

地氟烷与七氟烷麻醉在儿童脊柱脊髓损伤矫正手术中的对比评估

COMPARATIVE EVALUATION OF DESFLURANE AND SEVOFLURANE ANESTHESIA DURING SURGICAL CORRECTION OF VERTEBRAL AND SPINAL CORD INJURY IN CHILDREN

© A.S. Kozyrev¹, Yu.S. Alexandrovich², A.V. Zaletina¹, M.D. Ivanov^{1, 2}, M.S. Pavlova¹, A.S. Strelnikova²

¹The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia;

²Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

Received: 28.05.2018

Accepted: 30.08.2018

引言。目前，第三代吸入式麻醉剂如七氟烷和地氟烷等通常用于儿科临床实践，其性质与效果也曾有过许多深入研究，但关于此类麻醉剂在儿童急诊麻醉手术中有效性与安全性的信息非常有限，且暂无比较研究。

研究目的是为了对地氟烷与七氟烷在儿童脊柱脊髓损伤矫正手术中作为麻醉维持而进行的对比评估。

研究材料与研究方法。研究纳入了 74 名 12–18 岁的患者（平均年龄 14 岁），他们曾于 2015 年至 2017 年期间在特纳儿童骨科科学研究所（Turner Scientific Research Institute）接受过胸腰段和腰椎不稳定性骨折的即时矫正手术。患者分 D 组和 C 组，其中 D 组的 35 名患者用地氟烷维持麻醉，S 组的 39 名患者用七氟烷维持麻醉。

研究包含以下参数：收缩压、舒张压和平均血压（BP）；心率（HR）；呼吸恢复平稳时间；拔管时间；操作完成时间；以及术中和术后 24 小时内出现的并发症[包括明显的术中低血压、呼吸过慢和拔管后血氧饱和度 ($SpO_2 < 95\%$) 稀释、躁动、恶心、呕吐和失血]。

结果。对所研究参数的对比评估显示，两组的收缩压、舒张压、平均 BP 和 HR 均未超过可接受的极值。所有患者的术中监测毛细血管血流参数的结果均在参考值范围内，且组间无显著差异。对清醒速度指标进行分析后发现，D 组麻醉结束时的所有阶段都进行得更快，且两组患者的术后恶心和呕吐发作次数相当。S 组显示出较高的术后躁动发生率。D 组无相关不良呼吸系统影响，但 C 组中报告有 3 例患者出现此类影响。

结论。地氟烷和七氟烷在手术中的使用展现了明显的血液动力学特点，并且没有伴随临床上的显著副作用。地氟烷降低了某些术后不良反应，患者可以更快清醒，且术后对神经系统状态的评估也比较可靠。

关键词：脊柱脊髓损伤；儿童；麻醉；七氟烷；地氟烷。

Introduction. Currently, inhaled third-generation anesthetic agents, such as sevoflurane and desflurane, are commonly used in pediatric practice. Their properties and efficiencies are studied in detail. Information about the effectiveness and safety of these drugs as emergency anesthesia in children is very limited; there are no comparative studies.

The aim of this study was to conduct a comparative evaluation of desflurane and sevoflurane to maintain anesthesia during the surgical correction of vertebral and spinal cord injury in children.

Material and methods. This study included seventy-four 12–18-year-old patients (mean age, 14 years) who underwent immediate surgical correction of unstable fractures of the thoracolumbar and lumbar spine at the Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics between 2015 and 2017. The patients were categorized into two groups: group D, in which anesthesia was maintained with desflurane (35 patients), and group C, in which anesthesia was maintained with sevoflurane (39 patients).

The following parameters were studied: systolic, diastolic, and average blood pressure (BP); heart rate (HR); respiratory recovery time; time to extubation; time to instruction completion; and presence of complications intraoperatively and within 24 h after surgery, including pronounced intraoperative hypotension, bradypnea, and desaturation ($SpO_2 < 95\%$) in the postextubation period, agitation, nausea, vomiting, and measured blood loss.

Results. A comparative evaluation of the investigated parameters revealed that the systolic, diastolic, and average BP and HR in both groups did not exceed the limits of acceptable values. The results of the intraoperative monitoring of capillary blood parameters in all patients were within the reference range and did not differ significantly between groups. An analysis of the indicators reflecting the rate of awakening revealed that all stages of the termination of anesthesia were performed more quickly in group D. There was a comparable number of postoperative nausea and vomiting episodes in both groups. Group C displayed a high incidence of postoperative agitation. There were no related adverse respiratory effects in group D, whereas three patients reported such effects in group C.

Conclusions. The use of desflurane and sevoflurane provides a favorable hemodynamic profile intraoperatively and is not accompanied with the development of clinically significant side effects. Desflurane reduces the probability of certain adverse effects in the immediate postoperative period, provides a faster awakening, and has the possibility of reliable assessment of neurological status after surgery.

Keywords: vertebral and spinal cord injury; children; anesthesia; sevoflurane; desflurane.

引言

儿童脊柱脊髓损伤要及时进行手术治疗。虽然单独和伴发肌肉骨骼损伤中脊髓损伤的病例相对较少(约为 0.5%–5.0%)，但它们大多都为机械和神经不稳 [1, 2]。这会带来极高的不可逆转的神经系统并发症风险，且这些并发症通常致残(11%–30%)和降低生活质量 [1]。此外，多种持续性神经功能缺损会导致继发性慢性并发症，其中如血栓栓塞，会危及生命。

儿童脊髓损伤的主要原因是自体损伤 (39.0%)，卡他性损伤 (cata-trauma, 34.6%)，重物压伤 (15.0%) 和运动损伤 (11.4%) [1]。

大多数患有脊柱脊髓损伤的儿童患者(73.9%)都需要手术治疗 [3]。早期手术矫正可缩短重症监护病房治疗时间和总住院时间 [4]。此外，在受伤后 72 小时内进行手术治疗可以缩短呼吸支持时间，或减少感染性并发症 [5]。

考虑到脊柱脊髓损伤患者需要紧急的外科护理，且收集既往史并进行术前检查等准备又通常有限。此外，有些严重的外科患者会被同时送往医院接受紧急护理，通常会扰乱手术麻醉管理计划。

因此，在进行外科急诊手术的麻醉管理时，会在脊柱脊髓损伤儿童患者的治疗计划中考虑以下标准 [1]：

- 1) 静脉内快速联合诱导(异丙酚 3–5 mg/kg)、麻醉性镇痛药(芬太尼 4–5 μ g/kg)和非去极化型肌松药
- 2) 维持麻醉，即全凭静脉麻醉
- 3) 使用吸入式麻醉剂维持麻醉与低循环血容量(CBV)，并稳定血流动力学状态。
- 4) 做好麻醉期间紧急纠正严重的血液动力学紊乱的技术准备

5) 连续监测，校正血液中气体和电解质成分偏差，并纠正止血功能和血氧输送功能损伤

6) 手术过程维持常温

7) 确保术后尽快对患者神经系统状态进行评估
目前，第三代吸入式麻醉剂如七氟烷和地氟烷等被广泛用于儿科临床实践 [6]。其性质与效果也曾有过许多深入研究，这在大量关于吸入式麻醉剂在儿童选择性手术干预中用于维持麻醉的研究中也有所体现 [7–14]。

但关于此类麻醉剂在儿童急诊麻醉手术中有效性与安全性的信息非常有限，且暂无比较研究，由此证明进行本研究的必要性。

本研究旨在对地氟烷与七氟烷在儿童脊柱脊髓损伤矫正手术中作为麻醉维持而进行的对比与评估。

研究材料与研究方法

研究纳入了 74 名 12–18 岁的患者(平均年龄 14 岁)，他们曾于 2015 年至 2017 年期间在特纳儿童骨科科学研究所 (Turner Scientific Research Institute) 接受过胸腰段和腰椎不稳定性骨折的即时矫正手术。患者分 D 组和 S 组，其中 D 组的 35 名患者用地氟烷维持麻醉，C 组的 39 名患者用七氟烷维持麻醉。

儿童患者的特征分组见表 1。两组患者在年龄、体重和性别方面无显著差异。

在两组中通过静脉输注 4 mg/kg 异丙酚和 2 μ g/kg 芬太尼进行诱导麻醉。在以 0.5 mg/kg 的剂量静脉注射罗库溴铵进行肌肉松弛后，再行经口气管插管。

对压力控制与通气患者中进行肺人工通气 (Datex Aestiva 或 Datex Avance, 美国通用医疗集团)。

表 1 根据年龄、体重和性别对患者进行研究分类

指标	D 组 (<i>n</i> = 35) <i>M</i> ± <i>m</i>	S 组 (<i>n</i> = 39) <i>M</i> ± <i>m</i>	显著性水平
年龄	14.53 ± 0.28	14.21 ± 0.26	0.163
体重	48.4 ± 1.42	50.78 ± 1.45	0.224
性别、男/女	13/22	15/24	

使用吸入式麻醉剂 (D 组和 S 组分别为地氟烷和七氟烷) 进行麻醉, 浓度控制在 0.8–1.0 MAC 左右 (最低肺泡有效浓度)。两组都以 3–5 μg/kg/h 的速率静脉推注微量芬太尼。必要时于手术初期以 0.5 mg/kg 的速率给予罗库溴铵。

术中的输注速度均为 10–12 mL/kg/h。以 2:1 的比率静脉滴注晶体 (林格氏溶液) 和胶体 (琥珀酰明胶)。

整个麻醉期间, 通过手术台用电热毯和输入液体维持常温;

非侵入性方法监测收缩压、舒张压和平均动脉血压 (BP); 欧美达麻醉监护仪 (美国通用医疗集团) 测量心率 (HR)、毛细血管内血氧饱和度 (SrO_2)、氧气与二氧化碳浓度、吸入和呼出的地氟烷和七氟烷浓度以及表皮温度; 并使用 ABL 835 血气分析仪 (哥本哈根雷度米特) 监测以下毛细血管血液参数: pH、 pO_2 、 pCO_2 、 sO_2 、BE、 $pHCO_2$ 、cGlu、cLac、 cK^+ 、 cNa^+ 、 cCa^{2+} 、cCl⁻、ctHb、和Ht。

两组根据以下方案进行麻醉支持: 手术 (皮肤缝合) 结束前 15 分钟停止给予芬太尼; 结束前 5 分钟, 减少吸入麻醉药至 0.6 MAC; 手术结束后立即停止吸入麻醉剂。

在患者恢复有效通气和意识清醒后进行拔管, 并由麻醉复苏与重症监测治疗室对患者实行进一步监测。进入手术室 30–40 分钟后, 让患者通过氧气面罩吸氧。

通过计算电动吸引器中的血液量和手术干预期间的称重结果来进行术中失血评估。

并研究了以下参数: 收缩压、舒张压和平均血压 (非侵入性方法); 心率、自主呼吸恢复时间 (分钟)、眼反应时间 (分钟)、拔管时间 (分钟)、操作完成时间 (分钟)、以及术中和术后 24 小时内出现的并发症 [包括明显的术中低血压、呼吸过慢和拔管后血氧饱和度 ($SpO_2 < 95%$) 稀释、躁动、恶心、呕吐和失血]。

使用软件包 Statistica 6.0 对获得的数据进行统计分析, 并计算平均值 (*M*)、标准差 (*s*) 和均值 (*m*) 误差。利用秩和检验 (*M* ± *m*) 比较组内值, 非参数检验比较组间值, $p < 0.05$ 时, 差异具有统计学意义。

论文结果

两组手术持续时间和术中失血量相当 (如表 2)。

D 组和 S 组手术平均干预时间分别为 175 ± 5.05 和 180 ± 5.22 min, 在手术干预的持续时间中未发现统计学上的显著差异。

两组的平均失血量为 650 (450–800) mL, 不超过 CBV 的 20%, 此种情况下, 须用供体血成分纠正血容量。术后, 记录引流失血量和临床血液检查结果。随着血红蛋白水平降低至 < 70 g/L 并且出现红细胞输注适应证 (血液向组织供氧不足), 输注供体红细胞悬浮液。总共进行了 11 次输血, D 组和 S 组分别是 4 次和 7 次。

对研究参数的对比评估显示, 两组中的收缩压、舒张压、平均血压和心率均未超过允许值 (考虑患者年龄、初始情况、麻醉性质和手术干预)。D 组中, 在地氟烷最先给药时, 大多数

表 2 手术持续时间 (min) 和术中失血量 (mL)

研究参数	D 组 (<i>n</i> = 35) <i>M</i> ± <i>m</i>	S 组 (<i>n</i> = 39) <i>M</i> ± <i>m</i>	显著性水平
手术持续时间	175 ± 5.05	180 ± 5.22	0.25
术中平均失血量	640 ± 18.47	655 ± 18.90	0.4

表 3 动力学指标 HR (beats/min) 和 BP (mmHg)

Parameters under study	D 组 (n = 35) M ± m	S 组 (n = 39) M ± m	显著性水平
吸入麻醉剂 10 分钟后心率	96 ± 2.93	84 ± 2.56	<0.05
吸入麻醉剂 30 分钟后心率	75 ± 2.29	74 ± 2.26	0.4
手术后心率	73 ± 2.23	74 ± 2.20	0.56
吸入麻醉剂 10 分钟后收缩压	113 ± 3.45	104 ± 3.18	<0.05
吸入麻醉剂 30 分钟后收缩压	93 ± 2.84	91 ± 2.78	0.43
手术后收缩压	92 ± 2.81	89 ± 2.72	0.67
吸入麻醉剂 10 分钟后舒张压	62 ± 1.90	53 ± 1.62	<0.05
吸入麻醉剂 30 分钟后舒张压	55 ± 1.68	52 ± 1.59	0.27
手术后舒张压	53 ± 1.60	50 ± 1.53	0.33
吸入麻醉剂 10 分钟后平均血压	84 ± 2.49	73 ± 2.15	<0.05
吸入麻醉剂 30 分钟后平均血压	72 ± 2.20	70 ± 2.14	0.78
手术后平均血压	69 ± 2.10	68 ± 2.07	0.66

患者表现出中度“肌活动过多”，这是该麻醉剂的典型特征，由交感肾上腺系统激活引起，表现为平均血压和心率的升高趋势。在吸入值达到 0.8 MAC 的 4–6 分钟内，D 组的中心血流动力学参数稳定，且在麻醉的其他阶段中两组无显著差异。在手术干预的主要阶段，D 组和 S 组的平均血压值分别为 69–72 和 68–70 mm Hg，平均心率为 73–75 次/分。因此，两种麻醉剂的血流动力学特征有利于减少术中失血，并且没有显著降低脑灌注压（表 3）。

所有患者术中监测的毛细血管血流参数结果均在正常值范围内，且组间无显著差异。

对恢复率的指标分析显示，D 组麻醉结束后恢复得更快，但有一点值得注意，即绝对值之间差异并不显著。然而，我们注意到，D 组患者能较清晰和充分地理解医生话语和手术要求，多数这种情况下，医生就可以进行下肢感觉和运动功能

的快速评估。D 组的所有患者可能在恢复后立即确定神经系统状态，然后再转到麻醉复苏与重症监测治疗室；在 S 组，由于指令执行不明和语言理解困难，神经系统状态评估的准确性常受到质疑，因此需要在术后立即进行重新检查（表 4）。

对相关不良反应和并发症发生频率的分析表明，两组患者术后恶心和呕吐的发生次数相当（见表 5）。

S 组显示出较高的术后躁动发生率，D 组未观察到不良呼吸伴随症状，而 S 组中有 3 名患者出现此类症状。

讨论

研究纳入了 HR、BP、补偿 CBV 指标基线稳定的患者，以及未出现大量失血的手术时间长度。

因此，研究发现，在儿童胸腰段和腰椎不稳定骨折矫正手术中使用第三代吸入式麻醉剂来维持

表 4 恢复时间

研究参数	D 组	S 组	显著性水平
自主呼吸平均恢复时间 (min)	4.0 ± 0.24	7.0 ± 0.41	<0.05
平均拔管时间 (min)	6.0 ± 0.35	9.0 ± 0.53	<0.05
平均呼之睁眼时间 (min)	8.0 ± 0.47	12.0 ± 0.71	<0.05
平均操作时间 (min)	8.0 ± 0.50	13.0 ± 0.76	<0.05

表 5 不良事件发生频率

指标	D 组	S 组	显著性水平
呼吸过慢	0 (0%)	3 (7.69%)	<0.05
血氧饱和度 (SpO ₂ < 95%) 稀释	0 (0%)	3 (7.69%)	<0.05
躁动	8 (22.8%)	12 (30.7%)	<0.05
恶心	9 (25.71%)	10 (25.64%)	0.31
呕吐	8 (22.86%)	8 (20.51%)	0.63

麻醉并不伴随临床上显著的不良反应。上述麻醉剂与标准输注疗法相结合显示了非常有利的血液动力学特征。相应地，麻醉剂中的镇痛和催眠成分、稳定的血液动力学参数、常温条件、实验室监测和严格的手术止血程序都可以减少术中血液流失。

两组的平均失血量相当，且不超过 CBV 的 20%。在主要由地氟烷麻醉支持的患者组中，作者发现，手术干预以及在苏醒后快速准确地评估下肢神经更有利于术后恢复，特别是在对脊柱创伤性损伤进行手术矫正之后，快速准确地检测感觉和运动损伤尤其重要。

术前血流动力学不稳定、严重的循环血容量不足或术中大量失血的患者，术中和术后需肌力和血管加压支持的可能性非常高，且吸入式麻醉剂可使心肌对儿茶酚胺类致心律失常作用敏感性增强，应根据地氟烷和七氟烷制造商的建议，在给予儿茶酚胺时，小心使用吸入式麻醉剂作为维持麻醉。因此，在上述临床情况中，建议进行全凭静脉麻醉。

儿科麻醉中选择性地使用地氟烷和七氟烷的对比研究结果与本研究结果一致。例如，Gupta 等人就地氟烷和七氟烷用于平均年龄为 5.8 岁的脊柱裂儿童择期手术矫正进行了对比评估，其研究数据显示，使用地氟烷更有利于术后恢复，即患者的自主呼吸和意识恢复会更快。他们还注意到，两组患者术后血流动力学参数（即血压和心率）均稳定 [15]。

Lim 等人也得出了类似的结论。他们对儿科择期麻醉手术中使用地氟烷和七氟烷的 14 项比较研究进行了系统分析，研究纳入了 1196 名患者，其中，588 名患者由地氟烷维持麻醉，608 名由七氟烷维持麻醉。分析结果显示，地氟烷组的意识恢复时间和拔管时间较短，且值得注意的是，作者没有发现这些组之间在麻醉后躁动发作次数上有任何显著差异 [12]。Driscoll 等人对地氟烷和七氟

烷在耳鼻喉择期手术中的使用进行了研究，并发现，地氟烷和七氟烷组的麻醉后躁动频率分别为 12 (0-18) 和 12 (0-20)， $p = 0.79$ ，有统计学意义 [16]。而在本研究中，该指标分别为地氟烷 8 (0-35) 和七氟烷 12 (0-39)， $p < 0.05$ 。

总之，值得注意的是，儿童择期麻醉术中术后躁动及其预防方法的研究数据表明，使用一种或多种吸入式麻醉剂的患者，术后常伴精神运动性躁动发作，但不能认为躁动频率与特定的吸入式麻醉剂之间有直接联系。然而，其他因素（包括药理学因素）会影响躁动频率和严重程度。例如，在麻醉方案中，单次推注如异丙酚或右美托咪定，可降低麻醉后躁动的发生率 [17]，芬太尼作为麻醉性镇痛药也降低了麻醉后躁动发生的频率与严重程度 [18]。

结论

1. 在术前血流动力学参数稳定的儿童脊柱脊髓损伤矫正手术中，地氟烷和七氟烷作为主要的麻醉成分具有有利的血液动力学特征，且没有伴随临床上的显著副作用。

2. 地氟烷减少了不良反应，如呼吸过慢、气管拔管后的血氧稀释以及术后躁动。

3. 在儿童脊柱脊髓损伤矫正手术中，地氟烷作为维持麻醉让患者可以更快恢复，或能提高术后神经状态评估的准确性。

其他信息

科研经费。 本研究是根据联邦国家研究活动契约进行，主题为“原型技术建立新的脊柱系统用于手术治疗儿童严重先天畸形和脊柱损伤”。

利益冲突。 作者声明，这篇文章的发表不存在明显和潜在的利益冲突。

伦理审查。 研究参与以及个人数据的处理与发布已获患者及其合法代表同意。

References

1. Баиндурашвили А.Г., Виссарионов С.В., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Позвоночно-спинномозговая травма у детей. – СПб.: Онли-Пресс, 2016. [Baindurashvili A.G., Vissarionov S.V., Aleksandrov Y.S., Pshenishnov K.V. Pozvonochno-spinnomozgovaya travma u detey. Saint Petersburg: Onli-Press; 2016. (In Russ.)]
2. Виссарионов С.В., Павлов И.В., Гусев М.Г., Леин Г.А. Комплексное лечение пациента с множественными переломами позвонков в грудном отделе позвоночника // Травматология и ортопедия России. – 2012. – № 2. – С. 91–95. [Vissarionov S.V., Pavlov I.V., Gusev M.G., Lein G.A. Complex treatment of patient with multiple fractures of the vertebrae in the thoracic spine. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2012; (2): 91–95. (In Russ.)]
3. Falavigna A., Righesso O., Guarise da Silva P., et al. Epidemiology and Management of Spinal Trauma in Children and Adolescents < 18 Years Old. *World Neurosurg*. 2018; 110: e479–e483. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.11.021>.
4. Виссарионов С.В., Дроздецкий А.П., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М. Оперативное лечение пациентки с переломовывихом в грудном отделе позвоночника // Хирургия позвоночника. – 2011. – № 3. – С. 21–25. [Vissarionov S.V., Drozdetsky A.P., Kokushin D.N., Belyanchikov S.M. Surgical treatment of a patient with fracture-dislocation in the thoracic spine. *Spine surgery*. 2011; (3): 21–25. (In Russ.)]
5. Dimar J.R., Carreon L.Y., Riina J., et al. Early versus late stabilization of the spine in the polytrauma patient. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35 (21 Suppl): S187–192. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181f32bcd>.
6. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Гордеев В.И. Анестезия в педиатрии: Пособие для врачей. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2013. [Aleksandrovich Y.S., Pshenishnov K.V., Gordeev V.I. Anesteziya v pediatrii. Posobie dlya vrachey. Saint Petersburg: ELBI-SPb; 2013. (In Russ.)]
7. Isik Y., Goksu S., Kocoglu H., Oner U. Low flow desflurane and sevoflurane anaesthesia in children. *Eur J Anaesthesiol*. 2006; 23(1): 60–64. <https://doi.org/10.1017/S026502150500178X>.
8. Kim J.M., Lee J.H., Lee H.J., Koo B.N. Comparison of emergence time in children undergoing minor surgery according to anesthetic: desflurane and sevoflurane. *Yonsei Med J*. 2013; 54(3): 732–738. <https://doi.org/10.3349/ymj.2013.54.3.732>.
9. Sethi S., Ghai B., Ram J., et al. Postoperative emergence delirium in pediatric patients undergoing cataract surgery – a comparison of desflurane and sevoflurane. *Paediatr Anaesth*. 2013; n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/pan.12260>.
10. He J., Zhang Y., Xue R., et al. Effect of Desflurane versus Sevoflurane in Pediatric Anesthesia: A Meta-Analysis. *J Pharm Pharm Sci*. 2015; 18(2): 199. <https://doi.org/10.18433/j31882>.
11. No H.J., Koo B.W., Oh A.Y., et al. Retrospective cohort investigation of perioperative upper respiratory events in children undergoing general anesthesia via a supraglottic airway: A comparison of sevoflurane and desflurane. *Medicine (Baltimore)*. 2016; 95(28): e4273. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004273>.
12. Lim B.G., Lee I.O., Ahn H., et al. Comparison of the incidence of emergence agitation and emergence times between desflurane and sevoflurane anesthesia in children: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2016; 95(38): e4927. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004927>.
13. Kim E.H., Song I.K., Lee J.H., et al. Desflurane versus sevoflurane in pediatric anesthesia with a laryngeal mask airway: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96(35): e7977. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000007977>.
14. Driscoll J.N., Bender B.M., Archilla C.A., et al. Comparing incidence of emergence delirium between sevoflurane and desflurane in children following routine otolaryngology procedures. *Minerva Anesthesiol*. 2017; 83(4): 383–391. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.16.11362-8>.
15. Gupta P., Rath G.P., Prabhakar H., Bithal P.K. Comparison between sevoflurane and desflurane on emergence and recovery characteristics of children undergoing surgery for spinal dysraphism. *Indian J Anaesth*. 2015; 59(8): 482–487. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.162985>.
16. Driscoll J.N., Bender B.M., Archilla C.A., et al. Comparing incidence of emergence delirium between sevoflurane and desflurane in children following routine otolaryngology procedures. *Minerva Anesthesiol*. 2017; 83(4): 383–391. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.16.11362-8>.
17. Makkar J.K., Bhatia N., Bala I., et al. A comparison of single dose dexmedetomidine with propofol for the prevention of emergence delirium after desflurane anaesthesia in children. *Anaesthesia*. 2016; 71(1): 50–57. <https://doi.org/10.1111/anae.13230>.
18. Cohen I.T., Finkel J.C., Hannallah R.S., et al. The Effect of Fentanyl on the Emergence Characteristics After Desflurane or Sevoflurane Anesthesia in Children. *Anesth Analg*. 2002; 94(5): 1178–1181. <https://doi.org/10.1097/00005539-200205000-00023>.

Information about the authors

Alexander S. Kozyrev – MD, PhD, Anesthesiologist-Resuscitator of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia.

Yuriy S. Aleksandrovich – MD, PhD, Professor, Chief of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Emergency Pediatrics, the Faculty of Postgraduate and Additional Professional Education of Saint Petersburg State Pediatric Medical University, the Chief Visiting Pediatric Anesthesiologist of the Committee on Health of Saint Petersburg, the Chief Visiting Pediatric Anesthesiologist-Resuscitator of the Ministry of Health of the Russian Federation in the North-Western Federal District.

Anna V. Zaletina – MD, PhD, Head of the Scientific-Organizational Department, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Department No 11. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-9838-2777>. E-mail: omoturner@mail.ru.

Marat D. Ivanov – MD, Anesthesiologist and Resuscitator of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care of The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Assistant of the Chair of Anesthesiology, Resuscitation and Emergency Pediatrics of Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Russia.

Maria S. Pavlova – MD, Anesthesiologist and Resuscitator of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia.

Angelina S. Strelnikova – MD, Clinical Resident of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Emergency pediatrics of Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Russia.