

Міністерство охорони здоров'я України
Харківська медична академія післядипломної освіти

**КАФЕДРА АНЕСТЕЗІОЛОГІЇ, ДИТЯЧОЇ АНЕСТЕЗІОЛОГІЇ ТА
ІНТЕНСИВНОЇ ТЕРАПІЇ**



**МОНІТОРИНГ СТАНУ ХВОРОГО У ВІДДІЛЕННЯХ
АНЕСТЕЗІОЛОГІЇ ТА ІНТЕНСИВНОЇ ТЕРАПІЇ**

Навчально-методичний посібник для самостійної роботи слухачів

Харків-2019

Установа розробник:

Харківська медична академія післядипломної освіти

Кафедра анестезіології, дитячої анестезіології та інтенсивної терапії

Укладачі:

Корсунов Володимир Анатолійович, д.мед.н., професор

Георгіянц Маріне Акопівна, д.мед.н., професор

Раскова Тетяна Юріївна, к.мед.н., доцент

Одинець Ігор Юрійович, к.мед.н., доцент

Лисенко Лідія Сергіївна, к.мед.н., асистент

Пушкар Михайло Борисович, к.мед.н., асистент

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Павлов Олександр Олександрович – доктор медичних наук, професор,

завідувач кафедри анестезіології, інтенсивної терапії, трансфузіології та гематології

Харківської медичної академія післядипломної освіти МОЗ України;

Волкова Юлія Вікторівна – доктор медичних наук, професор, завідувач

кафедри медицини невідкладних станів, анестезіології та інтенсивної терапії

Харківського національного медичного університету МОЗ України;

Затверджено Вченою Радою Харківської медичної академії
післядипломної освіти, протокол № 9 від 13.11. 2019р.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	4
Питання для контролю вхідного рівня знань	5
Вступ	6
Розділ 1. Визначення терміну «моніторинг» та етапи його формування	7
Розділ 2. Основні цілі та об'єкти моніторингу	8
Розділ 3. Гемодинамічний моніторинг	10
Розділ 4. Моніторинг системи дихання	15
Розділ 5. Інші види моніторингу	21
Висновок	24
Питання для контролю кінцевого рівня знань	25
Відповіді на питання для контролю кінцевого рівня знань	28
Список рекомендованої літератури	29

Перелік умовних скорочень:

АТ – артеріальний тиск

ЕКГ – електрокардіографія

ГРДС – гострий респіраторний дистрес-синдром

СВ – серцевий викид

СРПС – стимуляція в режимі подвійного спалаху

ЦВТ – центральний венозний тиск

ЧСС – частота серцевих скорочень

ШВЛ – штучна вентиляція легень

ASA – Американська асоціація анестезіологів

BIS – біспектральний індекс

Cl_t – легенево-торакальний комплайнс

FiO₂ – концентрація кисню в дихальній суміші

Flow – інспіраторний потік

ScvO₂ – насичення центральної венозної крові киснем

SpO₂ – насичення артеріальної крові киснем

P_{et}CO₂ – напруга CO₂ в кінцевій порції газу, який пацієнт видихує

P_aCO₂ – парціальний тиск вуглекислоти в артеріальній крові

P_aO₂ – парціальний тиск кисню в артеріальній крові

pCO₂ – парціальний тиск вуглекислоти

pO₂ – парціальний тиск кисню

P_{aw} – тиск у дихальних шляхах

PEEP – позитивний тиск в кінці видиху

PIP – піковий тиск вдиху

P_{plat} – тиск плато

R_{aw} – опір дихальних шляхів

t – час

TOF – серія з чотирьох імпульсів

V_t – дихальний об'єм

Питання для контролю вхідного рівня знань

- 1) Надайте визначення терміну «моніторинг» (1,2,4)
- 2) Які види моніторингу Вам відомі? (1,2,3)
- 2) Назвіть задачі та методи моніторингу гемодинаміки (1,2,4)
- 3) Визначте задачі та методи моніторингу системи дихання (2,4,8)
- 4) Охарактеризуйте загальні принципи нейромоніторингу (3,5,7)
- 5) Які методи моніторингу нервово-м'язової провідності Ви знаєте? (3,5,9)
- 6) Охарактеризуйте температурний моніторинг (2,7,8)
- 7) Визначте задачі моніторингу діурезу (1,2,7)
- 8) Які показники необхідно моніторувати у дітей при всіх видах анестезіологічної допомоги та проведенні інтенсивної терапії? (4,9,10)

Вступ

Моніторинг (monitor) – наглядає, нагадує, застерігає. Моніторинг хворих при проведенні анестезії та лікуванні хворих, які знаходяться у критичному стані особливо важливий, оскільки проблеми контролю та управління життєво важливими функціями, частково або повністю, вирішуються лікарем. Тому моніторинг повинен забезпечувати безперервну реєстрацію встановлених показників, подання їх в числових або графічних формах в реальному часі і динаміці, первинну інтерпретацію отриманих даних і, нарешті, включення тривожної сигналізації.

Частота ускладнень анестезії, що призводять до зупинки кровообігу у дітей, в 2-3 рази вище в порівнянні з дорослими, що обумовлено анатомо-фізіологічними особливостями серцево-судинної і дихальної систем. Отже, діти є пацієнтами високого ризику, а їх стан повинен ретельно контролюватися протягом усього периопераційного періоду.

Посібник для самостійної роботи представляє найбільш досконалі знання щодо сучасних підходів моніторингу стану хворого у відділеннях анестезіології та інтенсивної терапії.

Навчальний посібник для самостійної роботи розроблений для лікарів педіатричного профілю, загальної практики-сімейної медицини, медицини невідкладних станів, анестезіологів, дитячих анестезіологів.

Навчальний посібник для самостійної роботи видається вперше.

Розділ 1. Моніторинг та етапи його формування.

Під терміном «моніторинг» в даний час розуміється не лише елементарний контроль життєво важливих функцій і процесів організму, а й прогнозування та попередження можливих ускладнень. Сам термін «моніторинг» походить від латинського дієслова *monere* – попереджати.

На початку ХХ сторіччя у Массачусетському головному госпіталі Г.В. Кушінг спільно зі своїм другом і колегою Е.А. Кодменом створив першу анестезіологічну карту («The ether chart»), увійшовши в історію медицини як основоположник [анестезіологічного](#) моніторингу. Ідея створення цієї карти виникла після смерті одного пацієнта від загальної анестезії під час хірургічного втручання. У карті наводилися короткі відомості про пацієнта, особливості операції, і реєструвалися такі важливі параметри стану хворого як [пульс](#) і частота дихання через кожні 5 хвилин наркозу, опис кольору обличчя хворого, дані вимірювання температури пацієнта. Карти також забезпечувалися короткими коментарями про характер операції, кількість використаного для наркозу ефіру, і т.д. Це нововведення незабаром дозволило значно знизити кількість смертей від наркозу в Массачусетському головному госпіталі.

Система моніторингу спочатку з'явилася у операційних в 1950-1970-і рр. У 1970-ті рр. Американська асоціація анестезіологів (ASA) рекомендувала стандарти моніторингу для акушерської анестезії. У 1978 р. у Нідерландах був прийнятий перший стандарт моніторингу. Після його введення вже в наступне п'ятиріччя кількість ускладнень в операційній знизилася більш ніж в 5 разів, а страхові компанії відзначили 7-кратне зниження страхових виплат за ускладнення при анестезії. Тому стало очевидно, що моніторинг є одним із чинників, що сприяє зниженню ризику смертності і ускладнень в анестезіології та інтенсивній терапії.

У 1980-і рр. був впроваджений так званий Гарвардський стандарт моніторингу в операційній: постійна електрокардіографія (ЕКГ), вимірювання артеріального тиску (АТ) і пульсу кожні 5 хвилин, параметри вентиляції - мінімум 1 з параметрів (пальпація або спостереження за

дихальним мішком, аускультация дихальних шумів, капнометрія або капнографія, моніторинг газів крові, моніторинг потоку газів на видиху), кровообіг – мінімум 1 з параметрів (пальпація пульсу, аускультация серцевих тонів, крива АТ, пульсоплетізографія, пульсоксиметрія), дихання - аудіосигнал тривоги для контролю герметичності дихального контуру, кисень - аудіосигнал тривоги для контролю нижньої межі під час вдоху. В 1989 г. Eichhorn і співавт. при аналізі 1,3 млн анестезій з 1976 по 1988 р виявили, що після впровадження в 1985 р. Гарвардського стандарту моніторингу безпека анестезії істотно зросла.

Після аналізу 1175 пов'язаних з анестезією побічних ефектів Tinker і співавт. (1989) дійшли висновку, що з 345 негативних результатів 31,5% могли бути попередженими за допомогою моніторингу, а застосування пульсоксиметрії, капнографії і моніторингу артеріального тиску могло б попередити 93% інцидентів.

Carlan і співавт. (1990) при аналізі респіраторних порушень при загальній анестезії виявили, що 72% несприятливих наслідків змогли бути попереджені адекватним моніторингом.

Weeb і співавт. (1993) розглянули 2000 різних інцидентів при загальній анестезії в Австралії і дійшли висновку, що одночасний моніторинг пульсоксиметрії, капнографії та АТ дозволив би попередити 95% з них, причому в 67% випадків ще до виникнення порушень.

У 1986 р ASA прийняла стандарт операційного моніторингу, в 1990 р - Австралія, в 1993 р – країни Західної Європи. Однак в нашій країні, не дивлячись на широке застосування різних видів моніторингу в повсякденній практиці, відсутній мінімальний (обов'язковий) стандарт моніторингу в анестезіології, реаніматології та інтенсивній терапії.

Розділ 2. Основні цілі та об'єкти моніторингу

1. Контроль функцій хворого – вимірювання, тих чи інших, параметрів гомеостазу (наприклад, частоти пульсу, температури і т. ін.).

2. Контроль лікувальних дій – такий моніторинг включає контроль терапевтичних втручань (наприклад, оцінка параметрів кровообігу після початку інотропної підтримки) і режиму роботи різних апаратів (наприклад, контроль параметрів дихання після початку штучної вентиляції легень (ШВЛ)).

3. Контроль навколишнього середовища – для дітей найпростішим прикладом є вимірювання температури і вологості повітря в кювезі.

Серед вимог до моніторингу можна виділити наступні:

- 1) необхідно вимірювати значущі параметри;
- 2) отримані показники повинні бути досить точними;
- 3) моніторинг повинен бути незалежним від персоналу, який його проводить – тобто оператор-незалежним;
- 4) мати можливість для швидкої оцінки даних;
- 5) не викликати ускладнень;
- 6) отримувати інформацію для швидкого прийняття терапевтичних рішень.

Види моніторингу: моніторинг може бути клінічним або інструментальним.

Клінічний моніторинг медперсонал проводить безпосередньо біля ліжка хворого (колір і тургор шкіри, аускультация, рухи грудної клітки і т. ін.), він повинен фіксуватися в листах спостереження. При цьому важко переоцінити значення ретельності виконання цих записів, які дозволяють не лише оцінювати динаміку змін і терапевтичного впливу, а й ,значною мірою, обирати напрямок подальших заходів.

Інструментальний моніторинг може бути інвазивним і неінвазивним, при якому не потрібно введення катетерів або датчиків у судини, органи і тканини. Неінвазивний моніторинг, при отриманні необхідної та достовірної інформації, дуже важливий для педіатричної практики не тільки в зв'язку небезпеками і ускладненнями більшості інвазивних методик, а й у зв'язку з тим, що ряд з них неможливий у дітей раннього віку та новонароджених. Однак результати, отримані за допомогою неінвазивного моніторингу, як правило, засновані на непрямих даних, тому для застосування такого

моніторингу потрібна сучасна апаратура, що дозволяє отримувати достовірні дані в порівнянні з інвазивними методиками.

Крім того моніторинг буває безперервним (пульсоксиметрія, ЕКГ, окси- і капнографія) і дискретним (наприклад, моніторинг АТ неінвазивним методом). Переваги безперервного моніторування пов'язані з тим, що воно дозволяє не тільки постійно стежити за станом пацієнта, але й швидко оцінювати динаміку змін та при необхідності практично миттєво обирати терапевтичні дії. Крім того більшість сучасних моніторів забезпечена системою тривоги, що дозволяє використовувати їх в якості спостерігачів біля хворого.

Розділ 3. Гемодинамічний моніторинг

Гемодинамічний моніторинг виконує фундаментальну роль в анестезіології, оскільки дозволяє не лише визначити напрямок патофізіологічних процесів, але і вибрати відповідний вид терапії.

В якості рутинних показників зазвичай монітують ЕКГ, частоту серцевих скорочень (ЧСС) і АТ.

Моніторинг ЕКГ. Діагностичну цінність ЕКГ визначає вибір відведення. Електрична вісь II відведення паралельна передсердям, тому саме в цьому відведенні вольтаж зубця Р максимальний. Моніторинг II відведення ЕКГ дозволяє розпізнавати ішемію нижньої стінки лівого шлуночка і аритмії. Відведення V5 реєструється при встановленні електрода в п'ятому міжребер'ї по передній пахвовій лінії, що дозволяє виявити ішемію передньої і бічної стінки лівого шлуночка. Істинне відведення V5 можна отримати тільки на електрокардіографі, забезпеченому не менше ніж п'ятьма вхідними дротами для зняття ЕКГ. Модифіковане відведення V5 можна отримати, перемістивши електроди стандартних відведень від трьох кінцівок (рис. 1). Кожне відведення несе унікальну інформацію, тому ідеальним варіантом є одночасний моніторинг відведень II і V5 за допомогою двоканального електрокардіографа. Стравохідні відведення дозволяють розпізнати аритмії навіть краще, ніж II відведення, але вони поки не отримали суттєвого поширення в умовах операційної.

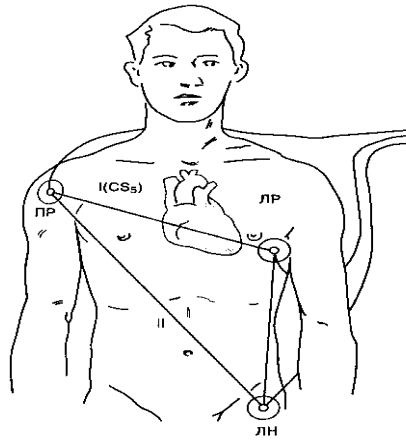


Рис. 1. Модифікація трьох відведень ЕКГ. Ішемію передньої і бічної стінки можна виявити, помістивши електрод з лівої руки (ЛР) в положення V5. При включенні I відведення на моніторі з'являється модифіковане відведення V5 (CS₅). Відведення II дозволяє виявити аритмії та ішемію нижньої стінки лівого шлуночка. ЛН - ліва нога; ПР - права рука

Моніторинг ЕКГ показаний всім дітям при проведенні анестезії та інтенсивної терапії. Стандартна техніка проводиться при фіксації трьох відведень. Треба відзначити, що в педіатрії моніторинг ЕКГ необхідний для виявлення порушень ритму, оскільки показники пульсоксиметрії для цього ненадійні.

Артеріальний тиск. Його моніторинг також показаний всім дітям в під час анестезії та проведення інтенсивної терапії. АТ найчастіше вимірюється неінвазивно, дискретно. Метод має ряд істотних недоліків: втрата точності вимірювання при систолічному АТ нижче 60 мм рт. ст., неможливість визначення АТ під час аритмії і нездатність уловлювати різкі стрибки АТ.

Інвазивний моніторинг АТ проводиться за допомогою катетеризації периферичних артерій, частіше променевої, рідше стегнової (рис. 2).

Показання для інвазивного моніторингу артеріального тиску наступні:

1. Керована гіпотонія;
2. Високий ризик значних зрушень АТ під час оперативного втручання;
3. Критичні пацієнти з нестабільною гемодинамікою (шок, гіперперфузія, ГРДС и т. ін.);
4. Інфузія інотропів і вазоактивних препаратів;
5. Необхідність частого дослідження газів артеріальної крові.

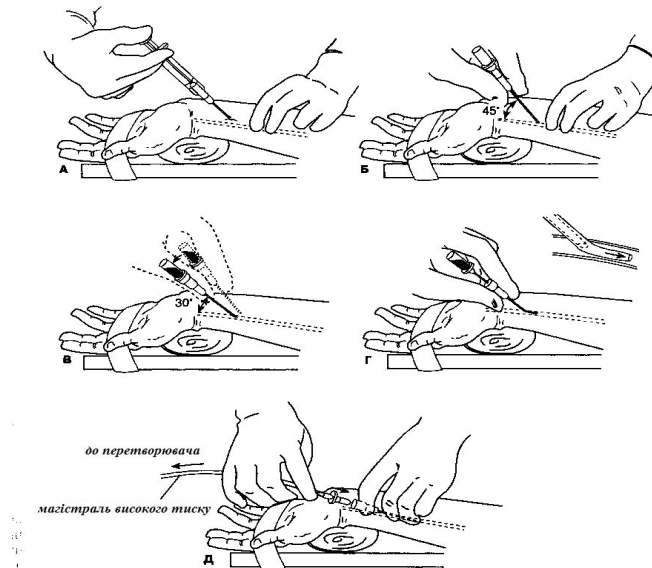


Рис. 2. Катетеризація променевої артерії. А. Вирішальним моментом є правильне укладання кінцівки і пальпація артерії. Шкіру обробляють антисептиком і через голку 25-го калібру інфільтрують місцевим анестетикам в проекції артерії. Б. Катетером на голці 20-22-го калібру проколюють шкіру під кутом 45° . В. Поява крові в павільйоні свідчить про попадання в артерію. Кут вкола зменшують до 30° , і катетер на голці просувають ще на 2 мм у глиб артерії. Г. Катетер вводять в артерію по голці, яку потім видаляють. Д. Перетискаючи артерію III і IV пальцями проксимальніше катетера, запобігають викид крові під час під'єднання магістралі через конектор типу Люера.

Протипоказання. Слід по можливості утримуватися від катетеризації, якщо немає документального підтвердження збереження колатерального кровотоку, а також при підозрі на судинну недостатність (наприклад, синдром Рейно, або неадекватність колатерального кровотоку за тестом Алена).

Центральний венозний тиск. Центральний венозний тиск (ЦВТ) приблизно відповідає тиску в правому передсерді, який в значній мірі визначається кінцево-діастолічним об'ємом правого шлуночка. У здорових людей механічна діяльність правого і лівого шлуночків змінюється паралельно, тому у них по ЦВТ опосередковано можна судити і про заповнення лівого шлуночка.

Форма хвилі ЦВТ відповідає процесу серцевого скорочення (рис. 3). Хвиля "а" обумовлена скороченням передсердь (atria), вона відсутня при миготливій аритмії, а при АВ-вузлових ритмах, навпаки, її амплітуда збільшена (гарматні хвилі); хвиля "с" пов'язана із закриттям

трикуспідального клапана в ранній фазі скорочення (contraction) правого шлуночка; хвиля "v" відображає надходження венозної крові у праве передсердя (venous return - венозне повернення) в умовах закритого трикуспідального клапану; низхідні хвилі "x" і "y" обумовлені, найімовірніше, зміщенням вниз правого шлуночка під час систоли і відкриттям трикуспідального клапана під час діастоли.

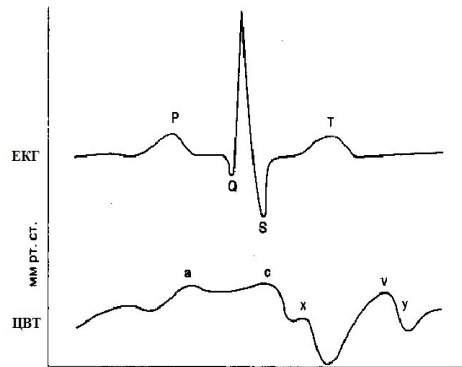


Рис. 3. Спрямовані вгору (a, c, v) і вниз (x, y) хвилі кривої центрального венозного тиску, співвіднесені з ЕКГ.

Моніторинг ЦВТ може проводитися тільки при знаходженні кінчика катетера в верхній порожнистій вені, його перебування в нижній порожнистій вені, наприклад, при катетеризації стегнової вени, не повинно використовуватися. Раніше моніторинг ЦВТ пропонувалося використовувати для динамічної оцінки відповіді організму на навантаження рідиною. Однак роботи останніх років свідчать про те, що в половині випадків отримані дані не відповідають дійсності і застосування з цією метою моніторингу ЦВТ не є правильним.

Разом із тим розташування катетера у верхній порожнистій вені дозволяє визначати такий інтегральний показник кисневого гомеостазу, як насичення центральної венозної крові киснем ($ScvO_2$) (див. у розділі «Дихальний моніторинг»).

Отже, моніторинг ЦВТ може проводитися критичним пацієнтам з очікуваними і / або передбачуваними порушеннями волеїї, при масивній інфузії і для паралельного дослідження $ScvO_2$.

Серцевий викид. Особливе значення має моніторинг СВ – це головна детермінанта доставки кисню. Фізичний огляд і вітальні ознаки часто не відображають порушення СВ, хоча багато терапевтичних дій спрямовані на збільшення СВ.

Нарешті постійне вимірювання СВ є «золотим стандартом» для моніторингу стану хворого при проведенні інфузійної терапії. Тому моніторинг СВ дуже корисний для прийняття рішень у критичних пацієнтів і хірургічних хворих високого ризику.

Серед методів вимірювання СВ необхідно виділити неінвазивні методи, які мають перевагу в педіатрії:

- *біоімпедансна техніка* (проте метод має багато суттєвих недоліків: чутливість методу залежить від рухів пацієнта і розташування електродів, він досить точний у стабільних, але не у критичних пацієнтів, тому наявність сепсису, артеріальної гіпертензії, внутрішньосерцевих шунтів призводить до недооцінки СВ);

- *ультразвукові методи*. Серед них широке застосування отримали методи з використанням ефекту Допплера. До них відносяться:

- ультразвуковий монітор серцевого викиду і гемодинамічний монітор cardio-Q (На жаль, використовуваний у дорослих пацієнтів метод трансстравохідної доплерографії малоприйнятний у дітей);

- трансторакальна ехокардіографія (істотними обмеженнями цієї методики є необхідність фахівця з ехокардіографії і дискретність методики. Крім того, необхідно, щоб у пацієнта було акустичне вікно для проведення дослідження).

Отже, ультразвукова неінвазивна техніка, дозволяє визначити ехокардіографічні об'єми серця, фракцію викиду, функцію клапанів та ін. і може широко використовуватися у дітей для моніторингу СВ.

До інвазивних методів контролю гемодинаміки насамперед слід віднести:

- застосування легеневого артеріального катетера (катетер Сван-Ганца), проте цей метод практично не використовується у дітей.

- метод транспульмональної термодилуції (PiCCO-технологія), що не вимагає катетеризації легеневої артерії. Цей метод крім параметрів СВ дозволяє вимірювати об'єм позасудинної води в легенях, який багато хто вважає найважливішим показником для проведення цілеспрямованої терапії у критичних хворих.

Розділ 4. Моніторинг системи дихання

Пульсоксиметрія. Входить до складу обов'язкового моніторингу. Пульсоксиметрія дає можливість безперервно моніторувати якість оксигенації артеріальної крові в легенях пацієнта.

В основі пульсоксиметрії лежать принципи оксиметрії і плетизмографії. Вона призначена для неінвазивного вимірювання насичення артеріальної крові киснем. Датчик складається з джерела світла (два світлодіоди) і приймача світла (фотодіода). Датчик розміщують на пальці руки або ноги, на мочці вуха - тобто там, де можлива трансїлюмінація (просвічування наскрізь) тканин, які перфузуються.

Оксиметрія заснована на тому, що оксигемоглобін (HbO_2) і дезоксигемоглобін відрізняються за здатністю абсорбувати промені червоного та інфрачервоного спектру (закон Ламберта-Бера). Оксигемоглобін сильніше абсорбує інфрачервоні промені (з довжиною хвилі 990 нм), тоді як дезоксигемоглобін інтенсивніше абсорбує червоне світло (з довжиною хвилі 660 нм), тому деоксигенована кров надає шкірі і слизовим оболонкам синюватий колір (ціаноз). Отже, в основі оксиметрії лежить зміна абсорбції світла при пульсації артерії (рис. 4).

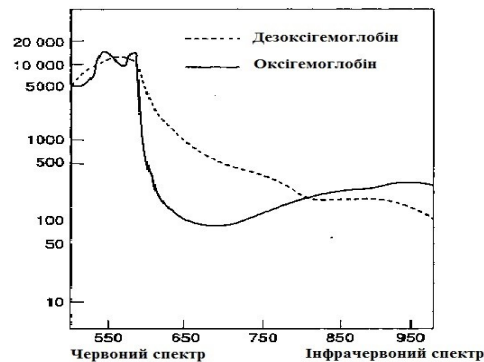


Рис. 4. Оксигемоглобін і дезоксигемоглобін відрізняються за здатністю абсорбувати промені червоного і інфрачервоного спектру.

Вимірювану у відсотках величину насичення гемоглобіну артеріальної крові киснем зазвичай позначають SaO_2 (S - від сатурація - насичення). Більш правильно позначати цю величину SpO_2 , тобто насичення артеріальної крові киснем, виміряне методом пульсоксиметрії, оскільки датчик приладу не

відрізняє оксигемоглобін від карбоксигемоглобіну і метгемоглобіну, тому при наявності їх в крові SpO_2 буде вище дійсної величини SaO_2 .

Зазвичай, зниження SpO_2 менше 92% розцінюється як гіпоксемія. В цьому випадку перш за все звертають увагу на концентрацію кисню, яку вдихає хворий (FiO_2), тому в більшості випадків її підвищення дозволяє ліквідувати гіпоксемію. Разом з тим збільшення SpO_2 вище 98% при диханні киснем вказує на гіпероксію, яка не сприяє помітному поліпшенню оксигенації тканин, але підвищує ризик токсичної дії кисню. Особливо небезпечна гіпероксія у дітей перших місяців життя, у яких за допомогою пульсоксиметру можна контролювати FiO_2 і уникнути як гіпер-, так і гіпоксемії.

Пульсоксиметрія є сьогодні одним з найбільш часто використовуваних видів моніторингу в дитячій анестезіології та інтенсивній терапії, вона дозволяє постійно контролювати насичення артеріальної крові киснем. Переваги пов'язані з декількома факторами:

- 1) неінвазивне постійне вимірювання SpO_2 ;
- 2) профілактика гіпоксії;
- 3) адекватна оцінка сатурації у новонароджених і немовлят;
- 4) дозволяє уникнути токсичності кисню і рано почати лікування гіпоксії;
- 5) відображає зміни шкірної перфузії.

Разом з тим є і недоліки методу:

- 1) тільки пульсоксиметрами окремих сучасних моделей можливо виявляти карбокси- і метгемоглобін;
- 2) на показники SpO_2 і амплітуду плетизмограми можуть впливати температура, тиск датчика, симпатична іннервація, тому необхідно постійно аналізувати отримані показники; при тривалому моніторингу рекомендується міняти місце встановлення датчика кожні 5-6 годин;
- 3) виражені зміни сатурації відображаються приладом з деяким запізненням, зазвичай це 40-50 с, тому в критичних ситуаціях це треба враховувати.

Гази крові. Їх моніторинг має найважливіше значення для інтенсивної терапії. В даний час відомо кілька способів інвазивного та неінвазивного моніторингу газів крові.

Траскутанний моніторинг газів крові. Черезшкірне (транскутанне) вимірювання pO_2 і pCO_2 проводиться за допомогою спеціальних полярографічних електродів (електроди Кларка), які дозволяють визначати парціальний тиск кисню та вуглекислоти в капілярах шкіри.

Датчики приладу необхідно наклеїти на шкіру, вони мають нагрівальний елемент для поліпшення мікроциркуляції та дифузії газів. Рекомендована температура нагріву $43^{\circ}C$ та вище. Для стабілізації роботи приладу необхідно його попередньо відкалібрувати та нагрівати шкіру протягом 20 хвилин до стабілізації роботи приладу.

Капнографія. Вимірювання концентрації CO_2 в дихальній суміші (під час вдиху та видиху). Найважливішою характеристикою кривої є напруга CO_2 в кінцевій порції газу, який пацієнт видихає (end-tidal CO_2), яке позначається як $P_{et}CO_2$. Фактично $P_{et}CO_2$ відображає напругу вуглекислоти в альвеолярному газі (P_aCO_2), яке в свою чергу частково відповідає напрузі вуглекислоти в артеріальній крові (P_aCO_2) – в нормі різниця між P_aCO_2 та $P_{et}CO_2$ не перевищує 3-4 мм рт.ст. Цей градієнт відображає альвеолярний «мертвий простір» – альвеоли, які вентилюються, але не перфузуються. Будь-яке істотне зниження перфузії легень (наприклад, емболія, перехід у вертикальне положення, зменшення серцевого викиду або зниження артеріального тиску) збільшує альвеолярний «мертвий простір», так що в дихальну суміш надходить менше CO_2 і концентрація CO_2 в кінці видиху знижується. На дисплеї капнографії, на відміну від капнометрів, відбивається крива концентрації CO_2 (капнограма), що дозволяє розпізнавати різні стани (рис. 5).

Переваги моніторингу вуглекислоти:

- рутинний моніторинг адекватності ШВЛ;
- визначення зворотнього дихання;
- визначення емболії (раптове зменшення $P_{et}CO_2$);

- визначення злоякісної гіпертермії (раптове збільшення P_{etCO_2});
- контроль коректного положення ендотрахеальної трубки;
- контроль підтримки нормакапнії під час ШВЛ.

Особливості застосування: складності використання у новонароджених.

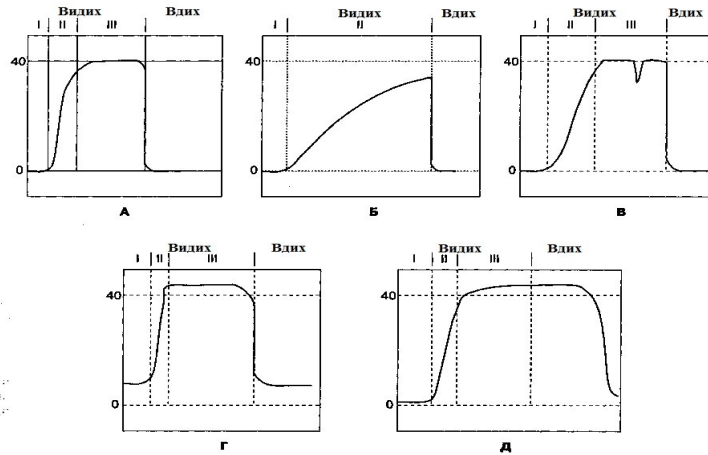


Рис. 5. **А.** У нормі на капнограмі реєструється 3 фази видиху, кожна з них характеризується певним газовим складом суміші, яка видихається: I фаза - газ «мертвого простору», II фаза - суміш газу «мертвого простору» і альвеолярного газу, III фаза - плато альвеолярного газу. **Б.** Капнограма при важкому хронічному обструктивному захворюванні легень. Фаза альвеолярного плато відсутня. Збільшений альвеолоартеріальний градієнт CO_2 . **В.** Швидке минуше зниження концентрації CO_2 під час III фази вказує на спробу самостійного вдиху. **Г.** Під час вдиху концентрація CO_2 не знижується до нуля, що може свідчити про дисфункцію клапана видиху або виснаження сорбенту CO_2 . **Д.** Присутність газу, який видихається в фазі вдиху, свідчить про порушення роботи клапана вдиху.

Оксиметрія – моніторинг концентрації кисню в дихальній суміші. Вона дозволяє постійно проводити моніторинг FiO_2 (при диханні повітрям FiO_2 становить 21%, а при диханні чистим киснем – 100%). Особливо важливий моніторинг FiO_2 у новонароджених і дітей раннього віку в зв'язку з особливою небезпекою для них високих концентрацій кисню. Вважається, що для них при тривалій оксигенотерапії безпечна концентрація FiO_2 не перевищує 40%.

Інвазивний моніторинг газів крові. Широко використовується в медицині критичних станів з кінця 1950-х рр. Істотною перевагою сучасних приладів цього класу є можливість визначати ряд найважливіших параметрів гомеостазу у мікропробах крові – від 120 до 200 мкл (0,12-0,2 мл). Ці прилади

дозволяють в такому об'ємі проби досліджувати параметри кислотно-основного стану: рН і надлишок основ – ВЕ, гази крові (pO_2 , pCO_2), сатурацію гемоглобіну киснем (SO_2), гематокрит, гемоглобін (можна визначити фетальний гемоглобін), найважливіші електроліти (K^+ , Na^+), сечовину, глюкозу, лактат і деякі інші. Комп'ютерні програми дозволяють визначати ряд розрахункових показників (зокрема вміст кисню в артеріальній і венозній крові CaO_2 і CvO_2).

Важливим питанням інвазивного моніторингу газів крові є кров, яка піддається дослідженню. Венозну кров, як правило, забирають з центрального катетера. Для отримання істинних значень P_aO_2 необхідна пункція або катетеризація артерій.

На сьогоднішній день для моніторингу критичних станів у дітей і дорослих необхідні знання про кисневий транспорт пацієнта. В якості такого показника може бути використаний моніторинг $ScvO_2$. Було визначено, що цей показник повинен підтримуватися на рівні більше 70%. У ряді досліджень продемонстровано, що підтримка $ScvO_2$ на рівні більше 70% у дітей з шоком призводить до значущого зниження летальності.

Графічний моніторинг вентиляції. Моніторинг механічних властивостей легень. Респіратори, які оснащені графічними моніторами, дозволяють оцінювати в режимі реального часу дихальні криві (тиск/час - P_{aw}/t , дихальний об'єм/час - Vt/t , інспіраторний потік/час - $Flow/t$), петлі апаратного дихання (дихальний об'єм/тиск - Vt/P_{aw} , інспіраторний потік/дихальний об'єм - $Flow/Vt$) та механічні властивості легень. Ці криві є корисними інструментами для графічного відображення різних режимів роботи респіратору в залежності від ступеня ураження легень.

Аналіз графіки респіраторної підтримки завжди супроводжується оцінкою механічних властивостей легень (легенево-торакальний комплайнс – Cl_t та опір (резистивність) дихальних шляхів – R_{aw}). Оскільки система дихання є динамічною, то легенево-торакальний комплайнс та опір дихальних шляхів залежать від дихального об'єму, швидкості інспіраторного

потоків і величин тиску в дихальних шляхах в процесі апаратного дихального циклу, а дані графічного моніторингу, що відображають зміни цих показників, розширюють наші можливості оцінки і корекції механічних властивостей легень. В цілому опір дихальних шляхів складається з наступних параметрів, представлених у формулі: $R_{aw} = PIP - P_{plat} / Flow$.

Однак, як показано на рис. 6, при аналізі кривої P_{aw}/t в умовах інспіраторної паузи, зниження тиску на вдиху відбувається двоступенево: спочатку швидко, а потім повільно.

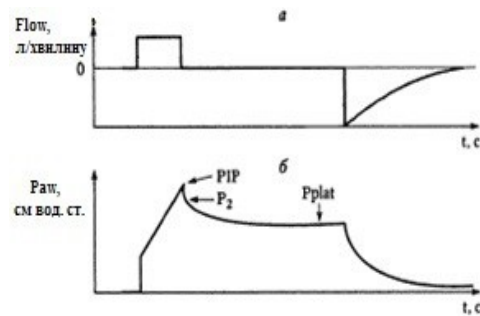


Рис. 6. Крива Flow/t (а) та крива P_{aw}/t (б) при вентиляції, яка контролювана за об'ємом в умовах інспіраторної паузи

Постійна часу, яка характеризує розподіл газу в легенях, що дорівнює множенню $Cl_t * R_{aw}$, може також визначатися за даними графічного моніторингу – по кривій V_t/t (при пасивному видиху – час, необхідний для видиху 63% від дихального об'єму) (рис. 7).

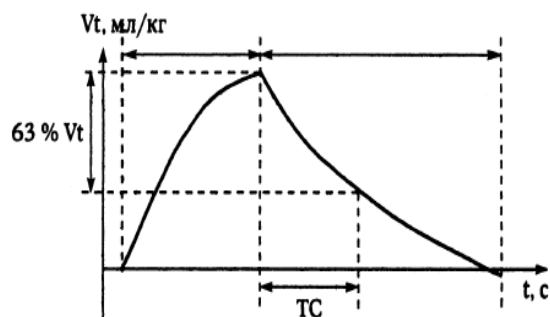


Рис. 7. Знаходження постійної часу (TC) по кривій V_t / t

Легенево-торакальний комплаєнс (Cl_t), як відомо, поділяється на динамічний (Cl_t, d), який визначається на висоті вдиху, та статичний (Cl_t, s), який оцінюється в умовах інспіраторної паузи:

$$Cl_t, d = V_t / PIP - PEEP; Cl_t, s = V_t / P_{plat} - PEEP.$$

При проведенні оцінки істинної розтяжності легень, виключаючи компонент опору, в клінічній практиці звертають увагу на аналіз статичного комплаєнсу (Clt, s) (рис. 8). Однак для оцінки змін податливості легень в процесі фази вдиху використовується динамічний легенево-торакальний комплаєнс.

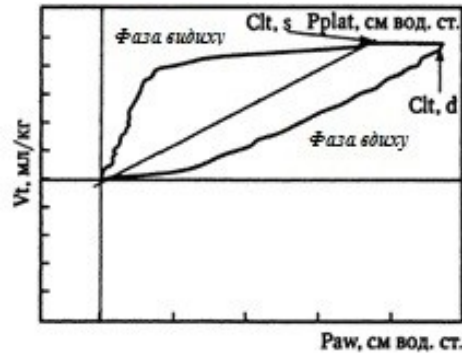


Рис. 8. Оцінка динамічного (Cl_t, d) і статичного (Cl_t, s) легенево-торакального комплаєнсу по петлі V_t/P_{aw}

Дихальні криві і петлі змінюються в процесі проведення респіраторної підтримки в залежності від вибору режимів та параметрів ШВЛ, стану легень.

Розділ 5. Інші види моніторингу

Моніторинг температури проводиться за допомогою електронних термометрів з цифровими дисплеями у вигляді опцій моніторів. Для вимірювання температури тіла можуть використовуватися наступні ділянки: аксілярна, ректальна, стравохідна, тимпанічна, назофарингеальна, та в сечовому міхурі. Проте кожен з видів моніторингу температури має свої переваги та недоліки. Даний вид моніторингу є стандартним при проведенні загальної анестезії та інтенсивної терапії у педіатрії. Найкраще проводити моніторинг одночасно периферичної (датчики на шкірі) та центральної температури (температура крові в центральних судинах). В цьому випадку можна оцінювати не лише відхилення від нормальної температури, а й стан кровообігу — при зниженні серцевого викиду і централізації кровообігу відбувається збільшення різниці між центральною та периферичною температурою (її називають температурною дельтою). У нормі температурна дельта приблизно дорівнює 1°C . При зниженні СВ температурна дельта збільшується, причому її величина корелює з СВ — чим більше дельта, тим нижче СВ.

Моніторинг нервово-м'язової провідності здійснюється у пацієнтів, які отримують м'язові релаксанти. Сутність методу полягає в електростимуляції периферичного нерва (найчастіше ліктьового) та запису у відповідь нервово-м'язового скорочення. Здійснюється моніторинг за допомогою різних режимів стимуляції периферичних нервів. Для стимуляції використовують електричні імпульси квадратної форми тривалістю 200 мкс і однакової інтенсивності.

Одиночний стимул є імпульсом, що подається з частотою від 1 до 0,1 Гц (тобто від 1 разу на 1 секунду до 1 разу на 10 секунд). Поглиблення нервово-м'язової блокади пригнічує викликану м'язову відповідь при подачі одиночного стимулу.

Серія з чотирьох імпульсів (англ, train of four, скорочено – TOF) складається з подачі чотирьох послідовних імпульсів протягом 2 секунд (частота 2 Гц). У міру пригнічення нервово-м'язової провідності м'язові відповіді на стимуляцію в TOF-режимі послідовно згасають. Співвідношення м'язових відповідей на перший та четвертий імпульс серії є чутливим індикатором дії недеполяризуючих міорелаксантів, але в клінічних умовах виміряти його важко. У той же час проста візуальна оцінка послідовного загасання м'язових відповідей значно зручніше для анестезіолога і корелює зі ступенем нервово-м'язової блокади. Відсутність четвертої відповіді відповідає 75% нервово-м'язової блокади, відсутність третьої – 80% та відсутність другої – 90% (100% тут – максимальна нервово-м'язова блокада). Для виникнення клінічних ознак міорелаксації необхідна 75-95% нервово-м'язова блокада.

Тетанічна стимуляція. Безперервна серія імпульсів частотою 50-100 Гц, що подаються протягом 5 секунд, є чутливим індикатором нервово-м'язової провідності. Безперервне скорочення протягом 5 секунд вказує на адекватне – але не обов'язково повне – припинення дії міорелаксантів.

Стимуляція в режимі подвійного спалаху (СРПС) більш комфортна для хворого, ніж тетанічна стимуляція. СРПС має два варіанти: серія з трьох коротких (0,2 мс) імпульсів з інтервалом 20 мс (частота 50 Гц), потім пауза тривалістю 750 мс, після чого повторюються два (СРПС 3,2) або три (СРПС

3,3) імпульси, які аналогічні початковим. Стимуляція в режимі подвійного спалаху більш чутлива для клінічної (візуальної) оцінки загасання, ніж стимуляція в TOF-режимі.

Неврологічний моніторинг. В останні роки на зміну електроенцефалографії в анестезіології прийшов метод визначення так званого біспектрального індексу за допомогою BIS-моніторингу. Його переваги полягають в неінвазивності та відносній простоті застосування. BIS-моніторинг допомагає титрувати анестетики з метою підтримки необхідної глибини гіпнотичного компонента загальної анестезії та знижує частоту інтраопераційного пробудження. BIS-моніторинг показаний при операціях у пацієнтів з травмою, в акушерстві, кардіохірургії, та у випадках інтранаркозного пробудження в анамнезі. Залишаються деякі проблеми BIS-моніторингу: опіоїди не впливають на величину BIS, але знижують потребу в анестетиках, застосування кетаміну ускладнює оцінку показників. Крім того, ряд досліджень свідчить про низьку інформативність BIS-моніторингу у дітей раннього віку.

Церебральна оксиметрія. Церебральні пристрої з використанням параінфрачервоної спектроскопії (NIRS) вимірюють середнє насичення тканини киснем і відображають насичення гемоглобіну киснем у венозній, капілярній і артеріальній крові. Основними його перевагами перед іншими методами оцінки церебральної оксигенації є інформативність, неінвазивність і безпека. У дитячій анестезіології вимірювання оксигенації гемоглобіну церебральної тканини в реальному часі з використанням NIRS широко використовується в відділеннях кардіохірургії, неонатальної та педіатричної реанімації.

Внутрішньочерепний тиск. Його моніторинг проводиться за допомогою введення спеціальних датчиків у субарахноїдальний простір. Моніторинг внутрішньочерепного тиску показаний хворим з тяжкою черепно-мозковою травмою (3-8 балів за шкалою ком Глазго), внутрішньочерепним та субарахноїдальним крововиливом, гідроцефалією, гіпоксичним ураженням мозку, інфекціями ЦНС.

Діурез. Для його вимірювання необхідна катетеризація сечового міхура. Моніторинг діурезу дозволяє оцінювати не тільки кількість виділеної сечі, але і адекватність ниркової перфузії. При цьому слід вимірювати погодинний діурез в мл/кг/год. Відзначимо, що треба прагнути підтримувати його на рівні, близькому до 1 мл/кг/год. При цифрах 0,5 мл/кг/год можна говорити про олігурію. При проведенні агресивної інфузійної терапії на підставі погодинного діурезу будується план режиму такої терапії.

Під **мікробіологічними моніторингом** розуміють періодичний аналіз мікробіологічних досліджень, проведених з певними часовими інтервалами. Він показаний при небезпеці розвитку інфекційних ускладнень. При цьому необхідний мікробіологічний контроль різних середовищ організму: крові, сечі, трахеобронхіального секрету, ротоглотки і т.п. Важливо відзначити, що мікробіологічний моніторинг включає обов'язковий контроль мікрофлори у ВРІТ для виявлення найбільш розповсюджених груп мікроорганізмів, відстеження нових бактерій та динаміки антибіотикорезистентності. Такий моніторинг повинен проводитися не рідше одного разу на місяць. Отримані дані дозволяють будувати алгоритми антибіотикотерапії в конкретному ВРІТ і є підставами для впровадження в практику нових антибіотиків.

Висновок

Таким чином, моніторинг повинен бути забезпечений всім дітям при проведенні анестезіологічної допомоги та у відділенні інтенсивної терапії. У педіатричній практиці слід прагнути до максимальної неінвазивності моніторингу, хоча певною мірою інвазивності повністю уникнути не вдається. Показання до інвазивного моніторингу чітко обмежені. Більш того, чим більш важкий стан хворого, тим більше йому показаний інвазивний моніторинг.

Питання для контролю кінцевого рівня знань

1. В якості рутинних показників гемодинаміки використовуються усі перелічені, окрім :
 - a) ЕКГ;
 - b) ЧСС;
 - c) SpO₂;
 - d) АТ.
2. Стандартна техніка моніторингу ЕКГ дітям проводиться:
 - a) при фіксації чотирьох відведень;
 - b) при фіксації трьох відведень;
 - c) при фіксації двох відведень;
 - d) відповіді а і b вірні.
3. При проведенні теста Алена перетискають:
 - a) променеву та ліктьову артерію;
 - b) стегнову артерію;
 - c) променеву та ліктьову вену;
 - d) стегнову вену.
4. Центральний венозний тиск приблизно відповідає тиску в:
 - a) лівому передсерді;
 - b) лівому шлуночку;
 - c) правому передсерді;
 - d) правому шлуночку.
5. Моніторинг ЦВТ може проводитися тільки при знаходженні кінчика катетера в:
 - a) в верхній порожнистій вені;
 - b) в нижній порожнистій вени;
 - c) у внутрішній яремній вені;
 - d) у зовнішній яремній вені.
6. До неінвазивних методів вимірювання СВ відносяться усі перелічені, окрім:

- a) трансторакальна ехокардіографія;
 - b) метод транспульмональної термодилуції (PiCCO-технологія);
 - c) ультразвукової монітор СВ і гемодинамічний монітор cardio-Q;
 - d) біоімпедансна техніка (реокардіографія).
7. SpO₂ це:
- a) насичення венозної крові киснем;
 - b) насичення артеріальної крові киснем;
 - c) насичення артеріальної і венозної крові киснем;
 - d) насичення тканин киснем.
8. Яка величина SpO₂ розцінюється як гіпоксемія?
- a) менше 98%;
 - b) менше 92%;
 - c) менше 88%;
 - d) менше 80%.
9. В нормі різниця між PaCO₂ та PetCO₂ не перевищує 3-4 мм рт. ст. Що відображає цей градієнт?
- a) альвеоли, які вентилюються, але не перфузуються;
 - b) альвеоли, які перфузуються, але не вентилюються;
 - c) напругу вуглекислоти в альвеолярному газі;
 - d) напругу вуглекислоти в артеріальній крові.
10. У нормі на капнограмі реєструється 3 фази видиху, кожна з них характеризується певним газовим складом суміші, яка видихається. Оберіть невірний варіант відповіді:
- a) газ «мертвого простору»;
 - b) суміш з газу «мертвого простору» і альвеолярного газу;
 - c) плато «мертвого простору»;
 - d) плато альвеолярного газу.
11. Неінвазивний постійний моніторинг капнограми має певні переваги. Який з перелічених варіантів відповіді не є коректним:
- a) рутинний моніторинг адекватності ШВЛ;

- b) визначення злякисної гіпертермії;
 - c) контроль коректного положення ендотрахеальної трубки;
 - d) простота використання у новонароджених.
12. Для моніторингу критичних станів у дітей і дорослих необхідні знання про кисневий транспорт пацієнта. З цією метою може бути використаний моніторинг насичення центральної венозної крові киснем. На якому рівні слід підтримувати цей показник з метою зниження летальності?
- a) більше 40%;
 - b) більше 50%;
 - c) більше 60%;
 - d) більше 70%.
13. Оскільки система дихання є динамічною, то легенево-торакальний комплайнс та опір дихальних шляхів залежать від певних параметрів. Який з параметрів не є вірним?
- a) хвилиний об'єм вентиляції;
 - b) дихальний об'єм;
 - c) швидкість інспіраторного потоку;
 - d) величина тиску в дихальних шляхах в процесі апаратного дихального циклу.
14. Моніторування стану кровообігу також можливо шляхом визначення температурної дельти. Скільки становить цей показник у нормі?
- a) 2,5°C;
 - b) 2°C;
 - c) 1,5°C;
 - d) 1°C.
15. Який з перелічених режимів стимуляції периферичних нервів з метою проведення моніторингу нервово-м'язової провідності не існує?
- a) серія з чотирьох імпульсів;
 - b) тетанічна стимуляція;
 - c) подвійний стимул;
 - d) стимуляція в режимі подвійного спалаху.

Відповіді на питання для контролю кінцевого рівня знань

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
с	б	а	с	а	б	б	б	а	с	д	д	а	д	с

Список рекомендованої літератури

1. Анестезия и интенсивная терапия у детей. 3-е издание, пер. и доп. / В.В. Курек, А.Е. Кулагин, Д.А. Фурманчук. – М.: Мед. лит., 2013. – 480 с.
2. Георгіянц М.А., Шкурупій Д.А., Похилько В.І., Корсунов В.А. Анестезія та інтенсивна терапія в дітей. Полтава-Харків: «Техсервіс», 2006 – 309 с.
3. Хомер Р., Уолкер И., Бэлл Г. Интенсивная терапия и анестезия у детей / Update in Anaesthesia: Всемир. федерация анестезиологов (практическое руководство); под ред.: Э. В. Недашковского, Ю. С. Александровича, В. В. Кузькова. – Архангельск : СГМУ, 2017. – 466 с.
4. Лекманов А.У. Рекомендательный протокол по мониторингу детей при общей анестезии и интенсивной терапии / А.У. Лекманов// Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии – 2015. – Т.5(1). – С. 112-123.
5. [R.M. Kliegman](#), [B.F. Stanton](#), [J.St. Geme](#), [N.F. Schor](#). Nelson Textbook of Pediatrics, 2-Volume Set, 20th ed. Philadelphia, PA: Elsevier, 2016, 3888p.
6. Smith's anesthesia for infants and children / [edited by] Peter J. Davis, Franklyn P. Cladis. 9th ed. | St. Louis, Missouri: Elsevier, 2017, 1367p.
7. K. Allman, I. Wilson, A. O'Donnell. Oxford handbook of anesthesia. 4 ed. Oxford University Press, 2016, 1266p.
8. Coté and Lerman's a practice of anesthesia for infants and children / [edited by] C.J. Coté, J. Lerman, B.J. Anderson. 6th ed. Philadelphia, PA: Elsevier, 2018, 1280p.
9. Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland / M.R. Checketts, R. Alladi, K. Ferguson, et al. // Anaesthesia. – 2016. – Vol. 71(1). – P. 85–93. doi:10.1111/anae.13316
10. World Health Organization-World Federation of Societies of Anaesthesiologists (WHO-WFSA) International Standards for a Safe Practice of Anesthesia / A.W. Gelb, W.W. Morriss, W. Johnson, A.F. Merry, the International Standards for a Safe Practice of Anesthesia Workgroup// [Canadian Journal of Anesthesia](#). – 2018. – Vol. 65(6). – P. 698-708. doi: 10.1007%2Fs12630-018-1111-5