ФГБОУ ВО
«СЕВЕРО-ОСЕТИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ» МЗ РФ

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

(Руководство для врачей)

Владикавказ – 2021

УДК 616-089.168(075.8)
ББК 54.56я7
И73

Авторский коллектив:

Слепушкин Виталий Дмитриевич – заведующий кафедрой анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии Северо-Осетинской государственной медицинской академии, Заслуженный деятель науки РФ, доктор медицинских наук, профессор.

Колесников Андрей Николаевич – заведующий кафедрой анестезиологии и реанимации Донецкого национального медицинского университета, доктор медицинских наук, профессор.

Английский текст – канд. филол. наук, доцент *Шульга Елена Витальевна*

Рецензенты:

Лебедева Елена Александровна – д.мед.н., доцент, зав. кафедрой анестезиологии и реаниматологии Ростовского государственного медицинского университета МЗ РФ

Китиашвили Ираклий Зурабович – д.мед.н., профессор, зав. кафедрой анестезиологии и реаниматологии Астраханской медицинской академии МЗ РФ, руководитель службы анестезиологии и реанимации ГБУЗ АО Александро-Мариинской областной клинической больницы, главный внештатный анестезиолог-реаниматолог МЗ Астраханской области.

И73 Интраоперационный мониторинг [Текст]: Руководство для врачей / Слепушкин В.Д., Колесников А.Н.– Владикавказ, 2021– 96 с.

Настоящее руководство предназначено для анестезиологов-реаниматологов, ординаторов, аспирантов и студентов старших курсов.

УДК 616-089.168(075.8)
ББК 54.56я7

© Слепушкин В.Д., Колесников А.Н., 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
Глава 1. Мониторинг уровня седации. Слепушкин В.Д. 10
Глава 2. Мониторинг кровообращения. Колесников А.Н. 15
2.1. Факторы риска сердечно-сосудистых осложнений..... 17
2.2. Дополнительные факторы риска кардиальных осложнений и направления анестезиологической защиты..... 21
2.3. Периоперационный мониторинг гемодинамики..... 22
2.4. Рутинный (стандартный) мониторинг кровообращения 28
2.4.1. Оценка частоты сердечных сокращений..... 28
2.4.2. Мониторинг артериального давления 30
2.4.3. Электрокардиография..... 39
2.4.4. Измерение сердечного выброса..... 53

Глава 3. Мониторинг дыхания. Колесников А.Н. 60
3.1 Принципы мониторинга функции внешнего дыхания.... 60
3.2 Пульсоксиметрия..... 62
3.3 Мониторинг концентрации углекислого газа в конце выдоха (капнография) 66

Глава 4. Мониторинг нейро-мышечной функции. Слепушкин В.Д. ...71

Глава 5. Мониторинг степени обезболивания. Слепушкин В.Д..... 76

Глава 6. Интраоперационная оценка волемического статуса ..... Слепушкин В.Д..... 82

Список сокращений 91
Список литературы 92

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности пациента, находящегося в состоянии анестезии, является важнейшей обязанностью анестезиолога. «Бдительность» – девиз Американского общества анестезиологов (the American Society of Anesthesiology – ASA). Для эффективного обеспечения безопасности необходима система адекватного наблюдения за пациентом во время проведения анестезиологического пособия, поэтому ASA приняло стандарты интраоперационного мониторинга: впервые в 1986 году, пересмотренные – в 2010 году и, как видно ниже, в 2021 году.

В настоящее время отделения анестезиологии-реаниматологии имеют 70% всей аппаратуры, находящейся в клинике и эту аппаратуру необходимо знать.

Анестезиолог должен уметь правильно интерпретировать параметры мониторинга жизненноважных функций и принимать адекватное решение при их изменениях, требующих быстрой коррекции. Также анестезиолог должен разбираться в особенностях использования сложного мониторного оборудования, включая экономические аспекты, исходя из принципа «затраты/эффективность».

В ближайшие годы анестезиологи, в том числе и в нашей стране, больше будут похожи на операторов центра управления космическими полетами, что было продемонстрировано на конгрессе анестезиологов в Вене в 2019 году.

Кстати между анестезиологом и космонавтом есть нечто общее. В конце 60-х годов прошлого столетия, когда начиналась эра длительных космических полетов и становления анестезиологии-реаниматологии как самостоятельной науки, в научно-исследовательском институте биофизики АМН СССР были проведены интересные исследования. Оценивалось количество энергии, которое затрачивалось космонавтом во время взлета и посадки космического аппарата, а также количество энергии, которое затрачивалось анестезиологом во время не совсем удачной интубации и экстубации больного. Оказалось,

что количество затрачиваемой энергии было приблизительно равным! Только ни тогда, ни сейчас оценка труда двух сравниваемых профессий не была равной! В последние годы при развитии так называемой пандемии коронавируса анестезиологов-реаниматологов начали называть «элитой медицины», «спецназом медицины». Но, как говорил мудрец из восточных сказок Ходжа Насреддин, «Сколько не говори халва, во рту слаще не станет!».

Безусловно, что стандарт мониторинга обеспечения безопасности пациента при проведении анестезиологического пособия включает не только считывание параметров приборов, но и целый комплекс организационных мероприятий, что представлено в последних рекомендациях Ассоциации анестезиологов [Klein A.A. et al., 2021]:

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТАНДАРТОВ МОНИТОРИНГА ВО ВРЕМЯ АНЕСТЕЗИИ И ВЫЗДОРОВЛЕНИЯ, 2021 год

1. Адекватный надзор требует, что анестезиологу следует присутствовать во время проведения анестезии или назначения процедурной седации.

2. Общая анестезия требует минимального мониторинга ЭКГ, SpO_2 кислородной емкости крови, измерения артериального давления неинвазивным способом и капнографии, которые должны быть проверены на правильность функции и начаты перед введением анестезии, и продолжены в течение всего времени анестезии, перевода в PACU и выздоровления. MAC с учетом возраста должен быть проведен во время использования вдыхаемых анестезирующих веществ. Капнография должна быть продолжена до тех пор, пока любой из искусственных воздухоносных путей не будет убран и ответ на вербальный контакт не будет восстановлен.

3. Региональная анестезия требует минимального мониторинга ЭКГ, измерения артериального давления неинвазивным способом и SPO2 кислородной емкости крови, которые должны начаться перед процедурой и продолжены по крайней мере в течение 30 минут после завершения блока.

4. Процедурная седация требует минимального мониторинга ЭКГ, SpO2 кислородной емкости крови и измерения артериального давления неинвазивным способом. Капнография должна быть использована во время процедурной седации, когда бы ни проявлялась потеря ответа на вербальный контакт.

5. Перевод в палату требует минимального мониторинга ЭКГ, SpO2 кислородной емкости крови и измерения артериального давления неинвазивным способом. Если воздухоносное средство остается на месте, капнография должна быть использована во время перевода в палату у пациентов под наркозом и у больных с седацией, включая перевод с места операции в послеоперационное отделение интенсивной терапии.

6. Количественный нейромышечный мониторинг должен быть

использован, когда бы ни были назначены миорелаксанты, через все фазы анестезии, от периода начала нейромышечной блокады до восстановления «соотношения 4-х ответов» больше 0,9.

7. Нейромышечный мониторинг расширенных данных должен быть использован, когда TIVA тотальная внутривенная анестезия назначена совместно с миорелаксантами. Он должен начаться перед индукцией и продолжаться по крайней мере до полного подтверждения восстановления от эффектов нейромышечной блокады. Мониторинг должен проводиться во время других анестезиологических техник, включая ингаляционную анестезию, и для пациентов группы высокого риска.

8. Мониторинг глюкозы в капиллярах крови и кетоновый мониторинг должны быть немедленно доступны в каждом месте, где пациентам проводится анестезия, и уровень глюкозы в крови должен измеряться, по крайней мере, ежечасно, у пациентов, получающих лечение диабета.

9. Пределы срабатывания сигнализации для всего оборудования должны быть установлены под специфические значения пациента. Звуковая сигнализация должна быть включенной при проведении анестезии.

10. Запись анестезии должна быть сделана с точным кратким изложением информации, обеспечиваемой всеми средствами мониторинга. Мы рекомендуем автоматизированные электронные системы записи анестезии, и то, что они будут объединены в больничную электронную систему записи состояния здоровья.

11. Добавочное оборудование и мониторинг, к которым анестезиологам следует иметь доступ, должны включать анализ газа в крови и измерение гемоглобина, и гибкую бронхоскопию.

Задача настоящего пособия укладывается в следующий алгоритм для анестезиолога во время проведения анестезиологического пособия: *знать*, что означает тот или иной параметр оценки функциональной активности системы, о чем может *говорить* отклонение того или иного параметра и что необходимо *предпринять* для коррекции нарушенной функции системы.

INTRODUCTION

Ensuring the safety of a patient who is under anesthesia is the most important responsibility of an anesthesiologist. "Vigilance" is the motto of the American Society of Anesthesiologists (the American Society of Anesthesiology – ASA). To ensure effective safety, a system of adequate monitoring of the patient during the anesthetic treatment is necessary, therefore, the ASA adopted standards for intraoperative monitoring: for the first time in 1986, revised in 2010 and, as can be seen below, in 2021.

Currently, the departments of anesthesiology and resuscitation have 70% of all the equipment located in the clinic and you need to know this equipment.

The anesthesiologist should be able to correctly interpret the parameters of monitoring vital functions and make an adequate decision when their changes require rapid correction. Also, the anesthesiologist should understand the specifics of using complex monitoring equipment, including economic aspects, based on the "cost/efficiency" principle.

In the coming years, anesthesiologists, including in our country, will be more similar to the operators of the space flight control center, which was demonstrated at the congress of anesthesiologists in Vienna in 2019.

By the way, there is something in common between an anesthesiologist and an astronaut. At the end of the 60s of the last century, when the era of long-term space flights and the formation of anesthesiology-resuscitation as an independent science began, interesting research was conducted at the Research Institute of Biophysics of the USSR Academy of Medical Sciences. The amount of energy expended by the cosmonaut during the take-off and landing of the spacecraft was estimated, as well as the amount of energy expended by the anesthesiologist during the not quite successful intubation and extubation of the patient. It turned out that the amount of energy consumed was approximately equal! Only neither then, nor now, the assessment of the work of the two compared professions was not equal! In recent years,

with the development of the so-called coronavirus pandemic, anesthesiologists-resuscitators began to be called the “elite of medicine”, “special forces of medicine”. But, as the sage from the eastern fairy tales Khoja Nasreddin said, “ No matter how many times you say “halva”, it will not become sweeter in your mouth!”.

Of course, the standard for monitoring patient safety during an anesthesiological manual includes not only reading the parameters of devices, but also a whole range of organizational measures, which is presented in the latest recommendations of the Association of Anesthesiologists [Klein A. A. et al., 2021]:

RECOMMENDATIONS FOR MONITORING STANDARDS DURING ANESTHESIA AND RECOVERY, 2021

1. Adequate supervision requires that the anesthesiologist should be present during the anesthesia or the appointment of procedural sedation.

2. General anesthesia requires minimal ECG monitoring, SpO2 blood oxygen capacity, non-invasive blood pressure measurement and capnography, which must be checked for proper function and started before anesthesia is administered, and continued throughout the entire time of anesthesia, transfer to PACU and recovery. An age-appropriate MAC should be performed during the use of inhaled anesthetic substances. Capnography should be continued until any of the artificial airways are removed and the response to verbal contact is restored.

3. Regional anesthesia requires minimal ECG monitoring, non-invasive blood pressure measurement and SPO2 oxygen capacity of the blood, which should begin before the procedure and continue for at least 30 minutes after the completion of the block.

4. Procedural sedation requires minimal monitoring of the ECG, SpO2 oxygen capacity of the blood and blood pressure measurement in a non-invasive way. Capnography should be used during procedural sedation, whenever there is a loss of response to verbal contact.

5. Transfer to the ward requires minimal monitoring of the ECG, SpO2 oxygen capacity of the blood and blood pressure measurement in a non-invasive way. If the air carrier remains in place, capnography should be used during transfer to the ward in patients under anesthesia and in patients with sedation, including transfer from the surgery site to the postoperative intensive care unit.

6. Quantitative neuromuscular monitoring should be used whenever muscle relaxants are prescribed, through all phases of anesthesia, from the period of onset of neuromuscular blockade to the restoration of the" 4-response ratio" greater than 0.9.

7. Neuromuscular monitoring of extended data should be used when TIVA total intravenous anesthesia is prescribed in conjunction with muscle relaxants. It should begin before induction and continue at least until full confirmation of recovery from the effects of neuromuscular blockade. Monitoring should be carried out during other anesthetic techniques, including inhalation anesthesia, and for high-risk patients.

8. Blood capillary glucose monitoring and ketone monitoring should be immediately available at every place where patients are undergoing anesthesia, and blood glucose levels should be measured at least hourly in patients receiving diabetes treatment.

9. The alarm limits for all equipment should be set to the specific values of the patient. The audible alarm should be turned on during anesthesia.

10. The anesthesia record should be made with an accurate summary of the information provided by all monitoring tools. We recommend automated electronic anesthesia recording systems, and that they will be combined into a hospital electronic health record system.

11. Additional equipment and monitoring to which anesthesiologists should have access should include blood gas analysis and hemoglobin measurement, and flexible bronchoscopy.

The task of this manual fits into the following algorithm for an anesthesiologist during an anesthesiological manual: to know what this or that parameter means for evaluating the functional activity of the system, what a deviation of this or that parameter can indicate and what needs to be done to correct the function of the system.

ГЛАВА 1.

МОНИТОРИНГ УРОВНЯ СЕДАЦИИ

Отсутствие сознания и психического восприятия является одним из компонентов общей анестезии и входит в само определение термина «наркоз».

Глубину анестезии во время проведения анестезиологического пособия необходимо поддерживать на определенном уровне для:

- предотвращения интра- и послеоперационного дистресс-синдрома;
- предотвращения эпизодов интраоперационного пробуждения;
- снижения расхода гипнотиков;
- сокращение времени выхода из постнаркозной депресии.

К не инструментальным методам оценки глубины седации относятся ***вербальный контак***т с пациентом и оценка ***величины зрачков***. Причем, увеличение размеров зрачков может быть следствием как поверхностной, так и очень глубокой седации с развитием гипоксии мозга.

К инструментальным методам определения глубины седации относятся:

- **Электроэнцефалография (ЭЭГ).** При начальной стадии наркоза альфа-активность замещается бета-активностью. При углублении наркоза бета-активность замещается тета-ритмом. При дальнейшем нарастании концентрации анестетика удлиняются периоды подавления ЭЭГ., которые могут перейти в отсутствие электрической активности. Непредусмотренное проявление такой активности требует немедленных реанимационных действий (Бочков А.А. с соавт., 2011). Следует констатировать, что метод оценки глубины седации по ЭЭГ в настоящее время утратил свою значимость ввиду трудности интерпретации результатов, необходимости наложения множества электродов на голову пациента.

• **BIS-технология.** Наиболее распространенная методика оценки глубины сознания при проведении анестезиологического пособия. Методика основана на преобразовании сигналов ЭЭГ, улавливанию синхронизации внутри таких сигналов и измерении корреляции между компонентами разной частоты внутри сигнала ЭЭГ (Келли С.Д., 2009). БИС-мониторы стали практически неотъемлемой частью стандарта безопасности пациента и включены в перечень необходимого оснащения отделений анестезиологии и реаниматологии в нашей стране. Представлены БИС-монитором BIS-Vista (Covidien, США) [Рис.1.1] и монитором МГА-06 (Triton, Россия) [Рис. 1.2].

Рис. 1.1. Монитор BIS-Vista и схема наложения одноразовых электродов

Рис. 1.2. БИС-монитор МГА-06 (Triton)

Приводим практические аспекты использования БИС-мониторов в анестезиологии (Слепушкин В.Д. с соавт., 2014):

• Оригинальный датчик монитора BIS-Vista достают из упаковки и накладывают на лоб пациента согласно инструкции, представленной на упаковке. Лоб пациента в местах наложения датчика предварительно обрабатывают спиртом, который вытирают насухо. В мониторе …… используют три стандартных датчика (используют при мониторировании ЭКГ), которые накладывают также после предварительной обработки кожи лба и подсоединяют электроды, которые отличаются цветом.

• Если пациенту не проводилась премедикация в палате, БИС-монитор выдает исходные показатели 95-100 (при отсутствии неврологического дефицита).

• При проведении вводного наркоза тиопенталом натрия, дипривaном, бензодианепинами, дексмедетомидином, ингаляционными анестетиками (севоран, десфлюран), ксеноном имеет место дозозависимое снижение показателя БИС-монитора, регистрируемое в реальном времени.

• Использование кетамина не коррелирует со снижением показателя БИС-монитора.

• Оптимальным уровнем показателя БИС, обеспечивающем достаточный уровень угнетения сознания при проведении хирургического вмешательства, является показатель 55-45.

• *Введение фентанила не влияет на показатель БИС-монитора!;*

• В процессе проведения анестезиологического пособия могут наблюдаться подъемы или падения значений показателя БИС-монитора.

Причины подъема показателя БИС-монитора:

– окончание действия гипнотика;

– недостаточная доза гипнотика;

– введение препаратов, содержащих янтарную или фумаровую кислоту (мафусол, реамберин, ремаксол, цитофлавин);

– использование кетамина;

– артефакты (движения головы, кашель, электрокоагуляция).

Причины снижения показателя БИС– монитора:

– увеличение дозы гипнотика;

– снижение метаболизма в ЦНС (гипоксемия, гипоксия, гипотермия, гипогликемия);

– применение препаратов сернокислой магнезии.

В монографии С.Д. Келли (2009) привлодится следующая шкала значений БИС-мониторинга во время анестезии:

• 100 – бодрствование;
• 90-80 – реакция на спокойный голос;
• 80-60 – реакция на громкую команду или покалывание;
• 60-40 – общая анестезия;
• 40-20 глубокий наркоз;
• ниже 20 – подавление вспышек на ЭЭГ;
• 0 – изолиния на ЭЭГ.

В той же монографии приводится стратегия анестезии, учитывающая клинические и физиологические мониторируемые показатели относительно показателя БИС-монитора:

• 70-60 (гипертензия, тахикардия, движения, вегетативные реакции) – поверхностная анестезия;
• 60-45 – (стабильная гемодинамика, отсутствие движений) – адекватная анестезия;
• ниже 45 (гипотензия, аритмия) – глубокий наркоз.

• ***NB!*** Введение кетамина как в виде болюса, так и в виде постоянной инфузии повышает величину БИС-спектрального индекса. Для получения рекомендуемой глубины седации по БИС-монитору 60-40 на фоне инфузии кетамина необходимо увеличивать подачу ингаляционных анестетиков или седативных препаратов (Lucie C. et al., 2021).

Компания GE Healthcare (Финляндия) производит монитор оценки глубины сознания, основанный на разновидности спектральной энтропии – **M-Entropy.**

По нашим данным (Слепушкин В.Д. с соавт., 2014) применение БИС-спектрального монитора во время анестезии снижает расход гипнотиков и анестетиков:

• Севоран, десфлуран – на 20-328%;
• Дипривaн – на 25-30%;
• Дормикум – на 10-15%;
• Реланиум – на 50-60%;
• Дексмедетомидин – на 15%.

ГЛАВА 2.

МОНИТОРИНГ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

За последние пятьдесят лет методы мониторинга гемодинамики значительно продвинулись вперед, перейдя от громоздких сфигмографов к инвазивным катетерам и неинвазивным цифровым мониторам, которые обеспечивают непрерывные значения нескольких гемодинамических переменных. Концепции гемодинамического мониторинга также изменились и продвинулись от глобального макрогемодинамического мониторинга к более региональному подходу к микроциркуляторной перфузии и от максимального мониторинга к индивидуальному подходу к мониторингу.

Вот краткий обзор ключевых изменений в мониторинге гемодинамики за последние пятьдесят лет:

• Первоначально мониторинг гемодинамического статуса пациента был сосредоточен в основном на измерении артериального давления. Однако по мере развития технологий были внедрены более совершенные стратегии оценки гемодинамики для лучшей характеристики различных типов шока.

• Было время, когда сердечный выброс измерялся с использованием методов разведения индикаторов, которые были сложными и громоздкими. Разработка катетера легочной артерии с баллонным наконечником (PAC) произвела революцию в традиционном подходе к мониторингу сердечного выброса

• Акцент в мониторинге гемодинамики постепенно переместился с центрального кровообращения на периферическое. Маятник также сместился в сторону более персонализированного подхода, основанного на индивидуальных потребностях каждого пациента.

• Снижение концентрации кислорода в тканях при шоке может привести к анаэробному метаболизму с повышенным образованием лактата, что делает концентрацию лактата в крови полезным показателем измененной перфузии тканей. Это

осознание стало важной частью эволюции гемодинамического мониторинга, и с годами появилась концепция последовательного измерения концентрации лактата в крови для мониторинга реакции пациента на лечение. Быстрое снижение концентрации лактата связано с улучшением прогноза у различных групп тяжелобольных пациентов. Разработка прикроватных анализаторов в настоящее время упростила измерение концентрации лактата, и оценка серийных уровней лактата в крови полезна для оценки реакции пациента на терапию.

• Существует также повышенный интерес к мониторингу регионального кровотока, но это может быть затруднено в клинических условиях. Измерение кровотока в гепатоспланхническом кровообращении может быть довольно инвазивным. Желудочная тонометрия – это малоинвазивный метод, который стал довольно популярным в 90-е годы, хотя были противоречивые результаты, которые привели к отказу от этого подхода. Однако оценка периферической перфузии по-прежнему остается важным компонентом оценки состояния тяжелобольных пациентов.

• Восстановление и поддержание адекватной оксигенации тканей по-прежнему остается важной целью гемодинамической реанимации и лечения. Существует несколько методов исследования микроциркуляции, включая лазерную допплерографию, прижизненную микро-видео-поверхностную микроскопию, микро-видео-поверхностную микроскопию и капилляровидеоскопию ногтей. Портативная жизненно важная микроскопия была наиболее широко изученным подходом и используется для оценки последствий различных вмешательств в микроциркуляцию.

Наметился переход к менее инвазивным методам. Использование РАС сократилось во всем мире за последние два десятилетия. Тонометрия желудка была отменена. Большая доступность и использование методов эхо-допплерографии и других новых и менее инвазивных методов в настоящее время более распространены.

Медицинские и научные технологии продолжают разви-

ваться. В будущем использование искусственного интеллекта, вероятно, увеличится. Интеграция систем управления с обратной связью и искусственного интеллекта в медицинские системы может улучшить соблюдение предписанных схем и протоколов лечения, а также обеспечить быструю адаптацию к новым терапевтическим стратегиям. В будущем автоматизированные системы могут проводить индивидуальное титрование лекарственных средств. Эхокардиографические зонды станут меньше и станут более доступными.

2.1. Факторы риска сердечно-сосудистых осложнений

Частью дооперационной оценки является оценка риска послеоперационных кардиальных осложнений. Основной причиной смерти после некардиохирургических операций является **послеоперационный инфаркт миокарда**.

Согласно рекомендациям, для базовой оценки риска сердечно-сосудистых осложнений целесообразно использовать ACC/AHA Guidelines (2007). Факторы риска сердечно-сосудистых осложнений по ACC/AHA Guidelines (2007) представлены в таблице 1.

Таблица 2.1

Влияние факторов риска на развитие кардиальных осложнений после оперативного лечения (ACC/AHA Guidelines, 2007)

Активные заболевания сердца	Клинические примеры
Нестабильный коронарный синдром	нестабильная стенокардия или стенокардия напряжения 3-4 функционального класса
	свежий инфаркт миокарда (больше 7, но меньше 30 дней)
Декомпенсированная сердечная недостаточность	IV функциональный класс по NYHA
	прогрессирующая СН
	впервые возникшая СН

Значительная аритмия	АВ-блокада высоких градаций
	симптоматическая желудочковая аритмия
	суправентрикулярная тахикардия
	верифицированная желудочковая аритмия
	симптоматическая брадикардия
Выраженные клапанные пороки	выраженный аортальный стеноз со средним градиентом больше 40 мм рт.ст. или с клинической симптоматикой
	митральный стеноз с клинической симптоматикой

Из таблицы 2.1 видно, что в число факторов риска по ACC/AHA Guidelines включены крайние проявления наиболее часто встречающихся заболеваний ССС, таких как ИБС, сердечная недостаточность, аритмии, клапанные пороки сердца. Кроме факторов риска, указанных в таблице 2.1, значимыми предикторами сердечно-сосудистых осложнений являются: хирургия высокого риска, наличие в анамнезе ИБС и застойной сердечной недостаточности (в любых проявлениях), цереброваскулярных заболеваний, инсулинзависимого сахарного диабета, уровень венозного креатинина до операции больше 177 ммоль/л.

Риск значимых послеоперационных кардиальных осложнений при отсутствии факторов риска составляет 0,4%, при наличии одного фактора риска – 1%, двух – 7%, трех и больше – 11%. Значимыми послеоперационными кардиальными осложнениями считаются инфаркт миокарда, отек легких, фибрилляция желудочков или первичная остановка сердца, АВ-блокада

Наиболее распространена среди анестезиологов предоперационная оценка тяжести состояния пациента по классификации ASA. Она относительно проста и коррелирует с риском анестезии и операции. Недостатком данной системы является игнорирование объема операции, поэтому ее дополняют

оценкой тяжести хирургического вмешательства по Pasternak (1995). Из специфических для торакальной хирургии шкал и индексов необходимо выделить систему оценки совокупной тяжести сопутствующих заболеваний по системе M.E. Charlson (1987) (D. Moro-Sibilot et al, 2005). Основные факторы риска по системе M.E. Charlson представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Оценка коморбидного фона по индексу Чарльсона

Показатели	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов	6 баллов
Сопутствующие заболевания и синдромы	- Инфаркт миокарда - Сердечная недостаточность - Патология периферических артерий - Церебро-васкулярная болезнь - Деменция - ХОБЛ - Заболевания соединительной ткани - Язвенная болезнь желудка и 12пк - Печеночная недостаточность легкой степени - Диабет	- Гемиплегия - Почечная недостаточность - Диабет с изменениями в органах - Опухоль другой локализации - Лимфома и лейкемия	- Печеночная нед-ть средней и тяжелой степени		- Метастазы - ВИЧ-инфекция	
Возраст	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	>100

Из таблицы 2.2 видно, что оценка совокупной тяжести сопутствующих заболеваний по системе M.E. Charlson имеет недостаток – выделение от 1 до 2 средневзвешенных баллов на оценку сопутствующих заболеваний сердца и легких, что не позволяет полноценно определить их вклад в развитие послеоперационных осложнений. Аналогичная ситуация складывается в отношении индекса Romano PS (1992) (P.S. Romano,

1992, A. Bernard, 2000). Пациентам со скомпрометированной функцией ССС целесообразно рассчитывать индекс кардиального риска. Основные шкалы и индексы кардиального риска представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Индексы и шкалы оценки кардиологического риска

Признаки	Градации признаков
Шкала Гольдмана (L. Goldman, D. Caldera 1978)	
Анамнез	1) возраст более 70 лет
	2) Инфаркт миокарда в предшествующие 6 месяцев
Объективный статус	1) 3й тон сердца или набухание яремных вен
	2) Значимый стеноз аортального клапана
	3) Признаки ХПН
	4) постельный режим по некардиальным причинам
ЭКГ	1) любой ритм, за исключением синусового или раннее сокращение предсердий на последней предоперационной ЭКГ
	2) более 5 преждевременных желудочковых сокращений в минуту, зарегистрированных в любое время до операции
Лабораторные признаки	1) PaO_2 <60 мм *Hg*, или $PaCO_2$ > 50 мм *Hg*
	2) $[K^+]$ <3 ммоль/л или HCO_3 <20 мЭкв/л
	3) Азот мочевины > 50 ммоль/л
	4) креатинин >260 мкмоль/л
Оперативное вмешательство	1) на брюшной полости, грудной клетке или аорте
	2) экстренные операции
Индекс A.S.Detsky (Palda V. A., Detsky A. S., 1997)	
Анамнез	аналогично шкале Гольдмана плюс
	инфаркт миокарда более чем 6 месяцев до операции
	стенокардия III и IVф.к.
	отек легких в течении недели до операции
	отек легких в любое время
Объективный статус:	1) значимый стеноз аортального клапана
	2) постельный режим по некардиальным причинам
ЭКГ	1) любая аритмия
	2) желудочковые экстрасистолы более 5 в минуту
Лабораторные признаки	аналогично шкале Гольдмана
Оперативное вмешательство	экстренная операция
Оценка по **Eagle** K.A. **(K. Eagle et al., 1989)**	
Анамнез	1) возраст старше 70 лет
	2) ИБС: зубец Q на ЭКГ
	3) стенокардия в анамнезе

Объективный статус:	1) недостаточность кровообращения клинически
	2) сахарный диабет
ЭКГ	желудочковые экстрасистолы
	Факторы риска по Lee T.H. (T. Lee et al., 1999)
Анамнез	1) ИБС (5% кардиальных осложнений)
	2) Застойная сердечная недостаточность (7%)
	3) Церебро-васкулярные заболевания (7%)
Объективный статус:	необходимость инсулинотерапии при диабете (5%)
Лабораторные признаки	креатинин > 175 мкмоль/л (5%)
Оперативное вмешательство	операции высокого риска (4%)

Из таблицы 2.3 видно, что существует четыре основных шкалы оценки кардиального риска. Из них основным является индекс Goldman, включающий наибольшее число показателей и впервые примененный для оценки кардиального риска. Недостатком всех представленных шкал является тот факт, что они позволяют лишь предсказать вероятность развития кардиальных осложнений, в то время как влияние заболеваний сердца на развитие осложнений других систем и органов мало систематизировано.

2.2. Дополнительные факторы риска кардиальных осложнений и направления анестезиологической защиты

Особенности хирургической техники обусловливают анестезиологические факторы риска. Например, открытый гемиторакс и положение пациента на боку в сочетании с однолегочной вентиляцией определяют неравномерность вентиляции и перфузии, приводят к газообменным расстройствам и нарушениям кровообращения в малом круге.

Главными факторами анестезиологической защиты являются сочетание общей анестезии с регионарной и/или эпидуральной аналгезией, а также подбор адекватных параметров вентиляции и экстубация пациента в операционной. Однако, по мнению ряда авторов, высокая эпидуральная или спинномозговая анестезия уменьшает легочные объемы, активность вспомогательных дыхательных мышц, а также подавляет кашель, что вызывает одышку и препятствует отхождению мокроты. К

неблагоприятным гемодинамическим эффектам высокой эпидуральной блокады относятся снижение общего периферического сосудистого сопротивления, уменьшение сердечного выброса и артериальная гипотензия. Для коррекции этих нарушений требуется повышенный объем инфузионной поддержки.

Основным фактором риска кардиальных осложнений, причиной летальности и осложнений после оперативных вмешательств является послеоперационная дыхательная недостаточность, которая встречается у 2-18% пациентов. Она определяется как острое возникновение гипоксемии ($PaO2 < 60$ мм рт. ст.) или гиперкапнии ($PaCO2 > 45$ мм рт. ст.), или использование послеоперационной ИВЛ в течение более 24 ч, или необходимость в повторной интубации и проведении ИВЛ после экстубации пациента.

Кроме того, сама по себе искусственная вентиляция легких в течение больше 24 часов после операции является фактором риска внутрибольничной пневмонии.

Вторым фактором риска в послеоперационном периоде является болевой синдром. Он препятствует очистке легких с помощью кашля, уменьшает глубину и нарушает центральную регуляцию дыхания, угнетает психику пациента и снижает комплайнс. Эпидуральная анестезия уменьшает количество ателектазов, легочных инфекций, нарушений ритма и осложнений в целом.

2.3. Периоперационный мониторинг гемодинамики

Задачами периоперационного мониторинга гемодинамики являются:

• В дооперационном периоде: оценка функциональной операбельности больного, дифференциальная диагностика дыхательных и кардиогенных расстройств, оптимизация предоперационной подготовки.

• В интраоперационном периоде: контроль газообмена, контроль гемодинамики, контроль гемодинамики, профилактика развития правожелудочковой недостаточности. Кроме того, важна оценка волемического статуса и объема инфузионной терапии.

• В послеоперационном периоде: оценка суммарного влияния на гемодинамику инфузионной терапии, препаратов инотропного действия, респираторной поддержки, высокой торакальной эпидуральной блокады. Дифференцированный подход к проводимой интенсивной терапии. Кроме того, мониторинг в послеоперационном периоде необходим для раннего выявления ДН и СН, контроля гидратации легочного интерстиция в условиях риска реперфузионного повреждения легких.

Основные методы мониторинга гемодинамики, которые применяют у больных приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Основные методы оценки гемодинамики

Принцип мониторинга	Метод мониторинга	Задачи и возможности метода
принцип разведения газообразного индикатора	Принцип Фика	получение информации о легочном кровотоке, изучение его регионарного распределения, измерение эффективной и шунтируемой его частей
принцип Стюарта-Гамильтона	Анализ разведения кровью жидкого индикатора	мониторинг сердечного выброса
	Термодилюционный	мониторинг сердечного выброса, объемов полостей сердца, ВСЖЛ
визуализация объемов желудочков или потоков	радионуклидная вентрикулография	визуализация работающего сердца, динамическое изучение МОК
	Трансторакальная ЭхоКГ, доплеркардиография	оценка систолической, диастолической функции желудочков, давления в ЛА
	Чреспищеводная ЭхоКГ	диагностика интраоперационной ишемии

	Двухмерная ЭхоКГ, добутаминовый стресс-тест	диагностика латентной ишемии
	Коронарная ангиография, вентрикулография, ангиопульмонография	«Золотой стандарт» для оценки ИБС, визуализации легочного артериального русла
	вентиляционно-перфузионная сцинтиграфия легких	визуализация дефектов перфузии при отсутствии нарушений вентиляции у больных ХТЭЛГ
анализ пульсовых колебаний физических величин	Анализ формы пульсовой волны	расчет ударного объема кровообращения по технологии PiCCO
	Анализ пульсовых колебаний электропроводности тканей (реография)	идентификация патогенетического механизма циркуляторной недостаточности
электрокардиография	Холтеровское мониторирование ЭКГ	диагностика аритмии, безболевой ишемии,
	ЭКГ-проба с физической нагрузкой	наиболее чувствительна при поражении главного ствола левой коронарной артерии, 3х сосудистом поражении
нагрузочные функциональные тесты	1.С физической нагрузкой: PCW170, тредмил-тест, велоэргометрия, степ-тест, проба Руфье, циклическая велоэргометрия, 6-минутный тест Купера 2. С изменением положения тела: ортостатическая, клиностатическая 3.С изменением глубины дыхания: проба Штанге, проба Генча	определение функциональной операбельности, определение сердечно-легочного взаимодействия.

Из таблицы 2.4 видно, что на сегодняшний день используют многочисленные методы определения сердечного выброса, оценки легочного кровотока и гемодинамики, что является убе-

дительным свидетельством того, что ни один из них не удовлетворяет всем требованиям к «идеалу».

Относительно новая малоинвазивная технология PiCCO сочетает два метода: транспульмональной термодилюции и анализа формы пульсовой волны. При применении технологии PiCCO отсутствует необходимость катетеризации ЛА, а в сравнении с классической термодилюцией и использованием катетера Сван-Ганца, метод имеет значимые преимущества.

Метод менее инвазивен и технически проще, чем катетеризация легочной артерии

Построение лечебной тактики на основе получаемых данных позволяет сократить длительность ИВЛ, сроки пребывания в ОРИТ, уровень летальности и частоту осложнений.

Метод обладает высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике отека легких. Показатель внесосудистой жидкости в *легких* (ВСЖЛ) позволяет наблюдать за количеством жидкости в легочном интерстиции, является более ранним признаком отека легких, чем изменения газообмена и рентгенологические данные, а также коррелирует с частотой летальных исходов.

Кроме того, метод позволяет непрерывно измерять сократительную способность миокарда, оценивать объемную преднагрузку, постнагрузку, наблюдать за реакцией сердца на волемическую нагрузку.

Общим показанием к транспульмональной термодилюции является необходимость в прицельном воздействии на сердечно-сосудистую систему и волемический статус больного на фоне ИВЛ и инотропной или вазопрессорной поддержки. Ведение больных во время и после обширных торакальных вмешательств является перспективной областью, в которой метод транспульмональной термодилюции может максимально проявить свои достоинства и преимущества.

Исключительная важность метода связана с возможностью диагностики ранних расстройств транскапиллярного легочного обмена жидкости на основании индекса внесосудистой жидкости легких (ELWI) и индекса проницаемости легочных

сосудов (PVPI), а также с возможностью раннего выявления сердечной недостаточности.

В последние годы в качестве дополнения к транспульмональной термодилюции используют систему VolEF (Volumetric Ejection Fraction), которая позволяет более детально оценить состояние гемодинамики малого круга кровообращения и правых отделов сердца. Принцип работы основан на комбинированном использовании транспульмональной и традиционной (пульмональной) термодилюции с одновременным построением двух термодилюционных кривых – в бедренной артерии и в легочной артерии.

Показаниями к комбинированному применению термодилюционных технологий PiCCO PLUS и VolEF являются:

• Повышение давления в легочной артерии

• Нарушение функции правого желудочка

• Кардиоторакальные хирургические вмешательства высокой степени риска.

В дооперационный диагностический алгоритм, в соответствии с национальными рекомендациями (И.Е. Чазова, Т.В. Мартынюк, Р.С. Акчурин, 2015), входят ЭКГ и трансторакальная ЭхоКГ, исследование функции внешнего дыхания, анализ газового состава крови, вентрикулография и катетеризация правых отделов сердца (на этапе установления клинического класса легочной гипертензии).

Трансторакальная ЭхоКГ считается наиболее ценным неинвазивным методом диагностики легочной гипертензии (ЛГ), т.к. позволяет оценить уровень давления в легочной артерии и дает возможность исключить заболевания сердца, приводящие к развитию ЛГ.

Авторы национальных клинических рекомендаций (И.Е. Чазова, Т.В. Мартынюк, Р.С. Акчурин, 2015) рекомендуют для измерения параметров гемодинамики использовать многофункциональный термодилюционный катетер Сван-Ганца и метод термодилюции. Менее точным, но допустимым для измерения сердечного выброса является прямой метод Фика. Измерение ДЗЛА необходимо проводить трехкратно в нижнедо-

левых ветвях ЛА на максимальном выдохе. При возникновении технических проблем при измерении ДЗЛА рекомендована катетеризация левых камер сердца и оценка конечно-диастолического давления левого желудочка. При этом комбинированная технология PiCCO PLUS и VolEF, сопоставимая по инвазивности, технической сложности и стоимости, но позволяющая оценить не только тензометрические показатели и сердечный выброс, но и объемы камер сердца.

С другой стороны, исключительно важна оценка преднагрузки, т.к. неадекватный волемический статус по мнению многочисленных экспертов, является самой частой причиной расстройств кровообращения в интра- и ближайшем послеоперационном периоде (Лебединский К.М., Михалева Ю.Б., Курапеев И.С., 2015). С точки зрения физиологии, синонимом преднагрузки является конечно-диастолический объем, однако в повседневной клинической практике оценка преднагрузки по коррелятам давлений заполнения желудочков – ЦВД и ДЗЛА пока остается распространенной более широко. Технически оценить объем камер сердца можно при ЭхоКГ, когда динамическая оценка конечно-диастолической площади сечения желудочка позволяет визуально оценивать уровень волемии (Tousignant C.P., Walsh F., Mazer C.D., 2000). Однако эталоном количественной волюметрической оценки преднагрузки все же служат современные версии методов разведения индикаторов, одним из которых является технология PiCCO PLUS и получаемый при этом показатель глобального конечно-диастолического объема (GEDI).

Таким образом, использование технологии транспульмональной термодилюции PiCCO PLUS целесообразно для оценки проницаемости легочных сосудов и количества жидкости в легочном интерстиции, во-вторых – для раннего выявления скрытой сердечной недостаточности, в третьих – для оценки гемодинамического эффекта операции, в четвертых – для оценки волемического статуса и адекватности инфузионной терапии. Дополнительная катетеризация легочной артерии и комбинированное применение термодилюционных техноло-

гий PiCCO PLUS и VolEF у больных со значительной легочной гипертензией позволяет оценить объем камер сердца и функцию правого желудочка без повышения общепринятой степени инвазивности и технической сложности дооперационной диагностики. Однако в настоящее время широкого применения метод у данной категории больных еще не нашел.

2.4. Рутинный (стандартный) мониторинг кровообращения

К признакам сниженной перфузии органов относятся:
• нарушения сознания,
• одышка или нарушения дыхания,
• слабый или нитевидный пульс,
• признаки нарушения микроциркуляции (холодные конечности, симптом «белого пятна», мраморность),
• снижение темпа диуреза.
Объективные методы оценки кровообращения:
• ЭКГ
• измерение артериального давления,
• центрального венозного давления,
• измерение сердечного выброса.

2.4.1. Оценка частоты сердечных сокращений

Наиболее простым методом оценки параметров сердечного ритма является определение частоты сердечных сокращений. Этот показатель позволяет объективно судить об уровне функционирования сердечно-сосудистой системы пациента. При анестезиологическом мониторинге изменения ЧСС во время наркоза отражают реакцию организма на хирургическое вмешательство. Оценка ЧСС в простейшем случае может производиться путем пальпации колебаний артериальной сосудистой стенки. Мониторные приборы, используемые в

анестезиологической практике, осуществляют непрерывное измерение и цифровую индикацию ЧСС. Эти данные определяются по результатам оценки временных параметров физиологических процессов, происходящих в сердечно-сосудистой системе. Для определения ЧСС необходимо выделить артериальную пульсацию кровотока, а затем измерить частоту следования пульсовых колебаний. При неинвазивных методах измерения артериального давления крови ЧСС оценивается по колебаниям давления в окклюзионной манжетке. В случае прямых измерений давления в магистральных сосудах или легочной артерии анализируются пульсовые кривые, регистрируемые на выходе внутрисосудистого датчика давления крови. В пульсоксиметрах определение ЧСС основано на анализе фотоплетизмограммы пульсирующего участка тканей, чаще всего для этой цели используется кончик пальца руки или мочка уха.

При реографических исследованиях параметров гемодинамики для оценки пульса анализируется электрический сигнал, соответствующий изменению электрического сопротивления участка тканей с пульсирующим сосудом. Артериальная пульсация может быть зарегистрирована по эффекту Допплера от движущегося потока крови с использованием ультразвуковой или микроволновой техники. Для определения ЧСС наиболее часто используется электрокардиографический канал мониторов, в котором выделяются QRS-комплексы ЭКГ и обрабатываются значения длительностей R-R интервалов. Определение ЧСС основано на измерении длительности периодов следования пульсовых колебаний (в случае регистрации ЭКГ – QRS-комплексов), представляющих собой межпульсовые (R-R временные интервалы) – кардиоинтервалы (КИ).

В анестезиологических мониторах используется “быстрое” усреднение периодов пульсовых колебаний. Это дает возможность отслеживать кратковременные эпизоды изменения ЧСС, возникающие, например, при интубации трахеи, и быстро реагировать на эти измерения. Таким образом, цифровой индикатор ЧСС может изменять свои показания с каждым уда-

ром сердца. ЭКГ дает информацию о сокращениях сердечной мышцы даже в том случае, когда уровень пульсации сосуда снижается ниже порога регистрации и падает артериальное давление, что делает информацию о ЧСС, полученную по R-R интервалам, особенно ценной. В то же время, при использовании ЭКГ для определения ЧСС необходимо контролировать форму электрокардиосигнала, так как при высокой Т-волне возможно ошибочное удвоение значений ЧСС. Это требование нетрудно выполнить, так как ЭКГ канал мониторов имеет графический дисплей для слежения за формой ЭКГ в реальном масштабе времени.

2.4.2. Мониторинг артериального давления

Ритмичные сокращения левого желудочка вызывают колебания артериального давления. Пик артериального давления, генерируемый во время систолического сокращения, называется систолическим артериальным давлением (АД сист.); желобообразное снижение артериального давления в период диастолического расслабления – это диастолическое артериальное давление (АД диаст.).

Пульсовое давление представляет собой разницу между систолическим и диастолическим артериальным давлением.

Средневзвешенное во времени значение артериального давления на протяжении сердечного цикла называют средним артериальным давлением (АД ср.). Среднее артериальное давление можно рассчитать по следующей формуле:

АД ср. = (АД сист. + 2АДдиаст.)/3. Должно быть более 65-70 мм.рт.ст.!!!

Место измерения оказывает выраженное влияние на значение артериального давления. *Когда пульсовая волна распространяется от сердца к периферии, то вследствие феномена отражения ее конфигурация искажается, приводя к увеличению АД сист. и пульсового давления* (рис. 2.1). На значения артериального давления также влияет место его измерения относительно уровня сердца, что обусловлено действием силы

Рис. 2.1. Изменение конфигурации пульсовой волны по мере уменьшения калибра артерий. (Из: Blitt C. D. Monitoring in Anesthesia and Critical Care Medicine, 2nd ed. Churchill Livingstone, 1990. Воспроизведено с разрешения.)

тяжести. При тяжелых заболеваниях периферических артерий могут наблюдаться существенные различия при измерении артериального давления на правой и левой руке: в этом случае следует принимать во внимание большее значение.

Поскольку неинвазивные (пальпация, допплерография, аускультация, осциллометрия, плетизмография, тонометрия) и инвазивные (катетеризация артерии) методы измерения артериального давления существенно различаются, они будут рассмотрены отдельно.

Методика и частота измерения артериального давления зависят от состояния больного и вида хирургического вмешательства. В подавляющем большинстве случаев аускультативное измерение артериального давления каждые 3-5 мин представляет собой вполне адекватный подход. Если аускультативно измерить артериальное давление невозможно (напри-

мер, при выраженном ожирении), то используют допплерографию или осциллометрию.

Не следует накладывать манжетку для измерения артериального давления на конечность с аномалиями сосудов (например, артериовенозная фистула для гемодиализа) или установленным катетером для в/в инфузий.

Пальпация. Измеряют АД сист. следующим образом: 1) определяют пульс на периферической артерии; 2) проксимальнее места пульсации накладывают манжетку прибора для измерения артериального давления и нагнетают в нее воздух до тех пор, пока пульс не перестанет определяться;

3) из манжетки медленно выпускают воздух – скорость снижения давления должна составлять приблизительно 2-3 мм рт. ст. на каждый удар сердца;

4) фиксируют давление в манжетке, при котором вновь начинает определяться пульс. Эта методика дает заниженные значения АДсист. вследствие недостаточной тактильной чувствительности пальцев, а также из-за задержки по времени между прохождением потока крови под манжеткой и дистальной пульсацией. С помощью пальпации невозможно определить диастолическое и среднее артериальное давление. Оборудование для измерения артериального давления методом пальпации является простым и недорогим.

Допплерография. Если заменить палец анестезиолога допплеровским датчиком, то измерение артериального давления становится возможным при ожирении, при шоке и у детей. ***Эффект Допплера*** состоит в том, что частота звука, издаваемого движущимся объектом, изменяется при восприятии этого звука неподвижным наблюдателем. Это изменение частоты звука получило название «сдвиг частоты звуковых волн». Например, громкость свистка поезда нарастает по мере его приближения и снижается при его удалении. *При отражении звуковых волн от движущегося объекта также происходит сдвиг частоты звуковых волн.*

Допплеровский датчик посылает ультразвуковой сигнал, который отражается от тканей. Так как эритроциты продви-

гаются по артерии, то допплеровский датчик будет регистрировать сдвиг частоты ультразвуковых волн. Разница между излучаемой и воспринимаемой частотой вызывает свистящий звук, появление которого свидетельствует о возобновлении кровотока в сосуде. Так как воздух является проводником ультразвуковых волн, то на кожу следует нанести контактный гель (ни в коем случае не электродный – он вызывает коррозию датчика). Необходимо расположить датчик непосредственно над артерией, чтобы пучок ультразвуковых лучей прошел через стенку сосуда. Досадными помехами являются интерференция от перемещения датчика или работы электрокаутера. Следует заметить, что допплеровская методика позволяет достоверно измерить только АД сист.

Вариантом допплеровской методики является применение пьезоэлектрических кристаллов, которые регистрируют боковые смещения артериальной стенки при перемежающемся изменении просвета сосуда в систолу и диастолу. Использование пьезоэлектрических кристаллов позволяет измерить не только систолическое, но и диастолическое артериальное давление.

Аускультация. Раздувание манжетки давлением, промежуточным между систолическим и диастолическим, приводит к частичному перекрытию просвета подлежащей артерии, что вызывает турбулентный поток в сосуде и проявляется характерными **звуками Короткова.** Эти звуки можно прослушать через стетоскоп, расположенный под дистальной третью раздутой манжетки или сразу дистальнее ее края. Diasyst – резиновый стетоскоп особой конструкции, который закрепляется под манжетку (с внутренней ее стороны) застежками Велкро. Систолическое артериальное давление соответствует первым ударам звуков Короткова. Относительно диастолического артериального давления существует два мнения: согласно одному, это давление соответствует началу затухания звука, согласно второму – полному исчезновению. Иногда в части диапазона от АДсист. до АДдиаст. невозможно услышать звуки Короткова. Этот **аускультативный провал** чаще всего наблюдается при артериальной гипертонии и может привести к ошибке

– полученные значения артериального давления окажутся заниженными. Звуки Короткова трудно выслушать при гипотонии и при выраженной периферической вазоконстрикции. В подобных ситуациях с помощью микрофона выявляют волны субзвуковой частоты (ассоциированные со звуковыми), после чего усиливают их и измеряют систолическое и диастолическое артериальное давление; двигательные артефакты и интерференция от электрокаутера ограничивают применение этой методики.

Осциллометрия. Пульсация артерии вызывает колебания (осцилляции) давления в манжетке. Эти осцилляции малы, если давление в манжетке больше, чем АДсист. Когда давление в манжетке снижается до уровня АДсист., то пульсация передается на манжетку и осцилляции заметно возрастают. Амплитуда осцилляции максимальна, когда давление в манжетке соответствует АДср., при дальнейшем снижении давления амплитуда уменьшается. Поскольку некоторые осцилляции давления в манжетке не вызваны изменением артериального давления (например, некоторые осцилляции присутствуют при давлении выше систолического или ниже диастолического), то ртутный и анероидный манометры дают довольно грубые и неточные результаты. *Автоматические электронные мониторы измеряют давление, которое соответствует изменению амплитуды осцилляции. Микропроцессор в соответствии с алгоритмом рассчитывает АДсист., АДдиаст. и АДср.* Для адекватной работы осциллометрических мониторов необходима последовательность одинаковых пульсовых волн, поэтому они могут давать неправильные результаты при аритмиях (например, мерцательная аритмия). Осциллометрические мониторы не следует применять при использовании аппарата искусственного кровообращения.

Тем не менее благодаря быстроте получения результатов, точности и возможности применения в различных клинических ситуациях наибольшее распространение в США получил именно осциллометрический метод неинвазивного мониторинга артериального давления.

Плетизмография. Пульсация артерий вызывает преходящее увеличение кровенаполнения конечностей. Пальцевой фотоплетизмограф, состоящий из светодиода и фотоэлемента, измеряет изменения объема пальца. Если давление в проксимально расположенной манжетке превышает АД сист., то пульсации и изменения в объеме прекращаются. Плетизмограф Finapres *(finger* arterial *pressure* – артериальное давление в пальце) непрерывно измеряет минимальное давление в пальцевой манжетке, необходимое для того, чтобы объем пальца все время оставался одинаковым. Воздушный насос, управляемый соленоидом, быстро модулирует давление в манжетке, что отражается на дисплее в виде непрерывной кривой колебаний артериального давления. Данные плетизмографического мониторинга обычно соответствуют данным, полученным с помощью внутриартериального катетера. Однако плетизмография дает недостоверные результаты при нарушенной периферической перфузии (например, при заболевании периферических артерий или гипотермии).

Артериальная тонометрия. Артериальная тонометрия позволяет неинвазивно и непрерывно определять артериальное давление путем измерения давления, необходимого для частичного прижатия поверхностной артерии (например, лучевая артерия) к подлежащим костным структурам. Тонометр состоит из нескольких независимых датчиков давления и накладывается на кожу в проекции артерии (рис. 2.2). Датчик через кожу воспринимает напряжение стенки артерии, прижимая ее, отражает давление внутри просвета. Непрерывная регистрация артериального давления дает кривую, форма которой очень похожа на конфигурацию волны при инвазивном измерении артериального давления. Тонометрия чувствительна к смещениям (движение руки приводит к артефактам), поэтому при данном методе необходима частая калибровка прибора.

Клинические особенности

Во время анестезии необходимо поддерживать адекватную доставку кислорода к жизненно важным органам. К сожалению, аппаратура для мониторинга перфузии и оксигенации

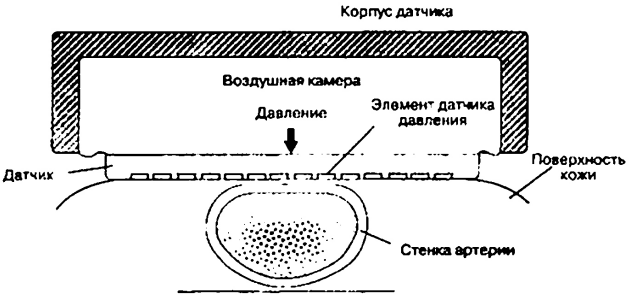


Рис.2.2. Тонометрия – метод непрерывного (от удара к удару) измерения артериального давления. Датчик должен быть установлен непосредственно над артерией

отдельных органов сложна и дорогостояща, поэтому об органном кровотоке судят по системному артериальному давлению. Следует заметить, что кровоток определяется не только градиентом (разницей) давления, но и сосудистым сопротивлением:

Градиент давления

Поток = Сосудистое сопротивление

Таким образом, артериальное давление следует рассматривать только как индикатор перфузии органов, но отнюдь не как ее точный показатель.

Точность тех методов измерения артериального давления, при которых используют манжетку, зависит от ее размеров (рис. 2.3). По длине резиновая манжетка должна по крайней мере 1,5 раза оборачиваться вокруг конечности, а ширина ее должна на 20-50 % превышать диаметр конечности (рис. 2.4).

В анестезиологии часто используются автоматические мониторы артериального давления, в работе которых применяется одна из вышеперечисленных методик или их сочетание. Автоматический насос нагнетает воздух в манжетку через установленные интервалы времени. Если воздух нагнетается в манжетку слишком часто и на протяжении длительного вре-

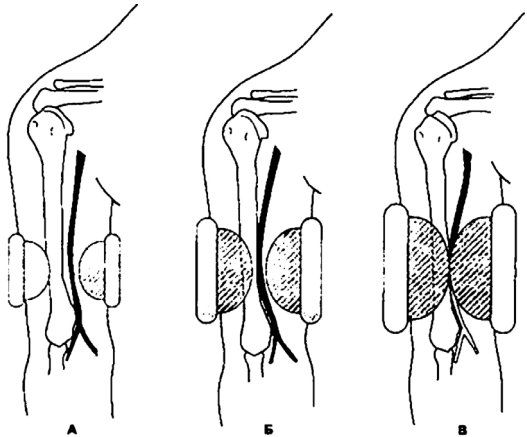


Рис. 2.3. На результаты измерения артериального давления влияет ширина манжетки. Представлены три манжетки, давление внутри них одинаковое. Для того чтобы перекрыть просвет плечевой артерии и таким образом измерить АДсист., в самой узкой манжетке (А) требуется создать наибольшее давление, а в самой широкой (В) – наименьшее. Использование слишком узкой манжетки может привести к значительному превышению АДсист., тогда как излишне широкая манжетка дает заниженные значения АДсист. Если манжетка на 20 % шире должной, то ошибка измерения менее существенна, чем если она на 20 % уже должной. (Из: Gravenstein J. S., Paulus D. A. Monitoring Practice in Clinical Anesthesia. Lippincott, 1982. Воспроизведено с разрешения.)

мени, то могут возникнуть отек конечности (вследствие интенсивного поступления введенных инфузионных растворов из сосудистого русла во внеклеточную жидкость) и парезы нервов. На случай неисправности всегда должен быть готов к работе запасной комплект оборудования для измерения артериального давления.

Показания к инвазивному мониторингу артериального давления путем катетеризации: управляемая гипотония; высокий риск значительных сдвигов артериального давления во время операции; заболевания, требующие точной и непрерывной ин-

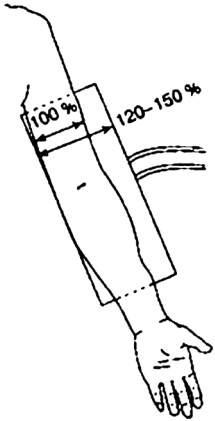


Рис. 2.4. Ширина манжетки для измерения артериального давления должна на 20-50 % превышать диаметр конечности больного

формации об артериальном давлении для эффективного управления гемодинамикой; необходимость частого исследования газов артериальной крови.

Противопоказания

Следует по возможности воздерживаться от катетеризации, если отсутствует документальное подтверждение сохранности коллатерального кровотока, а также при подозрении на сосудистую недостаточность (например, синдром Рейно).

Методика и осложнения

А. Выбор артерии для катетеризации. Для чрескожной катетеризации доступен ряд артерий.

1. Лучевую артерию катетеризируют чаще всего, так как она располагается поверхностно и имеет коллатерали. Тем не менее у 5 % людей артериальные ладонные дуги оказываются незамкнутыми, что делает коллатеральный кровоток неадекватным. ***Проба Аллена*** *– простой, хотя и не вполне досто-*

верный способ определения адекватности коллатерального кровообращения по локтевой артерии при тромбозах лучевой артерии. Вначале больной несколько раз энергично сжимает и разжимает кулак, пока кисть не побледнеет; кулак остается сжатым. Анестезиолог пережимает лучевую и локтевую артерии, после чего больной разжимает кулак. Коллатеральный кровоток через артериальные ладонные дуги считается полноценным, если большой палец кисти приобретает первоначальную окраску не позже чем через 5 с после прекращения давления на локтевую артерию. Если восстановление первоначального цвета занимает 5-10 с, то результаты теста нельзя трактовать однозначно (иначе говоря, коллатеральный кровоток «сомнителен»), если больше 10 с – то существует недостаточность коллатерального кровотока. Альтернативными методами определения артериального кровотока дистальнее места окклюзии лучевой артерии могут быть пальпация, допплеровское исследование, плетизмография или пульсоксиметрия. В отличие от пробы Аллена, для этих способов оценки коллатерального кровотока не требуется содействие самого больного.

2. Катетеризацию **локтевой артерии** технически сложнее проводить, так как она залегает глубже и более извита, чем лучевая. Из-за риска нарушения кровотока в кисти не следует катетеризировать локтевую артерию, если ипсилатеральная лучевая артерия была пунктирована, но катетеризация не состоялась.

3. Плечевая артерия крупная и достаточно легко идентифицируется в локтевой ямке. Так как по ходу артериального дерева она расположена недалеко от аорты, то конфигурация волны искажается лишь незначительно (по сравнению с формой пульсовой волны в аорте). Близость локтевого сгиба способствует перегибанию катетера.

4. При катетеризации **бедренной артерии** высок риск формирования псевдоаневризм и атером, но часто только эта артерия остается доступной при обширных ожогах и тяжелой травме. Асептический некроз головки бедренной кости – ред-

кое, но трагическое осложнение при катетеризации бедренной артерии у детей.

5. Тыльная артерия стопы и задняя большеберцовая артерия находятся на значительном удалении от аорты по ходу артериального дерева, поэтому форма пульсовой волны существенно искажается. Модифицированная проба Аллена позволяет оценить адекватность коллатерального кровотока перед катетеризацией этих артерий.

6. Подмышечная артерия окружена подмышечным сплетением, поэтому существует риск повреждения нервов иглой или в результате сдавления гематомой. При промывании катетера, установленного в левой подмышечной артерии, воздух и тромбы будут быстро попадать в сосуды головного мозга.

2.4.3. Электрокардиография

Синусовый узел (синоаурикулярный узел, узел Киса – Флака) (СУ) является нормальным водителем ритма сердца. Пейсмейкерные клетки СУ (водителя ритма первого порядка) обладают наибольшим автоматизмом, они генерируют 60–90 импульсов в минуту.

Нарушения функции автоматизма СУ можно подразделить на виды, имеющие и не имеющие гемодинамическую значимость, что, в свою очередь, делает крайне актуальной своевременную и правильную их диагностику, что позволяет назначить адекватную терапию, избежать (в т. ч. и ятрогенных) ошибок в процессе лечения, проводить профилактику развития внезапной смерти и других осложнений (Табл. 2.5).

Таблица 2.5

Классификация нарушений сердечного ритма

А. Нарушение функции автоматизма синусового узла.	
1. Синусовая тахикардия 2. Синусовая брадикардия 3. Синусовая аритмия 4. Остановка сосудистого узла 5. Асистолия предсердий 6. Синдром слабости синусового узла	

<table>
<tr><td colspan="2">Б. Эктопические комплексы и ритмы</td></tr>
<tr><td>I. Пассивные комплексы и ритмы</td><td>II. Активные комплексы и ритмы</td></tr>
<tr><td>1. Предсердные
2. Узловые (из артриовентрикулярного соединения)
3. Миграция предсердного водителя ритма
4. Желудочковые
5. Выскакивающие сокращения</td><td>1. Экстрасистолия: синусовая, предсердная, узловая
2. Парасистолия
3. Пароксизмальные и непароксизмальные тахикардии: предсердная, узловая, желудочковая</td></tr>
<tr><td colspan="2">В. Мерцание и трепетание</td></tr>
<tr><td colspan="2">1. Трепетание предсердий
2. Мерцание предсердий
3. Трепетание желудочков
4. Мерцание желудочков</td></tr>
<tr><td colspan="2">Г. Нарушение функции проводимости</td></tr>
<tr><td>1. Блокады проведения:</td><td>1. Дополнительные проводящие пути:</td></tr>
<tr><td>1. Синоаурикулярная блокада
2. Внутрипредсердная блокада
3. Атриовентрикулярная блокада
4. Блокада ножек пучка Гиса
5. Блокада ветвей левой ножки пучка Гиса
6. Билатеральная блокада
7. Трехпучковая блокада
8. Арборизационная блокада
9. Очаговая внутрижелудочковая блокада
10. Блокада выхода</td><td>1. Активация артриовентрикулярных пучков Кента-Паладино
2. Активация нодовентрикулятрных волокон Махайма
3. Активация фасциовентрикулярных волокон Махайма
4. Активация атриофасцикулярного тракта Брешенмаше
5. Активация атрионодального тракта Джеймса
6. Активация скрытых ретроградных вентрикулоатриальных пучков Кента-Паладино
7. Активация множественных добавочных путей</td></tr>
<tr><td colspan="2">Д. Комбинированные нарушения ритма и проводимости</td></tr>
<tr><td colspan="2">1. Синдром Фридерика
2. Интерференция и диссоциация
3. Блокированная экстрасистолия
4. Изолированное мерцание/трепетание левого/правого предсердия
5. Двойная тахикардия
6. Конкуренция ритмов и т.д.</td></tr>
</table>

Исходя из этого, мониторинг ЭКГ при хирургических вмешательствах показан всем больным без исключения. Противопоказаний нет.

Методика и осложнения

Диагностическую ценность ЭКГ определяет выбор отведения. Электрическая ось II отведения параллельна предсердиям, поэтому именно в этом отведении вольтаж зубца Р максимален. Мониторинг II отведения ЭКГ позволяет распознавать ишемию нижней стенки левого желудочка и аритмии. Отведение V_5 регистрируется при установке электрода в пятом межреберье по передней подмышечной линии, что позволяет обнаружить ишемию передней и боковой стенки левого желудочка. Истинное отведение V_5 можно получить только на электрокардиографе, снабженном не менее чем пятью входными проводами для снятия ЭКГ. Модифицированное отведение V_5 можно получить, переместив электроды стандартных отведений от трех конечно-

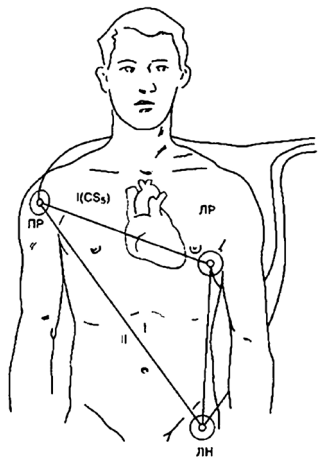


Рис. 2.5. Модификация трех отведений ЭКГ. Ишемию передней и боковой стенки можно выявить, поместив электрод с левой руки (ЛР) в положение V_5. При включении I отведения на мониторе появляется модифицированное отведение V_5 (CS_5). Отведение II позволяет выявить аритмии и ишемию нижней стенки левого желудочка. ЛН – левая нога; ПР – правая рука

стей (рис. 2.5). Каждое отведение несет уникальную информацию, поэтому идеальным вариантом является одновременный мониторинг отведений II и V_5 с помощью двухканального электрокардиографа. При использовании одноканального электрокардиографа выбор отведения для мониторинга зависит от локализации предшествующего инфаркта или ишемии миокарда. Пищеводные отведения позволяют распознать аритмии даже лучше, чем II отведение, но они пока не получили широкого распространения в условиях операционной.

На тело больного накладывают хлорсеребряные электроды, которые подсоединяют к электрокардиографу проводами. Проводящий гель уменьшает электрическое сопротивление кожи, которое дополнительно можно снизить предварительной обработкой места наложения электродов раствором спирта или обезжиривающими средствами. Игольчатые электроды применяют только в тех случаях, когда хлорсеребряные электроды использовать нельзя (например, при обширных ожогах).

Клинические особенности

ЭКГ представляет собой запись электрических потенциалов, генерируемых клетками миокарда. Интраоперациониый мониторинг ЭКГ позволяет своевременно диагностировать нарушения ритма и проводимости, дисфункцию электрокардиостимулятора, ишемию миокарда, электролитные расстройства.

Так как вольтаж измеряемых потенциалов невелик, то артефакты составляют серьезную проблему при интерпретации ЭКГ. Причиной артефактов, имитирующих аритмию на ЭКГ, являются движения больного, непреднамеренное смещение проводов отведений, работа электрохирургического оборудования, интерференция электроволн, а также неплотная фиксация электродов на коже. Мониторные фильтры, установленные в усилителе, снижают частоту появления артефактов, но при этом искажают сегмент ST, что затрудняет диагностику ишемии миокарда. Цифровое отображение частоты сердечных сокращений может быть ошибочным, если монитор воспринимает в качестве комплекса QRS увеличенный зубец Т (особенно часто у детей) или артефакт.

В зависимости от имеющегося оборудования, до индукции анестезии следует или распечатать ЭКГ, или внести ее в память монитора для последующего сравнения с интраоперационной ЭКГ. Для правильной оценки изменений сегмента ST необходимо откалибровать электрокардиограф таким образом, чтобы напряжение в 1 мВ соответствовало вертикальному отклонению регистрирующей системы на 10 мм. Современные электрокардиографы могут осуществлять постоянный мониторинг сегмента ST, что позволяет распознавать ранние признаки ишемии миокарда. Автоматический анализ сегмента ST способствует раннему выявлению ишемии, не требует особых дополнительных навыков или внимания персонала и у некоторых больных способен предсказать – а иногда даже позволяет предупредить – осложнения со стороны сердечно-сосудистой системы. *Общепринятые критерии, позволяющие установить диагноз ишемии миокарда, включают уплощение или нисходящую депрессию сегмента ST ниже изолинии более чем на 1 мм через 60-80 мс после точки J (точка J – это точка перехода комплекса QRS в сегмент ST), особенно в сочетании с отрицательным зубцом T. Подъем сегмента ST в сочетании с высоким заостренным зубцом T также может быть признаком ишемии.* Автоматический анализ сегмента ST неинформативен при синдроме WPW (Вольфа-Паркинсона-Уайта), блокаде ветвей пучка Гиса и электрокардиостимуляции. Звуковые сигналы (бипер), подаваемые при генерации каждого комплекса QRS, должны быть отрегулированы на достаточно высокую громкость, чтобы анестезиолог мог легко распознать на слух нарушения ЧСС и ритма сердца, даже если его внимание отвлечено от экрана монитора другими событиями. Некоторые электрокардиографы способны интерпретировать аритмии и сохранять в памяти аберрантные QRS-комплексы для последующего анализа. Интерференция, обусловленная работой электрохирургического оборудования, ограничивает возможности интраоперационного автоматического анализа аритмий.

Основные нарушения, возможные для диагностики с помощью мониторинга ЭКГ связаны в большей мере, с нарушения-

ми ритма сердца. Для анестезиолога в интраоперационном периоде важно помнить, что нарушения ритма у пациента могут быть связаны с:

1. ГИПОКСИЕЙ!

2. БОЛЬЮ (неадекватное обезболивание)

3. НЕДОСТАТОЧНОЙ НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ БЛОКАДОЙ: при интубации трахеи; при работе хирурга на желудке и кишечнике;

3. Токсическим воздействием препаратов для общей анестезии: передозировка гипнотиков (тиопентал натрий, пропофол)

Нарушения ритма сердца можно разделить на следующие основные виды:

1. **Дисрегуляторные или функциональные**: связанные с нарушениями нейроэндокринной регуляции, вегетативной дисфункцией, психогенными воздействиями, переутомлением, рефлекторными влияниями (гастрит, язвенная болезнь, аэрофагия, синдром Ремхельда, желчнокаменная болезнь, нефроптоз, мочекаменная болезнь, колит, запор, метеоризм, панкреатит, межпозвоночная грыжа, эмболия в систему легочной артерии, опухоли средостения, бронхолегочные процессы, плевральные спайки, грудные операции, заболевания половых органов, травмы черепа, опухоли мозга, рассеянный склероз).

2. **Миогенные или органические:** связанные с болезнями миокарда (кардиомиопатия, миокардит, постмиокардитический кардиосклероз, дистрофия миокарда), с повреждениями кардиомиоцитов, возникающими на фоне ишемической болезни сердца (инфаркт миокарда, ишемическая кардиомиопатия), гипертонической болезни, пороков сердца.

3. **Токсические: возникающие под воздействием лекарственных препар**атов (анестетики, транквилизаторы, антидепрессанты, нейролептики, сердечные гликозиды, эуфиллин и его аналоги, адреномиметики (адреналин, нор-адреналин, мезатон, добутамин, дофамин, сальбутамол), ацетилхолин, ваголитики (атропин), глюкокортикостероиды, АКТГ, антиаритмические препараты, цитостатики, противовирусные препараты,

противогрибковые препараты, антибиотики, диуретики, эфир, алкоголь, кофеин, никотин, соли тяжелых металлов, бензолы, угарный газ, отравление грибами, инфекции, эндогенная интоксикация при онкопатологии, уремия, желтуха и т. д.

4. **Электролитные: г**ипокалиемия, гиперкалиемия, гипокальциемия, гиперкальциемия, гипомагнезиемия.

5. Дисгормональные: тиреотоксикоз, гипотиреоз, феохромоцитома, пубертатный возраст, климакс, беременность, гипопитуитаризм, дисфункция яичников, предменструальный синдром, тетания.

6. **Врожденные**: врожденные нарушения атриовентрикулярного (АВ) проведения, синдром удлиненного QT, синдромы предвозбуждения желудочков (WPW, CLC и др.).

7. **Механические**: катетеризация сердца, ангиография, операции на сердце, травмы сердца.

8. **Идиопатические**.

ЭКГ-диагностика аритмий, обусловленных нарушением функции автоматизма синусового узла, осуществляется с помощью электрокардиографического исследования, которое позволяет выделить следующие основные их типы.

Синусовая тахикардия – это правильный ритм с неизмененными зубцами ЭКГ (зубец Р, интервал PQ, комплекс QRS и зубец Т не отличаются от нормы) из синусового узла с частотой > 90 в 1 мин. Синусовая тахикардия в состоянии покоя редко превышает 150–160 сокращений в 1 мин (рис. 2.6).

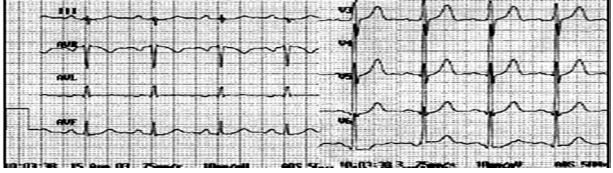


Рис. 2.6 Синусовая тахикардия (ЧСС 102 в мин)

Этиология:

– физиологическая тахикардия: физическая нагрузка, эмоции, страх, ортостатическая, врожденные особенности;

– неврогенная тахикардия: невроз, нейроциркуляторная астения;

– ССЗ: воспалительные и дегенеративные заболевания миокарда, пороки клапанов, коллапс, сердечная недостаточность, легочное сердце, инфаркт миокарда, артериальная гипертензия;

– медикаментозная и токсическая тахикардия: ваголитики (атропин), симпатикотоники (адреналин, норадреналин, мезатон, добутамин, дофамин), эуфиллин, кортикостероиды, АКТГ, кофеин, кофе, чай, алкоголь, никотин;

– инфекционные заболевания: ОРВИ, сепсис, пневмония, туберкулез и т.д.;

– прочее: кровопотеря, анемия.

2. Синусовая брадикардия – замедление синусового ритма с ЧСС < 60 в 1 мин вследствие пониженного автоматизма синусового узла. Синусовая брадикардия с ЧСС < 40 сокращений в 1 мин встречается редко (рис. 2.7).

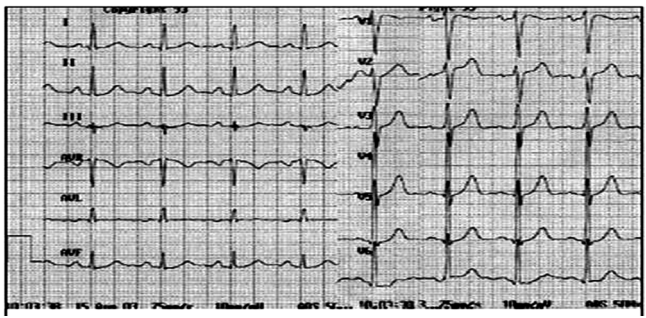


Рис. 2.7 Синусовая брадикардия (ЧСС 35 в мин)

Этиология:

– физиологическая брадикардия: конституциональная, у

спортсменов и людей, занятых физической работой, во время сна, при проведении вагусных проб (нажим на глазные яблоки, солнечное сплетение и каротидный синус, проба Вальсальвы), при задержке дыхания, иногда при испуге, эмоциях, во второй половине беременности, при рвоте и переохлаждении;

– экстракардиальная вагусная брадикардия: невроз с ваготонией, депрессия, язвенная болезнь, повышенное внутричерепное давление при отеке мозга, менингите, опухоли мозга, кровоизлиянии в мозг, заболевания лабиринта, синдром Меньера, сверхчувствительный каротидный синус, шок, повышение артериального давления, ваго-вагальные рефлексы при почечных, желчных, желудочных и кишечных коликах, кишечная непроходимость, микседема, гипопитуитаризм;

– медикаментозная и токсическая брадикардия: сердечные гликозиды (дигоксин, строфантин), опиаты, ацетилхолин, хинидин, бета-блокаторы, кордарон, соталол, антагонисты кальция, анестетики, транквилизаторы, нейролептики, пилокарпин. Уремия, желтуха, отравление грибами, гиперкалиемия;

– инфекционные заболевания: вирусные инфекции (вирусные гепатиты, грипп), брюшной тиф, дифтерия, холера;

– ССЗ: ИБС, дифтерийный миокардит, ревматизм, кардиомиопатии.

3. Синусовая аритмия – нерегулярная деятельность СУ, приводящая к чередованию периодов учащения и урежения ритма. Различают дыхательную и недыхательную синусовую аритмию (рис. 2.8).

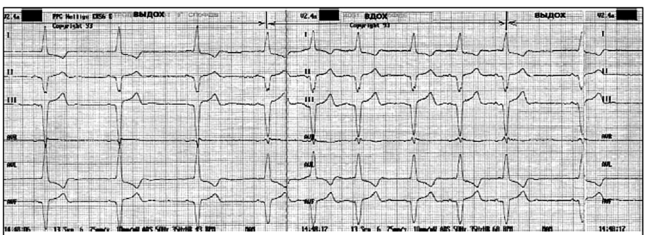


Рис. 2.8 Синусовая аритмия

При дыхательной синусовой аритмии на вдохе частота сердечных сокращений постепенно увеличивается, а при выдохе – замедляется.

Недыхательная синусовая аритмия сохраняется при задержке дыхания и не связана с фазами дыхания.

Недыхательная синусовая аритмия в свою очередь делится на 2 формы: периодическую (периодическое, постепенное чередование ускорения и замедления сердечной деятельности) и апериодическую (отсутствие постепенного чередования фаз ускорения и замедления сердечной деятельности).

Этиология:

– физиологическая аритмия: подростки, пожилые люди;

– экстракардиальные заболевания: инфекционные заболевания, температурные реакции, ожирение, плевро-перикардиальные спайки, повышенное внутричерепное давление;

– ССЗ: ревматизм, ИБС, пороки сердца, сердечная недостаточность; – медикаментозная и токсическая аритмия: опиаты, сердечные гликозиды, ваготоники.

4. Остановка СУ (отказ СУ, sinus arrest, sinus pause, sinus-inertio) – периодическая потеря СУ способности вырабатывать импульсы. Это приводит к выпадению возбуждения и сокращения предсердий и желудочков. На ЭКГ наблюдается длительная пауза, во время которой не регистрируются зубцы PQRST и записывается изолиния. Пауза при остановке УЗ не кратна 1 интервалу R-R (P-P) (рис.2.9).

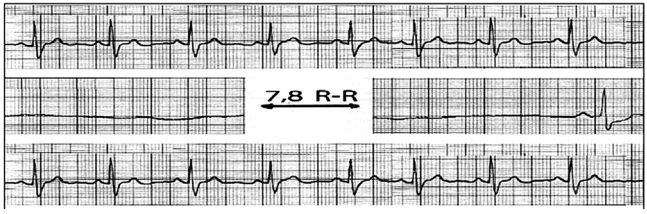


Рис. 2.9 Остановка синусового узла

Этиология:

– рефлекторная: чувствительный каротидный синус, вагусные пробы;

– медикаментозная и токсическая остановка СУ: сердечные гликозиды (дигоксин, строфантин), опиаты, ацетилхолин, хинидин, бета-блокаторы, антагонисты кальция. Гипокалиемия, интоксикация;

– ССЗ: ИБС, миокардит, кардиомиопатии, оперативное повреждение СУ, слабость СУ.

5. Асистолия предсердий (парциальная асистолия) – отсутствие возбуждения предсердий, которое наблюдается в течение 1 или (чаще) большего числа сердечных циклов. Предсердная асистолия может сочетаться с асистолией желудочков, в таких случаях возникает полная асистолия сердца. Однако во время предсердной асистолии обычно начинают функционировать водители ритма II, III, IV порядка, которые вызывают возбуждение желудочков (рис. 2.10).

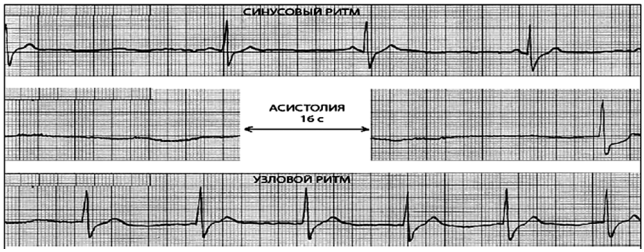


Рис. 2.10 Асистолия предсердий. После асистолии включился узловой ритм

Этиология:

– рефлекторная: чувствительный каротидный синус, вагусные пробы, интубация, глубокое дыхание, вследствие раздражения глотки;

– медикаментозная и токсическая: сердечные гликозиды (дигоксин, строфантин), опиаты, ацетилхолин, хинидин, бе-

та-блокаторы, антагонисты кальция. Гиперкалиемия, интоксикация, гипоксемия;

– ССЗ: ИБС, миокардит, кардиомиопатии, оперативное повреждение СУ, слабость СУ, терминальное состояние сердца.

6. Синдром слабости синусового узла (СССУ) (дисфункция СУ, синдром брадикардий и тахикардий, больной СУ, синдром Шорта, sick sinus syndrome, lazy sinus syndrome, sluggish sinus syndrome) – это наличие одного или нескольких нижеуказанных признаков (рис.2.11):

– упорная выраженная синусовая брадикардия; – определяемая при суточном мониторировании ЭКГ минимальная ЧСС в течение 1 сут <40 в 1 мин, а ее рост во время физической нагрузки не превышает 90 в 1 мин;

– брадисистолическая форма мерцательной аритмии; – миграция предсердного водителя ритма;

– остановка СУ и замена его другими эктопическими ритмами;

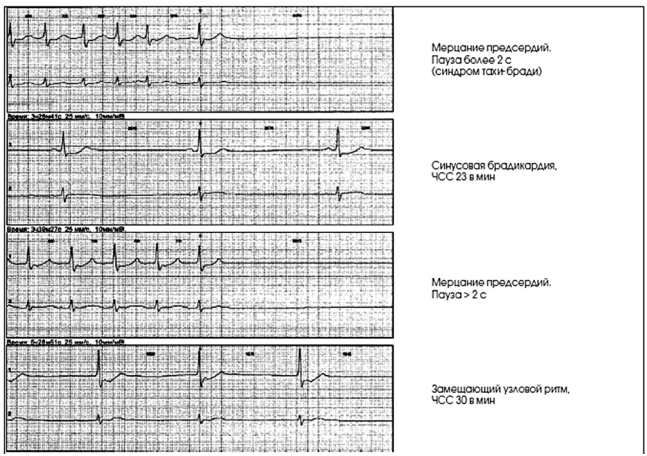
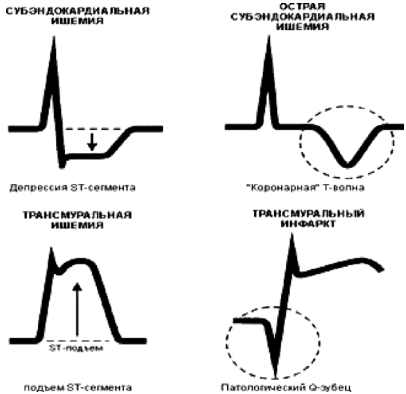


Рис. 2.11 ЭКГ при ССУ



Условия	Острейший	Острый	Текущий/ Рубцующийся	Постинфарктный кардиосклероз
Трансмуральный ИМ				
Субэндокардиальный ИМ				
Когда? (После развития симптомов)	Минуты/ Часы	Часы/Дни	Дни	Месяцы/ Годы
Как долго продолжается?	Часы	Дни	Месяцы/ Годы	Годы

Рис. 2.12 ЭКГ – диагностика инфаркта миокарда

– синоаурикулярная блокада;

– паузы >2,5 с, возникающие вследствие остановки СУ, СА-блокады либо редких замещающих ритмов;

– синдром тахи-бради, чередование периодов тахикардии и брадикардии;

– редко приступы желудочковой тахикардии и/или мерцания желудочков;

– медленное и нестойкое восстановление функции СУ после экстрасистол, пароксизмов тахикардии и фибрилляции, а также в момент прекращения стимуляции при электрофизиологическом исследовании сердца (посттахикардиальная пауза, не превышающая в норме 1,5 с, при СССУ может достигать 4–5 с);

– неадекватное урежение ритма при использовании даже небольших доз бета-блокаторов. Сохранение брадикардии при введении атропина и проведении пробы с физической нагрузкой.

Этиология:

– ССЗ: ИБС, миокардит, кардиомиопатии, оперативное повреждение СУ, ревматизм, врожденные пороки;

– рефлекторная: чувствительный каротидный синус, вагусные пробы, рефлекторные влияния при язвенной болезни, желчнокаменной болезни, грыже пищеводного отверстия диафрагмы;

– медикаментозная и токсическая: сердечные гликозиды (дигоксин, строфантин), опиаты, ацетилхолин, хинидин, бета-блокаторы, антагонисты кальция. Гиперкалиемия, интоксикация, гипоксемия;

– идиопатические формы.

7. Инфаркт миокарда (рис. 2.12)

2.4.4. Измерение сердечного выброса

Показания к измерению сердечного выброса обычно совпадают с показаниями к определению давления в легочной артерии (таб. 2.6) Полноценное использование плавающего ка-

тетера обязательно включает и измерение сердечного выброса (табл. 5). Совершенствование неинвазивных методик в конце концов приведет к широкому использованию интраоперационного мониторинга сердечного выброса.

Противопоказания

Противопоказания к измерению сердечного выброса методом термодилюции совпадают с противопоказаниями к определению давления в легочной артерии.

Таблица 2.6

Гемодинамические показатели, рассчитываемые на основании данных, полученных при катетеризации легочной артерии

Показатель	Формула	Норма	Единица измерения
Сердечный индекс	Сердечный выброс (л/мин) Площадь поверхности тела ($м^2$)	2,8-4,2	л/(мин х $м^2$)
Общее периферическое сосудистое сопротивление	(АДср. – ЦВД)х80 Сердечный выброс (л/мин)	1200-1500	дин х с х $см^{-5}$
Легочное сосудистое сопротивление	(ДЛАср. – ДЗЛА)х80 Сердечный выброс (л/мин)	100-300	дин х с х $см^{-5}$
Ударный объем	Сердечный выброс (л/мин) х1000 ЧСС($мин^1$)	60-90	мл/удар
Ударный индекс (УИ)	Ударный объем (мл/удар) Площадь поверхности тела ($м^2$)	30-65	мл/удар/$м^2$
Ударный индекс правого желудочка	0,0136 (ДЛАср. – ЦВД) х УИ	5-10	г-м/удар/$м^2$
Ударный индекс левого желудочка	0,0136 (АДср. – ДЗЛА) х УИ	45-60	г-м/удар/$м^2$

Примечание. ДЛАср. – среднее давление в легочной артерии; ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии; г-м – грамм-метр.

ЦВД не отражает давления в легочных капиллярах, если фракция изгнания составляет менее 0,50. Даже давление заклинивания легочной артерии не всегда соответствует конечно-диастолическому давлению левого желудочка (табл. 5). *Зависимость между конечно-диастолическим объемом левого*

желудочка (истинная преднагрузка) и давлением заклинивания легочной артерии (измеряемая преднагрузка) нарушается при снижении растяжимости левого предсердия или желудочка, при дисфункции митрального клапана, при высоком сопротивлении легочных вен. Эти состояния часто встречаются в ближайшем послеоперационном периоде после серьезных вмешательств на сердце и сосудах, а также на фоне инотропной терапии и при септическом шоке.

Методика и осложнения

А. Термодилюция. Введение в правое предсердие определенного количества раствора (2,5; 5 или 10 мл), температура которого меньше температуры тела больного (обычно комнатной температуры или ледяной), изменяет температуру крови, контактирующей с термистором в легочной артерии. Степень изменения обратно пропорциональна сердечному выбросу. Изменение температуры незначительно при высоком сердечном выбросе и резко выражено, если сердечный выброс низок. Графическое изображение зависимости изменений температуры от времени представляет собой ***кривую термодилюции.*** Сердечный выброс определяют с помощью компьютерной программы, которая интегрирует площадь под кривой термодилюции. *Чтобы измерить сердечный выброс точно, необходимо быстро и с одинаковой скоростью ввести раствор, точно знать температуру и объем вводимого раствора, правильно ввести в компьютер калибровочные факторы (которые различаются в зависимости от температуры и объема раствора и вида катетера), а также не измерять сердечный выброс.* Недостаточность трехстворчатого клапана и внутрисердечные шунты значительно снижают ценность полученных результатов, так как реально измеряется только выброс правого желудочка, который в этих случаях не соответствует выбросу левого желудочка. В редких случаях быстрая инфузия ледяного раствора вызывает аритмии. Возможные осложнения при измерении сердечного выброса совпадают с осложнениями катетеризации центральных вен и легочной артерии.

Модифицированная методика термодилюции позволяет проводить непрерывный мониторинг сердечного выброса, при этом применяют специальный катетер и монитор. Катетер содержит термофиламент, который генерирует низкоинтенсивные тепловые импульсы в кровь проксимальнее клапана легочной артерии, и термистор, измеряющий изменения температуры крови в легочной артерии. Компьютер монитора определяет сердечный выброс путем перекрестной корреляции количества поданного тепла и изменений температуры крови.

Б. Разведение красителя. Если ввести индоцианин зеленый в центральную вену через катетер, то его концентрацию в артериальной крови можно определить при анализе образцов крови с помощью денситометра. Измерив концентрацию в нескольких образцах крови, полученных через разные промежутки времени после введения красителя, строят кривую. Определив площадь под ***кривой концентрации красителя-индикатора,*** можно измерить сердечный выброс. Методические трудности включают рециркуляцию индикатора, необходимость получения образцов артериальной крови и потребность в специальном оборудовании.

В. Эхокардиография. Чреспищеводная эхокардиография с датчиком, содержащим пьезоэлектрические кристаллы, позволяет получить двухмерное изображение сердца. У младенцев и маленьких детей возможно сдавление аорты крупным датчиком. ***Чреспищеводная эхокардиография*** *позволяет измерить заполнение левого желудочка (конечно-диастолический и конечно-систолический объем), фракцию изгнания, оценить глобальную сократимость и выявить нарушения локальной сократимости.* Поскольку во время систолы амплитуда движений и степень утолщения ишемизированного миокарда значительно снижены, то чреспищеводная эхокардиография является чрезвычайно чувствительным индикатором интраоперационной ишемии миокарда. Помимо того, чреспищеводная эхокардиография позволяет легко обнаружить пузырьки воздуха при воздушной эмболии (в том числе при парадоксальной воздушной эмболии). Ограничениями в использовании чреспищеводной

эхокардиографии являются: необходимость проводить ее под общей анестезией (таким образом, исключено применение в период индукции и интубации), сложность в разграничении ишемии миокарда и высокой постнагрузки, а также вариабельность в интерпретации результатов.

Импульсная допплер-эхокардиография – надежный способ измерения линейной скорости кровотока в аорте. В комбинации с чреспищеводной эхокардиографией (с помощью которой можно измерить площадь поперечного сечения аорты) импульсная допплер-эхокардиография позволяет определить ударный объем и сердечный выброс. Относительно недавнее достижение эхокардио-графической техники **– чреспищеводное цветное допплеровское сканирование,** которое позволяет выявить недостаточность и стенозы клапанов, а также внутрисердечные шунты. Цвет указывает на направление кровотока *(от* датчика или *к* датчику), а интенсивность цвета – на линейную скорость. Высокая стоимость ограничивает применение этих методик.

Постоянно-волновая супрастернальная допплер-эхокардиография также позволяет определить линейную скорость кровотока в аорте. Площадь поперечного сечения аорты не измеряют с помощью чреспищеводной эхокардиографии, а рассчитывают по номограмме в зависимости от возраста, массы тела и пола больного. Эти расчетные данные в сочетании с измеренной линейной скоростью кровотока в аорте позволяют определить сердечный выброс. Хотя использование номограммы значительно удешевляет исследование, оно влечет за собой риск ошибки, особенно при заболеваниях аорты.

При чрезтрахеальной допплер-эхокардиографии датчик прикрепляют к дистальному концу эндотрахеальной трубки. Сердечный выброс рассчитывают на основании диаметра и линейной скорости кровотока восходящего отдела аорты. Точность результатов зависит от правильности размещения датчика.

Г. Биоимпеданс грудной клетки. Величина сопротивления грудной клетки (биоимпеданс) зависит от ее объема. Изме-

рение биоимпеданса грудной клетки в точке сердечного цикла, соответствующей завершению деполяризации желудочков, позволяет определить ударный объем. Для подачи микротока и определения биоимпеданса с обеих сторон грудной клетки необходимо использовать четыре пары электрокардиографических электродов. К недостаткам метода можно отнести высокую чувствительность к электрической интерференции и значительную зависимость от правильности наложения электродов. Подобно супрастернальной или чрестрахеальной допплер-эхокардиографии, точность этой методики у некоторых групп больных, например у больных с пороком аортального клапана или после кардио-хирургических операций, сомнительна.

Д. Принцип Фика. *Потребление кислорода (VO_2)* равно артериовенозной разнице содержания кислорода (A/V), умноженной на сердечный выброс (СВ). Следовательно:

Потребление кислорода

$$\mathbf{CB = VO_2/(CaO_2\text{-}CvO_2).} \quad (1)$$

Производные параметры кислородного обмена (доставка и потребление кислорода) определяются при использовании импедансного реографа и рассчитываются по известным формулам:

$$DO_2 = CO \times (SaO_2 \times 1{,}39 \times Hb) / 100 \quad (2)$$

$$VO_2 = CO \times (SaO_2 - SvO_2) \times 1{,}39 \times Hb / 100 \quad (3)$$

$$KERO_2 = VO_2 / DO_2 \times 100, \quad (4)$$

где:

DO_2 – доставка кислорода к тканям (мл/мин);

VO_2 – потребление кислорода тканями (мл/ мин);

$KERO_2$ – коэффициент экстракции кислорода тканями (%);

CO – сердечный выброс (л/мин);

SaO_2 – степень насыщения кислородом артериальной крови (%);

SvO_2 – степень насыщения кислородом венозной крови (%);

Hb – концентрация гемоглобина (г/л);

1,39 – константа Хюффнера

Доставка кислорода к тканям и потребление кислорода тканями рассчитываются на площадь поверхности тела и результаты отображаются в следующих величинах (таб. 2.7):

DO_2I – индекс доставки кислорода к тканям из расчета на $м^2$ площади поверхности тела в мл/мин/$м^2$;

VO_2I – индекс потребления кислорода тканями из расчета на $м^2$ площади поверхности тела в мл/мин/$м^2$.

Степень утилизации кислорода тканями также рассчитываются по разнице между парциальным давлением кислорода в артериальной и венозной крови:

$a\text{-}v\ PO_2 = PaO_2 – PvO_2$, (5)

где:

$a\text{-}vPO_2$ – степень утилизации кислорода тканями в мм рт.ст.;

PaO_2 – парциальное давление кислорода в артериальной крови в мм рт.ст.;

PvO_2 – парциальное давление кислорода в венозной крови в мм. рт.ст.

При этом пробы венозной крови получают из подключичной вены, а пробы артериальной крови получают путем пункции бедренной артерии.

Таблица 2.7.

Нормативные показатели кислородного обмена

$ScvO_2$, % (N 71,52 ± 6,86 %)
СИ л/мин/м2 (N=3,7±0,4)
$SapO_{2,}$ %, N=98,3±1,3%)
pCO_2, мм рт ст (N=41,11±3,26)
Лактат, ммоль/л (N=1,08±0,11)
$ERBO_2$, в % (N=33.4±2,2%)
$ERTO_2$ в % (N=29,8±2,4%)
VO_2I, в мл/мин/$м^2$ (N=176,8±11,6)
DO2I, в мл/мин/$м^2$ (N=532,5±34,3)

Пульсоксиметрия позволяет оценить степень насыщения кислородом гемоглобина преимущественно артериализованной крови. Степень насыщения гемоглобина преимущественного венозной крови в данном локусе мозговой или иной ткани позволяет метод оксиметрии. С этой целью используется церебральный/с оматический оксиметр (рис. 2.13).

Рис. 2.13 Церебральный/соматический окисметр INVOS

При помощи сенсоров, накладываемых на правую и левую лобную долю, а также на правую и левую половину в других частях тела на мониторе отображаются соответствующие результаты измерений в цифровом выражении.

Области применения церебральной/соматической оксиметрии (Слепушкин В.Д. с соавт., 2014):

• интраоперационный мониторинг в сердечно-сосудистой хирургии;

• интраоперационный мониторинг в нейрохирургии;

• выявление эпизодов ишемии головного мозга при состояниях и операциях, сопровождающихся снижением сердечного выброса;

• контроль течения и определение тактики при аневризматических субарахноидальных кровоизлияниях;

• оценка уровня нарушения кислородного баланса конечностей при сосудистых поражениях;

• оценка степени нарушения кислородного баланса того или иного тканевого локуса.

В нормальных условиях значения показателей оксиметрии (rSO_2) колеблются в пределах 75-65%.

Понижение показаний rSO2, установленных на лобных областях черепа, дает основание для следующих заключениях:

– внезапное резкое снижение более чем на 20% от исходных цифр свидетельствует о кислородном голодании вследствие нарушения перфузии головного мозга. Это может быть и следствием пережатия кранимальных сосудов;

– снижение более чем на 20% говорит о повышении метаболизма мозговой ткани;

– снижение более чем на 25% на протяжении от 15 идо 30 мин отражает повышение тканевой экстракции кислорода из притекающей крови и говорит о наличии гипоксии мозговой ткани;

– снижение более чем на 25% на протяжении более чем 30 мин или снижение ниже 40% указывает на наличие ишемии мозговой ткани;

– снижение абсолютных значений ниже 40% свидетельствует о грубых неврологических расстройствах.

Повышение показаний rSO2 свидетельствует о наличии следующих ситуаций:

= выше 80% – о снижении потребления кислорода и понижении метаболизма головного мозга (например, при правильном ведении анестезии, гипотермии, седации);

= Выше 90% – о глубоком угнетении метаболизма, развития гипоксии вследствие отсутствия потребления кислорода мозговой тканью.

ГЛАВА 3.

МОНИТОРИНГ ДЫХАНИЯ

3.1 Принципы мониторинга функции внешнего дыхания

Важное место в медицине критических состояний занимает слежение за показателями функции внешнего дыхания с целью контроля процесса газообмена между организмом и окружающей средой. Основными звеньями этого процесса являются легочная вентиляция, обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью, транспорт газов кровью, обмен газов в тканях, клеточное дыхание. Оценка параметров физиологических систем, реализующих эти функции, в зависимости от вида клинического мониторинга обладает различной диагностической ценностью. Анестезиологический мониторинг респираторной функции имеет своей целью выявление специфических нарушений газообмена, связанных с ошибками и осложнениями при проведении интубации, искусственной вентиляции легких, возникновением дыхательных дисфункций во время наркоза и в послеоперационном периоде. Наибольшей диагностической ценностью в этом случае обладают методики контроля газового состава крови и анализа концентрации газов во вдыхаемой и выдыхаемой газовой смеси. Контроль газов крови включает определение содержания растворенного кислорода и углекислого газа. Наибольшее применение в практике клинического мониторинга получило слежение за уровнем оксигенации крови, позволяющее вести диагностику состояния с целью предотвращения эпизодов гипоксемии и гипоксии. Наблюдения за цветом кожи и слизистых оболочек, с целью определения наступления цианоза, дает недостаточную точность диагностики гипоксемии (до 40% случаев оказывается невыявленными).

Наилучший результат диагностики (близкий к 100%) до-

стигается при использовании неинвазивных методик полярографического чрескожного измерения напряжения кислорода и пульсоксиметрии, с помощью которой производится определение сатурации крови кислородом. Методика пульсоксиметрии, получившая повсеместное распространение в анестезиологической практике, характеризуется сочетанием высокой точности определения сатурации кислорода (единицы процентов), высокого быстродействия (оценка производится за время нескольких сердечных сокращений) с доступностью и простотой использования. Пульсоксиметрия внесена в современные стандарты интраоперационного мониторинга как обязательная методика при любых видах хирургических вмешательств. Введение в широкую клиническую практику пульсоксиметров считается наиболее значительным достижением в мониторинге безопасности пациента за последние 15 лет. Респираторный мониторинг включает также контроль параметров вентиляции и концентрации газов в дыхательной системе. Параметры вентиляции оцениваются с помощью спирометрических датчиков, встраиваемых в дыхательный тракт аппаратуры ИВЛ и измеряющих объемные и динамические параметры дыхания. Анализ дыхательной газовой смеси в системах анестезиологического мониторинга позволяет определить относительную концентрацию CO2, O2 и анестетиков. Большое распространение в респираторном мониторинге получила методика капнометрии, позволяющая определить с помощью инфракрасных датчиков, расположенных в воздушной магистрали, связанной с дыхательной системой, динамику изменения концентрации CO2. В капнографических мониторах в цифровой форме индицируются значения частоты дыхания, концентрации CO2 на выдохе, отображается на графическом дисплее капнограмма (кривая изменения концентрации CO2 во времени). Считается, что капнограмма обладает такой же информативностью о работе легких, как ЭКГ о работе сердца. Мониторинг концентрации CO2, с целью контроля вентиляции пациента, включен в стандарты интраоперационного мониторинга большинства развитых стран. Мониторинг концентрации анестетиков в ды-

хательной системе осуществляется с помощью мультигазовых анализаторов, показывающих процентную концентрацию анестезирующих агентов (N2O, halothane, enflurane, isoflurane и др.). Принцип работы анализаторов основан на специфической абсорбции анестетиками инфракрасного излучения определенных длин волн или на измерении прироста массы пьезокварцевого преобразователя, покрытого материалом, который абсорбирует анестезирующие агенты при прохождении через датчик дыхательной газовой смеси. В последние годы респираторные мониторы, использующие пульсоксиметрию и капнометрию, конструктивно объединяют с наркозно-дыхательной аппаратурой, что позволяет вести совместный контроль на одном дисплее параметров дыхания, газообмена и данных ИВЛ.

3.2 Пульсоксиметрия

Пульсоксиметрия входит в стандарт обязательного интраоперационного мониторинга. Пульсоксиметрия особенно полезна в тех случаях, когда необходимо часто контролировать оксигенацию: при сопутствующей легочной патологии (например, при легочном фиброзе, обусловленном действием блеомицина), при специфическом характере оперативного вмешательства (например, пластика грыжи пищеводного отверстия диафрагмы), при некоторых видах анестезиологического пособия (например, однолегочная ИВЛ). Пульсоксиметрия показана для мониторинга у новорожденных с риском ретинопатии недоношенности. Противопоказаний к пульсоксиметрии нет.

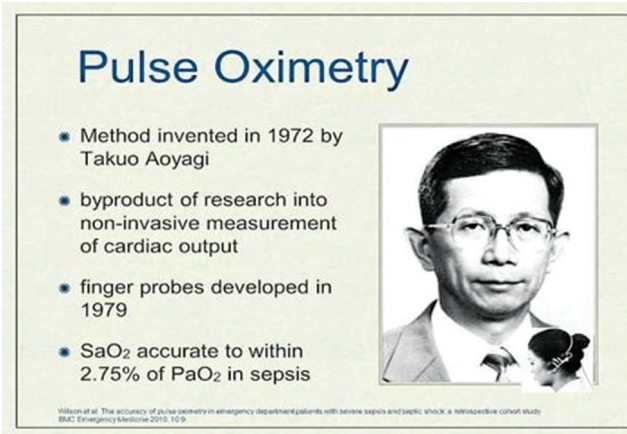
Нормальными значениями является диапазон 96-100%.

• Важно знать исходное состояние пациента до анестезии.

• О гипоксемии свидетельствует снижение SpO2 ниже 95%.

Методика и осложнения

В основе пульсоксиметрии лежат принципы оксиметрии и плетизмографии. Она предназначена для неинвазивного измерения насыщения артериальной крови кислородом. Датчик состоит из источника света (два светоэмиссионных диода) и



приемника света (фотодиода). Датчик размещают на пальце руки или ноги, на мочке уха – т. е. там, где возможна трансиллюминация (просвечивание насквозь) перфузируемых тканей.

Оксиметрия основана на том, что оксигемоглобин (оксигенированный гемоглобин) и дезоксигемоглобин (восстановленный гемоглобин) отличаются по способности абсорбировать лучи красного и инфракрасного спектра (закон Ламберта-Бера). Оксигемоглобин (HbO_2) сильнее абсорбирует инфракрасные лучи (с длиной волны 990 нм), тогда как дезоксигемоглобин интенсивнее абсорбирует красный свет (с длиной волны 660 нм), поэтому де-оксигенированная кровь придает коже и слизистым оболочкам синеватый цвет (цианоз). Следовательно, в основе оксиметрии лежит изменение абсорбции света при пульсации артерии (рис. 13). Соотношение абсорбции красных и абсорбции инфракрасных волн анализируется микропроцессором, в результате рассчитывается насыщение пульсирующего потока артериальной крови кислородом – SpO_2 (S – от англ, saturation – насыщение; p – от англ, pulse – пульс). Пульсация артерии идентифицируется

путем плетизмографии, что позволяет учитывать световую абсорбцию непульсирующим потоком венозной крови и тканями и проводить соответствующую коррекцию. Если периодически не менять положение датчика, то тепло от источника света или механическое сдавление фиксирующей частью может вызвать повреждение тканей. Пульсоксиметр не нуждается в калибровании.

Клинические особенности

Пульсоксиметрия, помимо насыщения кислородом, оценивает перфузию тканей (по амплитуде пульса) и измеряет частоту сердечных сокращений. Поскольку в норме насыщение крови кислородом составляет приблизительно 100 %, то в большинстве случаев отклонение от этого показателя свидетельствует о серьезной патологии. *В зависимости от индивидуальных особенностей кривой диссоциации оксигемоглобина SpO_2 90% может соответствовать PaO_2 < 65мм рт. ст.* Эти данные сравнимы с возможностями физикального исследования: цианоз возникает при концентрации дезоксигемоглобина > 5 г/л, что соответствует SpO_2 < 80 %. *Пульсоксиметрия обычно не позволяет диагностировать эндобронхиальную интубацию (т. е. непреднамеренную интубацию бронха), если только это осложнение не сочетается с сопутствующим заболеванием легких или низкой фракционной концентрацией кислорода во вдыхаемой смеси.*

Так как карбоксигемоглобин (COHb) и оксигемоглобин одинаково абсорбируют волны длиной 660 нм (рис. 3.1), то на пульсоксиметрах тех моделей, которые сравнивают только две длины световых волн, показатели насыщения кислородом при отравлении угарным газом будут ложно завышены. Метгемоглобин имеет одинаковый коэффициент абсорбции как для красного, так и для инфракрасного света. Возникающее соотношение абсорбции 1:1 соответствует насыщению 85%. Таким образом, метгемоглобинемия приводит к ложнозаниженным результатам, если истинное SaO_2 > 85 %, и ложнозавышенным результатам, если истинное SaO_2 < 85 %.

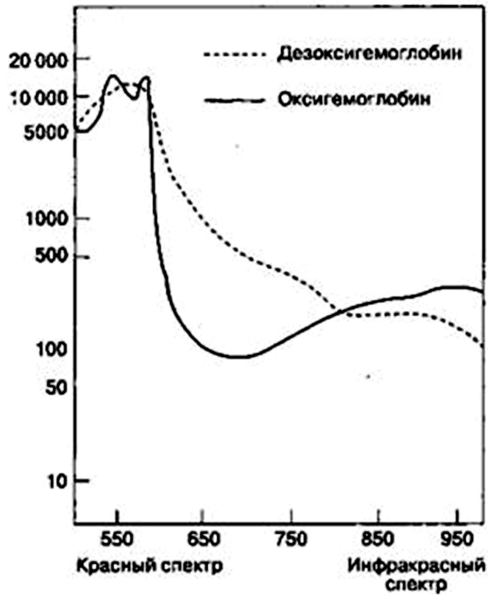


Рис. 3.1. Оксигемоглобин и дезоксигемоглобин отличаются по способности абсорбировать лучи красного и инфракрасного спектра

Большинство моделей пульсоксиметров неточны при низком насыщении кислорода и для всех из них характерно отставание в реагировании на изменения SaO_2 и SpO_2. Датчики, прикрепленные к мочке уха, реагируют на изменения насыщения быстрее пальцевых, потому что кровь от легких поступает к уху раньше, чем к пальцам. Потерю сигнала вследствие периферической вазоконстрикции можно предупредить, выполнив блокаду пальцевых нервов растворами местных анестетиков (не содержащими адреналина!). Причиной появления артефактов при пульсоксиметрии могут быть такие состояния,

как избыточная внешняя освещенность; движения; инъекция метиленового синего; пульсация вен в конечности, опущенной ниже уровня тела; низкая перфузия (например, при низком сердечном выбросе, выраженной анемии, гипотермии, высоком общем периферическом сопротивлении); смещение датчика; поступление света от светоэмитирующего диода к фотодиоду, минуя артериальное ложе (оптическое шунтирование). Тем не менее пульсоксиметрия – это поистине бесценный метод для быстрой диагностики катастрофической гипоксии (например, при нераспознанной интубации пищевода), а также для наблюдения за доставкой кислорода к жизненно важным органам. В палате пробуждения пульсоксиметрия помогает выявить такие дыхательные расстройства, как выраженная гиповентиляция, бронхоспазм и ателектаз.

Технология пульсоксиметрии привела к появлению таких новых методов мониторинга, как измерение насыщения смешанной венозной крови кислородом и неинвазивная оксиметрия мозга. Измерение насыщения смешанной венозной крови кислородом требует введения в легочную артерию специального катетера с волоконно-оптическими датчиками, которые непрерывно определяют насыщение гемоглобина кислородом в легочной артерии (SvO_2). Поскольку значение SvO_2 зависит от концентрации гемоглобина, сердечного выброса, SaO_2 и потребления кислорода организмом в целом, то интерпретация результатов достаточно сложна. Существует вариант методики, при которой внутреннюю яремную вену катетеризируют ретроградно и устанавливают волоконно-оптический датчик таким образом, чтобы он измерял насыщение гемоглобина кислородом в луковице внутренней яремной вены; полученные данные позволяют оценить адекватность доставки кислорода к мозгу.

Неинвазивная оксиметрия головного мозга позволяет определять регионарное насыщение гемоглобина кислородом в мозге, rSO_2 (r – от англ. regional – местный). Датчик, размещаемый на лбу, испускает свет с определенной длиной волны и измеряет отраженный (оптическая спектроскопия в параин-

фракрасном спектре). В отличие от пульсоксиметрии, оксиметрия мозга определяет насыщение гемоглобина кислородом не только в артериальной, но также в венозной и капиллярной крови. Таким образом, полученный результат представляет собой усредненное значение насыщения гемоглобина кислородом во всех микрососудах исследуемого участка головного мозга. Нормальное значение rSO_2 составляет приблизительно 70 %. Остановка кровообращения, эмболия сосудов головного мозга, глубокая гипотермия или значительная гипоксия вызывают выраженное снижение rSO_2 (рис.3.2).

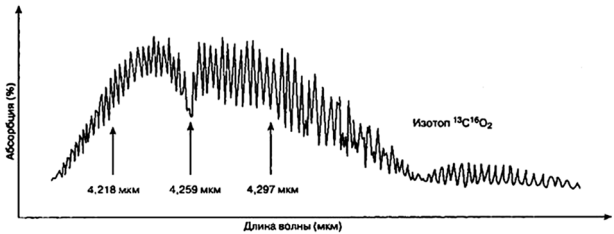


Рис. 3.2. Спектр абсорбции для CO_2.
(Из: Scurr C., Feldman S. Scientific Foundations of Anesthesia. Year Book, 1982.)

3.3 Мониторинг концентрации углекислого газа в конце выдоха (капнография)

Показания и противопоказания

Определение концентрации CO_2 в конце выдоха применяется при всех методиках анестезии для подтверждения адекватности вентиляции. Знание концентрации CO_2 в конце выдоха позволяет проводить мониторинг при снижении внутричерепного давления с помощью ИВЛ в режиме гипервентиляции. Резкое снижение концентрации CO_2 в конце выдоха является чувствительным индикатором воздушной эмболии

– серьезного осложнения при операциях на задней черепной ямке, выполняемых в положении больного сидя. Противопоказаний к капнографии не существует.

Нормальные значения:

• PetCO2 35-45 мм рт. ст.

• FetCO2 4,9-6,4 об%

Методика и осложнения

Капнограф позволяет осуществлять достоверный мониторинг дыхания, кровообращения и состояния дыхательного контура. И капнографы прямого потока, и аспирационные капнографы основаны на принципе абсорбции инфракрасного света углекислым газом (рис. 3.3).

А. Капнографы прямого потока. Капнографы прямого потока измеряют концентрацию углекислого газа, проходящего через адаптер, установленный в дыхательном контуре (рис.15). Капнограф измеряет степень абсорбции инфракрасных лучей в процессе прохождения через поток газа, и на мониторе отображается концентрация CO_2. Из-за проблем с «дрейфом» нулевого значения старые модели капнографов прямого потока в фазу вдоха самонастраивались на ноль. Следовательно, эти модели не могли измерять концентрацию CO_2 на вдохе, что необходимо для диагностики нарушений в дыхательном контуре (например, истощение сорбента, залипание направляющего клапана). Масса датчика может вызывать тракцию эндотрахеальной трубки, а излучение тепла – приводить к ожогам кожи. В новых моделях эти проблемы решены.

Б. Аспирационные капнографы. Аспирационные капнографы (капнографы бокового потока) постоянно отсасывают газовую смесь из дыхательного контура в измерительную камеру монитора (рис. 3.4) представлен аспирационный капнометр). Концентрация углекислого газа определяется сравнением степени абсорбции инфракрасных лучей в камере с образцом и в камере, свободной от CO_2.

Постоянная аспирация анестезиологических газов приводит к существенным утечкам из дыхательного контура, что в отсутствие системы отвода отработанных газов или рецир-

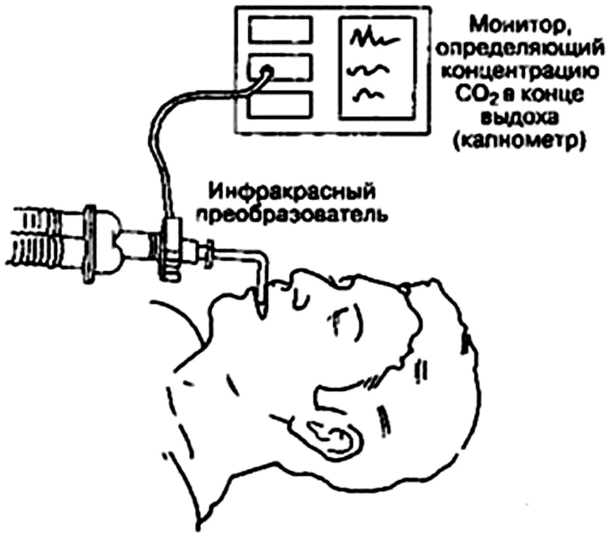


Рис. 3.3. Датчик прямого потока, установленный непосредственно в дыхательном контуре, определяет концентрацию CO_2 в месте контакта с дыхательной смесью

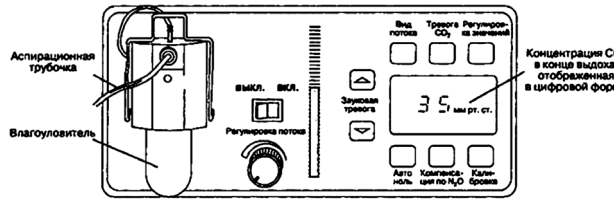


Рис. 3.4. Аспирационный капнометр отсасывает газовую смесь из дыхательного контура в измерительную камеру монитора. Капнограф имеет графический дисплей для отображения капнограммы

куляции загрязняет воздух операционной. Высокая скорость аспирации (до 250 мл/мин) и использование трубок с низким «мертвым пространством» обычно увеличивают чувствительность и сокращают запаздывание по времени. Если дыхательный объем невелик (например, у детей), то при высокой скорости аспирации из дыхательного контура может насасываться свежая дыхательная смесь, что приводит к занижению концентрации CO_2 в конце выдоха. Низкая скорость аспирации (менее 50 мл/мин) увеличивает запаздывание по времени и занижает концентрацию при высокой частоте дыхания. Эти аппараты устанавливаются на ноль относительно воздуха помещения, но для калибрования необходим источник с уже известным содержанием CO_2 (обычно 5 %). Нарушение работы клапана выдоха выявляется при обнаружении CO_2 во вдыхаемой смеси. Хотя неисправность клапана вдоха также вызывает рециркуляцию CO_2, этот дефект не столь очевиден, так как часть инспираторного объема будет еще свободна от CO_2. При этом на мониторе капнографа в части фазы вдоха будет высвечиваться ноль. В аспирационной трубочке и измерительной камере легко осаждается влага, что может привести к обструкции аспирационной линии и ошибке в измерении.

Клинические особенности

Другие газы (например, закись азота) также абсорбируют инфракрасные лучи, приводя к эффекту расширения давления. Чтобы уменьшить ошибку, вызванную наличием примеси закиси азота, предложены различные приспособления и фильтры, встроенные в монитор. *Капнографы быстро и достоверно определяют интубацию пищевода– наиболее распространенную причину анестезиологических катастроф, но не способны достоверно выявить интубацию бронха.* Несмотря на то что в желудке в результате заглатывания выдыхаемой смеси может присутствовать небольшое количество CO_2 (в концентрации не больше 10 мм рт. ст.), он вымывается буквально в течение нескольких вдохов. Внезапное исчезновение CO_2 на выдохе может свидетельствовать о рассоединении контура. Возрастание

интенсивности метаболизма при злокачественной гипертермии сопровождается существенным нарастанием концентрации CO_2 в конце выдоха.

Градиент (разница) между концентрацией CO_2 в конце выдоха и парциальным давлением CO_2 в артериальной крови в норме составляет 2-5 мм рт. ст. Этот градиент отражает альвеолярное «мертвое пространство» – альвеолы, которые вентилируются, но не перфузируются. Любое существенное снижение перфузии легких (например, воздушная эмболия, переход в вертикальное положение, уменьшение сердечного выброса или снижение артериального давления) увеличивает альвеолярное «мертвое пространство», так что в дыхательную смесь поступает меньше CO_2 и концентрация CO_2 в конце выдоха снижается. На дисплее капнографов, в отличие от капнометров, отражается кривая концентрации CO_2 (капнограмма), что позволяет распознавать различные состояния.

Глава 4.

МОНИТОРИНГ НЕЙРО-МЫШЕЧНОЙ ФУНКЦИИ

Третьим компонентом анестезиологического пособия, обеспечивающим комфортность работы хирурга и безопасность больного, является нейро-мышечная блокада (НМБ). Эволюционно НМБ блокада появилась позже обезболивания и седации, но ее внедрение существенно расширило возможности хирургических вмешательств. При желании историю появления мышечных релаксантов и их внедрение в клиническую практику можно почерпнуть из монографии М.А. Магомедова, И.Б. Заболотских «Миоплегия».

Применение различных методов, тактик применения нейромышечного блока в операционной требуют объективного инструментального контроля нейромышечного проведения.

При отсутствии приборов для оценки нейромышечного блока следует руководствоваться следующими правилами:

1. Внимательно ознакомиться с инструкцией по применению используемого вами миорелаксанта и повторное введение релаксанта назначать по истечению срока его действия;

2. Периодически путем постукивания пальцем в области круговой мышцы глаза следить за появлением фасцикуляций под пальцем и сокращением век глаз. Появление этих признаков является показанием для повторного введения миорелаксанта;

3. Следить на мониторе наркозно-дыхательного аппарата за пиковым давлением: увеличение пикового давления может быть следствием ослабления нейромышечного блока и явиться показанием для повторного введения миорелаксанта.

Аппаратный нейромышечный мониторинг следует проводить как во время анестезии, так, *и что наиболее важно*, во время восстановления нейромышечной проводимости (НМП), то есть с окончанием анестезиологического пособия. Это связано с исключением возможности возникновения резидуального (остаточного) блока. Электромиографический контроль

нейромышечной проводимости – нейромышечный мониторинг – входит в Гарвардский стандарт безопасности пациента.

Используются следующие методы количественной оценки нейромышечной проводимости: измерение амплитуды вызванных электрических потенциалов мышцы (*электромиография – ЭМГ*), измерение силы инициированных мышечных ответов *(механомиография – ММГ*), измерение развиваемого при этом мышцей ускорения (*акцелеромиография – АМГ*) и *фономиография – ФМГ.*. Самым распространенным способом оценки НМП, реализованными в большинстве портативных и встроенных мониторов, является *акцелеромиография (АМГ).*

В клинической практике в условиях клиник России нейромышечный мониторинг проводят с помощью приборов «TOF-Watch-S “ (Organon-Merck Sharp Dohme, Ирландия) и «Диамант» (СПБ, Россия) (рис. 4.1).

TOF- четырех разрядная стимуляция, представляет собой пакеты из четырех последовательных электрических стимулов с частотой 2 Гц. Может применяться в любой фазе миорелаксации, а также в послеоперационном периоде для определения

Рис. 4. 1TOF-Watch монитор (Organon), основан на измерении ускорения (акцелеромиография) с пьезоэлектрическим датчиком. На дисплее TOF представлено в процентах. Видно расположение подключения электродов

остаточного нейромышечного блока. Рассчитывается как соотношение амплитуды четвертого ответа к первому и рассчитывается в процентах. При отсутствии миорелаксанта на дисплее высвечивается 100%, при глубоком нейромышечном блоке – 0. (М.А. Магомедов, И.Б. Заболотских, 2010; А.М. Агеенко с соавт., 2020).

Методика измерения:

• электроды (применяются ЭКГ-электроды) накладываются на сухую обезжиренную кожу в проекции локтевого нерва в дистальной трети предплечья.

• Датчик размещают на подушечке большого пальца, чтобы вектор движения пальца (приведение к кисти) был перпендикулярен площади датчика.

• Температурный датчик (если входит в комплект) размещают над стимулирующей мышцей.

• Руку и II-V пальцы кисти фиксируют таким образом, чтобы они не мешали свободному движению большого пальца.

• Монитор включают только после вводного наркоза, т. к. возникают неприятные болевые ощущения при измерении TOF.

• Начинают измерение TOF и вводят миорелаксант. Измерение TOF проводят по мере необходимости – при расчетном времени прекращения действия миорелаксанта.

• При пробуждении пациента необходимо прекратить стимуляцию.

При значениях 5-10% может проводиться интубация трахеи; 10-20% – живот расслаблен; 75% – пациент не может поднять голову; 90% – пациент может удерживать голову в течение 3 с., сила вдоха составляет 70% от нормальной; 100% пациенты удерживают голову в течение 5 с, кашляют, высовывают язык, нормальная сила вдоха (Г.Г. Бестаев, В. Д. Слепушкитн, 2019).

Возможности акцелеромиографии: определение оптимального момента интубации трахеи и наступления хирургического блока; контроль глубины нейромышечного блока; определение времени введения дополнительной дозы миорелаксанта и антидота; определение времени экстубации трахеи; выявление

остаточной курарезации и «двойного блока (М.А. Магомедов, И.Б. Заболотских, 2010).

Мониторинг нейромышечногой блокады в клинической практике можно измерять *методом электромиографии (ЭМГ)* при помощи БИС-монитора. Один из электродов БИС-монитора накладывается на височную область пациента, регистрируя состояние нейромышечной проводимости в области n.orbicularis oculi. Развитие и регрессия нейромышечного блока в круговой мышце глаза и мышцах гортани практически идентичны.

На дисплее БИС-монитора красным цветом выделяется столбик с делениями от 0 до 100, и также красным цветом выписывается кривая величины нейромышечного блока. Показания для интубации трахеи – 0; показания для повторного введения миорелаксанта – 20; показания для экстубации трахеи – 100.

Преимущество оценки нейромышечного блока с использованием БИС-монитора – непрерывное получение информации в режиме реального времени.

Необходимо помнить о факторах влияющих на длительность нейромышечного блока при использовании недеполяризующих миорелаксантов – НМ (Г.Г. Бестаев, В.Д. Слепушкин, 2019) .

Факторы, потенцирующие действие НМ:

- Ингаляционные анестетики.
- Табакокурение.
- Сульфат магния.
- Пожилой возраст.
- Метаболический ацидоз.
- Патология печени и почек.\
- Высокогорье.
- Утренние часы (с 08:00 до 11:00).

Факторы, укорачивающие действие НМ:

- Введение кортикостероидов.
- Вечерние часы – после 14:00.
- предоперационная пероральная гидратация (за 2 часа до планового оперативного вмешательства).

Глава 5.

МОНИТОРИНГ СТЕПЕНИ ОБЕЗБОЛИВАНИЯ (ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ АНТИНОЦИЦЕПТИВНАЯ ЗАЩИТА)

Боль – эволюционно сформированный защитный механизм, направленный на сохранение вида. Функциональной основой формирования боли является несоответствие активности ноцицептивной и антиноцицептивной систем, а именно: повышение активности ноцицептивной и/ или снижение активности антиноцицептивной систем.

В предоперационном периоде у пациента необходимо в процессе сбора анамнеза выяснить, какие обезболивающие средства принимал, длительность их употребления. У молодых людей желательно выяснить употребление жидкостей, содержащих энергетические препараты, особенно следует обратить внимание на последний прием энергетиков, так как их употребление в течение 15-20 часов до начала проведения анестезиологического пособия существенно удлиняет период вводного наркоза, увеличивает расход центральных анальгетиков.

Оценка интенсивности боли во время проведения анестезиологического пособия необходима для принятия следующих решений:

- О начале проведения анальгетической терапии:
- О выборе аналгетика для купирования боли;
- Об эффективности проводимой анальгетической терапии синдрома.

При проведении анестезиологического пособия в рутинной практике для оценки наличия или отсутствия болевого синдрома используются изменения показателей функциональной активности сердечно-сосудистой системы (ЧСС, АД), которые с интервалом 3-5 мин будут меняться при наличии боли в следующей последовательности:

– увеличение ЧСС;
– повышение АД систолического;
– повышение АД диастолического и среднего.

Необходимо помнить, что в такой же последовательности могут изменяться показатели функциональной активности сердечно – сосудистой системы при уменьшении глубины наркоза и при реверсии нейро-мышечного блока.

Если у анестезиолога отсутствует BIS- монитор глубины анестезии, то первым шагом коррекции показателей активности сердечно-сосудистой системы (ЧСС. АД) необходимо начать с введения опиоидного анальгетика (фентанил).

В случае отсутствия эффекта необходимо сделать второй шаг – увеличить дозы гипнотика или подачу ингаляционного анестетика.

В случае отсутствия эффекта необходимо рассмотреть возможность третьего шага – углубить нейромышечный блок.

Никто не снимал с нашего вооружения оценку ***состояния зрачков***. Узкие равномерно центрированные зрачки всегда расценивались как достаточное обезболивание и свидетельствовали о наличии у пациента «хирургической стадии наркоза». Равномерное расширение зрачков может расцениваться как недостаточное обезболивание, особенно если сопровождается повышением ЧСС.

Пульсовой индекс (ПИ). Возрастание ПИ при отсутствии признаков гиповолемии говорит об уменьшении числа функционирующих капилляров вследствие выброса катехоламинов в результате возникновения болевой реакции, что требует назначения центральных анальгетиков.

Разработаны и используются объективные методики интенсивности болевого синдрома.

Метод измерения кожной проводимости. Измеряют параметры кожной проводимости, зависимые от интенсивности боли, а именно – количество пиков кожной проводимости в секунду, что коррелирует с уровнем норадреналина На основе данного метода Х. Сторм разработал прибор – детектор боле-

вого стресса MedStorm производства Med-Storm Innovation, Норвегия (А.А. Буров с соавт., 2013).

Определение индекса анальгезии-ноцицепции. Метод основан на анализе изменения парасимпатического тонуса вегетативной нервной системы, оцениваемой по интервалу RR электрокардиограммы со специальной программы математической обработки. Технология реализована в приборе ANI-Monitor (MetroDolaris, Франция). Данные выводятся на экран прибора в числовом выражении от 0 до 100 (0 – максимальный уровень испытываемой боли, 100 – отсутствие боли).

Наиболее интересен и перспективен монитор анальгезии **NOL**-Technology (MEDASENSES) (рис. 5.1), [Nociception Level; Ruth E. et al., 2016].

Метод основан на измерении и интегральной оценки нескольких параметров (рис. 5.2): температуры тела, гальванической кожной реакции, акцелерометрии, фотоплетизмографии, которые изменяются под влиянием активности симпатической нервной системы. Все параметры снимаются с одного паль-

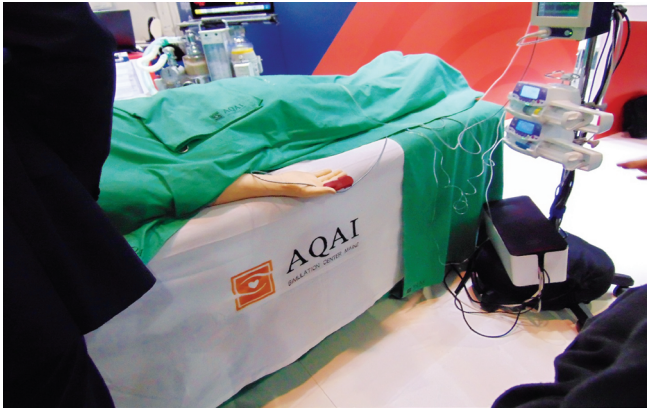


Рис. 5.1. Пальчиковый датчик прибора NOL- Technology для снятия информации о степени болевой реакции

Рис. 5.2 Монитор NOL-Technology, цифра 6 указывает на хорошую степень обезболивания пациента.

чикового датчика и выводятся на монитор в виде цифровых результатов: от 0 до 25 – хорошее обезболивание, выше 25 – наличие боли, требующее введение анальгетиков., показатели более 50 – сильная боль, значения ближе к 100 – нестерпимая боль.

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЫРАЖЕННОСТИ БОЛИ

Больше применимы для научных исследований, чем для практической деятельности, так как показатели врач получает через довольно длительное время после забора крови, а не в режиме on-line.

В нейроэндокринных реакциях на болевой стресс участвуют системы:

• Симпато-адреналовая система

• Гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система (ГГНС)

• Нейропептидная система

• В качестве маркера активности симпато-адреналовой системы в ответ на боль определяют экскрецию норадреналина с мочой (Волчков В.А. с соавт.,2006). Увеличение экскреции норадреналина и повышение уровня глюкозы в крови рассматривают как маркеры интенсивности боли.

• Маркерами активности ГГНС являются пролактин, кортизол крови (Cepeda M.S. et al.,2003; Prigent H. et al., 2003), уровень которых возрастает в ответ на появление боли.

• Маркерами активности нейропептидной системы в ответ на болевой стресс служат лей-энкефалин, мет-энкефалин, бета-эндорфин, субстанция Р, определяемые в крови и в слюне (Слепушкин В.Д. с соавт., 1988; Муравьева А.А., 2012; Tao Deng-Shun et al., 2002). Снижение уровня нейропептидов рассматривают как угнетение активности антиноцицептивной системы, что сопровождается появлением болевого синдрома.

ГЛАВА 6

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ВОЛЕМИЧЕСКОГО СТАТУСА

В предоперационном осмотре необходимо в первую очередь оценить волемический статус пациента, у которого планируется плановое оперативное вмешательство, путем опроса (наличие или отсутствие жажды, ежедневный объем принимаемой жидкости), физикального осмотра (тонус тканей), оценки данных лабораторного обследования (повышение гемоглобина, общего белка, ионов натрия крови, осмолярности плазмы может свидетельствовать о дефиците воды). Необходимо учитывать, что у пациентов с патологией желудочно-кишечного тракта (опухоли любой локализации), как правило, в предоперационном периоде имеет место уменьшение водных разделов из-за ограничения приема жидкости в течение нескольких суток или недель. При необходимости углубленного анализа состояния следует провести *тест поднятия нижних конечностей.* При подъеме нижних конечностей пациента депонированная кровь в количестве 300-500 мл перемещается в нижнюю полую вену, увеличивая преднагрузку сначала правого, а потом левого желудочка сердца. Тест считается положительным, если повышение сердечного выброса после его выполнения составляет более 15% по данным эхокардиографии. Следует отметить, что синдром внутрибрюшной гипертензии (внутрибрюшное давление > 15 см водн.ст. (например, при наличии асцита или воспалительных процессов в брюшной полости) способствует нарушению венозного возврата и снижает чувствительность теста.

Оценка волемического статуса с помощью эхокардиографии предусматривает качественное и количественное исследование конечно-диастолических размеров левого желудочка и диаметра нижней полой вены с индексом растяжимости (Ястребов К.М. с соавт., 2016). При выраженной гиповолемии

венозный возврат недостаточен для адекватного сердечного заполнения. Сердце небольшое, пустое на вид, правый и левый желудочки плохо заполнены, особенно – левый, который полностью спадается в систолу (низкий конечно-диастолический объем). Индекс растяжимости нижней полой вены более 40-45% свидетельствует о гиповолемии.

Следует также учитывать, что обычно рекомендуемое хирургом или анестезиологом-реаниматологом пациентам перед операцией воздержаться от приема жидкости за 15-18 часов перед операцией приводит к дефициту жидкости примерно в объеме 400-800 мл, так как продолжаются физиологические выделения (диурез), назначается очистка кишечника механическим или медикаментозным путем.

В последние 5 лет отошли от тактики ограничения в приеме жидкости в предоперационном периоде и, наоборот, больным рекомендуют за 2-3 часа до начала анестезиологического пособия прием слабо гликозированных бесцветных жидкостей в количестве 200-400 мл. Предубеждения о возможности в этом случае регургитации или рвоты во время вводного наркоза – несостоятельны!

Интраоперационный период.

Необходимо помнить, что при плановых оперативных вмешательства даже при отсутствии большой кровопотере внутривенная инфуцзия должна составлять 10-15 мл/кг массы тела/час при проведении оперативных вмешательствах на органах брюшной полости и 20–25 мл при торакальных операциях, что позволяет поддерживать нормальный волемический статус Инфузия проводится сбалансированными многокомпонентными. Солевыми растворами. В случае массивной кровопотери следует принимать решение об адекватном поддержании волемического статуса в том числе и с использованием коллоидных кровезаменителей, компонентов крови.

Для оценки волемического статуса во время проведения анестезиологического пособия в рутинной практике достаточно правильно интерпретировать показатели стандартного мо-

ниторинга, центрального венозного давления, диуреза, оценки кожных покровов. Далеко не всегда и не у всех есть возможность оценить волемический статус при помощи УЗИ – исследования крупных венозных стволов, поэтому в данном случае мы не рассматриваем эти данные.

В разделе по мониторингу гемодинамики настоящего пособия мы указывали, что поддержание гемодинамики складывается из учета показателей преднагрузки и постнагрузки.

Показатели, характеризующие преднагрузку:

• Центральное венозное давление (ЦВД), в норме составляющее +5-+12 см водн. ст. Следует помнить, что данный показатель не будет давать адекватной информации в случае сердечной или сердечно-легочной недостаточности, поэтому ценность данного показателя ставится в настоящее время под сомнение. Измерять ЦВД при катетеризации крупных венозных стволов желательно при отключении ИВЛ, а при невозможности – из полученной цифры ЦВД вычитать 4-5 см водн. ст. Уменьшение ЦВД до 4-5 см водн.ст. указывает на снижение ОЦЖ на 20-30%, уменьшение ЦВД до 0 см.водн.ст. говорит о снижении ОЦЖ на 30-40%, а отрицательные величины ЦВД (засасывание крови в катетер) указывают на дефицит ОЦЖ более 50%.

Увеличение ЦВД выше 12 см. водн. ст. свидетельствует о гипергидратации или развитии сердечной недостаточности. При этом появляются влажные хрипы в легких, крепитация при аускультации легких.

• Систолическое артериальное давление (АД сист). Снижение АД сист на каждые 20 мм рт.ст. свидетельствует о дефиците объема преднагрузки или объема циркулирующей жидкости (ОЦЖ) на 15-20% (интерпретировать со снижением ЦВД). Возрастание АД сист может быть следствием: ***1***. гипергидратации (интерпретировать с учетом увеличение ЦВД), ***2***. неадекватной седации (следует интерпретировать с показателями БИС-мониторинга), ***3.*** неадекватной анальгезии (интерпретировать наряду с увеличением частоты сердечных сокращений – ЧСС,

снижением пульсового индекса- ПИ. Является следствием выброса катехоламинов), ***4.*** восстановлением нейро-мышечной проводимости. Следует интерпретировать с жалобами хирурга на повышение мышечного тонуса и трудностью манипулирования в ране, сокращением лобной мускулатуры в ответ на легкое постукивание, показателями TOF-мониторинга (увеличение более 10), показателями БИС-мониторинга (красный столбик в верхнем левом углу повышается более 20).

При трудной дифференциации причины повышение АД сист и одновременного увеличения ЧСС можно последовательно выполнить следующие шаги: ввести анальгеик, при не эффективности в течение 2-3 мин – увеличить дозировку препарата для седации (внутривенного или ингаляционного), при не эффективности в течение 2-3 мин – ввести миорелаксант.

• Пульсовое давление (разница между систолическим и диастолическим давление). В норме составляет 40 мм рт.ст. Снижение пульсового давления. Например: 90/70 мм рт.ст.) свидетельствует о дефиците ОЦЖ и должно интерпретироваться вместе с АД сист, ЦВД/

Показатели, характеризующие постнагрузку:

• Диастолические артериальное давление (АД диаст). Снижение АД диаст. говорит о снижение ОЦЖ с обеднением кровенаполнения сосудистого русла. Усилия анестезиолога должны быть направлены по поддержание ОЦЖ пуцтем инфузии, а также вазопрессорной поддежки (инфузия норадреналина или мезатона, в крайнем случае – адреналина).

Повышение АД диаст свидетельствует о переполнении микрососудистого русла, что может быть следствием гиперволемии, или развитии сердечной недостаточности, или развитии неадекватной централизации кровообращения за счет выброса катехоламинов (рассматривать вариант неадекватной анальгезии!). Мероприятия должны быть направлены на лечение сердечной недостаточности, усиления ноцицептивной защиты пациента (введение центральных анальгетиков).

• Пульсовой индекс (ПИ). Отображается в мониторах, как

правило, в центре экрана, ближе к правой стороне в виде меняющегося по величине столбика и цифрового выражения (в разных мониторах – разные цифровые пределы, что высвечивается на экране рядом со столбиком. Отражает количество заполненных микрокапилляров, так как функционирую в такт систолы только заполненные кровью капилляры.

В пальчиковых и карманных мониторах отражается в виде «бегающего» столбика (рис.7.1).

Уменьшение ПИ отражает уменьшение количества функционирующих капилляров микроциркуляторного русла вслед-

Рис. 7.1. Карманный вариант пульсоксиметра. Справа в середине дисплея виден столбик, отражающий величину пульсового индекса

ствие: **1.** дефицита ОЦЖ с централизацией кровообращения за счет выброса катехоламинов (одновременно повышается ЦВД); **2.** Неадекватного обезболивания (одновременно повышается АД сист, ЧСС). Проводить соответствующие мероприятия: ликвидировать дефицит ОЦЖ или обеспечить адекватную антиноцицептивную защиту центральными анальгетиками.4

Повышение ПИ говорит об увеличении числа функционирующих капилляров микрососудистого русла вследствие гиперволемии или сердечной недостаточности.

Проводятся соответствующие мероприятия.

• Диурез. Во время проведения анестезиологического пособия регистрируется почасовой диурез, как отражение микроциркуляции и постнагрузки. Для удобства расчет диуреза рассчитывается как 1 мл/мин.

Таблица 7.1

Особенности периоперационноной инфузионной терапии

Стратегия инфузионной терапии	Профилактика гиповолемии и создание гемодилюции	Профилактика накопления жидкости в легочном интерстиции
Авторы и сторонники	Шанин Ю.Н., Замятин М.Н., 1995, Кассиль В.Л, 2003 Шифман Е.М., 2005	Slinger P.D. et al., 2015; Морган Дж.Э., 2014, Кузьков В.В., 2006, Хорохордин Н.Е., 1986
Интаоперационно	5 – 7,5 мл/кг·час + 130% кровопотери,	Восполнение базальной физпотребности
После операции	30-50 мл/кг/сут+потери за предыдущие сутки	положительный баланс не больше 20-30 мл/кг
	диурез 30-40 мл/ч	диурез не больше 0,5 мл/кг/ч
	преимущественно кристаллоиды	преимущественно коллоиды
		кристаллоидов не больше 3 литров в сутки
Преимущества	гемотрансфузии не нужны	инвазивный мониторинг и инотропная поддержка предпочтительнее перегрузки жидкостью
	профилактика осложнений за счет улучшения реологии крови	профилактика послеоперационного отека легких, сердечной недостаточности

Из таблицы 7.1 видно, что в настоящее время ведущей стратегией периоперационной инфузионной терапии у больных является ограничение объема вводимой жидкости. Общепринятое изречение – «не топить нижнее легкое» (Slinger P.D. et al., 2015) – связано с тем, что из-за гидростатического эффекта чрезмерное использование инфузионных препаратов может привести к увеличению шунтирования и впоследствии привести к отеку зависимого легкого, особенно во время длительных операций. Кроме того, избыточная интраоперационная инфузия является независимым фактором риска острого повреждения легких после хирургического лечения (Licker M., Perrot M., Spiliopoulos A., 2003).

Также нет единого мнения о качественном составе периоперационной инфузионной терапии. Ряд специалистов считают, что коллоидные растворы, благодаря поддержанию онкотического давления плазмы, более эффективно восстанавливают объем циркулирующей крови и сердечный выброс, в том числе по сравнению с препаратами крови, что имеет значение для больных со сниженными кардиореспираторными резервами в условиях острой кровопотери (У.И. Хейтц, 1999). Другие специалисты считают, что кристаллоидные растворы также эффективны при инфузии в достаточном объеме (Шифман Е.М., 2005, Марино П.). Ряд авторов рекомендуют максимальное ограничение или даже полный отказ от трансфузии донорских эритроцитов и альбумина у больных с анемией (А.Л. Костюченко, 1998, Л.В. Усенко, 2003, А.П. Зильбер, 1989). По мнению лидеров в этой области (D. Jenkkins, 2007, S.W. Jamieson 2003, 2013) принципами инфузионной терапии во время операции являются:

Нормоволемическая гемодилюция

Поддержание гематокрита на уровне не ниже 0,22, минимизация гемотрансфузий

Постоянное использование аппарата sell-saver

Использование единственного коллоида – альбумина

Принципами послеоперационной инфузионной терапии в послеоперационном периоде у больных

Ежедневный отрицательный водный баланс

Уровни гематокрита и гемоглобина не выше 0,3 и 100 г/л соответственно

Использование единственного коллоида – альбумина

Практически все современные стратегии послеоперационного ведения больных включают более строгий динамический контроль гемодинамики и/или волемии, чем при других типах операций.

При применении гемодилюции (Ходжиев А.Б., 2007, Ю.Н. Шанин, М.Н. Замятин, 1995) условием ее безопасности является постоянный контроль показателей транспорта и потребления кислорода. Интегральная реография тела по Тищенко М.И. (Даниленко М.В., 1984; Шанин В.Ю., 1993) позволяет зарегистрировать гипер- и гиподинамическую реакцию кровообращения в ближайшем послеоперационном периоде, что необходимо для лечения и профилактики осложнений. Кассиль В.Л. (2003) рекомендует определять концентрацию основных внеклеточных ионов в плазме и суточной моче, осмолярность плазмы крови и мочи, мониторировать содержание общей воды и распределение жидкости в водных секторах организма методом импедансной плетизмографии (В.Д. Малышев, 2000). Для оценки волемического статуса используются функциональные пробы: измерение гемодинамических параметров до и после введения 200 мл жидкости, в вертикальном и горизонтальном положении и т.п., а также ежедневное взвешивание больного (Дж.Э. Морган-мл., 2014).

Опасность гиповолемии заключается в гемодинамических нарушениях. Опасность гиперволемии состоит, прежде всего, в гидратации легочного интерстиция, но ее диагностика сложна: лабораторные изменения неспецифичны, рентгенологические (усиление легочного сосудистого рисунка, интерстициальный и альвеолярный отек) и клинические симптомы (тахикардия, одышка, влажные хрипы в легких, цианоз и розовая пенистая мокрота, увеличение темпа диуреза, отеки) проявляются на поздних стадиях (Дж.Э. Морган- мл., 2014, Е.М. Шифман, 2005). Единственный показатель, коррелирующий с данными

патологоанатомических исследований (гравиметрический метод – взвешивание легких) – это индекс внесосудистой жидкости (воды) легких (ELWI), измеряемый на основании объема термального внутрисосудистого распределения при использовании технологии PiCCO (Кузьков В.В., Киров М.Ю., 2015).

Таким образом, в настоящее время мнения исследователей в отношении объема инфузионной терапии склоняются в сторону редукции жидкости или нормоволемии, а вопрос применения коллоидов остается дискутабельным. В то же время количественные меры и стандарты объема периоперационной инфузионной терапии отсутствуют. Также не существует общепринятого маркера избыточной инфузионной терапии. При этом использование метода транспульмональной термодилюции позволяет сразу, и оценивать конечно-диастолический объем камер сердца и мониторировать накопление жидкости в легочном интерстиции.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ASA – Американское общество анестезиологов (the American Society of Anesthesiology)
АД – артериальное давление
ЧСС – частота сердечных сокращений
SpO2 – насыщаемость крови кислородом
МАС – минимальная альвеолярная концентрация
ЭКГ – электрокардиограмма
ПИ – пульсовой индекс (индекс пульсации)
PiCCO – послеоперационная палата ИТ
ОЦЖ – объем циркулирующей жидкости
ЦВД – центральное венозное давление
НМБ – нейро-мышечная блокада
НМП – нейро-мышечная проводимость
PiCCO PLUS и VolEF – транспульмональной термодилюции в сочетании с катетеризацией легочной артерии катетером Свана–Ганса
DO_2 – доставка кислорода к тканям
VO_2 – потребление кислорода тканями
$KERO_2$ – коэффициент экстракции кислорода тканями
СВ – сердечный выброс
SaO_2 – степень насыщения кислородом артериальной крови
SvO_2 – степень насыщения кислородом венозной крови
Hb – концентрация гемоглобина
A/V – артериовенозная разница содержания кислорода
ДЗЛК – давление заклинивания в легочных капиллярах
ЛСС – легочное сосудистое сопротивление
АД ср. – среднее артериальное давление
АД. сист. – систолическое артериальное давление
АД диаст. – диастолическое артериальноен давление
ЭЭГ – электроэнцефалография
РАС – катетер легочной артерии с баллонным наполнителем
ACC/AHA – Американская ассоциация заболеваний сердца
ССС – сердечно-сосудистая система
ИБС – ишемическая болезнь сердца
ИВЛ- искусственная вентиляция легких
PaO_2 – парциальное давление кислорода
$PaCO_2$ – парциальное давление углекислого газа
СУ – синусовый узел
СН – сердечная недостаточность
ДН – дыхательная недостаточность
ЛГ – легочная гипертензия

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А*геенко А.М., Бабаянц А.В., Вершута Д.В., Грицан А.И. и др.* Управление нейромышечным блоком. Клинические рекомендации ФАР. В книге: «Анестезия, интенсивная терапия и реанимация в акушерстве и гинекологии. Клинические рекомендации. Протоколы лечения. 2020: 598-658.

2. *Буров А.А., Дегтярев Д.Н., Трубецкая В.В.* Мониторирование боли у новорожденных. Вестник интенсивной терапии. 2013. Приложение к №5.-9-10.

3. *Бычков А.А., Женило В.М., Мартынов Д.В., Здирук С.В.* Нейрофизиологические методы оценки адекватности общей анестезии. Ростов-на-Дону. 2011.-53 с.

4. *Бунятян А.А.* Анестезиология: Национальное руководство / Под ред. А.А. Бунатяна, В.М. Мизикова. – М.: ГОЭТАР-Медиа, 2011. – 1146 с.

5. *Бокарев И.Н., Попова Л.В., Фомченкова О.И.* Синдром аритмии. М.: Практическая медицина, 2007. 208 с.

6. *Бестаев Г.Г., Слепушкин В.Д.* Миорелаксанты: сегодня, завтра. Владикавказ, 2019: 125 с.

7. *Волчков В.А., Игнатов Ю.Д., Страшнов В.И.* Болевые синдромы в анестезиологии и реаниматологии. Москва «МЕДпресс-информ». 2006: 320 с.

8. *Джанашия П.Х., Шевченко Н.М., Шлык С.В.* Нарушение ритма сердца. М.: Оверлей, 2006. 320 с.

9. *Задионченко В.С., Шехян Г.Г., Щикота А.М., Ялымов А.А.* Принципы дифференциальной диагностики тахикардий с широкими комплексами QRS // Справочник поликлинического врача. 2012. № 3. С. 53–58

10. *Задионченко В.С., Шехян Г.Г., Щикота А.М., Ялымов А.А.* Практическое руководство по электрокардиографии. М.: Анахарсис, 2013. С. 257

11. *Исаков И.И., Кушаковский М.С., Журавлева Н.Б.* Клиническая электрокардиография. Л.: Медицина, 1984. 272 с.

12. *Келли С.Д.* Мониторинг состояния сознания при проведении анестезии и седации. Aspect. 2009.-150 с.

13. *Ковалева Ю.Р.* Кардиология в вопросах и ответах / под ред. Ю.Р. Ковалева. СПб.: Фолиант, 2002. 456 с.

14. *Кушаковский М.С.* Аритмии сердца. СПб.: Гиппократ, 1992. 524 с.

15. *Кушаковский М.С., Журавлева Н.Б.* Аритмии и блокады сердца (атлас электрокардиограмм). Л.: Медицина, 1981. 340 с.

16. *Кузьков В.В., М.Ю. Киров, Э.В. Недашковский.* Волюметриче-

ский мониторинг в отделении реанимации: основы метода // Актуальные проблемы анестезиологии и реаниматологии. Освежающий курс лекций. – Архангельск, 2003. – С. 255-260.

17. *Кузьков В.В., Киров М.Ю., Недашковский Э.В.* Волюметрический мониторинг на основе транспульмональной термодилюции в анестезиологии и интенсивной терапии// Анестезиология и реаниматология. – 2003. – № 4. – С. 67-73.

18. *Лебединский К.М.* Кровообращение и анестезия. Оценка и коррекция системной гемодинамики во время операции и анестезии / Под ред. проф. К.М. Лебединского. – 2-е изд., испр. – СПб.: Человек, 2015. – 1076 с.

19. *Магомадов М.А., Заболотских И.Б.* Миоплегия. Практическая медицина. М., 2010:223 с.

20. *Мандел В.Дж.* Аритмии сердца / под ред. В.Дж. Мандела. М.: Медицина, 1996. 512 с.

21. *Миллер Рональд.* Анестезия Рональда Миллера / Под ред. Р. Миллера; перевод с англ.; под общ.ред. К.М. Лебединского. – СПб.: Человек, 2015. – 1666 с.

22. *Муравьева А.А.* Критерии адекватности регионарной анестезии при операциях на прямой кишке. Автореф. дисс. канд. мед.наук. Ростов-на-Дону. 2012.-24 с.

23. *Мурашко В.В., Струтынский А.В.* Электрокардиография: Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Медпресс; Элиста: АПП «Джангар», 1998. 313 с.

24. *Недоступ А.В., Благова О.В.* Как лечить аритмии. Диагностика и терапия нарушений ритма и проводимости в клинической практике. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2008. 288 с.

25. *Орлов В.Н.* Руководство по электрокардиографии. М.: Медицинское информационное агентство, 1999. 528 с.

26. *Полушин Ю.С.* Периоперационная кровопотеря и принципы инфузионно-трансфузионной терапии / Ю.С. Полушин // Анестезиология. Национальное руководство / Под. ред. акад. РАМН А.А. Бунатяна, проф. В.М. Мизикова. – М.: ГОЭТАР-Медиа, 2013. – С. 141-155.

27. *Слепушкин В.Д., Золоев Г.К., Виноградов В.А., Титов М.И.* Нейропептиды. Их роль в физиологии и патологии. Изд. Томского университета. Томск. 1988:-143 с.

28. *Слепушкин В.Д., Женило В.М., Осканова М.Ю., Женило М.В.* Мониторинг церебральных функций в анестезиологии и интенсивной терапии. Владикавказ-Ростов-на-Дону, Назрань. 2014:-200 с.

29. *Томов Л., Томов И.* Нарушения ритма сердца. София: Медицина и физкультура, 1979. 420 с.

30. *Циммерман Ф.* Клиническая электрокардиография. М.: Бином, 2011. 423 с.

31. *Яковлев В.Б., Макаренко А.С., Капитонов К.И.* Диагностика и лечение нарушений ритма сердца. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. 168 с.

32. *Ялымов А.А., Шехян Г.Г., Щикота А.М.* Руководство по электрокардиографии / под ред. В.С. Задионченко. Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co. KG, 2011

33. *Ястребов К.М., Кохно В.Н., Локтин Е.М.* Основы эхосонографии сердца и легких для анестезиолога-реаниматолога. Новосибирск. 2016: 155 с.

34. *Carrara L., Nault M., Morisson L., Godin N. et al.* The impact of bolus versus continuous infusion of intravenous ketavin on bispectral index variations and desfluran administration during major surgery. Eur. J. Anaesth. 2021; 38(1): 1168-1179 doi:10.1097/EJA.0000000000001588.

35. *Cepeda M.S., Africano J.M., Polo R. et al.* What decline in pain intensity is mearningful to patients with acute pain. Pain.2003Ж105 (1-2):-151-157.

36. *Denniss A.R., Richards D.A., Cody D.V. et al.* Prognostic significance of ventricular tachycardia and fibrillation induced at programmed stimulation and delayed potentials detected on the signal averaged electrocardiograms of survivors of acute myocardial infarction. Circulation. 1986. Vol. 74. P. 731–745.

37. *Eagle K.A., Brundage B.H., Chaitman B.R. et al.* Guidelines for perioperative cardiovascular evaluation for noncardiac surgery: An abridged version of the report of the American. College of Cardiology. American Heart Association task force on practice guidelines. Mayo Clin. Proc. – 1997. – Vol. 72. – P. 524-531.

38. *Klein A.A., Meek T., Allcock E. et al.* Recommendation for standarts of monitoring during anaesthesia and recovery 2021. Anaesthesia. 2021; Epub 20 May

39. *Kelion A.D., Banning A.P.* Is simple clinical assessment adequate for cardiac risk stratification before non-cardiac surgery? Lancet. – 1999. – № 354. – P. 1837-1838.

40. *Lee A.F.* Cardiac risk stratification for noncardiac surgery. Cleveland Clinic Journal of Medicine. – 2009. – V. 76. – № 14. – 9-15.

41. *Lee T.H.* Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major non-cardiac surgery. Circulation. – 1999. – № 100. – P. 1043-1049.

42. *Prigent H., Maxime V., Annane D.* Stress and hormones. Ann. Franc. Anesth. Rean. 2003.; 22: CO16-CO31.

43. *Ruth E., Daniel I. S. et al.* Preliminary intraoperative validation of the NOL (Nociception Level) index, a non-invasive nociception monitor. Anesthesiology. 2016; 125:-193-203.

44. *Tao Deng-Chun, Liu Wei-Yong, Cai Jian-Hui et al.* Disi junyi daxue xuebao. J.Forrh.Milit.Med.Univ.2002; 23(6): 486-488.