

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ ПРИ ПОВОРОТЕ В PRONE POSITION В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБЩЕЙ АНЕСТЕЗИИ

Иванова А.А., Волков С.Г., Лебедева М.Н.

*ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, e-mail: Aivanova@niito.ru*

Интраоперационное положение пациентов в prone position (на животе) является фактором, оказывающим значимое влияние на их гемодинамику. Неоднозначность имеющихся данных о влиянии пропофола и севофлурана на гемодинамические показатели в совокупности с тем фактом, что пациенты с идиопатическим сколиозом при коррекции деформации позвоночника находятся в prone position, обусловили актуальность данного исследования. Целью исследования было изучение изменений показателей гемодинамики у пациентов с идиопатическим сколиозом подросткового возраста при повороте в prone position при анестезии севофлураном и пропофолом. Исследованы гемодинамические показатели 96 пациентов с идиопатическим сколиозом подросткового возраста до начала анестезии в положении на спине, после индукции анестезии, после поворота в prone position и после разреза. Пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от анестетика, подключенного после вводной анестезии: 1-я группа – севофлуран (n=64) и 2-я группа – пропофол (n=32). Исследование гемодинамики проводилось неинвазивным методом с применением прибора МПР6-03-«Тритон». Зарегистрированы выраженные изменения гемодинамики в группе 1 после индукции и начала анестезии (снижение артериального давления, сердечного индекса и системного сосудистого сопротивления), усугубившиеся после поворота пациентов в prone position. В группе 2 поворот на живот не сопровождался изменениями гемодинамики. После кожного разреза и последующего хирургического доступа была зарегистрирована относительная предыдущих этапов брадикардия в обеих группах, более выраженная в группе 1. Пациенты, имеющие сколиотические деформации позвоночника, подвергаются риску гемодинамической нестабильности в положении лежа на животе. Севофлуран оказывает более выраженное вазоплегическое действие в сравнении с пропофолом. Поворот пациентов в prone position усугубляет неблагоприятные эффекты севофлурана на гемодинамику, что требует своевременного выявления и коррекции гипотонии во время хирургического вмешательства в условиях расширенного мониторинга.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, гемодинамика, prone position, севофлуран, пропофол.

## THE STUDY OF HEMODYNAMIC PARAMETERS IN PATIENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS WHEN MOVED INTO A PRONE POSITION UNDER VARIOUS METHODS OF GENERAL ANESTHESIA

Ivanova A.A., Volkov S.G., Lebedeva M.N.

*Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, e-mail: Aivanova@niito.ru*

The intraoperative proning of patients (face-down on their belly) is a factor that has a significant impact on their hemodynamics. The relevance of this study was determined by the ambiguity of available data on the effect of propofol and sevoflurane on hemodynamic parameters, coupled with the fact that patients with idiopathic scoliosis are in a prone position during spinal deformity correction. The aim of the study was to study changes in hemodynamic parameters in adolescents with idiopathic scoliosis when moved into a prone position under anesthesia with sevoflurane and propofol. The hemodynamic parameters of 96 patients with adolescent idiopathic scoliosis were studied before the onset of anesthesia in a supine position, after induction of anesthesia, after moving into a prone position and after the incision. The patients were divided into two groups depending on the anesthetic used after the induction: Group 1 – sevoflurane (n=64) and Group 2 – propofol (n=32). The hemodynamic monitoring was carried out by non-invasive method using the MPR6-03 device (Triton Electronics, Russia). Pronounced changes in hemodynamics were recorded in Group 1 after induction and onset of anesthesia (decrease in blood pressure, cardiac index and systemic vascular resistance), which worsened after turning the patients into a prone position. In Group 2, turning onto the belly was not accompanied by changes in hemodynamics. After the skin incision and subsequent surgical approach, bradycardia relative to previous stages was recorded in both groups, more pronounced in Group 1. Patients with scoliotic deformities of the spine are at risk of hemodynamic instability when lying in prone position. Sevoflurane has a more pronounced vasoplegic effect compared to propofol. Turning patients into a prone position aggravates the adverse effects of sevoflurane on hemodynamics, which requires timely detection and correction of hypotension during surgery under conditions of advanced hemodynamic monitoring.

Keywords: idiopathic scoliosis, hemodynamics, prone position, sevoflurane, propofol.

Интраоперационное положение пациентов в prone position (на животе), часто встречающееся в хирургии позвоночника, является фактором, оказывающим значимое влияние на гемодинамику. В.П. Нужный с соавторами при исследовании здоровых мужчин установили, что поворот на живот изменяет положение сердца в грудной клетке, что, в свою очередь, влияет на внутрисердечный кровоток, а длительное нахождение в prone position может вызывать даже развитие сердечной недостаточности [1]. Другие авторы также пришли к выводу, что интраоперационные положения пациентов, отличные от положения лежа на спине, оказывают существенное влияние на ход анестезии и хирургического вмешательства, создавая угрозу гемодинамической стабильности в результате нарушения венозного возврата, снижения ударного объема, сердечного выброса и среднего артериального давления. В то же время они считают, что среди различных нефизиологичных положений пациентов положение prone position оказывает незначительное влияние на интраоперационный гомеостаз [2].

Еще одним неизбежным фактором, оказывающим влияние на гемодинамику пациентов, является действие анестезии. W.Y. Хи с соавторами изучали гемодинамику у пациентов, перенесших эзофагэктомию, в условиях применения различных анестетиков и установили, что севофлуран лучше сохраняет функцию правого желудочка, в то время как пропофол обеспечивает лучшую оксигенацию и меньшую шунтирующую фракцию во время одноплеменной вентиляции, вызывая при этом большее системное сосудистое сопротивление. Однако индекс легочного сосудистого сопротивления был значительно меньше в группе севофлурана [3].

Исследуя гемодинамические показатели пациентов при операциях на поясничном отделе позвоночника в положении на животе, P.S. Sudheer с соавторами зарегистрировали более выраженное снижение сердечного выброса в группе с применением пропофола в сравнении с изофлураном [4]. При исследовании гемодинамического статуса пациентов при коррекции тяжелых форм сколиоза М.Н. Лебедева с соавторами зарегистрировали неблагоприятное действие севофлурана на гидратационное состояние легких в сравнении с пропофолом [5].

Таким образом, неоднозначность имеющихся сведений о влиянии пропофола и севофлурана на гемодинамику в совокупности с фактором влияния на гемодинамику интраоперационного положения prone position обусловили актуальность данного исследования.

Цель исследования: изучить изменения показателей гемодинамики у пациентов с идиопатическим сколиозом подросткового возраста при повороте в prone position в условиях анестезии с использованием севофлурана и пропофола.

**Материал и методы исследования.** В исследование включены 96 пациентов с идиопатическим сколиозом подросткового возраста, которым была запланирована первичная коррекция деформации позвоночника в период с февраля 2022 года по октябрь 2023 года в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России. Исследование гемодинамики проводилось неинвазивным методом с применением прибора «Монитор прикроватный реаниматолога и анестезиолога переносный МПР6-03-“Тритон”». Были оценены следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (АД сист), диастолическое артериальное давление (АД диаст), среднее артериальное давление (АД ср), а также сердечный индекс (СИ) и системное сосудистое сопротивление (ССС).

Пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от анестетика, подключенного после вводной анестезии: 1-я группа – севофлуран (n=64) и 2-я группа – пропофол (n=32). Выбор гипнотического компонента анестезии осуществлялся в зависимости от включения или невключения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга в план хирургического лечения. Решение о проведении нейромониторинга принималось хирургами.

Индукция анестезии пациентам обеих групп осуществлялась единообразно болюсным введением препаратов: фентанил 2 мкг/кг, пропофол 2,5 мг/кг, рокуроний 0,3–0,5 мг/кг. Далее производились интубация трахеи и подключение выбранного анестетика. В группе 1 после насыщения крови севофлураном осуществлялся переход на вентиляцию по полузакрытому контуру, а концентрация подаваемого в дыхательный контур севофлурана устанавливалась на поддерживающих значениях. В группе 2 подключалась инфузия пропофола в режиме достижения целевой концентрации в плазме крови (ТСІ). В обеих группах глубина анестезии соответствовала показателям BIS-мониторинга в интервале 40–60. Инфузионная терапия проводилась со скоростью, рассчитанной по формуле 4:2:1 мл/кг/час [6]. Измерения гемодинамических показателей в операционной выполнялись до начала анестезии в положении на спине, после индукции анестезии, после поворота в prone position и после кожного разреза.

Пациенты располагались на специализированном для спинальной хирургии столе Джексона, позволяющем обеспечить полную декомпрессию передней брюшной стенки при повороте в prone position (рис. 1).



*Рис. 1. Интраоперационное положение пациента на столе Джексона*

Статистические расчеты проводились на языке R (version 4.1.3 (2022-03-10), Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>). Ввиду неоднородности распределения данных по показателю нормальности для описания непрерывных показателей результаты рассчитывались в качестве основных статистик медианы [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]). Сравнение непрерывных показателей между группами проводили при помощи U-критерия Манна–Уитни. Для оценки среднего различия между распределениями (effect size) рассчитывали медиану попарных разностей значений между группами (пМЕД) с построением 95% ДИ и стандартизованную разницу средних (СРС). Бинарные и категориальные показатели сравнивали точным двусторонним критерием Фишера. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости  $p=0,05$ , то есть различие считалось статистически значимым при  $p<0,05$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** При анализе исходных антропометрических показателей отмечены статистически значимые межгрупповые различия: рост пациентов в группе 1 составил 162 [156,75; 167,25] см против 156,5 [150,75; 160,75] см в группе 2 ( $p<0,001$ ), масса тела пациентов в группе 1 составила 51 [46,75; 57,5] кг против 46,5 [39,25; 52,25] кг в группе 2 ( $p=0,006$ ). Однако индекс массы тела значимо не различался: 19,05 [17,54; 21,89] в группе 1 и 18,52 [15,98; 20,85] в группе 2 ( $p=0,189$ ). Величина деформации позвоночника была значимо больше во 2-й группе – 86° [73,75°; 90°] против 57° [47°; 64°] в группе 1 ( $p<0,001$ ).

Показатели гемодинамики исходные и после индукции анестезии в группах исследования отражены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели гемодинамики исходные и после индукции анестезии в группах  
исследования

Показатель	Исходно	После индукции анестезии	Различие пМЕД [95% ДИ] СРС [95% ДИ]	р-уровень
группа 1				
ЧСС	82 [72; 89,5]	83 [78; 95]	-3,5 [-4; -2,5] 0,13 [-0,21; 0,48]	0,123
АД сист, мм рт. ст.	120 [113,25; 127]	101 [95,25; 113]	16,5 [16; 16,5] 1,22 [0,84; 1,6]	<0,001*
АД диаст, мм рт. ст.	63,5 [58,25; 71]	49 [45; 55,75]	13,5 [13; 14] 1,18 [0,8; 1,55]	<0,001*
АД ср, мм рт. ст.	87 [79,25; 95,75]	67 [61; 74]	18 [17,5; 18,5] 1,34 [0,95; 1,72]	<0,001*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,95 [2,52; 3,2]	2,4 [2,2; 2,8]	0,4 [0,4; 0,4] 0,93 [0,57; 1,3]	<0,001*
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1238 [1134,5; 1402]	1156 [1058,5; 1270,75]	105,25 [99,5; 113] 0,48 [0,13; 0,83]	0,002*
группа 2				
ЧСС	84,5 [74,25; 95,5]	83,5 [74,25; 88,75]	4 [3; 5,5] 0,38 [-0,11; 0,87]	0,206
АД сист, мм рт. ст.	118,5 [112; 126,5]	111,5 [102; 121]	6,5 [5,5; 7,5] 0,41 [-0,08; 0,91]	0,039*
АД диаст, мм рт. ст.	63,5 [59,25; 71]	58,5 [55,25; 68,75]	2,5 [2; 3,5] 0,17 [-0,33; 0,66]	0,252
АД ср, мм рт. ст.	89 [84; 95,5]	82 [72,25; 89]	6,5 [5,5; 7,5] 0,42 [-0,08; 0,91]	0,044*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	3 [2,52; 3,2]	2,6 [2,3; 3]	0,25 [0,2; 0,25] 0,64 [0,14; 1,14]	0,007*
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1273,5 [1174,25; 1372,5]	1305 [1218,5; 1391]	28,75 [-40,5; -15,5] -0,2 [-0,69; 0,29]	0,428

\* р-уровень <0,05; пМЕД – медиана попарных разностей; СРС – стандартизированная разница средних.

При проведении межгруппового сравнения значимых различий в исходных показателях гемодинамики не выявлено: ЧСС в группе 1 – 82 [72; 89,5], в группе 2 – 84,5 [74,25; 95,5] (p=0,329); АД сист в группе 1 – 120 [112,75; 127,25] мм рт. ст., в группе 2 – 120 [112; 127] мм рт. ст. (p=0,726); АД диаст в группе 1 – 63 [58; 71] мм рт. ст., в группе 2 – 64 [59,75; 71] мм рт. ст. (p=0,578); АД ср в группе 1 – 87 [78,75; 96,25] мм рт. ст., в группе 2 – 89 [83,75; 96] мм рт. ст. (p=0,285); СИ в группе 1 – 2,95 [2,5; 3,2] л/мин/м<sup>2</sup>, в группе 2 – 3 [2,58; 3,2] л/мин/м<sup>2</sup> (p=0,773); ССС в группе 1 – 1238 [1133,75; 1400] дин-с-см<sup>5</sup>, в группе 2 – 1277,5 [1190,75; 1398,25] дин-с-см<sup>5</sup> (p= 0,202).

В группе 1 после индукции анестезии и подключения севофлурана зарегистрировано статистически значимое снижение АД сист, АД диаст, АД ср, СИ и ССС в сравнении с исходными показателями. В группе 2 после индукции анестезии на фоне продолжающейся инфузии пропофола зарегистрировано значимое снижение АД сист, АД ср и СИ (табл. 1).

Межгрупповое сравнение гемодинамических показателей на этом этапе исследования представлено в таблице 2.

Таблица 2

Показатели гемодинамики после индукции анестезии в исследуемых группах

Показатель	Группа 1	Группа 2	Различие пМЕД [95% ДИ] СРС [95% ДИ]	р-уровень
ЧСС	83 [78; 95]	83,5 [74,25; 88,75]	-4 [-8; 2] 0,34 [-0,1; 0,78]	0,173
АД сист, мм рт. ст.	101 [95,25; 113]	111,5 [102; 121]	8 [1; 15] -0,52 [-0,96; -0,08]	0,023*
АД диаст, мм рт. ст.	49 [45; 55,75]	58,5 [55,25; 68,75]	11 [6; 15] -0,88 [-1,33; -0,42]	<0,001*
АД ср, мм рт. ст.	67 [61; 74]	82 [72,25; 89]	13 [7; 19] -0,89 [-1,35; -0,44]	<0,001*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,4 [2,2; 2,8]	2,6 [2,3; 3]	0,1 [-0,1; 0,3] -0,3 [-0,73; 0,14]	0,322
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1156 [1058,5; 1270,75]	1305 [1218,5; 1391]	143 [71; 209] -0,72 [-1,17; -0,27]	<0,001*

\* р-уровень <0,05; пМЕД – медиана попарных разностей; СРС – стандартизированная разница средних.

Как видно из представленных в таблице 2 данных, получены статистически значимые межгрупповые различия, свидетельствующие о более выраженном вазоплегическом эффекте севофлурана.

Зарегистрированные показатели гемодинамики при повороте пациентов в prone position были сопоставлены с данными предыдущего этапа исследования (табл. 3).

Таблица 3

Показатели гемодинамики в группах на этапах после индукции анестезии и поворота в prone position

Показатель	После индукции анестезии	Поворот в prone position	Различие пМЕД [95% ДИ] СРС [95% ДИ]	р-уровень
Группа 1				
ЧСС	83 [78; 95]	78 [68; 84,5]	7,5 [7,5; 7,5] 0,65 [0,29; 1]	<0,001*
АД сист, мм рт. ст.	101 [95,25; 113]	94 [87,25; 102]	9,5 [9; 10] 0,87 [0,51; 1,23]	<0,001*
АД диаст, мм рт. ст.	49 [45; 55,75]	48 [44; 54]	1 [1; 1] 0,23 [-0,11; 0,58]	0,439

АД ср, мм рт. ст.	67 [61; 74]	62,5 [55,25; 67,75]	6 [5,5; 6,5] 0,66 [0,3; 1,01]	<0,001*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,4 [2,2; 2,8]	2,3 [2,2; 2,5]	0,1 [0,1; 0,1] 0,33 [-0,02; 0,68]	0,041*
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1156 [1058,5; 1270,75]	1105,5 [1030,75; 1202,75]	63 [56,5; 69,5] 0,39 [0,04; 0,74]	0,009*
группа 2				
ЧСС	83,5 [74,25; 88,75]	78 [74; 84,75]	1 [0,5; 1,5] 0,09 [-0,4; 0,58]	0,545
АД сист, мм рт. ст.	111,5 [102; 121]	104,5 [98,25; 114,5]	4 [3,5; 5] 0,4 [-0,09; 0,9]	0,174
АД диаст, мм рт. ст.	58,5 [55,25; 68,75]	61 [53,5; 70,5]	0,5 [-0,5; 1,5] 0,06 [-0,43; 0,55]	0,922
АД ср, мм рт. ст.	82 [72,25; 89]	74,5 [67,25; 84,25]	5,5 [4,5; 7] 0,41 [-0,08; 0,91]	0,178
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,6 [2,3; 3]	2,4 [2,12; 2,7]	0,15 [0,15; 0,2] 0,45 [-0,05; 0,94]	0,101
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1305 [1218,5; 1391]	1316 [1190,5; 1424,75]	3,5 [-24,5; 10] -0,04 [-0,53; 0,45]	0,934

\* р-уровень <0,05; пМЕД – медиана попарных разностей; СРС – стандартизированная разница средних.

Как видно из данных, представленных в таблице 3, поворот в prone position у пациентов группы 1 сопровождался дальнейшим снижением АД сист, АД ср, СИ и ССС, а также значимым урежением пульса. У пациентов группы 2 значимых гемодинамических изменений при повороте в prone position не зарегистрировано.

Межгрупповое сравнение гемодинамических показателей при повороте в prone position представлено в таблице 4.

Таблица 4

Показатели гемодинамики в группах на этапе поворота в prone position

Показатель	Группа 1	Группа 2	Различие пМЕД [95% ДИ] СРС [95% ДИ]	р-уровень
ЧСС	78 [68; 84,5]	78 [74; 84,75]	3 [-2; 8] -0,25 [-0,69; 0,19]	0,330
АД сист, мм рт. ст.	94 [87,75; 102]	104 [96,75; 113,5]	11 [6; 16] -1,02 [-1,47; -0,57]	<0,001*
АД диаст, мм рт. ст.	48 [44; 54,25]	60 [52,5; 69,5]	11 [7; 16] -1,17 [-1,62; -0,71]	<0,001*
АД ср, мм рт. ст.	62,5 [55,75; 68]	74 [66,75; 82,75]	12 [8; 17] -1,27 [-1,73; -0,81]	<0,001*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,3 [2,2; 2,5]	2,4 [2,18; 2,7]	0,1 [-0,1; 0,2] -0,14 [-0,56; 0,29]	0,280
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1113 [1032,25; 1215,5]	1325,5 [1191,5; 1430,5]	201 [126; 275] -1,13 [-1,59; -0,68]	<0,001*

\* р-уровень <0,05; пМЕД – медиана попарных разностей; СРС – стандартизированная разница средних.

При межгрупповом сравнении показателей при повороте пациентов в prone position зарегистрированы статистически значимо более низкие показатели АД и ССС в группе 1.

Изменения гемодинамики у пациентов на этапе кожного разреза в сравнении с показателями этапа поворота в prone position отражены в таблице 5.

Таблица 5

Показатели гемодинамики на этапах поворота в prone position и кожного разреза

Показатель	Поворот в prone position	Кожный разрез	Различие пМЕД [95% ДИ] СРС [95% ДИ]	р-уровень
группа 1				
ЧСС	78 [68; 84,5]	66 [57,5; 73]	12 [12; 12,5] 1,04 [0,67; 1,41]	<0,001*
АД сист, мм рт. ст.	94 [87,25; 102]	104 [98; 111,5]	-10,5 [-11; -10,5] -0,93 [-1,29; -0,56]	<0,001*
АД диаст, мм рт. ст.	48 [44; 54]	60,5 [52,5; 70]	-12,5 [-13; -12,5] -1,16 [-1,54; -0,79]	<0,001*
АД ср, мм рт. ст.	62,5 [55,25; 67,75]	74,5 [68; 88]	-14,5 [-15; -14] -1,07 [-1,44; -0,7]	<0,001*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,3 [2,2; 2,5]	2,6 [2,32; 2,8]	-0,25 [-0,25; -0,25] -0,64 [-0,99; -0,28]	<0,001*
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1105,5 [1030,75; 1202,75]	1233 [1144; 1435]	-149,5 [-158; -142,5] -0,85 [-1,22; -0,49]	<0,001*
группа 2				
ЧСС	78 [74; 84,75]	75,5 [71,25; 82,5]	4,5 [4; 5] 0,41 [-0,09; 0,9]	0,024*
АД сист, мм рт. ст.	104,5 [98,25; 114,5]	105 [99,5; 118,25]	-1,5 [-2,5; -1] -0,13 [-0,62; 0,36]	0,577
АД диаст, мм рт. ст.	61 [53,5; 70,5]	59 [55,25; 75]	-2,5 [-3,5; -1,5] -0,14 [-0,63; 0,35]	0,434
АД с., мм рт. ст.	74,5 [67,25; 84,25]	82 [72; 91,75]	-4,5 [-5; -3,5] -0,39 [-0,89; 0,1]	0,108
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,4 [2,12; 2,7]	2,65 [2,3; 2,9]	-0,25 [-0,25; -0,2] -0,6 [-1,1; -0,1]	0,012*
ССС, дин-с-см <sup>5</sup>	1316 [1190,5; 1424,75]	1253,5 [1112,5; 1460,75]	30,75 [18,5; 55,5] 0,19 [-0,3; 0,69]	0,546

\* р-уровень <0,05; пМЕД – медиана попарных разностей; СРС – стандартизованная разница средних.

Как видно из данных, представленных в таблице 5, в группе 1 зарегистрированы дальнейшее снижение ЧСС и увеличение показателей АД, СИ и ССС. В группе 2 кожный разрез также сопровождался значимым снижением ЧСС и увеличением СИ. Межгрупповое сравнение гемодинамических показателей выявило значимую разницу лишь в показателях

ЧСС – более выраженная относительная брадикардия была зарегистрирована в группе 1 ( $p < 0,001$ ).

Известно, что пациенты с идиопатическим сколиозом имеют измененное положение органов грудной клетки, что приводит к нарушению функции легких и сердца. Деформация позвоночника может обуславливать повышение давления в правом предсердии и желудочке вследствие нарушения функции легких по рестриктивному типу, что, в свою очередь, способно привести к формированию легочного сердца [7]. X. Li с соавторами в своем исследовании выявили положительную корреляцию диаметра нижней полой вены, расширение которой отражает функцию правых отделов сердца, с углом Кобба деформированного позвоночника [8]. Учитывая то обстоятельство, что хирургическая коррекция сколиоза предполагает положение пациентов в prone position, важным фактором, влияющим на гемодинамику, является компрессия передней брюшной стенки, приводящая к нарушению кровотока по нижней полой вене и снижению венозного возврата к правому предсердию. Увеличение внутригрудного давления в указанном положении пациента отражается в снижении СИ (Edgcombe) [9]. Поэтому для уменьшения неблагоприятных гемодинамических эффектов, связанных с интраоперационным положением, оптимальной считается укладка пациентов на раме Уилсона или столе Джексона [10]. Коррекция сколиотических деформаций позвоночника в нашей клинике проводится на столе Джексона, что позволяет обеспечить максимально полную декомпрессию передней брюшной стенки и практически исключить компрессию нижней полой вены. Однако поворот пациентов в prone position, даже на столе Джексона, не исключает гемодинамической нестабильности. Так, A.S. Absejo с соавторами описали клинический случай рефрактерного кардиогенного шока у подростка с идиопатическим сколиозом при повороте в prone position на столе Джексона. После возвращения пациента в положение на спину при проведении чреспищеводной эхокардиографии были зарегистрированы сужение левого предсердия в переднезаднем направлении, увеличение левого желудочка, снижение систолической функции обоих желудочков и фракции выброса до 30%. Через 30 минут нахождения пациента на спине отмечена полная нормализация функции обоих желудочков с увеличением фракции выброса до 55%. Решением, позволившим в дальнейшем безопасно провести хирургическую коррекцию деформации позвоночника у этого пациента, явилась замена поперечной грудной подушки на две клиновидные подушки с размещением их на уровне нижнего края грудной клетки, что, однако, сопровождалось давлением на верхнюю часть живота [11].

Известно, что при операциях с применением нейрофизиологического мониторинга, который в выполненном исследовании проводился у 32 пациентов, единственным методом выбора анестезиологического обеспечения является тотальная внутривенная анестезия на

основе пропофола, обладающая минимальным подавляющим эффектом на проведение регистрируемых вызванных потенциалов. Отсутствие потребности в нейромониторинге позволяет применять ингаляционные анестетики, в частности севофлуран, который на сегодняшний день является одним из лучших ингаляционных анестетиков [12, 13].

Однако в выполненном авторами исследовании показано, что севофлуран обладает выраженным вазоплегическим эффектом, о чем свидетельствовало снижение ССС после индукции анестезии. Значения АД ср, которые на этом этапе исследования приближались к критическому уровню 60 мм рт. ст., потребовали незамедлительного ускорения темпа инфузионной терапии. Однако даже на этом фоне поворот пациентов в prone position сопровождался дальнейшим снижением показателей ССС и, соответственно, АД. Продолжающийся ускоренный темп инфузии и воздействие ноцицептивной стимуляции, сопровождавшей кожный разрез, способствовали нормализации гемодинамических показателей во всех случаях применения севофлурана без использования вазоактивных препаратов. Гемодинамика у пациентов в группе 2 на всех этапах исследования была подвержена изменениям в гораздо меньшей степени, что указывает на большую гемодинамическую стабильность при применении пропофола в сравнении с севофлураном.

Следует отметить, что именно осуществляемый интраоперационный гемодинамический мониторинг позволил не только своевременно регистрировать гемодинамические нарушения, но и определить причину их развития. О важности расширенного интраоперационного гемодинамического мониторинга во время операций на позвоночнике в силу того, что артериальная гипотония является фактором риска развития тяжелых послеоперационных осложнений, в частности повреждений спинного мозга, сообщают и другие исследователи [14, 15].

Главными ограничениями выполненного исследования являются использование неинвазивного гемодинамического мониторинга и ограниченное количество этапов исследования. Однако решение ограничить количество этапов исследования было принято намеренно для исключения влияния на гемодинамический статус других факторов, сопровождающих ход хирургического вмешательства.

**Заключение.** Пациенты, имеющие сколиотические деформации позвоночника, подвергаются риску гемодинамической нестабильности в положении лежа на животе. Севофлуран оказывает более выраженное вазоплегическое действие в сравнении с пропофолом. Поворот пациентов в prone position усугубляет неблагоприятные эффекты севофлурана на гемодинамику, что требует своевременного выявления и коррекции гипотонии во время хирургического вмешательства в условиях расширенного мониторинга.

## Список литературы

1. Нужный В.П., Дерновой Б.Ф., Киблер Н.А., Прошева В.И., Шмаков Д.Н. Функционирование сердца у человека в прон-позиции // Кардиология. 2023. Т. 63. № 1. С. 42–47. DOI: 10.18087/cardio.2023.1.n2047.
2. Zeuzem-Lampert C., Groene P., Brummer V., Hofmann-Kiefer K. Cardiorespiratory effects of perioperative positioning techniques // Anaesthetist. 2019. Vol. 68. Is. 12. P. 805-813. DOI: 10.1007/s00101-019-00674-9.
3. Xu W.Y., Wang N., Xu H.T., Yuan H.B., Sun H.J., Dun C.L., Zhou S.Q., Zou Z., Shi X.Y. Effects of sevoflurane and propofol on right ventricular function and pulmonary circulation in patients undergone esophagectomy // Int. J. Clin Exp Pathol. 2014. Vol. 7. Is. 1. P. 272-279.
4. Sudheer P.S., Logan S.W., Ateleanu B., Hall J.E. Haemodynamic effects of the prone position: a comparison of propofol total intravenous and inhalation anaesthesia // Anaesthesia. 2006. Vol. 61. Is. 2. P.138-41. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2005.04464.x.
5. Лебедева М.Н., Агеенко А.М., Шевченко В.П., Новиков В.В. Гемодинамический статус на этапах хирургической коррекции тяжелых форм сколиоза в условиях различных вариантов анестезиологической защиты // Хирургия позвоночника. 2009. № 4. С. 62-69.
6. Miegoń J., Zacha S., Skonieczna-Żydecka K., Wiczak-Bratkowska A., Andrzejewska A., Jarosz K., Deptuła-Jarosz M., Biernawska J. Optimising Intraoperative Fluid Management in Patients Treated with Adolescent Idiopathic Scoliosis-A Novel Strategy for Improving Outcomes // Children (Basel). 2023. Vol. 10. Is. 8. P. 1371. DOI: 10.3390/children10081371.
7. Sarwahi V., Galina J., Atlas A., Gecelter R., Hasan S., Amaral T.D., Maguire K., Lo Y., Kalantre S. Scoliosis Surgery Normalizes Cardiac Function in Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients // Spine. 2021. Vol. 46. Is. 21. P. E1161-E1167. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004060.
8. Li X., Chen X., Wang Z., Shen J. Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Cross-Sectional Study // Altern Ther Health Med. 2023. AT9433.
9. Edgcombe H., Carter K., Yarrow S. Anaesthesia in the prone position // Br. J. Anaesth. 2008. Vol. 100. P. 165-183.
10. Смирнов И.В., Ройтберг Г.Е., Лазарев В.В., Буралкина Н.А., Батырова З.К. Сколиотическая деформация позвоночника: в аспекте анестезиологического обеспечения хирургической коррекции // Медицинский совет. 2022. Т. 16. № 6. С. 243-250. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-6-243-250.
11. Abcejo A.S., Soto J.D., Castoro C., Sarah Armour S, Long T.R. Profound Obstructive Hypotension from Prone Positioning Documented by Transesophageal Echocardiography in a

Patient with Scoliosis: A Case Report // A&A Case Rep. 2017. Vol. 9. Is. 3. P. 87-89. DOI: 10.1213/XAA.0000000000000534.

12. Li X., Zhang B., Yu L., Yang J., Tan H. Influence of Sevoflurane-Based Anesthesia versus Total Intravenous Anesthesia on Intraoperative Neuromonitoring during Thyroidectomy // Otolaryngol Head Neck Surg. 2020. Vol. 162. Is. 6. P. 853-859. DOI: 10.1177/0194599820912030.

13. Wang Y., Ming X., Zhang C. Fluorine-Containing Inhalation Anesthetics: Chemistry, Properties and Pharmacology. Curr Med Chem. 2020. Vol. 27. Is. 33. P. 5599-5652. DOI: 10.2174/0929867326666191003155703.

14. Andrzejewska A., Miego Ń J., Zacha S., Skonieczna-Zydecka K., Jarosz K., Zacha W., Biernawska J. The impact of intraoperative haemodynamic monitoring, prediction of hypotension and goal-directed therapy on the outcomes of patients treated with posterior fusion due to adolescent idiopathic scoliosis // J. Clin. Med. 2023. Is. 12. P. 4571. DOI: 10.3390/jcm12144571.

15. Levin D.N., Strantzas S., Steinberg B.E. Intraoperative neuromonitoring in paediatric spinal surgery // BJA Educ. 2019. Vol. 19. Is. 5. P. 165-171. DOI: 10.1016/j.bjae.2019.01.007.