细胞生成素(erythropoietin,EPO)。术前应用 EPO 可显著提高血红蛋白(Hb)水平、降低输血率和异体输血量^[7]。对于除外营养性贫血等常见原因的术前贫血患者、经其他方法治疗无效的贫血患者、拒绝使用异体输血或存在异体输血禁忌证等的患者,可以考虑使用 EPO。EPO 的禁忌证包括:(1)存在血液高凝状态的患者;(2)未控制血压的严重高血压患者;(3)对该药物过敏者。距手术时间在 4 周内,可予以静脉注射或皮下注射 EPO,每次 4 万 IU,术前 21d、14d、7d 以及手术当日各用 1 次;距手术时间较短,则可予以每次 1 万 IU,术前 5~7d 至术后 3~5d 每日 1 次^[8-14]。

(2)铁剂。对于缺铁性贫血患者、体内储存铁不足且预计失血较多的手术患者可应用铁剂治疗;此外,大部分 Hb 120~129g/L 的患者可通过补充铁剂受益,提高术前 Hb 水平并促进术后 Hb 恢复^[15]。对于术前准备时间充足的择期手术患者,可予以 1~2 个月口服铁剂治疗。常用口服铁剂的用法用量为:硫酸亚铁 300mg/次,每日 3 次;富马酸亚铁 200~400mg/次,每日 3 次;琥珀酸亚铁 200mg/次,每日 3 次;葡萄糖酸亚铁 300~600mg/次,每日 3 次;多糖铁复合物 150~300mg/次,每日 1 次^[16-18]。对于需要在 4 周内接受手术及不能耐受口服铁剂者,应静脉应用铁剂^[19]。国内最常用的静脉铁剂蔗糖铁的常用剂量为:100~200mg/次,每周 2~3 次^[20,21]。近年来出现多种以羧基麦芽糖铁为代表的新型静脉铁剂。羧基麦芽糖铁具有单次给药剂量大的特点,其单次最大补铁量可达 1000mg 或 15mg/kg。

(3)叶酸和维生素 B12。主要用于叶酸或维生素 B12 缺乏引起的贫血。叶酸缺乏时,予以叶酸 5~10mg/次,2~3 次/d;维生素 B12 缺乏时,予以肌内或静脉注射维生素 B12 0.5mg/次,3 次/d^[22]。

术前贫血的非药物治疗包括异体输血和营养指导。异体输血的优点在于可迅速提升 Hb 水平,临床实践中建议采用限制性输血策略:Hb<70g/L 者应考虑输红细胞;Hb>100g/L 者不需输注红细胞;Hb 在 70~100g/L 之间者,应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红细胞^[23]。营养补充可作为贫血的辅助治疗,指导缺铁性贫血患者增加摄入含铁丰富的食物并辅以富含维生素 C 的食物,但不建议单独通过膳食补充缺乏的营养元素。

1.2.3 预存式自体输血 预存式自体输血的应用可有效降低脊柱手术围术期的异体输血需求^[24-26]。该技术的优势在于:(1)节约用血;(2)减少输库存血可能引发的并发症,避免血源传染性疾病;(3)避免输血引起的免疫功能抑制;(4)避免交叉配血试验错误^[27]。推荐将 Hb>110g/L,Hct>33%作为可实施预存式自体输血的标准^[28,29]。在医院客观条件允许的情况下,建议对符合该实施标准的患者应用该技术。一般于术前 2 周及术前 1 周经肘正中静脉采血,每次采血量为总血容量的 12%~15%。两次采血时间间隔不少于 5d,术前 3d 停止采血^[30]。为避免预存自体血造成的术前医源性贫血,建议术前 3~4 周监测患者血红蛋白水平;对于因预存式自体输血而出现贫血的患者,建议予以皮下注射 EPO (40000IU,q7d)并口服硫酸亚铁(325mg,q3d)^[4]。

1.2.4 术前选择性动脉栓塞 术前选择性动脉栓塞(selective arterial embolization,SAE)已广泛应用于高血运脊柱肿瘤的术前准备。SAE 是利用血管介入技术将栓塞剂引入供应肿瘤的血管以阻塞或减少流向肿瘤的血供,具有显著减少术中出血、提高手术安全性的作用^[31]。脊柱肿瘤术前 SAE 的安全性较为可靠,其与动脉栓塞相关的并发症发生率约为 3%,并可通过准确定位拟栓塞血管及规范操作来减少动脉栓塞相关并发症的发生率^[31,32]。

2 术中血液管理

2.1 手术体位

脊柱静脉系统的解剖结构使脊柱手术术中出血量受患者体位的影响^[33]。硬膜外静脉通过无瓣静脉系统与下腔静脉相连,俯卧位时患者腹压增加,导致腔静脉压力增高,可影响硬膜外静脉血回流,从而增加术中出血量^[1]。因此,取俯卧位手术时应将患者的腹部悬空以避免腹压过高。

2.2 手术入路

脊柱手术最常用的入路是传统的后正中入路。行后正中入路手术时,应注意保持在由椎旁肌束筋膜鞘形成的无血管平面内进行分离操作^[4]。此外,与后正中入路相比,椎旁肌间隙入路可显著减少围术期失血量,并可有效降低术后感染及二次手术的发生率^[34]。近年来,前路腰椎椎体融合术(anterior lumbar interbody fusion,ALIF)和斜外侧腰椎椎间融合术(oblique lateral interbody fusion,OLIF)等术式逐渐成熟完善,这些前路术式可以显著减少术中出血,但应注意避免血管损伤造成的大出血。

2.3 体温调节

体温过低可损害血小板和凝血酶活性,导致围术期出血风险增加^[35-37]。手术过程中应注意患者保暖,尽量减少皮肤暴露面积和暴露时间,并建议术中采用局部主动保温措施维持体温^[38]。局部主动保温措施主要包括充气式加温装置(forced-air warming blankets)和电热毯(electric heating pad)两种,临床实践中可根据二者特点并结合客观条件进行选择。充气式加温装置是将主机产生的热空气利用空气对流作用传输至盖毯中,其热量均匀分布,但软管及气垫中存在隐匿空间,细菌污染风险较大;电热毯的优势则在于无隐匿空间,污染风险小且便于清洁^[39-41]。此外,建议术中用温热盐水进行冲洗操作。

2.4 抗纤溶药物的应用

脊柱手术围术期总出血量包括显性出血和隐性出血两部分,其中显性出血是指术中可见的失血,隐性出血则指渗透入组织间隙,残存于椎管内或溶血反应导致的不可见性出血^[42-43]。脊柱融合手术中隐性出血在总出血量中的占比为 39%~42%,约 600~1000ml,手术创伤导致的纤溶亢进是造成隐性失血的主要原因^[44,45]。氨甲环酸(tranexamic acid, TXA)是抗纤溶药物的代表药物,作为赖氨酸的 γ -氨基酸类似物, TXA 与纤溶酶原的赖氨酸结合位点具有高亲和性,可通过竞争性结合该位点而抑制纤溶酶原向纤溶酶的转变,进而导致纤溶活性降低以发挥止血作用^[27]。抗纤溶药物的应用方式主要包括静脉应用、局部应用及静脉局部联合应用三种,目前在脊柱外科中的应用方式主要为静脉应用。考虑到对于脑脊液漏的患者局部应用 TXA 可造成严重的神经毒性作用,当术中难以准确判断硬脊膜是否受损时,不建议局部应用 TXA 等抗纤溶药物。

脊柱手术中静脉应用 TXA 可有效减少术中出血量、术后出血量、围术期总出血量及输血率,同时可有效减少手术时间^[46-57]。静脉应用 TXA 的方式包括单次静脉滴注和多次静脉滴注两种。单次应用的推荐方案为:切皮前 15min 给予 15~30mg/kg 或 1~2g;多次应用包括术前首次应用和术中维持给药,首次给药的推荐剂量同单次应用方案,术中维持方案通常为 1~10mg/(kg·h),具体剂量可根据患者实际情况进行调整^[54]。

目前认为,脊柱手术中静脉应用抗纤溶药物不会显著增加术后血栓形成风险^[46-53]。但建议术前对患者进行血栓危险因素评估,并注意平衡围术期抗纤溶药与抗凝血药的应用。建议根据术前血栓风险评估结果制定术后预防性应用抗凝药物的方案,具体推荐方案为:对于血栓高危者(Caprini 评分 ≥ 3 分),若术中应用抗纤溶药物,术后 12h 即开始预防性应用抗凝药,直至术后 10~14d 可停用;若术后 Caprini 评分仍提示高危者,可延长至术后 15~35d;对于血栓中危者(Caprini 评分=2 分),若术中应用抗纤溶药物,术后 12~24h 开始预防性应用抗凝药,术后 10~14d 停用;对于血栓低危者(Caprini 评分=0~1 分),若术中应用抗纤溶药物,术后仅采用早下床活动、穿弹力袜等基本预防和物理预防血栓措施即可。此外,当需要大量静脉应用 TXA 时建议监测 D-二聚体和纤维蛋白(原)降解产物等纤溶指标。

2.5 其他止血药物的应用

静脉应用重组凝血因子 VIIa(recombinant activated factor VII, rFVIIa)可显著降低脊柱手术术中平均出血量和异体输血量^[58,59]。rFVIIa 在结构上与人血浆纯化活化 VII 因子相似,静脉注射 rFVIIa 后可在损伤部位与组织因子(tissue factor, TF)形成复合物,同时激活血小板和凝血因子 X,最终引起凝血酶的激活和纤维蛋白沉积;在无凝血功能障碍的患者中, rFVIIa 也可以与局部暴露的 TF 结合而促进局部凝血,因而 rFVIIa 具有强大的止血功能^[60]。

2.6 控制性降压

控制性降压是利用药物和/或麻醉技术将动脉血压降低并控制在一定水平,以减少术中出血。其主要优势在于减少术野渗血,提供清晰的手术视野。建议将平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)降至 50~65mmHg,以达到减少脊柱手术术中出血的目的。而对于平均动脉压基线水平在 50~65mmHg 的儿童患者,可将平均动脉压在基线水平的基础上降低 30%^[61,62]。

脊柱手术中常用的控制性降压方案为静脉应用短效阿片类药物瑞芬太尼联合吸入性麻醉药异氟醚,该方案起效迅速且停用后降压作用可快速消失^[63]。此外,可单独或联合应用肾上腺素能受体阻滞剂、短效钙通道阻滞剂等药物实现控制性降压。

对于以下情况,不建议予以控制性降压:(1)患者有严重心脑血管疾病、未控制的高血压、糖尿病晚期、肾功能不全等器质性疾病;(2)患者存在肺通气和换气功能障碍等氧供耗失失衡情况;(3)患者有栓塞或血栓形成史;(4)脊柱畸形手术患者伴有术前脊髓功能异常;(5)术中无法获得有效脊髓监测信号;(6)手术操作本身对脊髓血供产生影响,如节段血管结扎、脊柱显著缩短等;(7)脊柱畸形手术的矫形操作阶段。控制性降压带来的风险主要源于动脉收缩压降低导致的器官血供不足,对于脊髓供血不足可能导致的神经功能损害应予以重点关注。手术过程中,除标准监护及持续动脉压监测外建议增加体感诱发电位或脊髓运动诱发电位等神经电生理监测^[63]。

2.7 术中自体血液回输

术中自体血液回输是指将术野、创面及引流的血液回收,经过滤、洗涤和浓缩后回输给患者。其适应证包括:(1)

预期出血量大于 10% 血容量或 400ml; (2) 患者低 Hb 或存在高出血风险; (3) 患者体内存在多种抗体或为稀有血型; (4) 患者拒绝接受异体输血^[64]。

术中自体血回输技术可显著降低脊柱手术中的异体输血需求^[65-72]。由于回输血液中含有血小板和凝血因子, 故对于大量失血患者应注意及时补充血小板和凝血因子^[73]。当使用异体输血配合自体血回输时, 建议采取先使用自体血、后使用异体血的输血顺序。此外, 建议通过选择较大开口的吸引器并调节压力<100mmHg、使用等渗溶液冲洗术中使用的纱布、合理应用肝素等抗凝剂的方式提高脊柱大手术中血液回收率^[74]。

当存在以下情况时, 不建议使用术中自体血回输技术: (1) 回收血液中含促凝剂、碘伏等的冲洗液或含美蓝等难以洗出的物质; (2) 回收血液被细菌污染; (3) 回收血液发生严重溶血; (4) 恶性肿瘤患者; (5) 血液系统疾病患者; (6) CO 中毒患者; (7) 血液中儿茶酚胺含量过高的患者(如嗜铬细胞瘤患者)^[39]。

2.8 异体输血

异体输血是目前治疗骨科手术患者围术期贫血的主要手段, 因其可以迅速提高血红蛋白水平, 故常用于急救患者和其他方法治疗无效的贫血患者。由于异体输血存在感染、急性溶血反应、免疫反应、输血相关性肺损伤等并发症风险, 建议严格输血指征, 即采用限制性输血策略^[75]。具体为: Hb<70g/L 者应考虑输红细胞; Hb>100g/L 者不需输注红细胞; Hb 在 70~100g/L 之间者, 应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红细胞^[23]。采用限制性输血策略, 可降低脊柱手术围术期输血率, 且不会增加患者术后死亡率及患者住院时间, 不会影响患者术后康复^[76, 77]。此外, 应关注大量输血时各血液成分(红细胞、血小板、血浆等)的输注比例问题, 避免稀释性血小板减少或稀释性凝血因子减少导致的患者病死率升高。

2.9 其他术中止血技术

单极电凝止血是利用 300℃ 高温烧灼局部组织以达到封闭出血点的目的, 该方法方便快捷, 但对组织损伤大, 易造成伤口脂肪液化。双极电凝止血利用射频能量封闭出血点, 并配合生理盐水冲洗以降低高温造成的组织损伤, 可有效减少术中出血, 且止血效果优于单极电凝技术^[78]。应用电凝止血时, 应注意保持电凝尖端清洁, 避免在同一部位长时间停留, 以避免电凝过度损伤组织或造成尖端与血管壁粘连。

脊柱手术中还可利用局部止血材料实现术中止血, 如明胶海绵、流体明胶、骨蜡、纤维蛋白胶等。明胶海绵常由动物胶和人凝血酶混合而成, 可为血小板聚集提供物理支架, 通过局部压迫和凝血作用封闭出血点。相比于明胶海绵, 流体明胶更易进入深部腔隙等部位, 可达到更好的止血效果^[79]。骨蜡是一种由蜂蜡和凡士林组成的止血材料, 主要通过封堵和填充出血的骨创面发挥止血作用, 可有效减少脊柱手术术中出血量和术后引流量^[80]。由于骨蜡为不可吸收性材料, 其长期存在可促进慢性炎症反应的发生并成为潜在的感染灶。因此, 建议术中尽量减少骨蜡的用量^[38, 81]。纤维蛋白胶主要包含纤维蛋白原和凝血酶两种主要成分, 其止血原理为模仿生理性凝血过程的最后一步反应, 并不依赖于机体自身的凝血成分, 因此对于具有凝血功能障碍或正在服用抗凝药物的患者仍有理想的止血效果。

3 术后血液管理

3.1 术后引流管理与术后硬膜外血肿防治

术后放置切口引流可减少切口血肿的风险, 减少术后硬膜外血肿等并发症的发生率。建议脊柱大手术常规放置引流管, 尤其是涉及以下情况时必须放置引流管: (1) 椎管开放性手术; (2) 术中出现或怀疑有脑脊液漏的脊柱手术; (3) 术中创面大或可能存在死腔的脊柱手术; (4) 预期术后 24h 引流量超过 50ml 的脊柱手术。

术后硬膜外血肿分为无症状性和症状性, 无症状性硬膜外血肿占绝大多数, 无临床表现且不造成严重后果^[82]; 症状性硬膜外血肿(symptomatic spinal epidural hematoma, SSEH)是脊柱手术术后少见而严重的并发症, 其发生率约为 0.1%~1.0%^[83]。SSEH 发生的主要原因是术后切口持续出血和切口引流不充分。血液积聚于椎管内可引起手术部位剧痛, 并导致感觉运动障碍、大小便功能障碍等神经系统并发症^[84, 85]。SSEH 发生后的早期准确识别是防止不可逆性神经功能损害的关键, 患者在脊柱术后数小时内出现麻木、刺痛感、膀胱控制障碍等症状时应即怀疑 SSEH 的可能^[86]。对于疑似 SSEH 的患者, 建议尽快行 MRI 检查以判断血肿位置和范围^[83]。对于 SSEH 患者, 建议及时予以手术干预以达到血肿清除和神经减压的目的。清除血肿的时效将直接影响神经功能恢复的可能性, SSEH 发生后 24h 内清除血肿可以显著提高神经功能的恢复率^[87]。为预防术后 SSEH 的发生, 建议密切观察术后引流量、保证引流管通畅; 同时, 保证患者术后严格卧床休息, 避免频繁体位变动造成的小血管再破裂。此外, 围术期高血压尤其是舒张压过高是 SSEH 发生的危险因素, 建议术后予以血压监测及管理^[88, 89]。

3.2 术后贫血的管理

术后贫血患者继续使用 EPO 治疗可有效改善贫血^[90]。对于术后 Hb<95g/L 的患者, 可从术后第 1 日起皮下注射

或静脉应用 EPO 10000 IU/d,连用 5~7d,同时可联合应用铁剂治疗^[10]。对于术前诊断为缺铁性贫血而术后仍有贫血者,可选择静脉应用铁剂 100~200mg/d,直至补足铁量,并可联合予以 EPO 皮下注射^[90]。对于术后急性失血造成贫血者,可予静脉应用铁剂 100~200mg/d,经治疗 Hb $\geq$ 100g/L 以上者,出院后可继续口服铁剂或联合 EPO 皮下注射^[91]。此外,在遵循限制性输血原则并结合贫血患者个体情况的前提下,对于符合输血指征的患者建议予以异体输血治疗,以迅速纠正严重贫血患者的贫血状态,避免患者因贫血所致的术后风险。

4 参考文献

1. Tse EY, Cheung WY, Ng KF, et al. Reducing perioperative blood loss and allogeneic blood transfusion in patients undergoing major spine surgery[J]. J Bone Joint Surg Am, 2011, 93(13): 1268-1277.
2. Ozkan E, Gupta S. Embolization of spinal tumors: vascular anatomy, indications, and technique[J]. Tech Vasc Interv Radiol, 2011, 14(3): 129-140.
3. Tokuda O, Hayashi N, Taguchi K, et al. Dynamic contrast-enhanced perfusion MR imaging of diseased vertebrae: analysis of three parameters and the distribution of the time-intensity curve patterns[J]. Skeletal Radiol, 2005, 34(10): 632-638.
4. Mikhail C, Pennington Z, Arnold PM, et al. Minimizing blood loss in spine surgery[J]. Global Spine J, 2020, 10(1 Suppl): 71s-83s.
5. 康鹏德, 翁习生, 刘震宇, 等. 中国髋、膝关节置换术加速康复——合并心血管疾病患者围术期血栓管理专家共识[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2016, 9(3): 181-184.
6. 中国心胸血管麻醉学会非心脏麻醉分会, 中国医师协会心血管内科医师分会, 中国心血管健康联盟. 抗血栓药物围手术期管理多学科专家共识[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(39): 3058-3074.
7. Domínguez-Navarro F, Igual-Camacho C, Silvestre-Munoz A, et al. Effects of balance and proprioceptive training on total hip and knee replacement rehabilitation: a systematic review and meta-analysis[J]. Gait Posture, 2018, 62: 68-74.
8. Cao SL, Ren Y, Li Z, et al. Clinical effectiveness of 3 days preoperative treatment with recombinant human erythropoietin in total knee arthroplasty surgery: a clinical trial[J]. Qjm, 2020, 113(4): 245-252.
9. Zhao Y, Jiang C, Peng H, et al. The effectiveness and safety of preoperative use of erythropoietin in patients scheduled for total hip or knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Medicine(Baltimore), 2016, 95(27): e4122.
10. Weber EW, Slappendel R, Hémon Y, et al. Effects of epoetin alfa on blood transfusions and postoperative recovery in orthopaedic surgery: the European Epoetin Alfa Surgery Trial(EEST)[J]. Eur J Anaesthesiol, 2005, 22(4): 249-257.
11. Kateros K, Sakellariou VI, Sofianos IP, et al. Epoetin alfa reduces blood transfusion requirements in patients with intertrochanteric fracture[J]. J Crit Care, 2010, 25(2): 348-353.
12. Yuan M, Tao Q, Wang D, et al. Finding the optimal regimen for short-term daily recombinant human erythropoietin treatment for blood-saving purpose in patients undergoing unilateral primary total hip arthroplasty: a double-blinded randomized placebo-controlled trial[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 243.
13. Li Y, Yin P, Lv H, et al. A meta-analysis and systematic review evaluating the use of erythropoietin in total hip and knee arthroplasty[J]. Ther Clin Risk Manag, 2018, 14: 1191-204.
14. So-Osman C, Nelissen RG, Koopman-van Gemert AW, et al. Patient blood management in elective total hip- and knee-replacement surgery(Part 1): a randomized controlled trial on erythropoietin and blood salvage as transfusion alternatives using a restrictive transfusion policy in erythropoietin-eligible patients[J]. Anesthesiology, 2014, 120(4): 839-851.
15. 林洁. 患者血液管理——术前贫血诊疗专家共识[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(30): 2386-2392.
16. Andrews CM, Lane DW, Bradley JG. Iron pre-load for major joint replacement[J]. Transfus Med, 1997, 7(4): 281-286.
17. Cuenca J, García-Erce JA, Martínez F, et al. Preoperative haematinics and transfusion protocol reduce the need for transfusion after total knee replacement[J]. Int J Surg, 2007, 5(2): 89-94.
18. Zhang YY, Liu JH, Su F, Lui YT, et al. Single-dose bioequivalence assessment of two formulations of polysaccharide iron complex capsules in healthy adult male Chinese volunteers: a sequence-randomized, double-blind, two-way crossover study[J]. Curr Ther Res Clin Exp, 2009, 70(2): 104-115.
19. Kim YH, Chung HH, Kang SB, et al. Safety and usefulness of intravenous iron sucrose in the management of preoperative anemia in patients with menorrhagia: a phase IV, open-label, prospective, randomized study[J]. Acta Haematol, 2009, 121(1): 37-41.
20. Na HS, Shin SY, Hwang JY, et al. Effects of intravenous iron combined with low-dose recombinant human erythropoietin on transfusion requirements in iron-deficient patients undergoing bilateral total knee replacement arthroplasty[J]. Transfusion, 2011, 51(1): 118-124.
21. Bielza R, Llorente J, Thuissard IJ, et al. Effect of intravenous iron on functional outcomes in hip fracture: a randomised controlled trial[J]. Age Ageing, 2021, 50(1): 127-134.

22. Goodnough LT, Maniatis A, Earnshaw P, et al. Detection, evaluation, and management of preoperative anaemia in the elective orthopaedic surgical patient: NATA guidelines[J]. *Br J Anaesth*, 2011, 106(1): 13–22.
23. 田玉科. 围术期输血指南[J]. *中国继续医学教育*, 2011, 3(10): 124–128.
24. Solves P, Carpio N, Moscardo F, et al. Results of a preoperative autologous blood donation program for patients undergoing elective major spine surgery[J]. *Transfus Apher Sci*, 2013, 49(2): 345–348.
25. Cha CW, Deible C, Muzzonigro T, et al. Allogeneic transfusion requirements after autologous donations in posterior lumbar surgeries [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2002, 27(1): 99–104.
26. García-Erce JA, Munoz M, Bisbe E, et al. Predeposit autologous donation in spinal surgery: a multicentre study[J]. *Eur Spine J*, 2004, 13(Suppl 1): S34–S39.
27. Tobias JD. Strategies for minimizing blood loss in orthopedic surgery[J]. *Semin Hematol*, 2004, 41(1 Suppl 1): 145–156.
28. Hatzidakis AM, Mendlick RM, McKillip T, et al. Preoperative autologous donation for total joint arthroplasty: an analysis of risk factors for allogenic transfusion[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2000, 82(1): 89–100.
29. 周宗科, 翁习生, 孙天胜, 等. 中国骨科手术加速康复——围术期血液管理专家共识[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2017, 10(1): 1–7.
30. Oga M, Ikuta H, Sugioka Y. The use of autologous blood in the surgical treatment of spinal disorders[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1992, 17(11): 1381–1385.
31. Griessenauer CJ, Salem M, Hendrix P, et al. Preoperative embolization of spinal tumors: a systematic review and meta-analysis[J]. *World Neurosurg*, 2016, 87: 362–371.
32. 蒋伟刚, 刘耀升, 刘蜀彬. 脊柱转移瘤术前动脉栓塞研究进展[J]. *中国骨与关节杂志*, 2015, 4(7): 586–589.
33. Park CK. The effect of patient positioning on intraabdominal pressure and blood loss in spinal surgery[J]. *Anesth Analg*, 2000, 91(3): 552–557.
34. Street JT, Andrew Glennie R, Dea N, et al. A comparison of the Wiltse versus midline approaches in degenerative conditions of the lumbar spine[J]. *J Neurosurg Spine*, 2016, 25(3): 332–338.
35. Michelson AD, MacGregor H, Barnard MR, et al. Reversible inhibition of human platelet activation by hypothermia in vivo and in vitro[J]. *Thromb Haemost*, 1994, 71(5): 633–640.
36. Rajagopalan S, Mascha E, Na J, et al. The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement[J]. *Anesthesiology*, 2008, 108(1): 71–77.
37. Guest JD, Vanni S, Silbert L. Mild hypothermia, blood loss and complications in elective spinal surgery[J]. *Spine J*, 2004, 4(2): 130–137.
38. Bible JE, Mirza M, Knaub MA. Blood-loss management in spine surgery[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2018, 26(2): 35–44.
39. Lau A, Lowlaavar N, Cooke EM, et al. Effect of preoperative warming on intraoperative hypothermia: a randomized-controlled trial [J]. *Can J Anaesth*, 2018, 65(9): 1029–1040.
40. Ng V, Lai A, Ho V. Comparison of forced-air warming and electric heating pad for maintenance of body temperature during total knee replacement[J]. *Anaesthesia*, 2006, 61(11): 1100–1104.
41. Leung KK, Lai A, Wu A. A randomised controlled trial of the electric heating pad vs forced-air warming for preventing hypothermia during laparotomy[J]. *Anaesthesia*, 2007, 62(6): 605–608.
42. Erskine JG, Fraser C, Simpson R, et al. Blood loss with knee joint replacement[J]. *J R Coll Surg Edinb*, 1981, 26(5): 295–297.
43. Xu D, Ren Z, Chen X, et al. The further exploration of hidden blood loss in posterior lumbar fusion surgery[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2017, 103(4): 527–530.
44. Xie J, Ma J, Yao H, et al. Multiple boluses of intravenous tranexamic acid to reduce hidden blood loss after primary total knee arthroplasty without tourniquet: a randomized clinical trial[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(11): 2458–2464.
45. Smorgick Y, Baker KC, Bachison CC, et al. Hidden blood loss during posterior spine fusion surgery[J]. *Spine J*, 2013, 13(8): 877–881.
46. Cheriyan T, Maier SP, Bianco K, et al. Efficacy of tranexamic acid on surgical bleeding in spine surgery: a meta-analysis[J]. *Spine J*, 2015, 15(4): 752–761.
47. Gill JB, Chin Y, Levin A, et al. The use of antifibrinolytic agents in spine surgery: a meta-analysis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90(11): 2399–2407.
48. Gong M, Liu G, Chen L, et al. The efficacy and safety of intravenous tranexamic acid in reducing surgical blood loss in posterior lumbar interbody fusion for the adult: a systematic review and a Meta-analysis[J]. *World Neurosurg*, 2019, 122: 559–568.
49. Hariharan D, Mammi M, Daniels K, et al. The safety and efficacy of tranexamic acid in adult spinal deformity surgery: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Drugs*, 2019, 79(15): 1679–1688.
50. Li G, Sun TW, Luo G, et al. Efficacy of antifibrinolytic agents on surgical bleeding and transfusion requirements in spine surgery:

- a meta-analysis[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(1): 140–154.
51. Lu VM, Ho YT, Nambiar M, et al. The perioperative efficacy and safety of antifibrinolytics in adult spinal fusion surgery: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2018, 43(16): E949–E958.
52. Wang M, Zheng XF, Jiang LS. Efficacy and safety of antifibrinolytic agents in reducing perioperative blood loss and transfusion requirements in scoliosis surgery: a systematic review and Meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2015, 10(9): e0137886.
53. Yuan C, Zhang H, He S. Efficacy and safety of using antifibrinolytic agents in spine surgery: a Meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2013, 8(11): e82063.
54. Hui S, Xu D, Ren Z, et al. Can tranexamic acid conserve blood and save operative time in spinal surgeries: a meta-analysis[J]. *Spine J*, 2018, 18(8): 1325–1337.
55. Karimi S, Lu VM, Nambiar M, et al. Antifibrinolytic agents for paediatric scoliosis surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(5): 1023–1034.
56. Zhang Y, Liu H, He F, et al. Does tranexamic acid improve bleeding, transfusion, and hemoglobin level in patients undergoing multilevel spine surgery: a systematic review and Meta-analysis[J]. *World Neurosurg*, 2019, 127: 289–301.
57. Zhao Y, Xi C, Xu W, et al. Role of tranexamic acid in blood loss control and blood transfusion management of patients undergoing multilevel spine surgery: a Meta-analysis[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2021, 100(7): e24678.
58. Sachs B, Delacy D, Green J, et al. Recombinant activated factor VII in spinal surgery: a multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled, dose-escalation trial[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(21): 2285–2293.
59. Kolban M, Balachowska-Kosciolek I, Chmielnicki M. Recombinant coagulation factor VIIa: a novel haemostatic agent in scoliosis surgery[J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(6): 944–952.
60. 刘葳, 薛峰, 刘晓帆, 等. 重组人凝血因子VIIa 治疗血液病患者出血的临床疗效分析[J]. *中华血液学杂志*, 2017, 38(5): 410–414.
61. Sum DC, Chung PC, Chen WC. Deliberate hypotensive anesthesia with labetalol in reconstructive surgery for scoliosis[J]. *Acta Anaesthesiol Sin*, 1996, 34(4): 203–207.
62. Verma K, Lonner B, Dean L, et al. Reduction of mean arterial pressure at incision reduces operative blood loss in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine Deform*, 2013, 1(2): 115–122.
63. Dutton RP. Controlled hypotension for spinal surgery[J]. *Eur Spine J*, 2004, 13(Suppl 1): S66–71.
64. Esper SA, Waters JH. Intra-operative cell salvage: a fresh look at the indications and contraindications[J]. *Blood Transfus*, 2011, 9 (2): 139–147.
65. Liang J, Shen J, Chua S, et al. Does intraoperative cell salvage system effectively decrease the need for allogeneic transfusions in scoliotic patients undergoing posterior spinal fusion: a prospective randomized study[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(2): 270–275.
66. Kelly PD, Parker SL, Mendenhall SK, et al. Cost-effectiveness of cell saver in short-segment lumbar laminectomy and fusion (≤ 3 levels)[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2015, 40(17): E978–E985.
67. Cronin JA, Oetgen ME, Gordish-Dressman H, et al. Association between perioperative surgical home implementation and transfusion patterns in adolescents with idiopathic scoliosis undergoing spinal fusion[J]. *Paediatr Anaesth*, 2019, 29(6): 611–619.
68. Bowen RE, Gardner S, Scaduto AA, et al. Efficacy of intraoperative cell salvage systems in pediatric idiopathic scoliosis patients undergoing posterior spinal fusion with segmental spinal instrumentation[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 35(2): 246–251.
69. Elmalky M, Yasin N, Rodrigues-Pinto R, et al. The safety, efficacy, and cost-effectiveness of intraoperative cell salvage in metastatic spine tumor surgery[J]. *Spine J*, 2017, 17(7): 977–982.
70. Lennon RL, Hosking MP, Gray JR, et al. The effects of intraoperative blood salvage and induced hypotension on transfusion requirements during spinal surgical procedures[J]. *Mayo Clin Proc*, 1987, 62(12): 1090–1094.
71. Mandel RJ, Brown MD, McCollough NC, et al. Hypotensive anesthesia and autotransfusion in spinal surgery[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1981, 154: 27–33.
72. Behrman MJ, Keim HA. Perioperative red blood cell salvage in spine surgery: a prospective analysis[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1992, 278: 51–57.
73. 中国医师协会心血管外科医师分会, 中国医师协会心血管外科分会大血管外科专业委员会. 心脏外科手术血液管理专家共识[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2015, 31(12): 715–718.
74. Waters JH. Red blood cell recovery and reinfusion[J]. *Anesthesiol Clin North Am*, 2005, 23(2): 283–294.
75. Seicean A, Alan N, Seicean S, et al. The effect of blood transfusion on short-term, perioperative outcomes in elective spine surgery [J]. *J Clin Neurosci*, 2014, 21(9): 1579–1585.
76. Alfonso AR, Hutzler L, Lajam C, et al. Institution-wide blood management protocol reduces transfusion rates following spine surgery [J]. *Int J Spine Surg*, 2019, 13(3): 270–274.
77. Carson JL, Stanworth SJ, Roubinian N, et al. Transfusion thresholds and other strategies for guiding allogeneic red blood cell trans-

- fusion[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 10(10): Cd002042.
78. Lan T, Hu SY, Yang XJ, et al. The efficacy of bipolar sealer on blood loss in spine surgery: a meta-analysis[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(7): 1796–1802.
79. Ma L, Dai L, Yang Y, et al. Comparison the efficacy of hemorrhage control of Surgiflo Haemostatic Matrix and absorbable gelatin sponge in posterior lumbar surgery: a randomized controlled study[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2018, 97(49): e13511.
80. Copuroglu C, Ercan S, Ozcan M, et al. Comparison of autogenous bone graft donor site haemostatic agents used in spinal surgery[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2011, 45(5): 359–364.
81. Schonauer C, Tessitore E, Barbagallo G, et al. The use of local agents: bone wax, gelatin, collagen, oxidized cellulose[J]. *Eur Spine J*, 2004, 13(Suppl 1): S89–96.
82. Sokolowski MJ, Garvey TA, Perl J, et al. Prospective study of postoperative lumbar epidural hematoma: incidence and risk factors[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2008, 33(1): 108–113.
83. 叶小伟, 刘少强, 曾培洪, 等. 脊柱术后症状性硬膜外血肿早期诊断和合理防治的研究进展[J]. *中华外科杂志*, 2017, 55(11): 877–880.
84. Djurasovic M, Campion C, Dimar JR, et al. Postoperative epidural hematoma[J]. *Orthop Clin North Am*, 2022, 53(1): 113–121.
85. Zeng XJ, Wang W, Zhao Z, et al. Causes and preventive measures of symptomatic spinal epidural haematoma after spinal surgery[J]. *Int Orthop*, 2017, 41(7): 1395–1403.
86. Daniels AH, Schiebert SS, Palumbo MA. Symptomatic spinal epidural hematoma after lumbar spine surgery: the importance of diagnostic skills[J]. *AORN J*, 2015, 101(1): 85–93.
87. Yin G, Ni B. Acute postoperative cervical spinal epidural hematoma[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2014, 48(4): 437–442.
88. Kao FC, Tsai TT, Chen LH, et al. Symptomatic epidural hematoma after lumbar decompression surgery[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(2): 348–357.
89. Ohba T, Ebata S, Haro H. Influence of postoperative hypertension on the development of spinal epidural hematoma[J]. *Orthop Surg*, 2017, 9(4): 386–390.
90. Theusinger OM, Leyvraz PF, Schanz U, et al. Treatment of iron deficiency anemia in orthopedic surgery with intravenous iron: efficacy and limits: a prospective study[J]. *Anesthesiology*, 2007, 107(6): 923–927.
91. Basora M, Colomina MJ, Tio M, et al. Optimizing preoperative haemoglobin in major orthopaedic surgery using intravenous iron with or without erythropoietin: an epidemiologic study[J]. *Rev Esp Anestesiol Reanim*, 2015, 62(6): 313–321.

牵头专家: 仇建国(中国医学科学院北京协和医院骨科)

执笔专家: 庄乾宇(中国医学科学院北京协和医院骨科)

参与讨论专家(按姓氏拼音先后顺序排列):

初同伟(陆军军医大学第二附属医院) 丁文元(河北医科大学第三医院) 郝定均(西安市红会医院) 何达(北京积水潭医院) 李淳德(北京大学第一医院) 李方财(浙江大学医学院附属第二医院) 李放(中国人民解放军总医院第七医学中心) 李危石(北京大学第三医院) 李中实(中日友好医院) 刘宝戈(首都医科大学附属北京天坛医院) 刘海鹰(北京大学人民医院) 刘浩(四川大学华西医院) 刘新宇(山东大学齐鲁医院) 鲁世保(首都医科大学宣武医院) 罗小辑(重庆医科大学附属第一医院) 罗卓荆(空军军医大学西京医院) 吕飞舟(复旦大学附属华山医院/复旦大学附属上海市第五人民医院) 吕国华(中南大学湘雅二医院) 马学晓(青岛大学附属医院) 陶惠人(深圳大学总医院) 王冰(中南大学湘雅二医院) 王迎松(昆明医科大学第二附属医院) 王征(中国人民解放军总医院) 夏虹(中国人民解放军南部战区总医院) 徐建广(上海市第六人民医院) 闫景龙(哈尔滨医科大学附属第一医院) 杨操(华中科技大学同济医学院附属协和医院) 杨惠林(苏州大学附属第一医院) 杨强(天津市天津医院) 殷国勇(江苏省人民医院) 张忠民(南方医科大学南方医院) 仇建国(中国医学科学院北京协和医院) 周许辉(上海长征医院) 朱锋(香港大学深圳医院) 朱泽章(南京大学医学院附属鼓楼医院) 庄乾宇(中国医学科学院北京协和医院)

免责声明: 本专家共识为基于专家临床经验和现有临床研究结果的建议,不是制定医疗实践决定的唯一准则,不应被用作惩戒医师的法规依据。本专家共识的陈述和建议主要基于部分专家的意见,并非全部为科学证实的资料。本专家共识不保证适用于各种特殊目的,所涉及内容不承担医患双方及任何第三方依据本专家共识制定及履行过程中的任何决定所产生的任何损失的赔偿责任。本专家共识也不赋予医患双方依据本专家共识提供的医疗建议所引发的使用者与患者或使用者与任何其他人构成医患法律纠纷处理的法律地位。

(收稿日期:2022-09-09)

(本文编辑 姜雅浩)