



ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДОВ ИМПЕДАНСНОЙ КАРДИОГРАФИИ И ИМПЕДАНСНОЙ ПЛЕТИЗМОГРАФИИ В ВЕРТЕБРОХИРУРГИИ

М.Н. Лебедева, Д.С. Лукьянов, М.В. Новикова, В.В. Новиков, И.П. Верещагин
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

Цель исследования. Анализ диагностических возможностей методов импедансной кардиографии (ИКГ) и импедансной плетизмографии (ИПГ) при выполнении вертебрологических операций высокого риска.

Материал и методы. Мониторинг гемодинамического статуса на основе методов ИКГ и ИПГ применен при проведении многоэтапного хирургического лечения с последовательным вмешательством на вентральных и дорсальных отделах позвоночника в объеме однократно выполняемой операции у 30 пациентов со сколиозом и у 15 — с травматическими повреждениями груднопоясничного отдела позвоночника. Операции выполняли в условиях многокомпонентной тотальной внутривенной анестезии с использованием гипнотика пропофола и ИВЛ.

Результаты. Не зарегистрировано отклонений исследуемых показателей за рамки физиологически допустимых пределов, что свидетельствует об эффективности и адекватности как анестезиологического, так и инфузионно-трансфузионного обеспечения выполненных операций. ИКГ-мониторинг позволил оценить степень гидратации интерстициального пространства легких при хирургических вмешательствах, сопровождающихся значительной интраоперационной кровопотерей. Применение методов ИКГ и ИПГ позволило увеличить уровень безопасности оперируемых больных.

Заключение. Метод ИКГ позволяет получить полную информацию о характере изменений системного кровообращения, обусловленных специфическими особенностями вертеброхирургических операций. Метод ИПГ может применяться при проведении комплексного интраоперационного мониторинга функции спинного мозга.

Ключевые слова: мониторинг гемодинамики, импедансная кардиография, импедансная плетизмография, сколиоз, травма позвоночника.

FEASIBILITY OF IMPEDANCE CARDIOGRAPHY AND IMPEDANCE PLETHYSMOGRAPHY IN SPINE SURGERY

M.N. Lebedeva, D.S. Lukjanov, M.V. Novikova, V.V. Novikov, I.P. Vereshchagin

Objective. To analyze diagnostic potential of impedance cardiography (ICG) and impedance plethysmography (IPG) in high-risk spine surgery.

Material and Methods. Monitoring of hemodynamic status using ICG and IPG methods was performed in staged surgical treatment with consecutive anterior and posterior approaches to the spine in a single operation in 30 patients with scoliosis and 15 patients with traumatic injuries to the thoracolumbar spine. Surgery was performed under total intravenous multi-component anesthesia with hypnotic drug propofol and artificial lung ventilation.

Results. There were no reported deviations of analyzed parameters beyond the allowable limits, which testifies to the efficacy and adequacy of both anesthetic and infusion-transfusion management of the performed surgeries. ICG monitoring provided the assessment of hydration state of the lung interstitial space during surgical intervention associated with considerable intraoperative blood loss. Application of ICG and IPG methods allowed raising a safety level for operated patients.

Conclusion. ICG method allows getting full information on the nature of changes in general circulation due to specific features of spine surgery. IPG method may be used in performing multimodal intraoperative spinal cord monitoring.

Key Words: hemodynamic monitoring, impedance cardiography, impedance plethysmography, scoliosis, spinal injury.

Hir. Pozvonoc. 2011;(2):58–66.

М.Н. Лебедева, д-р мед. наук, ст. науч. сотрудник отделения анестезиологии и реаниматологии; Д.С. Лукьянов, канд. мед. наук, ст. науч. сотрудник того же отделения; М.В. Новикова, аспирант того же отделения; И.П. Верещагин, д-р мед. наук, проф., науч. консультант того же отделения; В.В. Новиков, канд. мед. наук, ст. науч. сотрудник отделения детской и подростковой вертебрологии.

Диагностика волевических нарушений при выполнении обширных, продолжительных, сопровождающихся значительной интраоперационной кровопотерей хирургических вмешательств по-прежнему остается сложной и актуальной задачей анестезиологии. Известно, что снижение сердечного выброса вследствие гиповолемии приводит к гипоперфузии тканей, нарушению тканевого метаболизма и увеличению частоты периоперационных осложнений [13, 17].

Многоступенчатые хирургические вмешательства на позвоночнике с последовательным выполнением вентрального и дорсального спондилодезов в ходе однократно выполняемой операции занимают особое место в травматологии и ортопедии и справедливо относятся к операциям высокой степени риска. Специфическими особенностями вертеброхирургических операций являются травматичность, продолжительность, необходимость повторного изменения положения больного в ходе вмешательства, отрицательные эффекты открытого пневмоторакса, значительная кровопотеря, исходные нарушения функции дыхательной и сердечно-сосудистой систем, риск развития неврологических нарушений [1, 2, 14, 16, 18–20, 26]. Указанные особенности вертеброхирургических операций требуют углубленного подхода к мониторингу гемодинамики при выполнении подобных вмешательств.

Дилуционные методики (пульмональная и транспульмональная термодилуции) в настоящее время считаются золотым стандартом волюметрического мониторинга центральной гемодинамики, позволяющими проводить динамический мониторинг сердечного выброса, контролировать преднагрузку на сердце, его сократительную способность, реакцию на объемную нагрузку, количество жидкости в интерстиции легких у больных, подвергаемых обширным хирургическим вмешательствам. Эти методики нашли широкое применение в кардиоанестезиологии, торакальной хирургии и интенсивной терапии [7–10, 15, 17, 22]. Однако существенным недо-

статком методики пульмональной термодилуции является ее высокая инвазивность, связанная с необходимостью катетеризации легочной артерии и, следовательно, сопряженная с развитием серьезных осложнений [24, 28]. Методика транспульмональной термодилуции, реализованная в мониторах PiCCO, технически более проста, для ее реализации требуются болюсные введения охлажденного раствора (термоиндикатора) в любую центральную вену и наличие снабженного термодатчиком артериального катетера. Вместе с тем методика имеет и свои недостатки: она требует использования специальных одноразовых расходных материалов; положение термистора артериального катетера может оказывать значительное влияние на точность измерения, а частое проведение термодилуции приводит к введению в сосудистое русло значительного объема холодного термодилуанта [17].

С учетом того, что мониторинг гемодинамики является важнейшей составной частью обеспечения безопасности операционного периода, одно из главных требований, предъявляемых к мониторингу гемодинамики на современном этапе, — наличие минимального количества осложнений (малая инвазивность). Применение инвазивных методов оценки гемодинамического статуса является оправданным далеко не в каждом случае плановой операции на позвоночнике [5]. Известно, что при катетеризации магистральных сосудов в стандартной ситуации общее количество осложнений может достигать 19,0%, а наличие деформаций позвоночника и грудной клетки, в частности у больных сколиозом, определяет дополнительные технические трудности, обусловленные изменением топографии сосудов, что, естественно, сопровождается увеличением частоты осложнений [18, 25].

Диагностические возможности существующих современных методов неинвазивной оценки гемодинамического статуса оперируемых являются недостаточно изученными и освещенными в литературе [3, 18, 21,

23, 30]. В отечественных публикациях имеются лишь единичные сведения об использовании методов импедансной кардиографии (ИКГ) и импедансной плетизмографии (ИПГ) для оценки основных параметров центральной и периферической гемодинамики при выполнении сложных нестандартных хирургических операций на позвоночнике [11, 12].

Таким образом, есть основания утверждать, что в настоящее время диагностические возможности неинвазивной оценки параметров системного кровообращения, которые позволили бы в режиме реального времени получить необходимую информацию о состоянии волевого статуса, сократимости сердца, состоянии интерстициального пространства легких, состоянии кровотока в нижних конечностях, недостаточно исследованы.

Цель исследования — анализ диагностических возможностей методов ИКГ и ИПГ при выполнении вертеброхирургических операций высокого риска.

Материал и методы

Проанализированы результаты хирургического лечения 45 больных с деформациями позвоночника различного генеза, получивших плановую хирургическую помощь в отделениях детской ортопедии и травматологии Новосибирского НИИТО. Выделено две группы наблюдений: I — 30 больных, имеющих тяжелые формы сколиотической болезни (величина деформации позвоночника более 90°); II — 15 больных с травматическими повреждениями грудного отдела позвоночника. Средний возраст больных в группах — 15,4 ± 7,5 лет (I), 39,1 ± 2,7 лет (II); масса тела — 41,7 ± 6,5 кг (I), 73,1 ± 4,3 кг (II). При дооперационном обследовании у 20 (66,7%) больных I группы отмечали резкое нарушение вентиляционной функции легких, связанное с основным заболеванием, что клинически соответствовало хронической дыхательной недостаточ-

ности II–III ст. Малые аномалии развития сердца выявлены у 19 (63,3%) больных, заболевания мочевыделительной системы — у 10 (33,3%), органов желудочно-кишечного тракта — у 12 (40,0%), болезни крови — у 1 (3,3%). Наличие у большинства больных I группы клинически значимых полиорганных дисфункций определяло их физический статус, по классификации ASA соответствующий III функциональному классу. Основными сопутствующими заболеваниями у больных II группы были артериальная гипертензия — 3 больных (20,0%), заболевания органов дыхания без признаков дыхательной недостаточности — 3 (20,0%), органов желудочно-кишечного тракта и печени — 2 (13,3%), железодефицитная анемия легкой степени — 2 (13,3%), заболевания нервной системы — 1 (6,7%), мочевыводящей — 1 (6,7%). Сочетание нескольких хронических заболеваний определило у 13,3% больных физический статус, соответствующий III функциональному классу по классификации ASA.

У всех больных применены современные технологии многоэтапного хирургического лечения с последовательным вмешательством на вентральных и дорсальных отделах позвоночника в объеме однократно выполняемой операции. Первым этапом в положении больных на боку в I группе выполняли многоуровневую мобилизующую дискэктомию, во II — корригирующий моно- или бисегментарный спондилодез эндофиксаторами. Вторым этапом в положении больных на животе (с разгрузкой брюшной стенки) в I группе выполняли дорсальный спондилодез сегментарным инструментарием III поколения, в ряде случаев в сочетании с транспедикулярной фиксацией, во II — транспедикулярную или комбинированную ламинарно-транспедикулярную фиксацию с использованием различных типов хирургического инструментария. Продолжительность хирургического вмешательства в I группе — $223,1 \pm 12,2$ мин, во II — $269,0 \pm 8,1$ мин. Объем интраоперационной кровопотери в I группе — $27,0 \pm 3,2\%$ ОЦК, во II — $7,7 \pm 0,7\%$.

Методика анестезии. Все больные оперированы в условиях варианта многокомпонентной ТВА с использованием гипнотика пропофола с инфузией по целевой концентрации (ИЦК) и ИВЛ. Премедикация в группах отличий не имела и включала внутримышечное введение дормикума ($0,100$ мг/кг) и димедрола в возрастной дозе. Индукция в анестезию в группах отличий не имела и проводилась последовательным внутривенным введением атропина ($0,007$ – $0,010$ мг/кг), фентанила ($0,002$ мг/кг) и пропофола ($2,000$ – $2,500$ мг/кг). Интубацию трахеи выполняли у больных в I группе после введения лисленона ($2,000$ мг/кг), во II — после введения эсмерона ($0,060$ – $1,000$ мг/кг). Управление ИЦК пропофола с целью поддержания анестезии начинали после перевода больного на ИВЛ и проводили с использованием фармакокинетической модели по Schnider (TCI) с использованием системы «ФМ-Контроллер» на фоне болюсного введения фентанила ($0,004$ – $0,005$ мг/кг/ч). Целевую концентрацию в группах выбирали в соответствии с учетом травматичности этапов хирургической операции, она соответствовала значениям в эффекторной зоне ($2,500$ – $4,000$ мкг/мл). Поддержание миоплегии осуществлялось нимбексом ($0,060$ – $0,100$ мг/кг/ч) или эсмероном ($0,500$ – $0,600$ мг/кг/час). С целью усиления антиноцицептивной защиты дополнительными компонентами в программе анестезиологического обеспечения у больных в I группе были стресс-протектор клофелин ($0,004$ – $0,005$ мкг/кг/ч) и блокада NMDA-рецепторов субанестетическими дозами кетамина ($0,250$ мг/кг/ч). ИВЛ осуществляли аппаратом «Fabius Plus» в режиме IPPV с МОД, обеспечивающим $ETCO_2$ 32 – 37 мм рт. ст.

Инфузионно-трансфузионное обеспечение. Объем и качество инфузионно-трансфузионного обеспечения определяли на основе количественного учета объема и темпа кровопотери, физиологических потребностей в жидкости, контроля за показателями гемодинамики, эритроцитов, гемогло-

бина, гематокрита, почасового диуреза. Во время хирургического вмешательства поддерживали режим умеренной (гематокрит $28,8 \pm 4,4$ л/л) гемодилуции. При кровопотере 15 – 30% ОЦК эффективный уровень волемии поддерживался использованием кристаллоидов и коллоидных плазмозаменителей. Темп инфузии кристаллоидов в среднем составил $10,400 \pm 1,000$ мл/кг/ч, коллоидов — $5,400 \pm 0,700$ мл/кг/ч. Препаратами выбора среди коллоидов были гелофузин и волювен как плазмозаменители, обладающие минимальным негативным влиянием на коагуляционный и сосудистотромбоцитарный гемостаз. Значения гемоглобина менее 80 г/л и гематокрита менее 25 л/л являлись критериями для обязательной трансфузии эритроцитарной массы. Введение СЗП с целью гемостаза в ране начинали при кровопотере, достигающей $30,0\%$ ОЦК и более.

Мониторинг. Обязательный мониторинг безопасности включал регистрацию АД, ЧСС, ЭКГ, SpO_2 , FiO_2 , $ETCO_2$, термоконтроль. Оценка глубины анестезии и состояния миоплегии в группах проводили на основе регистрации биспектрального индекса электроэнцефалограммы (BIS) и электромиографии с использованием монитора «Aspect BIS XP». Уровень BIS определяли пределами 35 – 55 (с учетом травматичности этапов операции), как соответствующий оптимальному гипнотическому эффекту при выполнении вертеброхирургических вмешательств.

У всех больных применен расширенный неинвазивный мониторинг показателей гемодинамики с использованием системы «NICCOMO» (Германия), использующей методы ИКГ и ИПГ. В основе метода ИКГ лежит определение синхронных пульсовых изменений потока и объема крови в грудной аорте, которые создают изменение электрического сопротивления (импеданса) грудной клетки переменному току. Изменения импеданса за определенный интервал времени используются для измерения или расчета основных гемодинами-

ческих параметров и их нормализованных значений. Одним из наиболее важных определяемых неинвазивно показателей является ударный объем (УО) сердца. Как и большинство современных импедансных кардиографов, монитор «NICCOMO» использует для вычисления УО формулу Bernstein — Sramek. С учетом физиологических отклонений величины УО из-за респираторного эффекта монитор определяет его по среднему значению за 16–30 сокращений сердца. Для осуществления метода требуется наложение четырех двойных токоподающих и токопринимающих электродов. Две пары электродов накладываются на обе стороны шеи в проекции магистральных сосудов, две другие пары располагаются на грудной клетке с обеих сторон (рис. 1).

У всех больных регистрировали УО, ударный индекс (УИ), сердечный выброс (СВ), сердечный индекс (СИ), индекс доставки к тканям кислорода (DO_2), объем свободной внесосудистой жидкости

(СВЖ) в легких, индекс свободной внесосудистой жидкости (ИСВЖ) в легких, системное сосудистое сопротивление, индекс системного сосудистого сопротивления (ИССС), параметры сократимости миокарда, в частности индекс скорости и индекс Heather. У 40,0% больных сколиозом с высоким риском развития возможных неврологических осложнений регистрировали параметры ИПГ, в частности периферический базовый импеданс (PZO) измеряемого сегмента нижних конечностей. Исследования проводили поэтапно: 1) после премедикации; 2) индукция анестезии, начало ИВЛ; 3) поворот больного на бок; 4) пневмоторакс; 5) поворот больного на живот; 6) коррекция деформации позвоночника; 7) конец хирургической операции.

Проведен статистический анализ полученных результатов с использованием программы «Statistica» с вычислением значений средних арифметических величин, среднеквадратического отклонения. Достоверность различий внутри групп оценивали по критерию

Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$. Для определения корреляционной зависимости между показателями высчитывали коэффициент корреляции Пирсона. Межгрупповое сравнение вариационных рядов не проводили в связи с их несопоставимостью по возрасту и массе тела больных соответственно.

Результаты и их обсуждение

Показатели УО на первом этапе исследования у больных в группах наблюдений находились в пределах физиологических значений для исследуемого параметра (табл.). На этапах индукции анестезии и повороте больного в положение на бок показатели УО снижались в обеих группах. Осуществление хирургического пневмоторакса и хирургических манипуляций на вентральных отделах позвоночника сопровождалось максимальным снижением показателей УО в анализируемых группах, которые составили $41,0 \pm 6,3$ мл у больных I группы и $47,5 \pm 4,5$ мл — II, что меньше исходных значений показателя на 37,6 и 39,9% соответственно ($p < 0,05$). Зарегистрированное снижение показателей УО на этом этапе исследования определяли затруднением венозного возврата крови, обусловленного положением больного на операционном столе (на боку) и отрицательными эффектами открытого пневмоторакса. Более значительное снижение УО в сравнении с исходными значениями у больных II группы можно объяснить тем обстоятельством, что основной этап операции выполнялся у этой группы больных в условиях гиперэкстензии грудного отдела позвоночника (на поднятом валике операционного стола). Зарегистрированная динамика показателей УО в обеих группах требовала увеличения темпа инфузионной поддержки на этом этапе хирургического вмешательства. После герметизации грудной клетки и последующего поворота больного в положение на живот отмечено увеличение показателей УО в обеих группах. Однако в дальнейшем заре-



Рис. 1

Проведение мониторинга по методу импедансной кардиографии с использованием системы «NICCOMO»

Таблица

Параметры центральной гемодинамики на этапах исследования в группах наблюдений ($M \pm \sigma$)

Этапы исследований	Группа	Ударный объем сердца, мл	Сердечный выброс, л/мин	Индекс скорости, 1/1000/с	Индекс Heather, Ом/с ²
После премедикации	I	65,7 ± 6,2	5,3 ± 0,3	77,8 ± 5,8	17,9 ± 2,0
	II	79,0 ± 7,6	5,3 ± 0,5	84,1 ± 11,9	12,7 ± 2,6
Индукция анестезии	I	62,5 ± 5,8	5,4 ± 0,5	70,4 ± 5,9*	16,3 ± 1,9
	II	75,5 ± 4,6	5,6 ± 0,4	67,8 ± 5,2*	12,5 ± 1,5
Поворот больного на бок	I	53,2 ± 5,2*	4,7 ± 0,5*	69,6 ± 9,4*	16,8 ± 3,7
	II	68,1 ± 3,5*	4,5 ± 0,3*	59,9 ± 5,9*	13,3 ± 2,1
Пневмоторакс	I	41,0 ± 6,3*	3,7 ± 0,6*	47,3 ± 10,1*	9,8 ± 4,6*
	II	47,5 ± 4,5*	4,1 ± 0,4*	56,6 ± 19,5*	5,4 ± 0,6*
Поворот больного на живот	I	54,9 ± 5,1*	4,6 ± 0,4*	58,3 ± 4,4*	12,2 ± 1,2*
	II	60,3 ± 5,2*	4,4 ± 0,4*	50,3 ± 5,9*	8,7 ± 1,7*
Коррекция деформации позвоночника	I	52,5 ± 5,1*	3,8 ± 0,4*	51,3 ± 4,4*	9,4 ± 1,1*
	II	59,8 ± 8,8*	4,1 ± 0,4*	50,0 ± 5,8*	8,2 ± 1,5*
Окончание операции	I	57,1 ± 6,5	4,0 ± 0,4*	61,5 ± 13,8*	6,9 ± 0,7*
	II	75,2 ± 10,8	6,2 ± 0,8*	97,7 ± 10,1*	10,6 ± 1,0*

*p < 0,05 — достоверность различий в сравнении с исходными значениями.

гистрировано продолжающееся снижение УО, и только в конце операции, при уменьшении дозы препаратов, используемых для анестезии, с последующим прекращением их подачи, у больных в обеих группах отмечалось увеличение показателей УО; разница с исходными значениями сокращалась у больных в I группе до 13,1% ($p < 0,05$), во II — до 4,8% ($p < 0,05$). Наблюдались синхронные с УО статистически значимые изменения УИ (рис. 2). Зарегистрировано повышение показателей СВ и СИ на этапе индукции анестезии, что безусловно являлось увеличением ЧСС в результате введения М-холинолитика у больных I группы на 10,1%, II — на 16,9% в сравнении с исходными значениями. На последующих этапах исследований показатели СВ и СИ были достоверно ниже исходных значений, при этом они не выходили за рамки нижней границы допустимых функциональных отклонений. В конце операции у пациентов I группы показатели СВ были на 24,5% и СИ на 22,8% ниже исходных значений, тогда как во II группе наблюдалось достоверное увеличение исследуемых показателей в сравнении с исходными данными: СВ — на 17,0%

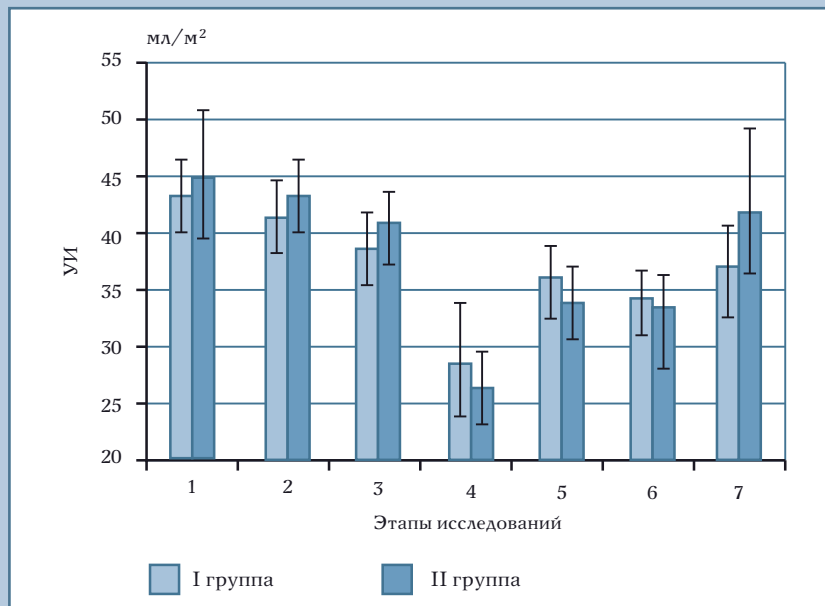


Рис. 2

Динамика ударного индекса (УИ) на этапах исследований в группах наблюдений

и СИ — на 6,3% (табл., рис. 3). Зарегистрированная динамика СВ и СИ на этом этапе исследования у больных II группы была обусловлена уменьшением

уровня седации (BIS 75), что сопровождалось учащением сердечных сокращений на 12,0%, у больных I группы уровень медикаментозного сна оста-

вался более глубоким (BIS 60–65); изменений ЧСС не отмечалось. На наш взгляд, это обусловлено воздействием дополнительных компонентов анестезии — клофелина и субанестетических доз кетамина, обеспечивающих у больных I группы более эффективный уровень анальгезии в конце операции. DO_2 статистически значимо снижался на этапах исследования в обеих группах (рис. 4). Максимальное снижение DO_2 в сравнении с исходными значениями наблюдалось у больных в I группе в конце операции на 18,8% и являлось следствием ухудшения качества гемодинамики и кровопотери. Клинически значимых отклонений показателя DO_2 на этапах исследований в группах в сравнении с соответствующими условно допустимыми отклонениями не зарегистрировано. Параметры сократимости миокарда характеризовались однозначной направленностью на этапах хирургического вмешательства в обеих группах, что свидетельствовало о постепенном и поэтапном снижении исследуемых показателей и являлось следствием кардиодепрессивного эффекта используемых в программе анестезии препаратов, в частности пропофола. Но даже при максимальном снижении значений параметров сократимости они не выходили за рамки существующих допустимых пределов (табл.).

Зарегистрирована однонаправленность динамики показателя ИССС в исследуемых группах (рис. 5). Этапы индукции анестезии и поворот больного в положение на бок сопровождалось снижением показателей в сравнении с исходными значениями ($p < 0,05$). Безусловно, подобная динамика ИССС обусловлена вазодилатирующим эффектом пропофола. Выполнение основного этапа хирургического вмешательства на вентральном отделе позвоночника сопровождалось немедленным и резким повышением ИССС в сравнении с предыдущим этапом исследования (в I группе на 32,1%, во II — на 38,3%), обусловленным известными негативными эффектами открытого пневмоторакса и специфиче-

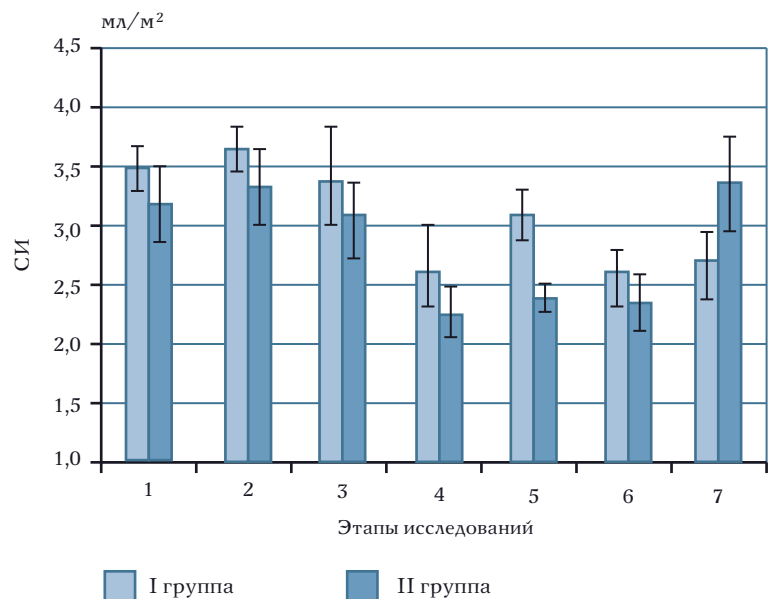


Рис. 3

Динамика сердечного индекса (СИ) на этапах исследований в группах наблюдений

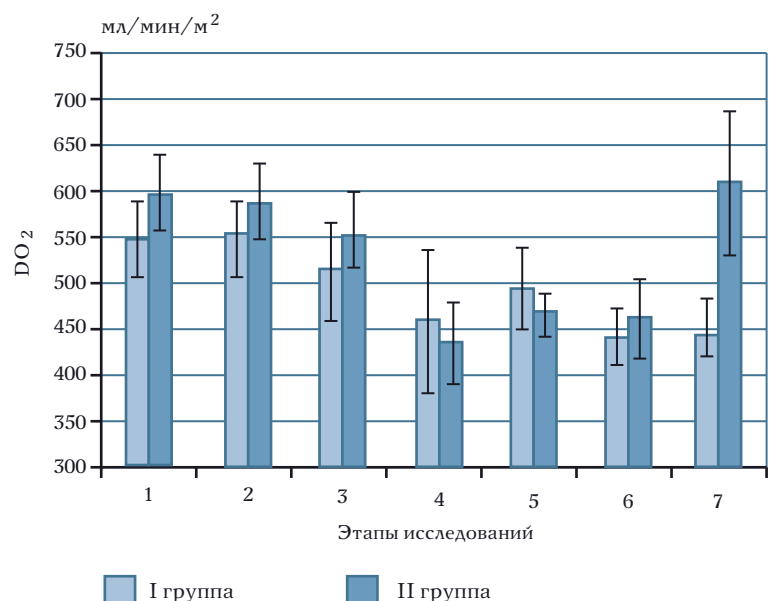


Рис. 4

Динамика индекса доставки к тканям кислорода (DO_2) на этапах исследований в группах наблюдений

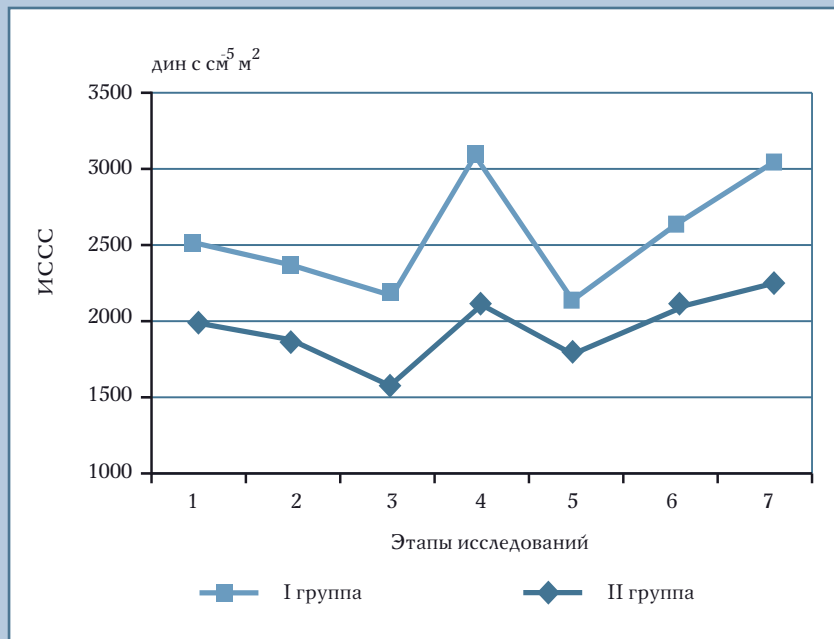


Рис. 5

Динамика индекса системного сосудистого сопротивления (ИССС) на этапах исследований в группах наблюдений

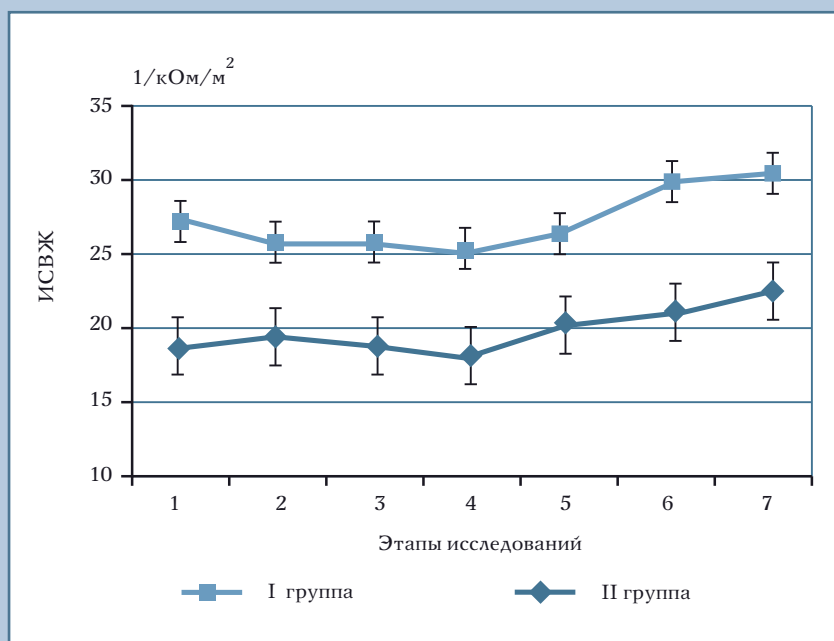


Рис. 6

Динамика индекса свободной внесосудистой жидкости (ИСВЖ) в легких на этапах исследований в группах наблюдений

ческими особенностями, связанными с потребностями хирургических манипуляций на этом этапе хирургического вмешательства (смещением органов средостения, коллабированием легкого, смещением купола диафрагмы, гиперэкстензией грудного отдела позвоночника). После устранения хирургического пневмоторакса отмечалось снижение исследуемых показателей, однако на всех последующих этапах отмечался поэтапный рост ИССС, более выраженный у больных во II группе ($p < 0,05$). К концу операции отмечено накопление СВЖ в интерстициальном пространстве легких в обеих группах (рис. 6). Так, прирост ИСВЖ у больных во I группе составил $15,6 \pm 1,0\%$ ($p < 0,05$) против $9,2\%$ во II ($p < 0,05$). Установлены сильные корреляционные связи показателей ИСВЖ у больных I группы с динамикой СИ и индексом Heather. Коэффициент Пирсона для СИ: $r = -0,88$; для индекса Heather: $r = -0,82$. Зарегистрированная динамика ИСВЖ вполне соответствует известному факту, что даже при небольшом снижении СВ происходит интенсивное (до 4 мл/кг) накопление жидкости в интерстициальном пространстве легких [4].

В случаях необходимости мониторинга функции спинного мозга система неинвазивного мониторинга гемодинамических параметров позволяла в режиме реального времени оценить параметры ИПГ, в частности PZ0, изменения которого при развитии спинального шока могут быть обусловлены потерей вазомоторного тонуса с избыточным кровенаполнением сосудов нижних конечностей и соответствующими сдвигами венозного объема крови в измеряемом сегменте. Так как не существует точного стандарта для расположения электродов, нас интересовали не абсолютные значения PZ0, а их изменения в динамике. Указанный вариант мониторинга был применен у 12 (40,0%) больных сколиозом с высоким риском развития неврологических осложнений, требующих проведения интраоперационного мониторинга функции спинного мозга. Ни в одном случае мы не отме-

тели сколько-нибудь значимых изменений исходных значений базового импеданса, как на этапах операции, предшествующих коррекции деформации позвоночника, так и после завершения основных корригирующих мероприятий.

Есть сведения, что особенности укладки больного на операционном столе, массивная кровопотеря и применяемые методы анестезиологического обеспечения при вертеброхирургических вмешательствах негативно влияют на состояние центральной гемодинамики вплоть до развития субкомпенсации сердечной деятельности [3, 6, 13, 18, 19, 27, 29]. Анализ полученной нами в процессе ИКГ и ИПГ мониторинга информации позволил установить, что основными факторами, определяющими изменения гемодинамического статуса больного, которые должны учитываться в вертеброхирургической практике, являются интраоперационное положение, специфические особенности этапа хирургической операции, связанные с торакотомией, проявления фармакологических эффектов используемых для анестезиологической защиты препаратов. Установле-

но, что у больных сколиозом при продолжительности операций в пределах трех часов, сопровождающихся значительной (в ряде случаев массивной) интраоперационной кровопотерей, требующей соответствующего адекватного инфузионно-трансфузионного обеспечения, наблюдалось более значимое накопление СВЖ в интерстициальном пространстве легких. Вместе с тем из других отраслей хирургии известно, что показатель содержания внесосудистой воды в легких коррелирует со шкалой повреждения легких и предопределяет тяжесть и частоту возможных осложнений в виде дыхательной и легочно-сердечной недостаточности во время операции и в послеоперационном периоде [4, 5, 9, 31]. Хотелось бы отметить, что после хирургической коррекции сколиоза ни в одном случае в послеоперационном периоде мы не наблюдали срыва компенсации исходных респираторных нарушений. Это обстоятельство свидетельствует о том, что увеличение степени гидратации интерстициального пространства легких до 20% не является критической массой, приводящей к усугублению исходной дыхательной

недостаточности в послеоперационном периоде у больных с тяжелыми формами сколиоза с исходно неполноценной легочной тканью и значительным снижением эластических свойств легких [12].

Выводы

1. Метод ИКГ технически прост в исполнении, безопасен и позволяет в режиме реального времени получить полную информацию о характере изменений системного кровообращения, обусловленных специфическими особенностями вертеброхирургических операций.
2. Метод ИКГ позволяет контролировать выраженность фармакологических эффектов препаратов, используемых в программе анестезиологического обеспечения, установить степень гидратации интерстициального пространства легких и оценить адекватность инфузионно-трансфузионного обеспечения.
3. Метод ИПГ может являться дополнительным значимым элементом в проведении комплексного интраоперационного мониторинга функции спинного мозга.

Литература

1. **Ежевская А.А., Перльмуттер О.А., Соснин А.Г.** Комплексный подход к обеспечению операций хирургической коррекции сколиоза // II Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых по вертебологии и смежным дисциплинам, посвящ. 20-летию Центра патологии позвоночника: Тез. докл. Новосибирск, 2008. С. 45–46.
Ezhevskaya A.A., Perl'mutter O.A., Sosnin A.G. Kompleksnyy podhod k obespecheniyu operatsiy hirurgical'skoy korrektsii skolioza // II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh po vertebrologii i smezhnym distsiplinam, posvyashch. 20-letiyu Tsentra patologii pozvonochnika: Tez. dokl. Novosibirsk, 2008. S. 45–46.
2. **Еналдиева Р.В.** Клинико-функциональная оценка и обоснование коррекции нарушений кардиогемодинамики при сколиотической болезни: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2006.
Enal'dieva R.V. Kliniko-funktsional'naya otsenka i obosnovanie korrektsii narusheniy kardiogemodinamiki pri skolioticheskoy bolezni: Avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. M., 2006.
3. **Ильченко Е.В.** Анестезиологическое обеспечение хирургической коррекции сколиоза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Красноярск, 2002.
Il'chenko E.V. Anesteziologicheskoe obespechenie hirurgical'skoy korrektsii skolioza: Avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Krasnoyarsk, 2002.
4. **Кассиль В.Л., Лескин Г.С., Выжигина М.А.** Респираторная поддержка. М., 1997.
Kassil' V.L., Leskin G.S., Vyzhigina M.A. Respiratornaya podderzhka. M., 1997.
5. **Киров М.Ю.** Современный мониторинг гемодинамики в отделении анестезиологии и интенсивной терапии // Сиб. консилдум. 2007. № 2 (57). С. 40–41.
Kirov M.Yu. Sovremennyy monitoring gemodinamiki v otdelenii anesteziologii i intensivnoy terapii // Sib. konsilium. 2007. № 2 (57). S. 40–41.
6. **Кралин А.Б., Аржакова Н.И.** Особенности анестезиологического и инфузионно-трансфузионного обеспечения операций по поводу сколиоза // Адаптация различных систем организма при сколиотической деформации позвоночника. Методы лечения: Тез. докл. междунар. симпозиума. М., 2003. С. 142–144.
Kralin A.B., Arzhakova N.I. Osobennosti anesteziologicheskogo i infuzionno-transfuzionnogo obespecheniya operatsiy po povodu skolioza // Adaptatsiya razlichnykh sistem organizma pri skolioticheskoy deformatsii pozvonochnika. Metody lecheniya: Tez. dokl. mezhdunar. simpoziuma. M., 2003. S. 142–144.
7. **Кузьков В.В., Киров М.Ю., Недашковский Э.В.** Волюметрический мониторинг на основе транспульмональной термодилуции в анестезиологии и интенсивной терапии // Анестезиология и реаниматология. 2003. № 4. С. 67–73.
Kuz'kov V.V., Kirov M.Yu., Nedashkovskiy E.V. Volymetricheskyy monitoring na osnove transpul'monal'noy termodylutsii v anesteziologii i intensivnoy terapii // Anesteziologiya i reanimatologiya. 2003. № 4. S. 67–73.

8. **Кузков В.В., Суборов Е.В., Уваров Д.Н. и др.** Волнометрический мониторинг гемодинамики при обширных торакальных вмешательствах // Десятый съезд Федерации анестезиологов и реаниматологов. СПб., 2006. С. 224–226.
Kuz'kov V.V., Suborov E.V., Uvarov D.N. i dr. Volyumetricheskij monitoring gemodinamiki pri obshirnyh torakal'nyh vmeshatel'stvah // Desyatyy s'ezd Federatsii anesteziologov i reanimatologov. SPb., 2006. S. 224–226.
9. **Кузков В.В., Уваров Д.Н., Вишняков М.Н. и др.** Динамика внесосудистой воды легких после обширных торакальных вмешательств по данным транспульмональной термодилуции // Сиб. консилуим. 2007. № 2 (57). С. 45–46.
Kuz'kov V.V., Uvarov D.N., Vishnyakov M.N. i dr. Dinamika vnesosudistoy vody legkih posle obshirnyh torakal'nyh vmeshatel'stv po dannym transpul'monal'noy termodylyutsii // Sib. konsilium. 2007. № 2 (57). S. 45–46.
10. **Курилова О.А., Выжигина М.А., Сандриков В.А. и др.** Влияние комбинированной анестезии на основе пропофола на развитие адаптационных механизмов к искусственной одноклоночной вентиляции большой продолжительности // Анестезиология и реаниматология. 2010. № 2. С. 4–13.
Kurilova O.A., Vyzhigina M.A., Sandrikov V.A. i dr. Vliyaniye kombinirovannoy anestezii na osnove propofola na razvitiye adaptatsionnyh mekhanizmov k iskustvennoy odnoklochnoy ventilyatsii bol'shoy prodolzhitel'nosti // Anesteziologiya i reanimatologiya. 2010. № 2. S. 4–13.
11. **Лебедева М.Н., Агеев А.М., Шевченко В.П. и др.** Гемодинамический статус на этапах хирургической коррекции тяжелых форм сколиоза в условиях различных вариантов анестезиологической защиты // Хирургия позвоночника. 2009. № 4. С. 62–69.
Lebedeva M.N., Ageenko A.M., Shevchenko V.P. i dr. Gemodinamicheskiy status na etapah hirurgicheskoy korrektsii tyazhelyh form skolioza v usloviyah razlichnyh variantov anesteziologicheskoy zashchity // Hirurgiya pozvonochnika. 2009. № 4. S. 62–69.
12. **Лебедева М.Н.** Анестезиологическая защита на этапах хирургического лечения больных с тяжелыми деформациями позвоночника: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 2010.
Lebedeva M.N. Anesteziologicheskaya zashchita na etapah hirurgicheskogo lecheniya bol'nyh s tyazhelymi deformatsiyami pozvonochnika: Avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. Novosibirsk, 2010.
13. **Лебединский К.М., Захаров Д.А., Шевкуленко Д.А. и др.** О динамике подходов к мониторингу сердечного выброса в анестезиологии и интенсивной терапии // Современная клиническая больница: актуальные проблемы управления, профилактики, диагностики, лечения. СПб., 2002. С. 129–130.
Lebedinskiy K.M., Zaharov D.A., Shevkulenko D.A. i dr. O dinamike podhodov k monitoringu serdechnogo vybrosa v anesteziologii i intensivnoy terapii // Sovremennaya klinicheskaya bol'nitsa: aktual'nyye problemy upravleniya, profilaktiki, diagnostiki, lecheniya. SPb., 2002. S. 129–130.
14. **Михайловский М.В., Фомичев Н.Г.** Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск, 2002.
Mihaylovskiy M.V., Fomichev N.G. Hirurgiya deformatsiy pozvonochnika. Novosibirsk, 2002.
15. **Мороз В.В., Лукач В.Н., Шифман Е.М. и др.** Сепсис (клинико-патфизиологические аспекты интенсивной терапии). Петрозаводск, 2004.
Moroz V.V., Lukach V.N., Shifman E.M. i dr. Sepsis (kliniko-patofiziologicheskie aspekty intensivnoy terapii). Petrozavodsk, 2004.
16. **Рерих В.В.** Хирургическая тактика и организация специализированной помощи при неосложненных повреждениях позвоночника: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 2009.
Rerih V.V. Hirurgicheskaya taktika i organizatsiya spetsializirovannoy pomoshchi pri neoslozhnennyh povrezhdeniyah pozvonochnika: Avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. Novosibirsk, 2009.
17. **Толстова И.А., Аксельрод Б.А., Яворовский А.Г.** Диагностика волевических нарушений у кардиохирургических больных: современное состояние проблемы // Анестезиология и реаниматология. 2010. № 2. С. 60–66.
Tolstova I.A., Aksel'rod B.A., Yavorovskiy A.G. Diagnostika volemicheskikh narusheniy u kardiohirurgicheskikh bol'nyh: sovremennoye sostoyaniye problemy // Anesteziologiya i reanimatologiya. 2010. № 2. S. 60–66.
18. **Ульрих Г.Э.** Анестезиологическое обеспечение операций на позвоночнике у детей: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 2005.
Ul'rih G.E. Anesteziologicheskoye obespecheniye operatsiy na pozvonochnike u detey: Avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. SPb., 2005.
19. **Ульрих Г.Э., Мохаммед Хусейн Я.Я., Качалова Е.Г.** Реакция кровообращения у детей с деформациями позвоночника, при повороте в положении лежа на животе, в условиях анестезии // Травматология и ортопедия: Тез. докл. Хабаровск, 2004. С. 56–57.
Ul'rih G.E., Mohammed Huseyn Ya.Ya., Kachalova E.G. Reaktsiya krovoobrascheniya u detey s deformatsiyami pozvonochnika, pri povorote v polozhenii lezha na zhivote, v usloviyah anestezii // Travmatologiya i ortopediya: Tez. dokl. Habarovsk, 2004. S. 56–57.
20. Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты / Под ред. М.В. Михайловского. Новосибирск, 2007.
Hirurgiya idiopaticheskogo skolioza: blizhayshie i otdalennyye rezul'taty / Pod red. M.V. Mihaylovskogo. Novosibirsk, 2007.
21. **Anderson F.A.** Impedance plethysmography in the diagnosis of arterial and venous disease // Ann. Biomed. Eng. 1984. Vol. 12. P. 79–102.
22. **Berkenstadt H., Margalit N., Hadani M., et al.** Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery // Anesth. Analg. 2001. Vol. 92. P. 984–989.
23. **Bernstein D.P.** A new stroke volume equation for thoracic electrical bioimpedance: theory and rationale // Crit. Care Med. 1986. Vol. 14. P. 904–909.
24. **Dalen J.E.** The pulmonary artery catheter – friend, foe, or accomplice? // JAMA. 2001. Vol. 286. P. 348–350.
25. **McGee D.C., Gould M.K.** Preventing complications of central venous catheterization // N. Engl. J. Med. 2003. Vol. 348. P. 1123–1133.
26. **Owen J.H.** The application of intraoperative monitoring during surgery spinal deformity // Spine. 1999. Vol. 24. P. 2649–2662.
27. **Park C.K.** The effect of patient positioning on intraabdominal pressure and blood loss in spinal surgery // Anesth. Analg. 2000. Vol. 91. P. 552–557.
28. **Polanczyk C.A., Rohde L.E., Goldman L., et al.** Right heart catheterization and cardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery: an observational study // JAMA. 2001. Vol. 286. P. 309–314.
29. **Steven H.R., Elliot B.A., Horlocker T.T.** Anesthesia, positioning and postoperative pain management for spine surgery // In: The Adult Spine: Principles and Practice / J.W. Frymoyer (ed). Philadelphia, 1997. P. 703–718.
30. **Woltjer H.H., Bogaard H.J., Bronzwaer J.G., et al.** Prediction of pulmonary capillary wedge pressure and assessment of stroke volume by noninvasive impedance cardiography // Am. Heart J. 1997. Vol. 134. P. 450–455.
31. **Zeravik J., Borg U., Pfeiffer U.J.** Efficacy of pressure support ventilation dependent on extravascular lung water // Chest. 1990. Vol. 97. P. 1412–1419.

Адрес для переписки:

Лебедева Майя Николаевна
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
НИИТО,
MLebedeva@niito.ru

Статья поступила в редакцию 19.01.2011