

Сколиотическая деформация позвоночника: в аспекте анестезиологического обеспечения хирургической коррекции

И.В. Смирнов^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0002-5348-3400>, smirnov@medicina.ru

Г.Е. Ройтберг^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0003-0514-9114>, contact@medicina.ru

В.В. Лазарев², <https://orcid.org/0000-0001-8417-3555>, 79951131285@list.ru

Н.А. Буралкина³, <https://orcid.org/0000-0001-5109-6725>, n_buralkina@oparina4.ru

З.К. Батырова³, <https://orcid.org/0000-0003-4997-6090>, linadoctor@mail.ru

¹ АО «Медицина»; 125047, Россия, Москва, 2-й Тверской-Ямской пер., д. 10

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

³ Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова; 117997, Россия, Москва, ул. Академика Опарина, д. 4

Резюме

В представленном обзоре литературы обсуждаются наиболее значимые вопросы диагностики, хирургической коррекции и возможных осложнений в выборе и проведении анестезиологического обеспечения у пациентов детского и юношеского возраста с различными вариантами сколиотического поражения позвоночного столба. Сколиотическая деформация позвоночника является полиэтиологическим заболеванием, а также значимой клинической проблемой за счет частоты ее встречаемости и тяжести осложнений, возникающих при прогрессировании заболевания. Хирургическая коррекция сколиоза выполняется при тяжелых и сверхтяжелых искривлениях позвоночника, при неэффективности консервативного лечения. Оперативное лечение тяжелой сколиотической деформации позволяет улучшить физиологическую функцию позвоночника, функции внутренних органов, улучшить качество и увеличить продолжительность жизни. Хирургическая коррекция тяжелой сколиотической деформации позвоночника является одной из наиболее сложных проблем ортопедии и травматологии, требующих скоординированных усилий на всех этапах лечения хирурга, анестезиолога, смежных специалистов и пациента. Наиболее значимыми проблемами при хирургическом лечении сколиоза являются прогнозирование и управление кровопотерей во время операции и в послеоперационном периоде, которая может достигать нескольких объемов циркулирующей крови. Обсуждаются вопросы минимизации кровопотери за счет использования положения пациента на операционном столе, острой нормоволемической гемодилюции, управляемой гипотензии, применения антифибринолитических препаратов, аппаратного сбора и реинфузии крови, переливания донорских компонентов крови. Прогнозирование кровопотери позволяет получать опережающую информацию с позиции персонализированного подхода к ведению пациента, с возможностью расчета ожидаемой интраоперационной потери крови, риска развития геморрагического шока, синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания.

Ключевые слова: сколиоз, анестезия, хирургическая коррекция, кровопотеря, реинфузия, осложнения

Для цитирования: 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;16(6):243–250. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-6-243-250>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Scoliotic deformity of the spine: epidemiology, classification, surgical treatment, prediction and correction of intraoperative blood loss

Igor V. Smirnov^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0002-5348-3400>, smirnov@medicina.ru

Gregory E. Roitberg^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0003-0514-9114>, contact@medicina.ru

Vladimir V. Lazarev², <https://orcid.org/0000-0001-8417-3555>, 79951131285@list.ru

Natalia A. Buralkina³, <https://orcid.org/0000-0001-5109-6725>, n_buralkina@oparina4.ru

Zalina K. Batyrova³, <https://orcid.org/0000-0003-4997-6090>, linadoctor@mail.ru

¹ JSC "Medicine"; 10, 2nd Tverskoy-Yamskoy Lane, Moscow, 125047, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia

³ Kulakov Obstetrics, Gynecology and Perinatology National Medical Research Center; 4, Oparin St., Moscow, 117997, Russia

Abstract

In this review are discussed the most important questions of diagnostics, surgical treatment and complications in the context of anaesthesia choice and performance in children and adolescents with different variants of vertebral scoliotic deformity. Vertebral scoliotic deformity is a multi-etiological disease and significant clinical problem due to frequency and severity of complications when disease progresses. Surgery is performed in severe and super severe scoliotic deformity when conservative treatment is not effective. Surgical treatment of severe scoliotic deformity allows to improve physiological function of vertebral column and internal organs' function, improve quality of life and increase life expectancy. Surgical treatment of severe scoliotic deformity is one of the most complex problem in traumatology and orthopedics which requires multidisciplinary coordination of surgeon, anesthesiologist, narrow specialists and the patient at every step of treatment. The most significant problems in surgical treatment of severe scoliotic deformity are forecasting and blood loss management during the operation and in post-operative care which could reach several circulating blood volumes. The problems of blood loss minimization are discussed: patient's position on operating table, acute normovolemic haemodilution, managed hypotension, use of antifibrinolytic medications, blood collection and re-infusion, blood transfusion. Blood loss forecasting is an important instrument to get a proactive information to develop personalized approach to patient's care with assessment of intraoperative blood loss, risk of hemorrhagic shock and disseminated intravascular coagulation syndrome.

Keywords: scoliosis, anesthesia, surgical correction, blood loss, reinfusion, complications

For citation: Smirnov I.V., Roitberg G.E., Lazarev V.V., Buralkina N.A., Batyrova Z.K. Scoliotic deformity of the spine: epidemiology, classification, surgical treatment, prediction and correction of intraoperative blood loss. *Meditsinskiy Sovet.* 2022;16(6):243–250. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-6-243-250>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Сколиоз – трехплоскостная деформация позвоночника у человека. Характерной особенностью сколиоза является значительная деформация позвоночника в периоды интенсивного роста ребенка, в связи с чем заболевание является наиболее серьезной ортопедической проблемой детей и подростков. Наибольшее прогрессирование искривления позвоночника происходит в подростковом возрасте – фазе роста за счет относительного укорочения длины мышц относительно роста костей скелета [1]. По данным различных авторов, распространенность этой патологии составляет от 3,2 до 30% населения. В России насчитывается около 48 тыс. больных с данной патологией [2]. В Китае общий показатель распространенности сколиоза составляет 5,14%. У взрослых частота сколиотической деформации позвоночника колеблется от 1,4 до 12% [3, 4], у детей составляет от 1,5 до 3% [5]. Известно, что частота данной патологии примерно в 2 раза выше у пациентов женского пола, чем у пациентов мужского пола [6]. Самые высокие показатели встречаемости зарегистрированы у девочек в возрасте от 14 до 15 лет (13,8%) [7].

ОСОБЕННОСТИ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

Выдающийся отечественный ортопед-травматолог В.О. Маркс подразделял сколиозы в зависимости от анатомических особенностей бокового искривления на две группы: неструктурные (простые) и структурные (сложные). К неструктурным сколиозам относится простое боковое искривление позвоночника, когда нет грубых анатомических изменений позвонков и позвоночника в целом, в частности, нет фиксированной ротации. Структурные, характеризующиеся фиксированной рота-

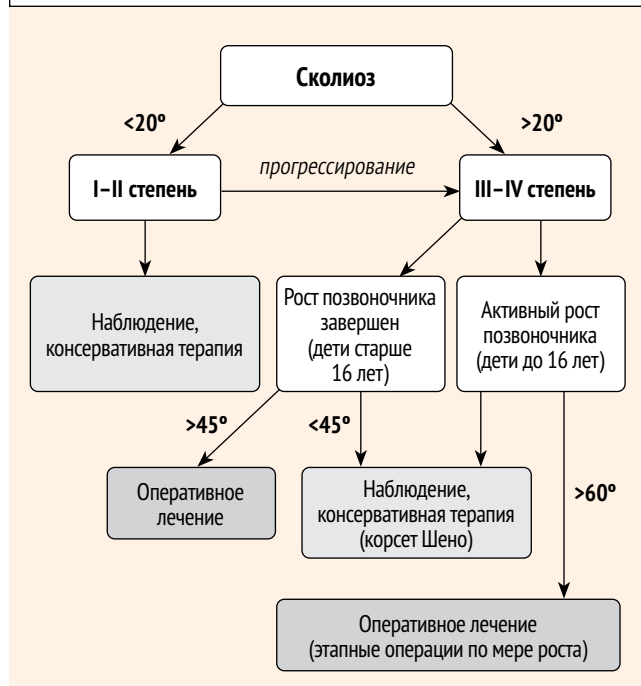
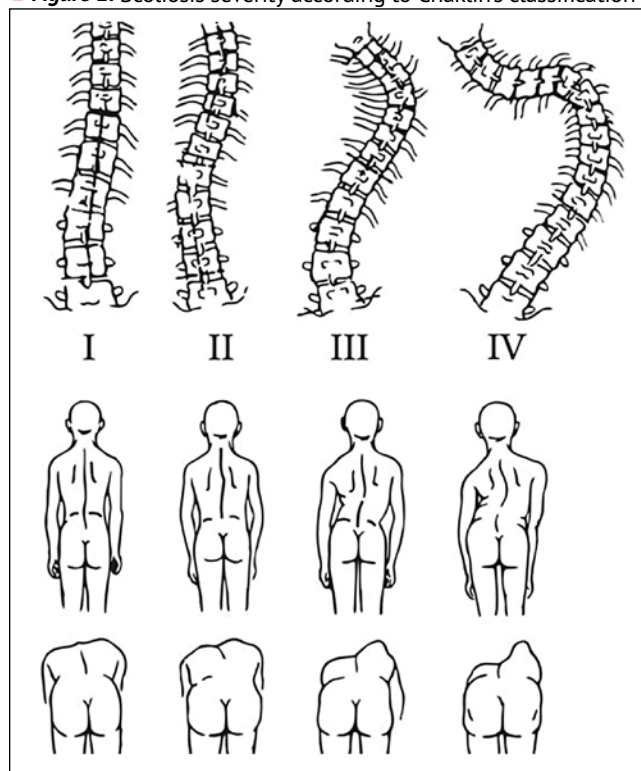
цией сколиозы в зависимости от пораженной ткани, первично или предположительно первично вовлеченной в патологический процесс, делятся на: идиопатический, невропатический (при остеомиелите, сирингомиелии, нейрофиброматозе и других неврологических заболеваниях), миопатический (обусловлены мышечной дистрофией, врожденной миопатией и амиоплазией), остеопатический (на фоне врожденных аномалий развития позвоночника), метаболический (рахит, арахнодактилия, гормональная дисрегуляция), редкие и необычные (шинный сколиоз у детей с туберкулезным кокситом и радиационный сколиоз после глубокой рентгенотерапии одной стороны позвоночника) [8]. Структуральные деформации позвоночника, происхождение которых невозможно установить, относятся к группе идиопатического сколиоза [9].

СТАДИИ СКОЛИОЗА

Согласно клинко-рентгенологической классификации по В.Д. Чаклину, различают 4 стадии сколиоза (рис. 1). Тяжесть заболевания определяется на основании количественной оценки величины основной сколиотической дуги деформации, измеряемой по методу Cobb.

Данный метод основан на изучении рентгенограмм всего позвоночника с определением угла максимальной его кривизны в положении лежа. Угол Кобба (Cobb) определяется как угол, образованный точкой пересечения перпендикуляров параллельных линий к верхней и нижней пластинам, ограничивающих искривление позвонков. Тяжелыми формами принято считать искривления, при которых величина основной дуги колеблется в пределах 70–90° по Cobb [10], а при сверхтяжелых формах – свыше 120° по Cobb [11]. Тяжесть состояния пациентов со сколиотической деформацией определяется как самим искривлением позвоночника, так и изменениями внутренних органов, происходящими за счет их дислокации

● **Рисунок 1.** Степень тяжести сколиоза по В.Д. Чаклину
 ● **Figure 1.** Scoliosis severity according to Chaklin's classification



и сдавления. Среди всех случаев заболевания тяжелая сколиотическая деформация позвоночника составляет 15–20% [12]. Если угол Кобба в коронарной плоскости превышает 90°, то это может привести к тугоподвижности и нестабильности позвоночника пациента, что приводит к деформации грудной клетки, аномальному развитию сердца и легких, нарушению дыхательной функции. Это наносит серьезный ущерб внешнему виду пациента, физиологической функции позвоночника и качеству жизни, оказывает влияние на психологическое и эмоцио-

● **Рисунок 2.** Пациентка М., 17 лет, с тяжелой формой сколиотической деформации позвоночника. Дуга по Cobb 100°
 ● **Figure 2.** A 17-year-old female patient M. with a severe form of scoliotic spinal deformity. Cobb angle = 100 degrees



A – рентгеновский снимок; B – внешний вид пациентки

нальное здоровье, социальную коммуникацию и другие аспекты, что ухудшает прогноз при ведении таких пациентов [13]. Четвертая стадия – последняя и самая тяжелая – лечится только хирургически. При этой стадии отмечается ярко выраженный внешний дефект и тяжелые последствия для организма, в частности страдают все системы и внутренние органы человека (рис. 2A и 2B).

Исследования, оценивающие естественное течение сколиозов у пациентов со сверхтяжелыми деформациями позвоночника, показали, что продолжительность жизни

таких больных без лечения резко сокращается и составляет в среднем 40–45 лет [14]. У больных с тяжелой степенью грудного сколиоза уже в подростковом возрасте развивалась недостаточность функции внешнего дыхания по рестриктивному типу вследствие деформации грудной клетки и повышения внутригрудного давления. Эти изменения сопровождались нарушениями центральной гемодинамики, признаками легочной гипертензии, диастолической дисфункции правого желудочка с формированием «кифосколиотического» сердца [15]. Отмечается рост смертности среди пациентов с нелеченым идиопатическим сколиозом вследствие кардиопульмональной недостаточности [16].

Одним из спорных вопросов при идиопатическом сколиозе, не поддающемуся коррекции, является влияние размера искривления на дыхательную функцию. В то время как пациенты с искривлением от 90° до 100° считаются подверженными риску кардиореспираторной недостаточности в более позднем возрасте, нарушение искривления ниже 90° обычно считается легким [17].

ХИРУРГИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ВОЗМОЖНЫЕ РИСКИ

Сколиотическая деформация позвоночника, требующая оперативного лечения, относится к одной из наиболее сложных проблем, встречающихся в ортопедической практике. Хирургическая коррекция у таких пациентов – крайне сложный и инвазивный процесс в детской ортопедии. Фактор неизбежной кровопотери является одной из постоянных составляющих в комплексе патологических воздействий в процессе выполнения подобных операций. Несмотря на проводимые профилактические меры, кровопотеря может достигать значительных цифр и составлять несколько объемов циркулирующей крови (ОЦК) [13]. Массивное кровотечение в спинномозговой хирургии может привести к нестабильности жизненных функций пациентов, увеличить риск гипоперфузии важных органов и увеличить вероятность образования гематом, сдавления нервных пучков, повышая вероятность повторных вмешательств, необходимости аллогенного переливания крови и других последствий, которые могут серьезно повлиять на лечебный результат и прогноз. Поэтому прогнозирование и контроль периперационного кровотечения в хирургии позвоночника всегда были важными аспектами в работе операционных бригад: спинальных хирургов и анестезиологов [18]. Кровопотеря и возникающая при этом гиповолемия приводят к гипоперфузии тканей и повышенному риску некроза тканей (как это наблюдается при остром повреждении почек) [19].

Кровопотеря во время операции заднего транспедикулокорпорального винтового спондилодеза, выполняемой по поводу коррекции тяжелых сколиотических деформаций позвоночника IV степени, представляет собой значимую клиническую проблему. Сама операция относится к разряду высокотравматичных и сопровождается значительной кровопотерей как во время операции,

так и в послеоперационном периоде. При хирургической коррекции идиопатического сколиоза средний объем кровопотери составляет от 20 до 40% объема циркулирующей крови [18]. Наиболее неблагоприятны в плане интраоперационной кровопотери нейромышечные формы сколиоза, что объясняется значительной протяженностью зоны предполагаемого спондилодеза [19]. Хирургическое лечение нейромышечного сколиоза сопровождается в среднем кровопотерей около 50% ОЦК, при этом описаны и случаи потери более 90% объема циркулирующей крови [20].

Несмотря на последние достижения в области хирургических и анестезиологических методов, эта операция по-прежнему остается серьезной и связанной с риском большой кровопотери и необходимостью переливания аллогенной крови. Переливание компонентов крови само по себе связано с множеством осложнений, включая гемоконтактный механизм передачи инфекции, иммунологические перекрестные реакции, тромбоэмболические осложнения, иммуносупрессию, TRALI-синдром [19]. Эти осложнения могут привести к более длительному времени госпитализации, увеличению прямых затрат и более высокой смертности в стационаре [1]. Вопросы прогнозирования и управления кровопотерей во время операций на позвоночнике очень актуальны и обсуждаются многими авторами [1, 3, 10, 18, 20].

Прогнозирование интраоперационной кровопотери позволяет подготовить необходимые ресурсы для ее коррекции и может помочь анестезиологам и хирургам более точно подготовиться и минимизировать интраоперационную кровопотерю при проведении вмешательств у таких пациентов. В исследованиях по изучению объема кровопотери в зависимости от конкретных нервно-мышечных заболеваний выявлено, что кровопотеря увеличивается в зависимости от патологии в следующем порядке: церебральный паралич, спинальная мышечная атрофия, миеломенингоцеле и мышечная дистрофия Дюшенна [13].

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ КРОВОПОТЕРИ И МЕТОДЫ ЕЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Ограничение кровопотери имеет решающее значение при попытке снизить потенциально связанные с этим осложнения и смертность. В некоторых публикациях отмечается, что пациенты с идиопатическим сколиозом, в отличие от пациентов с нейромышечным сколиозом, имели меньшую степень кровопотери во время операции [3]. Лечение кровопотери должно начинаться задолго до того, как пациент войдет в операционную. Это требует скоординированных усилий со стороны хирурга, пациента и других специалистов, а также команды анестезиологов. Хирурги также должны быть осведомлены об аддитивном эффекте продолжающейся кровопотери в послеоперационном периоде и ее влиянии на результаты лечения пациентов и стоимость медицинской помощи [1].

Кровопотеря во время процедур заднего спондилодеза чрезвычайно изменчива у детей и подростков. Эта изменчивость затрудняет планирование периперацион-

ного ухода за ребенком для этой серьезной хирургической процедуры. Выявление предоперационных триггерных показателей или конкретных групп детей, подверженных риску чрезвычайной кровопотери, поможет в более тщательном планировании анестезии и интраоперационного ведения. У пациентов и родителей будет больше времени, чтобы понять и подготовиться к сложным методам, таким как предоперационное донорство крови, аутологичные эритроциты, направленное донорство, преднамеренная гипотензия, гемодилюция и сохранение эритроцитов. Кроме того, эти методы могли бы быть более эффективно использованы, если бы были доступны лучшие методы прогнозирования кровопотери. Известны способы прогнозирования интраоперационной кровопотери при операциях на позвоночнике у больных сколиозом, основанные на сопоставлении таких факторов, как длительность хирургического вмешательства, количество позвонков, включенных в зону заднего спондилодеза позвоночника, минеральная плотность костной ткани [19], степень деформации [20].

Наиболее распространенные причины, постулируемые для наблюдаемого увеличения кровопотери, были связаны с большим количеством уровней фиксации позвоночника у пациентов с нейромышечным сколиозом. На качество гемостаза и увеличение кровопотери может влиять остеопения, снижение резерва фактора свертывания крови, а также изменения в митохондриальной структуре гладкой мускулатуры сосудов и повышение фибринолитической активности [3].

Чрезвычайно важными и универсально признанными методами ограничения интраоперационной кровопотери являются: снижение абдоминального давления с позиционированием в пронпозиции, что может быть достигнуто, если позволить животу пациента лежать на раме Уилсона или столе Джексона. Есть данные, свидетельствующие о хорошей способности стола Джексона уменьшать интраабдоминальное давление [7], что само по себе связано с уменьшением интраоперационной кровопотери [6]. Обеспечение полной декомпрессии передней брюшной стенки при дорсальной инструментальной коррекции позволяет уменьшить объем интраоперационной кровопотери на 60% [19]. Уровень поддержки артериального давления должен быть на 20–30% ниже обычного среднего артериального давления пациента. Это может достигаться при помощи комбинации седативных средств (например, пропофола), β -блокаторов (например, метопролола) и опиоидных лекарственных средств (например, фентанила). Контролируемая гипотензия впервые описана WJ. Gardner при резекции менингиомы обонятельной бороздки в 1946 г. [5]. Проведено исследование у 327 педиатрических пациентов, перенесших операцию по поводу подросткового идиопатического сколиоза, в ходе которого установлено, что порог среднего артериального давления 65 мм рт. ст. во время анестезии сокращал интраоперационную кровопотерю на 33%, если она индуцировалась во время разреза [19]. Кроме того, авторы сообщили о полулинейной зависимости между средним артериальным давлением во время разреза и интра-

операционной кровопотерей. Главной проблемой, связанной с гипотензивной анестезией, является гипоперфузия центральной нервной системы и внутренних органов. Гипоперфузия головного и спинного мозга потенциально может привести к инфаркту здоровой нервной ткани и вызвать необратимую сенсомоторную травму.

Увеличивает риск интраоперационной кровопотери и необходимость переливания крови гипотермия, определяемая как температура ядра менее 36 °C, что приводит к относительной гипокоагуляции. Считается, что это происходит вторично по отношению к ингибированию тромбоксансинтазы вследствие блокирования тромбоксана A2 – простагландина, ответственного за агрегацию тромбоцитов в нормальных условиях [18].

Технологии аутоотрансфузии – острая нормоволемическая гемодилюция и использование во время операции аппаратного сбора и реинфузии излившейся крови. Обе эти технологии связаны с минимизацией потери эритроцитов во время интраоперационного кровотечения. Острая нормоволемическая гемодилюция является более старой из двух технологий и включает предоперационную инфузию с восполнением объема с использованием кристаллоидов или коллоидов. Разбавленный внутрисосудистый объем приводит к тому, что с каждым миллилитром крови теряется меньше клеток, замедляются истощение общей емкости для переноса кислорода, которое происходит при потере крови. Этот метод приобрел популярность в 1990-х гг., особенно при операциях по коррекции сколиотической деформации позвоночника у детей [15]. Однако ввиду простоты выполнения, контролируемости процедуры она актуальна и применяется при разнообразных операциях, связанных с повышенной травматичностью и значительной кровопотерей [21–23]. Интраоперационная реинфузия крови – это технология, при которой излившаяся в рану кровь собирается, фильтруется, отмывается и возвращается пациенту. Наиболее убедительные доказательства эффективности использования аппаратной реинфузии крови по сравнению с традиционным лечением были получены в исследовании у пациентов, перенесших операцию по коррекции идиопатического сколиоза. Пациенты, получившие процедуру интраоперационной реинфузии крови, имели значительно более низкие интраоперационные и периоперационные потребности в переливании крови [19]. Множественные ретроспективные исследования по использованию аппаратной реинфузии крови дали аналогичные результаты [8]. Все вышеперечисленное показывает, что аппаратная реинфузия крови снижает частоту аллогенных переливаний и объем переливаемых аллогенных продуктов крови [4]. Другим серьезным недостатком аппаратной реинфузии крови является то, что эта методика не сохраняет тромбоциты и факторы свертывания крови. Аппаратом сохраняются только эритроциты, что позволяет избежать только некоторых рисков аллогенного переливания. Использование аппаратной реинфузии крови признано экономически эффективным [8].

Переливание препаратов крови. Переливание эритроцитных компонентов при заранее определенных

уровнях гемоглобина, соответствующих национальным рекомендациям (менее 80 г/л), ранняя трансфузия тромбоцитов и фибриногена при доказанной коагулопатии могут положительно влиять на послеоперационный исход. Использование для прогноза и принятия решения о коррекции коагулопатии ротационной тромбоэластометрии во время операции по коррекции сколиоза помогает проводить таргетную терапию и снизить потребление препаратов крови [22]. В случаях значительной интраоперационной кровопотери может потребоваться переливание крови от 2 до 6 единиц. Современное переливание крови считается безопасным, но все еще существует риск заражения вирусом иммунодефицита человека или гепатитом С, гемолитической (или другой) реакции на переливание крови и развития заболевания «трансплантат против хозяина». Массивные переливания также могут сопровождаться метаболическими нарушениями, включая гипомагниемия, гипохлоремия, гиперкалиемию, разжижение факторов свертывания крови и гипотермию. Циркуляторная перегрузка, связанная с переливанием крови [24], развитие TRALI-синдрома (T-Transfusion, R-Related, A-Acuted, L-Lung, I-Injury) – трансфузионно-ассоциированное поражение легких. По мнению специалистов Национального института сердца, легких и крови (США), TRALI-синдром – остро возникающая гипоксемия в первые 6 ч после гемотрансфузии при обязательном развитии инфильтратов в легких, отсутствии левожелудочковой недостаточности или других причин развития отека легких [20]. Связанное с переливанием острое повреждение легких (TRALI) может возникнуть во время или после переливания и остается основной причиной заболеваемости и смертности, связанных с переливанием крови [25]. Исходя из вышесказанного, важно минимизировать интраоперационную кровопотерю, что, в свою очередь, снижает риск переливания крови [17].

Применение препаратов транексамовой кислоты.

Существуют различные природные антагонисты плазминогена в кровообращении, например антиплазмин. В нормальных условиях активность антифибринолитических веществ в кровообращении во много раз выше, чем у фибринолитических веществ, поэтому фибринолитического кровотечения не произойдет. Однако эти антагонисты не могут блокировать плазмин, который активируется компонентами, поглощенными сетью фибрина. Плазмин может расщеплять аргининовые и лизиновые пептидные цепи фибриногена в нейтральной среде, что приводит к деградации фибрина, растворению сгустков крови и кровотечению. Транексамовая кислота является синтетическим производным и гомологом лизина, который может проходить через гематоэнцефалический барьер. Он обладает высоким сродством к месту связывания лизина фибриногена, который может блокировать взаимодействие между фибриногеном, содержащим остатки лизина, и тяжелыми цепями плазмينا, предотвращая деградацию фибринолитических ферментов фибрина и тем самым играя гемостатический эффект в периоперационном периоде хирургии позвоночника.

Доза применяемой транексамовой кислоты варьировалась от 5 мг/кг до 100 мг/кг болюсом, с поддерживающей дозой от 10 до 30 мг/кг/ч. Результаты показали, что высокая доза транексамовой кислоты была эффективна в снижении кровопотери во время операции по поводу идиопатического сколиоза у подростков, и разница была статистически значимой. Высокая доза внутривенно введенной транексамовой кислоты уменьшила кровопотерю во время операции по поводу идиопатического сколиоза у подростков и не приводила к какому-либо значительному тромбоэмболическому событию и развитию судорог. Таким образом, высокая доза, по-видимому, эффективна и безопасна для хирургии подросткового идиопатического сколиоза [14]. В другом исследовании также отмечают благоприятное влияние высоких доз транексамовой кислоты 30 мг/кг с дальнейшей поддерживающей дозой 1 мг/кг/ч на снижение хирургического кровотечения [8].

Также получены достоверные данные, свидетельствующие об уменьшении кровопотери по дренажным системам в послеоперационном периоде. Указанные обстоятельства позволяют сделать заключение, что своевременное (до операции, в процессе выполнения операции) начало введения ТК является технологическим приемом, значимо влияющим на величину послеоперационной кровопотери [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, интраоперационная кровопотеря во время выполнения операций по поводу коррекции сколиотической деформации позвоночника задним доступом требует многоэтапного подхода к ее профилактике и лечению. Операционная бригада должна иметь высокую степень подготовки к кровопотере при любой операции на позвоночнике при сколиозе в детской возрастной группе независимо от этиологии и хирургического подхода к коррекции [13]. Ограничение кровопотери имеет решающее значение при попытке снизить потенциальную, связанную с этим заболеваемость смертность. Массивное кровотечение в спинномозговой хирургии может привести к нестабильным жизненным показателям пациентов, увеличить риск гипоперфузии важных органов и увеличить вероятность образования гематомы, сдавления нерва, вторичной операции, аллогенного переливания крови и других событий, которые могут серьезно повлиять на хирургический эффект и прогноз пациентов [14].

Прогнозирование, в т. ч. редооперационная оптимизация, позволяет подготовить необходимые ресурсы. На интраоперационном этапе с целью ограничения кровопотери необходима минимизация абдоминального давления при положении в prone-позиции за счет применения рамы Уилсона или стола Джексона, контролируемая гипотензия с порогом среднего артериального давления 65 мм рт. ст., предотвращение гипотермии, острая нормоволемическая гемодилуция и аппаратный сбор и реинфузия излившейся крови. Прогнозирование

кровопотери во время операции по коррекции сколиотической деформации позвоночника служит надежным средством получения опережающей информации с позиций персонифицированного подхода о количественных показателях ожидаемой интраоперационной кровопотери, реальной опасности развития геморрагического синдрома и может использоваться с целью оптимизации системы периоперационного кровосбережения в хирургии сколиоза [18].

Поступила / Received 25.12.2021
Поступила после рецензирования / Revised 15.02.2022
Принята в печать / Accepted 04.03.2022



Список литературы / References

- Takeuchi R., Mutsuzaki H., Matakai Y., Kamada H. Progressive age and other factors affecting scoliosis severity in cerebral palsy patients. *J Rural Med.* 2020;15(4):164–169. <https://doi.org/10.2185/jrm.2020-013>.
- Рябых С.О., Савин Д.М., Медведева С.Н., Губина Е.Б. Опыт лечения нейрогенных деформаций позвоночника. *Гений ортопедии.* 2013;1(1):87–92. Режим доступа: <https://ilizarov-journal.com/index.php/genius/article/view/2168>.
- Ryabykh S.O., Savin D.M., Medvedeva S.N., Gubina E.B. The experience in treatment of the spine neurogenic deformities. *Genij Ortopedii* 2013;1(1):87–92. (In Russ.) Available at: <https://ilizarov-journal.com/index.php/genius/article/view/2168>.
- Youssef J.A., Orndorff D.O., Patty C.A., Scott M.A., Price H.L., Hamlin L.F. et al. Current status of adult spinal deformity. *Global Spine J.* 2013;3(1):51–62. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1326950>.
- Schwab F.J., Smith V.A., Biserni M., Gamez L., Farcy J.P., Pagala M. Adult scoliosis: a quantitative radiographic and clinical analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(4):387–392. <https://doi.org/10.1097/00007632-200202150-00012>.
- Садовая Т.Н., Цищорина И.А. Скрининг деформаций позвоночника у детей как компонент охраны здоровья населения. *Политравма.* 2011;3(3):23–28. Режим доступа: <https://poly-trauma.ru/index.php/pt/issue/view/issue/23/21>.
- Sadovaya T.N., Tsytsorina I.A. Screening of spinal deformations in children as component of population health protection. *Polytrauma.* 2011;3(3):23–28. (In Russ.) Available at: <https://poly-trauma.ru/index.php/pt/issue/view/issue/23/21>.
- Thomas J.J., Stans A.A., Milbrandt T.A., Kremers H.M., Shaughnessy W.J., Larson A.N. Trends in Incidence of Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Modern US Population-based Study. *J Pediatr Orthop.* 2021;41(6):327–332. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001808>.
- Hengwei F., Zifang H., Qifei W., Weiqing T., Nali D., Ping Y., Junlin Y. Prevalence of Idiopathic Scoliosis in Chinese Schoolchildren: A Large, Population-Based Study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(3):259–264. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001197>.
- Чарнаштан Д.В., Цуканов А.Н., Николаев В.И., Гракович Р.И., Валетко А.А., Малков А.Б. и соавт. *Диагностика сколиоза и пути ее оптимизации. Практическое пособие для врачей.* Гомель; 2015. 25 с. Режим доступа: https://www.rcrm.by/download/posob_doctor/2015-12.PDF.
- Charnashtan D.V., Tsukanov A.N., Nikolaev V.I., Grakovich R.I., Valetko A.A., Malkov A.B. et al. *Diagnosis of scoliosis and ways of its optimization. A practical guide for doctors.* Gomel; 2015. 25 p. (In Russ.) Available at: https://www.rcrm.by/download/posob_doctor/2015-12.PDF.
- Лебедева М.Н. Клинико-функциональные характеристики тяжелых форм сколиотических деформаций позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2008;4(4):65–71. <https://doi.org/10.14531/ss2008.4.65-71>.
- Lebedeva M.N. Clinical-functional characteristics of patients with severe scoliosis. *Hirurgia Pozvonochnika.* 2008;4(4):65–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.14531/ss2008.4.65-71>.
- Виссарионов С.В., Филиппова А.Н., Кокушин Д.Н., Мурашко В.В., Белянчиков С.М., Хусаинов Н.О. Хирургическая коррекция тяжелых форм идиопатического кифосколиоза у детей. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2019;3(3):5–14. <https://doi.org/10.17816/PTORS735-14>.
- Vissarionov S.V., Filippova A.N., Kokushin D.N., Murashko V.V., Belyanchikov S.M., Khusainov N.O. Surgical correction of severe forms of idiopathic kyphoscoliosis in children. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2019;3(3):5–14. (In Russ.) <https://doi.org/10.17816/PTORS735-14>.
- Михайловский М.В., Лебедева М.Н., Садовая Т.Н., Губина Е.Б., Сарнадский В.Н. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения пациентов со сверхтяжелыми формами идиопатического сколиоза. *Хирургия позвоночника.* 2009;2(2):38–47. <https://doi.org/10.14531/ss2009.2.38-47>.
- Mikhailovskiy M.V., Lebedeva M.N., Sadovaya T.N., Gubina E.B., Sarnadsky V.N. Immediate and long-term outcomes of surgical treatment of patients with super severe idiopathic scoliosis. *Hirurgia Pozvonochnika.* 2009;2(2):38–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.14531/ss2009.2.38-47>.
- Di Silvestre M., Zanirato A., Greggi T., Scarale A., Formica M., Valleria D. et al. Severe adolescent idiopathic scoliosis: posterior staged correction using a temporary magnetically-controlled growing rod. *Eur Spine J.* 2020;29(8):2046–2053. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06483-8>.
- Бакланов А.Н., Колесов С.В., Шавырин И.А. Сравнительный анализ результатов лечения пациентов с тяжелыми деформациями позвоночника при использовании винтовых и гибридных металлоконструкций. *Травматология и ортопедия России.* 2014;1(1):34–43. Режим доступа: <https://journal.mniio.org/jour/article/view/41/39>.
- Baklanov A.N., Kolesov S.V., Shavyrin I.A. Comparative analysis of results of treatment of patients with severe spinal deformities using screw and a hybrid hardware. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2014;1(1):34–43. (In Russ.) Available at: <https://journal.mniio.org/jour/article/view/41/39>.
- Дудин М.Г., Пинчук Д.Ю. Идиопатический сколиоз. Часть 1. *Доктор.Ру.* 2010;5(3):38–41. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/idiopatcheskij-skoliz-chast-1>.
- Dudin M.G., Pinchuk D.Yu. Idiopathic scoliosis. Part 1. *Doktor.Ru.* 2010;5(3):38–41. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/idiopatcheskij-skoliz-chast-1>.
- Автадилов А.Г., Ветрилэ С.Т., Еналдиева Р.В., Неманова Д.И., Кулешов А.А. Неинвазивная предоперационная оценка состояния кардиореспираторной системы у подростков с тяжелой степенью грудного сколиоза. *Хирургия позвоночника.* 2004;2(2):45–48. Режим доступа: <https://www.spinesurgery.ru/jour/article/view/1033>.
- Avtandilov A.G., Vetrile S.T., Enalidieva R.V., Nemanova D.I., Kuleshov A.A. Noninvasive preoperative assessment of the cardiorespiratory system in patient with severe thoracic scoliosis. *Hirurgia Pozvonochnika.* 2004;2(2):45–48. (In Russ.) Available at: <https://www.spinesurgery.ru/jour/article/view/1033>.
- Kempen D.H.R., Heemskerk J.L., Kaçmaz G., Altena M.C., Reesink H.J., Vanhomerig J.W., Willigenburg N.W. Pulmonary function in children and adolescents with untreated idiopathic scoliosis: a systematic review with meta-regression analysis. *Spine J.* 2021;S1529-9430(21)01093-7. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.12.011>.
- Shrestha I.K., Ruan T.Y., Lin L., Tan M., Na X.-Q., Qu Q.-C. et al. The efficacy and safety of high-dose tranexamic acid in adolescent idiopathic scoliosis: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):53. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-02158-8>.
- De Santis V., Singer M. Tissue oxygen tension monitoring of organ perfusion: rationale, methodologies, and literature review. *Br J Anaesth.* 2015;115(3):357–365. <https://doi.org/10.1093/bja/aev162>.
- Fernandes P., Soares Do Brito J., Flores I., Monteiro J. Impact of Surgery on the Quality of Life of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Iowa Orthop J.* 2019;39(2):66–72. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7047296/>.
- Лебедева М.Н. Способ прогнозирования интраоперационной кровопотери у больных с идиопатическим сколиозом. Патент RU 2635503 C1, 23.11.2016. Режим доступа: https://i.moscow/patents/RU2635503C1_20171113.
- Lebedeva M.N. A method for predicting intraoperative blood loss in patients with idiopathic scoliosis. Patent RU 2635503 C1, 23.11.2016. (In Russ.) Available at: https://i.moscow/patents/RU2635503C1_20171113.
- Bansal N., Kaur G., Garg S., Gombar S. Acute normovolemic hemodilution in major orthopedic surgery. *J Clin Orthop Trauma.* 2020;11(5 Suppl):S844–S848. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.06.017>.
- Takekawa D., Saito J., Kinoshita H., Hashiba E.I., Hirai N., Yamazaki Y. et al. Acute normovolemic hemodilution reduced allogeneic blood transfusion without increasing perioperative complications in patients undergoing free-flap reconstruction of the head and neck. *J Anesth.* 2020;34(2):187–194. <https://doi.org/10.1007/s00540-019-02714-5>.
- Saito J., Masui K., Noguchi S., Nakai K., Tamai Y., Midorikawa Y. et al. The efficacy of acute normovolemic hemodilution for preventing perioperative allogeneic blood transfusion in gynecological cancer patients. *J Clin Anesth.* 2020;60:42–43. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2019.08.025>.
- Semple J.W., Rebetz J., Kapur R. Transfusion-associated circulatory overload and transfusion-related acute lung injury. *Blood.* 2019;133(17):1840–1853. <https://doi.org/10.1182/blood-2018-10-860809>.
- Tung J.P., Chiaretti S., Dean M.M., Sultana A.J., Reade M.C., Fung Y.L. Transfusion-related acute lung injury (TRALI): Potential pathways of development, strategies for prevention and treatment, and future research directions. *Blood Rev.* 2022;100926. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2021.100926>.

Информация об авторах:

Смирнов Игорь Валерьевич, ведущий врач анестезиолог-реаниматолог, АО «Медицина»; 125047, Россия, Москва, 2-й Тверской-Ямской пер., д. 10; smirnov@medicina.ru

Ройтберг Григорий Ефимович, президент, АО «Медицина»; 125047, Россия, Москва, 2-й Тверской-Ямской пер., д. 10; академик РАН, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой терапии и семейной медицины факультета дополнительного профессионального образования, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; contact@medicina.ru

Лазарев Владимир Викторович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой детской анестезиологии и интенсивной терапии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; 79951131285@list.ru

Буралкина Наталия Александровна, д.м.н., старший научный сотрудник хирургического отделения отдела оперативной гинекологии и общей хирургии, Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова; 117997, Россия, Москва, ул. Академика Опарина, д. 4; n_buralkina@oparina4.ru

Батырова Залина Кимовна, к.м.н., старший научный сотрудник 2-го гинекологического отделения (гинекологии детского и юношеского возраста), Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова; 117997, Россия, Москва, ул. Академика Опарина, д. 4; linadoctor@mail.ru

Information about the authors:

Igor V. Smirnov, Leading Anesthesiologist-Resuscitator, JSC "Medicine"; 10, 2nd Tverskoy-Yamskoy Lane, Moscow, 125047, Russia; smirnov@medicina.ru

Gregory E. Rojtberg, President, JSC "Medicine"; 10, 2nd Tverskoy-Yamskoy Lane, Moscow, 125047, Russia; Academician RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Therapy and Family Medicine of the Faculty of Additional Professional Education, Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia; contact@medicina.ru

Vladimir V. Lazarev, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Care, Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia; 79951131285@list.ru

Natalia A. Buralkina, Dr. Sci. (Med.), Senior Researcher of the Surgical Department of the Department of Operative Gynecology and General Surgery, Kulakov Obstetrics, Gynecology and Perinatology National Medical Research Center; 4, Oparin St., Moscow, 117997, Russia; n_buralkina@oparina4.ru

Zalina K. Batyrova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher of the 2nd Gynecological Department (Gynecology of Children and Youth), Kulakov Obstetrics, Gynecology and Perinatology National Medical Research Center; 4, Oparin St., Moscow, 117997, Russia; linadoctor@mail.ru